

東日本大震災における新たな技術「減災農地」及び多様な主体によるリスク管理体制に関する研究

農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所 教授 勝山達郎

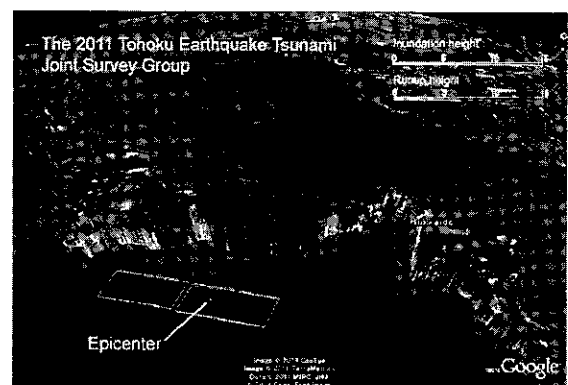
1. はじめに

東日本大震災では、東北、関東を中心に太平洋側の沿岸域に大津波により、かつてない未曾有の大災害となった。農村工学研究所では、災害対策基本法第2条第5号に基づく指定公共機関地震として、被災をした農地、農業施設等の被害状況の把握と二次災害のための緊急調査等を実施するとともに、迅速な復旧・復興に向けた支援と研究の活動を行っている。この中で、東日本大震災直後に「復興支援プロジェクトチーム」を設置し、筆者も一員であるが、復興に向けた集中的な支援活動と様々な提案を行っている。とくに、5月に「生命と生活を守る減災対策と地域復興」をテーマに、防災から減災へと視点を移した新しい技術概念としての『減災農地』を掲げ、災害に対する農地、農業施設等の耐力と脆弱性の両面性を認識して、それぞれの災害要因に対する減災技術の開発を提案している。本稿では、農村工学研究所で検討されている減災農地の考え方から、これを核とした農村復興、さらに災害に強いリスク管理体制の構築までの研究に関して、幅広く紹介することとしたい。これにより、現場や行政だけでなく、コンサル、測量会社、建設会社からメーカー等、さらには大学、そして研究機関までが一体となり、今までの防災に加え、減災という災害に強い農地、農業施設等の形成、さらにはリスク管理という地域住民のソフト対策に向けた活発かつ前向きな活

動を期待するものである。

2. 東日本大震災における被害の状況

平成23年3月11日14時46分頃、三陸沖、牡鹿半島の東南東130km付近、深さ24kmを震源とするマグニチュード(M)9.0の地震(本震)が発生し、同日気象庁は、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」と命名した。今回の地震は、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した海溝型で、その規模は国内観測史上最大、世界でもスマトラ島沖地震(2004年)以来で、1900年以降では4番目に大きな巨大地震であり、宮城県北部で最大震度7、東北・関東8県で震度6以上など、東日本を中心に北海道から九州にかけて日本列島全体が大きく揺れた。



東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ

図-1 震源地と津波の高さ

また、図-1の通り、地震により最高潮位9.3m、津波遡上高は国内観測史上最大の40.5mに上る大津波が発生し、震源域に近い東北地方と関東地方の太平洋沿岸部において約56,000haが浸

水し（表-1 参照）、多くの尊い生命と財産が一瞬にして奪われることとなった。2011年8月23日時点での東日本大震災の農林水産関係被害額は2兆3千億円で、うち農地・農業施設等被害額は約7900億円となっている。阪神・淡路大震災の257億円、新潟県中越地震の689億円に比べて、その被害の甚大さは極めて大きい。その後（2011年10月6日まで）余震は、M5以上が579回、M6以上が96回、M7以上が6回、最大震度4以上のものは208回あった。

被害県名	被害市町村数	浸水面積 (ha)	割合 (%)	内農地面積 (ha)	割合 (%)
青森	5	2,400	4.3	79	0.1
岩手	12	5,800	10.3	1,838	3.3
宮城	17	32,700	58.3	15,002	26.7
福島	10	11,200	20.0	5,923	10.6
茨城	10	2,300	4.1	531	0.9
千葉	10	1,700	3.0	227	0.4
合計	48	56,100	100	23,600	42.1

(国土地理院/13)

(農林水産省/29)

■東北沿岸部市町村:国土地理院が浸水があったと判断(4/18時点)した東北圏の市町村

■関東沿岸部市町村:国土地理院が浸水があったと判断(4/18時点)した首都圏の市町村

(国土交通省国土計画局総合計百調)

表-1 震災による被害状況

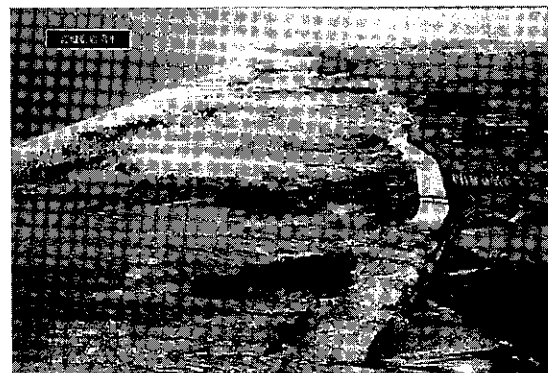
また、海溝型の超巨大地震は、震源域に沿って大きな地殻変動を引き起こし、水平方向に最大で約5.3m移動、垂直方向に最大約1.16m沈下し、広範な沿岸地域で排水不良が深刻化している。

3. 津波の越流を想定した『減災農地』の提案

東日本大震災においては、東北における海岸線約300キロメートルのうち190キロメートルの海岸堤防が10から20メートル以上の予想外の大津波に被災をした。そして、海岸線に近接して広がる農地や市街地も津波の直接の被害を受け、宮城県の南部に位置する大農業地帯では、海岸線から最高で5kmまで達する津波浸水を受け、地域全体が壊滅的な被害を受けた。この大農業地帯には、海岸沿いの堤防が建設され、農業用水を農地に供給するとともに、海岸部の排水機場を核とし

て排水を行い機能的な農地の地下水管理も行う精巧かつ広大な農業水利システムが構築され、さらには縦横の農道網が形成されていた。これらの施設は、津波により甚大な被害を受けているが、海岸からの距離によって被害の程度や被災の状況が異なり、道路等の配置や高さ等の構造によって被害が抑えられたところもある。特に、今年度到新築された牛橋排水機場は、津波により完全に破損したが、3階にテレメーターシステムを設置するためのコントロール室を設置していた。

これがシェルター的な役割を果たし、14名がここに避難することにより助かることができた。このように津波の減勢やガレキの流入の防止、さらには避難などの多重的な対策が必要である。



<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1365318/Japan-earthquake-tsunami-Theindex.html-moment-mother-nature-en-gulfed-nation.html?printingPage=true>

写真-1 津波の被害状況

(1) 減災農地の基本的な考え方

減災農地は、海岸堤防の高さを、東日本大震災における津波規模では、津波が越流することを想定し、津波の減勢は、堤防だけでなく、その背後地で行う考え方である。国土交通省と農林水産省が、復興計画策定の基礎となる基準として『設計津波の水位の設定方法等』（平成23年7月11日）を通知している。具体的には、数十年から百数十年に一度発生するレベル1の津波を基準として堤防の高さを設計することとしている。

このため、堤防を越えて、津波の遡上を受け入れた設計をすることを意味しており、越流後、堤

防の背後地の面的な減勢で地域の被害を最小限に収める減災を行うことになる。堤防は越流に対して、強い構造とし、被災しても復旧が比較的容易にできるようにすることが重要である。

解決すべき課題としては、

第一に、越流による堤防の破壊に強い粘り強い堤防が必要となる。

第二に、農地及び減勢施設の提案と津波遡上の抑制効果の検証としての水利実験が必要となる。

第三に、農地等での被災を前提とする農業者や地域住民の理解が必要である。

さらに、津波の越流を想定した地域住民や地域組織、そして国、都道府県、市町等の取組として、

第四に、地域のリスク管理体制づくりである。

第五に、行政による防災計画での対応である。

(2) 粘り強い海岸堤防の提案

従来型のコンクリートによる海岸堤防の被覆防護は、長年の地盤の沈下や地震の影響等によって堤防に隙間や段差が発生しやすく、津波の越流時には、段差や隙間部に作用する水圧や揚圧力に完全に浮き上がり被覆防護工が流失し、内部の盛土が浸食されてしまう。また引き波のときには、想定してない力により倒壊している例が見られる。

これに対しては、例えば、補強土工法を用いた堤体は地盤の変形に追従することが可能で越流に強く安全である。また、裏法面には小段を設けて

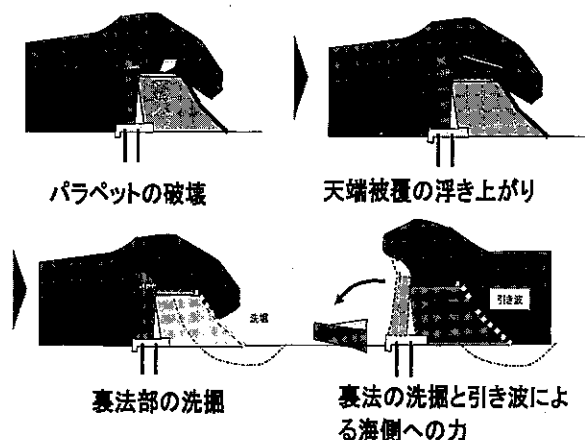


図-2 想定される堤防破壊過程

比高を小さくし、越流水による浸食力を提言できるようにする。さらに、押し波と引き波の両方に対する安全性を高めるため、法面をコンクリート等で保護し安全性を高めた構造とする。このような粘り強い海岸堤防を提案していく。

(3) 越流を減勢する面的防御と水理実験

海岸堤防の津波に対する設計の基本概念が、背後地の直接の被災に繋がる「越流」を受け入れることになる。すなわち、海岸域の安全性を確保するためには、従来の海岸線の堤防だけで防御するのではなく、その背後地を含めた地域全体で考えることになる。前者は「線的防御」後者は「面的防御」と考えられる。面的防御については、「海岸林を活用した津波被害の軽減」や「防災人工公園」の建設など提案がある。復興支援プロジェクトチームでは、農道等を含む農地を海岸防御のバッファとして利用し、津波減勢装置として機能させる『減災農地』を提案している。

この減災農地の基本的な考え方は、津波を想定したとしても、人命と生活の拠点である住居を確実に守ることにあり、「生命と生活を守る」ことが最も基本的な要素と考えている。

①津波の減災システム

海岸線からの津波減災システムのイメージは図-3に示している。地域全体で津波の遡上を確実に抑制するために、例えば、道路、農道等を嵩上げし第2線堤の機能を持たせ、越流しても壊れない盛土にする必要がある。さらに、第3線堤も考えていく必要がある。また、農地についても階段状にし、畦畔や水利施等の高さや配置などを定める技術開発が必要である。さらに、津波侵入から営農の再開を迅速に進めるためには、水路や道路、排水機場などの健全性の維持が最も重要となり、広域的な施設群の再配置や運用などのシステム計画の見直しも必要である。また農地や堤防背後地からの避難については、今後の区画整理や道路配

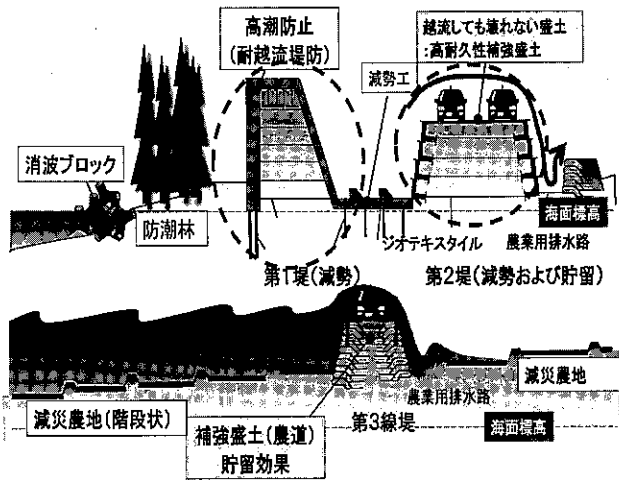


図-3 減災農地のイメージ

置の中で避難路を確保するとともに、ソフト対策とその活動支援が重要である。

②津波遡上抑制の津波シミュレーション

津波の遡上は、宮城県のような平野部、岩手県のようなリアス式海岸特有の湾の形状と海岸地形の相乗的な効果によって津波が大きく増幅し、大きなエネルギーを持ったまま陸地を遡上することにより甚大な被害が生じている。このような中で、減災農地の津波遡上の抑制効果を検証するための水理実験が不可欠であり、図-3のイメージのような第2、3線堤と階段状の減災農地がある水理模型とそれらが無い水理模型により津波遡上のシミュレーションを実施している。(写真-2)

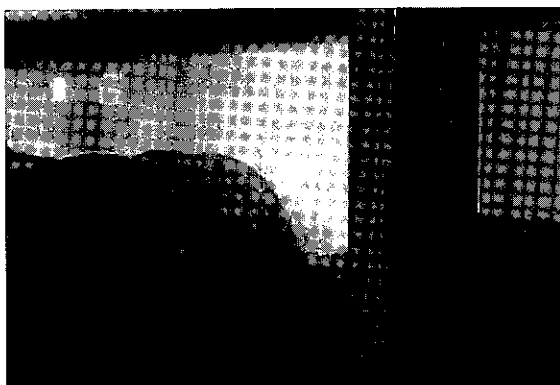


写真-2 津波遡上抑制の水理実験

シミュレーションの結果、津波の減勢だけでなく、第3線堤前面に津波が到達する遅延効果は約2分であった。これは、民間調査による生存者と

亡くなられた方の地震発生から避難開始までの時間の差に相当する。

(4) 復旧が容易な農業水利施設等の技術開発

津波による被災の特徴は、水門では小型水門のスピンドルのスルースゲートの被災が多く、ラックが少なかった。排水機場は、海岸近くの木造又はパネルに多かった。電気系統の浸水対策はポンプの台座や配電盤の胴の高さに配慮する必要がある。排水機場の建物は全壊又は半壊しているが、津波への障害物があることにより、破壊を逃れている例があり、津波の外力を推定するため、周辺データ等の収集や解析が必要である。

4. 減災農地を核とした住民主体の地域復興

地域復興にあたり、減災農地の考え方に基づいた地域復興計画づくりが必要となる。農村工学研究所は、減災農地のヒントとした岩手県大船渡市三陸町吉浜地区で計画作成の支援を行なっている。

(1) 支援の基本的な考え方と復興の姿

あくまで地域の復興を進める主役は地元の住民とその組織であり、営農を行う農業者である。農村工学研究所は、「住民に寄り添って復興計画づくりを技術的に支援する」ということを基本とした。

減災農地の求められる復興の姿は、人命の安全であり、被災しても早期の復旧が図れるもので、地元の理解を図っていくことが必要である。また、地域ブランド、労働集約型の営農、さらには高齢化社会に適應する対応など将来を見据えた復興が必要となる。

(2) 岩手県の吉浜集落に学ぶ減災農地

今回の被災の特徴として、津波堤防の整備地域は、津波堤防を整備して津波を防ぐことを基本とし、住居は海岸沿いにある。結果として、被災し多くの人命が失われた。一方、吉浜のように高台

への集落移転をした地域においては、堤防計画以上の津波を想定して、住宅は安全な高台に移転した。農地は低地で被災したが、人的な被害は比較的小さかった。このように、減災農地として、津波が海岸堤防を越えた時に、海岸沿いの農地が被災するが、全体の被害（特に人的被害）の軽減を図ることが必要である。

吉浜の約 100 軒の集落は、20 ～ 30 m の高台に並んでいる。これは、1896 年の明治三陸大津波では死者行方不明が 200 名を超え、壊滅的な被害を受けたため、村長の主導により住居の高台移転を実現した。しかし、昭和三陸津波で 17 名が行方不明となる被災をしたため、被災部分をさらに山側に移転させ、数年後に高台への集団移転が完了している。

(3) 分かり易く目に見える材料の提示

吉浜は、地震で被災した防潮堤を従来と同じくらしいの高さにし、住宅群と低地部の農地に第 2 線堤を設置し、高台の集落を守るという、まさに減災農地の復興を図ろうとしていた。そして、第 2 線堤のイメージ図を地区自らが作成し、一般住民の理解の促進に努めようとしていた。このため、写真-2 の 3 次元 CG を用いたシミュレーションを技術的支援として行なった。また、津波の浸水範囲について、一般住民から疑問が出されたことを受けて、津波シミュレーションも実施している。

今後も住民から生じた技術的懸念を科学的根拠

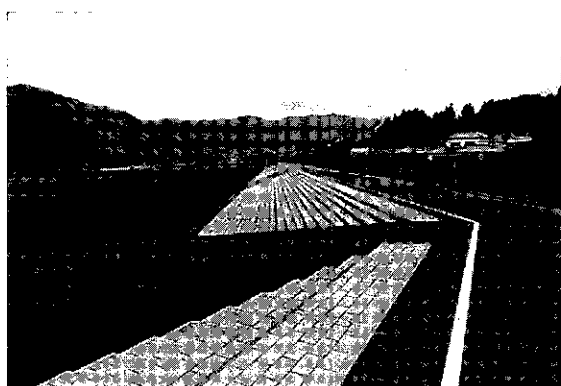


写真-3 避難階段設置の景観シミュレーション

で払拭する支援を行ない、住民自らの復興の応援を続けたい。

5. 多様な主体が参加したリスク管理体制

吉浜住民の復興に向けた動きの早さは、ハード対策に加え、地震が起きたら高台に避難する認識を住民が共有するソフト対策が既にできていたからと考える。減災農地の整備も、地域の様々な主体が参加しその必要性等の認識と対応等を共有するリスク管理体制づくりが必要である。

(1) 段階的な取組による共通認識の醸成

石川県の農林水産部長のときに、能登半島地震で決壊したため池等を教訓として、ため池管理での予防・減災を目指して、農家や地域住民、関係者が一体となった「ため池の自主防災組織」の構築に 6 地区でモデル的に取り組んだ。その成果として、体制整備のマニュアル「ため池管理体制の手引き」を作成した。その最大のポイントは、地区の状況・取組み度合いに応じてステップアップしていく管理体制の検討・整備である。

ステップ 1 として、自治会長とため池管理人等による連絡体制と役割分担の作成、ステップ 2 として、住民等のワークショップなどによる緊急時における連絡体制と役割分担の構築、ステップ 3 としてハザードマップを作成し、地域住民への啓発普及、周知である。このような段階的な取組により、多様な主体が地域の現状や財産を再確認し、地域防災への共通認識が醸成され、地域の活性化にも繋がっている。このように、地域の多様な主体が参加した意思決定手法の開発が必要である。

(2) 住民が納得できる科学的材料の提供

農村工学研究所では、図 4 に示すため池 DB ハザードマップシステムを開発している。これは、ため池の決壊による氾濫解析、気象業務支援センターのデータ等による豪雨の危険や地震による危険をパソコンで処理し携帯に配信することによ

り、地域のリスク管理を支援するものである。しかし、十分な説明のないハザードマップは、ため池について何も知らない住民に混乱のみを与えることが、石川県のモデル地区の取組で判明している。地域住民が理解し自ら意思決定ができるように科学的な材料を分かり易く提供していく手法の検討が必要である。この場合、吉浜の景観シミュレーションが有効であり、3次元CG技術の活用が重要である。

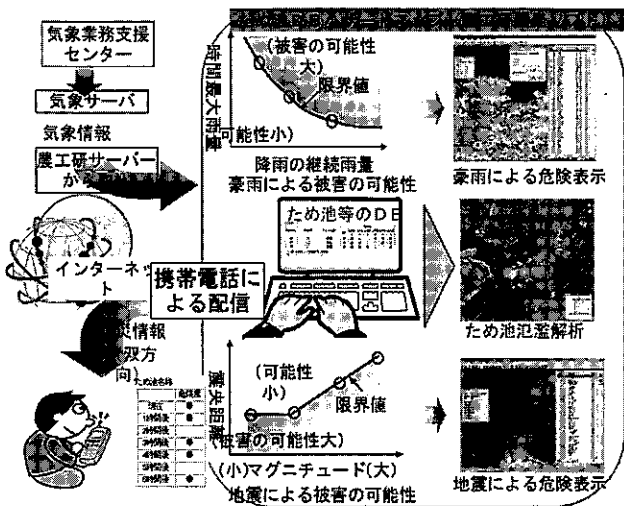


図-4 ため池DBハザードマップ

(3) Web を活用した情報の伝達と共有

リスク管理は、吉浜のように地域住民全体による取組が必要である。しかし、集落での農業者の減少・高齢化、非農業者の増加等により、従来の集落の連絡網等を通じた情報伝達や会合による情報共有等が難しくなりつつある。とくに、ため池の決壊による被害は、下流への集落や市街地にも及ぶ。このため、現在多くの人々が利用する Web を活用した情報共有の検討が不可欠である。東日本大震災においても、双方向で安否を確認する有効な手段となった。しかし、Web は高齢者等による利用の困難性や停電等による機能停止、設備の空白地区など多くの課題がある。今後のリスク管理体制において、現在の集落の連絡網と相互に

補完し両輪となる、双方向で瞬時に情報共有が可能な Web 活用の検討が必要である。

6. 防災基本計画における「減災」の明確化

平成 23 年 12 月 27 日、防災基本計画が修正された。防災の基本方針に「災害時の被害を最小化する『減災』の考え方を防災の基本とし、たとえ被災したとしても人命が失われないことを最重視し」と、減災の位置づけが明確にされた。

さらに、津波災害対策のための基本的な考え方として、「発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波」及び「最大クラスの津波に比べて発生頻度が高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波」の二つのレベルの津波を想定し、最大クラスの津波においては「住民等の生命を守ることを最優先して、住民等の避難を軸に、警戒避難体制の整備、津波浸水想定を踏まえた土地利用・建築規制などを組み合わせる」こととしている。海岸保全施設等の整備も「各施設について、設計対象の津波高を超えた場合でもその効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を進めるものとする。内陸での浸水を防止する機能を有する道路盛土等を活用」など方向が示され、今後、減災の具体化が図られることになる。

7. おわりに

農村工学研究所としては、『防災』から『減災』へと視点を移し、ハード・ソフトが一体となった総合技術を提示する必要があると考えており、産学官が連携した積極的な取組が必要である。

土地改良測量設計技術協会の会員の皆様におかれましても、災害に強い農村社会の実現に向けて取り組まれることを期待している。