

GISPRI 仮訳

Intergovernmental Panel on Climate Change

I P C C 技術報告 4

CO₂ 排出抑制案の意義

1997年10月

(注) 図は原文を参照のこと

CO₂ 排出抑制案の意義

目次

前文	1
1. はじめに	3
1.1 背景	3
1.2 目的	4
2. 主要結論の概要	7
3. 排出抑制案の概要と数量評価	9
4. 排出抑制案の下での地球規模CO ₂ 排出	14
5. 排出抑制案のCO ₂ 濃度への影響	15
6. 安定化要求に対する排出抑制案	19
7. 各種排出抑制案の地球平均気温と地球平均海面水準に関する影響結果	22
付録	25
付録1 最近の排出抑制案	25
付録2 フランス(FR)とオランダ(NL)の排出制限案の数量化	29
付録3 附属書I 諸国の1990年の排出における不確実性や誤差の可能性による影響	34
付録4 用語解説	37
付録5 仁サルと略語	42
付録6 単位	44
付録7 代表執筆者の所属	46

前文

本文書、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)技術報告書「CO₂ 排出抑制案の意義」は、IPCC 技術報告書シリーズの4番目の報告書であり、国連気候変動枠組条約(UN/FCCC)の締約国会議(COP)の補助機関、科学的・技術的助言のための補助機関(SBSTA)よりの要請に応じて作成された。

技術報告書は、COPの機関からの要請、もしくはIPCC事務局での合意、あるいはIPCCの決定により作成作業開始となる。報告書は、IPCC評価報告書および特別報告書の中に既にある資料に基づいており、その目的のために選ばれた代表執筆者によって書かれる。報告書は専門家と政府による同時差読を受け、その後、最終的な政府差読を受ける。本報告書へのコメントは、初期差読として34カ国77名の差読者から受けている。IPCCの事務局は、技術報告書の最終編集において代表執筆者がこれら差読コメントを適切に取り扱っていることを確認するため、編集委員会の役割を果たす。

事務局は、その第14回総会(モダグ、1997年9月21日)で会合し、最終の政府査読で受け取った主要なコメントを検討した。その結果と要請の下に、代表執筆者は技術報告書の最終版を作成した。事務局は、合意された手続きが守られたことに満足の意を表し、本報告書のSBSTAへの提出とそれに引き続いての発表に認可を与えた。

多くの時間を費やされ、与えられた短い期間で日程通りに報告書を完成された代表執筆者に負うことは大きく、深く感謝する。作成努力を管轄したIPCC作業部会1の共同議長、ジョン・ホートン氏、ギルバート・メイヤーズ氏、および発表のための図を作成された英国気象庁のグラフィックスデザイナーの職員、報告書の作成にあたって統括代表執筆者の補佐をしたクリスティー・ティット、リサ・ハートレー両氏、そして特に報告書の質の高さと期限厳守を追求されてきたIPCC作業部会1テクニカルサポートチームのなかのデビッド・グリッグス、マリア・ケール、アン・ムル3氏に感謝する。

B.ボーン、IPCC議長

N.サントラーマン、IPCC事務局長

CO₂ 排出抑制案の意義

本報告書は IPCC 作業部会 1 のもとに作成された。

代表執筆者

Tom M. L. Wigley

Atul K. Jain

Fortunat Joos

Buruhani S. Nyenzi

P.R. Shukla

1. はじめに

1.1 背景

本技術報告書は、国連気候変動枠組条約 (UN / FCCC) 締約国会議 (COP) の科学的・技術的助言のための補助機関 (SBSTA) よりの要請で作成された。SBSTA は、その第二回会合 (ジュネーブ、1996 年 2 月 27 日 - 3 月 4 日) で、IPCC に対し、付属書 I 諸国¹による温室効果ガス排出²抑制の諸提案で、予測されている気温上昇、海面上昇、他の気候変動³の重要性を評価することを要請した。IPCC 事務局は、その第 10 回会合 (ジュネーブ、1996 年 3 月 28-29 日) で、この要請に応えるための技術報告書の作成を承認した。

上記主題に関する有用な技術報告書を作成する上で、初めに問題となったのは、その時点で作成されていたどの排出抑制策も、2010 年以降まで延長した期間のものではなかったことである。二酸化炭素 (CO₂) に関して言えば、仮に 2010 年の時点で、排出量に大きな差が存在したとしても、大気中の CO₂・気象・海面の変化の反応は、その排出量の変化に対し緩慢なため、2010 年の時点での CO₂ 濃度、地球平均気温、地球平均海面レベルの違いは、比較的小さいものとなるだろう。温室効果ガス排出量の変化、特に CO₂ 排出量の変化の結果が、気象システムの上で完全に具現化するには数十年から数百年かかる。したがって、気候変動や海面上昇で意味のある計算を行うには、20-30 年より長期の情報が求められる。このため、分析を進めるには、期間を延長した一連の排出削減シナリオ⁴が、必要となってくる。2010 年以後の情報を得るためには、SBSTA からの更なる指針が必要なことが、IPCC 第 12 回会合 (メキシコシティ、1996 年 9 月 11-13 日) の会期中に、決議された。

SBSTA は、その第 4 回会合 (ジュネーブ、1996 年 12 月 16-18 日) でこの問題を討議した。この時点では、ハルツマン・トワート・ホックグループ (AGBM) により、排出抑制策の追加提案が表の形にまとめられており、1997 年 1 月 31 日付文書「議定書または他の法的文書の要点に関する締約国への提案の枠組集」(FCCC/AGBM/1997/2) としてまとめられていた。本技術報告書では、これら提案から引き出されたシナリオについてより詳しい検討を行った。FCCC/AGBM/1997/2 では、2

¹ 本報告書では、「国、諸国」をしばしば FCCC の用語「条約締約国」と同義で使う。

² FCCC の第 17 条 (「議定書」) の下での提案。ここでは「排出抑制案」と称する。これらには、付属書 I 諸国に対する排出制限 (ベースライン予測との比較) の案とともに、付属書 I 諸国による 1990 年との比較での排出の絶対的削減についての案も含まれる。FCCC が使用する用語「数量目的」(QELROs) は同じ意味をもつが、一般の読書には明確性が劣る。「議定書」という言葉は、より広い意味を持つため使われない。

³ 以後 § 印の用語は用語集 (付録 - 4) に解説される。

⁴ ハルツマン・トワート: 条約の第 4 条、2(a) と (b) 項の適切性を、議定書やそれに続く決議に関する提案を含め、検討。

7つの締約国（フランス、ロシア）が、時間的な枠組みを設定しない提案を行っている。これら提案は、付属書I 諸国による排出抑制策が気候や海面水準に及ぼす影響の研究に使用するのに適しており、このため、本技術報告書でも、その研究の主な基盤として利用されている。

本報告書の初稿（1997年4月16日）が書かれた後で、7つの締約国から、本技術報告書に関する文書がFCCCに提出された。（FCCC/SBSTA/1997/MISC2、1997年2月17日付けを含む）これら文書は、採用すべき排出シナリオに関する、各国の多様な見方を示すものであった。SBSTAは、その第5回会合（ジュネーブ、1997年2月24-28日）で、本技術報告書の作成にあたり、「IPCCがこれら提出文書を考慮し、適当と思われる場合は報告書に反映させることを求める」とした（1997年4月7日付け、FCCC/SBSTA/1997/4、26(n)項参照）ため、これら提出文書について検討がなされた。これに引き続き、AGBMの第6回会合（ボン、1997年3月3-7日）の報告書「議定書ないし他の法的文書への提案—議長による交渉対話」（FCCC/AGBM/1997/3Add.1）1997年4月22日付けの付属書において、幾つかの新しい提案の提出やすでに提出された提案の撤回がなされた。われわれは、可能な限り交渉過程に忠実であるがために、付属書Aの中でこれら最新提案の概要を取り上げ、それらが本技術報告書で詳細に検討されている排出抑制策とどう関わっていくかについても含めることとした。

1.2 目的

本技術報告書は、付属書I 諸国からのCO₂排出について提案されている抑制策の、地球規模CO₂排出に対する影響について、情報を提供し、さらにはこれら排出抑制策が、CO₂濃度におよぼす結果についての情報を提供することを、目的としている。本報告書はまた、多様な排出抑制案の下での地球規模排出を、CO₂濃度安定（参照：FCCCの第二条⁵）への要求事項と比較して議論し、提案されているCO₂排出抑制策が、地球平均気温や海面水準におよぼす影響についての計算結果も、示すこととする。

ここで留意されたいことは、IPCC技術報告書に求められているものの一つが、既にIPCC評価報告書や特別報告書に記載された資料だけにに基づいたものでなければならないという事である。したがって、ここで述べている結論は、これら先行する報告書と合致したものとなっている。さらに注意を払う必要があるのは、全ての排出抑制案が、1995年6月6日付けのベルリン決定（FCCC/CP/1995/7/付属書1、決定1・CP.1）での合意により、付属書I 諸国のみを対象としている一方で、地球規模のCO₂濃度や気象への影響の分析を行うためには、地球規

⁵ 第2条の記述：本条約およびこれに関連して締約国が採用する法的文書の究極の目的は、条約の関連の条章によれば、大気中の温室効果ガス濃度を気象システムに危険な人為的干渉をおこさせないような一定レベルでの安定化である。そのレベルは、生態系が気候変動に自然に適応でき、食糧生産が脅かされないことを確かなものとし、持続的な経済発展が可能となるような時間的枠組みで達成されなければならない。

模の排出を採用する必要があったことである。非付属書 I 諸国からの排出に関しては、正式な提案はなされていないため、「気候変動対策なし」の IS92a,c,e シナリオ⁶における非付属書 I 諸国からの排出と、種々の抑制案における付属書 I 諸国からの排出とを、組み合わせて、これら地球規模の値を求めた。(ボックス参照)

ボックス: IS92 排出シナリオ

IPCC の 6 つのシナリオ IS92a-f (Leggett 他, 1992 年、IPCC 科学的評価書、以後 IPCC92 と称する、の付帯報告書) は、すでに適用されているもの以外に気候変動対策をとらなかった場合、将来の温暖化ガス排出が、どう展開するかに影響を与える広範囲な仮定条件を表したものである。これらシナリオを作成する上での仮定条件である、経済成長、エネルギー供給、人口増加予測の概要を、表-4 に示した。IS92 シナリオで考慮されているものは：

- * モントリオール議定書のロンドン修正書
- * 世界銀行と国連の人口増加予測
- * IPCC のエネルギーと産業部門分科会報告 (IPCC-EIS、1990 年)
- * 旧ソ連、東欧諸国、および中近東の政治的、経済的変革
- * 熱帯雨林の森林後退や、温室効果ガスの排出源と吸収源についてのデータ

全体として、シナリオが示していることは、新しくそして明白な抑制策がとられない限り、温室効果ガスの排出は、次の世紀中、相当程度上昇がするだろうということだ。

IS92a と IS92b: これらのシナリオは、他の IS92 シナリオと比べて中間的な排出予測をしている。IS92b と IS92a の主な違いは、IS92b が 1992 年の時点での、OECD 諸国の CO₂ 排出安定の公約を考慮している点だ。

IS92c: 本シナリオは、人口増加と経済成長を最も低くみており、化石燃料供給でも厳しい制約を予測している。この結果、これは、最も排出の少ないシナリオで、唯一排出傾向の減少を示すシナリオとなっている。

IS92d: 本シナリオは、IS92c の低い人口増加率を使う一方で、経済成長率を高く見ており、2 番目に予測排出が小さいものだ。

IS92e: 本シナリオは、人口増加は中位、経済成長率を高位、化石燃料供給も十分と予測した。したがって、本シナリオは将来の排出を最も高く予測するものだ。

IS92f: 本シナリオは、IS92 シナリオで最も高い人口増加予測を使い、経済成長予測は低くみている。これは、排出が 2 番目に高いシナリオだ。

⁶ 地球規模排出を計算する他の方法で同レベルのものとしては、特定の排出抑制案の結果としての付属書 I 諸国の排出削減をまず計算し(これは排出抑制案の比較対象の IS92 シナリオによる)、これを同じ IS92 シナリオの値から差し引く方法がある。

これらシナリオの改訂版が IPCC で現在作成中であり、特別報告書として公表される予定だ。

本報告書で使われる排出抑制案は、CO₂のみを対象としたものであり、他の温室効果ガスを対象としたものとは異なった定義で表現されている。本報告書の目的の上では、全ての案は、化石起源のCO₂排出⁷のみに適用されるものと解している。こういう近似を使用する理由については、第3章に述べる。

SBSTAの当初の要請(つまり、排出抑制策が気温や海面水準に及ぼす影響について議論するという)を総合的に完璧に果たすには、例えばメタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)、対流圏内オゾン(O₃)、ハロカーボン⁸といった他のガスの濃度可能性を、全般にわたり(吸収や発生源を考慮して)取り上げる必要がある。また、亜硫酸ガス(SO₂)から発生する亜硫酸エアロゾル⁸の可能性全体についても、検討する必要がある。そのような分析は、本書の目的を越えたものである。他のガスや亜硫酸エアロゾルに関する種々のシナリオの影響結果についての詳細な議論は、IPCC技術報告書3⁸で述べられている。(Schimel 他、1997)

本技術報告書は、排出抑制案の直接的効果のみを議論している。したがって、付属書I 諸国での排出削減が、エネルギー価格や貿易に影響をおよぼし、それが非付属書I 諸国での排出増加となるという「炭素リーク」のような問題や、付属書I 諸国で使われている新技術が、非付属書I 諸国でも利用され、これら諸国での排出を低下させるという「技術移転効果」については議論しない。

⁷ 化石起源CO₂排出とは、化石燃料の燃焼(ガス火炎燃焼を含む)とセメント生産から生じるもの。

⁸ 以後TP3という、同様にTP1、TP2。

2. 主要結論の概要

本研究での主要な結論は次の通りである。

排出

- フランス(FR)やオランダ(NL)の排出抑制案の下での付属書 I 諸国の排出は、IS92 シナリオ中の IS92a、b、e、f、の下での排出よりも、21世紀を通じ低いものとなっている。IS92c や d と比較すると、その差は小さい。IS92a シナリオと比べた場合、抑制案の下での付属書 I 諸国の排出は、2100 年には 30-90%の削減となる。
- たとえ付属書 I 諸国が FR や NL の抑制案に従ったとしても、非付属書 I 諸国からの排出が IS92a シナリオにあるとおりに、1990-2100 年の間増加していくとすると、地球規模の排出は、2100 年では、1990 年の水準の 2 倍から 3 倍になるだろう。

濃度

- 付属書 I 諸国に対する FR や NL 排出抑制案を、IS92 シナリオの非付属書 I 諸国向けと組み合わせると、予想される CO₂ 濃度は、IS92 シナリオのいずれよりも少ないものとなる。IS92 シナリオ (IS92c シナリオを除く) と比べた場合の濃度削減は、最終的には相当量のものとなり、IS92a シナリオとでは、2100 年で 100ppmv、IS92e シナリオとでは、2100 年で 200ppmv 程度の差となるだろう。
- 排出抑制案の効果は、ゆっくりとでしか生じてこない。IS92a での抑制なしの場合と比べると、FR や NL の排出抑制案の最も極端なケース(つまり NL-2%)でも、濃度の削減は、2010 年で 5ppmv、2020 年で 12ppmv、2030 年で 22ppmv にすぎない。これらの数字は、それぞれ 13%、19%、24%分の干渉が存在しない場合の 1990 年水準に対する、濃度増加予想の減少を表している。NL-2%抑制案の効果割合は 2100 年では 35%に上る。
- 炭素循環に対する我々の理解が不完全なことから、CO₂ 濃度の将来予測には不確実性が生じている[§]。しかし、排出抑制案の結果として生じる放射強制力[§]の削減に関する不確実性は小さい。これは、抑制案による排出量削減の累積が、累積排出総量と比べ、小さいものに過ぎないからであり、また、CO₂ 濃度と放射強制力との関係が直線的でないためでもある。

安定化

- 非付属書 I 諸国からの排出が IS92a シナリオや IS92e シナリオに従うとされる限り、排出抑制案の

いずれも、CO₂の濃度の安定化に近づくことなどとはどうも結びつかない。これらの場合、CO₂濃度は、大体575から950ppmvの範囲の値をとり、2100年でも、現在の増加率の2倍(IS92a)、5倍(IS92e)と、依然急速な増加を見せているだろう。

- もし非付属書I諸国の排出がIPCC排出シナリオで最も低いIS92cシナリオに従い、また付属書I諸国がこのシナリオやFR、NLの排出抑制案のいずれかに従うなら、CO₂濃度は2100年の時点で、はっきりとした安定化への志向を示すだろう。
- 前述の2項の主要結論が意味することは、研究したケースによると、人口増加、経済成長、技術的変革その他の要素の組み合わせにより、地球規模排出を、低排出のIS92cシナリオに近似するようにしない限り、多様な排出抑制案が定義しているものを、はるかに超える規模の、地球規模排出削減が必要となってくる。
- 濃度の最終的な安定を大きく支配するのは、現在から安定期までの間に、人為的CO₂排出がどう変化するかよりも、そのような人為的[§]CO₂排出の累積である。このことは、与えられた安定濃度の値においては、初期の何十年間かの排出が高ければ高いほど、後での排出をより低くする必要があることを意味する。

気温と海面水準

- ここで検討している排出抑制案は、地球平均気温と海面水準の将来的な変化に影響を与える。2010年の時点では、NL-2%抑制案の結果としての地球平均気温上昇の緩和は、抑制策なしのケースと比べ、0.1°C (IS92cでの0.7°Cが0.6°Cに、気象感度[§]は1.5°C)から、0.9°C (IS92eでの3.9°Cが3.0°Cに、気象感度は4.5°C)の範囲で推移し、海面水準上昇の減退は、2cm (IS92cシナリオでの12cm上昇が10cm上昇に低下、気象感度は1.5°C)から、15cm (IS92eシナリオでの100cm上昇が85cm上昇に減少、気象感度は4.5°C)までの範囲となる。
- 気温と海面の変化についての結果が詳細に出されているのはNL-2%案についてのみだが、特定の年度までに達成されるこういった変動要因の増加の緩和は、他の緩やかに変化する排出抑制シナリオのいずれにも、容易に一般化して当てはめることができる。

3. 排出抑制案の概要と数量評価

「はじめに」で述べたように、本技術報告書で検討される付属書 I 諸国向けの排出抑制案は、1997年1月31日付のAGBM報告書「議定書または他の法的文書に盛り込む要素についての、締結国提案枠組みの概要」(FCCC/AGBM/1997/2,34-39頁)に書かれているものだ。その(完全に数量的に定義づけられうる提案の)詳細を表1にまとめ、表2にそのCO₂排出絶対量を示した。

表1 付属書 I 諸国対象の排出抑制案の概要 (FCCC/AGBM1997/2、1997年1月31日付け) 全ての削減量は1990年水準に比べてのもの。一部の案は、CO₂のみに適用され、他はCO₂に加えて他の温室効果ガス(GHG)を、恐らくはCO₂排出当量で表現。ここで注意することは、FCCCの使用するGHGという用語は、一般には、モントリオール議定書の管理対象となっているガスを含まない。

コード	提案国	付属書 I 諸国対象排出抑制案
AOSIS*	小島嶼諸国連合	2005年までに CO ₂ 排出を最低 20%削減
AT/DE	オーストリア、ドイツ	2005年までに CO ₂ 排出を最低 10%削減、2010年までに 15-20%削減
BE	ベルギー	2010年までに CO ₂ 排出を 10-20%削減
DK	デンマーク	2005年までに CO ₂ 排出を 20%削減、2030年までに 50%削減
CH	スイス	2010年までに CO ₂ 、N ₂ O、CH ₄ 排出を 10%削減 2010年までに GHG 排出を 5-10%削減
UK	英国	2000年までに GHG 排出を 1990年水準に戻し、2005
ZR	ザール**	年までに 10%、2010年までに 15%、2020年までに 20%削減 (2000年から)GHG 排出を年平均 1-2%削減
NL	オランダ	2000-2010年の間、一人当たり GHG 排出を 7-10%
FR	フランス	削減、2100年までに一人当たり GHG 排出を 1.6-2.2tC/年まで削減
EU	欧州連合	2000年までに GHG 排出を 1990年の水準まで削減 (AT/DE、BE、DK、NL、FR案にも適用されると仮定される)

注：*：小島嶼諸国連合

**：現在ドイツ民主共和国

表2 表1の排出抑制案の下での付属書I諸国の化石CO₂排出(GtC/年)をIPCC92(Leggett, et al., 1992)と、Pepper, et al. (1992)にある1990年の排出量4.59 GtC/年を使い、2000年の値は1990年と等しいとの仮定のもとで、計算したもの。表中の空欄は、該当年に対して特に規定がされていないことを示す。一つ以上の数値は、範囲が特定されていることを示す。

コード	提案国	付属書I諸国の化石CO ₂ 排出(GtC/年)				
		2000	2005	2010	2020	2030
AOSIS	小島嶼諸国連合	4.59	3.67			
AT/DE	オーストリア、ドイツ	4.59	4.13	3.67-3.90		
BE	ベルギー	4.59		3.67-4.13		
DK	デンマーク	4.59	3.67			2.29
CH	スイス	4.59		4.13		
UK	英国	4.59		4.13-4.36		
ZR	ザール	4.59	4.13	3.90	3.67	
NL	オランダ	4.59	4.15-4.37	3.75-4.15	3.06-3.75	2.50-3.40
FR	フランス	4.59		4.10-4.68		3.49-4.72
						*

注：*—2010年と2100年の値から直線的に求めたもの。

表2の作成にあたっては、温室効果ガス(CO₂と特定するのではなく)として表現されている排出抑制案を、化石燃料のCO₂排出だけに適用されるものと解して扱っている。そういった抑制案が、CO₂以外の温室効果ガス排出削減によって、CO₂排出削減(FCCC第3.3条で述べられている「総合的」なアプローチに基づく)に対し追加的に、あるいはその代替として達成されるなら、CO₂排出はここで推定されるよりも大きなものとなる可能性がある。しかし、排出抑制案を、適切な方法で、CO₂当量として表す(例—TP3、2.2章参照)なら、ここで示される気温や海面への影響結果は、CO₂だけの場合にも、温室効果ガス(CO₂当量)の場合にも、等しくあてはめることができる。CO₂と非CO₂排出削減の内訳について何も提案されていないこと、また非CO₂排出削減の効果をCO₂当量で十分数量的に表す⁹方法について合意されていないことから、総合的アプローチによってもたらされる追加的CO₂排出を、数量化することは容易にはできない。

表2に記載した排出抑制案は、2000年での付属書I諸国の排出レベルが、1990年と同等にな

⁹ 地球温暖化ポテンシャル(GWPs)は、他の温暖化ガスの影響とCO₂のそれを比較する手段を提供するものである。しかし、特定のガスに対するGWPs値は、選択した時間的枠組みによって大きく異なる。したがって、GWPsは、特定の時間枠におけるCO₂当量のおおよその値を求めるのに使うことができるにすぎない。

ると仮定している。これは、FCCCの4.2(a)と(b)項に基づいたものである。また、どの案でも、1990-2000年の付属書I諸国からのCO₂排出は、一定値で推移すると仮定している。もし排出抑制案が2000年以降も変更なしで推移するとしたら、CO₂濃度の計算の上でのこういった単純化の影響は非常に小さい。もし1990年代で付属書I諸国の排出がいったん増加し、それから2000年に1990年レベルにまで下がったのであれば、2000年での濃度は、1990-2000年間に累積されたCO₂排出の追加分1GtCごとに、約0.4ppmvの上昇となり、2100年ではCO₂排出の追加分1GtCごとに、0.2ppmvの上昇にまで低下する。¹⁰ 1990年代で可能な排出の範囲では、この濃度への影響は無視できるものである。

もし付属書I諸国からの排出が1990年代に上昇し、2000年でのレベルが1990年のレベルを超えており、またその高いレベルの2000年の値(または他の値)を付属書I諸国の排出の将来的削減のベースラインとして使うなら、これもまた将来の濃度に影響を与える。そういった増加分や、ベースラインレベルに対する、濃度予測の敏感さは、比較的小さい。

ここで論議される排出抑制案は、次の2つのグループに分けることができる。(表3)

(a) 2030年かそれ以前までについての案。(小島嶼諸国連合(AOSIS)、オーストリア/ドイツ(AT/DE)、ベルギー(BE)、デンマーク(DK)、スイス(CH)、イギリス(UK)、ザール(ZR))このグループには、AT/DE、BE、UK案にある低(l)と高(h)の場合それぞれを独立したものとして扱うと10件のケースが含まれる。しかし、特異なものとしては5件になる。([AOSIS:DK]、[AT/DE-l:BE-l]、[AT/DE-h:ZR]、[BE-h:CH:UK-l]、[UK-h])

(b) 2100年までの案(FRとNL)。FRの案は一人当たりの排出をベースにしている。実際の排出量への変換には人口の推計が必要なことから、結果としての排出量は幅広い可能性範囲をとる。これから、この範囲における、低(FR-低)、中(FR-中)、高(FR-高)の排出ケースを想定した。NL案は、2000年以後の総合化石燃料CO₂排出の削減を年平均1%と2%としたNL-1%、NL-2%という2つの極端なケースを設定している。付録2にFRとNLの排出抑制案についての、より詳細な説明を記した。

表3 表2記載の排出抑制案の下での付属書I諸国の化石CO₂排出(GtC/年)から計算されたもの。AT/DE、BE、UK案の低い値(l)と高い値(h)を別々に扱うなら、短期間に関する10の独立した案となる。(例-2030年またはそれ以前までの短期間)しかし、これらのうち5つのケースが他と異なったものである。(DK案は2005年まではAOSIS案と同じ、BE-l案はAT/DE-l

¹⁰ 1990-2000年間の、排出「間違い」に対しても、地球規模排出に関する同等の感度が適用できる。言葉を変えて言えば、もし1990-2000年間の地球規模排出が、ここで仮定するものと異なっていた場合には、その影響は、2000年では、排出「間違い」での累積GtCごとに濃度で0.4ppmvの変化となり、2100年ではそれが0.2ppmvに低下する。

と同じ、ZR 案は 2010 年までは AT/DE-h 案と等しく、CH 案と UK-I 案は BE-h 案と等しい) NL-1% と NL-2% は、2000 年以後 CO₂ 排出削減が複合的に年 1% および 2% で推移することを示す。FR-低、FR-中、FR-高は、一人当たり排出量を基にした可能性範囲から求められる。(付録 2 参照)

コード	提案国	付属書 I 諸国の化石 CO ₂ 排出 (GtC / 年)					
		2000	2005	2010	2020	2030	2100
AOSIS	小島嶼諸国連合	4.59	3.67				
AT/DE-I	オーストリア、ドイツ	4.59	4.13	3.67			
AT/DE-h	“	4.59	4.13	3.90			
BE-I	ベルギー	4.59	4.13	3.67			
BE-h	“	4.59	4.36	4.13			
DK	デンマーク	4.59	3.67	3.40	2.85	2.29	
CH	スイス	4.59	4.36	4.13			
UK-I	英国	4.59	4.36	4.13			
UK-h	“	4.59	4.48	4.36			
ZR	ザール	4.59	4.13	3.90	3.67		
NL-1%	オランダ	4.59	4.37	4.15	3.75	3.40	1.68
NL-2%	“	4.59	4.15	3.75	3.06	2.50	0.61
FR-低	フランス	4.59	4.34	4.10	3.79	3.49	1.34
FR-中	“	4.59	4.47	4.34	4.16	3.97	2.69
FR-高	“	4.59	4.63	4.68	4.70	4.72	4387

排出削減という意味では、抑制案の効果は、その計算の根拠となるベースラインに左右される。ベースラインに幅を持たせるため、ここでは IS92 の付属書 I 諸国化石燃料 CO₂ 排出のシナリオを使っている。図 1 は、これらと FR、NL の排出抑制案とを比較したものだ。ここで示す IS92 排出シナリオ、IS92a、c、e は、他の 3 つのシナリオ、IS92b、d、f、の結果をも包含する。表 4 は、これらのシナリオを作る上で使用された、経済成長、エネルギー供給、人口増加の予測の概要を表している。IS92a や IS92e と比べると、これら抑制案はかなりの排出削減を示している。IS92c との比較では、FR-中と FR-高案は、實際上排出量が増えてしまう。しかし、ここで注意しなければならないのは、IS92c と FR-中や FR-高とを直接に比較するのが難しいことで、これは、後者が中程度または高い (付属書 I 諸国) 人口増加予測を使っているのに対し、IS92c は低い (地球規模) 人口増加予測を使っているためである。(表 4 参照) より一貫性のある比較ができるのは、FR-低と IS92c で、ここでは排出削減案の方が、CO₂ 累積排出で、IS92c より若干少ない排出量を示している。NL-1% と NL-2% は両方とも IS92c よりも少ない値をとる。NL-2% の場合は、その数字は (排出累計に対する割合で) 相当なものとなる。

表4 IPCC92 (Leggett, et al., 1992, 表 A3.1、A3.2) の IS92 排出シナリオで仮定条件として使われた経済成長率、エネルギー供給、人口予測。経済成長率は、一人当たり GNP の変化率で表し、2025-2100 の数値は、1990-2025 年と 1990-2100 年の数字から計算されたもの。エネルギー供給は、1990-2100 年の通常の石油とガスについてエクサジュール(EJ)の単位で表現したもの。人口予測については、国連の中位-低位、世界銀行と国連の中位-高位の予測を使用した。これら予測は 10 億人(bn)の単位で表している。各国は、先進国(DEV)と、他の地域(RoW)とに分けたが、ここで「先進国」とは(1990 年の分類で) OECD、USSR、東欧とを合わせたものとする。本技術報告書上の計算は、これらが付属書 I 諸国と非付属書 I 諸国のグループ分けに対応するものとしており、データの性質上の不確実性については合理的な近似値をとるものとする。

	IS92 排出シナリオでの仮定条件概要				
	IS92a, b	IS92c	IS92d	IS92e	IS92f
経済成長率 (1990-2025 年)					
(一人当たり GNP)	2.9 %	2.0 %	2.7 %	3.5 %	2.9 %
経済成長率 (2025-2100 年)					
(一人当たり GNP)	2.02 %	0.81 %	1.67 %	2.77 %	2.02 %
エネルギー供給: 石油とガス(EJ)					
(1990-2100 年)	25,000	15,300	15,300	31,400	31,400
人口予測 (10 億人)	世界銀行	国連 (低-中)	国連 (低-中)	世界銀行	国連 (中-高)
先進国人口 1990	1.266	1.266	1.266	1.266	1.266
2025	1.435	1.340	1.340	1.435	1.579
2100	1.416	0.840	0.840	1.416	2.215
他地域人口 1990	3.986	3.986	3.986	3.986	3.986
2025	6.979	6.251	6.251	6.979	7.866
2100	9.896	5.575	5.575	9.896	15.377

4. 排出抑制案の下での地球規模CO₂排出

多様な排出抑制案の下での地球規模CO₂排出を計算するため、多様な排出抑制のケースにおける付属書I諸国の排出と、「no-climate-policy（気象対策なし）」IS92シナリオ（第1章ボックス参照）で規定される非付属書I諸国からの排出とを組み合わせた。このアプローチは、ベルリン議定書の中で、現段階の交渉において議定書は、「付属書Iに含まれない締結国にいかなる新しいコミットメントをも導入しない」としている条項に合致したものだ。図2では、IPCC92(Leggett 他、1992年)とPepper 他(1992年)で示された、地球規模排出の値¹¹から、付属書I諸国の値(図1)を差し引いて、IS92a、c、eシナリオにおける非付属書I諸国の値を求めたものだ。

図3は、付属書I諸国の排出が多様な抑制案に従い、非付属書I諸国の排出がIS92aシナリオに従うとした場合の、2030年までの地球規模化石CO₂排出を示している。注目は、DK案を例外として、他の案はFR案とNL案の枠内に入ることだ。図4では、付属書I諸国の排出にFRやNL案を適用し、非付属書I諸国の排出にはIS92a、c、e排出シナリオを使った場合の種々の組み合わせにおける、2100年までの地球規模排出を表している。使用した人口増加予測の一貫性を確保するためには、FR-中はIS92aと、FR-低はIS92cと組み合わせる必要がある。付録2に説明するように、FR-高は、異なった人口増加予測を使ってはいるが、排出を最大限にするために、つまり排出抑制案の効果を最小限にするために、IS92eと組み合わせる。¹²

¹¹ ここで注意しておかなければならないのは、IPCC92で与えられている1990年の地球規模化石CO₂排出の数値は6.2 GtC/年であることだ。しかし、現時点で全てのIPCCのCO₂濃度計算に採用されているのは、ここにもあるとおり、より新しい数値である地球規模合計6.10 GtC/年(例-Enting 他、1994年、表A-3)である。詳しくは付録書3に記載されている。

¹² FR-中とIS92eとの組み合わせ(採用した人口予測のベースではより一貫性がある)は、FR-高とNL-1%の場合の間に入る抑制シナリオにつながり、FR-高よりは、NL-1%の方により近いものとなる。

5. 排出抑制案のCO₂濃度への影響

図3と図4に示した地球規模排出シナリオは、炭素循環モデルを使った将来的なCO₂濃度と解釈される。これらは、以前にIPCC第二次評価報告書(SchimeI他、1995)の中の作業部会1¹³とTP3の中で使われた次の3つのモデルを使って計算したものである。

- Jain他(1995)
- SiegenthalerとJoos(1992; Joos他1996も参照)
- Wigley(1993)

3つのモデル全てで、似た結果が得られている。ここでは、SiegenthalerとJoosのモデル(SAR WG1とTP3ではバルモデルと呼んでいる)の結果だけを示した。これらの計算を行う上では、多様な排出抑制のケースで規定されている化石燃料CO₂排出だけでなく、土地利用の変化にともなう排出についても特定する必要がある。ここでは、IPCC92にあるIS92a、c、eの土地利用変化排出シナリオで該当するものを使っている。(Leggett他、1992)

濃度への影響を検討したのは、(a)2030年まででは、排出抑制案の全てについて、そして(b)2100年まででは、そこまで延長した分析、という2案(つまりFRとNL案)についてである。

(a) 2030年までの濃度影響

図-5に示したのは、付属書I諸国に関しての全抑制案について、その提案されている抑制案と、IS92aの排出シナリオでの非付属書I諸国排出(排出については図-3参照)を組み合わせて求めたCO₂濃度である。この場合、排出削減の程度を決定づける付属書I諸国のペ-スライムも、やはりIS92aシナリオである。IS92a排出シナリオの原案(抑制なし)でのCO₂濃度も、比較対照として示した。(つまり、付属書I諸国と非付属書I諸国の双方の排出がIS92aシナリオに従った場合)2030年までの期間での排出量の違いが、比較的幅広いことから(図-3参照)、濃度の違いも小さいものとなる。(図-5参照)2010年では、排出抑制案による差は3ppmv以下で、抑制策なし(IS92a)の場合よりも3.7から6.2ppmv、少ない形となる。濃度の差は小さく、これは、その時点(2010年-2030年の間)での排出が、抑制案により大きく異なっても、その地球規模排出の差の累積は、排出の累積合計と比べると、どの案の場合でも小さいからである。

2030年まで延長されている排出抑制案4件では、濃度はIS92aの抑制策なしの場合より14-25ppmvほど低くなっている。最も濃度の低いのはDK案(表2と3参照)で、次に低いもの(NL-2%)よりも3ppmv低くなっている。従って、濃度の範囲としてはFRとNL案で十分代表されることになる。

¹³ 以後 SAR WG1 と呼ぶ：同様に SAR WGII。

(b) 2100年までの濃度影響

図-6に、図-4に示した排出（つまり、付属書I諸国の排出に関するFRとNLの排出抑制案と、IS92a、c、eシナリオでの非付属書I諸国の排出を組み合わせたもの）に関し2100年までの濃度変化の結果を示した。この図から、将来のCO₂濃度削減に対する、異なった抑制案の長期的な影響が分かる。

付属書I諸国の排出削減のバリエーションをIS92aとした場合の抑制案では、濃度の削減はかなりのものである。しかし、注意しなければならないことは、これら全ての場合において2100年でのCO₂濃度は、産業革命前のレベルの2倍（すなわち278x2=556ppmv）を超えること、またこの時点でも急激に上昇している（2100年での増加は3ppmv/年以上、1980-1989年の長期平均は約1.5ppmv/年、SAR WG1、図2.2参照）こと、そしてCO₂の濃度が安定化する兆しがないことである。

付属書I諸国の排出のバリエーションとしてIS92eを使用する場合も、質的にはIS92aと同じである。バリエーションが高いことから、抑制案による排出の削減は大きくなり、そのため、CO₂濃度の削減も大きくなる。とはいえ、2100年では濃度は依然高いレベルにあり（産業革命以前と比べ2.6-2.9倍）、その時点でも急速な増加をみせる（7-9ppmv/年、現在の増加率の約5倍）。安定化への傾向も現れない。

バリエーションとしてIS92cシナリオを使う場合には、IS92aやIS92eの場合とは明らかな違いがある。IS92cの場合、抑制案の結果としての濃度削減ははるかに緩やか（8-33ppmv）である。これはIS92cでの付属書I諸国の排出が、抑制案でのそれに（図1参照）きわめて近似しており、また、IS92cの下での非付属書I諸国の排出は、IPCC排出予測中最も低い値であって、決して4GtC/年を超えることがないためである（図-2）。抑制案が導入されるなら、CO₂濃度安定化への傾向が明らかとなってくる（2100年での排出傾向を2100年以後にまでのばして推論するなら、結局は500ppmvで安定化）。2100年では、IS92cを排出のバリエーションとする全ての場合において、濃度の上昇が現在の増加率（1.5ppmv/年）よりもかなり低いものとなる。これは元々のIS92c地球規模排出シナリオ自体の場合もそうである。

こういった濃度についての研究結果が、炭素サイクルのモデルでの不確実性に関する、SAR WG1（Schimel 他、1996）やTP3での詳細な議論の対象となっているのは、言うまでもない。こういった不確実性の一部は、以前のIPCCでの作業で使われたWigley（1993）の方式によって数量化できる可能性がある。不確実性についての推定は、1980年代での土地利用変化による実質排出の平均値¹⁴を、変動させることで求められる。Dn80sは、1980年代の炭素収支を確実

¹⁴ この数量をDn80sで表す。Dnは実質森林後退の略称である。

に均衡させるように、炭素サイクル計算を行う場合の初期値として使われている（手法の詳細については Enting 他、1994、および TP3 を参照）。Dn80s を変化させるということは、つまり、1980 年代の炭素収支の中間値をバランスさせるのに使われている陸上 CO₂ 固定能力肥沃化[§] (CO₂ fertilization) の規模を変えるということである。もしここでの固定能力肥沃化効果が、既に定義されている現実的な限度の範囲内に抑えられるとするなら、この方法で、大気から海への CO₂ の流れの不確実性 (Wigley、1993; Enting 他、1994) も扱える。Dn80s 値 = 0.4-1.8GtC/年 (標準の中間値 1.1GtC/年に対し) を使うと、この不確実性の範囲についての理にかなった推定値が求められる。Dn80s 値が低いことは、CO₂ 固定能力肥沃化の規模を小さくすることになり、このことで(大気)濃度は高くなる。これは逆も同じである。例えば IS92a (抑制なし) の場合、2100 年での濃度の不確実性は、おおよそ ± 50ppmv (表 5 参照) である。SAR WGI (Schimel 他、1996) と TP3 に注釈されているように、陸上の生物圏や海洋での気象関連変動の可能性から、それにとまなう他の不確実性があり、これがここでの不確実性の範囲をかなり広げることもありうる。

与えられた場合のいずれでも、濃度レベルの不確実性はかなり大きい。多様な排出抑制案の結果おきる濃度削減においては、不確実性はかなり小さくなる - 非付属書 I 諸国の排出が IS92a に従う場合では約 ± 10ppmv (表 5 の括弧内の値参照) である。これはなぜかという、どういう排出のケースでも、制限を課するベ-ラインに応じた濃度の不確実性の対象となるからである。抑制案では、ベ-ラインに対して累積排出上の変動が 20% を超えない程度であり、そのため、抑制案に伴う濃度不確実性は、ベ-ラインに伴う濃度不確実性の 5 分の 1 となる。このために、排出抑制案のケース相互の、濃度の違いによる不確実性は、比較的小さいのである。しかし、炭素サイクルの動きに大きな変化がおきた場合は、そうはいかなくなるかも知れない。放射強制力の違いで表す場合は、不確実性の差はさらに小さくなる (表 6 参照)。この不確実性上のさらなる削減は、放射強制力と CO₂ 濃度の関係が直線でない (対数関数) (IPCC 科学的評価書¹⁵ - Shine 他、1990 年) ことからおきてくる。より大きな濃度の不確実性は、ベ-ラインの濃度が高い場合 (つまり IS92e) におきるため、濃度変化単位ごとの放射強制力の影響は小さくなる。

表5 2100 年での地球規模 CO₂ 濃度 (ppmv) と付属書 I 諸国の排出を排出抑制案通りとし、非付属書 I 諸国の排出を IS92a に従うとして組み合わせた場合の排出抑制案 (NL-1%、NL-2%、FR-中) ごとの濃度削減 (括弧内)。濃度の値は各年の中間値。削減は「排出抑制なし」(IS92a) と比較したもの。予測値は、炭素サイクルでの不確実性を反映するため、1980 年代の土地利用変化に伴う平均実質排出量 (Dn80s、GtC/年) の 3 つの異なるケースについて求めた。Dn80s の値が小さければ、CO₂ 固定能力肥沃化が低く、濃度が高くなる。ここで、IS92a の不確実性の範囲が ± 50ppmv であるのに対し、濃度削減の不確実性の範囲が ± 10ppmv であることに注目されたい。

¹⁵ 以後 IPCC90 と称す。

Dn80s (GtC / 年)	0.4	1.1	1.8
2100年の地球規模 CO ₂ 濃度 (ppmv)			
排出抑制なし (IS92a)	766	712	667
NL-1%	656 (110)	613 (99)	578 (89)
NL-2%	626 (140)	586 (126)	554 (113)
FR-中	679 (87)	634 (78)	597 (70)

表6 排出抑制案がない場合とFRおよびNL排出抑制シナリオによる削減のある場合での1990年から2100年 (Wm^{-2}) の放射強制力増分。IS92aの場合の結果は、炭素サイクルモデルでの不確実性を示すため、1980年代の土地利用変化に伴う実質排出量中間値 (Dn80s, GtC / 年) の異なる値について求めた。Dn80sの値が小さければ、CO₂固定能力肥沃化が低く、濃度が高くなる。表5にこれらの場合の濃度値を記載した。ここで、放射強制力での違いが、Dn80sの値に対し、比較的感度が低く、したがって炭素サイクルモデルの不確実性に対しても、そうであることに注目されたい。強制力の計算では、IPCC90での標準的な関係 (Shine 他、1990) を使用した。

	IS92a			IS92c	IS92e
Dn80s (GtC / 年)	0.4	1.1	1.8	1.1	1.1
1990-2100間の放射強制力変化 (Wm^{-2})					
排出抑制なし	4.87	4.40	3.99	2.03	6.19
排出抑制シナリオなしの場合と比べた放射強制力削減 (Wm^{-2})					
NL-1%	0.98	0.94	0.90	0.10	1.38
NL-2%	1.27	1.22	1.17	0.43	1.62
FR-低				0.12	
FR-中	0.76	0.73	0.70		
FR-高					0.89

6. 安定化要求に対する排出抑制案

非付属書 I 諸国の排出を IS92a や IS92e ペースで組み込む場合、付属書 I 諸国に対するどの排出抑制案も、CO₂ 濃度安定化には至らないこと、そして FCCC の究極の目標は温室効果ガスの濃度安定化であることから、本章ではこの目標を達成するにはどういった追加的排出削減策が必要かを考察する。ここでは、SAR WG1 (Schimel 他、1996) と TP3 で記述され、議論されている、安定化に必要な地球規模排出を、FR と NL の抑制案における排出と比較した。

非付属書 I 諸国の排出を IS92a や e とした場合、2100 年での濃度は最も強力な抑制策がとられたとしても、おおよそ 575 から 950ppmv の範囲となる。これは、非付属書 I 諸国の排出を IS92c とし、付属書 I 諸国の排出と組み合わせた場合とは質的に異なってくる (図-6)。これらの場合、種々の排出抑制案の下での濃度が、2100 年には、1990 年のペースよりかなり緩やかな増加となり、約 500ppmv かそれ以下での安定化への傾向を見せる。こういった結果が意味することは、低排出の IS92c シナリオに近似する地球規模排出になるように、人口増加、経済成長、技術革新などの要素が組合わせられない限り、種々の排出抑制案で定められる排出削減を超えた、大きな地球規模排出削減が必要となるということである。

安定化を達成しようとするなら、炭素サイクル自体によって、地球規模排出の取りうるコースが制約されてくるが、その制約の範囲は、安定化が達成されるような濃度変化のコース (あるいはプロファイル¹⁶) で決められる、(与えられた安定化目標がどのようなものであっても) 比較的限られた範囲である。"S"と"WRE"の濃度プロファイル間の排出量の違いがこの範囲を表しており、さらなる例は、Wigley 他 (1996、図-2) に示されている。異なった安定化プロファイルでの CO₂ 排出をいろいろな排出抑制のケースと比べるなら、炭素サイクル排出の限界と抑制シナリオの間の差によって、特定の安定化濃度目標に達するには、どのくらいの追加的地球規模排出削減が必要かがわかる。注意することは、これらの計算でわかるのが、必要な追加的地球規模排出削減だけだということだ。こういった追加的削減を、非付属書 I 諸国と付属書 I 諸国間で、あるいは時空間の間でどう配分するかは、政治的そして経済的配慮によって左右される。

図-7 では、非付属書 I 諸国の排出が IS92a シナリオに従うとして、FR と NL の排出抑制案では地球規模排出がどうなるかを、達成される濃度安定化レベル 450、550 (産業革命以前のレベルのおおよそ 2 倍 - $2 \times 278 = 556$ ppmv)、そして 650ppmv での排出コースと比較した。濃度プロファイルは、"S"

¹⁶ IPCC では、排出の濃度変化の効果を、2 つの異なる濃度プロファイル ("S"と"WRE") を使って表している。与えられた安定化レベルでは、2 つのプロファイルは、かなり広い可能性範囲をとる。"S"のコースは、Enting 他 (1994) に定義され、"S"は安定化 (Stabilization) の略。"WRE"のコースは、Wigley, Richels, Edmonds (1996) で定義され、著者の頭文字をとったもの。"S"シリーズの排出では、IS92a シナリオの中心と比べ、早ければ 1990 年から違いが出てくるが、"WRE"シリーズの排出では、安定化レベルより 2000 年かそれ以後までは、IS92a に従う形となる。

と「WRE」の両方で考察した。安定化の場合の排出結果は、ヘルゲンル (Siegenthaler and Joos、1992 年) で定められたもので、SAR WG1 (Schimel 他、1996 年) や TP3 でのものと同じである。注意してほしいのは、今現在、どの安定化レベルが適切かということでの合意がされていないことだ。SAR WG1 (Schimel 他、1996 年) や TP3 では、ここに加えて、安定化レベル、350、750、1000ppmv でも検討がされている。ここに記した結果は、可能性という意味では中程度の範囲のもので、他の場合にも簡単に一般化できるものだ。

450ppmv の安定化レベルでは、排出抑制のケースは、次世紀の最初の数十年間「S」と「WRE」の間をとり、その後は、安定化コースでの排出のどちらよりも、上に増加していく (図-7)。したがって、450ppmv の安定化目標を選択するなら、抑制シナリオで与えられている排出を超える、追加的で、やがては相当量になる地球規模排出削減が、21 世紀の早い時期に必要となってくる。濃度が 550ppmv 以上で最終的に安定化するとするなら、地球規模排出は、21 世紀の少なくとも最初の数十年間は提案されている抑制案のコースをとることが許されるが、いずれは、抑制案のコースより低くするような相当量の削減が必要となってくるだろう。より高い安定化濃度目標では、抑制案のコースをより長期間たどることが提案でき、それでも実質的に目標に達することができる。

一般的な結果からすると、地球規模排出が濃度安定化につながらないコースから外れるのが遅いほど、その後の安定化達成のために必要な排出削減の程度が大きくなっていく。この原則は、「S」と「WRE」の排出コースの比較で、明らかに実証できており、後者が当初 IS92a シナリオに従っているのに対し、「S」コースの方は 1990 年から IS92a から離れていっているのに注意する必要がある。同じように、IS92a シナリオの非付属書 I 諸国の排出と排出抑制策との組み合わせではどれも安定化に近づかないことから (図-6 参照)、地球規模排出がこれら抑制案のコースから離れていくのが遅ければ遅いほど、与えられた濃度安定目標を達成するため、より大きな将来的排出削減が必要となる。さらには、特定の抑制案コースに従う期間が長ければ、それだけ、気象システムへの累積的影響 (つまり、地球平均気温の上昇や海面水準上昇の削減を通じた影響) が小さくなっていく。—Wigley 他 (1996 年、図-3) など参照。

これらの結論は、非付属書 I 諸国の排出が IS92a シナリオに従うとした場合に特に当てはまるものである。既にのべたように、非付属書 I 諸国の排出が IS92c シナリオをとり、付属書 I 諸国が IS92a やいずれかの抑制案に従うなら、若干の追加策または追加策がなくても、500ppmv に近い水準で安定化がおきるだろう。しかし、もし非付属書 I 諸国の排出が IS92e のコースをとるなら、IS92a の場合より早い時期で、排出抑制案以上の地球規模排出削減を追加実現することが、必要となってくると予想される。

こういった結果がでてくるわけは、濃度安定化を実現するには、どの濃度安定目標値を選ぶにしても、現在増加傾向しつづけている CO₂ 排出を、いずれは逆転することが必要だからである。非付属書 I 諸国の排出が IS92c で推移する場合の排出抑制案では、その逆転は 21 世紀

はじめにおき、2100年には、濃度安定化へ向けての傾向がはっきりしてくる。非付属書I諸国がIS92aやIS92eのシナリオをとる場合の排出抑制案では、21世紀をとおして地球規模排出が増加し続ける。(図-4参照)この傾向を逆転するには、かなりの追加的排出削減が必要になってくる。排出傾向を逆転できるかどうかには、経済的、社会的、技術的そして政治的な限界があるが、そういった限界要因の考察は、本書の目的を超えたものである。より詳しい情報についてはTP3を参照されたい。

多様な排出抑制案は、また気候変動に対しても異なる影響を及ぼし、それは、広い意味では、地球平均気温や海面水準への影響を通じて評価することができる。これらの影響については次の章で考察する。

7. 各種排出抑制案の地球平均気温と地球平均海面水準に関する影響結果

各種排出抑制案が、地球平均気温と地球平均海面水準に及ぼす影響結果を求めるため、SAR WGI (Kattenberg 他、1996 年) で採用されたモデルを用いた。これらモデルについての詳細は Raper 他 (1996 年) と TP2 (Harvey 他、1997 年) にのべられている。ここでの計算には幾つかの不確定要素があり、その主要なものは、(a) 排出抑制案の範囲や非付属書 I 諸国の排出についての仮定、(b) 関係する物理的なプロセスに関する我々の理解の不確実性、(c) CO₂ 以外のガスの影響をどう見るかについての選択、などから生じてきている。

(a) 排出抑制案の範囲や非付属書 I 諸国の排出についての仮定

異なる抑制案により生じる影響可能性の範囲を測るため、最も極端なケースである NL-2% についてのみ検討した。非付属書 I 諸国については、CO₂ 排出が IS92a、c、e シナリオに従うという 3 つのケースで、考察した。非付属書 I 諸国の排出を特定する必要がある、これは、付属書 I 諸国の削減の影響は、地球規模排出のレベルに依存するからである。地球規模排出の規模が小さい場合は、大きい場合と比べて、同一の (付属書 I 諸国排出) 削減量であっても、放射強制力、気温変動、海面上昇に与える影響が大きくなる。¹⁷ こういった重要な影響を及ぼすとはいえ、排出の変動範囲 (特定の時点での各種排出抑制案により生じる変動範囲) が比較的小さいなら、気温や海面の反応は、依然として、地球規模排出にほぼ直線的に比例する。このため、ここで述べる結果を、直線的関係で一般化することが可能である。既に述べられているように、ここでの結果は、排出抑制案を CO₂ 当量で表現した場合にも当てはまる。(TP3 参照)

(b) 物理的なプロセスについての不確実性

関係する物理的なプロセスについての我々の理解の不完全さからくる不確実性を数量化するため、ある範囲の感度パラメータ値を使用した。これは、SAR WGI (Kattenberg 他、1996 年) でも使われた手法である。地球平均気温については、3 つの気象感度値を使ってシミュレーションを行った。これは、CO₂ 倍増での地球平均気温上昇の平衡値 (T2x) を 1.5、2.5、4.5 とした場合である。他の全ての気象感度パラメータは、SAR WGI で使用されたものを使い、シミュレーションにも、同文書で使われた熱塩循環 (thermohaline) の緩慢化や、陸地・海面での気象感度差を使用した。気象感度以外のパラメータから生じる不確実性は、比較的小さく、これは、例えば Wigley and Raper (1993 年) の報告書により実証されている。海面水準については、融氷パラメータが低、中、高の場合で検討した。海面水準の不確実性の範囲を、より詳しく知るため、SAR WGI (Warrick 他、1996

¹⁷ こういった効果は、主に放射強制力が CO₂ 濃度に非直線的 (対数的) に比例するからである。CO₂ については、地球規模排出が小さい場合、与えられた排出削減によっておきる濃度減少は、実質上少なくなる。しかし、この効果は、非直線的な強制力と濃度の関係により、相殺されてあまりがある。

年)と同様、これらパラメータを、気象感度の低、中、高の場合と組み合わせた。

(c) CO₂ 以外のガスの影響

他のガスの影響を探るため、それらの排出についての理想的な“バースライン”のケース、特にTP3で使用しているバースラインのケースを使っている。ここでは、CH₄、N₂O、SO₂の排出は、それぞれの1990年の値を保持することとし、ハカポンはモントリオール議定書⁸のコミットメント修正書に合致したシナリオで推移するとした。CH₄とN₂Oの排出では、これらのガスの1990年の値のパラメータを確保するために、SAR WGI (Kattenberg 他、1996年)と同様、IS92シナリオで与えられている値を調整している。1990年の値を定数とすることは、TP3との統一性という利点だけでなく、IS92シナリオ間での非温室効果ガス排出の違いにより、生じる可能性のある複雑化も回避できる。さらに、TP3での感度の研究結果を参照することによって、CH₄、N₂O、SO₂排出が、一定排出のケースから外れた場合に、これら結果がどう影響されるかを、個別に推定することも可能となる。

NL-2%排出抑制シナリオにおける、地球平均気温と海面水準への影響結果を図-8と-10に示した。これらの数字は、地球規模CO₂排出がIS92a、c、eシナリオに従うという「抑制なし」の場合と、非付属書I諸国の排出がIS92a、c、eシナリオに従い、付属書I諸国はNL-2%に従うという「抑制あり」の場合とを比較したものである。それぞれの数字は、3つの気象感度値 (T2x=1.5、2.5、4.5) と、海面水準結果に関する低、中、高の融氷推定値との組み合わせについての予測値を示している。

NL-2%排出抑制シナリオの影響で、地球平均気温や海面水準が抑えられるかどうかは、付属書I諸国の排出のバースラインとして使われた排出シナリオ (IS92a、c、e)、地球規模総排出量 (つまり非付属書I諸国の排出の設定)、そして気象感度や融氷パラメータによって、左右される。付属書I諸国排出のバースラインが高い場合には、削減量は大きくなる、というのは、これらの場合、どの抑制案であってもより大きい排出削減となるからであり、また、気象感度や融氷値が大きい場合にも、削減量が大きくなる。2100年の時点でのNL-2%の場合の気温低減 (気象感度は低から高) は、(バースライン) IS92aで0.34-0.68、IS92cで0.11-0.23、IS92eで0.44-0.91である。これに対応する海面水準の降下は、IS92aで4.5-11.5cm、IS92cで1.6-4.6cm、IS92eで6.2-15.0cmである。

ここで考察したケースにおいては、特定の年度でのCO₂排出、その年度までのCO₂排出の累積、その年度でのCO₂濃度と放射強制力、それと対応する気温や海面水準 (どういう組み合わせのバースラインでも) との間には、密接で実証された関係があることから、現在の結果を一般化して、特に考察しなかった他のケースに当てはめることは可能である。上記の関係では、特定の年度での気温や海面水準の変化が、その年度でのCO₂排出のレベルとほとんど直線的に比例するという特徴がある。これは、図-11の2020年のものに示されている。他の年度についても、同様の結果を導くことができるが、年度が先にいけばいくほど、直線的な関係からは、やや

ずれてくる。ここで考察しなかった排出抑制の場合についての2020年での結果を求めるには、ただ単に、図-11に2020年での適切な排出値を入力し、データ上の点に当てはまる直線を使って、選択された気象感度値と気温や海面水準の変化を読みとる。全ての変化は経時的にはほとんど直線に近いことから、2020年の結果を、図-8や図-10を使って他の年度に一般化して当てはめる事も可能である。しかし、こういった計算方法は、注意して扱う必要がある。排出が、ここで考察したケースと同程度に、スムーズな経時変化をする場合にのみ、適用することができる。

付録

付録1 最近の排出抑制案

本文書主文に注意書きされているように、本技術報告書の初稿が作成された後、AGBMの交渉文書（FCCC/AGBM/1997/3/添付1、1997年4月22日付）の中で、新規の排出抑制案の提案や、案の撤回がされている。この交渉文書には、提案を提出している締約国の名前は含まれていないが、本書では、区別できるように、国名をつけ加えた。（表-A1）1つの案を除き、これら提案は、特定の数量単位で表現するなら、すでに考慮されている可能性の範囲におさまる。現在の所、どの提案も承認されておらず、そのため、提案されている排出抑制策についての影響分析はどれも、影響可能性の範囲を示唆するものとしてしか、考えることはできない。第7章に、どのようにすれば、すでに求められた結果を使って、新しい状況を容易に数量化できるかについて示した。したがって、我々の判断では、提案13（フィリピン）を除き、新規提案を使って新しく計算を行う必要はない。（フィリピン案についても、厳密に言えば、必要はない、というのは、前に示された材料からの類推で、その影響を簡単に求めることができるためである。）注意しなければならないのは、これら提案の幾つかが、特定の数量上の提案をするというよりも、排出抑制案を構成する原則に関わったものであるということである。これらの一部では、非特定の数量や日程を示す必要がある。ここでは、付属書I 諸国の変化割合を P_1 , P_2 などで表し、日程を x , y , z を年数として、 $[2000+x]$, $[2000+y]$, $[2000+z]$ で表した。原文（FCCC/AGBM/1997/3/添付1、1997年4月22日付）では、多くの提案の内容について、ここに示すよりも詳しい記述がされている。

表A1 本技術報告書の初稿以後提案された排出抑制案（FCCC/AGBM/1997/3/添付 1、1997年4月22日付）

提案	提案国	対象国	排出抑制案 (FCCC/AGBM/1997/3/添付 1、1997年4月22日付)
1	トリニダード・トバゴ、AOSIS 代表	付属書 I	2005年までに、CO ₂ を1990年比20%削減し、他のGHGについても特定の目標と日程を承認する。
2	オーストラリア	付属書 A ¹⁸	各国のGHG排出目標を2010年で、1990年比-30から+40%の間にしなければならないとする。
3	オランダ EU とその加盟国を代表	付属書 X ¹⁹	2000年以後の特定の時間枠内に、GHG排出を1990年比相当量の削減をする。 CO ₂ , CH ₄ , N ₂ Oを合わせた排出削減を、2005年では少なくとも7.5% ²⁰ 、2010年では15%とする(比較年は1990年)HFC, PFC, SF ₆ については、遅くとも、2000年には、上記削減目標の対象ガスに追加すること。
4	アイルランド と ルウェー	付属書 I	(a) [2000+x1]から[2000+x2]の間に、GHGの実質排出量を、1990+z1年比(または同等の期間の平均で)P1%削減。 (b) その後の[2000+y1]から[2000+y2]の間にGHGの実質排出量を、1990+z2年比(または同等の期間の平均で)P2%削減。 「ルウェーは、差違化、統括性、柔軟性、調和の条件の下で、付属書 I 諸国GHG排出を2020年までに、10-15%削減を提案」 ²¹
5	日本	付属書 I	各国は、次の2種の規定のいずれかの選択が可能。 (a) [2000+x]から[2000+x+[5]]の間で、一人当たりCO ₂ 排出を特定の水準以下にする。 (b) [2000+x]から[2000+x+[5]]の間で、CO ₂ 排出を、1990年レベルよりP%削減。

			排出抑制案
--	--	--	-------

¹⁸ 付属書 A は、現在条約上付属書 I としてリストされている国をリストしたもののだが、OECD の新規加盟国など、他の国にも開放したものとする。

¹⁹ 付属書 X は、現在条約上付属書 I 諸国としてリストされている国に、加アチ、チコ、北アフリカ、メソ、韓国、ロシア、ロシアを加えたもの。開発途上国や経済移行国を加えることも可能。条約の付属書 I 諸国では、ロシアが 1 国としてリストされている。

²⁰ この削減目標「最低 7.5%」というのは、1997 年 6 月 19 日のカンクン決議で合意されている。

²¹ AGBM 第 6 回セッション(1997 年 3 月 3-7 日、ボン)でのルウェーの発言。

提案	提案国	対象国	(FCCC/AGBM/1997/3/添付 1、1997 年 4 月 22 日付)
6	ロシア連邦	付 属 書 A と他の途 上国	2000-2010 年の間、GHG の平均排出量を 1990 年レベルか、他の 合意された基本年のレベルで維持。排出削減は 2010 年以後。
7	スイス	付 属 書 I	第一段階として、2010 年までに、全 GHG 排出量を 1990 年比 10%削減。
8	ニュージーランド	付 属 書 [*] ²²	[2000+x]年以後、Y 年の間、n 年ごとに GHG 排出抑制の公約 を設定する。
9	パル	付 属 書 I	(a) 2000 年までに GHG 排出を 1990 年レベルに戻す。 (b) CO ₂ 排出を 2005 年までに 1990 年比 15%削減し、他の GHG については、現実的な 2005 年の目標を設定する。 (c) 2010 年までに、GHG 排出を 1990 年比さらに 15-20%削減。 (本提案には、目標を達成しなかった国への排出削減罰則条項 を含む。)
10	米国	付 属 書 A ²³ と付 属 書 B ²⁴	(a) 付 属 書 A と B の各国は、排出予算と呼ばれる、複数年の GHG 実質目標を割り当てられる。 (b) 各付 属 書 A 国の排出予算は、その 1990 年の排出量 X 予算 期間の年数に対する一定の割合に等しいとする。 (c) 各付 属 書 B 国の排出予算は、各国が提案し、既存の付 属 書 A、B 各国との合議 ²⁵ で合意されたものとする。 (d) 排出予算は、排出量取引、排出権つき共同実施、そしてバ ンキングにより、拡大することができる。
11	コンゴ民主共 和国	付 属 書 I	2000 年までに GHG 排出を 1990 年水準に戻した国は、2005 年 までに 1990 年比 10%、2010 年までに 15%、2020 年までに 20% 削減。(目標を達成しなかった国への、排出削減の罰則を含 む。)

²² 付 属 書 [*] 諸国には、条約の付 属 書 I 諸国と、議定書の下での拘束力のある排出抑制公約を受け入れる
他の諸国を含む。

²³ 米国案では、付 属 書 A には、条約の付 属 書 I 諸国に、第二条の規定に従って、後日加入した国を含める。

²⁴ 付 属 書 B 諸国には、議定書締結の前に、この付 属 書にふくまれることを希望するむね、表明した、付 属
書 A に含まれない国と、第 2 条の規定に基づいて後日加入した国を含める。

提案	提案国	対象国	排出抑制案 (FCCC/AGBM/1997/3/添付 1、1997 年 4 月 22 日付)
12	タンザニア共和国連邦、ケルプ 77 と中国を代表	付属書 I	(a) 2000 年までに GHG 排出を 1990 年水準に戻す。 (b) 2005 年までに GHG 排出を 1990 年比 P1% 削減 (c) 2010 年までに、GHG 排出を 1990 年比さらに P2% 削減。
13	フィリピン	付属書 I	(a) 2000 年までに GHG 排出を 1990 年水準に戻す。 (b) 2005 年までに GHG 排出を 1990 年比 20% 削減 (c) 2010 年までに、GHG 排出を 1990 年比さらに 20% 削減。 (目標を達成しなかった国への、排出削減の罰則を含む。)
14	EU の協力国グループ (ブルガリア、エストニア、ハンガリー、ラトビア、ポーランド、ルーマニア、スロバキア、スロベニア)	付 属 書 XX ²⁵	(a) 2005 年までに、CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O の排出をともに 1990 年水準かそれ以下まで削減 (100 年の時空間での GWP を使った、質量合計で) (削減割合は批准時に宣言する) (b) (2005 年以後は、CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O の排出を抑制または削減する。
15	チェコ共和国	付属書 X	2005 年までに、CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O 排出 (100 年の時空間での GSP を使った、集計で、) を 1990 年比 5% 削減、2010 年までに 15% 削減。2000 年以前の削減分を目標達成に使用可。
16	カタール	特定せず	GHG 排出のペーシングを、合意された特定の数年の間での平均として設定する。目標は、合意された将来の何年かの平均として (ペーシング比を仮定) 特定する。

注：ブラジルは、本交渉書類の後、2020 年までに、CO₂、CH₄、N₂O を 30%削減するという目標を打ち出している。提案の原案は、FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3 に掲載されており、FCCC/AGBM/1997/INF.1 では、代案 I (11 項) としてふくまれている。

²⁵ 付属書 XX は、EU 案の付属書 X から派生。

付録2 フランス(FR)とオランダ(NL)の排出制限案の数量化

本付録書の目的は、フランス(FR)とオランダ(NL)の排出抑制案を数量化し、他の国の提案(本文の表-3を参照)や IPCC IS92 シナリオと関係づけた数字にすることである。まず、付属書 I 諸国の排出という意味で、両案を考察することから始める。その後、結果に非付属書 I 諸国の排出を組み入れて、地球規模へ拡大する。本文で述べているように、非付属書 I 諸国の排出は、排出抑制策をとらないという仮定をベースにしている。また、提案は、温室効果ガス排出の削減に関するものだが、ここでは、化石起源の CO₂ 排出だけに、提案を適用していることにも注意されたい。

FR と NL 案は、比較する上で、有用である。というのは、前者が一人当たり排出、後者が排出の絶対量という、非常に異なる排出区分をベースにしているからである。一人当たりの排出を使うことは、将来の人口という、新たな不確定要素を組み入れることであり、その排出絶対量の計算を複雑にさせる。一人当たり排出というのは、異なる国同士(特に、付属書 I 諸国と非付属書 I 諸国間)を比較するのに有用な統一概念を提供できるが、その一方で、下記に述べるような計算の複雑さがあり、これをベースにする排出抑制案はどれも、実施上の困難がより大きくなる。

付属書 I 諸国の排出

NL 案については、付属書 I 諸国の将来的化石 CO₂ 排出の算定は、簡単である。これら諸国の量については、IPCC92 (Leggett 他、1992 年)、Pepper 他(1992) から、1990 年の化石 CO₂ 排出の値、4.59 GtC/年、を使用できる。(詳細は、付録書 3 を参照)ここでは、(本文参照) 付属書 I 諸国の排出は、2000 年で、1990 年水準のままであると仮定した。そのため、年 1-2% (積み上げ) と示唆されている削減(本文、表-1)は、2000 年(本文の表-2 にあるように)に始まるとみなされる。ここでは、二つの別々な場合を想定した。2000 年から各年 1%削減を積み上げる場合(NL-1%)と、2000 年から各年 2%削減を積み上げていく場合(NL-2%)である。

表B1 フランスの排出抑制案(FR)の下での、付属書I 諸国化石 CO₂ 排出(GtC/年)。人口予測の低、中、高は、IPCC92 (Leggett 他、1992年) で使われている UN 中-低、世銀、UN 中-高の予測を参照。(本文の表-4 参照) 1990年と2000年の排出量は、4.59 GtC/年(本文参照)とした。2010年の項の下にあるのは、一人当たり排出量と、その計算に使われた2000年の数字(3.485 tC/年)をベースとした一人当たり排出量の変化率である。2100年の項では、一人当たりの年間排出量の絶対数を示した。この表では、追加分析での最低、中間、最高の場合を定義するために使用した排出量を、それぞれFR-低、FR-中、FR-高で示した。本文で使用した中間のケースで使われた排出量は、中程度人口増加予測での値と、2010年で4.34 GtC/年、2100年で2.69 GtC/年から得られた値の平均値である。

	2010		2100	
一人当たり排出量 (tC/年)	3.14 (2000年で10%減)	3.24 (2000年で7%減)	1.6	2.2
人口数予測	FR案における付属書I 諸国の化石 CO ₂ 排出 (GtC/年)			
低	4.10 (FR-低)	4.24	1.34 (FR-低)	1.85
中	4.27 (FR-中)	4.41 (FR-中)	2.27 (FR-中)	3.12(FR-中)
高	4.53	4.68 (FR-高)	3.54	4.87(FR-高)

FR案は、より複雑である。ここでも、我々がこの案を分析するには、1990-2000年の付属書I 諸国の排出が、1990年水準で一定して推移すると想定した。2000-2010年間の排出の変化は、一人当たり排出で7-10%低下すると特定した。これによる排出絶対量を計算するには、2000年における一人当たりの排出予想量を、知る必要がある。IPCCの文書を使って、この値を推定することもできるが、それは、将来の人口に関するシナリオに依存する一定の範囲の値をとる可能性がある。(本文の表-4を参照)

IS92シナリオでは、3つの人口予測を使っており、これは、UN予測中-低 (IS92cとdで使用)、世銀予測 (IS92a,b,eで使用)、UN予測中-高 (IS92fで使用)である。これら予測における、2000年時点での付属書I 諸国の人口予測は、表-4から直線的に求めると、それぞれ12.86億人、13.13億人、13.54億人である。これらの数字と、4.59 GtC/年という排出総量を合わせると、1990年の3.63 GtC/年と比較して、2000年の一人当たりの年間排出量は、それぞれ3.57 tC/年、3.50 tC/年、3.39 tC/年、となる。範囲が比較的小さいことから、2000年の値は、いずれにしても、不確実であり、この3つの数字の平均をとって(数字を丸めないなら、3.485 tC/年)、2000年の一人当たり年間排出量の代表値とした。(1990年の水準より、4%ほど低減)

2000年のこの値に対し、2000-2010年間で一人当たり排出量を7-10%削減すると特定され

ていることを、適用するならば、2010年での一人当たり年間排出量の範囲は、3.14 - 3.24 tC/年となる。この範囲を実際の排出量に変換するには、人口の数字を掛ける。そうするには、人口の増加における不確実性を、再度取り入れなければならない。表-4の直線的延長で求められる2010年の人口についてのIPCCの予測範囲は、UNのシナリオで、13.07-14.44億人、世界銀行のシナリオで、13.63億人である。そのため、2010年における最も排出量の高い数字（人口の増加が大きく、一人当たり排出量が大きい）は、4.68 GtC/年、最も低い場合（人口増加が低く、一人当たり排出量も低い）で、4.10 GtC/年である。中間値の範囲は、4.27 GtC/年（人口は中程度、一人当たり排出量は低い）、4.41 GtC/年（人口は中程度、一人当たり排出量は大きい）であり、その中心値は、4.34 GtC/年である。これら2010年の排出量は、図B1に示した。詳細の数字は、表B1に記載した。

2100年では、FR案は、付属書I諸国の一人当たり排出については、1.6-2.2 tC/年という絶対量の範囲を取る。これを排出総量にするには、本文の表-4に示したIPCCが特定する、人口成長の不確実性を引き続き組み入れなければならない。2100年での排出量について、高い範囲の数字を求めるため、我々は、一人当たり排出量としては高い数字（2.2 tC/年）を使用した。このことから、人口数の水準が、低い場合、中間の場合、高い場合、排出総量は、1.85、3.12、4.87 GtC/年（表B1参照）となる。同様に、排出量の低い範囲としては、一人当たり1.6 tC/年の排出量を使って、1.34、2.27、3.54 GtC/年となる。（表B1参照）

付属書I諸国の排出抑制シナリオの全体像は、2010年における排出量の一連の数字と、2100年までの90年間の間、直線的な変化をすると仮定して求めた2100年での数字を組み合わせることで、得ることができる。他の方法を使っても、2010年と2100年の間の推移を知ることができる。（例-排出総量ではなく、一人当たり排出量から推定する）しかし、ここでの目的は、原案に合致した単純な抑制シナリオの提供であることから、どの推算方法を選択するかは、重要ではない。異なる結果を組み合わせる方法は、いくつもあり、その可能性の範囲は、表B2に記載され、図B1に示した組み合わせの範囲をとる。本文での計算では、FR-低、FR-中、FR-高の場合だけを使った。

まとめると、付属書I諸国に関しては、FR案とNL案と合致する可能性のある5つの排出抑制シナリオが、得られた。これらは、FR-低、FR-中、FR-高（ワシ案をベースにしたもので、数字が低、中、高、それぞれの場合）、と、NL-1%、NL2%（NL案に基づき、2000年からの積み上げ排出削減を1%とした場合と、2%とした場合）である。（図B2参照）

表B2 ワシの排出抑制案(FR)を基にした、2010-2100年の間の付属書I諸国化石CO₂排出量(GtC/年)の変化と、そのベースとなった仮定条件。FR-中間のケースは、FR-中(HIGH)とFR-中(LOW)の平均値。

略称	人口	2000-2010年での一人当たり排出の減少	2100年での一人当たり排出量	2010年から2100年の間の変化 (GtC/年)
FR-高	高	低	高	4.68-4.87
FR-高 (LOW)	高	低	低	4.68-3.54
FR-中 (HIGH)	中	低	高	4.41-3.12
FR-中間	中	中間 ¹	中間 ²	4.34-2.69
FR-中 (LOW)	中	高	低	4.27-2.27
FR-低 (HIGH)	低	高	高	4.10-1.85
FR-低	低	高	低	4.10-1.34

注：1-2010年の数字は、中程度人口増加予測の場合で、2000-2010年間の一人当たり排出量減少が小さい場合と大きい場合の平均となっている。= (4.27+4.41) / 2

2-2100年の数字は、中程度人口増加予測での2100年の一人当たり排出量で、小さい場合と大きい場合の平均。= (2.27+3.12) / 2

地球規模排出

地球規模排出量を求めるため、これらの付属書Ⅰ諸国の排出量を、IS92排出シナリオの非付属書Ⅰ諸国排出とを組み合わせた。²⁶ (本文の図2を参照) FRの付属書Ⅰのケース (FR-低、FR-中、FR-高) が、人口増加予測の低、中、高の場合に該当することに、注目しなければならない。このため、IS92シナリオでの非付属書Ⅰ諸国の排出と組み合わせる場合には、該当する同じ人口予測のシナリオのものだけと組み合わせる必要がある。本文での計算では、非付属書Ⅰ諸国の排出に関して、IPCCが考えている排出可能性の全ての範囲を加える、IS92a、c、eのシナリオを取り上げている。したがって、付属書Ⅰ諸国に対するFR排出抑制案と非付属書Ⅰ諸国に対するIS92a、c、e排出シナリオの組み合わせで、完全に合致する組み合わせは、FR-低とIS92c、FR-中とIS92a、FR-中とIS92eである。

人口増加大のシナリオは、IS92fにのみ使われており、このシナリオを作成する上で使われた他の仮定条件 (IPCC92-Leggett 他、1992 参照) から、中程度の人口増加を見込んだIS92eの場合よりも、排出は低くなっている。ここでは、可能性の最大範囲にわたるものとする必要があることから、FR-中とIS92eの組み合わせよりも、FR-高とIS92eの組み合わせを使用している。この場合、付属書Ⅰ諸国の排出削減が最少となる一方、抑制策なしの非付属書Ⅰ諸国

²⁶ これらのシナリオでは、バイオ油の燃焼からの排出は含まれていない。1990年の地球規模排出量として使用している数字には、バイオ油も含めている。1990年の時点では、これは0.1 GtC/年に上った。

の排出が、最大となる。つまり、提案されている排出抑制シナリオで最大限の地球規模排出総量となり、これにより、CO₂濃度の数字も予想される最大限のものとなる。

NL 排出抑制案については、付属書 I 諸国排出の設定(NL-1%とNL-2%)が、非付属書 I 諸国排出に関する、IS92a、c、eシナリオそれぞれとは、独立した関係にあり、したがって、それぞれと組み合わせることが可能である。したがって、地球規模排出シナリオの設定したケースを列挙すると、(非付属書 I のシナリオを最初に書くと) IS92a と FR-中、NL-1%、NL-2% (図 B3a)、IS92c と FR-低、NL-1%、NL-2% (図 B3b)、IS92e と FR-高、NL-1%、NL-2% (図 B3c)となる。本文では、これらは図-4 に合わせて表示した。ここでは、より明確にするため、a、c、eそれぞれの結果を別々に示した。

付録3 附属書I 諸国の1990年の排出における不確実性や誤差の可能性による影響

本書で使用している排出の数値と、それを、附属書I 諸国および非附属書I 諸国に分けた数値は、主に、IPCC92 (Leggett 他、1992年、Pepper 他、1992年) のために用意され、与えられている情報を基にしたものである。この付録書では、本文でまさに使用されている排出量に対し、研究結果が、どれほどの感度で影響されているかについて、評価する。特に、附属書I 諸国の¹、ここでは、それら諸国の1990年の排出量水準における不確実性の影響を考える。まず、1990年の地球規模排出¹から考察する。

IPCC92 (Leggett 他、1992年、表A3.6) に記載されている地球規模CO₂排出量は、IS92aシナリオで7.4 GtC/年となっている。その報告書の表A3.11では、これの内訳を、エネルギー部門が6.0 GtC/年、森林後退(土地利用変化)からが1.3 GtC/年、セメント製造からの0.2 GtC/年としている。ここでの違いの0.1 GtC/年は、四捨五入によるものである。より詳しい内容な、Pepper 他(1992年、表3.6.1)に与えられており、セメント製造の寄与分が、0.15 GtC/年としている。すでに指摘されている(Enting 他、1994年、69-70頁)ことは、こういった数値が、炭素サイクルの¹計算上、精密さの点で不十分であり、信頼ある分析としては、こういったものでも、四捨五入による誤差を認めるわけにはいかず、IPCC92 (Leggett 他、1992年)とPepper 他(1992年)で採用されている排出量の数値は、より最近の推定値とは一致しないということである。このことから、IPCC92に続くIPCCの研究の中で1990年の排出量として採用しているのは、エネルギーとセメント製造からの排出量で6.10 GtC/年(Marland と Boden、1991年から、Marland 他、1994年における数値と一致している。参考までに、最も最近の計算値は、6.11 GtC/年)というものである。この地球規模(排出)総量には、全ての排出源からの排出が含まれている¹ (国際間運輸に使用される燃料)を含めた化石燃料、プラスチック(油田から出る不用天然ガスの燃焼)、セメント製造、非燃料用CO₂製造。

附属書I 諸国と、非附属書I 諸国との内訳については、本書では、IP1 (Acosta Moreno 他、1996年、表A3、78頁)と同様、IPCC92 (Leggett 他、1992年)と、Pepper 他(1992年)を、主に参照している。IPCC92の表A3.7では、OECD 諸国、ソ連と東欧の排出の合計を4.5 GtC/年となっている。明確に記述されているわけではないが、これは、(Pepper 他、1992年、表3.1.16-21で確認できるように)エネルギー部門のものだけである。セメントの製造の意味では、これに、0.09 GtC/年が加わる(Pepper 他、1992年)。IPCC92 (Leggett 他、1992年)でも、Pepper 他、(1992年)でも、特に記述されてはいないが、この数値には、¹の燃焼による排出は含まれていないようである。²⁷ この数字は大きすぎると考えるに十分な理由があり、

²⁷ 排出抑制に関する法的措置の上で、¹をどう扱うかについても、地球規模排出における¹の構成成分を附属書I 諸国と非附属書I 諸国に割り当てるのか、割り当てるとしたらどのようにするのかについても、明らかになっていないことに、注意されたい。したがって、本書では、排出のうちの、附属書I 諸国分には、この分は含まれていないと想定した。

一つには、IPCC92の分析が古すぎることで、そして今一つは上記の国分けが、付属書I諸国として定義されているグループ分けと等しくないということがある。特に、旧ソ連グループには、いくつか付属書I諸国でないものが、含まれている。

より最近の研究では、SAR WGIII (Nakicenovic 他、1996年、柏木他、1996年)に記載されているように、4.59 GtC/年は大きすぎるということが指摘されている。本報告書では、IPCC92に採用されたものよりも質の高いと思われる、di Primio (1993年)とMarland 他(1994年)からの情報を採用している。Marland 他(1994年)のデータは、より正確な数値は、4.0 GtC/年程度であるとしている。ここでは、本文に示されている結果が、この1990年の参照数字にどれほど敏感に対応しているかを推測することだけが、問題であることから、必ずしも正確な数値を知ることが必要なわけではない。このため、1990年の付属書I諸国の排出量を、本書での主要な計算に使用した数値より0.5 GtC/年低い、4.09 GtC/年として、分析を行うことにした。付属書I諸国の1990年の仮定数値に対し、本書の他の章で記載されている濃度予測への影響がどの程度のものなのか？この疑問に答えるには、付属書I諸国の排出とそれ以外のもの(非付属書I諸国排出とバンカ油²⁸排出)という、全地球排出量の二つの構成部分が、付属書I諸国の1990年の「参照」排出量の変更で、どれだけの影響を受けるかを見極める必要がある。特に、NL-1%とNL-2%の排出抑制案について考察した。

付属書I諸国の場合、将来の排出量が、4.09 GtC/年というより低い1990年の参照値と結びついているため、再計算された排出量は、いかなる場合でも、より低い値となる。残りは、それほど明確な状況になく、多様な選択が可能である。1990年の地球規模排出量が等しい(6.10 GtC/年)ことから、どの場合でも、この構成部分の1990年の数値は高いものとなる。(つまり、1.51 GtC/年ではなく、2.01 GtC/年)2000年およびそれに続く未来については、以前に使われているIS92の数値(すなわち、IS92aの場合で2000年の数値が2.00 GtC/年、本文の図-2参照)を維持するか、または、1990年での「誤差」0.5 GtC/年の分、全ての数値を引き上げるかである。(つまり、IS92の絶対値を維持するよりも、その変化の方を維持する)前者の方法であれば、地球規模排出の数値は、1990年では同じ数値で始まり、それ以後の年度では、元の数値よりも、2000年までは直線的に0.5 GtC/年分低い数値となり、それ以後は、値の差が縮まって、2100年で0.18 GtC/年(NL-1%)か、0.07 GtC/年(NL-2%)となる。第二の方法では、地球規模排出量は、1990-2000年の間は変化がなく、それからは、元の値よりも大きな値をとり、NL-1%の場合では、2100年で0.32 GtC/年(NL-2%であれば、0.43 GtC/年)まで徐々に差が開いていく。最初の方法の方が、短期的には濃度への影響結果がより大きいものとなるため、この場合だけを考察した。この方法で定義された排出量を、NL-1%*とNL-2%*とする。図C1に地球規模排出の4つのケース(元のケースと修正分)を図示した。

²⁸ バンカ油の燃焼の将来的排出量についての情報はなく、その分は組み入れられていないことに注意されたい。この少量の構成部分は、排出シナリオの原案も修正したものにも共通したものであり、これを無視することは、それほど結果に影響しない。

濃度に関する影響については、1990年の付属書I 諸国参照排出量の効果に関し二つの見方をとることができる。第一に、NL-1% (あるいはNL-2%) での濃度と、NL-1%* (あるいはNL-2%*) でのそれを比較することで、排出抑制案 (NL-1%または、NL-2%) の効果が、この参照数値にどれだけ依存しているかを、知ることができる。こういった濃度での違い (つまり、(NL-1% - NL-1%*) および、(NL-2% - NL-2%*)) を、図 C2 に示した。どちらの場合であっても、その差は、徐々に広がっていき、NL-1%の場合で、2100年には9 ppmvに達し、NL-2%の場合で、6 ppmvに近づく。2100年でのCO₂放射強制力で言うと、これらの差は、0.1-0.2 W m⁻²になる。そのような不確実性が気象や海面水準におよぼす影響は、極端に小さく、IS92シナリオの元での将来的な非付属書I 諸国排出量や、他のガスの排出における不確実性、気象や海面水準のレベル上の不確実性など、他の要素から生じる不確実性よりも、はるかに小さいのである。

第二の比較は、異なる排出抑制案の間のものである。仮定した付属書I 諸国排出量に対し、NL-1%とNL-2%での濃度の差は、どれほど、影響を受けやすいものなのか? その結果を図 C3 に示した。ここでは、影響は、2000年まではゼロであり、「誤差」は、それから、徐々に広がって、2100年には、3 ppmv程度に達する。2100年でのNL-1%対NL-2%の濃度差、27 ppmvは、低い参照数値の場合、24 ppmv位にまで縮まる。これは、放射強制力や、気象上の影響からすると、無視できる程度の影響である。

結論として、ある特定の排出抑制案における絶対濃度の変化を見極めるには、いかなる参照排出量のレベルであっても、正確な数値を使うことが重要である。しかし、異なる抑制案の間での濃度予測を比較する上では、両案とも同じ参照数値レベルを基にするなら、濃度の違いは、正確な参照数値レベルに対し、比較的影響を受けない。

付録4 用語解説

エアゾール

大気滞留粒子の集まり。この用語は、エアゾールに使われている噴霧剤と、間違っ、関連づけられることがある。

付属書I 諸国

国連 FCCC での付属書Iで、1992年の時点でOECDに加盟していた諸国と、市場経済への移行プロセスにある国、そして、欧州経済共同体の国によって、構成される。その全てのリストをこの用語集の最後に示す。

人為的

人類の活動の結果として、あるいはそれから生じるの意味。炭素サイクルの上では、人類の活動の結果、大気中に直接に放出される炭素とされており、「化石」起源と、「土地利用」の合計である。純粋にCO₂レベルの増加の結果として生じる寄与分は、はっきりと除外している。原則としては、人工の地球規模変化にともなうCO₂の変化は全て、人為的排出に含めるべきである。しかし、現状の分析では、そのような変化は、炭素勘定をバランスさせるため、「CO₂固定能力肥沃化」（後述）部分の中に含まれている。

炭素サイクル

この用語は、大気、海洋、陸上生物圏、および地学上の堆積物の間でおきる、炭素（形態は多様で、例えば二酸化炭素など）の交換を表すのに使われている。

気象（気候）

気象は、通常「平均的気候」またはより厳密には、数十年単位の期間（WMOの規定する30年というのが典型である）にわたる天候の統計学的表象で、関連する数値の中心値や変数で表したものである。これらの数値は、多くの場合、地球表面上の変数で、例えば、気温、雨量、風などであるが、より広い意味での「気象」は、気象システム全体の状態を表す。

気候変動（FCCC の用語）

地球大気構成を変化させるような人間の活動に、直接的、間接的に起因する気候の変動で、

比較的長期間にわたって観察された自然の気候の変遷に追加的であるもの。

気候変動 (IPCC の用語)

「気候変動」という用語の IPCC での用法は、人間の活動および/または自然の擾乱による全ての形態での変化をさす。気候変動は、気候システム内の内部変化、あるいはその構成部分の相互干渉、または自然による、あるいは人間活動による、外部強制力の変化によって、生じる。IPCC の報告での将来的な気候変動予測は、一般的には、温室効果ガスが人為的に増加することや、他の人類に関係する要素による、気候への影響だけを考慮している。

気象感度

IPCC の報告では、気象感度は、通常、大気中の CO₂ 濃度が倍増したのに引き続いておこる、地球規模地表付近平均気温の、最終的な (平衡) 変化をさす。より一般的には、これは、対流圏 (後述) の上層における放射強制力 (後述) の単位変化に対する地表付近気温の、平衡変化をさす。 (K / W m⁻²)

CO₂ 固定能力肥沃化

厳密に言えば、これは、大気中 CO₂ 濃度の上昇の結果として生物学的擾乱で生じる、陸上植物の実質一次生産性の向上を意味する。実際には、標準の炭素サイクルのモデル計算上、CO₂ 固定能力肥沃化は、土地利用変化に関するものではない、陸上の炭素の変化全てを含めた、炭素吸収の意味で使われている。

化石CO₂ 排出

これには、大気中炭素の実質勘定に対する、土地利用の変化に伴うとみなされるものを除いた、全ての人為的 (前述) 寄与分が含まれる。実際には、寄与分は、化石燃料の燃焼 (フラスタックを含む) によるものと、セメント製造によるものである。

温室効果ガス

地表、大気、および雲から排出される放射 (赤外線放射) のスペクトルの中で、特定の波長の放射を吸収する気体。逆に言うと、温室効果ガスは、温度が表面より低い高度で、赤外線放射をする。その実質的な影響は、一部の吸収したエネルギーの局所的な封じ込めであり、惑星表面の温暖化傾向である。水蒸気 (H₂O)、二酸化炭素 (CO₂)、二酸化窒素 (N₂O)、メタン (CH₄)、オゾン (O₃) が、地球の大気における主要な温室効果ガスである。ハロカーボン (後述) も、強力な

温室効果ガスである。FCCC の用法では、モントリオール議定書で管理されるガスを除いた、厳密な意味での「温室効果ガス」として使われることがあることに注意されたい。

ハロカーボン

塩素、臭素、フッ素と炭素を含んだ化合物。これらの化合物の多くは、水素も含む。そのような化合物は、大気中では、強力な温室効果ガス(前述)として作用する。塩素と臭素を含んだハロカーボンは、オゾン層の破壊物質にも含まれている。ハロカーボンのタイプとしては、塩素、フッ素、炭素だけから成る CFC (クロロフルオロカーボン)、水素も含んだ HCFC (ハイドロクロロフルオロカーボン)、水素、フッ素、炭素を含んだ HFC (ハイドロフルオロカーボン)、そして、炭素、フッ素、そして/または塩素、臭素を含むハロ化合物がある。

モントリオール議定書

1987 年のオゾン層破壊物質についてのモントリオール議定書、その後、ロンドン(1990 年)、コペンハーゲン(1992 年)、ウィーン(1995 年)、モントリオール(1997 年)で修正がされたもので、成層圏のオゾン層を破壊する、塩素および臭素化合物の利用と生産を管理する。

ブレイク

一連の滑らかに変化する濃度の組み合わせで、安定化に向かう可能な道筋を示すもの。「ブレイク」という用語は、そのような経路を、通常「シナリオ」と呼ばれている、排出に関する経路から区別するために使われている。

放射強制力

可能性のある気候変動メカニズムの重要性を示す単純な尺度。放射強制力は、地球大気システムのエネルギーバランスの揺れ ($W m^{-2}$) で、例えば、二酸化炭素濃度の変化や、太陽からの放射の変化に続いておこるものである。気象システムは、放射強制力に反応して、エネルギーバランスを再度回復しようとする。正の放射強制力は、表面を暖める傾向があり、負の放射強制力は、表面を冷やす傾向がある。放射強制力は、通常、地球規模の年平均の数値として引用される。IPCC 報告書で使われているような、放射強制力のより詳しい定義では、表層-対流圏システムでのエネルギーバランスの動揺で、成層圏(後述)が、地球規模平均の放射平衡状態に再調整された後のものとしている。(IPCC 1994 報告書: Shine 他、1995 年)「気象強制力」と呼ばれることもある。

シナリオ

将来どのように展開していくかについての、ありうる未来像で、重要な関係要素や、動かし

ていく力（例えば、技術革新の度合い、物価）について、論理的で、内部的な統一性のある仮定条件に基づいたもの。シリアが、予想でも予測でもないことに注意されたい。

成層圏

対流圏（後述）の上層にありトポポーズ（後述）（平均して、高緯度では 9km、熱帯地方では 16km 上空）から 50km 上空まで伸びている、安定した、層状の発達している大気層。

トポポーズ（圏界面）

対流圏（後述）と成層圏（前述）の間の境界面

対流圏

大気のも最下層にある層で、中緯度では、地表から 10km の高度までであり（平均して、高緯度では、9km 上空、熱帯地方では 16km 上空）、雲や、「天気」現象がおきる層。対流圏は、一般的に高度が上がるごとに気温が低下する層と定義されている。

ECGC 付属書 I 諸国

オーストラリア	日本
オーストリア	ラトビア
白ロシア	リトアニア
ベルギー	ルクセンブルグ
ブルガリア	オランダ
カナダ	ニュージーランド
チェコスロバキア	ルウエー
デンマーク	ポーランド
欧州経済共同体	ポルトガル
エストニア	ルーマニア
フィンランド	ロシア連邦
フランス	スペイン
ドイツ	スウェーデン
ギリシャ	スイス
ハンガリー	トルコ
アイスランド	ウクライナ
アイルランド	英国

GISPRI 仮訳

例

米国

付録5 インシャルと略語

AGBM	ベルンマンデート・アド・ホックグループ（国連 FCCC 下）
AOSIS	小島嶼諸国
CFCs	クロロフルオロカーボン
COP	締約国会議（国連 FCCC 条約の）
Dn80s	1980年代平均の土地利用変化に伴う実質排出量 Dn = 実質森林後退
EIS	エネルギーと産業のサブグループ
EU	欧州連合
FCCC	気候変動枠組条約
ghg	温室効果ガス
GNP	国民総生産
GWP	地球温暖化ポテンシャル
HCFCs	ハイドロクロロフルオロカーボン
HFCs	ハイドロフルオロカーボン
IPCC	気候変動に関する政府間パネル
IS92	IPCC 第2次評価報告書（1992年）の補完報告書で定義される IPCC 排出シナリオ
OECD	経済開発協力機構
PFC	パーフルオロカーボン
QELROs	数量目的
Sプロファイル	IPCC 1994年報告書（Schimel 他，1995年）（Enting 他，1994年）で定義された、CO ₂ 濃度安定化までの濃度プロファイル
SAR	IPCC 第2次評価報告書
SBSTA	科学的・技術的助言のための補助機関（国連 FCCC の）
TP	IPCC 技術報告書
WG I, II, III	IPCC 作業部会 I, II, III
WMO	世界気象機関
WREプロファイル	Wigley 他（1996年）が定義する、安定化までの CO ₂ 濃度プロファイル

各国提案の排出抑制案を表すのに使われた略称

AOSIS	小島嶼諸国案
AT	オーストリア案
BE	ベルギー案
CH	スイス案
DE	ドイツ案
DK	デンマーク案
EU	欧州連合案
FR	フランス案
NL	オランダ案
UK	英国案
ZR	ザイル（現コンゴ民主共和国）案

化学式

Br	臭素原子
CFC-11	CFC13、同じく CCl3F（トリクロロフルオロメタン）
CFC-12	CF2Cl2、同じく CCl2F2（ジクロロフルオロメタン）
CH ₄	メタン
Cl	塩素原子
CO	一酸化炭素
CO ₂	二酸化炭素
HCFC-134a	CH2FCF3
HCFC-22	CF2HCl（クロロフルオロメタン）
N ₂ O	一酸化二窒素（亜酸化窒素）
NO	一酸化窒素
NO ₂	二酸化窒素
NO _x	NO と NO ₂ の合計
O ₃	オゾン
OH	水酸基
S	硫黄原子
SF ₆	6 フッ化硫黄
SO ₂	二酸化硫黄
SO ₄ ²⁻	硫酸イオン

付録6 単位

SI (国際SI) 単位

物理的性質	单位名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
熱力学上温度	絶対温度	K
物質量	モル	mol

小数点以下	冠頭詞	記号	累乗	冠頭詞	記号
10^{-1}	デシ	d	10	デカ	da
10^{-2}	センチ	c	10^2	ヘクト	h
10^{-3}	ミリ	m	10^3	キロ	k
10^{-6}	マイクロ	μ	10^6	メガ	M
10^{-9}	ナノ	n	10^9	ギガ G	
10^{-12}	ピコ	p	10^{12}	テラ	T
10^{-15}	フェムト	f	10^{15}	ペタ	P
10^{-18}	アト	a	10^{18}	エクサ	E

特定のSI 関連単位の固有名称と記号

物理的特性	SI 单位名称	SI 単位記号	単位の定義
力	ニュートン	N	kg m s^{-2}
圧力	パスカル	Pa	$\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2}$ (=N m ⁻²)
エネルギー	ジュール	J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$
電力	ワット	W	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$ (=Js ⁻¹)
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹ (回/秒)

固有名称をもつSI 単位の小数点以下と累乗

物理的特性	単位の名称	単位記号	単位の定義
長さ	オングストロム		$10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm}$

長さ	マイクロン	μm	10^{-6} m
面積	ヘクタール	ha	10^{-4} m^2
力	ダイン	dyn	10^5 N
圧力	バール	bar	$10^5\text{ N m}^{-2} = 10^5\text{ Pa}$
圧力	ミリバール	mb	$10^2\text{ N m}^{-2} = 1\text{ Pa}$
重量	トン	t	10^3 kg

SI 単位外単位

	摂氏温度 ($0^\circ\text{C} = \text{約 } 273\text{ K}$)
	温度の違いも、正式な「摂氏温度」より、 $(^\circ\text{C}) (= \text{K})$ で表す。
ppmv	容積の 100 万分の 1 (10^6)
ppbv	容積の 10 億分の 1 (10^9)
pptv	容積の 1 兆分の 1 (10^{12})
bn	10 億
bp	現在より? (年) 前
kpb	現在より? 1000 年前
mbp	現在より? 100 万年前

本報告書で使用される、容積単位は、一般的に使用されてきているもので、意図して、調和させていないものとする。

例一

kt	千トン
GtC	炭素ギガトン ($1\text{ GtC} = \text{二酸化炭素 } 3.7\text{ Gt}$)
PgC	炭素ペタグラム ($1\text{ PgC} = 1\text{ GtC}$)
MtN	窒素メガトン
tC	炭素トン
TgC	炭素テラグラム ($1\text{ TgC} = 1\text{ MtC}$)
TgN	窒素テラグラム
TgS	硫黄テラグラム

付録7 代表執筆者の所属

Tom M. L. Wigley	米国大気研究センター	米国
Atul K. Jain	イリノイ大学	米国
Fortunat Joos	ベルン大学	スイス
Buruhani S. Nyenzi	気象庁	タンザニア共和国
P.R. Shukla	インド経営研究所	インド