

# 教訓ノート6-5

6. 災害・防災の経済、財政

## 低頻度・巨大災害への防災 戦略



**著者**

廣木謙三：水災害リスクマネジメント国際センター

# 教訓ノート6-5

## 6. 災害・防災の経済、財政

# 低頻度・巨大災害への防災戦略

すべての国が自国だけでなく全世界の経験を蓄積し反映した低頻度・巨大災害への戦略を策定すべきである。こうした戦略は、構造物対策と非構造物対策を統合し、地域の状況に応じて適用することとなる。予報と警報、土地利用の計画と規制、ハザードマップ、教育および避難訓練はいずれも重要である。東日本大震災を含め、日本が多くの自然災害を経験する中で、試行錯誤により獲得してきた教訓は、こうした構造物・非構造物対策を改善するのに役立てることができる。国際社会は、各国が低頻度で巨大な災害に備えるため、知識を共有する機能を開発すべきである。

## 知見

### 低頻度・巨大災害に対処するための国家戦略

日本にとって東日本大震災は、あらゆる想定や予測を凌駕した、近代に入ってから初めての災害となった。その規模はほとんど「想像を絶した」ものであり（KN5-1）、その巨大な衝撃を受けて、日本政府は災害リスク管理におけるパラダイムシフトを強いられた。これに伴い、日本の戦略は構造物を主体とする予防的な防災対策から、構造物対策と非構造物対策を統合した減災のための戦略へと転換しつつある。

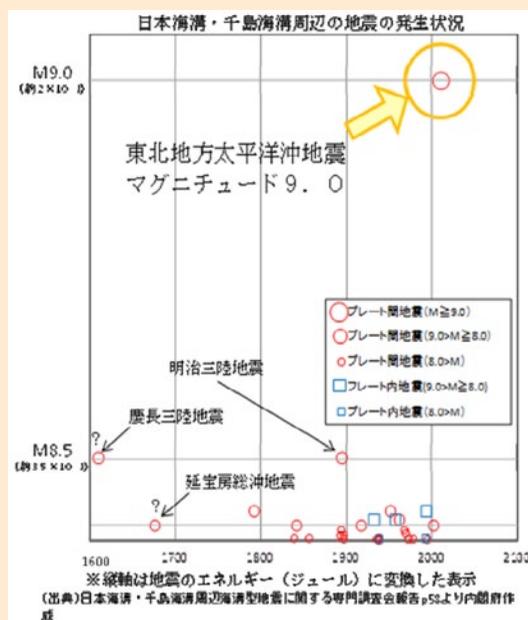
自然の猛威が構造物の設計上の限界を超えたとき、構造物対策への過剰な依存は効果がないばかりか、有害ですらある。被災地の中には、10メートルあるいはそれ以上の高さに築き上げられた堤防を津波が乗り越えるとは予想していなかったために、避難の遅れた事例も見られる。生活の場に近い海沿いの低地に家を建てたため、容易に避難できなかった人々も存在する。高い堤防の建設がもたらす安心感が、こうした行動へとつながっている（KN2-6）。

低頻度・巨大災害への対処では、構造物対策と非構造物対策を組み合わせた、統合的な災害リスク管理が必要である。災害は、二つのレベルに大別すべきである。すなわち、レベル1として比較的高い頻度で発生する（再起期間が100年に1度か、それより頻繁な）災害、レベル2としてごくまれな（再起期間が1,000年に1度ないしそれ以上の）災害である。図1に示すように、東日本大震災はレベル2の災害に該当している。レベル1の災害は主として構造物によって対処できるのに対して、レベル2の災害については統合的な災害リスク管理が必要となる。

レベル2災害に対処するための戦略では、人命を守ることに重点が置かれる。迅速な避難を実現するため、統合的な対策には、予報および警報システムの導入、土地利用計画、避難所など各種施設の指定と建設、および津波を遅延・減衰する構造物の設置が含まれる。また、教育、避難訓練や互助が極めて重要となる。都市計画や土地利用計画担当者は、迅速な避難と経済社会活動の維持の両立を考慮する必要がある。これらの計画プロセスでは、市民の参加が決定的に重要な要因となる。

東日本大震災では、構造物は津波が乗り越えた時に突然倒壊した事例が見られた。構造物はこうした衝撃に持ちこたえるか、自然の猛威が構造上の設計限界を上回ったとして

図1：日本で発生した地震のマグニチュード



出所：内閣府

も、時間をかけて徐々に壊れていくだけの強靱さを備えていなければならない。土地利用計画、予報および警報システム、避難訓練、あるいは啓発といった非構造物対策は、様々な異なる災害シナリオに対応できるだけの強靱さと柔軟性を併せ持つ必要がある。

防災戦略は、想定外の事態を考慮すべきである。東日本大震災では、計画の多くは想定外の事態が起きたときに採るべき行動を指定しておらず、施設や地域社会、社会経済的システムが甚大な被害を受けることとなった。

## 構造物対策

構造物対策は、引き続き低頻度・巨大災害への対応で中心的な役割を果たしていくべきである。東日本大震災では、津波堤防や水門など、構造物の多くが倒壊して押し流されたが、中には自らの高さを超える津波に見舞われながら持ちこたえ、津波を減衰させて、内陸への流入を遅延させた例もある（KN1-1）。いくつかの事例では、堤防は波浪を食い止め、後背地への浸水を防いでもいる。釜石港についての災害後のコンピュータシミュレーションでは、港周辺に配置された防波堤が、ピーク時の津波の波高を13.7メートルから8メートルへと、40%減衰させたことが明らかになっている。

波高10メートルないしそれ以上の津波による構造物あるいは建造物への被害は広範かつ甚大であった。木造の構造物・建造物は、そのほとんどが破壊されている。鉄骨建築物は、多くは骨組だけが残された。鉄筋コンクリート建築は、内部的な損傷を被りはしたものの、大半が津波に耐久している（KN1-2）。

インド洋大津波とハリケーン・カトリーナによる災害の後、堤防や水門などの構造物の設計基準が見直された。再評価により、構造物だけを利用した、低頻度・巨大災害対策は、経済的・環境的・社会的に容認しがたいと結論づけられた。例えば、数百ないし数千キロもの海岸線を、20メートルもの高さの堤防で守るのは、現実的ではない。

津波災害は2ないしそれ以上に区分する必要がある。レベル1を100年に1度起こる可能性のある規模に、レベル2は1,000年かそれ以上の長期間で1回程度起こるまれな巨大災害に設定する。防波堤や防潮堤などの構造物は、人命や資産保護のため、レベル1の津波について内陸への浸水を防ぐよう設計する。レベル2の津波が襲来したときは、構造物を乗り越えても完全に倒壊しない程度には耐え、津波を減衰させ進入を遅らせる。レベル2災害が発生した場合、構造物は完全に防御するのではなく、他の非構造物対策との組み合わせによって、被害を緩和する。

高速道路や幹線道路などのインフラ施設を防災に活用することも推奨される。東日本大震災では、海岸沿いの高速道路あるいは幹線道路は避難路としてばかりでなく、暫定的な避難所や堤防としても機能した（KN1-4）。

釜石市片岸地区の住民は、震災のわずか5日前、3月6日に開通したばかりの三陸縦貫自動車道に退避している。丘に沿って建設された高速道路は避難場所として機能し、続いて救援物資や復興用の資材を搬送するための主要道路として利用された。海岸線に沿って敷設された国道は、津波が内陸に進入するのを防止する堤防として働いている。

## 非構造物対策

歴史上、三陸沿岸部には津波が繰り返し襲来しており、多くの市町村および地域社会で、津波の被害を大幅に緩和する、構造物と非構造物の両方の対策が取られてきた。

情報伝達および避難対策の他、激甚な水害に対しては以下のような非構造的対策が有効だと判明している：

- ・ 商業施設や活動の拠点を標高の低い海岸部に留めつつ、住宅地域や公共施設を高台に移設する（KN2-7）。
- ・ （学校などの）公共施設と高台をつなぐ（道路、階段などの）避難経路を確保する（KN2-3）。
- ・ 海岸沿いに稠密に植林する（KN2-8）。
- ・ 高層（4・5階ないしそれ以上）のコンクリート造りの建築物を避難所に利用する。
- ・ 高速道路、あるいは幹線道路を二線堤として活用する（KN1-4）。

政府は津波の被災域でこうした非構造物対策を促進するため、津波防災地域づくりに関する法律を施行している（KN2-7）。同法は、危険地域での建設規制、避難経路および施設、ハザードマップ、訓練および警報システムからなる統合的な津波防災計画の導入、高層建築の建設を促す建ぺい率の緩和、指定避難所への固定資産税の減額、および高台移転を定めている。

## 避難

低頻度・巨大災害発生時にもっとも優先順位が高い対応が避難である（KN2-6）。災害の規模のみならず、以下の理由により、多数の死傷者が発生する可能性がある：

- ・ 突発的もしくは予想外の災害発生により、準備時間が短縮される。
- ・ 観測機器や通信回線の破壊により、情報ネットワークや機材が正常な機能を喪失し、人々が正確な情報なしでの行動を強いられる。

- 道路が通行不能になり、あるいは渋滞が発生するなど、避難のための手段が限定されるに伴い、避難上の選択肢も減少する。
- 人は、より軽微な災害に関する以前の経験を基に行動するため、避難に使える時間を過大評価し、あるいは結果の重大性を誤認する可能性がある。

啓発、教育および避難訓練は、大規模災害発生時により迅速・完全に避難するための鍵となる。

40,000人の人口の中から1,000名もの死者が出た釜石市では、学童の死亡率は極めて低く抑えられた。小中学生2,900名の中から、死亡者はわずか5名となっている。住民40人中1人が命を失っている地域で、生存率99.8%は極めて優れた実績であり、学童の生存率は一般市民より20倍も良好な結果となった。これについて、ある学校長は高い生存率が「繰り返し実施される避難訓練、学校教育およびハザードマップ」の恩恵によるものと述べている (KN2-3)。

釜石市では、様々な授業で「災害の知識」が組み入れられている。算数であれば、「海岸に襲来した時点で津波の速度が毎時××キロであれば、津波がそのまま内陸〇〇キロにある家屋のところまで襲来する際の所要時間は？」といった問題が出題されている。野外実習では、生徒は校区内にあるハザード地域や避難地域を巡り、自ら津波ハザードマップを作成するなどしている。

生徒にはさらに、以下のような重要な概念が教えられている：

- 「津波、てんでんこ」つまり、「津波が襲来したときは、全員が物事や他の人などを気にせず、直ちに避難しなければならない」
- 人間の思い込みで災害を判断してはならない。自然は人間が考えているのとはまったく異なった振る舞いをするので、ハザードマップの内容でさえ無条件に信用しない。
- 災害にあっただけの範囲で最善を尽くす。常に最悪の事態を予想し、それに備える。
- 率先して避難する。自分が命懸けで避難しているのを見せることで、他の人の命を救うことにもなる。

3月11日に地震が発生した時点で、生徒の90%以上が（帰宅途中か屋外または自宅で遊んでおり）、学外で過ごしていたにも関わらず、そのほとんどが自分の判断で安全な高台を目指し、周囲の人に迅速な避難を呼び掛けている。すでに、家庭では津波発生時の行動を話し合っていたので、児童とその保護者はいずれも釜石市に津波が襲来した際は、全員が自力で避難すると理解し、信頼していた。

災害に見舞われてから、次の災害が発生するまでのあいだ、個人と地域社会、そして組織が記憶を維持し続けることは、避難を成功させる上での決定的な要因となる。過去の災害を記念し、「強い揺れを感じたり、潮が突然引くのを見たりしたら山に走れ」といった教訓を刻んだ一連の記念碑が、海岸沿いの地域でいくつか建立されている。3月11日の津波が到達した水位を示し、将来の世代が浸水状態を記憶できるよう、浸水線に沿って桜の植樹を呼び掛けた非政府組織（NGO）も存在している。

高齢者、障害者および外国人、あるいは地域にとっての部外者は、避難時に追加の援助を必要としている。東日本大震災での死亡者の65%は年齢60歳以上の高齢者で、この事実から高齢者をいかに安全に避難させるかについての議論もなされている。

## ハザードマップ

ハザードマップは、自治体や地域住民が準備を整える上で有益だが、適切に作成・活用されなければ被害を悪化させかねない。ハザードマップは多くの市町村で作成・配布されてきた。配布されたマップは避難を促すのに役立ったが、襲来した津波の規模がハザードマップの想定を大きく越えていたために、記載内容が誤った情報となった例が確認されている。また、人々が逃げ込んだ一部の指定避難場所および建造物が完全に水没し、死者が出た事例もある。津波が襲来した際、ハザードマップでは浸水が起きないとされていた地域に住む人々の多くは避難していない（KN5-1）。

レベル1、レベル2のどちらの災害が発生しても、しかるべき対応ができる情報が得られるよう、ハザードマップには、両方のレベルの災害を記載する必要がある。マップには、避難上の選択肢をすべて網羅すべきである。また、こうしたハザードマップを市民に配布するだけでは不十分であり、マップを駆使した避難訓練を併せて実施する必要がある。ハザードマップの作成に市民が参加することで、効率的な避難が可能となる。

## 予報と警報

正確な予報と警報システムは、安全・迅速な避難と災害対応の鍵を握る。東日本大震災では、地震の数分後に気象庁が発した警報に応じて、数十万もの人々が避難を行っている。また、早期地震感知システムの働きで、時速200km以上の速度で運行していた新幹線はすべて本震が到達する前に停車し、数千名もの乗客の生命を救っている。緊急地震速報はテレビをはじめとする放送システムを通じて、全国に本震の到来を予報し、人々にわずか（数秒から10秒程度）ながら反応する猶予を与えた（KN2-5）。

地震および津波警報システムは多くの人命を救うのに役に立ったが、改善の余地は残されており、いくつか重要な教訓が得られている。災害が前代未聞の規模と複雑さを伴っていたため、気象庁の最初の発表では、津波の最大波高を過小評価して6メートルとしていたのに対し、実際に到来した津波の高さは10メートル以上にも達していた。予報は、発

表後 10分から 20分で訂正されたものの、人々の避難が遅れ、死傷者を増加させた可能性もある。日本で導入されている予報・警報システムは世界最先端であるにも関わらず、こうした状況が発生している。以上を踏まえ、国際社会は既存の予報・警報システムを導入するに留まらず、新たなシステムの開発に資金を投じ、反復的な訓練／練習と組み合わせる必要がある。なお、津波の波高観測では、先進的な海中水圧計と全地球測位システム (GPS) を利用した波浪センサーが効果を発揮した。

## 「災害影響の連鎖」への対応

東日本大震災は、東北地方の範囲を超えて、日本全国と各地域、そして世界経済にまで波及し、人々や様々な組織に影響を及ぼす一連の「災害影響の連鎖」を引き起こしている。日本国内で確認された連鎖の例をいくつか示す：

- 地震・津波災害→原子力発電所事故→電力不足→ 景気低迷→社会不安
- 地震・津波災害→通信の急激な増加→通信システムの機能不全→経済社会活動の中断 (KN3-2)
- 地震・津波災害→特定産業への被害→部品供給の途絶→工業活動の世界的低迷 (KN6-3)

すべての事態の推移をあらかじめ予見するのは不可能であるにせよ、災害リスク管理戦略には低頻度・巨大災害に伴う連鎖反応を防止する、緊急対応を組み入れるべきである (KN1-5)。こうした被害の連鎖を断ち切る方法の一つとして、各種システムにおける十分な冗長性の確保が挙げられる。別の手段としては、事業継続計画の立案がある (KN2-4)。過去の「災害影響の連鎖」事例を分析し、その内容を国民、民間および政府機関の間で共有することは、連鎖の再発防止に寄与する。

## 教訓

### 戦略

- 低頻度・巨大災害への対処では、構造物主体の防災対策ではなく、統合的な防災戦略を活用する。
- 津波災害をレベル1 (比較的頻度の高い災害) およびレベル2災害 (低頻度・巨大災害) とに分類する。レベル1災害には主として構造物で対応し、レベル2災害では統合された対策に移行する。

- レベル2災害では命を守ることを主眼とする戦略を用意する。
- 戦略では、レベル2災害への対応で強靱な減災システム、構造物・非構造物対策を援用する。
- 災害が想定を超えた場合の影響を検討・議論する。効果的で有効な戦略の確立には、この作業が不可欠となる。

### 構造物対策

- 構造物対策は、強靱で自然の猛威に抵抗できるようにつくられていれば、低頻度・巨大災害の影響を緩和できる。
- 構造物対策を統合された防災戦略に組み入れる。
- 海岸線沿いの高速道路、幹線道路は津波に対する副次的な堤防として活用できる。

### 非構造物対策

情報伝達と避難に加え、以下の非構造物対策が水関連災害において効力を発揮する。

- 商業施設や経済活動の拠点を標高の低い海岸部に留めつつ、住宅地域や公共施設を高台に移設する。
- (学校などの) 公共施設と高台をつなぐ(道路、階段などの) 避難経路を確保する。
- 海岸沿いに密度の高い植林を行う。
- 高層(4・5階ないしそれ以上)のコンクリート造りの建築物を避難所に利用する。

### 避難

- 避難訓練、教育および啓発は、大規模災害発生時により迅速・完全に避難するための鍵となる。
- 「津波、てんでんこ」つまり、津波が襲来し、あるいはその懸念があるときは、全員が物事や他の人などを気にせず、直ちに避難しなければならない。
- 家庭内および地域社会内での事前検討は、避難を成功させるのに役立つ。

- 思い込みで災害を判断してはならない。自然は人間が考えているのとはまったく異なった振る舞いをするので、ハザードマップの内容でさえ無条件に信用しない。
- 過去の災害に関する個人と組織の記憶を維持し続けることは、避難の成功に寄与する。

## ハザードマップ

- ハザードマップは、自治体や地域住民が準備を整える上で有益である。
- レベル1とレベル2の双方の災害に対応する必要がある。
- 啓発、地域社会での教育や避難訓練を併せて実施して、初めて有効に機能する。

## 予報と警報

- 予報および警報システムは導入に値する。
- 津波および災害警報ネットワークは世界規模で構築・運用すべきである。
- 国際社会は予報・警報の制度とタイミング改善のため、新たな技術の開発と利用を推進し、そのために投資するべきである。

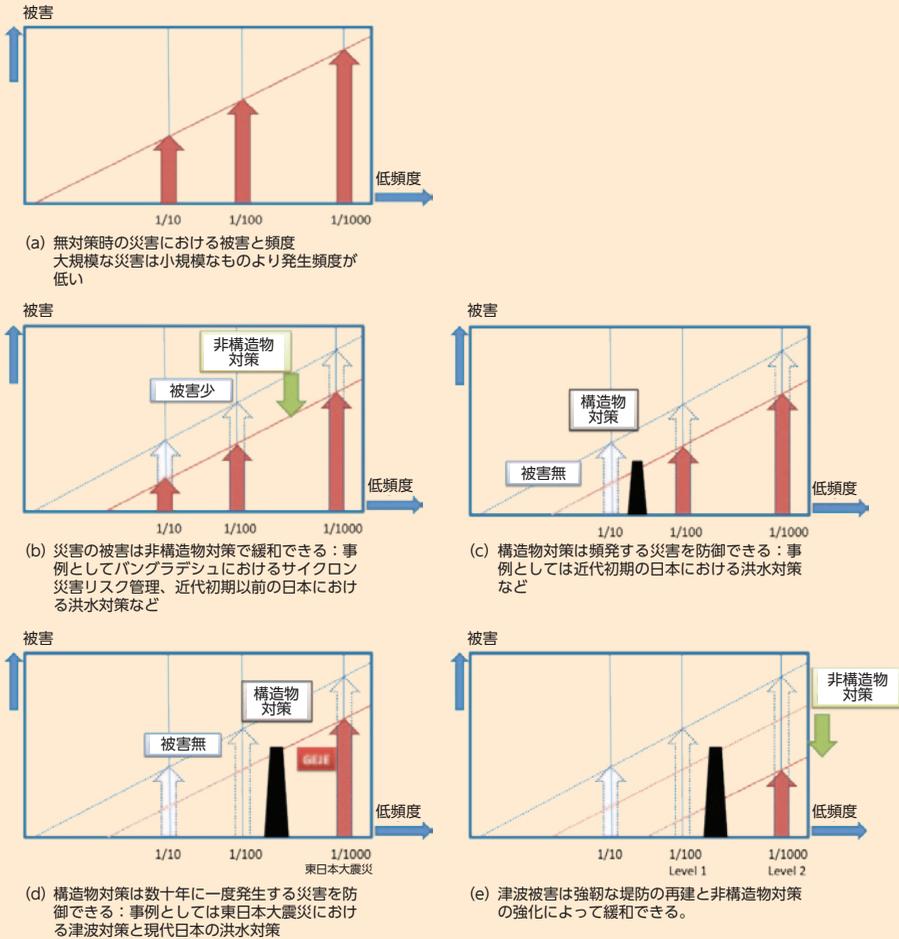
## 「被害の連鎖」への対応

- 巨大災害の間接的影響は広範に波及するため、システムに冗長性を組み込んで被害の連鎖を断ち切るべきである。
- 事業継続計画では、可能性のある連鎖的展開について考慮しておくべきである。
- 将来起こりうる災害に備えるため、経験を評価・共有すべきである。

## 途上国への提言

*あらゆる国は災害リスク管理の統合戦略を必要とする。* 東日本大震災で得られた教訓の多くは、途上国にとっても有効である。固有の社会経済的条件、予算上の制約、地理や災害規模などの条件に応じて、それぞれの国で構造物対策と非構造物対策の独自の組み合わせを採用することになる。東日本大震災の場合、防災体制は構造物対策に過剰に依存しており、津波による被害を防止できなかった（図2[d]）。構造物対策と非構造物対策を適切

図2：構造物・非構造物対策による災害時リスク管理



に統合するため、日本政府は現在、津波災害に対する災害リスクを管理する政策を改定している（図2[e]）。これにより、レベル1の津波は構造物対策により対処し、レベル2の津波が発生した場合は、構造物対策と非構造物対策の両面から、被害の緩和に努めている。

レベル1およびレベル2の双方の災害について、統合対策を構築するのが望ましい。途上国の場合、レベル1災害についても非構造物対策の比重を高めて対処するのが、もっとも現実的な対応であるとも考えられる。しかし、頻発する災害については、人命や資産の喪失を防止するため、構造物対策を構築するのも重要となる。災害はとりわけ規模が大き

ければ投資を躊躇させる要因となる。貧困と災害の悪循環を招かぬためにも、政府および自治体は「予防は報われる」とのメッセージを繰り返し発信し続ける必要がある。

*予報と警報は防災の基本である。* 途上国であっても、災害の予報、警報を発する地域ネットワークの構築は可能であり、望ましい。また、数力国が協力して地域・国際システムを構築することも考えられる。後者の例として、Sentinel Asiaは加盟国が要望に応じて衛星画像や諸々の観測データを無償で共有する、地域ネットワークである。

*ハザードマップは個人が自力で災害に対処するための有効な手段となる。* 災害に見舞われる可能性の高いすべての自治体にハザードマップを提供できるよう、法的・行政的・財政的にしかるべき措置を講じるべきである。また、国際社会は各国が本稿に述べた教訓を反映させたハザードマップを作成するために支援すべきである。さらに、優良事例やハザードマップの見本を地域内あるいは全世界で共有する制度を創設するべきである。

*妥当な災害リスク管理戦略を策定するにあたり、災害の記録や得られた経験を災害データベースに記録しておく作業が不可欠となる。* 各国はこうした目立たないが必要不可欠な活動に、労力を惜しまず従事する重要性を強調すべきである。地域内のデータの共有は、近隣諸国にとっても有用となる。各国は、水文・気象・地質情報などのデータを共有するための合意を締結する必要がある。

*教育、訓練および啓発は、低頻度・巨大災害時の死傷者数を抑える上で不可欠となる。* 物理的な防災対策が不十分な国においては、とりわけ重要である。日本で採用されている教育、訓練および啓発は、試行錯誤によって構築されてきたものである。それを単純にそのまま適用するのは、国情が違いより厳しい条件に置かれている国では望ましくない。必要な第1歩は日本の対策を評価し、模倣して検証し、現地の社会的・文化的な慣行や人々の行動様式にこの方式が適合できるかを確認することである。

*低頻度な巨大災害はいずれの国においてもごくまれにしか発生しないため、各国はその情報や経験を共有してお互いに学び合う必要がある。* 国際社会は、例えば国連などを媒介として、定期的な対話と情報共有のための枠組みを構築するべきである。地域協力は災害被害を受けた国の支援に役立つばかりではなく、巨大災害の地域間および国際的な悪影響を緩和することにも寄与する。

## 著者

廣木謙三：水災害リスクマネジメント国際センター