

地球環境論の試み

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-20 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/10.14945/00025323

地球環境論の試み

伊藤 通 玄*

I はじめに

人類の生産・流通・消費活動の急速な拡大に伴い、かつては特定地域の問題とみなされていた環境問題（大気汚染・水汚染・土壌汚染・森林破壊等）が、今日では一国の対応では解決し得ない広域環境問題（地球温暖化・オゾン層破壊・酸性雨・広域森林破壊・砂漠化等）に発展し、地球規模での対応が求められている。

こうした状況を反映して、地球環境問題に対する学生たちの関心はかなり高く、複雑多様な地球環境問題の現状、発生・拡大の要因、将来の予測、打開の方策等を系統的に学び、問題解決のための実践に役立つ講義の開設が求められていた。

折しも、大学設置基準の大綱化（弾力化）に基づく「新教育課程」の検討のなかで、本学でも専門科目を補完する共通科目の中核となる「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」「人間と行動」「社会と人間」「言語と文化」の5主題のもと、1993年度より実施されることになった。

以下は半期30時間（2単位）という制約のなかで実施された「地球と環境」に関わる主題別科目「環境科学II」（地球環境論＝地球の進化と環境変遷）の試行報告である。

II 地球環境論（地球の進化と環境変遷）のねらい

この講義では、地球環境の形成過程とその変遷を概観するとともに、地球の温暖化・広域酸性雨・オゾン層の破壊・海洋汚染・森林破壊・砂漠化・生物種の減少等、地球的規模で深刻化しつつある主要な環境問題を地球進化論をベースに考察し、次の諸点を理解させることをねらいとした。

- 1) われわれ人類をはじめ地球上のすべての物質（環境要素）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) 原始海洋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・多様化したか、これらの生命活動も太陽活動・地殻変動などとともに地球環境を変えてきたこと。
- 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・発展（文明化・人口増）に伴う生産力の拡大、急速な資源・エネルギーの消費と環境汚染物質対策の不備・不履行にあること。
- 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・人口抑制政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・有害廃棄物処理の徹底は、行政・企業の努力・実践にとどまらず、生産・

*静岡大学教養部

流通・消費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 地球環境論の構成と内容（講義計画）

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、銀河系における「天然の核融合炉」（恒星）での核融合反応により、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概観する。

(2) 地球物質の供給

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）、「大型単独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）が集積して地球物質となったことを強調する。

(3) 地球物質の集積

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）を引き金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 地球環境の変遷（本論 1）

(1) 原始地球の形成と地球環境

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」（地球大紀行第 1 集、NHK 1987）で紹介し、その問題点を指摘するとともに、林（京大）モデルとの差異を配布資料を用いて比較・検討する。

(2) 海生生物の出現と地球環境

原始海洋中で誕生・進化したと推定される原始生物の一部が光合成機能を獲得し、進化・発展を遂げたことにより、海洋表層が酸素で飽和され、やがて遊離酸素が大気中に現れ、オゾン層が形成された過程を資料映像「残されていた原始の海」（地球大紀行第 3 集 NHK 1987）で紹介し、補足する。

(3) 陸上生物の出現と地球環境

オゾン層の形成、太陽紫外線到達量の減少、生命の陸上環境への進出、初期陸上植物群の出現と進化、陸上環境の改変、陸生動物群の出現と進化を概観する。白亜紀の活発な海底火山活動、海洋・大気中 CO₂ の高濃度化、気候の温暖化、生物界の変遷（白亜紀変革）にも触れる。

(4) 人類の出現・発展と地球環境

農耕技術等の発達、人口の増大とともに森林の伐採・耕地の拡大・土地利用の多様化、新天地の開拓等が進行し、環境破壊が次第に拡大したことを紹介する。産業革命以降、近代科学・技術を駆使した大量生産・大量消費が進み、様々な環境問題が加速度的に拡大して来たことを指摘する。

3 地球環境の現状と将来（本論2）

(1) 大気環境の現状と将来

地球物質総量の 10^{-6} 以下に過ぎない地球大気は、太陽活動・地殻変動・生物活動・人間活動の影響を最も敏感に受ける。広域大気汚染や酸性雨、温室効果ガスによる地球温暖化等を概観し、経済成長・人口増加と化石燃料増加・省エネルギー効果との関係を検討する。

(2) 海洋（生物）環境の現状と将来

地球上の H_2O 総量は地球物質総量の約 0.03%に過ぎないため、大気について太陽活動・地殻変動・生物活動・人間活動の影響を強く受ける。油・重金属・有機塩素化合物汚染や富栄養化が、内湾・沿岸域外洋域へ拡大し、海生生物をはじめ、食物連鎖で陸上生物に及んでいることを指摘する。

(3) 陸上（生物）環境の現状と将来

光合成機能を持った緑色植物が次第に地表を緑の絨毯で覆い、生物資源の生産（一部は地下資源化）、新たな生物環境の形成、物質・エネルギー循環および環境変動の制御、生物種の進化・多様化等に貢献してきたが、人間活動の活発化に伴い、生態系の破壊が激化していることを指摘する。

(4) 地球環境問題の打開策

現代人は生物として必要なエネルギーの約 10 倍（アメリカ人は 50 倍、日本人は 25 倍）のエネルギーを消費している。資源・エネルギーの加速度的大量消費が地球環境問題の要因である以上、省資源・省エネルギーの徹底と環境汚染物質の封じ込め（技術開発と実践）の緊急性を指摘する。

IV 地球環境論の具体的展開（試行の結果）

1 地球物質の起源と進化

(1) 地球物質の起源

宇宙における地球（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 $6 \times 10^{24} \text{kg}$ ($M_{\oplus}/3.3 \times 10_5$)、総体積約 $1 \times 10^{12} \text{km}^3$ ($V_{\oplus}/1.3 \times 10^6$)、平均密度 5.5 ($3.9 D_{\oplus}$) 等を紹介し、その内部構造・化学組成の特徴（図1）に触れたうえ、地球を構成する元素（重元素主体）の起源が宇宙にある天然の核融合炉（恒星）にあることを強調した。

(2) 地球物質の供給

天然核融合炉（恒星）の内部構造、質量・組成等で異なる進化の仕方、核反応の種類と主要生成重元素、最終形

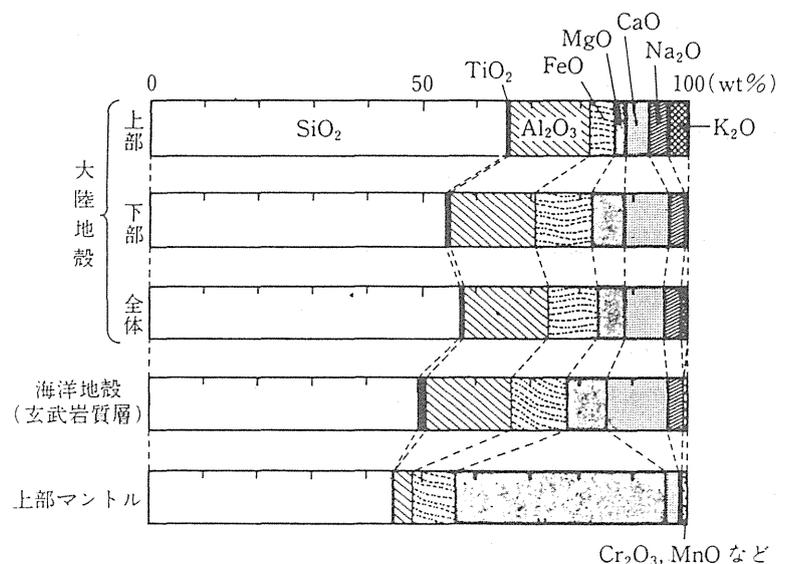


図1 地球の化学組成の特徴～松尾禎士(1989)～

態を図2・表1等で解説後、超新星爆発にふたつの型があることを指摘した。その具体例として1987年2月24日、I. Sheltonによって発見され、東大宇宙線研究所神岡地下観測所で放出ニュートリノが確認されたII型超新星 (SN 1987 A) を取り上げ、資料映像「超新星との遭遇」(銀河宇宙オデッセイ

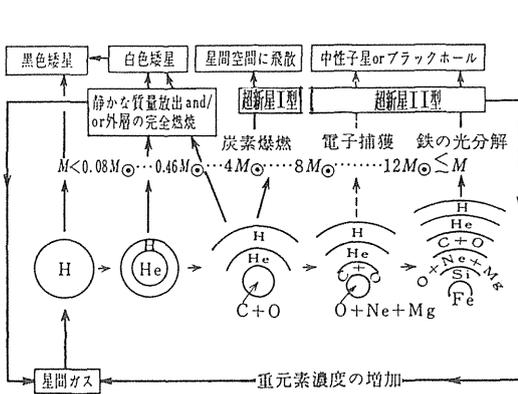


図2 質量別にみた恒星の進化と終末 (1970年代の考え方) ~杉本大一郎(1979)に加筆~

星の質量(太陽質量を1)	6以下	主系	赤色	核反応の暴走 (超新星II型?)	後に残るもの 白色矮星
	6~8	系	色	核反応の暴走 (超新星II型?)	完全に飛び散る
	8~10	列	巨	電子捕獲 重核崩壊 (超新星II型?)	中性子星
	10以上	星	星	鉄の光分解 重核崩壊 (超新星IIb型?)	ブラックホール?
	近接連星 (8以下の場合)	A星 B星	主系列星	赤色巨星 白色矮星	新星 核反応の暴走 (超新星I型?)
進化の方向 =>					赤色巨星へ

表1 質量別にみた恒星の進化と終末 (1980年代の考え方) ~野本陽代(1988)に加筆~

第2集、NHK 1991)を紹介後、I型・II型の差異を比較・検討した。

(3) 地球物質の集積

「現代の太陽系化学」(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」(地球大紀行第1集、NHK 1987)で紹介し、両モデルの主要な差異(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3)。

2 地球環境の変遷

(1)原始地球の形成と地球環境

1-(3)の両モデルにおいて、超新星放出物の集積、微惑星の形成、微惑星の衝突・合体、

原始地球という基本過程に差異はないが、「松井モデル」では一次大気(H, He)消失後も微惑星の衝突・合体が続き、その際放出されたガス(H₂O, CO₂など)の保温効果によって、衝突・合体時に解放された熱エネルギーが蓄積され、マグマの海が形成されたのに対し、「林モデル」では一次大気(H, He)の保温効果でマグマの海が形成され、ここから二次大気(H₂O, CO₂など)が形成されたとする点が主要な差異であることを指摘した。

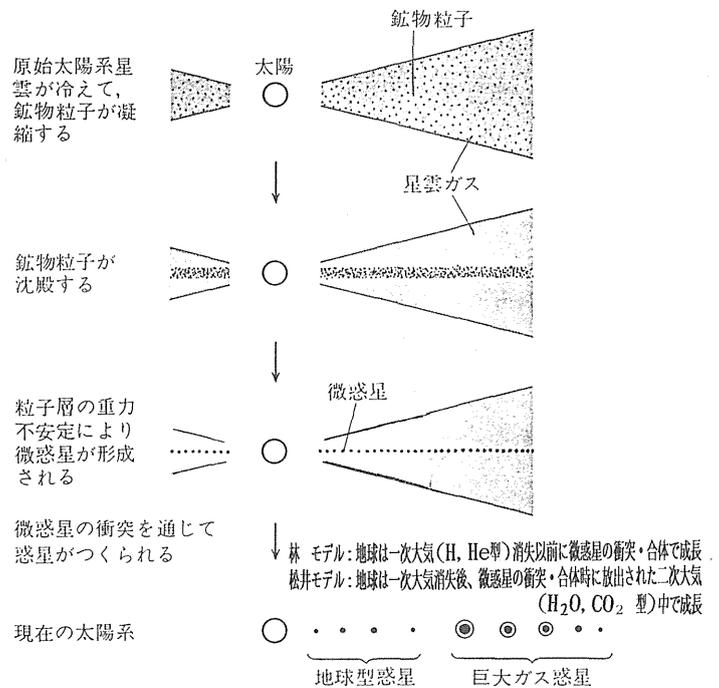


図3 林モデルと松井モデルの比較図 ~松井孝典(1988)に加筆~

(2) 海生生物の出現と地球環境

「残されていた原始の海」(地球大紀行第3集、NHK 1987)を素材にして、最古の微生物化石(35億年前の藍藻類)の特徴から、生命の起源はそれ以前に遡ること；強酸性の高温水、深海底の高温高压熱水下で現生している原始的生命の存在、高温・高压条件下での生命体合成実験等により、地球型生命誕生の場は原始地球の浅海や温・熱水域と推定されること；約20億年前のストロマトライト石灰岩、酸化鉄鉱層の存在等により、大気中への遊離酸素の放出が光合成生物(藍藻類等)によってなされたことと推定されること；などを指摘した。

(3) 陸上生物の出現と地球環境

映像資料「巨木の森・大地を覆う」(地球大紀行第6集、NHK 1987)および配布資料「古気候変動からみた地球温暖化」(大嶋和雄1992)等を用い、海生光合成生物(藍藻類など)の活動による大気中遊離酸素の増加、大気上層にオゾン層(紫外線フィルター)の形成、生命の陸上進出が可能になったこと；古生マツバラン類、ロボク・リンボク・木性シダ等への進化は多様な陸上(生物)環境を生み出すとともに、盛んな光合成活動により大気中のCO₂固定および大気中へのO₂放出を行い、それらの一部は埋没して化石燃料(石炭)の母材となったこと；などを指摘した。

(4) 人類の出現・発展と地球環境

最終総括の際、資料映像「太陽系第三惑星・46億年目の危機」(地球大紀行第12集、NHK 1987)を用いて地球環境の変遷をまとめ、人類の出現による地球環境の改変を具体的に紹介する予定のため、ここでは配布資料「世界人口の推移と化石燃料消費・CO₂放出量」(図5)および「世界のCO₂排出の要因

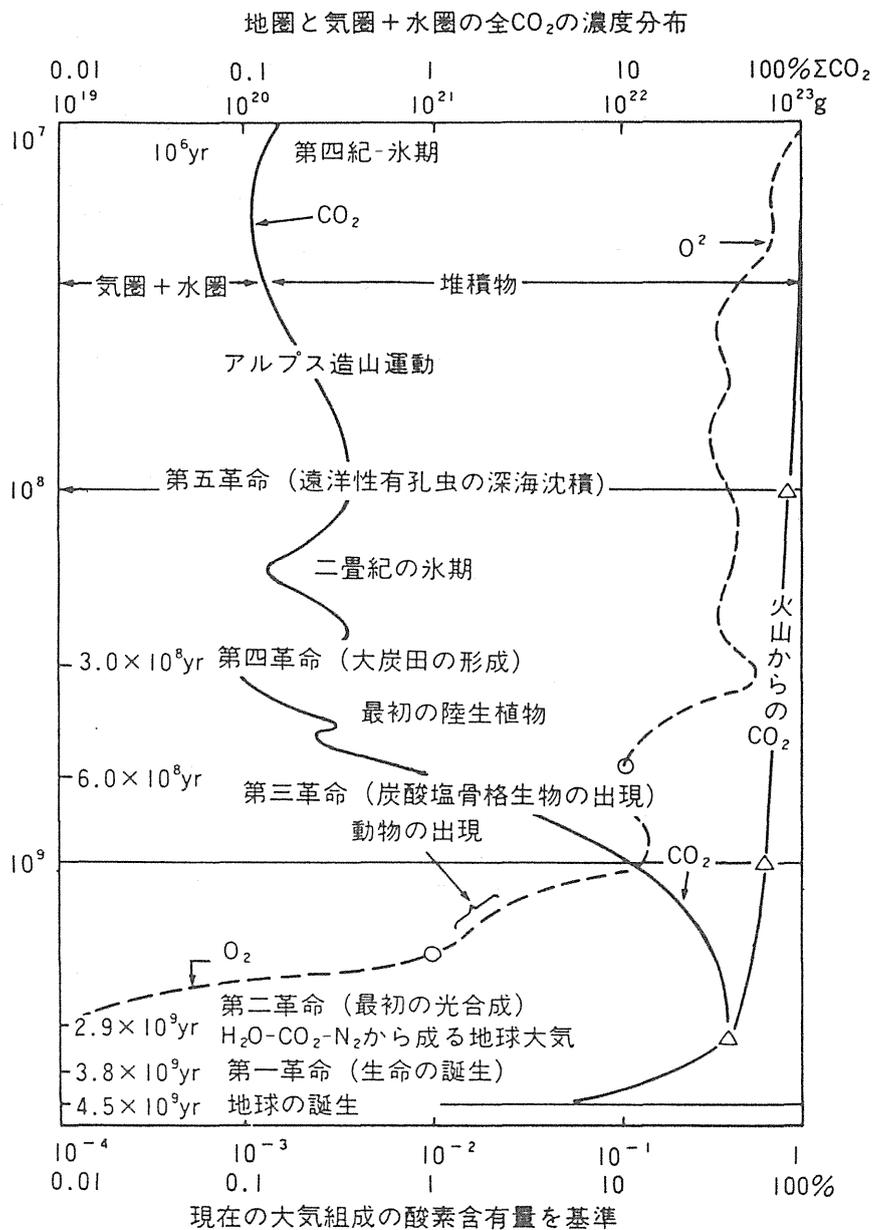


図4 地質時代の大事件とCO₂・O₂の変動～大嶋和雄(1992)～

変化」(図6)等を用い、農耕時代に始まる森林破壊、産業革命以降加速された化石燃料消費に伴うCO₂量の推移、1970-80年代のCO₂排出の要因変化を地域別に検討するにとどめた。

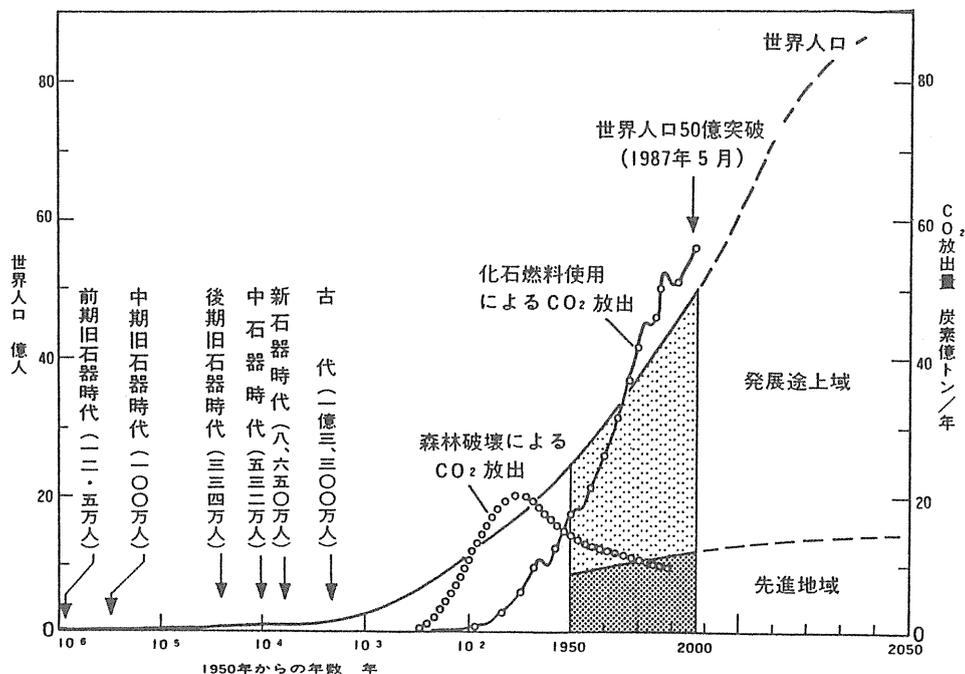


図5 世界人口の推移と化石燃料消費・CO₂放出量～内嶋善兵衛(1990)～

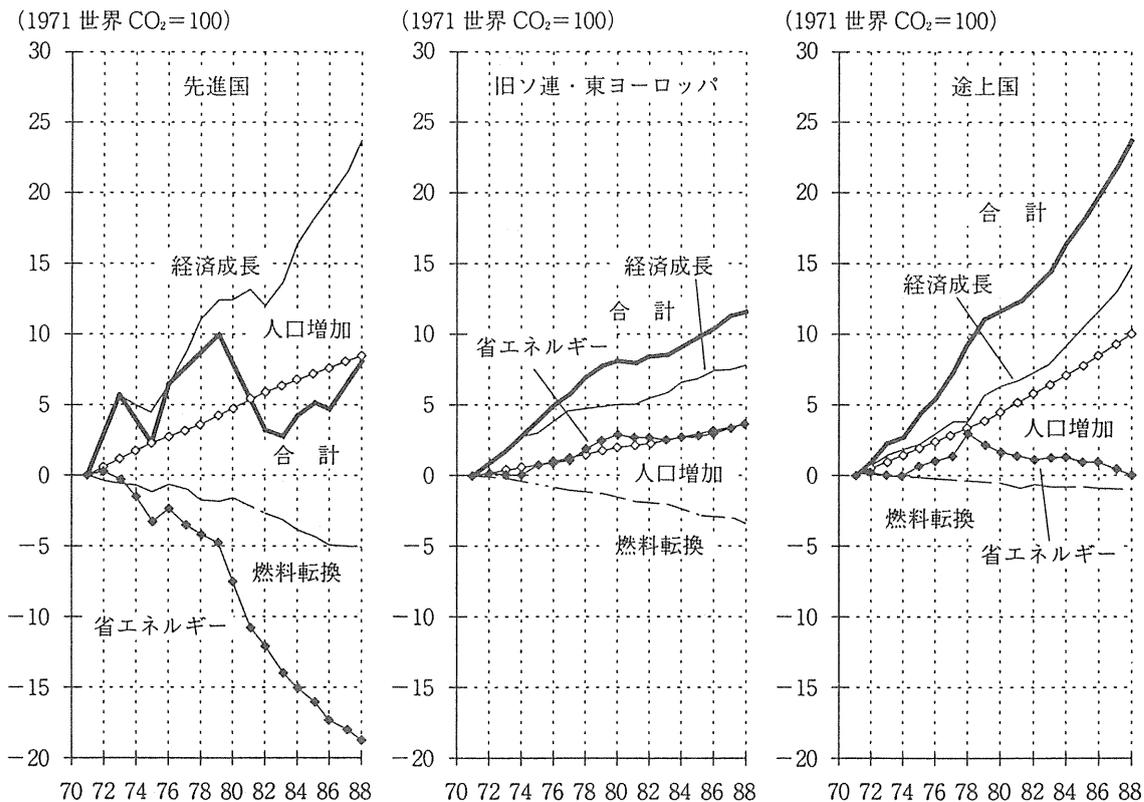


図6 世界のCO₂排出の要因変化～茅 陽一ほか(1993)～

3 地球環境の現状と将来

(1) 大気環境の現状と将来

表2・図7等を用いて、温室効果ガスの発生源・蓄積速度・温暖化への影響度および年代別地表温度上昇率を比較・検討し、最近ではCO₂濃度に比べ遙かに低濃度のフロン・CH₄・N₂OにO₃を加えた温室効果はCO₂に匹敵すること；CO₂の排出削減とともにフロン・CH₄等の排出削減対策が必要なことを強調した。次に酸性降下物の生成機構、これらに由来する酸性雨・酸性霧の地表（土壌・森林等）への影響を概観した。オゾン層の存在意義、南極上空のオゾン・ホール、スカンジナビア半島北方上空～中央シベリア北方上空のオゾン濃度の低下等にも触れたが、補足映像「地球汚染I～大気に異変が起きている～」(NHK 1989)の放映は時間的制約のため省略した。

表2 温室効果ガスの発生源・蓄積速度・影響度～茅 陽一ほか(1993)～

気体*1)	主な発生源	現在の年間増加率と濃度	地球温暖化への影響度*2)
二酸化炭素(CO ₂)	・化石燃料の燃焼(約77%) ・森林焼失(約23%)	0.5% 353ppm	55%
フロン類(CFCs), 類似気体 (HFCs, HCFCs)*3)	・種々の産業上の使用 (冷却剤, 発泡剤, 溶剤)	4% フロン11: 280ppt フロン12: 484ppt	24%
メタン(CH ₄)	・水田, 腸内発酵, ガス漏洩	0.9% 1.72ppm	15%
亜酸化窒素(N ₂ O)	・バイオマスの燃焼 ・化学肥料の利用 ・化学燃料の燃焼	0.8% 310ppb	6%

* 1) 対流圏オゾンに由来するものも無視できないが、定量化は困難である。

2) 1980年代の10年間にに関する推定。

3) フロンの代替物質であるこれらの物質はオゾン層を破壊しないが、温室効果ガスとなる可能性がある。

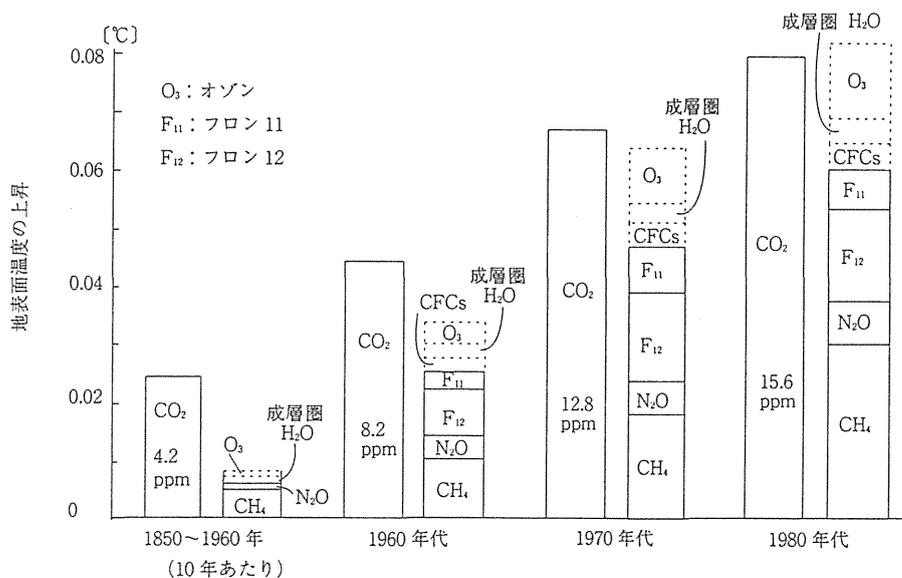


図7 温室効果ガスによる年代別地表温度上昇率～茅 陽一ほか(1993)～

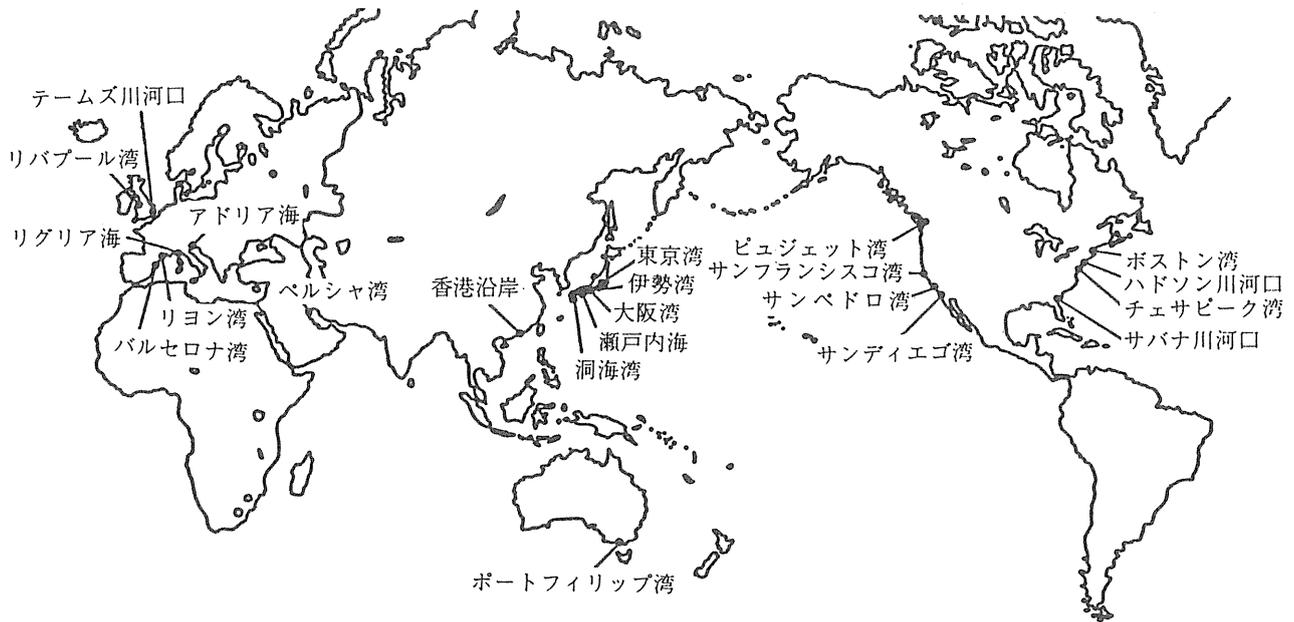


図8 主な重金属・有機塩素化合物汚染水域～茅 陽一(1993)～

(2) 海洋（生物）環境の現状と将来

海洋の汚染は、人間活動の場に近い内湾・沿岸域で問題となることが多かったが、国際経済活動の活発化に伴う資源・エネルギー確保、物流活動の拡大とともに外洋域におよび、地球規模の環境問題となりつつあることを、油汚染、重金属・有機塩素化合物汚染（図8）、富栄養化等について概観し、これらの海洋汚染が海生生物の食物連鎖によって、高次捕食者の生体に濃縮される過程を配布資料および資料映像「地球汚染II～海はひそやかに警告する～」(NHK 1989)で紹介した。富栄養化問題に関連して、わが国海域の環境基準および設定の経緯(1960年代住民運動の結果)、海域の栄養階級区分・特徴、具体的汚染データ(わが国周辺海域)等を補足資料として配布したが、時間的制約のため説明が不十分であった。

(3) 陸上（生物）環境の現状と将来

表3・表4等を含む配布資料を用いて、人類の諸活動(焼畑・放牧・森林伐採・化石燃料消費・都市の形成等)に伴う大気環境・陸上環境等の悪化が森林の減少・衰退・土壌流失や砂漠化、種の多様性の喪失等を引き起こしてきた過程と予測される将来像を概観し、最終総括の際放映する予定の映像資料「太陽系第三惑星・46億年目の危機」(地球大紀行第12集、NHK 1987)でさらに補足することにしたが、配布資料の解説をより詳しく行う必要があったと反省している。

表3 熱帯林の減少面積・減少率～環境庁(1992)～

地域	国数	森林面積 1980(千ha)	森林面積 1990(千ha)	年平均森林減 少面積(1981-90)	年平均減 少率%
ラテンアメリカ	32	922,900	839,900	8,400	-0.9
中央アメリカ・メキシコ	7	77,000	63,500	1,400	-1.8
カリブ地域	18	48,800	47,100	200	-0.4
熱帯南アメリカ	7	797,100	729,300	6,800	-0.8
アジア	15	310,800	274,800	3,500	-1.2
南アジア	6	70,600	66,700	400	-0.6
東南アジア大陸部	5	83,200	69,700	1,300	-1.6
東南アジア島しょ部	4	157,000	138,900	1,800	-1.2
アフリカ	40	650,400	600,100	5,100	-0.8
西サヘル地域	8	41,900	38,000	400	-0.9
東サヘル地域	6	92,300	85,300	700	-0.8
西アフリカ	8	55,200	43,400	1,200	-2.1
中央アフリカ	7	230,100	215,400	1,500	-0.6
熱帯南アフリカ	10	217,700	206,300	1,100	-0.5
アフリカ島しょ部	1	13,200	11,700	200	-1.2
全体	87	1,884,100	1,714,800	17,000	-0.9

表4 2000年までの野生生物絶滅予測～環境庁(1991)

地 域	種の総数(千種)	種の消滅率(%)	消 滅 量(千種)
熱 帯 林			
中 南 米	300～ 1,000	33	100～ 333
ア フ リ カ	150～ 500	13	20～ 65
南アジア、東南アジア	300～ 1,000	43	129～ 430
小 計	750～ 2,500	33	249～ 828(57%)
他の生息環境			
海洋、河川、非熱帯林、島等	2,250～ 7,500	8	188～ 625(43%)
合 計	3,000～10,000	15	437～1,453(100%)

(4) 地球環境問題の打開策

人類の諸活動の加速度的拡大が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、補足資料「グローバル資源テーブルとエネルギー戦略」（榎屋治紀 1992）などを用い、わが国および世界において資源やエネルギーがどのように消費され、どれほどの廃棄物が生じているかを概観した。とりわけ、化石燃料による CO₂排出量がアメリカでは生物としての CO₂排出量の約 50 倍（日本：約 25 倍）に及ぶこと；光合成生物の CO₂固定以外に有望な CO₂対策がない以上、あらゆる部門・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とクリーンエネルギーの活用等に関する諸施策の推進、省エネ・省資源型ライフスタイルの追求等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・土壌の汚染）やオイル・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が強化すべき国際貢献は、地球環境問題や災害問題に対する知的・人的貢献であることにも言及した。

V あとがき

本講義は、「地球環境問題と資源・エネルギー問題は不可分の関係」との立場から、「地球環境と資源・エネルギー問題」（通年 60 時間、4 単位）として構想されたが、カリキュラム編成上の理由により、半期 30 時間（2 単位）に分割せざるを得なくなったため、前期に「地球環境論」、後期に「資源・エネルギー論」として分離・独立させることになったという経緯がある。このため、前・後期を通じて「地球環境と資源・エネルギー問題」を一貫して追求することができないという問題点を持っている。ほとんど毎週実施した「質問紙」による学生の反応や、期末に実施した「授業評価」に示された受講生の声を紹介するスペースはないが、本論 2 「地球環境の現状と将来」にもっと時間が欲しいとの意見が多い。次年度は思い切って I を割愛するか、ごく簡単に扱うにとどめ、本論 2 の時間確保・内容の充実を図りたいと考えている。

高校教育および大学入試制度の多様化を反映して、入学者の学習歴・基礎学力・興味・関心の多様化が年々顕著となり、今回のカリキュラム改革もこうした状況への対応ではあるが、学習歴や興味・関心に応じた多様なメニューを専攻分野別に準備することが不可能な現状では、文科系（人文・教育系）・理科系（理・工・農系）混在の多人数教育にならざるを得ず、キメ細かな対応は依然として困難であり、克服すべき課題（受講希望に沿った適正規模のクラス編成、講義内容に見合った教室設備の確保等）も少なくない。授業評価に示された受講生の意見にも留意しつつ、授業改善の努力を続けたい。

〈引用文献〉

- 松尾禎士（1989）：地球化学（講談社）
杉本大一郎ほか（1979）：星の進化と終末（恒星社）
野本陽代（1988）：ドキュメント超新星爆発（岩波書店）
長谷川・大林（1984）：現代の太陽系科学 [上]（東大出版）
松井孝典（1988）：地球進化論（岩波書店）
大嶋和雄（1992）：古気候変動からみた地球温暖化（日本の科学と技術 33 巻 264 号）
内嶋善兵衛（1990）：ゆらぐ地球環境（合同出版）
茅 陽一ほか（1993）：ひと目でわかる地球環境データブック（オーム社）
環境庁（1992）：平成 4 年版環境白書（大蔵省印刷局）
環境庁（1991）：平成 3 年版環境白書（大蔵省印刷局）
槌屋治紀（1992）：グローバル資源テーブルとエネルギー戦略（日本の科学と技術 33 巻 264 号）