

提 言

気候変動下における水・土砂災害  
適応策の深化に向けて



平成23年（2011年）9月9日

日 本 学 術 会 議

土木工学・建築学委員会

地球環境の変化に伴う水害・土砂災害への対応分科会

この提言は、日本学術会議土木工学・建築学委員会地球環境の変化に伴う水害・土砂災害への対応分科会での審議結果を、取りまとめ公表するものである。

日本学術会議土木工学・建築学委員会  
地球環境の変化に伴う水害・土砂災害への対応分科会

委員長	小松 利光 (連携会員)	九州大学大学院工学研究院・教授
幹事	清水 康行 (連携会員)	北海道大学工学研究科・教授
	池田 駿介 (第三部会員)	(株)建設技術研究所池田研究室長 東京工業大学・名誉教授
	今村 文彦 (連携会員)	東北大学工学研究科・教授
	沖村 孝 (連携会員)	神戸大学・名誉教授
	日下部 治 (連携会員)	東京工業大学理工学研究科・教授
	小池 俊雄 (連携会員)	東京大学工学系研究科・教授
	寶 馨 (連携会員)	京都大学防災研究所・教授
	竹内 邦良 (連携会員)	(独)土木研究所・水災害リスクマネジメント国際センター長 (ICHARM)
	田村 幸雄 (連携会員)	東京工芸大学工学部・教授
	道奥 康治 (連携会員)	神戸大学工学研究科・教授
	望月 常好 (特任連携会員)	公益社団法人日本河川協会・専務理事

本提言の作成にあたり、以下の方にご協力をいただきました。

多々納 裕一

京都大学防災研究所・教授

## 要 旨

### 1 作成の背景

日本学術会議「地球惑星科学委員会・土木工学・建築学委員会合同 国土・社会と自然災害分科会」では、平成20年6月26日に提言「地球環境の変化に伴う水災害への適応」を取りまとめた。その中では、地球温暖化による気候変動が進行すると、雨の強さや台風の規模、強さが増大して災害外力が大きくなるため、自然界の抵抗力をも含めた広義の防災力（災害免疫力）との間のギャップが大きくなっていくこと、その結果、従来の考え方では対応できないような新しいタイプの、もしくは複合型の災害が起こってくることを示唆され、そのような災害に対しても適応できる方策を早急に準備する必要があることが提言されている。

先の提言に引き続いて、適応策の更なる深化に向けて本提言を公表するものである。なお、本提言は当面の課題を提示したものであり、今後も継続して水・土砂災害適応策の実施状況を把握し、新たに必要となる支援策を具体化・推進していくことが重要である。このため、必要に応じて、さらに提言を行うこととする。

### 2 現状および問題点

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、その規模や津波の強大な破壊力によって壊滅的な被害をもたらし、日本のみならず世界を震撼させた。この巨大な自然災害から如何にして復興するか、今後の備えをどうすれば良いのか。国としてあるいは地域としての基本的な考え方が今問われている。すなわち国土構造や社会構造、経済構造をも含めた総合的な検討が求められている。なお、壊滅的な被害をもたらすのは地震や津波ばかりではない。同じ水災害である洪水や高潮、あるいは深層崩壊による大規模な土砂災害によっても、同様の大規模かつ壊滅的な被災に至る可能性は高い。実際、近年起きている水・土砂災害の実態には大きな変化が現れつつある。2009年の台風8号（Morakot）による台湾の災害は、4日間で3000mmという総降雨量もさることながら、深層崩壊による大規模な土砂災害によって一村が一瞬にして消滅するという衝撃的な被害をもたらした。同じく2009年にはイギリスにおいても、日雨量が300mmを越えるといった1931年以来の記録を上回る豪雨[1]が発生した。2010年にはパキスタンの大洪水や中国南西部の洪水等が頻発し、2011年にかけてはオーストラリアをはじめブラジル、スリランカ、南アフリカなど世界各地での大洪水・大土砂災害の報告が相次いだ。我が国においても、2010年の奄美大島における豪雨など記録的な大雨による災害が続発しており、降雨の規模や、その発生頻度が増大してきている。

地球温暖化対策においては緩和策と適応策が車の両輪とされている[2]。し

かし、従来の議論の中心は緩和策であった[3]。近年、適応策への関心は急速に高まってきている[4]が、研究や実践の取り組みは十分でなく、その状況はまだ初期段階に留まっている[5]。また、地球温暖化の影響の内容や程度は、今後、時間の経過とともに変化し、また地域的にも異なるものとされている。一方、社会・経済条件も地域によって大きな相違があることから、これらを総合的に勘案することが要求される適応策の策定・実施には多くの困難を伴うこととなる[5]。国や地域としての基本的な考え方が確立されていない場合には尚更である。このことは水・土砂災害に関する適応策においても同様である。

しかしながら現時点で、あらかじめ水・土砂災害適応策の全体像を明らかにすることは極めて困難である。従って研究や実践の現状を把握して課題を抽出し、解決策を見出して実行するという一連のサイクルを着実に進めて行くことに重点を置かざるを得ない。災害実態事例に基づいてその変化を捉え、地球温暖化の影響に関する中長期的な視野を確立し、研究と実践の相互の連携を深め、新技術を開発し、経済影響を評価するなどの実践を通じて、適応策の深化を順次成し遂げていくというボトムアップ型の取り組みが不可欠なのである。

### 3 提言の内容

#### (1) 災害外力の増大に先んじた水・土砂災害適応策の推進

水・土砂災害適応策に関係する政府、自治体、企業、研究機関をはじめ、社会全体は、時間の経過とともに増大する災害外力に対して対抗できるよう、以下の点を含め、常に先手を打って適応策を推進するべきである。

##### ① 災害事象の変化に対応した新防災技術体系の確立

すでに顕在化しつつある深層崩壊を伴うような、水害、土砂災害の複合事象は、従来の防災対策の枠組みでは極めて対処が困難な新たな災害事象となってきている。こうした災害事象に対する対策展開の時間を確保するため、関係する研究者は、前兆を読み取って研究開発を促進することにより、例えば流水型ダムの災害複合化影響に対する軽減効果を明確化するなど、新たな防災技術体系の確立を急ぐべきである。また、日本学術会議は、これを支援する措置を講じるべきである。

##### ② 地域における適応策の検討・実践の促進

社会がハザードやリスクに対する理解を深めることで被害を軽減し、また被災後の復旧・復興力をつけるための時間を確保するため、日本学術会議は、早急に地域における適応策の検討・実践を促すとともに、取り組みの中核となる実践者と研究者間の連携強化や各地域間の連携強化によって、適応策に関する知見の深化を図るための措置を講じるべきである。

## ② 巨大災害による世界的経済影響に関する研究の促進

東北地方太平洋沖地震は、地震・津波によって甚大な直接被害を生じさせただけでなく、ライフラインや交通機関の停止をはじめ生産・ビジネス機能の停止、またそれに伴うサプライチェーンへの影響等により、日本国内のみならず世界全体に被災の影響を大きく波及させている。同じ水災害である洪水・高潮、あるいは深層崩壊による大規模土砂災害によっても同様の影響が生じる可能性が高い。したがって、今後の施策展開のための基本情報として、関係する研究者は、巨大災害による日本全国ならびに世界への経済影響に関する研究を急ぐべきである。また、日本学術会議は、これを支援する措置を講じるべきである。

## ④ 国土構造等のあり方を含めた総合的な検討・研究体制の確立

政府は、東北地方太平洋沖地震による壊滅的な被災実態を踏まえ、地震・津波のみならず、気候変動によってもたらされる大規模な洪水・高潮・土砂災害をも対象として、国土構造・社会構造・経済構造のあり方を含めた総合的な検討・研究体制を確立するべきである。

## (2) 水・土砂災害適応策をさらに進めるための方策の推進

水・土砂災害適応策をさらに進めるために、政府及び関係者は、以下の措置を講じるべきである。

### ① 適応策年報等の作成

適応策は、水・土砂災害対策のみならず、ほぼすべての分野で相互に連携をとりながら検討・実行していく必要がある。政府は、直接影響を受ける人の健康や農林水産業などの分野をはじめ、社会経済活動を支えるインフラ分野など、関係する全分野を網羅した適応策年報を作成するとともに、統一的な気候変動予測を定期的実施することにより、適応策に関する基礎的な枠組を整備するべきである。

### ② 基礎的な技術研究の推進

観測データの変動傾向解析や防災インフラの機能確保のための管理技術、リスクの把握とその認知に関する研究開発など、基礎的な技術研究をより積極的に推進するべきである。

### ③ 組織間の問題意識統合に向けた研究等の推進

適応策の取り組みには多分野の組織、人材が関係する。このため、組織間の問題意識統合と適応策の円滑な実施のための仕組み構築等に関する基

礎的な研究を推進し、仕組み等の構築の試行を実施するべきである。

#### ④ 国際協力と国内対応の融合及びこれを担う人材育成の推進

適応策を深化させるためには、国内外の幅広い知見を集積することが重要である。このため、国際協力と国内対応を融合させ、相互の情報共有を通じて、国内、国際の両分野で活躍できる人材を育成するための環境を整えるべきである。

### 目 次

1	はじめに	1
2	最近の水・土砂災害	3
	(1) 国内の最近の事例と教訓	3
	(2) 台湾の事例と教訓	5
3	温暖化の進展を踏まえた重層的な水・土砂災害適応策の実施	8
	(1) 地球温暖化に伴う災害外力の程度に応じたレベル区分	8
	(2) 洪水・高潮・土砂災害の現状と展望	9
4	適応策のための具体的方策	10
	(1) 地域における適応策の模索・実践	10
	(2) 温暖化の進展に伴い考慮すべき災害事項と対応技術の方向性	11
	(3) 経済的影響の評価と総合的な治水対策のための方法論検討の必要性	13
5	水・土砂災害適応策をさらに進めるために	15
	(1) 国としての適応策に関する基礎的な枠組の整備	15
	(2) 水・土砂災害適応策を支援する基礎的な技術研究の促進	15
	(3) 組織間の問題意識統合と適応策の円滑な実施のための仕組み等に関する基礎的な研究及び仕組み等構築の試行	16
	(4) 国際協力と国内対応の融合	17
6	提言	18
	(1) 災害外力の増大に先んじた水・土砂災害適応策の推進	18
	(2) 水・土砂災害適応策をさらに進めるための方策の推進	19
	<参考文献>	20
	<参考資料1> 土木工学・建築学委員会 地球環境の変化に伴う水害・土砂災害への対応分科会審議経過	23
	<参考資料2> 洪水・高潮・土砂災害の現状と展望	24

## 1 はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、その規模や津波の強大な破壊力によって東日本に壊滅的な被害をもたらし、日本のみならず世界を震撼させた。この巨大な自然災害から如何にして復興するか、今後の備えをどうすれば良いのか。国として、あるいは地域としての基本的な考え方が今問われている。提起されている課題は「防災」という言葉では語り尽くせない。国土構造や社会構造、経済構造をも含めた総合的な検討が求められている。

本分科会は気候変動によってもたらされる水・土砂災害の激化に如何にして対処するかという問題意識からこれまで検討を進めてきた。この津波による壊滅的な被災状況を目の当たりにして、一つには、同じ水災害である洪水や高潮、あるいは深層崩壊による大規模土砂災害によっても同様の大規模かつ壊滅的な被災に至る可能性が高いこと、二つには、被災の影響が日本全国ならびに世界に及び、影響分野も多岐にわたるなど、その甚大さを含め、現在に至るまで検討を進めてきた我々の問題意識が如何に狭かったかを思い知らされた。

実際、近年生じている水・土砂災害の実態には大きな変化が現れつつある。2009年の台風8号(Morakot)による台湾の災害は、4日間で3000mmという総降雨量[1]もさることながら、深層崩壊による大規模な土砂災害によって一村が一瞬にして消滅するという衝撃的な被害をもたらした。同じく2009年にはイギリスにおいても日雨量が300mmを越えるといった1931年以来の記録を上回る豪雨[1]が発生した。2010年にはパキスタンの大洪水や中国南西部の洪水等が頻発し、2011年にかけてはオーストラリアをはじめブラジル、スリランカ、南アフリカなど世界各地での大洪水・大土砂災害の報告が相次いだ。我が国においても、2010年の奄美大島における豪雨など記録的な大雨による災害が続発しており、降雨の規模やその発生頻度が増大してきている。

地球温暖化対策においては緩和策と適応策が車の両輪とされている[2]。しかし、従来の議論の中心は緩和策であった[3]。近年、適応策への関心は急速に高まってきている[4]が、研究や実践の取り組みは十分でなく、その状況は初期段階に留まっている[5]。また、地球温暖化の影響の内容や程度は、今後、時間の経過とともに変化し、また地域的にも異なるものとされている。一方、社会・経済条件は地域によって大きな相違があることから、これらを総合的に勘案することが要求される適応策の策定・実施には多くの困難を伴うこととなる[5]。国や地域としての基本的な考え方が確立されていない場合には尚更である。

このことは水・土砂災害に関する適応策においても同様である。このため、現時点で、前以って水・土砂災害適応策の全体像を明らかにすることは困難であることから、研究や実践の現状を把握して課題を抽出し、解決策を見出して実行するという一連のサイクルを着実に進めて行くことに重点を置かざるを得ない。災害実態事例に基づいてその変化を把握し、地球温暖化の影響に関する中長期的な視野を確立し、研究と実践の相互の連携を深め、新技術を開発し、経済影響を評価するなどの実践を通じて、適応策の深化を順次成し遂げていくというボトムアップ型の取り組みが不可欠である。

こうした災害を引き起こす災害外力の増大を見越して、既にトップダウン型の適応策の取り組みを本格化させている先進諸国もある。EU は 2007 年に適応策に関するグリーンペーパー[6]を出して加盟各国に呼びかけ、2009 年にはこれをホワイトペーパー[7]に格上げして、各国の積極的な取り組みを促している。2007 年に二度の大洪水に見舞われたイギリスでは、2008 年に適応策を含む気候変動法を成立させ、2009 年には統一的な温暖化影響予測である UKCP09 を策定し、これらに基づいて、政府の各機関のみならず電力などインフラ関連企業にも適応策を作成させるといった動きを加速させている[8]。オランダでは、2008 年に政府が組織したデルタ委員会が、国としての基本的な考え方を含め、地球温暖化影響を勘案して安全性を 10 倍にするといった内容の提言[9]を行い、これを実現させるための法制度の検討を進めている。なお隣の韓国でも、2010 年に 4 大河川の流域単位での温暖化影響予測結果[10]を発表し、これに基づいて治水・利水両面の対策の検討を進めている。法制度面で特に先行しているイギリスの取り組みにおいて特筆すべき点は、ア) 法律に基づいて適応策の策定を求めていること、イ) 気候変動予測を統一的に実施し、国全体で活用していること、ウ) 気候変動予測には不確実性を伴うため、これらの定期的な見直しを求めていること、エ) インフラ関連企業にも適応策の報告を求めていること、などである。

こうした災害実態や先進諸国の取り組み状況などを踏まえ、事例に基づいた災害実態の変化の把握、研究と実践の相互の連携、地球温暖化に対応した新技術、経済影響の評価などについての現状の把握等を通じて、地球温暖化影響に関する中長期的な見通しのもとに課題を抽出し、本提言としてとりまとめた。

## 2 最近の水・土砂災害

2008年6月の日本学術会議提言「地球環境の変化に伴う水災害への適応」[11]では、地球温暖化による気候変動が進行すると、雨の強さや台風の規模、強さが増大して災害外力が大きくなるため、自然界の抵抗力をも含めた広義の防災力（災害免疫力）との間のギャップが大きくなっていくこと、その結果、従来の考え方では対応できないような新しいタイプの、もしくは複合型の災害が起こってくることを示唆され、そのような災害に対しても適応できる方策を早急に準備する必要があることが提言されている。

災害外力の上昇により防災力との間に大きなギャップが生じてくることは、想像以上に深刻な問題である。ある地域を災害が襲うと、その災害外力が防災力と比べてはるかに大きいのが故にほとんど無抵抗に近い状態で発災し、その地域は蹂躪されることになる。別の地域を災害が襲えば同様のことが起きる。我が国の全ての地域の防災力を一様かつ速やかに引き上げていくことは、費用を度外視したとしても時間的に極めて困難で、温暖化影響の発現速度が速い場合には両者の乖離を埋めることができない。このため、最近起きている国内外の水・土砂災害を精査し、将来の災害の有り様についてその予兆・前兆を読み取って先手を打っていくことが重要となる。これによって適応策を構築していく時間を確保することが可能となる。

### (1) 国内の最近の事例と教訓

#### ① 兵庫県佐用町の水・土砂災害

2009年にはエルニーニョ現象やアジアモンスーン積乱雲の弱体化などの「異常気象」が各地で観測され、7月の中国・九州北部豪雨や8月の台風9号水害などが発生した。

台風9号による被害は兵庫県佐用町に集中し、同町内だけで死者18名、行方不明者2名、150棟を超える床上浸水と700棟以上の床下浸水が発生した。佐用での326.5mmの24時間雨量をはじめ、千種川・揖保川水系の各所で降雨記録が更新された[12]。

この災害のように河川整備が十分に進んでいない中上流部や中小河川に局地的豪雨が発生すると、治水施設の能力を超えるばかりではなく、集水面積が小さく洪水到達時間が短いため、リアルタイム情報伝達や避難などのソフト施策も機能しにくい。さらに、中上流部・中小河川の多くは、この被災地と同様に人口減少や高齢化が進む中山間地域であることが多く、ソフト施策を進める上での社会的制約が加わる。

佐用の水害では、佐用町役場や総合病院など防災・救援拠点となるべき基幹施設が浸水するとともに水位計が流失するなど、水害情報や危機管理に課題を残した。土木学会の調査によると、宍粟市、佐用町ともにハザードマップを利用しなかった住民の割合が50%、知らなかった住民の割合が35%など、地域住民の危機管理意識の低さが明らかになった。多くの犠牲者が出た支川の幕山川の事例からは、ハザード情報の空白地帯や避難情報の発信のあり方など、リアルタイムの事前情報に関する課題が浮彫となった。小流域に降雨が集中し、短時間で水位が急上昇したため、多くの人々が通常時

にはとても危険と思えないような小さな水路に避難途上に転落して流され、犠牲となった。避難に関する情報と方法によって犠牲の程度が大きく異なってくることから、水害情報や危機管理体制が如何に重要であるかが再認識される。

一方、当該地区を通過する高速道路の中国道が通行止めとなり、一般道へ迂回した地理に不案内な県外車両が洪水に流されて被災するなどの事態が生じ、高速道路管理者との連携体制を見直すことが新たな課題として示されている。水害や水防・復旧作業などに関する迅速な情報共有をはかり、被災地の交通状況に基づいて高速道路利用者をSAなどに待機誘導するなど、被災を最小化する工夫が求められる。一般的には災害に強い基幹道路は、避難経路であるとともに緊急輸送路にも利用されることから、避難計画を策定する上でも「河川－道路管理者」間の情報共有と管理連携が不可欠である。

## ② 岐阜県可児市の洪水災害

2010年7月15日の夕方から深夜にかけて239mmの降雨が、また1時間雨量では、岐阜県多治見市多治見で19時より80.5mmの猛烈な豪雨が、梅雨前線により可児市近辺にもたらされた。可児市土田の名鉄高架下のアンダーパス部において、冠水しているところに乗り入れて立ち往生した車が、増水して溢水した可児川からの水によって再び可児川まで流されて、2名の方が亡くなった[13]。

本水害の特徴は急激な水位の上昇と車が如何に水に弱いかを如実に示したことである。車は、金属でできていて動力源も有するため、人は車を強いものといひ思い込んでしまいがちだが、冠水した水で動けなくなるだけでなく、流水に極めて弱く容易に流されてしまうことを認識しなければならない。可児川から溢水した洪水流は立ち往生した乗用車を押し流しただけでなく、近くの駐車場に停めてあった数十台の大型トレーラーや大型トラックをいとも簡単に押し流して、アンダーパス部に山積み状態にしていた。概して一般の乗用車や軽自動車は、大型トラックよりさらに一段と流水に弱いので、一般市民への周知が必要である。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって発生した大津波により、多くの車両が浮いて流されている映像が繰り返しテレビで放映されていたが、改めて流水に対する車両の弱さを再認識させることとなった。

## ③ 奄美大島の水・土砂災害

2010年10月20日の奄美大島における豪雨災害では、河川の氾濫および土砂災害により、3名の死者と485棟の家屋の全・半壊という大きな被害をもたらされた。本災害の特徴は、元々奄美大島は我が国の中では多雨地帯であったが、住用町では時間雨量130mmの豪雨が2時間連続して起こるといふ未曾有の豪雨であったことである。このため豪雨が森林の保水力を大幅に上回り、緩やかな傾斜地にある住用町では山稜地から直接流出した大量の雨水により氾濫（以下「雨水氾濫」という。）が発生した。遮蔽物のない道路が排水路となって速い流れとなり、住宅地における急激な水位の上昇

と相俟って、雨水氾濫流の怖さを思い知らされる水害となった[14]。

住民の避難も、一旦流されたが途中樹木につかまって辛うじて助けられた人など、地域の連帯による共助で辛うじて助かったという人が多かった。この水害が昼間で児童が高台の小学校に登校していたので良かったが、夜間であればすぐ停電したこともあって、真暗闇の中での子供連れ避難は困難を極め、人命の損失は甚大なものになっていたであろうという多くの住民の話であった。本災害では、外水だけでなく、雨の降り方や場所によっては雨水氾濫による流れも十分破壊力を持ちうることで、住民一人一人が流水による危険に直接遭遇し、自分の身を守るための適切な判断を迫られたこと、従ってその場合は自助・共助の役割が極めて大きかったこと、身の回りのちょっとした備えが生死を分けたこと、などが浮彫となった。

なお、奄美大島の川内川上流部や住用川、冷川では川に流れ込んだ土砂が完全には流送されず、河床に堆積して残ることで1~2m程度の河床の上昇が生じており、この部分の治水安全度を大幅に低下させている。今後、降雨が今以上に強くなると多発する土砂災害が、大量の土砂を河川に供給することによって河床の上昇を引き起こす等、洪水と土砂災害の複合型の災害の発生を予感させるものとなっている。

## (2) 台湾の事例と教訓

2009年8月に台湾を襲った台風8号(Morakot)は、阿里山で24時間雨量が1,624mm、48時間雨量が2,361mm、72時間雨量が2,748mmという未曾有の大豪雨をもたらし、高雄県甲仙郷小林村が裏山からの深さ80mにも及ぶ深層崩壊土砂で埋まり、約500名の村民が一瞬にして亡くなった。最初の崩壊で村の2/3が埋まり、同時に村の前を流れる旗山川が堰止められて天然ダムが形成された。豪雨時で大量の河川水が流れていたため、天然ダム上流部はすぐに湛水して急激に水位が上昇し、天然ダムを越水して、ダムの形成から2時間足らずで天然ダムは決壊し、段波状の洪水が下流域を襲った[15][16]。

この天然ダムの決壊で小林村の残り1/3も土砂に埋まり、さらに下流では、橋梁の流失等の公共土木施設の被害、河岸侵食による建物の流失、洪水氾濫といった甚大な災害が発生した。天然ダムは、地震などによる土砂崩れなどによってもしばしば形成されるが、地震による場合は、決壊に至るまでに少なくとも下流住民が避難に要する程度の時間は確保されることが多い。一方、豪雨時での天然ダムの決壊は概してダム形成から短時間で生じるので、特に夜間山間部で起こった場合など、誰も気付かない内に一挙に段波が下流を襲うこともある。このため、警戒・避難等の危機管理が極めて重要となってくる。

我が国でも2005年の台風14号による豪雨では、宮崎県の耳川流域で3日間に1,200mmの降雨を記録し、耳川上流域で幅500mに及ぶ斜面崩壊により天然ダムが形成され、ダム上流側水位は60m以上上昇して、約2時間後には決壊した。幸いこのときは上流500mに既存の発電用コンクリートダムがあり、決壊前の貯留量が制限されたため大事には至らなかったが、この事象に誰も気付かず、後で知ったというところに大きな問題が内包されている[17][18]。

台湾のこの豪雨災害では、少なくとも 16 個の天然ダムの形成とその後の崩壊が確認されており、下流の被害の甚大化を助長している[19]。また、崩壊・決壊しなかった天然ダムも数多く残されており、残された大量の土砂が河床の上昇を引き起こし、今後に深刻な課題を投げかけている。なお、我が国においても天明 3 年の浅間山噴火により、大量の火山生成物が生じ、それが天明 6 年の洪水によって利根川に流出し、河床上昇を引き起して大水害をもたらした例がある。

我が国は、地球温暖化により将来亜熱帯化するといわれている。台湾は現在亜熱帯に属しており、現在台湾で起こっている事象が将来の我が国にそのまま当てはまらなくとも、そこから多くを学び取ることができる。今後我が国で起こり得ることを読み取り予測して、一歩先二歩先に手を打っていくことが、今後の温暖化による災害適応策の要諦と思われる。

前述のように近年の台湾では、台風や前線の影響による豪雨災害が相次ぎ、人々は洪水・土砂災害で甚大な被害を蒙っている。特に特徴的なことは、大量の降雨による洪水だけでなく、多くの斜面崩壊や土砂崩れなどを伴い、洪水と土砂災害が複合することで、災害が新たに空間的・時間的な拡がりを持つようになり、極めて対応しにくい状況が現出し始めていることである。これまでにない大量の降雨は多数の表層崩壊だけでなく、深層崩壊をも発生させる。小林村の例でも見られるように深層崩壊は表層崩壊と比べると桁違いに大量の土砂を生産するために、直接的な一次災害も大きくなるが、それによって天然ダムが形成され、短時間内に決壊して段波が下流を襲うことがある。従って従来発生箇所付近の局所的被害だけに留まっていた土砂災害が、下流の広い範囲に拡がり、また天然ダムの決壊により発生する段波・洪水流は、従来の水文学によって流域の降雨強度から計算される計画洪水流量より格段に大きいため、これまでに営々として築いてきた下流の堤防などの治水インフラ機能に重大な影響を与える。

更に、天然ダムは多量の土砂を抱えているが、天然ダムが崩壊したとしても土砂が全て海まで流送されるわけではないため、河道に残った土砂が河床を上昇させ、大きいところでは 10m~20m のオーダーで河床の上昇が起こっている。広い範囲に渡る大幅な河床の上昇は、短期間の土砂の除去が困難であることから、従来の治水計画のあり方が問われることになる(図-1 参照)。また、近年台湾では、大量に発生した流木が橋梁部で閉塞を起こすことで、橋梁の流失や洪水氾濫の原因となっており、流木が新たな複合災害の要因となるのではないかと危ぶまれている。このように、降雨強度や降雨量が大きくなるということは、線形的に洪水流量が増え土砂災害・流木災害が増えるという単純な図式ではなく、「複数の要因の相互作用により極めて厄介かつ深刻な状況を現出するようになる」ことが危惧されることである。

以上のように、最近の水・土砂災害の事例は、時間の経過とともに増大し複雑化する災害外力とこれに対応して強化を図るべき社会全体の防災力という構図を踏まえて適応策の推進を図る必要性を示唆しているものと思われる。

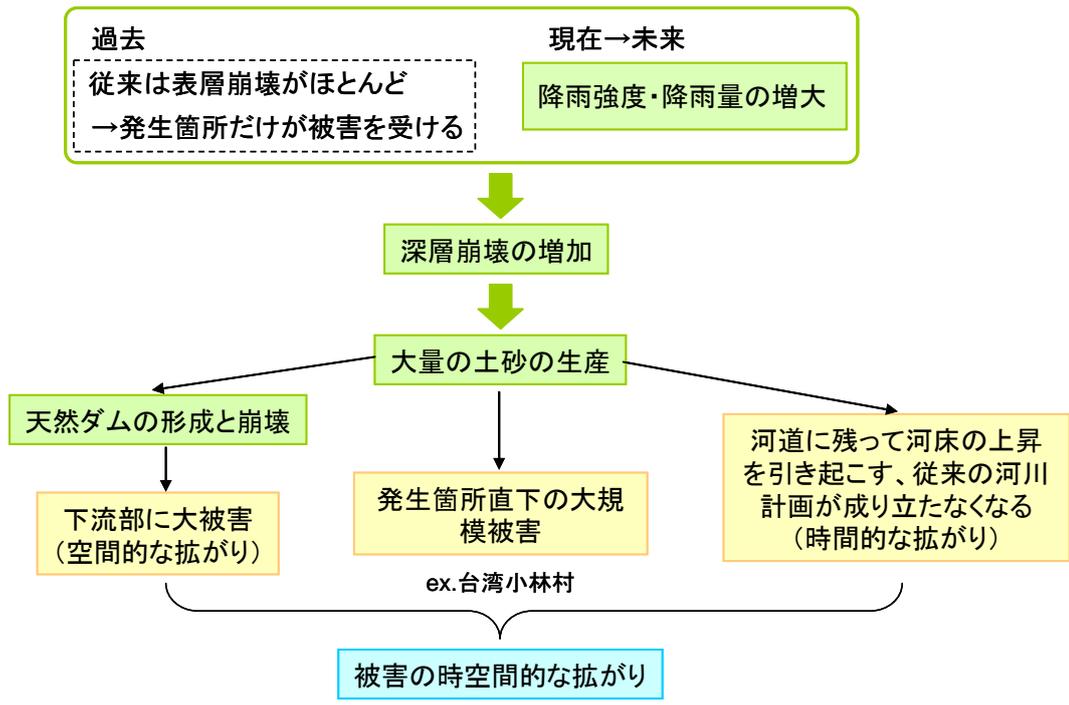


図1 土砂災害と洪水の複合による災害の時空間的拡がり



適応策の検討や実行にあたっては、時間の経過とともに気候変動の影響が大きくなり、年とともに順次レベル1からレベル4へと気象条件が変化していくが、レベルが高い段階の対策の実現にはより長い時間を要することから、先々のレベルへの備えを同時並行的に実施していく必要がある。特に、国としての、あるいは地域としての基本的な考え方が確立されていない場合、社会的な認識の醸成や社会の適応策への積極的な関与の実現には、制度面の整備を含めて相当程度の時間が必要であるため、早めの段階から対応していくことが重要である。

## (2) 洪水・高潮・土砂災害の現状と展望

我が国をはじめ台湾など各地の水・土砂災害の状況を見ると、現時点では前節の分類で言うところのレベル1は日常的に発生しており、一部ではレベル2、あるいはレベル3の段階に達するような具体的な事例が発生し始めていると言える。これに対する研究分野での取り組みとして、気象・台風・高潮の予測技術の進歩は目覚ましいものがあり、レベル2に相当する過去最大級程度の自然現象に関する解析や予測は可能な段階に来ている。しかしながら、深層崩壊や地滑りについては、そのメカニズムの解明はある程度進んでいるが、今後予測技術の一層の開発が必要である。特に、深層崩壊による天然ダムの形成とその崩壊現象については研究分野での早急な取り組みが必要である。

地方における水・土砂災害への適応策としては、熊本市、川内川流域、関川流域などで、初期段階ではあるが、すでに行政だけでなく地域も一体となったレベル2の取り組みの一部が始まっている。石狩川流域においては、検討の段階ではあるが、気候変動に対する産・官・学による適応策の検討委員会がレベル3対応に近い検討を進めている。

一方、大都市圏においては、東京都の低平地河川および港湾施設では既往最大レベルに対する従来型（レベル1）の取り組みが行われてきているが、今後はレベル2や3規模の災害への対応が必要となる。荒川下流で検討されている広域避難という概念はこれに対する新しい取り組みの例である。

今後、時間の経過とともにレベル2、レベル3の災害外力の発生が頻発してくるものと思われ、これに対抗していくために必要な時間を確保することが重要となる。以下に、先手を打って推進すべき適応策のための具体的方策を示す。

## 4 適応策のための具体的方策

### (1) 地域における適応策の模索・実践

社会自体が認識を深め自らも積極的に取り組むことは、適応策の効果発揮のために不可欠である[21]。例えば、防災インフラに対する社会的な理解の程度が低いと、整備の速度を早めることには困難を伴う。リスクに対する認識が無ければ、避難命令が出ても住民は避難しない[22]。また、電力などインフラ関連企業を例にとると、被災後の復旧体制の整備状況や重要施設に対する事前対策の実施状況は、被災後の復旧・復興に要する期間と密接に関係し、更に社会的・経済的なダメージの大小に影響する[11]。社会的・経済的ダメージに対する社会の認識や理解の程度は、料金値上げの許可が下りるかどうかといったような企業経営環境に影響を与え、その結果としてインフラ関連企業が実施する対策の内容や程度をも左右することが想定される。イギリスの電力（送電）会社である National Grid が政府に提出した適応策に関する報告[23]からは、関係者の理解を得る上での企業としての悩みや課題が読み取れる。

もともと水・土砂災害の中でも、規模は大きいものの発生頻度が低い災害に関しては、その発生可能性についてさえ社会の理解が得られにくい[24]。こうした障害を乗り越え適応策を効果的に機能させるためには、社会に直接働きかけて課題を抽出することから始めなければならない。実践の過程で研究課題を設定して研究を行い、その研究成果を再び実践に移すというサイクルを構成することになるため、研究者と実践者の連携が要請される。また、課題や前提となる諸条件は地域によって異なるため地域ごとに取り組むを進める必要があるが、各地域の研究者・実践者相互の情報交換は、適応策に関する理解を深めることにつながり、適応策を深化させることが可能となる。「防災対策のメニューは概ね出そろっているのに対策が実施されず、世界各地で被災が相次いでいるのは何故か？」という問いから始まった ICSU・ISSC・UNISDR の連携による「災害リスク統合研究計画」Integrated Research on Disaster Risk (IRDR)においても、研究者と実践者の連携による各地域の取り組みが基本となっている[25][26]。

以上のような問題意識のもと、当分科会では複数の地域を対象に、主として行政組織から取り組みの現状について情報提供をしてもらった。これらの組織の中には、適応策の必要性に関する認識を十分に持っていないケースもあった。こうしたケースでは、基礎的なデータ等の有無を把握していない、複数の施設管理者の一方の操作ミスによって同じ地域が被災するような場合でも管理者間の連携が不十分である、防災インフラ整備後の施設の劣化や土地形状の変化が被災の規模や形態に与える影響について把握すべきといった意識にも乏しい、など全般的に危機意識が低い傾向が見られた。また、行政内部のみで検討を進めている段階の組織においては、取り組みのスピードが遅い傾向が見られた。

一方、社会への働きかけを進めていて既にある程度評価すべき成果を挙げている組織であっても、社会科学系の研究者との連携は希薄であった。成功要因の分析と研究無しには適応策の深化は望めない。また、行政内部で実施するような技術的知見を除き、各

地域で得られた貴重な知見の相互共有が行われている事例は見いだせなかった。総じて言えば、地域における適応策の研究・実践は未だ初期段階にあると言わざるを得ない。適応策の実践は行政に与えられた従来の枠組みの外にあるとも言え、やむを得ない面もあるものの、環境省の「気候変動適応の方向性に関する検討会」の報告書[27]が、国・地方の行政組織を対象としてとりまとめられていることが示しているように、行政への期待は大きい。早急に地域における適応策の策定・実践を促すことが重要である。これらを踏まえ、以下の行動を起こすべきである。

- ① すでに地域において適応策の策定・実践を始めている研究者・実践者を対象として、相互に情報交換を行い、知見を高めることが可能となるような場づくりを行う。
- ② 地域における適応策の策定・実践に貢献する社会科学系の研究者を育成するための環境を整備する。
- ③ 適応策が進んでいない地域については、その原因を調査し、解決策を検討する。

## (2) 温暖化の進展に伴い考慮すべき災害事項と対応技術の方向性

気候変動による災害外力の増大によって、「今後想定外の（大規模）災害が発生するであろう」ことは現時点でも十分想定できることである。従って発災時に「想定外だった」は言い訳にはならない。その時に失われる人命等の重要性を考えれば、行政や関係機関は怠慢のそしりを免れない。要は、乏しい資源・予算であっても如何に真剣に先手を打って知恵を絞り、防災・減災をめざして労を惜しまず取り組んでいくかであろう。

### ① 災害外力と防災力とのギャップから生じる事象

水・土砂災害分野の災害外力の増大により防災力との間に乖離が生じて、新たな非平衡状態が発生したとき、このギャップから生じる事象として、大きく分けて①局所的にこれまでの想定より事象が早く起こってくる局所的・即時的な事象、②既存の防災施設が想定しているものとは異なり、その能力を超える複合的な事象が発生する巨大・複合的事象、の二つが考えられる。これは近年の雨の降り方に変化が見られ、ゲリラ豪雨のように一時的・局所的に強い雨を降らせて災害を引き起こすパターンと、1,000mm 近くもしくはそれ以上の大量の降雨により水・土砂の大災害を引き起こすパターンが顕著になってきていることに対応する。

- 1) 局所的・即時的な事象については、第2章(1)節の国内の災害事例のところでも述べたように局所的な豪雨による短時間の水位の急上昇に対して警報などが間に合わず、市民一人一人が危険に直面して判断を迫られる局面が増えてきており、そこで判断を誤ると命を落とすという事例が近年随所に見られる。市民一人一人が防災意識を高め、ハード施設の能力に限界があることから自助・共助の重要性や流水に対する車や人の歩行の脆弱性を認識することが重要である。
- 2) 災害外力の増大によって発生する巨大・複合的事象に対しては自助・共助では対抗できない。対抗策は国などの公共の力によらざるを得ない。この点については次項で詳しく述べる。

## ② 新たな技術的対応

新たな災害外力の増大に対し、現在の都市や地域社会はそれらが有する防災力では十分に対抗できず、その脆弱さを曝け出している。我が国3大都市圏のゼロメートル地帯での人口や資産の集中、地下鉄や地下街などの大深度地下利用などから、大きな災害外力が一撃すれば未曾有の大惨事につながる可能性が極めて高い。これらについての対策はまだほとんどできていないが、その危険性はほぼ想定できるので、技術的に対応できる可能最大外力を防災施設の設計対象とし、防災組織との有効な連携により想定される危険性に対応するなど、国としての、あるいは地域としての基本的な考え方が確立されれば、従来の技術を活用することで対処も可能である。一方、第2章(2)節で述べた台湾で現在起こりつつある事象は、災害の甚大化と水災害、土砂災害の複合化を示しており、対策が一段と困難となることが予想されるので、ここで詳しく述べることにする。

台湾南部の河川では2009年、2010年と相次いで大規模洪水災害、土砂災害に見舞われ、①大量の降雨 → ②深層崩壊 → ③大量の土砂生産 → ④天然ダムの形成と崩壊 → ⑤段波の下流部への襲来 → ⑥土砂の河床への堆積 → ⑦河床の大幅な上昇 → ⑧これまでの水文学により算定された計画高水流量や治水計画の適用不能、という連鎖反応を引き起こしている(図-1参照)。元々局地的・一時的だった土砂災害の影響が、洪水災害と相互に作用し合って、空間的・時間的な拮抗をもつことで対応を極めて困難なものとしており、小手先の対策などでは到底間に合わないものとなっている。このプロセスは国土の面積の約7割が山地・丘陵で占められる我が国でも将来当然起こり得る事象である。

これに対する新たな技術的対応の一つの方向性として、流水型ダム(穴あきダム)の流域展開を提案したい。元々、流水型ダムは河床近くに常時開いている排水路を有しており、通常は水は貯まらず、非常時である洪水時のみ貯水するため、環境への影響が小さく、水質の悪化などもない。しかしながらダム的一种ということで、他の貯水型ダムと混同されて反対意見が強く、現在新たな築造は困難な状況である。

流水型ダムは、洪水時のみ貯水するという河道外の遊水地と同じ機能を有することから、ダムというより河道内遊水地とも呼ぶべきものであり、水災害、土砂災害の同時生起による巨大・複合的事象に対しては以下のような機能発揮が期待できる。

- (a) 前述の④、⑤での天然ダムの崩壊・決壊による下流への段波の来襲を流水型ダムは一旦受け止めることで、下流域の洪水被害を大幅に軽減することができる。また流水型ダム下流では計画高水流量のレベルまで流量を落とすことができる。
- (b) 大量に河川に供給された土砂は洪水により下流に運搬されるが、洪水時は流水型ダムにも水が貯水されており、貯水池内で急激に流速が低下するためそこで土砂は沈降・堆積する。洪水後は水は貯水されず、湖底にまで容易にアクセス可能なので、貯水池内に堆積した土砂を重機などを用いて容易かつ集中的に撤去することが可能

で、土砂の残留による河床の上昇を防ぐことができる。

以上のように、流水型ダムは、水災害、土砂災害の同時生起による巨大・複合的事象に対して極めて有効であるだけでなく、本節（１）に述べた近年の局所的集中豪雨による短時間の水位の急上昇や不意打ちのような洪水の来襲に対し、山間部に設置された流水型ダムは洪水波形の急激な上昇を抑え、ピークをカットして遅らせて住民に避難する時間を与えるという効果も期待できる。こうした機能等に関する検討を早急に進め、国民の合意形成も含めて新たな適応策の１手段として位置づける必要がある。

### （３） 経済的影響の評価と総合的な治水対策のための方法論検討の必要性

前章までも述べてきたように、地球温暖化に伴う気候変動の増大は、降水の変動性を増大させ、大規模な水・土砂災害等の発生確率を増大させることが懸念されている。国土交通省の試算[28]によれば、100年後には、降水量が平均的に現在の1.1倍から1.2倍に増加し、最大1.5倍程度まで増加する恐れがあると推定している。このことは、1/200の安全度で整備された河川でも、100年後の安全度は概ね1/60-1/100程度に、1/100なら1/20-1/60程度にまで低下することに対応する。このことは、例え河川整備の基本方針で長期的に達成することが目指されている治水安全度（計画規模）を達成したとしても、その実効的な安全度は100年後には大幅に低下することを意味している。すなわち、計画規模を超える洪水が発生する確率が将来的に大きくなる可能性が高まってきている。

治水施設整備の費用便益分析マニュアルでは、計画規模までの洪水を対象とした氾濫計算をもとに、施設整備によって軽減される被害額を計算し、この被害軽減額の期待値をもって施設整備の便益とする方法がとられている。しかしながら、この一連の計算において想定される外力の上限は計画規模までであり、それ以上の外力（超過外力）については反映されていないのが実状である。

しかしながら近年、地球温暖化による気候変動は超過外力の発生確率を増加させることになるので、地球温暖化への適応策を考える際には、現行計画における超過外力を考慮することが不可欠であるとみなされるようになってきた。このような認識の下、我が国においてもいくつかの試算がなされている。内閣府中央防災会議は大規模水害対策に関する専門調査会を開催し、利根川・荒川における大規模水害を検討している。利根川・荒川の計画規模である200年に1度程度の洪水流量を想定し、破堤等によって生じる被害の様相が検討された。この結果を受け、岡安[29]は一般資産被害総額の試算を行っている。決壊地点の如何によって被害額は異なるものの、利根川右岸堤防決壊の場合は12兆円、荒川右岸堤防の決壊の場合は13.5兆円にも上る被害が想定されている。また国土交通省近畿地方整備局においては、地球温暖化に伴う大規模水害対策検討委員会が設置され、淀川・大和川等の河川における大規模水害対策が検討されようとしている。淀川左岸上流ブロックのように一般資産の集積が22兆円にも上ると推定される地域もあり、被災したときの大きな経済的影響が懸念されている[30]。

ただし、この一般資産被害には、ライフラインや交通機関の停止、金融やビジネス機能の停止等日本全国もしくは世界に被害が波及すると考えられる項目に関しては、被害額の算定に反映されていない。こうした被害の算定が極めて重要であることは、東北地方太平洋沖地震による壊滅的な被災の状況からも明らかであろう。地球温暖化に対応した適応策（代替案）を適切に立案していくためには、計画規模を超える超過外力、あるいは可能最大外力をも検討対象に加えるとともに、代替案によって軽減される被害額を適切に評価する必要がある。その際には、資産被害のみでなく、ビジネス・産業の機能喪失・低下やライフライン・交通機能の損傷に伴う社会経済的影響をも整合的な形で評価[31]していくことが求められる。

現状においては、施設整備計画は現行の計画を守り、現行計画で想定されている規模を上回る水準の洪水に対しては、主として、堤防の補強を含めたソフト対策を主体とした取り組みに期待が寄せられているが、ハード整備が現行の計画で十分であるという根拠はどこにもない。堤防補強の合理性を検討するための方法論や、他の非構造的手段による被害軽減方策（減災対策）の合理的な整備や評価のための方法論を確立することが急務である。

また、いくつかの論文[32][33]でも取り上げられているように、降水量に関して「定常性」を仮定することは、地球温暖化に伴う気候変動を取り扱う上で適切ではないと考えられる。このような状況下では、多々納[34]が主張しているように将来的に明らかになっていく知識を柔軟に取り込み、対象とする規模や実行手段を変更していくことを前提とした計画の考え方を導入することが不可欠であろう。また、非構造的手段の多くは、政府の行動のみによって決定しうるものではない。個人や企業等、民間の意思決定や行動の如何がその有効性を決定するような手段も少なくない。多様な手段、複数の意思決定主体を巻き込む形で検討するための、総合的な災害リスク管理の枠組みの整備が重要となる[35]。

## 5 水・土砂災害適応策をさらに進めるために

水・土砂災害適応策は未だ初期段階にある。これを深化させていくためにはトップダウン的アプローチとボトムアップ的アプローチを適切に融合させて進めていくことが効果的である[36]。社会がリスクを認識し、自ら積極的に取り組むことが重要であるが、このためには地域において適応策の取り組みを具体化することが必要である。一方、その過程で地域から多くの課題が提起されることが想定されるが、これを順次解決していくには国レベルの支援が不可欠となる。

また、適応策に関する知見を先進国、途上国を問わず多くの国々で幅広く集積することは、水・土砂災害適応策が未だ初期段階にあることから、極めて重要である。日本学術会議「自然災害軽減のための国際協力のあり方検討委員会」においても議論されているように、国内外の研究者、実践者間の情報共有を進め、併せて国内、国際共に活躍できる人材を育成していく必要がある。

先進諸国の動向等も踏まえて、水・土砂災害適応策に必要となる基礎的な事項を以下に示す。なお、これらについては、当面の課題を提示したものであり、本分科会の活動等を通じ、今後も継続して水・土砂災害適応策の実施状況を把握し、また新たに必要となる支援策を具体化・推進していくことが重要である。なお今後、国としての、あるいは地域としての基本的な考え方が確立された場合には、これと連動させていく必要がある。特に、東北地方太平洋沖地震の被災実態を踏まえると、国土構造・社会構造・経済構造のあり方を含めた総合的な検討・研究体制の確立が強く望まれる。

### (1) 国としての適応策に関する基礎的な枠組の整備

#### ① 適応策年報の作成

全国で展開されている適応策がどの程度進んだのか、当面の課題は何なのかといった情報は、全ての関係者で共有する必要がある。また、適応策は、直接影響を受ける人の健康や農林水産業などの分野をはじめ社会経済活動を支えるインフラ分野など、多様な分野にまたがるものであり、他分野の取り組み状況を把握していなければ当該分野の適応策も十分には機能させ得ない。このため、年報として、全国的な適応策の実施状況と展望をとりまとめ、公表するべきである。

#### ② 統一的な気候変動予測の実施・活用と定期的な改訂

適応策は多分野にわたるものであるため、分野ごとに異なった予測値を用いるとそれぞれの取り組みに齟齬が生じる。国として統一的な気候変動予測を実施し、これに関係する全分野が活用するようにするべきである。また、予測技術は日進月歩であり、緩和策の動向も勘案して、定期的に見直しを行うべきである。

### (2) 水・土砂災害適応策を支援する基礎的な技術研究の促進

#### ① 観測データの変動傾向解析

降雨量は水・土砂災害適応策の基本量である。現状では、降雨に関する気象モデルの予測値は、用いるモデルによって異なり、また値が小さめに算出されることが指摘されている[37]。このため、予測値の信頼性を高めるための研究を進める必要がある。一方で、過去の観測データから変動傾向を読み取ることも基本的に重要であり、このことは気象モデルの発展にも欠かせない。観測データを用いて降雨量の増加傾向を指摘した研究の成果[38]も報告されているが、広域のメッシュ値が対象であり、このままでは我が国の河川のような狭い流域には適用できない。流域面積が小さい我が国にも適用できるような観測データの変動傾向解析に関する研究を促進するべきである。

## ② 防災インフラの機能確保のための管理技術

インフラを整備するための技術と管理するための技術は内容がまったく異なる[39]。防災インフラは減災に決定的な効果を発揮するが、それは適切に管理されていることが前提となる。堤防を含めて多くの防災インフラの劣化が進んでいる現在、機能を確保するための管理技術の確立が急務である。このため、現場技術者による課題提起というボトムアップのプロセスを含んだ体制を整備するとともに、管理技術に関する研究を促進するべきである。

## ③ リスクの把握とその認知に関する研究開発

短時間降雨予報などを活用した水・土砂災害リスク事前把握技術の信頼性の向上をはじめ、氾濫流などの外力が連鎖的な影響をもたらして思わぬ被害を発生させるようなケースを含め、リスクの把握に焦点を当てた研究開発を促進するべきである。また、併せて、リスクを住民が認知し、これを回避する行動を起こすためにはどうすれば良いか、リスク認知を向上させるための方策に関する研究開発を促進するべきである。

## (3) 組織間の問題意識統合と適応策の円滑な実施のための仕組み等に関する基礎的な研究及び仕組み等構築の試行

### ① 組織間の問題意識統合のための仕組みに関する研究

適応策の取り組みには多分野の組織、人材が関係することになるが、それぞれが異なる目的意識を持つことは避けがたく、その上で如何にして問題意識を統合していくかは重要な研究課題である。そこでどのような仕組みが適切かといった観点からの研究を積極的に促進するべきである。

### ② 問題意識統合と適応策の円滑な実施のための仕組みや司令塔の構築

上記の研究結果を踏まえ、又は並行して、組織や人材間の問題意識統合と適応策の円滑な実施のための仕組みや司令塔などの構築を試行し、その効果を確認するべきである。

#### (4) 国際協力と国内対応の融合

- ① 適応策を深化させるためには、国内外の幅広い知見を集積することが重要である。このため、先進国、途上国を問わず、研究者、実践者間の国際的な情報共有の仕組みを整備すべきである。
  
- ② 国内、国際の両分野で活躍できる人材の存在は、国際協力の実を挙げるためにも、また適応策を深化させるためにも不可欠である。このため、こうした人材を育成するための環境を整えるべきである。

## 6 提言

事例に基づいた災害実態の変化の把握、研究と実践の相互の連携、地球温暖化に対応した新技術、経済影響の評価などについての現状の把握等を通じて、地球温暖化影響に関する中長期的な見通しのもとに課題を抽出し、提言として以下のようにとりまとめた。

なお、この提言は適応策の深化に向けた当面の課題を提示したものであり、今後も継続して水・土砂災害適応策の実施状況を把握し、新たに必要となる支援策を具体化・推進していくことが重要である。このため、必要に応じて、さらに提言を行うこととする。

### (1) 災害外力の増大に先んじた水・土砂災害適応策の推進

水・土砂災害適応策に関係する政府、自治体、企業、研究機関をはじめ、社会全体は、時間の経過とともに増大する災害外力に対して対抗できるよう、以下の点を含め、常に先手を打って適応策を推進するべきである。

#### ① 災害事象の変化に対応した新防災技術体系の確立

すでに顕在化しつつある深層崩壊を伴うような、水害、土砂災害の複合事象は、従来の防災対策の枠組みでは極めて対処が困難な新たな災害事象となってきている。こうした災害事象に対する対策展開の時間を確保するため、関係する研究者は、前兆を読み取って研究開発を促進することにより、例えば流水型ダムの災害複合化影響に対する軽減効果を明確化するなど、新たな防災技術体系の確立を急ぐべきである。また、日本学術会議は、これを支援する措置を講じるべきである。

#### ② 地域における適応策の検討・実践の促進

社会がハザードやリスクに対する理解を深めることで被害を軽減し、また被災後の復旧・復興力をつけるための時間を確保するため、日本学術会議は、早急に地域における適応策の検討・実践を促すとともに、取り組みの中核となる実践者と研究者間の連携強化や各地域間の連携強化によって、適応策に関する知見の深化を図るための措置を講じるべきである。

#### ② 巨大災害による世界的経済影響に関する研究の促進

東北地方太平洋沖地震は、地震・津波によって甚大な直接被害を生じさせただけでなく、ライフラインや交通機関の停止をはじめ生産・ビジネス機能の停止、またそれに伴うサプライチェーンへの影響等により、日本国内のみならず世界全体に被災の影響を大きく波及させている。同じ水災害である洪水・高潮、あるいは深層崩壊による大規模土砂災害によっても同様の影響が生じる可能性が高い。したがって、今後の施策展開のための基本情報として、関係する研究者は、巨大災害による日本全国ならびに世界への経済影響に関する研究を急ぐべきである。また、日本学術会議は、これを支援する措置を講じるべきである。

#### ④ 国土構造等のあり方を含めた総合的な検討・研究体制の確立

政府は、東北地方太平洋沖地震による壊滅的な被災実態を踏まえ、地震・津波のみならず、気候変動によってもたらされる大規模な洪水・高潮・土砂災害をも対象として、国土構造・社会構造・経済構造のあり方を含めた総合的な検討・研究体制を確立するべきである。

### (2) 水・土砂災害適応策をさらに進めるための方策の推進

水・土砂災害適応策をさらに進めるために、政府及び関係者は、以下の措置を講じるべきである。

#### ① 適応策年報等の作成

適応策は、水・土砂災害対策のみならず、ほぼすべての分野で相互に連携をとりながら検討・実行していく必要がある。政府は、直接影響を受ける人の健康や農林水産業などの分野をはじめ、社会経済活動を支えるインフラ分野など、関係する全分野を網羅した適応策年報を作成するとともに、統一的な気候変動予測を定期的実施することにより、適応策に関する基礎的な枠組を整備するべきである。

#### ② 基礎的な技術研究の推進

観測データの変動傾向解析や防災インフラの機能確保のための管理技術、リスクの把握とその認知に関する研究開発など、基礎的な技術研究をより積極的に推進するべきである。

#### ③ 組織間の問題意識統合に向けた研究等の推進

適応策の取り組みには多分野の組織、人材が関係する。このため、組織間の問題意識統合と適応策の円滑な実施のための仕組み構築等に関する基礎的な研究を推進し、仕組み等の構築の試行を実施するべきである。

#### ④ 国際協力と国内対応の融合及びこれを担う人材育成の推進

適応策を深化させるためには、国内外の幅広い知見を集積することが重要である。このため、国際協力と国内対応を融合させ、相互の情報共有を通じて、国内、国際の両分野で活躍できる人材を育成するための環境を整えるべきである。

## <参考文献>

- [1] 永井昌彦、『世界で多発する激甚な水災害』、河川、平成 22 年 10 月
- [2] IPCC. “Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers.” 2007  
[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_spm.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf)
- [3] Ford, D., James et al. “Case study and analogue methodologies in climate change vulnerability research.” WIREs Clim. Change. 2010
- [4] Moser, C., Susanne et al. “A framework to diagnose barriers to climate change adaptation.” Proc. Nati. Acad. Sci. 2010
- [5] America’s Climate Choices: Panel on Adapting to the Impacts of Climate Change. “Adapting to the Impacts of Climate Change.” National Research Council. 2010
- [6] Commission of the European Communities. “Adapting to climate change in Europe - options for EU action.” 2007  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0354:FIN:EN:PDF>
- [7] Commission of the European Communities. “Adapting to climate change: Towards a European framework for action.” 2009  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:EN:PDF>
- [8] Defra. “Adapting to Climate Change: helping key sectors to adapt to climate change. Findings from the Benchmark Reports for the Adaptation Reporting Power.” 2011  
[http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/RP\\_Defra\\_Summary.pdf#search](http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/RP_Defra_Summary.pdf#search)
- [9] Deltacommissie. “Working together with water. A living land builds for its future.” 2008  
[http://www.deltacommissie.com/doc/deltareport\\_full.pdf](http://www.deltacommissie.com/doc/deltareport_full.pdf)
- [10] 金 炳植 他、『韓国における気候変化対応未来水資源戦略』、河川、平成 22 年 10 月
- [11] 日本学術会議 地球惑星科学委員会・土木工学・建築学委員会合同 国土・社会と自然災害分科会、提言『地球環境の変化に伴う水災害への適応』、2008 年 6 月 26 日
- [12] 台風第 9 号災害検証報告書, 作用町台風第 9 号災害検証委員会, 2010 年 7 月 16 日.
- [13] 可児川水害報告会説明資料, 資料-2, 岐阜県県土整備部河川課, 2010 年.
- [14] 竹林洋史, 『2010 年 10 月奄美大島豪雨災害調査速報』, 河川災害シンポジウムテキスト, PP. 24-28, 自然災害研究協議会・(社) 土木学会水工学委員会, 2010 年 3 月.
- [15] Wang C. M. et al, 『Disaster caused by Typhoon Morakot』, Journal of the Taiwan Disaster Prevention Society, Vol. 2, No. 1, PP. 27-34 (in Chinese)
- [16] 中川一, 『天然ダムの決壊に関する研究の重要性』, 2010 年度 (第 46 回) 水工学に関する夏期研修会講義集, A コース, 土木学会水工学委員会・海岸工学委員会, 2010 年 8 月.

- [17] 調査報告書『平成 17 年台風 14 号の記録的豪雨による災害の調査と減災対策に関する研究』, 土木学会台風 14 号災害緊急調査団, 土木学会, 2006 年 6 月
- [18] 小松利光・押川英夫・塚原健一, 『2005 年台風 14 号下での土砂・流木による耳川の河道閉塞とその対策』河川技術論文集, 第 13 巻, PP. 399-404, 2007 年 6 月
- [19] 凡那比颱風事件重大受災集水区災後情勢分析正式報告〔中国語版〕, 中華民国, 2010 年 10 月
- [20] Dovers, R., Stephen et al. “Institutions and policy processes: the means to the ends of adaptation.” WIREs Clim. Change. 2010
- [21] 日本学術会議 地球規模の自然災害に対して安全・安心な社会基盤の構築委員会、答申『地球規模の自然災害の増大に対する安全・安心社会の構築』、2007 年 5 月 30 日。  
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/shimon-20-3.pdf>
- [22] 朝日新聞、『津波避難 3.8%どまり チリ大地震で指示・勧告の地域』、2010 年 3 月 9 日
- [23] National Grid Electricity Transmission plc. “Climate Change Adaptation Report.” 2010  
<http://www.defra.gov.uk/environment/climate/documents/interim2/national-grid-cca-report-100930.pdf>
- [24] Cleary, Seán. “Cognitive Constraints and Behavioral Biases.” Learning from Catastrophes, edited by Kunreuther, H et al. Wharton School Publishing. 2009
- [25] ICSU. “A Science Plan for Integrated Research on Disaster Risk.” 2008  
[http://www.ifi-home.info/ICSU\\_IRDR\\_EN.pdf](http://www.ifi-home.info/ICSU_IRDR_EN.pdf)
- [26] McBean, Gordon. et al. “Climate hazards and disasters: the need for capacity building.” WIREs Clim. Change. 2010
- [27] 環境省 気候変動適応の方向性に関する検討会、『気候変動適応の方向性』、2010 年  
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=16525&hou\\_id=13167](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=16525&hou_id=13167)
- [28] 気候変動に対応した治水対策検討小委員会：水関連災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策の在り方について（中間とりまとめ）, 2008. 1
- [29] 岡安徹也：首都圏大規模水害における氾濫域の脆弱性評価に関する研究、第 21 回日韓建設技術セミナー、2010. 9
- [30] 近畿地方整備局：地球温暖化に伴う大規模水害対策検討委員会資料（資料—4）、2010. 11.
- [31] P. C. D. Milly, J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewics, D. P. Lettenmaier, R. J. Stouffer, Stationarity is Dead: Whither Water Management, *Science*. 319, p. 573-574, 2008.
- [32] L. Bouwer, R. Crompton, E. Faust, P. Hoppe, R. A. Pielke Jr. ‘Confronting Disaster Losses’ . *Science*. 318, p753. 2007.
- [33] 多々納裕一：地震リスク管理と被害評価, 土木学会第 7 回地震災害マネジメントセミナー：地震リスクの管理と危機管理－ハザード評価からマネジメントの実践へ、

pp. 11-20, 2006.

- [34] 多々納裕一：不確実性下のプロジェクト評価：課題と展望，土木計画学研究・論文集，No. 15, pp. 19-30, 1998.
- [35] 独立行政法人国際協力機構：水分野における気候変動適応策ハンドブックー水と地域を統合したしなやかなマネジメント，2010. 3
- [36] America’ s Climate Choices: Panel on Adapting to the Impacts of Climate Change. “Adapting to the Impacts of Climate Change.” National Research Council. 2010.
- [37] Allan, P., Richard et al. “Atmospheric Warming and the Amplification of Precipitation Extremes.” Science. 2008
- [38] Min, Seung-Ki et al. “Human contribution to more-intense precipitation extremes.” Nature. 2011
- [39] 玉越隆史、『道路橋保全を取り巻く状況と課題』、土木技術資料、平成 23 年 2 月

## <参考資料 1> 土木工学・建築学委員会 地球環境の変化に伴う水害・土砂災害への対応分科会審議経過

平成21年

- 1月14日 分科会（第1回）  
分科会の趣旨、活動方針の審議
- 1月30日 役員幹事会  
分科会の活動方針、取りまとめ方針について協議
- 3月6日 土木工学・建築学委員会  
水害・土砂災害への対応分科会活動報告
- 3月30日 役員幹事会  
ICSUへの対応について、研究支援活動のイメージについて協議
- 5月25日 分科会（第2回）  
日本各地域における大規模災害への取り組みについて、ICSUの議論経緯と我が国の役割分担について
- 7月10日 役員幹事会  
第一回IRDR科学委員会議事報告、対象地域(案)のリストアップと各地域の現況について協議
- 8月31日 分科会（第3回）  
平成21年8月9～10日の兵庫県豪雨災害報告、研究スコープ案の説明
- 10月14日 分科会（第4回）  
被災後の川内川における災害対策の先駆的取り組みについて、関川水系河川整備計画について

平成22年

- 2月4日 分科会（第5回）  
福岡・台湾における水・土砂災害、台風・高潮の最先端予測技術
- 4月28日 分科会（第6回）  
東京都の低平地における高潮対策事業および低平地河川の洪水対策について
- 7月14日 分科会（第7回）  
石狩川流域における気候変動への取り組みについて
- 9月21日 分科会（第8回）  
低平地佐賀における地球温暖化に備えた水害対策
- 10月26日 分科会（第9回）  
地すべり・崩壊の発生場所予測について、大規模水害を想定した広域避難の検討について
- 12月13日 分科会（第10回）  
これからの治水について、まとめに向けて

## ＜参考資料2＞洪水・高潮・土砂災害の現状と展望

当分科会では10回の分科会を開催し、延べ16人の講師より水・土砂災害に関する情報提供および講演を頂き、これをもとに洪水・高潮・土砂災害の現状と展望に関する意見交換を行った。その内容は大きく3つに分類され、(1)近年各地で発生している集中豪雨による水害や土砂災害の実態報告、(2)最先端の気象、台風、高潮、水害、氾濫などの予測技術の紹介、(3)水・土砂災害多発地や危険地域における行政や地域の取り組みに関する報告、でさらに(3)は、①地方における取り組みと、②大都市圏における取り組みに分類される。以下にその概要を列記する。

### (1) 各地で発生する記録破りの豪雨災害

- 1) 神戸大学教授道奥康治氏より平成21年8月9～10日の兵庫県豪雨災害に関する報告を受け、ゲリラ豪雨的な降雨による突発災害の特徴や実態の把握を行った。
- 2) 九州大学工学研究院教授小松利光氏より2009年8月の台湾での異常降雨による水・土砂災害および2009年7月の福岡の豪雨災害について報告を受けた。地球温暖化による災害外力の変化で災害の規模が今までとは比べものにならないくらい大きくなってきていること、台湾小林村の深層崩壊による災害や、2009年7月の福岡での豪雨被害などでは時間雨量100mmを越える今までは想定されていない規模の集中豪雨が顕在化しているとの報告があった。

### (2) 最先端の気象、台風、高潮、水害、氾濫、地すべりなどの予測技術

- 1) (独)港湾空港技術研究所チームリーダー河合弘泰氏より、海象に気候変動の影響が現れているか、近年の災害から学ぶことはないか、伊勢湾台風級の高潮とは何か、これから港湾・海岸施設の安全性はどうなるのか、などの切り口で、最新の予測技術の紹介も含めて講義していただいた。
- 2) 九州大学工学研究院教授橋本典明氏より、台風・高潮の最先端予測技術として、最新の局地気象予測モデルと高潮の予測モデルとその精度について講演いただいた。
- 3) 気象庁気象研究所気候研究部長鬼頭昭雄氏より上記(1)、(2)に対する気象学からのコメントをいただくとともに、気象学における最新の予測技術の説明を受けた。
- 4) 京都大学防災研究所教授千木良雅弘氏より、台湾小林村の深層崩壊の検証および各地の深層崩壊と地すべりの地質・地形的特徴の実態およびその予測の可能性について講演を頂いた。
- 5) 京都大学防災研究所教授多々納裕一氏より、大規模災害時の経済活動に対する影響予測分析と対策について講演を頂いた。
- 6) 九州大学工学研究院教授小松利光氏より、これからの治水対策の例として、自然環境にも優しく維持管理が容易な流水型ダムの検討事例について説明を受けた。

### (3) 水・土砂災害適応策の実際

## ① 地方における取り組み

- 1) 熊本大学教授大本照憲氏より、地域水害リスクマネジメントシステムの構築と実践というテーマで、熊本市における行政と地域住民がコミュニケーションを取りながら水害対策を考える取り組みの紹介をいただいた。
- 2) 国土交通省川内川河川事務所長是沢毅氏から、被災後の川内川における災害対策の先駆的取り組みについて報告を受けた。2006年7月の川内川洪水被害後、流域住民はダムや河川行政に対し不信感を持っていたが、その後の住民との話し合いや情報の開示等により現在は地域住民やマスメディアと協力しながら事業を進めているとの報告を受けた。
- 3) 東京大学大学院工学系研究科小池俊雄氏から、流域委員会と流域住民との協働による河川整備計画への意見のとりまとめに関する事例報告を受けた。平成13年に組織された関川流域委員会と並行して行われた流域住民の心理プロセス等のアンケート調査、流域住民との対話を深める車座座談会、流域見学ツアー、ワークショップおよび3回の流域フォーラムなどの結果、およびこのプロセスを経てまとめられた河川管理者への意見書や河川整備計画に関わる合意形成について説明を受けた。
- 4) 国土交通省北海道開発局札幌開発建設部齋藤大作氏より、石狩川流域における気候変動への取り組みとして、石狩川流域での気候変動による水害外力の変化の予測およびその時想定される被害予測、適用策の考え方などの取り組みの事例紹介を頂いた。
- 5) 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所長村瀬勝彦氏より、低平地佐賀における地球温暖化に備えた水害対策としての佐賀平野大規模浸水危機管理計画の概要と、住民やマスコミとの連携活動について説明を受けた。

## ② 大都市圏における取り組み

- 1) 東京都建設局河川部計画課長補佐中井宏氏、および東京都港湾局港湾整備部環境対策担当課長松尾認氏より、東京都の低地河川における高潮対策事業、および東京港の高潮対策の取り組み状況に関する報告を受けた。
- 2) 国土交通省荒川下流河川事務所長小島優氏、および群馬大学広域首都圏防災研究センター特別研究准教授桑沢敬行氏より、首都圏の大規模水害を想定した市町村をまたいだ広域避難の検討事例について報告を受けた。