

2004年10月23日新潟県中越地震における 液状化現象(速報)

宮地 良典¹⁾・木村 克己¹⁾・国松 直²⁾・竿本 英貴²⁾
吉田 邦一²⁾・小松原 琢¹⁾・吉見 雅行²⁾

新潟県中越地震は、2004年10月23日17時56分、新潟県の中越地方で発生し、その規模はM6.8であった。その後もM6クラスを含む多くの余震が観測された。この地震により、新潟県川口町で震度7強を記録したのをはじめ、信越地方を中心とする広い地域で強い揺れが生じた。

この地震は魚沼丘陵周辺の活褶曲を作った北北東-南南西方向で南西下りの逆断層が活動したものと考えられている。この地震により長岡市・小千谷市及びその周辺の水田地帯で液状化現象が発生した。地震発生後の10月24日に国土地理院によって被災地域の縮尺約1万分の1のカラー空中写真(撮影高度1,700m)が撮影された。今回我々は、これを利用して、液状化を示す噴砂の分布とその形状の概略を把握した。空中写真では周囲の水田や畑が、緑や茶色に写るのに比べ、噴砂の噴出したところは、淡い色(口絵2ページ1, 3では線状に白くなっている)に写っていることから読み取ることができる。その結果、長岡市、越路町及び小千谷市の水田地帯に多くの噴砂が見られる事がわかった(第1図)。

10月30日以降、空中写真で認められた液状化地点を中心に現地調査を行い、特に与板町与板、長岡市新開町、西野、大川原、及び小千谷市高梨町周辺にみられる大規模な噴砂について詳細に観察を行った。以下にそれらの特徴について報告する。

1. 概要

信濃川沿いに幅広く発達する氾濫原上の水田地帯を中心に、広範囲に液状化による噴砂が分布す

る。田圃・農道・用水路には、液状化に起因すると思われる亀裂・陥没などの地盤変状が認められる。長岡市高島町北方と与板町与板地域を除くと段丘面や現河床には噴砂はわずかしか認められず、液状化に伴う亀裂や陥没もほとんど見られない。

この地震で液状化した地域は、小千谷市北部から長岡市にかけての信濃川沿いの左岸に多い傾向がある。その北縁は、与板町北方までに及ぶ(第1図)。

地震被害との関連では、噴砂の主要な分布が認められる氾濫原は、家屋の倒壊・半壊が確認できた地域近傍ではなく、その外側の被害が軽微な地域にあたるという特徴がある。

国土地理院の被害後の空中写真の観察によると、主要な噴砂の分布域は、0.5-5km²の広がりをもっており、その分布境界は比較的クリアである。数km²に及ぶ広がりを持つ噴砂分布域は次のとおりである(第1図)。

信濃川左岸においては、北から、与板町与板(1.0×0.5km)、長岡市花井町-雁島町(>1.5×1km)、越路町飯島-西野(4×1.3km)、小千谷市高梨町-小千谷市五辺(3.5×1km)、信濃川右岸では、越路町仲島周辺(3×1km)、長岡市高島町北方(1.5×0.7km)である。この中で長岡市高島町北方は現河床面であるが、それ以外はすべて氾濫原面にあたる。

噴砂は噴砂丘・噴砂列をなす。噴砂は越路町より下流ではほとんどのところで黒ないしは灰色で、小千谷市高梨町や大川原では赤褐色の噴砂も見られる。黒ないしは灰色の噴砂は川砂を、褐色の噴砂は風化していることから埋め土を起源とする

1) 産総研 地質情報研究部門
2) 産総研 活断層研究センター

キーワード: 新潟県中越地震, 液状化, 噴砂, 水田, 旧河道, 長岡市, 越路町, 小千谷市



第1図 空中写真から判読した液状化地点(空中写真は、地震後、国土地理院撮影のものと同国際航業撮影のものを利用した)。

ものが多いように見える。特徴的な噴砂のタイプは陥没型噴砂と線状型噴砂との2つに区分される。陥没型噴砂は馬蹄形ないし菱形に噴砂が配列し、その縁にそって亀裂が発達し、地盤の陥没を伴う



第2図 与板町与板の噴砂列。

ものである。一方、線状型噴砂は、線状に数10m長ほどの線状の噴砂帯が平行ないし一部雁行状に配列し、全体として500m前後の直線的ないし弧状をなす噴砂列帯を形成する。噴砂列帯には亀裂や陥没などの変状が認められない。これ以外に独立した噴砂丘が形成され、その河口部が陥没する噴砂丘型噴砂や、水田の畦や水路など構造物に沿って噴砂が噴出するものも見られた。

陥没型噴砂では、その分布の形はかつての土地区画や馬蹄形の砂採取跡などの人工改変地形に密接に関連している。一方、線状型噴砂については、特にその分布に相応する自然地形・人工改変地形が見当たらない。線状型噴砂は分布域北部に多く見られ、陥没型噴砂は南部に多く見られる。

2. 観察地点での噴砂の特徴

今回特に1) 与板町与板周辺、2) 長岡市新開町周辺、3) 長岡市西野周辺、4) 小千谷市高梨町周辺、及び5) 長岡市大川原周辺の液状化被害を観察した。以下にそれぞれの地点での調査結果を示す。

1) 与板町与板

与板町では、特徴的に線状噴砂が見られる(第2図)。この噴砂列は東西に延びていた。噴砂列の幅は約1mで、噴砂は淘汰のよい中粒砂であった。空中写真及び現地調査の結果、今回の地震による液状化地点の最北限と考えられる。この地域は信濃川堤防の内側に作られた畑地で、地形区分からは現河床にあたるところである。噴砂列の幅は最大約4mで、長さは数100mに及ぶ。噴砂列の方向である東西方向は現在の信濃川とは斜交する。

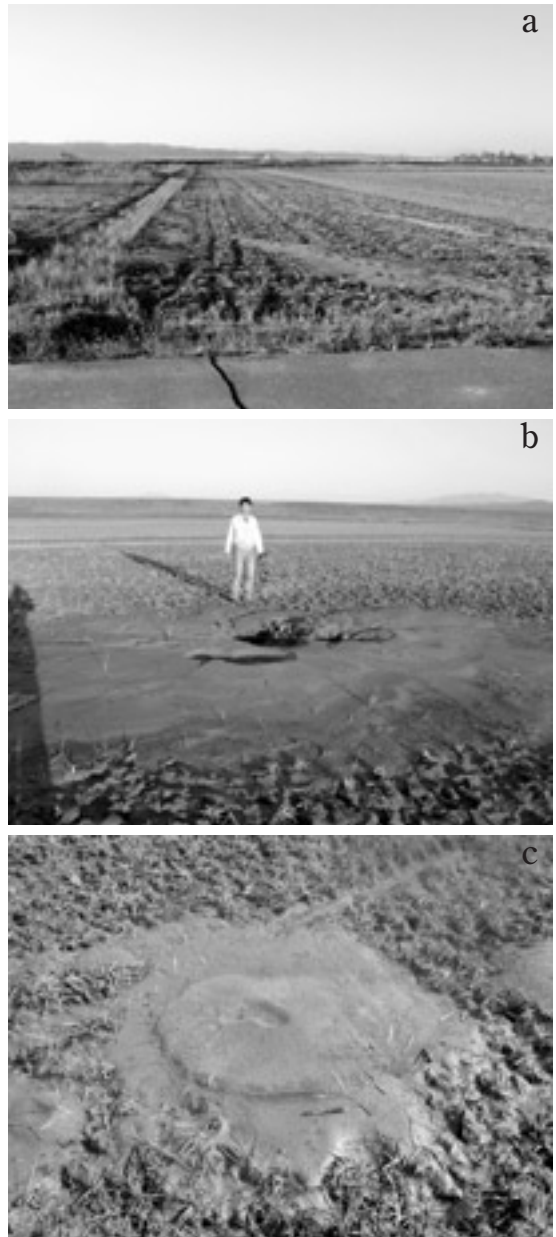
2) 長岡市新開町周辺

この地域には噴砂丘を型と線状型の噴砂が見られた(口絵2ページ1)。この地域は、旧河道に相当し、南北の道路から約15mの区間は、ほとんど噴砂が見られず、その東側に線状型の噴砂が(第3図a)、さらに東側に噴砂丘を作る噴砂が(第3図b)それぞれ見られ、最も信濃川よりでは再び噴砂が見られなくなる。噴砂はほとんどが中粒砂よりなり、上面がシルトで覆われているところもある。分布域北部では、シルトに覆われた上にさらに中粒砂に覆われている例が観察された(第3図c)。これは噴砂が同じ亀裂から複数回噴出したことを示し、本震だけでなく余震によっても液状化したことを示唆している。噴砂丘は、最大直径約10mにも及び中央部の陥没部の直径も約2mに及ぶものもある。この地域は聞き取り調査では圃場整備されたとの情報もあるが、米軍撮影の1/10,000の空中写真と圃場の形態はほとんど変わっておらず、大規模な圃場整備は行われなかったと考えられる。米軍撮影の空中写真判読から、道路沿いの噴砂の見られないゾーンはほぼ自然堤防に、線状型の噴砂は攻撃斜面側の旧河道にあたり、河川ないしは自然堤防に平行な方向に噴砂列が配列していることになる。

現在の道路などの構造物も自然堤防などの微地形に規制されていることが多い。道路などは転圧によってその周辺のみが固められている。これが水田の液状化に境界条件が与えられ、これに平行に剪断応力が働き、その方向に噴砂列が形成されたと考えられる。しかし、東縁を限る信濃川本流の堤防はより大規模に護岸されているにもかかわらずその影響は余り受けていない。従って噴砂列の方向は、旧河道に沿っていると考えられ、噴砂列の方向を規制するものは旧河道のチャンネルの方向、すなわち河川堆積物である砂層の厚さによって規制されていると考えられる。一方、今後、この地域で電気探査、ボーリング調査などを実施する予定である。

3) 長岡市西野周辺

この周辺も典型的に線状の噴砂列群が見られる。この周辺での噴砂列群は東北東-西南西方向に配列している。これは、信濃川本流ではなく、支流の渋海川の旧河道の方向に沿った方向であり、2)の新開町周辺同様、渋海川の旧河道の方向との



第3図 新開町周辺の噴砂。

- a: 噴砂列。
- b: 噴砂丘。
- c: 二重に重なった噴砂。複数回噴出したことを示す。

関係が考えられる。

4) 小千谷市高梨町周辺

この地域には、典型的に陥没型の噴砂が見られる。国土地理院の空中写真でも、北東-南西と北

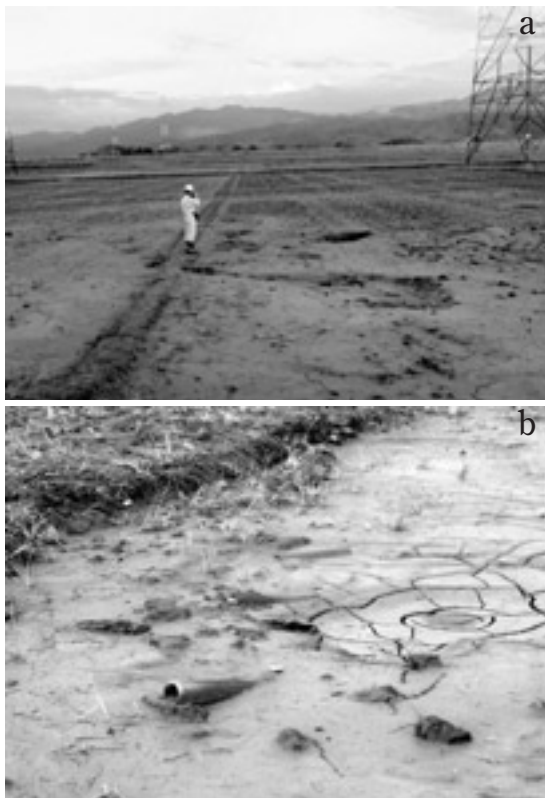


第4図 小千谷市高梨町周辺の液状化。口絵2ページ3の長方形のブロックとして陥没し、陥没したブロックが灌水している。

西-南東の両方向に配列して噴砂が長方形に配列している(第4図、口絵2ページ3)。この亀裂の方向は現在の圃場区画と約45度ずれている。この囲まれたブロック全体が陥没し、噴砂はその亀裂から噴出している(第5図a)。また、この地域は、噴砂は褐色の中粒砂で、最大30cmに及ぶ礫や床土が直径約20cmの陶器製の埋設管などを伴って噴出し(第5図b、口絵2ページ4)、礫は亀裂の側方に最大約3m離れたところまで散在していた。これらの礫の噴出は、地震後の液状化時の水圧の大きさが想像できる。礫は巨礫大の未固結のシルト礫が特徴的に見られ、中礫大のチャートなどの円礫もみられた。この地域は、圃場整備時に砂利を採取した(信濃川左岸土地改良事務所、私信)との情報もあり、水田の畦など転圧されたところが液状化せず、砂利採取後に埋めた土砂が液状化したと考えられる。なお、口絵2ページ3の北半部で陥没のブロックが不明瞭になるが、越路町と小千谷市の境界で圃場整備の工法が異なっており、これが原因で噴出形態が異なっている可能性も考えられる。これらの関係については今後の課題である。

5) 長岡市大川原周辺

大川原周辺にも大規模な菱形ないしは馬蹄形の陥没型の噴砂がみられる(第6図)。また、一部では陥没したところが灌水している。また、西側の噴砂は黒色の中粒砂が噴出している(第7図a)のに対し、東側では、褐色の中～粗砂が噴出している(第



第5図 小千谷市高梨町周辺の噴砂。

a：線状の亀裂と噴砂。

b：噴出した陶器製の埋設管。

7図b)。これらから水路の東西で液状化した砂が異なっていたと考えられる。この水路もいずれかの時期の旧河道の縁辺と考えられる。この地域も高梨町周辺と同様圃場整備時に砂利を採取したということである。馬蹄形の陥没はその時に埋め戻した砂が液状化を起こしたと考えられ、この情報を支持する。一方で、噴出物の違いは液状化層が異なっていることを示していると考えられるが、その原因については今後の課題である。

3. まとめ

1) 2004年10月26日の新潟県中越地震において長岡市から小千谷市の信濃川及びその支流の氾濫原に広く液状化が発生した。この地域の信濃川の堆積物は、上流側で砂礫が卓越し、下流部では砂層が分布している。上流部の砂礫層は砂利取りに利用されている。



第6図 長岡市大川原周辺の空中写真(写真は上がほぼ北方向、幅は約600m、国土地理院撮影の一部)。



第7図 長岡市大川原周辺の噴砂。
a：水路より西側の黒色の噴砂。
b：水路の東側に分布する褐色の陥没型の噴砂。

- 2) 液状化に伴う噴砂の分布の特徴は、菱形ないしは馬蹄形の陥没変状に伴う陥没型噴砂と、線状に噴砂が配列し陥没変状を伴わない線状型噴砂とに分けられる。
- 3) 線状型の噴砂は、分布域の下流側に多く、ほとんどは淘汰のよい中粒砂が噴出している。また列の方向は旧河道と並行またはそれらに規制された形で列をなす。これらの噴砂の起源は河川性の堆積物の可能性がある。
- 4) 陥没型の液状化は、分布域の上流側に多く見られ、砂のみならず巨礫や陶器製の埋設管までを伴う事もある。これらは圃場整備時に砂利を取り、再び埋め戻したことと関連がある。
- 5) 以上のことから、信濃川の上流部の小千谷周辺には砂礫が堆積し、これを採取し、埋め戻した水田では陥没型の液状化が発生した。一方、下流側では河川性の中粒砂が堆積しており、旧河道の方向に規制されて噴砂が発生した。

今後、同じ旧河道でも液状化を起こしたところと起こさなかったところ、また、どのような地層が液状化を起こしたかについて検討する必要がある。

謝辞：被災されている状況の中、長岡市新開町町会長の長谷川正利様と、高橋 勇様には新開町の水田の調査に便宜を図っていただいた。信濃川左岸土地改良区の本田栄一課長はじめみなさまには調査の便宜と貴重な情報をいただいた。地震災害の対応で忙しいにもかかわらず、現地調査にあたってこのような暖かいご協力をいただいた方々に深く感謝する。

Miyachi Yoshinori, Kimura Katsumi, Kunimatsu Sunao, Saomoto Hidetaka, Yoshida Kunikazu, Komatsubara Taku and Yoshimi Masayuki (2005) : Liquefaction caused by the 2004.10.23 Niigataken-Chuetsu Earthquake.

< 受付：2005年1月25日 >