SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究：最終報告書

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学 公開日: 2017-08-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 熊野, 善介 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/10371

科学技術ガバナンスの形成のための
科学教育論の構築に関する基礎的研究

研究課題番号　23300283

平成 23 年度～平成 25 年度
科学研究費補助金（基盤研究 B）

平成 25 年度
最　終　報　告　書

研究代表者　熊野　善介

（静岡大学　創造科学技術大学院・教育学部・教授）

はじめに

本研究は「不確定要素を含み、科学者にも単純には答えられない問題ではあるが、今現実に社会的な合意を必要としている問題」を科学教育ではどのように対処していくかが、主たる研究テーマである。アメリカでは、科学の本質論やアメリカの科学教育に対する科学論からの痛烈な批判が起こり、認知科学からの授業改革と相俟って、構成主義学習論が次第に広がっていく。特にペンシルバニア州立大学のラスタム・ロイ先生を中心とするペンステイト学派やアイオワ大学のロバート・イエガー先生を中心とするアイオワ学派の STS 学習論・教授論等をもとにして、1990 年ごろから現在まで、様々な研究が展開された。そして、“Bulletin of Science, Technology, and Society”が、1981 年から出版され始め、今日に至っている。

一方、日本では STS 論の展開から、科学技術社会論の人々を中心に 2002 年より科学技術社会論学会が誕生し、日本の科学技術政策に多大な影響を及ぼすと同時に、2004 年の科学技術白書に影響を及ぼした。社会・国民と研究者・技術者が対話に基づく相互理解のもと、政策形成プロセスに参画し、よりよい科学技術ガバナンスの実現を目指すという、「社会及び公共のための科学技術イノベーション政策」が示された。

ところが、これらの科学技術ガバナンスは、欧米では比較的に容易に展開発展できているといえるが、日本という文脈においては、「参画を促進し、個々人が主体的に科学技術を学ぶ」ことは、学校教育ではほとんど行われていないこともあり、どのように学校教育や学校外教育、大学教育を展開していったら、目標とする未来社会を創世できるかについては極めて希薄であり、これらに繋がる学習論・教授論が見出されているとは言い難い。

不幸にも 2011 年 3 月 11 日に日本は東日本大震災ならびに原子力発電所の甚大な事故に遭遇し、国を挙げて、復興・復旧に努力しているところであるが、この国難を乗り切るために、大きく科学技術の信頼が失墜した現在、科学研究費基盤研究(B)「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」メンバーは、様々な観点から研究課題に立ち向かってきた。最終報告書はこれまで 3 年間の研究成果である。中間報告書が出来上がってから、我々メンバーは、香港で開催された東アジア科学教育学会にて発表を行うことが出来た。7 月には科学技術ガバナンスを埋め込んだ科学技術工学数学教育 (STEM 教育) を、インフォーマル教育として 1 泊 2 日の STEM 教育キャンプを主に小学 5・6 年生、中学生を対象に焼津市の県立青少年の家において実践できた。次に、9 月に入り日本科学教育学会にて課題研究として 7 つの発表を行い、大変好評であった。2014 年 1 月にはアメリカの ASTE において発表を行っただけでなく、2 月のアイオワ大学、ミネソタ大学での調査訪問時に、STEM 教育の研究交流が出来た。

第 1 章では、現在のアメリカが科学技術ガバナンスを達成するための科学教育をどのように転換してきたかをまとめ、特に国家レベルの科学技術教育改革、すなわち STEM 教育改革の本質的な内容を明らかにした。第 2 章では、国立教育政策研究所の清原洋一氏によって、第 4 期科学技術基本計画と新学習指導要領が示している共通の方向性と日本における STEM 教育の動向を踏まえながら，具体的な先進的な取り組みを行っている学校の事例が示された。第 3 章では、「国際社会における放射線リスク認知」と題して、放射線医学総合研究所の三枝新氏にドイツを事例に原子力・放射線リスクに対するガバナンスの在り方が、歴

史的な背景に加え東日本大震災に伴う原子力発電所事故を契機としてどのように変化したのかについて更に詳しくまとめていただいた。第4章では、放射線医学総合研究所の神田玲子氏により、「放射線リスクコミュニケーションとの関連性からの学校教育や人材育成のガバナンスに関する考察」と題して、放射線のリスクコミュニケーションにおける問題点をわかりやすく整理し、今後のリスクコミュニケーションの在り方および放射線教育ならびにリスク／安全／健康に関する科学教育にとって、必要な要素に関する考察がより詳しくなされた。第5章の1では、熊野研究室を中心にアメリカのSTEM教育の事例研究を徹底して行い，具体的な教材研究に基づいて実践されたSTEM教育実践モデル展開事例について熊野研究室の博士課程の齊藤氏を中心にして報告されている。第5章の2では鹿児島大学の内ノ倉真吾氏により、「大学生の社会的な文脈における科学的な証拠の理解・活用の現状」と題して、科学技術ガバナンス力を高めるための教育モデル構築のための理論的な背景と考え方をまとめながら、科学技術ガバナンスの形成に資する資質・能力の育成の観点から、大学生対象に「科学的証拠に基づいて議論する力」を調査した結果などがまとめられている。第5章の3と4では、本研究の一環として理学部の奥野健二氏・大矢恭久氏と教育学部との協力と連携のもとに2012年度及び2013年度に実践された大学の学生を対象とした「静岡県の防災・減災と原子力」教育についてまとめられ、科学技術ガバナンスを意識しながら参加型の講義の展開とその結果の考察が示された。また教育学部の萱野貴広氏は、防災・減災教育に対する大学生の意識を元に「学校現場におけるガバナンスシステム導入の可能性」についてまとめられた。第6章では、鹿児島大学産学官連携推進センターの中武貞文氏が「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎研究 －産学連携・地域連携・イノベーションの視座からのフィールド調査報告－」と題して、科学技術ガバナンスの考え方をもとに行ったワークショップの報告と分析、そして、関連するフィールド調査が示され、日本の「科学技術イノベーション政策」に言及し、アメリカで起こっている科学教育改革であるSTEM教育が実は科学技術ガバナンスの延長線にあることを述べている。さらに第7章では、本研究の総括的な討議を本研究の研究協力者である興直孝氏と長洲南海男氏にそれぞれお願いし、大変含蓄のある議論をいただいた。心から感謝申し上げる。

本最終報告書をまとめるにあたり、日本が第4期科学技術基本計画に基づき科学技術ガバナンスが強力に展開されつつあるにも関わらず、これを促進する積極的な科学教育の改善･改革が極めて不備であり､アメリカにおける積極的なSTEM教育改革に対応するような、科学技術ガバナンスを促進する抜本的な教育改革が求められることは明らかである。本研究はそのための基礎的な研究であり、多くの人々にそのモデルや知見が行きわたり、より国民的なプロジェクトへと広がっていくことを願ってやまない。

最後に本報告書は中間報告書を元に、加筆・訂正・追加された論文集であることを附記する。

平成26年3月28日

熊野善介

（静岡大学創造科学技術大学院・大学院教育学研究科）

研 究 組 織

研究代表者

熊野　善介　静岡大学　創造科学技術大学院・教育学部　教授

研究分担者

奥野　健二　静岡大学　大学院理学研究科・創造科学技術大学院　教授

内ノ倉真吾　鹿児島大学　教育学部　准教授

萱野　貴広　静岡大学　教育学部　教務職員

神田　玲子　放射線医学総合研究所　放射線防護研究センター
規制科学研究プログラム　サブリーダー

清原　洋一　国立教育政策研究所　教育課程調査官

三枝　　新　放射線医学総合研究所　放射線防護研究センター
規制科学研究プログラム　主任研究員

丹沢　哲郎　静岡大学　教育学部　教授

中武　貞文　鹿児島大学　産学官連携推進機構　准教授

連携研究者

大矢　恭久　静岡大学　大学院理学研究科　准教授

興　　直孝　静岡文化芸術大学　理事（教育研究担当）

酒井　一夫　放射線医学総合研究所　放射線防護研究センター　センター長

長洲南海男　筑波大学　名誉教授

米原　英典　放射線医学総合研究所　特別上席研究員

（所属は、平成 26 年 3 月 1 日時点）

研究成果報告

（1）口頭発表

1） 三枝新、「国際社会における放射線リスク認知：ドイツ」、日本科学教育学会第 36 回年会（於：東京理科大学）、2012 年 8 月。

2） 清原洋一、「科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育に向けて初等中等教育の教育課程行政の立場から」、日本科学教育学会第 36 回年会（於：東京理科大学）、2012 年 8 月。

3） 熊野善介、萱野貴広、内ノ倉真吾、大矢恭久、「学校教育／教師教育における放射線教育・減災教育の先導的な取り組み–科学技術ガバナンスの確立のための科学教育の事例研究–」、日本科学教育学会第 36 回年会（於：東京理科大学）、2012 年 8 月。

4） 大矢恭久、奥野健二、熊野善介、内ノ倉真吾、萱野貴広、神田玲子、中武貞文、「地域特性に配慮した大学教育の取り組み」、日本科学教育学会第 36 回年会（於：東京理科大学）、2012 年 8 月。

5） 神田玲子、米原英典、酒井一夫、「放射線の健康影響への社会不安に対する放射線防護上の取り組み」、日本科学教育学会第 36 回年会（於：東京理科大学）、2012 年 8 月。

6） 中武貞文、「専門家と市民との対話をデザインする取り組み」、日本科学教育学会第 36 回年会（於：東京理科大学）、2012 年 8 月。

7） 熊野善介、萱野貴広、内ノ倉真吾、「米国の科学技術ガバナンスのための STEM 教育国家戦略と日本への示唆–K-12 科学教育フレームワークと次世代科学スタンダードを中心として–」、日本科学教育学会第 37 回年会（於：東京理科大学）、2013 年 9 月。

8） 清原洋一、「科学技術ガバナンスの形成に向けて初等中等教育の科学教育の果たす役割とその可能性」、日本科学教育学会第 37 回年会（於：東京理科大学）、2013 年 9 月。

9） 萱野貴広、熊野善介、大矢恭久、奥野健二、内ノ倉真吾、「学校現場におけるガバナンスシステム導入の可能性–防災・減災教育に対する大学生の意識から–」、日本科学教育学会第 37 回年会（於：東京理科大学）、2013 年 9 月。

10） 奥野健二、大矢恭久、中武貞文、「原子力発電所を活用した放射線教育の実践とその効果」、日本科学教育学会第 37 回年会（於：東京理科大学）、

2013 年 9 月。

11） 中武貞文、「専門家の存在とディベート、地域における新技術導入、科学技術・イノベーション政策の動向にみる「科学技術ガバナンス形成」−フィールド調査報告−」、日本科学教育学会第 37 回年会（於：東京理科大学）、2013 年 9 月。

12） 三枝新、「国際機関における放射線リスクガバナンス」、日本科学教育学会第 37 回年会（於：東京理科大学）、2013 年 9 月。

13） 神田玲子、米原英典、酒井一夫、「放射線教育推進に関する国の委員会・審議会等の議論」、日本科学教育学会第 37 回年会（於：東京理科大学）、2013 年 9 月。

（2）国際学会発表

1） Yoshisuke KUMANO, Tomoki SAITO, Jinichi OKUMURA, “Analysis and discussion on stem education movement in science education in the us and possible implication to the Japanese contexts”, *The Third International Conference of East-Asian Association for Science Education*, July4-6, 2013(in The Hong Kong Institute of Education, Hong Kong).

2） Jinichi OKUMURA, Yoshisuke KUMANO, Tomoki SAITO, “Implementation of informal science education with University faculty”, 21st *International Conference The Association for Science Teacher Education*, January 15-18, 2014(in San Antonio, USA).

3） Tomoki SAITO, Jinichi OKUMURA, Yoshisuke KUMANO, “The development of the STEM education study in Japan and its future prospects”, 21st *International Conference The Association for Science Teacher Education*, January 15-18, 2014(in San Antonio, USA).

（3）論文発表

1） 三枝新、「国際社会における放射線リスク認知：ドイツ」、日本科学教育学会年会論文集、36、117-118 頁、2012。

2） 清原洋一、「科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育に向けて初等中等教育の教育課程行政の立場から」、日本科学教育学会年会論文集、36、

119-120 頁、2012。
3） 熊野善介、萱野貴広、内ノ倉真吾、大矢恭久、「学校教育／教師教育における放射線教育・減災教育の先導的な取り組み–科学技術ガバナンスの確立のための科学教育の事例研究–」、日本科学教育学会年会論文集、36、121-124 頁、2012。
4） 大矢恭久、奥野健二、熊野善介、内ノ倉真吾、萱野貴広、神田玲子、中武貞文、「地域特性に配慮した大学教育の取り組み」、日本科学教育学会年会論文集、36、125-126 頁、2012。
5） 神田玲子、米原英典、酒井一夫、「放射線の健康影響への社会不安に対する放射線防護上の取り組み」、日本科学教育学会年会論文集、36、127-128 頁、2012。
6） 中武貞文、「専門家と市民との対話をデザインする取り組み」、日本科学教育学会年会論文集、36、129-130 頁、2012。
7） 熊野善介、萱野貴広、内ノ倉真吾、「米国の科学技術ガバナンスのための STEM 教育国家戦略と日本への示唆−K-12 科学教育フレームワークと次世代科学スタンダードを中心として–」、日本科学教育学会年会論文集、37、68-71 頁、2013。
8） 清原洋一、「科学技術ガバナンスの形成に向けて初等中等教育の科学教育の果たす役割とその可能性」、日本科学教育学会年会論文集、37、72-73 頁、2013。
9） 萱野貴広、熊野善介、大矢恭久、奥野健二、内ノ倉真吾、「学校現場におけるガバナンスシステム導入の可能性–防災・減災教育に対する大学生の意識から–」、日本科学教育学会年会論文集、37、74-77 頁、2013。
10） 奥野健二、大矢恭久、中武貞文、「原子力発電所を活用した放射線教育の実践とその効果」、日本科学教育学会年会論文集、37、78-79 頁、2013。
11） 中武貞文、「専門家の存在とディベート、地域における新技術導入、科学技術・イノベーション政策の動向にみる「科学技術ガバナンス形成」–フィールド調査報告–」、日本科学教育学会年会論文集、37、80-81 頁、2013。
12） 三枝新、「国際機関における放射線リスクガバナンス」、日本科学教育学会年会論文集、37、82-83 頁、2013。
13） 神田玲子、米原英典、酒井一夫、「放射線教育推進に関する国の委員会・審議会等の議論」、日本科学教育学会年会論文集、37、84-85 頁、2013。

（4）報告書

1） 科学研究費補助金（基盤研究 B）研究成果報告書（研究代表者　熊野善介)、『科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究　平成 24 年度中間報告書』、全 131 頁、2013。

（5）その他

1） Irma Rahma SUWARMA, Yoshisuke KUMANO, “First Implementation of STEM education challenges in Indonesia”, *International Exchange for STEM Education*, February 10-11, 2014(in University of Minnesota, USA).

（6）メディア等での報道

1） “Japanese contingent visits UI to study STEM initiative; Iowa’s STEM program garners interest abroad”, *Iowa Now*, February 4, 2014. http://now.uiowa.edu/2014/02/japanese-contingent-visits-ui-study-stem-initiative.

2） “Japanese Come to Iowa for STEM Lesson”, *KGAN-TV CBS2 Iowa*, February 6, 2014. http://www.cbs2iowa.com/news/features/top-stories/stories/japanese-come-iowa-stem-lesson-24923.shtml

3） “Japanese educators study Iowa's STEM program”, *Business Record*, February 7, 2014. http://www.businessrecord.com/Content/Tech---Innovation/Tech---Innovation/Article/Japanese-educators-study-Iowa-s-STEM-program/172/834/62217

本研究の概要

① 本研究の学術的背景

現代の科学・技術と社会が接する領域では、「不確定要素を含み、科学者にも単純には答えられない問題ではあるが、今現実に社会的な合意を必要としている問題」がある。このような問題への取り組みとして、『科学技術白書』(2004) では、「政府、科学者コミュニティー、企業、地域社会、国民等のそれぞれの主体間の対話と意思疎通を前提として、各主体から能動的に発せられる意思を政策形成等の議論の中に受け入れられるような、いわゆる科学技術ガバナンスの確立」の重要性が指摘されている。この科学技術ガバナンスの確立の基礎形成の役割が期待されるのが、初等・中等教育から、高等教育、生涯学習へと広がる科学教育といえよう。

一方、これまでの科学教育に目を向けた場合、欧米では、1960 年代以降、「科学・技術・社会 (STS)」の内容が科学カリキュラムに導入され、実践されてきた (例えば、大高;1980、長洲;1993)。もちろん、我が国でも STS に関する教育の重要性が認識され、授業実践が試みられてきた。その STS に関する教育も、科学・技術・社会が相互に及ぼしあっている問題や事例を教材として、科学的な知識や方法の習得を教えることを目的とした「STS を通じた教育」(STS アプローチ) と、科学・技術・社会の相互関係それ自体を教え、市民的な資質・能力としての科学的リテラシーを育成することを目的とした「STS の教育」の 2 つに大別される (小川;1993)。

比較的実践されてきた「STS を通じた教育」であっても、そのアプローチのもつ意義が十分に理解され、実践されているとは言い難い (Yager;1993, 熊野ら;1995)。また、後者の「STS の教育」の実践は限られたものである (鶴岡;2002)。そこでは、科学技術に関わる社会的問題それぞれについての多面的な理解を図り、意思決定力をつけることを目指した教育が行われているが、科学技術のメリット・デメリットを学んで、一定の選択を行えるようになるという段階に留まっている (例えば、内ノ倉ら;2010)。イギリスでの中等科学教育プログラムとは対照的に、多種多様なステイクホルダーなどの存在に目を向けることや説得的コミュニケーションのスキルの育成までは、行われていない (熊野ら;2010)。

「科学技術ガバナンス」(城山ら;2007) との関連で言えば、公共空間における科学技術のガバナンスの有り様などを理科教育に導入することの必要性が提起されているものの (大高;2004)、科学技術のガバナンスに必要な市民的な資質・能力の具体的な内容やその教育方法、既存の科学教育システムを科学技術ガバナンスシステムと接続するための方策など、基本的な枠組みは解明されていない。そこで、科学技術ガバナンスの理論的検討や実態把握を踏まえた上で、科学技術ガバナンスを形成するための市民的資質・能力の育成に資する科学教育論の基本的な枠組みを構築することを目的とする (図１)。

② 目標の具体

1) 科学技術社会論、ガバナンス論、STS 教育･STS アプローチ論などの研究成果から、科学教育の促進・改善の観点を抽出する。
2) 科学技術ガバナンスの在り方が変容してきた代表的な分野である原子力分野や遺伝子工学 (城山ら;2007) などを事例に、科学技術ガバナンスとしての双方向的コミュニケーシ

ョンの構造的な特性を把握する。

3)　欧米諸国での科学技術ガバナンスに関わる科学教育システムを実地調査し、その基本的な和組みを解明し、日本に導入可能な要素を明らかにする。

4)　上記 1）～3）を踏まえて、科学技術ガバナンスの形成・参加に必要とされる市民的な資質・能力を明確化・構造化する。

5)　上記 1）～4）と現代科学教育研究の方向性を踏まえて、科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育論の基本的な枠組み（内容・カリキュラム論と教授学習論を中心とした）を構築する。

③　本研究の特色

・これまでの STS に関する教育の実践と研究の成果を基盤として、今日求められる「科学技術ガバナンス」の形成に資する科学教育論の基本的枠組みを解明するものである。これは、次期学習指導要領の改訂の基盤となる理論的枠組みを提供するものとなりうる。

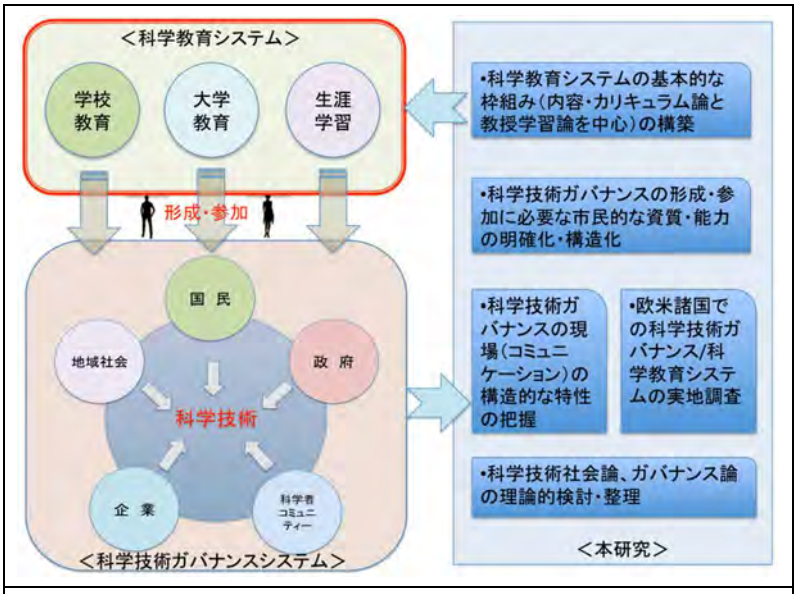


図 1　本研究のねらい

・現実社会では重要な問題と認識されながらも、学校教育の中では忌避される傾向の強い STS 的問題を通常の授業の中で扱えるような方法論を構築しようとするものである。

・科学技術ガバナンスとしての双方向的コミュニケーション活動の実践者との連携により、科学教育システムと科学技術ガバナンスシステムとを接続する方策を具体的に解明できる。

・純粋科学的な色彩の強かった理科教育にリアリティのある学びを提供し、将来科学分野に進まない子どもにも、科学を学ぶことの意味が実感できるよう授業デザインの指針を提供する。

・科学技術政策の形成に関心を持つ成人の生涯学習プログラム、教員養成プログラム、教師教育プログラムの開発などの展開に寄与しうる。

④　研究計画・方法（概要）

科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の基本的な枠組みを構築するという目的を達成するために、科学教育各論（STS 教育論、エネルギー環境教育論、カリキュラム論、教授学習論）、専門科学者（放射線科学、核化学）、科学技術政策経験者、社会科学研究者（リスクコミュニケーション論）、産学連携コーディネーターなどから構成される、マルチディシプリナ

リーなグループを組織した上で、学習者の対象（学校段階、年齢段階など）、新しい学力・能力論（キー・コンピテンシー論、リテラシー論など）、教育学的カテゴリー（内容・カリキュラム論、教授学習論など）といった調査・検討対象に応じて、①文献調査、②国際比較調査、③フィールド調査を行い、それらの成果を統合して、科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育論の基本的な枠組みの構築を図る。

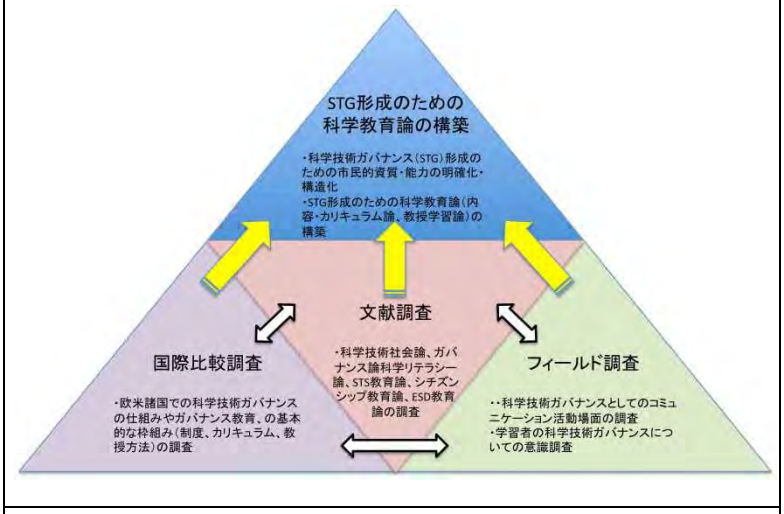


図２　本研究の基本的な構成

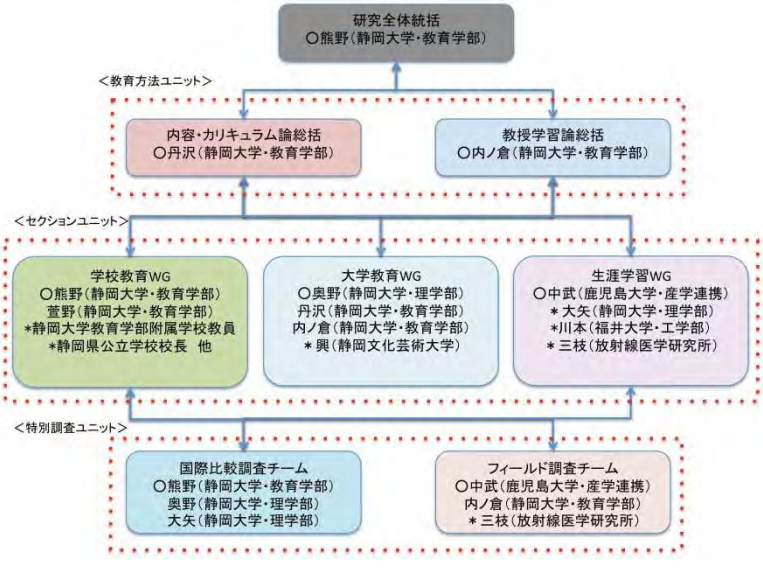


図３　本研究の研究組織と役割

1)　研究の基本的な構成

科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の基本的な枠組みを構築するという目的を達成するために、学習者の対象（学校段階、年齢段階など）、新しい学力・能力論（キー・コンピテンシー論、リテラシー論など）、教育学的カテゴリー（内容・カリキュラム論、教授学習論など）といった調査・検討対象に応じて、①文献調査、②国際比較調査、③フィールド調査を行い、それらの成果を統合して、科学技術ガバナンス（Science Technology Governance；　STG）の形成に資する科学教育論の基本的な枠組みの構築を図る（図２）。

2)　研究の体制

本研究グループは、科学教育各論（STS 教育論、エネルギー環境教育論、カリキュラム論、教授学習論）、専門科学者（放射線科学、核化学）、科学技術政策経験者、社会科学研究者（リスクコミュニケーション論）、産学連携コーディネーターなどから構成される、マルチディシプリナリーなグループである。これらのメンバーからなる本研究のグループは、一定領域ではあるが、科学技術ガバナンスを形成する各アクターの認識特性や行動特性についての学術的な知見を網羅しているものと見なせるのである（図３）。

以上

目　次

（CONTENTS）

はじめに …… i
研究組織 …… iii
研究成果報告 …… iv
本研究の概要 …… viii
目　　次 …… xii

Ⅰ．科学技術ガバナンスとSTEM教育
－日本におけるガバナンス論とアメリカにおける新たな科学教育改革からの観点－
……熊野善介　1

Ⅱ．日本の科学教育政策と海外のSTEM教育への改革
－科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育に向けて－
……清原洋一　17

Ⅲ．国際社会における放射線リスク認知
……三枝　新　33

Ⅳ．放射線リスクコミュニケーションとの関連性からの
学校教育や人材育成のガバナンスに関する考察
……神田玲子　48

Ⅴ．事例研究
Ⅴ－１．科学技術ガバナンスを目指したSTEM教育の実践
……
齊藤智樹、Irma Rahma Suwarma、Ilman Anwari、奥村仁一、熊野善介　71
Ⅴ－２．大学生の社会的な文脈における科学的な証拠の理解・活用の現状
－科学技術ガバナンスの形成に資する資質・能力の育成の観点から－
……内ノ倉真吾　88
Ⅴ－３．地域特性に配慮した大学教育の取り組み
－「静岡県の防災・減災と原子力」教育－
……大矢恭久、奥野健二、熊野善介、萱野貴広、中武貞文、内ノ倉真吾　104
Ⅴ－４．学校現場におけるガバナンスシステム導入の可能性
－防災・減災教育に対する大学生の意識から－
……萱野貴広　120

Ⅵ．科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究
－産学連携・地域連携・イノベーションの視座からのフィールド調査報告－
……中武貞文　134

Ⅶ．本研究の総括的討論
Ⅶ－１．科学技術ガバナンス形成のための科学教育
－3.11前と後とのパラダイムシフト：　米国と日本との相互比較より－
……長洲南海男　152
Ⅶ－２．科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究
－日本における科学技術ガバナンス論の定着化に向けて－
……興　直孝　157

資　料

科学技術ガバナンスとSTEM教育

－日本におけるガバナンス論とアメリカにおける新たな科学教育改革からの観点－

熊野善介
静岡大学創造科学技術大学院・教育学研究科

（1） はじめに

3.11 からはや３年が経過し、激甚な地震と津波をともなった東日本大震災と引き続き起こった、福島原子力発電所の事故から、未だに復興・復旧に明け暮れている日本の状況が続いている。しかしながら、戦後生まれの人間が述べるのも恥ずかしいが、第二次世界大戦後の復旧・復興は、他のどんな国よりも迅速であり，きめ細かで豊かな文化を作り上げることができたことは世界が驚愕したと同じように、10年後、20年後に、現在展開されている復興・復旧の優れた営みが、きっと評価される時が来るであろう。多くのマスコミは、うまく言っていることはほとんど取り上げず，問題点や課題のみことさら大きく取り上げ、稚拙なぐらい国の取組の遅さを論い、結果として国民から本質的な理解を遠ざけてしまってはいないだろうか。

ここで、本基盤研究（B）「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」研究課題番号23300283が目指そうとしている科学教育は、新しいフレームとしての科学技術ガバナンスが積極的に展開している近未来社会を目指して、科学教育をどのように展開していく必要があるのかについて発見しようとしているのであることをまず述べる。

（2） 国家レベルのガバナンス

国家レベルのガバナンス論は、『(国家レベル）ガバナンスの質を測定する１０年』(2006, The World Bank)から出されている．ここで、国家間のガバナンスの程度を推し量るための６つの指標が示されている．（１）選挙権、言論・結社の自由、メディアの独立性等、（２）政治的な安定性と暴力の根絶等、(３)公的なサービスの質の高さ、公的な設備の質の高さ，政治的な圧力からの独立性、政策決定と運営のあり方やなされ方等、（４）適切な制度を形成したり，実行したりする政府の能力等、（５）法律等の完成度と執行力等，（６）破壊を回避できる能力が挙げられた。これらの基準で評価された場合の日本の国家としてのガバナンス順位は、アイスランド、フィンランド、シンガポール、ニュージーランド、デンマーク、アメリカ合州国、チリについで、31カ国のなかで、８番目に位置づけられた．ここで興味深いのは、世界銀行のシンクタンクが国家レベルのガバナンスを敢えて定義するのではなく、より優れた国家としてあるべき姿を大きく６つの軸で示し，それぞれの国の状況を調査し、公平に評価を展開した結果をまとめたということである。そういう意味で、ガバナンスとは何かという疑問に対して，その国家が個人や団体にとって、どのような状況を形成しているかを６つの視点から評価をしているということで、ガバナンスを「統治」とも訳せないし、「共治」や「協治」と訳すこともできない。このワールドバンクの国家比較は、まだま

だ始まったばかりであり、多くの批判を受けながらも、より持続可能な社会や国家の形成に一石を投じた。このワールドバンクのレポートではガバナンスを次のように定義した。

「Governance consists of the traditions and institutions by which authority in a country is exercised. This includes the process by which governments are selected, monitored and replaced; the capacity of the government to effectively formulate and implement sound policies; and the respect of citizens and the state for the institutions that govern economic and social interactions among them.

ガバナンスは国家が為政者によって遂行され、伝統と社会制度によって構成される。これには、政府によって選択されたり、モニターされたり、改定されたりする過程が内包されている。すなわち、効果的に正しい政策を形成し遂行する政府の能力、市民を尊重し、経済的社会的な相互作用を展開しながら社会制度を形成しつつ、国家づくりが行われている状況のことである。」（http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#home）

（３） 科学技術ガバナンス

科学・技術にはもともと、利便性や便益性とリスクを伴うことは持続可能な社会の形成のために極めて適切な視点であり，科学・技術の社会への影響が益々巨大化する状況において科学技術ガバナンスを埋め込んだ研究やプロジェクトを展開する必要性が出てくる。更には，教育の中に科学・技術の本質に関する内容を位置づける必要がある。すなわち、「不確定要素を含み、科学者にも単純には答えられない問題ではあるが、今現実に社会的な合意を必要としている問題」を科学教育ではどのように対処していくかが、本基盤研究（B）の主たる研究テーマであるといえる。

日本では STS 論の展開から、科学技術論の人々を中心に 2002 年より科学技術社会論学会が誕生し、日本の科学技術政策に多大な影響を及ぼすと同時に、これらが 2004 年の科学技術白書に影響を及ぼしたといえる。現代の科学・技術と社会が接する領域では，「*不確定要素を含み，科学者にも単純には答えられない問題ではあるが，今現実に社会的な合意を必要としている問題*」がある。このような問題への取り組みとして，『科学技術白書』（2004）では，「*政府，科学者コミュニティー，企業，地域社会，国民等のそれぞれの主体間の対話と意思疎通を前提として，各主体から能動的に発せられる意思を政策形成等の議論の中に受け入れられるような，いわゆる科学技術ガバナンスの確立*」の重要性が指摘されている。この科学技術ガバナンスの確立の基礎形成の役割が期待されるのが，初等・中等教育から，高等教育，生涯学習へと広がる科学教育といえよう。

これを受けて，平成 23 年版科学技術白書では，第一部として，「社会とともに創り進める科学技術」として第１章が「科学技術と社会」とし，第１節が「社会の期待と科学技術」第２節が「科学技術の振興と社会への寄与」，第３節が「科学技術と社会との関係深化」ということで明らかに，我が国においても「科学技術ガバナンス」が国の施策の基本方略となったと言える。第２章に科学コミュニケーションに関してまとめられ，その第１節に科学技術コミュニケーションをさらに推進すること，第２節では，理科教育の充実並びに科学技術リテラシーの滋養，科学技術コミュニケーターの養成を進めること，そして，社会と科学技術との新しい関係の構築の必要性がまとめられた。第３章では，「*未来を社会とともに創り進めるために*」と題して，第１節が国民の参画による科学技術を活かした課題達成活動が事例

を示しながら述べられ，第２節が「熟議」の実施と研究費制度の改善，社会との対話を盛り込んだ新しいテクノロジーアセスメントの動向，「政策のための科学」の推進など，新たな政策立案プロセスの形成が示されている。第３節が「対話と相互理解，そして参画が生み出す新しい地平」と題して，社会・国民と研究者・技術者が対話に基づく相互理解の下，政策形成プロセスに参画し，よりよい科学技術ガバナンスの実現を目指すことが示され，「社会及び公共のための科学技術イノベーション政策」に転換することが示された。

日本ではアメリカやイギリスでの初等中等科学教育プログラムとは対照的に，多種多様なステイクホルダーなどの存在に目を向けることや説得的コミュニケーションのスキルの育成までは行われてこなかった。日本という文脈においては、「**参画を促進し、個々人が主体的に科学技術を学ぶ**」ことは、学校教育ではほとんど行われていないこともあり、どのように学校教育や学校外教育、大学教育を展開していったら、目標とする未来社会を創世できるかについては極めて希薄であり、これらに繋がる学習論・教授論が見出されているとは言い難い。科学技術のガバナンスに必要な市民としての資質・能力の具体的な内容やその教育方法，既存の科学教育システムを科学技術ガバナンスシステムと接続するための方策など，基本的な枠組みは解明されていない。すなわち，児童生徒が主体的に科学的な疑問や工学的な探究活動に埋没することと，日本の科学者や工学やその人々の下で研究している若い研究者たちとの相互交流を行うこと，この過程で科学や工学や技術の本質についてその発達段階なりの考察を行い，科学技術の光の部分のみならず影の部分の理解を深めながら，人間社会に貢献する道筋を理解する必要がある。そして国民として科学技術の発展に参画する強い意欲の形成がなされる教育が求められ，イノベーション研究がどのようになされているか身をもって体験的に理解ができる教育が模索される必要がある。

すなわち、国家レベルのガバナンスの中に科学技術ガバナンスは内包され、ガバナンスという言葉を、「統治」であるとか、「共治」、または、「協治」等という日本語でまとめることは極めて難しく、我が国のより熟成した民主国家を目指すという観点において、国家を構成している一人一人の国民が主体的に国づくりに参画できる状況を生み出すためのシステムを考える方向に現在は重きが置かれている。

（４） アメリカにおける科学教育改革としての K-12 フレームワーク、NGSS

アメリカにおいても 1996 年に作成された，全米科学教育スタンダードの改訂，改良を行うべきであるという要望が様々な州の教育委員会や大学の専門家，研究団体から出されるようになっていた。

基本的な内容をより精選していく必要があるという趣旨が示されているが，具体的な提案が明確に出されているのが，全米学力調査の 2009 年度版の科学のフレームワークである。科学的な探究を行うことの評価の観点として，①科学的な探究の計画をしたり，問題点を指摘できたりすること，②実験観察を実践できること，③データの中からパターン(規則性)を見つけ出すこと，④結論を導くために科学的証拠を使用することが示された。また，2009 年の科学のフレームワークにおいて，科学の内容の比率が示されたことも今後大きな影響を及ぼすことになると思われる。小学校 4 年においては，物理化学領域が 33%，生物学領域が 33%，地学領域が 33%としたこと，そして，中学校 2 年段階で，物理化学領域が 30%，生物学領域が 30%，地学領域が 40%としたこと，さらに高校 3 年段階で，物理化学領域が

38%，生物学領域が 38%，地学領域が 24%としたことである。これらの内容に対して，賛否両論があったが，幼稚園から高等学校において，生物領域と地学領域の学習をしっかり行うことの重要性と学問的にも複合した宇宙科学領域がより重要になっていく中で合意形成がなされたと見ることができる。物理化学のより専門的な内容は，大学でより強調されているだけでなく，優秀な学生のための教科（AP; Advance Placement）に対する検討が進み全米の高校で展開している。

アメリカでは全米科学教育スタンダードの見直しがカーネギー財団の支援を受けて，全米科学アカデミー（NAS : The National Academy of Science）のプロジェクトとして 2009 年 10 月に始められた。2011 年 10 月に，「A Framework for K-12 Science Education」というタイトルで公表された。ここで示されたフレームワークとは，１）科学・技術・工学・数学に共通する「核となる考え」（これまでビッグアイデアとして示されてきた内容とほぼ同義）を選ぶ規準の開発。２）出てきた「核となる考え」を再吟味し，相互関係を明らかにし，より厳選し，より深く，より明確化し，より質を高めること。３）「Learning Progressions 学習の進展（深化）」の研究結果に対応した観点を取り入れ，４年次，８年次，12 年次の学習内容に反映させること。４）期待される学習活動が明確に示されていること。５）将来の改訂のために研究課題が開発されること

これらのフレームワークからいえることは，「核となる考え」の再検討，再構築が望まれていることがわかる。科学・技術・工学・数学系の全ての関係者により，新たな合意形成がなされたことになる。

また，教育政策研究連合（CPRE; The Consortium for Policy Research in Education）による「科学における学習の進展（深化）」で提言されている内容とは，児童生徒の科学学習における科学概念の形成に関わる，科学的な研究データに基づいたものであり，これまで誤概念とか素朴概念とか呼ばれていた一連の研究のポストモデルと見ることができる。即ち，ノバックグループらの研究を進歩させ，授業研究を丹念に積み重ね，児童生徒がどのように科学概念を形成していくかの様々なモデルを実証的に積み重ね，どの様な変数が存在するかが探られた。そして，それらの誤概念が次にどの様な誤概念へと結びつき，どのような指導によって，より適切な科学的概念形成に繋がるのかという研究を体系化させる必要があると述べている。これらの子どもの誤概念をミスコンセプションとは呼ばず，プログレッション（progression；学習過程における理解の進展；科学概念を理解する過程で形成された子どもの考えの進展という意味）と命名するに至り，「科学における学習の進展（深化）」（Learning Progressions in Science）という新しい科学教育における研究領域を作り上げたことになる。このような内容は，日本においても授業研究においてすでに各地で行われており，学習指導要領にも多く埋め込まれているが，アメリカの研究者が具体的に体系化し，それらが新全米科学教育スタンダード(NGSS)に反映されたことになる。

このアメリカの科学教育の新しいフレームワークのドラフトが 2011 年の７月 19 日に，全米の様々な個人･団体に配られ，2012 年の４月ごろ，最終バージョンがインターネットで配信された。この最終バージョンに関して述べなければならないことを以下に列挙した。

●科学と工学と技術の明確な定義が行われ，科学教育のなかに大きく位置付けたことである。

●Inquiry という文言を practices という言葉へ転換したと示された。「科学と工学の体験的

経験的活動」と意訳したが，内容としては実際に科学者や工学者がどのような活動をしているのかを体験したり，経験したりすることが述べられている。
●発達段階に基づいた子どもなりの理解があり学習の進展(learning progressions)が各次元に存在していることが大変重要視された。
●これまでの全米科学教育スタンダードや AAAS のベンチマークに示されているビックアイデアを厳選し、科学工学技術を網羅する大切な概念とした。
●学習の核となる概念を厳選し，学習の内容を多きく 4 つの領域としたことである。これらは，物理科学（物理と化学）・生命科学・地球と宇宙科学，そして工学･技術･応用科学である。
全体の構成を簡単にまとめると図１のようになる。

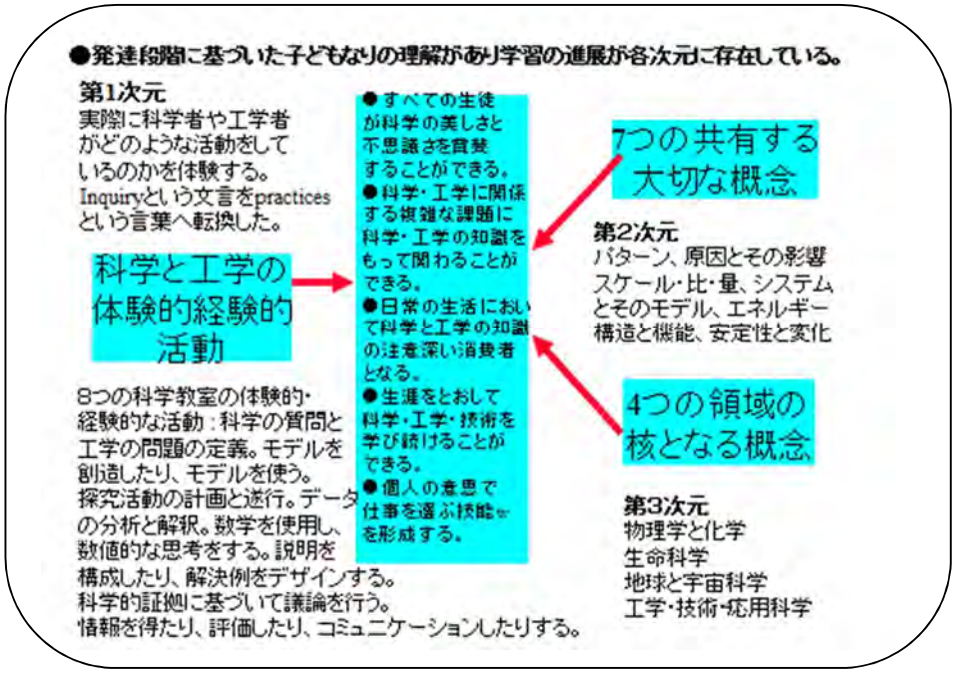


図１：アメリカの科学教育の新しいフレームワーク（熊野訳）

日本の中央教育審議会の答申での学力の重要な３つの要素と比較するならば，第 1 次元の「科学と工学の体験的経験的活動」の中に「科学的な見方･表現」が埋め込まれているといえる。すなわち、「探究（Inquiry）という言葉の代わりに、「科学と工学の体験的経験的な活動（practices)」と意訳したが、この言葉をそのまま受け止めては誤解を招くので，本フレームワークの中で、繰り返しその意味することが何度も示され，関係者に理解を求めている。文章を何度も読み返してみれば、わかったような気になるが，この点は現地を訪問し具体的なモデル実践を確認し、理解しなければならないところである。現時点においては，科学的な見方・考え方と工学的見方・考え方を融合した科学教育を目指していると解釈できる。そうであるとすると，教員養成プログラム、現職教育プログラム等膨大な費用が必要となる。これまで、2 回行った現地調査では、現在アメリカ各地で進行中の STEM 教育プロジェクトがすでにそのフレームを内包するといえる。ここで注目することは，４つの領域に、物理

化学、生命科学、地球と宇宙科学、工学・技術・応用科学があることである。具体的に各学年の科学教育の学習内容にどのように反映されるかは、基本的にはそれぞれ２５％の学習内容を包含するとみることができるが、物理化学の学習内容は高等学校に向かうにつれて増大すると予想できる。

第 2 次元の７つの共有する大切な概念は、前述の４つの領域すべてに共通する、理解することが極めて重要な概念であり，幼稚園から高等学校に至まで，繰り返し反復して学習する必要があり，その理解が次第に深まっていく必要がある大切な概念である。今後，新学習指導要領で示された４つの科学領域概念とも対応させながら，日本でもさらに議論がなされる必要がある内容である。

科学教育のゴールとして，以下の 5 項目を確認することができたが，これらのなかに学習意欲，すなわち「興味・関心・態度」に関わる要素が入っている。ということは，第一次元の中にも深くこの学力要素が埋め込まれているとみるべきである。

●すべての生徒が科学の美しさと不思議さを賞賛することができる。
●科学・工学に関係する複雑な課題に科学・工学の知識をもって関わることができる。
●日常の生活において、科学と工学の知識の注意深い消費者となる。
●生涯を通して科学･工学・技術を学び続けることができる。
●個人の意思で仕事を選ぶ技能を形成すること。

ここで，技術(technology)･工学(engineering)･科学の応用(an application of science)についての定義を表１に示す。これらの定義は重要であり，1996 年の全米科学教育スタンダードにはなかったものであり、この定義により、長年続いていた工学教育と技術教育の問題が解決に至っているわけではないが、共通理解に至ろうとしていることが確認できた。

表１：技術・工学・科学の応用についての定義（熊野訳）

技術	人間の必要性と欲求を満たすために天然物からつくられた生成物等のこと。
工学	人間の必要性と欲求を満たすために物体・プロセス・システムのデザインするための秩序だった，また繰り返される取り組みのこと。
科学の応用	例えば，科学をさらに展開したり，生成物やプロセス，医学的な処置をデザインしたり，新しい技術を開発したり，人間活動への影響を推測したりなど，特定の目的のために科学的な知識を活用すること。

次世代の科学教育の枠組みの構築に伴い，それを具現化するためのスタンダード作成が展開された。次世代科学スタンダード（NGSS : Next Generation Science Standards）は，2 年間かけて，26 州の協力と 41 人の中心メンバーによって，K-12 科学教育フレームワークを基に作成された。NGSS は最終版の発表までにドラフトが 2 回公開され，広く意見収集が行われた。1 万人以上の個人および団体からの意見が出されたとされる。特に先進州のレビューチームや州の教育委員会のチームからの意見は重要であったと記述されている。

基本的には意見の多くが大変好意的であったが，大きく分けて次のような 9 つの問題点が指摘された。●内容が多すぎる。●追加の内容がある。●言語の不統一の問題。●工学(engineering)と技術(technology)がどのように取り上げられるかに関する問題。●それぞれの期待される行為に対応する１つの practice についての誤解。●共通する概念がどのように組み入れるかについての説明不足。●他の教科のスタンダードとの関係・つながりが具体的になっていない。●スタンダードの編成に関わる問題。●スタンダードの具現化のための支援に関する内容の欠如等の課題が指摘された。

これらの指摘はすべて改訂され， 2013 年４月９日に次世代科学スタンダードの最終版が公開された。いよいよ，州ごとの科学（教育）スタンダードの作成が始まることとなった。NGSS 作成するにあたり、アイオワ州、ミネソタ州、イリノイ州等を含めた２６州からの科学教育関係者が積極的な協力を行なってきた。これらの州は、州の科学スタンダードとして NGSS を採用する過程にある。NGSS を州の科学スタンダードとして公式に採用を決定したのが、10 の州と特別行政区である。これらは、カリフォルニア州、ディラウェア州、コロンビア特別行政区、カンザス州、ケンタッキー州、メリーランド州、ロードアイランド州、バーモント州、ワシントン州、ネバダ州である。上述した科学技術ガバナンスの考え方が埋め込まれているのは、NGSS の科学や工学の本質論のところや STSE 論のところであるといえる。NGSS までどのように進歩し、具体的に STEM 教育のなかに埋め込まれているかを解明することが大切であることとなる。

（５） 日本およびアメリカにおける科学・技術の本質に関する内容と比較

１）日本における科学・技術の本質に関する内容

日本における、科学・技術の本質にかかわる内容は、現行の学習指導要領を分析することで得られる。

平成 11 年に発行された中学校学習指導要領では、「(7)科学技術と人間」のところで、「エネルギー資源の利用と環境保全との関連や科学技術の利用と人間生活とのかかわりについて認識を深めるとともに、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養う。」(p48)とあり、これに続くイ（ア）において、「科学技術の進歩による成果として新素材などの利用が行われ、日常生活が豊かで便利になったことを知るとともに、環境との調和を図りながら科学技術を発展させていく必要があることを認識すること。」とあり、解説のなかで、「科学技術は人間生活を豊かにしているが、その一方で、科学技術の開発・利用による環境への影響なども大きな問題となっている。このことから科学技術の重要性を認識するとともに、環境との調査ある発展が大切であることを認識するようにする。」とあった。

その一方で、現行の学習指導要領では、中学校における第１分野の「(7)科学技術と人間」のところで、「エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活のかかわりについて認識を高め、自然環境の保全と科学技術の利用のあり方について**科学的に考察し判断する態度を養う**。」と示され、ウの「（ア）の自然環境の保全と科学技術の利用」では、「自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し、**持続可能な社会**をつくることが重要であることを認識すること。」と示された。さらに、中学校学習指導要領解説理科編 55 頁には、「その際、科学技術の**負の側面**にも触れながら、それらの解決を図る上で科学技術の発展が重要であることにも気づかせる。」という解説が付加されていることは、いくつか

の点で、科学技術ガバナンスの視点が明確に導入されたことを意味する。すなわち、「認識する」という文言が、「態度を養う」という、より主体的で一歩踏み込んだ表現となっていることがあげられる。次に、「科学的に考察し判断する」という表現は、中学校で学んだ学習内容を活用し、主体的にエネルギーや環境問題に取り組む学習状況を展開することが期待されている。さらに、学習指導要領全般に渡って繰り返し出てくる内容として、ESD（Education for Sustainable Development:持続可能な開発のための教育）としての「持続可能な社会をつくることが重要」とう考え方が全教科に導入された。さらに、「科学技術の負の側面」ということばが、戦後初めて学習指導要領に登場し、より踏み込んだ「科学の本質」論の大切な要素の１つが、導入されたといえる。これらは、科学技術ガバナンスが適切に加速されるためにも大切な内容といえる。しかしながら、中学校の学習指導要領にこのような展開があったからといって、現在の中学校でどこまで強調されて授業が展開されているかといえば、学期や学年の最後の段階の学習内容であるので、理科の先生の多くは、授業時間をしっかり確保する余裕がどの程度あるか疑問であり、さらりとお話しする程度になっている場合が多いと予想できる。これらが諸外国、特にアメリカではどのようになっているのかを以下に追っていきたい。

２）NSES の「科学の本質」に関する内容（中等レベル）

まず、今日のアメリカの科学教育の改革の先駆けとなった、全米科学教育スタンダード（NSES、1996）の中学校レベルの科学の本質や科学技術と社会との関係についてどのように記載されたかを確認することとする。NSES は、作成された後多くの州ごとの州科学教育スタンダードに影響を及ぼし、もちろん理科教科書の内容の基本的な内容に多大な影響を及ぼしたといえる。日本の学習指導要領とは異なり、質の高い理科授業とはどのようなものかに関すること、理科教師としてどのように自己を研鑽するのかに関すること、科学学習の内容と順序性に関すること、理科のカリキュラムの構成の在り方や理科プログラムを年間やより長い時間の中でどのように組み立てえるかに関すること、評価の在り方に関すること、地域のコミュニティーや地域の様々な主体との連携をもとにしたシステミックな科学教育改革の方略に関することが明確に示されたことは画期的であり、今日でもその斬新さは評価されているものである。これら６つのスタンダードの「科学と技術」、「個人的・社会的観点から見た科学」、「科学の歴史と本質」について表２のようにまとめられた。

表２：　第５－８学年の科学技術ガバナンスに関連した内容

	科学と技術	個人的・社会的観点から見た科学	科学の歴史と本質
第 5−8 年	技術を用いて設計する能力 科学的探究についての理解	個人の健康 個体群、資源、環境 自然災害 リスクと便益 社会における科学と技術	人間の営為の 1 つとしての科学 科学の本質 科学の歴史

（NSES,1996, p110）

3）NSTA の「科学の本質」に関する声明文

NSES を受けて、全米科学教師連合学会（NSTA）は、「科学の本質」に関する声明文を作成した。この内容は、全米の先端の科学者や科学教育学者等が練り上げた内容であり、科学技術ガバナンスと対応した科学教育で取り上げるべき、科学の本質とは何かがまとめられている。

『科学を教えたり学んだりことに関連するものはすべて、科学の本質について、共通で正確な「考え」を持っているべきだ。科学は直接および間接の様々な形式による観察や検証からの情報の系統的な集りによって特徴づけられるが、実験だけではない、いろいろな手法で情報は集められるのだ。科学から生み出される主たるものは、自然の概念とこれらの科学概念に関連した、法則と理論である。

宣言:

全米科学教師連合学会は、科学がその方法、説明および一般化に加えて、科学の授業の唯一の焦点は、すべての非科学の方法、説明、一般化および製品の排除であるという提案を支持する。

次の文章は科学の性質の理解にとって重要である。

- *科学的な知識は信頼できるものであると同時に一時的なものである。科学的な知識に対して確信を抱くことは適切である。しかし、新しい証拠あるいは先の証拠および知識の再概念化に照らしてそのような知識が放棄されるかもしれないし修正されるかもしれないことを合理的に認識する必要がある。*
- *単一の普遍的な着実な科学的研究法はないので、科学を実際に行う複雑さを捉えることは簡単ではない。しかし、自然を捉えるための科学的なアプローチとしての多くの共有される価値および観点が特徴として挙げられる。これらの中には、自然界に対して試験可能であり、原理的であるという経験的な証拠によって支援された博物学的な説明の必要性がある。他の共有される要素として、観察、合理的な議論、推論、疑問を持つこと、仲間どうしによる評価や再現性がある。*
- *科学における創造性は個人的なものあるが、1 つの重大な科学的な知識の生成のための成分である。*
- *定義として、科学は科学的な方法および説明に制限されており、科学的な知識の生産の中で超自然的な要素に対して使用することは排除される。*
- *科学の主要なゴールは理論および法則(それらはまさに特定の意味を備えた用語である)の構築にある。*
    1. *法則とは、自然界のある様相がある条件の下で作用するありかたについての一般化あるいは普遍的な関係のことである。*
    2. *理論は自然界のある様相に対する推論的説明である。理論は補足証拠を備えたとしても法則になりえない。 理論は法則について説明するものである。しかしながら、すべての科学的な法則が理論を持っているとは限らない。*
    3. *よく確立している法則および理論には以下の条件を満たしていなければならない。*
        - *内部で一貫しており、もっとも適切な証拠に対して互換性があること。*
        - *広範囲の適用可能な現象および証拠に対してうまく試行されていること。*
        - *より進んだ研究のために、適切に広くそして演示可能な有効性を有していること。*
- *科学への寄与は、世界中の誰によってもなしえることである。*
- *尋ねられる科学的質問、実験・観察とそれらから導かれる科学の結論は、既存の科学的な知識の状態、研究者のおかれている社会的文化的情況、および観察者の経験および期待によってある程度影響を受ける。*
- *科学史から、科学には進化的および革命的な変更の両方が存在したことが証明された。新しい証拠および解釈で、古い考えはより新しいものと取り替えられるか補充される。*
- *科学と技術が互いに影響し合う一方、基礎的な科学研究は、実践的な結果には直接関係しないのだが、科学自体のために、自然界の世界についてより深く理解がえられるのである。*—Adopted by the NSTA Board of Directors, July 2000』

NSTA は、NSES の科学の本質論を受けて、また、科学論、科学技術論、科学技術社会論者との様々な議論、現場の理科教師との議論を繰り返し、「科学の本質に関する声明文」としてまとめた内容であり、注目に値する内容である。特に、科学技術の発展を冷静にとらえ、科学がどのように発展してきたか、科学がどのような特徴を有しているかをしっかり表現している。ここで注目したいのは工学と技術を明確に分離していないことである。

４） 社会や個人的イシューズという文脈で科学技術を教えることに関する NSTA の声明文

NSTA はさらに 2010 年に、「社会や個人的イシューズという文脈で科学技術を教えることに関する NSTA の声明文」を発表した。科学教育において、STS「科学と技術と社会」をどのよう埋め込むかについては、前スタンフォード大学教授の故ポール・ハード（Paul Hurd）氏、ペンシルバニア州立大学のラスタム・ロイ(Rustum Roy)氏、アイオワ大学のロバート・イエガー（Robert Yager）先生らの多くの科学教育研究者の努力があり、長い時と労力があったが、声明文として登場したのが、2010 年であることは、2013 年作成の NGSS の作成の先駆けとなったとみることができる。

「*社会的個人的イシューズの文脈のなかで、児童生徒が科学において何を知ることができるべきか、またはどのようなことを科学を通してできるようになるべきかについていかにまとめた。*

- *主要な科学的な概念、科学的仮説、そして科学における理論を理解し使用することができる。*
- *毎日の責任ある意思決定をするとき、科学概念の知識と科学のプラクティス（科学的探究活動）が含まれる。*
- *科学的知見が生成されるには、科学概念における複数の理論と複数の科学的探究プロセスに依拠することを理解している。*
- *技術の発明と進歩は、技術的デザインプロセスに依拠していることを理解している。*
- *科学と技術は人間の創造力と想像力によって生み出されたものであり、検証や厳しい追認実験にさらされることを理解している。*
- *科学的知見は証拠の積み重ねによって変化するものであり、古い証拠は再評価されることを認識している。*
- *科学的な証拠と個人的な意見の違いを見分けることができる。*
- *いかに社会が科学と技術に影響を及ぼし、どのように科学と技術が社会に影響を及ぼしているかを理解している。*
- *科学的および技術的発達には利点と欠点があることを理解している。*
- *様々な内容からある結論を出すとき、様々な解決策の中から、社会的にも責任ある選択をおこなうことができる。*
- *科学的および技術的な進歩は予期せぬ結果となってしまうことがあることを理解している。すなわち、実際に長く使用して初めて明らかになる場合や、技術がより普及したり、使用されたりするエネルギーがより大きくなることによってもたらされる。*
- *多くの結論は本来的に地球規模なものであることを認識している。すなわち、世界中の様々な人々に対して、私たちが意思決定したことが影響を及ぼし、彼らにイシューズと類似した意思決定することをもたらすことになるのである。*
- *未来に生み出されるだろう科学技術力による影響を考慮しながら、社会的なイシューズに対する適切な持続可能な解決方略を選択すべきであることを理解している。*
- *科学と技術の進歩が環境に対して有意義な影響を及ぼしたり、マイナスの影響をおよぼしたりすることを認識している。*
- ***工学的デザインの研究やプロセスの役割と価値を称賛している。***
- *信頼できる科学的技術的な情報源を知っており、どうやってそれらの知見にたどり着き、意思決定のプロセスにおいてこれらの情報源の活用の仕方を知っている。*

さらに科学技術ガバナンスを推進するために、科学の授業の中に埋め込むべき要素として、7 つの視点が盛り込まれた。

- *科学授業の中で個人的かつ社会的に適切なイシューズを取り扱うこと。また、これらのイシューズが発達段階の観点からも適切であり、科学と個人および社会的なイシューズと関係した内容に興味を喚起し、意欲が醸成される取組になっていること。*
- *生徒にとって認識でいる科学的なおかつ技術的なイシューズをできるだけ取り扱うこと。*
- *科学的な探究と工学的なデザインを理解し、具体的な学習活動（プラクティス）を組み込んでいること。*
- *個人的なおかつ社会的文脈のなかで、科学の研究を激励する複合した学習の機会を提供すること。*
- *政治的、経済的、倫理的な思考を伴う、科学的なイシューズについて、社会的な次元を分析することによる本来の学習文脈を提供すること。*
- *異なった観点や見方、また、その他の思考方法を認知し尊敬することにより、開かれた、かつ偏らない*

方略のアプローチを導入すること。

・児童生徒が未来の市民となる準備を行うこと。すなわち、未来の市民とは科学的なおかつ技術的リテラシーを有し、自ら進んで社会的な責任を有し、洗練された意思決定が展開できる人々のことである。」

（熊野訳）

—Adopted by the NSTA Board of Directors, November 2010

（http://www.nsta.org/about/positions/societalpersonalissues.aspx）

以上の NSTA の社会や個人的イシューズという文脈で科学技術を教えることに関する NSTA の声明文の中に、科学技術ガバナンスのための科学教育のあるべき授業の観点が明確に示され、この内容があらゆる科学の教科書の中に埋め込まれた。現実の授業のなかにどの程度導入されているかどうかの分析は極めて困難であるが、日本の学習指導要領と比較をした場合、明らかに科学技術ガバナンスと関連した内容が多岐に渡って、記述されているといえる。この時点では、技術と工学の明確な定義は出ていないものの、NSES では、ほとんど文言としての記載がなかった、「工学」という記載が出始めていることを注目するべきである。

5）NGSS における「科学技術ガバナンス」に関する内容（中等レベル）

NGSS においても、NSTA の声明文のように、「科学の本質」（資料 I）に関する記載と、「科学・技術・社会と環境」（NGSS, 2013, 資料 J）で大まかなまとまりとして解説が展開されている。（表３）ここでは、前述の K-12 フレームワークで記載された、技術・工学・応用科学の定義に基づいて記載が展開されている。

表３ NGSS における「科学技術ガバナンス」に関する学習内容（中等レベル）

	科学と工学と技術の相互依存性	社会や自然界への工学・技術・科学からの影響
6－8 学年	工学の進歩は、科学のあらゆる分野の大切な発見を直接的に引き出すとともに、科学的な発見はあらゆる産業と工学システムの発展につながっている。	すべての人間の活動は天然資源に依拠しており、また、すべての人間の活動は、自然環境と人々の健康の両面に対して、短い期間または長い期間、**プラスとマイナスの影響**を及ぼしている。 技術の使用は、人々のニーズ・欲求・価値観に基づいて促進される。さらには、科学的研究の発見によって、また、気候・天然資源・経済的状況などの変化に応じて齎（もたら）される。 技術は地域ごとに、また、時系列で様々な形態で使用される。

（NGSS, 2013, 資料 J）

K-12 フレームワークから、より具体的な内容がまとめられ、NGSS のドラフトが作成された。この NGSS のドラフトが多くの研究者、団体、個人に渡され、付加されなければならない内容として、付録という形で出てきたのが、「科学の本質」に関することと、「STSE」（科学・技術・社会・環境）等である。この部分こそが「科学技術ガバナンス」関連の内容である。「K－5 学年」「６―８学年」「9－１２学年」という３つに大くくりにした学ばれるべき内容が示された。NGSS 以前と比べて、大きな転換は、「技術」や「工学」がしっかり位置づけられたことである。

（6） アメリカにおける科学技術ガバナンスのための科学教育改革としての STEM 教育

本基盤研究（B）において、科学教育ガバナンス推進するための科学教育改革のモデルとはどのようなものかを求めてきた。アメリカの場合、STEM 教育改革が推進され、その共通理解のために NGSS が 2013 年に開発された。STEM 教育に至るこの詳しい分析はべつな論文の中で示すことにするが、多くの著作では連邦レベルでの動きと州レベルの動きと、NSF（全米科学財団）によって支援される研究レベルと、現場での STEM 教育実践レベルの４つの動きがあるといえる。本研究費の一部とフルブライト研究者プログラムの研究費により、2012 年にアイオワ大学を中心に複数の州、特にアイオワ州、ミネソタ州、ワシントン DC の状況の確認作業を行うことができた。さらに、2014 年 2 月に、ワシントン DC・アイオワ大学・ミネソタ大学を中心に訪問することができた。

ワシントン DC では、前回も訪問した全米科学教師連合学会（NSTA）を訪問した。HP や出版物、教師教育において、STEM 教育を盛んに推進している。この団体は主に、大学の科学教育学の研究者、小学校から高等学校の科学教師等からなる約 7 万人が会員であり、連邦政府に対しても、科学教育学研究においても、科学教師教育に対しても、その影響力は計り知れないものがあるだけでなく、世界の科学教育の先頭を走っている組織である。この団体が組織を挙げて STEM 教育を推進しているだけでなく、研究者と研究者、教育者と教育者、そしてあらゆる会員のつながりを強化しているといえる。日本のトヨタや東芝の現地法人が年間億円単位で科学教師に研修や研究、教材への支援をしている。今回も訪問を重ねることにより得られた新しい知見としては、連邦政府からは明確な資金援助は無いということを事務局長が述べたことは意外であったが、日本と税法が異なっていることもあり、企業や他の団体からの寄付金は膨大である。NSTA の Yearbook によれば、2011 年の運営経費は 24 億円程度であった。アイオワ州では、州 STEM 教育推進協議会委員長の Jeffery Weld 博士のご厚意で、2012 年に州 STEM 教育推進協議会に 2 度参加させていただいたこと、2014 年 2 月にアイオワ大学にて、その後の進展を講義していただいたことにより、州レベルの STEM 教育の推進が、他の州に比較しても秀でていることが、実態の評価報告から明らかであった。特にアイオワ州を 6 つの地域にわけ、STEM 教育の事務所をつくり、各事務所に大学の准教授レベルの研究者と事務職員を置き、それぞれの地域の STEM 教育を企業と連動しながら、学校やインフォーマルな教育の展開を積極的に進め、具体的なアクションプランと具体的な数値目標を有していた。具体的なモデル事業が次第に類型化され、どのような展開例が適切な結果を生み出しているかの評価が厳しくなされている。2012 年には STEM 教育を導入した高等学校物理の教室、2014 年 2 月には STEM 教育を導入した算数の授業を見学できた。大学での STEM 教育を導入した科学教育法の 1 部を受けることもできた。さらに、ミネソタ州では、ミネソタ大学を中心に交流を展開できた。ミネソタ州では、NSF より 2012 年から 5 年間で 8 億円の研究費を獲得しており、以下に示す 2011 年の論文(Roehrig, et al, 2012)は、その研究費を獲得するための基礎研究となった実証的な論文であったと考えられる。ミネソタ大学では STEM 教育センターを立ち上げ、14 人の研究者により構成され、7 人が科学教育学の専門家であり、6 人が数学教育学の専門家、工学教育の専門家は 1 名であるが、数学教育学と科学教育学の専門家の内、それぞれ 2 名が工学教育にも精通している。工学教育が専門の Karl Smith 氏によれば、工学教育と技術科教育の間には、それなりの共通理解が得られつつあるが、明らかに論争があるといえるが、NGSS

の登場により、それぞれが尊敬し合いながら未来を形成していく必要があるという考えが示された。是非、日本の工学教育の専門家委に会いたいとのことであった。日本の JABEE システムをとても評価していた。数学教育の Thomas Post 博士と Kathleen Cramer 博士から STEM 教育における様々な内容を得ることができた。特に、興味深かったのは、ミネソタ州は数学コンテント・コアをミネソタ州の数学教育スタンダードとして受け入れていないこと。今回のコンテント・コアよりもはるかに良いミネソタ州数学スタンダードが存在することが述べられた。その点、ミネソタ州数学スタンダードと NGSS と連動した STEM 教育との連携は大変望ましいものであり、今後とも積極的に展開していきたいというコメントをいただいたことは大変興味深かった。

１） Roehrig, Moore, Wang, and Park の論文から

日本に戻ってから、2011 年にまとめたられた、Roehrig 等の論文を入手した。ミネソタの STEM 教育センターは 2008 年からスタートしたが、この論文は 2009 年度と 2010 年度の研究活動のまとめの論文とみることができる。この論文では、Hurd(1998)の論文を引用しながら、複雑なイシューズの解明を目指す、領域を超えた学習の重要性を改めて認知し、全米科学アカデミー（NAS）が 2006 年にまとめた、「Rising Above the Gathering Storm」(NAS, 2007)が、国家レベルでアメリカ国民に警告を示し、STEM 教育の重要性を述べた。その他多くの文献が示される中で、12 の州において、STEM 教育の検討が展開されたことが示されている。2010 年に全米学術審議会（NRC）が次世代科学教育スタンダード（この時点では、the Next Generation of Science Education Standards となっているが後に Next Generation Science Standards となる）の検討委員会が発足したと示されている。2011 年の時点で、Roehrig 博士等は、「科学・技術・工学・数学間の繋がりを考慮している連邦レベル、州レベルの取り組みが増大しているが、STEM 融合の効果的な教育モデル研究と合意が欠如している。」（p32）と示されている。しかも、STEM 教育を展開する上で、ミネソタ州の科学の教員研修会で大切にした内容として、2010 年から 2011 年度は、「科学の本質と工学の本質」「数学関連の領域に関する更なる研修」という内容を取り上げていることに注目する必要がある。日本としても STEM 教育を科学教師に対して始めるのであれば、同じ内容から始める必要がある。Roehrig 等の研究では約 76 人の STEM 教育を展開するための教師教育を展開し、具体的に先生方が 3 つのレベルの実践を行っている。すなわち、学校全体で取り組んだ STEM 教育、ある学年に特化して展開した研究、1 人の継続的な実践授業で STEM 教育を取り入れた実践研究である。それぞれについて質的な実践研究がなされ、地域の学校がおかれている文脈で、STEM 教育に関連して可能な実践から展開されているといえる。

２）Bybee の STEM 教育論から

「*STEM 教育について：挑戦と機会」（Bybee, 2013）よれば、STEM 教育リフォームは、単なる教育の流行ではなく、国を挙げた教育戦略とみることができ、かつてのスプートニクショックの後展開した科学教育改革に匹敵する、あるいはそれ以上の科学・技術・工学・数学教育改革と位置づけた。第 7 章では STEM 教育の文脈として、STEM リテラシーという語彙を登場させ、その特徴として、「基礎的な科学、技術、工学、数学の概念とプロセスを内容として包含しながら、これまでの伝統的な個々の領域に囚われることな*

く、複合して相互に関連している領域を扱わなければならない。すべての教育の中心として位置付ける必要がある。例えとして、古代ギリシアにおける、「paideia」に相当するものである。ここで大切なのは、知識を獲得するだけではなくこれらの知識を活用し、応用することが大事なのである。」(Bybee, 2013, p64)

STEM リテラシーの定義として Bybee 氏は、「*○日常の状況の中での質問や問題を認識するため、また、自然界とデザインされた世界を説明するため、そして、STEM に関連したイシューズについて証拠に基づいた結論を導くための知識、態度、技能(能力)のこと。○人類の知恵、探究、デザインという形態での STEM 領域の特徴を理解していること。○STEM 領域がいかに身の回りのものや知力、そして文化的な環境を形成しているかに関心を持つこと。○建設的な関わりを持って熟考する市民として、科学・技術・工学・数学の思考をもとに STEM に関連したイシューズに意欲的にかかわること。*」(p65) とした。そして、これらの STEM 教育改革にとって大切なのは、2010 年に出版された、科学教育と 21 世紀技能(能力)の相互関係の探索 (2010, NRC) で示された 21 世紀技能(能力)を積極的に取り入れる必要があるとした。

Bybee 氏の STEM 教育改革が目指しているのは、やはり、今後ますます加速していく、STEM 分野の進歩そのものからも生み出される様々なイシューズを人類の英知で解決方略を見いだしていくため、教育すべき内容の大きな転換が必要であるとしている。すなわち、人類が直面していない、経験していない様々なイシューズや課題を消化していく必要がある。どのように展開することで、どのような教材を生み出すことで、どのようなプログラムやカリキュラムを生み出すことで、STEM 教育はより適切なものとなるのかを国を挙げて見いだしていこうと Bybee 氏は呼びかけている。

3） Yager 博士の STEM 教育論

2012 年の 9 月から 12 月にフルブライト研究者プログラムで客員研究員としてアイオワ大学を中心にアメリカに 3 か月滞在することができた。イエガー先生と様々な質疑応答を行う機会に恵まれた。また、2014 年の 2 月に 4 日間ほど他の日本人研究者とともに STEM 教育に関して様々な議論を展開できた。これまで、イエガー先生の関係者の多くがアイオワ州知事 STEM 諮問委員会に関わり積極的な取り組みを展開しており、全米でも具体的成果が明確に表れている州の 1 つである。

アイオワ州では、NSES の科学教育改革のおり、1990 年代チヤタクワ教師教育プログラム（STS アプローチを中心とした教育改革）を州全体で展開した経験があり、この時の研究費は数億円規模で展開されていたので、かなりの多くの科学教師が関係し、その後も絶え間ない努力をしてきており、今回の STEM 教育改革も早くから受け入れられ、また実践力も高い教師が多いといえる。今回の改革では、前回より大きな改革で、K-12 教育、大学教育からインフォーマル教育まですべてが STEM 教育の改革のために、細かいアクションプランが立てられ、一つ一つ遂行されている。そういう意味で、州全体が STEM 教育改革に向かっているという点においてたぐいまれな教育改革である。イエガー先生は近く、NSTA から STEM 教育の事例研究の書籍をまとめられるが、この最初のフォワードに文章を出されている。この文章の中で、もっとも強調しているのが、STEM 教育で最も大切なことは、科学における発見と工学における発明を、自ら主体的に、且つ具体的に経験することを積み重ねることが求められていることだとした。

4）まとめ

これまで、科学技術ガバナンスのための科学教育論を展開してきたわけであるが、行き着いたのが STEM 教育ということになる。むしろ見えてきたのは、日本における STEM 教育は具体的に科学技術ガバナンスにつながっていく文脈をより強く意識して埋め込んでいく必要がある。STEM 教育改革とは単に、教科横断的な教育を目指しているものだけではなく、科学技術の発展の必要性を理解し、その一方で、科学の本質、工学の本質を十分理解し、技術の利便性と科学的な証拠に基づいたリスクを熟知しようとする態度を要請する必要がある。すなわち、イシューズベース学習であるとか、知識生成学習であるとか、科学的・工学的探究学習が合体している学習モデルの検討が必要であり、学習者が常に科学研究や工学的研究に関わり、楽しみながら体験的に経験する状況が求められている。この過程で、工学の本質や科学の本質を常に体得する状況を埋め込むことが大切である。

我が国の文脈に埋め込んだ STEM 教育改革を検討するために、ボトムアップとトップダウンの双方からの検討が必要であり、戦略的なロードマップが必要となる。世界はすでに、大きな船出をしており、より STEM リテラシーの高い人材の育成が始まっている。この人材がどのような能力を獲得している人々であるのかについては、今後ともより精度の高い研究交流をアメリカ等の研究者と行っていく必要性がある。

References

Achieve (2013). Next Generation Science Standards. http://www.nextgenscience.org/

Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education, Challenge and Opportunities.* NSTA Press, Arlington, Virginia.

北原和夫・長崎栄三他(2008).「21 世紀の科学技術リテラシー像 - 豊かに生きるための智 - プロジェクト」総合報告書,日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究.

国立教育政策研究所(2009). 第 3 期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に関わる調査研究, 理数教科書に関する国際比較調査結果報告, 平成 20 年度科学技術振興調整費調査研究報告書

熊野善介(2009). 第 1 部第 1 章「新学習指導要領により理科はどのように改善され, どのような方向性をもつか」新学習指導要領の特色とその背景,「新学習指導要領に応える理科教育」, 分担執筆, 東洋館, 12－22.

熊野善介(2010). 第 3 章第 1 節「アメリカースタンダード以後の新しい科学教育改革の動向ー」, 現代理科教育改革の特色とその具現化, 橋本健夫・鶴岡義彦・川上昭吾編著, 分担執筆, 東洋館, 132-140.

熊野善介(2011). 理科教育に求められる五つの「力」－東日本大震災と巨大津波災害, 原子力発電事故災害を受けてー, 理科の教育, Vol.61, No.716, 162-165.

熊野善介(2012), 中学校理科の教育課程が目指す学力, 第 3 章第 2 節, 今こそ理科の学力を問う-新しい学力を育成する視点-, 日本理科教育学会編著, 東洋館出版社, 98-105.

National Academy of Sciences(2007). Rising Above The Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future, Committee on Prospering in the Global Economy of the 21st Century: An Agenda for American Science and Technology, Committee on Science, Engineering, and Public Policy, National Academies Press.

National Assessment Education Program, NAEP (2009). Science Framework, http://www.nagb.org/publications/ frameworks/science-09.pdf/

NRC (1996). *National science education standards.* National Academy Press, Washington, DC.

National Research Council(2010). Exploring the Intersection of Science Education and 21st century Skills, Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council. (2011). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press. 1-385.

National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.

NSTA (2000). , NSTA Position Statement, Adopted by the NSTA Board of Directors, July 2000, http://www.nsta.org/about/positions/natureofscience.aspx

NSTA (2010). Teaching Science and Technology in the Context of Societal and Personal Issues, NSTA Position Statement, Adopted by the NSTA Board of Directors, July 2010. http://www.nsta.org/about/positions/societalpersonalissues.aspx

文部科学省（2004）. 平成18年度版科学技術白書―これからの科学技術と社会－ http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200401/index.html

文部科学省（2008）. 中学校学習指導要領解説理科編, 清水誠, 熊野善介ら著, 1-149.

文部科学省(2011).第 2 期教育振興基本計画の策定に向けた基本的な考え方, 教育振興基本計画部会 http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2011/12/20/1314429_02_1.pdf

文部科学省(2011). 平成 23 年度版 科学技術白書―社会とともに創り進める科学技術－ http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa201101/1302926.htm

Marshall, S. P., Scheppler, J. A. &. Palmisano, M. J. (2003). Science Literacy for the Twenty-First Century, Prometheus Books, Inc. through Japan UNI Agency, Inc., Tokyo. 渡辺政隆監訳,近代科学社, 1-261.

Mosher, Rrederic A.(2011). The Role of Learning Progressions in Standards-Based Education Reform, RB-52, CPRE Policy Briefs, University of Pennsylvania, http://www.cpre.org/role-learning-progressions-standards-based-education-reform

Roehrig, Gillian H., Moore, Tamara, J., Wang, Hui Wang, and Park, Mi Sun (2012). Is Adding the E Enough? Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration, Volume 112, Issue 1,p31-44.

The World Bank (2006). A Decade of Measuring the Quality of Governance, Governance Matters 2006, Worldwide Governance Indicators.

United States Department of Education (2010). A Blueprint for Reform, The Reauthorization of the Elementary and Secondary Education Act, , March 2010.

日本の科学教育政策と海外の STEM 教育への改革
－科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育に向けて－

清原　洋一
KIYOHARA Youichi
国立教育政策研究所
National Institute for Educational Policy Research

（1）はじめに

各国で科学教育改革が進められている。欧米諸国では，科学教育に，技術・工学などの要素を組み込んだ STEM 教育を推し進め，科学技術ガバナンス形成に関わる教育も含め充実を図ろうとしている。ここでは，「理数教育の充実」の基で改定された学習指導要領，欧米における STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育を取り上げるとともに先進的な授業実践にも触れ，今後の日本の科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育の可能性について考察する。

［キーワード］科学教育改革，学習指導要領，STEM 教育，科学技術ガバナンスの形成

（2）学習指導要領改訂

平成 20 年に小・中学校，21 年に高等学校及び特別支援学校の学習指導要領が改訂された。現在，小学校・中学校で全面実施，高等学校においても平成 25 年度入学生より実施，理数においては他教科より 1 年早く実施している。この改訂では，教育基本法，学校教育法の改正に基づいたものであり，「生きる力」の育成とともに教育内容の主な改善事項として「理数教育の充実」が明確に示されている。

1）「理数教育の充実」の背景

今回の学習指導要領改訂の方向性を示した平成 20 年 1 月の中央教育審議会答申において，「教育内容に関する主な改善事項」の中で「理数教育の充実」が大きく取り上げられた。この背景には，現代の社会が「知識基盤社会」といわれるように学術研究や科学技術をめぐる世界的な競争の激化，一方で，少子・高齢化，環境問題といった課題に，次世代へ負の遺産を残さず，人類社会の持続可能な発展のために科学技術に何ができるかが問われているという現状がある。このため，「知識基盤社会」に対応し人類社会の持続可能な発展のためには，次代を担う科学技術系人材の育成ということのみならず，国民一人一人の科学に関する基礎的素養をいかに高めるかが喫緊の課題となっている。

また，PISA や TIMSS といった国際学力調査，教育課程実施状況調査などの国内調査等から，理数教育についての課題も明らかになった。具体的には，

・基礎的な知識・技能に関すること
・身に付けた知識・技能を実生活や学習等で活用したり，数学的な見方や考え方，科学的な見方や考え方を生かして問題を解決したりといったこと
・数学や理科の学習に対する意欲や，学ぶことの意義や有用性についての認識
・学習の基盤となる自然体験，生活体験が乏しくなってきていること

などの課題が見られた。特に，国際調査においては，学習に対する意欲や，学ぶことの意義や有用性についての認識の低さが大きな課題となっている。

２）理数の学習指導要領改訂

今回の改訂では，基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着，思考力や表現力等の育成をバランスよく行い，分かる喜びや学ぶ意義を実感すること，数学や理科に対する関心や学習意欲を高めることを目指している。

そのため，基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着という面からは，「小・中・高等学校の接続」，更に科学技術の進展などの中で学習内容の「国際的な通用性」などの観点から学習内容の構造化を図り改善している。また，思考力や表現力等の育成という面からは，数学においては数学的活動，理科においては，問題解決や科学的に探究する学習活動をより一層重視している。知識・技能の確実な定着，思考力や表現力等の育成をバランスよく行い，数学的な見方や考え方のよさなどを認識させ，将来の学習や生活に数学を積極的に活用できるようにしたり，科学や科学技術の発展の成果が社会の隅々にまで活用されるようになっていることを認識したりしながら，数学や理科に対する関心を持ち続ける態度を育てることをねらっている。

目標や学習内容を改善するとともに，そのような指導が行われるよう「各科目にわたる指導計画の作成と内容の取扱い」の表記を変更したり，新たな配慮事項を加えたりしている。例えば，高等学校学習指導要領においては，

（総則）

・基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ，これらを活用して課題を解決するために必要な思考力，判断力，表現力その他の能力をはぐくむとともに，主体的に学習に取り組む態度を養い，個性を生かす教育の充実に努めなければならない。その際，生徒の発達の段階を考慮して，生徒の言語活動を充実するとともに，家庭との連携を図りながら，生徒の学習習慣が確立するよう配慮しなければならない。
・各教科・科目等の指導に当たっては，生徒が学習の見通しを立てたり学習したことを振り返ったりする活動を計画的に取り入れるようにすること。

（数学）

・各科目を履修させるに当たっては，当該科目や他の科目の内容及び理科，情報科，家庭科等の内容を踏まえ，相互の関連を図るとともに，学習内容の系統性に留意すること。
・指導に当たっては，各科目の特質に応じ数学的活動を重視し，数学を学習する意義などを実感できるようにするとともに，次の事項に配慮するものとする。
  (1) 自ら課題を見いだし，解決するための構想を立て，考察・処理し，その過程を振り返って得られた結果の意義を考えたり，それを発展させたりすること。
  (2) 学習した内容を生活と関連付け，具体的な事象の考察に活用すること。
  (3) 自らの考えを数学的に表現し根拠を明らかにして説明したり,議論したりすること。

（理科）

・各科目の指導に当たっては，大学や研究機関，博物館などと積極的に連携，協力を図るようにすること。
・各科目を履修させるに当たっては，当該科目や他の科目の内容及び数学科や家庭科等の内容を踏まえ，相互の関連を図るとともに，学習の内容の系統性に留意すること。

・各科目の指導に当たっては，観察，実験などの結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し，それらを表現するなどの学習活動を充実すること。
・環境問題や科学技術の進歩と人間生活にかかわる内容等については，持続可能な社会をつくることの重要性も踏まえながら，科学的な見地から取り扱うこと。

などである。

３）新学習指導要領の特徴や科学技術リテラシーの向上という面からの改善点

平成 20 年・21 年の学習指導要領改訂は，教育基本法や学校教育法等の一部改正に伴うものである。したがって，教育基本法に，「主体的に社会の形成に参画し，その発展に寄与する態度を養うこと」の記載が加わったことに代表されるように，「生きる力」を強調している。学校教育法や学習指導要領総則において「学力の３要素」，つまり①基礎的・基本的な知識・技能，②知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等，③主体的に学習に取り組む態度を明確に示しており，いずれの教科等においても，この方向で改善が図られている。

科学技術リテラシーの向上という面から，関連する部分の多い教科・領域での改訂の要点を以下に示す。

「算数科」「数学科」

数学的活動を一層充実させ，学習内容についても充実を図っている。

数学的活動に主体的に取り組み，基礎的・基本的な知識・技能を習得し，数学的に考える力をはぐくむとともに，数学のよさを知り，数学が生活に役立つことや数学と科学技術との関係などについての理解を深め，事象を数理的に考察する能力と態度を養うことを重視している。

学習内容については，確率・統計に関する学習も充実しており，例えば，中学校に於いては「資料の活用」を新設している。

「理科」

小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図るとともに，科学的に探究する能力や態度などを育成する学習などを充実している。

中学校においては，「自然環境の保全と科学技術の利用」を新設している。ここでは，科学技術の発展と人間生活とのかかわり方などについて多面的，総合的にとらえさせ，自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察させ，持続可能な社会をつくっていくことが重要であることを認識させることをねらいとしている。また，「放射線」についての学習も，昭和 44 年告示の中学校指導要領以来約 40 年ぶりに加わっている。

（なお，「放射線」の性質等について，これまでにも高等学校の「物理Ⅱ」等に学習内容として入っていた。しかし，「物理Ⅱ」の履修率は 12 ～ 15 ％程度と少なく，これまでの一般の人の「放射線」の基礎的な事項に関する認知度が低いというのが現状であったと考えられる。）

「技術・家庭科」技術分野（中学校）

安全・リスクの問題も含めた技術と社会・環境との関係の理解，技術に関する倫理観の育成などを目指した学習活動の充実を図っている。また，「情報活用の技術」を，内容の柱として位置付けている。

「情報」（高等学校）

情報モラルを身に付けることや，コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を適切かつ実践的，主体的に活用できるようにするための学習活動を充実している。

「総合的な学習の時間」

総合的な学習の時間は，変化の激しい社会に対応して，自ら課題を見付け，自ら学び，自ら考え，主体的に判断し，よりよく問題を解決する資質や能力を育てることなどをねらいとしている。基礎的・基本的な知識・技能の定着やこれらを活用する学習活動は，教科で行うことを前提に，体験的な学習に配慮しつつ，教科等の枠を超えた横断的・総合的な学習，探究的な活動となるよにしている。

（3）欧米の科学教育改革

１）改革の概要

国立国会図書館の調査及び立法考査局による「科学技術に関する調査プロジェクト」調査報告書（2011 年 3 月）によれば，21 世紀の科学技術社会では，それを支える人材の育成・確保という点から，理数教育・技術教育の重要性が認識され，欧米各国において初等中等段階からの理数教育の充実が科学技術政策の重点課題の一つとして位置づけられている。米国では，1950 年の全米科学財団（National Science Foundation: NSF）の設立後に政府助成の科学教育プログラムへの支援が本格化し，各省庁が STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育プログラムを推進している。また，EU においても，2004 年に欧州委員会が科学教育に関する調査報告と提言を行い，各加盟国間での取組みの共有化が進んでいる。イギリスでは STEM アドバイザリーフォーラム（STEM Advisory Forum）を始動し，全英科学学習センター（National Science Learning Centre）を含めた組織体制による推進が始まっている。

日本が理数教育の充実を掲げ学習指導要領の改定を行ったように，先進諸国において

・日常生活の中で科学的な情報等に自信を持って扱えずにいること
・数学，物理をはじめとする科学を学習する生徒の減少
・高等学校段階での理系分野の選択における男女差

などを課題として認識しており，児童生徒の科学技術への理解増進，市民の科学技術リテラシーの普及・向上を図ろうと積極的に動いている。

例えば，EU においては，科学・技術・工学のための人材資源の増加を支援するために，科学技術社会に参画するための知識・態度の養成，科学系キャリアと結び付けていくことが科学教育に求められている。その対策として，教員向けの科学・技術・工学に関して，Web 上で参加できる EU 科学教育コミュニティの整備，教材の提供等を，EU 加盟国が取組を共有しながら進めている。また，英国においても，STEM 教育を実現しようと積極的に動き出しており，全英 STEM ディレクターには，これまで 21st Century Science を推進してきた全英科学学習センター（National Science Learning Centre）の John Holman 教授が就任した。

２）米国における科学教育改革

米国の科学教育において，STS 的なアプローチを取り入れた STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育の導入が進められている。まず，「科学技術ガバナンス

の形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」平成 24 年度中間報告書の「米国の科学技術ガバナンスのための科学・工学教育国家戦略」（熊野）によれば，フレームの要点は以下のようである。

【2011 年以後のアメリカの科学教育の新しいフレームワーク】

アメリカの科学教育の新しいフレームワークのドラフトが 2011 年の 7 月 19 日に，全米の様々な個人・団体に配られ，2012 年の 4 月ごろ，最終バージョンがインターネットで配信された。ただし，今後訂正改訂がさらになされる可能性がある。STEM 教育の特徴を列挙すると以下のようである。

- 科学と工学と技術の明確な定義が行われ，科学教育のなかに大きく位置付けたこと
- inquiry という文言を practices という言葉へ転換
  科学者や工学者がどのような活動をしているのかを体験したり，経験したりすることが述べられている。
- 発達段階に基づいた子どもなりの理解があり学習の進展（learning progressions）が各次元に存在していることが重要視されていること
- これまでの全米科学教育スタンダードや AAAS のベンチマークに示されているビックアイデアを科学工学技術を網羅する大切な概念とし，厳選が行われたこと
- 学習の核となる概念を厳選し，学習の内容を多きく 4 つの領域としたこと
  具体的には，物理科学（物理と化学），生命科学，地球と宇宙科学，工学・技術・応用科学

このフレーム全体の構成を簡潔にまとめるたものが図 1 である。

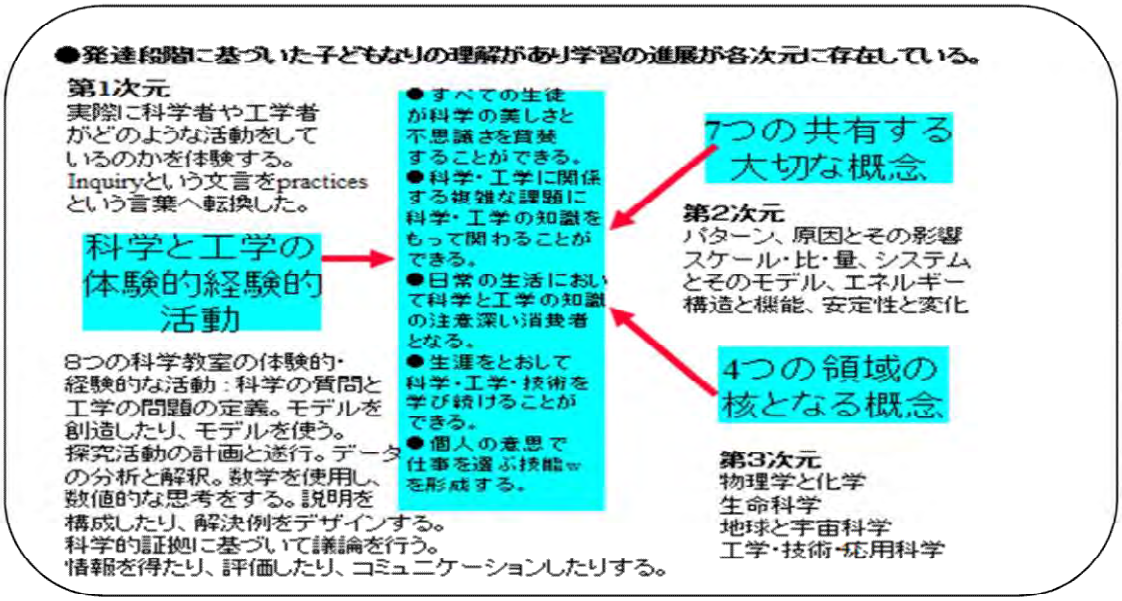


図 1 ：アメリカの科学教育の新しいフレームワーク（熊野訳）

第 1 次元では，「科学と工学の体験的経験的活動」というように，ピュアな科学だけでなく，工学的な体験的経験的活動としており，従前用いられていた Inquiry（探究）という表記を，practices と表記して科学的な見方・考え方と工学的見方・考え方を融合した科学教育を目指していると解釈できる。

第２次元では，各領域にまたがる７つの共有する大切な概念として，パターン，原因とその影響，スケール・比・量，システムとそのモデル，エネルギー，構造と機能，安定性と変化を挙げている。

第３次元の 4 つの領域の核となる概念フレームとして，物理化学（物理と化学），生命科学，地球と宇宙科学，工学・技術・応用科学に整理・集約している。

その上で科学教育のゴールとして，

- すべての生徒が科学の美しさと不思議さを賞賛することができる。
- 科学・工学に関係する複雑な課題に科学・工学の知識をもって関わることができる。
- 日常の生活において，科学と工学の知識の注意深い消費者となる。
- 生涯を通して科学・工学・技術を学び続けることができる。
- 個人の意思で仕事を選ぶ技能を形成すること。

といったことを目指している。

また，技術（technology）・工学(engineering）・科学の応用(an application of science)についての定義が表１のように明確になっている。

表１：技術・工学・科学の応用についての定義

技術	人間の必要性と欲求を満たすために天然物からつくられた生成物等のこと。
工学	人間の必要性と欲求を満たすために物体・プロセス・システムのデザインするための秩序だった，また繰り返される取り組みのこと。
科学の応用	例えば，科学をさらに展開したり，生成物やプロセス，医学的な処置をデザインしたり，新しい技術を開発したり，人間活動への影響を推測したりなど，特定の目的のた めに科学的な知識を活用すること。

３）日本の学習指導要領との比較

日本の学習指導要領と比較した場合，最も大きな違いは，STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育と示しているように，科学教育の中に工学やエンジニアリングの考え方や手法を明確に位置付け取り入れている点である。

日本の場合は，理科，技術家庭，数学といった教科に分かれて，それぞれの教科の目標，内容，指導計画の作成と内容の取り扱いを示している。更に，基礎的・基本的な知識・技能の定着やこれらを活用する学習活動を各教科で行うことを前提に，総合的な学習の時間において，体験的な学習に配慮しつつ，教科等の枠を超えた横断的・総合的な学習，探究的な活動となるよう充実を図っている。

ただし，米国の場合，これまでの全米科学教育スタンダードがそうであったように，このフレームがただちに学校教育に反映するものではない。このスタンダードを元に各州の科学教育スタンダードを作成し，その上で各学校でのカリキュラムに反映していくといった過程をとっている。しかも，法的な性格はさほど有していない。したがって，日本の学習指導要領とは位置付けが異なっている。今後，各州そして各学校にどのように浸透していくのか，そのためには教材の開発，教員研修や教員養成等が重要であり，今後の動向に注目したい。

（4）日本における科学技術ガバナンスの形成や STEM 教育の実践事例

１）福島県における先進的な取組

東日本大震災，原子力発電所の事故を受け，放射線への対応などの面から積極的に教育実践を行っている学校がある。ここでは，平成 24 年度に訪問調査した福島県の３校について，筆者が特に感じた点を中心に紹介する。

また，福島県教育委員会では，平成 24 年度には独自のテキストを更に充実させ，「放射線に関する指導資料（第２版）」を作成，平成 25 年度からは，県内の小・中学校すべてで放射線に関する教育を進めている。

1.郡山市立富田小学校

- 「富田小だより」を Web 上に公開し，学校で実施した放射線や防災などに関する情報を積極的に発信していた（図２）。
- 当時の羽川　富田小学校校長は，これまでにもエネルギー環境教育，防災教育，放射線教育，外部人材活用等の実践を積み重ね，エネルギーや防災といった問題に目を向けさせるとともに，「先端技術を身近に感じ，夢をもたせる」教育を実践してきている。
- 東日本大震災に被災したときの対応もスムーズに行われた。その後の原子力発電所の事故後の放射線への対応も他校に比べかなり早い段階で行われ，外部人材を活用した放射線等の学習も行われた。保護者との連携して進めるとともに情報発信したことで，保護者や地域も学校を信頼し冷静に対応するようになっていった。このようにできたことは，防災教育や学部期間との連携を積極的に実践を積み重ねてきたベースがあったからであり，教職員，児童，保護者，地域の関係や体制がしっかりしていたということも重要な要素と考えられる。



図２　「富田小だより」一部掲載

2.郡山市立明健中学校

・佐々木教諭が中心となり，放射線についての学習を，理科，総合的な学習を通じて，積極的に展開していた（図３）。

・理科教諭と養護教諭のＴＴでの授業も実施し，放射線に対する科学的な理解を深めることのみならず，規則正しい生活や運動の大切さを認識することにも留意した学習が展開されている。参観した授業では，除線の効果，規則正しい生活の重要性などの学習が行われた。

・科学的な根拠をもとに危険をどのように回避するかということのみならず，子どもに希望をもたせるような授業展開を心がけているとのことであった。

・保護者や地域も学校を信頼し，生徒も意欲的に学習に取り組んでいる状況が感じられた。

・佐々木先生は，チェルノブイリの視察も行っている。チェルノブイリでの教育上の一つの大きな問題点は，避難生活等により生活一変し，親が精神的にも不安定になり，結果として子どもが非行に走るという場合も多く，そのことへの対応に苦慮したということであった。このような情報も参考にして，今後の対応に生かしたいとのことであった。

・更に，平成 25 年度は市内の別の学校に異動となり，教科間連携なども取り入れながら実践を積み重ねている。



図３　郡山市立明健中学校の放射線教育の指導計画

3.福島県立福島高等学校

・生徒が部活動で，放射線や除線について研究を行っている。

・総合的な学習の時間において，放射線について探究する学習も選択できるようにしている。

・参観した授業では，生徒が行った身の回りの空間線量調査をもとに，発表と討論を行っていた。生徒の主体性を重視した授業を展開し，必要に応じて専門家からの資

料，これまでの生徒の調査資料なども用い，議論を深めていた。また，計画には，外部人材と連携した授業も取り入れられていた（図４）。

H24 1年 SSH総合 応用講座

担当者	原 尚志・秦 孝子
タイトル	放射線について学ぼう
講座設定の理由と概要	放射性物質に汚染された福島の現状から，放射線についての基本を学ぶ。 放射線とは何か，その性質，測定の実習，計測のしくみ，防護の方法，食品による内部被曝の計算方法などについて，実習などを通して体験的に学ぶ。 あわせて，自ら学んだこと・調べたことをまとめ，発表する機会も設けた。

回	月日	曜	時間数	タイトル・概略・講師	内容	備考
1	9月24日	月	1時間	「講座の概略とアンケート」 ・学びたい事柄の調査 ・放射線とは何か ・放射線の性質	・何を学びたいか簡単なアンケートを記入させた。 ・簡単な放射線の性質	・学びたいことがらは以下3つがほぼ同数であった。 ①人体への影響 ②対処の方法 ③放射線の性質
2	10月16日	火	67校時	「放射線計測の実習」 ・計測器の種類と性質 ・はかるくん（大阪科学技術センターより借用）による計測実習 ・自宅およびその周辺の測定（宿題）	・アンケートの結果 ・はかるくんの使い方の説明 ・実際に校舎のまわりを測ってみる ・自宅では自室、ベット、通学路などを測定してくる（宿題）	・校舎内は0.2以下、玄関前屋外は0.4程度だが、側溝や下水の枡周辺、植栽の下などで1μSv/hを超える所もあった。（全て1m）
3	11月9日	金	56校時	「自宅およびその周辺の測定について」 ・生徒各自の発表および質疑	・10名の生徒による報告。 ・全員同型の計測器を使っての同時期の計測で、値の比較が容易。	・木造では2階が高い。 ・玄関室は低い傾向。 ・マンションでは0.06程度と低い。
4	12月5日	水	67校時	「食品の放射能計測」 ・被曝量の計算方法 講義 「食品に含まれる放射能そくていについて」 千代田テクノルアイソトープ営業部 酒井昭宏先生	・外部被曝、内部被曝の計算の方法 ・持参いただいた食品モニタを用いての測定のしくみと実演	・0.1μSv/hの部屋での年間被曝量、100Bq/kgの食品1kg食べた場合の被曝量を計算。 ・庭でとれたキュウイを使って実際に測定、NDとなった。
5	1月17日	木	67校時	講演 「南相馬病院でのホールボディカウンター計測から」 講師 東京大学医科学研究所 ・南相馬病院医師 坪倉正治先生	・南相馬での、ホールボディ計測・食事アンケートからの考察。	

図４　福島県立福島高等学校における放射線の授業の指導計画（平成 25 年度）

２）東京工業大附属科学技術高等学校の取組

東京工業大学附属科学技術高等学校は，東京工業大学との高大連携教育を取り入れ，工業科の専門高等学校として，科学・技術の先進的教育の研究と取り組みにより，未来へと絶え間なく進化し続けることを目指している。また，文部科学省からスーパーサイエンスハイスクールの指定を受けている。平成 14 年度から第１期，平成 17 年度から第２期，そして平成 22 年度から第３期の指定と実績を積み上げている。

例えば，第２期の研究開発課題では，「普通教科（とくに理科・数学・英語等）と専門教科（力学系・電磁気学系・化学系・生物系）の融合，高大一貫の科学技術教育（教育カリキュラム・科学系部活動），国際的に活躍できる科学技術者の育成に関するカリキュラムを

開発する。」と示している。その全体像を示しているのが図５である。創造性の基盤となる力として「わかる」力，「つくる」力，「えがく」力を育む教育を実施する。この教育課程をもとにして，未知な課題へ「いどむ」力，及び，国際社会の中で「わかりあう」力を育成する。その結果として，将来の国際的な科学技術系人材を育成しようと取り組んでいる。

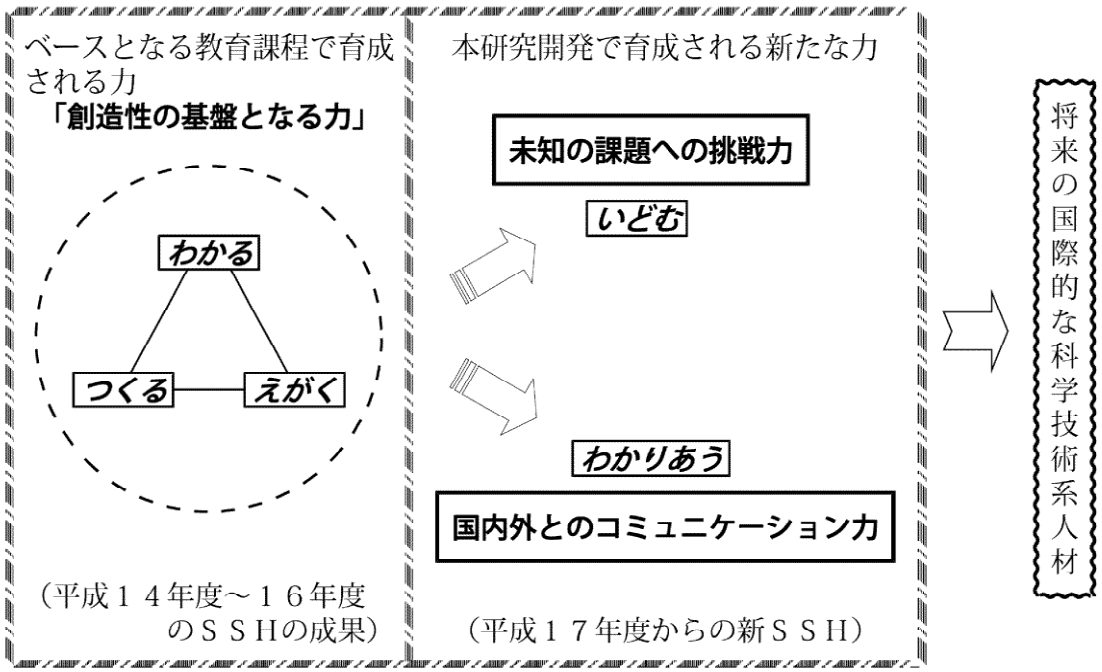


図５　東京工業大学附属科学技術高等学校のＳＳＨ第２期（平成 17 年度から 21 年度）の計画の全体像
（東京工業大学附属科学技術高等学校「平成 17 年度指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書」より）

更に，第３期の研究開発課題では，「国際連携・高大接続教育を行う科学技術高等学校の新たな展開に向けた，ものつくりの過程を自らの発想でデザインし広く発信する科学技術コミュニケーション教育の研究開発及び研究成果普及アーカイブズの開発」を行っている。つまり，"ものつくりの過程を自らの発想でデザインする"とともに"広く発信する"力を育成することを目指し，新科目「科学技術コミュニケーション入門」を開発，また，将来において国際的に活躍する科学技術系人材の育成をより一層強化するため，国際交流の機会の拡充，さらにこれまでのＳＳＨ研究開発において得られた研究成果の普及，アーカイブズの開発を行っている。

特に注目すべき点は，専門高等学校の特色を最大限発揮するために，普通教科と専門教科の融合を図っていること，大学の附属学校としての利点を生かし高大一貫の科学技術教育を展開していることである。しかも，スーパーサイエンスハイスクールの指定を受け，全教職員が一丸となって取組を発展させている，。

（５）今後の科学教育の改革

１）　第４期科学技術基本計画からの示唆

平成７年制定の科学技術基本法に基づき，５年ごとに科学技術基本計画が策定され，様々な施策が展開されてきた。現在の第４期科学技術基本計画は，東日本大震災後の平成 23 年８月に閣議決定された。ここには，これまでの科学技術推進の課題や今後重視すべき方向性が示されている。

特に，「Ⅴ．社会とともに創り進める政策の展開」において，科学技術ガバナンス形成に向けての課題及び施策の方向性と解釈できる記載が多く含まれている。主な記載内容は以下のようである。

・国民は，科学技術の可能性に大きな期待，同時に，東日本大震災，特に原子力発電所の事故によって，我が国のリスクマネジメントと危機管理の不備が明らかとなり，これが科学技術に対する国民の不安と不信を生んでいる。

・科学技術イノベーション政策で対応すべき課題や社会的ニーズ，成果の社会還元の方策等について，広く国民が議論に参画できる場の形成など，新たな仕組みを整備する。

・テクノロジーアセスメントの在り方について検討するとともに，生命倫理等の問題に関わる先端的な科学技術等について，具体的な取組を推進する。また，政策等の意思決定に際し，テクノロジーアセスメントの結果を国民と共有し，幅広い合意形成を図るための取組を進める。

・東京電力福島第一原子力発電所の事故の検証を行った上で，原子力の安全性向上に関する取組について，国民との間で幅広い合意形成を図るため，テクノロジーアセスメント等を活用した取組を促進する。

・リスクやコストについて，研究者，技術者，研究機関と連携，協力しつつ，国民に率直に説明し，その理解と信頼と支持を得る必要がある。

・国民の政策過程への参画，リスクコミュニケーションも含めた科学技術コミュニケーション活動を一層促進する。

・国民が科学技術に触れる機会を増やすため，地域と共同した科学技術関連のイベントの開催，科学技術週間を活用した研究施設の一般公開，サイエンスカフェの実施等を通じて，双方向での対話や意見交換の活動を積極的に展開する。

・各地域の博物館や科学館における実験教室や体験活動等の取組を支援する。また，科学技術に関わる様々な活動を行う団体等を支援する。

・研究活動や得られた成果等を分かりやすく国民に伝える役割を担う科学技術コミュニケーターを養成，確保する。

・科学技術に関する知識を適切に捉え，柔軟に活用できるよう，国民の科学技術リテラシーの向上を図る。

これらの第４期科学技術基本計画の記載から，科学技術ガバナンスの形成のための大きな要素としては，次の３点に集約できよう。

①　研究者，技術者，研究機関と国民の双方向での対話や意見交換を進めること。

②　専門家とその両者をつなぐ科学技術コミュニケーターの人材を養成し確保すること。

③　国民が科学技術に関する知識を適切に捉え，柔軟に活用できるよう，国民の科学技術リテラシーの向上を図ること。

２）第２期教育振興基本計画との関係

平成 25 年に第 2 期教育振興基本計画が閣議決定された。その概要の一部を図６に示す。東日本大震災後であり，これからの激変する時代を考えてということから，第１に「社会を生き抜く力の養成」を強調している。第２に，「未来への飛躍を実現する人材の養成」，答えのないような課題に対しても解決していく力の養成というようなことが示している。更に「学びのセーフティネットの構築」「絆づくりと活力あるコミュニティの形成」を示している。そのためには，「自立」「協働」「創造」という３つのキーワードが示されているように，学習自体を自立したものにし将来にわたって学び続ける。相互に協働しながら具体的に動いていく。そのような学習や具体的な活動の中で創造性が育まれる。そのような学習を展開していくことが，科学技術ガバナンス形成にも大いに関わっていくものと考えられる。



図６　文部科学省，教育振興基本計画のパンフレットの一部

３）今後の日本の科学教育の動向

平成 20 年及び 21 年の学習指導要領改訂後，東日本大震災以降，教育施策上の動きが活発になってきている。具体的には，道徳教育，教育委員会制度，教育制度，グローバル化への対応，高大接続，特別支援教育などの在り方や改善の方向性について，中央教育審議会等で審議が行われてきている。こうした審議の整理が行われた上で，時期指導要領改訂の審議が開始されるものと考えられる。

ここでは，中央教育審議会における調査研究協力者会議として行われた「育成すべき資

質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会」について触れる。この検討会の趣旨等は，以下のようである。

【育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会】

1. 設置趣旨

我が国の将来を担う子どもたちが，これからの時代に求められる力を確実に身に付け，それぞれの持つ可能性を最大限に伸ばすためには，初等中等教育において，育成すべき資質・能力を明確にするとともに，そのための手立てである教育目標・内容と評価の在り方をより明確にすることが求められる。

このような観点から，国内外の動向等も踏まえつつ，育成すべき資質・能力の構造を明らかにした上で，それを実現するための具体的な教育目標，指導内容などの教育課程と学習評価を一体的に捉え，その改善に向けての基礎的な資料等を得るための情報収集・意見交換等を行う。

2. 主な検討事項

（1）育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容の構造について

○　各種の資質・能力概念の内容について

○　教育目標・内容の構造の再構築の可能性や具体的なイメージについて

（2）教育目標，指導内容，学習評価を一体的に捉えた教育課程の在り方について

○　最近の教育課程編成や教育評価の理論と実践について

○　教育目標として示すべき内容，示し方，測定の方法について

○　教育目標，指導内容，学習評価を一体的に捉えた在り方について

（3）その他

3. 実施方法

別紙の委員の協力を得て，上記 2. に掲げる事項について検討を行う。なお，必要に応じ，別紙委員以外の者にも協力を求めることができる。

4. 実施期間

平成 24 年 12 月 13 日から平成 26 年 3 月 31 日までとする。

この検討会を開設した課題意識として，

○　各学校の教育課程の基準となる学習指導要領において，児童生徒に育成すべき資質・能力と，それを育成するための手立てである教育目標・内容と評価の在り方等の関係などを明確に示すことが重要と考えられるが，実際にはそれば充分に実現できていない。

○　育成すべき資質・能力をベースとした教育課程の考え方については，これまでの中央教育審議会の議論においても意識されているところであり，現行の学習指導要領にもその成果の一端が盛り込まれているものの，学習指導要領は，全体として各教科等においてそれぞれ教えるべき内容に関する記述を中心としたものとなっている。

○　内容に関する記述を中心としていることが，各教科等で縦割りになりがちな状況の改善を妨げるとともに，学習したことを活用して「何かをできるようになること」にまで発展していないといった懸念される。

といったことが挙げられる。

今後，育成が求められる資質・能力を洗い出し明示するとともに，それらと各教科等における具体的な教育目標・内容との関係等について学習指導要領に示すことにより，各教

員が学習指導要領や学校の教育課程全体のねらいを適切に理解・実践し，児童生徒に求められる資質・能力を日々の授業において計画的かつ効果的に育成することができるようになることを期待しているといえよう。また，必要とする資質・能力を効果的に育成するためには，学習評価を見通しながら教育目標・内容の在り方を検討することも重要と考えられる。

この検討会については，この課題意識をもとにしての議論の中からの意見を列挙する形でまとめられることになる見通しであり，その後の学習指導要領の改善についての審議の資料となるものと考えられる。

今後の審議の方向として大切なことは，

○　各教科や領域における学習の本質，つまり本質的な問いは何か，そのために重要な概念は何か，また，他に転用可能な概念は何かなどを整理すること

○　一方で，教科・領域等を縦断して育成すべき汎用的な能力等を整理すること

といった点であろう。そのことにより，各教科・領域等の位置付けと全体像が明確になることが期待される。

また，認知面からの検討やアプローチの重要性についての意見も多数でている。

このような方向性を持ちながら審議が行われ，学習指導要領という初等中等教育段階における教育の方向性や意義を分かりやすいものにすること，一方で，各自治体や学校での特色ある教育活動が行いやすい状況をどのようにしていくかなども，今後の課題といえよう。

（6）科学技術ガバナンス形成という面からの初等中等教育という視点からの考察

平成 20 年，21 年に学習指導要領が改訂され，本格的に動き出している。「理数教育の充実」が重要な柱となった改訂であるが，海外においても科学教育の改革が積極的に進められている。

第 4 期科学技術基本計画において，初等中等教育における役割という視点からは，「科学技術リテラシーの向上」のための基礎をどのように育成していくか，また，リスクをどう捉えるかということなどが重要と考えられる。科学技術基本計画の記述，更には今回の研究の議論などを通じて，「科学技術リテラシーの向上」という点で，特に重要と認識したところは，

・数学，理科，技術などに関するリテラシーの向上
・リスクやベネフィットについての理解
・確率・統計のセンスの育成
・多面的・総合的に考え判断する力や態度
・様々な情報から必要な情報を得ることやその態度

などである。

新学習指導要領においては，科学や技術に関わる教科の改善事項を整理すると，上記の視点がいずれかの教科に含まれている。しかしながら，科学技術リテラシーを向上させ，科学技術ガバナンス形成という段階にまでに高めていくためには，改善の趣旨が実際の指導に結び付き一層充実すること，各教科相互の関連を意識した指導が行われること，「総合的な学習の時間」などを効果的に活用し，問題を解決する資質や能力を育てることなど

が課題と考えられる。

欧米諸国における科学教育改革においては，STEM 教育の導入が行われている。その背景には，児童生徒のみならず一般市民においても科学技術に対して自信を持って対応できないこと，科学技術関連の学習に積極的に取り組む生徒の減少など，日本における課題とも共通する部分が多い。そのような状況の中で，科学教育そのものの中に工学や技術に関する学習を取り込もうと改革を進めている。

日本と欧米諸国との科学教育の比較，更には，先進的な事例も含め考察すると，検討すべき課題が浮かび上がってくる。その大きな点を挙げてみる。

①日本の理数教育においても日常生活や社会との関連を重視しているが，更に前進させる必要があること。

STEM 教育の場合には，科学教育の中に工学や技術の学習を加えており，改革の一つの方向性といえる。しかし，このような改革を進めるためには，授業モデルの構築，教材の開発，更に教員の研修が必要となる。また，「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会」での審議のように，育成すべき資質や能力を整理し各教科の位置付けや関係性を明確にしながら改革を進める方法もあり得る。平成 20 年，21 年の学習指導要領では，学習内容の構造化を意識した改訂となったが，それを更に進めて科学技術との関連を明確化するといったことも考えられよう。

「授業研究」がそのままの発音で海外に紹介されているように，日本ならではの教育の良さももっている。そのような中で，日常生活や社会との関連を重視した科学教育をいかに進めていくか，様々な視点から検討していくことが求められる。

②科学技術の専門家との教育的な連携を進めるとともに，科学技術がいかに日常生活や社会に応用されているかの情報を整理し教育の現場や一般に情報が公開されること。

昨今スーパーサイエンスハイスクール，ＳＰＰといった事業をはじめとして様々な形で，学校と大学，研究機関，博物館などの専門機関との連携が進みつつあり，それを更に進めていくことも重要である。一方で，そのような連携は各学校により取り組みやすさという面一つをとってみても状況が異なる。そのためのヒントとして EU の Web を通しての科学教育コミュニティの整備が挙げられよう。そのためには，産学官の連携をはじめとした体制づくり，科学技術コミュニケーターを養成，確保をどう進めるかも重要な課題と考えられる。

（7）おわりに

指導要領，欧米における STEM 教育，先進的な授業実践などから，今後の日本の科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育の可能性について考察し他結果，今後検討すべき課題として，①日本の理数教育においても日常生活や社会との関連を重視しているが，更に前進させる必要があること，②科学技術の専門家との教育的な連携を進めるとともに，科学技術がいかに日常生活や社会に応用されているかの情報を整理し教育の現場や一般に情報が公開されること，を挙げた。実際，先進的な実践には，このような要素が含められている。今後，科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育としていくためには，様々な学校での優れた取組などを参考としながら，①や②の視点なども考慮し改善していくことが大切である。

謝辞

本研究は，文部科学省科学研究費補助金・基盤研究(B)「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」（課題番号 23300283，代表・熊野善介）の助成を受けて行われたものである。また，訪問調査に協力いただいた学校，先生方にも感謝申し上げます。

参考文献

1) 『幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について（答申)』，平成 20 年 1 月 17 日，中央教育審議会
2) 『小学校学習指導要領』，平成 20 年 3 月告示，文部科学省
3) 『中学校学習指導要領』，平成 20 年 3 月告示，文部科学省
4) 『高等学校学習指導要領』，平成 21 年 3 月告示，文部科学省
5) 『科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究』，研究課題番号 23300283，平成 23 年度～平成 25 年度科学研究費補助金（基盤研究Ｂ），平成 24 年度中間報告書，研究代表者　熊野善介
6) 『米国の革新的科学/技術・工学/数学教育の解明　－日本の教育改革へのビジョン提言－』，研究課題番号 24531219，平成 24 年度～平成 26 年度科学研究費補助金（基盤研究Ｃ），平成 24 年度中間報告書，平成 25 年 5 月，研究代表者　長洲
7) 『科学技術政策と理科教育　初等中等段階からの科学技術人材育成に関する欧米の取組み』，2011 年 3 月，科学技術政策の国際的な動向　科学技術に関する調査プロジェクト調査報告書 pp.121-134，堀田
8) 『平成 17 年度指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書　第 1 年次』，平成 18 年 3 月，東京工業大学附属科学技術高等学校
9) 『平成 22 年度指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書　第 1 年次』，平成 23 年 3 月，東京工業大学附属科学技術高等学校
10) 第 4 期科学技術基本計画，http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/main5_a4.htm
11) 第 2 期教育振興基本計画，http://www.mext.go.jp/a_menu/keikaku/detail/1336379.htm
12) 育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/095/

国際社会における放射線リスク認知

三枝　新
放射線医学総合研究所放射線防護研究センター
規制科学研究プログラム

平成 23 年 3 月 11 年に東北地方太平洋沖で発生した東日本大震災とそれに伴う津波による福島第一原子力発電所の事故は、その後 3 年を経て、この間わが国は言うまではなく諸外国の原子力政策に大きな影響を与え始めると共に、それらの国々の規制当局者・科学者・そして一般市民における科学技術とそのリスクに対する意識を高めることとなった。しかしながらそこで直面する大きな問題は、今回のような大規模災害に際にして、リスクマネージメントの在り方の議論は物的・人的資源の投入に限界があることから、現状の限られた資源に基づいたリスクガバナンスの在り方の検討が必要となった。

そこで本研究では、国レベルおよび国際機関における原子力・放射線リスクに対するガバナンスの在り方が、その歴史的な背景に加え東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故を契機としてどのように変化したのかを明らかにするため、本研究では、事故発生の前後で、わが国を含む各国および国際機関において原子力・放射線リスクに対するガバナンスの在り方がどのように変化したのかを明らかにすることを目的として調査を開始した。

調査の対象には、ドイツ連邦共和国および過去に発生した大規模な原子力/放射線災害の発生・復旧時に住民とのリスクコミュニケーションを積極的に行ってきた 5 つの国際機関（経済協力開発機構/原子力機関、原子放射線の影響に関する国連科学委員会、世界保健機関、国際原子力機関および国際放射線防護委員会）を選び、訪問調査および文献調査を通じて近年の活動の調査を行った。さらにこれらの国や国際機関と我が国国内におけるリスクガバナンスの比較の対象として、我が国において開催されたシンポジウム等に参加し、そこで議論されている事故後 3 年間における我が国の現状についても調査をおこなった。

（1）ドイツ連邦共和国におけるリスクコミュニケーションの調査

平成 23 年度は基礎調査として、ドイツ連邦共和国（以下、ドイツ）において、原子力および放射線のリスク認知およびリスクコミュニケーションに関わる近年の事例を調査した。その結果、ドイツ国内において、原子力・放射線に関連して 3 つの問題が顕在化していることが明らかになった。

(1)-1)-1. 調査の方法

16 の連邦州より構成されるドイツ連邦共和国（以下、ドイツ）の原子力および放射線の安全規制は、連邦政府から委託された各州により独自に行われている。しかしながらドイツ政府全体としての規制は、連邦環境・自然保護・原子力安全省（BMU）が各州政府の安全規制の基本政策の策定と監督を行うことにより、ドイツ国内の安全規制の均一性を確保している。放射線防護に関しては、連邦放射線防護庁（BfS）が BMU を専門的立場から科学的に支援している。

本調査では BfS への訪問調査を実施し、ドイツ国内において、リスクガバナンスと深く

関わる原子力・放射線分野の近年の問題について調査を行った。

(1)-1)-2. 結果

今日、BfS が関わっている、ドイツ国内における原子力あるいは放射線に関連した一般市民のリスク認知およびリスクコミュニケーションに関わる問題は、a) 高レベル放射性廃棄物処分地選定の問題、b) 原子力発電所周辺住民の小児白血病のリスクの問題、そして c) 一般住居におけるラドン被ばくのリスクの問題、の大きく 3 つの分野が問題になっている事が明らかになった。

以下にその概要を示す。

(a) 高レベル放射性廃棄物処分地選定

ドイツでは緑の党の躍進に伴って 1998 年に成立した連立政権のもと、原子力政策からの脱却が進められ、2010 年 10 月に、稼働中の原子炉の運転期間を延長しつつ原子力政策からの脱却の維持と将来的なエネルギー政策を含む原子力法改正案が可決された。しかしながら、東日本大震災に伴うわが国の原子力発電所事故の影響を受け、2011 年 3 月に連邦政府は、稼働中の原子炉のうち 1980 年以前に運転を開始した 8 基の原子炉について即時稼働を中止し、それ以外の原子炉についても運転期間延長措置の中断を実施すると共に、6 月にはそれら 8 基の廃炉と 2022 年までに原子炉全基の廃止を方針とする閣議決定を行った。

ドイツにおける高レベル放射性廃棄物処分を含む原子力に関する問題は前述の BMU が対応しており、さらに BfS が処分場建設と運営を担当していて、処分地候補となった地元自治体等とのリスクコミュニケーション活動を行ってきた。2010 年以降は候補地の一つであるゴルーベン（Gorleben）市民とのダイアローグ（対話）を積極的に実施しており、また、安全評価を含む双方向的な情報提供を行っている。

原子力発電所を廃止していくというドイツ政府の方針については、ドイツ国内における非電離放射線（特に、電磁波）の健康リスクに対する不安と相まって、フランスから電力を輸入あるいは化石燃料を利用した代替発電に伴う送電線設置への反対運動が、別の社会問題として浮上してきている。

(b) 原子力発電所周辺住民の小児白血病のリスク

ドイツのテレビ局の番組報道をきっかけとしてドイツ国内における商用原子力発電所周辺の小児白血病リスクの増加が指摘され、政府による周辺住民との公聴会などを経て、「KiKK 研究」としてドイツ国内の疫学研究の再解析に発展した。同研究では、ドイツ国内 16 の原子力発電所周辺に居住する小児について、小児白血病および小児がんの発症と、原子力発電所からの距離との相関関係の大規模な調査が行われた。

2007 年 12 月に BMU と BfS は、「定常運転中の原子力発電所周辺 5km 圏内において小児白血病発症のリスクが有意に高い」という調査結果を公表し、指摘されたような観察事象は確かに存在するが、英国セラフィールド再処理施設周辺の小児白血病の発生と同様、原子力発電所からの放射線量と小児白血病発症とを関連付けることは出来なかった。

(c) 一般住居におけるラドン被ばくのリスク

ラドンは希ガスであり、土壌から発生し、ある程度高レベルのラドンを吸入すると肺がんを発生する確率が増加する。ラドンのリスクで特に問題なのは、室内に流入したラドン

ガスが家の構造上の問題で家屋外に流出せず、室内でラドンガスを吸入し被ばくすることである。天然の石材などで建築された家屋の少ないわが国では、放射線源としてラドンのリスクは社会問題となっていないが、欧米では一般住民の肺がん発生リスクの観点から、放射線による健康影響に関わる大きな問題として取り上げられて来ており、それと共に様々な対策が行われてきた。

例えば米国では 1980 年代より、環境保護庁（EPA）が市民に対するリスク認知分析を行い、その結果に基づいてラドンの予防プログラムを実施してきた。プログラムは EPA だけでなく、州、消費者団体、公衆衛生協会、産業団体、医師会、などが 市民~~が~~と一体となり、測定キャンペーンの実施やプログラムの認知度を高めるためのパンフレットの配布そしてメディアでの広告など市民をサポートする体制がとられている。

欧州においては、公衆衛生の観点からラドン濃度を厳しく規制し、低減化への対策を法律によって義務づけている国々も少なくない。ドイツでは、2003 年から 2006 年にかけてリスク認知の観点から、市民とのコミュニケーションおよび科学的情報に基づいてラドンのリスクの正確な理解を目的として、市民 2,500 人を対象にした調査をドイツ国内で実施した。調査は、同一の集団に対して、年に 4 回、数年にわたり実施され、ラドンに対するリスク認知および科学技術に基づいたリスクの両方について尋ねる形で実施された。

(1)-1)-3. 考察と今後の課題

一般市民が原子爆弾に被爆した唯一の国家であるわが国と、それ以外の欧米の国とでは、原子力エネルギーの平和利用に対する一般市民のとらえ方、特に原子力技術と放射線への不安に関して、その不安のベースラインに差違があり、また政府のガバナンスにも違いがあるのではないか、という疑問がドイツを対象国とした今回の調査の開始点であった。しかしながら、その調査の一環として実施したドイツの放射線防護専門家へのインタビューでは、1986 年に旧ソ連で発生したチェルノブイリ原子力発電所事故により、欧州各国の、ある一定年齢（1986 年に既に青年期に達しており、事故からの危険性を身近に感じうる年齢）以上に達していた市民にとっては、日本人にとっての原子爆弾と同様のインパクト（放射線影響に対する恐怖）を受けているとの説明を受けた。

これら歴史的な背景に基づいた原子力・放射線に対するリスク認知が、2011 年に発生した福島原子力発電所事故によりどのように影響を受け、その結果、各国における原子力・放射線に対するガバナンスの在り方がどのように変化したのか。今後機会があれば、今回取り上げた 3 分野の問題解決の過程でドイツ政府が実施してきたリスク認知調査およびリスクコミュニケーション調査を精査すると共に、その結果を受けて政府がどのような対策を実施してきたかについて引き続き調査を行いたい。

（2）国際機関におけるリスクコミュニケーション活動の調査

東日本大震災とそれに伴う津波によって引き起こされた福島第一原子力発電所事故がもたらした影響について、国際機関（経済協力開発機構/原子力機関、世界保健機関、原子放射線の影響に関する国連科学委員会、国際原子力機関および国際放射線防護委員会）の事故後 3 年間の動向についてその概要をまとめた。

(1)-2)-1. 経済協力開発機構/原子力機関　放射線防護・公衆衛生委員会（OECD/NEA

CRPPH）

(a) 組織

経済協力開発機構（OECD）の前身である欧州経済共同体（OEEC）は、ヨーロッパ諸国の第二次世界大戦後の経済復興と原子力平和利用の促進のために、1958 年に欧州原子力機関（European Nuclear Energy Agency、ENEA）を創設した。その後、加盟国の増加や欧州を越えた枠組みの拡大に伴い、1972 年には、名称を原子力機関（NEA）に改めた。日本は 1972 年に加盟しており、2012 年 2 月現在、加盟国は 30 ヶ国である。IAEA との大きな違いは、IAEA は原子炉を保有する国だけでなくこれから保有しようとしている発展途上国を含めて加盟しているのに対し、OECD/NEA は主に先進国から構成されている点である。

OECD/NEA には 7 つの常設委員会が設置されており、そのうち放射線防護に関する委員会としては、放射線防護・公衆衛生委員会（Committee on Radiation Protection and Public Health、CRPPH）がある。

(b) 福島活動

福島原子力事故以前の活動

OECD/NEA/CRPPH はチェルノブイリ事故後、今日に至るまで、事故の教訓に学ぶための様々な専門委員会を組織し、ハード面およびソフト面からの検討を行い報告書を刊行してきた。とりわけ、チェルノブイリ事故後の被災地におけるステークホルダーの活動の在り方についての議論を継続的に行ってきており、今回の事故ではその蓄積が大いに役に立ったと考えられる。

福島原子力事故以降の活動

OECD/NEA は今回の原子力災害発生直後から、CRPPH とその傘下の作業パーティーである職業被ばく情報システム（ISOE） や原子力緊急時事項作業パーティー（WPNEM）と事故への対応を検討し、その結果、2011 年 5 月 17 日～19 日に開催された CRPPH 年次会合（第 69 回）の開催初日、開会総会の直後に、福島第一原子力発電所原子力災害に関するセッションを開催し、これ以降、状況・対応などについての加盟国で情報交換を進めることに合意した。

以下に事故後一年の間に OECD/NEA CRPPH が直接・間接的に関わった活動を示す。

- 福島シンポジウム（福島市）2011 年 10 月 16 日
- 福島復興セミナー：ロシア、ウクライナ等の除染・環境修復に関する研究成果や技術・経験に学ぶ（福島市）2012 年 2 月 4 日
- 放射線防護における科学と価値に関する国際ワークショップ

  本会合は、OECD/NEA/CRPPH が過去 3 年にわたって開催してきたワークショップで、放射線防護に関する新たな課題や懸案事項につき、規制当局者、科学者、政府あるいは非政府組織間で情報と経験の交換を行うことを目的としたワークショップであり、第 3 回となる今回は、同委員会主催、文部科学省および放医研共済、プログラム委員長：酒井一夫、副委員長：仏原子力防護評価研究所(CEPN) T. Schneider で 2012 年 11 月 6 日～8（木）にかけて東京大学山上会館で開催された。

OECD/NEA 主催の会合では常にステークホルダーの関与が重視されており、今回のワークショップについても、規制当局者、科学者、政府以外に、市民を強く意識した課題設定が行われた。個別のセッションについては、大きくⅰ）福島事故の結果のマネージメント、ⅱ)テーマ別セッションに分かれ、後者はさらに「低線量被ばくの評価と管理と公衆衛生」「子供の防護と自助防護アプローチ」「非ガンの影響と公衆衛生のサーベイランス」をサブテーマとして個別の議論が行われた。

(1)-2)-2. 原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）

a）組織

UNSCEAR は今日、国連総会の下に設置されている唯一の科学委員会であり、1955 年の国連総会決議によって設置されて以降、放射線の線源、リスク、そして影響に関する様々な科学的検討を、その時代時代で入手可能な最新の研究データに基づいて行ってきた。同委員会への登録メンバー国は、第 1 回以降 2011 年 5 月に開催された第 58 回会合の時点まで同一参加国である 21 ヶ国であったが、2012 年の第 59 回より新たに 5 ヶ国が加わった。

次項で示す WHO との大きな違いは、与えられたテーマのを議論に関与する専門家の人数と、科学的正確性を検討するためにかける期間の長さが挙げられる。1 つのテーマの報告書を完成させるまで 6 年以上かかる場合もあり、場合によっては数年間かけて検討を行った挙げ句、納得できる科学的帰結を得られなかったためにその課題を諦めるケースもあり、これらのことが UNSCEAR 報告書への信頼となっている。UNSCEAR は放射線事故に関連した 2 つの科学的附属書である「事故における放射線被ばく」、「チェルノブイリ事故からの放射線による健康影響」を含む 3 つの科学的附属書を納めた 2008 年報告書下巻を刊行したが、今回の事故後、2014 年前半期の完成・公表を目指して福島原発事故に関する附属書の作成に着手し、幅広い分野のデータの収集とその検討を行ってきた。

b) 2011 年に発生した福島原子力発電所事故に関わる活動

原子力事故に関する科学的報告書

UNSCEAR は放射線事故に関連した 2 つの附属書である、 ”Radiation exposure in accidents”、”Health effects due to radiation from the Chernobyl accident”を含む 3 つの附属書を納めた 2008 年報告書下巻(未訳)を刊行した。

(1)-2)-3. 世界保健機関（WHO）

2011 年に発生した福島原子力発電所事故に関わる活動

日本政府は、国際保健規則（IHR）に基づき、事故後から随時、WHO に対しても情報を提供してきた。その一方で WHO は、2009 年に放射線の健康被害に関するセクションを廃止しており、現在は放射線被害に関する専門職員は 1 人のみとなっている。

2011 年 6 月末に IAEA、WHO および FAO（国連食糧農業機関。以下、FAO）により構成される「放射能影響評価に関する国際機関間パネル」の共同提案による、福島事故による住民の被ばくに関する暫定線量推定のための報告書を作成する検討会が立ち上がった。本報告書では住民の暫定被ばく線量の推定を行うことを目的とした。その後、WHO が招聘した専門家グループの 1 年近い検討を経て、2012 年 5 月 23 日に暫定線量評価報

告書（Preliminary dose estimation –from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, World Health Organization, 2012）が公表された（図 1）。この報告書で使用された線量評価は、多くの仮定に基づいて計算されたこと、実測が含まれていないこと、また線量評価はごく限られた情報の中で行われたため、過小評価を避けるため保守的に過大評価されていることが述べられていることが示されている。その仮定の例を挙げると、福島に住んでいる人々は福島で生産された食物だけを食べていた、さらに避難指示区域の住民であっても、4 ヶ月間は避難をしていない等である。実際は、食物に規制がかけられていたが、放射性物質で汚染され、市場には出回らない食物も線量評価には含まれていた。

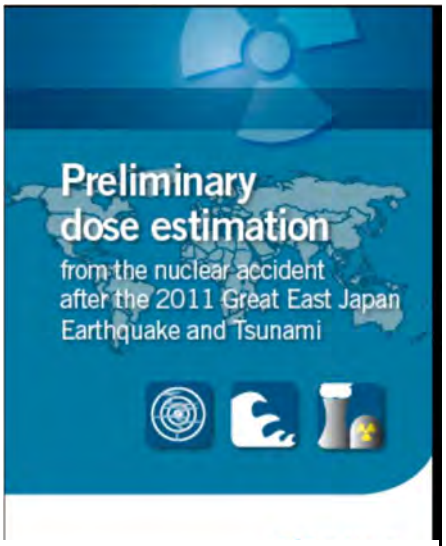


図 1 WHO 暫定線量評価報告書

本暫定線量評価報告書の骨子が固まった事を受けて、この報告書が示した暫定線量に基づいた健康リスク評価報告書の検討が開始され、2013 年 2 月 28 日に健康リスク評価報告（Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation, World Health Organization, 2013）が公表された（図 2）。この健康リスク評価は、福島事故の影響は日本以外の国ではないが、福島県内で最も影響の大きい地域では、特定の年齢層の性別群で、生涯がんリスクが上がる可能性を示した。この健康リスク評価報告書では、健康リスクが過大な線量評価に基づいていることは記載されており、誤解を招きやすいと評価を受けている。



図 2 WHO 健康リスク評価報告書

(1)-2)-4. 国際原子力機関（IAEA）

IAEA は 1953 年の国際連合第 8 回総会において米国大統領により提唱され、1956 年に IAEA 憲章が採択された。同年、日本を含む 70 ヶ国が調印し、1957 年に IAEA 憲章が発効した。2013 年末現在の加盟国数は 159 ヶ国である。

IAEA の原子力安全と放射線防護に係わる重要な活動として、安全基準文書（Safety Series）の策定があり、5 つの基準委員会、即ち、安全基準委員会（CSS）、原子力安全基準委員会（NUSSC）、放射線安全基準委員会（RASSC）、廃棄物安全基準委員会（WASSC）、及び、輸送安全基準委員会（TRANSSC）を設けて、それぞれの役割を定めている。放射線防護に関するものは RASSC が担当しており、重要な安全基準文書として、「電離放射

線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準(BSS: International Basic Safety Standards) 等がある。これらの安全基準文書は、国際基準文書として国際的な合意を得た文書とすることになっているが、加盟国を法的に拘束するものではなく、それぞれの加盟国の活動に応じて、それぞれの裁量で選択して採用できるものとされている。

IAEA の放射線防護に係わるその他の重要な機能として、「原子力事故の早期通報に関する条約」、及び「原子力事故又は放射線緊急事態の場合における援助に関する条約」に関する事務局としての活動がある。また、IAEA は OECD/NEA と共同して「国際原子力事象評価尺度（INES, International Nuclear Event Scale）の運用に当たっている。

日本政府は地震が発生した 3 月 11 日 14 時 46 分（日本時間、以下同じ）の約 2 時間後の同日 16 時 45 分以降、原子力安全・保安院から IAEA に対し「原子力事故の早期通報に関する条約」に基づいて、情報提供を随時行ってきた。特に 3 月 12 日に第 1 報が公表され、それ以降、原子力安全・保安院が解体した 2012 年 9 月まで、連日 14:00(日本時間)に更新された「東北地方太平洋沖地震による原子力施設への影響について」は、時差 8 時間遅れのウィーンで朝 6:00 から在 IAEA 日本人スタッフの手により英訳され、午後には収集した情報を基に加盟国に対して情報提供を行うと共に、これらデータが IAEA 内部でデータベース化されていった。また、外交ルートでも日本政府は在ウィーン国際機関日本政府代表部を通じて IAEA に対し、同条約に基づき、随時情報提供を行った。

なお、事故が発生した時期は、数年に渡り改訂作業が進められていた BSS を第 29 回 CSS 会合(5 月)において承認する前であったが、最終的には事故に伴う特段の修正はなかった。

IAEA は 2016 年 3 月に福島第一原子力発電所事故に係る包括的報告書に関する諮問委員会(ITAG：International Technical Advisory Group)を開催し、2014 年中に報告書を完成・公表することを目標に、情報・データの収集・検討を開始している。

(1)-2)-5. 国際放射線防護委員会（ICRP）

ICRP の目的は、公衆の利益のために科学としての放射線防護を推進し、放射線防護に関する勧告と指針を提供することであり、放射線影響に関する科学的データや、放射線利用の分野・形態、放射線防護・安全に関する技術的水準等を考慮して、放射線防護の理念や概念に関する基本的考え方、線量限度等の基準値を含めた規制の考え方等を検討し、その結果を委員会勧告、あるいは委員会報告書として、ICRP 刊行物（ICRP Publication ）の形で公表している。ICRP の特徴は、国際学会の中に設置された委員会が立ち上げの際の土台である点にあり国家的、国際的な枠組みから一線を画した

表 1　ICRP の 5 つの専門委員会及び主委員会の役割

委員会	役割
第 1 専門委員会	放射線影響
第 2 専門委員会	放射線被ばくによる線量
第 3 専門委員会	医療における放射線防護
第 4 専門委員会	委員会勧告の放射線管理実務への適用
第 5 専門委員会	環境の放射線防護
主委員会	各専門委員会から提案された技術指針等の審議、放射線防護の基本勧告の採択、等

非政府機関である。しかしながらこれらの勧告や報告書は、放射線防護の専門家や各国の規制当局に読まれることを意図しており、世界各国の放射線安全基準を作成するための基礎として取り扱われている。我が国も、国際的に整合性のある安全基準が必要であるという認識のもとに、放射線関連法令については ICRP 勧告を尊重する立場を取っている。

ICRP は、主委員会と 5 つの常設の専門委員会とで構成されており、必要に応じそれぞれの委員会のもとにタスクグループを組織し、放射線に係わる様々な課題に対して幅広く対応する体制となっている。各専門委員会とその役割について表 1 に示す。

福島原発事故後、ICRP は活発な活動を福島県内で展開しており、2011 年 11 月から 2013 年 11 月まで 7 回のダイアログセミナーを開催している（表 1 参照）。これらのセミナーでは、円卓会議形式で発表と議論が行われたほか、各会場で食品モニタリングの実演、地元芸能の紹介、現地訪問調査などが行われた。その詳細について、表 2 に示す。

表 2　ICRP が福島県で行ったダイアログセミナー

1) 福島事故後の生活環境の復旧：チェルノブイリの教訓と ICRP 勧告
（2011 年 11 月、福島市）
2) 伊達市において何が行われたかを理解し、生活環境のさらなる改善のための問題と方策の検討（2012 年 2 月、伊達市）
3) 食品：生産者と消費者、そしてその間のすべての人々が面する課題の検討（2012 年 7 月、伊達市）
4) 子供の教育（2012 年 11 月、伊達市）
5) 戻るべきか否か、居るべきか去るべきか（2013 年 3 月、伊達市）
6) 飯舘村について（2013 年 7 月、伊達市）
7) いわき市および浜通りにおける自助努力による活動（2013 年 11 月、いわき市）

セミナーの目的は、ICRP 勧告を住民と直接共有、将来の ICRP 勧告をよりよいものとするための学習、チェルノブイリ事故に被災した地域の経験の移転、そして地方のステークホルダーとの意見交換の促進、が挙げられている。またダイアログセミナー以外にも、計 6 回の小規模な集会がいわき市・末続地区や宮城県・筆甫村において開催された。

（3）我が国におけるリスクコミュニケーション活動

以下に、3 つのシンポジウムに出席したのでその内容について紹介したい。

(1)-3)-1. 国際シンポジウム　東京電力福島第一原子力発電所における環境モニタリングと線量評価（主催：京都大学・原子炉実験所）

本シンポジウムは、京都大学・原子炉実験所が、2012 年～2016 年にかけて進めている「原子力安全基盤科学研究プロジェクト」の一環として開催された。同プロジェクトは、原子力事故発生時に、事故の影響と対策を再評価する事を目的に実施するもので、事故の実態、放射性物質による汚染の状況、汚染による影響、住民避難等の防災対応等について、現地での事故影響調査等を通じて分析し、その結果を、現地での生活修復や今後の原子力

利用の改善策に反映することを目標としている。

会議冒頭、海外から招待された招待講演者が講演を行った。IAEA の Gerhard Proehl 氏は、福島事故後に WHO、ILO および IAEA が共同で編纂を始めた際の IAEA 側の代表者であり、この報告書は WHO の福島事故暫定線量評価報告書として 2012 年 5 月に公表された。今回の講演の中で Proehl 氏は、2012 年に IAEA が改訂を行い、その改訂作成時に福島事故が発生した事により事故の経験がその作業に反映された BSS（「電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準」）を、今回の福島事故の復旧期にどのように適用していくべきかについて、説明を行った。引き続き、前・ドイツ連邦放射線防護庁の Neuherberg（ミュンヘン）支局長であった Wolfgang Weiss 氏が講演を行った。

表 3　国際シンポウム

東京電力福島第一原子力発電所における環境モニタリングと線量評価

英文プログラム

Kyoto University Research Reactor Institute (KURRI)

International Symposium on Environmental monitoring and dose estimation of residents after accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations.

09:00-10:00 Registration, Poster Reception

10:00-10:05 Opening Remarks
(Prof. Hirotake Moriyama, Director of KURRI, Kyoto Univ.)

10:05-11:05 Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant -Sequences, FP released, Lessons learnd- (Prof. Jun Sugimoto, Kyoto Univ.)

11:05-11:50 IAEA safety standards for radiological protection of the public in post-accident situations (Dr. Gerhard Proehl, IAEA)

13:20-14:20 UNSCEARs assessment of radiation levels/effects from Fukushima accident (Prof. Wolfgang Weiss, UNSCEAR)

14:20-15:05 Radiation monitoring and mapping around the Fukushima site (Dr. Kimiaki Saito, JAEA)

15:35-15:50 Implication of the isotopic ratios of radioisotopes observed in the Contaminated areas surrounding Fukushima-Daiichi NPP
(Prof. Hajimu Yamana (KURRI, Kyoto Univ.)

15:50-16:10 Development of a car-borne survey system, KURAMA
(Prof. Minoru Tanigaki, KURRI, Kyoto Univ.)

16:10-16:40 NIRS's activities for the reconstruction of early interanal exposure in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident
(Dr. Osamu Kurihara, NIRS)

16:40-17:10 Release of plutonium isotopes from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident (Dr. Jian Zheng, NIRS)

17:20-17:50 Discussion (Chair: Dr. Kazuo Sakai, NIRS)

平常時におけるリスクコミュニケーションの重要性をかねてより重視している Weiss 氏は、福島原発周辺の被災者および施策立案者に対していかに科学的に正しい情報を正確に伝えていくべきかについて、現在、UNSCEAR が作成を進めている福島事故報告書の内容を例に挙げながら解説を行った。さらに、2013 年秋に予定されている事故報告公開時に、原発事故後の住民や作業者の不安等を解消するために被災地である福島県内で報告書の説明の場を設ける計画などについて説明を行った。

これら 2 名の講演の後に、日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）の斎藤公明氏が、文部科学省が進めている福島県全域を対象としたモニタリングとそれに基づく汚染マップの構築について、京大原子炉の山名元氏が、さらに京大原子炉の谷垣実氏がこれらのモニタリングで私用したモバイルサーベイシステムの構築についてそれぞれ講演を行った。これら環境放出に関する講演に引き続き、放医研の栗原治氏が、放医研で実施した WBC 測定による周辺住民の内部線量評価の進捗状況を、また Jian Zheng 氏が、放出核種の内、長期的な健康影響の原因となりうるプルトニウムの放出について、説明を行った。またこれらの講演の合間を縫って、2 回のポスターセッションがもたれ、5 分野 50 ポスターが紹介された。

表 3 に本シンポジウムのプログラム（英文のみ公表）を示した。

(1)-3)-2.　平成 24 年度 保物セミナー（主催：保物セミナー実行委員会）

今回の保物セミナーは「福島復興への取り組みと放射線防護上の課題」、「リスクコミュニケーション--科学者とマスコミの役割」、「低線量放射線影響の最近の動向」の 3 つのテーマで専門家による講演と議論が行われた。

テーマ 1 では、菅井研自氏（東京電力(株)原子力運営管理部）による中長期ロードマップの進捗状況について説明が行われた。同氏は、福島第一原子力発電所で緊急時作業に従事した東京電力の作業者の線量管理の責任者であったことから、保健物理的な立場から作業者の被ばくに関する詳細な報告が期待されたが、今までの報告書の内容以上の説明はなく残念であった。

テーマ 2 では山口直人（東京女子医大）と小島正美（毎日新聞）の両氏による講演は、専門的知識のバックグラウンドを持たない受け手側に専門家がどのように科学的知見を正しく伝えていくのかについて、それぞれの経験に基づく提案を行った。山口氏はリスクコミュニケーションを行う上で、Evidence Base が不可欠であることを前提に、それらの evidence を統合的に見るべきであり、個々の evidence に基づいたものであってはならないと提案し、また小島氏は、イギリスにおける Science Media Center を例に、福島事故以降の科学的報道の在り方の一つの条項として、我が国における「Media の Media」の設置の重要性と研究者のより一層の協力を提案した。Media に対する新しい surveillance システムを提唱して居り、科学者が科学的に正しい発言を的確に一般市民に伝えていくリスクコミュニケーションを支えるツールとして、非常に興味あるものであった。

テーマ 3 では、甲状腺がんの世界的権威である長瀧重信氏（放影協・理事長）が放射線被ばくと甲状腺がんの発生に関する最新の知見について解説を行った。福島県が実施している県民健康調査および環境省が実施を計画している長崎、山梨、青森の各県の子供を対

象とした甲状腺超音波診断の功罪について、特に甲状腺微小癌のバックグラウンド発生率との関連に基づいて説明が行われた。現在進行中の健康調査から導き出される観察結果を理解する上で極めて重要な説明であった。

表 4 に本セミナーのプログラムを示した。

表 4　国際シンポジウム

東京電力福島第一原子力発電所における環境モニタリングと線量評価

プログラム

テーマ１：「福島復興への取り組みと放射線防護上の課題」9：30～11：30

座　　長　　横山須美 氏（藤田保健衛生大学准教授）

ｺﾒﾝﾃｰﾀｰ　　茶山秀和 氏　前原子力被災者生活支援チーム

1. 環境モニタリングの経験と環境回復のための取り組みについて

講演者：片寄久己 氏（福島県生活環境部水・大気環境課長）

2. オフサイトにおける環境修復の取り組みと課題

講演者：時澤孝之 氏（日本原子力研究開発機構　福島技術本部技術主席）

3. 東京電力㈱福島第一原子力発電所１～４号機の廃止処置等に向けた中長期ロードマップ進捗状況

講演者：菅井研自 氏（東京電力㈱原子力運営管理部部長代理）

4. 遠隔放射線測定技術の開発と適用―点から面の測定―

講演者：眞田幸尚 氏（日本原子力研究開発機構　福島技術本部主査）

特別講演：「最新の放射線安全行政の動向」 12:30 ～13:15

座　　長　飯田敏行 氏（大阪大学教授）

講演者　　南山力生 氏（文部科学省放射線規制室室長）

テーマ２：リスクコミュニケーション～科学者とマスコミの役割～　13:30～15:30

挨　　拶　　山本幸佳 氏（大阪大学名誉教授）

座　　長　　宮越順二 氏（京都大学特定教授）

1. 放射線の生体影響（総括的）から

講演者：田ノ岡宏 氏（元国立がん研究センター）

2. 放射線防護基準とリスクコミュニケーション

講演者：米原英典 氏（放射線医学研究所）

3. 疫学研究の視点から

講演者：山口直人 氏（東京女子医科大学教授）

4. 誤解だらけのメディア情報

講演者：小島正美 氏（毎日新聞生活報道部編集委員）

5. 総合討論　～電磁界や放射線（いわゆる電磁波）の生体影響に関する“リスクコニュニケーション”のあり方～

テーマ３：低線量放射線影響の最近の動向　15:45～17:30

座　　長　高橋千太郎氏(京都大学原子炉実験所教授)

基調講演「放射線被ばくと甲状腺がんについて～これまでの知見を踏まえて～」
講演者　長瀧重信 氏（放射線影響協会理事長）

講　　演「福島第 1 原子力発電所事故における住民の甲状腺被ばくの線量評価について」
講演者　杉浦紳之 氏（放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター長）
総合討論

(1)-3)-2.　国際学術会議 福島事故後の放射線と健康および社会（共催 : IAEA、福島県立医科大学）

本学術会議は、福島原発事故後に国際機関が我が国で実施している様々な活動の内、今日に至るまで唯一、リスクコミュニケーションに特化されて開催された会合である。その目的は、将来的に原発事故被災者と接するであろう福島県立医科大学の医学生を対象国内外の専門家が講義を行い、学生及び医療スタッフと質疑応答を行い、大規模災害発生時のリスクコミュニケーションのあり方について議論を行い、大規模災害時におけるリスクコミュニケーションに関する若手専門家を育成することにある。4 日間の会合は、前半の二日間を国内外専門家による講義の部にあて、後半の二日間をシンポジウムに充てる構成となっていた。プログラムは以下の通りである。この国際学術会合の終了の翌週 11 月 25 日～27 日にかけ、IAEA は都内の外務省本庁舎において、IAEA が 2014 年度中の公表を目指している福島原発事故包括的報告書の検討のための日本側との打ち合わせ会合を開催した。福島でのシンポジウムで講演を行った Oughton 氏や、発言を行った Rethy K. Chem 氏もこの打ち合わせ会合に出席をした。このように、IAEA は、包括的報告書の作成を軸として様々な活動を展開しており、今回の学術会合も一連の流れに沿ったものであると位置づけられる。

表 5 に本セミナーのプログラムを示した。

表 5　国際学術会議　福島事故後の放射線と健康および社会

会合初日（11 月 21 日）講義：リスクコミュニケーション
講義の部・開会挨拶（菊池臣一・福島県立医大）
1）放射性セシウムの慢性的な摂取による被ばくに対して（宮崎　真・福島県立医大）
2）批判的に科学、技術及び社会を考える（Gregory Clancey・シンガポール）
3）福島第一原子力発電所事故による地域社会と医療への影響（及川友好・南相馬市立総合病院）
4）リスクコミュニケーションの問題（神田玲子・放医研）
5）福島原発事故を科学技術と社会から考える（郡山一明・救急振興財団）
6）福島第一原子力発電所事故の社会的影響について（藤野美都子・福島県立医大）
7）リスクコミュニケーションにおける知識の欠如と不確実性を考える（Ulrike Felt・オーストリア）

会合 2 日目（11 月 22 日）講義：メンタルヘルス

8）福島における心理社会的問題（前田正治・福島県立医大）
9）災害、メンタルヘルス及び放射線（Craig L. Katz・アメリカ）
10）震災後の子供たちのメンタルヘルス（増子博文・福島県立医大）
11）福島原発職員へのメンタルヘルス・サポート（重村　淳・防衛医科大）
12）リスク認知と信頼（中谷内一也・同志社大）
13）放射線の健康リスクに関する医学教育（大野和子・京都医療科学大）
14）放射線リスク認識における社会的及び倫理的側面（Deborah Helen Oughton・ノルウェー）

会合 3 日目（11 月 23 日）シンポジウム：放射線医学教育と STS

シンポジウムの部・開会挨拶（Rethy K. Chem・IAEA、菊池臣一・福島県立医大）
基調講演 1）福島原発事故に対するアカデミアの対応（Rethy K. Chem・IAEA）
基調講演 2）日本と自然災害の考察（Gregory Clancey・シンガポール）
シンポジウム 1：今日の福島における STS の意義と役割
講義 1　STS の知識と実践の考察を超えて（Ulrike Felt・オーストリア）
講義 2　原子力災害及び医療の知識文化の見解に与える影響：専門知識の危機（Heiner Fangerau・ドイツ）
講義 3　災害教育と災害後の対応における大学の役割（Nizam Nizam・インドネシア）
講義 4　専門家と公衆を繋ぐために STS は何ができるか？医療専門職に対する教養教育における STS の役割（藤垣裕子・東京大）
講義 5　STS の視座―コミュニケーション、メディア、合理性について―（塚原東吾・神戸大、標葉隆馬・総合研究大学院大、田中幹人、早稲田大）
シンポジウム 2：放射線医学教育プログラムの現状と将来
講義 1　放射線災害及び復興に関する新しい大学院プログラム（神谷研二、岡本哲司・広島大）
講義 2　我が国の大学における放射線リスク教育の現状：医学部での基礎教育の現状を中心として（續　輝久・九州大）
講義 3　原子力災害におけるリスクコミュニケーションの適用：福島から学ぶこと（Kwan-Hoong Ng・マレーシア）
講義 4　チェルノブイリ事故後のベラルーシにおける健康影響及び放射性物質の教育（Valentina Drozd・ベラルーシ）
講義 5　日本における医学物理士の現状（山田章互・東北大）
講義 6　福島におけるリスクコミュニケーション（熊谷敦史・福島医科大）
講義 7　医学生への放射線災害医療を学ぶ動機付け（長谷川有史・福島医科大）
講義 8　放射線テロのリスク増大に対する医療面での対応と備え～イスラエルの視点

会合 4 日目（11 月 24 日）シンポジウム：メンタルヘルスとリスクコミュニケーション

基調講演 3）原子力災害後の状況における人的側面（Jacques Lochard・フランス）

基調講演 4）福島の教訓：複合災害に対して抵抗力と回復力を持つメンタルヘルスケアシステム（丹羽真一・福島医大）

シンポジウム 3：災害後のメンタルヘルスの現状と取り組み

講義 9　ある幼稚園での震災後の子供たちの生活（伊藤ちはる・めばえ幼稚園）

講義 10　県民健康管理調査より見た災害後のメンタルヘルス

1）福島第一原発事故後の住民の精神状態の実態と放射能汚染を含む複合災害で増悪した精神疾患（國井泰人・福島県立医大）

2）東日本大震災と福島第一原発事故の子供のメンタルヘルスと生活調査及びメンタルケア（板垣俊太郎・福島県立医大）

講義 11　相双地域におけるメンタルケア～アウトリーチによる展開～（大川貴子・福島県立医大）

講義 12　ボランティア活動にみる福島の未来を拓若者たち（安藤匠平・福島県立医大）

シンポジウム 4：メンタルヘルスとリスクコミュニケーションによる問題解決型医学教育のあり方

講義 13　何か行動を起こすこと：チェルノブイリと福島の教訓（Jacques Lochard・フランス）

講義 14　リスクコミュニケーションの課題：チェルノブイリ事故後のノルウェーの経験（Deborah Helen Oughton・ノルウェー）

講義 15　災害復旧に向けたニューヨークから福島への共同的取り組み（Robert Yanagisawa、アメリカ）

講義 16　放射線不安の中でのメンタルヘルスへの対処:精神医学的診断の向こうへ(Craig L. Katz・アメリカ）

以下に主な講演について概要を記す。

Gregory Clancey（シンガポール大学）による「批判的に科学、技術及び社会を考える」では、わが国の古い文献を調査してきた Clancey 氏が、江戸時代の三陸沖大地震や関東大震災を例に取り、わが国で発生した歴史的自然災害を検証している。その結果、今後のサイエンスコミュニケーションのあるべき姿として、アカデミズムの中の専門家ではなく市民の中の専門家によってなされるべきであるとし、またその際には、市民の中の専門家は、科学的調査には限界があり、それ以上に不確かさが存在していることをきちんと理解すべきであるとしている。

及川友好氏（南相馬市立総合病院）による「福島第一原子力発電所事故による地域社会と医療への影響」では、災害医療の最前線に立たねばならなかった同病院およびコウテキボランティアの事故後の活動が紹介された。事故直後の段階で政府が出した指示が南相馬にもたらした混乱を、患者の避難、立ち入り禁止区域の設定（政府は 20km 圏内のみ立ち入りを禁止しているにも関わらず、一般企業は 50km 圏内立ち入り禁止を定めた）、ボランティアの被ばくに対する理解、などについて興味深い説明を行った。全体討論で、リスクコミュニケーションのあり方について意見を問われた及川氏は、「事故は犯罪」と考え

ている人に対しては如何なる説明も役に立たず、一方で「自然災害」考えている人は、もう先のことを考えており、それぞれの方々の立ち位置が違うと議論が進まない、との説明があった。

郡山一明（救急振興財団・救急救命九州研修所）による「福島原発事故を科学技術と社会から考える」では、科学原理と科学技術の対立の歴史的背景を説明した。科学技術は理学であるのか工学であるのか、理学と工学の関係、さらに科学技術に関する説明を伝える側、受ける側がどのような教育を受けるべきであるかについて、説明を行った。さらに医学部の学生、医学部で教鞭をとる先生、さらには社会人に対して、それぞれの立場に応じて異なった教育をすべきであるとの説明が行われた。

藤野美都子（福島県立医大）による「福島第一原子力発電所事故の社会的影響について」では、立地交付金と原子力発電所、防災訓練の不十分さ、チェルノブイリ原発事故や三宅島自然災害のケーススタディについて説明が行われた。福島原発事故の究明がまだ出ること、再稼働の是非など、法律論と一般論に基づいた General な説明は、医学生に向けた初歩の講義内容を意図したものであった。

Deborah Helen Oughton（ノルウェー大学）による「放射線リスク認識における社会的及び倫理的側面」では、放射線リスク認知における倫理の側面を、近年の生物医学分野の倫理を例示しながら解説した。前述の Gregory Clancey もそうであったが、総じて、海外からの講演者は、十何世紀前の哲学者やリスクコミュニケーションの基本文献からの引用を多用する傾向があったが、その素養のない一般聴衆や医学部学生にはなかなかその背景が理解しづらいものであった。

Rethy K. Chem（IAEA・ヒューマンヘルス部）による「福島原発事故に対するアカデミアの対応」では、氏の属する IAEA・ヒューマンヘルス部が、事故直後からどのような活動を展開してきたかを概説したのち、教育関係の二つのプロジェクト「医療専門家と医学生の能力向上による、放射線医学教育の強化」と「災害時の放射線医学における研究協力の強化」について、事故後の 2 年半の間の成果と活動の紹介を行った。

（4）まとめ

1986 年に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故や、1987 年にブラジル・ゴイアニアで発生した公衆のセシウム被ばく事故の後、南米やロシア、欧米では、これらの事故をきっかけとして、放射線影響や放射線防護、そして大規模災害時のリスクコミュニケーションの分野で専門家の育成が進められた。そして、30 年近くを経た現在、当時の若手専門家は、IAEA、ICRP や UNSCEAR 等の国際機関をリードする重要な役割を担う専門家となっている。そしてそのように育ってきた海外の専門家は、当然のように、2011 年の福島原子力発電所事故をきっかけとして、数十年後のこの分野を担う専門家が日本から数多く輩出されるであろうことを期待しており、我が国も、そのような期待に積極的に応えていくことが必要であると考えられる。

放射線のリスクコミュニケーションとの関連性からの学校教育や人材育成のガバナンスに関する考察

神田　玲子
放射線医学総合研究所

平成 23 年 3 月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射線による健康影響については、事故の被災者をはじめ、多くの人が今も不安を抱えている。国は、こうした健康への懸念を解消するため、福島県における県民健康管理調査事業、放射線モニタリング、食品等の検査体制の整備をはじめとする様々な取組を行ってきたが、一方で、効果的、効率的な健康不安対策を十分講じていないとして、新たに「原子力被災者等の健康不安対策に関するアクションプラン」[1)]（平成 24 年 5 月 31 日決定　原子力被災者等の健康不安対策調整会議、以下アクションプランと記載）を策定した。このアクションプランを境に、福島原発由来の放射線に関するリスクコミュニケーションは新たなステージに入ったと考えられる。また国が省庁横断的に司令塔となり、効果的・効率的なリスクコミュニケーションを行うことを決定した、科学技術分野のガバナンスの観点から極めて意義深いものである。

そこで本稿では、「1. 福島原発事故と関連した放射線のリスクコミュニケーションの現状」では、放射線のリスクコミュニケーションにおける問題点を福島原発事故の経過別に整理する。「2. 今後のリスクコミュニケーションや放射線教育のあり方」では、今後のリスクコミュニケーションのあり方および放射線教育にとって必要な要素に関する考察を行う。「3. 放射線リスクコミュニケーションの基盤となる学校教育」では、具体的なリスク/安全/科学教育の要件について私見をまとめる。

1. 福島原発事故と関連した放射線のリスクコミュニケーションの現状

（1）放射線のリスクコミュニケーションの潜在的課題

福島原発事故対応として、リスクコミュニケーションについては、その重要性は誰もが認める一方、これまでのところはかばかしい評価を得ていない。その問題点については，リスクの伝え方の未熟さのみが指摘されがちであったが、放射線のリスクコミュニケーションの場合、学校教育の不足、リスク認知の特殊性や低線量放射線のリスク評価の不確かさなど、放射線特有の問題も抱えている。

1）知識偏重のリスクコミュニケーションの問題

放射線のリスクの大きさを理解するのには、一般公衆の放射線に関する知識が不十分であるという認識から、放射線のリスクコミュニケーションでは「放射線とは何か」から導入されることが多い*。特に専門家の信頼が失墜してからは、話す内容の科学的妥当性を担保するため知識偏重になりがちであった。この場合、情報の送り手ー受け手が、教える側ー教えられる側という関係になりやすく、両者が対等になりにくいという問題点がある。また公衆にとってリスクコミュニケーションの論点は「リスクの大きさや容認レベル」とは限らない。「リスクの責任の所在」を論点と考えている場合、知識偏重のリスクコミュニケーショ

ンが公衆と専門家のギャップをより深める原因となりうる。(*食品安全のリスクコミュニケーションでは、「なぜこの科学技術が必要か」から導入することが一般的である)

2）複雑な放射線の単位の問題

放射線をどれだけ受けたかを表す単位には、グレイ（Gy）とシーベルト（Sv）があるが、グレイは、放射線を受けた物質が吸収したエネルギー量に関する単位であるのに対し、シーベルトは、放射線の量を人体への影響を考慮して表す単位で、防護のための特有な単位である。組織や臓器ごとといった局所的な線量を表す場合（等価線量）と、体全体に“ならした”線量の場合（実効線量）の両方に用いる。本来測定できる物理量ではないが、サーベイメータの値（実用量）との混同から物理量と誤解されることが多い。

こうした線量の理解不足が、「内部被ばくの 1 mSv は外部被ばくの 1mSv よりもリスクがはるかに大きい」といった誤解の原因となった。

3）疫学の解釈の問題 [2)]

放射線の健康影響評価の基盤となるのは原爆被爆者等の疫学データであるが、自由に実験系が組める動物実験と異なり、疫学調査の場合、喫煙のような習慣や年齢差、人種差といった放射線以外の影響を排除し、放射線影響のみを検出することは大変難しい。特に低線量放射線の影響については単独の論文のみで因果関係を証明することは難しく、複数の疫学調査や動物実験、メカニズム研究の結果から総合的に判断されるべきものである。

しかし、講演や HP 等で検証が不十分な個別の論文が大きく取り上げられ、公衆の放射線リスクの認識に影響を及ぼした。特に内部被ばくについては原爆被爆者のデータがないこともあって、その傾向が顕著である。

4) 低線量放射線の健康影響の不確かさの問題

放射線の人体影響評価では、特に低線量の場合は未解決の部分も多く、放射線リスクの説明を難しくしている。低線量・低線量率のリスク評価結果は、①リスク係数の決定や、②低線量率被ばくによるリスク低減係数の決定、さらには③実効線量を算出する段階まで含めると、かなりの不確かさを含んでいる。そのため、リスク推定値は数値としては必ずしも正確ではなく、おそらく 2〜3 倍程度の幅がある。

レギュラトリーのリスク評価（放射線の場合は放射線防護的な判断）では、不確かさを考慮し、安全サイドに評価されたリスクをもとに考えられている。公衆はこのリスク推定値を「真の値」とみなして、さらに安全裕度を求める傾向にある。

5) 放射線のリスク評価の問題

リスクの評価は、疫学調査や動物実験などから導かれた放射線影響の知見をもとに行われるが、既存のデータでも足りない部分を仮定や推論で埋め合わす「レギュラトリー（regulatory）なリスク評価」の段階がある。

化学物質の規制では、利用可能なヒトの疫学データがほとんどあるいは十分存在しない。そのため、リスク評価の元になるのは主に動物実験であり、動物実験で毒性が見られない量の 100 分の 1 をヒトの規制に適用する等のルールがある。

放射線では影響研究の成果が人間のデータである分、動物実験によるリスク評価に比べて不確実性は小さくなるが、放射線影響の知見も放射線防護的な判断も、どちらもがヒトに関するデータのため、違いが分かりにくく誤解を生みやすい。放射線防護では、上述のように安全サイドに評価されたリスクをもとに線量限度等を定めているが、線量限度を放射線影響研究の結果から得られた「危険と安全の境界線」のように誤解するケースが多い。

(2) 放射線のリスクコミュニケーションの課題（事故前）

このように、特に低線量放射線の健康影響やリスクについて未解決の部分もあるため、リスクコミュニケーションが難しいという面がある。事故前、放射線の知識を普及するような活動はかなり限定されており、放射線に関連したリスクコミュニケーションは、これまで、原子力関係、医療放射線関係、これ以外の放射線利用、自然放射線など、といったテーマごとに行われきたが、「低線量放射線リスクを説明する」ためのツール開発やノウハウの蓄積はあまり行われていなかった。これには日本人特有のリスク認知も関係する。

1) 日本人のリスク認知の問題

環境ホルモン、食の安全（BSE 問題や輸入食品など）や新型感染症(エイズ、SARS、鳥インフルエンザなど)の問題などを次々に経験し、我々日本人に、低リスクの容認や危機管理意識が浸透しつつある中、原子力のリスク認知は極めて特殊な位置にある。

2007 年に行ったアンケート調査では、日本人公衆が性別、年齢、職業によらず、原子力を日常生活に関わるリスクの中では極めて高いと認識していることが明らかになった[3)]（表 1、2)。一方で、過去に政府や NHK などが実施した世論調査では、約 30 年間に、原発反推進派率が推進派率を上回ったことは一度もなく[4)]、原子力への依存度は増加する一方といったねじれた関係にあった。

そういった社会背景を反映してか、事故前の原子力に関するリスクコミュニケーションでは、シビアアクシデントについては考慮されておらず、対象も周辺住民に限られていた。事故前に実施した全国調査からは、公衆の多くは放射線そのものや健康障害に関して具体的なイメージを持たないことが明らかになっている（表 3）[5)]。

こうした事故前のリスク認知やリスクコミュニケーション不足といった問題が、福島原発事故発生後の情報伝達の齟齬や障害の原因の一つになっている。

2) 日本人の放射線に関する知識不足の問題

平成 24 年度から本格的に実施される中学校理科新学習指導要領に放射線が復活するまで、30 年間、義務教育で放射線や原子力について触れることはなかった。その間、たびたび高校生等を対象にしたアンケート調査を行い、他国での結果と比較することが行われている[6-8)]。調査の結果、概して日本の高校生は原子力や放射線利用に関する知識が乏しく、関心も薄いことが明らかになった。

2006 年に放医研が実施した全国の成人男女のアンケート調査からも、日常生活から受けている放射線の被ばく量についての誤解している人が多いことが明らかになっている（図 1）[5)]。なお、高校生の知識については後述する。

(3) 福島原発事故後のリスクコミュニケーションの問題点：リスクコミュニケーションの段階との関係

このように福島原発事故のリスクコミュニケーションは、放射線のリスクを正しく伝えるという目的から見ると、不利な条件を有した状態でスタートした。特に、放射線の影響を理解するために必要な知識がきわめて特殊であるにも関わらず、福島原発事故以降、専門家への信用の失墜から、放射線に関する数値の意味が理解できないと不安に感じる一般人が多かった。

福島原発事故後に行われたリスクコミュニケーション活動は、1．クライシスコミュニケーション（さし迫った危険についての情報伝達)、2．ケアコミュニケーション（リスクやその対処法に関する科学的な情報の共有)、3. コンセンサスコミュニケーション（リスクに関する社会全体の意思決定のための意見交換)、といった3段階に分けて考えるべきである。それぞれの段階で情報発信された内容と媒介、ステークホルダの反応、迅速な情報伝達や円滑な意思疎通の障害の原因となった問題点などについて以下にまとめる[9]。

1）クライシスコミュニケーション

災害直後に行われるクライシスコミュニケーションは、情報の受け手が冷静な判断力を失っていることを前提に、リスクを回避し、社会的混乱を鎮静化するため最低限の情報が一方的に伝達されることがある。安定ヨウ素剤の代用としてのうがい薬等服用禁止などがテレビで繰り返し報道されたが、これもクライシスコミュニケーションの一例である。

福島原発事故が発生した直後、多くのメディアが原子炉の状況とともに、各地で観測された空間線量率について報道し、専門家が数値の意味を解説するパターンが多かった。これについては、立派な肩書の研究者による「大丈夫です、安全です」といった一方的な説明が目立った、という批判もある。しかしクライシスコミュニケーションを平常時のリスクコミュニケーションと同じ尺度で評価することは必ずしも適当ではない。

むしろ、事故前のリスクコミュニケーション不足、特に緊急防護対策の周知不徹底により、原発周辺住民が回避できる被ばくをした可能性があることは大きな問題と思われる（屋内退避中に家庭菜園の野菜を食べたなど)。

この時期、放医研の電話相談には、福島県以外の都県からも汚染検査や被ばく検査あるいは除染に関する問い合わせが多く、遠隔地でも本質的には被災地と同様の不安が広がっているということができる。

2）事故後のケアコミュニケーション

緊急事態が収束し、個人の冷静な判断能力も回復した後は、クライシスコミュニケーションからケアコミュニケーションに連続的に移行するが、これはあくまでも概念的な分類である。今回の事故では、空間線量率の急上昇、水道水や食品中の放射性物質の検出、原子炉の収束の長期化、子どもの生活環境の土壌汚染といったことが連鎖的に起こり、この一つ一つの事象が、被災者や小さい子供を持つ親たちにとって、緊急事態であったため、クライシスコミュニケーションの状況が長引き、ケアコミュニケーションへの移行が必ずしもスムーズではなかった。しかし事故直後であっても、科学的知見に基づき、合理的な判断が可能で、ケアコミュニケーションを求めていた市民が、特に遠隔地に多く存在し、「直ちに影響

がない」以上の説明を求める声が高まった。こうした要求に応えるため、さまざまな機関が災害直後から HP 等を立ち上げ、相互に補完する形で市民への情報提供を行った（表 4）。

放医研の電話相談には、水道水や食品から放射性ヨウ素 131 が検出された時期には一日に 500 件近い問い合わせがあった。また市役所や保健所のように、市民の方から相談を受ける側からも、特に放射線量の被ばく評価に関する質問が相次いだ。平成 23 年 5 月中旬に福島県田村市と千葉県千葉市で行った講演会の際に受けた質問を比較すると、どちらも「食品」「子供の外遊び・運動・外出」に関する質問が多い(表 5)。また田村市では、5 月時点でも、原子炉からの大量の放射性物質が放出された 3 月時点同様「換気や洗濯、布団干し」について悩んでいる実態が明らかになった。事故の状況によって、被ばく経路ごとの線量寄与は変化し、効果的な予防方法も変わりうる。しかし概して予防策解除の情報は伝わりにくく、情報の受け手も容認しにくいといった傾向が見られた。

表 1.リスク 30 項目のリスクランキング法によるリスク認知調査結果
（文献 3 からの引用）

	全体				一般女性				研究者		
	WEB 2007	NIRS 2007	NIRS 1992	NIRS 1983	WEB 2007	NIRS 2007	NIRS 1992	NIRS 1983	NIRS 2007	NIRS 1992	NIRS 1983
被験者数											
男性	319	52	20	36	0	0	0	0	46	20	36
女性	319	63	38	30	319	37	33	25	15	5	5
年齢	20 代-60 代	20 代-60 代	26-55	20-59	20 代-60 代	20 代-60 代	32-55	20-45	20 代-60 代	26-48	28-59
1. 銃・ピストル	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	4
2.原子力	2	2	2	19	2	2	1	4	12	5	28
3.喫煙	3	4	9	4	3	13	8	8	3	12	5
4.自家用飛行機	4	5	4	7	7	3	11	5	7	3	9
5.狩猟	5	7	16	16	4	5	18	14	5	11	14
6.警察職務	6	10	6	8	6	8	12	7	8	4	11
7.外科手術	7	8	10	6	8	4	14	11	9	6	6
8.消防職務	8	6	14	9	5	6	17	10	6	8	10
9.オートバイ	9	3	3	2	9	10	10	3	2	2	2
10.大型建設工事	10	11	11	5	11	7	13	16	11	7	3
11.自動車	11	9	5	1	13	12	7	2	4	10	1
12.医療用 X 線	12	14	8	20	10	11	5	18	18	13	22
13.商業用飛行機	13	12	17	15	12	9	15	13	15	15	15
14.殺虫剤	14	15	12	11	14	15	9	15	13	14	12
15.抗生物質	15	19	15	18	15	19	4	12	22	23	20
16.食品保存料	16	20	7	13	16	18	3	6	20	17	19
17.登山	17	13	19	12	18	16	23	21	10	9	8
18.食品着色料	18	18	13	14	17	17	6	9	21	18	17
19.自動芝刈り機	19	16	25	28	19	14	26	28	17	20	27
20.避妊薬	20	25	20	24	20	21	19	19	27	21	23
21.アルコール飲料	21	21	21	17	22	27	21	17	16	22	13
22.予防接種	22	23	18	23	21	20	16	22	25	24	21
23.スプレー缶	23	29	22	25	23	24	20	23	29	29	24
24.鉄道	24	27	23	22	24	26	22	25	28	27	18
25.スキー	25	22	27	27	25	22	29	27	23	19	25
26.自動車	26	17	24	10	27	25	24	20	14	25	7
27.家庭用電化製品	27	30	30	30	26	30	27	30	30	30	30
28.電力	28	24	28	26	28	23	25	24	26	28	26
29.フットボール	29	26	26	29	29	29	28	29	19	16	29
30.水泳	30	28	29	21	30	28	30	26	24	26	16
スピアマンの順位相関係数	0.93				0.93	0.76	0.57			0.63	

リスク認知 NIRS1983、NIRS1992、NIRS2007 はそれぞれ 1983 年、1992 年、2007 年に実施した放医研職員（研究者および事務補助業務の女性）対象の調査。被験者はリスク 30 項目を、危ないと思う順位に並べた。WEB2007 は 2007 年に全国成人男女を対象に WEB 上で行った調査。2007 年調査では、個人情報保護の観点から被験者に正確な年齢は聞いていない。

表２　リスク 30 項目のリスクランキング法によるリスク認知調査結果（2007 年の全国成人男女を対象とした WEB 調査）（文献 3 からの引用）

	男性					女性					職業*			生活スタイル			
	20 代	30 代	40 代	50 代	>60 代	20 代	30 代	40 代	50 代	>60 代	グループ A	グループ B	グループ C	喫煙者	非喫煙者	運転する	運転しない
被験者数	44	84	103	77	11	44	84	103	77	11	292	58	288	162	476	463	175
1. 銃・ピストル	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.原子力	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3.喫煙	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	5	3	3	3
4.自家用飛行機	5	6	5	4	5	8	6	7	5	7	4	3	7	4	4	4	4
5.狩猟	9	8	4	8	14	10	4	6	4	3	6	5	5	6	5	5	7
6.警察職務	8	5	8	6	13	6	7	3	7	19	7	7	4	7	6	7	5
7.外科手術	4	3	7	5	10	4	5	9	9	6	5	6	8	3	8	6	6
8.消防職務	15	9	9	7	12	5	8	5	6	17	9	10	6	11	7	8	8
9.オートバイ	7	7	6	10	6	9	15	8	8	9	8	9	9	8	9	9	10
10.大型建設工事	10	10	10	9	15	12	11	13	10	8	11	11	10	10	10	10	12
11.自動車	6	11	11	12	9	13	13	10	13	11	10	16	11	9	12	11	11
12.医療用 X 線	11	13	12	11	3	7	12	11	11	5	12	8	12	12	11	12	9
13.商業用飛行機	14	12	17	13	22	11	10	12	12	23	13	17	13	14	13	13	14
14.殺虫剤	19	14	13	14	7	16	9	14	17	12	14	13	15	15	14	14	13
15.抗生物質	12	16	14	15	11	14	17	15	14	14	15	14	14	13	15	15	15
16.食品保存料	13	18	16	17	8	15	14	19	15	13	17	12	16	17	16	16	16
17.登山	18	15	15	16	20	20	18	16	18	10	16	18	18	18	17	17	18
18.食品着色料	17	20	18	18	16	19	16	17	16	15	18	15	17	16	18	18	17
19.自動芝刈り機	21	17	20	20	17	17	19	18	20	21	19	19	19	20	19	19	20
20.避妊薬	16	23	19	23	23	18	24	20	21	16	21	23	20	19	21	21	19
21.アルコール飲料	20	19	21	21	18	21	21	23	23	20	20	20	22	21	20	20	22
22.予防接種	26	21	23	19	21	23	23	21	19	18	22	22	21	22	22	22	21
23.スプレー缶	22	22	22	22	19	26	20	22	22	26	23	21	23	23	23	23	23
24.鉄道	27	24	25	25	25	22	22	24	25	24	24	25	24	24	24	24	24
25.スキー	23	26	24	24	27	25	27	25	24	22	25	24	25	26	25	25	25
26.自動車	28	25	27	26	26	29	26	26	26	27	26	28	26	25	26	26	27
27.家庭用電化製品	24	28	30	28	28	24	25	27	28	29	27	29	27	27	28	28	26
28.電力	25	27	28	29	24	27	28	29	29	28	28	30	28	28	27	27	28
29.フットボール	30	30	26	27	29	28	29	28	27	25	29	26	29	29	29	29	29
30.水泳	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	27	30	30	30	30	30

*グループ A：会社員あるいは公務員　/　グループ B：自営業、フリーランサー　/　グループ C: 主婦、パートタイムあるいは無職.

表 3. 全国成人男女 1357 人対象のアンケート調査結果[5)]
―放射線から連想する事柄―

	男性(%)	女性(%)
医療･医学(利用)	20.5	22.6
死･障害･疾病	13.4	18.7
原爆･核兵器	18.7	12.4
原子力･原子力発電	13.0	9.0
こわい、不安	3.4	6.6
危ない･危険	3.4	1.9
被ばく	1.6	1.9
事故	1.3	2.1
X 線	2.5	1.3
放射能	2.0	1.6
功罪･良くも悪くも･必要悪	0.8	1.5
汚染・漏洩	0.8	1.0
宇宙･太陽	0.5	0.1
その他など	3.3	1.7
無回答	24.9	26.2

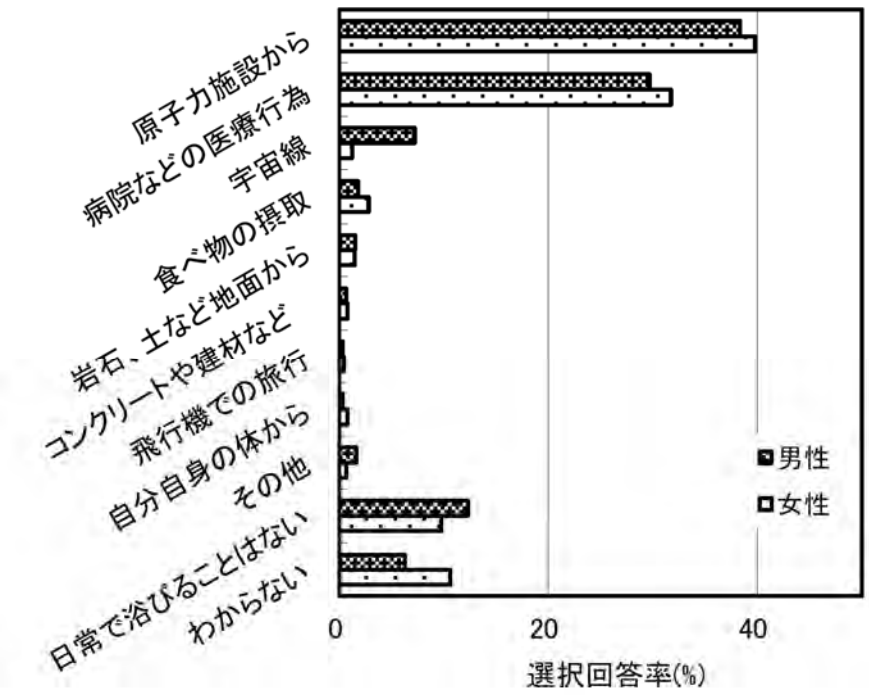


図１. 全国成人男女 1357 人対象のアンケート調査結果[5)]
―日常生活で最も多い被ばくは何だと思うか―

3）事故後のコンセンサスコミュニケーション

福島原発事故では、事故の収束の遅れとともに、被ばく状況が深刻化、長期化したため、既存の法令や線量規準では対応できない事態が相次ぎ、早急に線量の目安が設けられた。迅速性を損なわずにコンセンサスコミュニケーションを行うことは極めて難しいが、意思決定プロセスにおける高い透明性と丁寧な説明は必須である。

緊急時の作業者の線量限度については、事故前より国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告の国内法令取り入れの検討を行っていた放射線審議会基本部会が暫定的結論を出していた。そこで事故直後、人事院総裁、厚生労働大臣及び経済産業大臣から、「平成23年東北地方太平洋沖地震に起因する緊急作業時における被ばく線量の限度を250mSvとする」ことの諮問を受けた放射線審議会は、即日中に「妥当である」との答申を行うとともに、国民向けに声明を発表している。決定プロセスを明確にし、説明責任を果たすことで、意思決定の妥当性を担保した例である。

一方、学校等の校舎・校庭等の利用判断に用いられた目安の設定に関しては、文部科学省、原子力安全委員会や内閣参与をはじめとする多くの専門家が関わったため、責任の所在が不明瞭に見えた。また判断の根拠や低減方策、新たな概念である参考レベルの説明等が不十分であったことなどから、市民から「子どもに年間20mSvの被曝を許容すべきではない」といった議論が起こり、社会問題に発展した。こうした社会の声を受けて、その後土壌対策の対象となる学校の範囲が拡充され、具体的な土壌対策や線量モニタリング方法が示された。

事故から5カ月が経過して、原子力災害対策本部は新たに「除染に関する緊急実施基本方針」「市町村による除染実施ガイドライン」（平成23年8月26日）を示した。この策定のプロセスにもいまだステークホルダ関与は明らかではない。今後市町村が上述のガイドラインに従い除染計画を策定し、除去土壌の仮置きを設置する場合には、市民をはじめとするステークホルダ間での十分な対話が必要と思われる。

一方、食品の基準値の制定には、パブリックコメントの形でステークホルダ関与があったと言ってよい。食品に関する制限値は、東京電力福島第一原発事故前には設定されていなかったため、事故直後、厚生労働省は原子力安全委員会により示されていた「飲食物摂取制限に関する指標」を暫定規制値と定めた。この原子力安全委員会の基準は公衆の被ばく限度が年間5mSvであった時代（ICRP1977年勧告が適用されていた時代）に作られたため、食品からの放射性セシウムに関しては実効線量が年間5mSvに納まるように計算されたものであった。その後、食品安全委員会による評価書「食品中に含まれる放射性物質」（平成23年10月）を受けて、厚生労働省では、食品の規制値の審議を行い、パブリックコメントでは年間1mSvを求める意見が多かった点にも配慮し、平成24年4月1日より、新たな基準値を施行することになった。しかしリスク評価で用いられる「仮定」の違いから、日本の現行基準値は世界に類のない厳しい値となっている。

表４　リスクコミュニケーションを担う媒体[9)]

媒介	特徴	役割
マスメディア	リアルタイムに情報提供	・クライシスコミュニケーションにおいて重要 ・様々な見解を報道することが可能
省庁の HP など	国の公式見解を発表	・公式な影響評価(原子力安全委員会、食品安全委員会) ・放射線に関する数値の公表(文部科学省、厚生労働省、農林水産省など) ・意思決定プロセスの公表によるコンセンサスコミュニケーション
地方自治体の HP や講演会など	地域に密着した情報の提供	・地域性によりサブグループ化された集団への情報提供。
研究機関や学協会 HP や講演会など	科学的専門性の高い情報の発信	・懸念・関心内容によりサブグループ化された集団への情報発信。ケアコミュニケーションにおいて重要。
電話相談窓口	個人の状況に応じた情報の提供	・非ネットユーザ、あるいは被災者や子どもを持つ親など、強い不安を持つ集団には必須。

表５　福島原発事故に関する質問(平成 23 年 5 月中旬開催の講演会での比較)[9)]

主な質問内容	福島県田村市		千葉県千葉市	
	実数	%	実数	%
１．知識に関する質問				
放射線・放射性物質	4	3.6	4	2.3
放射線の量	7	6.4	9	5.1
放射線影響	6	5.5	26	**14.8**
２．生活・暮らし方に関する質問				
日常生活一般	3	2.7	17	9.7
空気関連（換気や洗濯物･布団の干し方）	22	**20.0**	9	5.1
雨	－	－	3	1.7
服装	6	5.5	－	－
飲料水	2	1.8	16	9.1
食品	26	**23.6**	37	**21.0**
母乳	5	4.5	3	1.7
子どもの外遊び・運動・外出	16	**14.5**	23	**13.1**
土壌	4	3.6	4	2.3
海水浴	－	－	2	1.1
３．規制や検査に関する数値の考え方	6	5.5	9	5.1
４．医療相談	3	2.7	2	1.1
５．情報源への信頼性等	－	－	10	5.7
６．その他	－	－	2	1.1
総数	110	100%	176	100%

（4）福島原発事故後のリスクコミュニケーションの実態：情報の発信者と受け手の関係

前述のアクションプランでは、「東電福島第一原発事故により引き起こされた健康影響へ懸念に対し、国は様々なリスクコミュニケーションに関する取組みを講じてきたが、 以下の点で問題があった」とまとめている。

①被災者等の不安を十分に踏まえた情報発信としていなかったのではないか（平易な用語の使用等）

②専門家等からの一方的な情報発信に偏り、不安を感じている被災者等との双方向のコミュニケーションが不足していたのではないか

③不安解消のためのコミュニケーションを行う人や場（拠点を含む）が十分に確保されていなかったのではないか

こうした問題点について、アクションプラン策定の過程では、実態をベースにした検証はなされてはおらず、疑問形での記載に留めている。そこで、1)放射線特有の情報発信の問題、2)情報の受け手の反応をまとめるとともに、3)具体的なリスクコミュニケーション事例について紹介する。

1）放射線に関する数値と放射線の影響に関する情報発信の問題

事故以降、国や地方自治体が放射線量に関する様々な数値を公表しており、市民が自分の生活に関係する数値を入手できる機会が増えている。一方で、個人が必要とする情報だけを抽出する作業が難しくなっている。特に食品中の放射性物質濃度に関しては、省庁の HP から膨大な生データが入手可能であるが、この情報が活用できる集団は限られている。また電子媒体偏重の公開方法などは見直す必要があるかもしれない。

放射線の数値を元に健康影響をどのように考えればいいのかという問題に直面し、多くの市民が、マスメディア、ツイッターや HP、さらには講演会や電話相談などに情報を求めた。楠見ら[10]は、食品の放射能汚染に関する情報源（新聞やテレビ、週刊誌、あるいは行政や大学・研究機関、専門家など）への信頼性等を学生に 5 段階で評定させる調査を行っている。平成 23 年 4 月実施分のアンケート結果によると、情報源に対する信頼性評定値が概して低いこと、信頼性評定値が中点を上回った情報源は、①危険を説明する大学教授などの専門家、②新聞、③大学・研究所の HP であることが分かった。

事故直後、市民がこうした情報源に求めたのは「放射線はどこまでなら安全か」ということに尽きる。安全がどのレベルを指すのかは個人によって異なるが、コンセンサスコミュニケーションが適切に実施された社会合意形成であれば、ステークホルダ間で安全概念がある程度共有されているはずである。しかしながら日本における原発建設の多くは「絶対安全」を担保することで社会的合意形成がなされていた。

放射線の発がん影響に関しては、絶対安全を担保する線量（＝しきい値）の存在が科学的に証明されておらず、そのため低線量放射線の健康影響については「100mSv 以下のがん死亡リスクは生涯リスクとして 0.5%以下」と説明されることが多かった。これを「容認できるリスク以下（=安全）」と解釈する専門家と、「ゼロリスクではない（=安全ではない）」と解釈する専門家が存在している。また自然放射線（避けようのないリスク）や医療放射線（便益のあるリスク）と、事故による放射線を同列に扱った「安全」の議論も、市民から共感を得られていない。さらに放射線影響の知見と放射線防護のルールが混同され、公衆の線量限

度年間 1mSv を超えると健康被害が生じるといった誤解が生じた。

こうしたことから、自分自身で低線量放射線の人体影響が理解できたと納得できないと安心できないと感じた人は多い。放射線の影響の理解には放射線特有の単位や広範な知識が必要であるが、事故前に実施した全国調査からは、公衆の多くは、放射線の基礎知識や健康障害の具体的なイメージを持たないことが明らかになっている[4]。また日本人の多くが放射線検査を受けた経験があるにもかかわらず、福島原発事故による放射線のリスクを「経験のない、新規のリスク」として 受け止めた。新規のリスクや原子力事故のような非自発的なリスクは一般に容認されにくいリスクであるため、これも放射線リスクの定量的理解を難しくしている。

2）情報の受け手の反応

事故後の時間経過に伴い、放医研への電話相談では一件当たりの相談時間が長くなる傾向がみられた。事故から半年経過した時点でも 1 時間を超える電話はまれではない。絶対安全が担保されない、あるいは低線量放射線の健康影響が理解/納得できないことが大きなストレスとなり、少数ではあるが、精神的不安が昂じているケース、同じ内容で何度も電話をかけてくるケース、あるいは複数の機関に相談しているケースなど、不安解消が困難な事例が増えてきている。また「雑誌の記事を読んで不安になった」というケースが比較的多い。不安の原因となった記事では、数値そのものに誤りはないが、解釈（「つまり○○だ」の部分）に誤謬があるものが多い。また将来のリスク予測に大きな不確実性が伴う中、現実的ではないシナリオに基づく過大なリスク評価が不安の原因になっているものもあった（例；暫定基準値の食品を 1 年食べると仮定するなど）。上述の楠見らの調査によると[10]、例え危険報道であっても週刊誌の信頼性は低い。よって記事を 100%信じるケースは少ないのかもしれないが、放射線のリスク認知の上昇には関わっているように思われる。記事の誤謬の修正や状況に応じたシナリオの変更と言ったフォローアップが行われることはまれであり、また行われたとしても一般的には一度上がったリスクの認知度は、容易には下がらない[11]。茶葉や牛肉などの食品や、焼却炉、活性汚泥、腐葉土からの高濃度放射性物質検出、あるいは放射線検査の過剰被ばくといった報道に連動した相談が多いといった傾向が、今後もしばらくは続くと予想される。

また少数派ではあるが、精神的不安が昂じている事例も見られる。平成 23 年 3 月時点では、情報不足から一時的に極端な行動を取るものの、電話での対応により改善されるケースが多かった。しかしその後は同じ内容で何度も電話をかけてくるケースが増えており、不安解消が困難になっている。さらに放射線の障害防止を重要視するあまり、かえって健康被害につながる行動を取るケースが見られた（例；うがい剤の服用、水道水の常温による長期保存など）。

3)放射線医学総合研究所によるリスクコミュニケーション

放医研で行ってきた活動と照らし合わせて、アクションプランに記載された分析結果を検証する。

①発信した情報の妥当性について

放医研では、講演や HP を介した情報発信を行うに際し、図やイラストを多用し、分かり

やすさを心がけた。しかし、分かりやすさと科学的正確さの両立が難しい場合は、科学的正確さを優先することとした。特に、低線量放射線の人体影響に関する説明が専門家間で異なることが放射線の理解のハードルとなっていることから、根拠の提示、グラフの利用をあえて行ったため、難易度はかなり高かった。しかし、アンケートなどを用いて、リスクコミュニケーションの効果（リスクの理解度や知識の定着など）を確認することは行わなかった。

②双方向性について

講演終了後は電話相談窓口を介して質問を受け付けるなどの対応を行った。また依頼による講演会でもほとんどは質疑の時間を設けられていた。しかし会場では全ての質問に答えることは難しく、また電話やメールでの回答にはタイムラグがあるなど、不安を抱える質問者への対応が十分であったとはいえない。

③コミュニケーションの量と質について

放医研では、依頼があった講演会全てに講師を派遣している。その傍ら、保健師や理科教員向けなどの研修を新設し、リスクコミュニケーションを担う人材育成も行った。しかし、研修生間で知識や認識にばらつきがあり、また地域によって必要とする情報に違いがあるため、全研修生に最適なプログラムを設定しにくく、効率的なリスクコミュニケーション体制を組織するには至っていない。

このように放医研の活動にも①～③と言った問題があることは否めない。しかしながら、健康の懸念が解消しない理由は、リスクコミュニケーションに問題があるというよりも、リスクコミュニケーションは不安解消に即効性がないことが大きい。

（5）放射線教育に関する議論における問題点

放射線のリスクコミュニケーションの特徴の一つは、放射線に関する知識を伝える比重が高い点である。過去約 30 年間にわたる義務教育における放射線教育の欠如に鑑みると、やむ負えないことではあるが、知識偏重のリスクコミュニケーションは、情報の受け手と送り手の対等性やコミュニケーションの双方向性が担保しにくいという問題点がある。

一方で、福島原発事故対応のリスクコミュニケーションが必ずしも成功していない原因は、放射線リテラシーや科学リテラシーの不足があるとして、放射線教育や科学技術コミュニケーションを推進すべきであるという考える人が多くいる。さらに、先般の事故による放射線の影響を理解するには、物理や化学（放射線や放射性物質の性質や測定）のみならず、生物（人体影響）の知識が必要であるので、現在の中学・高校での理科教育の人体に関する学習内容を増やすべきだと指摘をする医学関係者もいるなど、学校教育への波及は大きい。

こうした放射線の問題に端を発する学校教育の議論は、これまで教育現場と距離があった省庁の審議会や学術コミュニティでも議論が行われているといった現状がある。平成 24 年～25 年にかけて、原子力委員会や消費者庁、あるいは文部科学省でも科学技術・学術審議会系の委員会などで、放射線関連の学校教育に関する意見や議論されている。

平成 24 年 11 月 27 日、原子力委員会が「原子力人材の確保・育成に関する取組の推進について（見解）」[12]を発表した。その中の「(8)放射線リスクに関する教育」で、「既に学校教育において放射線教育が実施されているが、国は、これが充実したものになるように、教育者を対象とした放射線教育に関するセミナー等を開催するなど、放射線教育を担当する教育者の教育機会の充実を図ることが望ましい。」と記載されている。また「(11) エネルギ

ー・環境問題の教育に関する取組」として「学校教育において世界のエネルギー・環境問題と我が国の状況、エネルギーの有効利用、持続可能な社会形成の重要性等についての教育が適切に行われるよう、支援を行っていくことが重要である。」とある。

また平成 25 年 4 月 26 日、消費者庁が発表した「食品と放射能に関する消費者理解増進のための施策の方針」[13]では、「２．積極的な消費者教育・啓発の推進（１）消費者教育による取組」では、学校・地域の取り組みとして「リスクコミュニケーションの重要性を踏まえ、学校や地域等の消費者教育においても食品と放射能に関する理解の増進が図られるよう検討を進める」ことが上げられている。同様に、閣議決定された「消費者教育の推進に関する基本方針」[14]にも、「学校や地域等の消費者教育において、食品と放射能に関する消費者の理解を深めることは、風評被害の防止という観点からも喫緊の課題」との記載がある。

さらに文部科学省　科学技術・学術審議会　研究計画・評価分科会　安全・安心科学技術及び社会連携委員会の審議においても、「リスク評価自体が不確実性を持っている。日本の理数教育では答えが一つ。英国の科学教育のように、科学の結論は一つに定まるわけではないことを、実例をまじえて教えていくことが必要」「今後取り組むべき課題の一つは、初等中教育においてリスクを学ぶ教育プログラムや教材・副教材の開発」といった議論が行われている[15]。

こうした国の審議会などでの議論の経緯や内容がかならずしも教育現場と情報共有できているわけではない。科学行政ガバナンスの観点からは、学会教育の在り方について基本的な方向性を審議・決定する場と教育現場の間での情報共有や意思疎通が大きな課題と考えられる。こうした事例には、学校関係者が審議に参加していないものも多いが、例えば、学会がステークホルダ間の対話セミナーを企画するなどにより、協議することも可能であると考える。

2. 今後のリスクコミュニケーションや放射線教育のあり方

これまでのところ、福島原発事故関連のリスクコミュニケーションに関しては、高い評価が得られていない。しかし事故以降、着実に、市民は科学リテラシーを高め、専門家は経験値を高めた。リスクコミュニケーションの最も大事な点はコミュニケーションのテクニックではなく、発信すべき情報であり、その情報を受け止めるためのリテラシーを向上させる点にある。そのために必要な体制整備や情報の取捨選択について以下に述べる。

(1) リスクコミュニケーションの実施体制

アクションプランでは、放射線等による健康影響を受けやすい子どもを中心に、事故に伴う放射線による健康影響に関する正しい知識を普及させるための教育を一層推進する必要があることから、

①事故に伴う放射線による健康影響等に関する国の統一的な基礎資料を作成し、これをもとに住民からの相談等へ適切に対応するべく、保健医療福祉関係者や教育関係者等の人材を育成

②より効果的な健康不安解消のため、子どもや保護者等の 問題意識に即した参加型のプログラムを作成し、その活用を支援

といった取り組みを掲げている。

一方で、アクションプランでは、国や地方自治体と関連のない活動についてはあまり考

慮されていない。これは、アクションプランが国の予算と施策に連動して策定されたものであることによる。

しかし実際には、市民が人選した講師を招いて、講演会を開催するといった自発的なリスクコミュニケーションが数多く行われており、福島事故対応では重要な役割を担っている。適当な時期に、草の根的な活動も含めた実態を把握し、国がリスクコミニケーションの推進計画を見直すことが望ましい。

(2) 放射線のリスクコミュニケーションに必要なリテラシー

リスクコミュニケーションの最も大事な点はコミュニケーションのテクニックではなく、発信すべき情報である。また、リスクコミュニケーションの目的は、単にリスクを理解し健康不安を解消することではなく、社会レベルおよび個人レベルにおいてリスクを伴う行為に関し合理的な判断を行えるようになる点である。

これまでに科学技術のリスクリテラシー向上に関しては、さまざまな取組みがなされてきたにも関わらず、福島事故に関しては、放射線リスクの理解度や受け止め方の個人差は極めて大きかった。これは、(1) 放射線のリスクコミュニケーションの潜在的課題や (2) 放射線のリスクコミュニケーションの課題（事故前）で記載したとおり、放射線のリスクコミュニケーションや日本人のリスク認知といった問題によるところも大きい。

放射線に関する数値の意味が分からない、あるいは発信者によって数値の解釈が異なる情報を得ると不安になる。しかし放射線影響を理解するのに必要な知識は極めて特殊である。一方、放射線と放射性同位体（自然由来を含む）の性質（半減期、透過性など）や放射線も変異原であるといった知識は、リスクコミュニケーションを行う上で必須である。また放射線や化学物質の影響は量に依存することが納得できていること、さまざまなリスクの大小関係が感覚的に身についていることは、リスクの理解を助けるものとなる。

(3)学校教育で身に付けるリスクリテラシーの基礎

図２は、リスクコミュニケーションに必要なリテラシーと学校教育の関係を表したものである。

たとえば学校教育で「放射線の性質」を学ぶ際に、放射線の作用が人間にとってプラスであれば利用と呼ばれ、マイナスであれば悪影響と呼ばれることを知るだろう。これにより科学技術は概して人にリスクと便益の両方をもたらすことを理解し、生活の豊かさと何か、安全とは何かということを考えるきっかけになる。また生物の単元では、放射線は、身の回りにたくさんある発がんの原因の一つであること、リスクの度合いは、放射線に限らず量できまることを理解することができる。

大人になると、家庭や職場で、便益とかコストと言った個人の価値観を基に判断しなければならない事態に遭遇する。 例えば、食料を購入する場合も、これまでは残留農薬や食品添加物、遺伝子組み換え等に関して、今では放射性物質に関して、リスクと便益、コストを秤にかけ、その結果として、「購入する」「購入しない」といった判断をしている。

多くの人はこうしたプロセスを意識していない。また、秤にかけるべきリスクの推定が定量的でなく「危ない」か「危なくない」かの二択となっている場合が多い。しかし判断プロセスを意識し、自分なりに納得して購入を決める人では、自分の行動を後悔したり、漠然と

した不安に悩んだりすることが少ないようである。

学校教育をスタートに意識的にリスクと便益、コストを天秤にかけた判断方法を身につけることで、今後、新規のリスクの問題に直面した時も、合理的な判断に基づく適切な対応が可能になる。つまり「リスクに強い大人」が育つと思われる。

なお、この項目については、3. 放射線リスクコミュニケーションの基盤となる学校教育で詳述することとする。

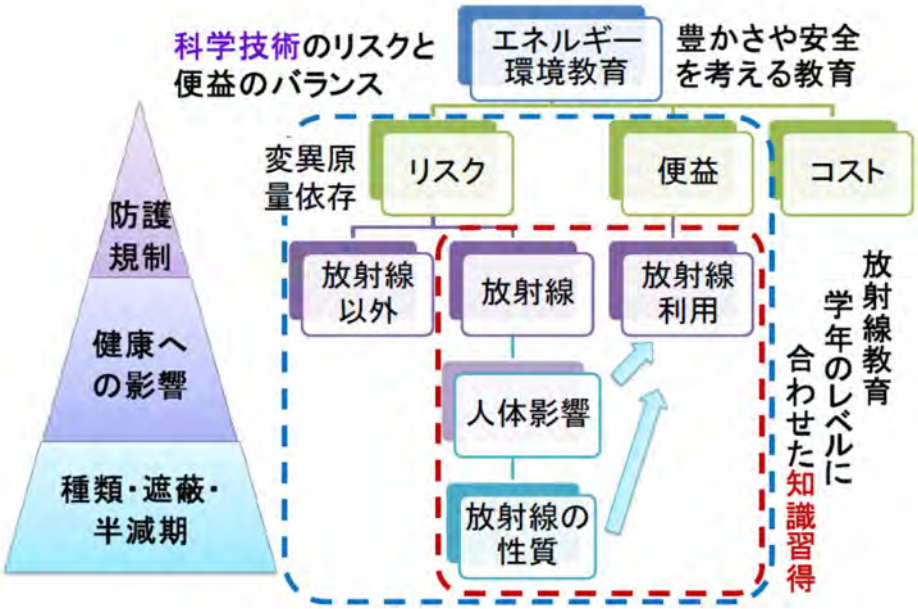


図２　放射線の知識の基盤と教育分野 [16)]

新指導要領により放射線教育として包括されている部分を赤で、安全（リスク）教育に関係する部分を青で囲んだ。

(4)　高等教育との関係

1) 医療職者への放射線教育推進をめぐる社会の動き

福島原発事故対応では、医療従事者の放射線への認識不足により汚染患者の受け入れ等様々な局面で問題が生じた。日本学術会議には放射線医科学関連の分科会が３つあるが、そのうちの一つである「放射線防護・リスクマネジメント分科会（佐々木康人委員長）」では、医学部における放射線教育を推進するための提言をまとめつつある。

提言は３つの具体的な提案から成り立っている；①医師養成の卒前教育において、放射線の人体影響・リスク・防護についての知識を十分修得できるように放射線医学教育を拡充する、②医学部に社会人対象の大学院プログラムを設置し、学校教育やリスクコミュニケーションの核となる人材を育てる、③医学部の教育基盤を活用して、医学部以外の医療系学部教育においても放射線の健康リスク科学教育を拡充する。また将来的には文系・理系を問わず放射線教育修得を大学の卒業要件にする、あるいは教育内容の定着度を高めるための枠組

みをつくる（例医療系大学間共用試験において当該分野からの出題率を高める、進級・卒業の判定項目にする）といったことも提言に盛り込まれる予定である。

こうした抜本的な人材育成に先立ち、昨年度より国は保健師等医療従事者への放射線教育を推進しており、多くの研修が実施されている。これはリスクコミュニケーションの担い手の養成を強く意識したものである。

2)医療職者の放射線教育として学ぶべき内容～リスクコミュニケーションの観点から～

放射線のリスクコミュニケーションの担い手には、放射線に関する知識が必須であることは言うまでもないが、リスクコミュニケーションはリスクマネジメントの一環として行われる以上、発信する情報は放射線教育だけでカバーできるわけではない。リスク認知（社会心理学）やコスト便益分析など（社会経済学、政策科学）といった他分野の知識も必要であり、また経験により習得できるノウハウの部分も多い。

福島原発事故に関連して専門家が行ったリスクコミュニケーションは必ずしも万人向きでなく、「一方的」「難しすぎる」といった批判を受けたことに鑑みると、科学的情報の正確性の担保は当然のことながら、「双方向性」「信頼」といったリスクコミュニケーションの精神を十分理解する必要がある。これは「Patient first」と相通じる姿勢である。

日本人全体の放射線理解の底上げには、放射線教育の重要性を社会全体で認識することからスタートし、教育拠点を確保し、育てた優秀な人材を適材適所で活用するような長期的ロードマップを作成する必要があると考える。

(5) リスク評価

低線量放射線の健康影響がより明らかになれば、リスクコミュニケーションで発信する情報がより明確になり、専門家によって説明が異なるといった問題がなくなる。科学行政ガバナンスの観点からは、リスク評価の精緻化やリスクの優先順位付け、あるいは潜在的リスクの早期発見や対処の手法開発なども進めるべきと考えられる。

3. 放射線リスクコミュニケーションの基盤となる学校教育

現在、教育現場が抱える放射線教育への問題意識は、①指導要領の改正により中学校理科で放射線の性質と利用についても教えることになった、②福島原発事故由来の放射線の問題に学校が深く関わることになった、ことに端を発しており、これまでにさまざまな検討や取り組みが行われている。

他方、教育関係者以外も放射線教育に問題意識を持つ人が多いこと、その理由の一つは、福島原発事故対応としてのリスクコミュニケーションが、ここまでのところ必ずしも成功しておらず、その原因の一つが理科教育や科学リテラシーの不足にあると考えられていることは前述のとおりである。原子力関係者はエネルギー問題の観点から [12)]、生産者は風評被害防止の観点から [14)] 学校での放射線教育を論じ、医療関係者からは、放射線の影響を理解するに中学・高校で人体に関する学習内容を増やすべきだといった指摘もある。原発事故以降、学校が子どもを守るという高い使命感を持って、放射線問題の最前線として機能してきたことも、教育現場への期待を高めている。

リスクコミュニケーション活動が直面している問題は、放射線教育の不足だけではない。

むしろリスクの合理的な判断の難しさやリスクや安全について社会的合意が形成されていないことも大きな原因であるが、これもまた学校教育なしには解決できない課題なのである。

そこでこの章では、新規のリスクの問題に直面した時も、合理的な判断に基づく適切な対応が可能な「リスクに強い大人」を育てるための学校教育に関する考察をまとめる。

(1) 安全教育の目的

安全とは「受け入れられないリスクがないこと」(ISO/IEC Guide 51)という定義があるように、リスクの大小だけで決められるものではない。特にリスクがさほど大きくない場合は、受け入れられるかどうかは個人差が生じるが、わずかなリスクを受け入れられないことで生活が不便になることもありうる。

そこで学校教育において、現代社会はゼロリスク社会ではないこと、科学技術は概して人にリスクと便益の両方をもたらすことを学ぶことは、大人になるための必修であるといってよい。この安全教育は、中学や高校で完結するものではなく、大人になっても自ら情報を収集し、安全とは何か、生活の豊かさとは何かを考え、一人一人が解を求めるべきものであるので、学校で行うのはあくまでも基礎・基盤作りである。

現在、福島原発事故対応として行っているリスクコミュニケーションも、単に正しい知識を得て、リスクを理解して安心することが目的ではない。放射線のリスクや便益あるいは線量低減に係るコストのバランスを考慮して、自らが合理的な判断が出来るようになる点にある。

この合理的な判断は、日常生活においても無意識に行われていることが多い。例えば無農薬野菜を買う／買わないといった判断は、農薬のリスク、価格、購入の頻度など、様々な要素を天秤にかけて行われている。しかしリスクが未知と判断された場合、秤にかけるべきリスクの推定が定量的でなく「危ない」か「危なくない」かの二択となることが多い。

学校での放射線教育には、①リスクの定量的理解のために学年のレベルに合わせた知識の習得と、②放射線を題材に、リスク、便益、コストを天秤にかけた合理的判断プロセスを身につけるための総合的安全教育、といった 2 つのフェーズが必要である。こうした教育により、今後、新規のリスクの問題に直面した時も、合理的な判断に基づく適切な対応が可能な「リスクに強い大人」が育つと思われる。

(2) リスクの定量的理解のための知識

1) 単位と実測

リスクリテラシーの基本は、量が多ければリスクは大きい、量が少なければリスクは小さい、という点にある。そこで単位を正しく理解することが重要である。

福島原発事故以降、初めて見聞きする放射線の単位(シーベルトやベクレル)に多くの人が戸惑った。これはある意味当然であるが、よく知っているはずの「ミリ」「マイクロ」「/時」「/kg」がこの見知らぬ単位に付随した時、それらの持つ意味を理解できた人は多くなかった。学校でベクレルやシーベルトを教えるべきかどうかについては意見の分かれるところであるが、基本的な単位の概念を応用可能なレベルまで理解させるべきであるという点に異論はないと思われる。

放射線は目に見えない、匂いもしないと言われるが、人工的に匂いを付けている都市ガスのように五感で検知できる毒物の方がまれである。むしろ放射線ほど計測しやすいものはなく、空間線量率や被ばくの累積線量などを個人が購入可能な機器で調べることができる。線量計を持って学校内を調べ、校内であっても測定場所によって値が変わること、同じ地点でも測定日時や機器によって値にばらつきがあるなどを生徒自らが発見することで、線量を定量的に考えるベースができる。

2）半減期、遮蔽、自然放射線

こうした量の概念の習得に加え、放射線特有の性質については知識として知っておくべきことがある。表 6 は平成 14 年に日本原子力産業会議(当時)が高校生対象に行った調査であるが [8]、中学卒業までに、この 6 問を正答できること、つまりは半減期、遮蔽、自然放射線に関する知識の習得を期待する。

現在行っているリスクコミュニケーションにおいては、放射線の量を説明する際には、日常生活で受ける放射線（自然界からの放射線、航空機被ばく、医療被ばくなど）や制限値との比較を行っているが、このうち、誰しもが避けようのない自然放射線に関する知識・認識が、線量や影響の理解のベースとなる。

そこで、自然放射線と人工放射線については、線量が同じであれば影響には差がないことを、誤解を解く形で教える必要がある。概して、「自然のものは体にいい、人工は悪い」というイメージがあるが、自然界にも有毒物質は多くあること、害を及ぼすかどうかは、自然由来か人工由来かが問題なのではなく、量の問題であることを総括的に伝えることが望ましい。

3）放射線利用への正しい認識

先に紹介した高校生対象の調査 [8]はアジア各国の高校生に対して行われているが、日本の高校生の知識レベルが特段低いというわけではない。

しかし同時に行われた放射線に関するイメージに関するアンケート調査で、放射線は「管理できる」「身近である」と答えた高校生の割合が、日本のみ極めて低かったことは特記に値する。例えば「放射線は管理できる」という問いに、「そう思う」「ややそう思う」と答えた高校生の割合が最も高かったのはベトナム(75.0%)、日本に次いで低かったのはインドネシア（51.8%）であったが、日本の割合は 21.7%であった。

社会心理学研究から明らかになっていることであるが、リスクの感じ方は「自分で制御管理できるか」「よく知っているリスクか」等の要因で左右される（表 7）。つまり、放射線の量と影響に関する知識があっても、放射線は管理できない、未知のリスクであるというイメージがあれば、リスクを定量的に考える際にバイアスがかかることを意味している。

生徒たちの放射線に対するイメージは、福島原発事故の影響もあり、かなり画一的なものになっている。より放射線を身近なものと感じさせるためには、自然放射線の存在や放射線利用の例（放射線検査、ビート版の加工、グレープフルーツの品種改良）、放射射線の発見や利用の歴史、考古学や美術分野の利用例などを教えることも適当と思われる。

表 6．高校生の知識調査（平成 14 年実施）[8)]

問い	正解	正答率
放射線の強さは時間がたっても変わらない	X	64.2%
放射線を出す物質は地球ができた時から自然界に存在する	○	62.7%
放射線の進む方向は強い風によって変わる	X	50.3%
放射線は微量だが普通の食物の中からも出ている	○	49.0%
放射線は微量だが常に身体からも出ている	○	41.9%
自然放射線と人工放射線は性質が異なる	X	19.3%

表 7．リスクのイメージを修飾する要素 [17)]

容認しにくいリスク	受けいれやすいリスク
押しつけられたもの	自発的なもの
他人が制御管理	自分で制御管理可能
利益がない	利益がある
人為的・人工的	自然由来
不公平に及ぶ	公平に及ぶ
破滅的	統計に基づいている
リスク源が信用できない	リスク源が信用できる
経験がない、外来	熟知している
子どもへの影響	大人への影響

4）生物影響

放射線の場合は、量に応じて誘発される影響の種類も変わる。なぜこのようなことが起こるかは、生物の細胞のしくみや遺伝を教える単元と結びつけて教えることが望ましい。

細胞に放射線が当たると、DNA が損傷することがある。DNA 損傷の大部分は酵素により短時間に修復されるが、中には細胞死や遺伝子の変化を起こすものもある。放射線の量が多くなれば、細胞死の量が増え、障害の発生頻度と重篤度が増す。一方非致死性の遺伝子の変化は、遺伝性影響やがんの原因となる。線量が増えると、疾患発生の頻度が増す。

また放射線以外にも発がん性や催奇性のある物質が身の回りにはあり、放射線を受けた、受けないにかかわらず、ある一定の割合でそうした疾患が見られる(図 3、表 8)ことも、知識として得ていることが望ましいが、中学・高校の理科教育の範疇ではないかもしれない。しかしリスクのイメージを修飾する要素に「子どもへの影響」があることから、特に女子には大人になる準備段階において、正確な情報を伝える必要があると思われる。

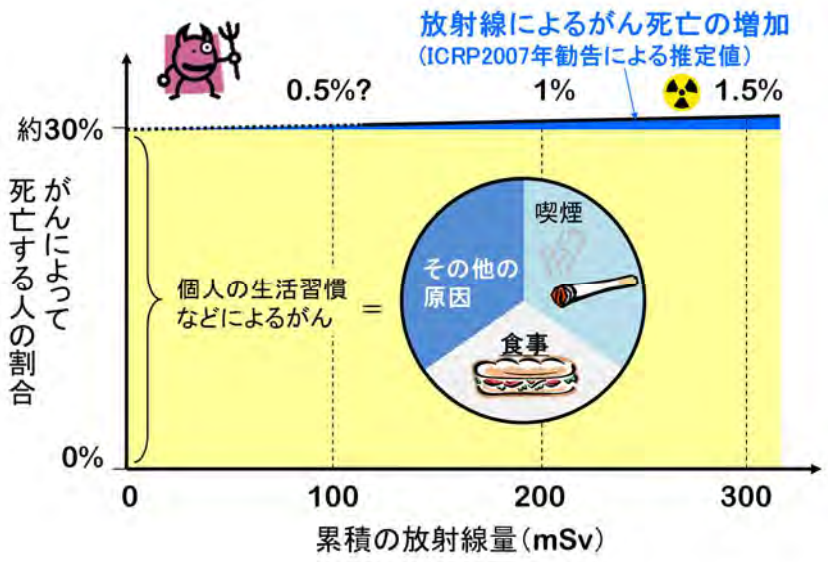


図３　放射線によるがん死亡とベースラインの比較（文献 18)を改変）

表 8. 放射線による疾患率とベースラインの比較 [19)]

胚・胎児の吸収線量*	小児がんにならない確率	子供が奇形を持たない確率
0 mGy	99.7%	97%
1	99.7	97
5	99.7	97
10	99.6	97
50	99.4	97
100	99.1	97
>100	より低くなる	97 に近い

*吸収線量：単位は Gy(グレイ)。1Gy は物質 1kg 当たりに 1 ジュール（J)のエネルギーが吸収されることを意味する。γ線、β線の場合、１Gy は 1Sv(シーベルト)に相当する。

放射線の量やリスクの定量的な理解には、自然放射線あるいは自然発生による疾患率との比較が重要であることは既に述べた。さらに深くリスクを理解する上でよく行われるのは、異なるリスク同士の比較である。

(3) 合理的判断プロセスを身につけるための学習

1) リスクの比較と制御

合理的判断プロセスを身に付けるには、家庭も含めた社会との相互作用によるリスクに関するセンスを養う必要があり、学校教育だけで完結するものではない。

そこで、学校で行うべきことは、身の回りのリスクを意識させ、安全とは何かということを考えるきっかけを与えること、そして、リスク、便益、コストの面から、自分たちが今後

の科学技術を取捨選択する立場にあることを自覚させることにある。

特に身近と感じられているリスクと比較することにより、未知のリスクも判断できるセンスは現代人にとって必要である。例えば死亡リスクが 10^{-6}(100 万人のうち 1 人死亡する)と言われても実感がわかないのは当然であるが、飛行機 1 回乗った時の死亡リスクと同程度という情報を得た時に、このリスクを自分が受け入れられるかどうかが判断できるようにするためには、日頃から身の回りのリスクを意識している必要がある。

学校教育では、交通安全教育や防災教育（避難訓練)、実験での諸注意などの折に触れ、リスクの頻度や重篤度などを伝え、「危ない・危なくない」ではなく「どれほど危険か」というとらえ方をするように指導し、さらに「どうしたらリスクを下げられるか」という思考パターンを形成することが望ましい。

2) リスク、便益およびコストのバランス(個人)

放射線や化学物質など毒性を持つ者の利用は社会において規制されている。放射線については、放射線の被ばくが伴う行為は、便益がリスクを上回る場合にのみ認められている。しかし実際には、リスクと便益が単純に比較可能なケースはまれで、多くの場合は、個人の価値観による定性的な判断とならざるを得ない。

例えば人間ドックにおける放射線検査は、被ばくによるがん死亡確率の増加（リスク）とがん発見による死亡確率の低下(便益)を比較することが可能であるが、職業被ばくの場合は、便益は収入や生きがいに相当するので、リスクと便益のバランスは個人の価値観に大きく依存する。

個人の価値観に依存するとはいえ、リスクと便益がアンバランスの場合、生活が不便になる、あるいは自分と家族が危険にさらされる可能性がある。そこで、学校教育では、現代社会はゼロリスクではないことと同時に、小さなリスクを回避することがより大きなリスクやコストをもたらす、あるいは便益を損なう原因になりえることを具体的に伝えることが望ましい（例 : 生物学的な面からだけ言えば、放射線を受けないにこしたことはないので、X 線検査を受けない、飛行機に乗るのもやめる、ということも可能であるが、その代わり疾患の早期発見が出来なかったり、生活が不便になったりする)。

なお放射線に関しては、リスクを過大評価することによる便益・コストとのアンバランスが懸念されるが、交通安全や防災教育においては、むしろリスクの過小評価による便益とのアンバランスが教育のポイントとなるであろう。

3) リスク、便益およびコストのバランス(社会)

これまで例に挙げた判断、すなわち放射線検査や治療を受ける／受けない、あるいは飛行機に乗る／乗らない、被ばくの可能性のある職業に就く／就かないといった判断は、リスクを負う本人が受益者であり、コストも負担する。

一方、原子力発電のように、リスクにさらされる集団と受益者が必ずしも一致しない場合、リスクと便益、コストのバランスの判断は一層複雑である。

このように正解のない問題に対し、生徒が社会の構成員として(ロールプレイング)、ディベートをさせることは、客観的に物事をとらえ、合理的判断のプロセスを学ぶ上で効果的な演習であるのと同時に、生徒の記憶に残りやすいのではないかと思われる。

［文献］

1) 原子力被災者等の健康不安対策調整会議：原子力被災者等の健康不安対策に関するアクションプラン，平成 24 年 5 月 31 日決定

2) 神田玲子：疫学研究から見た低線量放射線の影響～専門家によって説明が異なるのはなぜか～、Isotope News、693、28-32、2012

3) Kanda, R., Tsuji, S. and Yonehara, H：Perceived risk of nuclear power and other risks during the last 25 years in Japan. Health Physics 102(4)： 384-390, 2012

4) 日本原子力文化振興財団：平成 17 年度「原子力の平和利用に関する知識普及啓発のあり方に関する世論調査」報告、2005

5) 辻さつき、神田玲子：日本人の原子力・放射線観に関する調査研究、日本リスク研究学会誌 18、33-45、2008

6) 日本原子力文化振興財団：日本とヨーロッパ「エネルギーと環境」に関する生徒の意識調査、1993 年 4 月

7) 日本原子力文化振興財団：放射線という言葉に関する意識調査、2002 年 3 月

8) 日本原子力産業会議：FNCA 各国高校生の放射線の知識、関心等に関する合同アンケート調査、2003 年 3 月

9) 神田玲子：レポート：リスク・コミュニケーションの現場から、医学のあゆみ、239(10)、1043-1049、2011

10) 楠見孝・他：日本社会心理学会第 52 回大会発表論文集: 19, 2011

11) Kanda, R., Joshima, H. and Kobayashi, S. Knowledge and Perception of Risk among Trainees on Radiation Protection Course. Japanese Journal of Risk Analysis 7, 67-73, 1995

12) 原子力委員会：原子力人材の確保・育成に関する取組の推進について（見解），平成 24 年１１月２７日発表

13) 消費者庁：食品と放射能に関する消費者理解増進のための施策の方針、平成 25 年 4 月 26 日発表

14) 閣議決定：消費者教育の推進に関する基本的な方針,平成 25 年 6 月 28 日

15) 文部科学省安全・安心科学技術及び社会連携委員会：第 4 回会合参考資料２

16) 神田玲子：教師のための放射線教育－学校の担う役割への期待－、エネルギー環境教育研究、6(2)、95－98、2012

17) Fischhoff, B., S. Lichtenstein, P. Slovic, S.L. Derby, and R.L. Keeney：Acceptable Risk. New York: Cambridge University Press,1981.

18) 環境省：東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴う放射線による健康影響等に関する国の統一的な基礎資料 平成 24 年度版 ver.2012001

19) ICRP: Pregnancy and Medical Radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1), 2000

科学技術ガバナンスを目指したSTEM教育の実践

齊藤智樹、Irma Rahma Suwarma、Ilman Anwari、奥村仁一、熊野善介
静岡大学創造科学技術大学院

（1）　はじめに

本稿は科学技術ガバナンスを実現するための科学教育の一つの形として、「STEM 教育」を提案するものである。STEM 教育は米国を中心とした諸外国の科学教育改革の中心として実践されつつある。以下では、このSTEM教育を科学技術ガバナンスのための教育として見たときに、米国はどのような考え方を持って教育改革にあたっているのかという点を、大統領科学技術諮問委員会（PCAST）によるレポートおよび、Rodger W. Bybee らの著書などから引用し紹介する。また、これらの考え方をもとに実践を行った静岡STEMサマーキャンプの例を示すとともに、STEM 教育プログラムを通して、児童・生徒にどのような現れがみられたのかについて質的な観点からまとめる。これらのプログラム例と子どもたちの現れは、来年度以降の活動において、量・質両面からの研究を進めるにあたってモデルとなるものである。

（2）　STEM教育と科学技術ガバナンス

米国においては、オバマ大統領が理数系教育を重要な政策課題の一つとして位置づけ、米国大統領科学技術諮問委員会(PCAST)も、”Prepare and Inspire:K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics(STEM) for American’s future”（2010）や“Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics” (2012)と題するレポートを提出し、そのなかで米国が今後も科学技術分野での優位性を保つためには、科学・技術・工学・数学分野(STEM)の専門家を今後 10 年間において 100 万人増員することが必要であるという予測に基づき、それを実現する方策を示している。(千田,2013)またこの”Engage to Excel”には、*①経験的に確認された教育実践を幅広く採用することを触媒せよ。②標準的な実験科目を発見に基づく追究科目に置き換えることをサポートせよ。③数学の到達度の差に対応したセカンダリー以降の数学教育における国家的試みに着手せよ。④STEM 関係の職種への多様化を推進するために、利害関係者の間の協力を促進せよ。⑤STEM 関係の学部教育に変革的で持続可能な変化をもたらす戦略的なリーダーシップを提供するために学会、産業界のリーダーシップのもとに STEM 教育に関する大統領諮問委員会を設立せよ。*(PCAST, 2012)という５つの提言がされており、今後米国において STEM 教育が推進されていくであろうことが読み取れる。

前述の PCAST レポートである”Prepare and Inspire”(2010)には、「*STEM 教育は、米国が世界の中でリーダーであり続けることができるか、また、エネルギー、健康、環境保護、安全保障などの分野での計り知れない問題を解くことができるかどうかを決定することになるだろう*」(p.vii)ということや、また「*全ての米国市民は、科学技術的な知識、工学の原理原則、彼らが社会生活とキャリアにおいて成功するために十分な量的な方法、そして我々*

の国やこの地球が直面している問題についてのより正確な情報に基づいた意思決定をすることへの理解を示す必要がある」(P.15)ということが記されており、STEM 教育が米国の科学教育改革のスローガンとしてだけでなく、その他の国々も含めた世界にとっての社会的諸問題(Issues)を解くことのできる人材育成という側面を持ってスタートしたことが分かる。また、「*STEM のフィールドまたはヘルスケアなどの分野で学位を持つおよそ 2000 万人の人々は、米国の教育における潜在的な強みとなり得る*」(p.iii)とされているように、STEM 分野の大学を卒業した人々が教育に関与していくことが米国にとっての優位性を生むということが意識されている。これは前述の、100 万人の STEM 専門家を生むための方略として、「*次の 10 年において児童・生徒を奨励し準備をさせる教員を 10 万人雇用し、研修を行う*」(p.xi)という点にもつながっている。

また、Bybee は 2013 年発行の"Case for STEM Education-Challenges and Opportunities-"のなかで、この STEM 教育改革の特徴として、何が他の教育改革と違うのかについて、以下のような点を挙げている。*1．市民として理解すべき地球規模の問題に向けていること 2．環境やそれに関する問題に対する認識を変えていくこと 3．現代的な(21 世紀における)職能について認識すること 4．安全保障の問題について長期的に見ていくこと。*(Bybee,2013)等、これからの時代を生きる市民としてどんなことが求められているのかについて、意識が向いていることが分かる。

これらの点から、米国として世界をリードする立場を保っていくためには、STEM に関連する社会問題を解決していく役割を担う必要があり、そのためには STEM の分野における市民の能力を確実に引き伸ばしていく必要があること、それが結果的には経済を立て直すことにもつながるだろう。という正に「科学技術ガバナンス」としての教育であるという認識があることがうかがえる。(本冊子第 1 章を参照)このことは、2013 年 4 月に発行された、"Next Generation Science Standards"(以下 NGSS)の Appendix I において、NGSS 作成の元となった"A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas."（NRC, 2012 以下 Framework）を引用し、以下のように説明されている。

> *K-12 の学校段階において、科学や工学の活動にのめり込むことで洞察を得、興味を引き出されることで、社会が今日直面している大きな問題に対して科学や工学がどのように尽力しているのかに気づく助けとなることを期待している。それは例えば、十分なエネルギーをつくりだすこと、病気を予防し治療すること、きれいな水と食料の供給を維持すること、そして地球規模の環境変動問題を解決することなどである。(NRC, 2012)*

日本における科学技術ガバナンスを形成していくための教育というものを考えたときに、これら米国の考え方を参考にしながらも、日本の文脈にあった形で、実践の提案はできないだろうか。以下は、その一つの例である。

（3）　STEM 教育の実践－工学を取り入れた授業とは

STEM 教育を実践するにあたって、どのように授業を組み立てていくのかについて考えると、S/T/E/M の４つの分野をどのように一つの授業に統合していくのかについてのアイデアが必要であることに気づく。以下に、その参考となる例を示す。

1) 領域を超えた課題の設定

Bybee(2013)は、前述の”Case for STEM Education-Challenges and Opportunities-”(Chapter8, p.73-80)において、STEM 教育のいくつかの見方を紹介している。「*間違いなく他にも STEM 教育の見方はあるだろう*」としながらも、９つもの異なる見方を紹介している。今年度の活動では、これら Bybee の示した STEM 教育の見方のうち、９番目にあたる”STEM as a Transdisciplinary Course or Programs”を採用した。それは、本研究の学術的背景にもあるように、「*現代の科学・技術と社会が接する領域では、『不確定要素を含み、科学者にも単純には答えられない問題であるが、今現実に社会的な合意を必要としている問題』がある*」という認識のもと、これらを正面から捉えるような活動を、STEM 教育を試行するにあたって中心に据えるべきと考えたからである。本論では、この”STEM as a Transdisciplinary Course or Programs”を「超領域的なコースまたはプログラムとしての STEM」とし、以下この点について論を進める。

STEM 教育を実践するための教師用の書籍(STEM Lesson Essentials, p.74)には、この超領域的な題材を扱う授業について、以下の表１のように説明されている。このなかでは、マルチ～からトランス～に向かって、統合の度合いが挙がっていく。

表1　領域をまたいだ授業（STEM Lesson Essentials p.74 より）

	マルチディシプリナリ	インターディシプリナリ	トランスディシプリナリ
中心となる組織	ディシプリンの規準はテーマの周辺にまとめられている。	ディシプリンをまたいだスキルや概念がディシプリンのスタンダードに埋め込まれている。	問題やプロジェクトベースで実生活の文脈や児童・生徒の持つ疑問に根差している。
内容の開発	知識や技能はそれぞれの学問領域の構造の中で最もよく学ばれる。	知識や技能は相互につながっており、相互に依存している。	知識や技能は部分ごと教師や児童・生徒によって決定される。
ディシプリンの役割	学問領域ごとに異なる技能や概念は他の学問領域に依存した形で教えられる。学問領域ごとの手順が最も重要視される。	学際的な技能、活動、概念が編みこまれ、手順にも異なる領域の性質が組み込まれる。	児童・生徒は実生活における問題やプロジェクトにもとづいて活動し、学問領域の境界線は重視されなくなる。手順は教師の示す目標に応じて、少なくとも部分的には児童・生徒によって決定される。
教師の役割	それぞれの学問領域において、児童・生徒の学習を促進し、指導する。	学問領域をまたいで児童・生徒の学習を促進し、指導する。	目標を設定し、学問領域をまたいだ児童・生徒の学習を促進し、彼らが学習経験を形作るのを助ける。
学習の目標	学問領域に特有の概念や技能。	学問領域の橋渡しをする概念や技能。	学問領域の橋渡しをする概念や技能、現実世界の文脈、児童・生徒の興味関心。
統合の	低い	中程度	広範にわたる

度合い			
評価	学問領域にもとづいた概念や技能がこれまで通りの方法で評価される。	学際的な概念や技能が異なる学問領域の方法論を取り入れた形で評価される。	学際的な概念や技能が異なる学問領域の方法論を取り入れた形で評価され、彼ら自身による評価を伴う。

上記のように領域を超えた問題の扱いについてまとめると、STEM の４つの分野を取り込む「容器」のような役割をする問題、あるいはプロジェクトを用意することで、４分野の統合をすることができる。ということになると考えた。このように容器の役割をする問題とはどんな問題であろうか。その答えとなるのは、いわゆる issues（イシューズ）と呼ばれる問題群であろう。具体的には、前述の PCAST のレポートの中にもある、環境問題・エネルギー問題・健康問題・安全保障の問題など、既存の学問分野を超えて解決策をつくっていく必要のあるような、複雑で答えがいくつもある問題がこの容器となり得る。

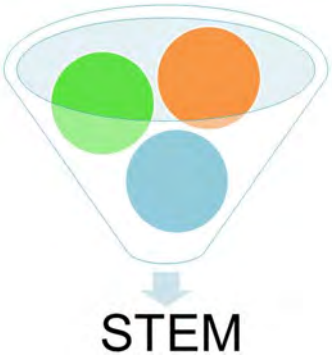


図１　S/T/E/M 統合の手だて

日本における科学技術ガバナンスを構築する上で、このような「容器」となる問題を中心に展開する STEM 教育はどのような役割を担うことができるだろうか。以下の４．から具体的な実践とその効果について説明する。

2)　エンジニアリング－工学を含めた学習

また、工学を取り入れていくことも STEM 教育の特徴の一つである。ここでは、今年度の実践をするにあたって参考にした点をいくつか引用し紹介する。先に示した NGSS には、以下のような学習のサイクルを示す図が学年段階ごとに示されている。(Appendix I, p3-６)ここでは、６-８年生用の図(図２)とその説明を訳したものを示す。

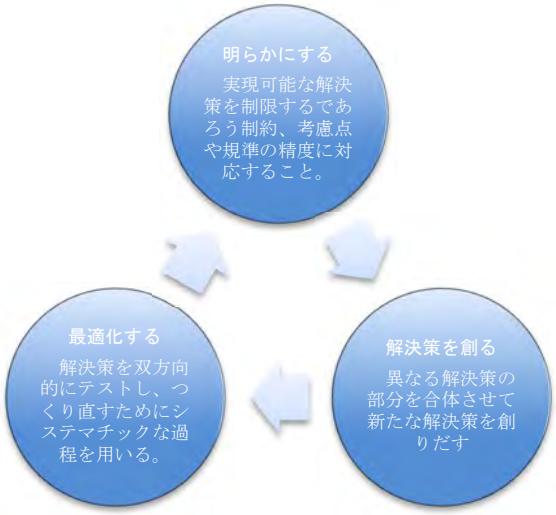


図２　６－８年生の学習のサイクル

Grades 6 - 8

ミドルスクールレベル（小６～中２）では、生徒は正確な基準を指定したり、うまくいった解決策の制約となるものによって問題の焦点を定めることを学ぶ。また、問題はどんなニーズを満たすことを目的としているかだけでなく、問題を明らかにし、実現可能な解決策を制限するものを含めたより大きな文脈をも考慮に入れる。このレベルにある生徒は、どれが最も基準を満たしていて確かなものであるかを見極める目的で異なる解決策を比較するというような秩序だった方法を用いること、そして、最適なデザインにたどりつくために何度も解決策をつくり直すことを期待される。(Appendix I, p4)

このように、NGSS では、科学だけでなく工学の活動を取り入れるために、Inquiry に対応した文言として Practice が各所にちりばめられている。日本での実践を行うにあたって、この工学の活動については十分吟味していく必要がある。Framework における工学の説明をここでは参照する。

Framework においては、工学について以下のように定義されている。

工学―*人間の必要性と欲求を満たすために物体・プロセス・システムのデザインをするための秩序だった、また繰り返される取り組みのこと。*（訳：熊野 2012）

我々日本人にとって、小学校から中学校までの義務教育期間に教科として学ぶことのない「工学」という分野はまさに馴染みのない領域であり、新しい内容であると考えられるが、「科学」と一緒に並べてみたときに、その活動はどのように見えるだろうか。（表２参照）この表は、”STEM Lesson Essentials”(2013,p38)に示されている内容であるが、科学と工学・技術の部分は Framework(2012)から、数学の部分は Common Core State Standards: Mathematical Practice(2011)から導かれたものである。これを見ると、科学と工学の活動が非常に似通った形で示されていることが分かる。

これらを参考に、本研究では工学とともによく利用されているデザインという語を以下のように定義し、活動の中に意識的に取り入れるようにしていった。

デザイン－社会の必要性（ニーズ）に答えるために解決策（ソリューション）をつくりだすこと。

表2　科学・工学・技術・数学の活動の流れ(STEM Lesson Essentials p.38 より)

<table>
<tr><th></th><th>Science</th><th>Engineering</th><th>Technology</th><th>Mathematics</th></tr>
<tr><td>Practice1</td><td>疑問をもつ</td><td>問題を明確にする</td><td rowspan="2">社会が依存する技術システムの広がりに気づく</td><td>問題に気づき、それを解くことに励む。</td></tr>
<tr><td>Practice2</td><td>モデルをつくり、用いる。</td><td>モデルをつくり、用いる。</td><td>数学とともにモデルを扱う。</td></tr>
<tr><td>Practice3</td><td>調査を計画し、実行する</td><td>調査を計画し、実行する。</td><td rowspan="2">新しい技術をどのように使うかについて利用可能になるたびに学んでいく</td><td>戦略的に必要なツールを利用する。</td></tr>
<tr><td>Practice4</td><td>データを分析し解釈する</td><td>データを分析し、解釈する。</td><td>精度を求める。</td></tr>
<tr><td>Practice5</td><td>数学を用いて計算的思考をする</td><td>数学を用いて計算的思考をする。</td><td rowspan="2">科学や工学の発展に技術がどのような役割を果たしているのかについて認識する</td><td>抽象的にそして量的に論じる。</td></tr>
<tr><td>Practice6</td><td>説明を構築する</td><td>製品をデザインする</td><td>構造体を探し、利用する。</td></tr>
<tr><td>Practice7</td><td>証拠にもとづいた議論を展開する</td><td>証拠にもとづいた議論を展開する。</td><td rowspan="2">社会や環境との関係性をもたらす技術について情報にもとづいた決定を行う。</td><td>実現可能な理論をつくりあげ、他の推論の批判をする。</td></tr>
<tr><td>Practice8</td><td>情報を手に入れ、評価し、交流する</td><td>情報を手に入れ、評価し、交流する。</td><td>度重なる推論の上で規則性を探し、それを表明する。</td></tr>
</table>

（4）　静岡 STEM サマーキャンプの実施

上記のように超領域的な問題を扱い、工学的なデザインを行う学習状況を作り出すため、以下のように「STEM サマーキャンプ」を計画し、実施した。

今回のサマーキャンプにおいて、全体の課題としたのは「わたしたちは津波に対してどんな対策ができるのか」というものである。このテーマを選んだのは、日本の特に静岡県の小中学生にとって、今考えられる最も現実的で、彼らの実生活からの実感が伴っており、切迫感を持った課題であると考えられるからであり、４枚のプレートの境目にある静岡県民にとっては、最も適した課題であると言えるだろう。地震でなく津波を選んだのは、2011 年の 3.11 に起こった地震によって引き起こされた津波が、これまでにも防災に力を入れて取り組んできた静岡県にとっては、新たな課題となったためである。この点からも、他県と比べ比較的、地震を身近に感じてきた静岡県においては、津波は適時な課題であったと考えられる。

以下、その津波を課題に据えたサマーキャンプの内容や教材について詳説する。

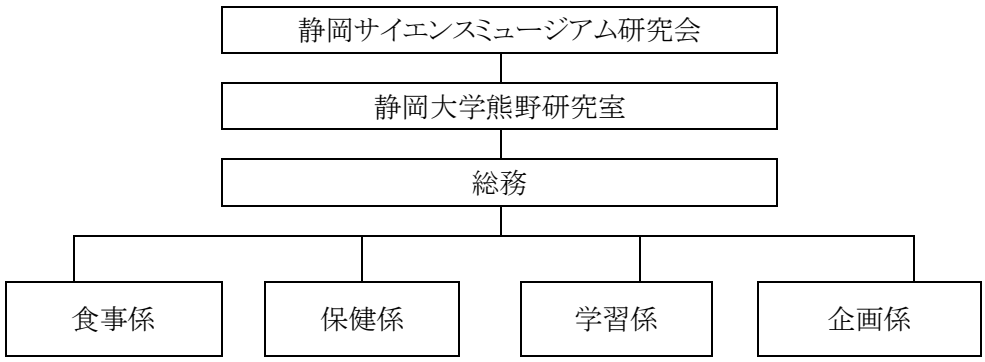
⑴ サマーキャンプの概要

1. 日程　2013 年 7 月 29 日（月）～30 日（火）
2. 場所　静岡県立焼津青少年の家
3. 参加者

   理数大好き教室-2013＜STEM ジュニアプロジェクト＞に参加している小中学生

   藤枝科学教室に参加している小学生

   他　焼津教育委員会管内の小中学生、附属静岡中学校で参加を希望する生徒
4. スタッフ　静岡サイエンスミュージアム研究会メンバーおよび静岡大学熊野研究室学生
5. 組織



⑵ サマーキャンプの流れ

ここでは、サマーキャンプの流れについて説明する。この流れは、３．における超領域的な学習の考え方、NGSS を基にした学習のサイクルを参考に組み立てたものである。全体像は表３を参照。以下、簡単に概要をまとめる。

1. 導入

導入においては、このキャンプにおける課題である「わたしたちは津波に対してどんな対策ができるのか」ということを説明した。また、普段科学教室に参加している児童・生徒（以下、参加者）が対象であるので、他に技術・工学・数学を取り入れて課題解決に取り組んでいくということについて簡単に説明した。

表 3 キャンプの全体像

	1 日目	2 日目
午前	解決策のデザイン	工学者との出会い
午後	9 つの STEM 教材	解決策の再構築
夜	科学者との出会い	

2. 解決策のデザイン

早速、参加者が現状考えている問題点を洗い出した。この時、模造紙と付箋を使用し、グループ活動によってブレインストーミング形式で意見を出すことにより、より多くの意見が出るように心がけた。また、各自 A3 1枚の用紙に解決策をそれぞれまとめた。この個人の解決策は、先に行ったグループによる問題点の洗い出しから考えられる「今後解決すべき問題」や「みんなが解決を望んでいるもの」というような、社会のニーズに合った形での「課題」が各自の中に生まれ、それを解決しようという参加者の中での必用感・切迫感から得られたものであると考えられる。後述の参加者の解決策を見ても分かるように、この時点で非常によく練り上げており、自分自身の解決策における課題を認識することが、この時点での目的であった。

3. 9つの STEM 教材

次に参加者が取り組んだのは、9種類用意された STEM 教材である。この9つの教材は、数回ある科学教室の中でも少しずつ取り組んできたように、予期される「工学的な課題」を解決する活動を促すもので、キャンプ全体としての課題である「津波」よりも、より解決するための手法が具体的になっており、そこから理解される科学的な事柄や、必要とされる数学が明確になっているものである。これらは、津波に対する対策を考える上で参考となるように、教材を吟味した。この点については、以下(3)で説明する。

4. 本物の科学者・工学者との出会い

静岡大学から教授である松永泰弘先生、講師である雪田聡先生にお越しいただき、それぞれ体験的な活動を提供していただいた。具体的には「自分で歩くロボット」の製作と「アフリカツメガエルの解剖」を行った。また、先生方にはそれぞれの専門分野と工学とのつながりを話していただいた。

5. 解決策の再構築

活動のまとめとして、2日間の活動をもとに津波の解決策を考えるという活動を行った。ここでは、改めて模造紙と付箋を使って、それぞれの考えた解決策を書きだすとともに、各自の解決策の改善を行う。それぞれ A3 1枚のポスターと段ボールを使ったモデルを作成した。この点については以下(5)で説明する。

6. 発表会

作成したポスターと段ボールモデルを使用して、各自の解決策を発表しあった。この発表はそれぞれの発表場所を他のメンバーが回って話を聴く形式で、一人の発表者が

できるだけたくさんの回数発表活動ができるように工夫した。

(3) 用意された STEM 教材

ここでは、上記③に示した９つの STEM 教材について説明する。これらの活動は、ミネソタ州 STEM 教育センターの Web サイトにおいて”Resources”紹介されているものであり、キャンプ全体のテーマである津波を解決するために助けとなるような情報を得られるであろうものから選び、９つを準備した。参加者はグループに分かれ、これらの活動に取り組んだ。４時間用意された時間の中で、９つのうちいくつの活動に取り組んでもよく、一つにどれだけの時間をかけても良いこととした。以下、一つ一つの活動について紹介する。

1. イス

段ボールを使ってイスを製作する。参加者はそのイスを何に使うのかを考えながらデザインをしていくことになる。例えば、休息用のイス・作業用のイスなどで形もサイズも変わってくる。例えば、ある班は「６人の人間を支えられるイス」を作ることを考えた。

2. ウォータークラフト

ストローと食品用のラップを使って水に浮く船を作る。参加者は、コインを利用して、一定の重さに決まった時間、沈まずに耐えられる船の製作を目指した。比較的簡単にできるので、より重さに耐えたり、より長い時間持ったりするような課題を各自設定し、そこを目指すことになった。

3. ローラーコースター

窓枠用のレールとビー玉を用いて、ちょうど３秒で下りきるコースターを製作する。ビー玉の大きさや坂の角度などで下りきる速さが変わってくることだけでなく、「ちょうど３秒にならない理由にはどんなものがあるか」と工学的な問題についても考え、それを解決できるような実験方法の工夫なども考えることになる。

4. 水琴窟

水琴窟は日本の庭園に見られる意匠の一つで、水滴が甕の中に垂れると、底にたまった水面にぶつかる仕組みで、この時発生する音が甕に反響する残響音を楽しむ日本ならではの技術である。ここでは、園芸用の鉢やプラスチックボトルなどを甕の代わりに使用して、反響音をより大きな音にしたり、より長い残響音を出すにはどうしたらよいかという課題に取り組む。

5. パンプキンランチャー

土台となる薄いプラスチック製の CD ケース、輪ゴム（大小)、プラスチックスプーンなどを用いて、弾をより遠くに飛ばすランチャーを製作する。古代の投石器などをもとにして考えられたもので、弾は安全を重視してスポンジなど軽いものを用いたが、それだけではほとんど飛ばないため、参加者はテープで巻くなど工夫をする必要がある。

6. ペーパーブリッジ

新聞紙２枚とテープだけを使って、より重さに耐える橋を作る。決められた幅にかける橋を作るが、橋が岸に接する部分には特に支えを作らない。おもりは水を入れたペットボトルを用いて、中の水の量は自由に変えられるようにする。

7. おむつ

吸水性ポリマーを利用して、おむつを製作する。ポリマーは自身の重量のおよそ 100～1000 倍の水を吸収することができる。赤ちゃんの一日の排泄量から、十分な吸収量を持

つおむつをデザインする。

8. ソーラークッキング

大地震の後、全てのライフライン供給がなくなったとしたら、太陽光は最も利用しやすいエネルギーの一つとなる。参加者は太陽光のみを使って料理をするのに十分な量の熱を作り出すことに挑戦する。

9. 耳石

魚の頭の中には１組２つの耳石が入っている。この活動では、大きめの煮干しをほぐし、中に入っている耳石を取り出す。参加者は、この石がどんな役割を果たしているのか、生物としてのデザインを学ぶ。また、他の動物もこの石を持っていることを紹介し、その役割について考える。

これらの活動のうち、実際に参加者が取り組むことができたものは２～４つであるが、多くの参加者が３時間近くを一つの活動に費やしたことになり、これまでの科学教育教材と比較して、より参加者がのめり込み、問題の解決を楽しんでいたことが、この点からもうかがえる。以下、「イス」を例に STEM 教材への取り組み方を示す。

① イスの役割、問題点について考える。

「そもそも、イスは何のために作られたのか」というように、イスそのものの Technology としての役割を考える。ここでは、「イスには休息用のイスと作業用のイスがある」などというような基本的なことを説明した。このような話を基に、「自分はどんなイスが作りたいのか」と考える活動は、津波というテーマと同様に、参加者にデザインをすることそのものへの意欲を引き出す導入としての役割がある。

② 自分の作ってみたいイスを仲間とデザインする。

各教材には１枚ずつワークシートとしてデザイン用紙を用意しておいた。参加者はグループのメンバーと相談しあい、自分たちのつくるイスをデザインする。ここでは、Mathematics を使った計画ができることが望ましい。例えば、この時に体重計を使って、グループのメンバーが座れるように計算するなどする。もちろん、なかにはこの時点で Science を探そうと考えて座る部分の面積や背もたれの傾きなどを考えるグループもあった。

③ 段ボールを使って、実際に作ってみる。

日常生活において、自分のデザインしたものをつくることのできる機会はそう多くない。そのためか、デザインしたようにものを作るということ自体に、かなりの時間を要した。現状の小中学生にとっては、ものをつくるということ自体が課題であり、同時に楽しめるものであったようだ。

④ 座ってみる。

作ってみると、予想と違っていることは多くある。自分たちのデザインはどこがいけなかったのかと誰に指摘されることもなく、何度もつくり直したくなるのが STEM 教材の面白さでもある。

前述の通り、４時間の活動を用意したが、３時間をかけて完成したイスもある。(写真１は休息用のイスとして製作したもの。ひじ掛けや飲料を置く凹みを作るなど、細かな工夫がある)

⑤　うまくいかなかったところは修正する。場合によっては、デザインを変更する。

実際に座ってみると、背もたれが倒れてしまったり、体重を支えきれなかったりという Engineering としての問題が起きてきた。それらに対処する中で、段ボールの目の向きを縦向きに配置した方がいいだとか、くるくると巻いて筒状にしたものは強度が高いなどといった工学的な問題解決を繰り返していく形になった。



写真１　休息用のイス

以上のように、それぞれの STEM 教材を相手にデザイン活動が展開した。静岡大学からは、大学院生及び学部生もスタッフとしてキャンプに参加し、それぞれのグループとともに製作に関わった。

また、これらの活動からヒントを得て、参加者は各自の解決策をつくり直している。それぞれの考えた解決策の詳細については、以下の５．を参照。

(4) 本物の科学者・工学者との出会い

前述の通り、静岡大学から工学者として松永先生、科学者として雪田先生にお越しいただいた。この部分は、実際には STEM の４分野を統合した形にはなりきれなかったが、それぞれの先生にはご自身の専門分野を背景とした活動と同時に、それぞれの分野と工学的な活動とのつながりについてのお話を活動の中に組み込んでいただくようにお願いした。それぞれの先生による活動と参加者の反応について、ここでは説明する。

1. アフリカツメガエルの解剖(雪田先生)

アフリカツメガエルは、発生生物学の卵の観察・実験によく使われる生物であるが、今回は解剖により内臓の観察、卵の摘出、電気刺激による筋肉の収縮実験などを行った。

実際には、３名の大学生によって解剖は行われ、それぞれの学生に 10 名弱の参加者がついて、観察をするような形になった。



写真２　アフリカツメガエル

2. 参加者の感想

・ *カエルは好きだけど、解剖は怖かった。でも、だんだん慣れてきてたくさんスケッチをしました。筋肉に電気を送る実験もずっとやってみたかったので、カエルに感謝したいです。*

3. 二足歩行ロボットの製作

松永先生のクラスでは、木と竹ひごだけを使って、二足歩行をするロボットの製作を行った。実際には、木を必要となるサイズに切って、各自に配布してくださった。直方体の板を一枚に、足となる部分を取り付けるシンプルな構造だが、上手に坂を下るよう

に各自が足の部分をナイフで削り、背中にあたる部分に洗濯ばさみを挟むなど、最適な姿勢を作れるように工夫した。

4. 参加者の感想
   - *ロボットがスムーズに坂を下るようにするのはとても面白かった。少しの工夫がものすごくロボットの動きを変えることが分かった。*

(5) 解決策のデザイン



写真 3　解決策を出し合った模造紙

最後に、もう一度グループの中で、「わたしたちは津波に対してどんな対策ができるのか」という点で解決策を議論しあい、その後各自の解決策をまとめた。この作業は、２日間の活動の中で参加者が考えてきた解決策を紹介しあう活動でもある。ここでの議論をもとに各自のアイデアが影響を受けあう様に工夫した。この後、それぞれの解決策をポスターとして A3 用紙にまとめ、段ボールを使ってモデルを作っていく活動を行った。この活動は、それぞれの解決策のデザインの過程であると同時に、この後行われる発表会において、それぞれの活動を紹介するためのプレゼンテーション作りも兼ねていた。発表者が１グループずつ発表者となり、他のグループのメンバーが、それぞれの発表場所を巡っていくというかたちで、発表会を行った。一人一人が、できるだけ多くの回数発表をできるようにした。段ボールでモデルを作るという活動は、はじめ予期していなかったが、１日目の STEM の活動で段ボールが非常に活躍したので、ここでも段ボールを使ったモデルを用意するように促した。参加者は、たとえ段ボール製でも、自分の考えが形になることに喜びを感じているようだ。この点は、来年度以降の活動にも生かしていきたい。

（５）　参加者の解決策（ソリューション）の紹介

キャンプの活動を通して、参加者はいくつもの解決策を考えた。初めに考えたものだけでなく、自分の考えの問題点に気づき、それをどうにかして解決しようとし、それぞれの解決策に盛り込んだ。ここでは、STEM 教育において評価するべき能力についての議論とともに、参加者の示したいくつかの解決策について紹介する。

1) STEM リテラシー

STEM 教育の結果として参加者のデザインした解決策やそこに至る活動をどう評価するのかということについては、今後研究を進めていく必要がある。STEM 教育を通して科学・技術・工学・数学における従来の「リテラシー」に対応した、いわゆる「STEM リテラシー」のようなものは 2014 年３月現在では、はっきりとした定義を持っているとは言えないだろう。あくまでも、それぞれの分野で研究されてきた科学的リテラシー・技術リテラシー・工学リテラシー・数学的リテラシーを、それぞれ編み上げる形で相互に関係する能力を育成していくというように、”STEM Lesson Essentials”(2013,p.10-11)には示されている。ここで示されたそれぞれのリテラシーについては、文末(Appendix1)に訳を示す。また、同じく p.11

には STEM リテラシーについて、重要な示唆がある。

> *STEM リテラシーの重要な質の一つは、STEM リテラシーを身につけた人とそうでない人を区切る閾を設けないことにある。言語のリテラシーのように、一生を通して成長促進させていくものであり、様々な様式で書いたり、様々なジャンルの本を読んだりするために彼らの能力やスキルを伸ばしていくようなものである。*

このように、STEM リテラシーとはなんであるかということを、はっきりさせていないことに意味があるようにも受け取れる。一方で、同 p12 には更に以下のように続けている。

> *しかしながら、4つ(STEM)は別々の能力ではなく、絡み合い、重なり合った能力の象徴であることは強調すべき重要な点である。…中略…ギアの歯が絡み合うように、これらの4つの能力は相互につながっており、いつもお互いを前に推し進めている。必然的に、これらは可能な限り一緒に教えられ、学ばれ、評価されることになるのが最善である。*

これら４つの分野が絡み合い、重なり合ったところでどんな能力が発揮されるのか、あるいは解決策にどのような形で現れるのかについては、今後詳細に研究を進めていくことになる。

2) 参加者による解決策

以下 2013 年度における実践において、参加者はどのような解決策を考えてきたのか、今後の参考となるように、以下の３点についてまとめてみる。すなわち、①革新的な解決策、②科学的な知識に基づいた解決策、③人々や社会のニーズに合わせた解決策である。

① イノベーティヴなもの

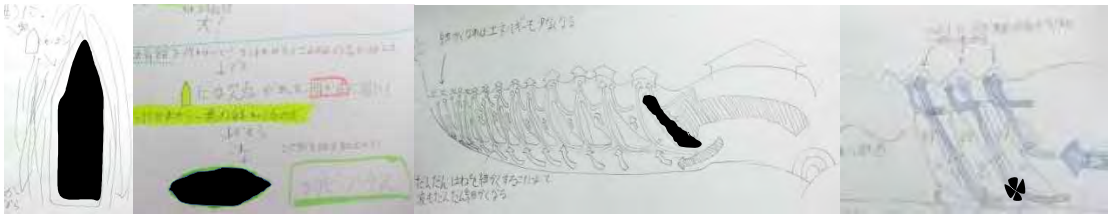


写真4: 解決策 #1&2(アイデアの部分を黒い画像で上書きしてある)

この２つの解決策はイノベーティヴなものであると言えるだろう。一人は津波に耐えられる家を作ろうと、ラグビーボールのような形をした「ラグビーハウス」を作った。これは、初めに考えた船型の建物では引き波に弱いのではないかという問題点を解決しようとして導き出したアイデアである。

もう一人は、岸に近づくにつれて波の大きさを小さくするために突起を海底に置くことを考えた。これは、波の大きさが小さい方が津波としてのエネルギーは小さいという情報に基づいていた。キャンプの終わりには、そこに発電機をつけることで、津波のエネルギーを更に小さくするということを考えた。

これらの解決策を考えた参加者は、キャンプの会場に来た時点でこれらの解決策の基礎となるアイデアを持っているか、その場で作り出すことのできた子どもたちであるので、科

学教室やキャンプなどを計画する場合、彼らの能力を十分に発揮できる場の設定が必要であると考える。こうしたレベルにある子どもたちにとって、特定の答えを求める問題ではなく、STEM 教材のように限られた材料や目的に向けて自分なりの考えを形にしていくといった活動は、その自由な発想や創造力を存分に発揮できる場として機能できるのではないだろうか。この点については、来年度以降の活動に意識的に盛り込んでいきたい。

一方で、全ての参加者がこのような解決策を作り出せるわけではない。そうした参加者は、STEM 教育の中で何を得るのか、以下には他の２種類の可能性を示す。

② 科学的な知識にもとづいたもの

この参加者は、キャンプの前後で完全に解決策を変えてきた。初めは鳥の上に乗るために科学を進歩させるなど、想像に過ぎなかったことも、終わるころには STEM 活動からヒントを得て、表面積をしっかり取った船のようなものを作るというように、科学に基づいたものを作ろうと考えた。

この解決策は９つの STEM 教材のうちの一つであるウォーターフローターによく似ており、その時に見つけた科学をもとにした解決策であろう。もともとアイデアをうまく作ることのできなかった参加者も、STEM 教材の中から得られた情報を各自の解決策に生かすというかたちは、スタッフの側も意図していたものであった。しかし、教材を通して得られた知識をもとにするだけでなく、そこからの工夫により時間がかけられるようにしていくことで、このような解決策を考えた参加者も、より豊かな発想をもとにした活動にしていくことが可能ではないだろうか。この点については、来年度以降の課題である。

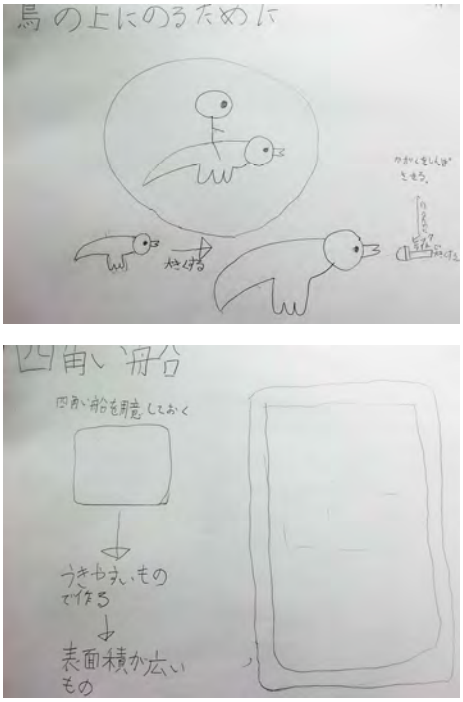
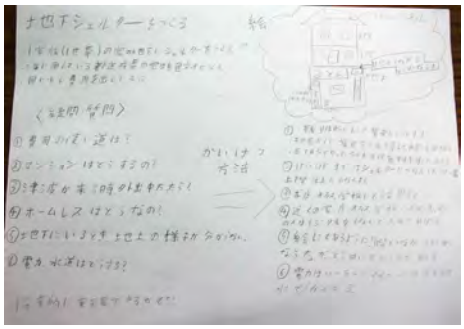


写真５：解決策 ＃３

③ ニーズに対応したもの

この参加者は、地下にシェルターを作ろうと考え、たくさんの問題と疑問に気づいた。


写真６：解決策 ＃４

・費用の使い道は？ ・ホームレスはどうなの？ ・マンションはどうするか。・電力、水道はどうする？ ・津波が来るとき外出中だったら？ ・地下にいるとき地上の様子が分からない。

これらは、そのまま震災以降の社会における必要性や欲求（ニーズ）といえるものであり、これに気づけることは彼らが社会を担う一員として育った時に、正に必要とされる力の一つであろう。活動を通して、この参加者はこれらのニーズ一つ一つに対して、多くの解決策を考えた。

・政府が補助する。
・2階以上に住んでいる人は、屋上に行く。
・お店や学校にもシェルターをつくる。
・誰でも入れるようにする。
・透明のふたをつけて、外が見えるようにする。
・電気はソーラーパネルをつけて、水は食料品としておいておく。

これらの解決策は、災害時の社会の中からの必要性や欲求にこたえようとするものである。いくらかの参加者は、この様にニーズに合わせたかたちで解決策を組み立てた。STEM 教材を用いて学習をすることで、彼らの解決策に科学的な内容・数学的な内容が含まれてくることを予期していたが、こういった形で解決策を示してくる参加者もあった。彼らの解決策が科学的な知識に基づいているのかどうかは、今回のポスターからは把握しきれなかった。しかし、彼らの解決策は確かに「わたしたちは津波に対してどんな対策ができるのか」という問題に答えるかたちになっており、それが９つの STEM 教材から直接影響を受けたにしろ、あるいは他の参加者との議論から影響を受けたにしろ、これも STEM 教育の一つの効果と言うべきものであろう。

（6）　考察

2013 年度の STEM 教育活動を通して、科学技術ガバナンスとしてのこれからの科学教育の在り方について見えてきたことがいくつかある。ここでは、①超領域的な課題をテーマに行う STEM 教育の効果、②工学を取り入れたことによる効果、③STEM 教育活動を通して得られる参加者のあらわれについてまとめ、これからの STEM 教育活動についての見通しを示しておく。

① まず、超領域的な問題をテーマにしたことによって、得られる効果はまず課題解決そのものへの意欲が高まるということであろう。実際、彼らは問題を前に呆然とするだけでなく、STEM 教材を相手に相当な時間をかけ、課題を解決することを目指した。また、より実生活に近い必要感のある課題に取り組めることも、この手法の一つのメリットであろう。この点は、普段の学校での理科授業と比較した場合、特にそういえるであろう。逆に言えば、学校では扱うことの難しいこうした内容を、今回のようなインフォーマルなフィールドから始めていくことに意味がある。そして、単に防災教育・環境教育として危機意識を持たせるだけでなく、実際に自分たちの手で問題への解決策を考えることができるという意味では、実物を相手にする STEM 教材はより有用感を持たせることのできるものとなる。

② また工学を取り入れたことにより、新学習指導要領にも示された「科学概念を理解するためのものづくり」の意味が見えてきた。STEM の活動、ひいては工学を取り入れた活動を行うには、必ず科学や数学を用いて、工学的な課題を解決するという段階を踏むことになる。ただ、科学的な知識を実験を通してのみ学ぶのに比較して、「科学を学ぶことの意味」は学習者に理解されるのではないだろうか。もちろん、そこには教師側の綿密な計画が必要であり、あらゆる技術に生かされている科学について、いつもアンテナを張っておく必要があるだろう。また、この工学を取り入れた活動における課題には、学習者個人の感性がよく反映される。そうした意味で、個に合わせた学習がより発生しやすくなるといえるのではないだろうか。工学的なデザインについてもう少し強調、教師はよりその点について理解できるようになりたい。

③ 今回、サマーキャンプを通して STEM 活動に参加した子どもたちの解決策はイノベー

ティヴなもの、科学的な知識に基づくようになったもの、よりニーズに応えるようになったものなどに分類可能であった。これらは、前述の通り issues に対して彼らなりの解決策を示すことができたという証拠である。現時点での簡単な分類でしかないが、先に示したように STEM リテラシーとして、STEM 学習に特有な学習者のあらわれが見られるようになってくるのではないかと期待している。

以上に挙げた STEM 教育実践についての考察は、初年度の実践を通して見えてきた手掛かりに過ぎない。今後の研究活動においてそれぞれの可能性を検討し、量的・質的な研究により、STEM 教育実践とそこで得られる学習効果とはどんなものであるか、具体的証拠を基にして明らかにしていきたい。

また、STEM 教育を学校での活動に取り入れていく可能性についても検討していきたい。現時点での可能性としては①理科の時間への適用、②総合的な学習の時間への適用の 2 点が考えられる。①理科の時間としては、現状の４分野での系統性を維持しながらも、より子どもたちが探究的な活動に取り組むことのできる場面として STEM 活動に取り組むということは考えられる。新学習指導要領において内容を増やした背景からも、こうした活動を取り入れる時間を改めてとるだけの時間がないということも問題となってくるだろう。４分野の学習活動に組み入れ、貢献可能な形で解決策を提供したい。②総合的な学習の時間において、生きる力を育てたいと考える場面では、STEM 教育は正に適した活動となり得ると言えるだろう。これまでの総合的な学習の時間において具体的な方略をうまく組み立てることのできなかった学校にとっては、参考となるだろう。また、STEM の活動は理科として見るだけでなく、技術・数学・社会科など他の教科の視点からも指導が可能である。この点からも、他の教科教育の指導者との連携により、具体的に実行可能な形で、実践例を提案していきたい。

（7）　まとめ

これからの社会の科学技術ガバナンスを考えたときに、より多くの市民が問題を見出し、課題に対する解決策（ソリューション）を考え、創りだすことができるようになることは必要なことである。それは、企業や国家など規模の大きなシステムにとっての解決策を考えられるというだけでなく、地域や家庭など小さくてもそれぞれが今生きているシステムのなかでの解決策を考える力を醸成していくということでもある。さらに、2011 年３月 11 日の東日本大震災の教訓に学ぶならば、たとえ「未曾有の出来事」が今後起きてきたとしても、そうした事態に対応できる力を持った市民がこの日本という国の未来には必要であろう。そこでこの状況において、「いったい何を、どういう形で子どもたちは身に着けていくことになるのか」、STEM 教育はいくつもの示唆を与えてくれる。それぞれの地域、それぞれの文脈、それぞれの能力、それぞれの課題に対応しながらも、社会にとって共通の大きな問題に立ち向かうという形を成立させる。そうした STEM 教育ならではの性質を見出すことで、今後の科学技術ガバナンスに貢献できる教育として位置づけることが可能ではないだろうか。次年度以降、この性質を見出せるよう、実践を続けていきたい。

（8）　参考文献

- AAAS (1989)　Science for All Americans, Oxford University Press
- AAAS (1993) Benchmarks for Science Literacy,　Oxford University Press
- Alexandra Beatty, Rapporteur (2011) SUCCESSFUL STEM EDUCATION A WORKSHOP SUMMARY, National Academies Press
- Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology (2010) REPORT TO THE PRESIDENT PREPARE AND INSPIRE: K-12 EDUCATION IN SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATH (STEM) FOR AMERICA'S FUTURE
- Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology (2012) REPORT TO THE PRESIDENT ENGAGE TO EXCEL: PRODUCING ONE MILLION ADDITIONAL COLLEGE GRADUATES WITH DEGREES IN SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS
- Jo Anne Vasquez, Cary Sneider, and Michel Comer (2013) STEM Lesson Essential, Heinemann
- 熊野善介 (2010). Latest Research, Innovation in Science Education in Japan – for the Future Cooperation between FPMIPA UPI and JICA -, Seminar in Math and Science Education, The 10th Anniversary of FPMIPA UPI and JICA Project Guide Book, 30th January 2010, 17-29.
- 熊野善介 (2012). Learning abilities elaborated in the middle school science curriculum, Chapter 3, Section 2, Questioning learning abilities for science instructions, now, Society of Japan Science Teaching Committee, p98-105
- 熊野善介(2013) Authentic Assessment and Portfolio Assessment, Chapter 8, Section 2, The Theories and Practices of Science Education which Lead to New Learning, Middle School Level, Edited by Izumi Ohtaka, Minerva.
- Lead States and Partners (2013) Next Generation Science Standards
- Minnesota Office of Environmental Assistance (2002) Environmental Literacy Scope and Sequence
- 長崎浩(1999)　「技術は地球を救えるか　環境問題とテクノロジー」　作品社
- National Research Council　(1996) National Science Education Standards, National Academy Press
- National Research Council (2011) Successful K-12 STEM Education Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics, National Academies Press
- マイケル・ギボンズ編著(1997)　「現代社会と知の創造」　丸善ライブラリー
- Rodger W. Bybee (2013) The Case for STEM Education Challenges and Opportunities, NSTA press
- Rodger W. Bybee (2011) Scientific and Engineering Practices in K–12 Classrooms Understanding A Framework for K–12 Science Education, NSTA
- Senge, Peter M. (2011) The Fifth Disciplines, Random House
- 千田有一(2013)「米国における科学技術人材育成戦略-科学、技術、工学、数学 (STEM) 分野卒業生の 100 万人増員計画-」科学技術動向 2013 年 1・2 月号

(9) Appendix

1) STEM のリテラシー

ここでは”STEM Lesson Essentials”に示された、科学的リテラシー・技術リテラシー・工学リテラシー・数学的リテラシーについて訳を示す。

1. 科学的リテラシー

科学的リテラシーは NRC(National Research Council)によって 2012 年に 3 つの次元を含んだ定義がされている。(1)科学の分野における重要な事実、概念、原則、法則、理論 ; (2)分野を超えてこれらの考えをつなげる能力;(3)わたしたちの自然界に対する知識を促進する実践および考え方の道筋。同様に、工学を通して実社会の問題を解くために科学を利用すること。

2. 技術リテラシー

技術リテラシーは技術を利用し、管理し、理解し、評価する能力。(国際技術工学教育学会 2007)そして、技術は「人々の要望や欲求を満たすために作り上げる自然界のあらゆる変更」(NRC, 2012, 202)として定義される。技術は、最も簡単な人工物である紙や鉛筆などから、最も複雑なシステムである建物や都市、電力網や衛星、そしてインターネットなど広範囲にわたる。「それ以上に、技術はこれらの技術的な人工物がデザインされ、作られ、操作され、修繕されるインフラ全体を含んでいる」(全国評価管理委員会 2011, xi). 「児童・生徒は新しい技術をどう使うのかを知り、どう新しい技術は生み出されるのかを理解し、新しい技術が私たちや私たちの世界、国に影響を及ぼすのかを分析する技能をもつ必要がある」(全米知事協会 2007, 7).

3. 工学リテラシー

工学リテラシーは工学デザインの過程を適用することにより、問題を解決したり目的を達成する能力のことである。工学デザインの過程とは、人々の要望や欲求を満たす、物や過程、システムなどをデザインするシステマチックで双方向的なアプローチである。児童・生徒は、新たな状況に工学的な活動を適用することができ、解決可能な問題をどうやって明らかにするかを知り、潜在的な解決策を生成しテストすることができ、一つの選択肢にたどりつくために、複数の(例えば実情上の、倫理的な、経済的な、審美的な)選択肢の中からトレードオフをするなかで、どうデザインを変更したらよいかを知る。工学的なリテラシーは、科学・芸術・工学の相互に助け合う関係性の再認識を含んでいる。それはまた、エンジニアが技術的な変更をもたらすことで、社会や環境に順に影響を与えることになる、社会の興味や要望に応える方法でもある。(全国評価管理委員会 2011, xi, 1-4; NRC 2012, 202).[1]

4. 数学的リテラシー

数学的リテラシーは、「数学が世の中で果たしている役割を確認し理解するための個人の対応力である。数学的なリテラシーを身につけた児童・生徒は、根拠の十分な判断を作ることができ、建設的で、きちんと物事に関わり、思慮深い市民としての個人の生活における要望を満たす際に、数学を使うことができる。」(OECD 2009, 15).数学的リテラシーを身につけた人間は、数学的なアイデアを言葉に示すことができ、数学的な議論に参加することができ、数学の概念や技能を日々の生活に適用することができる。

大学生の社会的な文脈における科学的な証拠の理解・活用の現状

―科学技術ガバナンスの形成に資する資質・能力の育成の観点から―

内ノ倉　真吾
鹿児島大学教育学部

（1）　はじめに

現代の科学・技術と社会が接する領域では、「科学によって問うことはできるが、科学によって答えることのできない問題群からなる領域」があり、これはしばしば議論の争点になる。このような問題状況は、物理学者である A. ワインバーグによって提唱された「トランス・サイエンス」という概念にて捉えられている。そこでは、科学と政治の関係性のモデルの転換が見られる（図１）。

図１の上部に見られる科学と権力(政治)との関係は、科学が客観的な事実を政治場面での価値判断に提供する関係として捉えられていたが、下部では、科学の役割と政治の役割を明瞭に区別することができず、両者が相互に重なり合っている状況が生じうるものとして捉えている。

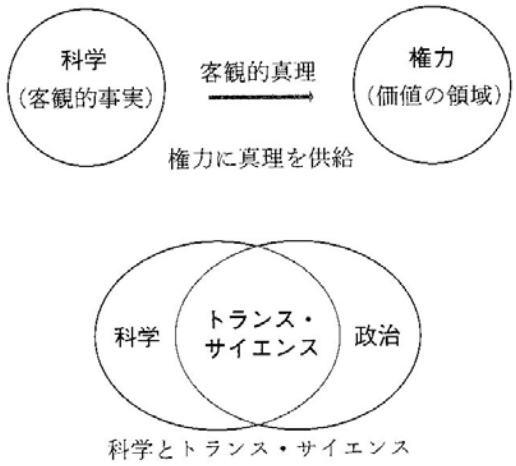


図 1. 科学と政治の関係性 [1)]

このような問題への取り組みとして、『科学技術白書』（2004）では、「政府、科学者コミュニティー、企業、地域社会、国民等のそれぞれの主体間の対話と意思疎通を前提として、各主体から能動的に発せられる意思を政策形成等の議論の中に受け入れられるような、いわゆる科学技術ガバナンスの確立」[2)]の重要性が指摘されている。

一方、政治あるいは政治学の分野からは、国民の政治への期待や信頼感、そして投票率の低下、多様な社会的文化的背景や国際化を考慮しての政策の実現という観点から、民主主義の劣化が主張されるようになり、今日の政治を取り巻く状況への危機感が高まっている。特に、市民の政治に対する意見表明の一つに、「投票」があるが、この投票の多寡だけでものごとが決められていくことは、集計民主主義と呼ばれ、その正統性に疑問が投げかけられるようになってきた。1990 年代前後から、民主主義の安定や発展には、市民の政治への参加・関与だけではなく、市民社会の「討議」（熟議とも言われる）の必要性を指摘する「討議デモクラシー」（Deliberative Democracy）が標榜されている [3)]。

本稿では、科学技術ガバナンス論および討議デモクラシー論の基本的な見解を整理し、それに関連する社会的な実践で求められる能力の一つとして、「科学的な証拠に基づいて議論する力」に着目し、OECD の PISA 調査での科学的リテラシー調査を利用して、大学生の当該能力の現状を検討することにしたい。

（２）　科学技術ガバナンス論と討議デモクラシー論の概要

１）科学技術ガバナンスの機能と組織

東日本大震災およびその後の東京電力福島第一原発の事故以降に発行された平成 23 年度版『科学技術白書』においては、次のように科学技術ガバナンスを指向する政策の重要性が指摘されている[4]。

> *これまでの政府は、国民に自らの取組について理解を求めるという一方向のコミュニケーションになりがちであったとの指摘もある。今後は、政府や研究者・技術者等の関係者による適切な情報の公開を前提に、これら科学技術の関係者と国民が真摯しに双方向の「対話」を行い、「相互理解」の上に、ともに科学技術イノベーション政策の形成プロセスに「参画」し、よりよい科学技術ガバナンスを実現させることが政策の重点となろう。*

総合科学技術会議基本政策専門調査会（平成 16 年 12 月～平成 18 年 3 月）の第 5 回（平成 17 年 3 月 30 日）で配布された参考資料では、図のように科学技術ガバナンスのイメージが示されている。

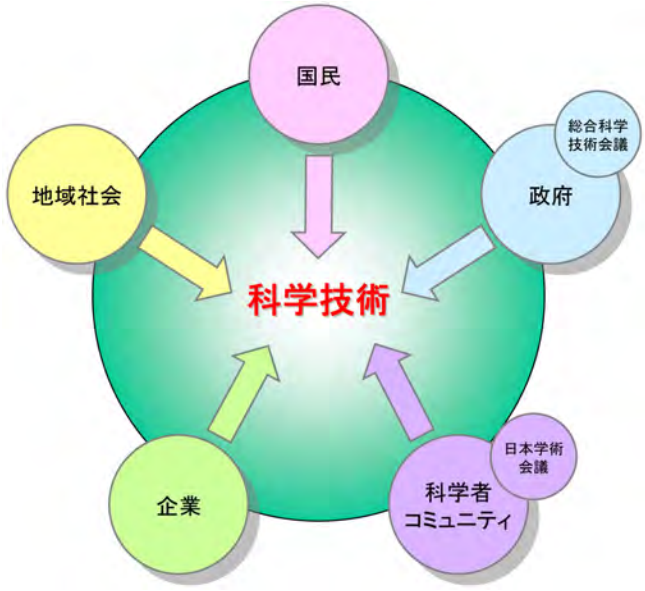


図 2.科学技術ガバナンスのイメージ

城山（2007）では、科学技術ガバナンスにおいて要請される社会的判断の要素として、①リスク管理、②価値問題の判断、③知識生産の促進の 3 つが挙げられており[5]、また、科学技術バナンスで一定の役割を担うアクター（具体的には、政府、国際機関、専門家団体・科学者・技術者、事業者団体・事業者、公衆・メディアの 5 つ）について、その中心的な役割と課題が指摘されている（表 1）[6]。

表 1. 科学技術ガバナンスの組織とそこに見られる課題

(1) 政　府	
＜役　割＞	・ 主要なリスク評価・管理の主体 ・ 主要な研究主体 ・ 主要な研究資金の提供主体
＜課　題＞	・ 参加する専門家や利害関係者の範囲や比率の設定 ・ 専門家の参画と利害関係者の参画の組み合わせ ・ これまでの伝統的な担い手組織に対する信頼性の欠如 ・ 行政組織・運営の縦割り
(2) 国際機関	
＜役　割＞	・ リスク評価・管理等に関する国際基準等の設定主体
＜課　題＞	・ リスク評価を前提とした規制・基準の設定権限は、各政府にあること ・ リスク評価自体が、地域的・社会的条件に影響を受けること ・ 国際的な基準設定の要求に対する責任 ・ 国際基準の策定過程の不透明性と説明責任の不十分さ
(3) 専門家団体・科学者・技術者	
＜役　割＞	・ 主要な研究主体 ・ 専門家個人・集団の自己自律機能の促進
＜課　題＞	・ ピアレビューシステムへの社会的な信頼性の向上 ・ 専門家個人・集団としての自己自律機能の保持・促進
(4) 事業者団体・事業者	
＜役　割＞	・ 事業の実施主体 ・ 事業者の意見調整主体
＜課　題＞	・ 現場レベルの情報の公開 ・ 品質保証体制の確立と活用
(5) 公衆・メディア	
＜役　割＞	・ 科学技術による所産の消費者・利用者（公衆） ・ 他のアクターと公衆とのコミュニケーションの媒介者（メディア）
＜課　題＞	・ 能動的に活動できる社会的な場面が限定されている（公衆）

２）討議デモクラシー論の基本的な原則と方法

そもそも「討議デモクラシー」とは、市民が代表を（通常は選挙など）選んで政治を行う代議制デモクラシーとは異なり、市民の参加に加えて、討議の重要性が再認識され、特に、政治の世界の討議だけではなく、市民社会の討議に裏付けられたデモクラシーを標榜するものである [7]。そこでは、討議が重視されるので、具体的な制度の前提となるのが、討議に求められる倫理性である。その討議の倫理としては、表 2 のような原則がある [8]。

表 2.　討議デモクラシーの原則

(1) 正確な情報が与えられるだけではなく、異なる立場に立つ人の意見と情報も公平に提供されるように配慮しなければならない。
(2) 討議を効果的に行うようにするためには小規模なグループでなければならず、可能ならば、グループ構成員を固定せず、流動的であることが望ましい。
(3) 討議をすることによって、自分の意見を変えることは望ましいことであり、頭数をかぞえるためだけの議論になってはならない。

政治と市民社会、氏民間での「討議」やそれに基づく熟慮された意見の形成のための方法として考案されたものが、「ミニ・パブリックス」と呼ばれるものである。ミニ・パブリックスには、上述のコンセンサス会議以外にも、計画細胞会議（プラーヌンクスチェレ）、市民陪審、討論型世論調査（DP）などがある。それらには、次のような特徴がある [9]。すなわち、ランダム・サンプリングによって、社会の縮図をつくりだし、さらにそこから選ばれた少数の人々が、数日間生活を共にし、拘束のない自由な雰囲気のもとで、自由に発言し、討議する。その結果、提言を含む報告書がつくられたり、意見分布の調査書が発表されたり、さらには、討議の結論が住民投票にかけられたりして、政治の世界に還元されるようになっている。

（３）　OECD による PISA 調査で求められる社会的な能力

１）OECD による PISA 調査の概要とそれへの関心

経済協力開発機構（OECD）によって行われる生徒の学習到達度調査（PISA;Programme for International Student Assessment）は、2000 年、2003 年、2006 年、2009 年と 4 回実施されてきた。この調査の目的は、義務教育終了段階にある生徒が、知識社会に十分に参加する上で本質的に必要とされる知識・技能を、どの程度獲得しているのかを測定することにある。より具体的には、15 歳の生徒を対象にして、読解力（reading literacy）、数学的リテラシー（mathematical literacy）、科学的リテラシー（scientific literacy）を評価すると同時に、生徒の興味・関心、態度および動機付けなどの幅広い要因についても測定が行われている [10]。

調査参加国の教育政策や世論へと少なからぬ影響を及ぼしている PISA 調査であるが、その特色は、各国のカリキュラムの到達度のみならず、日常生活で直面する課題に対する知識の活用の仕方までが調査の対象となっている点にある。本稿で PISA 調査に着目するのは、当該調査で実施された（使用された）問題には、社会的あるいは国際的な状況の中

にある科学技術の問題が含まれていること、そして、このような問題が出題される背景には、生徒の社会参加に必要な知識・技能を育成することが重視されていることが、その中心的な理由である。

2）OECD による PISA 調査で求められる科学的リテラシーとその内容

1．科学的リテラシーの定義

OECD による PISA 調査では､「科学的リテラシー」を表 3 のように定義している[11) 12)]。第 1 の観点は、科学的な知識の習得と活用である。科学で問うことができる問題とそうではない問題との区別、新しい知識の獲得、説明の構成、科学に関連する問題の議論において､「活用」できるような形にて科学的な知識が習得されているのか、ということが試されている点で、似たような理数教育の国際調査である TIMSS との違いが見られる。第 2 の観点は、科学の営みについて理解することであり、アメリカやイギリスでの国家レベルのカリキュラム・スタンダードでは､「科学の性質（NoS; Nature of Science)」と呼ばれる内容である。第 3 の観点は、科学とテクノロジー、そして、社会との関係という、いわゆる、科学・技術・社会（STS; Science, Technology, Society）論的内容への認識である。第 4 の観点は、市民としての社会参画への意欲・行動に関するものである。

表 3．OECD の PISA での科学的リテラシーの定義

・ 疑問の特定、新しい知識の獲得、科学的な現象の説明、そして、科学に関連した問題について証拠に基づいた結論の導出のための各個人の科学的な知識とその活用
・ 人間の知識と探究の一つの形式として科学の諸特徴を理解すること
・ 科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的な環境をいかに形作っていることへの気付き（awareness）
・ 思慮深い市民として、科学の考えを利用しながら、科学に関連した問題へと自ら進んで取り組むこと

2．PISA2006 での科学的リテラシーを評価する枠組み

上記の科学的リテラシーは、「文脈（context)」、「知識（knowledge)」「コンピテンシー（competencies)」「態度（attitude)」の 4 つの相互に関連した側面から構成されるものとして特徴付けられる（図 2）[13)]。これらの枠組みは、次のように解釈できるであろう。ある特定の文脈や状況が、人々にある種のコンピテンシー（能力）を発揮することを求める一方で、その能力をいかに発揮しうるのかは、各種の知識（科学の知識と科学についての知識）や態度（科学への興味関心、科学的探究の支持、責任）によって影響を受ける、と捉えられている。端的に言えば、具体的な文脈、知識、態度と切り離してコンピテンシーを評価することもできないということである。

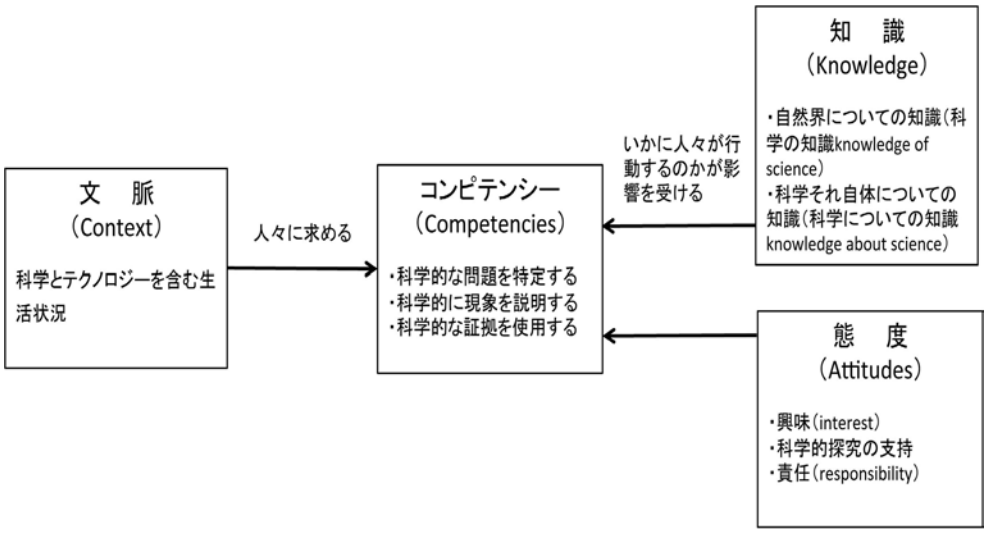


図 2. PISA2006 科学での評価の枠組み

表 4.　PISA2006 科学の評価に関する文脈 [14)]

	個人的（Personal）（自己、家族、友人グループ）	社会的（Social）（コミュニティー）	地球環境的（Global）（世界にまたがる生活）
健　康（Health）	健康の維持、不慮の事故、栄養	病気の制御、社会的な伝染、食品の選択、コミュニティーの健康	伝染病の流行、感染症の蔓延
天然資源（Natural Resources）	個人の材料とエネルギーの消費	人口の維持、生活の質、安全、食料の生産と分配、エネルギーの供給	再生可能・再生不可能、自然のシステム、人口増加、種の持続的可能な利用
環境（Environment）	環境に優しい振る舞い、材料の使用と廃棄	人口分布、廃棄物処理、環境影響、地域の気象	生物他の養成、生態学的な持続可能性、汚染の制御、土壌の生成と損失
災害（Hazard）	自然災害と人為的な災害、家屋建設の決定	急激な変化（地震、過酷な天気）、ゆっくりで漸進的な変化（沿岸の浸食、沈降）、リスク評価	気候変動、現代的戦争の影響
科学とテクノロジーの最先端（Frontiers of science and technology）	科学による自然現象の説明への興味、科学に基づく趣味、スポーツやレジャー、音楽や個人用のテクノロジー	新しい素材・装置・処理、遺伝子操作、兵器テクノロジー、輸送	種の絶滅、宇宙探索、宇宙の起源や構造

３．科学的リテラシーの構成要素としての「文脈」

科学が関わる問題を扱う際には、どのような方法や表現を選択するのかは、しばしば問題が提示される状況に依存する[15]、という考えのもとに、PISA2006 調査では、自己を中心として関わりをもつ範囲の広がりという観点から、自分、家族、友人などの身近な人たちとの関わりを中心とする「個人的な文脈」、自分の住む地域などの公的な側面をもつ「社会的な文脈」、世界規模での状況を考える「地球規模の文脈」、という 3 つの文脈を設定している（表 4)。そして、これらの文脈が適用される具体的な領域として、「健康（Health)」、「天然資源（Natural Resources)」「環境（Environment)」「災害（Hazard)」「科学とテクノロジーの最先端（Frontiers of science and technology)」の 5 つの領域が設定されている。なお、これらの領域は、調査対象である 15 歳にとって適切な領域であると考えられたものである。

４．科学的リテラシーの構成要素としての「コンピテンシー」

科学的リテラシーの構成要素としての「コンピテンシー」は、(1) 科学的な問題を特定すること、(2) 科学的に現象を説明すること、(3) 科学的な証拠を使用すること、という 3 つが挙げられている。科学技術ガバナンスの一手法としてのミニ・パブリックスを想定した場合、いずれのコンピテンシーも重要ではあるが、討論の質的な向上を考えた場合、特に、「科学的な証拠を使用すること」は重要な能力と考えられるであろう。

表 5.　PISA2006 科学的コンピテンシー[16]

(1) 科学的な問題を特定すること
- 科学的に調査（investigate）できる問題を認識すること
- 科学的な情報を探索するための鍵となることばを特定すること
- 科学的な調査の鍵となる特徴を認識すること

(2) 科学的に現象を説明すること
- 科学の知識をある状況へと適用すること
- 科学的に現象を記述したり、解釈すること、そして、変化を予測すること
- 適切な記述、説明、予測を特定すること

(3) 科学的な証拠を使用すること
- 科学的な証拠（evidence）を解釈することと結論を導出し、意思伝達すること
- 結論の背後にある前提（assumptions)、証拠、推論（reasoning）を特定すること
- 科学と技術的な発展がもつ社会的な意味を熟考すること（reflecting）

３）「科学的な証拠を使用すること」に関する調査問題の検討：健康リスクの問題

討論の質的向上のための教育方法やその評価方法の開発という観点から、ここでは「科学的な証拠を使用すること」に関する調査問題であり、かつ、ミニ・パブリックスの議題として設定される「社会的な文脈」の問題である、健康リスクの問題を事例にして検討してみたい。健康リスクの問題（表 5）[17]は、地域の化学工場からの排出ガスによる健康被害に関する議論が行われている場面において、化学工場から依頼された科学者と地域住民

表 5. 健康リスクに関する調査問題 [17]

健康上のリスクがあるか？

あなたが農業用の肥料を生産する大きな化学工場の近くに住んでいると仮定します。近年、この地域では長期にわたって呼吸器系の障害で苦しんでいる人々がいます。地域住民の多くは、これらの症状は、近くの化学肥料工場が排出している有毒ガスが原因であると考えています。

化学工場が将来、地域住民の健康におよぼすかもしれない危険性について話し合う住民集会が開かれました。科学者たちは、集会で次のようなことを述べました。

化学薬品会社に雇われた科学者が述べた内容 「この地域の土壌の毒性を調査したところ、集めたサンプルからは毒性のある化学薬品の証拠は見つかりませんでした。」
地元住民に雇われた科学者が述べた内容 「この地域で長期にわたる呼吸器系障害の発生件数を、化学薬品工場から遠く離れた地域の件数と比較したところ、化学薬品工場の近辺の方が、件数が多いことがわかりました。」

問題（1）化学薬品工場の所有者は、会社に雇われた科学者が述べたことを利用して、「工場からの排出ガスによる地元住民への健康上のリスクはない」と主張しています。

会社側に雇われた科学者が述べたことが、工場の所有者の言い分を支持しているかどうか**疑わしい理由**を１つあげてください。

問題（2）地元住民側の科学者は、化学工場の周辺における長期にわたる呼吸器系の障害の発生件数を、化学工場から遠く離れた地域のそれと比較しました。

この比較が適切なものでなかったと思われるような、２つの地域の違いを １ つ答えてください。

から依頼された科学者の双方の主張に対して、その科学的な根拠や主張の妥当性を評価させる設定となっている。以下では、個別の問題で求めているものについて、具体的に検討していきたい。

問題（1）は、工場に雇われている科学者が述べたことが、工場所有者の主張を支持するものであるかどうか疑わしいと思われる理由を 1 つだけ挙げる、という問題である[18]。ここでの回答の形式は、記述式であり、コンピテンシーとしては、科学的な証拠を用いること、知識のカテゴリーとしては、科学的探究のうち「科学についての知識」が求められている。適用領域は、「災害」であり、文脈は、「社会的な文脈」となっている。模範解答については、表 6 のように示されている[19]。

表 6.　PISA2006 科学が用いられた問題（1）の模範解答

- 呼吸器系の障害を引き起こしている物質は、毒性をもつものであるとは限らない。
- 呼吸器系の障害は、化学物質が土壌中ではなく、大気中に存在しているときにのみ、引き起こされたかもしれない。
- 毒性のある物質は、時間が経つに伴って変化したり、分解したりするかもしれず、土壌中では毒性のない物質として出現するかもしれない。
- 土壌サンプルが、その地域を代表するものであるかどうかが分からない。
- 企業から科学者にはお金が払われているから。
- 科学者達は、自分たちの仕事を失うのを恐れた。

ここで示されているのは、第一に、分析対象とされた物質と呼吸器系の障害との因果関係、分析対象とする物質の所在（土壌、大気）の違い、呼吸器系の障害を引き起こしうる物質の化学的変性、分析対象としたサンプルの代表性、といった調査結果とそこから導かれる主張との関係性に関わるものである。第二に、調査結果と主張と、科学者との関係性に関するものも含まれている。表 6 のうちの下から 2 つの模範解答は、これに該当する。第一のカテゴリーのものは、科学的な探究の文脈でのみ考えられるものであるが、第二のカテゴリーのものは、科学的な探究の範囲を越えて、社会的な文脈での判断が含まれているのが特徴である。説得的な議論の観点から言えば、「人格攻撃」の一種とも見なせるであろう[20]。第二のカテゴリーが模範解答に含まれていること、言い換えれば、科学的な探究の「誠実さ（integrity）」に疑義を投げかける回答を受け入れることについては、専門家（experts）や各国の代表の一部からは、不快感が表明されたこともあって、これらの問題群は主要な調査としては考慮されないことになった[21]。PISA 調査が国際調査であることから、それぞれの国や政府の考え方との調整が必要であること、そして、調査対象であるのが 15 歳の子どもであることを考慮した場合、表 6 の模範解答をすべて受け入れることについては、理科教育の目的・目標あるいは科学的リテラシーの範囲をいかに設定するかによって、賛否が分かれるところであろう[22]。

その一方で、現実的な討議の場面を考えてみれば、第二のカテゴリーのように、科学的な文脈のみならず、経済的な視点も含めた社会的な文脈で、主張の妥当性を判断すること

がありうる。東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、ある立場からのラベリングによる中傷戦略であるとも考えられるが、そのようなことを抜きにしても、「御用学者」ということばが人口に膾炙したことを見れば、「科学者の社会的な責任」について、学校教育でいかに扱うのかということも検討すべき課題となりうる。例えば、健康裁判のように、一方の側の専門家証人として科学者が立ち、もう一方の側の専門家証人として別の科学者が立つ、という状況が起こりうることの理解などである。ただし、これらの問題を扱う上では、学校教育段階の基底にある、基本的な科学観との関係性という理論的な課題が生じ得る。

問題（2）は、地元住民に依頼された科学者の行った比較調査が、適切なものではなかったと思われる理由を1つだけ挙げる、という問題であり、その模範解答は表7のように示されている[23)]。模範解答として示されているのは、障害発生の直接比較と比率（割合）比較の違い、人口構成の違い、他の健康障害を発生しうる要因の等閑視、社会的サービス・インフラの差異などである。

表7.　PISA2006科学が用いられた問題（2）の模範解答

- 2つの地域の人口が異なるかもしれない。
- 一方の地域が、他の地域よりも優れた医療サービスがあるかもしれない。
- それぞれの地域での老人の人口の割合が異なるかもしれない。
- もう一方の地域では、別の大気汚染があったのかもしれない。

これは、実験計画に関する問題であり、条件制御されない（できない）状況で測定されて結果に影響を与えうる要因を特定することが求められている。この問題の弁別性は良好であるが、正答率は25%程度の難しい問題であったと評価されている。

（4）　大学生の社会的な文脈における「科学的な証拠」の評価

1）調査の対象と方法

大学生を対象として、表5の調査問題を利用して、表8のように質問紙調査を実施した。4回の調査の対象とした大学生いずれも、大学では理科系の講義・演習等の履修経験があることから、ある一定の科学的な知識を有する成人であると捉えられる。また、T大学とK大学での調査対象には、科目等履修生5名含まれていたが、いずれも理科系の大学を卒業しているか、在籍している学生であることから、こちらも上述の大学生と同じように分析対象としうると判断した。

表8. 調査の対象と時期

大　学	S大学	S大学	T大学	K大学
学　部	教育学部	工学部・情報学部	海洋学部	理学部
学　年	2〜4年	2〜3年	2〜4年他	2〜4年他
人　数	32名	6名	20名	49名
調査日	平成24年12月19日	平成25年1月25日	平成25年2月27日	平成25年12月4日

2）問題（1)「科学的な証拠を用いること」の結果

問題（1)「科学的な証拠を用いること」についての大学生 107 名の回答については、表 9 と図 4 に示す通りとなった。回答が文章記述であるため、その記述内容によっては、複数のカテゴリーにまたがるものもあったが、回答の中心となる部分から、それぞれ 1 つのカテゴリーに分類した。その結果、回答の内容は、①分析対象の物質の所在に関する回答（例えば、図 5）が 52 名（48.6%）と最も多く、続いて、②分析対象の物質と呼吸器の障害との因果関係に関する回答（例えば、図 6）が 26 名（24.3%）あり、これらの 2 つの回答が約 7 割を占めていた。

表 9. 問題（1)「科学的な証拠を用いること」の回答

回答の内容	人数（割合）
①分析対象とする物質の所在（土壌・大気・工場内部）	52 名（48.6%）
②分析対象の物質と呼吸器の障害との因果関係	26 名（24.3%）
③分析対象としたサンプルの代表性	11 名（10.3%）
④科学者の判断に影響を与える社会的・経済的要因	6 名（1.7%）
⑤調査方法・判断の不明瞭さ（定量的データの不開示など）	5 名（3.4%）
⑥早発的な影響と晩発的な影響	3 名（2.8%）
⑦呼吸器系の障害を引き起こしうる物質の化学的変性	3 名（2.8%）
⑧無回答	1 名（0.9%）

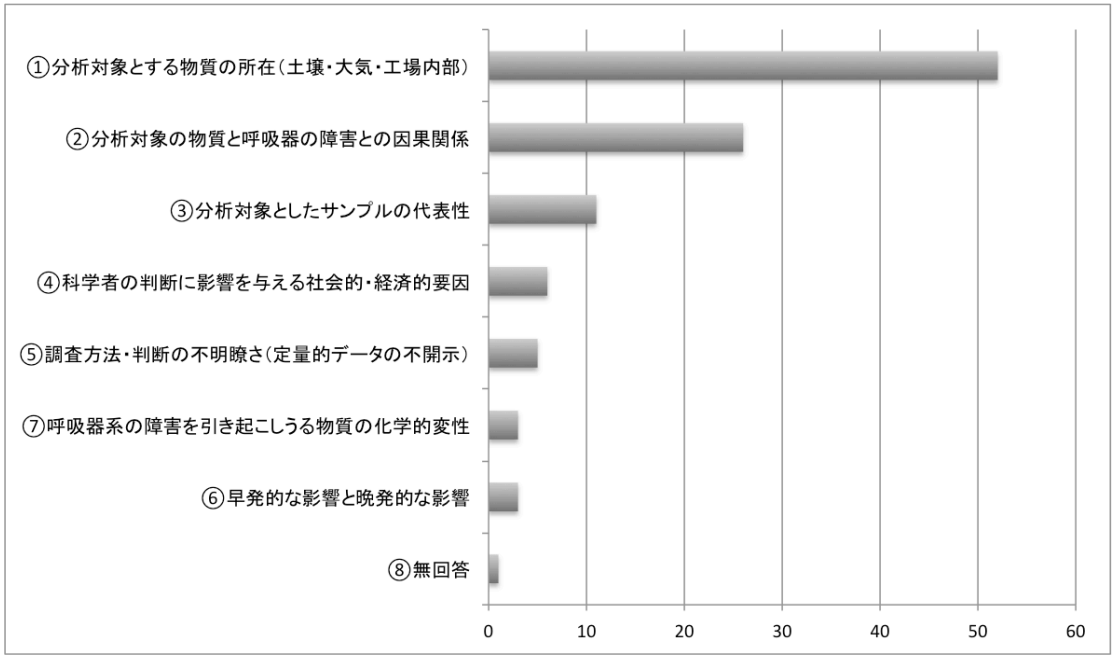


図 4. 問題（1)「科学的な証拠を用いること」の回答

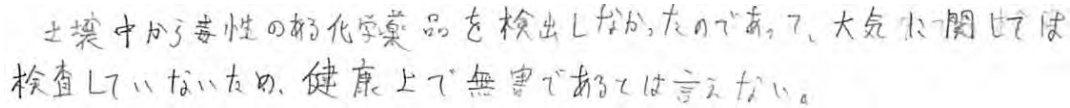


図 5. ①分析対象とする物質の所在に関する回答例

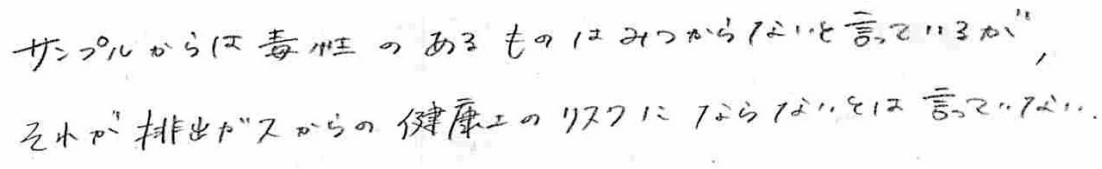


図 6. ②分析対象の物質と呼吸器の障害との因果関係に関する回答例

③分析対象としたサンプル性の代表性に関する回答では、採取したサンプルが限定的な収集であることの指摘だけではなく、採取する場所の平面的位置・空間的位置（深度など）、採取条件等に関する記述も見られた（図 7）。

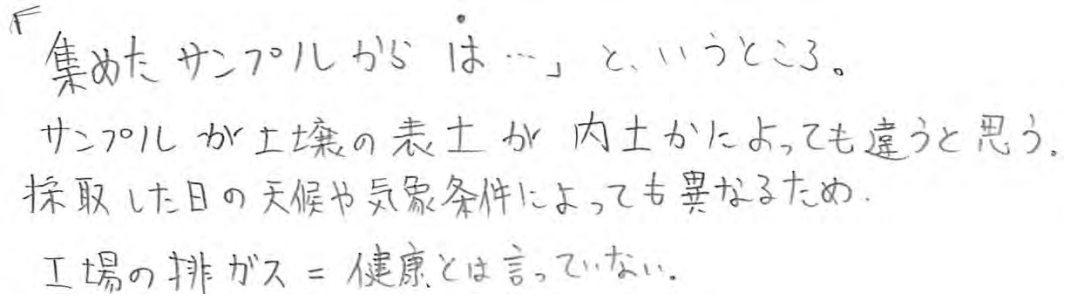


図 7. ③分析対象としたサンプルの代表性に関する回答例

模範解答に含まれていなかったが、適切と言える回答として、④早発的な影響と晩発的な影響に関する記述が確認できた（図 8）。

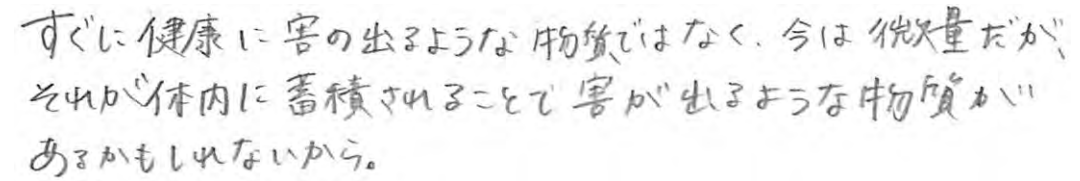


図 8. ④早発的な影響と晩発的な影響に関する回答例

社会的な文脈における科学的な判断に関するものとして、⑦科学者の判断に影響を与える社会的・経済的要因に関する回答が 6 名（1.7%）あった。図 9 では、工場に雇われた科学者が、意図的に工場側に有利になるような測定を行ったとは認識されていないが（少なくともそのような判断はできない）、その調査データ自体は、調査主体の認識とは関係なく、提示される文脈によって、異なる解釈を与えることになり得ることが示唆されている。

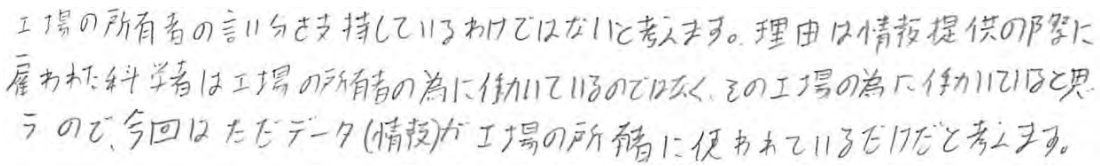


図 9. ⑦科学者の判断に影響を与える社会的・経済的要因に関する回答例

全体を通じてみれば、当該問題に関する大学生の正答率は、高いものであった。つまり、この問題に対する回答を見る限りでは、科学的な証拠となり得るものの評価や判断ができていると考えられる。

3）問題（2)「科学的な疑問を特定すること」の結果

問題（2)「科学的な疑問を特定すること」についての大学生 107 名の回答については、表 10 と図 10 に示す通りとなった。回答が文章記述であるため、その記述内容によっては、複数のカテゴリーにまたがるものもあったが、回答の中心となる部分から、それぞれ 1 つのカテゴリーに分類した。その結果、回答の内容は、①自然環境・生活環境の違いに関する回答（例えば、図 11）が 32 名（29.9%)、②人口の違いに関する回答（例えば、図 12）が 27 名（25.2%)、③人口構成の違いに関する回答（例えば、図 13）が 10 名（9.3%）であり、これらで 7 割強を占めていた。

表 10. 問題（2)「科学的な疑問を特定すること」の回答

回答の内容	人数（割合）
①自然環境（河川・大気の状況）・生活環境の違い	32 名（29.9%）
②人口の違い（発生件数と発生割合）	27 名（25.2%）
③人口構成の違い（高齢者の比率など）	10 名（9.3%）
④他の健康障害を発生しうる要因の等閑視	8 名（7.5%）
⑤工場設置以前での健康障害の差異	3 名（2.8%）
⑥生活習慣・食文化の違い	2 名（1.9%）
⑦社会的サービス・インフラの差異	1 名（0.9%）
⑧比較すること自体の不適切性	8 名（7.5%）
⑨工場からの距離の違い	6 名（5.6%）
⑩比較する地域の違い（違いの内容への言及なし）	5 名（4.7%）
⑪比較調査に要した時間の違い	1 名（0.9%）
⑫無回答	4 名（3.7%）

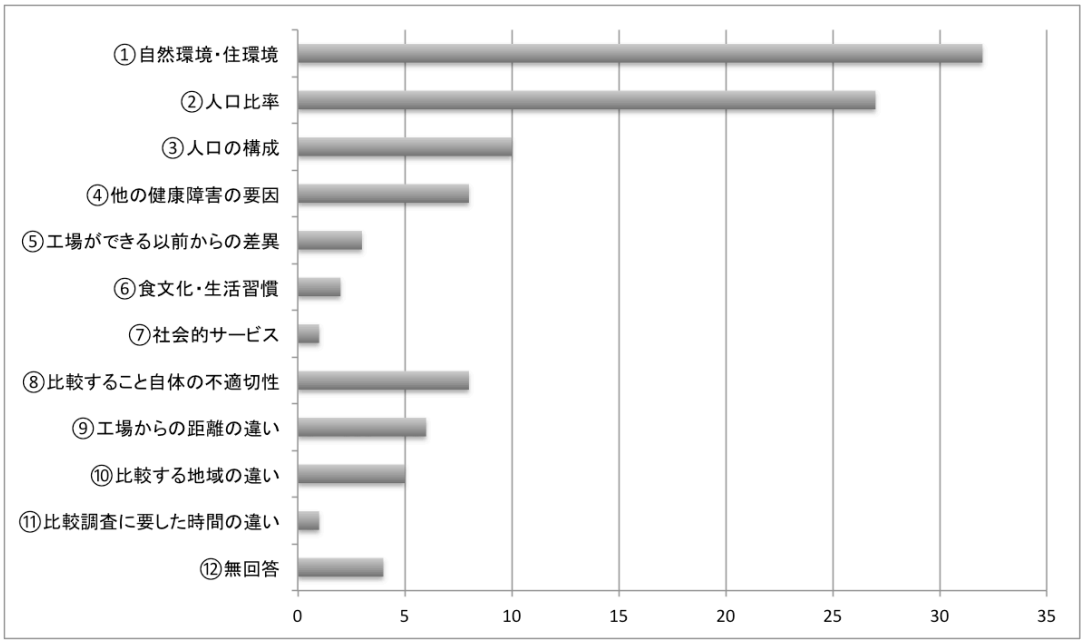


図 10. 問題（2）「科学的な疑問を特定すること」の回答

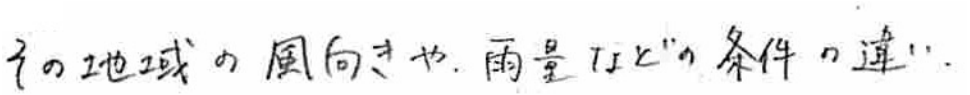


図 11. ①自然環境（河川・大気の状況）・生活環境の違いに関する回答例

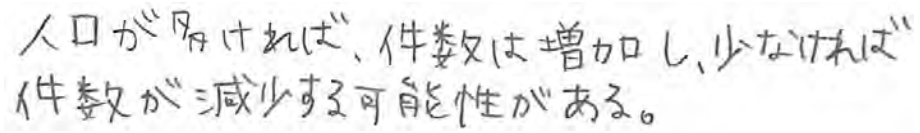


図 12. ②人口の違い（発生件数と発生割合）に関する回答例

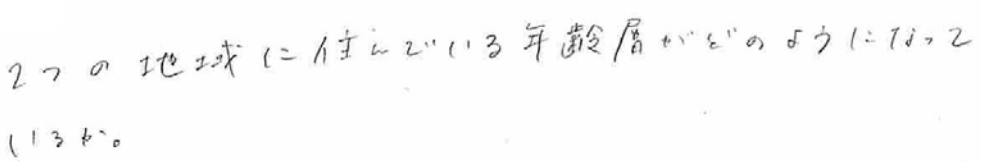


図 13. ③人口構成の違い（高齢者の比率など）に関する回答例

それ以外に、④他の健康障害を発生しうる要因の等閑視、⑤生活習慣・食文化の違い、⑥社会的サービス・インフラの差異に関する回答（図 14）などが、少数ながら見られた。

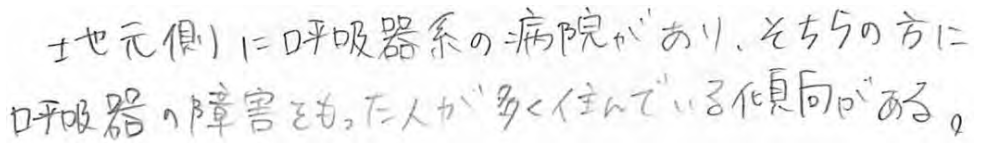


図 14. ⑥社会的サービス・インフラの差異に関する回答例

この問題については、化学工場からの距離の違いに基づいた比較において、条件制御がなされていない（あるいはできない）要因の具体例を、自分なりに考察することが求められていたが、その具体例が示されていないものやそもそも距離で比較することの是非を問題するものなどが見られた。

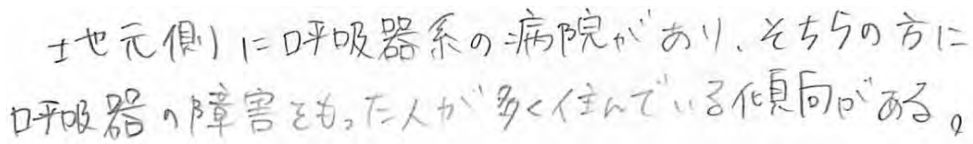


図 13. ⑥社会的サービス・インフラの差異に関する回答例

このような回答は、質問の意図にそぐわないものとして、不適切なものと判断した。その結果、今回の大学生の正答率は、80%程度であった。ただし、記述の不明瞭さが伴う回答もあり、表現力を加味すれば、この割合はもう少し低下するものと考えた方がよいであろう。

（5） おわりに

本稿では、科学技術政策の動向を踏まえつつ、科学技術ガバナンス論および討議デモクラシー論の基本的な見解を整理した上で、OECD の PISA 調査での科学的リテラシー調査を利用して、大学生の「科学的な証拠に基づいて議論する力」に関する調査を実施し、その結果について若干の分析を行った。当該問題は、問題の提示方法に改良を加えることで、より詳細に「科学的な証拠に基づいて議論する力」や科学技術ガバナンスに関する知識・技能、そして態度の育成を考える基礎的な知見が得られる可能性があると思われる。具体的には、科学的な知識の量・室と科学的な証拠に基づいて議論する力の関係、それらの能力が社会的な文脈に影響を受ける程度・要因、そして、これまで科学技術社会論を中心として、科学者の倫理・規範（例えば、マートンの CUDOS あるいはザイマンの PLACE[24]）が議論されてきたが、市民として科学者に投影する・期待する倫理・規範意識、などを実証的に調査することも考えられる。これに関連して、諸外国での科学技術カリキュラムにおける科学技術社会論的内容の特徴などの分析を通じて、我が国における科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育カリキュラムを検討することもありうる。

いずれにせよ、上記の課題を含めて、ポスト東日本大震災の時代において、科学技術ガバナンスの形成という観点からの科学教育論の研究は益々重要になってくると考えられる。今後も継続的な研究課題として取り組んでいくことにしたい。

引用文献および註

1) 小林傳司、『トランス・サイエンスの時代−科学技術と社会をつなぐ−』、123 頁、2007、NTT 出版。
2) 文部科学省、『平成 16 年度版科学技術白書』、2004。http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200401/hpaa200401_2_037.html（平成 26 年 2 月 25 日最終アクセス）

3) 篠原一、『市民の政治学−討議デモクラシーとは何か−』、2004、岩波書店。
4) 文部科学省、『平成 23 年度版科学技術白書』、104-105 頁、2011。
5) 城山英明、「科学技術ガバナンスの機能と組織」、47-59 頁、城山英明（編）、『科学技術ガバナンス』、2007、東進堂。
6) 同上書、59-67 頁。
7) 篠原一、「若干の理論的考察」、241-243 頁、篠原一（編）、『討議デモクラシーの挑戦−ミニ・パブリックスが拓く新しい政治−』、2012、岩波書店。
8) 前掲書 3)、158 頁。
9) 前掲書 7)、242-245 頁。
10) Organisation for Economic Co-operation and Development, “Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA2006”, pp.7-8, 2006, OECDPublishing（邦訳書；国立教育政策研究所（監訳）、『PISA2006 年調査 評価の枠組みーOECD 生徒の学習到達度調査』、3−6 頁、2007、ぎょうせい）.
11) Organisation for Economic Co-operation and Development, “PISA2006 Science Competencies for Tomorrow’s World volume1: Analysis”, pp.34-35,2007, OECDPublishin. ここでの和訳は、筆者による。
12) 国立教育政策研究所（編）、『生きるための知識と技能３ OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）2006 年調査国際結果報告書』、15−16 頁、2007、ぎょうせい。
13) op.cit10), p.26（邦訳書、22 頁）. ここでの和訳は、筆者による。
14) op.cit10), p.27（邦訳書、23 頁）. ここでの和訳は、筆者による。
15) op.cit10), p.26（邦訳書、22 頁）. ここでの和訳は、筆者による。
16) op.cit10), pp.28−30（邦訳書、25−26 頁）. ここでの和訳は、筆者による。
17) 経済協力開発機構（OECD）（編著）、国立教育政策研究所（監訳）、『PISA の問題できるかな？−OECD 生徒の学習到達度調査』、290−291 頁、2010、明石書店。なお、当該問題に関する興味・関心に関する調査については、省略した。
18) op.cit10), p.167（邦訳書、159−160 頁）.
19) op.cit10), p.167（邦訳書、159 頁）. ここでの和訳は、筆者による。
20) 例えば、菅野盾樹（編）、『レトリック論を学ぶ人のために』、126−130 頁、2007、世界思想社。ここでは、論理関係の問題のみならず、議論の妥当性に疑義を唱えるパターン（必ずしも、肯定されるものばかりではないが、日常的によく見られるようなものを含む）が整理されている。
21) op.cit10), p.168（邦訳書、160 頁）.なお、調査国間の統計からは、国家間での難易度の範囲のばらつきを除けば、弁別性もよく、男女間のバイアスもなく、難易度も中位であるという評価がなされている。
22) 小林（2007）では、科学・技術・社会論を専門とする立場から、当該問題の考察を踏まえて、OECD の提唱する科学的リテラシーの意義を考察している。前掲書 1)、89−90 頁。
23) op.cit10), p.168（邦訳書、160 頁）. ここでの和訳は、筆者による。
24) 例えば、J.ザイマン、東辻千枝子（訳）、『科学の真実』、2006、吉岡書店。

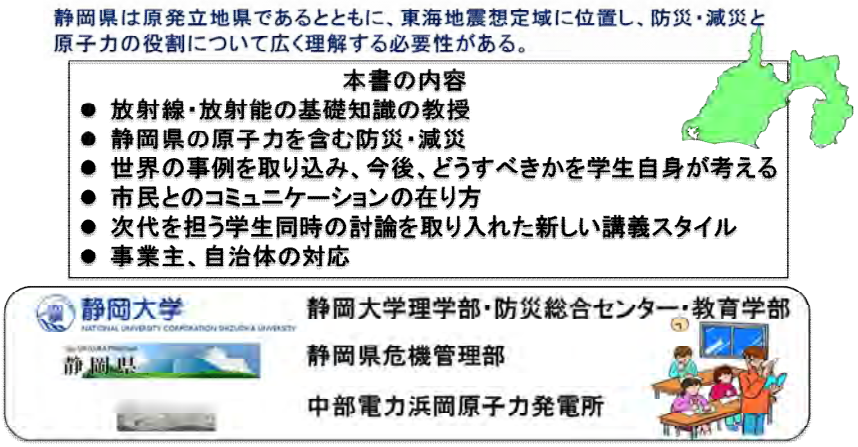
地域特性に配慮した大学教育の取り組み

—「静岡県の防災・減災と原子力」教育—

大矢恭久、奥野健二
静岡大学大学院理学研究科
熊野善介、萱野貴広
静岡大学教育学部
中武貞文
鹿児島大学産学官連携推進センター
内ノ倉真吾
鹿児島大学教育学部

（1）　はじめに

静岡県は東海地震想定域に位置するとともに，原子力発電所立地県であるために、原子力防災・減災教育の継続的な展開が必要不可欠である。これまで、静岡大学では地震防災やエネルギーと環境に関する講義科目は開設されていたが，昨年の福島第一原子力発電所事故以降、原子力防災に対する懸念が大きく取り上げられるようになった。そこで、「静岡県の防災・減災と原子力」に関するカリキュラムを構築し、大学講義科目として実践することとした。受講対象学生を全学の学生として文理融合の講義科目とするために、防災教育と原子力･放射線教育において必要不可欠な事項を抽出することとした。本カリキュラムでは、防災・減災の基本的な理解のみならず、長期的なエネルギー問題の中での原子力の役割、地域と共に進める原子力の在り方、放射線・放射能に対する正しい理解、自らの問題としてエネルギー問題と原子力について考えられる学生の育成を目標とした。また，既存の座学講義だけでなく、討論および実習型体験を組み入れ、主体的かつ体験的に自らこの問題を考える機会を与え、安全・安心のために「みんなで考える」そして「みんなで理解する」講義科目とし、将来の地域のリーダーとなるべき人材の育成をめざした。



（2）　カリキュラムの検討

静岡県の原子力防災・減災教育に必要な事項について再度検証し、カリキュラム内で教育すべき事項について検討した。講義の最初には原子力防災で特に重要となるとともに正しい知識の理解が求められる「放射線と放射能」取りあげることとした。言葉の定義や放射線と放射能の違い、その特徴や人体影響についての基礎理解を目標とした。次に、東日本大震災において特に注目された地震と津波の基礎的なメカニズムやその特徴、過去の地震・津波災害について紹介することとした。防災・減災対策については主に原子力事業者および行政での対策状況について紹介することとした。そのため、中部電力浜岡原子力発電所の概要、現在の津波対策工事、発電所内の防災体制および静岡県、静岡市の防災・減災対策を紹介することとした。また、災害時に市民が情報を得る手段の一つであるマスメディアからの情報をどのように理解し，判断材料にするかも重要な視点と考え、「報道と原子力防災」についても取り上げることとした。さらに、原子力災害からどのように都市が復興するのか、広島・長崎の現状や第五福竜丸事件の概要と風評被害についても取り上げることとした。防災・減災教育は、長期かつ継続的な教育が重要であり、初等・中等教育での取り組みが重要であるが、初等・中等教育では保護者との連携が必要不可欠であり、教育現場での防災・減災教育の取り組み方や教科書での取りあげられ方とその課題について紹介することとした。

討論の実施方法についても検討した。少人数の講義であれば、直接学生が意見を表明し活発な討論が期待できるが、この講義科目は受講生が 80 名程度であるため、3 教室に分かれて行うこととするとともに学生の意見表明する機会を増やすために、ブレインライティングの手法を用いて、カリキュラムの最初にまず討論を行い、受講生みんながいだしている不安や問題点、このカリキュラムで学習する目標を共有することとした。

また、カリキュラム最後の討論では、実際に学生に役割を与えるとともに、自ら災害・事故を想定して、その場合の重要な項目を抽出するとともに、別の立場の人への意見を表明することとした。また、別の立場の人からの意見を聞き、自らの役割や、防災・減災への取り組み、災害時の考え方について考える機会を持つこととした。

体験型実習では放射線が身近に存在することや放射線の遮へいや減衰についての基礎的な理解を促進するために，距離・遮へいの効果や霧箱による飛跡の観察，そして空気採取による天然放射線の挙動について理解し、放射線が自然界に存在し、決してゼロではできないことや放射線の種類や測定したい量によって測定器を選ばなければいけないことを学習することとした。

（3）　カリキュラムの構築

（2）で検討を行った結果，15 回の講義タイトルを次のようにした。また，この講義に適した教科書を各講義担当者が主となり作成した。教科書では 1 回の講義が 1 章に相当するようにまとめるとともに，各章のはじめにキーワードを入れ，各回の講義の目標が明確になるようにした。

１．ガイダンス
２．グループワークを通して
３．放射線と放射能
４．津波災害についての基礎
５．浜岡原子力発電所と安全対策
６．静岡県の原子力防災・減災体制
７．静岡市・浜松市の緊急時支援体制
８．報道と原子力防災
９．防災・減災教育
１０．原子力災害からの復興
１１．　議論することとその方法
１２．目で見る放射線とその防護（１）
１３．目で見る放射線とその防護（２）
１４．立場と意見
１５．まとめ

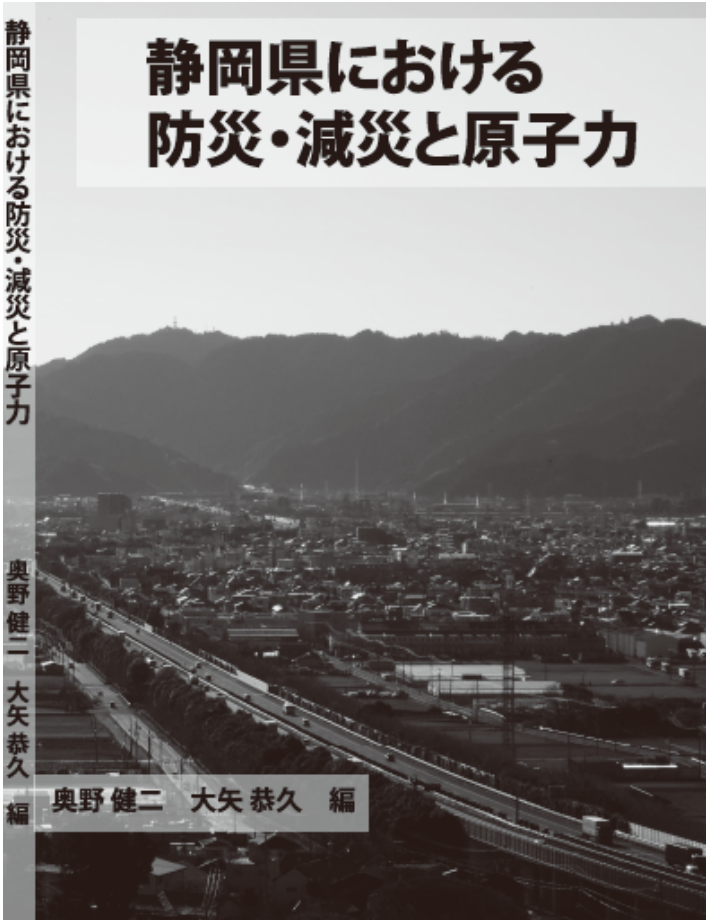


図１　作成した教科書（発行：静岡学術出版）

講義では放射線の基礎およびリスクの考え方，リスクコミュニケーションのあり方について取り上げ他の地に中部電力浜岡原子力発電所の安全対策，地方自治体の安全対策，防災教育のあり方，そして災害からの復興のあり方について取り上げた。また，講義の最初（2 講目）と最後（14,15 講目）に討論（グループワーク）を配置し，講義前後での考え方の変化について受講学生自身で確認し，考えることができるようにした。

（4）　実践結果

講義最初の討論では，原子力と防災についての現状認識を共有することを主たる目的として，ブレインライティングにより災害が起こる前、起こった時、そもそもの問題点ついて一グループ 6 名として行った。各グループごとに 6 枚の A3 用紙（次ページの図 2 参照）を配布し、ここにポストイットを使って、意見を記入した。 5 分ごとに時計回りに用紙を交換し、それぞれの課題に対して、上の人の意見を見て、それに対して自分の意見を書いていくこととした。各グループで 6 枚の A3 紙に意見がまとまった。この中から各グループで最も大切だと思うことを選び出してもらい、グループ代表の意見として、まとめた。図 3 にその主な意見についてまとめた。漠然とした災害に対する備えの不足や知識の不足を取り上げることが多いように見られた。これはまだ講義を開始する前で、断片的な防災・減災に対する知識によることが大きいと考えられる。しかし、ただ単に「備え」を取りあげても、その「備え」に対する考え方が人により大きく異なることがわかる。ミクロ的な「備え」を大切であると考える学生もいれば、マクロ的な「備え」である、町作りや予測などを挙げる学生もいることがわかる。また、災害が起こる前にはやはり実践的な練習や正しい知識が必要であると指摘する意見が見られた。これは学生の中で本講義である「防災・減災教育」のニーズが高かったことを示唆していると考えられる。ただ、机上では重要であると考えていても実際に実践になるとなかなか練習などに参加できない人が多く、この障壁を今後取り払うことも防災・減災教育では重要であると言える。対策についても理想的な意見が多く，これらを具体的に実践することの難しさが大きな課題として取り上げられた。



図 3　ブレインライティングの様子

テーマ（静岡県の防災・震災と原子力）

	A（災害が起こる前）	B（災害が起こった時）	C（そもそもの問題点）
I 大切なこと 学籍： 名前：	地震や津波の規模を想定して対策をする。 災害時に落ち合う場所を決めておく	家族や友人で連絡をとり、安否を確認する。	放射能の危険があること（原子力）
II つけ加えること 学籍： 名前：	落ち合う場所が使えない場合があるのでいくつか候補を決めておく必要がある。	災害時には電話回線がこみあうので、それ以外の手段も考えておく	どの程度の津波が危険なのかと理解しておく
III さらにつけ加えること 学籍： 名前：	避難場所の確認	自分の安全を確保する	自分が住んでいる地域まで危険かどうかを考える
VI 他に気づいたこと 学籍： 名前：	災害が非常に大きい場合の、落ちあわない行動パターンを考えておく。	安全な所へ移動する	危機管理のノウハウがない。
V 大切なことのために必要なこと 学籍： 名前：	自分の災害シミュレーション（被災）をする。	冷静をがまんで被災生活をおくる。	自然がコントロールできないことを知る。
VI 必要なことを達成するためにどうするか？ 学籍： 名前：	定期的に会ぎなどを行い、落ち合う場所を忘れないようにする。	電話サービス171などの使い方を覚えて災害時使えるようにしておく 連絡がとれない時に必要なため。	一番安全な場所を知るためにもただしい知識を身につける

図２　ブレインライティングのまとめ例

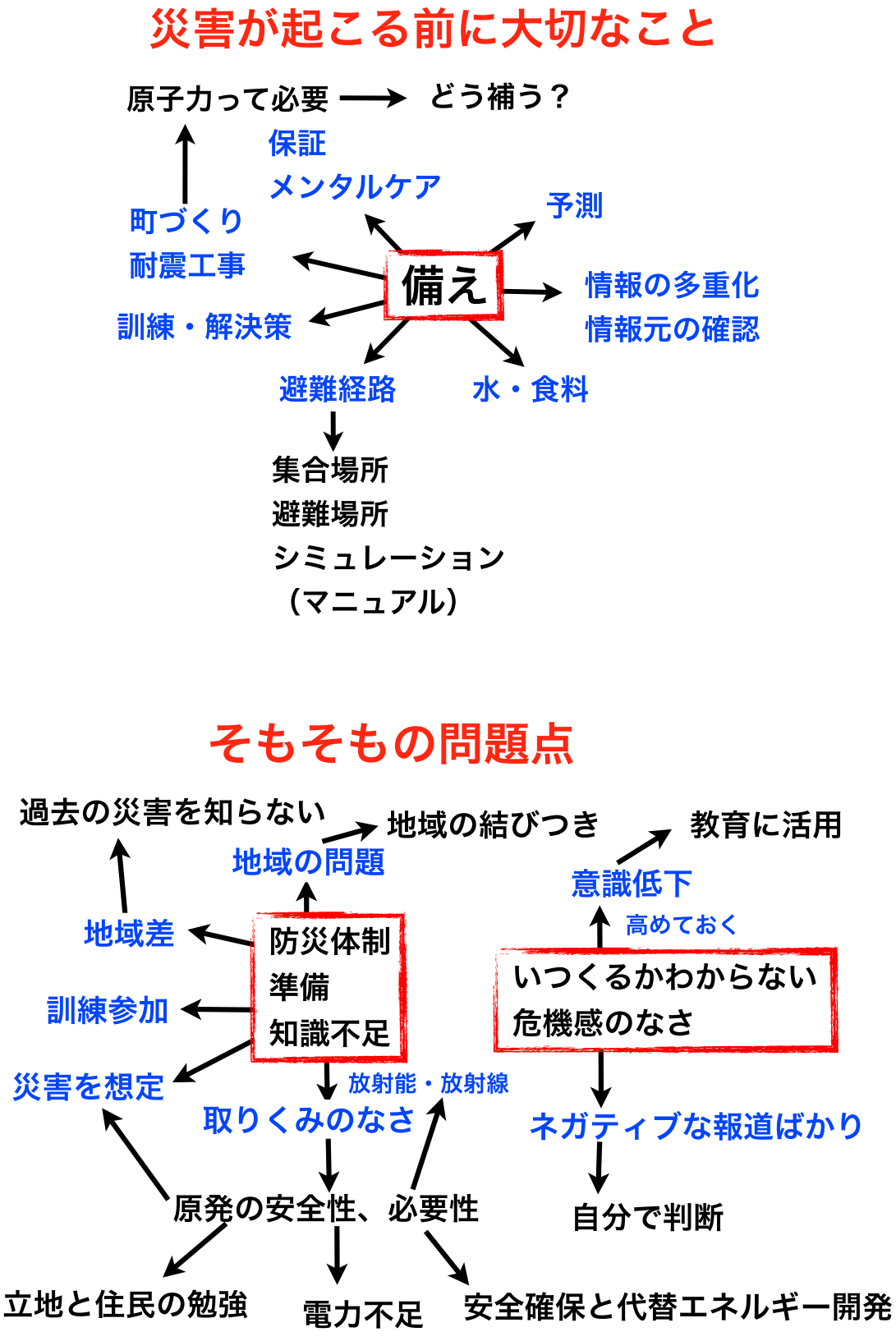


図４　ブレインライティングで取りあげられた意見のまとめ
（上：災害が起こる前に大切なこと、下：そもそもの問題点）

これらを克服するために、講義の最後に再度、討論を行う機会を持った。講義の中で学習してきたことを参考にして、原子力防災・減災にとって大切なことは何か、再度検討した。ロールプレイングを活用して学生に役割を持たせて、その場合の特徴、課題、気になることを抽出した。図５にその記入例を示すが、各グループに指定された役割を想定するとともに、災害を各自で想定して、その際の特徴や他の役割の人に対する意見をまとめることにした。今回は、いつもの自分の立場を変えて、ある特定の立場になって、その災害への対策を考えることとした。行政として静岡県知事、原子力企業として電力会社、農産業としてお茶農家、民間として旅館・ホテル業者、そして住民として子育て中のお母さんの５つの立場を各グループに与え、学生がその職に携わっているとして、その場合の特徴をまとめ、重要なことをリストアップした。図６に実際の討論中の様子を示す。これまで講義中に学習したことを踏まえて、書くグループで意見をまとめることができた。

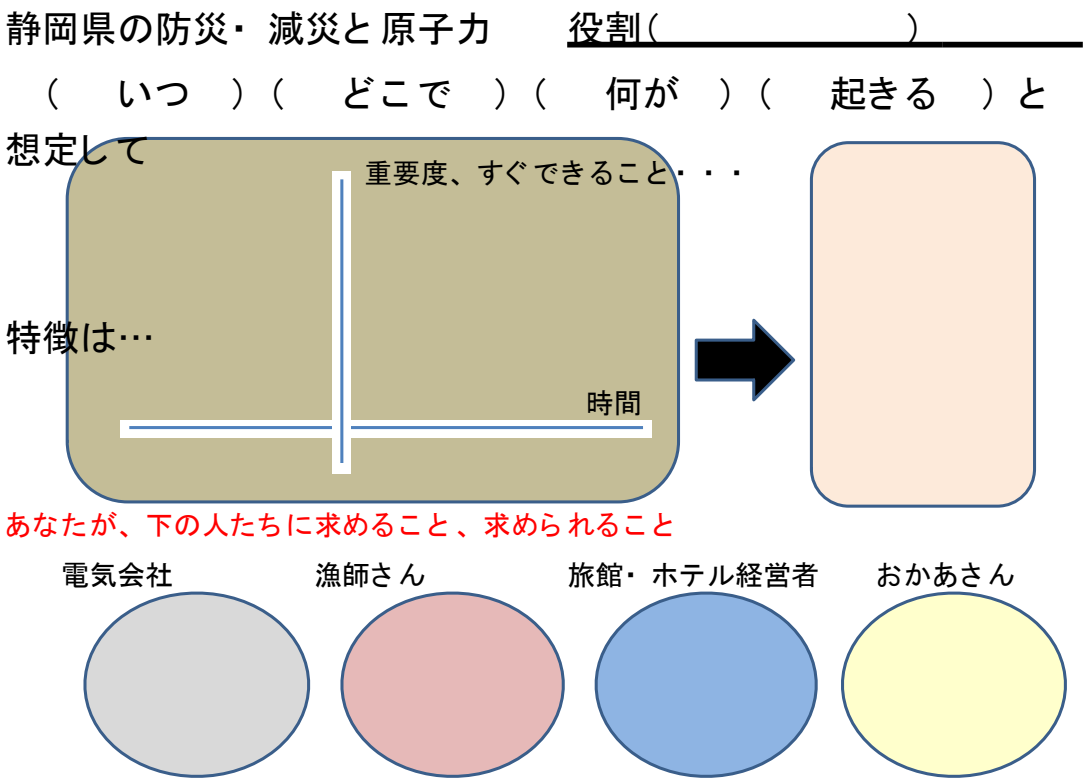


図５　ロールプレイングを活用した討論のまとめ例



図６　ロールプレイング討論の様子（左上：ポストイットに特徴を書き、模造紙に貼る、右上および左下：みんなの意見を並べ替える、右下：まとめた特徴から意見をまとめる。）

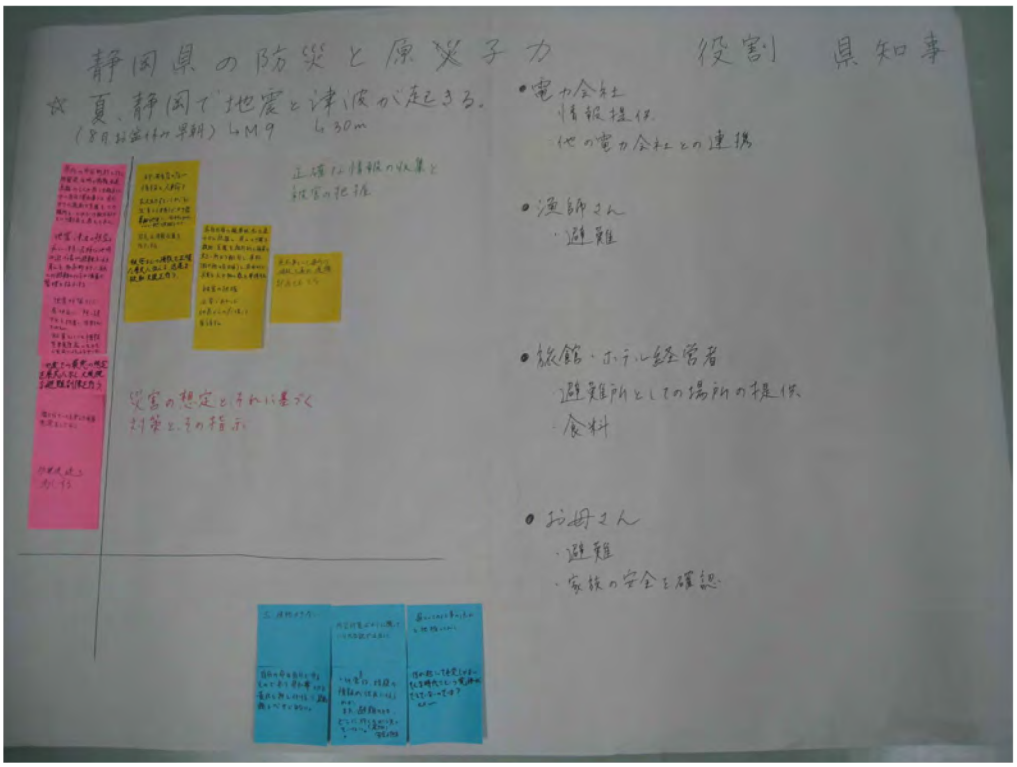


図７　役割を県知事とした場合のまとめ例

各グループで意見をまとめた後に、グループごとにまとめを説明してもらった。横軸の必要な時間やコストを使ってまとめたものが多かったが、どのグループも立場の特徴を捉え、重要度を縦軸に意見がまとめられていた。知事の立場では県民の安全が第一であること電力会社との連携が大切であることを指摘し、産業界への風評被害の対策や安全性の説明を求めるとともに、正しい知識をもってほしいと他の人に求めていることが示された。一方、子育て中のお母さんの特徴としては、家族中心で弱い立場であるとともに安全にとても敏感であることが指摘され、他の立場の人にも安全を重視する指摘が多いことが示された。

学生は、これらのロールプレイングと発表を通して、立場が変わると意見が変わることがあり、それは立場によって守るものが違うことが大きいことを理解した。また、意見が変わるのがいけないのではなくて、その意見を受け入れ、自分の意見の刺激にして、社会的な合意形成のためにどうするのかを判断することが大切であり、ただむやみに反対や自分の意見ばかりを押し通していてはいけないことが理解できたと思われる。本カリキュラムでは原子力発電や放射線・放射能の利用の賛否を問うわけではなく、他人の意見を聞いて、自分の意見とどう合意させていく必要があるのかを学ぶことに主眼が置かれていたことからも、この取り組みは効果的であったと判断できる。



図８　まとめの発表会の様子

防災教育への効果が講義後の感想からも見られた。例えば，報道と原子力防災では情報の正確性やあふれる情報の中から自分でどの情報が正しいか判断する力を常に養っておくことが必要であることを改めて理解させ，情報を見極める力やサイエンス力などを高めることが防災に繋がることが理解されつつあることがわかった。

本カリキュラムの最後に「原子力防災・減災におけるこのような意見の違いを克服して社会合意するにはどのような解決法が考えられるか？」と受講生に聞いてみたところ、

・意見のすべてを達成する形での社会合意は難しい。
・「顔の見える話し合い」が重要である。

・自分の立場のみが有利になるような意見をただ述べるだけでは、他の立場の人は納得せず、社会合意にならない。
・「自助」と「共助」の精神が必要。
・意思の違いが立場の違いであるという前提が社会的に認知されている必要がある。他の立場の人の意思を想像することが必要である。
・リスクばかりを考えていても経済は停滞してしまう。原子力にまつわる各々の立場の意見も考慮しないといけない難しい問題である。
・立場による意見の違いはあって当然であるが、それが対立して認め合えないことが問題である。

という意見が寄せられた。意見対立があるという事実を認識して、社会合意して、一歩先に踏み出す必要性も十分に認識されたカリキュラムであったと言える。

この講義を通して防災・減災意識への変化については、下のような意見が出された。これまで漠然と考えていた問題に理由をつけて自分の意見としようとする意識が芽生えたことはこのカリキュラムの成果と言える。

・これまで、地震や原発について自分の意見をもっていなかったが、この講義により自分の意見を持つことができた。
・これまでは原発は停止すべきと単純に考えていた。今もできることなら安全な代替エネルギーがあればいいと考えているが、原発が絶対にだめだという簡単な考えではなくなった。
・いたずらに怖がることはやはりいけないと強く確信した。

（5）　カタルタを使った意見表明と討論の試行

原子力等の社会利用は科学の知見だけで社会に導入すべきか判断できない微妙な問題を含んでいる。このような問題を克服するには専門家と非専門家との対話が必要不可欠である。しかし、専門家が一方的に知識を披露し、それに非専門家が翻弄されるような対話では、適切な解を導き出すことは不可能である。非専門家の本音を引き出し、心の奥底で考えている意見や、積極的に言おうと思っていなかった意見を引き出し、お互いの本音を聞き出すことこそが真摯に討論する上で必要不可欠であると言える。

そこで、防災講義を終えた段階で特別講義（講演会）という形で、今回はカタルタ(http://www.kataruta.com)（図 11）を活用して、学生の発想力を高め、本当に考えている意見を引き出し、相手に自分の意見を伝え、討論し、エネルギー問題や原子力防災に対してどのような意見を持っているのか探ることにした。本講演会には防災講義を受講していない学生も含め広く参加者を募集し、約 120 名の学生が集まった。

「カタルタ（図１２）」とは語るためのカードセットであり、発想力を高め、コミュニケーションを豊かにするカードセットである。「カタルタ」は、発想力を高め、コミュニケーションを豊かにするカードセットであり、発見を促し、視点を変えるスキルを育ててくれます。対話や思考をゲーム化するため、仲間や初対面の人との対話はもちろんのこと、自己との対話にも新しい発見をもたらし、“語り”を“遊び”に変え、“遊び”を“インスピ

レーション”へと導くツールとして福元和人氏によって開発されました。(ホームページの紹介文を参考にしました。)





図１１　カタルタの Web サイト（http://kataruta.com/product/）



図１２　カタルタ

今回は鹿児島大学産学官連携推進センター中武貞文先生を講師に招き、「未来の科学の夢絵画展」（公益社団法人発明協会）を見て、その感想を掘り下げてみんなと討論することにしてみた。今回は６人ほどのグループにわかれ、それぞれがカードを５枚とり、そのカードに書かれている接続詞を頼りに、自分の意見を掘り下げることにした。



図１２　カタルタを使ったワークショップ風景



図１３　今回取りあげた絵画（第 34 回「未来の科学の夢　絵画展より）

図 13 の絵画を見て、カタルタを使い学生が作成したストーリー例として以下のようなものがあった。

=====

私はこの絵画を見て、小学生低学年までもが震災の被害を少なくしようとする程、東日本大震災の影響は大きいのだと感じました。

「そして」

その子供たちの考えを実現していくことが、未来の発展であり、

「逆に」

今の技術力のままであることはむしろ退化に等しく、

「さすがに」

現状の問題に対処できないのはまずいが、

「一方で」

急な技術力の向上は望めない。

「しかし」

あきらめてはいけない。決してあきらめてはいけないのだ。あきらめたら、そこで終わりだ。これからの未来は私たちにかかっている。

=====

私はこの絵画を見て、子供たちの創造力・発想力は本当に豊かだと思いました。2011 年の東日本大震災ではかなりの衝撃が日本を襲い、それに対して子供たちがどうしたらいいのか子供ながら考えていて、明るい未来を願っていると感じました。

「歴史的には」

東日本大震災は大きな衝撃と恐怖を日本中に与えた。

「一方」

子供たちが地震や放射能について考えるきっかけとなった。

「事実上」

子供たちのアイディアを実現するにはまだ費用や技術が足りない・

「しかし」

子供たちの発想力・創造力は本当に豊かだと思った。

「そういう意味で」

子供たちのユニークな発想を参考にしながら、子供たちが願う明るい未来を築けるように日本は努力しなければならないと思った。

=====

また、以下のような感想が述べられた。

=====

「カタルタ」なんてどこの国かとはじめは思っていたが、まさかコミュニケーションツールでこんなものがあるのだなあと思いました。

グループは初対面の人たちばかりだったけど、楽しくコミュニケーションできた気がします。

=====

カタルタというものを初めて知り、体験してみたが、普段は深く考えないことに対してさらに掘り下げて考えることができるため、おもしろいものであると思った。「素人のように考え、玄人として実行する」というテーマの意味を理解することができたし、自分がどのように行動していく必要があるのかを考えさせるいい機会となった。
=====

このように、単純な接続詞を自分の意見に加えるだけで、一面的であった意見を多面的に表現することが可能になるとともに、自分では言う必要のない（言おうとは思っていなかった）意見を引き出すことが可能になることが示された。また、初対面の人とのコミュニケーションのスターターにも最適なツールであると言える。

（6）　まとめ

静岡大学における学際科目として「静岡県の防災・減災と原子力」を構築し、これまｄねい継続して３年間実践することができた。既存の原子力防災講義とは一線を画し、討論や体験的学習を包括したカリキュラムにすることができた。その結果、科学的な知識の教育だけに留まらず、討論を通して自分の考えを表明するとともに、他人の考えを受け入れ「みんなで考える」そして「意思疎通の重要性を理解する」機会を設けることができた。また､討論することの必要性や長期的なエネルギー問題を含めて防災･減災を考えること、放射線・放射能の正しい知識を持った上で考えることや社会的な立場によって考え方が変わることを理解し、その中で社会合意を形成していくことが大切であることを理解することができた。また､「カタルタ」というツールを用いることで、自分の意見を膨らませて相手とコミュニケーションすることが可能になることがわかり、今後これらを取り入れた新しい形の討論の場を継続的に提供することにより、特徴ある「静岡県の防災・減災と原子力」教育科目としていく予定である。

なお、本講義の討論は電気新聞にも取りあげられた。（2012 年 8 月 2 日電気新聞）

ひと Person & Readers 読者

東海地震が想定され、原子力発電所が立地する県の大学として、防災・減災の強化に向け、災害時に冷静な判断のできる人材の育成が必要なのではないか――。静岡大学は、今年 4 月から新しい講義をスタートさせた。コミュニケーション能力の醸成に主眼が置かれ、防災の基礎知識から始まり、災害への対応、合意形成のあり方などを、討論を通して身に付けていく。7 月に行われた授業の様子を取材した。（堀江　剛）

静岡大、「防災と原子力」講義

エネ教育はいま



グループで討議した結果を付せんに書き込み整理する。学生同士で積極的な議論が交わされた



討論の結果を発表する学生

5つの立場想定し議論

意思疎通の重要性学ぶ

静岡大学が始めた講義の名称は「静岡県における防災・減災と原子力」。講義は全 15 回で 3～4 年生が対象。同一内容の前期コースと後期コースがあり、前期は約 80 人が履修した。討論の時間を重視した点が特徴で、カリキュラムの序盤、終盤に少人数でのグループ討論を行う。

講義全体の内容は、リスクコミュニケーション、津波災害の基礎といった防災の基本的な講義から、浜岡原子力発電所の安全対策、県の原子力防災・減災体制、報道のあり方など。事業者や自治体、マスコミなどの担当者を招いての講義も行った。報道を巡っては、メディア各社で異なるスタンスに留意し、情報の真偽などを「疑ってみる」必要性が説かれた。さらに放射線については、校内での測定や実験も行った。

7 月に行われた前期コース 14 回目の授業で、電力会社、知事、主婦、旅館経営者、漁師。この 5 つの立場の人だが、災害が発生した時どう考え、行動すべきか、また別の立場の人間に何を求めることができるのか――。講義全体の内容は、リスクコミュニケーション、津波災害の基礎といった防災の基本的な講義から、浜岡原子力発電所の安全対策、県の原子力防災・減災体制、報道のあり方など。事業者や自治体、マスコミなどの担当者を招いての講義も行った。報道を巡っては、メディア各社で異なるスタンスに留意し、情報の真偽などを「疑ってみる」必要性が説かれた。さらに放射線については、校内での測定や実験も行った。

7 月に行われた前期コース 14 回目の授業で、電力会社、知事、主婦、旅館経営者、漁師。この 5 つの立場の人が、災害が発生した時どう考え、行動すべきか、また別の立場の人間に何を求めることができるのか――。

「知事は、被災時には安定した電気の確保に努めるべき。平時からの体制整備が重要になる」「電力会社は、有事、平時問わず積極的な情報開示を」「主婦としては、風評被害に惑わされないために、普段から放射線関連の基礎知識を得ておくべき」「漁師の生活保障をどうすべきか」「旅館経営者には被災時に宿泊施設の提供を求めたい」「電力会社は、廃炉措置の検討もしなければならない」

学生たちは、地震、津波などの災害がいつ、どこで起こったかを想定した上で、具体的な対応を付せんに書き込む。「事前の準備が必要なこと」は青色、「災害時に必要な対策・対応」は黄色、「そもそもの問題点」は赤色、と付せんの色を分ける。さらに模造紙に事前の対策、災害時対応、中長期的な課題について時間軸を書き入れ、付せんを張り付けていく。グループごとに話し合いながら、論点や課題を整理していく「プレーンライティング」という討論手法を取り入れた。

カリキュラムを主導した理学部の大矢恭久准教授は「異なる立場の人間が互いに歩み寄り、相手の立場を考えた見方ができるようになること」が授業の狙いと話す。災害時には利害関係者間のコミュニケーションが重要なため、多様な立場の人の合意形成をどう進めるべきか、討論を重視して学ぶという。学生には「受け身にならず、まずは話し合ってみる。とにかく自分の意見を言葉にすること」を求めた。

静岡県御前崎市には、中部電力浜岡原子力発電所が立地するが、「県民全体としての防災・減災に対する認識がまだまだ低い」という。これまでにも、理学部では原子力発電の仕組みやエネルギーセキュリティ、放射線などについての講義は行っていた。昨年の東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、地元の大学として全学部を対象に防災と減災に絞った講義を新設すべきと判断。経済産業省の補助事業「原子力人材育成プログラム」に応募し、採択された。

昨年 10 月から大矢准教授らが中心となり、静岡県、静岡市、中部電力、静岡新聞社と連携し、カリキュラム作りを進めた。テキストは、産官学のそれぞれの担当者が執筆した。

福島事故では、誤った知識、偏った報道や風評被害などで原子力発電所の立地地域の住民は動揺した。大矢准教授は「将来の地域のリーダーとして、このカリキュラムが役立てば」と学生への期待を込める。



学校現場におけるガバナンスシステム導入の可能性

－防災・減災教育に対する大学生の意識から－

萱野貴広
静岡大学教育学部

（1） 緒言

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災では、地震災害に加え津波によって甚大な被害がもたらされた。また、それに伴って発生した福島第一原子力発電所の水素爆発事故によって、放射線災害が大きく取り沙汰されるようになった。このような状況の下、児童生徒の安全確保、児童生徒自身の危険の予測や回避能力を高めるために、学校における防災・減災教育の充実が強く求められている。

教育現場においては新学習指導要領が、小学校では平成 23 年に、中学校では同 24 年に全面実施を迎えているが、指導要領が告示された平成 20 年も、それに対応して改訂された中学校教科書が検定を受けた 23 年の 2 月も、いずれも東日本大震災以前である。このことを考えると、それらが今求められている防災・減災教育を十分に担保しているとの確信が持てない。とは言え、学習指導要領については、通例としていた 10 年ごとの改訂告示を前倒しして行おうとしている向きもあり、教科書に至っては、平成 26 年 6 月頃に改訂教科書の最終検定が組まれており、平成 27 年度から新しい教科書の出版も予定されている。その内容について注視したいところである。

そもそも我々は、何を災害として認識しているのだろうか、またその認識は何を由来としているのであろうか。経験なのか、報道なのか、それとも伝聞なのか。例えば、個人が直接、間接に関わらず何らかの被害を受けて初めてそれが災害と特定されるとすると、場合によっては非常に個人的な事象として認識されることになる。となると、防災・減災に対する意識や対処も個人差が大きく、具体的な対策に至っても同様と考えることができる。東日本大震災について言えば、その記憶も新しく未だ多くの人々がいたたまれない気持ちを抱いていることに疑いはなく、2004 年のスマトラ島沖地震、1995 年の阪神・淡路大震災についても同様であろう。しかしその認識レベルは、当該の災害との地理的距離と時間的距離に反比例して小さくなっている可能性もあるのではないだろうか。そこが、災害を個人的事情と捉えられる所以なのである。

従来の防災・減災対策は、社会や地域の特性に応じて政府や地方行政主導で行われてきた。いわゆるガバメントシステムのもとの諸活動であった。ところが近年、過度な森林伐採や海岸の埋め立て等による自然環境の変化から、予想外の災害が発生しその度に新しい対策に追われるという状況になっている。山は山の対策、海は海の対策をとるだけでは災害の多様化に応じきれないようになっているのである。また、広範囲に影響を及ぼす可能性のある危険施設の事故を考えると、政府や地域組織の権威者による統治施行だけではなく、そこに関与するメンバーが、主体的に問題提起や意思決定し、合意形成をおこなうガバナンスシステムに移行していく必要があるように思う。

（2）防災・減災に関するガバナンス能力を有した人材の育成を目指して

先にも述べたように、東日本大震災以降、防災・減災対策への取り組みがあらゆるシーンで要求されているが、その対象も内容もかなり広範囲にわたっている。想定される様々な災害に対する防災・減災に関する人材育成もその１つである。人材育成には、これから起きるかも知れない大規模地震に関する研究、効果的な防災・減災設備の開発、放射性物質の安全・安心な取り扱い、または放射線被曝と医療等を目的とする場合があるように、自然災害や放射線災害に関する基礎・基本的な知識について学習し簡単な実習を体験し、災害時にまず必要な情報提供やアドバイスを可能とするレベルの人材育成もある。

本章では後者の人材育成を取り上げる。

平成 24 年度、筆者が所属する静岡大学で、講義名「静岡県における防災・減災と原子力」という学際科目が新たに開講した。ここでは、1970 年代から取り沙汰されてきた東海地震や最近話題の南海トラフ巨大地震の想定県であること、また中部電力浜岡原子力発電所の所在県であるといった地域特性から、防災・減災に対する効果的な方法について学び、災害時での対処に関する知識や経験を持ち、社会や地域で率先して行動しようとするリーダー人材の育成を目的としている。

この講義のために作成したテキストの内容や執筆者は多方面多領域にわたり、他にあまり類を見ないものである。以下に紹介する[1)]。

テキスト名；「静岡県の防災・減災と原子力」国立大学法人静岡大学編(2013)

第１章　はじめに（奥野健二 静岡大学理学部附属放射科研究施設）
第２章　放射線と放射能（神田玲子 放射線医学総合研究所）
第３章　防災減災の基礎（原田賢治 静岡大学防災総合センター）
第４章　浜岡原子力発電所と安全対策（岡田利晴 中部電力株式会社）
第５章　静岡県の原子力防災・減体制（東 侍郎 静岡県危機管理部原子力安全対策課）
第６章　静岡市の緊急時支援体制（熊野善介 静岡大学教育学部）
第７章　報道と原子力防災（鈴木誠之 株式会社静岡新聞社社会部）
第８章　防災・減災教育（萱野貴広 静岡大学教育学部）
第９章　原子力災害からの復興（大矢恭久 静岡大学理学部附属放射科研究施設）
第 10 章 目で見る放射線と防護１（矢永誠人 静岡大学理学部附属放射科研究施設）
第 11 章 目で見る放射線と防護２（大矢恭久 静岡大学理学部附属放射科研究施設）
第 12 章 議論することとその方法（内ノ倉真吾 静岡大学教育学部）
第 13 章 専門家と市民とのコミュニケーションの方法論（中武貞文 鹿児島大学産学官連携推進機構）

このように、放射線や放射線医療、防災対策に関する研究者、教育学の専門家やメディア、地方行政および電力事業者と様々な領域の専門家が参画した。

講義は上記テキストの内容に学生同士の討論の時間を取り入れてほぼ章構成の順に実施され、静岡大学全学部 3 年生と 4 年生を対象に前期、後期それぞれ 15 回で行われた。前期は、静岡キャンパスの理学部、農学部、教育学部と人文社会科学部を、後期は、浜松キャンパスの工学部と情報学部を対象とした。受講者はそれぞれ、86 名と 14 名の計 100 名であった（社会人受講者を含む）。

（3）防災・減災教育

上記の“第８章 防災・減災教育”は、１）学校における防災・減災教育、２）中学校学習指導要領における防災・減災の扱い、３）中学校教科書が扱う災害とその対策、４）中学校理科における放射線教育、５）防災・減災教育の課題と今後の展開、の内容で構成した。

導入にあたる“学校における防災・減災教育”では、政府の災害対策基本法や原子力災害対策特別措置法に基づき、文部科学省が策定した防災業務計画を取り上げた。児童生徒などの安心･安全を確保するために策定したこの計画では、学校が、災害時に限らず常に優先して守らなければならない児童・生徒の学習場であると同時に、災害時の地域避難所としての役割を持つと明示されていること、そのために学校や教師は、生徒に対する効果的な防災教育や避難訓練の実施と、救護の備えや防災機能の強化といった安全な避難施設としての準備を求められていること、について説明した。

関連資料の調査結果では[2~7]、学習指導要領で「防災」について記載されているのは社会科のみで、「減災」に加え「復興」まで範囲を広げても、それらの記述は他に見られなかった。しかし、学習指導要領の内容を明確にした「解説」では、総則編、社会編、理科編、保健体育編、技術・家庭編、道徳編、総合的な学習の時間編、特別活動編のそれぞれで「防災」に関する記載があった（表 1)。理科編にのみ「防災・減災」の記載があった。国語編、数学編、音楽編、美術編にはないことがわかった。また、総則編と保健体育編には「…防災に関する指導を重視し、…」とあった。社会編では、地域災害の特徴を踏まえた防災を考えさせるようにし、理科編では、防災への科学技術の役割について調べさせ、科学、技術、社会の相互の関わりから考えさせようとしていた。技術家庭編では、防災に必要なものを備えさせると記載されていた。そして、道徳、総合的な学習の時間編、特別活動編では、学校や地域の防災訓練や演習に積極的に参加協力するように、と記載されていた。このように各教科や諸活動の特徴に応じ、防災についての指導や学習内容の詳細について解説されていて、文部科学省策定の防災事業計画をもとにした防災教育の充実が図られていた。

学生にはこれらの情報を事前に提供して、授業をおこなった。

授業では上記に関する知識や情報提供に割く時間を極力少なくして、災害に対する自分自身の認識を再確認させ、学校現場における“避難訓練”を中心とした効果的な防災・減災活動のあり方をイメージさせた。さらに、教科学習で可能な防災・減災教育カリキュラムの提案を求めた。ガバメントシステムの印象の強い学校現場においても、ガバナンスシステムの導入の必要性、そしてその実現の可能性について考えさせることを目的として、授業を展開した。

具体的には、ワークシートを用いて、まず、大学生自身が何を災害として捉え、その根拠が個人事情に由来するものかどうかについて検討させた。次に、小学校や中学校でおこなう避難訓練に対するイメージを聞いた。自身の記憶や経験を振り返らせ、そこにある課題に気づかせ、自分独自の視点から効果的な避難訓練のあり方を提案させた。最後に、各学年、各教科での学習内容に関わらせて実践できる防災・減災教育について考えさせた。小学校、中学校、高等学校等のどれかという制限はしなかった。

学生の記述内容から、災害に対する彼らの認識の実態を明らかにし、防災・減災教育が抱える課題について考えることによって、学校現場での防災・減災活動へのガバナンスシステムの導入について意識できたかどうかについて調べた。

表１　中学校学習指導要領解説における「防災・減災」の記載内容（2008 年 7 月発行）

総則編
第3章「教育課程の編成及び実施」第1節「教育課程編成の一般方針」3. 体育・健康に関する指導
安全に関する指導においても、身の回りの生活の安全、交通安全、***防災***に関する指導を重視し、安全に関する情報を正しく判断し、安全のための行動に結びつけるようにすることが重要である。
社会編
第2章「社会科の目標及び内容」第2節　地理的分野(2)日本の様々な地域
(ｱ)自然環境　　世界的視野から日本の地形や気候の特色、海洋に囲まれた日本の国土の特色を理解させるとともに、国内の地形や気候の特色、自然災害と防災への努力を取り上げ、日本の自然環境に関する特色を大観させる。
(ｱ) 自然環境を中核とした考察　　地域の地形や気候などの自然環境に関する特色ある事象を中核として、それを人々の生活や産業などと関連付け、自然環境が地域の人々の生活や産業などと深い関係をもっていることや、地域の自然災害に応じた***防災***対策が大切であることなどについて考える。
(ｱ) 自然環境　　世界的視野から日本の地形や気候の特色、海洋に囲まれた日本の国土の特色を理解させるとともに、国内の地形や気候の特色、自然災害と***防災***への努力を取り上げ、日本の自然環境に関する特色を大観させる。
理科編
第2章「理科の目標及び内容」第2節　第1分野2(7)科学技術と人間
(ｱ) 科学技術の発展について　　資源やエネルギー資源の有効利用、***防災***、医療、農林水産業、工業、交通及び通信などに科学技術が役立っている平易な例について調べさせたり、エレクトロニクス、ナノテクノロジー、宇宙開発など最新の科学技術を調べさせたりすることが考えられる。
第2章「理科の目標及び内容」第2節　第2分野(2)大地の成り立ちと変化
地震や火山活動についての過去の体験や知識、災害に対する***防災***や***減災***など、日常生活や社会との関連に触れながら学習を行うとよい。
第3章「指導計画の作成と内容の取扱い」2「各分野の内容の指導」(3)日常生活や社会との関連
防災や事故防止に関する技術の進歩は、自然災害や事故などに対する様々な備えを可能とし、安全で安心な生活を保障している。
保健体育編
第3章「指導計画の作成と内容の取扱い」2. 体育・健康に関する指導
安全に関する指導においては、 身の回りの生活の安全、 交通安全、***防災***に関する指導を重視し、 安全に関する情報を正しく判断し、 安全のための行動に結びつけるようにすることが重要である。
技術･家庭編
第2章「技術・家庭科の目標及び内容」第3節家庭分野2. C.衣生活・住生活と自立
安全に生活する視点から、危険な箇所について調査し、事故を防ぐ手立てとなるものを製作したり、***防災***に必要なものを備えたりすることなども考えられる。
道徳編
第7章「家庭や地域社会との連携」第2節「家庭や地域社会との連携による道徳教育」2. 多様な連携の創意工夫
地域で行われる催しに、他校との連携を図りながら、生徒会が中心となって参加したり、地域***防災***訓練に学校ぐるみで参加し、救助活動や***防災***の演習を、地域の人々や保護者と一緒に行うことが考えられる。
総合的な学習の時間編
第5章「総合的な学習の時間の指導計各区の作成」第4節「学校において定める内容の設定」3. 学習対象
［地域や学校の特色に応じた課題］・***防災***のための安全な地域づくりとその取組
特別活動編
第3章「各活動・学校行事の目標と内容」第2節「生徒会活動」2. 生徒会活動の内容
地域の福祉施設や社会教育施設等での様々なボランティア活動、また、有意義な社会的活動への参加・協力（地域の文化・スポーツ行事、***防災***や交通安全など）、さらに、学校間の交流、幼児や高齢者との交流、障害のある人々などとの交流及び共同学習など、地域や学校、生徒の実態に応じて多様な活動が考えられる。
第3章「各活動・学校行事の目標と内容」第3節「学校行事」2. 学校行事の内容
健康安全・体育的行事としては、健康診断、薬物乱用防止指導、防犯指導、交通安全指導、避難訓練や***防災***訓練、健康・安全や学校給食に関する意識や実践意欲を高める行事、運動会（体育祭）、競技会、球技会などが考えられる。

１）大学生の持つ災害に対する意識

授業の導入として、「まず思い浮かぶ災害を順に２つ」聞き、続けて「出身地または最も長く過ごしたところ」を聞いた。大学生が意識する災害にどのような傾向があるかを知ることと、それは学生自身の経験に由来しているのではないか、と予想して設けた質問である。なお、前期と後期の授業とは約 6 ヶ月のブランクがあること、本時の前の授業構成に若干の違いがあることなどにより、平成 24 年度前期に受講した静岡キャンパスの学生を調査の対象とした。後期の受講者については個別インタビューを行い、その結果を参考資料とした。

学生が記述した災害の種類と人数を図 1 に示した（具体的な記述内容は資料に示した)。

最も多かったのは“地震（47 人、85%)”で、これに、東日本大震災の 3 人、阪神淡路大震災 2 人とスマトラ島沖地震 1 人を加えると、53 人（96%）とそのほとんどが記述していた。残りの 2 人は“火災”と“津波”を記述していた。このことと、“津波（27 人、49%)”が次に多く記述されていたことから、東日本大震災が学生の災害に対する認識に与えた影響は非常に大きかったことが示された。直接経験したわけではないことを考えると、報道の情報提供力や影響力の大きさと言い換えることもできる。“豪雪”を記述した福井県越前町出身の学生、“阪神淡路大震災”を記述した神戸市出身の学生、“土砂災害”を記述した富士宮出身の学生にインタビューしたわけではないが、これらについては地域特性に由来しているとも言える。また“大雨”を記述した浜松市出身の学生は、インタビューから、昭和 49 年（1974 年）の静岡の広い地域に被害を与えた七夕豪雨を指すことがわかった。これも地域性の高い災害だが、平成 3～4 年生まれの学生が直接経験したのではなく祖父母からの伝聞といった幼少年期の記憶によるものであった。

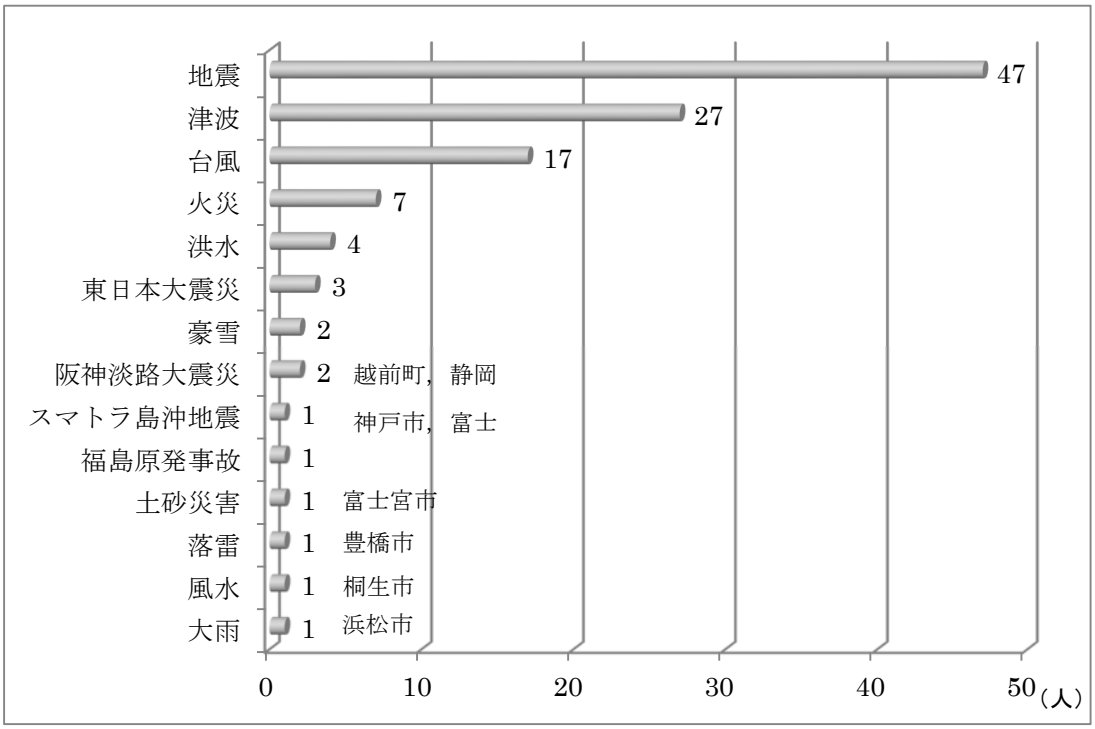


図 1　学生が記述した災害の種類と人数（数字の単位は人、ｎ=55 人）

※図中の地名は記述した学生の出身地である.

ここでは、出身地などの学生自身の地域環境が大きく関わるだろうと予想していた。上述のように一部見られたが、20～21 歳程の学生ではそれほどの影響は見られなかった。それよりも、子どものころ祖父母に聞いた、誰かに昔聞いたことがあるといった伝聞が予想以上に記憶に残っていて、彼らの災害に対する認識に影響を与えていることが分かった。

なお、対象学生の出身地は、九州以外の 1 府 1 道 19 県に渡っていた。

2）通常の避難訓練のイメージと独自の視点や方法による避難訓練

この「避難訓練」に関する 2 問の前に、「学校を構成しているもの」について尋ねた。これは、小学校や中学校、また当時の経験の記憶を呼び起こし、次の質問に答えやすくすることを目的としている。“校舎・教室”といったハード面、“先生・生徒（子ども）や親”といった内容に分かれて記述する傾向が見られた。この時点では、彼らの思考が多方面に及んでいる様子は見られなかった。

「通事の避難訓練のイメージ」を聞いたところ、“放送がなって（机の下に隠れて）運動場に逃げる”、“先生の指示に従う”、“校長先生のお話”、“並ばないと怒られる”、“危機感がない”のような、どちらかと言えば否定的な記述がほとんどであった。その後、「では、自分独自の視点あるいは方法で避難訓練を提案して下さい」と尋ねた。

学生の記述は様々であったが（55 人、68 件)、いくつかに集約することができた。その結果を図 2 に示す（資料参照)。

最も多かったのが、あらかじめ日にちや時刻を決めないといった“予告をしない（25 人)”で、次が、発煙筒を焚くやけが人が出るなどのオプションを付けるといった“リアリティが必要（13 人)”、そして、生徒一人ひとりに行動計画を作らせる、生徒による訓練

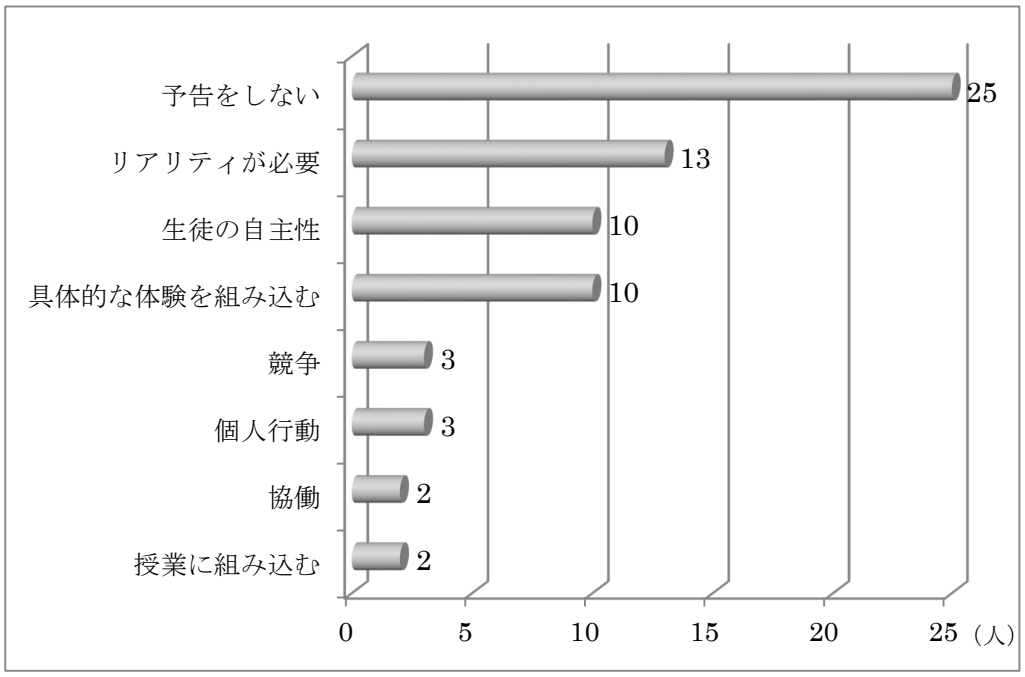


図 2　学生が提案した避難訓練の視点や方法（計 55 人、68 件）

を実施して教師は観察するといった“生徒の自主性（10 人）”、防災器具の使い方の指導を行う、震度 6～7 の体験といった“具体的な体験の組み込み（10 人）”が同数で続いた。その他にも、クラス単位でタイムを計る（競争）、緊急時は個々での行動を前提に（個人行動）、助け合って行動するやできることを周りの人に指導する（協働）、体育の時間に避難先まで走る（授業に組み込む）等を記述していた。

学生は、自分たちが経験した避難訓練を思い出すことで、その課題に気づき彼ら独自の視点や方法による避難訓練を提案していた。効果的な授業展開であったと考える。

この質問に対して学生全員が記述を終えた後、授業者（筆者）は、以下の案を示した。

□ *生徒が避難誘導者となり、その他救助者等の役割を分担して行う。*

教師も避難の指示を受けることにより、学校や教師側の「課題の発見」、生徒の「自他の役割に対する認識と分担による責任意識」、「防災意識の共有」等を目指す。

３）各教科でできる防災・減災教育

これまで授業を展開したことによって、学生は、小学校や中学校時代の記憶を充分呼び覚まし、防災・減災活動の多様性を意識していると考えられる。そこで、「各教科でできる防災・減災教育を 3 つ考えて下さい」とした。学校段階、学年や教科について、一切制限を設けなかった。この質問に対して学生が取り組む前に授業者（筆者）は、例として以下の案を示した。

◇中学校、3 年生、国語

◇単元；論理の展開に着目して読むー新聞の社説を比較するー

◇内容；“高レベル放射性廃棄物処分”の問題に対して立場が異なる２つの社説を提示し、第三者としてどちらの主張を指示するについて発表する。その際、それぞれの語句の用い方や比喩、論理展開の仕方についての評価も加える。

次に、自分の考えを社説としてまとめる。

何人かの発表を聞いて、さまざまな考え方があることを理解し、正しい情報をもとに互いが話し合うことの大切を実感し、このような社会問題について積極的に考えようとする姿勢を育む。

学生は 1 人 1 件から 3 件の授業を考え、合計 144 件の授業案が出された。その内容を分類した結果を以下に示した。

学生が考えた授業案を学校種別に分けた(図 3)。彼らは中学校段階での授業実践を最も多く考えていた。次が小学校での実践で、高校での実践は 22 件（15%）だった。

学生が考えた授業案を教科別に分けた(図 4)。彼らは社会科(41 件)、理科(34 件)の授業で多く考えていて、その 2 教科で全体の半数以上を占めていた(52%)。音楽、美術、家庭の各教科(分野)では防災・減災教育を考えていなかった。中には、防災科という教科の新設を考えた学生もいた。

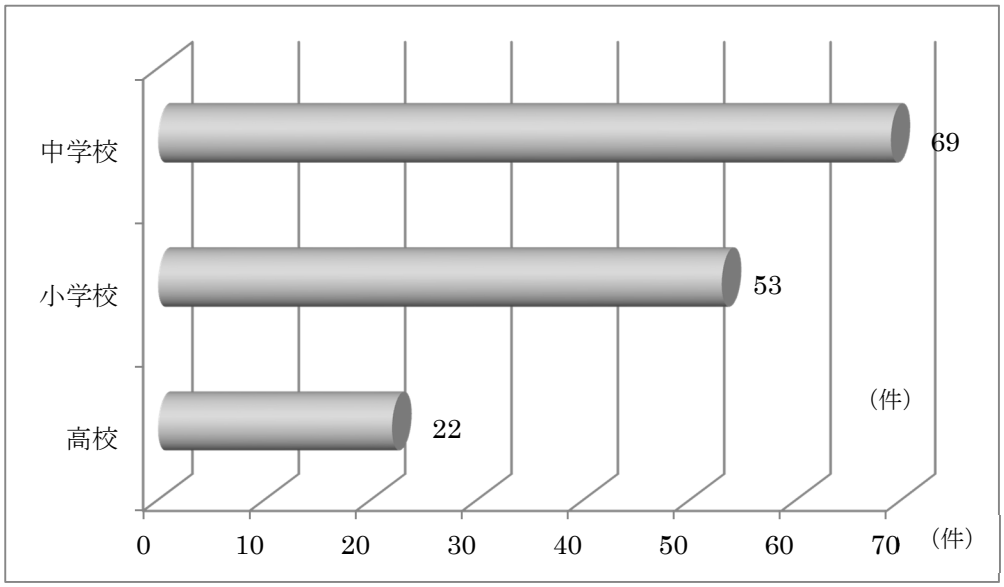


図 3　学生が考えた教科でできる防災・減災教育の学校種別数(n=144)

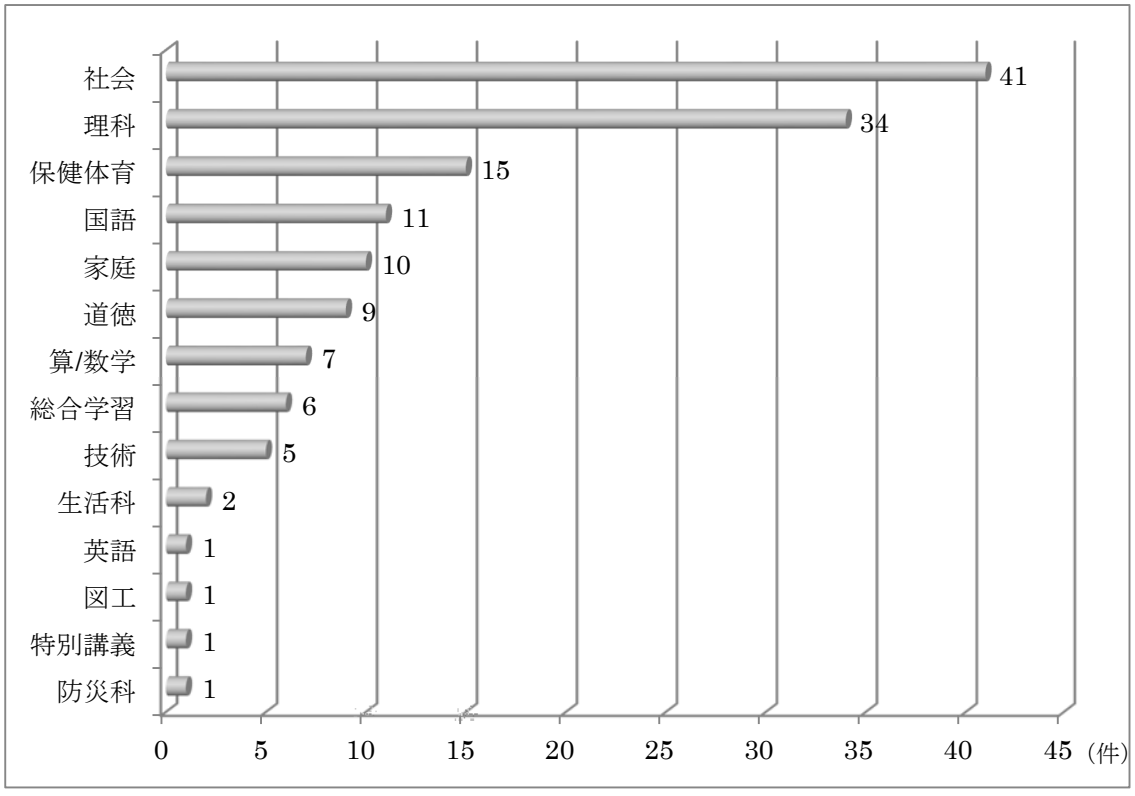


図 4　学生が考えた教科でできる防災・減災教育の教科別数(n=144)

学生が考えた授業案を学校教科別とさらに細かく分類した(図 5)。

彼らは、中学校での社会科（21 件）と理科（20 件）の授業を多く考えていた。社会科では地理、歴史、公民の各分野での実践を考えていた。理科では、エネルギーを中心概念として物理分野で多く考えていた。次に、高校社会科、小学校道徳、社会と続いた。

この上位の現れから、地震や津波を災害として最も意識していた彼らは、防災・減災教育について社会科的アプローチをより支持していた。また、彼らが考えた授業案に頻出した言葉を俯瞰すると、“情報収集とその正邪”、“話会い、議論”、“知識”、“意識”、“行動”がキーワードとして挙げられた。このことは、メディアや行政といった多様な立場の講師による授業、学生同士の討論を取り入れた、通常の大学講義とは異なった授業の効果と言えるのではないだろうか。もちろん、東日本大震災とその被害が大きく影響しているのは言うまでもない。学生は、人文・教育系と、理学・農学系とほぼ同数の割合で、いわゆる文系と理系のいずれにも偏っていなかった。

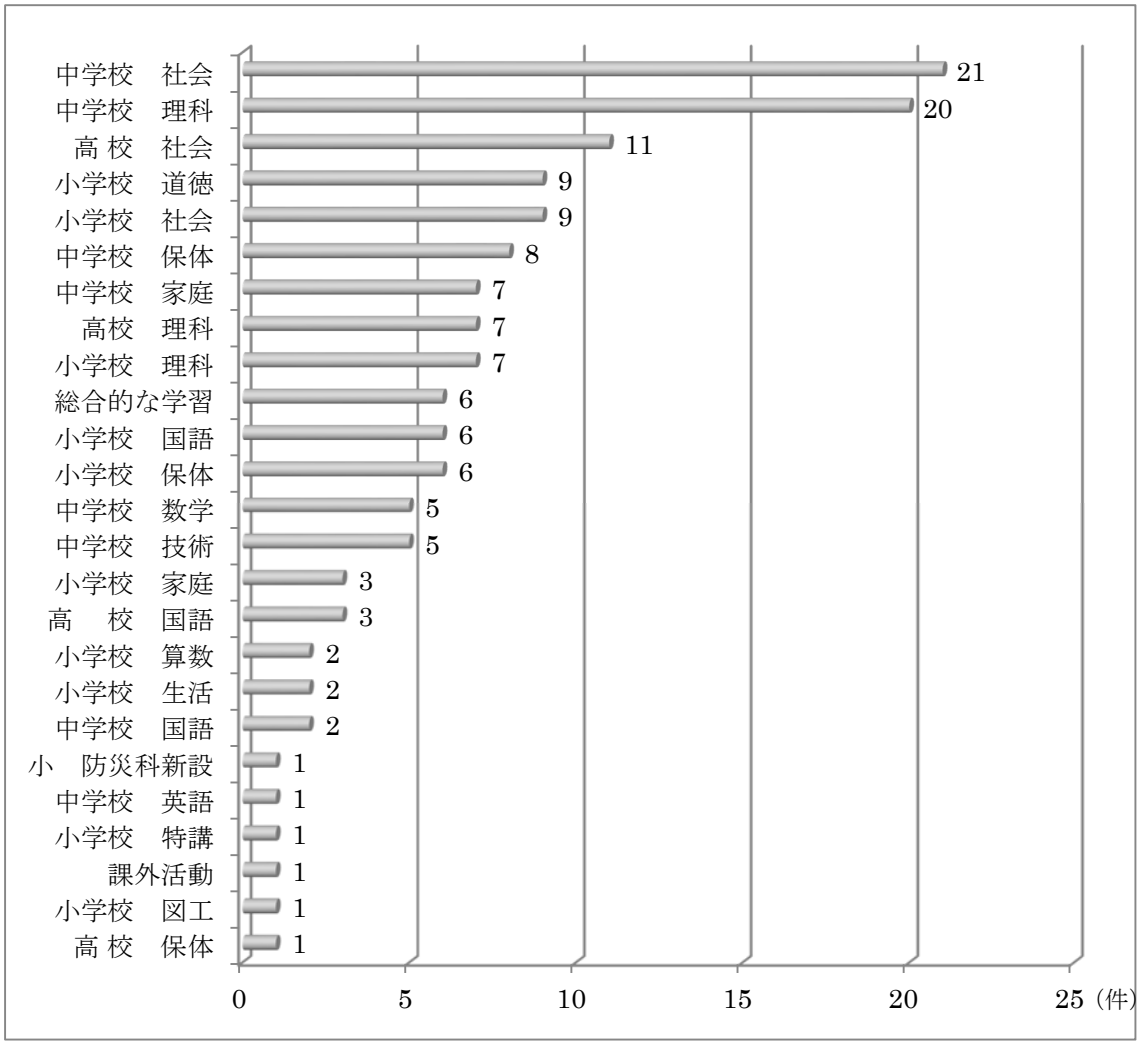


図 5　学生が考えた教科でできる防災・減災教育の学校教科別数(n=144)

学生が考えた144件の授業案を「児童・生徒のガバナンス能力の育成」の視点から見て、いくつかを以下に紹介する（◇学校学年、教科　◇学習内容　◇具体的な活動と、防災・減災について身につけさせたいこと（学部、男女の別）の順で記す)。⑤は後期受講の学生の考えである。参考として記載した。

①◇中学校3年生、国語科
◇ディベート
◇原子力発電所について、立地都市に住んでいる人、原発関連施設で働いている人、政府、原発に反対する人などの立場に立ってディベートする。論理的な議論の展開を学び、立場によって様々な意見があることを理解する（人文社会科学部A女)。

②◇中学校3年生、社会科
◇自治体の仕事
◇静岡県の自治体の長として、東北のガレキ処理について“受け入れるべきか、受け入れないか”を検討させる。逆に、将来静岡で起こったときに、他の地域に処理を依頼するときの依頼方法を検討させる。これらから、風評被害への対応をより身近に感じさせる（社会人、A男)。
③◇高校1年生、理科
◇災害時に飛び交う情報を科学的に見極める
◇放射能の汚染についてなど、東日本大震災後、「雨に有害物質が含まれている」などたくさん飛び交った誤った情報を例にとり、どこがそう間違っているかなどを全員で考えた後、情報選択することの重要性について話会う（農学部B女)。

④◇中学2年生、社会科
◇日本のエネルギー政策について
◇まずは様々なエネルギーについて示し、その後電力に絞って話をする。今現在ある発電方法のメリット、デメリットについて伝え、自分ならどんな“日本”を作るか考えてもらう。自分の“日本”を発表し合い、自分の案の良いところ悪いところを説明できるようにし、今のエネルギー問題への鋭い考察力を身につける（理学部C女）

⑤◇中学校1～3年、国語
◇体験記を読み、意見や感想を述べ討論する
◇リアルな体験談をもとにして、もし自分の身に同じような災害が起きたときに何をすべきなのかを考えさせる。また、討論などを通して様々な考えを持った人たちがいることを認識させ、他の人たちとの相互理解を助ける（工学部B男)。

その他、講義「静岡県の防災・減災と原子力」の大きな目的の一つに防災・減災活動に関する地域リーダーの育成がある。その目的にかなった2例を以下に記した。
⑥◇中学校1～3年、保健体育科
◇傷への対応

◇AED だけでなく、地震等であった事例を元に（重い物に腕が挟まるなど)、学生でもできる応急処置、また重軽傷の判断を身につける（理学部、D 女)。

⑦小学校 6 年生、家庭科

◇避難地での活動を教える

◇避難地で予想される、炊き出しや救護方法を教える。災害が起こった時に、地域に貢献することができるようにする（理学部 E 女)。

この他にも様々な授業が提案されていて、学生の真摯な姿勢が伺えた。本論の筋と少々外れるが、中学校 3 年生の数学で、“過去の事例を元に、災害のために生じる経済的な損失を計算する。その大きさを知ることで、どのような対策をとらなければならないかを学ぶ”のように、社会問題を数学的にアプローチし、教科の融合を試みた学生もいた。

授業の最後に、静岡県教育委員会が実施している防災教育支援事業を実践している小学校と中学校の内容について、1 校ずつ紹介した。その内容は以下の通りである。

◇実践校－東伊豆町立大川小学校

・主題；互いに関わり合いながら学ぶ子
　　－家庭・地域と共に取り組む防災教育－
・1 年生国語（言葉遊びを通して防災用語に触れる）
・5 年生保健（けがの手当における三角巾の使い方）
・6 年生家庭（非常食について学ぶ)

◇実践校－袋井市立周南中学校

・主題；防災について知識を身につけ、実際の災害時には正しく判断し、互いに協力して臨機応変に対応できる生徒の育成
・国語科（意見文の作成「防災を基本としたまちづくり」「わたしにできる防災対策」)
・社会科（過去に起こった大地震についての調査や東海地震で予想される災害とその対策)
・数学科（P 波と S 波のグラフ化やマグニチュードの数字とエネルギーの関係との計算)
・保体科（応急手当や AED を使った救急法)
・技家科（災害時の電気などライフライン問題)
・道　徳（地域独自の補助教材を資料とした授業)

（4）結び

講義「静岡県の防災・減災と原子力」は、東海地震想定域に位置し、原子力発電所立地県である静岡県における原子力防災・減災教育の推進を大きな目標とし、安全・安心のための「みんなで考える」そして「みんなで理解する」原子力防災・減災教育カリキュラムを構築・試行し、長期的なエネルギー問題の中での原子力の役割や在り方、放射線・放

射能に対する正しい理解、そして、自らの問題としてエネルギー問題と原子力について考えられる学生の育成を目標としている。そのため本授業「防災・減災教育」では、学校教育における防災・減災教育への対応の現状、実践状況に関する情報提供、これからのあり方について考えさせ、ガバナンス論や科学技術ガバナンスの育成について言及せず、学校現場でのガバナンスシステム構築の可能性を図らせてもいない。しかし、前述したように「避難訓練方法」や「教科でできる防災・減災教育」に関して学生が記述した内容は、まさに学校や教科でのガバナンスシステム導入の可能性を伺わせる内容であった。彼らがどの程度ガバナンスについての知識を有し理解しているかは不明だが、様々な社会問題に対して、その地域や社会を構成する一人ひとりが、規律の下に相互に協力して目標に向けた意思決定や合意形成をはかりながら行動する必要があることについては、納得しているのではないかと考える。

彼らは「防災・減災」だけをとっても様々な課題があることに気づき、特に、エネルギー問題は論理や科学的根拠からだけでは答を出すことができないことに気づいた。

以上により、大学生に対するガバナンス能力の育成は十分可能で、小学校や中学校を初めとした学校現場でのガバナンスシステム構築の必要性も実感させることができた。さらに、その実現の可能性も示すことができたのではないかと考える。とは言え、彼らがガバナンスの意味を理解し、そのシステムの効果的なあり方について提案できるまでには至っていない。まだ多くの課題を残しているが、全員が今の想いを持ち続けて、ガバナンスに対する認識を深めていくことを期待する。

参考文献

1) 国立大学法人静岡大学編 (2012)、「静岡県における防災・減災と原子力」
2) 文部科学省(2008a)、「中学校学習指導要領平成 20 年 3　月告示」、東山書房、pp. 57-65
3) 文部科学省(2008b)、「中学校学習指導要領解説平成 20 年 9 月」、大日本図書、pp. 1-9
4) 中学校教科書「新しい社会　地理」(2005)、東京書籍
5) 中学校教科書「新しい保健体育」(2009)、東京書籍
6) 中学校教科書「技術・家庭　家庭分野」(2005)、開隆堂出版
7) 中学校教科書「理科の世界　1 年　2 年　3 年」(2011)、大日本図書

資　料

－学生が提案した避難訓練の視点や方法の具体的内容－

【予告をしない】

- 予告なし（3 人）
- 予め告知しない
- 予告せずに、自分でどこに避難するか考えさせる
- 予告なしで、生徒がばらばらになっている時間帯に脇
- 予告なしで年に数回行う

- 突然はじめる
- ある日突然に
- 抜き打ちで実施（2 名）
- 日時を知らせない
- 訓練だと伝えず抜き打ちで
- 「避難訓練がある」ことしか知らせず、いつ、どこで火事や地震が発生するか知らせない
- 事前伝達はできるだけしない。火災等の発生場所による避難ルートの変更ができるか
- 時間や日にちを教えないで、防災週間のようなものを設定しそのうちのどこかで
- 9 月 1 日とか、予告なし
- 時刻を定めず 1 日のうちのどこかの時刻で
- 緊張感を持たせるために説明だけにして、その日のどこかで
- 1 日のうちのどのタイミングで避難させるか事前に告知しない
- 日にちは決めても時間は決めないで、いつ来るか分からないという状況で
- 実施時間を曖昧にしておく
- 生徒に開始を知らせない
- 休み時間に実施する
- 「これは訓練です」の一言はいらないと思う

【リアリティが必要】
- 実際に発煙筒を使ってみる
- 発煙筒ぐらいは使ってみる
- 煙を焚いて演出するなど、リアリティを追求する
- スモークを焚く
- 煙の中での移動を短い区間でやらせてみる
- 被害を想定して、実際に道を防いだりする
- 目の前に倒れた障害物があるなど、不測の事態があると仮定して身の回りのもので対処させる
- 誰かがけがをして歩けない等の特別な状況を作り訓練
- けが人が出るなどオプションの追加
- 筋書き通りにいかない、うまくいかないような妨害を行う（校長、教頭の死亡を突然に）
- 先生がパニクってみる
- 先生が指示を出さないで混乱させたりしてみる
- 地域の人も一緒に、より実践的な内容で

【生徒の自主性】
- 教師の指示がなくても、生徒が自主的にまとまって避難できるようにする
- 教師抜きで実施

- 生徒一人ひとりに行動計画を作らせる
- 避難行動は指示しないで自分でやらせる
- クラス毎にどんな避難訓練方法が良いか、考え、行動させる
- 避難経路を各自で調べてきてもらい、みんなで話し合う
- 数人リーダーを決め、生徒による訓練の実施。教師は観察する
- 最初は失敗しても、できるだけ生徒たちだけの力で避難できるような訓練
- 生徒に指示を出させてみる
- 少人数制で、チームやペア毎に

【具体的な体験を組み込む】
- 地震の揺れがおさまったら、建物の外に出ることを最優先にする
- 希望者への防災器具の簡単な使い方の指導
- 不定期に災害センター等で、煙、暗いこと（夜）の体験
- 震度 6〜7 の体験、津波の体験ができたらいいな
- 津波対策として高いところへの移動
- 津波の訓練
- 退校時の訓練と後の点呼訓練
- 学校が避難場所になることを想定した宿泊訓練
- 津波や火災などさまざまなパターンを想定して、避難場所を変えて避難
- 目標を決める（〇分以内、押さない、ものを取りに戻らないなど）

【個人行動】
- 地震後の避難経路を、状況毎に生徒自身に選択させる
- 緊急時は個々で行動を前提に、一人行動
- 逃げるときは各自で素早く逃げてもらい、確認は集合してからにする

【協働】
- 周囲の人たちと助け合って行動する
- 自分にできることを周りの人に指導する

【競争】
- グラウンドに整列するまでに掛かった時間を計る
- 避難の遅かったクラスにペナルティ
- 訓練時の態度に応じて成績を付ける

【授業に組み込む】
- 体育の時間に避難訓練を取り入れる（体力増強を兼ねて）
- 持久走で毎日山の上の方まで走る

以上

科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究
―産学連携・地域連携・イノベーションの視座からのフィールド調査報告―

中武　貞文
鹿児島大学　産学官連携推進センター

（1）　これまでの成果

今年度の成果を述べる前に、これまでどのような取り組みを行って来たかについて言及する必要がある。これまでについては、2012 年に開催された日本科学教育学会の課題研究「科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育に向けてー原子力・放射線の「熟議」の在り方を中心としてー」において「専門家と市民との対話をデザインする取り組み」として発表を行っている。以下、この発表内容（スライド）について述べる。なお、この発表資料は、本章末に資料１として添付している。

（スライド　1，2）

本論に入る前に、筆者の背景を説明する。筆者は現在、鹿児島大学産学官連携推進センター[1]にて産学連携、地域連携のコーディネートを実践している。この「コーディネート」という行為は、多様な要望を有する人や組織を、その要望や所有する資源を踏まえつつ利害を調整し、共通の目標を達成する支援を行うものである。通常の業務においては、地域活性化、新製品開発などの領域でコーディネートを行っている。これらの経験を原子力分野でも利活用できるのではという関係者の仲介で、平成 20 年度から文部科学省原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ事業の「HLW[2]地層処分地選定に関する日本型合意形成モデルの構築」（以降、「HLW 研究」と呼ぶ。）に参加した経緯がある。その研究チームとの出会いが契機となり、平成 23 年度からは「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」に参加している。

（スライド　2，3，4）

「HLW 研究」では、HLW に関する①日本人特有のキーワードの抽出　②適切な合意形成過程（プロセス・手法）検討　③モデルの設計・実践を行うことを目的とし、複数の大学の研究者からなるチームで検討を行った。この詳細は、この「HLW 研究」の報告書(国立大学法人静岡大学, 2010)に譲るが、この過程において、本研究の素地となる貴重な知見を得ることができた。今回の発表においては、日本型合意形成のあり方（背景となる全体像）と社会実験（ワークショップ）について報告を行う。

（スライド　5，6）

英国の放射性廃棄物管理委員会（CoRWM）[3]、国内の事例、そしてこれまでの先行研究等を踏まえ、我々は、HLW 地層処分地を選定に進めるには、社会背景を多角的、俯瞰的に捉えることが重要と考えた。その際、社会制度につながる「マクロな場」と専門家と市民との対話の場やその周囲に発生するテクニカルな手法・技法に関わる「ミクロな場」と

---

[1] 鹿児島大学産学官連携推進センター　http://www.rdc.kagoshima-u.ac.jp/（確認日：2013 年 3 月 2 日）
[2] HLW（=High-Level Radioactive Waste ）：高レベル放射性廃棄物
[3] CoRWM　http://corwm.decc.gov.uk/　（確認日：2013 年 3 月 2 日）

に分離し、問題を考えることが重要であること、そして、単に二分するだけでなく、これらを接続することもまた重要であることを示した。このイメージを図 1 に示した。この図には、これまでの先行研究等にて議論された主要なテーマやキーワードを横軸に「背景」、「グランドデザイン（ビジョン)」、「仕様設計」、「アクションプラン」といった構造、縦軸に「世界」から「個人」にまである空間的な領域をとった平面に配置したものである。さらに、これらをある特性で括り簡素化したものである。いわば、HLW にまつわる様々な議論を「見える化」するための tool である。この整理を行った背景には、HLW という問題を議論する際に政策レベルのイシューから、歴史的な背景や個々のコミュニケーションにまで問題が展開されることがあり、イシューを参加者ですら見失うことに遭遇したことをヒントとしている。



図 1　日本型合意形成のあり方

（スライド７，８，９，10，11，12）

次に、社会実験（ワークショップ）について述べる。前項にて示したこれまでの日本型合意形成のあり方を踏まえ、そのコンセプトである「ミクロな場」を実証すべくワークショップを開催した。高レベル放射性廃棄物（HLW）処分地選定が困難になっている背景としては NIMBY(Not In My Back Yard)問題や「HLW そのもの」の特異性がある．これらについては、前述の報告書にも記載しているところである．本ワークショップでは、研究グループにて検討を行っている「日本型合意形成モデル」の仕様を踏まえ、小規模・多頻度の「巻き込む」スタイルの場の形成を目指して、

- **想定した顧客層が集客し得たかどうか？**
- **参加者が「親しみ」や「自らの問題意識」を持って HLW 問題を捉えることができたか？**

● **より進んだ理解やさらなる行動変容へと繋がったか？**

を検証項目に据え、ワークショップを開催した。

放射線総合医学研究所グループの成果(国立大学法人静岡大学, 2010)によると、「コスト、自給率、事故など、各自が勝手な具体的イメージを持ちやすい設問については、与えられた科学情報に比較的左右されやすい一方、 教育や情報開示の必要性の有無については、与えられた科学的情報によって、比較的左右されにくいこと」が示されている．我々はこの中にある「コスト」に注目し、「日常生活の中で高レベル放射性廃棄物に係るコストを意識する題材」として「電気料金」と「領収書」を取り上げ、テーマ設定を行った。その結果、「電気料金から考える環境問題～どのくらい必要なの？エコのための電気料金」というテーマを導出するに至った。

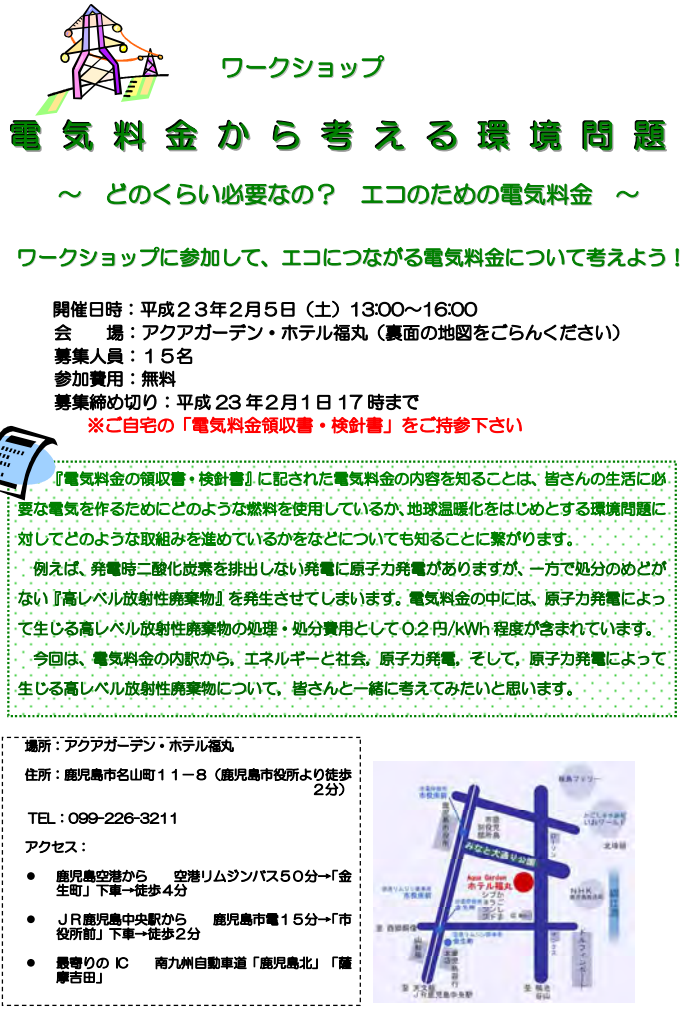


図 2　ワークショップの開催案内

ワークショップを開催する準備として、その内容や呼びかけ方について議論する場を 1 月 21 日、1 月 31 日に鹿児島大学にて設けた。この時に、「テーマやワークショップ自体の内容についてコミットすることができ、変更の余地があること」を基本姿勢とした。プロジェクトメンバーにて作成素案を提示した上で、議論を行った。　この「事前準備会合」という考え方は、鹿児島大学中武らが、「産学連携・地域貢献を指向したアウトリーチ活動「糸島サイエンスキャラバン」のモデル構築」(地域科学技術理解増進活動推進事業、独立行政法人科学技術振興機構)(中武貞文, 2008)にて行った手法と近いものである。

「電気料金から考える環境問題」というテーマ設定については、親しみやすいという意見が多く挙げられた。また、「高レベル放射性廃棄物」及び関連する言葉（「電気のごみ」）についての意見が出され多くの議論の時間を費やした。

加えて、事業者や廃棄物処分に留まらず原子力に関する各種制度についても多くの意見や質問が出された。これらについては、プロジェクトメンバーが応えうる範囲で情報を提

供する形態を取った。

プロジェクトメンバーにて作成したワークショップ素案を示したところ、「金銭的な価値」については、議論の俎上に挙げることは難しいため、アンケート等に加える方が望ましいとの意見が寄せられた。また、様々な角度で問題を捉えることができるため、まずは「電気料金」と「高レベル放射性廃棄物」の現状を伝え、そこから湧き上がる議論で「自然体」で語り合いたいという意見もあった。

当初、進行スケジュールを設定することを検討していたが、参加者の参画意識、自発的な議論を尊重することを考えた場合、ある程度の「緩さ」、「遊び・余地」が必要であると考え、議論に条件を付したりするような進行は行わず、大きな議論の枠組みを準備することとした。この他、チラシのタイトルに「ブレ」があるという指摘や、主催を明確にすべきという指摘を受けて、一貫性を持たせる内容へ修正を行うこととした。

（スライド 13，14，15，16）

前項の準備を経て、平成 23 年 2 月 1 日にワークショップを開催した。この開催内容については本章末に資料として掲載している。前項で示した 3 点の検証項目「想定した顧客層が集客し得たかどうか」、「参加者が『親しみ』や『自らの問題意識』を持って HLW 問題を捉えることができたか？」、「より進んだ理解やさらなる行動変容へと繋がったか？」については達成することができたと考えている。さらに、実施にあたって ICT の活用、携帯ゲームの活用の可能性についても示すことができた。

小規模で多数の頻度を地域内で行うことを目指し、2 回の事前準備会合と 1 回のワークショップを実施した。原子力分野や HLW になじみのないとされていた人々、そして、原子力に反対の立場を取る人が参加し、語り合う空間を設けることができた。さらには、ワークショップ以降も連絡を取り合うなどの関係性を保っている。単発のイベントというよりかはむしろ、「寄り合い」という言葉が今回のワークショップを表す言葉かもしれない。HLW に関する理解増進活動は各地で展開されている。全国的には各所を回る「キャラバンスタイル」も試みられてはいるが、その地域にて継続的に行われているとは言い難い。今回の我々の実施したスタイルは、中核となる人材（中武他プロジェクトメンバー）が地域の中にて自律的に活動する際の一つのモデルとなると言えよう。



写真 1　ワークショップの風景

さらに、情報提供と討論のバランスについても場の目的に合わせた設定が必要であることも浮かび上がってきた。複数回の準備会合・ワークショップを観察していくと、初期は

事務局側からの情報の提供時間（つまり説明の時間）が多いが、次第に討論の時間の比率が高まっていく傾向があった。図 1 にこれら情報提供と討論との時間比率の変化イメージを記した。これを別の視点から捉えると、画一的にワークショップをデザインー例えば類似のワークショップなどは、情報提供から議論という流れが固定化しているーするのではなく、対象の学びに併せた自由度の高いデザインを行うことが有効であることが見えてきた。

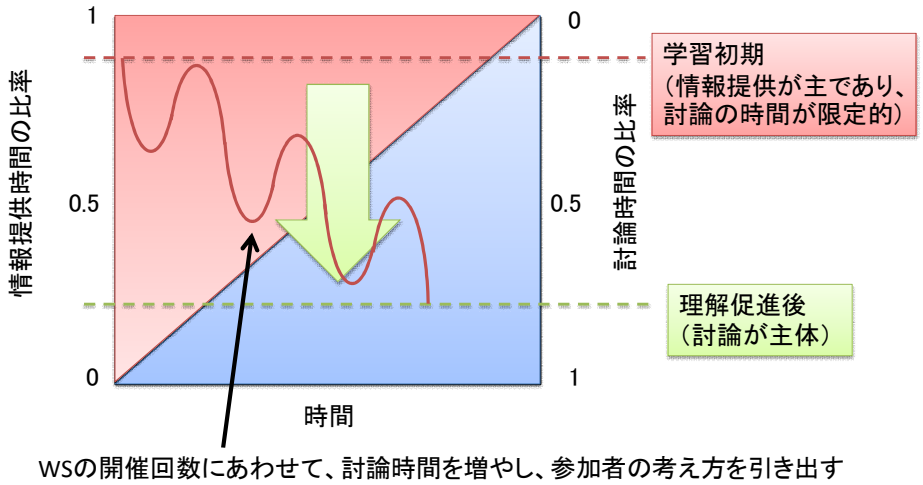


図 3　情報提供と討論の時間比率とその変化のイメージ

しかしながら、こういったワークショップのデザインや開催といった中核となる人材がどこにいるか、そしてその行動のインセンティブは何かという点については、考察する材料を充分に持たず、今後の研究の推進が必要であるし、可能性としての言及に留まるが、例えば、科学技術コミュニケーション分野における専門家と市民との対話の取り組みは学ぶべきところがあると考える。

（2）　フィールド調査

ここからは平成 23，24 年度のフィールド調査について述べていく。この「フィールド調査」については、「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論」に資すると思われるセミナー、シンポジウム等を選定し、その情報を収集したものである。筆者は教育論以外の観点から「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論」を捉えようと、1）手法（ディベート大会）　2）新規技術の普及（低速電気コミュニティバス）3）政策形成の新規動向（科学技術イノベーション政策）4）科学技術コミュニケーションの動向　の４つを取材対象とした。

1） 調査結果

1． 調査事例：手法（ディベート）の観点～「九州農業活性化策を問う！第 2 回パブリック・ディベートフォーラム」

「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」のフィールド調査の一環として，2012 年 9 月 29 日に開催された「九州農業活性化策を問う！第 2 回パブリック・ディベートフォーラム」に参加した。中武が兼ねてから交流をしている KAGOSHIMA 熱闘会議会員の梅野氏からの情報提供によって，本事業を知り，梅野氏らのディベートチーム「キャプテン九州」に随行する形態で本事業に観察者として参加した。

この事業の主催はパブリック・ディベート・フォーラム実行委員会であり，共催として（社）九州経済連合会や日本パブリック・ディベート協会，後援として JA 福岡中央会が名を連ねている。事業目的にはこうある「政策提言型パブリック・ディベートとは，一般市民にも聴き取りやすく，理解が容易なスピーチを展開し，社会の問題を解決するための政策について討論するゲームである。伝統的なディベートのスタイルから自由になって，このようなディベートを行うことによって，市民として社会の諸問題について考察を深めることを目的とする。」とある。文中にある「市民として社会の諸問題について考察を深める」ことこそ，我々が目指すところの「科学技術ガバナンス」の根幹であると考えている。観察者として「キャプテン九州」のディベート試合を観察した状況と印象について以下に記す。

・ ディベートとは

日本ディベート協会の HP によると，ディベートとは，「①集会や議会等の公共的(public)な議論を行う場において、何らかの論点、課題について、②対立する複数の発言者によって議論がなされ、③多くの場合、議論の採否が議論を聞いていた第三者による投票によって判定されることに集約される[4]。」とある。

・ 今回のルールと構成について

ルールと運営や構成については，当日配布資料を参照。今回のテーマは「九州農業活性化策を問う」である。

・ 「キャプテン九州」対「修猷館高校チーム」

先行は修猷館高校チーム，九州の農業の問題点を，新規就農者が伸びていないこと，そして九州ブランドがないという点に絞り，その対策としてこれらの仲介や指導を行う新たな組織の設置について訴えた。機能性に特化した商品開発の重要性にも言及した。よく調査を行い，論理構成がなされた主張ではあったが，農業問題を産業問題の一部として捉えていないところがあと一歩という印象を受けた。

一方，後攻のキャプテン九州，地方議員のネットワークと聞いているが，こちらは農業問題を社会問題と捉え，「子供達を強制的に農村に一定期間居住させる」という大胆なプランを提案した。政策を熟知した議員という立場からこそ産まれる「社会システム」としての提案は，大枠としては多くの共感者を得たのではと感じた。ただし，

[4] 日本ディベート協会の HP よりの引用　http://japan-debate-association.org/intro/intro1.htm　（確認日 2012 年 10 月 2 日）

質疑においては，高校生側が産業問題として限定的に質問を仕掛け，キャプテン九州側が，全体や社会システムとして回答しようとする「かみ合わない議論」が見えたが，最終的には双方が「補完しあう」ことを認めているとの印象を持った。





写真 2　論戦の準備を行うキャプテン九州のメンバー（右から梅野氏，江口氏，藤井氏，赤司氏，森氏）

写真 3　質疑を行うキャプテン九州のメンバー（右から森氏，赤司氏，江口氏）

・　「科学技術や専門家」という視点

今回の事業では，双方のチームの「政策提案」は，チーム内の分担や連携作業で作られているようであった。そのため，提案の主張の前半で「・・・の資料によると」という根拠や引用を示す発言があった。例えば，会場に今回のテーマに専門的知見を有する者がいれば，最新のデータや解釈が各チームにフィードバックされ，議論の質がさらに向上するのではと感じた。私が以前行ったワークショップでは，テレビ会議で専門家のコメントを得られる環境を構築し，有効であった。そのことからも「専門家」の組み込みというオプションも検討されてしかるべきではないだろうか。

・　この事業からの学び

高校生と社会人との間でもディベートが成立したことからも「ディベートという議論の枠組み」を活用することによって，活発な議論が可能であることを得た。しかしながら今回は，共にディベートというルールを理解している者同士，そして審判という共通基盤があったことには注意しなくてはならない。一般の討論や議論の場における「共通基盤」とは何かについて，より深い論考を重ねていく必要を感じた。

（今後の課題）

最後に，参加者に「相手との議論は成立したと思うか」という問を行うようなインタビュー調査を行うことができれば，さらに深い考察が可能ではないかと感じた。

２．　調査事例：新しい技術導入～「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域「4E サロン」

2012 年 11 月 17 日（土）に JST 東京本部別館にて開催された「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域「4E サロン」に参加した。JST とは、独立行政法人科学技術振興機構の略称であり、この JST の中に社会技術開発センター（通称：RISTEX）が設置され、このセンターにて主導される「研究領域」の一つが「地域に根ざした脱温暖

化・環境共生社会」である。この成果を広く社会へ発信する事業が「4E サロン」である。4E とは、Energy, Environment, Economy and Evolution の頭文字を意味している。参加した 4E サロンのテーマは「低速電気コミバス導入で地域の課題解決へ」であった。

4E-SALON
Energy, Environment, Economy and Evolution

写真 4　「4E サロン」のロゴ（JST ホームページより）

低速電気コミュニティバス導入で地域課題解決を行うことを目的として「蓄電型地域交通タスクフォース」が研究領域下で展開されている。その導入過程に市民と専門家との交流や、地域の科学技術リテラシーがどのように機能しているかを調査することを目的にこのサロンに参加した。サロンの次第は以下の通りである。

■コーディネーター： 川村　健一　広島経済大学 教授（領域アドバイザー）
■プログラム：
話題提供１「地域の課題解決に向けた低速 E コミバスの可能性」（15 分）
川村　健一　広島経済大学 教授
話題提供２「低速８輪コミュニティービークル開発の経過と普及の仕組みづくり」（20 分）
上坂　博亨　富山国際大学 教授
（「小水力を核とした脱温暖化の地域社会形成」プロジェクトグループリーダー）
話題提供３「低速８輪コミュニティービークル実証実験事例のご紹介」
その①［群馬県桐生市］ 宝田　恭之　群馬大学工学部 教授（35 分）
（「地域力による脱温暖化と未来の街ー桐生の構築」プロジェクト代表者）
その②［富山県黒部市］ 上坂　博亨　富山国際大学 教授（35 分）
全体討論（50 分）

図 4　4E サロン「低速電気コミュニティバス導入で地域の課題解決へ」の概要

（右）図 5　「低速電気コミュニティバス導入で地域の課題解決へ」より群馬大学宝田教授の資料より引用

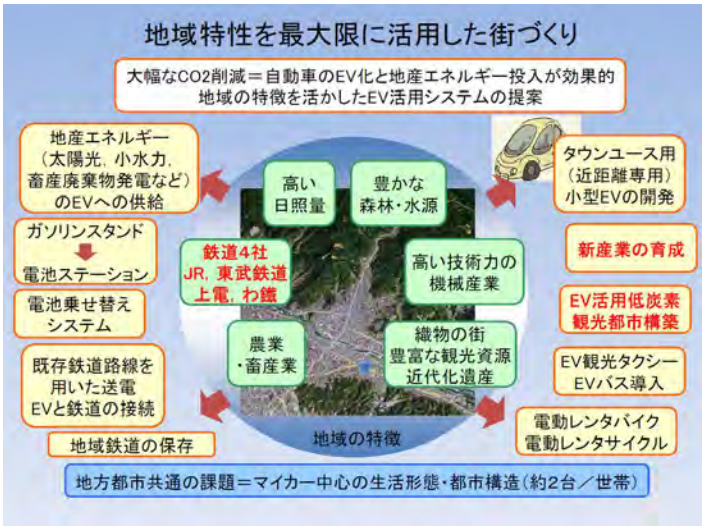




写真 5　実証試験に用いた電池交換式８輪電動コミバス

群馬大学宝田教授資料より引用

サロン中に、地域のこれまでの技術力が背景となって低速電気コミュニティバス導入の機運が高まってきたことを伺い、現時のサロン終了後に、登壇した宝田教授に改めて質問したところ、「群馬県桐生地域は、織物産業が栄えた地域であることから、これらの歴史、経緯が、低速電気コミュニティバスの実証実験の下支えになった可能性がある。」そして、「新たな技術を他地域に先んじて採用してきたという気風のようなものがある」とのご意見を頂いた。さらに、低速電気コミュニティバスという具体的な物体が市民の眼前に示されたこと、そして体験ができたことが、技術の普及に寄与した可能性があることも指摘された。このことから、地域交通という分野的、空間的な局所性を有する問題についても、「気風」と称された「科学技術リテラシーのようなもの」が導入・普及過程に影響を与え、さらに、地域全体の行動（実証試験の実現）に寄与している可能性を得た。

これまでの科学技術ガバナンスのイシューとして扱われている原子力発電、高レベル放射性廃棄物、遺伝子組み換え食品、再生医療などの他にも、科学技術ガバナンスの問題として捉えることのできる事象があることについても調査、検討が必要と考えている。

３．調査事例：政策の科学～第１回 STI 政策シンポジウム「科学技術イノベーション政策と地域の持続的な成長」

2013 年 2 月 21 日に、福岡県福岡市にて開催された九州大学科学技術イノベーション政策教育研究センター主催の第 1 回 STI 政策シンポジウム「科学技術イノベーション政策と地域の持続的な成長」に中武が参加した。九州大学科学技術イノベーション政策教育研究センター(CSTIPS: Center for Science, Technology and Innovation Policy Studies)は、近年の科学技術イノベーション政策への期待、そしてその解決に必要な政策を客観的根拠（エビデンス）に基づいて立案・実行できる人材の育成への期待を受け、「科学技術イノベーション政策における『政策のための科学』」の推進のための拠点の一つとして、文部科学省の支援を受け、九州大学に平成 24 年 4 月に設置された学内共同教育研究施設である。

開催案内には、今回のシンポジウムについて、以下の通り記述されている。

> *本シンポジウムでは、まずイノベーション研究の第一人者である後藤晃教授に、今日、科学技術イノベーション政策が重要とされている背景や、人材育成の課題などにつき基調講演を頂きます。また、九州地域を代表する企業の方々から、イノベーションを推進する上での課題と、政策担当者及び大学に求めるものをご提起頂きます。さらにパネル討論では、政策を推進する行政機関の方々のご参加を得て、科学技術イノ*

ベーション政策が企業・地域の持続的な発展を実現する上で果たす役割について議論を深めてまいります。

本研究「科学技術ガバナンス形成のための科学教育論の構築」を考える上で、最終的に教育を享受する対象としては，初等・中等教育から大学・大学院，そして生涯学習までが考えられ,それら領域をカバーしようとする視座が必要と考えている。それを考える際に，今，イノベーション分野で行われようとしている「政策の科学」と「客観的根拠（エビデンス)」というキーワード、そして「政策を推進する行政機関の方々のご参加を得て、科学技術イノベーション政策が企業・地域の持続的な発展を実現する上で果たす役割について議論を深めてまいります。」との取り組み姿勢は、ヒントになると考え，上記シンポジウムに参加した。

表 1　「科学技術イノベーション政策と地域の持続的な成長」の概要

開催日時	2013 年 2 月 21 日（木)　13：00～17：00
会場	博多都ホテル　4 階　桔梗の間
主催	九州大学科学技術イノベーション政策教育研究センター
講演者・パネリスト	後藤　晃（政策研究大学院大学　教授） 野田　幸之輔（株式会社安川電機　執行役員・技術開発本部開発研究所　所長） 隈　扶三郎（株式会社西部技研　代表取締役社長） 桑原　輝隆（文部科学省科学技術政策研究所　所長） 森本　廣（財団法人九州経済調査協会　理事長） 永田　晃也（九州大学 CSTIPS　センター長）

注）九州大学科学技術イノベーション政策教育研究センターホームページより引用
http://www.sti.kyushu-u.ac.jp/regist/1st_sti.php　（確認日：2013 年 3 月 2 日）

有川九州大学総長の挨拶の後，シンポジウムに先駆けて行われた基調講演では,「イノベーションと大学の役割」というテーマで，政策研究大学院大学の後藤晃教授が，日本のイノベーション・システムの課題を「人材」と「協同」というキーワードでの解説を皮切りに，これからの大学が「イノベーション」にどのように向き合うべきかが語られた。印象的だったのは，大局的な歴史と近年の産学連携施策の陥った課題について「知的財産（特許）に重きを置きすぎ」と指摘された点である。この点は、産学連携実務家の間でも問題として提起されることが多いものであり、筆者としても共鳴する指摘であった。次に安川電機株式会社の野田氏と西部技研株式会社の隈氏の講演。企業側の技術開発の発展の軌跡を知らされると共に，企業側だけで解決・対応できない領域の存在を想起させ、政策サイドや大学の役割を考えさせられる発表であった。　基調講演、企業の発表者



写真 6　「科学技術イノベーション政策と地域の持続的な成長」の風景（筆者撮影）

に、文部科学省科学技術政策研究所の桑原所長と九州経済調査協会の森本理事長が加わりシンポジウムが行われた。筆者は，平成 23 年度に科学技術政策研究所の客員研究官を務めており、桑原所長の発表には非常に注目していた。世界的な科学技術政策形成のトレンド，そして政策研究所が積み上げている蓄積データの概要が報告され，その中で昨年携わった地域における産学連携の動態に関する調査結果が紹介された。パネルディスカッションでは，永田教授の冷静、かつ安定した進行から，登壇者がそれぞれのお立場から最新の知見を披露，非常に得るものが多いパネルディスカッションでしあった。特に，九州経済調査協会の森本理事長の「歴史に顧みる視点」の提起は，現在の状況だけでなく、そこに至った経緯を踏まえることの重要性を再認識することが出来、大変参考となった。さらに，地域のみならずそれが世界の中の一要素であることを訴えておられた桑原所長のバランス感覚，そして現場の企業の思いを素直に言語に落としこんでいる野田執行役員，隈社長の生きた現場のメッセージの強さを感じた。永田先生が設定されたアジェンダを全ては網羅するところまでいたらなかったが、シンポジウムにて参加者に訴えようとした「イノベーションの重要性とそれを産み出す土壌を作る政策の重要性」については、伝わったのではないかと感じた。

・この事業からの学び

このシンポジウムは、主にイノベーション分野における「政策の科学」を扱ったものであったが、この中にも「科学技術ガバナンス」の重要な要素を確認することができる。我々は、「科学・技術と社会が接する領域には、『不確定要素を含み、科学者にも単純には答えられない問題ではあるが、今現実に社会的な合意を必要としている問題』があり、これらを解決していくにあたり、科学技術ガバナンスの確立が求められている。」という問題意識を有してこの研究を開始している。当然、研究者が創出した「知」を用いて社会に活力を与えようという我が国の「イノベーション戦略」も、科学技術ガバナンスの一つの表現形態と捉えることができる。この分野においては、科学技術基本法の成立以降、「イノベーション」や「産学連携」をキーワードにした政策が展開されており、筆者自身もその政策から産み出された人材といっても過言ではない。これら「イノベーション」や「産学連携」がどのように進展してきたかを調査、整理することも科学技術ガバナンス形成に資する科学教育論の背景として活用できる可能性がある。こう結論づけるには一つの理由がある。アメリカで近年示され「科学技術人材育成戦略－科学、技術、工学、数学（STEM）分野卒業生の 100 万人増員計画」には、イノベーションを通じた国力の強化というが内在されている。

> *「米国ではエンジニアリングやヘルスケアなどの分野は、将来的にも市場が拡大する教育上の重要分野とされており、それらの分野を支えるのは Science, Technology, Engineering, and Mathematics （STEM）教育であるとの認識がある。そのため、STEM という具体的な分野のイメージを明確化した上で、その教育の充実が米国の科学技術分野での優位性を維持する方策であるとし、さらに STEM 分野で輩出すべき人材数も必要とされる労働人口予測に基づいて明確に目標設定されている。*
>
> (President's Council of Advisors on Science and Technology, 2012)

(千田有一, 2013)

科学技術教育の主目的の一つとしてイノベーションが明確に埋め込まれ、そしてその達成のための手段として、「STEM 分野と 100 万人」が目標として設定されていることは、我が国の科学技術ガバナンスを考える上でも重要な示唆を与えるものと考えている。イノベーション分野、かつ山積する不確定さを孕むリクス問題までを包含する我が国の科学技術ガバナンスに向き合うためのアプローチとして、我が国なりの「STEM 分野なるもの」を作り上げるという検討も行うことができれば、さらに、知見を得ることができると考えている。

4．調査事例：科学技術コミュニケーションの動向～サイエンスアゴラについて

科学技術ガバナンスと理科教育を考える上で、2000 年頃から使用されるようになった「サイエンスコミュニケーション」にも言及する。小林の定義によると、「科学技術の専門家集団が自分たち以外のさまざまな集団や組織と科学技術に関して意思疎通をはかる活動」(小林, 2007)とのことである。このサイエンスコミュニケーションがどのように日本で普及していったかという経緯については、渡辺(渡辺, 2008)やサイエンスコミュニケーションの形態の一つであるサイエンスカフェに関する中村(中村, 2008)の論文が参考になる。そして東京お台場地域で開催されているサイエンスアゴラというイベントでは、一年に一度全国のサイエンスコミュニケーションの実践事例が一同に集まり、公開されている。このサイエンスアゴラについても、その取り組みの意義や意味、事例についていくつかの論考(美馬, 2008)(長神 & 谷村, 2009)が示されている。このサイエンスアゴラの 2012 年からの開催方針にはこうある。

> *わたしたちにとって本当に役立つ科学コミュニケーションとは何か、全国各地域における自律的な活動の活性化を促進させるにはどうしたらよいかをより追求していくなかで、前回のサイエンスアゴラ 2012 より下記の 2 点を打ち出しました。*
>
> *1．「伝える」とともに「つくる」へ広げる*
> *知識や楽しさを「伝える」ためのコミュニケーションをはかるとともに、科学についての対話や議論を行うことにより、よりよい将来社会をともに「つくる」ためのコミュニケーションにも範囲を広げていきます。*
>
> *2．交流促進と発展活動*
> *多様な科学コミュニケーション活動が集結するサイエンスアゴラでの交流から新たな連携が発展し、全国各地域において科学コミュニケーションが活性化することにつなげます。*
>
> (サイエンスアゴラのホームページ(“サイエンスアゴラ,”)より)

科学技術ガバナンスの形成、そして理科教育を考えていく上で、このサイエンスアゴラの開催方針に掲げられた「2 点」を確認したいと考え、2013 年 11 月 9 日、10 日に開催された事業の視察を行った[5]。

【現地視察】

・変化と驚き

[5] 日程の都合上、視察を行ったのは 2013 年 11 月 9 日の 1 日のみであった。

サイエンスアゴラは初期に参加した経験があるため初めてではなかった。しかしながら、初期から比較すると規模も種類も増加していると感じた。研究者のブースが増えていること、それも大型予算にて行われている最先端研究のアウトリーチの場が設定されていることに非常な驚きを感じた。FIRST（最先端研究開発支援プログラム）やWPI（世界トップレベル研究拠点プログラム）という日本を代表する研究の、それも当事者が会場で一般来場者に語りかける姿、それも「楽しそうに語りかける姿」の持つ意味について調査、考察を深めたいと考えたところである。筆者も数多くの産学連携や研究展示の場に関わることが多い。その中では「研究が忙しい」、「学生指導が忙しい」、「知的財産の問題をクリアしていない」と研究者に参加を断られる場がしばしばである。そのため、研究者、しかも日本を代表する研究者が一般向けのイベントに来る、しかも「楽しそうに語る」というシーンの理解に適切な解を見いだせないでいる。今後の調査研究の対象として、「研究者毎のアウトリーチの意識差」を定量的、質的に解き明かしていくことを目指したい。今回、残念なことに、最も画像として残したいと考えていた研究者と一般来場者の交流の場面は、主催者からの要請で写真撮影することができなかった。



写真 7　サイエンスアゴラの主要会場の日本科学未来館と来場者カード

・取り組みの創意工夫やこどもの参画

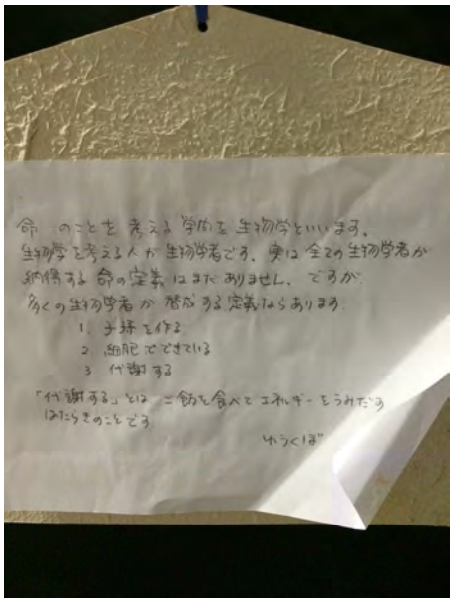
サイエンスコミュニケーションにおける各種取り組みに積極的な創意工夫が行われるようになっている。写真 8 には「みんなのぎもん」ブースの全景を示す。この 1 枚 1 枚の絵馬風のカードの表面には、こどもたちの理科に関する質問が記されている。会場に来たこどもたちがこのカードを記しているとの担当者の説明であった。この質問カードの裏面には、回答を記入する欄が用意されており、この質問に自信を持って回答ができる者が回答を書き込む仕組みとなっていた。例えば、「いのちとはなんですか？」との質問に対する回答が（左）写真 9 になる。回答には、「命のことを考える学問を生物学といいます。生物学を考える人が生物学者です。実は全ての生物学者が納得する命の定義はまだありません。ですが、おおくの生物学者が賛成する定義ならあります。１．子孫を作る　２．細胞でできている　３．代謝する　「代謝する」とはご飯を食べてエネルギーをうみだすはたらきのことです。」とある。



写真 8「みんなのぎもん」ブースの全景

この回答を記入した方は高い専門的な知識を有する生物学の専門家であることが想像できる。こどもと専門家とがこのような掲示板で交流をしている、ということは実際ないと

考えられる（質問したこどもがこの掲示板を必ずみるとは言えない）が、このような掲示板的な交流を見ることを通じて、不特定多数が、科学的知見や技術を知る契機になることに加え、専門家の「真摯に語ろうとしている姿勢」を知ることは、科学技術ガバナンスの形成にあたって必要と考えられている「専門家への信頼感醸成」に寄与すると考える。



（左）写真 9　質問カードに対する回答の一例

・高レベル放射性廃棄物に関する事項

サイエンスアゴラでの展示の分野は多岐にわたっていた。ここではその全体を示すことはしないが、1 点のみコメントする。本プロジェクトでは、高レベル放射性廃棄物の地層処分の問題をこれまで扱ってきた経緯がある。その地層処分事業の PR を行う展示がサイエンスアゴラでも行われていた。(左) 写真 10 にその展示の様子を示す。内部に展示品を収納することが可能な移動車両での展示が行われていた。実物大のキャニスター（ガラス固化体の収納容器）模型や処分の概要に関する映像を見ることができた。来場者へ地層処分に関する意識調査も行われていた。新しい移動車両も計画されており、年度内に使用開始となる見込みであるとの担当者のコメントであった。



（左）写真 10　サイエンスアゴラに出展していた地層処分の展示

（3） まとめ

中間報告の段階で以下を提起していた。筆者の事情により、「ディベートに関する事項」と「科学技術を利用し地域が一体となって課題を解決した事象の調査」に、補強する内容を得るには至っていないが、サイエンスアゴラへの調査でそれ以外の項目についての情報は付加することができた。さらに、新たな研究展開の糸口（研究者毎のアウトリーチの意識差他）を得ることができた。

本年度、理論検討は実施していないが、フィールド調査において本研究の新たな端緒となる事象を獲得することができた。それらの事象から、以下の項目について調査を拡大し、さらに先行研究を再度確認する作業を行い、本研究に資する知見を蓄積していきたい。

・ディベートに関する事項

必ずしも科学技術をテーマとしていないが、「ディベート」、「熟議」、「ワークショップ」といった取り組みが行われているのを各種メディアで観察している。今年度、参加したパブリック・

ディベートフォーラムと同様に、現地取材を行い、関係者への聞き取りを行うことを通じて、その関係者間の構造を明らかにすること行いたい。

・科学技術を利用し地域が一体となって課題を解決した事象の調査

「4E サロン」で確認した新規技術の実証から、地域が一体となって地域課題を解決しようという動きがあることが明らかとなった。この「地域が一体となって取り組むこと」の全体構造とその中で科学技術がどのように扱われているかをインタビュー、アンケート手法を駆使して明らかにしていきたい。

・原子力分野、高レベル放射線廃棄物に関する会合の開催

これまでの研究成果、そして前 2 項の取り組みを踏まえ、高レベル放射性廃棄物問題を主テーマとする会合を開催し、参加者の意向や属性を調査する。

・上記の項目に関係する先行研究の確認、セミナー等への参加による最新動向の調査

前 3 項に加え、先行研究や最新動向の情報収集を継続する。

以上

「引用文献・参考文献」

President’s Council of Advisors on Science and Technology. (2012). “Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics.”

サイエンスアゴラ. Retrieved from http://www.jst.go.jp/csc/scienceagora/

国立大学法人静岡大学. (2010). HLW 地層処分地選定に関する 日本型合意形成モデルの構築（文部科学省原子力基礎基盤イニシアティブ）.

小林傳司. (2007). 科学技術とサイエンスコミュニケーション(<特集>サイエンス・コミュニケーション). 科学教育研究, *31*(4), 310-318.

千田有一. (2013). 米国における科学技術人材育成戦略―科学、技術、工学、数学（STEM）分野卒業生の 100 万人増員計画―. 科学技術研究動向, 17-26.

中村征樹. (2008). サイエンスカフェ-現状と課題（特集 サイエンス・コミュニケーション). 科学技術社会論研究, (5), 31-43.

中武貞文. (2008). 産学連携・地域貢献を指向したアウトリーチ活動「糸島サイエンスキャラバン」のモデル構築.

長神風二, & 谷村優太. (2009). 相互交流と情報交換の場の創生によるサイエンスコミュニケーションの活性化-サイエンスアゴラ 2006 から 2007,2008 へ. 科学技術コミュニケーション, (5), 3-18.

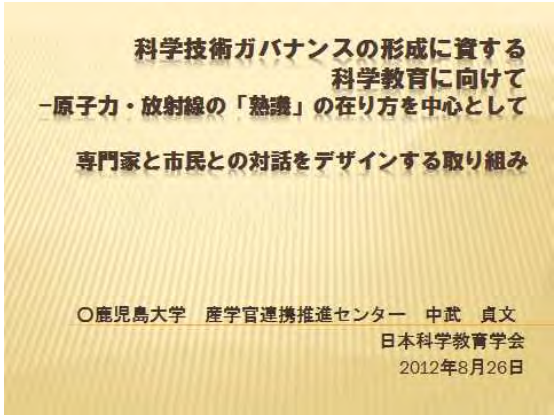
渡辺政隆. (2008). 科学技術理解増進からサイエンスコミュニケーションへの流れ（特集 サイエンス・コミュニケーション). 科学技術社会論研究, (5), 10-21.

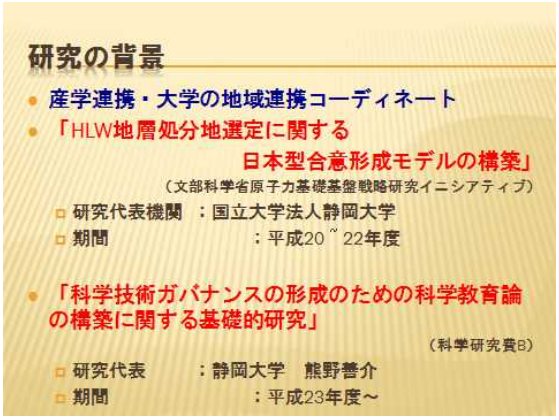
美馬のゆり. (2008). サイエンスアゴラ-科学と社会をつなぐ広場をつくる（特集 科学コミュニケーションとメディア). 学術の動向, *13*(7), 34-39. doi:10.5363/tits.13.7_34

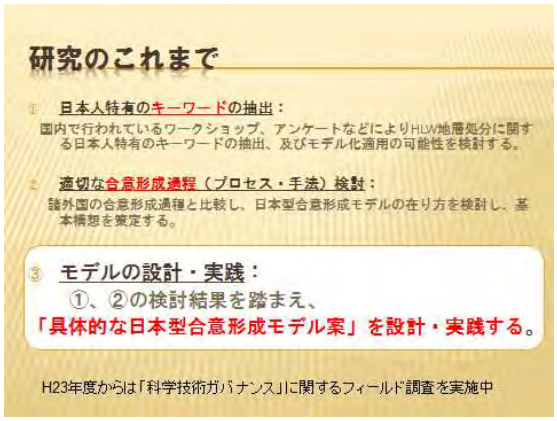
「謝辞」 本調査を実施するにあたり取材、インタビューに協力頂いた個人、組織にこの場をお借りして御礼申し上げます。

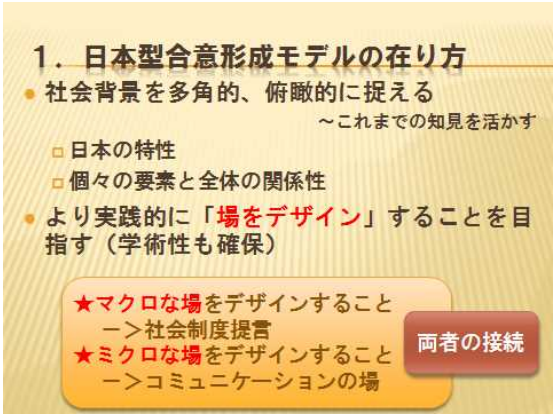
資料１：

「科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育に向けて–原子力・放射線の「熟議」の在り方を中心として　専門家と市民との対話をデザインする取り組み」（2012 年 8 月、日本科学教育学会）の発表資料[6]

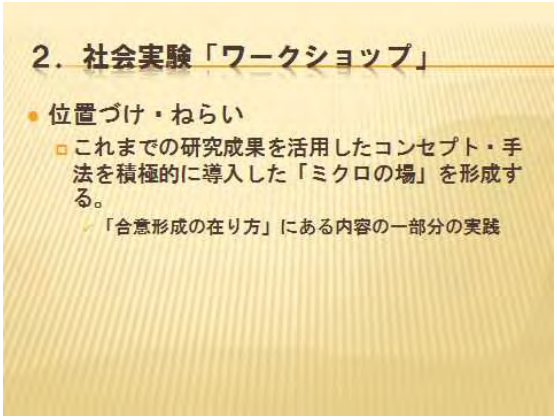








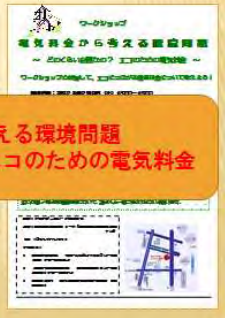




6 スライドの順番は左上->右上->左下->右下・・の並びとなっている。

社会実験「ワークショップ」

- 日時
  2011年2月5日
  13:00~16:30
- 場
- 呼



- 開催事務局から知人・友人を介して案内
- 事前準備会合の開催からの紹介・案内

開催までの流れ



事前準備会合

- 内容や呼びかけ方についての議論
  - 1月21日（4名）、1月31日（4名）に鹿児島大学にて開催
- 基本姿勢
  - テーマやワークショップ自体の内容についてコミット可能
- 考え方
  - 鹿児島大学中武らが、「産学連携・地域貢献を指向したアウトリーチ活動「糸島サイエンスキャラバン」のモデル構築」（地域科学技術理解増進活動推進事業、独立行政法人科学技術振興機構）にて行った手法と近い。

事前準備会合での意見等　1

- テーマについて
  - 「電気料金から考える環境問題」というテーマ設定については、親しみやすいという意見
  - 「高レベル放射性廃棄物」及び関連する言葉「電気のごみ」についての意見が出され、議論の時間を費やした。
    - 「用語の使い方に一貫性がない」
  - 廃棄物処分に留まらず原子力発電事業全般に関して多くの意見や質問が出された。
    - これらについては、プロジェクトメンバーが応えうる範囲で情報を提供した。

事前準備会合での意見等　2

- 議論の進め方について
  - プロジェクトメンバーにて作成したワークショップ初期案に対しては否定的な意見が多かった。
    - 想定テーマ「電気料金・価値の議論のみの構成」から「電気料金」と「高レベル放射性廃棄物」の現状を伝え、そこから湧き上がる「自然体な議論」を目指すことで計画を修正した。
  - 進行スケジュールについても、参加者の参画意識、自発的な議論を尊重することを考え、ある程度の「緩さ」、「遊び・余地」が必要であると結論
    大きな進行の枠組みのみを提示する。

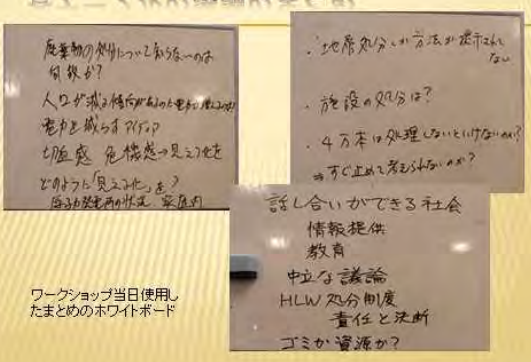
社会実験　ワークショップ

- 参加者　１１名
- 議論の進め方
  - 主旨説明ー＞概要情報共有ー＞3テーブルに分かれてのディスカッションー＞全体情報共有
  - 必要に応じてネット会議による遠隔地からの技術的知見サポート

参加者の背景
•有機野菜の栽培を行っている女性
•エネルギー問題に興味のある女性
•大学生（男性）
•環境プロジェクトに関わる公務員‥



各テーブルの議論のまとめ



ワークショップ当日使用したまとめのホワイトボード

設計した内容は機能したか－４つの視点

①想定した顧客層が集客し得たかどうか？
②参加者が「親しみ」や「自らの問題意識」を持ってHLW問題を捉えることができたか？
③より進んだ理解やさらなる行動変容へと繋がったか？
④実施に際しての工夫
　１）ICTの活用
　２）携帯ゲームの活用

展開

- 3月11日　東日本大震災
- 3月25日　「緊急会合」開催

ワークショップ参加者からの呼びかけ

「今だからこそ議論をしたい」との声に応じた緊急会合を開催

- 「今、起こっていること」
- 「何が不安か」　について討論を行った。

自発的な動き

まとめ・・これからに向けて

- 日本型合意形成の在り方
  - 「取り扱い区分」
- 小規模・多頻度の草の根型活動
  - 事例の蓄積・・ミクロな場の仮説検証
  - デジタルツールの活用
- 様々な意見聴取
  - 今回の発表に関しての意見を頂き、さらなる今後の展開に組み込みたい。

科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究

－日本における科学技術ガバナンス論の定着化に向けて－

興　直孝
公立大学法人静岡文化芸術大学

（1）　はじめに

この研究チームの前身は、原子力委員会の政策遂行を目標に、平成２０年度からスタートすることとなった「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」に応募してみようかと研究者の方々が東京に集った時に事実上誕生したのである。お互いの研究活動を紹介すること、いわばゼロそのものからのスタートであった。そんな集団が、文科省の担当課長からも本気で応募するのですかとの意見も頂いたのであったが、２０年７月の採択課題の中に、旧帝大、名だたる独法研究機関の研究取組みと並んで、私達の課題「高レベル廃棄物の地層処分地選定に関する日本型合意形成モデルの構築」が、「原子力に対する信頼醸成のための社会学的アプローチ」というテーマの中にあり、動きを加速することとなった。

（2）　先行研究のとり進め

研究高レベル廃棄物処分に関し、その政策立案に携わってきた者、各種セミナーに当事者として関わった取組みの経験をもとに、この分野に殆ど関係されてこなかった教育、研究分野の方々への参加を求めた上での新たに結成された研究集団であった。しかも、国大法人及び国研独法所属の方々並びに、全国からの関心を有する方々からのこれまでの文化の異なるユニークな集団であった。研究の過程で、我が国の既存の政策アプローチや海外の事例（英国やフィンランド）を検証し、その長所と問題点とを焙り出し、その結果、本件問題の政策的解決の見通しを得るために必要とされる改善の方向を提起したのであった。

取組みの方法は、これまでの政策形成の過程を日本型合意形成モデルの原型として捉え、現在の日本社会の状況に適合させるための創意工夫、チューニングを行い、纏めたものであった。海外の事例を考慮すべき「モデル」として直接的に考え・参照し、我が国に導入しようとする白紙からのモデル構築を期待する声は評価者の意見にもあった。

我が国で先人が積み上げてきた政治システムや法体系、経済を原型として捉えた上で、初等教育段階から生涯教育段階までの科学技術教育の現状を踏まえた教育現場への取組みの実践を試み、人材育成に基づいた社会構築のあり方にメスを入れて、改善のあるべき姿を示したものであった。これまで、高レベル廃棄物処分地問題という単体の問題に関わってきた方々からの活動方向からは必ずしも見出せない、新しい着眼からの結果をとりまとめたものであった。

その研究結果としては、これほど重要な政策課題となってきた高レベル廃棄物処分地問題であり法令の整備も図られ、関係者の取組みが行われたものの壁にぶち当たった状況で、この危機的な状況を打開するためには、我が国社会の特質を活かした新たな再構築のシス

テムの整備が必要と指摘した。その具体として、次の３項目が挙げられる。

第一には、高レベル廃棄物処分地問題の解決には、高レベル廃棄物固有の問題として捉えていくことだけでは対応ができないことであり、エネルギー問題、安全保障問題という背景や人それぞれが持つ情動を踏まえるなど多様な視点で捉えるべきものとした。

第二には、高レベル廃棄物処分地選定・決定の必要条件として、電力の享受とそれに伴う責任との関係に立脚したシステムとしての処分主体再編の必要性、そしてその再編と連動した住民・市民参加型でかつ、草の根型のコミュニケーションの場の確保、そして、この問題を取り扱う信頼できる人材の登場と育成の必要性などを指摘した。

第三には、大多数の国民の方々には、エネルギー問題、特に高レベル廃棄物処分地問題を自らの課題として考える認識が高くない状況を踏まえ、国民自身が責任を持って考える方向へと変えていくための環境整備の必要性である。この取組みは、将来世代までを見据えた長期の展望の上で行われる必要があり、初等教育段階から生涯教育段階に亘って一貫してこの問題に触れ、こうした問題を取り扱う機会を常態化する仕組みを我が国に実装することや、同時に原子力分野、高レベル廃棄物処分に関する専門家自身が研究や技術開発が必要とされる背景や社会動向を充分に認識した上で、その研究成果のアウトリーチ活動を行うこと、このような取り組みを「国民的な活動」にまで昇華させ、広く、長期にわたり展開し続けることが必要であると指摘した。

（３）　科研費の研究取組みと新しいチーム編成

先行研究の取組みで鋭意参画した方々に新たに教育研究指導の専門家と放射線のリスクコミュニケーションの専門家の参画も得られ、「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」が平成 23 年度から科研費基盤Ｂのプログラムとしてスタートすることとなった。

その基本は、先行研究の成果として顕在化した「初等教育段階から生涯教育段階に亘って一貫してこの問題に触れ、こうした（国家の基本となる）問題を取り扱う機会を常態化する仕組み」に資するような取組みへの挑戦である。

現に実施されている諸施策の動きに、世界の取組みの変化に着目して、いかなる時代の変化にも対応できる人材の育成とそうした流れを強く期待する社会の構築が図られるよう期待して、チーム編成が出来上がったものと考えている。

この研究取組みを包括的に捉えるとすれば、米国における科学教育改革の流れに直視し、併せて、種々の国際的な動向にも配意し、我が国のゆるぎない基盤には科学技ガバナンスの取組み構築が不可欠なものと考え、そうした中で、個々の研究の取組みが全体として有機的な連携が取られ、最大限の効果を齎すよう、努めてきたものである。

（４）　研究の成果と総括

これまでの研究の流れの観点から、私なりの見方で取り纏めを行ってみたい。

①　エネルギーセキュリティの問題は、他の安全保障の問題と並んで、人間社会の根幹をなすものであって、社会全体として考え尽くさなければならない課題である。先行研究の終了間際に発生したあの東日本大震災と福島第一原発事故は、これまで自分たちの問題として考えようとしなかった多くの国民にとって、避けることのできない重要問題となってきたのである。

② 今回、そうした流れの中で、地域特性に配慮した大学教育として、静岡県危機管理部のイニシアティブもあり、「静岡県における防災・減災と原子力」教育のための講義科目を設け、将来の地域のこうした分野のリーダーとなるべき人材の育成を試みることができた。

学際科目としての教科書を公刊することもできたが、この中には、放射線と放射能の違い、報道と原子力防災、教育現場での防災・減災教育等多岐に亘った総合的なものに仕上がっている。更に、教育実践手法としてブレインライティング手法とプレイングストーリーカード手法を導入し、個人の見方にとらわれず、社会全体を考えた上で判断をしていくことの必要性を自ずと学ぶこと、更には、予測もなかった論理の発展を促されることによって、自在性の豊かな経験を学ぶことが多くの学生等の方々にできたものと高く評価している。正に、科学技術ガバナンスの形成を図る見通しができたものと考えている。

③ 一方社会の中における諸活動に着目し、各種のフィールド調査を行いながら、ディベートや地域と一体となった課題解決の在り様に挑戦している過程で、サイエンスコミュニケーション活動を活かそうとする努力も行われた。

研究の第一線にある方々がそれぞれの活動を楽しく伝え・作り、そして交流の促進を図ろうとするものである。　創意工夫に満ち溢れ、多様な課題に対応可能な手法であり、社会全体を巻き込む可能性の高い取組みである。私自身も数年間、静岡科学館「る・く・る」の取組みに関わったものであるが、単に科学コミュニティのアウトリーチ活動という範囲を超えて、社会問題の解決に協働で関わっていこうとするものである。これこそ科学技術ガバナンスによる取組みである。立派な研究人材の参画が鍵であり、実現を妨げる要素は見いだせない。何とか、成果につなげて頂きたい。

④ 放射線のリスク問題については、国際社会におけるリスク認知についての解析とリスクコミュニケーションの関連性からの学校教育や人材育成の取組みにも成果が挙げられてきた。

前者は、５国際機関が独自に実施してきた福島第一原発事故の調査・解析や、ドイツ連邦のリスクコミュニケーションの調査の紹介である。今なお進められている国際機関の動向を受け止めながら、嘗てチェルノブイリ原発事故の調査経験者がこうした国際機関の諸活動をリードしている実態やそれぞれの機関の存在の意義などを考慮して、私たちがどのように受止めていく姿勢を涵養する必要性にも議論が及んできた。　我が国の取組みがどのように評価されているのか、政府の情報だけに頼らずに、真摯に受止めていくこともこうした活動から、得ることができるのであった。

また、福島第一原発事故と関連した放射線のリスクコミュニケーションについては、その重要性が認められているにも関わらず、はかばかしい評価が得られていなかった原因解析を行い、放射線の複雑な単位の問題、放射線のみに関わる疫学データを検出することの困難さ、更には、低線量放射線の健康影響については、今なお未解決の問題も多いこと、そして、放射線影響の知見と規制で使われる放射線防護的な判断の違いが分り辛いことが摘出されている、流石である。そのうえで、事故前後の放射線のリスクコミュニケーションの課題を事故前後に分類して解析を踏まえて、事故後ケアコミュニケーションを必要とする段階に、事故後できるだけ早く移行するための日頃の活動の方向性が指摘されている。

これら２報の論点は平時から心がけていくべきことであるが、緊急時にあっての国民理解を得るうえでの貴重な示唆を与えており、科学技術ガバナンスのための教育・育成を含めた社会的な取組みの鍵を提示することができた、と評価している。

⑤ また、わが国の科学教育政策と海外政策動向について研究が進められた。

海外において特筆すべきは STEM 教育の重点化である。科学と技術への教育取組みに加えて、工学を盛り込んだ教育取組みとしようとする政策である。世界で活躍する研究人材の育成を視野に入れる EU の取組みと科学技術の振興のため社会基盤の整備を図ろうとする取組みの米国の政策とは趣を異にしている。これらの成果を概観した。

科学技術ガバナンスの形成に資する資質・能力の育成の観点から、PISA 評価で求められる社会的な能力に関する解析を活用して、大学生を対象とした調査を実施し、科学的な証拠に基づいて議論する力に関する知見を示し、科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育カリキュラムへの活用が指摘されたことである。

また、我が国の学習指導要領の改訂に当たって、科学技術リテラシーの向上のための基礎固めの取組みを初等中等教育において重要と考えられたことと STEM 教育の取組みとの比較から我が国の理数教育においては日常生活等の関連の重視が求められ、それに専門家との教育的な連携を進めることの指摘などが報告された。

米国の STEM 教育の取組みに関わっているチームにも研究代表者が関わり、米国の政策的な取組みの実態が明らかにされてきた。トップエリートの育成ではなく、全米のボトムアップの取組み等である。全体のレベルを上げ、１００万人の STEM 人材を育成しようとするものである。国家としての危機感からの取組みにも見えるが、これは素晴らしい戦略的な取組みである。正に、科学技術ガバナンス形成を図ろうとする何物でも無いように見受けられる。矢張り素晴らし国家である。

また、静岡県内での実践報告もされている。政策的な長期の目線を持ち義務教育段階での実践取組みの成果は魅力あるものとなろう。

⑥ これまで数回に亘って研究チーム会合を行ってきたが、個別の研究課題を纏めて戦略的に総括する段階にあって、当初目指してきた方向の成果が得られたものと考えている。科学技術ガバナンス論は、単に科学技術コミュニティの問題ではなく、人間社会の全ての事柄に活かされることが期待されるものであり、そうした趣で、研究代表者が残余の問題も踏まえて、次の取組みに当って頂きたい。

科学技術ガバナンス形成のための科学教育

－3.11 前と後とのパラダイムシフト:
米国と日本との相互比較より－

長洲　南海男
筑波大学名誉教授

（1）ガバナンス(Governance)及び科学技術ガバナンス定義

1）　ガバナンス(Governance)の定義

本科学研究費報告書において、熊野及び内ノ倉論文が取り上げているように日本の行政レベルでは、「平成 16 年度版科学技術白書」において「いわゆる科学技術ガバナンス」と述べているのが始まりと思えるが、そこでは明確な定義がなされてはいない。熊野論文ではガバナンス(Governance)について言及している。他方、ガバナンス(Governance；以下カタカナで記す)について Mark Bevir(A Theory of Governance p.40. University of California Press.2013)の定義が一般的な立場よりなされているが、紙数の関係で、より具体的な UNDP の次の定義を取り上げる。「ガバナンスはあらゆるレベルでの国の出来事を運営するための経済的、政治的それに行政的な権限(authority)の実践として定義される。ガバナンスは市民（複数）とグループが彼らの関心事を思うことを明確に述べ、彼らの法的権利を行使し、彼らの義務に対処し、彼らの相違を調停することを通した緒仕組み（メカニズム)、緒過程と緒制度規定より構成される（Margot Hill. Climate Change and Governance.p.17: Springer. 2003)。

2）科学技術ガバナンスの定義

上記ではガバナンスを残念ながら日本語訳せずカタカナ読みで記した。それはこれまで的確な日本語訳がなされていないし、日本語に適切に対応する用語が見いだされない。何故なのか？それは日本の社会科学分野及びその対象の社会の事物・現象及びシステムにはガバナンスに対応するのが見当たらないと推測される。ましてや「科学技術ガバナンス」なる日本語とカタカナを結びつけた用語は意味不明であるが、内ノ倉論文で取り上げた城山英明(2007. 科学技術ガバナンス. 東信堂)及び木林傳司(科学技術とガバナンス. 2005.5.思想 No. 973)は取り上げているが、明確な定義がなされていない。

そこで、概念規定を図ろう。上記ガバナンス概念を敷延して、「科学技術ガバナンスは市民及びグループが科学技術への関心事について思うことをはっきり述べ、彼らの法的権利を行使し、彼らの科学技術への義務に対処し、彼らの相違を調停することを通した緒仕組み(メカニズム)、緒過程と緒制規定より構成される。」それ故、「科学技術ガバナンス」は、「その国の科学技術の政策と実施に関して科学技術の専門研究者のみならず、素人の一般の人々両者が自分たちのそれぞれの法的権利を行使し、自分達（科学の専門研究及び素人両者それぞれ）の科学技術への義務に対処し、立法、行政、司法の場で、科学の専門研究者及び素人両者の相違を調停することを通した緒仕組み（メカニズム)、緒過程と緒制度規定より構成さ

れる」と規定すれば、理解し易いと思われる。なお、ここでの科学技術ガバナンス（以下「」をはずす）には、医学及び保健、健康、医療に関する技術も含み、科学技術に関する教育を含むと捉える。それは、以下に述べる米国の事例に基づくものである。

しかし、このような科学技術ガバナンスがこれまでの日本に存在してきたであろうか？そこで、このガバナンス一般或いは科学技術ガバナンスが日常的に存在していると思われる、米国の事例を明らかにしていいこう。

（2）米国の科学技術ガバナンスーその組織・機関

上記のような捉え方に立って、米国において科学技術のガバナンスに関わる組織・機関の存在を明らかにしていく。

1）政府から独立の組織・機関

1. NAS(National Academy of Sciences:全米科学アカデミー)、NAE(National Academy of Engineering:全米工学アカデミー)、IOM(Institute of Medicine:医学研究院),それにその実行組織のNARC(National Research Council:全米研究評議会)について、以下、H.P.より調査し、引用部分は「」で記し、特に上記に定義した科学技術ガバナンスに特に関わる箇所は下線で強調している。

NAS は 1863 年にリンカーン大統領が署名して成立し、合州国憲法の全米科学アカデミー設立法に基づいた非政府非営利組織である。自然科学分野が多いが社会科学も含み、2,200 名と 400 名の外国人からなり、そのうち 200 名がノーベル賞受賞者を含んでいる。

NAE は 2,000 名以上、本年で創立 50 周年となり、小学校から大学院までの学校教育の技術教育分野、科学と技術に関しての倫理及び倫理教育をも含み、さらに技術分野そのものではない幾つかのプロジェクトを有している。

IOM は 1970 年設立で、「健康と健康管理について国民の最も切実な疑問への問いかけと答えることである。会員は 1,900 名以上の会員と外国人の準会員より成っている。」なお、NAS、NAE、IOM には外国人の中に日本人を含む。

「NAS と NAE 及び IOM の機能的な部署として、NRC の使命は政府の意思決定と公共政策を改善し、公共の理解を増進し、科学、技術そして健康に関与した事柄での知識の獲得と普及を促進することになる．我々の独立性、専門家としての緒報告とその他の科学的な活動は合州国と世界の人々の生活を改善する力を有する緒政策と緒行為を啓発する。」NRC は 6 部門(divisions)あり、その一つに「行動と社会緒科学と教育」があり、この部門の下に 13 のトピック（Topics）があり、その一つに「教育」があり、この「教育」はさらに 3 部署に分れ、その一つに「科学教育部（Board on Science Education：BOS)」がある。BOS のリポート類（Reports）の 15 の中で、STEM 教育に関したのは 7 種類がある。例えば、現在の Next Generation Science Standards(NGSS)に改訂される以前の A Framework for Science Education: Practice, Crosscutting Concepts, and Core Ideas も含めて、STEM 教育研究に必須の出版物４種はここの BOS に拠っている(http://www.aaas.org/about-aaas)。なお、STEM 及びその教育に関しては、2007 年 8 月 9 日にブッシュ大統領が“America Creating Opportunities to Meaningful Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act 法案に署名し、その後オバマ政権も引き継ぎ、現在に至っている。この

法案に基づき、全米で STEM 及び、その教育が相当な財政的裏付けを受けて、展開されている。詳細は長洲が研究代表者の科学研究費中間報告書参照(長洲　2013.5.)、さらに新しい情報は熊野論文と斉藤等の論文を参照されたし。

NRC は NAS 等の様々な科学，技術に関して、専門研究者のみならず，一般の人々、さらには教員に向けて，特に STEM 教育の伝達普及を行っている。

以上のように NAS,NAI,IOM,NRC はまさに合衆国憲法に基づくが、行政の省庁とは独立した科学，技術、保健に関して実質上の科学技術ガバナンスを行っている研究組織機関と言える。

2. AAAS(American Association for the Advancement of Science:アメリカ科学振興協会:AAAS)。1848 年創立であり、現在は科学者の他に一般の人々も加わっている組織である。著名な科学雑誌の Science を発行している。AAAS の使命は 9 項目あるが特に、科学技術ガバナンスに関わるのは「〇科学者，工学者，一般大衆(the public)間のコミュニケーションを増強する。〇社会的事象のイシューズに関する科学への声を準備する。〇公的政策での科学の責任ある活用を促進する。〇科学と技術の労働力を強化し、多様化する。〇あらゆる人々に対する科学と技術での教育を促進する。〇科学と技術との公的な雇用を増加する。」(http://www.aaas.org/about-aaas　2014.3.23) であろう。なお、イシュー(ズ)とはその時点では解決が得られないが、新たな知見などにより将来解決できるやも知れぬ問題や課題を称するとすればこの用語が理解できよう。

24 の専門部門より構成され、その中で「科学と技術での一般的な興味それに教育学」等が含まれている。

AAAS には五つのプログラム（科学と政策、キャリア開発、教育学、国際、公的責務）があるが、科学技術ガバナンスに焦点化すれば、「科学と政策」プログラムの下部組織「科学，政策と社会センター(The Center of Science, Policy and Society Programs ;CSPSP)に注目する。CSPSP の役割の一つに、「現在の科学と技術のイシューズに関して議会に時期を得た客観的な情報を与え、科学及び技術のコミュニティが議会議員と共に効果的に機能するよう助力する。科学者と技術者が連邦政府の政策決定に寄与し、他方、科学と政策との相互交差について直接的な学習に寄与する。」が上げられている。(http://www.aaas.org/page/about-center-science-policy-and-society-programs 2014.3.23)。このことを具体的に行う専門職として科学技術政策フェローシップ(AAASS&T Policy Fellowship: S&TPF)と呼ばれるのがある。任期は 1 年で報酬は 74,000～99,000$(1&=100 円換算、以下同じ)740 万～990 万円（かなりの高給）である。資格は広義の科学、医学、獣医学の学位或いは実践経験を有する工学修士で米国市民が有資格でワシントンでの議会事務局と連邦行政緒機関で、彼らの知識と技術的な経験を政策決定に関わり、自分のキャリア向上スキルを行うという専門職の存在である。これは将に科学技術ガバナンスに関わる専門職と見做せる。
(http://membercentral.aaas.org/events/application-deadline-2014-15-aaas-st-policy-fellowship-year 2014.3.23)

AAAS の五つあるプログラムの一つに位置づけられているのが教育学プログラムで，そ

れには次の七つの下位プログラムがある。その中の一つに「プロジェクト 2061」がある。これについて、全米科学教育スタンダードとの相互関連については、長洲の論文を参照（2002.p.249）するとして省略するが、1996 年の全米科学教育スタンダードの発行後も将に，プロジェクトの名称の如く、「すべてのアメリカが科学，数学、技術にリテラシーを有することが出来るための科学教育の改革に焦点化した、長期的な研究と開発のプロジェクト」として、現在も今後将来に渡って継続中である。

3. NSF(National Science Foundation;全米科学財団)

NSF は 1950 年の議会により、以下のことを造り出す独立の連邦部署として作られた。科学の進展を促進する、国民の健康，繁栄、福祉を前進する、国家の防衛を確保する。資金額は 2014 年度での年間の予算は 72 億$、円換算で 7,200 億円、それはアメリカの大学（College;短大も含む）のすべての連邦政府支援の基礎研究の約 21%。*もう一つの必須の使命はK（日本で言う幼稚園段階であるが、初等学校に組み込まれている学年）学年以前から学校を卒業しさらにそれ以降も含めた科学と技術教育への支持である。NSF が援助している研究は次のようなことを確保させる教育全般あらゆる面から援助している、即ち、新しく、振興しつつある科学的、技術的そして工学的諸分野で充分な技能を持った人々がいつでも、そして次世代を教育する有能な沢山の教師をいつでも利用しうること保証させることである*（この斜線部分は日本では文部科学省が集中的に管轄しているが、米国では異なる点を強調）。

さらに、女性や少数派それに科学と技術で充分に恩恵を受けていない他の人達に充分な利益を受けられるよう参加を増やすことを支持することである。自然科学、社会科学、工学など諸分野 9 部門の一つに”Education and Human Resources”がある。支援対象は毎年、平均約 200,000 人の大学や実験室や野外のサイトでの科学者、工学者、教育者を支援している。それは米国内のみならず全世界に及んでいる。（www.NSF.gov/about/ 20140.3.23）。

（3）米国における科学技術ガバナンスとは一科学教育に焦点化した日本の制度、システム、慣習との比較

1）米国における科学技術ガバナンスとは一日本との比較より

これまで、NAS；NAE；IOM それに NRC、AAAS、NSF の３種類を取り上げてきた。これらの使命、目的、機能等より、米国における科学技術ガバナンスに関してまとめて、日本と比較して米国の特色をまとめてみよう。

米国においては科学技術ガバナンスが成立し、具体的に実行できる政府と独立した組織・機関、制度、システムそれに慣習が既に存在していると見做せる。但し、国家安全保障の観点から軍とも関連していることは日本とは全く異なっていて、これも米国の特性と見做せる。さらに教育及び教育学はこの科学技術概念の中に包含され、しかも、日本では教育に関する事柄は全てと言ってもよいくらい文部科学省への一局集中である。それに対して、米国では上記のような独立組織・機関のみならず、教育省（Department of Education）も含めた幾つかの連邦政府機関、特に STEM とその教育に関して(詳細は別の機会)の担当部署には、科

学技術ガバナンスの政府からの公的機関とも言うべき、ホワイトハウス管轄の科学技術政策局（Office of Science and Technology Ｐpolicy; OSTP）の他に、エネルギー省(以下紙数の関係より日本語訳のみ)等の連邦政府機関や米航空宇宙局、国立海洋大洋局等の政府機関や上記の独立組織・機関も含め、多種多様な部署が教育及び教育学にも関わり、プレK(5歳以前)より大学院及びポスト・ドクも含めた生涯学習まで含む。

（4）日本における科学技術ガバナンスの可能性－新たな科学教育の観点より

これまでに明らかにしてきたように、米国と日本とは科学技術（教育及び教育学も含む）ガバナンスに関して、米国と日本とでは彼我の差大きくあるので、冒頭に述べたように適切な日本語訳は存在しえない。このような状況を認識した上で、それでは日本として、如何に取り組むかに関して、本科学研究費報告書の各論文は示唆をあたえるであろう。

3.11を境にして、学校教育を含めた生涯学習としての教育、教育学、科学教育、さらには（広義の）科学に対する捉え方の根源的変換、（パラダイムシフト）が問われている。象徴的な言葉が「想定外」である。即ち、3.11のこれまでの「想定内」の教育からの脱却、変換が求められている。現実或いは将来に関して、様々な観点、捉え方で、いわゆる理想状態、成功事例の科学ではなく、失敗の事例、現実の社会の科学技術社会に関連したイシュー（ズ）－例えば、本報告書中で扱っている原子力発電、高レベル放射性廃棄物、放射線の健康リスク、さらには気候変動により生じると考えられる、現在解決策が必ずしも明確でない緒問題や課題等も含む－を教育の対象に積極的に取り上げて、3.11以前の正解のみを求める教育、さらにはそのような価値観、慣習からの脱却が必須である。

この観点を踏まえて各氏の論文を見てみると、三枝（紙数の関係で以下名前のみ）論文ではドイツの事例を含め、国際的視点で、放射線リスクに関して貴重な事例を紹介し、まさに30年先に、日本がリード出来るようになるには、我々日本人が如何なる科学技術ガバナンスを構成するかが問われているとも見做せる。神田論文では三枝も取り上げている放射線も含めたリスクコミュニケーションについてプレ K から生涯学習の人材育成も今後の大いなる課題である。中武論文で扱っている事例、特に高レベルも含めた放射性廃棄物に関するイシューズを如何に、どのように教育の対象にするかが今後の課題である。その意味で、大矢、奥野等及び萱野論文は、静岡県と言う地域特性を生かした、防災・減殺と原子力に対する大学教育の実践事例は、大学教育の場での先進的実践の取り組みである。前述のように、科学技術ガバナンスが可能な組織・機関（しかもNAS、NAE、IOE、AAAS さらには財政的支援のNSF等のような政府とは独立したもの）を有した制度、システム、そして慣習の存在している米国と全くと言っていいほど存在しない日本で、今後如何に、どのように、いつから、誰が（複数を踏む）取り組むかは大いに大変であるが、上記の各氏の試みは、今後の日本における教育の観点からの科学技術ガバナンスへの試みの貴重な第一歩となり、その一石が投じられたともいうべきであろう。

科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究

－日本における科学技術ガバナンス論の定着化に向けて－

興　直孝
公立大学法人静岡文化芸術大学

（1）　はじめに

この研究チームの前身は、原子力委員会の政策遂行を目標に、平成２０年度からスタートすることとなった「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」に応募してみようかと研究者の方々が東京に集った時に事実上誕生したのである。お互いの研究活動を紹介すること、いわばゼロそのものからのスタートであった。そんな集団が、文科省の担当課長からも本気で応募するのですかとの意見も頂いたのであったが、２０年７月の採択課題の中に、旧帝大、名だたる独法研究機関の研究取組みと並んで、私達の課題「高レベル廃棄物の地層処分地選定に関する日本型合意形成モデルの構築」が、「原子力に対する信頼醸成のための社会学的アプローチ」というテーマの中にあり、動きを加速することとなった。

（2）　先行研究のとり進め

研究高レベル廃棄物処分に関し、その政策立案に携わってきた者、各種セミナーに当事者として関わった取組みの経験をもとに、この分野に殆ど関係されてこなかった教育、研究分野の方々への参加を求めた上での新たに結成された研究集団であった。しかも、国大法人及び国研独法所属の方々並びに、全国からの関心を有する方々からのこれまでの文化の異なるユニークな集団であった。研究の過程で、我が国の既存の政策アプローチや海外の事例（英国やフィンランド）を検証し、その長所と問題点とを焙り出し、その結果、本件問題の政策的解決の見通しを得るために必要とされる改善の方向を提起したのであった。

取組みの方法は、これまでの政策形成の過程を日本型合意形成モデルの原型として捉え、現在の日本社会の状況に適合させるための創意工夫、チューニングを行い、纏めたものであった。海外の事例を考慮すべき「モデル」として直接的に考え・参照し、我が国に導入しようとする白紙からのモデル構築を期待する声は評価者の意見にもあった。

我が国で先人が積み上げてきた政治システムや法体系、経済を原型として捉えた上で、初等教育段階から生涯教育段階までの科学技術教育の現状を踏まえた教育現場への取組みの実践を試み、人材育成に基づいた社会構築のあり方にメスを入れて、改善のあるべき姿を示したものであった。これまで、高レベル廃棄物処分地問題という単体の問題に関わってきた方々からの活動方向からは必ずしも見出せない、新しい着眼からの結果をとりまとめたものであった。

その研究結果としては、これほど重要な政策課題となってきた高レベル廃棄物処分地問題であり法令の整備も図られ、関係者の取組みが行われたものの壁にぶち当たった状況で、この危機的な状況を打開するためには、我が国社会の特質を活かした新たな再構築のシス

テムの整備が必要と指摘した。その具体として、次の３項目が挙げられる。

第一には、高レベル廃棄物処分地問題の解決には、高レベル廃棄物固有の問題として捉えていくことだけでは対応ができないことであり、エネルギー問題、安全保障問題という背景や人それぞれが持つ情動を踏まえるなど多様な視点で捉えるべきものとした。

第二には、高レベル廃棄物処分地選定・決定の必要条件として、電力の享受とそれに伴う責任との関係に立脚したシステムとしての処分主体再編の必要性、そしてその再編と連動した住民・市民参加型でかつ、草の根型のコミュニケーションの場の確保、そして、この問題を取り扱う信頼できる人材の登場と育成の必要性などを指摘した。

第三には、大多数の国民の方々には、エネルギー問題、特に高レベル廃棄物処分地問題を自らの課題として考える認識が高くない状況を踏まえ、国民自身が責任を持って考える方向へと変えていくための環境整備の必要性である。この取組みは、将来世代までを見据えた長期の展望の上で行われる必要があり、初等教育段階から生涯教育段階に亘って一貫してこの問題に触れ、こうした問題を取り扱う機会を常態化する仕組みを我が国に実装することや、同時に原子力分野、高レベル廃棄物処分に関する専門家自身が研究や技術開発が必要とされる背景や社会動向を充分に認識した上で、その研究成果のアウトリーチ活動を行うこと、このような取り組みを「国民的な活動」にまで昇華させ、広く、長期にわたり展開し続けることが必要であると指摘した。

（３）　科研費の研究取組みと新しいチーム編成

先行研究の取組みで鋭意参画した方々に新たに教育研究指導の専門家と放射線のリスクコミュニケーションの専門家の参画も得られ、「科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究」が平成 23 年度から科研費基盤Ｂのプログラムとしてスタートすることとなった。

その基本は、先行研究の成果として顕在化した「初等教育段階から生涯教育段階に亘って一貫してこの問題に触れ、こうした（国家の基本となる）問題を取り扱う機会を常態化する仕組み」に資するような取組みへの挑戦である。

現に実施されている諸施策の動きに、世界の取組みの変化に着目して、いかなる時代の変化にも対応できる人材の育成とそうした流れを強く期待する社会の構築が図られるよう期待して、チーム編成が出来上がったものと考えている。

この研究取組みを包括的に捉えるとすれば、米国における科学教育改革の流れに直視し、併せて、種々の国際的な動向にも配意し、我が国のゆるぎない基盤には科学技ガバナンスの取組み構築が不可欠なものと考え、そうした中で、個々の研究の取組みが全体として有機的な連携が取られ、最大限の効果を齎すよう、努めてきたものである。

（４）　研究の成果と総括

これまでの研究の流れの観点から、私なりの見方で取り纏めを行ってみたい。

①　エネルギーセキュリティの問題は、他の安全保障の問題と並んで、人間社会の根幹をなすものであって、社会全体として考え尽くさなければならない課題である。先行研究の終了間際に発生したあの東日本大震災と福島第一原発事故は、これまで自分たちの問題として考えようとしなかった多くの国民にとって、避けることのできない重要問題となってきたのである。

② 今回、そうした流れの中で、地域特性に配慮した大学教育として、静岡県危機管理部のイニシアティブもあり、「静岡県における防災・減災と原子力」教育のための講義科目を設け、将来の地域のこうした分野のリーダーとなるべき人材の育成を試みることができた。

学際科目としての教科書を公刊することもできたが、この中には、放射線と放射能の違い、報道と原子力防災、教育現場での防災・減災教育等多岐に亘った総合的なものに仕上がっている。更に、教育実践手法としてブレインライティング手法とプレイングストーリーカード手法を導入し、個人の見方にとらわれず、社会全体を考えた上で判断をしていくことの必要性を自ずと学ぶこと、更には、予測もなかった論理の発展を促されることによって、自在性の豊かな経験を学ぶことが多くの学生等の方々にできたものと高く評価している。正に、科学技術ガバナンスの形成を図る見通しができたものと考えている。

③ 一方社会の中における諸活動に着目し、各種のフィールド調査を行いながら、ディベートや地域と一体となった課題解決の在り様に挑戦している過程で、サイエンスコミュニケーション活動を活かそうとする努力も行われた。

研究の第一線にある方々がそれぞれの活動を楽しく伝え・作り、そして交流の促進を図ろうとするものである。　創意工夫に満ち溢れ、多様な課題に対応可能な手法であり、社会全体を巻き込む可能性の高い取組みである。私自身も数年間、静岡科学館「る・く・る」の取組みに関わったものであるが、単に科学コミュニティのアウトリーチ活動という範囲を超えて、社会問題の解決に協働で関わっていこうとするものである。これこそ科学技術ガバナンスによる取組みである。立派な研究人材の参画が鍵であり、実現を妨げる要素は見いだせない。何とか、成果につなげて頂きたい。

④ 放射線のリスク問題については、国際社会におけるリスク認知についての解析とリスクコミュニケーションの関連性からの学校教育や人材育成の取組みにも成果が挙げられてきた。

前者は、５国際機関が独自に実施してきた福島第一原発事故の調査・解析や、ドイツ連邦のリスクコミュニケーションの調査の紹介である。今なお進められている国際機関の動向を受け止めながら、嘗てチェルノブイリ原発事故の調査経験者がこうした国際機関の諸活動をリードしている実態やそれぞれの機関の存在の意義などを考慮して、私たちがどのように受止めていく姿勢を涵養する必要性にも議論が及んできた。　我が国の取組みがどのように評価されているのか、政府の情報だけに頼らずに、真摯に受止めていくこともこうした活動から、得ることができるのであった。

また、福島第一原発事故と関連した放射線のリスクコミュニケーションについては、その重要性が認められているにも関わらず、はかばかしい評価が得られていなかった原因解析を行い、放射線の複雑な単位の問題、放射線のみに関わる疫学データを検出することの困難さ、更には、低線量放射線の健康影響については、今なお未解決の問題も多いこと、そして、放射線影響の知見と規制で使われる放射線防護的な判断の違いが分り辛いことが摘出されている、流石である。そのうえで、事故前後の放射線のリスクコミュニケーションの課題を事故前後に分類して解析を踏まえて、事故後ケアコミュニケーションを必要とする段階に、事故後できるだけ早く移行するための日頃の活動の方向性が指摘されている。

これら２報の論点は平時から心がけていくべきことであるが、緊急時にあっての国民理解を得るうえでの貴重な示唆を与えており、科学技術ガバナンスのための教育・育成を含めた社会的な取組みの鍵を提示することができた、と評価している。

⑤ また、わが国の科学教育政策と海外政策動向について研究が進められた。

海外において特筆すべきは STEM 教育の重点化である。科学と技術への教育取組みに加えて、工学を盛り込んだ教育取組みとしようとする政策である。世界で活躍する研究人材の育成を視野に入れる EU の取組みと科学技術の振興のため社会基盤の整備を図ろうとする取組みの米国の政策とは趣を異にしている。これらの成果を概観した。

科学技術ガバナンスの形成に資する資質・能力の育成の観点から、PISA 評価で求められる社会的な能力に関する解析を活用して、大学生を対象とした調査を実施し、科学的な証拠に基づいて議論する力に関する知見を示し、科学技術ガバナンスの形成に資する科学教育カリキュラムへの活用が指摘されたことである。

また、我が国の学習指導要領の改訂に当たって、科学技術リテラシーの向上のための基礎固めの取組みを初等中等教育において重要と考えられたことと STEM 教育の取組みとの比較から我が国の理数教育においては日常生活等の関連の重視が求められ、それに専門家との教育的な連携を進めることの指摘などが報告された。

米国の STEM 教育の取組みに関わっているチームにも研究代表者が関わり、米国の政策的な取組みの実態が明らかにされてきた。トップエリートの育成ではなく、全米のボトムアップの取組み等である。全体のレベルを上げ、１００万人の STEM 人材を育成しようとするものである。国家としての危機感からの取組みにも見えるが、これは素晴らしい戦略的な取組みである。正に、科学技術ガバナンス形成を図ろうとする何物でも無いように見受けられる。矢張り素晴らし国家である。

また、静岡県内での実践報告もされている。政策的な長期の目線を持ち義務教育段階での実践取組みの成果は魅力あるものとなろう。

⑥ これまで数回に亘って研究チーム会合を行ってきたが、個別の研究課題を纏めて戦略的に総括する段階にあって、当初目指してきた方向の成果が得られたものと考えている。科学技術ガバナンス論は、単に科学技術コミュニティの問題ではなく、人間社会の全ての事柄に活かされることが期待されるものであり、そうした趣で、研究代表者が残余の問題も踏まえて、次の取組みに当って頂きたい。

資　　料

（「研究成果報告」に記載したものの一部を収録）

issues raised by the first-time participants were noted.

OP-3D1

Analysis and discussion on stem education movement in science education in the us and possible implication to the Japanese contexts

Yoshisuke KUMANO*, Tomoki SAITO, Jinichi OKUMURA
Shizuoka University, Japan
Email: edykuma@ipc.shizuoka.ac.jp

In the March 2010, the “Blueprint for Reform, the Reauthorization of the Elementary and Secondary Education Act” was reauthorized in the US. On the 19th July 2012, “A Framework for K-12 Science Education” was released and by the end of December, 2012, “Next Generation Science Education” was released on April 9th, 2013. Many of the people who were concerning to science education were helping to develop the new ideas for the future classrooms.

STEM education is the new model of learning and teaching for crosscutting seven common scientific ideas, core concepts of four areas of science and engineering, eight important practices in science and engineering. As I described in the book chapter, Kumano (2010) titled “The Research Movement towards the New National Science Education Standards in the US, Chapter 3, Section One, in the Dissemination and Characteristics of the Modern Innovation of Science Education, now is the important moment in the US when so many new STEM education models and implementations are coming up and competing each other.

For three months from September to December of 2012, I have been finding so many things concerning to STEM education as the visiting Fulbright scholar at the University of Iowa. STEM education is the states and federal wide movements and the innovation models of STEM education are not only for science and mathematics education, but also for the innovation of engineering education. Also STEM education movements are the great systemic reforms of all components of STEM education that all subsystems are put together to innovate the quality of education in all area of the US. There are about twenty four states where the leading models are taking places in the US. Like the state of Iowa and Minnesota, exemplary STEM models

are energetically moving forwards with the real learning contexts in local districts. In the case of Iowa, I had two opportunities to attend executive committees of the Governor's STEM Advisory Council and I found that innovation and systemic reform, so called STEM education were really forwarding. All of the local areas of STEM education were activating and subcommittees were developed and each subcommittee developed the action plans which explained all of the possible innovation and predicted consequences.

My laboratory at Shizuoka University collaborated with three local Boards of Education at Shizuoka, Fujieda, and Yaizu, has started STEM education action research with 60 students in the context of informal science education. Basic program of our program is to help students to developing 6 months scientific or engineering practices by themselves. We will develop activities which need STEM literacy. University scientists, engineers, graduate students and school science and technology teachers can communicate with students through e-learning system. This year's trials will be discussed at ASTE conference, January 2014.

References

Rodger W. Bybee, (2013). The Case for STEM Education, Challenges and Opportunities, NSTA press, 1-130

National Research Council (2011). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas, Washington, DC: National Academies Press.NGSS: http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards

Yoshisuke Kumano (2010). The Research Movement towards the New National Science Education Standards in the US, Chapter 3, Section One, in the Dissemination and Characteristics of the Modern Innovation of Science Education, Toyokan co., 132-140.

Analysis and Discussion on STEM Education Movement in Science Education in the US and Possible Implication to the Japanese Contexts

Kumano Yoshisuke * , Saito Tomoki*, Okumura Jinichi*,
Shizuoka University*, Graduate School of Science & Technology

Abstract： In the March 2010, the "Blueprint for Reform, the Reauthorization of the Elementary and Secondary Education Act" was reauthorized in the US. On the 19th July 2012, "A Framework for K-12 Science Education" was released and by the end of December, 2012, "Next Generation Science Education" will be released. Many of the people who are concerning to science education were helping to develop the new ideas for the future classrooms.

STEM education included new model of learning seven common scientific ideas, core concepts of four areas of science and engineering, eight important practices in science and engineering. As I described in the book chapter, Kumano(2010) titled "The Research Movement towards the New National Science Education Standards in the US, Chapter 3, Section One, in the Dissemination and Characteristics of the Modern Innovation of Science Education, now is the important moment in the US when so many new STEM education models and implementations are coming up and competing each other.

For three months from September to December of 2012, I have been finding so many things. STEM education is the country wide movements and STEM education in the innovation models for not only for science and mathematics education, but for the innovation of engineering education. Also STEM education movements are systemic reforms of all components of STEM education are put together to innovate the quality of education in the all area of the US. There are about eleven states where the leading models are taking places in the US. Like the state of Iowa and Minnesota, exemplary STEM models are energetically moving forwards with the real learning contexts in local districts. In the case of Iowa, I had two opportunities to attend executive committee of the Governor's STEM Advisory Council and I found that innovation and systemic reform, so called STEM education were really forwarding. All of the areas of STEM education were considered and subcommittees were developed and each subcommittee developed the action plans which explained all of the possible innovation and predicted consequences. For the final part of this presentation, discussion on implementation to the Japanese contexts is developed.

[keyword] STEM education, k-12 science education framework, NGSS, Science and technology governance

1. What are the problems

Significant recommendations indicated in 2011 science and technology white paper for building a sustainable society in Japan. Aggressive shift was clearly illustrated from the "government" to "governance". Part one was on science and technology creating partnering with society, and in that part one "Science and technology with in the society", and, Chapter 2 was on science communication, and then in Chapter 3, entitled "Creating future together with the society", it was indicated to change to 'innovation of science & technology policy for the society and the public".

While in the United States, redefining of technology, engineering, and applied science, science, technology, engineering and Mathematics so-called STEM education innovation is developing from a kindergarten to a university. They are the systemic educational reform

and all of the American educational systems were introduced STEM Education for the corresponds to the rigors of the knowledge-based society. In this contexts students are identified as an independent learner and science, technology, engineering and mathematics fields are inter-relatively activated. Also, there is clear characteristic that integrations of science, engineering and Mathematics is the most important nature of activities for learning.

2. Methods of Research

Concerning to the innovation of STEM education and the innovation of science education for supporting the science & technology governance, many original papers and official reports are collected and examined mainly through internet systems. Interviewing was taking places by visiting many key institutions or key conference concerning to science education for finding out the real situation in terms of innovation of STEM education. Visiting periods were from September, 2012 to December 2012 supported by the Fulbright Researcher Program and Research Grant –in-Aids by the JSPS.

3. Background of the science and technology governance

Edge of modern science, technology and society, we have issues including uncertainties that scientists can't answer. However, it is required to have a social consensus or tradeoff in the real everyday contexts. For those issues the 'Science and Technology White Paper' (2004), " It is highly recommended to accepting the argumentations which are subjective wills from each stakeholders into the policy formation that was developing by the communication and discussions among government, scientists communities, business communities, local communities and nations. This processes are so-called science and technology governance. In order to form the basis of the establishment of the science and technology governance science education's role is expected to be important within K-16 education, and spreading to lifelong learning.

In the contrast to the elementary secondary science education programs in the United States and United Kingdom, understanding of variety of stakeholders and persuasive communication skills training are rarely conducted in Japanese education. A basic framework for connecting science and technology governance system and present science education system and those abilities and qualities of citizenship required for the governance of science and technology have not been clarified. In other words, it is highly needed for students to dumping in the scientific inquiry and engineering practices, to develop career education at school. It is highly recommended to conduct the learning of the nature of science in order to understand not only the goodness of science & technology but also the darkness or problems of science & technology for the society. Examining brightness and darkness of science and technology, students will understand better ways to use and develop science and technology. In the contexts of learning science and technology, it is needed to develop forming strong will to actively involving the processes of innovating science & technology as a citizen of the country.

3. 1. USA Science Education Movement From the years 2009 and 2010

National Academy of Sciences（NAS）reviewing committee at of the national science education standards supported from the Carnegie Foundation in the United States started in October 2009. " A Framework for K-12 Science Education, Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas," published in October , 2011. Framework shown here, namely 1）The criteria were developed to clarify for "core ideas common to science, technology, engineering and Mathematics"（what has been shown so far as big ideas and almost synonymous）, 2）reviewing the "core ideas" that were come out, to clarify the relationship, and more careful selection, deeper, clearer and higher qualities, 3）incorporating the viewpoint with research results from the "learning Progressions" which reflected in learning contents of 4th, 8th and 12th grade, 4）expected learning activities have shown clearly, and 5）Development of proposals for future revisions

From these frameworks it can be said that reexamination of the "core ideas" were desired. Also a new consensus is made by all stakeholders in the science, technology, engineering and mathematics.

Also, significant description can be found in the 2009 report of National Assessment of Educational Progress. In this report, “scientific inquiry assessments include planning of inquiry and pointing out the problems of some of the part of inquiry, actual observation and experiments, finding patterns from the data, and using scientific evidence towards the results. Furthermore, the amounts of contents in science were explained, namely physical science 33%, Biological science 33%, and earth & space science 33% in the 4th grade, physical science 30%, biological science 30%, earth and space science 40% in the 8th grade, physical science 40%, biological science 38%, earth and space science 24% in the 12th grade.

Knowing that there are many advance course of science which credit can be count as the undergraduate one, the real situation at this moment has much differentiation, however, we can find that there are more emphasis on earth & space science area.

3. 2 New Framework of Science Education in the US after 2011

Project expenses funded from the Carnegie Foundation and the National Academy of Sciences, and the draft of the new framework of American science education was distributed to the individuals and organizations throughout the United States on 19th July 2011. April 2012, final version was delivered on the Internet. Right after reading this last version of the New Framework for K-12 Science Education, some significant points are listed below.;

- defining engineering, technology and applied science and settled down into science education.
- "practices was introduced as the terminology for inquiry in science education. Hands-on experiential activities of science and engineering are included.
- Understanding based on the developmental stages of children and progresstions in learning (learning progressions) existed in each dimension is very important.
- Selection of crosscutting concepts was made, and those important concepts were from the big ideas as shown in the previous national science education standards and AAAS benchmarks covering science, engineering, and technology.
- Careful selections of learning core concepts in learning were made. These are physical science (physics and chemistry), life science, earth and space science and engineering, technology and applied sciences.

In order to disseminate all of those ideas come true, a huge amount of budgets are needed for in-service and pre-service teacher education programs. The author examined the researches and implementation of STEM innovative movement by visiting two states including Iowa and Minnesota from the September to December, 2012.

It is identified that great systemic innovation in both states are taking places and in-service and pre-service teacher training are conducting in all of the areas in those states. Also, local and state-wide businesses or companies are helping for the innovation of STEM education not only at school but also informal STEM education, such as science children’s museum or after school events.

Participated in Iowa science teachers annual Conference and NSTA area convention in the city of Atlanta, all of textbook K-12 had been revised towards the direction of STEM education. Our visits were one or two year before the development of new state standards that the percentages of contents of science namely Physics, Chemistry, Biology and Space and Earth Science are not adopted yet.

The second dimension which describes the seven crosscutting concepts and those seven crosscutting concepts are gradually understanding step by step through K-12. Contrasting to those seven crosscutting concepts, we have four similar big ideas within four areas of science in Japan and those ideas of seven crosscutting concepts can be helping us for the next revision of the Course of Study for science education.

As the science education goals, the following five learning purposes are confirmed.

-all students have some appreciation of the beauty and wonder of science;

-possess sufficient knowledge of science and engineering to engage in public discussions on related

issues;

- *are careful consumers of scientific and technological information related to their everyday lives; are able to continue to learn about science outside school;*
- are able to continue to learn about science outside school;
- have the skills to enter careers of their choice, including (but not limited to) careers in science, engineering, and technology.

Table 1 shows the definition of ttechnology, engineering, and applied science(K-12 Framework p202). These definitions are important, and those definitions are the clearer ones than the National Science Education Standards of 1996. It is highly possible that the community of engineering and the community of technology education may develop shared definitions for the development of science education. For this point, according to the Prof. Karl A. Smith, it is still some argumentations going among the specialist, however, the importance of engineering is identified well in the US.

Table 1：Definition of the application of engineering, science and technology

Technology	any modification of the natural world made to fulfill human needs or desires.
Engineering	a systematic and often iterative approach to designing objects, processes, and systems to meet human needs and wants
Application of science	any use of scientific knowledge for a specific purpose, whether to do more science; to design a product, process, or medical treatment; to develop a new technology; or to predict the impacts of human actions.

4. NGSS: emergence of next-generation science standards

Due to the construction of the framework of science education for the next generation, Next Generation Science Standards were developed. NGSS were developed by the 41 headquarter committee members and the cooperation with the26 States based on the “A Framework for K-12 Science Education”.

Until the final announcement, there are two times NGSS draft were widely distributed for collecting opinions for the revising. A lot of opinions and comments from 10000 or more individuals and groups were gathered. Particularly those opinions from the State Board of education and advanced STEM States review teams were important. Most of the opinions and revised ideas shows positive directions in General. 9 negative ideas were, pointed out;

- Concern that there was too much material
- Suggestions for additional topics
- Lack of language clarity
- Concern about how engineering and technology was included and addressed
- Confusion about the role of the one practice specified in each performance expectation
- Lack of guidance for incorporating crosscutting concepts
- Lack of specificity in connections to other standards and other subjects
- Concern about the organization of the standards
- Concern about the amount of support needed for implementation of the standards

These indications were revised and final version of the next-generation science standards published 9th April, 2013. Finally, it means the beginning of development of the State Sciences (education) standards.

5. Challenges and Future Perspectives

As describing above, the US is having the turning points not only the science education policy but also all of the science education system is moving towards STEM education. The STEM education movement, according to Dr. Bybee, is not small size as NSES's period, but similar to the large innovation as Sputnik Moment(Bybee, 2013). Our interests move to the next stages which is state science standards developments. In other words we would like to know how each states in the US develop their own science standards with NGSS or K-12 Framework.

For the country of Japan, we are also within the great storm of 3.11 and nuclear energy plant accidents and we are planning for next innovation of education including science education. STEM education can be wonderful model for our nation. In order to invite good model, we need to develop pilot researches within the contexts of our culture. In order to invite the concepts from engineering education into science education, how our science lessons should change into what models. How many evidences can we develop which empower students to develop better innovation in the area of science & technology and also empower science & technology governance in the near future.

Reference

A Blueprint for Reform, The Reauthorization of the Elementary and Secondary Education Act, United States Department of Education, March 2010.

Bybee W. Rodger (2013) The Case for STEM Education, Challenges and Opportunities, NSTApress, pp1-130.

Kazuo Kitahara, Eizo, Nagasaki etc (2008)." 21 Century Science & Technology Literacy Models-Wisdom for Rich Living Project", General report, Study on science and technology literacy that Japanese people should wear themselves.

Educational promotion basic plan section (2011). Basic ideas for the 2nd educational promotion basc plan, Ministry of Education, MEXT, http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile /2011/12/20/1314429_02_1.pdf ,

Kumano Yoshisuke (2012). Abilities which target within the new junior high school science course of study, Section 3, Chapter 2, Now is the time to find out the abilities of science learning- perspectives to elaborate new abilities, Japan Science Education Society (ed.), Publisher, 98-105...

National Institute for educational policy.(2009). Research related to science and mathematics education, Part 3 science and technology basic plan follow-up, Report on International comparative survey results on Science and mathematics textbooks Report on the science and technology promotion adjustment.

NAEP 2009 Science Framework, National Assessment Education Program, http://www.nagb.org/publications/ frameworks/science-09.PDF/

National Research Council (2012)... A Framework for k-12 Science Education, The National Academies Press, 1-385.

Next Generation Science Standards For States, By States, Achieve, Inc., Washington DC. 2013 http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards

Acknowledgement

Some parts of this research were founded by the Grants-in-Aid for Scientific Research Program (B) No. 23300283(Representative; Kumano Yoshisuke), Fulbright Researchers Program, the Grants-in-Aid for Scientific Research Program (C) No. 24531219 (Representative: Nagasu Namio).

ASTE Handout (San Antonio, Texas) 2014.1.14-18

The STEM Education Research in Japan and Its Prospective

Tomoki SAITO, Jin-Ichi OKUMURA, Yoshisuke KUMANO
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

I. Learn from the US study

PCAST reports like "*Prepare and Inspire:K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics(STEM) for American's future*" (2010) or "*Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*" (2012) showed the US perspective to conserve the advantage in the area of science and technology. PCAST, one of the president's advisory committee, predicted that the US needs to *"Recruit and Train 100,000 Great STEM Teachers over the Next Decade Who Are Able to Prepare and Inspire Students*." Also the report of PCAST showed five Recommendations to activate the STEM field.

① *Catalyze widespread adoption of empirically va lidated teaching practices.*
② *Advocate and support replacing standard labor atory courses with discovery-based research co urses.*
③ *Launch a national experiment in postsecondar y mathematics education to address the math-preparation gap.*
④ *Encourage partnerships among stakeholdersto diversify pathways to STEM careers.*
⑤ *Create a Presidential council on STEM educati on with broad leadership.*

"The Next Generation Science Standards" were released on the website in last April 2013. This new standard was based on "A Framework for K-12 Science Education"(2012) and following to "National Science Education Standards" (1996), "Science for All Americans" (1989), and "Benchmarks for Science Literacy" (1993). Now, States and districts are making their standards using this NGSS. So it means that the US had already prepared to make innovation of science education.

Not only Japan but also many other counties were interested in this US science education reform. So now we, the Asian researchers try to discuss the necessity of STEM Education in our country and its possible adaptation.

II. Japanese context, to innovate the STEM education

Fortunately, our lab got a segment of information about STEM education reform in the US like previous paragraph. (Kumano, 2012) In the beginning, we tried to find out why the US started reform of Science Education, from books, papers, or website information.

As found out from the investigation, deficiency to keep advantage of the US in global economics has been central issues, such as. "*4 percent of the nation's workforce is composed of scientists and engineers; this group disproportionately creates jobs for the other 96 percent.*"(Successful K–12 STEM Education, NRC 2011), then the US made decision to reform the science education. *"Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) are at center stage in the education reform movement. Most people share the vision that a highly capable STEM workforce and a population that understands and supports the scientific enterprise are key to the future place of the United States in global economics and politics and to the well-being of the nation."(Successful STEM Education: A Workshop Summary, NRC 2011, P-ix)*

How can we take an action to this situation in Japan as an Asian country? We also need to be a well-being country around the world. And also we need new perspective.

First of all, many countries, not only in Asia but also in Europe need innovation which similar to STEM education like the US. England, South Korea and Australia take action to apply this

STEM reform to their countries educational researches and policies. The primary reason for these countries to adopt STEM education reform is the economic competition. For example, one professor in University of York, UK wrote that "*Governments are realizing the importance of science and technology to their future in the knowledge economy.*"(John Holman, 2012) Granted, the economic advantage is also important for Japan. However, it is not enough reason to Japan, it is?

We knew the failure of economic war. We knew the failure of competition. Learn from the past experiences, we have to **design a new perspective to be coexistence of competition and cooperation.**

On the other hand, Japanese Ministry of Education (www.mext.go.jp/english) had revised a latest national curriculum named "Course of Study" (2008). This course of study is a kind of Standards which include contents and revised every ten years. And hand craft activities were put into many parts of this latest course of study. This is the other context to include STEM activity to our science education.

In Japan, our laboratory also have had focused in STS approach as an integrated context to learn Science, Technology, and Society. This STEM reform includes many components which are very similar to STS. As this first year trial, we developed Japanese models of STEM education like STS approach. Some of the examples were introduced by Dr. Bybee in his books (Bybee 2013). Next chapter will show you the Japanese approach which learned from him and the US reform.

III. Transdisciplinary Approach on "Tsunami" in STEM Summer Camp

What is the point like STS? As far as we were concerned, it is the subjects which are taken up in the lessons. The subjects should be "issues" which exist in transdisciplinary area. These issues can draw students into STEM activities.

Last summer, we developed a Summer Camp at an establishment where is managed by the prefecture. This camp gathered the participants from the cities around our Shizuoka, and we also invited the participants from our special science classes in informal setting. (We have been developing many science classes in science museum and city halls at Shizuoka city and Fujieda city.)

In this camp, we prepared an issue which the students could certainly interest in. That is "Tsunami". In 2011, we experienced the huge disaster and despaired of its situation. "Why did we not have enough technology which can against the disaster?", "Why did not we predict these kinds of phenomena?" Many of regrets remain in our hearts. One of the government carriers said "It beyond our expectation." This unexpected situation became the huge problems for us and it brought students strong motivation to solve the problems. [Issues: Problems which are related complicatedly, cannot solve easily, and have many ways of solution]

(1) Sequences of our lessons in this summer camp

① Instruction of the Summer Camp.

At first, we explained the purpose of this Summer Camp and introduced the participants about our STEM project.

② Designing a solution

After the introduction, as the pretest we ask the participants to design the solution for "huge tsunami" like 3.11 using STEM. They designed a product such as drawing or writing sentences based on their ideas.

③ Engaging in 9 STEM learning materials

After that we provided them 9 STEM learning materials which were prepared as helping segments to solve the main issue of preventing tsunami hazards by STEM disciplines methods. (Refer next (2))

④ **Small scientists(participants) meet the real scientist & engineer**

We prepared opportunities to meet students with the real scientist and engineer who are doing research in university, and to attend their science and engineering lessons.

⑤ **Redesigning the solution**

The end of the activities, they are asked to redesign their solution using their new findings through this summer camp STEM activities and to have discussions with other students.

(2) The nine STEM learning materials

We prepared 9 STEM learning materials for this summer camp from the US websites and some books explained about STEM Education. The materials were as following:

① **Old corrugated cardboard chair**

Students developed a chair with thinking about how to use it. For example, one of their chairs made for rest or the others made for sitting with their friends. Students need to discuss about a better design first.

② **Water craft**

This material required the students to make water floater which keep 10 coins on it for more than 10 seconds. It made by wrap and straws.

③ **Roller coaster**

This coaster made by plastic rail which a marble rolls down on it. Students were required making a coaster which needs just 3 seconds to go down.

④ **Suikin-kutsu**

This is a traditional Japanese garden material which can generate sounds by water drops striking the surface of the water in it. Students try to make reverberant sound in a space which made between a bottle and water surface. (Brows "Suikin-kutsu" on the web.)

⑤ **Pumpkin Launcher**

A sponge is thrown by plastic spoon. Students tried to make effective foundation and mechanism by rubber band and corrugated cardboard. (A model of old Greek weapon)

⑥ **Paper bridge**

This STEM material requires the students to make Paper Bridge which supports an amount of weight. To make a bridge, they used only 2 sheets of newspapers and tape.

⑦ **Dippers**

Dippers include some polymer in it. The polymer can absorb water more than 100-1000 times of its amount. Students tried to design good dippers which could absorb enough amount of water.

⑧ **Solar Cooking**

By the huge earthquake and tsunami, all of the energy source will be terminated. But, the solar cooking material can receive solar energy after disaster period. This material required the students to make enough thermal energy only from sun light.

⑨ **Otolith**

Students dissected dried sardines. And they could find two $CaCO_3$ stones named “Otolith” in the head. This activity required students to think about fish body and its functions which we didn’t usually notice.

These STEM learning materials were freely chosen by students groups. Through the experiences with these STEM learning materials, students got certain ideas to solve the problem which they could prevent hazards from tsunami. And also they could experience both of the Science & Engineering processes with these materials. And also we found that STEM materials made students got in to solve the problem effectively.

Although, we provided 4 hours for the students to engage in the 9 STEM activities, most of them spent 3 hours for one material. They had much fun to solve the problem and make one product (Technology) together.

(3) Engineering processes which we had analyzed before this Summer camp

As far as we noticed before, there were many perspectives of STEM education. It was realized that one of the major characteristic of STEM education was including the Engineering processes.

In order to find out the methodology for including the Engineering Design into science education and also for including authentic assessment, we investigated Next Generation Science Standards (2013) and its' Appendixes. Engineering is included in NGSS as a "Disciplinary Core Idea" and it also explain in its "Appendix I".

As the processes for "Engineering Design", Appendix I includes cycle likes below.

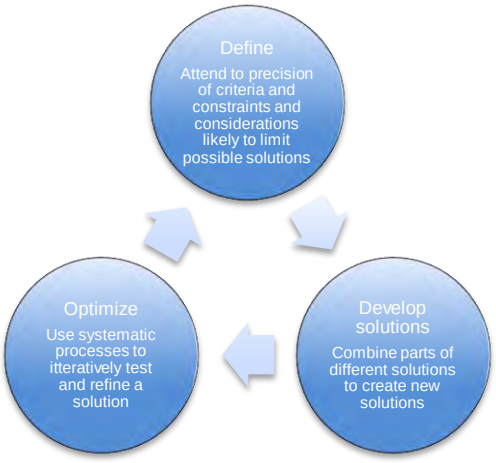


Figure1: Engineering Design which described in NGSS

From these NGSS contents, we adopted a learning cycle such as Define-Develop-Optimize. So, we tried to make a DDO learning cycle model.

We also referred a book named "STEM Lesson Essential" which explained how to develop a lesson of STEM Education. It also showed us some cues as a process which is usually used in Science, Engineering, Technology, and Mathematics. (See Appendix 1) This table also provided us some images how we could include engineering processes into our lessons. From these kinds of findings, we prepared a worksheet for each 9 lessons.

At first, students identified the "Technology" in the context of students' everyday life. We asked students such as, "How do we use it?", and "What do we need to the technology?" Next, they made their products by themselves. Then, they could identify each problem which was included in each product. After identified the problem, students tried to renovate their products. Finally, they made their own best product.

(4) The real scientist & engineer provided fundamental materials

We also prepared encounters for the participants (we call them small scientists) with the real scientist & engineer from Shizuoka University. The professors who provided some learning materials for our small scientists were the experts in Developmental Biology and Robotics. The biologist provided the practice of "the dissection of frog", and the robotic engineer provided a lesson for "the manufacture of Autonomous".

In these activities, we didn't require them to solve the problem by science and engineering processes. But, the real scientist & engineer related their disciplines with Engineering. They basically explained about forefront of science. So, small scientists could be inspired by these activities.

Students described some impressions as following;

- I liked frog, but I scared the dissection. However, I had been getting used and did a lot of sketching. I would like to thank the frogs. Because, I wanted to see the nerve which sent the electricity.
- It was interesting that robot became to be able to walk smoothly. I found that a small adjustment can be the great change for robotics.

(5) Solutions developed by the participants

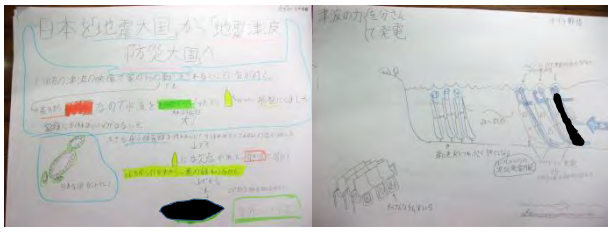


Figure2: Solution by the participants #1 & 2

These students developed innovative solutions.

One student developed “Rugby House” as a building to evacuate. The other one developed a “Tsunami Power Plant” with protuberances which reduce the energy of Tsunami.

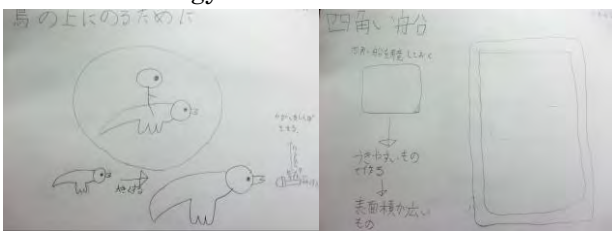


Figure3: Solution by the participants #3

This student had completely changed the solution. At first this student tried to improve the science to ride on a bird. It was just an imagination. After the activities, the solution was based on science knowledge about surface area and its pressure. It was a kind of scientific solutions.

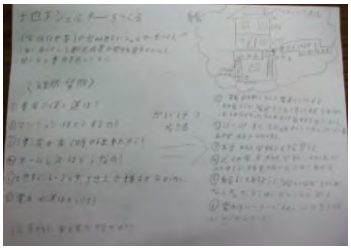


Figure4: Solution by the participants #4

This student tried to make a underground shelter. This student found many of problems and questions like bellow.

- How to get budget?
- How about people who lives in an apartment?
- If we stand at the outside?
- How about homeless person?
- We cannot look at the outside.
- How about electricity & water?

During the activities, this student developed also many kinds of solutions to these problems and questions such as

- Make support by government.
- People who live in above the 2nd flours will go upstairs.
- Found shelter in shops & schools.
- Everybody can go into the shelter.
- Clear cover can help look at outside.
- Develop solar panels and water supply.

These solutions were developed to respond to needs and wants in our society, especially in the disaster period. Some of the participants developed such kinds of Needs-Familiar solutions.

(6) Conclusion of these Summer Camp activities

Our Summer Camp created concurrently achieved not only our goals but also developing STEM learning materials, and those assessments. Because, this STEM Summer Camp was the first opportunity for us to exam our STEM activities. We didn’t have appropriate methods to assess our activities and those effects to our students. There were some viewpoints which were founded in this camp.

First, successful STEM activities provide the participants “Engineering Design” opportunities. And students could learn about engineering design processes and improve their products on science and mathematics.

Second, the transdisciplinary issues like “Tsunami” will be solved by themselves with innovative ways, scientific way, and needs familiar way. These design outcomes will become the points of view to assess their STEM learning.

Third, the real scientist & engineer had important roles to improve their motivations.

IV. T-SM-E method to make STEM materials for Informal science classes

On the other hand, we also provided STEM activities in Fujieda-city. (Fujieda is one of the cities located in the mid-western side of Shizuoka prefecture.)

(1) Characteristics of Fujieda STEM Science Classes(Informal)

In these classes, we prepared some STEM learning materials and we had to complete with in ninety minutes each time. So, materials for these classes became more compact STEM practices than the ones for Summer Camp. In addition, before the Summer Camp, we had already recognized that the STEM learning materials should be spent more time than the conventional teaching materials. So we need to decrease the time for STEM learning which appeared in each lessons. Finally, we had become to prepare only one material for one lesson.

(2) Contents of each lessons

This table below shows you the contents of the Fujieda-class.

Table1: Contents of Fujieda-science class

Date(2013)	Contents	Main Actors
7/13	Best air plane Roller Coaster	Prof. Kumano and Ph.D. candidates
7/27	Boomerang Refrigerant Linear motor car Cartesian diver Gas rocket Make alloy Domino Soap bubble inside the water	Undergraduate junior students
8/24	Pumpkin launcher Paper craft UFO	junior students
10/19	Pasta Bridge	Undergraduate senior students
11/9		senior students
11/17	Dagik Earth	senior students and Ph.D. candidates
12/7	water purification system	junior students
2/1	Small science fes.	junior students

In the first day, Prof. KUMANO and Ph.D. candidates had a trial of STEM education. After that, during the 1st semester, undergraduate junior students who enrolled in Department of Science Education made some learning materials with thinking and investigating the meaning of STEM Education. Sometimes, they read papers or they made a lesson plans for the next class. Prof. KUMANO and SAITO gave them some conceptual ideas like “Energy” or “System” that were also learned from the US studies.

After the Summer Camp, the participants also recognized the characteristics and flow of STEM activities. Therefore, until the 3rd class some of the participants needed to continue the practice on one material and asked us to do it in the next time lesson. It means that the STEM materials inspired the students’ interest and motivation of understanding.

Thanks to the students’ opinion, we made the unit of 2 times lessons in 10/19-11/9. These 2 times lessons were as planned by an undergraduate senior student. These lessons also became data for his graduation thesis.

Next, we finally moved to the stage to settle our STEM activities as a study. This is an STEM trial in Japan. Also this is a Pre-service teacher training for the undergraduate junior students. (About this point see next (3)) The under graduate students chose “water purification system” as the material for the next lesson. For this lesson, they tried to make a lesson plan for each groups in the class and did their lesson in each groups. It means that the one lesson included 7 kinds of way to make design in students’ activities.

(3) Under graduate pre-service teacher training

These activities were conducted as the parts of science education methods course for undergraduate junior science students. They learned from the instruction about how to make the learning materials, to organize the lessons, and to assess the students.

At first, they could not recognize the necessity of clarification of the purpose of the STEM instruction. But through these activities they could think about what the students will learn in the lessons and how to support them to get well in the STEM activities. Finally, they could conduct the total practice sequence in these classes.

(4) A template to develop a STEM lesson

Through the 1st semester's activity, we could recognize a pattern which included in the learning material we handled. That was a point that the material thought on some product which exited in our society. *"At the middle and high school levels, science teachers can begin with the technologies already used—microscopes, telescopes, and computers—as examples of the relationship between science and technology."(Bybee, 2011)* Thought from this point and "Appendix1", we developed a template named "T-SM-E sequence" to think out the STEM lessons and proposed it to undergraduate junior students. It also became a template for teachers to make STEM lessons in our classes.

"T-SM-E" was taught as following (Table2). Table2 describes the important thinking sequences for teachers in order to develop STEM learning.

Table2: the meaning of T-SM-E

(1) T	At the T part, we would be found a product in our society. It also included some problems which we would like to solve. (All technology has interesting history. It will become an interesting introduction for the students)
(2) SM	Next at the SM part, we would be understood the Science and Mathematics which were used to solve the problems of the technology.(When students try to make a technology, there are optimum science and mathematics for their grade levels this part helps teachers to prepare learning materials)
(3) E	At the final E part, to shape the total perspective of the lesson, we constructed the Engineering processes based on T-SM part. (There are some possible design processes which come from students thinking. Teachers will forecast Engineering Problems which will be thought from students' interest)

At first, University students (Undergraduate Teachers) were struggled with this template, but they could adapt them in their activities at last.

(5) Results and Discussions

① Rubric of the study

After the 12/7 lesson, undergraduate junior students assessed their instruction and students activity. The points of assessment were like below (Table3).

Table3: the points of assessment for students& teachers

For students activity	
1	They can recognize the role of technology and its problem in our society.
2	Define the Engineering problem and its obstruction.
3	Use science and mathematics to solve the problem.
For teachers activity	
1	They defined the engineering problems which would be solved by students in the lesson.
2	They defined the contents of T-SM-E parts in the learning material.
3	How did the T-SM-E flow help teachers to make their material?

② Result of the assessment

In the "Water purification system" picked up in the 12/7 lesson, the participants and teachers changed. There were some points.

a. Students

The results of the assessment by the Undergraduate Teachers were described in Table4.

Table4: Assessment by Undergraduate teachers

Evaluate / Points of view	A	B	C
1	1	2	17
2	3	16	1
3	5	13	2

Teachers answered the question, "Did the students meet rubric?" If the answer is Yes, it will become "B". But, if the answer is No, it will become "C". If students above our expectations, it will become "A", in this table.

On the "point of view 1" has only one person who took "A", and many of others took "C". This score meant that students could not think about the role of technology and its problem.

The "point of view 2" has only one person who took "C" and the others were "B" or "A". It means that almost all students could understand the engineering problem and its obstruction.

The "point of view 3" has 3 person who took "C" and the others took "B" or "A". It means that students could use science and mathematics to solve the problem.

Undergraduate Teachers understood that they could not provide the students a chance to learn about "Technology" enough. This is one of the

causes of the result. But, how teachers think about it? Please take a look in teachers' reflection.

b. Teachers

The entire Undergraduate Teachers, who engage in this development of a lesson, had been come to recognize the problem which would be treated in their lesson.

At first, the members didn't define the engineering problem in their lesson. But finally, they could define the problem. Following table6 shows comments described by one of the Undergraduate Teachers.

Table5: one of the teachers' comments

I prepared a story about emergency drill for the participants and ask about the things what is necessary after a disaster. They answered that "water" to make meals, to drink, to wash laundry, and to take a bath. So I asked again "the water can exist after disaster?" They answered "No" and they wanted to make available water by themselves. This was lead them engineering activities.

This teacher could forecast the engineering problem before the lesson. His students could also define the problem which they want to solve.

From these points, forecasting some engineering problems before the lesson can lead successful STEM activity.

V. Perspective of our study on STEM education

(1) The US reform of STEM education

From this year, we will visit to some states in the US. And we will investigate about following things in some states.

a. How do the states build their own standards based on NGSS?
b. How about the classes which include engineering design?
c. How do they assess the changes of the students especially throughout the STEM activities?

(2) The STEM trial and how to develop it?

We will repeat the STEM practices in this year in the informal context. From last year activities, we recognized that the Summer STEM Camp and Science Classes needed appropriate learning materials and its theme. So, we are going to develop much better practices this year, 2014, using the result of analysis from the US and Japan.

(3) Formal science education trial

Also, we will try to make STEM practices in public schools. Before conducting in the formal education fields, we have to collect data in informal fields, and introduce the data to teachers at schools. Therefore, we have to define what the points of STEM impacts for the students.

Moreover, public schools need STEM teachers, facilities, and learning materials. It means that we have to prepare the Pre-service & In-service teacher training and enough budgets for the STEM schools.

(4) For the Japanese STEM reform

For the Japanese STEM reform, we will try to propose the STEM unique literacy. We already have the three disciplines (Subjects) such as Science, Technology, and Mathematics in the Japanese public schools. However, it is clear that STEM education is unique idea compared to the past. Therefore, our research question is "What is the difference between lessons of the past disciplines and STEM lessons." To answer this question, we have to define the "Synergy" of the disciplines. With many of researchers from the other disciplines, we are going to try to build a team and solve this research question.

As I proposed first, "Seek to Design coexistence of the competition and the cooperation among countries." This sentence will bring some answers for our questions. We would like to make STEM education research with you and to make educational corroboration among our countries.

VI. References

- AAAS (1989) Science for All Americans Oxford University Press
- AAAS (1993) Benchmarks for Science Literacy Oxford University Press
- Alexandra Beatty, Rapporteur (2011) SUCCESSFUL STEM EDUCATION A WORKSHOP SUMMARY National Academies Press
- Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology (2010) REPORT TO THE PRESIDENT PREPARE AND INSPIRE: K-12 EDUCATION IN SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATH (STEM) FOR AMERICA'S FUTURE
- Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology (2012) REPORT TO THE PRESIDENT ENGAGE TO EXCEL: PRODUCING ONE MILLION ADDITIONAL COLLEGE GRADUATES WITH DEGREES IN SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS
- Jo Anne Vasquez, Cary Sneider, and Michel Comer (2013) STEM Lesson Essential, Heinemann
- Kumano, Y.(2013) Authentic Assessment and Portfolio Assessment, Chapter 8, Section 2, The Theories and Practices of Science Education which Lead to New Learning, Middle School Level, Edited by Izumi Ohtaka, Minerva.
- Kumano, Y. (2010). Latest Research, Innovation in Science Education in Japan – for the Future Cooperation between FPMIPA UPI and JICA -, Seminar in Math and Science Education, The 10th Anniversary of FPMIPA UPI and JICA Project Guide Book, 30th January 2010, 17-29.
- Kumano, Y. (2012). Learning abilities elaborated in the middle school science curriculum, Chapter 3, Section 2, Questioning learning abilities for science instructions, now, Society of Japan Science Teaching Committee, p98-105
- Lead States and Partners (2013) Next Generation Science Standards
- Minnesota Office of Environmental Assistance (2002) Environmental Literacy Scope and Sequence
- National Research Council (1996) National Science Education Standards, National Academy Press
- National Research Council (2011) Successful K-12 STEM Education Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics, National Academies Press
- Rodger W. Bybee (2013) The Case for STEM Education Challenges and Opportunities, NSTA press
- Rodger W. Bybee (2011) Scientific and Engineering Practices in K–12 Classrooms Understanding A Framework for K–12 Science Education, NSTA
- Senge, Peter M. (2011) The Fifth Disciplines, Random House

ASTE Handout (San Antonio, Texas) 2014.1.14-18

Appendix 1 Science, Engineering, Technology, and Mathematics Practices

This table shows you the connection among the STEM practices. Its contents were reconstructed from “A framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Disciplinary Ideas” (NRC2012), “Common Core State Standards: Mathematical Practice” (2011), and “Technologically Speaking: Why All Americans Need to Know More about Technology”

<table>
<tr><th>Science</th><th>Engineering</th><th>Technology</th><th>Mathematics</th></tr>
<tr><td>Ask questions</td><td>Define problems.</td><td rowspan="2">Become aware of the web of technological systems on which society depends.</td><td>Make sense of problems and persevere in solving them.</td></tr>
<tr><td>Develop and use models.</td><td>Develop and use models.</td><td>Model with mathematics.</td></tr>
<tr><td>Plan and carry out investigations.</td><td>Plan and carry out investigations.</td><td rowspan="2">Learn how to use new technologies as they become available.</td><td>Use appropriate tools strategically.</td></tr>
<tr><td>Analyze and interpret data.</td><td>Analyze and interpret data.</td><td>Attend to precision.</td></tr>
<tr><td>Use mathematics and computational thinking.</td><td>Use mathematics and computational thinking.</td><td rowspan="2">Recognize the role that technology plays in the advancement of science and engineering.</td><td>Reason abstractly and quantitatively.</td></tr>
<tr><td>Construct explanations.</td><td>Design solutions.</td><td>Look for and make use of structure.</td></tr>
<tr><td>Engage in argument from evidence.</td><td>Engage in argument from evidence.</td><td rowspan="2">Make informed decisions about technology, given its relationship to society and the environment.</td><td>Construct viable arguments and critique the reasoning of others.</td></tr>
<tr><td>Obtain, evaluate, and communicate information.</td><td>Obtain, evaluate, and communicate information.</td><td>Look for and express regularity in repeated reasoning.</td></tr>
</table>

This time, we made lessons and T-ST-E method was based on this procedure.

This table provided in “STEM Lesson Essential” (2013) P38, Chapter5

FIRST IMPLEMENTATION OF STEM EDUCATION CHALLENGE IN INDONESIA

IRMA RAHMA S, YOSHISUKE KUMANO, Ph.D

静岡大学 Shizuoka University

STEM EDUCATION

- STEM (Science Technology Engineering and Mathematics not only as slogan but have purposes in education.
- The purpose of STEM education is to develop the content and practices that characterize the respective STEM disciplines.
- The purpose of STEM education is for all students to learn to apply basic content and practices of the STEM disciplines to situations they encounter in life

• (Bybee, 2013)

STEM LITERACY

KNOWLEDGE
ATTITUDE
SKILL



As form of knowledge, inquiry and design

UNDERSTANDING CHARACTERISTIC FEATURE OF STEM



AWARENESS



MATERIAL

INTELLECTUAL

CULTURAL

WILLINGNESS TO ENGAGE



S T E M ISSUIES

EDUCATION GOALS

- *all students have some appreciation of the beauty and wonder of science;*
- *possess sufficient knowledge of science and engineering to engage in public discussions on related issues;*
- *are careful consumers of scientific and technological information related to their everyday lives;*
- *are able to continue to learn about science outside school;*
- have the skills to enter careers of their choice, including (but not limited to) careers in science, engineering, and technology.

Kumano (2013)

WHAT IS STEM EDUCATION CHALLENGES?

- Including Technology and Engineering in school program
- Using context of STEM
- Moving from STEM as slogan to STEM Education

WHAT IS THE CHALLENGE IN INDONESIA?

WHY INDONESIA?

- PISA RESULT 2012

	Math	Reading	Science
Mean Score	375	396	382
RANK	63 of 64		

- Indonesia student have low key knowledge and skill that are essential for full participation in modern scientist

WHY INDONESIA?

- TIMSS RESULT

Average score	math	Science
2007	397	427
2011	386	406
decrease	-11	-21

- It is noted that Indonesia had National Target Population that did not include Interational Target Population

WHY INDONESIA?

- INDONESIAN EDUCATOR OPINION

  In Indonesia, science lessons which use technology and engineering are rare (a few times)

- Most of them agree that technology and engineering can support science implemetation.

  Communication between scientist and engineer should be improve, hopely STEM education could be a bridge for them

SCHOOL TARGET

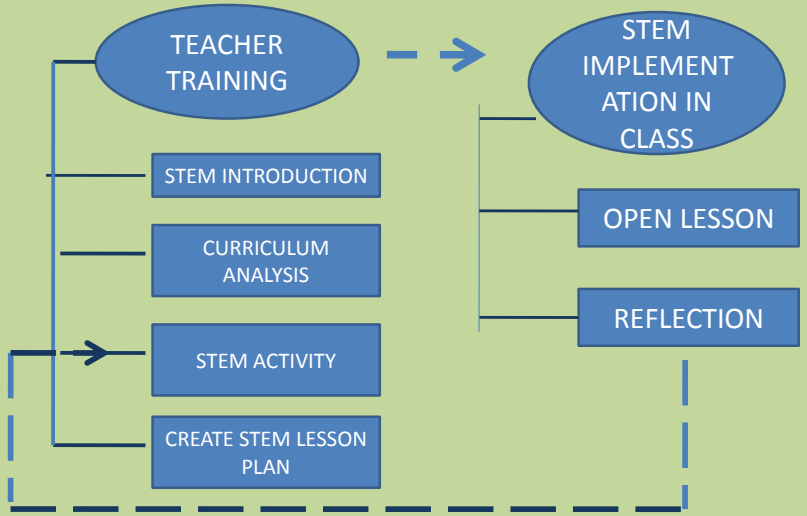
- **SCHOOL NAME**: SD/SMP MUHAMADIYAH 8 BANDUNG
- **LOCATION**: BANDUG WEST JAVA
- **POPULATION**: 1540 STUDETS
  5 SCIENCE AND MATH TEACHER (JHS)
  9 SCIENCE AND MATH TEACHER (ELMTR)

SCHOOL FACILITIES:

THIRD FLOOR BUILDING, CONSIST OF 47 CLASSES, EACH CLASS HAS IN FOCUS (1), PC (1), WHITEBOARD (2), 30 CHAIRS AND TABLES

NO SCIENCE LAB, BUT HAS SCIENCE AND MATH EXPERIMENT KIT

RESEARCH DESIGN



RESULT ANALYSIS

- CURRICULUM: Can STEM embeded into curriculum that have been used?
- Teacher response to STEM education implementation

ISTEME QUESTIOAIRE

- Open lesson analysis

STUDETS INTERVIEW

2 integration of STEM disciplines

3 integration of STEM disciplines

4 integration of STEM disciplines

CURRICULUM

- 2.0 STEM INTEGRATION

Grade	Teacher	STEM Integration	Coordinated	Complemented	Corelated	Connected
1st grade	Neneng Fitriyanti Atik Nurhidayah	2 integration	EM, theme 1,2	S,T : theme 2 EM, theme2	S,M theme:2,3 E,M theme 1	
			theme1 : my experience theme 2 clean & healthy environment theme 3 objects, animal and plant in my surroundig			

CURRICULUM

- 2.0 STEM INTEGRATION

Grade	Teacher	STEM Integration	Coordinated	Complemented	Corelated	Connected
2nd grade	Dewi Anisa Shinta Detafardini	ST	sub 2,3	sub 2,3	sub 2,3	
		SE	sub 2,3	sub 2,3	sub 2,3	
		SM	sub 2		sub2	
		TE	sub 2,3	sub 2,3	sub 2,3	
		TM	sub 2,3	sub 2,3	sub 2,3	
		theme: Family time sub theme 2: prepare family time sub theme 3: celeberate family event				

CURRICULUM

- 2.0 STEM INTEGRATION

Grade	Teacher	STEM Integration	Coordinated	Complemented	Corelated	Connected
3rd grade	Fadli Hasan Ayi	ST		4..2.1. 4.3.1		
		SE	2 1.1.1		2 1.1.1	
		SM				
	theme:	1.1.1 : inventor in technology	2 :motion in technology		3.sun as light and heat source	4 : use of energy source in technology

CURRICULUM

- 2.0 STEM INTEGRATION

Grade	Teacher	STEM Integration	Coordinated	Complemented	Corelated	Connected
4th grade	Anisa Delima Yena A	ST	v			
		SE	v			
		SM	v		v	
5th grade	Fathimatul Z	ST	simple mechanic		energy	
		SE	v		Earth and nature	
		SM	simple mechanic		velocity	
		TE		energy		
		TM			simple mechaic	
		EM			light	

CURRICULUM

- 2.0 STEM INTEGRATION

Grade	ST	SE	SM	TE	TM	EM	curriculum	subject theme
secondary	v	v	v	v	v	v	KTSP	not all
1st grade	v		v			v	2013	all
2nd grade	v	v	v	v	v	v	2013	all
3rd grade	v	v	v				2013	all
4th grade	v	v	v				2013	all
5th grade	v	v	v	v	v	v	KTSP	not all
6th grade	v	v	v	v	v	v	KTSP	not all

CURRICULUM

- 3.0 STEM INTEGRATION

Grade	STE	SEM	TEM	MTS
secondary	v	v		v
1st grade		v		
2nd grade	v	v		
3rd grade	v			
4th grade	v			
5th grade	v	v		
6th grade	v	v		

STE : SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERIG
SEM: SCIENCE, ENGIEERING, MATHEMATIC
TEM: TECHNOLOGY, ENGIEERING, MATHEMATIC
MTS: MATHEMATICS, TECHNOLOGY, SCIENCE

4.0 STEM INTEGRATION

Grade	Example
Secondary	lever rules
1st grade	theme: object and its changes Science: knowing object and its surrounding Math :counting operation, geometry, and planes Engineering: copying and drawing planes Technology : findig tools that can changes object shape
2nd grade	energy science : heat, light and sound technology: bring tools that produce heat, light or sound energy engineering: creating sound with simple equipment Math : multiplication/product
3rd grade	No idea
4th grade	create a telephone toys science : wave technology :produce telephone toys engineering: designing the toys math: measure string legth and distance
5th grade	No idea
6th grade	No idea

TEACHER RESPOND

No	Statement	%			
		VA	A	DA	VDA
1	I eager to implement STEM education in class	100	0	0	0
2	STEM education can develop students activity	75	25	0	0
3	STEM are important knowledge for student to f ace 21st Century	31,25	56,3	6,25	0

TEACHER RESPOND

No	Statement	%			
		VA	A	DA	VDA
4	Applying STEM Education is impossible to do	0	6,25	56,25	37,5
5	STEM education can be applied in any level	37,5	56,3	6,25	0
6	STEM integration is hard to do in class	6,25	6,25	87,5	0
7	Integration of STEM education is easy to do	6,25	81,3	12,5	0
8	Integration Science and Math is easier than	12,5	50	37,5	0
	with technology	0	0	0	0
9	To Correlate science and mathematic is very hard	0	12,5	68,75	12,5
10	to connect science and engineering is impossible	0	0	81,25	18,75
11	To connect science and technology is hard to do	0	6,25	87,5	6,25

TEACHER RESPOND

No	Statement	%			
		VA	A	DA	VDA
12	Deep knowledge of science and math are needed to implement STEM Education	25	68,8	6,25	0
13	Cooperation among science colege will make STEM implementation easier	50	50	0	0
14	Science and Math concept enrichment programe is really needed for me	56,25	43,8	0	0
15	STEM education training can icrease my proffesionalism	62,5	37,5	0	0
16	STEM Education training should do periodically	56,25	43,8	0	0

OPEN LESSON ANALYSIS

ELEMENTARY

- Almost all students are enjoy the lesson, for interview result they said they are happy to join the lesson
- 75% students are move actively in lesson, engage and do activity that teacher ask to do
- 75% student are not much understand of the lesson.

OPEN LESSON ANALYSIS

SECONDARY

- Almost all students are enjoy the lesson, for interview result they said they are happy to join the lesson
- 90% students are move actively in lesson, engage and do activity that teacher ask to do
- 80% student are understand of motion, distance and displacement, but they confuse of linear motion concept because some of their data did not show its characteristic.

OPEN LESSON ACTIVITY





CONCLUSSION

Based on curriculum analysis result, teacher respose and open lesson analysis, there are some challenge in this implementation, such as:

- Build teacher perception of STEM education: this will give impact to teacher analysis to curriculum content
- Develop teacher understanding of STEM disciplines: this will impact their lesson plan in class

DISCUSSION

- What should we do to create same perception of STEM education to teacher who have different kowledge background?
- What should we do to create good STEM teacher?

REFFERENCE

Bybee W. Rodger (2013) The Case for STEM Education, Challenges and Opportunities, NSTApress, pp1-130.

Kumano Yoshisuke (2012). Abilities which target within the new junior high school science course of study, Section 3, Chapter 2, Now is the time to find out the abilities of science learning-perspectives to elaborate new abilities, Japan Science Education Society (ed.), Publisher, 98-105...

Kumano Yoshisuke (2013), Analysis and Discussion on STEM Education Movement in Science Education in the US and Possible Implication to the Japanese and Indonesian Contexts, paper presented in Interational Coference Shizuoka University and Education University of Indonesia (UPI)

Japanese contingent visits UI to study STEM initiative

Iowa's STEM program garners interest abroad

BY: UNIVERSITY COMMUNICATION AND MARKETING | 2014.02.07 | 10:01 AM



Jeffrey Weld, executive director of the Governor's STEM Advisory Council, and Robert Yager, UI College of Education science education professor emeritus (center), meet with Japanese educators to discuss STEM education at Van Allen Hall on the UI campus as part of a three-day visit. Photo by Tim Schoon.

A group of educational leaders from various Japanese universities is visiting the University of Iowa to discuss Iowa's Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) initiative and garner strategies and tactics to develop a STEM program in Japan.

The group arrived Thursday, Feb. 6 and will be in the community through Saturday, Feb. 8.

The Japanese contingent, leaders from the Governor's STEM Advisory Council, (http://www.iowastem.gov) and UI educators and administrators are gathering to discuss local and international STEM curricula and are taking an in-depth look at Iowa STEM happenings with trips to several Iowa City schools including Lincoln Elementary.

The visitors are also touring parts of the UI campus, including the UI's Center for Computer Aided Design.

Yoshisuke Kumano, professor of science education at Shizuoka University in Japan, is leading the Japanese delegation.

Iowa's impressive STEM results and Kumano's relationships with Robert Yager, professor emeritus of science education in the UI College of Education (http://www.education.uiowa.edu), and Jeffrey Weld, executive director of the

Read a related story, Changing the way science

Governor's STEM Advisory Council, gave Kumano incentive to choose Iowa's STEM program as a guide to Japan's future STEM initiative.

is taught around the globe (http://www2.education.uiowa.edu/en/edatiowa/winter-2013/innovative-teaching.aspx).

資料一71

"We are honored to host this distinguished group of visitors and to share best practices and insights about some of the STEM innovations happening on the UI campus and across the state," says P. Barry Butler, UI executive vice president and provost. "We at the UI are proud of our role in preparing so many students to contribute to society in a diverse array of careers such as education, engineering, environmental science, and health care."

Those visiting from Japan include the following:

• Kumano, who is also the president of the Japan Association of Energy and Environmental Education and vice president of the East-Asian Association for Science Education;

• Tetsunori Imamura, professor of science education at Yamagata University;

• Shingo Uchinokura, associate professor at Kagoshima University;

• Irma Rahma Suwarma, Ph.D. program candidate at Shizuoka University and lecturer at Indonesian University of Education;

• Tomoki Saito, Ph.D. program candidate at Shizuoka University and Toi Junior High School Science Teacher;

• Tomonori Ishizaki, Ph.D. program candidate at University of Tsukuba

Members of the Iowa delegation are the following: Nicholas Colangelo, dean of the UI College of Education; Yager; and Weld, who is also an alumnus of the UI College of Education's science education program with three degrees—a Bachelor of Science in 1983, a Master of Science in 1994, and his doctorate in 1998.

During their visit, the group will also visit with other science educators and administrators and will have an opportunity to tour the Iowa Children's Museum in Coralville.

Contacts

Jacci Linn (mailto:linn@iowastem.gov), The Governor's STEM Advisory Council, 319-273-2716
Lois J. Gray (mailto:lois-gray@uiowa.edu), University Communication and Marketing, 319-384-0077

COLLEGES: COLLEGE OF LIBERAL ARTS AND SCIENCES (/COLLEGES/COLLEGE-LIBERAL-ARTS-AND-SCIENCES)
COLLEGE OF EDUCATION (/COLLEGES/COLLEGE-EDUCATION)

TOPICS: CAMPUS (/TOPICS/CAMPUS) COMMUNITY (/TOPICS/COMMUNITY) RESEARCH (/TOPICS/RESEARCH) INTERNATIONAL (/TOPICS/INTERNATIONAL) ADMINISTRATION (/TOPICS/ADMINISTRATION) FACULTY (/TOPICS/FACULTY)

TAGS: GOVERNOR'S STEM ADVISORY COUNCIL (/KEYWORDS/GOVERNORS-STEM-ADVISORY-COUNCIL) SCIENCE EDUCATION (/KEYWORDS/SCIENCE-EDUCATION) JAPAN (/KEYWORDS/JAPAN) STEM (/KEYWORDS/STEM) SCIENCE (/KEYWORDS/SCIENCE) TECHNOLOGY (/KEYWORDS/TECHNOLOGY) ENGINEERING (/KEYWORDS/ENGINEERING) AND MATHEMATICS (/KEYWORDS/AND-MATHEMATICS)

Japanese Come to Iowa for STEM Lesson



Updated: Thursday, February 6 2014, 10:39 PM CST

IOWA CITY, Iowa (CBS2/FOX28) -- This week, six educational leaders from Japanese universities are visiting the University of Iowa to take a lesson in science, engineering, technology, and math, or STEM.

The professors and Ph.D. candidates visiting the Hawkeye state are spending three days meeting with faculty, deans, and teachers to learn how to build a STEM program like Iowa's, especially when it comes to engineering.

"I was so wondering -- and lots of Japanese people (are) wondering -- why (is the) United States moving that way? Maybe, we (need) to change," said Yoshisuke Kumano, a professor at Shizuoka University.

Kumano said the Japanese focus a lot on science, but making it applicable to students can be difficult. College of Education Dean Nicholas Colangelo told the group, getting kids interested in STEM subjects has to be fun -- and has to start early.

"Inherently math and science is exciting, it's fun. I think it's the way we present it," Colangelo said.

The Japanese delegates came to Iowa, in part, because of the Governor's STEM Initiative. Started in 2011, it has brought hi-tech education to the forefront in Iowa.

"I think we've made such a presence internationally already in this two-and-a-half years that a Japanese contingent looking for STEM reform in Japan comes to Iowa, and here we are," said Jeff Weld, executive director of the Governor's STEM Advisory Council.

The Japanese are hoping to eventually create a broader exchange program between universities in the U.S. and Japan, Kumano said.

"As a globe, I think we can help each other, we can find something new, I think we will sustain more for the future," he said.

Japanese educators study Iowa's STEM program

BY KYLE OPPENHUIZEN, Staff Writer

Friday, February 07, 2014 4:33 PM

A group of Japanese professors and educators are in Iowa today to learn about the state's initiative to persuade more students to pursue careers in science, technology, engineering and mathematics (STEM).

Led by Yoshisuke Kumano, professor of science education at Shizuoka University and president of the Japan Association of Energy and Environmental Education, the six educators are in the middle of a three-day trip to the state to see the Governor's STEM Advisory Council in action. The goal is to take lessons learned and potentially apply them to a similar STEM initiative in Japan.

The group arrived on Thursday and leaves tomorrow morning. Yesterday, they went into Iowa City schools to talk with teachers and students and visited the University of Iowa, where they will make a return trip today. Also on the agenda is a trip to the Iowa Children's Museum in Coralville, whose executive director, Deborah Dunkhase, is a STEM council member.

The delegation chose Iowa in part because of the state's success with its STEM initiative and in part because Kumano has a personal relationship with University of Iowa science professor Robert Yager.

Jeff Weld, executive director of the Governor's STEM Advisory Council, said the delegation has seemed particularly interested in the programs that the council has been able to implement. His advice to Kumano: Get the right leaders in the room. That will get the ball rolling.

"I think the major takeaway here is the collaborative spirit," Weld said. "There's the business sector and workforce development and museum directors and librarians and K-12 teachers and parents. They're all in a room together. ... That's the takeaway I think they'll take from Iowa: to get this done and to be systematic about it, you have to have all these voices contributing."

Iowa is one of three destinations in the delegation's trip to the United States. Other visits include the University of Minnesota and Washington, D.C.

Weld said he's heard from a number of other states that have inquired about Iowa's success so far with the 2 1/2-year-old STEM initiative, including Indiana, Washington and Wisconsin this week. But this trip is a "remarkable feather in our cap."

"To get an international guest peeking in on Iowa's STEM initiative is just further evidence that we're doing a lot of things right together," he said.

研究課題番号　23300283
平成 23 年度～平成 25 年度科学研究費補助金（基盤研究（B））

科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究
最終報告書

発行日　　平成 26 年 3 月 31 日

発　行　　熊野　善介
（静岡大学創造科学技術大学院・教育学部・教授）

印　刷　　（株）篠原印刷所