

北海道胆振東部地震による 液状化被害

（公社）地盤工学会
平成30年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団
団長 石川 達也（北海道大学）

（公社）土木学会
平成30年北海道胆振東部地震 緊急調査団
団長 清田 隆（東京大学）
池田 隆明（長岡技術科学大学）

報告内容

1. 札幌市清田区の液状化被害
 - ① 札幌市清田区里塚1条
 - ② 札幌市清田区美しが丘1条
 - ③ 札幌市清田区清田6～7条
2. 札幌市北区・東区地下鉄沿線上液状化被害
3. 苫小牧東港液状化被害

札幌市清田区の液状化被害調査

調査概要 調査者：西村聡（北海道大学）他4名＋山下聡（北見工業大学）他3名
2018年9月6日 3:08 地震発生
14:00頃より一部団員による現地踏査
（＋1968年・2003年十勝沖地震時の情報収集）
9月7、8日 9:00頃より 再び現地踏査
踏査は目視による被害確認、メカニズム推定に加え、10箇所より土砂採取
調査者：清田隆（東京大学）他6名
9月9日 11:00頃より 現地踏査、微動計測

調査範囲 札幌市清田区里塚1条・清田6～7条・美しが丘

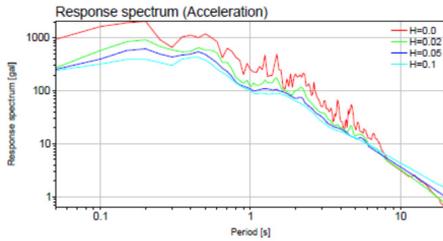
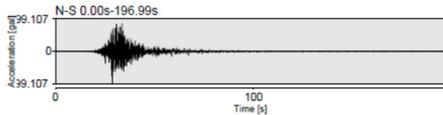
- ・後者2箇所は1968年および／あるいは2003年十勝沖地震で液状化被害が顕著
- ・逆に、里塚1条での過去の被害は軽微

過去に発生した道内各地の主な地震被害

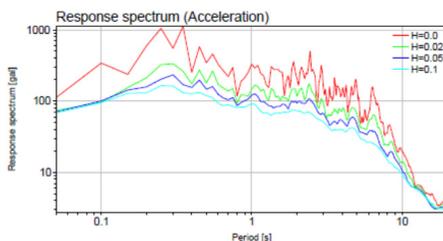
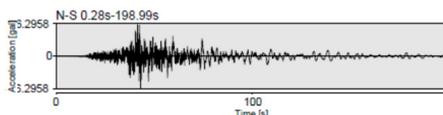
地域	発生年月日・地震名	規模(M)	最大震度	被害状況
太平洋側	1952. 3. 4. 十勝沖地震	8.2	5 浦河、帯広、釧路	太平洋一帯に大被害、大津波：死者28、不明者5、負傷者287；住家全壊815、流出91、半壊1,324
	1968. 5. 6. 十勝沖地震	7.9	5 浦河、苫小牧、広尾、函館	南西部地方を中心に被害、津波：死者2、負傷者133；住家全壊27、半壊81
	1973. 6. 17. 根室半島南東沖地震	7.4	5 釧路、根室	釧路、根室地方に被害、津波：負傷者28；住家全壊2、半壊1
	1982. 3. 21. 浦河沖地震	7.1	6 浦河 4 帯広、苫小牧、札幌、小樽	日高地方沿岸を中心に被害、小津波：負傷者167；住家全壊13、半壊28
	1993. 1. 15. 釧路沖地震	7.8	6 釧路 5 帯広、広尾、浦河	釧路、十勝地方を中心に被害：死者2、負傷者966；住家全壊53、半壊254
	1994. 10. 4. 北海道東方沖地震	8.1	6 釧路、厚岸、中標津 5 根室、広尾、浦河	根室地方を中心に被害；負傷者436；住家全壊61、半壊348
	2003. 9. 26. 十勝沖地震	8.0	6弱 新冠、静内、浦河、鹿追、忠類、 霧別、豊頃、釧路、厚岸	日高、十勝、釧路地方を中心に被害；行方不明2、負傷者847；住家全壊116、半壊368
	1834. 2. 9. (石狩川河口付近)	6.4	6 石狩川河口付近(推定) 5 札幌市の一部(推定)	石狩川河口付近を中心に被害；住家全壊23、半壊3
	1918. 5. 26. 留萌沖地震	6.0	5 鬼鹿、幌延	留萌郡鬼鹿村に小被害
	1940. 8. 2. 積丹半島沖地震	7.5	4 羽幌、留萌、幌延、岩内、乙部	天塩、羽幌、苫前を中心に被害、津波：死者10；住家全壊26、半壊7
海側	1983. 5. 26. 日本海中部地震	7.7	4 森、江差	渡島、桧山、特に奥尻に大被害、大津波：死者4、負傷者24；住家全壊9、半壊12
	1993. 7. 12. 北海道南西沖地震	7.8	5 小樽、寿都、江差、深浦	渡島、桧山、特に奥尻に大被害、大津波：死者201、行方不明28、負傷者323；住家全壊601、半壊408
	内陸	1959. 1. 31. 弟子屈地震	6.3	5 阿寒湖畔、上御卒別 4 釧路
1982. 1. 14. 日高山脈北部地震		7.0	5 釧路 4 帯広、苫小牧、根室、浦河、広尾	胆振、十勝、釧路を中心に被害；負傷者7；住家半壊

地震動特性 - 加速度応答 -

HKD182 2018/09/06 03:07:55



HKD182 2003/09/26 04:50:43

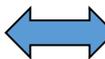


2018胆振東部地震

北広島

2003十勝沖地震

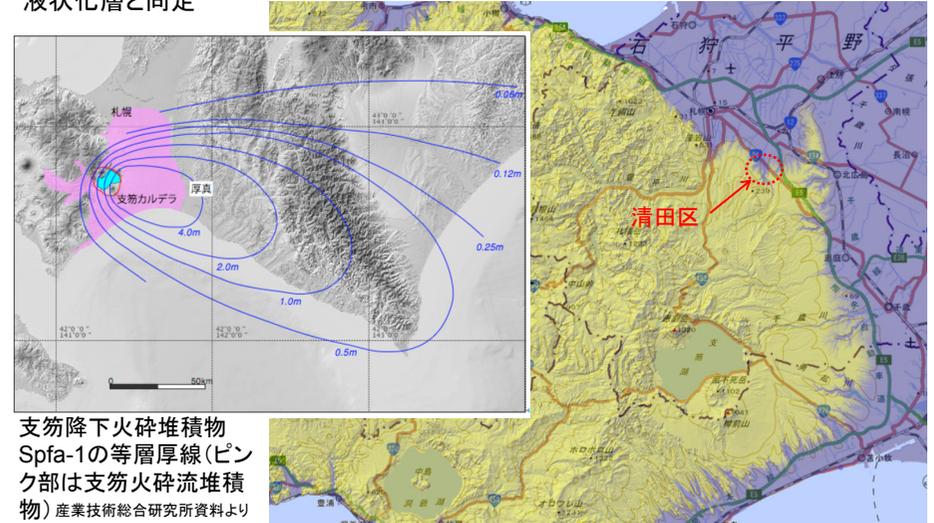
最大加速度: 199 Gal
卓越周期: 0.1~0.2 Sec.



最大加速度: 66 Gal
卓越周期: 0.2~0.4 Sec.

支笏軽石流堆積物Spfl

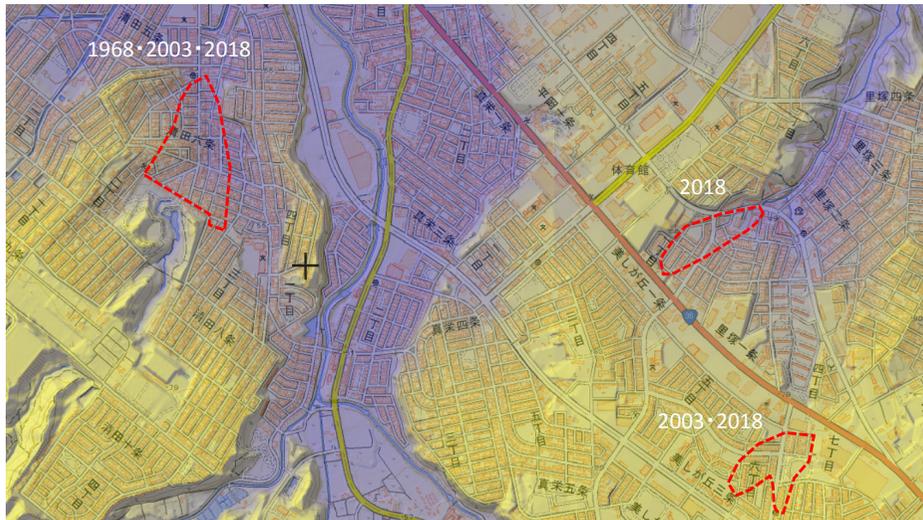
約4万年前に堆積。清田区・南区など札幌南部に分布しており、清田区宅地部の液状化層と同定



支笏降下火砕堆積物 Spfa-1の等層厚線(ピンク部は支笏火砕流堆積物) 産業技術総合研究所資料より

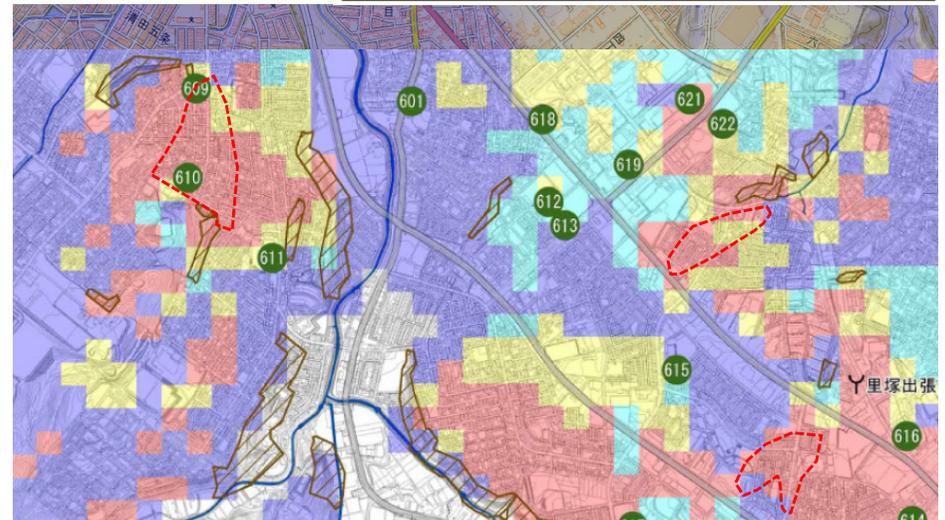
原地形(国土地理院標高データ)

いずれも谷部を埋土して造成した住宅地里塚と清田では谷地形が現在も残る



札幌市による液状化危険度図

液状化発生の可能性が高い (Red)
液状化発生の可能性がある (Yellow)
液状化発生の可能性が低い (Light Blue)
液状化発生の可能性が極めて低い (Dark Blue)



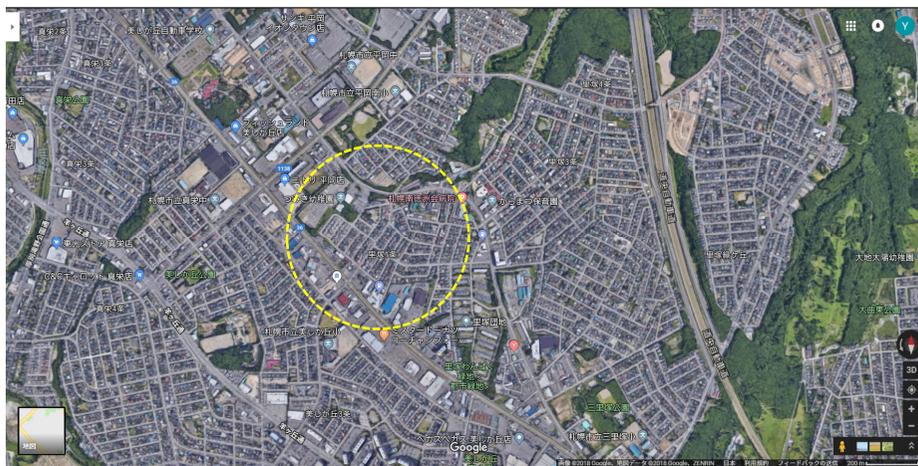
清田区の液状化被害箇所

- 過去の2つの被災地域でも軽微な沈下などを確認
- 今回の甚大な被害は里塚1条に集中



① 札幌市清田区里塚1条

札幌市清田区里塚



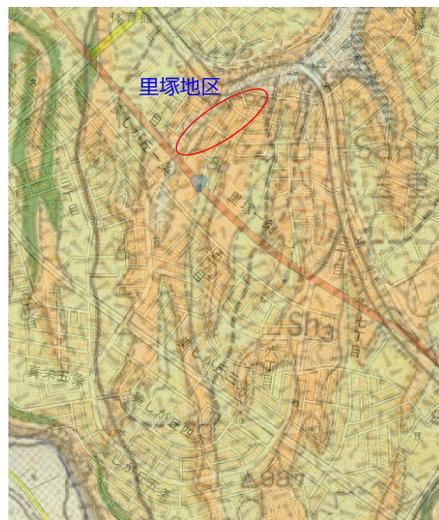


13



14

清田区里塚: 大規模な盛土被害

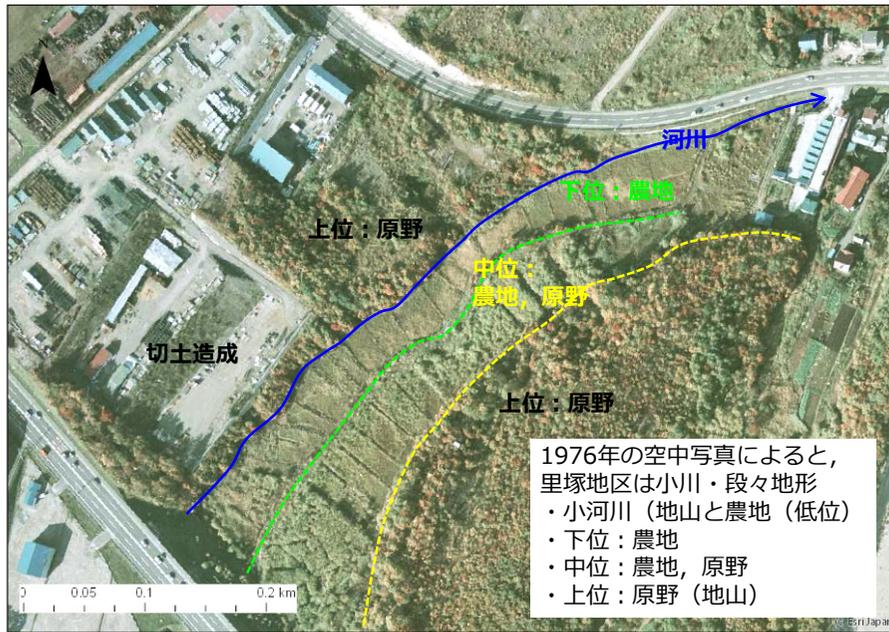


<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/hokkaido2018/index.html>

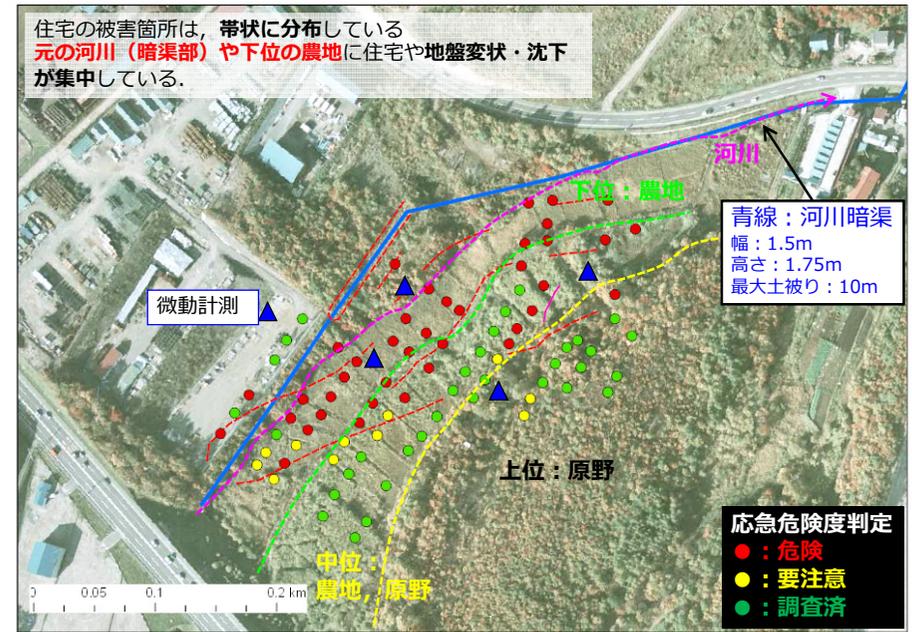
GSJ地質図幅 石山



札幌市清田区里塚の地盤変状による被害箇所の空中写真 1976/10/17

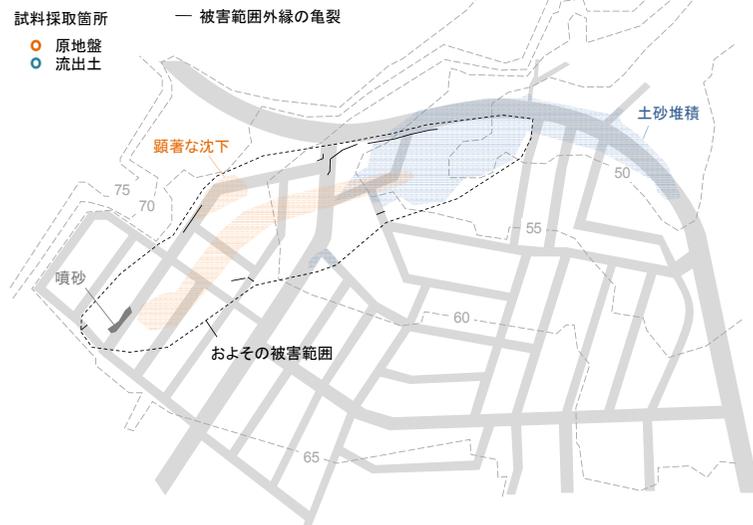


札幌市清田区里塚の地盤変状による被害箇所と原地形の比較

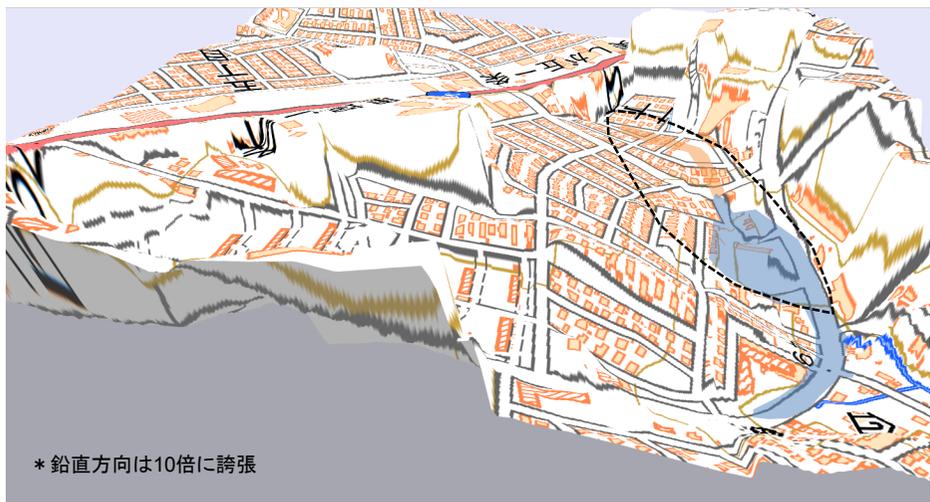


里塚1条の被害範囲

明確な亀裂や厚い土砂堆積の包絡線
(舗装が汚れる程度の堆積範囲は除く)



里塚の三次元地形図（国土地理院標高データ）と被害範囲



里塚1条被害エリアの同定：
地表亀裂と推定変位方向



土砂流出：上端部



土砂流出：上端部



土砂堆積



土砂流出・堆積：流（水）痕



土砂流出・堆積：流（水）痕 流動経路に加え、それなりの流速があったことが推察される



土砂堆積：最下端 道路勾配が逆になる箇所までちょうど流出



土砂堆積による被害

車両・家屋の埋没



29

水道管断裂部

小規模な土砂流出が見られたが、下流部の主要な堆積部とはつながっていない

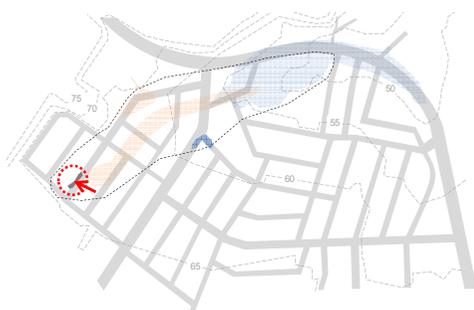


30

噴砂

上端部で2箇所のみ。舗装の切れ目からしみ出た程度のも

下端部での噴砂は、あったとしても土砂堆積により確認不可



地表沈下

- ・明確な帯状に続いているのが特徴。
- ・最深部で2m近いトラフを形成
- ・地表への土砂噴出や水溜りがない（深部での流動？）



32

地表沈下

谷埋め盛土の最上端部では明確な沈下なし



33

地表沈下

ぽぶら公園:グリーンフィールド条件での地表沈下



34

地表沈下

主となる沈下帯に沿う形で局所的な沈下



35

構造物被害

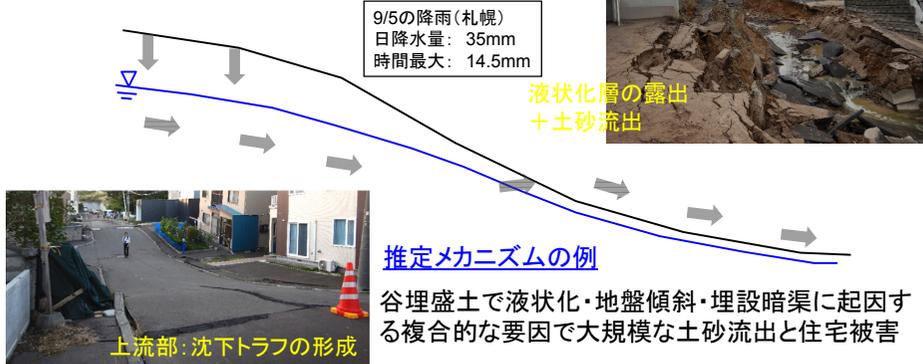
家屋の沈下・傾斜



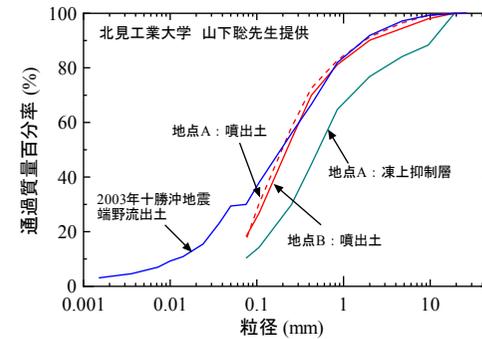
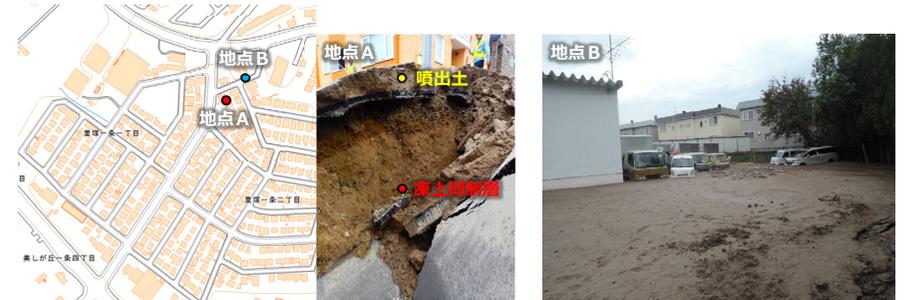
36

まとめ (その1)

- 谷地形を埋土した宅地造成地で大規模な液状化
(1968年・2003年十勝沖地震のときと同様、ただし異なる場所で被害大)
- 谷地形に沿って細い沈下帯(~2m程度)が発生、その下流に大量の土砂流出
- 沈下帯には噴砂その他の土砂噴出がほぼ無い
(それなりの勾配がある地形であり、上流部では地下水位が低く、液状化層が深かった?)
- 地域全体の地盤流動メカニズムの推定の必要性:
土質性状の把握とともに



まとめ (その2)

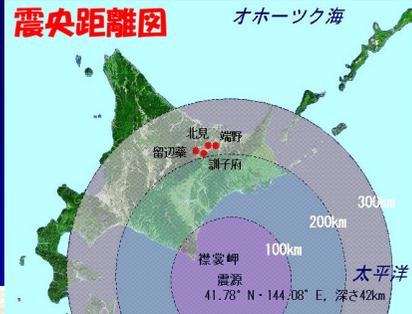


- A地点とB地点で採取した噴出土はほぼ同じ粒度分布
- 凍上抑制層は噴出土とは明らかに異なり粒形が大きい
- 北見市端野町の流出土と里塚の噴出土は、細粒分が端野(30%)より里塚(20%)の方が少ないが粒度分布は似ている

土質性状に何か原因がある?

2003年十勝沖地震地盤災害調査報告会 火山灰地盤の液状化、Part 2 北見市・端野町での被害

伊藤陽司・山下 聡
鈴木輝之・平田広昭
(北見工業大学)



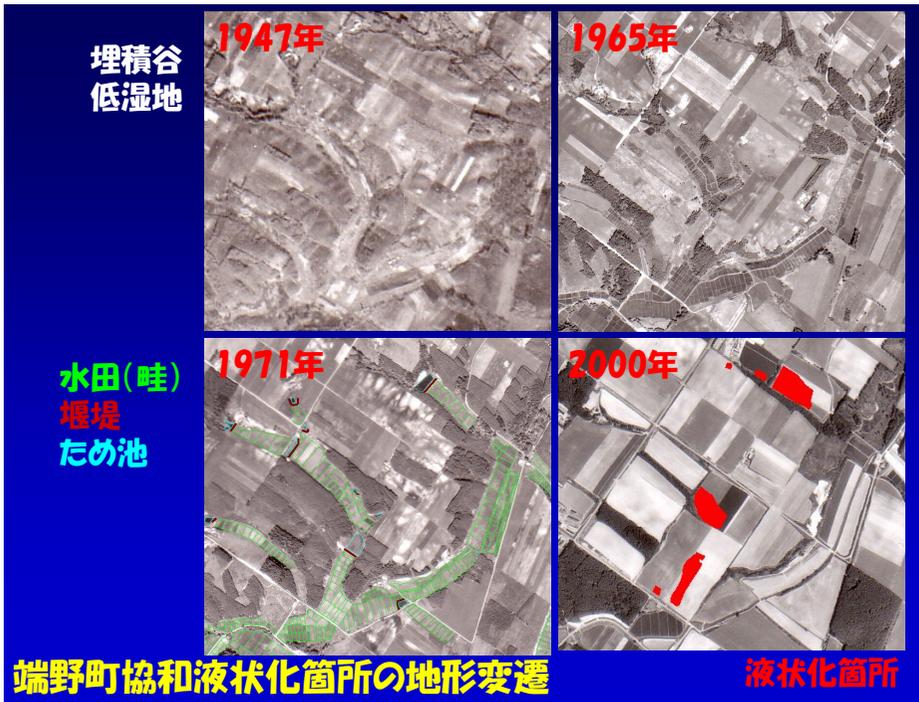
地震動	
北見	震度5弱 最大加速度 109.4gal(南北) 123.6gal(東西) 47.1gal(上下)
訓子府	震度5弱
端野	震度4
留辺蘂	震度4

端野町協和箇所No.1での液状化火山灰の側方噴出、流下と陥没

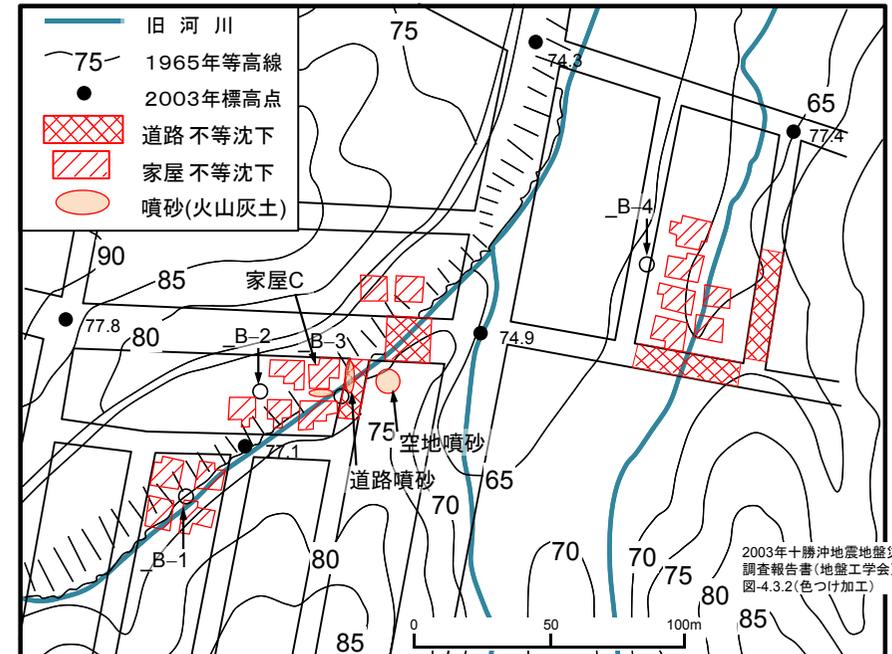
W 35~62m
L 190m
Dp 3.4m

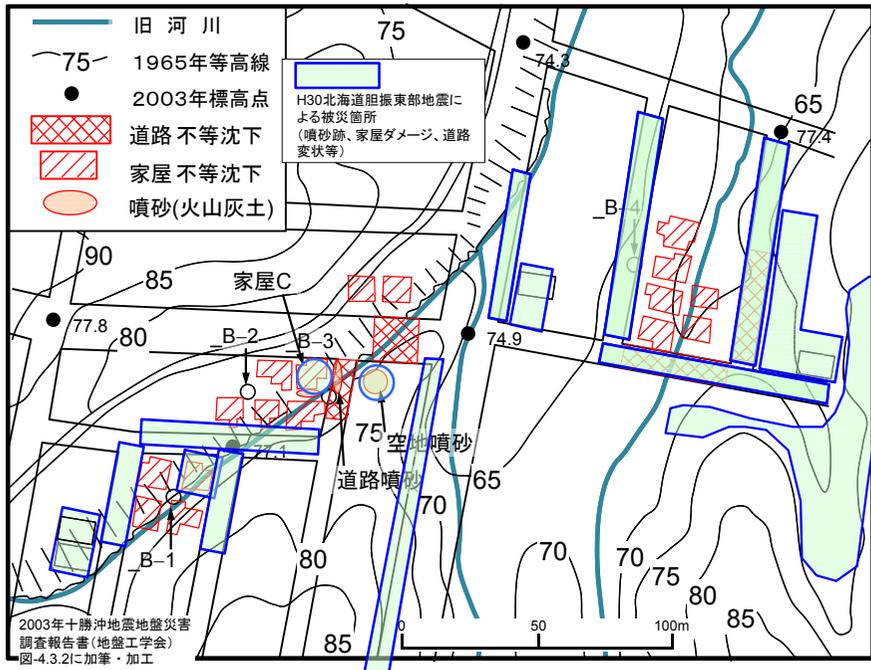


北見市広郷での
液状化火山灰の側方噴出



② 札幌市清田区美しが丘1条





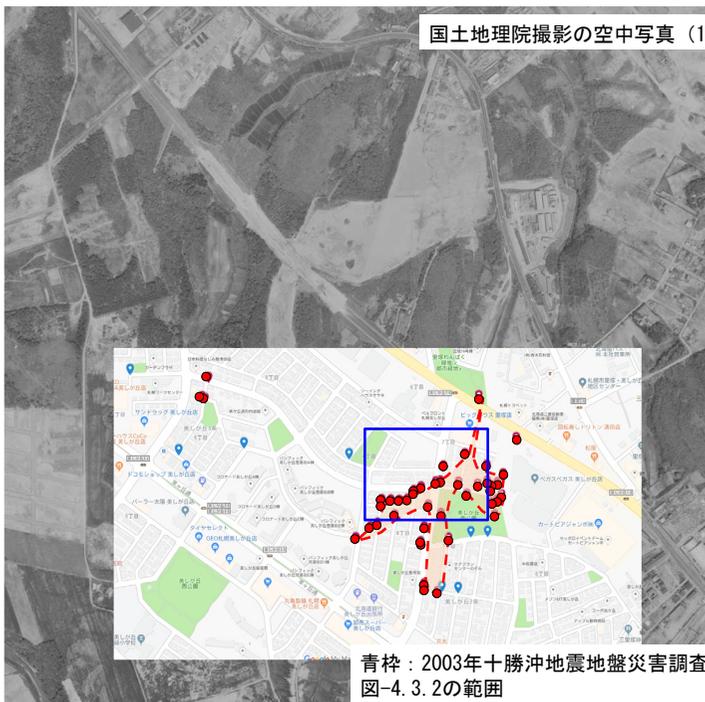
札幌市清田区美しが丘 平成30年北海道胆振東部地震での被害箇所



国土地理院撮影の空中写真(1971年撮影)



国土地理院撮影の空中写真（1971年撮影）

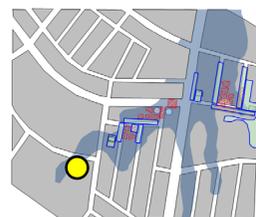


青枠：2003年十勝沖地震地盤災害調査報告書の図-4.3.2の範囲

旧谷部上端付近での沈下・流動 目立った土砂流出は見られず



(上段: Googleストリートビューより)

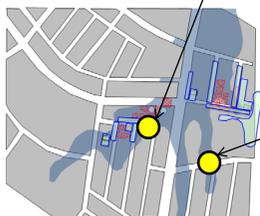


噴砂痕



公園・空地等の未舗装部では
同心円状に噴出

舗装部では亀裂から噴出



建物傾斜



噴砂



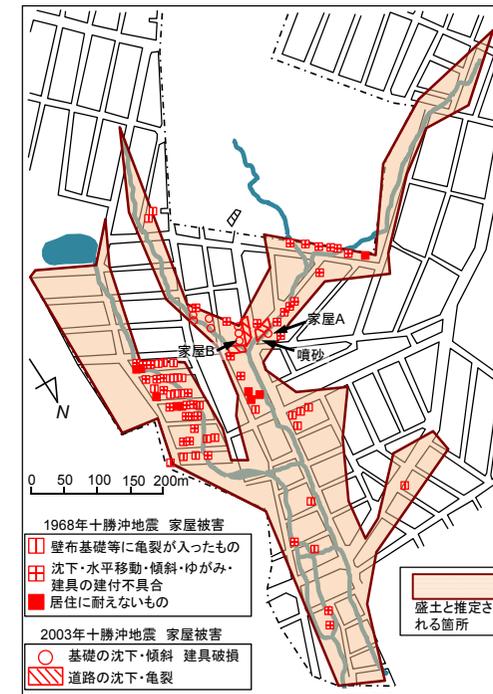
建物傾斜



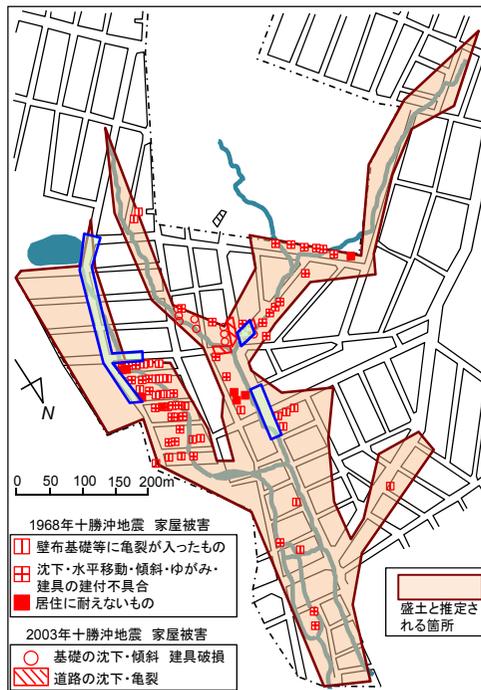
無被害

③ 札幌市清田区清田6～7条

57



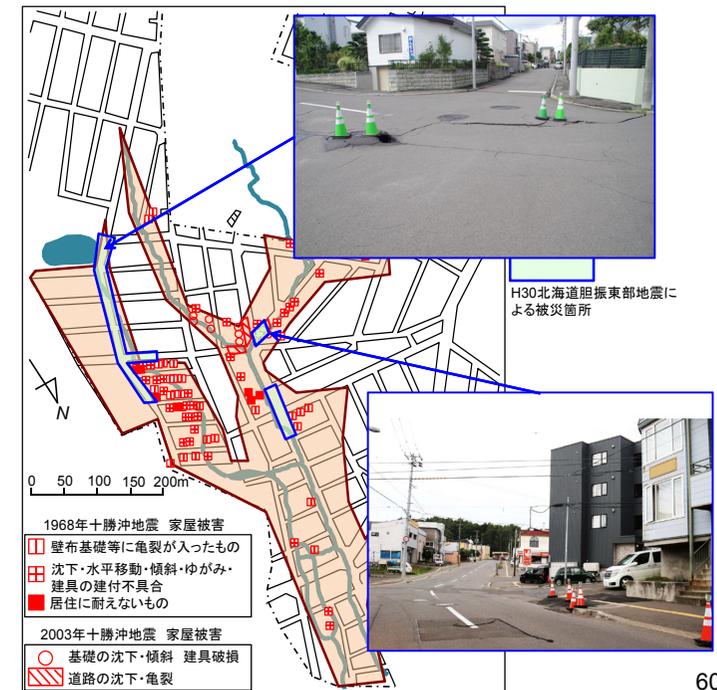
58



H30北海道胆振東部地震による被災箇所

2003年十勝沖地震地盤災害調査報告書(地盤工学会) 図-4.3.1に加筆・加工

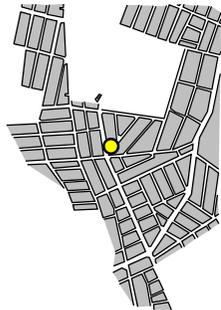
59



H30北海道胆振東部地震による被災箇所

60

マンホールの浮き上がり



小規模の噴砂



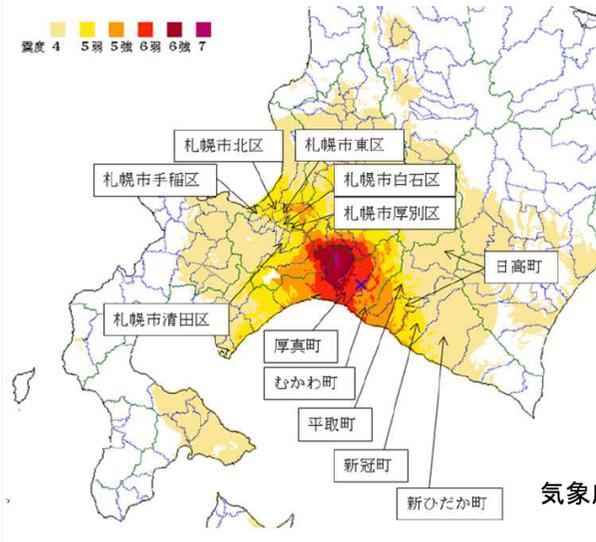
2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震の被害調査速報会
2018年9月21日(金) 東京電機大学 東京千住キャンパス



札幌市北区・東区地下鉄沿線上
液状化被害

平成30年北海道胆振東部地震震度分布

○推計震度分布図



- 震度7 : 厚真町
- 震度6強 : 安平町, むかわ町
- 震度6弱 : 千歳市, 平取町, 日高地方日高町
- 震度5強 : 苫小牧市, 恵庭市, 札幌北区, 清田区, 白石区, 手稲区, 札幌市厚別区, 江別市, 三笠市, 長沼町, 新冠町, 新ひだか町,
- 震度5弱 : 札幌市厚別区, 豊平区, 西区

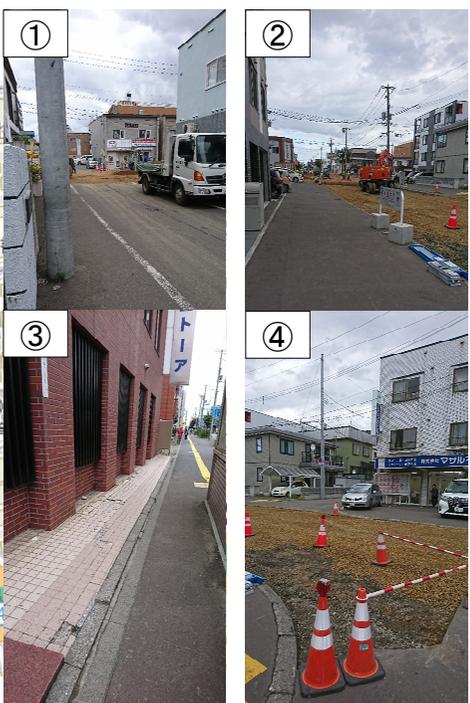
震源は札幌市から約70km南東

気象庁資料より
抜粋

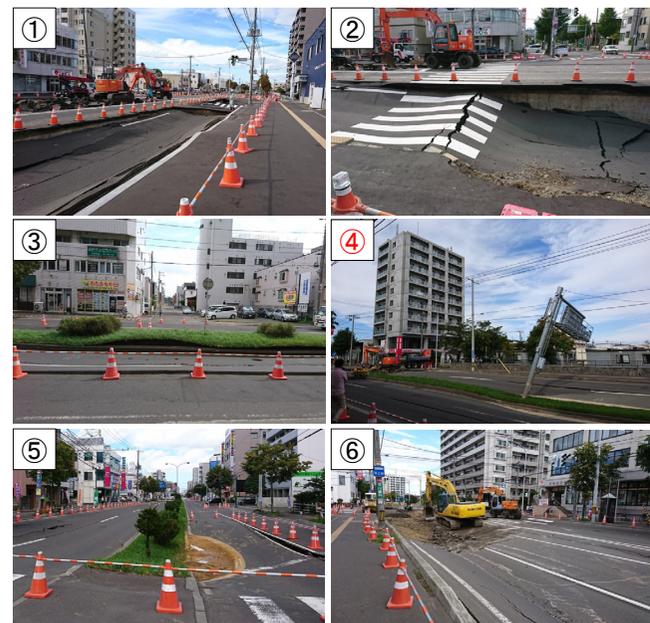
調査日: 9月8~9日 (地震2~3日後)
調査者: 磯部公一 (北海道大学)
調査地点



札幌市北区北34条駅周辺
(地下鉄南北線)



札幌市東区東15丁目屯田通 (地下鉄東豊線)

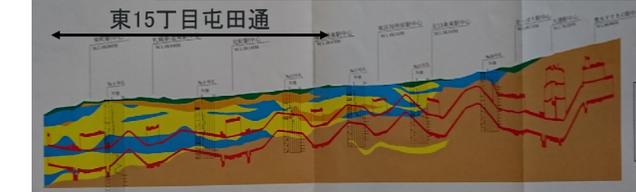


札幌市東区東15丁目屯田通（地下鉄東豊線）

概略縦断面



地質縦断面図

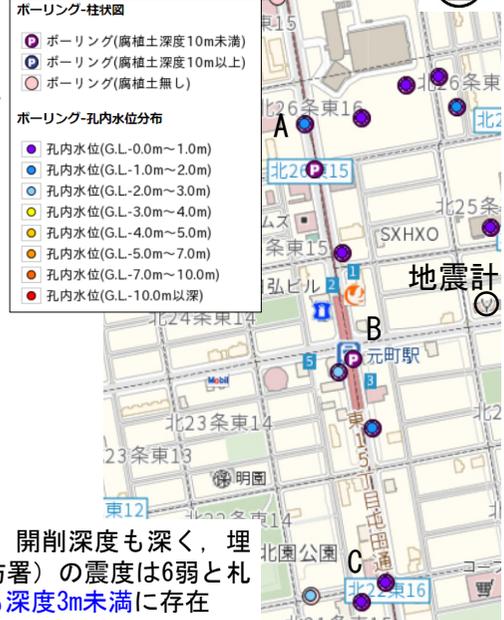
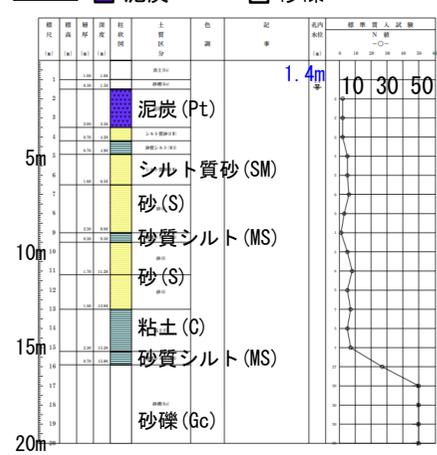


層厚1~3mの泥炭・腐食土層が地表付近に存在
粘性土層と砂質土層が互層状態、その下に砂礫層
日本海に緩やかに傾斜し、軟弱層厚・土被り厚も厚くなる



札幌市東区東15丁目屯田通（北27条～元町駅～北22条）

A



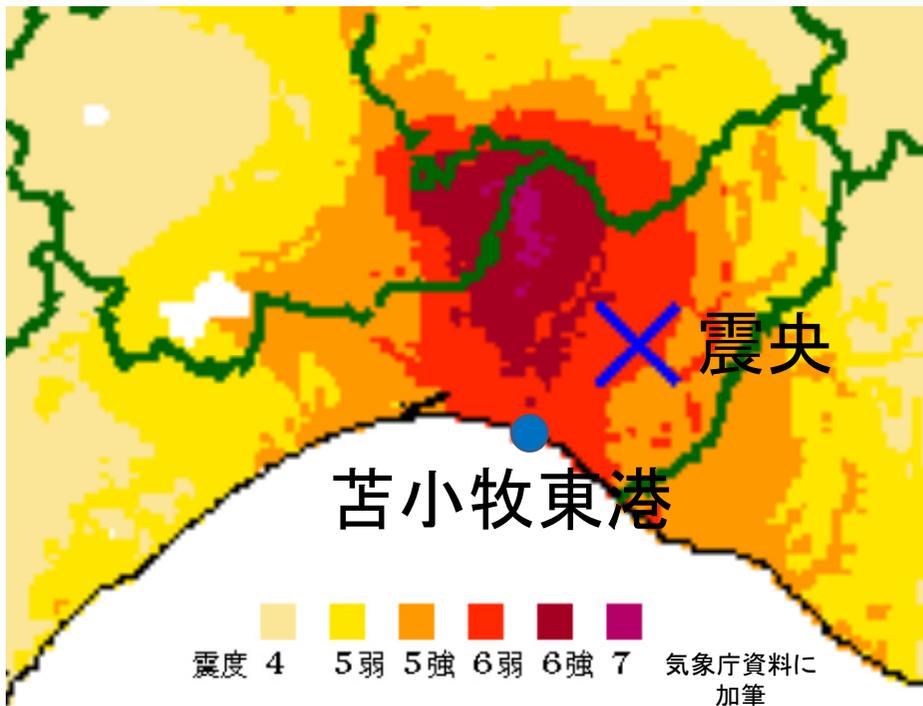
泥炭を含む軟弱地盤が厚く堆積し、開削深度も深く、埋戻し土被り厚も厚い。東区（東消防署）の震度は6弱と札幌市で最大震度を観測。地下水位も深度3m未満に存在

まとめ

- 北区・東区の道路陥没被害は、地下鉄沿線上に分布
- 噴砂の痕跡が点在していることから、開削工法で建設された地下鉄の埋戻し土（購入埋戻し砂）が液状化し、沈下、陥没
- 被害発生地域の柱状図から、深度10~15mまでN値が10以下の軟弱な砂質地盤あるいはN値が5以下の粘土・シルト、泥炭層を含む有機質土で構成されており、応答が増幅した可能性
- 東区（東消防署）の震度は6弱と札幌市で最大震度を観測
- 特に陥没沈下が激しいエリア（栄町駅および元町駅周辺）は、軟弱地盤が厚く堆積することから開削深度も深く、土被り厚も厚い。また、地下水位も深度3m未満に存在
- 下水管渠 (3.8m X 3.1m), 下水管路 (φ800mm~2000mm) が東豊線上を縦断
- 比較的健全であった幹線道路と交差する箇所は、構築と土留め壁との間 (25cm) にエアモルタルが充填

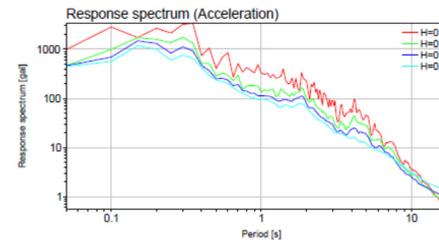
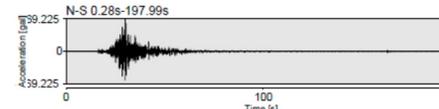
<参考文献> 札幌市交通局計画部：札幌市高速鉄道東豊線建設史（栄町～豊水すすきの間）、平成元年9月

苫小牧東港液状化被害

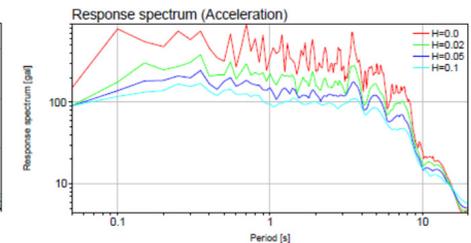
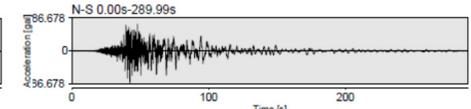


地震動特性 — 加速度応答 —

HKD129 2018/09/06 03:07:52



HKD129 2003/09/26 04:50:38



2018胆振東部地震

苫小牧

2003十勝沖地震

最大加速度: 369 Gal

卓越周期: 0.1~0.2 Sec.



最大加速度: 87 Gal

卓越周期: 0.5~0.7 Sec.

苫小牧東港液状化被害調査 調査日:9月10日 調査者:渡部要一(北海道大学)

噴出物(軽石混じり)
10 mm

噴出物(砂=浚渫土)
10 mm

液状化で生じた段差

苫小牧コンテナターミナルの港湾施設では、一部に液状化が見られたものの、重要施設の損傷は見られなかった。
→ 早期復旧(地震5日後の9月11日)

護岸は変状なし

液状化した箇所が点在

液状化により生じた不陸

苫東厚真火力発電所の外周部分では、液状化による不陸の発生、護岸のはらみだし、基礎周辺などの液状化が見られた。しかし、フェンス越しに発電所施設を見た限りでは、火力発電所内に液状化は見られない。

液状化による噴砂

ベルトコンベア基礎周辺の液状化

矢板式護岸の控えの前後が陥没 右側が護岸前面(海側)

手前の護岸が右(海側)に移動

液状化で生じた段差

液状化で生じた横ずれと段差

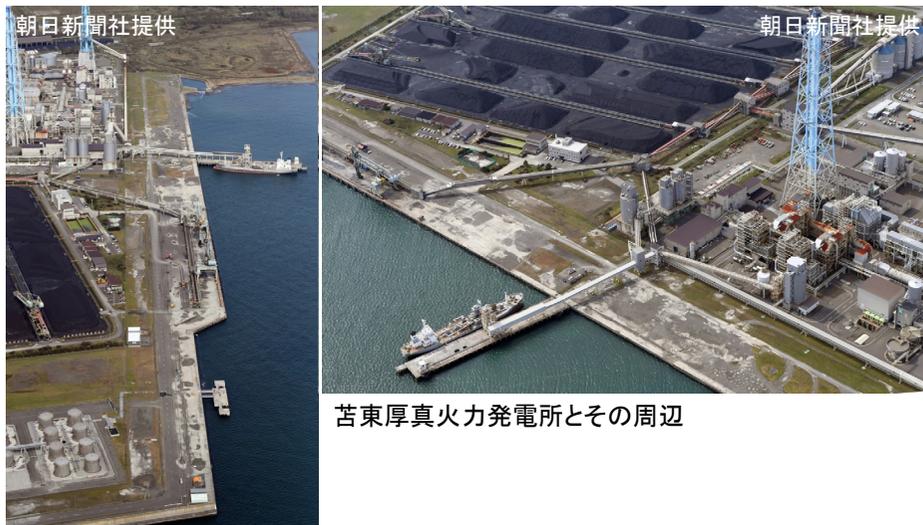
苫小牧港東港 苫東厚真火力発電所



77



78



苫東厚真火力発電所とその周辺

79



苫東厚真火力発電所

80

苫東厚真火力発電所の石炭ヤード

朝日新聞社提供



今後の調査検討項目

- 液状化した地盤の原位置調査
（ボーリング調査, 表面波探査等）
- 液状化した土の物理試験, 力学試験
- 文献等資料調査
- 被災地区の聞き取り調査

これらの詳細調査結果を踏まえ

- 被災メカニズムの解明
- 危険箇所のリスク評価と減災・防災対策の提案

平成30年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団 速報会

主催：社団法人地盤工学会 共催：社団法人土木学会

開催日：平成30年10月2日（火）

開催場所：北海道札幌市北区北15条西8丁目

北海道大学フロンティア応用科学研究棟2Fレクチャーホール（235席）

暫定プログラム案（報題・順番・時間の可能性あり。発表者は調整中）

- | | |
|-------------|----------------------------|
| 13:00-13:10 | 開会 |
| | 全体被害概要 |
| 13:10-13:25 | 地震概要 |
| 13:25-14:10 | 液状化被害（札幌市清田区・北区・東区および苫小牧港） |
| 14:10-14:55 | 斜面崩壊被害（厚真町および支笏湖） |
| 14:55-15:10 | その他の被害（交通インフラ・堤防等） |
| 15:10-15:20 | 総括 |
| 15:20-15:30 | 質疑 |
| | 閉会 |

問合せ先：北海道大学大学院工学研究院 西村 聡 Tel: 011-706-6192

謝 辞

調査に多大なるご協力を賜りました関係各位に
御礼申し上げます。

国土交通省北海道開発局

北海道

札幌市