

## 第3章 地球温暖化の影響とリスク

### 3 1 地球規模の影響

#### 3 | 1 | 1 IPCC第3次評価報告書の概要

人間活動が原因となって引き起こされた気候変化は、長期的には気温上昇、降水の量や降り方の変化、海面上昇などをもたらし、短期的には異常気象の発生頻度や強度を変化させるなど、自然生態系や人間社会に深刻な影響を与えると考えられている（IPCC，2001：環境省，2001）。

気候変化の影響の現れ方は、自然生態系と人間社会では異なる。その影響を推定するためには、気温、降水量、異常気象などの外力と、自然生態系や人間社会の持つ影響に対する抵抗力や適応力の相互関係を見積もる必要がある【図1】。外力に対する自然生態系や人間社会自身の持つ抵抗力と適応力の関係によって脆弱性が決まるが、外力が一定であれば、抵抗力が小さい程、また適応力が小さい程、気候変化に対する脆弱性は高い。

気候システムや気候変化を評価するIPCCの第1作業部会は、新しい排出シナリオ（SRESシナリオ）に基づいた気候モデル（GCM【1】）によるシミュレーションを行い、2100年には1990年に比べて1.4～5.8の気温上昇、9～88cmの海面上昇を予測した。

影響、適応、脆弱性を扱う第2作業部会では、こうした将来気候の予測値（一般に気候シナリオと呼ばれる）を用いて影響の予測や評価を行うが、予測された気温の高い範囲（5～6）を用いた研究事例はまだ行われていない。今後、早急にこのような高い気温上昇や海面上昇をベースとした研究が必要となっている。

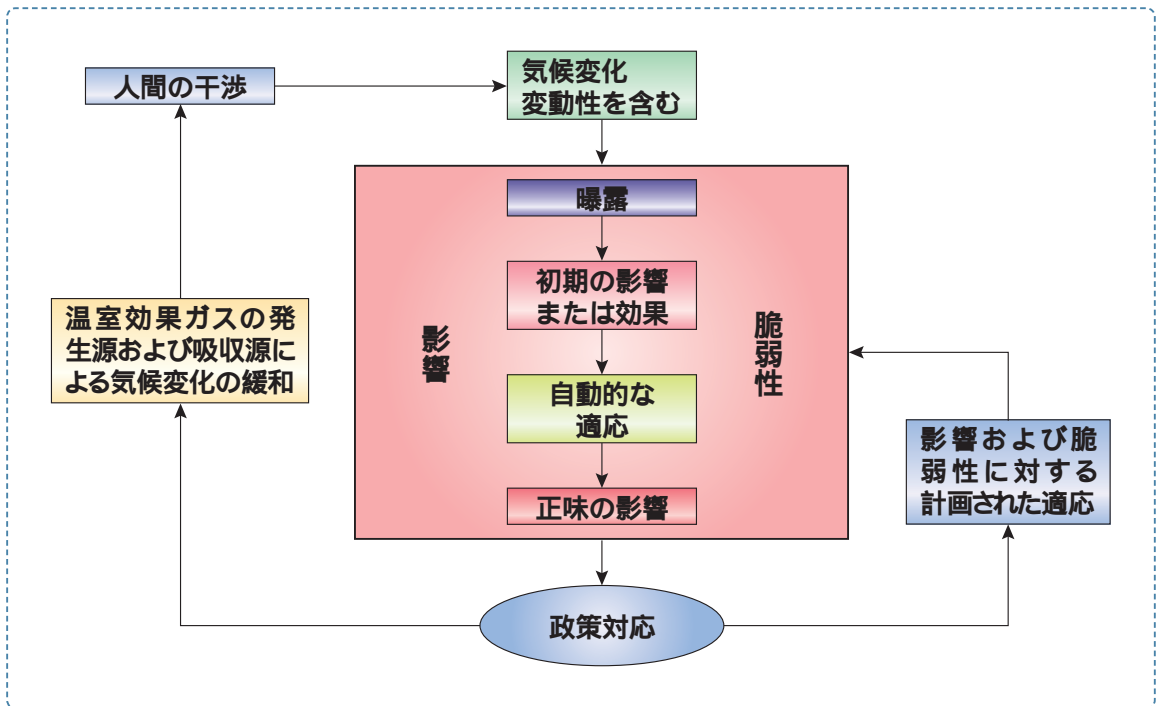
#### すでに氷河や海氷、動植物に影響が現れている

IPCCの報告書では、「ここ50年間の温暖化のほとんどが人間活動に起因するという、新たな、かつより強力な証拠がある」と結論づけている。温暖化が進行しているので気候変化に脆弱な雪氷や自然生態系に影響が既に出ているかどうかを検討した。

雪氷や自然生態系への影響を扱った2500編以上の研究論文の中から、「地域レベルの気温上昇に着目し」、「観測データが20年以上」を規準として、400以上の動植物種を扱った44の地域研究、約100の雪氷現象を扱った16の地域研究を選んで、内容を詳細に検討した。その結果、大半の研究事例から気温が上昇すると現れる現象が検出され、すでに温暖化の影響が現れていることを結論づけることとなった。

#### 【1】GCM

〔General Circulation Model〕大気内での物理過程を一つ一つ忠実に再現し、それらを統合した全球の大気大循環モデル。このGCMに河川のモデルを組み込んで気候モデルを評価したり、気候変動に対する河川流量の変動を予測しようという研究も進行している。



【図1】気候変化の影響・適応・政策対応 (IPCC, 2001)

具体的に確認された変化の例としては、氷河の後退・縮小、永久凍土の融解、河川や湖沼の結氷の遅れや融解の早まり、中～高緯度における植物の成長期間の長期化、動植物の極方向や高々度方向への移動、動植物群落の縮小、樹木の開花・昆虫の出現・鳥類の孵化の早期化が挙げられている【表1】。

今回確認された事例は北米、欧州、極域に集中しており、アフリカ、アジア、南米ではほとんど事例が報告されていないが、研究事例がないためである。

### 洪水、干ばつが増加し、一部の国や地域に影響が出ている

アジア地域など、地域によっては、近年洪水や干ばつなどの異常気象の発生が増加しており、自然生態系や人間社会にすでに影響が現われはじめている。

しかし気候変化と異常気象の関連性については、観測データが限られていることから確認できず、未だ不確実性が高いが、気候モデルを用いたシミュレーションにより気候変化と台風やエルニーニョとの関連性があることが示唆されている。

異常気象はいったん生じると自然生態系や人間社会に多大な影響や被害をもたらすこと、地域によっては異常気象の発生が増加していることから、異常気象の影響が重要視されている。【表2】は予測され

【表1】検出された気候変化の影響事例（IPCC他より作成）

現象	地域	現象	研究者
氷河の後退・縮小	アルプス	1850年以降氷河の体積が50%減少	IPCC, 1998
	ネパール	ヒマラヤの氷河が急速に溶け出している。5～10年後には洪水により数万人が被災	UNEP, 2002
	アラスカ	アラスカの氷河が融解	Arendt ら, 2002
棚氷の崩壊	南極半島	ラーセン棚氷が分離、崩壊(1995, 1300km <sup>2</sup> ; 1998, 300km <sup>2</sup> ; 2002, 3250km <sup>2</sup> )	英国南極調査所 米国雪氷センター
海氷の減少	北極海	1950年以降、夏の海水厚さが40%減、春～夏の面積が10～15%減	IPCC, 2001
河川や湖沼の結氷の遅れ や融解の早まり	北半球の中～高緯度	河川、湖沼の結氷期間が約2週間減少	IPCC, 2001
	北・中央カリフォルニア	1940年代後半以降、融雪と流出が徐々に早まる	Dettinger and Cayan, 1995
中～高緯度における植物の成長期間の長期化	欧州	12種の樹木と灌木の生長期間が長くなった	Menzel and Fabian, 1999
動植物の極方向や高々度 方向への移動	アルプス	高山植物が10年に1～4m上方へ移動。山頂付近の植物が消失	Grabherr ら, 1994
	北米	エディタヒョウモンモドキ（蝶）の生息域が北にシフト	Parmesan, 1996
	オーストリア	1961～1990年にノルウェートウヒの直径が増加	Hasenauer ら, 1999
動植物群落の縮小や復元	北太平洋、北大西洋	夏のプランクトン量が北太平洋で30%以上、北大西洋で14%減少	NASA, 2002
	米国北東部	アカトウヒが減少	Hamburg and Cogbill, 1988
	アリゾナ	冬季の降水が増加したため木本灌木が増大し、半乾燥生態系が復元	Brown ら, 1997
	西アフリカサヘル	長期の降水量減少により中湿性種が、より雨の降る低温地域へ収縮した	Gonzalez, 2001
	コロラド	春の最低気温が上昇したため短茎草本ステップ生態系が復元	Alward and Detling, 1999
樹木の開花・昆虫の出現 ・鳥類の孵化の早期化	ウィスコンシン南部	1936～1947、1976～1998に10種の多年草・樹木種で開花時期が早まった。他の26種は変化なし。	Bradley ら, 1999
	欧米	1950～2000年に葉の展開が1～4週間早まり、落葉が1～2週間遅くなり、開花が1週間、昆虫、カエル、鳥などの動物の出現時期が1～2週間早まった	Peñuelas and Fiella, 2001
	英国	植物の開花が1954年に比べて、1990年代は平均して4.5日早まった	Fitter and Fitter, 2002

る異常気象とその影響をまとめたものである。最高気温や最低気温の上昇など単純な異常気象とエルニーニョ、アジアモンスーン、台風など複雑な異常気象の影響についてまとめている。

さらに気候変化は大規模で不可逆な変化をもたらす可能性があり、地球規模で影響を与えることも指摘されている。例としては、海洋の大循環（熱塩循環）の遅延あるいは停止、グリーンランドや西南極の氷床の大規模な融解、陸上植物の大規模な枯れ死や永久凍土の融解による炭素の放出などが挙げられる。これらの変化が21世紀中に生じる確率は非常に小さいと見積もられているが、気候変化が急速に進むようなことがあれば、その確率も増加すると考えられている。

## 自然や人間は気候の変化に対して敏感で脆弱

自然の生態系はあまりに敏感で、感受性が強く、しかも適応力が限られるため、気候の変化に対してひとたまりもなくやられてしまうだろう。

特に深刻な影響を受けるのは、氷河、珊瑚礁、環礁、マングローブ林、北方の針葉樹林や熱帯林、北極や南極、高山全体の生態系、平原湿地などである。

人間社会を見ると、影響を受けやすいのは、農林水産業、エネルギー、保険・金融業、人間の健康や居住などが挙げられる。

ただ、気候の変化は悪影響だけではなく、好影響もある。たとえば、温暖化の初期では農業生産高の増加や冬季の死者の減少などがあるが、初期を過ぎると、悪影響の方が圧倒的に優位に立つことになる。

## 適応策が削減策とともに重要性が増している

適応は、変化しつつある気候に自らを自動的に或いは計画的に調節して対処する方法である。気候変化のもたらす悪影響を緩和し、場合によっては便益をもたらさうる可能性を持つ反面、費用がかかり、また全ての被害を防ぐことはできない。

自然生態系や人間社会は気候変化にある程度は自動的に適応することができる。また人間社会では、計画的に適応策を立案、実施することもできる。たとえば、穀物栽培など、気候を資源として利用してきた人間活動では、異常気象に対する適応の知恵や経験を蓄積してきた。こうした人間の知恵や経験は、今後予測される気候変化に対処するための適応策の基礎的情報となりうる。

適応策の重要性は増しつつあるが、温室効果ガスの削減策と組み合わせることで実施していく上では問題もある。たとえば、適応策の効果や費用を見積もる方法の研究や適用事例が非常に不足している。今後、適応策の費用対効果など経済的な評価を含めた研究と、削減策もあわせ

【表2】異常気候現象の変化によって生じる影響の例（温暖化の結果として予測される異常気象と影響事例を対応させている。地域レベルでの確信度の高いものを代表として挙げている）(IPCC, 2001)

21世紀に予想される異常気候現象の変化とその確信度(*)	予想される影響の代表的な事例 一部地域においては「高い」確信度(第2作業部会の定義)
<b>単純な異常現象</b>	
1) 最高気温の上昇、暑い日や熱波の増加 (ほぼ全陸域、++++)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高齢者や都市貧困者の死亡や疾病発生の増大</li> <li>・家畜や野生生物の熱ストレスの増加</li> <li>・観光目的地の変更</li> <li>・多くの穀物の被害リスクの増大</li> <li>・冷房電力需要の増大、エネルギー供給信頼性の低下</li> </ul>
2) 最低気温の上昇、寒い日、霜日、寒波の減少 (ほぼ全域、++++)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・寒さに関連した人の死亡や疾病の減少</li> <li>・多くの穀物の被害リスクの減少、一部の穀物ではリスクが増加</li> <li>・一部の病害虫や媒介動物の範囲や活動の拡大</li> <li>・暖房エネルギー需要の減少</li> </ul>
3) 集中豪雨の増大(多くの地域、++++)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水、地滑り、雪崩、土砂崩れの増加</li> <li>・土壌侵食の増加</li> <li>・洪水流量の増加、洪水氾濫原滞水層の涵養量増加</li> <li>・政府、民間の洪水保険システムや災害救援への圧力が増加</li> </ul>
<b>複雑な異常現象</b>	
4) 夏季の乾燥と関連する干ばつリスクの増加 (大陸内陸部の大部分、+++)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・穀物生産量の減少</li> <li>・地面収縮による建築物基礎の被害増大</li> <li>・水資源の量・質の低下</li> <li>・森林火災の増加</li> </ul>
5) 熱帯低気圧の最大風速、平均・最大降雨強度の増大(一部地域、+++)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人命リスク、感染症リスク、ほかの多くのリスク増大</li> <li>・沿岸侵食の増加、沿岸建設物やインフラの被害増加</li> <li>・サンゴ礁、マングローブなどの沿岸生態系の被害増加</li> </ul>
6) エルニーニョに関連した干ばつや洪水の強体化(多くの地域、+++)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・干ばつ、洪水常襲地域の農業や草原の生産力の減少</li> <li>・干ばつ常襲地域の水力発電ポテンシャルの減少</li> </ul>
7) 夏季のアジアモンスーンの降雨の変動性の増大(+++)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・温帯、熱帯アジアの洪水、干ばつ強度と被害の増加</li> </ul>
8) 中緯度の暴風雨強度の増大(現在のモデル間での一致はほとんどない)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人命や健康リスクの増加</li> <li>・資産やインフラ損失の増加</li> <li>・沿岸生態系の被害の増加</li> </ul>

\*左欄の確信度は、第1作業部会による推定値：++++（確率90～99%）、+++（確率66～90%）。なお、右欄は第2作業部会の定義に従っている。

た総合的な研究がますます必要になってきた。

## 2～3 以上の平均気温の上昇で、地球に大きな負担

地球温暖化の研究は、地球全体を対象としたものから、最近では地域や国を対象としたものへと進展したが、一方では、その各々の研究から地球全体の変動を監視していくという動きも重要になってきている。

【図2】は気温上昇に対してその影響のリスクを評価した結果である。

：脆弱な自然生態系や氷河、海氷などのリスク

- : 異常気候現象によるリスク
- : 影響の地理的分布
- : 地球規模で平均化された影響
- : 破滅的な影響をもたらす異常現象のリスク

の5つである。

懸念の根拠を示す右側の図の中で、

白色は影響がプラスでもマイナスでもどちらでもないか、影響が微々たるもの、

黄色は一部の地域や分野で悪影響のあるもの、

赤色はより広範で大きな悪影響のあるもの、

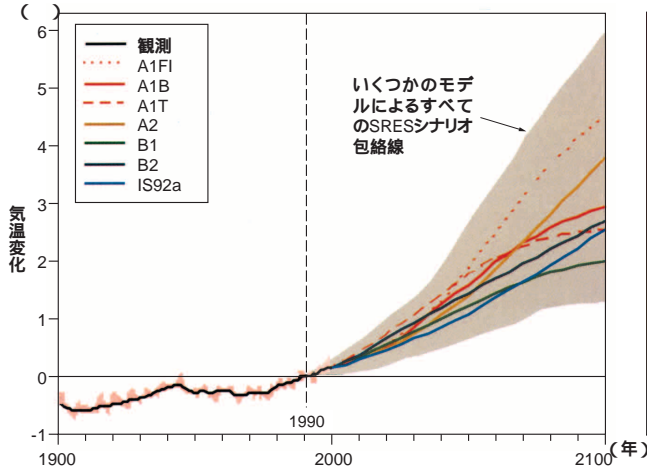
である。

図から分かることは、気温の上昇の程度により、影響リスクの現れ方が異なっているということである。たとえば( ) ( )では、気温の上昇の程度が小さくても影響が表れる。( ) ( )では2~3 までの上昇では一部の分野や地域では影響が出ないか、場合によっては好影響となることを表している。

温暖化の影響を種々の視点で見ても影響を被るのは、先進国より途上国であり、その経済的損失の程度は気温が高いほど大きくなる。

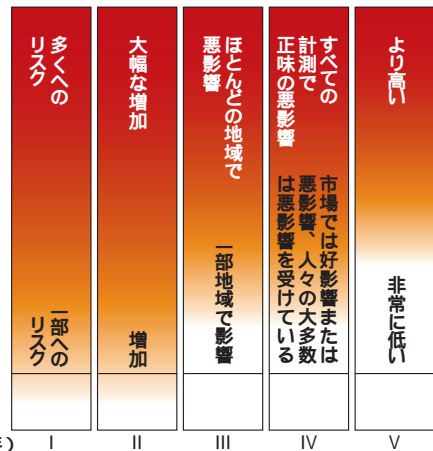
一方、先進国では2~3 までの上昇では経済的利益を得る場合もあるし、損失を被る場合もある。それより高い温度の場合は100%経済的損失を被ることになる。

地球規模で見た温暖化の影響



脆弱な自然生態系などには、気温上昇の程度が小さくても悪影響が現れる。また、数(2~3)までの上昇であれば、一部の分野や地域では影響が出ない可能性もある

懸念の根拠



- I : 脆弱な自然生態系や氷河、海水などのリスク
- II : 異常気候現象によるリスク
- III : 影響の地理的分布
- IV : 地球規模で平均化された影響
- V : 破滅的な影響をもたらす異常現象のリスク

【図2】温暖化の程度によって異なる「影響リスク」(IPCC, 2001)



最後に地球規模での集計では、地球の平均気温が2～3℃上昇すると、世界のGDP【2】はプラスマイナス数%変化し、それ以上の気温上昇では、損失が大きくなると予測されている。

【2】GDP  
〔gross domestic product〕国内総生産。一定の期間内にその国内で新たに生産された生産物の価値を合計したものの。

## 3 | 1 | 2 | 気候変化に脆弱な分野と地域

### 水資源への影響

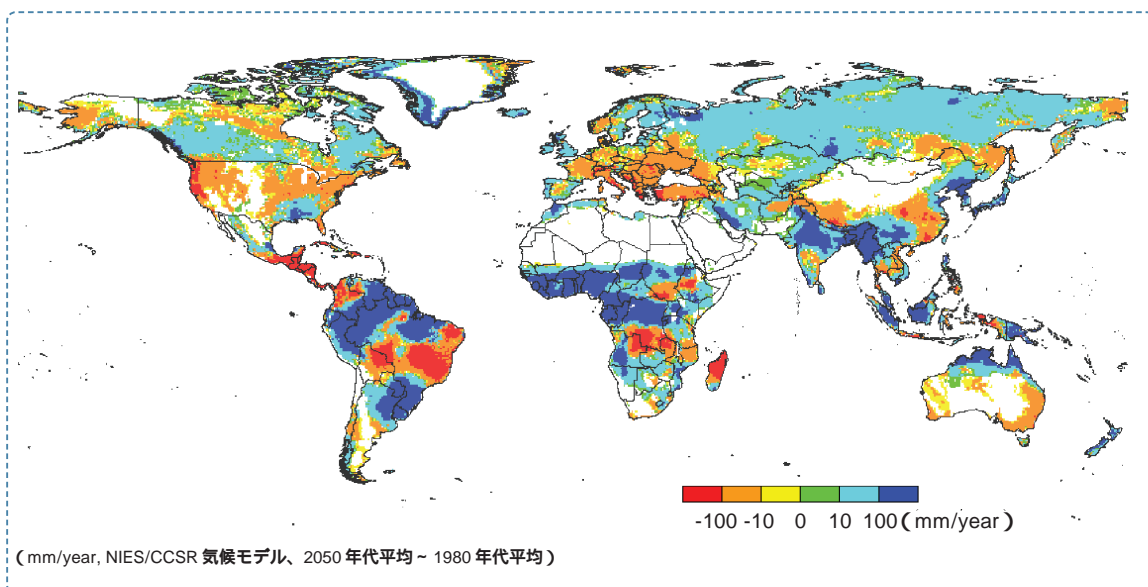
水は、自然の中で生きる動植物や人間が生きるために、欠かすことのできないものである。地球上には13億8,600万km<sup>3</sup>の水があり、そのうちの2.5%が淡水で、さらにその淡水の1%未満が私たちが使うことのできる水資源である（Gleick, 2000）。気候変化が起こると、そのわずかで大切な水資源に大きな影響を及ぼすと予測されている。

気候変化がどれだけ水資源へ影響を与えるかを知るには、降水量の変化をできるだけ正確に知ることが大切である。それを予測するために、コンピュータを用いた気候モデルを使う。それによると気候モデルごとにばらつきはあるものの、高緯度地域と東南アジアでの降水量が増加し、中央アジア・地中海沿岸地域・南アフリカ・オーストラリアなどでは減少する、といった点ではほぼ一致している。【図3】は気候モデル（CCSR/NIES）の降水量予測を用いて推定された河川流量の予測例である（Kainumaら, 2002）。上記のような地域の特徴が【図3】から確認できる。

そういったデータから見ても水不足の危機が高まっていることを知ることができる。そもそも、通常人間が利用可能な水資源量のうちの20%以上を使用すると、水不足になるといわれている。この規準から考えてみると、現在すでに世界中で約17億の人が水不足に直面していると推計されている。

さらに人口増加や経済成長などの理由によって水の需要が増えることになり、2025年にはこの水不足人口が約50億人にまでなると考えられる。とくに現在でも水不足に悩む中央アジア、アフリカ南部、地中海沿岸諸国では水がさらに減少し、逆に降水量が増加する東南アジアなどの地域では、豪雨や洪水の規模と頻度が増大することも予測されている。

また、水資源を雪に頼っている地域では、冬に降る雪が雨になり、河川を流れる水量のピークが春から冬へと移る可能性がある。実際米国の河川で、こうした傾向が確認されている（NAST, 2001）。



【図3】表面流出量の変化の予測事例 (Kainumaら, 2002)

### 農業および食料確保への影響

増え続ける世界人口のために食料を確保することは、現代社会の重要な問題の一つである。1990年には8億4,000万人いた栄養不良人口は、現在では7億7,700万人(1997～99年)にまで減り、2015年までにはさらに2億人減ると予測されている。

しかしその一方では、中国など一部の途上国で、経済成長の恩恵を受けた人々の食生活が急速に向上したために、食肉生産のための穀物や食料が必要になってきている。

1995年に公表されたIPCC第2次評価報告書(IPCC, 1996)では、温暖化は穀物生産にとって有利な点もあり、増大する人口のことを考えても、十分食料供給できるとされていた。しかし、最新の第3次評価報告書では、こうした楽観的な予測から一転して、農業への影響が食料安全保障を脅かす可能性があることを指摘している。

それでは農業生産への影響と食料問題はどうか考えてみよう。

農業は、気候を資源として利用してきた産業であり、これまでも様々な適応策を実施してきた。もし年平均気温が2～3 上昇したとしても、計画的な適応を行っていけば、中緯度の農作物生産は増収する。

しかし一方、熱帯地域では高温障害が発生したり、水不足が発生するなど、気温のわずかな上昇でも生産量は減少する。さらに、干ばつや洪水などの異常現象、人口増加による食料需要の増加に伴い、国際市場で穀物や食料価格が上昇するため、アフリカ地域やアジア地域では食料安全保障が悪化すると考えられる。

具体的な穀物生産への影響としては、種や栽培変種、土壌、病害虫、



CO<sub>2</sub>の肥沃化効果、気温、水、無機栄養分、大気質との相互作用、適応策などである。

温暖化は、たとえばCO<sub>2</sub>の肥沃化効果など穀物生産には有利な場合もある。しかし、室内実験ではCO<sub>2</sub>濃度増加による肥沃化効果は高いとされたが、現場では室内実験で得られたほどではないこと、また極端な熱および干ばつといった悪影響にはそれほど効果がないことなどが分かってきた。とくに熱帯地域においては、高温障害が起こって、やはり穀物の被害が広がるだろう。

## 陸上、淡水、沿岸生態系への影響

世界各地で温暖化の影響が自然生態系に現れていることはすでに紹介した。今後さらに適応力の弱い生態系に影響が現れ、それにより他の動植物も影響を受けるとされる。

現在、陸上生態系は炭素を吸収・放出するメカニズムをもっていることはよく知られている。ここ20年ほどの間はトータルで見ると吸収する方が多くなっており、そのため、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の増加、気温上昇、土壌水分の変化による植物の生産性の増加などにも関わりがあるとされている。

しかし、21世紀半ばまでは吸収源として機能するものの、高温障害などにより悪影響を受けると発生源に転じるという予測もあり、そうなると温暖化をさらに加速させる可能性もあると指摘されている。

水中の生態系はどのようなだろうか。たとえばサケやマスなどの冷水域に住む魚類は、気候変化による水温上昇が起こると生息域が減少したり、場合によっては消失することもあり得る。一方、暖かい所に住む魚の生息地は拡大することになるので、淡水魚の生息限界が極方向へ移動すると予測されている。また、河川や湖沼の富栄養化【 3】など水質が悪化するために、魚介類の生息地域そのものが脅威にさらされる可能性も高い。

サンゴ礁、汽水性湿地、マングローブ林など、多様性と生産性を有する沿岸生態系への影響は、海面水位の上昇速度、水平移動できる空間と障害物、海面水温や暴風雨など気候 - 海洋環境の変化と沿岸地域の人間活動双方からの圧力を受けている。

最近世界各地で確認されたサンゴの白化現象【 4】は直接には97 / 98年に発生した最大規模のエルニーニョ現象によるものと考えられているが、温暖化が進むと海水温度も上昇することから、さらに大規模なサンゴの白化現象による消失を招くことは間違いない。

【 3】河川や湖沼の富栄養化  
湖沼など停滞水域中に含まれる窒素やリンなど栄養塩濃度が高まった結果、それらを取り込み成長する植物プランクトンなどが、異常増殖を起こす現象。進行すると、赤潮やアオコの発生、異臭(カビ臭など)などの水質障害や、酸素濃度低下による魚介類の死滅、水域の水質値の悪化などを引き起こす。

【 4】サンゴの白化現象  
褐虫藻という藻類がサンゴの体内から出てしまい色あせて白っぽくなる現象。この褐虫藻は、直径0.01mmほどの単細胞の藻類で、サンゴに棲んで光合成を行っているが、海水温が2 高くなるだけで(生息に適した水温は25 ~ 29 )サンゴから出てしまい、そのまま戻らないとサンゴは死んでしまう。

## 人間の健康

### 【 5 】マラリアやデング熱

#### マラリア

マラリア原虫を保有したハマダラ蚊にさされることにより感染する。倦怠感や体調不全をきたした後、悪寒、戦慄と共に高熱が起り、頭痛、嘔吐、関節痛などを伴う。

#### デング熱

デング熱ウイルスにより起こる伝染病。蚊により媒介され、熱帯・亜熱帯地方に多く発生する病気。発熱、激しい頭痛・関節痛・筋肉痛、紅疹が見られる。

### 【 6 】ヒートアイランド現象

都市部の気温が、郊外に比べて高くなる現象。その原因は、アスファルトやコンクリートで地表が覆われ日射熱が蓄積されること、緑地が減少し水分の蒸発による気温低下が少ないことがあげられる。また、自動車の排気ガスの増大や、エアコンの大量使用が外気温を押し上げるといった悪循環にも起因している。

マラリアやデング熱【 5 】の動物媒介性感染症は、それぞれ世界人口の40、50%が感染していると推定される。熱帯・亜熱帯地域ではたいへん深刻な疾病であるが、気候変化はその感染可能地域をさらに拡大する。

感染症が発生し拡大するかどうかは、病原体、蚊などの媒介生物、それに人間が一つのエリア内に十分な密度で存在することが条件となり、さらに環境条件、社会経済的な要因、公衆衛生関連施設の有無等によっても左右されるが、熱帯、亜熱帯地域の途上国では感染症の増加、温帯地域への拡大は避けられない。

また、気温上昇や洪水後に衛生状況が悪化した場合などには下痢などを引き起こす水系感染症が拡大することも考えられる。飲料水供給施設や下水設備が不備な途上国の大都市地域においては、とくに被害が深刻になることが懸念される。

さらに、温暖化が進むことで確実にされているのが夏季に暑い日が多くなることである。高温が数日続くような熱波の増加は、湿度の上昇や都市のヒートアイランド現象【 6 】、大気汚染などとも相乗的に働き、熱中症の患者や死亡者が増加する。熱波の影響は都市で最も大きなものとなり、特に高齢者や病人、空調設備のない人々が影響を受ける。

温暖な国では、冬季の死亡数の減少は夏季の死亡数の増加より数が多いことが示されているものの、先進国に限定されており、一般化することはできないだろう。

洪水などによって引き起こされる問題もある。溺死、下痢や呼吸器疾患、開発途上国では飢餓や栄養失調の危険性が増大する。台風など熱帯低気圧の強度が増加すると、沿岸低地の人口密集地では、破滅的な影響を受ける場合もあると予測される。

## 人間居住、エネルギー、産業

現在、世界人口の47%（2000年）が各国の沿岸に位置する大都市に居住している。今後もさらに地方から都市への人口移動は続くと思われるので、とくに沿岸地域において、海面上昇、異常気象による影響が増大すると予測されている。具体的には、降雨量の極端な増加や沿岸域における海面水位の上昇は、洪水と地滑りを引き起こす。そのため川岸や沿岸の居住地は特に危険性が高い。

都市の洪水においては、洪水排除、水供給、廃棄物管理システムの容量が十分ではない途上国の巨大都市で問題が起きやすい。人口密度が高く、住居、安全な水や公衆衛生サービスが貧弱なため、災害に対して非常に弱い。それに先進国・途上国を問わず、急速な都市化によ

り人口密度が急速に増大したため、異常現象にさらされる資産価値も増大している。2080年までに約40cm海水面が上昇する中位のシナリオを用いた予測によれば、沿岸の高潮により水害を被る人々の年平均人口は7,500万人～2億人に増加し、施設や資産への損害は、エジプト、ポーランド、ベトナムなどの国で、数百億USドルと予測されている。

異常気象による災害被害額は、ここ数十年で急速に増大しており、世界全体で1950年代の年間39億USドルから1990年代の年間400億USドルへと10.3倍にも増大した（すべて1999年USドル）。それと共に、これらの損失をカバーした保険金額は同期間でほぼ0から年間92億USドルへと増加した。被害額がこれ以上増大すれば、保険業界が対応ができなくなり、不採算部門の切り捨てや災害保険からの撤退など、民間の保険システムが機能しなくなる可能性もある。

## 地域の影響

IPCCの第3次評価報告書は、世界を8の地域に分割した上で、地域への影響、適応、脆弱性について地域の現状、関心分野・部門、適応策、総合化の各視点で評価した（IPCC, 2001）。

たとえば、アジア地域で取り上げられている関心分野は、生態系と生物多様性、農業と食料安全保障、水文・水資源、海洋・沿岸生態系、人間の健康、人間社会的側面である。

アフリカ、ラテンアメリカ、アジアという区分で悪影響を見てみると、河川流量の変動、洪水や干ばつの頻発、食料安全保障の低下、漁獲量の減少、健康影響の拡大、生物多様性の損失など多分野にわたり、今後の経済発展に大きな障害になる。

北アメリカ、オーストラリア、ニュージーランドなどは、原住民族など適応力の弱い集団があり、生態系の適応力にも限界がある。ヨーロッパでも南部や北部（極域）では異常気象による洪水なども頻発するなど、他の地域に比べると危険である。

極域においては気温上昇が大きく、かつ急速であることから、氷床・氷河の変化、海氷面積や厚さの減少、永久凍土の劣化が考えられる。これらの変化はアルベド【7】を変化させるので、さらに温暖化を加速する可能性もある。

### 【7】アルベド

〔albedo〕任意の面に入射した太陽エネルギー（日射量）に対する、その面が反射した太陽エネルギー（反射日射量）の割合。惑星の面のように各部で異なる場合は平均値で示す。たとえば、地球全体のアルベドは30%。

## 3 | 1 | 3 | 影響研究の最前線

### 国際的な影響研究の進展

気候変化の影響評価は比較的新しい研究分野である。1988年にIPCCが発足、1994年には技術ガイドラインを特別報告書として取りまとめ、公表した（IPCC, 1994）。また、時期を同じくして米国が途

## 【 8 】 GEF

〔Global Environment Facility〕地球環境基金。発展途上国の環境保護のために、贈与や低金利の融資を行う資金。世界銀行・国連環境計画・国連開発計画の三機関によって共同で運用されている。

上国と経済移行国の能力開発も考慮した国別の影響、対応策検討のUSCSP(カントリスタディプロジェクト)を開始した(USCSP, 1999)。

それらの成果がIPCC第2次評価報告書の途上国・経済移行国における影響研究の中心的な知見となった。第3次評価報告書では、途上国の適応策の強化、影響力の正確な認識を進展させることが議題となり、そういった問題を検討できる人材を育成する国際プログラムがGEF【 8】の基金で開始された(AIACC:気候変動の影響・適応評価プロジェクト)。

また、アジアでは日本が先導して、途上国の影響や対策を検討する調査研究プロジェクトが行われてきた。

## 影響、適応、脆弱性評価の進展と今後の課題

この数年間に進展した影響、適応、脆弱性評価に関する研究と今後の課題は以下に示したとおりである。

気候変化の地域影響に関する研究が進み、集めたデータを各国や国際プロジェクトで使用できるようになった。

影響を調べるための方法論が確立され、標準値が決められるようになった。また、気候変化に弱い雪氷、自然生態系が確認され、モニタリングの指標として重要性が増した。

被害の重大性から異常気象に対する関心が高まったが、まだ十分な研究事例がないこと、将来の予測をたてるためのデータが少ないので、今後は、自然災害の研究者の意見も必要とする。

気候変動枠組条約の究極的な目標である、大気中の温室効果ガスの安定化濃度の研究が、排出シナリオ、気候モデル、炭素循環の研究の一環として進められ始めた。安定化濃度にいたる過程で生じる影響についての見積もりを示した事例が【図4】である。インドにおけるコムギの生産量が安定化濃度を高く設定するにつれて減少することを表している。

温暖化が進行しており、すでに影響が各地で現われていることから、適応策の検討が早急に必要となっている。しかしながら、適応の定義などがやっとまとまった段階であり、適応の評価の枠組みと具体的な適用については、今後の課題となっている。

分野的には、自然生態系、農林水産業、沿岸地域、海面上昇、人間居住、人間健康、産業などの分野での研究が進んだが、人間社会における影響については、比較的研究事例がすくないため、さらなるデータ集めに力を入れる必要がある。