

第 2 章 IPCC 排出シナリオ (SRES) に関するサーベイ

2.1 作成経緯とその概要

国立環境研究所 森田 恒幸

1. はじめに

2000 年 3 月 15 日深夜、ネパールのカトマンズで IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の新しい排出シナリオが正式に承認された。1990 年と 1992 年に IPCC 公認のシナリオが作成されて以来、実に 8 年ぶりの更新である。

地球温暖化がどの程度進むかは、自然の系の不確実な挙動を別にすれば、われわれ人間社会がどのような方向に発展するかによって大きく左右される。将来の社会の発展方向の描き方により、エネルギー利用や土地利用変化の予想が大きく変わり、温室効果ガスや硫酸化物などの排出シナリオが大きく違ってくる。その結果、温暖化の予測に大きな差が出てくるし、また、どの程度の温暖化対策を必要とするかにも大きな違いが出てしまう。社会の発展方向の違いが温暖化の程度やその対策には決定的な影響を及ぼしてしまうのである。

今までの地球温暖化予測のほとんどは、IPCC によって 1992 年に作成された排出シナリオ (Houghton et al, 1992) を前提にしてきた。このシナリオは IS92a (「IPCC で作成した参照シナリオ 1992 年版の a ケース」の意味) と呼ばれ、6 つ作られたうちの一つであり、あくまでもひとつの社会の発展方向を描いたものに過ぎない。しかも、このシナリオは 1985 年のデータを基礎にして描かれ、1990 年以降に生じたいろいろな社会変化を当然のことながら考慮していなかった。ソ連崩壊、アジア発展途上国の経済の急激な成長、自由貿易体制の導入などは、1990 年代に入って世界の温室効果ガスや硫酸化物の排出量を大きく変える要因となった。さらに、1992 年のシナリオには先進国の研究者の一方的な考え方が反映されているとして、発展途上国から大きな批判もあった。このような問題点は、1994 年の IPCC 特別報告書 (Alcamo et al, 1994) によってレビューされ、新しい温室効果ガス等の排出シナリオの作成が勧告された。

これを受けて IPCC では、1996 年から特別のプロジェクトチームを組織し、新しい排出シナリオの作成作業を進めてきた。IPCC は本来、既に発表された学術論文の科学的レビューを行う機関であり、このような独自の研究プロジェクトを組織することは例外的である。しかし、排出シナリオは地球温暖化問題を科学的に解明するための基本情報であり、この基本情報の提供が IPCC に求められ、それに応えるためのプロジェクトであった。このプロジェクトに要した期間は 3 年半にもなり、IPCC の作業としては異例の長期間の作業となった。特に、経済モデルを含めた大規模なコンピュータ・モデルによるシミュレーション作業に多くの時間が費やされた。われわれのチームもこのシミュレーション作業に参加したほか、既存の排出シナリオのデータベースをこの IPCC プロジェクト用に新たに作成するなど、3 年半の全ての期間にわたって貢献してきた。そして、一連の成果を「排出シナリオに関する特別報告書」としてとりまとめ、この 3 月に各国政府の承認を得たので、今年の夏に正式の IPCC 報告書として刊行できる運びになった。この報告書の英文名

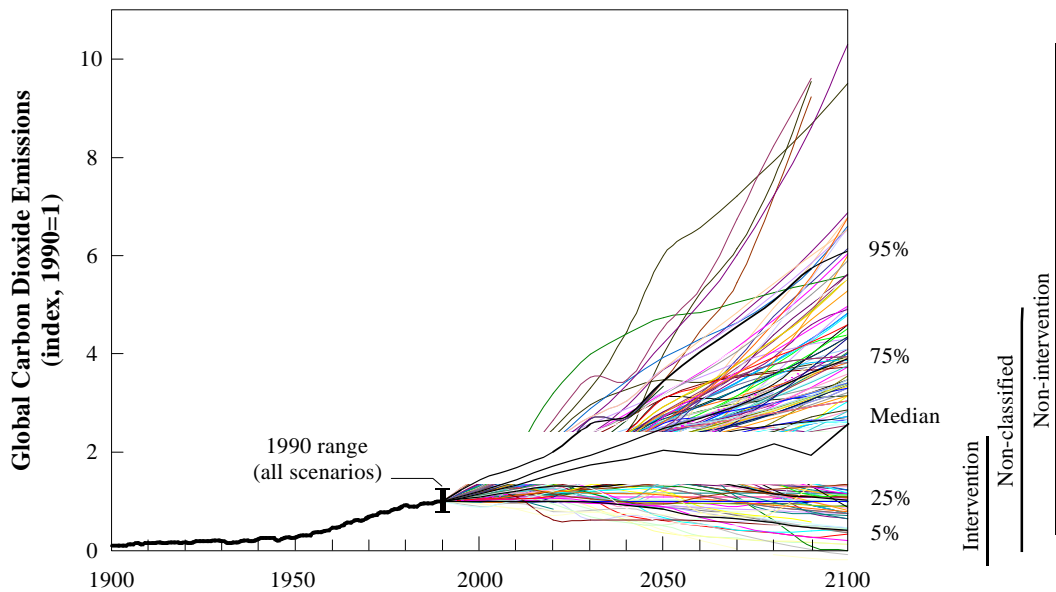
は、「Special Report on Emission Scenarios」であり、この頭文字を取って、この新しい排出シナリオは「SRES シナリオ」と呼ばれている。

本報告では、SRES シナリオの作成の過程とその含意について、概要を述べる。

2. SRES シナリオの作成過程

SRES シナリオは、既存の排出シナリオのレビュー、叙述的シナリオ（ストーリーライン）の作成、定量的シナリオの作成、インターネットによる公表と意見聴取（オープン・プロセス）、定量的シナリオの改良、という5つの手順を経て作成された。

まず、既存の研究による排出シナリオのレビューは、国立環境研究所においてデータベースを作成することから始まった（Morita and Lee, 1997）。約170のソースから400以上の排出シナリオを収集し、そのうち2100年までを推計期間としている190のシナリオを分析した。図表2.1はこれらのシナリオの全てについて、二酸化炭素排出シナリオをプロットしたものである。多様な社会経済発展の仮定のもとで非常に大きな幅のシナリオが描かれていることがわかる。これらの多様な仮定や大きな推計幅は、以下のSRESシナリオの作成過程に反映され、このような幅を網羅するシナリオの作成が試みられた。



図表 2.1 既存の研究による二酸化炭素排出シナリオ
(エネルギー起源及び工業起源二酸化炭素排出)

次のステップとして、将来の社会経済の発展について、叙述的なシナリオを作成した。これは、シナリオ内において一貫性を持った人口統計的・社会的・経済的・技術的・環境的・政治的将来を、量的でなく質的に記述したものである。定量的シナリオの作成の前にこのような叙述的シナリオを作成した理由は、研究プロジェクトの各メンバーが複雑な前提条件を一貫性をもって考えやすいようにするため、シナリオを様々な使用者に対して説明しやすくするため、さらに、後の政策分析や気候変動の影響分析においていろいろな仮定を追加する際の指針とするためである。

こうして作られた叙述的シナリオは、後で解説するように4つある。それぞれ、具体的

な社会的・経済的・技術的・環境的パラダイムを展開したもので、将来の発展の可能性を全て網羅しているわけではないが、非常に広い範囲にわたる。ただし、モデルでは定量化が難しく、発生の可能性が極端に低いと評価される「サプライズ」シナリオ、「大惨事」シナリオは除外した。

1998 年に入って、4 つの叙述的シナリオをベースにした定量化にとりかかった。この作業は次の 6 つのモデリング・チームが実施した。

- ・日本の国立環境研究所のアジア太平洋統合モデル (AIM) チーム
- ・アメリカ ICF Consulting の大気安定化枠組モデル (ASF) チーム
- ・オランダ RIVM の温室効果ガス影響評価統合モデル (IMAGE) チーム
- ・日本の東京理科大学の多地域資源産業配分モデル (MARIA) チーム
- ・オーストリア IIASA のエネルギー供給戦略・環境影響モデル (MESSAGE) チーム
- ・アメリカの PNNL の簡略気候評価モデル (MiniCAM) チーム

各チームがそれぞれアプローチの異なるモデルを用いて複数の叙述的シナリオを作成した。これらのうち、4 つの叙述的シナリオに対応して、「マーカー・シナリオ」と呼ばれる排出シナリオが選ばれた。マーカー・シナリオは、定量化の初期の段階で叙述的シナリオを最もよく反映していたもので、4 つの叙述的シナリオ毎にそれぞれ異なるモデルで推計されたものが選ばれた。これらのシナリオは他のシナリオに比べてより中心的である訳ではない。単に、より多くのチェックを受けたという特徴があるに過ぎない。他のシナリオはマーカー・シナリオの人口、GDP、及び最終エネルギー量と調和するよう、それぞれのシナリオを調整した。

4 つのマーカー・シナリオの仮バージョンは、1998 年 6 月にホームページに掲載し、広く意見を求めた。そして、寄せられたコメントをもとに後日改訂した。4 つのシナリオ群それぞれに対して追加のシナリオがモデリング・チームによって作成され、その結果、改訂された 4 つのマーカー・シナリオと、他の 36 の代替シナリオ、計 40 の排出シナリオが作成された。

3.4 つの叙述的シナリオ

4 つの叙述的シナリオ（「ストーリー・ライン」と呼ばれる）は、いずれも地球温暖化の軽減のための政策を含んでいない。4 つの異なった発展方向を示し、今よりも一般的に豊かな将来世界を描いたものである。これら 4 つのシナリオは全て、一般に今日よりも豊かな将来の世界を描写したものである。これらのシナリオは、単純に「A1」、「A2」、「B1」、「B2」という記号で簡単に呼ばれる。以下に、各シナリオの概要を説明する。

まず、A1 シナリオは、「高成長社会シナリオ」とイメージしてほぼ間違いない。マーケットの利点を活用して、世界中がさらに経済成長を遂げ、教育、技術、そして社会制度に大きな革新が生じるシナリオである。過去 100 年間の平均経済成長率、年約 3%が、今後 100 年間も続くとし、2050 年の一人当たり所得は世界平均で 2 万米ドルを超える。とくに発展途上国の成長がめざましく、南北の格差が急速に縮まる。これにより途上国の出生率は下がり、世界人口は 2050 年の 90 億人から 2100 年には 70 億人に下がる。平均寿命は伸び、核家族化が進む。急速な経済の拡大は、大量のエネルギー資源を必要とし、資源開発や新エネルギー開発への投資が加速する。途上国の食生活が肉食嗜好に急速にシフトし、

集約的農業に移行する。先進国から途上国への技術移転も進み、途上国の技術革新や自動車保有が早まる。環境問題の解決はマーケットによって大きく影響を受け、環境保全というよりも環境管理や創造の観点から解決が図られる。

この A1 シナリオは、エネルギー・システムにおける技術革新の選択肢が異なる 4 つのグループにさらに分かれる。石炭のクリーン利用技術の大幅な革新を仮定したシナリオ（A1C）、石油と天然ガス関連の技術革新が顕著なシナリオ（A1G）、新エネルギーの大幅な技術革新を見込んだシナリオ（A1T）、そしてこれらの技術革新がバランスして生じるシナリオ（A1B）である。A1 のみでこれらの多様なシナリオを作成した理由は、高い経済成長のシナリオでは技術革新の程度も大きく見込まれ、技術革新のいくつかの方向が温室効果ガス等の排出に及ぼす影響の感度を分析するのに好都合だったためである。なお、通常 A1 シナリオとよばれる場合は、最後の A1B を示している。

次に、A2 シナリオは、「多元化社会シナリオ」とでも呼べるものである。世界の各地域が固有の文化を重んじ、多様な社会構造や政治構造を構築していくことによって、世界の経済や政治がブロック化していくことを仮定している。このような社会では、国や地域の間常に緊張関係が生じ、国際的な貿易や人の移動、技術の移転が制限される。このため経済発展は遅れ、一人当たり所得も 2050 年で 7 千ドル程度と伸び悩む。途上国の出生率は下がらず、来世紀末の人口は 150 億人に達してしまう。地域間の自然資源や資産の格差は、地域間の所得格差をますます拡大させる。資源の少ない地域では技術開発への投資が加速されるが、経済成長が低めであるため一般的に技術革新は遅れ気味となる。環境への関心は相対的に低く、地域的な環境問題の深刻化のみが環境対策の動機づけとなる。

B1 は「持続発展型社会シナリオ」と呼ぶのがふさわしい。環境や社会への高い関心に基づいて、地球公共財としての環境の保全と経済の発展を地球規模で両立し、バランスのとれた経済発展を図るシナリオである。資源利用の効率化（脱物質化）、社会制度、環境保護に集中的に投資が起こる。資源利用の効率化は、資源の供給側面を重視する高成長社会シナリオと違い、資源の需要面に集中して生じる。また、廃棄物の減量化やリサイクルが進み、資源利用の効率化やリサイクルの活性化によって環境産業の市場が急速に拡大し、これが経済成長の持続に大きく貢献する。経済成長率は高成長シナリオよりは低くはなるが、2050 年の一人当たり平均所得は 1 万 3 千ドルに達する。発展途上国では、先進国からの先端技術の移転が進み、クリーン技術が普及し、これに伴い、教育やキャパシティビルディングも大きく進展する。このため、いわゆるショートカットと呼ばれる発展パターンに乗って、途上国の公害対策が著しく進展する。公共交通システムが整備され、都市構造はコンパクト化し、低投入・低負荷型農業が普及する。自然保護を推進することにより農産物価格は相対的に高いが、肉食への食生活へのシフトは抑えられる。

最後の B2 は「地域共存型社会シナリオ」と呼べるかもしれない。環境や社会への高い関心に基づくが、地球規模の問題への関心や国際的な問題解決という方向に向かわず、地域の問題と公平性を重視して、ボトムアップの方向で発展を図るシナリオである。マーケットにまかせずローカルな政府の政策が発展を牽引する。教育と福祉向上政策により、発展途上国の死亡率、出生率の双方が下がるため、人口は来世紀末で 100 億人程度となる。国際マーケットよりも地域の共存を重視する分、経済成長はやや低めとなり、2050 年で一人当たり所得が 1 万 2 千ドルとなる。個人間及び南北間の所得格差は縮小する。技術移転などの途上国支援は、国際的な統一ルールではなく 2 国間で別々に進められる。地域的な独立性が高まり、地域毎の経済圏や政治システムが発達していく。これにより、エネル

ギー、食糧、環境などの問題は、各地域の中で主体的に解決が図られる。

4. 排出シナリオ

では、これらの 4 つのシナリオを前提にして温室効果ガスを予測したらどうなるか。われわれのチームも含めて世界の 6 つのチームが定量化を試みた。いずれも、世界経済モデルを中心にして、エネルギーモデルや土地利用モデルを組み合わせ、上記の 4 つの叙述的シナリオを前提としながら、エネルギー利用や土地利用変化、それに工業プロセスの将来をシミュレートし、この結果排出される二酸化炭素 (CO₂)、メタンガス (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O)、二酸化硫黄 (SO₂) などを総合的に推計した。図表 2.3 は、エネルギー及び工業起源の二酸化炭素排出シナリオで、計算された 40 全てのシナリオと、各シナリオ群のマーカーが示されている。

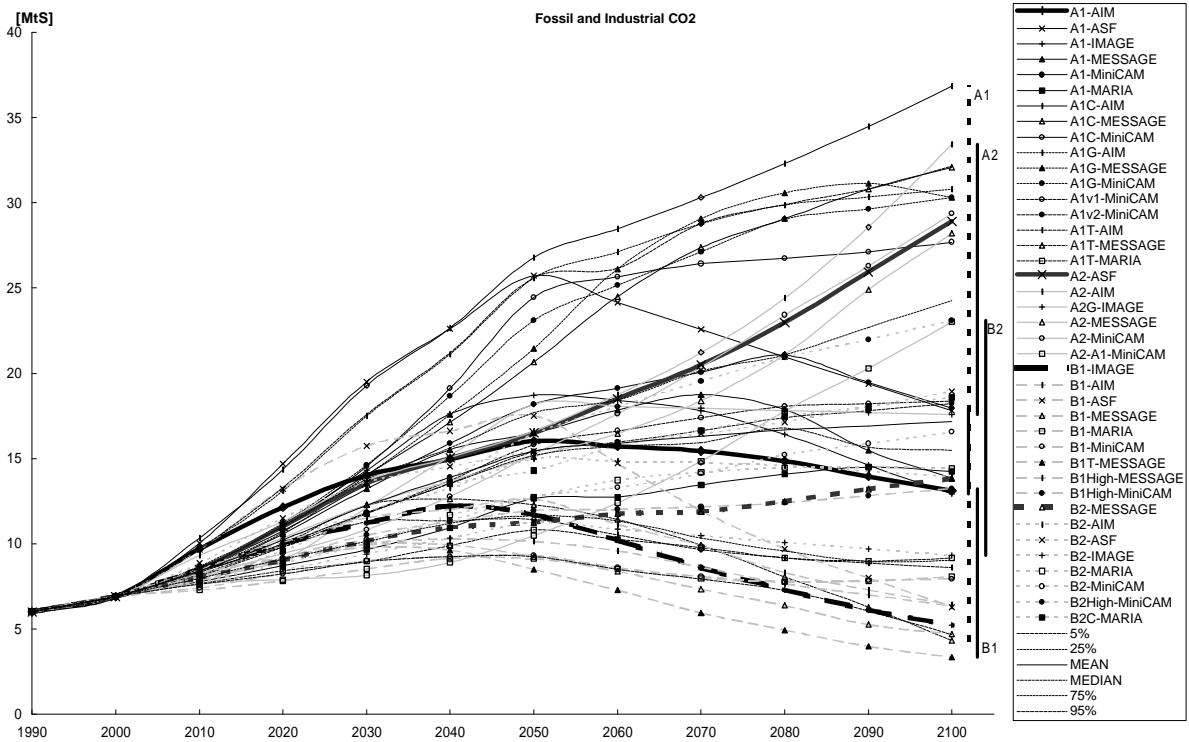
予想通り、環境を重視した B1 シナリオが最も CO₂ 排出量が少ない。このような社会を築くと、とりたてて温暖化対策をやらなくても温暖化は食い止められる。伝統的な環境保護論者の理想像に近い B2 シナリオは、経済発展至上主義に近い A1 シナリオと比べて、来世紀末の CO₂ 排出量でほぼ同じとなる。地域を重視して環境問題を解決する方向に働く要因と、経済発展によって技術効率が向上する要因とが、CO₂ の排出抑制において同じくらいの効果を発揮した。最も温暖化対策にやっかいな社会は、A1 シナリオではなく、意外にも「多元化社会」を指向した A2 シナリオであった。このような社会に発展してしまうと、温暖化対策には信じられない程のコストがかかる可能性を示唆している。

この新しいシナリオ作成を通じて、もう一つの意外なことが明らかになってきた。それは、図表 2.4 に示した硫黄酸化物 (SO_x) の排出のシミュレーションに関係したものである。以前に IPCC が作成した IS92a など今までの多くの SO_x 排出シナリオは、来世紀末まで排出量が伸び続けるというものであったが、今回のシナリオのシミュレーションでは、日本をはじめとする先進国の公害対策の歴史を勘案して、これらの知見をモデルの中に組み入れた結果、すべてのシナリオで SO_x 排出量が大きく減少するという結果が得られた。途上国の経済発展に伴って一人当たりの GDP が 3 千ドルから 5 千ドルに達すると、公害被害への認識が高まり一気に公害対策が進むという歴史的事実を、モデルに反映した結果である。これによって SO_x 排出量は減少し続けるか、あるいは逆 U 字の形で来世紀に入って減少する (環境クズネツ曲線と呼ばれる) かのいずれかとなる。この SO_x 排出量の減少は、大気中の硫酸エアロゾルを減少させ、硫黄エアロゾルのもつ「冷却効果」を低下させて、その結果、地球温暖化を加速させることが推定される。

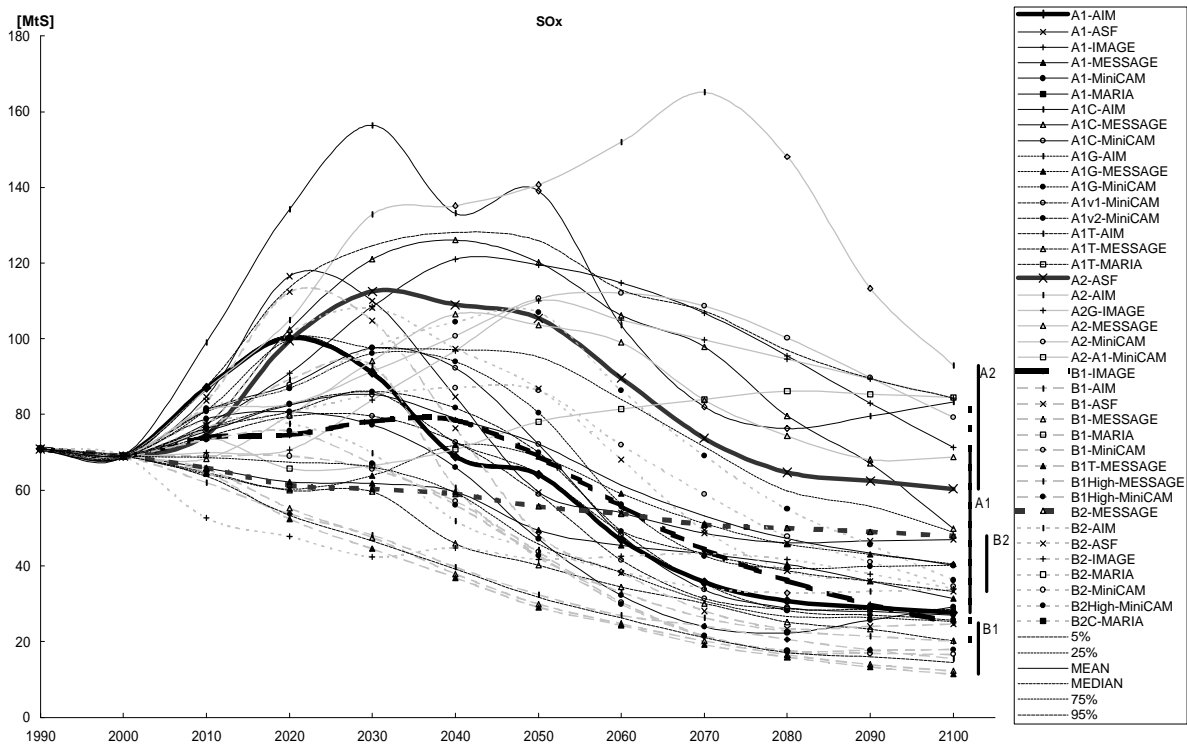
図表 2.2 に、全てのガスの排出シナリオについての定量化の結果を、マーカーと全ての排出シナリオの幅で整理した。これらの SRES シナリオは、先に示した最近の文献にみられる排出シナリオの幅の大部分をカバーするものとなった。

図表 2.2 SRES シナリオの定量化の概要 (マーカー・シナリオと全シナリオの推計幅)

	CO ₂ (GtC)	CH ₄ (MtCH ₄)	N ₂ O (MtN)	HFC, PFC, SF ₆ (MtC equiv.)	CO (MtCO)	NMVOCs (Mt)	NOx (MtN)	SOx (MtS)
A1	Median 13.5 (13.5-17.9) by 2100	Low 289 (289-640) by 2100	7.0 (5.8-17.2) by 2100	Median Total of 824 by 2100	Median 1663 (1080- 2532) by 2100	Median 193 (133-552) by 2100	Median. 40.2 (40.2-77.0) by 2100	Low 27.6 (27.6-71.2) by 2100
A1C	High (25.9-36.7)	Median: (392-693)	(6.1-16.2)	as A1	High: (2298-3766)	Median: (167-373)	High: (63.3 -151.4)	High: (26.9-83.3)
A1G	High (28.2-30.8)	Median (289-735)	(5.9-16.6)	as A1	High: (3260-3666)	Median: (192- 484)	High: 39.9 -132.7)	Low: (27.4-40.5)
A1T	Low (4.3-9.1)	Low: (274-291)	Low: (4.8-5.4)	as A1	Median: (1520-2077)	Low: (114 -128)	Low: (28.1-39.9)	Very low: (20.2-27.4)
A2	High 29.1 (19.6-34.5) by 2100	High 889 (549-1069) by 2100	16.5 (8.1-19.3) by 2100	High Total of 1096 by 2100	High 2325 (776-2646) by 2100	High 342 (169-342) by 2100	Very high 109.2 (70.9- 110.0) by 2100	High 60.3 (60.3-92.9) by 2100
B1	Low 4.2 (2.7-10.4) by 2100	Low 236 (236-579) by 2100	5.7 (5.3-20.2) by 2100	Low Total of 386 by 2100	Low 363 (363-1871) by 2100	Low 87 (58-349) by 2100	Low 18.7 (16.0-35.0) by 2100	Very low 24.9 (11.4-24.9) by 2100
B2	Median 13.3 (10.8-21.8) by 2100	Median 597 (465-613) by 2100	6.9 (6.9-18.1) by 2100	Moderately high Total of 839 by 2100	Median 2002 (661-2002) by 2100	Median 170 (130-304) by 2100	High 61.2 (34.5-76.5) by 2100	Low-Median 47.9 (33.3-47.9) by 2100



図表 2.3 標準化された 40 の SRES 二酸化炭素排出シナリオ (エネルギー起源及び工業起源)
 (マーカー・シナリオは太黒線で、その他の 36 シナリオはその他の線で示される。)
 (マークのない細線は、百分位数、平均値、中央値を示す。)



図表 2.4 標準化された 40 の SRES 硫黄酸化物排出シナリオ
 (マーカー・シナリオは太黒線で、その他の 36 シナリオはその他の線で示される。)
 (マークのない細線は、百分位数、平均値、中央値を示す。)

5. おわりに

以上が、SRES シナリオの全容であるが、最後に、IPCC セッションにおける政策担当者用サマリーの若干の修正と、その後の SRES シナリオを用いた研究について若干補足する。

この報告の始めにも書いたが、去る 3 月 13 日から 15 日にかけてネパールのカトマンズで IPCC セッションが開催され、SRES 特別報告書が承認された。その際、各国政府代表による審議の過程で、政策担当者用サマリーが修正された。主なポイントは 2 つある。第一は、4 つのマーカーに加えて 2 つの準マーカーが追加され、特に、気候モデルの入力条件に 2 つの準マーカーを加えるよう推奨することになった。これは、アメリカ政府代表団の強い要請によるもので、その背景には、B1 シナリオにおける温室効果ガスの排出量が低過ぎるとの政策担当者の直観をもとに、全体のバランスをとるために高い排出量のシナリオを加えるべきとの認識があったように感じられた。A1 シナリオ群の石油と天然ガス関連の技術革新が顕著なシナリオ (A1G) とともに、新エネルギーの大幅な技術革新を見込んだシナリオ (A1T) から、それぞれ 1 つの排出シナリオが準マーカーに選ばれた。もう一つの修正は、SRES シナリオに基づく放射強制力の分析の部分の全面的削除である。サウジアラビアや中国の意見に従ったものである。これらの修正は、SRES シナリオの本質を変えるものではなく、政策担当者への説明のやり方について若干の手を加えたものに過ぎない。

一方、SRES シナリオを用いた新たな研究も始まっている。SRES シナリオはあくまでも温暖化軽減のための対策を含まないシナリオであったが、IPCC の第三次評価報告書

(TAR) 第三作業部会においては、SRES シナリオをベースにした対策シナリオの章が設けられ、このための分析作業が勧められている。この対策シナリオは「Post-SRES シナリオ」と呼ばれ、世界の 9 つのモデリング・チームが参加し、筆者がその分析プログラムのコーディネーターを務めている。この中では、SRES シナリオに描かれた将来の発展方向を前提として、温室効果ガスの大気中濃度をある目標レベルに維持するために排出削減をシミュレートし、対策のレベルや必要とされる技術革新にどのような違いが出てくるかを分析している。そして、どのような発展の方向に向かったとしても意味のある「ロバストな」対策や技術革新とは何かを明らかにすることが、温暖化対策研究にとって重要な研究領域になろうとしている。

SRES シナリオは、IPCC によって用意された新しい排出シナリオというだけでなく、多くの科学的あるいは政策的な示唆を与えている。このシナリオが示唆するものは、人類の将来の発展方向は多様であり、これらの発展の方向によって温暖化の程度や温暖化対策の意味は大きく違ってくることである。今、世界の温暖化対策の議論で最も欠けているポイントは、実はここにある。世界の向かっている方向がどのような社会であるのかをまず議論する必要がある。そして、その社会がわれわれを豊かにし、温暖化対策の方向と大筋で一致しているのであれば、温暖化対策を積極的に進めることは、とりもなおさず世界の発展を牽引していることになるのである。

参考文献

- Alcamo, J., A. Bouwman, J. Edmonds, A. Gruebler, T. Morita and A. Sugandhy (1995): An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios. In *Climate Change 1994*, Cambridge University Press, 233-304.
- Houghton, J.T. et al (ed) (1992): *Climate Change 1992 -the Supplement Report to The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, 200pp.
- IPCC (2000) *Special Report on Emissions Scenarios*, Cambridge, London, (to be published).
- Morita, T. and H. Lee (1997) *Emission scenario Database prepared for IPCC Special Report on Emission Scenarios convened by Dr. Nebojsa Nakicenovic*. <http://www-cger.nies.go.jp/IPCC/aim/>.

2.2 主な特徴

(1) シナリオについて

- ・将来の温室効果ガス排出量は、人口変化、経済発展、技術変化などの要因（driving forces）によって決まるが、この決定は不確実性が高い。シナリオは、将来の排出量がどうなるかについての選択的イメージを示すものであり、driving forces が将来の排出量にどのように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ツールとなる。
- ・4つのシナリオについては、それぞれに対して、温室効果ガスの排出要因とその変化の関係について一貫性をもって説明する narrative なストーリーラインが作成されている。ストーリーラインは、「将来の歴史」を示す様々な文献（例えば、Huntington の『文明の衝突』など）をもとに、SRES の執筆チームが作成した。
- ・SRES では A1、A2、B1、B2 の4つのシナリオが設定されている。A、B は経済志向か環境志向かを、1、2 は地球主義志向か地域主義志向かを表しており、これらの組み合わせにより4つのストーリーラインが示される。

(2) 排出シナリオの策定作業について

- ・日、米、欧より2モデルずつ、計6モデルが排出シナリオ策定作業に参加し、これら6モデルについて基本的な driving forces（人口、GDP、最終エネルギー需要、CO₂ 排出）をまず harmonized させた後、技術進歩やエネルギー利用費用等のパラメータを変えて、変形ケースを計算している。これらケースの総数は40にのぼる。

< 標識シナリオ（marker scenarios） >

- ・計40本のSRESシナリオは、4つの異なるストーリーラインに沿って、これにそれぞれ対応する4つのシナリオファミリーに分類される。
- ・数の多いシナリオを扱いやすくするため、SRES作成チームのコンセンサスにより、各ストーリーライン（A1、A2、B1、B2）についてこの特徴を最もよく反映したものを代表的なケースとして選び出し、「標識シナリオ」とした。したがって、標識シナリオは各ストーリーラインごとに4本ある。標識シナリオは他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、あくまで各ストーリーラインを例証しているとSRES作成チームが考えたシナリオである。

< Harmonized Scenarios >

- ・結果として算出された温室効果ガス排出量の比較を可能にするため、人口、経済成長率、最終エネルギー需要のいずれかまたはすべてについて共通の仮定を用いた（harmonized）シナリオを Harmonized Scenarios（HS）としている。このうち、Fully Harmonized Scenarios は、人口、経済成長率、最終エネルギー需要のすべてについて共通の仮定を用いており、11本のシナリオがこれにあたる。各ストーリーライン例証している4つの標識シナリオはこの11本のシナリオの中に含まれる。また、Globally Harmonized Scenarios は世界全体の人口と国内総生産の合計について共通の仮定を用いて

おり、26本のシナリオがこれにあたる（当然、前出の11本はこれに含まれる）。残りの14本は上記に当てはまらない Non Harmonized Scenarios となる。

図表 2.5 SRES シナリオ

	A1				A2	B1	B2	合 計
	A1C	A1G	A1B	A1T				
Globally Harmonized Scenarios	2	3	6	2	2	7	4	26
Other Scenarios	1	0	2	1	4	2	4	14
合 計	3	3	8	3	6	9	8	40

< 地域区分 >

- ・ OECD90 : 1990年時点での OECD 加盟国。附属書 II 締約国に該当。
NAM (北米)、WEU (西欧)、PAO (太平洋 OECD 加盟国)
- ・ REF : 東欧・中欧諸国および旧ソ連諸国。附属書 I 締約国に該当。
EEU (東欧・中欧諸国)、FSU (旧ソ連諸国)
- ・ ASIA : アジア (中東を除く) の発展途上国 (非附属書 I 締約国)
CPA (アジア社会主義諸国および中国)、SAS (南アジア)、PAS
(その他の太平洋アジア諸国)
- ・ ALM : 上記に含まれない国。アフリカ、ラテンアメリカ、中東の発展途上
国 (非附属書 I 締約国)
LAM (ラテンアメリカおよびカリブ海諸国)、MEA (中東および北
アフリカ)、AFR (サブサハラ)

2.3 各ストーリーラインの概要

シナリオファミリー	基調をなすテーマ	人口	経済成長	技術	エネルギーシステム
A1 シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 地域間の収斂、能力の強化、文化および社会の相互作用の拡大、地域間格差の減少によるひとり当たり国民所得の増大。 	<ul style="list-style-type: none"> 21世紀半ばでピークに達した後に減少（人口の増加は抑制される）。 2050年に87億人に達した後減少し、2100年の時点で71億人（IIASAの人口予測低位推計に基づく）。 	<ul style="list-style-type: none"> 高度経済成長が続き、2100年までの年平均経済成長率は2.9%。 GDPの総計が2100年の時点で550兆USドル。 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな技術や高効率技術が早期に導入される。 	<ul style="list-style-type: none"> 急速な技術革新に伴い、エネルギー資源は豊富である。 最終エネルギー需要のGDP弾性値は年平均1.3%の割合で減少する。
A2 シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 地域主義および地域の独自性の保持（地域経済圏の強化：資源の域内依存、国際的相互依存が進展せず）。 	<ul style="list-style-type: none"> 出生パターンの地域間収斂は非常に緩やかであるため、世界人口は増加を続ける。 2100年の時点で150億人（IIASA人口予測高位推計に基づく）。 	<ul style="list-style-type: none"> 経済発展は地域指向であり、ひとり当たり国民所得の増加は他のシナリオに比較して散発的かつ緩慢である。 GDPの総計が2100年の時点で250兆USドル。 	<ul style="list-style-type: none"> 技術変化は他のシナリオに比較して散発的かつ緩慢である。 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギーミックスはその地域におけるエネルギー利用可能性によって決まる。
B1 シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 経済、社会、環境持続性に対しては地球的解決に重点がおかれ、これには公平性の改善は含まれるが、追加的な温暖化対策は含まれない。 	<ul style="list-style-type: none"> 21世紀半ばでピークに達した後に減少（A1シナリオと同様、人口の増加は抑制される）。 2050年に87億人に達した後減少し、2100年の時点で71億人（IIASAの人口予測低位推計に基づく）。 	<ul style="list-style-type: none"> 経済構造はサービス・情報経済へと急速に変化（脱物質経済）。 GDPの総計が2100年の時点で350兆USドル。 	<ul style="list-style-type: none"> クリーンかつ省資源技術が導入される。 	
B2 シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 経済、社会、環境持続性に対しては地域的解決に重点がおかれる。本シナリオも環境保全や社会的公平性の実現を指向するものであるが、地域レベルでの解決に重点がおかれる。 	<ul style="list-style-type: none"> A2シナリオよりは緩やかに増加を続ける。 2100年の時点で104億人（1998年国連長期人口予測中位推計）。 	<ul style="list-style-type: none"> 経済発展は中間的なレベルにとどまる。 GDPの総計が2100年の時点で250兆USドル。 	<ul style="list-style-type: none"> 技術変化はA1およびB1シナリオより緩慢であるが、より広範囲で発生する。 	

(1) A1 ストーリーライン

概観

低人口成長のもとでの高度経済成長シナリオ。高い技術開発が続く。世界の地域間の壁は縮小し、地域間の社会構造、1人あたり所得とも、次第にある方向に収束に向かう。なお、世界エネルギー会議（WEC）の排出シナリオと同様、エネルギーにおける技術変化の方向性により、A1B（バランスの取れたエネルギー消費）、A1C（石炭主導型）、A1D（ガス主導型）、A1E（高効率エネルギー技術主導型）という4種類の細分類がある。

人口

- ・経済成長の結果、死亡率の低下および出生率の低下。

経済

- ・高度経済成長が続き、2100年までの年平均経済成長率は3%。
- ・GDPの総計は2100年の時点で550兆USドル。
- ・1人あたり国民所得の世界平均は、2050年の時点で21,000USドル。

エネルギーシステム

- ・急速な技術革新に伴い、エネルギー資源は豊富である。
- ・最終エネルギー需要のGDP弾性値は年平均1.3%の割合で減少する。

その他

- ・所得の急速な増加にともない、最初は肉や乳製品の消費が増えるが、その後高齢化社会を迎え健康への配慮が強調されるにつれて、これらは減少する。
- ・高所得により、高い自動車保有率、郊外住宅地の拡大、交通ネットワークの進展（国内および国際的に）が図られる。

(2) A2 ストーリーライン

概観

地域主義の高いシナリオ。各地域はブロック化し、独自の伝統的文化の枠組みをあまり崩さない。また、自由貿易に基づく経済的効率性に高い価値をおかない。この結果、人口は最も増大し約150億人に達する。エネルギーも地域内の資源に依存する割合が高く、技術進歩も相対的に低い。このため、アジアなど石炭の豊富な地域では石炭依存度が低下せず、温暖化ガス排出も高水準となる。

人口

- ・家族やコミュニティに重きをおくため、出生率の低下の速度は緩やかであり、他のシナリオと比較して人口が最も多い（2100年の時点で150億人）。

経済

- ・ 1人あたり国民所得の世界平均は他のシナリオに比べて低く、2050年の時点で7,200 USドル、2100年の時点で16,000 USドル。
- ・ GDPの総計が2100年の時点で250兆 USドル。

技術およびエネルギーシステム

- ・ 技術変化はA1シナリオよりも不均等である。
- ・ 産業は地域のエネルギー賦存、文化、教育のレベルに依存するので、技術変化の速度は地域間で異なってくる。
- ・ エネルギー資源が豊富な地域は資源集約型経済を押し進めていくが、逆に資源に乏しい地域では、エネルギー効率を高める技術や代替エネルギーの開発により輸入依存度をできるだけ減らすことに力を入れる。
- ・ エネルギーミックスはその地域におけるエネルギー利用可能性によって決まる。つまり、GDPは大きい資源に乏しい地域では脱化石燃料技術（再生可能エネルギーもしくは原子力エネルギー）にシフトするし、GDPは小さい資源が豊富な地域では旧来の化石燃料技術への依存が続く。
- ・ 最終エネルギー需要弾性値は1年に0.5～0.7%のペースで減少する。

その他

- ・ 社会制度や政治制度が多様化し、ある地域では高福祉社会へ向かい所得格差が減少するが、ある地域では「小さな政府」を目指し所得格差は広がる。
- ・ 食糧供給の観点から、農業生産性および環境問題が、技術革新、研究開発の主要な対象となる。
- ・ 当初の土壌流失や水質汚濁は、より持続的な高収性農業への地域的な努力により、結果的に解決する。潜在的な地域的環境汚染に対しては解決の努力がなされるが、地域間で均一的に行われるわけではない。地域的な汚染に対して対処やアメニティの維持については熱心だが、地球環境問題に対する関心は比較的弱い。
- ・ 他のストーリーラインと同様、A2のストーリーラインは、A2シナリオの基本的ダイナミクスの善悪を述べるものではない。文献は、A2のストーリーラインが描く世界について多様な積極的解釈を行っており、例えば、A2については、多様性やファンダメンタルズの相違を相互に受け入れることによる文化多元主義傾向の増大といった解釈を行っている。

(3) B1 ストーリーライン

概観

低い人口成長、高度経済成長は A1 シナリオと同様であるが、低資源消費、クリーンエネルギーの開発および利用など、持続可能性に重きをおく形で技術選択が行われる。このため、経済水準自体は A1 シナリオよりも下がる。地域主義より、地球主義の価値観が主導であり、結果として温暖化ガス排出量は 2100 年で 1990 年水準を下回る。温暖化対策をことさら取らなくとも社会全体として環境を重視するため、温暖化対策の追加的費用は小さくなる。ただし、そのような社会の実現には、現状からは大きな旋回が必要である。

経済

- ・ A1 シナリオにおけるストーリーラインと同様、急速に変化する収斂した世界を描くが、優先順位が異なり、A1 シナリオの世界では、生産性の向上やノウハウによる利潤を、まず更なる経済成長に対して投資を行うのに対し、B1 シナリオの世界では、利潤の大部分を、資源利用の効率性の改善（「脱物質化」）、公平性、社会制度、環境保護に対して投資を行う。
- ・ 経済成長はバランスがとれており、公平な所得配分が行われる。
- ・ 強力な社会福祉政策は貧困をもとにした社会的疎外の発生を妨げるが、逆の影響もまた生じざる可能性もある。強力な所得の再配分や高い税率は、逆に経済効率や世界市場の役割に影響を与える可能性がある。
- ・ 経済水準は高く（GDP の総計が 2100 年の時点で 350 兆 US ドル）、所得の平準化は国際的にも国内的にも着実に進展する。
- ・ 1 人あたり国民所得の世界平均は、2050 年の時点で 13,000 US ドル（A1 シナリオの約 1/3）。
- ・ 物的な財にはあまり重きがおかれず、環境制約により資源価格が上昇するため、所得は、物的な財よりもサービスに、量よりも質に対して消費される。

技術およびエネルギーシステム

- ・ 資源効率性の向上へ向けて特別な努力がなされる。国際的制度化の進展にみられるようなインセンティブ・システムにより、クリーン・テクノロジーの急速な拡散が可能になり、こうした目的のため、研究開発が活発に行われ、同時にクリーンで公平な発展を目指して教育や能力開発が行われる。また、組織化を図ること（organization measures）により、リユースおよびリサイクルが最大限行われ、廃棄物が減少する。こうした技術および制度の変化の組み合わせにより、高度に省資源・省エネルギーが達成され、同時に環境汚染も減少する。こうした努力の結果、副次的に労働生産性も向上する。
- ・ 石油資源および天然ガス資源が減少するにつれて、比較的スムーズにエネルギーシステムの転換が行われる。転換の過程では、最もクリーンな化石燃料として天然ガスが広範に使用されるが、環境への配慮により、脱化石燃料化が進む。

人口

- ・低い死亡率および出生率への移行は A1 シナリオと同じスピードで行われるが、その要因は異なり、社会・環境的要因により移行する。
- ・2050年の時点で人口は90億人に達するが、その後減少し2100年の時点で70億人となる。

その他

- ・十分な環境への配慮および制度的な効果により、急速な経済発展の結果潜在的に環境にマイナスに働く要因については、前もって様々なレベル（地域／国家／国際）でもって対応が図られるため、環境の状態はよい（酸性雨の例）。
- ・特別な温暖化対策を行わなくても、様々なレベルによる積極的な環境政策および施策により、温室効果ガスの排出は低く抑えられる。

（4）B2 ストーリーライン

概観

比較的地域主義が強く、その範囲で経済・社会・環境の持続可能性が追求される。このため、世界は多様性を残す。ただし、環境保全も意識されているため、A2 シナリオほど極端な姿ではない。人口は国連の中位推計に従う。やや保守的であるが、中庸なシナリオと言える。

人口

- ・教育および社会福祉プログラムが広く実施されるため、死亡率および出生率は低下する。
- ・2100年の時点で人口は100億人。

経済

- ・1人あたり国民所得の世界平均は、2050年の時点で12,000 US ドル。
- ・GDPの総計は2100年の時点で250兆 US ドル。
- ・世界全体が高度に収斂するストーリーラインほどではないが、国際的な所得格差は縮小する。
- ・地域的な格差は、強力なコミュニティ支援ネットワークの進展により減少する。

技術およびエネルギーシステム

- ・高い教育水準により、コミュニティ戦略および社会革新に対して気候変動への配慮が考慮される。
- ・技術革新は A1 および B1 シナリオほどではないが進展するが、地域により格差がある。国際的には、エネルギーの研究開発に対する投資は現在の下降傾向をなぞり、技術およびノウハウの国際的拡散メカニズムは A1 および B1 シナリオよりも弱い（A2 シナリオよりは強い）。
- ・経済発展が急速でかつ天然資源が限られている地域では、技術開発および二国間協

力に重点がおかれる。したがって、技術変化は不均等に起こる。

- ・エネルギー需要の GDP 弾性値は、年平均約 1%の割合で減少する。
- ・エネルギーシステムは、天然資源の利用可能性によって異なるため、地域により異なる。
- ・エネルギーおよび他の資源をより効率的に利用する必要性から、非化石燃料技術の開発が進む。
- ・農業生産における地域自立性を維持するため、地域間の環境政策協力の結果、酸性雨のような越境的環境問題のいくつかについてはその対応に成功する。また、窒素酸化物や揮発性有機化合物の排出も低く抑えられるので、オゾン濃度の上昇も減少する。
- ・地球全体では 2100 年まで化石燃料が主流であるが、世界のエネルギー供給において現在の化石燃料のシェアからは徐々に移行していき、炭素排出量は減少していく。

その他

- ・土地利用管理は地域レベルの視点で進められる。都市部インフラおよび交通インフラはコミュニティの発展を中心に整備され、自動車依存を低いレベルに抑えて都市の拡大を抑制している。
- ・食糧自給を重要視するため、食生活パターンは地域産品に移行し、その結果、人口密度の高い国では相対的に肉の消費が抑えられる。

2.4 シナリオにおけるストーリーラインの定量化

各シナリオの標識シナリオにおけるストーリーラインの定量化は、次のような仮定に基づいて行われる。

(1) A1 ストーリーライン

- ・急速に人口動態が変化（死亡率および出生率の低下）し、国際的に発展の公平性の度合いが高まることにより、豊かな世界となる。
- ・発展途上国のめざましいキャッチアップにともない、すべての地域において非常に高い生産性と経済成長が達成される。
- ・著しい生産性の改善と高い投資回収率により、継続的な構造変化およびより効率的な技術の拡散にともなって多少緩和されるものの、相対的に高いエネルギー需要および原材料需要が起こる。

（エネルギー構造および技術変化の方向性による細分類）

- ・ A1B（バランス型）：エネルギー供給から最終需要にいたるまで、エネルギーおよび技術がバランスよく変化する。A1 ストーリーラインの標識シナリオとなる。
- ・ A1C（石炭主導型）：温室効果ガスを除いては環境にやさしい「clean coal」技術が主流となる。
- ・ A1G（ガス主導型）：従来のエネルギーから、メタンクラスレートのようなこれまであまり利用されてこなかったエネルギーへ転換することにより、石油およびガスが主流となる。
- ・ A1T（高効率エネルギー技術主導型）：供給サイドにおける太陽光発電技術や原子力発電技術、最終需要サイドにおけるマイクロタービンや燃料電池技術の急速な発展により、非化石エネルギーが主流となる。

(2) A2 ストーリーライン

- ・相対的に人口動態の変化は緩やかであり、相対的に地域的出生パターンの収斂も緩やかである。
- ・1人あたりGDPの地域間の差異の収斂は相対的に緩やかである。
- ・（他のストーリーラインに比較して）最終需要および供給サイドにおけるエネルギー効率の改善は相対的に緩やかである。
- ・再生可能エネルギーの開発は遅れている。
- ・原子力エネルギーを使用するにあたっての障害はない。

(3) B1 ストーリーライン

- ・教育も含めた急速な社会発展により、急速な人口動態の変化が生じる。
- ・発展の遅れた地域における著しいキャッチアップにより現在の所得格差は大幅に減少し、すべての地域において高い経済成長が達成される。
- ・経済活動の脱物質化や、物質集約的およびエネルギー集約的活動の飽和状態（例として自動車保有）、エネルギー効率改善策の実行により、エネルギー需要の増加は相対的に小さい。
- ・地域環境への配慮および石油、ガスが徐々に枯渇することから、非化石燃料開発が行われる。

(4) B2 ストーリーライン

- ・地政学、人口動態、生産性の向上、技術ダイナミクス等のあらゆる点において、他のストーリーライン（A1、B1）と比較して、極端でないより漸進的な変化を示す。
- ・定量化については、交通渋滞や地域大気汚染、酸性雨の影響といった地域的な問題の解決のための効果的な政策を仮定している。

図表 2.6 SRES シナリオにおける定量化についての概要

	A1				A2	B1	B2
人口増加	低い	低い	低い	低い	高い	低い	中
経済成長	非常に高い	非常に高い	非常に高い	非常に高い	中	高い	中
エネルギー需要	非常に高い	非常に高い	非常に高い	高い	高い	低い	中
土地利用変化	低～中	低～中	低い	低い	中/高	高い	中
Resource Availability	高い	高い	中	中	低い	低い	中
技術変化の速さ	速い	速い	速い	速い	遅い	中	中
技術変化の方向性	石炭	石油 およびガス	バランス	非化石燃料	地域的	効率性 および脱物質	通常の ダイナミクス