

水災害分野における
地球温暖化に伴う気候変化への
適応策のあり方について
(答申案)

平成20年5月

社会資本整備審議会河川分科会
気候変動に適応した治水対策検討小委員会

目次

はじめに	1
I. 基本的認識	3
II. 外力の増大と国土・社会への影響	8
II-1. IPCC第4次評価報告書における 気候変化に関する記述	8
II-2. 各種レポートにおける 日本の気候変化に関する記述	13
II-3. 外力の増大	17
1. 降水量の変化	
2. 洪水の増大	
3. 土石流等の激化	
4. 高潮及び海岸侵食の増大	
5. 渇水リスクの増大	
6. 河川環境の変化	
II-4. 国土・社会への影響	23
1. 上流域	
2. 中流域	
3. 下流域・海岸域	
III. 適応策の基本的方向	26
III-1 諸外国の適応策の動向	26
1. 水害、高潮災害等への適応策	
2. 渇水への適応策	
III-2 適応策の基本的方向	29
1. 適応策の基本的考え方	
2. 目標の明確化	
3. 増大する外力への対応	
4. 災害リスクの評価	
5. 適応策の具体的な提案	
6. 適応策を講ずるに当たっての課題	

IV. 適応策の進め方	46
1. 進め方の基本的な考え方	
2. 適応策の実施手順	
おわりに	50

はじめに

人間活動に起因する地球温暖化に伴う気候変化（一般に気候変動と訳されているが、本文では以下「気候変化」という。）は、その予想される影響の大きさと深刻さから見て、人類の生存基盤そのものに影響を与える重要な課題である。その影響は、生態系、淡水資源、食糧、沿岸と低平地、産業、健康など広範囲の分野に及ぶ。特に沿岸域や低平地では、海面水位の上昇、大雨の頻度増加、台風の激化等により、水害、土砂災害、高潮災害等が頻発・激甚化するとともに、降雨の変動幅が拡大することに伴う渇水の頻発や深刻化の懸念が指摘されている（これらの災害を「水災害」という。）。

こうした中で、気候変動に関する政府間パネル^{※1}（IPCC）（以下「IPCC」という。）の第4次評価報告書が公表された。この報告書では、CO₂等温室効果ガスの削減を中心とした温暖化の「緩和策」には限界があり、「緩和策」を行っただとしても気温の上昇は数世紀続くことから、温暖化に伴う様々な影響への「適応策」を講じていくことが「緩和策」と同様に重要であるということが指摘されている。

すなわち、CO₂等の排出削減への取り組みを、仮に京都議定書どおりのシナリオで進めたとしても、温室効果ガスは増加を続け、それに伴って温暖化が進行し、様々な影響が世界的に顕在化してくることとなる。このような認識は国際的に深刻に受け止められており、先進国では温暖化の緩和策として温室効果ガスの削減に取り組むだけでなく、気候変化への適応策として、海面水位の上昇に対し堤防の嵩上げにより計画的に高さを確保するなどの対策に既に着手している国もある。一方、我が国は、先進国の中において災害に脆弱である特性を有しているにもかかわらず、気候変化が水災害に与える影響について科学的な解明がなされつつある段階であり、気候変化に適応する具体的な施策についての検討が十分に行われていないのが実情である。

※1 気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change、IPCC）：国際的な専門家で作る、地球温暖化についての科学的な研究の収集、整理のための政府間機構

国民の安全・安心を確保することが、国の基本的な責務であることにかんがみれば、国は長期的な視点に立ち、早期に気候変化に対して、予防的な施設の整備をはじめとする適応策を検討・実施すべきであると考ええる。

気候変動に適応した治水対策検討小委員会は、気候変化に伴う水害や土砂災害、高潮災害等の頻度や規模などの特性及び社会に与える影響について分析・評価し、適応策を検討するために設けられたが、これまでの議論の中で、従来の治水対策という狭い視点に限定するのではなく、より幅広い視点から検討を行うべきとの強い指摘があったことから、水災害分野における適応策について具体的方向を明らかにするとともに、幅広い視点から適応策全般についてもその基本的な方向を明らかにすることとした。

小委員会では、このような考えのもと、2007年8月から2008年5月までに計8回委員会を開催し、水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について審議を重ねてきた。その結果を踏まえ、本答申をとりまとめたものである。

I. 基本的認識

(急がれる適応策)

我が国は、国土の7割を山地・丘陵地が占めるため、10%にすぎない沖積平野に全人口の約1/2、総資産の約3/4が集中している。三大湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）にはゼロメートル地帯が発達し、その面積は577km²、居住人口は404万人にのぼっている。また、環太平洋造山帯に位置し、山岳が急峻であることから、短く急勾配の河川が多く、断層や地すべり地帯がいたる所に分布するなど、災害の危険性が高い地形・地質条件である。さらに、我が国は世界でも有数の多雨地帯であるモンスーンアジアの東端に位置し、年平均降水量は世界平均の約2倍にあたる約1,700mmであることに加え、台風の接近や上陸の脅威にさらされ、200mmに迫る時間降水量の記録があるなど一度に激しい雨が降るといった極めて厳しい気象条件にある。このように我が国は、水害や土砂災害、高潮災害等による被害に直面している脆弱な国土と言える。

このような国土条件を克服するため、我が国ではこれまで堤防を連続して築き、ダムなどの洪水調節施設を建設するなど治水対策を営々と進め、治水安全度という面ではかなり向上してきたが、依然として治水施設の整備状況は、当面の目標（大河川においては30年～40年に一度程度、中小河川においては5～10年に一度程度発生する規模の降雨）に対しても約6割程度の進捗であり、低い整備水準にとどまっている。

一方、年平均降水量は、世界平均の約2倍であるにもかかわらず、人口一人当たりになると、世界平均の約1/3と小さく、利用する水に恵まれているわけではない。短く急勾配である我が国の河川は、一気に降雨を集水して海に流出しており、最大流出と最小流出の比が大きく、安定的な水利用が行いにくい。こうした中で、人口増加と高度経済成長期を経て水需給は逼迫し、それに対して水資源開発施設を整備することにより対応してきた。しかし、近年の産業構造の変化や水の効率的な利用の推進等により、都市用水の需要は横ばいとなっており、地域的な偏りはあるものの水

需給のバランスがとれてきている。ところが、近年、年降水量の変動幅が大きくなって、極端な少雨の年が発生する傾向にあり、利水安全度の低下及び渇水の発生が再び懸念されるようになってきている。

こうした中で、IPCC第4次評価報告書に記載されているように、気候変化による海面水位の上昇、豪雨や台風の強度の一層の増大、渇水の深刻化など、過去の統計や経験が通用しなくなる事態が生じることも想定されている。このため、過去の気候に対応した防災体制等を整えてきた各地域においては、水害や土砂災害、高潮災害等の頻度や規模の増大による壊滅的な被害の発生、渇水の深刻化による被害の拡大が懸念される。

また、河川・海岸環境は、気候変化による気温、水質、流況、土砂流出、流域や沿岸域の環境等の様々な環境要素の変化や人間活動の変化から影響を受け、これに伴い河川・海岸における生態系や水・物質循環系への影響が予想される。

このような様々な気候変化に伴う脅威に対応して行くには、水害や渇水被害、土砂災害、高潮災害等に対する災害リスクの軽減が重要であるが、このためには、これまでのような防災・減災対策のみならず、災害に強い社会構造への転換が必要である。すなわち、国民一人一人が気候変化に伴う水災害の激化や頻発を意識し、適応策と緩和策を適切に組み合わせて、持続可能な社会・経済活動や生活を行える「水災害に適応した強靱な社会」(水災害適応型社会)を目指す必要がある。

(適応策と緩和策は車の両輪)

予測される気候変化による悪影響を低減するためには、温室効果ガスの排出削減や吸収により気候そのものの変化と変動性を緩和させる緩和策と、気候変化に対応するシステムを構築することにより発生する可能性のある被害を回避・低減させる適応策とが必要である。

緩和策となる温室効果ガスの削減については、1997年12月に気候変動枠組条約^{*2} 第3回締結国会議で採択された京都議定書^{*3}において、各国別に削減目標が定められている。我が国は、

二酸化炭素（CO₂）を始めとする温室効果ガスの排出量を 2008 年から 2012 年の第 1 約束期間に基準年（1990 年）から 6 %削減することが定められ、この目標達成のための取り組みとして、京都議定書目標達成計画^{※4}を 2005 年 4 月に閣議決定した。また、2008 年 5 月には、総合科学技術会議において、2050 年に世界全体で温室効果ガスの半減を目指すための「環境エネルギー技術革新計画」を策定した。国土交通省では、運輸部門や民生部門等における削減目標を定め、取り組んでいるところである。

一方、IPCC 第 4 次評価報告書によると、「適応策と緩和策のどちらも、その一方だけでは全ての気候変化の影響を防ぐことができないが、両者は互いに補完しあい、気候変化のリスクを大きく低減することが可能である。」とされており、緩和策のみならず適応策の重要性は明らかである。そのため、適応策と緩和策を車の両輪として、共に進めていく必要がある。

（緩和策への取り組み）

気候変化を抑制する観点からは、地球温暖化の進行をできるだけ抑制することが必要であり、河川・砂防の分野においても、可能な限り緩和策を進めていくことが重要である。このため、今後、河川・溪流の整備や管理における省エネルギー化だけでなく、河川・溪流の有する水、緑、空間などの特性を活かし、CO₂の吸収やヒートアイランド現象の抑制によるCO₂削減など低炭素社会に向けた取り組みを強化するとともに、小水力発電など水の有する自然エネルギーなどの活用をより一層推進する必要がある。

※2 気候変動枠組条約：正式名称は「気候変動に関する国際連合枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change / UNFCCC, FCCC）」。地球温暖化問題に対する国際的な枠組を設定した条約。大気中の温室効果ガス濃度を安定させることを目的としている

※3 京都議定書：気候変動枠組条約に基づき、1997 年 12 月に京都で開催された第 3 回気候変動枠組条約締結国会議で議決した議定書。先進国の温室効果ガス排出量について、法的拘束力のある数値約束を各国ごとに設定し、国際的に協調して約束を達成するための仕組みを導入していることが特徴

※4 京都議定書目標達成計画：京都議定書で日本に課せられた温室効果ガスの 6 %削減を達成するために必要な措置を計画・立案したもの

(適応策は国の責務)

一部の先進諸国では適応策の検討を進めており、既に適応策を決定している国もある。また、欧州連合（EU）では、気候変化が国際安全保障上の問題につながるという認識を示しており、気候変化の影響を考慮した計画策定に向けて「洪水リスクの評価・管理に関する指令」を公布している。

一方、水災害に対し脆弱な国土を有し、河川、砂防や海岸の整備水準の低い我が国においても、海面水位の上昇や豪雨の増加等について不確実性を伴うことがあるとしても、国民の生命・財産を守ることが国の基本的責務であることにかんがみれば、手遅れにならないよう専門家の意見を聴いて的確に適応策を示す必要がある。

(有効な適応策の提案)

適応策の提案に当たっては、気候変化による影響を検討し、壊滅的な被害を回避するなど被害の最小化を目指し、合理的、効率的、効果的な対策という観点から検討を行うとともに、現在の治水・利水施策の課題や問題点を見直し、治水、利水、河川環境の観点から広く国土や社会を視野に入れた適応策を検討することが必要である。ただし、気候変化の予測等には、不確実性を伴うことに留意し、今後とも精度向上に努めることが重要である。

(順応的なアプローチの導入)

気候変化により生じる海面水位の上昇、降水量・河川流量の増加については、今後観測データや知見の蓄積が進められていくことにより予測の精度が高まることから、これに応じて適応策の進め方を見直していく「順応的な」アプローチを導入することにより、その時点における適切な適応策を考えていくことが必要である。その際には、人口減少、少子高齢化の進展、土地利用形態の変化などの社会状況や投資余力、施設の整備水準、これまでの治水計画などの治水・利水施策に関する状況を十分に考慮する必要がある。

(国際貢献)

気候変化に起因する水害や渇水、土砂災害、高潮災害等は、地球規模の課題であり、地域によって影響の有無や度合いは異なるものの世界共通の課題である。その中でも、特にアジア・太平洋地域は、モンスーンアジアという気候条件や沖積地を生産・生活の基盤としているという土地条件が我が国と類似しており、また、急激な人口増加と様々な水問題が深刻化している地域でもあることから、これらの地域において我が国における経験、施策、技術を活用し、国際的な貢献を果たすことが重要である。

Ⅱ. 外力の増大と国土・社会への影響

Ⅱ-1. IPCC第4次評価報告書における気候変化に関する記述

2007年2月から順次公表されたIPCC第4次評価報告書において、気温や海面水位などの変化及びその影響に関して、以下のとおり記述されている^{※5}。

(気候変化とその影響に関する観測結果)

- ・ 気候システムの温暖化には疑う余地がない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である。
- ・ 過去100年間(1906~2005)の線形の昇温傾向は100年当たり0.74 [0.56~0.92] ^{※6}°Cである。
- ・ 海面水位の上昇は温暖化と整合性がある。世界平均海面水位は、熱膨張、氷河や氷帽の融解、極域の氷床の融解により、1961年以降、年平均1.8 [1.3~2.3] mmの速度で上昇し、1993年以降について言えば、年当たり3.1 [2.4~3.8] mmの速度で上昇した。1993年から2003年にかけての海面水位上昇率の増加が10年規模の変動あるいは、より長期的な上昇傾向を反映しているのかは不明である。
- ・ 降水量は、1900年から2005年にかけて、南北アメリカの東部、ヨーロッパ北部、アジア北部と中部でかなり増加した。一方、サヘル地域、地中海地域、アフリカ南部や南アジアの一部では減少した。1970年代以降、世界的に干ばつの影響を受ける地域が拡大した可能性が高い。
- ・ ほとんどの地域において、大雨の発生頻度が増加している可能性が高い。極端な高潮位の発生についても、1975年以降全世界的に増加している可能性が高い。

※5 IPCC 第4次評価報告書 統合報告書 政策決定者向け要約(仮訳)平成19年11月30日 文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省仮訳より引用

※6 角括弧の中の数字は最良の評価を挟んだ90%の信頼区間を示す。値が与えられた範囲を上回る可能性と値が範囲未満となる可能性がそれぞれ5%ある。信頼区間の幅は、対応する最良の評価に対して必ずしも対象とは限らない

- ・ 雪、氷及び凍土の変化が、氷河湖の数と規模の拡大、山岳地域及びその永久凍土地域における地盤の不安定化、北極及び南極のいくつかの生態系における変化をもたらしたことの確信度は高い。
- ・ 氷河や雪解け水の流れ込む河川の多くで、流量増加と春の流量ピーク時期の早まりにより影響を受けていることの確信度は高い。

(変化の原因)

- ・ 産業革命以降、人間活動による世界の温室効果ガスの排出量は増加し続けており、1970年から2004年の間に70%増加した。
- ・ 20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高い。
- ・ 第3次評価報告書以降の進展は、識別可能な人為起源の影響が平均気温以外の気候のその他の側面にも及んでいることを示している。

(予想される気候変化とその影響)

- ・ 21世紀末における世界平均地上気温（1980-1999年を基準とした2090-2099年における差(°C)）は、最良の見積もりで、環境の保全と経済の発展が地球規模で両立する社会を想定したシナリオでは、1.8°C、最も排出量が多いシナリオで4.0°Cと予想される。
- ・ 21世紀末における海面水位の上昇（1980-1999年を基準とした2090-2099年における差(m)）は、最も温室効果ガスの排出が少ないシナリオで0.18~0.38m、最も排出量が多いシナリオで0.26~0.59mと予想される。
- ・ 極端な高温や熱波、大雨の頻度は引き続き増加する可能性がかなり高い。
- ・ 熱帯低気圧の強度が増大する可能性は高い。世界的に熱帯低気圧の発生が減少することの確信度は低い。
- ・ 温帯低気圧の進路の極方向への移動と、それに伴う、風・降水量・気温の分布が移動する。

- ・ 降水量は、高緯度地域では増加する可能性が高く、一方、ほとんどの亜熱帯陸域において減少する可能性が高い。これは、観測された最近の変化傾向を継続するものである。
- ・ 今世紀半ばまでに、世界の年間河川流量及び利用可能性は高緯度地域において増加し、中緯度地域と熱帯のいくつかの乾燥地域において減少する。半乾燥地域では気候変化による水資源の減少に苦しむだろう。
- ・ 極端な気象現象の頻度と強度の変化及び海面水位上昇は、自然及び人間システムに、主に悪影響を及ぼすと予想される。

〔アジア〕

- ・ 2050年までに、淡水の利用可能性は、中央・南・東・東南アジア、特に大規模河川の流域において減少すると予想される。
- ・ 沿岸域、特に人口が集中する南・東・東南アジアのメガデルタ地域において海からの、いくつかのメガデルタ地域においては河川からの、浸水リスクが最も高くなるだろう。
- ・ 急速な都市化、工業化、経済発展に関連する天然資源・環境への圧力に気候変化が複合されると予想される。
- ・ 主に洪水と干ばつに関連して発生する下痢は、水循環のサイクルにおいて罹患率と死亡率を増加させると予想される。

〔小島嶼国〕

- ・ 海面水位の上昇は、浸水、嵐による高潮、侵食や他の沿岸域の危険性を進行させ、必要不可欠な小島嶼国の社会を支えるインフラ・居住域・施設を脅かす。
- ・ 沿岸の条件の衰退、例えば砂浜の侵食・サンゴの白化は、地域の資源に影響を及ぼすと予想される。
- ・ 21世紀半ばには、気候変化は多くの小島嶼国、例えばカリブ海や太平洋において、降水量の少ない時期の水需要を満たすのに不十分になってしまうまでに水資源を減少させると予想される。

(適応と緩和のオプション)

- 広範囲な適応オプションが利用可能である。だが、現在行われているよりもより広範な適応策が気候変化への脆弱性を減少させるために必要である。
- 予想される気候変化及び変動性による悪影響を低減するためには、今後20年間から30年間に実施される緩和策の規模によらず、追加的な適応策が必要である。
- 限定的ではあるが、気候変化への計画的な適応は既に行われている。適応は特に幅広い部門のイニシアチブに組み込まれたときに脆弱性を減少することが出来る。
- 水及びインフラ/居住 (沿岸地帯を含む) の適応策の事例

部門	適応オプション /戦略	基礎となる 政策枠組	主要な制約要素と 実施機会 (通常の文字=制約 要素、斜体=機会)
水	雨水の取水拡大、貯水及び保全技法、水の再利用、淡水化、水の利用と灌漑の効率	国内水資源政策及び、水資源統合管理、水関連災害の管理	資金、人材、物理的障壁、 <i>統合水資源管理、他の部門とのシナジー</i>
インフラ /居住 (沿岸地帯を含む)	移動、防波堤、高潮堤防、砂丘の補強、海面上昇及び洪水に対する緩衝地帯としての土地の取得と沼地/湿地の構築、既存の自然障壁の保護	気候変化への配慮と設計に取り入れる基準及び規制、土地利用政策、建築コード、保険	資金及び技術的障壁、移動空間の利用可能性、総合政策と管理、 <i>持続可能な開発目標とのシナジー</i>

(長期的な展望)

- ・ 気候変化を考える上で5つの懸念の理由
 - ① 極地や山岳社会・生態系といった特異で危機にさらされているシステムのリスクが増加する
 - ② 干ばつ、熱波、洪水など極端な気象現象のリスクが増加する
 - ③ 地域的、社会的な弱者に大きな影響と脆弱性が表れる
 - ④ 地球温暖化の便益は温度がより低い段階で頭打ちになり、地球温暖化の進行に伴い被害が増大し、地球温暖化のコストは時間とともに増加する
 - ⑤ 海面水位の上昇、氷床の減少加速など、大規模な変動リスクが増加する
- ・ 適応策と緩和策のどちらも、その一方だけでは全ての気候変化の影響を防ぐことができないが、両者は互いに補完し合い、気候変化のリスクを大きく低減することが可能である。
- ・ 評価された最も低い安定化レベルに関してさえ、短期的及び長期的に、起こるであろう温暖化による影響に対処するために適応策が必要である。
- ・ 温暖化時の海面水位に上昇は避けられない。熱膨張による海面水位の上昇は温室効果ガス濃度が安定化した後も数世紀にわたり継続し、評価されたどの安定化レベルでも、21世紀中に予想されているよりも高い上昇が結果的に起きるだろう。世界平均気温が、産業革命以前と比較して1.9~4.6℃以上上昇した状態が数世紀続くと仮定した場合、グリーンランド氷床の消失は、数mの規模で海面水位上昇に寄与し、それは熱膨張による寄与よりも大きい可能性がある。熱膨張及び氷床の気温上昇に対する応答の時間スケールが長いため、たとえ温室効果ガス濃度が現在又はそれ以上のレベルで安定したとしても、海面水位は今後数世紀にわたって上昇する。

II-2. 各種レポートにおける日本の気候変化に関する記述

気象庁が作成した気候変化に関する各種レポートでは、気候や海面水位の変化に関して、以下の記述がされている。これらの記述のうち、予測結果に関するものは、将来の日本の気候変化の傾向を把握する上で有効な情報であるが、不確実性を伴ったものであることに留意する必要がある。

(これまでの状況)

〔気温〕

- ・ 日本の年平均気温は、統計のある 1898 年以降では 100 年あたりおよそ 1.07℃の割合で上昇している。 (#2)

〔降水量〕

- ・ 年降水量については、長期的変化傾向はみられないが年ごとの変動は大きくなっている。 (#2)
- ・ 月降水量における異常少雨の年間出現数は有意に増加している。異常多雨については長期的に有意な傾向はない。 (#2)
- ・ 日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の日数は 1901 年から 2006 年の 106 年間で有意な増加傾向がある。最近 30 年間と 20 世紀初頭の 30 年間を比較すると 100mm 以上日数は約 1.2 倍、200mm 以上日数は 1.4 倍の出現頻度となっている。 (#2)
- ・ 短時間強雨 (1 時間に 50mm 以上及び 80mm 以上) の発生回数はここ 30 年余りで増加する傾向がみられる。 (#2)

〔台風〕

- ・ 1951 年から 2006 年までの台風の発生数、日本への接近数及び上陸数に明瞭な変化傾向は見られない。 (#2)

引用した気象庁レポート
(#1) 異常気象レポート 2005
(#2) 気候変動監視レポート 2006

〔寒候期の気象〕

- ・ 北日本日本海側、東日本日本海側、西日本日本海側で平均した年最深積雪の1962～2004年までの経年変化から、全期間を対象として算出した10年あたりの長期変化傾向は北日本日本海側、東日本日本海側、西日本日本海側において、それぞれ-4.7%、-12.9%、-18.3%となっており、東日本日本海側、西日本日本海側で有意な減少傾向が認められる。(※1)

〔海面水位〕

- ・ 5地点の検潮所の年平均潮位の平年偏差(1906～2004年平均との差)の平均値を日本沿岸の平均的な海面水位変化の指標として考察すると、過去100年にわたる日本沿岸の海面水位は統計的に有意な上昇を示していない。しかし、1980年代半ば以降、海面水位は上昇を続け、近年は1950年代とならんで過去100年で最も高い状態にある。(※1)
- ・ 近年の海面水位の上昇には1960～1990年頃の海面水位の変動とは別の要因(海水温の上昇による熱膨張など)が加わっている可能性が示唆される。(※1)

(気象及び海面水位の予測)

将来の気象予測について、A2^{※7}、A1B^{※8}及びB1^{※9}シナリオに基づいて、地域気候モデルのRCM20^{※10}又はCRCM^{※11}モデルを用いて行った地球温暖化予測結果によると、約100年後(2081～2100年)には現在(1981～2000年)と比較して、日本付近で以下のような気候変化が予測された。

-
- ※7 A2シナリオ：「多元化社会シナリオ」、世界経済や政治がブロック化され、貿易や人・技術の移動が制限。経済成長は低く、環境への関心も相対的に低い。
 - ※8 A1Bシナリオ：「高成長型社会シナリオ」、世界中がさらに経済成長し、教育、技術等に大きな革新が生じる。各エネルギー源のバランスを重視。
 - ※9 B1シナリオ：「持続的発展型社会シナリオ」、環境の保全と経済の発展を地球規模で両立する。
 - ※10 RCM20 (Regional Climate Model 20)：日本周辺を計算の領域としている地域気候モデル。水平解像度は20km×20km
 - ※11 CRCM (Coupled atmosphere-ocean Regional Climate Model)：日本域大気モデルRCM20と高解像度北太平洋海洋モデルNPOGCM^{※12}を結合した大気・海洋結合地域気候モデル。
 - ※12 NPOGCM (North Pacific Ocean General Circulation Model)：北太平洋を計算領域としている海洋モデル。解像度は経度方向が1/4°、緯度方向が1/6°。

〔気温〕 A 2 シナリオ－RCM20

- ・ 気温は一年をとおして全国的に上昇し、特に北日本の冬から春にかけての上昇量が大きい。(# 3)
- ・ 年平均気温は 2 ～ 3 ℃ (北海道の一部で 4 ℃) 程度上昇する。(# 3)

〔降水量〕 A 2 シナリオ－RCM20

- ・ 降水量は多くの地域で冬から春にかけては減少し、梅雨雨期から秋雨期にかけては増加する。(# 3)
- ・ 年降水量はほとんどの地域で増加する。特に西日本での増加が大きく、多いところで 20% 程度の増加が見込まれる。(# 3)
- ・ 夏は、西日本を中心に降水量が増加するとともに、東日本では降水量の年々変動が大きくなる。(# 3)
- ・ 大雨の発生頻度はほとんどの地域で増加し、西日本日本海側では日降水量 50mm 以上の日数が現在よりも 3 日以上増加するところもある。(# 3)

〔寒候期の気象〕 A 1 B 及び B 1 シナリオ－CRCM

- ・ 21 世紀末の寒候期 (12 ～ 3 月) の平均気温は、高緯度ほど大きく上昇する。上昇量は、A 1 B シナリオの場合、北海道で 3 ℃ 以上、東北から西日本では 2 ～ 3 ℃、沖縄・奄美では 1.5 ℃ 程度である。
B 1 シナリオの場合、北海道で 1.5 ～ 2 ℃、その他の地域で 1 ～ 1.5 ℃ 程度である。(# 4)
- ・ 北海道では、真冬日 (日最高気温が 0 ℃ 未満) の出現頻度が現在の半分程度に減少する (A 1 B シナリオ)。東北では、冬日 (日最低気温が 0 ℃ 未満) の出現頻度が半分程度に減少する (A 1 B シナリオ)。北陸、関東・東海、西日本では、冬日の出現頻度が半減 (B 1 シナリオ)、あるいはほとんど現れなくなる (A 1 B シナリオ)。(# 4)
- ・ 21 世紀末の寒候期の降水量は、沖縄・奄美を除いて増加傾向である。上昇量は、A 1 B シナリオの場合、北海道、東北日本海側で 10 ～ 30% 増加する。(# 4)

引用した気象庁レポート

(# 3) 地球温暖化予測情報 第 6 卷
(# 4) 地球温暖化予測情報 第 7 卷

- 21世紀末の降雪量は、北海道を除くほとんどの地域で、排出シナリオに係らず減少する。北海道の標高の高い地域では、排出シナリオにかかわらず増加する。(＃4)
- 北海道の標高の高い地位では、大雪の頻度が増加する。北海道を除くほとんどの地域では大雪の頻度が減少する。(＃4)

〔海面水位〕 A1B及びB1シナリオ-CRCM

- 日本付近の海面水温は上昇し、21世紀末までの長期変化傾向は、A1Bシナリオの場合100年あたり2.0～3.1℃、B1シナリオの場合100年あたり0.6～2.1℃となっている。21世紀末までの海面水温の長期変化傾向は、日本南方海域より日本海で大きい。(＃4)
- 日本付近の海面水位は上昇し、21世紀末までの長期的変化傾向は、A1Bシナリオの場合100年あたり9～19cm、B1シナリオの場合100年あたり5～14cm程度である(ただし、グリーンランドや南極の氷床など陸氷の縮小による寄与は含まれていない)。(＃4)

II-3. 外力の増大

『外力』とは、気候変化の影響を受ける降水量などの気象要素と、その変化により生じる洪水、渇水、土砂流出、高潮等の災害として作用する力を流量や水位などの物理量で示したものである。気候変化への適応策の検討にあたっては、この外力の変化の適切な見積りが必要となる。いくつかの地域気候モデルによる日本周辺の予測結果が公表されており、それらの結果は外力の変化量の推定に有力な資料となる。ただしその際には、予測の不確実性に留意する必要がある。一般に、地域レベルでの予測結果は世界規模の平均的な予測に比べて不確実性が大きい。また、現状では、地域気候モデルによる予測例は少なく、今後とも予測結果の改善に向けた努力が必要である。

1. 降水量の変化

IPCC第4次評価報告書は、全地球的な予測を基にして作成されている。このため、日本における影響を詳細に把握し、政策に活かすには、ダウンスケーリング^{※13}をするなど日本周辺の現象をより詳細に表現できるモデルによる検討が必要である。

こうした中で、計算機の能力や気象現象の解明状況などから、検討には不確実性が伴うものの、中位のシナリオに基づき、現時点における外力の変化量の推定を試みた。洪水の流出量の変化については、降水量の変化から推定することとした。

この結果、年最大日降水量を現在と100年後とで比較した場合に、RCM20の予測結果の変化率^{※14}（A2シナリオ）は、おおむね1.0～1.5倍となり、GCM20^{※15}の予測結果の変化率^{※16}（A1Bシナリオ）は、おおむね1.1～1.2倍で、北海道、東北など地域によっては1.3倍になり、最大では1.5倍となる。

※13 ダウンスケーリング：粗い分解能での予測値を、地域の気候特性を反映できるより細かな分解能に翻訳すること

※14 RCM20の予測結果の変化率：(2081～2100年平均値) / (1981～2000年平均値)

※15 GCM20 (General Circulation Model 20)：全地球を計算の領域としている気候モデル。水平解像度は20km×20km

※16 GCM20の予測結果の変化率：(2080～2099年平均値) / (1979～1998年平均値)

また、RCM20による予測の結果から、100年確率最大日降水量を現在と50年後、100年後とで比較した結果（A2シナリオ）では、50年後の変化率^{※17}はおおむね1.1～1.2倍、100年後の変化率^{※18}はおおむね1.2～1.4倍となる結果が得られた。

これらの結果から、100年後の降水量の変化を予測すると、現在のおおむね1.1～1.3倍、最大で1.5倍程度と見込むことが妥当である。

100年後における地域別の降水量の変化を見るため、GCM20で予測された年最大日降水量の変化率の中位値を全国11の地域に区分してまとめた。

なお、これは現段階の予測に基づく数字であり、今後とも予測精度の向上に努力していく必要がある。

表一 1 各地域における100年後の年最大日降水量の変化率

地域名	降水量の変化率	地域名	降水量の変化率
北海道	1.24	紀伊南部	1.13
東北	1.22	山陰	1.11
関東	1.11	瀬戸内	1.10
北陸	1.14	四国南部	1.11
中部	1.06	九州	1.07
近畿	1.07		

2. 洪水の増大

100年後の降水量の変化が、河川において想定される洪水の大きさに対して、どのような影響を及ぼすかについて検討した。GCM20の予測結果から算出した、各地域における100年後の年最大日降水量の変化率により、現計画の治水安全度^{※19}がどの程度低下するか、全国の82水系の一級河川において試算を行った。治水安全度は年超過確率^{※20}で示し、地域及び現計画の治水安全度別にとりまとめた。その結果、現計画が目標としてい

※17 50年後の変化率：(2031～2050年の計算結果から求められた値) / (1981～2000年の計算結果から求められた値)

※18 100年後の変化率：(2081～2100年の計算結果から求められた値) / (1981～2000年の計算結果から求められた値)

※19 治水安全度：治水計画における河川の安全の度合い

※20 年超過確率：何年に1度の割合で起こる現象かを表現したもの。例えば、年超過確率が1/10の降水量は、10年に1回の割合でそれを超えるような雨が降ること。

る治水安全度は、200年に1度程度の場合は90～145年に1度程度、150年に1度程度の場合は22～100年に1度程度、100年に1度程度の場合は25～90年に1度程度となり、発生頻度が高くなった。特に降水量の倍率が大きい北海道、東北において、発生頻度が高く治水安全度の低下が大きい。同様に中小河川においても治水安全度の低下が想定される。

このことから、将来の降水量の増加により、現計画が目標とする治水安全度は著しく低下することになり、浸水・氾濫の危険性が増えることが明らかになった。

表-2 100年後の降水量の変化が治水安全度に及ぼす影響

地域名	将来の治水安全度 (年超過確率)					
	1/200 (現計画)		1/150 (現計画)		1/100 (現計画)	
		水系数		水系数		水系数
北海道	—	—	1/40～1/70	2	1/25～1/50	8
東北	—	—	1/22～1/55	5	1/27～1/40	5
関東	1/90～1/120	3	1/60～1/75	2	1/50	1
北陸	—	—	1/50～1/90	5	1/40～1/46	4
中部	1/90～1/145	2	1/80～1/99	4	1/60～1/70	3
近畿	1/120	1	—	—	—	—
紀伊南部	—	—	1/57	1	1/30	1
山陰	—	—	1/83	1	1/39～1/63	5
瀬戸内	1/100	1	1/82～1/86	3	1/44～1/65	3
四国南部	—	—	1/56	1	1/41～1/51	3
九州	—	—	1/90～1/100	4	1/60～1/90	14
全国	1/90～1/145	7	1/22～1/100	28	1/25～1/90	47

3. 土石流等の激化

気候変化による影響は、降水量の時間的、空間的变化をもたらす、土石流、地すべり等の土砂災害の誘因となる短時間雨量や総雨量の増加を生じさせることが考えられる。また、現時点では不明確な部分が多いが、土砂災害の素因となる表層の風化を進展させ、山地斜面の植生を変化させることも考えられる。

こうした中で、土砂災害に対して想定される影響としては、

発生頻度の増加、発生時期の変化、発生規模の増大などが考えられる。発生頻度の増加の結果としては、崩壊発生分布域の拡大や土砂災害危険箇所以外での発生が考えられ、同時多発的な土砂災害の増加も考えられる。特に、これまで大雨が少なかった地域で想定を超える降雨が発生した場合は、激甚な土砂災害が発生する恐れがある。発生時期の変化の結果としては、降雨の降り始めから崩壊発生までの時間が短縮化し、避難を必要とするまでの時間が短くなることが考えられる。発生規模の増大の結果としては、深層崩壊の発生頻度の増加等による崩壊土砂量の増大や、土石流等の到達範囲の拡大が想定される。

なお、土砂流出量の増加は、中下流部において多量の土砂と一体となった洪水を発生させる恐れがあるほか、河道に大量の土砂が堆積することによって、氾濫の危険性が高まるとともに、河川環境への影響も懸念される。またダム貯水池への堆砂が急速に進行しダムの機能に支障を与えることが想定される。

4. 高潮及び海岸侵食の増大

海洋は、深層への熱の伝播に時間を要するため、熱による海水の膨張が数世紀にわたって継続することとなり、温室効果ガス濃度が安定化したとしても、海面水位は上昇し続ける。

海面水位は、大気の流れの数十年規模の変動や黒潮の変動など自然要因の影響を強く受けることから、地域ごとにどの程度海面水位が上昇するかについて、精度よく技術的に見通しを立てることは難しい。しかし、長期間にわたる比較的安定した現象のため、この影響を施設設計に見込むことは技術面で可能である。

また、台風の激化に伴い、気圧低下により海面水位が上昇するとともに、風による吹き寄せや波浪が大きくなる。このため、海面水位の上昇とあわせて、台風の激化により、高潮による危険性が増大することが想定される。

一方、海岸の地形は岸向きと沖向きの土砂移動量が平衡すること等によって形成されているが、海面水位の上昇に伴って平衡状態が変化していくことにより、上昇分以上に汀線が後退する。さらに、台風の激化に伴い高波浪が増加すること等によって海岸侵食がより進行していくと想定される。

5. 渇水リスクの増大

我が国の降水量は、1965年頃から少雨の年が多くなっており、1973年、1978年、1984年、1994年、1996年、2005年の降水量は、年平均降水量を大きく下回り、渇水被害が発生している。また、近年では、異常少雨と異常多雨の変動が大きくなる傾向が見られる。今後、気候変化により、極端な少雨が生じることにも予測され、1994年渇水やそれを超える大規模な渇水の発生も懸念される。また、積雪量の減少や雪解け時期の早期化等の傾向も強まるものと考えられる。

我が国の都市用水使用量は2007年3月末現在で約283億 m^3 /年で、このうちダムなどの水資源開発施設による開発水量が約63%（約178億 m^3 /年）を占めており、水利用の相当程度は水資源開発施設の運用に依存している。しかしながら、我が国のダムが計画された時点での供給可能量に対し、現時点では供給実力は低下しており、都市用水等の安定的な供給に影響を生じる可能性が高い。また、農業用水などの水資源を融雪に依存する地域においては、春先以降の水利用に大きな影響が生じる可能性が懸念される。

具体的には、極端な少雨現象の発生は、河川流出量を減少させ、ダムの貯水量の低下等から、下流の必要流量の確保が困難となる。さらに、気温上昇による積雪量の大幅な減少と雪解け時期の早期化が伴う場合は、河川流出量の減少のみならず、流出時期が早まり、代かき期のダムの貯水量の低下等から、農業等における必要流量の確保が困難となる。なお、水に対する需要は、社会条件の変化の影響を大きく受けることから、渇水リスクは、気候変化と社会条件の変化の双方から考える必要があり、長期的には見通しを立てることは困難である。

6. 河川環境の変化

気温など気候そのものの変化により、生態系は影響を受け、流域を越えた大きな範囲で環境の変化が想定される。ここでは、流域レベルでの河川環境を対象とした変化を予想する。

気候変化による気温の上昇、降水量の変化、森林や水田・畑地などの流域の環境の変化等により、河川の流況や土砂・栄養塩類等の物質の流出が変化することが予想される。

降水量の変動幅が大きくなることから、異常洪水や異常渇水が発生し、流量の変動幅が大きくなるとともに、積雪量や雪解け時期の変化による流量パターンが変化する。また、異常洪水の発生や大規模な洪水の発生頻度の増加により、土砂・物質の流出量が増加し、水質（濁度）や河床の環境に影響を及ぼすことが予想される。流量パターンの変化は、魚類等のライフサイクルに影響を及ぼし、適応が難しい種は生息数の減少など大きな影響を受けることが予想される。濁度の増加やシルト・粘土質の堆積による河床環境の変化は、魚類、底生動物、付着藻類等への影響が考えられる。また、流況や土砂・物質の流出の変化は、河道内の植生にも影響を与え、攪乱の状況等に応じて種の分布が変わることが考えられる。こうした様々な種の変化は、種間関係を通じ生態系に対しさらなる影響を及ぼすことが考えられる。また、連続性を有する流域の環境の変化は、外来種の繁殖や新たな種の侵入などが考えられる。

水質への影響は、流況との関係もあり、予想することは難しい面もあるが、水温の上昇や溶存酸素（DO）消費を伴った微生物による分解反応が進むことにより、溶存酸素濃度の低下による水質の悪化が懸念される。湖沼や貯水池においては、気温・水温の上昇により湖沼等内部での温度成層や植物プランクトンの活動が影響を受ける等、河川以上に厳しい水質変化が予想される。水質の変化によっても生物への影響は考えられる。

気候変化による生態系や水・物質循環系への影響は、現段階において知見やデータも少なく、予測するのは難しい。

Ⅱ-4. 国土・社会への影響

気候変化による水害や渇水被害、土砂災害、高潮災害等が国土・社会へ与える影響は、極めて大きなものとなると考えられるが、流域における地形や河川形態、社会・生活の状況などによりその度合いは異なる。このため、適応策を考える上で流域単位での検討を進めることが重要であるとともに、流域内の適切な分担が不可欠であることから、流域を上流域、中流域、下流域・海岸域に分け、典型的な例を用いて想定される影響を検討する。

1. 上流域

上流域では、過疎化、高齢化が進む中山間地域において、管理の放棄等により森林の荒廃が進む中で、降水量や短時間降雨強度の増加、台風の激化等により、土砂災害や風倒木災害の増大が想定される。土砂災害では、発生頻度の増加、発生時期の変化、発生規模の増大などによる直接的な被害の増加が想定される。

土砂災害による被害の増加は、地域外への転出者の増加、限界集落の出現、さらにはコミュニティの崩壊など、過疎化、高齢化が進む中山間地域において大きな打撃となる。

また、土砂流出が増大することにより、下流の洪水調節施設での堆砂が進み、治水・利水機能に支障が生じるとともに、河道での著しい堆積が発生し、洪水の流下阻害による治水安全度の低下が想定される。加えて、土砂流出の増加による濁水の長期化も想定される。

2. 中流域

中流域では、山間部から扇状地が広がる地域において、降水量や短時間降雨強度の増加、上流部からの洪水や土砂流出の増加等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。これらの地域は、築堤により洪水氾濫からの安全を確保してきた地域であり、氾濫域の土地利用は農地から宅地などへと変化している。こうした中で、遊水機能や氾濫戻し機能を有する霞堤も近年の土地利用の変化から開口部が閉じられてき

た。扇状地での堤防決壊等による氾濫は、氾濫流が広がる拡散型となることが多く、広域に被害が生じる。急勾配河川では、多量な土砂を含む氾濫水が土石流のように大きなエネルギーをもって家屋等を押流し、壊滅的な被害が生じる。また、洪水の頻発や規模の増大、土砂流出の増加は河床の安定性を低下させることから、橋梁などの施設災害を引き起こすだけでなく堤防決壊等による更なる氾濫の増加につながる。

堤防決壊等による氾濫は、地方の中核都市や工業団地、水田や地域の特産物を産出する農地などに対して被害形態を変えながら、さらに下流部へと広がっていく。地域の活性化が課題となっている中で、水害による地域の競争力や活力の低下は、地域経済に大きな影響を与える。

一方、気温上昇による大幅な積雪の減少と融雪時期の早まりは、河川流量の減少によって代かきなどの農業用水に大きな影響が生じるなど、水資源を融雪に依存する中流域では、春先以降の水利用に支障を生ずることが懸念される。

3. 下流域・海岸域

下流域・海岸域では、低平地やゼロメートル地帯が広がる地域において、降水量や短時間降雨強度の増加、海面水位の上昇、台風の激化、中流部からの洪水や氾濫水による影響等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶことが想定される。特に三大湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）のゼロメートル地帯においては、平均海面水位がIPCC第4次評価報告書の予測上限値である59cm上昇すると仮定した場合、海面水位以下となる面積、人口が約5割増加すると予想されており、高潮等による被害は増大する。

下流域・海岸域には人口、資産が集積していることが多く、特に三大都市圏においては、社会経済活動の中核機能が集積していることから、水害や高潮災害等は国民の生命・財産への影

響のみならず、国家機能の麻痺や国際競争力の低下につながる
ことが懸念される。

また、海岸域では現時点でも供給土砂量の減少により海岸侵食が進行しているところもある中で、更なる海面水位の上昇や台風の激化により、砂浜の消失など海岸侵食の増加が想定される。30cmの海面水位の上昇により、我が国の砂浜の約6割が消失するとの予測もある。

このように、海面水位の上昇や台風の激化などによる影響は、国土保全の観点から大きな支障となる。

一方、気候変化による渇水が、人口等が集積している下流域・海岸域で発生した場合には、都市用水等に深刻な影響を与え、都市機能や生産活動の著しい低下等を招くことが懸念される。さらに、海面上昇による塩水の遡上域の拡大や地下水の塩水化により、河川水や地下水の取水への影響も懸念される。

Ⅲ. 適応策の基本的方向

Ⅲ-1. 諸外国の適応策の動向

1. 洪水、高潮災害への適応策

欧州連合（EU）では、2007年10月に「洪水リスクの評価・管理に関する指令」を公布し、気候変化が洪水発生に与える影響を含めた既往の知見に基づく洪水リスク評価を行うことを定め、複数の年超過確率に対応した洪水ハザードマップや洪水リスクマップを作成することとしている。また、洪水リスク管理計画の策定及びこの計画の見直しの際には気候変化の影響を考慮することも定めている。

イギリスでは、近年の気候変化による海面水位の上昇と急速な宅地開発の影響により、高潮に対する1,000年に1回の安全度が100年に1回の安全度に低下すると推定されているため、洪水リスク管理計画である「Thames Estuary 2100 (TE2100)」が検討され、テムズ防潮堰の改良も検討されている。

オランダでは、オランダの洪水リスク管理計画である「Room for the River」において、ライン川の流量増加への新たな対応方法として約7,000haの遊水地の確保等が考えられている。また、レク川のマエスラント高潮堰は50年後の海面水位の上昇を見込んだ構造となっているほか、高潮対策の堤防整備に対し、耐用年数を考慮した海面水位の上昇を見込んだ設計をしている。

経済協力開発機構（OECD）では、2006年5月に先進国における気候変化に関する適応策の進捗状況をとりまとめている。その他にも、ドイツ、フランスなど欧州諸国やアメリカ、オーストラリアなどでも適応策の検討が進められている。

一方、日本を除くアジア諸国では、気候変動枠組条約における非付属書I国^{*21}に属し、適応技術の不足や予算の制約等により適応策を国家施策に位置づけている例は少ないが、大韓民国では「国家水安保確保方策」の構築や「水資源影響評価体系」の構築などに取り組んでいる。なお、バングラデシュ、ブータ

ン、カンボジアといった後発開発途上国に関しては、地球環境ファシリティ（GEF）の助成により国連環境計画（UNEP）や世界銀行の協力の下、国別適応計画（National Adaptation Programme of Action;NAPA）が策定されている。

2. 渇水への適応策

経済協力開発機構（OECD）による、先進国における気候変化に関する適応策の進捗状況調査（2006.5）等によれば、多くの先進国では気候変化による水資源への影響を認識し、気候変化影響評価を進め、水資源分野の適応策の検討に着手している。

アメリカのカリフォルニア州では、節水対策の強化、表流水貯留、地下水貯留、送水施設などを含む水管理・送水システムの拡張が検討されている。また、エネルギーと水のトレードオフの関係に着目し、効率的な水管理による排出ガス削減を目標に、エネルギー政策セクターと共同で適応戦略を検討中である。

カナダでは、利用者による節水対策、渇水に対する計画及び準備のさらなる重視、水量・水質・気候に関する国の監視、河川生態系を考慮した水の公平な配分に関する手続き、温度に耐性のある作物品種改良、かんがいシステムの開発等が検討・実施されている。

オーストラリアの西オーストラリア州南西部では、2005年に多様性による安全保障戦略「水資源開発計画 2005-2050」を策定し、海水淡水化、下水処理水再利用、水源域管理、水取引等、降雨状況に依存しない水資源オプションと計画対象年の見直し等により、将来の水需要増と気候変化への適応を図るものとなっている。

※21 非付属書I国：いわゆる発展途上国であり、京都議定書で定められた温室効果ガスの排出削減に関する数値目標を有していない国。現在、148ヶ国が非付属書I国になっている。なお、付属書I国とは、気候変動枠組み条約の付属書I国に列挙されている国であり、京都議定書付属書に掲げられた排出削減に関する数量目標を有している。いわゆる先進国、旧ソ連・東欧等の移行経済諸国がこれに該当する。

ヨーロッパ各国では、供給を増やすための技術的方策、水使用効率向上(雑用水利用等)、経済的手法の改善(水価格設定)、保険制度、水使用制限、水収支を改善する国土計画、予測・監視・情報提供等の適応策が検討・実施されている。

Ⅲ－２．適応策の基本的方向

１．適応策の基本的考え方

地球温暖化への対応として、適応策が緩和策とともに重要であることは、IPCC第4次評価報告書での記述のみならず世界における共通認識である。しかし、我が国の社会におけるこの点の認識は低く、ともすれば議論は緩和策に偏りがちであり、適応策の必要性に対する国民の理解は十分とは言えない。特に水災害に対し脆弱な国土である我が国においては、適応策の必要性の認識を高めることは重要である。

気候変化への対応は、人の命を守るとともに、これまで作り上げてきた社会・文化を継承するという視点が重要である。さらに、少子高齢化や大量生産・消費・廃棄型の社会などにおける社会問題の解決と併せて行うという考え方が必要である。すなわち、これまでの社会構造を見直して、安全・安心のみならず、エネルギー効率の高い、自然と共存した社会を目指し、適応策と緩和策の適切な組み合わせにより、持続可能な「水災害適応型社会」を構築すべきである。

２．目標の明確化－「犠牲者ゼロ」に向けて－

気候変化により激化する水害や土砂災害、高潮災害等は、様々な規模が考えられるため、これらからすべてを完全に防御することは難しい。このため、気候変化への適応策としては「犠牲者ゼロ」に向けた検討を進めるとともに、首都圏のように中枢機能が集積している地域では、国家機能の麻痺を回避することなど重点的な対応に努め、被害の最小化を目指すことが必要である。

その際には、我が国は地震や火山が多いことから、豪雨後の土中の水分含有量や地下水位が非常に高くなったところに、地震が発生し地すべりが起こるといったような複合的な災害の発生への対応も考えておく必要がある。

3. 増大する外力への対応

(洪水に対する治水政策の重層化)

将来的に降水量が増加すると想定し、さらに現在の治水安全度を将来的にも確保することを考えると、基本高水のピーク流量は大きく増加することとなる。この増加する流量を河道改修や洪水調節施設の整備等で対処するには、社会条件等の制約から、そもそも対応が極めて困難であったり、完成まで相当の長期間を要することから、実現が困難であったりする。

また、現在の計画の流量を目標とすると、将来的に治水安全度は著しく低下することになり、浸水・氾濫の脅威が増すことになる。

これらの課題を解決していくためには、気候変化による外力の増加分への対応も治水政策として取り扱う必要がある。

このため、これまでの計画において目標としてきた流量に対し、河道改修や洪水調節施設の整備等を基本とする「河川で安全を確保するという治水政策」に加え、増加する外力に対し「流域における対策で安全を確保する治水政策」を重層的に行うべきである。これにより、起こり得る様々な規模の洪水を対象とし、その規模に応じて弾力的に流域で対応することとなる。これまでの総合治水対策で実施してきた方策の拡充をはじめ、流域における対策の積極的な展開を推進する。

(激化する土砂災害への対応強化)

土石流等の土砂災害における発生頻度の増加や規模の拡大に対して、すべて予防的措置を行うことは、社会条件等の制約や完成までの期間から現実的でなく、危険性に応じた対応を考えるべきである。このため、施設の整備に当たっては、人命を守る効果が高く、土砂災害の危険性の高い箇所を抽出し、重点整備を進めるとともに、施工方法を工夫し費用を縮小することにより、できるだけ多くの危険箇所において対応を図ることが重要である。さらに、増大する土砂災害の危険性に対し、ソフト対策を強化することが必要であり、土砂災害警戒区域等の指定などの土地利用規制を推進するとともに、前兆現象や災害の初

期情報を的確に捉え、情報技術を活用して、防災関係機関や住民等と情報を共有するなど警戒避難体制の整備を進める必要がある。

増加する流出土砂量に対して、流域の治水、利水、環境のバランスを考慮しながら、山地から海岸までの一貫した総合的な土砂管理の取り組みを強化することが重要である。特に、河道への著しい土砂堆積が生じ、貯水池への堆砂が急激に進むことが懸念されるので、上流域での効果的な土砂流出の調節や治水、利水および河川環境に配慮したダムからの効果的な排砂対策を講じる必要がある。また、河道での堆砂やそれに伴う流れの変化による局所的な河床低下などに対しては、河床の動的平衡性を確保しつつ、河床高を適切に維持する。

(高潮への段階的な対応及び進行する海岸侵食への対応の強化)

海面水位の上昇や台風の激化に対応するため、高潮堤防等を的確に整備する必要があるが、高潮堤防等はコンクリート構造が多いことから、施設更新時などにあわせて、その時点で今後増大する外力を見込んで嵩上げを行い、浸水頻度を減少させる必要がある。

具体的には、今後の海面水位の上昇や台風の激化に係る研究の進捗を踏まえ、嵩上げは段階的に考え、

- ・ 第Ⅰ段階として既に上昇した海面水位上昇分を見込む
- ・ 第Ⅱ段階として既に上昇した海面上昇分に加え、構造物の耐用年数を考え、外挿や予測計算などでその期間における海面水位上昇分を見込む
- ・ 第Ⅲ段階として第Ⅱ段階における考え方に加え、台風の激化に伴う高潮上昇分を見込む

という方法で嵩上げを実施する。この場合、背後地の重要度によっては早い時期に第Ⅱ段階、第Ⅲ段階での考え方を取り入れるなどの措置を講ずることが重要である。なお、海面水位の上昇に伴い構造物に作用する外力が目標を超えた場合でも壊れにくい構造設計の考え方を検討していく必要がある。

また、進行する海岸侵食に対応する観点からも総合的な土砂

管理を積極的に推進し、海岸に土砂が適切に供給される対策を講じるとともに、サンドバイパス等により海岸における土砂移動の連続性の確保を図り、海岸保全施設によって沿岸漂砂の制御等を進めていく必要がある。

(渇水リスクへの対応)

将来にわたって安全・安心な水資源の確保と利用のため、既に顕在化している課題である限られた水資源の有効活用や震災時をはじめとしたリスクへの対応として、水資源の有効利用の観点からのマネジメント、量と質の一体的マネジメント、危機管理の視点からのマネジメントを柱に、受水域を含めた水系（以下「水系」という。）ごとに一体として調整のとれた管理を計画的に行う総合的水資源マネジメントに向けた取り組みが推進されている。この中で、気候変化により高まりつつある渇水リスクへの対応については、新たな最重要課題として位置付けていく必要がある。

(河川・海岸環境の変化への対応)

気候変化による生態系や水・物質循環系への影響については、現状では予測しにくい状況であることから、気候変化に伴い生じる流況や土砂・物質の流出の変化、流域や沿岸域の環境の変化等による生物の生息・生育環境や生物種への影響及び気温上昇等による水質への影響等について、十分にモニタリングを行いながら考えていくことが重要である。このため、気候の変化とあわせて、河川・海岸環境の変化の把握に努めるべきである。

4. 災害リスクの評価

適応策の検討に当たっては、その前提となる気候変化の影響に伴い発生する水災害が社会や経済等に与える影響を、国民や関係機関等にわかりやすい形で災害リスクとして評価し、国土構造や社会システムの脆弱性を明らかにすることがますます必要である。この脆弱性を十分理解した上で適切な適応策が選択されるべきである。

洪水被害を対象にした場合には、起こり得る様々な規模の洪水に対し、流域での氾濫形態を分析して、氾濫形態ごとに水害リスクを評価することが考えられる。また、施設整備の状況や避難活動などの防災力を反映させた上で算出された人的・経済被害などの大きさに災害による被災確率を掛け合わせて集計したものや地域の防災力などを水害リスクとして評価することも考えられる。また、評価において、大河川の堤防決壊等によって、社会・経済活動や生活が持続不可能な事態に陥り、再興が困難な状況の発生に留意する。結果は、リスクマップとして目に見える形で示すことが重要である。水害リスクの評価は、現況の脆弱性を示すだけでなく、適応策を導入した場合に、比較をすることでその効果を把握することができるという意味においても重要である。

渇水被害を対象にした場合にも、将来の河川流況の変化から、正常流量を下回る度合い、取水制限や給水制限の度合いや期間、減水区間の距離などを総合的に勘案することにより、水系ごとに渇水リスクを評価することができる。

5. 適応策の具体的な提案

今後具体的に適応策を考えるに当たっては、流域全体で予想される新たな事態について、災害リスクなどの形で国民や関係機関等に周知するとともに、流域においてどのように対応していくのか、関係機関、団体等との役割分担を含め、国が中心となって地域とともに広く検討することが重要である。

また、流域における適応策の策定は、川と地域の関係の再構築とも考えられ、地域と一体となって取り組む必要がある。このため、上流域、中流域、下流域の住民や関係機関等が共通の認識を持つことができるように、気候変化による影響のみならず、流域における社会や自然と安全の関係に関する情報、災害リスクや費用負担などの情報をわかりやすく、徹底して公表し、共有化する中で合意形成を図ることが重要である。

地域によっては、複数の流域において同時に水災害が生じることがあるため、流域を越えた広域的な対応を考えておく必要

がある。

その際、洪水においては、施設でどこまで対応するのかを明確にした上で、流域において流出の抑制策、浸水・氾濫からの被害軽減策、被災施設の復旧・被災地域の復興策を検討し、起こり得る様々な規模の洪水に対して「犠牲者ゼロ」などの目標の達成を図ることが重要である。

適応策としては、水害、土砂災害、高潮災害等に対して、着実に被害の軽減を図る「施設による適応策」、地域づくりのビジョンとも関係する「地域づくりと一体となった適応策」、浸水・氾濫や土砂災害が発生した時に被害の最小化を図るための「危機管理対応を中心とした適応策」、渇水に対しては「渇水リスクの回避に向けた適応策」、また、河川環境の変化に対しては、気候変化が河川環境へ与える影響の把握を中心とした「河川環境の変化への適応策」を以下のとおり提案する。

(1) 施設による適応策

施設は、その能力以内の外力に対し、生命・財産への被害を防止し、通常社会・経済活動が継続することを可能とする。このため、国民の生命・財産を守るという観点からは、出来る限り、施設能力の向上に努め、施設により被害を予防・最小化することを引き続き重視していかなければならない。

しかしながら、我が国の現状の施設整備率が未だ低く、目標までの完成に長期間を要することなどを考慮すると、当面は、現在の整備目標水準を目標としながら、適切に社会条件を評価し、必要な施設整備を着実に進めるべきである。

1) 新規施設の整備

新たな施設整備に当たっては、徹底したコスト縮減を図るとともに、今後、外力が変化することを念頭に置き、過度のコスト増大とならない範囲で、設計上の工夫や技術開発を出来る限り行う。例えば、構造物の設計は計画高水を外力としているが、今後はこれに加えて堤防満杯規模の高

水時を想定した安全性の照査を行う。

浸水・氾濫の頻度が増加する中で、社会・経済状況等の制約により施設を設置しにくい場合や災害の状況に応じて機動的な運用が必要な場合には、被害軽減のために効果的な可搬式の特殊堤防や排水ポンプの整備を図る。

2) 既存施設の安全性の維持・向上

堤防などの治水施設は、長い歴史の中、延長や数量の確保が精一杯で、質の確保まで至っているわけではない。気候変化により、洪水の頻度が増大することを考えれば、既存施設の安全性の維持・向上は急務である。

特に堤防については、速やかに安全性の点検・評価を行い、安全性が不足している箇所については、強化対策を強力に推進する必要がある。また、強化の方法について積極的に技術開発を推進する。

また、伊勢湾台風を契機に整備が進んだ高潮対策施設や流域の急激な都市化に伴って整備が進められた治水施設の老朽化が進んでおり、更新時期を迎えてきている。更新投資の集中を避けるためにも、施設の安全性の点検・評価を行い、長寿命化に向けた予防保全的な管理を行うなど計画的な維持管理が必要である。さらに、高潮堤防等については、施設の更新時等に気候変化による外力の変化に対応した対策を行う必要がある。なお、施設が被災した際の災害復旧と併せて対策を行うことも効果的である。

3) 既存施設の徹底した活用

これまで蓄積されてきた施設のストックを活かし、現在の技術や新たな技術を用いて、施設の改良、再生、運用の高度化、さらには複数の施設の再編などにより、既存施設の能力をできるだけ幅広く引き出すことがコストや早期効果発現の面で極めて有効である。

- ・ 降雨・流出予測技術と施設の運用の高度化

気候変化により降雨パターンの変化等が考えられる中で、観測体制の強化や降雨・流出予測技術の向上によってダム等の施設操作の確実性を高めたり、ダムの治水・利水容量を効率的・効果的に活用するため、施設の改良、再生、運用の高度化を図る。

- ・ ダム群の容量の再編等

既設ダムの治水や利水効果の向上を図るため、流域における降雨・流出特性やダムの運用状況を踏まえ、既設ダム間で治水容量と利水容量を振り替えるなどダム容量の再編を行う。また、有効活用の観点から発電ダムなどの連携運用についても検討すべきである。

4) 流域における施設の整備

外力の増大により氾濫リスクが増大する中で、氾濫域をいくつかのブロックで区切ることにより、洪水氾濫の拡散を抑制し、浸水しても生命等の重大な被害の少ない地域づくりを進める。流域に残されている遊水地、二線堤、輪中堤などについては、これまでの治水の歴史における役割を再認識し、現在の土地利用との整合を図って、氾濫流の拡散防止に役立てる。また、地域の土地利用を踏まえ、水害リスクの評価を行って、道路や鉄道等の盛土の活用や新たな整備も行う。

地域においては、利便性からこれらが排除される可能性もあり、河川や海岸の施設と一体的に管理することが必要である。

都市域においては、市街地における都市河川の整備が難しい中、調整池や雨水貯留浸透施設を積極的に整備し、地下貯留施設など限られた空間の利用を進め、流出量を抑制する。

5) 総合的な土砂管理の推進

気候変化による流出土砂量の増大は、治水、利水のみならず河川や海岸の環境を含めた流砂系全体に影響を及ぼ

す。一方、海面水位の上昇や台風の激化によって海岸侵食がより進行していく。このため、モニタリング等により土砂動態を明らかにし、治水、利水、河川や海岸の環境等への影響を把握する必要がある。

山地から海岸まで、それぞれにおける課題に対し、適切な土砂の移動や管理、沿岸漂流砂の制御、海岸の保全・再生が行えるように、関係者が連携して施設の整備や操作、維持活動、採取規制などハード、ソフトを組み合わせた対策を行う。

(2) 地域づくりと一体となった適応策

人口減少や少子高齢化の進展など社会が変化する中で、土地利用や住まい方なども変化してきている。こうした社会構造の変化と併せて適応策を講じることは効率的で実現性が高い。気候変化により増加する外力に対し、大きな外力を対象に防御することは困難なため、様々な流域対策で外力の集中を避け、外力をできるだけ分散して守ることが社会、経済、環境面で有効である。このため、これまで限定的に総合治水対策などで実施してきた方策を拡充し、外力の増加要因であるCO₂の削減策も含めた地域づくりを社会構造の変化と併せて実施する。今後は、経済的な効率性や利便性などに加えて、エネルギーの効率性や都市内の環境、水災害のリスクの軽減を考慮した地域づくりを進め、「水災害適応型社会」を構築していくことが重要である。

1) 土地利用の規制・誘導と一体となった治水対策の推進

浸水頻度や浸水のおそれが高い地域、がけ崩れや土石流など土砂災害の危険性が高い地域などでは、土地利用の規制・誘導と一体として被害を抑制する方策が有効である。

海外においても、施設整備を実施するだけでなく、流域の特性や災害に対する危険度に応じて幅広く土地の利用や規制の考え方をとり入れ、強い規制を採用している地域もある。こうした例を見ても災害を封じ込めるだけでなく、許容する余地も考えるべきである。

- ・ **災害危険区域の指定と治水対策の一体的推進等**

災害危険区域条例等を活用し、区域を指定して新たな住宅等、浸水時に被害が生じる施設が立地しないよう一定の規制をかけることとあわせて、輪中堤の築造、宅地のかさ上げ、浸水防止施設、貯留施設、内水排除施設の整備などにより住宅を洪水による氾濫から防御することが有効である。

さらに、災害の危険性の高い地域において、災害リスクを示すことや保険制度等を活用したインセンティブを与えることにより被害の軽減に向けた土地利用を誘導することも重要である。

- ・ **土砂災害警戒区域等における対策の推進**

土砂災害の危険性が高い区域において、住宅等の新規立地の抑制、既存住宅の移転促進などをより一層推進するとともに、気候変化に伴う土砂災害の規模の増大等に対し、必要に応じて警戒区域等の見直しを行う。

さらに、都市計画において市街化区域の設定が行われる場合等には、土砂災害警戒区域等の土砂災害の危険性がある区域が含まれないようにする。

2) まちづくりの新たな展開

河道で流せる流量には限りがあることから、まちづくりと併せて積極的に雨水の貯留・浸透・流出抑制機能を流域で増やすことがより一層重要となってきた。

また、低炭素社会の実現に向けて浸水対策による安全性の確保と併せて、CO₂削減による環境負荷の低減が重要である。

具体的には、水害リスクの低減と、水辺景観や親水性の確保に加えて、河川の持つ水辺や緑地の空間の重要性を踏まえ、ヒートアイランド現象の抑制やCO₂削減効果を兼ね備えた河川整備などを進めるべきである。

- **低炭素型及び水災害適応型のまちづくり**

エネルギーの効率が良く、治水対策を実施しやすい住居等の集約型のまちづくりや、太陽エネルギーの活用などCO₂削減効果の高い住宅と大規模調整池を一体として整備するレイクタウンのような、低炭素型及び水災害適応型のまちづくりを進める。

- **都市河川の緑化**

水害対策や水防に資する河畔林の形成と併せて水辺の緑化を推進する。これにより、都市空間に水辺や緑を増やすとともに、流域にある公園や緑道などの緑地帯と緑のネットワークを形成し、風の道を確保する。

- **河川の再生**

都市化が進展する中において、コンクリート化された河川や暗渠化された河川などについては、その再生を図り、都市の中に水辺や緑地空間を形成し、都市空間に水辺や緑と風の道を確保する。

- **雨水の貯留・浸透・流出抑制のための施設の推進**

特に中小河川において降雨の急激な流出を緩和するため、流域全体の保水対策として雨水の貯留・浸透・流出抑制のための施設を、都市計画の中で下水道と十分に連携しつつ配置し、条例等による規制や助成等を用いて推進する。

3) 住まい方の工夫

浸水や土砂災害による被害が想定される地域においては、住宅の被害軽減と早期復旧・復興のため、浸水に強い建築構造や土砂災害の発生を想定した建築構造を採用するなど住まい方に工夫が必要である。また、浸水被害を想定し、電源やコンピュータ等の電子機器等の配置、災害時要援護者の居室等、安全・安心を考えた建築物の利用、止水板や土のうによる水防など自衛策を考えることが重要である。

- ・ **水害等に強い住まいの工夫**

住宅を長期的に良好な状態で利用できるようにするため、浸水被害の想定される地域においては、耐震性などとあわせて、浸水や土砂災害に強い建築構造を考えることが重要である。浸水に強い建築構造としては、高床式の構造やRC構造などが考えられ、土砂災害に強い建築構造としては、住宅の壁をRC構造で補強することなどが考えられる。

一方、住宅の長期的に良好な状態での利用を想定する場合には、あらかじめ浸水想定区域図等により、浸水区域を避けて建築することも検討すべきである。

4) 自然エネルギーの活用

地球温暖化・ヒートアイランド対策を推進するため、河川水などの未利用の自然エネルギーを活用したヒートポンプを導入すること等により、効率的なエネルギー利用を図る。

(3) 危機管理対応を中心とした適応策

施設整備を重点的に実施したとしても、水害や土砂災害、高潮災害等を完全に防御できず、社会・経済活動や生活活動に影響が及ぶ。また、突発的な大規模災害に対しては、減災に向けて発生時に速やかな対応が可能となるように平常時からの備えが必要である。こうしたことから、大規模災害に対し、平常時における予防的な施設整備とあわせて、危機管理の観点から一体的に減災や復旧・復興対策を講ずる必要がある。

1) 大規模災害への備えの充実

壊滅的な被害を回避し、復旧・復興を早期に達成して、社会・経済活動や生活活動を継続していくため、危機管理対応の充実・強化の一環として、国による広域的な災害支援体制の強化や広域防災ネットワークの構築など大規模災害への備えを充実させるべきである。また、国と地域が

連携して、万が一堤防決壊・氾濫した場合の緊急対策、氾濫域等における氾濫流や排水の対策、大規模土砂災害への迅速・適切な対応を考える必要がある。

- ・ **広域防災ネットワークの形成**

氾濫による道路の浸水は、避難誘導、被災箇所の応急復旧対策、排水機場への燃料輸送等を困難とし、迅速な復旧活動の障害となるとともに、復興段階においても長時間物資輸送を不可能とするなど影響が大きい。このため、防災ステーションや資材備蓄場等から災害箇所へのアクセスを確保する広域防災ネットワークの構築が重要である。具体的には、浸水しにくい堤防及び緊急用河川敷道路と高架道路等を連結し、ネットワークを形成すること等が考えられる。

- ・ **復旧・復興のための排水対策の策定**

大規模な洪水氾濫が発生すると、広範囲に浸水し、氾濫源の地形により、また、堤防・盛土等が障害となることにより浸水が長期間に及ぶ可能性があり、社会の混乱が長期化するため、悪影響をより小さくする必要がある。このため、早期に被災施設の復旧、被災地域の復興を可能にするため、排水ポンプや水門の確実な操作により氾濫水の迅速な排水を行うほか、非常用排水樋門の整備も推進する。

2) 新たなシナリオによるソフト施策の推進

施設整備の効果は、確実であっても限られていることから、施設整備と一体となった情報伝達、水防、避難、救助、復旧・復興などのソフト施策を併せて推進する必要がある。安全性を高め、適切にソフト施策を運用するため、従来のシナリオだけではなく、気候変化による外力の規模や発生時期の変化を考慮した新たなシナリオに基づき、活動を検討する必要がある。

また、人口が減少していく少子高齢化社会において、地域における自助、共助が被害の軽減に必要なため、防災に関する情報提供や住民等との双方向の情報共有などを積

極的に行うとともに、地域一体となった備えができるように水害、土砂災害、高潮災害に対する地域防災力の向上に向けた取り組みを推進する。

- ・ **避難活動の支援**

ゼロメートル地帯などの低平地においては、周辺に避難場所が少なく、また、人口が稠密している地域では、避難場所の確保が難しい。このため、これらの地域において高層建築物等を緊急避難場所として設定する際には、ハザードマップや災害リスクなどの情報を提供し、これらの円滑な設定を支援することが重要である。

また、速やかな避難を実施するためには、早期に被害を受ける可能性がある住民や土地に不案内であっても避難場所への経路が容易に入手でき、河川の水位や氾濫情報、土砂災害情報などをどこでもリアルタイムで入手できるユビキタス社会を実現していくことが重要である。

3) 洪水予報・土砂災害警戒情報や水防警報の予警報等の強化

水防活動や住民避難、応急復旧等の危機管理対応を的確に行うためには、洪水、土石流、高潮等の現象や時期、規模等を事前に予測し、洪水予報、水防警報等の予警報として関係機関や住民に伝達することがますます重要となる。

土砂災害警戒情報についても、災害発生の切迫性が分かる、よりきめ細やかな情報を提供するとともに、情報の精度向上を行うなど高度化を推進し、体制を強化する必要がある。

- ・ **洪水予報のための組織、体制の整備**

適時適切な災害時の応急対応や住民避難の実施の観点から、気候変化による新たな現象も視野に入れた予測の実用化や精度向上、対応のためのリードタイムの確保、伝達の多様化・迅速化等による予警報技術の強化は、重要な課題である。このために必要となる気象・水象・地

象に関する観測の充実や関係機関との観測データの共有化に向けた専門的な組織体制を整備し、適切かつ効率的な業務執行と人材を育成する必要がある。

(4) 渇水リスクの回避に向けた適応策

気候変化に伴う渇水リスクの回避に向けた適応策としては、総合的水資源マネジメントの新たな最重要課題として位置付け、水系ごとに調整のとれた管理を計画的に推進していく必要がある。

適応策の検討に当たっては、まず、水利用には、上水道処理をはじめエネルギーの消費やCO₂排出量の増加を伴うといった認識を持つことが大切であるとともに、気候変化に関する長期的見通しを立てることが困難であるといった点に留意する必要がある。このため、平常時より需要マネジメントによる節水型社会を構築し、エネルギーやCO₂の削減に寄与するといったことが、適応策の土台として重要である。その上で、気候変化の結果として、深刻な渇水が発生した場合の国民への影響を最小化させるため、緊急的な水資源確保のための適応策が重要である。また、平常時より水資源供給施設の徹底活用や長寿命化等の適応策に取り組むことは、コストや早期効果発現の面で極めて有効である。既存施設の徹底活用等を図りながらも、不足分については新たに施設の整備を行う。さらに、将来の社会構造の変化に応じた水利用のあり方についても検討が重要である。

このような適応策は、水の最終利用者までを含む水資源に関係する者が連携し、水系ごとに一体として調整のとれた管理を計画的に推進することが最も有効である。この際に、各適応策は、短期、中期、長期といった時間軸で整理し、必要となるコストとエネルギーを考慮しながら検討し、順応的な対応を図ることが重要である。

1) 需要マネジメントによる節水型社会の構築

限られた水資源を有効に利用するため、平常時より需要マネジメントを行い、節水型社会を構築していくことが重要である。具体的には、国民の節水に関する意識の高揚と

徹底のため、広報活動を実施するとともに、例えば、国民や節水型水使用機器を開発する企業まで含めてインセンティブが働く各施策や義務付け等の規制施策を講じて行く必要がある。また、工業用水等の再利用率の一層の向上、雨水利用の推進に努めるとともに、最近の膜処理等の水処理技術の活用等により、下水の再生水利用の一層の推進に努める必要がある。

2) 緊急的な水資源の確保

深刻な渇水が発生した場合には社会・経済活動への想定できない影響が懸念されることから、緊急時における水供給体制等を確立しておくことが重要である。具体的には、水が危機的に不足する地域への水バッグによる輸送や連絡管の整備による水の相互融通、移動式海水淡水化施設による水の供給、多様な備蓄等を推進する必要がある。さらに、水系内の利水者間の水融通のための渇水調整等も必要である。

3) 水資源供給施設の徹底活用・長寿命化等

これまでに蓄積された既存施設の有効利用、長寿命化、再編や運用の変更による効率化などにより水資源供給施設の徹底活用を図る。具体的には、ダムの高上げや堆砂の排除、ダム群連携や容量の再編、ダムのオペレーションの高度化等を行う。また、既存施設の徹底活用等を図りながら、なお必要な新規施設についても整備を進めていく必要がある。

(5) 河川環境の変化への適応策

河川環境は様々な要素から成り立っており、気候変化の観点からの河川環境の変化については、知見やデータが少なく、河川環境全体の変化を把握、予測することは困難な状況である。このため、モニタリングの強化により、知見やデータの蓄積を図るとともに、河川環境の変化と気候変化の関係を分析し、河川環境の管理のあり方を検討するとともに、適切な河川管理に努める。

(6) 気候変化による影響のモニタリングの強化

緩和策への取り組みや社会条件の変化など不確実性がある中で、外力の変化の予測についても予測値に大きな幅が存在する。こうした中で、調査・観測によるモニタリングは重要であり、気候変化の把握を目的としたモニタリングを行う。

各流域や沿岸域において調査・観測してきた雨量、水位、流量、潮位、波高、水質、流出土砂量、河道形状、生物、被災状況等のデータを活かして、関係機関と連携のもとに気候変化に伴う外力の変化をモニタリングすべきである。外力の変化を適切に調査・観測できるように指標を明確にし、現在の調査・観測方法などを検証して、必要に応じて改善や新たな技術の導入を図る。

モニタリングの結果は、データベース化し、定期的もしくは適宜とりまとめ、適応策の検討に反映するとともに、わかりやすい形で公表する。また、気候変化に関するデータは、関係機関が相互に提供し、協力することが重要である。

6. 適応策を講ずるに当たっての課題

不確実性のある気候変化の適応策を講ずるに当たっては、様々な課題が想定されるが、ここでは主な課題を列挙する。これらについては、知見やデータが少なく研究レベルのものや広範な関係者に関わるものもあるが、適応策に関わる部分には国土交通省が責任を持って取り組むべきであり、課題に応じて政府全体での取り組みや省庁連携に加え、産・学・官の協力体制を作り、新しい知恵を導入する枠組みづくりを考えるべきである。

- ・ 気候変化による外力の変化の把握（予測、調査・観測、分析等）
- ・ 災害リスクの評価方法及び評価結果の公表
- ・ 流域等での安全確保の考え方と進め方
- ・ 河川生態系や水・物質循環系への影響予測と評価の方法

IV. 適応策の進め方

1. 進め方の基本的な考え方

治水は、長期的な計画の下で整備を進めるものであることから、外力変化を適切に想定し、継続している治水の施策の中に、気候変化への適応策を組み込んでいく必要がある。

このような前提の中で、以下のような基本的な考え方に基づき適応策を進めていく必要がある。

(1) 政府全体の取り組み

適応策の重要性にかんがみ、政府が一体となって適応策に関する取り組みを推進すべきである。中央防災会議など関係機関が会する場で適応策の議論がなされるように積極的な働きかけが必要である。

(2) 国民との協働

適応策の策定・実施に当たっては、国民との協働が不可欠である。このため、気候変化による水害や渇水被害、土砂災害、高潮災害等の激化や国土・社会への影響について、広く国民に理解が得られるよう様々な機会を通じて分かりやすい情報の提供に努める必要がある。

また、各種災害の被災経験や河川、砂防や海岸に関する知識が少ない住民が多くなっているため、災害に関する基礎知識や災害時に取るべき行動などの防災基礎教育や河川環境教育が体系的に行われるよう、河川管理者等は関係機関と連携し、支援を行う必要がある。

(3) 予防的措置への重点投資

投資余力の限られている中で、特に脆弱化が予想される施設や地域、人口・資産や中枢機能の集積する地域における予防的措置への重点投資を考える必要がある。

(4) 優先度の明確化

限られた予算の中で気候変化への適応策を強化するためには、包括的な施策メニューだけでなく、選択と集中により優先すべき施策や箇所を明確にする必要がある。

(5) ロードマップの作成

今後、5年、10年といった短期・中期的な視点から、さらに長期を見据えた国土計画に反映させるような視点まで、時間軸を設定した上で、短期、中期、長期の施策を展開する必要がある。このため、時期ごとに災害リスクの評価を行い、明確なロードマップを作成する必要がある。作成に当たっては、時間とともに気候変化の影響や社会状況の変化が見込まれるため、予測等の不確実性を考慮し、選択の幅の広い柔軟な対応を採れることが重要である。

(6) 順応的なアプローチの採用

気候変化の予測等に不確実性がある中で適応策を検討するため、今後の観測データや知見の蓄積に応じてロードマップを修正していく順応的なアプローチを採用する。

予測やモニタリングの結果に応じて、社会への影響を鑑み、適宜、適応策の内容や組み合わせ、優先順位を検証し、手戻りのない選択、見直しを行う。この際、予測は長期的な予測と併せて行う。

(7) 関係機関等との連携

適応策を総合的に検討する場となる流域においては、河川管理者だけでは達成が出来ないことも数多くあるため、住民や地方公共団体等の協力を得ることや、連携しながら進めていくことが不可欠である。例えば、地域づくりからの適応策を進めるにあたっては都市計画や住宅及び農業関連部局等、危機管理対応を中心とした適応策では道路や下水道部局、消防関連部局、警察、自衛隊等、渇水に対する適応策では利水部局等と連携が必要となる。このため、災害リスクやロード

マップを示し、利害関係者間の調整や適応策の総合的な取り組みを行うことにより、水に関する様々な部門の統合的な管理を行うことが必要である。

(8) 新たな技術開発と世界への貢献

気候変化による影響評価や適応技術において、産・学・官の連携の下に新たな技術の開発とその積極的な活用を図る。また、我が国の経験、施策、技術を積極的に発信し、強いリーダーシップを発揮して全世界的に貢献できるよう科学技術外交を積極的に推進する。

(9) 調査・研究の推進と治水計画への反映

気候変化に伴う水害や渇水被害、土砂災害、高潮災害等のリスクの変化に関する調査・研究を大学や研究機関等と連携して推進し、治水計画等へ反映する。

2. 適応策の実施手順

次の新たな知見の進展となる IPCC 第5次評価報告書等が出される頃までの5年程度の期間を第1段階として設定し、適応策を講ずるに当たっての課題(Ⅲ-2.6)について検討すべきである。また、今後増加していく外力への対応を含め施設整備の再設定を行うとともに、ロードマップを作成し、重要な適応策と評価される取り組みについては直ちに重点的に実施する。

続く期間を第2段階として設定し、第1段階での取り組みを評価して、その結果に基づく優先度に応じて対策を実施するとともに、新規に効果的、効率的な適応策については重点的に実施する。これにより、ロードマップを修正する必要がある。また、設定した治水政策や適応策は、河川整備基本方針、河川整備計画等に反映するとともに、国土形成計画など国土づくり・地域づくりのビジョンに反映し、「水災害適応型社会」を構築する。

第2段階以降では、社会状況の変化、検討により得られた各種の知見の蓄積、モニタリングの進展や災害の発生状況に伴う設定条件の変化も考えられることから、これらを踏まえた適応策を段階的に取り入れることが重要である。この際必要に応じて、施設整備の目標等の再設定も検討する。

また、世界への貢献としては、気候変化による水災害は地域によって影響の有無や度合は異なるものの世界共通の課題であるため、各国の首脳等に国の最重要課題として適応策の取り組みの重要性や国際協力の必要性を働きかける必要がある。技術面では先進的な予測・評価技術や情報技術を発信するとともに、アジア・太平洋地域においてグローバルモデルなどによる気候予測や国土・社会への影響予測への支援、適応策の立案、実施の支援を行うことが重要と考える。

なお、具体的な適応策及びその実施に当たっての技術的課題は今後取りまとめていく。

おわりに

I P C C 第4次評価報告書が公表され、より現実的な地球温暖化の影響が示された。我が国においても、様々な分野で地球温暖化に伴う気候変化への適応策の検討が進められており、小委員会では、水害や渇水被害、土砂災害、高潮災害等の激化による国土・社会への影響を考え、壊滅的な被害を回避し、「水災害に適応した強靱な社会」（水災害適応型社会）を構築するための適応策を幅広い観点から議論してきた。

現時点において、地球温暖化や社会条件のシナリオ、気候変化の予測計算等に不確実性はあるものの、外力の増大と国土・社会への影響をできるだけ具体的に想定し、目標を明確にした上で、これまでの治水や利水などの政策を見据えながら、新たに必要な適応策の基本的方向を明らかにしてきた。治水、利水及び河川や海岸の環境において未だ脆弱な我が国の国土において、気候変化は大きな影響を及ぼすが、信頼性の高い施設による安全性の確保を次世代に向けて着実に進めるとともに、社会条件の変化や社会構造の再構築の中で地域づくりと一体となった流域における適応策を進めるなどにより、この難しい問題に立ち向かっていかなければならない。

しかしながら、社会構造に関わるような適応策に関しては、河川部局単独で行えるものに自ずから限界があり、政府、関係省庁等が一体となって、住民や地方公共団体等の理解や協力・連携の下に推進することが極めて重要である。このため、政府や関係省庁等が一体となって水災害の適応策に取り組める仕組みを作ることが必要である。また、国土交通省は、流域の住民や関係機関、地方公共団体、企業等において水災害に対する共通認識が持てるように、わかりやすい情報を徹底的に公表し、適応策に関する合意を形成していく必要がある。さらに、今後とも気候変化の予測計算等の不確実性を減らし、適切な目標を設定する努力が必要である。

本答申の作成を契機に、より実効性の高い適応策を見出すとともに、適応策の進め方についても検討するために、社会資本整備審議会や国土審議会などの関係する分科会や中央防災会議などと幅広

く意見交換を行う必要がある。国土交通省は、本答申に基づき、直ちに実効性のある行動計画を立案し、実現に向けた努力を開始していただきたい。

また、2007年12月に開催された第1回アジア・太平洋水サミットにおいて、水問題の解決が最優先の課題であること、洪水、干ばつ、その他水災害の発生の防止などに早急に効果的な行動をとることなどが合意され、適応策の重要性については共通の認識となるに至った。7月に開催されるG8北海道洞爺湖サミットにおいても、水災害への適応策の重要性が認識され、安全で安心な世界が形成に向けた取り組みが推進されることを期待する。このため、本答申の内容が積極的に発信されることを望むものである。

社会資本整備審議会河川分科会

気候変動に適応した治水対策検討小委員会

委員名簿

- 委員長 福岡 捷二 中央大学研究開発機構教授
- 委員 池淵 周一 京都大学名誉教授
- 磯部 雅彦 東京大学大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻教授
- 沖 大幹 東京大学生産技術研究所教授
- 岸 由二 慶應義塾大学教授
- 木本 昌秀 東京大学気候システム研究センター
副センター長・教授
- 小池 俊雄 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻教授
- 重川希志依 富士常葉大学大学院環境防災研究科教授
- 中北 英一 京都大学防災研究所気象・水象災害研究部門教授
- 藤田 正治 京都大学防災研究所流域災害研究センター教授
- 藤吉洋一郎 大妻女子大学文学部教授
- 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
- 虫明 功臣 福島大学理工学群共生システム理工学類教授

※敬称略、五十音順

社会資本整備審議会河川分科会

委員名簿

分科会長 虫明 功臣 福島大学理工学群共生システム理工学類教授
委員 池淵 周一 京都大学名誉教授
岡島 成行 (社)日本環境教育フォーラム理事長
岸 由二 慶応義塾大学教授
越澤 明 北海道大学大学院教授
坂村 健 東京大学大学院情報学環教授
櫻井 敬子 学習院大学教授
田中 里沙 (株)宣伝会議編集室長
津田 和明 (独)日本芸術文化振興会理事長
福岡 捷二 中央大学研究開発機構教授
藤吉洋一郎 大妻女子大学文学部教授
松田 芳夫 中部電力(株)顧問
マリ・クリスティーヌ 異文化コミュニケーター
水戸部浩子 荘内日報社論説委員
山岸 哲 (財)山階鳥類研究所所長

※敬称略、五十音順