

農地保全の研究

第 37 号



農業土木技術者継続教育機構認定プログラム

平成 28 年 11 月 17 日

農業農村工学会 農地保全研究部会

【後援】 農林水産省中国四国農政局・高知県・高知大学

巻 頭 言

農業農村工学会 農地保全研究部会 第37回研究集会

「農地保全と自然災害」

の開催にあたって

農地整備が完了した農地は、生産活動を持続するために継続した利用が求められます。そのために、適切な整備水準を設けて、整備が進められる必要があります。しかし、新たな課題については十分な対処ができていません。また、旧基準で整備された農地は、未対応であることが多いのが現状です。37年前に、水田整備が充実し、畑地整備が進められているときに、土壌侵蝕に関する研究、耐蝕性に関する技術の向上を目指し、農地保全研究部会が発足しました。

その後、社会情勢の変化や時代の要請に応えるために、農地保全研究部会は、農地(圃場)のみを対象とするに止まらず“地域”、“資源”を含めた保全について、ハード、ソフトの両面から、幅広く多くの課題に取り組んできました(本書巻末研究集会の歩み参照)。つまり、農地保全は、地域資源の保全を考慮しながら、農業を継続していくための農地を整備、保全について、技術研究はもとより、ここに関わる人々や生活を含めて考える必要性が求められています。

また、農業システムの進歩・発展は、農地の大区画化、これに伴う大型機械の導入による営農により、これまで考慮されてこなかった課題についての対応が求められるでしょう。そのためには、多くの知見や解決のための試み、研究が不可欠になり、技術として発展して行くでしょう。

一方、地震、大雨などの自然災害やカドミウムなどの汚染物質による人為的な災害への対応が農地整備・農地保全の課題として取り上げられるようにもなりました。災害は、尊い命を奪い、被災した方々には不安と恐怖に苛まれながらの不自由な生活を強いるものです。そのためには、災害について丹念な調査・研究により、防災、減災のための技術の向上が求められます。さらには、被災後の迅速な復旧・復興は、農業の生産活動の継続に不可欠であり、そのための技術・手法の研究が望まれます。情報伝達の速度の向上や範囲の広がりが進む中、復旧・復興のために的確な情報の伝達の方法を含め、情報の集積と利活用についての取り組みが必要になります。

農地保全は、整備完了後に進む農地の劣化(速度の違いこそあれ不可避免)や災害に対して、復旧し、生産活動を再開し、継続的な農地の利用を行うことにあります。農地保全研究部会は、創設期を第一世代とすると、地域資源を含めた保全について取り組んできた第二世代を経て、新たな方向性について議論を進めながら第三の世代に移ろうとしています。今回の研究集会は、その方向を探るために「農地保全と自然災害」をテーマにしました。ご参加の皆様方におかれましては、農地保全研究部会の発展のために、活発なご討議をお願いします。

最後になりましたが、今回の研究集会の開催に際し、関係各位に多大なるご協力とご配慮を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

平成28年11月

公益社団法人 農業農村工学会

農地保全研究部会

部会長 佐藤泰一郎

農地保全研究部会 第37回農地保全研究集会 プログラム
テーマ「農地保全と自然災害」

1. 開催日

研究集会 平成28年11月17日(木)
現地研修会 平成28年11月18日(金)

2. 場所

研究集会 高知大学メディアホール(高知県高知市)
現地研修会 高瀬国営地すべり対策事業, トマト選果施設ほか(高知県吾川郡)

3. 研究集会

9:30~10:00 受付
10:00~10:10 開会挨拶
10:10~10:40 **高知県の農村地域での地震対策**
—香南南部地区における津波避難タワー整備—
須賀 潤一 (高知県農業振興部)
10:40~11:10 **農地の津波被害と復旧に求められる農業土木の工夫**
千葉 克己 (宮城大食産業学部)
11:10~11:40 **WEPP モデルを用いた土壌侵食と流域土砂動態の解析**
—沖縄赤土流出を対象として—
大澤 和敏 (宇都宮大農学部)
11:40~12:10 **農地の保全・整備と景観配慮**
吉田 修一郎 (東京大学大学院農学生命科学研究科)
12:10~13:30 昼食
13:30~14:30 **2016年熊本地震に伴う農地・農業用施設等の被害**
—海溝型巨大地震災害との比較視点から—
鈴木 尚登 (農研機構農村工学研究部門)
14:30~15:30 **災害の世紀の農業継続戦略を考える**
中野 晋 (徳島大学環境防災研究センター)
15:30~15:45 休憩
15:45~16:50 総合討論
16:50~17:00 閉会挨拶
18:30~20:30 情報交換会

4. 現地研修会

9:00 高知駅発
10:30 大渡ダム(仁淀川町)
12:00 昼食(秋葉の宿)
13:00 高瀬国営地すべり対策事業(仁淀川町)
14:30 トマト選果施設(日高村)
15:00 村の駅(日高村)
16:10 高知駅着
17:00 高知りょうま空港着

農地保全と自然災害

目 次

講 演 1

- 高知県の農村地域での地震対策 ―香南南部地区における津波避難タワー整備―
須賀 潤一 (高知県農業振興部) ……1

講 演 2

- 農地の津波被害と復旧に求められる農業土木の工夫
千葉 克己 (宮城大食産業学部) ……5

講 演 3

- WEPP モデルを用いた土壌侵食と流域土砂動態の解析 ―沖縄赤土流出を対象として―
大澤 和敏 (宇都宮大農学部) ……12

講 演 4

- 農地の保全・整備と景観配慮
吉田 修一郎 (東京大学大学院農学生命科学研究科) ……22

講 演 5

- 2016 年熊本地震に伴う農地・農業用施設等の被害 ―海溝型巨大地震災害との比較視点から―
鈴木 尚登 (農研機構農村工学研究部門) ……30

講 演 6

- 災害の世紀の農業継続戦略を考える
中野 晋 (徳島大学環境防災研究センター) ……41

農地保全研究部会「農地保全の研究」あゆみ

農業農村工学会 農地保全研究部会運営要領

平成 28 年度農地保全研究部会構成員

協賛広告

高知県の農村地域での地震対策 —香南南部地区における津波避難タワー整備—

須賀 潤一

高知県農業振興部農業基盤課

1. はじめに

農村地域は、生活の場と生産の場が一体で、地域の共同性に支えられている田園空間である一方で、老朽化したため池や地すべり地域等が存在し、沿岸部では津波被害など、災害が発生する恐れが高い地域でもある。

特に、近い将来、県下に甚大な被害を及ぼすことが懸念される南海トラフ地震の発生が予想されていることから、災害に強い社会を実現し、県民の生命、身体及び財産を守るための備えを早急に進めることが必要となっている。

本集会では、本県の最重要課題である「南海トラフ地震対策」における「農業農村整備事業」の役割や、農村地域防災減災事業により実施中の「香南南部地区における津波避難タワー整備」の取組事例等を紹介する。

2. 高知県の農業農村整備事業

(1) 高知県農業農村整備推進方針（農業基盤課）

農業を巡る環境は、農産物価格の低迷による農業所得の減少、担い手不足の深刻化、高齢化の進行などの厳しい状況に加えて、TPP協定に伴い更に厳しい状況となることが懸念されている。

また、近年の集中豪雨など自然災害が起きるなか、特に太平洋側では甚大な被害を及ぼすことが懸念される南海トラフ巨大地震は、今後30年以内に70%以上の確率で発生することが予想されている。

こうした農業・農村を巡る課題に対し、本県では、平成26年度に「高知県農業農村整備推進方針（H26～H30）」（表1参照）を策定し、「農を強くする」と「農村を守る」を2本の柱として県の取組方針に位置づけ、農業農村整備の推進に取り組んでいる。

表1 「高知県農業農村整備推進方針」の枠組

基本方向	取組方針	具体的な対策
Ⅰ. 農を強くする	1. 多様な担い手の確保・育成と持続的な農業の展開	①地域の中心となる経営体への農地集積
		②良好な営農条件の確保
		③地域共同活動による優良農地の維持確保
	2. 農業生産資源の保全管理	④農業水利施設の戦略的な保全管理
⑤地域共同活動による農業生産資源の長寿命化		
Ⅱ. 農村を守る	3. 南海トラフ巨大地震対策	⑥農業集落における防災・減災対策の推進
		⑦土地改良施設の耐震強化

(2) 平成 28 年度に実施する主な施策

I. 農を強くする

「多様な担い手の確保・育成と持続的な農業の展開」を図るために、担い手への農地集積・集約化や高収益作物への転換等により農業の体質を強化し、地域で暮らし稼げる農業を展開するため「農業競争力強化基盤整備事業」等を推進している。

II. 農村を守る

「農村地域の国土強靱化の加速化」を図るために、南海トラフ地震による津波避難対策として実施する津波避難タワー・避難路の施設整備や、ため池の耐震整備・老朽化対策、地すべり防止など、農村地域の国土強靱化を加速化するため「農村地域防災減災事業」等を推進している。

3. 高知県の地震対策

(1) 高知県南海トラフ地震対策行動計画（県全体計画）

「南海トラフ地震対策行動計画」は、被害の軽減や地震発生後の応急対策、速やかな復旧・復興に向けた事前の準備など、県や市町村、事業所をはじめ県民それぞれの立場で実施すべき具体的な取組をまとめた南海トラフ地震対策のトータルプランである。

本県では、地震発生直後から応急期、さらに、復旧・復興期の対策について、県として事前に実施すべき取組をまとめた「南海地震対策行動計画」を平成 21 年に作成した。

その後、東日本大震災で得られた教訓を基に、第 2 期行動計画（H25～H27）を作成し、避難路や避難場所、津波避難タワーといった津波避難空間の整備など、発災直後の「命を守る」対策を最優先に取り組んできた。

平成 28 年度からスタートした第 3 期行動計画（H28～H30）では、3 箇年の計画期間内に津波避難空間の整備を完了させるとともに、避難路の現地点検の完了、避難の安全性の確保、住宅の耐震化や避難所の運営体制の充実に向けた取組なども加速化することとしている。

こうした取組の一つに、「農村地域における津波避難タワー整備」等の農業農村整備事業も位置づけられており、計画期間内に整備を完了させることが必要となっている。

(2) 津波避難タワーの整備状況

県内の沿岸部 19 市町村のうち、従来の指定避難場所である高台や津波避難ビルでは対応できない地域が存在する 16 市町村において、津波避難タワーの整備を計画しており、県全体の整備計画数 115 基のうち、平成 28 年 3 月までに 88 基の整備が完了している。

農村地域における津波避難タワー整備は、3 市町において、農村地域防災減災事業により実施しており、県全体 115 基のうち 13 基の整備（表 2 参照）を行っている。

表 2 3 市町の整備状況（H28.3 現在）

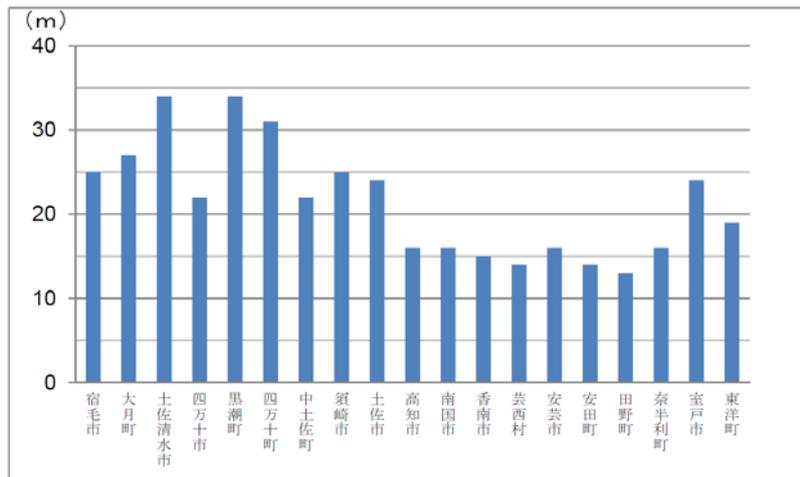
市町村名	H27 年度まで	H28 年度以降	合計
安芸市	3	3	6
香南市	0	3	3
四万十町	3	1	4
合計	6	7	13

(3) 津波・浸水予測（高知県版予測）

本県では、東日本大震災の発災を受け、平成24年8月に国が公表した南海トラフ沿いで発生する最大クラスの地震・津波をベースに、最新の地形データや構造物データを反映し、同年12月に、より精緻な震度分布と津波・浸水予測（高知県版予測）を行っており、この予測を念頭に地震・津波対策を進めている。

国が示した各市町村の海岸線での最大津波高は、図1のとおりである。

図1 各市町村の海岸線での最大津波高



※ 津波の高さは、満潮時に津波が来るという条件で推計

3. 香南南部地区における津波避難タワー整備

(1) 事業の必要性

本地区は、香南市の南部にあり、土佐湾に面した海岸線12kmに広がる、海拔1.5m～8mの低地に位置する農村地帯である。

本地区は、周辺に高台や避難場所が少ない地域であることから、最大クラスの津波から市民の生命を守るために、整備のスピード化を最優先に香南市との協議を行い、香南市が計画する津波避難タワー21基のうち、3基を農村地域防災減災事業で実施することとした。

(2) 計画概要

工 期	平成27年度～平成29年度
事業内容	津波避難タワー整備3基、緊急避難路整備（誘導標識、誘導灯の設置）
総事業費	5億円
避難人数	夜須工区 69人（避難面積 86m ² ） 香我美工区 123人（避難面積 145m ² ） 吉川工区 90人（避難面積 109m ² ）

(3) 津波避難タワーの設計方針

①設計方針

本地区における津波避難タワーは、安全に全員が避難できる津波避難タワーを設計コンセプトとしており、香南市の基本計画の考え方に沿って、避難スペースや昇降方法等の設計基本方針は一定の統一性を保つこととしている。

②岸本8区津波避難タワーの設計（H27年度）

平成27年度に設計を行った「岸本8区津波避難タワー（香我美工区）」の整備場所は、海岸から約300mの位置にあり、古くから住居が多い地域である。本タワーの収容範囲は、香南市津波避難計画において避難ブロックの1つに設定されており、避難人数は123人（H24.10居住人口）となっている。

津波浸水予測（高知県版予測）では、本タワー整備場所での最大浸水深は5m、津波到達時間（浸水深30cm）は28分と予測されている。

本タワー整備場所の選定にあたっては、津波到達時間内に確実に避難できる場所の選定が重要であることから、東日本大震災の実態に基づき夜間の歩行速度（35m/分）により避難時間を算定している。

本タワーまでの避難時間及び避難高さの算定結果は、下記のとおりである。

避難時間の算定

- ・避難開始まで10分
- ・避難速度35m/分（夜間の歩行速度）
- ・避難タワーまでの最長距離450m

$$\text{避難時間} = 10 \text{分} + 450\text{m} / (35\text{m}/\text{分}) = \text{最大}23\text{分} < 28\text{分}$$

避難高さの算定

$$\text{避難高さ（建築高）} = \text{浸水深} 5\text{m} + \text{余裕高} 4\text{m} = 9\text{m}$$

$$\text{避難高さ（標高）} = \text{建築高} 9\text{m} + \text{地盤高} 6.7\text{m} = 15.7\text{m}$$

4. おわりに

高知県では、安心して暮らせる農村環境の実現に向けて、津波避難タワー整備の早期完了を最優先に取り組んでいるが、避難路の整備や、ため池の耐震整備・老朽化対策、地すべり防止など、まだまだやるべきことは多く残されており、今後更に農村地域における国土強靱化の取組を加速化していきたいと考えている。

【講演者略歴】

須賀潤一

所 属：高知県農業振興部 農業基盤課

職 名：課長補佐

1986年 武蔵工業大学 工学部 土木工学科卒業

1987年 高知県職員採用

現在に至る

農地の津波被害と復旧に求められる農業土木の工夫

宮城大学食産業学部 千葉克己

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の大津波により、青森県から千葉県に至る太平洋沿岸部では約2万4千haもの農地が浸水被害を受けるとともに、広い範囲で地盤沈下が発生した。宮城県における農地の浸水面積は全国のおよそ6割を占め、その多くは地区排水を排水機場に依存する低平地の水田であった。また、排水の要である排水機場もそのほとんどが津波によって損壊した。このため、浸水区域では海水が引かない状況が続くこととなった。

浸水被害を受けた農地は土壌の塩分濃度が上昇し、大量の震災がれきが流入した。復旧のための確実な除塩をどう実施するか、震災がれきの処理をどう実施するかが大きな問題となった。また、地盤が沈下した地域では相対的に地下水位が上昇した。沿岸部は地下水の塩分濃度が高いため、地下水由来の塩害対策も検討しなければならなくなった。

本報では、東日本大震災における農地・農業施設の津波被害の特徴、復旧の問題および復旧のために行ってきた農業土木の工夫を述べる。

2. 農地・農業用施設の津波被害の特徴

東日本大震災による宮城県の農業関連被害額は5,454億円であり、うち農地の浸水および用排水路、排水機場、農道等の農業用施設の損壊の被害額が3,973億円（73%）と突出している（表1）。本県沿岸部の平野には広大な水田が広がるが、海面よりも標高が低い水田が多いため、かつては排水条件が悪く、水害が起こりやすい地域でもあった。このため、国や県は昭和40年代ごろから排水機場の建設を進めた。今回の大津波で損壊した排水機場の多くは当時建設されたものである。農業・農業用施設の被害が甚大となったことには本県が沿岸部の土地改良に力を入れてきたという背景がある。

表1 東日本大震災による宮城県の農業関連被害

種別	内訳	被害面積 箇所数等	被害額 (億円)
農地・農業用施設被害	農地の浸水	14,341 ha	3,973
	用排水路、排水機場、農道等の損壊	5,134 箇所	
農業関係施設被害	農業倉庫、ントリーエレベーター等の損壊	18,053 箇所	272
農業用資機材被害	トラクター、コンバイン、田植機、乾燥機	14,165 台	435
農作物被害（農地）	いちご、野菜類、麦類、花卉等	897 ha	31
農作物被害（農業倉庫）	米、大豆の浸水・流失	20,620 トン	39
生活環境施設被害	集落排水施設等の損壊	107 箇所	269
農地海岸保全施設被害	海岸防潮堤の損壊	26.5 km	435
合計			5,454

（宮城県農林水産部資料をもとに筆者が作成）

排水機場が損壊した浸水区域では海水が引かず行方不明者の搜索活動が難航した。こうした事態に対応するため、国と県は全国から災害応急ポンプを集めて配備し、湛水問題の解消を図った（写真 1）。この対応により、湛水問題は解消され、行方不明者の搜索などの進展に貢献した。しかし、農地に目を向けると、災害応急ポンプの能力は排水機場の数%程度しかなかったため、上流部では灌漑水の利用が極端に制限された。浸水被害がなくても稲作を自粛した水田や浸水被害が軽度でも除塩が実施できない農地が少なくなかった。灌漑水を利用すれば下流部の搜索活動等に支障を来す恐れがあったためである。津波により低平地の機械排水区域が浸水し、排水機場も損壊すると、排水機場が復旧するまで稲作や農地復旧はほとんどできなくなってしまう。これが津波による農地・農業施設の被害の最大の特徴といえる。



写真 1 損壊した排水機場と湛水排除のための災害応急ポンプ
(2011.4.26 (宮城県名取市))

浸水被害を受けた農地には海水と大量の震災がれきが流入した。農地の上に堆積した震災がれきは環境省の震災廃棄物撤去事業によって処理された。しかし、行方不明者の搜索活動や震災がれきの除去作業の際、鉄くず、ガラス片、木片等の小がれきが作土に混入し、後の農地復旧の際にこれらの処理が大きな問題となった。これも津波による農地被害の特徴のひとつである。

除塩が必要となるのも農地の津波被害の特徴である。本県では、発災直後（2011年春）は被害が軽度だった農地を対象に、塩分を湛水させた水に溶出させ落水する方法（溶出法）による除塩が実施された。その後、排水機場の復旧がある程度進んだ 2011 年秋以降は、土壌中の塩分を下方に押し流す方法（縦浸透法）による除塩が行われ、確実に除塩が進んでいる。本県では平成以降、水稻、大豆、麦類の水田輪作農業に対応するため、圃場整備を実施して水田の汎用化を進めてきた。暗渠排水を利用した縦浸透法は除塩効果が高い。本県の多くの地域で確実な除塩を進められたのは、近年水田の汎用化に力を入れてきたという背景がある。これは本県の除塩の特徴といえる。

土地改良区の運営に大きな影響を及ぼしたことも今回の津波被害の特徴である。本県では 56 の土地改良区のうち、12 の土地改良区が津波の被害を被った。2011 年度は

作付けのできない農地から賦課金の徴収をしなかったため、被災した12の土地改良区賦課金収入は一般会計収入の28%にとどまることとなった¹⁾。

3. 津波による農地・農業施設被害に求められる工夫

(1) 排水機場の復旧

津波の被災後に最優先とされるのが排水機場の復旧である。宮城県では沿岸部に建設された69の排水機場が被災し、排水機能が著しく低下したため、農地復旧、除塩等の実施は排水機場の復旧が前提となった。被災した排水機場では発災直後から国、県、土地改良区の職員および専門家によるポンプの点検が行われ、速やかに修理が開始された(写真2)。本県において2011年秋から本格的な農地復旧、除塩に着手し、現在まで9割以上の農地が復旧した背景には排水機場の復旧を早期に実現し、排水機能を回復させたことが背景にある²⁾。日常からポンプの専門家との連携を図っておくことが重要である。



写真2 修理中のポンプ(2011.6.10(宮城県亙理町))

(2) 作土に混入した小がれき処理における工夫

本県の農地復旧において最も大きな問題となったのが、作土に混入した鉄くず、ガラス片、木片等の小がれき処理である。震災がれきは津波被害を受けた大きな集落付近の農地に多いという特徴があった。

本県では、小がれきが多く処理対象面積が小さい七ヶ浜町においては、小がれき処理プラントを設け、そこに混入土を搬入して処理が行われた(写真3)。小がれきがそれほど多くなく、処理対象面積が広い石巻市や東松島市においては、自走式石礫選別機による処理が行われた(写真4)。しかし、重機による小がれきの処理は土(特に粘質土)と小がれきが密着していることがあり、一緒にフルイを通過することがあるため、完全に取り除くことは困難である。また、粘質土の場合は処理に時間がかかるという問題もある。復旧後の営農現場では、農家が新たな小がれきを見つけて自ら手で取り除くことも少なくない。小がれきが農家自身で処理できないほどの量になった場合は、補完工事で対応している状況である。なお、福島県においては、重機による処

理には限界があることをふまえ人力による処理が行われている。



写真3 小がれき処理プラント (2012.9.5 (宮城県七ヶ浜町))



写真4 自走式石礫選別機による小がれきの処理 (2012.12.14 (宮城県石巻市))

(3) 除塩における工夫

農地の復旧現場では、主に農地の除塩マニュアル³⁾に基づいた縦浸透法が行われている。暗渠排水が整備された農地では、縦浸透法の効果が高いため、確実に除塩を実施することができる。しかし、暗渠排水の機能が著しく低下した農地や暗渠排水が整備されていない農地では、塩分が残留し、営農再開後の大豆作で塩害が発生することがある(写真5)。暗渠排水が劣化して除塩が進みにくい農地では、新たに本暗渠を整備して、弾丸暗渠を施工し、再除塩を行うことが有効である。宮城県山元町の調査圃場では、新たな本暗渠を50a区画に1本整備することで圃場全体の除塩を進めるとともに、地下水位を低下させることができた⁴⁾。用排水兼用で水路が浅い場合は本暗渠の整備はできない。よって、こうした地域では除塩後は水稻を栽培すべきである。水稻栽培時は、圃場が湛水状態になるため、除塩が進む。また、浸透水により地下水

部に淡水レンズが形成されるため、塩害の危険性を軽減させることができる⁵⁾。



写真5 大豆が枯死した調査圃場（左）と生育良好な隣接圃場
(2013.9.26 (宮城県山元町))

(4) 地下水の塩分濃度が高い地域における塩害対策の工夫

地盤が沈下し、塩分濃度の高い地下水が相対的に上昇した地域においては除塩に加え、地下水由来の塩害対策を検討しなくてはならない。こうした地域における農地復旧は現在も試行錯誤の状態である。復旧した農地はすぐに農家に引き渡さず、水稻や大豆の試験栽培と地下水の塩分濃度や水位変化などのモニタリングが行われ、それらの試験結果から塩害の危険性が低いと判断された農地が農家に引き渡されている。

現在、水稻の試験栽培においては作土深の不足による生育不良はみられるものの塩害の発生は確認されていない。しかし、大豆の試験栽培においては一部の試験圃場で塩害の発生が確認されている。図1に圃場の一部で塩害が発生した調査圃場で観測された地下水の電気伝導度（以下 EC という）と地下水位（地表から-70cm で観測）の動態を示す。2015年6月から7月にかけて地下水の EC は常時 2dS/m 以上であり、干天時には 10dS/m 以上にも上昇しており、地下水位は作土まで上昇していたことが認められる。

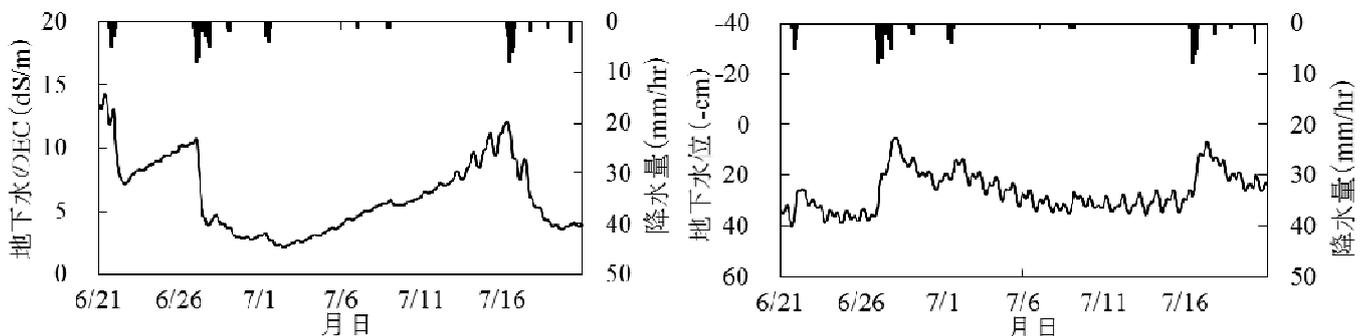


図1 地下水の EC (左) と地下水位の動態 (2015.6.21-7.20 (宮城県岩沼市))

当圃場において塩害の危険性を解消するためには、①30cm 程度の嵩上げを行い、相対的に地下水位を低下させる、②新たに本暗渠を整備し、地下水位を低下させる、③弾丸暗渠を施工し、雨水を速やかに浸透させ淡水レンズを形成させる、等の対策が必

要と考えられる。

上記以外の対策としては、地下灌漑ができる暗渠排水を整備し、暗渠に灌漑水を給水して淡水レンズを形成することが有効と考えられる⁶⁾。また、感潮河川や海からの海水の浸入を防ぐ潮受け水路の整備も有効と考えられる⁷⁾。

地下水の環境や使用できる灌漑水量は地域によって異なる。また、塩害対策にもさまざまな方法がある。確実な農地の復旧のためにはいろいろな調査や工夫を行いながら地域に最も適切な対策を講じていく必要がある。経済性を考慮することも重要である。

4. おわりに

宮城県沿岸部では東日本大震災の影響によって経営体数が激減する一方、経営面積が100haを超える経営体が誕生するなど、これまでにない早さで構造改善が進行している。こうした背景を受け、沿岸部では2013年度から農地復旧と並行して復興交付金による圃場整備が進められている。この圃場整備は経営体のより一層の収益性の向上と省力化を図るために、標準区画を従来の1haから2haに拡大するとともに、用水路と排水路を管路化するなどの工夫がなされている⁸⁾。農地復旧においても圃場整備においても農業土木にはより一層の工夫が求められている。

文献

- 1) 郷古雅春ら：東日本大震災で津波被害を受けた農地・農業用施設の復旧・復興の現状と課題，水利科学 No.342，pp.57-81（2015）
- 2) 菅原喜久男ら：東日本大震災で早期復旧した排水機場の早期復旧，農業農村工学会誌 80(11)，pp.893-896（2012）
- 3) 農林水産省：農地の除塩マニュアル（2011）
- 4) 冠秀昭ら：復旧した津波被災水田の旗利用時における土壌塩分の変動，土壌の物理性 No.129，pp.23～29（2015）
- 5) 千葉克己ら：津波被災地域の確実な農地復旧のために必要な塩害対策，農業農村工学会誌 84(6)，pp.487-490（2016）
- 6) 原口暢朗ら：大川地区長面工区における地下かんがいによる塩害軽減効果，平成28年度農業農村工学会大会講演会要旨集（2016）
- 7) 佐々木甲也：建設コンサルタントとしての農地の復旧・復興，農村計画学会 2014年度秋期大会シンポジウム（2014）
- 8) 郷古雅春ら：宮城県の沿岸低平地における復興農地整備の取組みと維持管理問題，農業農村工学会誌 84(7)，pp.587-590（2016）

【講演者略歴】

千葉克己

所 属：宮城大学

職 名：准教授

1971年 宮城県生まれ

1996年 岩手大学大学院農学研究科農業土木学専攻修了

宮城県入庁後，古川農林振興事務所，産業経済部農村基盤計画課，古川農業試験場，農業短期大学を経て現職，博士（農学）

WEPP モデルを用いた土壌侵食と流域土砂動態の解析 —沖縄赤土流出を対象として—

大澤和敏
宇都宮大学農学部

1. はじめに

近年、流域における健全な水・物質循環の重要性が認識され、そのような中で育まれる生態系の保全に関する関心が高まっている。この典型的な例として、沖縄の赤土流出問題が挙げられる。沖縄では復帰後の圃場整備事業やインフラ設備等の開発、農業の機械化などによって、雨水の流出形態が変化するとともに、赤土と呼ばれる微細土砂が流出して隣接する海岸部に輸送され、そこに生息している世界的でも貴重なサンゴ礁生態系に甚大な被害を及ぼしている。そのような生態系へのインパクトにより、赤土汚染は水産資源や観光産業に多大な影響を与え、特に観光産業に依存している沖縄県にとっては重大な問題となっている。また、農家にとっても、激しい土壌侵食によって表土の流亡、肥料の流亡、作物の流亡、発生したガリによる営農作業の障害など様々な問題となっているのが現状である。

日本における土壌侵食に関する研究事例は他国と比較して多いとは言えない。これは、日本全体で見ると水田が多く、土壌侵食が問題として取り上げられる機会が他国と比較して少なかったためである。しかしながら、近年では、一筆の農地における土壌流亡問題だけではなく、農地を発生源とする土砂、栄養塩、農薬による汚染が河川、河口域、そして海洋の生態系に大きなインパクトを与えていることが問題視されるようになり、農地における負荷の発生およびその流達が重要な研究課題として挙げられるようになってきている。よって、土壌侵食をはじめとする農地における負荷の発生に関する知見の少ない日本では緊急を要する研究課題と位置づけられる。特に、農地から流域にわたる問題であることから、現地観測や室内実験に加えて、数値シミュレーションの技術を援用して農地保全や流域管理の問題に対応する必要がある。

本報では、沖縄における赤土流出を対象に土壌侵食量・土砂流出モデルである WEPP(Water Erosion Prediction Project)モデルに着目し、その概要や適用方法、適合性の検討、侵食抑制対策シミュレーション、広域評価について紹介する。

2. 土壌侵食・土砂流出モデル

2.1 土壌侵食モデルの種類と特徴

土壌侵食モデルとして、最も適用事例が多いのは USLE(Universal Soil Loss Equation)であり、1960 年代から米国農務省を中心に開発が始まり、1978 年に Wischmeier・Smith によってまとめられた⁽¹⁾。USLE は年間侵食量 A の算定のために開発されたモデルであり、降雨係数 R 、土壌係数 K 、地形係数 LS 、作物管理係数 C 、そして保全係数 P の 5 つの係数からなる経験式である。

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

USLE は米国内における 10000 点以上の観測結果から経験的に各パラメータが定式化され、現在では世界各国で用いられている。西村は USLE における問題点として、各係数が経験的に決定されているので、既存のデータが存在しない新しい土地や土壌、予想外の降雨の際の侵食量の予測が難しい点と土砂の流れを定めていないことにより、流域規模への拡張が難しい点を指摘している⁽²⁾。また、年間流亡土

量を推定するために構築されたので、降雨イベント単位、またはそれ以下の時間分解能の精度は保障されていない。

このような問題点から USLE の開発以降、降雨に伴う表面流の発生、土粒子の剥離および運搬機構、そして土壌や植生などの侵食に関わる機構をより現象に即した形で表現するモデル（物理的モデル）が多数提案されている。中でも USDA-ARS が開発した土壌侵食・土砂流出解析モデルである WEPP は、農地等の斜面における土壌侵食に加え、流域における土砂の流下過程も表現可能なプロセスベースのモデルであり、実態の再現、広域評価、土木的対策方法や営農的対策による効果の算定等に用いることができる有力なモデルである。このような比較的完成度の高いモデルがあるのにも関わらず、日本における WEPP の適用事例は多くない。

USLE 以降の WEPP 以外の代表的なモデルとして、USLE の改良版である RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) ⁽³⁾、初期的な物理的モデルである CREAMS (Chemical, Runoff, and Erosion for Agricultural Management Systems) ⁽⁴⁾、比較的広い領域を対象にした半経験半物理的モデルである AGNPS (AGricultural Non-Point Source Pollution model) ⁽⁵⁾、一雨の侵食量の経時変化が表現可能である KINEROS⁽⁶⁾、EuroSEM⁽⁷⁾ などが挙げられる。これらのモデルにおける特徴を表 1 にまとめた。なお、表に挙げたモデルは現時点でモデルの利用が認められ、公開されているモデルを選んだ。特徴を比較すると、各モデルいずれも一長一短であり、使用者の目的に合わせてモデルを選定すべきである。

表 1 代表的な土壌侵食・土砂流出モデルとその特徴

モデル	種類	空間スケール	時間的解像度	圃場状態の変化	実用性(簡便性)
USLE / RUSLE	経験的	圃場	年単位	部分的に評価可能	非常にシンプル
AGNPS	半経験的 半物理的	大流域	分単位 ~年単位	評価可能	複雑
WEPP	物理的	小流域	降雨単位 ~日単位	評価可能	複雑だが ソフトウェア化 (GUI)
KINEROS	物理的	小流域	分単位 ~降雨単位	評価不可能	複雑
EuroSEM	物理的	小流域	分単位 ~降雨単位	評価不可能	複雑だが ソフトウェア化 (GUI)

2.2 WEPP モデル

WEPP は 1985 年に開発が始まり、農地等の斜面モデルが 1989 年に発表された⁽⁸⁾。その後、水路や貯水池を含む流域モデルとして 1995 年に公開された。現在に至るまでモデルは随時更新されており、インターネットを介して無償で配布されている⁽⁹⁾。WEPP は斜面における土壌侵食過程、水路または河川における侵食、堆積、輸送過程、そして貯水池における堆積、輸送過程の 3 つの過程で構成されている。中でも土壌侵食に関して大きな影響因子である作物の生長、土壌状態の変化、各種営農管理作業を実際の現象に即した形で表現していることが特徴である(図 1)。

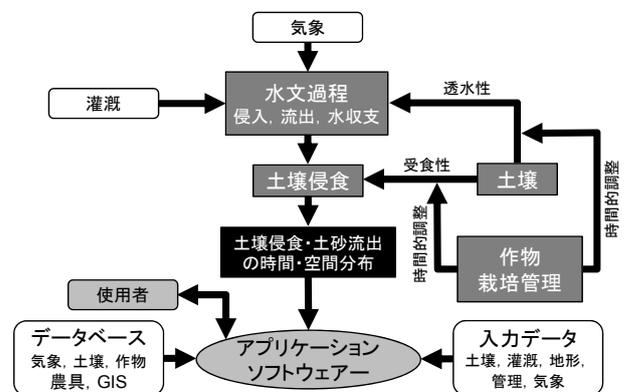


図 1 WEPP の概要

WEPP は図 2 のような GUI を有するアプリケーションとして開発されており、プログラム言語が分からなくても、直感的に各種入力データの設定やプログラムの実行が可能であり実用性に優れている。一方

で、ソースコードが公開されていないために、利用者はモデルの構造や計算式の改変ができないという不便さもある。

WEPP の適用性をさらに高めた展開として、2001年より GIS と連携した形で解析を実行することができる GeoWEPP の開発が進んでいる⁽¹⁰⁾。GIS における地形情報をもとに河道網や集水域が自動的に決定され、土壌図や土地利用図が WEPP の土壌や管理入力データとして直接利用できるようになったので、広域評価を行う際の労力が大幅に軽減される。

2.2.1 WEPP の土壌侵食過程

侵食過程における土砂の連続式は定常状態を仮定して次式で表現される。

$$\frac{dG}{dx} = D_f + D_i \quad (2)$$

ここで、 G ：土砂流出量($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$)、 x ：流下方向距離(m)、 D_f ：リル侵食量($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)、 D_i ：インターリルからの土砂流入量($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)。ここで、リルは侵食によってできた小さな溝であり、その溝の間をインターリルと言う。

インターリルからの土砂流入量は次式で表される。

$$D_i = K_{iadj} I_e \sigma_{ir} SDR_{RR} F_{nozzle} \left[\frac{R_s}{w} \right] \quad (3)$$

ここで、 K_{iadj} ：インターリル侵食係数($\text{kg}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-4}$)、 I_e ：有効降雨強度($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)、 σ_{ir} ：インターリル流量($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)、 SDR_{RR} ：土砂運搬率、 F_{nozzle} ：スプリンクラー灌漑の地表面への衝撃に関する係数、 R_s ：リル間隔(m)、 w ：圃場末端におけるリル幅(m)である。式からもわかるように、インターリル侵食は雨滴侵食および表面流に伴う土粒子の剥離によって土砂生産が起こる。インターリル侵食係数 K_{iadj} は日単位で変動し、土壌の粒度、勾配、作物被覆、地表被覆、地中の残渣や生根などによって表現される。

リル領域では運搬可能土砂量 $T_c(\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1})$ を掃流力の関数として定義し、流水による土壌剥離が起こる場合($G \leq T_c$ かつ $\tau_f > \tau_c$)、次式により D_f を求める。

$$D_f = K_r (\tau_f - \tau_c) \left(1 - \frac{G}{T_c} \right) \quad (4)$$

ここで、 K_r ：リル侵食係数($\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$)、 τ_f ：掃流力(Pa)、 τ_c ：リルにおける土粒子の限界掃流力(Pa)である。リル侵食係数 K_r や限界掃流力 τ_c は日単位で変動し、土壌の粒度、地表被覆、地中の残渣や生根などによって表現される。一方、 $G \leq T_c$ かつ $\tau_f \leq \tau_c$ の場合、 $D_f = 0$ である。 $G > T_c$ の場合、 D_f は沈降量として次式で表される。

$$D_f = \frac{\beta V_f}{q_r} (T_c - G) \quad (5)$$

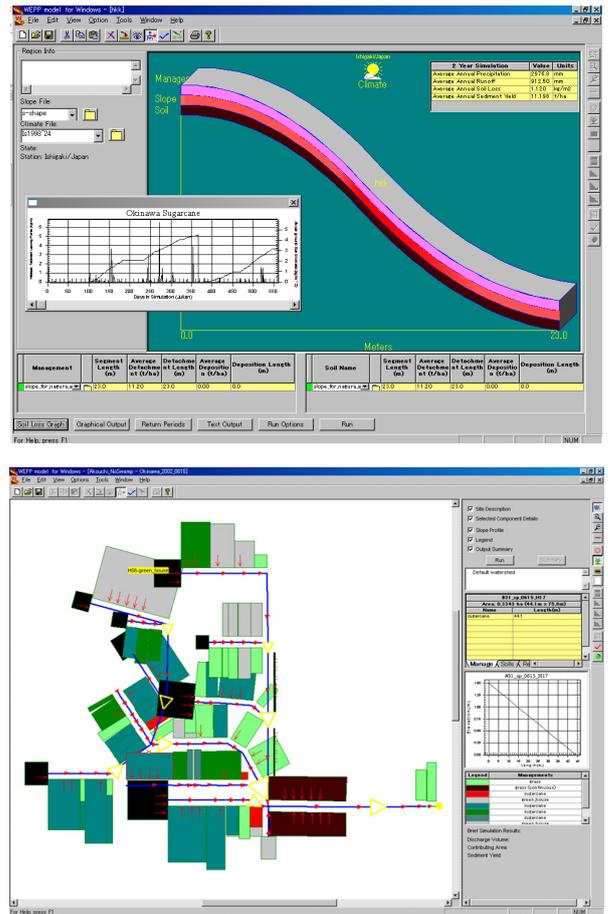


図2 WEPP の操作画面
(上：斜面スケール、下：流域スケール)

ここで、 β : 雨滴による攪乱係数(無次元), V_f : 土粒子の有効沈降速度($m \cdot s^{-1}$), q_r : 単位リル幅あたりの流量($m^2 \cdot s^{-1}$)である.

2.2.2 WEPP の適用方法

準備すべき入力データを表 2 にまとめた。米国での適用に限り、これらの入力データのデータベースが既に整備されており、ユーザーは必要に応じてデータをダウンロードしてただちにモデルを適用することができる。日本を含むそれ以外の地域では、これらのデータを独自に収集およびデータの整備を行う必要があり、この過程がモデルの利用を困難にしている主な要因である。また、米国以外の土壌や土地利用などの地域特性がモデルの関数の決定に十分反映されていないことも問題点として挙げられる。例えば、WEPP は水田の要素が欠如しているため、代かきに伴う濁水の流出などは表現ができない状況にある。

表 2 WEPP の入力データ

要素	項目	入力データ
共通	気象	降水量, 気温, 風向, 風力(風速), 日射量, 露点温度
		土性(粘土・シルト・砂の割合), 有機物含有率, CEC (陽イオン交換容量), アルベド, 初期含水率
斜面	地形	斜面長, 流下方向における勾配
	管理	管理スケジュール
		作物の生長に関するパラメータ群, 耕起, 播種, 灌漑, 収穫などの営農作業に関するパラメータ群
水路	土壌 地形 管理	斜面と同じ
	特性	形状, 粗度, 侵食に関するパラメータ群
	種類	貯水形態や流出形態を選択
貯水池	種類	貯水形態や流出形態を選択
	特性	形状, 初期貯水量等のパラメータ群

斜面スケール解析にかかる時間に関して、1, 2 年間の計算では一般的な PC を用いて 2, 3 秒、100 年間の計算でも 10~20 秒程度で完了する。その結果、流出する土砂流出量、水量に始まり、土壌の物性、水収支、作物の生長などに関する 100 を超える項目が日毎のテキストデータまたはグラフで出力される。また、流出した土砂の粒度や有機物量なども出力される。さらに、圃場内での地表面の標高の変化も再現される。

一方、流域スケール解析にかかる時間は、斜面、水路、貯水池の要素数に依存する。斜面数の上限は 1000 個であり、筆者らが一般的な PC を用いて 500 程度の斜面を有する流域で 24 年間の解析を実行した際、30 分程度であった。出力される結果は斜面スケールと同じデータに加え、水路や貯水池における水量や土砂流出量がテキストデータとして出力される。また、描画した図において、これらの結果が色別に表現される。

3. WEPP を用いた解析事例

3.1 モデルの適合性の検証

3.1.1 斜面スケールの適用結果⁽¹¹⁾

WEPP による計算値と沖縄県石垣島におけるサトウキビ畑の現地試験結果を比較し、観測値に対する WEPP の計算値の適合性の検証を行う。降雨開始日毎に区切った流出高の観測値、土砂流出量の観測値、そしてそれらに対応した WEPP による計算値を図 3 に示す。なお、試験区は斜面長約 80m、勾配約 3% の圃場で、St-1 は裸地、St-2 はサトウキビの慣行栽培 (春植え栽培)、St-3 はサトウキビの慣行栽培 (春植え栽培) に長さ 0.6m の植生帯 (グリーンベルト) を設置、St-4 はサトウキビの不耕起栽培 (株出し栽培) である。土砂流出量の結果を見ると、計算値は概ね観測値と適合している。特に、確立降雨年が 2.6 年と算定され、観測期間中で最大の土砂流出量が観測された 6/9 の降雨イベントでは、全ての試験区において適合性が高い結果を得た。その他の降雨イベントにおいても、St-2 における作物の存在による侵食抑制効果、St-4 における不耕起、作物被覆、地表面における残渣被覆による顕著な侵食抑制効果、

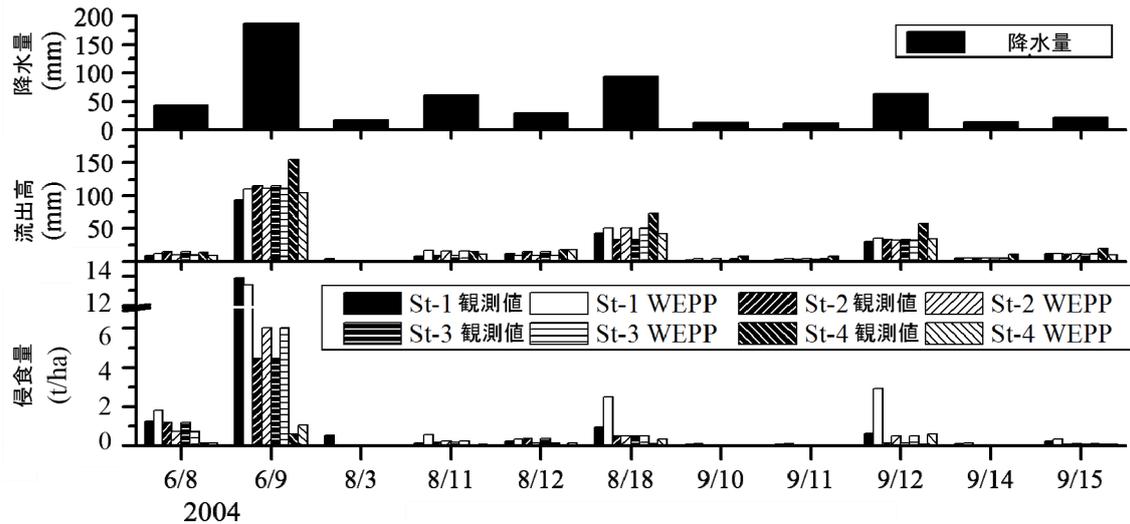


図3 沖縄県石垣島サトウキビ畑の試験区における観測値に対する WEPP による計算値 (降雨イベント毎)

そして St-3 における植生帯の存在に伴う微細な土粒子の捕捉効果を WEPP の計算値は的確に表現している。

1年間を通して適用した結果を図4に示す。この結果からも、WEPPは、裸地における著しい土壌侵食、慣行栽培区における作物の存在による侵食抑制効果、不耕起栽培区における無耕起および地表面における残渣被覆による顕著な侵食抑制効果を WEPP の計算値でも的確に表現できている。

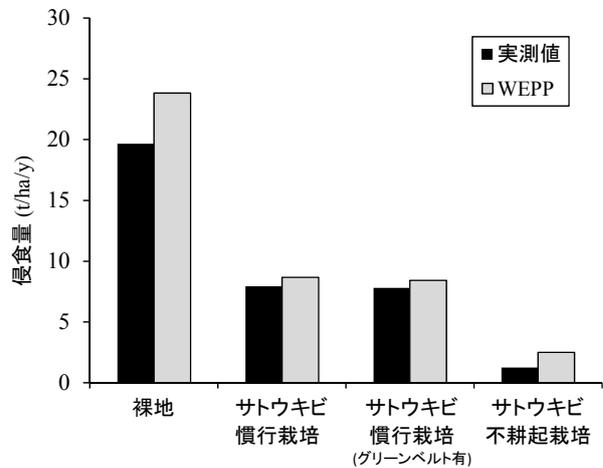


図4 WEPPによる斜面スケールのシミュレーション結果 (沖縄県石垣島新川試験区地)

3.1.2 流域スケールの適用結果⁽¹²⁾

沖縄県石垣島名蔵川における土砂流出量の観測値と WEPP による計算値を図5に示す。2005年6/12や2006年2/22などの比較的大きい土砂流出量が観測されたイベントに着目すると、観測値と計算値は概ね適合しているイベントが多い。しかしながら、2006年8/21や2006年12/21などの中規模の土砂流出量が観測されたイベントでは、計算値は過大または過小評価する傾向にあった。潮汐の土砂輸送への影響がこれらのイベントにおいても顕著に現れていると考えられる。WEPPは感潮域における河道の流れや土砂輸送の機構が組み込まれていないため、過大評価したイベントは上げ潮時、過小評価したイベントは下げ潮時に多い。

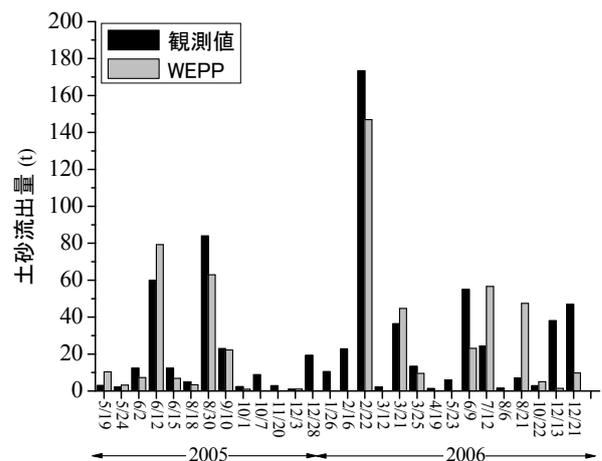


図5 WEPPによる流域スケールのシミュレーション結果 (沖縄県石垣島名蔵川流域)

期間全体の総和は、観測値が 677t (2005年:236t, 2006年:441t), 計算値が 542t (2005年:198t, 2006年:345t) となり、適合性は概ね良好であった。これは、比較的大きい土砂流出量が観測されたイベントにおいて

WEPP の適合性が高かったためである。

3.2 WEPP による対策シミュレーション⁽¹³⁾

3.2.1 斜面スケールにおける対策シミュレーション

土地利用形態として、裸地、サトウキビ夏植え栽培、サトウキビ春植え-株出し栽培の3種類とした。想定する対策として、農地末端における0.5mの植生帯の設置、サトウキビの残渣によるマルチング、そして減耕起植え付け栽培の3種類を設定した。ここで、サトウキビの夏植え栽培は現在の沖縄県石垣島におけるサトウキビ生産面積の大部分を占め、栽培期間は前述のように約1.5年であり2年周期である。一方、サトウキビ春植え-株出し栽培は、夏植え栽培と比較して栽培面積が少なく、一般的に1年目に春植え栽培を行い、続く2,3年目に株出し栽培を行う方法で3年周期となる。対策の設定として、植生帯は3.1.1と同じ方法とした。残渣によるマルチングは夏植えまたは春植え栽培時における苗の植え付け直後に実施することとした。減耕起植え付け栽培として、夏植えおよび春植え栽培時において前年度の作物の収穫後、農地の全面耕起を実施せず苗を植えるための溝のみを耕起し、その溝に苗を植え付ける方法を想定した。なお、3種類の対策方法の中で、減耕起植え付け栽培以外は実用段階にある。

WEPPの適用方法として、対策は上記の設定を行い、営農作業・スケジュールは沖縄県における実状に即して設定し、地形は斜面長100m、勾配3%とした。気象データは石垣島における1994~2003年(10年間)の気象庁地上気象観測値を用いた。

シミュレーションの結果を図6に示す。なお、示した土砂流出量は年平均値である。土地利用の違いに着目した場合、春植え-株出し栽培は夏植え栽培と比較して土砂流出量が著しく小さい(削減率61%)。これは、夏植え栽培における1年目の梅雨期および台風期は、苗の植え付け前に当たるために裸地となっていることが大きく影響している。次に、各対策における抑制効果に着目すると、農地に植生帯(グリーンベルト)を設けることによって、夏植え栽培区および春植え-株出し栽培区における土砂流出量は、それぞれ8%, 10%の削減となり、高い削減率を見込めない結果が得られた。残渣によるマルチングによって、苗の植え付け直後(夏植え栽培1年目、春植え栽培時)の土砂流出が減少した結果、顕著な抑制効果が算定され、削減率は無対策と比較して、夏植え栽培で59%, 春植え-株出し栽培で29%であった。減耕起植え付け栽培によって夏植え栽培1年目、春植え栽培時の土砂流出が顕著に抑制され、削減率はそれぞれ68%, 34%であった。なお、気象、地形、土壌条件を変更することによってこれらの数値は異なると予想されることから、今後、それらの体系的な整理を行う必要がある。

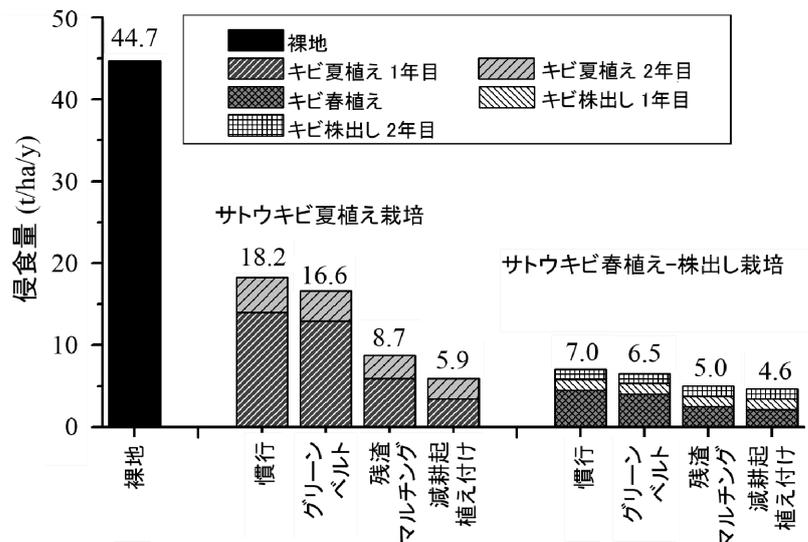


図6 WEPPによる農地における対策シミュレーションの結果

それぞれ8%, 10%の削減となり、高い削減率を見込めない結果が得られた。残渣によるマルチングによって、苗の植え付け直後(夏植え栽培1年目、春植え栽培時)の土砂流出が減少した結果、顕著な抑制効果が算定され、削減率は無対策と比較して、夏植え栽培で59%, 春植え-株出し栽培で29%であった。減耕起植え付け栽培によって夏植え栽培1年目、春植え栽培時の土砂流出が顕著に抑制され、削減率はそれぞれ68%, 34%であった。なお、気象、地形、土壌条件を変更することによってこれらの数値は異なると予想されることから、今後、それらの体系的な整理を行う必要がある。

以上のように、WEPPは気象、地形、土壌条件だけではなく、営農に関する作業方法やそのスケジュールを任意に決定できることから、様々な状況および対策のシミュレーションが可能であることが示された。

3.2.2 流域スケールにおける対策シミュレーション⁽¹³⁾

WEPP を用いて石垣島名蔵川流域における土壌侵食抑制対策の数値シミュレーションを行う。気象データとして、石垣島における 1994~2005 年(12 年間)の気象庁地上気象観測値を用いた。斜面長, 斜面勾配などの地形データおよび土地利用データは踏査によって構築した GIS に基づいて決定した。

現状の地形及び土地利用であった場合の年平均侵食量の分布および流域末端における土砂流出量を図 7 に示す。なお、現段階での計算対象領域として、河口域までは考えず、干潟の上流部を流域末端とした。農地における侵食量分布を見ると、サトウキビ夏植え栽培やパイン畑における侵食量が大きいことがわかる。また、勾配や斜面長によっても侵食量は著しく異なった。流域末端における土砂流出量は、1048t/year と算出された。

この結果をもとに対策シナリオを定める。本来ならば河川または沿岸域における生態系への影響評価に基づいて土砂流出量の許容量を定め、その量を目標値とするべきであるが、現段階までの研究では許容量の定量化には至っていない。そのため、本研究では、実現可能な範囲で対策を行った場合における土砂流出量の最小値の算定を行う。想定する対策として以下の 3 種類を挙げた。①サトウキビ夏植え栽培から春植え-株出し栽培へ変更、②サトウキビの残渣によるマルチングの実施、③グリーンベルトの設置。①に関して、

沖縄県の報告 22)によると、沖縄県内の製糖計画および農家へのアンケート調査から夏植え栽培と春植え-株出し栽培の面積割合は 2:1 が適切であるとしている。よって本研究においても、面積割合を 2:1 と定め、約 5ha の夏植え栽培農地を春植え-株出し栽培へ変更した。②および③に関して、流域内全てのサトウキビ、パイン、野菜畑に前節で行った農地における対策方法と同様の方法を設定した。

対策後の計算結果を図 8 に示す。図では対策箇所、対策を行った農地における年平均侵食量の削減率、そして流域末端における年平均土砂流出量が示されている。結果を見ると、対策を想定した全ての農地において侵食量が減少している。特に、①の対策を想定したサトウキビ畑および②および③の対策を想定したパイン畑における削減率が大きい。流域末端における土砂流出量は現状と比較して 46% 減少する結果が得られた。

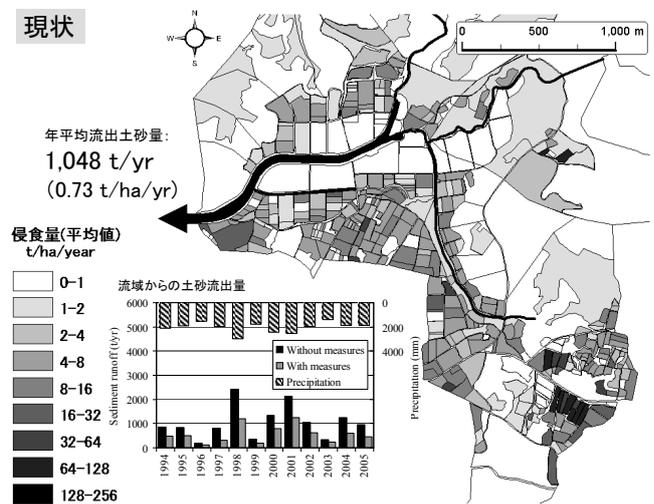


図 7 現状の侵食量分布および土砂流出量の試算結果

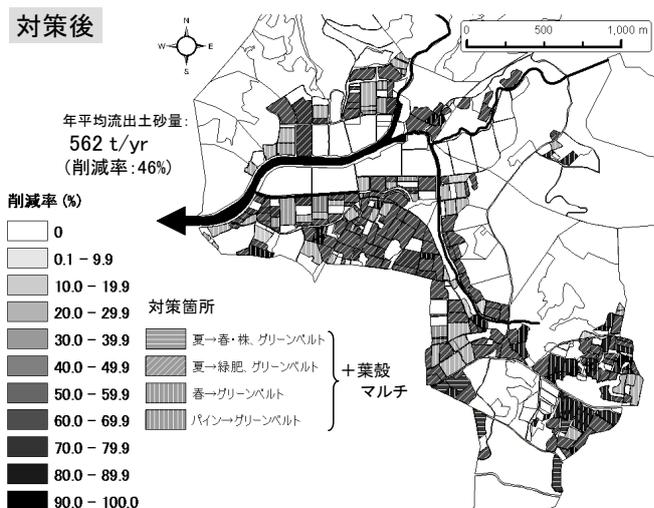


図 8 農地での対策を想定した試算結果(侵食量の削減率)

3.3 GeoWEPP による広域シミュレーション

GeoWEPP は、既往の土壌侵食・土砂流出モデルである WEPP を解析機構としている。本来 WEPP で

は、流域情報の描画、および圃場毎の農地情報を全て手動で入力する必要がある。しかし、GeoWEPPではGISから必要な情報を抽出しパラメータ化するTOPAZ (TOpographic PArameteriZation)を利用することで、WEPPの制限要因であった作業性を格段に向上させている。

GeoWEPPを石垣島内の23河川に適用した。モデルの適用期間は1995年から2009年の15年間とし、年平均土砂流出量を算出した。各年の降雨データは石垣島内を3分割し、それぞれ対応する観測値を利用した。土地利用および土壌分布に関しては、2006年に沖縄県が調査したデータを全期間に適用した。各種営農管理作業に関しては、慣行的な方法を採用した。

流域末端における年平均土砂流出量および斜面毎の土壌侵食量の計算結果を図9に示した。流域別に見ると、宮良川が 2.7×10^4 t/yr (全体の39%)、次いで轟川が 1.4×10^4 t/yr (全体の20%)であった。斜面毎の土壌侵食量を見ても、侵食が顕著な斜面が宮良川流域に集中していることがわかる。これらの流域を含む石垣島の南東部の白保海域には、世界的にも貴重なアオサンゴ群落が発達している。そのため、この海域周辺での過度の土砂流出は、環境保全の観点からも憂慮すべきである。以上から、石垣島において対策が早急に必要である流域は宮良川流域であると判断できる。

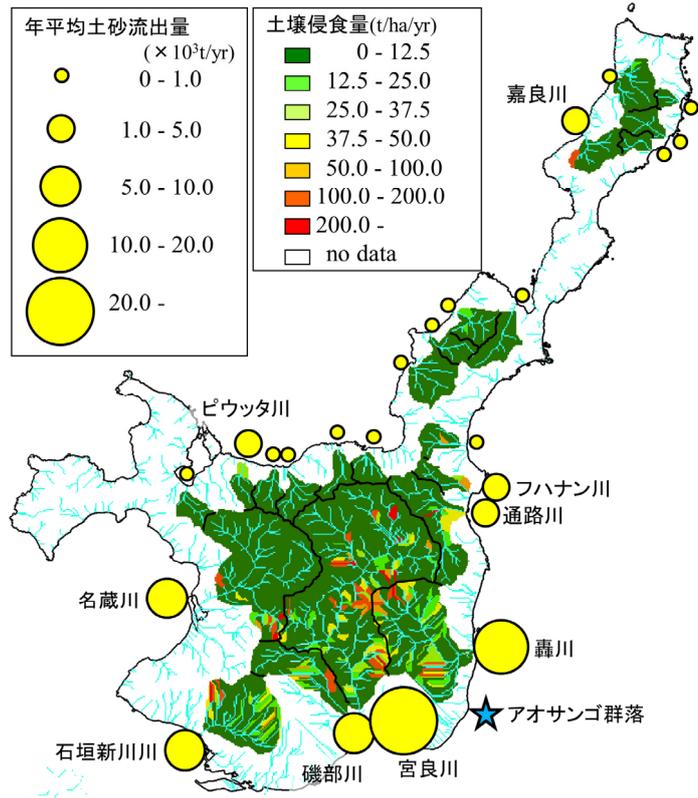


図9 GeoWEPPを用いた石垣島全域の解析結果

3.4 日本における気象入力データの整備

WEPPモデルの気象入力の方法には、気象統計値をもとにして仮想の気象入力データを作成するCLIGEN (CLimate GENERator)と実際の気象観測値を用いて作成するBPCD (Breakpoint Climate Data Generator)の2種類がある。米国における適用に限り、CLIGENに入力する気象統計値が準備されているが、それ以外の地域では整備されておらず、WEPPの利用の障害となっている。そこで、筆者らは日本におけるWEPPやSWAT (Soil and Water Assessment Tool) (14)などの利用促進を目指して、CLIGENを利用した気象入力データの構築を進めている。

入力気象観測値は、気象庁で観測および公開されている地上気象観測値およびアメダス観測値を用いた(15~51年間)。用いた気象要素は降水量、気温、日射量、露点温度、風向・風速である。気象入力データ自動作成プログラムの構築においては、Microsoft Excel VBAを使用した。このプログラムは、気象観測値を入力、解析し、CLIGENに入力する形式(PARファイル)での出力を可能にした。プログラムを構築後、特定の地点においてプログラムを実行して得られたPARファイルをCLIGENに入力し、100年間の仮想の気象データ(CLIMATEファイル)と観測値を比較することによって仮想データの再現性を確認した。その後、気象庁の地上気象観測所である国内152地点のPARファイルおよびCLIMATEファイルを得てからWEPPモデルに入力し、土壌侵食量等を推定した。気象以外の計算条件としては、傾

斜3%, 斜面長 100m, 土壌は黒ボク土, 栽培管理方法は裸地とした。

得られた 152 地点の CLIMATE ファイルを WEPP モデルに入力し, 100 年間のシミュレーションを行った(図 10, 図 11). 年降水量の平均値は 1680 mm/y, 年土壌侵食量の平均値は 6.67t/ha/y となった. 降水量は, 北海道, 東北は小さい傾向にあり, 関東から西では大きい傾向にある. また, 関東より西の太平洋側や九州, 沖縄では流出水量が大きいことが分かる. 土壌侵食量は流出水量と同様に関東から西の太平洋側で大きくなった. 50 年確率日雨量に対する土壌侵食量では日本の年間許容流出量 10t/ha を超える地点が 152 地点中 77 カ所あった(図 12).

今後, アメダス観測所の観測値(約 1300 地点)やレーダー雨量を併用することによって, 局所的な侵食量を推定可能にすることが適用性を高めるために必要である. また, 気候変動の要素を組み込み, 将来的な農地保全方法について検討する必要がある.

4. 今後の課題

以下に, 具体的な課題をいくつか挙げる.

- (1) WEPP は農地などにおける水や土砂の動態を現象に即してシミュレーションするプロセスモデルなので, 入力データが多く, その準備が困難である. 日本においては気象, 土地利用(営農作業), 土壌の基礎データは存在するが, それらが直ちに利用できる形でデータベース化されていないのが現状である. これらのデータベースは, 近年, 適用事例が多くなっている SWAT などのような WEPP 以外のシミュレーションモデルにも共通であるため, 入力データベースの整備を進めることは農地保全, 水土保持, 防災の観点からも必要となっている.
- (2) 土壌侵食の現象の中で重要な要素である雨滴や流水による土壌の剥離, 流水による土砂の運搬の程度は, 土壌の種類によって大きく異なる. USLE の土壌係数は日本各地の土壌で定められているが, WEPP における侵食係数は米国土壌の推定法を用いる方法しかないので, 室内実験や野外試験によって実測する必要がある. 日本における土壌侵食の推定には, 実務レベルでは USLE が用いられることが多いので, WEPP の侵食係数と USLE の土壌係数の関係性について検討することが望ましい.
- (3) WEPP の適用事例を増やし, 国内外における農地保全, 水土保持, 防災の評価に応用することは, 土壌侵食研究の深化, 異分野との協働, 農地の多面的価値の創出などのために役立つと考えられる. 沖縄以外の地域における適用事例として, 筆者らは沖縄と同様の赤土流出問題で悩むパラオ共和国において, 土地開発に伴う土壌侵食や土砂流出の評価のために WEPP や GeoWEPP を利用している⁽¹⁵⁾. 更に, 福島県を中心に問題となっている放射性物質(主にセシウム)は土壌中の粘土粒子や植

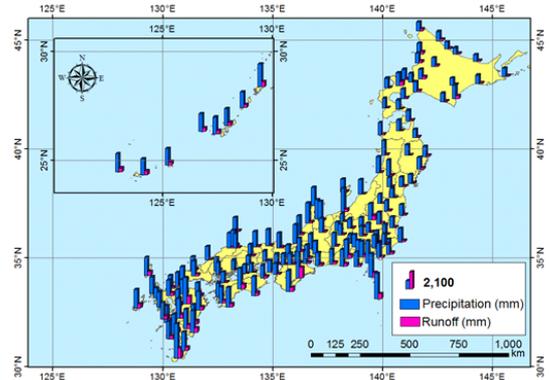


図 10 日本の年平均降水量と流出水量

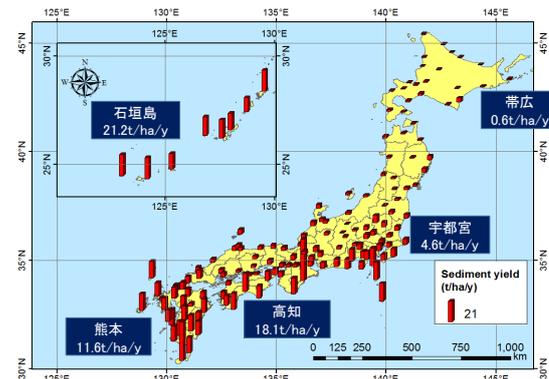


図 11 日本の年平均土壌侵食量

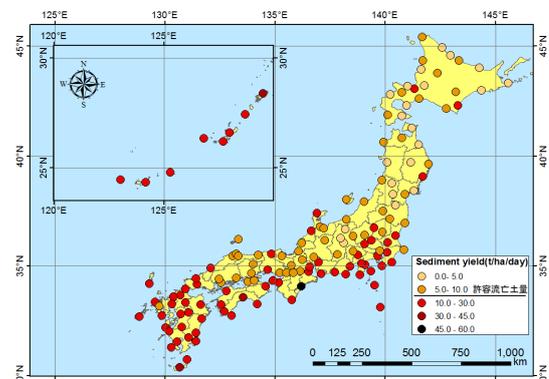


図 12 50 年確率日雨量に対する土壌侵食量

物由来の腐植などに強く吸着される傾向にあることから、雨水の流れによって流出するセシウムの動態解析に WEPP を活用することを現在検討中である。その他の物質動態においても、水と土粒子が媒体となっていることが多いので、今後、国内におけるユーザーを増やし、モデルの更なる発展へ向けて働きかけていきたい。

引用文献

- (1) Wischmeier, W.H. and D.D. Smith: Predicting rain-fall-erosion losses, Agricultural Handbook No. 537, USDA Washington D.C., 1978.
- (2) 西村 拓: 精密土壌・環境保全のための数値予測方法, 農業土木学会誌, 66(9), 933-939, 1998.
- (3) Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, and D.C. Yoder: Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agricultural Handbook No. 703, USDA Washington D.C., 2000.
- (4) USDA: CREAMS: A Field-Scale Model for Chemical Study, Geography Department Systems, U. S. Department of Agriculture Conservation Research Report No.26, pp.640, 1980.
- (5) Young, A., C.A. Onstad, D.D. Bosch, W.P. Anderson: AGNPS: A nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds, Journal of Soil and Water Conservation, 44(2), pp.121-132, 1989.
- (6) Woolhiser, D.A., R.E. Smith, and D.C. Goodrich: KINEROS, A Kinematic Runoff and Erosion Model, Documentation and Use Manual, USDA, ARS-77, 1989.
- (7) Morgan, R.P.C., Quinton, J.N. and Rickson, R.J.: EUROSEM: Documentation Manual, Silsoe Collage, Cranfield university, UK, 1992.
- (8) Nearing M.A., G.R. Foster, L.J., Lane, and S.C. Finkner: A Process-Based Soil Erosion Model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology, Transactions of the ASAE, 32(5), pp.1587-1593, 1989.
- (9) USDA ARS, <<http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=10621>>, (accessed 2016 10 4).
- (10) GeoWEPP, <<http://geowepp.geog.buffalo.edu>>, (accessed 2016 10 4).
- (11) 大澤和敏, 池田駿介, 山口悟司, 高椋恵, 干川明: 農業流域から河川へ流入する微細土砂の抑制対策試験および解析, 河川技術論文集, 11, pp.309-314, 2005.
- (12) 大澤和敏, 池田駿介, 久保田龍三朗, 乃田啓吾, 赤松良久: 石垣島名蔵川流域における土砂輸送に関する長期観測および WEPP の検証, 水工学論文集, 52, pp.577-582, 2008.
- (13) 大澤和敏, 池田駿介: 農地での土壌侵食および流域圏での土砂・栄養塩動態—沖縄赤土流出問題の対策・評価技術— (II), 水利科学, 296, 1-24, 2007.
- (14) SWAT, <<http://swat.tamu.edu/>>, (accessed 2016 10 4)
- (15) 工藤将志, 大澤和敏, 菅 和利, 佐藤航太郎, 池田駿介: パラオ共和国ガリキル川流域での土地開発に伴う土砂流出の現地観測および解析, 土木学会論文集 B1(水工学), 69(4), pp.I_937-I_942, 2013.

【講演者略歴】

大澤 和敏 博士 (農学)

所属・職: 宇都宮大学農学部・准教授

1999年 宇都宮大学農学部卒業

2004年 東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了

2004年 東京工業大学大学院理工学研究科助教

2007年 宇都宮大学農学部准教授

2014年～2015年 米国パデュー大学客員研究員 (国立土壌侵食研究所)

現在に至る

専門 農地工学, 物質循環学

農地の保全・整備と環境・景観配慮

東京大学大学院農学生命科学研究科 吉田修一郎

1. はじめに

土地改良事業は、農用地の改良、開発、保全及び集団化を進め、農業の生産性の向上、農業総生産の増大、農業生産の選択的拡大及び農業構造の改善に資することを目的とした公共事業である（土地改良法第1条）。そのため、上記の目的を低コストで実現することを主軸に据えて事業の設計、施工が長年図られてきた。一方で、土地改良事業では、経済性や管理上の効率性を重視した工法による事業の実施に伴い生態系や景観等への負荷や影響を与える側面も有している（農水省 2002）。この点を鑑みて平成 14 年の土地改良法の改正においては、「環境との調和への配慮」が明記された。法改正後は、環境や景観等への配慮が手続き上も明確に定義されたことから、改正前には地区ごとに可能な範囲で行われてきた環境配慮は、実効性がより明確であることも求められるようになってきている。その実施に当たり、主に生態系を対象とした「地域環境」への配慮については、「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」（2005）、景観への配慮については、景観法の制定（2004 年）をも踏まえた『農業農村整備事業における景観配慮の手引き（食料・農業・農村政策審議会 2006）：以下、「景観配慮の手引きと呼ぶ』』が示され、今日の事業が進められている。

環境との調和の視点の中でも、地球環境に関わる温暖化問題については、上記の地域環境、景観とは別の切り口で整理がなされている。地球温暖化の認識が世界で共有されるようになったのは IPCC の最初の報告書が出た 1990 年頃である。その後、緩和策や対応策についての幅の広い分野での研究が進められるとともに施策も徐々に増え、現在に至っている。農林水産省においては、2007 年に「農林水産省地球温暖化対策総合戦略」を策定するとともに、農業農村整備に関しては、2008 年に農村振興局が「農業農村整備における地球温暖化対応検討会」を設置し、「農業農村整備における地球温暖化対策のあり方」をとりまとめている。

これら地域環境、地域景観、地球環境に資する取り組みは、「環境配慮」という大きな理念や問題意識のなかで、さらに相互に関係しながら成果を上げておくべきものである。本稿では、農地防災事業における環境・景観配慮の視点について、事例に基づき述べるとともに、地球温暖化対策と環境・景観配慮との関わりについても考察を加える。

2. 農地防災事業における生態系・景観配慮

農地防災事業は、地球温暖化（あるいはヒートアイランド）による気候変動＋土地利用の

変化+施設の老朽化→極端現象（ゲリラ豪雨）の増加→排水施設の拡充という流れの中で行われるものが多い。これを経済的に成し遂げる手段は、排水路の拡充や排水機場の整備ということになるが、ここに、既存の水路の生態系や景観、さらに新設水路の景観影響についての配慮が必要となる。

一例として、旧事業により整備された排水路について紹介したい。この水路は、約 50 年前に土地改良事業により整備されたが、地域住民がその両岸に桜を植樹し、現在知る人ぞ知る桜の名所となっている。この排水路の下流部は護岸されているが、上流部は土羽の法面となっており、写真 1 のように両岸は崩壊が進んでいるところもあり、その際（きわ）に桜の木が植わっている。これらの桜の木は、踏査により確認した結果、右岸に 128 本（写真 2）、左岸にも同数の 128 本、計 256 本が存在しているが、植樹からすでに 50 年以上が経過しており、樹勢が低下しているものも多く見られた。しかし、これらの木をそのまま保全したとしても、計画的な植え替えなどを順次行っていかなければ、並木は近いうちに消滅してしまう運命にある。とはいえ、現在は美しい桜並木となっているこの水路の排水能力を高めるために、桜の木を全て伐採して拡幅するような事業は認められないであろう。特に右岸では、写真 2 のように、カーブを描いて長く連なる姿がすばらしく、この景観の維持は重要と考えられる。よって、ここでの論点は、どのように必要な排水能力を確保するかという問題と、新規の植え替えも含めてどのように桜並木を今後保全してゆくかという問題である。

前事業においては、この水路の最大通水能力は $16.3\text{m}^3\text{s}^{-1}$ とされている。この水路の現在の集水域の面積 496ha を用いると、比流量は 11.8mmh^{-1} となる。前事業の後、この水路の流域の開発は著しく進み、特に最上流域の宅地化や下流域の工業団地の誕生により流域の土地被覆状況は大きく変化した。このような土地利用の変化は、流出率の増大をもたらし、下



写真 1 桜が両岸に植栽された排水路の内部景観（現況）

内部景観は、水路幅や法面の護岸が大きく影響する。



写真 2 右岸の桜並木の外部景観

この景観の維持には、部分的ではなく、長い区間の桜の木の保全が必要となろう。

流域での排水能力の不足が起こっている。実際、台風による大きな降雨により、この水路が溢水し、周辺に湛水被害が発生したこともある。現在計画されている新事業は、この水路の最大通水能力を $27\text{m}^3\text{s}^{-1}$ (比流量 19.6mmh^{-1}) に倍増することにより流域の湛水リスクを大幅に軽減することを目指している。そのため、水路幅は現在の 7m (有効な断面の現状) から約 20m に拡幅する必要があるとされる。また、崩落が進み断面の縮小が進んでいる現在の法面については、環境に配慮しつつも、通水断面の確保のための護岸整備も必要と考えられている。

現在の水路沿いの桜をそのまま残して水路を 20m に拡幅することは不可能である。一方で、桜の移植については難しいという診断が専門家によって下されている。また、移植ができたとしても、幅 7m の水路の両岸に桜があるのと、 20m の水路の両岸に桜があるのでは、景観に著しい違いがある。桜の保全とともに、考慮が必要なのは、土水路に特有の豊かな生き物の存在である。希少種かどうかによらず、この水路の生物については、都市に隣接した田園地帯ということもあり生き物調査などのイベントも行われており、市民の関心が高い。以上のような観点から、現在の水路は法面の護岸程度にとどめ、新たにバイパス水路を平行して建設する計画が検討されている。すなわち、桜並木を残すために、旧水路については一定の水路としての機能は持たせるものの、豪雨時の大流量の処理はバイパス水路を建設して対応させるという環境・景観保全と機能を両立させようとする計画となっている。

このような踏み込んだ配慮がどこまで必要かは近隣の農家のみならず周辺の市民や自治体の意向によるものであるから、客観的な指標を設けるのは難しい。しかし、前述のとおり桜の寿命は近づいており、保全するにしても一定のコストを負担して植え替えを計画的に進めないと、主役不在の水路が取り残されるだけということにもなりかねない。

用排水路沿いの桜並木は全国に多く見られ、その活用や保全に対しては積極的な取り組みが行われている。その中で有名な用水の例では、樹木の所有は土地改良区であるが、管理(樹木の消毒や剪定)は市(産業経済課・観光協会)が行っている。その経費は 450 本に対して年間 120 万円 (= 2700 円/本) である。その内容は、薬剤散布年 3 回、施肥、枯枝落とし、蜂の巣撤去である。また、市では今後予算を年間 150 万円増額し、傷みのひどい木 10 ~ 15 本程度の植え替えを進めて行くとしている。水路の法面の下草の刈り払いはシルバー人材に委託して行っており、その経費は土地改良区が負担している。この作業には、 1.8km 区間を年に $2 \cdot 3$ 回実施して、 50 万円程度かかっている。一方、市では桜を観光に広く活用しており、毎年大きな桜祭りを行っており多くの人で賑わっている。

このように、自治体が保全を全面的に支援するとなると、見物客への対応などもセットで検討せざるを得ず、駐車場や公共交通機関の確保などが必要となる。また、この人出を静かな農村が許容するかどうかも重要なポイントとなる。のどかな農村の雰囲気の特徴であった桜並木の景観が、整備によって変わってしまうという点では、守るべき「景観」が何なの

かに立ち戻り検討した方が良い面もありそうである。現状でも、開花時期には多くの路上駐車車両があり、整備と来場者の増加は切り離せないものであるから、この変化を地域が受け容れるかどうかは十分に見定める必要がある。

景観配慮においては、景観を守り景観の調和を乱す要素の侵入を防止する配慮（保全）と、景観を作り出す配慮（創造）の両方が存在しうる（景観配慮の手引き）。上記の桜並木の場合には、立派な桜並木をなくすなんてもったいないという感覚が先行して、旧水路の「保全」がまずは指向される。しかし、実際に現在の桜が生き続けられる時間は短い。意識すべき課題は、この桜並木の景観を今後どのように作り直して行くかという「整備」の視点である。しかし、現在ないものを作り出したときにどうなるのかが見通せなければ、計画に事前に賛同することは難しく、守るか守らないかの二者択一になりやすい面があろう。前の例であれば、現在は存在しない大きなバイパス排水路が桜並木に併走することは、外部景観上は桜並木の有無と同じくらい影響が大きいはずであり、別途配慮すべき問題と思われる。写真3～5は、左岸に予定されているバイパス水路の建設が、景観にどのように影響するのかをイメージしてみた例である。法面の護岸や柵の設計、水深や流れにより、景観は良くも悪くなりうるということが容易に想像できる。し



写真3 バイパス水路の建設が予定される左岸の現況景観



写真4 バイパス水路を建設した時の景観予想

*単純なコンクリ矢板による構造、柵や管理用道路なし



写真5 バイパス水路を建設した時の景観予想

*石積み風傾斜法面仕上げ、柵や管理用道路設置時

かし、事前の関心は桜並木に向きがちであり、これから作る大きな物を景観としてどのように受け容れるのかについては存在してからでないで中心テーマになかなかならない。限られた予算の中で環境配慮を行う場合、現在価値のあるもののみを守ることに集中しすぎて、全体としてバランスの悪い農村となるおそれがある。この水路の場合、旧水路の全区間を高水準に保全することに固執せず、重点ポイントを絞り込んで、バイパス水路と一体となる景観をデザインし、長期的にはバイパス水路が機能だけではなく景観として愛されるものになるようにする工夫も重要と思われる。この点で、新たに設置する施設を含んだ景観シミュレーションを多数作成して、計画の選択肢を広げることは、関係者の理解を高める上で必要なプロセスであろう。

3. 「環境配慮」の一環としても位置づけるべき地球温暖化対策

景観からは少し離れるが、後半では地球温暖化対策と環境配慮の整合性について論じた。現在の土地改良事業で義務づけられている「事業計画における「環境との調和についての配慮に関する事項」の記載（新規則第14条の2第1項第7号）や専門技術者による報告書における「当該土地改良事業が環境との調和に配慮したものであるかどうかについての意見」の記載（新規則第15条第7号）において、「環境」とは主に地域の生態系や景観を意味し、地球温暖化対策のような視点が配慮の対象には含まれているものは少ない（省エネ機器の導入を対象にしている例もあり、地球温暖化対策を含むことが否定されているわけではないが、現実には別のものとされている雰囲気は否めない）。しかし、土地改良事業（事業期間中と事業後）による環境への負の影響を最小限にするという考え方に端を発するものであれば、地球温暖化対策についても「環境」という枠組みで積極的に評価を下すのが自然と思われる。

土地改良事業の施工やその後の施設管理による排出量については、「土地改良事業の計画段階で使用できる温室効果ガス排出削減量算定シート」が2015年度に公開されたが、事業の結果変化しうる土壌の温室効果ガスの収支や圃場作業に伴うエネルギーや物材の収支、さらに灌漑排水用の電力などについては、現場でその都度算定・比較・検討するためのツールや原単位が揃っておらず、事業の実施が大きな意味での地球環境にどのような効果・影響をもたらしているのかを評価するのは現在も容易ではない。例えば、先に公表された土地改良長期計画において、農業水利施設を活用した小水力等発電電力量のかがい排水に用いる電力量に占める割合を約3割以上にするという目標が示されているが、かがい排水に用いる電力量自体をどのように設計すべきかについては示されていない。かがい排水用電力は、揚・排水機場のポンプの運転のためのものであり、全揚程と送水総量に比例する。揚水機場においては、ポンプの効率の向上やインバータを用いた流量の調整、運転時間の短縮など節電のための取り組みは広く行われている。しかし、かがい排水システムを構築する段階では、管理労力の軽減の観点から管路化が広く進められており、その際にはコストの縮

減のために既存システムと比べ断面が大幅に縮小したシステムに改修され

る例が多い。例えば、長距離の流域外導水を行っている用水では、中流域の開水路を管水

路に改修した際に、その起点にある揚水機場の全揚程が倍になった(表)。また、排水改良

においては、かんがいにより地域内に取り込んだ水を排除するために必要な電力が、年間でみると降雨の排除のための電力と同程度というような例もある(図1)。このように、かんがい排水システムの設計次第で、電力投入は大きく変化する。

土地改良事業における排水改良については、水田からのメタン排出の抑制という効果が注目されている。水田からのメタン排出のベースライン原単位は $1.3\text{kgCH}_4/\text{ha day}$ (IPCC2006) とされており、100日の灌漑で年間 $130\text{kgCH}_4/\text{ha}$ である。

また、作付け期間中の排出総量は、 $6\sim 970\text{kgm}^{-2}$ と幅広いレンジを持つことが知られている(八木, 1991)。メタンの温暖化係数は25であるから、二酸化炭素換算値は $0.15\sim 24\text{tCO}_2/\text{ha}$ となる。排水改良が水田のメタン発生の抑制に及ぼす効果について調査を行った例(Shiratori et al, 2007; 塚本・北川, 2014)では、暗渠の整備により $11\text{kgCH}_4/\text{ha}$ から $110\text{kgCH}_4/\text{ha}$ のメタンの排出が抑制されたとされる。すなわち、二酸化炭素換算で約 $0.3\text{t}\sim 3\text{tCO}_2/\text{ha}$ の抑制効果となる。このうち、効果が大きく現れた水田は、排水改良前の排水条件が特に悪く、しかも有機物の投入量も多い場合と考えられる。

排水改良を実現するためには、多くの場合、暗渠のみならず地域の水位を下げる必要がある。低平地ではこれを実現するために機械排水が行われている。排水に必要な電力投入は、地盤が海面下にあるようなもともと排水条件が厳しい地域では $1,000\text{kW}/\text{ha}$ を超える場合もある(吉田 2012)。これを二酸化炭素換算すると約 0.5tCO_2 となる。すなわち、メタン排出が起こりやすい条件の水田では、排水改良によるメタン排出抑制効果は排水用電力による温暖化促進効果より一桁大きく、温暖化対策として一定の意味をもつ。一方で、有機物の投入方法や湛水方法などにより、排水改良前のメタン発生水準がベースラインより低い水準にあれば、排水改良がメタン放出抑制に及ぼす効果の大半は排水用電力投入と相殺されて

		流量 (m ³ /s)	揚程 (m)
開水路区間の起点の揚水機場	更新前	14.47	22.5
	事業後	14.47	23.0
改修により管水路化された区間の起点の揚水機場	更新前	11.70	22.0
	事業後	11.70	44.0

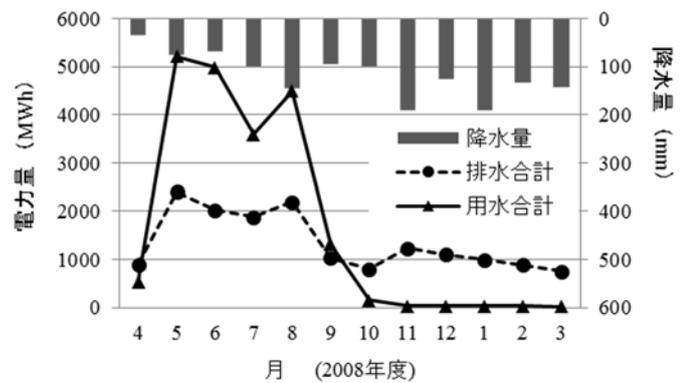


図1 灌漑用電力と排水用電力の月別推移と降水量

しまう可能性もある。すなわち、排水改良により水田のメタン排出が抑制されるというところのみで、過度に排水路水位を下げることは、排水性の改善に必ずしもつながらないばかりか、電気料金や生態系にも影響し、正味の温暖化ガスの抑制にもさほどつながらないという可能性があることに注意が必要である。機械排水を行う場合には必要な水準やその多面的な効果を定量的に検討する必要があるといえる。

現在、土地改良におけるエネルギー面での地球温暖化対策は、クリーン電力の導入に傾斜しているが、上記のような電力消費の面や景観（*詳細を記さないが、例えば太陽光発電施設の増加が農村の景観に大きな影響を及ぼしつつあることを指摘したい）にも積極的に目を向け、技術の方向性を探る必要があるように思う。そのためには、新エネルギー産業に傾斜した地球温暖化対策という枠組みだけではなく、より考え方が近い「環境配慮」というメニューの中で、温暖化の抑制に資する工夫について総合的に検討する仕組みが必要と思われる。

引用文献

IPCC, 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use pp.5.49.

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>.

農林水産省, 2002, 農業農村整備事業における環境との調和への配慮の基本方針について, 農村振興局長通知, 13 農振第 2784 号別紙.

農林水産省, 2005, 環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針.

食料・農業・農村政策審議会, 2006, 農業農村整備事業における景観配慮の手引き, 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会 技術小委員会.

Shiratori, Y, Watanabe, H., Furukawa, Y., Tsuruta, H. and Inubushi, K., 2007, Effectiveness of a subsurface drainage system in poorly drained paddy fields on reduction of methane emissions, *Soil Science and Plant Nutrition*, 53, 387-400.

塚本康貴, 北川巖, 2014, 水田への疎水材暗渠の整備による温室効果ガス排出抑制の効果, *水土の知*, 82, 629-632.

八木一行, 1992, 講座: 土壌生態系のガス代謝と地球環境 2, 水田からのメタン発生, *日本土壌肥科学雑誌* 62, 556-562.

吉田修一郎, 2011, 低平地水田におけるかんがい排水用エネルギー投入の実態分析, *農土論集*, 275, 41-49.

【講演者略歴】

吉 田 修 一 郎

所属：東京大学 大学院農学生命科学研究科

職名：准教授

1966年 神奈川県横浜市生まれ

1993年 東京大学大学院農学系研究科終了

1993年 農林水産省北陸農業試験場

(独) 農業食品作業技術総合研究機構中央農業総合研究センター 主任研究員

(独) 農業食品産業技術総合研究機構本部 主任研究員 を経て

2010年 東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物・環境工学専攻 准教授

現在に至る

2016年熊本地震に伴う農地・農業用施設等の被害 —海溝型巨大地震災害との比較視点から—

農研機構 農村工学研究部門 災害対策調整室長
鈴木 尚登

2011年東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)に伴う農地・農業用施設被害について、推計震度と被災密度(市町村別被災額を耕地面積で除した指数)を用いて、大きな震度が被害増大の誘引となったことを確認した。2016年4月に2回の最大震度7を記録した熊本地震について、同じ手法で震度-被災密度の比較分析を行い、海溝型地震と内陸型地震に伴うそれぞれの被災特性が明らかになった。近い将来、高い確率で発生が予測される南海トラフ地震に対して、どのような防災・減災対策が農業・農村分野で必要かを提案した。

(キーワード:地震災害、農地・農業用施設被害、推計震度、被災密度、防災・減災対策)

1. はじめに

農研機構は災害対策基本法の指定公共機関として、大規模な自然災害時に被災地において二次災害防止及び迅速な復旧・復興に向けた技術支援を行っている。特に甚大な災害時には本機構内に災害対策支援本部を立ち上げ、組織全体が一丸となって技術支援に取り組んでいる。2016年4月の熊本地震では、農研機構(独法農業工学研究所時を含む)として2004年新潟県中越地震、2011年東日本大震災に次いで三度目の支援本部設置となった。筆者は直近の二つ本部設置地震災害を総括する立場から、地震発生に伴い気象庁が発表する推計震度と市町村毎の被災密度(被害総額を当該耕地面積で除した係数)の関係から、大規模地震災害時の農地・農業用施設等被害に関する被害想定手法開発を行って来た。本稿では、熊本地震(内陸型)と東北地方太平洋沖地震(海溝型)に伴う被害事例を比較し、被災形態や被災密度の違いから、近い将来に発生が予想される南海トラフ地震災害において、農業・農村分野において、どのような防災・減災対策が必要かを考察した。

2. 二つの地震災害比較

(1) 地震の特性

1) 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)

平成23年3月11日14時46分01秒、三陸沖、牡鹿半島の東南東130km付近、深さ24kmを震源とするMw9.0の地震が発生、「東北地方太平洋沖地震」と命名された。この地震は、海溝型で、規模は国内観測史上最大、20世紀以降では世界で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、東日本を中心に日本列島全体が大きく揺れた(図-1)。地震により最大遡上高40.5mの津波が発生し、震源域に近い東日本太平洋沿岸部で表

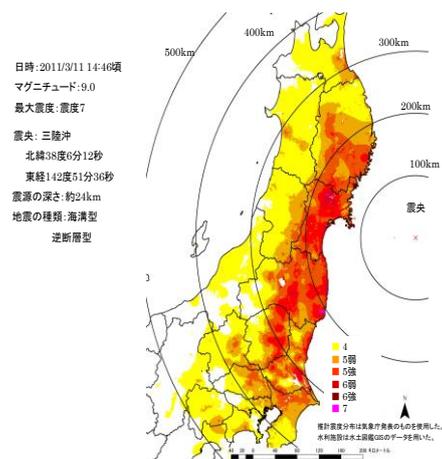


図-1 東北地方太平洋沖地震の推計震度分布

- 1の通り、約 56,000ha が浸水し、農地では約 23,000ha が冠水、深刻な塩害と排水機能麻痺を引き起した。さらに液状化現象、地盤沈下などによって、東北及び関東の広大な範囲の沿岸部の農業インフラに甚大な被災が発生した。この未曾有の津波被災に加えて、内陸部でも強震動によって農業水利施設に甚大な被災が生じた。特に農業用ため池、ダム、パイプラインなど基幹施設の被災が大きく、福島県須賀川市の藤沼湖では決壊・氾濫で 8 名の死者・行方不明者を出す人命災害となった。

表-1 津波による浸水被害

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

(農林水産省,3/29)

2)熊本地震

2016年4月14日21時26分、熊本県熊本地方を震央に、震源の深さ11km、マグニチュード(M_j)6.5の地震(前震)が発生し、益城町で震度7を観測した。その28時間後の16日の1時25分、同地域を震央に、震源の深さ12km、M_j7.3の地震(本震)が発生し、西原村と益城町で震度7を観測した。熊本地震は、2011年東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)が海溝型地震に対し、内陸型(活断層型)地震であり、14日が日奈久断層帯北端部、16日未明が布田川断層帯の隣接する二つの断層帯活動の連動型地震とみられ、2回の最大震度7の他、最大震度6強が2回、同6弱が3回発生し、一連の地震回数(M_j3.5以上)でも内陸型地震では1995年以降で最多を記録している。本震のメカニズムは、南北方向に張力軸を持つ、右横ずれ断層型の内陸地殻内地震であり、北東-西南方向に伸びる震源断層を持つと推定され、今回の地震で動いた断層の範囲は、東側は阿蘇山のカルデラまで達していた。地表地震断層としては、布田川断層帯沿いで長さ28km、日奈久断層帯沿いで長さ6kmが発見され、益城町での地表断層のずれは、水平方向に約2m食い違っている状況が確認された。

図-2上の(a)が14日の前震、下の(b)が16日の本震の推計震度分布である。因みに、九州7県のため池DB搭載数は約15,400個で、うち震度4以上で(a)の前震が約2,500個(16%)、(b)の本震が10,500個(65%)であった。

熊本地震に伴い、死者50人(直接死)、負傷者1,684人(8月14日現在)、16日未明の地震後、避難者は最多で18万人を超える等の人的被害が発生した。また、住宅の被害は、全壊8,336棟、半壊26,333棟、一部破損126,289棟

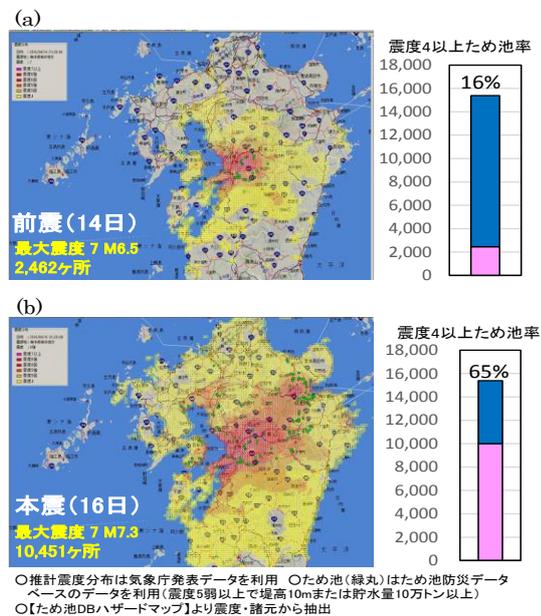


図-2 熊本地震の震度分布とため池数

(消防庁発表 7月19日時点)、公共建物、各種交通社会インフラへの被害や電気・ガス・水道等のライフラインにも大きな影響が生じた。特に一回目では倒壊を免れた家屋が、二回目の最大震度7の本震で多数の倒壊した事例から、建築分野では耐震基準の見直しが議論されている。

(2) 農地・農業用施設等被害の比較

1) 被災規模

熊本地震に伴う農地・農業用施設等被害を過去の大規模地震時の県別被害と比較したのが、表-2と図-3である。今次震災の熊本県被害総額703億円(6月22日時点)は、新潟県中越地震時の被害額超に止まらず、東日本大震災(以下、「東日本」という)時に最大となった福島県内地震動被害を凌ぐものとなった。

表-2 大規模災害時の被害額比較

震災名	発年月日	地震規模、最大震度	被害額(億円)	備考(被災県及び被害額(億円))
東日本	2011.3	M9.0 7	7,781	2012.7.5現在 農村生活関連区分を除く
新潟県中越	2004.10	M6.8 7	689	新潟県689 福島県 静岡県
阪神・淡路	1995.1	M7.3 7	257	兵庫県246 岡山県5 大阪府2 京都府3 他8県
鳥取西部	2000.10	M7.3 6強	71	鳥取県60 島根県9 広島県0.6 岡山県0.4
岩手宮城内陸地	2008.6	M7.2 6強	52	宮城30 岩手県22 青森県0.5 秋田県0.4 山形県0.1
能登半島	2007.3	M6.9 6強	47	石川県46 富山県0.6 他1県
新潟県中越沖	2007.7	M6.8 6強	36	新潟県33 石川県2 長野県0.3 他1県
熊本	2016.04	M7.3 7	701	熊本県(6/22時点)

(農林水産省HP)

2) 被災密度分布

自然災害に伴う農地・農業用施設等(以下、「農業インフラ」という)の被害額は、市町村毎に集計・報告され、一般にその規模(耕地面積等)に応じてその額が大きくなる。そこで被災度を比較するため、市町村毎の被害総額(円)を当該市町村の耕地面積(ha)で除して被災密度(円/ha)と定義して、図-4に大震災(a)と熊本地震(c)の被災密度分布を示した。(a)の被災密度分布から、東日本太平洋沿岸部の農業インフラに大きな津波被害が生じただけでなく、福島県の内陸部でも強い地震動に伴う大きな被災密度が見られる。さらに震度5弱から震度4エリアにおいても低い密度ながら被害が生じている。

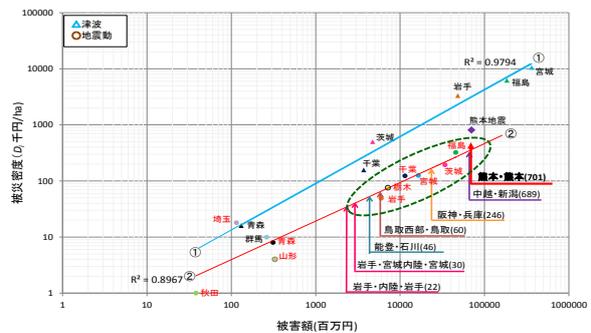


図-3 過去の震災の県別被災密度との比較

一方、(c)では布田川断層帯沿い(b)に被災密度の高い市町村が見られ、震度6弱以上のエリアでも、断層帯との近接度合いによって被災密度に大きな差が生じていた。さらには、広範なエリアで震度5弱から震度4となったが、被災密度ゼロの市町村が殆どであった。

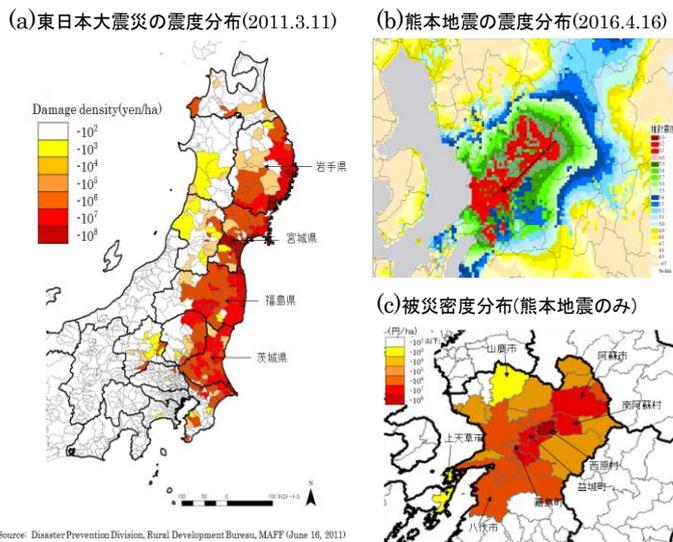


図-4 東日本大震災と熊本地震の被災密度分布

広範なエリアに被災市町村が発生した大震災とは異なり、熊本地震ではより強震度のエリア、即ち断層帯に隣接した市町村に被災が集中していた。

3) 工種別被災規模

図-5では、東日本(平成23年6月16日集計)と熊本地震で災害形態と工種別被害規模の比較を行った。東日本の被害規模(額)は、津波83%、地震動17%の比率で、熊本の地震動被害の1.7倍であった(図(a))。東日本の工種別被害規模を比較すると、農地被害は津波によるものが98%で、被害全体の54%を占めていた(図(b))。図(c)の地震動被害比較では、熊本地震の農地被害が際立っており、東日本では、水路とその他(主に集排施設)が大きな割合を占めている。因みに、東日本(長野県及び新潟県を除く)被災11県(東北6県・関東5県)の内、地震動被災市町村数192に対し、熊本地震は熊本県内だけで27市町村であることから、内陸型地震被害が狭いエリアに集中しているかが分かる。

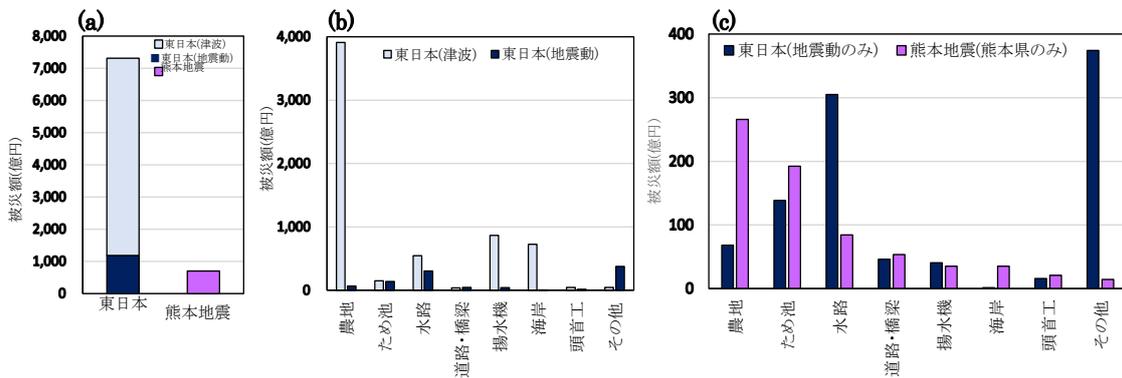


図-5 東日本大震災と熊本地震の工種別被害の比較

(3) 震度と被災密度の比較

1) 震度と被災規模

気象庁の推計震度分布は、最大震度5弱以上の地震時に、推計震度が3.5(震度4)以上の1kmメッシュに表示される。東日本では震度4以上が熊本地震の約4倍であったが(図-6)、全体的被災規模は1.7倍(図-5(a))であった。震度6強以上では、熊本地震が東日本の3分の1の面積で、加えて本震時に2箇所の震度7観測値が推計震度に反映されていない等、震度6クラスの揺れが被害増大の誘引になったと考えられる。

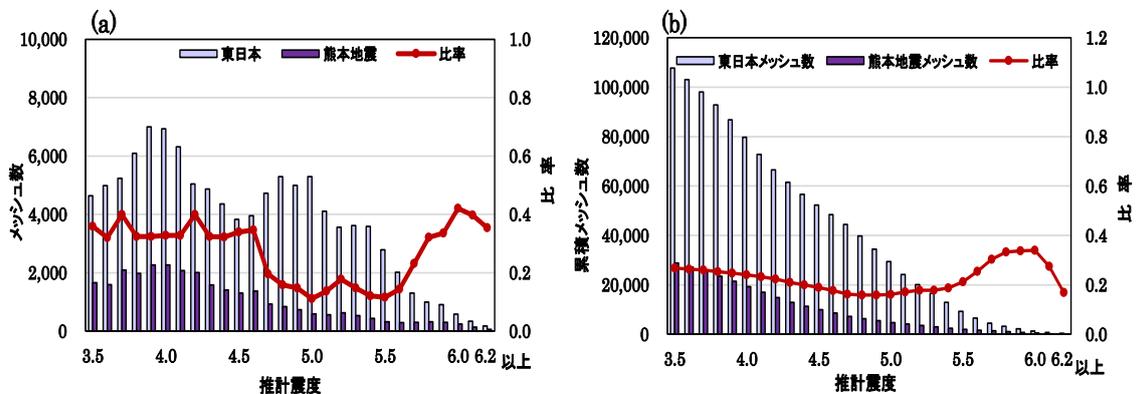


図-6 東日本大震災と熊本地震の推計震度別メッシュ数の比較

2) 市町村別平均推計震度と被災密度

図-7 は、市町村別の平均推計震度と被災密度の関係を東日本の津波及び地震動と熊本地震を区分してプロットしたものである。熊本地震の被災密度は、津波被災には及ばないものの、地震動被害としては全体的に大きくなっている。但し、西原村では東日本の津波被災市町村と同レベルの激甚被害が生じていた。

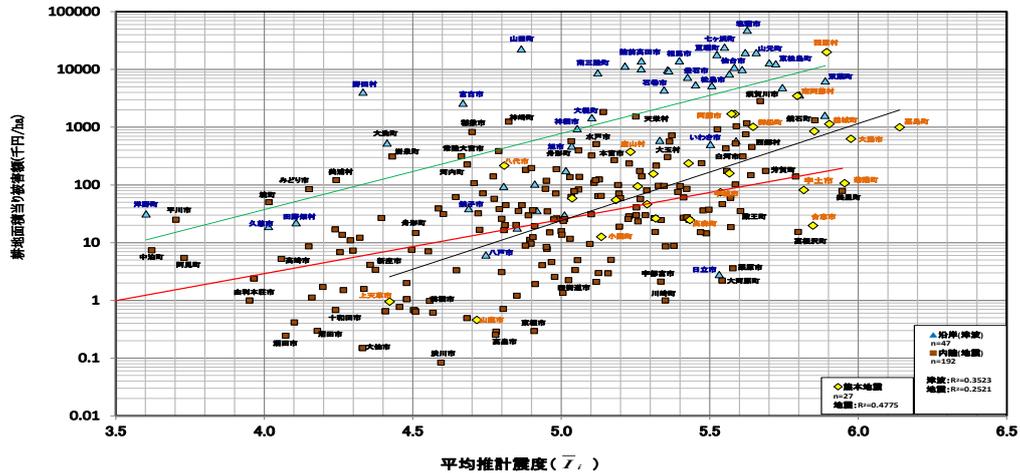


図-7 市町村別震度と被災密度(東日本大震災と熊本地震)

3) 震度と被災密度の県別比較

図-8には、東日本で地震動被害の大きい福島・宮城・茨城・岩手の4県と熊本地震の市町村毎の被災密度を県別に色分けプロットした図(a)と、県毎に工種別被災密度を比較した図(b)を示した。東日本の最大震度7は震央に最も近い宮城県内で観測され、同県内の市町村平均震度も大きい。全体の被災密度は震度が比較的小さい茨城県より低くなっている。また、岩手県は茨城県内と同程度の震度ながら、被災密度は低い。一方、福島県は宮城県内より若干小さいが、被災密度は東日本中で最も高く、近似線は熊本地震に最も類似的である。

図(b)の県全体の工種別被災密度でも熊本県内の方が高く、福島県、茨城県がそれに次いでいる。工種別被災密度で熊本地震を上回るのは、その他(集排施設)であった(図-5(c))。

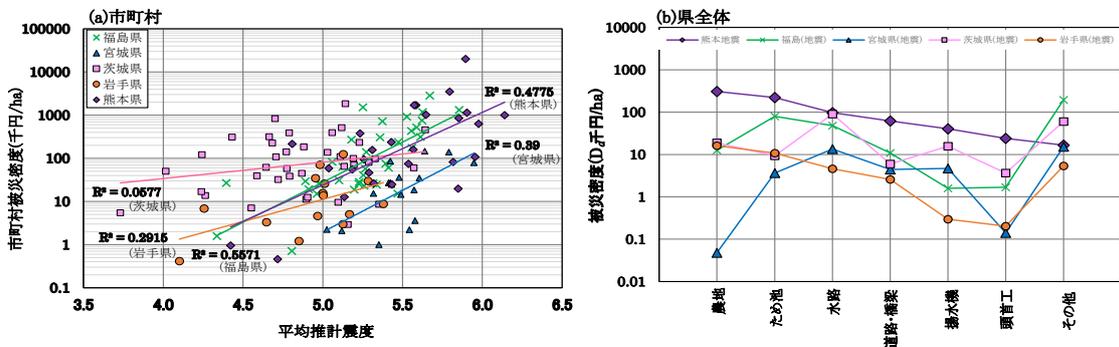


図-8 県(市町村)別震度と工種別被災密度

(4) 震度と工種別被災密度

1) 熊本地震の被災市町村・工種別被災密度

図-9は、熊本県内被災市町村の平均推計震度と工種別被災密度の関係をプロットし、各々近似線と決定係数を示した。工種別被災密度は農地、水路、ため池、頭首工の順に大きく、全体として震度が高いほどその密度が大きくなる。また、決定係数は、強い震度にも拘わらず、被災密度がゼロ(但し、図上は0.1で表示)が大きい程、小さくなる。

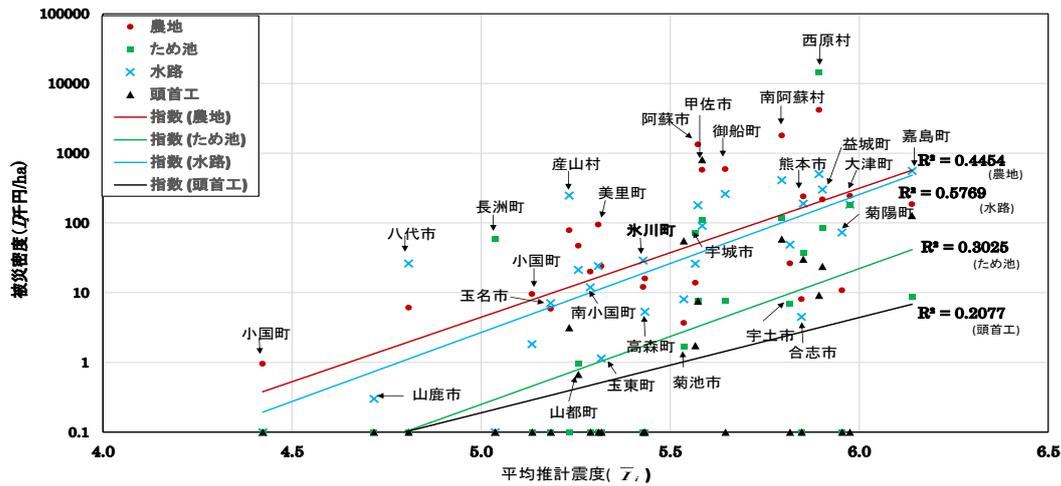


図-9 市町村別震度と工種別被災密度

2) 工種別の震度と被災密度

図-10は、図-9のプロットに東日本の図-8の被災4県の市町村別平均震度と各市町村の工種別被災密度を重ね合わせ、各々の近似線と決定係数を示した。工種別被災密度の近似線は、水路と農地のラインが逆転し、全体的に傾きが緩くなり相関性が小さくなっている。一方、ため池と頭首工では、近似線の傾きに大きな変化は見られず、震度と被災密度の関係性が確認された。また、被災密度は各工種とも熊本地震の方が全般的に高くなっているが、小さい震度では全般的に東日本の被災密度の方が大きくなっている。

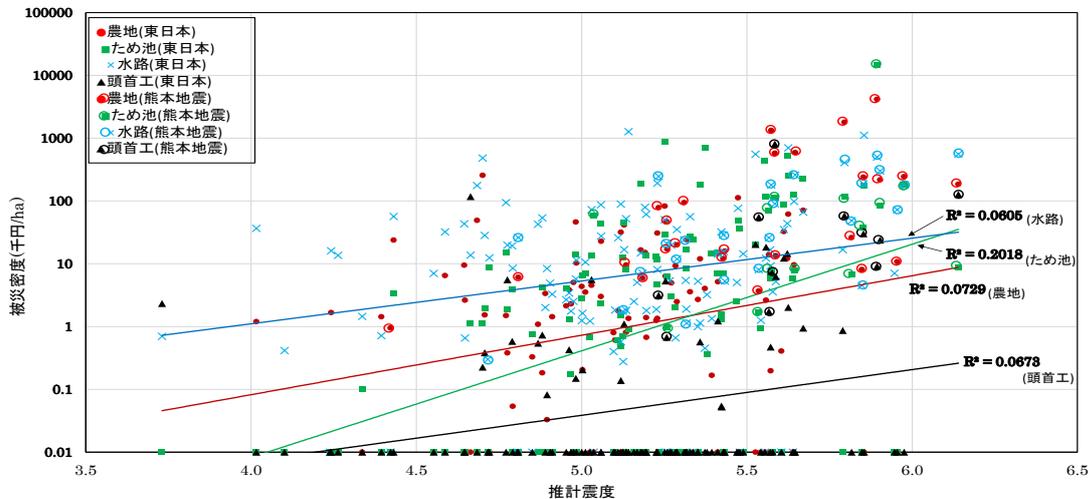


図-10 震度と工種別被災密度

3) 工種別の震度と被害密度比較

図-11は、図-10のプロットを工種毎に分け、県単位に色分けして図化した。

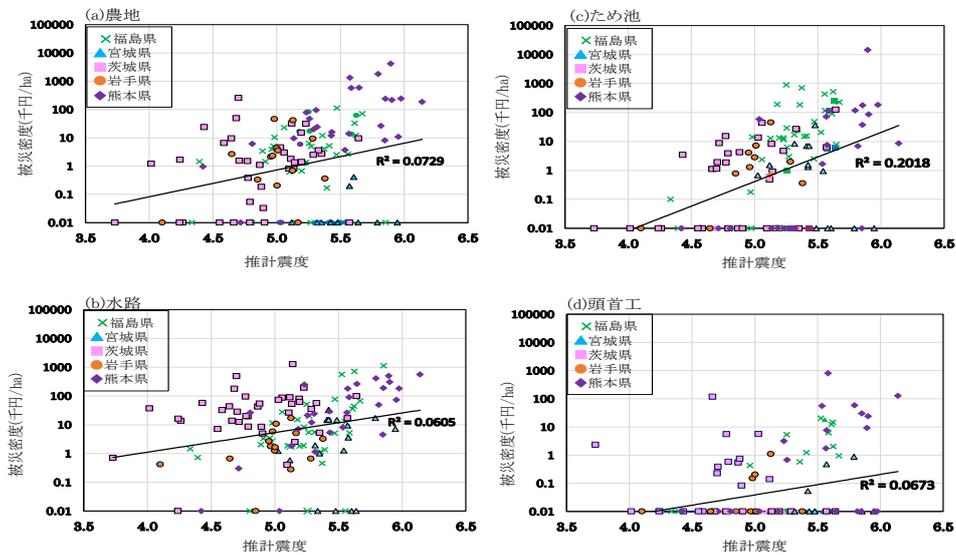


図-11 工種別被災密度

(5) 工種別の被災形態の比較

1) 農地

写真-1は、農地被害を左側が東日本、右側を熊本地震で比較した。(b)の白丸部分では液状化に伴う填砂、(d)は横ずれに伴う区画断裂が見られる。写真にはないが、東日本の福島県南部では、水田の耕盤部亀裂発生が報告されたが、(d)の隣水田では冠水が可能であった。



写真-1 農地被害の比較

2) 揚水機場

写真 - 2 は、揚水機場被害の比較であるが、東日本では液状化に伴う被害が多数見られた。



写真-2 揚水機場被害の比較

3) 水路・農道

写真 - 3 は、水路及び農道被害の比較であるが、(b)の農道被害は地下に農業用水パイプラインが敷設されており、集落排水の埋設管やマンホールの液状化に伴い多数損傷した。(c)及び(d)は、亀裂発生に伴う被害である。

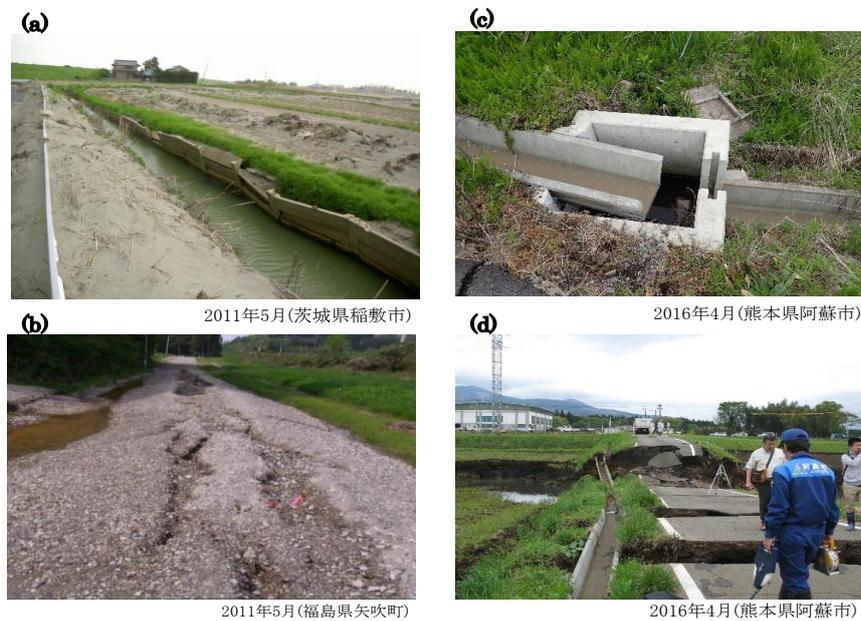


写真-3 水路と農道被害の比較

3. 海溝型地震と内陸型地震

(1) マグニチュードと断層面・震源域

地震の規模を示すマグニチュード(M)が、M7とM9では発生するエネルギー量で1,000倍となる。モーメント・マグニチュード(M_w)9.0の東日本では、東西に200km、南北に600kmの広大な震源域が発生し、巨大津波と強い地震動を陸域に及ぼした。

(2) 計測震度と推計震度

現在、気象庁が地震時に発表する震度は、器械で計測されたもので、嘗て体感による震度に適合する周波数を増幅するようフィルター処理された加速度に基づき、(式-1)より求められる。なお、フィルター処理された3成分加速度は、ベクトル合成され、10秒毎に区分された合計時間0.3秒以上を満たす加速度が同式のaとなる。

$$I = 2 \log a + 0.94 \quad (\text{式 - 1})$$

また、推計震度は、全国4,300箇所余りの計測震度に基づき、1kmメッシュ毎に推計される。

(3) 海溝型地震と強震動生成域

東日本では広大な震源域の中で強震動生成域が、SMGA1~4の順で陸地に大きな地震動を発生させた(図-12(a))。そのため、宮城県と福島県内では異なる時刻に異なる長さの地震動が発生している(同図(b)・(c))。

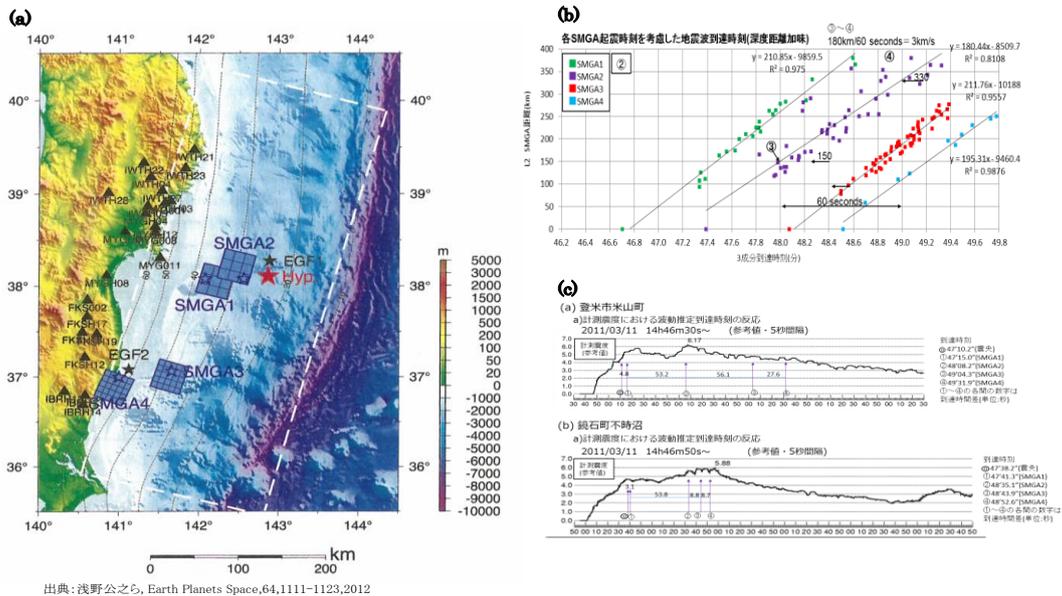


図-12 東北地方太平洋沖地震の強震動生成域(SMGA)と強震波の伝播

(4) 最大加速度地震波の方向性

東日本では、震央から約250km離れた福島県中南地方で被災ため池が集中し、そこでは震央方向と被害に関連があることが確認された。これは強震動生成域から時空間関係から、陸域で大きな地震動の集中域が生じることを示唆している。

4. 南海トラフ地震に備えて

(1) 想定災害と復興要因

南海トラフ地震では、Mw9.1と東日本の1.4倍の地震外力で、その被害額は10数倍、津波の浸水面積は1.8倍と想定されている。人口減少時代に入り「被災社会システムの活力」が低下する日本国にとって、これに備える防災・減災対策は、災害復興に向けた国家的な課題である。

(2) 想定される地震災害規模の考え方

中央防災会議が出した南海トラフ地震が、基本ケースと陸域ケースで災害想定が大きく異なる。地震発生時は、東日本の震央や強震動生成域の時刻や場所によって、被害程度や集中度合いに大きな差異が生じる。人口減少社会では「災害規模に応じた」環境社会システムからの適切な援助量の投入が、復旧・復興促進の鍵となる。そのため、発災直後に被災地毎の被災レベルを俯瞰可能な災害想定が不可欠の備えとなる。

(3) 都市防災と農村防災

南海トラフ地震の想定死者数は最大約 32 万人、首都直下地震では最大約 2 万人とされ、発災直後の最大被災難民数は数百万から数千万人に及ぶと考えられる。関東大震災や終戦後の復旧・復興期に、多くの都市住民が農村地域で避難生活を送った。強靱な国土形成における農村の役割は、食料の安定供給基地だけでなく、大災害時の応急避難基地としても社会基盤が維持される必要がある。都市と農村の防災は、「共生・共助力」の観点から再考する必要がある。

(4) 巨大地震災害に備えて

東日本の教訓は、「現状への復旧ではなく、未来を見据えた復興への備え」である。即ち、農村地域の農家の高齢化や人口減少傾向を踏まえ、大規模災害後の農地・農業用施設をどのような形態で存続させるかを現段階からデザインし、地域の合意形成を進めることが必要となる。その際、津波や地震動被害を極力減災するハード・ソフト整備や復旧技術開発を併せて取り組むことも忘れてはならない。一方、これらは効果・コスト面で都市サイドの理解は不可欠であり、あらゆる局面で国土強靱化に農村防災の有効性を広報することが肝要である。

5. まとめ

本稿では、2011 年東日本大震災と本年 4 月の熊本地震による農業インフラ被害について、推計震度を用いて比較考察することで、農村地域の防災・減災に向けた事前の備えが重要であることを論じた。言うまでもなく、地震災害は震源の位置、規模によって被災形態が大きく左右され、農地や施設工種によっても被災レベルに差異があることが分かった。今後、農業農村分野で自然災害毎に科学的に被災データや教訓を積み重ね、広範な学術連携を図りつつ、「防災」をキーワードに農村地域の防災・減災力の向上が展開されることを強く期待する。

<参考文献>

- 1) 鈴木尚登: 農業用ため池の地震動による被災要因に関する研究—2011 年東北地方太平洋沖地震を事例として—, 農村工学研究所所報, 54,73-155(2015)
- 2) 鈴木尚登: 農村防災と強靱な国のかたち, 農業農村学会誌 84(4)pp1-2(2016)
- 3) 鈴木尚登: 熊本地震における農業・農村の被害と対策, 日本学術会議主催公開シンポジウム「熊本地震・三ヶ月報告会」(2016)
- 4) 鈴木尚登: 2016 年熊本地震に伴う農業インフラ被害と防災研究連携, JATAFF ジャーナル, 11 月号(2016)(掲載予定)

【講演者略歴】

鈴木 尚 登 (すずき ひさと)

所属: 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 企画管理部

職名: 災害対策調整室長

1956年 長崎県長崎市生まれ

1980年 東京農工大学 農学部卒業

2015年 東京農工大学 博士(農学)課程修了

主な職歴:

- ・1980年4月: 農林水産省入省(構造改善局建設部水利課国営一班 配属)
- ・1990年9月: 農林水産省北陸農政局西蒲原農業水利事務所調査設計課長
- ・1993年8月: 水資源開発公団第一工務部設計課副参事
- ・1998年6月: 中華人民共和国水利部灌漑排水研究センター(JICA 派遣専門家)
- ・2001年6月: 農林水産省中国四国農政局整備部農地整備課長
- ・2005年4月: 農林水産省近畿農政局巨椋池農地防災事業所長
- ・2007年4月: 農林水産省中国四国農政局中海干拓建設事業所長
- ・2008年11月: エチオピア国農業開発省政策アドバイザー(JICA 派遣専門家)
- ・2011年4月: 農研機構農村工学研究所企画管理部防災研究調整役
- ・2016年4月: 現在に至る

災害の世紀の農業継続戦略を考える

徳島大学大学院理工学研究部

教授 中野 晋

徳島大学環境防災研究センター センター長（兼任）

1. はじめに

2016年4月、最大震度7を2度記録した熊本地震が発生した。この地震では熊本県益城町を中心として熊本県内で死者98名、全半壊家屋約3.8万棟を記録したほか、農地や農業施設も深刻な被害を受けた（写真1）¹⁾。

Mw8.0以上の地震は一般に巨大地震と呼ばれる。米国地理調査所（USGS）の地震統計²⁾によると、図1で示すようにMw8.0以上の巨大地震は過去100年間で84回（1.2年に1回）発生している。津波で23万人以上の犠牲者を出したスマトラ沖地震（Mw9.1、2004年12月）以後の12年間を見ると巨大地震は18回（0.67年に1回）と頻発している。

世界で発生する地震の1割が発生すると言われる地震国日本では2011年の東北地方太平洋沖地震以降、地震や火山の活動が活発となっ

り、毎日のように災害に関するニュースが飛び込んでくる。そうした中で最も気懸りなことは近い将来に発生が確実視される南海トラフ地震である。南海トラフ地震には種々の顔があり、地震規模によって被害程度は大きく変わるとは言え、仮に安政南海地震と同程度のMw8.4と見積もったとしても、東日本大震災と同様の広域巨大災害となることは確実である。

地震に加えて、豪雨災害も年々私たちの生活を脅かしている。今年9月に東北・北海道を襲った台風第10号は強い勢力を保ったまま、東北地方の太平洋岸から直接上陸し、北日本各地で猛威を奮い、岩手県内だけでも死者20名、行方不明4名の甚大な被害をもたらした³⁾。また、昨年も2015年関東・東北豪雨により、鬼怒川沿いの常総市では市域の約1/3が浸水するほどの被害を受けている。毎年発生する豪雨には地球温暖化が少なからず影響していると考えられ、今後も被害の深刻化が懸念される。

このような状況から今世紀は災害の世紀としばしば呼ばれる⁴⁾。目前に迫る巨大災害に備え、



写真1 熊本地震における農地被害の事例（阿蘇市赤水）
（2016年6月18日撮影）

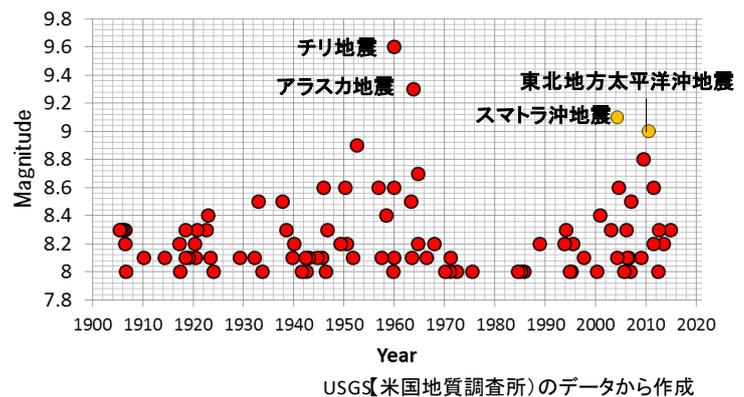


図1 1900年以降の巨大地震の発生状況

今できることを着実に実践しておくことが災害の世紀を生き残るために求められている。10年ほど前から企業防災の分野で事業継続計画（BCP）が定着し始めている。残念ながら、巨大災害から逃れる手立ては存在しないが、事前準備で被害を最小化するためには有効な方法として、企業、自治体、医療機関と拡がりつつある。

さらに東日本大震災以降は、農業や水産業の回復なしには地域復興は成立しないことから農業分野や水産分野でも BCP への取組が始まっている。本稿では身近に迫る巨大災害リスクとこれに打ち勝つために必要な農業継続戦略とは何かについて考えてみたい。

2. 事業継続計画（BCP）とは

わが国における事業継続計画事情について確認しておく。さて、日本の防災分野の最上位の計画は中央防災会議が策定する防災基本計画である。この防災基本計画に BCP が記述されたのは平成 17 年版の防災基本計画が最初である。震災対策編の災害予防の部分で、災害時の企業が果たすべき役割として、「生命の安全確保」「二次災害の防止」「社会貢献・地域との共生」に加えて「事業の継続」が初めて盛り込まれた。災害が起こった際、自社の事業活動を継続・維持することは、自社の利益だけでなく、雇用者や取引企業の被害軽減、さらに地域の速やかな災害復興に重要であるということで、「各企業において災害時に重要業務を継続するための事業継続計画（BCP）を策定するよう努める」と記述されている。

その後、内閣府から「事業継続ガイドライン第一版」⁵⁾が公表され、これ以降、全国各地で BCP 関連のセミナー、策定指導講座、専門家の派遣などが実施されたことに加え、東日本大震災などの災害が相次いだこともあり、大企業はもちろん、中小企業にも BCP は広がりつつある。

図 2 は改訂を重ねて公表されている「事業継続ガイドライン第三版」に示されている BCP の概念図である⁵⁾。縦軸は企業活動における操業度、横軸は時間を表す。危機事象として巨大地震を例に BCP の効果について考える。ほとんど地震対策を行っていない企業では地震で施設・設備、社員など操業に必要な資源を失い、操業度がゼロ近くまで低下する。その後、災害対応を行うものの、企業活動が一定程度回復するために長時間がかかり、その間に顧客、信頼などを失うだけでなく、自社の財務状況が悪化し、企業存続も困難になる可能性がある。一方、十分に地震対策や地震発生後の危機管理体制を整え、災害対応手順を決めて、教育訓練を実施している場合には、地震による被害を最小化して許容限界以上のレベルで操業を維持し、さらに早期に復旧することが可能となる。

このように BCP にはハード的なリスク対策を行うことで災害や事故が発生しても被害を最小化して、一定レベルの事業を継続させるための対策と応急・復旧体制を整えて、許容される時間内に必要な操業度レベルまで回復させるための対策をとりまとめたものであ

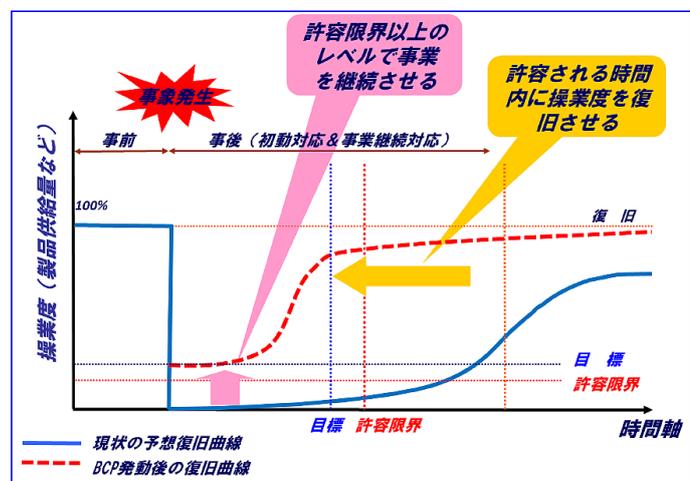


図 2 BCP の概念図⁵⁾

る。BCP を策定するとともに BCP に従って、リスク対策を進めるとともに、教育訓練を通して、自社の弱点を年々減らす努力が必須である。

3. 農業分野での事業継続計画

3. 1 農業版 BCP の普及状況

友正ら⁷⁾は東日本大震災以降の農業分野での BCP 策定動向について整理し、静岡県と徳島県で公表されている農業版 BCP の特徴について整理している。

静岡県では農業用水の供給を行っている土地改良区を対象として、東南海地震などの大規模地震を重大災害として位置づけた「静岡県土地改良施設維持管理事業継続モデルプラン」⁸⁾を公表し、土地改良区が管理している主に水利施設を対象にして事前の取組と災害の取組を整理するための指針を提示している。

また、徳島県の農業版 BCP⁹⁾では南海トラフ地震を対象にして、震度 6 強以上の揺れ、地盤沈下、津波による浸水などの被害発生を想定し、徳島県の農業関係部局が市町村や農業団体と連携して、被害状況把握、災害復旧、そして早期営農再開を果たすための取組について整理している。静岡県が土地改良区を対象にしているに対して、農業関係部局を対象とした BCP となっている。その上で別冊として土地改良区向けの BCP マニュアル¹⁰⁾、津波による塩害からの営農再開マニュアル¹¹⁾も公表している。徳島県の公表した土地改良区向けの BCP マニュアルは静岡県のマニュアルを徳島県の地域特性に合わせて修正されている。一方、塩害からの営農再開マニュアルは宮城県の事例を参考にしながら、水稻、れんこん、にんじん等栽培対象品目ごとに徳島県農林水産総合技術支援センターにおいて耐塩性実験を行い、各品目の除塩目標が設定されている。

この 2 県の他、三重県¹²⁾と農林水産省農村振興局から 2016 年 3 月に農業版 BCP を公表している。三重県は主に県の農林部局における応急業務と復旧・復興業務について検討したもので(図 3)、過去最大クラス(L1)の南海トラフ地震を対象自然災害に選定し、農地や農業施設の被害想定を実施している。その上で被災から営農再開までのフローを整理している。浸水農地における除塩方法もまとめており、徳島県の内容と似た構成となっている。

一方、農村振興局からは土地改良施設管理者向けの BCP 策定マニュアルが公表されている。

農業版 BCP では土地改良区などの農業関係団体を対象とするものと行政の農業関係部局を対象とするものが公表されている。災害時の早期営農再開のためには営農に関係する主要な組織がそれぞれ BCP を策定し、対策を実践する必要があ

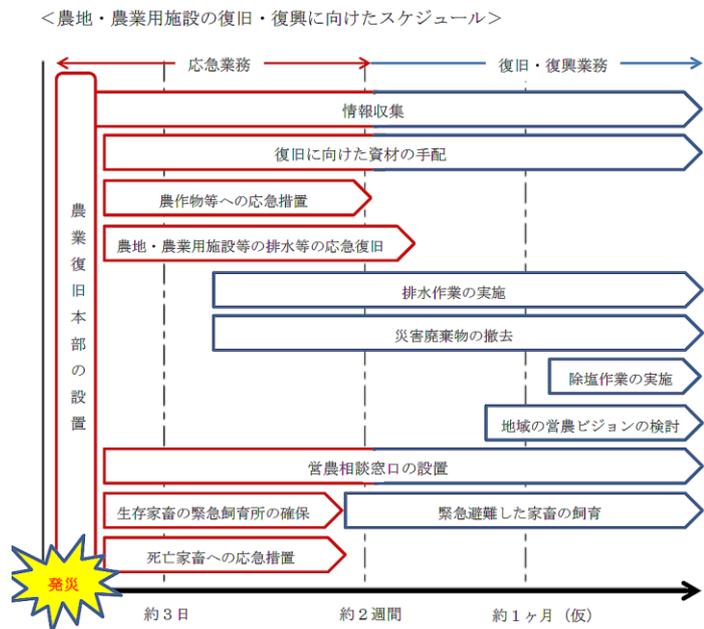


図 3 被災から営農再開までの行程¹²⁾

る。

3. 2 非常時優先業務⁹⁾

農業関係部局を対象とする場合、非常時優先業務は応急業務と継続の必要な通常業務の2つに分けられる。

(1) 応急業務

徳島県のBCPでは、農業用施設の被災状況調査、応急復旧を対象業務と選定されている。

被災状況調査では復旧対象施設の選定、被害の拡大及び余震・降雨等による二次災害の発生を防止するための応急復旧工事の選定を含む。

応急復旧は被災状況調査で緊急度がたと判断された施設の復旧を災害査定以前に実施するもので、「人命にかかわる二次災害防止工事」「地区の海水等の排水対策」などである。

(2) 継続の必要な通常業務

農地・農業用施設の復旧工事や津波浸水被害を受けた農地の除塩などを継続の必要な通常業務と位置付ける。これらは応急業務と並行して早期の営農再開を図るために実施される。

応急業務と継続の必要な通常業務の遂行イメージを図4に示す。

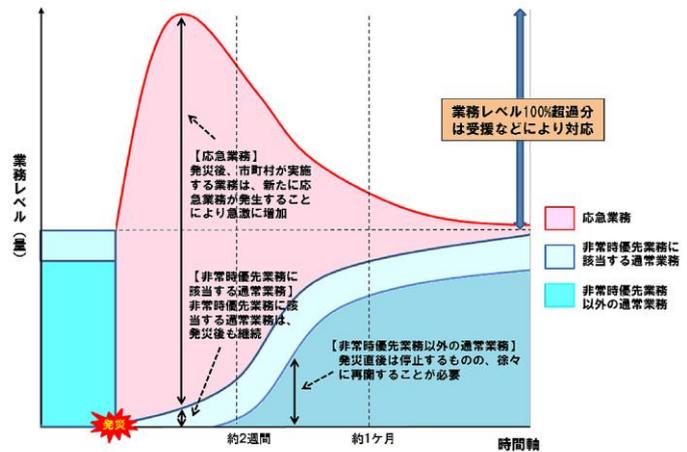


図4 応急業務と継続の必要な通常業務の関連¹³⁾

4. 早期の営農再開に向けた農業継続対策

4. 1 被災農地での営農再開が遅れる要因

東日本大震災から2年後に行われた東北3県の農業経営体の経営再開状況調査¹⁴⁾によると、被害のあった農業企業体の営農再開は平成25年3月11日現在で、岩手県97%、宮城県65%、福島県59%となっている。営農ができない理由では表1の通り、岩手県、宮城県では「耕地や施設が使用できない」がほとんどで、このほかは「生活拠点が定まらない」「農機具が確保できない」「営農資金に不安がある」が挙げられている。「耕地や施設が使用できない」、「生活拠点が定まら

表1 営農を再開できない理由（平成25年3月11日現在、農林水産省調査）¹⁴⁾

	営農を再開できない理由(複数回答)						
	生活拠点が定まらない(原発事故の影響による場合を除く)	耕地や施設が使用(耕作)できない(原発事故の影響による場合を除く)	農機具が確保できない	農業労働力が足りない	営農資金に不安がある	原発事故の影響	その他(病気やケガ)
3県計	9.3	21.9	11.2	1.9	8.3	80.4	0.2
岩手県	63.6	97.4	37.9	-	38.9	-	-
宮城県	37.7	95.5	52.3	7.2	38.2	-	1.2
福島県	2.9	7.5	3.6	1.1	2.4	96.2	-

ない」は深刻な津波浸水被害を受けた地区では生産基盤の復旧や防災集団移転事業が遅れて、農地や住宅地の復旧が進んでいないことを示唆している。一方、「農機具が確保できない」「営農資

金に不安がある」では地震・津波による直接被害に加えて、営農再開が遅れたことによる資金不足や二重ローンなどの影響が考えられる。災害時の早期営農再開のためには遅れの要因となる課題を BCP でいかに改善しておくかがカギとなる。

4. 2 災害時の早期営農再開に向けた継続戦略

生産基盤の復旧を速やかに行うための事前対策として重要なものを挙げると以下のようなものがある⁹⁾。

(1) 地籍調査の推進

阪神・淡路大震災を始め、これまでの主な災害で地籍調査未実施地区では地権者による境界確定に時間と経費がかかり、復旧事業の足かせになることがしばしば指摘されている。東日本大震災では地籍調査が完了していたため、津波被害からの復旧・復興が迅速に行われた事例（山田町小谷鳥地区）も報告されている¹⁵⁾。農用地の境界や権利関係が再現できないと復旧工事着手が遅れる恐れがあるため、農用地の境界や所有者などの現状を明確にする地籍調査を速やかに進める必要がある。

(2) 農業用施設の設計図書・台帳の整備とバックアップ

早期に原型復旧を行うために水利施設などの農業用施設の設計図書、完成図書、台帳などの整備を行う。さらに完成図書を中心に電子化を図り、災害時にもデータを失わないようバックアップを定期的にとれる体制を整える。

(3) 関係団体の BCP 策定支援

土地改良区など農業用施設の管理を行っている団体に対して、BCP 策定の指導や支援を行う。

(4) 復旧工事業者の確保と育成

応急復旧から本格的な復旧工事までを迅速に進められるよう復旧工事業者との協定を締結する他、建設業 BCP の普及啓発に努めることも重要である。

(5) 受援体制の構築

東日本大震災や熊本地震でも他の自治体からの応援職員は災害査定業務、復旧工事の設計業務など幅広い業務を担当している。こうした応援職員が着任直後から業務を開始できるよう被災前の農業用施設の写真や設計図面などを整理した台帳を整備するなど、応援職員の能力を最大限活用できるための体制を検討する。

(6) 津波・塩害からの営農再開マニュアルの整備

津波や地盤沈下に伴う海水の流入で塩害が発生した場合を考えて、栽培品種ごとの除塩作業も含めた営農再開マニュアルの整備を行う。

(7) BCP に基づく教育・訓練の実施と見直し

災害時に速やかに農業再開するためには災害復旧にあたる職員全員が BCP に基づく教育・訓練を定期的に行い、常に見直しを図れる状況を作り出すことが重要である。

5. おわりに

熊本地震、北海道・東北豪雨などにより、今年も日本各地で農業被害が発生し、現在も災害復旧が行われている。被災農地の復旧に向けた取組を検証し、ここで得られた知恵と教訓を農業関係者で共有し、次に活かすことは極めて重要である。南海トラフ地震まで残された時間は限られており、今世紀最大の危機を乗り越えるために農業分野でも BCP による減災対策が進展すること

を祈念している。

参考文献

- 1)内閣府：熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について（9月14日18:30現在）
- 2)内閣府：平成28年台風第10号による被害状況等について（9月30日14:30現在）
- 3)USGS：Earthquake Lists, Maps, and Statistics, <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/>, (閲覧日：2016年10月1日)
- 4)たとえば広瀬弘忠：巨大災害の世紀を生き抜く，集英社新書，192p., 2011.
- 5)内閣府：事業継続ガイドライン第一版，32p., 2005.
- 6)内閣府：事業継続ガイドライン第三版，42p., 2013.
- 7)友正達美・坂田賢・内村求：地震・津波災害に備える農業BCPの策定動向と課題，H25農業農村工学会講演会講演要旨集，pp.106-107，2013.
- 8)静岡県：静岡県土地改良施設維持管理事業継続計画モデルプラン，2012.
- 9)徳島県：徳島県農業版業務継続計画，第3版，47p., 2015.
- 10)徳島県：徳島県土地改良区BCPマニュアル，39p., 2013.
- 11)徳島県：津波・塩害からの営農再開マニュアル，第3版，94p., 2015.
- 12)三重県：三重県農業版BCP～南海トラフ地震に伴う津波被害から早期に営農を再開するために～，48p., 2016.
- 13)内閣府：大規模災害発生時における地方公共団体の業務継続の手引き，80p., 2016.
- 14)農林水産省：東日本大震災による農業企業体の被災・経営再開状況（平成25年3月11日現在），2013.
- 15)岩手県：希望郷いわて農業・農村復興への歩み～3.11東日本大震災津波から3年～，第5章 復旧工事，2014.

【講演者略歴】

中 野 晋

所属：徳島大学理工学研究部社会基盤デザイン系防災科学分野

職名：教授

（徳島大学環境防災研究センター センター長 併任）

1955年 生まれ

1981年 京都大学大学院工学研究科修士課程 土木工学専攻 修了

学位：工学修士（京都大学），博士（工学）（京都大学）

京都大学大学院修了後，運輸省港湾技術研究所で6年間勤務した後，徳島大学へ転任。

工学部助手，同講師などを経て，現職。平成28年防災功労者防災担当大臣表彰受賞

専門分野は沿岸域工学，危機管理学，地域防災学

農地保全研究部会研究集会のあゆみ

開催日	テーマ	開催地（後援県）
第1回（昭和55年6月13日）	農地保全と水食	草津市（滋賀県）
第2回（昭和56年6月12日）	農地保全の諸問題	草津市（滋賀県）
第3回（昭和57年7月22日）	農地保全、その対策と研究	山口市（山口県）
第4回（昭和58年7月21日）	農業生産環境保全の課題とその対策	鳥取市（鳥取県）
第5回（昭和59年7月19日）	風土と農地保全	鹿児島市（鹿児島県）
第6回（昭和60年7月18日）	災害と農地保全	松江市（島根県）
第7回（昭和61年7月17日）	土地生産力と農地保全	金沢市（石川県）
第8回（昭和62年7月16日）	農地造成における設計施工と保全	郡山市（福島県）
第9回（昭和63年7月25日）	特殊土壌地帯における地力保全	山形市（山形県）
第10回（平成元年10月24日）	国土・農村空間の総合整備と農地保全	那覇市（沖縄県）
第11回（平成2年7月18日）	緑の大地に豊かな環境・農地保全の新たなる展開	帯広市（北海道）
第12回（平成3年9月3日）	未来につなぐ豊かな大地	函館市（北海道）
第13回（平成4年9月9日）	豊かな環境の創造急傾斜・火山灰地帯を新たに拓く	宮崎市（宮崎県）
第14回（平成5年9月8日）	自然環境の保全と活用－火山灰土壌と地下水－	熊本市（熊本県）
第15回（平成6年9月7日）	農業農村環境と水圏環境	中村市（高知県）
第16回（平成7年9月7日）	農地の保全と地すべり	池田町（徳島県）
第17回（平成8年11月14日）	農地および農道法面の保全	柳井市（山口県）
第18回（平成9年11月20日）	急傾斜地帯における農地の保全	尾道市（広島県）
第19回（平成10年10月29日）	源流地帯における農地の保全問題	岐阜市（岐阜県）
第20回（平成11年8月26日）	棚田地帯の保全と整備	長野市（長野県）
第21回（平成12年8月31日）	豊かで美しい地域環境を創る－農地保全の新たなる展開－	青森市（青森県）
第22回（平成13年9月6日）	湿地の活用・保全	秋田市（秋田県）
第23回（平成14年9月10日）	生態系に配慮した農地整備の新展開	鴨川市（千葉県）
第24回（平成15年9月9日）	農地整備・保全事業における農地の多面的機能について	長野市（長野県）
第25回（平成16年11月9日）	低平地における農地保全と地域資源の活用	佐賀市（佐賀県）
第26回（平成17年11月10日）	棚畑および下流地域における農地と環境の保全 －住民参加による保全を中心に－	鹿児島市（鹿児島県）
第27回（平成18年9月26日）	環境と調和した農地保全	北見市（北海道）
第28回（平成19年9月20日）	農村景観形成における農地保全の役割	美瑛町（北海道）
第29回（平成20年10月23日）	中山間地における農地保全・地域資源の活用	松阪市（三重県）
第30回（平成21年11月6日）	世界の農地保全問題の諸相 －水土資源保全に対する技術の継承と日本の責任－	那覇市（沖縄県）
第31回（平成22年10月7日）	持続的農業のための農地保全	前橋市（群馬県）
第32回（平成23年11月10日）	中山間地域における農地保全と耕作放棄対策	甲府市（山梨県）
第33回（平成24年11月20日）	東日本大震災に伴う津波被害・対策とその後	仙台市（宮城県）
第34回（平成25年11月26日）	東日本大震災により被災した農地の復旧・復興のいま	仙台市（宮城県）
第35回（平成26年11月26日）	都市における農地の保全とその役割	藤沢市（神奈川県）
第36回（平成27年11月12日）	農地保全と地域における農地活用の取組み	三島市（静岡県）
第37回（平成28年11月17日）	農地保全と自然災害	高知市（高知県）

農地保全研究部会運営要領

平成24年3月30日施行
平成28年4月1日一部改正

社団法人農業農村工学会農地保全研究部会の運営については、定款、規則、研究部会規程に定めるほか、この要領に定めるところによる。

(名称)

第1条 この研究部会は、公益社団法人農業農村工学会農地保全研究部会と称する。

(目的)

第2条 この研究部会は、農地保全に関する基礎的な研究と応用に関する総合的な研究を行うことにより、農業農村工学分野の学術・技術の振興と社会の発展に寄与することを目的とする。

(事業)

第3条 この研究部会は、その目的達成のため、次の事業を行う。

- (1) 共同研究の推進
- (2) 研究集会の開催
- (3) 現地研修会の開催
- (4) 研究資料「農地保全の研究」の発行
- (5) その他必要な事項

(研究部会の構成員)

第4条 この研究部会の構成員は、(公益)社団法人の会員10人以上を主な構成員とする農地保全領域の研究者・技術者であって、この研究部会の研究活動の趣旨に賛同して参画した者とする。

(代表幹事)

第5条 この研究部会に代表幹事7名以内を置く。

- 2 この研究部会に代表幹事で構成する代表幹事会を置く。
- 3 代表幹事は、部会の構成員の互選で選出する。
- 4 代表幹事会は、代表幹事の中から部会長1名、副部会長1名、会計審査幹事1名及び会計幹事を互選する。
- 5 部会長、副部会長、会計審査幹事及び会計幹事の任期は、2年とし再任を妨げない。
- 6 部会長は、この部会を代表する。
- 7 副部会長は、部会長を補佐し、部会長に事故あるときは部会長の業務を代行する。
- 8 代表幹事は、部会長及び副部会長を補佐し、この部会の運営に当たる。
- 9 会計審査幹事は、この研究部会の収入・支出について、本部の監事の監査に先がけて審査する。
- 10 会計担当幹事は、部会長を補佐してこの研究部会の収支に係る経理事務を行う。
- 11 部会長、副部会長、会計審査幹事、会計幹事及び他の代表幹事は、無報酬とする。

(代表幹事会の任務)

第6条 この研究部会の代表幹事会は、次に掲げる事項を処理する。

- (1) この研究部会が行う研究計画案及び収支予算案の作成

- (2) 理事会で決定された研究の実施及び経理
- (3) この研究部会が実施した研究及び収支決算の本部への報告
- (4) この研究部会の構成員との連絡調整
- (5) 学会本部との連絡調整
- (6) その他必要と認める事項

(代表幹事会の開催)

第7条 代表幹事会は、年2回以上開催する。

2 代表幹事会は、研究部会長が招集する。

(議長・議決)

第8条 代表幹事会の議長は、研究部会長とする。

2 代表幹事会の議事は、過半数の代表幹事が出席し、出席した者の過半数を持って決する。可否同数のときは、研究部会長が決する。

3 議事の議決について委任状を提出した代表幹事は、出席したものとみなす。

(事業計画案及び収支予算案の作成)

第9条 研究部会長は、研究部会規程第6条に規定する収支予算案の作成に当たっては、当該年度の支出予算額は、当該年度の収入見込額に100,000円を加えた額の合計額以内の額とする。ただし、特に必要があるときは、当該合計額に当該研究部会の経年の収支差額の合計残額（本部繰入れ資産額を含む。）を加えた総額を超えない額とすることができる。

(申請等)

第10条 研究部会長は、研究部会規程第3条、第5条、第6条及び第8条に規定する申請及び提出については、予め代表幹事会の決定を得なければならない。

(事務局)

第11条 この研究部会事務局は、部会長の所属機関に設置する。

(経理)

第12条 この研究部会の活動に係る収入は、学会の収入として、支払は学会の支弁として経理する。

2 前項の経理は、事項別科目別に行う。

(庶務)

第13条 この研究部会の活動に係る庶務は、部会長の所属する機関内の指定した場所において行う。

附則

農業農村工学会農地保全研究部会規約は、廃止する。

この要領は、平成24年3月30日から施行する。

この要領の適用日の前日において、現に部会長、副部会長、幹事及び会計監事である者は、それぞれこの要領施行の日からこの要領により選出された部会長、副部会長、会計審査担当代表幹事とみなす。

この要領は、平成28年4月1日から施行する。

平成28年度 農地保全研究部会構成員 一覧

部会幹事

1	安中 武幸	山形大学 農学部 食料生命環境学科	
2	猪迫 耕二	鳥取大学 農学部 生物資源環境学科	
3	岩田 幸良	農研機構 農村工学研究部門 農地基盤工学領域	
4	落合 博之	北里大学 獣医学部 生物環境科学科	
5	柿野 亘	北里大学 獣医学部 生物環境科学科	
6	加藤 千尋	弘前大学 農学生命科学部 地域環境工学科	
7	金山 素平	岩手大学 農学部 共生環境課程	
8	木原 康孝	島根大学 生物資源科学部 地域環境科学科	
9	串田 圭司	日本大学 生物資源科学部	
10	黒田 久雄	茨城大学 農学部 地域環境科学科	
11	齋 幸治	高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科	代表幹事
12	斎藤 広隆	東京農工大学 大学院 農学研究院	
13	酒井 一人	琉球大学 農学部 地域農業工学	
14	酒井 俊典	三重大学 大学院 生物資源学研究科	
15	坂口 敦	山口大学 農学部 生物資源環境科学科	代表幹事
16	笹田 勝寛	日本大学 生物資源科学部	
17	佐藤泰一郎	高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科	代表幹事
18	塩野 隆弘	農研機構 農村工学研究部門 企画管理部	
19	杉浦 俊弘	北里大学 獣医学部 生物環境科学科	
20	千葉 克己	宮城大学 食産業学部 環境システム学科	
21	辻 修	帯広畜産大学 地域環境学研究部門 地域環境工学分野	
22	富樫 千之	宮城大学 食産業学部 環境システム学科	
23	中野 拓治	琉球大学 農学部 地域農業工学科	代表幹事
24	中村 公人	京都大学 大学院 農学研究科	
25	中村 真也	琉球大学 農学部 地域農業工学科	
26	中村 貴彦	東京農業大学 地域環境科学部 生産環境工学科	
27	永吉 武志	秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科	
28	成岡 市	三重大学 大学院 生物資源学研究科	
29	西村 拓	東京大学 大学院 農学生命科学研究科	
30	西村 直正	岐阜大学 応用生物科学部 生産環境科学課程	
31	東 孝寛	九州大学 大学院 農学研究院 環境農学部門 生物環境科学	
32	肥山 浩樹	鹿児島大学 農学部 生物環境学科	
33	松尾 祐輔	高知県 農業振興部 農業基盤課	代表幹事
34	三原真智人	東京農業大学 地域環境科学部 生産環境工学科	
35	望月 秀俊	農研機構 西日本農業研究センター	代表幹事
36	森 也寸志	岡山大学 環境理工学部	
37	山本 忠男	北海道大学 大学院 農学研究院	
38	吉田修一郎	東京大学 大学院 農学生命科学研究科	
39	ロイキンシュック	日本大学 生物資源科学部 国際地域開発学科	
40	渡邊 史郎	農林水産省 農村振興局 整備部 防災課	

代表幹事会

佐藤泰一郎	部会長
中野 拓治	副部会長
坂口 敦	会計審査幹事
齋 幸治	会計幹事
望月 秀俊	庶務幹事
松尾 祐輔	研究集会幹事

研究集会幹事会

松尾 祐輔	代表幹事
須賀 潤一	高知県 農業振興部 農業基盤課
大利 尚	高知県 農業振興部 農業基盤課
千屋 和仁	高知県 農業振興部 農業基盤課
佐藤泰一郎	代表幹事
中野 拓治	代表幹事
齋 幸治	代表幹事
望月 秀俊	代表幹事

事務局

佐藤泰一郎	部会長
齋 幸治	会計幹事
望月 秀俊	庶務幹事

協賛広告一覧

株式会社 地研

水土里ネット高知

株式会社 三祐コンサルタンツタンツ

共立工営 株式会社

アイネクス 株式会社

株式会社 第一コンサルタンツ

構営技術コンサルタント 株式会社

大起理化工業 株式会社

太陽計器 株式会社

クリマテック 株式会社

株式会社 チェリーコンサルタント

私たちは人間が自然
とうまく折り合いを
つけて暮らしていく
ための様々な提案
をいたしております。

自然と 人との 架け橋。

●事業部

調査部門

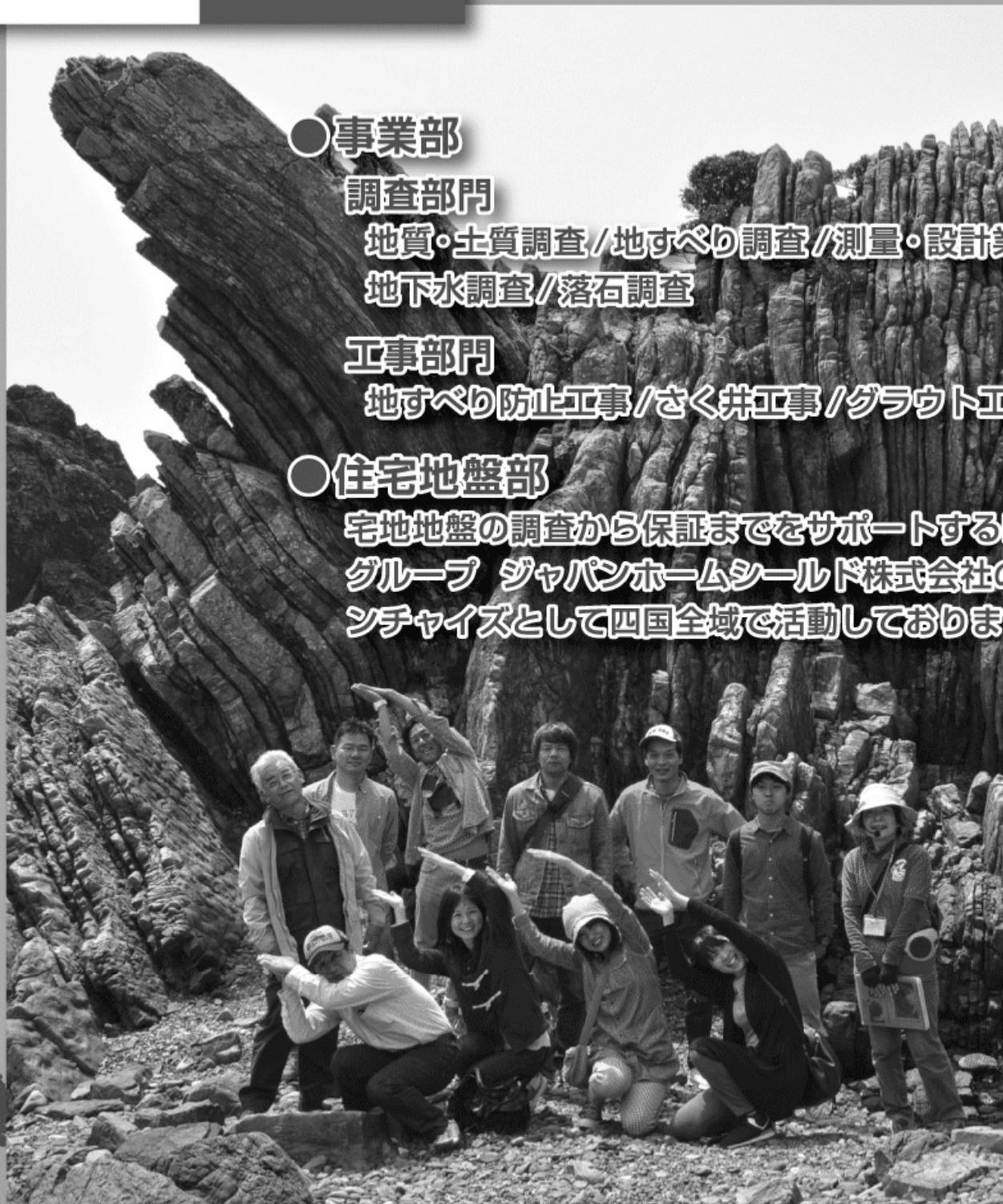
地質・土質調査 / 地すべり調査 / 測量・設計業務
地下水調査 / 落石調査

工事部門

地すべり防止工事 / さく井工事 / グラウト工事

●住宅地盤部

宅地地盤の調査から保証までをサポートするLIXIL
グループ ジャパンホームシールド株式会社のフラン
チャイズとして四国全域で活動しております。



株式会社 地研
〒780-0974

高知県高知市円行寺25番地
TEL.088-872-3815

URL <http://k-chiken.com/>

水は命の源であり、
土は豊かな恵みを与えてくれる。

水土里ネット高知は、国民共有の貴重な財産である「水」
「土」「里」を次世代に引き継ぐ取り組みを支援しています。



豊かな農村環境を保全する

みどり
水土里ネット高知

高知県土地改良事業団体連合会

〒780-0901 高知市上町2丁目5番18号

TEL (088) (代) **8 2 3 - 5 5 7 6**

FAX (088) **8 7 2 - 5 0 4 6**

幡多支所 〒787-0028 四万十市中村山手通19(幡多総合庁舎内)

TEL (0880)35-3314

FAX (0880)35-3316

佐川事務所 〒789-1202 高岡郡佐川町乙2442-6

TEL・FAX (0889)22-3999

千年少年

Sennen Shonen

1000年先の地球と語り合う、少年のような視点と、純粋な心。

地球という大きな星が与えてくれたシンプルでピュアな贈物、それは記憶の中の少年の目と心にくっきりと映っている。

一杯の水、大地の実り、雨の恵みや、木の木陰……

地球がくれるシンプルな贈物について、
私たちは真面目に考えたいと思う。

壮大なプロジェクトの中に、高度な技術の結晶の中に。
千年先の地球と共に。



<第4回 農業体験 収穫祭>

当社では創立50周年を期に、毎年農業体験を実施しております。



総合建設コンサルタント

(地質調査・測量・設計・補償)

共立工営株式会社

代表取締役 正岡 弘文

【技術士 総合技術監理部門・建設部門】

高知大学卒業生

門田 誉士夫 平成7年 農業工学科卒

坂本 孝之 平成9年 地学科卒

富永 賢 平成27年 農学科卒

本社 〒790-0054 松山市空港通2丁目9-8

TEL(089)973-3188(代) FAX(089)973-3988

宇和島事務所 〒798-0020 宇和島市高串1番耕地1395番地4号

高知事務所 〒781-8135 高知市一宮南町1-8-36



平成27年度社員旅行 白川郷にて

HYPROP 水分特性曲線・不飽和透水係数測定装置

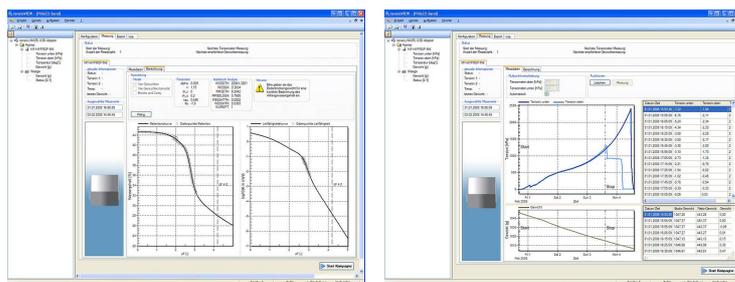
HYPROPは蒸発法で試料中の2点のサクシオンを計測して水分特性曲線と不飽和透水係数を決定する装置です。サンプリングした試料をセンサーヘッドにはめ込み、天秤に載せてPCと接続すれば数日間で水分特性曲線と不飽和透水係数が求められます。



■ 技術仕様

測定範囲	20 ~ - 1200 hPa / - 2500 hPa
分解能	0.01 hPa
精度	1.5 hPa (0 ~ 800 hPa)
電子天秤	0 ~ 2.2 kg
分解能	0.01 g
精度	0.1 g

- データ解析ソフトHYPROP Fitが付属しています。



T5, T5x テンシオメータ



T5テンシオメータのセラミックチップの直径は5mm, 表面積は0.5cm²です。土壌の攪乱を最小限に抑えるため微小領域の測定に適しています。

■ 技術仕様

測定範囲	+100 ~ - 85 kPa (T5x: ~ - 200 kPa)
出力信号	+100 ~ - 85 mV
精度	± 0.5 kPa
供給電圧	10.6 VDC / 1.3 mA

KSAT 飽和透水係数測定装置



KSATは低水位法および変水位方で250cm³土壌サンプル (HYPROP兼用) の飽和透水係数を測定する装置です。

- 透水係数の測定範囲は10000cm/dから0.1cm/d
- 完全自動測定
- GUIソフトウェアKSAT VIEW1.0がデータの可視化と飽和透水係数を迅速に計算
- リアルタイムでデータの可視化, 評価と保存が可能
- 水の粘性の温度依存性を考慮して基準温度のKsに再計算

私たちが高知を守ります！

高知の
社会インフラを
守ります。

地震から高知を
守ります。

高知の
コミュニティーを
守ります。



～社訓は 情熱・謙虚・誠実～



研修室

～100年企業を目指して～



防災井戸



自家発電装置

代表取締役社長 右城 猛

〒781-5105 高知市介良甲828番地1

TEL (088)821-7770

FAX (088)821-7771



総合建設コンサルタント

第一
株式
会社

第一コンサルタンツ

DAIICHI-CONSULTANTS CO.LTD.

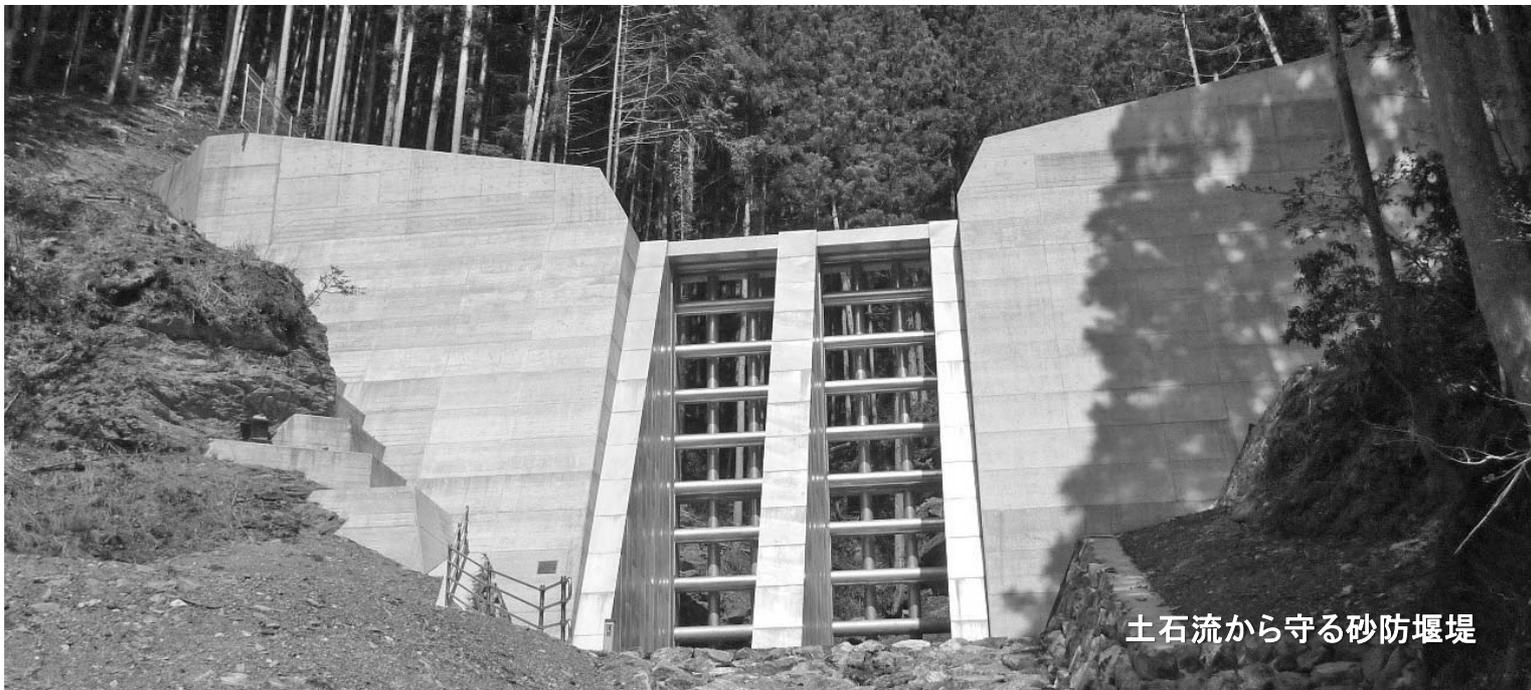


当社 HP への
アクセスはこちら

詳しくはコチラ ▶ <http://www.daiichi-consul.com/>

第一コンサルタンツ

検索



土石流から守る砂防堰堤

私たちは 防災対策に取り組んでいます

南海トラフ大地震やゲリラ豪雨・・・

いつ起こるか分からない南海トラフ大地震。その際に発生する津波や土砂災害から、人命を守るためのハードからソフト対策として、避難路や土砂災害施設の設計、防災マップの作成などを行っております。

また、大型台風や前線に伴うゲリラ豪雨による河川氾濫や土砂災害から、人命を守る砂防施設や河川堤防の設計なども行っております。



農業用可動堰



津波避難路

道路・橋梁設計から防災対策まで

幅広い分野で地域に貢献



構営技術コンサルタント株式会社

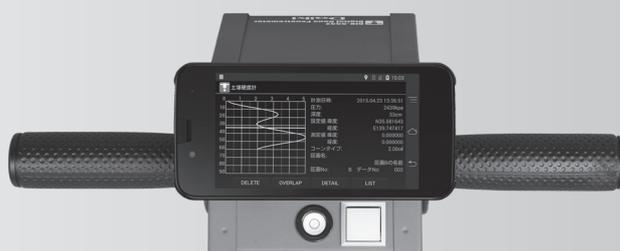
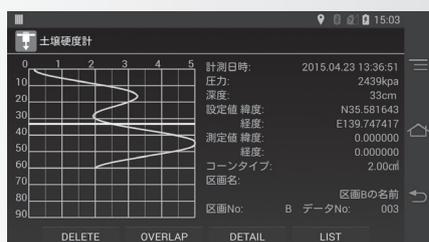
高知市本宮町105-23 ソフトウェア団地内

TEL (088)850-0550 URL <http://www.koueicon.co.jp>

NEW!

デジタル貫入式土壌硬度計 DIK-5532

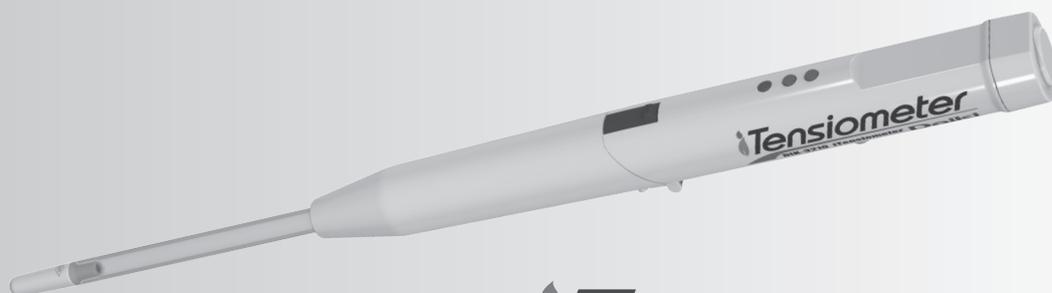
測定データを現場で簡単に確認！



NEW!

i テンシオメータ DIK-3210

最新型土壌水分計！ワイヤレスで記録データの回収可能！



iTensiometer
DIK-3210 iTensiometer® Daiki

土と水を守る **大起理化工業株式会社**

<http://www.daiki.co.jp/> e-mail : mbox@daiki.co.jp

本社・工場
〒365-0001 埼玉県鴻巣市赤城台 212-8
TEL.048-568-2500 FAX.048-568-2505

西日本営業所
〒520-0801 滋賀県大津市におの浜 2-1-21
TEL.077-510-8550 FAX.077-510-8555

Water Sampler PVS Series



Water Sampler PVS Series はポータブル自動採水器です。

特徴

- > 専用設計の真空式ポンプによりパワフルな採水が可能
- > キーボードディスプレイによる操作が可能(PVS41XX シリーズ)
- > 用途に合わせて 6 機種から選択
- > 採水タンクは標準で単一(9ℓ) セパレート(0.5ℓ×24) から選択
- > 消耗部品が無くメンテナンスレス
- > データロガー、水センサーとの組み合わせによる採水が可能
- > 軽量なため持ち運びが可能
- > 豊富なオプションの組み合わせにより最適な採水ができます

Drill & Drop プロファイル土壤水分プローブ



Sentek 社 Drill & Drop は簡易設置が可能な一体成型土壤水分プローブです。

特徴

- > 一体成型のため、設置が容易
- > 1つのセンサーで 1～最大 12 地点の計測が可能です(モデルによります)
- > メンテナンスフリーの為、長期観測に優れる
- > 精巧なテーパ構造の為、センサーと土質との密着性を高めます
- > 一年生作物のモニタリングに最適
- > 用途に合わせてプローブの長さを選択できます
- > 専用オーガの販売、レンタルをご用意しております
- > 熟練の技術者によるセンサー設置作業も承ります



お問い合わせ先は

キャンベル社 センテック社 日本総代理店



true TDR, TDT 土壌水分センサー



True TDR (時間領域反射法) 方式

CACC-TDR-315L

定価: 44,000 円 (税抜)



記録装置 Data Snap

CACC-AGR-D01

定価: 58,000 円 (税抜)



TDT (時間領域透過法) 方式

CACC-SEN-SDI

定価: 34,000 円 (税抜)

※仕様別途お問合せください

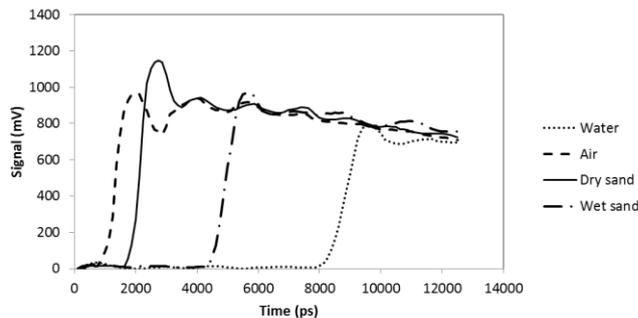
CACC-TDR-315L、CACC-SEN-SDI 仕様

要素	体積含水率	導電率	温度	誘電率
測定範囲	0~100%	0~5.0 dS/m	TDR: -40°C~+60°C TDT: 1°C~+50°C	
精度	±2%	TDR: 0.1dS/m(0.1mS/cm) ±2.5% TDT: ±0.2 dS/m	TDR: ±0.2(-20~50°C) TDT: ±1°C(1-50°C)	±1% FS
分解能	0.1%	-	-	-
温度安定性 1-50°C	±1%	-	-	-
EC 安定性 0-5ds/m	TDR: ±2% TDT: ±1%	-	-	-

導電率= S/cm = 1/(Ω · cm) 1 [S/m] = 10 [dS/m] = 10 [mS/cm] = 10,000[uS/cm]

True TDR, TDT センサーは共に反射 (TDR) および透過 (TDT) 信号波形を取得することができます。波形が出力できるので粘土質土壌、穀物の水分量測定など、多様な物質の水分量測定可能性があります。

【TDT 取得波形の例】 キャンベル社製ロガーCR800 を使用



SDI12 Data 記録装置 Data Snap CACC-AGR-D01 仕様

型式: CACC-AGR-D01

外部電源: DC6~12V(ジャック):最大
DC15V225mA±10%

使用環境: 温度:-20°C~+60°C, 0~90%

寸法: 105L×53W×25(mm)

付属品: SDI 2 個接続可能なターミナル/USB ケーブル/AC アダプター/12V バ

ッテリーパック/SnapView ソフトウェア

データ保存容量: 59,392Data

センサーの数	インターバル	保存期間
1	15 分	20 ヶ月
5	20 分	5.5 ヶ月
10	30 分	4 ヶ月

クリマテック株式会社
 東京都豊島区池袋 4-2-11 CTビル 6F
 TEL 03-3988-6616 FAX 03-3988-6613
 URL: <http://www.weather.co.jp/>





香川用水とともに歩んで50年

株式会社 **チェリーコンサルタント**

www.cherry-c.co.jp

第 37 回農地保全研究部会 研究集会資料
農地保全の研究 第 37 号

平成 28 年 11 月 17 日

編集・発行者 農業農村工学会農地保全研究部会
事務局 〒783-8502 高知県南国市物部乙 200
高知大学 農林海洋科学部 土地保全学研究室
TEL&FAX : 088-864-5170

部会長 佐藤泰一郎
庶務幹事 望月 秀俊
会計幹事 齋 幸治
