名取川下流部の津波浸水水田における 表土層の塩分濃度分布

西城 潔^{*1}・遠藤 遼 亮^{*2}・小野寺 真 一^{*3}

キーワード 東北地方太平洋沖地震, 津波, 水田, 塩分濃度

I. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴い、東日本太平洋岸の広い地域において津波被害が発生した。仙台平野においても、海岸線から4 km 以上内陸まで津波が遡上し、沖積低地上の農地、とくに水田が広く浸水した。こうした農地の復旧のあり方を考えるための基礎的資料として、津波浸水後の表土層の塩分濃度特性を、地理的条件との関係で把握しておくことは重要であろう。本稿では、浸水から3および6ヵ月後に名取川下流部の津波浸水水田で行った、表土層の塩分濃度分布に関する調査の結果について報告し、予察的な考察を試みる。

II. 調査地点

名取川右岸側に広がる沖積低地上の津波浸水水田上に、東西方向におよそ1 km 間隔で4ヵ所の調査地点を設定した(第1図)。いずれも地表面の状況から、浸水から調査までの期間中、表土の除去や除塩作業などの人為的改変がみられなかったと考えられる場所である。

松本(1984)をもとに、地点1は自然堤防上、地点2・3・4は後背湿地上に位置すると判断した。また地点2と3の間には、仙台東部道路が通っている¹⁾。

震災後に作成されたデジタル地形図²⁾から、各地点の標高は、地点1が1 m 以上2 m 未満、2・3が0 m 以上1 m 未満、4が0 m 未満とみられる。また原口・岩松(2011)によれば、4つの調査地点はすべて津波浸水範囲に含まれ、地点3・4周辺での津波浸水高は3 m 弱~4 m 強であった。

III. 調査方法および調査日

調査地点を含む津波浸水域には、表層部に厚さ数 cm の津波堆積物が分布する。本研究の地点2・3・4では、層厚0.5 cm~4 cm の津波堆積物とみられるシルト層や砂層が認められた³⁾。また津波堆積物の下位には、いずれの地点でも、水田土壌の最上部と考えられる褐色ないし赤褐色のシルトが確認された。

調査では、各地点の津波堆積物の厚さに関わりなく、便宜上、表層部の土層を最大10 cm の厚さで採取し、分析用試料とした。つまりここでの「表土層」の試料は、津波堆積物と水田土壌の最上部で構成されている。試料採取時、いずれの調査地点でも湛水はしておらず、表土層はほとんど水分を含まないか、やや湿っている程度であった。

採取した表土層試料について、1:5水浸出法による塩分濃度測定を行った。すなわち、2 mm のメッ

^{*1} 宮城教育大学教育学部 〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉149 saijo@staff.miyakyo-u.ac.jp

^{*2} 元宮城教育大学学生

^{*3} 広島大学総合科学研究科

第1図 対象地域と調査地点

国土地理院発行数値地図 25,000「仙台」、国土地理院 2011 デジタル地形図、原口・岩松 (2011) より作成。
図中の■は調査地点を、数字は地点番号を示す。

Fig. 1 Study area and sampling locations

Compiled from Digital Map 25,000 "Sendai" and 2011 Digital Map issued by Geospatial Information Authority of Japan.

Upper limit of inundation area is determined after Haraguchi and Iwamatsu (2011). Black squares (■) and numbers show sampling locations and location codes respectively.

シュを通した風乾試料 20 g に 100 ml のイオン交換水を加えて 1 分間ずつ攪拌・放置した後の懸濁水の導電率を、(株)堀場製作所のコンパクト導電率計 (Twin Cond B-173) で測定した。こうして得られた導電率を、導電率計の機能により塩分濃度に換算し、表土層の塩分濃度とみなした。

表土層試料の採取は 2011 年 6 月 19 日および 22 日、9 月 9 日に実施した。以下、6 月 19 日・22 日を第 1 回調査、9 月 9 日を第 2 回調査とよぶ。同一地点であっても、2 回の調査時における表土層の採取地点は、数 m 離れていた。塩分濃度は、第 2 回調査では一試料から得た同一の懸濁水について 3 回

の測定を行い、その平均値として算出した。しかし第 1 回調査時には 1 回の測定しか行わなかったため、その測定値をそのまま用いた。

IV. 調査結果と考察

各調査地点における表土層の塩分濃度を示したのが第 2 図である。以下、このグラフをもとに塩分濃度分布についての特徴を列挙し、予察的に考察を試みる。

地点 1 では、第 1 回・第 2 回調査時とも塩分は検出されなかった。また大まかにみれば、2 回の調査結果とも、より海 (東) 側に位置する調査地点ほど

第2図 表土層の塩分濃度
Fig. 2 Salinity of topsoil at sampling locations

高い塩分濃度を示すといえる。ただし、第1回調査ではこの傾向が認められたのは地点1～3間で、地点3・4間ではこの関係は成立しなかった。第2回調査においては、地点1～4間で海側の調査地点ほど高い塩分濃度を示す傾向が確認できた。

こうした傾向が認められた原因として、内陸側ほど津波堆積物の供給量が少なく、浸水期間（海水がひくまでの時間）も短かったため、表土層への塩分付加量が地点1・2・3の順で少なかったことが考えられる。また浸水期間が短かった地点では、塩分溶脱はより早く始まったはずである。こうした津波堆積物の供給量の違いや浸水期間の長短には、海岸線からの距離はもちろん、人工構造物、とくに地点2・3間にみられる仙台東部道路の存在も少なからず影響を与えていたであろう。さらに地点1については、自然堤防上に位置すること、やや標高が高いことにより土層の透水性が良く、塩分溶脱が他地点より急速に進行した可能性もある。以上のうち、いずれが主たる要因であったかを本稿の結果のみから判断することは難しいが、津波浸水域内における塩分濃度分布に、海岸線からの距離や人工構造物・微地形・標高といった地理的要因が大きな影響を与えたことは確実であろう。

北川ほか（2012）は、宮城県亘理町および山元

町の津波被災農地における調査結果をもとに、地点によって表層土壌中の塩分溶脱の程度に差がみられること、各地点での溶脱過程に周辺の排水条件や土壌条件が大きく影響していることを述べている。本稿で指摘した地理的要因は、こうした排水条件や土壌条件と密接に関係していると考えられる。

また地点1では、浸水から約3ヵ月後の第1回調査時には、すでに塩分は検出できないレベルまで溶脱していた。北川ほか（2012）も、被災から94日の間に塩分含量が顕著に低下した地点があることを報告しており、条件次第では、津波浸水から3ヵ月程度の時間が経過すれば、表土層から大半の塩分が溶脱され得るといえる。

ところで第1回調査時に地点4の塩分濃度が地点3に比べて低かった事実は、津波堆積物の供給量の違いや浸水期間の長短、微地形・標高によるものとは考えにくい。試料採取に際して地点ごとの津波堆積物の厚さをとくに配慮しないままに採取深を決めていたこと、第1回調査で同一試料について1回の塩分濃度測定しか実施していないこと、以下にも述べるように同一地点で塩分濃度の微小な空間的変動があり得ることなどが関係しているのかもしれない。

第1回・第2回調査時間の変化をみると、塩分濃度が地点2・3でそれぞれ約1/8および約1/5に急激に低下、地点4では逆に倍増している。以下、この理由について考察する。

まずIII章で述べた通り、同一地点の試料ではあったが、第1回・第2回それぞれの調査時における採取位置は数m離れている。その範囲内において、たとえば地表面の微起伏などに応じた津波堆積物の層厚の違いや浸水期間の長短があったとすれば、上記の試料採取深の決め方とも相まって、ごく狭い範囲内で採取した試料が大きく異なる塩分濃度を示すことも考えられる。つまり第1回・第2回調査時間の塩分濃度の増減は、時間的変化を意味するもので

はなく、調査方法に由来する微小な空間的変動を表しているだけかもしれない。しかしながら地点2・3に限れば、塩分濃度はともに低下傾向にあり、しかも低下の程度が大きいため、その変化の主要因は時間経過に伴う表土からの塩分溶脱であった可能性もあろう。どちらの影響がより強かったかについては、本調査の精度からみて判断が難しいため、今後の検討課題としたい。

また地点4の塩分濃度が第1回・第2回調査時間で上昇していることについても、微小空間スケールでの変動と時間的変化の2つの可能性が考えられる。ただいずれにしても、地点4を含む一帯は地震後の地殻変動（地盤沈下）の影響で標高0m未満地帯となっており（第1図）、溶脱の進みにくい条件にあったことに留意すべきであろう。地盤が沈下した地域で自然排水が進みにくくなっていることは、北川ほか（2012）も指摘している。

V. おわりに

東北地方太平洋沖地震に伴う津波で浸水した名取川下流部の水田において、2011年6月および9月の2回、表土層（10cm以浅）の塩分濃度を調べた。結果は次のようにまとめられる。

（1）津波到達限界付近の調査地点1では、6月・9月ともに塩分は検出されなかった。また6月・9月ともに、内陸側の調査地点から海側の調査地点へと塩分濃度が上昇する傾向がみられた。こうした塩分濃度の空間分布には、海岸線からの距離や人工構造物の存在に伴う津波堆積物の供給量の違いおよび浸水期間の差、微地形・標高による排水性の違いなどの地理的要因が関係していると考えられる。ただし地理的要因からは説明の難しい事例も認められたので、調査方法も含め、今後さらなる検討が必要である。

（2）6・9月間での各地点の塩分濃度の変化は、地点2・3で顕著な低下、地点4で増加という傾向

を示した。ただしこの傾向が、試料の採取方法に伴う塩分濃度の空間的変動を意味しているのか、時間経過に伴う溶脱の進行過程と関係しているのか、判別することは困難であった。

いくつかの課題は残したものの、沿岸沖積低地の水田が奥行き数kmにわたって津波浸水を受けるという稀な事態に際し、地理的要因が表土の塩分濃度分布に及ぼす影響の一端を推察することができた。被災農地の復旧に際しては、地理的要因を吟味し、適切な空間スケールで場所に応じたきめこまかな対策を講じていくことが求められる。

本稿の結果が、津波被災地復興の一助となることを願いたい。（2013年2月20日 受理）

謝 辞

調査に際し、名取市の洞口家住宅の水田より表土試料を採取させていただいた。記して感謝申し上げます。

注

- 1) 沖積低地上に6mほど盛土して作られた自動車専用道路で、東日本大震災時の津波遡上に対して防波堤的な役割を果たしたことが指摘されている（たとえば板倉，2011）。
- 2) 国土地理院，2011，デジタル標高地形図，<http://www1.gsi.go.jp/geowww/dhmap2/miyagi/pdf/119.pdf>（2012年6月28日閲覧）本地形図は、2011年3～6月にかけて行われた航空レーザ測量による標高データをもとに作成されている。
- 3) 地点1では、肉眼で識別可能な津波堆積物を認めることはできなかった。

文 献

- 板倉義尚（2011）：東日本大震災による高速道路の被災状況と復旧について。建設マネジメント技術，2011-10，11-15。
- 北川 巖・友正達美・原口暢朗・塩野隆弘・若杉晃介・芦田敏文・瑞慶村知佳（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堆積物・土壌の理化学的特徴. 農村工学研究所技報, **213**, 39-51.

原口 強・岩松 暉 (2011): 東日本大震災 津波詳

細地図 上巻: 青森・岩手・宮城. 古今書院, 167p.

松本秀明 (1984): 海岸平野にみられる浜堤列と完新世後期の海水準微変動. 地理学評論, **57**, 720-738.

Characteristics of Topsoil Salinity in Rice Fields Damaged by the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami

Kiyoshi SAIJO^{*1}, Ryosuke ENDO^{*2} and Shin-ichi ONODERA^{*3}

The authors investigated the spatial variation of topsoil salinity in rice fields damaged by the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami. Four study locations were selected from the alluvial plain of the lower Natori River in the Sendai Plain. The results suggest that salinity is lower in inland areas but increases in coastal areas because of geographical factors such as distance from the coastline, artificial constructions, microrelief, and altitude. For about six months after the tsunami, salinity decreased remarkably, but not in seaside locations. For this reason, it was difficult to distinguish the fluctuation caused by sampling methods and the temporal variation.

Key words : 2011 Tohoku Earthquake, Tsunami, Rice Fields, Salinity

^{*1} Miyagi University of Education, 149, Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai 980-0845, Japan

^{*2} Former student, Miyagi University of Education

^{*3} Hiroshima University