

特集 記事

防災と環境問題・環境保全との 調和

編集委員会

企画・総括 勝見 武*

編集担当 高野 伸栄**・松村 伸二***・山本 晴彦****

はじめに

勝見 武*

2005年9月上旬、米国を大型ハリケーン「カトリーナ」が襲い、地球温暖化がハリケーンの強大化の一因となったとの見解をしばしば聞いた。一方わが国でも2004年9～10月にかけて毎週のように大型台風の上陸に見舞われ、特に10月中旬に襲来した台風23号による甚大な被害は直後に発生した中越地震の被災とも関連して我々に多くの課題を投げかけたが、ここでも大型台風の発生と地球温暖化との因果関係が議論に取り上げられつつある。地球温暖化といういわゆる「地球環境問題」と、ハリケーン・台風という「自然災害」との関連について、我々は考察せざるを得ない状況にある。この例にとどまらず自然災害と環境問題には他にも様々な関連する事例がみられる。(なお、「環境」「環境問題」とは多様な意味で用いられる用語で、地球温暖化のようなグローバルな問題から、有害物質による土壌の汚染などローカルな問題や、我々の住環境・生活環境・アメニティーなど、実に様々な意味をもって使われる。)自然災害と環境問題との関連として、台風・ハリケーンの例のほかに、次のような事例があろう。

- (1) 台風や地震などの自然災害が環境問題を引き起こす例。災害廃棄物の発生は特に都市域における災害では深刻である。また、廃棄物処分場などの環境保全施設では、自然災害による施設損壊が汚染物質の漏洩など環境汚染を引き起こす可能性があり、その予防対策が重要である。
 - (2) 環境問題が防災力を低下させる例。海面上昇によって地下水位が上昇し、その結果として施設の安全性、耐震性能が低下する可能性が指摘される。そのため、施設の安全性を評価し、対応策を確立することが求められる。
 - (3) 環境保全と防災力向上とを両立する方策の試みが最近なされている。地域レベルでの防災力の向上のため環境保全事業を活用するもので、地域社会の持続的発展にも貢献する可能性がある。
- (1) や (2) はネガティブな相互作用の例であり、(3) はポジティブな相互作用の例である。また、(1) は自然災害が環境問題のトリガーとなっており、(2) は地球環境問題が防災力の低下をもたらしている、すなわち逆の作用をもたらしているとも言えよう。これら (1) ～ (3) いずれのテーマも最近重要性が指摘され、検討が進められている。そこで本特集では、(1)～(3)のテ

* 京都大学大学院地球環境学堂

** 北海道大学大学院工学研究科

*** 香川大学農学部

**** 山口大学農学部

マについて、自然災害と環境問題の相互作用に関わる話題の寄稿を4名の執筆者にお願いした。最初の安原先生の論文は(2)のテーマ、渡部氏の論文は(1)であり、大窪先生、ラジブ先生の原稿は(3)のテーマに該当する。なお、自然災害と環境問題の相互作用・関連を論ずるには取り上げた話題に偏りを感じられる読者もおられると思うが、ご容赦とご教示を頂ければ幸いです。

1. 地下水位の上昇が構造物・基礎地盤に及ぼす影響とその評価

安原 一哉*・村上 哲*
鈴木 久美子**

1.1 はじめに

戦後の大都市で地下水を多量にくみ上げたために地盤沈下が大きな問題となったが、その後の地下水揚水規制で、現在では、地盤沈下は沈静化しつつある。ところが、地下水のくみ上げ規制に伴って、低下をしていた地下水位が急激

に増加を示し、そのために上野駅での駅舎の浮上など、社会基盤の変状を引き起こす事例が見られるようになって来た^{1) 4)}(図1-1参照)。一方で、東京などでは、温泉のために被圧地下水を利用したり、ヒートアイランド現象の緩和のために地下水を利用したいという要望が高まっている。このように、地下水は適切に利用する方策を講じる必要性に迫られている。

本稿では、これらの地下水問題のうち、前者の水位上昇の影響に焦点を絞る、これが地盤、基礎及び構造物に及ぼす影響を考察しその評価方法について提案を試みた。

1.2 地下水位の上昇とその影響

地下水位の上昇は、1.1で述べたような地下水位のくみ上げ規制に伴う水位の回復のみに起因するのではなく、図1-2に示すように、いくつかの要因がこれに寄与していると考えられる。

このような要因によって引き起こされる、構造物、基礎構造物、基礎地盤における変状を大別すると以下のように分けられる。

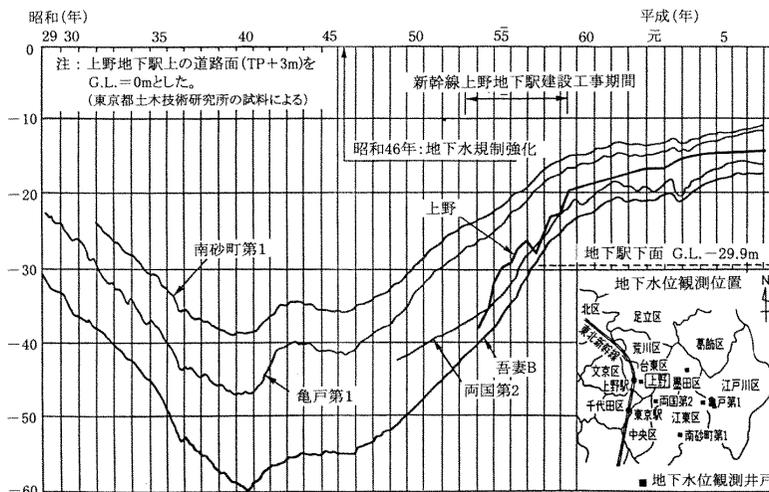


図1-1 東京都における地下水位回復の例(上野駅付近)¹⁾

* 茨城大学工学部都市システム工学科

** 茨城大学大学院理工学研究科博士後期課程情報システム科学専攻

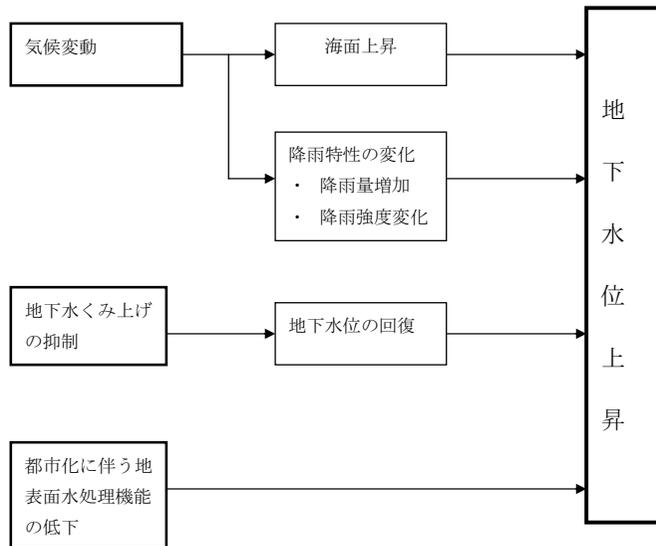


図 1-2 地下水位の上昇の要因

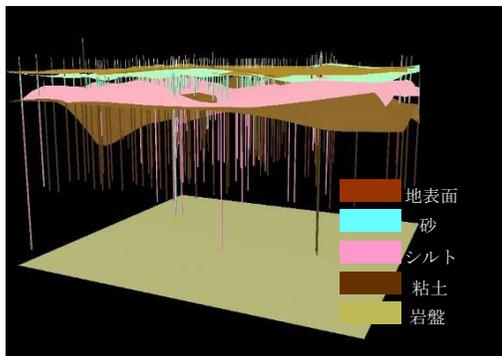


図 1-3 川崎市の地層構造

受けて生じることを念頭に入れて考察を進める。

1.3 海面上昇が地下水位の上昇に及ぼす影響とその定量的評価

1.3.1 海面上昇による地下水位上昇の定量的評価

海面上昇に伴って沿岸域地盤の地下水位が上昇することが予想される。地下水位の上昇は、構造物・地盤系の不安定化が懸念されるとともに、地震による地盤の液状化現象が起りやすくなるといった潜在的な問題を秘めている。したがって、これらの問題を定量的に予測するためには、海面上昇に伴う沿岸域地盤の地下水位上昇量の広域予測手法が必要である。そこで、本研究では、川崎市の沿岸域を対象とし、まず、当該地域における 200 本のボーリングデータを収集し、これをデジタル情報とする地盤情報データベースを構築した。この地盤情報データベースを用いて、透水層である砂層・シルト層の空間的な分布を 3 次元空間情報として取得した(図 1-3 参照)。この透水層の層厚の空間分布を考慮した 2 次元地下水流動解析を実施し、海面上昇が沿岸域地下水位変動に与える影響について検討を行った。式 (1) は境界の水位および流入量

- (1) 地下水位上昇の単独的要因による変状
 - 1) 平均有効応力の低下に伴う膨張(吸水による浮き上がり)と支持力低下
 - 2) 支持力の低下に伴う構造物を支える地盤の沈下(土粒子骨格構造の崩壊によるコラプス沈下やせん断変形による沈下)
 - 3) 過大な地下水位の上昇による浮力による構造物の浮上
- (2) 複合的要因による変状
 - 1) 地震による液状化危険度の増加
本文では、これらの変状が海面上昇の影響を

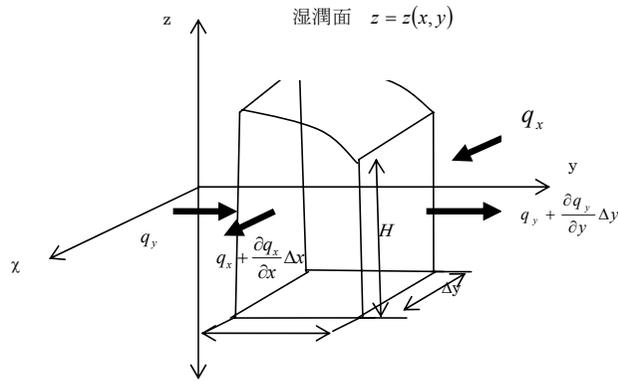
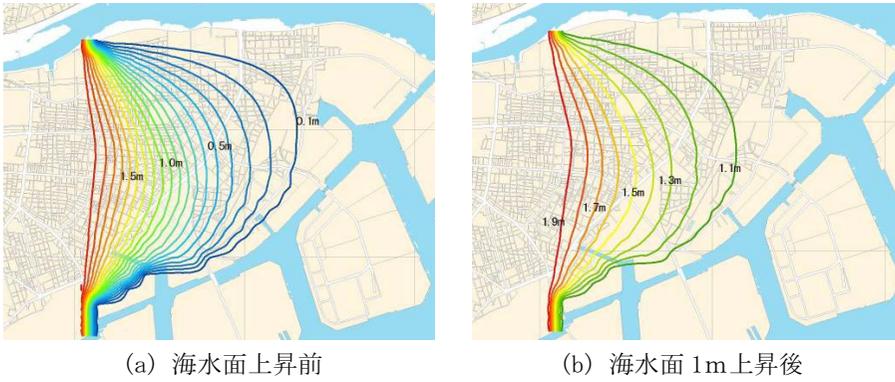


図 1-4 微小区間での地下水の流れ



(a) 海面上昇前

(b) 海水面 1m 上昇後

図 1-5 各状態における地下水位の等値線

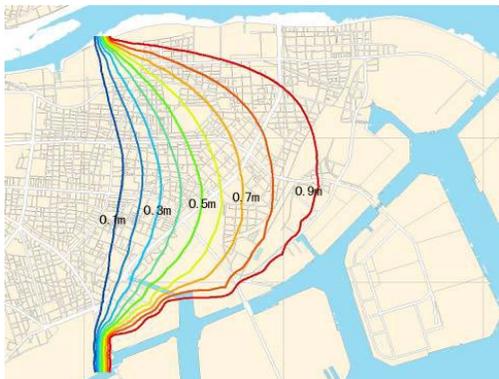


図 1-6 地下水位上昇量

が一定となった場合の地下水位流動定常状態を表す基礎方程式を示している。この式を有限要素法により数値的に解いた。

$$\frac{\partial}{\partial x} \{k(z - z_0) \frac{\partial z}{\partial x}\} + \frac{\partial}{\partial y} \{k(z - z_0) \frac{\partial z}{\partial y}\} = 0 \quad (1)$$

ここに、 k は透水係数である (図 1-4 参照)。

図 1-5 (a) は、現在の海水面としての等地下水位線を描いたものである。一方、図 1-5 (b) は、海水面が 1m 上昇した場合のそれを描いている。両者の結果から差をとり、その等上昇量線を描いたものが図 1-6 である。この図より、海面上昇によって沿岸域地盤の地下水位上昇量は一様ではなく、海岸線に近いほど大きくなっていることが分かる。

以上のような手法は、沿岸域地盤の不安定性評価を広域で行う場合の外力となる地下水位変動を予測する際、有効な手法である。

1.3.2 地下水位の上昇による基礎地盤の不安定性評価

地下水位の上昇の社会基盤施設に及ぼす影響は、構造物へ及ぼす影響と基礎地盤に及ぼす影響が考えられるが、ここでは後者について事例を上げ考察することにする。

(1) 支持力低下と沈下の予測²⁾

地下水位が上昇して、地下水位が構造物底面

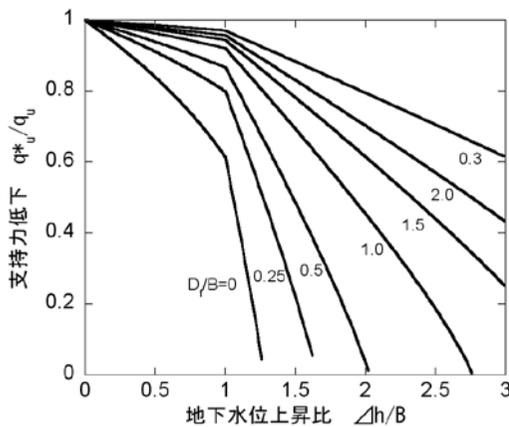


図 1-7 地下水位の上昇に伴う基礎地盤の支持力低下例

より下にあるときには、基礎地盤では以下の事象が起きる可能性がある。

①平均有効応力の低下に伴って膨張（吸水による浮き上がり）するが支持力は低下する。

②支持力の低下に伴って構造物を支える地盤は沈下（せん断変形による）する。

以上から、結果として、膨張による浮き上がりと支持力低下によるどちらが卓越するかによって構造物へ与える影響が異なってくるので、これらを考慮した対応策・適応策を講じておく必要がある。図 1-7 と図 1-8 は、図 1-9 のような粘土地盤上にある連続フーチング基礎を想定して、地下水位の上昇に伴う支持力の低下とこれに伴う沈下の例を示したものである²⁾。ここで、地下水位上昇量 Δh は、仮想すべり面の底面からの値をとっている。つまり、上昇前の地下水位は、すべり面底部に位置している、と仮定されている。これらの計算例の結果から、以下のことが指摘される。

i) 支持力の低下とせん断沈下量は水位上昇に伴って顕著に大きくなる。とくに、支持力は、地下水位上昇比 $\Delta h/B$ (Δh : 水位上昇量, B : 基礎幅) が 1.0 より大きくなると顕著に減少する。一方、沈下が顕著になる地下水位上昇比 $\Delta h/B$ の値は根入れ深さ比 D_f/B (D_f : 基礎の根入れ深さ, B : フーチング基礎の幅) に依存する。

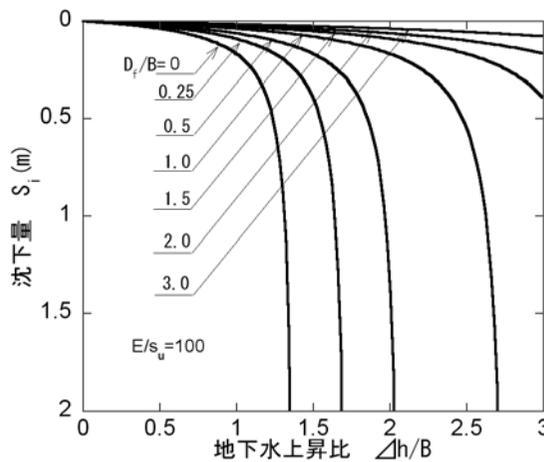


図 1-8 地下水位の上昇に伴う基礎地盤の沈下計算例

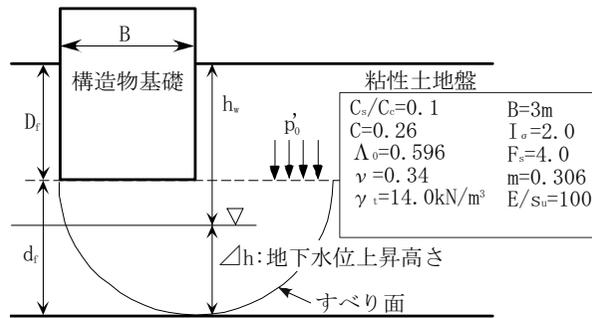
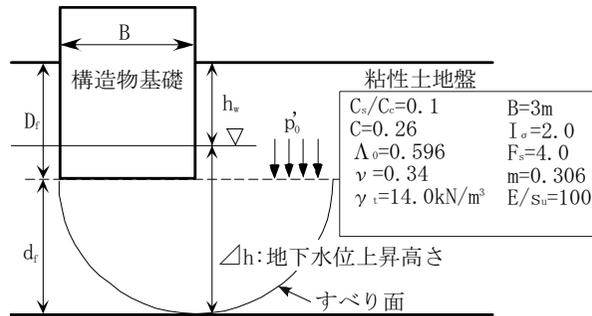
(a) $D_f < h_w$ のとき(b) $D_f > h_w$ のとき

図 1-9 計算に用いたモデル地盤

ii) 支持力の低下とせん断沈下量は構造物基礎の D_f/B (D_f : 基礎の根入れ深さ, B : フーチング基礎の幅) の値が大きくなるほど小さくなる。

以上のことから、支持力低下と沈下の両方を考え併せて、構造物基礎の設計をしておく必要がある。ただし、支持力低下と沈下の両方を小さくするために根入れ深さを大きくしすぎると、今度は、浮力の影響を大きく受けることになることに留意しなければならない。

(2) 構造物の浮上とその評価

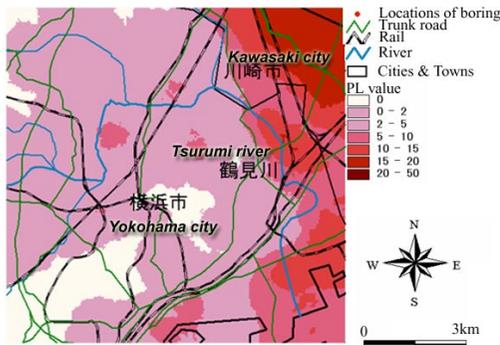
次に、地下水位が構造物底面より上まで上昇したときには、基礎地盤は上記のような変状を示すことに加えて、構造物は浮力を受けることになる。このときはこの浮力に対する変状の対応策を考えておかなければならないが、本文で

はこのことについてこれ以上言及しない。

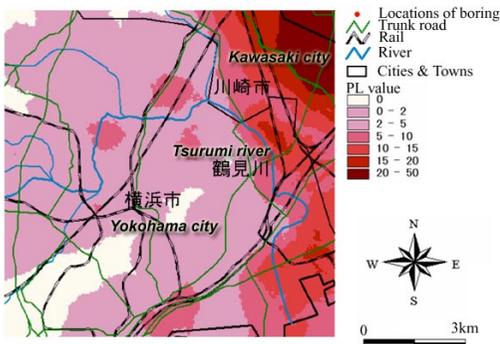
(3) 地震時液状化³⁾

地下水位が上昇すると、沿岸域の砂地盤の液状化の危険性は増大する。このことをある地域を想定して海面の上昇に伴う地下水位上昇に伴って液状化の危険度がどのように面的に変化するかを計算しそれを GIS (地理情報システム) を利用して二次元的に表示した。GIS この様な目的に有効で強力なツールである。

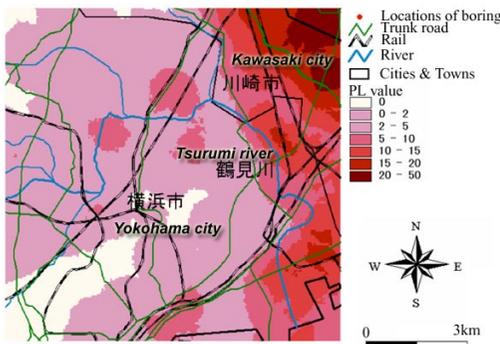
図 1-10 は、神奈川県鶴見川を対称にして横浜市周辺を対象にして、地下水位が現状より、0.5 m, 1.0 m および 1.5 m によって液状化の範囲がどのように広がるか、を例として、液状化のしやすさを示す P_L 値の分布を GIS を用いて表示したものである。ここで、図中の P_L 値は次式で与



(a) 地下水位 0.5m 上昇の場合



(b) 地下水位 1.0m 上昇の場合



(c) 地下水位 1.5m 上昇の場合

図 1-10 液状化危険地域の変化に及ぼす地下水位上昇の影響 (タイプ II 地震動を考慮した場合)

えられる液状化ポテンシャルである。

$$P_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz = \sum_{i=1}^{20} F(z)w(z)\Delta z \quad (2)$$

定式における関数 $F(z)$ と $w(z)$ は次式で定義されている。

$$F(z) = 1 - F_L (F_L < 1.0)$$

$$F(z) = 0 (F_L > 1.0)$$

$$w(z) = 10.0 - 0.5z$$

また、 F_L は以下で定義される液状化指数である。

$$F_L = \frac{R}{L} \quad (3)$$

ここで、 R ：液状化抵抗せん断応力比、 L ：液状化を引き起こすせん断応力比である。図 1-10 における色が濃いところほど液状化の危険度が高いことを示している。この結果から、地下水位上昇に伴って液状化の危険度が増加する領域が増えていく様子がわかる。このように、GIS は、液状化のような災害危険度が時々刻々と変化する災害危険度の様子を視覚的に表示できることから、これを駆使することによってアップデート型のハザードマップを作っていくための有力なツールとなりうるのがわかる。また、このような電子ハザードマップは、海面上昇に伴う地震時液状化の危険度を重視してどこからどのように対応していけばよいか、に関して政策を立案していくための有力な情報を与えてくれる。したがって、このような方法を全国的に展開していけば、ユビキタス社会に対応できる液状化ハザードマップの構築が可能になると考えられる。そのためには、全国的な規模での地盤情報の一律的な収集と管理が不可欠である。

1.4 不安定性への対応策・適応策

温暖化など気候変動に起因する海面上昇が及ぼす都市基盤への影響を基礎地盤への影響という立場から考えると、起こりうると思われる事象は以下の 2 つに大別される。

i) 海水の地下水への浸透による化学的影響に起因する変状

ii) 海水の地下水への浸透による物理的影響(主として、地下水位の上昇)に起因する変状

このうち、i) については、過去において十分な知識の集積がなされていないため、基礎地盤・社会基盤施設系や河川堤防など土構造物にどんな事象が起こるか不明である。早急にこのことを明らかにした上で、対応策・適応策のメニューを提示する必要がある。

一方、後者については、

①地下水位の上昇に起因する直接的な変状

②地下水位の上昇後地震等による複合的な変状が考えられる。これらの事象に対する対応策としては、(a) 構造物の補強と (b) 地盤の補強とが考えられる。このうち、(b) 地盤の補強について考えてみると、従来の地盤技術(地盤安定、地盤改良および地盤補強)を単独あるいは複合的に組み合わせて適応策を事前に提案してことが必要である。また、図 1-2 で示した他の要因も含めて総合的に判断して対応していく必要がある。ここで、重要なことは、将来を予測して事前に対応しておくことで、事象が起きた後の対応は、構造物の浮上対策と合わせて一層困難を伴うので注意を要する。

次に、地下水位が構造物底面より上まで上昇したときには、基礎地盤は上記のような変状を示すことに加えて、構造物は浮力を受けることになり、現象は複雑になる。このときは地盤の沈下と、構造物の浮力に対する変状の両方に対応する方策を考えておかなければならない。1995年の上野駅の駅舎の浮上においては、地下4階にカウンターウェイトを置いたほか、基礎の砂層へ17mのグランドアンカーを打設して対応している⁴⁾。

1.5 まとめ

1) 海面上昇など気候変動が地下水位の上昇に及ぼす影響をまとめ、それら影響の定量的予測方法の例(支持力低下、沈下、液状化危険度増大)を提案した。

2) また、それらの結果を面的に表示する方法として地理情報システムが有力なツールであることを液状化ハザードマップを例として取り上げ実証した。

3) 地下水位の上昇に伴って生じると予測される、構造物と基礎地盤の変状に対しては、事前に予測された地下水位の予測に基づいて、対応策が講じられる必要があるが、これらの提案とその有効性の具体的な実証は今後の課題である。

謝 辞

本研究は、文部科学研究費・基盤A「気候変動・海面上昇に対する適応策に関する総合的研究」(平成14年～16年度、分担、研究代表者・三村信男)、文部科学研究費・基盤A「研究コンソーシアムによる気候変動に対する国際的対応力の形成に関する総合的研究」(平成17年～20年度、分担、研究代表者・三村信男)及び環境省地球環境研究総合推進費「沿岸域における気候変動の複合的災害影響・リスクの定量評価と適応策に関する研究」(平成17年～21年度、サブ課題研究代表者)の助成を受けて行なわれている。また、本研究の推進、および、本文をまとめるに当たっては、茨城大学大学院理工学研究科博士前期課程1年、鈴木希美さん、学部4年生角田繁広君の協力を得た。ともに記して深甚の謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 久須美・小池・俣野：復元する地下水から地下駅を守る，トンネルと地下，Vol.36, No.8, pp.33-40, 2005.
- 2) Yasuhara, K., Murakami, S. and Mitsuyama, S.: Instability of foundations undergoing rise in groundwater level, Proc. International Symp. on Groundwater Problems Related to Geo-environment (IS-Okayama), Vol.1, pp.205-210, 2003.5.
- 3) Yasuhara, K., Murakami, S. and Fukuda, T.: GIS application for prediction of liquefaction potential caused by rising groundwater level, Proc. International Conf. Eng. Practice & Performance

of Soft Deposits, (IS OSAKA04), Vol.1, pp.433-438, 2004.6.

- 4) 清水・鈴木：地下水の上昇に対する地下駅の対策工事，土と基礎，53-10(573)，pp.29-31，2005.

2. 港湾地域における廃棄物処分施設の自然災害対策

渡部 要一*

2.1 海面処分場の特徴¹⁾

海面処分場は，廃棄物埋立護岸で囲まれている。潮汐，波浪，高潮，津波，海流等の時々刻々変化する厳しい外力が作用するこの護岸には，埋立地を海特有の外力から護る「護岸」と，処分場の保有水を外海に漏出させないための「側面遮水」の両者の性能が要求される。一般の護岸構造物では，ケーソンを据える時に捨石マウンドを設けるなど，護岸の通水性を高めることによって内外水位差や波力の緩和を図り，護岸機能としての安定性を確保してきた。廃棄物埋立護岸の遮水性は，これと相反する性能である。

海面処分場では保有水の水位が高く，「管理水位」という概念があるが，廃棄物の大部分は水中に没している。護岸や遮水工の安定のため，建設時や埋立て時には内水位を高めに管理し，護岸周辺が埋め立てられ，外力に対して安定するようになってからは漏水防止のために内水位を低めに管理するなど，アクティブな水位管理も有効と考えられる。

2.2 保有水・排出水の管理

陸上処分場では，排出水を効率的に処分場底面で集水し，標高差を利用して最下流で浄化処理する集排水システムが導入されている（図2-1）。廃棄物中を雨水が浸透し，余水中に溶け出した廃棄物層からの融解・浮遊物質は定期的にモニタリング（人の健康診断でいえば尿検査のようなもの）が実施され，2年間，排出基準を満足すれば処分場としての使命を終えて跡地

利用される。

一方，海面処分場は，地下水位が高く，かつ，平面的な（標高差がない）ため，出口のない器のようなものである（図2-2）。

廃棄物地盤は，そこに浸透する降雨によって洗浄・浄化されると考えられるが，その浄化の程度を評価するため，飽和・不飽和を考慮した移流・分散の数値解析を行った。廃棄物地盤の透水係数は $k = 1 \times 10^{-3}$ または 1×10^{-4} (cm/sec)，降水量は 1800 mm/year，ポンド内水位は GL. - 4.5 m（図2-3 左端の 4.5 m 掘り下げた部分で表現），解析領域（幅 100 m，高さ 15 m）は廃棄物地盤を表し，その底面および側面は不透水境界，初期の濃度は一様に 1.0 とした。図2-3 に 50 年後の濃度比コンターを示す。

規模の小さい処分場を解析対象としているが，管理水位が浅がほぼ全域で浄化されていくためには廃棄物層で $k = 1 \times 10^{-3}$ cm/sec 程度以上の透水係数になっていなければならないことがわかる。しかし，この場合にも，管理水位が深では水の流れが緩慢なため，浄化はほとんど進行

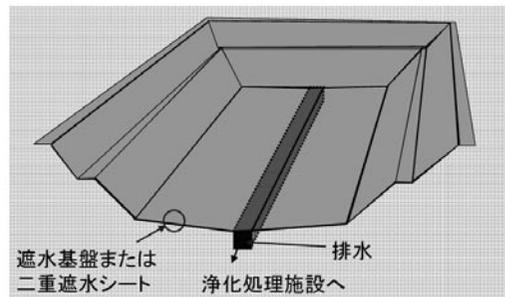


図2-1 陸上処分場のイメージ

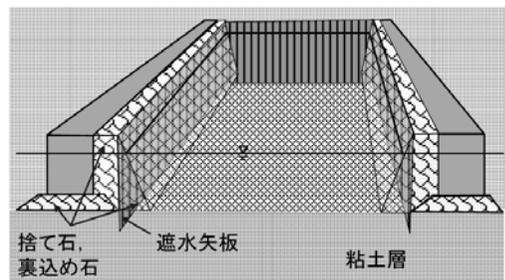


図2-2 海面処分場のイメージ

* (独) 港湾空港技術研究所地盤・構造部土質研究室

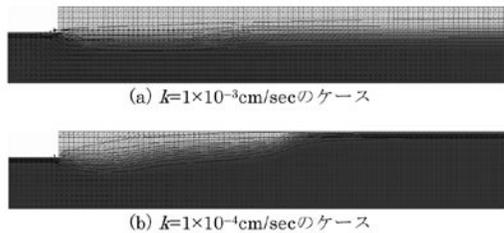


図 2-3 濃度比コンター（濃度比は 0.0（白）～1.0 まで 0.1 刻みで表示）

しない。

海面処分場では、浄化の進行は極めて遅い。人体の隅々で新陳代謝を可能にする血液と同等の役割を、処分場においては保有水が担っているとして、その流れが悪い状態を考えるとわかりやすい。廃止前の処分場では、余水を浄化処理する際に水質検査をしているが、その余水の大部分は排水 Pond 周辺を浸透してきた水で占められている。このシステムでは、処分場全体の浄化・安定化の程度をモニタリングできてはいない。Pond からの余水処理だけではなく、保有水循環システムの構築など、何らかの対策をしなければ、深部が不健全な地盤が将来に残されてしまう。陸上処分場と海面処分場を同等に扱うのではなく、海面処分場の場合には地表面からどの程度の深さまで浄化できれば良いのかなど、新たな議論も必要であろう。人の健康状態を診断するのに血液検査を行うように、処分場の浄化がどの程度進行しているか、濃度が高い場所が残っていないか等を調査・モニタリングするためには、処分場内の保有水を採取して検査することが望ましい。

2.3 廃棄物埋立護岸

現在、廃棄物埋立護岸として採用される工法の多くは、従来からある捨石式、ケーソン式、二重矢板式などの護岸構造に遮水性能を付加したものである。遮水性能を発揮させる道具は、遮水シート、アスファルトマスチック、矢板継手の遮水処理等である。捨石の背面側やケーソン式の裏込めの法面には遮水シートが採用され

るが、わずかな内外水位差でも容易にシートが浮かび上がってしまうため敷設が難しく、大規模な処分場で採用されることはほとんどない。ケーソン側面の鉛直遮水にシートが用いられることもあるが、地震や台風時に生じるケーソン間のずれやケーソンとマウンドとのずれといった局所の変状に対して脆弱なため、設計には慎重な検討が必要である。施工性、コスト、処分容量の確保等の観点から、海面処分場では継手に遮水処理を施した鋼（管）矢板による鉛直遮水工が採用されることが多い。

2.4 遮水性能に関する最近の研究

海面処分場の多くは、厚く堆積した粘土地盤上に建設され、底面の遮水性能は十分に確保されている。このため、底面遮水層まで根入れでき、かつ、護岸本体工と遮水工とを兼ねる鋼（管）矢板で構成される鉛直遮水工は、海面処分場における確実な遮水を実現するための重要な工法の一つと考えられている。

工法の開発段階では、陸上での原位置漏水試験や現場切出し試験、室内模型試験等の結果から、十分な遮水性能があることが確認されてきた²⁾が、海という特殊な環境にこれを適用した際に、その性能がどこまで発揮されるかについては疑問が残されていた。

近年、表 2-1 に示す 7 種類の工法について、その施工性や原位置での遮水性能を確認するために、実海域において実証実験が実施された。

実験施設の設置地点は、広島県呉市の海域（水深 7 m）で、海底には難透水層として十分な性能を有している粘土層が堆積している。大潮時における干満の潮位差が最大約 4 m もあり、遮水工にとって非常に厳しい自然条件となっている。実験施設の平面図を図 2-4～6 に示す。遮水工で囲まれた狭い空間（①～⑦の部分）を設けて水張り試験を実施することによって、継手部の遮水性能を短期間で評価することができる¹⁰⁾。なお、海面処分場では、背後の地盤を含めて、便宜上、厚さ 0.5 m の層の透水係数に換算した換算透水係数 k_e を用いて矢板壁の遮水性能を評

価する。換算透水係数が $1 \times 10^6 \text{ cm/s}$ 以下の場合に環境省令¹¹⁾に示されている構造基準を満足すると見なす¹²⁾。

呉周辺は潮汐による干満差が大きく、潮汐に伴う水圧変化により生じる鋼(管)矢板壁の変形は、構造物にとって非常に厳しい条件である。また、実験中にたびたび台風に見舞われ、激しい波浪、風雨、高潮に見舞われた。約2年間に及ぶ実験の最後の段階では、構造物に強制変位も付与した^{13), 14)}。このような過酷な条件にもかかわらず、全ての工法で、換算透水係数 10^6 cm/s 以下を余裕をもって実現できることが確認された。しかしながら、一部の実験では、施工当初に海底粘土地盤への根入れ部分から漏水があるなどのトラブルが生じた。「継手の遮水」にばかりに着目し過ぎたことによって生じた盲点として、現場から学ばされた反省点である。

表 2-1 実証実験を実施した工法

		遮水処理
1	鋼矢板	膨潤性遮水材 ³⁾
2		ポケット付継手(膨潤性ゴム) ⁴⁾
2'		ポケット付継手(膨潤性ゴムとシリコン樹脂) ⁴⁾
3		溶接 ⁵⁾
4	鋼管矢板	ゴム板付き継手にモルタル充填 ⁶⁾
5		アスファルト充填 ⁷⁾
6		粘土系遮水材 ⁸⁾
7	H鋼矢板	粘土系遮水材 ⁹⁾

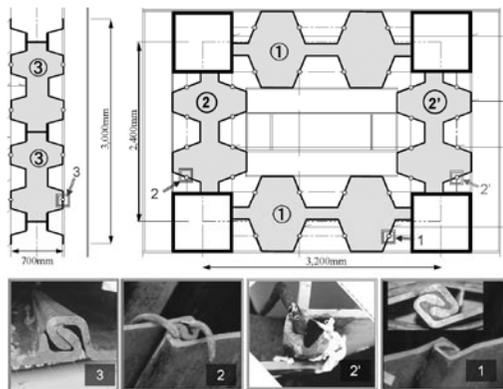


図 2-4 鋼矢板継手遮水性能試験 (工法 1, 2, 2', 3)

これらを振り返って、特に海底に根入れされた継手部分の遮水工をいかに確実に施工するかについて検討した。ここで得られた教訓は、施工法の改良を通じて、その後の実施工に大いに役立てられている。また、実験施設は水張り試験を行うための狭い空間を設けた構造物になっていることから、万一漏水が生じたときにも漏水箇所を特定することができ、かつ、補修が可能であった。このことから、継手を二重にして空間を設けることは、遮水の信頼性を高めると同時に、施工後の遮水性能の検査(漏水検査)

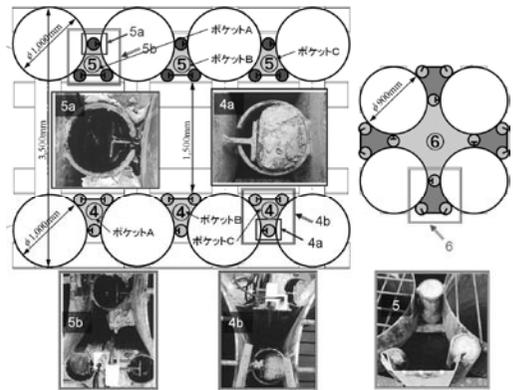


図 2-5 鋼管矢板継手遮水性能試験 (工法 4, 5, 6)

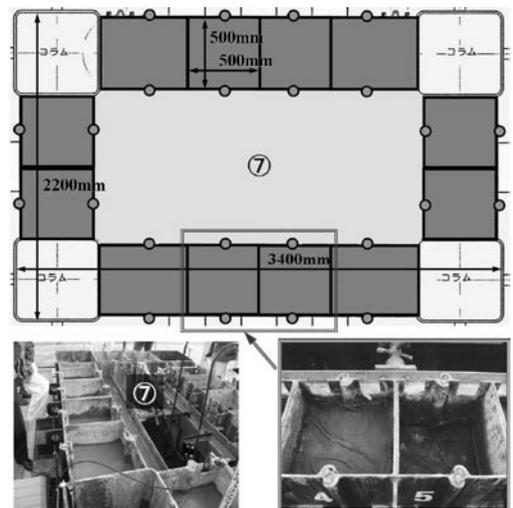


図 2-6 粘土系遮水材の遮水性能試験 (工法 7)

が可能になること、遮水性能が不合格となる不良箇所が発見された場合にも補修ができること、さらには将来においても漏水検査が継続的に可能であること（遮水性能のモニタリング）等の点で付加価値の高い護岸構造になる可能性が高い¹⁵⁾。

2.5 地震・台風による被災

1995年の阪神淡路大震災の際に、液状化によって港湾構造物が著しく被災したことはよく知られている。液状化によってケーソン式護岸の法線が前面に移動し、背後が陥没した被害事例（写真2-1）もその一つである。廃棄物埋立護岸においても、このような被害を防ぐためには、護岸周辺の液状化対策が必要であると考えられる。護岸周辺には透水性の低い廃棄物を埋め立てるなどの工夫が有効であろう。

一方、台風による被災については、波浪で護岸が崩壊したり、高潮時の越波で処分場内へ海水が流入したりすることによって被害がもたらされる。護岸背面側（処分場側）に設置された遮水壁が倒壊した事例を写真2-2に、護岸前面側（海側）の方塊コンクリートが崩壊して自立



写真2-1 液状化による護岸構造物の被害



写真2-2 遮水護岸の背面側への倒壊

遮水矢板だけが残された事例を写真2-3に示す。護岸周辺に廃棄物が埋め立てられていれば、護岸の安定性が増し、写真2-2のような背面側への崩壊には至らなかったであろう。護岸周辺の埋立てを先行させることは有効な対策であると考えられる。

これらの事例では、設計時の設定を大幅に上回る外力によって被災したものの、幸いにも汚染物質が流出する事態には至らず、環境への影響は最小限に食い止められた。被災後、直ちに応急措置が施され、復旧方法が慎重に検討された後、1年後には本格的な復旧が完了した。

2.6 被災時の安全性

一度失われた自然環境を取り戻すには膨大な費用と時間が必要になる。このような事態を避けるため、被災時にも被害を最小限に食い止める工夫が必要であり、変形追随性能の向上や遮水構造の二重化がこれに対する答えとなる。一方で、さらに強固な構造物を目指すことも方向性としては間違っていない。鋼（管）矢板による遮水壁に粘土系の遮水材を併用することにより、変形追随性は格段に向上することが期待できる。一方で、鋼（管）矢板を溶接したり、鋼板セルを用いたりすることにより、遮水継手の数を減らすことは、構造物の剛性を高くすることと併せて遮水性の向上につながる事が期待される。しかしながら、巨大化した構造物を打設するには、施工精度を確保するために打設・引抜きを繰り返すなどの調整が必要になること



写真2-3 遮水護岸前面側の方塊コンクリートの崩壊

もあり、継手部の遮水処理は改善されても、根入れ部が乱されてそこから漏水が生じることもある。机上や実験室における検討に止まらず、実際の施工を通じて、構造物全体としての性能を評価することは重要である。

現在までに実用化されている工法で、実海域においても構造基準¹¹⁾を十分満足する遮水工の構築が可能であることは先に述べたとおりである。構造基準を満足するという点で、遮水工としては十分な性能であるとも考えられるが、一重の遮水継手では、施工時に遮水性能の検査をしにくい。このため、二重に継手部を設けて遮水性能を検査しやすくするのも一つのオプションと考えられる。また、粘土系遮水材を充填して、安全性を向上させることも一つのオプションである。最低限必要な遮水工から、検査・補修、さらにはフェイルセーフなどを考えたときに、どのような工法を選定したら何が可能なのかなど、幅広い工法上の選択肢を考えておくこと¹⁵⁾は、処分場建設に必要な不可欠な関係者間の合意を形成する上で重要である。

先の被災事例で、遮水護岸前面側の方塊コンクリートが崩壊しても遮水矢板が辛うじて残った事例(写真2-3)を参考に考えると、フェイルセーフを導入して二重の遮水を謳う場合には、標準断面図上では一重の遮水工であるが継手が二重に設けられている構造よりも、遮水シートと遮水矢板あるいは二重の遮水矢板とするなど、標準断面図上でも二重の遮水構造となっている方が、「二重」が同時に損傷する可能性が低くなることになる。もちろん、二重に継手部を設けることにもメリットがあり、遮水性能の検査やモニタリングできる点では他に優る。

2.7 より高い安全性を目指して

地震や台風により廃棄物埋立護岸が被災するのは、著しい偏心傾斜荷重等が原因となっている。このため、廃棄物処分場が海に隣接しないように、護岸の外側にも別の埋立地を造成して廃棄物埋立護岸を中仕切としてしまうこと、あるいは、海側に切り立った鉛直護岸とせず

傾斜護岸とすることは、安定性向上に大いに寄与するものと考えられる。

廃棄物地盤内の保有水に流れを生じさせ、汚染物質の浄化を促進するとともに、廃棄物埋立護岸を崩壊から護り遮水性能を維持することは、自然災害による被害を防止するために重要である。最近の研究成果の実務への反映、さらなる研究・技術開発に期待したい。

参考文献

- 1) 渡部要一, 土田 孝, 山田耕一, 鶴飼亮行: 海面処分場の特徴と変形追随性遮水材の開発, 土と基礎, Vol.51, No.8, pp.32-33, 2003.
- 2) 木下雅敬・岡 由剛・喜田 浩・吉田 節: 海面処分場における鋼(管)矢板を用いた遮水工について, 土と基礎, Vol.51, No.8, pp.34-36, 2003.
- 3) 沖 健・木下雅敬・池田昌弘・渡部要一: 継手部に水膨潤性遮水材を塗布した鋼矢板壁の実海域性能確認試験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.2287-2288, 2004.
- 4) 岡 由剛・沖 健・小澄省三・渡部要一: ポケット付き継手を有する遮水用鋼矢板壁の実海域遮水性能確認試験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.2285-2286, 2004.
- 5) 池田昌弘・喜田 浩・渡部要一: 継手部に溶接を用いたBOX型鋼矢板壁の実海域遮水性能確認試験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.2291-2292, 2004.
- 6) 鳥崎肇一・岡 由剛・喜田 浩・柿本龍二・渡部要一: 漏洩防止ゴム板付き継手を持つ鋼管矢板壁の実海域遮水性能確認試験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.2289-2290, 2004.
- 7) 木下雅敬・鳥崎肇一・瀬尾 彰・渡部要一: アスファルトを充填した鋼管矢板継手の実海域遮水性能確認試験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.2293-2294, 2004.
- 8) 上田正樹・伊野 同・山田耕一・吉野久能・渡部要一: 土質系遮水材を用いた鋼管矢板継手の実海域遮水性能確認試験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.2295-2296, 2004.
- 9) 山田耕一・上野一彦・羽田 晃・土田 孝・渡部要一: 変形追随性遮水材料を用いた管理型海面廃棄物最終処分場の新しい遮水護岸構造の提案, 海洋開発論文集, 18, pp.77-82, 2002.
- 10) 渡部要一・鶴飼亮行・伊野 同: 管理型廃棄物埋立処分場の遮水性能, 土木学会第58回年次学術

- 講演会講演集, VII, pp.329-330, 2003.
- 11) 総理府・厚生省令「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」, 1998 改正.
 - 12) 港湾空間高度化センター: 管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル, 運輸省港湾局監修, 2000.
 - 13) 鳥崎肇一, 沖 健, 喜田 浩, 柿本龍二, 木下雅敬, 渡部要一: 遮水用継手を持つ鋼管矢板壁を变形させた状態での実海域遮水性能確認試験, 第 40 回地盤工学研究発表会講演集, pp.2543-2544, 2005.
 - 14) 沖 健, 鳥崎肇一, 岡 由剛, 池田昌弘, 渡部要一: 遮水用継手を持つ鋼管矢板壁を变形させた状態での実海域遮水性能確認試験, 第 40 回地盤工学研究発表会講演集, pp.2545-2546, 2005.
 - 15) 渡部要一・山田耕一・吉野久能・鳥崎肇一・沖 健・喜田 浩: 海面処分場の鉛直遮水工の遮水性能に関する実海域実証試験: 第 39 回地盤工学研究発表会講演集, pp.2297-2298, 2004.

3. 環境防災水利—水環境の再生により火災から木造文化都市を守る—

大窪 健之*

3.1 木造文化の特質と環境的価値

我々の住む日本は、高温多湿のアジア・モンスーン気候に属している。天より授かる豊富な雨水は豊かな水と緑をもたらし、先人達は長い歴史を通じて世界でも類を見ない「木の文化」を育ててきた。現在では、日本の木製建築と、これで構成される伝統的な町並みは、人類にとってかけがえのない文化的資源となっている。

木造都市は同時に、地球温暖化の一因とされる炭素を貯蓄する巨大な倉庫でもあり、すべての木造建築物を合わせると、日本の森林が保有する分のおよそ 18% の炭素を貯蓄しているといわれている。このユニークな木造の文化は、国土のおよそ 70% 弱をカバーする緑地で生産される木材資源によって維持されてきた。

さらに木という材料は、コンクリートや鉄といった近代的な人工素材と比較して地球環境に

極めて親和的で、再生可能な天然素材である。これを用いた建造物は、法隆寺を引くまでもなく、痛んだ部分を自在に取り替えることを通じて千年を超えて維持することが可能であり、人間的なスケールと質感を持ち、時間を経たなお深みを増す豊かな風合いを備えている。

木はこのように優れた特質を持つ一方で、燃えやすいという危険性を持つこともまた否定することはできない。しかしながら、文化遺産をはじめとする伝統的な木造文化の様式を、火災に弱いという理由だけで早計にこの世から消し去ってしまうことは、文化的多様性のみならず地球環境の保全という視点から見ても、人類にとって計り知れない損失となろう。

木造文化都市をまもるためには、建造物をむやみに不燃化するのではなく、むしろ「万一燃えてもすぐ消すことのできる安全な環境を実現する」ことが重要となる。

3.2 地震火災と環境防災水利の考え方

木造文化都市をまもる上で考慮すべき最も重要な災害の一つは、いかなる文化遺産をも消滅させてしまう危険な火災を、「同時多発的」に引き起こす「地震火災」である。

平成 7 年 1 月 17 日に発生した阪神・淡路大地震における、木造住宅密集地を中心とした大規模な延焼火災被害の背景には、激しい地震動のため平常時には万能であったはずの近代的な都市基盤施設から水が供給されず、「同時多発火災」の対処に必要な水が、圧倒的に不足していたという事実がある。

日本列島の起源にも関わる不可避な地震災害と共存しながら、将来に渡って伝統的な木造文化都市を守ること。この命題に答えることは、河川や水路、池や海、井戸水や雨水貯留など、地震時にも水供給が可能な「地域に既存の自然水利」を再生し、公設消防による消火活動だけでなく、災害時に誰よりも早く駆けつけることのできる地域市民が、自主的に行える初期消火を重視した安全な環境を整備することで、初めて可能となろう。

* 京都大学大学院地球環境学堂

「環境防災水利」とは、風土が育み、地域に元々備わっていたはずの自然水利を、平常時から地域市民にとって使いやすい形で再生することを通じて、歴史的文化遺産をはじめとする木造文化を最大の危機である地震火災から守り、豊かな水のある美しく安全な都市環境を実現することを目的とするものである。木造文化と都市内水利とは、同じ自然の恵みである水に起源を持つ。環境と防災という視点からこれらを再生し、後世に伝えていくことは、現在を生きる我々の責務でもある。

3.3 本稿の構成と概要

阪神・淡路大震災の経験を踏まえ、非常時に備えて通常の消防システムを補完するために、我が国を代表する木造文化都市・京都市において、地域に備わる水利、市民、設備を活用していく方針を、平成14年の防災水利構想²⁾の基本理念として策定している。

この理念の具現化を目指し、次章では、地域固有の自然水利を活用した防災水利整備に関する先進事例の一部を、整備事業の実現過程も含めて紹介し、続いて、これらの考え方を援用したケーススタディ地域に対する具体的計画の提案を試みる。対象地域としては、京都市域の中から他都市にも適用可能な汎用性のある地域として、地震火災で甚大な被害がもたらされる可能性が高く、かつ伝統的な木造建造物群が密集する社会資本でもある、清水周辺地域（清水寺周辺の世界遺産指定地域を含む）を選定した。

一方、計画の実現化に際しては、予算の確保や事業主体の設定、住民との合意形成など直面する問題は多く、整備事業の実施は容易ではない。プロジェクトを実際にマネージメントする上で重要となる事業推進手法についても、参考事例の実現過程における要件整理を通じて方針の導出を試みる。

3.4 自然水源を活用した防災水利の事例と整備事業の実現過程

まず、これまで調査を行ってきた自然水源を

活用した防災水利整備事例の中から、代表的な例のシステム概要と事業実施プロセスについて紹介する。本稿では代表的な農村地域の事例として、岐阜県大野郡白川村荻町地区（白川郷）における重力式水供給システムの整備事例を、一方の市街地での代表的事例として、石川県金沢市における用水路整備と防災消雪井戸整備の事例について概要を示す。

3.4.1 地域の概要

1995年12月、「白川郷・五箇山の合掌造り集落」として世界文化遺産に登録された伝統的建造物を今に継承する白川村は、岐阜県北部の豪雪地帯に位置する人口2,000人ほどの村である。合掌造り、特に茅葺き屋根は火災に対して非常に弱い、荻町地区では景観を損ねることなく、既存の農業用水路を活かした防災整備がなされており、景観保存のための予算確保や法の改正も含めた整備が、防災整備と並んで行われてきた点で特徴的である。

一方、石川県金沢市は、藩政時代に形作られた道路や用水などの骨格の上に、現代までの市街地が積み重なって成立した都市であり、各所に武家屋敷、茶屋街、寺院群などの歴史的な町並みを残す人口46万人ほどの都市である。総延長約150kmに及ぶ用水路網を持っていたが、近代化に伴い暗渠となった区間も少なくない。また積雪の多い地域であるため、主要な路線には道路表面の雪を溶かす井戸式散水設備が導入されており、例年12月上旬～翌3月上旬頃まで稼働している。

3.4.2 防災水利の概要

(1) 白川郷の農業用水と高低差を活用した防火システム

白川村荻町地区では、農業用水の供給ルートにある80m高所の通称「前山」に設置された600tの貯水槽から、地区内に配置された平成14年現在62基の消火栓設備と59基の放水銃に、高低差と重力によって生み出される高圧水を送る、重力式消防水利システム（図3-1）を構築

してきた³⁾。

一方、集落に流れ込む用水は、水路に併設される8カ所の防火水槽に常に新鮮な水を供給しており、多重の水確保が行われている。放水銃は、火の粉などによる飛び火を防ぐ高さ20mに及ぶ水幕を作りだし、合掌家屋を取り囲むように配置されている(写真3-1)。

(2) 金沢市の用水路再生整備と消雪用井戸の活用

金沢市では、平成元年の「景観条例」を契機に、伝統環境の保存及び美しい景観の形成に取り組みはじめ、平成8年以降、景観だけでなく防災を目的の一つとした水路整備(暗渠部の開渠化、水面へのアクセス確保(写真3-2)、釜場(消防用吸水ピット)の設置等を進めてきた。

一方、冬場の道路融雪に使用している道路消

雪用井戸を、防災給水拠点及び消火拠点として使用できるよう改良(写真3-3)を行い、消防水利の基準である1t/min以上の揚水量を確保している。さらに災害などによる停電を想定して、照明電源車等の外部から電力供給ができるよう分電盤が改良されており、平成14年時点で62箇所の整備が完了している。

3.4.3 防災水利整備に至る背景

(1) 背景となった地理的特性

白川村荻町地区には、岩をノミでくり抜くような時代から灌漑用水路が存在したが、昭和48年から53年にかけて全長2.5kmの農業用水路(生活、農業兼用)へと大改修が行われた。この際水路が集落の背後に位置する小高い山を通して導水されたことが、結果として他地域に先駆

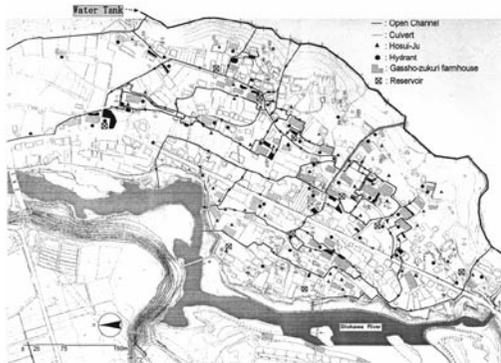


図3-1 白川郷の防災水利システムと水路網(配置図)



写真3-2 金沢市の用水護岸整備の例



写真3-1 白川郷の放水訓練風景



写真3-3 金沢市の防災消雪井戸

けた重力式システムの採用を可能とした。

一方金沢市では、藩政時代より用水路が網目状に配置されており、近代以降に暗渠化が進行する以前は、農業用の灌漑から物資の運搬、精米・製油等の動力源、友禅流しの染物など多目的に活用されてきた歴史を持つ。また積雪に対処するため、1968年から市道だけで211本の道路消雪装置の敷設が進められてきており、地下水利用の実績があった。

(2) 整備のきっかけとなった要因

白川郷は、昭和49年の旧国鉄による「ディスカバー・ジャパン」キャンペーンをきっかけとして広くその名が知られるようになり、昭和51年に国の重要伝統的建造物群保存地区指定を受けるに至ったことが、集落を守る防災水利整備の端緒となる。

金沢市における整備については、昭和60年の香林坊地区の再開発事業に伴う水路の開渠化決定を端緒とするが、水路に対する防災機能の付加と、消雪用井戸への防災機能の付加については、いずれも平成5年の阪神・淡路大震災を直接の契機として、計画・事業化されている。

3.4.4 整備事業のプロセス

(1) 整備計画の立案

白川村荻町地区の合掌集落では、国の重要伝統地区指定を受けるにあたり教育委員会が担当となったことをきっかけとして、後の防災水利整備もその実施に至るまで、すべて教育委員会が主体となって進められた。当時重力式防災水利システムの参考事例が少なかったために、白川村独自のものとして現在のシステムが考案された。

金沢市の用水路整備事業計画については、平成6年より市農林部農林基盤整備課による計画が進められていたが、翌年の阪神・淡路大震災をきっかけとして当初計画を変更し、防災機能として20カ所の釜場の設置を追加して実施設計が行われた。消雪用井戸の防災利用計画については、多面的な防災水利確保を目的として、金沢市総務部総務課総合防災対策室を中心として

考案された。

(2) 予算の確保と制度の活用

白川郷における重力式消防水利システムの整備に関しては、昭和52年から56年、そして平成元年に、「重要伝統地区に防災設備の導入を行う」という名目で文化庁からの国庫補助金を50%獲得し、残る50%を村の一般財源により歳出することで行なわれた。一方、水路に併設される防火水槽に関しては、平成6年から平成10年まで「中山間地域農村活性化総合整備事業」という名目で農林水産省からの国庫補助金を獲得しており、農地や農道の整備、地域振興に加え、一部を防災整備事業にも充てることで整備が行われている。

金沢市の用水路整備に関しては、石垣の改修、釜場の設置、水面へのアクセス確保などの用水路改修に際して、用水が農業用水であるため、農林水産省の補助（水環境整備事業）を活用して整備された。予算の負担率は、国50%、県20%、市30%であった。その他旧環境庁（現環境省）の環境保全施設整備費補助（国庫補助率1/3）や旧自治省（現総務省）の起債も活用している。水路の開渠化費用については市が全額を負担しており、防災消雪井戸の整備に関しても市が全額負担している。

(3) 整備事業の実施

白川郷では整備事業の実施に際しても、通常の建設部門等ではなく、教育委員会という単一のセクションが継続して取り仕切りを担当している。住民との合意形成に関しても、全ての住民が望んでいた事業であったために反対意見は見られなかったという。問題となる水利権に関しては、非常時の一時的利用という名目で、一級河川からの導水を国より許可されている。

金沢市では、用水路上を占拠していた私有橋の所有者と市が協定を結ぶことで、30本におよぶ私有橋の撤去・狭小化と、石積みによる用水護岸の再生、張り出し歩道の設置、電線の地中化を実現し、用水によるまちの回遊性を生み出した。平成7年度までの事業担当部署は、開渠化交渉と用水路の市街化区域における整備・維

持管理が「土木部河川課」、用水路の市街化調整区域における整備・維持管理が「農林部農林基盤整備課」、用水路に隣接する市道の整備・維持管理が「土木部生活道路整備課」であった。しかし、縦割り体質を解消し多岐に渡る整備をまとめて行うため、平成8年度に3つの部署を統合した「用水・みち筋整備課」を設立し整備に当たっている。用水の水利権については、非常時の一時的利用という条件で利用が許可されている。水面使用料は農林基盤整備課が農業従事者による用水管理組合に20年分先払いし、その後組合は用水の所有権を放棄する予定となっている。

道路消雪装置の設置については土木部道路建設課が担当しており、維持管理は土木部生活道路整備課が担当しているが、防災井戸部分については、整備・維持管理共に市民生活部市民安全課が担当している。

(4) 整備後の防災活動と運用

白川郷では、整備後実際に昭和61年、平成元年、平成8年に三回の地区内火災が起きているが、全ての類焼を食い止めてきた実績を持つ。白川村の防災システムを何よりも強固にしている要因として、成熟したコミュニティの存在が挙げられる。現在行われている年に2回の消火設備一斉点検も、実質的に各戸から一人が参画している消防団により実施されている。放水訓練についても、平成14年以降は地域市民の手に



写真3-4 白川郷の地域市民による放水

より実施される（写真3-4）方針となっており、設備周辺の雪かきなどの日常的なメンテナンスも、地域市民の担当者によって実施されている。

金沢市での整備・運用状況について見ると、用水は景観、防災、観光の観点から農閑期も含めた通年通水を実施しており、市が用水管理組合を補助している。釜場の設置状況については、平成13年度末で全27カ所に増設されており、実際にこの釜場を利用して消火活動が行われている。一方消雪井戸のポンプ動力となる電力は、消雪井戸の稼働する冬期間のみの契約のため、冬季はホースを接続するだけで使用できるが、冬季以外や停電時は単独では使用できない。このため、今後自主防災会で発電機を整備していくことが予定されている。

3.5 ケーススタディ地域に対する整備事業の提案

以下では、事例調査を通じて得られた知見をもとに、環境防災水利の理念の実践を目指して、ケーススタディ地域に対する整備事業の提案を行う。

3.5.1 防災水利の満たすべき性能

防災水利の性能面での基本要件として、市民による初期消火、公設消防による通常規模の消火、応援消防組織を含めた路線防御による延焼対応、という3段階の消火活動のシナリオ（図3-2）⁴⁾に応じた「消火活動面でのフェイルセーフ（代替性・安全性）」の確保と、多様な水源を活用することによる「水供給面でのフェイルセーフ」の確保の2点（図3-2）を念頭に計画を行うこととする。

まず地域特性を把握した上で、消火活動段階に応じた多重的な活動を可能にし、かつ多面的な水源を確保することを念頭に、「環境防災水利」のための整備方針の導出を行う。その上で想定される消火能力の評価を踏まえた、実効性のある基本計画案の提案を行うことが重要となる。

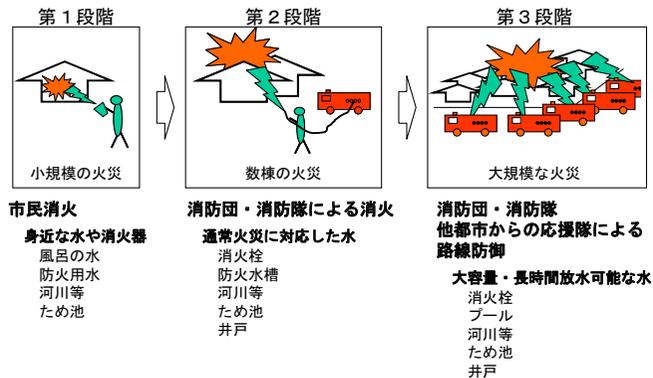


図 3-2 3段階の消火活動段階のイメージ



写真 3-5 清水周辺地域の風景（八坂の塔）

3.5.2 清水周辺地域での基本計画の提案

(1) 対象地域の特徴

京都市の清水周辺地域（写真 3-5）は、世界文化遺産に指定されている清水寺や、国指定の産寧坂重要伝統的建造物群保存地区など多くの文化遺産を擁する、世界的にも貴重な歴史的地域である。

その一方で、東山に隣接した伝統的な木造密集地区により構成されており、狭小な路地と裸木造が特徴となっている。このような環境では、地震災害時に街路が閉塞し、消火活動が困難となる上、大規模な延焼（第3段階）には物理的に対応できないことが明らかとなったため、地域市民の手によって初期消火活動が容易に行えることが極めて重要な要件となる。

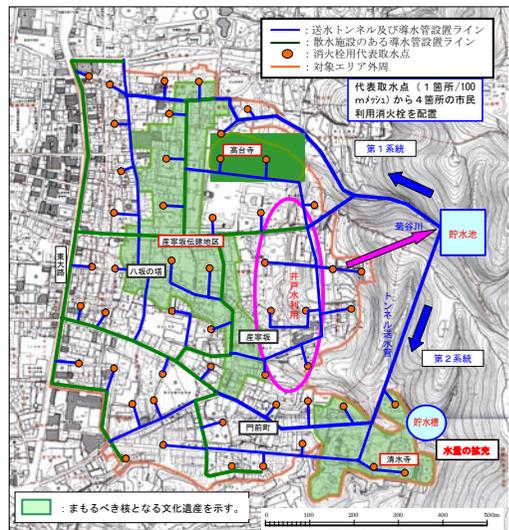


図 3-3 全体計画図（三寧坂重要伝統地区）

(2) 環境防災水利整備・基本計画提案の概要

現地調査の結果、東山の中腹に山林火災対策を兼ねた治山ダムが存在することが明らかとなり、これを拡張し、雨水や沢水を水源とする、約 80 m の高低差を活かした重力式システムを採用することとした。システムの代替性を確保するため、地上および地下トンネルの2つの送水ルートを設定して、万一の漏水時にも相互補完できる計画（図 3-2）とした。

動力を用いない自然加圧システムは、人工エネルギーに頼る動力システムが障害を起こし得

る地震災害時には、特に有効となる。

ここでは地震により道路が閉塞し、地域が孤立する最悪の事態に備えて、この水を一般市民が初期消火（第1段階）に使える消火栓と、街区を越えて類焼することを少しでも遅らせる（第2段階）ための街路散水設備に活用する計画とした。市民が個人で扱える「易操作性消火栓」(写真3-6)を、その守備範囲を考慮することで配置し、また類焼が迫った際には市民がコックをひねるだけで街路に面した木造壁面に散水でき、水の蒸発熱により引火を遅らせることを目的とする「街路散水設備」(写真3-7)を、震災時にも完全閉塞しない一定の復員を持つ街路に重点配置した。

これらの水利設備を、平常時から京都の伝統的慣習である打ち水や、緑への散水等の日常利用にも積極的に活かしていくことで、平常時か



写真3-6 易操作性消火栓の例

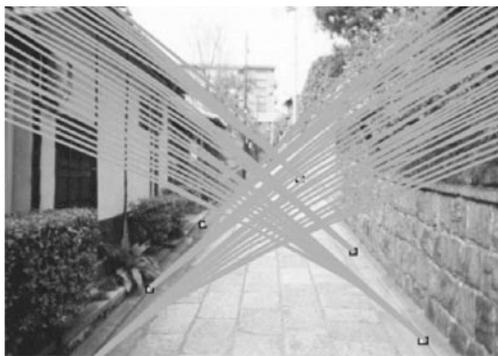


写真3-7 街路散水設備のイメージ

らのメンテナンスを可能とし、非常時の活動をスムーズに行うことが可能となる。

更なるフェイルセーフを確保するために、別系統のシステムとして、開水路と防火水槽のネットワーク(図3-4)を計画した。現在は大部分が暗渠となっている菊谷川、轟川等の旧河道を再生・開渠化することで、常に水の循環する貯水槽を追加配備し、既存の防火水槽を補完するものである。

開渠化された水路には、浅い水を汲み上げるための取水ピットの整備や、平常時から安全に水面に近づけるような親水空間として整備する計画とした。

非常時だけでなく、市民による平常時の利水活動を促す環境整備を行うことは、水質の維持や設備の維持管理を、平常時から高いレベルで保つ意味で重要な要件となる。

3.5.3 計画案に対する事業推進方針の提案

上記計画案の実現に向けて、3.4.4項で調査した事例の事業推進手法を援用し、事業化に必要なプロジェクトマネジメントの方針を導出する。

(1) 予算確保と制度活用方針

予算確保と制度活用については、環境防災水利整備のための予算的枠組みが確立されていない中、調査事例においては農業施設整備、景観整備等の名目で予算を獲得し、その一部を活用して防災水利の整備をすすめる工夫がなされていることが明らかとなった。ケーススタディ対

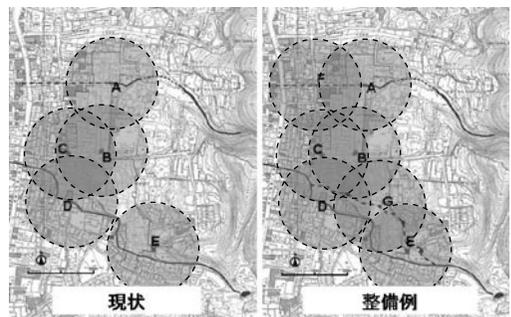


図3-4 水路と防火水槽のネットワーク整備計画図

象地域は世界文化遺産や国宝、国の重要伝統的建造物群保存地区を含むため、白川郷と同様に文化庁による補助金の導入が期待される。主な活用水利が農業水利ではないため、農林水産省の水環境整備事業の枠組みを活用するには検討が必要となろうが、一方で主に雨水や沢水を起源とする天水と地下水とを活用する計画であるため、水利権については特に考慮しなくて良い可能性がある。この場合も治山ダムの水を利用するため、ダム管理を行っている市や府の土木局等との調整は必要となる。その他、雨水や地下水の涵養を促進する名目で、環境省の環境保全施設整備費補助制度を活用したり、地方分権の推進により現在充実しつつある総務省の自治体向けプログラムを活用することを通じて、必要な予算を取得することとなる。しかしながら補助制度が一定割合の自己資金を必要とするため、基金の設立や市民団体の設立など受益者となる地域市民による活動は、資金面だけでなく市民の合意形成、計画立案への参加、整備後の運用面においても不可欠となる。平成15年に政令指定都市として初めて施行された「京都市市民参加推進条例」や、これに先立ち平成13年に設立されたパートナーシップ推進室のプログラム等を活用することは、受け皿づくりにも有効となろう。

(2) 整備事業の実施体制

整備事業の実施に関しては、行政側として少なくとも防災（消防局）・河川（建設局等）・地下水（上下水道局、保険福祉局等）・道路（建設局、交通局等）・景観（都市計画局等）・環境（環境局等）・文化財（文化市民局・教育委員会等）を始めとする多くの関連部局の協働が必要となるため、例えば総合企画局等の総合的なプロジェクト推進を担当する部局が中心となり、横断的な単一組織を設立することが望まれる。

一度に広範囲にわたるすべての事業を完了させることを目標とするのではなく、段階的に発展可能な整備計画を立案することにより、電線の地中化事業や上下水道、道路舗装の更新事業など、関連する他部局による整備事業と連携を

図りつつ、合理的で現実的な事業実施を行うことは、極めて重要な要件となる。

(3) 整備後の運用方針

整備後の防災活動と運用については、設備の維持管理等のために行政側の役割分担を明確化しておくことが必要となるが、災害時には地域市民の初動が極めて重要な役割を果たすこととなるため、平常時から市民の活発なコミュニティ活動が維持されていることが、万一の災害時の防災活動のためにも重要な要件となる。非常時における防災活動のみを主眼とした自衛組織としてではなく、平常時から水環境の保全等の地域活動を行える地域コミュニティを、例えば祭りなどの地域文化を再生すること等を通じて形成し維持していくことが、最終的な事業の成否に係わる重要な指針となる。

3.6 まとめと展望

本稿では、事例調査とケーススタディを通じて、都市全体を不燃化することを目指した従来の都市防災の考え方とは異なり、日本における伝統的な木造文化を尊重し、災害に強く安全で美しい国土環境の再生に資することを目的として、震災時の同時多発火災に対抗するための「地域市民を含めた人・地域に備わる水・使いやすい技術」をどのように準備するべきかという、防災戦術を考慮した「文化遺産を核とする街づくり」を行うための考え方について、市民参加を含む実践的な検討を行ってきた。平成16年度には地域市民による計画案の提案へ向けて、地元市民代表を交えた検討委員会⁵⁾を開催し、災害図上訓練（Disaster Imagination Game⁶⁾）を通じた意見交換を行っている。

「安全で美しい木造文化都市」の実現へ向けて、今後も継続的に研究と活動を進めていく必要があるが、地震動による倒壊、洪水、土砂災害等のその他の災害対策と融合した、総合的な防災事業の提案へ向けて取り組んでいきたい。

謝 辞

本稿は、筆者が委員や事務局の一員として参画させていただいた、平成13年度「京都市防災水利構想」検討委員会⁷⁾、平成13年度国土交通省建設技術研究開発費補助金による「地震火災から木造都市を守る環境防災水利整備に関する研究開発」報告書⁸⁾、平成15年度「災害から文化遺産と地域を守る検討委員会」⁹⁾、平成15年度「京都市環境防災水利整備計画研究会」¹⁰⁾、および、平成16年度全国都市再生モデル調査事業「文化遺産を核とした地域の防災力向上の取組みによる地域の活性化」¹¹⁾の成果により得られた知見に基づくものです。また、岐阜県大野郡白川村役場、石川県金沢市役所、および各地域市民の皆様には、調査に快くご協力いただきました。記して関係諸氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 神戸市消防局:阪神・淡路大震災における火災状況, pp.8, 1996.8.
- 2) 防災水利構想検討委員会(土岐憲三(委員長), 小林正美(副委員長), 田中哮義, 松井三郎ほか14名):京都市防災水利構想 環境防災水利―「命の水」対策, pp.12-15, 2002.3.
- 3) 小林正美, 西村直:風土に根ざした地震火災用水供給システム, 地震第52巻, pp.199-212, 1999.
- 4) 前掲書²⁾, 19 p.
- 5) NPO 法人災害から文化財を守る会, 京都市:平成16年度国土交通省全国都市再生モデル調査事業「文化遺産を核とした地域の防災力向上の取組みによる地域の活性化」事業報告書, 2005.3.
- 6) DIG マニュアル作成委員会(小村隆, 重川希志依, 平野昌ほか):災害図上訓練 DIG マニュアル, DIG マニュアル作成委員会事務局(富士常葉大学環境防災学部小村研究室内)発行, 1999.11.
- 7) 前掲書²⁾
- 8) 土岐憲三(代表), 小林正美, 田中哮義, 大窪健之(事務局)ほか7名:地震火災から木造都市を守る環境防災水利整備に関する研究開発, 国土交通省平成13年度建設技術研究開発費補助金成果報告書, 2001.3.
- 9) 災害から文化遺産と地域をまもる検討委員会(土岐憲三(委員長), 益田兼房ほか16名):地震災害から文化遺産と地域を守る対策のあり方, 内閣府, 2004.7.
- 10) 京都市環境防災水利整備計画研究会(大窪健之(座長)ほか9名):「京都市環境防災水利整備計画研究会」報告書, 京都市消防局, 2004.3.
- 11) 前掲⁵⁾

4. 地域密着型の洪水軽減策に関する重要な問題ーバングラデシュとベトナムの事例ー

Rajib Shaw*

4.1 はじめに

アジアは、世界でも最も災害の起きやすい地域である。統計によれば、1975年から2000年までに世界で起こった災害のうち、38%がアジアで発生している。また、過去25年間の大災害の57%はアジアでのものとなっている(2002年アジア防災センターのデータ・ブックより)。全災害に対し洪水災害の占める割合は同時期で31%であり、小低気圧または台風の28%がそれに続く。このように、水文気象学的な災害(洪水および小低気圧)がアジア地域でもっとも顕著な災害である。アジアに大きな水系がいくつかあることも、災害の多さの一因である。アジア地域は人口密度が高く、そして上記のように自然災害にさらされる率も高い。貧困と、さまざまなレベルでの資源不足も、住民が被害を受けやすい原因である。この地域での人的被害は、死亡者数の点でも被災者数の点でも突出している。アジアで洪水による多数の犠牲者が出ていることには、複数の要因が相互に絡み合っている。その要因としては、稲作その他の農産物産生に適した氾濫原が居住地となっていること、熱帯収束域内が上層の活発な大気の相互作用を受けること、そしてその地域の高い人口密度が挙げられる(Herath, 2003)。やがて、洪水になりやすい地域の定住パターンや土地開発、生活基盤設備の整備により、洪水の頻度が劇的に増加し、その規模も増大し、それに続く災害も増

* 京都大学大学院地球環境学堂

えた (Blaikie et al., 1994)。この地域で報告される洪水災害の数は増加の一途をたどっているが、氾濫原に資産が集中していることもあり、経済的な損失も深刻なものとなっている。このように、洪水では人命が失われるだけでなく、世界中でもっとも経済的損失の大きい自然災害となっている (Hewitt, 1997; Palm, 1990)。

これまで得られた観測証拠が示唆しているのは、地球環境変動、とりわけ気温上昇が、すでに世界中の多くの地域における多様な物理系および生物系の集合に影響を与えていることである (Climate Change, 2001)。こうした変動現象に対し、国際社会は「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)という高水準なパネルを設立し、それを通して対処するよう取り組んでいる。気候変動に関しては、各国間に数多くの国際条約および国際協定が策定されている。しかしながら、気候変動の影響は草の根レベルにおいてもっとも深刻で、それは渇水や洪水などの自然災害の形で現れ、それにより人々の生活や生計に悪影響を与えている。気候変動の影響は農村地帯の貧困が増すという形でみられる。地域社会は昔ながらの知識や智慧を持っているが、新たな実践や政策によって変動する気候に対処し、地域社会の生計を支えることが求められている。

気候変動の最も深刻な被害者となるのは、生計を農業に頼っている農村部の地域社会である。そのため、気候変動が生計に与える影響に焦点を当て、貧困、生計および環境の間にある連鎖を新たに構築し直すことが重要である。しかし、地域社会に焦点を当てるだけでは十分とは言えず、地域社会の主導が行政政策の一部とならない限り、地域社会の取り組みを持続させることは困難である。持続可能な生計手段を打ち立て、持続可能な開発を実現する上で最も欠くことのできない条件は、おそらく行政が良質で身近であることである。そこで、地方、州、および国家の行政機関を地域社会と結びつけることが最重要事項となる。

自然と社会問題とが融合している地域では、環境と災害の関連性が際立っており、特に地域

社会のほとんどがその生計を農業や自然資源に頼っている農村部においてはそれが顕著である。これらの問題は人間の安全保障という総体的な概念とも関連がある。気候変動の影響は環境と災害の連鎖が欠落した結果とみなされることが多い。しかしながら、国家政策、国際レベルおよび地域レベルの対策に、こうした環境と災害との関連性が明確に反映されているとはいえない。

従来の治水方法は、構造物による対策に頼っていた。すなわち、堤防、防水壁、土手の建設、または河川の流路を改修する(河道拡幅、川底をコンクリートで固める、流路長を短縮するために流路の蛇行を切断し、川を直線化するなど)などである。しかしながら、これらの構造物による方法では洪水を減少させることも、洪水により増え続ける経済的損失を減らすこともできず、損失はただ先送りにされただけで、増え続ける一方であった (Mileti, 1999; Musiaka, 2003)。土手の建設によりさらに状況が悪化した。これは河道の沈泥が固まった結果、河川流量が減り、排水の停滞および湛水が起こる。これはブラフマプトラ川流域の例をみても明らかである (Gupta, 2005)。さらに、構造物のみに焦点をあてる方法では環境維持の面からも好ましくなく、湿地帯の減少および動物の生息地の減少など、その地域および下流域の環境を深刻に悪化させる場合もある (Burby et al., 1998)。また、洪水や雨水が長く停滞することにより、人々の生活に影響するだけでなく、農業にも損害を与え、地下水の汚濁による健康上の問題も生じるのである (Gupta, 2003)。最近の事例からも、洪水による損害を軽減するためには構造的な対策だけでは不十分であることがますます指摘されている。そこで日米など多くの先進国では、非構造的な手法が行われ、これが有効かつより環境に優しい手法であることが認められている。非構造的な手法とは、土地利用や区画規制、土地取得、環境回復プログラムなどである (Gruntfest, 2000; Bechtol & Laurien, 2005)。

開発途上国においては、洪水関連の問題は広

範囲に及び、その地域の環境および開発に影響を与えている。洪水が人々の生計に与える影響はかねてから大きな問題であり、とりわけ農業や水産養殖が主な生計手段である農村地域では深刻なものである (Few, 2003; Winsner et al., 2004, Moench & Dixit, 2004)。また、洪水による健康への影響もここ数年の大きなテーマとなっている。Fewら (2005) による最近の分析では、地域社会による対処方法を改善することが健康リスクを軽減する上で重要であり、このことは経済および文化的な問題とも密接に関連していることが示唆されている。こうした理由から、開発途上国における洪水緩和はハード面およびソフト面を組み合わせるべきであるといえる。これに関して、河川および氾濫原の本来の機能を回復させ、河川流域管理に地域社会が参加し、地域の公共機関の災害対応能力の向上も含めた計画が、環境維持可能な洪水管理実務の有効な手段であることがわかっている。

開発途上にある多くの国々では、洪水は新たな生計手段のチャンスともなる。たとえば、洪水の水は漁師にとって魚を、また農業には新たな肥沃な土壌をもたらす。したがって、洪水のマイナス面での影響を軽減することも重要であるが、洪水にもプラス面があることで、洪水が起りやすい地域の住民および地域社会は「洪水と共に生きる」すなわち「洪水にうまく対処する」という概念をはぐくむことが必要となっている。ハード・ソフト両面の方法による参加型の洪水管理は、極めて重点的な分野となりつつある。

本論説では、地域密着型洪水緩和に関するいくつかの側面について、バングラデシュおよびベトナムの事例研究から考察を論じる。事例研究の経験から、地域密着型介入を有効に行うための重要な要素として考えられる、いくつかの共通する知見をまとめる。

4.2 地域密着型災害管理について

地域社会とは何か、とは視点によって異なり、多くの人がさまざまな定義をしている。

MacMillan & Chevis (1986) は、地域社会について「ひとりひとりのメンバーが所属意識を持ち、ひとりのメンバーがお互いやグループ全体にとって重要であるという感覚、さらにメンバーが貢献し、団結することで自分たちの必要が満たされるのだという共通の信念である」と述べている。この定義は、一般的な性質を述べているがゆえに、今の議論の流れからして好ましいものである。地域社会とは、ある特定の地域に住む人々というだけではなく、地方自治体、地方の中小企業、地方の学術団体および民間非営利団体 (NGO) もその中に組み込まれているのである。

近年さまざまな分野で開発に関する研究が行われるにしたがって、災害緩和への取り組みはますます地域密着型になりつつある (Blaikie et al., 1994; Quarantelli, 1989; Mileti, 2001)。そして、災害管理の側面を地域社会の全体的な開発に組み込むことにますます力が注がれるようになってきている (Twigg & Bhatt, 1998; Shaw & Okazaki, 2003)。Maskrey (1989) はいみじくも、災害管理は単独の問題として扱うのではなく、地域住民の社会経済学的な活動に組み入れて扱うべきだ、と指摘している。地域参加型すなわち地域密着型の活動を推進する論理的根拠は今では十分整っている (Twigg, 1999)。地域密着型活動 (および地域密着型組織) はある地域の社会および文化に深く根ざしているため、住民が自分たちの実際の必要や優先事項を伝えやすくなり、問題を的確に把握し、対処法を計画・施行することができるようになる。Twigg (1999) はさらに、地域密着型組織が存在することにより、住民は緊急時に迅速に、無駄なく的確に行動することができ、それによって地域の資源 (それがわずかであっても) を経済的に使うことになる」と論じている。Maskrey (1989) は、地域社会が参加しない「上意下達」型のプログラムは、往々にして最もひどく被災した人々には届かず、それどころかそうした人々をさらに被害に遭いやすくしてしまう場合があると指摘している。Shaw & Goda (2003) によると、このことは開

発途上国にも先進国にも同様にあてはまることである。日本の多くの農山村社会では、ある社会の被害リスクが別の地域社会を危険にさらすことが起こる。河川流域系では、上流域の社会は下流域社会と強く結びつけて考え、地域社会レベルでの介入について、十分に対話をする機会を設けるべきである。

ほとんどの災害管理システムは指揮統制管理体制、すなわち上意下達の後方支援中心の対処を行う体制を用いているが、この体制では、非常にお役所的になるおそれがあり、明示的・暗示的な政治的制約のもとに機能することになる場合が多い。そのため、緊急時のサービスを効率よく届ける上で妨げになることがある。こうしたことから、この構想のもとでの地域社会のかかわりは、次のように特徴づけることができる。ア) 地域社会の参加が欠けているため、適切に必要な不可欠な必要を満たすことができない

イ) 外部資源に対する要求が必要以上に増える
ウ) 例外的な管理策を講じてもなお、業務に対し全体的な不満が残る。

このような限界を認識した上で、地域密着型災害管理 (CBDM) アプローチでは、上意下達型のやり方に下意上達型の方策を調和させたやり方を用いて、困難な状況や課題に取り組むよう推奨している。これが効率よく機能するためには、地域社会が被害状況を分析し、状況をみた上で災害の危険度や災害対応能力を判断するよう支援されなければならない。

災害の大小にかかわらず、地域レベルの住民は災害の被害を直接被るため、他の誰よりも損害が大きいことは共通の認識である。真っ先に災害時の影響を受けやすいのは地域住民であるがゆえに、地域社会が自らの地域の災害危険性に取り組まなければ、多くの犠牲がでることになる。一方で、地域社会に対する災害の影響を減じることができれば、その恩恵をもっとも受けるのもまた地域社会である。そこで地域社会を先頭に据えるという概念から、地域密着型災害管理 (CBDM) という考えが生まれた。CBDM の中心にあるのは、参加の原則である。

CBDM によって住民は資源や基本的な社会サービスがより受けやすく、より思い通りにできるようになり、それによって住民の緊急時対応能力が増すことになる。すなわち、地域密着型の方策をとることで、災害管理に確実な利点が生じるのである。

地域住民は、自分たちの災害危険度や対応能力について地域に根ざした知識をもっていると想定される。こうした人々は、過去に災害に対処してきた経験から編み出した、地域固有の環境に適した伝統的な対処メカニズムの宝庫と言える。危機的な局面では、地域住民は危険な状態にさらされ、危険と密接しているがゆえに、援助者が到着して援助を与えるよりも早く、真っ先に対応を開始する。その地域で入手できるものを活用した、すばやい対応が可能となるのである。緊急時には、すばやい対応が極めて重要となる。それはどれだけの人命が救われ、どれだけの資産が損害から守られるかはこの迅速さにかかっているからである。

CBDM は地域社会および社会の内部で団結し、協力することを強調しているが、これが災害の備えおよび緩和も含めたあらゆる取り組みにおいて、個人や家庭、社会の間に信頼を築くことになる。CBDM を通じて地域社会が強化され、災害の事前対策や緩和も含めた地域開発プログラムを行うことができるようになることが期待されている。

しかしながら、地域社会の参加は、長期間にわたる持続力という問題に突き当たる場合が少なくない (Shaw, 2004)。政府、非政府機関および国際機関は災害の前後にさまざまなプログラムを施行しているが、その多くはプロジェクト期間中は非常に有効であるものの、年数が経つにつれ徐々に縮小されていく場合がある。住民のプロジェクト参加が徐々に減少していくことには、多くの理由がある。もっとも一般的な要素は、地域社会の提携、参加、権限拡大および所有権である。災害管理への取り組みが個人レベル、地域社会レベルで継続していかない限り、損害や惨事を減少させることは難しい。災害に

関する問題も結果も課題も住民のものであり、災害緩和や事前策の主導権を持つべきであるが、政策や戦略と関連づけて広い視点から住民の参加をとらえることも必要である。

また、地域密着型災害管理には取り組み規模の拡大という課題がある。これまで優れた実践は数多くあるものの、そのほとんどがその地域のみ限定されたものになっている。しかしこれらの実践は世界の他の地域における災害危険性を低減させる試みに対しても、計り知れない影響を与えることのできる可能性がある。ひとつの村、ひとつの地区で、あるアプローチが画期的だとわかったとしても、その最良の実践をどのように広く普及させていくかということはひとつの課題である。

一般に、草の根的な主導は民間非営利団体の責務であると考えられている。NGOはこの分野で数年間にわたり主役を務め、災害対策分野の発展に貢献してきた (Jegillos, 2003; Murshed, 2004; Delica-Wilson, 2005)。しかし、多くのNGO活動が、長期にわたる活動の継続性の問題に突き当たっており、とりわけNGOが一旦その分野から手を引いた場合はなおさらである。多くのNGOプログラムは企画に問題があり、地域社会の支持を得ることもできなければ、プロジェクトの主導権を地域社会に譲ることもできずにいる。地域活動を長期にわたり継続させるには、地域レベルでの政策環境と共に地域の公共機関が活動を継続させることが必要である。このように、NGOの介入により第一歩が始まるとしても、これを地方自治体の活動と結びつけ、これに組み入れることが大切である。そうすることである地域の革新的な取り組みを、災害を受けやすい世界の他の地域に継続させ、繰り返すことができるようになるのである。よって、地域密着型災害管理(CBDM)の主な課題は、1) 地域レベルでの取り組みを継続させること 2) CBDMの課題行政レベルに組み入れること、の2つとなる。CBDMが効果的かつ継続的な影響力を持つためには、地域、NGOおよび一握りの地方自治体の取り組みにとどまらず、広く適用

されなければならない。より迅速な対応と効果的な管理提唱の一環として、国家および州レベルの行政機関はCDBMを自らの政策および施行実務に統合することを考えるべきである。

4.3 バングラデシュの事例研究

バングラデシュでは、洪水がほぼ毎年起こり、人々の生活の大きな特徴となっているが、それはバングラデシュの地理的な立地条件および自然の排水系によるところが大きい。主な河川系(ガンジス川、ブラフマプトラ川、メグナ川など)はバングラデシュを抜けてベンガル湾に注いでいる。洪水により、毎年6月から9月にかけては、バングラデシュのかなりの地域が浸水する。「通常の」年には、国の約20%が被害に遭うが、極端な場合は国の60~70%が浸水することもある。洪水が頻繁に起こると、多大な犠牲が出るが、とりわけ低平地に住む貧しい家庭に被害が及び、人命が失われ、地道に積み上げてきたなけなしの資産が失われることになる。1988年に起こった大洪水では国の土地面積のほぼ60%(64地区のうち52地区)が浸水し、4500万人が被災して、至上最悪の災害として世界中のメディアに取り上げられた。被害の規模は12億ドルにも相当すると推定されており、また推定720万件もの住居が破損または全壊したとされる。だがこうした統計の数値からは、人々の苦しみが見えてこず、被災した多くの個人や家庭、地域社会の生計に災害が与えた悪影響というものは反映されていない場合が多い(Hassan, 2004)。

上記のように、バングラデシュの農村地域の多くはもともと洪水の被害に遭いやすいが、1998年の大洪水の特徴は、洪水に遭いやすい都市部や半都市部の低地に深刻な打撃を与え、建造物や生活基盤設備に甚大な被害をもたらしたことであった。比較的最近できたこれらの都市集団は無計画な開発の結果とみなされており、より包括的な氾濫原の開発計画が必要であることを実証している。その結果、バングラデシュ政府は複数の資金供給者と共同で洪水対策計画(FAP)を立ち上げ、技術的、経済的および環境

的な復興、および全国におよぶ恒例の洪水による悪影響に対処する防護策を策定して実行することを目標とした。洪水対策計画の主要なコンポーネントのひとつである FAP23 では、進行中の洪水対策活動で遂行可能な業務の見直しと評価を行った。CARE・バングラデシュは米国国際開発庁 (USAID) からの経済的援助を受け、5 年計画 (1999 年度開始) の洪水対策計画 (FPP) に着手した。洪水対策の定義は、「個人、家庭、または地域社会が洪水の影響を緩和するためにとる長期的、構造的あるいは非構造的な方策を提供すること」とした。本プロジェクトは現在洪水氾濫原となっている 20 の洪水ハイリスク小地区の 1000 の地域社会を対象に、CARE、政府の地方自治体工学局、地方の提携 NGO、およびユニオン評議会 (UP) が手配した提携を通じて施行されている。これらの地域社会は主な河川路の現在も浸水する氾濫原にあるか、陥没地域に位置しており、毎年恒例の洪水を体験している。このように、本プロジェクトの地理的な設定は広範にわたるものとなった。この広範な地域の中でも、クリグラム地区 (バングラデシュ北部) を対象にした詳細な研究が行われた。こ

の地区はブラフマプトラ川沿岸あるいは河川敷内に形成された、現在も浸水する氾濫原である (図 4-1)。

本プロジェクトが企画、実行された第一の目的は、洪水の被害を受けやすく毎年浸水する農村部の地域社会での生活における洪水の被害を減少させることである。浸水の規模は年によって異なり、その年の洪水の性質によって決まる。洪水の規模に対する相対的な経済的損失により資源に乏しい多くの災害弱者が後に残され、翌年の洪水の被害に対しさらに脆弱となる。貧しく、脆弱な地域社会は情報が不足し、技術開発の余地がないため、独自の強力な災害対応のしくみを開発できずにいる。そこで本プロジェクトでは、地域の災害対応能力を高めること、および地域レベルでの取り組みを制度化することを目的に企画された。CARE が開かれた柔軟性のある計画表を持ってこの分野に参入したため、地域社会が初期段階からこのプロジェクトに加わることが重要であった。

本プロジェクトには次のコンポーネントがある。地域社会の移動と啓発、家庭における洪水対策法、小規模農業、地域社会による植林、生活基盤設備 (洪水避難所の建設、掘り抜き井戸および住居の位置を高くする)、地域社会資源の管理、および収入と生計の保護である (写真 4-1)。これらの活動はすべて地域の委員会 (地方プロジェクト協会 (LPS: Local Project Society)) を通じて実行され、その委員会には地方自治体の代表、地域の住民および地域の NGO が参加している。プロジェクトは LPS 会員に能力開発のための大規模な研修を行い、LPS を他の開発機関および洪水対策計画への介入を持続させるために地方自治体と提携を結ばせている。また、各地域には母親クラブ、青年および子どものフォーラムも結成され、洪水への備え、健康、栄養などに関する教育を提供している。また、研修および能力開発とは別に、プロジェクトでは農場、避難所、トイレおよび掘り抜き井戸の位置を高くすること、堤防の建設などの構造的な方策もいくつか行った。これらのほか、小規



図 4-1 バングラデシュの地図。シラジガンジ地区におけるプロジェクト対象地域を示す。

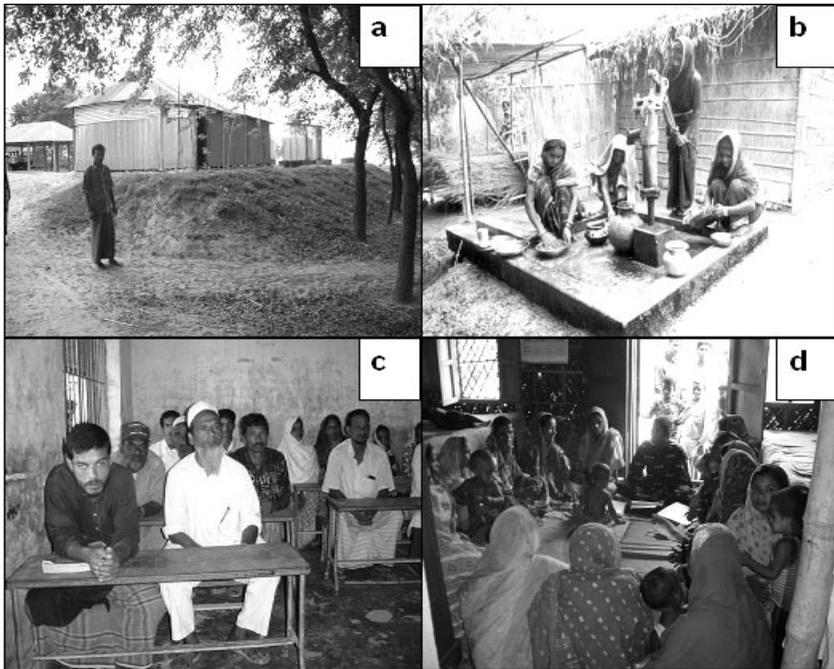


写真 4-1 地域密着型活動：a) 盛土上に設けられた洪水避難所 b) 衛生対策として掘り抜き井戸の位置を高くしたもの c) 改革推進者を対象とした研修 d) 母親クラブ。地域密着型の収益計画および健康問題について話し合っている。

模農業，地域社会による植林および河川砂防策をも導入した。これらの要素はすべて，地域の生計および収益活動に関連づけて行われている。

プロジェクト対象地域は河川敷内の安定した島（地方の言葉で「Char」と呼ばれる島）に位置している。河川には例年沈んだり現れたりする複数の島があるが，うちいくつかは沈泥および粘土の堆積によりここ数年来安定した島になっている。これらの島は川の真ん中に位置しているため，島の所有権という問題がある。多くの場合，本土の人々がこれらの小さな島に移住してきて，そこにしかるべき土地所有権のないままに住んでいる。そのため，その地域の社会的地位は高いものではなく，何年かすると人々は本土にまた戻るか，近隣の町に住むようになった。上記のような背景を踏まえると，介入には最も重要な2つの側面がある。地域社会における信頼をどのように築き上げるか，また地域レベルでの介入をいかに維持していくか，という

ことである。信頼を築く上で最も重要なことは，意思決定プロセスおよび洪水緩和活動の実施にあたって，住民が参加することである。住民および地域社会の参加は，それぞれの村にいる「変革推進者（Change Agent）」を特定することから始まった。変革推進者には，教師，実業家，イスラム寺院の指導者などがある。彼らを対象にした研修プログラムが実施され，意思決定の初期段階の期間中には，この変革推進者たちの意見が何度も参考にされた。この根底にある考えは，これらの変革推進者たちを通じて，より安全な暮らしを，というメッセージを伝えることにあった。他にも重要な変革推進者がおり，それは子どもたちの健康と衛生問題の責務を負っている母親たちであった。「母親クラブ」がそれぞれの村に結成され，研修（健康，衛生，家庭園芸などについて）が母親たちを対象に行われた。それ以降は，研修を受けた母親たちが同じ村の別の母親たちの研修を受け持つことに

なる。このプロセスは、比較的保守的な社会におけるより大きな女性グループに効果的に広がり、日常生活および生計の観点から地域社会に深く根付くことになった。

地方自治体の参加もまた極めて重要な課題であるが、これは地方プロジェクト協会 (LPS) を通して実現された。LPS は独立した組織として運営されており、地方自治体と密接に結びついている (ユニオン評議会という、最下層の自治体があり、複数の村を統括している)。LPS を構成するのは地方の選挙で選ばれた指導者、ユニオン評議会の議長 (任命された官僚)、地方の学校教師、イスラム寺院指導者、財界のリーダーたちなどである。LPS その他の参加職員は明確な展望、管理能力、適切な知識、情報、真の円滑化能力を備えた有益な人たちで、地域密着型の介入を成功させるのに不可欠な存在であると認められている。地域密着型組織 (CBO) の活動を地方自治体と結び付けていく上では、CBO の法的な地位および他の開発イニシアチブとの結びつきが非常に重要な要素であった。

4.4 ベトナムの事例研究

ベトナムは、バングラデシュとは異なる社会文化的・行政システムをもっており、とりわけ統治の点で違いがある (バングラデシュでは民主的な統治であったのに対し、ベトナムでは共産党を支柱に据えた統治がなされている)。文化的・社会的側面に関しては、バングラデシュでは宗教が社会および文化の重要な一部だったのに対し (それぞれの地域社会ではイスラム寺院が重要な役割を果たしている)、ベトナムにおける宗教はどちらかという社会的な行事としての意味を持つ地方の祭りである。西太平洋の台風の中心に近い熱帯モンスーン地帯に位置していることから、ベトナムはメコン川地方でも最も災害に遭いやすい国のひとつとなっている。現在、ベトナム国民の70%である7300万人が災害の多い地域に住んでおり、その大部分が中央部の住民である。洪水や暴風で作物や家を失うことで、ベトナム農村部の多くの住民が

貧困の悪循環に陥っている。この悪循環が、最近ではさらにひどくなっているが、これは例年より大規模な洪水が頻発したことで、地域社会の備えが追いつかなかったことによる (CECI, 2004)。

本論の研究対象地域であるトゥアティエンフエ省 (Thua Thien Hue) はベトナム中央部に位置し、山や海岸平野をもつ変化に富んだ地理条件となっており、台風、洪水、渇水、山火事などの深刻な気象災害にさらされている。近年では気候変動によりこれらの条件がさらに悪化して、省全体に壊滅的な打撃を与えている。とりわけ山村地域や省沿岸地帯の農村部の住民が被害を受けやすくなっており、これらの自然災害



図 4-2 ベトナムの地図。トゥアティエンフエ省のプロジェクト対象地域を示す。

がより厳しく、より長引くようになったことが、悲惨な結果をもたらしている。気候変動とその災害としての影響力の関連性についてはまだ明確に特定されていないが、最近の発表論文や実施プロジェクトには災害現象を気候変動の影響と関連づけようとする動きが見られる (Nguyen et al., 2001; CECI, 2004; IMH 2005)。

1999年の11月と12月に、中央部で2つの大洪水が起こった。これはここ100年間でもっとも規模の大きい洪水であるとみなされている。11月1日から6日にかけて、熱帯収束および弱い熱帯低気圧を伴う寒冷前線により、サイクロンによる雨が広範な領域に降ったことで、深刻な洪水が起こった(一度目の洪水)。ベトナムの洪水・暴風雨対策中央委員会(CCFSC)およびベトナム水文気象局(HMS)によると、この中には、わずか3~4日間に年間平均降水量の二倍もの雨量があった地域もあるという。洪水により9つの省にまたがる広範な地域が浸水し、人命の損失、甚大な物的損害、および深刻な経済的損失がもたらされた。その結果、当該地域の開発は後退することになり、被災地域社会は復興プロセスの長い道のりを進むことを余儀なくされたのである。

ベトナムの地理的・気候学的な特徴、およびあらゆるタイプの災害状況をふまえて、ベトナム政府は各地帯について次のような断固たる政策を打ち出した。

- ベトナム北部：堤防システム、洪水防護および洪水路システムを強化し、建造物の耐洪水係数を向上させ、最も重要な人命、さらに経済地域を洪水から守る。
- ベトナム中央部：ベトナム中央部は幅が狭く、地形学的に複雑な地域であり、暴風に頻繁に見舞われ、短期集中的に降雨があることから洪水が起こる。決定的な政策としては、洪水について周知するだけでなく、洪水予防および緩和に対する積極的な方策を補完する。
- メコン川三角地帯：洪水と共存するための予備対策、環境に配慮した開発のために洪

水の利点を利用するとともに、洪水による被害を最小限に抑える。

このように、北部では「洪水に対する備えと防止策を積極的に行う」ことにより重点が置かれているのに対し、南部メコン川地方では「洪水との共存(洪水と共に生活する)」、中央部では「積極的な備え、緩和策および管理」に主眼が置かれている。

ベトナム政府は数多くの国際援助団体による支援を受けて、自然災害緩和プログラム(NDMP, 2002)を通し、ベトナム中央部の環境に配慮した開発のために連携戦略を打ち立て、災害対策投資計画の準備をすすめた。重要な第一歩はカナダのNGO、CECIからの援助であった。CECIはカナダ気候変動開発基金のもとにカナダ国際開発庁(CIDA)からの出資を受けている団体である。本プロジェクトのコンポーネントは(写真4-2参照): 1) ステークホルダーおよび資源のマッピング 2) 災害脆弱性、対応能力、および必要物の評価 3) 「変革推進者」を対象とした研修プログラム 4) 気候変動および洪水としての影響力についての単純化したシナリオの準備 5) 意識向上キャンペーン 6) 「村の安全向上計画」および「生産活動の安全向上計画」の参加形式による準備 7) 下位プロジェクトを通して災害対策投資計画の特定のコンポーネントを施行する、である(CECI, 2004)。

本プロジェクトで重要なのは、地域社会と地方自治体職員が始めに話し合いを持ち、地域レベルでの必要物や優先事項を特定したことである。このことは一連の地図作成練習と、災害危険度や災害対応能力および必要物の評価を通して行われた。このプロセスは長期に及んだが、自治体および地域社会による現地側参加を実現するためには有効であった。本プロジェクトのもうひとつの側面は、「改革推進者」の研修および能力開発であるが、この場合、改革推進者とは大衆組織の長を指す。ベトナムでは、共産党制度の一部としていくつかの大衆組織があり、それぞれ農民団体、女性団体、漁師団体、青年団体など異なるグループを対象としている。こ



写真 4-2 地域密着型活動：a) 新たに洪水避難所として用いることになった校舎 b) 衛生対策として盛り上げた土地に設置したトイレ c) 改革推進者が気候変動問題について研修を行っているところ d) 大衆組織の長たちが一般的な問題について話し合いをしているところ

れら大衆組織の長らは、災害時における地域社会の移動に重要な役割を果たしており、また再建・復興プロセスにおいても重要な存在である。これは 1999 年の洪水の際にも実証された (Hoang et al., 2005)。1999 年の洪水では、青年ユニオンが救助および救済面で最も有効な大衆組織となり、退役軍人団体がそれに続いた。女性団体は救済および再建プロセスにおいて極めて重要な役割を果たし、地域社会の調理場を手助けし、被災地域社会の家庭レベルでのデータ収集に貢献した。改革推進者の研修コンポーネントは、気候変動およびその影響に関する適応研修、また農業、水産養殖業および学童期の子どもたちの意識向上に関する特殊な研修であった。

研修プログラムに続き、村レベルでプロセスの計画立案が始まり、それにより村の安全向上計画および生産活動の安全向上計画が策定され

た。村の安全向上計画で重要なコンポーネントには、生計および社会経済的地位、基礎的な生活基盤設備、現状および地域の災害対応能力の評価、具体的な災害準備、対応および復興措置計画、小規模なプロジェクトの提案および実施、などがある。生産活動の安全向上計画には、主な生産活動、農産物および水産物の具体的な生産状況、および生産向上のための方策などが盛り込まれている。こうした計画では、開発段階が重要であるが、これは参加型のプロセスであり、地方自治体、村長、大衆組織長らが参加し、さらに CECI プロジェクトチームの助けを受けた。計画は地方自治体の認可を受け、村の開発計画の一部とみなされた。

計画段階に続いて、利用可能な資源をふまえての具体的な小規模プロジェクトが実施された。例をあげると、人民公社の道路をより高い土地に建設する、学校を避難所として多目的に使用

する、衛生的なトイレ、飲料水システムなどがある。これらのプロジェクトの特徴的なところは、地方自治体（人民公社レベル）および族議員からの個人的な資金搬出という共同搬出の形をとっていることである。こうしたプロセスにより、地方自治体が強力な所有権を持つようになり、それによってこれらの活動が長期に渡り確実に維持されるようになった。

4.5 結論

ここに挙げた2つの事例研究では、地域社会に対する洪水の影響は建造物や生活基盤設備の破損にはとどまらないことを示している。洪水は人々の生計に悪影響を及ぼし、さらに地域社会の開発問題、とりわけ健康と教育問題にも影響を与えるのである。この2つの事例研究では、地域社会活動を地方自治体の主導と結びつけることに焦点をあてた取り組みがなされており、両事例とも行政、地域社会、および NGO の間に強い協力体制が見られた。これらのプロジェクトは NGO により実施されてはいるが、NGO の役割はどちらかというまとめ役やきっかけ作りとしてのものであった。2つとも地政学的には異なる背景での取り組みであるが、CARE と CECI の方法には重要な類似点があり、とりわけ地域社会の意見を聞き、意思決定に住民が参加して、改革推進者の研修を行い、地方行政システムの主導を制度化するという点で共通している。ある構想が長年持続していくためには

制度が必要であり、それは中心となる人材および中心となる公共機関で構成される。両例とも、主要な人材とは改革推進者であり、バングラデシュでは地方で選出された指導者、イスラム寺院の指導者、教師、地方の実業家であり、ベトナムでは、大衆組織の長がそれにあたる。公共機関は両例とも地方自治体がそれにあたる。バングラデシュでは地方自治体に形成されたプロジェクト協会（LPS）であり、ベトナムでは共産党政府である。

この2つの国は洪水が発生しやすいため、地域には洪水に関する知識や専門技術がきわめて豊富にあり、それが長年の間に蓄積されている。両プロジェクトでは、これらの地域に蓄積された知識に重点が置かれ、それを新技術と結びつけることが必要不可欠であった。住民に正しい情報を伝えることは極めて重要であり、これは研修プログラムを通して行われた。また、住民の姿勢が重要で、住民の行動に変化を起こすには、意欲という点からも地方の経済活動と結びつける必要がある。したがって、農業、水産養殖業、家庭園芸に対する研修が重要であった。地域社会の参加は重要な問題であり、両国ともそこかなりの重点を置いている。

図4-3は、地域密着型の取り組みの概念的な枠組みを示し、特に重要な問題に焦点をあてている。政策および公共機関は、地方自治体レベルでの活動維持にとって鍵となる要素である。一方、改革推進者たちを活動に組み入れること、

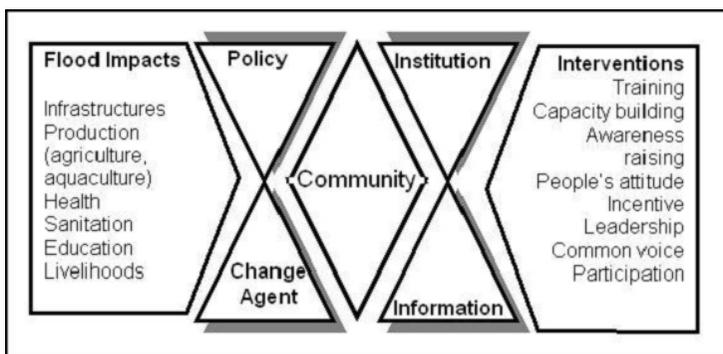


図 4-3 地域密着型洪水管理の枠組み

および適切な情報を伝達することが草の根レベルでの活動の長期持続を可能にする。この公共機関の問題では、両事例とも新規に公共機関を設立するというよりは、むしろ今ある地方公共機関を強化する必要性に主眼を置いている。また、両例とも、改革推進者たちの研修および能力開発が行われている。さらに、極めて重要な情報がさまざまな投資家たちに流布することも重要であるとみなされており、この両者の主導の結果、国と地域社会との協力関係が築かれたことが大きな成果のひとつであった。

「危機に対処する文化」と「災害軽減の文化」はどの共同社会にも存在するものあり、したがって危機管理プロセスには住民の参加を組み入れ、災害危険度および対応能力についての住民の認識をプロセスに盛り込むべきである。地域社会および支援機関は、地域密着型災害管理の着手においても維持においても共通の動機と所有権を持っている。バングラデシュおよびベトナムの両例においては、能力開発の目的の範囲内で真に住民が参加し、女性、高齢者および子どもたちといった重要な弱者のグループに特に重点を置くことが重要であることがわかっている。バングラデシュでの母親クラブやベトナムでの女性団体の活動、ならびに学童期の子どもたちへの指導および意識改革は、これらの活動の一部に位置づけられる。研修および能力開発に関しては、ステークホルダーのさらに幅広い関わりと参加、効果的な人脈の構築、および知識を資本化することが極めて重要で、それにより研修は効果的に行動に移される。また、開発計画作成および予算編成段階で地域密着型災害管理を法律化し、組み入れることは極めて重要であり、これが政策との統合の支柱となっている。こうすることで、両例ともプロジェクト実現のための地方自治体からの共同融資を確保した。

要約すると、以下の一般論が、背景の異なる地域社会活動にも適応する。1) 地域社会の主導を継続させていく上で、地域の機関（公式、非公式を問わず）が極めて重要な役割を果たしている。2) 地域社会の主導を行政の政策や業務と

統合することは、取り組みを拡大する上で重要である。3) 地域の改革推進者たちは草の根レベルの実現において極めて重要な役割を果たす。4) 草の根の取り組みを開発政策と相互に結びつけることはプロジェクト実現を成功させる手段とみなされている。

謝 辞

本論文は、著者が国際連合地域開発センターで基礎研究を行い、その後京都大学で現地調査および解析を行って完成したものである。また、地域密着型災害管理の持続性に関するプロジェクト期間中、CARE バングラデシュおよびCECIにご協力いただいたことを感謝する。さらにSajedul Hasan氏およびSohel Khan氏からの情報提供にも深い感謝の意を表するものである。

参考文献

- ADRC Data Book: Data Book on Asian Natural Disasters in the 20th Century, Natural Disasters in India. Kobe, Japan, 2002.
- Bechtol, V. and Laurian, L.: Restoring straightened river for sustainable flood mitigation, *Disaster Prevention and Management*, 14(1), pp.6-19, 2005.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. and Wisner, B.: *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disaster*, Routledge, London, 1994.
- CECI: Capacity building for adaptation to Climate Change, Vulnerability assessment report, CECI, Hue. 2004.
- Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2001.
- Delica-Wilson, Z.: Community based disaster risk management: local level solutions to disaster risk. *Tropical Coast*, 12(1), pp.66-73, 2005.
- Few, R.: Flooding, vulnerability and coping strategies: local responses to a global threat. *Progress in Development Studies*, 3(1), pp.43-58, 2003.
- Few, R. Ahren, M., Matthies, F. and Kovats, S.: Health and flood risk: a strategic approach of adaptation and policies. Tyndall Center of Climate Change Technical Report 17, USA. 2005.

- Gruntfest, E.: Nonstructural mitigation of flood hazards, in Wohl, E. (Ed.), *Inland Flood Hazards: Human, Riparian, and Aquatic Communities*, Cambridge University Press, New York, NY, 2000.
- Gupta, A.: Flood and floodplain management in North East India: an ecological perspective. *Proceedings, 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region, 1*, pp.231-236, 2003.
- Gupta, A.: Trends of floods and flood damage assessment in Silchar, Assam, North East India: A Microstudy. In Takara, K., Tachikawa, Y. and Bandara, Nawarathna NMNS (eds). *Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters*, pp.413-417, 2005.
- Hassan, S.: Bangladesh Experiences. In Shaw, R. and Okazaki, K. (eds) *Sustainability in grass-roots initiatives: focus on community based disaster management*. UNCRD, pp.30-37, 2004.
- Herath S.: Issues of catastrophic urban flood. In Herath S. and Shaw, R. (eds) *Catastrophic Urban Flood*. UNU. pp.7-12, 2004.
- Hewitt, K.: *Regions at Risk: A Geographical Introduction to Disasters*, Addison-Wesley Longman, Harlow, 1997.
- Hoang, H., Shaw, R. and Kobayashi, M.: 1999 disastrous flood in central region of Vietnam: lessons learned for positive preparedness, mitigation and management. *International Journal of Water Resource Development*, in press, 2005.
- IMH: *Climate change impacts on water resources and adaptation strategies in Huong river basin*, Project concept note, Institute of Meteorology and Hydrology (IMH), 15 pages, 2005.
- Jegillos, S. R.: Issues and Policy. In Shaw, R. and Okazaki, K. (eds) *Sustainability in grass-roots initiatives: focus on community based disaster management*. UNCRD, pp.11-17, 2003.
- Maskrey, A.: *Disaster Mitigation: A Community-based Approach*. Oxfam, Oxford, 1989.
- McMillan, D. W. and Chavis, D. W.: Sense of Community: A definition and theory. *Journal of Community Psychology*, 14, pp.6-23, 1986.
- Mileti, D. S.: *Disasters by Design*. Washington D.C: Joseph Henry Press, 2001.
- Moench, M. and Dixit, A.: *Adaptive capacity and livelihood resilience*, ISET, Boulder, USA, 2004.
- Murshed, Z.: Community based disaster risk management in southeast Asia: concept and framework, In *Proceedings, Third Disaster Management Practitioners' workshop for Southeast Asia*, Bangkok, Thailand, pp.1-7, 2004.
- Musiake, K.: Regional characteristics of hydrology and water resources in monsoon Asia. In *Proceedings, 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region*, Kyoto, pp.1-8, 2003.
- Nguyen, N. H., Hoang, H. M., Tran, L. V. and Tran, T. Q.: "Vietnam country case study: impacts and responses to the 1997-1998 El Nino event": In Glantz M. H. (ed). *Once burned, twice shy?*, UNU Press, pp.211-214, 2001.
- Palm, R. I.: *Natural Hazards*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 1990.
- Quarantelli, E. L.: Conceptualizing Disasters from a Sociological Perspective. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 7, pp.243-251, 1989.
- Shaw, R. and Okazaki, K.: *Sustainability in grass-roots initiatives: focus on community based disaster management*. Kobe, UNCRD, 2003.
- Shaw, R.: Community based disaster management: challenges of sustainability. In *Proceedings, Third Disaster Management Practitioners' workshop for Southeast Asia*, Bangkok, Thailand, pp.113-117, 2004.
- Shaw, R. and Goda K.: From disaster to sustainable civil society: the Kobe experience. *Disaster*, 28(19), pp.16-40, 2004.
- Twigg, J. and Bhatt, M.: *Understanding Vulnerability: South Asian Perspectives*. London ITDG, 1988.
- Twigg, J.: The Age of Accountability? Future Community Involvement in Disaster Reduction. *Australian Journal of Emergency Management*, 14(4), pp.51-58, 1999.