

資源・エネルギー論の試み

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 通玄 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025300

資源・エネルギー論の試み

伊 藤 通 玄*

I はじめに

筆者はこれまで、教養課程の学生を対象とした一般教育「地学」(通年30時間、4単位)において、前期は「宇宙のなかの地球」(I 宇宙の構造・運動・進化、II 太陽系天体の起源と進化)、後期は「地球のなかの日本列島」(III 地球の構造・運動・進化、IV 日本島の過去・現在・未来)のなかで、「地球物質の起源と進化」「プレート運動と日本島の変遷」を進化論的に講義してきたが、地球環境問題やこれと深く関わる資源・エネルギー問題については、時間的な制約のため、日本列島の未来に関わる問題として総括的に触れるにとどめてきた。

折しも、新大学設置基準に基づく静岡大学の「新教育課程」の検討を経て、各学部の専門科目を補完する共通科目(教養科目)の中核となる「主題別科目」(8単位必修、うち6単位は同一主題のもとに開設される授業科目を選択する)が開設されることとなり、「地球と環境」・「自然と数理」・「社会と人間」・「人間と行動」・「言語と文化」の5主題が設定され、1993年度より実施されている。以下はすでに報告した「地球環境論の試み」(伊藤:1993)と深く関わる主題別科目「資源とエネルギーII」(地球の資源とエネルギー)に関する実践報告である。会員諸氏の率直なご批判を仰ぎたい。

II 「資源とエネルギーII」(地球の資源とエネルギー)のねらい

世紀末の地球の現状は、核の脅威が依然として払拭されないばかりか、民族や宗教上の対立などに根ざす地域紛争が激化するとともに、人類の多様な生産・流通・消費(破壊)活動に伴う様々な環境問題が地球規模で深刻化している。この講義では地球的規模で深刻化しつつある主要な環境問題(地球の温暖化、広域酸性雨、成層圏オゾン層の破壊、広域海洋汚染・森林破壊・砂漠化・生物種の減少等)と密接に関係する「地球の資源・エネルギー問題」取り上げ、次の諸点を理解させることをめざす。

- 1) われわれ人類をはじめ地球上のすべての物質・エネルギーは、宇宙における天然核融合炉の放出物質(超新星残骸)を起源とし、それらが様々なレベルに進化したものであること。
- 2) 地球における物質進化の初期の段階で、原始海洋中で誕生したと推定される地球型生命は、地球環境の変遷のなかで進化・多様化したが、これらの生命活動が太陽活動・地殻変動などとともに海洋環境・大気環境・地殻環境を変容し、より多様な生命体を生み出したこと。
- 3) 現在進行中の地球環境の急速な変化の要因は、人類の進化(文明化)・発展(人口と生産力の増加)に伴う急速な資源・エネルギーの浪費と廃棄物対策の不徹底にあること。

* 静岡大学教養部

- 4) 人類を含む地球上の生命が共生し得る道は、国際的な協力体制のもとでの徹底した省資源・省エネルギー・人口抑制策の推進と環境汚染物質の封じ込め（廃棄物処理の徹底）にあること。
- 5) 省資源・省エネルギー・廃棄物処理の徹底は行政・企業の努力にとどまらず、生産・流通・消費（廃棄）の過程に関わるすべての人々の自覚的実践なしには実現し得ないこと。

III 資源とエネルギーII（地球の資源とエネルギー）

授業内容の紹介では、前期に開講される「環境科学II」（地球の進化と環境変遷）と深く関わるので、これとともに受講するよう明示しているが、現実にはカリキュラム上の制約などのため、「環境科学II」未受講者が受講している。このため、「環境科学II」未受講者のために、「環境科学II」とほぼ同一内容の序論（3時間）を準備した。この序論については「環境科学II」既受講者の再受講をあえて求めなかったが、半数以上の既受講者が理解をより深めるために再受講している。

1 地球物質の起源と進化（序論）

(1) 地球物質の起源と進化

宇宙における地球の位置・質量・密度・構造・組成等を概観したうえで、宇宙（銀河系）における「天然の核融合炉（恒星）」での熱核融合反応により、軽元素（H・He）主体の宇宙物質から地球の主要物質である重元素（C・O…Fe 族）が形成される過程を紹介する。

(2) 地球物質の供給

宇宙（銀河系）における「特殊な複合核融合炉の崩壊現象」（超新星I型）で放出された重元素（C・O…Fe 族）、「大規模核融合炉の崩壊現象」（超新星II型）で放出された軽元素（H・He）～超重元素（Ag・Au・Pb・Th・U など）が地球の構成物質となった過程を紹介する。

(3) 地球物質の集積（原始地球の形成過程）

銀河系の渦状腕近くで発生した「天然核融合炉の崩壊（超新星爆発）」をトリガーとした原始太陽系雲の集積・昇温・分化により、重元素主体の地球型惑星（水星・金星・地球・火星）が形成された過程を林（京大）モデルを基本に紹介する。

2 地球資源・エネルギーの起源と進化（本論I）

(1) 地球の形成と地球資源（地球物質の分化・多様化・偏在）

原始地球の形成過程、とくに大気と海洋の形成過程を松井（東大）モデルに基づく資料映像「水惑星・奇跡の旅立ち」（NHK 1987）で紹介し、それ以前の標準モデル＝林（京大）モデルとの差異を踏まえ、地球物質の分化・多様化・偏在化（資源化）の過程を検討する。

(2) マグマの活動と地球資源（有用物質の濃集→火成鉱床の形成）

原始地球におけるマグマ・オーシャンの冷却→原始地殻の形成→マグマ活動の分化により、様々な火成鉱床（マグマ起源の有用鉱物の集積場）が形成される過程を映像資料「資源を産んだマグマ」（NHK 1987）で紹介し、配布資料で補足する。

(3) 大気・水循環と地球資源（有用物質の集積→堆積鉱床の形成）

原始海洋中での複雑な化学反応→原始生命体の出現→光合成生物への進化が海洋環境を大きく変えたことにより、縞状鉄鉱床などの大規模堆積鉱床が形成された過程を映像資料「残されていた原始の

海」(NHK 1987)で紹介し、配布資料で補足する。

(4) 生物活動と地球資源 (石灰岩・石炭・石油・天然ガスなどの形成)

非金属資源の代表的存在である石灰岩・石炭・石油・天然ガスの形成と生物活動の関わりを取り上げる。資源小国といわれる日本にも豊富に存在する石灰岩の起源 (熱帯海域で形成され、プレート運動で運ばれた)、日本に石油がほとんど産出しない理由 (激しい地殻変動など) にも触れる。

3 地球資源・エネルギーの現状と将来 (本論2)

(1) 金属鉱物資源の現状と将来 (鉄・非鉄金属・希少金属)

鉄 (Fe) および非鉄金属 (Al, Cu, Zn, Pb, Ni, Sn など)、希少金属 (Pt, Au, Ag, Co, V, W, Sb, Mo など) の特性・主用途、主要鉱物、埋蔵量、生産量等に関する資料を配布のうえ、可採年数=確認可採埋蔵量/年生産量を求めさせ、その変動要因・将来予測 (資源の枯渇問題など) を検討する。

(2) 非金属鉱物資源の現状と将来

特異な酸化鉱物である「水」の特性 (生命活動に不可欠、化学反応・エネルギー移動の好媒体、優れた環境調整能など)、存在量、利用量の推移などを紹介後、石灰石 (CaCO_3)・珪石 (SiO_2)・岩塩 (NaCl)・石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) などの特性、用途、埋蔵量、生産量、将来性などを検討する。

(3) エネルギー資源の現状と将来 (石炭・石油・天然ガスなど)

化石燃料資源の特性、用途、形成過程、存在状態と採掘法、確認可採埋蔵量、生産量、可採年数などを紹介し、石油の将来については、環境汚染を引き起こさないことを前提とした回収率の向上が大きな課題であることを指摘する。原子力エネルギー資源 (ウラン) については補足的に扱う。

(4) 資源・エネルギー問題の打開策 (省資源・省エネ・廃棄物対策の強化・実践、新技術開発の推進)

国・行政・企業の努力 (責任) が大きい、生活者としての個々人も生産～流通～保有～消費 (廃棄) に至る資源・エネルギーの流れに関心を寄せ、省資源・省エネルギーに徹すること; 環境汚染物質 (有害物質) の封じ込めに協力すること; 必要な技術開発とその実用化の緊急性を指摘する。

IV 資源とエネルギーII (地球の資源とエネルギー) の具体的展開

1 地球物質の起源と進化 (序論)

(1) 地球物質の起源

宇宙 (銀河系) における地球 (太陽系) の位置を銀河系の構造図で確認後、地球物質の総質量約 $6 \times 10^{24} \text{kg}$ ($M_{\odot}/3.3 \times 10^5$)、総体積約 $1.1 \times 10^{21} \text{m}^3$ ($V_{\odot}/1.3 \times 10^6$)、平均密度約 5.5 ($3.9 D_{\odot}$) などを紹介し、その内部構造・化学組成の特徴に触れたうえ、地球を構成する主要元素 (重元素) の起源が宇宙 (銀河系) にある天然の核融合炉 (恒星) にあることを強調した (関連図表は省略)。

(2) 地球物質の供給

恒星=天然の核融合炉の内部構造、質量・組成などで異なる進化の様相、核反応の種類と主要生成重元素、終末の姿を解説後、天然核融合炉の崩壊現象である超新星爆発に基本的にふたつの型があることを指摘した。さらに映像資料「超新星との遭遇」(NHK 1988) を素材にして、超新星 I 型・II 型の差異を比較・検討した (関連図表は省略)。

(3) 地球物質の集積

「現代の太陽系科学」(長谷川・大林：1984)に基づく「太陽系の形成過程」(林モデル)を配布資料で解説後、その後に提起された「松井モデル」に基づく地球物質の集積過程を映像資料「水惑星・奇跡の旅立ち」(NHK 1987)で紹介した。さらに映像資料の問題点を指摘したうえで、両モデルの主要な差異(微惑星の集積時間・保温効果ガス・最高到達温度など)を比較・検討した(図表は省略)。

2 地球資源・エネルギーの起源と進化(本論Ⅰ)

(1) 地球の形成と地球資源(地球物質の分化・多様化・偏在・資源化)

1-(3)をふまえ、重元素主体の超新星放出物(宇宙塵)の集積→微惑星の形成→微惑星の衝突・合体→原始地球の形成の過程で、鉄族主体の核(Core)、重い岩石質(Mantle)、軽い岩石質(Crust)の分化が生じたこと、人類は陸生生物の一員として主として大陸地殻(Continental Crust)上で進化・発展を遂げ、地殻および海洋・大気中の多様な物質を資源として利用してきたこと、再生可能な資源(水など)と再生不能な資源(石油など)があることなどを指摘した。

表1 資源の定義・条件・区分・代表例

資源の定義	人類の諸活動・目的追求に必要な物質のうち、低コストで入手可能なもの。				
資源の条件	自然状態で充分濃集していること。十分な量があること。利用可能な場にあること。				
資源の区分	鉱物資源*		生物資源		化石燃料資源*
	金属鉱物資源	非金属鉱物資源	植物資源	動物資源	
代表例	鉄鉱石・ボーキサイトなど	水・石灰石・珪石・岩塩など	林産資源・農産資源	畜産資源・水産資源	石油・石炭・天然ガスなど

注) *印をした資源はまとめて「地下資源」と呼ばれている。

(2) マグマの活動と地球資源(有用物質の濃集→火成鉱床の形成)

マグマの形成→分化(移動)→冷却の過程で、人類にとって有用な特定元素または化合物(有用鉱物)の集合体が濃集・偏在した場合は火成鉱床と呼ばれ、正マグマ成鉱床・ペグマタイト鉱床・カーボナタイト鉱床・熱水成鉱床などに区分され、それぞれ特徴的な有用鉱物を供給することを、映像資料「資源を産んだマグマ」(NHK 1987)および表2を含む配布資料で紹介した。

表2 火成鉱床の種類と代表的鉱物 ～茅 陽一ほか(1991)などより抜粋・要約～

種類	説明	代表的鉱物
正マグマ成鉱床	マグマの冷却過程に直接関係して形成。	自然白金 Pt、クロム鉄鉱 FeCr_2O_4 など
ペグマタイト鉱床	残留マグマ中の揮発性物質の濃集。	Sn, Li, Be, U などを含む鉱物
カーボナタイト鉱床	炭酸塩溶融体が固化した火成岩中の鉱床。	Nb, Ta などを含む鉱物
熱水成鉱床	マグマから分離した高温・高圧水に由来。(鉱脈型・斑岩型・スカルン型・黒鉱型など)	Cu, Zn, Pb, Au, Ag, Hg, Sb などを含む鉱物

(3) 大気・水循環と地球資源 (有用物質の集積→堆積鉱床の形成)

地球物質の分化過程で生じた二次大気 (H_2O, CO_2 型) ～三次大気 (N_2, O_2 型)、海水・陸水 (雪水を含む) および地球物質の進化過程で生じた生物などの作用で濃縮・偏在した有用鉱物またはその集合体は堆積鉱床と呼ばれ、風化残留鉱床・機械的堆積鉱床・地下水浸透型鉱床・化学的堆積鉱床・有機堆積鉱床などに区分され、それぞれ重要な鉱物資源を供給すること；生物活動と深く関わる堆積鉱床として、オーストラリアの大規模縞状鉄鉱床 (プレ・カンブリアン) の形成過程・産状を映像資料で紹介した。

表3 堆積鉱床の種類と代表的鉱物 ～茅 陽一ほか(1991)などより抜粋・要約～

種 類	説 明	代 表 的 鉱 物
風化残留鉱床	風化作用の結果、残留・濃集された鉱床。	ボーキサイト (Al を含む鉱石)
機械的堆積鉱床	河川水・湖沼水などの作用で淘汰・堆積。	Au, Sn, Ti, U, Zr 鉱物、珪砂・粘土など
地下水浸透型鉱床	地下水の作用で移動・堆積・濃集。	U を含む鉱物など。
蒸発岩鉱床	海水・陸水中の特定成分が蒸発・乾固。	岩塩・石膏・ミョウバン石など。
化学的堆積鉱床	海水・陸水中の特定成分が化学的に堆積。	縞状鉄鉱・含銅頁岩など。
有機堆積鉱床	生物の遺骸や排泄物が堆積・変質。	石油・石炭・天然ガス・石灰など。

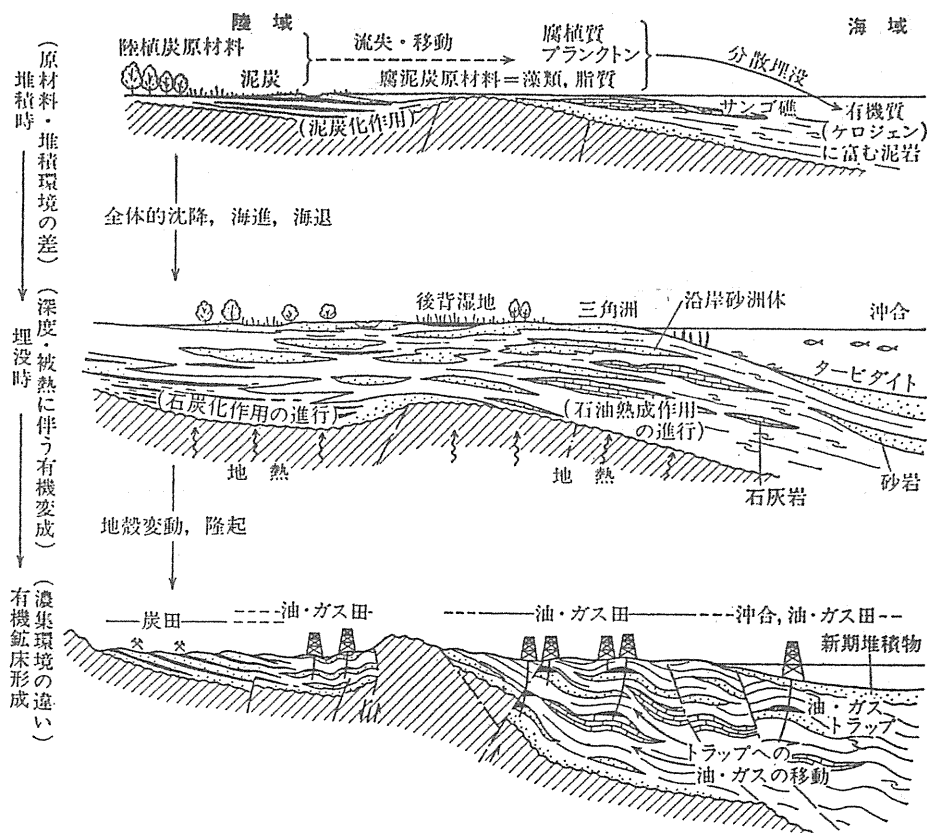


図1 有機堆積鉱床 (石炭・石油・天然ガス) 形成の地質モデル ～田口・相原(1979)～

(4) 生物活動と地球資源（石灰岩・石炭・石油・天然ガス）

表3の化学的堆積鉱床の代表例として縞状鉄鉱を挙げたが、大量に採掘・精錬・利用されているブレ・カンブリアンの大規模縞状鉄鉱床の形成には、光合成生物の放出した遊離酸素の増大が関与していること；資源小国といわれる日本にも豊富に存在し、セメント工業・土木建設業を支えてきた石灰岩の形成過程；エネルギー資源として必要不可欠な石油・石炭・天然ガスの形成環境・形成過程等の違いを図1～図3を含む配布資料で紹介し、日本の資源・エネルギー政策にも言及した。

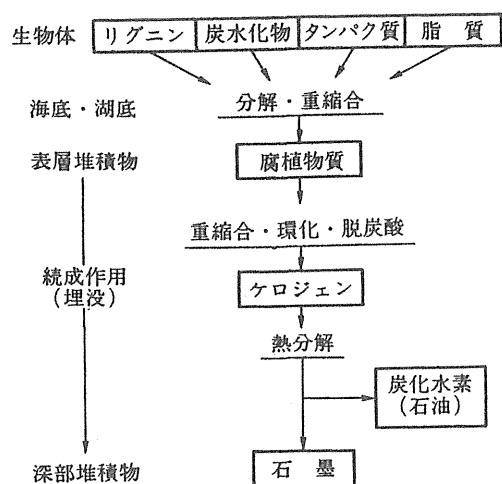


図2 続成作用後期成因説による石油の生成～茅 陽一ほか(1991)～

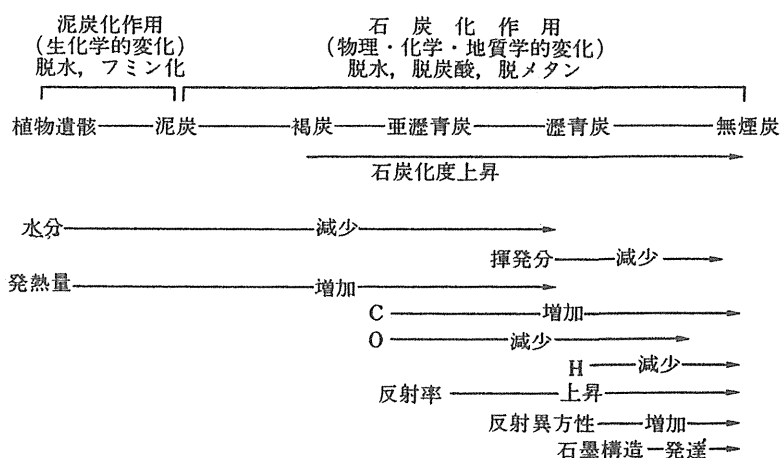


図3 石炭化作用に伴う諸指標の変化
～茅 陽一ほか(1991)～

3 地球資源・エネルギーの現状と将来（本論2）

(1) 金属鉱物資源の現状と将来

鉄(Fe)および主要非鉄金属(Al, Cu, Zn, Pb, Ni, Sn など)、希少金属(Pt, Au, Ag, V, W, Co, Sb など)の特性、主用途、主要鉱物、埋蔵量・年生産量（表4・表5）などを配布資料で紹介のうえ、可採年数＝確認可採埋蔵量／年生産量を算出させた。なお、景気の動向・需給バランス・技術革新などの要因のため、資源の生産・消費量が大きく変動すること；そのために可採年数など、将来予測の指標が大幅修正される可能性があること；などを指摘した。

表4 主要金属鉱物資源の特性・用途・埋蔵量・生産量・主要生産国（年生産量順）

金属元素名 (代表鉱物) 金属元素としての 地殻存在度	特 性	用 途	埋 蔵 量(1) 埋 蔵 量(2) 主要埋蔵国	年生産量(1) 年生産量(2) 主要生産国
鉄(Fe) (赤鉄鉱・針鉄鉱など) 41000 ppm	高品位・低価格 展・延性・強磁性 多様な特殊鋼に	基本的な構造材 全金属消費の95% を占める。	1.5×10^{11} (t) 1.0×10^{11} 旧ソ29%, オーストラリア18%	8.0×10^8 (t) 5.6×10^8 旧ソ22%, ブラジル18%
アルミニウム(Al) (ボーキサイト) 82000 ppm	耐食・無毒軽金属 展・延性に富む 熱・電気良導体	多様な基礎素材 高強度軽合金 建築・輸送・包装・反応材	6.0×10^9 (t) 2.5×10^{10} (粗鉱量) ギニア24%, オーストラリア19%	1.5×10^7 (t) 1.1×10^9 (粗鉱量) オーストラリア38%, ギニア16%

マンガン (Mn) (軟Mn鉱・菱Mn鉱など) 950 ppm	鉄より固く脆い 多様な化合物	耐磨耗合金 (Fe + Mn) 高抵抗合金 (マンガニン) 乾電池用消極剤	3.6×10^9 (t) 3.5×10^9 南ア共74%, 旧ソ13%	8.0×10^6 2.5×10^7 旧ソ36%, 南ア共15%
銅 (Cu) (黄銅鉱・輝銅鉱など) 50 ppm	古来より利用 製錬・加工容易 伝導率は銀に次ぐ	銅線・銅板・銅器具 電気器具・電気部品 各種合金 (黄銅・青銅・白銅・アルミ銅)	5.1×10^8 (t) 5.5×10^8 チリ22%, アメリカ16%	1.0×10^7 (t) 9.4×10^6 チリ21%, アメリカ19%
亜鉛 (Zn) (閃亜鉛鉱など) 75 ppm	常温でやや脆い 湿気中で酸化 低融点 (419.6°C)	亜鉛引き鉄板 亜鉛・銅合金 (黄銅) ダイカスト用合金	2.4×10^8 (t) 3.2×10^8 オーストラリア19%, カナダ18%	1.5×10^6 (t) 7.6×10^6 カナダ17%, オーストラリア13%
鉛 (Pb) (方鉛鉱など) 14 ppm	古来より利用 低融点 (327.5°C) 耐食性が大きい	鉛管・鉛蓄電池 耐食性内張・被覆材 顔料・放射線遮蔽材	1.5×10^8 (t) 1.2×10^8 オーストラリア22%, 旧ソ14%	3.2×10^6 (t) 3.4×10^6 オーストラリア17%, 旧ソ14%
ニッケル (Ni) (珪ニッケル鉱など) 80 ppm	適度な硬度と強度 耐熱性・耐食性 加工性に優れる	特殊鋼・特殊合金 Cd-Ni 電池・触媒 電子管材料など	7.0×10^7 (t) 1.2×10^8 キューバ20%, ニュースカレド13%	9.0×10^5 (t) 8.9×10^5 旧ソ24%, カナダ21%
スズ (Sn) (スズ石など) 2 ppm	古来より利用 低融点 (232°C) 加工性・無害性	青銅 (Cu/Sn合金) 素材 食器・スズ箔・ブリキ 活字合金・ハンダなど	4.5×10^6 (t) 6.0×10^6 中国25%, ブラジル20%	2.2×10^5 (t) 1.6×10^5 中国21%, インドネシア19%

注1) 地殻存在度・埋蔵量(1)・年生産量(1)は馬淵久夫(1994)による。

注2) 埋蔵量(2)・年生産量(2)は矢野恒太郎記念会(1993)による。

表5 主要希少金属資源の特性・用途・埋蔵量・年生産量など (年生産量の少ない順)

金属元素名 (代表鉱物) 金属元素としての 地殻存在度	特 性	用 途	埋 蔵 量(1) 埋 蔵 量(2) 主要埋蔵国	年生産量(1) 年生産量(2) 主要生産国
白金 (Pt) (自然白金) 0.001 ppm	あまり硬くない ガス吸収能あり 酸化・還元触媒能	酸化・還元用触媒 耐食容器・電気炉 電極・装飾・歯科	2.7×10^4 (t) 6.6×10^4 南ア共89%, 旧ソ9%	9.0×10^1 (t) 2.9×10^2 南ア共48%, 旧ソ44%
金 (Au) (自然金) 0.001 ppm	古来より利用 展・延性最大 美しく錆びない	貨幣・装飾・工芸品 合金 (Cu, Ag, Pt, Ni) メッキ・接点・歯科	4.0×10^4 (t) 4.9×10^4 南ア共45%, 旧ソ16%	1.4×10^3 (t) 2.1×10^3 南ア共29%, アメリカ14%
リチウム (Li) (リチア雲母など) 20 ppm	最軽金属で軟質 反応性が大きい アルカリ金属	電池の負極材 航空機用構造材 合成ゴム重合触媒	7.3×10^6 (t) 8.4×10^6 ボリビア65%, チリ16%	3.9×10^3 (t) 5.4×10^3 チリ33%, オーストラリア24%
銀 (Ag) (輝銀鉱など) 0.07 ppm	古来より利用 展・延性大きい 伝導率最大	貨幣・装飾・工芸品 感光材・電気接点・ 電子工業・医化学用	2.6×10^5 (t) 4.2×10^5 アメリカ17%, 旧ソ12%	1.2×10^4 (t) 1.5×10^4 メキシコ16%, ペルー11%
コバルト (Co) (輝コバルト鉱など) 20 ppm	硬度・剛性大 耐酸性・耐食性 古来より利用 (色素)	高速度・耐食合金 ガスタービン材 永久磁石材 (MK鋼など)	2.7×10^6 (t) 8.3×10^6 ザイール25%, キューバ22%	3.2×10^4 (t) 2.3×10^4 ザイール39%, ザンビア20%
バナジウム (V) (バトロン石・褐鉛鉱など) 160 ppm	純粋単体は軟質 不純単体は硬質 耐酸性・高融点	高張力鋼用添加材 航空機用合金 (Al+Ti+V) 超伝導磁石 (V+Ga) など	4.0×10^6 (t) 1.7×10^7 南ア共47%, 旧ソ25%	3.1×10^4 (t) 3.1×10^4 南ア共55%, 旧ソ31%
タングステン (W) (灰重石・鉄マンガ重石) 1 ppm	純粋単体は軟質 最高融点 (金属中) 湿潤空气中で酸化	WCとして超硬度合金 高速度鋼・耐火合金 フィラメント・電極	2.8×10^6 (t) 3.4×10^6 中国41%, カナダ14%	4.5×10^4 (t) 4.4×10^4 中国52%, 旧ソ22%
アンチモン (Sb) (輝安鉱) 0.2 ppm	古来より利用 (色素) 脆い金属 乾気中では安定	鉛との合金 (硬鉛) 活字合金 (Pb+Sn+Sb) メッキ・半導体材料	2.5×10^6 (t) 4.7×10^6 ボリビア7%, 南ア共5%	6.2×10^4 (t) 5.1×10^4 中国43%, ボリビア17%

ジルコニウム(Zr) (ジルコンなど) 190 ppm	細粉は高温空气中 で自然発火 耐腐食性	耐食合金・外科器具 原子燃料被覆材 超伝導材(Zr+Nb)	5.8×10^7 オーストラリア45%,南ア共26%	7.0×10^5 (t) 8.9×10^5 オーストラリア50%,南ア共20%
-----------------------------------	---------------------------	-------------------------------------	--	---

注1) 地殻存在度・埋蔵量(1)・年生産量(1)は馬淵久夫(1994)による。

注2) 埋蔵量(2)・年生産量(2)は矢野恒太郎記念会(1993)による。

(2) 非金属資源の現状と将来

地表付近に広く存在し、人類を含む地球型生命のすべてにとって必要不可欠な酸化鉱物「水」の特性（分子量に比べ、融点・沸点が高い；常温常圧では液体であるが、状態の変化が顕著；融解熱・蒸発熱・比熱が大きい；多くの物質を溶解するなど）を取り上げ、資源としての重要性・特殊性のほか、地球環境緩和物質としての重要性を指摘した。ついで、石灰石（ CaCO_3 ）・珪石（ SiO_2 ）岩塩（ NaCl ）など、主要な非金属資源の特性、主用途、埋蔵量・生産量などを配布資料で紹介のうえ、可採年数＝確認埋蔵量／年生産量を算出させ、その将来性を考察した。

表6 主要非金属資源の特性・用途・埋蔵量・年利用量など～茅 陽一ほか(1991)などから抜粋～

非金属資源名	特 性	用 途	地表付近の存在量	年利用量
水(H_2O)	分子量約 18 融点 0°C 沸点 100°C 最大密度 $1.0(3.9^\circ\text{C})$ 融解熱・気化熱大 多様な物質を溶解	農業用水(約 60%) 工業用水(約 28%) 生活用水(約 12%) 〈世界：1985 年〉	海洋水 $1.3380 \times 10^{18} \text{m}^3$ (96.5%) 地下水 0.0234×10^{18} (1.7%) 雪・氷 0.0241×10^{18} (1.7%) 地表水 0.0005×10^{18} (0.1%) 合 計 1.3860×10^{18} (100.0%) (淡水総量 $0.0350 \times 10^{18} \text{m}^3 = 2.5\%$)	$4.5 \times 10^{12} \text{m}^3$
石灰石(CaCO_3) 石灰岩・大理石・チョーク 方解石などとして産出	分子量約 100 約 900°C で分解 ($\text{CaO} + \text{CO}_2$) 水に難溶、 CO_2 を 含む水には可溶 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	セメント原料(石灰石約85%) 土木・建設用(舗装用骨材など) 製鉄・製紙・ガラス用添加剤 ゴム・プラスチック用充填剤 酸性土壌中和剤・排煙脱硫剤 肥料・医薬品その他	$0.7070 \times 10^{18} \text{t}$ (世界の 1988 年度生産量:40 億 t 以上) (日本の 1989 年度生産量:約 2 億 t) セメント用約45%、建設用約30%、製鉄用約10%	
珪石(SiO_2) 石英・珪質砂岩・珪岩 ・チャートなど珪酸質 の固体工業原料の総称	分子量約 60 工業用に利用される SiO_2 (Silica) 主体の資源 石英(Quartz)は鉱物名 地殻存在度第一位元素(47.4%) と第二位元素(27.7%)の化合物 融点 1610°C 、沸点 2227°C 物理・化学的に極めて安定	超高純度のものは集積回路素材 高純度のものは各種ガラス素材 セメント・製鉄用添加材 耐火レンガ・研削用素材 超高純度 Si は一般工業用 Si に 塩化水素(HCl , 300°C) を通じ三塩化シラン(SiHCl_3) とし、精製・還元したもの	計算上は地殻物質($2.5 \times 10^{19} \text{t}$)の数% を占めるが、純度の高いものは多くない。 日本の生産量:約 1800 万 t(1990 年度)	
ヘリウム(He)	原子量約 4 無色・無臭・不燃性 融点 -272.2°C 沸点 -268.9°C He含有量0.3%以上の天然ガス から分離して利用	極低温冷媒 気球・加圧・ページガス 溶接用保護ガス 電子工業用保護ガス 分析用キャリアガス 医療・潜水用人工空気	天然ガス中に平均約 5 ppm 含まれているが、分離対象は 0.3%以上 アメリカの埋蔵量(天然ガス中):約 23 万 t(1987) アメリカの生産量:約 10.5 千 t(1987)	

岩塩 (NaCl)	天然産の NaCl 結晶 分子量約58.4(純粋結晶の場合) 密度2.16(20°C), 潮解性あり。 融点800.4°C, 沸点1413°C 石膏などの塩類を伴うことが多い。 高温・乾燥気候下の 潟湖や内陸湖盆で形成。	塩素・塩酸・水酸化ナトリウム原料 各種ナトリウム塩の原料 食塩・調味料・塩蔵用原料 医薬品原料など	海水中に約2.8% 天日製塩量:約400万t/年 岩塩製塩量:約1.3億t/年 日本生産量:約130万t(イオン交換膜法)/年 日本輸入量:約660万t/年
石膏(CaSO ₄ ・2H ₂ O)	天然産の硫酸カルシウム(2水和物) 分子量約172 加熱すると焼き石膏 (CaSO ₄ ・CaSO ₄ ・½H ₂ O)	セメント用添加材 (凝結速度調節材) 焼き石膏は建築材・ 造型素材・ギプス材	世界生産量:約9500万t(1989年度) 日本生産量:約530万t(脱硫石膏), (1988年度)

(3) エネルギー資源の現状と将来

図4を用い、世界のエネルギー資源埋蔵量・主要国別埋蔵率・年生産量・主要国別生産率から、可採年数を求めさせるとともに、資源の枯渇対策・地球の温暖化防止対策としての化石燃料節減の重要性を指摘した。さらに、代替エネルギーとしての原子力エネルギーの問題点(原子炉の安全性・放射性廃棄物処理体制の未確立など)に触れ、省資源技術・省エネ技術・新エネ技術の研究・開発の推進と早急な普及・実用化の重要性を指摘した。

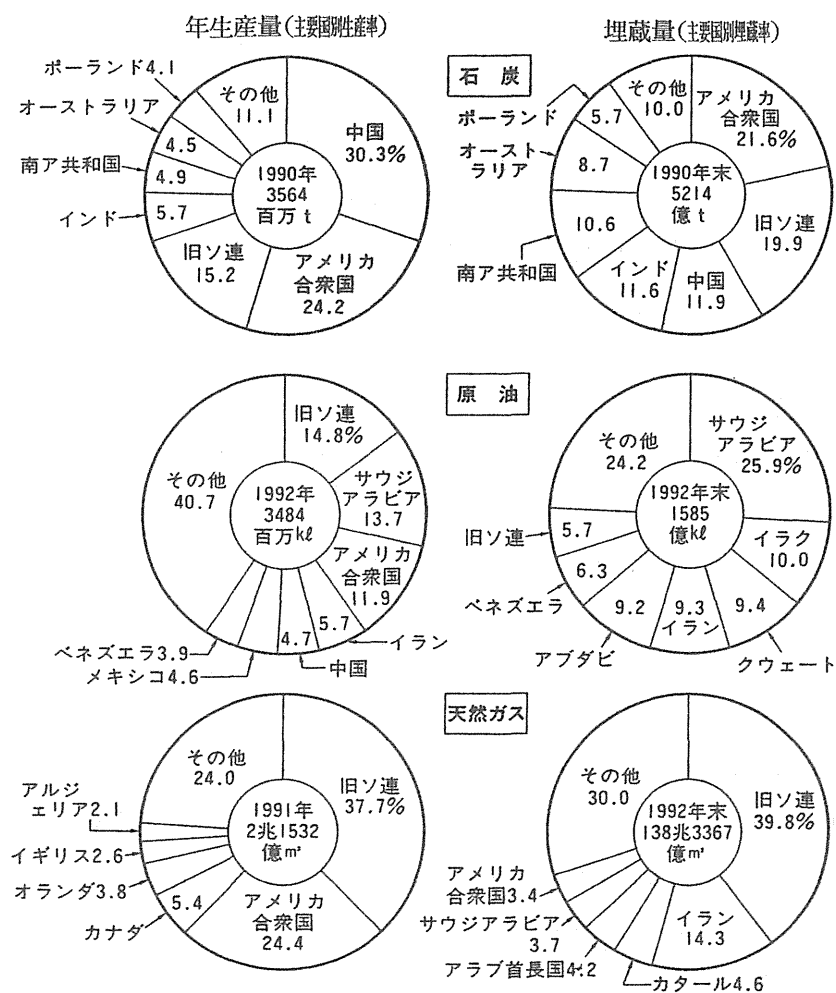


図4 エネルギー資源の埋蔵量(主要国別埋蔵率)
年生産量(主要国別生産率) ~矢野恒太郎記念会(1993)~

(4) 資源・エネルギー問題の打開策

人類の諸活動の加速度的拡大に伴い、様々な資源・エネルギーが大量に消費され、その結果様々な地球環境問題を引き起こしている現状を踏まえ、省資源・省エネルギーの強化と環境汚染物質（有害物質）の徹底した排出規制（封じ込め）が必要なことを再確認するとともに、省資源・省エネルギー対策の具体例（資源のリサイクル、エネルギー効率の向上など）、新エネルギー技術開発の具体例（太陽光発電・太陽熱利用・廃棄物発電・燃料電池発電など）を取り上げた。環境汚染物質の排出規制については、200 万 kW 級石炭火力発電所の環境対策を具体例として用いた。

以上のまとめとして、当面有効な CO₂除去策がない以上、あらゆる分野・レベルでの省エネ・省資源の徹底、エネルギー利用効率の向上（自動車燃費・公共輸送率・照明効率・発電効率等）とクリーンエネルギーの活用（太陽光・燃料電池・風力・波力等）に関わる技術開発・実用化のための諸施策の推進、省エネ・省資源型ライフスタイルの追求などが必要なことを強調した。60 年代高度成長期の深刻な環境問題（大気・水・土壌汚染等）や再度に亘るオイル・ショックを克服して、世界第二の経済大国に到達したわが国のなすべき国際貢献は、地球規模の環境問題（人口問題・自然災害問題なども含む）に関する財政支援と知的・人的貢献（技術移転・技術者派遣等）にあることにも言及した。

参考文献

- 杉本大一郎ほか(1979)：恒星の進化と終末（恒星社）。
- 田口・相原(1979)：岩波講座「地球科学」第 14 巻（岩波書店）。
- 長谷川・大林(1984)：現代の太陽系科学 [上]（東大出版）。
- 野本陽代(1988)：ドキュメント「超新星爆発」（岩波書店）。
- 松井孝典(1988)：地球進化論（岩波書店）。
- 松尾禎士(1989)：地球化学（講談社）。
- 資源ハンドブック編集委員会(1989)：資源ハンドブック（丸善）。
- 茅 陽一ほか(1991)：地球環境工学ハンドブック（オーム社）。
- 伊藤通玄(1993)：地球環境論の試み（静岡地学 No.68）。
- 矢野恒太記念会(1993)：世界国勢図会 1994-1995 （国勢社）。
- 通商産業省(1993)：エネルギー'93（電力新報社）。
- 通商産業省(1993)：ニューサンシャイン計画ハンドブック（通商産業調査会）。
- 環境庁(1993)：平成 5 年版環境白書（大蔵省印刷局）。
- 環境庁(1994)：平成 6 年版環境白書（大蔵省印刷局）。
- 資源エネルギー庁(1994)：総合エネルギー統計～平成 5 年度版～（通商産業調査会）。
- 資源エネルギー庁(1994)：新エネルギー便覧（通商産業調査会）。
- 資源エネルギー庁(1994)：省エネルギー便覧～平成 5 年度版～（省エネルギーセンター）。
- 馬淵久夫(1994)：元素の辞典（朝倉書店）。