

水工学シリーズ 09-A-4

温暖化時代の水防災

水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM) センター長

竹内 邦良

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会

2009 年 8 月

温暖化時代の水防災

Water-related Disaster Management under Global Warming

竹内 邦良

Kuniyoshi TAKEUCHI

1. はじめに

近年、水関連災害は目に見えて増加している。1991年バングラデシュでの高潮、1996、1998年中国での大洪水、2000年にはメコン川に300年来の洪水、2002年、ドイツ、ポーランド等東欧諸国の大洪水、2004年には日本に記録破りの10個の台風が上陸、2005年8月にはハリケーン Katrina、2007年には6-8月、イギリスの洪水で未曾有の被害、11月に入りサイクロン Sidr、2008年5月にはミャンマーを Nargis が襲い138,000人という死者を出した。今年に入っても、ナミビア、ブラジル、オーストラリア、中国などの洪水が報じられている。わが国でも山口、九州北部を中心に、7月下旬、梅雨前線の停滞に伴う豪雨で、多数の死者・行方不明者を出した。

これは地球温暖化が原因だろうか。それとも社会に原因があるのだろうか。もともと温暖化がなくても、人口増、都市集中、貧困層の拡大などに伴い、災害件数は増加の一途をたどっており、経済被害も増大している。災害に対し社会が脆弱になっているところに、温暖化による極端気象現象の激化が追い打ちをかけ、より深刻になっているということである。

その対策についても、温暖化対策と言う前に、現状でも毎年のように起こり、これまで何十年もかけて実現するべく努力してきた対策を、まず仕上げるのが第一で、それもできなくて新しい追加対応は、そもそも無理と考えるのが自然である。同時にまた、何十年もかけて現状の安全目標を達成しても、完成時点では、温暖化のために安全水準はぐっと下がっている。したがって、現在のアプローチそのものを考え直さない限り、温暖化時代の水防災はあり得ないということも広く認識されている。

そのような状況を踏まえて、いろいろな対策提言が出されている。経済重視から安全重視へのパラダイムシフト、防災物理的インフラの重要性、同じくその限界、土地利用規制、行政の縦割りにとらわれない総合的水管理、予警報、準備体制、高齢者や弱者対応、教育や社会関係資本の回復、国際協力、またそれらすべての課題を実現可能にする社会の意識改革と、意思決定過程での防災の主流化など、処方は数多い。これらの多くは、竹内(2007)、日本学術会議の答申(2007)、同提言(2008a, 2008b)、社会資本審議会の答申(2008)などで取り上げられている。本稿ではそれらにあまり触れられていない、災害の発生構造、災害マネジメントサイクル、ICHARMの予警報技術、社会関係資本の重要性、国際的水戦略情勢などについて概説する。

2. 自然災害の発生構造と災害マネジメントサイクル

2. 1 自然災害発生の構造

自然災害は、自然現象の猛威によって人間社会に生じる負の現象をさす。台風や豪雨、高潮、地震や津波、地滑りのような原因となる自然現象そのものをさす言葉ではない。自然災害は、それらを原因として人間社会に引き起こされる現象である。人気のないところに災害が発生しないのは、影響を受ける人がいないからである。あるいは人がいても、そのくらいの自然現象を押しとどめる守りや、それに順応する生活様式があれば、やはり災害は発生しない。

この事情を表すのに、以下のような概念式が使われる。

$$R=H \times V$$

ここに R は災害発生リスク、H は自然の猛威の大きさ、V は社会の災害に対する脆弱性の度合いである。これは Davis (1978) がはじめて用いたと言われている。ほかにこの Vulnerability を分解して、人間及び人間活動の危険地域への暴露 (Exposure) や堤防、ダム、水防団組織などの防災力 (Coping Capacity) を用いたものもある。ICHARM ではそれらに、貧困、教育レベルの低さ、統治能力の欠如など、社会の回復力 (Resilience) を阻害する、基本的脆弱性 (Basic Vulnerability) を加えた以下の式を用いている。

$$R=H \times V_B \times E / C$$

ここに V_B は社会の基本的脆弱性、E は暴露、C は防災力である。

この概念式で、災害のより詳細な構造を表すには、各項について指標 (Indicator) となる項目を選択しなくてはならない。その参考項目を下表に示す。現在このような項目群から、リスクレベルの評価や対策計画、自己診断等に役立つ指数 (index) の開発に、世界の関心が集中している。世界水評価計画 (WWAP: World Water Assessment Program) や、世界銀行、アジア開発銀行、また米国の国家防火協会 (NFPA) や、日本では総務省消防庁なども、熱心に取り組んでいる。国際標準化協会 (ISO) は、災害時の業務継続 (business continuity) のための国際標準化に取り組んでいる。

表 1 災害指標の参考項目

「災害リスク (Disaster Risk)」

- (HD: human damage) 人的被害 (死傷者、被害者、避難者)
- (ED: economic damage) 経済的被害 (以下の G, Re, LB)
- (G: good) 動産 (家財、商品、生産財、農林水産物、エネルギー・食糧等備蓄、文化財)
- (Re: real estate) 不動産 (建築物、公共インフラ、景観)
- (LB: livelihood & business) 生活・経済活動 (家庭生活、行政、営業、交通、ライフライン等サービス、生産活動の停止)
- (Env: environmental) 環境破壊、汚染
- (Dta: damaged period and area) 被害期間、被害地域

「自然の猛威 (Natural Hazard)」

- (MID: magnitude, intensity, duration) 規模、強度、継続時間
- (F: frequency) 頻度
- (Ost: occurrence site and timing) 発生地点、発生時期
- (HI: human intensification) 人工的増幅要因 (森林伐採、斜面開発等)
- (HM: artificial mitigation) 緩和手段: 人工降雨、

「社会の基本的脆弱性 (Basic Societal Vulnerability)」(社会の基礎体力の弱さ)

- (Pov: poverty) 貧困 (GDP, EVI (経済脆弱性指標))
- (G: governance) ガバナンス (説明責任、政情の安定、行政効率、規則順守、法規制、賄賂統制)
- (Hel: health) 健康 (栄養状態、身障者・病人割合)
- (Dem: demographic structure) 年齢構成 (幼児、妊婦、後期高齢者割合)
- (Ed: education level) 教育水準 (非識字率、IT 文盲率)
- (W: support for vulnerable people) 日常的弱者支援・救済体制、不法居住者支援体制
- (SC: social capacity) 近隣コミュニティの相互扶助能力

「暴露 (Exposure)」

- (RA: risk area use) 危険地域 (活断層帯、噴火影響地帯、洪水氾濫原、急傾斜地、地滑り地帯、ゼ

ロメータ地帯、埋立地等)の土地利用

- (P&A: population, economic activities) 危険地域の居住人口、人口密度、経済活動集中度

「防災力 (Coping Capacity)」

- (St: structural infrastructure) 構造物型インフラ：免震設計、ダム、堤防、放水路、砂防工事、貯留浸透施設、ピロティー式家屋
- (F&P: forestation, paddy fields) 植林、水田維持
- (LUC: land use control) 土地利用計画（産業配置、湛水許容地区）、規制、誘導策（税制、補助金）
- (NST: non-structural infrastructure) 非構造物型インフラ：以下の項目、
- (Prep: preparedness) 準備体制（危険度評価、ハザードマップ・利用体制、以下の EW, ER, I）
- (EW: early warning) 予警報（観測網、データ伝送・処理体制、予測技術、伝達メディア）、観測・予警報精度
- (ER: emergency response) 避難体制、緊急支援、救援ボランティア、医療、復旧、
- (I: institutional infrastructure) 制度・組織インフラ：中央防災体制、地域防災体制、緊急対応自治組織（水防団、消防団）
- (F: financing) 予算：防災予算、緊急対応予算、復旧予算、海外援助資金、防災科学予算
- (CET: culture, education, training) 防災文化・教育・訓練：社会的防災伝承、小・中学防災教育、地学教育、マルチハザード防災訓練

2. 2 災害マネジメントサイクル

人が地上に住む限り、災害を完全に回避することはできない。災害とうまく付き合っていかなければならない。うまく付き合うための対応、マネジメントは、以下の四ステージのサイクルで表されることが多い。

1. 緊急対応 (emergency response)：危険が間近に近付いた時点から、災害が発生した当初、一旦落ち着くまでの緊急対応には、予警報、その伝達、避難、人命救助、避難住民支援、同時に消火、浸水・破堤個所の防御、排水ポンプの稼働など、さまざまな緊急行動が重要である。この数時間、数日の対応が、災害全体の人命や財産の被害を左右する。避難の後には、水、医療、食料、簡易住居等の確保、水道、電気、道路などの緊急復旧が続く。
2. 復旧 (recovery)：緊急対応が終わると、本格的な災害復旧が課題になる。まずは災害発生以前の状況を取り戻すのが第一ではあるが、この段階で、どこまで将来構想に基づく長期的再建に連動した工事が実施できるかが重要で、それは多くの場合、事前にマスタープランが検討されているかどうかによる。それがない場合には、対症療法的な復旧、原状復帰のみが行われ、災害の経験が、次の災害に本格的に生かされないことになってしまう。
3. 防災対策 (prevention/mitigation)：復旧の後に、あるいは災害が発生する前から、あらかじめ発生を防止する、ないしは被害を緩和する対策が必要である。これが防災対策で、放水路や堤防、遊水池、貯水池、貯留浸透施設などの物理的インフラと、建築基準、防災にかかわる法制度、保険や経済支援制度の整備、森林、農地、道路、公園などの配置計画、土地利用規制などの非物理的インフラがある。気象水文の観測網や、通信・解析機能の充実、災害研究なども対策の基本であり、都市計画、土地利用計画とその管理にかかわるすべてが関係している。災害対策は人道支援の問題ではなく、災害に強い社会建設にあるという考え方が重要である。
4. 準備 (preparedness)：1. の緊急対応のための事前準備である。緊急の災害防止、回避、緩和には周到な事前準備が必要である。予警報システム、ハザードマップの整備、水防・消火訓練、避難訓練、防災教育など、災害発生を前提としたすべての準備が含まれる。自治体自身による災害リスクの評価、モニタリング、避難所、防災ネットワーク、防災パトロールなどの体制も重要である。緊急時の現場対応、

公助を待つまでの自助、共助の態勢づくりがとくに重要である。

3. 住民中心の早期予警報

3. 1 早期警報の進歩

死者の減少のためには、早期警報（Early Warning）が第一である。実際、バングラデシュや中国の成功事例は、なんといっても、早期警報により、危険の接近が人々に的確に伝えられたためである。我が国の洪水死亡者の減少も、情報に負うところが絶大だった。

早期警報は、まずは、台風の接近というような自然現象が、テレビやラジオによって、刻々と、視覚的に人々に伝えられることである。これを見ることによって、人々は本能的に警戒し、逃げ、あるいは身を守る様々な手段を想像、選択することができる。まさに百聞は一見に如かずである。観測技術やモデル計算技術の進歩により、また過去のデータの蓄積により、早期警報の精度は高くなり、リードタイムも長くなってきている。と同時にこの技術は、いわば観測、通信、解析の先端技術であり、また Google Earth に見られるような、地球観測、情報確保・利用の国際競争の対象にもなっている。各国は災害の未然防止、途上国の救済、支援等の活動を通じ、自国の技術の影響力を、世界に及ぼそうと、必死になっている。早期警報は、科学技術外交の前線にあると言っていい。ICHARM の IFAS はそんな状況のただ中にある。

3. 2 ICHARM の主力技術 IFAS

2003年の第3回世界水フォーラムを機会に、国際建設技術協会(IDI)とWMOが中心になって、International Flood Network (IFNet)が発足した。その活動の中心はGlobal Flood Alert System (GFAS)で、全世界に向け、最新の降雨情報をインターネット配信している。現在 NASA, JAXA が共同で打ち上げた TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) 衛星の情報に基づく、NASA/GSFC (Goddard Space Flight Center) 作成の推定降雨量 3B42rt を配信しているが、近く JAXA/EORC (Japan Aerospace Exploration Agency/Earth Observation Research Center) の GSMaP (Global Satellite Mapping for Precipitation) に変更される予定である。この降雨情報 (GFAS-rainfall) を流量情報 (GFAS-streamflow) へ変換し、洪水予報として配信するための基幹技術が、IFAS である。

従って IFAS (Integrated Flood Analysis System) は洪水の早期予報システムであって、ICHARM が世界に問う主力技術である。IFAS には次のような特徴がある。

1. 世界のどの流域でも、流量のナウキャストができる。
2. 世界の公開データに、プログラム内からアクセスできる。
3. 無料、教育訓練付きで、水文解析モデルも公開である。
4. マルチモデル・マルチインプット方式で、不確実性評価もできる。

IFAS は、世界のいかなる流域であっても、緯度経度を指定すれば、自動的に切り出しを行い、数値標高地図から作成した流路網に、世界中で公開されている降水量データを用いて河川流量の現況速報(ナウキャスト、いずれ予測)を提供するものである。公開されているデータには、衛星観測、あるいは気象モデル出力データのほか、土地利用、土壌、地質などの流域物理データもある。これらを用いれば、仮に地上観測データがない場合でも、ゼロ次近似のナウキャストができる。この「世界のどこでも、観測データのないところでも」、というのが IFAS の第一の特徴である。

マダガスカルでもアフガニスタンでも、どこであっても、まず地上雨量の観測から始めなければならないなどと言わずに、現在利用しうる「世界の公開データ」を用いて、ここまでは可能というところから始めるのは、途上国支援としては極めて重要である。しかしながら地上観測の代わりに衛星観測に基づく降水量を用いたのでは、いくら最新の水文モデルを使っても、現地利用に堪える精度の現況推定ができるわけがない。今のところリモセンの判読技術は、地上観測の代用にはならないからである。地域技術者はその現実を目の

当たりにして、自ら、自らの流域を観測する重要性を、実感することができる。

IFAS のもう一つの特徴は、このシステムを「無料、教育訓練付き」で、途上国の技術者に提供すると言うことである。システム自身は日本のコンサルタント 9 社連合と土木研究所が開発し、これに水文解析エンジンとして、いわゆる土研モデルと山梨大学の YHyM が搭載されている。プログラムは DVD の形で、無料配布している。入出力処理等インターフェース部分は実行ファイルであるが、水文解析のエンジン部分については「プログラム公開」をしている。

IFAS はさらに「マルチ入力、マルチモデル」の方針をとっている。マルチ入力は、世界の降水量データセットには様々なものがあるので、どれを使ってもよいと言うことで、これにより、推定値の不確実性評価にもなる。マルチモデルについても、利用する水文解析モデルとして、さまざまな流出、蒸発散、融雪などのモデルを選択的に使うことが可能ということで、このモデルアンサンブルにより、推定値の不確実性評価にもなる。

3. 3 洪水予報のローカルオーナーシップ

ICHARM が、IFAS により、「世界のどの流域でも」、「世界の公開データを用いて」、「無料、教育訓練付きで」、現況推定（ナウキャスト）を提供するのには理由がある。「洪水予報のローカルオーナーシップの推進」が必要と考えるからである。これは災害軽減のための警戒避難等の行動指示は、地域専門家のインプットにより、地域の専門家が自身で確信した情報に基づいたものでない限り、実効あるものとはならないからである。実効ある警戒避難等の行動指示は、以下のような特性をもっていることが必要である。

1. 信頼のおけるソースから発せられる指示であること
2. 地域情報に基づいた、ある程度の確度が経験上確認された指示であること
3. 対応するのに必要な十分な予備時間（リードタイム）が確保された指示であること
4. どのような対応をすべきかが明確な指示であること

発せられる指示が実行に移されるためには、住民の信頼が必要である。信頼の第一は発信元の組織が、信頼されていることである。水防団に対する待機命令、出動命令や、住民に対する避難勧告、避難命令の様な行動の指示は、予報と違い、法律で認められた責任ある行政組織（日本では前者は水防法により水防管理者（通常市町村長）、後者は災害対策基本法により市町村長）が発するものであるから、その行政組織に対する信頼が重要である。この信頼は、行動指示が、地域のことを十分把握した、現実的な予報に基づくものであること、またその予報が、ある程度の確度をもっていることが経験的に示されていることが必要である。また予報だけではなく、どう対応すればいいかが明確に示され、その対応をとるのに十分な時間を残しての行動指示でなくてはならない。

このような行動指示が可能な予報は、外から与えられたものではなく、地元の専門家が物理的内容を理解し、広域情報を地域の特有な現象や危険に読み替え、具体的な地域の予報に翻訳したものでなくてはならない。これが、地元専門家による「洪水予報のローカルオーナーシップ」であり、ICHARM が、地域の警戒避難指示を有効なものにするための方策である。

4. 社会関係資本（ソーシャルキャピタル）の重要性

4. 1 早期警戒の進歩だけでは災害死者はなくせない

バングラデシュの高潮は 1970 年三十万人、1991 年には 14 万人の命を奪った。しかしながら同じく強大なサイクロンであった 2007 年の Sidr による、死者は 4000 人であった。これはまだ非常に多いが、前の 2 回に比べれば激減である。1970 年には、サイクロン接近の情報は海上の船舶により把握され伝達されたが、多くは重大さを理解せず、ほんのわずかな人しか避難しなかった。1991 年には約 200 万人が避難し、死者は半減した。2007 年には、国際赤十字赤新月社（IFRC: International Federation of Red Cross and Red

Crescent Societies) のリードで、住民から選ばれたボランティアにより、広く情報が伝達され、シェルターの整備とも相まって、死者の数は激減した。

このことは、予警報技術があるだけでは死者は減らせない、予警報を受けて、それを生かすコミュニティの態勢が重要であることを示している。何十万という大量死者を、数千人にまで減少するのには、一に危険情報伝達の有無が効くが、これをさらに減らすためには、コミュニティの共助がなければ実現できない。共助は互いに情報をシェアし合うとともに、周囲を気遣い、遅れている人を助け、ともに助かろうとする、住民自身の、住民同士の意志である。

ハリケーン・カトリーナの際には、接近は数日前から刻々と報道され、1 日前にはカテゴリー5 にまで強大化して上陸が確実になり、ニューオーリーズには強制避難命令も出されていた。これに従って大勢が避難したが、また大勢が残り、悲惨な事態が生じた。その原因については、避難命令の遅れ、不十分な交通手段の確保、避難所での食料、水の確保などが不十分であったことなど、いろいろな点が報告されているが、公助の不備だけを強調するだけでは解決にならない。高い予報技術とそれに基づく予警報や避難命令に加え、緊急対応の態勢、中でも地域住民の共助がなければ、災害悲劇は回避できない。

4. 2 社会関係資本（ソーシャル・キャピタル）の弱体化

地域住民の防災力には、住民の人間関係の状況が大きく左右する。コミュニティが共に助け合う住民同士のつながり、共助機能を持っているかどうかということである。実際の災害発生に際し、まずその瞬間に何ができるかは、現場での罹災者本人ならびにその周辺の人々にかかっている。このソーシャル・キャピタルが近年著しく減少している。その原因は都市化、労働力の流動性の高まり、核家族化などである。すなわち、

1. 同一住居に何十年と住む世帯が減少している。
2. 多世代世帯が減少している。
3. 地域の冠婚葬祭への参加人口が減少している。
4. 地域内に職場をもつ人が減少している。
5. 個々人が独立に生活を楽しみ（個人主義が卓越し）、隣人同士の交わりが減少している。

地域社会には、当該地域の過去の災害を知らない、新しい住民が移り住み、また経験のある年長者と、若い世代が同居することが減り、住民の中での災害の知識の継承が断絶しているところが多い。住民共同でのいろいろな祭りの機会が減り、近隣住民がたがいに連帯する機会が減っている。住民の多くが地域外に職場をもち、居住地域への愛着を持たない人が増えている。過度な個人主義が卓越し、自分自身の世界に埋没する人が増えるとともに、団地生活のような、あるいは携帯や携帯音楽プレーヤーのような、ドアを隔てて、あるいは臨席してさえ、他人同士として生活する仕組みや手段が増えている。

住民同士の会話や日常の付き合いが疎遠になり、共同作業の機会が減って、近隣住民の組織である町内会、自治会が、一旦緩急ある場合に共助の単位として機能しない、あるいはしにくくなっているところが多い。これは災害のような広範囲に及ぶ問題についてばかりでなく、個人の病氣、事故、失敗などに伴う不幸、子育て、介護の負担などを助ける力も失われ、多くの個人が、孤軍奮闘のうちに自殺に追い込まれるケースも多い。そのような社会的人のつながりと、災害時の地域社会の助け合いは、決して無関係ではない。同一線上のものと捉えなければならない。

4. 3 新しい防災文化の構築

戦前のような、法的に制度化された隣組制度を復活する必要はなくとも、災害や事故など、緊急時の共助体制を復活、充実させる必要がある。さらに防災が社会の意思決定の中で、より中心的な位置を与えられ（主流化され）、新しい住宅地開発や工場の誘致、土地利用の変更に当たって、経済原理だけでなく、環境、安全、安心が、より鋭敏に意思決定に反映される社会にする必要がある。これらは制度であり、予算であり、科学

であり、政治的リーダーシップであるとも言えるが、より基本的には住民の意識に左右されるものであり、文化と言わなければならない。防災文化である。自然災害ばかりでなく、あらゆる人災を含む、社会の緊急時、不幸に対する、集団的安全保障の意識である。自分のことだけではなく、周りの人のことを考える意識、強いものが弱い者を助け気遣う意識、良い立場の者が悪い立場の者を助ける、共助の習慣が住民に根付いて、行動様式、祭祀、言い伝えなどにまでなったものである。現今の競争社会は、基本的に共助や、社会関係資本の力を弱めるものである。

と言って防災文化は、防災訓練や道德教育で培うものではない。それ等も個別には重要であるが、防災文化はむしろそのような個別活動を、社会が必要としていることを自然に受け入れる習慣ということができる。このためには、曾祖父母の時代からそうだったと言うような世代間伝統の継承が最も望ましいが、それが無理な現在では、人々が共同で作業する機会を、意識して作る必要がある。運動会や祭り、環境保全、文化財保護や学習活動など、住民が共同で作業するイベントなら何でもいい。もちろん防災訓練もその一環である。通常防災訓練ということでは、水防も、地震避難も、防火訓練も、人命救助も、義務感が先行し、自発的には集まりにくいのが実情である。しかしながら住民同士の工夫で、地域の芸能大会と同時に企画するなど、容易に受け入れられる環境を作っているところも多い。そう言う企画の中で、住民同士の触れ合いが醸成され、コミュニティ意識、信頼感や、相互理解が進み、それがあれば、一旦災害発生のときの共助は、だれも何も言わなくとも自然に実行される。防災文化は、教育訓練、冠婚葬祭、学芸、商工活動など、あらゆる企画の中から、住民の生活文化として定着、継承されるものである。

5. 温暖化対応の国際競争

2008年に発表されたIPCC AR4は、それまでの温暖化対応に向けた国際情勢を、いよいよ進展させることとなった。温暖化が、人間活動によるものであることが明言されたこと（と言っても依然 *very likely* という表現でしかないが、これは90%以上の確率でという意味である）と、将来の温室効果ガス削減のいかにかわらず、現在までの排出で温暖化は進行するので、早急に温暖化適応にかかる必要がある。削減だけ考えている状況ではない、というメッセージが明確に出されたからである。

これに伴い、2007年バリで行われたCOP13で、緩和策と並んで適応策が、行動計画の柱に取り上げられ、続く2008年の洞爺湖でのG8でも、さらに進めて政治課題として強く取り上げられることになった。これに伴い、1990年代からすでに始まっている水分野での国際リーダーシップ競争も、さらに加速されるものと思われる。そのいくつかを見てみたい。

5. 1 欧州の水科学外交

欧州の「水枠組み指令（WFD: Water Framework Directive）」（Directive 2000/60/EC）は、2000年10月欧州連合（EU）の欧州議会ならびに理事会によって承認されたもので、欧州各国の河川水、河口水、沿岸水ならびに地下水の、保全と利用のための指令である。水環境、特に広域地下水の保全に力点があり、これには域内各国の協力が必要との認識から出てきた指令である。ここに至るまでに、1976年の水浴用水に関する指令以来、水鳥、飲み水、水質事故、水汚染、水処理、下水、都市用水、生息動物など、多くの指令が制定されてきたが、これはそれらを総合し、流域管理、水質保全費用の回収、汚染者負担の原則、国際河川などの概念を入れて、総合した枠組みである。各国の流域ないし流域群には流域区（district）を、国際河川には国際流域区を設け、責任ある行政主体に主務させ、2015年までに流域総合計画の策定が義務付けられている。2007年11月には「洪水指令」（Directive 2007/60/EC）も出され、2011年までに流域と沿岸域の洪水リスク予備評価、13年までにリスクマップ、2015年までに防止（prevention）、保護（protection）、準備（preparation）を含むリスクマネジメント計画を出すことが義務付けられている。

重要なことは、これらのリスク評価、計画策定のためには、その手法が必要であり、これをきっかけに手法

の進歩、汎用化と共に選択も進むと言うことである。欧州が一体となって防災計画を進めることに伴う、科学技術そのものの国際競争、淘汰過程も無視できない。その事例と言ってもいいのが、2007年10月、黄河河口の Dongyin で行われた第3回黄河フォーラムで行われた「中国・EU 流域管理プログラム」の発足式である。この共同プログラムでは、EU が推し進める IWRM が中心コンセプトになっている。流域管理の思想に加え、MIKE 11, MIKE SHI などの欧州の技術に対し、我が国の経験、技術がどこまで国際的に認められるかが問われている。

5. 2 アメリカ陸軍工兵隊

国際競争にはアメリカも参加している。アメリカの土木技術、特に舟運、洪水対策、水資源確保など水に関する技術は、陸軍工兵隊がリードしてきている。この技術に基づいて、近年、世界貢献活動にも熱心に参加するようになってきている。世界水会議、世界水フォーラム、水と衛生に関する国連事務総長諮問会議の、水と災害に関するハイレベル専門家パネル (HELP/UNSGAB, 2009) などで、めざましいリーダーシップを発揮している。2003年には、1984年以来離脱していたユネスコのメンバー国に復帰し、工兵隊水資源研究所 (IWR) は、ICHARM と同じユネスコカテゴリー2センターとして発足する予定である (2008年のIHP政府間理事会で承認)。このようなアメリカ陸軍工兵隊の国際水戦略への貢献のベースになっているのは、2005年11月に発表された米国防省指令 DoD3000.05 (2005)である。これは「安定化、安全保障、移行および再建 (SSTR) 作戦への軍事支援」と題する指令で、以下のような内容を含んでいる。

国防省指令 DoD3000.05 2005年11月28日

安定化、安全保障、移行および再建 (SSTR) 作戦への軍事支援 (抜粋) (筆者訳)

4. 政策

国防省の政策は以下のとおりである：

4.1. 安定化作戦は、国防省が実施、支援する米軍事使命の中核である。安定化作戦は戦闘作戦と同等の優先順位を与えられ、ドクトリン、組織、訓練、教育、演習、物資、リーダーシップ、人事、設備、計画など、あらゆる国防省の活動の中で明言され、位置付けられている。

4.2. 安定化作戦は、米国の利益と価値を増進する、秩序の確立を助けるために実施するものである。短期的ゴールは多くの場合、地域住民に安全保障を与え、基本的サービスを回復し、人道的ニーズを満たすことである。長期的ゴールは、基本的サービス、成長可能な市場経済、法規律、民主的制度、安定な市民社会を確保するのに必要な、地元民の能力を発展させることである。

4.3. 多くの安定化作戦は現地、海外ないし米国の文民専門集団が進めるのがふさわしい。しかしながら文民ができない場合には、軍事力をもって秩序の確保、維持に必要なあらゆる行動をとる準備がある。その任務の成功により、長期的平和が確保され、米国ないし海外軍隊の速やかな撤退にも役立つ。安定化作戦には以下の支援が含まれる：

4.3.1. 各種治安警察力、矯正施設、環境の確保・安定化に必要な司法体系を含む、現地組織の再建。

4.3.2. 市民主体の、底辺から立ち上がる経済活動や、必要なインフラ建設を含む、民間部門の復興、建設。

4.3.3. 代表的政府機関の設立。

このように、米国では、地域社会の安定作戦は戦闘作戦と同等に重要と位置付け、工兵隊が国際インフラ建設分野にも進出できるように定めている。これは陸軍工兵隊が世界をリードする土木技術を持ち、技術者が集中しているという背景を反映しており、必ずしも他国でも同じことが起こると言うわけではない。なお災害復旧を紛争後の社会復旧と並べて扱う考え方は、国際的には常識になっている。今年3月、イスタンブール

ルで行われた第5回世界水フォーラムでも、ICHARMと日本水フォーラム（JWF）が組織した一つのセッションは、赤十字国際委員会主催「災害・紛争下における緊急水管理」である。原因はともかく、紛争後の破壊地域、傷病者や難民の収容地域では、安全な飲み水、食糧、医療、住宅などがなくてはならず、自然災害と人災との区別はない。

このほかアメリカのNPOである水文研究センター（サンディエゴのHRC）は、国立天気サービス（NWS）、米国際開発庁海外災害支援室（USAID/OFDA）との協力で、WMOのFlood Forecasting Initiativeの一環として、Global Flash Flood Guidance System（GFFG）を打ち上げ、世界の洪水予報の推進に貢献している。これはICHARMのIFASと、共通の目的を持っているものである。

5. 3 日本、中国、韓国

アジアにおける国際水戦略への参加は、台風や洪水、渇水などの水災害を中心に、1957年発足、1995年再発足の通称メコン河委員会、1968年発足の、当時ECAFE現ESCAPとWMOによる台風委員会などを通じて行われてきた。もちろん、UNESCOやWMOの地域活動も大きい。いずれの活動でも日本は大きな役割を果たしてきている。しかしながら近年東アジアを中心とした目覚ましい国際活動は、2003年、京都・大阪・滋賀での第3回世界水フォーラムの開催が踏み台になったと言える。皇太子殿下、総理大臣をはじめ世界の首脳級が多数参加してのこの会議は、世界に大きなインパクトを与えた。具体的な形で残っているのは、日本水フォーラムの設立、NARBO（Network of Asian River Basin Organizations）の設立、3年後のICHARMの設立などであるが、我が国およびアジアからの発信は、その後目に見えて大きくなった。

この日本の先鞭が、中国、韓国、台湾、シンガポールなど東アジア各国の、世界貢献活動に火をつけ、国際黄河フォーラム（2003年以来隔年）、世界都市水フォーラム（2009年仁川）、アジア・太平洋水フォーラム（2007年別府）の開催など、アジアからの発信活動は、10年前には考えられない活況を呈している。

しかしながらこの中にあっても、欧米からの技術的影響はますます増加し、決してアジアの経験や知見が、十分生かされているとはいえない。米作を中心とした独特の流域共生圏を形成してきたアジアモンスーン帯の国々の水環境マネジメントにさえ、当地域で育まれた技術や経験が必ずしも生かされず、欧米の技術やコンセプトで計画、管理されることも多いということである。メコン、黄河、揚子江も然りである。これは技術や政策に国境がないからであるが、同時に、技術の国際化のための、開発努力の集中、競争力の確保等に努力が不足している結果でもある。科学技術投資の一端はそこに向けられねばならない。

6. まとめ

温暖化時代の水防災は、大きな不確実性の中での意思決定である。今後温暖化がどう進展するか、極端気象水文事象がどう増加するか、また、人口変化、都市化、環境意識の変化、食糧や経済、貧富の差など、社会状況がどう変化するかは、いずれも極めて不明確である。それらの中でどのような対応をとるべきか。多くの途上国では明日の生き残りが問題であるときに、将来を見る余裕はなく、先進国でも、現在の目標でさえ、達成できるのは遙か先のことである。ここに掲げた早期予警報と社会関係資本の充実は、現在の災害を軽減するための方策であり、それが将来さらに重要になることを示している。科学と人間の二人三脚である。現在の問題を解決することなく、将来の問題を解決することはできない。現在何とかうまくやっていけるのであれば、将来も乗り越えていくことができる可能性は大きい。

科学と社会の二人三脚の考え方で、新しく世界科学会議（ICSU）が中心になった、統合的災害研究のプログラムが発足した。これは、ICSUが昨年10月モザンビーク、マプートの総会で実施を決定したもので、「災害リスク統合研究（IRDR）：自然ならびに人間由来の環境ハザードへの挑戦」（IRDR, 2008; 竹内, 2009）と呼ばれる。その目標は、災害軽減にかかわる意思決定過程に、いかに科学を生かしていくかを研究するものである。これまで自然現象（地球物理学的現象に誘発されたハザード）ならびに土地利用など人間活動に

由来する環境ハザードに関する研究は多々行われてきたが、その研究成果が政策や個人の意志決定に生かされていないのはなぜか。それを阻んでいる意思決定過程は何かを明らかにし、十年後には、同じ災害が起ころうとも現在より被害が少なくなるようにしたいとしている。具体的研究目標には以下の三つが掲げられている。

1. ハザード、災害脆弱性およびリスクの特性の解明。
2. 複雑かつ変化しつつあるリスク状況下で行われる意思決定過程の研究。
3. 科学的知識に基づいた行動により、リスクを減少し、被害を縮小する統合的アプローチの研究。

特に、第2、第3の目標に特徴があり、自然科学と社会科学、さらに行政とも一体になって研究すると言う意欲的なものである。

温暖化時代の水防災は、科学と社会と不確実性の中での意思決定問題である。難しいが、リスクはそれを克服しようとするとき、知恵が生まれ、工夫が生まれる。発展のチャンスでもある。だからこそ、今、増加する災害リスクの中で、世界は国際競争をし、熱い切磋琢磨をしているわけである。

引用文献

社会資本整備審議会（2008.6）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）

竹内邦良（2007.10）温暖化適応のための水防災、平成19年度土木研究所講演会講演集、土木研究所資料4078号、頁51-61

竹内邦良（2009）新しい「災害リスク統合研究計画」の開始、水循環・貯留と浸透、72, 3-4

日本学術会議（2007.5）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（答申）

日本学術会議（2008a.6）地球環境の変化に伴う水災害への適応（提言）

日本学術会議（2008b.6）陸域・縁辺海域における自然と人間の持続可能な共生へ向けて（提言）

Davis, Ian (1978) Shelter after Disaster, Oxford Polytechnic Press.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy

Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks

DoD Directive 3000.05 (November 28, 2005) Military Support for Stability, Security, Transition, and Reconstruction (SSTR) Operations

ICSU (2008) A Science Plan for Integrated Research on Disaster Risk: Addressing the challenge of natural and human-induced environmental hazards, International Council for Science

IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

HELP/ UNSGAB (2009.3) Water and Disaster