

招待論文
INVITED
PAPER

招待論文

地球環境政策のための情報の集約と環境評価の方法論

INFORMATION SYSTEM AND EVALUATION METHODOLOGIES
FOR GLOBAL ENVIRONMENTAL POLICY

西岡秀三*・原沢英夫**・

森口祐一***

Shuzo NISHIOKA, Hideo HARASAWA
and Yuichi MORIGUCHI* 正会員 工博 環境庁国立環境研究所地球環境研究センター・総括研究管理官
(〒305 茨城県つくば市小野川16-2)

** 正会員 工博 環境庁国立環境研究所社会環境システム部環境管理研究室室長

*** 正会員 工学士 環境庁国立環境研究所地域環境研究グループ交通公害
防止研究チーム・主任研究員**Key Words:** global environment, environmental information system,
impact assessment, global warming, threshold

1. はじめに

本論文では、地球環境保全にむけて構築されつつある、環境情報のシステムと環境把握の方法論について、その今日的意義を展望する。

「持続可能な発展」の意味するところについての議論は多い¹⁾が、その言葉の出た所以は、長期的な人類の生存と福祉の向上のためには、その基盤である自然環境について十分に考慮していく必要性が認識されたことにある。これまで発展政策のなかで看過されてきていた環境の有限性が認識され、地球環境と経済活動の総合マネジメント政策が必要となってきた。しかしながら、そのフレームの中核である、環境の機能を把握評価する方法論や政策決定者に状況を伝えるための情報体系が十分でないことが明らかになり、どのようにそれらを確立するかが国際間および科学の世界で論議の途上にある。

その一例をあげよう。1992年6月ブラジルでの国連環境開発会議で署名された気候変動枠組条約の目的は、「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすことにならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させる」ことである。この条約に基づいて各国はエネルギー政策や土地利用政策を変えつつある。しかしながら、ここでいう影響を及ぼさない排出レベルとは一体どれだけのものか、それをどのような科学の手順で決定するのか、さらに敷衍して地球環境はどれほどまでの人間活動圧力に耐えるのか。こうした肝心の点についての十分な知見と合意のないままに、政策決定を下さねばならない事態に我々は置かれている。

いま、この問題に回答を出すため、地球環境の総合診断といった作業が全世界的に始まっている。科学の面からは、「地圏・生物圏国際協同研究計画 (IGBP)」や

「世界気候研究計画 (WCRP)」のもとで自然科学的研究調査が進んでおり、人間側の対応に関しても「地球環境の人間の側面研究計画 (HDP)」がスタートしており、人工衛星や地上・海上からの観測事業が全球規模で進行中である²⁾。ここから得られる科学的知見を評価して、集約した情報を政策決定者に伝える組織として「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)³⁾」や「オゾントレンドパネル」等のいわば評価者/解釈者の組織も出来てきた。

従来から、各国で局地的な環境影響評価はすすめられているが、地球環境評価は幾つかの点で基本的にこれと異なる側面がある。ひとつは極めて長期的な世界の政策決定に結びついていることであり、またひとつはこれが、環境の地球規模での総ざらえとでもいうべき大規模な作業であること、さらには人間の生存基盤である環境の容量を評価するという厚みのある作業を必要とすることである。科学的知見の集積は始まっているが、科学研究が地球環境の全貌を示すにはまだまだ時間がかかる。その一方で、科学的不確実性をふまえたまま政策決定をしなければならない。この時点での環境評価や情報整備の仕事は、一方で地球環境を評価するより普遍的な方法論を確立することであり、同時に既存の知見をもとに可能な限り政策決定に有用な情報を提供するシステムを構築することである。

2. 地球環境評価の視点

(1) 地球環境問題が提起するもの

「環境の評価」には長い歴史があるにもかかわらず、現時点であえて「地球環境」の評価を取り上げるのは、次のように、これまでの局地的な環境評価の枠組みだけでは捉えきれない様相を地球環境問題が示しているから

である。

- (1) 総体として拡大した人間の環境利用—人口増および経済活動の拡大による人間活動からの環境への圧力が各地点で急増し、個々の地点での環境の劣化がその地点だけの問題でなく世界中で生じていることが判明してきた。また、それらの圧力を地球全体で積み上げてみると、将来世代の生存基盤を危機的状況に至らしめるのではないかとこの危惧が生まれてきたことである。

いわゆるグローバリゼーションによって、世界が貿易網でむすばれて一つの経済組織になり、ある地域の環境を他の地域の人間が利用することが可能になった。日本は世界中の環境を利用して食糧を得ており、エネルギー消費の大きい産業を移転してみずからは省エネルギーの産業構造を持つようになった。この相互利用によって拡大した環境利用を各地で集計してみると、もはや他の地域の環境をあてにして人間活動を拡大することが難しいことが明らかになってきたのである。従来の局地 (in situ) 的開発に対する環境影響評価と平行して、地球全体での総和的圧力と影響を評価する必要性が高まった。

- (2) 地球共有財への圧力—局地環境への圧力だけでなく、気候システムやオゾン層のような局地環境の自律能力維持機能とでもいうべきものへも、人間活動が影響し始めている。上記の総和的環境影響に加えて、大気・海洋・生態系など地球公共財 (Global Commons) への圧力が間接的に局地環境に影響を及ぼす。局地的環境への直接的圧力とは違った経路で環境へ働きかけるこの地球規模の環境影響の顕在化によって、地球環境を開放系でなく閉鎖系で捉えねばならないことがより一層明らかになった。

A国が二酸化炭素排出の多い産業をB国へ移転しても、B国の当該産業技術がより二酸化炭素排出の多い構造だと、結局は二酸化炭素排出量は世界全体では増大し、気候システムを通じてA国へも影響をおよぼす。従来可能であった「付け回し」による局地環境保全の手だてでは、閉鎖系の環境には使えない。この時A国は、B国へなるべく二酸化炭素排出の少ない技術とともに産業を移転するか、A国自身でさらに二酸化炭素排出の少ない技術開発をすすめる必要がある。このような地球公共財に対する環境影響を統一的に評価するために、ライフサイクルアセスメントのような、人間活動圧を横断的に評価する方法が実用化してきた。

- (3) 自然と人間活動が持つ慣性への考慮—自然環境

と人間活動には大きな慣性があり、地球環境の制御を困難にしている。大気中の二酸化炭素濃度が一旦増加し大気温度が上昇すると、ただちに排出を止めても、もとの濃度に返すには長い時間がかかるし、2000年の周期で回流している大洋の海流が熱の貯蔵庫として働き、もとの温度への回復を長引かせる。

人間側にも慣性がある。環境の観測をしていても、変化を検出するには長期の観測が必要である。また変化を認識しても、その意味を科学的に解釈するのに数十年かかる。フリーライダーがいては地球公共財の管理はしり抜けになるから、共同で効果的な対策を打つには国際社会の合意があるが、これをとりつけるのにも時間がかかる。マウナロアでの二酸化炭素濃度変化の観測開始から、気候変動枠組み条約による行動開始まですでに35年たっており、いまドラスチックな二酸化炭素排出削減政策がとられたとしても、大気中の濃度の安定にはさらに数十年を要する。

環境と人間側双方におおきな慣性を持つシステムの制御には、自然のメカニズムの解明だけでなく人間社会の行動メカニズムについての知識をふかめ、その両面をつなぐシステム全体の解析を行うことが必要である。慣性の大きいシステムを制御するには「予測」に基づく早期の制御の開始が不可欠である。環境の情報は、自然環境の観測結果をそのまま示すだけでなく、行動のための合意までの全体制御システムを効率的に機能させるのに役立つものでなければならない⁴⁾。

- (4) 総合政策の必要性—持続可能な発展には、地球環境全体をながめてゆっくり使っていくための総合政策が要求される。これまでの環境影響評価は、ある地域で開発を行ったときの自然及び人間への影響を推定することにとどまっていたが、逆に、自然の機能を増大させるのに開発はどの様に寄与出来るかという問い掛けがはじまったのである。このためには、自然と人間側をふくめた地球環境の機能の全体像を知り、政策の効果がどのようなものを政策決定者に知らしめる、Integrated Assessment⁵⁾のような手法が有効である。

(2) 地球環境評価のスパン

地球環境問題は、地学的歴史からみる超長期のタイムスパンで考えたり、基礎物理学的法則を応用した見方を適用したり、文明論に基づく論議の対象にするなど、多様な取り上げ方がある。本論では、現時点でわれわれが行動主体として地球環境保全に貢献できるであろう範囲を以下のように設定して論を進める。

- (1) 生存基盤としての環境の機能を主な対象とする。—「環境」とは人間の生存の基盤としての「自然」の機能であるとの見方をとる。ときには、機能を実現している実体としての「自然」をも含む。機能とは、豊富な生活用水の供給、安定な気候条件、アメニティなど人間の健康で健全な生活を維持する空間としての機能、衣食住をささえる土地、農工業用水、エネルギーなどの生産要素としての機能、さらにこれらの機能を自律的に保持する物理化学生物学的機能等であり、実体とは大気・海洋・陸地等の自然生態系の物理的状态である。人間の営みとの関連の少ない自然および自然と関連の少ない人間活動は対処としない。先進国での環境影響評価では、もはや生存基盤としての環境の機能はあまり強調されていない。一方、人間をも地球環境の一部とみなす自然至上の考え方では、人類の生存基盤としての環境評価の視点は欠落する。
- (2) 世代を脱んでの評価と制御のための時間を考慮したタイムスパン—エントロピ的思考では地球環境を超長期にとらえすぎているし、地域開発に対する環境評価の視点では比較的短期狭域に問題を取り上げすぎている。地球環境問題の広がり、進展の速度、制御の時定数を考慮すると、三世代約一世紀を踏まえた視点と一世代あるいは数十年単位の制御時間を念頭においた取り上げ方を必要とする。
- (3) in situでの環境影響評価と共通基盤を通じての圧力にたいする評価の両方を対象とする。—人間活動は極度に拡大しており、それぞれの地域で人間活動圧に対する環境の脆弱性を評価する必要がある。さらに、気候変化にともなう脆弱性の増加などがこれに加わる。環境への圧力の二つの経路及びその重複に対応した影響評価の両方が必要である。

3. 地球環境政策実行のための環境情報

(1) 環境情報集約のシステム

人間活動を効果的にコントロールするために経済学的、行動科学的、システム科学的諸手法があり、これに関連する情報の体系は国民的経済計算体系(SNA)を典型例として比較的確立され、これを支える各種統計も揃っている。しかしこの政策プロセス評価に対応する、あるいはこれに integrate されるべき環境側の情報体系は、方法論の面でも統計面でも整備の途上であり、自然環境の観測データ、環境にかかわる人間活動に関するデータなど基礎情報も欠けている。今後方法論の確立とデータ収集を相呼応させながら、環境情報体系の整備を進

めなければならない。

現在、「持続可能な発展」にむけての情報集約の流れが、図-1のように構築されつつある。自然環境を土地利用などの人間活動からくる各種圧力との関係で評価して、定量化しようとする「環境の状況(State of the Environment)」把握の試み⁶⁾がある。さらに、環境の状況、人間活動からの圧力を定量化し、政策決定のための集約した情報にしようとするのが「環境指標」の作業である。従来のSNAの中に環境の価値を入れこんで、経済政策に環境をビルトインさせようというのが「環境資源勘定」の試みである。

先述したように、人間活動の圧力は土地の生産や生活への利用のような in situ の圧力に加えて、人間活動が集約されて自然環境やその機能維持機構に圧力を与えるケースが地球環境問題として現れてきている。このため、ライフサイクルアセスメント(LCA)のように人間活動を in situ の環境影響の面以外から集約して定量化する評価手法も必要になってきている。

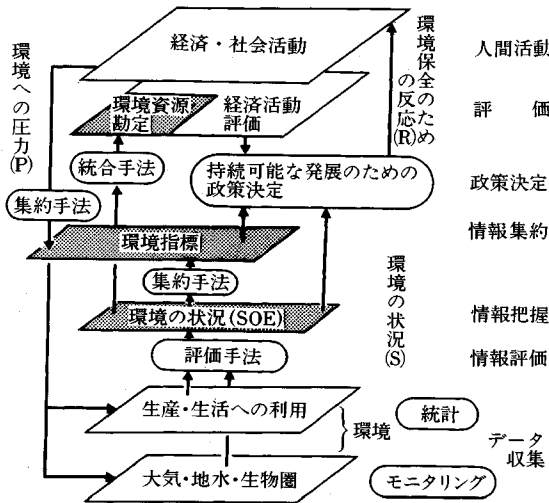
環境影響評価(EIA: Environmental Impact Assessment)は環境保全政策の効果的な手法であるが、ここでも環境問題の広がりを反映して、評価の範囲の拡大とそのための情報整備にせまられている。道路やダムなどの建設にあたる土木事業でも、目に見える形で環境を直接かつ大規模に改変する個々の事業の実施段階でのアセスメントがなされてきたが、今後は計画段階でのアセスメントや、総合計画さらには政策全体のアセスメントの必要性も海外では議論されており、今後このための情報整備が必要とされよう。

(2) 環境情報の集約—「環境の状況」と「環境指標」

地球環境問題の顕在化によって、視野に入れるべき環境問題の範囲が広がり、データから情報へと量を圧縮し、質を高めることがますます重要になってきた。データを情報へと集約する方法の一つとして用いられるのが環境指標⁷⁾である。

1989年のアルシュサミットにおいて、カナダからの提案により、環境と経済上の決定を統合するための新たな環境指標の開発をOECDに求めることが、経済宣言に盛り込まれ、以来、OECD環境政策委員会環境の状況グループを中心に検討がすすめられてきた。ここで検討されている環境指標とは、環境の状況や環境問題と経済活動の関係を示す重要な数値といった意味で使われている⁸⁾。

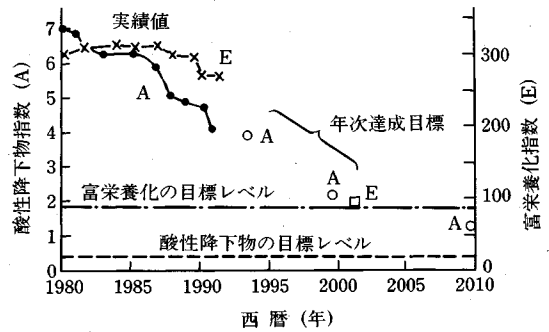
OECDにおけるこの指標開発作業は当初、a. 環境の状況指標、b. 部門別政策に環境配慮を盛り込むための指標、c. マクロ経済政策と環境政策の統合のための環境資源勘定、の3つの分野について着手された⁹⁾。aに関する成果は、1991年にOECDの環境白書にあたるSOEレ



図一 持続可能な発展にむけた政策決定のための環境評価

ポート(環境の状況報告書)¹⁰⁾の付属資料として刊行され¹¹⁾約40項目について、国別の指標値が発表された。このaグループの作業には、その後OECD環境政策委員会が着手した「国別環境保全成果審査プログラム」との連携を図るための作業が加わり、現在の重点は、環境保全成果審査のための指標開発に移っている¹²⁾。オランダのように、自国の環境管理政策がはたして所期の目標達成の方向にあるのか否かの判定に使用しようと試みている国もある(図一2)¹³⁾。bの部門別指標では、環境問題との関わりが深い経済活動分野をとりあげて、その分野との接点を示す指標の選択がおこなわれてきた。これまでにエネルギー分野¹⁴⁾および交通分野¹⁵⁾についての報告がなされ、このほか、農業、林業についての検討が進められている¹⁶⁾。

OECDにおける環境指標開発作業は、PSR(Pressure-State-Response)フレームワークと呼ばれる枠組みを基礎としてきた(図一1)。Pは、環境に影響を与える人間活動の活動量や汚染物質の排出量などを意味し、環境基本法でいう「環境への負荷」に相当する。SはPによって改変された環境の状態を表すものである。これには大気汚染物質濃度のように環境の質を表すもののほか、環境変化が人やその生活環境、生態系などに与えた影響も含むものである。Rはこうした環境変化を修復したり、未然防止するために人間が行う対応策を意味する。こうした対応策は人間活動による環境への負荷、すなわちここでいうPにフィードバックされるので、PSRは因果の環を構成する。主要な事象ごとにこれらの各段階に応じた指標の値を監視することで、環境問題の趨勢をこれに対する人間の対応と対置しながら評価するのがこの方法のねらいである。この枠組みは、環境保



図一2 環境保全成果の評価(オランダの例) 目標値の設定と実績値の比較¹³⁾

全成果審査のための指標に適用され、現在、地球温暖化、酸性雨、都市環境問題、森林資源など、十数分野の主要な環境問題ごとに、これら3つの段階に対応する指標の選定作業が進められている(表一)¹²⁾。

(3) 環境資源勘定アプローチの可能性と限界

上記OECDの取り組みにおける位置づけに見られるように、環境資源勘定は、広義の環境指標の一種とみなすこともできるが、両者は性格をかなり異にするものである。環境指標が膨大な量の環境情報の中から、いわばエッセンスとなる情報を拾い出し、少数の数値に集約して、対象とする問題の大筋を記述する試みであるのに対し、環境資源勘定は、環境汚染や自然資源と人間との関わりに関する情報を、可能な限り整合的、包括的な統計の枠組みの中に漏れなく記述しようとするものである(図一3)。

これまでに試みられてきた環境資源勘定にはさまざまな異なるアプローチがある。そのひとつの極にあるのが、自然資源の減耗や環境汚染のマイナスの影響をすべて貨幣価値に換算して現行GNPに補正を加える、いわゆる「グリーンGNP」である¹⁷⁾。例えば、枯渇性の資源を利用して生産を行った場合、将来の生産の源泉を減少させているにもかかわらず、現行のGNPは増加する。環境汚染が進行し、家庭で浄水器をつけなければ水が飲めなくなった場合、その購入はGNPを増加させるが、これは生活の豊かさを意味しない。こうした問題点を改善し、発展の指標の中の環境汚染による外部不経済や、資源の維持的利用を適切に反映させようとするのが、この指標のねらいである。

もうひとつの極にあるのが、森林などの自然資源について、そのストックおよびフロー、いいかえればマテリアルバランスを、物量単位で体系的に記述するいわゆる自然資源勘定である。これは、金融資産や人間が生産した固定資本の記帳にならって、自然資源についてある時点での残高や、ある期間の増減や用途を記帳するものである¹⁸⁾。

表一 1 OECD による環境保全成果審査のための指標案¹²⁾

対象とする環境問題	Pressure 環境への圧力 (環境負荷)	Stage 環境の状態 (環境質)	Response 環境問題への対応
気候変動	CO ₂ の排出量	温室効果ガスの大気中濃度 全球平均気温	エネルギー強度 (GDPあたり エネルギー消費量)
成層圏オゾンの減少	CFCの消費量	CFCの大気中濃度	
富栄養化	N, Pの量として表した肥料 の消費量	代表的河川におけるBOD, N, Pの濃度	下水処理施設の供用区域人口 の比率
酸性化	SO _x およびNO _x の排出量	酸性降下物中のPH, SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ 濃度	大気汚染防除投資額
有害物質汚染	有害廃棄物の発生量	代表的河川における鉛, カド ミウム, クロム, 銅の濃度	無鉛ガソリンの市場シェア
都市環境の質		代表的都市におけるSO _g , NO ₂ , SPMの濃度	
生態系の多様性および景観	土地利用の変化量	絶滅の危機にある種の数の現 存種数に対する割合	保護区域面積の比率
廃棄物	一般・産業・放射性・有害廃 棄物の発生量	(該当せず)	廃棄物収集処理への投資額 リサイクル率 (紙, ガラス)
水資源	水資源の使用強度 (使用量/賦存量)		
森林資源		森林の面積, 蓄積量および森 林の分布	
水産資源	漁獲量		
土壌劣化 (砂漠化・侵食)	土地利用変化		
特定の問題に帰着しない一般 的な指標	人口増加, 人口密度, GDP成 長率, 工業生産高, 農業生産 高, エネルギー供給構成, 道 路交通量, 自動車保有		汚染防止投資額 環境問題への国民の意識

注1) 本表は文献¹²⁾で公表された第1次案であり、その後、指標の追加・修正作業が進められている。

注2) 空白となっているセルも含め、各セルには最終的には複数の指標が設定されると思われる。

グリーンGNPは、それが十分な合理性をもって計測されれば、環境と経済を両立させ、持続可能な発展を実現するための目標となるべき指標であり、その政策的意味はきわめて大きい。しかし、その方法論確立までには問題が山積みしている。環境の価値の貨幣単位による評価手法が未確立であること、自然界の複雑なメカニズムの介入のために、ある環境変化を原因とする人間活動に帰属させることが容易でないこと、ベースになる環境負荷発生や環境の質に関する統計整備体制が未確立である

こと、等が主な問題点である。

一方、物量単位の自然資源勘定は、資源の蓄積と利用に関する情報の体系化に成功しており、資源の管理や計画的利用のための基礎的知見としては十分に利用可能であろう。しかし、その情報の利用者は資源管理に携わる専門家が主体であり、環境と経済の両立といったマクロな政策課題とはやや距たがある。自然資源勘定の枠組みで得られた情報を、うまく集約し、指標として利用することがひとつの道であろう。

「勘定」という名が示すように、環境資源勘定とは環境汚染や自然資源を、会計学的枠組みの中で扱おうとするものである。GNPが国民経済計算体系(SNA)という巨大な統計システムを基盤にもっているように、環境汚染や自然資源をこれと類似の統計システムの枠組みの中で記述することが、環境資源勘定の本質である。理想的には、グリーンGNPは、こうした堅固な統計的基盤の蓄積の上に乗って算出されるべきものであるが、現在までのところ、これには大きなギャップがある。環境中での自然資源や汚染物質の収支を、経済的取引と同様に漏れなく記録することは、まず不可能なためである。一方、GNPとSNAの関係のみれば明らかのように、環境資源勘定に対する外部からの期待が集まるのは、多くの場合、高度に集約された指標であって、その基盤にある統計システムではない。そこで、統計的整合性のある程度犠牲にしながら、単一の集計値を実際に計量する試みと、統計的整合性を重視した、ごく一部の要素についての物量勘定の整備という基礎的なアプローチの両極から検討がすすんできたことになる。

1993年に国連によるSNAの国際標準が25年ぶりに改定されたが、その一環として新たに環境経済統合勘定(SEEA)がサテライト勘定として盛り込まれた¹⁹⁾。サテライト勘定は、SNAの中核体系に変更を加えることなしに、SNAに付帯する勘定として、社会における重要事項を記述する統計システムである。SEEAにはいくつかのバージョンが用意され、物量的勘定と貨幣価値勘定が共存しうような体系となっている。

今後SEEAの枠組みに沿った情報整備が進めば、統計的整合性と、政策的意義の双方を兼ね備えた手法に発展させられる可能性があるが、これには環境情報の収集体制の根本的な見直しが必要であろう。要点は、空間を単位として整備されてきた自然資源や環境汚染物質に関する情報と、活動のセクターを単位として整備されてきた経済統計とを、どのように関係づけるかという点である。厳密に言えば、ある地域において発生した環境変化が、どの地域の、どのセクターの活動に帰属させられるのが明らかにされることが必要である。これまでの貨幣価値評価アプローチでは、自然環境中での物質の輸送や化学変化といった現象はいわばブラックボックス化しており、人間活動の主体を分類軸とする経済統計システムと整合させることに成功していない。

(4) 人間活動圧力の横断的な評価—LCA

一方、日常生活で大量に消費される商品は、ひとつひとつによる環境への影響は小さくても、その製造から廃棄にいたる一連の過程において集計すると大きく、これを横断的に評価する必要性への認識が最近とくに高まってきた。このための手法として注目を集めているのがライフサイクルアセスメント(LCA: Life Cycle Assess-

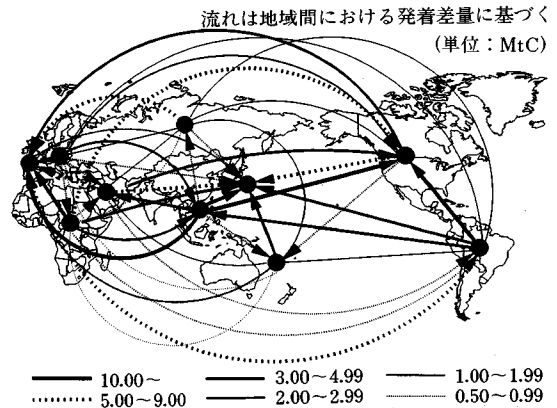


図-4 貿易による二酸化炭素の間接排出量の国際収支図
(地域別のGDP当り排出量で補正した場合²³⁾)

ment)である²⁰⁾。ライフサイクルアセスメントは、ある商品に着目して、その原料の採掘、材料の生産、製品への加工、流通・販売、使用、廃棄・再利用といった一連のライフサイクルの中で発生する環境影響を総合的に評価しようとする試みである。エネルギー投入量に着目したライフサイクル分析を行うエネルギー・アナリシス²¹⁾と基本的な考え方は共通であるが、エネルギー以外の資源投入や汚染物質、廃棄物の発生も分析の視野にいれ、これらが環境に与える影響を総合的に定量化しよう²²⁾とするものである。これまで欧州を中心に先進的な取り組みが行われてきたが、国際標準化機構(ISO)における環境管理・環境監査システムの検討にLCAが含まれたこと等を契機として国内でも急速に関心が高まっている。建築物や土木構造物は商品に比べてライフサイクルが長く、またその明確な定義が困難な面があるが、類似の分析が可能であり、この分野での試算も報告されはじめています。

地球規模の視点からいうと、日本でライフサイクルアセスメントを行う際には、国外での環境影響にも注意をむける必要がある。人口が稠密で資源の乏しいわが国では、化石燃料や金属鉱物などの資源や農林水産物を大量に輸入しているためである。日本が輸入する木材のための熱帯林伐採問題に端的に示されるように、日本の経済活動による環境影響が海外におよぶ例は珍しくない。さらに近年では、製造業の生産拠点の海外移転も盛んになっており、これに伴う環境汚染にも目をむける必要がある。

したがって環境影響を包括的に評価するには、こうした海外での環境変化を含めた定量化が必要である。環境資源勘定の枠組みの中で、資源の供給と利用のマテリアルバランスを正しく把握し、LCAのアプローチにより「揺り籠から墓場まで」の環境負荷を漏れなく定量化することは、属地的な環境評価手法では見落としがちであ

った環境負荷の地域間の移転を明らかにするであろう(図-4)²³⁾。

4. 温暖化防止にみる政策評価にむけた環境情報システムの構築

(1) 温暖化防止政策のための環境評価と情報

上記のようなやや一般的な環境評価と情報システム構築と平行して、緊急に対策を要する地球環境問題についての評価・情報システムの構築がすすめられている。なかでも、温室効果ガスの排出増に起因して起こるであろうと推定される気候変動(以後、温暖化と呼ぶ)防止にむけては、IPCCを中心に評価のシステムが確立しつつあり、並行して環境情報の集積がすすんでいる。

まず、1994年から発効した気候変動枠組条約(FCCC)に基づき、各国は温室効果ガス排出量あるいは吸収量目録(インベントリー)の算定を行い報告をせねばならないが、これに関してIPCC/OECDが、算定方式の標準ガイドラインと実際に推定するためのハンドブックを作成した²⁴⁾。発生源の複雑さを反映して、推定根拠にはまだまだ改良の余地があるが、これによって温室効果ガスという人間活動全般から生じる気候システムへの圧力を示す情報のシステムが構築されつつある。

大気海洋大循環モデルなどを用いて温暖化の予測をするためには、地圏・生物圏にわたる地球環境情報を集約する必要があるが、これはWCPやIGBP等の研究プログラムのもとでデータ情報システム(DIS)の構築がすすんでおり、科学者が共通に使うデータベースの作成が国連等各種機関の主導ですすめられているし、情報通信ネットワークの整備がこれを助けている²⁵⁾。

冒頭に述べたように、温暖化防止の目的は人間の生存基盤である地球環境への危険な影響を避けることにある。しかし、各地域の自然生態系や農業への影響のメカニズムを知り、その重要性を評価する方法論の確立はまだ途上にある。IPCCでは1994年に影響評価ガイドラインを完成し²⁶⁾、統一的な影響評価にむけて踏み出した。これについては後述する。

温暖化への対応には、温暖化を前提として、それぞれの地域で温暖化する気候に対応しようとする適応策と、温暖化の進行をなるべく抑えようとする抑制策がある。適応策には、影響メカニズムを知ることが重要である。抑制策には、省エネルギー・新エネルギー技術・二酸化炭素固定技術の開発といった技術の開発と、炭素税によるエネルギー構造変化の誘導や教育によるライフスタイル変化の促進といった社会システムへの働きかけがある。IPCCでは、抑制策の評価方法に関するガイドラインも検討中であり、対応技術目録も整備しようとしている。さらに、温暖化に対応するための政策の評価方法についても経済学者等のグループで検討しており²⁷⁾、な

かでも、エネルギー経済モデルを使った検討が効果的に使われている²⁸⁾。

温暖化問題が、このように地球全体をカバーし、事象としても複雑で、かつ自然科学と社会科学にまたがる巨大な問題であることを反映して、対処方針を検討するため、人間活動・自然現象・対応策をまるごと評価してみようというIntegrated Assessmentの方法論が考えられるようになった⁵⁾。Integrated Assessmentは、多方面にわたる現象をふくむ、とくに自然科学面と社会科学面を同時にもった複雑な系を、ひとつのフレームワークでとらえて、これに対する政策決定のための情報を入手しようとする試みである。

温暖化に関しては、温室効果ガスの発生、気候システム、環境影響の各段階でモデルの開発が進んでいる。しかし、その全体をつなげて、政策の効果を検討するには、それぞれの分野の専門家間で当該分野間の意思の疎通が充分でないことや、全体的にみた場合の知識の欠如などがあり、まだ政策決定者を満足させるものにはなっていない。例えば、経済学者は経済刺激策による抑制効果を算定するのに、気候感度として+3°Cをあたりまえのこととして使っているが、気候学の立場からするとこれをどう設定するかは大問題である。温暖化影響を県ぐらいを単位として推定評価するには、せめて20 km程度の高解像度の地域気候変化予測が必要であるが、気候モデルではまだ100 kmの解像度の計算をすることも難しい。こうした状況で、政策決定者は科学者の報告をどれほど信頼性を持って受け止めるべきか、また、全体を見渡して、どこに資金を投じれば不確実性が効果的に減少するのだろうか。Integrated Assessmentはこうした疑問に答えようとしている。

(2) 環境の容量—地球はどこまで耐えられるか

気候変動枠組条約第二条には、条約の目的として、「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすことにならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目的とする。そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべきである。」と書かれている。

この「危険な人為的干渉をおよぼすことにならない水準」は、生存基盤としての地球環境の機能をどのように評価するかによって定まる。人間活動からの圧力に対して、自然環境がどこまで耐えられるのか、環境の持つ容量といったものがあるのだろうか、という地球環境評価で論議された環境の機能の評価²⁹⁾が、再び地球規模の環境管理にむけて論議されることになる。とくにここで自然生態系の維持と食糧生産機能を重要な項目として取り上げている。さらに、人間が環境を利用して経済開発

をすすめていることに留意し、長期にわたる生産活動の両立ができる人間活動水準の存在^{30), 31)}を求めている。しかし、この水準は明確に示されたものではなく、今後その評価方法の確立が必要となってきた。

従来使われてきた環境容量は、局所・地域スケールの生態系や人間活動に対して定義されたものである。それを地球規模の環境容量評価に発展させるために、閾値(Threshold)あるいは限界的負荷(Critical Load)の概念の検討と、限界的な負荷に対する感受性分析(Sensitivity Analysis)が、IPCCの温暖化影響評価のなかで始まっている。

(3) 閾値(Threshold)による評価

閾値は、対象システム(人間環境や生態系)に「危険な」あるいは「許容できない」影響を与える外乱(気候変化)のレベルである。気候変動の場合、以下の種々の形で現れる外乱に対応して、それぞれ閾値が存在する。

a) 平均値/変動/速度

- ① 平均値の変化—気候の変動特性が変化しないと仮定すると、平均的な気候の変化は同時に異常な気象現象の頻度の増減を招く。あるレベル以上の変化が起こると、システムは増加したストレス頻度を受容できなくなる。このレベルは平均的な気候変化の閾値と考えられる。例えば、平均温度の上昇で真夏日が限界以上に増えたならば、空調需要が増大し、電力施設の負荷容量を越えてしまう。
- ② 変動特性の変化—平均値の変化と同様に、変動特性が変化してもストレスの頻度が増減する。
- ③ 変化の速度—多くのシステムは、長い時間をかければ外力変化に適応することができる。適応できる速度以上に外乱の変化速度が速ければ、システムは適応不可能となり損害を被る。この場合、両者の相対的な速度が問題となり、システムが破壊される限界の速度が閾値となる。

b) 絶対値/先行値/累積値/相乗効果

- ① 絶対的な閾値—ある絶対的な値を越えるとシステムに著しいストレスや障害を生じる。例えば、水を扱う系の設計・運用においては、氷結がはじまる0°Cという温度レベルは、系の脆弱性にかかわる絶対的な閾値である。
- ② 先行条件を伴う閾値—閾値がシステムの先行条件に依存する場合である。例えば、多くの植物が成長のある段階で低温の被害を生じる閾値は、それ以前の寒気にさらされる程度に依存する。
- ③ 累積的な閾値—事前の気候の累積的影響により、ある時間経た後にのみ、著しい影響がシステムに観測される。例えば、渇水の開始と進行は累積的であり渇水の影響が漸増し、河川流量が減少して水力発電に支障をきたす。

- ④ 相乗効果で決まる閾値—同時にあるいは連続して生じる気候条件変化の組み合わせが、システムに著しい影響を与える場合がある。例えば、温度が凍結温度より下がり、湿度が多くかつ風速が少ないと風力発電機は凍結して機能しなくなる。

c) 閾値の具体例

① 植物群落に適応できなくなる閾値³²⁾

生物群落や種の分布の現在の地理的境界は、気候変数に対応することが明らかとなっている。このなかでもっとも重要な共通的な気候変数は、年平均気温、年間積算温度、降水量と蒸発散量である。例えば、アイダホ/モンタナのダグラスモミとロジポール松は、低高度の群落(750 m以下)は温度で2~3°Cの増減には耐えられるが、高高度の群落(1000 m以上)は温暖化が1°Cだけ変化しても適応できないことが知られている。

② 移動速度の閾値³²⁾

植物種が人間の介在なしに移動できる速度には限界がある。Davisによると、動物に依存して種子を分散させる樹種は年間最大150 m移動するが、風で種子を分散させて移動する樹種は、年間たかだか40 mしか移動しない。同様に、GearとHuntleyは英国においてスコット松の移動速度が年間40~80 mであると報告している。

③ 越境大気汚染と酸性雨に対する負荷の限界値³³⁾

酸性降下物の被害に土壌・植物がどこまで耐えうるかの限界値を定めることは、越境大気汚染の対応策を立案・実施するのに極めて重要である。その限界値は、酸性降下物等の有害化学物質の組合せで決まる、特定の指標生物に対して被害を引き起こさない値である。限界量が定量化されれば、大気輸送拡散モデルと組合わせて、限界量以下に降下量を減少させるには、どこでどのくらいの排出量を減らすことが必要であるかの決定ができる。この種の酸性化の限界負荷地図としては、CCE(Coordination Centre for Effects)、SEI(Stockholm Environment Institute)、SMB(Steady-state Mass Balance model)地図等が作られて、酸性雨の規制に用いられている。

(4) 環境の特性を表す概念

上記の閾値の概念のなかには、環境システムのもつどのような特性に対する外力の限度をいうのかの問題が残されている。考慮すべき環境の特性として以下のものがある。

- ① 耐性(Tolerance)—外力がかけられてもシステムにストレスや障害を全く生じない外力の範囲。例：一日程度の高温では、農作物の収穫に影響は起こらない。

② 弾性 (Elasticity) —外力を受けると、システム内にストレスが生じシステムの変化を引起すが、外力が取り除かれるとストレスや変化が解消し、もとの状態にもどる特性。もとにもどる力を回復力 (Resilience) と呼ぶ。

③ 安定性 (Stability) —システム自体の一部もしくは全体の特性が変わらないこと。例えば正のフィードバック機構を持つシステムは、外力が加えられたとき、系の出力が発散したり、暴走したりするので安定ではない。雲が正のフィードバックをもたらし要因であれば、温暖化による雲の増加が温暖化を加速するから、気候システムは不安定である。目下この雲の役割説明が急がれている。

④ 受容性 (Acceptability) —ある判定基準に従って、受容できるとみなしうる外力の範囲と定義される。例：ある地域の住民は3年続きの干ばつまでならば移住しないで生活できる。

閾値は、上記の特性が失われる外力の大きさであると定義される。受容性は、物理的よりも社会的に決定されるものであろう。この他に、環境評価でよく使われるシステムの特性としては以下のものが挙げられる。

⑤ 脆弱性 (Vulnerability) —システムが持っている外力による悪影響の受けやすさの程度を表す。例：低地で勾配の緩やかな、人口や工業の密集した海岸地帯は、海面上昇に対して脆弱性が大きい³⁴⁾。

⑥ 感受性 (Sensitivity) —外力に対する変化の度合い。弾性域では線型の応答となることが多い。例：現段階で温暖化影響評価の多くは、推定された温度上昇・降水量変化に対して、農作物の生産が何%削減するかといった、感受性分析に止まっている。

5. 温暖化に対する環境影響評価の方法

(1) 共通の方法論の必要性

気候変動の影響評価は、人間活動でもたらされる in situ の環境影響に加えて、自然環境を調整している気候システムの変動による影響をも考慮するものであり、従来からの環境影響評価の延長にあるものや異なった側面もつ。それはむしろ、限界までに使われている地球環境の脆弱性の評価であり、予想される気候変動に対する感受性の評価が主体となって、さらには地球の環境容量の評価にまで至ろうとしている。

気候と環境および社会との相互作用を科学的に分析し、政策立案者のみならず、行政機関・産業界・民間のすべての人に将来起こるであろう影響を予測し、合理的で適切な対応策がとれるようにするのが評価の目的である。この趣旨からいって、被害を過大に言い立てたり、対応策にかかる当面の出費をおそれて過小に評価したりすることのないよう、客観的かつ科学的な共通の評価方

法をもつことが必要である。これまでも多くの研究がなされてきたが³⁵⁾、必ずしも手法を共通にしたものではないため、結果の相互比較が困難であったので、IPCCでは方法論を共通化するための影響評価ガイドラインが作成された²⁶⁾。

(2) 温暖化影響/適応評価の方法

このガイドラインでは気候変動の環境影響を、図—5に示すような、a.問題の定義 b.手法の選択 c.手法のテスト/感度分析 d.シナリオの選択 e.影響評価 (生物物理的、社会・経済的) f.適応策の評価 g.政策オプションの検討、の7つのステップに従って評価することを提唱している。図には、その手順に沿ったカナダ・サスカチュワン州の小麦生産への温暖化影響と適応策評価の事例を示す。

この標準的手順には、以下の地球環境評価に特有の考え方がふくまれており、同時にいくつかの問題点を残している。

① 社会経済予測の導入—対象とする期間が数十年の長期にわたることを反映して、社会経済的発展のシナリオ³⁶⁾を考慮に入れていることである。図—6の湖水水質影響評価例³⁷⁾が示すように、気候変動の有無にかかわらず、長期にわたっては技術進歩があり悪化しつつある水質に対する対処はおこなわれるであろうし、あるいは手つかずのままであるかもしれない。温暖化の影響を、現状水質をベースラインにしたのでは過大あるいは過小の評価をすることになる。純粋な温暖化の影響としては、図のAあるいはBのように、気候変動のないケースで予測される将来からの違いで考えるべきである。

② 適応能力の導入—同様に、温暖化に対する人間の適応能力を考慮することも特徴のひとつである。突発的な変化の可能性は否定できないものの、気候の変動は数十年かけて徐々に進行すると見られている。

その間、自然生態系にしても、人間にしても、変わりつつある気候に対してなにも対応しないわけではなく、農業であれば作付け品種を変えたり、種まき時期を早める等の何らかの対応策をとるであろうし、湖水の水質変化への対応策もとる。また、長期的には科学技術の進歩によって適応能力も増大するであろう。こうした人間の持つ適応能力を考慮にしなければ、適正な温暖化の影響評価とはならない³⁸⁾。

③ 経済的評価の強調—物理的な影響評価のみでなく、経済的評価の必要性を強調しているのも特徴のひとつである。影響の重大性は温室効果ガス排出抑制の経済影響との比較で論議される。このため、予測される影響がどれほどの経済影響をもたらすかの推定が重要である³⁹⁾。

背景：カナダのサスカチュワン州はカナダ全農地の約40%を占め、小麦の約60%（ほとんどが輸出用）を生産している。国際的に取引されている小麦の約1/8はサスカチュワン州産である。

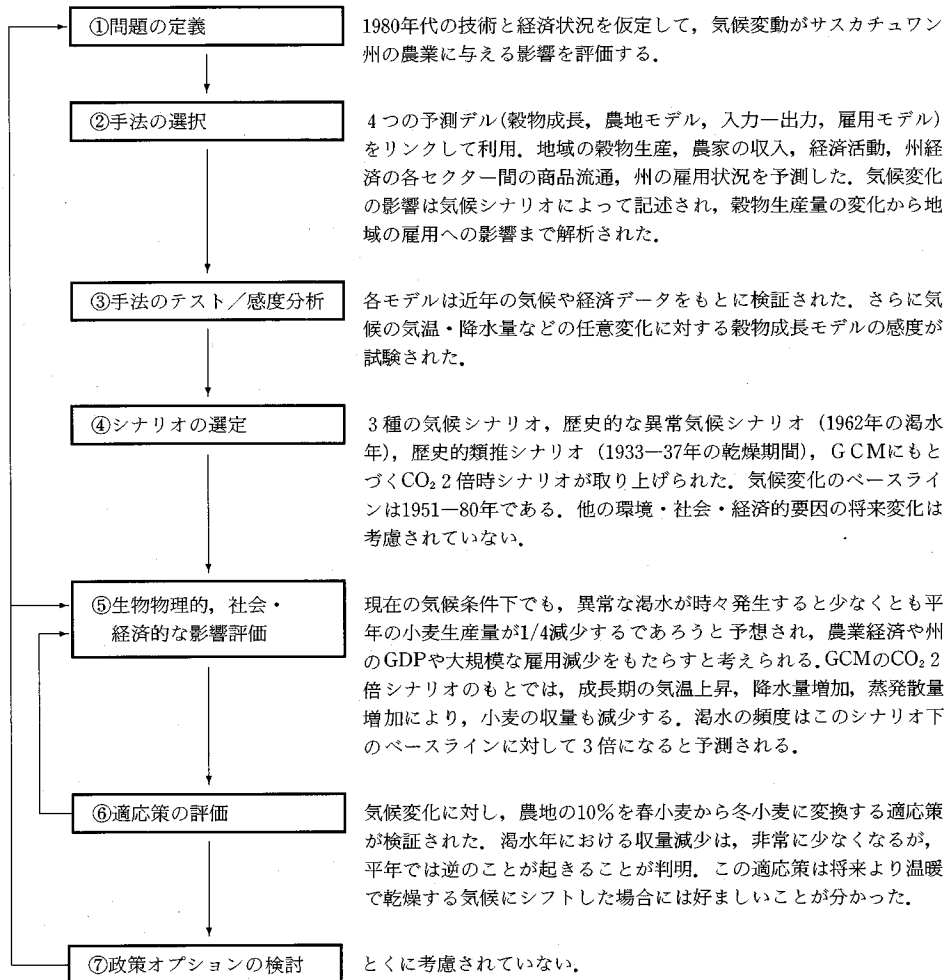


図-5 温暖化による環境影響/適応評価の7ステップ²⁶⁾

- ④ リスクマネジメントの導入-温暖化に関しては、科学面および社会経済面の将来予測に多くの不確実性を有している。その環境評価にあたっては、この不確実性を考慮に置いて、リスクマネジメントの考え方を導入している。
- ⑤ 全球規模の評価手法の開発-局地的な評価だけではなく、気候変動シナリオと地球表面の土壌・水・生態系のデータを組み合わせた Integrated Assessment の手法について言及している⁴⁰⁾。
- ⑥ データの欠如-さらに、実際に評価をすすめてい

こうとすると、地理的情報、生態学的情報等のデータの不足が大きなボトルネックとなる。とくに、途上国に関しての環境情報が不足している。

(3) 気候変動シナリオの扱い方

温暖化による環境の影響を推定するには、各地域の気候変動がどのようになるかの前提シナリオを与えなければならない。それも、研究者に共通のものである必要がある。気候変動シナリオには、大気大循環モデル(GCM)の結果を用いるもの(GCMシナリオ)、過去の温暖な気候時の再現データを用いるもの(パレオアナロ

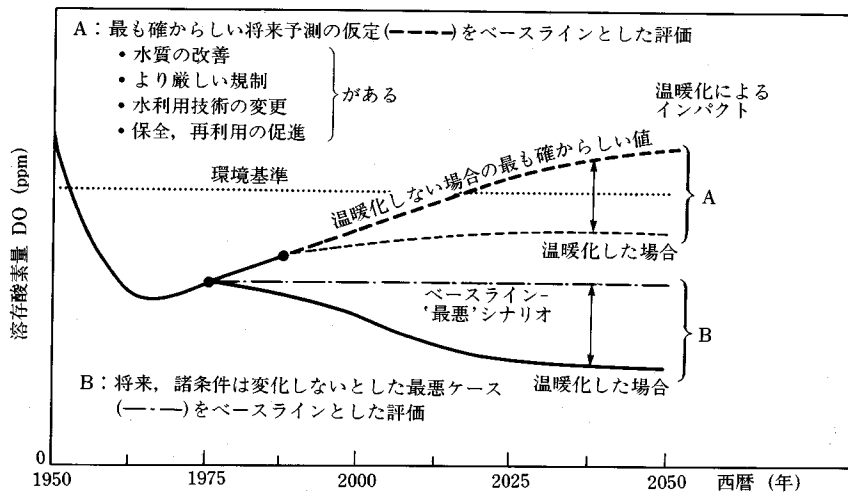


図-6 ベースラインとなるシナリオのとり方による温暖化インパクト評価の違い³⁷⁾ (夏の湖沼水質の例)

グシナリオ)や温暖化した気候に近い地域の気候条件を用いるもの(類似気候シナリオ)があるが、最近ではGCMの進歩を反映してGCMシナリオにもとづいて、影響/適応評価を実施することが奨励されるようになった。

環境評価の前提としての気候変動シナリオの重要性がIPCCでも認識されるにいたり、第一、二作業部会で統一したシナリオ作成およびデータベース構築が行われている⁴¹⁾。とくに統一した気候変動シナリオは、今後、影響評価研究やUNEPや米国など国別、地域別の影響評価調査や研究(カントリースタディ)を実施する際の前提条件となる。

気候変動のGCMシナリオに関する問題としては、GCMモデルの結果は全球ベースでみると同様な傾向を示すが、地域でみると食い違いがみられること、空間分解能が数100kmと粗く地域や国別での影響評価には十分な精度が得られないことが挙げられる。また、GCM間でのスタート時点、CO₂増加条件など計算条件の相違やキャリブレーション、ドリフト現象やホット/コールドスタートの問題など解決すべき問題も多い。

6. おわりに

政策決定プロセスの中に地球環境問題を組み込んでいくために、環境情報の面からなされねばならないことが山積みしている。科学的なモニタリング等による一次データの取得が今後とも重要なことはいままでもない。しかし、環境情報に関しては「データは十分あるが情報は乏しい。(Data rich, Information poor)」と指摘される。これは取得された一時情報が適切に加工されていないために、何らかの意志決定を行うための判断材料には

なっていないことを言い表したものであり、同時に、地球環境モニタリングデータや各種統計が、政策判断のための適切なフレームのもとに検討されて取られているか否かについての疑問をも代表している^{5), 42)}。

環境政策のためにの効率的な情報システムを適切に構築するためには、本論文で述べたような環境の評価に関する方法論が確立していなければならない。その意味で地球環境評価の方法論は情報システム構築の理論的中核であり、研究者諸氏のフォローを期待したい。

注記と参考文献

- 1) 提案されている種々の定義については森田恒幸、川島康子、イサム・イノハラ(1992):地球環境経済政策の目標体系―「持続可能な発展」とその指標。季刊環境研究, No. 88, 124-145を参照。
- 2) IGBP Report No. 28, IGBP in Action: Work Plan 1994-1998等一連の報告書。
- 3) 1988年からの作業で1990年に第一次報告書を出したIPCCは、1995年秋を目途に第二次報告書の作業をすすめている。
- 4) D. Tanstallは、J. マッシューズ他(1992):地球環境と情報。岩波ブックレットNo. 253, 2-11.で、環境と経済発展のパラダイムがフロンティア経済からエコ開発に移るにしたがって、必要とされる環境情報が如何にかかわるかを述べている。
- 5) 米国地球変動研究計画ではIntegrated Assessmentを軸として、研究資源の資源の配分を進めようとしている。Committee on Environment and Natural Resources Research of the US National Science and Technology Council (1994): Our Changing Planet: The FY 1995 U. S. Global Change Research Program, 132pp.
- 6) 「環境の状況」に関しては、後述するOECDでの試みのほかに、国連環境計画(UNEP)が途上国もふくめてUNEP(1992):The World Environment 1972-1992, Chapman & Hall (London), 884pp.でおこなっており、1994年からはAgenda 21をうけて、これを一層政策決定に有効に使うべく新たなプロジェクトで取り組もうとしている。この点、World Resources Institute(隔年):

- World Resources (邦訳:世界の資源と環境, ダイヤモンド社)は, データを政策決定者むけにコンパクトに集約したものとなっているし, World Watch Institute (各年): State of the World (邦訳:地球白書, ダイヤモンド社)はデータをまじえて事象を網羅的に報告したものとなっている。
- 7) 環境指標という用語の定義にはやや混乱がみられる。英語でいう Indicator と Index (Indices) が, ともに日本語では「指標」と訳されることがその一因である。Indicator とは, 状況を記述する多くの変数の中から選ばれる重要性, 代表性をもった変数であり, 各々固有の単位をもつ。Index とは, Indicator や変数がある価値尺度に投影して単位を揃え, 集約可能な数値にしたものであり, 国内で地域環境管理のツールとして研究された環境指標はこの種の「指標」である。ところで, Index は, Indicator や変数, ある基準時点の値などで除した相対的な値も意味し, これは日本語では通常「指数」とよばれる。OECD での環境指標検討作業の主たる対象は, Indicator である。グリーンGNP は, すべてを貨幣価値という単一の計測単位に揃えているという意味で, Index に類する。
 - 8) 環境指標開発において, 環境と経済の関係を記述するには大きくわけて3つの方法がある。第一は環境指標, 環境指標を各々独立して提示してこれらの関係を解釈するもの, 第二は, 環境負荷を単位経済活動量あたりで評価して, いわば環境面からみた経済の効率を定量化するもの, 第三は環境問題による外部不経済を経済生産と同じ計量単位, 具体的には貨幣単位で評価し, 直接に単一の集計値を求められるようにするものである。これら3つの方法はほぼそのまま OECD で検討される3つのタイプの指標に相当する。
 - 9) OECD (1991): Environmental Indicators: Progress Report Background Paper No. 4 for Environmental Committee Meeting at Ministerial Level, January 1991, 23pp.
 - 10) OECD では 1979 年, 1985 年, 1991 年の3度にわたり, The State of the Environment レポートを刊行している。日本の環境白書は環境の状況の定期的な報告として最も長い歴史をもつものの1つであるが, 現在では多くの国々で同様の SOE レポートが刊行されている。
 - 11) OECD (1991): Environmental Indicators - A Preliminary Set -, OECD Paris, 77pp.
 - 12) OECD (1993): OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews, Environmental Monographs No. 83, 35pp.
 - 13) オランダでは, その環境保全政策 (NEPP 1989) のなかで, 酸性降下物, 富栄養化, 土地への窒素投入量等に関する定量的な削減目標をかかげ, 工業, 農業, 家庭などの行動主体に対して削減目標の割当をおこなっている。Adriaanse, A (1993): Environmental Policy Performance Indicator - A study on the Development of Indicators for Environmental Policy in the Netherlands は, 政府の政策達成度を明確な図表で示しており, OECD における環境保全成果審査のための指標開発に大きく貢献している。
 - 14) OECD (1993): Indicators of the Integration of Environmental Concerns into Energy Policies, Environmental Monographs No. 79, 40pp.
 - 15) OECD (1993): Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies, Environmental Monographs No. 80, 41pp.
 - 16) 交通部門やエネルギー部門に比べ, 農業部門や林業部門と環境問題の関係は複雑である。それは, これらの部門の活動が, 環境への負荷を発生させるだけでなく, 環境を保全する機能もあわせもつためである。値が大きいほうが環境によいのか小さいほうが環境によいのが自明でない変数も多い。このことが指標の選択と解釈を困難にしており, 交通部門やエネルギー部門と同時に着手された農業部門についての指標作成作業は, 未だ報告のとりまとめに至っていない。
 - 17) 環境面からの GNP 修正の試みについては, 主に環境汚染の被害を対象とするものと自然資源の減少や劣化を対象とするものに大別される。前者の例としては米国の Peskin らの研究, 後者の例としては世界資源研究所の Repetto らの研究がよく知られている。これらの詳細については, 1) を参照されたい。
 - 18) 植林が自然資源の環境保全機能を高めていることとの比較で考えれば, ある種のダムのような人工構築物もたらず環境保全機能を, 環境勘定の体系のなかでどう評価し, どう計量化するかの課題が土木関係者に課せられよう。
 - 19) United Nations (1993): Integrated Environmental and Economic Accounting, Handbook of National Accounting, Studies in Methods, Series F, No. 61, 182pp. 日本では環境庁, 経済企画庁, 農林水産省の4研究所による共同研究に着手しており, 大学等の研究者の協力を得てハンドブックの翻訳作業をおこなっている(暫定版が平成5年3月に経済企画庁経済研究所でとりまとめられており, 上記の原文に対応した版を準備中である)。これについては, 森口祐一 (1993): 環境資源勘定をめぐる最近の動向, かんきょう (18)9, 8-9, を参照。
 - 20) (社) 未踏科学技術協会エコマテリアル研究会 (1994): 日本における LCA 研究の現状と将来の課題, 122pp. に日本での 57 の研究事例が網羅されている。これは土木建築関連のものとして森口祐一ら (1993): 自動車による CO₂ 排出のライフサイクル分析, エネルギー経済, 19(4), 36-45. など十数編の事例がふくまれている。
 - 21) 茅陽一編 (1980): エネルギーアナリシス, 電力新報社, 科学技術庁資源調査会 (1979): 衣・食・住のライフサイクルエネルギー, 大蔵省印刷局, がよく知られている。
 - 22) LCA では, 異なる項目についての環境負荷を如何にして総合化するかという課題がある。CO₂ を 100 トン, NO_x を 2 トン出すプロセスと, CO₂ を 150 トン, NO_x を 1 トン出すプロセスではどちらが環境負荷が小さいか, といった評価を迫られるためである。これまで試みられてきた方法としては, 環境基準や排出基準で除すことにより, 異なる環境負荷項目間の相対的な換算を行う方法がある。こうした総合化の手法は, 環境資源勘定でも必要となる。貨幣価値評価での環境資源勘定では, 単に環境事象間の相対的な価値を記述するにとどまらず, 貨幣価値というすでに広く定着した単位に投影することによって, さまざまな環境負荷を総合化することになる。
 - 23) 森口祐一 (1994): 国際的相互依存と環境資源勘定, 環境資源と発展途上国 (藤崎成昭編), 83-91. アジア経済研究所
 - 24) IPCC/OECD は 1993 年までに大部にわたるインベントリ算定のガイドラインとハンドブックを作成し, その適応可能性を検証中である。たとえば, 家畜からのメタン発生量の算定には, 家畜種別, 気候帯別, 飼料の供給方法別に細かな違いのある発生源単位を設定しているが, その根拠となる研究はまだ十分のものではない。IPCC/OECD (1994): Greenhouse Gas Inventory - First Draft (vol. 1~3).
 - 25) 環境情報に関しては, UNEP が地球資源情報データベース (GRID) のように全球的な情報を集めようとしているが, 十分なものではなく, これと並行して衛星観測データを中心にしたデータネットワークが形成されようとしている。また社会科学面でのデータネットワークとして CIESIN が形成されている。こうした環境情報ネットワークについては, 橋本浩一・原沢英夫 (1994): 地球環境モニタリングに関する調査, 環境衛生工学研究 8(2), 27-35. を参照されたい。
 - 26) 1992 年の IPCC 作業, Carter, T., M. Parry, S. Nishioka and H. Harasawa (1992): Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change, IPCC/Oxford/CGER が作成されている。1995 年にはそ

- の改訂版の Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations がされる。米国および UNEP では、さらに具体的な評価をおこなうためのハンドブックを編纂中である。
- 27) IPCC 第三作業部会では、経済的手法、規制手法などの政策の有効性、公平性を検討している。Amano, A., et al. Ed. (1994): Climate Change: Policy Instruments and their Implications, IPCC/CGER を参照。
- 28) Integrated Model の利用に関しては、松岡謙・森田恒幸・甲斐沼美紀子 (1992): 地球温暖化に関するシナリオとモデル解析, 土木学会論文集, No. 449, IV-17, 1-16 および Morita, T. et al. (1994): AIM-Asian Pacific Integrated Model for Evaluating Policy Options to Reduce GHG Emission and Global Warming Issues in Asia, Bhatfachaya, S. C. et al (ed), AIT を参照された。
- 29) 「環境容量」は、わが国においては、公害問題が顕在化した昭和 40 年代に検討された経緯がある。人間活動から排出される汚染物質をどこまで減減すれば、自然の浄化能力以内におさえることができるか、一つの目安を与えようとするものであり、自然の浄化能力の限度を定量化したものと定義した。実際には自然の浄化能力についての科学的知見が乏しく定量化することが困難な状況であったことから、大気汚染の総量規制に一部応用されるに止まっている。同様な考え方として、生態系の食物-生物の関係から得られる生態容量 (carrying capacity, 例えば、放牧草地の家畜飼育能力は牧養力と呼ばれる)、農林漁業における資源容量 (resource bearing capacity)、環境の浄化能力 (assimilation capacity) などが、各分野で多様に定義・解釈されている。
- 30) 内藤正明は環境容量について、環境問題の理解や対応策との関連において、「環境の制約の下で、われわれにとってどこまで活動が許されるのか」の目安を与えるものとして位置づけ、6種類の「容量」を定義している。ここで、環境に資源、生態系もふくめて考えるならば、環境容量は、持続可能な開発と表裏一体となる概念ととらえることができる。(出環境情報科学センター編 (1994): 図説環境科学, 朝倉書店, 66-67.)
- 31) 西岡秀三編 (1990): 地球環境基準設定にむけて一地球温暖化による環境・社会経済影響研究の方向, 環境庁国立公害研究所報告 F-20 -'90/NIES, 174pp.
- 32) Cannell, M. G. R., T. Carter and M. Parry (1994): A Note on Determination of Critical Levels of Climate Change, A note presented at the IPCC WG 2 Lead Authors Meeting, Washington D. C. 9pp.
- 33) Kamari, J. et al (1992): The Use of Critical Loads for the Assessment of Future Alternatives to Acidification, AMBIO, 21(5), 377-386.
- 34) 海面上昇による沿岸域への影響評価のために、IPCC (1991): The Seven Steps to the Assessment of the Vulnerability of Coastal Area to Sea level Rise-A Common Methodology が編纂されている。この手順に従って、支援データベースが作られ、トンガ、サモア、中国ぼつ海灣、日本沿岸の脆弱性評価を行い、アジア太平洋地域における潜在的な危険地域を見いだしている。町田聡、三村信男、原沢英夫、山田和人 (1993): 地球温暖化に伴う海面上昇・気候変動に対する脆弱性評価支援データベースの構築、環境システム研究, vol. 21, 200-209.
- 35) 1989年までの気候変動影響評価研究のほとんどは、1990年のIPCCの第一次影響評価報告書 IPCC (1990): Climate Change-The IPCC Impacts Assessment及び1992年の補足報告書に網羅されている。IPCCは1995年秋に第二次報告書を完成する予定である。影響評価の手法についてのレビューとしては、UNEPのWorld Climate Impact Programmeのもとで編纂された Riebsame, W. (1992): Assessing the Social Implications of Climate Fluctuations-A Guide to Climate Impact Studies, 83pp. がある。
- 36) 将来にわたる種々の予測については、前提の置き方の違いで大きな幅が生じる。気候変動の予測や社会現象の予測が、この面で「正しい」ものではあり得ないので、「予測」と呼ばずに、「シナリオ」としてとらえて、将来の事象を検討するための共通の前提としている。
- 37) IPCCの改定ガイドライン検討用に Stakhiv, E. (1993): が提出した資料
- 38) IPCCのガイドラインでは、適応力を評価に折り込むため、図5のステップ(6)をさらに、①目標の設定②重大な気候影響の特定③適応対策(オプション)の同定④制約条件の確認⑤対策の定量化/代替的な戦略の定式化⑥目標の重み付け/トレードオフの評価⑦適応策の推奨の7段階に分けて検討することを勧めている。気候の影響に対処する人間適応活動は、a. 損失の防止一例: 海面上昇およびその影響から湿地生態系を保護するために沿岸域で人為的に後退させる。b. 損失の受忍一例: 最大限の損失を最小化するため、最悪の条件下でも最小の収入を保証する穀物の組み合わせを検討する。c. 損失の分散または共有一例: 政府の災害救済や保険。d. 利用や活動の変更一例: 公共発電事業で雇用を拡大する。e. 位置の変更一例: 水力発電施設の再配置などに分類される。
- 39) IPCC 第三作業部会では、環境影響の経済評価グループが、算定の理論的根拠についての検討をすすめている。
- 40) これらに用いられる全球的モデルとしては、オランダ国立衛生環境保全研究所 (RIVM) が開発した IMAGE/IMAGE II モデル、あるいは国立環境研究所・京都大学の AIM (28参照) がその典型例である。
- 41) IPCC 第一作業部会では、第二世代の GCM として大気-海洋結合モデルの結果をデータベース化し、配布を開始した。第二作業部会も3つの GCM 結果に基づく気候変動シナリオや既存の社会・経済データをもとに、影響、適応評価の標準的なシナリオをデータベース化している。例えば、社会・経済シナリオでは、1992年の IPCC 補足報告書で取り上げられた ISA 92 シナリオや人口、経済成長、技術革新が収録されており、NCAR (米国大気研究所) 等がデータを収集、加工したものが IPCC の第二次評価報告書の執筆者 (リードオーサー) に配布された。Greco S., R. H. Moss, D. Viner, and R. Jenne (1994): Climate Scenarios and Socio-economic Projections for IPCC WG II Assessment, IPCC WG II.
- 42) Rodenburg, E (1992): Eyeless in Geia-The Status of Global Environmental Monitoring, World Resources Institute, 38pp. は、持続可能な発展の検討するために必要なデータが、いまの地球環境観測計画では十分にとられていないことを指摘している。そして、土壌や沿岸生態系のような、地球の一次生産力に強く関連する生態系の状況把握からはじまる地球環境モニタリングシステムの構築を提唱している。

(1994.7.19 受付)