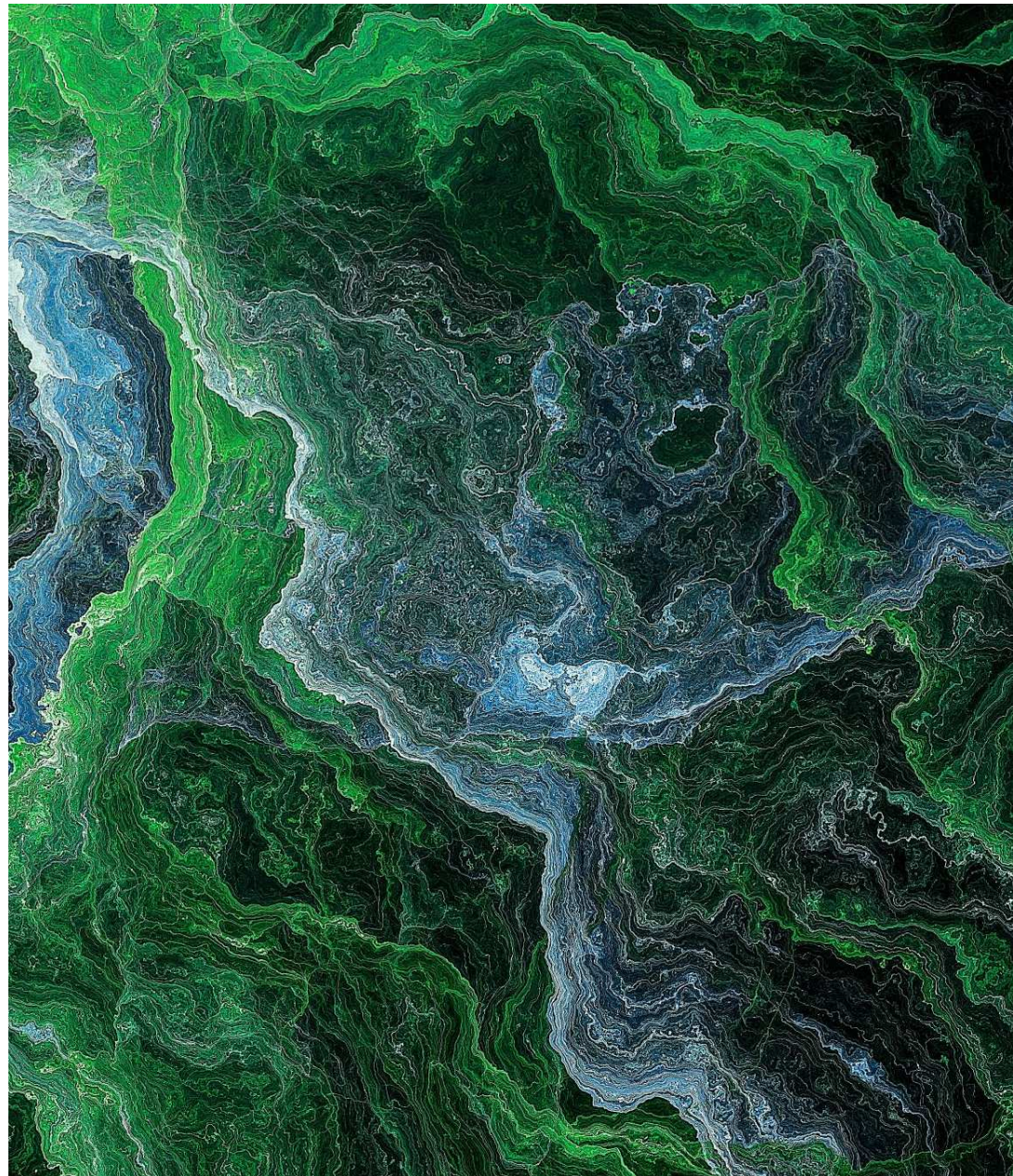


表層地盤の特徴を知って、 潜在的な地質リスクを識る

一般財団法人 GRI財団
北田 奈緒子



一般的な構造物の施工時

- 1) 立地場所 どこに？ ➡ 地盤として最も良いところを選定???
- 2) 地質調査（ボーリング調査, 貫入試験, 検層） ➡ 断面図だけ？ 地質リスクは？
- 3) 設計（基礎構造は？ どんな高さでどんなデザイン？）
- 4) 施工
- 5) 維持管理 ➡ 地盤の変形が発生すれば対応？

2) 地質調査（ボーリング調査, 貫入試験, 検層）

構造物の下, 地盤の中の特徴やリスクを知っていますか？

地質調査

1. 土地の安全性について確認する

⇒ 災害に強いのか？地盤が安定しているか？

2. 資源の調査を行う

⇒ 石油・天然ガス・金属・温泉などの有無

3. 災害リスクについて把握する

⇒ 活断層，地すべり，液状化など リスクは無いのか？

4. 環境の保全や学術研究のため

⇒ 地球の変遷や地層の特徴など地史を明らかにするため

地質調査の手法

1. ボーリング調査

⇒ 地面に穴を掘って直接確認。コア試料の採取，原位置試験

2. 地質踏査や概査

⇒ 現地を直接歩いて，露頭に現れる地質や構造・地形などを観察

3. 物理探査

⇒ 電気・磁気・音波・振動などを用いて地下の構造や特徴を知る

4. 土や岩石などをサンプリングして分析

⇒ 化学的，生物的，物理的な手法により分析を実施

「地質調査」：「建設工事・都市整備」を目的として実施

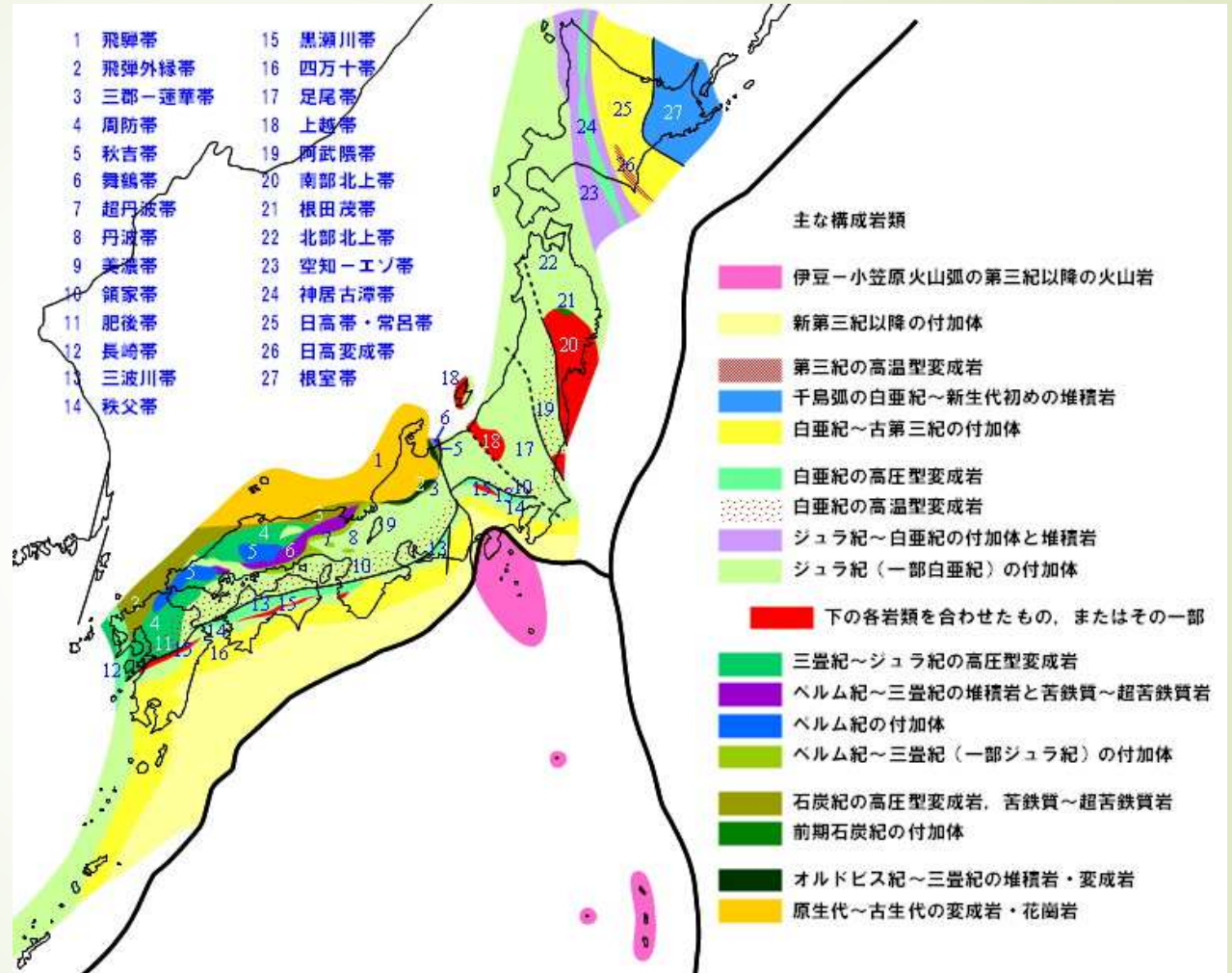
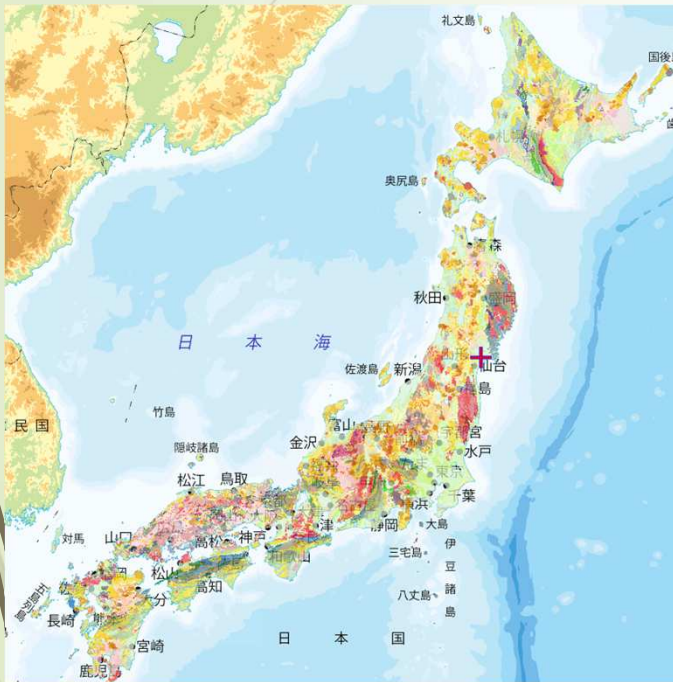
※要求事項によって、調査内容や手法も異なる!!

定番の調査であれば、比較的パターン化されているが、実際には、地質、目的、手法の組合せは千差万別!

本日のコンテンツ

1. 日本の地質のおさらい
2. 調査時の留意点
3. 都市部のボーリング調査の見方・まとめ方
4. 最後に。。。。

1. 日本の地質のおさらい



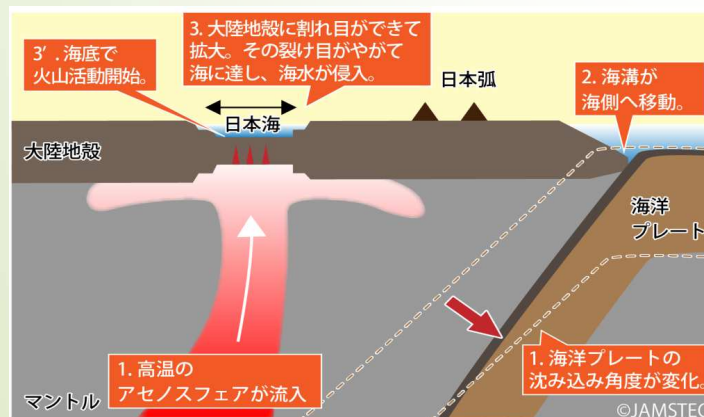
• 産総研HPより



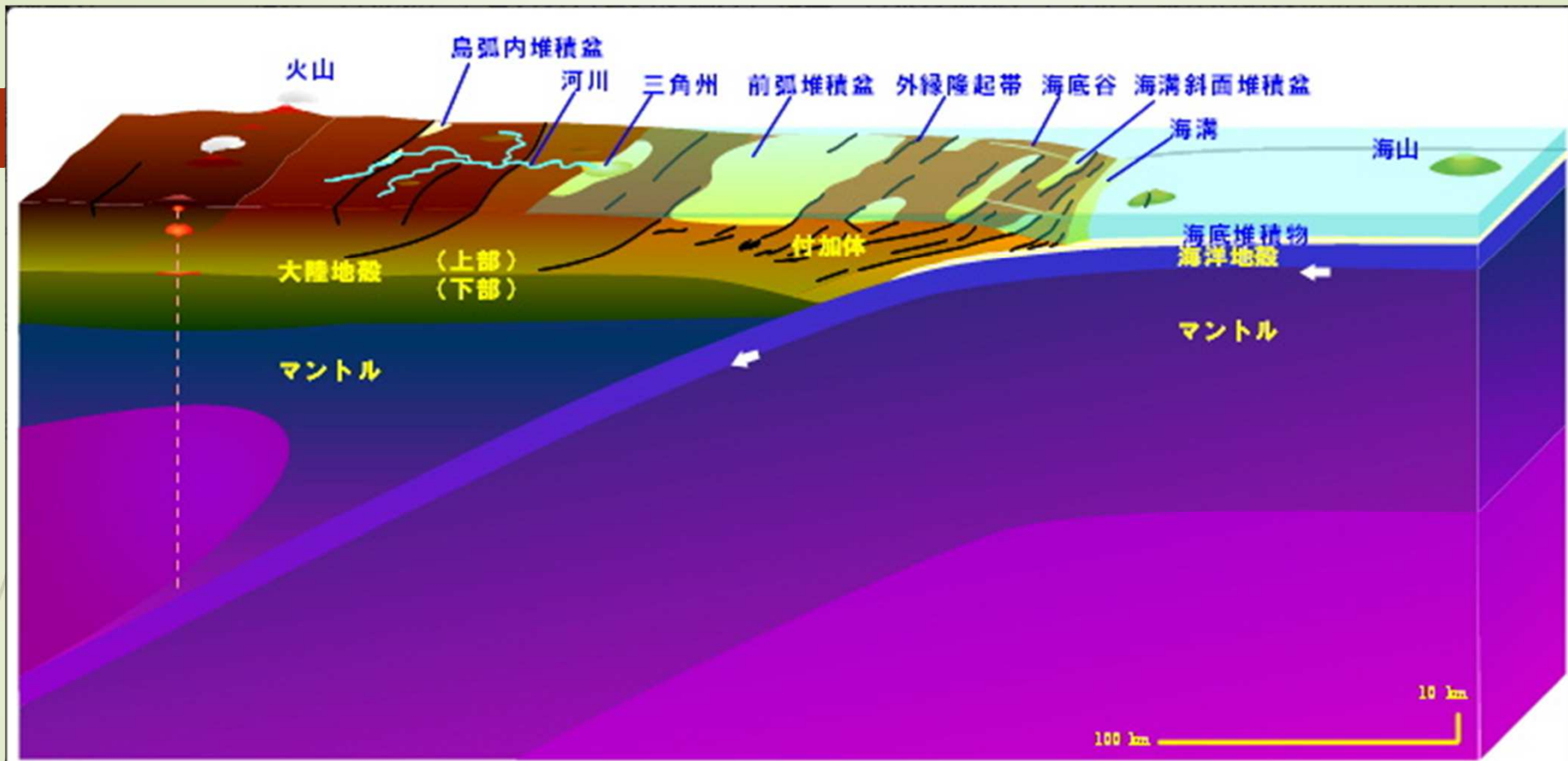
『地球の歴史 下』(中公新書 鎌田浩毅)による図を一部改変

日本列島は、基本的に大陸の縁辺部が開口して（約3000万年前）海水が流入し（日本海となる）、その後、海側の大陸の一部に地殻変動による新規の岩石が積み重なって形成された。

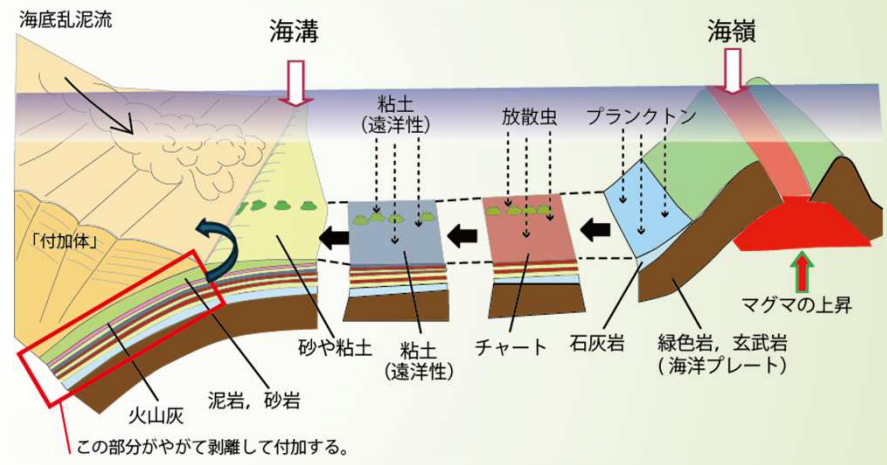
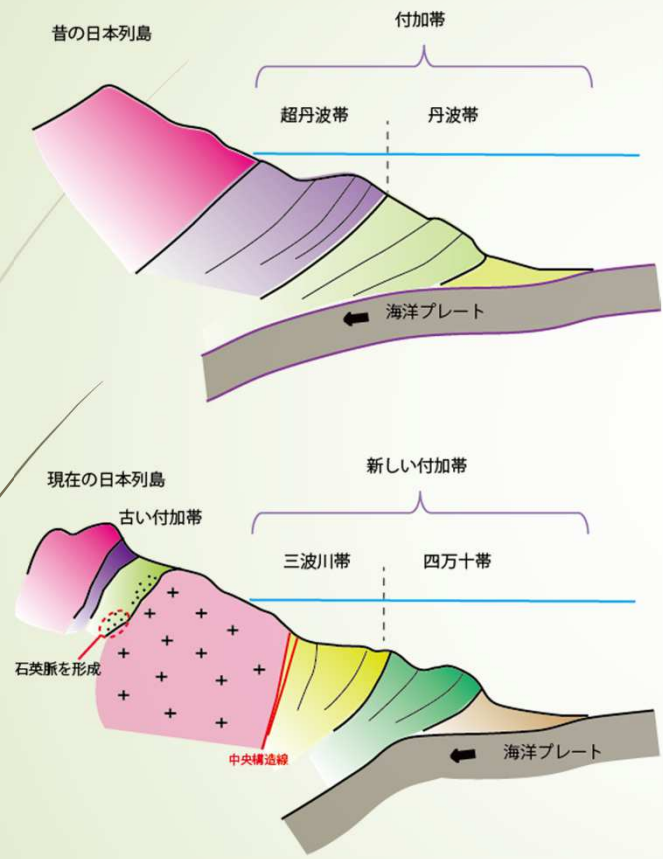
東日本弧と西日本弧はそれぞれの道を歩んで形成されたため、特徴が異なる。特に、西日本弧が大陸から離れる際には、時計回りに回転して、現在の形状になった事が知られている。



大陸の縁辺が開口するのは、左図のように沈み込みの前面部に高温のマントル流が湧きあがってリフト帯を形成し、それによって開口すると考えられている。開口が進行すれば、海溝が海側へと移動し、開口部に海水が流入して海となり、大陸地殻がちぎり取られるようになる。



産総研HPより



北田作成

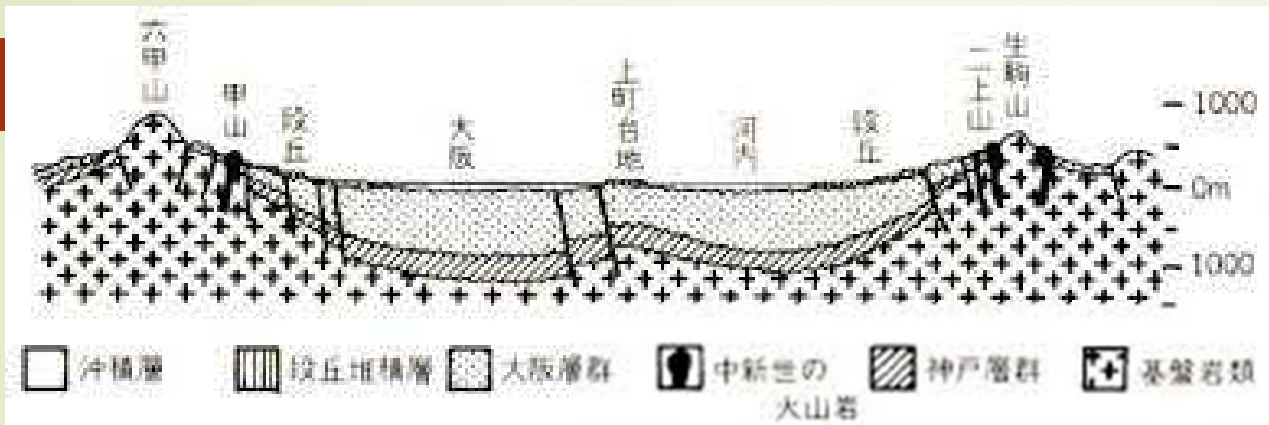
2. 調査時の留意点

調査計画時： 既存の地質図を参考に検討。。。。

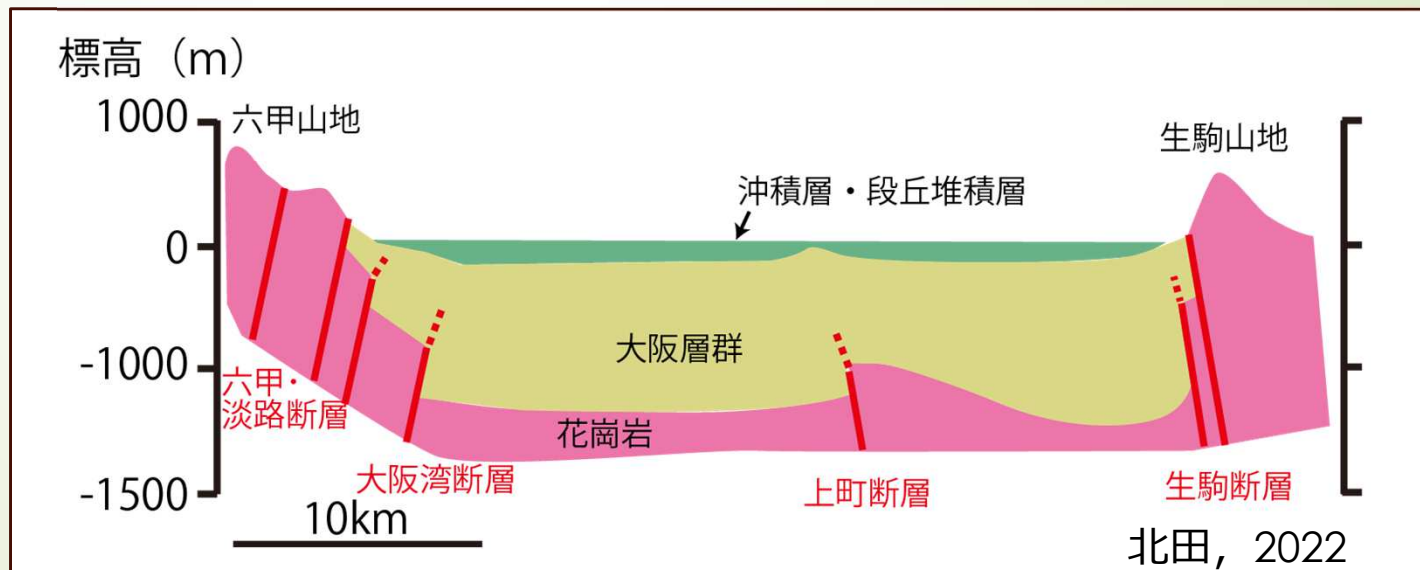
地質体，調査年，によってばらつきや不確定要素がある。

⇒ 調査や研究による情報の蓄積量の違いや解釈の変更

技術者は常にアップデートすべし！

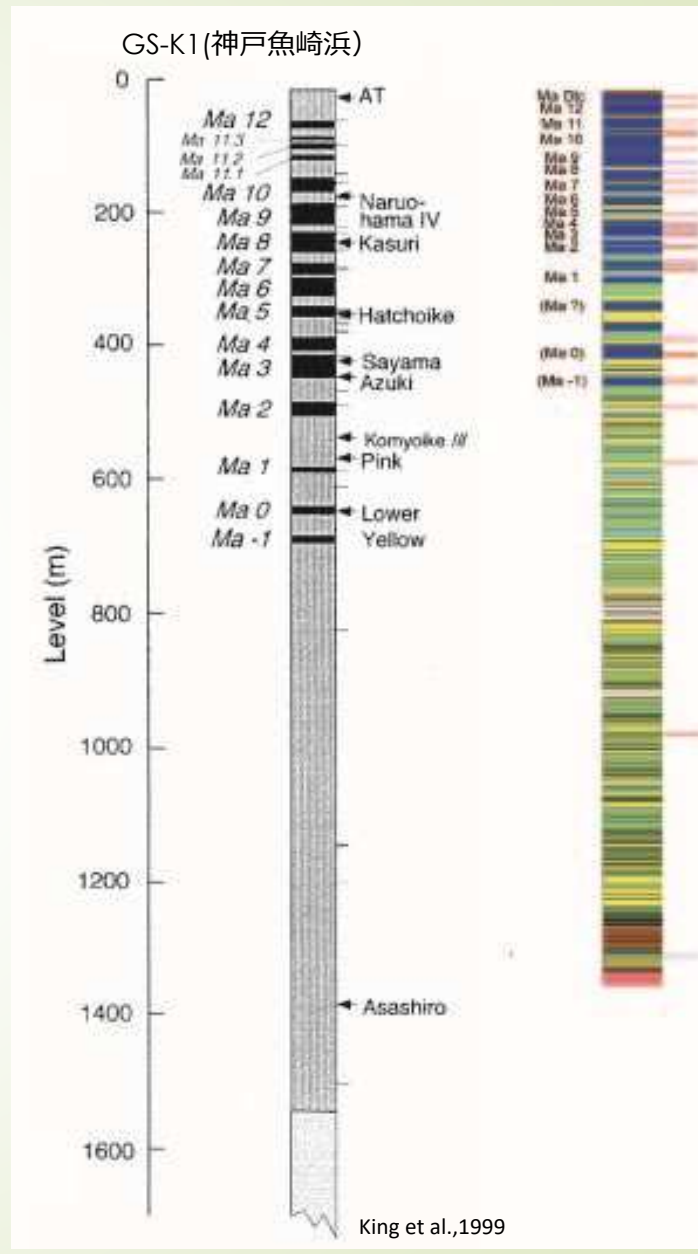
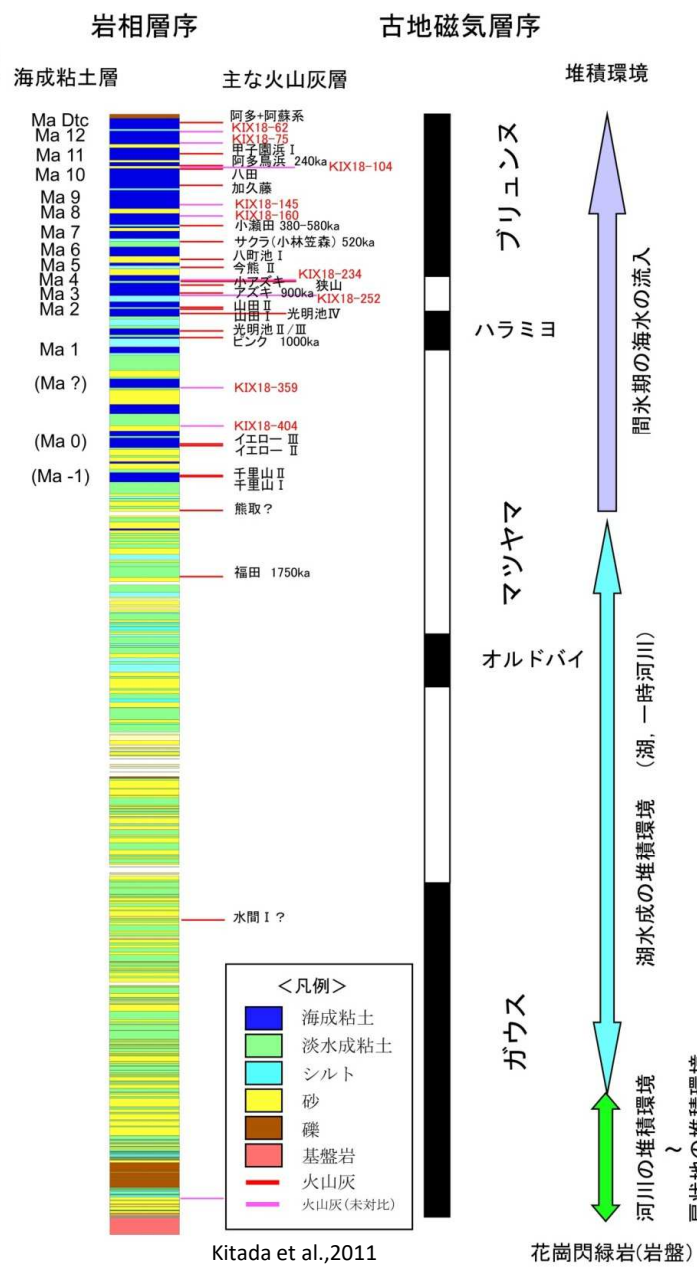
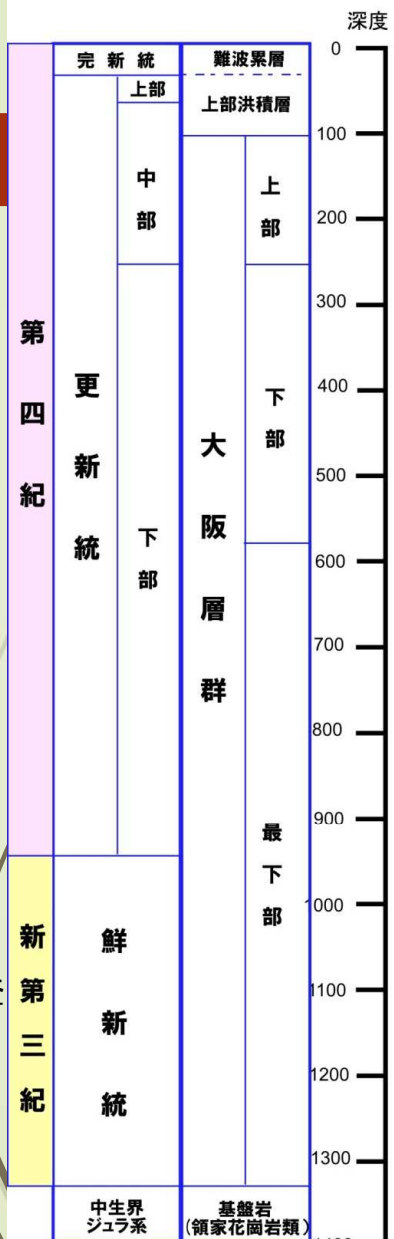


藤田他, 1983で示された断面図

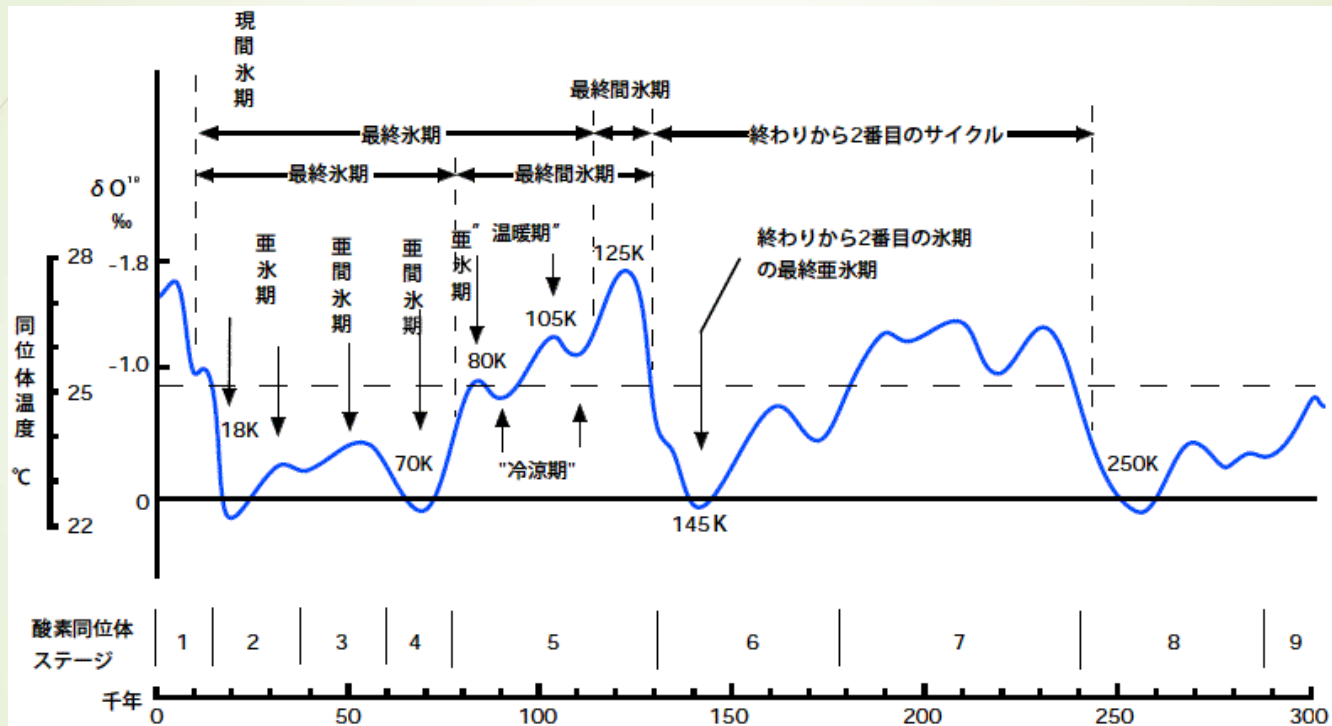


北田, 2022

関西国際空港
で実施された
KIX18-1 学術
ボーリング調査
結果




気候変動



(小林・阪口, 1977を一部改変)

図 2.6-2 約 30万年前以降の酸素同位体比の変動曲線と氷期・間氷期の定義

現在は 10万年周期を構成する間氷期のピークを少し越えたところにある。



2. 調査時の 留意点

調査の目的は？

調査方法は？

調査箇所は？

調査深度は？

ここでは、調査・開発が多い平野部や
丘陵部を中心にお話します

地質・地盤リスクを考える

- 地質・地盤に起因する事故や不具合に至る「地質・地盤リスク」というものが論じられるようになり，地質・地盤についてアセスメント（評価・査定）することから，マネジメント（活用・運用）することへと変化しつつある。現時点では，地質・地盤の特徴を把握して，建設・施工時に事故やトラブルを防ぐために事例を収集し，分析する作業が行われている。トラブルが発生した場合，その要因を追求し，同一の事故を防ぐことが大切である。
- 地盤工学会関西支部においては，2010年6月～2013年3月にかけて，「地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会（通称：トラブルサム委員会）」（委員長：橋本正）での研究を行い，地盤特性によるトラブルを発生させやすい（＝リスクの高い）地盤の特徴について，大阪平野を中心に検討を実施した。これらの内容のレビューと共に地盤情報を用いたリスクの高い地盤特徴の抽出や検討方法などを議論する。
- 地質リスク学会の創設と活動

トラブル要因の生成場はどんな地質環境か？

微細砂

⇒ シルト質な細かな粘土

海進時初期や海退時初期の海岸(砂浜?)堆積物

軟弱鋭敏粘土

⇒ N値がほぼ0の軟弱粘土

汽水堆積環境で見られることが多く、現河川の河口~やや内陸部

大礫

⇒ 平野部では**玉石**と呼ばれる

丸みのある礫、こぶし大~巨礫まで。河道部

クラック粘土

⇒ 撓曲部などにみられる

断層に伴うなど、堆積後の変形に伴う

Mixed Face 地盤 ⇒ 硬軟のコントラストが大きい

礫層と粘土層の互層など、堆積環境が急変する場にみられる

これまでの研究から言われている都市部 難工事の要因

- 難工事: 高い地下水位, 低地平野の軟弱地盤, 大深度化, 地下の輻輳化
- 地盤: 細砂のパイピング, 胴締め現象
軟弱鋭敏粘土の大変形, ヒービング
大礫の切羽閉塞, 磨耗
クラック粘土の掘削面の不安定性
Mixed Face 地盤

表一 トラブルサム地盤と工種とトラブルの種類の関係

	細砂	大礫	クラッキー粘土	鋭敏粘土	異物混入地盤	Mixed face
開削工事	パイピング 孔壁崩壊	地中壁 品質不良	背面地盤の滑り 孔壁崩壊	大変形	壁の止水不良	根入不足
シールド工事	パイピング マシン胴締め 姿勢制御困難	切羽崩壊 カッター の破損	切羽閉塞	地盤攪乱 後続沈下 姿勢制御困難	切羽や排土管 の閉塞	切羽崩壊 磨耗, 振動
山岳トンネル工法	切羽崩壊	湧水	切羽崩壊	-		
地盤改良	ジェットグラウト (JGP)	改良不良部から パイピング	改良不良	-	改良不良	改良不良
	薬液注入	浸透注入困難	注入逸散	地盤攪乱		

(橋本・菅田、2012)



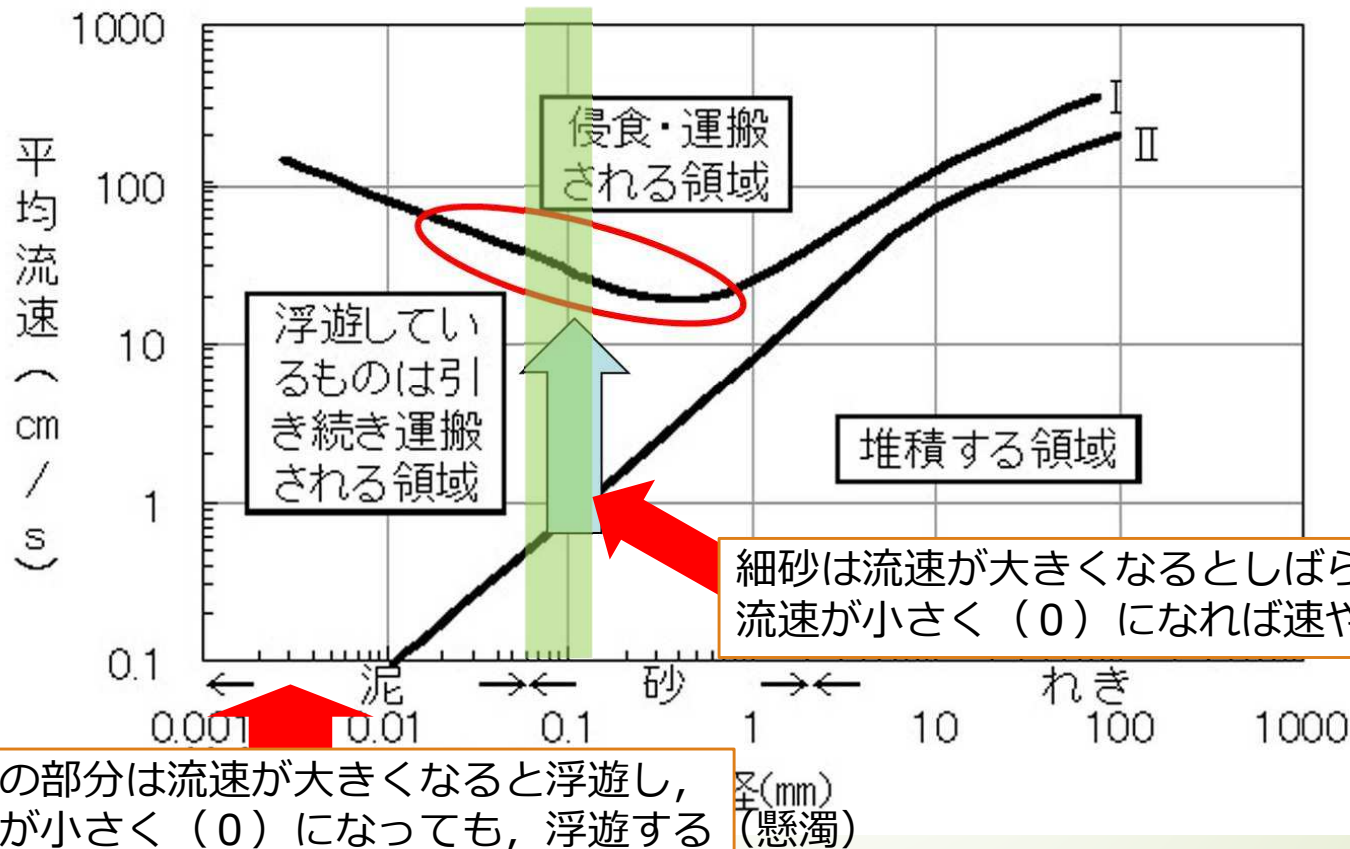
微細砂

細粒な細砂のことであり、前述にあるように、理学区分でいう極細粒砂（0.063～0.125mm）程度の砂を指す。粒径が揃っており、粒径加積曲線で見ると非常に立った、均等係数が1に近い砂というイメージが強いことがわかった。施工時に薬液注入をしてもほとんど効力が上がらない砂で、推進で掘削時などは飽和した状態で外乱を受けると容易に流動化することが特徴である。施工時に問題の多い微細砂のことを「コス」と呼ぶ者もいるようである。

	理学的区分			工学的区分	
	mm(ミリメートル)	ϕ 粒		mm(ミリメートル)	
礫	256	$2^8 - 8\phi$	巨礫	巨石	300 mm
	64	$2^4 - 4\phi$	大礫	粗石	75
	4	$2^2 - 2\phi$	中礫	粗礫	19
	2	$2^1 - 1\phi$	細礫	中礫	4.75
砂	1	$2^0 - 0\phi$	極粗粒砂	粗砂	2
	0.5	$2^{-1} - 1\phi$	粗粒砂		
	0.25	$2^{-2} - 2\phi$	中粒砂	中砂	0.85
	0.125	$2^{-3} - 3\phi$	細粒砂		
	0.063	$2^{-4} - 4\phi$	極細粒砂	細砂	0.25
	0.004	$2^{-8} - 8\phi$	シルト	シルト	0.075
泥			粘土	粘土	0.005

微細砂

出水事故の際にどうして細粒砂と一緒に出てくるのか？



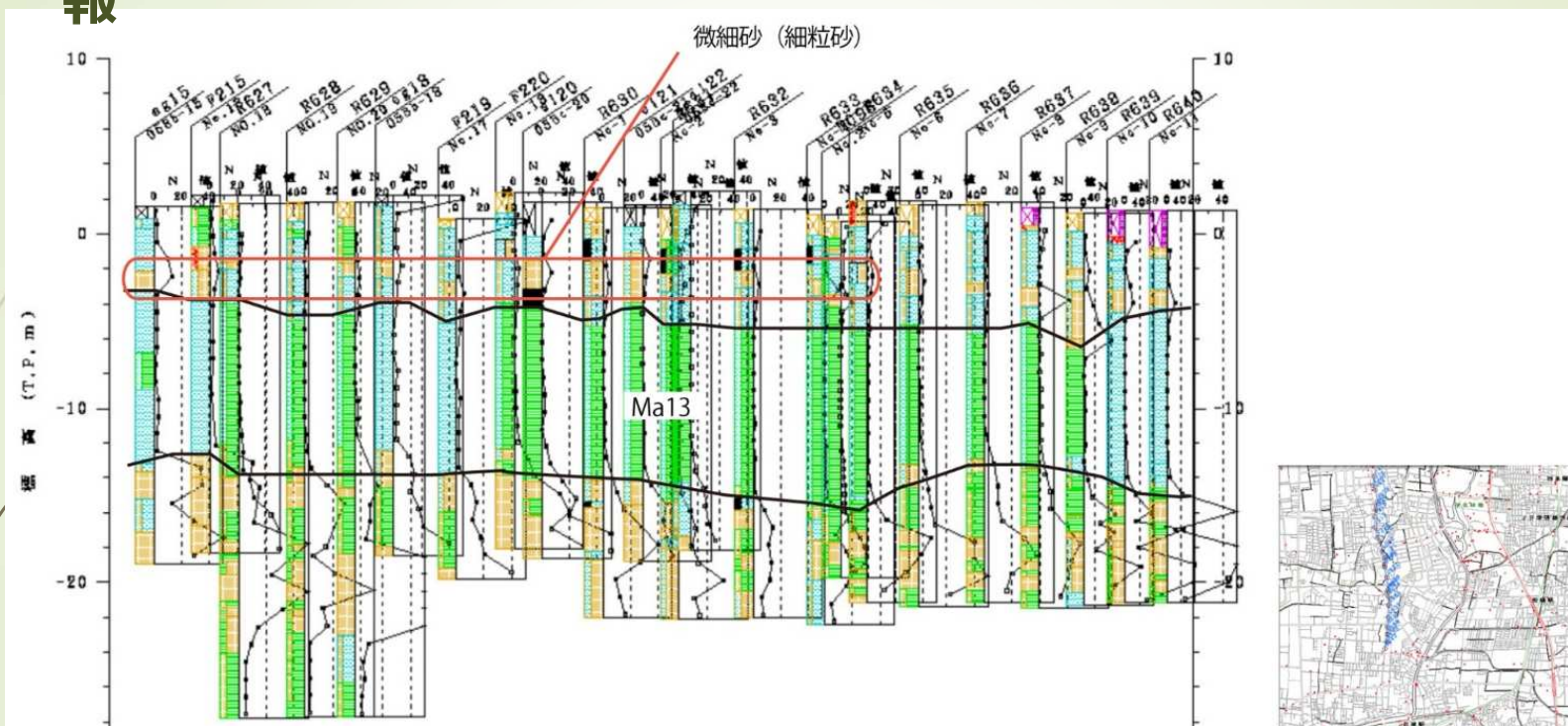
粘土の部分は流速が大きくなると浮遊し、流速が小さく (0) になっても、浮遊する

細砂は流速が大きくなるとしばらく浮遊するが、流速が小さく (0) になれば速やかに堆積する。

間隙水であっても、急激に出水が増すと、流速が増すため、最も動きやすい、シルト～細砂も随伴しやすいのではないか??

微細砂（コス）の分布は何処？ 報

工事情報から得られた情報



コスとして、工事が難航した情報を得て、その付近の断面を作成
⇒ 海退時にシルトに変化した時期の堆積物と考えられる



□:情報のあった箇所。

○:同様の地形環境の部分でも微細砂が堆積する可能性は大！！

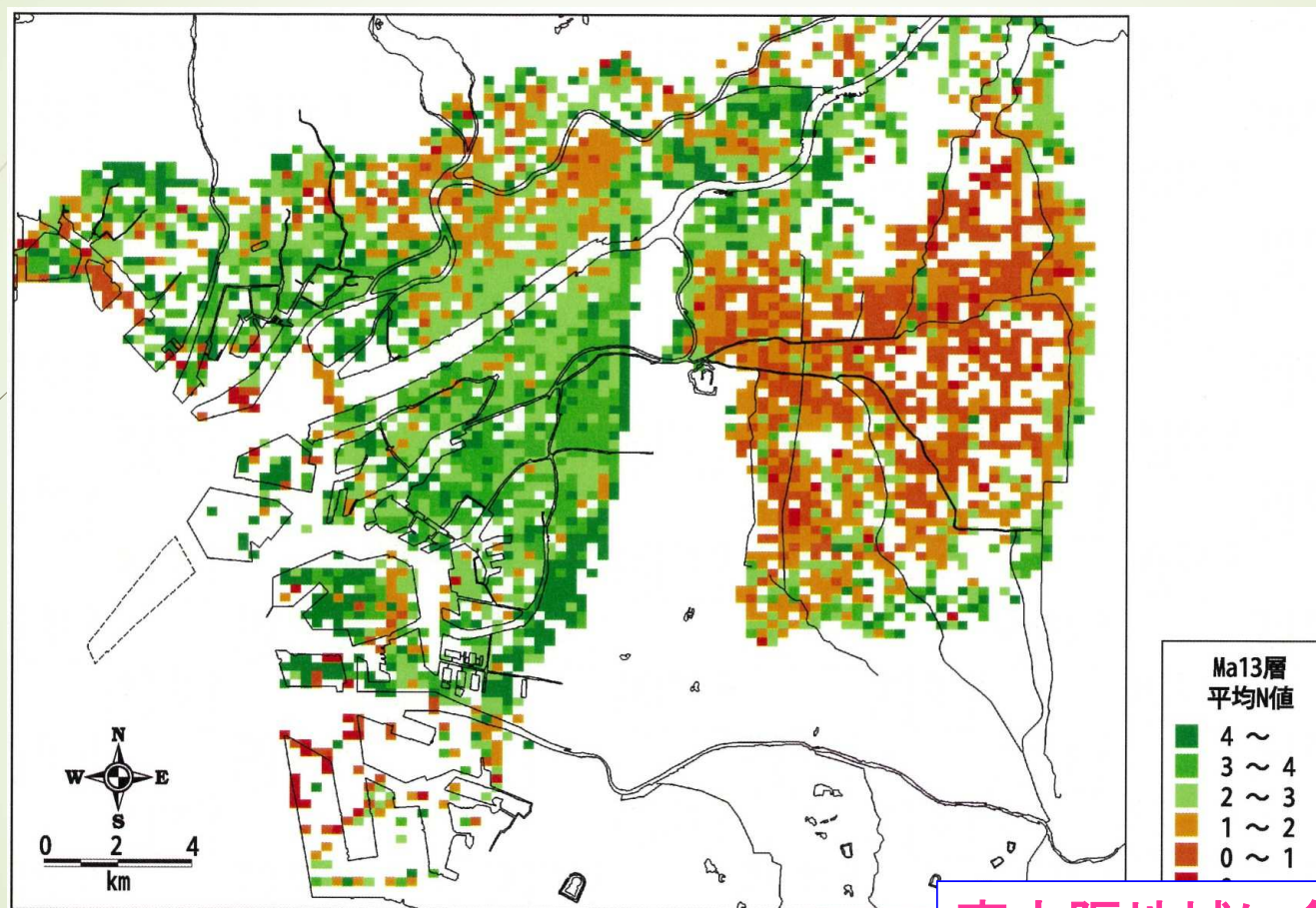
海進も海退も連続的に起こるので、最大海進期から現在の海岸線までの範囲に微細砂の分布する可能性がある。



鋭敏粘土

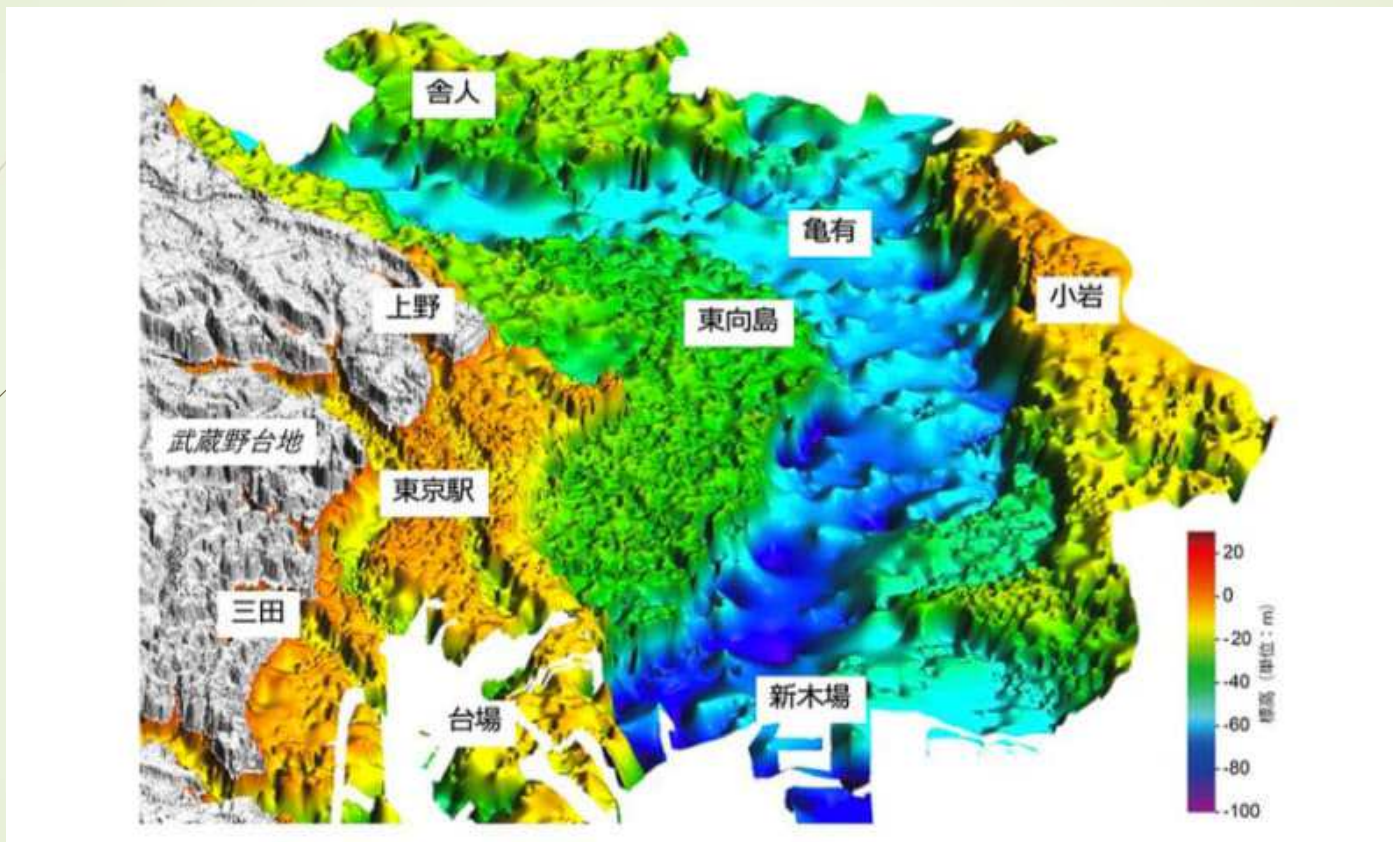
高塑性かつ高含水比で、液性指数および鋭敏比の高い粘土のことであり、大阪平野では上町台地より東側の河内平野で多く見られる。N値が0以下の沖積粘土層が分布する地域がこれに該当すると考えられている。開削時に大変形が生じたり、シールドなどの工事では、後続沈下などが問題である

鋭敏粘土の分布域



東大阪地域に多く分布

図 沖積粘土層の各孔内における平均N値分布³⁾
 オレンジで示した部分がN値0あるいは0に近い値を示しており、鋭敏粘土が分布する地域である。



東京低地一部に分布する

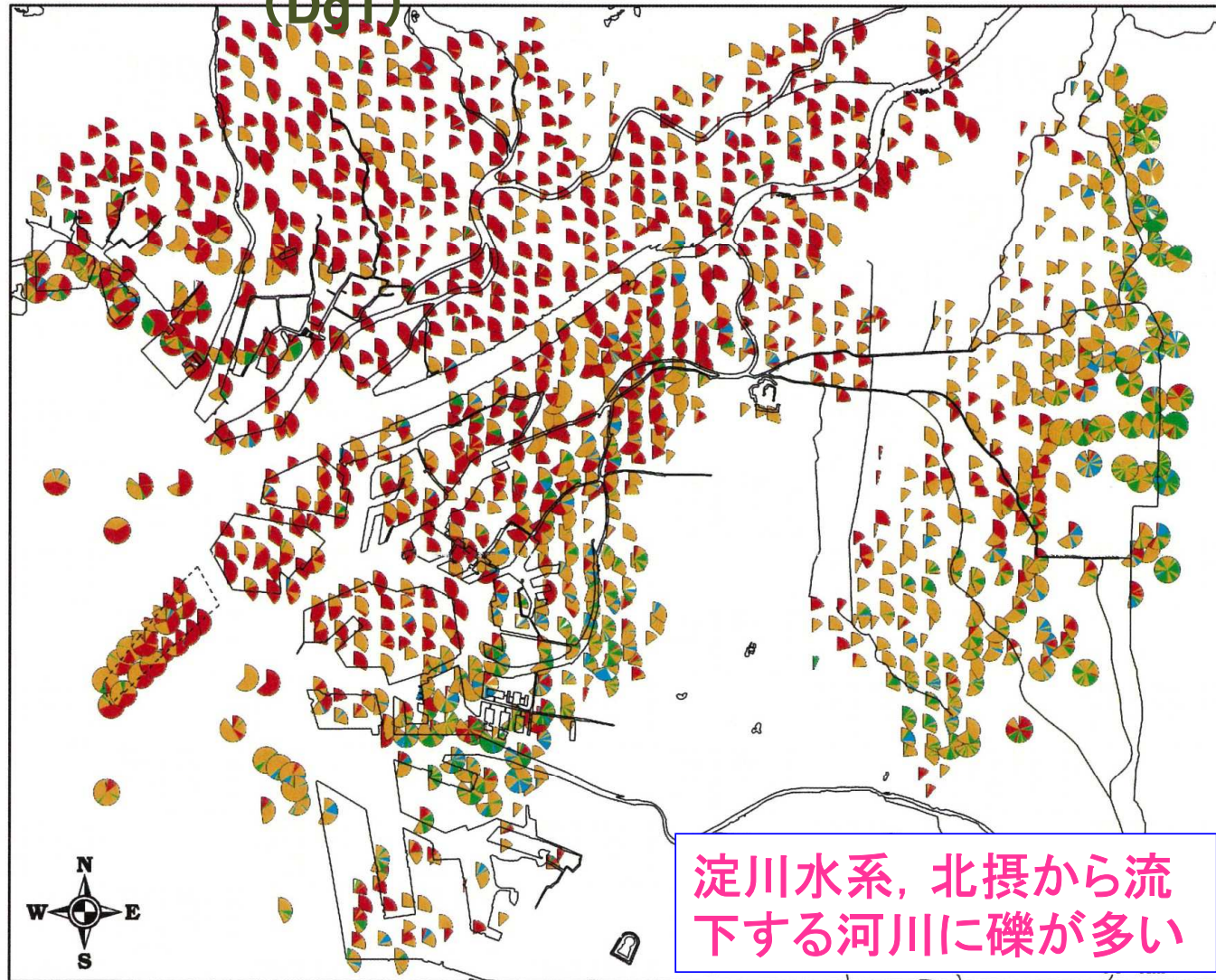
AIST 2021

玉石

分野によって定義が大きく異なるが、基本的に、礫の一種で丸みを帯びた石である。河川水によって運搬されるに当たり、角が取れて丸くなっているものを一般に指している。概ね粗石(75mm)以上あるいは大礫(64mm)以上のものを定義しているが、粒径というよりも、工事を難航させる厄介な礫という意味で「玉石」と呼ぶ傾向がある。

トラブルの原因になりやすい玉石とは、1)平野地下の砂礫層の中に点在するやや大きな円礫のこと、2)東神戸～播磨灘沿岸の平野部や琵琶湖東岸に見られる、河川近傍の河原を起源とする円礫層を指している。

礫層の分布域 (Dg1)



- 土質
- 粘土
 - シルト
 - 砂
 - 礫
 - 層なし
- 層厚/周=20m

淀川水系, 北摂から流下する河川に礫が多い

口絵23-2 第1洪積砂礫層 (Dg1) の土質分布 (円柱状図)

3. 都市部の ボーリング調査 の見方・まとめ方

粘土層はどのように堆積するのか？

礫層はどのように堆積するのか？

砂層はどのように堆積するのか？

**地層は堆積する（積み上がる）だけでなく、
削剥（削り取られる）ことがある!!!**



粘土層

： 静穏な環境で堆積する。厚く広範囲で見られる粘土層は湖水成や海成のものが一般的
そのほかに、地滑りの滑り面や断層運動に伴い生成された粘土もある



海水準変動（気候変動）に伴う堆積物，摩擦力による生成物など

砂層

： 水の流れとともに運搬されて堆積する。河川であれば砂洲など，海であれば海岸部に多い



陸域に堆積することが大部分，

礫層

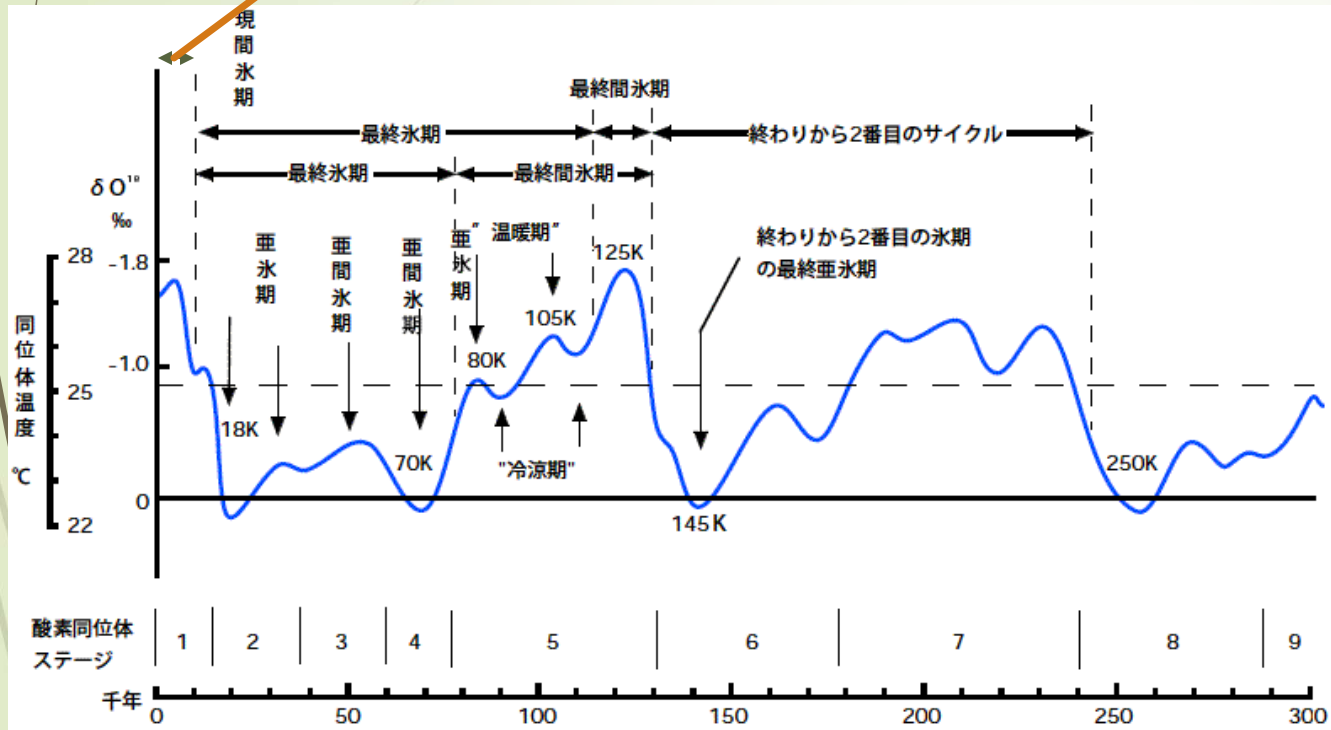
： 強い水の流れ（洪水）によって押し出されて流れたもの，あるいは，岩石の崩壊による



斜面末端部に多く分布，河床域に分布（流れの激しい），一部タービダイトでも

気候変動

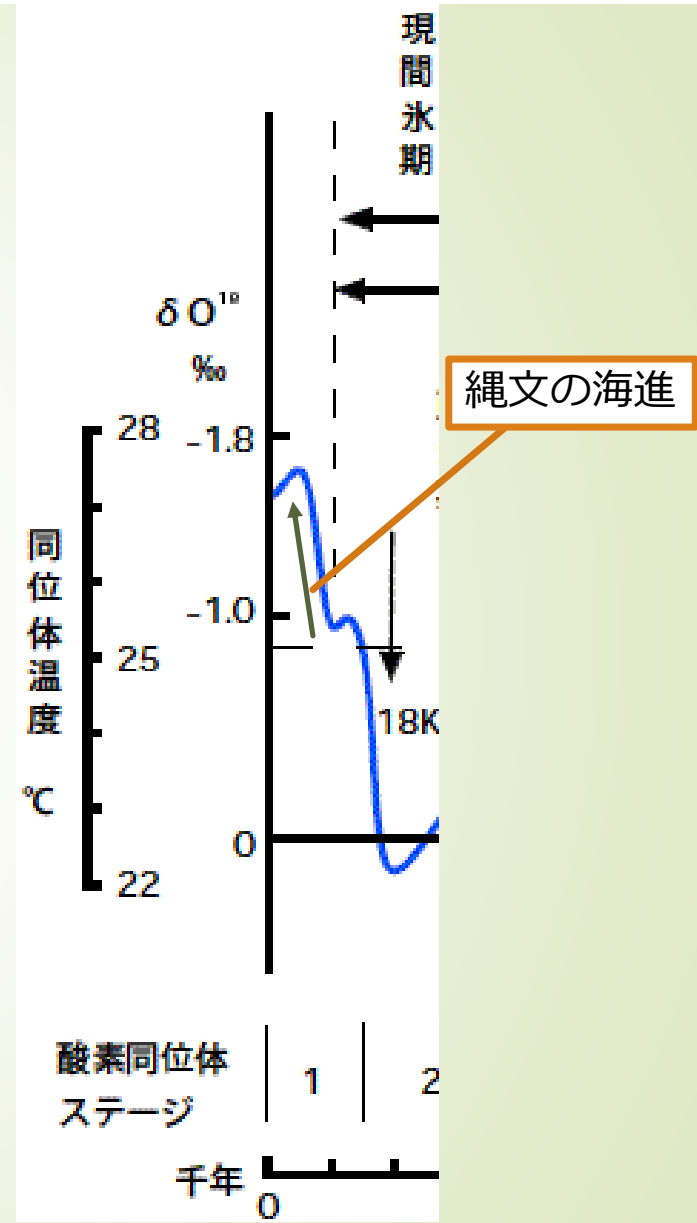
この部分が完新世（沖積）



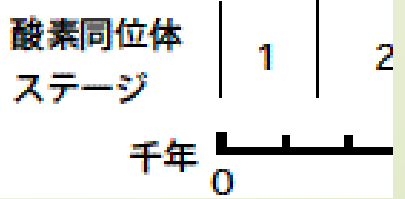
(小林・阪口, 1977を一部改変)

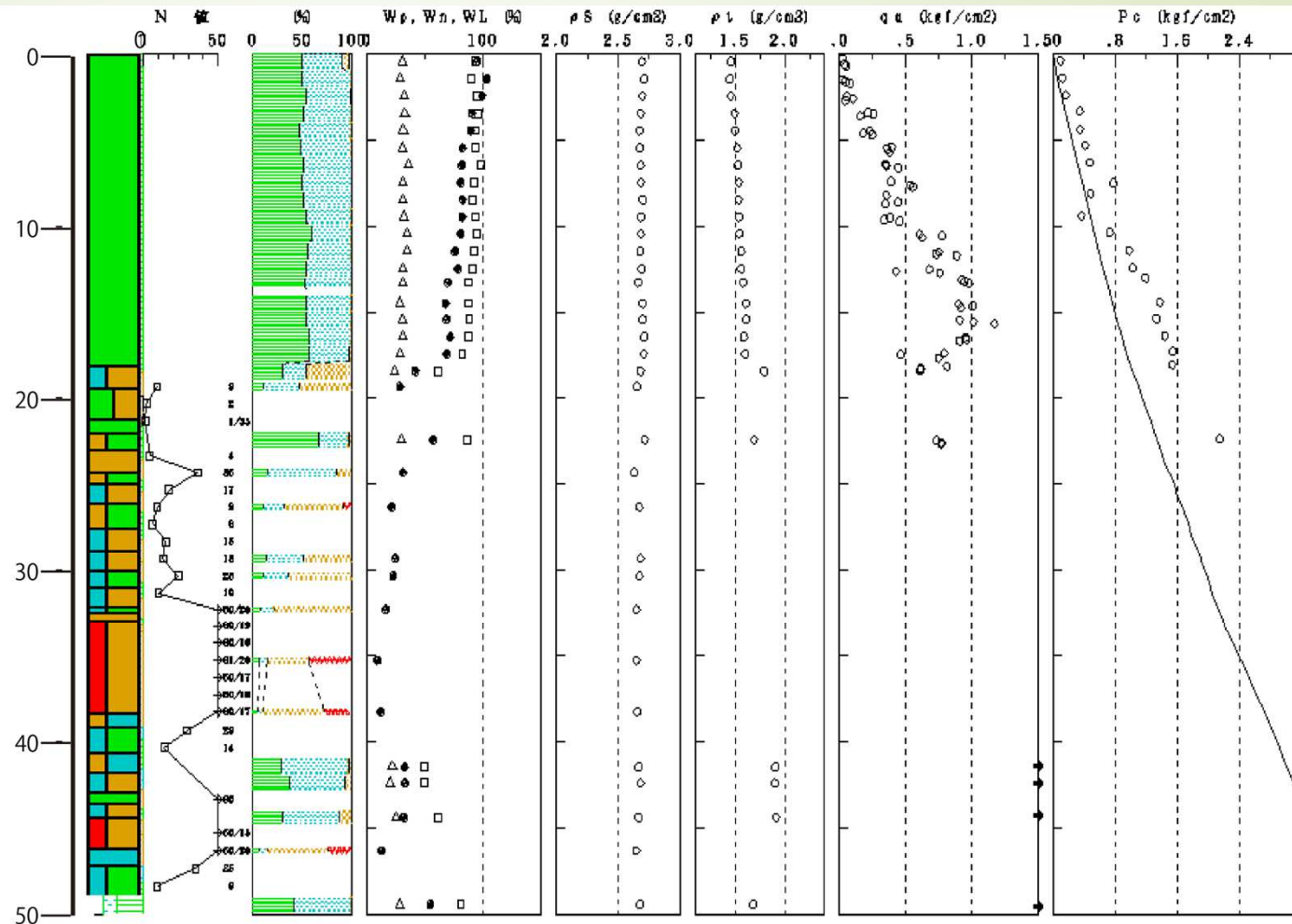
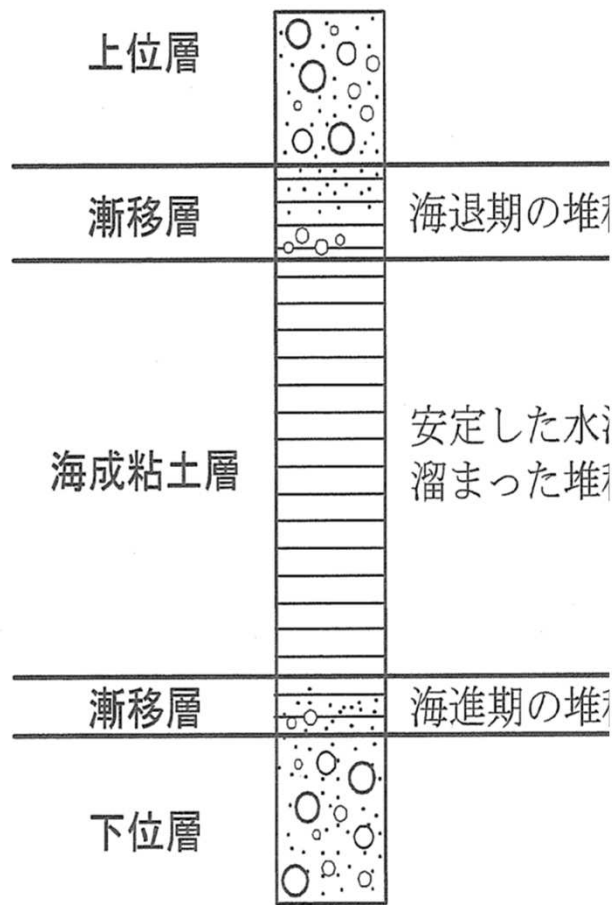
図 2.6-2 約 30万年前以降の酸素同位体比の変動曲線と氷期・間氷期の定義

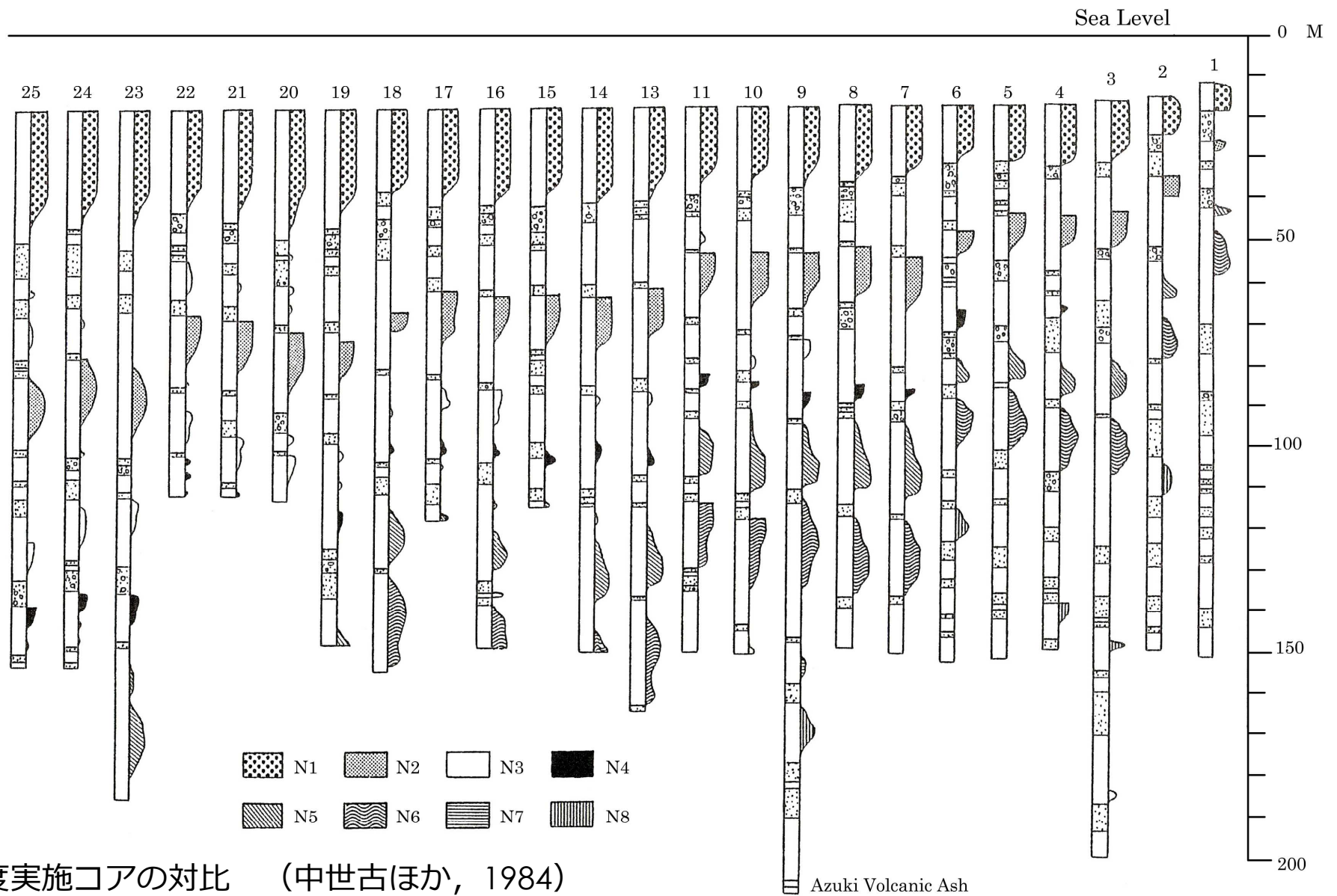
現在は 10万年周期を構成する間氷期のピークを少し越えたところにある。



縄文の海進







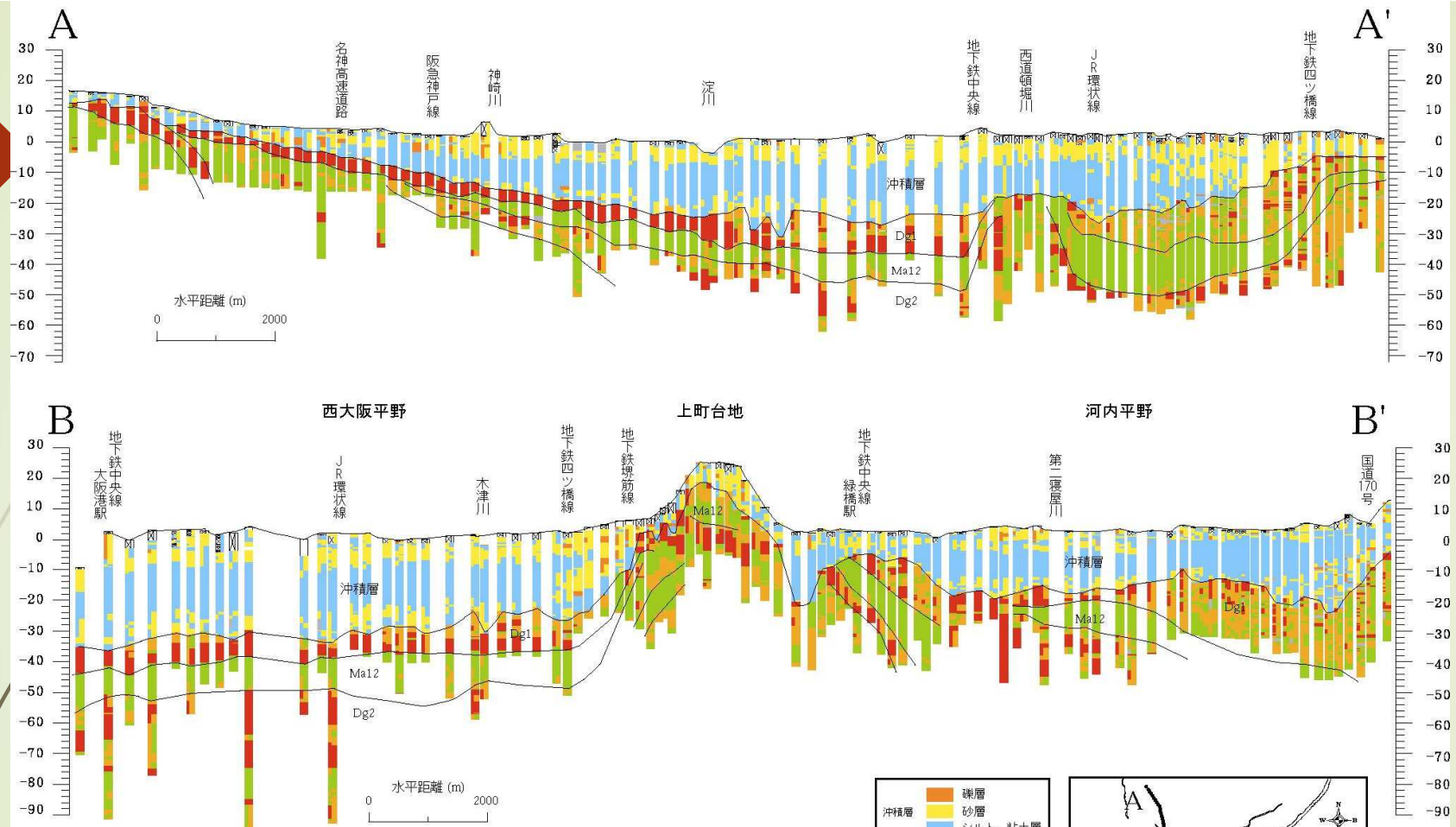
昭和56年度実施コアの対比 (中世古ほか, 1984)

削り込み



漸移的に変化



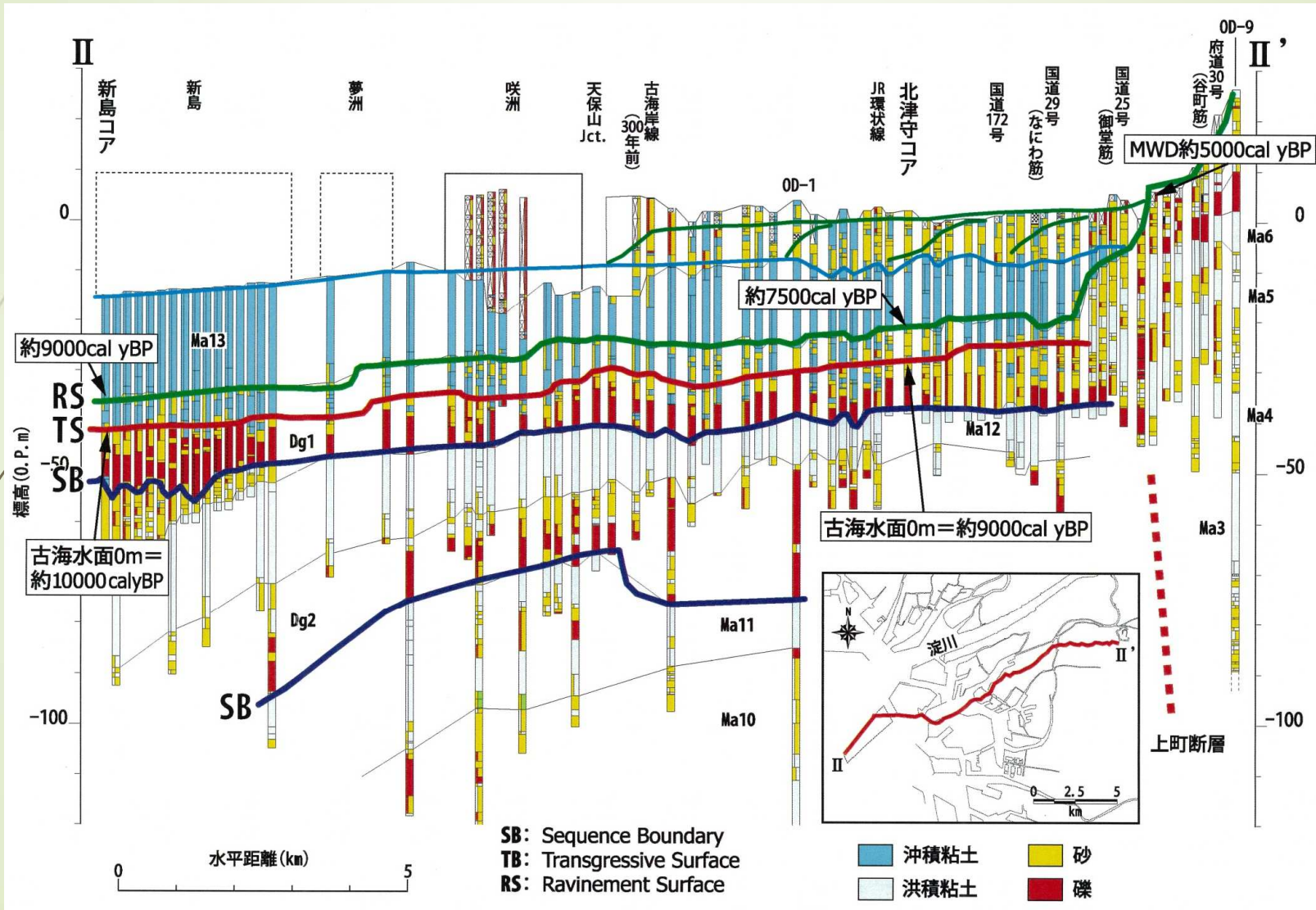


大阪平野の地質断面

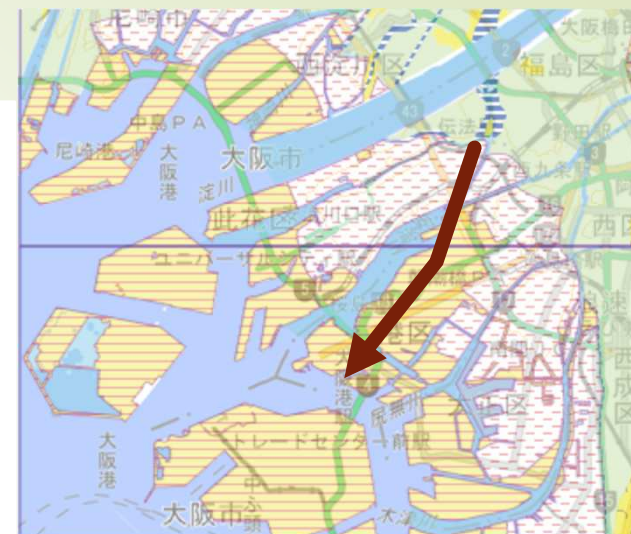
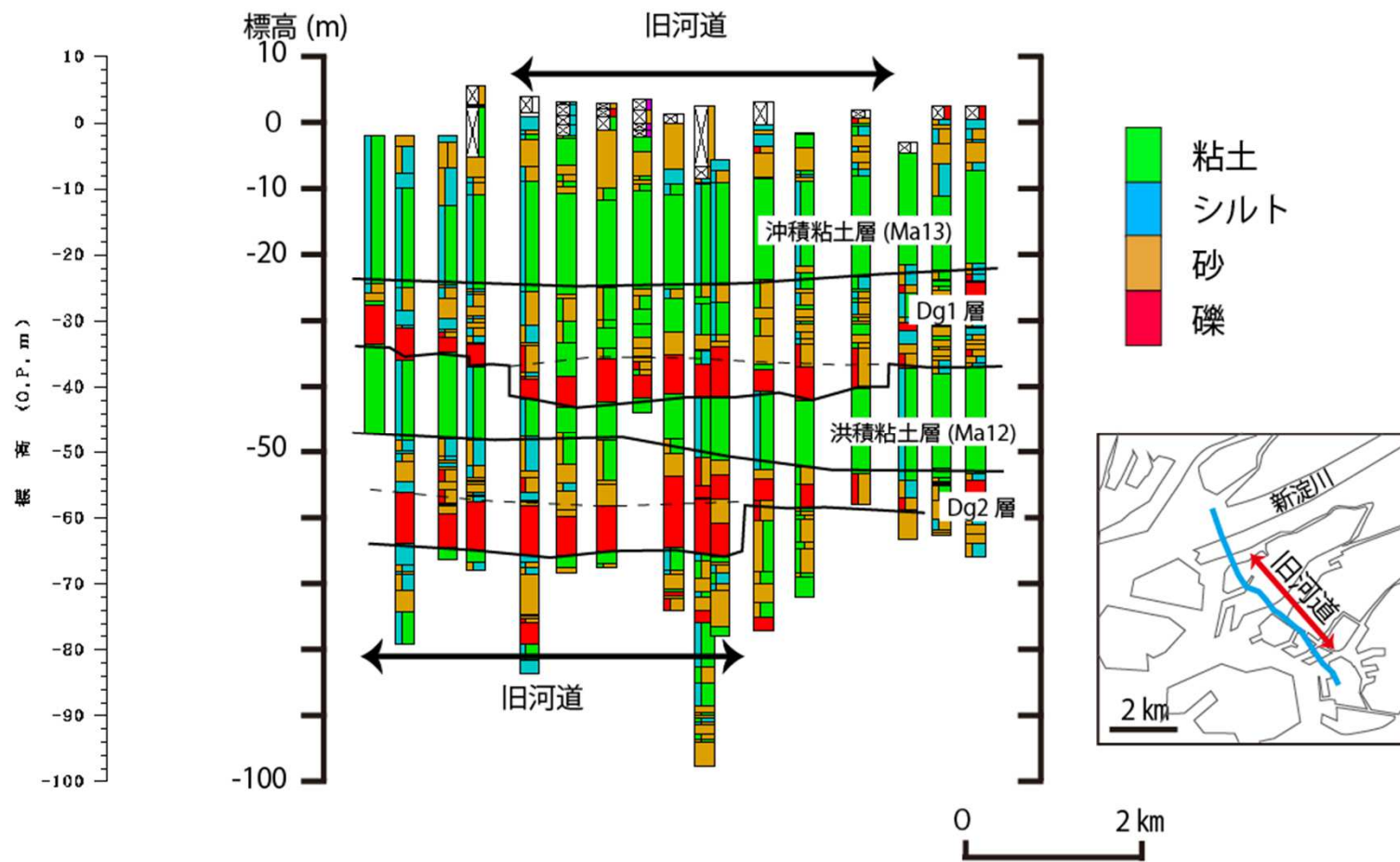
大阪平野中央部には南北方向に細長い上町台地が分布し、大阪平野を西大阪平野（西部）と河内平野（東部）に二分する。西大阪では、沖積層は層厚30m程度で連続性良く厚く堆積し、その下位には第1洪積砂礫層、Ma12層、第2洪積砂礫層がほぼ水平に分布する。これらの地層は上町台地西縁で上町断層の影響により連続性が絶たれる。東大阪でも沖積層は連続性良く堆積するが、第1洪積砂礫層、Ma12層は第二寝屋川付近よりも東側にもみ分布する。東部の生駒山麓では、扇状地性堆積物と推定される砂層と粘性土層が互層状をなす。

地質学的な検討

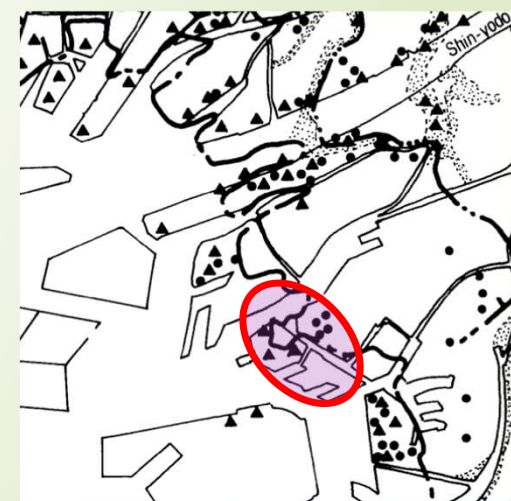
シーケンス層序を考慮した大阪港～大阪平野の地層断面の解釈



地質リスク抽出の検討事例 液状化リスクの抽出の検討に利用

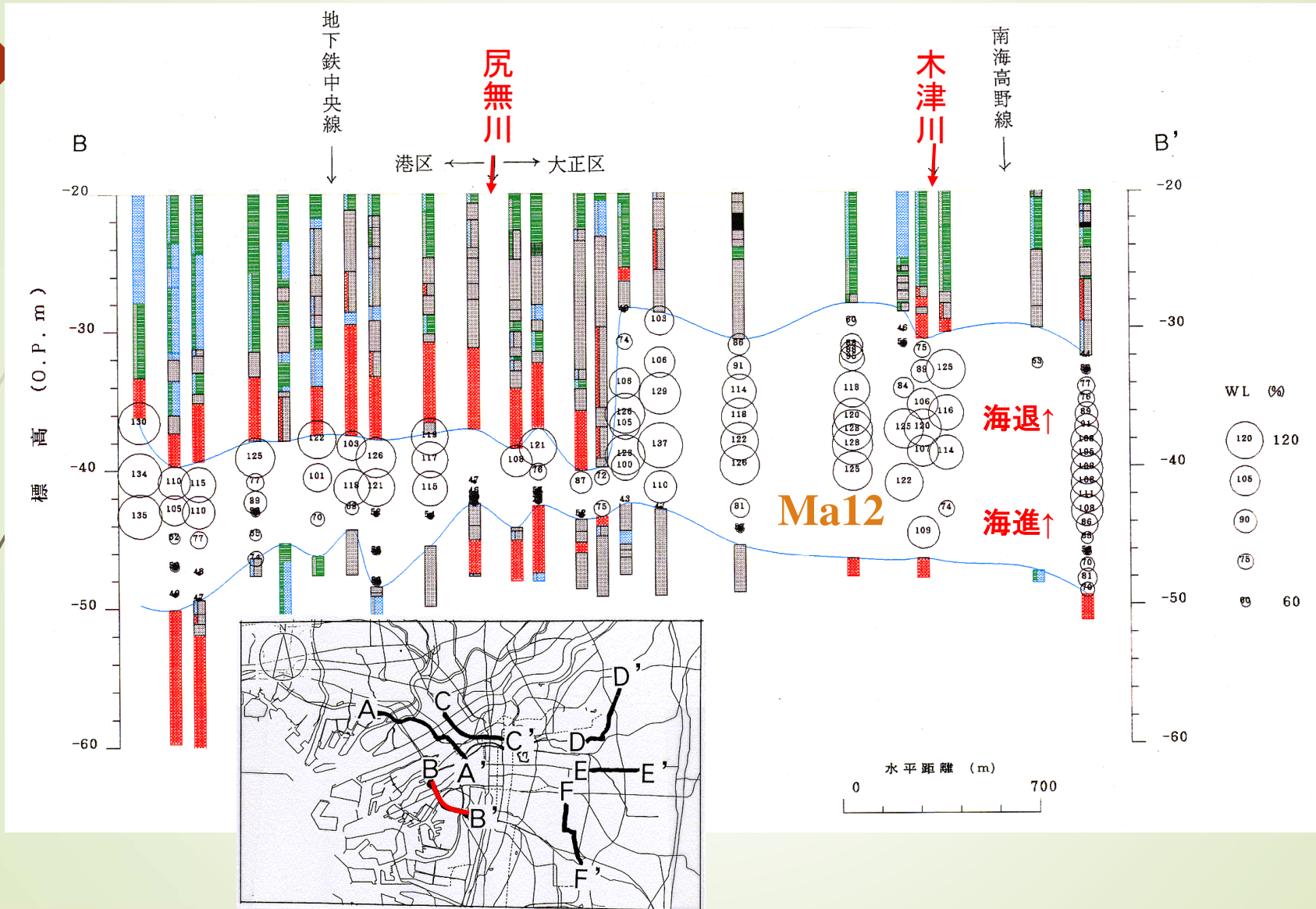


地理院 治水地形分類図



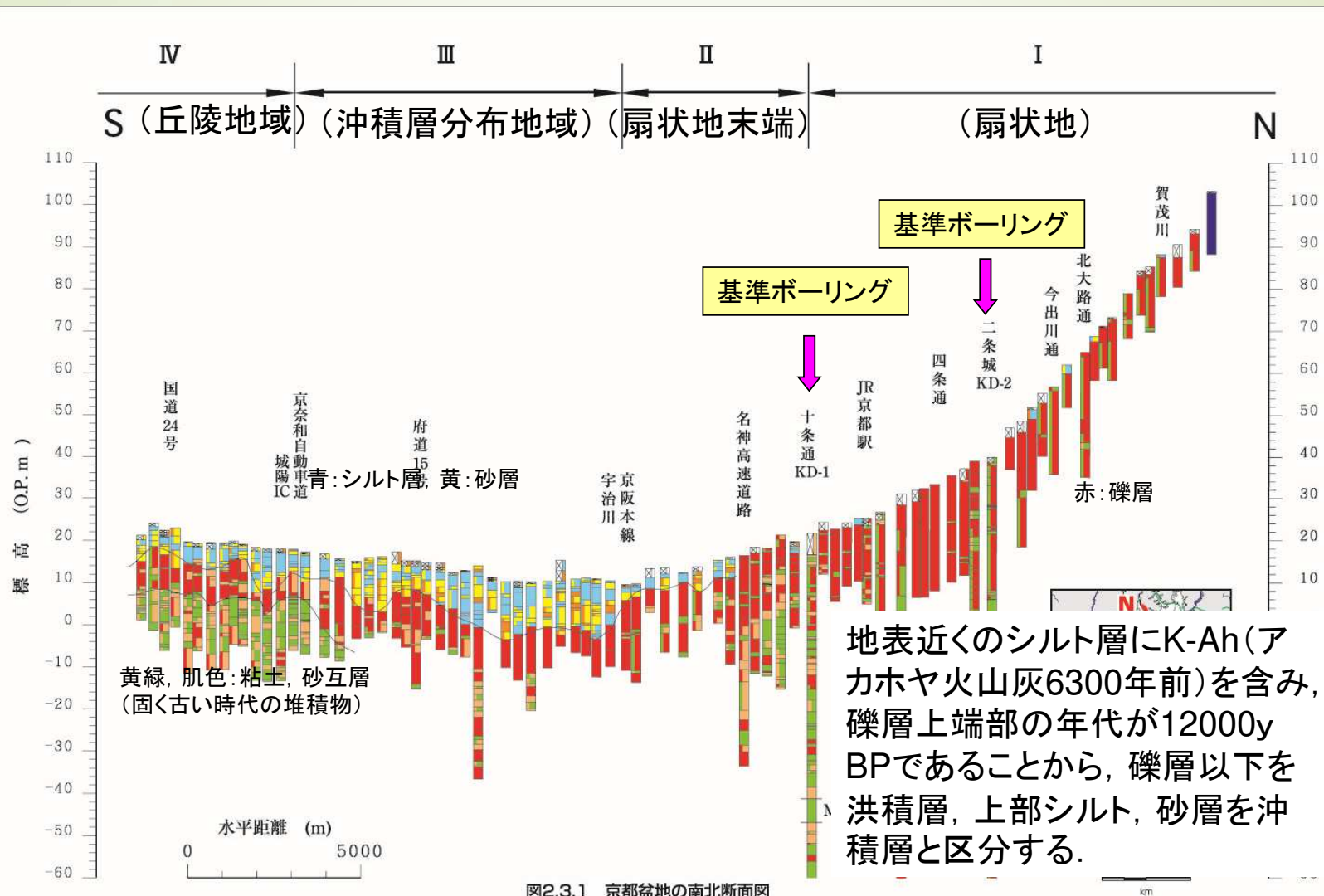
兵庫県南部地震時の液状化地点
三田村他 (1996)

Ma12層は削剥されている！

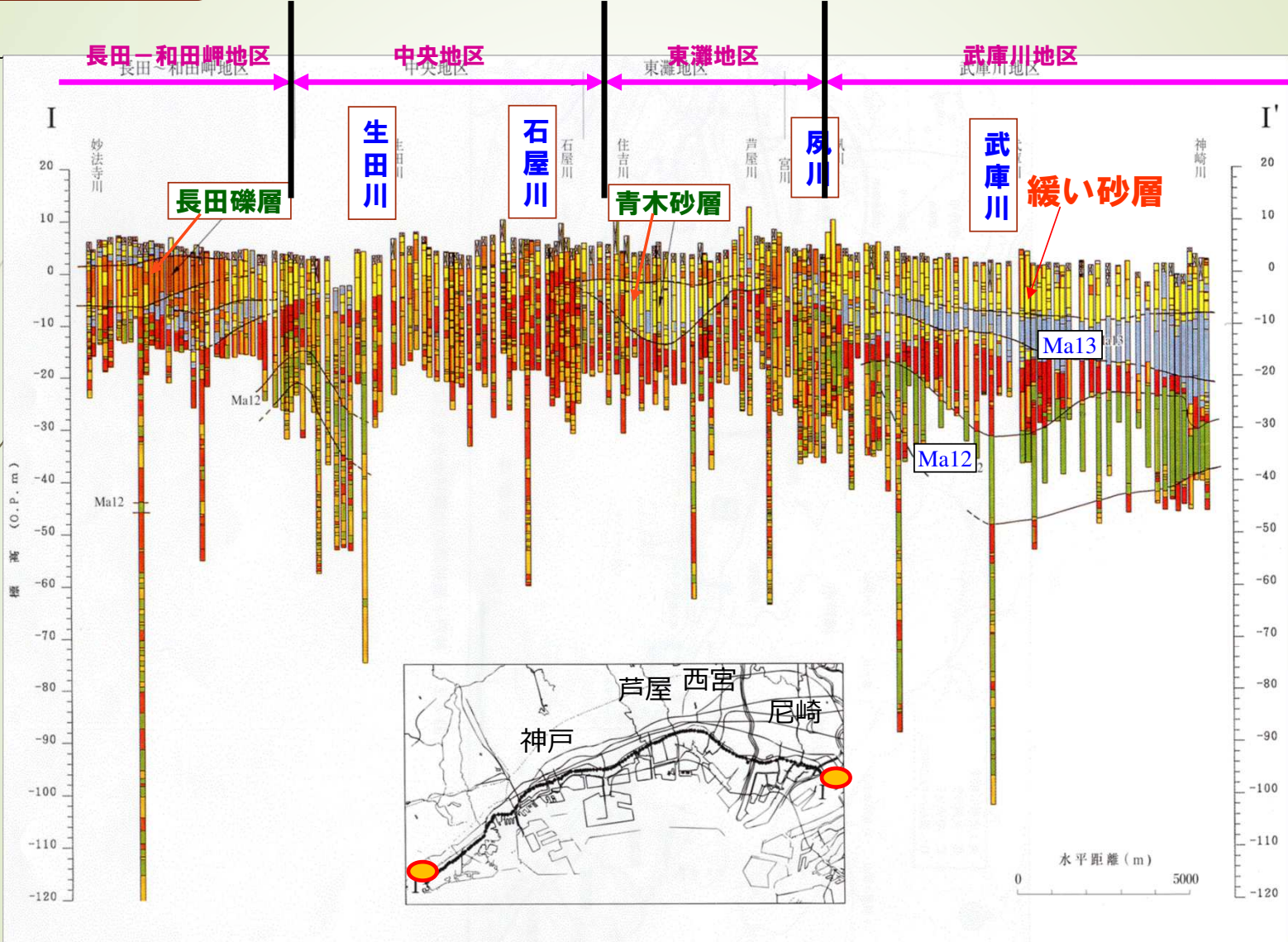


京都盆地

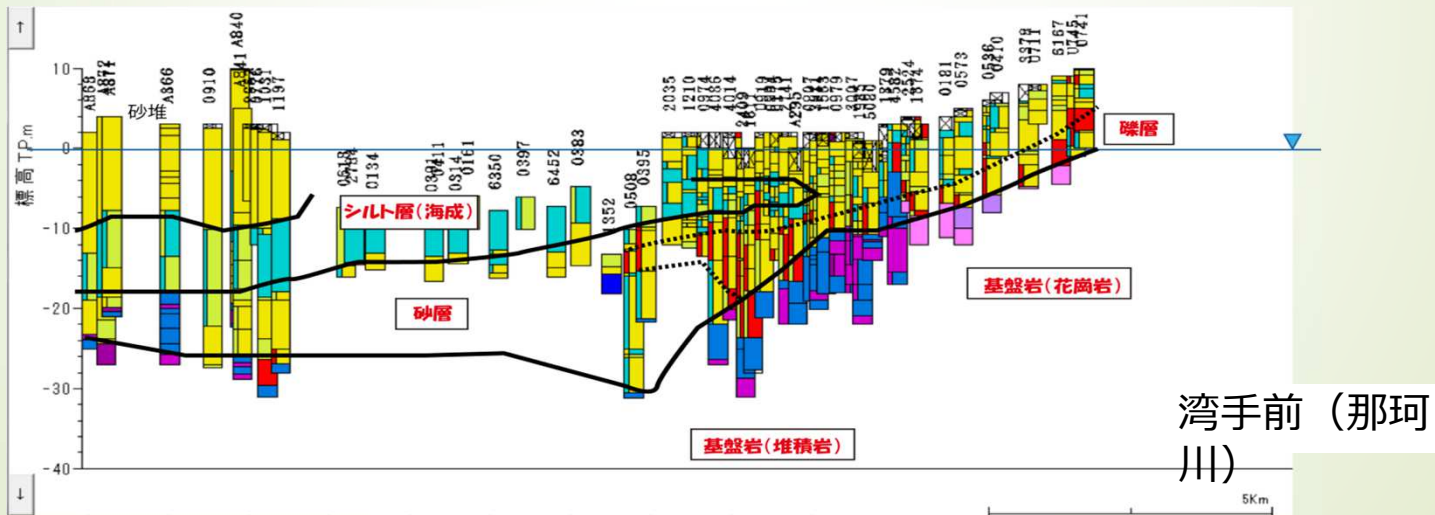
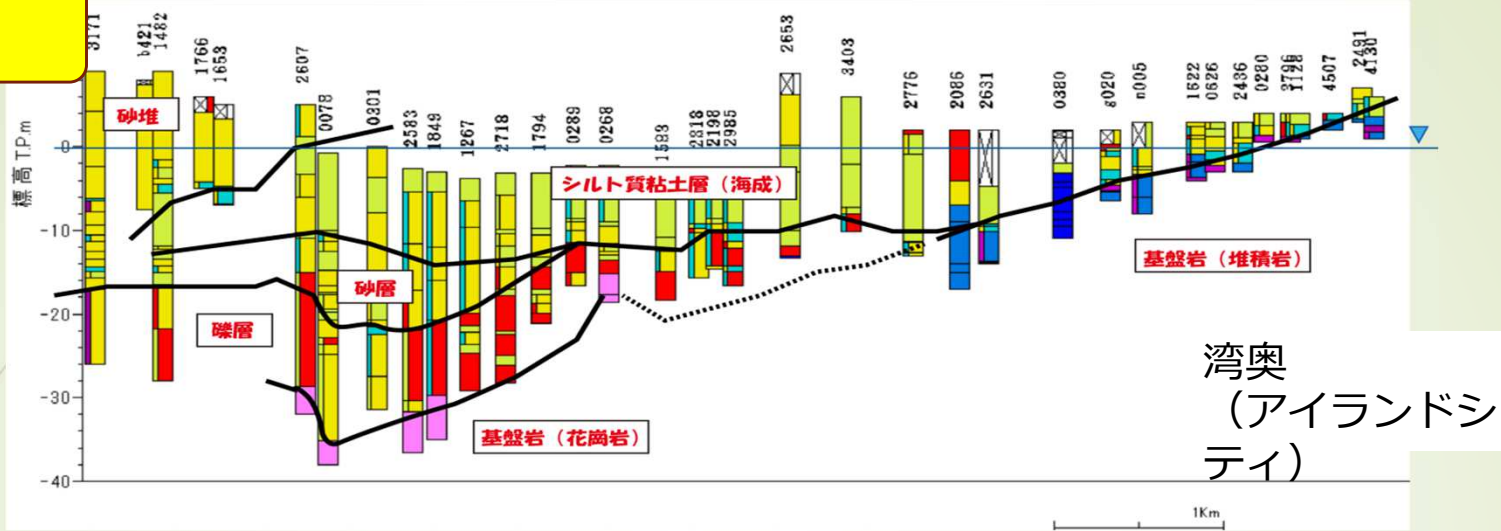
南北断面による地域区分



神戸・阪神間

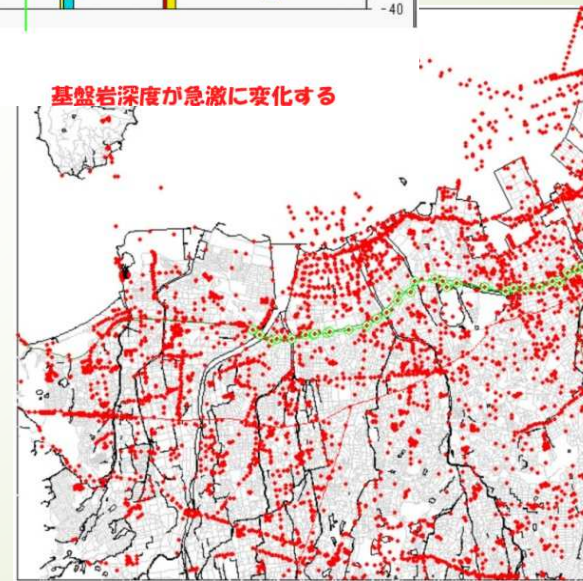
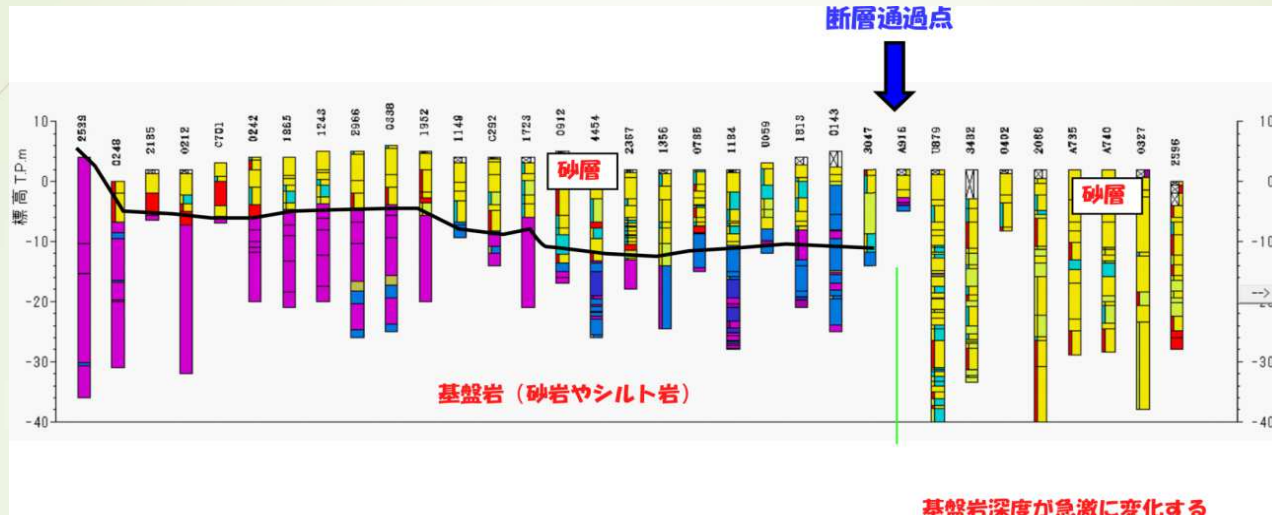


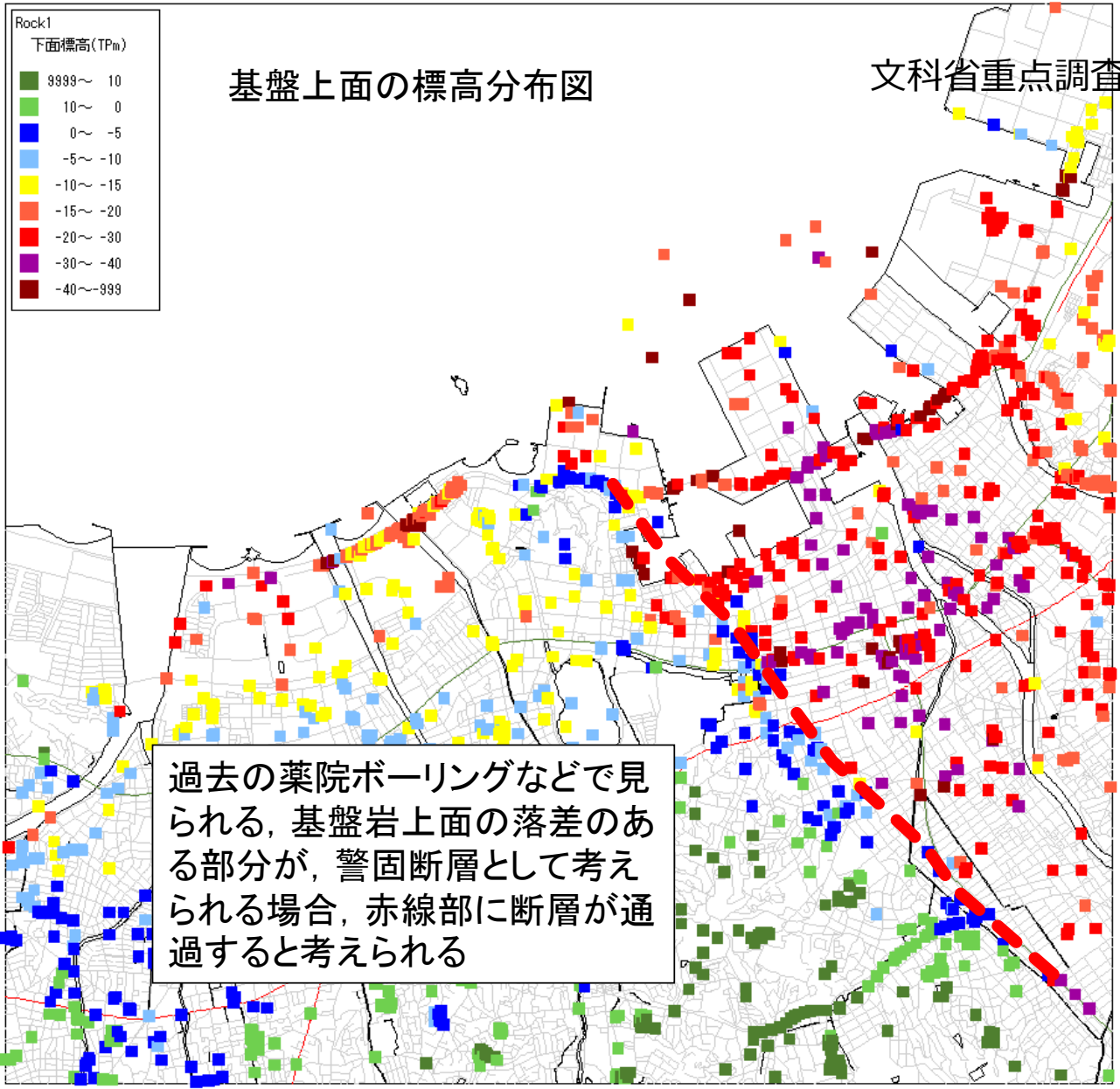
福岡平野



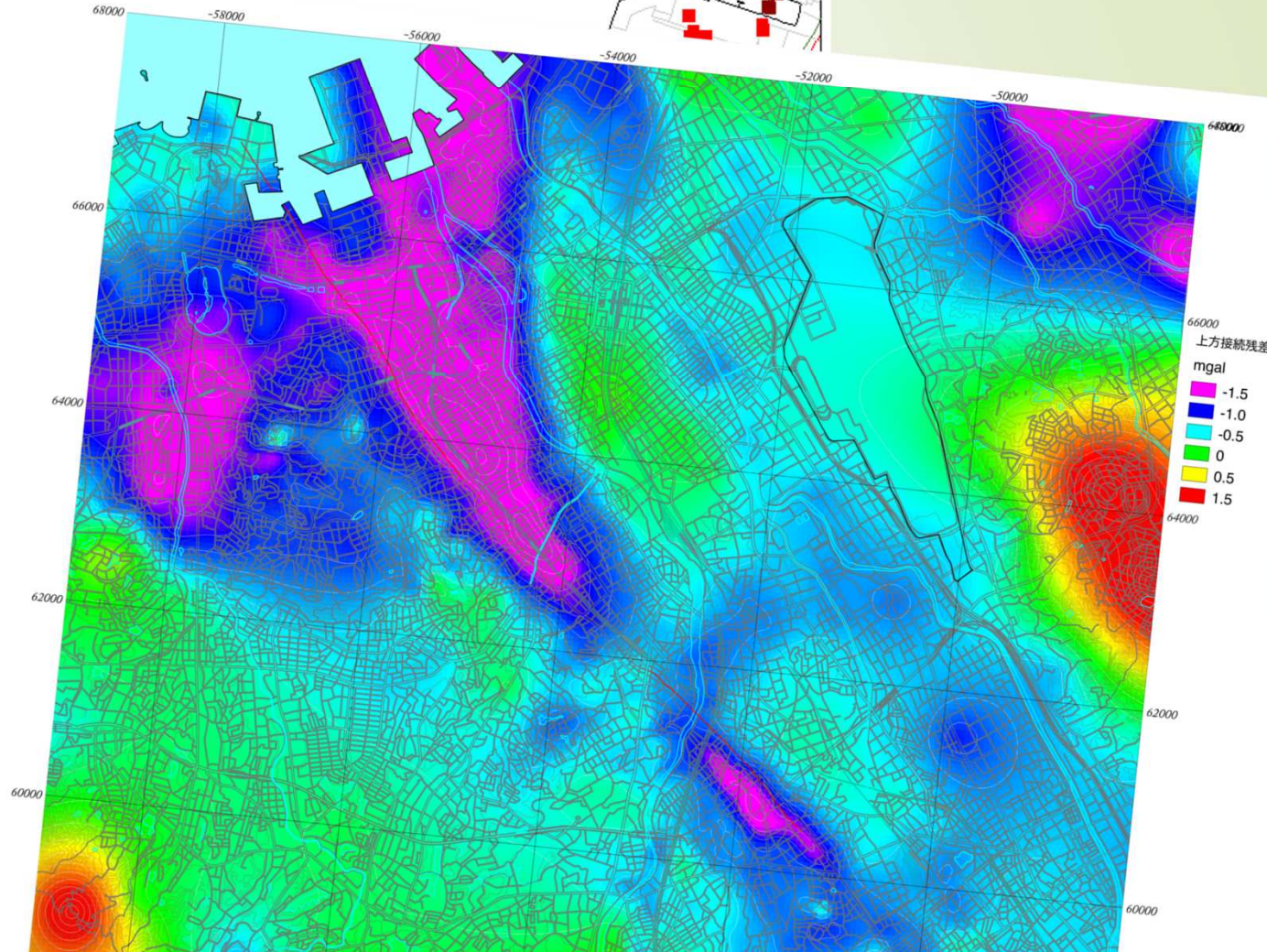
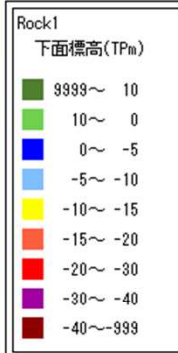
文科省重点調査 警固断層帯調査より

警固断層直近の表層地質



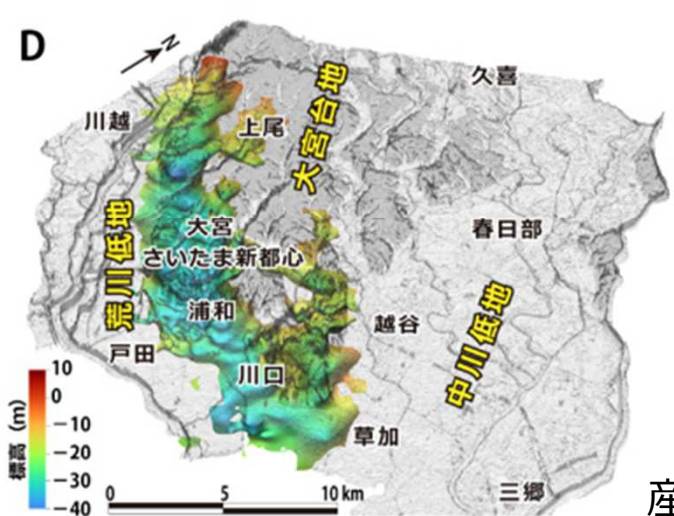
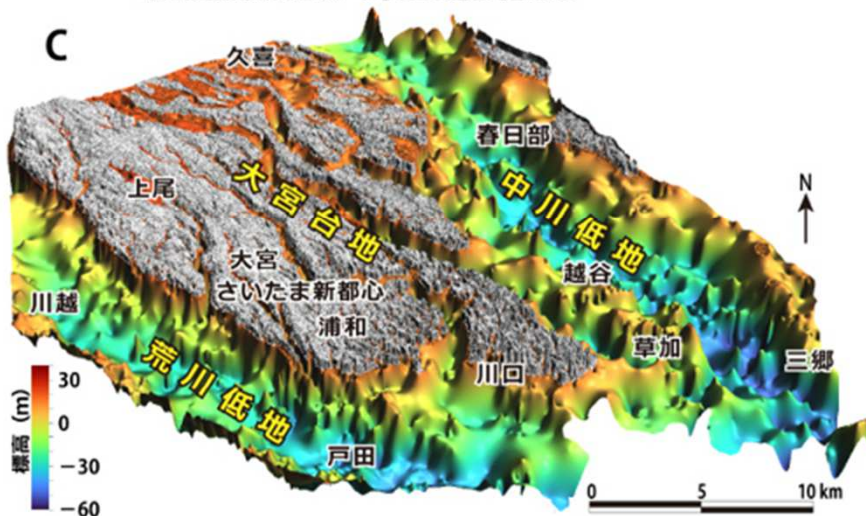
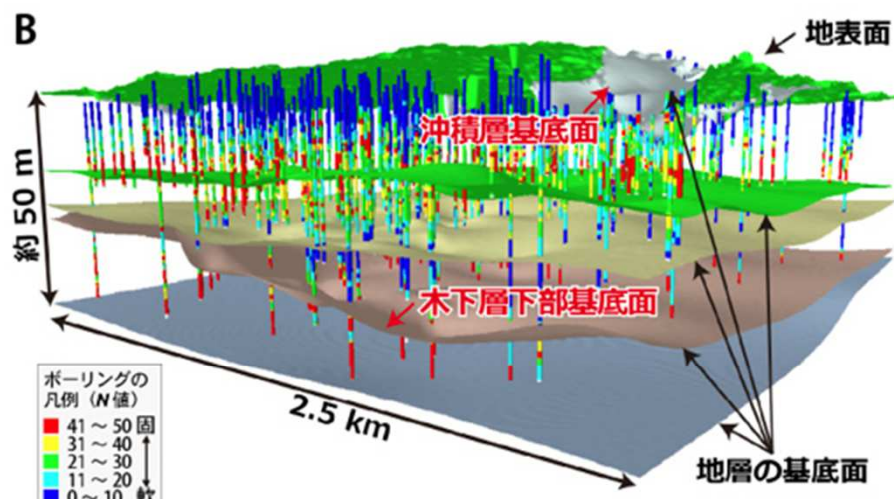


基盤上面の標高分布図



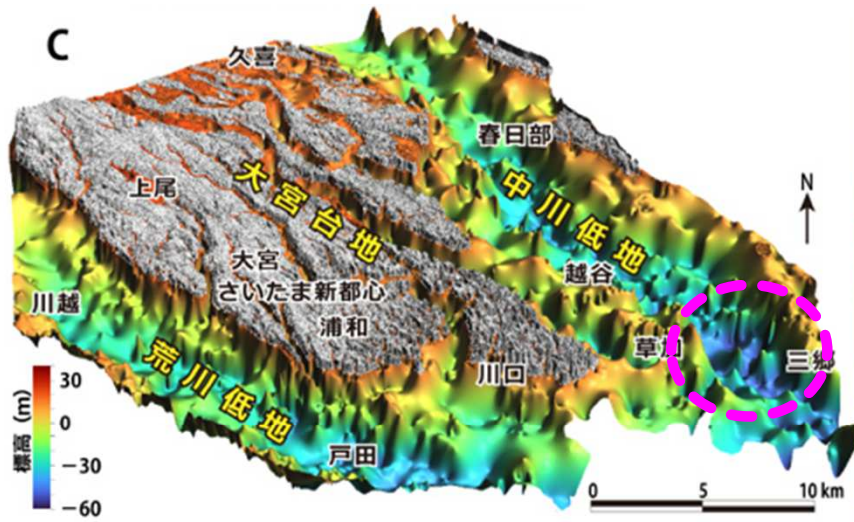


「国土数値情報(行政区域データ)」(国土交通省)を基に作成



(A) 都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」の位置図、(B) さいたま新都心周辺の地質立体図、(C) 低地の下の軟弱層(沖積層)基底面の3次元分布形状、(D) 台地の下の軟弱層(木下層下部)基底面の3次元分布形状

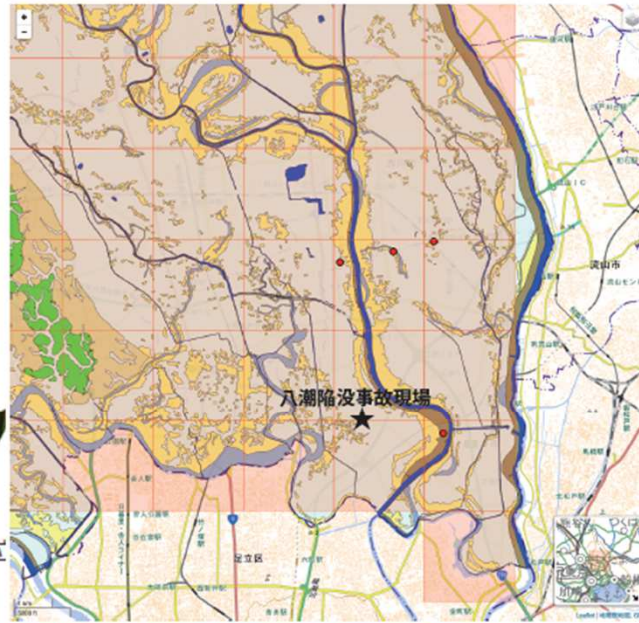
産業総合研究所HPより



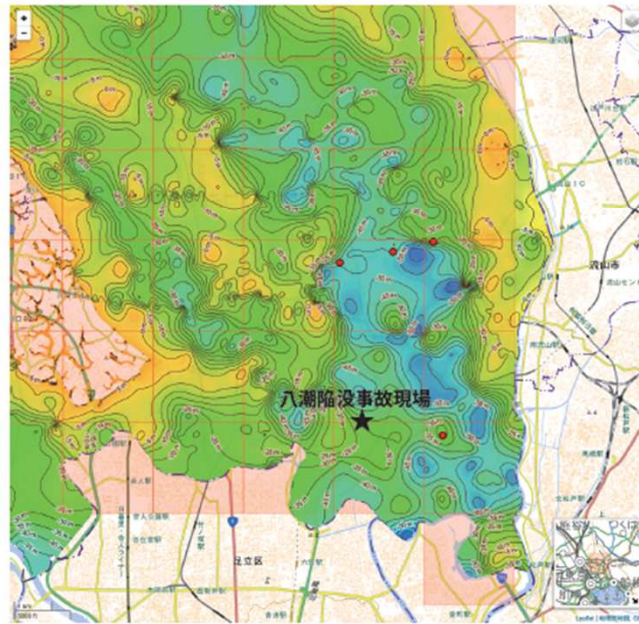
(A) 都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」の位置図、(B) さいたま新都心周辺の地質工台地の下の軟弱層（木下層下部）基底面の3次元分布形状

産業総合研究所HPより

八潮の地点付近は中川低地と台地の境界部

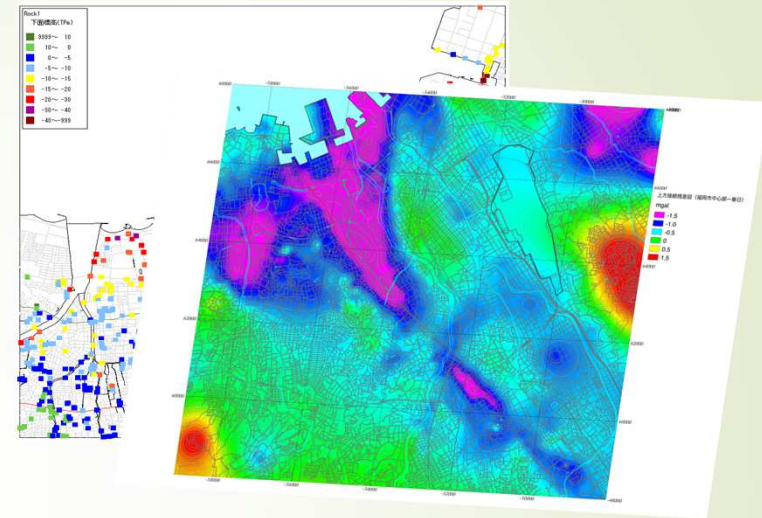
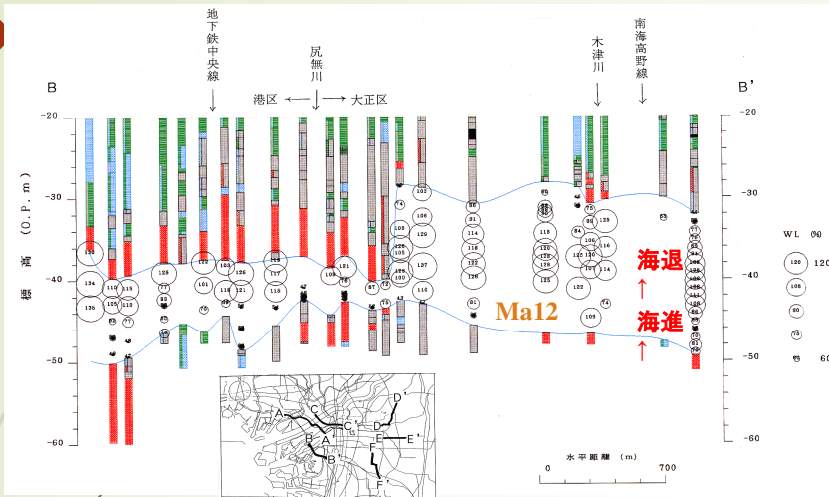


微地形区分



沖積層基底面

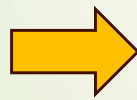
何が言いたいのか？



地盤の中には凹凸がある・・・地震が発生すればどうなる？

沈下や圧密が発生するが、地盤中に凹凸があれば沈下や圧密も均質には発生しない

地盤内に敷設された構造物に影響はないか？

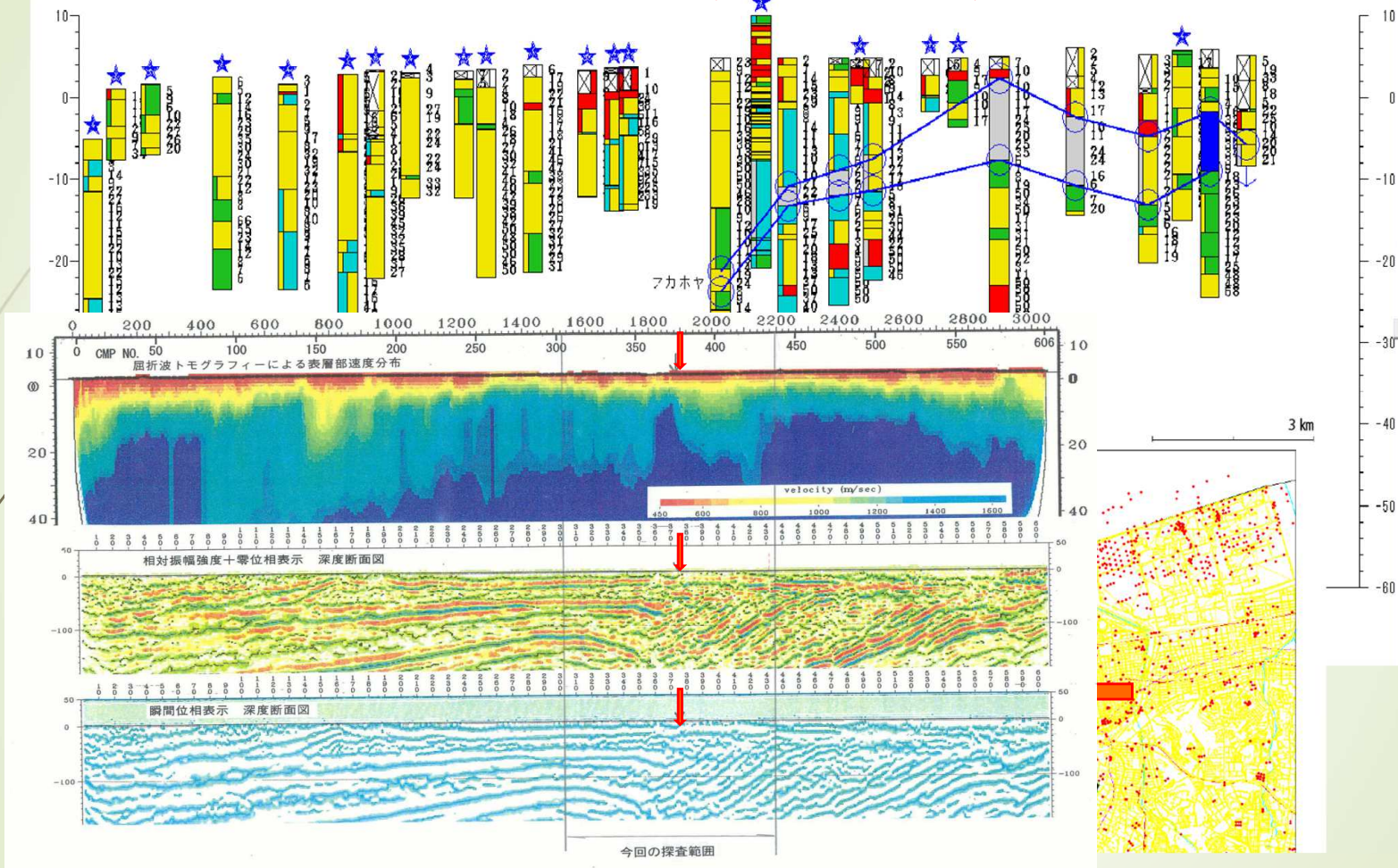


- 地盤リスクの高い箇所は重点的に点検箇所に追加？
- 必要によっては、敷設時に可撓部を設けるなどの工夫？
- 断層通過部などは、特に留意が必要？
などなど...

大分平野

舞鶴橋から南に変形がみられる。

分布標高が幅をもって変化

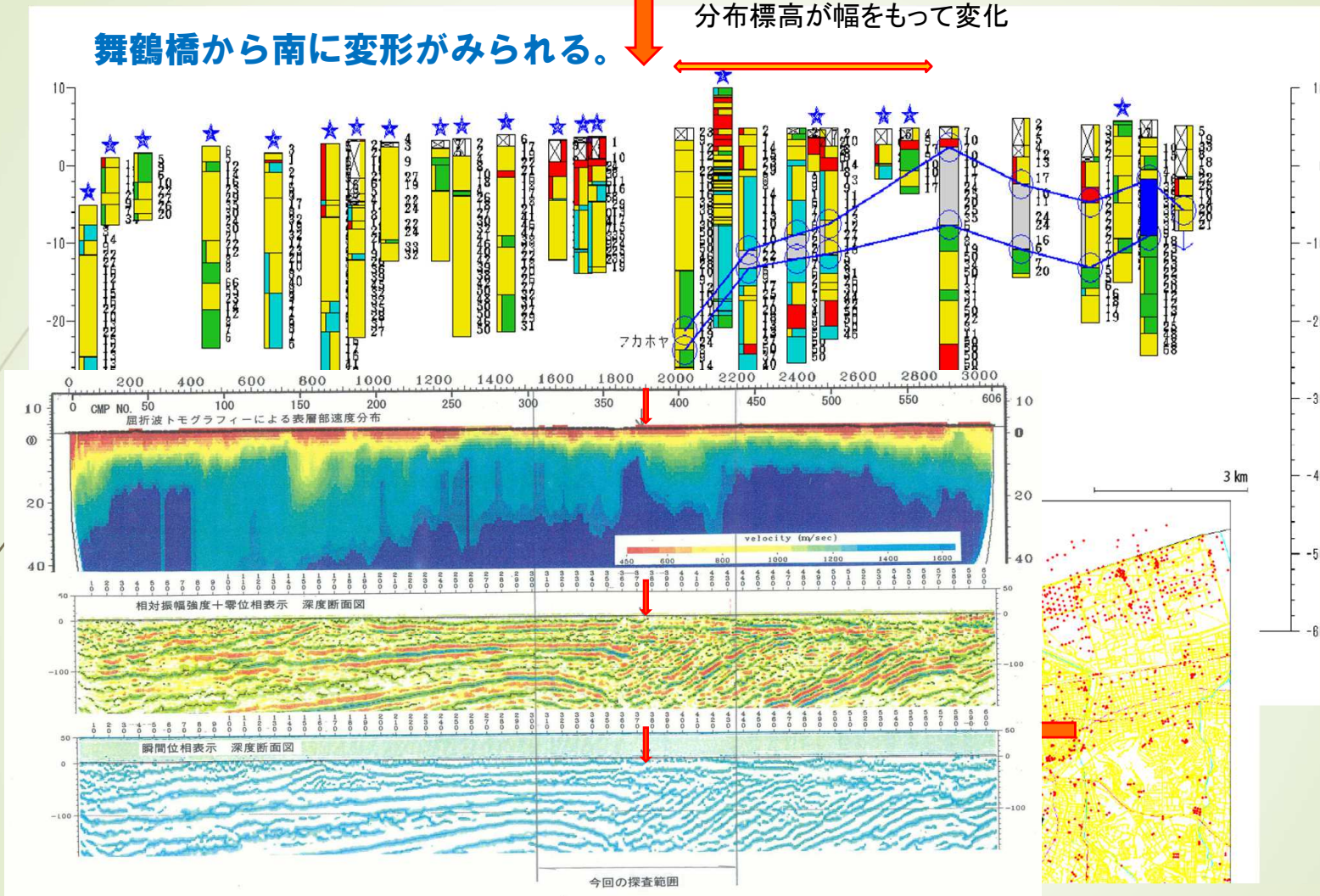


大分川反射測線付近のボーリング断面図

文科省重点調査 別府-万年山断層帯調査より

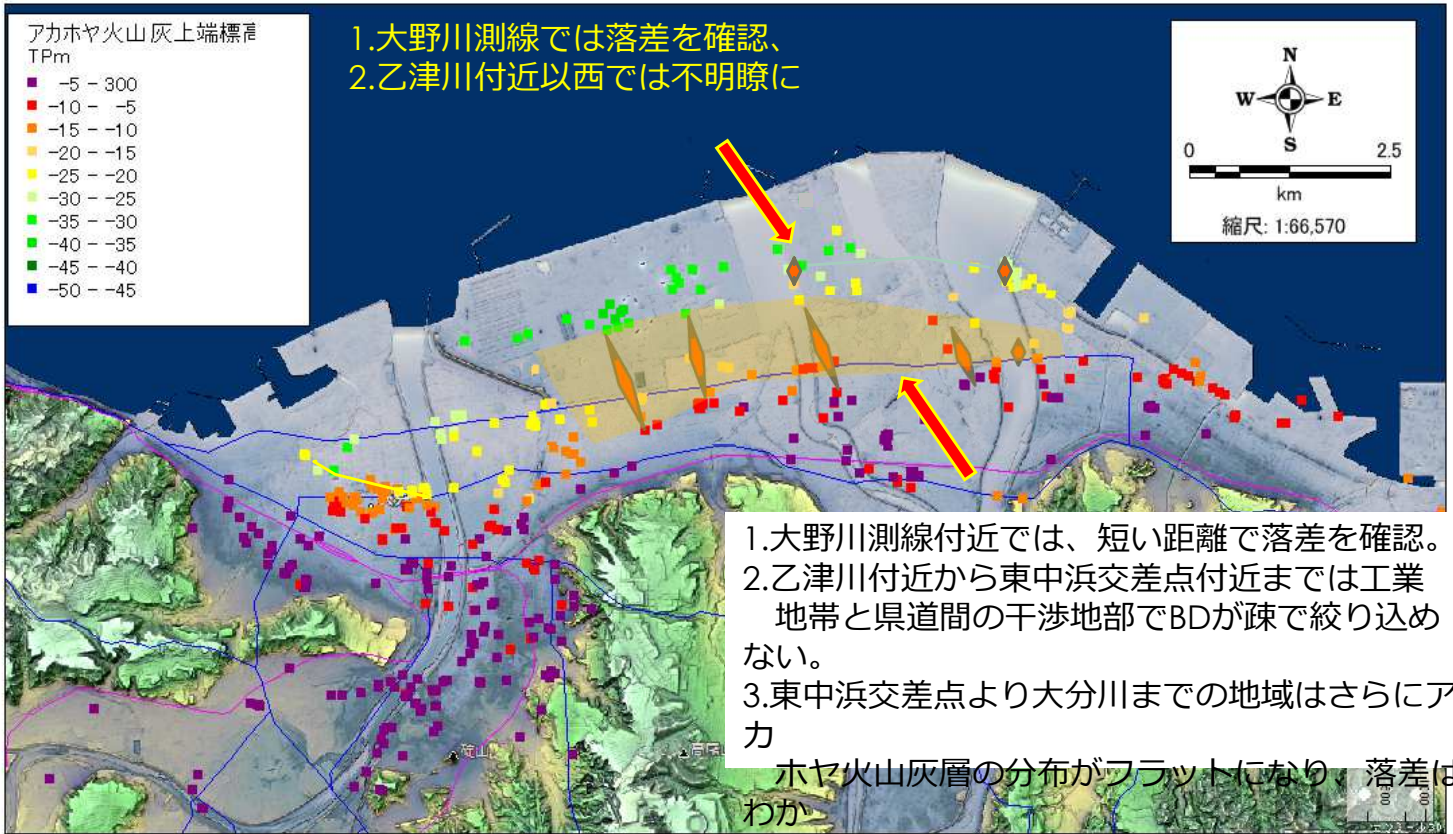
舞鶴橋から南に変形がみられる。

分布標高が幅をもって変化



大分川反射測線付近のボーリング断面図

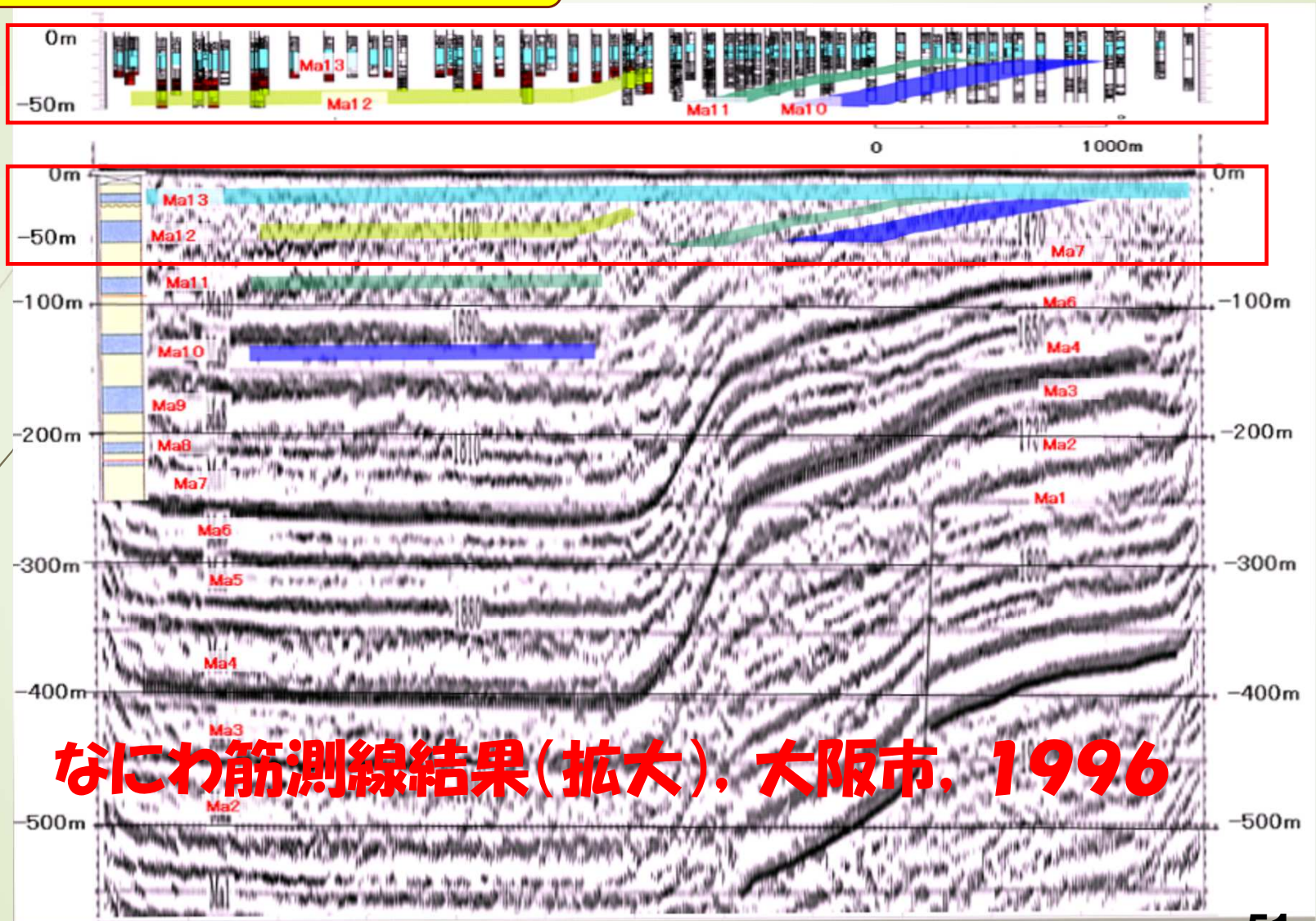
文科省重点調査 別府一万年山断層帯調査より



平野部の変形部検討結果

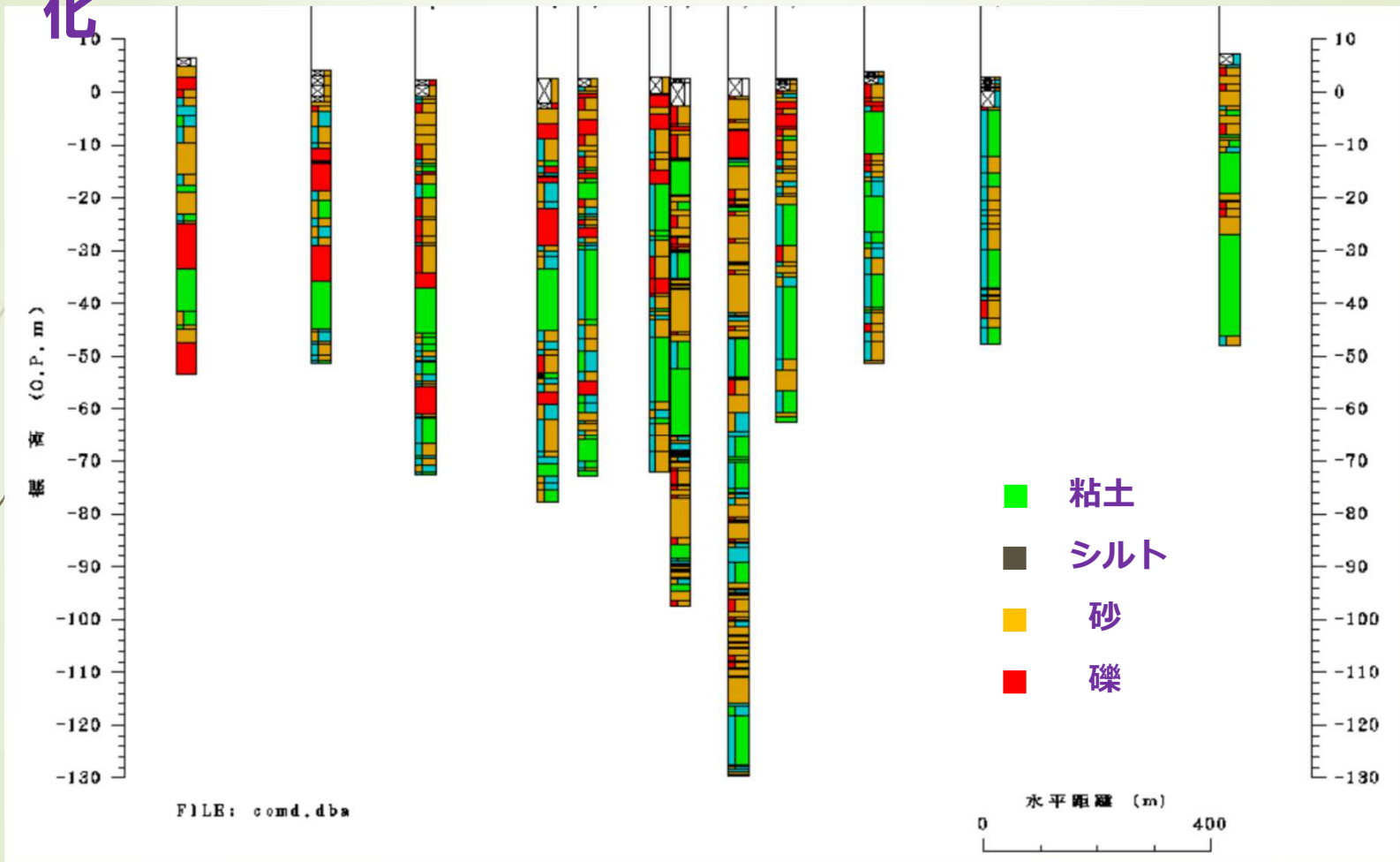
文科省重点調査 別府一万年山断層帯調査より

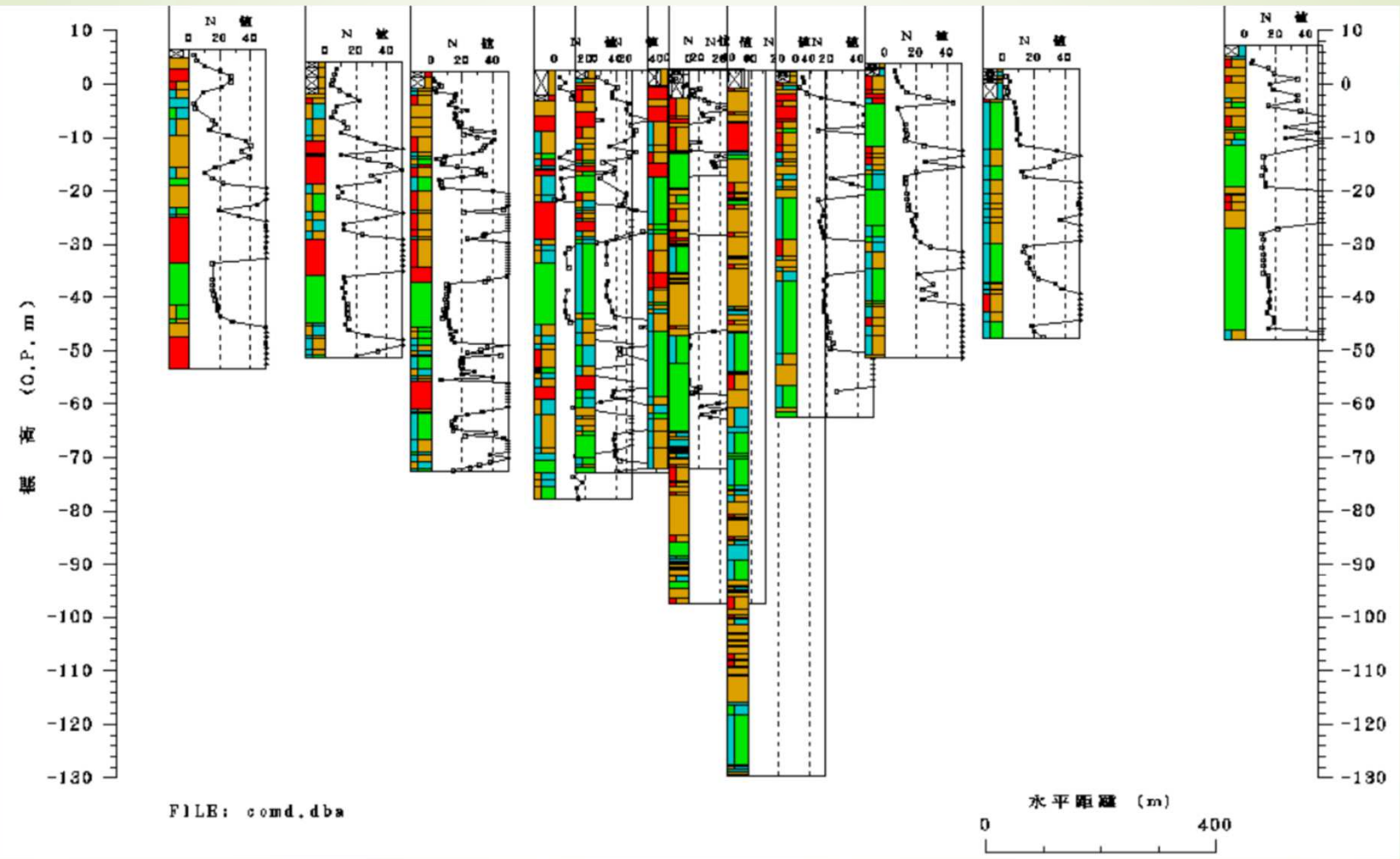
地質構造はどのように表現されるか？

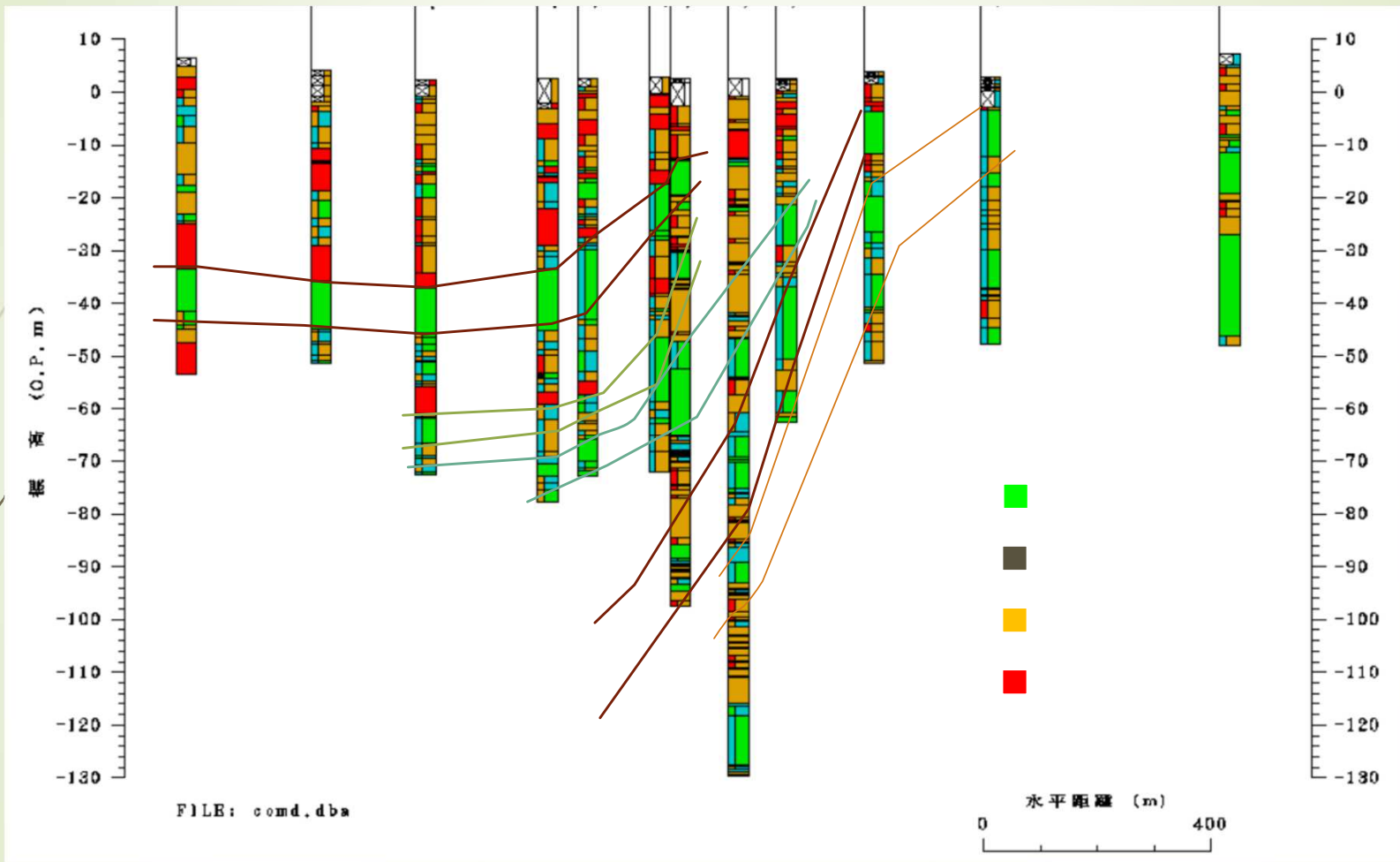


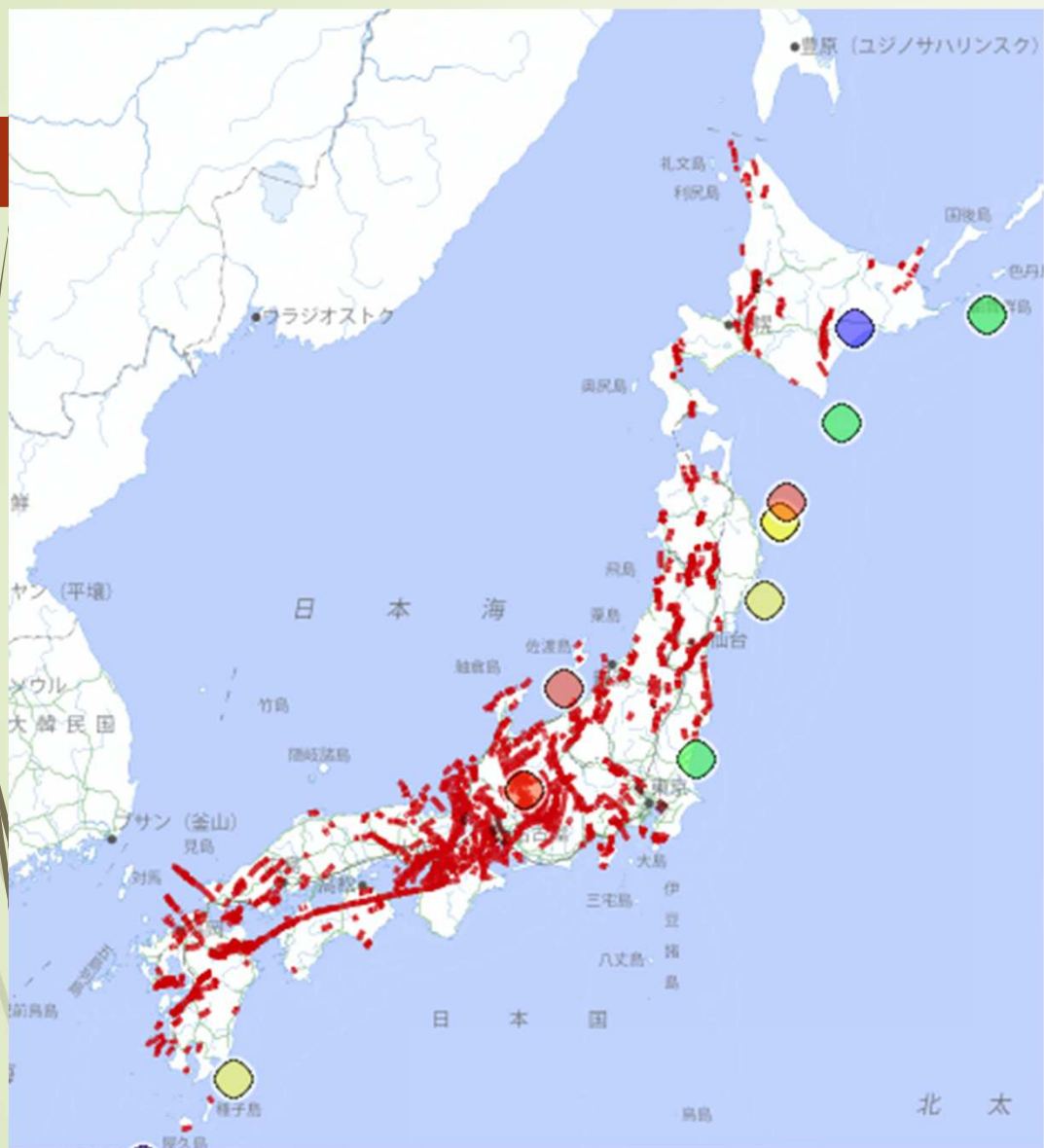
なにわ筋測線結果(拡大), 大阪市, 1996

最後に。。。 理学分野(地質学)との融合による見える 化







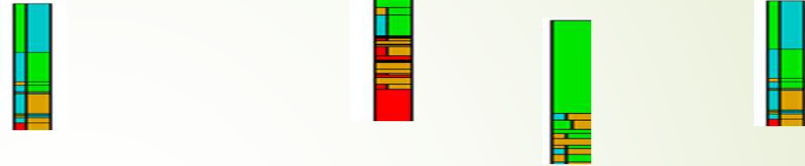


日本列島には、100を超える活断層が分布しており、特に平野形成の要因の一つに活断層の運動が挙げられることが多い。

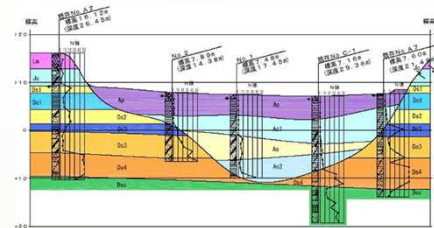
よって、大きな地層のギャップが平野部内部および周辺に分布するという認識でご検討いただきたい。

4. 最後に。。。。

1つ1つの地質調査⇒ 正確な記載



多数の柱状図⇒ 広域的な特徴



地質断面図⇒ 設計のためのモデル化

地質リスクというものは、開発の内容や目的によって異なるもの。

目的に対して、当該地に潜むリスクを明らかにし、どのような工法や建設のための安全性を考えた調査が必要かを把握し、設計、施工技術者に伝えられるのは、地質調査技術者です。

設計・施工技術者にバトンタッチするだけではなく、ディスカッションすることで、よりよいモノづくりが行なえると考えています。