

---

## 政策立案者向け要約

## 排出シナリオに関する特別報告

---

## 気候変動に関する政府間パネル作業グループIII 特別報告

(注) 図、表は原文参照

---

## 目次

気候変動に関する政府間パネルの新たなシナリオが必要な理由 .....	1
シナリオの性格と目的 .....	1
新たなシナリオの主な特徴.....	1
シナリオにおける主な温室効果ガス排出要因 .....	3
SRES シナリオにおける温室効果ガス排出量範囲および排出量と排出要因の関係.....	5
SRES シナリオの利用方法 .....	7
今後有用となる排出シナリオ作成作業.....	8

---

## 気候変動に関する政府間パネルの新たなシナリオが必要な理由

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は 1990 年と 1992 年に、温室効果ガスの長期排出シナリオを作成した。これらのシナリオは起こり得る気候変動、その影響および気候変動緩和策についての分析で幅広く利用されてきた。1995 年には 1992 年 IPCC シナリオの評価が行われた。その評価報告は、温室効果ガス排出メカニズムや分析方法論への理解の重要な変化（1992 年以降）への対処を勧告した。理解への変化とは供給エネルギーの炭素集約度、途上国と先進国の間の所得格差、硫黄排出量などに関するものである。この勧告に基づき、IPCC は 1996 年の総会で、新たなシナリオの作成を決めた。この新たなシナリオを本報告で説明する。

## シナリオの性格と目的

今後の温室効果ガス排出量は非常に複雑な力学システムの産物であり、人口変化、社会経済発展、技術変化などの要因（driving forces）によって決まるが、不確実性が高い。シナリオは、将来がどうなるかについての選択的イメージであり、要因が将来の排出結果にどう影響するかを分析し、付随する不確実性を評価するための適切な道具となる。シナリオは気候変動分析を支援することになる。この分析には気候のモデル化のほか、気候変動の影響、それへの適応およびその緩和についての評価などが含まれる。シナリオに示されたどれか 1 つの排出方向が実現するかどうかについては、不確定要素が多い。

## 新たなシナリオの主な特徴

一定範囲の温室効果ガス排出要因や排出結果をシナリオ的に表現するために一連のシナリオが作成された。これらシナリオは根底にある不確実性についての現在の理解や知識を反映するよう工夫されている。「予想外」のシナリオや「災害」のシナリオなどは排除されている。いずれのシナリオも主観的要素を含まざるを得ず、さまざまな解釈が可能となっている。今回提示されたシナリオについての好みは利用者間で大きく異なる。本報告では、どのシナリオを採用すべきかについての判断は示していない。また、シナリオの実現可能性も示していない。シナリオは政策提言と解釈すべきではない。

シナリオは温室効果ガス排出要因や排出についてのシナリオ的総合評価、代替モデル化アプローチ、さらに幅広い参加とフィードバックを求める「オープン・プロセス」<sup>1</sup>に基づいている。これらは委任事項（付属資料 I 参照）の重要な要素である。

注 1： 排出シナリオに関する特別報告（SRES）で定義されているオープン・プロセスは複数モデルの利用を呼びかけるもので、広範囲のインプットを求めている。また、シナリオの結果を広範囲の人々に提供し、意見や見直しの対象とするよう求めている。これらの目的は、SRES の複数モデルに基づくアプローチと公開 SRES ウェブサイトで達成された。

温室効果ガス排出要因とその変化の関係を一貫性をもって説明する 4 つの異なる筋書きが作成された。各筋書きとも定量化についての文脈も加えている。また、各筋書きは人口、社会、経済、技術および環境における多様な変化を示している。いずれの変化についても、肯定的意見と否定的意見があると思われる。

シナリオは温室効果ガス排出量および硫黄排出量<sup>2</sup>について、人口、経済および技術に関連する幅広い要因を網羅しており、これらをシナリオの形で示している。各シナリオとも 4 つの筋書きの 1 つについて定量的解釈を提示している。1 つの筋書きに基づくすべてのシナリオはシナリオファミリーを構成する。

注 2： 二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）、メタン（CH<sub>4</sub>）、亜酸化窒素（N<sub>2</sub>O）、ハイドロフルオロカーボン（HFC）、ペルフルオロカーボン（PFC）、六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）、ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）、クロロフルオロカーボン（CFC）、エーロゾル前駆物質、さらに化学活性ガスである二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）、一酸化炭素（CO）、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）および非メタン揮発性有機化合物（NMVOC）の

人為的排出を含む。排出量については世界の 4 地域の各合計と世界全体の合計を提供する。新たなシナリオでは、将来の気候変動が生物圏やエネルギーからの排出に与えるフィードバック効果は仮定していない。

委任事項 (Terms of Reference) で要求されているように、本報告に示すシナリオは追加的な気候関連対策を考慮していない。すなわち、国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) や京都議定書の排出削減目標の実施を明確に仮定したシナリオはない。しかし、温室効果ガスの排出量はほかの多くの目的向けに策定される非気候変動関連政策にも直接影響を受ける。さらに、政府政策は人口変動、社会経済発展、技術変化、資源利用、汚染管理などの温室効果ガス排出要因にさまざまな程度の影響を与える。この影響は、筋書きとそれに基づくシナリオに幅広く反映されている。

温室効果ガス排出要因について類似した仮定を使用する一連のモデルから生まれる一定範囲の結果を審査するため、それぞれの筋書きについては異なるモデル化アプローチを使用していくつかの異なるシナリオを作成した。このような意味での総合評価の枠組みを代表する 6 つのモデルが利用された。複数モデルによるアプローチの利点の 1 つは、各筋書きで説明されているように、40 件の結果として生じる SRES シナリオが、各モデルを動かす人口変動、社会経済発展、幅広い技術変化などの温室効果ガス排出要因についての現存知識やそれに関わる不確定要素だけでなく、これらモデルの異なる性格から生じる将来の温室効果ガス排出に関する現在の不確定要素をも包含することである。これらのシナリオ 40 件のうち 13 件は異なるエネルギー技術の仮定仮定を探求している。

#### カコミ SPM-1 : 4 つの SRES 筋書きとシナリオグループの主な特徴

図 SPM-1 : SRES シナリオの図式。4 つの定性筋書きから A1、A2、B1、B2 の 4 つのファミリーが生まれる。40 件のシナリオは 6 つのモデル化チームが作成した。すべてが有効なものであるが、実現の可能性は示されていない。この一連のシナリオは 4 つのファミリーから導き出された 6 つのシナリオグループで構成されている。A2、B1、B2 の各グループから 1 グループが導き出される。さらに、A1 ファミリーから 3 グループが導き出され、A1FI (化石燃料重視)、A1B (全エネルギー源のバランス重視)、A1T (非化石燃料重視) という異なるエネルギー技術発展過程を性格付ける。各シナリオファミリーやグループ内では、いくつかのシナリオは、世界人口、世界総生産および最終エネルギーについての「調和がとられた」仮定を共有しており、HS (調和シナリオ) のマークが付けられている。OS のマークは温室効果ガス排出要因の調和シナリオ外不確定要素を探求するシナリオを示す。各カテゴリー内で作成されたシナリオ数も明示されている。6 つのシナリオグループのそれぞれについて、例証シナリオ (常に調和の状態) が提供されている。4 つの例証標識シナリオ (それぞれのシナリオグループに 1 つ) は、1998 年の SRES オープン・プロセス報告で原案の形で利用され、本報告では修正したものを提示した。A1FI、A1T の両群に 2 つの追加例証シナリオが提供されており、これで 6 つのシナリオグループすべてをカバーする 6 つの例証シナリオが完成する。すべては等しく調和している。

2100 年までに世界がどのように変化するかを想像するのは困難である。19 世紀末にその後の 100 年の変化を想像するのが困難だったのと同様である。各筋書きは将来の発展についてまったく異なる方向を仮定しており、後戻りできなくなる発展の道筋を示す。4 つの筋書き全体で、主要な温室効果ガス排出要因の潜在的な不確実性の大部分を包含する多様な未来を描き出している。また、人口変動、経済発展、技術変化など未来の主要な特徴を広範囲にカバーしている。このため、現在の経済傾向、技術傾向および社会傾向だけに基いてシナリオの現実性や実現可能性を検討すべきではない。

- A1 の筋書きとシナリオファミリーが描く未来世界では、高度経済成長が続き、人口は 21 世紀半ばでピークに達した後に減少し、新技術や高効率技術は早期に導入される。主要な基本テーマは地域間の収斂、能力強化および文化・社会交流の進展であり、一人あたり所得の地域間格差は大幅に縮小する。A1 シナリオファミリーは、エネルギー系における技術変化の異なる方向を示す 3 つのシナリオグループに発展する。この 3 つの A1 グループは技術的焦点によって区別される。すなわち、化石エネルギー源重視 (A1FI)、非化石エネルギー源重視 (A1T)、両エネルギー源のバランス重視 (A1B) の 3 つである 3。

注 3: バランス重視は、いずれのエネルギー源にも過度に依存しないことと定義される。すべてのエネル

ギー供給・利用技術の改善度が同様と仮定されている。

- ・ A2 の筋書きとシナリオファミリーが描く世界はまったく異種のものから成り立つものである。基本テーマは独立独行と地域独自性の保持である。出生パターンの地域間収斂は非常に緩やかで、このために世界人口は増加を続ける。地域的経済発展が中心で、一人あたりの経済成長や技術変化はほかの筋書きに比べて、散在的で緩やかである。
- ・ B1 の筋書きとシナリオファミリーが描く世界は収斂が進んだ世界で、人口は A1 筋書きと同様に 21 世紀半ばでピークに達した後に減少するが、経済構造はサービス・情報経済へと急速に変化する。物質文明的要素は減退し、クリーン技術や省資源技術が導入される。経済、社会および環境の持続可能性を確保するための世界的対策に重点が置かれる。この対策には公正さの促進が含まれるが、新たな気候変動対策は実施されない。
- ・ B2 の筋書きとシナリオファミリーが描く世界では、経済、社会および環境の持続可能性を確保するための地域的対策に重点が置かれる。人口は A2 筋書きよりは緩やかに増加を続け、経済発展は中間的なレベルにとどまり、技術変化は B1 および A1 筋書きよりも緩慢だが、より広範囲に起こる。このシナリオも環境保護や社会的公正に向かうものであるが、地域的対策が中心となる。

各シナリオファミリー内には 2 つのタイプのシナリオがある。第 1 のタイプは世界人口、経済成長および最終エネルギー利用について調和した仮定を伴う。第 2 のタイプは筋書きの代替的定量化を伴う。26 件のシナリオは世界人口と国内総生産（GDP）成長について共通の仮定が採用されているため、全体で調和されている。このように、各ファミリー内の調和シナリオはお互いに独立しているわけではない。残り 14 件のシナリオは、4 つのシナリオ筋書きについて異なる解釈を採用しており、方法論のアプローチにおける相違を超えた追加的不確定要素を探求する。これらは各ファミリー内で相互に関連しているが、温室効果ガス排出要因のいくつかについての仮定は共通しているわけではない。

委任事項で規定されているように、平等に有効とみなすべき 6 つのシナリオグループがあり、いずれも広範囲の不確定要素をカバーしている。これらは人口変動、社会経済発展および広範囲の技術的進歩について、4 つのファミリー（A1、A2、B1、B2）に相当する 4 つの組み合わせを包含している。各組み合わせとも 1 つの標識例証シナリオを持っている。A1 ファミリー（A1FI、A1T）のシナリオグループのうち 2 つは、異なるエネルギー技術進歩を明確に探求するもので、ほかの温室効果ガス排出要因は一定に保たれている。各ファミリーとも例証シナリオを伴う。高度成長は高い資本回転率をもたらす。これはシナリオ間の小さな相違が 2100 年までに大きく拡散することを意味する。この効果を示すため、技術変化と経済発展が急速に進む A1 ファミリーが選択された。

第 3 次評価報告にシナリオ原案を組み入れるために気候変動モデル作成者に同原案を公開し、オープン・プロセス中に意見を求めるという 1998 年の IPCC 事務局決定に従い、筋書きに基づくシナリオグループのうち 4 つのそれぞれから標識シナリオが選ばれた。標識シナリオの選択は、初期定量化が筋書きに最もよく反映されているシナリオはどれかということと個別モデルの特徴に基づいて行われた。標識シナリオはほかのシナリオに比べて、現実性が高いわけでも低いわけでもなく、特定の筋書きを例証していると SRES 作成チームが考えたシナリオである。これらのシナリオは、SRES 作成チーム内でもオープン・プロセスでも最も厳密に審査された。ほかの 2 つのシナリオグループを例証するためのシナリオも選択された。このため、本報告は 6 つのシナリオグループのそれぞれについて例証シナリオを取れ入れている。

## シナリオにおける主な温室効果ガス排出要因

本報告は、人口変動、社会経済発展および技術変化速度・方向が将来においても、温室効果ガス排出に影響を与える要因であり続けるというわれわれの理解を補強するものである。この発見は IPCC1990 年、1992 年、1995 年の各報告と一貫性がある。表 SPM-1（後掲）はシナリオにおける人口、社会および経済の各要因を 2020 年、2050 年および 2100 年について要約したものである<sup>4</sup>。中間エネルギー消費結果（後掲の表 SPM-2 に

示す)と土地利用結果<sup>5</sup>はこれら要因の影響を反映している。

注4: 表 SPM-1 では技術変化の定量化は行っていない。

注5: 土地利用が利用タイプ間で変化する複雑な過程を盛り込むことは不可能なため、土地利用情報は表に入っていない。

最近の世界人口推定は、IS92 シナリオの推定を全体的に下回っている。最近公表された人口推定から、筋書きの社会経済発展に相当する3つの異なる人口曲線を選択した。A1、B1 両シナリオファミリーは、1996年に国際応用システム分析研究所 (IIASA) が公表した低い人口予測に基づいている。この推定に基づく人口曲線は、世界人口が2050年に87億人に達した後、2100年には70億人に減少することを示している。B2シナリオファミリーは世界人口が2100年までに104億人に達するという、1998年国連長期人口予測中間値に基づいている。A2シナリオファミリーは、世界人口が2100年までに150億人に達するという高い人口予測に基づいている。この予測では、大半の地域で出生率が大幅減少し、人口増がなくなる水準で安定すると仮定されている。1998年国連長期人口予測の最大値(2100年で180億人)にはおよばない。

**図 SPM-2** :1900~1990年と1990~2100年(40件のSRESシナリオ用)について、エネルギーと工業に関連する世界のCO<sub>2</sub>排出量(図 SPM-2a)と土地利用の変化(図 SPM-2b)を指数(1990年=1)で示す。破線は個別のSRESシナリオを描き、青色の影を付けた部分はSRESデータベースで文書化されているシナリオの範囲を示す。シナリオは4つのシナリオファミリーから導き出された6つのシナリオグループに分類される。6つの例証シナリオが目立つようになっている。色づけした縦棒は2100年の排出量の範囲を示す。図 SPM-1aの右にある4つの黒棒はIS92シナリオとSRESデータベースで文書化された3つのシナリオレンジにおける2100年の排出量範囲を示す。これらの3つのシナリオレンジはそれぞれ、追加的気候変動対策実施の場合(「介入」シナリオと表示)、追加的対策が実施されない場合(「非介入」)、どちらの分類にも属さない場合(「非分類」)を示す。この分類はデータベース内のシナリオの主観的評価に基づくもので、エネルギー・工業関連のCO<sub>2</sub>排出量についてのみ可能。SARは第2次評価報告を示す。

**図 SPM-3** :シナリオファミリーと6つのシナリオグループにおける1990~2100年の世界の年間CO<sub>2</sub>排出量(単位=炭素ギガトン(GtC/yr))。排出はすべての排出源(エネルギー、工業および土地利用変化)からのもの。40件のSRESシナリオは4つのシナリオファミリー(A1、A2、B1、B2)と6つのシナリオグループの形で示す。化石エネルギー重視のA1FIシナリオ(石炭高依存と石油・ガス高依存のシナリオから成る)、非化石エネルギー源重視のA1Tシナリオおよび両エネルギー源のバランス重視のA1Bシナリオは図 SPM-3a。A2シナリオは図 SPM-3b。B1シナリオは図 SPM-3c。B2シナリオは図 SPM-3d。色付けされた部分は各グループにおける調和シナリオと非調和シナリオの範囲を示す。6つのシナリオグループのそれぞれについて例証シナリオが提示されている。4つの標識例証シナリオ(A1、A2、B1、B2、実線)とA1FI、A1Tの2つの例証シナリオ(破線)である。

いずれのシナリオも現在よりは豊かな世界を描いている。シナリオで仮定される経済活動水準は広範囲にわたり、世界総生産は2100年までに最低シナリオでも10倍、最高シナリオでは26倍になる。

SRESシナリオの大半で、所得の地域格差は縮小すると仮定されている。シナリオファミリーのうち、A1とB1は比較所得格差が段階的に縮小する複数の過程を明瞭に示している。

技術は温室効果ガス排出要因として、少なくとも人口変動や経済発展と同様の重要性を持つ。これらの要因は相互に関連している。A1シナリオファミリー内のシナリオは、人口変動と社会経済発展については共通の仮定、技術や資源力学については異なる仮定を援用することにより、エネルギー系と土地利用パターンの多様な発展の可能性を示している。

SRESシナリオは、IS92シナリオよりも広範囲のエネルギー構造をカバーしている。これは将来の化石エネルギー源や技術変化についての不確実性を反映するものである。このため、一連のシナリオは事実上、技術変化

について、石油、ガス、石炭などの化石燃料重視から非化石燃料重視に至るまで、考えられるあらゆる方向をカバーしている。

大半のシナリオにおいて、世界の森林面積は人口増加と所得増加を主因に、数十年間は減少を続けるが、この現在の傾向は逆転する。B1 および B2 シナリオファミリーでは、2100 年までに 1990 年比で最大の森林面積増加が仮定されている。農地利用の変化は主に、人口変動や食生活変化から起こる食料需要変化によって促進される。他のさまざまな社会的、経済的、制度的および技術的要因も農地、森林およびその他の土地利用の相対的割合に影響を与える。別の分析方法を使うと、結果もまったく違って来る。これは、シナリオにおける将来の土地利用変化がモデルに大きく依存することを示す。

上記の要因は CO<sub>2</sub> だけでなく、ほかの温室効果ガスの排出量にも影響する。上記要因と CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガス排出量との関係は全体的により複雑で、研究もあまり進んでいない。シナリオで使用するモデルもあまり精巧ではない。このため、SRES 報告においては、CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガス排出の不確定性は CO<sub>2</sub> 排出の場合も高い<sup>6</sup>。

注 6： このため、本報告で提供する CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガス排出範囲は CO<sub>2</sub> 排出範囲ほどに不確定要素を反映していない。たとえば、ハロゲン化炭素については、1 つのモデルで唯一の排出値を提供しているに過ぎない。

**図 SPM-4**：1990～2100 年までの世界の CO<sub>2</sub> 累積排出量（単位：GtC）（SPM-4a）と同累積排出量のシナリオグループ別分布グラフ（SPM-4b）。SRES シナリオや関連シナリオの分布は、実現可能性を示すものにとらえるべきではない。両図とも 40 件の SRES シナリオについての累積排出量範囲を示す。これらのシナリオは累積排出量により、低度、中低度、中高度、高度の 4 つのカテゴリーに分類される。各カテゴリーには 1 つの標識例証シナリオに加えて、比較可能な累積排出量をもたらず代替シナリオが含まれる。ただし、代替シナリオの排出量は別の要因によることが多い。このような分類は排出量が同じでも排出要因が異なるシナリオの比較、あるいは排出要因が同じでも排出量が異なるシナリオの比較を導き出すことができる。IS92 シナリオの累積排出量も示されている。

## SRES シナリオにおける温室効果ガス排出量範囲および排出量と排出要因の関係

SRES シナリオは、最近の文献と SRES データベースに見られる二酸化炭素（CO<sub>2</sub>、図 SPM-2a、SPM-2b 参照）、その他温室効果ガスおよび硫黄の排出量範囲の大半をカバーしている。この範囲は IS92 シナリオのエネルギー・工業関連 CO<sub>2</sub> 排出量範囲と全体の CO<sub>2</sub> 排出量範囲に類似しているが、土地利用変化による排出についてはより広範囲にカバーしている。6 つのシナリオグループは、広範囲で重複もある排出量範囲をカバーしている。各シナリオの温室効果ガス排出量範囲は、排出要因の多くについて文献に反映されている長期的不確実性をとらえるため、時間が経過するにつれて広くなり、2050 年以降については社会経済発展の違いのため、大幅に広がる。表 SPM-2b は各シナリオの 2020 年、2050 年および 2100 年の排出量をまとめたものである。図 SPM-3 は 4 つのシナリオファミリーを構成するシナリオの 6 シナリオグループ（A2、B1 および B2 の 3 シナリオファミリーと A1FI、A1T および A1B の A1 ファミリー内の 3 グループ）についての CO<sub>2</sub> 総排出量範囲を詳細に示す。

一部の SRES シナリオは排出傾向の逆転、転換点（初期増加後の減少など）および交差（たとえば、あるシナリオでは初期排出量の方が多く、別のシナリオでは後の排出量の方が多い）を示す。排出傾向の逆転（図 SPM-2、SPM-3 を参照）は歴史的な排出増加傾向からは乖離する。これらケースの大半において、所得増による排出増加傾向は、緩やかな増加あるいは減少を続ける人口を伴う生産性改善の効果を上回る。

多くの SRES シナリオにおいて、森林減少を原因とする CO<sub>2</sub> 排出量は数十年後にピークに達し、その後は漸減する（図 SPM-1b）<sup>7</sup>。このパターンは文献におけるシナリオと合致しており、緩やかな人口増加（一部シナ

リオでは増加後に減少)、農業生産性の向上および森林の減少と結びつけることができる。これらの要因は多くのケースで、現在の森林地帯の減少という現在の傾向の逆転を促す。B1 ファミリーにおける排出量減少が最も速い。土地利用変化を原因とする正味の人為的 CO<sub>2</sub> 排出<sup>2</sup>が 2100 年に至るまで続くと仮定されているのは A2 シナリオファミリーだけである。A1 シナリオファミリーの土地利用変化関連 CO<sub>2</sub> 排出量はエネルギー関連排出量と同様、範囲が最も広い。これらシナリオの多様性は他のシナリオの範囲も拡大させる高度経済成長、モデル化アプローチの違い、さらに技術の扱いによって増幅される。

注 7: 新たなシナリオでは、将来の気候変動が生物圏からの排出量に及ぼすフィードバック効果は仮定されていない。

SRES シナリオでは、2100 年までの総累積炭素排出量(すべての排出源をカバー)は約 770GtC から約 2,540GtC の範囲となる。IPCC 第 2 次評価報告(SAR)によると、「安定時の CO<sub>2</sub> 濃度は、現在から安定時までの排出量変化過程というよりもその間の人為的 CO<sub>2</sub> 累積排出量で決まる」。このため、本報告では、累積排出量<sup>8</sup>によってもシナリオを分類している(図 SPM-4 を参照)。SRES シナリオでは IS92 シナリオの排出量範囲を高い方に拡大(SRES シナリオの最大排出量は 2,538GtC であるのに対し、IS92 シナリオでは 2,140GtC)しているが、低い方には拡大していない。両シナリオの最小排出量は約 770GtC である。

注 8: 本報告では、各シナリオにおける正味の人為的年間排出量を期間内で合計する方法で累積排出量を計算した。これらの累積排出量を大気中濃度に関連付ける場合には、大気中の炭素濃度に影響を与える自然プロセスすべてを考慮する必要がある。

21 世紀末までのメタン(CH<sub>4</sub>)と亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)の総排出量は範囲が広い(図 5.5、5.7 から導き出した図 SPM-5、SPM-6 を参照)。両温室効果ガスの排出量は多くのシナリオで、2050 年までに減少し始める。複数モデルによるアプローチを採用したため、排出量範囲は IS92 シナリオの場合よりも広がっている。同アプローチでは不確実性の扱いが改善され、排出要因のカバー範囲も拡大する。総排出量は土地利用、エネルギー系、工業および廃棄物管理を原因とする排出量を含む。

A1 および B1 シナリオファミリーにおけるメタンと亜酸化水素の排出量は、人口が緩やかな増加後に減少し、農業生産性が改善すると仮定されているため、制限される。土地利用関連排出量は初期増加後にピークに達し、減少し始める。B2 ファミリーでは、この種の排出量は緩やかながらも増加し続ける。A2 ファミリーにおいては、大幅な人口増加とより緩やかな農業生産性改善のため、土地利用関連の両ガス排出量は急速な増加が続く。

SRES シナリオにおける HFC 排出量範囲は、従前の IPCC シナリオよりも全体的に低い。モントリオール議定書規制物質の代替物質の利用可能性について新たな知識が加わったため、初期 HFC 排出量が従前の IPCC シナリオよりも全体的に少なくなっている。HFC 排出量は A2、B2 両シナリオファミリーでは 21 世紀後半で急速に増加するが、A2、B2 両シナリオファミリーでは同時期に増加速度が大幅に減速する、あるいは増加傾向が逆転する。

SRES シナリオの硫黄排出量は、IS92 シナリオに示された範囲よりも全体的に少ないが、これはエネルギー系や地域大気汚染問題の構造的変化によるものである。欧州、北米、日本、さらに(最近では)他のアジア諸国や途上国が導入した硫黄規制法を反映している。このような変化・規制のタイミングや影響はシナリオや地域によって異なる<sup>9</sup>。SRES シナリオの世界硫黄排出量は今後 20~30 年間増加した後には減少する(表 SPM-1b を参照)。これは、1995 年の IPCC シナリオ評価や最近の評価済み文献における発見と合致する。

注 9: SRES シナリオの SO<sub>2</sub> 排出量世界合計は IS92 シナリオよりも低い。SO<sub>2</sub> 排出の地域パターンが非常に多様であるため、SO<sub>2</sub> 排出とそれが硫黄塩エアロゾルに与える影響についての不確実性は、IS92 シナリオよりも高まっている。

異なる社会経済発展が同様の温室効果ガス排出をもたらすこともあるし、同様の社会経済発展が異なる排出をもたらすこともあり得る。社会経済発展過程が同じであっても、主要な温室効果ガス排出要因の将来における変化についての不確実性が将来の排出についての不確実性を高める。このため、各シナリオファミリーにおける排出は他のシナリオファミリーにおける排出と大幅に重複する。この重複は、ある水準の排出が排出要因の異なる組み合わせから生じる可能性もあることを示唆している。図 SPM-1、SPM-2、SPM-3 は CO<sub>2</sub> についてこの点

を示している。

地域別一人あたり所得が収斂されることにより、温室効果ガス排出量が増加することもあれば減少することもある。表 SPM-1a と SPM-1b は、すべての地域の一人あたり所得が高いために CO<sub>2</sub> 排出量が高水準になるシナリオがあることを示す（たとえば、高度成長で化石燃料重視のシナリオグループである A1FI）。また、一人あたり所得が高いために CO<sub>2</sub> 排出量が少なくなるというシナリオがあることも示す（たとえば、A1T シナリオグループや B1 シナリオファミリー）。これは、他の排出要因が温室効果ガス排出に対して、所得増よりも大きな影響を与えるケースもあることを示唆している。

**図 SPM-5** :SRES シナリオのために（共通の 1990 年値と 2000 年値に）基準化された世界の年間メタン排出量（単位：Mt CH<sub>4</sub>/yr）。6 つのシナリオグループについての 2100 年までの排出量範囲を右側に示す。例証シナリオ（標識シナリオを含む）は目立つようにしてある。

**図 SPM-6** :SRES シナリオのために（共通の 1990 年値と 2000 年値に）基準化された世界の年間亜酸化窒素排出量（単位：MtN/yr）。6 つのシナリオグループについての 2100 年までの排出量範囲を右側に示す。例証シナリオ（標識シナリオを含む）は目立つようにしてある。

## SRES シナリオの利用方法

いずれの分析でも、排出要因に関するさまざまな仮定を伴う一連の SRES シナリオを利用することを勧める。このため、大半の分析で複数のシナリオファミリーを利用するべきである。6 つのシナリオグループ（A2、B1 および B2 の 3 シナリオファミリーと A1B、A1FI および A1T の A1 ファミリーの 3 グループ）と 4 つの累積排出量カテゴリーは、排出要因と排出量に伴う不確実性の範囲をとらえる、SRES シナリオの最小の集合として作成した。

排出要因から排出量に至るまでの主要不確定要素は気候モデル化、影響・脆弱性・緩和・適応オプションの評価、政策分析などの応用目的によって異なる。気候モデル作成者は、累積排出量分類によって反映される範囲をカバーしたがるだろう。影響、脆弱性および適応の点でのオプションの強度を評価するためには、6 つのシナリオグループにより反映されるように、同じ排出量と異なる社会経済的特徴を伴う複数シナリオが必要となる。緩和分析では、排出量についても社会経済的特徴についても変化が必要であろう。国家や地域の規模での分析に最適なシナリオは、具体的な環境と見通しを最もよく反映するものであろう。

SRES シナリオの関連でもその根拠となるシナリオ文献との関連でも、実現可能性が最も高い「中心的」あるいは「最良推定」の単一シナリオというものは存在しない。いずれの個別 SRES シナリオについても、実現可能性は示していない。いずれの SRES シナリオも、すべての排出要因や排出量についての中心的傾向の推定、すなわち平均や中間を表すものではなく、どのシナリオもそのように解釈されるべきではない。シナリオの区分は各シナリオの相対的位置を理解するための有用な文脈を提供するものであり、実現可能性を示すものではない。

各 SRES シナリオの排出要因や排出量は、総合的に利用する必要がある。内部的な非一貫性を回避するため、SRES シナリオの構成要素を混合させるようなことはすべきでない。たとえば、あるシナリオの温室効果ガス排出量と別のシナリオの SO<sub>2</sub> 排出量とか、あるシナリオの人口と別のシナリオの経済発展などを結びつけるべきではない。

SRES シナリオは、長期見通しに付随する不確実性を認識したうえで<sup>10</sup>、政策立案者に短期的分析のための長期的文脈を提示する。1 世紀という時間尺度を重視するこれらシナリオを作成するために利用されたモデル作成手段は、短期（10 年以下）的動向の分析には適さない。SRES シナリオの利用者は緩和・適応オプションを分

析する際に、同シナリオには新たな気候関連対策は含まれていないが、硫黄排出量の削減や新エネルギー技術の広範囲な普及などにつながる他の発明を必要とするさまざまな変化が生じると仮定されている点を認識しておく必要がある。

注 10： いずれのシナリオの定量化も、対象期間が長くなると仮定の根拠がより憶測的になるため、信頼性が低くなる。これが多様なシナリオを作成した理由である。

### 今後有用となる排出シナリオ作成作業

- ・ 長期排出シナリオについて現在進められている評価・比較作業のための計画を確立する（シナリオ・データベースの定期的更新を含む）。
- ・ モデル作成手段や排出シナリオ作成の分野での能力強化（特に途上国）
- ・ 将来のシナリオ分析における複数筋書き・複数モデルアプローチ
- ・ 排出シナリオと緩和オプションの関係をより明確にするため、主要温室効果ガス排出要因の将来動向を地域別、小地域別、部門別に詳細に評価するための新たな研究活動を行う。
- ・ CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガスや非エネルギー部門（土地利用、土地利用変化、林業など）の仕様・データを改善し、モデルに組み入れる。また、シナリオや分析を改善するためにモデル間比較を行う。
- ・ 粒子、水素、硝酸塩エアロゾル前駆物質の排出量、気候変動が温室効果ガスに及ぼすフィードバック効果などのプロセスなど、シナリオ結果や分析に多大な影響を与えるとみられるものをモデルに組み入れる。
- ・ 地域的評価の改善を促進するため、各地域を網羅する排出予測をシナリオ向けに作成する。
- ・ 国家、地域、世界レベルの複数の優先課題への対処戦略を評価する。
- ・ 排出量データを合計する際に科学的信頼性を確保する手法を開発する。
- ・ 40 件の SRES シナリオの仮定、入力情報および結果についてのより詳細な情報を、ウェブサイトや CD-ROM で公開する。SRES ウェブサイトの定期的整備が必要。
- ・ 温室効果ガス排出要因、排出量、さらに温室効果ガスや硫黄塩エアロゾルの濃度について、適切な場合には時系列地域分布を示すため、SRES ウェブサイトを拡張し、そのための CD-ROM を作成する。
- ・ シナリオを干渉（対策実施）と非干渉（対策なし）の別に分類するための分類計画を作成する。

**表SPM-1a** : 1990年、2020年、2050年、2100年の主要な一次的温室効果ガス排出要因の概観。太字の数字は例証シナリオの値を示す。カッコ内の数字は4つのシナリオファミリーを構成する6シナリオグループにおける40件のSRESシナリオすべてをカバーする数値範囲<sup>a</sup>を示す。単位は表内に示す。この表では技術変化は定量化されていない。

注 a : 一部の温室効果ガス排出要因については、すべてのシナリオが同一の仮定を採用しているため、数値範囲を示さない。

**表SPM-1b** : 1990年、2020年、2050年、2100年の主要な一次的温室効果ガス排出要因の概観。太字の数字は例証シナリオの値を示す。カッコ内の数字は4つのシナリオファミリーを構成する6シナリオグループにおける26件のSRES調和シナリオすべてをカバーする数値範囲<sup>a</sup>を示す。単位は表内に示す。この表では技術変化は定量化されていない。

注 a : 一部の温室効果ガス排出要因については、すべてのシナリオが同一の仮定を採用しているため、数値範囲を示さない。

**表SPM-2a** : 1990年、2020年、2050年、2100年の主要な二次的温室効果ガス排出（シナリオ）要因の概観。太字の数字は例証シナリオの値を示す。カッコ内の数字は4つのシナリオファミリーを構成する6シナリオグループにおける40件のSRESシナリオすべてをカバーする数値範囲を示す。単位は表内に示す。

注 a : 1990年の数値は、IPCC作業グループII第2次評価報告（SAR）（一次エネルギー）に沿った非商業用エネルギーを含むが、SRESの計算方法で計算したものである。ASF、ミニCAM、IMAGEの各シナリオは非商業用再生可能エネルギーを含まないことに注意。このため、これらシナリオではエネルギー消費が比較的少ない。

**表SPM-2b** : 1990年、2020年、2050年、2100年の主要な二次的温室効果ガス排出（シナリオ）要因の概観。太字の数字は例証シナリオの値を示す。カッコ内の数字は4つのシナリオファミリーを構成する6シナリオグループにおける26件のSRES調和シナリオすべてをカバーする数値範囲を示す。単位は表内に示す。

注 a : 1990年の数値は、IPCC作業グループII第2次評価報告（SAR）（一次エネルギー）に沿った非商業用エネルギーを含むが、SRESの計算方法で計算したものである。ASF、ミニCAM、IMAGEの各シナリオは非商業用再生可能エネルギーを含まないことに注意。このため、これらシナリオではエネルギー消費が比較的少ない。

**表SPM-3a** : 1990年、2020年、2050年、2100年の温室効果ガス、SO<sub>2</sub>およびオゾン前駆物質の排出量<sup>a</sup>と2100年までのCO<sub>2</sub>累積排出量の概観。太字の数字は例証シナリオの値を示す。カッコ内の数字は4つのシナリオファミリーを構成する6シナリオグループにおける40件のSRESシナリオすべてをカバーする数値範囲を示す。単位は表内に示す。

注 a : CO<sub>2</sub>以外の温室効果ガスについてSRESで示す排出量は全般的に、エネルギー消費によるCO<sub>2</sub>排出量よりも不確実性が高い。このため、本報告で提示するCO<sub>2</sub>以外の温室効果ガス排出量範囲はCO<sub>2</sub>に比べれば、不確実性のレベルを十分反映していない可能性がある。たとえば、ハロゲン化炭素の排出量については、1つのモデルで1つの値を示しているに過ぎない。

**表SPM-3a (つづき)**

注 b: SPM では、CFC/HFC/HCFC、PFC および SF<sub>6</sub> の排出量は炭素換算排出量で示している。この換算では、排出量に各物質の重量 (表 5~8 を参照) とその地球温暖化係数 (GWP、表 5~7 を参照) をかけて合計した。そして、この計算結果を CO<sub>2</sub> 換算 (GWP に反映) から炭素換算に変えた。GWP の使用は非常に長い期間における排出の特徴を示すにはあまり適切でないことに注意。ここで GWP を使用しているのは、表 5~7 に掲げた 27 種類の物質の詳細分類よりも SPM の読みやすさを優先したため。ここではまた、本表における分類全体の加重数値を示すという (それほど好ましくない) オプションよりもこの手法の方が優先される。

**表 SPM-3b** : 1990 年、2020 年、2050 年、2100 年の温室効果ガス、SO<sub>2</sub> およびオゾン前駆物質の排出量<sup>a</sup> と 2100 年までの CO<sub>2</sub> 累積排出量の概観。太字の数字は例証シナリオの値を示す。カッコ内の数字は 4 つのシナリオファミリーを構成する 6 シナリオグループにおける 26 件の SRES 調和シナリオすべてをカバーする数値範囲を示す。単位は表内に示す。

注 a: CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガスについて SRES で示す排出量は全般的に、エネルギー消費による CO<sub>2</sub> 排出量よりも不確実性が高い。このため、本報告で提示する CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガス排出量範囲は CO<sub>2</sub> に比べれば、不確実性のレベルを十分反映していない可能性がある。たとえば、ハロゲン化炭素の排出量については、1 つのモデルで 1 つの値を示しているに過ぎない。

**表SPM-3b (つづき)**

注 b: SPM では、CFC/HFC/HCFC、PFC および SF<sub>6</sub> の排出量は炭素換算排出量で示している。この換算では、排出量に各物質の重量 (表 5~8 を参照) とその地球温暖化係数 (GWP、表 5~7 を参照) をかけて合計した。そして、この計算結果を CO<sub>2</sub> 換算 (GWP に反映) から炭素換算に変えた。GWP の使用は非常に長い期間における排出の特徴を示すにはあまり適切でないことに注意。ここで GWP を使用しているのは、表 5~7 に掲げた 27 種類の物質の詳細分類よりも SPM の読みやすさを優先したため。ここではまた、本表における分類全体の加重数値を示すという (それほど好ましくない) オプションよりもこの手法の方が優先される。