

■ 展望・解説 ■

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) の動向

— 第2次評価報告書におけるエネルギー分野のCO₂排出抑制方策 —
 Recent Activities of IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).
 — CO₂ Mitigation Options in Energy Supply Sectors of the Second
 Assessment Report —

(地球環境研究部会シンポジウムにて基調講演 (1997. 1. 31))

石 谷 久*

Hisashi Ishitani



1. 緒言

地球規模の気候変動に関する最近の科学的知見、影響、CO₂を中心とする温暖化ガス放出削減策、或いは社会経済への影響を評価するために、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) は1995年末に第2次評価報告書をまとめた。この報告書はその後のFCCC (気候変動枠組み条約) における具体的な対応政策の議論にも影響を与えており、昨年11月には今後の温暖化防止のための具体的な施策を検討する作業グループ (AGBM) からの要請で、各種の対応策、技術、政策などを強化した基本情報を提供するための技術報告書をまとめている。ここでその経緯と概要、特にエネルギー供給システム部門におけるCO₂放出削減策についてその基本的な概念と評価結果、或いはそれに対する反応を示し、今後の動向を紹介する。

2. IPCCの最近の経緯と動向

IPCCは1990年に地球規模気候変動に関する科学的知見とその対応策に関する第1次評価報告書をまとめ、更に1992年に補足報告書をまとめて、当時の知識と知見を広く世の中に周知させることに貢献した。その後、FCCCの発効や一般的な地球環境問題への関心がたかまり、気候変動の機構解明や対策技術の研究開発もかなり進展したので、これらの知見を再度評価して客観的にまとめるため、1993年9月より第2次評価報告書 (Second Assessment Report, SARと省略) の作成作業を開始した。1995年IPCCの規約により2回の政府レビューを経て、最終報告案が95年10月に承認さ

れた。同年12月の総会で付帯する要約版、即ち政策決定者のための要約と分析報告書と併せてその背景、根拠となる膨大な技術報告書とが最終的に承認され、96年になって公表、出版された。内容については各国から多数の専門家が加わって広い範囲のサーベイを行っており、種々の批判はあるものの、現在の知見を広くカバーしたもものとしてそれなりの評価を得ている。

3. 第2次評価報告書の概要

報告書の目的、前提は上述の様に気候変動に対する現象解明、影響、対策などについて、当時の信頼の出来る最新の知見を広くサーベイしてこれを評価報告することとあり、その手段として全て査読済みの学術的論文のみを引用することが要求された。この種の研究意見には野心的、或いは不確実な情報が混じることが危惧されてこれを避けるためにしかるべきスクリーニングが行われていることが要件とされたものである。過去の例に倣ってその構成は、1. 気候変動に関する科学的知見 (11章)、2. その影響、適応と対策技術 (28章)、3. 社会的、経済的側面 (11章) の3部からなり、各部門毎に作業グループを構成し、その中で各章毎に作業チームを作って個別に作業した結果を、適当な間隔で作業グループ全体会合によって相互の調整を図るという形を取って作業が進行した。各章の担当著者は5~15名位になって、全体では400人以上が関与している。このうち、第2作業グループは特に我が国の得意分野である対策技術を対象とする関係から作業グループの副議長 (サブグループの議長) をはじめ日本からも多数の参加者があり、880ページに及ぶ最大の報告書となった。

第2次報告書ではまず気候変動に関しては気候モデルに硫酸ミスト等のエアロゾルの効果を考慮したこと

*東京大学工学系研究科地球システム工学専攻教授

〒113 東京都文京区本郷 7-3-1

により、その精度と信頼性が増し、現実の現象がこれを否定できないこと、従って気候変動メカニズムのモデル、並びにその帰結として示される気候変動現象発生、或いはその影響などが現実が生じて世界的に大きな影響を受ける可能性が一層確度高く推測されるという論調になっている。他方でこれに対する対応策、特に各種の対策技術に関する研究、開発、知見が著しく増加して、WG 2 報告書は膨大な量に及んでいる。現実の実施政策、社会への影響を分析したWG 3 では地域事情、気候変動以外の要因による各種の問題を抱えているために、全世界的にコンセンサスの得られる様な明確な方向、指針は得られていないが、個別事情に応じた各種の対策メニューやその問題点などが議論されている。特に炭素税や各種の積極的な施策の意義や効果などといった従来にない政策、施策に踏み込んだ分析を進めている。

4. SARにおけるエネルギー供給部門におけるCO₂放出削減策の概要 (WG 2, 19章)

本学会に関連の深いエネルギー供給部門(資源取得から生成、変換を経て最終需要部門にエネルギー供給を行う部門と定義しており、一般には電力供給、熱供給、その他の液体を中心とする燃料供給を対象とする)はエネルギー使用の最終目的ではないが、その部門内で人為的CO₂放出量の1/3を発生しており、もっとも大きな単一発生部門と見られることから、その中で対応策は特に重要と認識されている。更にこの部門の対応策はそのままエネルギー資源確保、現在の巨大な供給システム、組織の存続維持、或いは将来のエネルギー政策に密接に関連することから各国の高い関心と呼び、その結果コメント、批判も多く、最も注目された部分となった。

本章ではエネルギー供給部門におけるCO₂削減のための各種の可能技術を個別評価し、これを総合的に矛盾無く組み合わせて大幅なCO₂放出削減の可能なエネルギー供給システムを見いだすことまでを行っている。その評価基準としては、まず適切な時間内での物理的、技術的な実現可能性、経済的可能性、更に市場への浸透可能性、社会的受容性などを考慮している。具体的には最近よく言われる総削減可能量(ポテンシャル)、エネルギーコスト(収支)、技術の実現性、経済的成本、環境影響、地域的、全世界的な妥当性、既存技術、資源との整合性、競争力などを評価することを目指したが、現実にはデータの欠落や、情報の不足で、

完全な形の評価は困難であり、また個人的な認識の差も大きく、レビューの過程で問題となった。

またエネルギー供給システムはそのインフラの巨大さと長寿命性、大量のエネルギーの分配、輸送を伴うことから、抜本的な削減を実現するためには極めて長い期間を要する。更に資源から最終使用にいたるエネルギーの複雑なフローを考えると、地域ごと、種別毎、或いは経済の実現性を考慮して相互に矛盾がなく、しかも長期にわたって全世界的にもつじつものれた総合的な分析が必要であるとして、一種の長期的なエネルギーシナリオ分析を行っている。

まず個別技術、システムとしては下記の5項目に分類(決して優先度の順ではないという注釈を常につけてレビューの批判をかわしている)しておのおのオプションを示している。

- * 省エネ、高効率化: 発電効率の向上, 熱供給(コージェネ), ヒートポンプ, その他の輸送損失軽減, 革新技術, 特に燃料電池
- * 化石燃料利用による燃料転換とGHG放出抑制
- * 化石燃料使用における脱炭素技術と2酸化炭素貯留: 排煙脱炭, 燃料変換脱炭
- * 核燃料への転換
- * 再生可能エネルギーへの転換: 水力, 風力, 波力, バイオマス, 太陽光発電, 熱発電, 海洋温度差, 地熱

これらの個別技術評価に加えて、更に超長期の移行過程を考慮して、その実現可能性を計算(単純な積算による整合性チェック)によって確認し、これをLESS (Low CO₂ Energy Supply Systems) 分析と称して2100年に気候の安定化に必要なと言われる現状の1/3、即ち年間炭素換算2 GtまでCO₂発生を抑制する全世界的なエネルギーシステムの可能性を検討した。上述の様に、エネルギーシステム特有の問題から、個別技術の積み上げだけでは十分な対応がとれず、また長期にわたり全世界的、且つ総合的に矛盾のないエネルギーシステムのありかたを分析して初めて本格的な削減が可能であるという考え方によるものである。なおこの場合には需要側の技術、システムも対応する必要がある、特に低炭素化を目指した自然エネルギーを有効に利用するためにそのキャリアーとしての水素技術を積極的に利用するシステムが必要との認識を示している。その中でも長期的には運輸部門における燃料電池利用が期待されている。なお需要は所与の値、過去にIPCCで発表した超長期のエネルギー需要シナリ

オ (IS92) の標準ケース(a)の需要を想定し、これを満たしつつ上記の排出量におさめるという目標を定めている。IPCCではこのときに、従来通りのシステムを維持したケース (business as usual) では現状の6倍、削減の努力をしても3倍程度との検討を行っており、これを現状の1/3に削減することは極めて過酷な前提条件である。

計算はエネルギー供給システムの慣性を考慮して25年ごとの変化を対象として、各時点で地域ごとの需給条件を満たし、長期的にCO₂を削減可能なシステムを求める形を取っている。但し、最適手法などを用いたユニークな解ではなく、その時点で十分な供給可能量が存在し、比較的低価格と評価される再生可能エネルギーシステムを順次導入して行くアルゴリズムを用いて全体の整合性をチェックするという一種の十分条件を与えるものであり、条件と政策によってはいくつかの解が存在するというものである。投資など動的推移の条件は省略されており、25年間にこれを実現できるものとしている。これを補完するために、一般のマクロ的エネルギー経済モデルとして著名なエドモンドライリーモデルによりマクロ的な側面での整合性を同時にチェックしている。これは前提条件 (燃料価格など) が等しいのでその前提条件の妥当性の保証にはならないが、物理的な整合性と技術的な可能性のみで積み上げ計算を行ったLESS分析結果とマクロ的経済モデルの結果との整合はとれたことになる。特に経済的な負担をかけるCO₂排出抑制技術を導入した場合に経済的破綻をもたらすかどうかのチェックが行われたとしているが、これも再生可能エネルギーの超長期的な価格推定に依存するので、その妥当性も結局は将来どこまで価格、或いはエネルギー収支が改善されるかにかかっている。

この分析ではいくつかの方向の削減シナリオが検討されている。これは途中段階で各種の議論が出て、最初バイオマスのみで行っていた計算を多様な方向に拡張してメニューを示すという形でまとめた妥協の結果であるが、結果的にはオプションをいくつか示すという意味で、深刻な議論を回避でき、また多様なオプションを感度解析的に示すこととなった。

具体的なシナリオ (オプション) はバイオマス重点型、核エネルギー重点型、天然ガス重点型、石炭重点型、高水準需要型の5種である。このうち、天然ガス、石炭重点型はCO₂の回収隔離を伴うオプションであり、また最後の高水準需要ケースは途中のレビューで

LDC (発展途上国) から前提としているエネルギー需要はLDCの経済発展に不十分であるというコメントがあり、これに対応するために計算を加えた結果である。

図-1は各時点の上記5ケースのエネルギー種別の供給量を示しており、それぞれシナリオに対応するエネルギー源が多くなるが、いずれの場合もバイオマスが大きな割合を占めている。なおSolar Hydrogenとは太陽エネルギー起源の水素で電力から変換された燃料、intermittent Ren. は太陽光、風力などの変動の大きな自然エネルギーによる発電を指す。図-2はその際のCO₂発生量を示している。各時点の右端の量はIPCCIS92シナリオ各ケースの発生量を参考に示している。破線で示される量は現実に化石燃料を利用して発生するCO₂が回収処分される量を示している。石炭重視ケースでは省エネを前提にしても2Gtの回収処分が必要であってその状況は想像を絶するが、100年先のこととなのであり得ないことという断定はできない。2100年の高水準需要ケースでは実に12GtものCO₂を回収することになっており、如何に省エネが重要かを示している。逆にIS92aの需要に合わせてシステムが検討されているので、これを越えた場合には石炭資源に頼らざるを得ず、そこで発生するCO₂の回収処分が著しく増加することを示している。

最後にエネルギーシステムの変革を行うために問題となる各種の政策課題、CO₂削減の促進政策などを論じているが、本来の焦点は技術的、長期的な大規模削減システムの提示にある。

前述のようにこの章はその対象の重要性と、革新的な前提による試算により多くの注目と批判を集め、政府レビューでは米国等から厳しいコメントが寄せられた。その主要な問題点は次の2点に集約される。

- 1) 一部技術、或いはシステムについて技術的、物理的ポテンシャルの推定が楽観的に過ぎる。特にバイオマス偏重の結果になっているが、そのポテンシャルはそのまま土地利用の可能性に帰着し、人口増による農地との競合から今後の用地拡大に難点がある。またその価格推定が既存燃料に比べて楽観的であり、この様にバイオマスが普及した場合には化石燃料の価格も下がるので、相対的価格は一層あがり、その促進は困難である。
- 2) 本章でしめされるLESSの計算はレビューペーパーに掲載されたものではなく、今回改めて計算された点で、SARの基本的前提に反する。学術的にオー

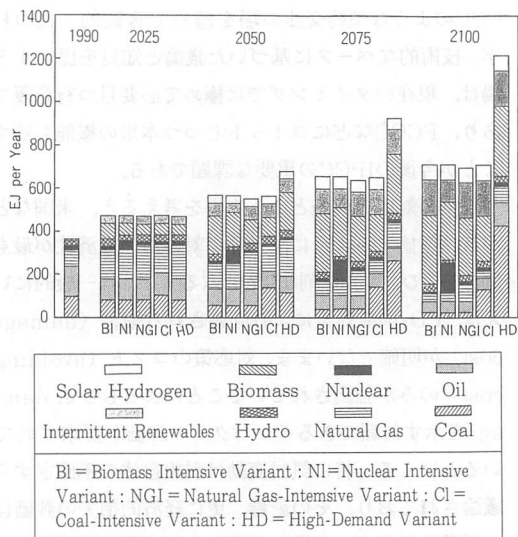


図-1 LESS各ケースのエネルギー種別ごとの一次エネルギー供給量

ソライズされていない議論がIPCCで認めたかの様な印象をもたれるおそれがある。

最初の批判は、表現の問題もあってこの様な大幅なCO₂削減が容易に達成でき、またバイオマスに無条件に進むべきと主張しているという誤解からきた懸念もある。本来の趣旨は、現状のままでは目標達成は殆ど不可能であるが、現在予測可能な技術とシステムでも抜本的な変革を進めれば、想定される需要を満たし、なおその削減目標を達成する可能性がいくつか存在することを、そのオプションを定量的に描くことによって示すことにある。その実現にはいずれにしても強力な支援策が必要であるが、その方向と可能性を定量的に示すものとしては意義があるという評価もあって、議論の末、この部分は最終の要約版にも引用された。但しバイオマスのポテンシャルと将来価格については不確実性も強いので、その確認自体が重要な研究テーマであるという認識で一致している。他方で、LESS自体が新たな試みかどうかについては前述のエネルギーシステム全体としての評価の一環として全体的、総合的に検討する必要があるということ、並びに分析手法そのものは特に特異なものではなく既に文献などに報告されているという立場で一応の理解を得た。問題はむしろその中身、特にシナリオで重視するエネルギー源そのものであるが、これについては前述の様に優先順位を示しているものではないこと、多くのオプションを取って総合的に対応する必要があること、そのため極端なケースを図示した思考実験であるという表

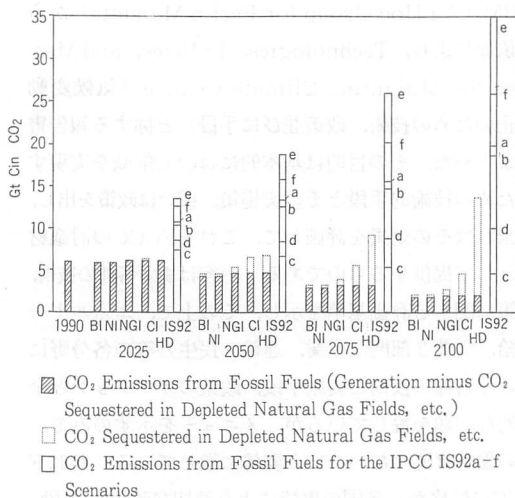


図-2 各ケースにおける年間CO₂放出量の変化 (IPCC IS92a-f との比較)

現で最終報告を修正している。著者の立場からは問題の重要性と物理的に考慮すべきオプションの一例を示して、その実現性に対する関心を高め、また必要なアクションを考慮する契機となれば十分意義を持つという立場で、問題提起としての意義は果たしたという理解である。

更に細かい点では核エネルギーに関する技術評価、全体としての内容、精度、記述態度、記述量のバランス、経済的な可能性の議論の欠如などが指摘されたが、レビューを通じてかなり改善された。特に将来の推定価格などについては多様な見通しと思惑があって不明確な点が多い。石炭のふそん量は広く認められているが、天然ガスの資源量も不明確である。再生可能エネルギーの既存エネルギーに対する将来の価格競争力も議論が偏る場合も多く、最終的には比較可能な価格という表現で着落した。特に大気環境保全コストの扱いにより既存燃料利用システムの価格も変わってくるのでその辺の前提条件も問題となる。これらは各国、専門家、或いはエネルギー関係団体などからのコメントに逐条的に対応して、最終的には上記のような技術的可能性とその全体としての位置づけの例を示し、最終判断は行わない形と表現でまとめられた。更にこれらのオプションもその慣性の大きさからR&Dを含めて速やかな行動開始の必要性を訴えた論調となっている。

5. 最近の活動と方針

IPCCは96年11月にFCCCの作業グループであるA

GBM (Ad Hoc Group for Berlin Mandate) からの依頼により, Technologies, Policies, and Measures for Mitigating Climate Change (気候変動防止のための技術, 政策並びに手段) と称する報告書をまとめた。その目的は基本的にはCO₂削減を実現するための技術的手段とその実施策, 或いは政策を出し, 出来ればその効果を評価して, これをFCCCの討議材料として提供するものである。内容はまず各種の技術, 政策に関する評価基準を示し, その上で, エネルギー供給, 需要3部門(産業, 運輸, 民生)等の各分野における各種の技術と実施手段, 政策のオプションと全体的な問題を論じているが, メニューを示すのみで, その優劣は述べないと言う姿勢に徹している。特にFCCCの性格から各国の事情により適切な政策, 手段, 技術が異なることを強調しており, またCO₂削減に努力する義務を負った第1条加盟国(先進国)のみを対象としている。AGBMの使命から2000年以降の施策を目標としており, 具体的には2010年から2020年頃を目指した政策を論じている。但し, エネルギー供給部門は短期目標では実効があがらないことから更に長期の対応を視野においた施策が必要との認識を示している。本文はSARを逐条的に引用し, それ以外の内容は基本的に取り入れないという原則であるが, 他方で最新の情報は取り込み, 更に各オプションを定量的, 定性的に実現性まで含めて評価するという矛盾した要求があり, SARの評価, 数値にも前述の様な議論も多いので, これらを取捨選択してまとめている。特に目標が比較的短期なので, 基本的には需要サイドの省エネが中心となり, これも特にエネルギー消費水準の高い米国の事情が強調される形となった。需要サイドの省エネは多分に個人的な消費行動, 省エネ機器の普及促進制度, 政策に依存する面が強いので, その意味でその効果に対して異論もあり, 表現に問題も残る。

ここに示されるようにIPCCは最近, 一層FCCCにコミットする動きがあり, IPCC本来の趣旨からはずれるという批判もある。これに対してIPCCが政策決定段階にまで積極的に関与して, 具体的なメニュー, 手法, 判断基準などを提示することにより, 初めて気候変動の重要性を政策決定者に広く認識させ, 現実的に対応をとることが可能になるという意見もあり, 最近はその方向にシフトして政治的に動きすぎると言う批判も聞かれる。その意味ではIPCC本来の目的はほぼ達成してその役割は完了しており, 新たな方向を定めてその機能を考え直す必要があると思われるが, F

CCCのような条約交渉の場を離れて客観的, 且つ科学, 技術的なベースに基づいた議論と知見を提供する場合は, 現在のタイミングでは極めて必要且つ有意義であり, FCCCなどにコミットしつつ本来の機能も残すことが今後のIPCCの重要な課題である。

現実の対応の実施という立場を考えると, 米国などが常に指摘するように, 各種の対応策の経済性が最も関心をよび, また深刻な問題となる。これは一般的に例えば, CO₂削減対策により回避される損害(damage cost)が明確でないまま, 対応策のコスト(avoiding cost)のみが強調されていることによるもので, damageを示す信頼できるインパクトの評価が要求されているといえる。特に気候変動は現象自体の不確定すら議論されており, その影響, 更に経済的損失の評価は一層議論が多く, 多様な立場によって異なる主張がなされるが, 現実の対応をとろうとすればこれを除いた議論はあり得ないので, 今後の最重要課題と考えられる。

IPCCでは当初からの議長のスウェーデン, ボリン教授に替わってWG2の議長を務めてきた米国のワトソン博士が'96年から議長に就任する予定である。気候変動に関する関心と状況の逼迫に応じてIPCCの次の課題としてより現実的な温暖化ガス放出制御策(技術, 政策)の実現, 実施策の模索が要求されている。これに対応するため, IPCCでは既にそのための実状, 対応手段, 実施上の諸問題をサーベイする第3次報告書(TAR)を2000年を目処にまとめる構想を立てている。その中では1. 科学的知見(従来WG1に相当), 2. 影響並びに適応, 3. GHG削減対応策の3つのWG構成が提案された。但し, 新しいWG2, 3は, いずれも経済的, 社会的な影響, 効果を同時に考慮して現実的な政策に結びつけようと言うもので, 従来WG2, 3で別個に議論されてきた科学技術的対策手段と, 社会経済的影響, 政策的手法とその諸問題の検討を横断的に再構成して適応策と削減策をそれぞれ現実的に政策まで議論しようと言う試みと言える。又, すべてのWGを通じて地域性, 即ち各国, 各地域の影響, 適応, 或いは対策効果の差異を分析し, 個々の地域に適した対応と効果を明らかにしようと言う提案もなされている。これ等の基本方針は現在, IPCC執行会合で検討中であるが, 従来技術的可能性の議論から, 経済的な障害, 阻害要因などを考慮してより現実的な具体的な行動に結びつける指針を得ることが必要という認識に込めるものといえる。