

宮城県を中心とした東日本大震災による水田の津波被害 状況と今後の課題について

原口暢朗¹・北川 巖¹・友正達美¹・嶺田拓也¹・瑞慶村知佳¹・若杉晃介¹

Paddy fields damaged along the Coast Part of Miyagi Prefecture by the Tsunami originated from the 2011
off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

Noburo HARAGUCHI¹, Iwao KITAGAWA¹, Tatsumi TOMOSHO¹,
Takuya MINETA¹, Chika ZUKEMURA¹ and Kousuke WAKASUGI¹

1. はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う巨大な津波は、沿岸6県において生活空間、公共交通機関、産業基盤に甚大な被害をもたらした。うち、津波の浸入により被害を受けた農地は約24,000 haと発表され、中でも宮城県の被害面積は15,000 haに達し、最も被害が大きかった（農林水産省, 2011 a）。同県の排水機場は悉く被災し（農村工学研究所, 2011）、47箇所に及んだ（宮城県, 2012）。

津波の浸入を受けた農地における営農再開のためには、海水がもたらした多量の塩分の早期の除去、すなわち除塩が必要である。しかしながら、災害発生から1週間後の調査では、津波により運搬された多量の土砂やガレキが農地へ混入し、ガレキによる排水路の閉塞や排水

機場の被災により広域にわたって農地の排水不良が顕著であり（Fig. 1）、最下流では遺体捜索が続いていた。これらの事情により、当該年度の栽培に向けた春季（5月）の除塩作業は、同県では海水のみが流入した水田約1,150 haに止まった（宮城県, 2011 a）。これらの水田では、主に代かきを用いた除塩（長谷川, 1996；全農, 2011）が実施された。代かき回数は1から3回の範囲であり、2回であった水田が全体の約70%であった（宮城県農業・園芸総合研究所, 2012）。

一方、春季の除塩が見送られた農地を対象として、土砂の堆積状況およびその理化学性に関する調査が行われた。2011年5月に宮城県は東北大学と共同して、宮城県沿岸域の344箇所の農地（主に水田）における土壌断面調査と土壌理化学性分析を実施し、その結果の一部を7月以降に公表した（宮城県, 2011 b；菅野, 2011）。これらによると、調査した多くのほ場で砂、泥土・砂混じり、泥土のいずれかの様式の堆積が見られ、その平均厚さは6.5 cm、最大値は約40 cmであった。また、堆積土砂の電気伝導度（以下、「EC」と記す）は概して高く、砂の平均は3.0 dS m⁻¹（最大値20.0 dS m⁻¹）、泥土の平均は13.0 dS m⁻¹（最大値37.8 dS m⁻¹）と報告された。さらに、堆積土砂のpH（H₂O₂）が酸性硫酸塩土壌の目安となる3.0以下であったほ場が少なからず認められた。これらのことから、農地復旧に当たり、堆積土砂の排除が有効であると報告された（宮城県, 2011 b）。

また、農林水産省は、縦浸透による除塩（兼子, 2003）による農地の除塩マニュアルを公表するとともに（農林水産省, 2011 b）、6月下旬より津波被災地内の農地において除塩の現地実証試験を行い、水田における縦浸透による除塩の有効性や畑における降雨による除塩効果など、その結果を9月に取りまとめた（農林水産省, 2011 c）。

これらの動きと並行して、農地内のガレキの撤去は順次進み、2011年9月に宮城県では年度内に約4,100 haの水田に対して農地復旧・除塩対策を実施する計画、堆積土砂の排除とその後の縦浸透除塩を組み合わせた復旧



Fig. 1 津波侵入から1週間後の水田（名取地区内, 2011年3月18日 原口撮影）。

¹National Agriculture and Food Research Organization, Institute for Rural Engineering, 2-1-6, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8609, Japan.

Corresponding author : 原口暢朗, ¹農業・食品産業技術総合研究機構

2012年6月20日受稿, 2012年7月11日受理
土壌の物理性 121号, 11-17 (2012)

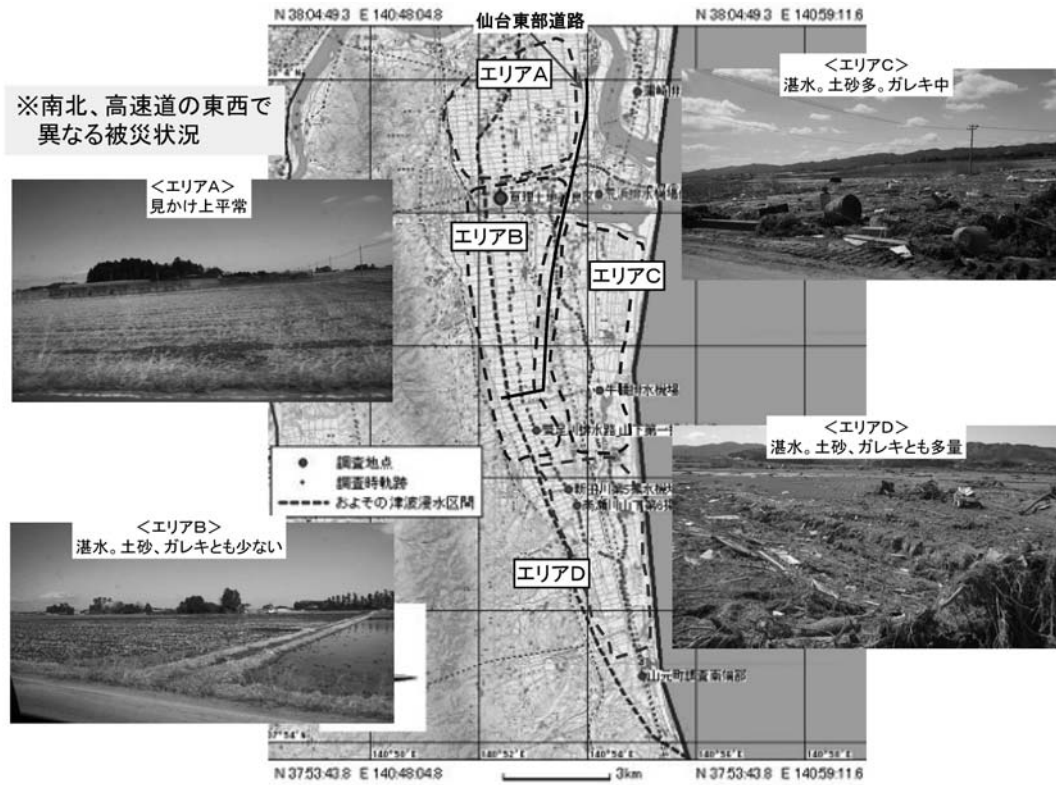


Fig. 2 亘理・山元地区におけるガレキの堆積状況 (2011.3.18 視察).

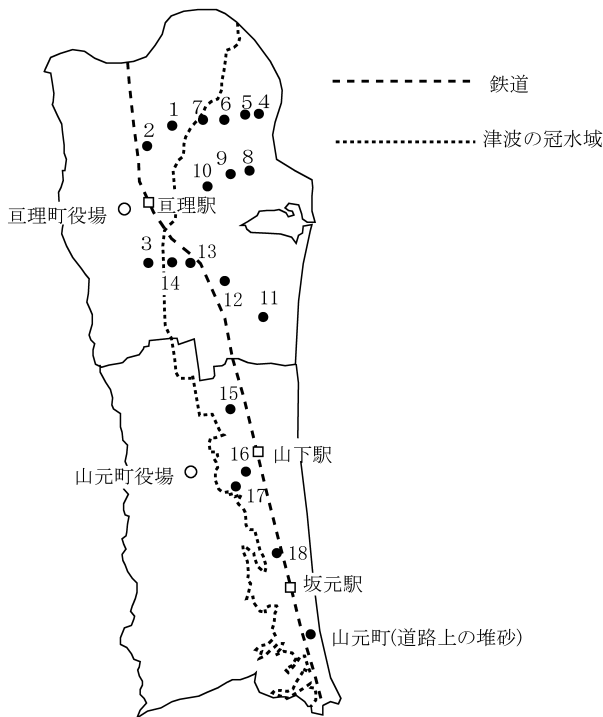


Fig. 3 土壌調査ほ場の位置図 (図中の数字は調査地点番号。地点 1～3 は被災していない水田, 地点 4～18 は被災水田.)

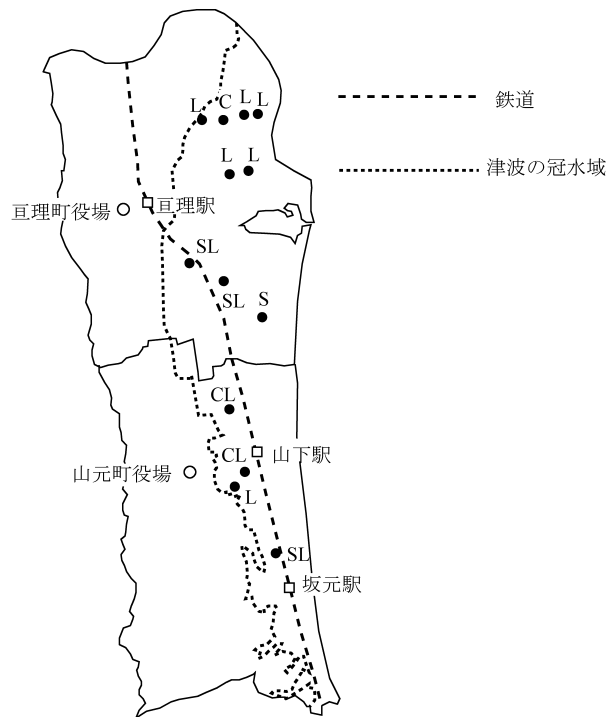


Fig. 4 土壌調査ほ場の堆積土砂の土性と分布 (図中の記号は、農学会法による土性区分).

方法を公表した (宮城県, 2011 a).

この間、筆者らは、主に宮城県の亘理・山元地区において、水田の除塩を中心とした諸調査や情報提供に取り組んできた。本稿では、これらの活動および今後の課題

について報告する。

2. 被災直後の農地におけるガレキの堆積状況

津波の浸入から約 1 週間を経過した 2011 年 3 月 17 日

から19日に、亘理・山元地区における農地、特に水田の被災状況を視察した。

視察により、当該地区の北部と南部、および北部を縦断する高速道路の海岸側と内陸側でガレキの混入状況が大きく異なることが分かった (Fig. 2)。すなわち、高速道路がなく海岸からの距離が相対的に短い南部 (Fig. 2のエリアD) では、津波の直撃を受けたと推察され、防風林として海岸沿いに植栽されていた樹木をはじめ、大量のガレキが水田に混入していた。一方、地区の北部のうち、高速道路より海岸側の水田ではガレキの混入が顕著であったが (Fig. 2のエリアC)、内陸側では軽微であった (Fig. 2のエリアAおよびB)。この違いは、高速道路の盛土が堤防として機能し、ガレキを堰き止めたものと推察された。

3. 被災した水田の土壌および堆積土砂の理化学性

3.1 調査方法

津波の浸入から約4週間後の2011年4月6日に、当該地区の津波の冠水域内の15箇所の水田 (以下、「被災水田」と記す) において、土砂の堆積状況を調査するとともに、堆積土砂と作土を採取した。あわせて、津波による被災を受けていない水稲作付前の3箇所の水田 (以下、「被災していない水田」と記す) で作土を採取した。調査ほ場の位置を Fig. 3 に示す。次いで、約2ヶ月後の6月13日に、前回調査と同じ被災水田において、堆積土砂および元の地表面から深さ60 cm までの土壌を0~2.5 cm, 2.5~5 cm, 5~7.5 cm, 7.5~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~40 cm, 40~50 cm, 50~60 cm, の9層に分割して採取した。なお、15箇所中4箇所では、田面の湛水等の事情により60 cmより浅い深さまでの採取を行った。

3.2 分析方法

採取した土壌の物理性については、触感法 (日本ペドロロジー学会, 1997) により土性 (農学会法) を判定した。化学性については、pH (H₂O), EC, 陽イオン交換容量 (CEC), 交換性塩基 (Ca, Mg, K, Na) 含量, 0.1 N 塩酸可溶性銅, 亜鉛, カドミウム (Cu, Zn, Cd), 水溶性陰イオン (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) を土壌環境分析法 (土壌環境分析法編集委員会, 1997) に準じて分析した。また、堆積土砂、特に泥土中の硫酸に起因する酸性化などの影響に鑑み、過酸化水素処理した懸濁液の pH (H₂O₂) および過酸化水素可溶性硫黄 (S) 含量をバリウム法 (土壌環境分析法編集委員会, 1997) によって分析した。

3.3 結果

3.3.1 堆積土砂の分布

4月6日に土砂の堆積が認められた13箇所の被災水田における堆積土砂の土性とその分布を Fig. 4 に示す。土性 C, CL, L および SL は泥土もしくは泥土・砂混じり, S は砂に対応する。図に示すように、地区の中部から南部の海岸に近い地点では厚い砂の堆積があり (Fig. 4の地点11で約10 cm, 地点18で約20 cm), これより内陸側では泥土もしくは泥土・砂混じりの堆積様式であった。

Table 1 津波被災水田および被災していない水田作土の化学性。

被災水田	採取日	pH (H ₂ O)	pH (H ₂ O ₂)	EC (dS m ⁻¹)	交換性塩基含量 (mg kg ⁻¹)				CEC (cmolc kg ⁻¹)	塩基飽和度 (%)	水溶性陰イオン含量 (mg kg ⁻¹)				S含量 ^{*1} (%)			重金属含量 ^{*2} (mg kg ⁻¹)		
					CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			Cl	NO ₃	SO ₄	Cu	Zn	Cd				
水田	4/6	5.6	5.0	2.2	955	130	114	2472	19.9	64	3729	2.1	337	0.06	2.9	4.6	0.1			
	6/13	5.4	5.1	1.7	930	363	113	2204	23.1	55	2776	11.3	446	0.06	3.8	4.0	0.1			
被災なし	4/6	5.7	5.1	0.08	1859	102	104	205	15.0	32	15	13	64	0.04	4.3	5.1	0.1			

(試料数は被災水田15, 被災なし3)

(*1) バリウム法 (土壌環境分析法編集委員会, 1997)

(*2) 0.1 N 塩酸可溶性 (土壌環境分析法編集委員会, 1997)

これは、津波が運搬した土砂が粗い順に沈降・堆積した結果であり、菅野 (2011) による報告と同様な傾向を示した。

3. 3. 2 被災水田作土の土壌化学性

Table 1 に、4 月 6 日および 6 月 13 日の 2 回の調査における被災水田および被災していない水田作土（表層 10 cm）の主要な化学性の平均を示す。なお、作土の土性は SL~CL であった。

4 月 6 日時点で、被災水田作土の EC の平均は約 2 dS m⁻¹ であり、被災していない水田作土（約 0.1 dS m⁻¹）に比べて顕著に高かった。表から、被災水田作土の高い EC の原因は、高い水溶性 Cl イオン含量（以下、「Cl イオン含量」と記す）と交換性 Na 含量である。水稻の生育に影響を生じる EC の目安は 0.3~0.7 dS m⁻¹（長谷川, 1998；熊本県, 2001；宮城県, 2011 c), 土壌の Cl イオン含量の目安は 1000~1500 mg kg⁻¹（兼子, 2003；香川県, 2004）とされている。被災水田作土における EC および Cl イオン含量は、これらの値を上回っており、除塩が必要と判断された。

過去に津波や高潮で被災した水田における塩分調査の際、分析労力の軽減などの目的で土壌の EC と Cl イオン含量との関係を表す経験式が用いられる場合がある。例えば、1999 年の不知火海の高潮被害時に得られた経験式は、Cl イオン含量の単位を mg kg⁻¹ とすれば、

$$Cl \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 1700 \times EC \text{ (dS m}^{-1}\text{)} - 300 \quad (1)$$

であり（熊本県, 2001）、香川県の高潮被害時に得られた経験式は、

$$Cl \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 1660 \times EC \text{ (dS m}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

である（香川県, 2004）。本調査で得られた土壌の EC と Cl イオン含量との関係を Fig. 5 に示す。原点を通る両者の回帰式は、

$$Cl \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 1742 \times EC \text{ (dS m}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

であり、(1) および (2) 式とほぼ一致した。EC と関係の深い土壌溶液のイオン濃度は、陰イオン量によって支配され、海水が浸入した水田土壌では Cl イオンが陰イオ

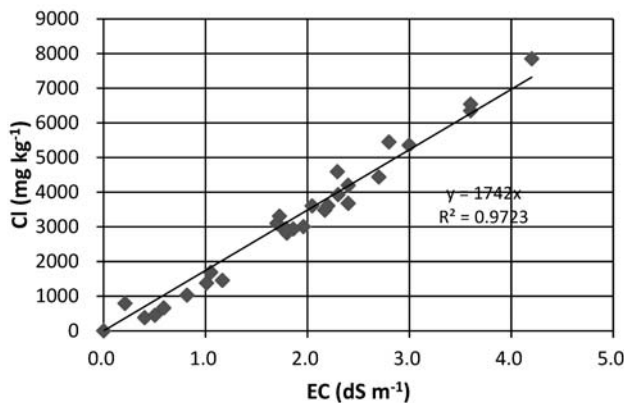


Fig. 5 津波被災水田作土の EC と Cl イオン含量との関係。

Table 2 津波被災水田における堆積泥土の化学性。

採取日	厚さ (cm)	pH	EC (dS m ⁻¹)	交換性塩基含量 (mg kg ⁻¹)			CEC (cmol _c kg ⁻¹)	塩基飽和度 (%)	水溶性陰イオン含量 (mg kg ⁻¹)			S 含量*1 (%)			重金属含量*2 (mg kg ⁻¹)		
				CaO	MgO	K ₂ O			Na ₂ O	Cl	NO ₃	SO ₄	Cu	Zn	Cd		
4/6	0.5 ~ 5	6.1	21.3	2357	2809	737	13861	233	55357	1	4370	0.37	2.4	43.3	0.4		
6/13	0.5 ~ 5	6.3	7.5	2135	1402	491	7724	130	19382	50	3859	0.20	3.8	34.7	0.4		

(試料数は 13)
(*1 および *2 は Table 1 に同じ)

ンのほとんどを占める傾向にある (Table 1)。このような事情により、離れた地域で得られた土壌の EC と Cl イオン含量の 3 つの経験式がほぼ一致したと考えられる。このことは、今後の同様な災害時に、過去に別の地

域で得られた経験式を用いても大きな誤差を生じないことを示唆している。

被災水田作土における 0.1N 塩酸可溶性 Cu, Zn, Cd 含量は、被災していない水田のそれらと大きな違いはなかった。硫黄成分による土壤酸性化の指標となる pH (H₂O₂)、過酸化水素可溶性 S 含量についても両者に大きな違いはなく、水溶性 SO₄ イオン含量も同様であった。

3.3.3 堆積した泥土の土壤化学性

Table 2 に、4 月 6 日および 6 月 13 日の 2 回の調査における泥土もしくは泥土・砂混じり（以下、表中の記述を含めて単に「泥土」と記す）の主要な土壤化学性の平均を示す。

4 月 6 日時点で、泥土の EC の平均は約 20 dS m⁻¹ であり、被災水田作土の EC (約 2 dS m⁻¹) に比べても顕著に高かった。泥土の高い EC は、菅野 (2011) による報告と同様な傾向を示した。これを反映して、Cl イオン含量と交換性塩基含量も被災水田の作土より約 1 桁高く、交換性塩基組成は、海水の塩基組成 (水ハンドブック, 2003)) を反映して交換性 Na および Mg が高く、被災水田および被災していない水田のそれとは顕著に異なった。Fig. 6 に、本調査で得られた泥土の EC と Cl イオン含量との関係を示す。泥土における両者の関係式は、直線からやや外れるとともに、被災水田作土で得られた (3) 式と異なる。これは、イオン濃度が高い条件では EC はイオン濃度に比例して増加しないこと (化学便覧, 1993) などによると考えられる。

0.1 N 塩酸可溶性成分のうち、泥土の Zn 含量は約 40 mg kg⁻¹、Cd 含量は 0.4 mg kg⁻¹ であり、被災水田作土のそれぞれ約 10 倍および約 4 倍、泥土の Cu 含量は約 2.5 mg kg⁻¹ であり、被災水田作土のそれとほぼ等しかった。うち、Cd と Cu は農用地の土壤の汚染防止等に関する法律 (昭和 45 年 12 月 25 日、法律第 139 号) に指定された特定有害物質である。政令で汚染地域に指定される Cu 含量の基準値は 125 mg kg⁻¹ であり、泥土および被災水田作土の Cu 含量ともこれを十分下回った。次に、汚染地域に指定される Cd の基準値は、水稻の Cd 含量によって指定されている。ただし、最近の資料 (農林水産省, 2011 d) によると、自然環境中の 0.1 N 塩酸

可溶性 Cd 含量は水田では約 0.3 mg kg⁻¹、玄米中の Cd 濃度が基準値の 0.4 mg kg⁻¹ を超える土壤の Cd 含量はおよそ 1 mg kg⁻¹ であり、調査した被災水田における泥土の Cd 含量は後者を下回った。加えて、泥土が堆積した 11 地点のうち、厚さ 2 cm 以下の地点数は 8、2 cm 以上の地点数は 3 (最大 5 cm) であり、泥土と作土層とを混和した場合の Cd 含量はさらに低下する。次に、農用地における土壤中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準 (昭和 59 年 11 月 8 日、環水土第 149 号、環境庁水質保全局長通達) に示されている土壤の Zn 含量の基準値は 120 mg kg⁻¹ である。泥土のみの Zn 含量はこれを下回っており、作土層と混和すればさらに低下する。これらのことから、調査した地域では、泥土に由来する Cu, Zn, Cd の 3 種類の重金属による水稻栽培および土壤汚染への影響は小さいと考えられる。

泥土の pH (H₂O₂) は約 4 であり、被災水田作土の約 5 より低く、過酸化水素可溶性 S 含量は約 0.4 % であり、作土の約 6 倍であった。pH (H₂O₂) は、酸性硫酸塩土壤の一般的な指標であり (米田, 1961)、通常 3.5 以下 (石渡ら, 1986) もしくは 3.0 以下 (土壤環境分析法編集委員会, 1997) がその目安とされている。ただし、海水由来の堆積泥土の場合には、これに含まれる多量の塩基 (Na および Mg) により pH がより高くなる傾向にあるため、酸性硫酸塩土壤の目安は 4 以下と指摘されている (米田・河内, 1972)。被災水田における泥土の平均はこれとほぼ同等であった。また、酸性硫酸塩土壤の別の指標として、全 S 含量または過酸化水素可溶性 S 含量が用いられており (村上, 1961; 村上ら, 1971)、その目安の例として、全 S 含量 0.1 % 以上が示されている (北海道農政部, 1992)。被災水田における泥土の過酸化水素可溶性 S 含量の平均は約 0.4 %、調査ほ場中の最大値は 0.8 % であり、泥土の厚さによっては作土と混和した場合の過酸化水素可溶性 S 含量が 0.1 % を超える可能性が否定できない。王水分解またはアルカリ溶融法で定量される全 S 含量 (北海道農政部, 1992) は、過酸化水素可溶性 S 含量より大きいと考えられるので、後者の 0.1 % は前者による酸性硫酸塩土壤の目安 0.1 % から見て危険側を意味する。これらのことから、泥土に由来す

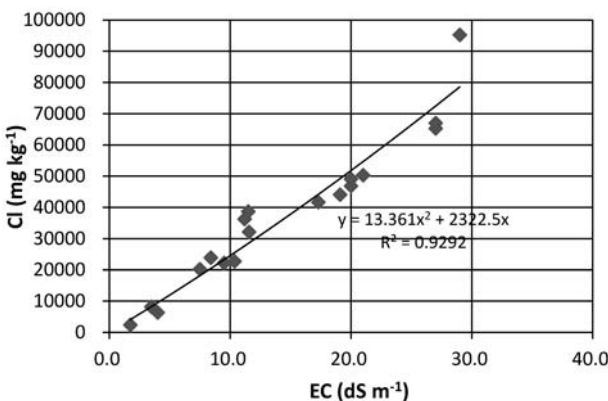


Fig. 6 津波被災水田に堆積した泥土の EC と Cl イオン含量との関係。

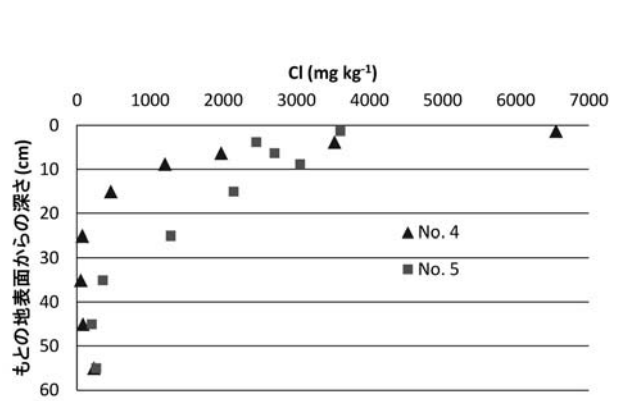


Fig. 7 津波被災水田における Cl イオン含量の鉛直分布 (2011 年 6 月 13 日、地点 No.4 および No.5)。

る硫黄による酸性化の問題は前記の重金属に比べて重要であり、宮城県 (2011 b) が堆積土砂の排除を判断した一因であったと推察される。

3. 3. 4 泥土および作土からの塩類の溶脱傾向

Table 1 および Table 2 より、泥土および被災水田の作土の EC および塩類濃度は、4 月 6 日および 6 月 13 日の 2 回の調査において変化した傾向が認められる。

6 月 13 日における泥土の EC は 4 月 6 日に比べて顕著に低下し、これを反映して Cl イオン含量と交換性 Na 含量は顕著に低下した (Table 2)。この原因は、4 月 6 日時点で土壌の塩基飽和度が 200 % 以上であったが、6 月 13 日時点では 100 % 強に低下したと関連する。3 月 11 日から 4 月 6 日までの亘理町の積算雨量は 26 mm、4 月 6 日から 6 月 13 日までの同町の積算雨量は 253 mm であった。従って、3 月 11 日から 4 月 6 日までの間の少量の降雨による泥土中の塩類の溶脱 (下方移動) 量は小さく、塩類がかなり過飽和の状態であったと推察される。一方、4 月 6 日から 6 月 13 日までの比較的多量の降雨により泥土中の塩類の溶脱が進んだ結果、塩基飽和度が低下し、EC も顕著に低下したと推察される。

6 月 13 日における被災水田作土の EC は 4 月 6 日に比べてやや低下し、これを反映して Cl イオン含量と交換性 Na 含量はやや低下した (Table 1)。被災水田作土の塩類濃度は、堆積した泥土中の塩類の溶脱により増加する可能性があるため、泥土に比較して EC の低下が緩慢であったと推察される。

平均的な挙動とは別に、作土からの塩類の溶脱は、ほ場によって差があると考えられた。一例として、6 月 13 日における地点 4 および地点 5 における深さ 60 cm までの土壌の Cl イオン含量の分布を Fig. 7 に示す。地点 4 では Cl のほとんどが作土上部に分布し、地点 5 では Cl の一部は作土以下の層に及んでいた。両者の排水性の違いが、Cl の鉛直分布の差の一因と考えられた。筆者らは同じ被災水田において、2011 年 10 月と 2012 年 4 月に土壌調査を行っており、これらの土壌の分析が進むことにより、降雨による塩類の溶脱が顕著な水田と緩慢な水田、およびその要因が明確になると期待される。

4. 被災した水田における雑草の状況

2011 年 6 月以降、春季の除塩が見送られた一部の水田において、雑草の繁茂が顕在化した。そこで、同年 7 月 5 日に亘理・山元地区を中心とした 11 箇所の水田において、雑草の種類と目視による繁茂状況を調査した。結果を Table 3 に示す。表から、津波により被災した水田では、イヌビエや臨海部の農地に見られるコウキヤガラなど耐塩性の高い草種が優占し、被災を受けていない水田における雑草の植生とは顕著に異なることが推察される。また、被災した水田では、被災を受けていない水田に比べて、草種が少ない傾向が窺える。イヌビエ、コウキヤガラは、除草剤による防除が困難な強害雑草であり、復旧が遅れるほど作土の高塩分状態が続くため、それらの増殖・繁茂が懸念される。このため、除塩を含む災害復旧の実施までの待機期間中、田面での除草剤散布、耕起、畦畔除草等の雑草管理を継続的に行うことが望ましい (嶺田・友正, 2012)。また、復旧・営農再開後であっても、これらの雑草管理に注意を払う必要があると思われる。

5. 今後の課題

震災から 1 年有余が経過した。宮城県が公表した復興の進捗状況によると、農地の復旧率は約 40 % (5,250 ha)、農業用施設の復旧率は 10 % であり、公共交通機関、産業基盤に比べて復旧が遅れている (宮城県, 2012)。今後の復旧に際し、農地の基盤部門から見て、以下の課題が推察される。

第一に、海岸に近い未復旧農地では、地盤の沈下などにより排水が困難になっていると思われる。排水不良は、除塩の進行を遅らせるのみならず、復旧後の営農に影響を及ぼす。このため、排水機場の本格復旧を含む広域排水の確保など、検討課題は除塩に止まらないと思われる。

第二に、亘理・山元地区における聞き取りによると、津波が侵入した地域において地下水の塩水化が生じている。被災前、同地区にはイチゴの施設園芸地帯があり、かんがい地下水が利用されていた。地下水の塩水化は、同地区の施設園芸の復興に対し、水源確保の課題を投げ

Table 3 津波被災水田における雑草の状況。

調査ほ場	津 波 被 災									被災なし	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
堆積土砂厚 (cm)	1	20	—	—	1	1	2	2	2	—	—
確認種数	28	24	4	3	13	9	6	2	3	17	24
イヌビエ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎		
コウキヤガラ	○	○					○	◎	○		
マコモ										◎	◎
ガマ										○	◎
クサヨシ										◎	○
ヨモギ		○					○			◎	

* ◎は優占種, ○は確認種

** 調査ほ場 H, J および K は非耕作田

かけている。

第三に、昨年春季の除塩後に転作を実施した水田において、塩分の再上昇による作物生育への影響が報道されている（日本農業新聞，2011）。津波被災農地における地下水の位置や塩水化の状況は公表されていないが、地盤沈下により地下水水位が震災前より高くなっている地域もあり、転作など栽培様式によっては塩分の再上昇に注意を払う必要があると思われる。

関係者の努力により、農地の復旧作業は順次進んできているが、上記を一例として、未だ予断を許さない課題が残っていると推察される。

引用文献

- 長谷川進（1998）：水稲に対する塩害と対策技術。北農，65(3)：248-255。
- 北海道農政部（1992）：土壌および作物栄養の診断基準，一分析法（改訂版）一。pp.96-99。
- 石渡輝夫・沖田良隆・斎藤万之助・石田哲也・戸信貞（1986）：北海道で見いだされた酸性硫酸塩土壌および熱水変質安山岩風化物の分布と性状。土木研究所月報，398：15-25。
- JA 全農（2011）：津波による塩害対策と水田の除塩について。http://www.zennoh.or.jp/press/topic/PDF/20110329_1.pdf（確認日 2011/4/15）。
- 香川県農業経営課（2004）：農地への海水の流入が農作物に及ぼす影響とその対策。http://www.pref.kagawa.lg.jp/agrinet/dougubako/saigai/pdf/engai.pdf（確認日 2011/8/14）。
- 兼子健男（2003）：水田における台風高潮塩害災害の除塩技術。水と土，133：48-53。
- 菅野均志（2011）：大津波による農耕地土壌への影響—宮城県の広域土壌調査の事例から—。http://www.agri.tohoku.ac.jp/agri-revival/ocu6bi00000002cz-att/a1323669488259.pdf（確認日 2012/5/30）。
- 熊本県農政部（2001）：平成 11 年 9 月 24 日の台風 18 号による農作物等被害状況および対策。p.130。
- 嶺田拓也・友正達美（2012）：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による津波被災農地の植生管理の必要性。農村工学研究所技報，213：297-304。
- 宮城県（2011a）：東日本大震災の津波被害に対する農地復旧の見通しについて。http://www.pref.miyagi.jp/press/pdf/110921-3.pdf（確認日 2012/5/30）。
- 宮城県（2011b）：津波被災農地に堆積した土砂の調査結果（速報値）について。http://www.pref.miyagi.jp/press/

- pdf/110721-3.pdf（確認日 2011/8/14）。
- 宮城県（2011c）：東日本大震災による農作物の技術情報（第 2 報）。http://www.pref.miyagi.jp/noenkan/nousansyokuryou/gijyutu-2.pdf（確認日 2011/4/20）。
- 宮城県（2012）：復興の進捗状況（平成 24 年 4 月 20 日）。http://www.pref.miyagi.jp/fukusui/rink/shinchoku.htm（確認日 2012/5/30）。
- 宮城県農業・園芸総合研究所（2012）：各種緊急調査を基にした圃場条件による効率的な除塩方法。http://www.pref.miyagi.jp/res_center/revival/Revival2/Revival2_1_1.html（確認日 2012/5/30）。
- 水ハンドブック編集委員会（2003）：水ハンドブック。丸善，pp.99-113。
- 村上英行（1961）：過酸化水素水による干拓地土壌中の可酸化性イオウの半定量法。日本土壌肥科学雑誌，32(6)：276-279。
- 村上英行・古山光夫・沢田真野輔（1971）：パイライトを含む三紀層泥岩からの硫酸塩の生成。中国農業研究，42：13-14。
- 日本化学会編（1993）：化学便覧 基礎編 II。丸善，pp.445-452。
- 日本農業新聞（2011）：除塩の検証①。9 月 28 日 14 面。
- 日本ペドロジー学会（1997）：土壌調査ハンドブック改訂版。博友社，p.169。
- 農林水産省（2011a）：東日本大震災（津波）による農地の推定被害面積。http://www.maff.go.jp/j/tokei/saigai/pdf/shinsai.pdf（確認日 2011/4/15）。
- 農林水産省（2011b）：農地の除塩マニュアル。http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/sekkei/pdf/110624-01.pdf（確認日 2011/6/29）。
- 農林水産省（2011c）：東日本大震災について～農地の除塩現地実証試験の結果について～。http://www.maff.go.jp/tohoku/press/seibi/bousai/110929.html（確認日 2011/10/12）。
- 農林水産省（2011d）：コメ中のカドミウム濃度低減のための実施指針。http://www.maff.go.jp/j/syoutan/nouan/kome/k_cd/pdf/cd_shishin_rice.pdf（確認日 2012/5/30）。
- 農村工学研究所（2011）：東日本大震災における農地・農業用施設等の技術支援報告会，農地排水の技術支援。http://www.naro.affrc.go.jp/org/nkk/2011fukkoushien/houkokukaisiryu/pdf/5-3.pdf（確認日 2011/6/15）。
- 米田茂男（1961）：干拓地土壌に関する研究（第 17 報）伊勢湾台風による冠潮塩害地土壌について。岡山大学農学部学術報告，18：51-60。
- 米田茂男・河内知道（1972）：水底の底質，とくにヘドロの特性に関する研究（第 1 報）堆積泥中の酸化性イオウ化合物の形態について。岡山大学農学部学術報告書，40(1)：45-55。

要 旨

東北地方太平洋沖地震に伴う巨大な津波により被災した農地の面積は、宮城県では約 15,000 ha に達した。農地への土砂やガレキの堆積など複数の理由により、同県の被災農地のうち当該年の栽培に向けた除塩面積はわずか 1,150 ha に止まった。筆者らは、未復旧の被災農地の調査を通じ、(i) 農地へのガレキの堆積の様式は、高速道路の盛土や海岸からの距離によって影響されること、(ii) 津波により農地に堆積した泥土の電気伝導度は高く、硫黄含有量も多いことから、栽培への影響が懸念されること、(iii) 被災農地では耐塩性の高い雑草が占有してきており、防除が必要であること、を明らかにした。現在、震災から 1 年が経過し、同県における農地の復旧面積は 5,250 ha（復旧率約 40%）に達した。未復旧の被災農地を含む今後の課題として、海岸に近い農地における排水不良および地域的な地下水の塩水化を指摘した。

キーワード：東日本大震災，津波，水田，土壌の理化学性，雑草