

## トピック

## 地球温暖化の日本への影響について

三澤友子 (CASA 理事)

2007年に発表されたIPCCの第4次報告書では、地球規模のグローバルな観点から温暖化の影響、今後の予測についての報告がなされました。そして中長期の対策の必要性、とりわけできるだけ早い時期から対策に取り組むことの重要性が指摘されています (CASAレター 59～61号掲載)。

このように地球温暖化の影響は世界各地で顕在化し始めてきており、早急な対策が求められています。さて私たちが住む日本への温暖化の影響や将来予測についてはどのようになっているのでしょうか？

昨年5月、温暖化影響総合予測プロジェクトチーム\*1が前期3年 (2005～2007年度) の研究において、日本の水資源、森林、農業、沿岸域、健康といった各分野別の将来の影響予測や、それに基づく温暖化の危険な水準の評価及びその適応策について、科学的知見を基に報告書を発表しました。今回はその報告書の中から、主に2030年や2050年頃といった比較的近い将来から2100年までに、地球温暖化は日本にどのような

影響を及ぼしていくのかを見て行きたいと思います。(本文中の図表の出典も当該報告書である)

今回紹介する「温暖化影響総合予測プロジェクト」の影響評価の方法については以下のようになっています。

① 世界の経済発展 (人口、経済、技術など) についての社会経済・排出シナリオ (IPCCのSRESシナリオ\*2) を選ぶ。

② ①のSRESシナリオを基に、全球気候シナリオ (GCM) あるいは地域気候シナリオ (RCM) を用いて、いくつかの気候モデルの計算によってシミュレーションを行い、将来の気温や降水量などを予測。

③ ①、②の条件下で、分野別・事業別の影響評価モデルを用いて、将来の影響を予測。

この報告書ではA1B\*3の排出シナリオを基にCCSR、NIES、FRCGC\*4などが開発した全球気候シナリオを用い、高解像度大気海洋結合気候モデル (MIROC) を使ったシミュレーションと、A2\*5の排出シナリオを基に気象庁・

\* 1 正式名称は『環境省 地球環境研究総合推進費 戦略的研究開発プロジェクト「S4 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」』

プロジェクト参加研究機関は、茨城大学、(独) 国立環境研究所、東北大学、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所、東京大学、高度技術政策研究所、筑波大学、国立感染症研究所、(独) 農業環境技術研究所、(独) 国際農林水産研究センター、(独) 森林総合研究所、九州大学、名城大学、(株)三菱総合研究所。

\* 2 将来の気候を予測するため、今後人間活動からどのくらいの温室効果ガスが排出されるかを見通しを示したものを排出シナリオと呼び、2000年にIPCCは排出シナリオに関する特別報告書 (Special Report on Emission Scenario) を公表しました。このIPCCの特別報告書の排出シナリオは、頭文字を取ってSRESシナリオと呼ばれています。

\* 3 SRESの排出量シナリオの1つ。高度経済成長が続き、世界人口が21世紀半ばにピークに達した後減少し、新技術や高効率技術が急速に導入される社会で、エネルギーに関しては化石、非化石エネルギーがバランスしている。

\* 4 CCSR：国立大学法人東京大学気候システム研究センター、NIES：(独) 国立環境研究所、FRCGC：(独) 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター

\* 5 SRESの排出量シナリオの1つ。経済や政治がブロック化され、経済成長は低く環境への関心も相対的に低いというもので、人口については高い増加率が設定されている。技術革新も穏やかなものである。

気象研究所が開発した地域気候シナリオを用いた、大気海洋結合大循環モデル (RCM20) での2つのシミュレーションを行い、さらに各水資源、森林、農業、沿岸域、健康の分野のモデルを使って、温暖化が生じた場合の将来影響を予測しています。

MIROCモデルでは、2100年の日本の年平均気温は4℃上昇し、夏の日最高気温は4.4℃上昇するとしています。年降水量は全国で6.4%増加しますが、とりわけ夏には19%も増加すると予測しています。また気温の上昇は夏よりも、冬から春にかけて顕著で、北陸及びその周辺では降雪量が約50%も減少するとしています。

またRCM20モデルでは平均気温上昇は2～3℃とMIROCモデルよりやや低い予測ですが、特に北日本の気温上昇が大きく、北海道の一部では4℃もの上昇になるとしています。また降水量は、特に夏の西日本で増え、年々変動や降水強度も強まるとしています。

それでは、その影響を各項目ごとに順次見ていきましょう。

## 【水資源への影響】

いくつかの気候シナリオ (GCM) によると、温暖化により豪雨の強度と、無降雨日数の増加が顕著になると報告がされています。また温暖化による水資源の影響は、大きく豪雨と渇水に分けられますが、豪雨の増加については①洪水被害、②斜面災害の増加、③貯水池などの土砂堆積問題が、渇水頻度の増加については④積雪水資源の減少、⑤水需給の変化が考えられます。

### ① 洪水被害

- ・ 豪雨の増加量は、地域によって大きな差があり、太平洋沿岸や山岳地域の豪雨が増える傾向があります。
- ・ また温暖化による豪雨の増加で、洪水によってもたらされる被害額は年間1兆円になると

推定されます。(100年に1回の豪雨が、温暖化によって50年に1回生じるようになった場合を想定して計算。つまり100年に1回の確率で起こる豪雨と50年に1回の確率で起こる豪雨との被害額の差。)

- ・ また1990年を基準年とした気温上昇と、洪水氾濫面積、その被害額についてみると、平均気温の2℃の上昇まではなだらかな増加ですが、2℃を超えると氾濫面積、被害額ともに増加が著しくなります。特に被害額の増加が大きく、これは洪水氾濫がより都市域 (経済価値の高いエリア) に迫ってくることを表しています。(図1)

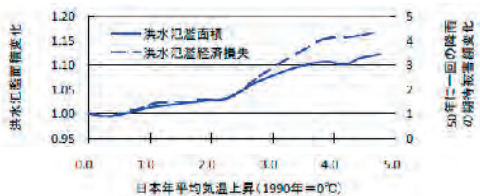


図1 気温上昇と洪水氾濫への影響

### ② 斜面災害

- ・ 斜面災害危険地域が都市周辺の平地付近まで迫ってくると予測されます。特に中国地方や東北地方の都市圏郊外は100%近い確率になります。(30年に1回発生するとされる豪雨による斜面災害の発生確率で検討。)

### ③ 土砂災害

- ・ 豪雨により斜面崩壊が起こると土砂生産量が増え、土砂が川床に貯まり洪水氾濫の危険性が増します。またダムや堰などでは堆砂量の増加により貯水容量が減少するだけでなく、土砂に伴う濁質成分の流出が水質悪化も加速させます。

### ④ 積雪水資源

- ・ 温暖化による水資源への影響が最も顕著なのは積雪です。冬場、雪は山に水を貯める役割を果たしていることから、白いダムとも呼ばれています。しかし温暖化は雪の減少だけで

なく、蒸発散も助長するため、さらなる水資源の減少を招いてしまいます。こうした積雪水資源量の減少は多い地域で20億トン以上になると予測されています。

- ・融雪は春季の貴重な水資源であり、広大な水田に水を供給するとともに、生態系にとっても大切なものです。
- ・東北地方の米の収穫量は、全国の1/4以上を占めていますが、この米どころの水田の水供給を支えているのが融雪です。融雪量の減少により、特に田植えの前に水を入れて行う<sup>しろかき</sup>代掻き作業の時期に農業用水が不足する可能性があります。例えば米作地の代表的な河川、最上川、北上川、信濃川についてみると、信濃川は小雪年であっても十分な供給が可能とされていますが、最上川では多雪年では灌漑用水の3倍ほどの積雪水源が確保できていますが、小雪年では十分な水の確保が難しくなります。北上川については現在多雪年であっても30%程度が灌漑に利用できるだけです。また北上川は、より温暖な太平洋側に流域を持つことから、日本海側に流域を持つ他の2河川と比べ、融雪の時期・量は温暖化の影響をより大きく受け、今後代掻き<sup>しろかき</sup>の時期に十分な農業用水が得られなくなる可能性があります（利用率は10%以下になると予測）。

#### ⑤ 水需給

- ・100年後の水需給の予測を見ると、北海道、東北の東岸で水供給が今よりも逼迫するとしています。また九州南部、沖縄では降雨の減少並びに気温上昇に伴う蒸発量の増加により、特に逼迫すると予測されています。

### 【森林への影響】

ブナ林は、日本を代表する天然林で、水源涵養機能や、野生生物の生息地としても重要です。現在は北海道から鹿児島まで分布し、日本の天然林総面積の17%、23,000km<sup>2</sup>に及んでい

ます。また白神山地は、世界的に見ても大面積のブナ林が保存されていることから世界遺産にも登録されています。温暖化による森林への影響については、主に①ブナ林の減少、②マツ枯れなどについて述べます。

#### ① ブナ林の減少

- ・温暖化によりブナ林の分布適域が大きく減少してしまいます。分布適域は現在に比べ2031-2050年にはRCM20モデルとMIROCモデルで65%と44%に、2081-2100年には31%と7%に、それぞれ減少すると予測されています。これによってブナは今後、コナラ、クリ、カシ、モミなどの樹種に置き換わっていく可能性があります。また白神山地のブナ林も、現在の気候では、世界遺産地域の77.0%が分布適域を占めていますが、MIROCシナリオの、2081-2100年の予測では、分布適域はほぼ無くなるとしています。
- ・分布北限のブナは温暖化に対応して移動することは困難だと予測されます。ブナの北進速度は本州で最大233m/年、北海道で11～20m/年と推定されています。したがって本州の最大速度で換算しても100年間で23.3kmの移動となります。しかしシナリオでは北海道での北進距離は100年間で約10～50kmだとされていて、ブナの移動は気温上昇に追いつかないことが予想されます。また気温上昇だけでなく降水量の低下によっても大きく減少すると予測されます。

#### ② マツ枯れ

- ・マツ枯れ被害は、もともと北米にいたマツノザイセンチュウが木材貿易によって運ばれたことによって拡大したものです。このマツノザイセンチュウやその媒介者のマツノマダラカミキリは低温のところでは活動できないのですが、温暖化による気温上昇で被害がさらに拡大すると予測されています。特に気温上昇が2℃を超えると岩手県北部のアカマツ林

業地帯やマツタケ生産に壊滅的な被害がでると予想されています。

### 【農業への影響】

世界的に見て食料供給を不安定化させる原因としては、1) 気候変化によって引き起こされる干ばつ、大雨、高温などの異常気象の頻発、2) アジア諸国の経済発展、人口増加による食料需要の増加と自給率の低下、3) 貿易依存と国際分業化による世界の主要穀物輸出国(北米、南米、オーストラリア)の極端な偏在化、さらに4) バイオマス燃料との競合も最近大きな問題になってきています。そこで日本への食料供給に影響を及ぼす要因として、国内生産という直接影響と、食料の多くを輸入に頼る現状から、世界の食料需給の変化という間接影響も含めて予測を行っています。直接影響については①日本のコメ生産について、間接影響については②世界の食料生産への影響予測について述べます。

#### ① 日本のコメ生産

- ・ コメ収量は、北日本では増えるが(2046～2065年で、北海道で26%、東北で13%の増収)、西日本では現在とほぼ同じかやや減少する(2046～2065年で、近畿、四国では5%の減収、2081～2100には中国、九州でも減収)と予測されます。
- ・ 全体の収量で見ると気温上昇が2℃までは増加、2℃以上の上昇では減少に転じてしまいます。
- ・ 気温上昇の場合、特にコメの登熟期(結実して次第に成熟する時期)の高温障害による品質低下が問題になってきます。さらに東北～北陸日本海側で降雪量が減少すること(約15%の減少)や、温暖化によって融雪時期も早まるため、水稻の代掻き・田植えの時期に農業用水が不足する可能性が出てきます。また病虫害の発生の増加など、その他の阻害要因

も考えられます。

- ・ 地球温暖化が進むことによって冷害が減るわけではなく、温暖化の影響軽減策として耐暑性のある品種の栽培が拡大した場合は、かえって冷夏などによる被害は大きくなると考えられます。

#### ② 世界の食料影響への予測

- ・ 2030年代頃(使用した気候シナリオでは全球平均気温上昇は1℃程度)までは、地域差はあるものの、世界合計で見るとそれほど影響は大きくないと予測されます。特に主要生産地域が分布する中緯度地域では、温暖化の影響は顕著には表れません。
- ・ 全球平均が3～4℃以上上昇すると、中緯度から高緯度にかけての農業地帯での生産性が低下すると報告されています。
- ・ 気温上昇以外による影響も生じてきます。たとえば世界でも有数のコメ生産地帯であるベトナム・メコンデルタでは、海抜が低いために、海面潮位が河川の水位より高くなった場合、海水が河川水路を遡り内陸部まで浸入してしまう、塩水遡上問題が起こってきます。現在も塩水遡上時期を外して作付けを行っていますが、今後その時期が延びることによって、これまで年2回のコメの収穫が1回しか出来なくなることが予想され、大きな生産量の低下を招きます。

#### 【沿岸域への影響】

海岸及び河川沿岸域に住む人々は、温暖化によって大きな影響を受けると考えられます。影響としてはおもに水害と地すべりや斜面崩壊などの地盤災害がありますが、しかし実際は、海水面が上昇した沿岸域に、大型台風が上陸して高潮氾濫が拡大するといった温暖化の要因が重なった場合、あるいは地震などの要因が重なった場合などの複合災害が考えられます。(図2) その中でも①高潮の影響、②河川堤防の脆弱性、



図2 温暖化によって引き起こされる複合災害の概念図

③砂浜・干潟の経済的損失については、次のように予想されています。

① 高潮の影響

- ・温暖化による海面上昇と高潮の増大で、高潮による浸水面積、浸水被害人口が増加し、その面積と人口は温暖化の進行に伴い徐々に増加します。
- ・東京湾、伊勢湾、大阪湾の三大湾は、奥部にゼロメートル地帯を含む大きな低平地が広がっています。またこの地域は大都市圏の市街地や臨海工業地帯が広がっていて、浸水によって大きな被害を受けます。その影響については以下のような予測がされています。(表1、表2)

② 河川堤防の脆弱性

- ・温暖化による豪雨、あるいは海面上昇によって海水が河川を遡上することにより、河川堤防の劣化・破損が生じたり、保水性が低下

表1：高潮による三大湾奥部における浸水被害人口(万)

	2000年	2030年	2100年
東京湾	0.4	0.5	4
伊勢湾	2	9.1	32
大阪湾	0.7	2.9	11

合計	3.1	12.5	47
----	-----	------	----

表2：高潮による三大湾奥部における浸水面積予測 (ha)

	2000年	2030年	2100年
東京湾	740	970	1,700
伊勢湾	3,400	5,000	9,600
大阪湾	710	1,200	2,600
合計	4,900	7,200	14,000

したりするため、降雨に対する脆弱性が高くなることが考えられます。

③ 砂浜・干潟の経済的損失

- ・砂浜の経済価値は1㎡当たり約12000円とされ、30cm海面上昇によって失われる砂浜の価値は1兆3千億円になると予測されています。(30cmの海面上昇で56.5%の砂浜が侵食されると予測)
- ・干潟の経済価値は1㎡当たり約10000円。海面上昇によって全国の干潟に影響が及ぶとすると、その経済損失額は最大約5兆円に達すると予測されています。

【健康への影響】

温暖化による健康影響については、大きく分けて直接影響と間接影響が考えられます。ここでは直接影響として①熱ストレスによる死亡リスク、②熱中症を、間接影響として③光化学オキシダント濃度増加による大気汚染リスク、④蚊などの媒介生物の分布域拡大によるデング熱・マラリアの流行などについて述べます。

① ストレスによる死亡リスク

- ・気温上昇に伴って、熱ストレスによる死亡のリスクが高くなっていきます。2100年には熱ストレスによる超過死亡数\*6が現在の2～3

\* 6 人は気温が低くても高くても死亡率が高くなります。そこで死亡率が最も低くなる気温(至適気温)を中心にして、それより高い温度で増える単位面積当たりの死亡数を熱ストレスによる超過死亡数と定義しています。

倍程度に高まると予測されています。

### ② 熱中症

- 熱中症の患者発生数は、日最高気温が27℃、28℃あたりから患者数が増加し始め、31℃、32℃を超えると急激に増加することがわかります(図3)。特に65歳以上の年齢層では35℃を超えると急激に上昇します。

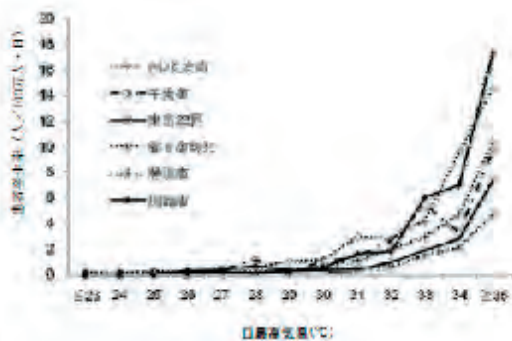


図3 地域別・日最高気温別患者発生率

### ③ 大気汚染リスク

- 温暖化による気温変化で、オキシダント(Ox)濃度の上昇とこれに伴う死亡の増加が見込まれます。2081～2100年におけるOxの上昇は、多いところでも10ppb以下と推定されますが、大陸からの越境汚染は今後十数年増加し続け、越境汚染によるOx濃度の上昇は温暖化の影響をはるかに上回ると考えられます。

### ④ デング熱・マラリア流行

- デング熱媒介蚊のネッタイシマカは、1月の平均気温が10℃以上の地域に分布する可能性が高いといわれています。したがって2100年には九州南部、東西海岸線、高知県、紀伊半島の南部、静岡県、神奈川県、千葉県南部と広範囲に拡大すると予測されています。
- デング熱、チクングニヤ熱などの媒介蚊のヒトスジシマカの分布域は現在、岩手・秋田に達していますが、2100年には東北地方全域及び北海道の一部に広がります。
- 温暖化によるマラリア流行の可能性は低い

と予測されます。その理由として、媒介蚊のコガタハマダラカは飛翔距離が短く、分布域も現在沖縄県八重山諸島に限定されているため、生息のための温度条件が満たされたとしても、島伝いに生息域が拡大していく可能性はほとんど無いと思われます。さらに国外から日本に入ってくる患者による2次感染や再流行の可能性についても検討していて、それも踏まえて、現時点でのマラリア流行の可能性は低いと結論付けています。

最後に報告書のまとめとして以下の3点が指摘されています。

1. 影響量と増加速度は地域ごとに異なり、分野毎に特に脆弱な地域がある。
2. 各分野ごとの影響の程度と増加速度は異なるが、我が国にも比較的低い気温上昇で大きな影響が現れる。
3. 近年、温暖化の影響が様々な分野で現れていることを考えると、早急に適正な適応策の計画が必要である。

また今後、気候予測の精度をさらに高めるために、気象研究所はこれまでの20 km格子モデルから、さらに解像度を高めた4 km格子での予測研究を進めており、2010年にはシミュレーションを行うとしています。この4 km格子の気候モデルが完成すれば、各県ごとの気候予測が可能になり、より具体的で的確な適応策が取れるようになるとしています。

今回のような総合的影響評価は世界的にも少なく、この報告書の目的の最後にあるように「今後日本の行政、企業、市民がより具体的に温暖化による環境変化を考え、想像する上で役立つもの」とすべく、私たち一人一人も日本の研究者の声にもっと耳を傾け、対策を考えていく必要があると強く感じました。