

宅地の防災対策

—災害調査から学ぶ—

NPO地盤防災ネットワーク

村田 芳信

(岐阜大学社会資本アセットマネジメント技術研究センター)

N.A.G.H.

Network for the Action against Geo-Hazards

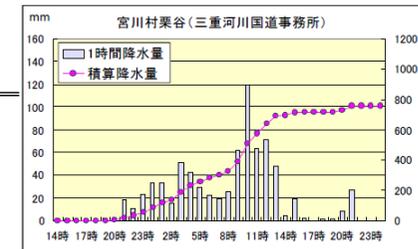
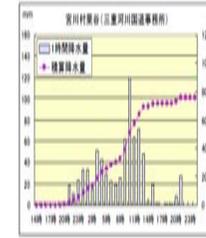
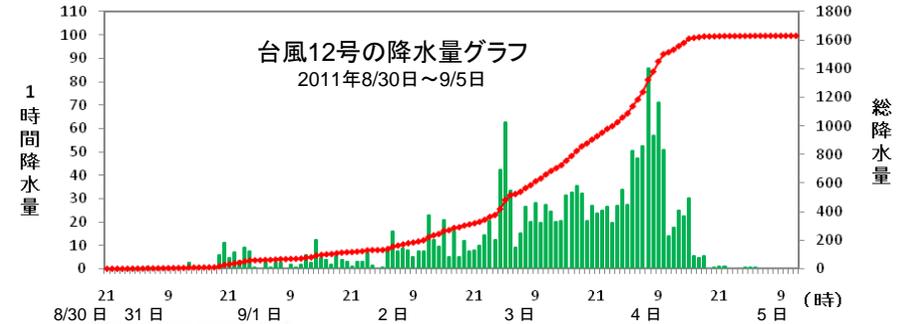
特定非営利活動法人 地盤防災ネットワーク

<http://www7a.biglobe.ne.jp/~wagayanobousai>

〒501-1193 岐阜市柳戸1-1
岐阜大学社会資本アセットマネジメント技術研究センター
<http://www1.gifu-u.ac.jp/~ciam/>
Tel & Fax : 058-293-2499
E-mail : ciam@gifu-u.ac.jp



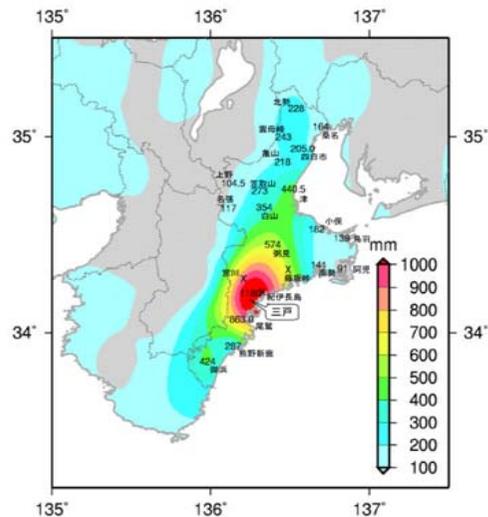
降水量の比較(三重県大台町)



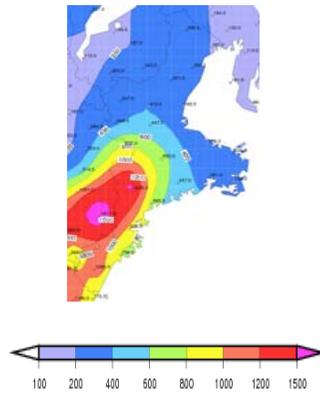
時間軸と総降水量軸を上図と等価にした図

台風21号の降水量グラフ
2004年9/28日14時~24時

降水量分布の比較(三重県大台町)



台風21号による総降水量
平成16年(2004年) 9月28日14時~24時



台風12号による期間降水量
平成23年(2011年) 8月30日~9月6日

小滝地区の斜面崩壊現場



2005/5/26



2011/9/19

滝谷地区(里中)の斜面崩壊現場



2004/10/5
 左上:斜面から宅地側を覗く
 左下:崩壊土砂と一緒に落ちた擁壁
 右上:崩壊斜面



2011/9/19 慰霊公園

久豆地区の土石流現場



左上:2004/10/5
 左下:2005/5/26
 右上:2011/9/19



祠にはお地蔵さんが2体祀ってあった所

桧原地区(古ヶ野)の土石流現場



左上:2004/10/5
 左下:2005/5/26
 右上:2011/9/19

岩井地区の土石流による河川障害現場



平成16年(2004)
 21号台風:大台町
 2005/5/26

2009/8/17 Google

Googleには土砂災害前の様子が残されている。この時点では、新しく建設された砂防堰堤と橋梁の姿がはっきりと分かる。

岩井地区の大規模土石流による破壊



宮川上流側の湛水状況



宮川上流側に床版？

谷幅は大きくなり、砂防堰堤ならびに橋梁が破壊されている。川中には、橋梁の鋼桁が無残な姿を見せていた。

いずれの写真とも2011/9/19撮影

9



いずれの写真とも2011/10/26撮影



「想定を超える」「経験無い」では守れない！

2009/8/17 Google

Google

写真は2011/10/26撮影

教訓・伝承

- 宮川村に伝わる災害の履歴
土砂災害の多いところ「尾先 谷口 堂の前」
- 長野県南木曾町の災害教訓
土砂災害の多いところ「尾先 谷口 **宮**の前」

住民自らが、知り・考え・判断(行動)する

2010.7.15豪雨災害

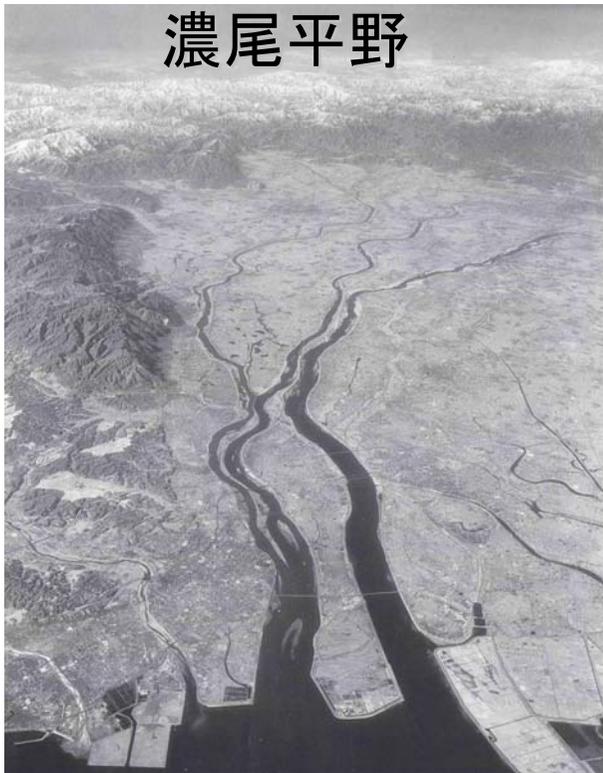
地盤工学会
中部支部調査団
2010.8.17



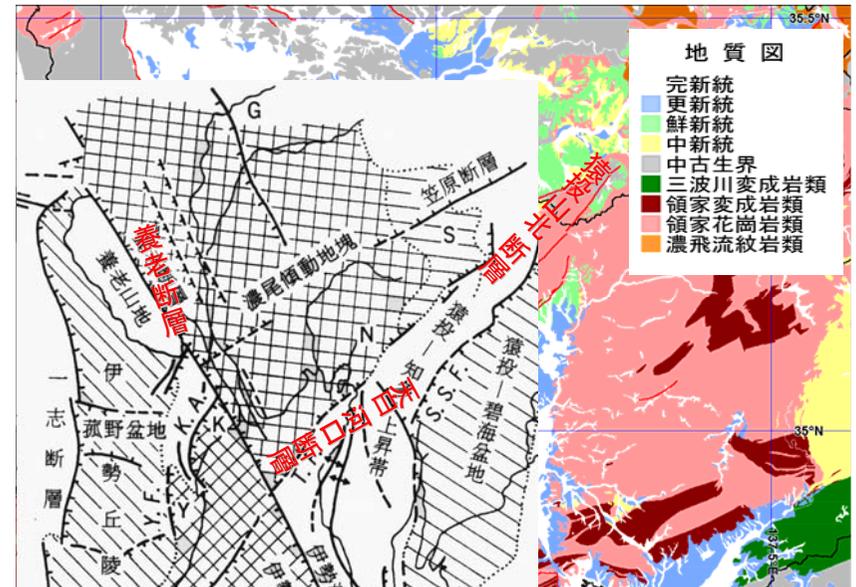
2010.7.15豪雨災害



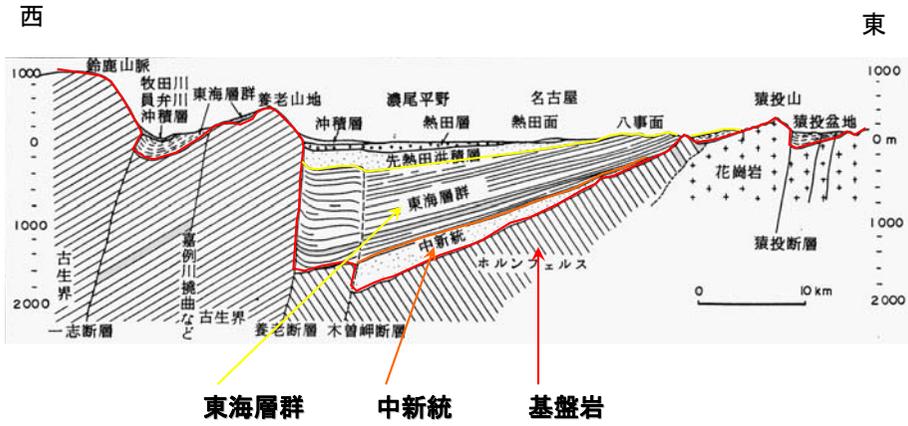
濃尾平野



濃尾平野の地質

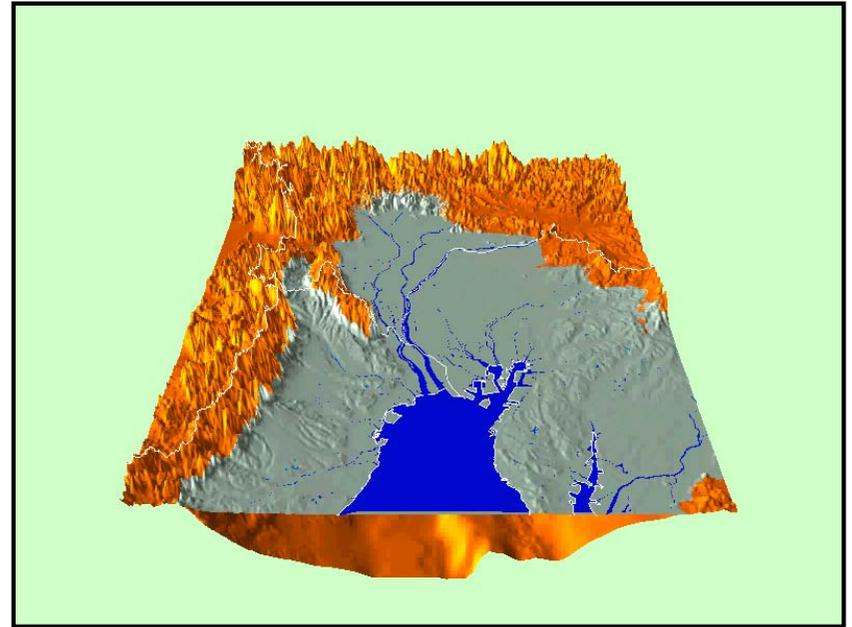


濃尾平野の地質(東一西断面)



(岡田篤正(1998) 木曾三川 その流域と河川技術より)

3次元地下構造モデル(基盤岩類)



濃勢尾州川通絵図



岐阜県古地図文化研究会



宝暦御手伝普請目論見絵図(養老町史付図より)



岐阜県養老町平田朝負翁座像(養老町HPより)



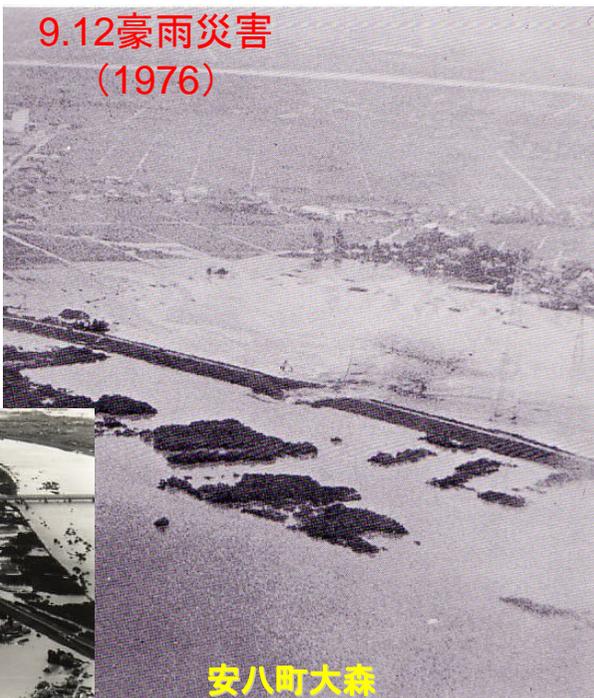
国土交通省船頭平開門管理所木曾川文庫ヨハニス・デ・レーケ肖像



岐阜県南濃町羽根谷巨石積堰堤(明治時代,ヨハニス・デ・レーケ)



9.12豪雨災害 (1976)



安八町大森

岐阜県HP



年	最大流量		豊水流量	平水流量	低水流量	濁水流量	最小流量		平均流量	年総量 (10 ⁶ m ³)
	流量	生起日時					流量	生起日時		
2002	5334.34	07月10日 13:00	120.60	76.97	54.08	35.28	25.28	09月04日 18:00	119.93	3782.14
2003	2374.18	08月09日 15:00	149.56	85.36	57.54	34.79	19.20	11月03日 02:00	135.02	4258.07
2004	7666.87	10月20日 24:00	172.18	86.43	55.21	28.75	10.68	02月02日 01:00	160.74	5083.04
2006	3309.36	07月19日 07:00	124.09	85.18	39.20	29.17	23.45	09月05日 23:00	111.06	3502.48
2007	2654.77	07月15日 08:00	85.35	50.90	36.01	25.72	24.23	05月01日 01:00	86.26	2720.26
2008	1409.24	08月29日 04:00	99.90	59.22	38.49	26.58	21.69	08月03日 23:00	84.41	2669.28
2009	2423.78	07月28日 05:00	118.25	55.47	36.30	21.60	17.87	09月29日 01:00	111.25	3508.39

単位:m³/s

項目	水防団待機 水位	はん濫注意 水位	避難判断 水位	はん濫危険 水位
基準値	1.00m	2.00m	5.00m	5.80m
水位	-2.94m			

長良川忠節橋

1999.9.15台風16号

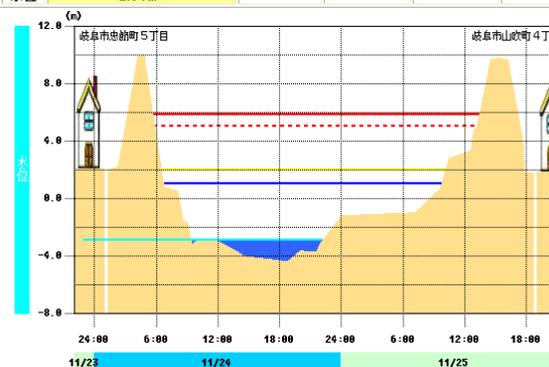
上流部の郡上白鳥で堤防決壊
最高水位 4.88m

2002.7.10台風6号

上流部の郡上白鳥で堤防決壊
最大流量 5334.34m³/s
最高水位 3.90m

2004.10.20台風23号

全国で100名近い死者行方不明
最大流量 7666.87m³/s
最高水位 6.00m



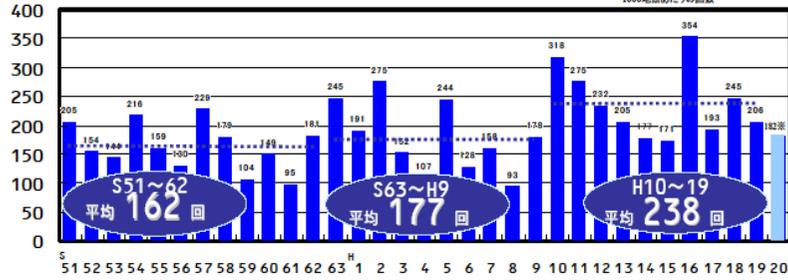
国土交通省水文水質データベース



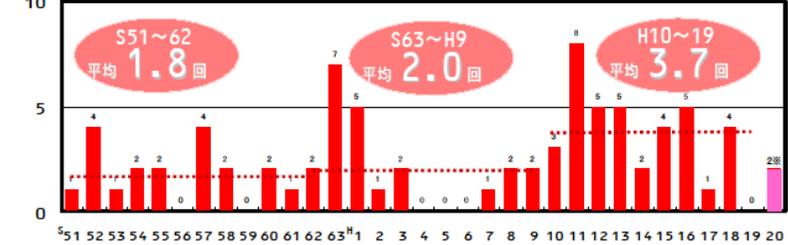
気象の変化(集中豪雨)

1. 1時間降水量 50 mm以上の年間発生回数(1000地点あたり)

-1時間降水量の年間発生回数
-全国約1300地点のメダスより集計
-1000地点あたりの回数



2. 1時間降水量 100 mm以上の年間発生回数(1000地点あたり)



資料)気象庁資料より作成

国土交通省河川局HP

※H20は9月2日までのデータによる

2008年ゲリラ豪雨災害

局地的豪雨・急激な水位上昇の事例

あさの
同じ日の午後!

■大野川水系浅野川 (

芝原橋雨量観測所を記録。浅野川のこの集中豪雨により

■都賀川水系都賀川 (兵庫県神戸市)

鶴甲雨量観測所(神戸市)において10分間雨量2.4mmを記録。都賀川では10分間に約1.3mという急激な水位上昇により児童3人を含む5人が亡くなった。



7月28日 7時30分



7月28日 2時14分



7月28日 2時58分

国土交通省河川局HP

揖斐川豪雨災害2008.9



揖斐川豪雨災害2008.9

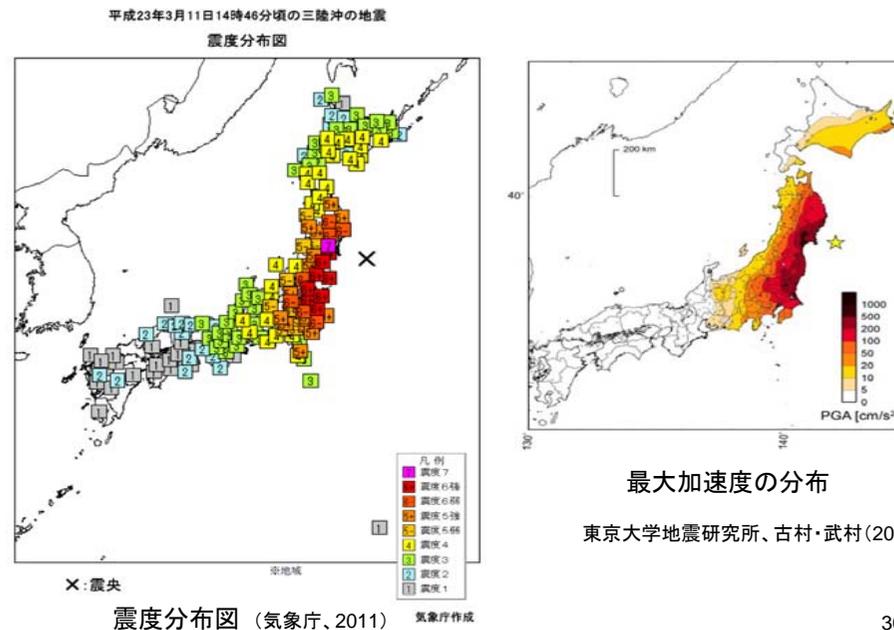


災害発生直後の状況

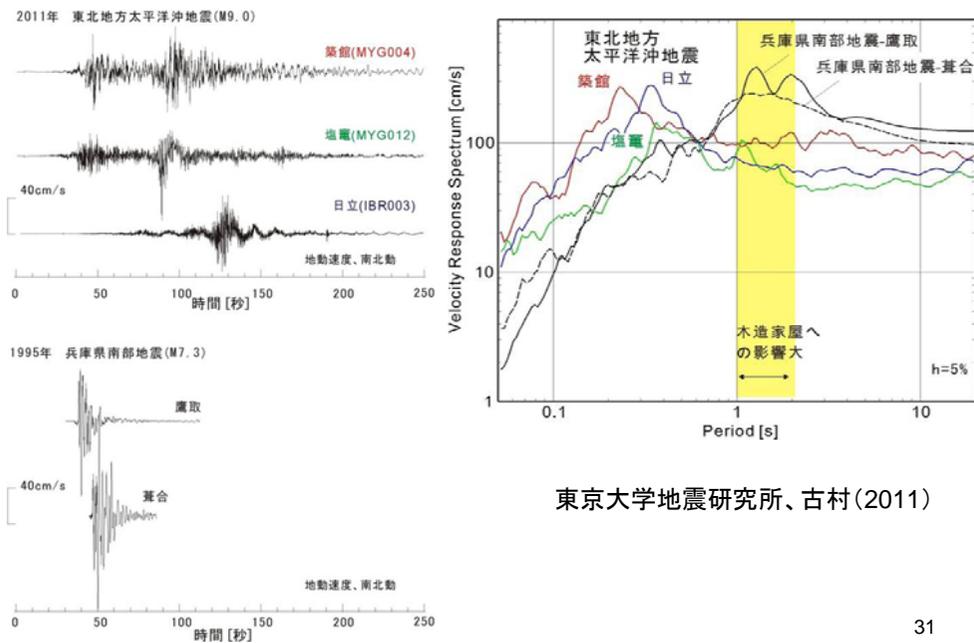
被害を軽減した砂防堰堤(H18通常砂防)



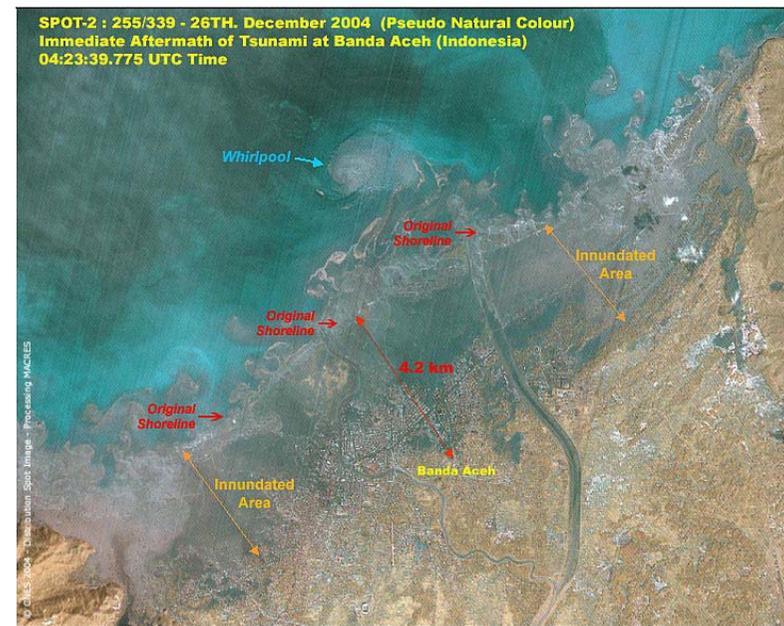
2011東北地方太平洋沖地震M9.0



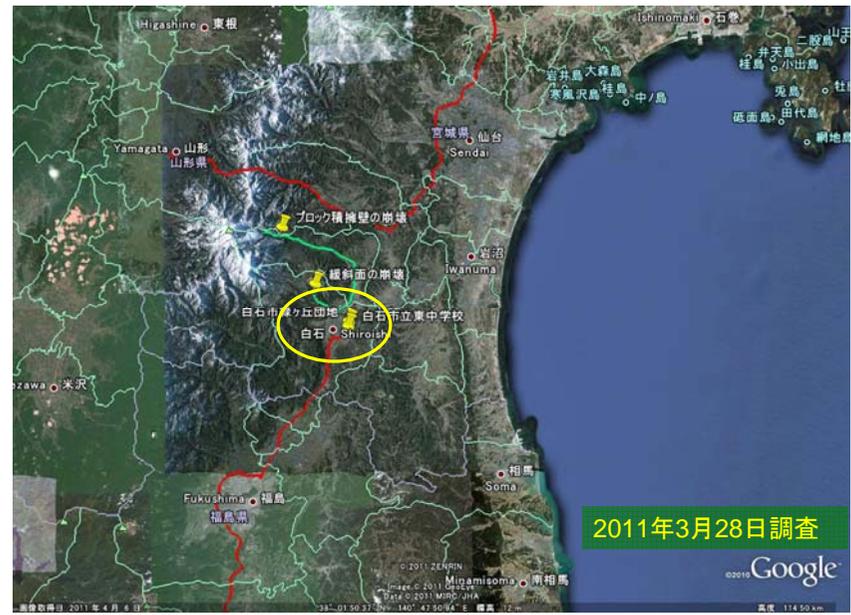
地震計が捉えた地震動



地震の後には「津波Tsunami」



宮城県南部(白石市は海岸から26km)



2011年3月28日調査

Google



東北新幹線白石蔵王駅周辺の新設道路橋



住宅被害は軽微

東北新幹線白石蔵王駅周辺の住宅地被害



下水道管に沿って変状



マンホールの浮上がり



文化体育活動センターホワイトキューブ



建物被害は屋根瓦(ブルーシート)

東北新幹線白石蔵王駅周辺の宅地被害



白石市立東中学校のグラウンドのり面の崩壊



白石蔵王駅周辺 (Google)



宮城県白石市緑ヶ丘団地 宮城県沖地震(1978)の被災状況

国土交通省東北地方整備局HPより
1名死亡



盛土造成地の地震に対する脆弱性が問題視される契機となる

白石蔵王駅周辺(S51年)

国土交通アーカイブ 空中写真閲覧

写真名	CTO7623.C4.29
作業名	CTO7623
コース番号	C4
写真番号	29
撮影年月日	19761018
撮影地帯	蔵王山
撮影計画機関	国土地理院
撮影実施機関	国土地理院
撮影高度	3200m
撮影縮尺	1:15000
地点路線	-
地図番号	-
カド名称	R08
地理院加番号	C2317
形式	カラー
市区町村名	白石市
備考	

緑ヶ丘団地

東中学校

100dpi 200dpi

画像の入手

ページ表示を終了した

インターネット

41

S51年と現在の空中写真の比較

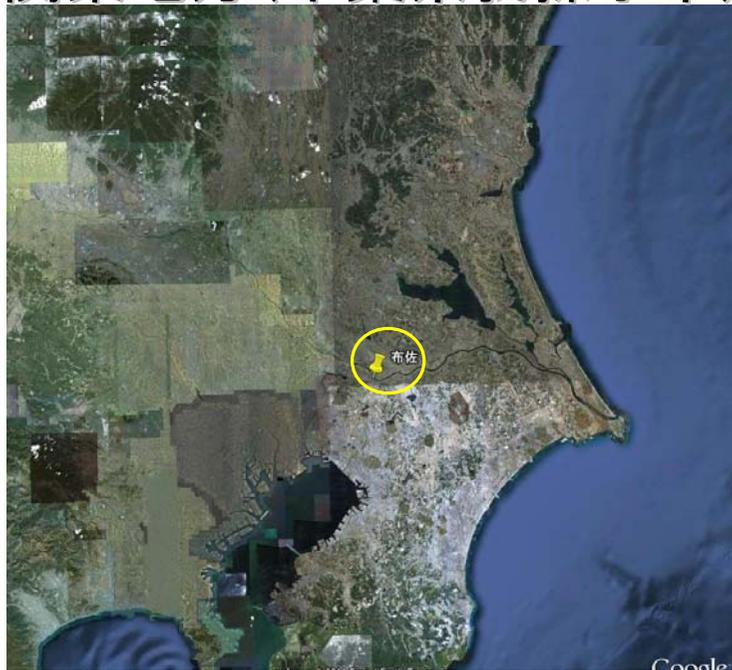
S51年(1976)国土地理院

H23年(2011)Google

S47(1972)国土地理院

S47地形図によると、丘陵地の谷合ならびに谷口には、どこにもため池が設けられていた。＝農業用水
 東北新幹線の建設とともに、農地の宅地化が急速に進む様子が分かる。→地震による液状化被害はこの新しい開発地に集中する。 42

関東地方(千葉県我孫子市)



住宅地の液状化被害:千葉県我孫子市布佐

東京大学生産技術研究所、古関2011



家屋の沈下ならびに傾斜被害



家屋の沈下ならびに傾斜被害



塀や庭石の沈下被害



ビルの沈下ならびに傾斜被害

住宅地の液状化被害：千葉県我孫子市布佐

東京大学生産技術研究所、古関2011



マンホールの浮上がり



浄化槽の浮上がり



噴砂による被害



宅地を50cm程盛上げ杭基礎採用
被害なし(井戸が濁った) 45

住宅地の液状化被害：千葉県我孫子市布佐

東京大学生産技術研究所、古関2011

沼地を埋立
てた？ ←



→ 昔から沼地
ではない



家屋の沈下ならびに傾斜被害有



被害はほとんど無し

46

千葉県我孫子市布佐：昔の土地利用



47

河川堤防の被災

国土交通省利根川下流工事事務所HP



利根川左岸19km付近



利根川右岸27.25km付近



利根川左岸30~30.25km付近



利根川左岸70km付近

地震被害の特徴

- **東北地方太平洋沖地震の特徴**
津波被害が甚大である。「**想定できなかった**」
地震継続時間が長い。「**海溝型地震**」
速度応答スペクトルは0.5s付近がピーク。「**海溝型地震**」
- **山元町や白石市の地震被害の特徴**
新しく開発された地域に地盤被害が集中。「**災害**」
過去の被災の教訓が十分に活かされていない。「**防災**」
- **千葉県我孫子市布佐の地震被害の特徴**
埋立て地や盛土に液状化被害が集中。「**災害**」
宅地の地盤補強対策に効果が確認できる。「**防災**」
⇒我々の教訓とすべきこと！

1964年新潟地震液状化災害

ビデオ・写真集 (社)地盤工学会より



岐阜で震度5弱で「液状化現象」

1998年(平成10年)4月22日



美濃南西部地震の被害状況 1998.4.22



灯籠の転倒



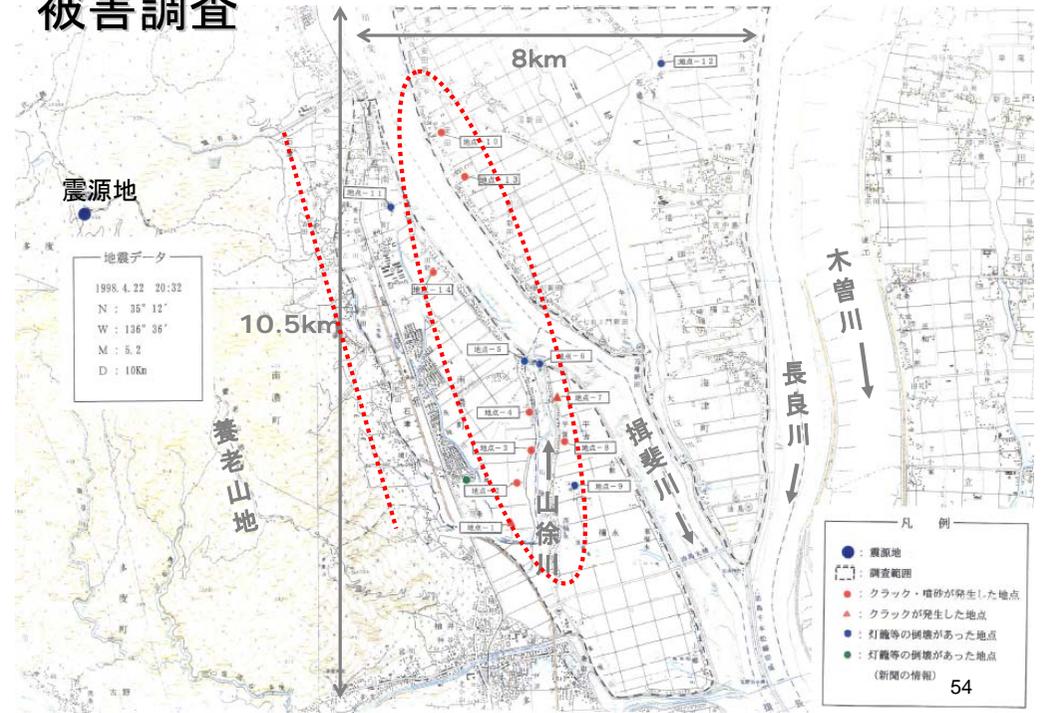
液状化現象



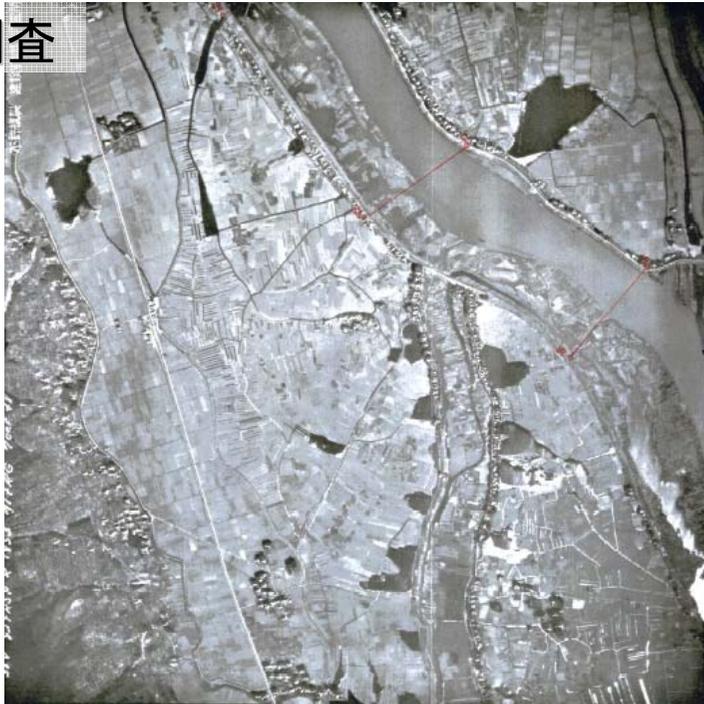
写真-C



被害調査

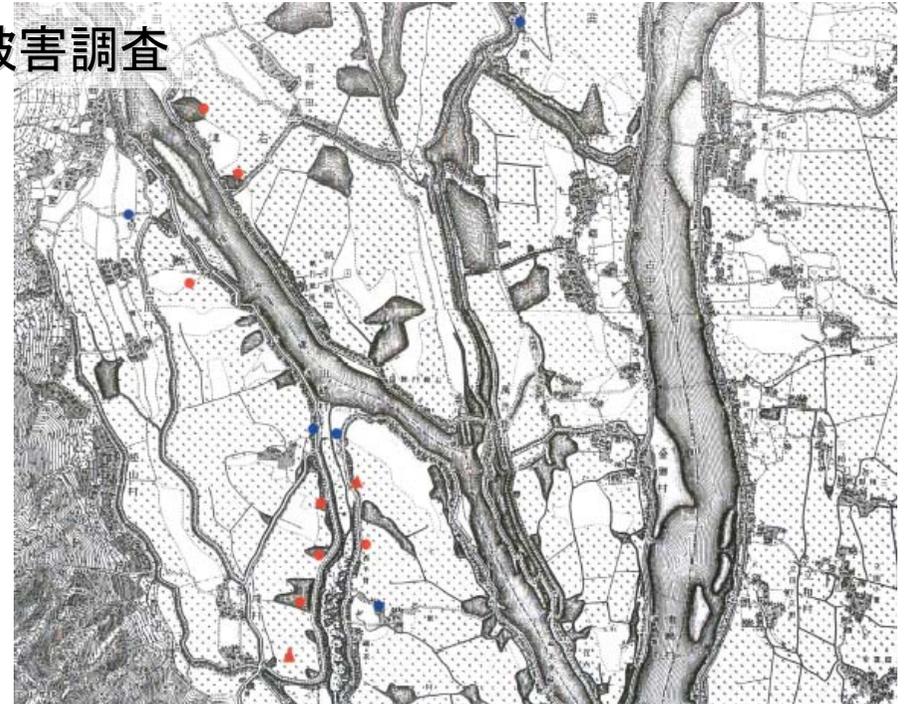


被害調査



米軍撮影空中写真(終戦後)

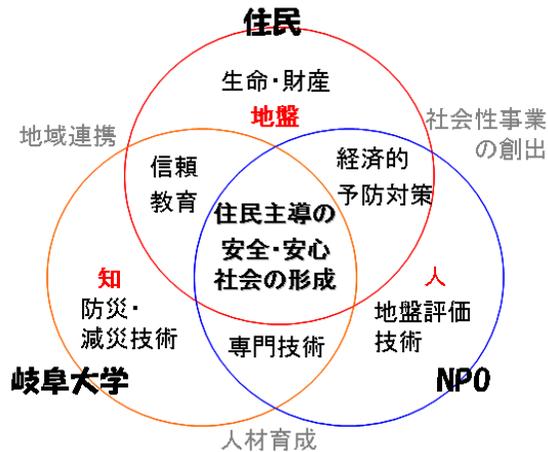
被害調査



古地形図(明治24年)

岐阜大学とNPOの協働事業

- 自分の住んでいる土地(リスク)を知る。
- 経験や教訓をもとに考える。
- 専門家と一緒に具体的な行動をする。



講習会ならびにワークショップ



2007年 岐阜県 竹鼻用 防災情報パンフレット

我が家を地震災害から守るための講習会資料 2007年9月22日(土) 13:30-16:00

1956年撮影空中写真 1947年撮影空中写真

羽島市の地形・地盤の特徴
羽島市は、木曾川と長良川に挟まれた沖積低地に位置します。沖積低地は、河川が運搬する土砂が堆積した比較的平坦な土地で水利用が容易なことから、古くから水田が整備され水灌漑地として発展してきました。上の右側の写真は、昭和22年(1947)に撮影された空中写真ですが、黒く見えるのは新築地帯や旧河運を水田として土地利用しています。古くから見えるのは地盤の中でも高い自然堤防を軸や支地に利用しています。これは、本郷地帯の宿命でもある洪水災害から逃れる術でもありました。ところが、昭和19年(1944)12月7日の東南海地震、さらには昭和21年(1946)12月の南海トラフ地震では、「砂上の楼閣」の如く自然堤防の上に築かれた家屋の多くが倒壊しました。
その後、半戦災復興とともに、地盤的脆弱地帯ならびに人口増加を定むべく、本郷の土地改良ならびに宅地化のための土造成が著しく進みました。上の左側の写真は、今からおよそ10年前の平成6年(1996)の空中写真ですが、写真の土地利用からは昔の地形を読み取ることが難しくなっています。新しく造成された盛土地盤は、自然堤防以上に災害に弱いといわれています。また、雨水が溜り、水利用のために河川水が強制的に濁り、地震時の液状化の危険性が増しています。

この講習会は、岐阜大学地域活性化経費(地域連携)により運営されるもので、地域住民の自主的防災活動を支援することを目的として、NPO法人地盤防災ネットワークとの協働による地震災害から生命と財産を守るためのホームドクター機軸支援事業の一環として実施するものです。

我が家の地盤調査

地形図や古地図などで災害の危険性を知る。



1891年発行1/2.5万地形図「竹鼻」(国土地理院)



木曾川流域濃尾平野水害地形分類図(国土交通省)

→ 怪しい場合には調査をして調べ、危険度をより正しく知る。

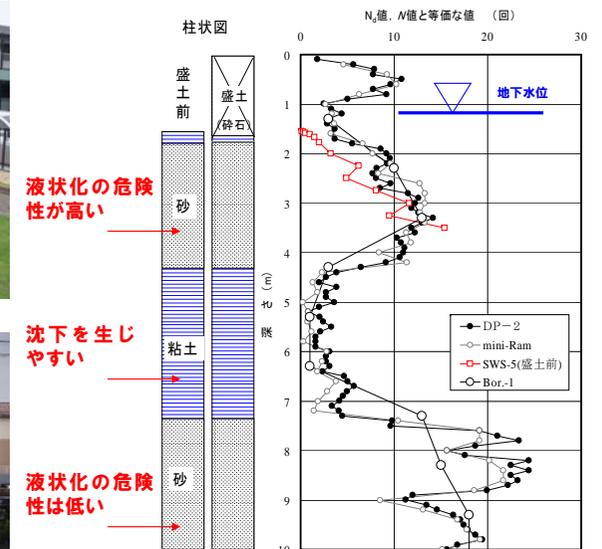
我が家の地盤調査結果



小型動的貫入試験装置



ボーリング調査



調査結果：赤は建築当初の工務店の調査結果、DPは小型動的貫入試験、Bor-1はボーリング調査による結果を表す。

宅地の耐震調査結果

調査結果の評価方法

1. 地形条件による災害の危険性を判定(周辺含)

2. 盛土の場合には、

- ・ N_d 値<2の層厚が≒1m以上ある。
- ・ 地下水位が深さが≒2mより浅い。



地震時に地盤が変状を生じる可能性が

「非常に高い」、「高い」、「低い」、「非常に低い」

の4段階で分別。

土岐市下石町

宅地	地形区分	調査深さ(m)	盛土厚(m)	N_d 値<2の層厚(m)	地下水位(GL-m)	地震時に変状を生じる危険性
A	沖積低地	3.40	2.4	0.9	1.30	非常に高い
B	丘陵斜面	3.76	2.8	0.2	2.30	低い
C	段丘	1.80	0.6	0.1	0.68	非常に低い
D	沖積低地	4.10	1.4	1.0	2.52	高い
E	丘陵斜面	10.00	2.2	0.0	4.54	低い
F	沖積低地	5.63	2.8	2.2	2.33	非常に高い
G	沖積低地	5.60	1.1	0.2	1.95	低い
H	沖積低地	3.10	0.7	0.1	3.10	低い
I	丘陵斜面	4.58	1.1	0.3	3.69	低い

羽島市竹鼻南

宅地	地形区分	調査深さ(m)	盛土厚(m)	N_d 値<2の層厚(m)	地下水位(GL-m)	地震時に変状を生じる危険性
J	自然堤防	9.30	0	1.2	3.25	低い
K	後背湿地	7.50	1.2	2.5	1.18	非常に高い
L	自然堤防	4.40	0.8	0.9	1.44	高い
M	自然堤防	9.40	0.6	1.5	2.11	高い
N	後背湿地	3.40	1.3	1.2	0.84	非常に高い
O	自然堤防	4.70	1.3	0.4	2.70	低い
P	後背湿地	3.80	1.1	0.3	0.83	低い

地域資源を活用した宅地補強技術

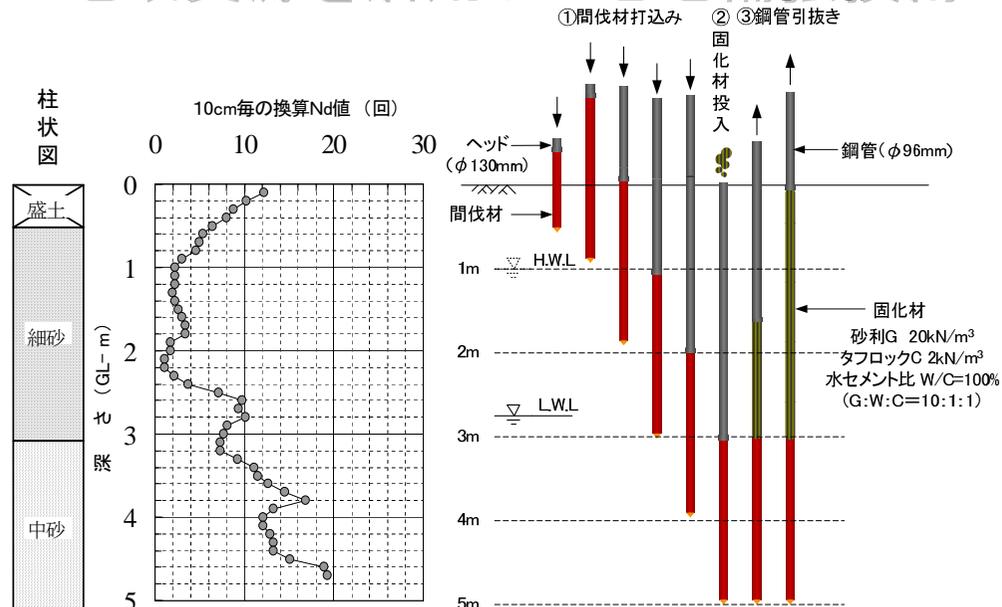
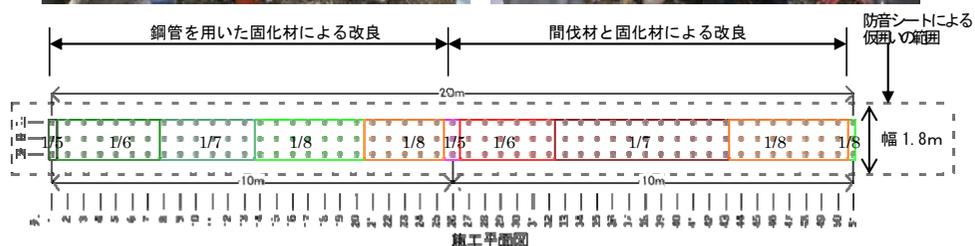


図-1 小型動的貫入試験結果

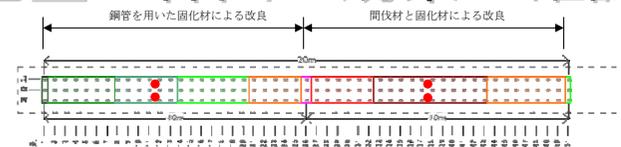
図-2 施工手順図(間伐材)

実証試験での施工

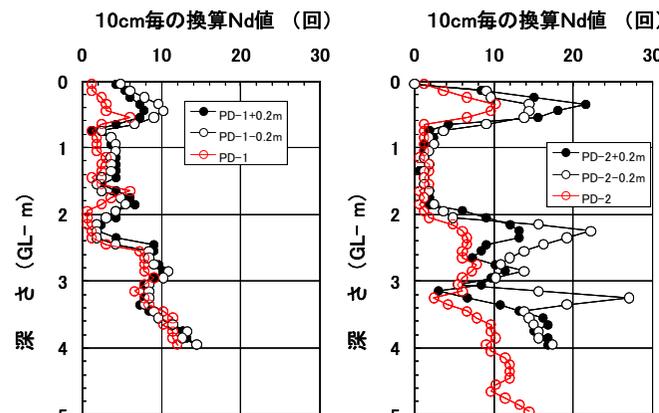


緑色系は研究会試作機による施工で、赤色系はECO-3による施工を示す。
施工実績(平面図, 施工日ごとに着色)

地盤の締め固め効果の確認(くい間)



緑色系は研究会試作機による施工で、赤色系はECO-3による施工を示す。

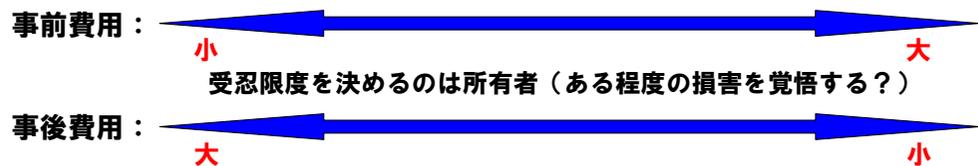
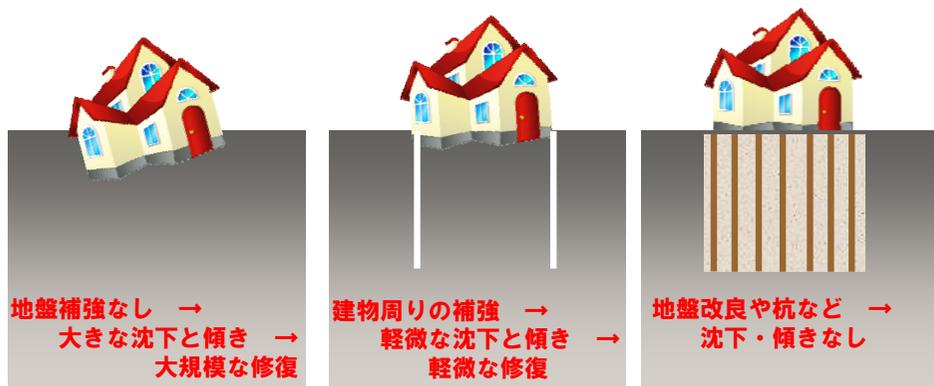


施工前後での小型動的貫入試験結果の比較

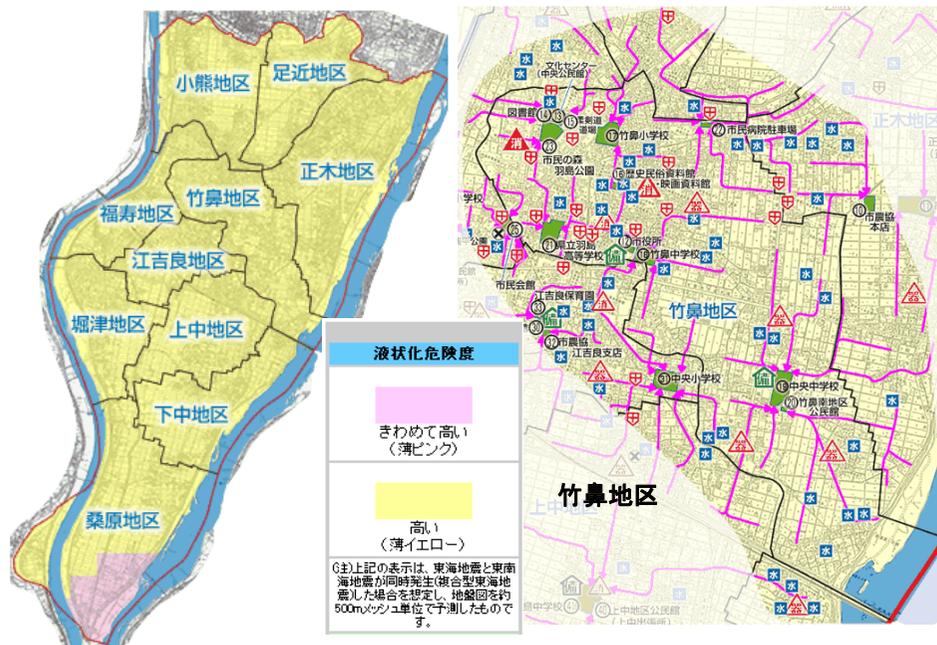


小型動的貫入試験

既設宅地の液状化対策と効果



羽島市防災マップ・地震時避難場所



「住民の方にとっていただきたい行動」

岐阜県HPより

1. 日ごろから、自宅や職場、学校が避難の必要な地域にあるかどうかの確認。
2. 日ごろから、避難場所、避難経路の確認。
3. 情報収集（データ放送、インターネット）
4. 避難勧告等の受信体制の確認
5. 避難勧告等の内容をよく聞き、早めの避難

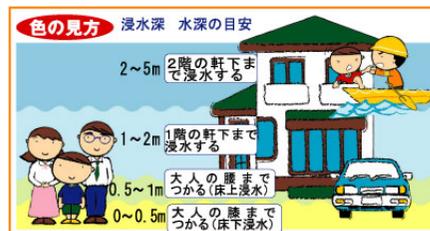
避難勧告 (ひなんかんこ)	災害が発生するおそれがある場合 <発令されたら...> ・避難所へ避難しましょう。	いずれも 市町村から 発令されま す。
避難指示 (ひなんしじ)	避難勧告より状況が悪化し、緊急に避難が必要な場合 <発令されたら...> ・ 大至急 、避難所へ避難して下さい。	

羽島市防災マップ

(水害時、竹鼻地区)

◎木曾川流域では、概ね100年に1回程度起きる大雨で、2日間の総雨量を275mmとしています。

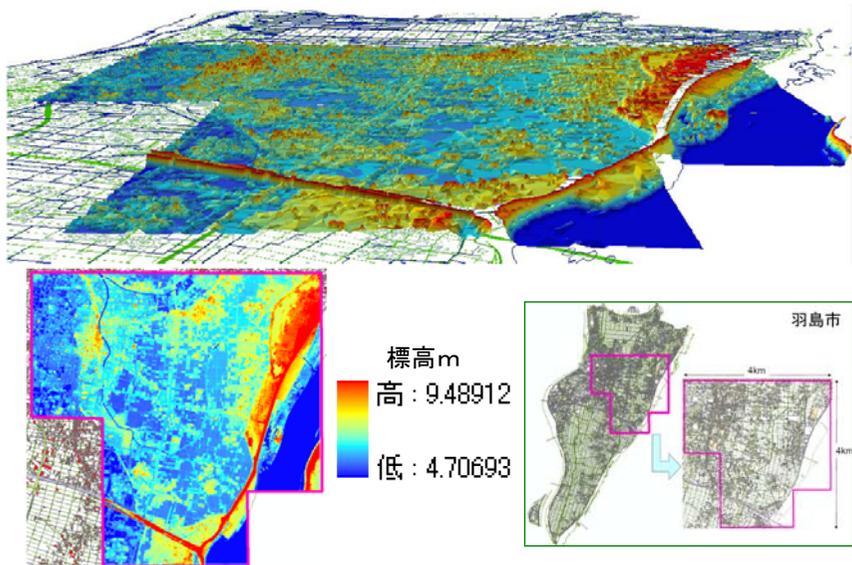
◎長良川流域では、既往洪水(昭和35年8月洪水)が再来したことをしています。



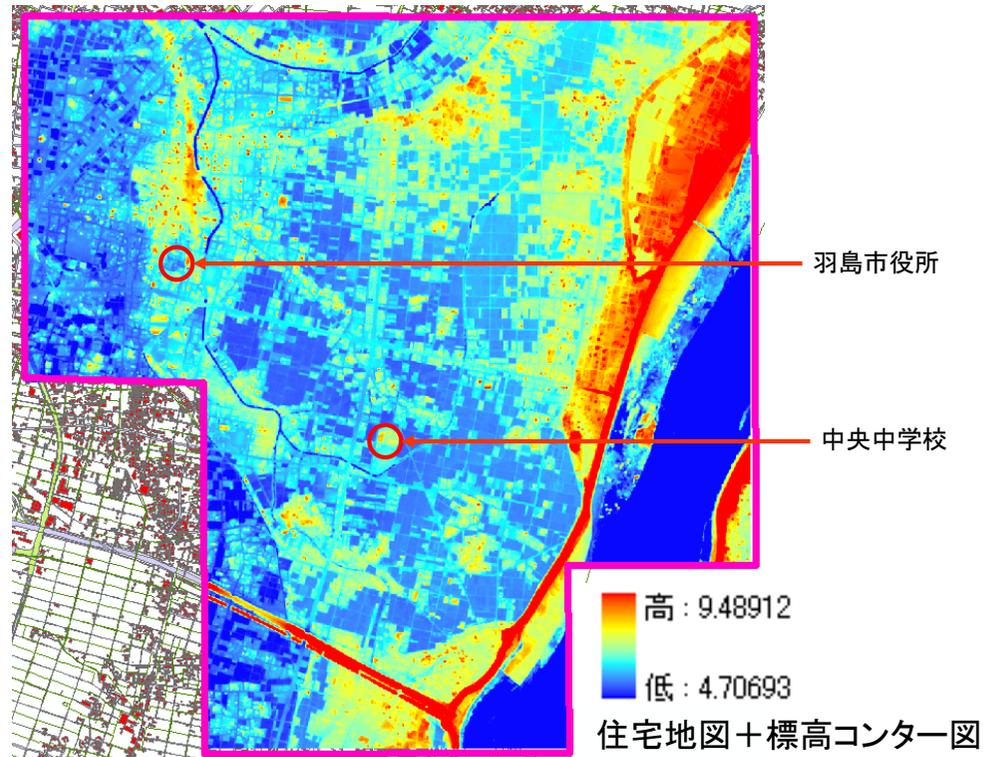
■避難情報の伝達方法

	方法
防災行政無線	屋外子局スピーカーにより放送します
広報車	広報車により巡回します
口頭	電話、伝令により各自治会等に伝達、各世帯に大声で呼びかけます
信号	警鐘信号の乱打、サイレン信号60秒、5秒休止、60秒、5秒休止……
放送	必要に応じてラジオ、テレビによる放送を要請します

岐阜県統合型GISのDEMを用いた標高図



3D表示(標高値の倍率:10倍)



災害に強いまちづくりワークショップ 羽島市竹鼻南

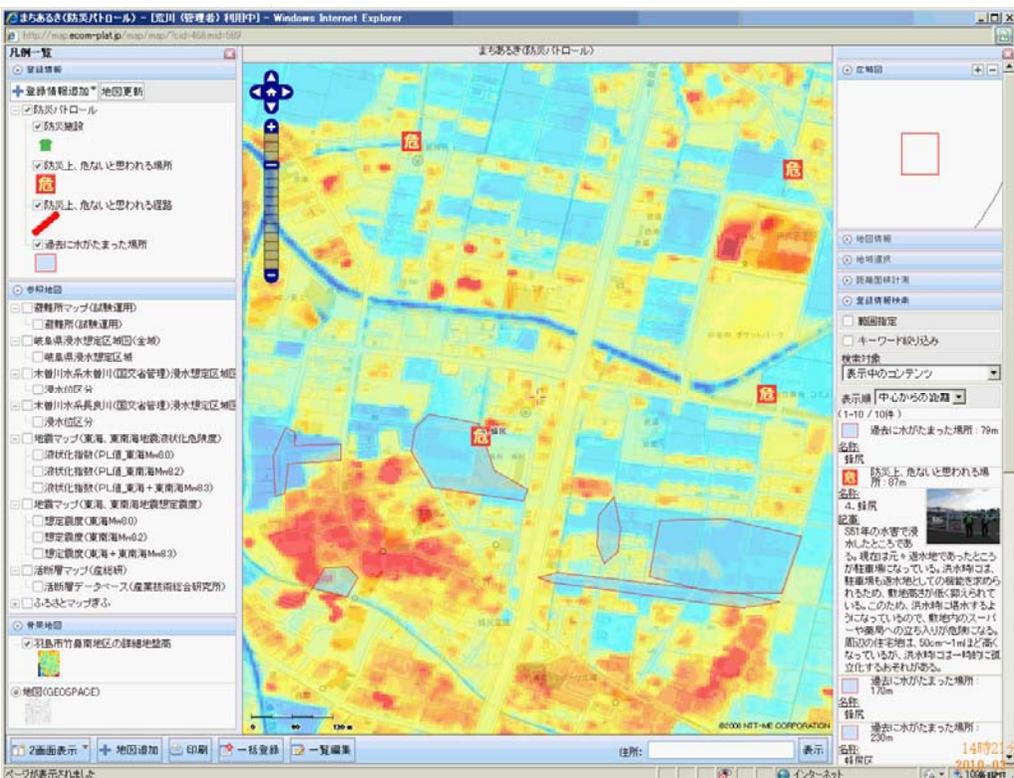


避難勧告等の判断・伝達マニュアルの作成

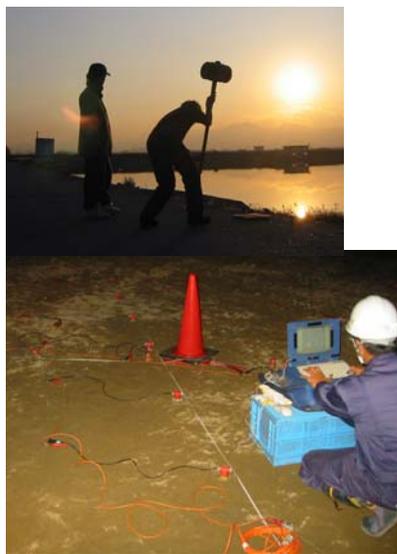
- 避難すべき区域はどこですか？
浸水想定区域図、過去の浸水被害、避難経路、避難場所、要援護者など
- 警報発令の基準は？
気象警報、洪水予報、水位情報、河川施設の異常や前兆現象の目撃など
- どのように伝達しますか？
防災行政無線、戸別訪問、テレビラジオなど
- 要援護者対策
台帳整備、支援者特定、要援護者の種別による伝達方法など

竹鼻南の住民が出した結論

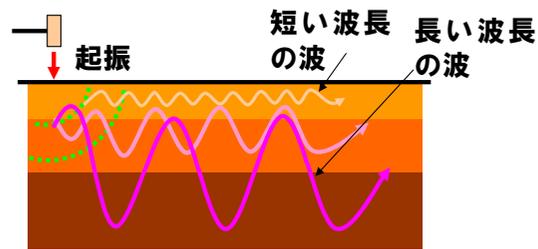
- 浸水が発生してからの**避難は危険**
- 避難命令が出たら、平屋や低地の住民は**近所の2階**に避難
- 事前に要支援者の把握(民生委員との連携が必要)
- 近所付き合い**が必要(復活させる)
- eコミマップ**(防災科学研究所)を情報共有ツールとして使ってみよう=**子や孫への経験知の伝承のために**



地中の可視化技術: 2次元表面波探査



松阪港での探査の様子



周波数によって伝播速度が異なる⇒分散

<特徴>

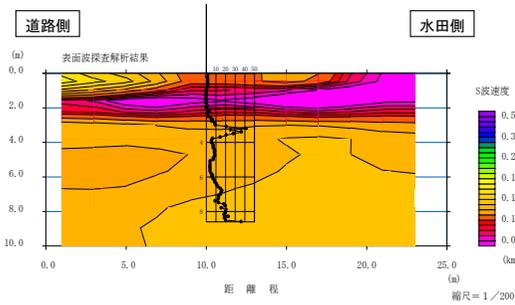
- 表面波の伝播速度はS波速度に敏感である
- 表面波の伝播速度はS波速度の0.9~0.95倍
- 起振効率が良い
(表面波67%、S波26%、P波7%)
- 測定が簡単である
- 逆転層があっても探査可能である

能登半島地震(門前町宅地調査)



昭和7年(1932)発行地形図の門前町

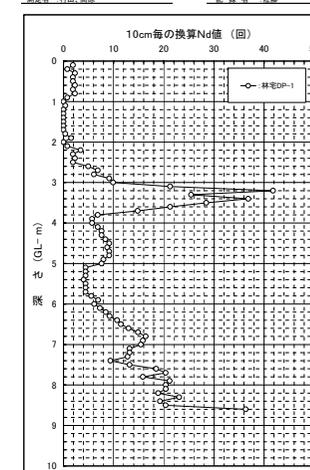
昭和50年(1975)撮影空中写真より地形を判読



2次元表面波探査結果 (S波速度断面図、地表面形状は考慮していない)

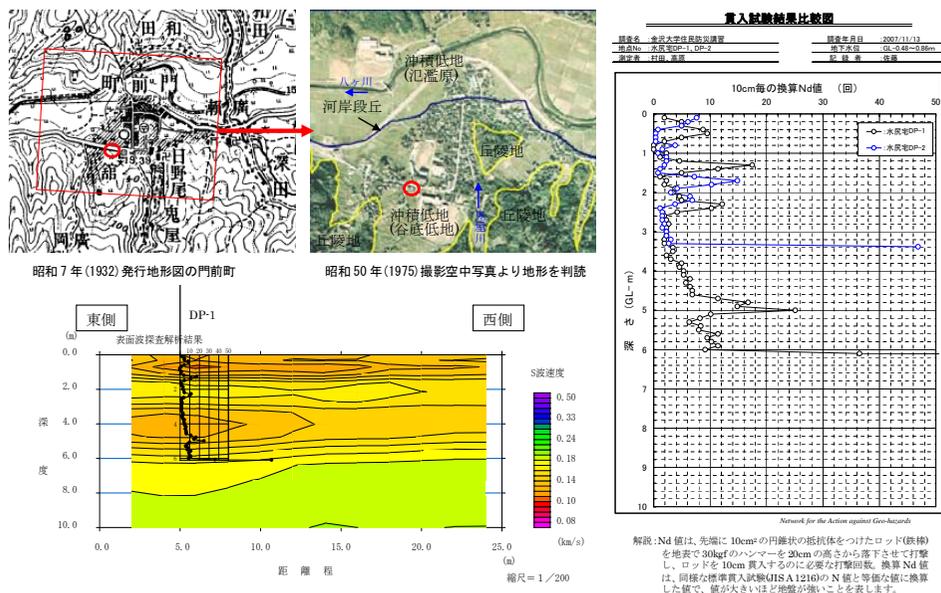
貫入試験結果比較図

調査名	金沢大学地盤調査	調査年月日	2021/11/13
場所	能登半島	調査時間	10:00~12:00
調査者	村田、高橋	記録者	佐藤

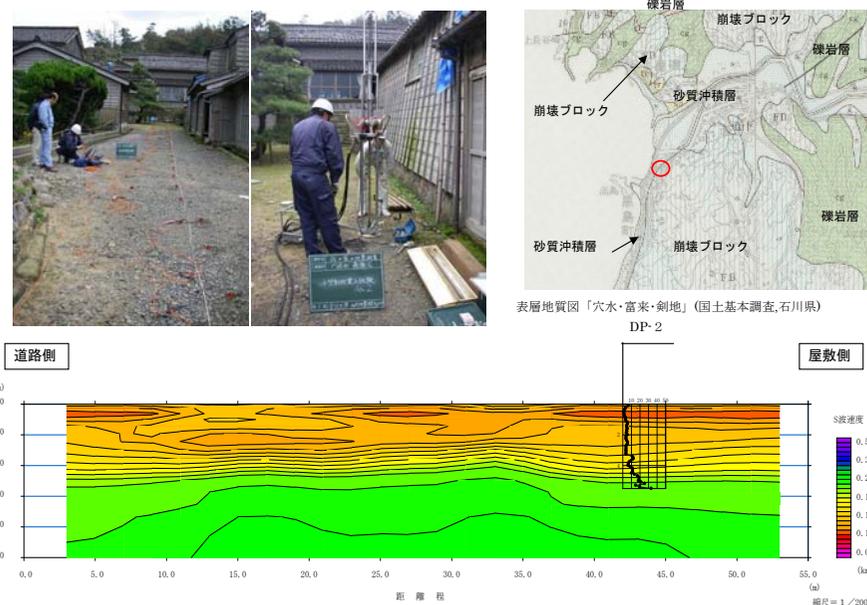


解説: Nd値は、先端に10cm²の内径状の抵抗体をつけたロッド(錐錐形)を地盤で30kgのハンマーを20cmの高さから落下させて打撃し、ロッドを10cm貫入するのに必要な打撃回数。換算Nd値は、同様な標準貫入試験(GIS A 1216)のN値と等価な値に換算した値で、値が大きいほど地盤が強いことを表します。

能登半島地震(門前町宅地調査)



能登半島地震(門前町宅地調査)



液状化現象(北海道北見端野町)



2003年十勝沖地震 北見工業大学 伊藤陽司助教授撮影

発生日時: 2003年9月26日4:50,
震源: 北緯41.7°, 東経143.8°
深さ約42km, M=8.0

発生日時: 2003年9月26日6:08,
震源: 北緯41.7°, 東経144.2°
深さ約42km, M=7.1

被害
行方不明者 2名
負傷者 853名
建物損壊 57棟

埋立て材料(火山灰)



屈斜路軽石流堆積物(火砕流堆積物, 溶結凝灰岩)を埋土



ミニCPTU

ミニラム



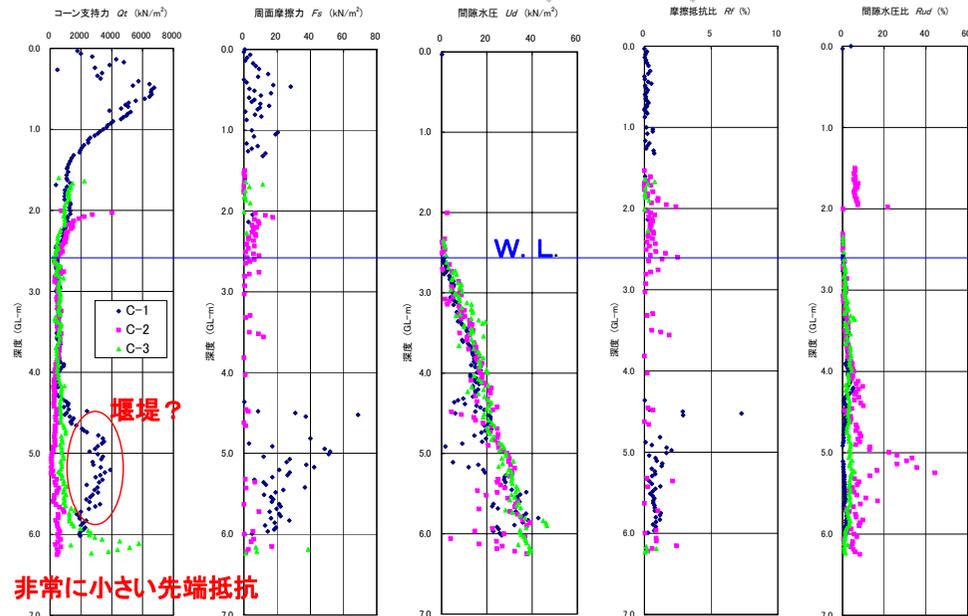
2cm²コーン(qc, u, fs)

2次元表面波探査

北見ブルーの空、広大な大地

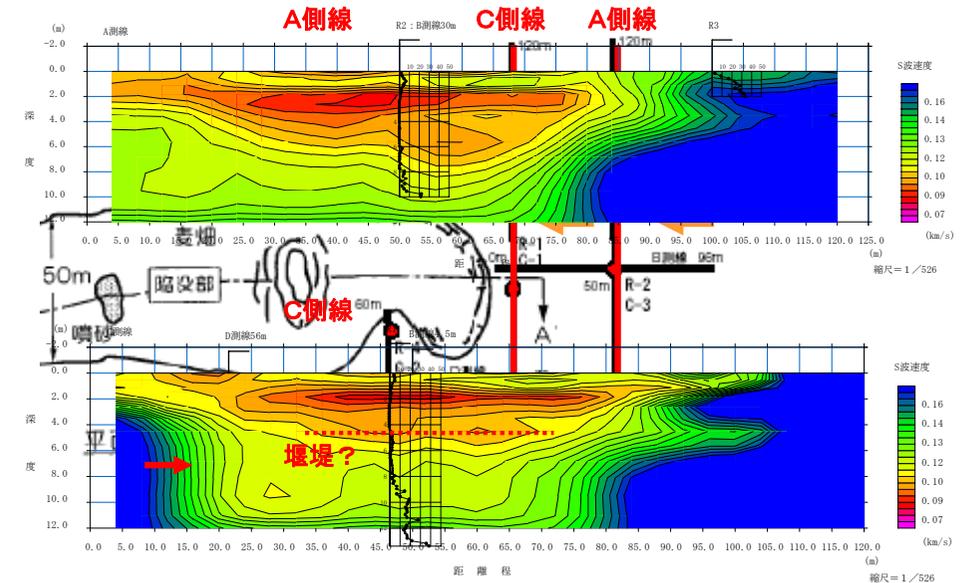


ミニコーン(CPT)



ミニコーン貫入試験結果整理図

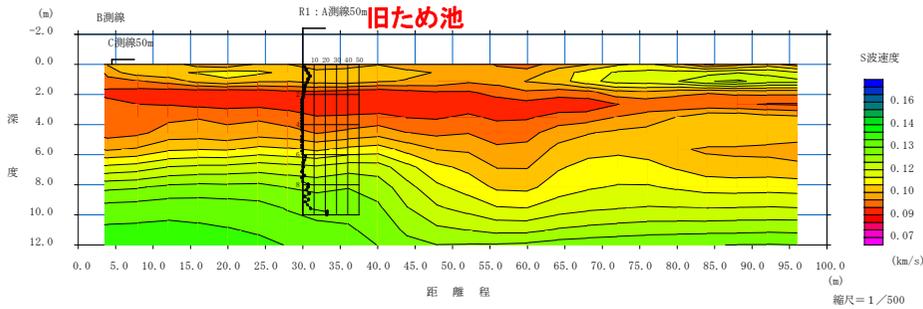
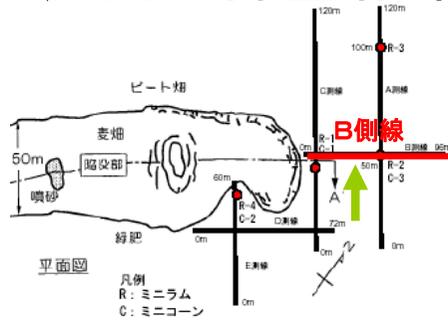
表面波探査結果



縮尺=1/526

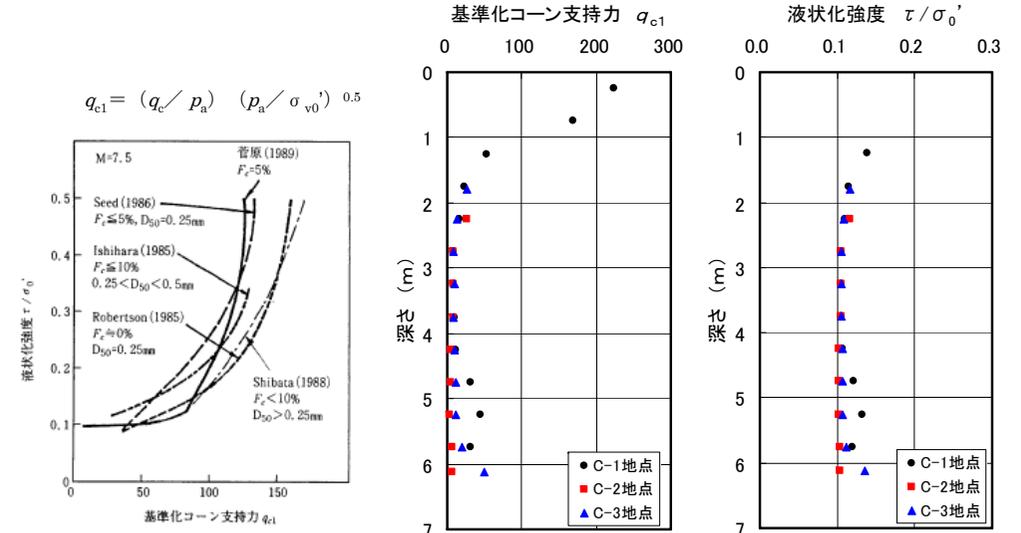
縮尺=1/526

表面波探査結果



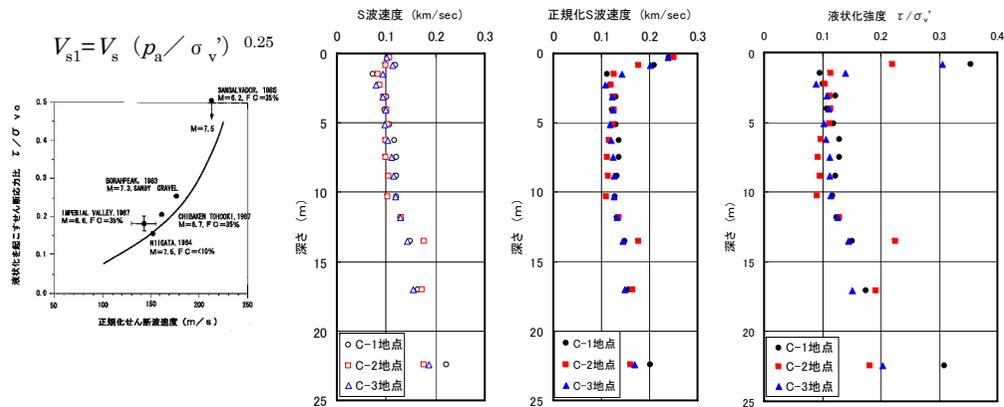
ミニコンによる液状化強度の推定

石原1985の方法



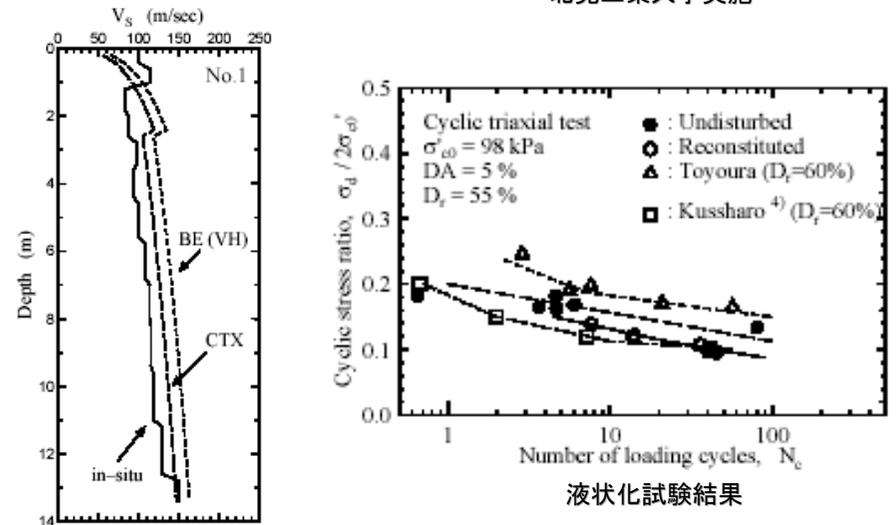
表面波探査による液状化強度の推定

Robertson et al(1992) の方法



室内試験結果との比較

北見工業大学実施



BEによる供試体の速度測定との比較

液状化試験結果

道路盛土 (大和IC~白鳥IC間)



補強土壁遠景

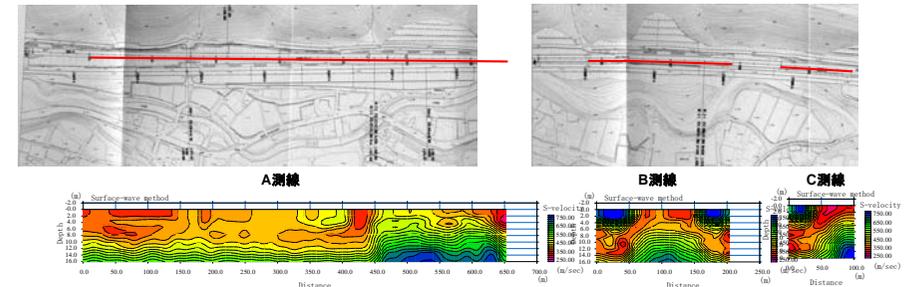


調査状況写真

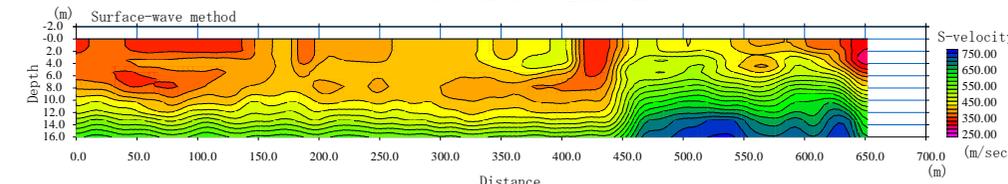


補強土壁天端(トンネルに向かって壁の勾配がゆるくなり路面と離れる)

2次元表面波探査結果



調査区間S波速度断面



2011/6/1

A測線探査結果

より効率の良い2次元表面波探査手法の開発



ランドストリーマ法

課題

- 路面上での人的作業であり、交通事故の危険性がある。(交通規制必須)
- 探査測線長=1日当り数百mが限界である。(最大1日1km、昼間)
- 路面の凸や小礫に地震計の底板が乗り上げ、不安定となる。(再設置)
- 道路の傾斜に沿ってランドストリーマが流される。(再設置、測線修正)
- 道路のカーブにランドストリーマが追従できない。(再設置、測線修正)

自動化



牽引部

