

中越地震による農地の液状化被害

稲葉一成*・中野俊郎**・田中 聡*

* 大学院自然科学研究科 ** 農学部

1. はじめに

2004年10月23日に発生した中越地震では、小千谷市や越路町などの信濃川沿いの農地において、液状化により圃場や農道が陥没するなどの被害が発生した(図1)。筆者らは、長岡市(新開, 西野), 越路町(本条, 神谷, 岩野), 小千谷市(高梨)の計6箇所において、液状化が発生した農地の被災状況や土質を調査してきた。本報告は、越路町本条・神谷地区、小千谷市高梨地区における被災状況を中心に報告するものである。

2. 被災状況

2.1 越路町本条・神谷地区

調査を行った越路町本条・神谷地区の圃場は、信濃川の左岸、信濃川と渋海川の合流点の約5km上流に位置する。調査地の空中写真を図2に示す。図中左側は渋海川、右側は関越自動車道である。この空中写真は、アジア航測(株)によって撮影されたものを筆者が加工したものであり、図中に示した番号は以下の図番号と対応したものとなっている。

地元の方によると、今回の地震で噴砂が見られた場所のなかでも、特に図3の地点では、地震発生時には砂とともに多量の地下水が噴出し、池のようであったとのことである。北側に隣接する図4の地点では、直径3m、深さ0.6m程度の陥没も見られ、このあたりの噴砂の激しさを窺わせる。ただ、噴砂は広範囲で見られたものの、それに伴う広範囲での陥没や、排水路・農道の破損などは見られず、復旧困難な状況とは思われない。

図5の地点において、噴砂が発生した所と発生していない所で、それぞれ田面下深さ60cmまで掘削し土層を観察した。噴砂が発生した所では、田面上に最大で15cm程度の厚さで青灰色の砂が堆積し(図5左側)、その地下では砂が亀裂を伝っていった痕跡も見られた(図5右側)。地表部はかなりぬかるんでいるものの、地下は乾いており、掘削時に地下水が浸出することもなかった。これは噴砂が発生していない所でも同様であった。図

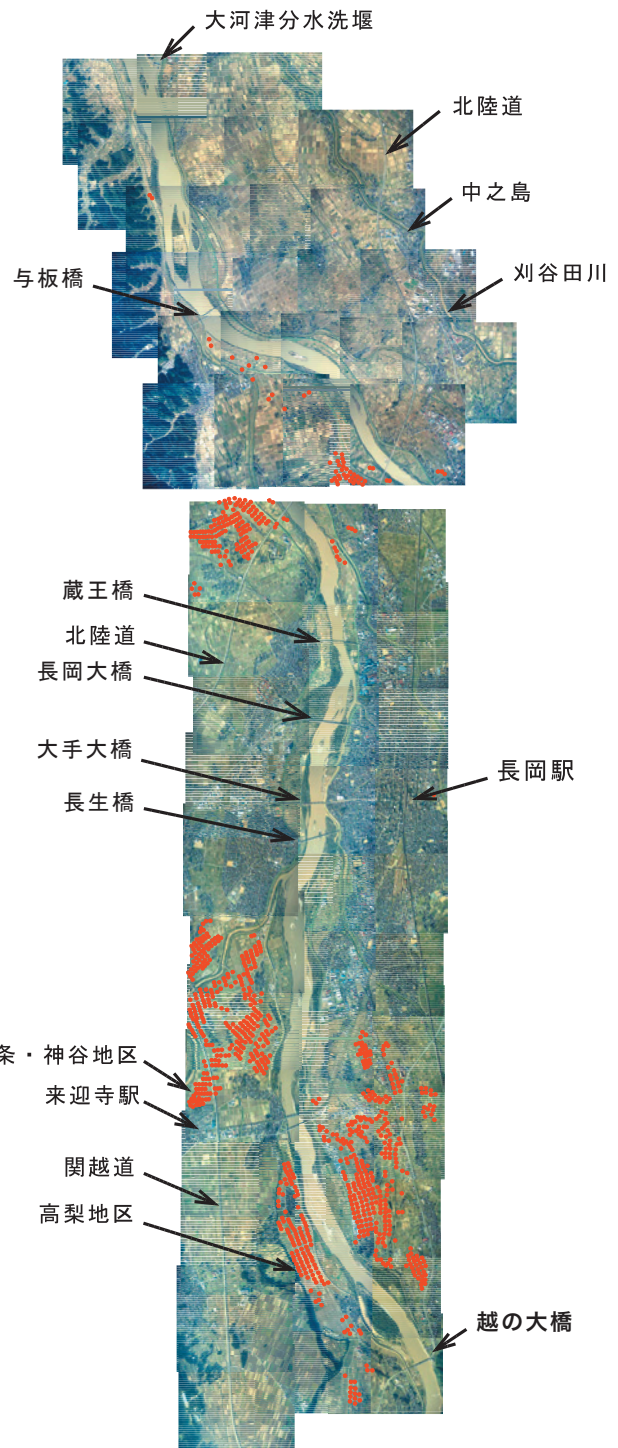


図1 液状化した農地の分布

●は小千谷～分水までの信濃川沿いの空中写真(国土地理院撮影)から噴砂が発生したと思われる農地をプロットしたもの。但し、これらの全てを現地調査で確認したわけではない。

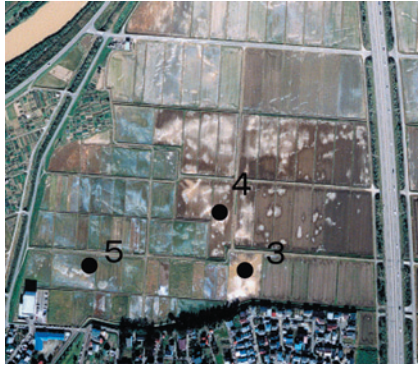


図2 調査地の空中写真
 図中左側は渋海川、右側は関越自動車道である。図中の番号は本文中の図番号と対応している（2004年10月24日アジア航測（株）撮影）。

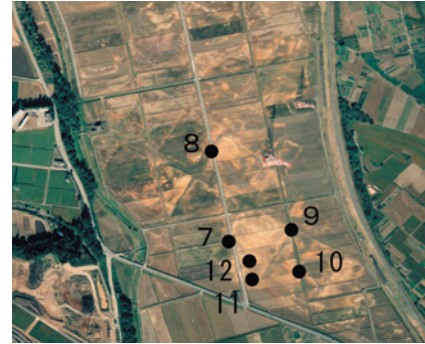


図6 調査地の空中写真
 図中左側は段丘崖、右側は信濃川の堤防である。図中の番号は本文中の図番号と対応している（2004年10月24日アジア航測（株）撮影）。



図3 広範囲で発生している噴砂
 最も液状化の激しかった所である。地震発生時には砂とともに大量の水が噴出した。

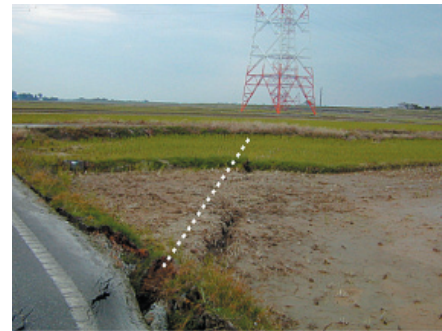


図7 連続する段差・亀裂1
 段差・亀裂は農道を横断して鉄塔の方向へ連続している。

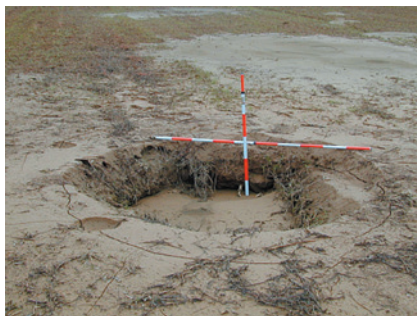


図4 円形状の陥没
 砂・水の噴出により、直径3m、深さ0.6mほどの陥没が生じている。



図8 連続する段差・亀裂2
 段差・亀裂は農道を横断した後、右方向に直角に曲がる。



図5 噴砂地点の様子とその土層断面
 最大で15cm程度の厚さで青灰色の砂が堆積している。噴砂が発生した所の地下では砂が亀裂を伝っていった痕跡が見られる。

3. 図4の地点と比べ、図5の地点では噴砂の発生範囲は狭く、掘削時には径5cm程度のレキが出てくる場所もあった。

2.2 小千谷市高梨地区

調査を行った小千谷市高梨地区の圃場は、信濃川の左岸に位置する。調査地の空中写真を図6に示す。図中左側は段丘崖、右側は信濃川の堤防である。この写真はアジア航測（株）によって撮影されたものを筆者が加工したものであり、図中に示した番号は以下の図番号と対応したものとなっている。写真からは広範囲での噴砂と、格子状の模様が見られる。

図7と図8は、図6で見られた格子状のものが農道と交差する地点の様子である。いずれも農道



図9 段差・亀裂と排水路との交差点1
水路は段差・亀裂との交差点で激しく破壊され、その機能を完全に失っている。



図10 段差・亀裂と排水路との交差点2
右の図は矢印で示した地点を拡大したもの。水路に変状が見られた区間は約20mにおよび、水路底は最大で約1m上昇している。



図11 広範囲にわたる陥没
連続する段差・亀裂により、広い範囲で陥没が生じている。陥没した所は水がたまっている。



図12 暗渠管の噴出・散乱
噴砂とともに埋設してあった暗渠管も地表に飛び出し、散乱している。

や圃場には段差や亀裂が連続して生じており、それに沿って噴砂が見られる。図9と図10は、格子状のものが排水路と交差する地点の様子である。

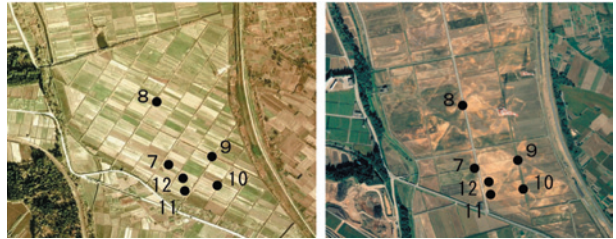


図13 圃場整備前と地震直後の空中写真
左：圃場整備前（1975年国土交通省撮影）、右：地震直後（2004年アジア航測（株）撮影）

水路は約20mの区間にわたり、本来の位置よりも最大で鉛直方向に約1m上昇している。また、図11に示すように、格子に囲まれた内部では圃場が広範囲にわたって陥没し、埋設してあった暗渠管が地表に飛び出すなどの被害も生じており（図12）、復旧するに要する費用は相当なものになると思われる。

地元の土地改良区の方によると、当地区では1986年まで砂利採取が行われ、その後は山の土砂などを用いて埋め戻しをして、1988年に現在の30a区画の圃場に整備したそうである。圃場整備前の当地区の空中写真を、図6で示した地震直後の写真とともに図13に示す。圃場整備前の写真は国土交通省によって1975年に撮影されたものである（国土画像情報）。比較のために、地震直後の写真と同様に圃場整備前の写真にも番号を示した。これら2つの写真を比べて見ると、格子状のものは圃場整備前の農道の位置とほぼ重なることがわかる。恐らく、圃場整備前の農道を利用しながら砂利採取を行い、その後の埋め戻しがルーズな状態であったものと思われる。埋め戻したところで液状化が発生し、広範囲にわたって陥没が起こった結果、当時の農道が浮かび上がった形になったのであろう。

3. 土質調査

3.1 粒度試験

各地区ともに、同じ圃場内であっても、噴砂が集中的に生じている所と噴砂が生じていない所がある。このことと土質の関係を調べる目的で、粒度試験を行った。本条地区における粒度試験の結果を、粒径加積曲線として図14に、粒度組成分布として図15にそれぞれ示す。試料の採取は深さ10cm毎に行い、170～190cmの深さまで行った。噴砂が生じている所では、生じていない所に比べ、砂分が多い傾向が見られるものの、粒度組成からはどちらも液状化を生じる可能性があると言える。このことは、今回調査を行った他の地区においても同様であった。この試験の結果だけからの判断

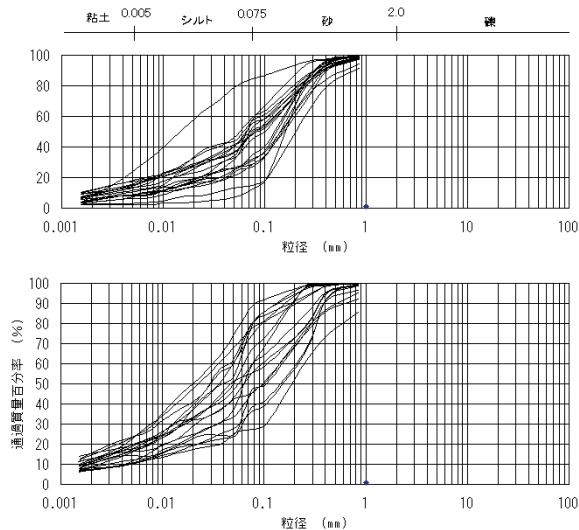


図 14 粒径加積曲線（本条地区）

上：噴砂が生じている所，下：噴砂が生じていない所

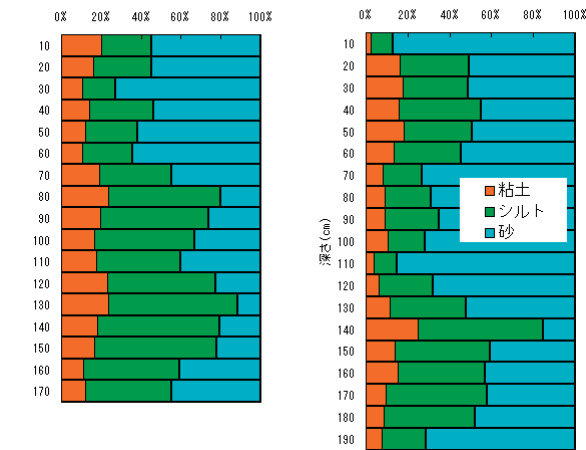


図 15 粒度組成の比較（本条地区）

左：噴砂が生じていない所，右：噴砂が生じている所

にはなるが、今回の液状化が生じた要因としては、粒度分布よりも地下水位や堆積状況の違い、あるいは試料採取を行った深さよりもさらに深い位置での土質の違いなどによることが考えられる。

3.2 ベーンせん断試験

営農のための復旧に際しては、農業機械の走行性を確保できるだけの耕盤層での強度の有無が問題となる。噴砂の直上部と噴砂が生じていない所において、ベーンせん断試験から耕盤層における現状の地盤強度の測定を行った。高梨地区における試験の結果を図 16 に示す。噴砂が生じている所では、生じていない所と比べ、地盤のせん断強度は低下している。しかし、Mohr-Coulomb 破壊規準線からクローラ型コンバインの接地圧である

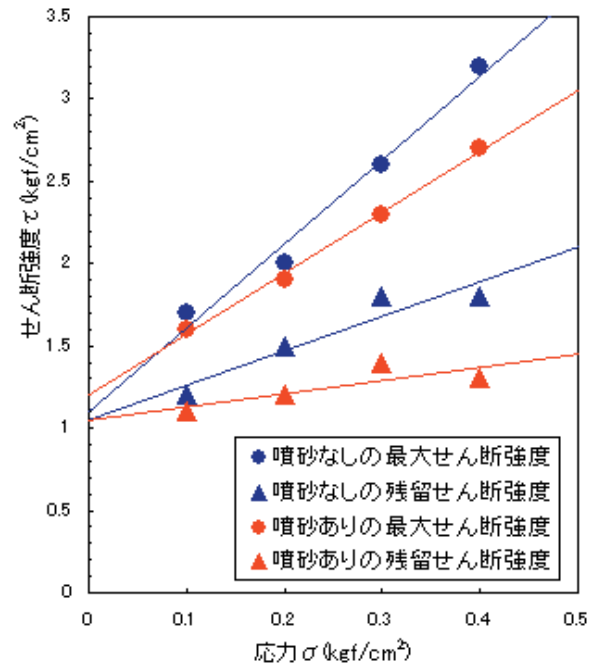


図 16 地盤強度（高梨地区）

破線：噴砂が生じている所，実線：噴砂が生じていない所

0.12 ~ 0.27 kgf/cm² の時のせん断強度を求めると、接地圧の最大値 0.27 kgf/cm² の場合であっても、試験で最小の結果となった「噴砂あり」の残留強度でも 1.26 kgf/cm² であり、接地圧を十分に上回った値が得られている。このことは、今回調査を行った他の地区においても同様であった。このため、液状化により地盤強度の低下は生じているものの、農業機械の走行性の面では支障はないと言える。

4. おわりに

2005 年 5 月現在、各地で被災農地の復旧が行われている。本条・神谷地区の圃場では既に復旧工事は終了している。また、被害が激しかった高梨地区においても、6 月からの営農を目指して大規模な復旧工事が進められている。最後に、本調査を行うに際し、ご協力いただいた地権者の方々に厚く御礼申し上げます。