

1 気候変動対策の目標

ここでは、気候変動対策の目標である気候変動枠組条約の究極目的の達成に向けて前進するために、その目的が科学的知見を基にどのように具体化されるかについてとりまとめた。

(1) 気候変動枠組条約の究極目的の達成

国際社会が気候変動問題に取り組む上でのゴールは、気候変動枠組条約の究極目的である「気候系に対する危険な人為的影響を防止する水準で大気中の温室効果ガス濃度を安定化させること」の達成である。

(気候変動対策の目標)

- 気候変動対策の目標は、米国や途上国を含む世界の大多数の国が批准し、発効している気候変動枠組条約に明記されており、この究極的な目的を達成することが、国際社会が気候変動問題に取り組む上でのゴールである。
- 気候変動枠組条約は、「気候系に対する危険な人為的影響を防止する水準で大気中の温室効果ガス濃度を、安定化させること」を究極的な目的とし、また、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」としている(第2条)。

(2) 温室効果ガス濃度の安定化

大気中の温室効果ガス濃度は、大気中に排出される温室効果ガスの量と、海洋や陸上生態系への吸収量とが平衡することにより安定化する。しかし、温室効果ガス排出量が吸収量を上回るにより大気中の温室効果ガス濃度が上昇し続けている。

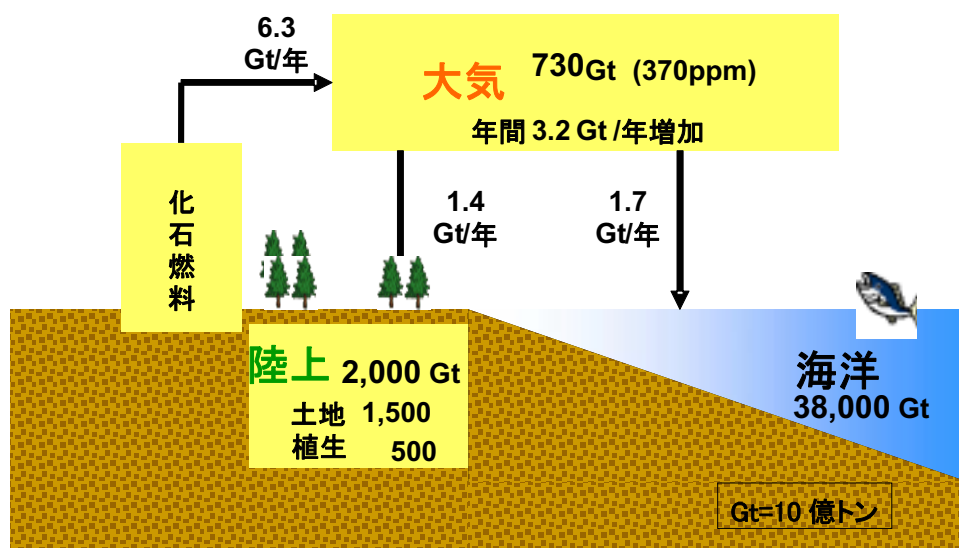
(温室効果ガスの排出量と地球の吸収量との均衡状態の実現)

- 条約の究極目的に言う「温室効果ガス濃度の安定化」とは、地球全体の温室効果ガスの排出量と吸収量が平衡に達する状態である。大気中に排出される温室効果ガスの排出量は自然起因のものと人類の活動に起因するものがあり、地球の吸収には海洋や森林など陸上生態系への吸収がある。

(地球の吸収量をはるかに超える温室効果ガス的人為的な排出)

- 現在は、人為起源の化石燃料の燃焼により、年間吸収量の約2倍にあたる、年間約63億炭素トンのCO₂が排出されている。地球の吸収量は約31億炭素トンと推計されており、したがって、排出量と吸収量との差である約32億炭素トンのCO₂が毎年大気中に蓄積され続けていることになる(図-1.1参照)。

図-1.1 地球の炭素収支の推定



(出典) IPCC 第三次評価報告書(2001)より作成

- 過去からのCO₂の蓄積により、大気中のCO₂濃度は、産業革命以前の1750年には280ppmであったものが、2000年には368ppmを記録した。図-1.2は、化石燃料の燃焼によ

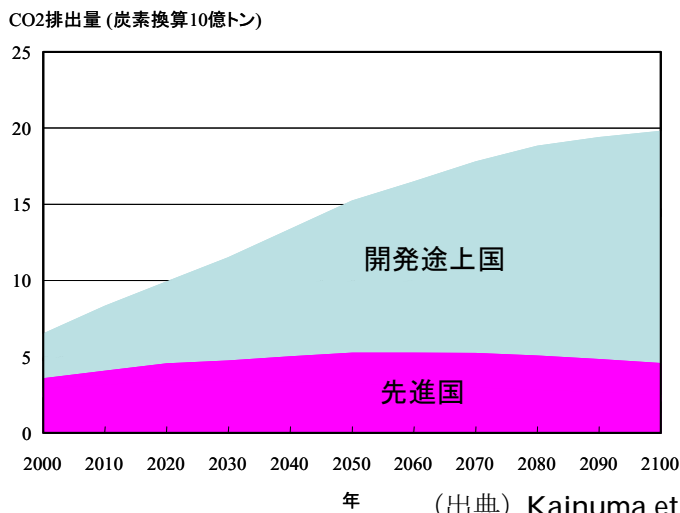
る CO₂ の人為排出量、自然吸収量と大気中 CO₂ 濃度を安定化させるためには、安定化のレベルに関わらず、排出速度(年間の排出量)＝吸収速度(年間の吸収量)とすること、すなわち現在の排出量よりも削減することが必要となることを示している。

図－1.2 排出量、吸収量と大気中濃度の関係



- しかしながら、今後、化石燃料の燃焼による CO₂ の排出量は更に増加することが予測されている。図－1.3 は、IPCC の B2 シナリオ（表－4.1 参照）を基に、2100 年までの世界全体の CO₂ 排出量の予測を示したものであり、特に途上国の排出量の伸びが大きい。2100 年には途上国の排出量は先進国の 3 倍程度となる。

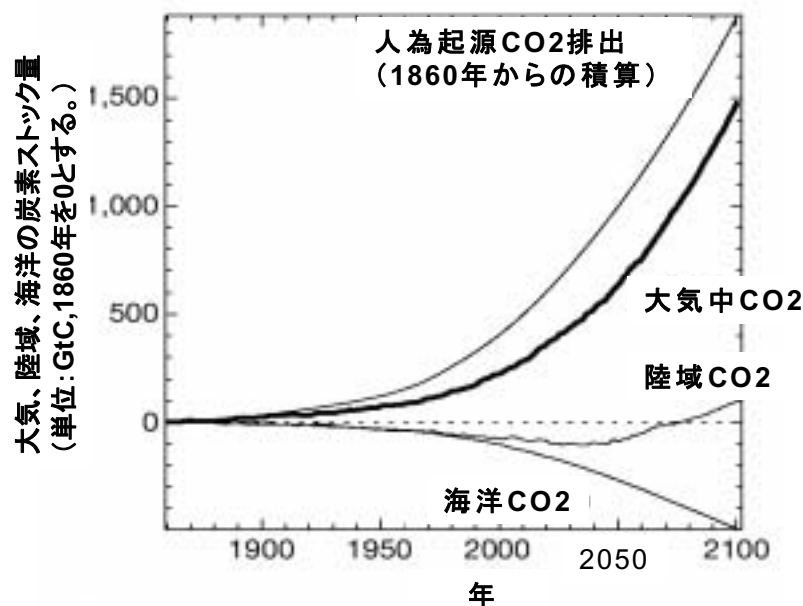
図－1.3 今後の CO₂ 排出量の予測



(出典) Kainuma et al. (2002) "Climate Policy Assessment" Springer

- 地球上の CO₂ 吸収量についても一定ではなく、CO₂ 大気中濃度に応じて変化する。最近では、動学的植生モデルを気候モデルに連結し、陸域炭素吸収量変化による気候へのフィードバックを考慮したシミュレーション研究も行われつつある。長期的には、気温上昇による植物や土壌微生物の呼吸の活性化により陸域炭素吸収量が減少し、これが気候変化を加速するため、2050 年付近で陸域炭素吸収量がゼロとなり、それ以降、陸域は炭素の吸収源ではなく排出源になると予測されている（図-1.4 参照）。

図-1.4 大気、陸域、海洋の炭素ストック量の変化



(出典)

Cox, P.M., Betts, R.A., Jones, C.D., Spall, S.A. and Totterdell, I.J. (2000) Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model, Nature, 408, .

(持続不可能な開発の典型)

- 既に現在でも、人類は地球の吸収量の約 2 倍の CO₂ を排出し、大気中 CO₂ 濃度を上昇させているが、今後 100 年を見通した場合、人為的排出量は増加の一途をたどり、一方で気温の上昇により地球の CO₂ 吸収能力は低減していくことを予測した研究もある。これによる大気中 CO₂ 濃度の加速度的な上昇は、更なる地球規模の気温上昇をもたらし、気候の大幅な変動を顕在化させる。このような人類の営みは「持続不可能な開発」の典型である。

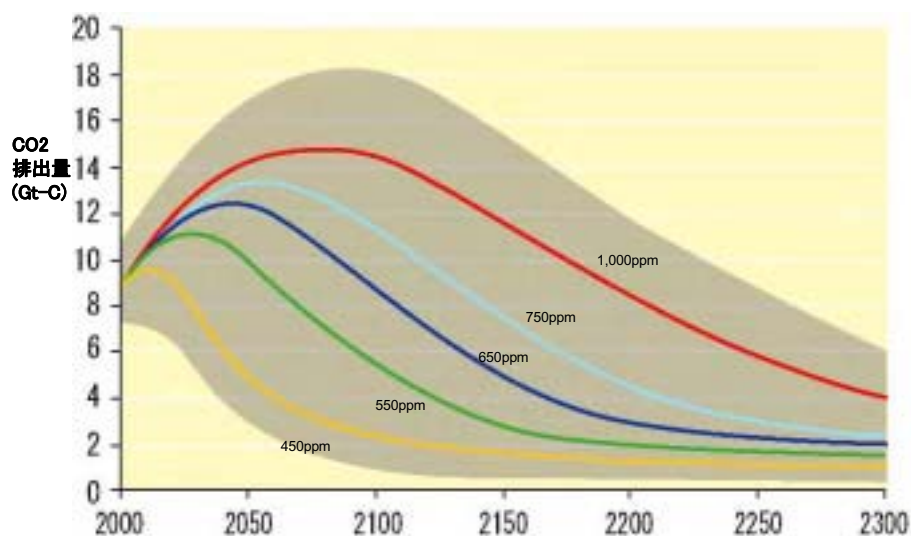
(3) 温室効果ガス濃度安定化のレベル

温室効果ガス濃度の安定化レベルに対応して様々な排出経路を描くことができる。ただし、排出量の削減により濃度が安定化するまでに、100~300年を要し、さらに気温が安定化するまでに数世紀を要する。

(様々な濃度レベルに対応する排出シナリオ)

- 安定化の濃度レベルは、安定化までに排出される温室効果ガスの累積排出量によって決まる。CO₂濃度の安定化レベルとして、450ppm、550ppm、650ppm、750ppm、更に1000ppmなど様々な水準が考えられる。これらの濃度レベルの水準に対応する世界のCO₂排出量の変化について、IPCCは図-1.5のような変化のグラフを提供している。影の部分は、CO₂排出量とCO₂濃度の関係における不確実性、具体的には陸域や海域のCO₂吸収量などに関する不確実性の幅を示す。また、温室効果ガスには、CO₂以外のガスもあるので、温室効果ガス濃度の安定化を考える場合には、CO₂以外の温室効果ガスによる濃度も考慮しなければならない。

図-1.5 様々な安定化レベルに対応する地球全体のCO₂排出量の変化

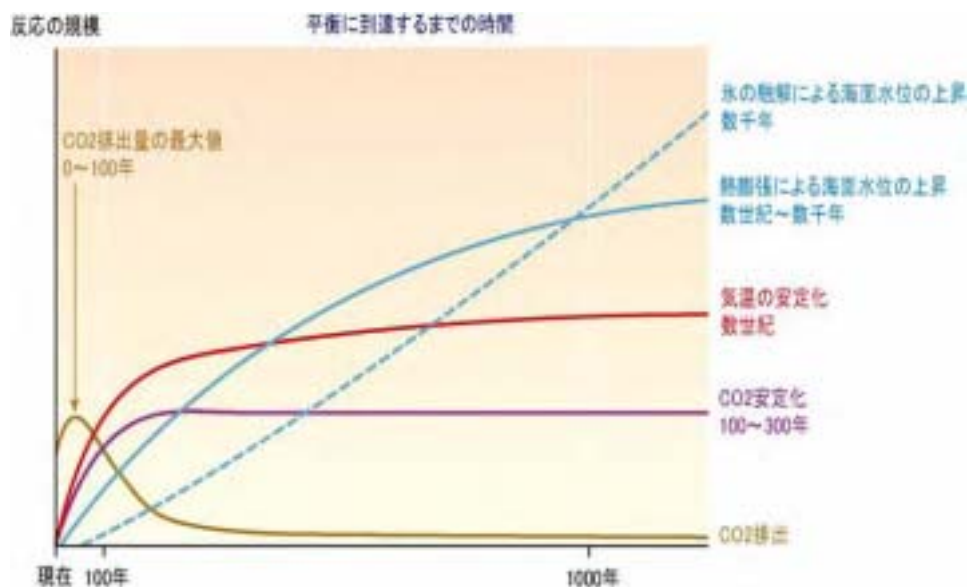


(出典) IPCC 第三次評価報告書(2001)

(温室効果ガス大気中の排出量、濃度安定化と影響のタイムラグ)

- 温室効果ガスの排出量が地球の吸収量と等しくなったとしても、直ちに温室効果ガス濃度が安定化するわけではない。そこにはタイムラグ (時間的なずれ) がある。また、温室効果ガス濃度の安定化と気温の安定化、海面水位の安定化との間にもタイムラグがある。温室効果ガスの大気中濃度をどのレベルで安定化させるかを考えるに当たっては、影響が安定化するまでのタイムラグを十分考慮しなければならない。
- 図-1.6 は、CO₂ 排出量、CO₂ 濃度の安定化、気温の安定化、海面水位の上昇などのタイムラグを図示したものである。今後 100 年間の間に世界全体の CO₂ 排出量を削減することに成功したとしても、CO₂ 濃度の安定化には 100~300 年、気温の安定化には数世紀、熱膨張による海面水位の上昇が安定化するには数世紀から数千年を要する。

図-1.6 CO₂ 排出量と CO₂ 濃度、気温、海面上昇との関係



(出典) IPCC 第三次評価報告書(2001)

(4) 気候変動による影響

- ・ IPCC 第三次評価報告書では、最近 50 年間に観測された温暖化のほとんどは人間活動に起因すると結論づけている。
- ・ 気候変動による影響は既に現れ始めており、日本もその例外ではない。IPCC 第三次評価報告書では、気候変動によるリスクは気温の上昇とともに増加し、今後 100 年でおおよそ 2°C 以上上昇すると全面的に悪影響が拡大し始めることなどを示している。
- ・ 影響の出現の程度は国や地域によって変わる。また、気温変化の規模に加えて、気温変化の速度が大きいほど、悪影響のリスクも大きくなる。
- ・ 近年、世界各地で異常気象が頻発している。気候変動が進むことによって、このような異常気象が大規模かつ高頻度で発生し被害をもたらす可能性が懸念されている。

(科学的知見を共有することの重要性)

- 気候変動問題に取り組むためには、そのバックグラウンドとなる科学的知見を正確かつ客観的に把握しておく必要がある。また、気候変動問題への取組を進めるにあたって、科学的知見に関する認識を世界レベル及び各国の国内レベルで共有しておくことが重要である。
- 共有すべき科学的知見のうち、特に重要なものは、人為的な温室効果ガスの排出と、気温の上昇や気候変動による人間や生態系への影響に関する因果関係及び影響の程度についての知見である。その上で、どの程度の影響ならば甘受できるかについては、科学的知見の課題というよりも、経済や政治などの領域の課題であり、人類社会の選択にかかる課題というべきである。

(既に現れている気候変動とその影響)

- 温暖化の影響は既に現れている。その原因に関して、IPCC 第三次評価報告書は、「近年得られた、より確かな事実によると、最近 50 年間に観測された温暖化のほとんどは、人間活動に起因するものである」と結論づけている。

- 世界の各地域で気温上昇が観測されている。20 世紀の 100 年間に、世界の平均気温は $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 上昇し、1990 年代の 10 年間は過去 1000 年間で最も温暖な 10 年であった可能性が高い。IPCC 第三次評価報告書では、これまでに観測された変化をまとめている（表-1.1 参照）。

表-1.1 近年観測された変化

指標	観測された変化
平均気温	20 世紀中に約 0.6°C 上昇
平均海面水位	20 世紀中に 10~20cm 上昇
暑い日(熱指数)	増加した可能性が高い
寒い日(霜が降りる日)	ほぼ全ての陸域で減少
大雨現象	北半球の中高緯度で増加
干ばつ	一部の地域で頻度が増加
氷河	広範に後退
積雪面積	面積が 10% 減少(1960 年代以降)
(気象関連の経済損失)	10 倍に増加(過去 40 年間)

(出典) IPCC 第三次評価報告書(2001)

- 日本でも温暖化の影響と考えられる生態系の変化が起きている。具体的な例として、
 - ・ ソメイヨシノ(サクラ)の開花日がここ 50 年に 5 日早まっている
 - ・ 北海道での高山植物の減少と木本植物分布の拡大
 - ・ 内陸部におけるシラカシなど常緑広葉樹の分布拡大
 - ・ チョウ・ガ・トンボ・セミの分布域の北上と南限での絶滅増加
 - ・ 本来九州四国が北限のナガサキアゲハが 90 年代には三重県に上陸
 - ・ 1970 年代には西日本でしかみられなかった南方系のスズミグモが 80 年代には関東地方にも出現
 - ・ マガンの越冬地が北海道にまで拡大
 - ・ 熱帯産の魚が大阪湾に出現
 などがある(原沢・西岡編「地球温暖化と日本～自然・人への影響予測～」(2003))。

(気候変動による将来の影響予測)

- 将来について、様々な悪影響の可能性が予測されている(表-1.2 参照)。

表-1.2 気候変動に伴う様々な影響の予測

対 象	予測される影響
平均気温	1990年から2100年までに1.4~5.8℃上昇
平均海面水位	1990年から2100年までに9~88cm上昇
気象現象への影響	洪水や干ばつの増大
人の健康への影響	熱ストレスの増大、マラリア等の感染症の拡大
生態系への影響	一部の動植物の絶滅、生態系の移動
農業への影響	多くの地域で穀物生産量が減少。当面増加地域も。
水資源への影響	水の需給バランスが変わる、水質へ悪影響
市場への影響	特に一次産物中心の開発途上国で大きな経済損失

(出典) IPCC 第三次評価報告書(2001)

- 日本でも温暖化による影響の可能性が予測されている。例えば、
 - ・ 海面が1m上昇すると砂浜の90%以上が消失する。また、渡り鳥の餌場となっている干潟なども消失する。
 - ・ 気温上昇により降水量変動が河川流況に影響する。
 - ・ 熱波の影響により熱中症患者が増大する。
 - ・ 西日本までマラリアの潜在地域になる可能性がある。
 などがある(原沢・西岡編(2003)「地球温暖化と日本～自然・人への影響予測～」)。

(気温の上昇と影響のリスクとの関係)

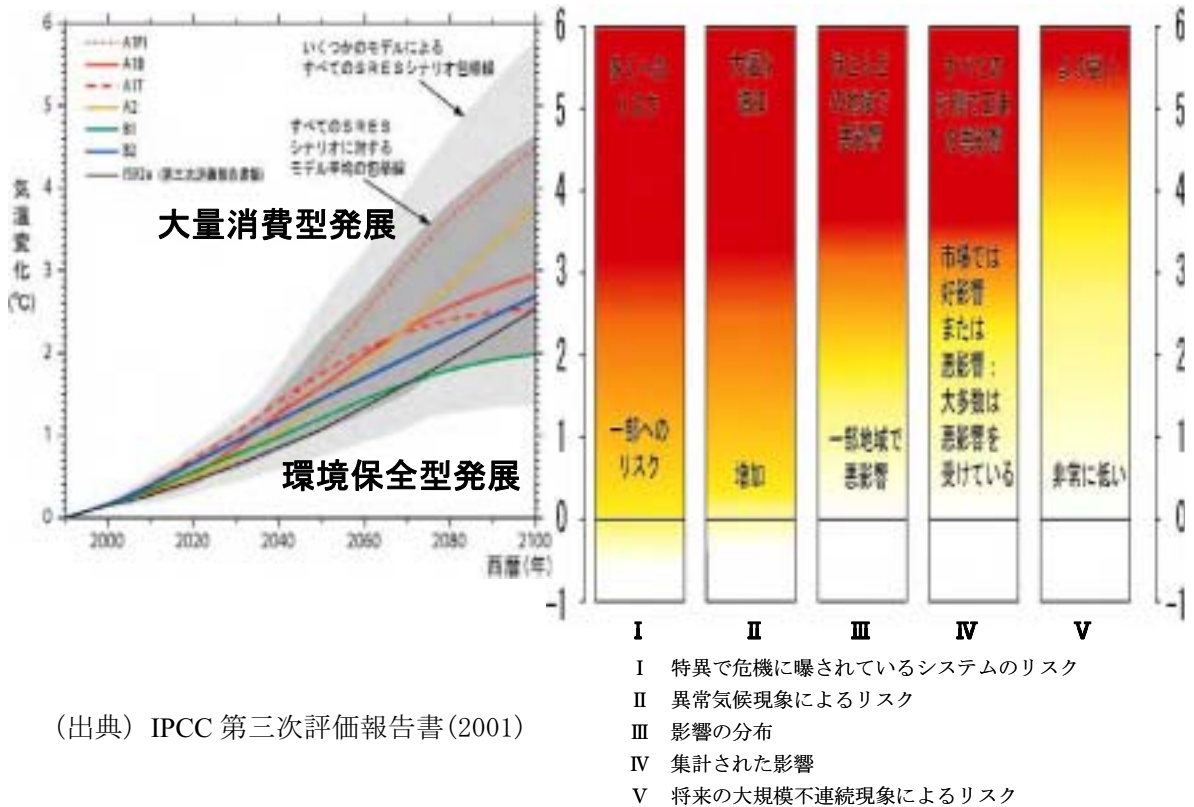
- IPCC 第三次評価報告書では、今後の社会経済の発展シナリオに応じて、どれくらい気温が上昇し、どの程度リスクが増すかを5つの指標を用いて図示している(図-1.7参照)。温暖化の影響は、気温上昇が小さい段階では一部の地域や分野に好影響をもたらすことがあるが、気候変動によるリスクは気温の上昇とともに増加し、たとえば100年以内におよそ2℃以上上昇すると全面的に悪影響が拡大し始める。

(地域により異なる影響の出現)

- 影響の出現の程度は、世界で一様に現れるのではなく、国や地域によっても異なる。

また、影響に対する備えの程度によって、人や生態系への被害の程度が異なってくる。特に、熱帯・亜熱帯の途上国では、気候変動による影響が現れる地理的条件にあるとともに、影響に対する備えを十分に行うことができないため、その影響は深刻であると考えられている。

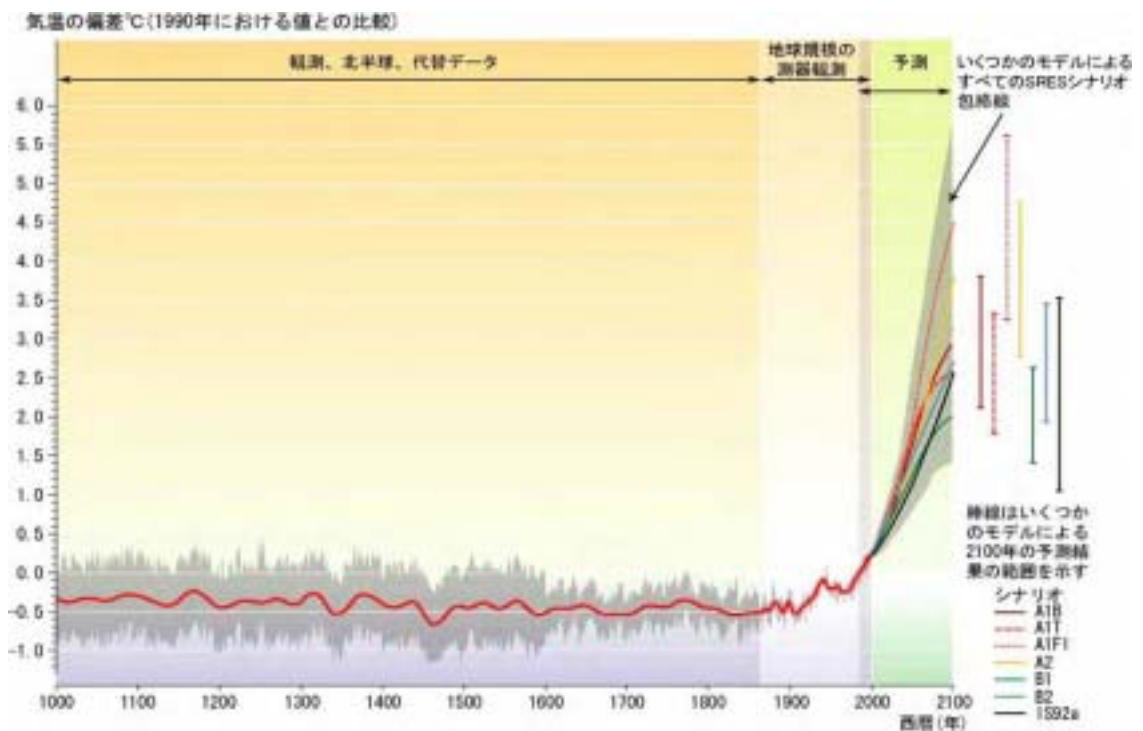
図-1.7 気温の上昇と影響のリスクとの関係



(変化の速度と影響の程度)

- 生態系や農業などにとっては、気温変化の規模に加えて、変化の速度も影響を考える上で重要である。モデルによる気温上昇の予測結果によれば、用いたモデルやシナリオにより予測結果に幅があるものの、どのモデルをとってみても、この1000年の気温の変化に比べれば今後予測されている気温上昇がいかに急激なものであるかがわかる（図-1.8 参照）。

図-1.8 急激な気温の変化の予測



(出典) IPCC 第三次評価報告書(2001)

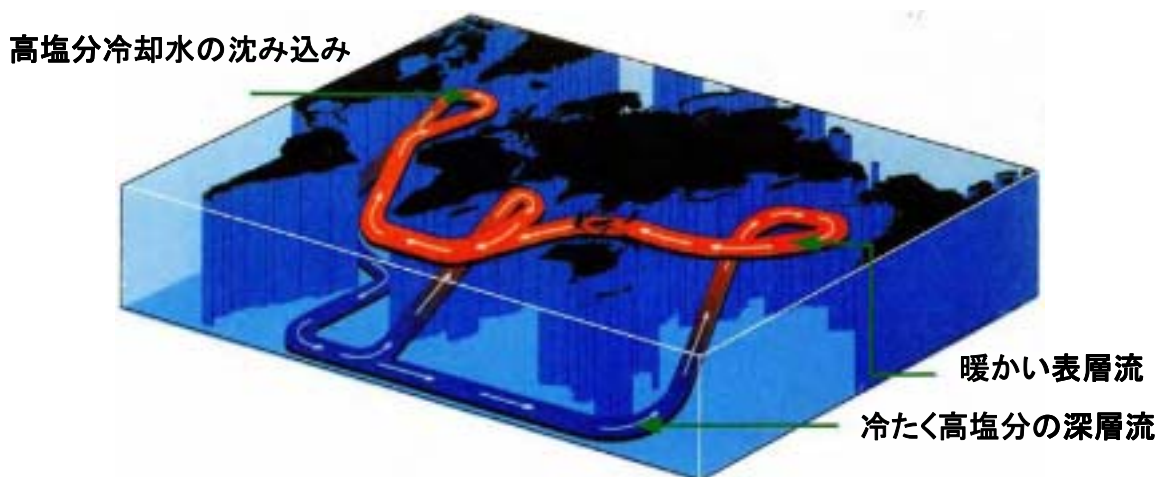
(異常気象と気候変動の影響)

- IPCC 第三次評価報告書によれば、温暖化は中長期的な影響を与えるとともに、極端な気象現象の発生頻度や強度を増加させる可能性がある。
- 特に、最近、世界各地で頻発している早魃や異常高温などの異常気象現象に対して、多くの人々が気候変動によるものではないかとの懸念を抱いている。気候変動による影響の科学的知見を高めるため、今後観測される世界各地の異常気象に関する観測データの集積と解析を進めるべきである。
- 気候変動による影響に関する科学的研究は、これまでは、地球全体の平均的な影響予測に力点が置かれてきた。しかし、気候変動による影響としては、従来の気象データによる予測ができない異常気象が各地に頻発することが想定されるため、今後は、全地球的な影響だけでなく、気候変動に伴う異常気象の発生とそれによる地域的な影響の研究に力を注ぐ必要がある。

(破局的事象出現の可能性)

- 破局的事象については、21 世紀中に起こる可能性は小さいと見積もられているものの、海洋・生物圏に吸収されている温室効果ガスの急激な排出による温暖化の急激な進行、南極及びグリーンランド氷床の融解による海面水位の大幅な上昇（西南極氷床が不可逆的に崩壊すると 4～6m 上昇）、海洋大循環の崩壊によるヨーロッパの寒冷化などの可能性が懸念されている。例えば、海流は 2000 年周期で循環し、大きな熱容量で気候を維持しているが、図-1.9 は、地球温暖化によりメキシコ湾流（暖流）の速度・方向が変化し、ヨーロッパが寒冷化する可能性を示したものである。

図-1.9 極端な温暖化による破局的事象の例（海洋大循環の崩壊）



- 破局的事象が 21 世紀中に発生する確率は小さいと見積もられているが、急激な温暖化はそうした現象の発生確率を高める可能性がある。