

1. 地震や津波による直接被害への対応

東日本大震災が発生してから5年が過ぎましたが、まだあの時から現在に至る状況を忘れることはできません。平成23年（2011年）3月11日に発生した三陸沖、深さ約24kmを震源とするマグニチュード9.0の巨大な地震と津波、その後の原子力発電所の事故は、地域の農林水産業に未曾有の被害をもたらしました。農研機構は、災害対策基本法に基づく指定公共機関として、震災直後の3月12日から今日に至るまで農林水産省等の要請に基づき被災調査・応急対策や復旧・復興のための技術的支援を行ってきています。

東日本大震災では、農林水産関係全体で約2兆4千億円の被害が発生しました。これは、阪神・淡路大震災の時の農林水産関係被害の約26倍、新潟県中越地震の約18倍に相当するものでした。この中で、農地は18,186箇所、4,006億円、水路、揚水機、集落排水施設等の農業用施設等は17,906箇所、4,408億円、農作物、家畜等で142億円、農業倉庫、ハウス、畜舎、堆肥舎等農業・畜産関係施設等で493億円となっており、これらは被害額全体の約4割を占めています。

地震・津波による被害状況をみると、農業用ダム・ため池では、堤軸方向の亀裂・陥没や洪水吐の破損、水路・パイプラインではパイプの抜け出し、地盤陥没、漏水、液状化による建造物の破損が生じました。津波により農地においては、冠水による塩害の発生や地盤沈下、液状化による噴砂・ひび割れ・沈下が生じました。また、仙台平野等の低平地では排水機場の損傷や地盤沈下により地域の排水機能が著しく低下しました。海岸堤防では堤防そのものの破壊や被覆コンクリートの破壊、背後地盤の洗掘などが発生しました。

グローバル化する最近の自然災害は、世界の平和と安定を脅かす存在となっています。地震・火山活動や異常気象に伴う豪雨災害の頻発は、急増する世界人口を扶持するための食糧供給にも深刻な影響をもたらしています。近年日本は、地球上で放出される地震エネルギーの10%近くが集中し、津波（Tsunami）や台風（Typhoon）は日本語起源の国際語となっているほど世界最大の自然災害リスク国です。しかし、その状況の中で東日本大震災の秩序ある被災住民の行動に対する世界中の賞賛は、日本人が自然災害と共存してきた民族的・文化的な証です。それは本震災の被災地域が東北地方の農山漁村を主体とした地域であり、農村社会で共有された地域コミュニティの形成による災害時の相互扶助意識や信頼感が基本にあったからであると考えています。そのため、私たちの被災地への対応の基本は、「寄り添いながら共に歩む」です。

このような視点からこれらの状況に対応し、ダム・ため池、パイプライン等の農業水利施設や農地、農地海岸堤防について、現地調査や地盤探査技術等を用いた解析に基づき復旧・復興のための技術的助言を行ってきました。また、津波の減勢を堤防だけではなく、背後農地でも分担する「減災農地」（粘り強い農地）の考え方を提案し、その効果評価や強い堤防の実証試験に取り組んで

宮城県の国営事業では三面一体堤防として復旧事業に採用されました。さらに、津波解析や景観シミュレーション手法などの研究成果を活用し、地域住民が行う復興計画作成を支援する活動に取り組んできています。そして、栽培技術の面では津波冠水により海水の影響が残っている農地を対象として、耐塩・耐湿性の作物品種の開発を進め、普及を図るとともに、塩水の再度の上昇による再被害を防止するための観測、水管理システムの構築に地元土地改良区等とともに取り組んできました。また、直接復旧・復興に貢献できる技術の説明会、講習会、シンポジウムなど多くの機会を設けて取り組んできました。このような取組のために農研機構が派遣した職員数は、農業農村工学分野だけでも平成26年度末までで延べ2,190人・日になります。

これまでの5年間の取組により、津波被災農地については、「農業・農村の復興マスタープラン」に基づき、計画的に復旧事業を進めており、平成27年度中に津波被災農地の74%で営農再開が可能となる見込みとなっています。また、主要な排水機場については、約9割で復旧を完了又は実施中であり、農地海岸については、約8割で復旧を完了又は実施中、農業集落排水施設については、原子力発電所事故に伴う避難指示区域の地区等を除き、おおむね復旧完了又は実施中となっています。これらの国・県等の事業により復旧作業が終わったところから営農が再開されてきています。

しかしながら、広域で多様な立地条件からなる被災地域においては、単に現状復旧では復興はできません。より効率的な営農体制の確立による農業復興のために解決すべき課題が少なくありませんでした。また、今回の震災の経験を地域の防災・減災技術に活かしていく観点から、災害による被害の最小化をめざしたハード・ソフト両面でのシステム構築と、地域がもつ折々の気候、人材、品質・味・安全性を確かなものとする生産・品質管理技術、整備された農業インフラ等を有効活用し、生産性を高めていくことが復興や農業再生の鍵となります。

東日本大震災の甚大な被害を受けた東北地方は今、大震災からの復旧・復興による農業生産と農村地域の再生に向けて全力で取り組んでおり、この震災教訓や復興経験の伝承・発信は、日本の地球規模の災害対策への重要な責務であると考えています。大事な教訓として我々は、本震災から3つ教訓を学びました。まず、第一は災害から生命を守るための記録と伝承の重要性であり、自然災害リスクに「我がこと感」を持って備えることです。第二は、自然災害に備える科学技術開発の重要性と減災ベースの国土形成の大切さです。先進的な地震監視、津波警報、耐震構造、衛星観測等の科学技術の成果を活用した、ハザードマップ作成や社会インフラの長寿命化を図りつつ、大災害時でも早期に復興・復元可能な地域づくりが必要です。第三は、自然災害に対する世界的連携と人材育成の必要性です。地球環境の変化とともに、変動するリスクを把握し、常時から訓練や地域住民への周知を図るとともに、非常時には機動的に対応できる減災を最大限発揮できるリーダーの育成が不可欠です。農研機構は、東日本

大震災を契機に災害に対する考え方を防災から減災に大きく変えて、身近で確かな技術の存在が農業・農村の強みと地域で実感されるよう、今後ともニーズを適切に把握しながら、専門家が分野横断で技術支援を行っていきます。

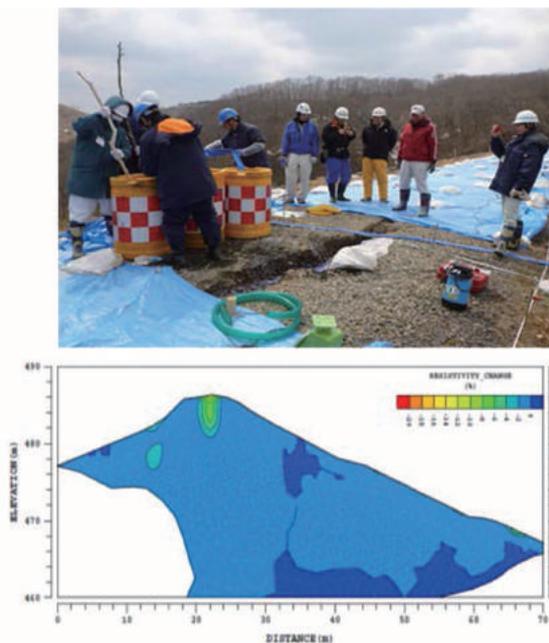
参考文献 東日本大震災からの農林水産業の復興支援のための取組 平成 27 年 11 月 農林水産省

(1) 農業用ダム・ため池・水路

今回の震災では、宮城県北部で震度 7、宮城・福島・栃木・茨城の 4 県 28 市町村で震度 6 強を観測、日本列島の半分が震度 4 の大きな揺れを受けたことから、農地・農業用施設等への被害は東北・関東を中心に 15 県、約 250 市町村に及びました。特に地震動被害の大きかった福島県内では農業用ため池が 3 箇所で決壊・氾濫し、藤沼湖では 8 名の死者・行方不明者が出たことから、ハザードマップの作成等、農村地域の防災・減災対策に対する緊急性が強く認識されました。

農研機構では、発災直後から国からの要請により農業用ダム・ため池や水路の二次被害の防止と緊急対策を講じるため、被災地において技術支援を行ってきました。具体的には、被災ため池の緊急点検や電気探査を用いたダムの亀裂深度把握や貯水位管理、パイプライン被害調査及びその復旧方法などについて、現地調査や解析結果に基づき技術的助言を行ってきました。

今後の耐震対策のためには、堤体土の簡易な現地物性試験および地盤材料の振動実験等による現象解明とともに、これまでに蓄積してきた研究成果を国が



電気探査により堤体亀裂解析



福島県のパイプラインの被害調査

進める農業用施設の耐震技術検討会を通じて専門的知見として提供してきました。例えば、農業用パイプラインの劣化と耐震に関する研究開発については、劣化に対する既設管の診断技術と更正管の設計手法や耐震に関する埋戻し材料の液状化評価手法と対策技術を開発しました。また、ハザード対策については、平成25年度から3年間に「ため池防災・減災に関する講習会」を4回開催し、全国でのべ約150名が受講し、平成27年10月末時点までに32道府県、253市町村内3,160箇所「ため池ハザードマップ」の作成に利用されています。さらに、平成26年度からは地震及び降雨災害時の危険予報のために「ため池DBハザードマップシステム」より試験メール配信を開始し、27年度には全国で490名の都道府県及び市町村農村防災担当者が受信しています。加えて、平成26年度からは、ハード・ソフト対策を一体化して災害に強い農村社会を形成するために、国からの要請で「農村防災・減災技術指導者研修」を実施しています。ここでは、全国道府県の防災担当職員及び土地改良連合会職員が、ワークショップを通じた住民との防災情報共有や自主防災体制確立のために、いかに「我がこと感」を持って自然災害に備えるかを習得しています。



ため池防災技術講習会



農村防災・減災技術指導者研修

このような中で農研機構は、内閣府の指揮の下で平成26年度に開始された「レジリエントな防災・減災機能強化」に関する「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)」に参画し、農業用ため池について「府省庁連携防災情報共有システムとその利活用技術の研究開発」を担うことになりました。2年目の平成27年には自主防災支援手法開発のために試作された「防災支援システム」を使った現地実証試験を行い、農水本省、農政局、県、市の担当者と地元ため池管理者が参加する机上訓練方式を通じて、大規模災害時の応急対応者別の収集・伝達情報や二次災害防止に向けた支援等のあり方を確認しました。



SIP ため池支援システム



防災・減災自主防災机上訓練

(2) 津波による農地の浸水と塩害

東日本大震災では、津波により約 23,600ha の農地が冠水し、沿岸部の地域を中心に地盤が大きく沈下しました。津波による流失・損壊は、農地・農業水利施設に加え、園芸施設や農業機械などあらゆる農業インフラや地域ブランドに未曾有の被害をもたらしたことから、農研機構では発災直後から多岐にわたる専門家を被災地に派遣し被害調査を行うとともに、営農再開に向けた除塩対策に関する包括的な技術支援マニュアルを公開しました。

地盤沈下の著しい海岸域の津波被災農地の復旧には、除塩対策に止まらず大量の瓦礫やヘドロ堆積、液状化、耕土の消失等から派生する様々な課題解決が必要となりました。そのためにこれまでに蓄積された知見の整理や被災地での具体的なデータに基づき、海水流入に伴う植生や土壌の化学性の変化とその対策、農地に残留する微細瓦礫の処理工法、地盤沈下による塩害リスクと機械排水対策、除塩後の水管理対策などに関する技術支援を実施してきました。



津波被災農地の現地調査

農地被災状況の分類		問題となる成分と現象
土壌的課題	① 海水の流入	塩分の増加 (塩素イオンとナトリウム)
		塩基バランスの悪化 (ナトリウムやマグネシウムなど)
	③ ヘドロの堆積	硫酸イオンなどの増加
		海水由来の微量元素の増加
農地基盤的課題	④ ガレキ	硫化物の増加
		重金属の増加
	② 地盤沈下	高塩分含量
		液状化
留意すべき課題	耕土の消失	耕作土へのガレキ残存
		不要物の排除時の耕土減少
	化学性の悪化	用排水路へのガレキ (土砂を含む) 残存
		排水機能の低下
		標高0m以下の圃場の発生
		河口近くの用水取水時の塩分混入リスクの増加
		不陸、陥没や亀裂の発生
		噴砂
		客土・置土への不良土の利用

液状化海岸域の津波被災農地の被害分類

このような中、平成 24 年 6 月には宮城県との「東日本大震災にかかる農業・農村の復旧復興推進のためのパートナーシップ協定」が締結され、相互協力の下で包括的・総合的に技術支援を行うこととなりました。先ず、同年 7 月に被災現場で、8 月には仙台市内で復旧復興事業に関係する宮城県内の技術者を対象に、技術相談会や講習会を開催した他、毎年定期的に関連研究者が参加して相談会を実施する等、被災地における復旧復興事業進捗上の各種課題に対して技術的指導・助言を行っています。

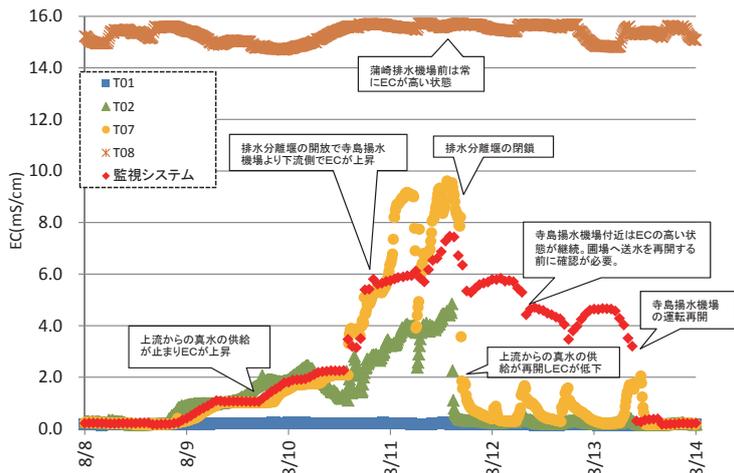


宮城県とのパートナーシップ協定の締結



技術相談会

このような支援活動は、「現地調査を踏まえた津波被災農地除塩の留意点」、「農地塩害長期化に及ぼす農地・排水施設の被害と対策」、「地盤沈下した津波被災農地の塩水浸入対策」、「震災後の地下水の塩水化長期化要因」及び「震災で地盤沈下した農地で塩害を回避する農業用水モニタリング」等の研究成果として被災農地の復旧復興事業に活用されると共に、今後、高い確率で発生が予想される巨大地震被災農地の復旧復興に貢献する大切な技術資料となります。特に、震災の教訓として津波・高潮等で被災した沿岸地域にとっては、早急な代替水源確保が必要となるため、平成 24 年度から 26 年度にかけて、広域的適用が可能な地下水探査手法として、低比抵抗の塩水化地下水の分布や地質構造を推定する電磁探査法のうち、CSMT（人工送信源地磁気地電流）法に着目し、同時多点受信により探査能率を向上させ、適用可能な信号とノイズの分離能力を高めた送受信システムを開発しました。現在、沿岸地域で大災害に備えた地下水調査として、本システムの適用検討が進められています。



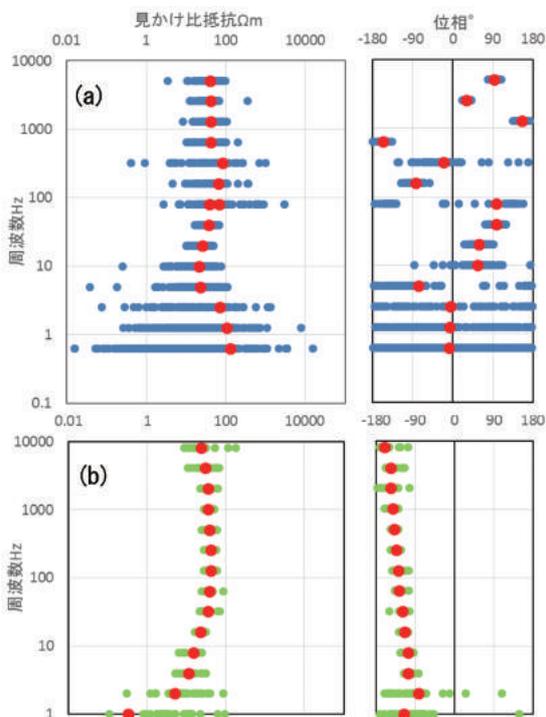
阿武隈川下流右岸における塩水侵入と用排水管理



ECデータ送信システムの改良

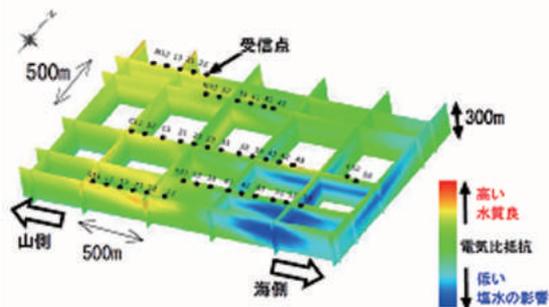
※ 小型化により設置・移設が容易。
阿武隈川下流右岸で計測中。

EC データ送信システム改良



CSMT 法の従来システム (a) と開発したシステム (b) の電磁探査結果の比較

千葉県北部の市街地で電磁探査した結果。送信源距離は6km。(a) 青点: 3sec 毎の受信値、赤点: 平均値、(b) 緑点: 10-20sec 毎の波形処理値、赤点: 2-10min データ全体の波形処理値。



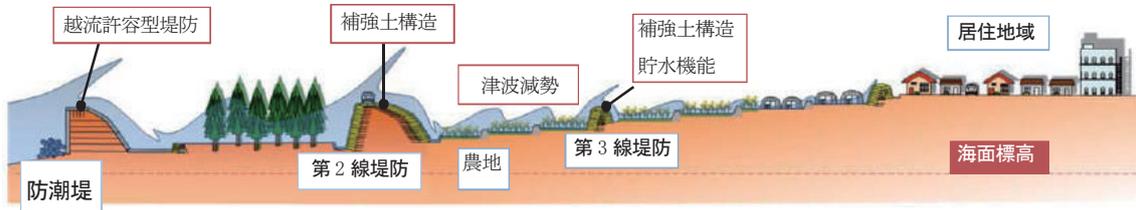
仙台平野南部の地下水の推定結果

開発したシステムによって塩水化した地下水の分布を推定した結果。上記の面積 375ha、深度 300m の範囲は最短で 4 日間で電磁探査可能 (送信源の設置・撤収にそれぞれ 1 日、測定に 2 日)。

(3) 海岸堤防などの沿岸地域施設

マグニチュード 9.0 の海溝型地震により、最高潮位 9.3m、津波遡上高は国内観測史上最大遡上高 40.5m となる大津波が発生し、東北 4 県で延長 33km を超える農地海岸堤防において全壊を含む大きな被害を受けました。海岸堤防の破壊は、越流した津波による被覆コンクリートの破壊や背後地盤の洗掘など、構造的なウィークポイントの連鎖的な崩壊に発展しました。このことから、海岸堤防には大津波が越えても倒壊しない粘り強い構造が求められるとともに、海

岸、農地、居住地につながる広域的な地域を対象として、津波が海岸堤防を越えても許容できる被災にとどめるため、津波の減勢を堤防だけではなく、堤防背後の農地でも分担する「減勢農地」(粘り強い農地)の考え方を提案しました。

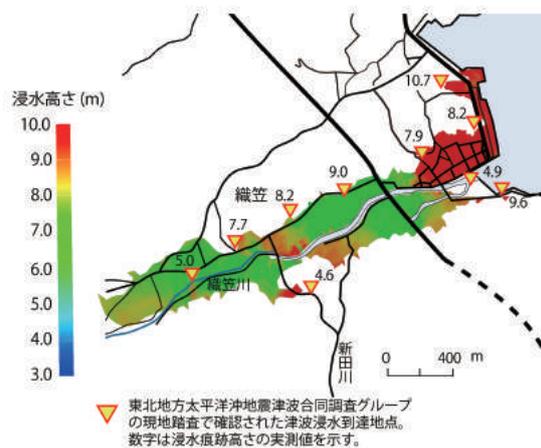


防潮堤の背後地の土地利用と施設配置による津波減勢のイメージ

また、津波影響範囲の数値解析や水理模型実験による農地・津波減災施設の配置・構造の検討や減勢効果の評価を行うとともに、粘り強い堤防の復旧に向けて農研機構が開発した補強土工法の津波抵抗性に関する模型実験及び海岸堤防の復旧現場における実証試験を通じて新技術の適用のための取組みを行ってきました。例えば、「沿岸部の農地を利用した津波の遡上抑制効果」、「背後農地に設置した二線堤と農地の段差及び沿岸部農地排水路の津波減勢効果」等、巨大津波災害に対する面的防御機能としてまとめられました。さらに、「津波による水門と排水機場の被災の特徴」及び「吐水槽を利用した沿岸部排水機場の津波減災対策の効果」等の研究成果は、今後の農業農村国土強靱化に向けた計画設計基準への適用や津波被害リスクの高い地域の防災・減災対策として活用が期待されています。



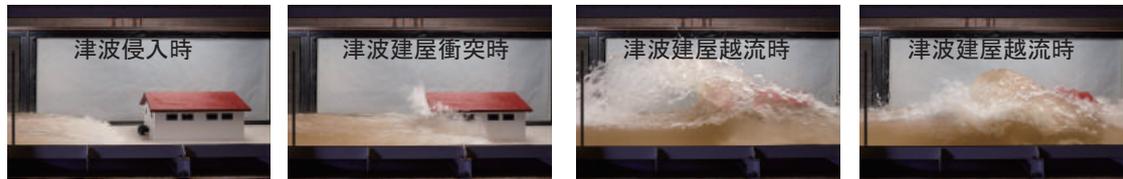
水理模型実験による津波減勢効果の検証



津波影響範囲の数値解析



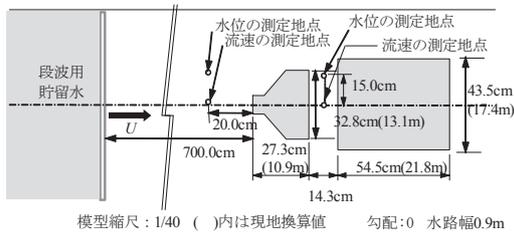
吐水槽有り



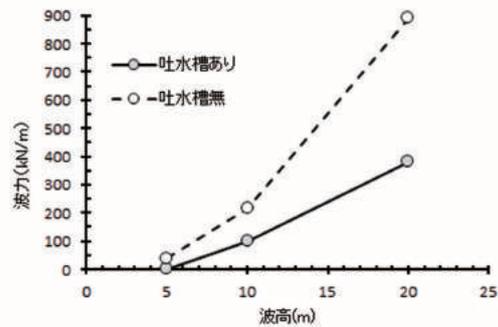
吐水槽なし

吐水槽による津波減勢状況の時系列変化(津波波高現地換算20m)

水理模型実験による津波減勢効果の検証



排水機場の被災対策の水利模型



吐水槽の有無による波力の比較

(4) 耐塩性の強い品種の育成

津波の被災農地では復旧工事や除塩作業の進展により、農作物の作付け再開が進んでいますが、一部の田畑では海水の影響が残り、塩害による農作物の生育不良が問題となっています。こうした海水の影響が残っている農地で安定して農業を再開するために、耐塩・耐湿性の作物品種や栽培技術の開発を進めています。

水稻は、津波の被害を受けた仙台市若林区や名取市の現地圃場、および人工海水を加えたポット試験で、様々な水稻品種を栽培し、塩害の発生程度を比較しました。その結果、外国稲を祖先に持つ国内の飼料用品種(クサホナミ等)が、「コシヒカリ」など通常品種より高い耐塩性を示しました。

また、極めて耐塩性が強い品種として知られる外国品種の「NonaBokra (ノナボクラ)」と稲発酵粗飼料用水稻品種「たちすがた」を交配した後代系統から、耐塩性が強い飼料用水稻品種の「ソルトスター」を開発しました。この「ソルトスター」は、一部地域での導入も見込まれており、今後復旧した被災地水田の塩害対策技術としての活用が期待されます。

飼料作物の中ではオオムギが耐塩性に優れ、また、イタリアンライグラス、ペレニアルライグラス、トールフェスク、リードカナリーグラスといった牧草類は、耐塩性・耐湿性とも比較的高いことが知られています。耐湿性が低いト

ウモロコシ等については、アップカットロータリと施肥播種機を組み合わせた耕うん同時畝立て播種機により畝立て播種を行うことで、湿害を軽減することが可能です。

また、飼料作物を緑肥として栽培し、土壌の除塩を促進する方法も検討されています。諫早湾干拓地で行われた試験では、前述した耐塩性の高い飼料作物を緑肥として栽培することで、土壌中に間隙が形成され、透水性が向上し、除塩が促進されることが報告されています。

(5) 復興計画を策定するための情報提供と現地支援

社会インフラや生活・生産活動を元に戻す復旧とは異なり、災害を機に地域の姿を再構築して新たなものに組み替えていく復興は、各被災地に応じた支援が必要でした。加えて、過疎化・高齢化など、被災前からの地域の課題を踏まえて、復旧・復興までの時間軸や計画の実現可能性も考える必要がありました。また、被災地では、県の復興計画や地域特性を踏まえ、集落の将来計画の検討、市町村の復興計画策定が必要であり、復興計画策定の段階から、ハード技術のみならず、津波浸水範囲の評価・検証、減災計画、景観評価など土地利用計画の策定にかかるソフト技術の支援を行うことになりました。そのため、関係する研究者が津波で被災した集落に入り、津波や景観シミュレーションなどの研究成果を活用して地域住民自らが行う復興計画作成を支援する活動に取り組んできました。



復興計画住民説明会



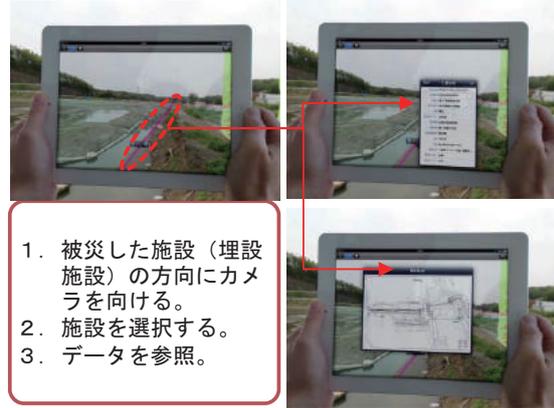
地理情報ビジュアライズ技術を活用した合成手法

これらの支援活動成果は、「岩手県大船渡市吉浜地区における地域復興計画支援」として取りまとめた他、「現実の風景とレイヤを重ね合わせ参照する (AR) 機構を搭載した災害情報管理のための通信情報共有システム」等の研究成果は、VIMS 本体と繋がることにより、今後の災害時の復旧復興の迅速化に貢献することが期待されています。



1. 地図メモは地図上にメモを書き入れる。
2. 地図メモレイヤは緯度経度を保持し、メールでVIMS本体に送信できる。
3. 写真メモは地物レイヤにリンクまたは緯度経度上に登録される。

災害現地の地図メモと写真メモの機能



1. 被災した施設（埋設施設）の方向にカメラを向ける。
2. 施設を選択する。
3. データを参照。

AR機能による施設データの参照

このような被災地に寄り添った復旧復興支援を通じた大震災の教訓は、国内外の発信・共有が必要なことから、震災のあった平成23年から3ヶ年連続して、東北大学との共催で被災地の「農業・農村の復旧復興に向けた技術シンポジウム」を開催しました。ここでは力強い農業の再生の実現のために行政・研究の連携強化や被災地ニーズと科学技術シーズのマッチング等を確認しました。さらに、平成27年3月に被災地仙台市内で開催された第3回国連防災世界会議の関連イベントにおいて、「東日本大震災を踏まえた防災・減災に資する農業・農村の強靱化シンポジウム」を東北農政局、宮後県、仙台市及び宮城県土連と共催し、日本が国際貢献に資するための防災・減災対策技術について、発信・共有を行いました。



復旧・復興技術シンポジウム



国連防災シンポジウム