

北海道胆振東部地震（2018年9月6日）で出現した噴砂の特徴

Sedimentary structure and composition of sand blows and sand dikes formed by the 2018 Iburi-Tobu Earthquake, Hokkaido, Japan

西村 裕一¹・千葉 崇²

1. 北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター

2. 秋田県立大生物資源科学部

Yuichi Nishimura¹・Takashi Chiba²

1, Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science, Hokkaido University

2, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

Abstract

The M6.7 Hokkaido Iburi-Tobu Earthquake of September 6th, 2018, left sand blows and sand dikes result from liquefaction. We investigated distribution, shape, sedimentary structure and composition of the new sandy deposits at Atsuma and Mukawa. Size of the sand blows varies from several tens of centimeters to several meters in diameter, and they are composed by fine to coarse sand, mud, pebbles and various size of pumice. The sand dikes that extend through the top soil are not straight, they are curved or bent along the boundary of the inhomogeneous medium around them. The width of them vary from 1 mm to 10 cm, and they are filled with the same materials as those came out at the final stage of the ejection. The precise description of the new sand blows and sand dikes can provide a better understanding of the liquefaction process and also can be useful for the identification and evaluation of paleo liquefaction deposits.

Key Words: *Iburi-Tobu Earthquake, Liquefaction, Sand blow, Sand dike*

キーワード: 胆振東部地震, 液状化, 噴砂, 噴砂丘, 砂脈

1. はじめに

2018年9月6日、北海道胆振地方東部を震源とするマグニチュード6.7の地震（以下、胆振東部地震）が発生した。この地震では、震源に近い厚真町、むかわ町、苫小牧市だけでなく、少し離れた札幌市でも液状化による被害があった。我々は、胆振東部地震に伴う液状化により形成された噴砂について、形状や構造、構成物などの基本的な特徴を調べた。

噴砂は地震による強震動の痕跡であり、地層中に残された噴砂堆積物は地震活動の長期評価にとって重要な情報をもたらす¹⁾。特に胆振東部地震のように津波を伴わず、また震源が深く地表断層が現れない地震においては、噴砂堆積物は限られた物証の一つとして貴重である。考古学の発掘現場で噴砂が見つかることは少なくない¹⁾²⁾。札幌市でも、噴砂の痕跡を1834年（天

保 5 年) に石狩地方に被害をもたらした地震と結びつけたり、また複数の噴砂堆積物の年代を推定して地震の発生履歴を探る研究が行われてきた²⁾³⁾。ニュージーランドでは 2010 年のクライストチャーチ地震の発生を機に、新しくできた噴砂の痕跡が詳しく調査され、さらに古い時代の痕跡を探して地震活動を評価する研究が進められている⁴⁾。

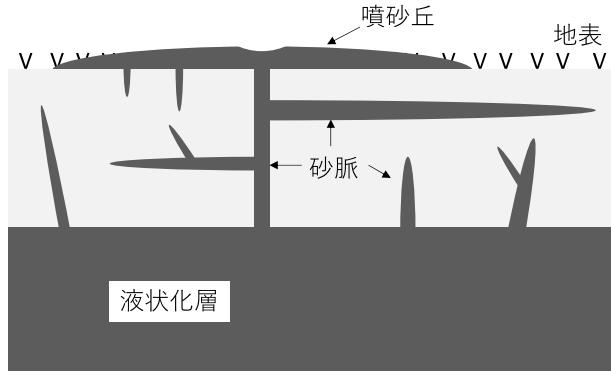


図 1. 鉛直断面に見られる噴砂堆積物の概念図。噴砂は地表に形成される噴砂丘と地中の砂脈からなる。

図 1 は、これまでの報告例を基にして描いた噴砂のイメージ図である。液状化して圧力が高まった層（液状化層）から地表に向むかう割れ目に沿って砂脈が成長し、地表に達して吹き出せば噴砂丘が形成される。噴砂丘は、砂脈がパイプ状であればその噴出口を中心として同心円状に広がり、板状であれば地表にできた割れ目から両方向に広がる形状となる。砂脈は複雑で、地表まで達しないものもあれば、水平方向に伸びる場合もある。砂脈が網目状に連結する例も報告されている。砂脈の形状や分布は、地表付近を構成する物質の強度が不均質なために複雑になると考えられる。

噴砂の痕跡を地震発生の長期評価に結びつけるには、噴砂堆積物の年代を推定する必要がある。この意味では、地表に形成される噴砂丘が最も多くの情報量を有している。よって、噴砂丘の特徴を理解し認定手順を確立することは、地質学だけでなく地震学の分野においても重要である。一方、地表に形成された堆積物は、津波堆積物と同様に侵食の影響を受けやすい。よって形成過程に加えて埋没して地層として残るまでの続成過程も理解しなくてはならない。本研究では追跡調査を念頭におき、噴砂丘や砂脈を調べるための掘削は最小限にとどめた。

2. 現地調査

2-1 調査地点および調査日

調査地点は地点 1~4 の 4 カ所である（図 2）。地点 1 は苫小牧東港の港湾施設の敷地内で、古地図と比較すると埋立地であることがわかる。調査は 2018 年 9 月 12 日に実施した。ここでは観察して写真を撮影したのみで、掘削等は行っていない。地点 2 は厚真川左岸の河口近くの低地で、浜厚真海浜公園が隣接している。人工改変が進んでおり、地震発生時も整地作業が進行中であった。ここでは、同年 9 月 12 日、15 日、11 月 13~14 日に調査を行なった。地点 3 はむかわ町汐見地区である。鵡川と汐見漁港の中にある海岸近くの低地で、海岸は護岸されており、かつて砂丘を削って一部平坦な農地として利用された後、現在は放置されて草地となっている。ここは、同年 9 月 8 日、15 日に調査した。地点 4 は汐見漁港から南に続く海岸と砂丘背

後の低地である。砂丘は一部改変され、低地は砂取場として大規模に掘削された後に埋め戻され、その後は放置されて草地となっている。ここでは、同年9月15日、28日、および11月13～14日に調査を実施した。

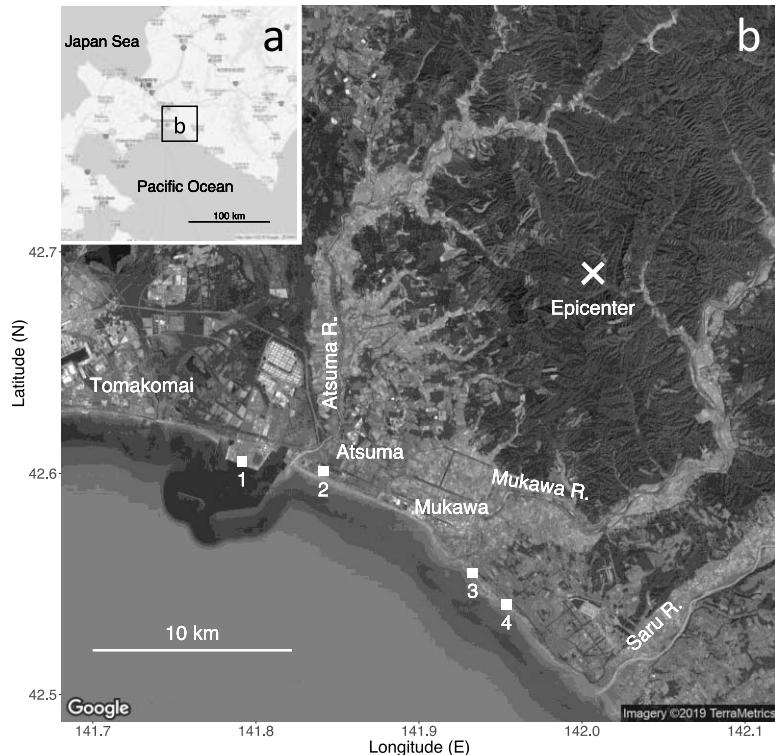


図2. 胆振東部地震の震央と調査地点（1～4）。

2-2 調査方法

それぞれの調査地点では、噴砂丘の分布と形状を観察し、代表的なもの、特徴的なものについては構成物を確認した。地点2～4では、60 cm長のジオスラーサー⁵⁾を用いて、砂脈の地表に近い部分の構造を調べた。今回は液状化層までの掘削は行っていない。

3. 噴砂丘の形状と構成物

3-1 地点1

ここでは、直径数メートルの比較的大きな噴砂丘が点在する様子が見られた（図3）。それぞれの噴砂丘は中心付近に噴出口を有する。噴出口は円形か細長い橈円状で、複数の噴出口が直線状に連なっているものも多い。噴出口のごく近くには、表面に一連の亀裂が見られる。噴砂丘は噴出口の周囲で最も厚く、層厚は噴出口から離れるにつれ減少する。噴出は単発ではなく断続的に起こったような痕跡も認められた。地表が平坦であるにもかかわらず、一方に向かって集中的に噴出した痕跡も認められた。これらの形状は、スケールは違うが火山地形に見られる特徴とよく似ている。

噴砂丘を構成しているのは砂、泥、軽石である。軽石は噴砂丘の縁部に集積していることが多い。軽石を主体とする噴出物が、その後に出てきた砂を主体とする噴出物に覆われたように見える。砂は泥と一緒に固まっていて流動性は低い。

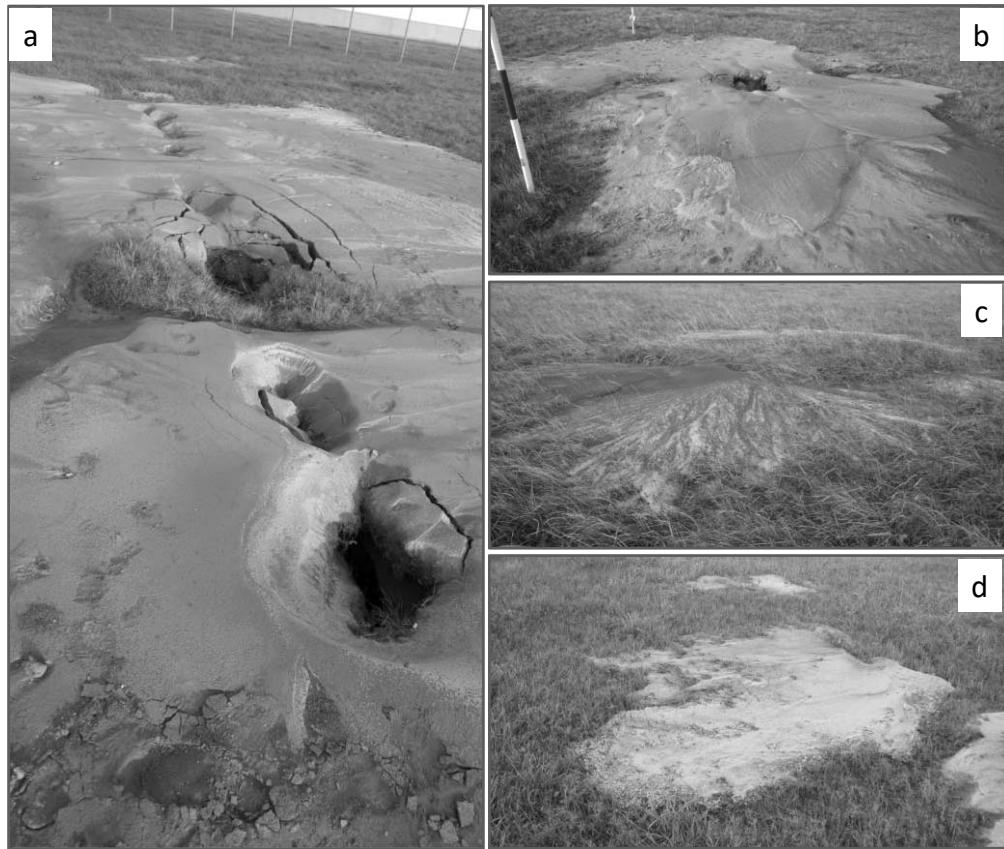


図3. 地点1(苦小牧市)の噴砂丘.

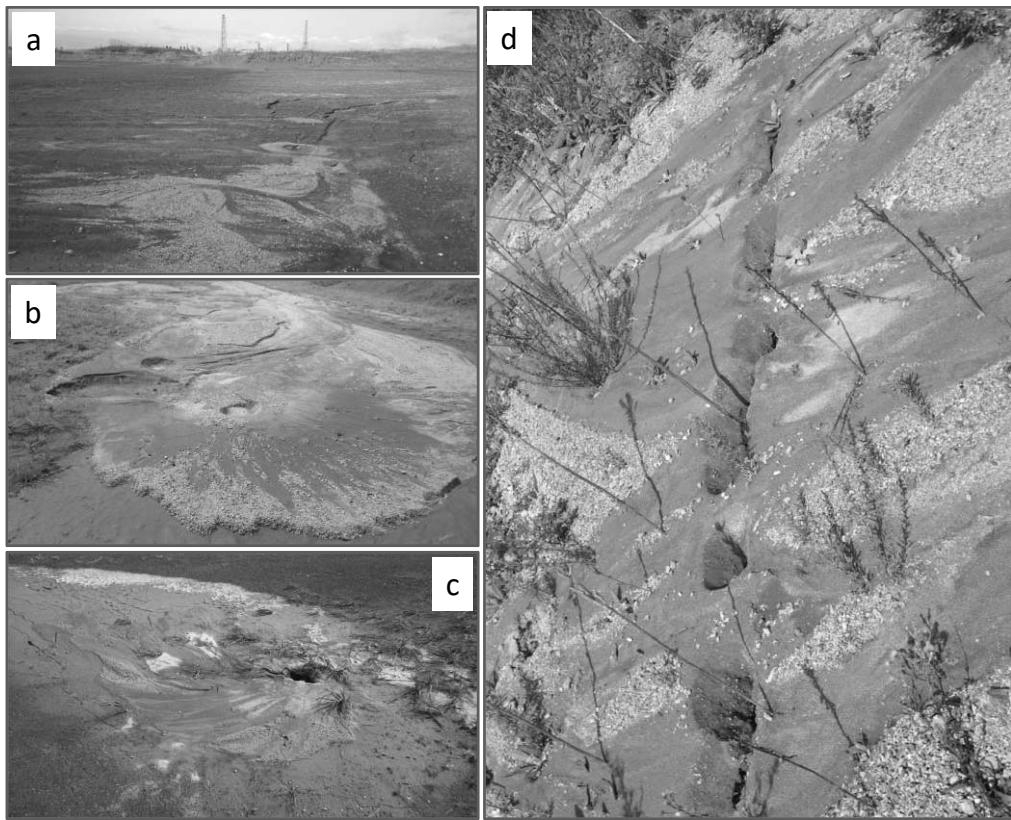


図4. 地点2(厚真町)の噴砂丘.



図5. 地点2(まちかわ町)の噴砂丘.



図6. 地点4(むかわ町)の噴砂丘.

3-2 地点 2

厚真町の海浜公園周辺では、厚真川左岸の河口近くから海浜公園の駐車場にかけて小さな噴砂丘が無数に分布していた（図4）。地点1と比べて、直径数m規模のものは少なく、ほとんどが1m以下である。直線に沿って点在する場合が多い。地点1に比べて、噴砂丘は薄く最大でも10cm以下のものが多い。斜面に沿って泥のみが薄く広がっているものも多く、噴砂の流動性が高かつたことが推測される。

噴砂丘を構成しているのは主に砂、泥、軽石である。軽石を含む噴砂の場合、地点1と同様に、軽石は噴砂丘の縁部に集積する傾向が顕著であった。詳しく見ると、噴砂丘の底部に軽石を多く含む層があり、それが続いて噴出した砂を多く含む噴出物に覆われたり、あるいはその流れで一部が侵食されたりしている。一方、厚真川の河口近くの限られた場所で、直径1cm以下の淘汰のいい円礫を主体とする噴砂が見られた。

3-3 地点 3

むかわ町汐見地区の海岸沿いの低地には、地点2と同様、あまり大きくない噴砂丘が無数に出現した（図5）。防潮堤の近くでは、数m間隔で平行な亀裂が現れ、一部、小規模なグラーベンを形成している。噴砂はこうした亀裂から吹き出し、斜面に沿って流れ下っている。地震の直後（9月8日）に訪れた際には、緩やかな凹地の底に形成された噴砂丘が、周辺から噴出した泥水に没した痕跡も認められた。

噴砂丘の構成物は、砂、泥、そして軽石である。地点1、2と同様に、軽石は噴砂丘の縁部に多く見られる。個々の噴砂丘の表層に見られる噴出物、すなわち、各噴砂の最終ステージで吹き出したものは、すぐ近くの噴砂丘でも互いに異なっている場合がある（図5-a）。

3-4 地点 4

むかわ町汐見漁港から北に続く海岸沿いにも、小規模な噴砂丘が多数現れた（図6）。特徴の一つに、砂浜にも多くの噴砂丘が形成されたことである。この海岸では地震の数日前に荒天による高波が発生し、流木が打ち上げられ、さらにその流木の一部は高波で運ばれた砂に埋まっていた。噴砂丘には、この高波堆積物と思われる砂層の上に形成されたものもある。噴出口や亀裂から噴出した泥水が斜面に沿って海に流入している場所もあった。噴砂丘は砂浜から続く砂丘背後の低地にも点在している。なお、砂浜に形成された噴砂の痕跡は、9月28日には波に洗われて消失していた。

噴砂丘の構成物は、ほとんどが砂と泥、軽石だが、盛土の上に直径2-3cmの角礫を含む噴砂丘ができているところもあった。噴砂と海浜砂や周辺の砂丘砂を比べると、噴砂には砂粒子に加えて、より細かい泥サイズの粒子が多く含まれている。そのため、噴砂丘は乾燥すると固く締まる。このため、噴砂丘は海浜の砂と比べて風による侵食の影響は受けにくい。11月の調査時にも、多くの噴砂丘が形成時の形状を保っている様子が確認できた。

4. 砂脈の形状と構成物

砂脈の形状を見るため、噴砂丘の中心から長さ50cmのジオスラーサーを打ち込んで試料を採取した。観察面は亀裂に直交する方向の断面である。図7に例を示す。砂脈は深部からまっすぐ地表まで伸びているのではなく、カーブしていたり細かくジグザグに屈曲していたりする。砂脈の幅、すなわち亀裂の幅は1mmから2cmであり、各々の砂脈の内でも変化する。

砂脈は砂、泥、軽石で満たされている。構成物は砂脈間で異なり、また一つの砂脈の中で見ても一様でない。礫サイズの比較的大きな軽石や粗い砂粒子が途中で詰まったように見えるところもある。砂脈の構成物と深さ 50 cm までにある周囲の土壤の構成物とは明らかに異なる。砂脈の幅が小さいことを考えても、噴砂丘の給源はより下位の液状化層であるとみなしていいだろう。

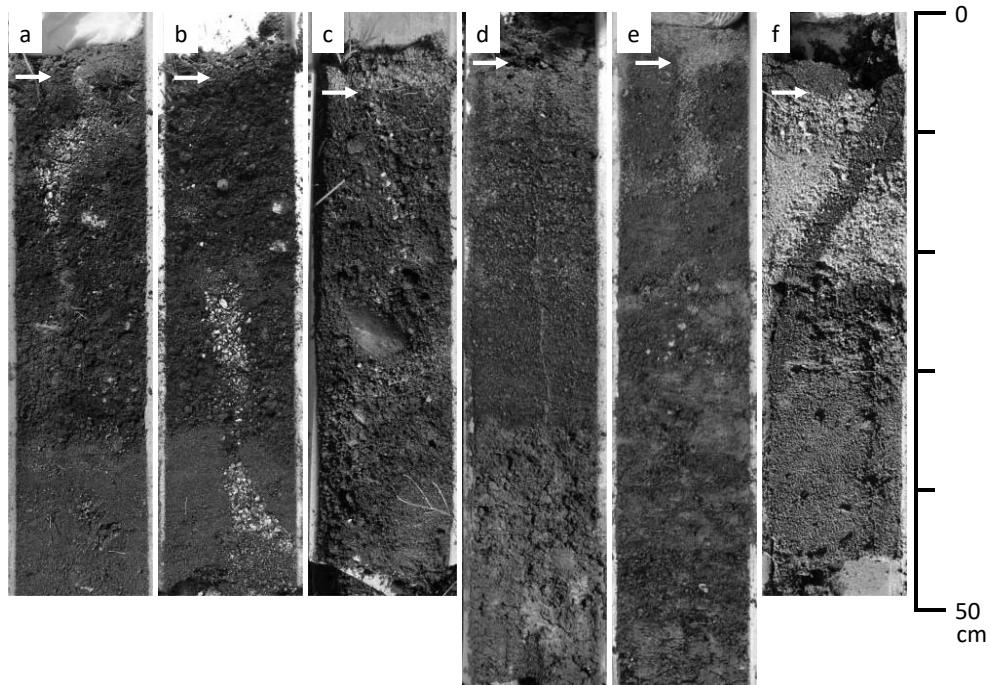


図 7. 砂脈の浅部構造。白矢印は噴砂丘が形成される前の地表。d は地点 4,
他は地点 2 で採取した。

5. 考察とまとめ

厚真町とむかわ町に出現した噴砂丘と砂脈浅部の観察結果をもとに、噴砂の形成過程について考察する。まず液状化層については、どの深さにあるか不明だが、構成物は砂、礫、軽石が混合したものであると推測される。ただ、これらの構成比は場所によって異なっていると思われる。噴出順序は、泥、軽石、砂、礫の順であることが多い。液状化層が上位から軽石、砂、礫のユニット構造を呈していたのか、あるいは、これから混在する層があつて水で満たされていて、地震で液状化した際に粒子の比重に応じて層内で分級が起きた結果を反映しているのか、両方の可能性を考える必要があるだろう。

噴砂丘や砂脈の構成物や構造には、割れ目の形状やその形成過程が強く影響していると考えられる。噴出のある時点での割れ目が詰まってしまえば、それ以後は細かい粒子しか出てこない。噴砂丘や砂脈の構成物や構造が、ごく近くのもの同士で比べて異なることや、割れ目に沿って一様でないよう見えることも、この形状の複雑さである程度は説明できそうである。

この調査研究の目的は、過去の液状化痕跡を認定する手順を構築すること、そしてその際の課題や限界を理解することにある。今回、砂に軽石が混在する層が液状化すると特徴的な噴砂丘や砂脈が残ることが確認できた。本稿は目視観察に基づく特徴を第一報として報告するもので、採取した砂の粒度特性や微化石の特徴、軽石の起源等については別稿に記す予定である。また、液状化層や地表に達していない砂脈の掘削調査も計画中である。

参考文献

- 1) 寒川 旭 (1990) 「遺跡から得られた過去の地震情報」, 『地学雑誌』, 99-5, pp. 51-62.
- 2) 羽坂俊一・礪部一洋・下川浩一・七山 太 (1997) 「札幌付近で発見された多数の液状化跡と表層地質の関連性」, 『地質ニュース』, 520, pp. 16-29.
- 3) 伏島祐一郎・平川一臣 (1996) 「北海道大学構内で観察された液状化跡—先史地震と液状化構造形成過程の解説—」, 『活断層研究』, 14, 9-18.
- 4) P. Villamor, P. Almond, M. P. Tuttle, M. Giona-Bucci, R. M. Langridge, K. Clark, W. Ries, S. H. Bastin, A. Eger, M. Vandergoes, M. C. Quigley, P. Barker, F. Martin, and J. Howarth (2016), Liquefaction Features Produced by the 2010–2011 Canterbury Earthquake Sequence in Southwest Christchurch, New Zealand, and Preliminary Assessment of Paleoliquefaction Features, Bulletin of the Seismological Society of America, 106, doi: 10.1785/0120150223.
- 5) 中田 高・島崎邦彦 (1997) 「活断層研究のための地層抜き取り装置 (Geo-slicer)」, 『地学雑誌』, 106, pp. 56-69.