

私の環境学

公害から環境へ

永淵 修

環境生態学科

私の専門（生業としての）は水に関わることすべてと思っている。スタートは福岡県庁での流域下水道に始まり、研究所に異動してからは汚濁河川の保全等を主たる業務としていた。すなわち、生業の最初は、究極の汚れを扱って生活費を稼いでいた。元々、地方自治体の環境研究所の設立目的の一つは、公害保全・対策であるわけだから当然のことである。私が所属していた福岡県の研究所の名称も福岡県衛生公害センターというものであり、設立は1973年であった。全国の環境研究所もこの時期に一斉に設立されている。その以前は衛生研究所というものが自治体にあり、衛生関係の仕事に関わっていた。私は、丁度公害が社会問題として定着した時期－衛生公害センターの設立時期に一致－にこの衛生公害センターの研究員募集につられて公務員試験を受けた。しかし、設立が1973年の9月であったため、なぜか試験を受けてない研究者で定員が満たされ、われわれ難関突破者(?)は全員別の所属への配属になった。私は流域下水道に配属なり、究極の汚れた水を扱う仕事について。当時は非常に不満であったが、今になってみると水処理のすべて身をもって学んだわけで、水の仕事をするには非常に有利になっている。1980年代後半から1990年代に入ると世の中は公害から環境へと言葉がシフトし、研究所も例に漏れず、平成4年に衛生公害センターから保健環境研究所と名称変更を行うことになる。私にとっての環境研究の変遷で、最初に手がけたのは、瀬戸内海の堆積物中に含まれる汚濁・汚染物質からその場の過去の環境変化を知る研究である。つまり、過去に行った環境対策がうまく機能したかどうかを知ることである。この過去を知ることは結構楽しく、いくつかの問題に挑戦した。大気汚染物質の問題では、山岳湖沼の柱状堆積物を採取し、1-2cmずつにカット、まずその中に含まれる ^{210}Pb 、 ^{137}Cs の濃度から堆積速度を計算する。これで各深度の堆積した時期がわかる。この時間軸にいろんな汚染物質の濃度を挿入することにより環境変遷が見えて来る。このとき、 ^{137}Cs からは北半球の原爆・水爆実験の最も多かった1963年も見えるし、チェルノブイリ原発事故の1986年も見えてくる。地球上で起こったイベントをみながら分析するのはなかなか楽しいものである。瀬戸内海の仕事をしながらか、湖沼の富栄養化問題へ、そして環境中の農薬汚染へと研

究を広げていった。湖沼の富栄養化を始めたときも行政に年4回の調査では予算の無駄だとかみつ、一つのダム湖だけは調査回数を増やすことに成功した。その代わりに、湖沼の環境基準をダム湖に当てはめるので、その計算をせよと指令が来る。おもしろいことに個人に来る。スタートは個人的つながり、最後は正式に文書を交わすことになるが。この仕事もおもしろく、2-3ヶ月間は毎晩、地建（九州地方建設局）現在は、国土交通省の九州の出先機関と博多駅前合同庁舎で議論した。最後に地建の担当者が本省（建設省）に説明にいったときは、ほっとした。環境省は、その後になるのだが、これはすんなり決着付きなぜか拍子抜け。それでも、自分が環境基準と関わりを持ったことは、今では良い思い出である。それから4つのダム湖を河川から湖沼の環境基準適用へと変え、これらのダム湖をみるたびに湖底までがみえてくるようで楽しいし、10-15年経った今、水質はどう変化しているかなとまた調査をしたくなる。

水田からの農薬流出に関する調査では、丁度下二人の子供が小学生の頃で、よく日曜日に調査につれていった。私が河川流速を測り、娘が野帳に記録するというようなことをやっていた。後で数字を解読するのが難しく苦労した思い出がある。今でもその野帳面は手元にあり、時々開いてみている。降雨時調査では、車の中で3日間ほど過ごしたり（これは一人で）、雨が降りそうになると今でもそわそわする。

研究ではないが、他の研究で使った手法を環境問題の解決に使うことも行った。自衛隊の射撃場の直下にある福岡県農政部のため池において鉛汚染が発生した。誰が考えても原因者は自衛隊の射撃場と考えるが、これを科学的に証明せねばならない。このようなときは、アイデア勝負である。環境科学はいろんなことに手を染めておいた方が問題解決に役立つ。このときは、大気汚染物質の長距離輸送の解析に使っていたツールを利用した。それは、鉛の安定同位体比である。地球の年齢である45.5億年をはじき出したのがこの鉛の安定同位体比である。地球上の鉛は、地球上に最初からある鉛と、ウランの放射壊変、トリウム放射壊変によってできた鉛が混合したものであり、世界の鉛鉱山により、その同位体比は変わってくる。この鉛の同位体比の違いを使って、自衛隊射撃場とため池の鉛が同じものであ

ることを証明し、環境審議会でも認められ、ため池及び周辺の土壌撤去及び処理費用、約2億円はすべて国が支払うようになった。これは、裁判に勝ったような気分になったことを記憶している。

その後、福岡県を中途退職し、行政から大学へと所属する組織は変わったが、相変わらず、環境を生業にし、飯を食らっている。

学生を教育しながら、自分も教育され、行政時代とは異なった目で環境を見ているかもしれない。しかし、環境研究のスタンスは全く変わらない。フィールドが一番、二番も三番も・・・である。また、フィールドと同様に重要なものが倫理観である。学生諸君には、科学（環境科学だけではない）のみならず、倫理観をもって、環境研究を行ってほしいし、これは自分にもかせられたことである。

環境科学は、問題解決するためにその情報を発信せねばならない。地球環境問題になると政治的な問題も絡んでくる。自然科学だけでは、かたがつかない、社会科学の分野も必要になって来る。学際的な分野である。年齢はかなりくってきたが、まだまだいろんなことに興味を持ち続けていきたい。環境は五感の世界だと思っている。みて、さわって、味わって・・・なんぼの世界、だから数回の調査で、その場の環境を語ることには大いに抵抗を感じる。“青春は年齢ではない”を肝に銘じて、アイデアと体力で環境問題を解決していく楽しみはずっと持ち続けていきたい。

まだ、書きたいことは山ほどあるが、印刷屋さんがすぐそこまで来ているのでこの辺で私の環境学は終わる。

地球環境変動の復元～過去から、現在、そして未来へ～

堂満 華子

環境生態学科

1. はじめに

地球は46億年もの長い時間をかけて現在の姿に移り変わってきた。しかし私たち人類の活動は、地球のタイムスケールに比べて明らかに速いスピードで地球の表層環境を変化させている。安全で豊かな人間社会を築くためには、その開発の対象となる自然環境そのものの正しい理解が不可欠であり、また将来の変化を予測していく必要がある。そしてそのためには、現在の自然環境が成立した過程を把握し、その根底にあるメカニズムを理解することが重要である。そこで私は、地球の表層環境の変遷を実証的に研究することが必要と考え、1億5千万年前以降の地球環境変動が詳細に記録されている海底堆積物を用いた研究を行っている。

海底堆積物を用いた古環境解析は、地球環境が数万年スケールで劇的な変化を繰り返していることを明らかにしてきた。しかし今後の地球環境の変化を予測していくためにも、近年ではより短い時間スケールでの高精度の古環境復元が求められ、その研究が進められている。

これまで私は、地球環境変動に対する海洋の役割を明らかにしたいと考え、北西太平洋日本周辺海域の高精度な古海洋環境の復元を目指して研究を進めてきた。日本を取り巻く海流、すなわち対馬海流や親潮・黒潮といった海流は、日本やその周辺の気候に大きな影響を与える存在である。これら海流の消長を明らかにするため、地質調査所白嶺丸や東京大学海洋研究所淡青丸などの数多くの調査航海で日本周辺の海底堆積物試料を精力的に採取してきた。

海底堆積物には顕微鏡などの手段によってはじめて形態を識別できるような微少な生物の化石が含まれている。そのひとつに浮遊性有孔虫がある。浮遊性有孔虫は石灰質の硬い殻をもつ動物プランクトンの一種である。約1億6千5百万年前に世界の海に出現した浮遊性有孔虫は、絶滅と進化を繰り返しながら現在の海洋にも広く生息するまさに“生きた化石”である。その殻には、浮遊性有孔虫が生息していた時代の海水の水温や塩分、そして海水中の成分など環境因子に関するさまざまな情報が、その形態や殻の化学組成の違いとして記録されている。したがって、海底堆積物を用いた古海洋学的研究において浮遊性有孔虫は欠かせない研究項目となっている。

この浮遊性有孔虫を主要な手がかりとして、これまで私は、数千～数百年スケールの高精度な古環境復元が立ち後れた状況にあった日本海をフィールドとして重点的に研究を進めてきた。

2. これまでの研究で明らかになったこと

日本海は日本列島とアジア大陸とに囲まれた縁海で、浅くて狭い海峡をもつ半閉鎖的な海として特徴づけられる。現在は東シナ海から日本海へと対馬海流が流入し、我が国日本海側の地域に温暖で潤いのある気候をもたらしている。また対馬海流は日本海独自の深層水を形成する原動力であり、海底に豊富な酸素を供給しつづけている。このように対馬海流を軸とする表層循環は現在の日本海の海洋環境を大きく特徴づけている。しかし今から約2万年前の最終氷期最盛期には、高緯度域での氷床の発達にともない海水準が汎世界的に著しく低下していた。閉鎖的な日本海はこの影響を大きく受けたため、対馬海流の流入しない、すなわち現在とはまったく異なった海洋環境であったことが海底柱状堆積物（海底コア）の解析から明らかにされている。

私は、最終氷期から温暖な現在へと移り変わる過去3万年間の日本海の環境変遷史について、とくに表層循環と深層循環の連動性の解明に焦点を絞り研究を進めてきた。日本海南部の2本の海底コア試料に含まれる浮遊性有孔虫化石の群集およびその殻の酸素・炭素同位体比の時間的変化を解析した結果、従来の研究とは異なる大きな点として、次の3つを明らかにすることができた。1) 対馬海流が後氷期に初めて日本海に流入した時期が9,300年前であることを決定した。2) 最終氷期に日本海が極めて閉鎖的になり、日本海の表層を低塩分水が広く覆っていた状態から融氷期に入って海面が上昇したときには、まず親潮が日本海に流入したと従来報告されていたことに関して、私の研究では低塩分水の解消と親潮の流入時期には明らかな時間差があることを見だし、融氷期にはまず南の対馬海峡から東シナ海沿岸水が流入し、そのあと親潮が流入したことが判明した。3) 東シナ海沿岸水や親潮によって駆動された融氷期の日本海の深層循環は、対馬海流が原動力となる現在の深層循環よりも弱かったことを明らかにし、現在型の深層循環システムの維持には対馬海流の存在が不可欠であることを指摘した。

これらの3点は、海底コアに記録された環境情報を詳細に引き出すことに成功した結果であり、その古環境解析の高精度化をはかるためのベースとなる研究として、以下の2つの研究をそれ以前に行ってきた。

まず、日本海で系統的に採集した表層堆積物試料を用いて浮遊性有孔虫の種や種群がどのような表層水塊の指標となるのかを調査した。その結果、1) 日本海において対馬海流の指標となる種群、2) 日本海北部の寒冷水の指標となる種、3) 対馬海流の暖水と日本海の寒冷水との混合によって形成された遷移的な水の指標となる種、そして4) 低塩分で富栄養な水の指標となる種群、の大きく4つの指標を明らかにすることができた。これら4つの環境指標は、日本海から採取された海底コア試料に含まれる浮遊性有孔虫化石群集の時間的な変化から表層水塊の変遷を読み解くための鍵となった。

次に、過去の環境変動を復元し、その根底にあるメカニズムを明らかにするためには、過去の個々の事象を正確に時系列上に位置づけた上でそれらの因果関係を明確にする必要があることから、試料として用いた海底コアに火山灰層序学編年と放射性炭素年代測定を組み合わせた多数の時間面を設定し、高精度な年代モデルを確立した。とくに、明確な時間面として年代の確からしさを高める最も有効な存在である火山灰層を重要視し、その研究に力を注いできた。その結果、広域火山灰層である始良 Tn 火山灰層 (AT) と鬼界アカホヤ火山灰層 (K-Ah) との間を補完する時間面として重要な層的位置にある草谷原軽石層 (KsP) について、その噴出年代が約 20,000 ~ 22,000 年前であることが明らかになった。また AT と K-Ah の両層準の間に見出した韓国・鬱陵島起源の2枚の降下火山灰層 (TRG1 および TRG2) の主成分化学組成の差異を明らかにし、日本海の代表的な年代指標層とみなされてきた鬱陵隠岐火山灰層 (U-Oki) はその2枚が混同されている可能性が高いという問題を提起した。

最近の研究では、さらに短い時間スケールでの古環境復元を目指して、対馬海流流入後の後氷期 (過去1万年間) の日本海の環境変動について研究を進めてきた。その結果、日本海の後氷期の環境について、約 9,300 ~ 7,300 年前までは対馬海流が日本海を流れていてもその勢力が弱かったために日本海南西部がリマン海流による寒冷水の影響を被り続けたこと、そして対馬海流が現在と同様に本格的に流入し日本海の現在型の表層水環境が成立したのが約 6,900 年前であることが明らかとなった。

3. 今後の研究に対する抱負

これまでの研究によって、最終氷期以降の汎世界的な気候変動にตอบสนองした日本海の環境変遷史と、日本海における対馬海流の果たす役割を明らかにすることができた。対馬海流は日本海を暖かな海とするだけでなく、海底に豊富な酸素を供給する深層循環システムの原動力となっている。さらに対馬海流の暖水は、冬季に大陸から吹き込む冷たく乾燥した空気に大量の熱と水蒸気を供給することで日本列島日本海側に大雪をもたらすと同時に厳しい冬の気候を緩和させる役割を担っている。このように対馬海流は現在の日本海の表層水環境・深層循環を特徴づけるとともに、日本列島の気候に多大な影響を及ぼす存在でもある。

従来の研究によって、日本海に対馬海流が本格的に流れるようになってから現在までの7千年間では、対馬海流が強かった時期と弱かった時期が存在することが報告されている。このような対馬海流の脈動は、冬の降水量を変化させ、日本の気候や、さらには琵琶湖やその集水域の環境にも変化をもたらした可能性が高いと考えられる。今後は日本周辺環境の将来予測を念頭におき、縄文海進以降の過去6千年間を対象により短いタイムスケールで日本海の環境変動を明らかにし、琵琶湖とその集水域の湖沼堆積物のデータや、考古学資料などをつきあわせた比較検討を行うことによって、日本海の海洋環境の移り変わりが日本の気候や陸上の環境変化、そして人間活動にどのような影響を与えたのかを詳しく研究していきたい。これまでのバックグラウンドを基礎に、琵琶湖をはじめとする湖沼をフィールドに加えて研究を展開していきたいと考えている。海から湖へ、この環境変化に適応し進化できるように、一研究者としてよりいっそう努力していきたい。

環境政策の現場から

石野 耕也

環境政策・計画学科

2008年春、環境省から琵琶湖のほとりの研究室に移り、環境法の講義、環境フィールドワークの実践、また滋賀の環境活動を導く講師を招いての学習にいそしんでいる。それまで31年、環境畑の行政官として、環境問題に直面し、解明し、解決方を練り、社会的合意を形成する仕事に携わってきた。この間、常に新たな課題をテーマにゼミを続けてきたようにも感じている。その道すがら、米国に住んで国立公園をめぐる旅と国際環境政策のダイナミクスを体験し、広島、名古屋に旅芸人と呼ばれ、別の演目を演じたりもした。なかなか得がたい経験もあり、環境政策科学との橋渡しにせめて一役と思いい、遭遇した政策課題に即してゼミの成果を書きしるしたい。

1. 科学と政策

環境庁に入って最初の仕事は、大気汚染の環境基準の改定であった。当初の二酸化窒素の環境基準は、環境庁がそれまでの科学的知見に基づいて設定し、WHOや米国の基準に比べ格段に厳しい基準であった。大気汚染対策の強化にもかかわらずその達成は困難で、産業界からは基準の見直しを求める声も上がっていた。こうした状況下、環境庁は内外の科学的知見を再度収集整理し、医学者をはじめとする専門家による評価検討を経て、科学の見地から判定条件(クライテリア)をとりまとめ、それを基礎に基準を改定(0.02ppm/日から0.04~0.06ppm/日へ)した。法学部を出て早々、錚々たる医学者・専門家の議論を聞き、公衆衛生学・疫学の基本、人や動物への影響、異なるデータの評価、安全係数、測定法、判定条件、さらに汚染対策の技術とコスト、社会経済影響と、政策形成に必要な知見とその評価、科学的解明から導かれる基準・政策方針を明らかにし、基準改定=緩和をめぐる賛否の声渦巻く中で、政策へと具体化していく過程をつぶさに経験した。門前の小僧がいきなりプールに突き落とされ、環境政策と現実とのせめぎあいの中から、「科学と政策」という課題の重要性を強烈に認識する機会となった。

この経験と問題意識は、1980年代後半米国で外交官として関与したオゾン保護モントリオール議定書の外交交渉へとつながる。オゾン層保護問題は、不確実性のある環境問題について、科学的解明を進めながら、健康と環境に及ぼす影響の現状評価と将

来予測、対策技術と社会経済条件を勘案した政策の目標と手法の合意、これを国内と国際交渉で並行して進める政策形成が本格的になされたのであった。その出発点は、カリフォルニア大学の2人の科学者による1974年の論文で、有用な物質であるフロンが成層圏オゾン層を破壊し、地上に注ぐ紫外線が増えることによって人と生物に深刻な被害を及ぼすおそれがあると指摘したことに始まる。その後、国際的な科学者グループによる調査と評価、ウィーン条約の採択、そしてフロンの製造使用を削減する議定書の採択へと進んだ。この過程における日本の対応は、米国と欧州の議論の後塵を拝し、国際合意に貢献したとは言いがたい。環境省の認識ですらフロンによるオゾン層の破壊は「大気汚染」かどうか、といった公害の枠の議論からようやく抜け出そうとしていたような状況であった。米国の現場からこの交渉過程に関与して多くを学び、とりわけ環境保護庁EPAが当初から「オゾン層保護戦略」を公表し、これをリスクアセスメント/リスクマネジメントの国際環境問題への応用として対応したことは、科学と政策の問題に、さらに地球環境、不確実性、多様な主体の参画する合意形成、という次元を加え認識を深める経験であった。この先例は、さらに今日の地球温暖化の科学と政策決定へとつながっている。

2. 持続可能な発展 – 環境革命の道

米国在任中、日本が提唱して設置された「環境と開発に関する世界委員会」の報告書Our Common Future 1987が公表された。持続可能な発展の理念は、環境政策のみならず、経済社会の発展のあり方を示す最も重要な理念として定着していく。オゾン保護議定書の採択もあった1980年代の準備期間を経て、1992年の地球サミットを契機に環境基本法の制定へと進展していく。環境基本法とそれに基づく環境基本計画は、持続可能な発展を具体化していく手段であり、環境革命の幕開けであった。我々は、この大仕事にそれこそ土日もなく全力を傾けたのであったが、時に、政策議論の時空を超えた大きさと現実社会との落差に、茫然ともした。これが実現したのは、地球環境問題への国際的対応が底流にあったことは当然ながら、次の時代の理念と方策を見通す有力な政治家のリーダーシップが発揮され、政府と国会、経済界、環境保護勢力の力が統合された成

果との思いを深くする。

思えば「持続可能な開発」sustainable developmentの理念との出会いは、1980年の世界保全戦略 World Conservation Strategy（国際自然保護連合 IUCN、国連環境計画ほか）の翻訳を通じてであった。環境保全と開発を対立してとらえるのではなく、有限な環境の中で持続可能な開発を迫及することこそが人類の将来を保障する。環境は親達から受け継いだものではなく、将来世代から借りているものである（アメリカ・インディアンの言い伝え）。この簡潔だが重要なメッセージに、目を開かれた思いがした。その後、この理念は、先の報告書とそれを受け継いだ地球サミットのリオ宣言、アジェンダ 21 に結実し、その後も環境-経済-社会の統合を目指す政策展開の推進力となっている。

社会を変える理念の力を軽んずるなかれ。環境基本法制定後、国内・国際環境法で新法制定・改正がなされているが、持続可能革命は終わっていない。いやむしろ、それは今後ずっと続く不断の変革過程であり、次代へと引き継ぐことが、我々の使命であろう。

3. どうやるかよりも、なぜやるか

－変化と対応

昨今の世相の変わりようには驚くが、さて、世の中最も速く変わるものは何だろうか？ それは、最近の北極や南極、アルプスに見られるように、巨大化した人間活動の影響による環境の変化ではないか。地球温暖化の影響はで 29,000 件余の現象として確認されているとの報告がある。それに次いで早く変わるものは？－市場と金融、消費行動、経済活動か。2008年の原油と食料価格の高騰と暴落、自動車販売減、金融危機、そして世界不況へ。その次に変わるものは？－技術。燃料電池の実用化、太陽光パネルやリチウムイオン電池の増産計画、炭素分離隔離等々が相次いでいる。では、変わりにくいものは？－人の作った制度、社会ルール。一番変わりにくいものは？人の考え方ではなかろうか。無論、自然の美しさや春夏秋冬の移ろいに感動する心、暮らしの知恵、風土に根ざした文化は世代を超え受け継がれていくもの。しかし、経済的利害、業界利益と結びついた人の考え方は、しばしば環境と社会のニーズに対応した変化への障害となる。公害対策の遅れ（経済調和条項に示された経済優先の考え方、水俣病の原因究明）、環境影響評価法の制定（欧米から 20 年遅れ）、最近では、環境税、排出量取引をめぐる議論がある。

地球温暖化を防止するには、人間活動による二酸化炭素排出を現在の半分以下に減らす必要があると

というのが科学の示す結論であり、それには低炭素社会の実現をめざし、経済社会のあり方を根底から変えなければならない。エネルギー大量消費に支えられた製品・サービスではなく、炭素を減らす・出さない製品や活動の市場価値を高め、それに努力した人・企業が報いられるように、経済社会のルールを作り変えていくことが求められている。それには、原理の変革の必要性を人が正しく理解することが根本となる。

人の考えが変わるのは、危機に直面した時、あるいは政治的事件や国際会議がきっかけとなる。地球サミットは、環境基本法制定の大きな契機であった。地球環境問題が世界の重大課題のひとつとされ、京都議定書以後の取組をめぐる国際交渉が本格化している今日、昨年、洞爺湖サミットは我が国にとってのチャンスであった。サミット前に福田ビジョンが発表され、低炭素社会づくりを強く訴え、排出量取引の試行に踏み出した。

大きな節目では、なぜ変革が必要なのか、なぜ新たなルールを作るのかの合意が重要である。どうやるかは、その基礎に立って順次進めていくことができる。技術による問題解決も、どうやるかの議論である。オゾン層保護問題の例でも、モントリオール議定書の目標は当初半減から次第に強化され、全面禁止へと進展した。地球温暖化問題への対応も、低炭素社会をめざす合意が重要であろう。現在の国際交渉では、先進国の率先した削減を求める途上国と、経済発展著しい新興国も含む世界全体に削減につながる取組を求める先進国が対立している。欧州は、低炭素社会づくりを選択した。米国ではブッシュが退場し、オバマ新政権はグリーン・ニューディールを掲げている。日本が唱えるセクター別アプローチはどうやるかの議論に関わっており、どれだけ説得力を持つか。最終目標を含む環境科学の示す方向に沿った国際合意を形成するには、低炭素社会づくりのビジョンと自らの実行を堂々と訴え、そのため我が国の持つ知恵と技術を十分活用するという戦略が重要かと思われる。

自然界のルールを変えることはできない。人間社会のルールは変えられる。環境科学の使命は、環境問題の科学的解明を基礎に、社会が目指すべき姿とルールを示し、合意形成を可能にする手法を提供することにある。こうした課題に力をつける力を身につけた環境人材を育てることも、環境科学が担うべき課題であろう。環境科学部における教育と研究の努力がその大きな力となることを期待している。

4. 余話 - ジャズと環境

ところで、それがしジャズに凝って数十年。ちょうど京都議定書が大議論の末に採択された後に、環境問題が人間社会と自然の関係を再見直し、発展のあり方を大きく変えてきたことを、ジャズが20世紀音楽の発展に大きな影響を与えてきた歴史になぞらえて、某業界紙に書いたことがある。その心は、伝統と革新のつづれ織り、多様性の活力、国境なきジャズ団の3要素にありと。(それだけじゃ何だかわからない!の声) 音楽好きが高じ、環境政策の使徒でもあり、ジャズの宣教師でもありたいとの願いをこめた寿ぎの歌であった。一部で好評とお笑いを得たが、今回はこれ以上紙面もなく、「ジャズの心は環境を守る心に共生する」と申し上げて、またの機会に。

なぜ公害は繰り返されるのか

林 宰司

環境政策・計画学科

1. 環境認識と環境政策

日本をはじめとする多くの先進国は経済発展の過程で公害を経験してきたが、それらと同様の公害や環境問題が発展途上国でも繰り返されている。先進国が経験してきた環境問題は、途上国が経済開発を行おうとするときには、既に産業や技術との関係が明らかになっているはずであるのに、なぜ未然に防止することができないのだろうか。この点については、「後発の利益」ということが指摘されている。「後発の利益」とは、先進国が既に開発した技術を、途上国が研究開発投資をすることなく安価に利用することができることを指す。技術面についてだけでなく、環境認識および環境政策についても同様のことが言える。すなわち、途上国ではより早期に問題の発生を認識することができ、また、環境政策上も先進国の経験を活用することができるというものである。しかし、アジアを見てもみただけでもかつての日本と同様の公害が発生している国は多く、現実には後発の利益は働いていないようである。この問題について考えてみたい。

2. 経済成長と環境

環境経済学の分野では、環境クズネッツ曲線（EKC：Environmental Kuznets Curve）という経験的法則が知られている。それは、横軸に1人当たり所得水準（GDP）、縦軸に環境汚染指数（例えば、二酸化硫黄排出量など）を取ると逆U字型の曲線を描くという仮説である（図1参照）。環境クズネッツ曲線は環境政策の実施状況とも関連するのであるが、閉鎖経済（貿易のない経済）で解釈すると、所得水準の上昇によってある一定の水準までは環境が悪化するが、一定の水準を超えると環境が改善するということになる。ここから導き出される政策的示唆は、「ある程度まで豊かにならないと環境に対して配慮することができないので、途上国が環境改善を実現するためには所得水準を上げる必要がある」ということである。しかし、経済のグローバル化が進展する現在では、このような解釈だけでは十分ではない。開放経済（国際貿易のある経済）では、貿易を通じた産業構造の変化によって、途上国が汚染集約的な産業を担うようになれば、先進国は汚染の発生する生産工程を自国内に持つことなく、汚染集約的な財を手に入れることができる。つまり、先進

国の環境クズネッツ曲線の右下がりの局面は、途上国のその右上がりの局面とセットで考えなければならない（図1参照）。

3. 貿易と環境の経済理論

先述したように、汚染集約的な産業が環境規制の相対的に厳しい先進国から緩い途上国へと移転する現象は、「公害輸出」や「汚染逃避」、「エコ・ダンピング」などの仮説として知られている。このような現象は理論的に分析すると、生産費用上昇による財の競争力低下と関連する。環境税やその他の規制的手段は、環境に有害な影響を及ぼすような財を生産する企業に追加的な環境対策の費用を負担させることを通じて、その財の生産費用を上昇させる。その結果、消費者の需要は、価格の上昇したその財から他の代替的な財へと移り、その財の生産を減らす効果をもたらす。国際市場を考えた場合には、そのような環境負荷の大きな財を生産する産業は、環境基準強化によって輸出競争力を失うことになり、大きな打撃を受けることになる。輸出財でなくとも、環境負荷の大きい汚染集約的な製造工程で生産される財が国内で必需品であるならば、海外で生産する費用（管理費用やマーケティング費用、および外国での慣れない環境で生産を行なう不便に起因する費用も含む）と、そこで生産した財を自国へ輸送する輸送費用、および関税を合計した費用が、自国での環境対策費用を含めた生産費用よりも小さければ、企業は海外に投資して生産拠点を移転することを選択するだろう。その結果、環境基準の厳しい北の国から、環境基準の緩い南の国へと汚染集約的な産業が移転することになる。

しかし、それだけでは問題の見方が一面的である。というのは、汚染集約的な産業が途上国に立地する要因は環境規制が緩いことだけではないからである。例えば、安価な労働力や産業にとって必要な資源が途上国に豊富に存在することも要因として考えられる。実際、実証分析の示す結果では、南北間の環境規制の差異が汚染集約的な産業の立地パターンを決定しているわけではないという結論がほとんどである。理論的研究では環境規制水準の相違が産業立地に影響すると言えても、実証研究ではそうは言い切れないのである。

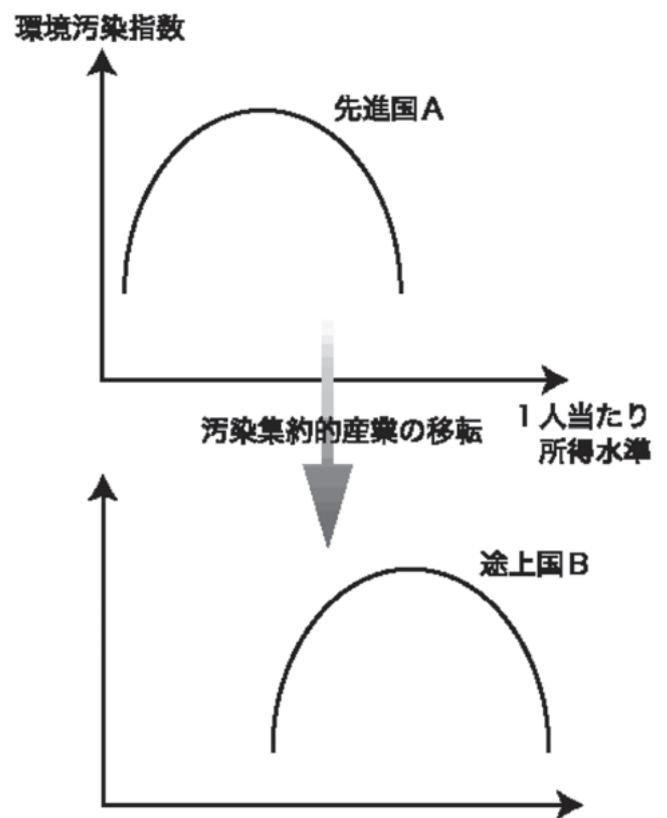
研究面でこれらの仮説に決着がついていないこと

を嘲笑うかのように、現実の問題は解決されずに存在する。日本が何らかの形で関連しているアジアにおける公害輸出の事例は、マレーシアのマムート銅鉱山（日本の投資が51%）の重金属汚染、韓国の蔚山無機化学（日韓の合弁会社、日本側の出資者は、日本化学）による六価クロム汚染、フィリピン・センター・コーポレーション（川崎製鉄の子会社）による大気汚染、韓国の高置亜鉛によるカドミウム汚染（東邦亜鉛との合弁企業）、インドネシアのスマラン・ダイヤモンド・ケミカル社（昭和化工40%三菱商事30%出資）による河川の汚染、マレーシアのエイシアン・レア・アース（三菱化成が35%出資）の放射性廃棄物による汚染、フィリピンのパサール銅精錬所（丸紅、住友商事、伊藤忠商事がそれぞれ16%、9.6%、6.4%出資。プラントは丸紅が受注し、三井金属鉱業、古川鉱業がデザイン・建設）の大気および重金属汚染など、数え上げればきりが無い（表1参照）。さらに、このような問題解決のための政策実施が難しい点は、貿易や直接投資などの国際経済活動を通じて、加害・被害が国家という行政単位を越えてしまっているためにその因果関係の構造が見えにくくなってしまっていることだけでなく、問題が顕在化しても誰がどのように解決するかという国境を越えて政策を実施する主体やルールが存在しないことである。

4. おわりに

環境問題は机上の理論だけでは解決しない。理論どおりに解決するならば、問題は既になくなっていくはずである。解決方法も必ずしも一通りではなく、もしかしたら解がないかもしれない。現場と理論を往復しながら、「ああでもない、こうでもない。でもこうではないか。」という試行錯誤を繰り返し、解に近づこうとし続ける姿勢が必要であると、筆者は考えている。

図1. 環境クズネッツ曲線



出所：筆者作成

表 1. 公害輸出史年表

操業年	案件	概要
1966	源進レーヨン労働者の二硫化炭素中毒(韓国)	日本の東レ滋賀工場の中古レーヨン紡糸機で操業を続けていた源進レーヨン社で、80年代後半から労働者の二硫化炭素中毒が社会問題化。二硫化炭素中毒は、日本では既に戦前から問題となっており、化学繊維協会を中心にその防止のための研究が進められてきた。源進レーヨンは1993年廃業し、プラントは中国遼寧省丹東市の化学工場に売却。日本では減価償却期間7年のプラントが現在も中国で稼働している。
1969	ボパール事件(インド)	1984年12月2日、ユニオン・カーバイド社の農薬工場(米国資本)から猛毒のイソチアン酸メチルガスが大量に漏出。2500人の死者と50万人にのぼる人々が被災。
1970	マムート銅鉱山(マレーシア)	マムート銅鉱山は、日本の投資が51%の海外鉱山資源開発サバ有限会社によって開発。廃棄物の河川への投棄により、下流で重金属汚染が進行、河川の水は飲料水として使用できなくなり、農業にも影響。1987年に日本側は株式を売却するが、鉱石は依然として日本に輸出される。
1975	蔚山無機化学による六価クロム汚染(韓国)	クロムなどの生産を行う蔚山無機化学は、日韓の合弁会社であるが、日本側の出資者は、当時、日本でクロム鉱滓が問題となっていた日本化学。蔚山無機化学が操業後、周辺農地は荒地地化し、79年には蔚山工業団地内の従業員3500名用の飲料水の六価クロム汚染が問題となった。
1976	フィリピン・シンター・コーポレーション(フィリピン)	フィリピン・シンター・コーポレーション(PSC)は100%川崎製鉄出資の子会社。製鉄の中でも最もNOx、SOxが発生する焼結工程を担う。大気汚染や労働者の喘息、海洋汚染による魚介類の大量死が発生。
1978	高麗亜鉛によるカドミウム汚染(韓国)	温山市の工業団地に立地する高麗亜鉛は、日本で亜硫酸ガス、カドミウムにより安中公害を起こした東邦亜鉛との合弁企業。79年には廃水の流出によるワカメ養殖への被害、84年には有毒ガス漏れによる小学生9名の急性中毒が発生。
1978	SDC社による河川の汚染(インドネシア)	クエン酸石灰を生産するスマラン・ダイヤモンド・ケミカル(SDC)社(昭和化工40%、三菱商事30%出資)の工場廃水によりタバック川が汚染され、魚が死滅。地下水系を通じて汚染が広がり、稲作農業や飲料水用の井戸にも影響し、周辺住民に皮膚病や腫瘍が多発。
1979	ARE事件(マレーシア)	希土類金属を生産するAsian Rare Earth社(三菱化成が35%出資)の放射性廃棄物により、周辺住民にガンや白血病が発生。1985年、工場操業停止・損害賠償などを求める裁判が提訴される。AREは1991年に操業停止。
1983	パサール銅精錬所(フィリピン)	日本のODAと日本輸出入銀行の融資でフィリピンのレイテ島に建設されたパサール(PASAR、フィリピン共同精錬会社)は、丸紅、住友商事、伊藤忠商事がそれぞれ16%、9.6%、6.4%出資。プラントは丸紅が受注し、三井金属鉱業、古川鉱業がデザイン・建設。周辺地域では大気汚染、海洋の重金属汚染が発生。

出所：筆者作成

環境と建築設計

ヒメネス・ベルデホ ホアン・ラモン

環境建築デザイン学科

はじめに

スペインの大学時代を含め 10 年をスペインで、後の 10 年を日本で建築、都市計画について研究、デザインに携わり、2008 年 4 月より滋賀県立大学の環境科学部に着任しました。

スペインでは大学卒業後、自分の建築事務所を開業し、建築と都市再生の仕事を主に行っていました。3 年後、京都の町家の研究、都市計画を学ぶため CANON 財団の研究費を獲得し日本に来ました。その後、神戸芸術工科大学で博士号を取得し、2006 - 2008 に日本学術振興会外国人特別研究員になりました。文化・芸術・環境など異なる 2 つの国で教育・デザイン・研究を行ってきたこれまでの私の経歴と考えを述べたいと思います。

環境と教育

スペインの建築大学は卒業するまで、最低 7 年間で要します。私が大学生当時、卒業まで平均 11 年間で要していました。卒業と同時に建築士としての資格も取得できます。大学では建築及び都市計画を学びます。スペインでは街並みに関する法律が厳しく、建物をデザインする時、街との関係がとても重要であり、都市をデザインする時も環境との関係が重要です。研究に関しては、スペインではデザインのための研究しか行わず、研究範囲はとても狭いです。

環境とデザイン

スペインでの我が建築事務所では、街と建築の再生のプロジェクトのためにデザインと環境の研究を行いました。

例えば、街の再生について Public Space Renovation in Poligono Norte, (セヴィリヤ市 1997 年)、集合住宅エリアのオープンスペースの再生とデザインです。この地域の住民は多くの問題を抱えており、特にドラッグの問題は深刻で、そのことも考慮してデザインをしました。

他の再生とデザインのプロジェクトは Old Fountain Park. (Aznalcazar 古い噴水公園、アズナルカザル町、1997 年) です (図 1)。1773 年に造られた噴水の再生と山の斜面に公園のデザインを行いました。山の勾配に噴水の水を流すなど、自然環境を利用してデザインをしました。

また Parque de Utrera のプロジェクトでは水は重要なデザインのポイントです。この公園は三角のブロックに古い住宅と新しい住宅の間に囲まれています。水は公園の空間を繋げる役割をしています。

他の重要なコンテキストのプロジェクトはセヴィリヤ市の Alameda アラメダの住宅リニューアルです。(1998 年) (図 2)。1850 年築の歴史ある集合住宅の建物で、三つのユニットを合わせてデザインをしました。

日本でも自然環境を活用したプロジェクトと街の再生のプロジェクトに参加をしました。

※自然環境を活用したプロジェクト

東播磨情報公園都市計画案策定 (2000 年)、淡路ファームビレッジ休憩所実施設計 (2002 年)、淡路町・田の代海岸整備実施計画 (2002 年 - 2004 年)、集落特性を生かしたつくば型田園市街地整備モデル案。つくば市 (2001 年)、神戸市学園南地区マス

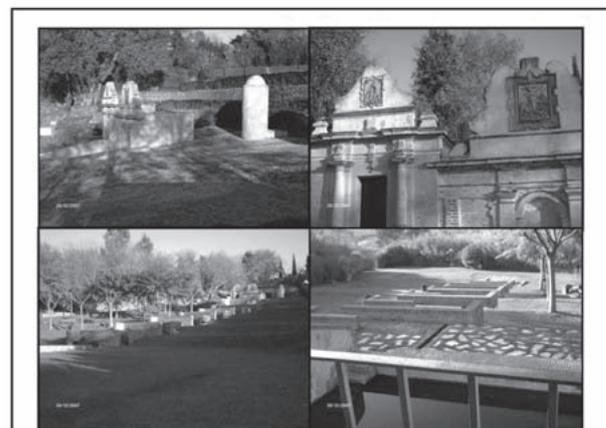


図 1. 古い噴水公園、アズナルカザル町、スペイン、1997 年



図 2. セヴィリヤ市のアラメダの住宅リニューアル、1998 年

タプラン。神戸市西区（2001年－2006年）、神戸市学園南地区 H21 zone Plan. 神戸市西区。2002年、神戸市学園南地区 H17 zone Plan. (図3) についてプロジェクト（2002年－2004年）

※街の再生のプロジェクト

神戸市・三宮中央通り実施計画（2000年）、三宮中央通り・モニュメント「出会いの門」(2003年)、淡路・生き生き海の子浜づくり計画（2002年－2004年）、家島町港湾・漁港マスタープラン（2004年）、グリーンプラザたかつき1号館 リニューアル事業（2006年）

環境と研究

デザインをする時に環境とコンテキストの研究が必要だと思います。私の研究のテーマは「都市の形成と変化」ですが、主にスペインの植民地都市の形成と土着化について研究を行っています。

※博士論文『SPANISH-AMERICAN CITY: Study on the Urban Model used by José de Escandón to create the Colony of Nuevo Santander スペインア

メリカ（イスマノアメリカ）植民都市：ホセ・デ・エスカンドンがヌエヴォ・サントアンデル建設の際に用いたイスマノアメリカのモデル都市計画に関する研究』

※日本学術振興会外国人特別研究員『Spanish Colonial Cities in Latin America - Case Study: Cuba Island - ラテンアメリカにおけるスペイン植民都市に関する研究－キューバ島を焦点として－』(図4)。

おわりに

環境を中心として教育・デザイン・研究のバランスが大切だと思います。建築設計を学ぶ学生のみなさんはデザインのアイデアだけではなく、経験やセンス、デザインの研究のアプローチを行う必要があります。その為に環境や自然にも常にアンテナを張り巡らし、探求する気持ちが大切です。



図3. 神戸市西区。2002年、神戸市学園南地区H17 zone Plan.



図4. テンアメリカにおけるスペイン植民都市に関する研究－キューバ島を焦点として

農業生産の環境影響評価における LCA 適用

増田 清敬

生物資源管理学科

1. はじめに

筆者は大学院在籍時代から LCA (Life Cycle Assessment: ライフサイクルアセスメント) という手法を用いた農業生産の環境影響評価に関する研究に主として従事してきた。

LCA は、製品の生産から消費、廃棄に至るまでのライフサイクル (ゆりかごから墓場まで) を通じた環境影響を評価できる手法として知られている。LCA は、従来工業分野を中心として、エネルギー収支分析や環境負荷分析のために発展してきた手法であるが、ここ 10 年程度の間には農業分野でも環境影響評価手法の 1 つとして適用事例が増えつつある。

以下では、ごく簡単ではあるが、農業生産に対する LCA 適用について紹介したい。

2. LCA の概要

1) 特徴

LCA の特徴は、まさに製品の生涯 (ライフサイクル) を通じた評価を行うことにある。よく取り上げられる LCA の適用事例として、自動車の LCA がある (小林, 1998)。

自動車のライフサイクルは、素材製造ステージ、車両製造ステージ、走行ステージ、修理・維持管理ステージ、廃棄・リサイクルステージ、そして各ステージ間の輸送ステージに分けることができる。このとき、平均的な自動車のエネルギー消費量と CO₂ 排出量を全てのステージについて分析すると、両者とも走行ステージにおける寄与が 8 割以上であることが示されている。つまり、自動車においては、走行ステージにおける燃料消費量の抑制、すなわち、燃費の向上が最も有効な環境対策と考えられる点が示唆されている。

このような知見は、自動車のライフサイクルにおける各ステージをばらばらに分析したのでは得ることはできない。エネルギーや環境負荷の評価にライフサイクルという視点を導入したからこそ、その製品にとって最も有効な環境対策を見い出せることが、LCA を適用する上での最大のメリットと言えよう。

しかしながら、実際に LCA を実施する場合、製品のライフサイクルという広い範囲を分析することは、データ収集などの点から困難であることも少な

くない。そのため、製品の各ステージまたはその一部のみを調査した簡略版の LCA もよく行われている。筆者がこれまで行ってきた研究は、農産物の生産段階に限定して LCA 適用を試みたものが中心である。

2) 実施手順

国際規格に基づいた LCA の実施手順は、目的及び調査範囲の設定、インベントリ分析、影響評価、解釈の 4 つの段階で構成される (図 1)。

目的及び調査範囲の設定は、LCA の調査目的と対象とする製品システム、機能単位 (製品システムにおける生産物 1 単位など)、配分基準 (複数の生産物間において環境負荷や廃棄物のフローをどの程度帰属させるのかという基準) などを設定する段階である。

インベントリ分析は、製品システムに投入される資源やエネルギー、製品システムから排出される環境負荷や廃棄物を定量化するためのデータ収集と計算を行う段階である。

影響評価は、環境負荷を地球温暖化などの環境問題ポテンシャルとして定量化することなどを行う段階である。例えば、CO₂、CH₄、N₂O といった温室効果ガスが計算されたならば、CO₂ を 1 倍、CH₄ を 21 倍、N₂O を 310 倍などして CO₂ 等量に換算する。

解釈は、設定された目的及び調査範囲とインベントリ分析、影響評価から得られた知見が整合するかどうかについて、感度分析の結果などを用いて検討・修正を行う段階である。

3. 酪農経営に対する LCA 適用

農業生産に対する LCA 適用事例として、酪農経営が集約的な生乳生産体系から粗放的な生乳生産体系に転換したならば、はたして環境負荷は削減されるのか、という分析を紹介する (増田・山本, 2008)。

分析対象は、北海道根釧地域で広まっている「マイペース酪農」である。「マイペース酪農」は、従来の乳牛頭数規模拡大・購入濃厚飼料多投による集約的・高泌乳な生乳生産体系から乳牛頭数規模縮小・粗飼料主体で放牧を活用することによる粗放的・低泌乳な生乳生産体系に転換するという低投入型酪農として知られている。

分析手順の概要は、以下の通りである。事例とし

た酪農経営のデータから、図2のような酪農経営における物質フローモデルを作成し、このモデルに従って「マイペース酪農」転換前後の物質の投入産出データを収集した。次に、収集されたデータに各種の環境負荷排出係数を乗じて環境負荷排出量を推計した。最後に、推計された環境負荷を環境問題ポテンシャル（地球温暖化、酸性化、富栄養化）として定量化した。

このようにして求めた環境問題ポテンシャルを機能単位である4%脂肪補正乳量1tあたりに換算して分析すると、集約的・高泌乳な生乳生産体系から「マイペース酪農」に転換することで、地球温暖化、酸性化、富栄養化の各環境問題ポテンシャルが削減されることが示された。

4. おわりに

本学が所在する滋賀県は、「環境こだわり農産物認証制度」などに代表されるように環境配慮型農業生産の先進県である。本学および滋賀県は、わが国農業の環境問題に対する教育・研究にとって最適な場と考える。筆者のこれまでの経験が、本学における教育・研究の一助となれば幸いである。

引用・参考文献

- 1) 石谷久・赤井誠監修 (1999) 『ISO 14040/JIS Q 14040 ライフサイクルアセスメント－原則及び枠組み－』、産業環境管理協会。
- 2) 小林紀 (1998) 「自動車のLCA」『JAMAGAZINE』第32巻 第6号、Available at <http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/199806/01.html> (アクセス日: 2009年1月15日)。
- 3) 増田清敬 (2008) 「LCAの理論的枠組みとわが国の農業分野への適用」、出村克彦・山本康貴・吉田謙太郎編『農業環境の経済評価－多面的機能・環境勘定・エコロジー－』、北海道大学出版会、pp.149 - 168。
- 4) 増田清敬・山本康貴 (2008) 「LCAを用いた低投入型酪農の環境影響評価－北海道根釧地域の「マイペース酪農」を事例として－」、出村克彦・山本康貴・吉田謙太郎編『農業環境の経済評価－多面的機能・環境勘定・エコロジー－』、北海道大学出版会、pp.185 - 207。

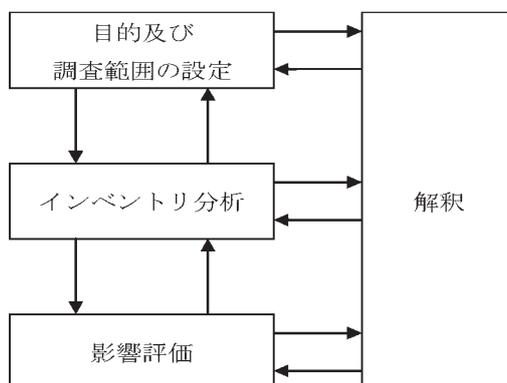


図1 国際規格に基づいたLCAの実施手順 (資料) 石谷・赤井 (1999) より作成。

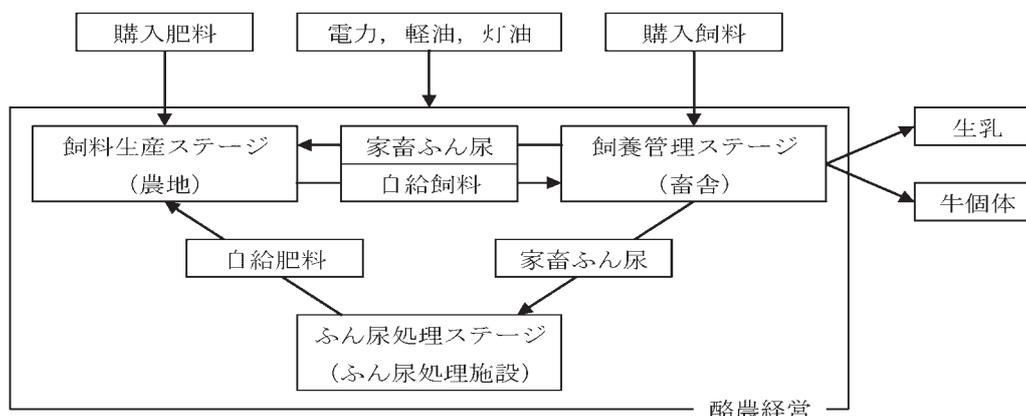


図2 酪農経営システムのライフサイクルフロー (資料) 増田・山本 (2008) p.191 より引用。