

博士論文

**地球温暖化問題における政策提言に関する研究**

**Research on the policy proposal about climate change**

**～エネルギー政策及び ISO 認証制度活用によるセカンドオピニオン～**

**～ A Second Opinion on Energy Policies and Measures utilizing  
the ISO Certification Scheme ~**

横浜国立大学大学院 工学府  
機能発現工学専攻

小川 隆雄  
Takao OGAWA

2015 年 3 月

# 目 次

## 序 章

1. 研究の背景	1
2. 研究の目的	4
3. 論文の構成と各章の関係	6
参考文献	14

## 第 I 部：地球温暖化問題へのセカンドオピニオン

### 第 1 章 地球温暖化とは何か

1.1 緒論	18
1.2 地球温暖化問題の経緯	19
1.2.1 地球温暖化の発見	19
1.2.2 地球温暖化の定義	20
1.3 地球気候システムと温暖化	22
1.3.1 地球気候システム	22
1.3.2 温室効果	23
1.3.3 地球における炭素循環	24
1.4 地球温暖化の疑問に答える	26
1.4.1 地球温暖化は起きているか	26
1.4.2 人為的 CO <sub>2</sub> が原因か	28
1.4.3 温暖化の原因は自然変動か	29
1.5 まとめと結論	31
参考文献	33

## 第2章 IPCCとその問題点

2.1	緒論	3 5
2.2	IPCCの組織と問題点	3 5
2.2.1	目的と機能	3 5
2.2.2	組織上の問題点	3 6
2.3	IPCC第5次報告書	3 8
2.4	気候システムの観測された変化について	3 9
2.4.1	大気関係の観測結果	3 9
2.4.2	海洋関係の観測結果	4 4
2.4.3	雪氷圏における観測結果	4 5
2.5	気候変動原因について	4 7
2.5.1	放射強制力	4 7
2.5.2	気候感度	4 8
2.5.3	人為起源温室効果ガス	4 9
2.5.4	自然変動要因	5 1
2.5.5	その他の原因について	5 3
2.6	まとめと結論	5 4
	参考文献	5 8

## 第3章 気候変動枠組み条約及び京都議定書とその問題点

3.1	緒論	6 2
3.2	UNFCCC/京都議定書レジームの特徴	6 3
3.3	UNFCCC/京都議定書レジームの問題点	6 5
3.3.1	構造的な問題	6 5
3.3.2	実施上の問題	6 6
3.3.3	UNFCCC/京都議定書レジームの今後の課題	6 7
3.4	まとめと結論	7 1
	参考文献	7 3

## 第4章 セカンドオピニオン

4.1 緒論	7 4
4.2 セカンドオピニオンの検討	7 5
4.2.1 セカンドオピニオン導出の手順	7 5
4.2.2 ファーストオピニオンの現状	7 6
4.2.3 セカンドオピニオンの情報収集	7 7
4.3 セカンドオピニオンの提案	8 1
4.3.1 脆弱性・回復性アプローチ	8 1
4.3.2 法規制的アプローチ	8 2
4.3.3 自主的措置	8 3
4.3.4 デュアルアプローチ	8 7
4.4 まとめと結論	8 8
参考文献	9 1

## 第5章 地球温暖化対策とエネルギー問題

5.1 緒論	9 3
5.2 中国石炭火力発電への日本技術の適用	9 5
5.2.1 中国の石炭火力発電	9 5
5.2.2 日本の石炭火力発電技術	9 8
5.2.3 日本の石炭火力発電技術の活用	1 0 2
5.3 原子力発電と地球温暖化問題	1 0 8
5.3.1 福島原発事故からの再出発	1 0 8
5.3.2 原発の安全性・安定性	1 0 9
5.3.3 原発のコスト	1 1 7
5.3.4 原発と地球温暖化対策	1 2 1
5.3.5 原発と廃棄物問題	1 2 7
5.3.6 原発運転継続上の問題点	1 2 9
5.4 まとめと結論	1 3 2
参考文献	1 3 9



## 第Ⅱ部：地球温暖化問題への ISO 認証制度の活用

### 第 6 章 マネジメントシステムスタンダードの活用

6.1 緒論	144
6.2 マネジメントシステムスタンダードの特徴	144
6.3 マネジメントシステムの活用事例	148
6.3.1 ISO 14001 の活用事例	148
6.3.2 エネルギーマネジメントシステムとの統合化	152
6.3.3 ESCO 事業との統合化	156
6.3.4 マテリアルフローコスト会計との統合化	159
6.4 ISO14001 の拡張機能による効果的運用	164
6.5 まとめと結論	166
参考文献	169

### 第 7 章 地球温暖化対策への ISO 認証制度の活用

7.1 緒論	171
7.2 気候変動対策における国際交渉の経緯	171
7.2.1 締約国会議 (COP) における経緯	171
7.2.2 過去の研究報告	173
7.2.3 NAMA と MRV	174
7.3 MRV への ISO 認証制度の活用	176
7.3.1 P2M 理論の適用	176
7.3.2 ミッションプロファイリング	178
7.3.3 シナリオ展開	179
7.3.4 プログラムマネジメント	184
7.3.5 アセスメント	185
7.4 2020 年以降の国際枠組み提案	186
7.4.1 システムモデル	186
7.4.2 サービスモデル	187
7.5 まとめと結論	190
参考文献	192

## 終章 研究のまとめと総括

1. 第Ⅰ部のまとめ	195
2. 第Ⅱ部のまとめ	198
3. 研究の総括	199
3.1 行き詰まった温暖化対策からの脱却	199
3.2 セカンドオピニオン：倫理観をもって逆転の発想を	200
3.3 具体的方策	201
3.3.1 石炭火力発電：最大の化石資源を賢く使う	201
3.3.2 原子力発電：低コストでクリーンなエネルギーか	201
3.3.3 自主マネジメント：途上国に役立つ支援を	202
3.4 研究の成果	204
3.5 今後の課題	206
参考文献	206
あ　　が　　き	207
博士論文を構成する論文等	209
謝　　辞	210

## 略語表

略語	英語	日本語
aa (指数)	antipodal average	aa (太陽磁気) 指数
ADP	Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action	ダーバン・プラットフォーム特別作業部会
AMO	Atlantic Multi-decadal Oscillation	大西洋数十年振動
AO	Arctic Oscillation	北極振動
APP	Asia-Pacific Partnership	アジア太平洋パートナーシップ
AR5	IPCC fifth Assessment Report	IPCC 第5次評価報告書
ASME	the American Society for Mechanical Engineering	アメリカ機械学会規格
ASRP	Advanced Surveillance and Recertification Procedures	先進的サーベイランス・再認証手順
A-USC	Advanced-USC	先進超々臨界圧
BAP	Bali Action Plan	バリ行動計画
BAT	Best Available Technology	ベストアベイラブルテクノロジー
BAU	Business as Usual	自然体ケース
BWR	Boiling Water Reactor	沸騰水型炉
CC	Continuous Casting	連続鋳造
CCS	Carbon Dioxide Capture and Storage	二酸化炭素回収・貯留
CCT	Clean Coal Technology	クリーンコールテクノロジー
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CDQ	Coke Dry Quenching	コークス乾式消火法
CLRTAP	Convention on Long-range Trans-boundary Air Pollution	長距離越境大気汚染条約
CMS	Climate Management System	気候マネジメントシステム
COP	Conference of the Parties	締約国会議
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide	二酸化炭素
CRN	Climate Reference Network	気候レファレンスネットワーク
ECCS	Emergency Core Cooling System	緊急炉心冷却装置
EDMC	the Energy Data and Modeling Center	日本エネルギー経済研究所
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme	環境管理監査制度
EMS	Environmental Management System	環境マネジメントシステム
ENSO	El Nino and Southern Oscillation	エンソ (エルニーニョと南方振動)
EP	Electric Precipitator	電気集塵機

ESCO	Energy Service Company	省エネルギーサービス事業/エスコ
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
HS	Hockey Stick	ホッケースティック
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IAF	International Accreditation Forum	国際認定機関フォーラム
ICA	International Consultation and Analysis	国際的な協議と分析
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IGCC	Integrated Coal Gasification Combined Cycle	石炭ガス化複合発電
INES	International Nuclear Event Scale	国際原子力事象評価尺度
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IS	International Standard	国際規格
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JACB	Japan Association of Management System Certification Bodies	日本マネジメントシステム認証機関協議会
LAS-E	Local Authority's Standard in Environment	環境自治体スタンダード
LHV	Lower Heating Value	低位発熱量
LLW	Low Level Waste	低レベル放射性廃棄物
MFCA	Material Flow Cost Accounting	マテリアルフローコスト会計
MOP	Meeting of the Parties	議定書締約国会合
MOX	Mixed Oxide	混合酸化物
MRV	Measurable, Reportable, Verifiable	測定、報告、検証
MS	Management System	マネジメントシステム
MSS	Management System Standard	マネジメントシステムスタンダード
NAMA	Nationally Appropriate Mitigation Actions	途上国の適切な削減行動
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	米国海洋大気局
NOx	Nitrogen Oxides	窒素酸化物
Np	Neptunium	ネプツニウム
NWI	New Work Item Proposal	新規規格提案書
PC	Project Committee	プロジェクト委員会

PDCA	Plan-Do-Check-Act	PDCA (サイクル)
PDO	Pacific Decadal Oscillation	太平洋十年規模振動
PM	Particulate Matter	粒子状物質
POPs	Persistent Organic Pollutants	残留有機汚染物質
Pu	Plutonium	プルトニウム
PWR	Pressure Water Reactor	加圧水型炉
P2M	Project & Program Management for Enterprise Innovation	プロジェクト&プログラムマネジメント
QBO	Quasi-biennial Oscillation	成層圏準二年振動
RC	Responsible Care	レスポンシブル・ケア
RCP	Reference Concentration Pathway	代表的濃度経路
RDF	Refuse Derived Fuel	廃棄物固形燃料
RFTOA	Radiative Forcing at the Top of the Atmosphere	大気上端放射強制力
RPF	Refuse Paper and Plastic Fuel	古紙・廃プラ固形燃料
SC	Super Critical	超臨界圧
SO <sub>x</sub>	Sulfur Oxides	硫黄酸化物
SPM	Summary for Policymakers	政策決定者向け要約
Sub-SC	Sub- Super Critical	亜臨界圧
SWU	Separate Working Unit	分離作業単位
TC	Technical Committee	技術委員会
TF	Task Force	タスクフォース
TMI	Three Mile Island	スリーマイル島
U	Uranium	ウラン
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development	国連環境開発会議
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動に関する国際連合枠組み条約
USC	Ultra Super Critical	超々臨界圧
WG	Working Group	作業部会
WMO	World Meteorological Organization	世界気象機関



## 序 章

### 1. 研究の背景

地球温暖化問題は、人類が初めて出会った、空間・時間ともに地球規模の環境問題であり、従来の環境問題に比べて遥かに複雑であるため、これまでの知識や経験では足りず、新規な科学・技術を開発しながらの対応とならざるを得ない（伊藤・小川 2011）。

地球温暖化問題の始まりは、1988 年、J・ハンセンが米国議会上院の公聴会で行った「温暖化証言」<sup>1)</sup>とされる（スペンサー 2005, P. 196）。その根拠となったのは、1960 年に米国の C・D・キーリングが大気中の CO<sub>2</sub> 濃度を詳細に測定し、CO<sub>2</sub> 濃度が年々確実に増加していることを明らかにしたことである（スペンサー 2005, P. 50-52）。

このように、地球温暖化は、もともと科学的知見として認識されたが、今や政治課題となった（増田 2011）。人間社会は、物質やエネルギーの流れを通じて自然環境に依存しているが、逆に、人間活動が自然環境に影響を与え、結果として人間社会に都合の悪い結果をもたらすことがある。例えば、化石燃料等の天然資源は有限であり、環境の廃物・排熱吸収も有限である（成長の限界）。また、人間活動は、温暖化を介して生態系へ影響を与える。

一方、地球温暖化をもたらす地球気候システムは、本来多くの未知のフィードバック効果を持つ開放系であり、解決されるべき問題というよりは、部分的にしか対処できない永続した状態と考える方が適切であり、その解決には人口問題、経済・開発問題、エネルギー問題など、様々な問題を包含した複合的問題と捉えることが必要である（Prince et al. 2010）、との指摘がある。

このような、地球温暖化問題への予防的対応のため、1988 年、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が設立され、各国政策決定者への情報提供が行われてきた。

IPCC の最新報告によれば、世界の平均気温は、1880 年～2012 年の間に 0.85℃ 上昇し、「気候システムの温暖化については疑う余地がない」とされている（IPCC 第 5 次報告書・政策 I 2013）。特に地球温暖化が問題とされるのは、将来にわたりこのペースで上昇し続けた場合、極地における雪氷の減少、氷河の縮小、海面上昇による低地の水没などの危険があり、さらに、海水の pH 低下による生態系への影響や極端気象による自然災害の増大等の影響が懸念されるからである。

地球温暖化問題の具体的対策としては、1992 年に「気候変動に関する国際連合枠組み条約（UNFCCC）」が採択され、条約の目的である「温室効果ガス濃度安定化」を達成するため、京都議定書が 1997 年に採択された。京都議定書の第 1 約束期間は

2012年に終了したが、第2約束期間における取り組みが2020年まで継続されている（高村 2013）。

このように、20年以上も前から、温暖化対策について種々の取り組みが行われてきた（高村・亀山 2005；大塚 2007；杉山 2007）にもかかわらず、UNFCCCと京都議定書による温暖化対策の枠組みが、有効な結果を出していないことが指摘されている（杉山 2008；Prince et al. 2010）。その理由として「共通だが差異ある責任原則」<sup>2)</sup>が支障となり、途上国が先進国と価値観を共有できず、折り合えない状況が続いていることがある（上野・杉山 2012）。また、「気候政治」とも言うべき、解きほぐすことが困難なほど、科学と政治との強い結びつきに対する批判が出されている（Prince et al. 2010）。

IPCCの報告内容に関しても、気温データの取り扱いの不備や、IPCC内部から私的電子メールの漏洩があった（伊藤 2010）との指摘がされている。このような状況に対し、「IPCCに対する一般大衆の信頼感が低下した」とのギャロップ調査結果<sup>3)</sup>も出ている。また、多くの政府が政策の裏付けとして疑う余地のない「金科玉条」としてきたIPCCの報告に対して、異なる見解も多く出されている（例えば、伊藤・渡辺 2008；明日香ら 2009）。

今後の地球温暖化対策には、経済発展に伴う温室効果ガス排出量の増加が著しい途上国が削減行動に参加することが欠かせない。そこで、途上国の参加を促進するため、第15回UNFCCC条約締約国会議（COP15）において、「途上国の適切な削減行動」（Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMA<sup>4)</sup>）及びNAMAの追跡ツールとしてMRV<sup>5)</sup>（Measurable, Reportable, Verifiable：測定・報告・検証）制度の実施が決定された（気候ネットワーク 2011）。

MRVは途上国参加の第一歩として期待され、これまで、MRVの仕組み構築に関する多くの提案が出されている（例えば、UNITED NATIONS FOUNDATION 2009；その他<sup>6)</sup>）。

この間、温室効果ガス削減対策として、省エネ、省資源（特に化石燃料消費削減）、並びに原子力発電の利用などが推奨されてきた（IPCC第4次報告書・政策I 2007）。この方針に沿って、ビル・ゲイツ<sup>7)</sup>も「石炭火力ではなく原子力発電推進への投資促進」のため“宣伝”に一役買っている。日本においても、温室効果ガス削減対策として原子力発電を推進する方針が出されている（資源エネルギー庁 2014）。

しかし、2011年3月の福島原子力発電所の事故以降は原子力発電の継続可否が問われている状況にあり、慎重な対応が必要とされている（小出 2011；小菅 2014）。

京都議定書を主体とした温暖化対策の行き詰まりを懸念し、2010年、打開策を提案する「ハートウエル論文<sup>8)</sup>」が発表された（Prince et al. 2010）。この論文では「温室効果ガスの削減にとらわれず、実質的に効力ある政策を実行し、その結果として



CO<sub>2</sub> が削減される政策（逆転の発想）が必要」としている。また、この論文では、世界で 15 億人以上が電力へのアクセスが出来ない状況を懸念し、途上国に対して実効性のある対応が必要としている。例えば、中国では、エネルギー確保は大きな課題であり、今後、70 基以上の原子力発電所の建設・計画が予定されている（日本原子力産業協会 2014）。

このような状況を打開するため、今後、温室効果ガスの削減には、排出量の大きな途上国が率先して行動することが必要である。すなわち、将来的には、途上国（中国、インド等）が、自ら実効性のある削減計画の立案・実行・検証を行うことが求められ、このことの実現なしには、問題の解決が見えない（Niederberger et al. 2011）。

途上国が、これまで温室効果ガスの削減について実質的な取り組みを行って来なかった理由として、次の 3 点を挙げる事が出来る。一つは、歴史的な理由で、現在の温室効果ガスは先進国の過去の経済発展に伴い排出されたもので、途上国も（たとえ、温室効果ガスを伴うといえども）同様に発展する権利があるとの認識があること。二つ目は、経済的理由で、排出削減対策へ投資する余裕はないこと。三つ目は、人的資源に関し、温暖化防止のための科学・技術的基盤が弱く、人材が不足していることである。

途上国が基盤整備を行うことにより、先進国と一体で持続可能な開発を推進することが、温暖化対策には欠かせない。そのためには、環境倫理の思想を含む「環境合理性原理<sup>9)</sup>」の考え方が参考となる。この原理では、地球温暖化問題にはライフスタイルの変更も視野に入れた、個人活動から始まるボトムアップ原則を推奨している（松井 2002）。

ライフスタイルの変更を含めた社会的基盤整備に有効なツールとして注目されるのが、マネジメントシステムと第三者による認証制度である。例えば、ISO 認証制度は既に 170 以上の国で実施されており、120 万件以上の認証実績がある（テクノハ 2011）。途上国（中国、インド、タイなど）においても、事業経営ツールとして積極的に推進されている（Ogawa 1998；小川・浜野 2004）。このような自主的マネジメントツールを、国際的な温暖化防止の枠組みに活用することが、途上国を温室効果ガス削減の新たな枠組みに参加させるために有効である（小川・栗原・伊藤 2014）。

今後の温暖化対策の焦点となっている 2020 年以降の新たな枠組みについては、2012 年の COP 18（カタール・ドーハ）において、2015 年までに構築する決定がされた（上野・杉山 2012）。しかし、その後開催された COP 19（ポーランド・ワルシャワ）及び COP 20（ペルー・リマ）においても、次期枠組みのアウトラインは見えていない状況がある（気候ネットワーク 2013；2014）。このため、このような状況を打開する、新たな視点からの提案が求められている。

## 2. 研究の目的

研究の背景で述べたとおり、地球温暖化対策の中心である UNFCCC&京都議定書の枠組は行き詰まりの状況にある。このため、今後の対応には、人口問題、エネルギー問題、食糧問題など、地球温暖化問題に関する種々の要因を考慮し、途上国の持続可能な開発を阻害しない対策が求められる。

したがって、温暖化対策の鍵となる途上国（特に、CO<sub>2</sub>の大量排出国）が削減対策の表舞台に出ること、すなわち、先進国と同様に主体的に削減行動を推進することが必要である。そのためには、途上国が基盤整備により、温暖化対策について自律的に計画・実行・検証を行えることが前提となる。

UNFCCC 締約国会議では、途上国と先進国の対立が続いているが、このような段階を踏むことで、途上国が率先して参加出来る国際的な温暖化対策の枠組みが実現すると考える。

そこで本論文では、**図 1**に示すように、地球温暖化問題が気候システムの変化だけでなく、種々の社会・経済的問題を包含していることから、原点に立ち返って現状を再評価し、原因を明らかにした上で、広範な文脈から実効的な温暖化対策の提言を行うことを目的とした。

研究手法としては、環境科学と医学には類似点が多い<sup>10)</sup>ことから、地球温暖化対策にもセカンドオピニオン（西島 2002）は必要であると考え、これまでの IPCC 及び UNFCCC&京都議定書を中心とした地球温暖化対策（ファーストオピニオンとみなす）の経緯をレビューし、その結果を踏まえて、「行き詰まった温暖化対策」に新たな観点から政策提言（セカンドオピニオン）を行うこととした。

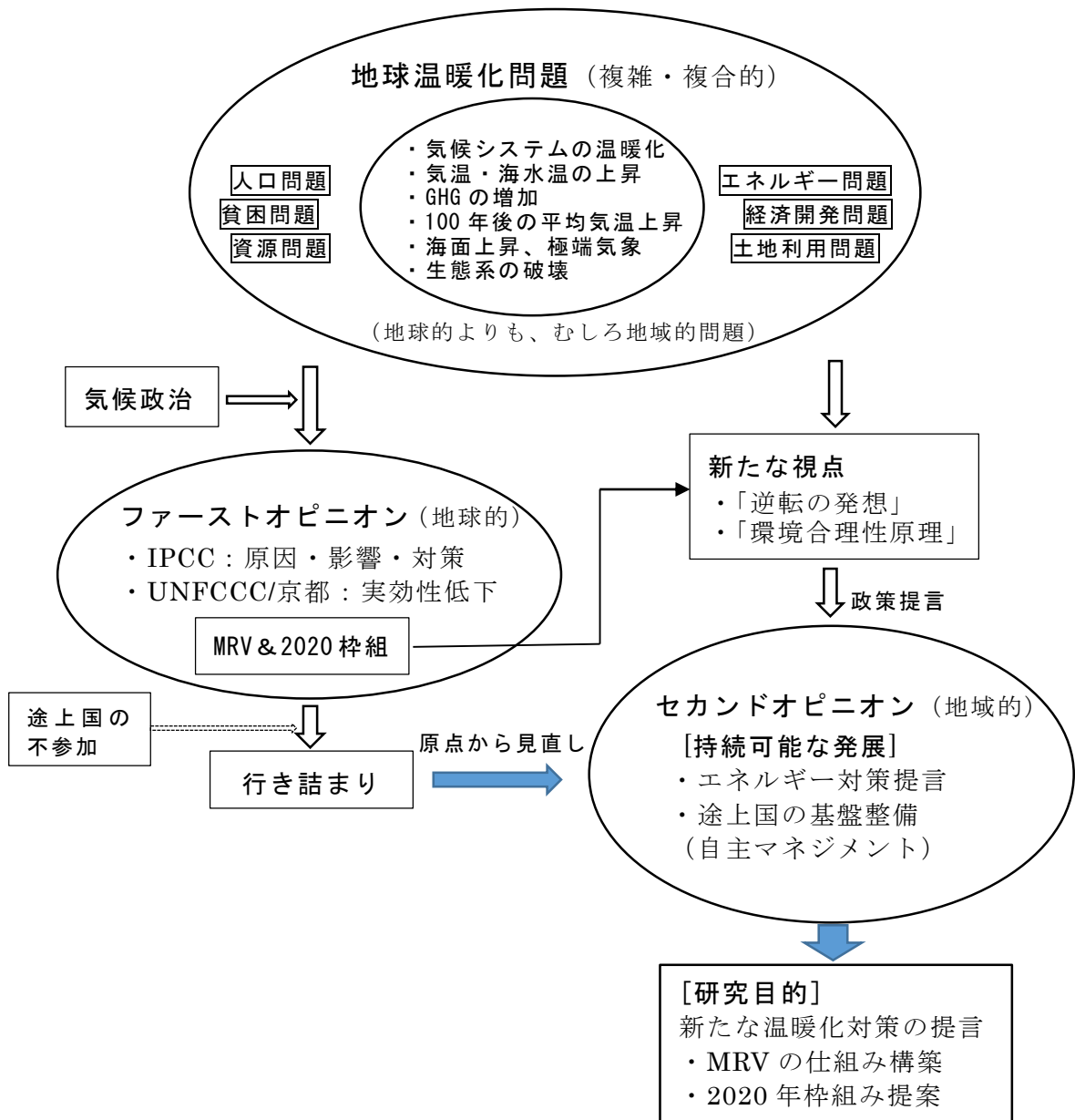


図 1 本論文の背景と研究目的

### 3. 論文の構成と各章の関係

論文の構成は、**図 2** に示す通り序章、第 I 部（第 1 章～第 5 章）、第 II 部（第 6 章、第 7 章）、終章から構成されている。また、各章の関連を **図 3** に示す。

第 I 部では、「温暖化とは何か」の問題提起から、これまでの温暖化対策（ファーストオピニオン）の評価に基づくセカンドオピニオンの提案までを含む。

第 1 章においては、地球温暖化問題を原点から見直し、現状認識を行うこととした。その背景としては、京都議定書の実効性低下の原因を探ること及び地球温暖化問題に対する懐疑論ともいべき主張が多く見られ（伊藤・渡辺 2008；明日香ら 2009）、IPCC 報告書を情報源としただけでは地球温暖化問題の本質を掴むことが出来ないと考えたことがある。このため、「地球は温暖化しているか？」「その原因は人為的 CO<sub>2</sub> か？」という基本的な問いに答えることで、その解答を本研究のスタートポイントとした。

第 2 章では、温暖化対策の科学的・政策的バックボーンとなってきた IPCC の組織及びその成果である報告書について評価し、問題点を明らかにした。その結果、IPCC 報告書に政治的影響があること、「地球温暖化」の議論に用いている温度データの取り扱いに過誤が見られたこと、温暖化の原因は人為的 CO<sub>2</sub> よりも、むしろ自然要因の可能性が高いことなどを指摘した。

第 3 章では、地球温暖化対策の主體的役割を果たしてきた、UNFCCC 条約及び京都議定書の有効性について評価を行い、問題点を明らかにした。この枠組みの実効性低下の原因として、途上国が削減義務を負っていないことなどがあり、行き詰った温暖化対策を打開する対応が早急に必要であることを指摘した。

第 4 章では、「ファーストオピニオン」の欠点を是正し、温暖化対策を軌道に乗せるには、これまでとは異なる視点が必要であるとの認識から、医療とのアナロジーにより診断（原因特定）及び処方（対策）について「セカンドオピニオン」を提案することとした。

「セカンドオピニオン」の提案にあたり、診断（原因特定）については IPCC の報告内容だけでなく、地球温暖化問題に関する種々の見解（例えば、宗像 2011）についても検討し、幅広い視点から判断することに努めた。

また、将来の温暖化対策としての「処方」の導出においては、「ハートウエル論文」や「環境合理性原理」（松井 2002）の考え方を導入し、途上国の経済的・技術的基盤整備を前提とした持続可能な開発に寄与する方策を提案した。

すなわち、短期的には脆弱性・回復性アプローチにより地域特性を考慮した対応（エネルギー問題への対応）を優先し、中長期的にはライフスタイルの変更を含む自主的制度の推進を「セカンドオピニオン」として提案した。

第 5 章では、「セカンドオピニオン」の具体化のため、エネルギー問題と地球温暖化との関係について検討を行った。特に、温暖化問題と関係の深い「石炭火力発電」及び「原子力発電」を取り上げ、今後の政策提案を行った。

具体的には、中国の石炭火力発電に日本の技術を適用することにより CO<sub>2</sub> 及び SO<sub>x</sub> の大幅な削減が可能となり、両国にとって win-win 政策となることを示した。また、原子力発電に関して、安全・コスト・放射性廃棄物等について検討し、これまでの「原子力は低コストでクリーン」の見方に再考を要することを指摘した。

以上述べた第 I 部の検討結果のまとめは、終章に記載した。

第 II 部では、第 I 部で検討した「セカンドオピニオン」の中から自主的制度の活用について検討した。具体的にはマネジメントシステムスタンダード<sup>11)</sup>を取り上げ、その有効性を確認するとともに、ISO 認証制度<sup>12)</sup>を用いた温暖化対策スキームを構築し、国際枠組みへの活用を提案した。

第 6 章では、マネジメントシステムスタンダードについて、途上国の基盤整備への有効性評価と地球温暖化対策への活用可能性について検討した。

特に、世界各国で実施されている環境マネジメントシステム（ISO 14001）の効果的実施事例について検討し、他のシステムとの「統合化」や他の事業者との「グループ化」により、成果の増大が可能となることを示した。今後、ISO 14001 を世界に拡大することで、途上国の基盤整備並びに省エネルギー、省資源が進展し、温暖化対策として、さらに効果が期待されることを示した。

第 7 章では、環境マネジメントシステム（ISO 14001）の有効性が確認されたことで、今後の温暖化対策の国際枠組みである MRV（測定・報告・検証）に適用する制度（本研究で独自に開発した仕組みを「ISO-MRV スキーム」と称する）の構築を行った。制度構築の過程では、複雑な問題の分析と制度構築に適した P2M<sup>13)</sup>（ピーターエム）手法を導入した。また、構築した ISO-MRV スキームを、2020 年以降の温暖化対策の枠組みとして活用するための具体的方法についても提案した。

以上述べた第Ⅱ部の検討結果のまとめは、終章に記載した。

終章では、第Ⅰ部及び第Ⅱ部のまとめ並びに、本研究全体のまとめと総括について述べた。

なお、参考文献については各章末に記載し、アルファベット順に並べた（複数の章で引用した同一文献は、各章末に再掲した）。略語表を目次の後に付けた。

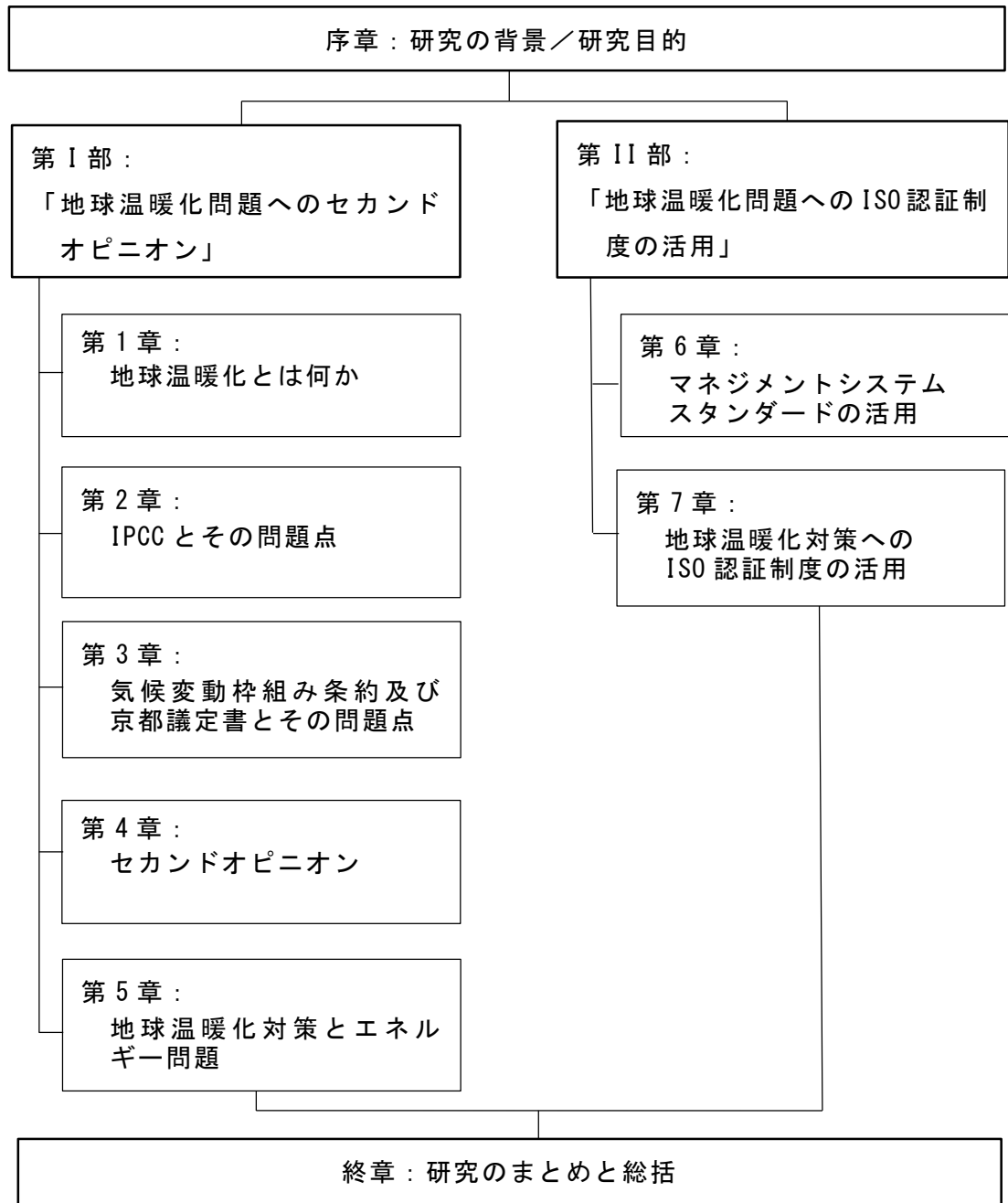


図 2 論文の構成

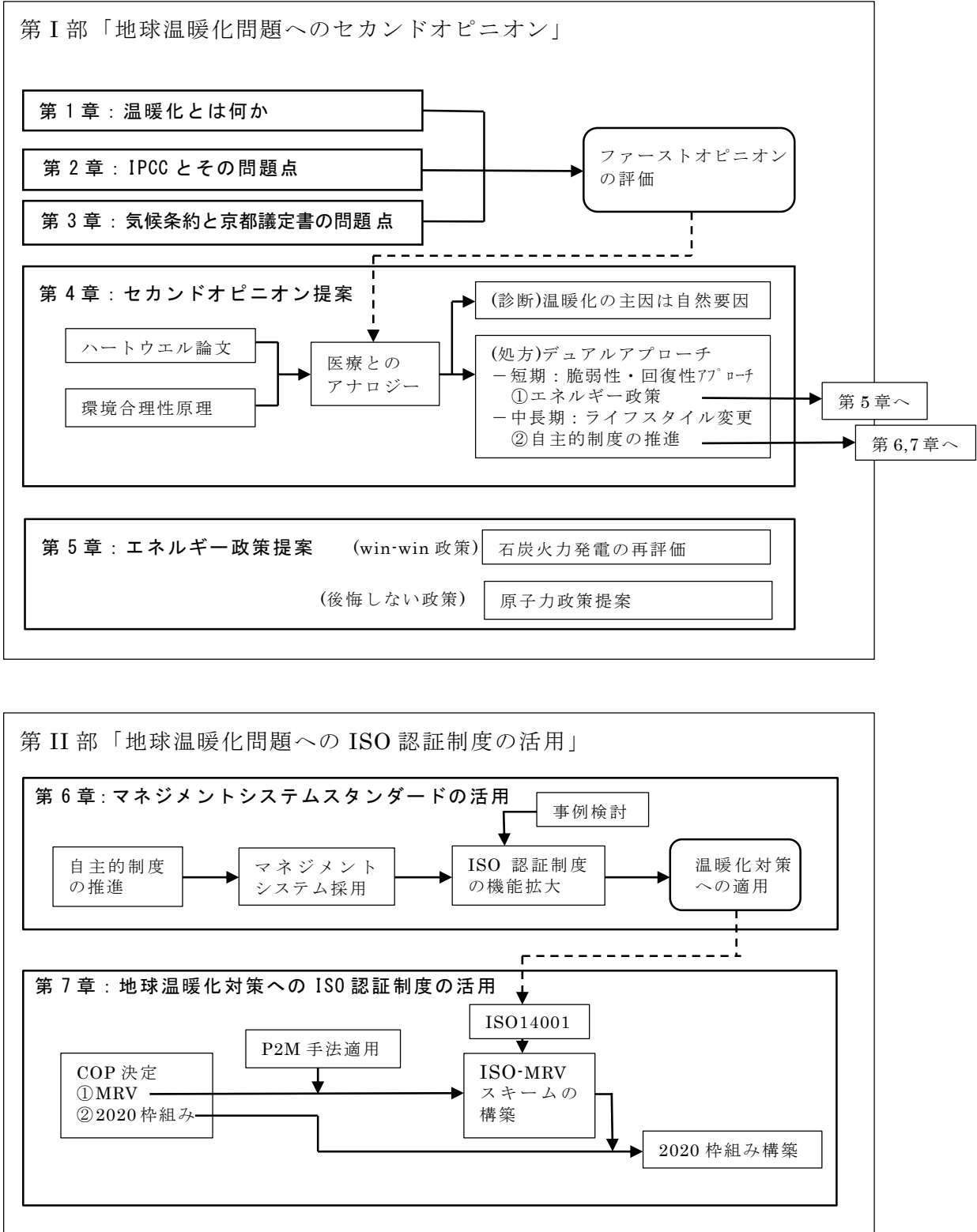


図 3 各章の関連



## ■ 注

- 1) 1988年夏まで、地球温暖化は一般的には世間に注目されていなかったが、ハンセンが米国議会公聴会で「99%の確信をもって、温室効果のせいで長期的な温暖化傾向が進行中であり、生命にかかわる熱波だけでなく嵐や洪水がより頻繁になる。」と証言したことで、地球温暖化の脅威を大衆が認識することになった（スペンサー 2005）。
- 2) 「共通だが差異ある責任原則」とは、UNFCCC 第3条（原則）1項「締約国は、衡平の原則に基づき、かつ、それぞれ共通に有しているが差異のある責任及び各国の能力に従い、人類の現在及び将来の世代のために気候系を保護すべきである。したがって、先進締約国は、率先して気候変動及びその悪影響に対処すべきである。」を指す。
- 3) 2010年3月のGallup調査は、「48%のアメリカ人が、今や地球温暖化の深刻さは一般的に誇張されている。」「科学者自身が温暖化の発生に確信を持っていない、と信じている。」と報告している(<http://www.gallup.com/poll/126560/Americans-Global-Warming-Concerns-Continue-Drop.aspx>.)。
- 4) NAMAは、途上国の経済発展に伴う消費の増大およびGHG排出の増加に対応するため提案されたもので、先進国の支援の下で途上国の自主的な削減行動を促す仕組みである。COP15（コペンハーゲン会合）において、付属書I国（先進国）は2020年までのGHG削減目標を設定し、非付属書I国（途上国）は適切な緩和行動（NAMA）を作成して、UNFCCC事務局へ提出することに合意した。
- 5) MRVについては、IGES（2010）によると「途上国の適切な削減行動の実施に対する測定・報告・検証可能な（MRV: Measurable, Reportable, Verifiable）体制の構築は、緩和の実効性、透明性、衡平性を確保するための重要な要素である。」としている。ここでは、MRVは形容詞的に使われているが、測定・報告・検証からなるプロセスのことを指すことも多い。
- 6) MRVに関する文献は、例えば下記のとおり；
  - Bakker, S.J.A., Vita, A. De, Oliver, J. G. J. 2010: “Climate change scientific assessment and policy analysis, Monitoring emissions and actions in the post-2012 climate regime,” Report 500102033.
  - Fransen, T., McMahan, H. and Nakhooda, S. 2008: “Measuring the way to a new global climate agreement,” Discussion paper WRI (World Resources Institute).
  - IGES 2010: 『測定・報告・検証（MRV）－気候変動次期枠組みへ向けた議論の潮流と展望－』財団法人地球環境戦略研究機関（IGES）気候変動グループ。

- ISO/TC207/SC1 2009: “Summary note on work carried out by an ISO/TC207 SC1 study group on the use of a management system standard approach to managing monitoring, reporting and verification needs under NAMAs,” Version 1.
  - 森本高司 2011: 「気候変動抑制に向けた MRV（測定・報告・検証）の国際枠組み構築に関する現状と課題－（1）MRVに関する議論の概要と展望」、MURC 政策研究レポート.
  - Niederberger, Anne A., Kimble, Melinda 2011: “MRV under the UN climate regime: paper tiger or catalyst for continual improvement?,” *Green House Gas Measurement & Management*, 1, 47-54.
- 7) Bill Gates: We need global ‘energy miracles’ – CNN.com;  
<http://www.cnn.com/2010Tech/02/12/bill.gates.clean.energy/index.html>.
  - 8) 2010年2月、英国のロンドン経済大学にあるハートウエルハウスに世界中からさまざまな分野の研究者が集まり、気候変動問題に関する非公開の会合が持たれた。会合の趣旨は、気候政策の行き詰まりを打開して妥当な政策を提示することで、その論文は「ハートウエル論文」として公開された（伊藤 2011）。
  - 9) 「環境合理性原理」は、1992年に開催された地球サミットにおける「環境と開発に関するリオ宣言」を基に、地球環境倫理を基礎とした考え方を整理したものである。そこでは、宇宙や地球を支配する物理、化学、生物等の原理を超えることの出来ない規範として、3つの分類（物理法則群、生物生態系法則群、社会経済法則群）により体系化している（松井 2002）。
  - 10) 環境科学と医学に類似点が多いが、これは、単なるアナロジーではなく、一般的に複雑なシステムが共通な論理に従うためである（カウフマン 1999）。
  - 11) マネジメントシステムスタンダード（Management System Standard: MSS）とは、国際規格（International Standard: IS）の中で、ハード（機械、設備、部品等）に対する規格ではなく、ソフトに関する規格のうちマネジメントシステム（仕組み）に関する一連の規格を指す。
  - 12) ISO 認証制度とは、ISO（国際規格）を基準とした第三者による認証制度のことで、世界統一の制度運用基準に則り各国で実施されている。この制度には、多くの利害関係者（国、事業者、購入者、官公庁、教育機関、住民など）が関与している。第三者による認証は、組織の製品・サービスを利用する立場や事業者の周辺住民からの視点で行なわれることで、公平性・透明性が確保され、社会に信頼性を与える機能を果たしている。
  - 13) P2M（Project & Program Management for Enterprise Innovation）とは、プログラムマネジメントに重点を置き、各プロジェクトをプログラムの目的に沿って適切に配置し、各プロジェクトを統合的にマネジメントすることである。

従来のプロジェクトマネジメントはプロセス重視で、予め明らかにされた期待成果を実現することに主眼が置かれていたのに対し、プログラムマネジメントは「外部環境の変化を意識した上で、複雑な使命に問題解決の道を開き、事業価値を向上する」発想に特徴がある（日本プロジェクトマネジメント協会 2011）。

## 参考文献

- 明日香壽川、吉村純、増田耕一、河宮未知生、江守正多、野沢徹、高橋潔、伊勢武史、川村賢二、山本政一郎 2009:「地球温暖化懐疑論批判」『IR3S/TIGS 叢書 No.1』東京大学.
- IGES 2010:『測定・報告・検証 (MRV) - 気候変動次期枠組みへ向けた議論の潮流と展望-』財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) 気候変動グループ.
- IPCC 第4次報告書・政策 I 2007:『気候変動に関する政府間パネル、第4次評価報告書 第1作業部会の報告 政策決定者向け要約 (和訳版)』,  
[http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/.../ar4\\_wg1\\_spm\\_jp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/.../ar4_wg1_spm_jp.pdf), (2014.6.1).
- IPCC 第5次報告書・政策 I 2013:『気候変動に関する政府間パネル、第5次評価報告書、第1作業部会報告書 政策決定者向け要約』  
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar5/>, (2014.08.01).
- 伊藤公紀 2010:「ホッケースティック曲線の何が間違いなのかー本当の気温変動はわかったか」『現代化学』446, 58-62.
- 伊藤公紀 2011:「地球温暖化問題の向かう先ークライメートゲート事件、原発事故が及ぼす影響」『現代化学』2011年7月号, 21-26.
- 伊藤公紀、小川隆雄 2011:「地球温暖化問題へのセカンドオピニオン」『科学技術社会論研究』9, 98-112.
- 伊藤公紀、渡辺正 2008:『地球温暖化論のウソとワナ』KKベストセラーズ.
- カウフマン, S. 1999:『自己組織化と進化の論理』米沢富美子監訳、筑摩書房;  
Kauffman, S. “At Home in the Universe; The Search for Laws of Self-Organization and Complexity,” Oxford University Press.
- 気候ネットワーク 2011:『ダーバン会議 (COP17/CMP7) の結果と評価』特定非営利法人気候ネットワーク, 1-11. <http://www.kiconet.org>, (2015.5.18).
- 気候ネットワーク 20113:『ワルシャワ会議 (COP19/CMP9) の結果と評価』特定非営利法人気候ネットワーク, 1-10. <http://www.kiconet.org>, (2014.7.21).
- 気候ネットワーク 2014:『Kiko COP20/CMP10 通信 リマ No.1~No.4』,  
<http://www.kiconet.org>, (2015.1.10).
- 小出裕章 2011:『隠される原子力、核の真実』創史社.
- 小菅伸彦 2014:『脱原発の社会経済学ー<省エネルギー・節電>が日本経済再生の道一』明石書店.
- 増田耕一 2011:「地球温暖化問題に関するひとつの展望」『科学技術社会論研究』9, 113-124.
- 松井三郎 2002:『今なぜ地球環境なのか』コロナ社, 89-92.

- 宗像慎太郎 2011 : 「地球温暖化問題の諸側面」『科学技術社会論研究』 9, 7-12.
- Niederberger, Anne A., Kimble, Melinda 2011: “MRV under the UN climate regime: paper tiger or catalyst for continual improvement ?,” *Green House Gas Measurement & Management*, 1, 47-54.
- 日本原子力産業協会 2014 : 『日本と世界の原子力』 ,  
[http://www.jaif.or.jp/ja/joho/jp&world\\_nuclear\\_development.html](http://www.jaif.or.jp/ja/joho/jp&world_nuclear_development.html), (2014.12.12).
- 日本プロジェクトマネジメント協会 2011 : 『新版 P2M プロジェクト&プログラム  
マネジメント標準ガイドブック』 日本能率協会マネジメントセンター.
- 西島英利 2002 : 「セカンドオピニオン」『日医雑誌』 128(6) , 1-5.
- Ogawa, Takao 1998: “When Green Replaces Greed,” *The Asian Manager*,  
November/December, 13-16.
- 小川隆雄、栗原崇、伊藤公紀 2014 : 「気候変動対策への P2M 適用に関する考察  
—ISO 認証制度を活用した MRV スキームモデルの構築—」『国際 P2M 学会誌』 8  
(2), 45-55.
- 小川隆雄、浜野忠 2004 : 「食品工業における環境 ISO」『月刊フードケミカル』  
2004-8, 46-49.
- 大塚 直 2007 : 「環境法の原則を基盤とした京都議定書第 1 約束期間後の国際枠組  
提案」『環境研究』 146, 168-182.
- Prince, G., Galiana I., Green C. et al. 2010: “A New Direction for Climate Policy After the  
Crash of 2009,” The Hartwell Paper, Institute for Science, Innovation and Society,  
University of Oxford and MacKinder Center for the Society of Long-Wave Events,  
London School of Economics.  
日本語訳 『2009 年の行き詰まり後の新たな温暖化対策の方向性』 2010 年 5 月  
[http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The\\_HartwellPaper\\_Japanese\\_translation.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The_HartwellPaper_Japanese_translation.pdf).
- 資源エネルギー庁 2014 : 『エネルギー基本計画』 ,  
[http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/), (2014.6.3).
- 杉山大志 2007 : 『これが正しい温暖化対策』 エネルギーフォーラム.
- 杉山大志 2008 : 『続これが正しい温暖化対策』 エネルギーフォーラム.
- スペンサー・R・ワート 2005 : 増田耕一・熊井ひろ美共訳『温暖化の発見とは何か』  
みすず書房, 50-52, 194-196.
- 高村ゆかり 2013 : 「京都議定書第二約束期間の規則に関する合意」 ,  
[http://www.gispri.or.jp/kenkyu1-99\\_3-1.pdf](http://www.gispri.or.jp/kenkyu1-99_3-1.pdf), (2014.10.29).
- 高村ゆかり、亀山康子 2005 : 『地球温暖化交渉の行方』 大学図書.
- テクノハ 2011 : 『世界の審査登録件数』 株式会社テクノハ,  
<http://www.technofer.co.jp/>, (2011.3.7).

上野貴弘、杉山大志 2012 : 「COP17 の結果と今後の温暖化対策の国際枠組み—指導者なき G ゼロ化する世界と 2020 年以降の新枠組みへの示唆—」『電力中央研究所報告』 Y11028.

UNITED NATIONS FOUNDATION 2009: “Ensuring *MRVable* National Actions: An MRV model with a Focus on Continual Improvement in Climate Performance”.

## 第 I 部

# 地球温暖化問題へのセカンドオピニオン

## 第1章 地球温暖化とは何か

### 1.1 緒論

一般に「地球温暖化」から連想されるのは、米国の元副大統領アル・ゴア氏が発表した「不都合な真実」と京都議定書であろう。また、多くの日本人にとっては、1990年の排出量基準から温室効果ガスを6%削減しなければならない義務があることが先ず頭に浮かぶことであろう。

気候問題について「一般市民」の理解に関する調査結果によれば、「最近気になる問題」として、「地球温暖化」を挙げたのは41名中27名(66%)に上り、温暖化の認知度は高いと報告されている(青柳2011)。

一方、地球温暖化の原因について、赤祖父(2009b)は、「日本の一般市民は、アル・ゴア氏と共にノーベル平和賞を受賞したIPCC(2500人の専門家グループと理解されている)が、(温暖化の原因は)炭酸ガスと知っているから、と議論にならない。」と指摘している。

このように、日本では「地球温暖化」は良く知られたキーワードであるが、そのメカニズムやCO<sub>2</sub>以外の原因について関心を持つ人はあまり多くないと思われる。したがって、「何故削減しなければならないのか？」という疑問はあまり聞こえてこない。これに関して、池田(2007)は、「私たちは、核に慣れすぎて、それを廃絶するのに必要な想像力を失い、そのことに対する諦念が核の増殖を止められないという悪循環にはまったのと同じように、環境の悪化への諦念が温暖化のような地球環境の悪化を止められないという悪循環にはまり込んでいるのではないか」と指摘している。

日本においては、地球温暖化とCO<sub>2</sub>の削減は直結された意識で結ばれている。すなわち、多くの企業、官公庁、学校等では「地球温暖化防止」という目的で実際には資源・エネルギーの節約に励んでいる実態がある。これらの組織の中で熱心に取り組んでいる人々は、地球がどのようなメカニズムで温暖化しているのか、果たして温暖化の原因は何かについては殆ど関心を示さず、参加している温暖化防止キャンペーン(多くは、昼休みの消灯、コピー用紙の削減など)において、どのくらい減らせばよいかの意識のないまま、機械的な行動になっていないだろうかとの疑問が湧く。一般的には、その結果が経費の節減になるのであれば大いに推奨されても良い、と考えての行動であると思われる。

地球温暖化問題への対応を考える上では、地球温暖化の現象・原因・対策について理解し、納得しておくことが必要である。

そこで、本研究の開始にあたり「地球温暖化とは何か」を明確にするため、下記の3つの疑問(Q1~Q3)を設定し、これに答えることでその回答を本研究の出発点



とした。

Q1. そもそも地球温暖化は起きているのか？

Q2. 20世紀後半以降の平均気温上昇の主因は人為的二酸化炭素によるものか？

Q3. 温暖化の原因は、自然変動(例えば、太陽活動や海流循環)の影響ではないか？

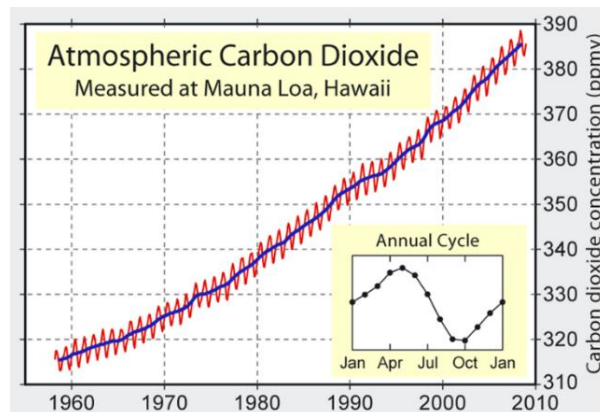
これらの疑問に答えるため、温暖化の定義、気候システム、温暖化の要因等について以下のとおり検討した。

## 1.2 地球温暖化問題の経緯

### 1.2.1 地球温暖化の発見

温暖化が起きているかどうかについて、スペンサー (2005, p. 2, 196) は「19世紀末ごろ、スウェーデン人科学者アレニウスが地球温暖化を発見した(理論上の概念として)。その後、1988年6月の暑い日に、米航空宇宙局ゴダード宇宙研究所のジェームズ・ハンセンが、「温暖化証言」を行ったことで、急激に地球温暖化に対する関心が高まった。」と述べている。

一方、地球温暖化に関わる重要な発見をしたのはカリフォルニア工科大学のチャールズ・デービッド・キーリングであった。スペンサー (2005, p. 50-52) によれば「彼は、手つかずの自然が残っている場所ではCO<sub>2</sub>濃度の同じ値が出ることに気付いた。そこで、精密な機器をハワイと南極に設置し、2年間の観測結果を得て、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の正確で安定した数値を確定した。その後、CO<sub>2</sub>の観測は各地で行われ、どれだけのCO<sub>2</sub>が空気中にとどまり、グラフの曲線を年々上昇させているかを示した(図1-1)。」と述べている。



Wikipedia より

図 1-1 キーリング曲線

この観測結果が明らかにされたことで、大気中の二酸化炭素がこのまま増加し続けると、大気の放射平衡、すなわち気候変動にどのような影響が生じるのか、ということが議論されるようになった（近藤 2009）。

地球温暖化は誰がどのように発見したかについては、明確にはされていないが、スペンサー（2009, p. 242）によれば、「地球温暖化を発見したのは 1 人の人間ではなく、科学者のコミュニティだ。地球温暖化の発見は明らかに社会的生産物であり、何千人もの専門家の判断の総意なのだ。」と述べている。

一方、赤祖父（2009a）は、「IPCC が 2000 年までの気温上昇が炭酸ガスによるとしたのは仮説に過ぎない。（中略）いつの間にかこの仮説が事実にすり替えられた。事実であるという観測的確証はない。」と述べている。

このように、地球気候科学における観測情報は未だ十分ではなく、今後解明されるべき事象が多く残っている状況にある。すなわち、地球温暖化は明確に発見されたといえる状態ではなく、全体像の解明は今後の調査・研究結果を待つ必要がある。

### 1.2.2 地球温暖化の定義

「地球温暖化とは何か」を考える上で「地球温暖化」の定義は重要であり、地球温暖化とはどのような状態をいうのか、原点に立ち返って考えてみる必要がある。

一般的には、「地球温暖化は、地球全体の気候が温暖になる自然現象を単に温暖化と呼ぶこともあるが、将来的にも 100 年単位で続くと予想される 20 世紀後半からの温暖化、の意味で用いられることが多い。」と説明されている（Wikipedia）。

IPCC 報告書及び条約・法律等で用いられている地球温暖化に関する定義を表 1-1 に示した。ここでは、「気候変動」または「地球温暖化」の用語が用いられているが、本来 *climate change* に対応する日本語は「気候変動」とされ、「地球温暖化」は *global warming* に対応する用語として使われたが、1990 年代以降両者は区別されずに使われることが多くなった（増田 2011）。

表 1-1 の「気候変動」の定義について、IPCC は「自然変動または人為的結果によるすべての気候の時間的変動」としているが、IPCC 以外（UNFCCC など）は「人為的なものに起因する気候の変化」としていることに違いがある。また、京都議定書では、議定書の性格上、UNFCCC の定義を用いている。

日本では、「地球温暖化対策の推進に関する法律（第 2 条：定義）」において、UNFCCC の「気候変動」とほぼ同様の内容を「地球温暖化」の定義としている。

過去の文献において「地球温暖化」または「気候変動」の定義について議論している例として、例えば、宗像（2011）は、「温室効果の強化を主因とした全球的な温度上昇」としている。また、増田（2011）は、「地球温暖化とは」と題して「人間による化石燃料の使用が温室効果を強化し、その結果、人間社会に有害な影響を及ぼ

す気候変化が起こること。」と述べており、人為的結果としての温暖化を対象とした定義としている。

表 1-1 地球温暖化に関する定義

出典	地球温暖化に関する定義
IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013) 訳注	「気候変動(climate change)」は、 <u>自然の変動性または人間活動の結果</u> のどちらによるものであろうと、全ての気候の時間的变化を指している。
気候変動に関する国際連合枠組み条約(UNFCCC) (第 1 条) *1)	「気候変動」とは、地球の大気の組成を変化させる <u>人間活動に直接又は間接に起因する気候の変化</u> であって、比較可能な期間において観測される気候の自然な変動に対して追加的に生ずるものをいう。
地球温暖化対策の推進に関する法律(第 2 条) *2)	「地球温暖化」とは、 <u>人の活動に伴って発生する温室効果ガスが大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより</u> 、地球全体として、地表、大気及び海水の温度が追加的に上昇する現象をいう。
宗像(2011)	「地球温暖化」とは、 <u>温室効果の強化</u> を主因とした全球的な大気海洋系の温度上昇。
増田(2011)	「地球温暖化」とは、 <u>人間による化石燃料の使用が温室効果を強化し</u> 、その結果、人間社会に有害な影響を及ぼす気候変化。

注) 下線は筆者による。 \*1) <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop.html>.

\*2) <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H10/H10H0117.html>.

このように「地球温暖化」または「気候変動」の定義は統一されておらず、この2つの用語はほぼ同義として扱われている。したがって、本稿では、原則として「地球温暖化」を用いるが、その意味合いは IPCC の定義と同様とした。また、引用元の文脈に応じて「気候変動」が適当な場合は、その用語を用いた。

地球温暖化の意味を議論する上で、以下の報告が参考となる。すなわち、IPCC 第 4 次報告書・概要(2007)では、現在の気候変化を自然要因の変化と比べるには、3つの区別をする必要があると説明している。第一に、どの変数を比較するのかを明確にする必要がある。温室効果ガス濃度なのか気温なのか(あるいは何か他のパラメータなのか)、その絶対値なのか変化率なのか。第二に、局所的変化と地球全体の変化を混同してはならない。局所的要因(例えば海洋や大気の循環の変化)は、熱や水蒸気の輸送を変化させることができ、局所的フィードバック(例えば雪氷フィードバック)も働くので、局所的変化は、しばしば地球全体の変化よりもかなり大きくなる。対照的に、世界平均気温の大きい変化(例えば、温室効果ガス濃度や太

陽活動変化)には、地球全体の強制力を必要とする。第三に、時間スケールを区別する必要がある。数百万年以上にわたる気候変化は、百年規模の気候変化に比べてより大規模で、かつ原因(例えば大陸移動)も異なっている。

以上のことから、温暖化の議論には、①温暖化を議論する対象の明確化、②世界平均気温を用いることの是非、③時間スケールの要素を明確にする必要があるといえる。

本稿においては、①については、IPCC 報告書とその他(UNFCCC 等)では温暖化の対象は異なっているため、種々の情報・報告がどの立場で議論しているかについて明確にした上、検討に用いることとした。②については、地球平均気温を用いる場合には、観測点の数と位置、大気・海洋・陸地での観測点の選定、測定方法、データの質・処理法・集計方法などに注意する。特に、過去気温については、温度推定方法やデータの誤差に注意が必要となる。③については、気候システムの内部要因による気候変動は数週間から数世紀、さらには数千年にわたる時間スケールで起こる(近藤 2009, P. 32)。また、明日香ら(2009)によれば、「二酸化炭素濃度を倍増に固定して、十分に時間が経過した後の気温上昇(平衡応答)と年 1%ずつ二酸化炭素濃度を増加させ倍増した時点の気温上昇(過渡応答)を区別する必要がある。」と述べている。ここで述べられている時間は平衡応答では 1000 年程度であり、過渡応答では約 70 年としていることから、地球温暖化の時間スケールは、100 年から 1000 年のスパンで考えるべきもの、とした。

以上述べたように、「地球温暖化」の定義は明確ではなく「温暖化しているか否かの判断基準」も定められていない。したがって、現状では地球温暖化あるいは気候変動の科学は粗い近似の段階にある(伊藤・小川 2011)ことから、気温に関するデータも十分とは言えない状況において「地球温暖化」を議論することになる。

### 1.3 地球気候システムと温暖化

#### 1.3.1 地球気候システム

地球気候システムは、主に 5 つのサブシステム(大気圏、水圏、雪氷圏、陸域、及び生物圏)から成る。気候システムは、それ自身が内包する力学作用と、気候を左右する外的要因(いわゆる「放射強制力<sup>2)</sup>」)の変化によって、時間とともに変化する。

近藤(2009)によれば、「気候システムの内部要因による気候変動は、外部から影響を受けなくても、気候システム内部の気候サブシステム間の相互作用により、長期的な変動を起こしうる。例えば、海洋のように強制力に対して緩やかな応答をする気候要素は、気候の変動性を蓄積することから、10 年から 100 年単位の時間スケ

ールで、内部要因だけで長期的な変動を起こしうる。」と述べている。

地球気候システムにおける気候変動の要因は、下記の 5 つに大別される（酒井 2008）。

- 太陽放射量の変動
- 地球軌道要素の変動
- 地球内部からの熱と揮発成分の放出
- 地球上のテクトロニックプロセス<sup>3)</sup>の変動
- 大規模火山活動

これらの要因の多くは自然現象によるものであるが、地球内部からの熱と揮発成分の放出については人為的要因が含まれている。

気候変動は、太陽から入射するエネルギーに対して大気や海水などの地表環境がどのように応答するかによって決まるので、変動要因は、入射エネルギーそのものが変動する外的要因と地表環境の変化による内的要因に大別することが出来る。

そこで、近藤（2009）、酒井（2008）による上記の説明から、地球温暖化の要因として考えられる要素について、自然変動要因と人為的要因に分類し、図 1-2 のとおり整理した。

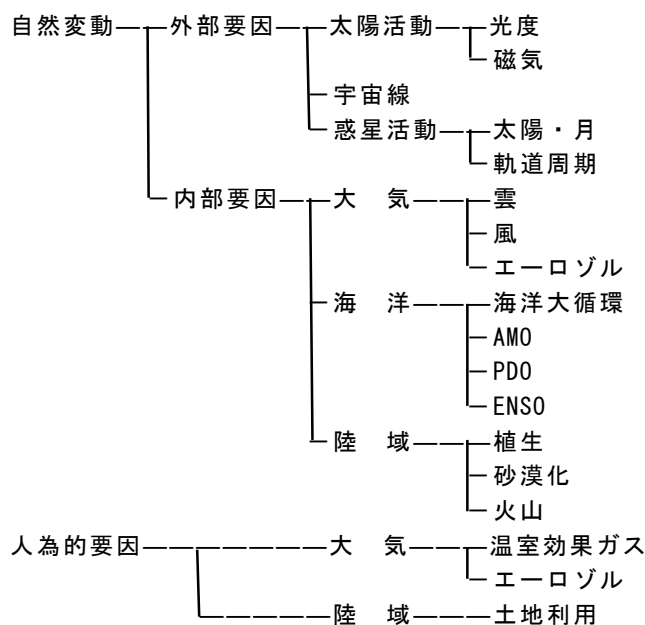


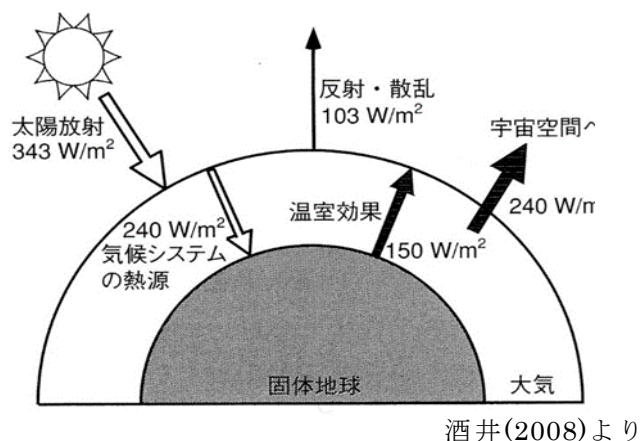
図 1-2 地球温暖化の要因

### 1.3.2 温室効果

地球温暖化とは何か、を検討するにあたり、酒井（2008, p. 12）を参考に、地球大

気の温室効果について整理しておく。図 1-3 に示すとおり、太陽から地球に入射するエネルギー ( $343\text{W/m}^2$ ) のうち、約 30% ( $103\text{W/m}^2$ ) は雲やエアロゾル及び地表面で反射され、約 70% にあたる  $240\text{W/m}^2$  が気候システムの熱源となる。その一部は大気の昇温や水の蒸発に使われる。水蒸気は、気化熱を潜熱として保持したまま大気中を輸送されたのち雨や雪として除かれる。その際に輸送された潜熱は顕熱として放出され、大気を暖める。また、暖められた地表からは熱が赤外線として放出される ( $150\text{W/m}^2$ )。この放射の大部分は大気中の雲や温室効果気体によって再び吸収される。このようなメカニズムにより地球が吸収したエネルギーと同じ量のエネルギーを、地球から宇宙空間に放射することで平衡が保たれる。

地球は太陽よりもずっと表面温度が低いので、主に赤外域の波長の放射を行っている。このエネルギー ( $240\text{W/m}^2$ ) の放射を行う表面温度は  $-19^\circ\text{C}$  に相当する。実際の地球の平均気温は  $15^\circ\text{C}$  であり、大気中の雲や温室効果気体によって吸収されたエネルギーが、宇宙空間と地球へも放射され再び地球を暖めることで高い温度が保たれている。これが温室効果といわれるものである。



酒井(2008)より  
図 1-3 太陽放射と地球放射の収支

### 1.3.3 地球における炭素循環

地球上の炭素収支について、IPCC 第 4 次報告書・技術 (2007) によれば、世界の化石起源二酸化炭素排出量は、1990 年代の  $6.4\text{Gt-C/年}$  から 2000 年～2005 年には  $7.2\text{Gt-C/年}$  に増加し、人為起源  $\text{CO}_2$  の排出量の約 50%が大気中の増加に寄与したと報告されている。すなわち、1990 年代における二酸化炭素の収支について、化石起源二酸化炭素排出量 ( $6.4\text{Gt-C/年}$ ) と土地利用からの排出量 ( $1.6\text{Gt-C/年}$ ) の合計量 ( $8\text{Gt-C/年}$ ) は、陸上 ( $2.6\text{Gt-C/年}$ ) 及び海洋 ( $2.2\text{Gt-C/年}$ ) への吸収と大気中に残留する量 ( $3.2\text{Gt-C/年}$ ) とバランスする (図 1-4)。

酒井 (2008, p. 25-30) によれば、「地球システムでは、CO<sub>2</sub>は大気、海洋、堆積物(炭酸塩岩)、土壌、生物の間を、形を変えて循環しており、1万年オーダーで増減している。地球が寒冷化すると大気中のCO<sub>2</sub>は上昇し、火山から排出されるCO<sub>2</sub>により一時的な冷却のあと温暖化される。このように、光合成植物と生物による炭酸塩岩の生成により、地球は極端な温暖化や寒冷化にならず、生物が活動できる範囲の温度に保たれてきた。」と説明している。

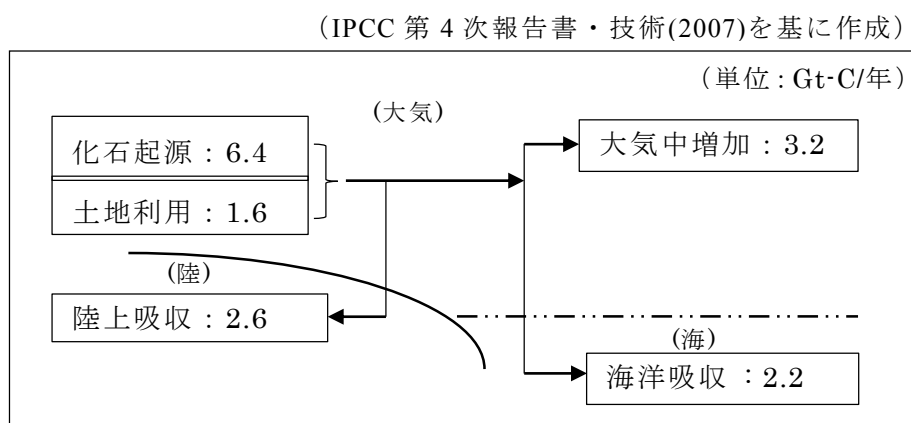


図 1-4 地球上の炭素収支

表 1-2 地球表層の炭素貯蔵庫

(単位: 1,000Gt-C)

貯蔵庫	炭素量	存在状態
堆積物	20,000	炭酸塩または炭酸塩岩として存在
海洋水	39	イオンとして、98%は深海に存在
化石燃料	12	石油・石炭等
陸上生物圏	2.2	森林等
大気	0.75	ガス状として存在

酒井(2008)を基に作成

図 1-4 に示した炭素収支の大きさと地球表層の炭素貯蔵量を比較すると、地球全体の炭素貯蔵量が、年間炭素収支量の約 1 千万倍と大きいことが判る。また、IPCC の報告データは、年間炭素収支量の平均値に対する不確実性の幅が大きい(例えば、図 1-4 において、大気から陸への吸収: 2.6 Gt-C/年は、< 4.3~0.9 Gt-C/年 > の不確実

性の範囲を含む)ことから、人為起源の CO<sub>2</sub> による地球温暖化の影響は、未だ十分解明されていない状況といえる。

## 1.4 地球温暖化の疑問に答える

地球温暖化の定義、地球気候システム及び地球上の炭素循環などを検討した結果から、第1章の冒頭で述べた3つの疑問に対する回答を作成した。回答の作成にあたり、第2章(IPCCとその問題点)において検討した結果も含めて以下の結論とした。

### 1.4.1 地球温暖化は起きているか？

#### (1) 地球温暖化の定義について

地球温暖化の定義は、統一されたものではなく、IPCCでは人為的及び自然起源の両方を含む気候変動としているが、IPCC以外には人間活動に起因する温暖化を対象としている。また、これまでの文献等では温暖化の対象、世界平均気温を用いることの是非、時間スケールの要素について統一的な考え方は明確にされていない状況であり、「地球温暖化の定義」を基に温暖化しているかどうかの判断は困難であると考ええる。

#### (2) 観測結果について

IPCC第5次報告書・政策I(2013)では、1880年～2012年において世界平均地上気温は0.85℃上昇したと報告されている。これは第4次報告書の100年間で0.74℃の昇温よりさらに温暖化が進展し、ほとんど地球全体で地上気温の上昇が起きていると報告されている。

図1-5からは、世界平均地上気温が1980年～2000年の間に急激に上昇しているが、2000年～2010年までは殆ど停滞している。このような停滞状態は気候のhiatus(ハイエイタス)と呼ばれている(住2014)。Hiatusの原因はまだ解明されていないが、渡部(2013)によれば、気候モデルを用いたシミュレーションの結果、海洋の温暖化が進行し、地球全体としては温暖化が停滞しているわけではないと報告されている。また、渡部(2013)は、海面水温の偏差が、これまでに観測されている太平洋十年規模振動(Pacific Decadal Oscillation: PDO)に似ていることから、観測されたhiatusは少なくとも部分的には気候の自然変動であると報告している。

海洋の昇温に関しても、IPCC第5次報告書において、「海洋の温暖化は気候システムに蓄熱されたエネルギーの増加において卓越しており、1971年から2010年の間に蓄熱されたエネルギーの90%以上を占め、海洋表層(0~700m)で水温が上昇したことはほぼ確実である。」と報告されている(図1-6(c))。



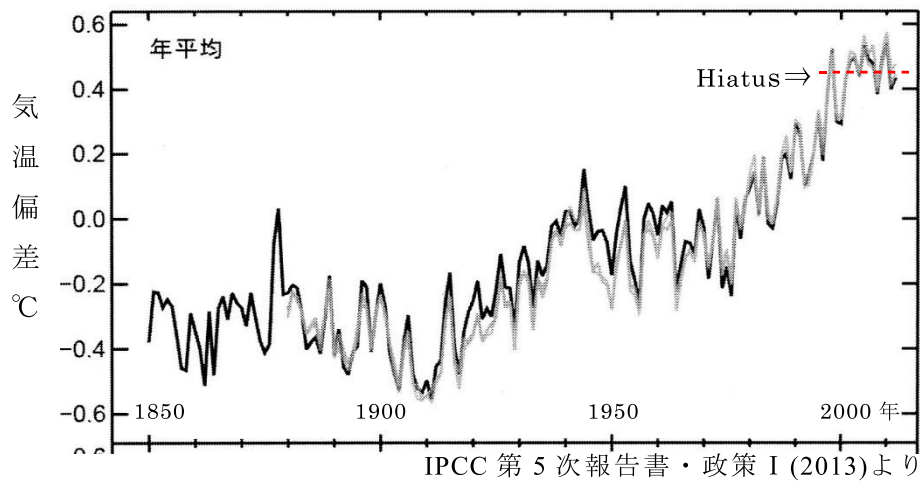
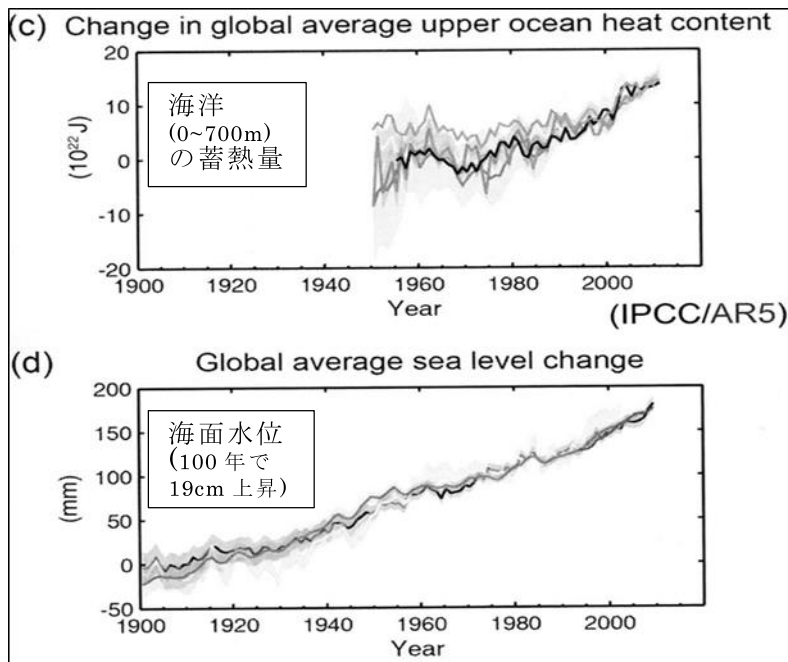


図 1-5 観測された世界平均地上気温の偏差



IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013)より

図 1-6 世界的な気候の変化に関する複数の観測指標  
(c) 海洋表層の蓄熱量、(d) 海面水位の上昇

以上のとおり、IPCC 報告による観測結果（図 1-5、図 1-6）において、1960 年～2010 年の間における世界平均気温の上昇及び海洋の蓄熱量の増加が、顕著であること。及び、世界平均地上気温は 2000 年以降の停滞が観測されているが、地球全体で

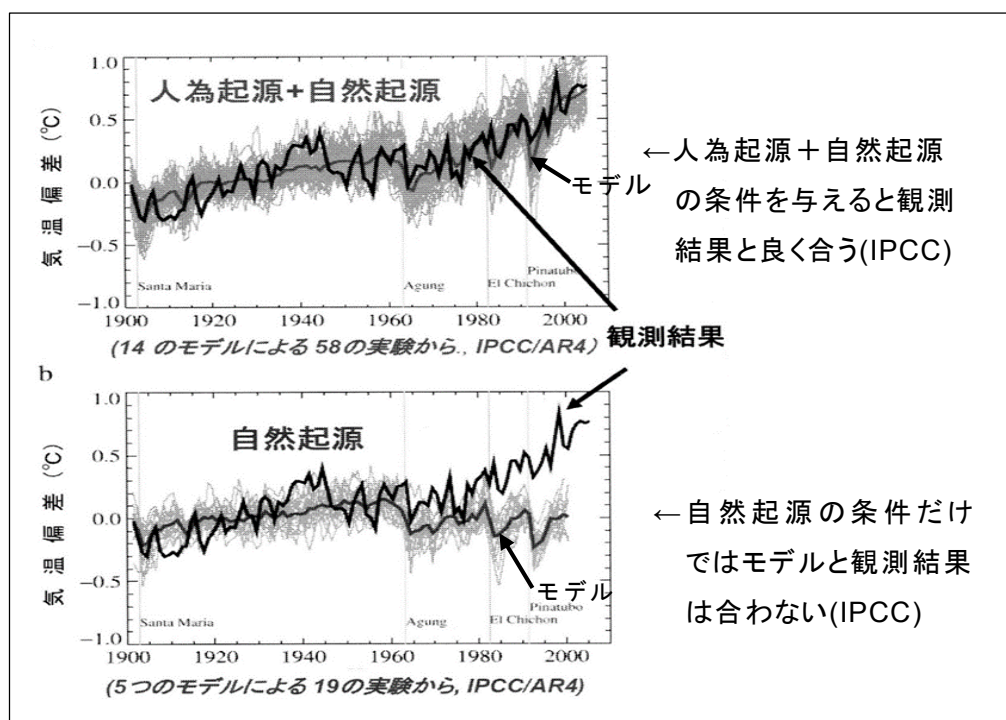
の蓄熱量は増加していることから、地球温暖化は進行していると判断した。

#### 1.4.2 人為的 CO<sub>2</sub> が原因か？

大気中の CO<sub>2</sub> 濃度は、キーリングの測定により上昇していることが確認され、CO<sub>2</sub> 濃度の増加が地球温暖化に寄与していることはほぼ間違いないと思われる。

人為的に排出された CO<sub>2</sub> の約半分が大気中に残存するとの観測があるが、表 1-2 に示したとおり海洋・海底、陸地・植生が保有する炭素貯蔵量は、化石燃料起源の大気中の CO<sub>2</sub> 増加量に比べて極めて大きいことから、人為的 CO<sub>2</sub> が温暖化の主な原因であるとは断定できない。

原因に関して IPCC は、「人為的二酸化炭素が温暖化の原因である可能性が高い」としている。その根拠は、図 1-7 に示すように、「シミュレーションの結果から 20 世紀後半以降の温度上昇は、自然起源の外力だけでは過去の温度上昇を再現できない。自然起源プラス人為起源の外力を計算に用いると温度上昇が再現できる。」と説明されている (IPCC 第 4 次報告書・政策 I 2007)。



近藤洋輝(2013)を基に作成

図 1-7 IPCC による原因特定の根拠

しかし、シミュレーションの信頼性については、これまでも疑問が出されている。例えば、「重要な気候強制力とフィードバックをすべて含んでいる訳ではないため、モデルの結果を予報と考えるてはならない (伊藤 2006)」との指摘がある。また、赤

祖父（2009b）によれば、「IPCC は、1975 年からの気温上昇は炭酸ガスによるとコンピューターに教えて、それによって 2100 年の気温を推定したのである。このインストラクションが誤っていれば、2100 年の推定も当然誤りとなる。」と指摘しており、シミュレーションは万能ではなく、ロボットと同様に、使い方を誤れば正しい解答は出てこないことに注意すべきである。

以上のことから、20 世紀後半以降の世界平均気温の上昇は、人為的 CO<sub>2</sub> が主因であるとは断定できない。

#### 1.4.3 温暖化の原因は自然変動か？

赤祖父（2009a）によれば、「炭酸ガス放出は依然上昇しているが、2001 年頃から地球平均気温の上昇が止まっている。過去 100 年間の気候変動の研究から、気温上昇の大部分は、地球が 1400 年から 1800 年頃まで経験した小氷河期からの回復（すなわち温暖化、変化率=0.5℃/100 年）である。」と述べている。すなわち、IPCC の仮説「温暖化の原因は人為的なもの」が間違っている可能性が高い、と報告している。

地球温暖化に関しては、**図 1-2** に示したように、温室効果ガス以外にも多くの変動要因（太陽放射、海洋、雲、エアロゾルなど）がある。Harde（2014）は、シミュレーションによる検討の結果、20 世紀中の温度上昇（約 0.85℃）のうち太陽の影響が 0.54℃、二酸化炭素の影響が 0.2℃であると報告している。このことから、人為的 CO<sub>2</sub> の影響は比較的小さい可能性が示唆される。

IPCC 第 5 次報告書・政策 I（2013）では、「**図 1-6** に示した世界平均海洋表層（0~700m）の貯熱量の増加とともに、海面付近の海水温が、1971 年から 2010 年の間で 10 年当たり 0.11℃昇温した。」と報告されている。

この原因については、CO<sub>2</sub> による温室効果が原因とみられていた（伊藤 2015）。しかし、Larger & Yeager（2012）は、世界の海洋全体について大気-海洋間の熱収支データ（**図 1-8**）を詳しく検討した結果、22 年間で平均 0.28℃上昇しており、温度上昇の原因は海洋の垂直方向の層間熱移動の停滞である、すなわち自然変動であると報告した。この論文は、IPCC 第 5 次報告書の最終版に引用<sup>4)</sup>されている。

以上のことから、人為起源の CO<sub>2</sub> 以外にも多くの気候変動要因があり、観測結果やシミュレーションの結果からも、地球温暖化は人為的温室効果ガス以外の要因（特に、自然要因）の可能性が大きいと判断した。

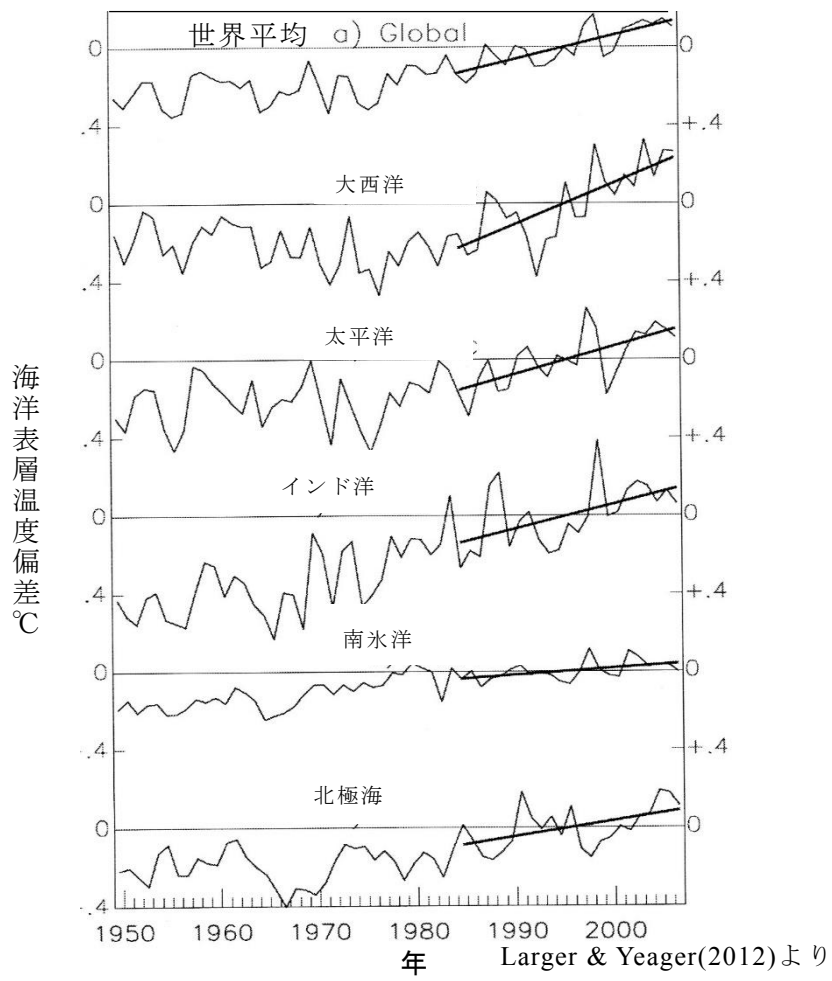


図 1-8 世界の海洋表層温度偏差 (観測結果)

## 1.5 まとめと結論

第1章では「地球温暖化とは何か」の原点に立ち返り、3つの設問に答える形で地球温暖化の現状について明確化を行った。その結果をまとめると、以下の通りである。

Q1:温暖化は起きているか？

<回答>「地球温暖化」の定義は明確にされていないが、IPCCの観測結果から、過去約130年間のうち、1960年以降の世界平均気温及び海水温の上昇が顕著であること、2000年以降の気温上昇の停滞は、海洋表層の水温上昇と蓄熱量の増加により説明されることから、一般的な意味で、地球温暖化は起きていると判断する。

Q2:人為的CO<sub>2</sub>が原因か？

<回答>大気中のCO<sub>2</sub>濃度の増加は確認され、地球上の炭素収支から人為的CO<sub>2</sub>が温暖化に寄与していることは確認できた。

しかし、IPCCが根拠としているシミュレーションの結果だけでは、人為的CO<sub>2</sub>が温暖化の「主因」であるとは断定できない。なぜならば、現時点ではシミュレーション技術は発展途上にあり、予測に使うには信頼性に疑問があるからである。

Q3:温暖化の要因は自然変動か？

<回答>IPCC第5次報告書の観測結果から、最近の気温上昇の停滞の原因が海洋の蓄熱（自然要因）であることが報告された。その他にも、太陽活動、雲、エアロゾルなど多くの要因が関係しており、観測結果やシミュレーションの結果からも、温暖化はCO<sub>2</sub>以外の要因（特に、自然要因）が影響している可能性が高いと考える。

以上の結果から、CO<sub>2</sub>を主体とした削減対策は有効でないため、他の人為的要因（エアロゾルや土地利用）への対応が必要である。また、人為的CO<sub>2</sub>の増加による影響（海洋のpH低下等）を軽減することも必要であり、省エネ・省資源の推進を今後も継続することが望ましい。

上記の結論を出発点として、第I部では、ファーストオピニオン（IPCC及びUNFCCC・京都議定書）の有効性を評価し、今後の地球温暖化対策のあるべき姿としてセカンドオピニオンを提案する。

## ■ 注

- 1) 「気候変動」は、気候の平年状態からのずれ（偏差）に関する用語である。ここで平年状態とは WMO（World Meteorological Organization：世界気象機関）で採用されている統計手法にしたがい、30年平均の状態（気候が平年状態の回りに変動すること）を指す。一方、「気候変化」は、平均状態自身が変わるような長期的傾向、すなわち継続する数十年以上にわたって、気候要素の統計的性質が、それ以前の一連の平年値（平年集団）から一貫して有意にずれ、気候のレベルが確実に変わったとみなせる場合の変化を意味する（近藤 2009, p. 31）。
- 2) 「放射強制力」とは、ある因子が持つ、地球大気システムに出入りするエネルギーのバランスを変化させる影響力の尺度であり、潜在的な気候変化メカニズムとしての、その因子の重要性の指標である。正の放射強制力には地表面を昇温させる傾向が、負の放射強制力には地表面を降温させる傾向がある（IPCC 第4次報告書・政策 I 2007）。また、「強制力」とは、地球の放射バランスが通常の状態からずれた状態に押しやられることを意味する（伊藤 2006）。
- 3) テクトロニックプロセスとは、大陸の分裂や衝突、山脈の形成と隆起、海洋底の拡大と閉鎖などの現象をいう（酒井 2008）。
- 4) IPCC 第5次評価報告書の査読を担当した伊藤（2015）によれば、「この極めて重要な論文は、第5次評価報告書の第二ドラフトにも引用されていなかったため、査読者としてこの論文への言及を求めたところ、Larger & Yeager 論文は最終版に引用された。」と報告している。

## 参考文献

- 赤祖父俊一 2009a: 「地球温暖化: その科学的真実を問う」新春 e-mail 討論、『エネルギー・資源』30 (1), 5-6.
- 赤祖父俊一 2009b: 「地球温暖化: その科学的真実を問う(2)」新春 e-mail 討論、『エネルギー・資源』30 (2), 71-72.
- 青柳みどり 2011: 「気候変動と市民理解」『科学技術社会論研究』9, 98-111.
- 明日香壽川、吉村純、増田耕一、河宮未知生、江守正多、野沢徹、高橋潔、伊勢武史、川村賢二、山本政一郎 2009: 「地球温暖化懐疑論批判」『IR3S/TIGS 叢書 No.1』東京大学.
- Harde H. 2014: “Advanced Two-Layer Climate Model for the Assessment of Global Warming by CO<sub>2</sub>,” *Open Journal of Atmospheric and Climate Change*.  
<http://www.scipublish.com/journals/ACC/papers/846>, (2014.10.17).
- 池田寛二 2007: 「気候格差の真実」『現代思想』特集: 温暖化の真実-環境問題の発見, 135-12, 92-106.
- IPCC 第4次報告書・政策 I 2007: 『気候変動に関する政府間パネル、第4次評価報告書 第1作業部会の報告 政策決定者向け要約 (和訳版)』,  
[http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/.../ar4\\_wg1\\_spm\\_jp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/.../ar4_wg1_spm_jp.pdf), (2014.6.1).
- IPCC 第4次報告書・技術 2007: 『気候変動に関する政府間パネル、第1作業部会により受諾された報告書 技術要約 (和訳版)』,  
<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-ts.pdf>, (2014.6.1).
- IPCC 第4次報告書・概要 2007: 『気候変動に関する政府間パネル、第4次評価報告書 第1作業部会報告書 概要及びよくある質問と回答 (気象庁訳)』,  
<http://www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-repoert.html>, (2014.6.1).
- IPCC 第5次報告書・政策 I 2013: 『気候変動に関する政府間パネル、第5次評価報告書、第1作業部会報告書 政策決定者向け要約』,  
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar5/>, (2014.6.7).
- 伊藤公紀 2006: 「気候変化要因の分析: 現状と課題 2、有効な環境政策のための気候モデルとは」『エネルギー・資源』27 (2), 30-34.
- 伊藤公紀 2015: 「見えてきた気候変動要因の本当の姿ー太陽風の気候影響を例として」『現代化学』2015年1月, 28-31.
- 伊藤公紀、小川隆雄 2011: 「地球温暖化問題へのセカンドオピニオン」『科学技術社会論研究』9, 98-111.
- 近藤洋輝 2009: 『地球温暖化予測の最前線』成山堂.
- 近藤洋輝 2013: 「IPCC/WG1/AR5 自然科学的根拠について」JCCCA 講演資料

- <http://www.jccca.org/info/2013/ar5wg1.pdf>, (2014.6.7).
- Larger & Yeager 2012: “On the Observed Trends and Changes in Global Sea Surface Temperature and Air-sea Heat Fluxes (1984-2006)” *Amer.Meteorological Soc.*25, 6123-6135.
- 増田耕一 2011 : 「地球温暖化問題に関するひとつの展望」『科学技術社会論研究』9, 113-124.
- 宗像慎太郎 2011 : 「地球温暖化問題の諸側面」『科学技術社会論研究』9, 7-12.
- 酒井治孝 2008 : 『地球学入門』東海大学出版会.
- スペンサー・R・ワート 2005 : 増田耕一・熊井ひろ美共訳『温暖化の発見とは何か』みすず書房.
- 住 明正 2014 : 「地球温暖化を巡る最近の話題－IPCC 第5次報告書を受けて」『エネルギー・資源』35 (3), 1-4.
- 渡部雅浩 2013 : 「近年の地球温暖化の停滞は海洋熱吸収の増大によるものか」  
<http://www.aori.u-tokyo.ac.jp>, (2014.11.17).
- Wikipedia: <http://ja.wikipedia.or/wiki/>, (2014.6.5).



## 第2章 IPCC とその問題点

### 2.1 緒論

第1章では、「地球温暖化とは何か」について原点から見直しを行った結果、温暖化の定義が明確にされていないこと、温暖化の原因についても IPCC が報告している「人為的温室効果ガスが主因」については疑問があり、むしろ自然要因の可能性が高いこと、などを指摘した。

そこで、第2章では、IPCC の設立から今日までの活動とその成果である報告書について検証し、問題点を明らかにする。具体的には、IPCC 第5次報告書及び第4次報告書の内容を精査し、IPCC 報告書以外の文献・情報との対比を行うことにより、将来の実効性ある政策（セカンドオピニオン）に繋げるための検討を行った。

### 2.2 IPCC の組織と問題点

#### 2.2.1 目的と機能

気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)は、1988年に世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)により設立された。

その目的は、気候変動に関わる様々な科学的知見を、政策決定者や市民に広く提供することであり、研究・調査(科学的アセスメント)やモニタリングを主導的に行うことはないとされている(パチャウリ・原沢 2008)。

IPCC の主たる活動は、地球温暖化に関する科学的報告書や対応に関する方法論を提供することであり、資金は UNEP と WMO 及び参加各国が、一定の負担比率で出資している。

IPCC は、議長、副議長、三つの作業部会(WG)及び温室効果ガス目録(インベントリー)に関するタスクフォース(TF)によって構成されている(図 2-1)。

各作業部会及びタスクフォースの任務は以下のとおりである。

第1作業部会：気候システム及び気候変動の自然科学的根拠についての評価

第2作業部会：気候変動に対する社会経済及び自然システムの脆弱性、気候変動がもたらす好影響・悪影響、並びに気候変動への適応策についての評価

第3作業部会：温室効果ガスの排出削減など気候変動対策(緩和策)についての評価

インベントリー・タスクフォース：温室効果ガスの国別排出目録作成手法の策定、普及及び改訂

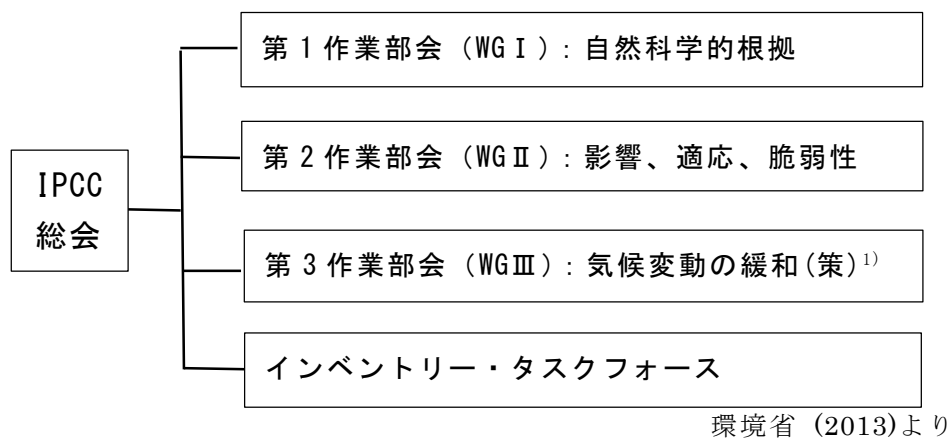


図 2-1 IPCC の組織

IPCC による評価及び科学的報告書作成の仕組みには、政治的配慮を行う制度的特徴がある。例えば、各 WG の共同議長は先進国と途上国から各 1 名ずつを選出する規定があり、南北問題に配慮している。また、IPCC の統治機構としては、IPCC 議長団が中心に位置し、各国政府は IPCC との連絡窓口を設置することが決められている。日本の場合、IPCC の各 WG の政府窓口は、WG 1 が気象庁及び文部科学省、WG 2 が環境省、WG 3 が経済産業省となっている（朝山・石井 2011）。

1990 年の第 1 次報告書において、「21 世紀末までに全球平均気温が約 3℃上昇し、海面が約 65 cm 上昇する。」と発表したことで、世界に大きな影響を与えた。それ以来、IPCC は政策立案者に対する科学的助言の主要な提供源としての地位を確立した（スペンサー 2005, p. 202）。

## 2.2.2 組織上の問題点

### (1) 政治的影響

IPCC の評価作業においては、文献の査読及び報告書作成プロセスは科学者によって行われるが、報告書の発表前の最終段階の承認は政策決定者が行う仕組みとなっており、その多くは科学者ではないという問題がある。

IPCC 報告書は、政策に関して中立であることが求められ、内容を公正かつ信頼性の高いものにするため多くの科学者が執筆に携わり、専門家の査読を何度も受けることになっている（深井 2011）。特に、IPCC 報告書の政策決定者向け要約（Summary for Policymakers: SPM）の作成においては、一言一句までコンセンサスにより採択される仕組みとなっている。これは、科学アセスメントの政治的正当性を確保すべく、

あえて政治的駆け引きや利害対立をアセスメントのプロセスに取り込む制度として  
いる（朝山・石井 2011）。

しかし、杉山（2008）によれば、「IPCC は純粋な科学的機関ではなく、科学と政治の  
出会う場所であり、間違いなく政治が入り込んでいる。」と指摘している。また、  
IPCC は政策提言を行ってはならないとされているが、実際には各国政府の要望を  
容れて、内容や文言を調整しているの、政治的意向をかなりの程度反映している  
（杉山 2013）、との批判も出ている。また、IPCC 報告書の最終承認を行う各国政府  
代表者には、石油、石炭、自動車などの産業界から圧力が加えられ、報告書はこれ  
らの影響を受けた内容となっている、との指摘も出ている（スペンサー 2005, p. 203）。

政治的な影響について、朝山・石井（2011）によれば、「日本において地球温暖化  
対策の政策立案や予算請求の根拠として、『IPCC による科学的正当化』が多用され  
ている状況がある。例えば、省庁が管轄する研究プロジェクトでは、IPCC に引用さ  
れる研究論文を量産することが至上命題の一つとなっており、これらの政策文書に  
関連する温暖化対策予算は、毎年 1 兆円の規模となっている。」と指摘している。こ  
の背景として、朝山・石井（2011）は、新聞報道についてのフレーム分析<sup>2)</sup>を基に、  
日本社会における IPCC 像について報告している。そこでは、「IPCC の設立当初(1988  
年～1990 年)は、政治的組織とのイメージが強かったが、京都会議(1997 年)以降、  
2007 年までの調査では、『IPCC は、科学的分析に基づく信頼できる警告者』とのイ  
メージに変わり、一般市民は IPCC が提供する科学的知見を、唯一の答えとして受  
け入れるべき、との父権主義的な IPCC 像になった。」と分析している。

## (2) クライメート事件

20 世紀における気温急上昇を示す「ホッケースティック (HS) 曲線 (図 2-2)」  
は、IPCC 第 3 次報告書に掲載され地球温暖化の象徴ともなったが、重要な温度デー  
タが上下を取り違えて扱われた（伊藤 2010a）ことや、ある一部のデータを選んで  
作成されたことが明らかにされた（深井 2011）。

HS 曲線に関して、データの不適切な処理が行われたことで、気候科学に対する疑  
いの目が向けられ「クライメート事件」<sup>3)</sup>として関係者に強い印象を与えた（伊藤  
2010b）。この事件では、英国の気候研究機関から大量のメールが流出し、都合の悪  
いデータの公表を抑えるための恣意的な行動などが明らかにされた（深井 2011）。

このように、IPCC の報告には、政治的な影響があることが明らかであり、純粋な  
科学的報告書ではない報告書が、国際交渉の場で、各国の政策決定者に影響力を与  
えている状況がある。

以上のことから、今後の地球温暖化問題を考える上では、IPCC の報告書だけでな  
く、広く気象・気候についての科学的知見を集め、温暖化問題の本質を見極めるこ  
とが重要である。

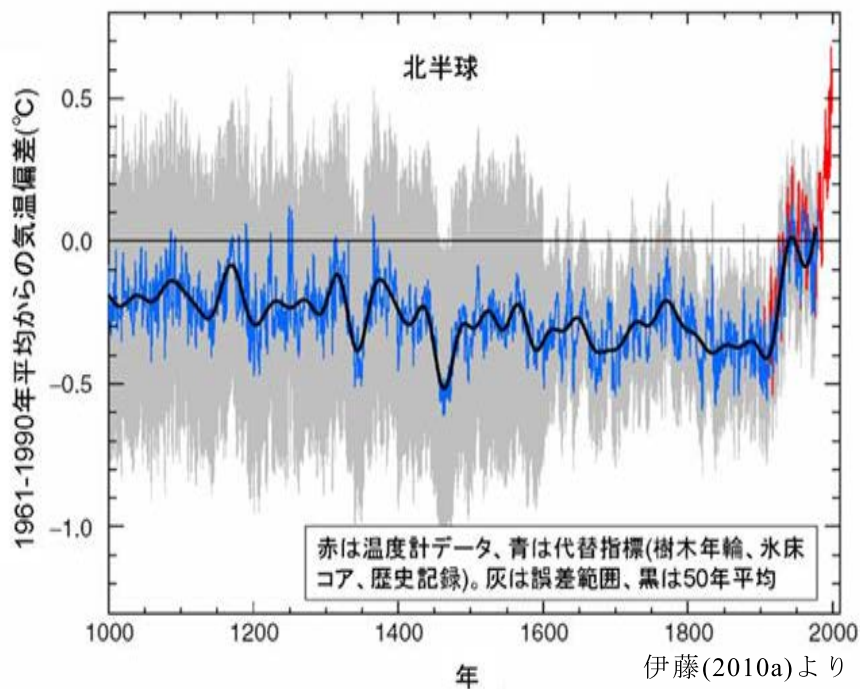


図 2-2 ホケースティック (HS) 曲線

## 2.3 IPCC 第 5 次報告書

IPCC は、これまで 5 回にわたり報告書を発表してきたが、第 1 次報告書から一貫して「人為起源の温室効果ガスが気候変化の主因であり、調査・解析を重ねるにつれて、その可能性が極めて高いことが確認されている。」とのメッセージを送り続けている。

2013 年 11 月に公表された IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013) では、第 4 次報告書を踏まえ、その後になされた気候システムの観測、古気候の記録、気候の諸過程に関する理論的研究、気候モデルを用いたシミュレーション等による、気候変動の新しい証拠を検討して報告書が作成されている。

IPCC 第 5 次評価報告書 第 1 作業部会 (自然科学的根拠) 報告書 政策決定者向け要約に盛り込まれた主要事項を表 2-1 に示す。

表 2-1 IPCC 第 5 次報告書(自然科学的根拠)の主要事項

項目	主要報告事項
気候システムの観測された変化	
大 気	陸と海を合わせた世界平均地上気温は 0.85°C/130 年上昇。
海 洋	海洋温暖化は 40 年間で全球での蓄熱量の 90%を占める。 ・蓄熱量の 60%以上は 0~700m の層、30%は 700m 以深。 ・表層(~75m)では、30 年間で海水温が 0.3°C 上昇。
海面水位	過去 100 年間で世界平均海面水位は 19 cm 上昇。 ・氷河消失と海洋熱膨張で海面水位上昇の 75%を占める。
雪氷圏	グリーンランド、南極の氷床は減少。氷河は縮小。 ・北極域の海氷面積は 30 年間で減少を続けている。
炭素循環	CO <sub>2</sub> 濃度は、化石燃料及び土地利用変化により工業化以前より 40%増加(280⇒391ppm)。海洋は人為起源 CO <sub>2</sub> の 30%を吸収し、海洋酸性化を引き起こしている。
気候変動の要因	人為起源の放射強制力は 2.29w/m <sup>2</sup> で第 4 次より 43%増加。 ・CO <sub>2</sub> 単独では 1.68w/m <sup>2</sup> 、(第 4 次では 1.66W/m <sup>2</sup> )。 ・エアロゾルは -0.9W/m <sup>2</sup> で冷却効果、太陽照度は 0.05W/m <sup>2</sup> 。
気候システム及び近年の変化の理解	
気候モデルの評価	第 4 次報告書以降、気候モデルは改良されている。シミュレーションは 1951 年~2012 年の世界平均気温観測値と一致。
気候モデルの応答	平衡気候感度は 1.5~4.5°C。過渡気候応答は 1.0~2.5°C。 累積炭素排出量の過渡応答は 1000Gt-C 当たり 0.8~2.5°C。
気候変動の原因特定	世界平均地上気温上昇への GHG の寄与は 0.5~1.3°C、自然起源の強制力の寄与は -0.1~0.1°C。 ・人為起源強制力は、海洋(0~700m)の蓄熱増加に寄与。 ・1979 年以降の北極域の海氷の減少に人為的影響の寄与。
将来の気候変動	代表的濃度経路(RCP*)シナリオ(4 ケース)の導入(2100 年) ・気温上昇：最小ケース(0.3~1.7°C)、最大ケース(2.6~4.8°C) ・海面水位上昇：最小ケース(26~55 cm)、最大ケース(45~82 cm)

IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013)に基づき作成

\*RCP : Reference Concentration Pathway(代表的濃度経路)

表 2-1 に示した主要事項について、IPCC 報告書以外の文献・情報についても広く検討した。その結果から、IPCC 報告書の問題点について以下に示す。

## 2.4 気候システムの観測された変化について

### 2.4.1 大気関係の観測結果

#### (1) 地表気温の取り扱い

地球温暖化の議論の中で中心的な役割を担う気温については、IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013) では、「1880~2012 年において、世界平均地上気温は 0.85°C 上昇した。」と述べられている。このように、IPCC の報告書では、「世界平均地上気温」

の用語を使用しているが「地表気温」の一般的定義は決まっていない<sup>4)</sup>。

IPCC 第4次報告書・概要(2007)によれば、全球地上気温の質については、誤差を含んでいることを認めている<sup>5)</sup>。そこで、地上2 mでの観測の妥当性と観測環境について、CO<sub>2</sub>の影響を検出する際の精度や妨害因子の観点から考察した。

地球規模の気象観測は、1958年の地球観測年を契機に充実し、衛星による大気の気温測定は1979年に始まった。従って、過去の気温等のデータは、空間的にも時間的にも限定される。さらに、測定手法や解釈にもあいまいさが残る。「地球平均気温」は、これらのデータを基にして算出されるため、この点をおろそかにはできない。

このような事情はあるが、一般的には、地表気温の代表として地上2 mでの測定温度が使われることが多い。しかし、この測定値には系統的な誤差が含まれることが判明している。例えば、米国PielkeグループのLinら(2007)は、気象学的な解析により、地表面付近で測定した気温変動は、実際の気温変動よりも大きくなることを示した。特に夜間の最低気温の変化が誇張されるためである。

## (2) 気象観測点の質

気象観測点の質については、特にアメリカでの現場報告例が参考になる。Watts(2009)は、地元カリフォルニアの観測ステーションの観測環境の劣悪なことから、2007年、全米の1,221箇所すべての観測点を調査した。例えば、米国テキサス州の例(図2-3)では、中央にあるパラボラアンテナのすぐ下に、気温センサーの箱が見えており、建物と駐車場、アスファルト道路がすぐそばにある。



Watts (2009)より

図 2-3 米国テキサス州ランパサスのサイト

このサイトにある気温測定装置は、2000年に環境の良い場所から現在の場所に移

転されたという記録が残っており、図 2-4 から、2000 年からの気温上昇は、サイト移転に伴うものと推測された。

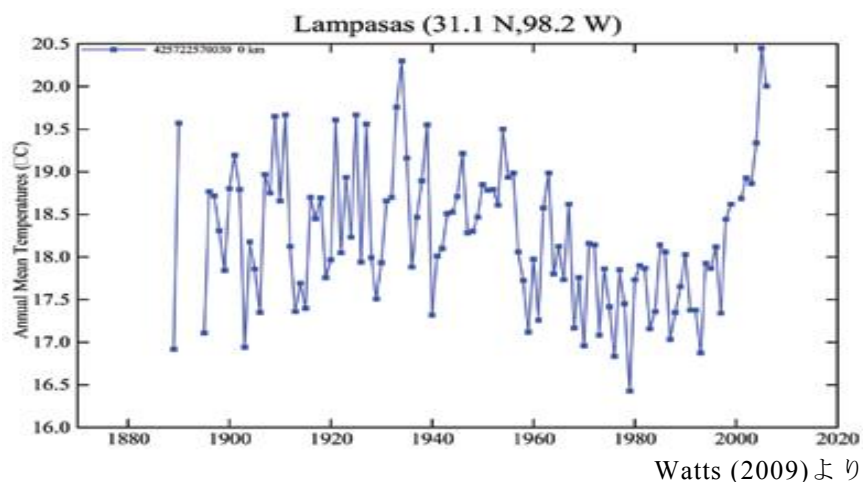


図 2-4 ランパサスの気温測定データ

このように、特に米国では、地方に設置された気象観測点の劣化が目立つ。Watts (2009) による全米約 1200 箇所の気象観測点のうち、調査が終了した 534 箇所についての分類評価<sup>6)</sup>を図 2-5 に示す。

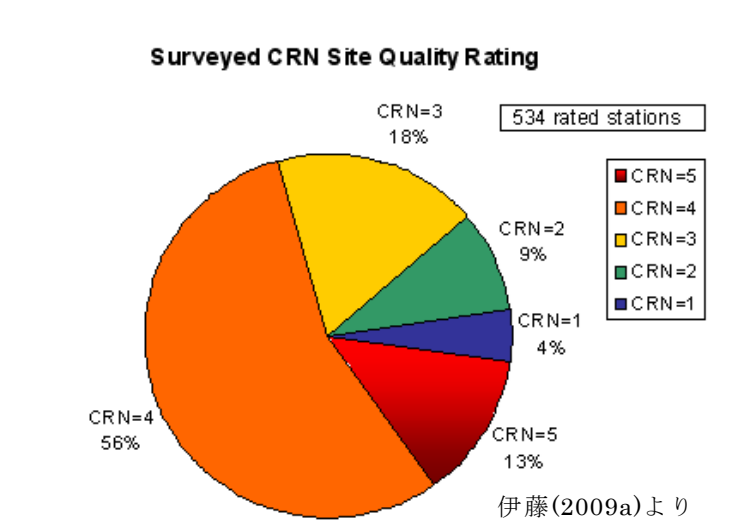


図 2-5 Watts による米国気象観測点の評価

調査した観測点は、全般に観測環境の劣化が大きいため、偽の温暖化の傾向を生んでいる。特に、篤志による気温測定が多い米国では、都市文化の拡大や気温測定の自動化に伴って、測定機器が建物や駐車場の近傍に置かれることが多くなり、気

温測定誤差（特に、高めに出る誤差）が、1～5℃あるサイトが約 87% もあると報告されている。

平均気温が実際より高く観測されることについての対応としては、NASA（米国航空宇宙局）により夜間照明の強度を衛星から観測して、都市のヒートアイランド効果を判断するなどの対策が講じられているが、上述のような田園地域サイトにおける「ミクロな都市化」の補正については難しいとされる（伊藤・小川 2011）。

日本でも、近藤純正氏（東北大学名誉教授）が、自ら足を運んで日本全国の気温測定サイトを調査した結果を、自身のホームページ<sup>7)</sup>で公開している。近藤氏によれば、「気象庁が標準としている 17 地点のほとんどに問題があり、標準 17 地点に含まれないものも入れて、信頼できるサイトは日本に 3 箇所（北海道・寿都<sup>すつづ</sup>、東北・宮古、四国・室戸岬）しかない。」と報告している。このような観測点の質による影響を考慮すると、気象庁が発表する日本の平均気温の上昇は、「100 年で 1.5℃」ではなく、1.0℃以下であろう、との報告がある（伊藤 2011）。また、深井（2011, p. 116）は、日本の調査結果から判断すると、都市化の影響は大きく、1980 年以降の気温上昇のうち、かなりの部分が都市化による見かけの上昇と考えられる、と述べている。

### (3) 過去気温の取り扱い

最も良く知られる過去気温の推定データは、IPCC 第3次報告書の「政策決定者のためのまとめ」に取り上げられた「ホッケースティック（HS）曲線」であろう（前出：図2-2）。このHS曲線は、地球温暖化の象徴の一つとなったが、データ取扱いの不手際もあり、IPCC 第4次報告書では自然変動の大きい他の気温データに埋もれてしまった。その理由として、伊藤（2010a）は、HS曲線と呼ばれた平均値曲線を出したことが問題であり、平均処理をすることによって誤差が打ち消し合い、過去の大きな自然変動が覆い隠され、20世紀の「気温上昇」が過大に評価された、と述べている。

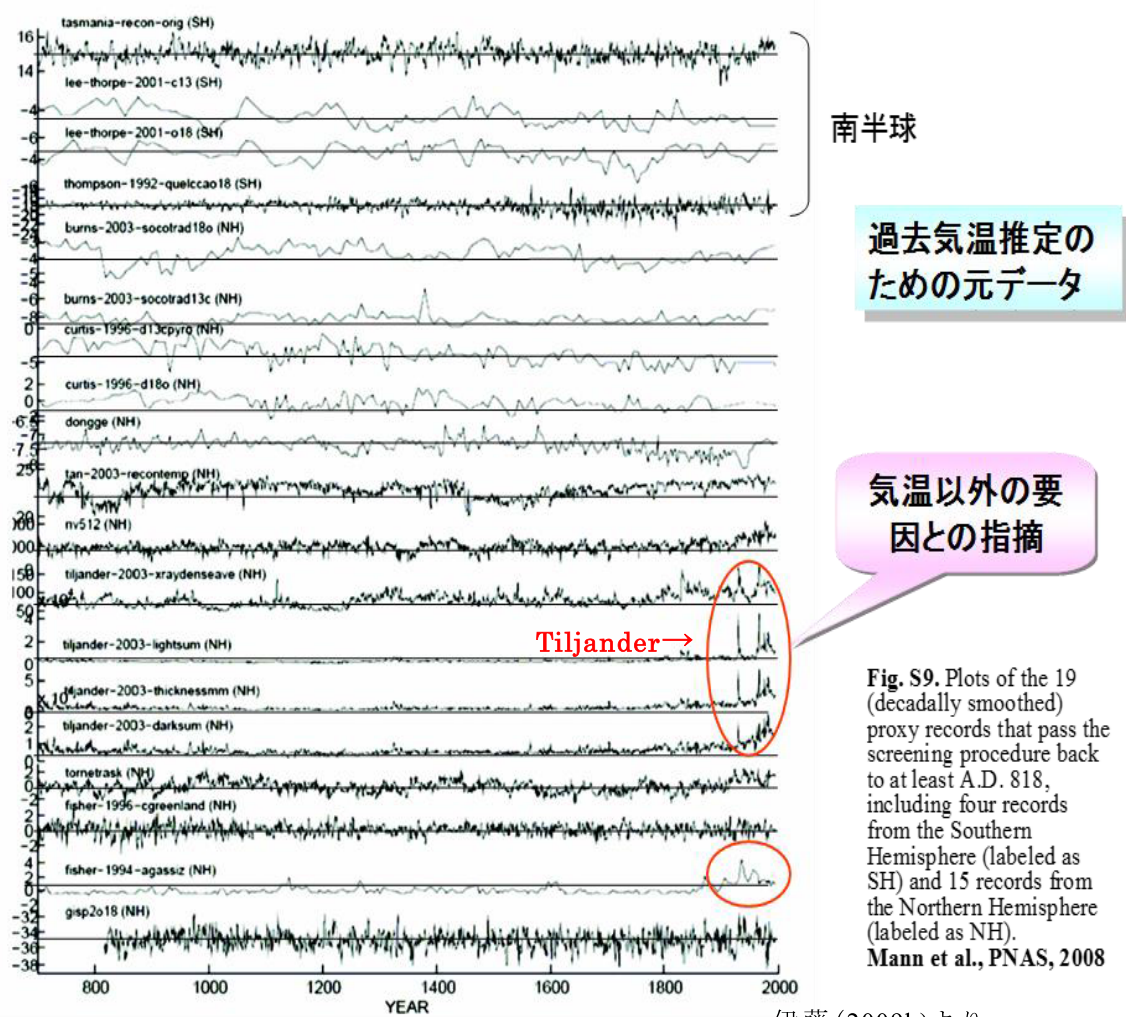
HS曲線の元になっているのは、図2-6に示すような樹木年輪や湖底堆積物などの解析による、いわゆる代替指標データである。図2-6において、数値が20世紀に大きく増加しているデータは5つで、他のデータでは20世紀が特に異常とは見えない。この5データのうち、Tiljander とある4つのデータは、フィンランドのティルヤンデルらの報告（Tiljander et al. 2003）である。Tiljanderらは、湖底コアをスライスして、年輪状に形成されたコア層の密度や厚さをX線透過法により求めた。その後、カナダの統計学者 S.マッキンタイヤの解析により、Tiljanderらのデータは上下逆さにされてHS曲線に入れられていることが判明した（伊藤2010a）。これがどのような効果を生むか明確である。すなわち図2-6に示した中世温暖期が表れている他のデータと足すことによって、20世紀の気温上昇の異常が際立つことである。

この他にも、英国の K. ブリッファがまとめたロシア・ヤマル地方の樹木年輪



データの一部に、異常なデータが使われたとの指摘がある（伊藤2010a）。

このような問題が起きた理由の1つは、過去気候の推定が困難であるためと考えられるが、代替指標として用いられたデータが気温指標として適当か、という吟味も必要である。



伊藤 (2009b)より

図2-6 Mann らが用いた代替指標

過去気温の推定手法の改良例については、インドネシア近海の海底表層堆積物のコア採取において、多脚付きの採取装置により海底表層を攪乱せずに資料採取が可能となった事例がある。その結果、従来法による長いコアと接続することで、過去と現在を連続的に観測出来ている（伊藤2010a）。また、中国万象洞の石筍についての酸素同位体解析による結果は、アジアモンスーンの変化を良く表していると解釈されている（Zhang et al. 2008）。

#### (4) 地球平均気温の意味

上述したように、地球温暖化議論の基礎となるべき気温測定ですら問題は多い。これは、そもそも気温測定が始まった目的が、測定箇所の気象をモニターするためであるが、10年間で0.1℃といった微小な変化を議論するには、元々十分な観測体制ではないと考えられる。

また、環境政策の観点からは「地球平均気温」を議論に用いる意味も再考の必要がある。なぜならば、実際の必要性から見れば、地域や局所の気温や降雨量などが人間にとって重要な気候対策要素だからである。地球平均気温を用いる意味は、温室効果ガスの影響の検出が容易に行えるからである。CO<sub>2</sub>をはじめとする不活性な温室効果ガスは、寿命が長く地球規模で均一になりやすいため、地球規模の測定も計算も比較的容易になる。しかし他の気候変動要因は、自然・人為を問わず、空間的にも時間的にも不均一性が大きいので、地球平均気温だけへの影響からでは過小評価することにもなり、妥当な評価ができない。

## 2.4.2 海洋関係の観測結果

### (1) 海水温上昇と海洋の蓄熱量

IPCC 第5次報告書・政策I（2013）では、「人為起源強制力は、1970年代以降に観測された世界の海洋表層（0～700m）の蓄熱量の増加に、かなり寄与していた可能性が非常に高い（発生率が90～100%）」と報告している。しかし、前述した（1.4.3）ように、Larger & Yeager（2012）による大気－海洋間の熱収支データの詳細な検討の結果、海洋表層の温度上昇の原因は海洋の垂直方向の層間熱移動の停滞である、すなわち自然変動であると報告されている（前出：図1-8）。

住（2014）によれば、海洋表層の蓄熱量増加は、2000年以降、地球気温の上昇が止まっていること（hiatus と呼ばれる現象）と関係があるとされ、その原因は明らかになっていないが、成層圏の水蒸気減少、太陽活動の不活発化、海洋熱吸収の活発化、などの説がある、と述べている。

海洋が示す大規模な変動の例としては、太平洋十年規模振動（Pacific Decadal Oscillation: PDO）や大西洋数十年振動（Atlantic Multi-decadal Oscillation: AMO）などが知られている。例えば北極海周辺のバレンツ海の水温は約70年間で4℃もの振幅で変動したが、AMOとの良い対応が示されている（Levitus, et al. 2009）。

### (2) 海面水位

IPCC 第5次報告書・政策I（2013）では、「海面水位が1901年から2010年間に19 cm上昇したことが観測されたが、海面水位の上昇は氷河の消失と海洋熱膨張によりほぼ説明できる。」と報告されている。

海面上昇は、地球平均気温と密接に関係しており、地域的な生活に与える影響は大きい。例えば、テレビで「海に沈む島」として取り上げられたツバルでは、洪水

の原因として潮位だけでなく、島の地形、土地利用などの要因が関わっており（高橋 2006）、沿岸部での浚渫や低地開発等の社会的要因が大きいと報告されている（Webb 2006）。また、海面上昇の影響があると言われていたモルジブでは、実際には 1970~1980 年代に海面が 20~30 cm 低下しており、この原因は、モンスーンの強化によってインド洋中部で蒸発が増したことによると説明されている（Mörner et al. 2004）。

### (3) 海水 pH の低下

IPCC 第 5 次報告書・政策 I（2013）によれば、「海洋は、排出された人為起源 CO<sub>2</sub> の約 30% を吸収し、海洋酸性化を起こしている。海面付近の海水 pH は、工業化時代の始まり以降 0.1 低下している。これは、水素イオン濃度が 26% 増加したことに相当する。」と報告されている（図 2-7）。

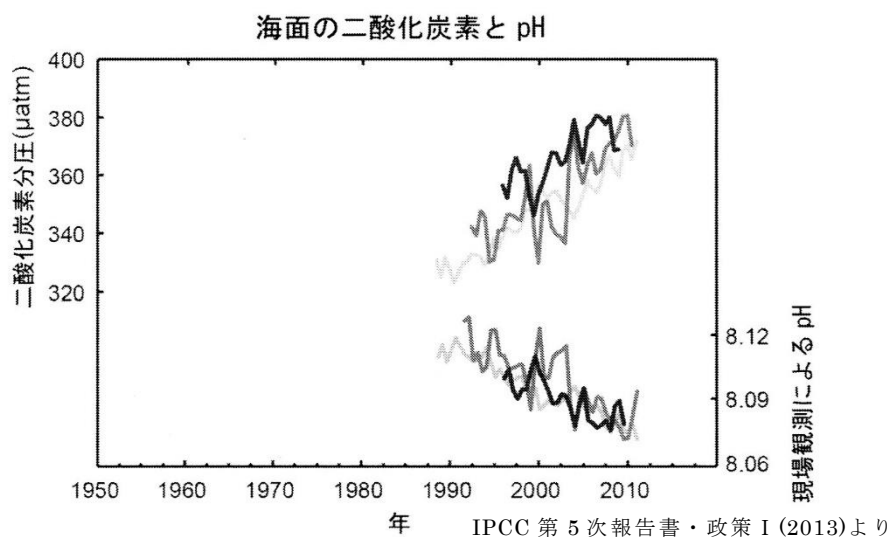


図 2-7 海面付近の CO<sub>2</sub> 分圧と pH

海水の pH 低下は、地球規模での生態系（特に珊瑚の棲息環境）に与える影響は大きく、今後、CO<sub>2</sub> 増加による実害としては顕著に表れる可能性がある。この点からも CO<sub>2</sub> 削減対策は重要である。

## 2.4.3 雪氷圏における観測結果

### (1) 北極圏で起きていること

IPCC 第 5 次報告書・政策 I（2013）では、「過去 20 年にわたり、グリーンランド及び南極の氷床は減少し、氷河はほぼ世界中で縮小し続けている。北極域の年平均海氷面積は 1979 年~2012 年の 30 年間にわたり減少を続けている。」と報告されている。

北極圏は、地球温暖化の影響が最も出やすい場所であるとされているが、これは、次のような理由による。気温が上昇すると北極海周辺で氷と雪が融け、地表や海面が露出する。そのため、太陽光の反射率（アルベド）が低下し、光エネルギーの吸収が増し、その結果さらに気温が上がる（「雪氷フィードバック」と呼ばれる）機構によるからである。このような現象を起こす原因の1つとされているのが、北極振動（Arctic Oscillation: AO）である。北極振動とは、極渦（北極の低気圧）強度の変動で、強いときには南方から吹き込む暖かい風によって、ヨーロッパが温暖になるなどの影響を与える。

北極海の海氷面積の減少について、伊藤（2015）は、「IPCC 第5次報告書が発行された後、韓国の研究グループ（Choi Y-S. et al. 2014）により興味ある報告がされた。この発見は、この現象の本質的理解への道筋を与えている。」と報告している。

図 2-8 に示すように、夏の北極海の海氷面積は、2007年と2012年に大きく減少したが、2013年以降、海氷面積は回復傾向にある。その原因に関して、韓国の研究グループは、夏の海氷面積と北極上空で測定された太陽吸収量との間に強い相関を見出した。

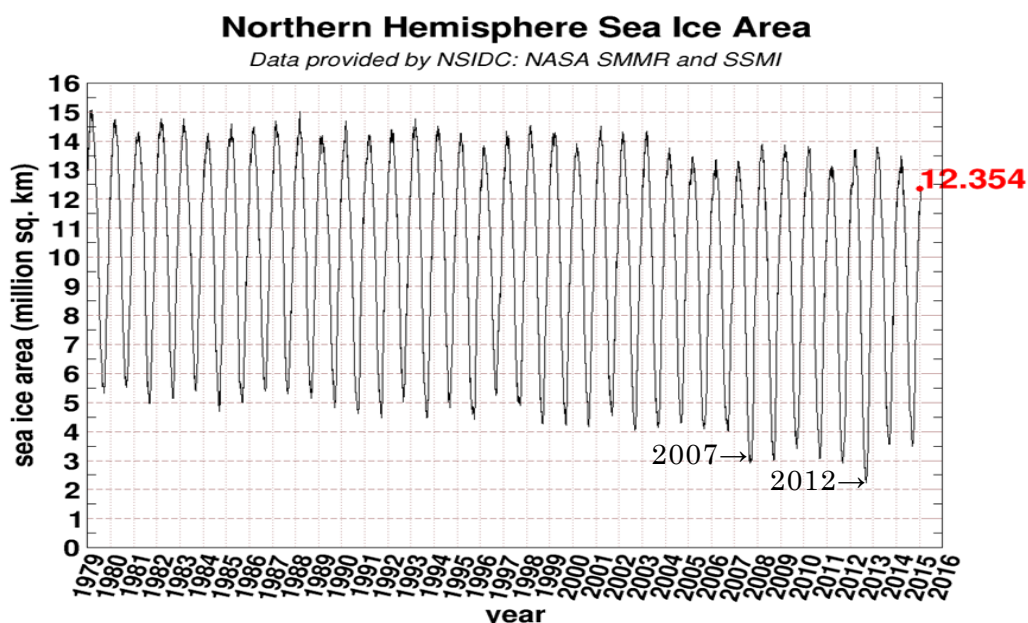


図 2-8 北極海の海氷面積の変化 (1979 年～2014 年)

The Cryosphere Today(2015)より、ホームページの中の表を改変

北極海の海氷による太陽吸収量の増加に関して、伊藤（2015）は、「人為的効果（ススなど）の可能性がある。雲に対するススの影響は複雑だが、汚れた雲が太陽光を吸収して蒸発する、ということはある。したがって、北極海の海氷面積の減少は自然現象ではなく、意外にも『人為的』なススの可能性も考えられる。このよう

に、気候変動の要因については、自然・人為を問わず、ようやく本当の姿が見えてきたというのが実態だ。」と述べている。

このことから、CO<sub>2</sub>だけをターゲットにした西洋的なメンタリティに基づく狭い視野からの温暖化対策アプローチは、原因の特定においても誤った結論を導く可能性がある。

## (2) 氷河について

ヒマラヤ氷河の広範な調査によれば、地球温暖化と氷河後退を結び付けるのは困難である (Raina 2009) との報告がある。藤田 (2008) によれば、「氷河についての報道や解釈には誤解が多い。例えば、ヒマラヤの氷河の衰退の原因は、気温上昇ではなく降水量の低下である。また、氷河湖拡大の全てを最近の温暖化に帰するのは難しい。実際、氷河湖決壊は 2000 年以降起きていない。また、水源としての氷河の役割は実は小さく、下流での降水が主な要因。」としている。

ヒマラヤ以外でも多くの氷河が後退している。特に、アフリカのキリマンジャロ山の万年雪の消失は、地球温暖化の象徴にもなっている。しかし、詳しい現地調査によれば、キリマンジャロ山の氷河は、湿度が低下したために昇華 (蒸発) したのであり、気温上昇のために融解したのではない、と報告されている (Kaser et al. 2004)。ヨーロッパアルプスの氷河も、やはり後退の原因は低湿度と考えられている。山岳地帯の湿度低下の理由としては、太陽の影響を強く受けた大気循環 (特にモンスーン) の変化が示唆されている (Zhang et al. 2008)。

## 2.5 気候変動原因について

### 2.5.1 放射強制力

気候変動を議論する際には、しばしば放射強制力 (Radiative Forcing)<sup>8)</sup> という用語が用いられる。放射強制力は通常、「大気上端で測った、地球の単位面積当たりのエネルギー変化率」として定義され、「W/m<sup>2</sup>」であらわされる。また、IPCC の報告書では、放射強制力の値は、工業化時代の開始 (1750 年ごろ) から、ある時点までどれだけ変化 (増減) したかの数値として用いられている。

IPCC 第 4 次報告書・技術 (2007) では、「長寿命温室効果ガスである二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の濃度増加による地球気候の総放射強制力の増加率は、過去 10,000 年以上において例がない大きさである。」と報告している。

ここでは「放射強制力」と一括りに述べられているが、地球平均気温の理論的な議論と直接結びついているのが、大気上端放射強制力 (Radiative Forcing at the Top of the Atmosphere, RFTOA) である。対流圏の上端 (高度 10 km 付近) に置いた熱源・冷却源で表される RFTOA は、ある気候要因が地球平均気温に影響する指標となる。

例えば、CO<sub>2</sub>による RFTOA は産業革命以前と比較して、1.66 W/m<sup>2</sup> 増加したと見積もられている（表 2-2）。RFTOA は、温室効果ガスのように、空間的な一様性の高い気候要因の議論に適している。

表 2-2 1750 年～2005 年の放射強制力

放射強制力の要素		
長寿命温室効果ガス	CO <sub>2</sub>	+1.66
	N <sub>2</sub> O	+0.15
	CH <sub>4</sub>	+0.48
	ハロカーボン類	+0.34
オゾン	成層圏オゾン	-0.05
	対流圏オゾン	+0.35
地表面	土地利用	-0.20
	積雪上の黒色炭素	+0.10
エアロゾル	直接効果	-0.50
	間接効果（雲など）	-0.70
	黒色炭素（内数）*	(+0.90)
自然起源	太陽放射	+0.12

IPCC 第 4 次報告書・技術(2007)を基に作成

\*は Ramanathan and Carmichael(2008)による

ここで放射強制力を用いる意味について考察する。「放射強制力」は、地球平均気温の考察に便利であるが、植物の蒸散作用などを扱うことはできない。水の蒸散や凝結は、局所的には熱の出入りを伴うが、全体としてみると熱収支はゼロだからである。大きな植生の変化を伴う土地利用の形態の変化は、特に地域・局所の気候変動の大きな要因となる。例えば、日射が地表でどの程度吸収されるかを定めるアルベド（albedo: 反射率、白さ）、植物の葉からの水分の蒸散などは、森林や農地の変化によって大きく変わる。これらの影響は、放射強制力では捉えきれないが、局所・地域の気温に大きな影響を与えている（Stone 2009）。例えば、1950 年以降のアメリカや中国での気温上昇の半分以上は、農地開発等の土地利用変化によると見積もられた（Stone 2009）。そのため、放射強制力を補う気候変動の指標として、非放射強制力（National Research Council 2005）や、「地域気候変化ポテンシャル」（Pielke Sr. et al. 2002）が提案されている。いずれの提案の動機も、環境政策で重要な地域・局所の気候変化を扱うことにある。

## 2.5.2 気候感度

CO<sub>2</sub> 濃度が 2 倍になったときに気温が何度上がるか（ $\Delta T_2 \times CO_2$ ）は、地球温暖化議論で重要な役割を持つ「気候感度」の例である。実際の政策では、地球平均気温よりも地域の気候変動が重要になる場面が多いが、気候感度（ $\Delta T_2 \times CO_2$ ）は、指標

として分かり易い。IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013) では、平衡気候感度について 1.5~4.5°C と報告している。この値は、IPCC 第 4 次報告書・政策 I (2007) の 2~4.5°C (中心値 3°C) より下限が低くなっている。これらは気候シミュレーションを主体とした推定で、かつ十分に時間が経過した平衡時の値である。CO<sub>2</sub> が増加して 2 倍になった時点での気温変化の計算値(過渡値)は、1~2.5°C (中心値は約 1.7°C) と、ずっと小さい。

気候シミュレーションで良く用いられる大気大循環モデル<sup>9)</sup>は、極端に大きな平衡気候感度を排除できない (Knutti and Hegerl 2008) との報告がある。その理由は、主として、海洋の応答が良く分かっていないことによる。モデルによっては、平衡時気候感度 ( $\Delta T_2 \times \text{CO}_2$ ) が 6°C にもなるが、それでも過渡値は 2.5°C 程度に留まる。

その後、Harde (2014) は、2 層気候モデルを用いたシミュレーションにより、CO<sub>2</sub> の気候感度は 0.6°C と、従来の報告値よりかなり小さいことを報告している。

### 2.5.3 人為起源温室効果ガス

#### (1) 二酸化炭素の影響

IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013) によれば、1750 年を基準とした 2011 年の人為起源の放射強制力は総計、2.29 W/m<sup>2</sup> であり、1970 年以降は急激に増加している。特に、二酸化炭素の排出は、単独で 1.68 W/m<sup>2</sup> と第 4 次報告書の 1.66 W/m<sup>2</sup> から増加しており、人為起源の温室効果ガスの中では温暖化に最も高い寄与となっている。

#### (2) エーロゾル・雲の放射強制力

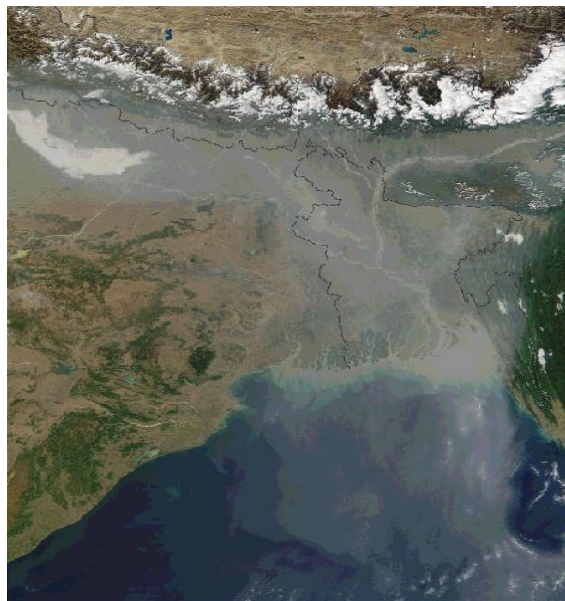
IPCC 第 4 次報告書・技術 (2007) では、「初めて得られた値として、エーロゾルの直接的な放射強制力は、 $-0.5 \pm 0.4$  W/m<sup>2</sup>、間接効果 (雲アルベド効果) の放射強制力は、 $-0.7$  ( $-0.3 \sim -1.8$ ) W/m<sup>2</sup> である。」と報告されている (表 2-2)。

IPCC 第 5 次報告書・政策 I (2013) では、大気中の全エーロゾルの効果による放射強制力は、 $-0.9$  ( $-1.9 \sim -0.19$ ) W/m<sup>2</sup> と報告され、エーロゾルの負の強制力と黒色炭素が太陽放射を吸収することによる正の強制力との合計で表されている。この値は、第 4 次報告書の全エーロゾルの放射強制力 ( $-1.2$  W/m<sup>2</sup>) より負の値が小さくなっている。このように、第 4 次と第 5 次報告書でエーロゾルの放射強制力が変化したことは、依然としてエーロゾルの合計放射強制力に大きな不確実性が伴うことを示している。

エーロゾルの排出やエーロゾルと雲との相互作用について、地域の違いによる影響の度合いが大きいことが指摘されている。例えば、伊藤・渡辺 (2008) によれば、エーロゾルのうち、特に地域気候に大きな影響を与えるのが着色エーロゾルとされている。低質の燃料 (薪や家畜の糞、質の悪い石炭の燃焼など) から生成するススに起因する着色エーロゾル (例えば、中国・インド地域に発生する「アジア褐色雲」



と呼ばれるヘイズ：図 2-9 参照）は、日射を遮って地表を冷やすと同時に、日射を吸収して大気を暖める作用がある。



伊藤(2010c)より

図 2-9 インド、バングラデシュ近辺で見られるアジア褐色雲

またスス（黒色炭素）は、大気中を輸送されてヒマラヤ地域や北極にまで達し、雪氷に付着してアルベド（反射率）を下げるので、日射吸収が増加して気温上昇につながる（Shindell and Faluvegi 2009）。その効果は、放射強制力として $+0.9 \text{ W/m}^2$ に達する（Ramanathan and Carmichael 2008）。 $\text{CO}_2$ と違ってエアロゾルは地球上で均一にならないため、局所的な影響として重篤な大気汚染を引き起こすので、地域の住民の健康を損ねることがある。2002年の国連環境計画のレポートでは、年間数十万人の死亡原因になっていると報告されている（伊藤・渡辺 2008）。

### (3) 非放射強制力

直接・間接効果を合わせた全体としてのエアロゾルの放射強制力は、ゼロに近いのに気候影響は大きく、大気循環に与える影響は人為放出温室効果ガスの 60 倍に達する（Matsui and Pielke Sr. 2006）との報告がある。このことからわかるように、放射強制力だけを見ていたのでは、地域レベルの気候を重視した環境政策には不十分であり、次の 3 つの因子、①放射強制力が小さくても、地表気温に与える影響が大きい因子、②熱源・冷却源とはみなせない因子（非放射強制力）、③不均一な分布を持つ因子、を考慮する必要がある（伊藤・渡辺 2008）。伊藤（2006）は、「不均一な分布を持つ放射強制力・非放射強制力として、植生等の土地利用の因子が極めて重要である。例えば、米国のグレートプレーンを対象としたシミュレーションでは、



既存の植生を自然植生に変えると最高気温が 1.2℃下がる。これは、逆に土地開発によって気温が上昇したことを示している。このように土地利用が気候に与える影響は、温室効果ガスより大きい。」と報告している。

#### 2.5.4 自然変動要因

##### (1) 太陽光度の影響

気候変動に自然因子の影響が大きいことは自明だが、第 1 章 (図 1-2) に示したように、自然変動には多くの要因があり、それらの相互関係や個々の因子が、地球温暖化に及ぼす機作については良く分かっていない。それでも、地域気候については太陽変動の影響が大きいという報告は少なくない。例えば、アフリカ東部 (ケニア) にあるナイバシヤ湖の水位の変動と周辺集落の盛衰は、過去 1,100 年間を対象とした調査の結果、太陽活動の変動と良く対応していることが報告された (Verschuren et al. 2000)。これはアフリカモンスーンが、太陽活動変動の影響下にあることを示すと解釈される。また最近では、アジアモンスーンの消長が太陽活動変動に良く対応するとの報告 (Zhang et al. 2008) も出ている。

太陽光度の影響については、長期的な観測結果は得られていないが、理論的には全光量の約 0.1%程度と小さいことが報告されている (Spruit 1991)。このことから、20 世紀前半の気温上昇も太陽光度の変化では説明できない。よって、20 世紀後半の気温上昇の解釈も単純ではないと認識すべきである (伊藤・小川 2011)。

##### (2) 太陽磁気の影響

太陽磁気の影響が気候変化の原因とする報告がある (Palamara and Bryant 2004) が、最近、20 世紀中における太陽活動による地球温暖化への影響は約 0.54℃もあるとの報告が出ている (Harde 2014)。

太陽の影響について、伊藤 (1999) によれば「太陽活動と地球気候をつなぐ鍵となるのは宇宙線であり、太陽の磁気活動が活発になり太陽風が強くなると、宇宙線の大気圏突入が妨げられて宇宙線強度が下がる。すなわち、太陽活動が盛んになれば太陽風が強くなり、地球表面の宇宙線量が減り、雲量が減少して気温は上昇する。」と述べている。また、伊藤 (2006) は、太陽磁気が関与する機構として「宇宙線強度変動が大気電場の変化を起こし、それによって雲の帯電量が変わり、凝縮のダイナミクスに影響を与える。その結果、降水確率や潜熱生成速度などが変化し、低気圧の強度や嵐の進路が影響されるという Tinsley の機作 (図 2-10)」を紹介している。

太陽磁気の影響については、太陽風<sup>10)</sup>と北極振動の関係についての報告 (Palamara and Bryant 2004) があるが、これまではあまり注目されていなかった。その後、伊藤 (2015) の研究により、太陽風と地表気温との明らかな相関があることが解明された。

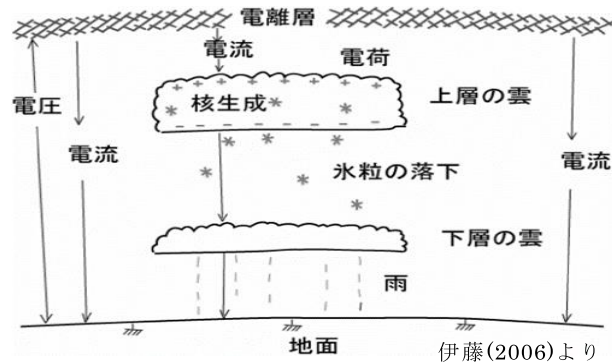


図 2-10 Tinsley のモデル

伊藤は、「太陽風の影響について、NASA（米国航空宇宙局）が公表する地表気温のグリッドデータを用いて、太陽風強度の指数である aa 指数<sup>1)</sup>との相関係数の地理的分布を調査した結果、下記の知見が得られた。」と報告している（図 2-11）。

- ①太陽風による気候影響の大きさは、北極振動(AO)や太平洋十年規模振動(PDO)などの大規模気候モードの気候影響に匹敵する、
- ②太陽風は大規模気候モードを励起することで地表気温に影響すると考えられる、
- ③影響の見え方は期間や条件に依存する、
- ④長期にわたって太陽風の影響が強く表れる特異地域が存在する。

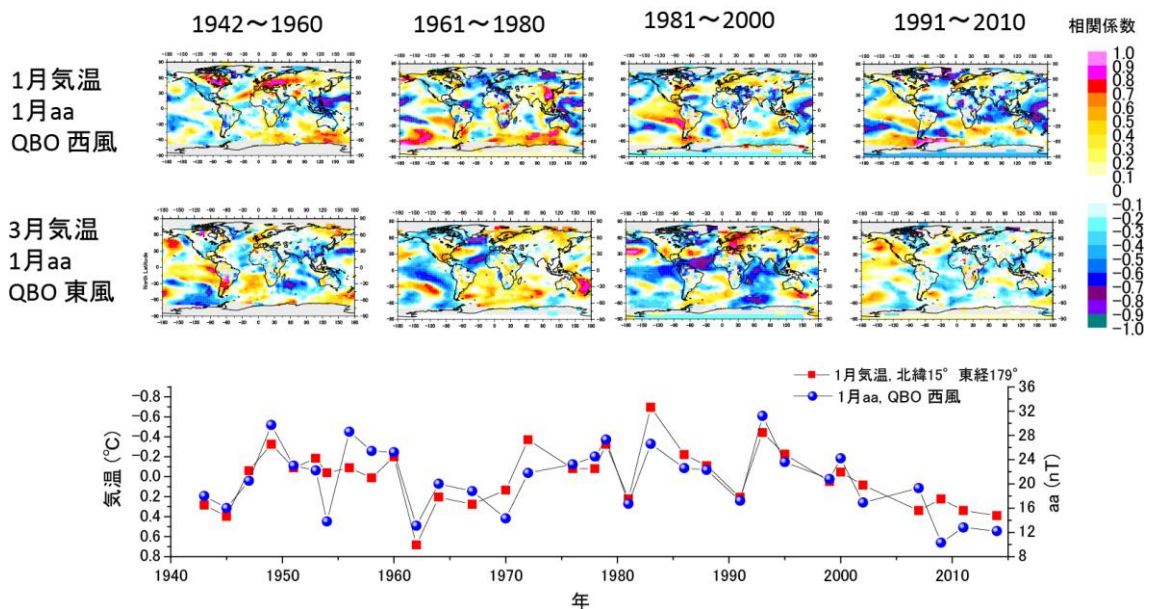


図 2-11 地表気温と aa 指数の相関

上段の相関地図は QBO 西風時(1月気温、1月 aa 指数)。中段は QBO 東風時(3月気温、1月 aa 指数)。下段は QBO 西風時、北緯 15° 東経 179° 地点(上段地図、紫色丸印)の気温経時変化データと 1月 aa 指数、QBO:赤道域成層圏準二年振動 (伊藤 2015 より引用)

図 2-11 に示したように、太陽風と地表気温の相関が明らかになり、その影響が大きいことが報告されたことで、これまで報告されてきた IPCC 第 5 次報告書（例えば、太陽放射強度変化による自然起源放射強制力は、過去 1 世紀にわたる正味の放射強制力に対してほんのわずかな寄与しかない）の内容についても、太陽風の寄与を含めて太陽影響の評価を見直す必要があるといえる。

### (3) 月と太陽の影響

月と太陽の潮汐力が、大規模な気象パターンである北極振動（Ramos da Silva and Avissar 2005）やエルニーニョ（Cerveny and Shaffer 2001）に影響しているという指摘がある。潮汐現象は予測できるが、現状では、潮汐により発生する渦をモデルに組み込めていないため、解析が進めば、グローバル気候モデルに取り入れられて、近い将来の気候予測に貢献する可能性がある。

## 2.5.5 その他の原因について

IPCC 第 4 次報告書・政策 II（2007）の報告内容についても懸念がある。例えば、「アフリカで雨量が減り、2020 年には複数の国で穀物量が半減する」、「ヒマラヤの氷河が 2035 年までに消失し、水資源が不足する」、「アマゾン熱帯雨林は雨が少し減っても影響は劇的である」など、特に途上国の脆弱性が取り上げられている。伊藤（2010b）によれば、「これら 3 つの現象に関して、IPCC の主張は IPCC ゲート事件がきっかけとなって判明した単純な誤りであった。」と述べている。

また、異常気象として、温暖化の影響とされている現象が報告されている。例えば、ハリケーンの発生数が増し、しかも海面温度の変化と良く一致しているという報告（Mann and Emanuel 2006）があるが、この報告では、今後気温が上昇すれば、ハリケーンがさらに増大する、ということを示唆していた。しかし、これは過去のハリケーン数を過小評価していたためであり、強いハリケーンの数を決めているのは、海面温度よりも、ハリケーンの生成域であるアフリカ西岸沖における風の強さだということが、270 年間のサンゴ礁の痕跡と海底コアの分析から指摘されている（Nyberg et al. 2007）。

一方、台風の場合は、これまでの報告の中でも異なる見解が出されている。米国グループ（Webster et al. 2005）は、強い台風の数が増していることを報告したが、香港の Wu et al.（2006）によれば、強さの定義によって結果が違い、日本と香港の観測では強い台風の数は減少している、と報告している。

このような極端現象に関しては、ハリケーンの被害が近年増したことは事実だが、社会構造の変化や貨幣価値を考慮して、1900 年～2005 年間の被害額を 2005 年時点に補正すると、近年大きなハリケーンが増加したとの傾向は消失する（Pielke Jr.

et al. 2008)。つまり、ハリケーンの被害増大は、極端気象に対する社会の脆弱性が増加したためと見るべきである。

一方、シベリアやカナダで見られる永久凍土の融解による家屋・建物の崩壊は、気温上昇によるものではなく、建物の暖房によって永久凍土が融けた結果である(伊藤・渡辺 2008)。永久凍土の上に家屋等を建てる際には、杭の上に建てる等により熱シールドを確保しなければならない。従って、暖房で地面が緩むのは不適切工事あるいは欠陥工事であるということになる。

## 2.6 まとめと結論

第2章では、地球温暖化問題の技術的バックボーンとなっている IPCC の組織・体制と、その業績である報告書の内容を評価した。

IPCC は、「地球温暖化の概念を共有化させ、普及することに貢献した」と評価されており、過去5回発行されている報告書は、詳細で、地球温暖化問題に関するオーソライズされた知見を集約している(青柳 2011)、と認識されている。

しかし、本章において、その業績を見てきた結果からは、是正すべき事項や過誤が少なからずあることが確認された。例えば、科学と政治が切り離されていないことである。気候専門家による科学的報告が、公表前の最終段階で政策立案者の判断を要する現在の仕組みは、「科学と政治が会う場所であり、間違いなく政治が入り込んでいる(杉山 2008)」との指摘を受ける状況にある。また、「クライメート事件」などにみられるように、IPCC の組織・機構が長年の間に、次第に既得権益の維持を目的とした不適切な行動を引き起こしている状況も見られた。

このような事態を改善するためには、先ず、科学と政治を分離することが考えられる。例えば、科学的根拠を提供する組織は、国際的な学会から推薦されたメンバーのみで構成し、報告書の根拠となった論文及びその引用文献については、一般への公開が求められる。

IPCC 報告書についても、次のような疑問点があることを指摘した。すなわち、地上気温の定義や温暖化の意味を明確にしないまま、世界平均気温が130年間で0.85℃上昇したことで「温暖化している」と判断しているが、実際には気温測定点の環境の劣化による見かけの昇温が含まれていること、過去気温の取り扱いについても、種々のデータの不適切な処理が行われたことなどがある。

また、地球温暖化の原因の特定において「人為的影響の可能性が極めて高い」と報告しているが、その根拠はシミュレーションだけであり、CO<sub>2</sub>以外の要因の可能性については、十分な検討がされているとは言えない。例えば、海洋表層の蓄熱は、人為的CO<sub>2</sub>によるものではなく、海洋層間の熱移動の停滞による可能性が高い。ま

た、北極圏の雪氷面積の減少も CO<sub>2</sub> の増加によるものではなく、人為的ススが原因との報告が出ている。そのほか、太陽活動の影響は、IPCC の報告より大きい可能性があり、黒色炭素等を含めてエアロゾルの影響についても十分解明されていない状況が見られた。

将来の温暖化の影響予測について、IPCC は気候モデルによる検討から、平衡気候感度を 1.5~4.5℃ と報告しているが、これについても、1℃ 以下の可能性があり、IPCC は過大評価していると指摘されている。

したがって、今後は、地球温暖化の要因を系統的に評価し、「温室効果ガス」だけでなく、その他の要因（例えば、エアロゾル、海洋循環、太陽活動など）に関する知見を積み重ねることが必要と考える。

また、IPCC の報告書で強調している「人為的 CO<sub>2</sub> が温暖化の主因」については、直ちに対応策をとることは懸命な行動とは言えない。なぜならば、21 世紀に入ってから地球平均気温の停滞が続いており、その原因として、海洋の熱循環の周期的変動による自然変動の可能性が示唆されていることや、その他にも、エアロゾルなど未解明の部分が多く残っているからである。これらの要因の解明が進み、自然変動が原因とされるならば、その対応は、「緩和」よりむしろ「順応」に、対策の重点を移すことになる。

## ■ 注

- 1) 温暖化対策は、人間の活動から排出される二酸化炭素等の温室効果ガスを削減する「緩和策」と、生活・行動様式の変更や防災への取り組みといった自然・社会システムの調節によって温暖化影響を少なくする「適応策」に分けられる（パチャウリ・原沢秀夫 2008）。
- 2) フレーム（あるいはフレーミング）とは、問題設定や因果関係の解釈、倫理的な判断、対処方法の勧告などを推奨する形で、認知されている現実から選出された要素をコミュニケーションのテキストにおいて顕出することである（朝山・石井 2011）。
- 3) ホケースティック曲線の不手際をきっかけとして、クライメート事件につながったが、その後、これらの気候科学者が担当した IPCC 報告書の箇所が問題となり、さらに発展して IPCC 報告書自体の信頼性にも及ぶことになった。その結果、いくつもの「～ゲート」と命名された事件が発覚し、ついにはまとめて IPCC ゲートとさえ呼ばれるようになった（伊藤 2010b）。
- 4) 世界平均地上気温については、気温データの集積と解析を行っている NASA（米航空宇宙局）のデータベースの解説が参考となる。  
([http://data.giss.nasa.gov/gistemp/abs\\_temp.html](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/abs_temp.html).)
- 5) IPCC 第 4 次報告書・概要（2007）によれば、「毎月の世界平均気温を算出するために、世界の陸域の数千の観測点における毎日の気温の測定値と、海上を移動する船からの数千以上の海面水温の測定値が結合される。より古い時代については、樹木年輪、氷床コアなどからの代替データで 1000 年以上遡れるが、時代が古くなるにつれ空間的にカバーする範囲が限られてくる。復元データには間違いがあり、顕著な不確実性が残る。」
- 6) 評価点（図 2-5）は、米国海洋大気局（NOAA）の基準（Climate Reference Network (CRN) Site Information Handbook）により、以下のように分類されている。  
ランク 1：「平らな土地で、高さ 10 センチ以下の植生、人工的熱源（建物、コンクリート面、駐車場など）から 100 メートル以上離れ、多量の水がある場所からも十分離れており、太陽の高度が 3 度以上の時に影ができないこと」。気温測定の誤差は、0.5°C 以下。  
ランク 2：「植生は高さ 25 センチまで、人工的熱源との距離は 30 メートルまで、太陽高度 5 度以上で影ができないこと」。気温測定の誤差は、1°C 以下。  
ランク 3：「人工熱源との距離 10 メートルまで」。

ランク 4 : 「人工熱源との距離 10 メートル以下」。

ランク 5 : 「温度計が人工熱源のそばにある」。

- 7) 近藤純正氏の HP : <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kisho/kisho00.html>.
- 8) 例えば、スス（黒色炭素）を含むエアロゾルは、太陽光を吸収して大気を暖め（大気放射強制力で正）、地表では日射を遮ることで気温を下げる要因となる（表面放射強制力で負）。大気上端放射強制力は両者の和となり、かなり小さくなる（伊藤 2006）。
- 9) 全球的な数値予報モデルをさらに発展させ、より長期間にわたる物理過程の影響が反映できるようにし、大気にとって外力として働く太陽放射や、境界条件としての海陸分布、山岳地形、海面水温、海氷のもとで、地球をめぐる大規模な大気の流れ（大気大循環）や、その基盤となる大気の成層のバランス状態を含めたモデル（近藤 2009, p. 24）。
- 10) 太陽風とは、太陽から放出される荷電粒子（主としてプロトン、 $\alpha$  粒子、電子）からなるプラズマの流れである。太陽風粒子が地球磁気圏に入り込むと、オーロラ現象や磁気嵐を引き起こすことがある。太陽風の特徴（粒子密度、速度、地場の大きさ・方向など）は、地球から太陽の方向に約 150 万 km 離れた  $L_1$  ランジュ点（地球と太陽の引力が釣り合う点）にとどまっている衛星により計測されており、3 時間おきのデータがこれまで 150 年分蓄積されている（伊藤 2015）。
- 11) 「aa 指数」とは、antipodal average の略で、地磁氣的に反対の場所にある英国とオーストリアの観測値の平均という意味である（伊藤 2015）。

## 参考文献

- 青柳みどり 2011 : 「気候変動と市民理解」『科学技術社会論研究』9, 98-111.
- 朝山慎一郎、石井敦 2011: 「地球温暖化の科学とマスメディア—新聞報道による IPCC 像の構築とその社会的含意」『科学技術社会論研究』9, 70-82.
- Cervený, R. S. and Shaffer, J. A. 2001: “The Moon and El Niño,” *Geophys. Res. Lett.*, 28, 25-28.
- Choi Y.-S., Kim B.-M., Hur S.-K., Kim S.-J., Kim J.-H. and Ho C.-H. 2014: “Connecting early summer cloud-controlled sunlight and late summer sea ice in the Atlantic,” *J. Geophys. Res: Atmospheres* DOI : 10.1002/2014JD022013, (published on line).
- 藤田耕史 2008: 「氷河をめぐる誤解と思い込みが招く危うさ」『論座』7月号, 88-95.
- 深井 有 2011 : 『気候変動とエネルギー問題』中公新書 2120.
- Harde, H. 2014: “Advanced Two-layer Climate Model for the Assessment of Global Warming by CO<sub>2</sub>,” *Open Journal of Atmospheric and Climate Change*, <http://www.scipublish.com/journals/ACC/papers/864>, (2014.10.17).
- IPCC 第4次報告書・技術 2007 : 『気候変動に関する政府間パネル、第1作業部会により受諾された報告書 技術要約 (和訳版)』, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-ts.pdf>, (2014.6.1).
- IPCC 第4次報告書・概要 2007: 『気候変動に関する政府間パネル、第4次評価報告書 第1作業部会報告書 概要及びよくある質問と回答 (気象庁訳)』, <http://www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>, (2014.6.1).
- IPCC 第4次報告書・政策II 2007 : 『気候変動に関する政府間パネル、第4次評価報告書、第2作業部会報告書 政策決定者向け要約』, <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar5/>, (2014.6.7).
- IPCC 第5次報告書・政策I 2013 : 『気候変動に関する政府間パネル、第5次評価報告書、第1作業部会報告書 政策決定者向け要約』, <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar5/>, (2014.6.7).
- 伊藤公紀 1999 : 「地球温暖化問題の新局面、太陽・気候関連のミッシングリンク」『科学』69, 665-669.
- 伊藤公紀 2006 : 「気候変化要因の分析：現状と課題 2、有効な環境政策のための気候モデルとは」『エネルギー・資源』27 (2), 30-34.
- 伊藤公紀 2009a: 「地球温暖化：その科学的真実を問う」新春 e-mail 討論、『エネルギー・資源』30 (1), 5-6.
- 伊藤公紀 2009b: 「地球温暖化：その科学的真実を問う(2)」新春 e-mail 討論、『エネルギー・資源』30 (2), 71-72.



- 伊藤公紀 2010a:「ホッケースティック曲線の何が間違いなのかー本当の気温変動はわかったか」『現代化学』446, 58-62.
- 伊藤公紀 2010b:「温暖化・気候変動問題の都市伝説と現実解」『エコノミスト』2010年3月28日号.
- 伊藤公紀 2010c:「CO<sub>2</sub>削減の意味:気候変動緩和か、エネルギー政策か?」、仙台経済同友会講演資料、2010年11月9日.
- 伊藤公紀 2011:「日本は根拠なき温暖化対策に決別宣言をーCO<sub>2</sub>削減よりも社会のレジリエンス強化ー」『月刊ビジネスアイエコ』2011年12月.
- 伊藤公紀 2015:「見えてきた気候変動要因の本当の姿ー太陽風の気候影響を例として」『現代化学』2015年1月号, 28-31.
- 伊藤公紀、小川隆雄 2011:「地球温暖化問題へのセカンドオピニオン」『科学技術社会論研究』9, 98-111.
- 伊藤公紀、渡辺正 2008:『地球温暖化論のウソとワナ』KKベストセラーズ.
- 環境省 2013:「気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次評価報告書第1作業部会 (自然科学的根拠) の公表について (別紙)」, <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17176>, (2014.6.7).
- Kaser, G., Hardy, D. R., Moelg, T., Bradley, R. S. and Hyera, T. M. 2004: “Modern Glacier Retreat on Kilimanjaro as Evidence of Climate Change: Observations and Facts,” *Int. J. Climatol.* 24, 329–339.
- Knutti R. and Hegerl G. C. 2008: “The equilibrium sensitivity of the Earth’s temperature to radiation changes,” *Nature Geoscience*, 1,735-743.
- 近藤洋輝 2009:『地球温暖化予測の最前線』成山堂.
- Larger & Yeager 2012: “On the Observed Trends and Changes in Global Sea Surface Temperature and Air-sea Heat Fluxes (1984-2006)” *Amer.Meteorological Soc.*25, 6123-6135.
- Levitus, S., Matishov, G., Seidov, D. and Smolyar, I. 2009: “Barents Sea multidecadal variability,” *Geophys. Res. Lett.*, 36, L19604, doi: 10.1029/2009GL039847.
- Lin, X., Pielke, R. A. Sr., Hubbard, K. G., Crawford, K. C., Shafer, M. A. and Matsui, T. 2007: “An examination of 1997–2007 surface layer temperature trends at two heights in Oklahoma,” *Geophys. Res. Lett.*, 34, L24705, doi: 10.1029/2007GL031652.
- Mann, M. E. and Emanuel, K. A. 2006: “Atlantic Hurricane Trends Linked to Climate Change,” *Eos*, 87, 233, 238, 241.
- Matsui, T., and Pielke Sr., R. A.2006: “Measurement-based estimation of the spatial gradient of aerosol radiative forcing.” *Geophys. Res. Letts.*, 33, L11813, doi: 10.1029/2006GL025974.

- Mörner, N., Tooley, M., Possnert, G. 2004: “New perspectives for the future of the Maldives,” *Global and Planetary Change*, 40, 177–182.
- National Research Council, Climate Research Committee 2005: *Radiative Forcing of Climate Change: Expanding the Concept and Addressing Uncertainties*, The National Academic Press.
- Nyberg, J., Malmgren, B. A., Winter, A. et al. 2007: “Low Atlantic hurricane activity in the 1970s and 1980s compared to the past 270 years,” *Nature*, 447, 698-702.
- パチャウリ・ラジェンドラ、原沢秀夫 2008 : 『NHK 未来への提言、ラジェンドラ・パチャウリー地球温暖化 IPCC からの警告』 日本放送出版協会.
- Palamara, D. R. and Bryant, E.A. 2004: “Geomagnetic activity forcing of the Northern Annular Mode via the stratosphere,” *Annales Geophysicae*, 22, 725–731.
- Pielke Jr., R. A., Gratz, J., Landsea, C. W. et al. 2008: “Normalized Hurricane Damage in the United States 1900–2005,” *Natural Hazards Review*, February, 29-42.
- Pielke Sr., R. A., Marland, G., Betts, R. A., Chase, T. N., Eastman, J. L., Niles, J. O., Niyogi, D. S. and Running, S. W. 2002: “The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system: relevance to climate-change policy beyond the radiative effect of greenhouse gases,” *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 360, 1705-1719.
- Raina, V. K. 2009: “Himalayan Glaciers, A State-of-Art Review of Glacial Studies, Glacial Retreat and Climate Change,” MoEF Discussion Paper, Ministry of Environment & Forests, Government of India.
- Ramanathan, V. and Carmichael, G. 2008: “Global and regional climate changes due to black carbon,” *Nature Geosci.*, 1, 221-227.
- Ramos da Silva, R. and Avissar, R. 2005: “The impacts of the Luni-Solar oscillation on the Arctic oscillation,” *Geophys. Res. Lett.*, 32, L22703, doi: 10.1029/2005GL023418, 2005, 1-4.
- Shindell, D. and Faluvegi, G. 2009: “Climate response to regional radiative forcing during the twentieth century,” *Nature Geosci.* 2, 294-300.
- Spruit, H. C. 1991: “Theory of Luminosity and Radius Variations,” in “*The Sun in Time*,” (eds. C. P. Sonett, et al., The University of Arizona Press, 1991) pp. 118-158.
- Stone, B. Jr. 2009: “Land Use as Climate Change Mitigation,” *Environ. Sci. Technol.*, Publication Date (Web): November 12: DOI: 10.1021/es902150g.
- 杉山大志 2008 : 『続これが正しい温暖化対策』 エネルギーフォーラム.
- 杉山大志 2013 : 「IPCC 第 5 次評価第 2 部会報告書の疑問点 (速報)」 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー : SERC14003.  
<http://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/index.html>, (2014.9.16).

- 住 明正 2014 : 「地球温暖化を巡る最近の話題－IPCC 第 5 次報告書を受けて」 『エネルギー・資源』 35 (3), 1-4.
- スペンサー・R・ワート 2005 : 増田耕一・熊井ひろ美共訳『温暖化の発見とは何か』みすず書房.
- 高橋 潔 2006 : 「ここが知りたい温暖化! aha 01-2」 『地球環境研究センターニュース』 17,11-12.
- The Cryosphere Today 2015: “Northern Hemisphere Sea Ice Area,”  
<http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphre/>, (2015.1.20).
- Tiljander, M., Saarnisto, M., Ojala, A. K. and Saarinen, T. 2003: “A 3000-year palaeoenvironmental record from annually laminated sediment of Lake Korttajärvi, central Finland,” *Boreas*, 32, 566-577.
- Verschuren, D., Laird, K. R. and Cumming, B. F. 2000: “Rainfall and drought in equatorial east Africa during the past 1,100 years,” *Nature*, 403, 410-414.
- Watts, A. 2009: “Is the U.S. surface temperature record reliable ? , ”  
<http://www.surfacestations.org/>.
- Webb, A. 2006; “*Tuvalu Technical Report- Coastal Change Analysis Using Multi-Temporal Image Comparisons- Funafuti Atoll.*” EU EDF 8/9 – SOPAC Project Report 54.
- Webster, P., Holland, G., Curry, J., and Chang, H. 2005: “Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment,” *Science*, 309, 1844-1846.
- Wu, M-. C., Yeung, K-. H. and Chang, W-. L. 2006: “Trends in Western North Pacific Tropical Cyclone Intensity,” *Eos*, 87, 537-538.
- Zhang, P., Cheng, H., Edwards R. L. et al. 2008: “A Test of Climate, Sun, and Culture Relationships from an 1810-Year Chinese Cave Record,” *Science*, 322, 940-942.

## 第3章 気候変動枠組み条約及び京都議定書とその問題点

### 3.1 緒論

第3章では、ファーストオピニオンのもう一つの柱である「気候変動に関する国際連合枠組み条約（UNFCCC）及び京都議定書の枠組み」（以下、「UNFCCC/京都議定書レジーム」と呼ぶ：レジーム＝国際枠組み）について地球温暖化対策ツールとしての有効性を評価し、その問題点の明確化と今後の政策提案について検討した。

UNFCCC は、1992年の国連環境開発会議（UNCED）において採択され、1994年3月21日、50か国の批准により発効した。

UNFCCCの目的は、条約第2条において、「気候に対して危険な人為的干渉を及ぼすことと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。」とされている。この「危険でない水準」とは、生態系が気候変動に自然に適応でき、食糧の生産が脅かされず、経済開発が持続可能な態様で進行することが出来るような期間内に達成されるべきである、とされている。

また、UNFCCCの主旨は「気候変動に対処すること」であるが、条約の究極の目的は、「温室効果ガス濃度を安定化させること」（第2条：目的）となっており、条約の主旨と目的が整合していない。

UNFCCCの構築は、当時の国際条約（例えば、1985年のオゾン層の保護のためのウィーン条約及びその2年後のオゾン層破壊物質に関するモントリオール議定書）に倣って、基本とする枠組条約を最初に締結し、その後、個別の具体的義務に関して議定書を採択するという、枠組条約－議定書方式が採用された。このため、その後UNFCCCが有効性を発揮できない要因の一つとなっている。

京都議定書は、枠組条約（UNFCCC）の目的達成の機能を果たすことを目的として提案され、1997年12月第3回条約締約国会議COP3（京都）において正式に採択された。

その後、2004年11月にロシアが批准したことにより、①155か国以上の国による議定書締結、②締結した条約付属書I国<sup>1)</sup>の1990年の温室効果ガス排出量の合計値が、全付属書I国の温室効果ガス総排出量の55%以上を占めること、の2つの条件が満足されたため、規定により90日後の2005年2月16日に発効した。

京都議定書の発効時には、6種類の規制物質－二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、ハイドロフルオロカーボン（HFCs）、パーフルオロカーボン（PFCs）、6フッ化硫黄－について排出削減目標が定められた。これらの温室効果ガスについては、2008年～2012年の第1約束期間に、付属書I国（先進国）全体で1990年レベルの排出量の5%を削減することが決められ、5%目標の達成のため先進国に国別削減目標が

割り当てられた。例えば、EU 8%、米国 7%、日本 6%などである（米国は 2001 年に京都議定書から離脱した）。また、京都議定書には、「京都メカニズム<sup>2)</sup>」と呼ばれる柔軟なメカニズムが盛り込まれたことが、他の条約－議定書の事例にはない特徴である。

その後、京都議定書については、2013 年から第 2 約束期間が開始されているが、日本、ロシア、ニュージーランドが離脱したため、温室効果ガスの排出削減義務を負う国は、EU の 27 か国とオーストラリア、スイス、ノルウェーなど先進 10 개국で、1990 年比で 2013 年～2020 年の間に 18%削減することになっている（小西 2013）。このように、削減義務国が減少したことで、今後さらに実効性が低下することが懸念されている。

### 3.2 UNFCCC/京都議定書レジームの特徴

一般に、枠組み条約の特徴として、条約には理念（枠組み）だけが盛り込まれ、具体的取り決めは議定書に書かれることである。

国際的環境政策では、始めから具体的な合意事項を決めるのが難しいため、この形式をとることが多い（サスカインド 1996, p. 47）。例えば、1979 年制定の「長距離越境大気汚染条約」があるが、実施に時間がかかるため効果が出にくいとされる（伊藤・渡辺 2008）。

このような問題があるにしろ、気候変動枠組み条約は、その序文で書かれているように、途上国の持続可能な経済成長と貧困撲滅への考慮、島嶼国など脆弱な国・地域への配慮を謳うなど、その理念は高い。

UNFCCC の特徴の一つは、表 3-1 に示す通り先進国の義務と途上国への配慮が明確に規定されたことである。

条約序文では、「過去及び現在の温室効果ガス排出量の最大部分は先進国によるものであり、途上国における一人当たりの排出量は依然として少なく、今後ニーズに応じて増加していくことに留意し、---」と謳っている。すなわち、先進国による過去の歴史的な温室効果ガス排出の責任が強調され、途上国の発展に支障が出ないように配慮することとされている。

二つ目は、各国の発展の度合いに応じて締約国が負う義務に、下記の通り差異を設けていることである。

- すべての締約国に適用される義務
- 付属書 I 国（OECD 加盟国と旧社会主義国）に適用される義務
- 付属書 II 国（OECD 加盟国）に適用される義務

三つ目は、条約の目的達成のため下記の 5 つの原則を定めていることである。

- 衡平の原則及び共通だが差異ある責任原則
- 発展途上国などの個別のニーズ、特別な事情への考慮原則
- 予防原則
- 持続可能な発展の原則
- 協力的・開放的な国際経済体制の確立に向けての協力原則

表 3-1 UNFCCC における先進国の義務と途上国への配慮

	先進国の義務	途上国への配慮
温室効果ガスの排出	過去・現在の温室効果ガスの排出の最大部分を占める責任	1人当たりの排出量を、今後、途上国のニーズに応じて増加する権利
締約国の差異ある責任	各国の能力に応じた責任	各国の事情に応じた対応
資源の開発	資源開発が資源国の権利及び他国の環境を害さない責任	資源国の主権的権利を有する
法的規制	環境法規制は他国の損失をもたらさないこと	各国主権による環境法規制を制定する権利
排出抑制	化石燃料に生活を依存した国における困難に配慮する責任	化石燃料に生活を依存した国が排出抑制で困難を生むおそれ
持続可能な経済成長と貧困撲滅	持続可能な経済成長と貧困撲滅への配慮	持続可能な経済成長の実現と貧困撲滅が優先課題
持続可能な開発と資源取得	持続可能な開発と資源取得への配慮	持続可能な開発とエネルギー、資源取得が各国の権利

これらの原則は、180以上を越える条約締約国が一つの目的に向かって協調していくためには欠かせない内容であるが、後述するように、これらの原則（特に、差異ある責任原則）が国際交渉の進展に支障となっている。

京都議定書の効果について評価する報告としては、荻ら（2008）による、「人類が初めて温室効果ガスを削減するという目標を掲げたことで、大変意義のある国際協定である。」ことや、杉山（2008）による「トーマス・シェリング教授が講演の中で『京都議定書により、10年間で地球温暖化問題に対する一般社会の意識が高まった』と述べたことが地球温暖化問題への関心を高めた。」がある。

### 3.3 UNFCCC/京都議定書レジームの問題点

#### 3.3.1 構造的な問題

UNFCCC/京都議定書レジームの有効性については、これまで多くの報告が出されているが、その論調は総じて、地球温暖化問題への効果に関して批判的なものである。例えば、ハートウエル論文（Prince et al. 2010）では、「京都型アプローチは、オゾン層に係る条約などの手法を手っ取り早く拝借して作られた。これらの単純な問題と異なり、気候変動は非常に厄介（wicked）な問題だったため、気候対策の枠組みに構造的な誤りが生じた。」と述べている。このように、問題点の多くは、条約の成立に関わる政治的なものと、条約の構造的な欠陥である。

政治的には、条約の成立時から各国の思惑が交錯していたため、妥協的な内容になっていることである。例えば、スペンサー（2005）によれば、「1992年の国連環境開発会議に集まった世界各国の指導者の大部分は、温室効果ガスの排出削減義務の決定を求めた。しかし、米国が含まれなければ意味がないとの考えから、妥協の産物としてのUNFCCCが150を超える国々によって署名された。その結果、曖昧なところが残され、各国政府に対する逃げ道が十分に残された。」と指摘している。

また、京都議定書の成立に関しても、1997年のCOP3（京都）に6,000名もの公式代表者と更に何千名もの環境団体及び産業界の代表者が参加し、そこに大勢の記者達が群がって一大イベントになり、最終日には米国からゴア副大統領が参加して強引に妥協案を成立させた（スペンサー 2005）、との指摘がある。

これらのことから地球温暖化問題は、先進国と途上国の間の衡平性の問題が大きく影響していると思われる。

構造的な問題としては、サスカインド（1996）の指摘がある。サスカインドは、気候変動枠組み条約並びに生物多様性条約などの例から、条約－議定書アプローチの基本的な欠陥点として次の7項目を挙げている；

- 条約の実施が長期にわたって引き伸ばされる
- 参加国の最小共通項的な協定に落ち着く
- すべての締約国に同じ要求事項を課す
- 条約成立時点以降の科学的、技術的情報を無視する
- 条約交渉は有力な大国の主導で行われる
- 交渉の過程で、ある国の誤った主張への対応手段を持たない
- 複数の選択肢の提示と適切な選択のルールを持たない

気候変動枠組み条約の場合も、上記のサスカインドが指摘する欠陥の殆どが該当する状況が見られ、今後の新たな枠組み構築には、これらの点をいかに解決するかが対応のポイントとなる。

### 3.3.2 実施上の問題

UNFCCC/京都議定書レジームについて、これまで多くの指摘がされているが、主な問題点は以下のとおりである；

第一は、義務的な削減目標の決め方である。これに関して以下の指摘が出されている。削減義務を負うのは先進国だけであり、2005年時点で削減義務国の合計排出量は世界全体の約26%をカバーするだけであった。目標はその5%を削減することなので、全て達成しても世界全体の温室効果ガス排出量の約1.3%を減らすことにはかならない（伊藤・渡辺 2008, p. 225）。さらに、基準年を1990年としたことも問題とされている。すなわち、1990年頃から2007年の期間においては、日本、米国、カナダ、オーストラリアはCO<sub>2</sub>を大きく増やしたが、EU内では、ドイツは旧東ドイツの工場を削減し、イギリスは、石炭から天然ガスに燃料転換を図るなどでCO<sub>2</sub>排出量を減らしていたことがあり、このような事情を考慮していないため衡平な目標設定が出来ていない（伊藤・渡辺 2008, p. 223）。また、拘束力のある国別の総量排出削減目標としたことで、「結果」が問われることになり、各国が自らの主権に基づいて実行する「行動の約束」が不可能となった（杉山 2008）。また、UNFCCCの主旨から温室効果ガスのみを削減目標としているため、種々の要因を考慮して気候変動を防止する対策目標に欠けている（伊藤・池田 2007）。

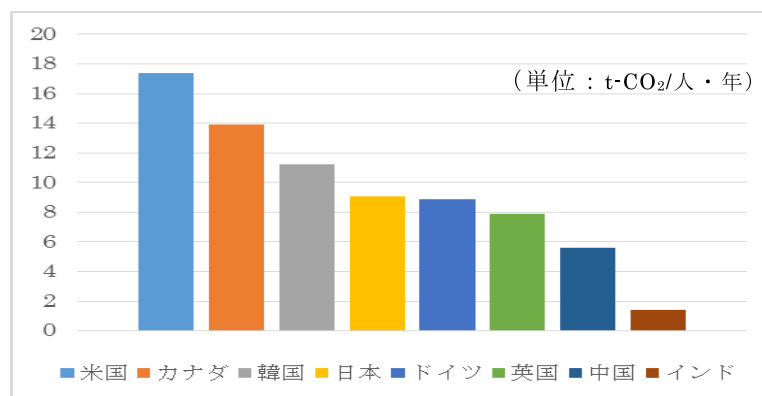
第二は、衡平性の問題である。気候変動枠組条約の理念である「持続可能な開発」及び「衡平の原則」が殆どUNFCCC/京都議定書レジームに反映されず、むしろ、世界を経済的に豊かな地域と貧しい地域に分断し、南北格差を助長した（池田 2007）。途上国は、京都議定書第2約束期間（2013年～2020年）においても温室効果ガスの削減義務を拒否し続けているが、中国・インドなどの削減義務のない国におけるCO<sub>2</sub>排出量の増加は、排出削減義務を負う付属書I国（先進国）の合計を上回る状況にある。また、米国は、一人当たりCO<sub>2</sub>の排出量は最も多く（図3-1）、総排出量も世界第2位であるにも拘わらず削減義務を負っていない。

一方、京都議定書の定める「先進国」の定義は客観的な基準、根拠によるものではない、との指摘（荻ら 2008）がある。荻ら（2008）は、76か国（うち付属書I国は27か国）について、国別GDP、一人当たりGDP、国別CO<sub>2</sub>排出量、一人当たりCO<sub>2</sub>排出量の4項目を比較した結果、どの項目についても、上位27か国に該当する国には、大きなばらつきがあった。例えば、一人当たりGDPでは上位27か国に途上国が7か国（約26%）含まれており、京都議定書の付属書I国（先進国）と非付属書I国（途上国）の分類は不相当であるとしている。

第三は、数値目標の達成方法の問題である。京都メカニズムの運用ルールの問題や排出権取引におけるホット・エア<sup>3)</sup>の存在などが問題であり、京都メカニズムそのものが先進国の抜け道であり、国内対策を怠る危険性があると指摘されている（荻



ら 2008)。また、トップダウン的な排出枠設定方式は、各国の国益を超えた地球規模のグローバルガバナンスまたは「世界政府」のような体制が存在しない限り、目標達成の可能性はない（杉山 2008；池田 2007）、との指摘も出ている。



EDMC (2013)に基づき作成

図 3-1 世界の1人当たりのCO<sub>2</sub>排出量(2010年)

### 3.3.3 UNFCCC/京都議定書レジームの今後の課題

#### (1) 衡平性の確保

高村・亀山（2005, p. 152-154）によれば、国際条約における衡平性への配慮要因として次の3点を挙げている。

- 地球全体の排出量の配分に基づく衡平性：一人当たり排出量（平等原則）、現状の排出量基準（既得権益重視）、汚染者負担原則、支払能力配慮原則など。
- 制度実施後の結果に基づく衡平性：コスト増加の一律化（横軸の衡平性）、一人当たりGDP基準（縦軸の衡平性）、影響を受ける国を補償（補償衡平性）、世界最小コスト（実利的衡平性）など。
- 地球全体の排出量の配分決定プロセスにおける衡平性：コンセンサス衡平性、市場万能主義など。

衡平性に関して、これらの要素にどこまで配慮すべきかについては、1995年から開始された京都議定書の交渉の主要事項の1つであったが、結局盛りこまれたのは、上記の既得権益重視と支払能力配慮原則だけであった（高村・亀山 2005）。

今後の有効性改善には、上記の衡平性確保の要素を考慮し、一人当たりの排出量を平等にする方法（平等原則）や一人当たりのGDPを基準に排出量を決定することが適切と考える。これに関して、荻ら(2008)は、一人当たりのGDPにより以下の3

ランクに分類して、削減目標を決めることを提案している。

- 20,000 ドル以下（ランクⅠ）：この層においては、GDP の増加に伴い一人当たり CO<sub>2</sub> 排出比率が増加する
- 20,000~36,000 ドル（ランクⅡ）：この層においては、GDP の増加に伴い一人当たり CO<sub>2</sub> 排出比率の増加傾向が低下する（省エネ等の技術的寄与が効果を発揮し始める）
- 36,000 ドル以上（ランクⅢ）：この層においては、GDP の増加に伴い一人当たり CO<sub>2</sub> 排出比率が減少する（省エネ等の技術が効果を挙げる）

この提案の特徴は、途上国の今後の経済発展がこれまでの先進国レベルまでは温室効果ガスの排出が容認されることであり、途上国が容易に将来枠組に参加しやすくなることである。

また、一人当たりの排出量を平等にする方法（平等原則）を適用した場合は、**図 3-1** から、米国、カナダは、より厳しい状況になると予想されるが、この両国が努力して他の先進国と同等レベルになることは、温室効果ガス削減に有効であるだけでなく、両国にとってもエネルギーコストの低減に繋がる可能性がある。

## (2) 日本の対応

UNFCCC/京都議定書レジームの詳細な内容は、議定書採択時から明確にされていたにもかかわらず、何故多くの国（特に、日本などの排出削減目標の達成が困難と予想された国）が、不利と知りつつ批准することになったのであろうか。これに対する答えとして杉山（2008）は、トーマス・シェリング教授の講演から、「1997年に京都議定書で『結果』に対してコミットした国々は、国内の措置はどういったものがよいか、どういった措置をとれば、コミットメントを果たすことが出来るかという『行動』について分かっていなかった。また米国も、批准を検討した時点で、税制とか規制、補助金、技術開発をどのようにすれば達成できるかは、分かっていなかった。」と述べている。

このように日本が京都議定書を批准した背景には、批准時にその有効性（特に、どのような道筋で削減目標が達成できるか、達成した場合の効果は何か等）について、日本を含む多くの締約国において十分に理解されていなかったことがあったと思われる。そのため、日本と米国においては、下記に示したとおり、その後の政策に大きな差が出ている。

日本における具体的対応は、2005年に「京都議定書目標達成計画」が閣議決定されたことで本格的な活動が開始された。しかし、第1約束期間（2008年~2012年）における気候変動対策の中味は、従来の企業の自主行動計画と国民への呼びかけが中心であった。すなわち、森林吸収と京都メカニズムによる国外からの調達による削減が5.4%を占めており、根本的な政策転換は盛り込まれなかった（表 3-2）。

この状況の中で、2007年10月世界銀行が各国の温暖化対策を評価した結果によれば、日本は70か国中62位で先進国では最下位であった。その理由は、日本は経済・人口の伸びが低いにも拘わらず、CO<sub>2</sub>排出量の伸びが高いことであった（松下2011, p. 226）。

その後、2007年12月COP13（バリ会合）において日本は、2013年以降の京都議定書第2約束期間の新たな枠組みとして「セクター別アプローチ」を提案した。その背景となったのは、日本経団連（2008）の「ポスト京都議定書における地球温暖化防止のための国際枠組みに関する提言」であった。この提言の骨子は、全ての主要排出国の参加の下、エネルギー効率を基に目標設定し、国連が進捗をチェックすることであったが、途上国の反発があり、公式には認知されなかった。さらに、2008年には「地球温暖化対策に関するビジョン（福田ビジョン）」として意欲的な提案を行ったが、世界に対して明確に日本のメッセージを伝えるには至らず、イニシアチブをとることは出来なかった（松下2011, p. 197）。

表 3-2 日本政府の「6%削減」（第1約束期間：2008年～2012年）の内訳

区分	対策の分野	割り振り
国内での排出削減	エネルギー起源 CO <sub>2</sub>	+1.3～+2.3%
	非エネルギー起源 CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O	-1.5%
	代替フロン等3ガス	-1.6%
森林吸収と国外からの調達	森林の吸収源（国内）	-3.8%
	京都メカニズム	-1.6%
計		-6.2～-7.2%

気候ネットワーク（2009, p. 94）を基に作成

国内の政策についても、2009年に日本版グリーン・ニューディールが提唱されたが、短期的な経済刺激策の一部としての寄せ集めの環境対策に留まり、将来への明確なビジョンは出されていない。個別には、省エネ家電への買い替え促進策としてのエコポイント制度も CO<sub>2</sub>削減の実効性に疑問がある政策であった（松下2011, p. 230）。

このように、日本国内で実施されてきた対策の多くは産業界や国民の自主的努力に依存する内容で、政策的裏付けが不十分である。例えば、政府が奨励しているクールビズ、エアコンの温度調整、アイドリングストップなどは、本来こうしたこと

は個人が自発的に行うべきもので、「政策」とはいい難い。むしろ、税制改革や排出者負担原則に沿った根本的な社会構造の改革につながる施策の実施こそ政府主導で行うべきである。

### (3) 米国の対応

米国は、京都議定書が米国経済に悪影響を与えること、開発途上国が温室効果ガス削減義務を課しておらず不公平である、との認識があり、この背景として米国のフロンティア・メンタリティが影響している（松下 2011, p. 62）。

すなわち、松下（2011, p. 64-69）によれば、「地球環境問題に関して、アメリカは国内規制が先行し、それが国際規制と適合する場合に国際的なリーダーシップを発揮する。また、京都議定書から離脱した米国政府も、UNFCCC の枠内にとどまり、米国内で独自に温室効果ガスの削減（例えば、燃料電池の開発等）に努力している。」と述べている。

このように、米国の温暖化政策は、他国の政策・意図に惑わされずに本質を見据えて自国の国益に叶った「後悔しない政策」で対応していることが判る。

### (4) 京都議定書不平等条約論の誤り

一般的には、京都議定書は日本にとって不利な約束になっていると考えられている。松下（2011, p. 176）によれば、「不平等条約であるという言い分には、2つある。1つは、途上国に削減義務がないこと。2つ目は、先進国の中の削減目標配分が不平等というものである。」と述べている。松下はこれらに対し、「前者は、UNFCCC の成立時に『平等だが、差異ある責任原則』が盛り込まれ、それを承知で日本も批准しており批判する根拠はない。また、『日本の削減目標（1990年比-6%）は厳しい』との各国の理解により、特別に森林吸収による削減分 3.8%が認められた経緯がある。これらの条件を承知で批准しており、批判する理由はない。」と指摘している。

これらのことから、日本は、1997年の京都会議の議長国であったことを考えれば、当時その場で、日本の実情を世界各国に良く知ってもらうことの努力が足りなかったのではないか。また、上記のような温暖化問題の国際交渉においては、日本は、アジアにおいてはリーダー的立場であったと考えられることから、途上国の削減義務なしで削減目標が決まったことについても、拙速で態度を決定するのではなく、決定時期を先に延ばしてでも、アジア諸国等との連携により、具体的な削減策の検討に時間をかけるべきであったと思われる。

以上のことから、今後、日本としては、先ず国内において実質的に CO<sub>2</sub> 削減につながる施策について政府による方向を示し、それに沿って産業界が省エネ、省資源に関する知恵を出すことで CO<sub>2</sub> 削減の実績を示すことが必要と考える。

### 3.4 まとめと結論

第3章では、UNFCCC/京都議定書レジームのこれまでの実績から、特に温暖化対策の有効性について検討を行った。

その結果、UNFCCC/京都議定書レジームの反省点としては、以下の3点にまとめられる。

第一に、構造的な問題として、サスカインド（1996）が指摘する条約・議定書アプローチの一般的欠陥（例えば、大国主導や実施の長期化）が支障となっていることや、「差異ある責任原則」による先進国と途上国間の意識の格差により実効性の低下につながったことがある。

第二は、主旨の違いの問題がある。IPCCCでは「気候変動」について、その対象を人為的及び自然的要因を取り扱うとしているのに対し、UNFCCC/京都議定書レジームでは、人為的温室効果ガスの濃度安定化を最終目的としており、具体的対策がCO<sub>2</sub>削減に偏っている。

第三には、実施上の問題として、削減目標の決め方及びその達成方法の問題が挙げられる。削減目標は一部の先進国のみに義務化され、米国や途上国は含まれないことから、世界全体の温室効果ガスの排出量に対し効果は限定的である。また、目標がトップダウン的に決められ、目標自体が行動の約束ではなく結果重視となっていること、その達成に経済的措置（京都メカニズム）を導入したこと、などが効果を発揮しなかった要因として挙げられる。

以上のことから、今後の地球温暖化対策には、ハートウエル論文が推奨する「発想の転換」を行うことが必要である。伊藤（2011）によれば、「気候変動問題において、発想の転換を図るには、原因を問うよりも、社会の脆弱性と回復性に着目した対応が適当である。すなわち、ある程度のCO<sub>2</sub>削減を行ない、社会や生態系の脆弱性を減らし、また回復性を強め、さらに気候変動に科学的な検討を深めるとともに、起きる現象をモニターしつつ、起きたことには対策を執ること。」を推奨している。

今後、温室効果ガス以外の因子も含めた対策を推進するためには、現在のUNFCCCでは限界がある。しかも、サスカインド（1996）が指摘するように、枠組み条約方式は、新しい知見や状況の変化の取入れが出来ないため、有効性が薄れる傾向を持つ。そこで、温室効果ガス以外の人為的要因と自然要因を含む、包括的気候変動条約のような新しい条約、あるいは、UNFCCCのCO<sub>2</sub>重視から幅を広げて多様な温暖化影響因子の取り扱いを可能とする条約改正が必要と思われる。あるいは、より現実的な対応として、条約の改正にはUNFCCCが対象としている「人為的な」範疇に含まれる「着色エーロゾル」を取り込むことで、比較的無理なく各国の合意が得られる可能性がある。

政治的要因の排除としては、ボトムアップ的手法を取り入れ、セクター別アプローチなどにより、広く民間のポテンシャルを活用することが考えられる。また、公平性の確保については、各国の経済的・技術的基盤の差異に配慮し、一人当たり排出量または一人当たり GDP を基準とした排出量目標などによる促進的手法を導入することが考えられる。

このように、今後の温暖化対策を軌道に乗せるには、UNFCCC/京都議定書レジームについても新しい可能性を検討し、持続可能性を保証しつつ、地球温暖化問題に対処することが必要であると考えられる。

## ■ 注

- 1) 付属書 I 国は、西側先進国とロシア・東欧諸国の計 40 개국と欧州共同体。なお、付属書 II 国は、OECD（韓国・メキシコ・トルコ及び東欧諸国を除く）の 23 개국と欧州共同体（西側先進国ともいう）（気候ネットワーク 2009）。
- 2) 京都メカニズムは、次の 4 つの仕組みからなる；①共同達成（数値目標を共同で達成する、先進国間での取り組み）、②共同実施（先進国が削減した排出枠を他の先進国に移転、又は先進国から獲得すること）、③排出権取引（先進国が割当量の一部を譲渡できる仕組み）、④クリーン開発メカニズム（途上国が先進国に協力することで、先進国の数値目標達成を支援すること）。
- 3) ホットエアとは、ロシア・ウクライナ等旧ソ連・東欧諸国において、経済の低迷・混乱で CO<sub>2</sub> が大幅に減り、京都議定書の目標を達成してもさらに余裕があること。それが排出量取引で他国に売られ、その国が国内削減努力を怠ってしまうことが問題視されている（気候ネットワーク 2009）。

## 参考文献

- EDMC 2013 : 『エネルギー・経済統計要覧 (2013 年版)』 日本エネルギー経済研究所.
- 池田寛二 2007 : 「気候格差の真実」『現代思想』、特集＝温暖化の真実－環境問題の  
発見、135 (12), 92-108.
- 伊藤公紀 2011 : 「地球温暖化の向かう先－クライメート事件、原発事故が及ぼす影  
響－」『現代化学』 2011 年 7 月, 21-26.
- 伊藤公紀、池田清彦 2007 : 「冷静に温暖化を考える」『現代思想』、特集＝温暖化の  
真実－環境問題の発見、135 (12), 64-77.
- 伊藤公紀、渡辺正 2008 : 『地球温暖化論のウソとワナ』 KK ベストセラーズ.
- 気候ネットワーク 2009 : 『新版良く分かる地球温暖化問題』 中央法規出版.
- 小西雅子 2013 : 「カタール・ドーハ COP18 COPMOP8 報告」 WWF ジャパン,  
<http://www.wwf.or.jp/staffblog/2012/11cop18.html>, (2015.1.22).
- 松下和夫 2011 : 『地球環境学への旅』 文化科学高等研究院 (EHESC) 出版局.
- 日本経団連 2008 : 「ポスト京都議定書の国際枠組に関する提言－COP14 に向けた産  
業界の見解－」, <http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2008/084.html>,  
(2014.12.3).
- 荻万里絵、高橋優花、田中伶以子 2008 : 「実行的なポスト京都議定書に向けて－差  
異ある責任原則の再検討」『ISFJ 政策フォーラム 2008 発表論文』 ISFJ 日本政策学  
生会議.
- Prince, G., Galiana I., Green C. et al. 2010: “ A New Direction for Climate Policy After the  
Crash of 2009,” The Hartwell Paper, Institute for Science, Innovation and Society,  
University of Oxford and MacKinder Center for the Society of Long-Wave Events,  
London School of Economics.
- 日本語訳 『2009 年の行き詰まり後の新たな温暖化対策の方向性』 2010 年 5 月  
[http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The\\_HartwellPaper\\_Japanese\\_translation.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The_HartwellPaper_Japanese_translation.pdf).
- スペンサー・R・ワート 2005 : 『温暖化の発見とは何か』 増田耕一、熊井ひろ美(訳)  
みすず書房, 211-217.
- 杉山大志 2008 : 『続これが正しい温暖化対策』 エネルギーフォーラム社.
- サスカインド, L.E. 1996 : 『環境外交』, 吉岡庸光 (訳) , 日本経済新聞社.
- 高村ゆかり、亀山康子 2005 : 『地球温暖化交渉の行方』 大学図書.

## 第4章 セカンドオピニオン

### 4.1 緒論

これまで、第1章～第3章において、IPCC報告の問題点やUNFCCC/京都議定書レジームにおけるトップダウン的なCO<sub>2</sub>削減策の実効性低下が、地球温暖化対策の行き詰まりにつながっていることを見てきた。

地球温暖化問題は、非常に複雑であり自然要因、人為的要因など多くの原因が関係しているため、医療と同様のアプローチが有効であるとされる(伊藤・小川 2011)。環境科学と医学には類似点が多い。これは単なるアナロジーではなく、一般的に複雑なシステムが共通な論理に従うためである(カウフマン 1999)。病気の治療におけるセカンドオピニオンの重要性が認識されるようになったのと同様に、環境政策にもセカンドオピニオンは必要である。

セカンドオピニオンとは、「文字通り、『第二の意見』のことであり、患者がより良い決断をするために専門的な意見を聞くこと」と定義される(西島 2002)。セカンドオピニオンの考え方は、米国において保険会社の立場から治療コストを抑制する目的で始まったとされている。すなわち、ファーストオピニオン(患者が主治医から聞く第一の意見)に対して別の視点からの意見を求めることであり、情報が増えることで選択肢が増え、その選択肢の判断において患者が医療に主体的に参加し、納得いく治療を受けることが出来るとされている(西島 2002)。

環境問題は、一般的に計測・診断・対策のプロセスを経ることが多いが、地球温暖化問題では、この全てにおいて従来の知識や経験では足りず、新規な科学や技術を開発しながらの対応とならざるを得ない。その意味では、地球温暖化あるいは気候変動の科学は粗い近似の段階にあると考えられる。そこで課題は、この近似度で得られる結果と、有効な診断や対策との関係について、どう判断するかである。

地球温暖化対策の中心的役割を担っている気候変動枠組み条約(UNFCCC)は、これまで地域・局所の気候変動については対応できていない。なぜなら、地域・局所的な気候変動は、温室効果ガスのみならず、エアロゾル、雲、風雨、土地利用など様々な要因が作用するからである(伊藤・渡辺 2008, p. 88)。

地球温暖化問題にも西洋的メンタリティ(表 4-1 参照)が影響している。すなわち、トンネルのように狭い視野から結論された現在の気候変動対策論(ファーストオピニオン)は、原因と考えるCO<sub>2</sub>を減らせば気温が下がって気候変動も減るという考え(分析的・単純化)で組み立てられているが、実際には、気候変動要因は多様でありCO<sub>2</sub>を減らしても気候変動は減らない(伊藤 2012)。

これに対し、東洋的メンタリティは関係性に着目し、病気の治療においても広角



レンズ的に患者の全身状態を見極め、一体的・融合的に身体の抵抗力・回復力の増強を優先する。このように、地球温暖化対策に関しても、社会・生態系の脆弱性を減らし、回復力を増すことが有効である。なぜなら、身体や地球気候システムのように複雑なシステムでは、「原因」が特定できるとは限らないからである。

表 4-1 東西メンタリティの特徴

	メンタリティの特徴
西洋人	理想重視、一般化、単純化、無矛盾、合理、望遠レンズ的、直線的变化、文脈・背景無視、分離・調和
東洋人	現実重視、個別化、複雑、矛盾容認、非合理、広角レンズ的、曲線的变化、文脈・背景重視、一体・融合

伊藤(2012)より

脆弱性・回復性アプローチに注目する理由は、本論文の第2章及び第3章で述べたように、IPCCの報告内容が温室効果ガス（特にCO<sub>2</sub>）にウエイトを置きすぎていることや、UNFCCC/京都議定書レジームにおける削減目標の設定に衡平性を欠くことなどの問題点があるからである。

このような認識のもとに、第4章では、IPCCの報告内容とUNFCCC/京都議定書レジームを中心とした温室効果ガス（特にCO<sub>2</sub>）削減対策をファーストオピニオンとみなし、今後の地球暖化問題の解決には新たな展開が必要であると考え、「セカンドオピニオン」として、その可能性について論じる。

## 4.2 セカンドオピニオンの検討

### 4.2.1 セカンドオピニオン導出の手順

医療における一般的なセカンドオピニオンを得る手順（図 4-1 左）に従って、地球温暖化対策に対するセカンドオピニオンの導出を行った。

手順に従って検討した結果を下記に述べる（図 4-1 右参照）。

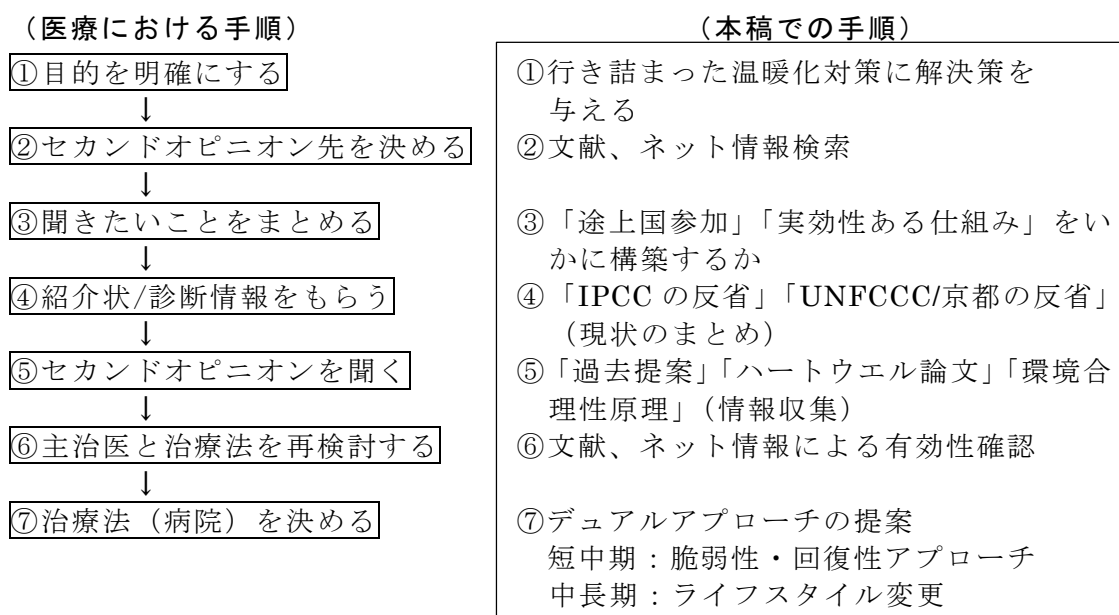


図 4-1 セカンドオピニオンの導出手順

#### 4.2.2 ファーストオピニオンの現状

##### (1) IPCC の反省

第 2 章では、IPCC のこれまでの報告から、特に原因についての検討を行った。「人為的温室効果ガスが地球温暖化の主原因である」とする報告については、現時点では、むしろ、海流や太陽活動などの自然要因の可能性が高いこと、また、人為的要因としてもエアロゾルや土地利用などが地域・局所の気候に影響を与えていることなどから、この結論を出すには情報が不十分である、と判断した。

したがって、IPCC からの知見の中で、以下の点を今後のセカンドオピニオンの視点として取り上げる。

- 地球温暖化は、自然起源要因、人為起源要因など多くの要因がからむ複雑な現象であるため、IPCC 報告を基に CO<sub>2</sub> 削減に特化した温暖化対策は実効性が低い。他の要因（エアロゾルなど）も考慮した対策が必要である。
- 地球温暖化について、大気中の CO<sub>2</sub> の平均濃度で判断することは、現象の一部を捉えているに過ぎない。地球気候システムにおける海流、気流、降雨、植生などの平面的要素のみならず、大気層、海洋層などにおける 3 次元での熱移動及び炭素循環などの要素についても考慮する必要がある。

- 地形的要因等により、地域気候変動への影響は大きく異なることから、地球規模の対策だけでなく、地域的・局所的な対策も考慮する。

## (2) UNFCCC/京都議定書レジームの反省

第3章では、UNFCCC/京都議定書レジームの温暖化対策の有効性について検討を行った。その結果、政治的要因や制度的欠陥による実効性の低下、先進国と途上国間における認識の隔たり、経済的措置の偏重などの反省点が見出された。

従って、以下の事項を今後のセカンドオピニオンの視点として取り上げる。

- 政治的な要因については、政府関係者が IPCC の報告結果に影響を与え、その結果を基に UNFCCC/京都議定書レジームの運用が行われたことが、有益な結果を生み出せなかった一因と考えられる。このため、今後の対策には、広く民間のポテンシャル（技術的、制度的両面）の活用を考慮することが重要である。
- 制度的には、トップダウン的にキャップ（排出枠）を被せて排出削減目標を設定したこと、及び先進国だけに義務が課されたことの弊害が大きい。このため、ボトムアップ的手法や各国の経済的・技術的基盤の差異に配慮した促進的手法を導入する。
- 先進国と途上国の位置づけは変化しているため、UNFCCC/京都議定書レジームが成立した 1990 年代とは大きく異なっており、今後の対策には途上国の参加が必須である。そのため、先進国が保有する人的資源を活用し、途上国の基盤強化と人材育成において先進国が指導力を発揮することが必要である。
- 京都メカニズムはうまく機能しなかったとの評価（クラブら 2000）や、クリーン開発メカニズム(CDM)は地球全体での CO<sub>2</sub> 排出を増やす可能性があり、IPCC の主旨と違う（松井 2004）との指摘がある。その原因は、京都メカニズム導入の動機が各国の利益優先の行動にあったと考えられる。今後は、各国がお互いに win-win の関係で協調的に目的を達する方向が求められ、「持続可能な開発」のためには、途上国への経済的支援とともに技術的支援が重要と考える。

## 4.2.3 セカンドオピニオンの情報収集

### (1) 過去提案に学ぶ

これまでの地球温暖化対策は、先進国による行動が主体であったため、京都議定書の採択当時からその有効性が疑問視されていた（クラブら 2000）。そのため、第2約束期間において京都議定書を改善するための検討が、2005 年の京都議定書発効後すぐに開始され、2012 年 COP18（カタール・ドーハ会合）で京都議定書第1約束期

間の延長という形で決着するまで多くの提案が出された。それらの提案は、高村・亀山（2005）により、詳しく報告されている。ここでは詳細な説明は省くが、表 4-2 において、特に今後の地球温暖化対策に活用可能と思われる対策案（\*印）について、以下にその概要を記述する（表中\*以外の提案の概要は章末の注 1）に示す）。

表 4-2 気候変動問題に関する枠組み提案

分類	提案例
排出量削減目標 設定あり	<ul style="list-style-type: none"> <li>● マルチ・ステージ・アプローチ---*</li> <li>● ブラジル提案</li> <li>● セクター別アプローチ---*</li> <li>● セクター別 CDM</li> </ul>
排出量削減目標 設定なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 持続可能な発展政策措置---*</li> <li>● 収縮・収斂提案</li> <li>● セイフティバルブ提案</li> <li>● 炭素集約度目標提案</li> <li>● 排出基準・効率基準提案</li> <li>● 2トラック・アプローチ</li> <li>● 技術基金創設提案</li> <li>● 国際炭素税提案</li> </ul>

高村・亀山（2005）に基づき作成

【マルチ・ステージ・アプローチ】

この提案は、排出削減義務国を次第に拡大し、時間の経過とともに段階的にその義務を強化していくアプローチである。途上国を含むすべての国が能力と責任に応じた排出削減対策に参加し、その能力に応じて段階的にステージ・アップすることで、削減負担の衡平な配分が可能となる。そのため、温室効果ガス排出削減の枠組みへの参加が容易である。

【セクター別アプローチ】

この案は、国内の排出量をセクター別に集計し、各セクターの排出量合計を基に国としての削減目標値を決める方式である。提出された各国目標値は全世界で集計され、その合計値を将来の目標排出量に収斂させることが特徴である。

具体的には、3つのセクター（発電、産業、民生）や7部門（発電、産業、家庭、交通、サービス、農業、廃棄物）で集計する案が提案されている。また、この案はボトムアップ・アプローチであり、トップダウン・アプローチに比べ、より各国の国内事情を反映した対応が可能となる。

日本では、日本経団連が、以前から「セクター別アプローチ」の推進を行ってきているが、その主旨は「国境を越えた業種ごとのセクターでエネルギー効率基準な

どを設定し、途上国に実質的な排出削減を求めること」とされている(松下 2011)。

2013年11月にポーランドで行われた COP19 会合におけるダーバン・プラットフォーム特別作業部会(Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action: ADP)では、セクター別対策や多国間環境条約の活用など、これまでの締約国会議(COP)とは異なるボトムアップ的対策が提案されている(福田 2014)。日本においても、鉄鋼業界ではコークス乾式消火法<sup>2)</sup>の開発により、大幅なエネルギー削減と CO<sub>2</sub> 削減を実現している(斉間 2013)。このようなセクター別の活動に対しては各国からも賛同があり、今後の地球温暖化対策として有効であると考えられる。

#### 【持続可能な発展措置】

この案は、UNFCCC 第3条4「締約国は、持続可能な発展を促進する権利及び責任を有する。政策・措置は、各締約国の個別の事情に適合したものとして、開発計画に組み入れるべき」との規定を受けて提案されたものである。途上国にとっては経済的な基盤整備が可能となることで、気候変動対策に取り組む意欲が高まり、効果も増大するとの考えに基づいた案である。その長所は下記の通りである。

- 「温室効果ガスの削減」ではなく「政策・措置の導入」が義務となることから、各国の政策事情を反映させることが可能であるため、途上国に受け入れられやすい。
- 途上国が可能な政策から実施することが出来るため、長期的な観点からは持続可能な発展へ寄与する。

#### (2) ハートウエル論文からのアプローチ

ハートウエル論文(Prince et al. 2010)は、UNFCCC/京都議定書レジームの行き詰まり打開のために提案された。論文作成には2つの契機があった。一つは、2009年末の COP15(デンマーク・コペンハーゲン会合)の結果、途上国を含む温室効果ガス削減の枠組みへの合意が不調に終わったことである。もう一つは、2009年11月に、英国イーストアングリア大学の気候研究ユニットから流出した1,000通を超える私的な電子メールによって、科学者達が反対意見を持つ者の信用を失墜させる行為を行っていた可能性が示唆されたことである(深井 2011, p. 4)。

ハートウエル論文では、1997年の京都議定書の採択以来、生物多様性の喪失、不平等な経済開発、熱帯林の劣化、貿易の制限、先住民の権利の侵害、知的財産権など、世界が抱える多くの問題がもつれ、「気候変動政治」とも言うべき、解きほぐすことが困難な状況が生じている、と指摘している。

また、この論文では、状況の打開策として気候変動政策とエネルギー政策を切り離し、「政治的・実的に魅力ある目標を達成するうちに脱炭素社会が実現される。」という『逆転した発想』に基づくアプローチを採用することを示唆している。

#### (3) 環境合理性原理からのアプローチ

これまでの温暖化対策は、原因究明が不十分な状況の下で、具体的な対策として「CO<sub>2</sub>削減」に的を絞るすぎたことがある。今後の温暖化対策は、「人為的温室効果ガスが主因である」との狭い視野から離脱し、「新たな地球温暖化対策」を考える必要がある。そのために、参考となるのが「環境合理性原理」である。

松井（2002, p. 62-63）によれば、「地球温暖化問題の解決には、新しい価値観の形成が必要であり、規範となるのが Tyler, M. Jr. の提唱する『環境合理性原理』である。」としている。「環境合理性原理」は、1992年に開催された地球サミットにおける「環境と開発に関するリオ宣言」を基に、地球環境倫理を基礎とした考え方を整理したものである。「環境倫理」は、人間が他の生物との関係において自らを律することが核心であり、それらの地球上の生存を保障するために、人間がどれだけ譲歩するかということを示すことである（松井 2002, p. 70）。

この問題について、増田（2011）は、「地球温暖化対策を中核として政策を構築しようとする、未来の被害と現在の対策費用とをどう比較するかという世代間倫理の問題にぶつかり、軽減策の費用を工業先進国と途上国でどう分担するのが公平かという難問にぶつかる。」と述べており、複雑な要因が絡む地球温暖化問題の対応には倫理的配慮が欠かせない。

そこで、本稿では「環境合理性原理」は、地球温暖化問題を原点から見直すための規範と考え、松井（2002, p. 89-94）が示す3つの法則群（物理法則群、生物生態系法則群、社会経済法則群）から、地球温暖化対策へのセカンドオピニオンとして活用すべき要件について検討を行い、短期的・中長期的な対応策を提案した（表 4-3）。

表 4-3 セカンドオピニオンの検討例

法則群	個別法則	温暖化対策への活用項目	セカンドオピニオン提案*
物理法則群	物質・エネルギー保存則	省エネルギー、エクセルギー	石炭火力発電効率改善(4.3.1) 原子力発電の再評価(4.3.1)
生物生態系法則群	生物種生存許容則	生物多様性、土地植生、地球気候システム	生物多様性条約改定(4.3.2-2)
社会経済法則群	ライフスタイルの変更	持続可能性、汚染予防、ボトムアップアプローチ	マネジメントシステムの実践(4.3.3-3)
		貧困撲滅、経済的支援	脆弱性・回復性アプローチ(4.3.1)
	法的措置	国際条約の制改訂、国内規制	UNFCCC 改正(4.3.2-1) 長距離越境大気汚染条約(4.3.2-2)
自主制度措置	業界ガイドライン、標準化、認証制度、技術輸出	レスポンシブルケア(4.3.3-1) プロダクトスチュワードシップ(4.3.3-2) 標準化・認証制度(4.3.3-3) 技術支援(4.3.3-4)	

松井(2002)を参考に作成

\* 本稿での提案項目、()内は以下の説明項目番号に対応。

### 4.3 セカンドオピニオンの提案

ファーストオピニオンの欠点を解消し、CO<sub>2</sub>削減に対策を絞ることなく、ハートウエル論文による「逆転の発想」や、松井（2002）の主張する「環境合理性原理」の考えを取り入れた地球温暖化対策をセカンドオピニオンとして提案する。

提案にあたり、高村・亀山（2005）が報告している以下の4点の地球温暖化問題の構造と特質についても考慮した。

- 温暖化問題の影響は甚大で不可逆的な性格を持つ。
- 温暖化問題は、対策費用の負担配分を難しくする原因と結果の構造を有する。
- 温暖化の原因への寄与度と影響を被る程度は、国によって大きく異なる。一人あたりCO<sub>2</sub>排出量が大きく異なり、問題対処能力も国家間で異なる。
- 温暖化問題は、産業、サービス、運輸、家庭、農業など、すべての経済・社会活動に関わり、特に、エネルギーと密接な関係があることから、経済・社会の根本的転換なしには解決し得ないことを意味する。

このように、地球温暖化問題は種々の要因が関与しており、極めて複雑な問題といえるが、現状ではCO<sub>2</sub>以外は十分に観測され、検討されたとは言えない状況にある。したがって、上述したように、アプローチを大きく変える必要がある。

地球温暖化の原因は、主に自然要因と考えられることを述べたが、化石燃料消費を減らすことや、森林を復活させることは、温暖化対策の軽減策になるまいが、持続可能性の観点から推進すべきである（増田 2011）との考えは、「後悔しない政策<sup>3)</sup>」につながるものであり、今後の地球温暖化対策にも取り入れる必要がある。

そのためには、温室効果ガス（特にCO<sub>2</sub>）の濃度安定化、という狭い範囲にとらわれず、途上国並びに先進国の双方が利益を享受でき、「結果として温室効果ガスの削減も可能となる方策」を提案するため、以下のとおり具体的に検討を行った。

#### 4.3.1 脆弱性・回復性アプローチ

上述のとおり、地球温暖化問題の構造と特質を考慮すれば、表 4-3 の社会経済法則群に含まれるライフスタイルの変更が必要なことが示唆される。したがって、今後の温暖化対策として、短期的には地域・局所の脆弱性・回復性に着目し、中長期的にはライフスタイルの変更により持続可能な開発を可能とする社会への移行を目指すデュアルアプローチ（伊藤・渡辺 2008）が適当である。

脆弱性・回復性アプローチでは、多様性が重要な概念となる。このため、CO<sub>2</sub>濃度のような単一指標を政策機軸とするのは危険であり、地球平均気温のような平均的指標の変動に注目するよりも、地域・局所の変動を重視する。これは我々の生活

に直結するのは局所レベルの変動であるからだ。しかし、このようなミクロの気候変動はまず予測できないため、政策は社会の脆弱性や回復性に着目した方式となる（伊藤 2009）。

このような考え方を推進するには、気候変動に影響する複数の因子の考慮が必要となる。例えば、先進国は長期的な CO<sub>2</sub> 削減を目指し、途上国は健康被害も大きい大気汚染（PM<sub>2.5</sub>、着色エアロゾル等）の削減を目指すことが 1 つの案として考えられる。これには先進国による支援が必要であり、例えば、中国の弱点であるエネルギー問題と石炭火力発電による環境汚染の回復のためには、日本の高度な石炭火力発電技術を活用することで、多くのメリットが期待される。

また、ハートウエル論文において、脆弱性・回復性の例として挙げられている「万人へのエネルギーアクセス」（すなわち、世界で 15 億人の電気のない生活者への対応）のためには、エネルギー問題と地球温暖化対策の関係について誤りのない政策実現が必要である。

#### 4.3.2 法規制的アプローチ

##### (1) UNFCCC 条約の改正の可能性

UNFCCC の主旨が「気候変動を憂慮し」である以上、CO<sub>2</sub> 削減が気候変動の抑制につながるかどうかを見なければならない。しかし、第 2 章で示したように、気候変動（特に地域的・局所的気候変動）の要因とその影響は、多種多様である。例えば、地域・局所の気候に大きな影響を持つ土地利用も重要である（Cotton and Pielke 1995 ; Stone 2009）。前述したように、キリマンジャロ山の氷河が周辺の森林伐採によって衰退している可能性があり、このような土地利用問題を解決する手段としては、CO<sub>2</sub> 削減ではなく森林の回復が適当である（Stone 2009）。また、中国では、大気汚染が大きな問題である。これは石炭燃焼から発生するエアロゾル、PM<sub>2.5</sub> 等が自然の浄化能力を超え、生活環境に過剰に蓄積していることが原因である。対策としては、全球的な CO<sub>2</sub> 削減は殆ど役に立たないため、速やかに地域に即効性のある対策が必要であり、原因（石炭燃焼）に直接的に効力を発揮する対策の実施が有効である。

このような目的のため、温室効果ガス以外の因子を取り込むには、UNFCCC 自身に限界があるため、現状の UNFCCC の改訂を検討することが必要である。

##### (2) 長距離越境大気汚染条約と生物多様性条約が持つ可能性

現時点で着色エアロゾル等の大気汚染物質を直接扱い得る条約に、1979 年に制定された長距離越境大気汚染条約（Convention on Long-range Trans-boundary Air Pollution: CLRTAP）がある。8 つの議定書を持つこの条約が対象としているのは主として健康影響であるが、温室効果ガスでもある大気汚染物質のオゾンなどは既に



対象となっている（United Nations Economic Commission for Europe 2004; United Nations 2005）。その点では、CLRTAP は環境条約として UNFCCC よりも包括的な性格を持つ。これは CLRTAP が採用する多汚染物質戦略のためである。1998 年の残留有機汚染物質（Persistent Organic Pollutants: POPs）議定書では、ディーゼル車や火力発電から生成するススも考慮されている。従って、CLRTAP の旧議定書でオゾンなどの温室効果ガスを扱うとともに、CLRTAP の新しい（9 つ目の）議定書、あるいは POPs 議定書の改訂により、着色エーロゾル等の大気汚染物質による気候影響を対象にできる可能性がある。

同様な検討は、他の気候変動要因、例えば土地利用に対しても可能である。生物多様性条約（<http://www.unep-wcmc.org/Climate/>）では、気候変動と生物多様性との関係を重視しており、森林を初めとする生物多様性の管理が気候変動緩和に役立つことが認識されている。従って、土地利用と気候の相互作用（Stone 2009）に関して、UNFCCC 側からではなく、生物多様性条約の側から見ることによって、有効な方策を得ることも考えられる。

#### 4.3.3 自主的措置

温暖化抑制対策として、これまでに提案されている制度案（前出表 4-2 参照）は、いずれも UNFCCC 条約の目的に沿った「人為的温室効果ガスの濃度安定化」という狭い範囲で検討されてきた。そのため、これまでの対策はトップダウン的であり、温室効果ガスの排出枠割当と目標達成期限を急ぎすぎたことの反省がある。また、これまでの UNFCCC/京都議定書レジームにおける対策は、国家の代表によって主導されてきた。そのため、対策の決定には国益や政治的影響が強く表われていた。

今後、途上国も含めた新たな枠組みの実現には、ライフスタイルの変更も考慮に入れた新たな視点からの方策が求められる。この観点からは、自主的制度が望ましい。なぜなら、途上国の経済的・技術的基盤はそれぞれ異なっているため、自主的制度の採用により可能な施策から始め、順次範囲を広げレベルを上げることで、新枠組みへの各国の参加が容易となるからである。

本稿で提案する「新たな温暖化対策<sup>4)</sup>」は、ハートウエル論文が提唱する「逆転の発想」を取り入れ、幅広い観点から提案するものである。そのため、自主的制度の成功例として、レスポンシブル・ケア<sup>5)</sup>、プロダクトス・チェワードシップ<sup>6)</sup>、標準化による認証制度及び技術輸出について検討を行った結果を以下に示す。

##### (1) レスポンシブル・ケア

化学業界が自主的に行っている「レスポンシブル・ケア（Responsible Care: RC）」

活動は、1985年にカナダで開始された活動であり、日本化学工業協会によれば、2010年10月現在、世界54の国・地域で実施されている。筆者が日本化学工業協会のメンバーとしてレスポンシブル・ケア活動の立ち上げに参加した経験によれば、日本の化学業界は、他の国々に先駆けて1995年に日本レスポンシブル・ケア協議会を設立し、それ以来、業界挙げて活動を行っている。

レスポンシブル・ケア活動は、他の業界には見られないユニークな取り組みとして、国際的にも注目されているが、その主旨は、「事業者が環境・安全・健康を維持するために、社会に対して責任を果たすには、法・条例の順守だけでなく、事業者自身による自主的な管理が必須である」ということである。この活動の背景には1980～1990年代に、市場に提供される化学製品の量的拡大や用途の多様化並びに社会・利用者による環境・安全への関心の高まりがあった。

日本におけるレスポンシブル・ケア活動は、下記の6つのカテゴリについて活動が行われており、2010年現在94社が加盟している。

環境安全／保安防災／労働安全衛生／化学品・製品安全／物流安全／  
コミュニケーション（成果の公表・社会との対話）

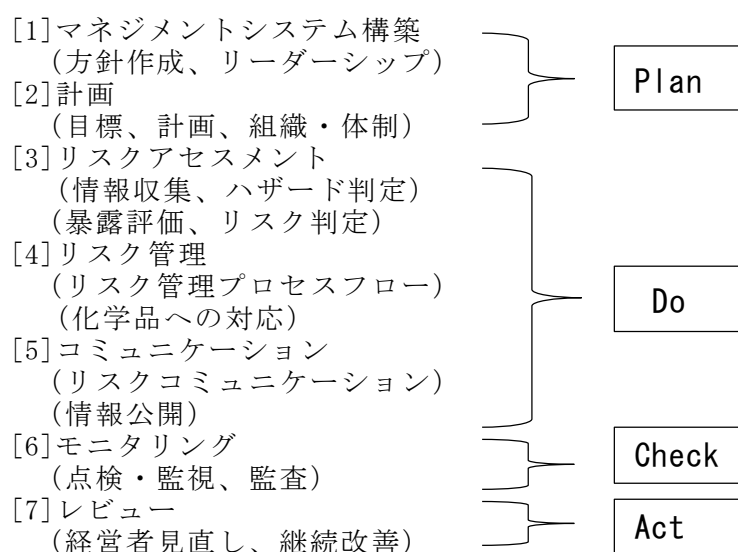
具体的な企業の活動事例としては、レスポンシブル・ケア協議会の主要メンバーである住友化学(株)がホームページで下記のように公表している（住友化学HP）。

- 住友化学は、国内外のすべての事業所において「レスポンシブル・ケア（RC）」を経営の最も重要な柱の1つと位置付け、PDCA<sup>7)</sup>サイクルを回しながら、グローバルに展開を行っている。
- 「エコファースト」の取り組みでは、年間1トン以上製造あるいは販売している全製品の安全性情報の再評価（2016年まで）とリスク評価（2020年まで）を実施する。
- 地球温暖化防止のため、全工場のエネルギー消費原単位を2015年までに1990年度比25%の改善をする。
- 環境に配慮した製品（クリーンプロダクト）と環境への負荷を可能な限り抑える製造プロセス（グリーンプロセス）の追求を実施する。
- 社内に「レスポンシブル・ケア委員会」を設置し、レスポンシブル・ケア「監査」を実施する。

## (2) プロダクト・スチュワードシップ

プロダクト・スチュワードシップとは、国際的な化学物質管理活動の1つで、世界の主要な国・地域において様々な取り組みが行われている。その活動の始まりは、2002年開催の「持続可能な開発に関する世界首脳会議（ヨハネスブルグ）」において、「リスク評価、管理手法を用いて、化学品が、ヒト健康と環境にもたらす悪影響を最小化する方法で、使用、生産されることを2020年までに達成することを目指す

す」との基本方針が採択されたことによる（日本化学工業協会 HP）。



日本化学工業協会 HP を基に作成

図 4-2 プロダクト・スチュワードシップガイダンス

日本化学工業協会は、この活動を、サプライチェーン全体で実施するため、2012年に「プロダクト・スチュワードシップガイダンス」を制定し、このガイダンスに盛り込まれたマネジメントシステム（図 4-2）を活用して、PDCA サイクルを利用した継続的改善活動を会員各企業に奨励している。

ガイダンスの中心をなす、PDCA サイクルは、一般的にボトムアップ活動について広く適用が可能である。すなわち、活動主体の能力、経済的基盤、組織規模などの違いに応じて、色々な段階から取り組みをスタートさせることが出来る。この意味からも、今後、途上国において基盤整備を含めた国際的な温暖化対策に有効であると考えられる。

### (3) 標準化における認証制度

国際標準化機構（International Organization for Standardization: ISO）が制定した ISO 規格を用いた第三者による認証制度は、上記のレスポンシブル・ケアやプロダクト・スチュワードシップの活動と同様、世界各国で業界を問わず実施されている。

工業規格を用いた「標準化」は、欧州で誕生し、民間の自助と主体性の下に運営されてきた。標準化において規格<sup>8)</sup>に適合することを証明するのが「認証」である（小野寺 1995）。

「認証」は、1987年に「もの:hard」ではない「システム:soft」に関する規格として、初めて品質マネジメントシステム国際規格（ISO9000 シリーズ）が発行されたことで、それ以来、第三者としての認証機関によりマネジメントシステムスタンダ

ードに基づく外部認証が行われている。

1996年9月には、環境マネジメントシステム国際規格（ISO14000シリーズ）が発行された。この規格は、組織（企業、事業者等）が、その活動・製品及びサービスに伴って生じる環境への影響を継続的に改善するためのシステムを構築し、PDCAサイクルにより、システムを運用することを要求している。組織がISO14001規格に基づく環境マネジメントシステムを構築したことを社会に表明するには、自己宣言を行うか、第三者認証機関による認証（審査登録ともいう）を受ける方法がある。第三者認証機関は、審査を行い組織が規格に適合している場合には、登録証書（認証書ともいう）を発行する。これがISO規格に基づいた認証制度（以下「ISO認証制度」と呼ぶ）の概要である。

ISO認証制度を採用することにより、温室効果ガス（特にCO<sub>2</sub>）削減に重点を置いた行動から、種々の環境パフォーマンスの向上を目指す組織的マネジメント行動への転換が可能となる。すなわち、ISO認証制度の実施により、温室効果ガスの削減のみでなく、事業活動から生じる大気汚染、水質汚濁、廃棄物排出等の環境負荷の削減を事業者の自発的活動として実行することが可能となる。

この主旨に沿った仕組みをセカンドオピニオンとして提案することで、途上国に受け入れられ易い仕組みを構築できる可能性がある。すなわち、UNFCCC締約国会議（Conference of Parties: COP）で検討されている2020年以降の温室効果ガス削減の新たな枠組みに活用の可能性がある。

#### （4）技術的支援

表4-3に示したセカンドオピニオンのオプションから技術的支援についての可能性を検討した結果を以下に示す。

望ましい環境政策として、当事者が互いに利益を得るWin-Win政策は重要である。環境政策の策定においては、その過程で大きな柔軟性を要求されるが、実質的に機能する制度は、観点・戦略の多様性から生まれてくると考える。ここでは、特に、中国の石炭火力発電に着目し、CO<sub>2</sub>削減と大気汚染（着色エアロゾルを含む）削減の観点を組み合わせると、適当なWin-Win政策を形成することができることを示す。

中国では、電力の7～8割を依存している石炭火力発電からSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、煤塵、水銀などが排出され、健康被害の原因となっており、呼吸器障害で年間数十万人の生命が失われている（伊藤2010）。

このような状況に対して、日本の石炭火力発電技術（クリーンコールテクノロジー: CCT）を活用して、環境汚染の軽減、健康被害の低減並びに温室効果ガス削減を同時に実現することで世界に貢献することができる。

日本は、早くから石炭火力発電の効率改善と環境対策に取り組み、世界トップレベルの技術を保有（谷2007；橘川2009）しており、日本の発電効率は、中国・イン

ドなど、他の国における平均的な熱効率（31~35%）に比べて高い実績を挙げている（電源開発 2011）。例えば、石炭ガス化複合発電（Integrated Coal Gasification Combined Cycle：IGCC）により、高効率（約 53%）かつ環境負荷を低減させたクリーンな技術が開発されている（環境省・経済産業省 2013）。このような高度な技術により、発電効率及び温室効果ガス排出量ともに、現状より約 20%の改善が期待される（谷 2007）。また、日本の技術は発電効率だけでなく、種々の環境影響を低減する総合技術に仕上げられており、石炭の採鉱から選炭、輸送、微粉炭化、石炭ガス化、複合燃焼、排ガス除去、温排水対策、プラント制御、技術者養成などハード&ソフト両面で技術供与が可能である。

したがって、日本からの技術導入によって着色エアロゾル等の大気汚染物質を大幅に削減できれば、中国には次のような利点が生まれる。①地球温暖化に対する影響を減らせる、②大気汚染による地域的健康被害が解消できる、③石炭資源の節約とエネルギー供給の安定化が確保できる。

このように、石炭等の化石燃料からの大気汚染物質の削減は、中国のみならず、インド、インドネシアなど、石炭火力発電に電力供給の多くを依存している国に対しても有益であり、日本の高度な技術を提供することで、一石二鳥にも三鳥にもなる可能性がある。

また、電力供給の確保並びに温暖化対策の面からは、中国・インドなど途上国では原子力発電の増強を計画しており、この点においても、日本の技術・経験を活用することが考えられる。しかし、原子力発電には石炭火力発電とは次元の異なる問題（放射能による超長期的な健康問題等）が包含されており、どのようなエネルギー政策を選択するかは、重要な問題である。

以上のとおり、中国を初めとする途上国に日本の高い発電技術を海外支援することにより、エネルギー供給と環境問題を同時に解決する Win-Win 政策を組める可能性がある。

#### 4.3.4 デュアルアプローチ

セカンドオピニオンについて、種々の観点から検討した結果、地球温暖化対策のような複雑な問題への対応には、その脆弱な部分に手当てし、また回復性を増す施策として脆弱性・回復性アプローチが適切と考える。

脆弱な部分としては、特に、中国におけるエネルギー問題と環境汚染問題を取り上げ、その回復策として日本の石炭火力発電技術を海外に提供することで、問題解決と温暖化対策が同時に解決される可能性がある。

また、中長期的にはライフスタイルの変更を含む、自主的制度の推進による社会基盤の整備が必要であり、そのためには、マネジメントシステムの実践が有効であ

る。

以上のとおり、行き詰った温暖化対策を適正な軌道に戻すためには、「脆弱性・回復性アプローチ」と「中長期的なライフスタイルの変更を含む自主的制度の推進」を組み合わせることでデュアルアプローチ（2つの政策の並行実施）による対応が必要であることを「セカンドオピニオン」として提案した。

#### 4.4 まとめと結論

第4章では、IPCC報告及びUNFCCC/京都議定書レジーム（ファーストオピニオン）の問題点を解決するため、医療とのアナロジーから「セカンドオピニオン」の必要性を論じた。今後の途上国によるCO<sub>2</sub>排出量増大を考慮すれば、将来の枠組みには途上国の参加が必須であることに加えて、実質的に排出削減に参加する国を最大限に確保することが重要である。そのためには柔軟な発想により、全地球的な対策だけでなく、地域的・局所的な対応も可能とする施策が必要である。

したがって、温暖化対策の立案においては、原点に立ち返り「ハートウエル論文」並びに「環境合理性原理」からの発想や、過去に検討された12項目の温暖化対策の枠組み案について考察し、「新たな地球温暖化対策」の必要性について論じた。例えば、セクター別アプローチは、日本の主導で具体的な検討が行われており、今後の温暖化対策の一つとして効果が期待されている。

検討の結果から、地球温暖化問題の構造と特質についても考慮し、デュアルアプローチ手法を提案した。すなわち、地域的・局所的な状況に対しては脆弱性・回復性アプローチで対応し、中長期的には、ライフスタイルの変更や社会構造の遷移を促す対策を組み合わせることで、効果的な対応が生まれることを提案した。

具体的には、地球温暖化問題と関係の深いエネルギー問題を取り上げ、一つは中国の大気汚染問題と温暖化問題の双方に効果のある方策として、民間ベースでの石炭火力発電技術供与によるWin-Win政策を提案した。もう一つは、将来のエネルギー供給において重要な位置を占める原子力発電の政策選択が重要であることを述べた。

中長期的には、持続可能な開発のため、途上国の経済的・技術的な基盤整備が必要であり、そのための手段として「自主的制度の推進」を提案した。自主制度の具体化においては、制度構築に時間を費やすことなく、すでに社会活動の中に定着している制度の活用が効果的であることから、民間主導で実施されている3つの制度（レスポンシブル・ケア、プロダクト・スチュワードシップ、ISO認証制度）について検討した。

このうちISO認証制度は、ボランティアな仕組みとして途上国を含む世界各国で

広く実施されていることから、この制度の採用により CO<sub>2</sub> 削減の単一指標による対応から脱却し、種々の環境負荷の削減を実現する行動への転換が可能となることを提案した。

地球温暖化問題とエネルギー問題に関する具体的な提案内容は第 5 章で述べる。また、地球温暖化対策への ISO 認証制度活用について具体的に検討した結果は、第 II 部（第 6 章、第 7 章）で述べる。

## ■ 注

- 1) 表 4-2（気候変動問題に関する枠組み提案）の補足説明（高村・亀山 2005）
  - a) ブラジル提案：付属書 I 国のみが数値義務（1990 年比 30% 削減）を負う。
  - b) セクター別 CDM：途上国がセクター単位で CDM (Clean Development Mechanism) を一定量受け入れる義務。
  - c) 収縮・収斂提案：CO<sub>2</sub> の安定化濃度目標を基に総排出量を決め、一人当たり排出量で国家排出枠を決める。
  - d) セイフティバルブ提案：排出量取引制度の排出枠価格に上限を設定。
  - e) 炭素集約度目標提案：排出総量ではなく、国の炭素集約度改善を目標とする。
  - f) 排出基準・効率基準提案：国際的に基準を統一、調和させる。
  - g) 2トラック・アプローチ：絶対排出量削減・抑制目標か、特定の政策・措置をとるか、いずれかを国が選択する。
  - h) 技術基金創設提案：参加国が基金を拠出し、民間主体で技術開発資金を供与。
  - i) 国際炭素税提案：一律の炭素税を各国が導入する。
- 2) コークス乾式消火法（CDQ: Coke Dry Quenching）：コークスは、コークス炉内で乾留された後、炉外に押し出されるが、900℃以上と高温であるため、従来は水で消火していた。乾式法では水の代わりに窒素ガス流で冷却し、その後、熱せられた窒素ガスをボイラーに送り蒸気を製造するプロセスである。
- 3) 「後悔しない政策」とは、仮に温暖化などの現象が起こらない場合でも後悔しない（いずれにしても無駄にならない）範囲の対策のみを行う政策（気候ネットワーク 2009）。
- 4) 「新たな地球温暖化対策」は、ハートウエル論文の「逆転の発想」を受けて、温室効果ガス（特に CO<sub>2</sub>）の排出削減に特化するのではなく、途上国、先進国の区別なく、各国の事情に応じて、できる範囲から「自主的な温暖化対策」を開始し、継続実行することにより、結果的に温室効果ガス（特に CO<sub>2</sub>）の排出削減を実現する取り組みとして、本稿で提案する考えを意味する。

- 5) レスポンシブル・ケア (RC) とは、製品の全サイクルにわたって「安全・環境・健康・品質」を確保し、対話を通じて社会からの信頼を深めていく事業者の自主活動である (住友化学 HP)。
- 6) プロダクト・スチュワードシップとは、製品の開発から廃棄に至る全ライフサイクルにわたり、環境・ヒト健康・安全の確保に配慮する活動 (日本化学工業協会 HP)。
- 7) PDCA サイクル：企業がレスポンシブル・ケア活動を行うにあたって、継続的改善を図るための1つのモデルとして、Plan (計画)、Do (実施)、Check (検証)、Act (改善) のサイクルの適用が推奨される (住友化学 HP)。
- 8) 規格とは、公に入手できる技術的な仕様書またはその他の文書であって、科学、技術及び経験から統合された結果に基づいて、影響を受けるすべての関係者の協力とコンセンサスあるいは全面的な承認のもとに作成され、最適な社会的便益の促進を目指し、そして国内、地域的あるいは国際的なレベルで認知された機関によって承認されたもの (小野寺 1995)。



## 参考文献

- Cotton, W. and Pielke Sr., R. 1995: *Human Impacts on Weather and Climate*, Cambridge University Press.
- 深井 有 2011: 『気候変動とエネルギー問題』 中公新書 2120.
- 福田 桂 2014: 「COP19 に見るボトムアップ・アプローチの片鱗」『エネルギー・資源』, 35 (1), 71.
- グラブ, M., フローレイク, C., ブラック, D. 2000: 『京都議定書の評価と意味』 (松尾直樹監訳、省エネルギーセンター); Grubb, M., Vrolijk, C., and Brack, D., “*The Kyoto Protocol, A Guide and Assessment*,” Royal Institute of International Affairs, 1999.
- 伊藤公紀 2009: 「温暖化対策は有効か、日本の論点 PULS」 文藝春秋編.
- 伊藤公紀 2010: 「温暖化・気候変動問題の都市伝説と現実解」『エコノミスト』 2010年3月28日号.
- 伊藤公紀 2012: 「地球温暖化論のメンタリティー-社会心理学に見た気候変動問題」『パリティ』 2010年1月号.
- 伊藤公紀、小川隆雄 2011: 「地球温暖化問題へのセカンドオピニオン」『科学技術社会論研究』 9, 98-111.
- 伊藤公紀、渡辺正 2008: 『地球温暖化論のウソとワナ』 KK ベストセラーズ.
- 環境省・経済産業省 2013: 「福島県における一世界最新鋭の石炭火力発電所プロジェクトの概要について」,  
<http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku>, (2014.6.3 参照) .
- カウフマン, S. 1999: 『自己組織化と進化の論理』 米沢富美子監訳, 筑摩書房;  
Kauffman, S. “At Home in the Universe; The Search for Laws of Self-Organization and Complexity,” Oxford University Press.
- 橘川武郎 2009: 「日本の石炭火力技術は世界の CO<sub>2</sub> 削減の切札である」『President』 2009.3.16, 123-125.
- 気候ネットワーク 2009: 『新版良く分かる地球温暖化問題』 中央法規出版.
- 増田耕一 2011: 「地球温暖化問題に関するひとつの展望」『科学技術社会論研究』 9, 113-124.
- 松井三郎 2002: 『今なぜ地球環境なのか』 コロナ社, 89-92 .
- 松井芳郎 2004: 『国際法から世界を見る[第二版]』 東信堂, p. 164.
- 松下和夫 2011: 『地球環境学への旅』 文化科学高等研究院(EHESC)出版局.
- 日本化学工業協会 HP: [http://www.nikkakyo.org/upload\\_files/rc/responsiblecare.html](http://www.nikkakyo.org/upload_files/rc/responsiblecare.html), (2014.6.24).
- 西島英利 2002: 「セカンドオピニオン」『日医雑誌』 128 (6), 1-5.

- 小野寺眞作 1995 : 『認証－標準化における認証と適合性評価』 コロナ社.
- Prince, G., Galiana I., Green C. et al. 2010: “A New Direction for Climate Policy After the Crash of 2009,” The Hartwell Paper, Institute for Science, Innovation and Society, University of Oxford and MacKinder Center for the Society of Long-Wave Events, London School of Economics.
- 日本語訳 『2009 年の行き詰まり後の新たな温暖化対策の方向性』 2010 年 5 月  
[http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The\\_HartwellPaper\\_Japanese\\_translation.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The_HartwellPaper_Japanese_translation.pdf).
- 齊間 等 2013 : 「鉄鋼プロセスにおける省エネと熱利用」 『エネルギー・資源』 , 34 (6), 27-31.
- Stone, B. Jr. 2009: “Land Use as Climate Change Mitigation,” *Environ. Sci. Technol.*,  
Publication Date (Web): November 12: DOI: 10.1021/es902150g.
- 住友化学 HP : [http://www.sumitomo-chem.co.jp/csr/responsible\\_care/](http://www.sumitomo-chem.co.jp/csr/responsible_care/), (2014.6.24).
- 高村ゆかり、亀山康子 2005 : 『地球温暖化交渉の行方』 大学図書.
- 谷 明人 2007 : 『資源エネルギー庁の石炭関連の取り組み』 日本エネルギー経済研究所 (IEEJ) .
- United Nations 2005: “*Handbook For The 1979 Convention On Long-range Transboundary Air Pollution And Its Protocols*,” United Nations Publishing.
- United Nations Economic Commission for Europe 2004: “*Strategies and policies for controlling long-range transboundary air pollution in the UNECE region*,”  
<http://www.unece.org/env/lrtap/>.

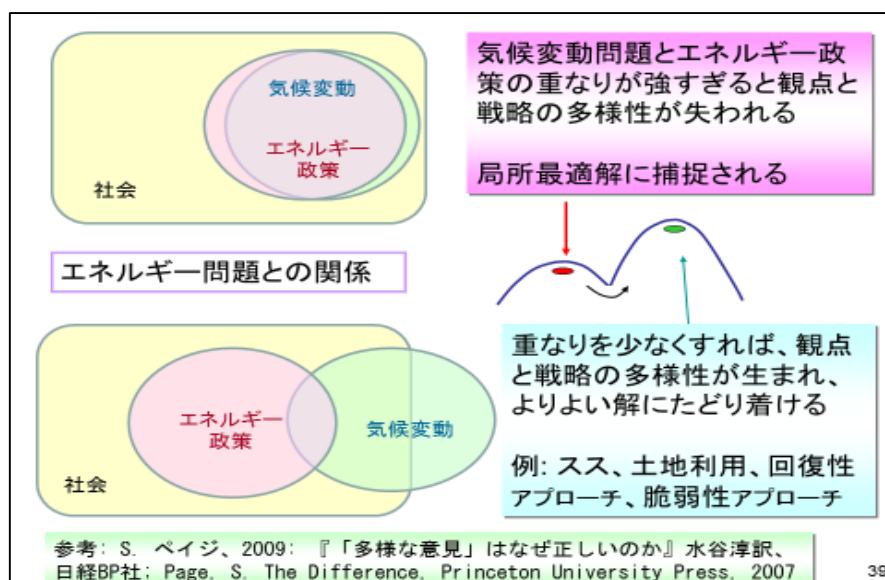
## 第5章 地球温暖化対策とエネルギー問題

### 5.1 緒論

第5章では、第4章においてセカンドオピニオンの検討例(表4-3)として取り上げた石炭火力発電及び原子力発電について、エネルギー問題と地球温暖化対策との関わりを考察し、今後の政策の方向性について論ずる。

石炭火力発電と原子力発電は、いずれも地球温暖化問題と密接な関係がある。例えば、IPCCでは、2030年時点でのエネルギー供給におけるCO<sub>2</sub>削減対策として「石炭からガスへの燃料転換及び原子力発電の推進」が取り上げられている(IPCC第4次報告書・政策Ⅲ2007)。このように、地球温暖化問題の議論においては、石炭火力発電を減らし原子力発電を伸ばす方向が推奨されている(伊藤2011c)。

そこで、第5章では、図5-1に示すように「気候変動問題とエネルギー政策の重なりが強すぎると観点と戦略の多様性が失われる」(伊藤2010b)との考えから、電力供給機能と温暖化対策への寄与を切り離し、新たな視点からセカンドオピニオンとして政策提言を行うこととした。



伊藤(2010b)より

図5-1 気候変動とエネルギー問題との関係

#### 【石炭火力発電】

石炭火力発電は、地球温暖化問題においてはCO<sub>2</sub>排出の最大の発生源として扱わ

れ、米国では石炭火力発電の禁止、あるいは縮小の措置がとられた例がある（ブラウン 2008）。また、UNFCCC 締約国会議 COP20（リマ会合）において「石炭は汚い化石燃料（Stop funding dirty energy）」とのスローガンとともに、日本が不名誉な“化石賞”を受けたと報じられている（気候ネットワーク 2014）。

しかし、2011 年 3 月の福島原発事故を契機に、原子力発電の代替電力供給源として、日本各地で大型石炭火力発電所の新設あるいは更新が行われている（東京電力 2013）。このことは、これまで長い間、温暖化対策の陰に隠れていた石炭火力発電技術に対し、ようやくそのエネルギー供給面での価値を再評価する動きが出てきたといえる。

日本は、早くから石炭火力発電の効率改善と環境対策に取り組み、世界トップレベルの技術を保有している（渡邊 2012；茂木 2012）。例えば、石炭ガス化複合発電（Integrated Coal Gasification Combined Cycle：IGCC）のような、高度なクリーンコールテクノロジー（Clean Coal Technology: CCT）が開発されている（野村ら 2004）。IGCC は、実証試験が終了し、2013 年 4 月から福島県勿来発電所で日本最初の商用運転（出力 25 万 kW）が行われ、発電効率は 42%と報告されている（環境省・経済産業省 2013）。

このように、高度な日本の石炭火力発電技術を、中国など石炭火力発電への依存度の高い国に技術供与することにより、温暖化問題のみならず、健康被害や環境汚染に対して、大きく貢献できる可能性がある。

そこで、日本の石炭火力発電技術を中国に適用した場合のメリットについて具体的なケーススタディを含めて検討を行った。

#### 【原子力発電】

原子力発電（以下「原発」とする）は、温暖化対策のため、CO<sub>2</sub> 削減の切札として、一躍クリーンにイメージチェンジを遂げた（吉岡 2011）とされているが、福島原発事故後は、原発の継続か自然エネルギー推進か、という議論が大きな社会問題となっている。このような動きの中には、原発計画の取り止めや、既存設備の縮小を決定した国も出ている（長野 2012）。

日本においても、エネルギー政策は根本から見直さざるを得ない状況にあるが、平成 26 年 4 月に作成された「エネルギー基本計画」（資源エネルギー庁 2014）では、原発を地球温暖化対策への貢献策と位置付け、今後さらに推進する方向が打ち出されている。

一方「エネルギー基本計画」には、原子力発電の代替として再生エネルギーの増加も謳われているが、再生エネルギーは発電規模及び技術の成熟度において、電力供給の基幹とすることは困難であることから、当面の電力供給量の確保のため原子力発電復活の動きが出ている。その中には、日本の原子力発電技術の伝承の意味か

らも、海外の原子力発電設備の増設に関与しようとする動きがある（産経新聞 2014）。その背景として、2011 年現在、世界で電力利用が出来ない人口は 13 億人に上る（日本原子力産業協会 2014）との報告があり、途上国（特に中国、インドなど）では、自国の電力需要の急増に対応するため、原子力発電に依存せざるを得ない事情がある。このため、中国・インド・ロシアの 3 か国だけでも、今後の原発建設・計画は 150 基以上に上る（表 5-1）。

**表 5-1 途上国における原子力発電設備  
と今後の見通し** (単位：基数)

	中国	インド	ロシア
運転	19	21	33
建設	29	6	10
計画	58	18	31
提案	118	39	18

日本原子力産業協会(2014) を基に作成

しかし、原子力発電に対するこのような動きは、原発事故を起こした日本にとっても、これから発電能力の増強を必要とする途上国にとっても、本当に適切な選択であろうか？ 将来世代を考慮すれば、原発の安全・コスト・廃棄物処理に関して、「原子力発電の実体」を理解し、広く一般社会が納得した上で将来に対する適切な選択をすることが必要である。

以上のとおり、第 5 章では、地球温暖化問題と関係の深い、石炭火力発電と原子力発電取り上げ、エネルギー問題と地球温暖化を切り離すことにより、新たな視点から見えてくるセカンドオピニオンについて具体的な政策提言を行う。

## 5.2 中国石炭火力発電への日本技術の適用

### 5.2.1 中国の石炭火力発電

#### (1) 石炭の使用状況

IEA (International Energy Agency : 国際エネルギー機関) の統計によれば、2010 年の世界の 1 次エネルギー総使用量は約 117 億トン (TOE : 石油換算トン) であり、1 次エネルギーの約 88% を化石燃料に依存している。

世界の発電用資源の約 41% は石炭であり、各国内で石炭火力発電が占める比率は、中国 (79%)、インド (69%)、米国 (49%)、ドイツ (46%) が多く、日本は (27%) となっている (電気事業連合会 2013)。

環境問題との関わりにおいては、中国が石炭への依存度が高いため、長年、大気汚染問題に苦しんでいる事情がある。その状況を端的に表しているのが、「2013年中国激甚大気汚染事件」といわれる中国観測上最大の大気汚染の発生であり、この原因物質は、PM<sub>2.5</sub>や窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）等とされている（小柳 2013）。

中国政府によれば、急激な工業化と都市化により、2001年には標準炭換算で15億トンであったエネルギー消費量が2010年には32.5億トンにまで倍増した。このため2013年2月、重点地域において石炭火力発電をはじめとする6大産業に対し、大気汚染物質特別排出基準値を適用することを決定した。さらに2013年9月、「大気汚染防止改善行動計画」を発表し、2017年までに2012年比でPM<sub>2.5</sub>濃度を10%削減する目標を設定した（柳ら 2013）。しかし、実際には、開発優先策の陰で環境改善は進んでいない。

このように、他の国と比べて特別のエネルギー事情がある中国にとっては、電力用資源の主体である石炭を他の資源に変更するのは容易なことではない。

そこで、石炭を使用せざるを得ないのであれば、CO<sub>2</sub>の発生量を抑えて、かつ低コストな使い方が求められる。このためには、日本がこれまで改善してきた石炭火力発電技術を中国のニーズに適用することが、両国にとってwin-win政策につながる可能性がある。

## (2) 中国石炭火力発電の熱効率

中国の石炭火力発電の発電効率は約35%であり、先進国の水準より3~7ポイント下回っている（図5-2）。

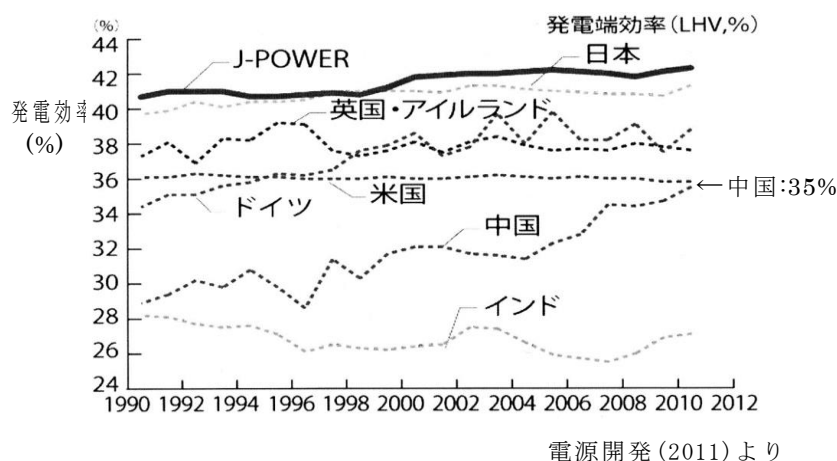
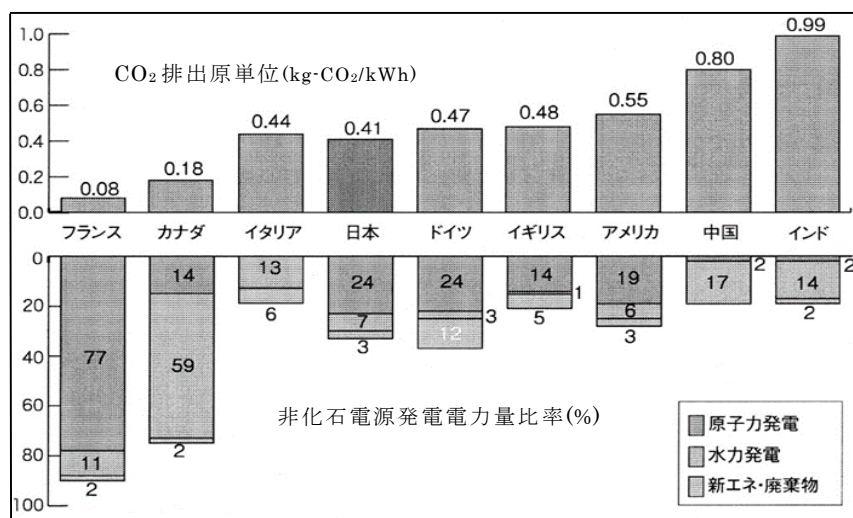


図5-2 各国の発電効率の比較

## (3) 中国石炭火力発電のCO<sub>2</sub>排出量

地球温暖化対策の観点からは、世界一CO<sub>2</sub>の排出量が多い中国で、発電分野が全体の約半分のCO<sub>2</sub>を排出していることや、発電電力量に対するCO<sub>2</sub>排出原単位もイ

ンドに次いで、2番目に悪い（図 5-3）ことが問題である。中国の石炭火力発電所においては、発電容量 30 万 kW 以下の小規模発電所が多い（兒 2008）ことや、発電効率が悪いことが CO<sub>2</sub> 排出原単位を低下させている原因として挙げられる。



電気事業連合会資料 (2011) より

図 5-3 世界各国の火力発電からの CO<sub>2</sub> 排出原単位

このため、中国政府は、地球温暖化対策として 2020 年までに、2005 年の CO<sub>2</sub> 排出量を 40~50% (GDP 原単位当たり) 削減することを表明した。これに伴い今後、長期にわたり石炭火力発電の発電効率向上、排煙浄化装置の設置、石炭火力発電から天然ガス発電や原子力発電への転換、送電網の整備、スマートグリッドの導入等の施策を推進する動きが出ている。

#### (4) 中国石炭火力発電の SO<sub>x</sub> 排出量

中国の SO<sub>x</sub> の排出量は、1995 年に米国を抜いて世界第 1 位となった。その後、省エネ対策や脱硫対策の実施でやや減少したものの、石炭火力発電の拡大もあり、2008 年には 2,000 万トン以上の SO<sub>x</sub> を排出し、世界の約 2 割を占めている。

中国では、石炭火力発電所の脱硫設備装備率は約 50%と低いため、2006 年における石炭火力発電所からの SO<sub>x</sub> 排出量は 1,204 万トン/年と報告されている（兒 2008）。

中国政府は、このような SO<sub>x</sub> 排出量の多いことに対する政策として「火力発電大気汚染物質排出基準」に基づき、石炭火力発電所の建設、改造、拡張計画を厳しく審査」することで対応している。

## 5.2.2 日本の石炭火力発電技術

### (1) クリーンコールテクノロジー

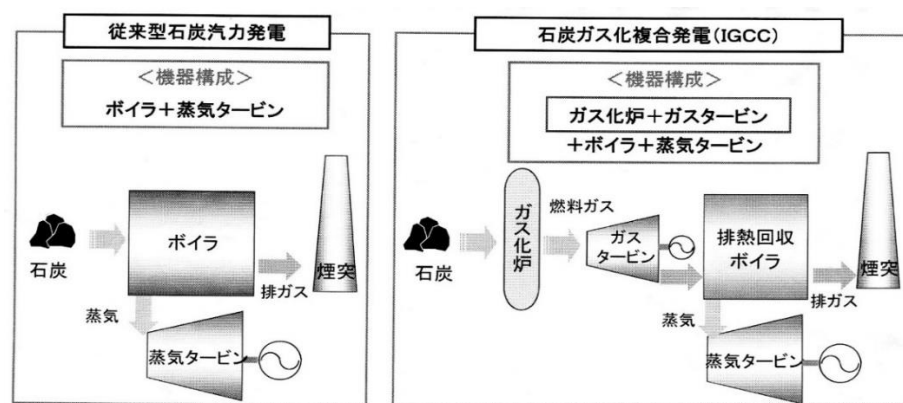
クリーンコールテクノロジー（Clean Coal Technology: CCT）は、米国で開発された技術であるが、その後日本が技術改良したことで、石炭火力発電が環境面でもコスト面でも、原子力発電に代替しうる重要な技術となっている。

CCTは、石炭を効率的に使用し環境負荷を抑える技術であり、「高効率発電技術」「低品位炭利用技術」「二酸化炭素回収・貯留（Carbon Dioxide Capture and Storage: CCS）技術」に大別することが出来る（茂木 2012）。また、CCTにより、石炭火力発電の排ガスに含まれる SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、煤塵、温室効果ガスが大幅に削減され、温暖化の要因の一つとされているエアロゾルの削減も可能となる。

### (2) 発電効率

クリーンコールテクノロジーの一環として開発された石炭ガス化複合発電（IGCC）は、固体の石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインド・サイクル発電方式で、高い発電効率を実現させた。

従来の火力発電システムは、ボイラー+蒸気タービン+発電機、で構成されており、この方式では、蒸気タービンの熱効率向上には蒸気温度を上げるしか方法はなかった。このため、従来法では、いくら蒸気条件を改善しても発電効率は 45 % 程度が限界である。そこで考え出されたのが、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた複合サイクル発電（IGCC）である（図 5-4）。



環境省・経済産業省(2013)より

図 5-4 IGCC の仕組み

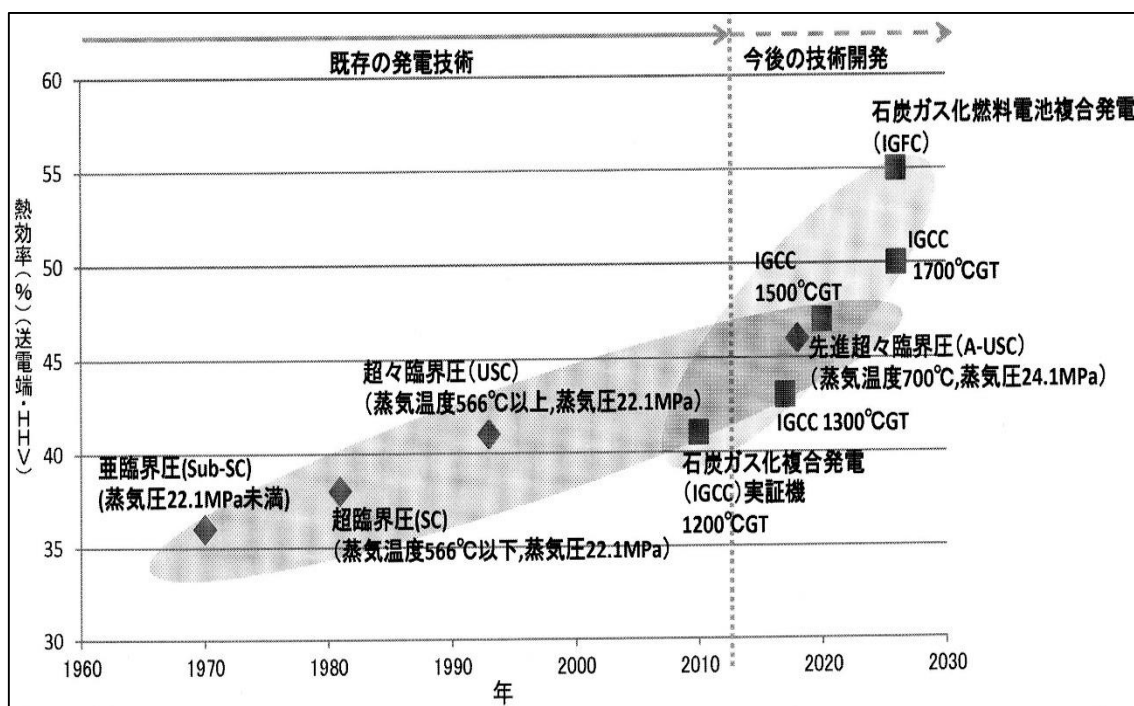
ガスタービンの燃焼ガス温度は 1300~1500℃であり、タービンで使用した後の排ガスも 600℃以上と高いので、排熱回収ボイラーで回収することで蒸気タービンを回すことが出来る。これまでの蒸気タービンの熱効率は一般的には約 38% であり、



従来システムの最新技術である超々臨界圧気力発電（Ultra Super Critical : USC）でも熱効率は約 42% が最高であった（図 5-5）。

IGCC による発電効率は、ガスタービン（36%）と排ガス利用の蒸気タービン（17%）を総合して 53% の効率が可能とされている（環境省・経済産業省 2013）。

一般的に IGCC は、従来の火力発電に比べて熱効率が 15%～20% 向上し、比例して燃料が節約できる。例えば、従来の熱効率 38% の火力発電と熱効率 48% の IGCC を比較すれば、 $48\% \div 38\% = 1.3$  となり、同じ量の電気を作るのに必要な燃料が約 30% 少なくて済む。このように発電効率（熱効率）の向上は、燃料の節約に加えて CO<sub>2</sub> も比例して削減され、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、煤塵などの健康被害を及ぼす有害物の排出も削減される。



環境省・経済産業省（2013）より

図 5-5 IGCC による熱効率の改善

### (3) 日本の環境対策技術

#### 【CO<sub>2</sub> 排出削減対策】

日本における種々のタイプの火力発電について、代表的な発電効率とともに CO<sub>2</sub> 排出原単位を示した（表 5-2）。発電技術の向上とともに、石炭火力発電の最新鋭設備では 680～780 g-CO<sub>2</sub>/kWh が可能となっている。

表 5-2 発電形式による発電効率及び CO<sub>2</sub> 排出原単位の比較

LHV：低位発熱量(Lower Heating Value)

燃料別	発電形式	代表的発電効率 (発電端、LHV)%	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (g-CO <sub>2</sub> /kWh)
石炭火力発電	亜臨界圧(Sub-SC)	36	910
	超臨界圧(SC)	38	860
	超々臨界圧(USC)	42	780
	先進超々臨界圧(A-USC)	48	680
	IGCC1300℃GT	43	760
	IGCC1500℃GT	48	680
石油火力発電		39	660
LNG火力発電		38	480

田中(2011)を基に作成

【SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 対策】

世界の石炭火力発電における SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 排出原単位を図 5-6 に示した。日本では、いずれも 0.2 g/kWh と少なく、先進 6 カ国の平均値 (SO<sub>x</sub> : 1.2 g/kWh、NO<sub>x</sub> : 1.0 g/kWh) の 1/5 以下である (図 5-6)。

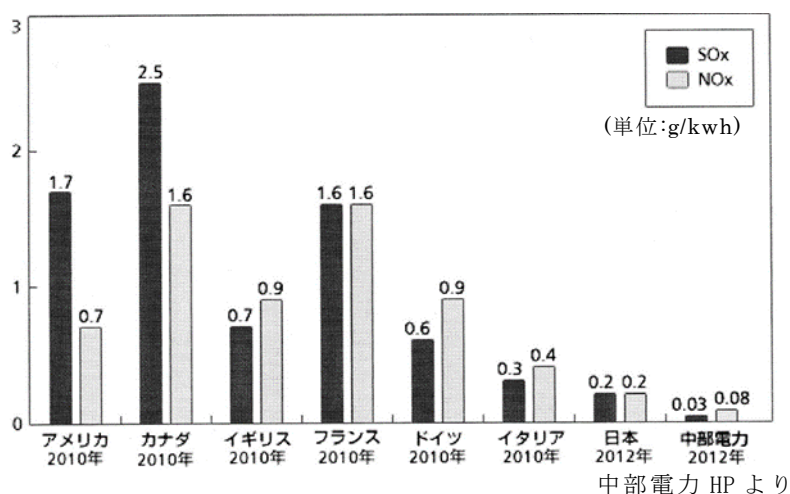


図 5-6 主要国の SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 排出原単位

日本では、排煙脱硫技術は湿式石灰石・石膏法が多く採用されている。排煙脱硝技術には、ボイラーの構造や燃焼方法を改善して NO<sub>x</sub> の発生を抑制する燃焼改善技術と排煙から NO<sub>x</sub> を取り除く技術がある。煤塵処理技術は、電気集塵機 (Electric Precipitator: EP) が用いられ、380℃前後で作動する高温乾式電気集塵機と、130℃前後で作動する低温乾式電気集塵機がある。

日本における最近の石炭火力発電所の更新の例として、横浜市の磯子火力発電所では、1967年設置の発電設備 (亜臨界圧方式、53万 kW) を最新の超々臨界圧

方式に更新した結果、1号機（2002年）と2号機（2009年）合計で120万kWに能力増強されるとともに、SOx濃度は60ppmから10ppmに低減された。

#### (4) 最新石炭火力発電の建設状況

日本では、原油価格の高騰や2011年3月の福島原発事故の影響で、石炭火力発電の増強が多くなっている。例えば、東京電力では、2013年12月に福島県の広野火力発電所6号機の運転を開始したが、この設備は商用運転として石炭火力発電の最高技術である超々臨界圧（Ultra Super Critical: USC）を採用し、発電効率としてこれまで最高の45.2%を実現している（石田2014）。その他、福島県（勿来）、茨城県（常陸那珂）、広島（竹原）等でも、最新の石炭火力発電設備（USCまたはIGCC）の建設が予定されている（表5-3）。

表5-3 石炭火力発電所の新增設事例

\*（）内は運転開始予定年

名称	所在県	運転開始年度*	出力 (1000kW)	発電形式	熱効率(%) 発電端	備考(出典)
磯子2号	神奈川	2009	600	USC	43	佐藤ら(2010)
広野6号	福島	2013	600	USC	45.2	石田(2014)
広野	福島	(2020)	500	IGCC	(48)	環境省・経産省(2013)
勿来	福島	(2020)	500	IGCC	(48)	同上
常陸那珂1号	茨城	2003	1000	USC	45.2	東京電力(2013)
同上2号	同上	2013	1000	USC	45.2	同上
同上3号	同上	(2020)	1000	USC	(48)	Wikipedia
竹原新1号	広島	(2020)	600	USC	(43.7)	環境省・経産省(2012)

#### (5) 海外への技術供与例

アジアの電力需要は2030年までにほぼ倍増すると予測されており、急増する電力需要への対応とともに、厳しい環境規制もクリアしなければならない。そのため、既に技術が確立されており且つ高効率の設備として、超々臨界圧（USC）プラント等の建設が増えつつある（電源開発2011）。

日本の石炭火力発電技術を海外供与した例として、インドネシアにおける建設・計画を表5-4に示した。インドネシアでは、現状は亜臨界圧（Sub-SC）が主体であるが、インドネシア政府は温暖化対策に前向きであり、新規大型案件では、超々臨界圧（USC）設備を導入する予定である。また、マレーシア向けにも大型の超々臨界圧（USC）技術による石炭火力発電所（1,000MW）の建設に日本の技術が採用

されている（住友商事 2013）。

表 5-4 インドネシアにおける大型石炭火力発電所の計画

	プロジェクト名		設備容量(MW)		操業開始年	所在地
建設中	Paiton	PLN	1 × 660	660	2010	東ジャワ
	Suralaya	PLN	1 × 625	625	2010	バンテン
	Cirebon	IPP	1 × 660	660	2011	西ジャワ
	Tanjung Jati B Exp	IPP	2 × 660	1,320	2012	中部ジャワ
	Paiton 3-4 Exp	IPP	1 × 815	815	2012	東ジャワ
	Cilacap Baru/Adipala	PLN	1 × 660	660	2014	中部ジャワ
計画	Jawa Tengah	IPP	2 × 1,000	2,000	2014、2015	中部ジャワ
	Indramayu Baru	PLN	2 × 1,000	2,000	2014、2016	西ジャワ
	Banten	IPP	1 × 660	660	2016	バンテン
	Sumatera Mulut Tambang	IPP	5 × 600	3,000	2016-2018	南スマトラ
	Jawa Tengah Baru	PLN		2,000	2019	中部ジャワ

佐川(2011)より

### 5.2.3 日本の石炭火力発電技術の活用

表 5-3 に、国内における最近の石炭火力発電所の建設例、並びに表 5-4 に海外への技術供与例を示したが、これらの事例は、現在の日本での最高の技術であり、今後も、中国など石炭火力発電の比率が高い国へ技術供与することにより、温室効果ガスの削減や環境汚染の改善に大きな効果が期待される。

そこで、日本の火力発電技術を中国に適用した場合のメリットについて具体的に試算した結果を以下に示す。

#### (1) 検討の前提

中国の既存の石炭火力発電設備（約 3.3 億 kW）のうち、更新が必要でかつ比較的投資効率の良い 10 万 kW 以上の発電設備（発電容量合計の約 50%）及び今後の需要増に対応する増設分に日本の技術を適用する。すなわち、表 5-5 に示す 2010 年から 2035 年までの石炭火力発電電力需要量の半分を、現在日本で実用化されているベストアベイラブルテクノロジー（Best Available Technology: BAT）に置き換える。

#### (2) 計算手順

以下の手順に従って、日本の石炭火力発電技術を中国に適用した場合のメリットを計算した。

- (i) 中国の石炭火力発電による電力需要の想定
- (ii) 適用する日本の技術の選定
- (iii) 中国の発電効率の設定

- (iv) 中国の単位発電量当たりの CO<sub>2</sub> 及び SO<sub>x</sub> の発生量（原単位）の設定
- (v) 2010 年から 2035 年まで BAU（business as usual）の計算
- (vi) 各年度で設定した CO<sub>2</sub> 及び SO<sub>x</sub> の原単位値と各年度の電力需要量との積から、CO<sub>2</sub> 及び SO<sub>x</sub> の発生量の算出
- (vii) 算出した改善後の CO<sub>2</sub> 及び SO<sub>x</sub> の発生量を BAU の値から差し引いて削減量を算出

(3) 計算根拠

【発電効率】

- (i) 中国の石炭火力発電の需要量は下記の表 5-5 の数値を用いることとした。

表 5-5 中国の電源別発電量の推移・見通し(単位：TWh)

	2000 年 *	2010 年 *	2020 年 ※	2035 年 ※
石炭火力	1,062	3,273	4,185	5,882
石油火力	46	13	16	15
LNG 火力	6	69	192	494
原子力	17	74	429	813
水力	222	722	969	1064
その他	3	57	262	550
合計	1,356	4,208	6,053	8,818

\*：実績値、※：予測値

EDMC(2013)を基に作成

- (ii) 適用する日本技術の選定は、インドネシアへの日本技術（USC）の供与例（表 5-4）及びマレーシア・マンジュンにおける事例を参考に、超々臨界圧（USC）を選定した。
- (iii) 中国の発電効率については、2010 年（全平均）の値は図 5-2 から 35% とした。35%の内訳として、2010 年の発電設備の半数は、表 5-2 から高効率（SC 並=38%）とし、残りの半数は低効率（Sb-SC またはそれ以下）として 32% とした（表 5-6）。

表 5-6 中国の発電効率の予測計算

(発電端、LHV)

		2010 年	2020 年	2035 年
全設備容量の 25%	低効率	32%	32%	42%
全設備容量の 25%	リプレース	—	42%	42%
(小計)：計算値		—	(37%)	(42%)
全設備容量の 50%	高効率	38%	38%	38%
全設備平均		35%	37.5%	40%

また、2020年、2035年の発電効率の推定は、全発電電力量の25%が2020年までに、残りの25%が2035年までに、超々臨界圧（USC=42%）タイプで更新または増設されるとした。その結果、2020年、2035年の発電効率は、それぞれ37.5%、40%とした（表5-6）。

#### 【CO<sub>2</sub>排出原単位】

中国の石炭火力発電による、発電量当たりのCO<sub>2</sub>排出量（原単位）を求めるため、以下の通り計算した。

##### (i) 2010年のCO<sub>2</sub>排出原単位

図5-3から、中国の火力発電におけるCO<sub>2</sub>排出原単位（0.80 kg-CO<sub>2</sub>/kWh）を基に、図5-3に示す中国の非化石電源発電電力量比率（19%）を用いて上記の0.80 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを（1-0.19）で除して、化石電源発電電力量に対するCO<sub>2</sub>排出原単位：0.988 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを得た。中国の化石燃料に占める石炭の比率が高いことから、2010年におけるCO<sub>2</sub>排出原単位を988g-CO<sub>2</sub>/kWhとした（表5-7）。

##### (ii) 2020年、2035年のCO<sub>2</sub>排出原単位

上記表5-6と同様に、低効率の設備の半数が順次、超々臨界圧タイプ（表5-2より、0.78 kg-CO<sub>2</sub>/kWh）で更新または増設されるとして、2020年：0.925 kg-CO<sub>2</sub>/kWh、2035年：0.862 kg-CO<sub>2</sub>/kWhとした（表5-7）。

表5-7 中国のCO<sub>2</sub>原単位の予測計算

（発電端、LHV）

		2010年	2020年	2035年
全設備容量の25%	低効率	1,032	1,032	780
全設備容量の25%	リプレース	—	780	780
（小計）		—	(906)	(780)
全設備容量の50%	高効率	944	944	944
全設備平均		988	925	862

単位:g-CO<sub>2</sub>/kWh

#### 【SO<sub>x</sub>排出原単位】

##### (i) 2010年のSO<sub>x</sub>排出原単位

2006年の火力発電所からのSO<sub>x</sub>排出量は1,204万トン/年と報告されている（兒2008）。この数値から、火力発電に占める石炭火力の割合（0.975）を用いてSO<sub>x</sub>排出量を1,174万トン/年と計算。1,174万トン/年を2007年の石炭火力発電量2.699TWh（\*注）で除した値：4.3 g/kWhを、近似的に2010年の発電量当たりのSO<sub>x</sub>排出原単位とした（表5-8）。

\*注）兒（2008）による数値（2007年の中国の発電量：3.256TWh、石炭火力発電比率：82.9%）から計算。

(ii) 2020年、2035年のSOx排出原単位

表 5-6 と同様に、低効率の設備の半数が順次、超々臨界圧 (USC) タイプで更新または増設されるとし、増設後の設備による SOx 排出原単位は 1.2 g/kWh (図 5-6 における先進 6 カ国の平均) とした。その結果、SOx 排出原単位は、2020年：2.8 g/kWh、2035年：1.2 g/kWh とした (表 5-8)。

表 5-8 中国の SOx 原単位の予測計算

(発電端、LHV)

		2010年	2020年	2035年
全設備容量の25%	低効率	7.4	7.4	1.2
全設備容量の25%	リプレース	—	1.2	1.2
(小計)			(4.3)	(1.2)
全設備容量の50%	高効率	1.2	1.2	1.2
全設備平均		4.3	2.8	1.2

単位:g/kWh

#### (4) CO<sub>2</sub> 及び SOx 排出量の計算結果

上記(1)～(3)の計算手順により、表 5-6、表 5-7、表 5-8 に示した全設備平均の発電効率、CO<sub>2</sub>原単位及び SOx 原単位の数値を用いて、日本の石炭火力発電技術を中国に適用した場合に、改善される発電効率並びに、削減が可能となる CO<sub>2</sub> 及び SOx 排出量を計算した。計算結果を表 5-9 に示す。

表 5-9 中国の石炭火力発電からの CO<sub>2</sub> 及び SOx 排出量改善試算

	単位	2010	2020	2035	備考
(a)発電量	TWh	3,273	4,185	5,882	表 5-5 参照
(b)発電効率	%	35	37.5	40	表 5-6 参照
(c)CO <sub>2</sub> 原単位	g-CO <sub>2</sub> /kWh	988	925	862	表 5-7 参照
(d)CO <sub>2</sub> 排出量/BAU	Mt-CO <sub>2</sub> /年	3,234	4,135	5,811	各年度の発電量(a)×988
(e)対策後	〃	—	3,871	5,070	発電量(a)×改善後の原単位(c)
改善効果	〃	—	Δ264	Δ741	(e)－(d)
(f)SOx 原単位	g/kWh	4.3	2.8	1.2	表 5-8 参照
(g)SOx 排出量/BAU	万 t/年	1,407	1,800	2,529	各年度の発電量(a)×4.3
(h)対策後	〃	—	1,172	706	発電量(a)×改善後の原単位(f)
改善効果	〃	—	Δ628	Δ1,823	(h)－(g)

## (5) 削減効果

2035年までに、中国の石炭火力発電設備の約半分を、日本の技術により最新の設備に更新または増設するケースを想定し、改善効果について試算を行った結果、表 5-9 に示すとおり CO<sub>2</sub> 排出量は、2035年時点で BAU と比べて約 7 億 4 千万トン/年の削減が可能であり、SO<sub>x</sub> 排出量は、2035年時点で BAU と比べて約 18 百万トン/年の削減が可能となる。

CO<sub>2</sub> の削減量は、2010 年度の日本全体の CO<sub>2</sub> 排出量：11 億 5 千 3 百万トンの半分以上に相当する。また、中国の総排出量：74 億 2 千 7 百万トン（2010 年：EDMC 2013）の約 10%にあたる。

上記の試算の結果について、過去の事例との比較を行った。日本の石炭火力発電技術を中国、インド、米国などに適用して、世界全体の CO<sub>2</sub> 排出量を削減する試算は、これまでに何度か実施されている。その中から、岡崎（2013）及び電源開発株式会社若松研究所（2013）の事例と本研究の結果を表 5-10 に示す。

表 5-10 CO<sub>2</sub> 削減試算結果の比較

	過去の試算		本研究	
	2005 年*1)	2009*2)	2020 年	2035 年
中国 CO <sub>2</sub> 排出量 (Mt-CO <sub>2</sub> /年)=Q	2,400	3,262	4,135	5,811
削減後(Mt-CO <sub>2</sub> /年)=R	1,695	2,451	3,871	5,070
削減量(Mt-CO <sub>2</sub> /年)R-Q	Δ705	Δ811	Δ264	Δ741
削減比率(%)=(Q-R)/Q	29	25	6	13
日本の発電効率(%)=J	41.5	42	42	43
中国の発電効率(%)=C	32	34	37.5	40
発電効率比=C/J	0.77	0.81	0.89	0.93

\*1) 岡崎(2013) に基づき作成

\*2) 電源開発株式会社若松研究所(2013) に基づき作成

本研究の試算では、設備の耐用年数、中国における現実の設備使用平均年数、日本技術の進展状況、海外への技術供与の実績等を考慮して、できる限り現実的な設定で計算を行った。特に計算の前提として留意したのは、火力発電全体の発電効率ではなく、石炭火力発電に特化した CO<sub>2</sub> 原単位や SO<sub>x</sub> 原単位を推定し、将来の削減可能量を算定したことである。その結果、2010 年における中国の石炭火力発電の発



電量に対する CO<sub>2</sub> 排出原単位として 988 g-CO<sub>2</sub>/kWh を計算で求めた (表 5-7)。

また、検討の過程で、2012 年における中国の石炭火力発電設備の稼働年数を平均 11 年 (田中 2011) とし、中国への技術供与の中心になるのは、超々臨界圧 (USC、発電効率=42%) タイプで更新または増設されることとした。

その結果、2020 年及び 2035 年における、現実的な CO<sub>2</sub> 排出原単位として、それぞれ 925 g-CO<sub>2</sub>/kWh、862 g-CO<sub>2</sub>/kWh を計算で求めた。この数値は、「亜臨界圧石炭火力から超々臨界圧に改善した場合、CO<sub>2</sub> の排出は約 15%削減される」との報告 (田中 2011) と対比すれば、本研究の試算結果は約 13% [ 862 (2035 年) ÷ 988 (2010 年) =0.87 ] の改善であり、妥当な数値であると考ええる。

本研究で得られた CO<sub>2</sub> 排出削減効果は、2020 年で 264 百万トン/年、2035 年では 741 百万トン/年となった。

この数字は、表 5-10 に示した「過去の試算」との比較では、CO<sub>2</sub> 削減量は、本研究の方が 10%ほど少ない。計算条件について、「過去の試算」と比較すると、日本の発電効率は、ほぼ同じ程度の数字を使っているが、「過去の試算」では中国の発電効率を 32~34%と仮定しており、本研究では 37.5~40%と計算したことに、大きな違いがある。その違いは、「過去の試算」では、計算時点での現状の中国の発電効率を用いて、一度に日本の発電効率に置き換えた計算をしていることが推定される。

本研究では、既存設備の半数を 25 年かけて順次、日本の高い発電効率の設備に置き換える条件で算出した。その結果は、表 5-10 に示した発電効率比 (C/J) に示されている。

すなわち、本研究の試算結果は、「現実的な中国における石炭火力発電の改善効果を求める」とした本稿での目的にあっており、妥当と考える。

## 5.3 原子力発電と地球温暖化問題

2011年3月11日に発生した東日本大震災によって福島第一原子力発電所の事故（以下、「福島原発事故」とする）が発生した。事故後すでに約4年となるが、いまだに放射性物質を含んだ冷却水の一部が海に漏洩し続けており、破壊された原子炉に残る廃核燃料の処理には数十年を要する状況にある。

しかし、日本のエネルギー政策においては、事故以前にも増して原発推進の方向が打ち出されている。原発は、温暖化に有利で低コストといわれてきたが、他の発電方式との比較において原発の優位性を再評価し、今後の原子力政策のあるべき姿について検討した。

### 5.3.1 福島原発事故からの再出発

福島原発事故は、一度に3つの原子炉と4つの使用済み燃料プールが危機に陥った未曾有の重大事故であり、最悪のケースとして原子炉格納容器の爆発も想定された。その場合、首都圏まで含めた数百万人から千万人規模の避難を必要とする事態に拡大する可能性があったといわれている（小菅 2014, p. 70）。

この事故で放出された放射性物質の量は、2011年4月に公表されたデータから、大気中へ63～77京ベクレル（チェルノブイリでは520京ベクレル）とされており、この量は広島原爆の169倍に相当すると報告されている（大島 2013, p. 12）。また、海洋にも大量の放射性物質が放出されたが、その他に、原発敷地内には2011年7月時点で約80京ベクレルの「汚染水」が滞留していると報告されている。

このような状態に対し、国際原子力機関(IAEA)は、国際原子力事象評価尺度(INES)により8段階のうち最高のレベル7（深刻な事故：5京ベクレル以上）と評価した。また、事故処理に従事した労働者の被曝も大きく、2011年7月までの被曝量が250ミリシーベルトを超えたものが6人あり、最高670.36ミリシーベルトであった（大島 2013, p. 24）。

福島原発事故が国内外に与えた影響は大きく、国民の大半は原子力発電の継続に批判的になり（内山 2013）、我が国をはじめ、原子力発電所を設置している多くの国でエネルギー政策を抜本的に見直す機会を与えることになった（豊田 2013）。

福島原発事故後の見直しの結果を織り込んだ日本の原子力政策は、2014年4月に策定された「エネルギー基本計画」（資源エネルギー庁 2014）に示されている。この計画書では、政府は、事故情報の隠蔽や高レベル放射性廃棄物処分の体制確立の遅れ等が国民の不信を招いたことを認め、「エネルギー戦略を白紙から見直し、原発依存度を可能な限り低減することを、エネルギー政策再構築の出発点とする」と述べている（表 5-11）。

表 5-11 エネルギー基本計画における原子力政策（主要事項）

項 目	基本計画及び原子力政策	
エネルギー受給の課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原発依存度を可能な限り低減（再構築の出発点とする）</li> <li>・「安全神話」への反省</li> <li>・原子力の課題山積(賠償、除染、廃炉、使用済み核燃料処理)</li> </ul>	
エネルギー受給基本計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的視点＝安全性＋安定供給＋経済効率＋環境適合</li> <li>・原子力は重要な「ベースロード電源」、・温暖化対策に貢献</li> </ul>	
原子力政策	安全性/安定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いかなる事情よりも安全性を最優先</li> <li>・福島廃炉・汚染水対策は30～40年かかる見込み</li> </ul>
	使用済み燃料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・世界（OECDのみ）で185,000トン保有</li> <li>・日本：17,000トン保有（ガラス固化体25,000本相当）</li> </ul>
	高レベル廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最終処分：地層処分が有望、閉鎖せず回収可能性を検討</li> <li>・使用済み燃料の貯蔵能力拡大、減容化、有害性低減</li> </ul>
	核燃料サイクル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プルサーマル<sup>1)</sup>（Pu有効利用）による核燃料サイクル推進</li> <li>・六ヶ所再処理工場、MOX燃料加工工場、むつ中間貯蔵施設</li> <li>・原則、利用目的のないプルトニウム（Pu）は持たない</li> <li>・米、仏の協力の下で高速炉等の研究開発の推進</li> <li>・「もんじゅ」は、廃棄物の減容・有害度の低減等の研究拠点</li> </ul>
	国際協力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力技術・ノウハウを海外の安全確保に平和利用</li> <li>・中国、インド、中東などに原子力分野での国際協力を推進</li> </ul>

資源エネルギー庁(2014)を基に作成

ここで、具体的な原子力政策について見てみると、原子力を重要な「ベースロード電源」として位置づけ、温暖化対策への貢献、核燃料サイクルの推進、高レベル放射性廃棄物処理技術の確立を行い、中国・インド・中東などへの国際協力を推進することを謳っている。

東京電力株式会社（以下、東京電力とする）等の電力会社は、原子力発電の利点として、「低コストで温暖化に有利」としているが、福島原発事故の収束の目途が立たないうちに、国のエネルギー政策として原発の積極的推進を謳っていることに疑問を感じる。

したがって、ここでは、原子力政策の基本としている安全性、安定供給、経済効率、環境適合に関して、原子力発電推進の妥当性について検討を行った結果について、以下に述べる。

### 5.3.2 原発の安全性・安定性

#### (1) 安全性

##### 【事故の原因】

福島原発事故では、最初に地震により受電鉄塔が倒壊し外部電源が失われた。その後、津波により非常用電源も機能なくなり全電源喪失に至ったことから、事故の原因は津波であると説明されている。しかし、大島（2013, p. 136）によれば、福

島第一原発四号機の設計に携わった技術者・田中三彦の言葉として、「一号機は津波の前の地震動ですでに大きなダメージを受けており、それが大事故につながった可能性が高い。」と述べている。このように、津波到来以前に地震動で原発機器の損壊があったことは、大きな問題点であり、“想定外”の津波対策だけでなく、地震対策を根本的に見直す必要がある、との指摘がある（小菅 2014, p. 28）。

福島原発事故の原因について、原子力安全委員会の<sup>まだらめ</sup>班目委員長は、「事故は、まさに人災」と発言し、「津波が想定を超えたからといって、第二、第三の防護手段がなければいけない。実際にそういう手段を講じていなかった。」との反省の弁を述べたとされている（伊藤 2011b, p. 98）。この事故を人災と見るのは、その他にも小菅（2014, p. 4）などの報告がある。小菅は、原発事故の経緯を知れば知るほど、「原発神話」と専門性の壁の中でいかに杜撰なことが行われ続けてきたかに驚かされる、と述べている。大島（2013, p. 130, 143）は、事故を引き起こしたのは「日本の原発では深刻な事故は絶対起こらないとする安全神話に象徴される安全軽視の原子力政策であり、...原子力委員会の職務放棄がもたらした人災である。」としている。また、岡本（2013）は、福島の事故では、直接原因のほかに、間接原因として、事業者側に①事故が起こらないとの慢心があった、②規制側の（本質的でない）要求に対処すれば十分と考えていた、③本気で事故対応を考えていなかった、と指摘しており、規制当局側にも、①事故は起こらないと考えていた、②小さなリスクにこだわり大きなリスクを見逃していた、③リスク対応規制の先送りなどがあった、と述べている。

国際原子力機関（IAEA）調査団の報告（2011年6月1日提出）においても、人的要因を含めて11項目のうち8項目に不備があったとされている（伊藤 2011b, p. 99）。IAEAの報告のうち原因に関係する指摘としては、津波対策、深層防護、安全規制制度、複合災害対策に改善が必要とされている。

#### 【安全神話】

表 5-11 の「エネルギー基本計画」の中で、「安全神話への反省」が取り上げられているが、日本の原子力発電事業の特異性として、長年にわたる「国策民営」政策、すなわち国としての実現目標を提示するとともに、その担い手である民間発電事業者がその目標を確実に達成するための手厚い支援体制<sup>2)</sup>の基盤の上に存在している（長野 2012）。このような批判が事故の反省や規制・制度面での改革が行われた後になって出されたことから、今後もこのような体制が継続される懸念がある。

「安全神話」については、例えば、高木（1999, p. 153）によれば、「原子力事業の現場においても、原子炉は多重防護を施してあるから“絶対大事故に至らぬ”、“原子力は安全”と信じさせられる状況が形成され、現場の疑問が封じ込められる雰囲気があった。」と述べている。

このような「安全神話」は、どのように形成されてきたのであろうか。大島（2013,

p. 133) によれば、その要因は 2006 年に総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会の策定した「原子力立国計画」にあるという。すなわち、「原子力立国計画」の中身は原発の開発推進一辺倒の内容で、その大前提である安全性は検討すらされなくなっていた。

大島 (2013, p. 149) も指摘しているように、これまで長い間、“原子力村<sup>3)</sup>”ともいわれた、この業界関係者の閉鎖的な意識は、福島原発事故後も大きく変わっていないと見るべきであり、短期間で良い方向に変わるとは考えにくい。

#### 【多重防護】

大島 (2011, p. 136) は、「安全神話」の根拠になったものとして「多重防護」の考え方があり、元原子力安全委員会委員長の佐藤一男は、下記の 7 つの構成要素を「多重防護」の思想としている、と述べている。

- ① 施設立地にあたっての防護
- ② 設計・建設・運転における防護
- ③ 顕在化を防止する対策
- ④ 影響を緩和する対策
- ⑤ 設計を超えた場合の対策
- ⑥ 施設と周辺社会との隔離
- ⑦ 防災対策の整備

大島 (2013, p. 138) は、上記 7 項目の対策のすべてに完全を目指す必要があり、1 つでも瑕疵があれば、重大事故につながる可能性があることを指摘している。

運転中の原子炉に緊急事態が発生した場合に、原子炉を安全に停止するには「止める」「冷やす」「閉じ込める」の 3 つが安全確保の原則<sup>4)</sup>である (三島 2011)。この 3 原則は、いかなる場合も徹底して守られる必要があることから、設計段階から、事故や地震等を想定して、十分な安全裕度を持たせて設計される。更に実際の原子炉には、数多くのバックアップ装置や多重の防護システムが装備され、運転中の管理についても、運転マニュアルに基づく運転員の教育・訓練が徹底して行われる。

しかし、このような「あらゆる想定」に対応できるように多重防護の考えで設計、建設された原子炉も、システムのどこか 1 か所でも弱点があれば、この想定を超える事態や人的ミスにより事故が発生しているのが実態である (表 5-13 参照)。

小菅 (2014, p. 29) は、『「原発は五重の壁で守られている」ことを信じていたが、電源の一点が崩れただけで、五重の壁は連鎖的に崩壊した。すなわち、全てが繋がった一重の壁にすぎなかった。』と批判している。

#### 【原発の設計・製作上の問題】

多重防護の欠陥については、福島原発事故の 20 年以上前に発生した設計・製作上の不備からも予測可能であったと思われる。

すなわち、田中（1990）は、福島第一原子力発電所4号機の原子炉圧力容器を納入した企業に勤務し、直接、原発の設計に従事した経験から、1978年8月にメーカーから納入された4号機の原子炉圧力容器は、違法の疑いのある「手直し」をされた後に納入されたことを指摘している。製作上の欠陥は、原子炉圧力容器製作の「最終焼鈍工程」で発生した重大欠陥であった。再度製作するには数十億円（当時）の費用と20数か月の歳月が無に帰することになるため「手直し」は国や東京電力には知らされず、『無事』納入された形になった。しかしこの事実は、その後、1988年6月になって公にされた（朝日新聞1988）。これに対し、圧力容器メーカーは、「作業は合法的であり、安全上も問題ない」との見解を発表し、国と電力会社もこれを認め、そのまま継続して4号機の原子炉圧力容器を使い続けた。

この事例に関しては、当然ながら、福島第一原子力発電所の建設当時も、アメリカ機械学会圧力容器規格(ASMEⅢ)<sup>5)</sup>によって設計・製作されていた筈であるから、このような「歪み矯正措置」がメーカーの主張のように「報告する義務もない」ことであれば、法規・基準の不備を疑わざるを得ない。しかし、現実には、このような事情で原発の最重要機器が納入されていたことには驚かざるを得ない。このようなリスクを包含して原発が運転されていたことは、重大な瑕疵であり、この要因一つで多重防護の壁を崩壊させる可能性があったと考えられる。今後、このようなことが二度と起こらない仕組み（ルール）が必要と考える。

【シビアアクシデント<sup>6)</sup>対策】

福島原発事故は、「原発は安全」という既成的な観念に対して明確な反証を提供したことにもなったが、伊藤（2011a）によれば、「これは従来事故確率の見積もりが正しかったことを示しているに過ぎない」と述べている。

表 5-12 原子炉大事故発生の確率

報告	発表年	大事故確率
アメリカ原子力委員会、ラスムッセン報告	1975年	炉心溶融・放射線漏洩なし 1万年に1回 炉心溶融・放射線漏洩あり 10万年に1回 壊滅的事故 10億年に1回
M. B. Sattison	2004年 (総説)	深刻な炉心損傷(1969-1979年 についての前駆事象解析) 435年に1回 同(1980-1981年の解析) 6,250年に1回

「年」は原子炉の運転年数（炉年）を示す

伊藤(2011a)より

伊藤（2011a）は、表 5-12 について、「ラスムッセン報告には当初から批判が多か

った。その後、2004年に発表された M. B. Sattison の報告『6,250年に一回』を採用すれば、全世界の430基の原子炉のどれかが深刻な事故を起こす確率は14.5年に一回となる。これは、約40年の間にスリーマイル島原発事故、チェルノブイリ原発事故、福島原発事故（1回として計算）と、3回起きたことと一致する。」と述べている。また、ラスムッセン報告は、「イベント・ツリー」と「フォールト・ツリー」の方法を用いているが、この方法では「Aの事象」と「Bの事象」のどちらがより安全か、という比較は可能だが、発生確率の絶対値は信用できないという報告（武谷1976, p. 134-158）に注意を要する。

しかし、全世界の原発の数から見れば確率的には事故が起こり得る状況にあったとしても、何故日本で、福島で事故が発生したのか、何故未然防止が図れなかったのかという反省を行う必要がある。例えば、高木（2000）は、「原子力業界の特異な状況が(株)ジェー・シー・オー（JCO）の事故や『もんじゅ』の事故（表5-13参照）につながっており、この体質を根本的に見直すことがなければ、重大事故につながる」ことを事故の10年以上前に警告している。

津波対策の必要性が指摘されいながら、防護策がとられていなかったことに対しても批判がある。例えば、神戸大学名誉教授・石橋克彦氏が、福島原発事故以前に「原発にとって大地震が恐ろしいのは、地震動による損傷に加えて無数の故障の可能性のいくつものが同時多発すること。」との指摘があった、と大島（2013, p. 140）は述べている。

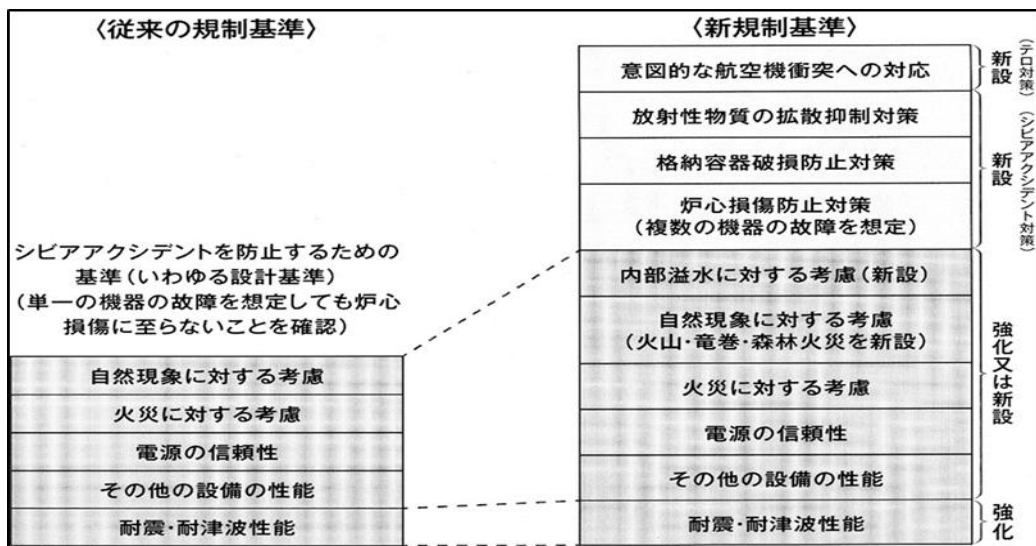
チェルノブイリ原発事故を教訓として1992年に、日本で検討が行われた結果、「多重防護により、シビアアクシデントは工学的には発生の可能性は十分に小さいものとなっている。」との結論が出され、（政府ではなく）原子炉設置者（電力会社）がシビアアクシデントマネジメントを自主的に整備することになった。これについて、関係者（原子力安全委員会と行政担当者）の責任は重大である、との指摘がある（大島2013, p. 142）。

これまで、政府としても、1960年に科学技術庁（当時）からの委託によって日本原子力産業会議が行った「大型原子炉の事故の理論的可能性及び公衆損害額に関する試算」を公表している。そこでは、海岸に立地する電気出力16万kWの原子炉の事故を想定し、影響は120km離れた600万人の大都市までおよび、死者540人、4百万人が影響を受ける、との試算が行なわれている（武谷1976, p. 109）。また、杉本（2013）によれば、「1979年3月のスリーマイル島原発事故では、設計基準事象を超えるシビアアクシデントが実際に起きたことから、シビアアクシデントに関する研究の必要性が世界的に高まり、日本においても1980～1990年代にかけて研究が進められた。しかし、ここでの検討では、機器の誤作動や運転員の誤操作等の内部事象に起因する事象だけを対象にしており、地震や津波等の外部事象は対象外と

された。」と報告している。

事故の対策についても、批判が出されている。例えば、東京大学の原子力専攻の教授である岡本（2013）によれば、「2012年6月に『核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律』が改正され、原子炉の緊急事態への対応や体制の整備が細かく決められた（図5-7）。しかし、『火災』や『内部溢水』と『大規模損壊事故』とが同列で扱われており、実効的ではない。シビアアクシデント発生時における緊急時マネジメントは、事故の重大度によって決められるべきである。」と述べている。

このことから、「エネルギー基本計画」において「原発運転継続」とした政策に対する学識経験者の懸念は払拭されていないことが窺える。



電気事業連合会(2013)より

図5-7 シビアアクシデントを含む事故時の対応基準

【過去事例の活用】

過去の事件事例のうち、大規模事故といわれる「レベル5」<sup>7)</sup>以上の事故3件と、電気事業連合会が公表している国内事故5件について、現在想定されている原因を表5-13に示した。

福島原発事故以前にも、表5-13に挙げたようにスリーマイル島（TMI）原発事故やチェルノブイリ原発事故などが発生しており、チェルノブイリ原発事故からは、原子炉形式の違いによる「閉じ込める」機能としての格納容器の重要性が再認識され、TMIの事故では、炉心燃料の半分近くが溶融したにもかかわらず、格納容器により外部への放射能の影響が最小限にとどめられたことが再評価された。また、(株)



ジェー・シー・オー (JCO) の事故を契機として、原子力災害に対する備えが不十分だったことから「原子力災害対策特別措置法」が制定された。

表 5-13 原発の事故原因

気事業連合会(2013)を基に作成

事故事例	発生日	レベル *1)	事故の影響	原因
TMI(Three mile island) 原発	2001年 11月7日	5	最大 1mSv*2) (健康上影響なし)	・給水バルブの開け忘れ ・加圧器逃し弁固着 ・ECCS*3) 流量の絞り過ぎ
チェルノブイリ 原発	1986年 4月25日	7	爆発・火災/広 範囲への放射性 物質大量放出	・設計不備(低出力特性不良) ・運転上の違反(ECCS 切断) ・管理上の欠陥(指揮系統の不良)
福島第一 原発	2011年 3月11日	7	爆発・火災/広 範囲への放射性 物質大量放出	・地震・津波で全電源喪失 ・シビアアクシデントへの対 応の不備
美浜 2 号機	1991年 2月9日	2	原子炉自動停止 (ECCS 作動)	・蒸気発生器伝熱管工事不良
高速増殖炉 「もんじゅ」	1995年 12月8日	1	ナトリウム漏れ	・ナトリウム温度計測装置の 設計不良
JCO 燃料 加工工場	1999年 9月30日	4	臨界事故 (約 20 分間継続)	・作業基準違反 (バケツでウラン燃料を混合)
浜岡原発	2001年 11月7日	1	蒸気配管破断	・運転管理不備 (配管中に水素が滞留)
美浜 3 号機	2004年 8月9日	1	高圧配管破断	・運転管理不備(配管肉厚減) ・工事管理不備(指示不備)

\*1) レベルについては章末の注 7) 参照、\*2) mSv：ミリシーベルト、

\*3) ECCS：緊急炉心冷却装置

福島原発事故について、三島（2011）は、「地震や津波が大事故の共通要因となり得ることは周知のことであった。にもかかわらず、福島での事故の発端となった全交流電源喪失については、安全設計審査指針で長時間の電源喪失は『考慮する必要はない』とされていた。しかし、米国では 1988 年に規制対応が行われており、日本の対応に甘さがあったのではないか。」と述べている。

以上のことから、福島原発事故によって、技術的な不備よりもむしろ「安全神話」や狭い社会（原子力村）での組織・体制における「人的な側面」の欠陥が浮き彫りにされた。これに関して、15 カ国の原子力規制機関について調査の結果、日本とドイツには安全指標が存在しなかったとの報告がある（原子力安全基盤機構 2010）。この調査では、13 カ国における 140 項目の安全指標を集約し、14 の基本的要素からなる「安全文化の要素」に整理している（表 5-14 (A) 欄参照）。この報告への実効的な対応が遅滞なく実施されていれば、あるいは原発の大事故は防げた可能性がある。

表 5-14 安全文化の要素と環境規格（ISO14001）の対応

安全文化の要素(A)及び具体的内容		環境規格(ISO14001) (B)
1.経営者コミットメント	安全最優先の意志の浸透	[4.2]環境方針
2.上級管理者の方針と行動	トップ方針の実行計画	[4.3.3]目的目標、実施計画
3.誤った意志決定の防止	実行状況の客観的評価	[4.5.1]監視・測定
4.安全への問いかけ姿勢	従業員への問いかけ	[4.6]マネジメントレビュー
5.報告する文化	悪い情報、エラー報告	[4.5.3]不適合是正
6.良好な意志疎通	社内外コミュニケーション	[4.4.3]コミュニケーション
7.説明責任・透明性	事態発生の情報提供	[4.5.4]記録の管理
8.コンプライアンス	ルールの維持管理	[4.3.2]法要求, [4.5.2]順守評価
9.学習する組織	教育訓練、力量評価	[4.4.2]力量・教育訓練・自覚
10.事故の未然防止	事故報告・処置	[4.4.7]緊急事態への準備対応
11.自己評価/第三者評価	自己評価/第三者評価の実施	[4.5.5]内部監査
12.作業管理	無理のない工程管理	[4.4.6]運用管理
13.変更管理	組織、手順の変更管理	[4.5.1]監視・測定
14.従業員の意欲向上	モチベーション、姿勢	[4.4.2]力量・教育訓練・自覚

(A)は原子力安全基盤機構(2010)より作成、(B)欄の[ ]内は ISO14001 規格の項目番号

表 5-14 に示した、14 項目の安全文化の要素 (A) は、原発の安全管理に限らず、組織のマネジメントに必須の P-D-C-A の要素から成っている。したがって、マネジメントシステムの 1 つである環境マネジメントシステム (ISO14001) 規格 (日本規格協会 2004) の各項目 (表 5-14 (B)欄参照) を実行することで、安全文化の 14 要素をカバーすることが可能である。

日本の原子力業界では、原発関係の一部の事業所<sup>8)</sup> (例えば、日本原子力研究開発機構の 4 事業所、日本原子力発電株式会社等) において ISO14001 規格に基づくマネジメント活動を実施しているが、政策決定の中核組織 (本部・本店の運営管理部門、安全統括部門、経営企画室等) は含まれていない。これらの中核組織と事業所が一体的に ISO14001 規格または、相当のマネジメントシステムを効果的に実施していれば、状況は変わっていたと想定される。なぜならば、環境マネジメントシステム (ISO14001) 規格の序文に述べられているように、「このシステムの成功はトップマネジメントのコミットメントのいかんにかかっている」からである。

今後の原子力事業の改革及び健全な運営のためには、このような規格の主旨に則り、組織の中核と事業所が一体となった ISO14001 の運用が有効であろう。そのために参考となるのが、本稿 6.3.1-(3) 項に示す「富士通グローバル EMS の活動」であると考えられる。

## (2) 安定供給

原発の電力安定供給性については、大山（2013）によれば、「原発は、基幹電力になりえない。その最大の理由は、ウランの可採年数であり、2006年時点で132.4年の可採年数は、化石燃料並に原子力が用いられると化石燃料の数分の一になる。」とされている。また、原発は一次エネルギーから最終エネルギーへの転換効率が約33%と悪いこと、原発の立地が消費地から遠いため送電ロスが大きいこと、揚水発電設備とセットで運転されることでロスが大きいことが指摘されている（大山 2013；小出 2011）。

エネルギー基本計画の中では、原発を「重要なベースロード」と位置付けているが、2000年から2010年の11年間の実績では平均稼働率は68.9%であり、米国・韓国（約90%）、フランス・ドイツ・カナダ（約80%）と比べてかなり低い（日本原子力産業協会 2014）。

また、吉岡（2011, p. 62）は、「原発は、主要エネルギーの中で、実績面において最も安定供給特性が劣る。それは、東京電力検査・点検偽装事件（2002年）と東京電力柏崎刈羽原発地震災害（2007年）の2度にわたり電力供給が長期間停止し、他の発電手段によって辛くもカバーされたからである。」と述べている。

以上述べたとおり、原発の安全性・安定供給性については、「安全神話」に象徴されるように、現状においても原発の開発・運転面での更なる技術的向上が必要とされるべきところ、「原子力村」ともいわれる組織・構造が、「原発は安全」との考え以外に受け入れない「思考停止」に陥っていた。そのため、自由な考えであらゆる事態を想定し対応策を検討するという、一般的な企業では当然のことが出来ていなかったといえる。すなわち、福島原発事故によって、技術的な不備よりもむしろ組織・体制における「人的な側面」の欠陥が浮き彫りにされたことで、これまでの組織・体質の改善がなされなければ、今後の原発継続には懸念がある。また、安定供給性についても、ウラン資源の枯渇や故障・事故による稼働率の低さが問題である。

### 5.3.3 原発のコスト

#### (1) モデルプラントコスト

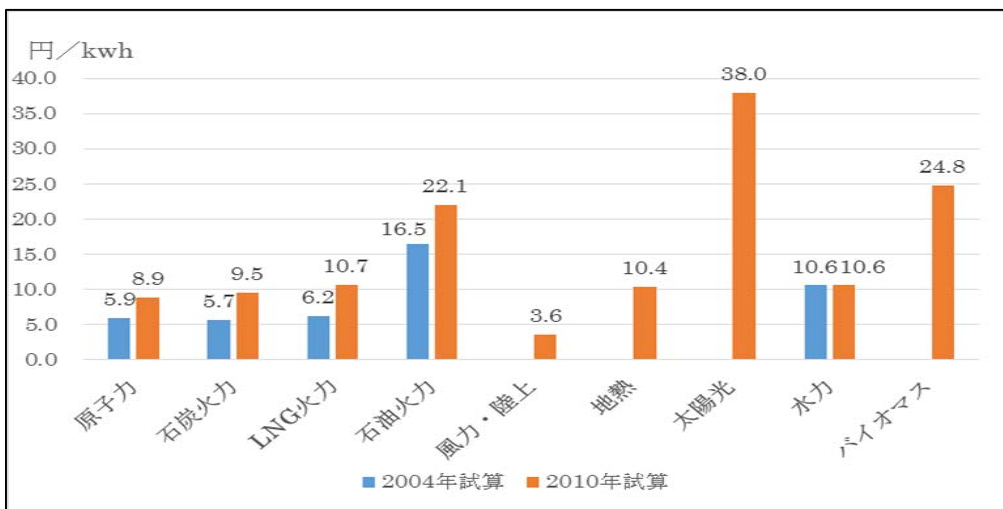
図 5-8 に各種発電方式の違いによる発電コストの比較について示したが、これらの数値は、電気事業連合会によりモデルプラントを使って下記の方法で計算されたものである。

$$\text{発電コスト} = \text{総発電コスト} \div \text{発電量}$$

ここで、総発電コスト＝資本費＋燃料費＋運転維持費、

発電量＝設備容量(kW)×365日×24時間×設備利用率×運転年数である。

一般的には、原発はCO<sub>2</sub>も出さず発電コストも低いというイメージが作られているが、**図 5-8**において、2004年の試算では原発より石炭火力の方が発電単価が低い。しかし、2010年の試算では、原発の方が低く、逆転している。



コスト等検証委員会(2011)を基に作成

図 5-8 発電方式と発電コスト

2010年試算の原発発電コスト(8.9円/kWh)には、事故の損害額が5.8兆円から1兆円増えるごとに0.1円/kWhが上乗せになる、と説明されている(コスト等検証委員会 2011)。このことから、試算には、事故損害費用としては一定の額が含まれていると考えられるが、この比例部分の数値が妥当かどうか不明である。また、事故損害費用以外に、どれだけの費用を見込んで算定されたかについても不明である。

原発特有の問題としては、様々な問題が指摘されているが、例えば、放射性廃棄物(特に高レベル廃棄物)の処理・処分の問題は重要である。放射性廃棄物の処理は、これまでイギリス及びフランスへの海外委託処理<sup>9)</sup>を行ってきたが、現状では、処理・処分方法の全体プロセスが確立されていない状況であり、実体に即した処理・処分費用の算定は困難である。

また、核燃料サイクルも計画されているが、プルサーマル計画の推進及び高速増

殖炉の開発には、さらに多くの費用が必要である。例えば、「もんじゅ」の開発には、これまで1兆円以上の費用が投入され、停止中でも年間200億円程度の維持管理費が必要とされている（読売新聞2014）。

そのほか、原発の建設には、揚水発電所の建設をセットで行うことが多いが、これらの費用は算入されているのか、など、原発の発電コスト試算には不透明な部分があり、図5-8に示された数値からは、ただちに化石燃料使用の火力発電より原発の方が低コストであるとは言えない。

## (2) 実績コスト

### 【直接コスト、政策コスト】

上記のようなモデルプラント計算方式に代えて、大島（2013）は、電力会社が公表している有価証券報告書の実績値を用いて、1970年～2010年の期間における平均電力コストを計算している（表5-15）。

ここでは、直接コスト（資本費、燃料費、保守費）の他に、政策コストとして研究開発コスト（高速増殖炉の開発費等）及び立地コスト（原発立地への交付金等）を含めている。

表5-15 発電の実際のコスト(1970～2010年度平均)

(単位：円/kWh)

発電方式	直接コスト	政策コスト		合計
		研究開発コスト	立地対策コスト	
原子力	8.53	1.46	0.26	10.25
火力	9.87	0.01	0.03	9.91
水力	7.09	0.08	0.02	7.19
一般水力	3.86	0.04	0.01	3.91
揚水	52.04	0.86	0.16	53.06

大島(2013)より

表5-15からは、原発の政策コストは火力の43倍、水力の17倍であり、原子力は他の発電方式と比べて、直接コスト以外のところで特別優遇措置を受けてきたため、コストアップになっていることが分かる（大島2013, p. 111）。

### 【その他のコスト】

大島（2013, p. 114）によれば、「表5-15の計算結果から原子力発電に経済性が無いことは明らかであるが、上記のコストに加えて原発には、さらに事故リスク費用

や核燃料使用後に生じるバックエンドコストなど膨大なコストが必要である。」と  
している。

これらの費用について、具体的な検討を行った結果について、以下に示す。

- (a) 事故リスク費用として、大島（2013, p. 113）は、福島第一原子力発電所の実績から日本の事故発生頻度を 500 炉年<sup>10)</sup>とみなし、事故による損害額（4 兆 9936 億円<sup>11)</sup>）から 1.2 円/kWh と算定している。

また、大山（2013）は、福島原発事故の費用の推計は様々な組織によって算出されており、だいたい 10～50 兆円くらい、と報告しており、原発継続の可否を判断する上では、このような最大限の費用をも考慮した検討が必要と思われる。

- (b) バックエンドコストは、使用済み核燃料の処理・処分コストであり、政府の資料<sup>12)</sup>によれば、使用済み核燃料の再処理に約 11 兆円、その他に高レベル放射性廃棄物、MOX 燃料加工などに 7.8 兆円が必要となる（大島 2013, p. 118）。

- (c) 廃炉費用については、大島（2013, p. 44）は、「東京電力の財務資料及び経営・財務調査委員会報告書から、解体、撤去、放射性廃棄物処分を含めた廃炉に関する費用の合計は、1～6 号機全体で 1 兆 6839 億 7 千万円（2800 億円／基）とされているが、チェルノブイリ原発事故では約 19 兆円かかっており、上記の金額を大幅に超える可能性がある。」と報告している。

仮に、2800 億円／基を用いて現在日本で稼働中の 48 基に適用すれば、13.4 兆円が必要となる。

- (d) 回収ウラン、劣化ウラン等の処理・処分コスト

上記のコストだけでも膨大であるが、大島（2013, p. 121）によれば、さらに六ヶ所村再処理工場における使用済み核燃料の処理で発生する回収ウラン及び MOX 燃料使用後の使用済み燃料の処理・処分費用がある。また、核燃料製造のウラン濃縮工程で発生する劣化ウランの処理・処分費用やウラン燃料の製造工程（製錬、転換、濃縮、再転換、成型加工）における施設の運転、解体に伴って発生する放射性廃棄物の処分費用も必要である。今後、使用済み燃料の処理や核燃料サイクルを継続する場合、バックエンドコストは最終的に（18.8 兆円 = 11 + 7.8 兆円）の数倍になると予想されている。

したがって、本稿においては、バックエンドコストが 3 倍ほど必要と仮定し、18.8 兆円に加えてさらに 37.6 兆円が必要となると推定した。

以上の検討から、1970 年～2010 年の 41 年間の費用（直接コスト + 政策コスト）は、表 5-15 の原発の発電単価（10.25 円/kWh）と 41 年間の原発による累計総発電

量 (7.51×10<sup>12</sup> kWh)<sup>13)</sup>を用いて計算すると、下記のとおりとなる。

$$\text{原発発電単価 (10.25 円/kWh)} \times \text{総発電量 (7.51 \times 10^{12} \text{ kWh})} = 77 \text{ 兆円}$$

さらに、上記に含まれないコストとして上記 (a)～(d) で検討した費用を合計すると 78.6 兆円が必要となる (表 5-16)。

この追加費用を発電単価に上乘せすると仮定すれば、78.6 兆円を 41 年間の累計総発電量 (7.51×10<sup>12</sup> kWh) で割ると、原発の発電単価はさらに 10.47 円/kWh の費用が追加され、合計 20.72 円/kWh となる。

以上のとおり、ここでのコスト検討から、大島 (2013, p. 114) の指摘するように「原発には経済性がない」ことが確かめられた。

表 5-16 原発のライフサイクルコストの推定

大島(2013)を基に作成

項目		直接+政策コスト(兆円) (大島(2013)による)		その他コスト(兆円) (本稿の試算)		
直接コスト	設備・建設	原発建設	64	—		
		燃料費		燃料購入費	—	
		運転維持		原発運転、保守	—	
政策コスト	研究開発	試験炉運転	11	—		
	立地対策	地域対策費	2	—		
事故対策		—	—	5	(a)*	
バックエンドコスト	再処理	施設運転・維持	—	11	(b)*	
	放射性廃棄物	廃棄物処理・処分	—	7.8		
	廃炉	廃炉・解体	—	13.4	(c)*	
その他	劣化ウラン等	—	—	37.6	(d)*	
	揚水発電	—	—	3.8 <sup>14)</sup>		
合計 (兆円)			77	78.6		
電力単価(円/kWh)			(10.25)	(10.47)		
合計単価 (推定) (円/kWh)		—	—	20.72	—	

(a)\*～(d)\*は計算根拠 (上記【その他コスト】の説明に対応)

#### 5.3.4 原発と地球温暖化対策

これまで地球温暖化対策に関しては、原発は CO<sub>2</sub> を出さないためクリーンなエネルギーであり、石炭火力発電に替えて増設すべきとされてきた。また、表 5-11 に示した日本の原子力政策においても、原発は温暖化に貢献することで今後も増加を図る方針が示されている。

そこで、原発が他の発電方式に比べて地球温暖化対策にどれだけ有効であるか、また、原発を推進した場合の問題は何かについて論ずる。

### (1) CO<sub>2</sub> 排出原単位

#### 【原発のライフサイクル CO<sub>2</sub> 原単位】

図 5-9 に、日本における、各発電方式のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出原単位を示した。ここでは、原子力発電の値は、20 g-CO<sub>2</sub>/kWh となっており、この数値の注釈として、現在計画中的の使用済み燃料国内再処理、プルサーマル利用（1 回リサイクルを前提）、高レベル放射性廃棄物処分、廃炉等を含めて算出した、と記載されている。

すなわち、原発のライフサイクル CO<sub>2</sub> 原単位として図 5-9 に示された数値には「発電燃料燃焼」の категорияにおける CO<sub>2</sub> 排出量はゼロとし、「設備・運用」の categoria における CO<sub>2</sub> 排出量として計算されている。

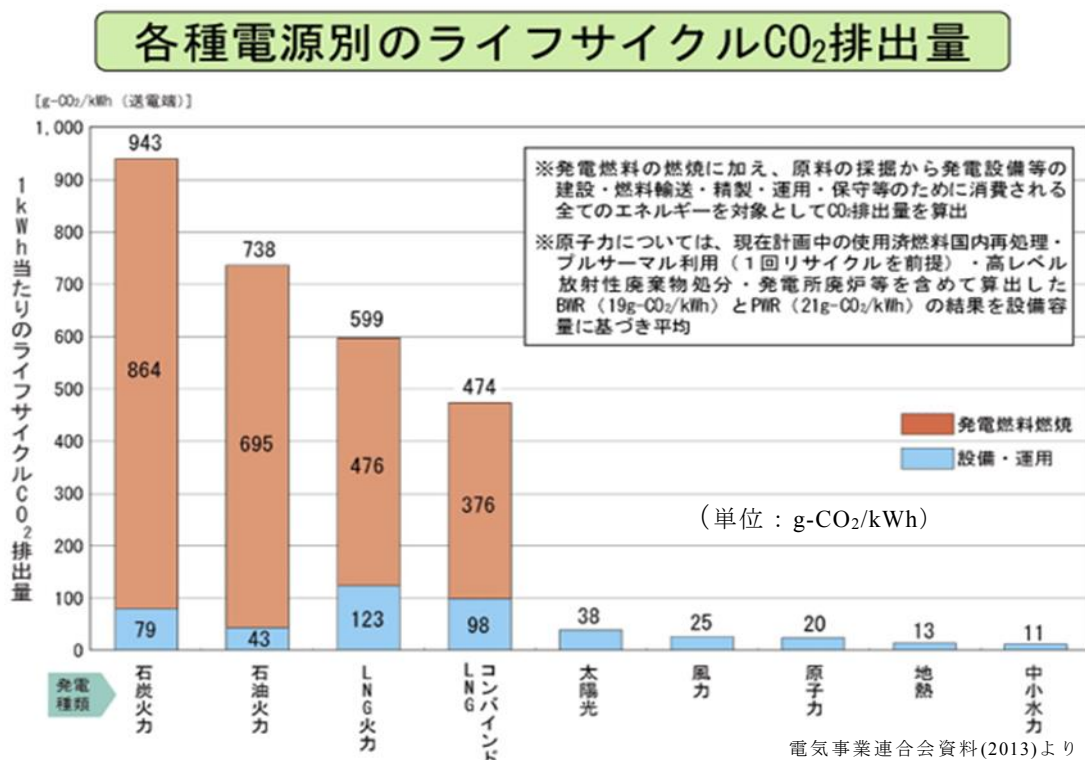


図 5-9 発電におけるライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出原単位

しかし、日本では未だ使用済み核燃料の再処理技術は確立されておらず、プルサーマルの実績も少ないことから、いくつかの条件を仮定して算出されたと思われる。すなわち、図 5-9 の数値（20 g-CO<sub>2</sub>/kWh）は、今村・長野（2010）の報告に基づいて、表 5-17 に示す 4 ケースの平均として算出されている。



表 5-17 原子力発電における CO<sub>2</sub> 排出原単位

	LC-CO <sub>2</sub> 排出量 (g-CO <sub>2</sub> /kWh)
BWR (リサイクル)	18.7
PWR (リサイクル)	20.5
BWR (中間貯蔵段階まで)	18.9
PWR (中間貯蔵段階まで)	21.9
(平均)	(20.0)

LC-CO<sub>2</sub> : ライフサイクル CO<sub>2</sub> 今村・長野(2010)より

【計算根拠】

表 5-17 に示した「リサイクル」のケースは、日本ではまだ再処理プロセスが確立していないため、本稿では、より現実に近いと思われる「中間貯蔵段階まで」のケースについて CO<sub>2</sub> 排出原単位の妥当性について検討を行った。このケースの算出根拠となっているのは、リサイクルせずにワンスルー方式で計算した報告（本藤ら 2000）である（表 5-18）。

表 5-18 原子力発電のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量  
(g-CO<sub>2</sub>/kWh)

	BWR	PWR
設備建設		
燃料採掘～フッ化	0.18	0.22
LLW 輸送処分	0.42	0.42
その他（発電等）	2.19	2.21
(小計)	(2.79)	(2.85)
設備運用		
燃料採掘～フッ化	1.22	1.49
燃料濃縮	21.17	27.76
燃料成形加工・輸送	0.71	0.72
発電	3.16	3.16
LLW 輸送処分	0.24	0.24
(小計)	(26.50)	(33.37)
廃 炉	0.18	0.18
合 計	29.47	36.40

本藤ら(2000)を基に作成

LLW : 低レベル放射性廃棄物、BWR : 沸騰水型原子炉、  
PWR : 加圧水型原子炉

本藤ら（2000）は、BWR 及び PWR について、いずれも 100 万 kW の原発を 1 年間稼働させ、設備利用率 70%、熱効率 33.67% で運転を行い、発電量（発電端）6,132 GWh を発電するとしている。

【ウラン濃縮量】

表 5-18 の数値においては、燃料濃縮工程が CO<sub>2</sub> 発生量の 70%以上と CO<sub>2</sub> 原単位に大きく影響しているため、さらに以下の検討を行った。

表 5-18 では、濃縮工程は全量米国におけるガス拡散として計算しているため数値が大きくなっているが、その後計算された数値（表 5-17）では、米国におけるガス拡散方式の比率を減らし、遠心分離法で計算したことで低い数値となっている。

しかし、表 5-17 の計算に用いられた濃縮工程に係る諸元（核燃料消費量、濃縮フィード量、濃縮分離作業量）は表 5-18 と同じである。

本藤ら（2000）の計算根拠となった数値を表 5-19 及び表 5-20 に示す。

表 5-19 ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量算定根拠

		BWR	PWR
核燃料消費量	t-U/年	19	19
濃縮フィード量	t-U/年	127	155
濃縮分離作業量	t-SWU/年	86	113

本藤ら(2000) を基に作成  
U：ウラン、SWU：分離作業単位

表 5-20 計算に用いたウラン燃料バランス

本藤ら(2000)	BWR*1				PWR*2			
	U-235		U-238	計	U-235		U-238	計
(単位)	%	t	t	t	%	t	t	t
天然 U	0.72	0.91	126.09	127	0.72	1.12	153.88	155
濃縮 U	3.40	0.65	18.35	19	4.10	0.78	18.22	19
劣化 U	0.25	0.27	107.73	108	0.25	0.34	135.66	136
参照ケース I *3					参照ケース II *4			
天然 U	0.71	1.35	188.65	190	0.71	1.05	146.95	148
濃縮 U	3.40	1.02	28.98	30	3.0	0.81	26.19	27
劣化 U	0.20	0.32	159.68	160	0.20	0.24	120.76	121
減損 U	0.80	0.24	—	—	0.80	0.22	—	—
正味 U	—	0.78	—	—	—	0.59	—	—

\*1,\*2 は本藤ら(2000)、\*3 は小出(2011)、\*4 は高木(1981)を基に作成  
参照ケース I、II ともに 100 万 kW の原子炉を 1 年間稼働させた場合の値である。

表 5-19 では、100 万 kW の原発を 1 年間稼働させる場合に必要なウラン燃料は BWR、PWR ともに 19 トン (t) としている。

19 t の U 燃料を得るために、原料 (天然 U : 濃縮度 0.72%) は BWR で 127 t、PWR で 155 t 必要とされ、核燃料 (濃縮 U) の濃縮度は BWR で 3.4%、PWR で 4.1%としている (表 5-20)。

また、濃縮 U を得るための濃縮フィード量は BWR で 127 t-U/年、PWR で 155 t-U/年としており、濃縮分離作業量は BWR で 86 t-SWU/年、PWR で 113 t-SWU/年としている (表 5-19)。その結果、両タイプの炉で同じ発電量 (発電端) 6,132 GWh/y を出力するとしている。

#### 【濃縮量の検証】

表 5-19 及び表 5-20 に示した数値を検討した結果、表 5-18 の数値について、以下の 4 点の疑問がある。

- BWR と PWR で同量 (19 t) の濃縮ウラン燃料を使って同じ出力を発生したとしているが、U-235 の消費量は BWR (0.65 t) と PWR (0.78 t) と異なっている (表 5-20) ことに疑問がある。
- 表 5-20 において、BWR (濃縮度 : 3.4%)、PWR (濃縮度 : 4.1%) とともに 19 t と同量のウラン燃料を使用しているが、参照ケース I (濃縮度 : 3.4%) では 30 t、参照ケース II (濃縮度 : 3.0%) では 27 t のウラン燃料が必要としており、19 t で 100 万 kW の原子炉を 1 年間稼働させることが可能であるか、疑問がある。
- また、原子炉で使用済みの燃料には通常、減損ウランとして U-235 が 0.8% 程度含まれる (高木 2011 ; W・マーシャル 1987) ため、表 5-20 における参照ケース I、II では、減損 U として 0.2 t 程度が含まれている。  
しかし、本藤ら (2000) の計算では、減損ウランが含まれているかどうか不明である。したがって、この量に相当する天然 U を濃縮し、濃縮 U (19 t) に加える必要はないか、疑問がある。
- 参照ケース II (濃縮度 : 3.0%) では、27 トンの濃縮ウランを得るための濃縮分離作業量を約 120 t-SWU/年としているが、表 5-19 において、より濃縮度の高い BWR (濃縮度 : 3.4%) の濃縮分離作業量を 86 t-SWU/年、同様に PWR (濃縮度 : 4.1%) で 113 t-SWU/年としていることに疑問がある。

以上の検討結果から、表 5-19 において濃縮分離作業量を BWR (濃縮度 : 3.4%) で 86 t-SWU/年、PWR (濃縮度 : 4.1%) で 113 t-SWU/年としていることに対し、減損ウラン分 (約 0.2 トン) に相当する濃縮ウランに係る作業量として 20~30% 追加をした場合について計算すると、表 5-18 に示された CO<sub>2</sub> 排出原単位は下記のとおり増加する。

BWR の原単位：29.47 g-CO<sub>2</sub>/kWh→35.4~38.3 g-CO<sub>2</sub>/kWh

PWR の原単位：36.40 g-CO<sub>2</sub>/kWh→43.7~47.3 g-CO<sub>2</sub>/kWh

その他に、表 5-18 に示された CO<sub>2</sub> 排出原単位に含まれない CO<sub>2</sub> 排出の要素として、ウラン採鉱時の鉱滓処理、新型炉の研究開発、事故対応、放射性廃棄物処理・処分等のプロセスからの CO<sub>2</sub> 排出があることから、図 5-9 に示された、他の電源との比較においても相対的に CO<sub>2</sub> の排出原単位が高くなる。

以上の検討の結果、原発のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出原単位として示されている 20 g-CO<sub>2</sub>/kWh (図 5-9) は、核燃料サイクル技術が未確立であることから、大幅に増加すると推測される。また、現状を反映した基本システムとされるケース (表 5-18) についても、20~30%の上乗せが必要となると考えられる。

すなわち、原発のコスト検討で述べたように、41 年間の操業実績に基づく、より現実的なライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出原単位を計算することが必要と考える。

## (2) 温暖化対策への貢献度

原発が温暖化対策に貢献するかどうかについて、吉岡 (2011, p. 56) は、国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスのウェブページに掲載されている世界の主要国の温室効果ガス排出データから、原子力発電拡大と温室効果ガス排出削減との「逆相関」が認められると報告している。吉岡は、「原発拡大に熱心な国ほど温室効果ガス排出削減の達成度が悪い。すなわち、環境政策に不熱心な国が原発を“机上の”温室効果ガス排出削減手段としているようだ。例えば、日本では、京都議定書の基準年の 1990 年以降、20 基の原発の新增設があったが、その間の CO<sub>2</sub> 排出原単位は 410 g-CO<sub>2</sub>/kWh から 444 g-CO<sub>2</sub>/kWh へ悪化している。」と述べている。

地球温暖化対策の意義について、大山 (2013) は、温暖化対策は本来、環境の保全を考えたものであり、放射性物質を生み出す原発を避けることが環境保全に適う、と述べている。吉岡 (2011, p. 28) も、原子力発電は温室効果ガス排出については火力発電よりも少ないが、その代わりに大量の放射能・放射線を生み出すため、総合的に見てクリーンとは言い難い、としている。

その他に、膨大な温排水をもたらすことが問題である。小出 (2011) によれば、100 万 kW の原発は 1 秒間に 70 トンの海水を 7°C 上昇させている。この水量は、日本の河川で 70 t/s の流量を持つのは約 30 しかないことからその影響の大きさが理解される。

以上のとおり、原発は、CO<sub>2</sub> 排出原単位は相対的に少ないが、放射性廃棄物による将来世代に対する倫理的問題や、現世代における温排水問題などがあることから、他の発電方式に比べて果たしてクリーンなエネルギーといえるのか疑問である。

すなわち、今後は、温暖化対策と切り離れた上で、原発が他の発電方式との比較

においてメリットがあるか、について再評価し、日本のエネルギー政策の中での原発の位置付けを見直す必要がある。

### 5.3.5 原発と廃棄物問題

原子力政策の中で最大の課題は、放射性廃棄物問題であろう。放射性廃棄物が特に問題とされる理由として大山（2013）は、「原発により発電された電力を消費することで便益を生むが、そこで生じた核廃棄物は、その後長年にわたり人間社会に悪影響を与える。この時間のずれは異なる世代間に倫理問題を生じることである。」としている。すなわち、高レベル放射性廃棄物の何十万年にもわたる“間違いのない”管理は実際上不可能であり、将来の世代からすれば「迷惑な負の存在価値」の一方的な押し付けであると考えられる。

放射性廃棄物による環境への影響は、核燃料を1回だけ使用して使用済み燃料を処分する「ワンスルー」方式と使用済み燃料を再処理し、プルトニウムを取り出す「核燃料サイクル」方式があり、国の原子力政策によって大きな違いが出る。日本の「エネルギー基本計画」における原発政策では、後者の方式を選択しているため、莫大な費用、超長年にわたる管理、放射性物質の完全な隔離という極めて困難な課題を抱えている。

#### 【高レベル放射性廃棄物】

日本では、原発から出る放射性廃棄物を高レベル廃棄物（使用済み核燃料等）と低レベル廃棄物（コンクリート、金属、廃液、消耗材等）に分けて管理している。2012年時点では、高レベル放射性廃棄物が1.4トン/日（ $1.4 \times 0.7 \times 365 \text{日} = 255 \text{ t/y}$ ）、低レベル放射性廃棄物は約80トン/日（ $80 \times 0.7 \times 365 \text{日} = 20,440 \text{ t/y}$ ）発生している（電気事業連合会 2013）。

核燃料サイクルにおける使用済み核燃料の具体的な処理方法は、処理工程から発生する放射性廃液が強い放射能を帯びた液体状のため、ガラスに混ぜて固化体にする（図 5-10）。2014年4月時点で、日本に約17,000トンの使用済み燃料が各原発施設や青森県六ヶ所村の再処理工場に保管されており、これらは、将来「ガラス固化体」として地下に埋設される計画であるが、いまだ、最終処分のための埋設地は決まっていない。また、日本ではガラス固化体の製造技術が未完成であり、数個に1個しか成功しない状況にある（伊藤 2011b, p. 9）。

「エネルギー基本計画」によれば、これらの廃棄物の管理には非常に長い年月を要するため、将来世代の負担を考慮して最終的には人間による管理がなくなったとしても安全に処分できる方法が検討されてきた。例えば、宇宙処分、海洋底処分、南極・氷床処分などの検討が行われた。これらの結果を踏まえて2000年5月に、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が制定され、300~3000mの地層処分

が唯一の方法として定められた（小出 2011, p. 87）。

地層処分の具体的な方法はまだ検討中であるが、基本的な考え方は、高レベル放射性廃棄物を「ガラス固化体」とした後、更に 2 重に容器や粘土で囲む「多重バリアシステム」が計画されている。大島（2013, p. 116）によれば、「ガラス固化体が出来た直後の放射線量は極めて高く（1 万 4000 シーベルト/時）、近くに人がいれば瞬時に致死量を超える（8 シーベルト以上の被曝で 100% 死亡する：高田 2007, p. 12）」とされている。

このガラス固化体は、海外では金属容器に詰めて岩塩鉱山や岩盤などに地中深く保管することが考えられている。例えば、英国では、地中処分の適地は 1,000 カ所以上あるが、日本で適地を探すのは困難であり、使用済み核燃料をそのまま廃棄するワン・スルー方式が向いている（伊藤 2011b, p. 9）。

さらに、地層処分として長期保管される高レベル放射性廃棄物の放射能減衰は、天然のウラン鉱石の放射能レベルに達するには、約 10 万年必要とされている（読売新聞 2014）。このため、プルトニウムの保管に関わるリスク<sup>15)</sup>、地盤変動（地震、活断層、火山活動、マグマ活動など）のリスクに加えてテロや盗難などのリスクが懸念されている。

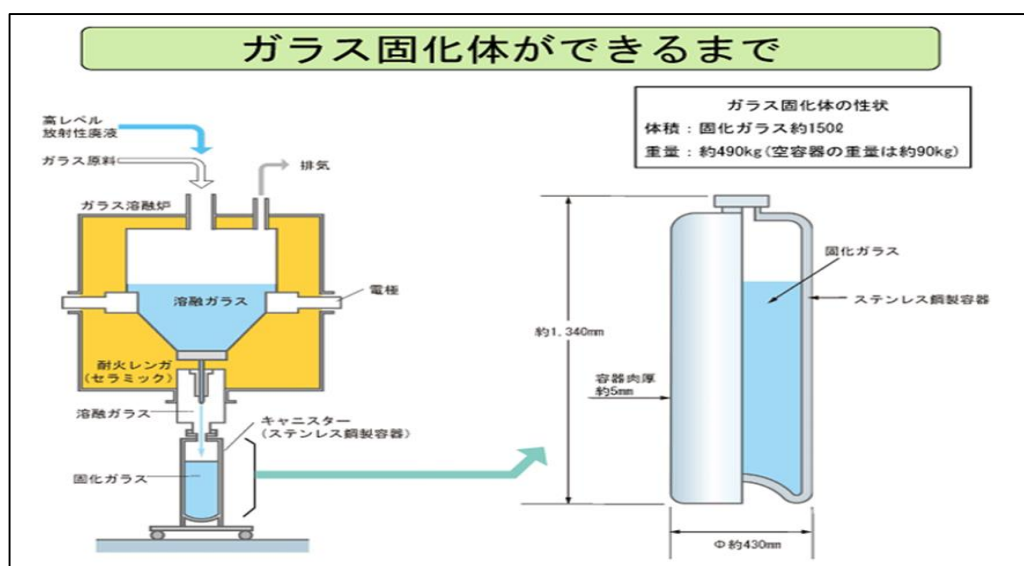


図 5-10 ガラス固化体製造方法

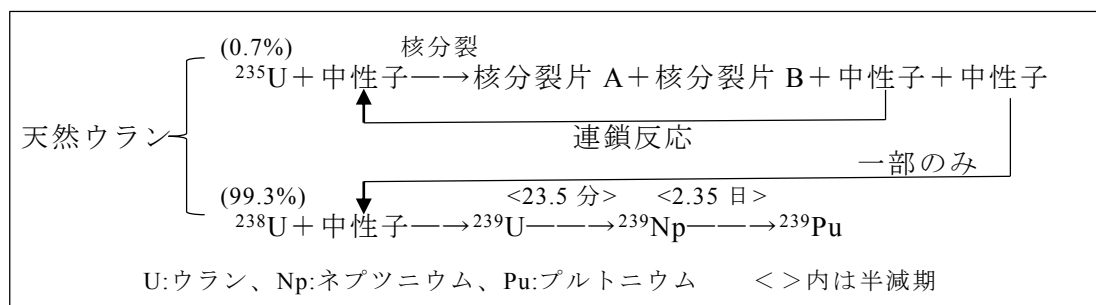
電気事業連合会(2013)より

### 5.3.6 原発運転継続上の問題点

#### 【プルトニウムの管理】

原子炉は第二次世界大戦直前、マンハッタン計画<sup>16)</sup>の中で開発されたが、その目的は、エネルギー利用よりも原爆用のプルトニウムの製造であり、エネルギーは厄介な副産物として大気中や水中へ棄てられていた（武谷 1976, p. 39）。このことからわかるように、開発当初は目的達成以外のこと（安全等）は二の次にされていた。1953年12月の国連総会で行われた、アイゼンハワー米国大統領の有名な ATOMS FOR PEACE の演説を契機として、原子力技術の平和利用への転換が行われた（小菅 2014, p. 39）。しかしその後も、大電力を生み出す夢のような設備の実現に邁進するあまり、原子力発電から生じる厄介な副産物への対応策が後回しにされたまま、設備の大型化と各国への拡散が急激に進んだ。この問題の積み残しが、今日まで尾を引いていると思われる。

核分裂に必要な中性子は、U-235 を核分裂させることで得られるが、原子炉内で発電のために核燃料を使用すれば、原子炉内における核反応の原理（図 5-11）により、意図せざる核分裂生成物（核廃棄物）が同時に作られる。



高木 (1981, p. 13) を基に作成

図 5-11 原子炉内の反応

核分裂生成物には、半減期の短いものから長いものまで種々の核物質が含まれている（表 5-21）。この中には、半減期が 24,100 年と長く、かつ猛毒の Pu（プルトニウム）も含まれており、日本において年々その蓄積量が増加している。日本は、戦後 70 年足らずの間に、原爆数千個分に相当する約 44 トン（国内 9 トン、海外約 35 トン）ものプルトニウムを保有しており（小菅 2014, p. 10）、このことが諸外国からも懸念されている。

小菅（2014, p. 176）は、「核燃料サイクルによりプルトニウムを有用物と見做して原発の致命的矛盾を解消しようとするロジックが、プルトニウムに代表される危険な核物質を生み出すことは原発の最大の矛盾である。」と述べている。既に、欧米諸国では見切りをつけているプルスーマルや高速増殖炉の推進が真に国益となるのか、慎重な判断が必要とされる。

表 5-21 主な核種の半減期

分類	核種	半減期
揮発性	ヨウ素 131	8 日
	ストロンチウム 90	28.8 年
	セシウム 137	30.1 年
燃料	ウラン 235	7,040 万年
	ウラン 238	44.7 億年
超ウラン核種	プルトニウム 238	87.7 年
	プルトニウム 239	24,100 年

森山(2014)を基に作成

以上述べたように、日本の原子力発電は大きなリスクを抱えているにもかかわらず、政府の手厚い指導・支援措置によって電力業界の発電事業が支えられ、その経営リスクを軽減することで事業を推進することを主要課題としている。このことは、電力業界の経営リスクを国民が肩代わりすることを意味する（吉岡 2011, p. 61）。

このような貴重な指摘について、国民一人ひとりが、今後の原発政策を自分の問題として熟慮することが必要と考える。

#### 【原発の海外輸出】

多くの発展途上国では、エネルギー需要拡大に対応するため、原発建設への意欲が高まっている。一方、先進国の原子力産業は自国内で新規受注が見込めないことから、発展途上国に活路を見出そうとして受注競争にしのぎを削っている（小菅 2014, p. 149）。日本も例外ではなく、「エネルギー基本計画」で謳っているように、中国、インド、中東等への原発輸出<sup>17)</sup>を推進する方針で国を挙げて取り組んでいる。

しかし、この動きに対し小菅（2014, p. 156）は、「発展途上国で多数の原発が建設されれば、深刻な原発事故が必ず頻発する。」と警告している。その理由は、日本の民主主義は発展途上であり、国民の権利と市民社会のルール順守意識は依然として軽薄であることが福島原発事故の一因となった。このことから、民主主義に関しては日本と比べればずっと未熟な途上国においては、国民生活の軽視による安全コストの節約が目に見えるからである（小菅 2014, p. 155）。

#### 【もう一つの問題】

「原子力発電は、クリーンで低コスト」との考え方についてこれまで見てきたが、原発の運転継続には、それ以上に重要な問題がある。

小菅（2014, p. 151）によれば、「日本の原子力技術は、GE（米、ゼネラル・エレ



クトリック社) やウエスティングハウス社を見よう見まねで国産化してきた。川上のウラン濃縮技術は大半が米国からの輸入であり、川下の使用済み核燃料の再処理は、ほとんど英仏両国に委託してきた。このため、これらの技術は外国からの導入技術の消化さえもまともに出来ていない。」との評価がある。

また、小菅 (2014, p. 28) は、「これだけの事故を起こしてもなお、電力会社は電力業界の利益を優先し、『安上がりの原発』の維持を至上目的として行動した。『原発は低コスト』というフィクション、これこそが『国策民営』体制がなんとしても守ろうとしたことであり、それが事故原因の追究から事故対策のすべてを歪め、不透明なものにしている。」と述べている。

これまでの検討から、原発の利点とされる「クリーンで低コスト」及び「安定供給」が、いずれも疑問符が付く状況が明らかになった。それならば何故、日本は原発を今後も推進しようとしているのか。

吉岡 (2011) によれば、「日本の原子力政策の特徴は、国家安全保障の基盤維持のために先進的な核技術・核産業を国内に保持するという方針（これを『国家安全保障のための原子力の公理<sup>18)</sup>』と呼ぶ）を不動の政治的前提としている。」と述べている。

このように、今後も原発推進の政策を選択した場合、大山 (2013) は、2つの倫理問題を生じることを指摘している。すなわち、一つは、現世代は原発により電力使用の便益を得るが、そこから生じる核廃棄物は、何十万年に亘り、将来世代による管理が必要であり、2つの世代間での倫理問題を生じる。また、もう一つは、現在の世代においても、原発立地周辺の住民とそこから遠隔の地に居住する住民の間に倫理問題がある、としている。

さらに「もんじゅ」は、1995年に事故を起こしその後停止しているが、欧米の先進国は、全て高速増殖炉に見切りをつけている。しかし、日本はH26年の「エネルギー基本計画」においても、なお推進の方向を打ち出している。何故これほど高速炉にこだわるのか。「使用した核燃料以上に核エネルギーが増殖する」ことについて、高木 (1981, p. 174) は、「増殖の効果はハッキリ否定的である。高速炉は通常の軽水炉の危険性を一層高めるだけでなく、『増殖』すら疑問である。」と述べている。

このようにリスクの高い「増殖炉」を開発する理由について、小出 (2011, p. 44) によれば、軽水炉で生み出すプルトニウム (Pu) は、核分裂性の Pu を約 70%しか含まないが、高速炉では、その「ブランケット」の部分において核分裂性の Pu を 98%含む核燃料が生み出される、と述べている。

このことが原発推進の大きな原動力になっているとすれば、コストや温暖化問題とは次元の違う問題であり、「エネルギー問題と温暖化問題を切り離し」、根本から原子力の利用について見直す必要があるだろう。これに関し、吉岡 (2011, p. 63) は、「原

子力発電事業に対する優遇措置をすべて廃止し、原発事業を公正で自由な市場に任せるべき。」と主張している。

この考えは、すなわち伊藤（2010b）の主張する「気候変動問題とエネルギー政策を切り離す<sup>19)</sup>」考え方と共通の視点であり、今後、この「切り離し」に基づき、発電事業としての原子力に対する適切な評価を行い、その結果を国民に開示することで、国民一人ひとりが原子力政策に対する判断が可能となるようにする政策が求められる。

## 5.4 まとめと結論

セカンドオピニオンの具体的な方策検討にあたり、「エネルギー問題と地球温暖化を切り離す」発想に基づき、石炭火力発電と原子力発電を取り上げ、それぞれの得失について検討した。

### 【石炭火力発電のまとめ】

石炭火力発電は、以前から温暖化対策にとっては、好ましくないエネルギーソースとのイメージが強く、可及的速やかに他の手段に代替すべきである、というのが一般的な見方である。しかし、太陽光発電や風力発電は未だ規模が小さく、原子力は事故の危険が伴うことから、このような代替は進展していない（日本原子力産業協会 2014）。

福島原発事故が契機となり、日本国内では、原発に代わり石炭火力発電が電力供給の柱と見做され、新增設が増加している。その背景には、石炭は、他の化石燃料と比べて、その埋蔵量の豊富さと価格面から、世界の中で最も需要が多く、重要な発電用エネルギー源であるとの認識がある。発電電力量では、世界の 41% 以上、中国においては、約 79% が石炭火力発電に依存している。

一方、石炭火力発電は、環境問題に大きな影響を与えていることが弱点である。CO<sub>2</sub> 排出のみならず、SO<sub>x</sub>、煤塵、PM<sub>2.5</sub>、エアロゾル等の環境汚染の要因となっており、特に中国では、健康問題を懸念して、石炭火力発電を含めて重化学工業に対し種々の規制がとられてきた。しかし、石炭を他のエネルギーに変えることは容易ではない事情もある。大量消費国の中国が、石炭を他の燃料、例えば天然ガスに一斉に切り替えることを考えると、コスト面及びエネルギーセキュリティ面で、世界は大混乱に陥ることも予想される。

中国では、国内でも産出している石炭を使わざるを得ない状況にあることを考えれば、それをスマートに使いこなす方がベターであろう。そこで、発電効率、環境対策の両面で高い性能を有する日本の石炭火力発電技術が、この問題の切り札になる可能性がある。

このような主旨から、具体的に得られる効果について試算を行った。過去にも、同様の試算は行われているが、本研究のポイントは、単に、日本の最新技術の数字を中国に当て嵌めるだけでなく、できるだけ、中国における石炭火力発電の実態を踏まえ、脆弱性・回復性アプローチの観点から時間的にも長期間の対応は許されず、技術的にも現実的な設備を導入するプランを想定した。したがって、改善対策は2035年までに完了することとし、技術供与する石炭火力発電のタイプを運転技術の確立している超々臨界圧（USC）発電方式とした。

その結果、本研究で得られたCO<sub>2</sub>排出削減量は、2035年時点では、741百万トン/年と日本の発電量の約半年分に相当する大きな効果が期待される。計算の結果、得られた削減量は過去の試算と比べて大きいとは言えないが、より現実的で、妥当な数値であると考ええる。また、今後2035年までの25年間で達成することを考えれば、本研究で想定した技術移転も無理なく実現可能と考える。

したがって、「エネルギー問題と地球温暖化を切り離す」考えからは、石炭火力発電の欠点（CO<sub>2</sub>排出）を取り上げて廃止の方向へ向かうのではなく、本稿で提案した「日本の支援によるスマートな石炭火力発電」を政策の柱に据えることがエネルギー問題の解決につながると考える。すなわち、発電技術、環境対策、日本人気質の几帳面さ、の3本柱の技術支援で、中国の持続可能な発展のための基盤整備に貢献することが、両国にとってのwin-win政策となる。この政策をセカンドオピニオンの一つとして提案する。

#### 【原子力発電のまとめ】

クリーンでかつ低コストのエネルギーとされていた原子力発電について、温暖化対策への有効性及び安全・コスト・放射性廃棄物に関する得失について検討を行った。

福島原発事故が、日本国内のみでなく海外にも大きな影響を与え、エネルギー政策の転換の契機になったが、日本政府は、未曾有の事故の収束も見ないうちに「エネルギー基本計画」の中で、今後も原子力発電を推進する方針を打ち出している。「温暖化対策のため」に原発が不可欠とまで考える人もいるが「果たして、原発の推進は適切な選択だろうか」の疑問に答えることを目的に検討を行った。

その結果、安全面では、福島原発事故の反省から、技術的な不備よりも、むしろ「安全神話」などにより、シビアアクシデントに対する備えが疎かにされたことを指摘した。すなわち、限られた人たちだけの狭い社会（原子力村）での情報共有や意志決定に不適切さがあつたことなどから、今後は、組織・体制や意識など「人的な面」での改善が必要であることを指摘した。

最も重要な安全性については、原子炉の設計並びに運転管理に関して、一部の技術がまだ確立していない状況が見られた。安全対策が十分でない状況では、「原発は

低コスト」を求められる事情があるにせよ、「安全」は「コスト」や「温暖化」など他の要因とは同レベルで比較できない事項であり、原発存在の前提であることを考えれば、現在の技術的基盤で原発を稼働させることに懸念があると言わざるを得ない。

コスト面では、これまで、電気事業連合会が発表していたモデルプラントに基づいた原発の発電コストに代えて、41年間の原発の運転実績を基に計算した結果（大島 2013）から、原発は他の電力方式との比較において優位性がないことが明らかになった。また、大山（2013）は、「トレードオフの関係にある安全性と経済性は、経済性重視に傾く」と述べており、これらの指摘から、今後「低コスト」を理由に原発を推進することは困難である。

温暖化対策については、原子力発電におけるライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出原単位は、わずか 20 g-CO<sub>2</sub>/kWh と石炭火力発電の約 50 分の 1 である（図 5-11）とされている。

しかし、この数値は、未完成の核燃料サイクルを前提として計算されたものであり、これまでの 41 年間にわたる原発運転の実績を考慮した、本稿における試算の結果からすれば、現実の CO<sub>2</sub> 排出原単位にはウラン濃縮における CO<sub>2</sub> 排出量に上乘せが必要である。その結果、ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出原単位は、図 5-11 に示された数値の 1.5～2 倍になる可能性がある。

さらに、原発で使用するウラン燃料の採鉱、研究開発、放射性廃棄物の処理・処分等のプロセスからの CO<sub>2</sub> を含めれば相当量の上乗せが必要となろう。その結果、温暖化対策に関しても、必ずしも原発に優位性があるとは言えない。

放射性廃棄物の問題については、高レベル放射性廃棄物の処理技術（ガラス固化体）や最終処分方法及び核燃料サイクルにおける高速炉技術等に関して技術的に未完成な部分が残されており、国内に大量に保有されているプルトニウムの危険性についても諸外国からの懸念が大きいことを指摘した。

以上の検討結果からは、今後、原発を継続することの意義が認められず、原発を温暖化問題と切り離し、純粋にエネルギー供給機能だけから再評価する必要がある。

したがって、今後の原子力発電については、本質的な対応が必要であろう。すなわち、事故や地震リスクへの対応、石炭火力及びその他の発電方式との発電コストの適正な比較、さらには、いまだ目途がつかない放射性廃棄物の処理技術確立とコスト試算など、今後明らかにすべき課題が山積している。

原発の問題は、今後、福島原発事故相当またはそれ以上の事故が再び起きるようなことがあれば、「エネルギー問題」にとどまらず、大量の避難者を生み出し、一国の政治・経済をも壊滅させるほどの事態も予想される。したがって、原発問題は、国民一人ひとりが「国家安全保障のための原子力」の意味をいかに判断するかが重要であり、そのためには、積極的にあらゆる機会を捉えて、原発の実体を知るこ

とが重要である。

当面の対応としては、これらの課題を解決するまでは、既存の原子力発電所のモラトリアム（廃止ないしは再稼働の見合わせ）を決定し、最小限の原子力発電所をテスト炉に転用し実証データを蓄積するべきであろう。その間の基幹的電力供給は技術的に安全性及び採算性が実証されている石炭火力発電または LNG 火力発電等に重点を置き、これらの発電方式における省エネルギーと環境負荷削減に関する技術開発の推進のために、原子力発電で必要とされた地域対策費等を充てる政策が望まれる。

### 【結論】

石炭火力発電に関しては、「温暖化問題とエネルギーを切り離す」ことで、CO<sub>2</sub>の排出をもってすべてを否定するのではなく、今後、国内から海外へ視点を移し、途上国の環境問題、エネルギーセキュリティ、地球温暖化問題を同時に解決できる win-win 政策の可能性があることについて述べた。

原子力と温暖化問題の関係については、これまでのところ、温暖化対策として過度に原子力に依存している状況が見られる。大山（2013）によれば、「原発は核技術を介して核兵器と切り離せない。費用とか国民的負担とかを理由に（推進か否かの）態度を決めるべきでない。」と述べているように、安全（事故や放射能被害）と CO<sub>2</sub> 排出とは比較対象にならないことを述べた。

したがって、今後の政策提案としては、原子力開発の原点に立ち返り、安全・安心・確実な技術を確立することが前提となる。そのためには、試験炉による徹底した技術開発により、放射性廃棄物処理も含めたトータル技術を確立し、その結果、獲得した技術・基準に基づき、国のベースロードたる商業運転に移行することが必要と考える。

以上のとおり、温暖化問題と関係の深い石炭火力発電と原子力発電について検討した結果、これまでは、温室効果ガスを指標とした評価が強調されてきたが、原子力発電にとっても石炭火力発電にとっても、「エネルギー問題と地球温暖化問題を切り離す」ことで、それぞれの発電方式の得失を適正に評価することが可能となる。この考えに沿って、今後、エネルギー問題と地球温暖化問題の関係について再評価することが必要である。

## ■ 注

- 1) プルサーマルとは、MOX 燃料（ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料）を軽水炉で使用する計画のことで、日本ではこのように呼んでいる（高木 1999, p. 191）。
- 2) 吉岡（2011, p. 42）によれば、日本の原子力政策は、所轄省庁、電力業界、政治家、地方自治体、有力者の四者を主な構成員とする利害関係者間でのインサイダーの利害調整に基づくとし、この政策決定の仕組みを「核の四面体構造」と名付けた。また、同様に大島（2013, p. 166）は、このような体制を「原子力複合体」と呼び、その特質について「原子力発電利用の推進について疑いを持たず、他の意見を排除しようとするところにある。」としている。
- 3) 原子力村について、高木（1999, p. 39）によれば、原子力は技術基盤も産業基盤もないまま、上からの政治的思惑によって原子力グループが作られた歴史がある。「村」の実態は、お互いの悪口を言わない仲良しグループで、外部に対して閉鎖的で秘密主義、しかも独善的傾向がある。すなわち、三ない主義（議論なし、批判なし、思想なし）がグループ内で形成された、と述べている。
- 4) まず、「止める」は、原子炉を自動的に止める装置により、制御棒を燃料集合体の中に挿入し、中性子を吸収することで核分裂を停止することである。「冷やす」は、核分裂が停止した後も原子炉内で生成した核分裂生成物による崩壊熱が稼働中の約 20% 程度も出続けているため、燃料の溶融を防止するために冷却する。「閉じ込める」は、放射性物質を環境に漏らさないため圧力容器などの内部に閉じこめることである。
- 5) アメリカ機会学会規格（ASMEⅢ）とは、The American Society for Mechanical Engineering の ASME Boiler and Pressure Vessel Code/Section III を指す。
- 6) シビアアクシデントとは、設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却または反応度の制御ができない状態であり、その結果、炉心の重大な損傷に至る現象（杉本 2013）。
- 7) ここで示した「レベル」は、国際原子力事象評価尺度（INES: International Nuclear Event Scale）の事で、国際原子力機関（IAEA）と経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）が定めている事故評価レベルであり、下記の 0～7 の 8 段階となっている。  
レベル 7 : 「深刻な事故」、レベル 6 : 「大事故」、レベル 5 : 「広範囲な影響を伴う事故」、レベル 4 : 「局所的な影響を伴う事故」、レベル 3 : 「重大な異常事象」、レベル 2 : 「異常事象」、レベル 1 : 「逸脱」、レベル 0 : 「尺度未満」。
- 8) 原子力発電関係で ISO14001 の認証取得または自己宣言を実施している事業所は、日本原子力研究開発機構\*1（人形峠科学技術センター、大洗研究開発センタ

一、東濃地科学センター、高崎量子応用研究所の4事業所)、日本原子力発電株式会社\*2(東海第二、敦賀の2発電所)がある。

(\*1:日本原子力研究開発機構HP、\*2:日本原子力発電HP)

- 9) 高レベル放射性廃棄物の海外委託処理は、これまで主としてフランス(一部イギリス)に委託してきた。ガラス固化体を20本または28本に集合して1つの輸送容器(約100トン)に入れ、この容器1~7基を一回の輸送で運んでいる。専用船(5,000トン)により、主にパナマ運河経由で海上輸送されているが、輸送中の気象変化、テロ、盗難などのリスクが考えられる。また、英仏の積み出し港でのハンドリングや、日本の受入港(これまでの15回はすべて青森県のむつ小川原港)でのハンドリングミスなどのリスクがある。
- 10) 事故発生頻度について、IAEAの安全目標では10万炉年(1つの原子炉が1年間稼働した時、1炉年という)分の1の確率とされており、その場合の事故リスク費用は0.006円/kWhとなる(大島2013)。
- 11) 原子力委員会は、東京電力に関する経営・財務調査委員会の報告書における損害額を根拠に、4兆9936億円としている。だが、これには損害額や除染費用を過小評価しており、行政費用も含まれていない(大島2013)。
- 12) 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会コスト等検討小委員会「バックエンド事業全般にわたるコスト構造、原子力発電全体の収益性等の分析・評価」2004年1月23日。
- 13) 原発による1970年~2010年の累計発電量はEDMC(2013)より引用。
- 14) 揚水発電の41年間(1970~2010年)の累計発電量は [transact.wiki.fc2.com/wiki/](http://transact.wiki.fc2.com/wiki/) から  $7.31 \times 10^{10}$  kWh とした。表5-15から53.06円/kWhを用いて計算した結果： $3.8$ 兆円 =  $53.06$ 円/kWh  $\times$   $7.31 \times 10^{10}$  kWh。
- 15) 日本には数十トンのPuが溜まっている。現時点でも各原子力発電所が保有する使用済み燃料棒の中には大量にPuが存在しており、リスクが高い状態にある。  
例えば、過去の事故例では、1964年、米国の軍事衛星SNAP-9Aがインド上空で炎上し、Pu-238約1kgが空から世界中にばらまかれた。Puは世界で最も毒性の強い物質の1つであり1kgで約1兆人分の許容量に相当する。また、1974年インドは「平和利用」の原子力施設だけを使って製造したPuを用いて、核爆発実験に成功したことで、世界に核拡散の脅威を与えた。日本でも、1980年東海村の動力炉・核燃料開発事業団から敦賀の新型転換炉「ふげん」に向けて、3台のトラックでPu24kgを含む核燃料が運搬された。この量は、原爆3発分に相当する(高木1981, p. 3)。
- 16) マンハッタン計画(Manhattan Project)とは、第二次世界大戦中、枢軸国の原子爆弾開発に対抗して、アメリカ、イギリス、カナダが原子爆弾開発・製造の

ために、科学者、技術者を総動員した計画（高木 1981, p. 11）。

- 17) 国内原発メーカーの海外展開：東芝は、2014年1月にイギリスの原子力発電事業会社「ニュージェン」の株式を60%取得。日立製作所もイギリスで原発事業会社「ホライズン・ニュークリア・パワー」を買収し、原発の建設を進めている。トルコでは、三菱重工などの企業連合が原発建設を予定。その他、世界で建設中の原子炉が81基、さらに計画が100基ほどある（産経新聞 2014）。
- 18) この公理の意味するところは、日本は核武装を差し控えるが、核武装のための技術・産業的な潜在力を保持する方針をとり、それを安全保障政策の一環とするということである。それによってアメリカとの軍事同盟の安定性が担保される（大山 2013）。
- 19) 気候変動問題とエネルギー政策の重なりが強すぎると観点と戦略の多様性が失われる。重なりを少なくすれば、観点と戦略の多様性が生まれ、より良い解にたどり着ける（伊藤 2010b）。



## 参考文献

- 朝日新聞 1988 : 「原発圧力容器、ひずみ」朝日新聞社, 1988 年 6 月 29 日朝刊.
- ブラウン L・R 2008 : 「石炭火力発電所の新設禁止に向かう米国」, [http://www.es-inc.jp/library/lester/2008/libles\\_id003175html](http://www.es-inc.jp/library/lester/2008/libles_id003175html), (2009.7.1).
- 中部電力 HP : 「環境への取り組み—大気を汚さないために」, [http://www.chuuden.co.jp/energy/ene\\_energy/thermal/hat\\_thermal/air/index.html](http://www.chuuden.co.jp/energy/ene_energy/thermal/hat_thermal/air/index.html), (2014.6.1).
- 電気事業連合会 2011 : 「電気事業における環境行動計画」, <http://www.fepc.or.jp>, (2014.7.6).
- 電気事業連合会 2013 : 「原子力・エネルギー図面集」, <http://www.fepc.or.jp>, (2014.7.6).
- 電源開発 2011 : 「高効率石炭火力の海外展開」, <http://www.nedo.go.jp/content/100119409.pdf>, (2014.7.6).
- 電源開発株式会社若松研究所 2013 : 「石炭火力の役割について—クリーンコールテクノロジー」, [http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/8422\\_17321432\\_misc.pdf](http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/8422_17321432_misc.pdf), (2014.7.6).
- 電源開発 2013 : 「石炭火力発電所の高効率化等で CO<sub>2</sub> 削減」『J-Power HP』, <http://www.jpowers.co.jp/bs/karyoku/sekitan/>, (2014.6.1).
- EDMC 2013 : 『エネルギー・経済統計要覧 (2013 年版)』日本エネルギー経済研究所.
- 兒 春春 2008 : 「中国の石炭火力発電分野における CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャル」, 日本エネルギー経済研究所 (IEEJ).
- 原子力安全基盤機構 2010 : 『平成 21 年度人間・組織等安全解析調査等に関する報告書』独立行政法人原子力安全基盤機構, <http://www.nsr.go.jp/archive/jnes/content/000017157.pdf>, (2014.12.20).
- 本藤祐樹、内山洋司、森泉由恵 2000 : 「ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量による発電技術の評価—最新データによる再推計と前提条件の違いによる影響—」『電力中央研究所報告』Y99009.
- IPCC 第 4 次報告書・政策 III 2007 : 『気候変動に関する政府間パネル、第 4 次評価報告書、第 3 作業部会報告書 政策決定者向け要約』  
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar5/>, (2014.6.7).
- 今村栄一、長野浩司 2010 : 「日本の発電技術のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量評価—2009 年に得られたデータを用いた再推計—」『電力中央研究所報告』Y09027.
- 石田雅也 2014 : 「火力発電所を増設する東京電力、石炭で最高水準の設備を運転」、スマートジャパン, <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1312/05/news021.html>, (2014.6.1).

- 伊藤公紀 2010a : 「温暖化・気候変動問題の都市伝説と現実解」『エコノミスト』2010年3月28日号.
- 伊藤公紀 2010b : 「CO<sub>2</sub>削減の意味：気候変動緩和か、エネルギー政策か？」仙台経済同友会講演資料, 2010年11月9日.
- 伊藤公紀 2011a : 「地球温暖化問題の向かう先—クライメートゲート事件、原発事故が及ぼす影響」『現代化学』2011年7月号, 21-26.
- 伊藤公紀 2011b : 『これだけ知っていれば安心！放射能と原発の疑問』日本評論社.
- 伊藤公紀 2011c : 「日本は根拠なき温暖化対策に決別宣言を—CO<sub>2</sub>削減よりも社会のレジリエンス強化」『ビジネスアイエコ』2011年12月.
- 環境省・経済産業省 2012 : 「第2回発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議資料」,  
[http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/kankyo../002\\_giji.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/kankyo../002_giji.pdf), (2014.7.7).
- 環境省・経済産業省 2013 : 「福島県における—世界最新鋭の石炭火力発電所プロジェクト—の概要について」,  
<http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku>, (2014.6.3).
- 気候ネットワーク 2014 : 『Kiko COP20/CMP10 通信 リマ No.1~No.4』,  
<http://www.kiconet.org>, (2015.1.10).
- 小出裕章 2011 : 『隠される原子力、核の真実』創史社.
- 小菅伸彦 2014 : 『脱原発の社会経済学—<省エネルギー・節電>が日本経済再生の道—』明石書店.
- コスト等検証委員会 2011 : 『コスト等検証委員会報告書』エネルギー環境会議コスト等検証委員会,  
[http://www.meti.go.jp/committee/council/basic.../past/.../003\\_004.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/council/basic.../past/.../003_004.pdf). (2014.7.10).
- 小柳英明 2013 : 「2013年中国激甚大気汚染事件の顛末」『環境管理』49(6), 14-23.
- 三島嘉一郎 2011 : 「軽水炉における事故のメカニズムと原子炉防災」『環境技術』, 緊急特集軽水炉における原子力災害の環境影響, 40(5), 34-39.
- 茂木康一 2012 : 「わが国のクリーン・コールテクノロジー (CCT) を普及させるための課題」『日本エネルギー経済研究所 (IEEJ)』, 2012年1月.
- 森山裕丈 2014 : 「核分裂炉における放射性物質の生成及び燃料サイクルの基礎」『エネルギー・資源』, 35(2), 87-92.
- 長野浩司 2012 : 「脱原子力依存政策の論点」『エネルギー・資源』33(4), 43-45.
- 日本原子力発電 HP : 『環境への取り組み一覧』,  
<http://www.japac.co.jp/approach/environment/index.html>. (2014.12.21).
- 日本原子力研究開発機構 HP: 『環境マネジメントの状況』  
[http://www.jaea.go.jp/about\\_JAEA/environment/report\\_2014.html](http://www.jaea.go.jp/about_JAEA/environment/report_2014.html), (2014.12.21).

- 日本原子力産業協会 2014 : 『日本と世界の原子力』 ,  
[http://www.jaif.or.jp/ja/joho/jp&world\\_nuclear\\_development.html](http://www.jaif.or.jp/ja/joho/jp&world_nuclear_development.html), (2014.12.12).
- 日本規格協会 2004 : 『JISQ14001(ISO14001)環境マネジメントシステムー要求事項  
の手引』 日本規格協会.
- 野村正勝、三浦孝一、鈴木俊光、薄井洋基、他 2004 : 『21 世紀を担うクリーンコー  
ルテクノロジー』 大阪大学出版会.
- 岡本孝司 2013: 「原子力規制委員会の安全基準と課題」『エネルギー・資源』 34 (6),  
1-5.
- 岡崎 健 2013 : 「日本のエネルギー戦略ー技術開発と国際展開」、一橋大学・経済  
研究所政策フォーラム, [http://www.rieti.go.jp/events/13060401/pdf/3\\_okazaki.pdf](http://www.rieti.go.jp/events/13060401/pdf/3_okazaki.pdf),  
(2014.7.6).
- 大島堅一 2013 : 『原発のコストーエネルギー転換への視点』 岩波書店.
- 大山明男 2013 : 「原発の存在と倫理問題の構造ー倫理の内と外」『駿河台経済論  
集』 22 (2), 181-211. [http://www.surugadai.ac.jp/sogo/media/bulletin/...02/keiron.22-  
2.181.pdf](http://www.surugadai.ac.jp/sogo/media/bulletin/...02/keiron.22-2.181.pdf), (2014.12.12).
- 佐川篤男 2011 : 「インドネシア、初の超々臨界圧 (USC) 石炭火力発電所を導入」  
『IEEJ』, 2011 年 7 月.
- 産経新聞 2014: 「電力危機の真実」『産業経済新聞』、日本のために今、エネルギー  
を考える、2014 年 5 月 12 日.
- 佐藤麻奈、岩淵健二、兼平さゆり、他 2010 : 「J-Power 磯子火力発電所訪問記」『日  
本機会学会誌』 113 (1105), 42-46.
- 資源エネルギー庁 2014 : 『エネルギー基本計画』 ,  
[http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/), (2014.6.3).
- 杉本 純 2013: 「福島事故を踏まえたシビアアクシデント研究の展望」『エネルギー・  
資源』 34 (4), 2-6.
- 住友商事 2013 : 「マレーシア向け 1,000MW マンジュン超々臨界圧石炭火力発電所  
建設請負工事を受注」『住友商事ニュースリリース』 2013 年 8 月,  
<http://www.sumitomocorp.co.jp>, (2014.7.6 参照).
- 高田 純 2007 : 『核爆発災害』 中央公論.
- 高木仁三郎 1981 : 『プルトニウムの恐怖』 岩波書店.
- 高木仁三郎 1999 : 『市民科学者として生きる』 岩波書店.
- 高木仁三郎 2000 : 『原発事故はなぜくりかえすのか』 岩波書店.
- 武谷三男 1976 : 『原子力発電』 岩波書店.
- 田中三彦 1990 : 『原発はなぜ危険か』 岩波書店.
- 田中雄三 2011 : 「世界の石炭火力と CO<sub>2</sub> 削減可能性」 ,

- <http://www.member3.jcom.home.ne.jp/tanakayuzo/coal-ower/newpage18.html>,  
(2014.6.3).
- 東京電力 2013 : 「常陸那珂火力発電所 2 号機の営業運転開始について」, プレス 2  
リリース 2013, [http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1232997\\_5117.html](http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1232997_5117.html), (2014.7.7).
- 豊田正和 2013 : 「日本のエネルギー政策の現状と課題」『エネルギー・資源』 34 (3),  
1-6.
- 柳 憲一郎、You Sei 2013 : 「中国における微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 対策の最近の動き」『環境管理』 50 (5), 42-47.
- 内山洋司 2013 : 「国難ともいえるエネルギー問題の解決に向けて」『エネルギー・資源』 34 (1), 1-2.
- 渡邊裕章 2012 : 「火力発電用石炭燃焼技術」『ながれ』, 燃焼研究の最前線, 31, 339-344.
- Wikipedia: 「常陸那珂火力発電所」『フリー百科事典 : ウィキペディア(Wikipedia)』,  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>, (2014.6.3).
- 読売新聞 2014 : 「夢の増殖炉重い課題－原発を問う」読売新聞社, 2014 年 3 月 29  
日朝刊.
- 吉岡 斉 2011 : 『原発と日本の未来－原子力は温暖化対策の切り札か』岩波書店.

## 第Ⅱ部

### 地球温暖化問題への ISO 認証制度の活用

## 第6章 マネジメントシステムスタンダードの活用

### 6.1 緒論

第4章で検討したセカンドオピニオンのオプション（表4-3参照）の中で、「標準化における認証制度」は民間主導でボランティアな仕組みであり、途上国にも受け入れられ易いことを述べた（4.3.3(3)）。

そこで、第6章では、ISO規格<sup>1)</sup>のうち認証制度の基準として用いられている一群の「マネジメントシステムスタンダード（MSS）」と呼ばれる規格群について、地球温暖化対策への活用の可能性を検討した。

6.2節では、MSS及びMSSの一つである環境マネジメントシステム規格（略称：EMS）（ISO14001）の実施状況について考察した。ISO14001は、発行以来、世界各国で実施されており、実際に取り組みを行っている組織からは多くのメリットがあることが報告されている（Ogawa 1998；小川・浜野 2004）。しかし、長年実施しているケースではマンネリ化も出ているとの報告（衣川 2012；米倉 2010）もあり、ISO14001の運用の仕方により実施効果が異なることから、効果的な実施方法について検討した。

6.3節では、ISO14001について、特に工夫された事例やグローバル展開に活用している事例について考察し、省エネルギー、省資源等に関して多くの成果が出ていることを確認した。また、新たに開発された他のシステムとの統合化により効果を挙げている事例についても考察を行った。特に、ISO14001と関係の深いエネルギーマネジメントシステム規格（ISO50001）、ESCO（Energy Service Company：エスコ）事業及びマテリアルフローコスト会計（MFCA）を取り上げ、実際の活用事例における有効性を評価した。

6.4節では、事例検討の結果から、今後、ISO14001がより多くの企業・事業者にも活用されるように、効果的運用への機能拡大について検討した。さらに、海外にもその効果的な実践方法を伝達することによって、温暖化対策のみならず、サプライチェーンにおける原材料調達、エネルギーセキュリティや地域社会との協働による成果の増大に貢献できる方策について検討した。

### 6.2 マネジメントシステムスタンダードの特徴

マネジメントシステムスタンダード（Management System Standard：MSS）とは、国際規格（International Standard：IS）の中で、ハード（機械、設備、部品等）に対する規格ではなく、ソフトに関する規格のうちマネジメントシステム（仕組み）に

関する一連の規格を指す。

MSSの始まりは、1980年代に開発された品質マネジメントシステム規格(ISO9001)に代表されるように、第三者認証用として制定された。その後、表6-1に示すとおり、数多くのMSSが制定されている。

このうち、環境マネジメントシステム規格(ISO14001)は1996年に発行され、この規格が社会に与えたインパクトには大きなものがあった。これに関し、飯塚(2006)は、「ISO14001は、それまで品質マネジメントのみだったのが環境も加わったというような軽いものではなく、第三者機関が組織運営におけるマネジメントシステムの健全性を評価し、登録するという民間の制度が、社会制度として機能しうることを示すものであった。」と述べている。

表6-1 マネジメントシステムスタンダードの例

技術委員会	規格番号	規格名称
TC 207	ISO 14001	環境マネジメントシステム
TC 176	ISO 9001	品質マネジメントシステム
TC 34	ISO 22000	食品安全マネジメントシステム
ISO/IEC/JTC1	ISO 27100	情報セキュリティマネジメントシステム
TC 8	ISO 30000	船舶リサイクルマネジメントシステム
TC 242	ISO 50001	エネルギーマネジメントシステム
TC 46	ISO 30301	レコードマネジメントシステム
TC 223	ISO 22301	事業継続マネジメントシステム
PC 241	ISO 39001	道路交通安全マネジメントシステム
PC 250	ISO 20121	イベント持続可能性マネジメントシステム
PC 236	ISO 21500	プロジェクトマネジメントシステム

吉田(2011)及び関(2010)を基に作成

TC: Technical Committee, PC: Project Committee)<sup>2)</sup>

ISO 14001は、制定以来18年以上が経過したが、2011年12月時点では158か国で実施され、世界で合計26万7千件の認証登録が行われている。特に、アジア等の新興国で増加しており、中国の認証数(8万3千件)が世界一であり、第二位の日本(2万9千件)の2.5倍以上である(日本工業標準調査会2013)。

ISO 14001の認証を取得することによって得られる効果は、これまで実施してきた組織の事例から、下記の点にまとめることが出来る(小川・浜野2004)。

【対外メリット】

- 海外顧客・投資家に信頼感を与える
- 利害関係者(消費者、取引先、周辺住民など)への信頼性向上
- 法順守の強化(順法状況の自己確認、法規制の制改訂への対応)

- 営業効果（名刺・会社案内等で認知され、好感度が向上）
- 官庁検査・立ち入りや公共工事入札、税制優遇などに有利
- 企業イメージの向上（資金調達、人材採用、株価などに有利）

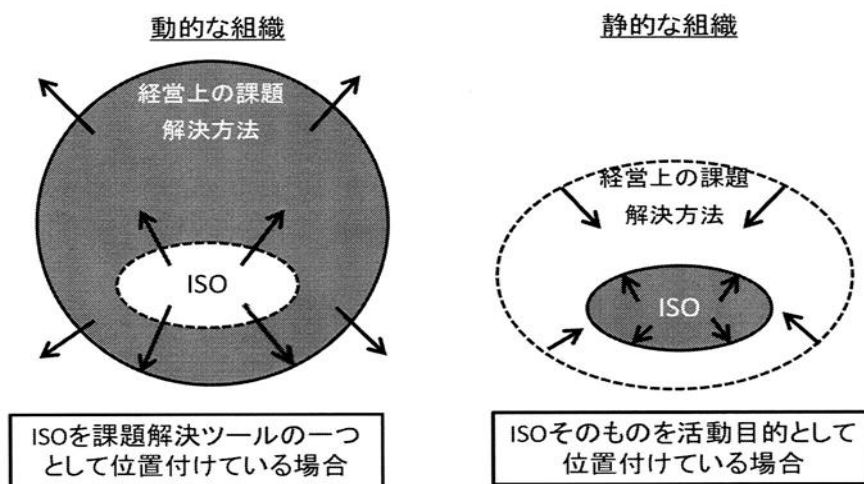
【社内メリット】

- 自己マネジメントの強化（事業計画立案、運営、検証、是正、内部監査）
- 経営体質の強化（経営方針の浸透、環境意識向上、力量向上、業務の標準化）
- 緊急事態への対応（事故の未然防止、訓練、再発防止）
- 省エネ・省資源の効果増大と経費節減
- 環境配慮製品の開発・拡販（省エネ製品、軽量化、小容量化、易分解性など）

しかし、日本においては、2008年（28,912件）をピークに認証件数が減少し、同様の傾向は数年前から欧米諸国でも見られている。

日本で登録件数が減少している理由としては、①認証取得後の活動形骸化、②認証取得による事業優位性の相対的低下、③成果の把握と評価の難しさ、④コストの増加などであり、マネジメントシステムが経営課題の解決に有効活用されていない状況が見られる（日本工業標準調査会 2013）。

このように、長年 ISO 14001 を運用している企業・事業所は、図 6-1 に示すように、その活動が ISO そのものを活動目的とした“内向き”の活動により停滞している「静的な組織」と、事業の課題解決のツールとして継続的改善に有効活用している「動的な組織」に分けられる傾向が見られる（日本工業標準調査会 2013）。



日本工業標準調査会(2013)より

図 6-1 動的な組織と静的な組織におけるマネジメントシステムの位置付けの違い



一般的に、長年取り組みを行っている組織では、マンネリ化による成果の先細りが見られる。例えば、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の例（佐藤 2008）では、事業所ごとに業務内容が異なるため 1999 年から 2004 年にかけて、6 つの組織に分けて ISO 14001 の認証取得を行った（表 6-2）。

表 6-2 JAXA における ISO 14001 取得状況

事業所	初回審査登録年月
地球観測センター	1999 年 11 月
沖縄宇宙通信所	2000 年 3 月
角田宇宙センター	2001 年 2 月
勝浦宇宙通信所	2001 年 3 月
種子島宇宙センター、 増田宇宙通信所	2002 年 2 月
筑波宇宙センター	2004 年 3 月

佐藤(2008)を基に作成

佐藤（2008）によれば、JAXA における ISO14001 の活動は、1998 年地球観測センターで発生した写真現像液（シアン化合物）漏洩事故による土壌汚染が取り组まきっかけとなった。導入当初は、環境リスク管理を重点としていたが、次第に、いわゆる「紙・ごみ・電気」の負荷削減に活動の主体が移り、その後、ISO 継続のためのアイデア枯れが現場のストレスとなり、徐々に形骸化が進んだ。

この事例のように、多くの組織で、最初は事業所ごとにマネジメントシステムを構築し、取り組みを開始したが、3、4 年もすると、当初の理念が薄れ「紙・ごみ・電気」を中心としたマンネリ化に陥ってしまうことが指摘されている（米倉 2010）。

すなわち、「紙・ごみ・電気」の削減活動による環境負荷削減も、数年を経過すると成果が頭うちになり「これ以上は減らない」という限界に達するため、この時点で取り組み方法を見直し、継続して成果の得られる活動へと軌道修正が必要である。例えば、サプライチェーンへの働き掛けや環境に有益な取り組み、企業の社会的責任を視点とした活動へと広げ、内容の充実とテーマの転換を行い、新しい領域で成果が得られるように、ISO 14001 を運用することが重要である（米倉 2010）。

ISO 14001 に長年取り組んでいる組織の中には、当初構築したマネジメントシステムを継続するだけでなく、対象範囲の拡大や、他の規格（例えば、ISO 50001）との統合的運用により効率化を図っている組織が増加している。

そこで、6.3 項では、環境マネジメントシステム（EMS）を有効に活用している事例について調査し、その利点について考察した。

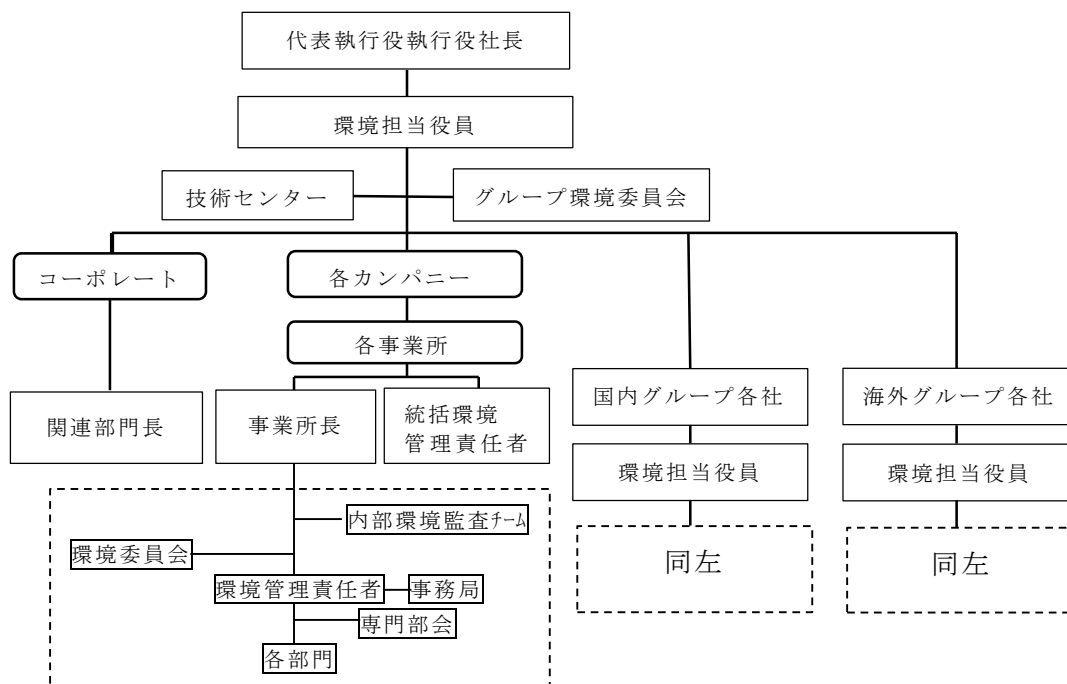
## 6.3 マネジメントシステムの活用事例

### 6.3.1 ISO 14001 の活用事例

#### (1) 日立金属における活用

日立金属(株)は、1998 年から ISO 14001 の認証取得を開始し、「地球環境保護は企業が果たす社会的責任」との理念に基づいた環境マネジメント活動に積極的に取り組み、これまで、グループ内全拠点の 90% が取得を完了している（原 2014）。

日立金属グループの場合は、工場単位での認証取得からスタートしたが、製品環境規制への対応や環境適合製品の拡販等への必要性から、技術、企画、営業などの本社部門を含めたカンパニーをグループ化した環境マネジメントシステム（EMS）の構築を進めてきた（図 6-2）。



原(2014)に基づき作成

図 6-2 日立金属グループ環境経営推進体制

その結果、国内全事業所を統合した「日立金属グループ EMS」としては、2009 年度に ISO 14001 の認証取得を完了している。グループ化の過程では、新たに環境経

営推進組織の編成を行い（図 6-2）、関連規定の整備や環境負荷削減目標の達成活動を行ってきた。更に、世界中の事業拠点で同一基準に基づく「グローバル環境管理」を実施している。例えば、米国 8 サイト、中国 4 サイト、アジア地区 7 サイトを含めたグローバル内部監査を 2011 年度から開始した。

日立金属グループでは、ISO 14001 規格 4.3.1 項（環境側面）の要求事項に対し、環境適合設計アセスメントを重視し、原材料の調達から製品の設計・開発・製造・流通・使用・廃棄までのライフサイクルを通じて環境配慮した「環境適合製品」の拡大を推進している。その結果、2012 年度の環境適合製品（エコプロダクツ）の売上高は全製品の 76.2% に達している。環境パフォーマンスの改善に関しては、2012 年度の廃棄物発生量は、2005 年度対比で 11% 削減し、CO<sub>2</sub> 排出量は毎年 1% 削減（原単位基準）を目標とし、2012 年度は 1990 年比で 19% の削減を達成している。

また、サプライチェーンにおけるステークホルダーとの環境協働活動として「GREEN 21-2015」活動を実施している。この活動では、7つの環境重点項目（環境経営／製品事業戦略／サプライチェーンマネジメント／エコマインド／エコプロダクツ／エコファクトリー／ステークホルダーとの協働）についてスコア制を採用し、2011 年（351 点）から 2015 年には 514 点に伸ばすことを目標に、各部門で取り組んでいる。

日立金属グループにおけるこのような環境マネジメント活動は、日本の多くの企業がグローバル展開やサプライチェーン重視の方向を目指している中で、ISO 14001 の効果的活用の参考になる。

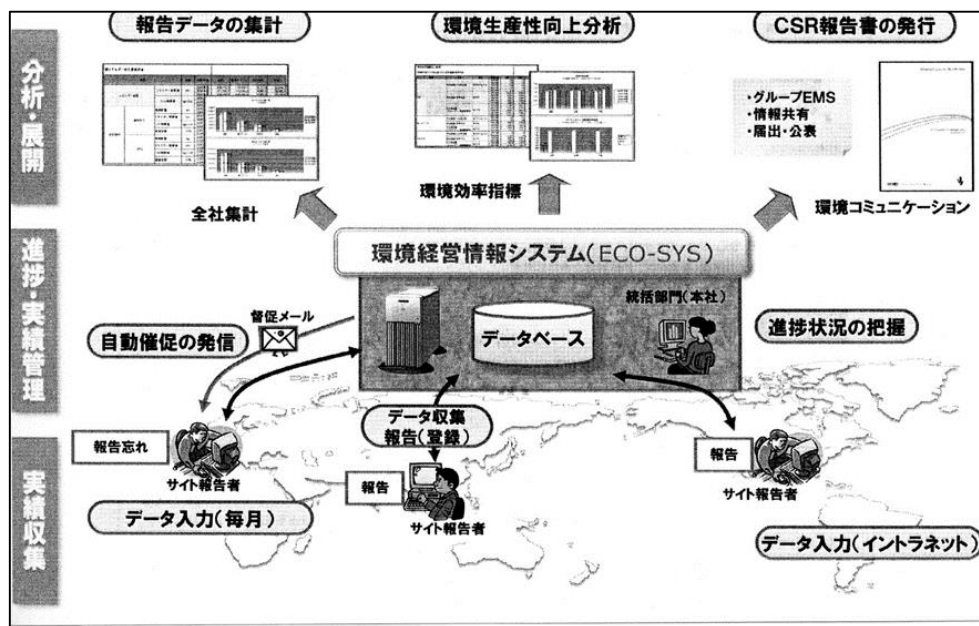
## （2）ウシオグループの取り組み

ウシオ電機(株)を中核とするウシオグループでは、2003 年にグループ環境活動を開始し、グループ全体への環境活動の浸透、環境重要課題の設定とパフォーマンス評価を実施してきた（氏家 2014）。

ウシオグループの特徴的な活動は、CO<sub>2</sub> 削減のための全社組織として「地球温暖化対策委員会」を設置し、各事業所・各グループ会社のエネルギー削減計画の進捗状況のフォローや、施策に関する情報交換を行っていることである。具体的には、各事業所の電力使用量、廃棄物発生量等について、環境データ収集分析ツール「ECO-SYS」により、月次で報告されるシステムを構築している（図 6-3）。

多くの企業がグローバルに事業展開している現状からは、国内だけで環境負荷を削減している活動は、ステークホルダーから見て十分とは言えない。ウシオグループのように、グループ企業全体が、同一の環境マネジメントシステム（EMS）の中に組み込まれ、同一の管理基準でグローバルに運用される仕組みが求められている。この事例は、事業の発展に伴い、日本国内で実施していた EMS 活動を進化・発展させて、海外の全事業所にも適用した効果的な事例であり、同様の活動拠点を有する

多くのグローバルカンパニーの参考となる。



氏家(2014)より引用

図 6-3 ウシオグループによるグローバル EMS 活動

### (3) 富士通グローバル EMS の活動

富士通グループでは、2004 年度に連結子会社を含む日本全国 99 の事業拠点を 1 つの組織に集約し、「国内グループ環境マネジメントシステム」としては、日本で初めて ISO14001 の認証を取得した。

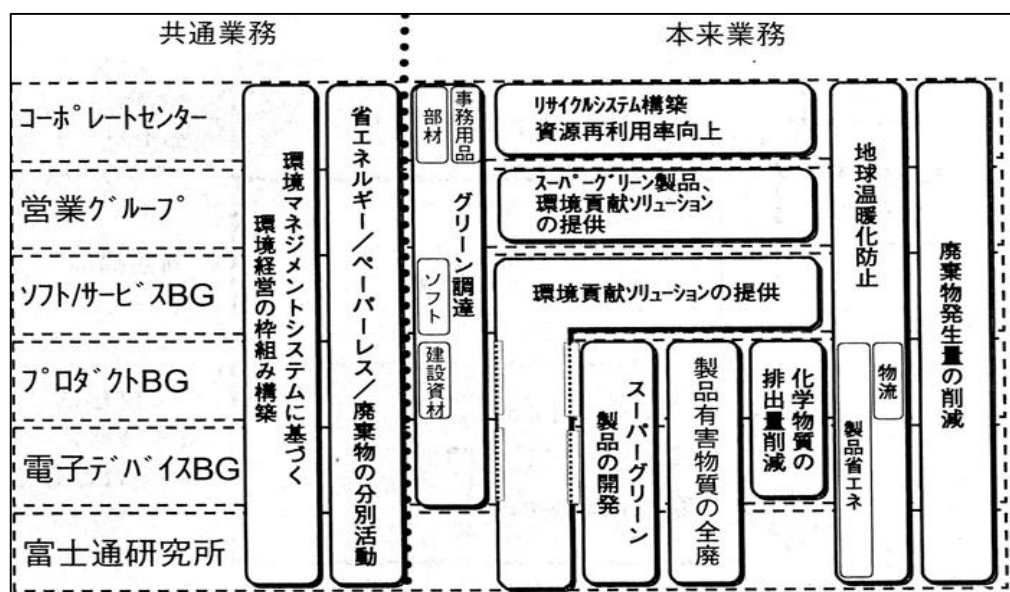
図 6-4 に示すように、富士通国内グループ EMS は、48,000 人が参加する国内最大級の規模であり、審査を行った第三者認証機関にとってもサイト（事業拠点）数が多く、その業務が多岐にわたるなどチャレンジ的要素を多く持った審査であった（アイソス編集部 2004a）。

実際の認証審査は 2 段階で行われ、審査期間は約半年を費やし、サンプリングでなく全サイトについて審査が行われた。その結果、延べ 200 人・日以上 of 審査工数を要した超大型の審査登録事例であった（アイソス編集部 2004b）。

富士通株式会社（以下、「富士通」とする）が、このように大規模な EMS を構築した意図について、佐藤貢 環境本部 SD 規格室長（役職は当時）は「富士通の全事業領域を適用範囲とした、経営と同じ枠組みで活動する EMS が欠かせないという判断があった。富士通では、それまで工場や事業所単位で EMS を導入してきたが、これまでの仕組みでは、各事業本部のビジネス活動、つまり本業についての目標を

設定して活動を展開することが難しいとの考えがあった。」と述べている（アイソス編集部 2004a）。

このような意図を実現させるための EMS 構造は、「本来業務」と本社部門が統括する「共通業務」を縦糸と横糸に見立てた「マトリックス」構造となっている（図 6-4）。これにより、従来、各事業所における環境パフォーマンス改善活動が主体であったが、事業部など本社部門との連携が効果的に行えるようになり、グローバルなビジネス環境における戦略的な環境マネジメントが可能となった。



BG：ビジネスグループ

アイソス編集部(2004a)より

図 6-4 富士通グループ取り組みマトリックス

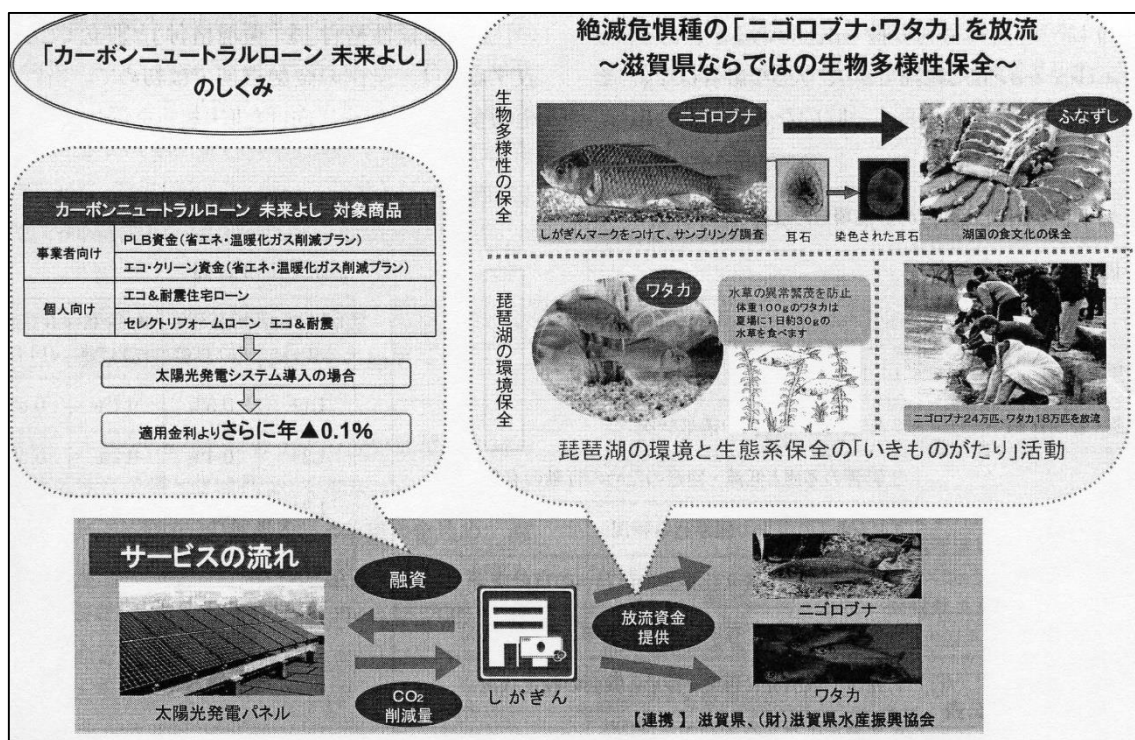
富士通では、国内グループ認証に引き続き 2005 年度には、対象を海外に拡大し、国内グループ会社 88 社、海外グループ会社 11 社を対象とする「ISO 14001 グローバル認証」を取得している（富士通グループ 2007）。

筆者は、2004 年から 3 年間、富士通グループの審査にチームリーダーとして参加した経験から、富士通グループのマネジメントシステム構築の思想は「コーポレート・ガバナンスの強化」すなわち、組織中枢の考えを末端まで浸透させるために ISO14001 の仕組みを活用した効果的な事例であり、他の多くのグローバル企業にとっても大いに参考になると考える。

#### (4) 滋賀県における地域密着型活動の例

滋賀県では、1977 年に県民の貴重な水源である「琵琶湖」にリンを含んだ生活排水が流れ込み淡水赤潮が発生した。これを機に、「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」を制定した。それ以来、県民の環境意識が高まり環境問題の「見える

化」に取り組んでいる（辰巳 2013）。



辰巳(2013) より

図 6-5 滋賀県における ISO 14001 の取り組み

県民の環境意識の高いことを端的に表しているのが、県内の ISO14001 の認証取得事業所の割合が全国でトップクラスとなっていることである。そのあと押しをしているのが、滋賀銀行の金融商品：エコ・クリーン資金（ISO プラン）で、認証取得資金を低利で融資する制度である。

このほか、「滋賀県ならではの」取り組みとして、「生物多様性格付け」を実施し、絶滅危惧種に指定されている琵琶湖特産の「ニゴロブナ・ワタカ」の保護・育成・放流事業を行っている（図 6-5）。絶滅危惧種に対するこのような活動は、地域の特性を生かし、従来の EMS 活動の幅を広げる有効な活動として、他の地方自治体の参考となる事例である。

### 6.3.2 エネルギーマネジメントシステムとの統合化

#### (1) ISO 50001 の概要

エネルギーマネジメントシステム規格（ISO 50001）は、2011年6月に発行され、企業等で組織的なエネルギー管理と省エネルギーの促進等に利用されている。

ISO 50001 は、米国や日本等の既存の省エネルギー法規を下敷きにして、ISO 14001

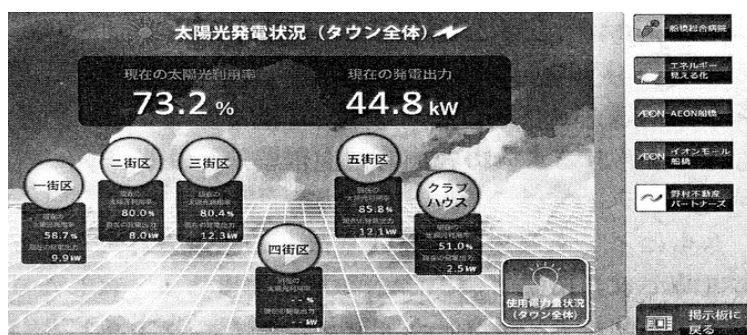
と規格体系上の整合性を持つように開発されたもので、日本の省エネルギー法と整合した内容になっている（西尾 2011；寺田 2011）。この規格を用いることで、エネルギー使用に関して、方針・目的・目標を設定し、計画を作り、手順を決めて体系的に運用管理（PDCA サイクルで管理）することが可能となる。

この規格に関しては、中国において大量にエネルギーを消費する 17,000 社に対して、省エネルギー目標達成のために ISO 50001 の活用が求められている（石原 2012）。日本においても、業務部門、家庭部門のエネルギー使用量の増加に対して、ISO 50001 を活用した省エネ対策が増えている。例えば、日本の建設分野で実際に ISO 50001 に取り組み、第三者認証機関から認証を取得した事例について以下に示す。

## (2) 集合住宅（ふなばし森のシティ）の事例

集合住宅の分野では、2013 年度より経済産業省が、マンション全体で省エネや節電等のエネルギー管理の普及を目的とした補助事業（スマートマンション導入加速化推進事業）を行っている。この事業の 1 つである「ふなばし森のシティ」では、マンションとしては日本で初めて ISO 50001 の認証を取得した。この事例では、ISO 50001 を継続的な省エネ活動の推進を図るための体制構築及びマンションの運営管理に活用している（内田・石田 2013）。

「ふなばし森のシティ」は、17.6 ヘクタールの土地に、マンション 1,497 戸、ショッピングセンター、病院などが一体となった首都圏最大級の複合開発プロジェクトである。ここでは、電力を一括購入し、太陽光発電システム、情報通信システム、家庭用エネルギー管理システムなどを組み合わせて、マンション全体のエネルギーをマネジメントするサービスを開発した。また、各街区のエントランスに大型のタッチパネル式デジタルディスプレイを設置し、共用部のエネルギーの「見える化」だけでなく、管理組合や管理会社からのお知らせ、病院、商業施設の情報などを「スマート掲示板」にリアルタイムで表示するサービスを提供している（図 6-6）。



内田・石田(2013)より

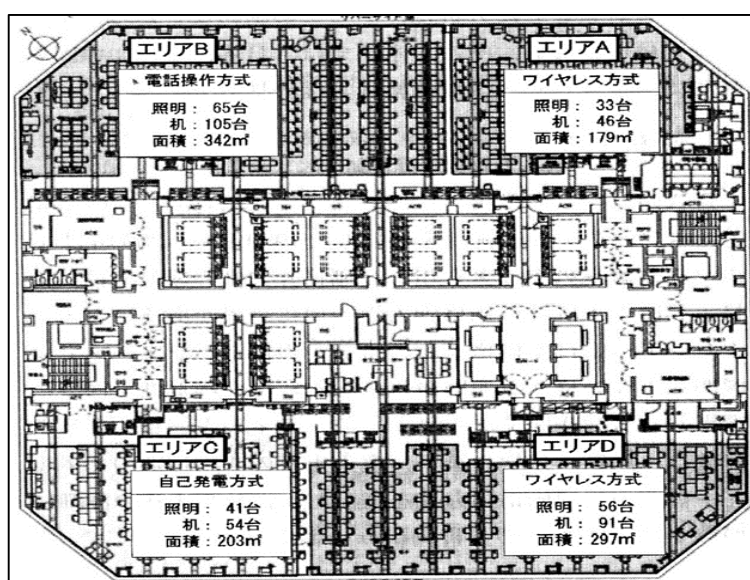
図 6-6 スマート掲示板の表示例

ここで設置した各種の省エネルギーシステム、情報システム及びピーク電力カットシステムなどは、今後の大規模コミュニティ開発の参考になるとと思われる。

### (3) オフィスビルにおける省エネルギー対策例

オフィスビルからの CO<sub>2</sub> 排出削減対策については、ISO 14001 の活動の一環として種々の取り組みが実施されている。照明に関する節電行動についてのアンケート調査結果によれば、昼休憩時の一斉消灯、不在会議室・倉庫等の消灯、照明の間引き点灯、自然光利用などが一般的に多く行われている。

省エネプロジェクトの事例として、S 社によるテナントビルの事例がある。ここでは、利用者が不便を感じないように、照明を一灯単位で個別に操作できることが特長である（飯田 2014）。実際には、約 1,000 m<sup>2</sup> のフロアにある天井照明 195 灯、オフィスデスク 296 席を対象とし、フロアを 4 つのエリアに分けて個別に点灯・消灯操作ができるように工夫されている（図 6-7）。



飯田(2014)より

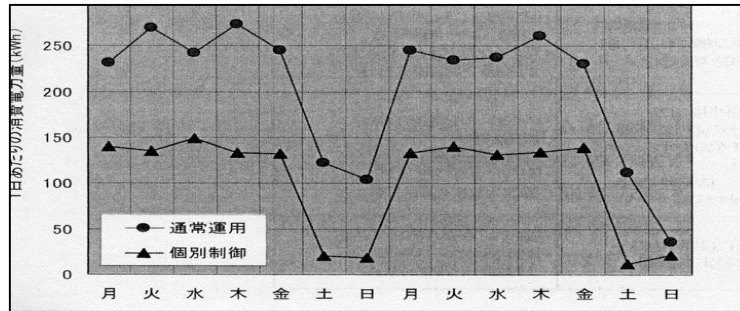
図 6-7 対象フロアレイアウトと方式区分

このシステムでは、個別操作のために各机上にワイヤレス送信を行うスイッチユニットが配置された。システムの導入前後では、図 6-8 に示すように、平日の 1 日当たりの消費電力が平均約 250 kWh から約 140 kWh へと 40% 以上の削減が可能となった。

この事例は、ISO 50001 に取り組んでいるケースではないが、ISO 14001 を長年実施した結果、「紙・ごみ・電気」の改善はもう成果が出なくなったと感じている多くの企業にとって、「節電」テーマでも改善の余地があることを示している。また、



ISO14001 をすでに実施している企業にとっては、照明の節電だけにとどまらず、事業所全体で更なる省エネ効果を挙げるために、既存の ISO 14001 の仕組みを拡大し、ISO 50001 との統合化により、大きな効果を挙げられる可能性を示している。

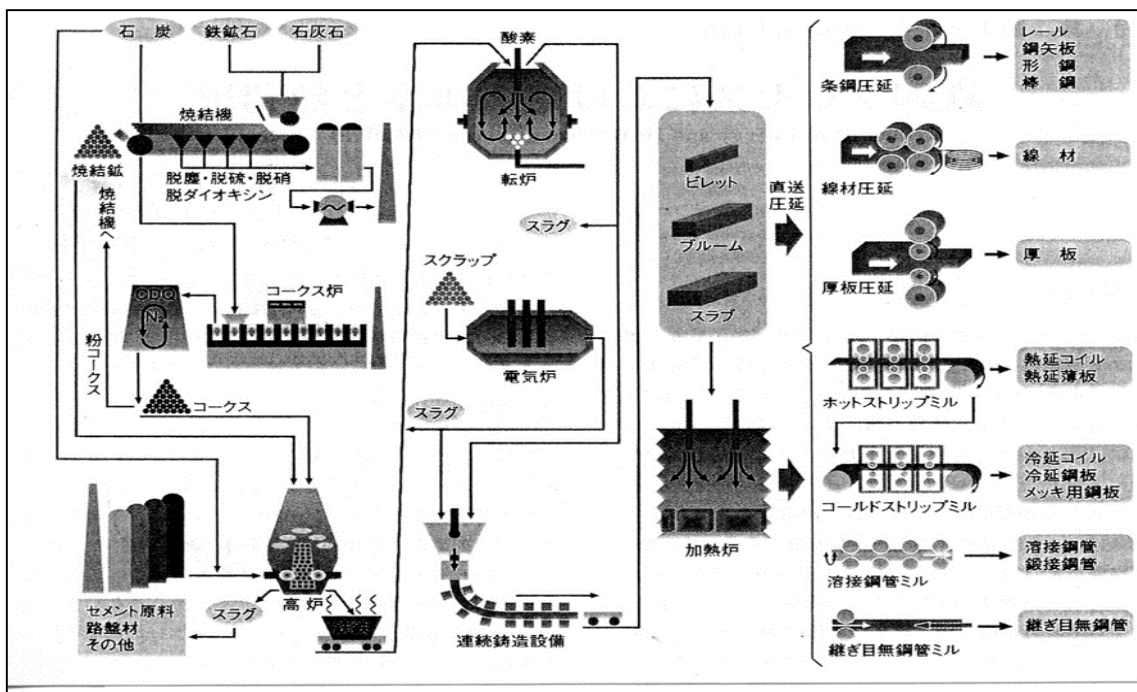


飯田(2014) より

図 6-8 1日当たりの消費電力比較

(4) 製鉄所における省エネ対策

2011年度の日本の粗鋼生産量は、約1億6百万トン(EDMC 2013)である。製鉄プロセスは、図 6-9 に示したように原料(鉄鉱石、石炭等)から、高炉による製錬工程を経て、製品(棒鋼、厚板、鋼管など)の出荷まで長大なプロセスを持つ。

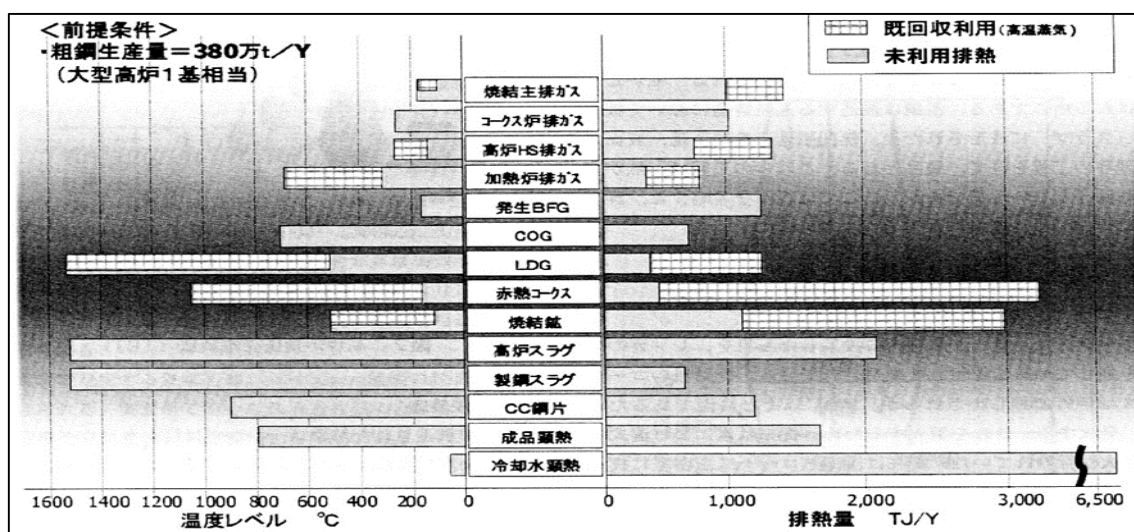


齊間(2013) より

図 6-9 製鉄プロセス概要

製鉄所における省エネ対策は、これまでも、コークス乾式消火法（Coke Dry Quenching: CDQ）によるスチーム回収や高炉における排ガスを利用した炉頂圧発電など、種々のエネルギー回収が行われてきた（齊間 2013）。

しかし、長く大規模な工程を持ち、広大な敷地の中を大口径の各種可燃ガス等の配管が縦横に設置されている、巨大なコンビナートである製鉄所では、図 6-10 に示すとおり、全排熱のうち既回収分は約 26% にとどまっている。将来に向けて、更なる熱回収のためスラグ顕熱回収や CC（連続铸造）鋼片の顕熱回収などの技術開発が進められており、エネルギーに関して、まだ未利用の排熱が多い宝の山ともいえる。



齊間(2013)より

図 6-10 モデル製鉄所の排熱分布

この事例にみられるように、過去に多くの省エネルギー対策を実施してきた製鉄所においてもまだ排熱利用の可能性を残していることから、各製鉄所において長年実施してきた ISO 14001 に ISO 50001 の視点を組み込むことで、更に大きな改善の可能性はある。

### 6.3.3 ESCO 事業との統合化

#### (1) ESCO 事業の概要

省エネルギーを新たなビジネスモデルと結びつけて成功した事例として、ESCO（エスコ）事業が挙げられる。ESCO とは、Energy Service Company の略称であり、工場やビルの省エネルギーに関する包括的な改善策を提供し、提案した省エネルギー効果に応じて報酬を受けることを特徴とした事業である。

ESCO 事業は、約 100 年前にフランスで生まれたといわれ、その後米国でビジネスモデルとして成長し、現在では多くの国で実施されている。日本には 1996 年に導

入されたが、ESCO 事業が種々の業界に広まった理由としては、省エネルギー効果を保証したことが挙げられる（村越ら 2014）。

ESCO 事業の具体的プロジェクトは、過去 11 年間で 2,033 件実施されており、プロジェクト規模は、平均で 227 百万円／件と大型である。省エネルギー効果は平均で 1 件あたり 11.8%、投資資金の回収期間は平均で 1 件あたり 7.5 年と、いずれも企業内の事業として実施されている省エネルギー案件と比べて、大きな効果が出ている（村越ら 2014）。また、ESCO 事業の実績は、CO<sub>2</sub> 削減効果も大きく、地球温暖化対策に有効であることが示されている（表 6-3）。

表 6-3 ESCO 事業の CO<sub>2</sub> 削減効果

	サンプル数	投資額	CO <sub>2</sub> 削減量	CO <sub>2</sub> 削減コスト
単 位	件数	億円	t-CO <sub>2</sub> /年	円/t-CO <sub>2</sub>
業務関係	181	270.9	119,761	15,078
産業関係	43	75.5	85,811	5,863
合計/平均	224	346.4	205,572	11,230

村越ら(2014)より

## (2) 横浜市における ESCO 事業

横浜市は、平成 15 年度から平成 23 年度にかけて対象施設を選定し、表 6-4 に示す 15 件の事業を ESCO 事業として、公募により実施した。

実施した結果は、表 6-5 のとおり、エネルギー削減効果、CO<sub>2</sub> 削減効果とも、当初計画を大幅に上回る成果が出ている。

横浜市は、平成 7 年に制定した「横浜市環境の保全と創造に関する基本条例」に基づき「横浜市環境管理計画」を策定し、環境行政を総合的に推進している。横浜市が ESCO 事業で当初計画を上回る大きな成果を挙げた背景には、自治体として、いち早く環境マネジメントシステム（ISO 14001）の有効性に着目し、平成 15 年から ISO14001 の運用を開始したことがある（田口 2010）。

横浜市は、「市民及び市内の事業者には EMS の有効性を知ってもらい、実施者を拡大するためには、市が率先して自ら ISO 14001 を実行することによって、事業者には行政の立場からアドバイスできる。」との発想から、全区役所、市営地下鉄、清掃工場、動物園等を含む市役所組織の大半が含まれる大規模組織で EMS を構築し、中田市長（当時）の環境方針に基づく環境マネジメント活動を開始した。

具体的活動内容は、横浜市環境マネジメントマニュアルの作成、内部監査の実施、環境目的・目標の設定、活動結果の監視・測定等について、ISO 14001 の規格要求事

項に適合させる活動を実施した。その結果、横浜市は平成 16 年 6 月 23 日に環境マネジメントシステム国際規格（ISO 14001）に適合した組織として、第三者認証機関から「登録証」を受けている。認証取得当時の登録証に記載された主な内容は表 6-6 のとおりである。

表 6-4 横浜市の ESCO 事業

公募年度	事業名		公募者数	事業手法
15 年度	モデル	南部病院	8	民間
16 年度	第 1 号	新横浜地区 3 施設	5	民間
	第 2 号	松風学園	8	民間
17 年度	第 3 号	戸塚センター	5	自己
	第 4 号	横浜こども科学館	3	民間
18 年度	第 5 号	関内地区 3 施設	5	民間
	第 6 号	中央図書館他 1 施設	5	民間
19 年度	第 7 号	木原生物学研究所	3	民間
	第 8 号	青葉区総合庁舎他、 2 施設	3	民間
20 年度	第 9 号	横浜市大福浦キャンパス（医学部・附属病院）	2	民間
	第 10 号	栄区庁舎	2	自己
21 年度	第 11 号	日産スタジアム	2	民間
22 年度	第 12 号	市民病院	3	自己
	第 13 号	神奈川区総合庁舎	3	自己
23 年度	第 14 号	鶴見区総合庁舎	3	自己

本田ら(2014)より

表 6-5 横浜市における ESCO 事業導入効果

	計 画	H24 年迄の実績
施設数	19	21
エネルギー削減率	10.8%	24.6%
削減額	290 百万円/年	609 百万円/年
CO <sub>2</sub> 削減量	4,587 トン/年	13,181 トン/年

本田ら(2014)より

横浜市の EMS 活動は、その後、市役所行政における自主的な環境マネジメント活動として継続され、活動の中心である廃棄物削減活動「横浜 G30 プラン」<sup>ゴミゼロ</sup>では、市民・事業者との協働により平成 14 年度から平成 22 年度の間で、目標を大きく上回る 42%のごみ量の削減を達成している（横浜市 HP）。その他の環境マネジメント活動としては、資源・エネルギーの適正利用、グリーン調達<sup>グリーン調達</sup>の推進、地球温暖化対策や生物多様性の推進などに積極的に取り組んでいる。

表 6-6 横浜市の ISO14001 登録証の主要事項

登録番号／登録年月日	番号(EC04J0110)／登録日(2004年6月23日)
登録組織名称	横浜市（総務局国際課ニューヨーク事務所、フランクフルト事務所、市民病院、脳血管医療センター、経済局経営金融課相談認定係、中央卸売市場[本場、南部市場、食肉市場]、各学校及び各保育所を除く）
所在地	神奈川県横浜市中区港町1丁目1番地
登録内容	横浜市（総務局国際課ニューヨーク事務所、フランクフルト事務所、市民病院、脳血管医療センター、経済局経営金融課相談認定係、中央卸売市場[本場、南部市場、食肉市場]、各学校及び各保育所を除く）における行政活動

日本環境認証機構(2006)に基づき作成

横浜市の事例からは、現状の環境マネジメント活動に ISO 50001 を取り入れることで、より幅広いエネルギー政策が実施できる可能性がある。例えば、ISO 50001 規格 4.3 項（エネルギー方針）に含まれる「高エネルギー効率の製品・サービスの購入及び改善ための設計」や、4.4.3 項（エネルギーレビュー）の実施により、市庁舎等の施設や、交通局の運営に関わるエネルギーパフォーマンスを評価することによって、運用及び設備保全に係る費用対効果の向上が期待される。

#### 6.3.4 マテリアルフローコスト会計との統合化

##### (1) FMCA の概要

マテリアルフローコスト会計（Material Flow Cost Accounting: MFCA）の特徴は、負の製品を削減することで製造コストと環境負荷の同時低減につながり、総コストのほか、正の製品コスト、負の製品コスト（ロスコスト）が工程ごとに明確になることとされている（下垣 2013）。

MFCA を用いることで、各工程のデータを常に把握できるため、環境マネジメントシステム（ISO 14001）における、環境目標の設定、実績確認、達成度把握が容易になる。例えば、「使用エネルギーの削減」「資源の節約」などの目標を、FMCA の視点から「ロスコストの低減による環境負荷の削減」と表現することにより、EMS と MFCA の仕組みを統合化させ、総合的な環境経営に繋げることが可能となる。

##### (2) アルミ溶解炉の例

2011年3月の震災をきっかけとして、日本のものづくり現場において、エネルギー消費量を極力抑えて生産する、という考え方が中小企業を中心に広まった。

清水・石川（2013）は、これまでの MFCA では、マテリアル（物質）ロスが検討の中心で、エネルギーロスについては具体的な取り組みはあまりなかった。そのため、「ロスを捉えるために量を測定するという」意識が不足していることがあった、と報告している。

しかし、従来の EMS においても、エネルギーロスの評価は、ISO 14001 規格 4.3.1 項（環境側面）において、「事業の活動、製品及びサービスに関する環境影響を評価・特定すること」として要求事項に含まれている。したがって、ISO 14001 で要求されている内容について各企業が幅を広げて対応することにより、MFCA 的な考え方を取り入れたエネルギーマネジメントが可能となると考える。

一例として、清水・石川（2013）が報告している G 社の事例「アルミ溶解炉におけるエネルギーロスの算出」について検討を行った。この企業では、自動車用アルミダイカスト部品の製造で発生する工程内のロスとして、ダイカスト機では不可避免的に発生するランナー（アルミ鑄物の湯口部分）及び鑄造不良品を MFCA の検討対象としている。一般的には、工程内で日常的に発生するこれらのアルミ屑は、即座にリターン材として原材料溶解炉に投入されているため、量も把握せずに溶解し、次の鑄造に使用していることが多い。これに対し、G 社では、この無駄なロス分の再溶解に関わる熱損失を削減するため、溶解炉・保持炉の各部温度を 7 日間にわたり測定した結果を報告している（表 6-7）。

表 6-7 溶解炉、保持炉の炉壁及び周囲温度

（単位：℃）

	余熱室 (上)北面	余熱室 (下)北面	余熱室 (下)東面	溶解炉 北面	保持炉 南面	投入蓋 西面	周囲 温度
午前	51.9	53.4	80.5	48.0	55.6	140	14.3
午後	56.3	57.7	85.5	52.3	59.6	152	18.0

清水・石川（2013）を基に作成

表 6-7 を基に、G 社でエネルギーバランスを計算した結果は表 6-8 の通りであった。この表からは、原材料のアルミを溶解する本来（正の製品）のエネルギーは 40 GJ（ギガジュール）であり、残りの 296 GJ（投入エネルギーの約 90%）は負のエネルギーであることが分かる。このように MFCA の手法を利用することで、エネルギーロスの「見える化」が可能となる。このケースにおいては、計測が必要なのは温度と酸素濃度だけであり、複雑な調査は必要なく、ISO 14001 規格 4.3.1 項（環境側面）に関する調査の延長で、省エネルギー対策で効果を挙げられることが分かる。

表 6-8 アルミ溶解炉におけるマテリアル&エネルギーバランス

	Input			Output									
	投入			正の製品			リターン材			負の製品			
マテリアル	マテリアル	物量	単位	種類	物量	単位	種類	物量	単位		種類		単位
	インゴット	36,548	kg	良品	36,893	kg	リターン材	26,853	kg	溶解	酸化アルミ	340	kg
	リターン材	34,286	kg				捨て打ち品	3,848	kg		プロセスロス	782	kg
							不良品	1,476	kg				
							管理漏れ	642	kg				
	計	70,834	kg	良品	36,893	kg	リターン材	32,819	kg		負の製品	1,122	kg
エネルギー	エネルギー	使用量	単位	種類	物量	単位	種類	物量	単位		種類	物量	単位
	ガス真発熱	336	GJ	良品分熱	40	GJ				溶解	材料投入熱損失	0	GJ
											炉壁面熱損失	155.7	GJ
											排ガス熱損失	54	GJ
											酸化アルミ分熱損失	0.4	GJ
										保持	湯口放熱	12.3	GJ
											余熱ダンパー熱損失	10	GJ
											炉壁面熱損失	19.6	GJ
										鑄造	未知のエネルギーロス	8.6	GJ
											リターン材の熱損失	35.4	GJ
	計	336	GJ	良品熱損	40	GJ					エネルギー損失	296	GJ

清水・石川（2013）を基に作成

### (3) プラスチックのマテリアルリサイクルの事例

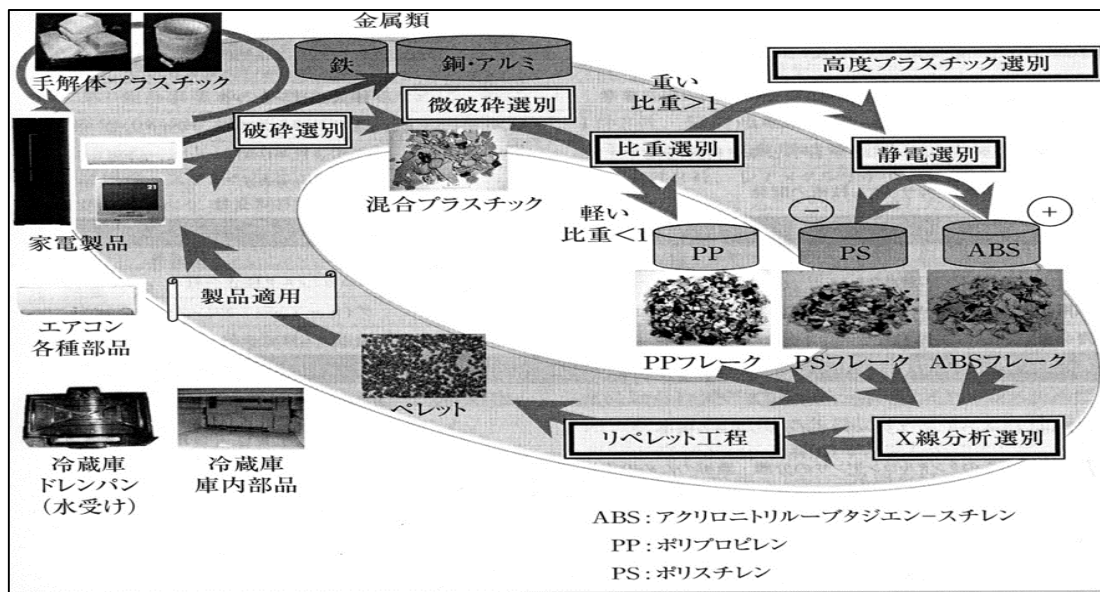
使用済み家電製品に含まれる廃プラスチックは、家電リサイクル法に基づく回収→解体→再利用のシステムで循環しているが、従来の方法では、家電リサイクル工場で回収されたプラスチックのうち、家電製品に再利用できるプラスチックは手解体部品等に限られていた。

電機メーカー（M社）と関連のリサイクル会社2社との共同で開発された「高純度プラスチックリサイクルシステム」では、家電リサイクル工場で発生する破砕混合プラスチックを、99%以上の高純度で回収できる。このプロセスにより、家電製品で使用される主要3大プラスチック<sup>3)</sup>を高純度で大量回収し、再び新たな家電製品に循環するという、家電製品のマテリアルリサイクルを実現した（産業環境管理協会2013）。

具体的なプロセスは、微破砕混合プラスチックを、湿式比重選別、静電選別、X線分析選別等により、純度の高い単一種類のプラスチックとして回収するものである（図6-11）。回収したプラスチックは、添加材を加えて再生処理を行い、家電製品の原料に利用する。

この事例も、主導的立場にある電機メーカー（M社）のEMSの一環として改善が実施され、マテリアルリサイクルが可能となった。今後は、MFCAをツールとし

て活用することにより、リサイクルプロセスにおけるマテリアル・ロスを把握し、低コストのリサイクルプロセスに改善できる可能性がある。



産業環境管理協会(2013)より

図 6-11 高純度プラスチックリサイクルフロー

#### (4) 廃家電（冷蔵庫）からの断熱材燃料化

2001年に家電リサイクル法が施行され、メーカーに家電製品4品目（エアコン・テレビ・冷蔵庫・洗濯機）の再商品化が義務付けられた。特に冷蔵庫は、2004年から断熱フロンの回収破壊も義務付けられた。

一般的な廃冷蔵庫の解体処理方法は、ウレタン断熱材が充填された冷蔵庫本体を破砕機で破砕処理した後、フロンを回収している。風力選別で回収したウレタンは、さらに粉碎・減容している。

減容処理したウレタンは、石炭に匹敵する熱量（低位発熱量 20~30 MJ/kg）を持ちながらも、残留塩素濃度が高い（約 1~2 wt%）ため燃料として利用できず産業廃棄物として処分されている（例えば、約 100 万台の廃冷蔵庫から約 7,000 トンのウレタンが回収される）。

三菱マテリアル（株）の近藤ら（2011）は、脱化石燃料化を積極的に推進している製紙会社とともに、リサイクルで得られる回収ウレタンをボイラー燃料として利用する検討を行った。その結果、一般的なスクルー式加熱押出装置で処理した回収ウレタンの残留塩素と窒素含有量は、表 6-9 の通りであった。この分析結果は、製紙会社の残留塩素基準（0.3% 以下）に適合しており、受け入れが可能である。しかし、回収ウレタン樹脂に固溶しているフロンは、粉碎しても分離せず加熱



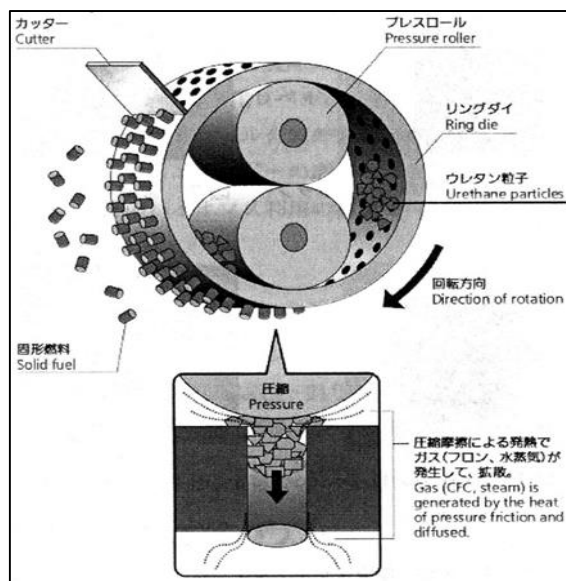
が必要なことから、この事例では、ウレタン粉の圧縮による摩擦熱を利用してフロンを気化させるリングダイ加熱圧縮装置を採用した。

表 6-9 回収ウレタンの分析結果

低位発熱量	27.7 MJ/kg
全塩素分	0.28 wt%
窒素分	5.52 wt%

近藤ら(2011)より

図 6-12 にリングダイ装置の構造を示したが、この装置を用いて回収したウレタン燃料を他の人工の固形燃料<sup>4)</sup>と比較した結果が表 6-10 である。この表からは、回収ウレタン燃料の塩素含有量は RPF の JIS-A 級品とほぼ同等であることが分かる。



近藤ら(2011)より

図 6-12 回収ウレタン処理用リングダイ

現在、容器包装リサイクル法の再商品化手法に適合した廃プラスチック固形燃料としては、RPF (Refuse Paper and Plastic Fuel) がある。RPF の需要は 2011 年に約 160 万トン (日本 RPF 工業会) であり、製紙業界等からは更なる増産の要請がある。ここで紹介したウレタン燃料化技術による安定的な固形燃料の生産が可能となれば、化石燃料の輸入量の削減、硫黄分の少ないクリーンな排ガス、高カロリーによる CO<sub>2</sub> 削減効果等、種々の面で効果が期待される。

表 6-10 回収ウレタン燃料の性状と他燃料との比較

	回収ウレタン燃料	石炭	RDF	木質ペレット	RPF*
嵩比重 (g/cm <sup>3</sup> )	0.45-0.55	—	0.5	0.6-0.7	—
発熱量 (kcal/kg)	6,700~ 7,200	6,300~ 6,800	4,000~ 6,000	4,500~ 5,000	5,000~ 10,000
残留塩素 (wt%)	<0.3		原料依存		A:<0.3 B:0.3~0.6 C:0.6~2.0

近藤ら(2011)を参考に作成

\*は日本工業規格 JIS7311: 2010<sup>5)</sup>による

#### 6.4 ISO 14001 の拡張機能による効果的運用

ISO 14001 の制定から 18 年以上が経過し、一部の組織ではマンネリ化も見られる。しかし、これまで見てきた効果的実施事例から、ISO 14001 の有効活用の方角としては、大きく 2 つの流れが見えてくる。

一つは、EMS を実施する単独の組織から、複数の組織との協働で成果を挙げようとする「グループ化」の流れである。このグループ化には、日立金属グループや富士通グローバルなどの事例に見られるように、国内の単独組織から国内の複数組織へと拡大することや、海外のグループ組織への拡大を図るグローバル EMS の方向がある。グループ企業を持たない組織であっても、事業の上流・下流または部品の調達・製品の供給などのサプライチェーンの中でグループ化を図り、EMS の効果増大を図ることが可能である（有村 2014）。

その他の「グループ化」に関する事例としては、M 社及び三菱マテリアル（株）による、家電製品廃棄物からのプラスチックリサイクルを実現させた事例が挙げられる。製鉄所の事例は第 4 章 4.2.3 (1) セクター別アプローチで述べたように、日本の鉄鋼業界が中心になって、APP（Asia Pacific Partnership）7 か国の枠組みや世界鉄鋼連盟への展開が行われ、海外の同業者との協働でエネルギーの有効利用が図られている（本多・井川 2010）。滋賀県の事例は、単独の組織内の EMS（静的 EMS）から活動対象を組織外に拡大して、地域との協働で効果を挙げている例である。

もう一つは、既存の EMS をベースとして他のシステムと組み合わせることによって、静的 EMS から動的 EMS への展開を図り、更なる効果を挙げる「統合化」の取り組みである。統合化は、表 6-11 に示すとおり、他のシステム（例えば、ISO 50001、MFCA など）と組み合わせることで、ISO 14001 の機能拡張を図ることで、複数のマネジメントシステムとの一体的な運用で効果を挙げる事が可能である。

表 6-11 ISO14001 の機能拡張

ISO 14001	ISO 50001	MFCA*
環境側面(4.3.1)	エネルギーレビュー(4.4.3)	環境側面の詳細調査 (物質、エネルギー)
環境目的(4.3.3)	エネルギー目的(4.4.6)	ロスコストの削減
環境実施計画(4.3.3)	エネルギー実施計画(4.4.6)	調査実施計画、バランス計算
運用管理(4.4.6)	エネルギーパフォーマンス(4.4.5)	パフォーマンス (実績) 管理
	設計(4.5.6)	コスト削減計画
	設備・エネルギー調達(4.5.7)	負の製品の管理
監視・測定(4.5.1)	監視・測定(4.6.1)	詳細データの調査・記録
マネジメントレビュー(4.6)	マネジメントレビュー(4.7)	効果確認

( )内の数字は各規格の箇条番号、 \*MFCA: Material Flow Cost Accounting

以上のとおり、ISO 14001 の活動も「グループ化」や「統合化」など種々の工夫をすることによって、本来のマネジメントシステムの意義に立ち戻り、組織の経営課題解決に活用することで、継続的な改善による事業競争力の強化が可能となる。

すなわち、有効な ISO 14001 活動を模索している多くの組織が、今後マネジメントシステムの効果を発揮するためには、図 6-13 に示した「グループ化」と「統合化」による改善の方向を参考に、「動的 EMS」に転換することが重要であると考える。

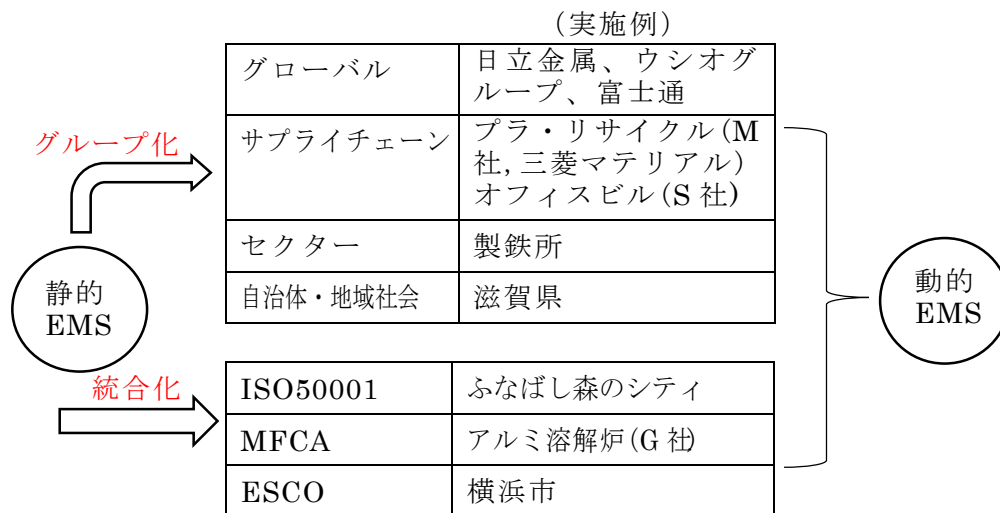


図 6-13 EMS の機能拡大 (静的 EMS から動的 EMS へ)

## 6.5 まとめと結論

事例検討で見たとおり、多くの組織は、取り組みの当初は環境マネジメントシステム（EMS）を構築し、マニュアル通りに実行してきた。その後、経営環境の変化に伴い生産拠点の海外への移転などが生じる状況の中で、従来通りの EMS を続けることの難しさとデメリットを体験した。このような段階を乗り越え、事例に挙げた組織は種々の工夫により効果的な EMS を実現させている。

例えば、日立金属グループでは、環境側面に対する評価においてサプライチェーンを重視し、その行動を環境配慮設計に活用している。また、高純度プラスチックリサイクルやウレタン燃料の開発もサプライチェーンからの視点で生み出された効果である。

製鉄プロセスにおける事例も、ISO 50001 の仕組みを導入しないまでも、ISO 14001 を活用することで大きな省エネ効果を挙げられることを示しており、エネルギーマネジメントのモデルになり得る。今後も、製鉄所のエネルギー改善事例（図 6-10）に見られるように、これまで検討されてこなかった部分について技術検討の対象とすることで、多くの省エネルギー効果が生まれる可能性がある。

ISO 50001 をうまく環境マネジメントに取り入れた「ふなばし森のシティ」は、今後の大規模エコシティ開発のモデルになるであろう。ESCO 事業との統合化では、横浜市が ISO 14001 に早くから取り組み、省エネルギー活動に大きな成果を挙げている。MFCA（マテリアルフローコスト会計）の取り組み事例では、G 社によるアルミ溶解炉の事例にみられるように、物質収支とエネルギーバランスを詳細に分析することで「負の製品」の「見える化」が可能となる。

岡田・國部（2013）によれば、マテリアルフローコスト会計（MFCA）では、企業単独の導入の場合と、サプライチェーンでの導入の効果に違いがあると報告されている。すなわち、企業単独のケースでは、工程内ロス削減が主体であるが、サプライチェーンの場合には、他社との連携による加工組み立て等において、大きなロスが発見される傾向がある、と報告されており、グループ化の効果が示されている。

環境マネジメントシステム規格（ISO 14001）は、その発行から 18 年が経過し、組織の取り組みにおいて更なる効果が求められている。例えば、2003 年 EU に輸出されたゲーム機の部品からカドミウムが検出され、製品の荷降しが出来なかったことがあり、それ以来、日本のメーカーはサプライチェーンマネジメントを重視してきた（中川 2007）。このため、これまで企業内部の改善に向けられていた視点を外部に向け、サプライチェーン全体での取り組みや地域社会との協働などでメリットを生み出す、「動的 EMS」への発展的なシステム改善に注力することが重要である。

すなわち、これまでの企業等が個別に実施してきた内部改善指向の活動（静的

EMS)には限界も見えてきており、**図 6-13**に示したとおり、異なるマネジメントシステム等との「統合化」や「グループ化」による外部への拡大(動的 EMS)により一層の成果を挙げることが可能であろう。このような先進的なマネジメントシステムの試みとして(株)堀場製作所では、3種類のマネジメントシステム(環境、品質、安全衛生)とさらに MFCA を組み合わせた統合化による動的 EMS への展開を図っており(小林 2010)、参考とすべき事例である。

本章で述べた、日本におけるマネジメントシステムの実施事例は、いずれも当事者による努力の結果が大きな成果につながった。今後、環境マネジメントシステム(ISO 14001)のノウハウを海外(特に途上国)に伝えることで、地球全体で社会的基盤整備や省エネルギー・省資源が進展し、結果として CO<sub>2</sub>削減の成果も得られると考える。このような認識の下に、ISO マネジメントシステムにおいて先進国である日本が、ISO 規格を活用することにより、率先して地球温暖化対策に関する国際交渉の場をリードしていくことが可能であると考えられる。

■ 注

- 1) ISO 規格とは、国際標準化機構 (International Organization for Standardization: ISO) によって制定された国際規格のことである。「ISO」は、日本では「アイエスオー」または「アイソ/イソ」と発音されるが、ISO の用語としては、組織としての国際標準化機構 (ISO) と ISO 規格の両方の意味で使われている。
- 2) PC とは、プロジェクト委員会 (PC: Project Committee) のことで、どの TC (技術委員会) の作業範囲にも属さない特定の規格を作成するための組織 (日本工業標準調査会 HP : [www.jisc.go.jp/mss/ems-trans.html](http://www.jisc.go.jp/mss/ems-trans.html))。
- 3) 3 大プラスチックとは、ABS : アクリルニトリル-ブタジエンスチレン、PP : ポリプロピレン、PS : ポリスチレンを指す。
- 4) 人工固形燃料のうち、RDF は Refuse Derived Fuel (廃棄物固形燃料) のことで、家庭からの生ゴミ・廃プラ等が原料であるため水分が多く含まれる。そのため、発熱カロリーが低く、均質でないことから需要が低下している。

RPF (Refuse Paper and Plastic Fuel) は、一般廃棄物ではなく、事業者から排出される品質の良い (不純物の少ない) 産業廃棄物 (主として廃プラスチックと紙) を原料として製造される。含水量は少なく、発熱量が高く、PVC (塩化ビニル) を除外できるため塩素の含有率も一般的には低い。最近では化石燃料等の代替として多く使われるようになった。

木質ペレットは、おが屑や鉋屑などの製材副産物を圧縮成型した小粒固形燃料のことで、木質バイオマスとも呼ばれる。木質ペレットの品質規格は JIS では定められていないが、火力が強く灰分が少ない利点があり、北海道などでペレットストーブ燃料としての需要がある (Wikipedia)。

- 5) 日本工業規格 JIS7311: 2010 では RPF の品質を以下のとおり定めている。

品種	RPF-Coke	RPF		
等級	—	A	B	C
高位発熱量(MJ/kg)	33<	25<	25<	25<
水分(wt%)	<3	<5	<5	<5
灰分(wt%)	<5	<10	<10	<10
全塩素分(wt%)	<0.6	<0.3	0.3~0.6	0.6~2.0

## 参考文献

- アイソス編集部 2004a : 「富士通全社統合環境 ISO 徹底解剖 48,000 人を動かすシステムを斬る」『アイソス』 83, 24-28.
- アイソス編集部 2004b : 「サンプリングではなく実地審査を優先」『アイソス』 83, 29-31.
- 有村俊秀 2014 : 「ISO と環境管理」上智大学,  
<http://www.oecc.or.jp/pdf/kaiho/OECC63/63p10.pdf>, (2014.9.12).
- EDMC 2013 : 『エネルギー・経済統計要覧 (2013 年版)』日本エネルギー経済研究所.
- 富士通グループ 2007 : 『富士通グループ 社会・環境報告書 2007』富士通株式会社  
The FUJITSU Way 推進本部 環境本部.
- 原 雅徳 2014 : 「日立金属グループの取り組み」『環境管理』 50 (1), 18-26.
- 本多清之、井川康夫 2010 : 「地球温暖化防止におけるセクトラル・アプローチ普及過程の産業間差異と技術の果たす役割」  
<http://dspase.jaist.ac.jp/dspase/bitstream/101199383/1/2E17.pdf>, (2014.9.16).
- 本田雄一、横野幸一、塚越理文 2014 : 「横浜市の ESCO 事業について」『エネルギー・資源』 35 (3), 14-17.
- 飯田幸一 2014 : 「オフィス証明における最近の省電力法」『エネルギー・資源』 35 (1), 58-61.
- 飯塚悦功 2006 : 「マネジメントシステム規格の現状・課題・展望」『予防時報』 227, 30-35.
- 石原 明 2012 : 「ISO50001 の動向と最新動向」『環境管理』 33 (6), 33-37.
- 衣川益弘 2012 : 「ISO14001 の有効性に関する調査研究」『鳥取環境大学紀要』 9・10, 11-24, <https://www.kankyuu-u.ac.jp/f/845/bulletin/009-010/011-024.pdf>, (2014.9.12).
- 小林正義 2010 : 「多様化したマネジメントシステムの効率的運用」『環境管理』 46 (3), 32-42.
- 近藤比呂志、篠原勝則、力石国寿、斎藤博、宇治豊 2011 : 「冷蔵庫断熱材ウレタンの燃料化技術」『エネルギー・資源』 32(5), 5-8.
- 村越千春、辻丸達憲、山本高広、布施征男 2014 : 「ESCO 事業の現状と効果」『エネルギー・資源』 35 (3), 9-13.
- 中川優 2007 : 「ISO14001 有効活用方法ーいまなぜ統合化か」『アイソス』 114, 98-101.
- 日本環境認証機構 2006 : 『登録組織リスト』日本環境認証機構.
- 日本工業標準調査会 2013 : 「管理システム規格専門委員会 事業競争力ワーキンググループ 中間とりまとめ」日本工業標準調査会 標準部会・適合性評価部会,  
<http://www.meti.go.jp/press/2013/04/20130430002/20130430002-3.pdf>, (2014.9.16).

- 日本 RPF 工業会：『容器包装リサイクル法における燃料化手法（RPF）の早期実施に向けて』一般社団法人日本 RPF 工業会，  
[http://www.env.go.jp/council/03/recycle/y034\\_06/mat07.pdf](http://www.env.go.jp/council/03/recycle/y034_06/mat07.pdf), (2014.7.16).
- 西尾匡弘 2011：『ISO 50001 エネルギーマネジメントシステム 解説と適用ガイド』日本規格協会.
- Ogawa, Takao 1998: “When Green Replaces Greed,” *The Asian Manager*, November/December, 13-16.
- 小川隆雄、浜野忠 2004：「食品工業における環境 ISO」『月刊フードケミカル』2004-8, 46-49.
- 岡田華奈、國部克彦 2013：「マテリアルフローコスト会計の導入効果：企業単独とサプライチェーンの比較検討」『環境管理』49 (12), 44-49.
- 斉間 等 2013：「鉄鋼プロセスにおける省エネと熱利用」『エネルギー・資源』34 (6), 27-31.
- 佐藤八重子 2008：「JAXA の環境マネジメント－ISO14001 をもっと有効に－」『アイソス』130, 43-47.
- 産業環境管理協会 2013：「平成 25 年度資源循環技術・システム表彰」『環境管理』49 (12), 70-83.
- 関 哲朗 2010：『すぐわかるプロジェクトマネジメント』平文社.
- 清水敬祐、石川智治 2013：「FMCA に活用できるエネルギー計測と管理手法の検討」『環境管理』49 (5), 68-76.
- 下垣 彰 2013：「経営の FMCA とシステム化－継続的な資源生産性改善」『環境管理』49 (6), 56-61.
- 田口香苗 2010：「横浜市における ISO14001 の取組」『環境管理』46 (3), 43.
- 辰巳勝則 2013：「環境経営の深化」『環境管理』49 (10), 45-53.
- 寺田 博 2011：『ISO 50001 エネルギーマネジメントシステム』社団法人日本能率協会審査登録センター.
- 内田鉄平、石田恭子 2013：「集合住宅団地におけるエネルギーマネジメント」『エネルギー・資源』35 (3), 33-37.
- 氏家啓一 2014：「ウシオグループの取り組み」『環境管理』50 (1), 33-39.
- 横浜市 HP：横浜市公式ホームページ, <http://www.city.yokohama.lg.jp/>, (2014.7.17).
- 米倉寛人 2010：「環境マネジメントシステムが抱える課題と対応策」『SJRM リスクレビュー』9, 1-11. <http://www.sjrk-rm.co.jp/publications/pdf/r09.pdf>, (2014.9.16).
- 吉田敬史 2011：「環境マネジメントシステムに関する最新情報」『ISO 14001 リフレッシュコーステキスト』株式会社テクノファ.



## 第7章 地球温暖化対策へのISO認証制度の活用

### 7.1 緒論

第7章では、第6章で検討したマネジメントシステムスタンダード（MSS）を活用し、2020年以降の国際的な温室効果ガス（GHG）削減の枠組みを構築する方策について検討を行った。

具体的には、コペンハーゲン合意及びカンクン合意（高村 2012）として実施が決定されている、途上国の適切な削減行動（Nationally Appropriate Mitigation Actions : NAMA）<sup>1)</sup>の検証の仕組みとして導入された「測定・報告・検証（Measurable, Reportable, Verifiable : MRV）」へのISO認証制度の適用可能性について検討を行った。

「MRV」は、これまでのUNFCCC締約国会議（COP）における議論では、途上国と先進国の意識の差が大きく、具体的実施方法の決定が長引いている状況がある。

そこで、本章においては、複雑な問題に対しシステムの的に制度構築を図る手法であるプロジェクト&プログラムマネジメント（P2M）<sup>2)</sup>の手順に従って、新たなMRV制度（ISO-based MRV、以下「ISO-MRV」と略記する）の構築を行い、その実行方法を設計するとともに、ISO-MRVの実施上のメリットについて考察した。

MRV制度の具体的な検討にあたっては、現行の京都議定書の欠陥を是正し、途上国が参加し易い制度を目指した。すなわち、既存の検証制度について比較検討し、民間主導で効果を挙げている事例（例えば、ISO14001認証制度、JISマーク表示制度など）を参考にした。

MRV制度の構築過程では、P2M手法におけるミッションプロファイリングにより、MRVのあるべき姿を明確にした。これを出発点として、シナリオ展開、プログラム構築、スキームモデルの構築を行うことで、本稿独自の枠組み構築を目指した。

本稿において構築したスキームモデルは、2020年以降の新たな温室効果ガス削減の仕組みとして活用するため、具体的な運用方法について検討を行った。

検討の過程及び結果について以下に報告する。

### 7.2 気候変動対策における国際交渉の経緯

#### 7.2.1 締約国会議（COP）における経緯

1992年の国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）採択後、締約国会議（COP）を中心に地球温暖化対策の議論が行われてきた。

最近では、2014年12月1日～14日に国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）第20

回締約国会議（COP20）及び第10回京都議定書締約国会議（MOP10）が、ペルー・リマで開催され、2020年以降の新たな国際枠組みを中心に議論が行われた（気候ネットワーク 2014）。次期枠組みについては、2011年のCOP17において決議された「ダーバンプラットフォーム（ADP）」に基づき、2015年フランス・パリで開催予定のCOP21での合意を目指している（福田 2014；亀山 2014）。

締約国会議について、これまでの主な開催状況を表 7-1 に示す。

表 7-1 国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP）の状況

開催年	締約国会議（COP）の開催地	主要決定事項
1992年	環境と開発に関する国際連合会議：ブラジル・リオデジャネイロ	UNFCCC採択(発効は1994年)
1997年	COP3：日本・京都	京都議定書採択(発効は2005年)
2007年	COP13：インドネシア・バリ	BAP*1) 採択
2009年	COP15：デンマーク・コペンハーゲン	コペンハーゲン合意
2010年	COP16：メキシコ・カンクン	カンクン合意
2011年	COP17：南アフリカ・ダーバン	ADP*2) 採択
2012年	COP18：カタール・ドーハ	京都/第1約束期間終了
2013年	COP19：ポーランド・ワルシャワ	京都/第2約束期間開始
2014年	COP20：ペルー・リマ	2020年以降枠組の準備会合
2015年	COP21：フランス・パリ（予定）	2020年以降枠組採択予定

高村(2012)を基に作成

\*1) BAP: Bali Action Plan (バリ行動計画)

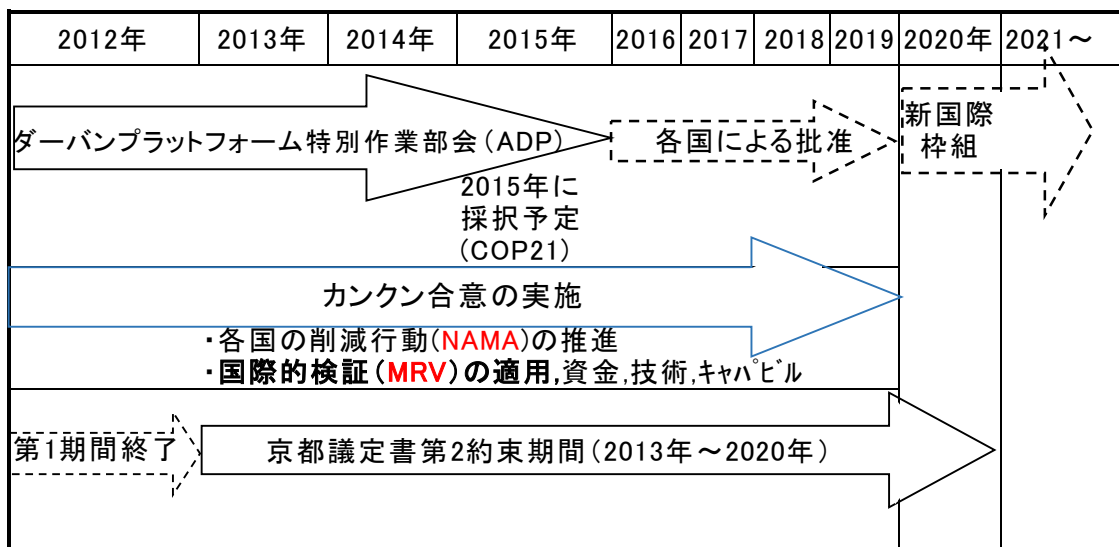
\*2) ADP: Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action (ダーバン・プラットフォーム特別作業部会)

これまで、京都議定書では先進国だけに排出目標が設定されているため、途上国を含む、すべての国を対象とした新たな国際協調の枠組みを目指した交渉が何年も続いている。その交渉の転機となったのは、2009年のCOP15で「コペンハーゲン合意」がとりまとめられ、COP会合の歴史上初めて途上国が削減行動を行う意志を表明したことである。

その後、2012年のドーハ会合（COP18）では、京都議定書の改訂文書が採択され、第2約束期間（2013年～2020年）がスタートした。また、この会合ではカンクン合意（COP16）に含まれるNAMAとMRVの実施が確認された（気候ネットワーク 2013）。COP18の決定により、NAMA及びMRVは2020年からの新たな法的枠組み

が実施されるまでの気候変動対策の国際ルールとなった（高村 2012）。

国際交渉の経過と今後の予定を図 7-1 に示す。



高村(2012)を基に作成

図 7-1 国際交渉の経過と今後の予定

### 7.2.2 過去の研究報告

MRV は、京都議定書が温室効果ガス削減に効果を発揮しなかったことが契機となって提案された。第 3 章で述べたとおり京都議定書に対する批判として、構造的欠陥（Prins G. et al. 2010）や柔軟性が欠如していること（Rafael 2011）、数値目標方式へのこだわりが敵対的雰囲気を含んでいること（杉山 2008）などの指摘が出されている。

MRV に関する報告は、これまでも多く出されている（例えば、森本 2011）が、その中で ISO 規格を MRV に利用する提案がある。

一つは、MRV 制度の構築において ISO 規格を新たに開発する提案である（United Nations Foundation 2009）。この内容は、ISO 規格のマネジメントシステムスタンダード（MSS）と MRV は、共通の骨格（P-D-C-A）をもつことから、MRV に必要な要素をカバーする気候マネジメントシステム（Climate Management System: CMS）規格を開発する提案である。

この提案のメリットは、ボランティアで、かつ独立の認証を提供することにより、COP により作成される CMS ガイドラインへの適合が保証され、現在提案されている途上国支援のための専門家レビューが不要となることである。

この提案は 2009 年に、環境マネジメントシステム規格（ISO 14001）の作成を担

当する ISO 技術委員会 (ISO/TC 207) に提案され、ISO/TC 207 からは ISO の仕組みは MRV に活用可能であるとの回答が出されている (ISO/TC 207/SC1 2009)。

もう一つは、2011 年に報告された「Paper Tiger or Catalyst for continual improvement? (Niederberger et al. 2011)」である。ここでは、「低炭素社会の実現には段階的な取り組みでなく、連続的なプロセスで臨む必要があり、そのためにはマネジメントシステムスタンダード (MSS) の採用が適している。気候マネジメントシステム (CMS) 規格を用いた認証制度を採用することで、NAMA が『MRVable』(測定・報告・検証可能) であることを評価できるので、CMS 認証制度は MRV の価値を高める。」と報告されている。

しかし、これらの報告は、ISO 規格を制定し、それを MRV の検証標準として用いることが主旨であり、ISO 規格の利用方法、各国の参加の仕方や検証実施方法等は示されていない。また、ISO 規格を新たに作成するには少なくとも 3 年程度の期間を必要とする (ISO/IEC 2009) ことから、その後、これらの提案に対する COP での進展は見られていない。

### 7.2.3 NAMA と MRV

#### (1) NAMA について

NAMA (途上国の適切な削減行動) が気候対策の中で最初に提案されたのは、COP 13 で決定されたバリアクションプラン (BAP) であった。NAMA の目的は UNFCCC の枠組みの中で、途上国と先進国とが、同じ土俵で具体的に削減行動に取り組む仕組みを作ることである。

これまでの温暖化対策の実効性低下の原因の一つに、UNFCCC の規定「共通だが差異ある責任原則」があることを述べた。しかし、従来、温室効果ガスの削減には消極的であった中国、インド等の途上国は、将来の経済発展を図る上で、これまでどおりエネルギー・資源を消費することに大きな危惧を抱く様になった。むしろ UNFCCC の決定を外圧として利用し、国内のエネルギー・資源の消費を適切なレベルに抑える必要性が生じていることが BAP 合意の契機となった。

このような経緯を経て、各途上国が自主的に削減行動 (NAMA) を計画し、UNFCCC に提出することが合意された。これまでに提出されている NAMA の内容は、各国で統一の取れた内容ではなく、種々の形式が混在している。

例えば、途上国のニーズの違いにより直接的活動 (高効率発電所の建設、省エネ機器の導入など) から間接活動 (人的能力開発、技術基盤整備など) まで極めて広範な内容が含まれている (福田ら 2010)。

途上国は、NAMA を先進国からの支援を引き出すためのツールと捉えている面があり、NAMA を構成する個別のプロジェクトを列挙した内容になっているところも

見られる。福田ら(2010)は、コペンハーゲン会合の後に提出された、40カ国の NAMA について類型化し、それらの特徴を報告している(表 7-2)。

表 7-2 NAMA の類型と特徴

類型	特徴	提出国
基礎基盤構築型	国の基盤整備事業の実施	アフガニスタン、 グルジア他
セクター別対策型	セクター別プログラムのリスト化	ペルー、エチオピア等 21 개국
カーボンニュートラル型	国レベルでの 2020 年目標	ブータン、コストリカ等
国別数値目標型	国の GHG 排出目標設定(原単位含む)	中国、インドを含む 13 개국

福田ら(2010)を基に作成

## (2) MRV について

MRV(測定・報告・検証)の始まりは、COP13 において NAMA の検証制度として、初めて「MRV」の用語が使われたことにある。森本(2011)によれば、「MRV は、締約国が GHG 情報に関して測定、報告し、その内容を他の主体が検証する一連の行動であり、『MRV』という用語は、『MRVable』な緩和行動のように、行動のあり方を規定する概念としても利用されている。」と述べている。

京都議定書第 2 約束期間の議論において、将来の温室効果ガス削減対策には途上国抜きには考えられないことから、途上国の適切な削減行動(NAMA)の効果を確実にする目的で、先進国が強く要求したのが「NAMA が『MRVable』であること」であった(Bakker S. J. A., et al. 2010)。最初は途上国の警戒感が強かったが、途上国は、自国の発展のためにも省エネルギー対策の展開は必要であり、NAMA に対する先進国からの支援をより多く獲得することのインセンティブがあることから、COP 15 及び COP 16 において MRV 制度の導入に合意した。この合意は、従来の京都議定書における途上国の義務を大きく超えるものとして評価された。

MRV の概念は、以前から先進国の温室効果ガスに関する報告事項の検証に含まれていたが、途上国については殆ど実行されていない状況であった。その後、先進国・途上国が同じ仕組みで MRV を受けることの重要性が認識されるようになり、途上国は NAMA を対象とした MRV を受けることが決定された。また、先進国は、従来通り、温室効果ガスの排出状況に関する報告を MRV の対象とすることが確認された。

以上のとおり、COP におけるこれまでの議論から、MRV に要求される要素をまと

めると表 7-3 の通りである。

本稿においては、今後の地球温暖化問題の鍵を握るのは途上国であることから、特に、途上国の NAMA に対する MRV の仕組みを対象として検討を行った。

表 7-3 MRV に必要な要素

項目	MRV の対象および検証方法	
MRV の対象	先進国	・隔年報告書（2 年毎）、国別報告書（4 年毎）、途上国支援状況報告
	途上国	・NAMA の推進状況、隔年更新報告書（2 年毎）、国別報告書（4 年毎）、GHG 登録簿
検証方法	先進国	・専門家の審査および多国間評価
	途上国	・国際支援を受けた NAMA は国際および国内 MRV の対象 ・国際支援を受けない NAMA は国内 MRV の対象
	評価項目	・GHG 排出量、目標達成計画、目標実施結果

高村(2012)を基に作成

## 7.3 MRV への ISO 認証制度の活用

### 7.3.1 P2M 理論の適用

P2M（プロジェクト&プログラムマネジメント）の目的は、「複雑な使命に問題解決の道を開き、事業価値の向上を目指す」ことや、「オーナーのミッション達成の価値創造事業であり、期待効果を実現することである。」とされている（日本プロジェクトマネジメント協会 2011）。また、P2M の中心をなすプログラムマネジメントは、複数のプロジェクトを統合的にマネジメントすることにより、組織が目標とする利益を挙げることを目指す活動である（関 2010）。

したがって、国際的に認知<sup>3)</sup>されている P2M 理論を「MRV」の制度構築に適用することによって、UNFCCC のミッションに適合した枠組み構築が効果的に実施できる可能性がある。また、2020 年以降の次期枠組みに構築した「MRV」を活用することにより、途上国及び先進国の双方にとって受容可能となると考え、以下の検討を行った。

本稿において P2M 手法を適用したプロセスを図 7-2 に示した。また、実際に、スキームモデル、システムモデル、サービスモデルを構築したプロセスについて以下に述べる。

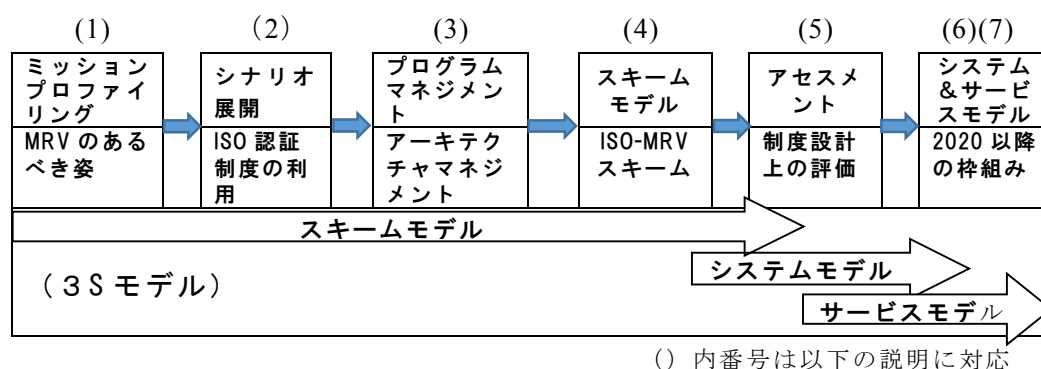


図 7-2 本稿における P2M 適用のプロセス

- (1) ミッションプロファイリングにおいては、MRV 制度構築を目的としたプログラム構想の初期段階において、MRV のおかれた状況から洞察力によって問題を明らかにすることが求められる。具体的には MRV の「ありのままの姿 (as is)」から「あるべき姿 (to be)」を追求し、プログラム構築の出発点とした。
- (2) シナリオ展開では、MRV のミッションが持つ課題を解決するためのストーリーを組み立て、プログラム構造を想定した。  
具体的には、既存の検証制度の得失について比較検討し、「MRV のあるべき姿」への適合の程度を評価した。検証基準については、ISO 認証制度に用いられている規格の目的及び適用範囲等の検討により決定した。
- (3) プログラムマネジメントでは、シナリオを戦略プロセス化し、アーキテクチャマネジメントにより基本的枠組みとしてプログラム構造を構築した。  
アーキテクチャマネジメントにおいては、プログラムと有機的に結合された複数のプロジェクト群との関係を構造化し、それぞれのプロジェクト機能とプログラムの全体機能を明確にして、プログラム全体の仕組みを作り出すための設計を行った。
- (4) スキームモデルの構築においては、プロジェクト及びプログラムの基本構造の実現可能性、内部構造化及び外部関係性について検討を行い、本稿独自の枠組である「ISO-MRV スキーム」の構築を行った。
- (5) アセスメント（価値評価）では、「ISO-MRV スキーム」の価値を、構造、計画、実行、成果の獲得について評価し、MRV の制度設計上の基準への適合性及び途上国への受入可能性についても評価を行った。
- (6) システムモデルの構築では、「ISO-MRV スキーム」の具体的実施のための詳細設計及び実行システムの構築を行った。構築した「システムモデル」について、検証構造、検証機能、検証手順を明確にし、2020 年以降の国際枠組みに利用可能な仕組みとした。

(7) サービスモデルの構築では、「ISO-MRV スキーム」を利用した検証活動としてのサービス提供のために、2020 年以降の国際枠組みとして実行上の具体的な手順を整備した。

「ISO-MRV スキーム」構築における詳細な検討結果については、以下の 7.3.2～7.3.5 に記述した。

### 7.3.2 ミッションプロファイリング

MRV（測定・報告・検証）は、これまで途上国については負担の少ないものに限られていた。そのため、途上国の GHG 排出実態が不明であり、情報の信頼性への疑問があること、改善のインセンティブがないこと、専門家の育成が出来ないこと等の問題点が指摘されていた（森本 2011）。

従って、ミッションプロファイリングにおいて、MRV の制度設計に要求される「あるべき姿」について検討した結果を以下に示す。

- 途上国（特に大量 GHG 排出国）の参加が必須であり、途上国への受け入れが容易なこと（Rafael L.A. 2011）。
- 衡平性・透明性を確保し（IGES 2010）、差異ある責任原則、並びに温室効果ガス排出量の透明性の確保が必要なこと（Rafael L.A.2011；濱崎 2011）。
- ボランタリー性が必要（IGES 2010）であり、温室効果ガス以外の気候変動要因を含めた幅広い対応が可能なこと（Prins, G., et al. 2010）。
- 途上国の基盤整備、例えば、途上国の持続可能な発展への支援を可能とすること（Fransen T., et al. 2008）。
- 国際的に統一された基準で、PDCA サイクルを効果的に回す仕組みにより、すべての国で同じ検証を実施できること（森本 2011）。
- NAMA は、プレッジ&レビュー方式（主体的な申請と検証）で策定されており、途上国が計画した削減行動を確実に実行させる機能が必要であること。また、ボランタリーで広範な NAMA（途上国の適切な削減行動）を追跡できる機能が必要であること（遠藤 2010）。

以上のことから「MRV のあるべき姿」を以下のとおり 5 つの要素として整理した。下記の 5 要素は、7.3.3（シナリオ展開）において、既存制度の評価項目として採用した（表 7-4）。

- 要素 1：途上国への受け入れが容易
- 要素 2：衡平性・透明性の確保
- 要素 3：ボランタリー性の付与
- 要素 4：途上国の基盤整備促進
- 要素 5：国際、国内基準の統一



### 7.3.3 シナリオ展開

#### (1) 検証方式について

実際に行われている仕組みの中で、MRV に関係のある検証制度としては、既に述べた ISO 認証制度のほかに、EMAS（環境管理監査制度）、JIS マーク表示制度（以下「JIS 制度」と略記）、エコアクション 21（以下「エコ 21」と略記）、LAS-E（環境自治体スタンダード）等がある。それぞれの制度について概要と特徴を表 7-4 に示した。また、ミッションプロファイリングで明らかにした「MRV のあるべき姿」の 5 つの要素について、充足度を評価した結果を表 7-4 の下段に示した。

表 7-4 既存の検証制度の比較

	ISO 認証制度 (環境, 品質 等)	EMAS(環境監 査制度) *1)	JIS マーク表示 制度 (品質) *2)	エコアクショ ン 21 (環境) *3)	LAS-E (環境自治 体)*4)
概要	民間制度、ISO 標準で各国実 施	法的根拠あ り、EU の地 域制度	法的根拠あり、 製品認証制度	官主導の民間 制度、日本国 内	自治体が構 築・運用
特徴	マネジメントシステム (MS)の継続的 改善	パフォーマンスの向 上、環境声明 書、罰則付き	製品対象、工場 審査方式、民間 活用の認証制 度	中小事業者向 け、MS 及びパ フォーマンスの向上	環境自治体 作り、市民 が参加
基準	ISO9001/14001 /50001 等)	EU 規則及び ISO14001	JIS 製品規格、 品質 (ISO9001)	エコアクション 21(環 境省指導)	環境自治体 スタンダード
要素 1	A	C	B	C	C
要素 2	A	B	B	B	C
要素 3	A	A	A	A	C
要素 4	A	B	A	B	B
要素 5	A	C	C	C	C

\*1) 橋本ら(2000)、\*2) 日本工業標準調査会 HP、\*3) エコアクション 21 中央事務局(2011)、\*4) 山本(2005)：これらを基に作成

要素 1～要素 5 の評価は、A（満たしている）、B（一部満たしている）、C（満たしていない）の 3 ランクで行い、評価結果については、以下に記述した。（ ）内はランクを示す。

要素 1（途上国の受け入れ可能性）：EMAS、エコ 21、LAS-E は地域限定であり（C）、JIS 制度は、日本国内制度であるが海外組織も一部認証している（B）。グローバルな ISO 認証制度は、途上国での認証実績数も多く、途上国への受け入れ可能性は高い（A）。

要素 2（衡平性・透明性）：ISO 認証制度は、途上国にも広く受け入れられており、各国事情に対応できる制度である（A）。EMAS、JIS 制度、エコ 21 は、いずれも検証基準を公開しており透明性は確保されているが、地域限定であるため衡平性

の面でやや評価は低い (B)、LAS-E は、地域限定で、対象も限定されており C ランクとした。

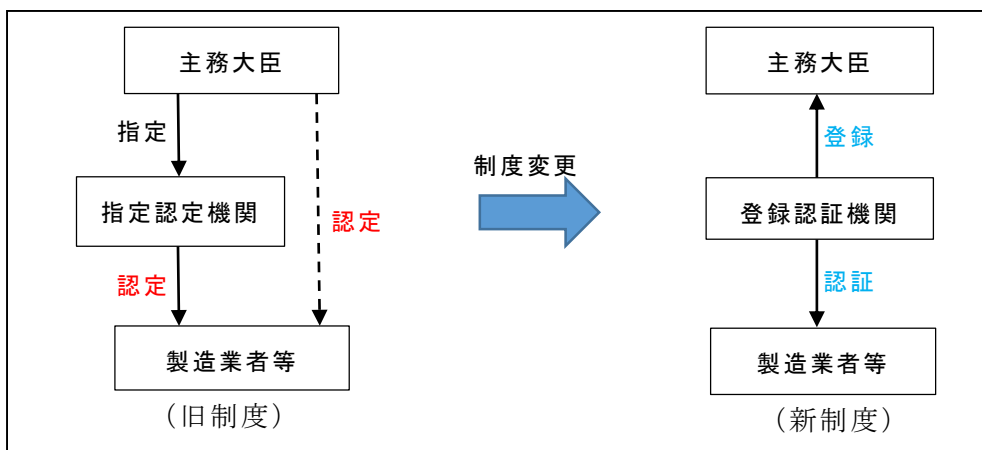
要素 3 (ボランタリー性) : ISO 認証制度、EMAS、JIS 制度、エコ 21 は、いずれも組織 (企業・事業者等) の活動、製品及びサービスを対象としており、参加は自由でありボランタリー性を備えている (A)。LAS-E は、対象が自治体に限定されており C ランクとした。

要素 4 (途上国の基盤整備) : EMAS、エコ 21、LAS-E は、いずれも地域限定であるが、制度を途上国の検証制度の改善に利用することは可能 (B)。ISO 認証制度及び JIS 制度は、既に途上国に適用されており A ランクとした。

要素 5 (国際、国内統一基準) : ISO 認証制度は、既に途上国においても同一基準が適用されており A ランクとした。それ以外は対象地域以外の実績がないため C ランクとした。

要素 1～要素 5 について評価を行った結果、ISO 認証制度以外は、地域限定または国内限定であり、グローバルな制度に比べて認証実績数も少なく、途上国への受け入れ可能性も低いことから、相対的に ISO 認証制度が優れていることを確認した。

表 7-4 に示した検証制度の中で、JIS マーク表示制度が 2008 年に国による認定制度から民間による認証制度へ変更されたことは、MRV 制度の構築を検討する上で注目に値する (図 7-3)。



日本工業標準調査会 HP より

図 7-3 JIS マーク表示制度の改正

JIS 制度変更の目的は、制度の国際整合化と行政改革であり、民間活力を最大限に活用するとともに、国による「指定商品」を廃止しすべての JIS 規格製品を対象と

したことである。これにより、迅速な認証が可能となり制度の信頼性が向上した（日本工業標準調査会 HP）。

この事例からは、国が構築した制度であっても、維持管理のすべてを国が行うことは、むしろ非効率であり、民間委託をすることで改善が進展する可能性があることが推察される。従って、民間活用を MRV 制度の構築に取り入れることが効果的であると考えられる。

ここで、表 7-4 に示した検証制度の中で最も評価の高い ISO 認証制度の仕組みについての概略を図 7-4 に示した（詳細は「経済産業省 2006」を参照）。

ISO 認証制度では、第三者認証機関が、組織に対して審査を行った結果に基づき第三者証明（登録証）が発行され、同時にウェブサイト等で登録組織が公表される。認定機関は国際認定機関フォーラム（International Accreditation Forum: IAF）<sup>4)</sup>の基準に基づき、認証機関の認定を行う。このように、多くの利害関係者が関与していることで公平性・透明性が確保され、社会に信頼性を与えている。

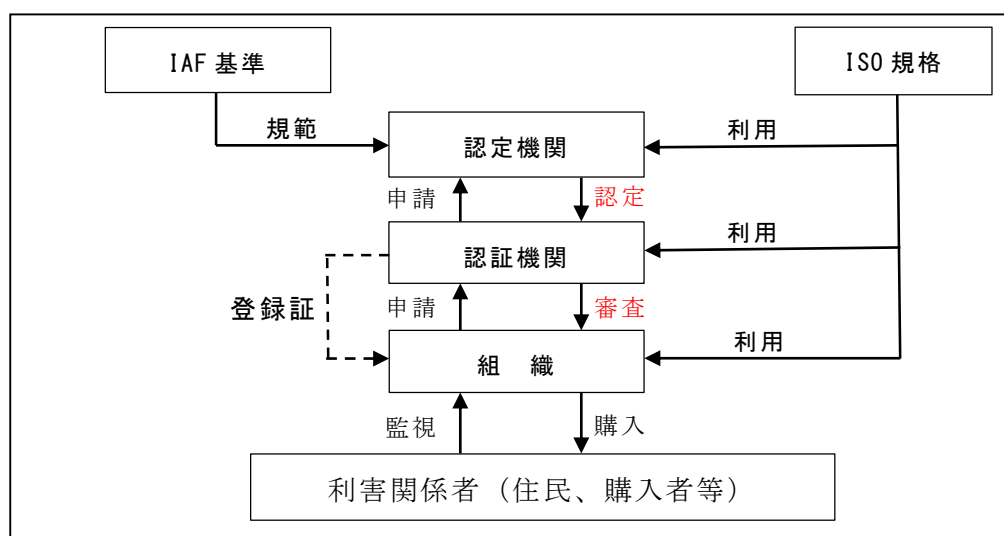


図 7-4 ISO 認証制度の概要

ISO 認証制度は、規格制定及び認証も民間で行われており、ボランティアな参加と参加者へのインセンティブ<sup>5)</sup>により誘導され、既に世界で 120 万件以上の認証実績がある（表 7-5）。

このように ISO 認証制度が世界で広く実施されている理由として、組織の規模にかかわらず経営システム（規定整備、文書管理など）の改善や従業員の意識向上などに大きなメリットがあることが報告されている（水谷 2008）。

表 7-5 ISO 認証制度における認証数

	国名	認証数		
		ISO 9001	ISO 14001	合計
1	中国	257,076	55,316	312,392
2	イタリア	130,066	14,542	144,608
3	日本	68,484	39,556	108,040
4	スペイン	59,576	16,527	76,103
5	ロシア	53,152	*223	53,375
6	ドイツ	47,156	5,865	53,021
7	英国	41,193	10,912	52,105
8	インド	37,493	*1500	38,993
9	米国	28,935	5,225	34,160
10	韓国	23,400	7,843	31,243
	その他	318,254	65,640	383,894
	合計	1,064,785	223,149	1,287,934

テクノハ(2011)を基に作成

\*印は Dec.2006 時点、他は 2009 年

(2) 検証基準について

ISO 認証制度では、認証の根拠となる基準としてマネジメントシステムスタンダード (MSS) と呼ばれる一群の規格が用いられる。MSS は共通の PDCA (Plan-Do-Check-Act) サイクルと呼ばれる骨格を持ち、共通のコア部分として、方針、計画・目標、法規、教育、文書・記録、監視・測定等の要素がある (図 7-5)。

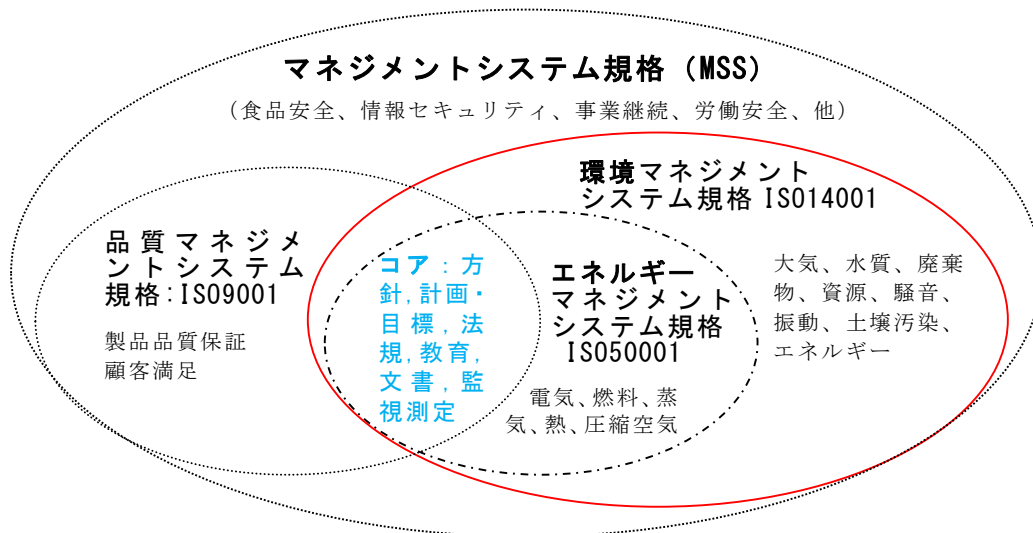


図 7-5 ISO マネジメントシステム規格の対象範囲

実際に認証制度で用いられている MSS 規格には、第 6 章 表 6-1 で示したとおり、品質マネジメントシステム (ISO 9001)、環境マネジメントシステム (ISO 14001)、エネルギーマネジメントシステム (ISO 50001) 等、10 以上の規格がある。これらの規格がカバーする範囲は、図 7-5 のとおりであるが、ISO 9001 は、製品の品質保証と顧客満足が目的であり、その他の MSS 規格 (食品安全マネジメントシステム: ISO 22000、情報セキュリティマネジメントシステム: ISO 27100、事業継続マネジメントシステム: ISO 22301) 等も温室効果ガス排出削減とは直接関係しない。

すなわち、温暖化対策のツールとして検証に利用可能な規格は ISO 14001 と ISO 50001 である。従って、この 2 つの規格について、MRV の機能との整合性について比較した。

検討の結果から、ISO 14001 の目的が、組織の環境パフォーマンスを継続的に改善することであり、MRV の目的である途上国の自主的な継続的改善に寄与する可能性が高いことが確認された。一方、ISO 50001 はこれまでの認証実績が少ないことや、エネルギーに特化した規格であることから、途上国の基盤整備への貢献は少ないと考えられる (図 7-5 参照)。従って、MRV に適する規格は ISO 14001 であると判断した。

次に、ISO 14001 における P (計画)、D (実施)、C (監視測定、報告)、A (検証、処置) と MRV に要求される M (測定)、R (報告)、V (検証) の機能について比較した結果、表 7-6 に示すとおり ISO14001 の要素は MRV の機能を満足することを確認した。

表 7-6 ISO14001とMRVの対応

		P (計画)	D (実施)	C (点検、報告)	A (検証、処置)
ISO認証制度	ISO14001の要求事項	目的目標・実施計画の策定、達成の方策	実施計画の効果的運用、実施状況の測定	実施計画の監視・測定、実施結果の報告・記録	実施結果報告の妥当性検証、改善への処置
	ISO14001項目番号、表題	4.2、4.3.3 方針、目的目標、実施計画	4.4 実施・運用	4.5.1、4.5.4 監視測定、記録管理、報告	4.6 マネジメント・レビュー (検証・処置を含む)
		M (測定)		R (報告)	V (検証)
MRVの機能	確認事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>実施計画の適切性測定</li> <li>GHGの排出状況の測定</li> </ul>		計画の実施結果報告記録の適切性評価	計画の実施報告、妥当性検証、処置

### 7.3.4 プログラムマネジメント

#### (1) アーキテクチャ

7.3.3（シナリオ展開）の結果より、検証方式として ISO 認証制度を採用し、検証基準としては ISO 14001 を用いることでプログラムを構成することとした。

プログラム構造は、UNFCCC 締約国（COP）事務局が実施する国際 MRV を全体プログラムとし、各国で実施される国内 MRV を各プロジェクトとした。

#### (2) スキームモデル構築

上記の「アーキテクチャ」において検討した構想に基づき作成した「ISO-MRV スキーム」の構造を図 7-6 に示す。

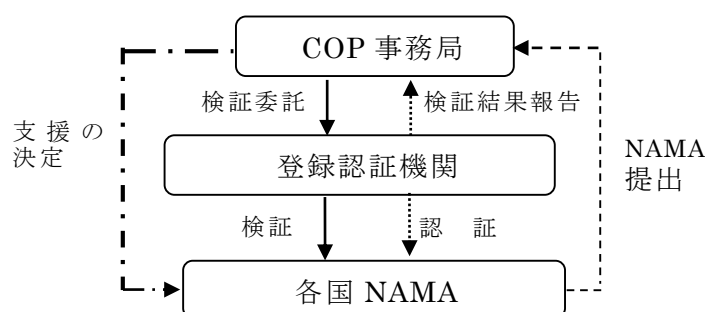


図 7-6 ISO-MRV スキーム構造

「ISO-MRV スキーム」による検証制度を実行に移すには、先ず MRV 検証制度として ISO 14001 規格を用いること、及び検証行為を民間の ISO 認証機関に委託することについて、COP 事務局で承認することが必要となる。その場合、COP 事務局から委託する認証機関の選択は、ISO 認証制度の基本ルールを定めている国際認定機関フォーラム（IAF）に依頼することが効率的である。なぜなら、IAF には ISO 認証機関もメンバーとして加盟しているからである。例えば、日本からは JACB（Japan Association of Management System Certification Bodies：日本マネジメントシステム認証機関協議会）がメンバーとなっており、COP 事務局が「ISO-MRV スキーム」による MRV 検証を民間委託する場合の受け皿になることが可能である。

具体的な検証活動は、COP 事務局から委託を受けた ISO 認証機関が、「登録認証機関」として「ISO-MRV スキーム」に基づいて各国の NAMA を検証する。

「登録認証機関」は、各国の NAMA について ISO 14001 規格のうち MRV 機能に該当する要求事項（表 7-6 参照）に基づき PDCA の各要素を確認し、NAMA の内容が適切であるかどうか評価する。その結果を COP 事務局に報告し、基準に適合した NAMA の作成責任者に認証書を発行する。

検証結果は COP 事務局で集計され、COP に設置される予定の ICA（International

Consultation and Analysis；国際的な協議と分析）において、NAMA の具体的実行段階における先進国からの支援の可否について協議が行われる。支援の決定は COP 事務局から各途上国へ通知される。

### 7.3.5 アセスメント

#### (1) 制度設計評価基準による評価

「ISO-MRV スキーム」について実行可能性評価を行った。アセスメントは、大塚（2007）により提案されている気候変動対策に関する制度設計上の評価基準を用いた。この基準は 6 項目（削減の実効性、衡平性、応能負担、環境外要素、透明性、合意可能性）から成っており、評価結果は、表 7-7 に示したとおり評価基準を満たしていることが確認出来た。

表 7-7 ISO-MRV の制度設計上の評価

評価基準	「ISO-MRV スキーム」の評価結果	判定結果*
削減の実効性	・組織、国の事情を考慮、強制力はない ・規制手段でないため組織の意欲向上	○
衡平性	・ISO 規格と IAF 基準により衡平性確保	○
応能負担	・ボランティア的手法であり各組織、各国の事情に応じた計画が可能	◎
環境外要素の考慮	・エネルギー効率向上の外に、コスト削減、健康被害の低減効果あり	◎
透明性	・ISO 認証制度により、透明性は高い	◎
合意可能性	・ISO は UNFCCC の締約国を含む 178 ヶ国で実施中であり、受入れ能性は高い	◎

\* 判定結果：◎:満足、○:ほぼ満足 大塚(2007)を基に作成

#### (2) 実施上のメリット

「ISO-MRV スキーム」について、現行の ISO 認証制度における状況を参考に検討した結果、実施上のメリットは以下のとおりである。

##### (a) ISO-MRV の対象国におけるメリット

- ISO-MRV の検証は、データや記録の確認だけでなく「活動」を対象とする ISO 認証制度を適用することで、各国の「持続可能な開発」及び NAMA の効果的な推進に寄与する。
- ISO-MRV の実施により、各国への ISO 認証制度の普及が促進され、途上国の基盤整備と継続的改善が図れる。
- NAMA の実行計画を、ISO-MRV の評価基準である ISO 14001 規格要求事項の目標・実施計画に整合させることが可能あり、検証を通じて NAMA 実行計画の進捗管理が適切に実施できる。

- ボランタリー性に基づいて作成された NAMA に対し、ISO-MRV を実施することで、途上国が自ら設定した目標達成への意欲が増大し、自発的活動に基づくより大きな成果が期待される。

#### (b) ISO-MRV の実施側のメリット

- 国際 MRV 及び国内 MRV について、既存の ISO 認証制度を活用することで検証制度、検証基準の制度構築が効率的に行える。
- ISO 認証制度は長年の実績があることから、国際、国内で同じ基準（ISO 14001）を使用することで、透明性・公平性が確保される。
- 民間委託により、経験豊富な各国認証審査員を有効活用することで、各国事情に配慮した検証が可能となる。
- 各国 NAMA の作成責任者に直接インタビューすることで検証結果の信頼性が高まる。

## 7.4 2020 年以降の国際枠組み提案

### 7.4.1 システムモデル

7.3.5（アセスメント）において、プログラムに含まれる価値についてデザイン、計画、実行、成果の獲得等の全体を通じて体系的に評価した結果、制度設計上の評価基準を満たし、実行上多くのメリットが想定されることを確認した。

したがって、本稿において構築した「ISO-MRV スキーム」を 2020 年以降の国際的温室効果ガス抑制の枠組みとして活用するため、検証体制の構築と検証手順の制定について具体的に検討を行った結果を以下に示す。

#### (1) 検証体制の構築

検証プログラム構造としては、**図 7-6** に示した「ISO-MRV スキーム構造」を基に、各国内で実施する国内 MRV 検証を「プロジェクト」とし、その結果を総合して国連（UNFCCC）COP 事務局で行う国際 MRV 検証を「プログラム」として構成した。**図 7-7** に構築したシステムモデルを示した。

#### (2) 検証手順の制定

検証手順は、下記の通り(a) から(f) とした（**図 7-7** 参照）。

- 「ISO-MRV スキーム」の対象範囲は、各国から提出された NAMA（適切な削減行動）の内容と温室効果ガスの削減に関する計画と実績である。
- 検証作業は、下記の階層ごとに実施し、ボトムアップ的に下から検証結果を順次上の階層に報告し、積み上げで各国ごとに集計結果が把握できる構造とした。最終的には、各国の結果を国連（UNFCCC）COP 事務局に集計する仕組みである。



- ・組織レベル：各国の組織（企業等）または、セクターごとに検証する。
  - ・地方官庁レベル：各地方官庁において、組織レベルの検証結果を集計し、国レベルに報告する。
  - ・国レベル：各地方官庁の検証結果を集計し、国として国連に報告する。
  - ・国連レベル：各国の結果を集計し、温暖化対策全体の効果を評価する。
- (c) 検証員は、**図 7-7** に示す通り組織、地方官庁、国、国連の各レベルで、それぞれの検証業務を果たすことが出来る力量を持つ外部審査員に委託する。
- (d) 検証基準は、**表 7-6** に示す ISO 14001 規格の各要求事項を用いる。
- (e) 検証方法は、原則として、各審査員が組織、地方官庁、国、国連の各レベルの責任者への面談を通じて、温室効果ガスの管理状況を含む NAMA（適切な削減行動）の有効性について評価を行う。
- (f) 検証結果は、各レベルの審査員から順次上のランクに報告される。また、必要な場合、是正処置を要求する。

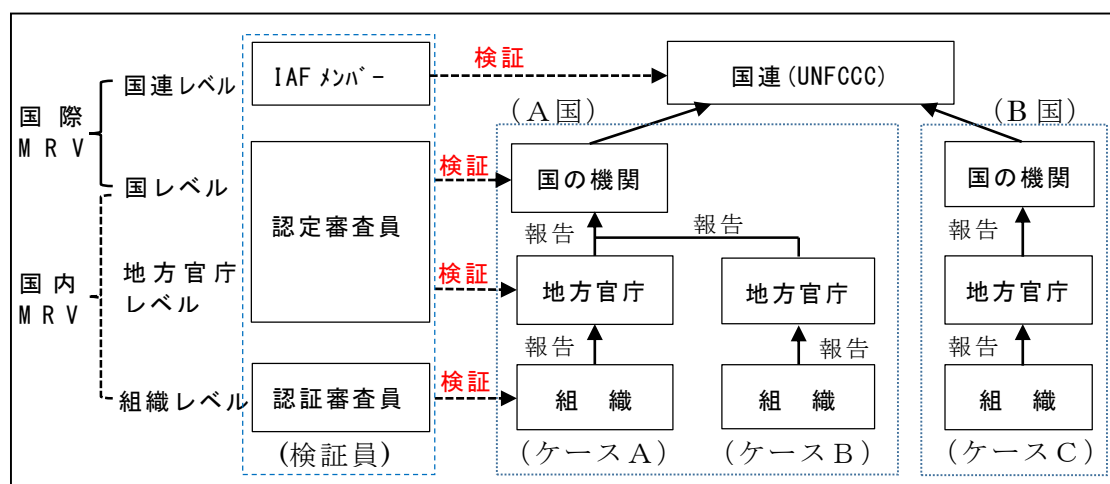


図 7-7 ISO-MRV スキーム/システムモデル

#### 7.4.2 サービスモデル

「ISO-MRV スキーム」に関するサービスモデルの構築においては、システムモデル（**図 7-7**）の体制で「ISO-MRV スキーム」を実行する場合に必要なガイドライン及び実施手順について明確にした。

##### (1) ガイドラインの制定

実際の検証作業においては、検証に必要な判断基準、検証に必要な標準時間、検証員の力量基準等についてガイドラインが必要となる。これらのガイドラインを国連（UNFCCC）COP 事務局で制定することも考えられるが、認証業務について経験豊富な民間機関に委託するのが効率的と考える。

例えば、CO<sub>2</sub>の排出削減に関しては、各設備・機器について、エネルギー効率パフォーマンス基準をISO規格として制定することが考えられる。審査員の判断基準については、現行のISO認証審査基準と同様に「IAF基準」として新たな文書の制定を行うことが効率的である。審査員の力量についても現行と同様の仕組みを利用することが考えられる。

既存のマネジメントシステム規格（例えば、ISO 14001、ISO 50001）では、組織の体制・仕組みに関して「何をしなければならないか」の要求事項は決められているが、「どのレベルまで実行するか」は定められていない。このため、エネルギー効率改善の達成レベル等についてのパフォーマンス指標をISO規格として新たに制定することが必要となる。

ISO規格の制定は、通常ISOの機構の中に技術委員会（TC）を設置して推進される。筆者がISO 14001規格の制定に関して、日本代表エキスパートとして国際会合（ISO/TC207/SC2：環境マネジメントシステム規格作成技術委員会、環境監査分科会）に参加した経験によれば、ISO規格制定の発案はISOのメンバー（日本は、JISC：日本工業標準調査会がメンバーとなっている）からの新規規格提案書（New Work Item Proposal：NWI）の提出により開始される。その後、NWIの妥当性審議を経て、ISOの中に当該の規格制定を行なう技術委員会（Technical Committee：TC）が設置され、ドラフト作成が行われる。ドラフトは各国の審議・投票を経て国際規格（IS）となる。ISO規格に関する制定手順はISO/IEC（2009）に詳しい。

世界で統一された手順とするためには、新たなIAF基準文書の制定が必要である。これまでの例では、2005年に「先進的サーベイランス・再認証手順（ASRP）<sup>6)</sup>」に関するIAF基準（IAF 2008）の制定が行われたことがあるが、筆者は日本の代表メンバーとしてこの手順（ASRP）の作成に参加した。その経験から、「ISO-MRVスキーム」の実施においても、新たなガイドライン制定について日本のIAFメンバーから提案することが可能である。IAFにおける新たなガイドラインの制定は、通常、専門のタスクフォース（TF）が作られ、そこで、発案者からの提案説明を基にメンバー間で議論が行われる。TFのメンバーは、米国、EUなどからバランスを考えて選定されるが、日本は欧米の中間派として、メンバー選定に加えられることも多い。TFの議論の中でガイドラインの基本案が作られることから、事前に米国、EU等の主要メンバーにガイドラインの必要性を説明するなど、予め根回しすることでスムーズにIAF文書の制定が可能になると考える。

審査員の力量については、既存の国際的な力量評価基準（IAF 2009）の利用により、審査員の資格認定が可能となる。

## (2) ISO-MRVスキームの実施手順

(a) 実施段階では、図 7-7 に示す各レベルの審査員が、対応する規格要求事項を確

認する。即ち、表 7-6 に示したように、MRV に対応させて PDCA のサイクルをあてはめ、適用する ISO 14001 の規格要求事項の該当項目を確認する。

- (b) 次に、ISO 認証制度の実施国と未実施国に分けて対応する必要があるため、以下のとおり A、B、C の 3 ケースに分けて検証を実施する（A、B、C の 3 ケースの対象範囲は、図 7-7 に示した）。

「ケース A」：ISO 認証制度の実施国で、組織が認証を受けている場合

「ケース B」：ISO 認証制度の実施国で、組織が認証を受けていない場合

「ケース C」：ISO 認証制度の未実施国で、組織が認証を受けていない場合  
ケース C では、検証員の役割を地方官庁または、国が果たす。

- (c) 検証内容は、表 7-6 に示す項目について、以下のとおり PDCA のステップで規格要求事項を確認する。

計画 (P)：NAMA について、計画の適切性は、ISO 14001 規格の 4.2 項「環境方針」及び 4.3.3 項「目的・目標及び実施計画」の要求事項を適用する。

実施 (D)：NAMA 実施の適切性は、ISO 14001 規格の 4.4 項「実施・運用」の要求事項を適用する。

点検、報告 (C)：NAMA の結果及び CO<sub>2</sub> 排出量の測定については、ISO 14001 規格の 4.5.1 項「監視及び測定」及び 4.5.4 項「記録管理」の要求事項を適用する。

検証、処置 (A)：NAMA 実施結果報告の妥当性は、ISO 14001 規格の 4.6 項「マネジメントレビュー」の要求事項を適用する。

上記の各ステップについて「ISO-MRV スキーム」による検証を実施した結果、不適切な状況が発見された場合は、各レベルの審査員から改善の勧告を行う。活動主体は速やかに改善を行い、その結果は次回の「ISO-MRV スキーム」による検証実施時に確認される。

以上のとおり「ISO-MRV スキーム」の実効のために構築したシステムモデル及びサービスモデルは、現行の ISO 14001 認証制度の仕組みを活用しているため、新たな制度を構築する場合に比べて、実施上大きな問題がないことが保証されており、制度構築に要する時間的にも費用面でも有利である。

最大の利点は、現在、ISO14001 が途上国を含む多くの国で実施され、この制度に対する信頼性も高いことから、2020 年以降の新たな国際枠組みとして「ISO-MRV スキーム」を提案するにあたり、途上国の受入が容易であることが予想されることである。

## 7.5 まとめと結論

途上国と先進国が同じ枠組で、一体的に温室効果ガスの排出削減に取り組む仕組みとして合意された NAMA と MRV は、今後の国際的温室効果ガス削減対策の切り札と期待されている。

第7章では、MRV について、実効性のある仕組みとして具体的な検証制度を構築することを目指して検討を行った。その結果、本稿独自の仕組みとして「ISO-MRV スキーム」を構築することが出来た。

「ISO-MRV スキーム」の構築にあたり、UNFCCC 締約国会議（COP）のニーズに合致した仕組みとするため、P2M 理論におけるミッションプロファイリング手法を適用した。その結果、MRV の「あるべき姿」を明確にした上でスキーム構築を行った。

MRV の本質は検証制度であることから、新たな仕組みを一から作るのではなく、既存の検証制度を評価し、最も MRV の機能に近い ISO 14001 規格に基づく認証制度を活用したことで、実効性のある「ISO-MRV スキーム」制度を確立した。

構築した「ISO-MRV スキーム」は、世界で広く実施されている ISO 認証制度を活用することで、途上国にも受け入れが容易であり、途上国の基盤整備への貢献など途上国が求める施策を実現させる多くのメリットがあることを確認した。

UNFCCC 締約国会議（COP）では、2015 年末に開催される COP21（パリ会合）において 2020 年以降の枠組みを決定する予定であり、今後、本稿で構築した仕組みを COP に提案し、「結果の約束」に代わる「行動の約束」によって、全員参加の地球温暖化対策の推進に貢献することを狙いとしたセカンドオピニオンとして、提案を行った。

今後のアプローチとしては、「ISO-MRV スキーム」を日本の認証機関の業界団体である日本マネジメントシステム認証機関協議会（JACB）から提案し、国際機関（IAF）を通じて COP に提議することである。COP での採択を実現させるためには、提案した「ISO-MRV スキーム」について関係機関に理解を求めることが必要である。そのためには、システムモデル及びサービスモデルについて、各国の異なる事情に対応させるため、更に詳細な検討を行うことが課題である。

## ■ 注

- 1) NAMA（途上国による適切な削減行動）は、途上国の経済発展に伴う GHG 排出の増加に対応するために提案されたもので、先進国の支援の下で途上国の自主的な削減行動を促す仕組みである。COP 15（コペンハーゲン会合）において、付属書 I 国（先進国）は 2020 年までの GHG 削減目標を設定し、非付属書 I 国（途上国）は、適切な削減行動（NAMA）を作成して、UNFCCC 事務局へ提出することに合意した（再掲）。
- 2) P2M（ピートゥーエム：Project & Program Management for Enterprise Innovation）とは、プログラムマネジメントに重点を置き、各プロジェクトをプログラムの目的に沿って適切に配置し、各プロジェクトを統合的にマネジメントすることである。

従来のプロジェクトマネジメントはプロセス重視で、予め明らかにされた期待成果を実現することに主眼が置かれていたのに対し、プログラムマネジメントは「外部環境の変化を意識した上で、複雑な使命に問題解決の道を開き、事業価値を向上する」発想に特徴がある（再掲）（日本プロジェクトマネジメント協会：2011）。
- 3) プログラムマネジメントの基盤であるプロジェクトマネジメントについては、2012 年 9 月 1 日に ISO 規格「プロジェクトマネジメントの手引き」が発行されている；ISO 21500: Guidance on Project Management（小川 2012）。
- 4) 国際認定機関フォーラム（IAF）は、マネジメントシステム、製品、サービス、人員等に関して適合性評価を行っている協会で、1993 年に創設された。IAF は、世界的に公認の証明書をエンドユーザーに保証することによって、適合性評価の整合性を確保する役割を担っている。IAF メンバーは指定された規格（適合性評価規準と呼ばれる）に適合していることを照明する認定書を受けることが出来る（Wikipedia）。
- 5) ISO 14001 の実施効果は、本稿 6.2 を参照。
- 6) 先進的サーベイランス・再認証手順（ASRP）は、一定期間マネジメントシステム（MS）を効果的に実施してきた組織に対して、内部監査を最大限に活用した効率的審査を行う手順。詳細は IAF（2008）を参照。

## 参考文献

- Bakker, S. J. A., Vita A. De, Oliver J.G.J. 2010: “Monitoring emissions and actions in the post-2012 climate regime,” *Climate Change, Scientific Assessment and Policy Analysis* WAB500102 033.
- エコアクション 21 中央事務局 2011 : 『エコアクション 21 審査及び判定の手引き Ver.2.1』 1-4.
- 遠藤真弘 2010 : 「地球温暖化対策の国際動向」『調査と情報』 689, 1-10.
- Fransen, T., McMahon H., Nakhooda S. 2008: “Measuring the way to a new global climate agreement,” WRI, 1-15.
- 福田桂 2014 : 「COP19 に見るボトムアップ・アプローチの片鱗」『エネルギー・資源』 35(1), 71.
- 福田幸司、田村堅太郎 2010 : 『将来気候変動枠組みにおける非附属書 I 国の適切な緩和行動に関する分析』財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) .
- 濱崎 博 2011: 「COP17 へ向けての日本の戦略ーアジア大での低炭素市場で経済と環境の両立は可能か?ー」『研究レポート』富士通総研 (FRI) 経済研究所, 370.
- 橋本正洋、角野慎治、モランド 2000 : ISO/TC207 と環境監査管理制度の動向 (欧州) 『JETRO ユーロトレンド』 44, 18-21.
- IAF 2008: “Mandatory Document for Advanced Surveillance and Recertification Procedures- Issue 1 (IAF MD 3 : 2008),” International Accreditation Forum, Inc. (IAF).
- IAF 2009: “Guidance on the Application of ISO/IEC 17024:2003-Conformity assessment: General requirements for Bodies operating Certification of Persons Issue 2, Version 2 (IAF GD 24),” International Accreditation Forum, Inc. (IAF).
- IGES 2010: 『測定・報告・検証 (MRV) ー気候変動次期枠組みへ向けた議論の潮流と展望』財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) 気候変動グループ。  
[http://www.jab.or.jp/files/items/.../Report-Summarize-Prospect-MS\\_10th.pdf](http://www.jab.or.jp/files/items/.../Report-Summarize-Prospect-MS_10th.pdf), (2014.7.26).
- ISO/IEC 2009: “Procedures for the technical work, ISO/IEC Directives-Part 1 & Part 2,” International Organization for Standardization (ISO) and International Electrotechnical Commission (IEC).
- ISO/TC207/SC1 2009: “Summary note on work carried out by an ISO/TC207 SC1 study group on the use of a management system standard approach to managing monitoring, reporting and verification needs under NAMAs,” Version 1.
- 亀山康子 2014 : 「気候変動枠組み条約 第 19 回締約国会議 (COP19) の概要」『環境管理』 50 (4), 38-39.

- 経済産業省 2006 : 『組込みソフトウェア開発力強化推進タスクフォースー認証・認定・登録制度調査報告書』 経済産業省.
- 気候ネットワーク 2013 : 『ドーハ会議 (COP18/CMP8) の結果と評価』 特定非営利法人気候ネットワーク, 1-10. <http://www.kiconet.org>, (2013.1.11).
- 気候ネットワーク 2014 : 『Kiko COP20/CMP10 通信 リマ No.1~No.4』  
<http://www.kiconet.org>, (2015.1.10).
- 水谷明大 2008 : 『ISO マネジメントシステム認証制度の更なる普及と社会からの信頼性向上に向けて』 経済産業省産業技術環境局.
- 森本高司 2011 : 「気候変動抑制に向けた MRV (測定・報告・検証) の国際枠組み構築に関する現状と課題ー(1) MRV に関する議論の概要と展望」 MURC 政策研究レポート <http://www.murc.jp>, (2013.8.25).
- Niederberger, A. A., Kimble, M. 2011: “MRV under the UN climate regime: paper tiger or catalyst for continual improvement ?,” *Green House Gas Measurement & Management*, 1, 47-54.
- 日本工業標準調査会 HP: 『JIS マーク表示制度の概要』 .  
[http://www.jisc.go.jp/newjis/pdf/24fy\\_semina-1%2525](http://www.jisc.go.jp/newjis/pdf/24fy_semina-1%2525), (2013.9.4).
- 日本プロジェクトマネジメント協会 2011 : 『新版 P2M プロジェクト&プログラムマネジメント標準ガイドブック』 日本能率協会マネジメントセンター.
- 小川健司 2012 : 「プロジェクトマネジメント (ISO21500) 国際標準化活動報告」 『プロジェクトマネジメント国際標準化フォーラム 2012 講演資料』 .  
[http://www.ipa.go.jp/jinzai/event/20121128\\_pm\\_forum.html](http://www.ipa.go.jp/jinzai/event/20121128_pm_forum.html), (2015.2.27).
- 大塚 直 2007 : 「環境法の原則を基盤とした京都議定書第 1 約束期間後の国際枠組提案」 『環境研究』 146, 168-182.
- Prince, G., Galiana I., Green C. et al.2010: “A New Direction for Climate Policy After the Crash of 2009,” The Hartwell Paper, Institute for Science, Innovation and Society, University of Oxford and MacKinder Center for the Society of Long-Wave Events, London School of Economics.  
日本語訳 『2009 年の行き詰まり後の新たな温暖化対策の方向性』 2010 年 5 月  
[http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The\\_HartwellPaper\\_Japanese\\_translation.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The_HartwellPaper_Japanese_translation.pdf).
- Rafael L. A. 2011: “A Bottom-up Approach for Climate Change: The Trade Experience,” *Asian Journal of Law and Economics*, Manuscript 1061, 6-27.
- 関哲朗 2010 : 『すぐわかるプロジェクトマネジメント』 日本規格協会
- 杉山大志 2008: 『続これが正しい温暖化対策』 エネルギーフォーラム.
- 高村ゆかり 2012 : 「ドーハ会議に向けた交渉の課題と京都議定書第二約束期間に目標を掲げないことの合意」 WWF スクールドーハ.

<http://www.wwf.or.jp/activities/upfiles/schdbn1a.pdf>, (2014.7.25).

テクノハ 2011 : 『世界の審査登録件数』 株式会社テクノハ.

<http://www.technofer.co.jp/>, (2011.3.7).

United Nations Foundation 2009: “ Ensuring *MRVable* National Actions: An MRV model with a Focus on Continual Improvement in Climate Performance,” UNF White Paper, United Nations Foundation, <http://www.policy-solutions.com/our-work.php>, (2014.7.26).

山本芳華 2005 : 「環境自治体スタンダード (LAS-E) を用いた自治体マネジメントシステムに関する検討」『千葉大学公共研究』 2 (3), 135-138.



## 終 章 研究のまとめと総括

### 1. 第 I 部のまとめ

第 I 部では、「地球温暖化問題へのセカンドオピニオン」について、UNFCCC/京都議定書レジームの行き詰まり打開のための政策提案を行った。

これまでの温暖化対策をファーストオピニオンとみなし、医療とのアナロジーから診断（原因特定）と処方（対策）の評価を行い、新たな視点によるセカンドオピニオン（新たな診断と処方）を提案した。

第 1 章では、地球温暖化問題の本質を見極めるため原点に立ち返り、「地球温暖化とは何か」の問題提起を行った。この問いに答えることで本研究のスタートポイントを明確にした。

検討の過程で、温暖化の定義が定まっていないこと、地球温暖化の原因は自然起源及び人為起源について種々の要因が関係しており、諸説あることを指摘した。

最新の IPCC 第 5 次報告書における世界平均気温及び海水温の上昇が顕著であるとの観測結果等から、「地球温暖化は起きている」と判断した。

しかし、IPCC が「地球温暖化の主因は人為起源の温室効果ガスである」とする根拠は、気候モデルによるシミュレーション結果であるが、シミュレーション技術はまだ発展途上であり、予測の誤差が大きく出る可能性があることから、IPCC の判断をそのまま受け入れることはできないと判断した。

したがって、第 1 章の結論は「地球温暖化の要因は多様であり、人為的要因としても CO<sub>2</sub> 以外にエアロゾルや土地利用等の影響があり、大気・海洋等の観測結果等から判断すれば、主として太陽磁気や海流変動などの自然要因である可能性が大きい。」とした。

第 2 章では、IPCC の設立から今日までの活動とその成果である報告書について評価した。

その結果、IPCC の設立の経緯及び報告書作成・公表のプロセスにおいて、政治的影響があることを指摘した。報告書の内容についても「地球温暖化」の議論の基になる温度データの取り扱いに過誤が見られたことや、早い段階で CO<sub>2</sub> に原因を絞り込んだことなどを指摘した。また、組織・体制についても、不適切な情報の漏洩が明らかになるなど、IPCC に対する信頼感を損ねる事態の発生があったことを指摘した。

これらのことから、今後は、政治的影響の排除、CO<sub>2</sub> 以外の要因に対する調査・

検討の強化、情報公開の改善等が必要であることを報告した。

第3章では、これまでのファーストオピニオン（IPCC報告及びUNFCCC/京都議定書レジーム）の有効性について評価を行い、以下の問題点を明らかにした。

枠組み条約としての構造的欠陥や、合意形成に時間を要することなどにより実効性が低下した。また、「差異ある責任原則」が支障となり、一部の先進国だけに削減目標がトップダウン的に決められ、途上国が削減義務を負っていないため南北間の意識の隔たりが助長された。削減対策の実施において、市場競争を取り入れた京都メカニズムも当初の意図通りには機能せず、第2約束期間における削減義務国の減少につながった。

今後の対応としては、UNFCCC/京都議定書レジームの欠陥を補完するため、CO<sub>2</sub>以外に着色エーロゾルなどを扱える新たな包括的気象条約（仮称）の制定やUNFCCC条約の改正により、実効の挙がる方向を目指すべきであることを提案した。

第4章では、医療の例に倣い、新たな視点からセカンドオピニオンを提案するため、「ハートウエル論文」及び「環境合理性原理」等を参考として政策提言を行った。

ファーストオピニオンにおいては、西洋的メンタリティに基づく狭い視野からCO<sub>2</sub>を単一指標としたことで、温暖化対策の有効性に限界が見られた。このため、セカンドオピニオンとしては、地球温暖化問題の複雑な特質を考慮し、地域・局所の気候変動にも対応可能とする対策について検討を行った。

温暖化の原因は、主として自然要因と考えられるため、CO<sub>2</sub>に的を絞った対策は効果がないと考えるが、持続可能性の観点からは化石燃料起源のCO<sub>2</sub>排出を減らし、省エネ・省資源を推進すべきであることを述べた。

今後の温暖化対策としては、短期的には、地域的・局所的問題への対応を考慮し、東洋的視点に基づく脆弱性・回復性アプローチにより、途上国の弱点（例えば、電力供給問題）に対し改善する方策を提案した。

中長期的には、世界各国が一致して対策を執ることが重要であることから、途上国の基盤整備を重視し、実現の手段として自主的制度（例えば、マネジメントシステム）が有効であることを提案した。すなわち、途上国が温暖化対策について、自ら調査・検討し、対策を立案できる能力が涵養されることで、最善の政策が実施され、結果として最適の温暖化対策が可能となる方策（逆転の発想）を提案した。

第5章では、セカンドオピニオンの具体化として、地球温暖化と関係の深いエネルギー問題を取り上げ、具体的事例として「石炭火力発電」と「原子力発電」について政策提言を行った。

中国では、電力供給の7割以上を石炭に依存していることから、中国の石炭火力発電に、日本の高度なクリーンコールテクノロジー（CCT）を適用した場合のメリットについて試算を行った。

その結果、2035年時点で年間7.4億トンのCO<sub>2</sub>及び18百万トンのSO<sub>x</sub>の削減が可能となることを示した。すなわち、この施策を実施することで温暖化問題、エネルギー供給及び健康問題の改善が可能となり、一石三鳥の効果が期待できる。また、技術供与する日本側のメリットも期待されるwin-win政策となる可能性について論じた。

一方、原子力発電に関しては、「低コストでクリーンなエネルギー」とも言われているが、温暖化問題とエネルギー問題を切り離すことで、正味の原子力発電に対する評価が可能となることを示した。

すなわち、他の発電方式との比較のため、これ迄の電力単価算定の根拠について評価し、公表されたコストの算定に含まれていない要素を含めて新たな視点から試算を行った。その結果、バックエンドコスト等を含めるとコストは石炭火力発電の約2倍に、また、CO<sub>2</sub>の排出についても、図5-8に示した電気事業連合会（2013）の公表数値（20 g-CO<sub>2</sub>/kWh）を上回る30~40 g-CO<sub>2</sub>/kWhとなる可能性があることを指摘した。

これらのことから、「原発は温暖化問題に有利でクリーン」という観念から離れて、正味の原子力発電事業としての実績に基づいたコスト及びCO<sub>2</sub>排出原単位の再計算が必要であることを提言した。何故なら、原子力発電については、運用実績に基づくライフサイクルを通しての評価が未だ十分に行われていないと判断するからである。

すなわち、安全・コスト・放射性廃棄物・温暖化について、電力供給機能だけの必要性から原子力発電を再評価し、他の発電方式と比較することにより、将来の原子力政策の方向付けをすることが必要と考える。

以上の結果、第I部の主題である「地球温暖化問題へのセカンドオピニオン」として、地球温暖化の主因は自然要因の可能性が高いことを診断（原因特定）として示した。また、処方（対策）としては、デュアルアプローチによる対応として短期的には脆弱性・回復性アプローチによるエネルギー問題への対応が必要であり、中長期的にはライフスタイルの変更を含めた自主的実践の制度の実践が有効であることを提案した。中長期的な対応としての自主制度の具体案については、第II部で検討した。

## 2. 第Ⅱ部のまとめ

第Ⅱ部では、セカンドオピニオンとして第4章で提案した自主的制度の活用方法について検討した。特に、温暖化対策への途上国の参加を促進するため、基盤整備に有効である「マネジメントシステムスタンダード (MSS)」を活用し、具体的な国際スキームの構築を提案した。

第6章では「マネジメントシステムスタンダード (MSS)」の実施状況と効果的活用事例の検討から、温暖化対策への具体的な適用方策について提案を行った。

事例検討では、企業内に限定されていた「静的」活動から、グループ企業への拡大やサプライチェーンでの共同実施へ活動範囲を拡大することで、環境負荷削減に加えてコスト削減並びに省エネ・省資源による経営効率化が可能となることを示した。特に、温暖化対策に有効である環境マネジメントシステム (ISO 14001) の事例から、今後、多くの組織がさらに効果的な活動とするための方策として「グループ化」及び「統合化」による「動的 EMS」への機能拡大を提示した。

以上の検討から、環境マネジメントシステムを国際的な温暖化対策のツールとして活用が可能であることを提案した。

第7章では、MSS について、UNFCCC/COP において推進されている地温暖化対策の新たな枠組みとして活用する方策について検討した。

具体的には、環境マネジメントシステム (ISO14001) を用いた認証制度が、UNFCCC 締約国会議 (COP) で推進する途上国の適切な削減行動 (NAMA) の検証制度である測定・報告・検証 (MRV) へ適用可能であることを示した。

具体的な国際制度の構築においては、複雑な問題の分析とプログラム構築に適したプロジェクト&プログラムマネジメント (P2M) 手法を導入し、ミッションプロファイリング、シナリオ展開、スキーム構築の手順に従って制度構築を行った。

その結果、MRV の具体的制度として本稿独自の仕組みである「ISO-MRV スキーム」を構築した。構築した「ISO-MRV スキーム」は、更に、2020 年以降の国際温暖化対策の枠組みとして活用するため、システムモデル及びサービスモデルについて民間委託による具体的実行案を提示した。

以上の結果、第Ⅱ部の目的である「地球温暖化問題への ISO 認証制度の活用」について、国際規格 (ISO) を基準とした第三者認証制度を活用した「ISO-MRV スキーム」を構築し、国際枠組みとして活用することを提案した。

### 3. 研究の総括

本研究の成果は、各章の「まとめと結論」及び第Ⅰ部、第Ⅱ部のまとめに記述した。したがって、ここでは、研究全体を通じての総括について述べる。

#### 3.1 行き詰った温暖化対策からの脱却

気候変動枠組み条約（UNFCCC）の成立から 20 年以上が経過したにもかかわらず、温暖化対策の有効性が低下し、「行き詰まり」状況となっている。

このような状況に陥った原因として、一つは、温暖化対策の技術的バックボーン役割を果たしてきた IPCC に、綻びが見えてきたことがある。IPCC では、データ処理の間違い、査読なし文献の引用、内部メールの情報漏れ等が不信感を与えた。一般に、問題解決においては原因を可能な限り絞り込み、正しく特定した上で対策を執ることが道理であるが、複雑な要因が絡む地球温暖化問題に対して、IPCC は早い段階で CO<sub>2</sub> 主因説に絞りすぎたことを指摘した。

本稿では、「大気中の CO<sub>2</sub> 濃度は確実に増加しており、地球温暖化は進行していると認められるが、温暖化の主原因が CO<sub>2</sub> であるとは言えない。」ことを述べた。

すなわち、地球温暖化の現象は、人為的・自然的な、様々な要因の複合作用として現れている。例えば、2.4.3(2)で述べたように、雪氷圏における変化の原因は CO<sub>2</sub> ではなく、ヒマラヤでは降水量の低下、キリマンジャロでは昇華、北極海氷の減少はススである可能性が高いとされている。また、大気中の CO<sub>2</sub> が年々増加しているにもかかわらず、気温上昇が停滞しているのは、海洋・海流の影響（自然要因）の可能性が高い。その他、エアロゾルや太陽磁気の影響などがあることを指摘した。また、Harde（2014）は、CO<sub>2</sub> の影響は太陽の影響より小さいと報告している。

大気中の温室効果ガス（主として CO<sub>2</sub>）の増加は、温暖化に寄与することは確かだが、温室効果に影響する因子は水蒸気（雲）やエアロゾルなど多くある。しかし、シミュレーション予測技術はこれらの因子は未だ扱えないため、IPCC においては、CO<sub>2</sub> に関する検討が主体的であった。

このため、今後は、東洋的視点を取り入れ、幅広く他の因子（人為的、自然的を含め）について CO<sub>2</sub> と同程度の知見を集め、検討した上で、原因について再考することが、温暖化対策を効果的に進めることにつながると思う。

もう一つの原因は、UNFCCC/京都議定書レジームにある。ここでは、条約の目的が「温室効果ガスの濃度安定化」となっており、「気候変動」の一部だけを取り上げた対応になっている。また、京都議定書が、トップダウン的に温室効果ガスの削減目標を決めたことは、西洋的メンタリティに基づく狭い視野からの欠点であること

を指摘した。

このように、途上国が「差異ある責任原則」に基づき、現在の枠組み（ファーストオピニオン）において具体的な削減行動に参加していない理由として、歴史的経緯や経済的・人的能力の不足がある。

したがって、「行き詰まり」からの脱却は、相対的に CO<sub>2</sub> 排出量が増大した途上国の基盤整備を実現させ、温室効果ガス排出計画の立案・実行・検証を自ら実施することが可能となれば、結果的に温室効果ガスの削減がついてくる。即ち、「持続可能な社会」となる。そのための手法が、自主的制度（マネジメントシステム）の普及であると考えられる。

このためには、先進国による途上国支援が必要であり、その結果、先進国もメリットを享受できる方策を構築し、実行することが重要である。

### 3.2 セカンドオピニオン：倫理観をもって逆転の発想を

ファーストオピニオンの行き詰まり打開のため、多くの提案がされてきた。例えば、「ハートウエル論文」では、「気候対策の陰で 15 億人以上が電気のない生活を余儀なくされている」と指摘し、松井（2002）は、環境倫理からの発想を含む「環境合理性原理」の必要性を提案している。

本稿では、これらの提案を取り入れ、地球温暖化問題の対応において、広く、背景・文脈を重視する東洋的視点から解決策を探る検討を行ってきた。

温暖化対策の基本的な思想として、現実的な問題に、目に見える解決策を与える（池田 2007）ことが重要である。そのためには、ハートウエル論文が推奨する「政治的・实际的に魅力ある目標を達成するうちに、結果として CO<sub>2</sub> 削減が実現されること（逆転の発想）」を温暖化対策として提案した。

すなわち、医療とのアナロジーからファーストオピニオンの診断（原因特定）と処方（対策）について再評価を行った結果から、今後の温暖化対策に必須のキーワードは「持続可能性」であることを確認した。

この考えを発展させるには、東洋的メンタリティが適していることから、デュアルアプローチとして、短期的には「脆弱性・回復性アプローチ」を、中長期的には、途上国の基盤整備による「持続可能性」の実現のため、「自主的制度の推進」をセカンドオピニオンとして提案した。

政策の具体化においては、第 5 章で述べたとおり、温暖化問題における現世代の便益と未来世代の被害に対する世代間倫理の問題や原発に関する将来世代への負の遺産の問題並びに途上国に対する原発輸出などについて、倫理観を持って相手の立場を思いやることが欠かせない。また、さらに重要なのは「逆転の発想」である。

すなわち、「CO<sub>2</sub>を減らすことを目的とするのではなく、CO<sub>2</sub>の発生が少なくなる社会を作ること」、を目指す必要がある。今、最も必要としていることを実行し、その結果としてCO<sub>2</sub>排出が最小限になること。このような政策こそ、全力で取り組む必要がある。

### 3.3 具体的方策

#### 3.3.1 石炭火力発電：最大の化石資源を賢く使う

短期的には、脆弱性・回復性アプローチとして、途上国の脆弱な部分（例として、中国の石炭火力発電）を取り上げ、日本の高度な技術を適用することで、健康、エネルギー、温暖化の3つの問題を回復させる政策提言を行った。

石炭火力発電は、地球温暖化対策から見れば「CO<sub>2</sub>排出の元凶」とされているが、温暖化問題と切り離し、再評価する必要がある。すなわち、CO<sub>2</sub>排出があることで全て否定するのではなく、石炭火力発電のメリットが適正に評価されることが重要であることを述べた。

本稿の検討結果を利用して、脆弱な部分の一つである、15億人もの電気がない人々への対応策として、世界最大の化石資源である石炭をエネルギー源として賢く使うことが考えられる。このためには、燃費の良い、環境を悪化させないクリーンな技術が求められる。

したがって、日本の石炭火力発電技術（クリーンで発電効率が高い）を活用することで、中国だけでも、年間7億4千万トンのCO<sub>2</sub>の削減の可能性があることを示した。この技術を活用すれば、世界で低効率のため無駄に消費されている石炭資源を節約し、どれだけ、CO<sub>2</sub>やSO<sub>x</sub>の削減が可能となることか、現実的に推進することが必要であろう。

例えば、日本がこれまで行ってきた、途上国への開発援助（ODA）や資金供与、排出権の購入費用などは膨大な額に上る。今後もこのような支援が予想されることから、資金の一部を活用して途上国に石炭火力発電所を建設し、送電システムを含めて30年間の維持管理に充てることはどうであろうか。

このように、石炭資源を賢く使う方策を政策として実施することが、長い目で見て、途上国の基盤強化につながり、「持続可能性」を実現することで、温暖化対策にも効果をもたらすと考える。

#### 3.3.2 原子力発電：低コストでクリーンなエネルギーか？

原子力発電に関して、安全・コスト・廃棄物・温暖化について評価した結果、「低コストでクリーン」とは言えないことを指摘した。

今後の方策としては、第一に「ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量」を現実の運転実績（1970 年～2010 年の 41 年間）に基づいて再計算することが必要であろう。その基本的な計算結果に納得が得られたら、その後、核燃料サイクルを含む想定ケースについてライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出原単位の再評価を実施すべきである。

コストについても同様で、41 年間の実績コストは、大島（2013）により明確にされ、10.25 円/kWh と報告されている。しかし、この数字には、まだ現実には実施されていない核燃料サイクルで発生する、高レベル廃棄物や廃炉費用などが含まれていない。本研究の試算結果から、これらのバックエンドコストを上乗せすると、全体の発電コストは 2 倍以上（20.72 円/kWh）になる可能性があることを示した。

したがって、原発が発電事業として、コスト的に成り立つかどうかを判断するため、核燃料廃棄物処理のプロセスを確立した上で、現実的な「ライフサイクルコスト」を試算することが必要である。

しかし、最大の問題は、プルトニウムに代表される「核の安全保障」の問題に、いかに向き合うかである。エネルギー効率の悪い（約 33%）、経済的にも成り立つ見込みのない原発を、今後どうするか、科学者の知恵を集めた正しい解決策が求められる。

### 3.3.3 自主マネジメント：途上国に役立つ支援を

セカンドオピニオンとして提案した「自主的制度の推進」が、途上国の基盤整備に有効であることを示した。

すなわち、自主的制度の一つである環境マネジメントシステム（ISO 14001）を取り上げ、効果的な実施例について検討した。その結果から、「静的な EMS」も工夫により「動的な EMS」に発展させる可能性のあることを提案した。具体的には、「グループ化」と「統合化」の 2 つの方策により、システムの効果を増大させることが可能となることを示した。

ISO 14001 に基づく認証制度は、途上国の中でも、中国、インドなどが先行して実施していることから、この仕組みを次期国際枠組みに利用することで、多くの途上国の参加が容易になると考える。

途上国の意識として、「先進国の過去の負の遺産の後処理はご免、我々も先進国と同様に、不可避的な CO<sub>2</sub> 排出を伴いながらも、発展する権利がある。」このような主張に対しては、先進国が持つ、経験（公害対策、省エネ対策、人材育成など）及び資源（経済的、人的）を効果的に使うことで、win-win 政策につながる可能性がある。

そのベースとなるのが「マネジメントシステム」であり、自主的マネジメントの実践により、基盤整備を促進することを提案した。「PDCA サイクル」を基本とするマネジメントシステムは、あらゆる組織（行政機関、自治体、製造業、サービス業



など) に対しても、その基盤整備に有効なツールである。

途上国における自主的マネジメントの普及促進を支援することが、今、先進国に求められる。何故ならば、途上国の基盤整備が成って初めて、国際舞台で、先進国と対等に、温暖化対策に協調していける出発点となると考えるからである。

具体的方策としては、MRV（測定・報告・検証）に適用する制度として、本稿において独自に「ISO-MRV スキーム」を提案した。検討にあたり、複雑な問題の分析とプログラム構築に適したプロジェクト&プログラムマネジメント（P2M）手法を導入し、新たな枠組みのミッションを明確にした上で、スキーム構造の構築を行った。

さらに、構築した「ISO-MRV スキーム」は 2020 年以降の新たな国際枠組みに活用するため、システムモデル、サービスモデルを提案した。

ISO 14001 は、使い方によってその効果に大きな差が出ることは、第 6 章における実施事例検討により明確であり、先進国（特に、日本）が、率先して途上国における「自主的マネジメント」の拡大を支援することが、長期的視点からは、「持続可能性」を実現し、地球温暖化対策として健全かつ賢明な方策であると考えられる。

### 3.4 研究の成果

- (1) 地球温暖化問題について、現行の温暖化対策（IPCC 及び UNFCCC/京都）を原点から見直し、幅広い文脈から原因の明確化及び対策の適切性を評価し、以下  
の見解を示した（第 1 章～第 3 章）。
- 「温暖化とは何か」の本質を探るため、IPCC 以外の情報（科学的・社会経済的）も収集し、温暖化問題の実体を把握することで独自の見解をまとめた。
  - 温暖化の原因は、人為的 CO<sub>2</sub> に限定すべきではなく、自然要因の可能性が大きい。
  - 対策は、複雑な問題への対応の誤り（枠組条約－議定書方式の機能不全）、途上国に削減義務がないこと及び CO<sub>2</sub> 以外の要因（エアロゾルなど）への対応の不備により実効性が低下した。
- (2) 温暖化問題の背景（社会的要因、資源・エネルギー問題等）と気候システムとの関係分析を行い、医療とのアナロジーから以下の解決策をセカンドオピニオンとして提案した（第 4 章）。
- 途上国の参加が必須であるため、「逆転の発想」及び「環境合理性原理」の視点を導入し、途上国の基盤整備に基づく「持続可能な開発」が温暖化対策の前提となる。
  - 途上国の基盤整備のため、短期的には脆弱性・回復性アプローチによるエネルギー政策への対応、中長期的には自主的マネジメントの推進が必要である。
- (3) エネルギー政策に関する、具体的提案として石炭火力発電の賢い利用法及び原子力政策に対する今後の指針を提案した（第 5 章）。
- 地球温暖化問題とエネルギー政策の関係（石炭火力縮小・原発推進）に再考が必要であることを報告した。
  - 中国の石炭火力発電に日本技術を適用した試算結果から、大幅な改善の可能性を示した（効果：△7.4 億 t-CO<sub>2</sub>/y、△18 Mt-SO<sub>x</sub>/y）。本稿では、発電効率の格差を基にした過去の試算とは異なり、日本技術を 25 年間にわたり順次、リプレースするケースを想定し、現実的な試算を行った。
  - 原子力発電が温暖化対策に有効とされる根拠「クリーンで低コスト」について評価し、下記の理由から温暖化対策としては不相当であることを報告した。
    - 発電コスト（公表値：5～9 円/kWh）に、政策コスト及びバックエンドコストを含めた試算では、20.72 円/kWh と 2 倍以上にアップする可能性がある。
    - CO<sub>2</sub> 排出量（公表値：20 g-CO<sub>2</sub>/kWh）についても検討結果から、30～40g-

CO<sub>2</sub>/kWh と 1.5~2 倍にアップする可能性がある。

- 原発の CO<sub>2</sub> 排出量は化石燃料を用いた火力発電より相対的に少ないが、代わりに超長期（10 万年以上）に亘る有害な放射性廃棄物の排出がある。
- 温暖化対策に有効との理由から原発推進を図るべきでない。すなわち、CO<sub>2</sub> やコストと「原発安全」は、次元が異なる問題であり比較すべきでない。

(4) ISO 認証制度の実効性改善について以下の提案をした（第 6 章）。

- ISO14001 のメリットを再評価し、下記のことから、特に途上国に有効であることを示した。
  - 認証取得により、海外投資家・顧客に信頼感を与え、組織内部では法順守強化、自律的管理、経営体質強化などに有効。
- 実施事例の検討結果により、単独活動（静的 EMS）から、「グループ化」、「統合化」による「動的 EMS」への機能拡大方策を示した。

(5) 国際枠組みとして、本稿独自に構築した「ISO-MRV スキーム」を提案した（第 7 章）。

- スキーム構築に P2M 手法を適用し、国際制度（MRV）のミッションに適合した制度を構築した。
- COP の課題（MRV 制度の構築）解決のため、ISO 認証制度を活用することで、実行可能で、かつ途上国に受け入れられ易い枠組みとして「ISO-MRV スキーム」を開発した。
- 「ISO-MRV スキーム」を、2020 年以降の枠組に適用可能とする具体的実行手順を構築した。

### 3.5 今後の課題

本研究の成果を活用するため、今後下記の3点について重点的に研究を継続する。

- 1) 真に途上国の利益となる活動として、マネジメントシステム (ISO 14001) の普及につながるガイドラインの作成及び途上国の指導者育成プログラムの構築を行う。
- 2) 提案した「ISO-MRV スキーム」を2020年以降の新たな国際枠組みとして活用するため、関係機関を通じてUNFCCC締約国会議 (COP) に働きかける。
- 3) 途上国のエネルギー問題解決の支援のため、日本の石炭火力発電技術の普及に努める。支援活動においては、原子力発電との対比により石炭火力発電のメリットの理解促進に努める。

#### 参考文献

- 電気事業連合会 2013:「原子力・エネルギー図面集」, <http://www.fepec.or.jp>, (2014.7.6).
- Harde, H. 2014: “Advanced Two-layer Climate Model for the Assessment of Global Warming by CO<sub>2</sub>” *Open Journal of Atmospheric and Climate Change*, <http://www.scipulish.com/journals/ACC/papers/864>, (2014.10.17).
- 池田寛二 2007:「気候格差の真実」『現代思想』、特集：温暖化の真実－環境問題の発見, 135-12, 92-106.
- 松井三郎 2002:『今なぜ地球環境なのか』コロナ社, 89-92.
- 大島堅一 2013:『原発のコスト－エネルギー転換への視点』岩波書店.

## あとがき

本研究を通じて、「ものごとには必ず外見と中見がある」ことを学んだことから、以下のメッセージを発信する。本研究が地球温暖化問題とエネルギー問題に関し、再考される機会を与えることが出来れば幸である。

### 【温暖化対策について】

「温暖化の原因は主に CO<sub>2</sub> などの温室効果ガスである」「このまま放置すれば深刻な被害が生じる」このような説明に今や慣れてしまっていて、多くの人は、あまり疑問を持たないのではないかと。IPCC の報告書は多数の研究者による膨大な研究報告を基に作成されており、その内容は、「地球温暖化問題」については極めて詳細であることから、地球温暖化問題のバイブル的存在になっている。

このように IPCC 報告書は膨大であるがゆえに、一般には、どこまでが事実で（どこまで信じられるか）、どの部分は想定なのか俄かには理解できない。それだけに IPCC 報告書に疑問を持ったとしても、それと異なる見解を出すには相当の努力が必要と思われる。

しかし、あえてその努力を続けている研究者が少なからずいることを学んだ。そしてそれらの研究報告からも多くを学ぶことが出来た。その成果として、IPCC 報告だけでなく地球温暖化問題に関する多くの情報についても、どの部分が事実か、想定なのか、その区別をある程度つけられる知力を身に着けたと実感する。このことは、筆者がようやく「地球温暖化とは何か」を議論するための入り口に立つことが出来るレベルに到達したとも言える。

この問題に限らず、世の中で「常識」と思われていることは多々あるが、何事も「もしかしたら--違うかも」という考えをすることが大切であることを、本研究で学んだ。

したがって、温暖化対策を単に「CO<sub>2</sub> の削減」に留めずに、「逆転の発想」の意図を「後悔しない政策」として実施することが必要である。具体的には、電力供給不足、健康被害、公害問題等の解決が優先される必要がある。このためには、途上国にとって温暖化問題リテラシーを高め、自ら施策の立案、検証を可能とする基盤整備が重要であると考えられる。

この対応策の1つとして「マネジメントシステム」の推進が考えられる。この仕組みの導入により、個々の活動体のマネジメント能力の向上が可能となり、経済・技術・人的育成の基盤整備に役立ち、結果として CO<sub>2</sub> 削減も可能となることが世界で実践されることを望む。

### 【エネルギー問題について】

エネルギー問題は、世界各国の最重要課題の1つといえる。したがって、温暖化

問題と切り離し、最適なエネルギー政策を選択することが重要である。例えば、石炭火力発電の得失を適正に評価することが必要である。

原子力についても、「CO<sub>2</sub>を出さない低コストでクリーンなエネルギー」との説明について、「果たして、本当のところはどうか？」と考えることが重要である。

一般の人にとっては、原子力関係情報の入手は限られていることから、なかなか実態がつかめず、世間の一般的な情報で判断せざるを得ない状況がある。しかし、本研究の結果から、今や「低コストでクリーン」との評価に対しては、「おそらく違う」との理解を持つことが出来た。すなわち、温暖化と原子力発電を切り離した場合に、社会にとって真に望ましいエネルギー供給方法であるか、問い直すことが必要である。

また、「石炭は汚い化石燃料 (Stop funding dirty energy)」とのスローガンで、COP 20 (リマ会合) において日本が“化石賞”を受けたと報じられているが、日本としてこれに反論しなくて良いのか、との疑問を感じる。

「石炭火力発電は中止せよ」の言葉に簡単に同意するのではなく、エネルギー小国の日本にとっては、むしろ賢く使うことにこそ知恵を出し合い、win-win の施策を探るべきであろう。

#### 【途上国支援について】

途上国支援は先進国の義務と考えるが、方向を誤った支援は意味がない。途上国が真に必要としていることを提供することが重要である。

石炭火力発電技術の支援は、途上国が真に必要ななら、日本の長年の経験を最大限に活用して、最もスマートな使い方を親身になって伝えるべきである。

原子力発電に対する一部の途上国の要望は強い。しかし、先進国はどこまで原子力に関する情報を伝えているのか。特に、負の情報（事故、健康被害、放射性廃棄物）を最大限に伝えて、途上国が自ら判断可能な情報を提供することが、持てる先進国の責務であろう。このような状況においては「自分に嫌なことは他人に行わない」倫理観が重要であろう。

その意味では、今必要とされているのは、「マネジメントシステム」の普及であると考えられる。なぜなら、途上国が積極的に CO<sub>2</sub> 削減の具体的施策を実施していない背景として、自主的に計画の立案、計画の実行、効果の検証を行う資源（経済的・人的・技術的）が不足しているからであり、先進国による支援は CO<sub>2</sub> 削減の前提であり、これらの支援を優先する必要があると考えるからである。

## 博士論文を構成する論文等

### 1. 査読付き論文

- 1.1 伊藤公紀、小川隆雄 2011:「地球温暖化問題へのセカンドオピニオン」、*Journal of Science and Technology Studies* (科学技術社会論研究) Vol.9, 98-112.
- 1.2 小川隆雄、栗原崇、伊藤公紀 2014:「気候変動対策への P2M 適用に関する考察—ISO 認証制度を活用した MRV スキームモデルの構築—」、*Journal of International Association of P2M* (国際 P2M 学会誌) Vol.8 (2), 45-55.

### 2. 口頭発表

- 2.1 小川隆雄、栗原崇、伊藤公紀 2013:「気候変動対策への P2M 適用に関する考察—ISO 認証制度を活用した MRV スキームモデルの構築—」、国際 P2M 学会第 16 回秋期研究大会、東京 (2013) .

### 3. 参考著書

- 3.1 小川隆雄 1997:「ISO14001 と第三者環境審査の実際」『安全工学』、Vol. 36 (2), 99-106.
- 3.2 Ogawa, Takao 1998: “When Green Replaces Greed,” *The Asian Manager*, November/December, 13-16.
- 3.3 小川隆雄、浜野忠 2004:「食品工業における環境 ISO」『月刊フードケミカル』2004-8, 46-49.

## 謝 辞

本研究にあたり、研究室への受入をご承諾いただき、テーマの選定・ジャーナルへの投稿をはじめ、その後の研究活動全般について懇切丁寧なご指導いただきました横浜国立大学大学院環境情報研究院の伊藤公紀教授に深く感謝の意を表し、御礼申し上げます。

本研究論文の審査を快くお引き受けいただき、貴重な示唆をいただきました横浜国立大学大学院工学研究院の羽深等教授及び光島重徳教授、並びに横浜国立大学大学院環境情報研究院の本藤祐樹教授及び雨宮隆教授に深く感謝の意を表します。

研究の過程を通じて地球環境問題についての貴重なご助言をいただき、また P2M 学会の入会と発表に関して、ご丁寧なご指導をいただきました横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程（後期）栗原崇氏に深く感謝いたします。

研究の開始時期に、文献検索方法や電力中央研究所のデータベースのご紹介をいただきました窪田ひろみ主任研究員（一般財団法人電力中央研究所）に心より感謝いたします。

本研究を通じて、ゼミをはじめ多くの機会にご助言を賜りました横浜国立大学大学院環境情報研究院伊藤・雨宮研究室の芹沢浩博士をはじめ皆さまに心より感謝申し上げます。

おわりに、6年間にわたる研究生活において、粘り強く励ましと心の支えを与えてくれた妻小川真理恵と家族に心から感謝します。