

# 若狭湾沿岸における 天正地震による津波について (コメント回答)

平成24年6月22日  
原子力安全・保安院

本資料は、事業者から提出のあった資料をまとめたものであり、当院の評価や見解を示すものではない。

# 天正地震による津波に関する評価 検討経緯及び今回報告内容

## 1. 事業者等による調査結果

### (1) 津波堆積物調査

事業者は調査の結果、久々子湖の海側には、海水の流入した可能性は否定できないものの、中山湿地等へ達するような大規模な津波は無かったとしている。また、鳴門教育大学の山田研究員から、水月湖における湖沼年縞堆積物調査の結果、天正津波は水月湖に至るような大規模なものでは無かったことを説明した。

### (2) 文献調査

事業者は、若狭湾沿岸の縣市町村史誌(全36文献)を対象に「天正地震による津波」に関する記述の有無を調査し、その結果、天正地震による津波を示す文献は見当たらなかったとしている。

### (3) 神社への聞き取り調査

若狭湾沿岸において、比較的標高が低くて海岸に近い、創建年代の古い神社(13箇所)に対して、聞き取り及び現地調査を実施し、その結果、天正地震によるものも含め、津波による災害記録は無かったとしている。

## 2. 意見聴取会委員からの主な指摘

### (1) 平成23年12月27日の地震・津波に関する意見聴取会

ボーリング調査は、津波堆積物が残る地形である等の以下の条件が揃っている場所であることを示し、その後ボーリング調査結果として津波堆積物の有無を説明すべき。⇒①津波堆積物調査地点の適切性

- ・津波堆積物の供給源である砂が前面の海岸或いは海域に存在すること
- ・津波シミュレーションによって、津波が浸水し易い場所であること
- ・天正年間の堆積物(数十cm程度)が削剥されていない安定した堆積環境であること。

### (2) 平成24年1月10日、同志社大学での現地調査

- ・柱状図の精度をあげることが必要。文献で言われているような大規模な津波は無かったかもしれないが、CTスキャンや粒度分析などの、種々の分析を行い、無いことの説明を積み上げるべき。⇒②ボーリング試料の分析結果について
- ・年代測定の精度をあげるとともに、天正年間の堆積物が削剥されていないことを堆積環境からも説明をしなければならない。

⇒ ②ボーリング試料の分析結果について

- ・現在の調査地点が津波堆積物調査の適地であることを説明するとともに、必要に応じ、追加調査を検討すること。
- ⇒①津波堆積物調査地点の適切性

## 3. 今回報告内容

①津波堆積物調査地点の適切性、②ボーリング試料の分析結果について、③文献調査結果を説明(保安院)するとともに、説明性をより高めるために事業者等が実施した④追加調査の結果(天正年間に関するもの)を説明(事業者)。

# 1. 津波堆積物調査地点の適切性について

## 天正地震による津波に関する評価 指摘事項及び事業者の回答・対応

## 【1. 津波堆積物調査地点の適切性について】

指摘事項	事業者の回答・対応
<p>①久々子湖北部の海に開いている箇所は、大変狭く、山もあり、あまり強い波が入ってこないのではないかと。他ルート流入についても検討すべき。事業者は津波シミュレーション解析をしていると思うので、その結果と併せて検討してみたいか。 (第8回山本委員、松山委員)</p> <p>②調査地点が、津波が来襲する地点なのか、シミュレーションで確認できると思うが、もし、検討しているなら、波源はどう考えているのか。想定津波について、若狭周辺の断層、日本海側東縁部や日本海中部地震以外にお考えはあるのか。 (第9回松山委員)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既往地震による津波の再現性検討、及び敷地前面海域において同時活動を考慮する断層に関する数値シミュレーションの結果、久々子湖付近には色々な方向から高さ1～2m程度の津波が到達することを確認した(現地形)。</li> <li>・ 寛文地震前の地形をモデル化するとともに、いくつかの波源モデルを使用して、久々子湖内に砂の流入またはシルトの移動(浸食面)を発生させる流れ(移動限界流速)が生じることを確認した。</li> <li>・ 以上により、久々子湖北東側の山体によって津波の流入が阻害されることはないと考えられる。</li> </ul>
<p>③津波が来襲しても、必ず堆積物が残るわけではない。津波堆積物の痕跡調査について述べるのであれば、まず、津波堆積物が残る地形である等の条件が揃っていることを示し、その後、ボーリング調査しても津波堆積物がなかったと説明すべき。 (第8回岡村委員)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 久々子湖北端の早瀬川河口及び久々子付近には浜堤が分布すること、海上保安庁水路部発行の海底地質構造図及び底質分布図では、久々子湖沖合いの海底には砂が広く分布していることから、規模の大きな津波が来襲すれば津波堆積物の指標となり得る砂層が認められると考えられる。</li> <li>・ 今回の津波堆積物調査の結果、砂層は認められなかったことから、仮に天正地震による津波があったとしても小規模な津波であったものと考えられる。</li> </ul>

# 1. 津波堆積物調査地点の適切性に関する事業者による検討結果（概要）

湖が堆積物の保存されやすい環境であることは間違いないが、津波堆積物調査地点の適切性を示すために、事業者は以下の検討を実施した。

## (1) 津波シミュレーションによる津波堆積物調査地点の適切性に関する検討

○久々子湖付近には色々な方向から高さ1～2m程度の津波が到達することを確認した。

○寛文地震前の地形をモデル化するとともに、いくつかの波源モデルを使用して、久々子湖内に砂の流入またはシルトの移動（浸食面）を発生させる流れ（移動限界流速）が生じることを確認した。

⇒久々子湖北側の山体地形が津波の流入を阻害しないことを確認した。

（指摘事項①、②）

## (2) 久々子湖付近における砂の分布状況に関する検討

○久々子湖付近の陸域及び海域には砂が広く分布していることから、規模の大きな津波が来襲すれば津波堆積物の指標となり得る砂層が認められると判断した。

（指摘事項③）



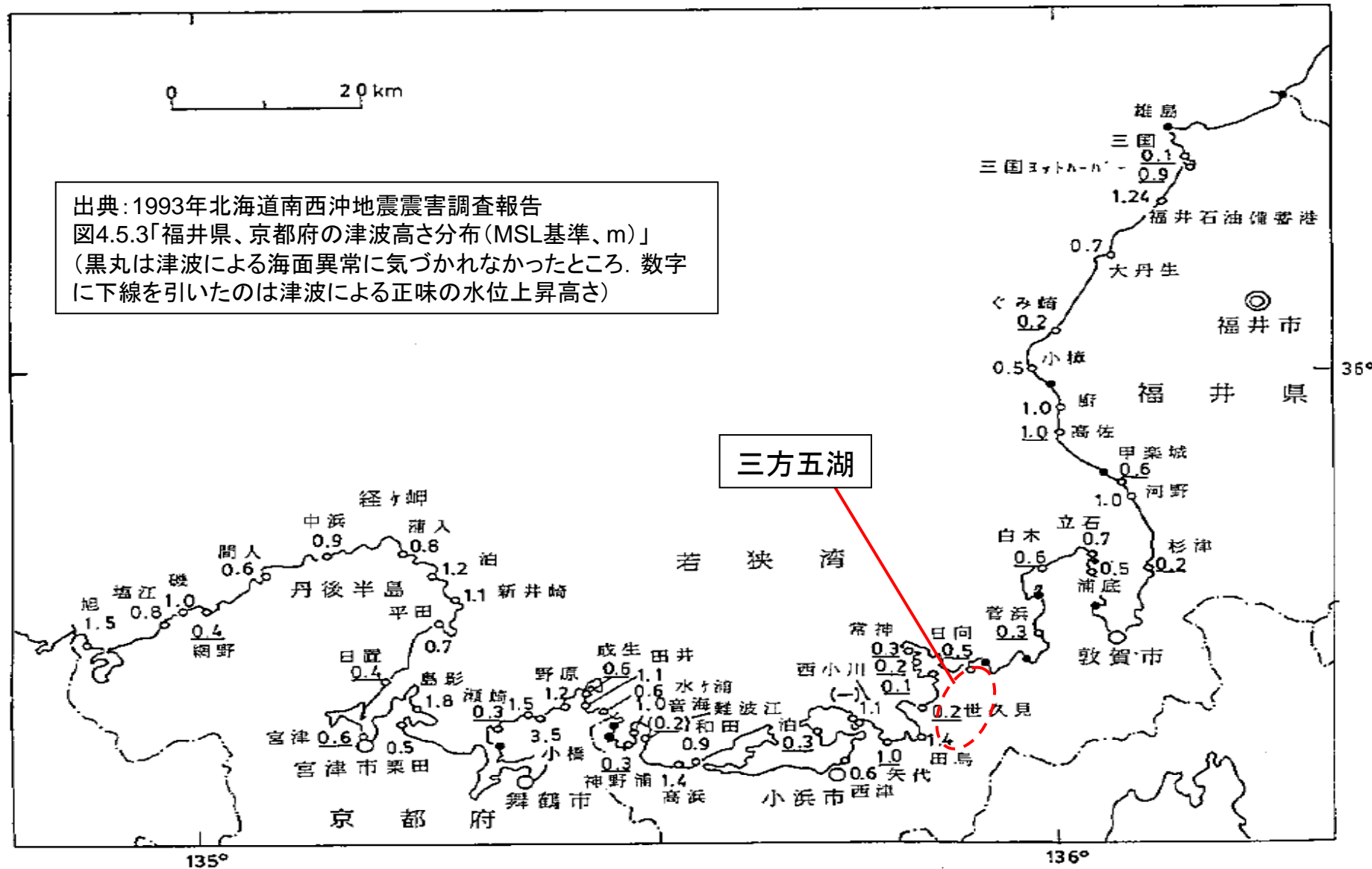
事業者は、天正地震による津波に関する評価を行うために、三方五湖付近が津波堆積物調査地点として適切であることを再確認した。

# 1983年日本海中部地震に関する津波痕跡調査結果



日本海中部地震では、若狭湾沿岸全域に來襲(津波高さは1～2m程度)

# 1993年北海道南西沖地震に関する津波痕跡調査結果



北海道南西沖地震でも、若狭湾沿岸全域に来襲(津波高さは1~2m程度)

## 設計津波水位の解析条件

項目	計算条件
計算領域	対馬海峡から間宮海峡に至る東西方向約1,500km, 南北方向約2,000km
時間格子間隔	0.3秒 安定条件(CFL条件※1)を満足するように設定
基礎方程式	非線形長波理論式及び連続式(後藤他(1982))
初期条件	断層モデルを用いてMansha et al.(1971)の方法により計算される 海底面の鉛直変位分布を初期条件とする。
境界条件	沖側境界条件: 自由透過の条件 陸域境界条件: 完全反射条件 越流境界条件: 本間公式
海底摩擦	マンニングの粗度係数 $n=0.03$ (土木学会(2002))
水平渦動粘性係数	$0\text{m}^2/\text{s}$
計算時間	海域活断層に想定される地震に伴う津波: 3時間 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波: 6~7.5時間

## 基礎方程式: 非線形長波理論式および連続式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + f_c \frac{MQ}{D^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + f_c \frac{NQ}{D^2} = 0$$

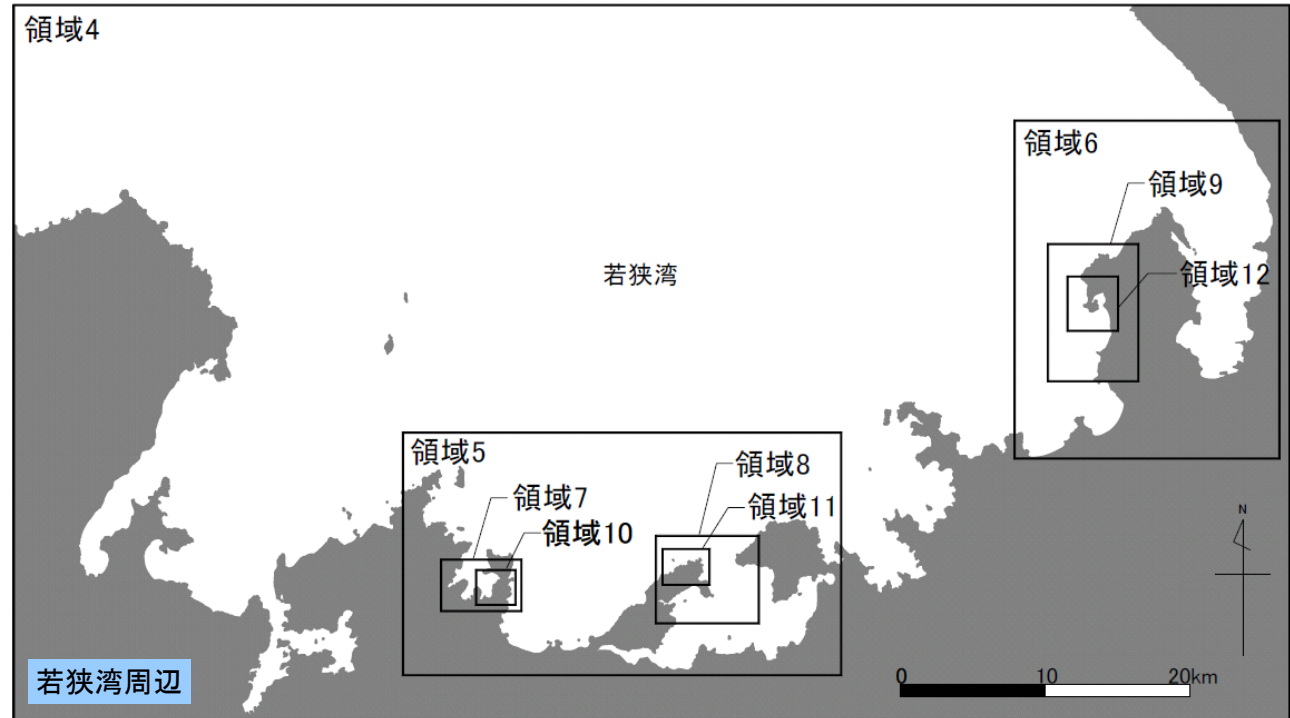
ここに、 $t$ : 時間,  $x, y$ : 平面座標,  $\eta$ : 水面の鉛直変位量,  $D$ : 全水深( $D=h+\eta$ ),  $h$ : 静水深,  
 $M=uD$ ,  $N=vD$ ,  $u, v$ :  $x, y$ 方向の流速,  $Q=\sqrt{M^2+N^2}$ ,  $g$ : 重力加速度  $f_c = gn^2 D^{-1/3}$ ,  
 $n$ : マニングの粗度係数

※1: 時間格子間隔は  $\Delta t \leq \Delta X / (2 \cdot g \cdot h_{\max})$  以下となるように設定。

$\Delta X$ : 空間格子間隔、 $\Delta t$ : 時間格子間隔  
 $h_{\max}$ : 最大水深、 $g$ : 重力加速度



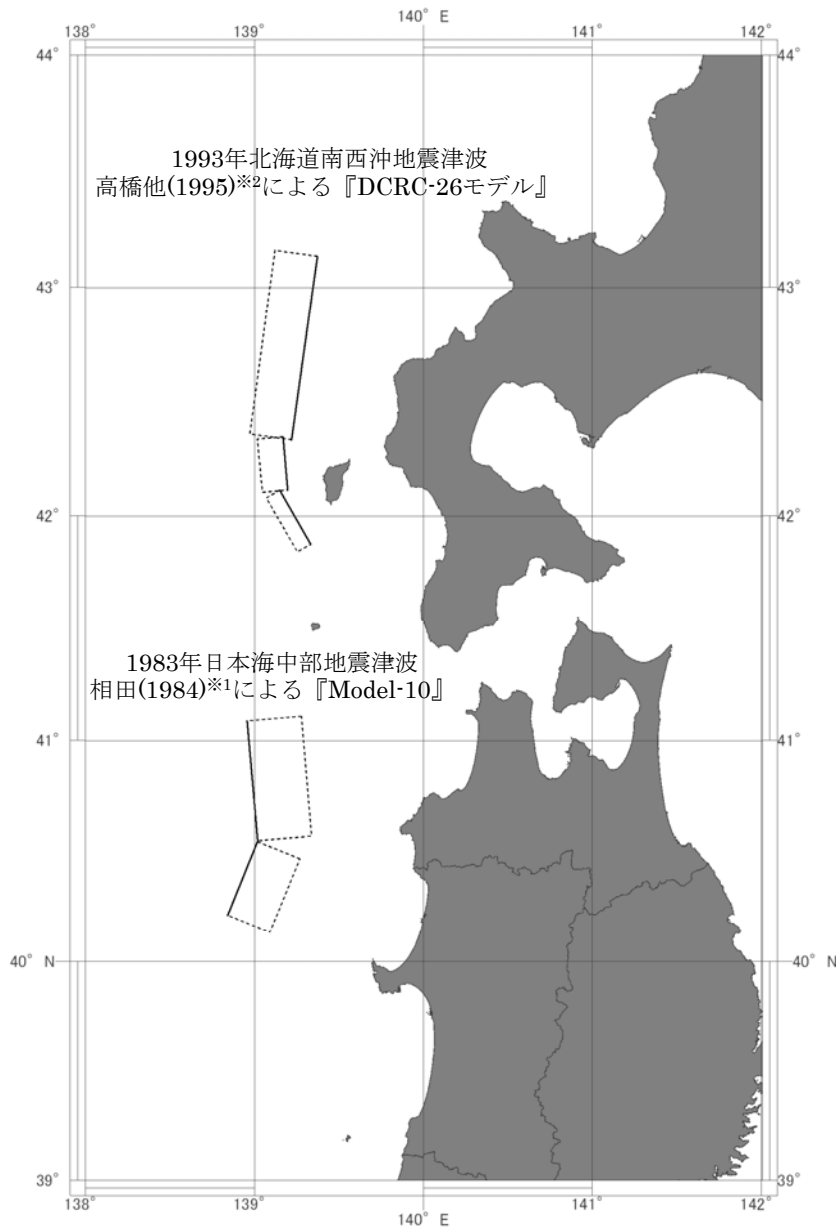
# 津波シミュレーション 計算領域及び空間格子間隔の設定



領域番号	空間格子間隔 (m)	水深 (m)	CFL条件を満たす $\Delta t$ (sec)
1	1,350	3,800	4.95
2,3	450	3,700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7,8,9	25	80	0.63
10,11,12	12.5	60	0.36

各メッシュ毎の安定条件 (CFL条件) を満たす  $\Delta t$  に基づき時間格子間隔を設定

## 津波シミュレーション 解析モデル(1983年日本海中部地震及び1993年北海道南西沖地震)



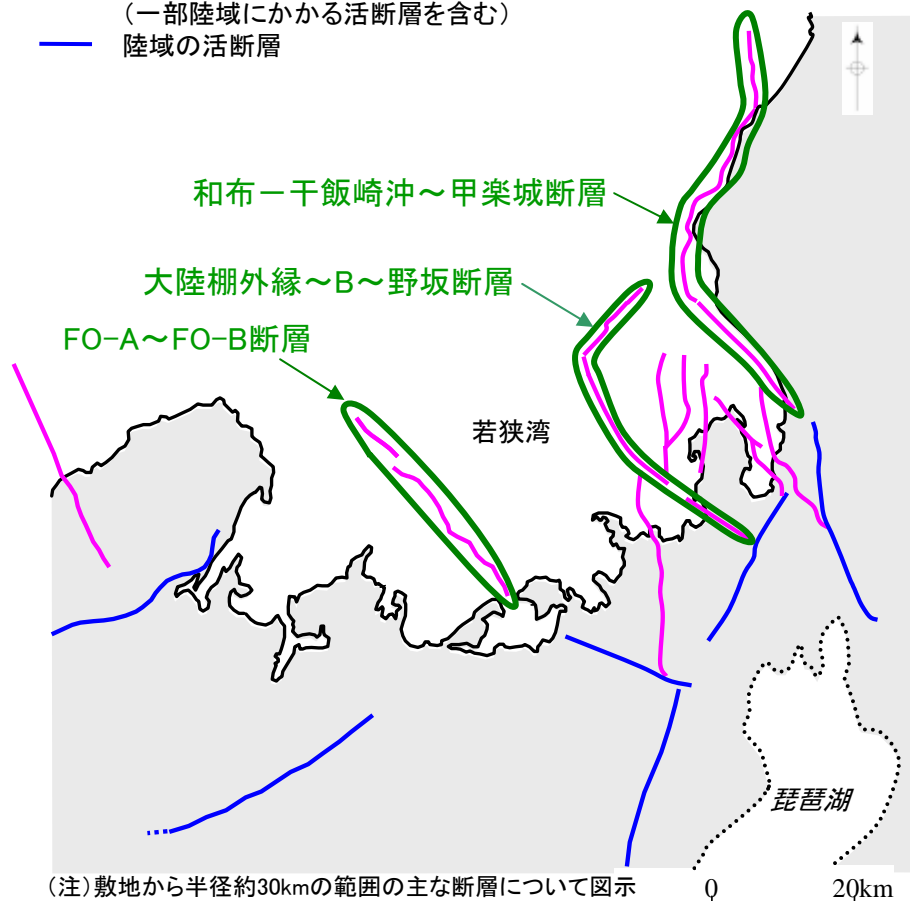
対象津波	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上縁深さ (km)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	備考
1983年 日本海中部	40.0	30	7.60	2	40	90	相田の Model-10
	60.0	30	3.05	3	25	80	
1993年 北海道南西沖	90.0	25	5.71	10	35	80	高橋他の DCRC-26 モデル
	26.0	25	4.00	5	60	105	
	30.5	15	12.00	5	60	105	

1983年日本海中部地震及び1993年北海道南西沖地震による津波の再現性検討は、相田(1984)<sup>※1</sup>及び高橋他(1995)<sup>※2</sup>を用いた。

※1: 相田勇(1984): 1983年日本海中部地震津波の波源数値モデル, 東京大学地震研究所彙報, Vol59, pp.93-104.  
 ※2: 高橋武之・高橋智幸・首藤伸夫(1995): 津波数値計算による北海道南西沖地震の検討, 地球惑星科学関連学会1994年合同大会予稿集, F31-06.

# 津波シミュレーション 解析モデル(敷地前面海域において同時活動を考慮する断層)

— 海域の活断層  
 (一部陸域にかかる活断層を含む)  
— 陸域の活断層



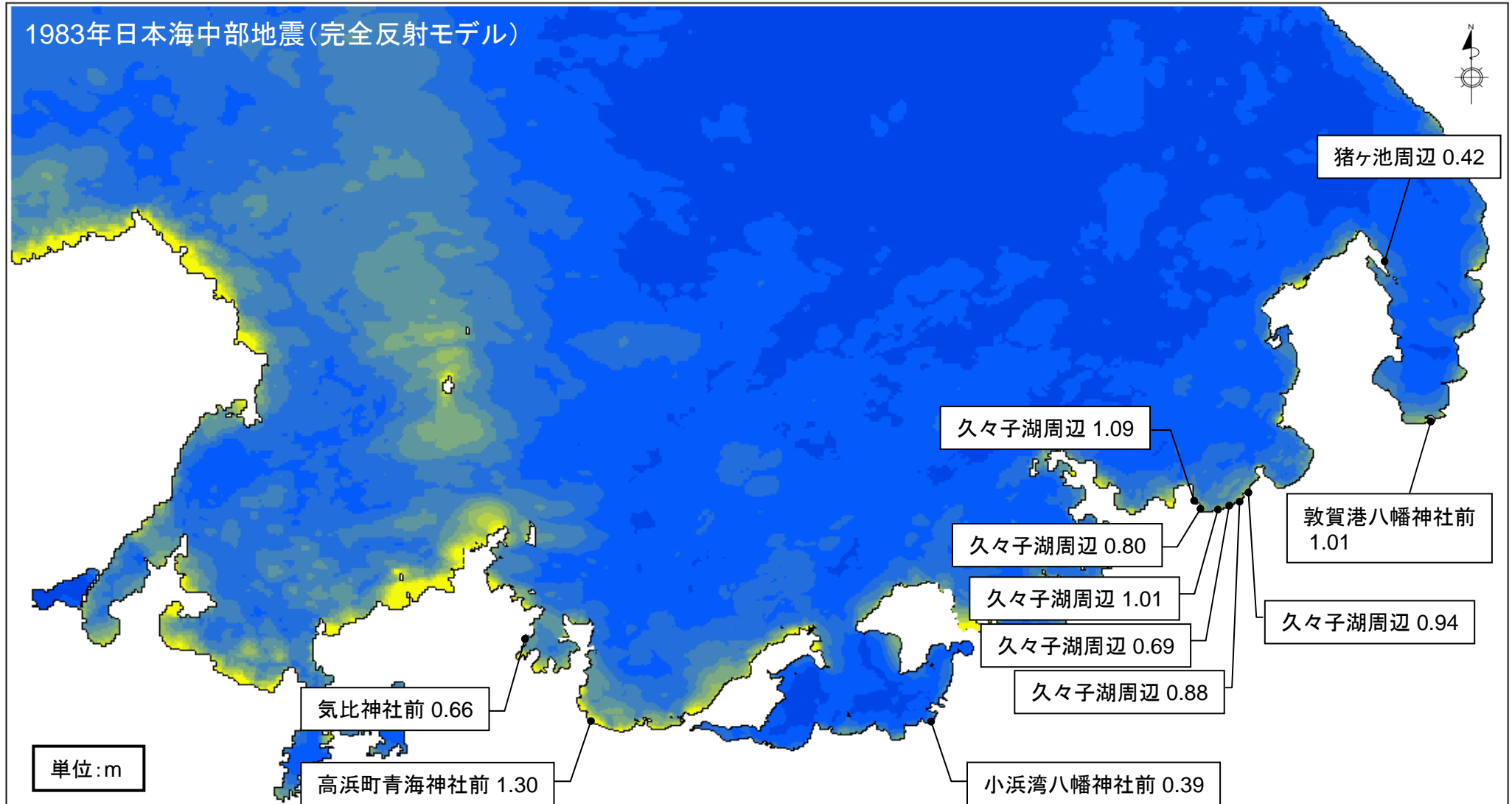
敷地周辺の主な活断層

断層名	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上縁深さ (km)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)
和布一干飯崎 沖～甲楽城	60	15	3.88	0	45 (和布一干飯崎) 90 (甲楽城)	広域応力場 <sup>※1</sup> の圧縮軸の方向 90° と断層 面の関係から 算出
大陸棚外縁～ B～野坂	49	15	3.76	0	60 (大陸棚外縁～B北部) 90 (B南部～野坂)	
FO-A～FO-B	35	15	2.91	0	90	

※1: 広域応力場の圧縮軸の方向については、北から時計回りの角度で示す。

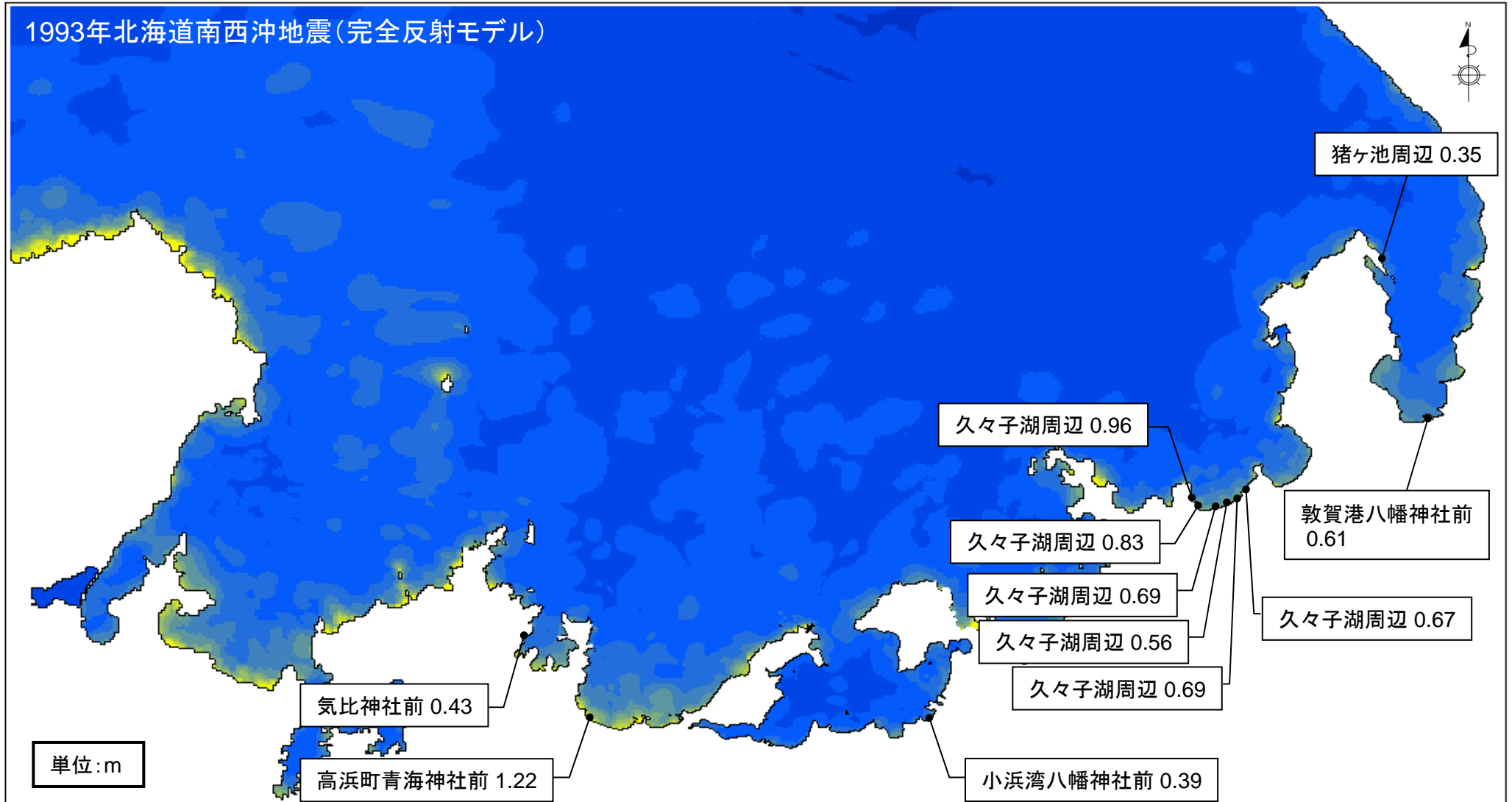
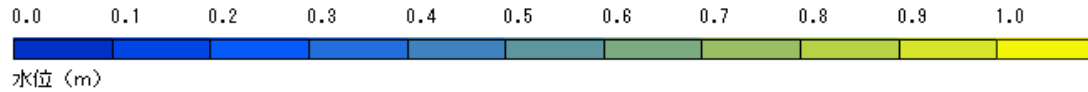
敷地前面海域における主な活断層のうち、同時活動を考慮する断層(和布一干飯崎沖～甲楽城断層、大陸棚外縁～B～野坂断層、FO-A～FO-B断層)について津波シミュレーションを実施。  
(地形は現在のもので解析)

# 津波シミュレーション結果(1)



久々子付近における津波高さは1m程度となり、痕跡高とも整合する。

# 津波シミュレーション結果(2)

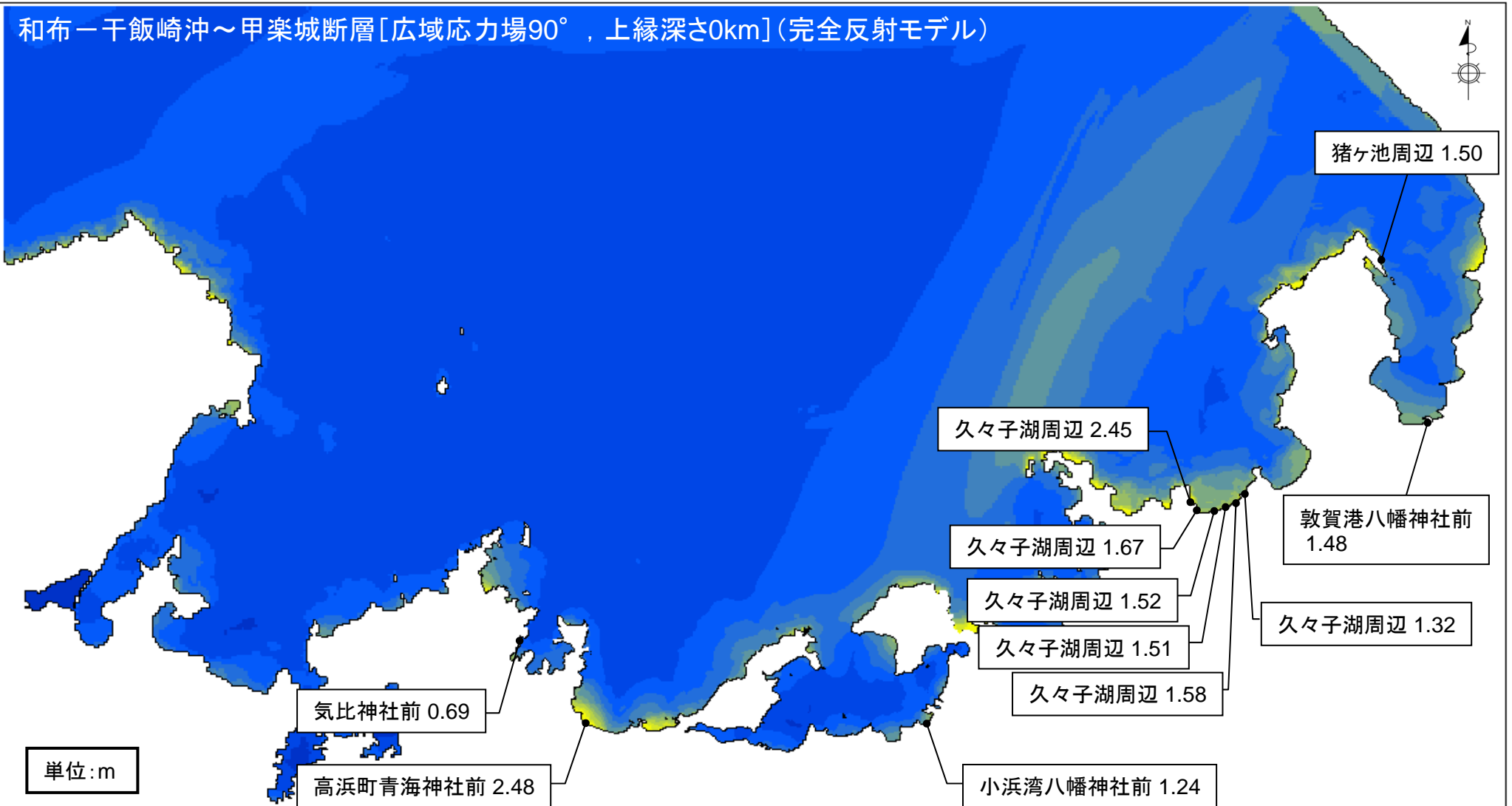


久々子付近における津波高さは1m程度となり、痕跡高とも整合する。

# 津波シミュレーション結果(3)

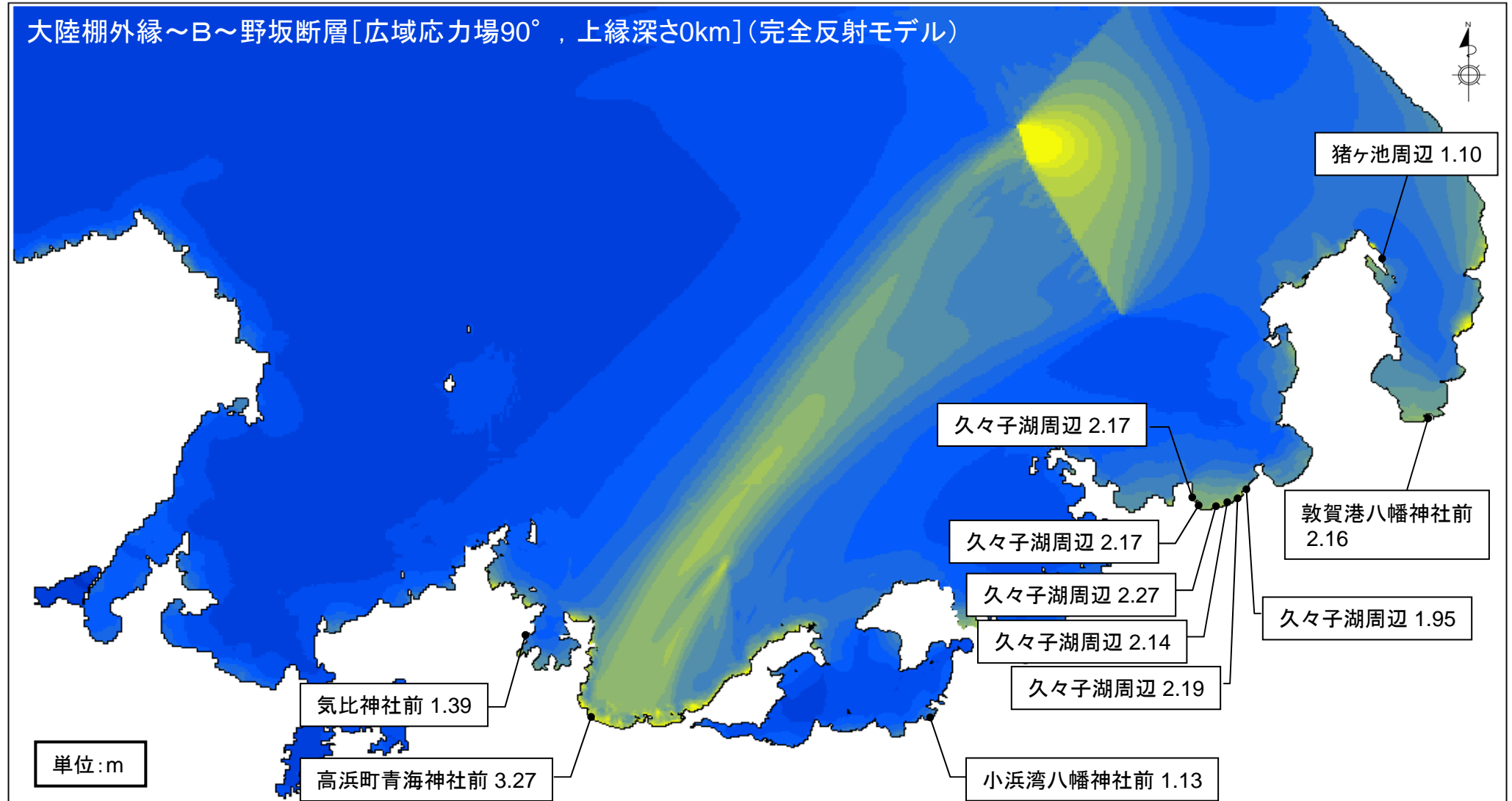
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0

水位 (m)



久々子付近における津波高さは2m程度となる。

# 津波シミュレーション結果(4)



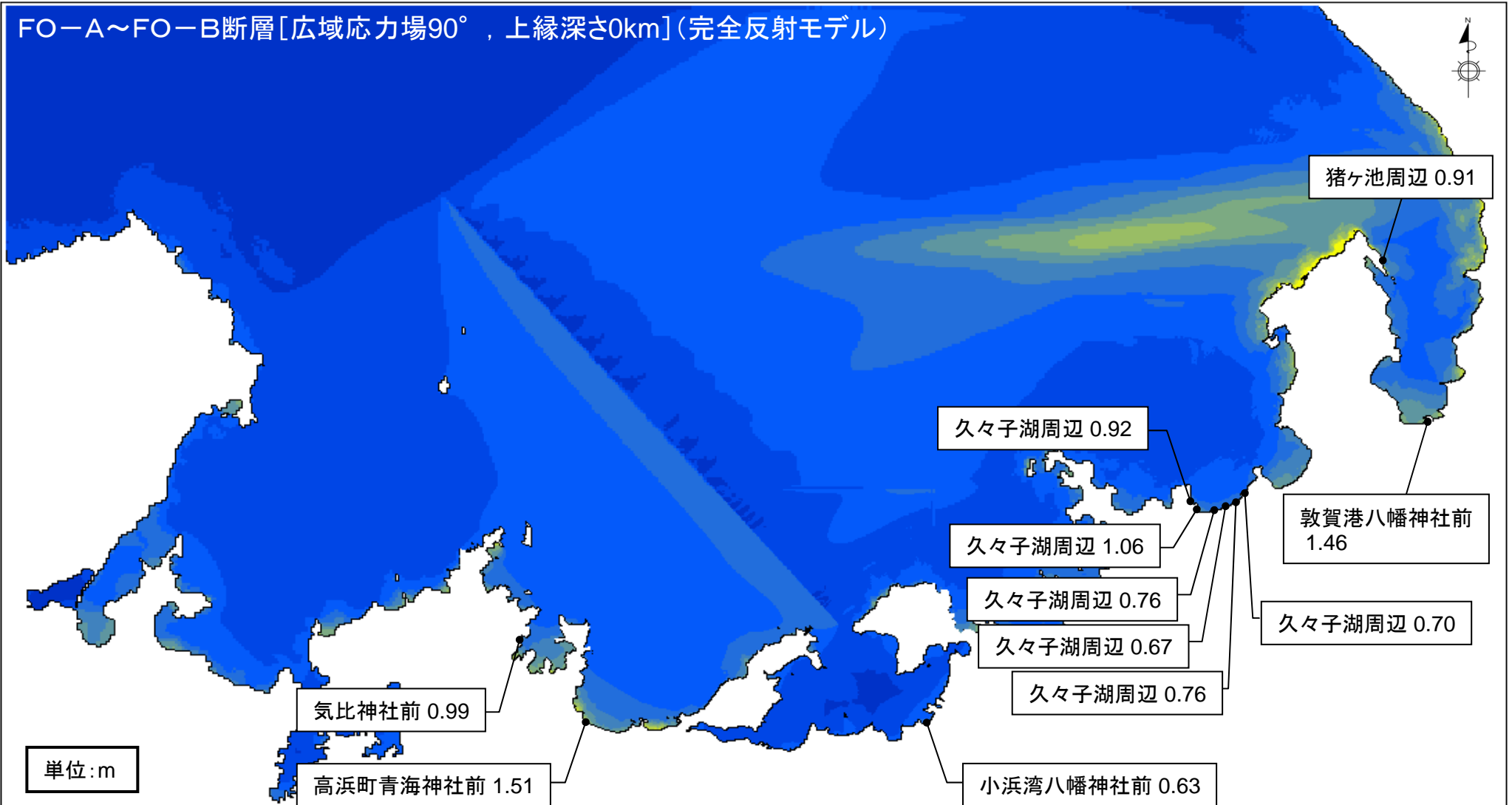
久々子付近における津波高さは2m程度となる。

# 津波シミュレーション結果(5)

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0



水位 (m)



久々子付近における津波高さは1m程度となる。

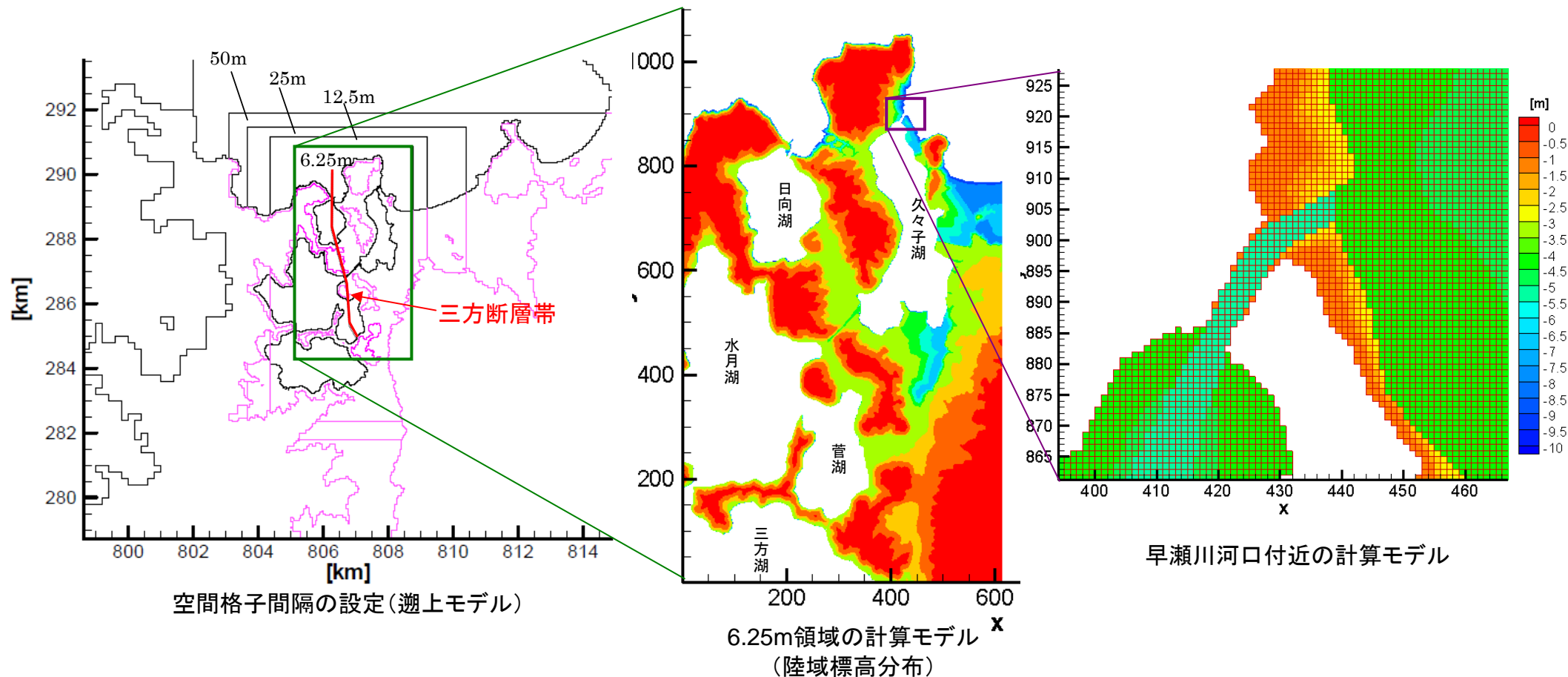


既往津波の痕跡及び津波シミュレーションの結果、久々子湖付近には色々な方向から高さ1~2m程度の津波が到達することを確認



## 津波シミュレーション検討～寛文地震前の地形モデル～

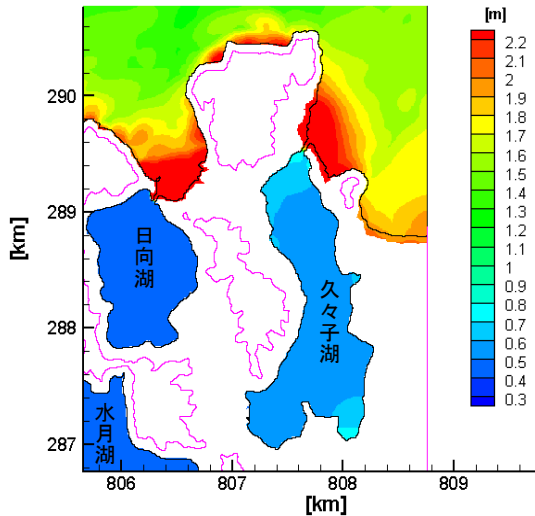
## 寛文地震前の津波計算モデル(遡上モデル)



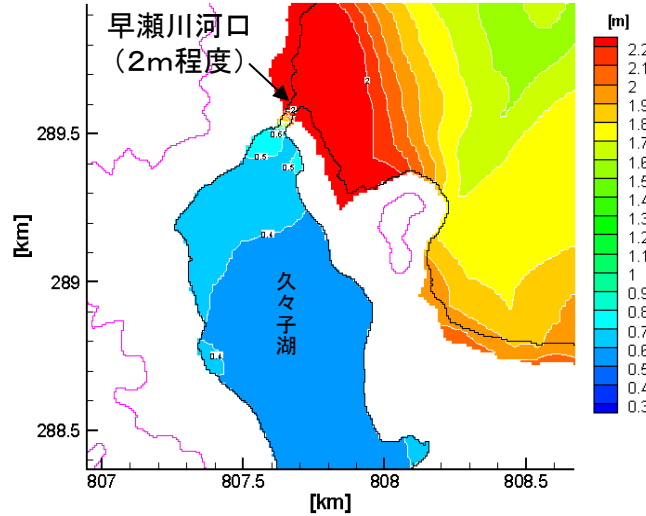
## 【計算モデルの設定】

- ・50mメッシュの領域について、国土地理院10m標高データより計算モデルを作成。
- ・最小格子サイズは久々子湖～菅湖付近の6.25m。
- ・寛文地震(AD1662年)により三方断層帯の東側が約3m隆起していることから、6.25m～50m領域の陸域及び海域のデータについて、三方断層帯の東側の標高を現在の標高から3m差し引き、寛文地震前の計算モデルを設定。
- ・久々子湖と水月湖の間の浦見川は、寛文地震後に開削されたため、閉塞した地形としてモデル化。  
(現在の浦見川付近の標高を参考に8mとして設定)

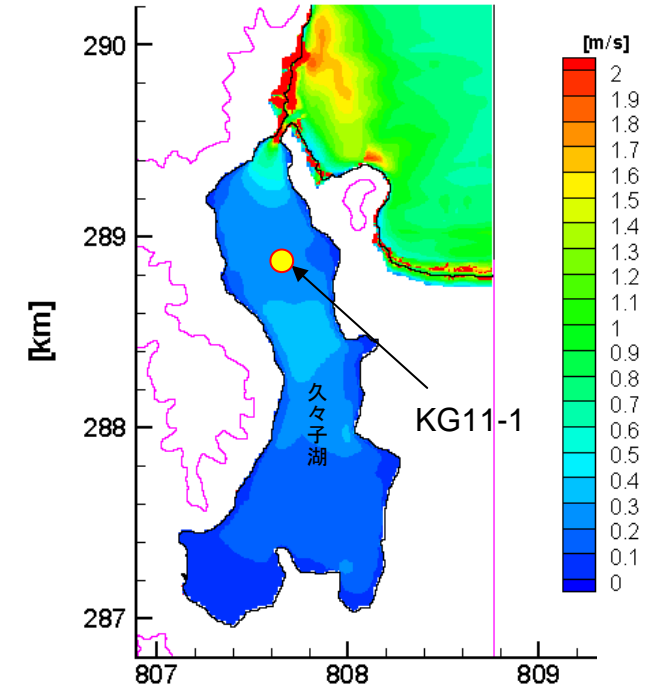
# 津波シミュレーション結果(6)～寛文地震前の地形モデル～ 和布～干飯崎沖～甲楽城断層[広域応力場90°, 上縁深さ0km](遡上モデル)



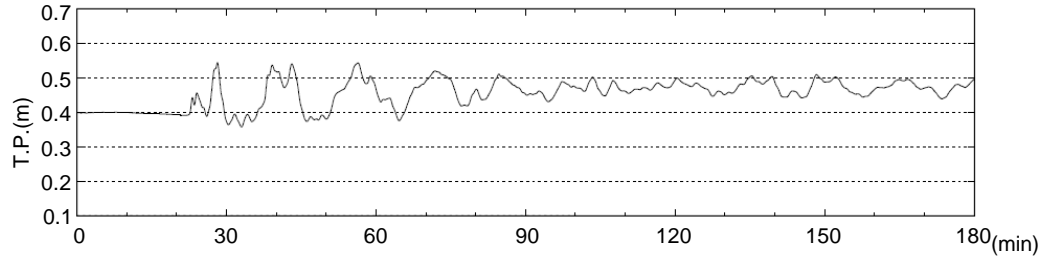
最大水位分布図(広域)



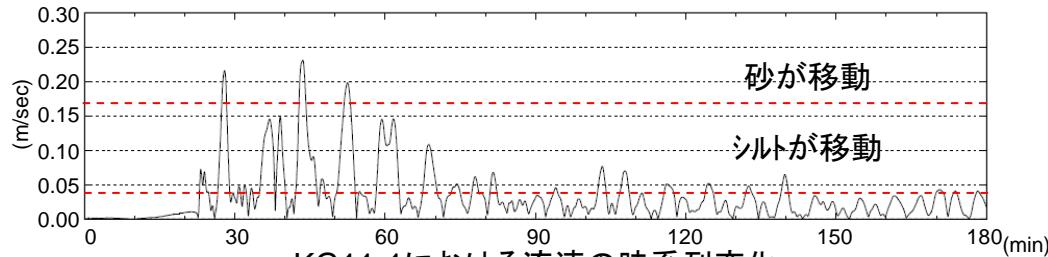
最大水位分布図(早瀬川河口付近)



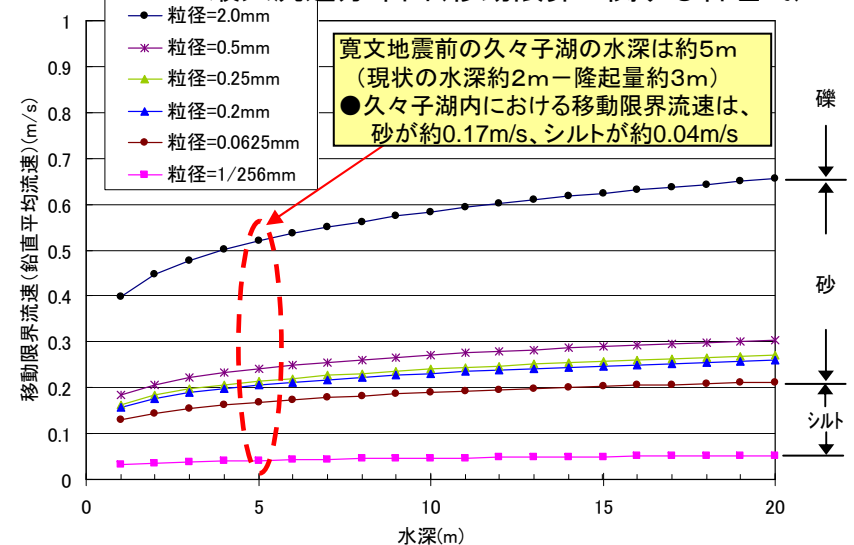
最大流速分布図(移動限界に関する岩垣式)



KG11-1における水位の時系列変化  
初期水位は朔望平均満潮位T.P.+0.45mに地盤変動分を加味

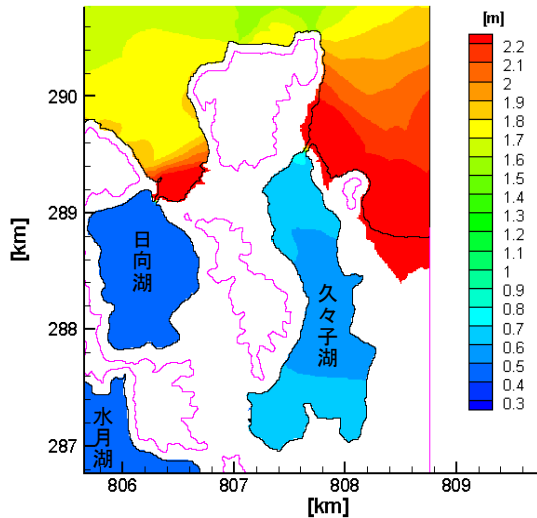


KG11-1における流速の時系列変化

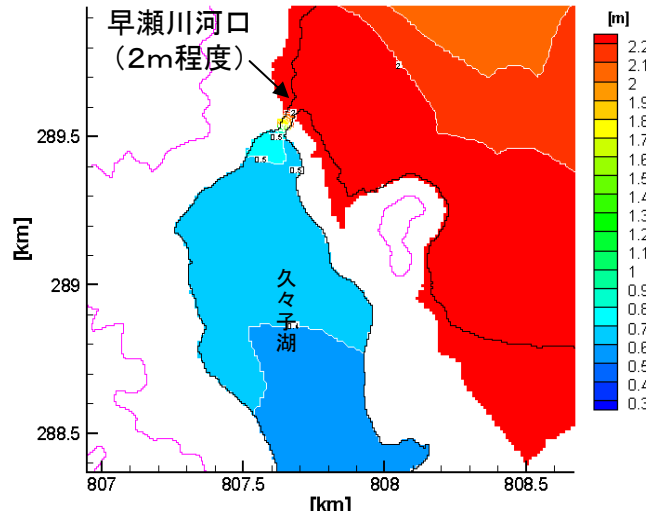


- 久々子湖沖合いでは1m/s程度の流速が発生しており、砂移動が発生する。
- KG11-1における最大流速は約0.23m/sであり、早瀬川河口より砂は流れ込む。
- 久々子湖内のシルトは移動し、シルト層中に浸食面が発生する。

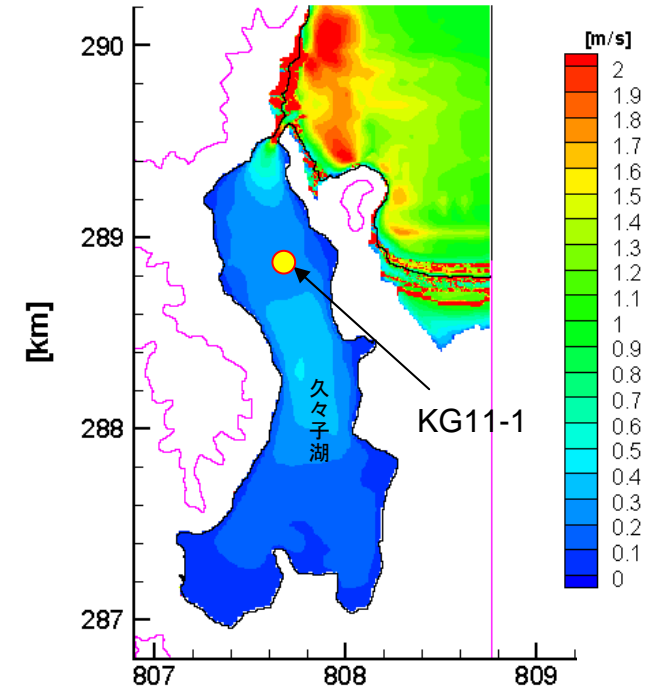
# 津波シミュレーション結果(7)～寛文地震前の地形モデル～ 大陸棚外縁～B～野坂断層[広域応力場90°, 上縁深さ0km](遡上モデル)



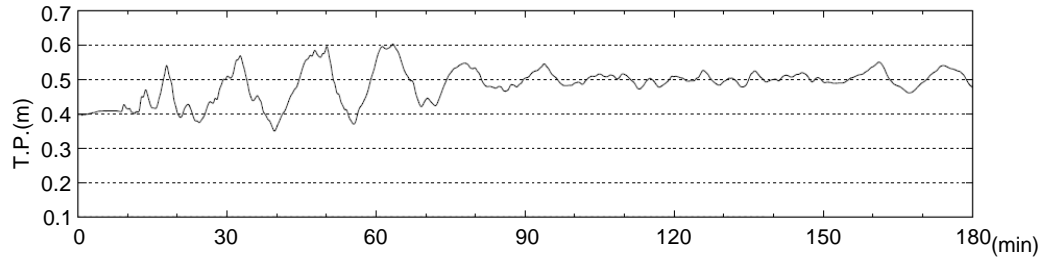
最大水位分布図(広域)



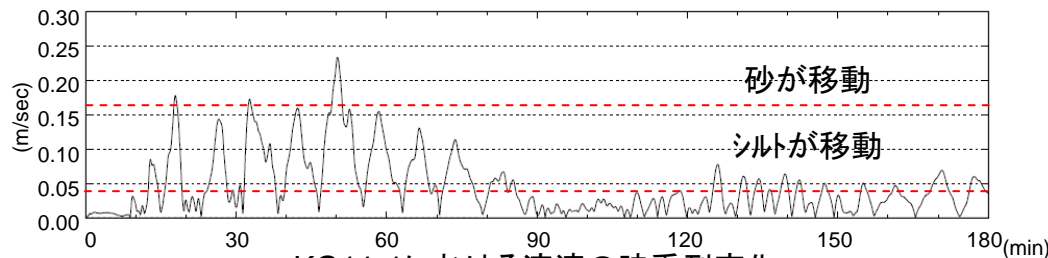
最大水位分布図(早瀬川河口付近)



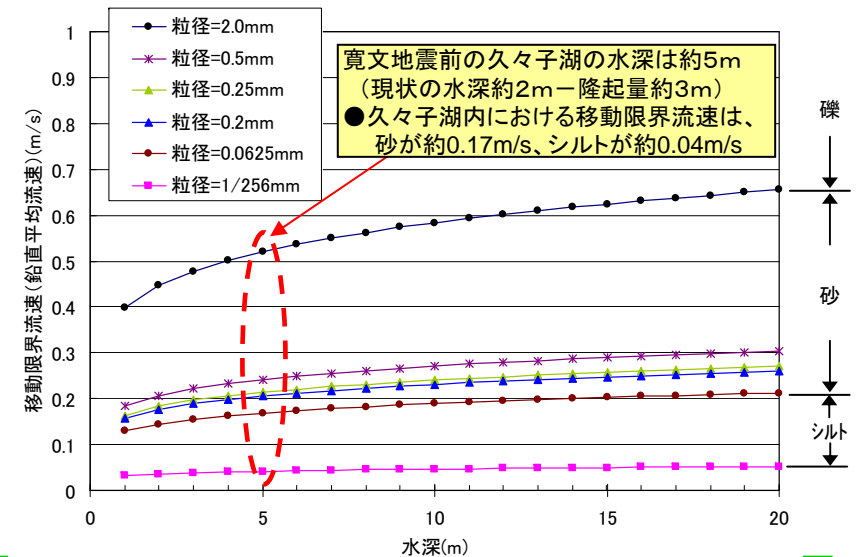
最大流速分布図(移動限界に関する岩垣式)



KG11-1における水位の時系列変化  
初期水位は朔望平均満潮位T.P.+0.45mに地盤変動分を加味

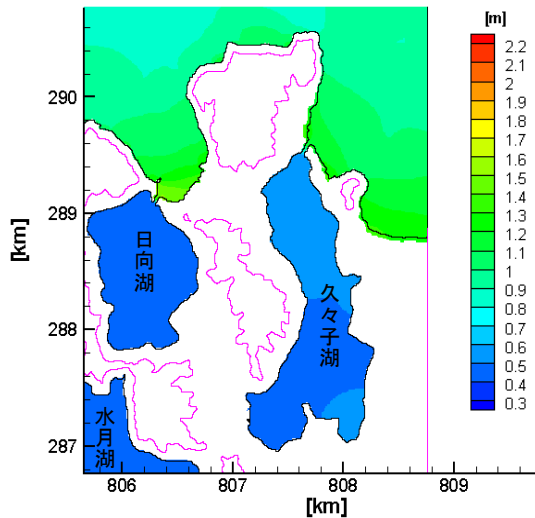


KG11-1における流速の時系列変化

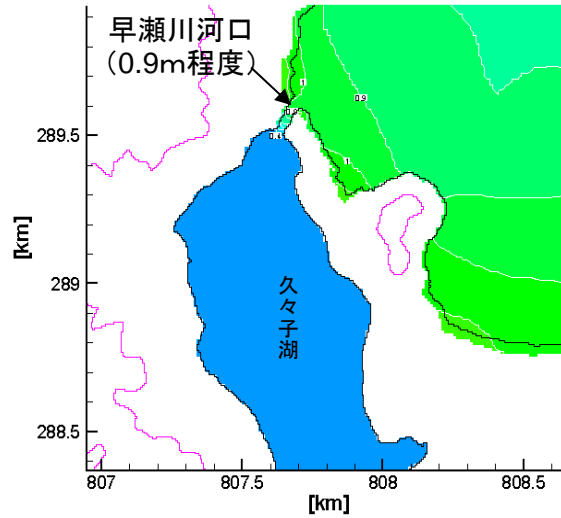


- 久々子湖沖合いでは1m/s程度の流速が発生しており、砂移動が発生する。
- KG11-1における最大流速は約0.23m/sであり、早瀬川河口より砂は流れ込む。
- 久々子湖内のシルトは移動し、シルト層中に浸食面が発生する。

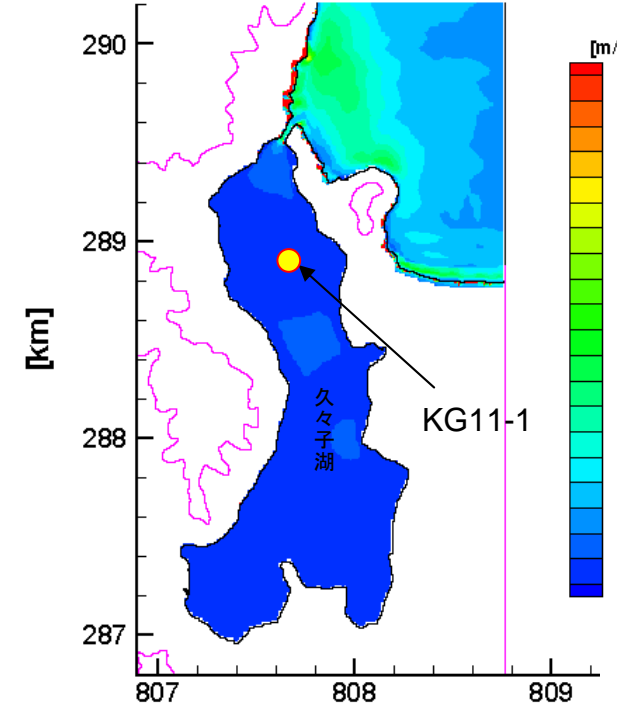
# 津波シミュレーション結果(8)～寛文地震前の地形モデル～ FO-A～FO-B断層[広域応力場90°, 上縁深さ0km](遡上モデル)



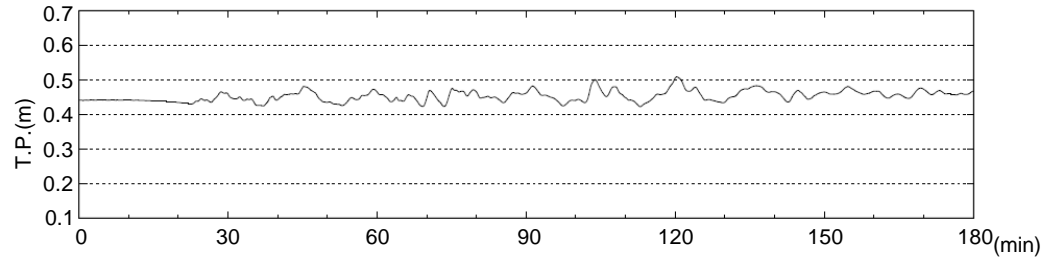
最大水位分布図(広域)



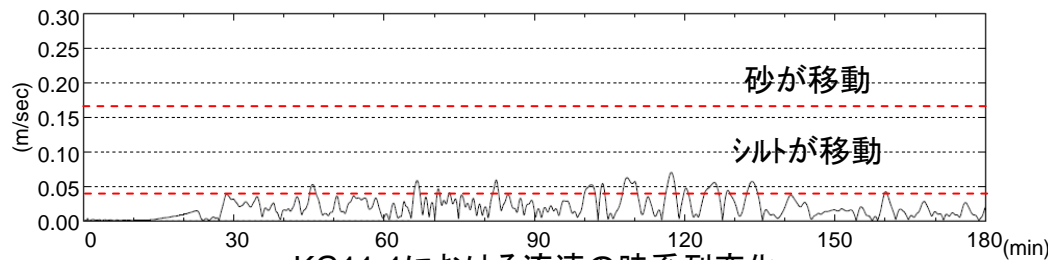
最大水位分布図(早瀬川河口付近)



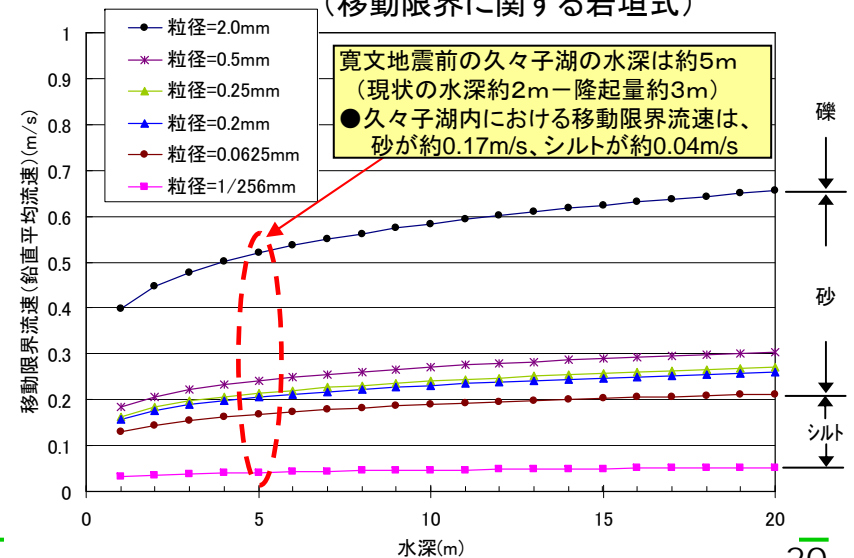
最大流速分布図 [km]  
(移動限界に関する岩垣式)



KG11-1における水位の時系列変化  
初期水位は朔望平均満潮位T.P.+0.45mに地盤変動分を加味



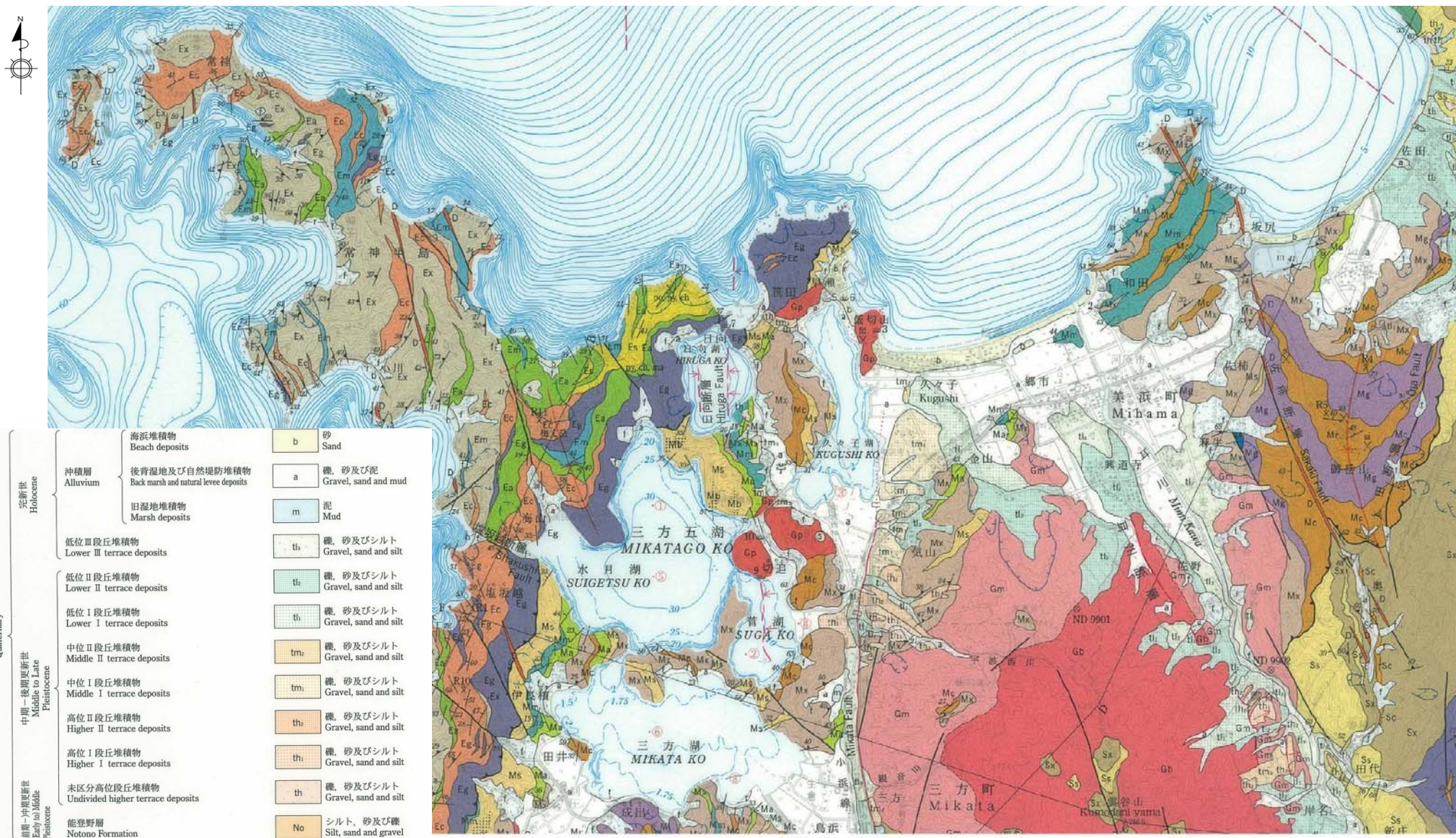
KG11-1における流速の時系列変化



- 久々子湖沖合いでは0.5m/s程度の流速が発生しており、砂移動が発生する。
- KG11-1における最大流速は約0.06m/sであり、砂の流れ込みは発生しない。
- ただし、久々子湖内のシルトは移動し、シルト層中に浸食面が発生する。

# 久々子湖付近における砂の分布状況に関する検討(1)

地質調査所「5万分の1地質図 西津」

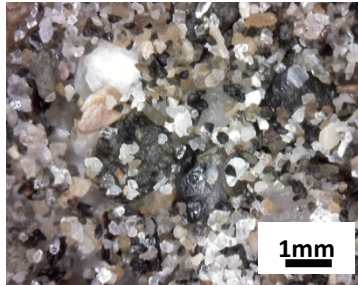


久々子湖北端の早瀬川河口及び久々子付近には砂が分布している。

0 1km

# 久々子湖付近における砂の分布状況に関する検討(2)

海上保安庁水路部(1980年)  
5万分の1沿岸の海の基本図「若狭湾東部」  
「若狭湾西部」海底地質構造図



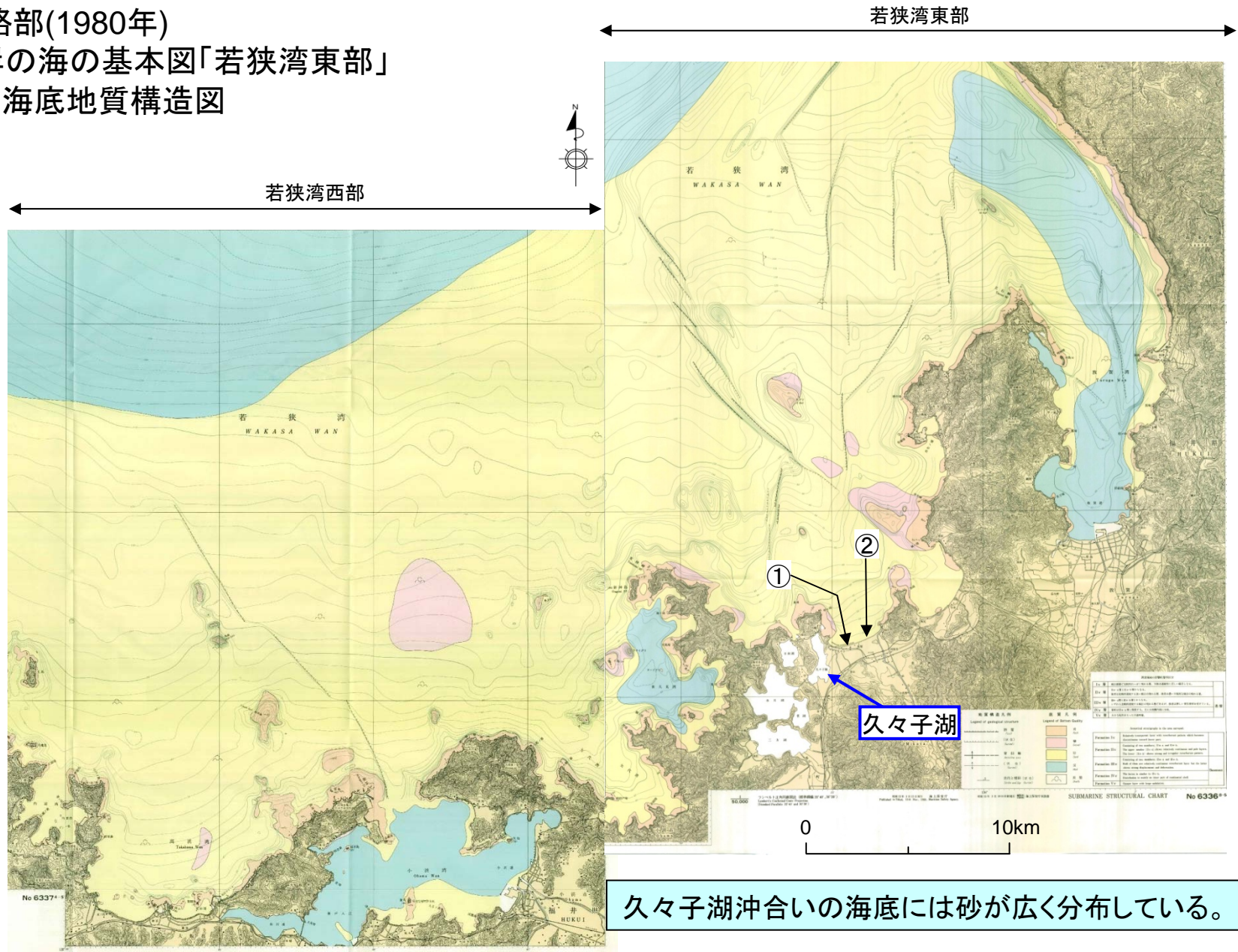
①付近の海岸砂  
細粒砂(Φ0.125~0.25mm)



②付近の海岸砂  
粗粒砂(Φ0.5~1.0mm)

底質凡例  
Legend of Bottom Quality

	岩 Rock
	礫 Gravel
	砂 Sand
	泥 Mud
	貝殻 Shells

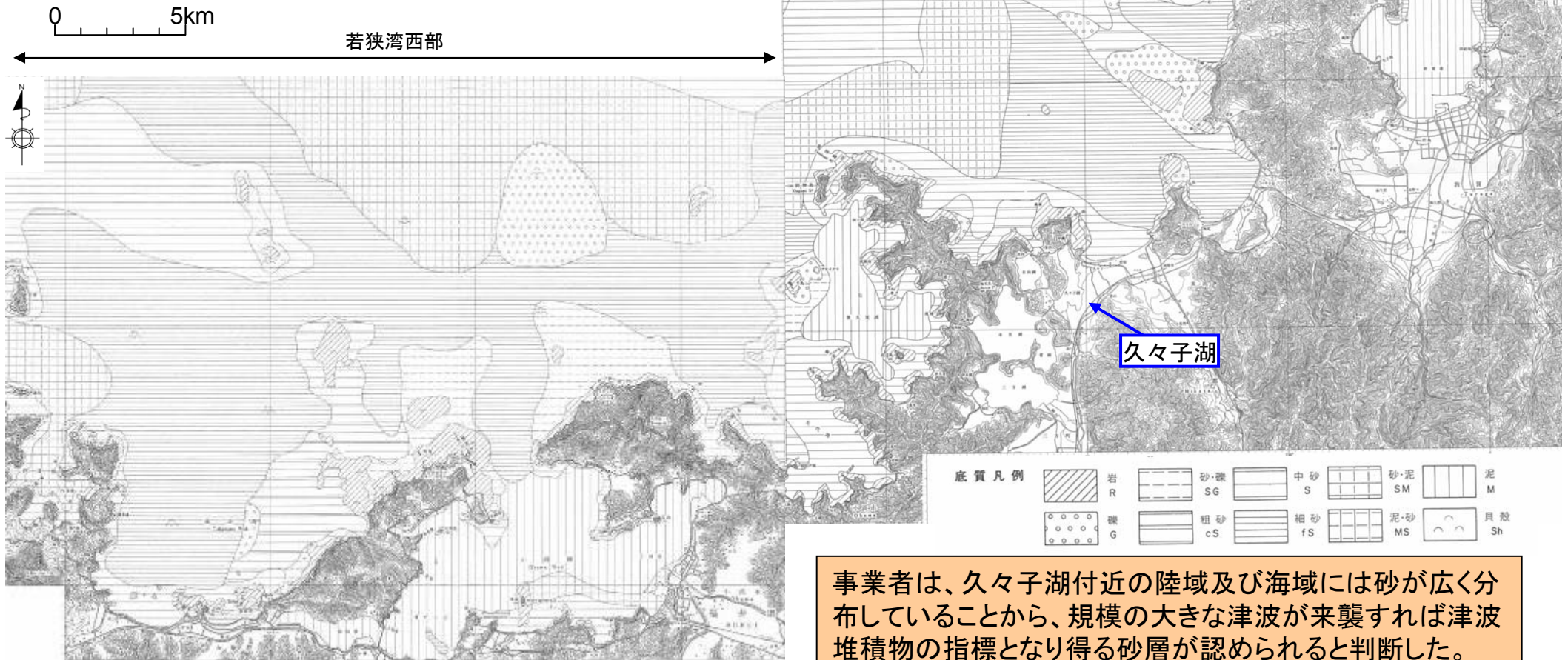


久々子湖沖合いの海底には砂が広く分布している。

# 久々子湖付近における砂の分布状況に関する検討(3)

海上保安庁水路部(1980年)  
5万分の1沿岸の海の基本図海底地形  
地質調査報告「若狭湾東部」「若狭湾西部」

久々子湖沖合いの海底には砂が広く分布している。



事業者は、久々子湖付近の陸域及び海域には砂が広く分布していることから、規模の大きな津波が来襲すれば津波堆積物の指標となり得る砂層が認められると判断した。

# 1.まとめ

## (1)津波シミュレーション結果

- 事業者は、既往地震(1983年日本海中部地震及び1993年北海道南西沖地震)による津波の再現性検討、及び敷地前面海域において同時活動を考慮する断層(和布一干飯崎沖～甲楽城断層、大陸棚外縁～B～野坂断層、FO-A～FO-B断層)に関する数値シミュレーションの結果、久々子湖付近には色々な方向から高さ1～2m程度の津波が到達することを確認した(現地形)。
- 事業者は、寛文地震による地盤の隆起(三方断層帯の東側の標高を現在の標高から3m差し引き)を考慮して、寛文地震前の地形をモデル化するとともに、いくつかの波源モデルを使用して、久々子湖内に砂の流入またはシルトの移動(浸食面)を発生させる流れ(移動限界流速)が生じることを確認した。
- 以上から、事業者は、久々子湖北東側の山体によって津波の流入が阻害されることはないと判断した。

## (2)砂の供給源に関する検討

- 事業者は、久々子湖北端の早瀬川河口及び久々子付近には浜堤が分布すること、海上保安庁水路部発行の海底地質構造図及び底質分布図では、久々子湖沖合いの海底には砂が広く分布していることから、規模の大きな津波が来襲すれば津波堆積物の指標となり得る砂層が認められると判断した。
- 事業者は、今回の津波堆積物調査の結果、砂層は認められなかったことから、仮に天正地震による津波があったとしても小規模な津波であったものと判断した。



## 2. ボーリング試料の分析結果について

## 天正地震による津波に関する評価 指摘事項及び事業者の回答・対応

## 【2. ボーリング試料の分析結果について】

指摘事項	事業者の回答・対応
<p>①示されたボーリングコアを見ると、地層の年代測定結果が逆転している箇所も見られる。14Cによる年代測定では、半減期（5730年）の関係から、新しい時代（1700年辺り）の精度が低くなる。 （第8回岡村委員）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性炭素年代測定は、基本的に有機質土を用いて実施した。</li> <li>・今回、新たに深度2m～K-Ahテフラ出現深度にかけて葉等の植物片も用いて放射性炭素年代測定を行い、堆積速度曲線を作成した結果、前回得られた年代値も含めて深度と年代は概ね整合していることを確認した。</li> </ul>
<p>②コアの写真にはいくつかの層が見られるが説明がなかった。（第8回岡村委員）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・久々子湖及び菅湖の6本でコアのCT画像撮影を実施したところ、肉眼では識別できない構造を鮮明に撮影できた。このCT画像を用いた各コアの天正年間を含むと考えられる層準の詳細な層相記載を今回報告。</li> <li>・縦横比を変更しないコア写真集及び層相の解説について、別添資料において今回報告。</li> <li>・各孔の試料分析結果におけるコア写真は、縦横比=1：2であることを記載。</li> </ul>
<p>③化石については、海から来たものが無いから津波は来ていないとは言えない。堆積速度に対し、津波の来襲は一瞬である。津波堆積物の検出限界にも着目すべきである。 （第8回、岡村委員）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・津波堆積物の検出限界について、層相の面から検討した。具体的には、上述の6本のコアについて、CT画像解析と含砂率の分析を行った。その結果、年代・層相から天正年間を含むと考えられる層準は均質なシルトからなり、津波堆積物の指標となり得る砂層や明瞭な不連続面は認められない。</li> </ul>

## 天正地震による津波に関する評価 指摘事項及び事業者の回答・対応

## 【2. ボーリング試料の分析結果について】

指摘事項	事業者の回答・対応
<p>④珪藻化石分析の間隔が極めて粗い。これで傾向を捕まえることができるのか疑問である。 (第8回山本委員)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産総研による津波堆積物調査事例では、津波堆積物とされる砂層とその上下で、帯磁率、乾燥重量、明度が著しく異なることが示されている。一方、今回事業者が採取したコア試料は、層相、帯磁率(1cm間隔)、湿潤・乾燥重量(5cm間隔)、明度・色調(10cm間隔)が大きく変化することはなく、均質なシルトからなることが分かっている。</li> <li>・また、産総研等で実施されている津波堆積物調査では、層相から津波堆積物の可能性があるとして解釈された砂層とその上下を対象に、集中的に微化石分析等を実施しているが、事業者が採取したコア試料では、こうした堆積物が認められない。密な間隔で傾向変化を確認すべき対象層が存在しないため、珪藻化石分析の間隔が粗いとは考えていない。</li> <li>・なお、今回CT画像による層相記載、ならびに含砂率測定を実施し、砂層が認められないことを改めて確認している。</li> </ul>
<p>⑤資料「地震・津波8-2」P10の菅湖のボーリング調査結果を見ると、珪藻化石分析結果において、天正地震の対象地層以外のところでは非常に少ないが海水性の珪藻化石が検出されている。今回は天正地震の対象地層に関する分析結果であるが、注目に値すると思うのでぜひ要因分析してほしい。 (第8回山本委員)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天正地震の対象地層以外の部分については今後検討。</li> </ul>

## 2. ボーリング試料の分析結果について(事業者による検討の概要)

### (1) 14C年代測定結果の信頼性の検討(指摘事項①への回答・対応)

○久々子湖・菅湖の計6地点において採取したボーリング試料の14C年代測定結果から、堆積速度曲線を作成し、テフラと14Cの年代・深度に大きな矛盾はないことから、14C年代の信頼性に問題はないと判断した。

### (2) CT画像による層相記載(指摘事項②への回答・対応)

○コア現地確認時のコメントに従って、コアのX線CT画像(以下、CT画像)を取得した。久々子湖・菅湖コアの年代・深度から、天正年間を含む可能性のある層準で詳細な層相記載を実施し、層区分を行った。

### (3) CT画像による層相解析(指摘事項③への回答・対応)

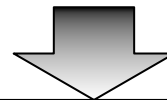
○層相記載に基づき久々子湖・菅湖コアの堆積環境を検討した。その結果、各コアは主に湖底堆積物からなると解釈した。また、久々子湖コアで認められる層相変化の要因を、1662年寛文地震による堆積物供給河川の転換によるものと判断し、天正年間の層準を絞り込んだ。

○津波堆積物の検出限界を検討する上で、層相の面からの検討として、天正年間を含む可能性のある層準のCT画像連続断面(0.5mm間隔)を撮影・観察したが、流速の増加に伴う削りこみや粗粒な層は認められないとした。

### (4) その他検討:各種分析データの拡充

○久々子湖・菅湖コアの含砂率測定を実施し、CT画像による層相記載・解析結果と整合すると判断した。

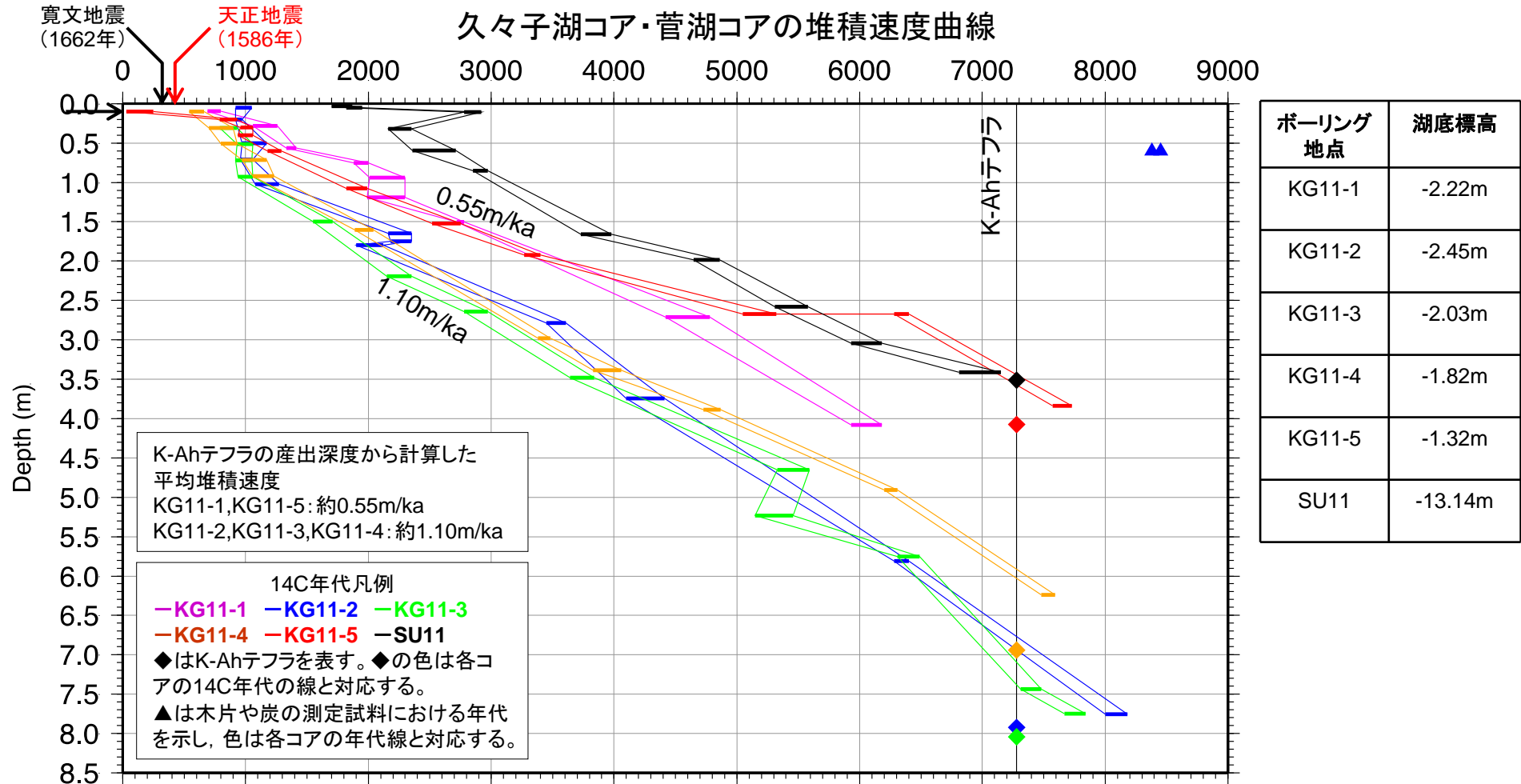
○久々子湖内のコアに関する分析結果を追加した。



### (5) まとめ

事業者は、年代測定結果の信頼性検討、CT画像解析の結果も踏まえ、久々子湖・菅湖・中山湿地コアの天正年間を含む対象地層に、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められず、「古文書に記載されているような天正地震による大規模な津波を示唆するものは無いと考えられる」とする従来の評価と整合的であると判断した。

## 2. (1) 14C年代測定結果の信頼性の検討



## ○事業者の主張: 14C年代の精度について

K-Ahテフラと14C年代を結んだ線の傾きは、K-Ahテフラと0を結んだ線の傾きと大局的に見て大きく変化しない。また、テフラと14Cの年代・深度に大きな矛盾はない。以上のことから、各コアに大きな欠損はなく、14C年代の信頼性に問題はないと考えられる。

## ○堆積速度について

久々子湖コアの堆積速度は、数百年前以降、減少する傾向が見られる。

## 2. (1) 14C年代測定結果の信頼性の検討

## 14C年代測定結果結果(久々子湖:KG11-1、KG11-2)

地点名	孔名	深度	分析方法	試料の前処理	試料の種類	$\delta^{13}\text{C}$	Conventional radiocarbon age	暦年代(2 $\sigma$ calibrated result)					
						(‰)	(y BP)	(西暦)		(cal BP)			
久々子湖	KG11-1	0.09	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.9	850 ± 30	Cal AD 1160	~	Cal AD 1260	800	~	690
		0.28	AMS	酸洗浄	有機質土	-15.4	1220 ± 30	Cal AD 690	~	Cal AD 890	1260	~	1060
		0.56	AMS	酸洗浄	有機質土	-14.0	1500 ± 30	Cal AD 540	~	Cal AD 620	1410	~	1330
		0.75	AMS	酸洗浄	有機質土	-27.0	2000 ± 30	Cal BC 50	~	Cal AD 70	2000	~	1880
		0.94	AMS	酸洗浄	有機質土	-21.2	2140 ± 30	Cal BC 350	~	Cal BC 60	2300	~	2010
		1.19	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-28.8	2120 ± 40	Cal BC 350	~	Cal BC 40	2300	~	1990
		1.50	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	NA	2630 ± 40	Cal BC 840	~	Cal BC 770	2780	~	2720
		2.71	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-28.9	4030 ± 40	Cal BC 2830	~	Cal BC 2470	4780	~	4420
		4.08	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-29.1	5270 ± 40	Cal BC 4230	~	Cal BC 3980	6180	~	5930
	KG11-2	0.05	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.0	1040 ± 30	Cal AD 900	~	Cal AD 1030	1050	~	920
		0.20	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.7	1020 ± 30	Cal AD 980	~	Cal AD 1030	970	~	920
		0.51	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.7	1140 ± 30	Cal AD 780	~	Cal AD 980	1170	~	970
		0.61	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	木片	-25.8	7620 ± 40	Cal BC 6500	~	Cal BC 6430	8450	~	8380
		0.71	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.8	1110 ± 30	Cal AD 880	~	Cal AD 990	1060	~	960
		1.02	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.0	1250 ± 30	Cal AD 680	~	Cal AD 870	1270	~	1080
		1.65	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-13.2	2270 ± 30	Cal BC 400	~	Cal BC 210	2350	~	2160
		1.75	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.7	2280 ± 30	Cal BC 400	~	Cal BC 230	2350	~	2180
		1.80	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-27.2	2050 ± 40	Cal BC 170	~	Cal AD 50	2120	~	1900
		2.79	AMS	酸洗浄	有機質土	-28.0	3300 ± 30	Cal BC 1660	~	Cal BC 1500	3610	~	3450
		3.74	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-29.4	3840 ± 40	Cal BC 2460	~	Cal BC 2150	4410	~	4100
		5.81	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-26.2	5530 ± 40	Cal BC 4450	~	Cal BC 4330	6400	~	6280
		7.76	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.7	7270 ± 40	Cal BC 6230	~	Cal BC 6050	8180	~	8000
		8.28	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	炭化物	-28.6	> 43500			-			> 43500
7.93	テフラ			K-Ah							7280		

## 2. (1) 14C年代測定結果の信頼性の検討

## 14C年代測定結果結果(久々子湖:KG11-3、KG11-4)

地点名	孔名	深度	分析方法	試料の前処理	試料の種類	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional radiocarbon age (y BP)	暦年代(2 $\sigma$ calibrated result)	
								(西暦)	(cal BP)
久々子湖	KG11-3	0.10	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.3	modern	1950	0
		0.31	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.2	950 $\pm$ 30	Cal AD 1020 ~ Cal AD 1160	930 ~ 790
		0.52	AMS	酸洗浄	有機質土	-20.4	1090 $\pm$ 30	Cal AD 890 ~ Cal AD 1020	1060 ~ 930
		0.72	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.1	1040 $\pm$ 30	Cal AD 900 ~ Cal AD 1030	1050 ~ 920
		0.93	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.1	1100 $\pm$ 30	Cal AD 890 ~ Cal AD 1020	1060 ~ 940
		1.51	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.9	1720 $\pm$ 30	Cal AD 240 ~ Cal AD 400	1710 ~ 1550
		2.23	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-25.8	2260 $\pm$ 40	Cal BC 400 ~ Cal BC 200	2350 ~ 2150
		2.64	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-29.4	2790 $\pm$ 40	Cal BC 1020 ~ Cal BC 840	2970 ~ 2780
		3.48	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	NA	3480 $\pm$ 30	Cal BC 1890 ~ Cal BC 1700	3840 ~ 3640
		4.65	AMS	酸洗浄	有機質土	NA	4770 $\pm$ 40	Cal BC 3640 ~ Cal BC 3380	5590 ~ 5330
		5.24	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-26.8	4610 $\pm$ 40	Cal BC 3510 ~ Cal BC 3200	5460 ~ 5150
		5.75	AMS	酸洗浄	有機質土	NA	5640 $\pm$ 40	Cal BC 4540 ~ Cal BC 4360	6490 ~ 6310
		7.44	AMS	酸洗浄	有機質土	NA	6490 $\pm$ 50	Cal BC 5530 ~ Cal BC 5360	7480 ~ 7310
		7.75	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.3	6920 $\pm$ 40	Cal BC 5890 ~ Cal BC 5720	7840 ~ 7670
	8.05	テフラ		K-Ah				7280	
	KG11-4	0.10	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.6	600 $\pm$ 30	Cal AD 1290 ~ Cal AD 1410	660 ~ 540
		0.31	AMS	酸洗浄	有機質土	-18.7	860 $\pm$ 30	Cal AD 1050 ~ Cal AD 1250	900 ~ 700
		0.51	AMS	酸洗浄	有機質土	-17.3	970 $\pm$ 30	Cal AD 1020 ~ Cal AD 1160	930 ~ 800
		0.71	AMS	酸洗浄	有機質土	-25.3	1140 $\pm$ 30	Cal AD 780 ~ Cal AD 980	1170 ~ 970
		0.92	AMS	酸洗浄	有機質土	-21.0	1200 $\pm$ 30	Cal AD 720 ~ Cal AD 890	1230 ~ 1060
		1.60	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.8	2010 $\pm$ 30	Cal BC 90 ~ Cal AD 60	2040 ~ 1890
		2.98	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-25.0	3220 $\pm$ 30	Cal BC 1530 ~ Cal BC 1430	3480 ~ 3380
		3.39	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	NA	3600 $\pm$ 40	Cal BC 2110 ~ Cal BC 1880	4060 ~ 3830
		3.89	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.7	4260 $\pm$ 40	Cal BC 2920 ~ Cal BC 2780	4870 ~ 4730
		4.91	AMS	酸洗浄	有機質土	NA	5460 $\pm$ 40	Cal BC 4360 ~ Cal BC 4250	6310 ~ 6200
6.24		AMS	酸洗浄	有機質土	-24.3	6670 $\pm$ 40	Cal BC 5640 ~ Cal BC 5530	7590 ~ 7480	
6.94	テフラ		K-Ah				7280		

## 2. (1) 14C年代測定結果の信頼性の検討

## 14C年代測定結果結果(久々子湖:KG11-5)

地点名	孔名	深度	分析方法	試料の前処理	試料の種類	$\delta^{13}\text{C}$	Conventional radiocarbon age	暦年代(2 $\sigma$ calibrated result)		
						(‰)	(y BP)	(西暦)	(cal BP)	
久々子湖	KG11-5	0.10	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.8	50 $\pm$ 30	Cal AD 1700 ~	Cal AD 1950	250 ~
		0.20	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.7	960 $\pm$ 30	Cal AD 1020 ~	Cal AD 1160	930 ~ 790
		0.30	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.0	1110 $\pm$ 30	Cal AD 880 ~	Cal AD 990	1060 ~ 960
		0.40	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.7	1100 $\pm$ 30	Cal AD 890 ~	Cal AD 1020	1060 ~ 940
		0.60	AMS	酸洗浄	有機質土	-25.4	1300 $\pm$ 30	Cal AD 660 ~	Cal AD 770	1290 ~ 1180
		1.08	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-30.3	1950 $\pm$ 40	Cal BC 40 ~	Cal AD 130	1990 ~ 1820
		1.52	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.6	2550 $\pm$ 30	Cal BC 800 ~	Cal BC 570	2750 ~ 2520
		1.92	AMS	酸洗浄	有機質土	-27.5	3130 $\pm$ 30	Cal BC 1450 ~	Cal BC 1320	3400 ~ 3270
		2.67	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-28.2	4540 $\pm$ 40	Cal BC 3370 ~	Cal BC 3100	5320 ~ 5050
		2.67	AMS	酸洗浄	有機質土	NA	5520 $\pm$ 40	Cal BC 4450 ~	Cal BC 4330	6400 ~ 6280
		3.84	AMS	酸洗浄	有機質土	NA	6800 $\pm$ 60	Cal BC 5780 ~	Cal BC 5620	7730 ~ 7570
		4.08	テフラ			K-Ah				



## 2. (1) 14C年代測定結果の信頼性の検討

## 14C年代測定結果結果(菅湖:SU-11・中山湿地:NK-11)

地点名	孔名	深度	分析方法	試料の前処理	試料の種類	$\delta^{13}\text{C}$	Conventional radiocarbon age	暦年代(2 $\sigma$ calibrated result)						
						(‰)	(y BP)	(西暦)		(cal BP)				
菅湖	SU11	0.03	AMS	酸洗浄	有機質土	-27.6	1840 ± 40	Cal AD	80 ~	Cal AD	250	1870 ~	1700	
		0.05	AMS	酸洗浄	有機質土	-27.3	1940 ± 30	Cal AD	0 ~	Cal AD	130	1950 ~	1820	
		0.11	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.9	2750 ± 30	Cal BC	970 ~	Cal BC	830	2920 ~	2780	
		0.32	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.7	2270 ± 30	Cal BC	400 ~	Cal BC	210	2350 ~	2160	
		0.60	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-29.0	2450 ± 30	Cal BC	760 ~	Cal BC	410	2710 ~	2360	
		0.86	AMS	酸洗浄	有機質土	-27.4	2810 ± 30	Cal BC	1020 ~	Cal BC	900	2970 ~	2850	
		1.66	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	NA	3580 ± 40	Cal BC	2030 ~	Cal BC	1780	3980 ~	3730	
		1.99	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.9	4230 ± 40	Cal BC	2910 ~	Cal BC	2700	4860 ~	4650	
		2.58	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-26.2	4670 ± 40	Cal BC	3630 ~	Cal BC	3360	5580 ~	5310	
		3.04	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-28.2	5280 ± 40	Cal BC	4240 ~	Cal BC	3980	6180 ~	5930	
		3.41	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-29.5	6090 ± 40	Cal BC	5200 ~	Cal BC	4860	7150 ~	6810	
		3.52	テフラ			K-Ah							7280	
		4.19	テフラ			U-Oki							10700	
8.05	テフラ			Sakate							17200			
中山低地	NK11	0.42	AMS	酸洗浄	有機質土	-28.1	3280 ± 30	Cal BC	1620 ~	Cal BC	1500	3570 ~	3440	
		0.94	AMS	酸洗浄	有機質土	-27.7	3160 ± 40	Cal BC	1500 ~	Cal BC	1320	3450 ~	3280	
		1.69	AMS	酸洗浄	有機質土	-23.3	4380 ± 40	Cal BC	3260 ~	Cal BC	2900	5210 ~	4850	
		1.78	AMS	酸洗浄	有機質土	-24.7	4490 ± 30	Cal BC	3350 ~	Cal BC	3030	5300 ~	4980	
		2.33	AMS	酸-アルカリ-酸洗浄	植物片	-29.6	7570 ± 40	Cal BC	6470 ~	Cal BC	6390	8420 ~	8340	
		2.80	AMS	酸洗浄	有機質土	-28.8	9670 ± 40	Cal BC	9250 ~	Cal BC	8920	11200 ~	10870	
		3.05	AMS	酸洗浄	有機質土	-26.6	9130 ± 40	Cal BC	8440 ~	Cal BC	8280	10390 ~	10230	
		3.29	テフラ			K-Ah							7280	
		11.93	テフラ			AT							26000 ~	29000

## 2.(2)CT画像による層相記載：X線CTの原理

## X線CTの原理について

X線CT(X-ray Computerized Tomography)

試料の全周方向からX線を照射し、投影データを逆解析して試料内部のX線吸収係数の分布を画像化する。  
X線吸収係数の分布であることから、密度差が可視化される。

CT値(HU:ハンスフィールドユニット)

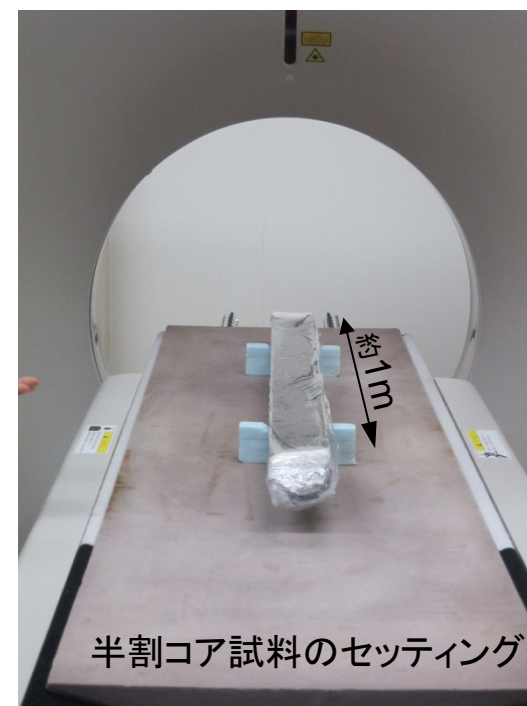
水を0、空気を-1000とする単位で、X線吸収係数に比例した数。CT値の大小が、画像調整を施したCT画像の明暗に反映され、高い吸収係数を持つ部位(高密度の部位)ほど明るくなる。

$$\text{CT値} = N_{CT} = (\mu_t - \mu_w) / \mu_w \times 1000$$

$\mu_t$  : 試料の部位のX線吸収係数(1/cm)       $\mu_w$  : 水のX線吸収係数(1/cm)

(水の2倍の吸収係数を持つ部位のCT値は +1000となる。水の3倍の吸収係数を持つ部位のCT値は +2000となる。)

今回のX線CT画像は、  
(財)電力中央研究所  
で撮影された。



## 2. (2)CT画像による層相記載：CT画像の表示

## CT画像の表示について

測定されたCT値を白から黒までグレースケール化することによって、CT画像が得られる。  
 この時、グレースケール化するCT値の範囲を、WL(ウインドウレベル)とWW(ウインドウ幅)により設定する。  
 WLはグレースケール化する範囲の midpoint の値である。  
 WWは範囲の上限下限間の幅である。

WLを小さくすると、密度の小さな物質をより明るく表示できる。

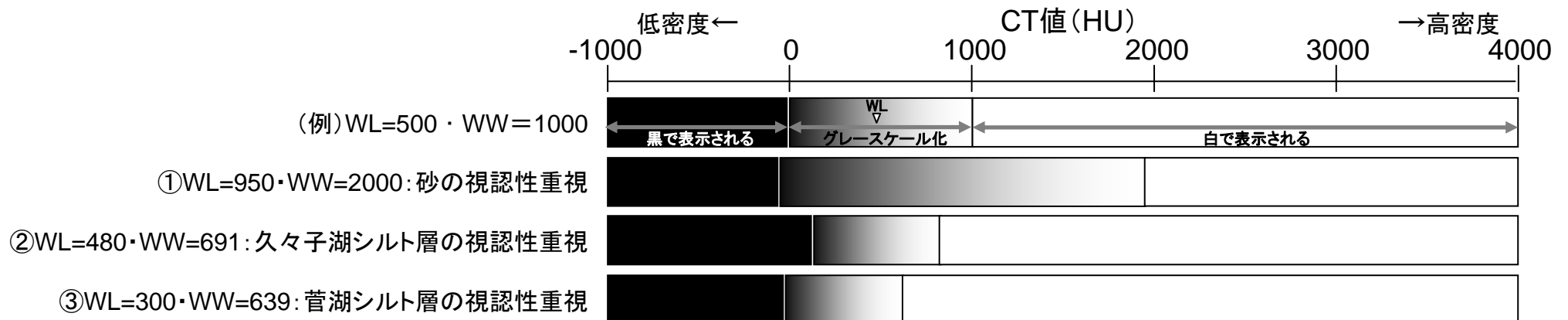
WWを狭くすると、小さなCT値の差を見やすく表示できる。

例えば、下の図の「(例)」では、CT値が0以下は黒、CT値=500が中間の灰色、CT値が1000以上は白で表示される。

堆積物の場合、粒度が粗粒ならばWLを高く、細粒ならば低く、粒度分布が広ければWWを大きく、狭ければ小さくすることによって、試料の内部構造を見やすく表示できる。  
 つまり、**同じコアであっても、WL・WWの設定によって、画像の見え方は大きく変わる。**

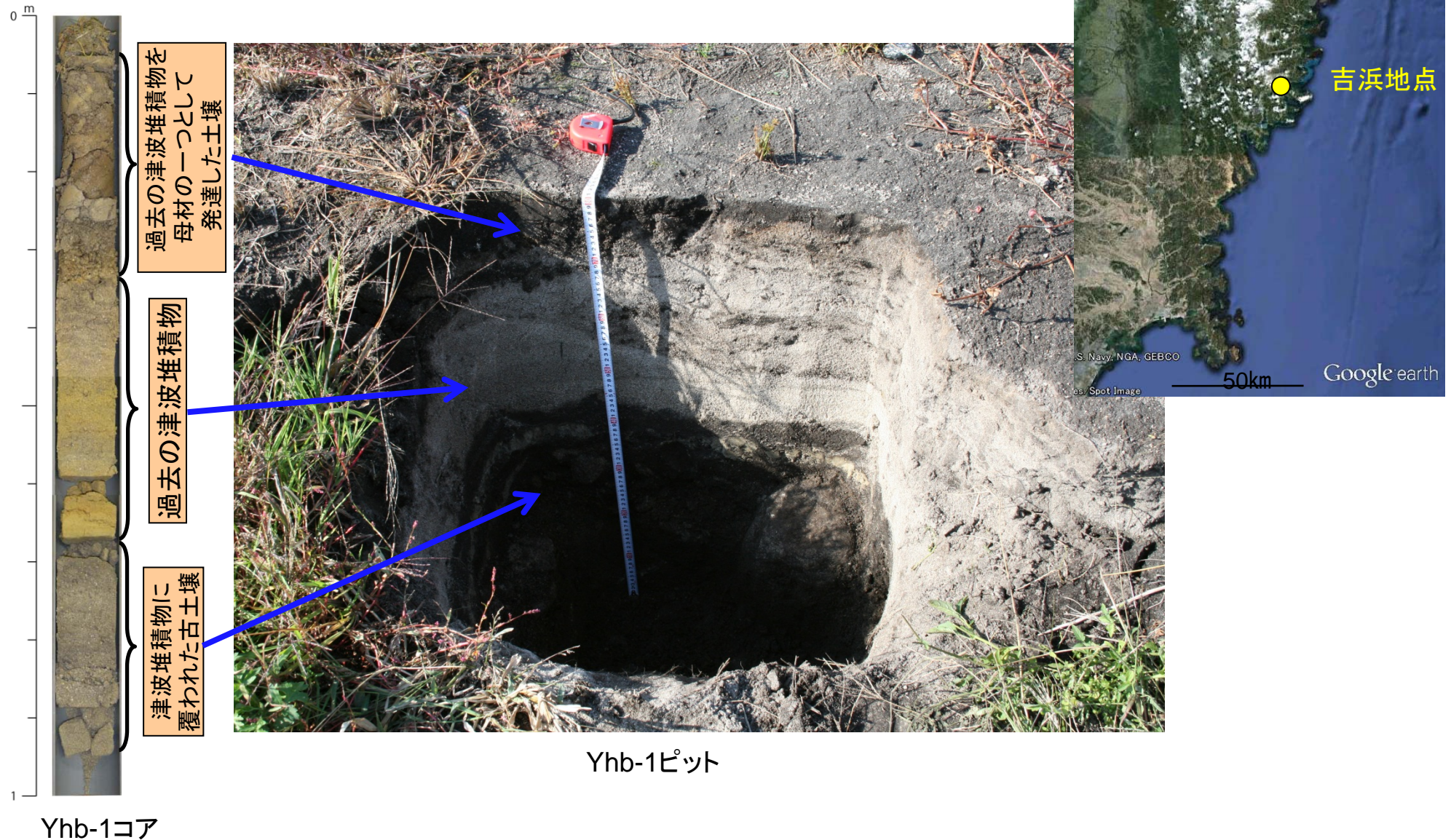
今回のボーリングコア試料のCT画像解析では、肉眼では識別し難い津波堆積物の指標となり得る砂層の識別と、シルト層の詳細な層相記載のため、以下の3つのWL・WWの設定を用いた。

- ①WL=950・WW=2000: **砂の視認性が高い設定**。砂層の内部構造の観察に適する(次頁で事例紹介)。
- ②WL=480・WW=691: **久々子湖シルト層の視認性が高い設定**。久々子湖シルト層の内部構造の観察に適する。
- ③WL=300・WW=639: **菅湖シルト層の視認性が高い設定**。菅湖のシルト層の内部構造の観察に適する。



## 2. (2)CT画像による層相記載:砂層の例

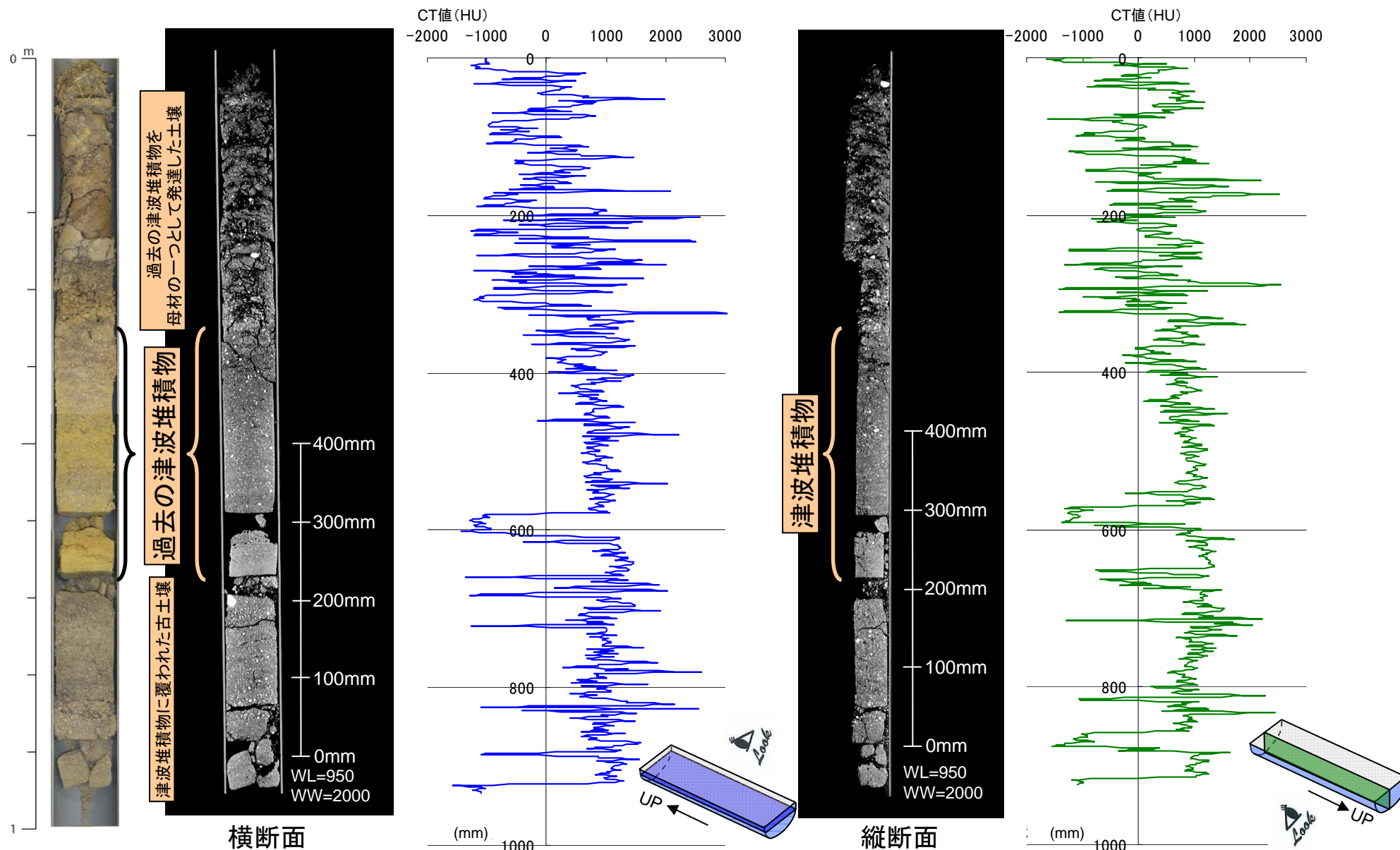
津波堆積物の事例(岩手県大船渡市三陸町吉浜、Yhb-1コア、ピット※)



※津波堆積物試料・写真は(財)電力中央研究所提供

## 2. (2)CT画像による層相記載：砂層の例

津波堆積物の砂層試料のCT画像、CT値(Yhb-1、WL=950・WW=2000：砂粒子の視認性が高い設定)

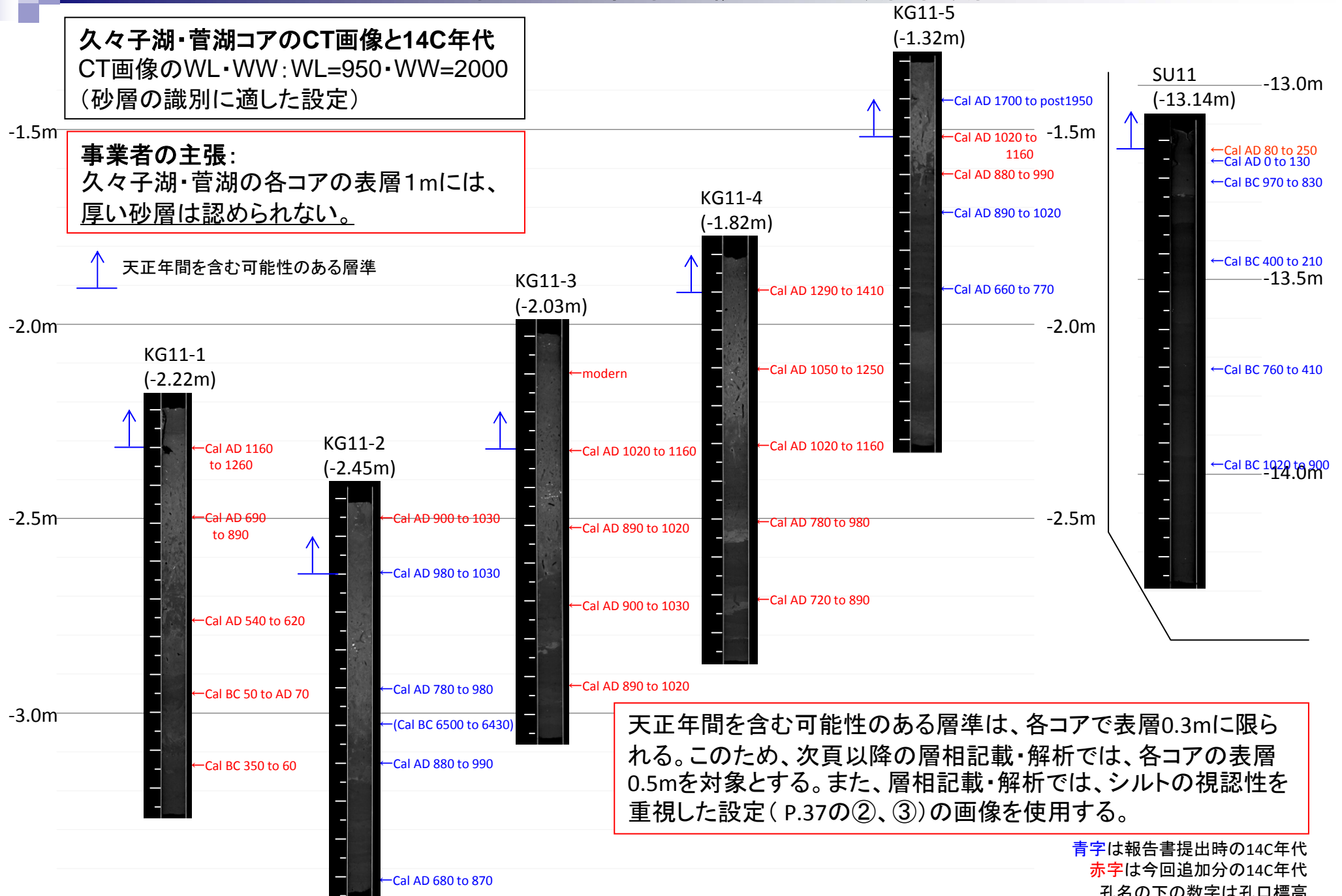


津波堆積物は全体的にCT値1000程度の粒状の明白色を呈し、わずかに上方が細粒となる級化構造の特徴を示す。粗粒な粒子間に空気を含むため、地表付近の土壌部においてはCT値が-1000の部分が目立つ。(コア試料は、(財)電力中央研究所提供)

## 2. (2)CT画像による層相記載：久々子湖・菅湖コア

久々子湖・菅湖コアのCT画像と14C年代  
CT画像のWL・WW: WL=950・WW=2000  
(砂層の識別に適した設定)

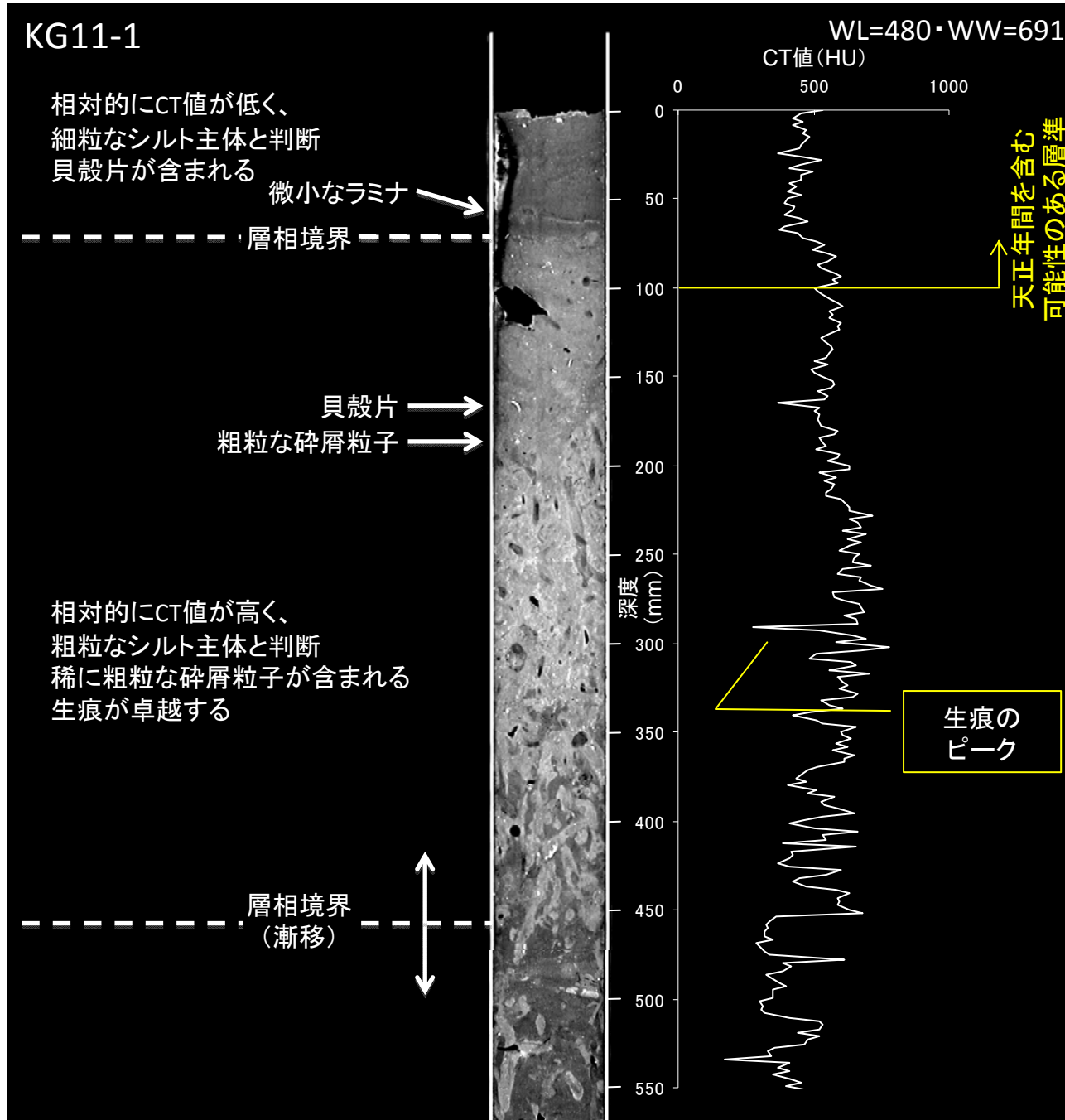
**事業者の主張:**  
久々子湖・菅湖の各コアの表層1mには、  
厚い砂層は認められない。



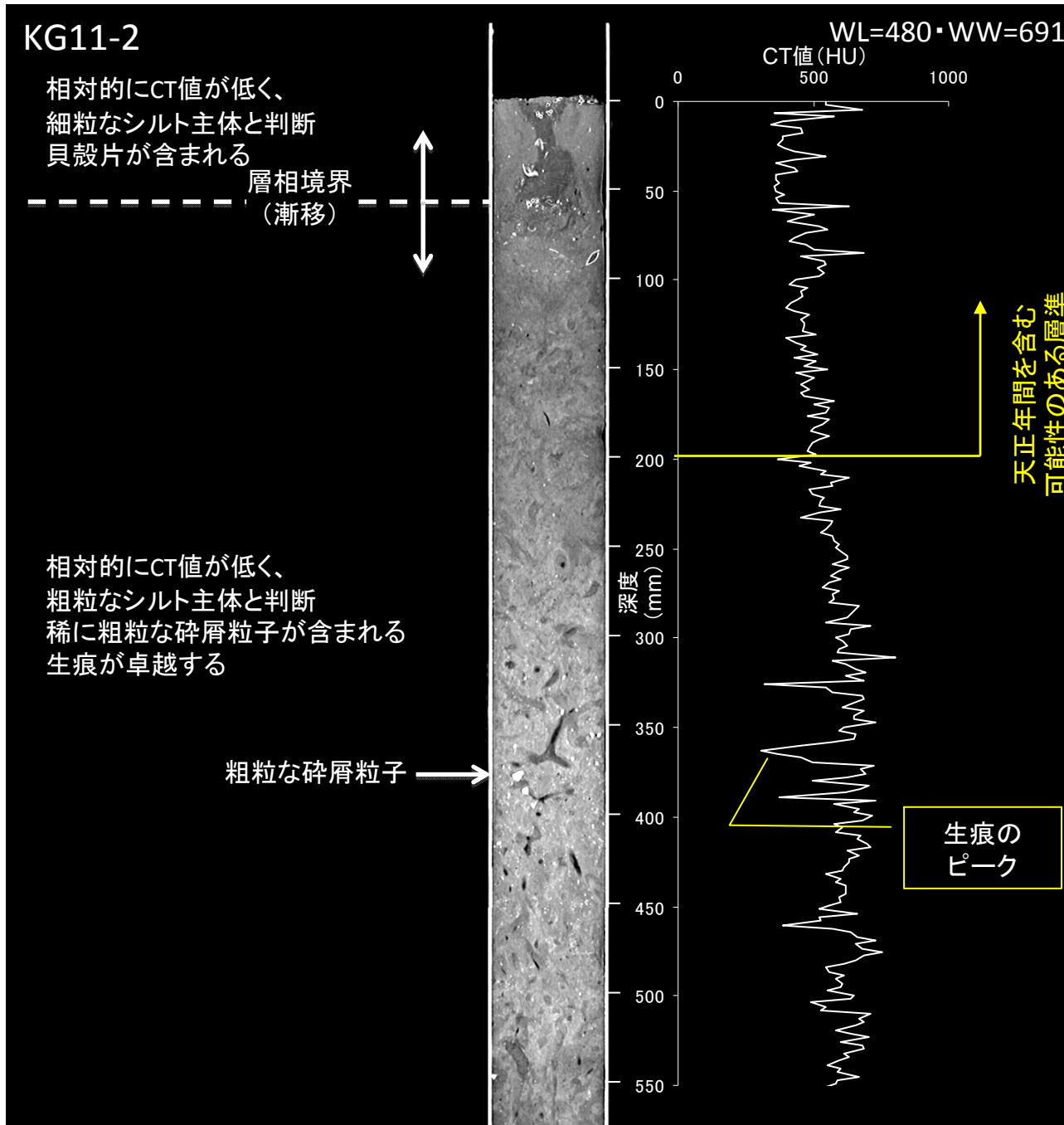
天正年間を含む可能性のある層準は、各コアで表層0.3mに限られる。このため、次頁以降の層相記載・解析では、各コアの表層0.5mを対象とする。また、層相記載・解析では、シルトの視認性を重視した設定 (P.37の②、③) の画像を使用する。

青字は報告書提出時の14C年代  
赤字は今回追加分の14C年代  
孔名の下に数字は孔口標高

## 2. (2)CT画像による層相記載: 久々子湖コア

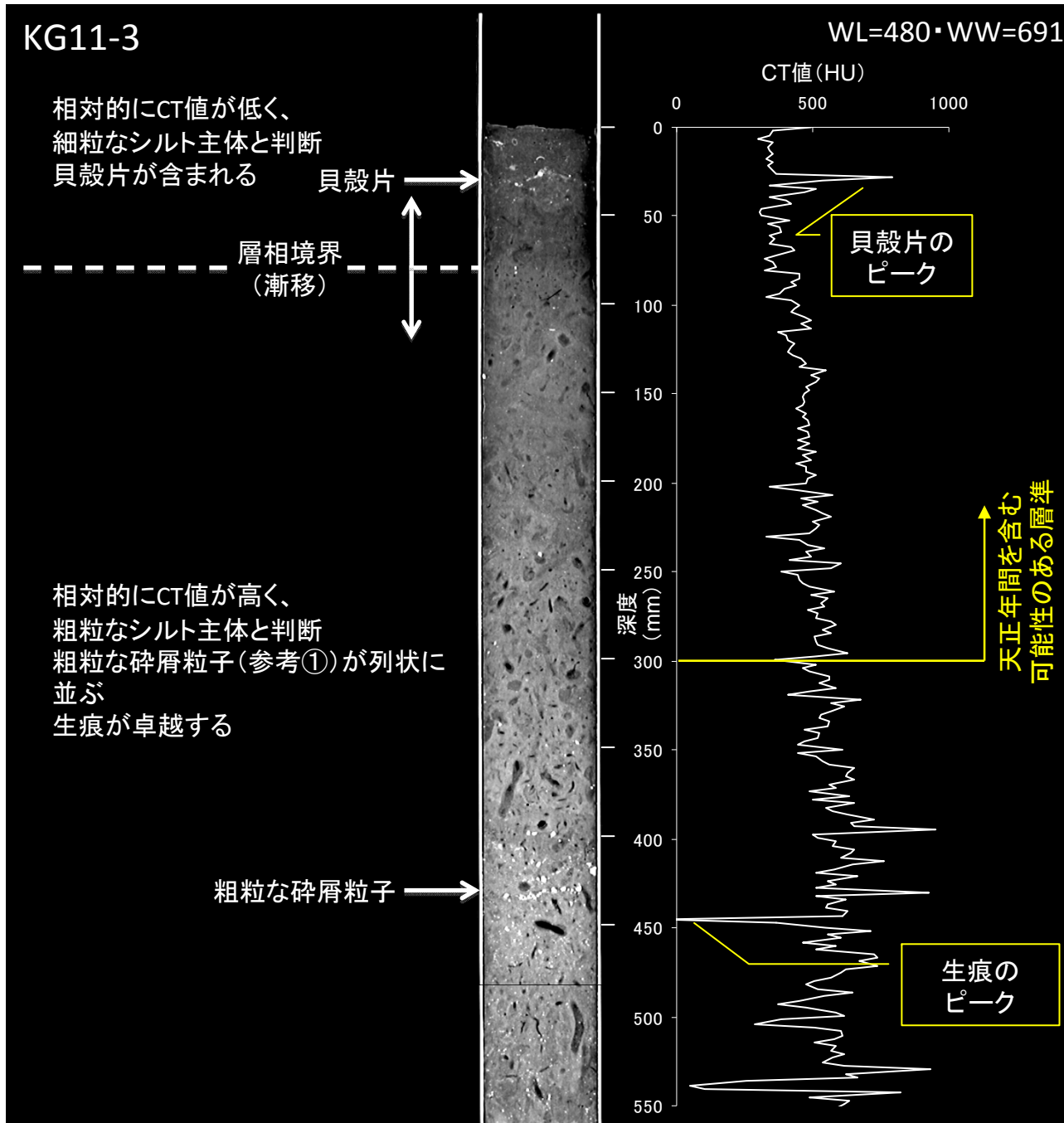


## 2. (2)CT画像による層相記載: 久々子湖コア

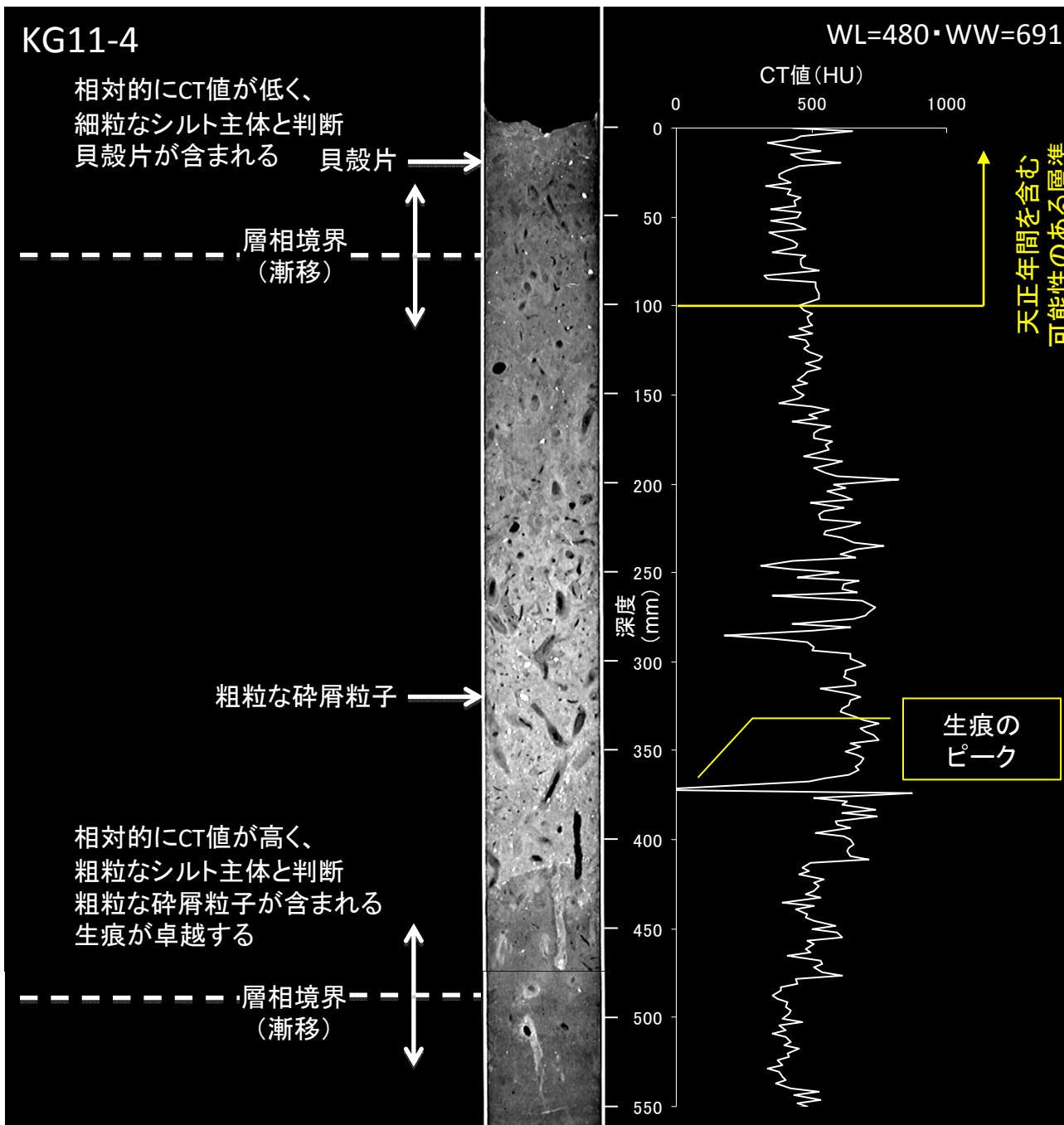




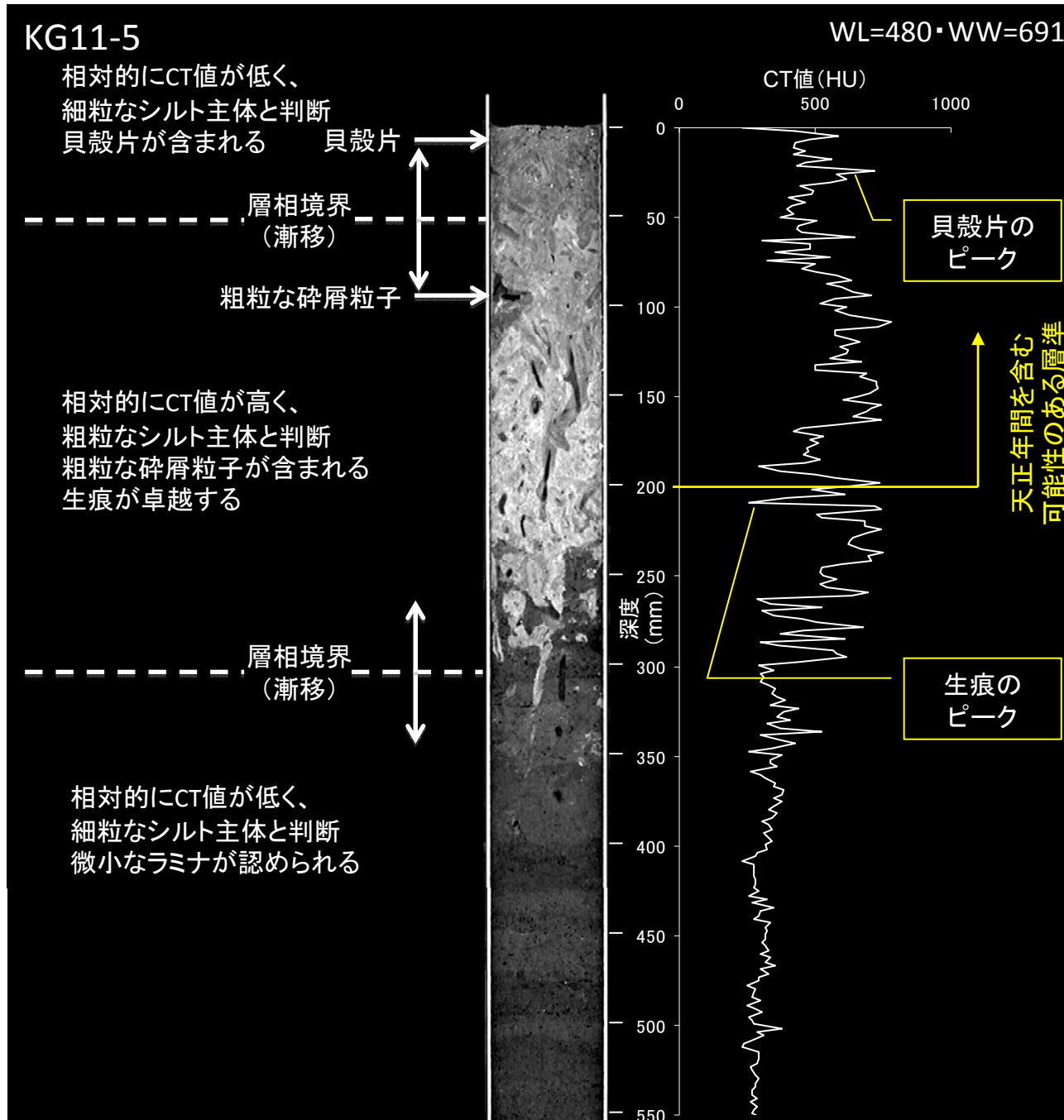
## 2. (2)CT画像による層相記載: 久々子湖コア



## 2. (2)CT画像による層相記載: 久々子湖コア



## 2. (2)CT画像による層相記載: 久々子湖コア

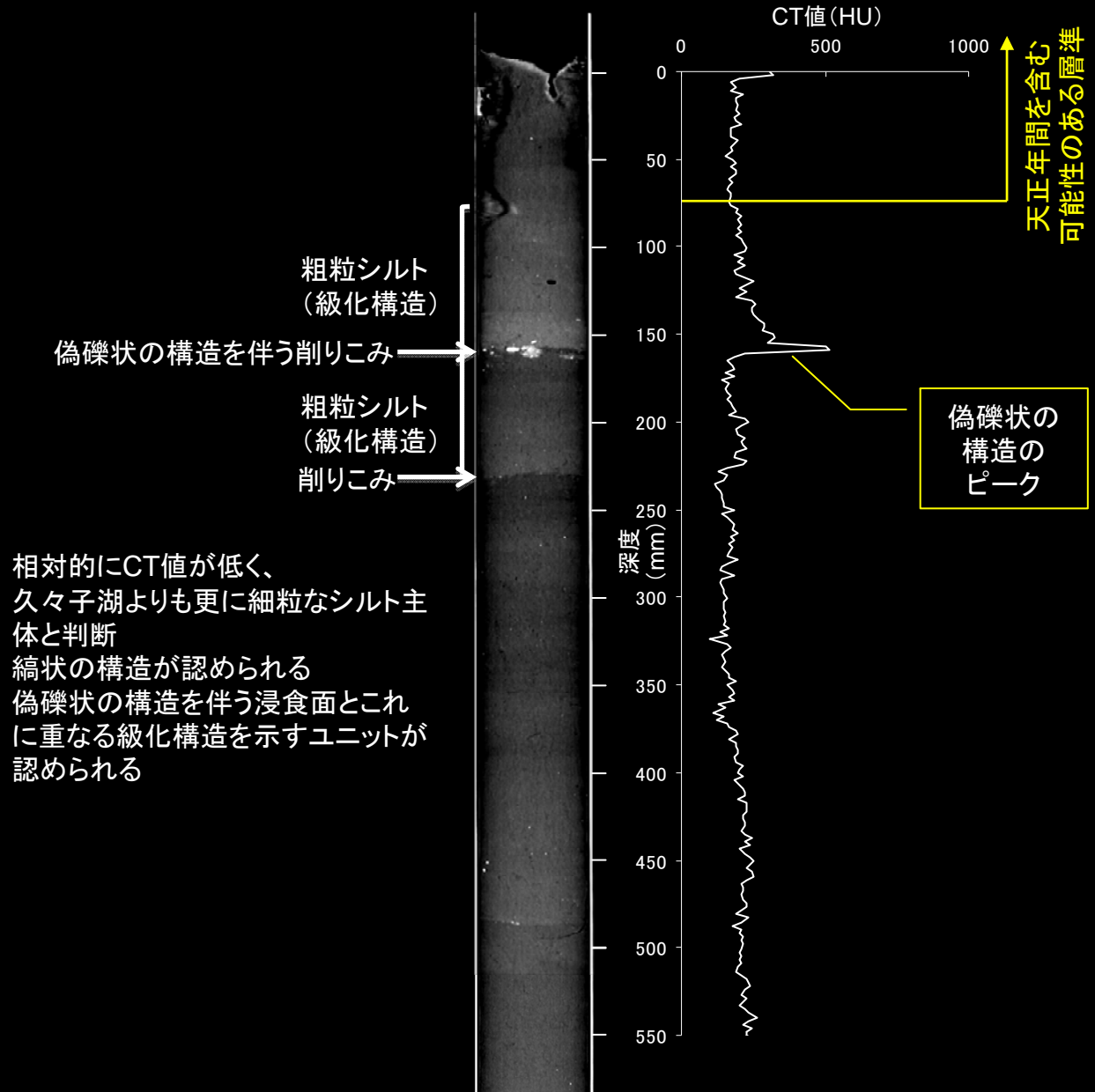


## 2. (2)CT画像による層相記載：菅湖コア



SU11-1

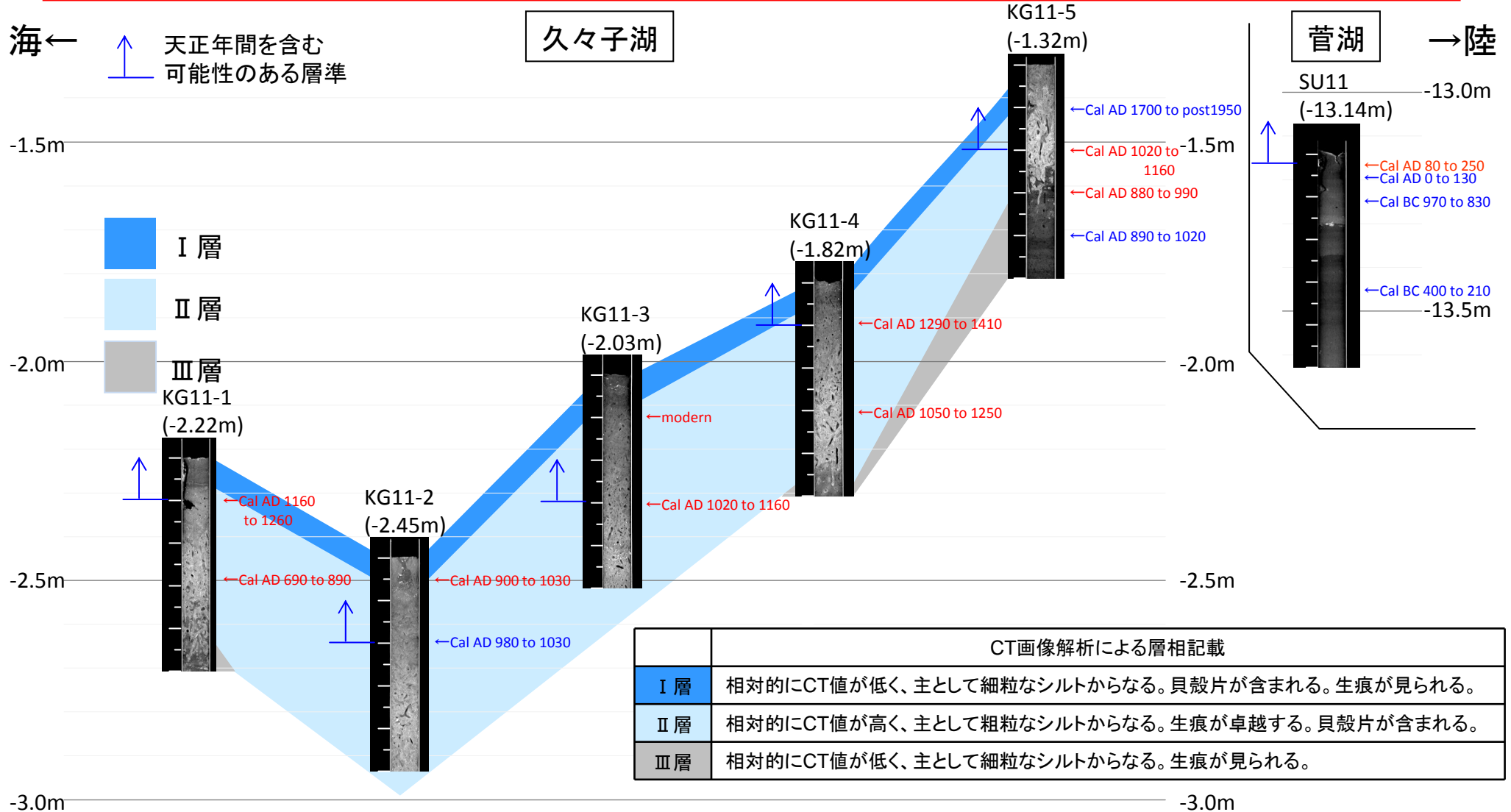
WL=300・WW=639



## 2. (2)CT画像による層相記載：層区分・地点間対比

### 事業者による久々子湖コアの地層対比と層区分

久々子湖・菅湖の各コアは、主としてシルトからなる。事業者は、CT画像による層相記載に基づき、久々子湖コアの表層0.5mの地層をⅠ～Ⅲの3層に区分し、このうちⅠ～Ⅱ層を地点間で対比可能と判断した。



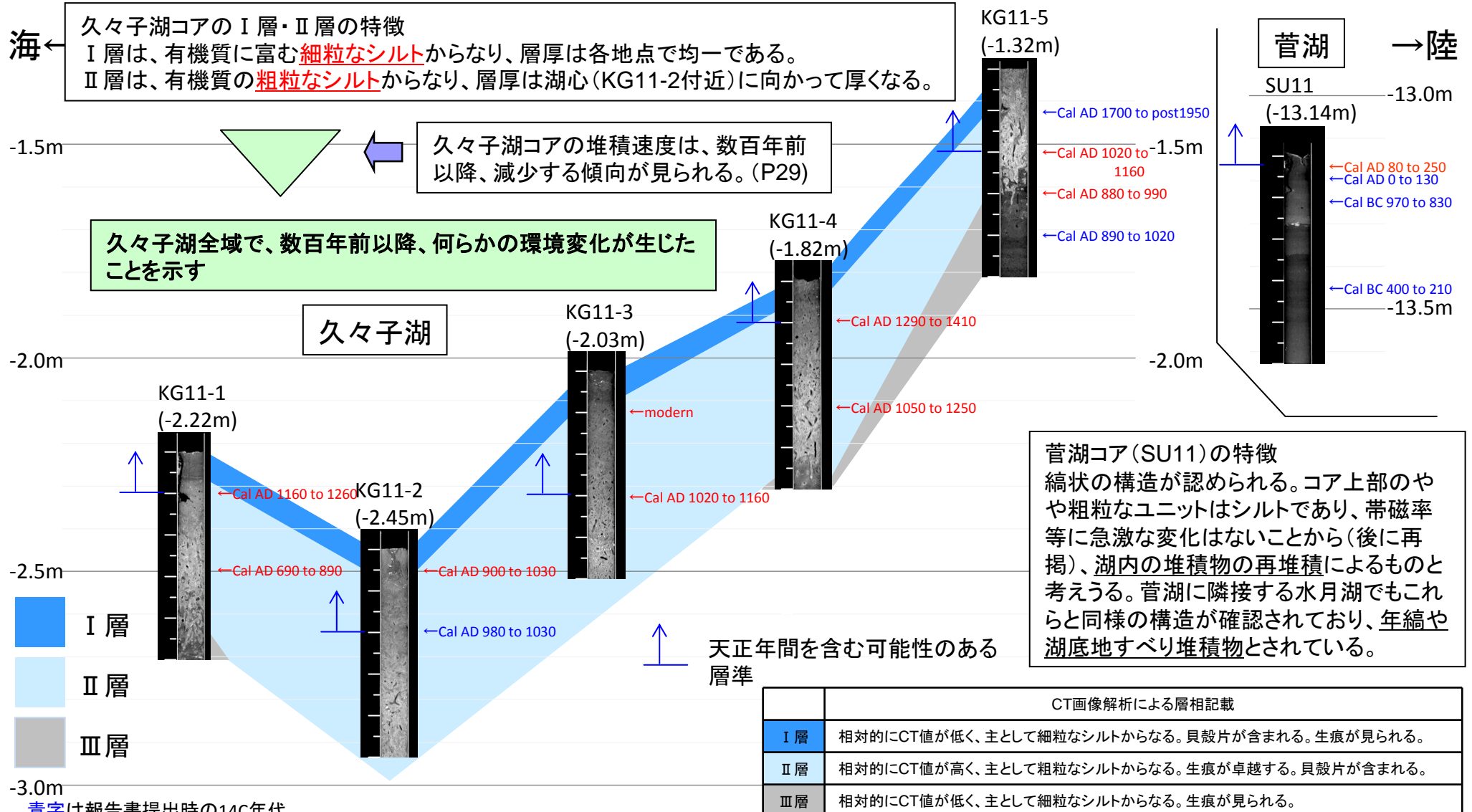
青字は報告書提出時の14C年代  
 赤字は今回追加分の14C年代  
 孔名の下に数字は孔口標高

CT画像のWL・WWは、久々子湖コア(KG)がWL=480・WW=691、菅湖コア(SU11)がWL=300・WW=639

## 2. (3)CT画像による層相解析：堆積環境の検討

### 久々子湖・菅湖コア(表層0.5m)についての事業者の解釈

久々子湖コア・菅湖コアともに、浮流により運搬・堆積するシルトを主体とし、速い流れによる構造を持たないことから、静穏な堆積環境が示唆される。また生痕が見られること、湖表層部の堆積物であることから、これらのシルト層を湖の堆積物と解釈した。

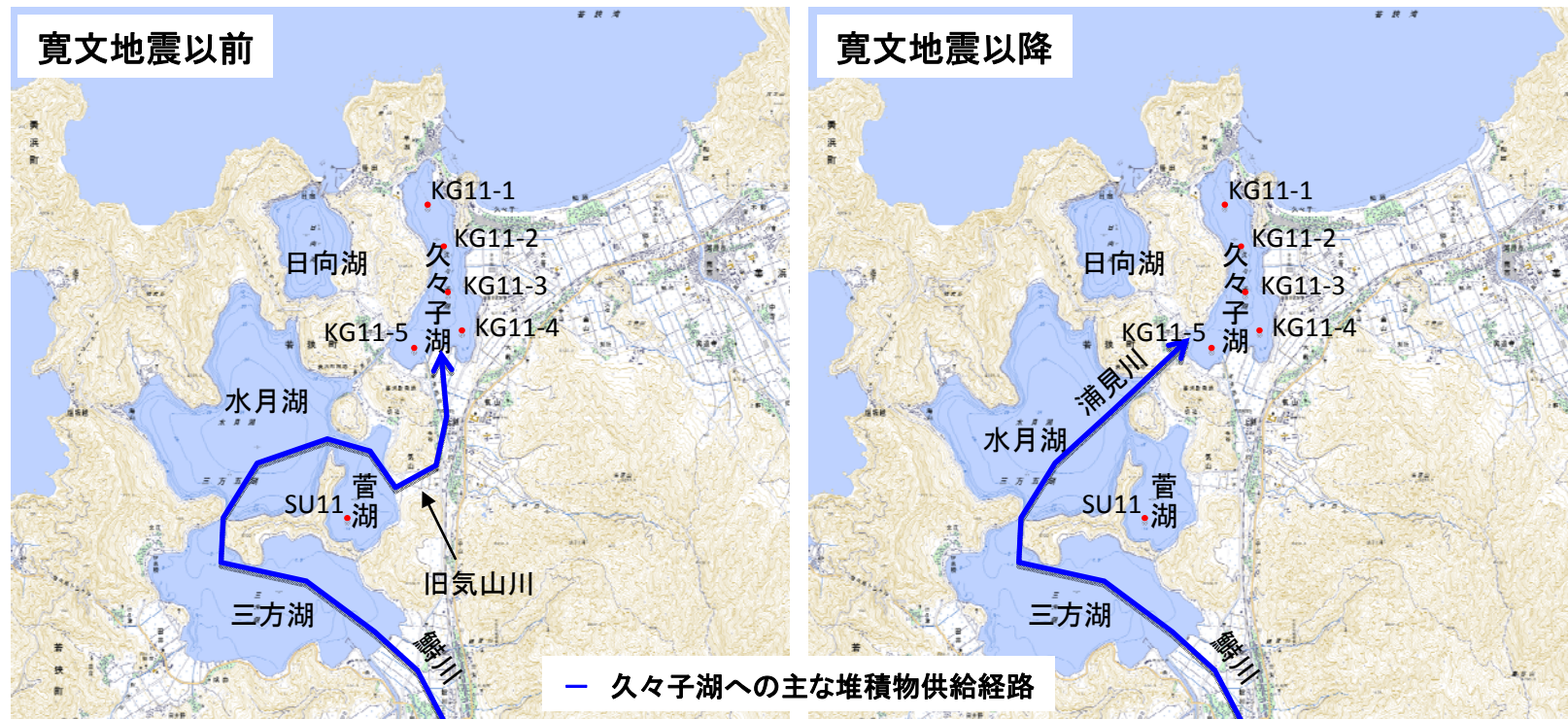


青字は報告書提出時の14C年代  
 赤字は今回追加分の14C年代  
 孔名の下に数字は孔口標高

CT画像のWL・WWは、久々子湖コア (KG) がWL=480・WW=691、菅湖コア (SU11) がWL=300・WW=639

## 2. (3)CT画像による層相解析: 久々子湖コアの I 層 / II 層境界の成因

I 層の堆積年代(数百年前以降)に、久々子湖に生じた環境変化としては、1662年寛文地震が挙げられる。寛文地震では、久々子湖周辺が隆起し、久々子湖へ流入していた最も大きな河川(旧気山川)が閉塞した。



久々子湖への主な堆積物供給経路

寛文地震以前・・・鱒(はす)川から三方湖、水月湖、菅湖を経て、旧気山川から供給されていた

寛文地震以降・・・寛文地震時の隆起により旧気山川が閉塞したため、水月湖と久々子湖をつなぐ浦見川が開削された

旧気山川は東側の扇状地を削剥して流れていたと考えられるのに対して、浦見川は水深の深い水月湖と久々子湖を直接つないでいる。従って、寛文地震以降、久々子湖へ供給される堆積物が細粒化し、その量も減少したことはほぼ確実である。

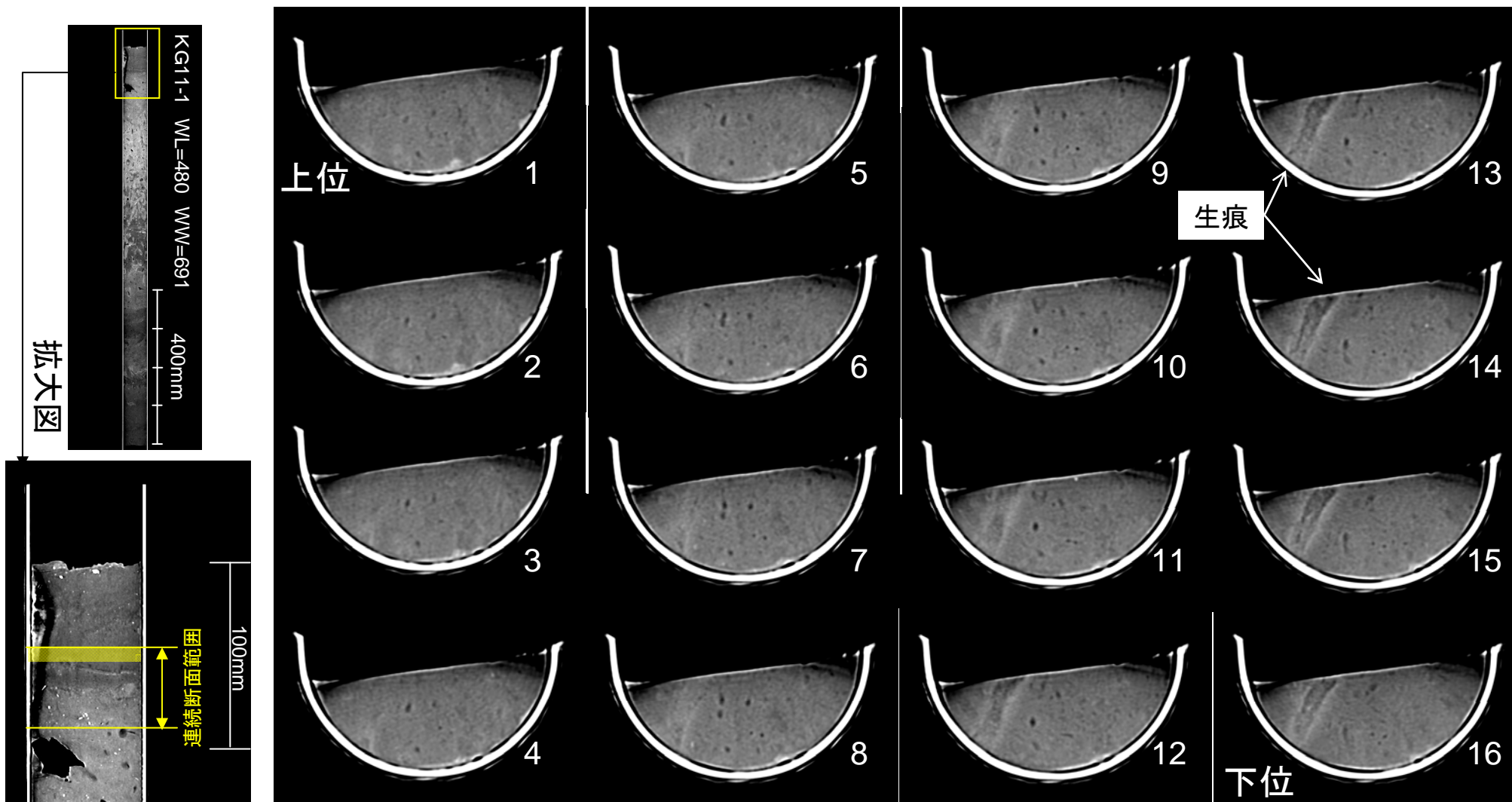
**II 層から I 層への変化は、寛文地震による旧気山川の閉塞に起因する可能性が高い。**

**I 層 / II 層境界が1662年寛文地震イベントを示しているとすれば、1586年天正地震時の層準は、I 層 / II 層境界の下位と考えられる。**

久々子湖・菅湖コアに砂層が認められないことはすでに述べたが、津波が砂層を残さなかった可能性を指摘されている。また、天正年間の堆積物が削剥された可能性もある。これらの事象の有無について、次頁以降CT画像の連続断面により検討する。具体的には、I 層 / II 層境界付近における削り込み・粗粒な層の有無を確認する。

## 2. (3)CT画像による層相解析：連続断面による浸食面等の確認

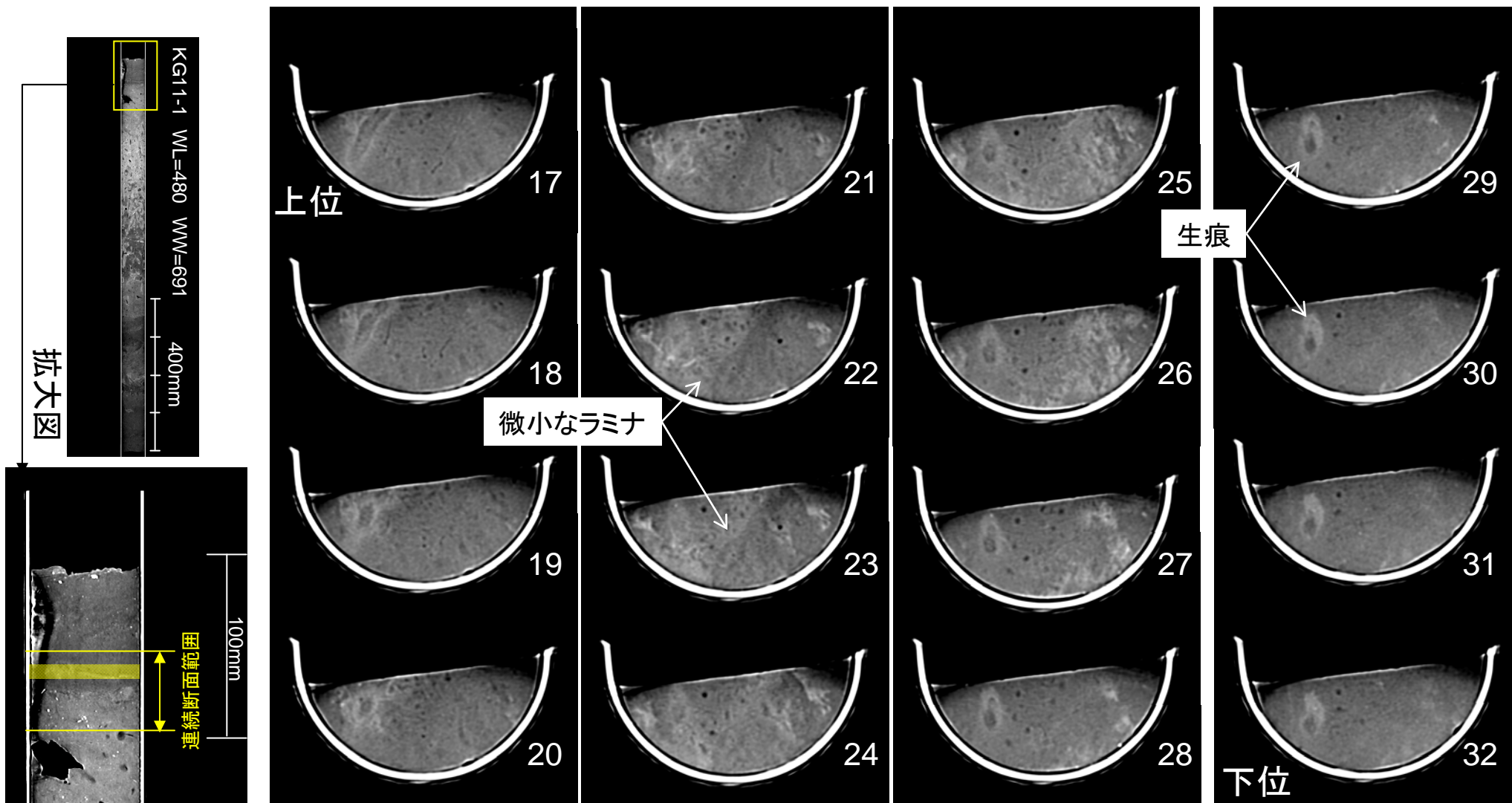
I層／II層境界付近の連続断面画像(WL=480, WW=691)の例  
 KG11-1 10cm深度付近の層相境界部(0.5mm間隔 上からの枚数1-16枚)





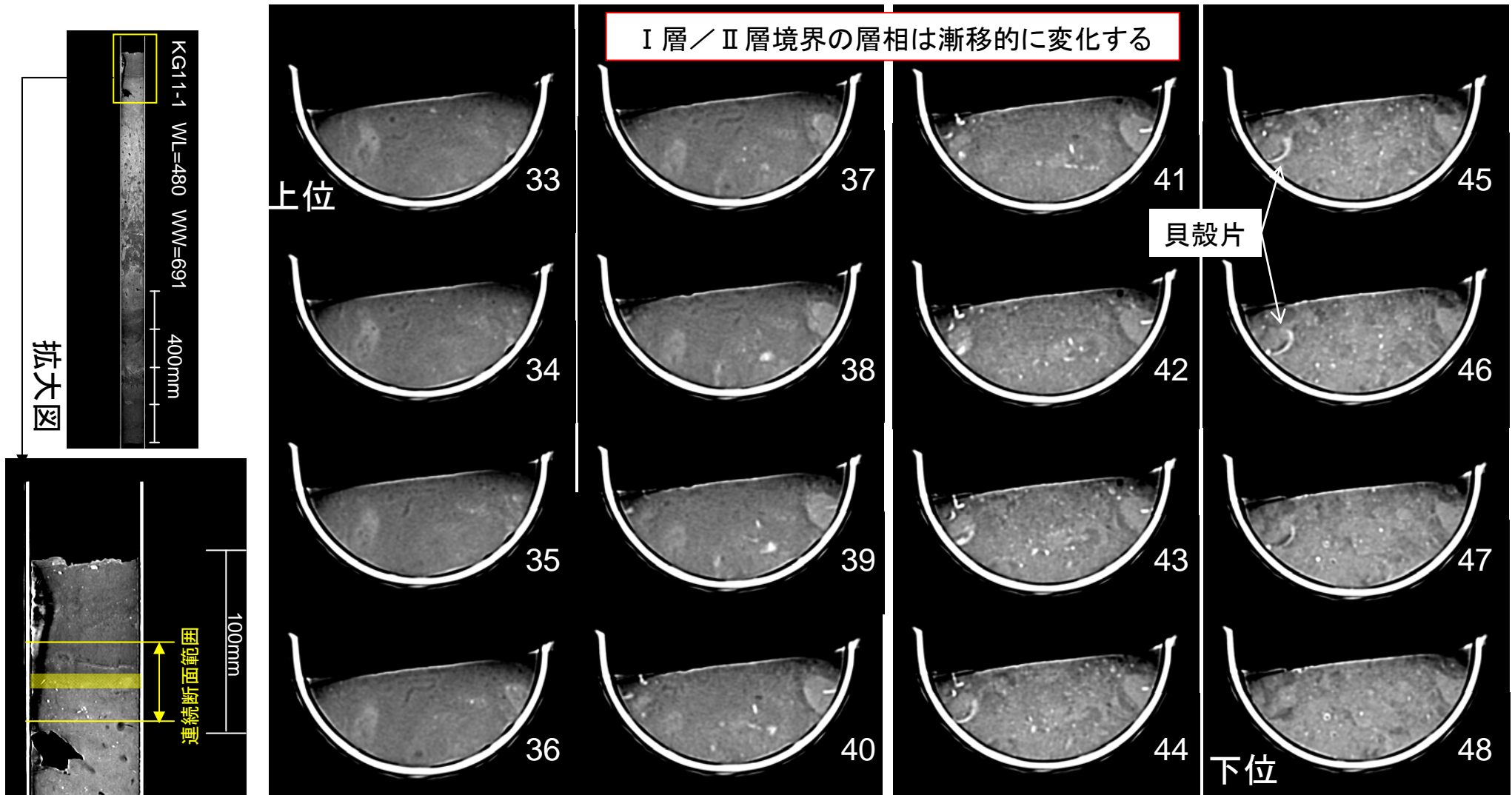
## 2. (3)CT画像による層相解析:連続断面による浸食面等の確認

I層／II層境界付近の連続断面画像(WL=480, WW=691)の例  
 KG11-1 10cm深度付近の層相境界部(0.5mm間隔 上からの枚数17-32枚)



## 2. (3)CT画像による層相解析：連続断面による浸食面等の確認

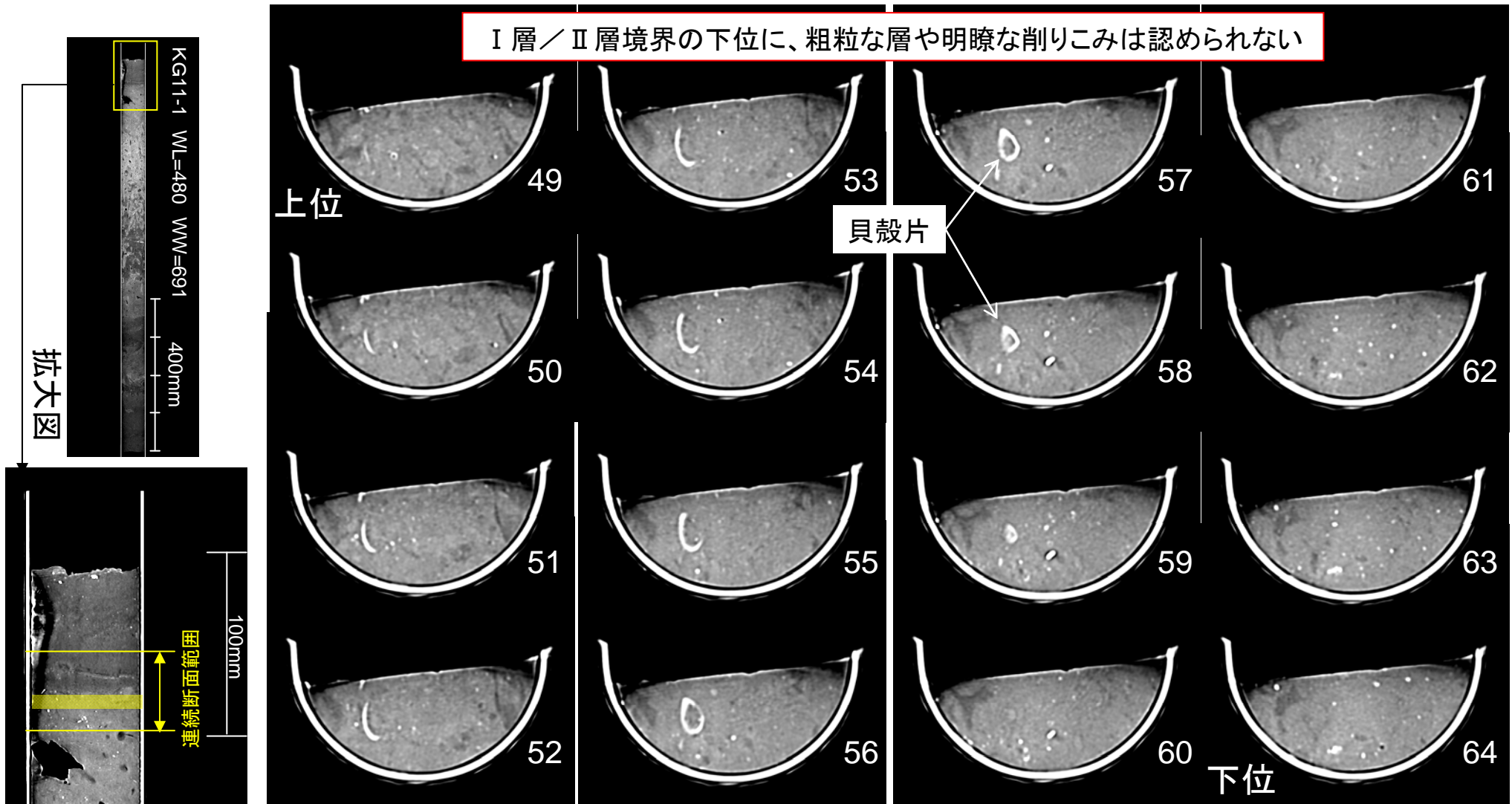
I層／II層境界付近の連続断面画像(WL=480, WW=691)の例  
 KG11-1 10cm深度付近の層相境界部(0.5mm間隔 上からの枚数33-48枚)



## 2. (3)CT画像による層相解析：連続断面による浸食面等の確認

I層／II層境界付近の連続断面画像(WL=480, WW=691)の例  
 KG11-1 10cm深度付近の層相境界部(0.5mm間隔 上からの枚数49-64枚)

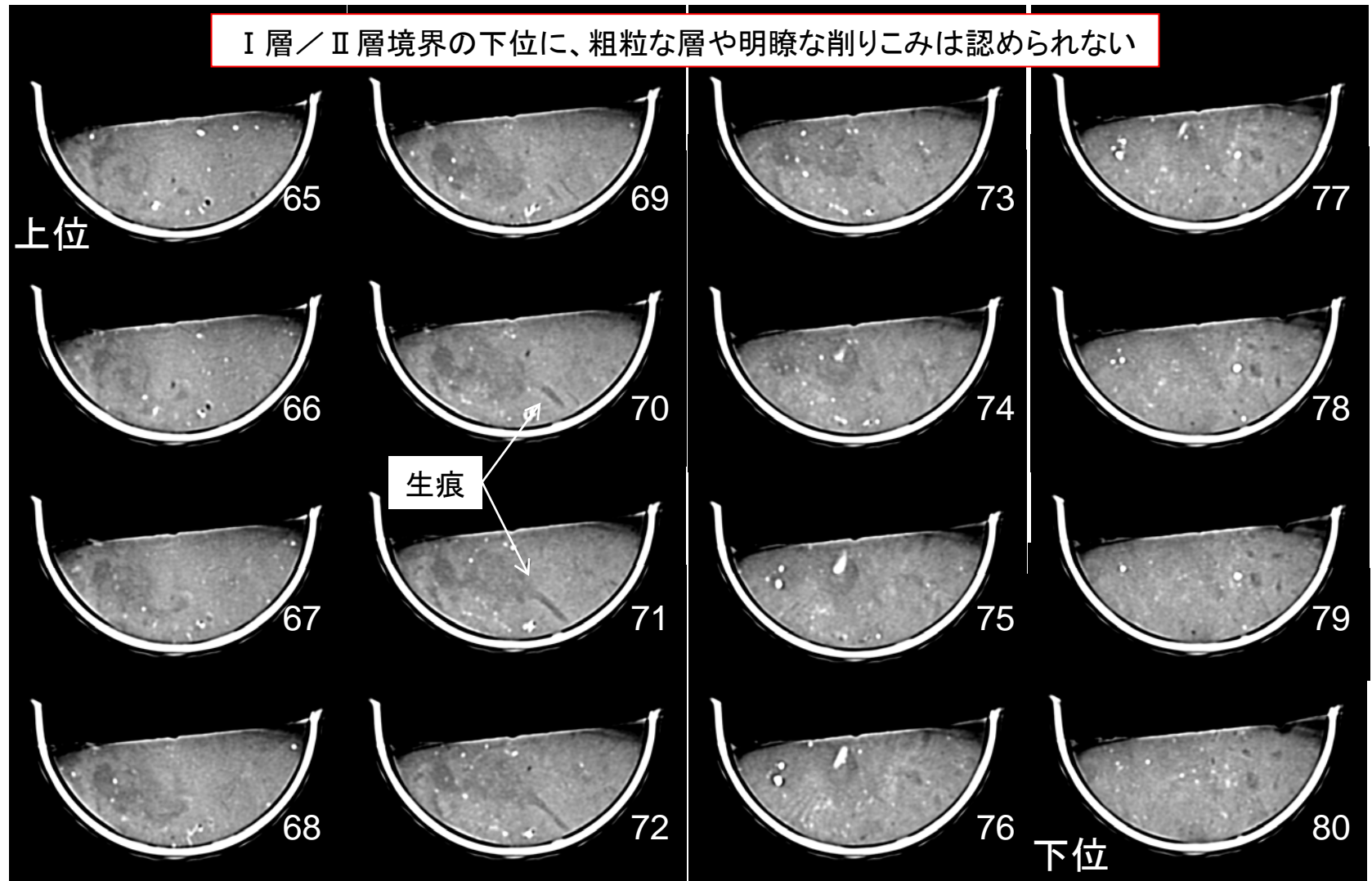
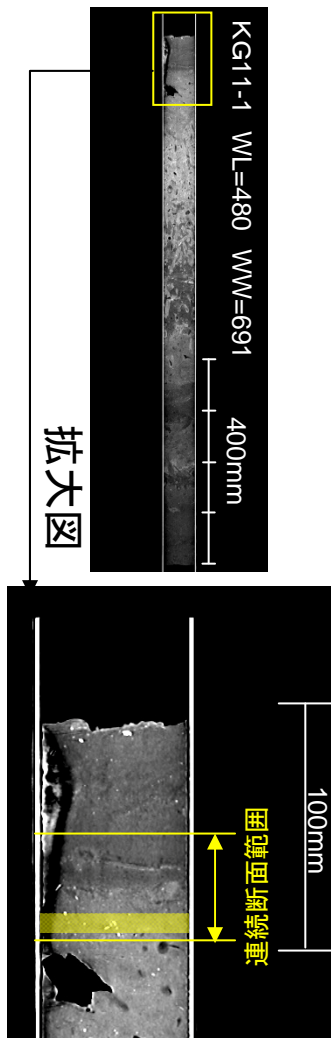
I層／II層境界の下位に、粗粒な層や明瞭な削りこみは認められない



## 2. (3)CT画像による層相解析：連続断面による浸食面等の確認

I層／II層境界付近の連続断面画像(WL=480, WW=691)の例  
 KG11-1 10cm深度付近の層相境界部(0.5mm間隔 上からの枚数65-80枚)

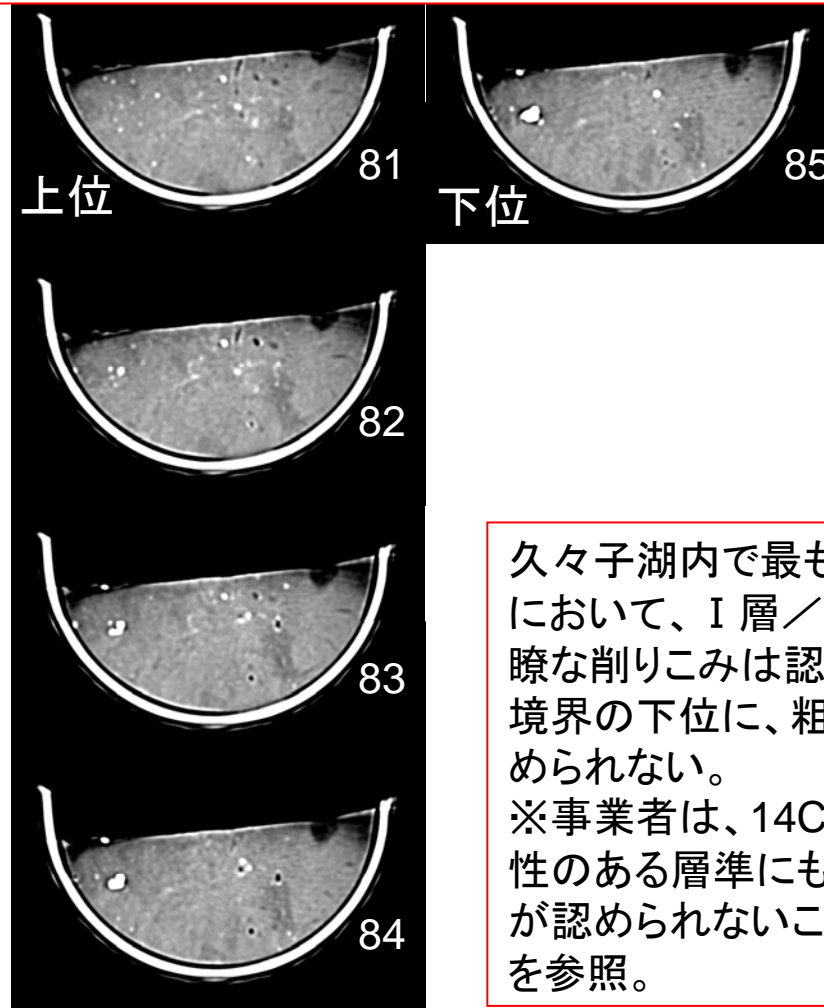
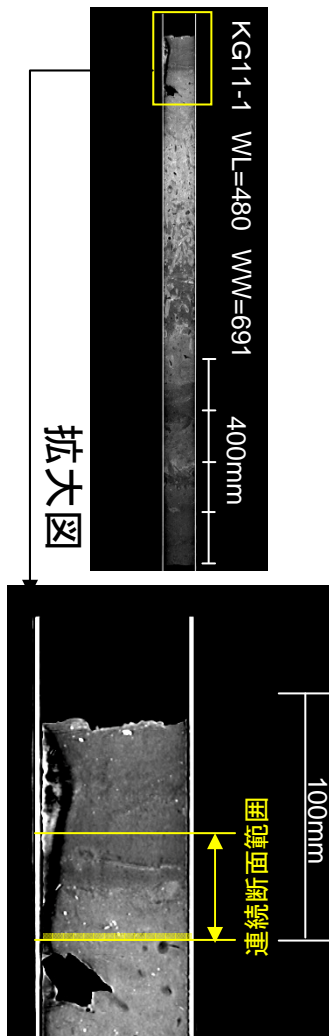
I層／II層境界の下位に、粗粒な層や明瞭な削りこみは認められない



## 2. (3)CT画像による層相解析：連続断面による浸食面等の確認

I 層／II 層境界付近の連続断面画像(WL=480, WW=691)の例  
 KG11-1 10cm深度付近の層相境界部(0.5mm間隔 上からの枚数81-85枚)

I 層／II 層境界の下位に、粗粒な層や明瞭な削りこみは認められない



久々子湖内で最も海よりに位置するKG11-1コアにおいて、I 層／II 層境界は漸移的であり、明瞭な削りこみは認められない。また、I 層／II 層境界の下位に、粗粒な層や明瞭な削りこみは認められない。  
 ※事業者は、14C年代から天正年間を含む可能性のある層準にも、明瞭な削りこみや粗粒な層が認められないことを確認している。別添写真集を参照。

## 2. (4)その他の分析:各種分析データの拡充

### ○含砂率測定

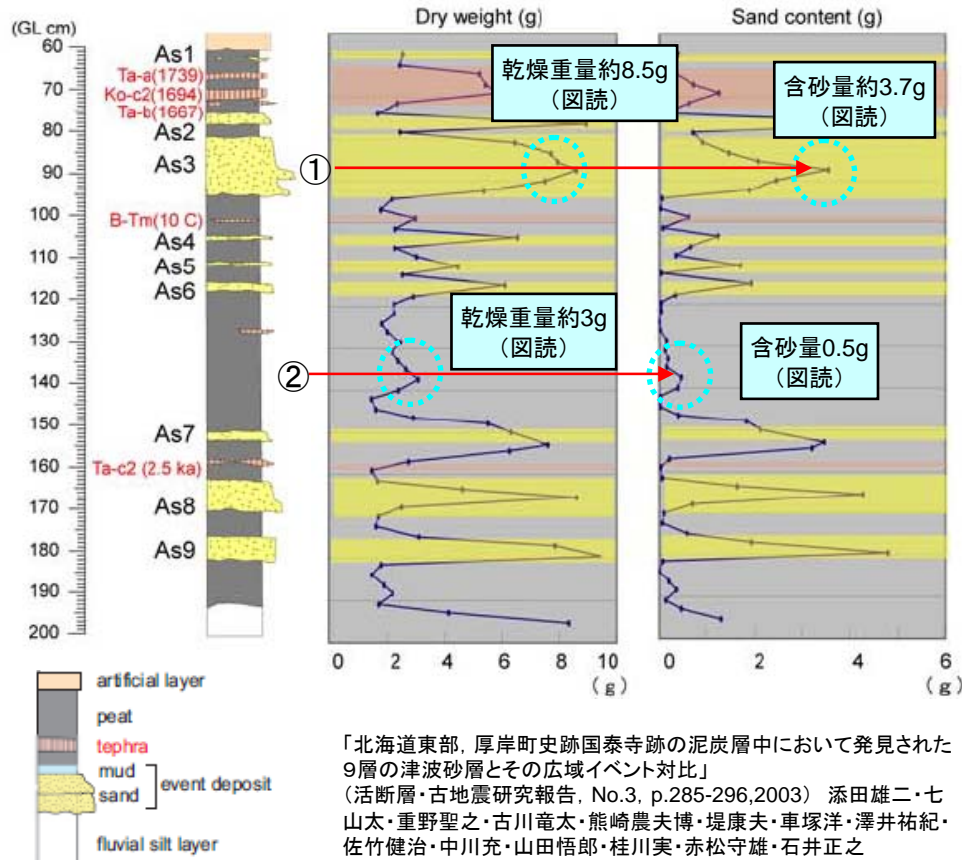
- 事業者は、含砂率に関する他地点での調査事例を示すとともに、久々子湖内のコアに関する含砂率を測定し、CT画像による層相記載・解析結果と整合すると判断した。

### ○久々子湖内のコアに関する追加分析結果

- 事業者は、KG11-1、3、4の分析結果(帯磁率、湿潤乾燥重量、土色、微化石、珪藻等)を追加した。
- 事業者は、従来の評価コア(KG11-2、5)と同様に、天正地震の対象地層における津波堆積物の指標となり得る砂層や、有孔虫、貝形虫、海水性珪藻の有無を確認した。

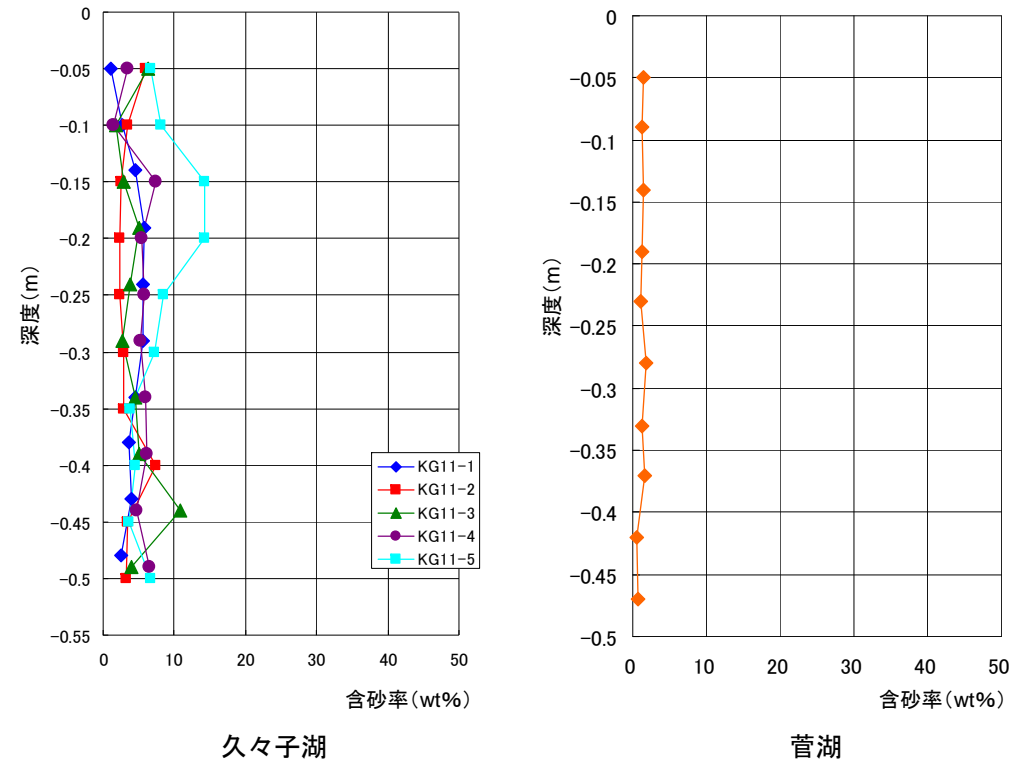
## 2. (4) その他の分析: 含砂率測定結果

【添田他(2003)※による北海道東部の津波堆積物の検討事例】



北海道東部の津波堆積物に関する検討事例では、含砂率は、  
 ①砂層: 約44% (=含砂量3.7g ÷ 乾燥重量8.5g)  
 ②泥炭層のうち乾燥重量及び含砂量が大きい場所: 約16%  
 (=含砂量0.5g ÷ 乾燥重量3g)

【今回の調査結果】



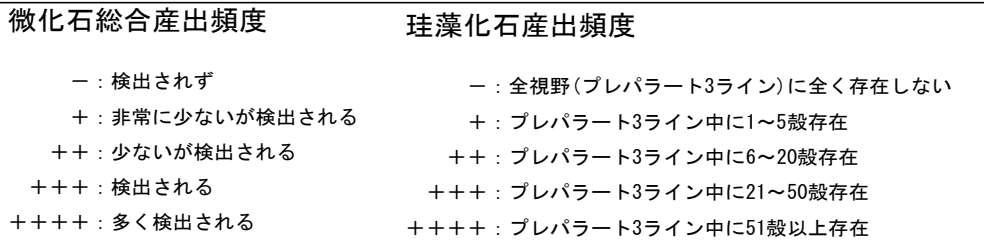
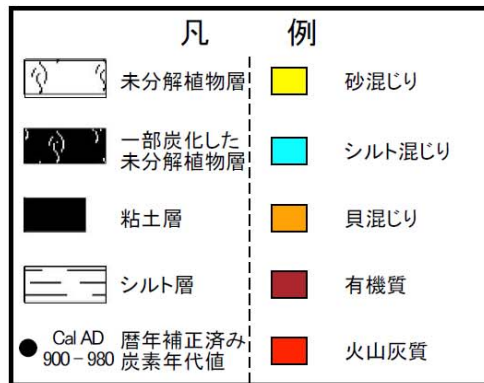
- ・洗篩(目開き250 $\mu$ m)した試料の乾燥重量より含砂率を算出。
- ・久々子湖の含砂率は数%程度を基本とし、主に細粒なシルトから成る。
- ・KG11-5の深度15~20cm付近では、含砂率14%程度のやや粗粒なシルトが認められるが、深度10cm以浅では数%程度となり、緩やかに減少する。これは、相対的にCT値が高いII層からCT値が低いI層にかけて層相が遷移することと調和的である。
- ・菅湖の含砂率は3%程度であり、久々子湖よりも更に細粒なシルトから成る。

含砂率測定の結果は、CT画像による層相記載・解析の結果と調和的である。

## 2. (4) その他の分析: 各種分析データの拡充

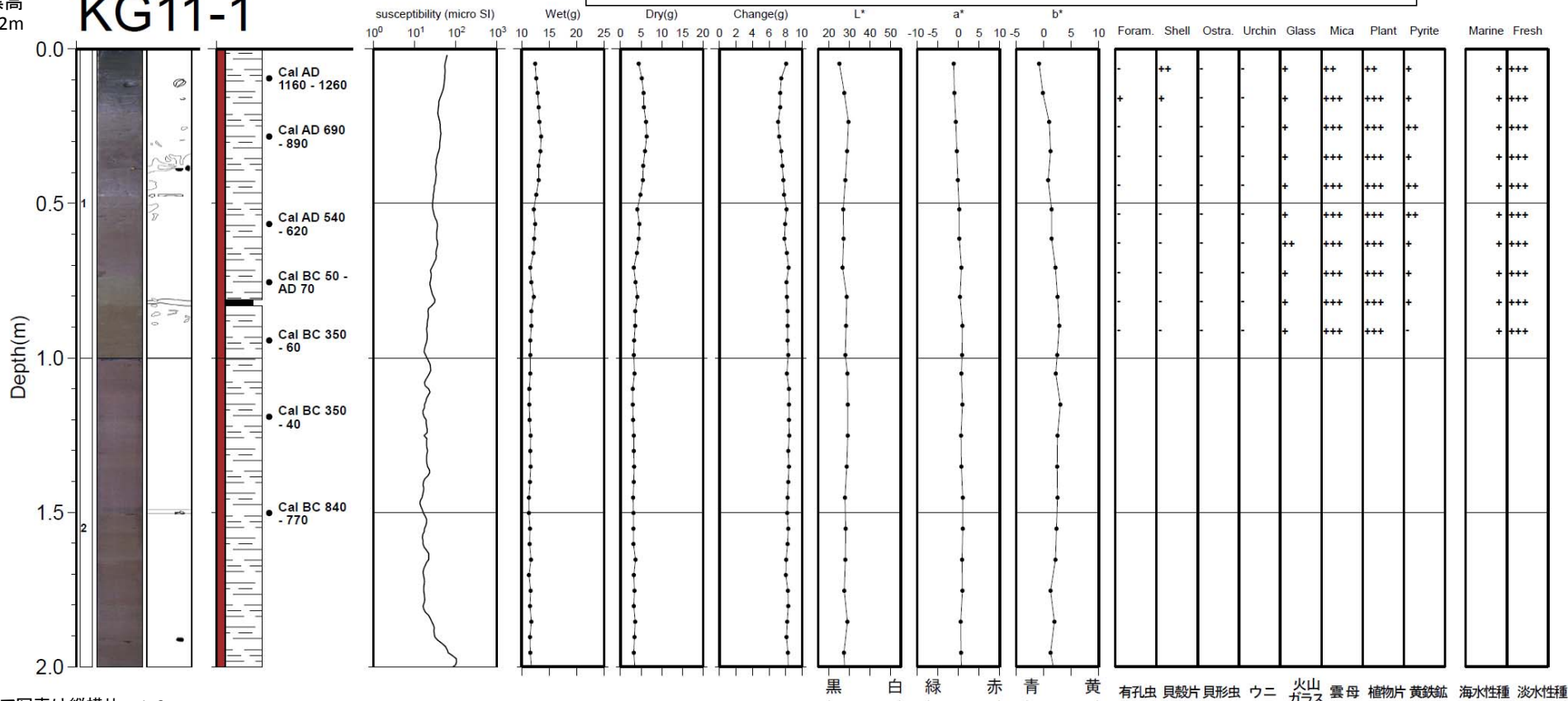
天正年間を含む可能性のある層準(深度10cm付近以浅)には、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。(BC770以降の層準も同様) 僅かに海水性珪藻が認められるが、淡水性珪藻が優勢である。有孔虫、貝形虫、ウニは認められない。

(珪藻・微化石の結果は、BC60以降の層準も、微量な有孔虫が認められる他は同様)



孔口標高  
EL.-2.22m

### KG11-1



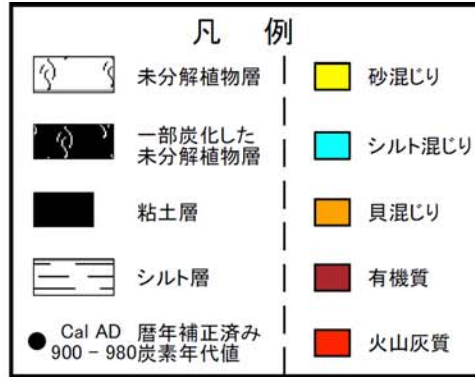
注記: コア写真は縦横比=1:2. としている。

14C年代測定 帯磁率 湿潤重量 乾燥重量 蒸発量 土色計 微化石分析 珪藻化石



## 2. (4) その他の分析: 各種分析データの拡充

地震・津波8-2  
p8に加筆

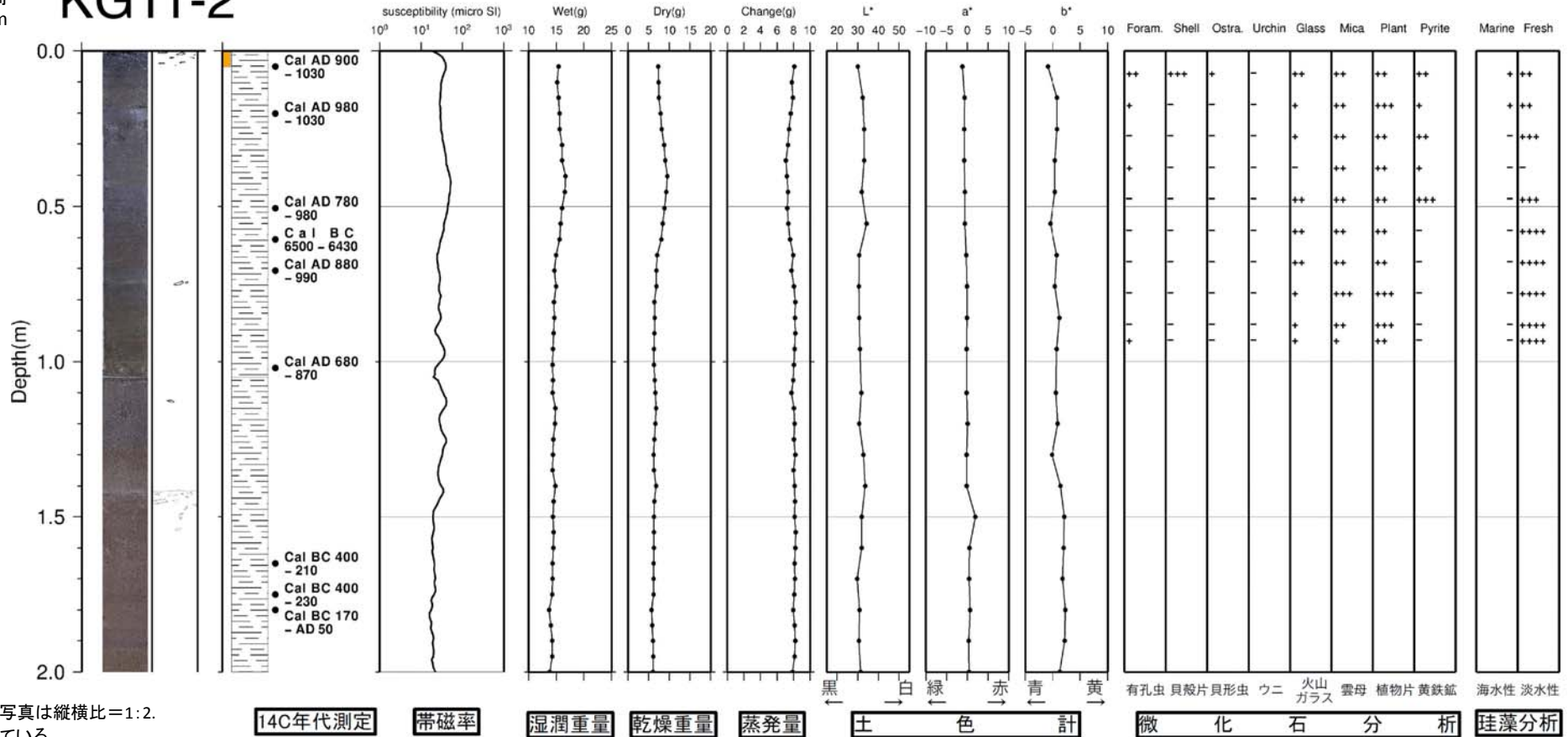


天正年間を含む可能性のある層準(深度20cm付近以浅)には、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。(AD50以降の層準も同様) 僅かに海水性珪藻が認められるが、淡水性珪藻が優勢である。微量な有孔虫、貝形虫が検出される。(珪藻・微化石の結果は、AD870以降の層準も同様)

微化石総合産出頻度	珪藻化石産出頻度
- : 検出されず	- : 全視野(プレパラート3ライン)に全く存在しない
+ : 非常に少ないが検出される	+ : プレパラート3ライン中に1~5殻存在
++ : 少ないが検出される	++ : プレパラート3ライン中に6~20殻存在
+++ : 検出される	+++ : プレパラート3ライン中に21~50殻存在
++++ : 多く検出される	++++ : プレパラート3ライン中に51殻以上存在

孔口標高  
EL.-2.45m

### KG11-2

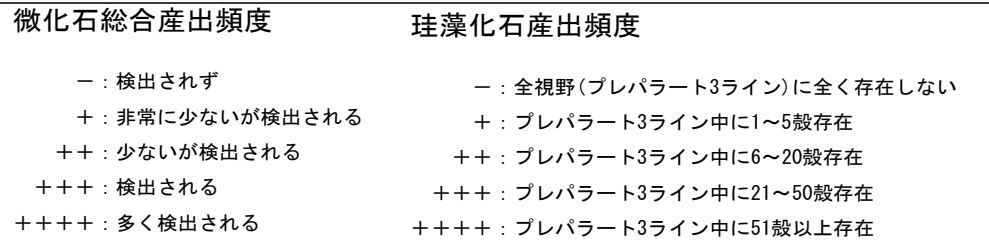
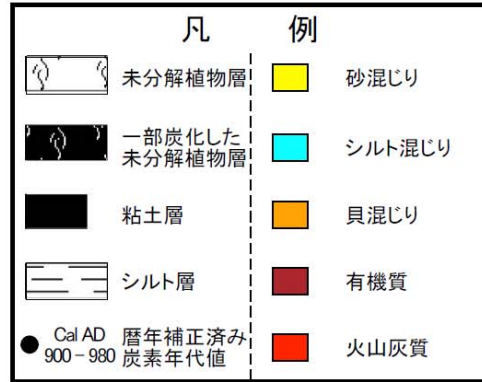


注記: コア写真は縦横比=1:2. としている。

## 2. (4) その他の分析: 各種分析データの拡充

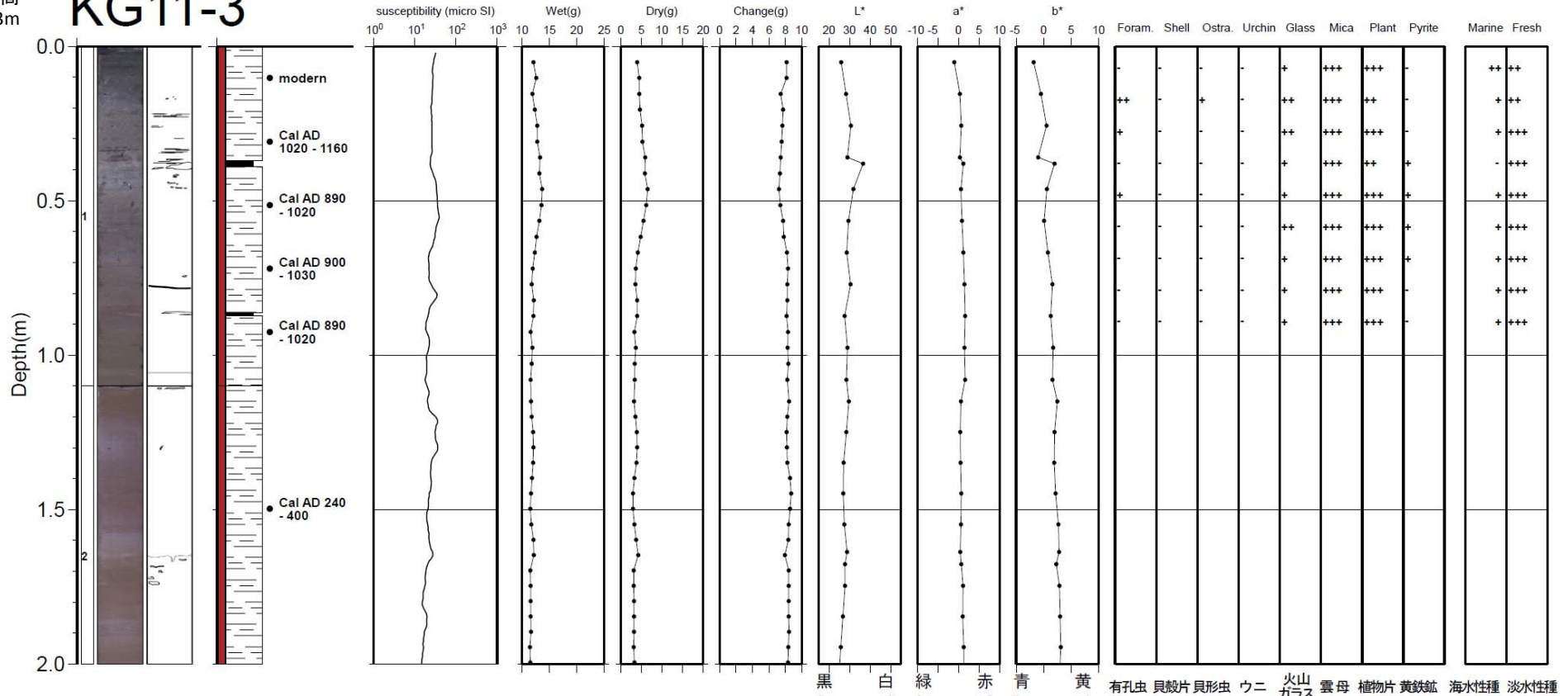
天正年間を含む可能性のある層準(深度30cm付近以浅)には、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。(AD400以降の層準も同様) 僅かに海水性珪藻が認められるが、淡水性珪藻が優勢である。微量な有孔虫、貝形虫が検出される。

(珪藻・微化石の結果は、AD1020以降の層準も同様)



孔口標高  
EL.-2.03m

### KG11-3



注記: コア写真は縦横比=1:2. としている。

14C年代測定

帯磁率

湿潤重量

乾燥重量

蒸発量

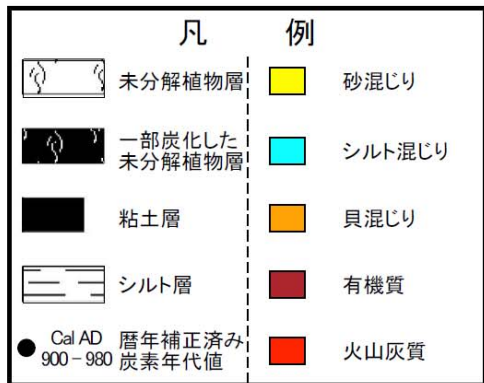
土色計

微化石分析

珪藻化石

## 2. (4) その他の分析: 各種分析データの拡充

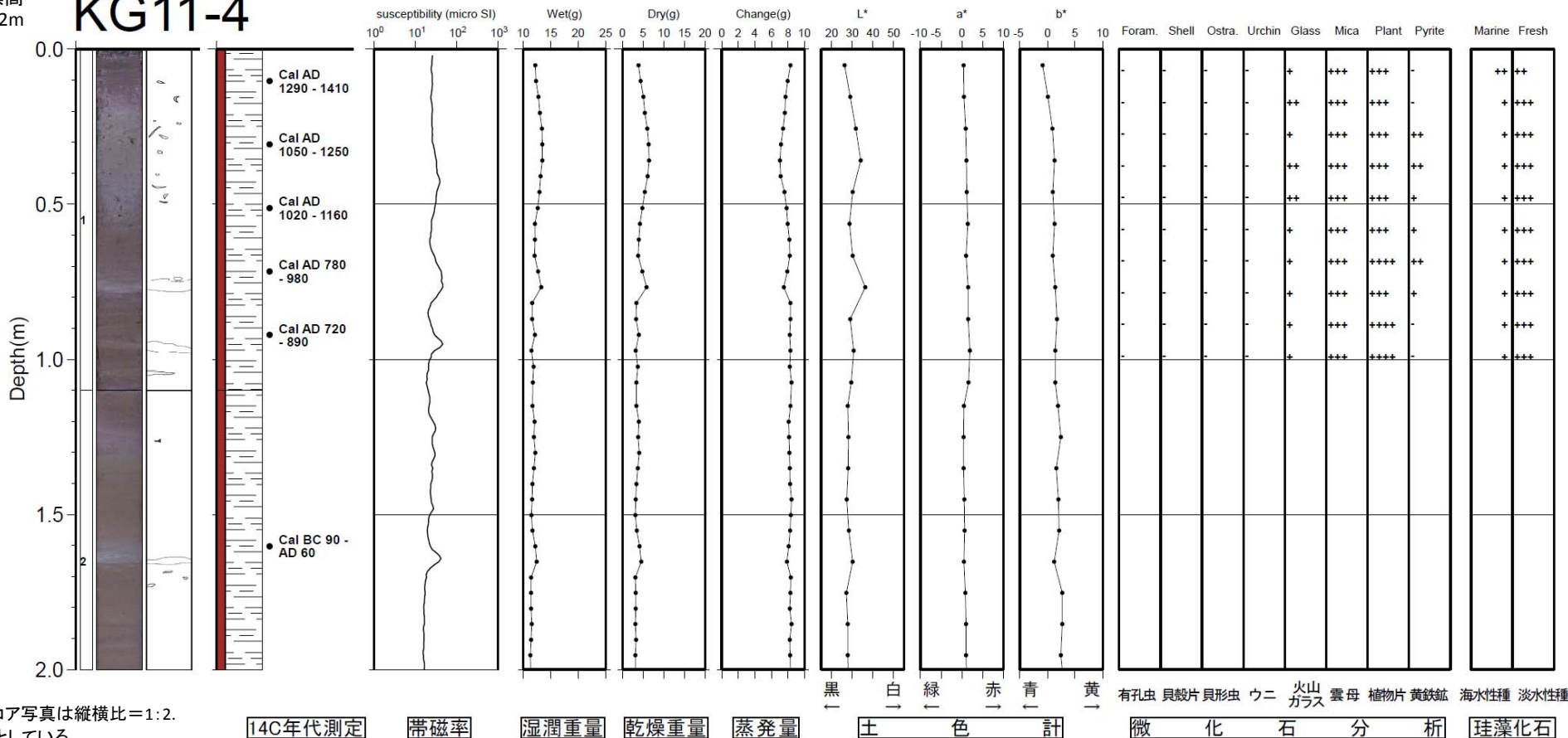
天正年間を含む可能性のある層準(深度10cm付近以浅)には、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。(AD60以降の層準も同様) 僅かに海水性珪藻が認められるが、淡水性珪藻が優勢である。有孔虫、貝形虫、ウニは認められない。(珪藻・微化石の結果は、AD890以降の層準も同様)



微化石総合産出頻度	珪藻化石産出頻度
- : 検出されず	- : 全視野(プレパラート3ライン)に全く存在しない
+ : 非常に少ないが検出される	+ : プレパラート3ライン中に1~5殻存在
++ : 少ないが検出される	++ : プレパラート3ライン中に6~20殻存在
+++ : 検出される	+++ : プレパラート3ライン中に21~50殻存在
++++ : 多く検出される	++++ : プレパラート3ライン中に51殻以上存在

孔口標高  
EL.-1.82m

# KG11-4

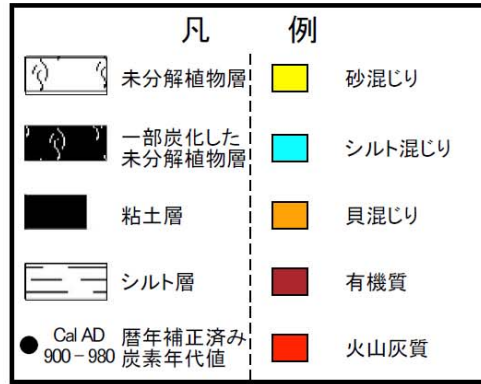


注記: コア写真は縦横比=1:2. としている。

## 2. (4) その他の分析: 各種分析データの拡充

地震・津波8-2  
p9に加筆

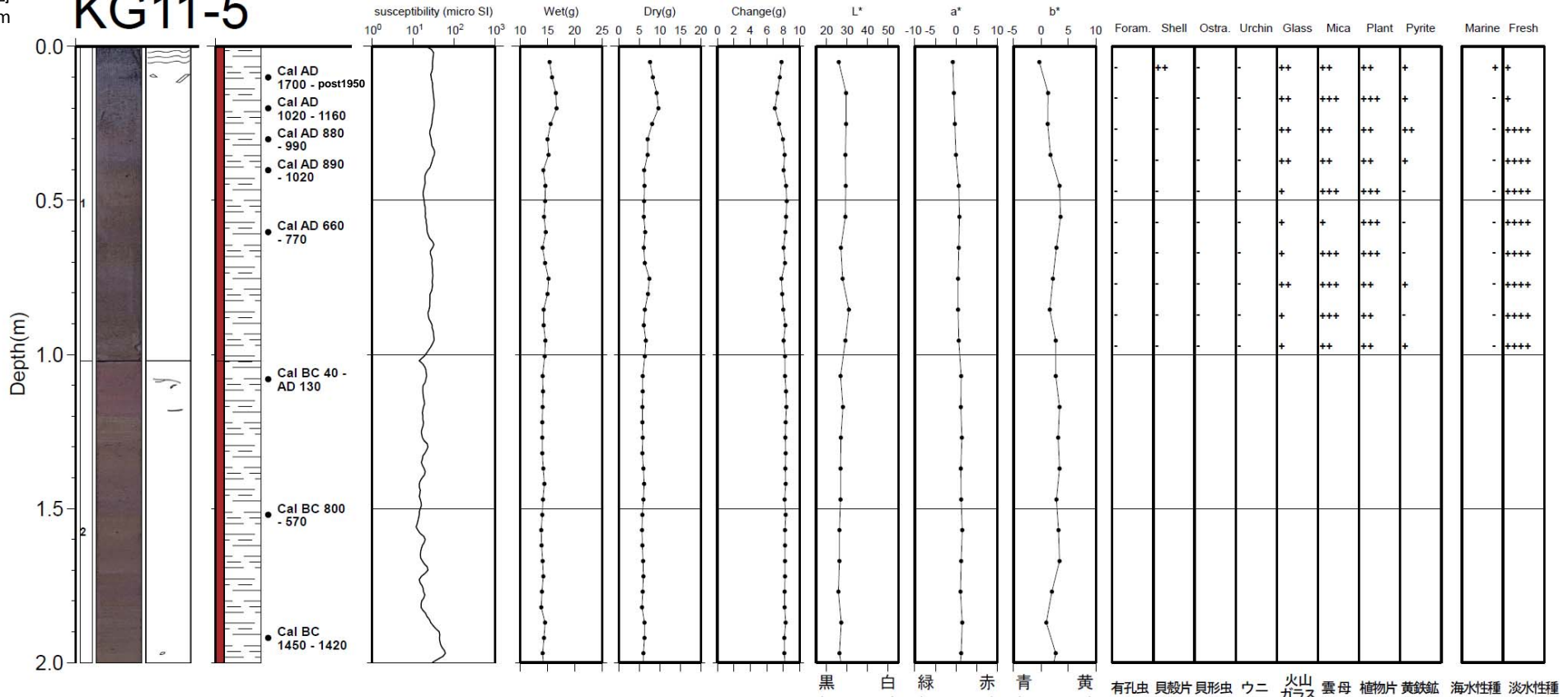
天正年間を含む可能性のある層準(深度10~20cm付近)には、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。(BC1420以降の層準も同様) 有孔虫、貝形虫、ウニ及び海水性珪藻は認められない。(AD130以降の層準も同様)



微化石総合産出頻度	珪藻化石産出頻度
- : 検出されず	- : 全視野(プレパラート3ライン)に全く存在しない
+ : 非常に少ないが検出される	+ : プレパラート3ライン中に1~5殻存在
++ : 少ないが検出される	++ : プレパラート3ライン中に6~20殻存在
+++ : 検出される	+++ : プレパラート3ライン中に21~50殻存在
++++ : 多く検出される	++++ : プレパラート3ライン中に51殻以上存在

孔口標高  
EL.-1.32m

### KG11-5



注記: コア写真は縦横比=1:2. としている。

14C年代測定

帯磁率

湿潤重量

乾燥重量

蒸発量

土色計

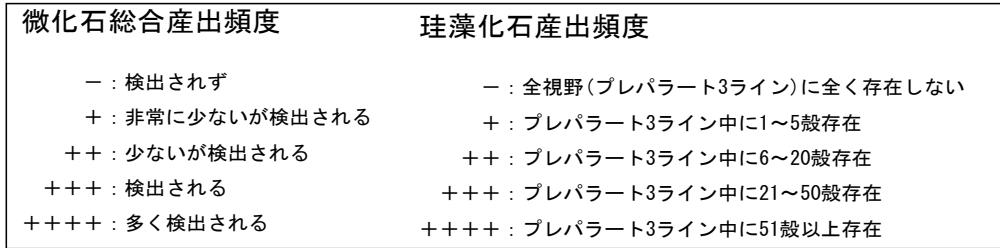
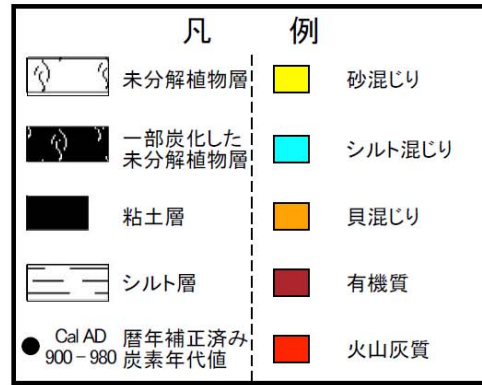
微化石分析

珪藻化石

## 2. (4) その他の分析: 各種分析データの拡充

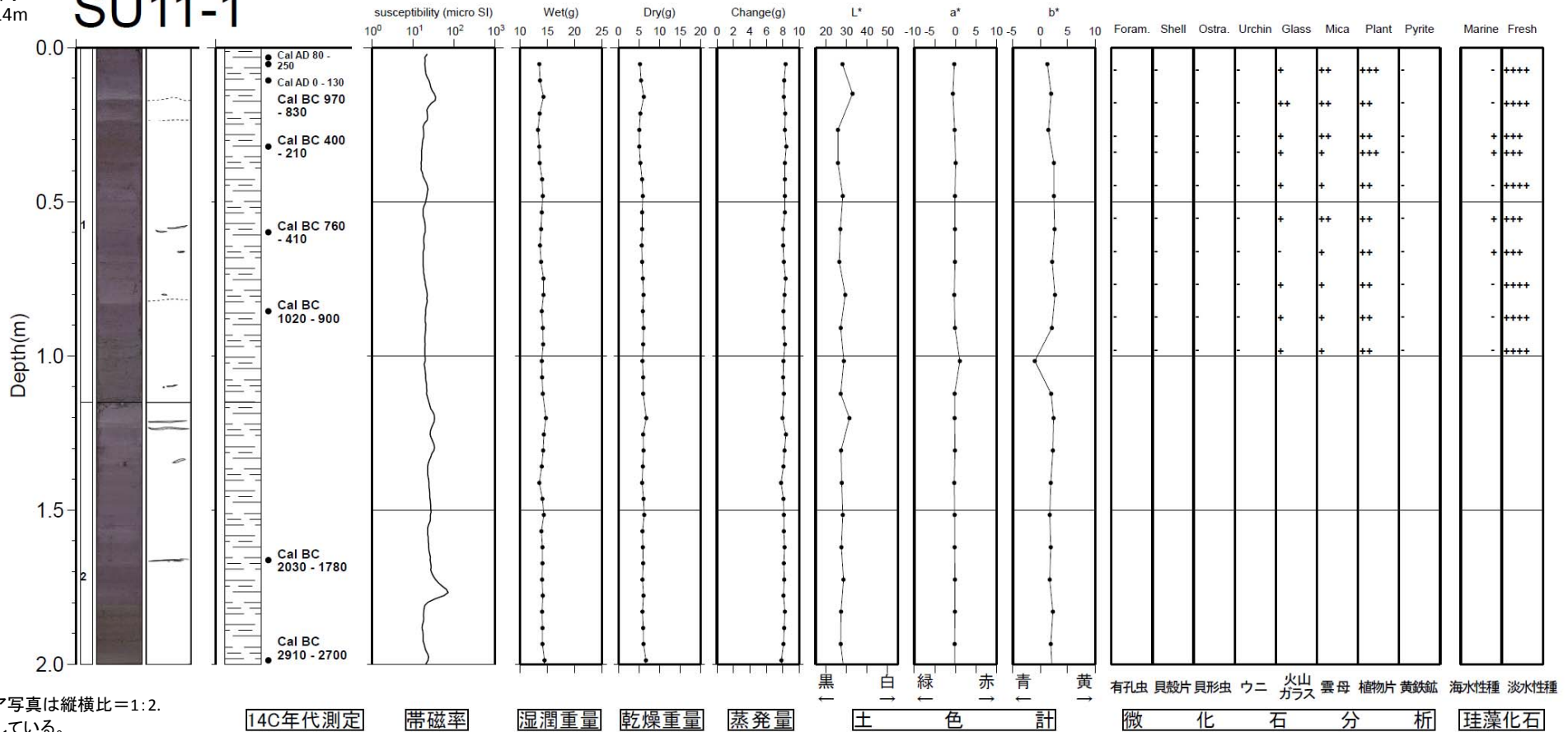
地震・津波8-2  
p10Iに加筆

天正年間を含む可能性のある層準(深度3cm付近以浅)には、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。(BC2700以降の層準も同様)  
有孔虫、貝形虫、ウニ及び海水性珪藻は認められない。(AD130以降の層準も同様)



孔口標高  
EL.-13.14m

# SU11-1



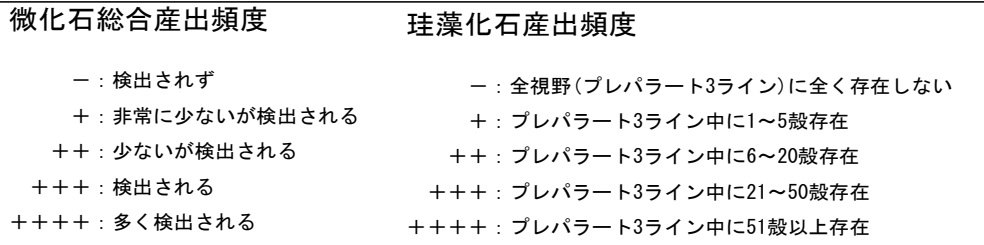
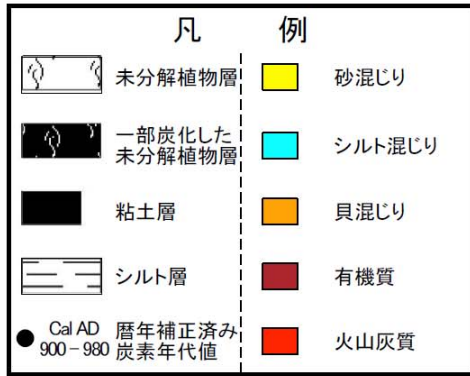
注記: コア写真は縦横比=1:2. としている。

## 2. (4) その他の分析: 各種分析データの拡充

深度40~75cm付近は水の層であり、地表部は浮島状となっている。  
このことは約30cm離れた地点で採取した凍結コアも同様である。

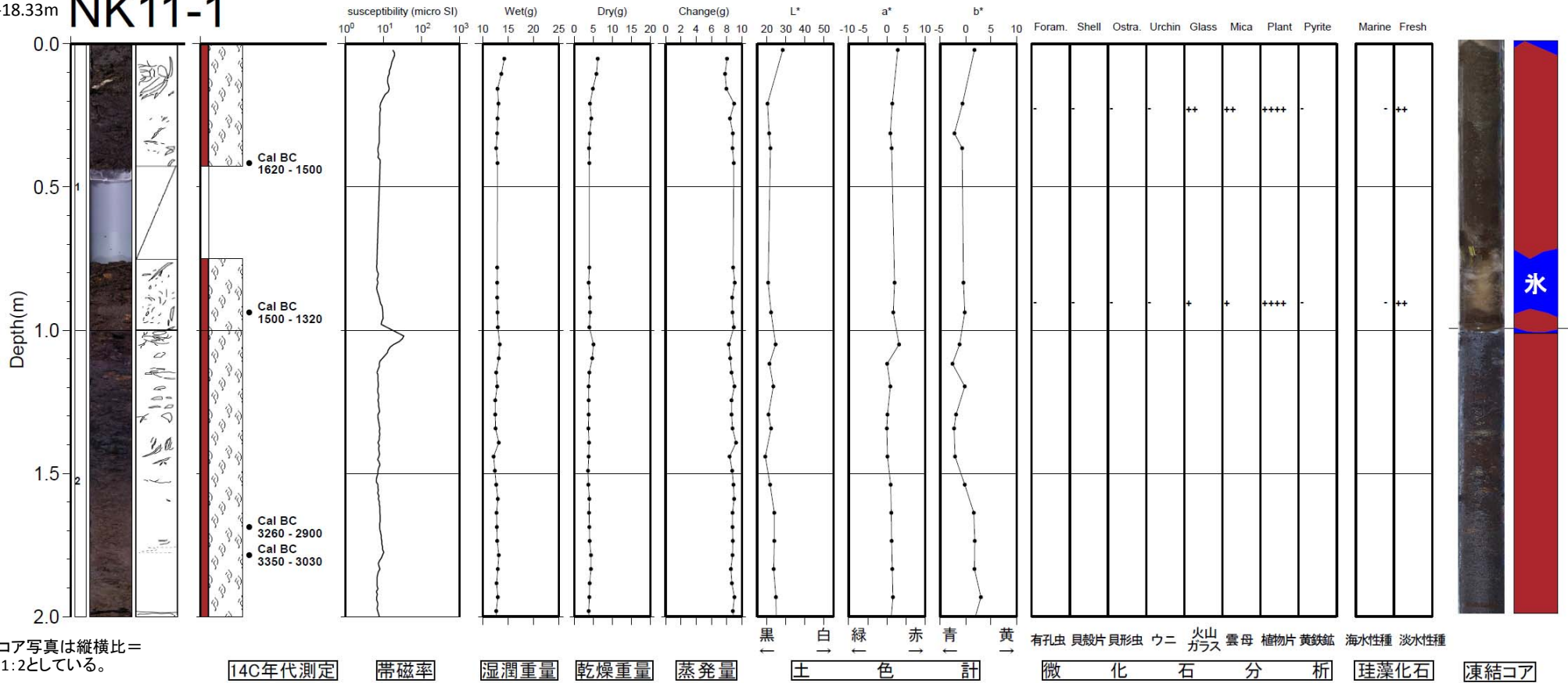
天正年間を含む可能性のある層準(深度90cm付近以浅)には、津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。(BC3030以降の層準も同様)

有孔虫、貝形虫、ウニ及び海水性珪藻は認められない。(BC1320以降の層準も同様)



孔口標高  
EL.-18.33m

### NK11-1



注記: コア写真は縦横比=1:2としている。

## 2. (5)まとめ(事業者による検討結果)

### (1)14C年代測定結果について

- 久々子湖・菅湖コアのテフラを含む堆積速度を示した。その結果から、各コアに大きな欠損がなく、14C年代の信頼性に問題がないと判断した。

### (2)CT画像による層相記載

- 久々子湖・菅湖コアの表層0.5mの地層を対象として、CT画像による層相記載を実施した。その結果、各コアに砂層は認められず、シルトからなることを確認した。また、久々子湖コアではシルトがⅠ層～Ⅱ層の2層に区分され、地点間で対比可能と判断した。

### (3)CT画像による層相解析

- CT画像による層相記載に基づき、各コアの堆積環境を復元した。その結果、久々子湖・菅湖コアの堆積物は主として湖底堆積物からなると判断した。
- 久々子湖コアのⅠ層とⅡ層の変化の要因を検討した。その結果、久々子湖コアのⅠ層／Ⅱ層境界は、1662年寛文地震による堆積物供給河川の転換により形成された可能性が高いと判断した。
- 久々子湖コアのⅠ層／Ⅱ層境界付近を対象に、CT画像の連続断面で削りこみ・粗粒な層の有無を確認した。その結果、Ⅰ層／Ⅱ層境界は漸移的に変化し、境界の下位に削りこみや粗粒な層が認められないと判断した。

### (4)その他の分析

#### ○含砂率測定

- 各コアの含砂率測定を実施した。その結果、久々子湖・菅湖コアはシルトからなり、CT画像による層相記載・解析結果と整合することが分かった。

#### ○KG11-1,3,4の追加分析結果(天正年間を含む可能性のある層準)

- いずれも津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。
- KG11-1、3、4いずれにおいても、僅かに海水性珪藻が認められるが、淡水性珪藻が優勢である。
- KG11-3には、微量な有孔虫、貝形虫が検出されたが、KG11-1,4には、有孔虫、貝形虫は認められない。

### 3. 文献調査結果等について



## 天正地震による津波に関する評価 指摘事項及び事業者の回答・対応

## 【3. 文献調査結果について】

指摘事項	事業者の回答・対応
①資料「地震・津波8-2」P21の縣市町村誌（史）の文献調査結果で、渡島大島の記載以外に、天正地震による津波以外も含めて見落としはないか。（第8回松山委員）	・天正地震以外の歴史津波については今後検討。
②伊勢湾側に津波が起きたという話もある。天正津波との関係について、調べてみてはどうか。（第8回古村委員）	・伊勢湾における天正地震による津波被害に関する文献調査結果について今回報告。
③海底地すべりによる津波の発生は考えられないか。（第8回高橋委員）	・文献等を確認した結果、伊勢湾や琵琶湖では天正地震により軟弱地盤の沈下や地盤が湖中へ滑り落ちたとの記載があることを確認したが、若狭湾沿岸ではそのような記載のある文献は見当たらなかった。
④長浜市における考古学的調査については採取された砂の年代等の情報もわかったら教えて欲しい。（第8回山本委員）	・沈んだ遺跡の年代値に関する文献調査結果について今回報告。

## 天正地震による津波に関する評価 指摘事項及び保安院・事業者の回答・対応

## 【3. 文献調査結果について】

指摘事項	保安院・事業者の回答・対応
<p>⑤兼見卿記やフロイスが何かの勘違いのもとにまとめられた可能性についても考察してみてもどうか。これらの文献以外の調査や神社での聞き取り結果では天正地震による津波を示すものはない。安全サイドに考えることは必要であるが、科学や研究の進展から議論を発散させるだけでなく、クリアにしていくことも大切だと思う。そのようなアプローチも検討してみてもいかがか。（第8回古村委員）</p> <p>⑥まず、フロイス等に記載のある天正津波について、古文書に記載されている内容に信頼度がどのくらいあるのかももう少し検討すべきであったと思う。（9回佐竹委員）</p>	<p>本件に関し、原子力安全・保安院は専門家の御意見を聴取した。</p> <p>○聴取日時：平成24年2月3日（金）</p> <p>○先方：（財）地震予知総合研究振興会 松浦律子 解析部長</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・フロイスが若狭に行ったことが無いことは分かっている。「日本史」は、都に行った時に伝聞した話を基にまとめている。</li> <li>・吉田兼見も実際に現地を見ておらず、伝聞をまとめている。精度としてはフロイスの方が高いものと考えられる。</li> <li>・文献の中で信頼性が比較的高いのは、イエズス会の年報（エボラ版）であり、その次がフロイスの日本史。</li> </ul>
<p>⑦標高資料「地震・津波8-2」P6では、寛文地震による日向断層以東における隆起を一律3mとしているが、各文献を参考にそれぞれの場所での隆起量を示したほうがよいのではないか。</p> <p>また、寛文地震前の当時は、菅湖の水が旧気山川を流れて久々子湖に流れていた。A-A' 断面の図では、そのような水の流にはならないため記載の適正化が必要ではないか。（第8回山本委員）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者は、各種文献の記載状況を踏まえて推定模式断面図を修正。</li> </ul>

## 文献調査に関する事業者の追加検討について

- (1) 伊勢湾における天正地震による津波被害に関する文献調査結果について今回報告。  
(指摘事項②への回答・対応)
- (2) 長浜の下坂浜千軒遺跡について、沈んだ遺跡の年代値に関する文献調査結果について今回報告。  
(指摘事項④への回答・対応)
- (3) 寛文地震前の推定模式断面図について、各種文献の記載状況を踏まえて修正。  
(指摘事項⑦への回答・対応)

## 3. (1)伊勢湾における天正地震による津波被害に関する文献調査結果について

文献名		事象	年代	月	日	記載内容	
1	三重県災害史	地震 津波	天正	13	11	29	大地震あり外宮正殿の千木が頽落した(松本満彦年代記) 大地震あり(桑名年代記) 大津浪あり(度会郡穂原村役場調書) 畿内東海東山北陸大震(熊野三社古書) 尾張の長嶋(木曾川下流)もまた被害大(大日本地震史料)
2	紀伊半島地震津波史料 防災科学技術研究資料 第60号	津波	天正	13	11	29	宇治山田にも破損家屋があり、伊勢度会郡、紀伊有田郡が津波におそわれた 海荒れ、カンドリ逆落(藻苅雑記) 震動と共に沿海の地津浪起り(安政大地震洪浪記) 大津波あり(広川町誌下) 津波の襲来(箕島町誌たちばなの里) 家屋の倒壊や火災も起り伊勢湾沿岸に津浪もあり、人畜の被害甚大であった(桑名郡誌) 大津波あり(度会郡穂原村役場調書)
3	鳥羽市史	地震	天正	13	11	29	長島城、桑名城、亀山城が倒壊
4	松阪市史	地震 津波	天正	13	11	29	大地震あり外宮正殿の千木が頽落した(松本満彦年代記) 大地震あり(桑名年代記) 大津浪あり(度会郡穂原村役場調書) 畿内東海東山北陸大震(熊野三社古書) 尾張の長嶋(木曾川下流)もまた被害大(大日本地震史料)
5	宇治山田市史	地震	天正	13	11	29	大地震人悉く家を去り走のがる
6	長島町誌	地震	天正	13	11	29	天酉地震、城大破加路戸島その他各地に陥没多し(長島史年表)
7	多度町史	津波	天正	13	11	29	伊勢湾には津浪も伴って起り
8	桑名市史	津浪	天正	13	11	29	伊勢湾沿岸に津浪もあり(桑名郡志) 地震のため真宗大谷派了巖寺社地崩壊(大山田村誌)
9	愛知県史	津浪	天正	13	11	29	伊勢湾で津波?
10	愛知県被害津波史 飯田汲事(S56.3)	津浪	天正	13	11	29	伊勢湾北部沿岸地域、伊勢大湊等は津波による被害を受けた。伊勢度会郡穂原に津波有り
11	東海地方地震・津波災害誌 飯田汲事(S60)	津浪	天正	13	11	29	伊勢湾沿岸に津波が襲来し、また地震で島が多く沈没した
12	明応地震・天正地震・宝永地震・安政地震の震害と震度分布 飯田汲事(S54.3)	津浪	天正	13	11	29	伊勢湾沿岸に津波が襲来し、また地震で島が多く沈没した
13	新修名古屋市史	津浪	天正	13	11	29	伊勢湾北部沿岸地域、伊勢大湊等は津波による被害を受けた。伊勢度会郡穂原に津波有

## ○古文書他の調査結果

### ①「天正大地震誌」飯田汲事・名古屋大学出版会・1987年

- 「十八 ペレー日本の地震・火山記録 (・・・)天正地震の記述にある地震被害は、前述の「フロイス日本史」のものと大差はないが、若干の相違がある。(・・・)津波の発生場所(・・・)などである。津波の起こった場所は、この史料では、Facata地方の商業の栄えた小さな町で、長浜といわれ、城のある場所であった」
- 「十九 ケンペル日本歴史 (・・・)また、津波の発生は湖畔(琵琶湖畔と思われる)のフカタにおいてであった。Fukataと記してあるが、ペレーの記事のFacataと同じかと思われる。この史料の津波の発生した所は長浜と接近した湖畔の地で、城もあり、時々多数の商売の人たちが集まった町であるから、フロイスの記事の若狭の国の出来事とは異なっている。」

### ②「山内家史料 第一代一豊公紀」(近江長濱町誌も引用)。

「近江の国の長浜は三千の戸数を有する小都市なるが、土地陥落して人家の半分を飲み他の半部は火事のため焼却せられたり、長浜と殆ど近接して時々多数の商売を以って群集する事ある湖畔のフカタFukataに於て、数日間激烈なる震動を極めたる後、終に土地悉く海水のために吸入されたり、ここを襲ひたる水の隆起したることは非常にして、沿岸一帯に溢るるに至り、附近の人家を総て洗い去りたり、これ等の一度富みあり名高かりし都市は見る影もなく荒さるるに至れり、ただしここにありたる堅固の城は一度水下となりしと雖も無事なるを得たり云々」

## ○遺跡調査結果

「下坂浜千軒遺跡(長浜市)では、1586年天正地震(M7.9-8.1)によって村が湖底に没したとする伝承、宣教師フロイスによる伝聞記録とともに、考古学的に遺跡の存在も確認されている。(・・・)以上の諸点から、下坂浜千軒遺跡においても、遺跡成立の主な原因は地震による湖岸の地すべりであり、1586年天正地震によって湖岸の地盤が、人工の盛土(良疇寺の基礎地盤等)と共に湖中にすべり落ちたものと推定される。」

(「湖底遺跡から成因から紐解くウォーターフロント地域の地震災害危険度評価」釜井俊孝、原口強、Japan Geoscience Union Meeting 2010)



「びわこの考湖学 第1部」24回 2008年7月6日「天正大地震長浜城が全壊 湖に沈んだ街も」から引用

## 3.(2)下坂浜千軒遺跡の年代値に関する文献調査結果

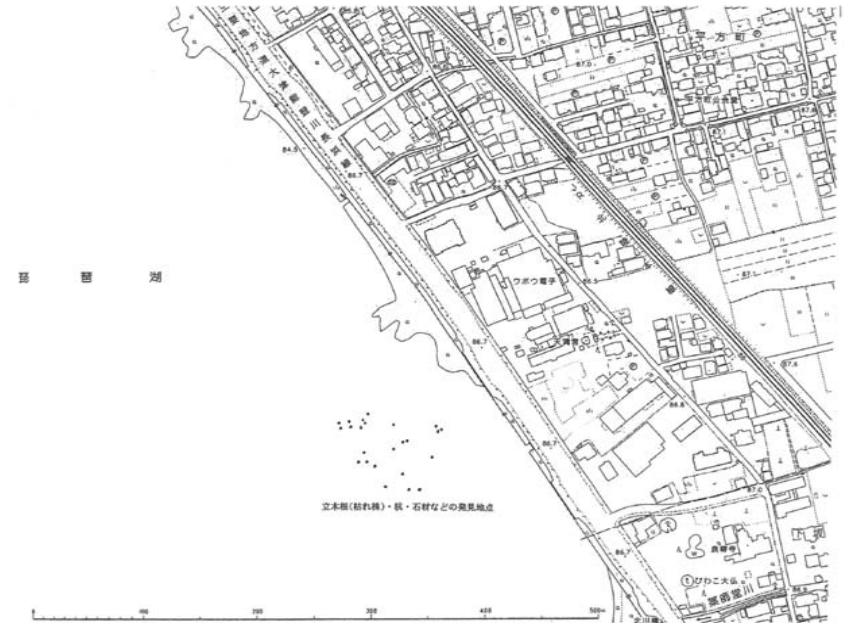
釜井・原口は、他の琵琶湖湖底遺跡(尚江千軒遺跡)について林博通・元滋賀県立大教授と共同調査を行っており※1、同論文において、林教授の文献「琵琶湖湖底遺跡・下坂浜千軒遺跡」※2を参照している。

## ○潜水調査で確認された杭の年代測定結果

- (…)こうした調査によって、今回の調査では明確な遺構は発見できなかったものの、立木が水没したことにより、そのまま枯死したとみられる立木根(枯れ株)が湖底に立った状態のもの、人為的に打ち込まれた杭、性格不明の石材等、リモナイト礫塊とでも呼称すべき物質が二十数箇所で見つかった。
- (…)杭B…樹種アカマツまたはクロマツ 沖合い113<sup>メートル</sup> 水深1.84<sup>メートル</sup>(標高82.53<sup>メートル</sup>) 幹の直径9センチメートル 残存高13センチメートル
- (…)また杭Bの先端を採取して放射性炭素年代測定(AMS-Standard)を行った。その測定データを暦年代に置き換えると、西暦1470年頃から1660年頃の間には伐採されて打ち込まれた木材(確率95<sup>パーセント</sup>)
- つまり、この期間のある時期に松の木が伐採されて、まもなく人為的に打ち込まれたものといえる。杭の上端の形状からみて、打ち込まれた時点の水位はこの上端面より低かったことを示し、その後まもなく水没したものといえる。杭の直径が10センチメートル足らずで、腐朽が進んでいないため、打ち込まれて水没するまでさほど時間は経過していないものと判断される。

※1 林博通、釜井俊孝、原口強「琵琶湖湖底遺跡・尚江千軒遺跡の考古学的調査と地盤工学的調査」、人間文化2007.12、Bulletin Vol22, School of Human cultures, The University of Shiga Prefecture

※2 林博通、「琵琶湖湖底遺跡・下坂浜千軒遺跡」、近江文化財論叢(ろんそう) 第二輯(しゅう)ー長谷川嘉和・別所健二さん退任記念、P120-129



下坂浜千軒遺跡 立木根(枯れ株)・杭・石材等発見地点(発見地点は平板測量による)



杭B アカマツあるいはクロマツ

## 3.(2)下坂浜千軒遺跡の年代値に関する文献調査結果

## 「琵琶湖湖底遺跡・下坂浜千軒遺跡」による記載内容

## ○水没の原因と琵琶湖の水位の検討

- この水没の可能性として次の2つの仮定が成り立つ。
- ①(…)地盤不変の水位上昇説
- ②(…)地盤沈降説
- (…)こうみると、16世紀後半から現在に至るまで約430年間、大雨や大旱魃などの一時的な災害を除いて、琵琶湖の水位はほぼ84.5～85.5<sup>m</sup>の範疇で推移してきたことがわかる。それ以前の少なくとも100年間についても、水位が大きく変動するような環境変化があったとは考えられず、西暦1470年頃もこの水位はずっと保たれていたと考えて問題ないだろう。

## ○地盤沈下の原因の検討

- (…)地盤沈下の生じる原因は、大地震による断層の上下動か、大きな地震動に伴う液状化による鉛直方向の地盤沈下ないし地盤の横方向への移動(側方流動)、あるいは圧密沈下である。

杭Bの放射性炭素年代測定による年代(西暦1470年頃～1660年頃)の示す時期に、近江に大きな影響を及ぼした地震には次のようなものがある。

- ①天正13年11月29日(1586年1月18日)震源地 岐阜県中部 推定マグニチュード7.8(…)
  - ②文禄5年閏7月13日(1596年9月5日)震源地 大阪府高槻市付近 推定マグニチュード7.5(…)
  - ③寛文2年5月1日(1662年6月18日)震源地 滋賀県高島市付近 推定マグニチュード7.25～7.6(…)
- (…)長浜地域に最も大きな被害を与えたのは①ということができる。

## ○結論

- 水位の検討および地震の検討から、先の2つの仮定のうち、①(=地盤不変の水位上昇説)は完全に否定されるため、成り立つのは②の仮定(=地盤沈降説)ということになる。(…)下坂浜千軒遺跡は大きな地盤の変動によって湖底に陥没したと判断され、その地盤沈下をもたらしたのは天正13年(1586年)に長浜に大きな被害を及ぼした大地震であったということができる。

## 3. (3) 寛文地震前の推定模式断面図：寛文地震による地形変動に関する文献

宇佐美龍夫・松田時彦・岡田篤正(1977):寛文2年(1662年)の地震に伴う若狭湾岸三方五湖付近の土地隆起,地震予知連絡学会報, No.17, p.143-145, 国土地理院.

寛文2年の琵琶湖西岸地域を中心とする大地震(M7.6)は,琵琶湖西岸の土地の沈降や朽木谷山腹の大崩壊を伴った<sup>1)</sup>(第1図)。この地震の際に,若狭湾岸の三方五湖付近や海岸沿いに土地の隆起が生じた,という文書がある<sup>2),3)</sup>。今回行った現地調査の結果,その隆起地形が現存し,地震時の隆起量が推定できたので報告する。

三方五湖のうち,水月湖の水は地震前は気山川によって久々子湖を経て若狭湾に排水されていた。それが地震時に気山川の川口(第2図B)付近が隆起して水月湖は排水路を失って水位が上昇し,人工的な排水路(第2図のA,浦見川)が完成するまで湖岸の数ヶ村は水没した。旧気山川は現在でも気山の川中神社(第2図のC)北側まで,幅10m以下の明瞭な旧流路地形を示している。

- 1) 旧気山川流路の現在高度は海拔最高8.5mであるが,1~2mはその後の土砂の埋積によって浅くなっているため,旧流路底の海拔高度は現在約6.5~7.5mと推定される。
- 2) 地震前の水月湖の水面の高さは,湖岸地形から推定されるが,それは気山川川口周辺をのぞくと現在海拔2.5~4m(多くは3~3.5m)である(第2図の旧汀線に付した数字参照)。
- 3) したがって,寛文2年地震に伴う気山川河口付近での土地隆起量は $(6.5 \sim 7.5\text{m}) - (3 \sim 3.5\text{m}) = 3.0 \sim 4.5\text{m}$ と推定される。

4) 久々子湖の湖岸にも旧湖岸線地形が認められ,その旧汀線高度は海拔2.5m~3.5mである。この湖の水面は地震前から海面と連続して高さがほぼ等しかったので,上述の旧汀線高度は寛文地震による久々子湖付近の土地隆起量をあらわしていると考えられる。

5) 久々子湖北西の若狭湾岸飯切山周辺海岸には現海面より1.5~2m高い位置に海蝕洞や波食台が多く分布していて,最近時代における土地隆起を示唆している。

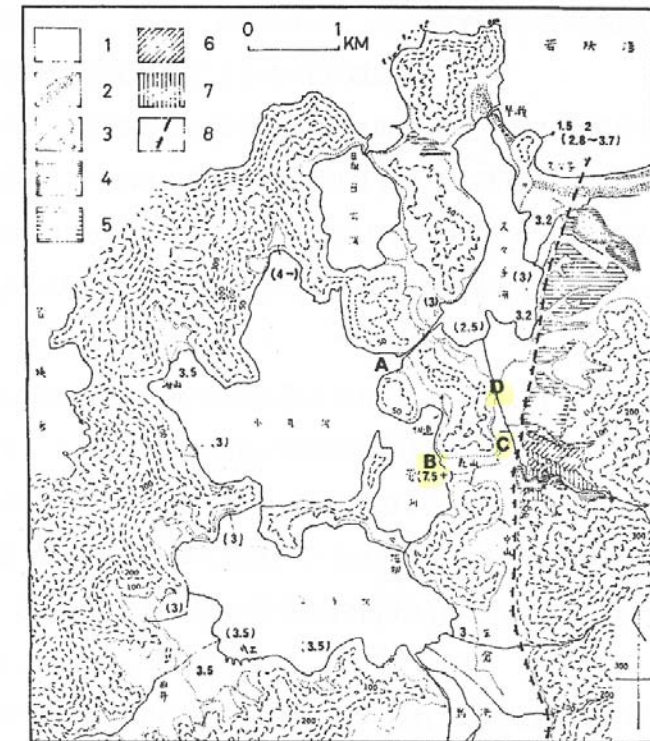


Fig. 2 Map of Mikata Area.

A : Urami channel, B-C-D : Abandoned river Kiyama.

1. Mountains, sea and alluvial plain. 2. Sand dune and bench ridge. 3. Pre-1662 shoreline. Numerals : height of the shoreline in meter measured (without parenthesis) and read on map of 1 : 5,000 Kokudo kihonzu (with parenthesis).
4. Lower terrace, 5. Middle terrace. 6. Higher terrace. 7. Highest terrace.
8. Mikata fault.



## 3. (3) 寛文地震前の推定模式断面図：寛文地震による地形変動に関する文献

東幸代・小松原琢(2005)：第4章 若狭国での被害・地変と震災対応，1662 寛文近江・若狭地震 報告書，p90-123，中央防災会議 災害教訓の継承に関する専門調査会。

## 1 地震前の古地理と現地形の比較から推定される地変

ここでは、以下の資料から旧地形を推定し地変の様相を推定した。

## (1) 三方五湖周辺全域に関して

『正保若狭国絵図』（正保元(1644)年作成）：国絵図は江戸幕府が全国に命じて作らせたもので、縮尺 1/21,600（1里を6寸とする）で村落・街道のみならず、地形もおおむね正確に記載されている。絵図には①昔湖から久々子湖へ上瀬（気山）川が注いでいること、②田井島や光島など現在では陸地とつながっている湖畔の山が島として描かれていること、③地震後に浦見川が開削された場所が「恨ミ坂」の名の山として記されていること、④成出と生倉の集落が描かれていないこと、という点で現在とは異なる地理が示されている。

## (2) 日向湖に関して

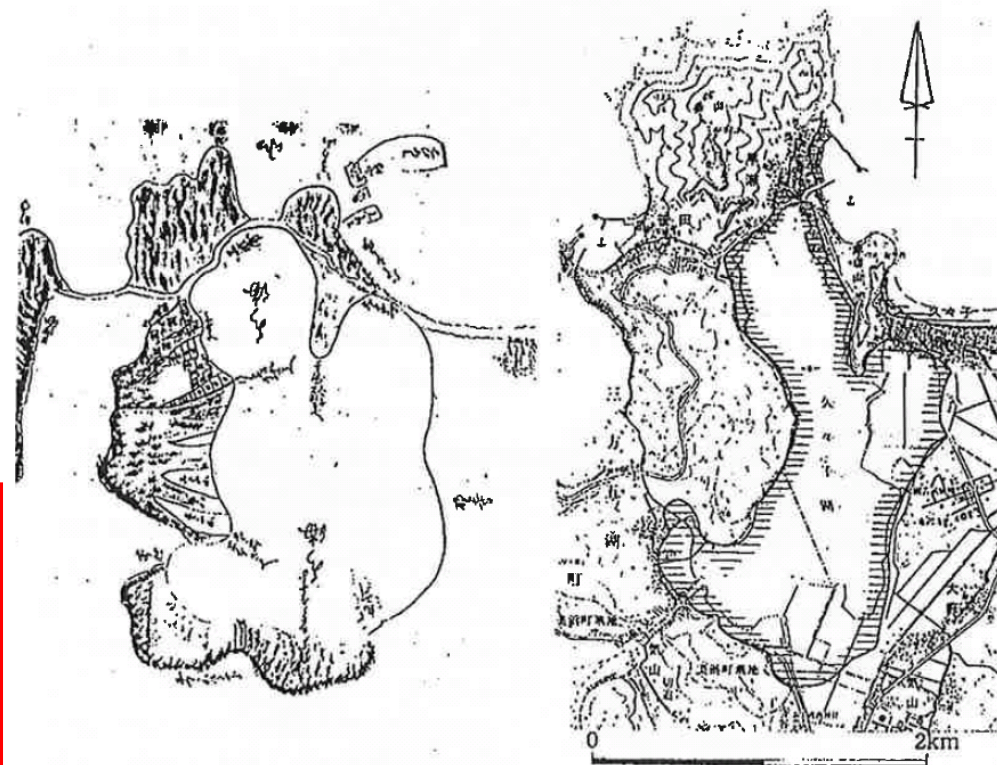
「渡辺六郎右衛門家文書」（日向）のうち『日向浦干上り新田由緒（他見禁制書抄）』（三方古文書を読む会、1993）には、「日向湖が満水の際には久々子湖畔の芋村へ水が流出していたが、寛永 12（1635）年に日向湖と若狭湾を結ぶ日向川が開削され湖水位が 4 尺（1.2m 余り）低下した」と記されている。日向湖と芋村の間には標高 6.3m の峠があるが、増水時にはこの峠を越えて湖水が芋に流れ込むことがあったのであろう。しかし、日向湖は流域面積が狭いため相当な降雨があったとしても 5m 余りも水位が上昇するとは考えがたい。むしろ寛永年間の日向湖と芋の間の峠は現在より低く、その後の地殻変動によって隆起したと考える方が自然であろう。

## (3) 久々子湖に関して

## a. 『上野山九十九家文書の絵図』（早瀬：三方古文書を読む会、1987）

この絵図の描かれた年代は不詳であるが、山の位置など現在の地形から判断して、極めて正確に地震前の地形を示したものと見える（図4-5右）。久々子湖は砂州によって海と隔てられた潟湖であることから、その水位はほぼ海水位に近かったであろうが、本図に示された久々子湖の湖岸線は、標高 3m の等高線（図4-5左）にほぼ一致する。このことから、絵図作成以降に久々子湖周辺が 3m 程度隆起したと推定される。

（注：上記文章はp102-103から抜粋）



上野山九十九家文書の古絵図

国土地理院発行1/25000地形図「早瀬」

■ 海拔3m未満の範囲

図4-5 地震前に描かれた久々子湖周辺の絵図と現在の地形の比較（上野山九十九家の古絵図は三方古文書を読む会、1986による（資料提供は美浜町文化財保護・町誌編さん室）；小松原ほか、1999より引用）。標高 3m の等高線と古絵図に描かれた久々子湖の湖岸線がほぼ一致する。

### 3. (3) 寛文地震前の推定模式断面図：(3) 三方五湖周辺の地形及び標高一地形図

(凡例)

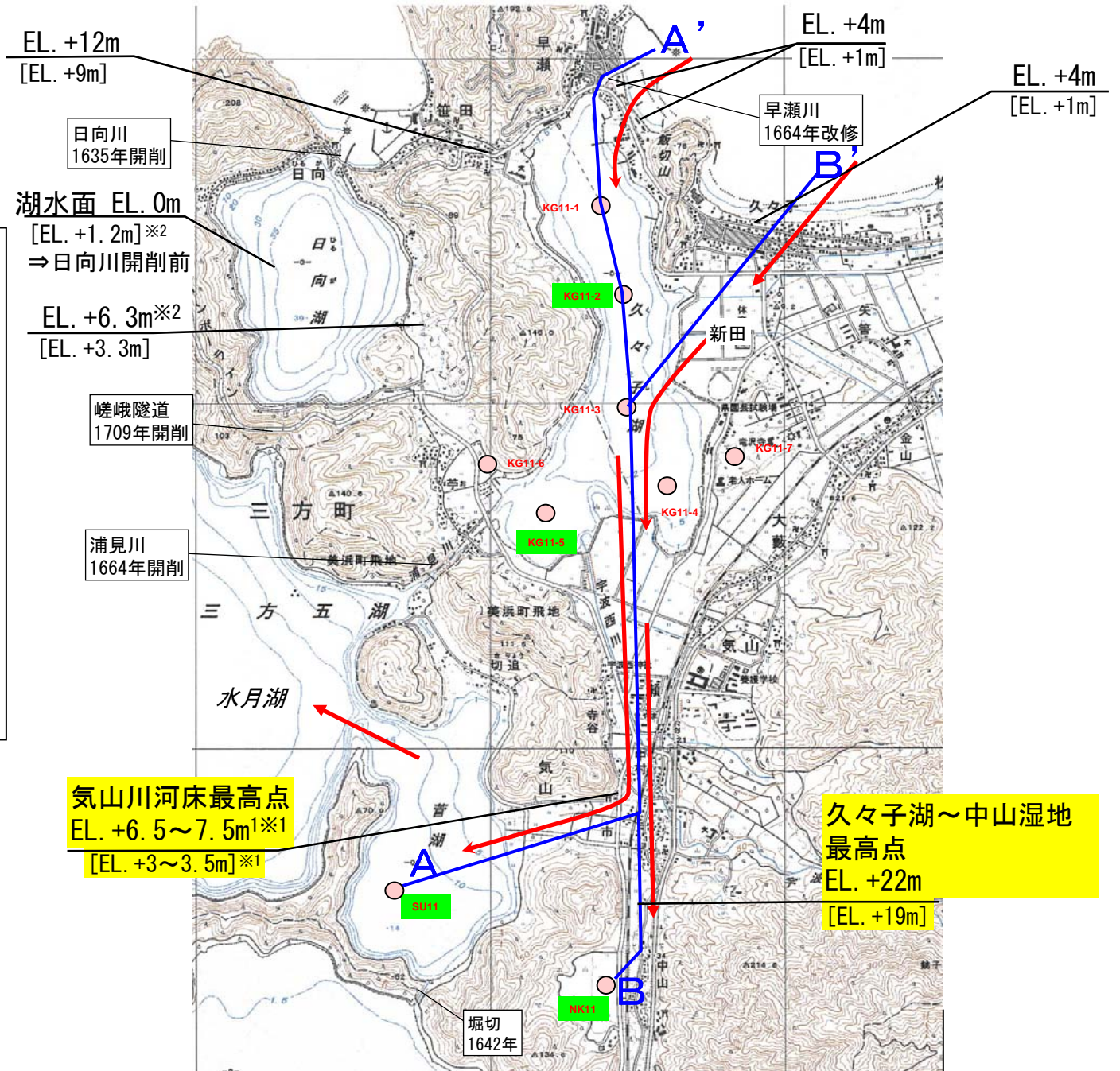
A — A' 寛文地震前推定模式断面図  
B — B' (次ページ) 断面線

○ KG11-1 …ボーリング地点  
○ KG11-2 …天正地震による津波の分析用 (H23. 12. 21報告時)

EL. +0m※〇…現在の標高 (文献番号)  
[EL. +△m]※〇…寛文地震前の標高 (文献番号)

○文献番号が付してあるものは、当該文献における寛文地震前後の標高を記載。

→ …津波流入経路(想定)



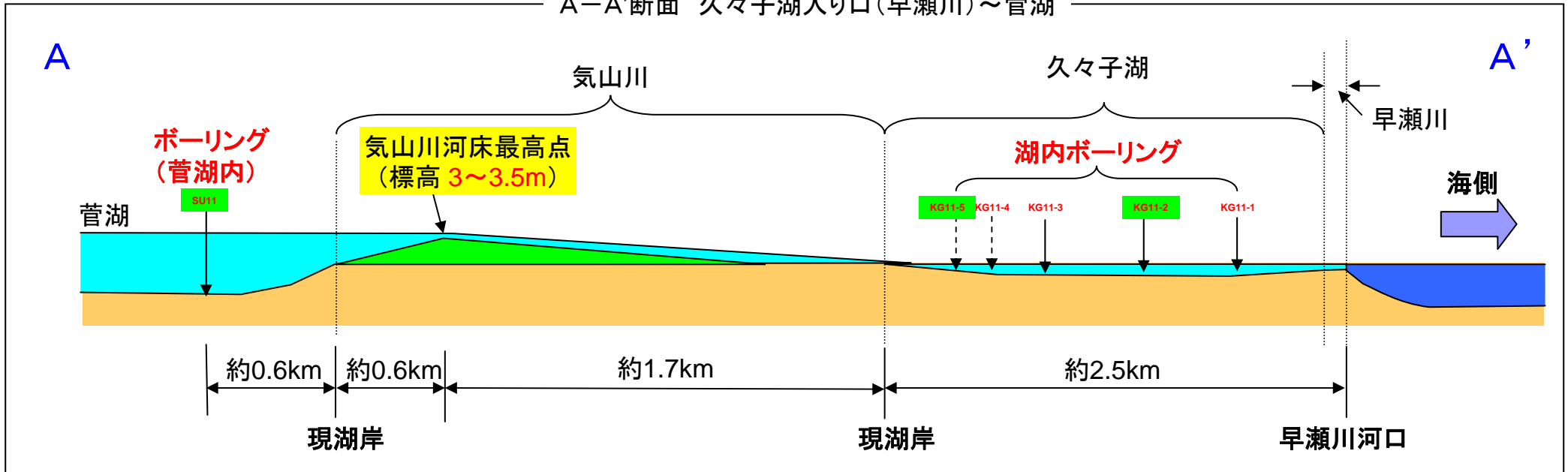
(参考文献)

※1 宇佐美龍夫・松田時彦・岡田篤正(1977) : 寛文2年(1662年)の地震に伴う若狭湾岸三方五湖付近の土地隆起, 地震予知連絡会会報, No.17, p.143-145, 国土地理院.

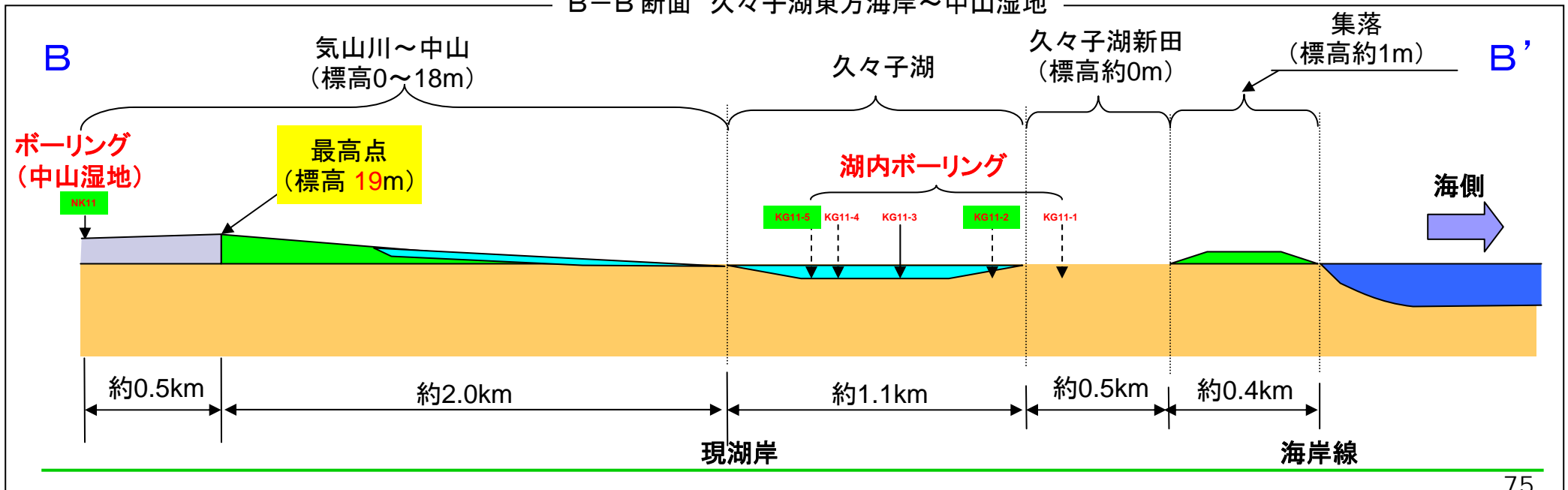
※2 東幸代・小松原琢(2005) : 第4章 若狭国での被害・地変と震災対応, 1662 寛文近江・若狭地震 報告書, p90-123, 中央防災会議 災害教訓の継承に関する専門調査会.

### 3. (3) 寛文地震前の推定模式断面図

A-A'断面 久々子湖入り口(早瀬川)～菅湖



B-B'断面 久々子湖東方海岸～中山湿地



## 事業者による総合評価

### ○津波堆積物調査結果(久々子湖、菅湖、中山湿地)

#### 1. 津波堆積物調査地点の適切性

- 三方五湖周辺は、静穏な堆積環境を維持し、海岸や沖合いの海底に砂が広く分布しており、色々な方向からの津波を想定した数値シミュレーションにより、調査地点である久々子湖付近には色々な方向から津波が到達するとともに、久々子湖内に砂が流入することから、津波堆積物調査の地点として適切であると判断した。

#### 2. ボーリング試料の分析結果について

##### (1)CT画像による検討

- CT画像による層相記載に基づき、各コアの堆積環境を復元した。その結果、久々子湖・菅湖コアの堆積物は主として湖底堆積物からなると判断した。
- 久々子湖コアのⅠ層とⅡ層の変化の要因を検討した。その結果、久々子湖コアのⅠ層／Ⅱ層境界は、1662年寛文地震による堆積物供給河川の転換により形成された可能性が高いと判断した。
- 久々子湖コアのⅠ層／Ⅱ層境界付近を対象に、CT画像の連続断面で削りこみ・粗粒な層の有無を確認した。その結果、Ⅰ層／Ⅱ層境界は漸移的に変化し、境界の下位に削りこみや粗粒な層が認められないことが分かった。従って、寛文地震時の下位層の浸食や、砂層を残さない大きな津波の来襲はなかったと判断した。

##### (2)その他の分析:各種分析データの拡充

- 各コアの含砂率測定を実施した結果、久々子湖・菅湖コアはシルトからなり、CT画像による層相記載・解析結果と整合することが分かった。
- KG11-1,3,4の追加分析結果(天正年間を含む可能性のある層準)
  - いずれも津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない。
  - KG11-1、3、4いずれにおいても、僅かに海水性珪藻が認められるが、淡水性珪藻が優勢である。
  - KG11-3には、微量な有孔虫、貝形虫が検出されたが、KG11-1,4には、有孔虫、貝形虫は認められない。

### ○文献調査(追加)

- ・伊勢湾沿岸の縣市町史等13文献を調査した結果、10文献において、天正地震による津波に関する記述を確認した。

上記検討結果は、「古文書に記載されているような天正地震による大規模な津波を示唆するものは無いと考えられる」とする従来の評価と整合的である。