

〔農工研技報 214〕
〔25～30, 2013〕

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震により 地盤沈下した取水河川における農業用水の 塩分濃度モニタリングの必要性

友正達美* 坂田 賢* 内村 求*

*農地基盤工学研究領域用水管理担当

キーワード：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震，地盤沈下，農業用水，塩分濃度，イネ

I 緒言

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波は、太平洋沿岸の農地に甚大な被害をもたらした。流失・冠水等の被害を受けた農地の推定面積は、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の6県で計23,600haとされている（農林水産省，2011）。震災以降すすめられた被災農地の除塩、災害復旧事業等により、平成24年度には8,310 ha、39%の農地で営農が再開された。さらに今後、平成26年度までに津波被災農地の88%での営農再開が見込まれている（農林水産省，2012）。

農地の復旧は、比較的被害の少なかった内陸部から行われてきたことから、その対象農地は次第に被害が大きい沿岸部や河川沿岸に移行しつつある。これに伴い、これまではあまり顕在化していなかった震災による広域的な地盤沈下の影響が懸念されている。そこで、地盤沈下に起因する農業用水への塩水侵入に着目し、平成24年度より営農を再開した農地の取水河川において、水田かんがいを使用する農業用水の塩分濃度のモニタリングを電気伝導度（以下EC）の観測により行った。ここではその結果を報告するとともに、農地復旧における塩分濃度モニタリングの必要性を述べる。

II 調査の対象と方法

1 調査の対象

水田かんがい用水の塩分濃度モニタリングの対象としたのは、北上川の支流の皿貝川である（Fig.1）。皿貝川は、北上川河口部左岸に位置し、流域面積32km²、延長10.5kmの低地河川である。

震災時には北上川との合流地点の月浜第一水門で8.3mの津波が記録され、水利施設および皿貝川の周辺の農地は大きな被害を受けた。津波により電源を喪失し操作不能となった月浜第一水門は6月15日に応急復旧され、発動発電機による水門の操作が行われるようになった。水門の操作方法は、皿貝川の水位が北上川より高い場合に開いて排水するという内外水位差に基づくもので

ある。震災後の地盤沈下量は、周辺地域の平均で約0.8mである（遠藤ら，2011）。皿貝川の河川堤防では土嚢による浸水防止対策がとられた。

水田かんがい用水のECモニタリング地点は、北上川との合流地点から約2.4km上流左岸の大長尾、および3.1km上流左岸の小長尾の2地点である（Fig.1）。これらの2地点では取水用ホースを河川内に設置して、ポンプ取水を行っている。

2 調査の方法

皿貝川で取水用ホースを固定している栈橋からECロガー（Hobo社製U-24、測定範囲0～15mS/cm、精度0.2mS/cm）を、1地点につき2個ずつ設置した。設置位置は設置時（2012年5月16日）の水面から深さ0.8m（浅部）、2.0m（深部）で、10分間隔でECを記録した（Fig.2）。浅部のECロガーは、取水用ホースの呑み口の高さと同様と概ね一致させた。ECロガーの位置は河川水位の変動に追従しないため、水面からの深さは一定しない。そのため、観測値は河川のある特定の深さのECではなく、取水用ホースの呑み口付近のECと、それより1.2m深い部分のECである。

ECのモニタリングは2012年5月17日午前11時に開始し、概ね1ヶ月に1回程度、ECロガーからデータを回収している。2012年12月現在も観測を継続している。

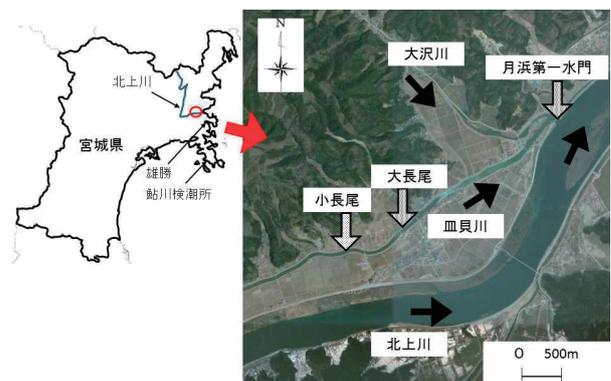


Fig.1 皿貝川とモニタリング地点の位置
Location of Sarakai River and EC monitoring points



Fig.2 取水用ホースとECロガーを設置した栈橋
Intake hose for irrigation and pier on which EC logger was settled

水田かんがい用水の塩分濃度については、農業（水稲）用水基準では0.3mS/cm以下としている。これは減収が全く生じないための許容限界濃度とされる値である。また須田ら（2001）は海水の混入しやすい河口付近での稲作におけるかんがい用水の取水管理として、①活着後～幼穂形成期前においては0.25%（EC 4.6mS/cm）、②幼穂形成期以降においては塩分濃度0.20%（EC 3.7mS/cm）を越えた場合に取水を停止することとしている。

Ⅲ 調査の結果

1 水田かんがい用水のECの推移

(1) 5月17日から6月20日（Fig.3）

ECの観測結果をFig.3～6に示す。なお、図中のハッチング部分は、調査地に最寄りの鮎川検潮所の満潮位が最も高くなる時期の目安として、潮位150cmを超えた日を参考に示したものである。

測定を開始した5月17日から6月6日までの期間、小長尾、大長尾いずれのモニタリング地点でも浅部では概ねEC 2.0mS/cmを下回る範囲で推移し、栽培上、特に減収が懸念される状態ではなかった。今年度の田植えが行われたのはこの期間である。

しかし、潮位（鮎川）が150cmを超えた6月6日を境に深部でECが急激に上昇し、浅部でも一時的に5mS/cmを超える水準に達した。その後、6月12日以降は概ねもとの水準まで低下した。

(2) 6月21日から7月20日（Fig.4）

大長尾の深部では6月26日ごろからECの上昇がみられ、さらに7月4日から7日にかけて浅部もECが急激に上昇した。このEC上昇は潮位（鮎川）が150cmを越え

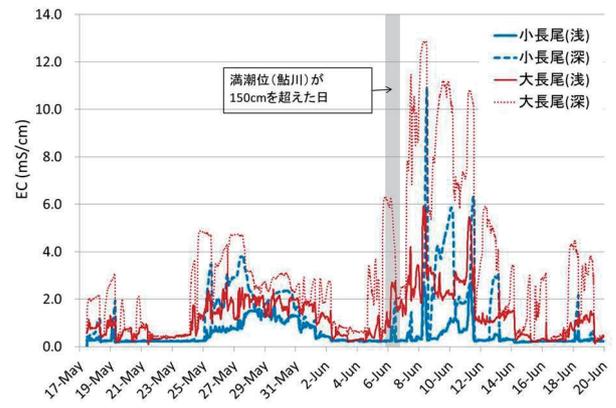


Fig.3 取水地点におけるECの推移（5/17～6/20）
EC of the irrigation water, May 17-June 20

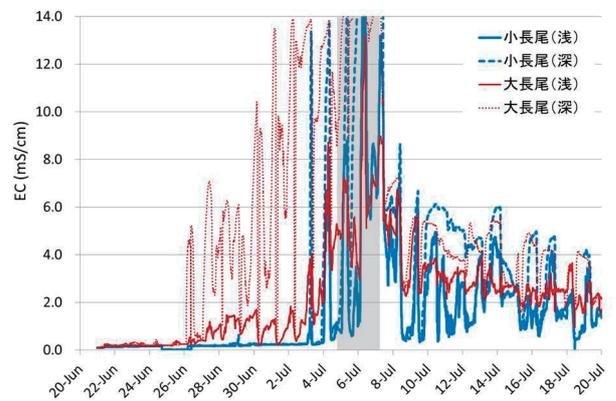


Fig.4 取水地点におけるECの推移（6/21～7/20）
EC of the irrigation water, June 21-July 20

た7月5日より早く、Fig.3とは前後関係が異なっている。その後7月8日以降はECは低下した。2012年の幼穂形成期は出穂期（8月5日）から逆算して7月11日から16日であるが、塩分に弱いとされるこの時期のECは2～3mS/cmの水準で推移した。

(3) 7月21日から8月20日（Fig.5）

7月25日頃からECは両観測地点で浅部、深部ともに上昇し、特に深部ではECロガーの測定限界（15mS/cm）を超える状態となった。上昇の開始は潮位（鮎川）が150cmを越えるより早かった。8月10日以降はECは低下傾向となり、また8月17日からの150cmを越える潮位の影響はあまり見られなかった。

(4) 8月21日～9月20日（Fig.6）

ECは8月中旬までの高い水準から次第に低下しているが、かんがい期間の終わりまで浅部でもやや高い状態が継続した。9月17日からの150cmを越える潮位はECに影響していない。

2 稲作の経過と塩害の発生

調査地区では2012年のはじめに災害復旧事業による農地の除塩が行われ、水田かんがい用水の塩分濃度も確

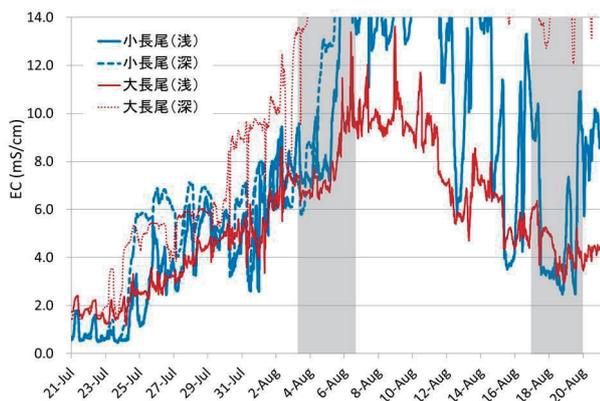


Fig.5 取水地点における EC の推移 (7/21 ~ 8/20)
EC of the irrigation water, July 21-Aug. 20

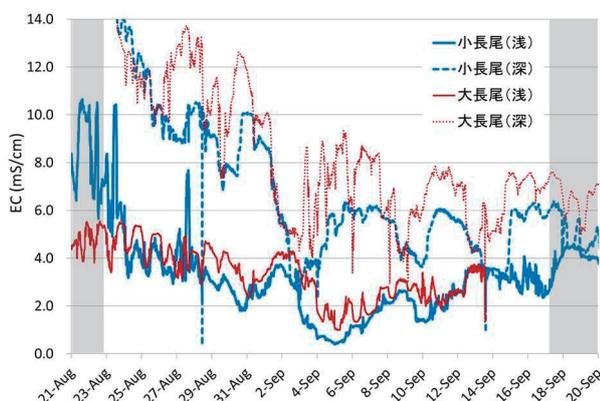


Fig.6 取水地点における EC の推移 (8/21 ~ 9/20)
EC of the irrigation water, Aug.21-Sep. 20

認した上で営農が再開された。田植えの時期に用水の塩分濃度は低かったことは今回のモニタリングでも確認されており、イネへの影響も確認されなかった。稲作の経過は、前述のとおり、田植えが5月下旬から6月初旬、幼穂形成期が7月上旬、出穂期8月5日前後であった。収穫は9月下旬から10月初旬に行われた。

用水管理に関しては、Fig.3に示したとおり、6月に深部でECが高くなる傾向が見られたため、皿貝川からの取水はなるべく表面近くから行うように助言した。また、7月下旬以降はFig.5, 6に示したとおりECが極めて高い状態となったため、皿貝川からの取水はなるべく行わないように助言した。しかし、この地区では代替の水源がなく、さらに2012年は夏期に少雨傾向であったため、生産者は塩害のリスクを負ってもかん水せざるを得ない状況におかれた。

このような稲作の経過の中で、出穂期まではイネに特に目立った生育の異常は観察されなかった。しかし、出穂期以降、8月下旬には一部で穂の変色が目立つようになった (Fig.7)。

さらに9月上旬以降、イネ全体の枯死が見られるようになった (Fig.8)。この枯死の状況はすべての水田で一律に発生しているのではなく、被害の大きい水田とあまり被害の見られない水田が混在していた。また、水田一

筆の中では比較的被害が一様で、全体として被害の出た水田がパッチワーク状になっていることが大きな特徴であった。これは、水田の作付けや水管理が個々の生産者により一筆単位で行われていることから、塩分濃度の高い用水のかんがいの時期や水量、その時のイネの生育ステージが、水田一筆単位でおおの異なるためと考えられる。

周辺には、別の水源として北上川本川の河口から17.2km上流 (皿貝川の合流地点より15.2km上流) に位置する北上大堰で取水した用水を使用している水田があるが、Fig.8のような枯死は発生していない。イネの枯死は2012年に営農再開した水田の中で、皿貝川を水源としている水田と、皿貝川の最下流、月浜第一水門付近で合流する大沢川 (Fig.1参照) を水源とする水田だけで見られた。このことから、イネの枯死はもっぱら水田かんがい用水の塩分濃度上昇を原因とする塩害であった



Fig.7 穂の変色 (2012年8月27日)
Discolored rice, Aug. 27, 2012



Fig.8 イネの枯死の状況 (2012年9月13日)
Rice damaged from salt water, Sep.13, 2012

と判断できる。

IV 考察

1 ECの変動と潮位、降水量

地盤沈下した河川から取水した水田かんがい用水のECの変動に影響する要因としては、潮位、河口の水門操作、降水量、河川流量等が考えられる。このうちデータの入手できる潮位と降水量について、モニタリング結果との関係を考察する。

(1) 潮位

鮎川検潮所（位置はFig.1を参照）における日最大潮位の年間変動（2012年）をFig.9に示す。日最大潮位は、年間の傾向としては6月以降に比較的高くなる。干潮時の水位も同様に6月以降に高い傾向を示す。これはECのモニタリング結果で、田植えが終了した6月までECは低く、それ以降に低くなったかんがい期間中の傾向と一致している。

(2) 降水量

ECモニタリングを行った期間における最寄りのアメダス地点（雄勝、位置はFig.1参照）での降水量の推移をFig.10に示す。2012年は6月中旬に大きな降雨があったが、それ以降は平年を下回る少雨傾向であった。このことは、7月下旬以降、上昇したECが長期間低下しなかった要因の一つになった可能性がある。

今後さらにデータの蓄積して、EC変動と潮位、降水量等との関係を検討したい。

2 今後の対策

今回の調査結果から、今後、地盤沈下により農業用水への塩水侵入が懸念される地区では、潮位の変動を考慮して営農を再開する少なくとも1年前から、通年で用水の塩分濃度をモニタリングし、その傾向を把握しておく必要があると考えられる。

営農を開始した後に用水の塩水化が判明しても、代替水源を確保することは容易ではなく、また、深さ方向の

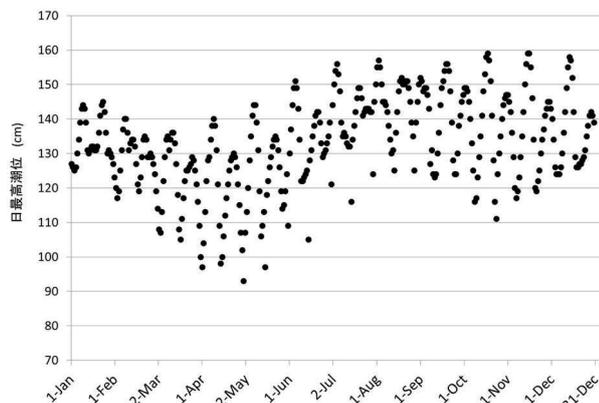


Fig.9 日最大潮位（鮎川）の年間変動（2012年）
The highest tide levels in a day at Ayukawa, 2012

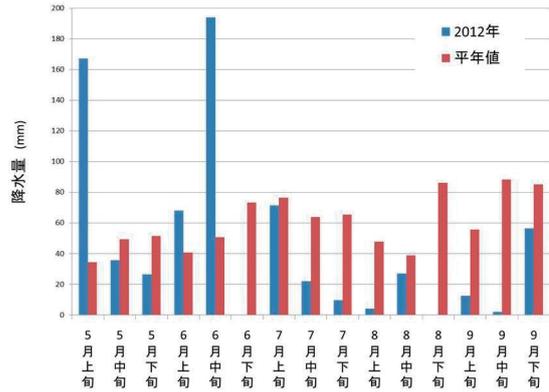


Fig.10 降水量（雄勝）の推移（2012年）
The precipitation at Ogatsu, 2012

濃度差を利用して表層からの取水で塩分流入を回避する方法にも限界があった。

農業用水に塩水化の問題がないか営農再開前に調査し、問題があれば、代替水源の確保などの抜本的な対策を行い、その間は稲作以外の土地利用を行う等の対応が必要と考えられる。

水源の塩分濃度の通年モニタリングを実施した結果、塩水化がごく一時的なもので、従前の水源を継続して利用する場合には、用水管理によって塩害を回避するために、水源のECをリアルタイムで測定し、かんがいの可否をその場で判断できるような観測態勢を整備することが望ましい。

V 結言

地盤沈下した東北地方太平洋沖地震により地盤沈下した取水河川における水田かんがい用水の塩分濃度モニタリングを行った。その結果、水田かんがい用水のECは田植え期にはイネに影響のない水準であったが、7月下旬以降急激に上昇し、水田のかんがい期が終わる8月いっぱい高い状態が継続した。この結果、調査地区では主に収穫期以降、水田かんがい用水からの塩分流入によるとみられる塩害が発生した。

このため、震災後の地盤沈下や地下水の塩水化、周辺の用水の水質等から、水田かんがい用水への塩水侵入が懸念される地区では、営農を再開する以前に、通年で用水の塩分濃度を観測しておく必要がある。観測データがなく、やむを得ずその用水で営農再開する場合には、用水のECをリアルタイムで把握し、かんがいの可否を判断できるような観測態勢を整備することが望ましい。

なお、この調査を行うにあたり、宮城県および北上川沿岸土地改良区の関係者各位には多大なご協力をいただいた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 農林水産省 (2011) : 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/press/nousin/sekkei/pdf/110329-02.pdf>
- 2) 農林水産省 (2012) : 東日本大震災における津波被災農地の復旧状況と今後の見通しについて
<http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/bousai/120420.html>
- 3) 遠藤希実・大沼克弘・天野邦彦 (2011) : 東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下が汽水域植生に与える影響の分析, 河川技術論文集, 18, 53-58.
- 4) 須田達也・土居晃朗・竹内晴信 (2001) : 塩分を含むかんがい用水の取水管理, 農研機構, 平成 12 年度研究成果情報・北海道農業
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/harc/seika/h12/cryo00105.html>

受理年月日 平成 24 年 12 月 11 日

Necessity to Monitor Salt Contamination of Irrigation Water from a River in the Ground Subsidence Area by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

TOMOSHO Tatsumi, SAKATA Satoshi and UCHIMURA Motomu

Summary

Salt concentration of irrigation water from a river in the ground subsidence area by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake is monitored by using the electric conductivity (EC) logger. The EC of irrigation water was low enough in the rice transplanting season, from last days of May to early days of June. However, after the last 5 days of July, the EC had raised remarkably, and rice was damaged by salt water in the irrigation area.

This result suggests that it is necessary to monitor the salt contamination of irrigation water which comes from the water resource in the ground subsidence area, at least through a year before resume of farming. Otherwise, a real-time EC monitoring system should be introduced for adequate irrigation management.

Keywords : earthquake, ground subsidence, irrigation water, salt concentration, electric conductivity, rice