

気候変動問題に関する  
今後の国際的な対応について  
(長期目標をめぐって)

第2次中間報告

平成17年5月

中央環境審議会地球環境部会  
気候変動に関する国際戦略専門委員会

## 目 次

<b>1. はじめに</b> .....	1
<b>2. 気候変動の長期目標に関する国際動向</b> .....	1
2.1 気候変動枠組条約の究極目的と長期目標 .....	1
2.2 長期目標の設定に関する国際動向 .....	2
2.3 我が国として長期目標を検討することの必要性 .....	6
<b>3. 長期目標を設定することの意義</b> .....	7
<b>4. 長期目標を議論する上での前提条件</b> .....	7
<b>5. 地球温暖化による気温上昇と影響</b> .....	9
5.1 世界への影響 .....	9
5.2 アジアへの影響 .....	11
5.3 日本への影響 .....	12
<b>6. 長期目標の設定</b> .....	14
6.1 長期目標設定の考え方 .....	14
6.2 大気中の温室効果ガス濃度及び地球規模の排出経路との関係.....	16
<b>7. 今後の検討課題</b> .....	21
7.1 長期目標に関する更なる検討 .....	21
7.2 気候変動問題におけるリスク管理 .....	21
7.3 緊密一体化した世界経済の現実に即した「気候変動による影響」の解明 .....	22
引用文献 .....	23
(別添) 気候変動に関する国際戦略専門委員会 委員名簿 .....	25

## 1. はじめに

- 「気候変動に関する国際戦略専門委員会」は、気候変動に関する 2013 年以降の枠組みの検討材料を収集・整理する目的で、2004 年(平成 16 年)1 月、中央環境審議会地球環境部会の下に設置された。本専門委員会は、2004 年 4 月に第 1 回会合を開催し、計 7 回の会合での議論を経て、2004 年 12 月に中間報告をとりまとめた。中間報告では、気候変動枠組条約の究極目標の具体化について考え方を整理し、またそれを実現するための枠組みについて制度面からの検討をとりまとめている。
- 本専門委員会は、2005 年 4 月以降、計 3 回の会合において、気候変動枠組条約の究極目標の具体化として、気温上昇の抑制幅に代表される長期目標や、それに対応した大気中の温室効果ガス濃度及び地球規模の排出経路について科学的知見に関する資料を収集し、整理を行った。特に、地球温暖化による気温上昇と影響について、日本の研究例も含めて、資料を収集・整理した。本報告書は、その結果をとりまとめたものであり、本専門委員会の第二次中間報告として位置づけられる。

## 2. 気候変動の長期目標に関する国際動向

### 2.1 気候変動枠組条約の究極目的と長期目標

- 気候変動枠組条約の究極目的は、「気候系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濃度を安定化させること」、すなわち「温室効果ガスの大気中濃度を自然の生態系や人類に悪影響を及ぼさない水準で安定化させる」ことである。その水準は、「生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべき」とされている。
- この条約の究極目的の達成に向けて、各国は条約に基づく措置を実施し、また温室効果ガスの排出削減の具体的な枠組みである京都議定書が本年 2 月 16 日に発効した。
- 京都議定書が発効した現在、議定書の第一約束期間が終了する 2013 年以降の国際的な枠組み(以下「次期枠組み」とする)を議論する気運が高まっている。次期枠組みは、条約の究極目的の達成に向けて前進するものとなる必要がある。そのためには、国際社会が目指すべき方向をできるだけ具体化する必要があり、条約の究極目

的の具体化、定量化に向けた努力が求められる。

- 長期目標の設定は、気候変動枠組条約の究極目的の具体化、定量化の作業でもあり、既に世界が合意している目標をさらに明確化するための試みである。

## 2.2 長期目標の設定に関する国際動向

- IPCC(気候変動に関する政府間パネル)は、2001年に第三次評価報告書を発表し、「気候系に対する危険な人為的干渉」、すなわち人間活動によってもたらされた気候変動による影響について、科学上の情報と証拠の評価を提供した(表 2.1、表 2.2 参照)。また、その後も、この分野に関し、日本も含めて世界中で新たな知見が得られている(表 2.3 参照)。

表 2.1 気候変動のもたらす好悪影響の例(IPCC 第三次評価報告書より作成)

### 1. 各種分野への好影響

(農作物生産への影響)

数度(a few degree C: 2~3°C程度を指す)以下の気温の上昇に対して、中緯度の一部地域における農作物生産の増加

(林業への影響)

適切に管理された森林から供給される木材の地球規模での増加

(水資源への影響)

水が不足している地域の一部で水利用可能性の増大

(人の健康への影響)

中~高緯度における冬季の死亡数の減少

(エネルギー需要への影響)

冬季の気温上昇による空間暖房にかかるエネルギー需要の減少

### 2. 各種分野への悪影響

(農作物生産への影響)

- ・予測される気温上昇の全範囲で、熱帯・亜熱帯地域のほとんどにおける農作物生産の全体的減少
- ・数度(a few degree C: 2~3°C程度を指す)以上の年平均気温の上昇に対して、中緯度地域のほとんどにおける農作物生産の全体的な減少(一部例外を含む)

(水資源への影響)

水が不足している多くの地域、特に亜熱帯に住む人々の水利用可能性の低下

(人の健康への影響)

生物媒介性疾病や水媒介性疾病(例:コレラ)に曝される人数の増加や熱ストレスによる死亡数の増加

(居住地への影響)

多くの居住地(数千万人の居住者が影響を受ける)における豪雨の増加や海面水位の上昇による洪水のリスクの大幅な増加

(エネルギー需要への影響)

夏季の気温上昇による空間冷房にかかるエネルギー需要の増大

表 2.2 気候変動と異常気象(extreme event)との関係(IPCC 第三次評価報告書より作成)

観測された変化の信頼度 (20 世紀後半)	現象の変化	予測される変化の信頼度 (21 世紀)
可能性が高い	ほとんど全ての陸域で最高気温が上昇し、暑い日が増加する	可能性がかなり高い
可能性がかなり高い	ほとんど全ての陸域で最低気温が上昇し、寒い日、霜が降りる日が減少する	可能性がかなり高い
可能性がかなり高い	大部分の陸域で気温の日較差が縮小する	可能性がかなり高い
多くの地域で可能性が高い	陸域で熱指数(heat index)が大きくなる(a)	ほとんどの地域で可能性がかなり高い
北半球の中・高緯度の陸域の多くで可能性が高い	強い降水現象が増加する(b)	多くの地域で可能性がかなり高い
可能性が高い地域もある	夏の大陸で乾燥しやすくなり、干ばつの危険性が増加する	中緯度の大陸内部の大部分で可能性が高い(その他の地域では、一致した予測となっていない)
入手可能なわずかな解析では観測されていない	熱帯低気圧の最大風速が増大する(c)	いくつかの地域で可能性が高い
評価するに十分なデータが存在しない	熱帯低気圧の平均降水量と最大降水量が増加する(c)	いくつかの地域で可能性が高い

(a) 気温と相対湿度を組み合わせた体感温度を表す指標

(b) その他の地域では十分なデータが存在しないか矛盾した解析結果が出ている

(c) 熱帯低気圧の位置や発生頻度についての、過去や将来の変化は不確実である

表 2.3 気候変動に関する新たな知見の例

- 北極では大幅な気温上昇により、大量の氷が消滅(2004年11月9日)<sup>1)</sup>  
(北極協議会:北極圏気候影響アセスメント報告書)
  - 温暖化により北極の氷は早いスピードで融けており、過去30年で夏期の海氷の面積は20%減少。今世紀末までに、気温は4~7度上昇し、夏期の海氷面積は50%以上減少、グリーンランドの氷も減少
  
- 米国でも種々の影響が現れている(2004年11月9日)<sup>2)</sup>  
(米国の観察された気候変動の影響の報告書)
  - 野生動植物 約150種のうち、温暖化の影響を受けているものは半数にのぼる
  
- 2003年の欧州の熱波は人間活動が要因(2004年12月、Nature 論文)<sup>3)</sup>
  - 2003年夏のような異常な欧州熱波の発生リスクは、人為起源の気候変動の影響により2倍以上になる可能性がかなり高い(90%)ことが示された。
  
- 「危険な気候変動を避ける」科学者会合 (英国、2005年2月1~3日)<sup>4)</sup>
  - 気候変動の影響評価については、IPCC第三次評価報告書(2001年)に比べ、知見がより明確となり不確実性も減少。多くの場合、影響のリスクは以前考えられていたよりも深刻であることが明らかとなった。550ppmに安定化しても2°Cを超える確率が高い。
  - 温室効果ガスの排出経路については、緩和(削減)対策が遅れた場合、同じ温度目標を達成するためには、後からより大きな対策を取る必要があることが複数のモデルにより示された。5年の遅れでさえ大きな違いをもたらす可能性がある。
  - 温室効果ガス濃度安定化のための技術オプションについては、長期間における排出削減のための技術的方策は既に存在していること、また、多様な技術を有効に活用することで、削減コストを低減できる可能性が示された。
  
- 後退するヒマラヤ氷河、消滅するキリマンジャロの氷 (2005年3月)(WWF報告書)<sup>5)</sup>
  - 後退するヒマラヤ氷河、消滅するキリマンジャロの氷は深刻な水不足を招く。

- EUでは、京都議定書の交渉時の1996年に工業化前と比較した気温上昇を2°C以下に抑える長期目標を設定し、その目標を現在まで維持している。また、その長期目標を念頭に、首脳レベルで2020年における先進国の排出削減の必要量に言及し、加えて環境大臣レベルでは2050年の先進国の排出削減の必要量も打ち出した(表2.4、表2.5参照)。米国では、上院において、長期的な目標設定を支持することなどを内容とする決議案が提案されている(表2.6参照)。

**表 2.4 EU環境大臣会合結論文書のポイント: 気候変動部分(2005年3月10日)**

- 気候変動問題が地球規模の問題であることから、共通だが差異のある責任に従って、全ての国々による最大限の協力が求められる。
- 気温上昇を工業化前と比べて2℃以下に抑えるとの目標を達成するためには、大気中の温室効果ガスを550ppmを十分下回る濃度で安定化させることが求められる。
- 最近の科学的知見によれば、気温上昇を2℃以下に抑えるためには、20年以内に世界の排出量を減少に向かわせ、2050年までに1990年と比較して少なくとも15%、おそらく50%もの削減が必要になる。
- EUは他国とともに必要な削減を実現するための戦略を探ることを期待する。その際、先進国について1990年に比べて2020年までに15~30%、2050年までに60~80%という水準の削減の道筋が検討される必要がある。

**表 2.5 EU首脳会議結論文書のポイント: 気候変動部分(2005年3月23日)**

- 気候変動枠組条約の究極の目的を達成するために、地球の平均気温の上昇が工業化前と比べて2℃を超えるべきではない。
- 国連の気候変動プロセスにおける2013年以降の取組について、全ての国による参加を確保しながら、オプションを検討すべき。
- 先進国について、1990年と比べて2020年までに15~30%の削減、それ以降は環境大臣会合の結論の精神に沿って検討されるべきである。また、削減幅は費用対効果の分析作業に照らして考慮される。
- 新興経済国や途上国を含めて主要なエネルギー消費国を効果的に含める方法についても考慮されるべき。

**表 2.6 米国上院ファインスタイン・スノウ合同決議案(2005年2月16日提出)**

ファインスタイン上院議員(民主党)とスノウ上院議員(共和党)を中心に14名の上院議員が提出。下記を主な内容とする。

- 1) すべての温室効果ガスの相当程度の削減を確実にするリーズナブルで責任ある行動をとること
- 2) 持続的経済成長を推進するため、すべての温室効果ガスの対策に関する政策やプログラムを実施することにより気候保全技術を生み出すこと
- 3) 世界全体の温室効果ガスについて、大規模・長期的・効率的な排出削減を達成するため気候変動枠組条約の下での国際交渉に参加すること
- 4) 工業化前に比べて全球温度平均が2℃以上に上昇することを防ぐための長期的な目標設定を支持すること

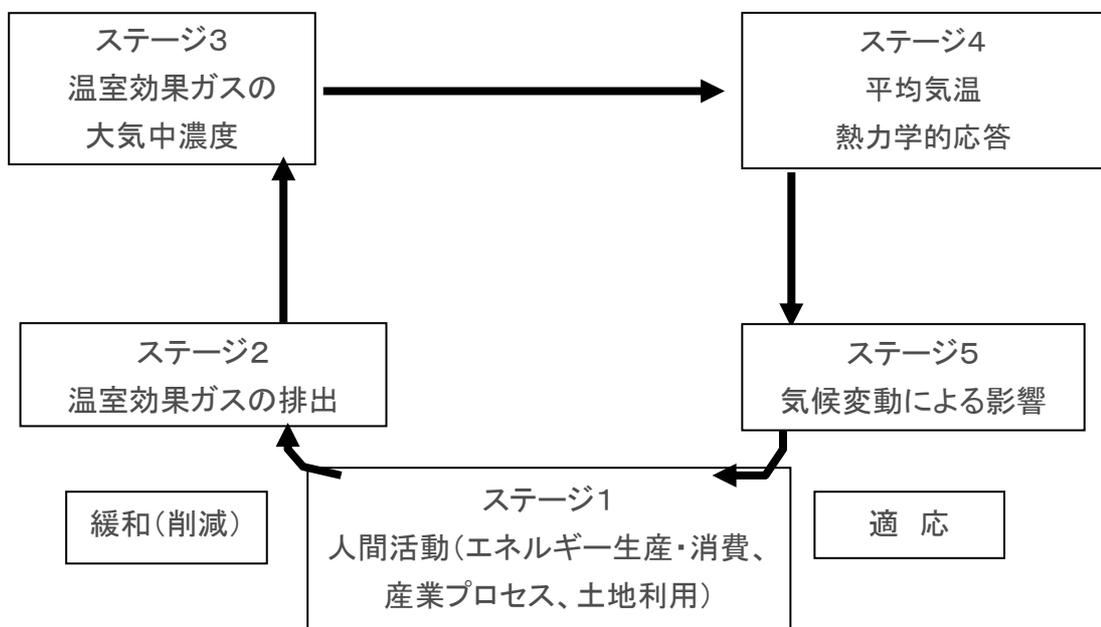
(注) 合同決議とは、両院での可決、大統領の署名を必要とし、成立すれば法案と同等の効力を有するもの。

## 2.3 我が国として長期目標を検討することの必要性

- 地球規模で影響をもたらす気候変動問題に対しては、地球規模の取組が求められる。科学的な知見が提供され、国際的に長期目標の設定や検討が進む中で、日本としても、気温上昇の抑制幅に代表される長期目標について、目標設定の意義や課題を含めて、検討を深めておくことが重要である。

(注)なお、短期・中期の目標設定および具体的な政策措置のあり方等に関しては、長期目標を踏まえて検討する必要がある。長期目標を気温上昇幅あるいは大気中温室効果ガス濃度で設定する場合には、当該目標値は長期的に超えるべきでない上限値として設定するものであり、実際に当該水準に到達する時期は、温室効果ガスの排出経路及び気候システムの応答等によって規定されるものである。長期目標を温室効果ガス排出削減の様な政策目標として設定する場合には、現在から2020年程度までを短期目標、2030-2050年程度を中期目標、2100年程度を長期目標の対象期間として想定している。

- 長期目標は、気候変動の5つのステージである、「人間活動(エネルギー生産と消費)」、「温室効果ガスの排出」、「温室効果ガスの大気中濃度」、「全球的な平均気温の上昇」、「気候変動による影響」のいずれにも設定可能である(図 2.1 参照)。今回の検討では、特に「気候変動による影響」と「全球的な平均気温の上昇」及び「温室効果ガスの大気中濃度」に焦点を当てて長期目標を検討した。



(出典)Pershing, J. and F. Tudela (2003) <sup>6)</sup>

図 2.1 気候変動サイクル

### 3. 長期目標を設定することの意義

京都議定書は、条約の究極目的の達成に向けた第一歩であるが、議定書の第一約束期間が終了する 2012 年に気候変動問題が解決するわけではない。それに続く二歩目、三歩目を、どの方向に踏み出すべきか、どこをゴールとすべきか、国際社会が問われている。長期目標は、次期枠組みを構築する上で、目指すべき方向の指針としての意義を有する。また、目指すべき方向を明確にすることで、脱温暖化社会を世界的規模で実現し、条約の究極目的を確実に達成することに貢献する。

- 本委員会の中間報告にも明記されているように、長期目標は、地球規模のリスク管理の観点からも意義を有する。長期目標の設定により、気候変動による、ある程度の影響が不可避であることを国際社会が認識し、温室効果ガスの排出削減策や影響に対する適応策の道筋が明らかになる。すべての国が参加する、実効ある次期枠組みの構築が必要となっている中で、こうして世界が共通認識を持つことは、主要国が参加した国際交渉の進展を促すことにもなる。
- また、国内においても、長期目標の設定は、国民に対するメッセージとなるものであり、世論の喚起・具体的取組の促進といった観点から、大きな意義がある。
- 加えて、長期目標は、気候変動対策を継続して実施する観点からの意義もある。気候変動問題に対し将来の目指すべき方向が不透明な状態のままでは、温暖化対策にも配慮した適切な公共投資や地球温暖化対策に貢献する大規模な民間投資などは期待できない。気候変動対策に本格的に対処するために、民間投資、技術開発、制度創設など、幅広い取組を促進するためには、長期目標の設定により、信頼できる政策シグナルを発信することが不可欠である。

### 4. 長期目標を議論する上での前提条件

- 長期目標を検討するためには、気候変動による影響を、いつ、どこで、どのように捉えるかを明確にしておく必要がある。具体的には、次の前提条件を明らかにした上での検討が必要である。

- ◆ 対象ガス

- ◆ 評価の起点(いつを基準として議論するのか)
- ◆ 評価の空間スケール(全球レベルか地域レベルか)
- ◆ 危険なレベルの判断指標(何を指標に議論するのか)

○ 既に国際的には、長期目標に関して多くの議論・研究がなされているが、これらの前提条件が必ずしも明確にされていない場合が多く、議論が混乱する要因の一つとなっている<sup>1</sup>。そこで、本報告書では、

- ◆ 全温室効果ガスを対象とし、必要に応じて京都議定書の対象である6種類の温室効果ガス(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、パーフルオロカーボン、六フッ化硫黄)の寄与に言及しつつ、
- ◆ 工業化以前(1850年頃)を基準とし、
- ◆ 全球での平均気温に関し、
- ◆ 気温の最大上昇幅について、

科学的知見を整理することを前提とする。したがって、20世紀中におよそ0.6℃の気温上昇があったことを織り込んだ気温上昇幅についての議論となる。

○ 近年、科学者の間では、気候変動による影響の閾値として、次の二種類の閾値が議論されることが多い。

- ◆ タイプ1の閾値:ある点を超えると政策決定者が許容できないと考える被害をもたらす値。累加的な影響に関する閾値。(例:生態系、食糧生産、水資源、沿岸域、気象災害、人の健康、経済開発への影響など)
- ◆ タイプ2の閾値:気候システム自身の主要なプロセスを安定なものとして維持するために超えてはならない値。破局的かつ不可逆な現象の発生に関する閾値。(例:海洋深層循環の停止、西南極氷床の崩壊など)

本報告書では、この二つのタイプの閾値を視野に入れて、科学的知見を整理する。タイプ1の閾値については、危険な水準の判定について価値判断を含む要素があるが、タイプ2の閾値については、人類に重大かつ不可逆な影響を及ぼす可能性がある事象であることから、価値判断の差は小さいと考えられる。

<sup>1</sup> たとえば、評価の起点については、産業革命前(1750年ごろ)、社会が産業化した工業化前(1850年頃)、1990年などを起点とする議論が見られる。ただし、産業革命前と工業化前については、全球平均気温レベルでは、実質的な気温レベルはほぼ同等と見なせる。なお、工業化前は、文献にしばしば見られる pre-industrial era を訳したもの。

## 5. 地球温暖化による気温上昇と影響

- 気候変動対策について論じる場合、世界全体への影響を視野に入れて検討することが必要であるが、我が国としての戦略を構想する上で、日本に対する影響を的確に把握しておくことも重要である。その際、日本国内のみではなく、我が国はアジアに位置し、地域内各国と緊密な関係を有していること、地域レベルでの影響が懸念される場合も少なくないこと、気候変動への対処についても地域的な取組が重要となる場合もあると考えられること等を勘案すれば、リージョナルな影響としてアジア地域における影響に目を向けることにも重要な意味がある。このためここでは、地球温暖化による気温上昇とその影響に関し、世界への影響に加え、日本国内やアジアへの影響についても取りあげる。

### 5.1 世界への影響

- 気温上昇レベル(全球平均)と各分野の影響に関する科学的知見の代表的な事例は以下のとおりである。

#### ① タイプ1の閾値(累加的な影響)

##### (生態系への影響)

IPCC 第三次評価報告書(2001)によれば、オーストラリアの山岳地帯及び南西部においては、1°Cの気温上昇により、生息可能な気温の上限近くで生息する種の存在が脅かされると予測されている。また、同報告書(2001)によれば、季節平均海面水温が1°C以上上昇すると大規模なサンゴの白化が発生する可能性があると考えられている。

##### (水資源、沿岸域、人の健康への影響)

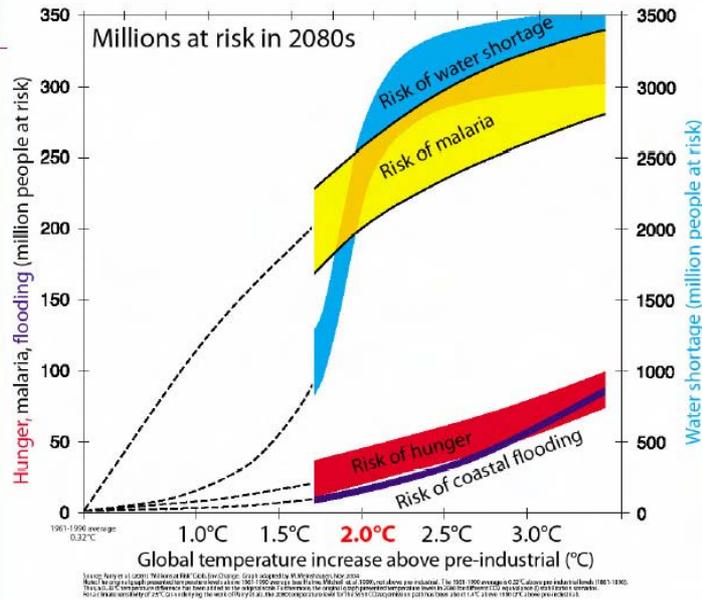
Parry ら(2001)<sup>7)</sup>は、全球平均気温が工業化前(1850年頃)と比較して1.5°Cから2.0°C上昇した場合、水不足リスク、マラリアリスク、飢餓リスク、沿岸洪水リスクに曝される人口が急激に増加することを示した(図5.1参照)。

IPCC 第三次評価報告書(2001)によれば、2080年までに40cm海面が上昇する中位シナリオを用いて予測した場合、海面水位の上昇がないシナリオと比較して、沿岸の高潮により水害を被る年平均人数は数倍(適応策によるが、7500万人~2億人)に増加すると予測されている。



POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH

# Millions at Risk (Parry et al., 2001)



(出典)Parry ら(2001)<sup>7)</sup>

図 5.1 2080 年における工業化前からの気温上昇レベルとリスク人口の関係

## (食糧生産への影響)

IPCC 第三次評価報告書(2001)によれば、年平均気温が 2.5°C以上上昇すると、世界の食糧需要の増加に対する食糧の供給能力の拡大が鈍化し、食糧の価格が上昇すること、また、熱帯では、一部の農作物の生産は気温が許容範囲の上限近くにあり、乾燥地又は降雨依存型農業が支配的であることから、一般に気温のわずかな上昇であっても生産量は減少することが示されている。

## ② タイプ2の閾値(破局的かつ不可逆な影響)

### (海洋深層循環(熱塩循環、THC: Thermohaline Circulation)の停止)

海洋深層循環は世界の気候において重要な役割を果たしている。海洋深層循環が弱まると欧州北部の気候が寒冷化する可能性がある。IPCC 第三次評価報告書(2001)によれば、大気-海洋大循環モデル(AOGCM)を用いた予測計算の中では今後 100 年以内に海洋深層循環が停止するケースは示されていない。しかし、O'Neill and Oppenheimer(2002)<sup>8)</sup>が、海洋深層循環の停止を避けるための閾値として 1990 年から 100 年間の全球平均気温上昇で 3°Cを示唆しているほか、Stocker and Schmittner(1997)<sup>9)</sup>や Schlesinger et al.(2004)<sup>10)</sup>も、今世紀中の温暖化が海洋深層

循環の停止を導く可能性を指摘している。

#### (西部南極氷床(WAIS)の崩壊)

西部南極氷床が完全に崩壊すると4～6mの海面上昇が見込まれる。IPCC 第三次評価報告書(2001)によれば、西部南極氷床の完全な崩壊には少なくとも数千年はかかるとされている。ただし、今世紀中の温暖化により西部南極氷床の崩壊が開始される可能性がある。O'Neill and Oppenheimer (2002)<sup>8)</sup>は、全球平均気温が現在より3°C上昇すると崩壊が起こる可能性があるとしている。

## 5.2 アジアへの影響

- IPCC 第三次評価報告書(2001)では、アジア地域の気候変動影響の分析が行われている。主な分析結果は以下のとおりである。

#### (農業及び食糧安全保障)

食糧供給の不安定さはアジアにとって最大の問題である。農作物生産と養殖漁業は、高温と水ストレス、海面水位の上昇、洪水の増加、及び強い熱帯低気圧による強風によって脅威に曝されると予測される。

#### (生態系及び生物多様性)

気候変化により、アジアで現在起こっている土地利用／被覆の変化や人口増に伴う生物多様性への脅威が増大すると予測される。

地球温暖化による永久凍土の融解により、気候に依存する多くの部門の脆弱性が増大し、北方アジアの経済に影響を及ぼすと予測される。

#### (水資源)

淡水の利用可能性は予測される気候変化に対して特に脆弱であると予測される。

#### (極端な気象現象(異常気象))

温帯及び熱帯アジアの開発途上国は、以前より台風、サイクロン、干ばつ、洪水といった極端な気象現象に対して非常に脆弱である。気候変化と変動性により、これらの脆弱性は悪化すると予測される。

#### (デルタ地帯及び沿岸地帯)

アジアの大規模なデルタ地帯や低地沿岸地帯は、海面水位の上昇により浸水すると予測される。

### (人間の健康)

熱帯及び温帯アジアでは、より温暖でより湿潤な状態の下で、熱に関連した疾病及び感染症発生の可能性が増加すると予測される。

表 5.1 代表的なアジア地域の気候変化に対する感受性

気候要素の変化及び海面水位の上昇	脆弱な地域	主な変化
0.5~2°C (10~45cm の海面水位上昇)	バングラデシュ、 スンダーバン	・国土の約 15%の氾濫 ・塩分の増加
4°C (+10%の降雨)	シベリアの凍土	・連続永久凍土の減少 ・シベリアの永久凍土の南限が 100 ~200km 北方へ移動
>3°C (>+20%の降雨)	カザフスタンの水資源	・流量の変化
~2°C (-5~10%の降雨; 45cm の 海面水位の上昇)	バングラデシュの低地	・氾濫の範囲が約 23~29%増加

(出典)IPCC 第三次評価報告書(2001)

## 5.3 日本への影響

- IPCC 第三次評価報告書(2001)によれば、20 世紀後半は、北半球中高緯度地域が最も気温が上昇したとされている。20 世紀の 100 年間における気温上昇も、全球平均が約 0.6°Cであるのに対し、日本は平均約 1°C上昇している。今後、地球温暖化の進行にともなう気温の上昇幅も、日本は全球平均よりも高くなると予測している。
- 日本においても、気候変動に伴う気温上昇レベル又は海面上昇レベルと発現する影響との関係については、以下の事例のとおり知見がまとめられつつある。

### (将来の気候変化)

東京大学、国立環境研究所及び海洋研究開発機構による地球シミュレータを用いた気候モデルの予測計算(2004)によれば、経済重視シナリオ(2100 年の二酸化炭素濃度が約 720ppm)の下では、今世紀末の日本の夏(6~8 月)の日平均気温は現在よりも約 4.2°C、降水量は平均約 19%増加すること、真夏日の日数が一部の地域を除いて約 70 日増加すること、さらに豪雨の頻度も増加することが示された。

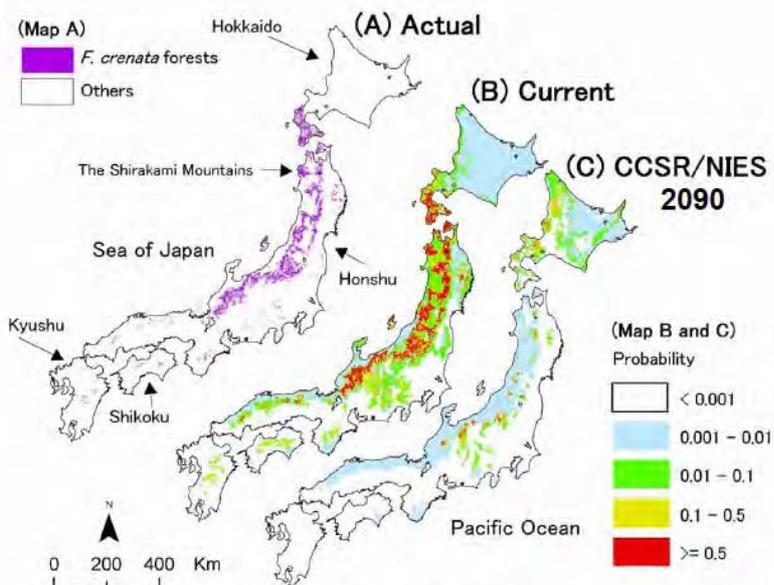
(沿岸域への影響)

「地球温暖化の日本への影響 2001」<sup>11)</sup>によれば、1m の海面上昇が起こった場合、全国の砂浜面積の 90.3%が浸食され、また 1m の海面上昇に伴う必要な堤防の嵩上げは、外洋性の砂浜海岸では 2.8m、内海では 3.5m になると試算されている。

(ブナ林への影響)

森林総合研究所が行った日本におけるブナ林分布の予測計算によれば、2090 年に、現在と比較して 3.6°C 気温が上昇した場合、ブナ林の分布確率 50%以上の地域が約9割減少すると予測されている(Matsui et al.,2004)<sup>12)</sup>。

なお、2090 年の気温は、CCSR/NIES の GCM の予測値を、横沢らの方法でダウンスケールしたものを使っている(Yokozawa et al , 2003)<sup>13)</sup>。



(A)現状分布、(B)現状分布を計算により再現した結果、(C)2090年の分布予測結果

図 5.2 気候変動がブナ林分布に与える影響の予測

表 5.2 温暖化の感受性・閾値(気温上昇)

気温上昇	影響例	影響分野
1.0～1.9℃	<ul style="list-style-type: none"> <li>多くの河川において洪水ピーク流量が10～40%増加</li> <li>ライチョウの分布の約40～60%が消失</li> <li>高山草地群落・亜高山帯針葉樹林が減少</li> <li>夏物商品の消費が約5%増加</li> </ul>	水資源・水環境 陸域生態系 陸域生態系 産業・エネルギー
2.0～2.9℃	<ul style="list-style-type: none"> <li>針葉樹林帯が現在の1/4に減少</li> <li>害虫のコナガの世代数が2世代ほど増加</li> </ul>	陸域生態系 農林水産業
3.0～3.9℃	<ul style="list-style-type: none"> <li>上水道利用量が1.2～3.2%上昇</li> <li>年間30%の炭素量の損失を増加</li> <li>C3・C4植物交代時期が2～3週間早まる</li> </ul>	水資源・水環境 陸域生態系 農林水産業
4.0℃以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>メヒシバ種子の年内発芽も可能</li> </ul>	農林水産業

表 5.3 温暖化の感受性・閾値(海面上昇)

海面上昇	影響例	影響分野
30 cm以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>全国の砂浜面積の56.6%の108km<sup>2</sup>が浸食</li> </ul>	海洋
31～60 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>平均潮差2m、海面上昇40cmで沖出し120m分の干潟が消滅</li> <li>7割勾配よりも緩傾斜の護岸で、急激に越波量が増大</li> </ul>	海洋 沿岸域
61～99 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>全国の砂浜面積の81.7%が浸食</li> <li>7割勾配以上の緩傾斜の護岸で、越波量が約10倍に増大</li> </ul>	海洋 沿岸域
1m以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>全国の砂浜面積の90.3%が浸食</li> <li>平均満潮位以下の土地に存在する居住人口は、現在の200万人から410万人、資産は現在の54兆円から109兆円に、それぞれ拡大</li> <li>港湾施設と、隣接する海岸構造物の対策費用の合計が、11.5兆円</li> <li>必要となる嵩上げの高さは、外洋性の砂浜海岸では2.8m、内海では3.5m</li> </ul>	沿岸域  国土保全・保全・人間居住

(出典)表 5.2、表 5.3とも茨城大学三村教授の資料を基に作成<sup>14)</sup>

## 6. 長期目標の設定

### 6.1 長期目標設定の考え方

- 5.で示したように、地球温暖化による気温上昇とその影響に関する科学的知見は既に蓄積されつつある。これまでに得られている科学的知見を踏まえると、長期目標の設定に関して、気温上昇の抑制幅については、以下のように整理できる。なお、以下では、4.での考え方に基づいて、工業化以前(1850年頃)を基準とし、全球での平均気

温に関し、気温の最大上昇幅のもたらす影響について科学的知見を整理する。

#### 気温上昇幅 1°C以下:

脆弱な生態系に対する影響は、気温上昇幅が 1°Cであっても一部で顕在化する可能性が大きい。このため、脆弱な生態系への影響を防止することを優先すれば、気温上昇幅を 1°C以下に抑制することが求められる。他方、20 世紀中に既におよそ 0.6°C気温が上昇していること、今後の世界の人口動態・経済成長などを勘案すると、気温上昇幅を 1°C以下に抑制することは、現実的にはきわめて困難であると考えられる。

#### 気温上昇幅2°C以下:

気温上昇幅が 2~3°Cになると、地球規模で悪影響が顕在化することが指摘されている。したがって、気温上昇幅を 2°C以下に抑制することは、地球規模での悪影響の顕在化を未然防止することになる。また、悪影響の規模は、およそ 2°C程度で急激に上昇するという研究成果も示されており、悪影響の大規模な拡大を効果的に防ぐ観点からも、2°Cには一定の意味が認められる。

(参考)IPCC 第三次評価報告書(抜粋)

2~3°C以下の気温上昇では、ある地域において好影響が見られ、またある地域では悪影響が顕在化するであろう。2~3°C以上の気温上昇では、ほとんどの地域で悪影響が顕在化し、地球平均気温がより上昇することで、すべての地域における悪影響も増加する。

#### 気温上昇幅3°C以上:

気温上昇幅が3°Cを超えると、気候システムの安定性を保つレベル(タイプ2の閾値)を超え、海洋深層循環の停止などが生じる可能性が高まるとの研究成果もある。このレベルを超えれば、地球規模で激甚かつ不可逆な悪影響が生じるリスクが高まるため、その超過は避けなければならない。ただし、気候システムの安定性を保つレベルに関する研究成果は未だ限られており、さらに科学的知見の蓄積が必要である。

○ これらの科学的知見を踏まえれば、以下の点に留意しつつも、気温上昇の抑制幅を 2°Cとする考え方は、長期目標の検討における現段階での出発点となりうると思われる。

- ・科学的な不確実性は依然残されており、影響等に関する科学的知見を今後さらに蓄積していくこと。
- ・気温は工業化以降、既に約 0.6°C上昇していること、このため世界各地で既に影響が顕在化しつつあること、日本を含む北半球中高緯度地域は、全球平均気温と比

較して気温上昇幅が大きいことなどに留意すること。

- ・気温上昇が 1°C以下であっても、一部の脆弱な生態系に対する影響が生じるおそれがあることから、こうした影響に対する対処の方法等についても引き続き研究・検討を続けていくこと。
- ・気温上昇幅を 3°C程度に抑制するとしたとしても、地球規模での大幅な温室効果ガスの削減が必要であることについて認識すること。

○ 以上は、影響等に関する科学的知見を基礎として整理しているが、長期目標の設定は、科学のみによって決定されるべきものではなく、最終的には国際社会における判断が必要とされる。日本として、長期目標に関する建設的な議論を国内において広く行い進展させていくとともに、国際社会における合意形成に主導的な役割を果たすことを期待したい。

○ 特に、今後は、地域レベル・各国レベルでの脆弱性・影響・適応能力等の評価・予測の進展が期待され、それらの知見を踏まえた上で長期目標に関する国際的な合意形成をいかに進めるかという視点が重要となる。日本としても、我が国に対する影響等を十分に評価し、その結果も踏まえつつ、国際的な戦略を構想する努力を継続していく必要がある。その際、食糧や資源を海外に大きく依存する我が国としては、温暖化による直接的な影響のみならず、貿易等を通じた間接的な影響についても十分に留意することが重要である。

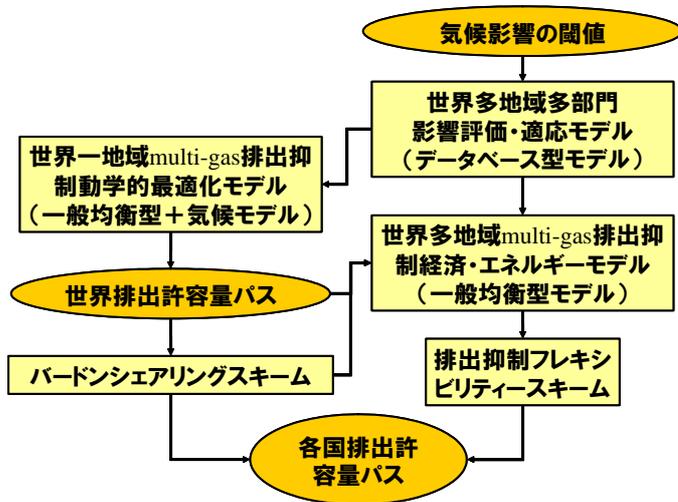
## 6.2 大気中の温室効果ガス濃度及び地球規模の排出経路との関係

○ 以上の議論を踏まえ、気温上昇幅を 2°Cに抑制することを念頭におきつつ、大気中の温室効果ガス濃度及び地球規模の排出経路について、科学的知見を整理する。

○ IPCC 第三次評価報告書(2001)に示された放射強制力を基に CO<sub>2</sub> 換算濃度を計算すると、工業化以降、全温室効果ガスの濃度は、CO<sub>2</sub> 換算で 280ppm から 2000 年で 359ppm(CO<sub>2</sub> のみの濃度では 280ppm から 368ppm)に増加し、気温は約 0.6°C上昇している。

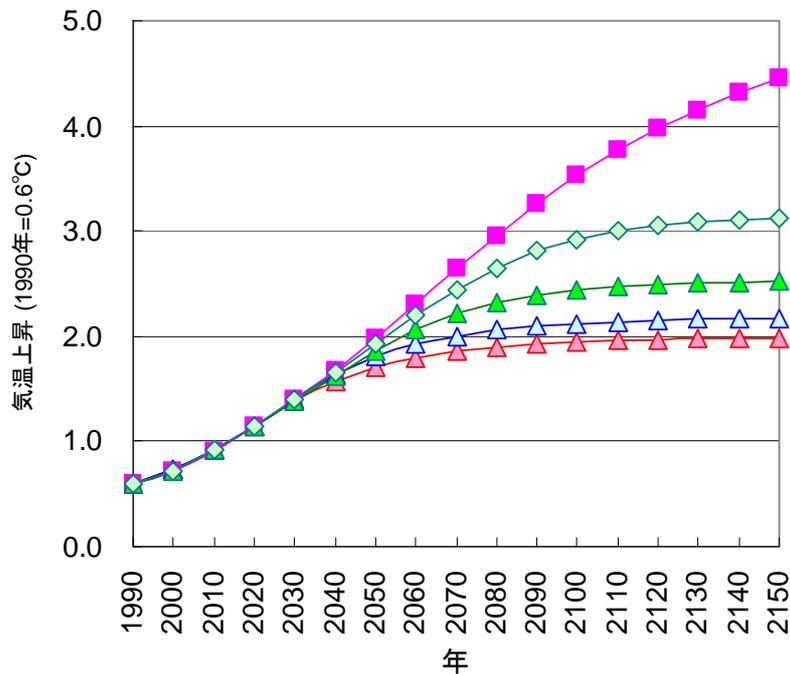
○ 最近の研究成果によれば、全温室効果ガスで、550ppm に安定化させても、気温上昇幅が 2°Cを超える確率は相当高いため、2°C以下に抑えるためには、550ppm を十分

に下回る水準に抑える必要がある。例えば、AIMモデルによる試算では約475ppm(注1、2及び3)の水準が必要とされた(図6.1、図6.2参照)



AIMモデル(AIM/Impact[Policy])は、全球平均気温・海面上昇、大気中GHG濃度等に関して将来目標を設定し、その目標下で最適なGHG排出経路(世界全体)とそれに基づく地域別排出削減分担量を推計する。さらに、同GHG排出経路を前提とした場合の国別・分野別温暖化影響(物理的影響・経済影響)を推計する。

図 6.1 AIMモデル(AIM/Impact[Policy])の特徴



(気候感度 2.6 度、割引率4%)

■ BaU    ▲ GHG-475ppm    ▲ GHG-500ppm    ▲ GHG-550ppm    ◆ GHG-650ppm

図 6.2 AIMモデルによる安定化濃度と気温上昇の関係についての試算結果

(注1) 現在、大気中のCO<sub>2</sub>濃度は年間1.6ppmの割合で増加している(1983~2002年の平均値、気象庁)。従って、世界のCO<sub>2</sub>排出量を仮に現状レベルで抑制したとしても、他の条件が一定と仮定すれば、約74年で全温室効果ガス濃度は475ppmに達し、その後も更に増加を続けることとなる。世界のCO<sub>2</sub>排出量がこのまま増加を続ければ、475ppmに達する期間は更に短くなる。

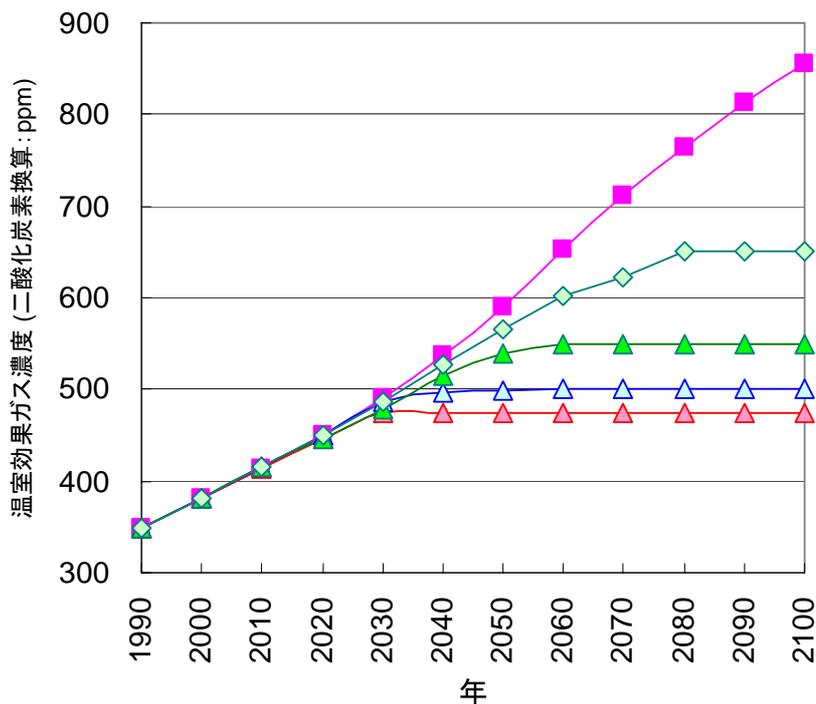
(注2) 全温室効果ガス: AIMモデルによる試算において、「全温室効果ガス」とは、気候変化の原因となる放射強制力を持つすべての要因(温暖化、寒冷化の双方を含む)を考慮し、それを二酸化炭素濃度に換算している。

具体的には、京都議定書の対象となっている6種類のガス(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)、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>))に加えて、クロロフルオロカーボン(CFCs)、ハイドロクロロフルオロカーボン(HCFCs)、対流圏オゾン、エアロゾル(硫酸エアロゾル、ブラックカーボン、有機炭素)の直接・間接効果等を含む。このうち、硫酸エアロゾル、有機炭素等は冷却効果を持つものとしている。

更に、太陽放射の変化、土地利用変化によるアルベド(太陽放射の地表面、海面などにおける反射率)の変化についても、工業化以降の変化量を加味しているが、これらの因子は1990年以降は一定と仮定している。(注: 太陽放射の変化、土地利用変化によるアルベドの変化は、トータルとしては全球レベルでの気温上昇への寄与は軽微である。)

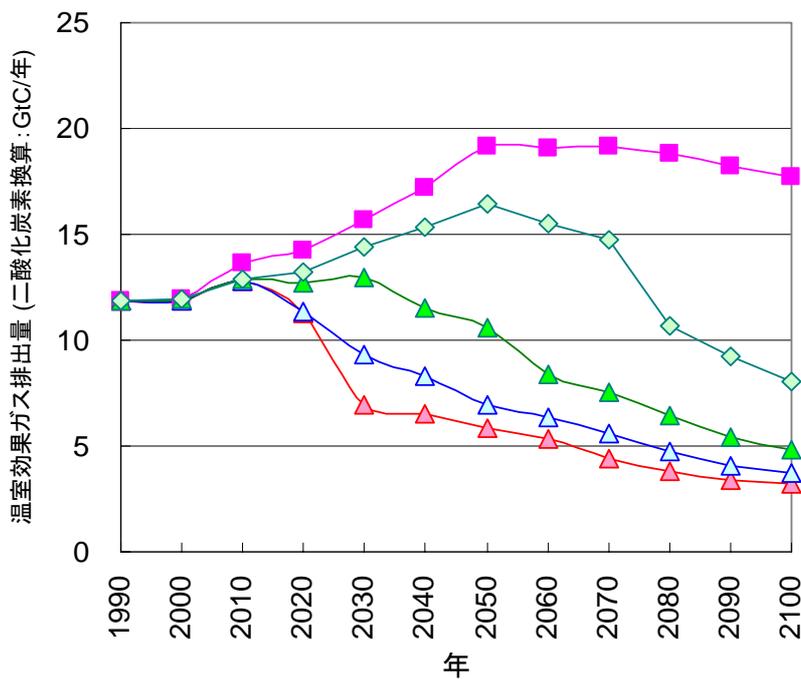
(注3) CO<sub>2</sub>のみでは456ppm、京都議定書の対象である6種のガス全体では486ppmに相当する(2100年時点)。

- 気温上昇幅を2°C以下に抑えるような温室効果ガス濃度のレベルを達成するためには、温室効果ガス排出量の大幅な削減を早期に実現する必要がある。一例として、AIMモデルによる試算では、気温上昇幅を2°C以下に抑えるためには、2030年以降は約475ppmで全温室効果ガス濃度を安定化させる必要があり、このためには、世界全体の全温室効果ガスの排出量を1990年に比べ2020年で約10%、2050年に約50%、2100年に約75%削減することが必要とされた(図6.3参照)。



社会厚生関数最大化、割引率4%

削減率の算定は、京都議定書の対象である6種類のガス及び、CFCs、HCFCsを対象に行っている。

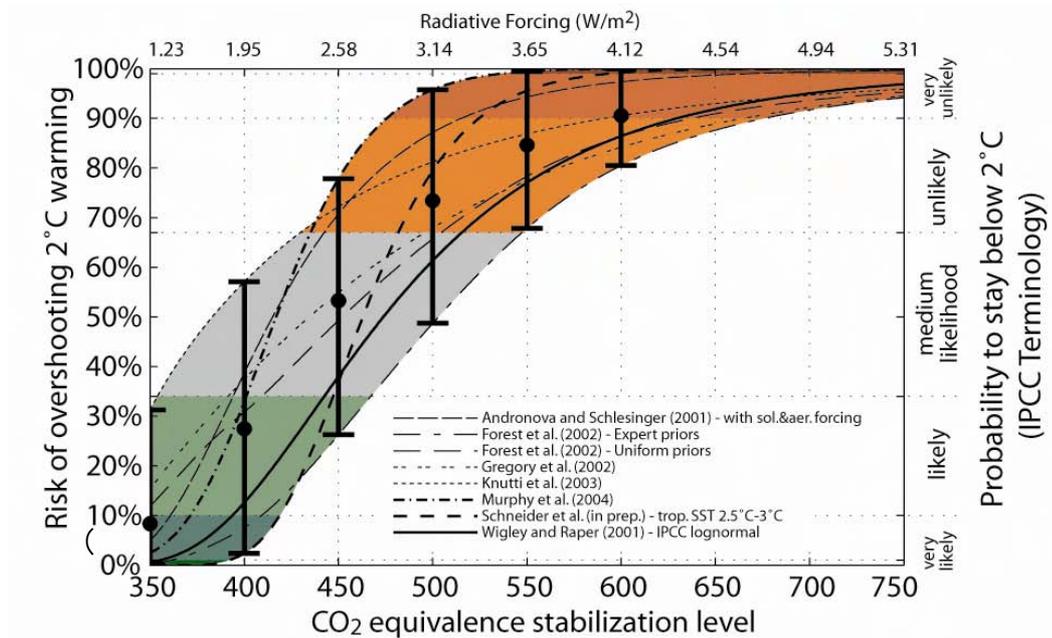


■ BaU ▲ GHG-475ppm ▲ GHG-500ppm ▲ GHG-550ppm ◆ GHG-650ppm

図 6.3 AIM モデルによる安定化濃度と排出経路についての試算結果

- なお、こうした削減を達成するために必要となる温室効果ガスの削減パスについては、今後さらに検討を深める必要がある。その際、気候感度等の不確実性の扱い、対策の内容やタイミングによる対策コストの相違等に配慮する必要がある。不確実性を考

慮した解析なども進みつつあるが、さらに研究を進めていく必要がある(図 6.4 参照)。



出典) Meinshausen (2005)<sup>15)</sup>

図 6.4 不確実性を考慮した安定化濃度と気温上昇の関係についての試算例

- ・GHGs550ppm 安定化では 2°Cよりも高い気温上昇が引き起こされる確率は 68~99%と高い。
- ・2°Cを超過しない確率を IPCC でいうところの「likely (66~90%)」に持っていくためには GHGs400ppm 安定化が必要である(GHGs450ppm ではそこまで確率を高めることが出来ない)ことが示されている。
- ・Meinshausen は、工業化以降の気温上昇を2°C以下に抑えることが出来る確率を、濃度安定化目標別に示した。8つの気候感度の確率分布を用いることが特徴である。

## 7. 今後の検討課題

### 7.1 長期目標に関する更なる検討

- 長期目標は、予測に残る不確実性などを念頭に、ある程度の柔軟性を持った目標として捉えることが必要であり、ひとたび設定を行った後も、更なる科学的知見の充実に対応し、継続的に検討を加えていくことが必要である。
- 長期目標に関しては、我が国が自らの戦略に基づいて、独自に判断・決定していくことが重要であるが、一方で、諸外国の状況について注視していくことも必要である。例えば、気温上昇の抑制幅 2℃といった長期目標に関するEUなどにおける議論の今後のさらなる進展やその科学的・戦略的背景等について情報を引き続き収集し、それらを考慮しつつ検討することが重要である。
- 地球規模で求められる排出削減量を達成するために、各国がどのような役割を果たすかについては、政策的な判断や日本としての戦略が求められるため、今後の検討課題である。なおそれらの検討を進めるには、今後、コストとベネフィット及び必要な対策措置の具体的内容などについても、さらに知見を深めていくことが重要である。
- 生態系や農業への影響を考慮すれば、気温上昇の大きさだけでなく、変化の速度についても留意することが必要であり、速度についての検討も課題となる。

### 7.2 気候変動問題におけるリスク管理

- 気候変動による影響は、甚大かつ不可逆的なものとなるおそれがある。また、これまでに人類が排出した温室効果ガスにより、既にある程度の地球温暖化は避けられない。これらのことを認識しつつ、どの程度の気温上昇に抑制し、そのためには、どの程度の温室効果ガス濃度に抑制するのかが問われている。しかし、気候変動は、実験室での検証ができないことなどから、科学的知見に不確実性が残ることは避けられない。
- この不確実性に関連し、将来起こることが懸念される悪影響について、現在の経済社会活動を重視すれば「その事象が起こらない確率」に関心が向く一方、既に起こりつ

つある影響の回避を重視すれば「その事象が起こる確率」に関心が向くこととなる。しかし、気候変動枠組条約では、影響の不可逆性を考慮し、科学的知見の不確実性を理由に対策を延期すべきではないとして、予防原則の考え方をうたっている。この原則によれば、このうち後者の確率を重視する必要がある。

- また、不確実性を考える上では、気候変動による影響として、相対的に高い確率を持つ悪影響だけでなく、極めて低い確率ではあるが生起する可能性のある破局的事象との両方が想定されることも、念頭においておく必要がある。
- こうした点を踏まえつつ、不確実性に対し判断を下す役割が、政策担当者に求められている。しかし、その判断に関し、科学が助言することは可能である。この観点から、「地球温暖化問題におけるリスク管理」のための政策の決定を支援する、知見の蓄積や手法の開発は、重要な課題である。これらの課題には、影響の発現や閾値を超えるタイミングに関する研究の進展を踏まえ、いつどのような対策をとることが適切か、緩和と適応のバランスを如何にとるかといった課題も含まれる。
- リスクの管理は、社会にとっての課題であり、一人ひとりが科学的な理解を共有し、共通の科学的な知見に基づいて、目標設定のあり方、今後の対策のあり方等について、真摯な議論を積み上げていくことが重要である。このため、国民に対する一層の情報提供や、議論の促進などにも取り組んでいくべきである。

### 7.3 緊密一体化した世界経済の現実に即した「気候変動による影響」の解明

- 気候変動による影響については、これまで、属地的な影響に関心が集まってきた。例えば、日本の影響については、日本の国土における影響研究が中心であった。しかし例えば、日本の食糧や飼料などの農林水産物は、世界各地から輸入されており、それらの生産国や地域における気候変動は、日本の人々にも影響する。この観点から、「日本の農林水産業への影響」だけでなく「日本の食糧への影響」についても検討が必要となる。
- このことは、日本だけにとどまらない。気候変動枠組条約の究極目的に記述されている「食糧生産が脅かされない」ことについても、世界の人々のニーズを充たす食糧を生産できることだけでなく、緊密一体化した世界においては、貿易を通じて初めてそれぞれの国や国民のニーズが充たされている。したがって、気候変動による食糧への

影響に関しては、生産地と消費地を一体的に把握して、その影響を明らかにすることが課題となる。さらに、食糧生産に限らず、水資源の確保や鉱工業製品の製造等のその他の分野に関しても、同様の視点からの検討が必要である。

- こうした観点から、緊密一体化した世界経済の現実に即し、国際的な相互依存関係を考慮した、気候変動による影響の解明が今後の課題の一つとして挙げられる。特に、居住空間や利用可能な水資源などへの脅威により、人々や国と国との間に生じるコンフリクトの可能性を含め、気候変動がもたらす、安全保障面に対する影響とその対処についても検討が必要である。

#### 引用文献

- 1) ACIA (Arctic Climate Impacts Assessment), 2004: Impacts of Warming Arctic. 140pp.
- 2) Parmesan, C. and H. Galbraith, 2004: Observed Impacts of Global Climate Change in US. Pew Center Report, 56pp.
- 3) Stott, P. A., D. A. Stone and M. R. Allen, 2004: Human contribution to the European heatwave of 2003, *Nature*, 432, 610–614.
- 4) International Scientific Steering Committee (ISSC), 2005: Report of the International Scientific Steering Committee, International Symposium on the Stabilisation of greenhouse gas concentrations, Hadley Center, Exeter, UK. [http://www.stabilisation2005.com/Steering\\_Committee\\_Report.pdf](http://www.stabilisation2005.com/Steering_Committee_Report.pdf)
- 5) WWF, 2005: An Overview of Glaciers, Glacier Retreat, and Subsequent Impacts in Nepal, India and China, 70pp.
- 6) Persing, J. and F. Tudela, 2003: A long-term target: Framing the climate effort. In “Beyond Kyoto: Advancing the international effort against climate change”. Washington D.C., Pew Center on Global Climate Change, 15pp.
- 7) Parry, M., N. Arnell, T. McMichael, R. Nicholls, P. Martens, S. Kovats, M. Livermore, C. Rosenzweig, A. Iglesias and G. Fischer, 2001: Millions at risk: defining critical climate change threats and targets, *Global Environmental Change*, 11, 181–183.
- 8) O’Neil, B. C. and M. Oppenheimer, 2002: Climate change: dangerous climate impacts and the Kyoto Protocol, *Science*, 296, 1971–1972.
- 9) Stocker, T. F. and A. Schmittner, 1997: Influence of CO<sub>2</sub> emission rates on the stability of the thermohaline circulation. *Nature*, 388, 862–865.
- 10) Schlesinger, M., J. Yin, G. Yohe, N. Andronova, S. Malyshev, B. Li, 2005:

Assessing the risk of a collapse of the Atlantic Thermohaline Circulation, Abstracts of the International Symposium on Stabilization of greenhouse gas concentrations, Exeter, UK.

- 11) 環境省地球温暖化問題検討委員会温暖化影響評価ワーキンググループ, 2001: 地球温暖化の日本への影響2001
- 12) Matsui, T. et al., 2004: Probability distributions, *Fagus crenata* forests following vulnerability and predicted climate sensitivity in changes in Japan. *Journal of Vegetation Science*, 15, 605–614.
- 13) Yokozawa, M., S. Goto, Y. Hayashi, and H. Seino, 2003: Mesh climate change data for evaluating climate change impacts in Japan under gradually increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, *Jour. Agri. Meteorol.*, 59(2), 117–130.
- 14) 福原直樹・三村信男、2004: 温暖化研究データベースに基づく影響研究の現状把握、第12回地球環境シンポジウム論文集.
- 15) Meinshausen, M., 2005: On the risk of overshooting 2°C, Abstract of the International Symposium on the Stabilization of greenhouse gas concentrations, Exeter, UK.

(別添) 気候変動に関する国際戦略専門委員会 委員名簿

- にしおか しゅうぞう  
西岡 秀三 国立環境研究所 理事
- あすか じゅせん  
明日香 壽川 東北大学 東北アジア研究センター 教授
- かいぬま みきこ  
甲斐沼 美紀子 国立環境研究所 統合評価モデル研究室長
- かめやま やすこ  
亀山 康子 国立環境研究所 環境経済研究室 主任研究員
- くどう ひろき  
工藤 拓毅 日本エネルギー経済研究所環境・省エネグループ グループマネージャー
- すみ あきまさ  
住 明正 東京大学 気候システム研究センター教授
- たかはし かずお  
高橋 一生 国際基督教大学 教養学部国際関係学科教授
- たかむら  
高村 ゆかり 龍谷大学 法学部法律学科助教授
- にいざわ ひでのり  
新澤 秀則 兵庫県立大学 経済学部教授
- はらさわ ひでお  
原沢 英夫 国立環境研究所 社会環境システム研究領域長
- まつはし りゅうじ  
松橋 隆治 東京大学大学院 新領域創成科学研究科教授
- みむら のぶお  
三村 信男 茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター教授
- よこた ようぞう  
横田 洋三 中央大学法科大学院教授

○は委員長