

佐賀低平地における軟弱地盤の環境・工学的性質から 軟弱地盤対策まで～2. 地盤・環境問題と軟弱地盤対策～

佐賀大学低平地研究センター 日野剛徳



1. 有明海沿岸道路の事業概要 (1)



福岡県大牟田市から佐賀県鹿島市までの有明海沿岸(55km)を取り囲み、佐賀、福岡の両県はもとより、熊本や長崎へ円滑で短時間の移動を可能にする一大道路プロジェクト。

高速道路と同じように信号がなく、走りやすい自動車専用道路であり、インターチェンジから乗降し、交差する道路とは立体交差となる予定。

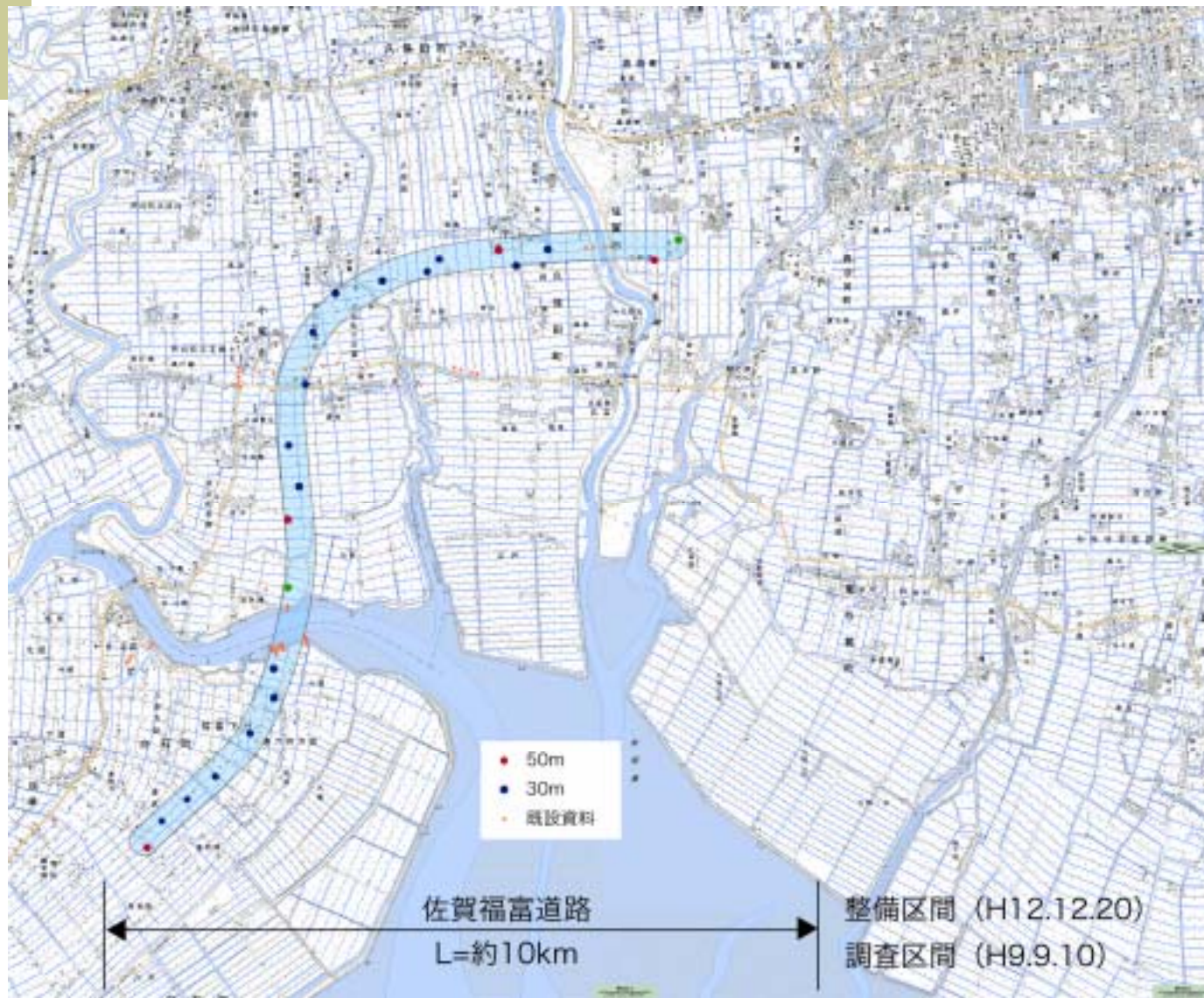
概ね60km/h～80km/hで走れ、しかも無料で利用することができる。

1. 有明海沿岸道路の事業概要 (2)



有明海沿岸道路が完成すると、九州縦貫自動車道や九州横断自動車道と一体となり、有明沿岸地域の発展はもちろんのこと、北部九州地域の産業、文化の交流や連携にとって重要な役割を担う。

2. 佐賀県政下における有明海沿岸道路の計画路線位置



3. ボーリング調査について

3.1 ボーリング実施の経緯

平成14年度から河川域周辺を中心に調査が開始される。

平成15年10月～12月にかけて、50m級基準コア3箇所、翌平成16年3月に50m級基準コア1箇所および30m級ボーリングの一部が掘削される。50m級ボーリングの調査間隔はほぼ2.5kmピッチ。

平成16年10月～12月にかけて、50m級ボーリングの調査間隔を補う形で30m級ボーリングが掘削される。30m級ボーリングの調査間隔はほぼ500mピッチ。

計画路線範囲において、計24本のボーリングが掘削された。

3. ボーリング調査について

3.2 ボーリング調査に特徴的な点

短期間かつ限られた季節(農繁期終了後)に広域かつ一斉に調査がなされている。

調査箇所はいずれもほぼ処女地盤の形を留めていると考えられるところ。

調査会社との間で、原位置試験、シンウォールの開封手順および土質試験の実施位置、土質試験方法などについて密な連絡協議を図り、極力人為的な誤差要因を除くことに努めた。

4. ボーリング調査の内容

調査深度 m	地層構成概要	ボーリング孔径 mm	標準貫入試験	酸化還元電位	pH	塩分濃度試験	不攪乱試料採取 TW	土粒子の密度 s	自然含水比 n	粒度試験	液性・塑性限界 Lp	湿潤密度 t	一軸圧縮試験 qu	室内ペーン試験・鋭敏比	圧密試験	塩ビ管立込み・水質分析	軟弱粘土のボーリング孔径 mm	不攪乱試料採取 TW	水質分析	PS 検層	三成分コーン貫入試験	
																						オールコア孔
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8	軟弱粘土層																					
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						

50m級ボーリングの内容

調査深度 m	地層構成概要	ボーリング孔径 mm	標準貫入試験	不攪乱試料採取 TW	土粒子の密度 s	自然含水比 n	粒度試験	液性・塑性限界 Lp	湿潤密度 t	一軸圧縮試験 qu	塩ビ管立込み・水質分析	三成分コーン貫入試験
1												
2												
3												
4												
5												
6	軟弱粘土層											
7												
8												

30m級ボーリングの内容

5. シンウォールサンプラーにおける各土質試験の実施位置



6. 計画路線地域における海岸線の変化

6.1 現在の海岸線の位置



6. 計画路線地域における海岸線の変化

6.2 約6,000年前の海岸線



6. 計画路線地域における海岸線の変化

6.3 約1,800年前の海岸線



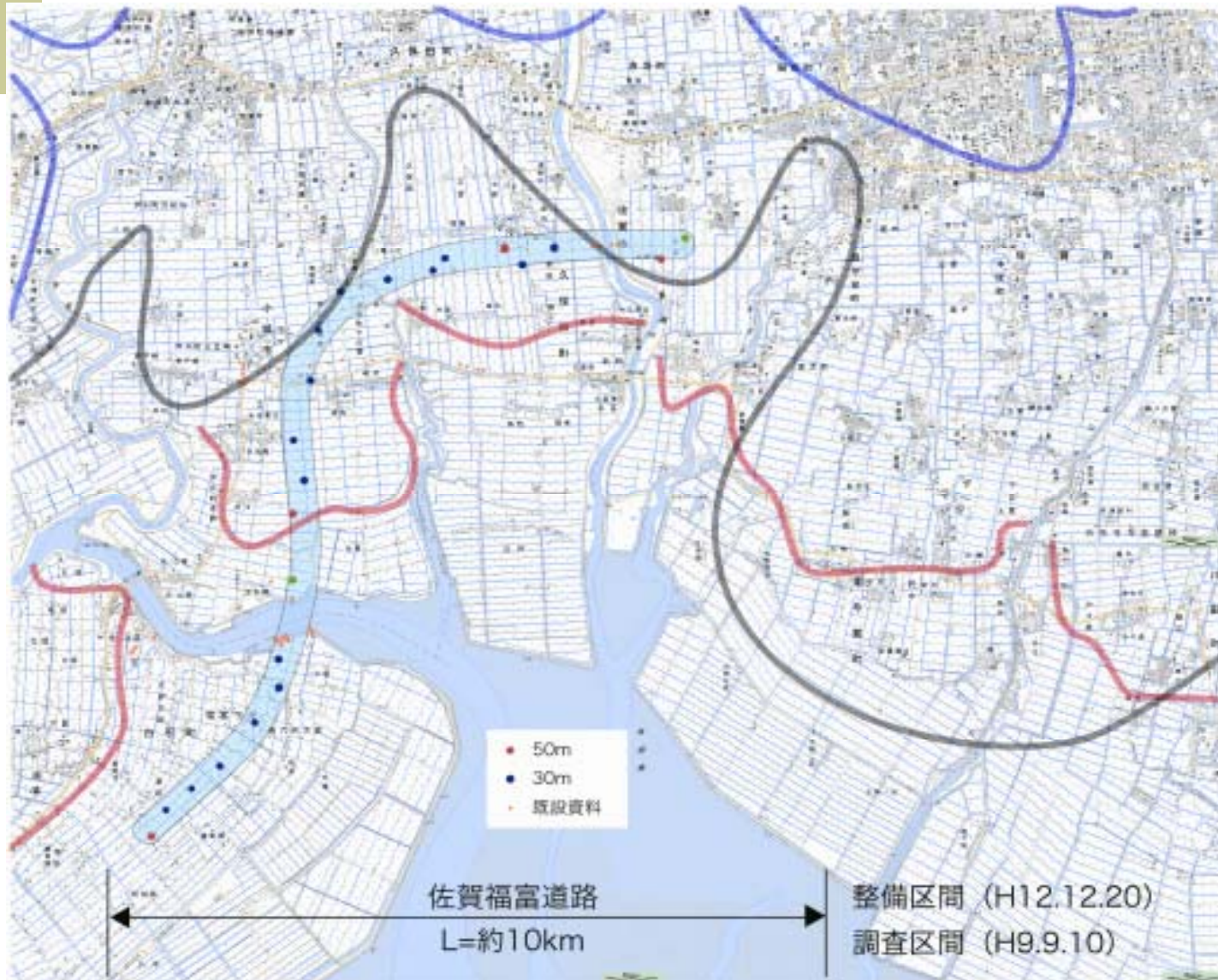
6. 計画路線地域における海岸線の変化

6.4 約300年前の海岸線

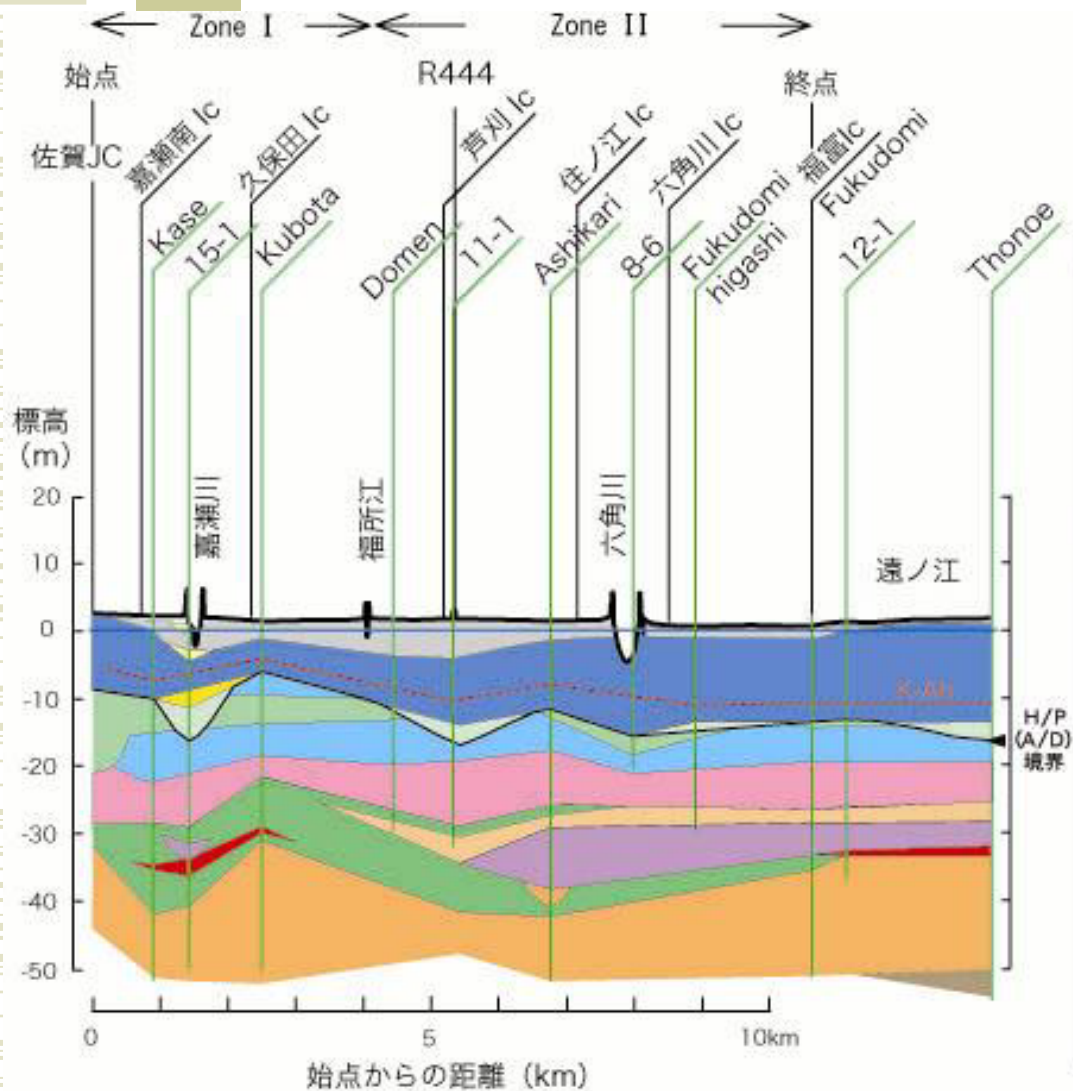


6. 計画路線地域における海岸線の変化

6.5 各海岸線の重ね合わせ



7. 計画路線下における地層の断面図 (1)

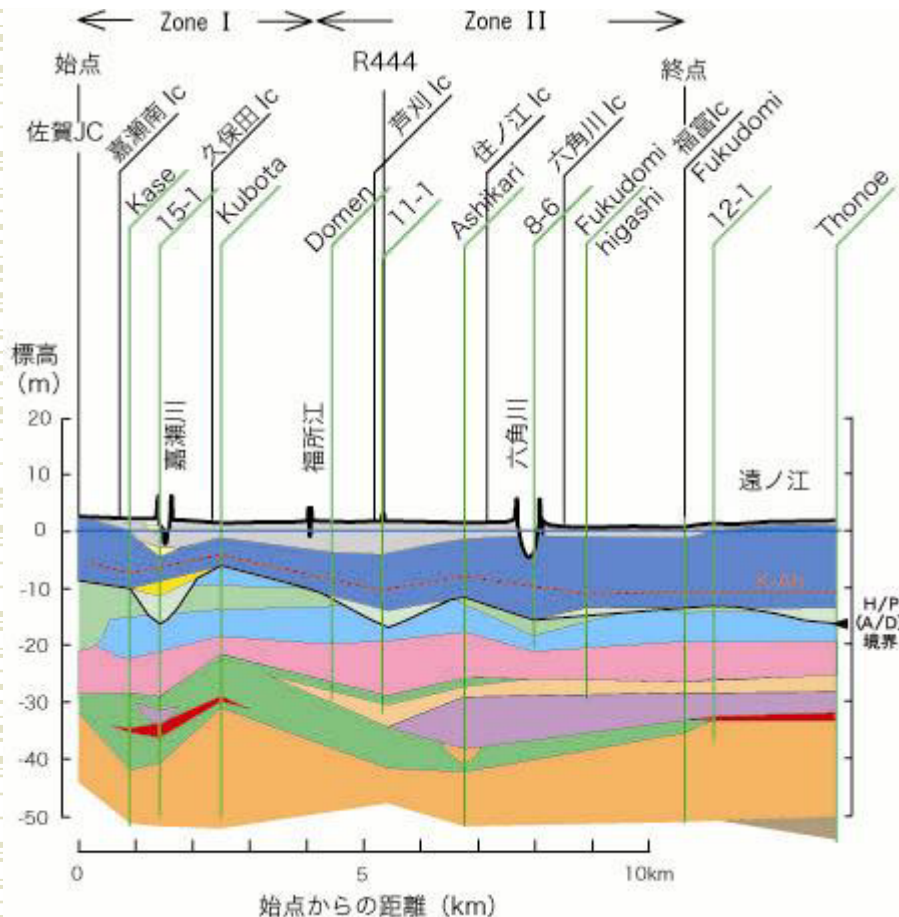


有明海湾奥低地の地質区分 (下山ほか, 1994による)

地質時代	年代 (万年)	地質名称	凡例	地質記号	堆積環境	硬さ	記事
第四紀	更新世 (洪積層)	表土・盛土		ars	人工		調整り土
		蘆花層上部		aHu	淡水～汽水		細砂・腐植物を含む粘土
		有明粘土層		aAc-c3	海水		締め付けられぬ粘性土、其層片を混入
				aAc-r2			有明粘土層に混入される締め付けられぬシルト～細砂
		蘆花層下部		aHc	淡水～汽水		細砂を含む砂質シルト土の粘性土
				aHs			細砂・シルト質の砂土
		三田川層		dFic	淡水	中	粘性土の硬質シルト土
				dFis			粘性土の硬質シルト土
		阿蘇4火砕流堆積物		dAs-4	陸上		粘性土の硬質シルト土、其層片を混入
		中原層上部		dNu	淡水～汽水		青灰色粘土質シルト土
		dNus			砂質、腐植物を混入		
		dTc	海水		砂質シルト～粘土、其層片を混入		
		dAs-3	陸上		よて締めつた粘性土は所々、其層片を混入する砂質土		
		dNc	淡水～汽水		砂質シルト～シルト質粘土		
		dNs			調整り砂～砂質土		
		dFc	海水 汽水 淡水		調整り砂と調整りシルト		
		cHs			調整り砂～調整りシルト		

注) H: Holocene (更新世), P: Pleistocene (更新世)
A: Alluvium (洪積層), D: Diluvium (洪積層)

7. 計画路線下における地層の断面図 (2)

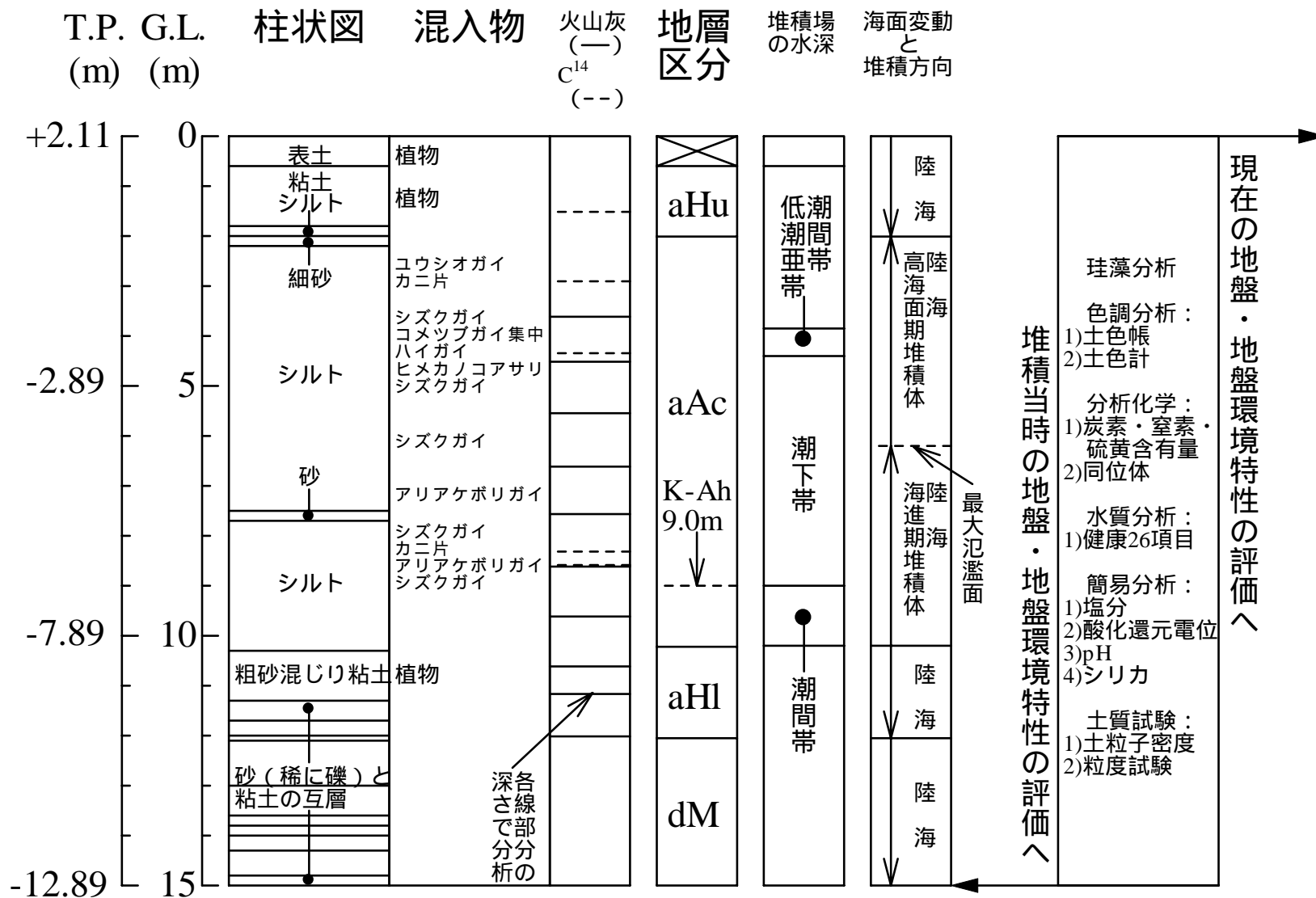


平面的特性について、地質学的には「Zone I」と「Zone II」とに分けられている。

計画路線地域における表層軟弱粘土層の平均層厚は12m。始点から終点にかけて層厚は厚くなる。

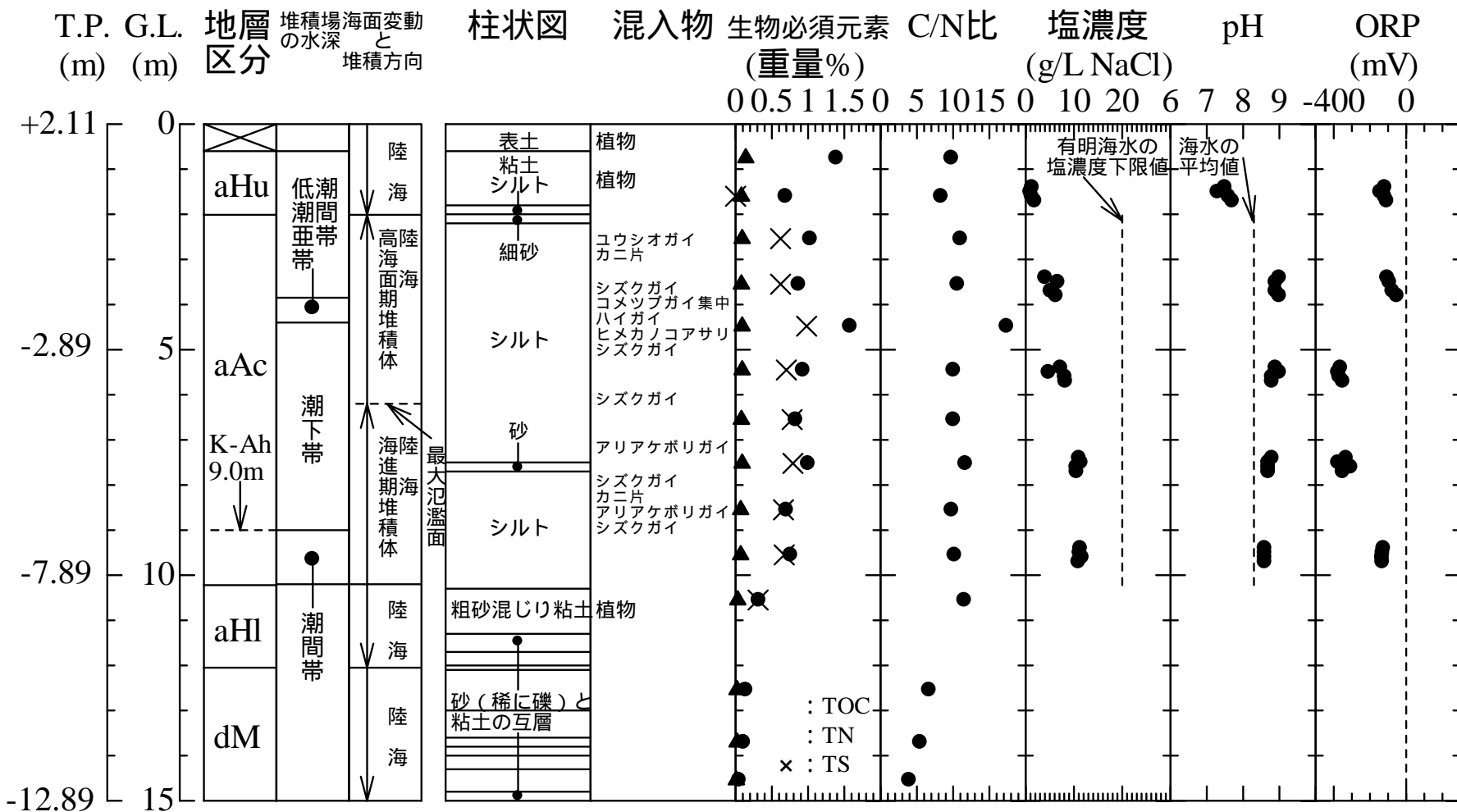
8. 嘉瀬コア

8.1 堆積当初における地盤環境の復元



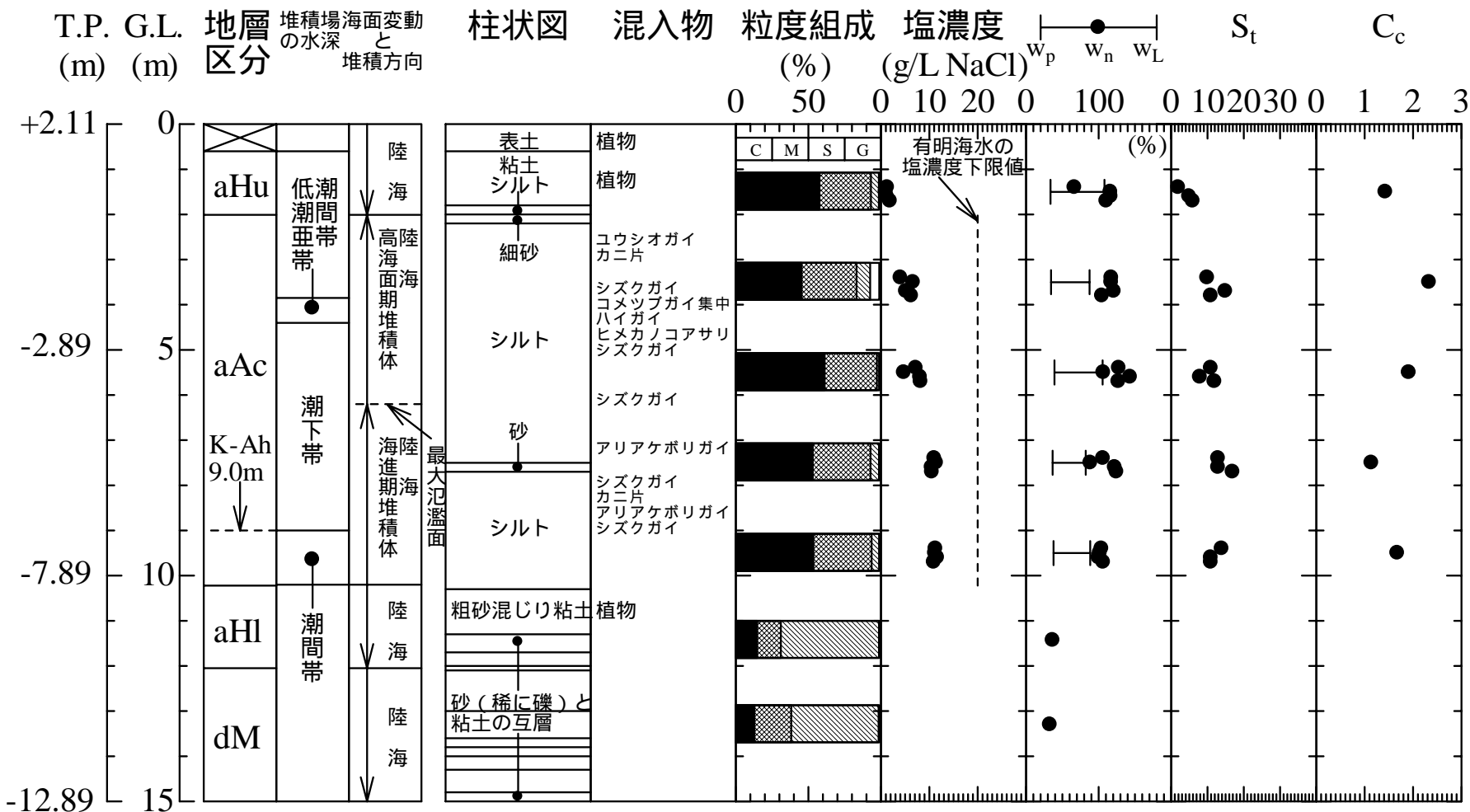
8. 嘉瀬コア

8.2 堆積当初および現在の地盤環境の比較



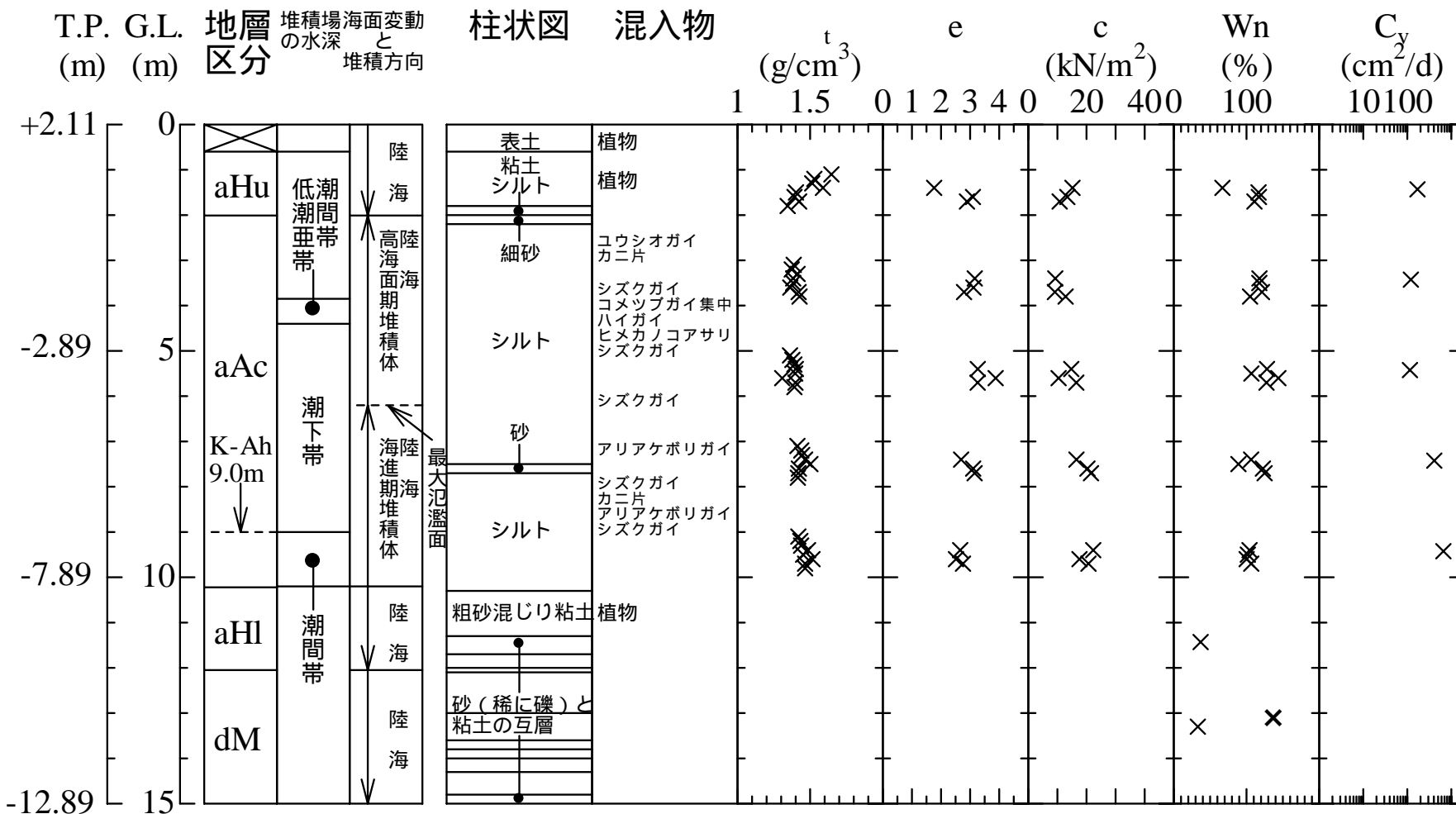
8. 嘉瀬コア

8.3 鋭敏性と圧縮性



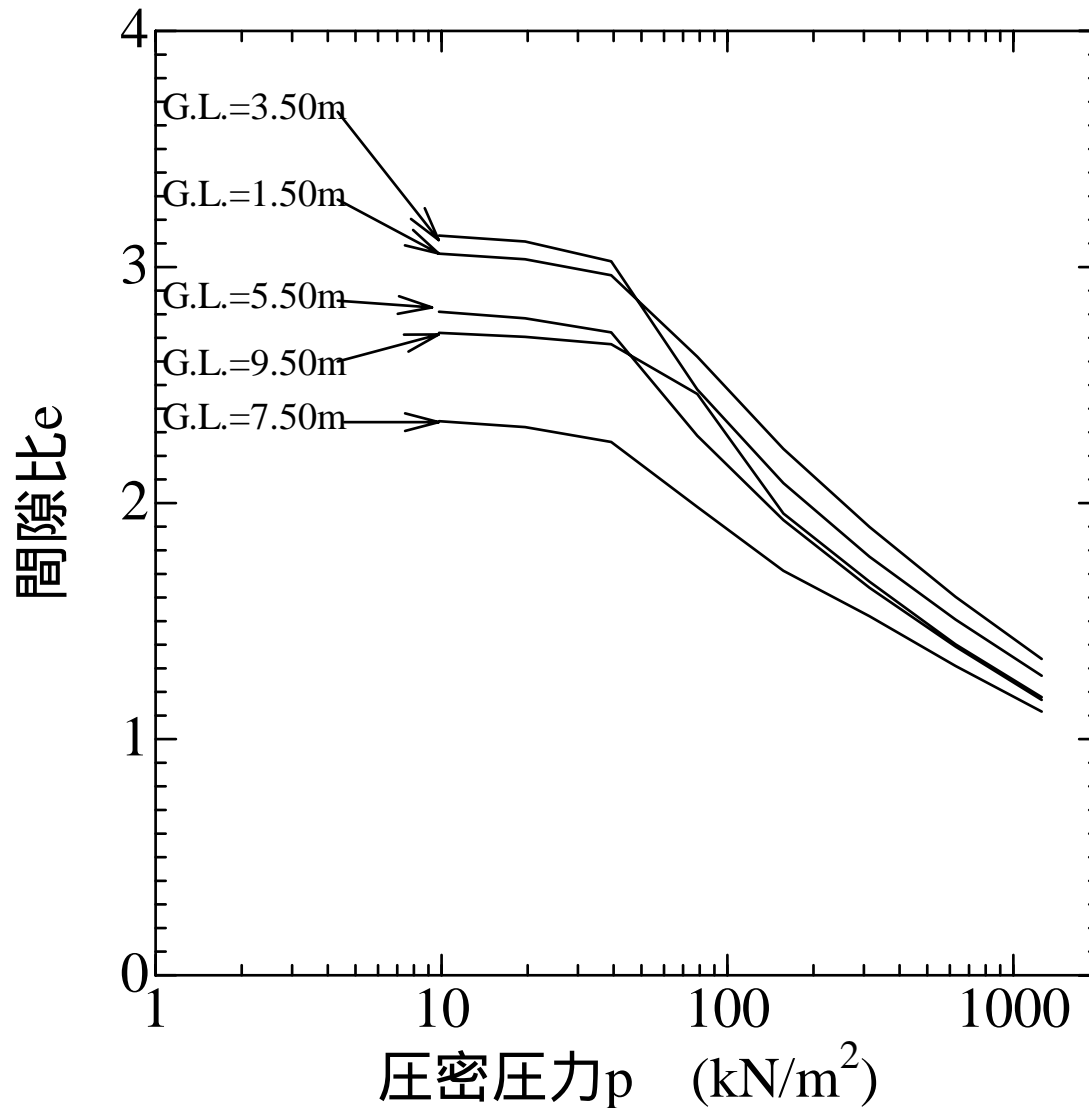
8. 嘉瀬コア

8.4 設計定数



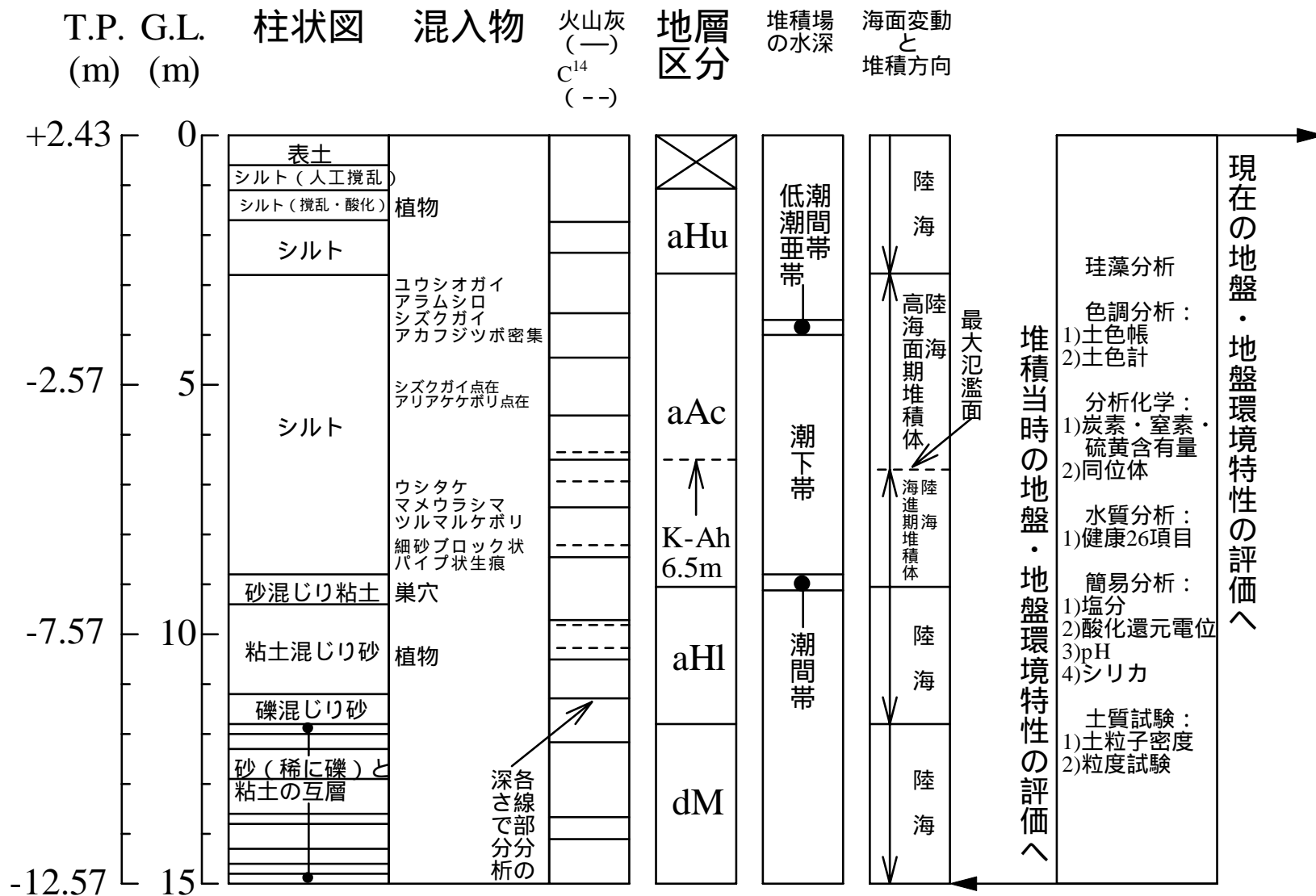
8. 嘉瀬コア

8.5 e - log p 曲線



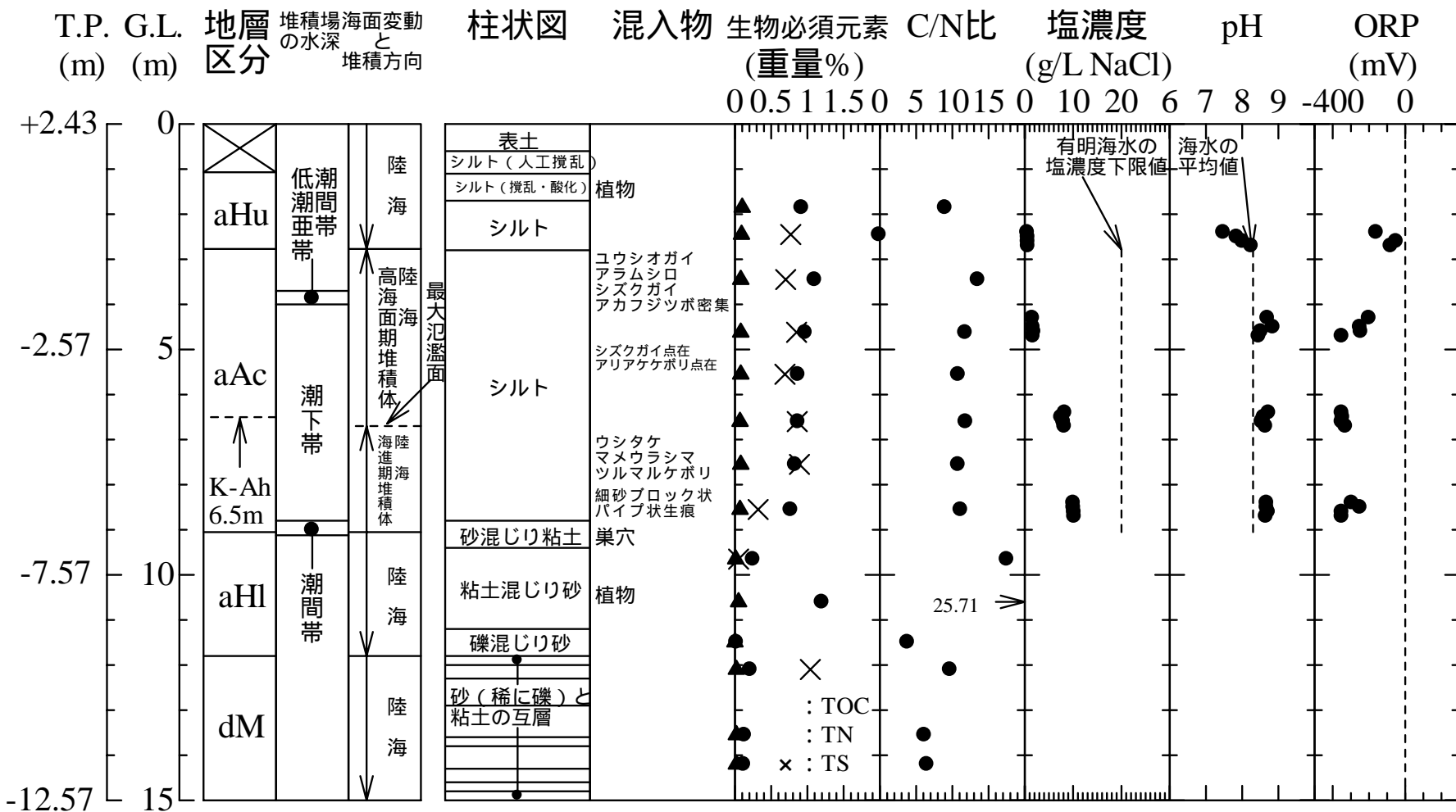
9. 久保田コア

9.1 堆積当初における地盤環境の復元



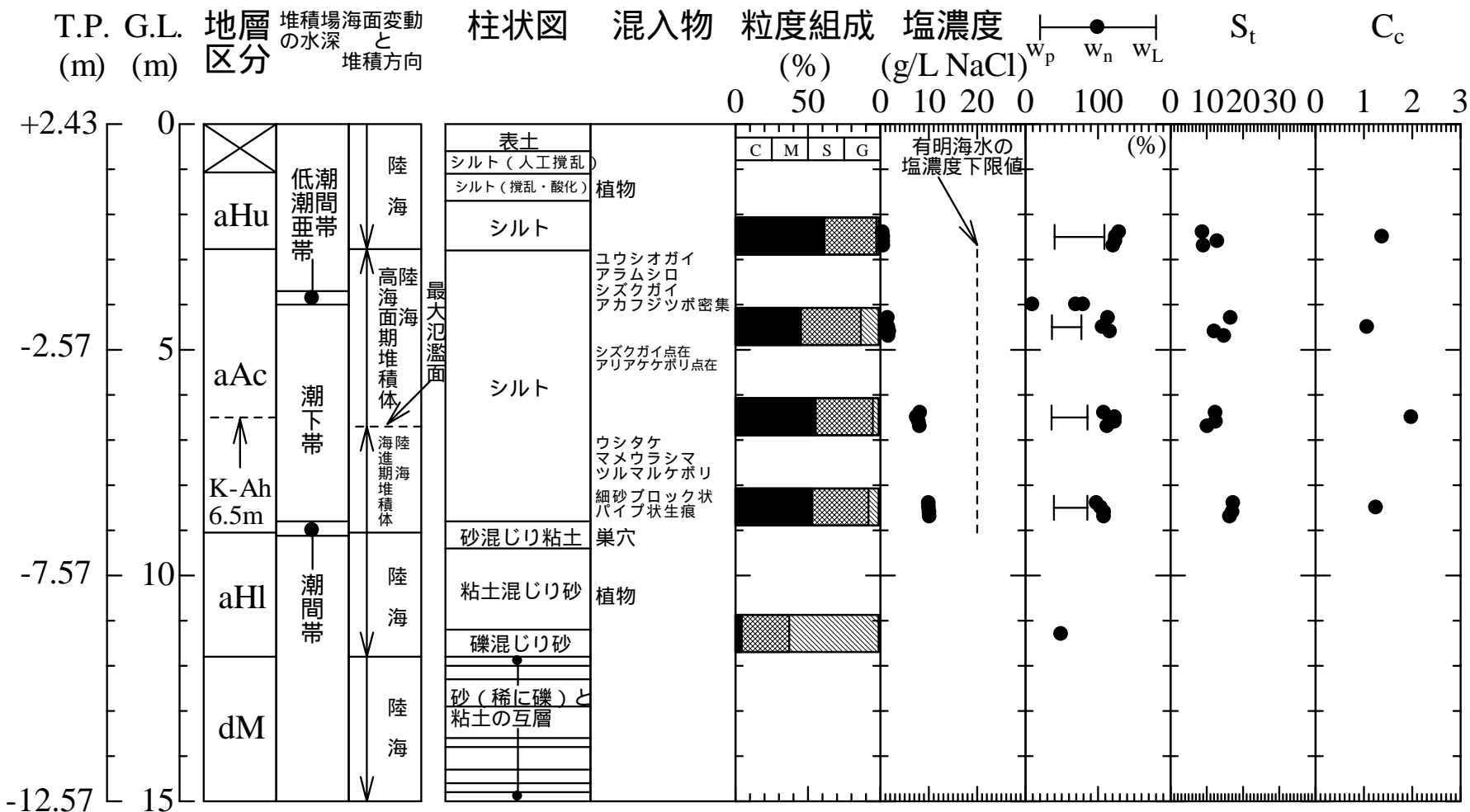
9. 久保田コア

9.2 堆積当初および現在の地盤環境の比較



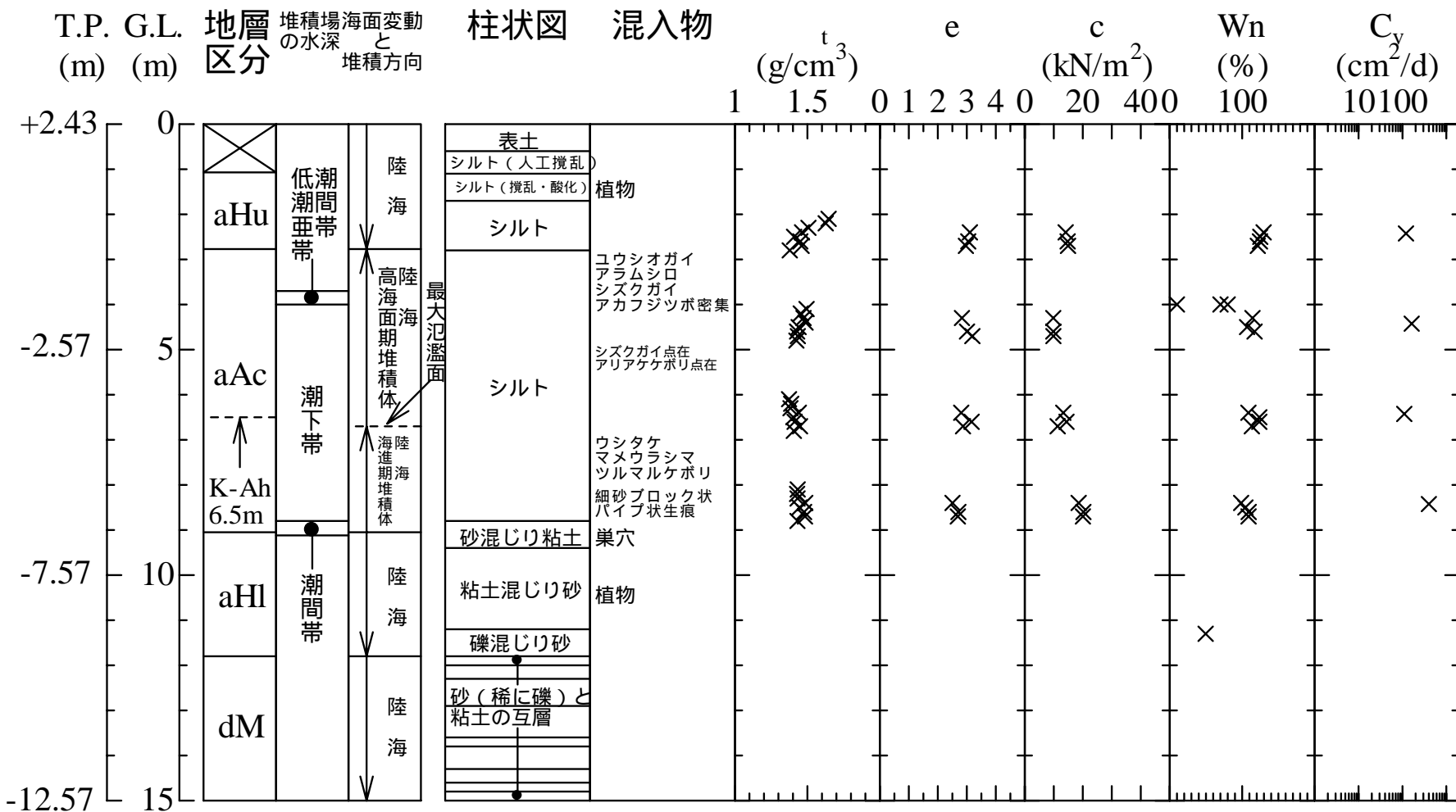
9. 久保田コア

9.3 鋭敏性と圧縮性



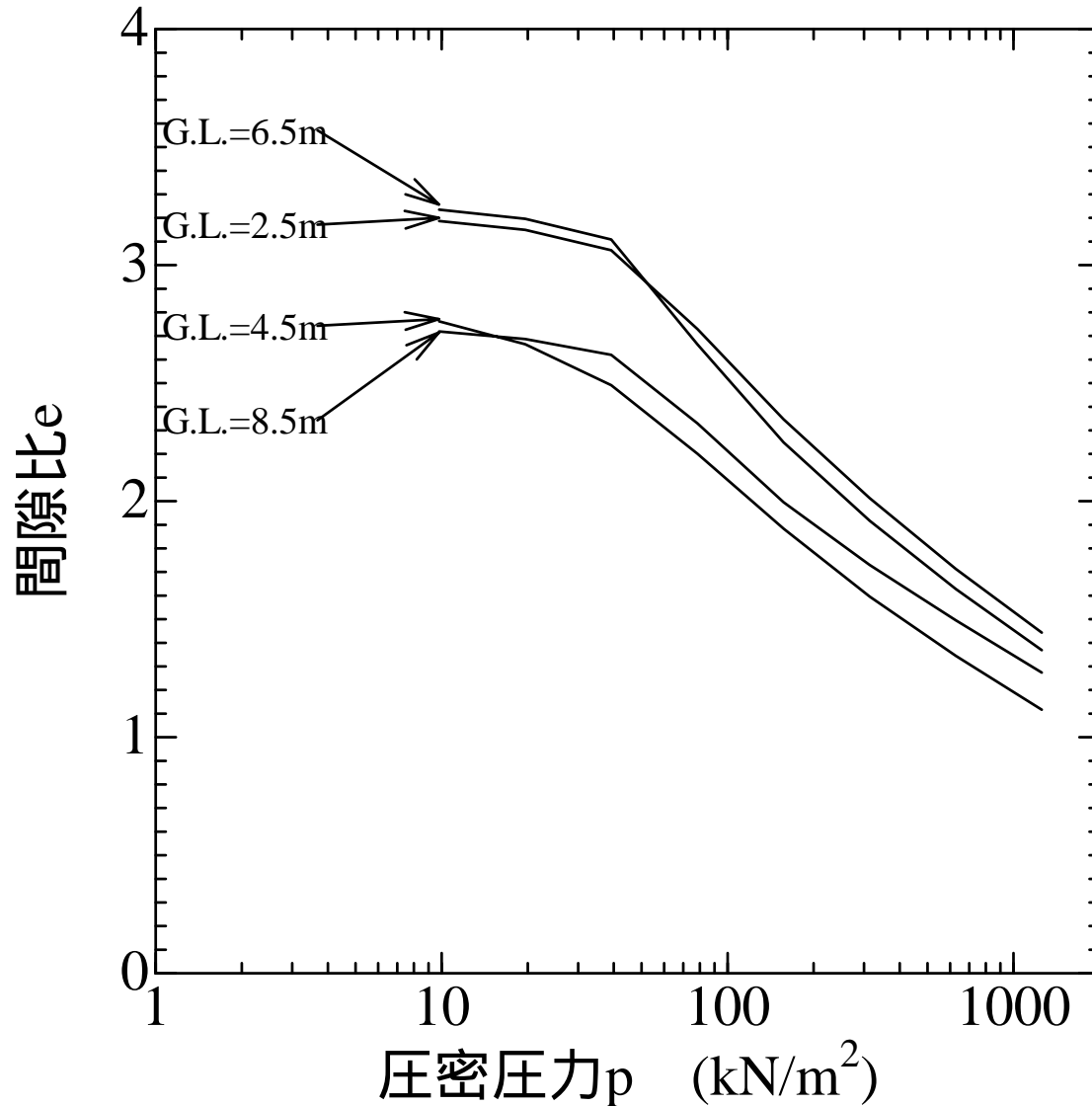
9. 久保田コア

9.4 設計定数



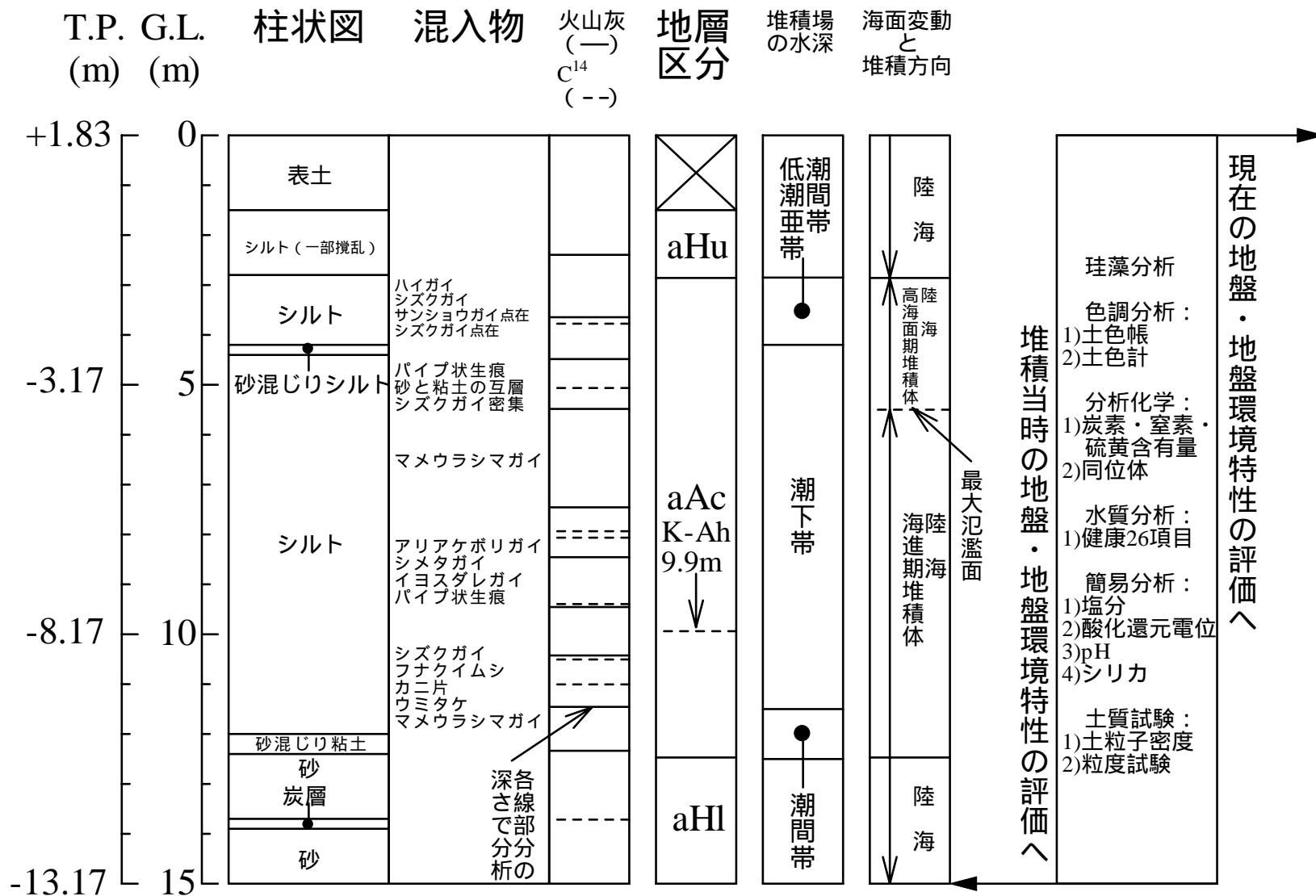
9. 久保田コア

9.5 e-log p 曲線



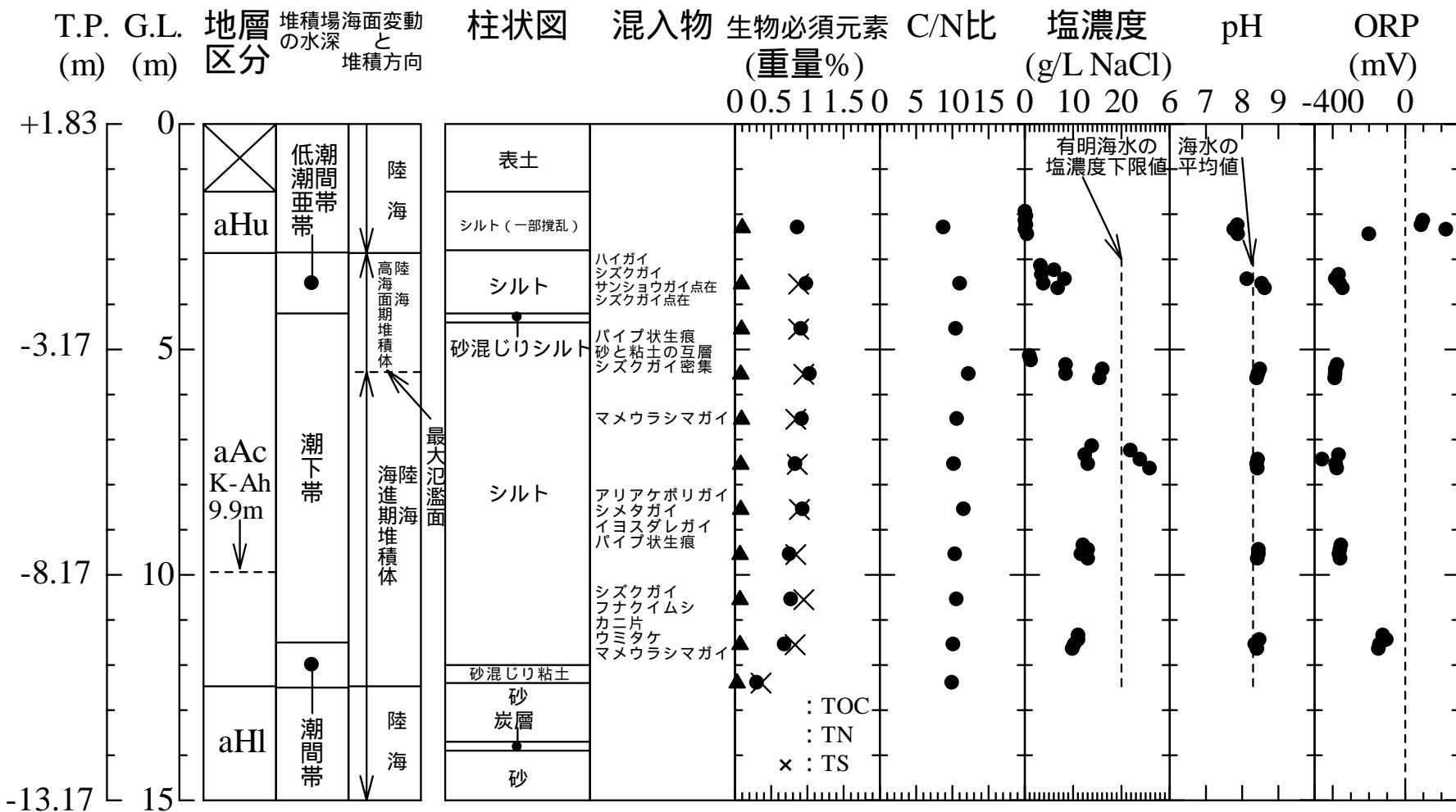
10. 芦刈コア

10.1 堆積当初における地盤環境の復元



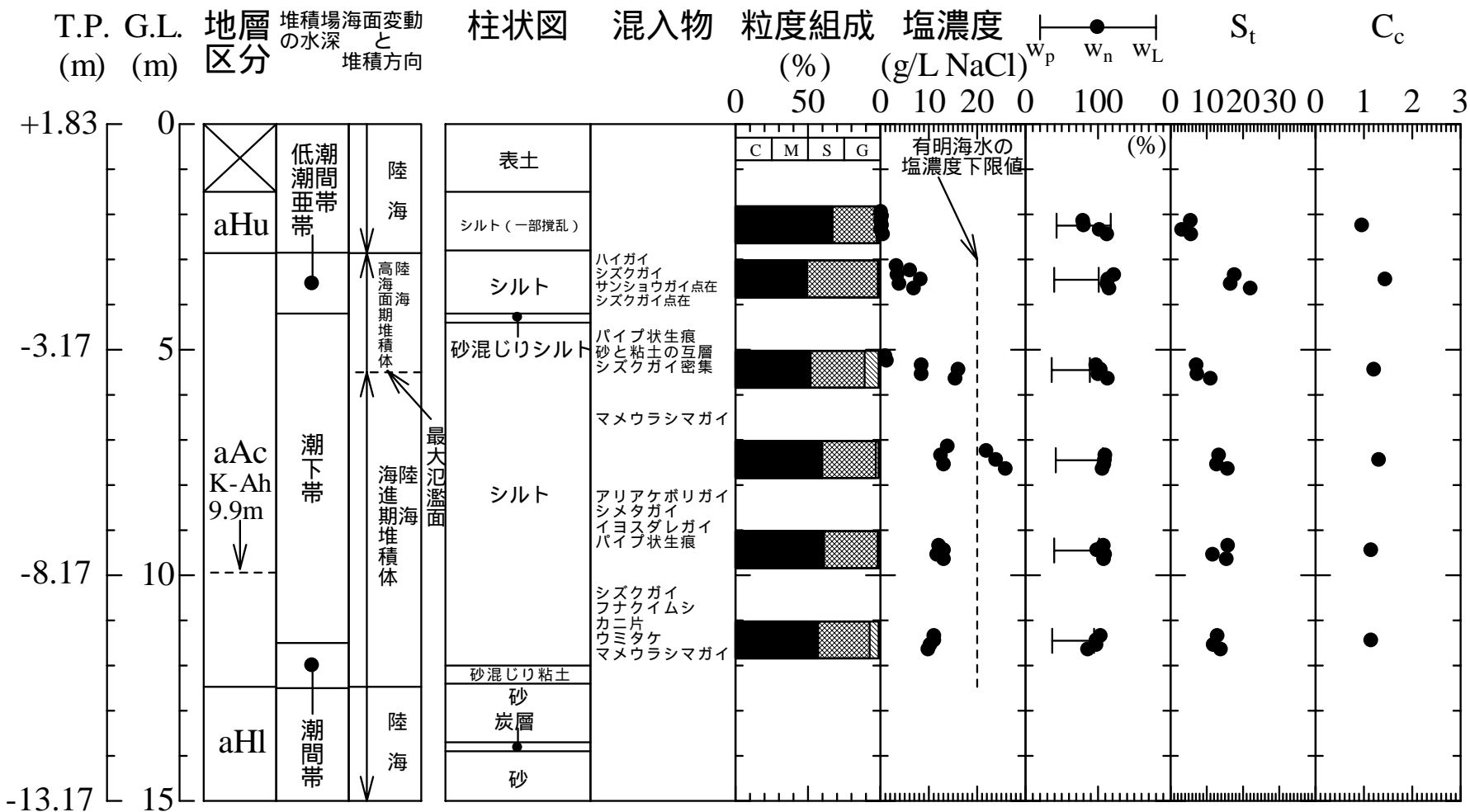
10. 芦刈コア

10.2 堆積当初および現在の地盤環境の比較



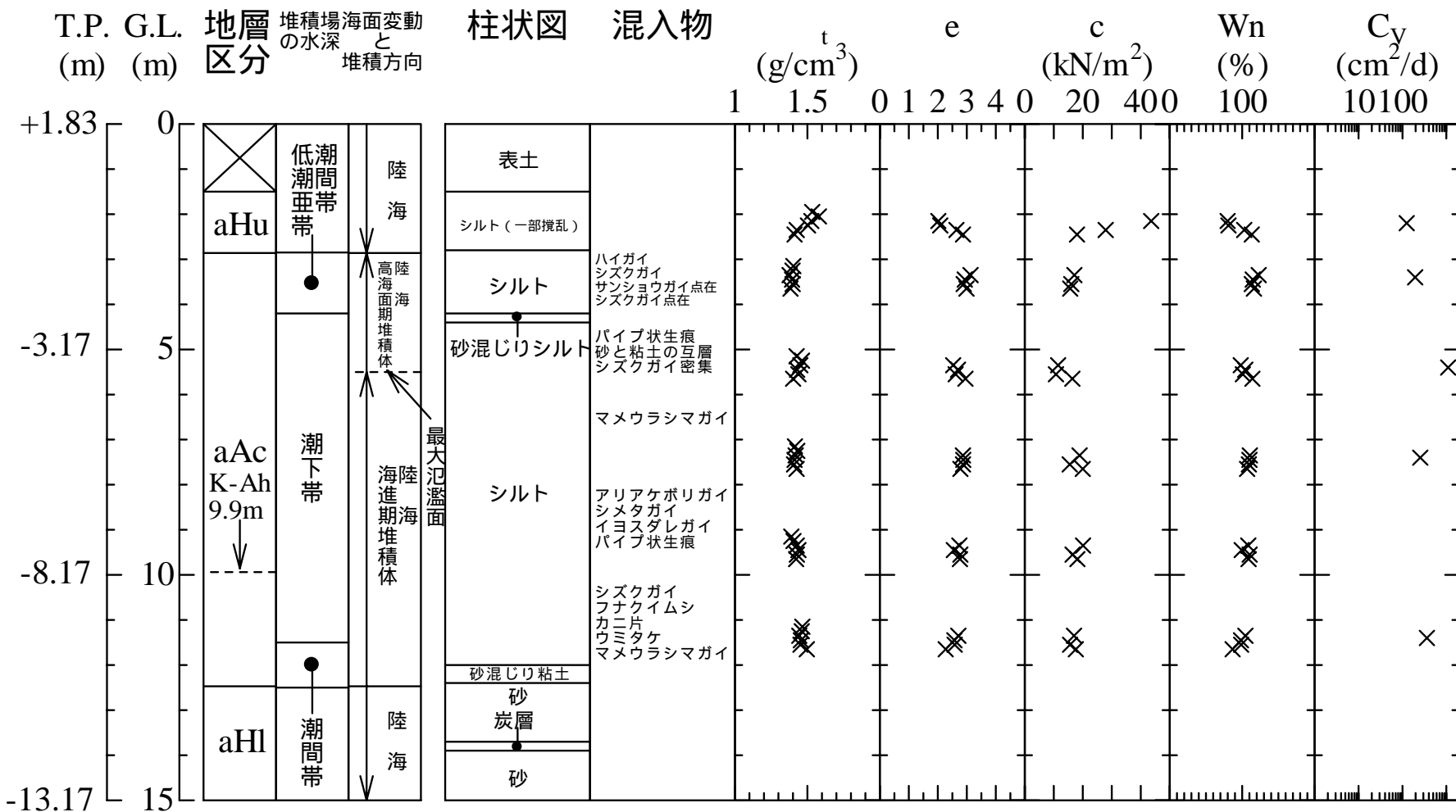
10. 芦刈コア

10.3 鋭敏性と圧縮性



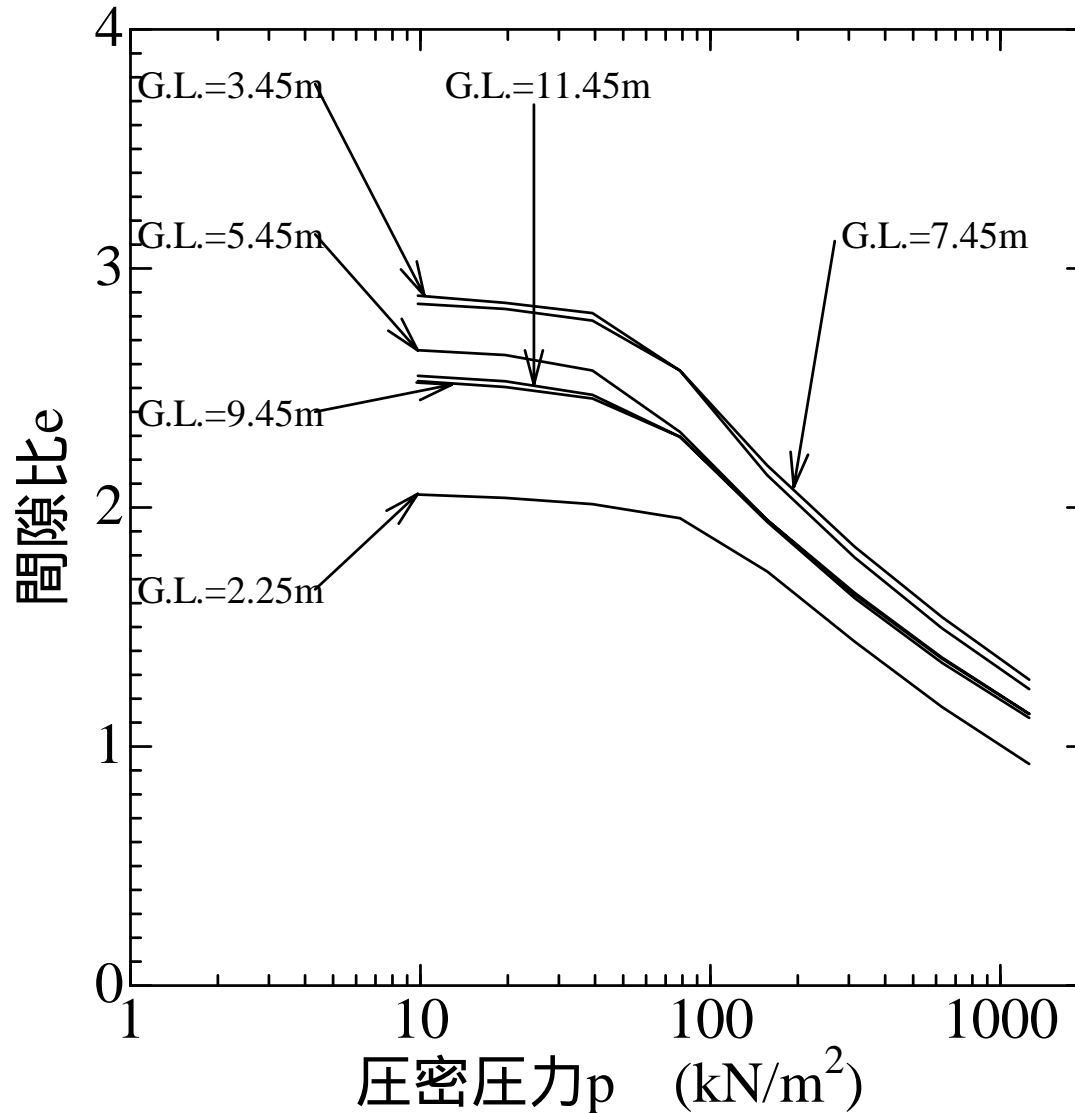
10. 芦刈コア

10.4 設計定数



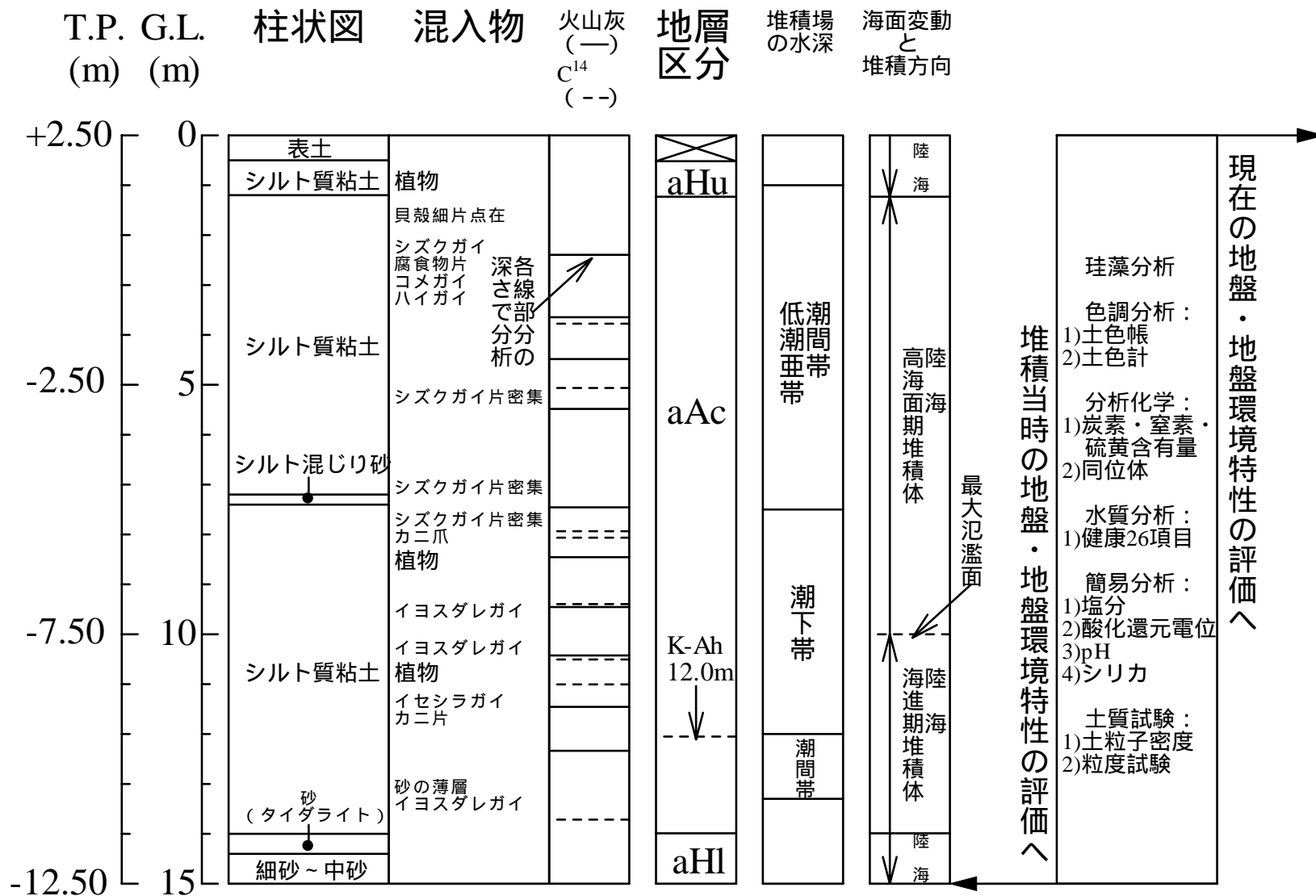
10. 芦刈コア

10.5 e -log p 曲線



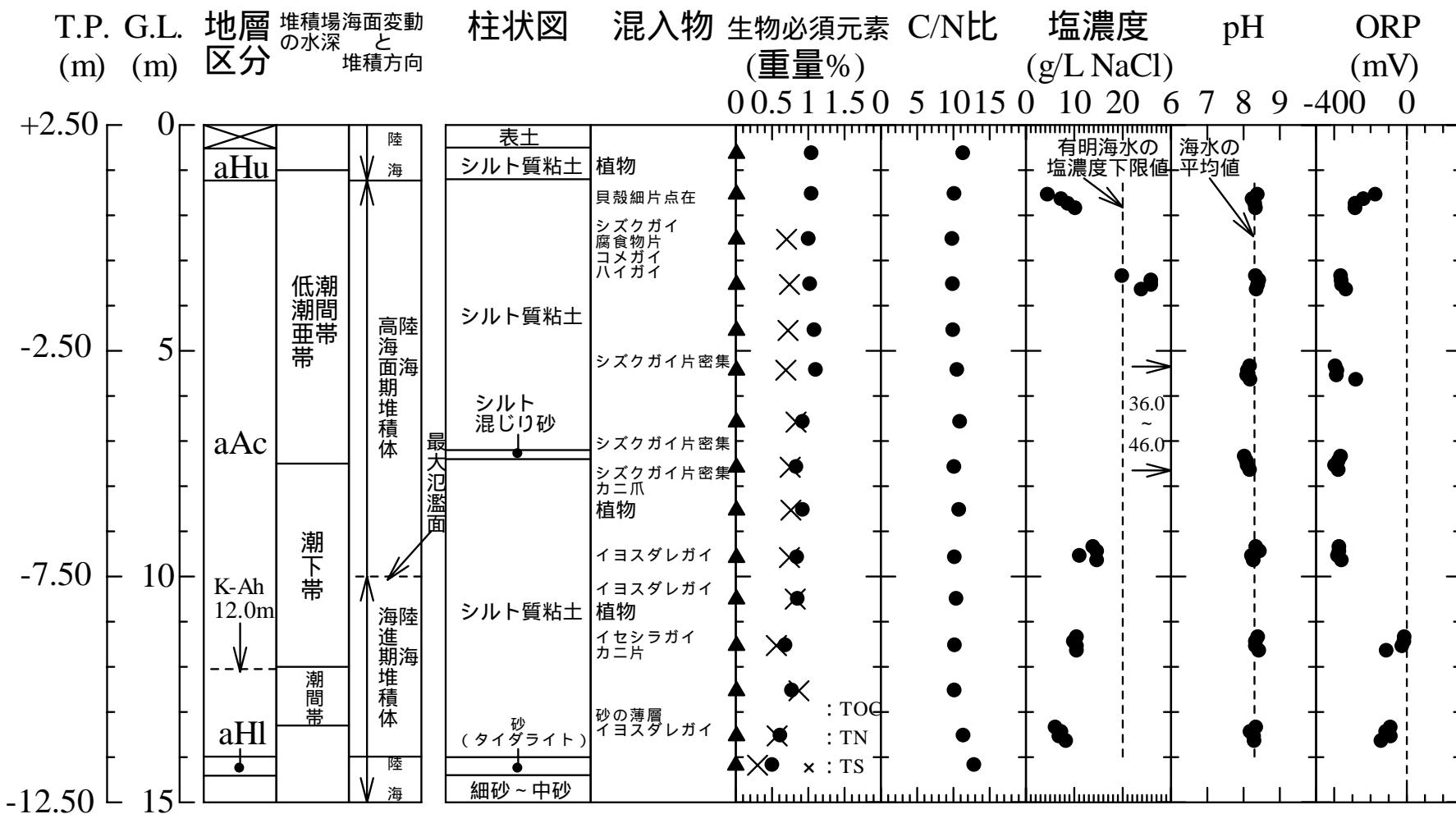
11. 福富コア

11.1 堆積当初における地盤環境の復元



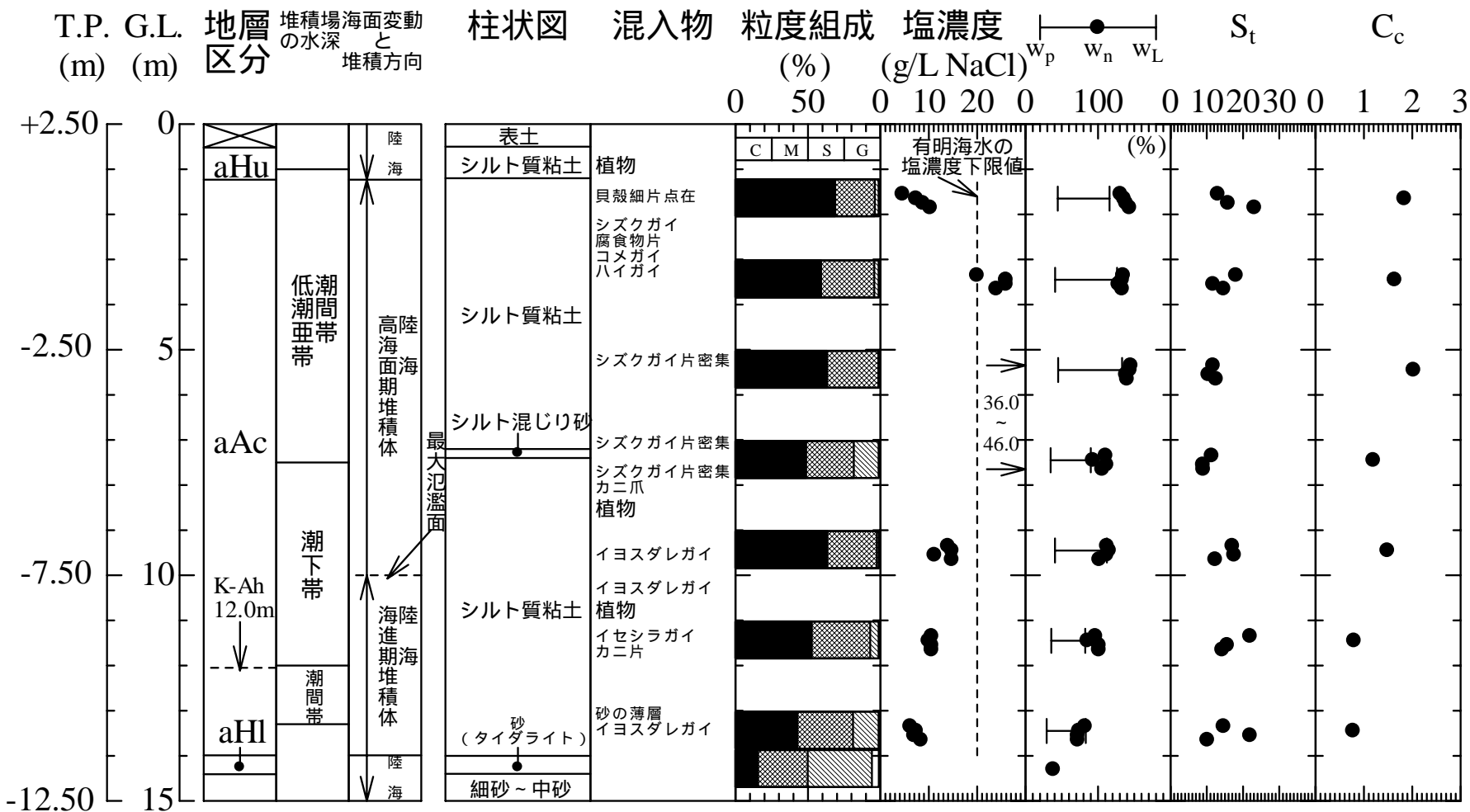
11. 福富コア

11.2 堆積当初および現在の地盤環境の比較



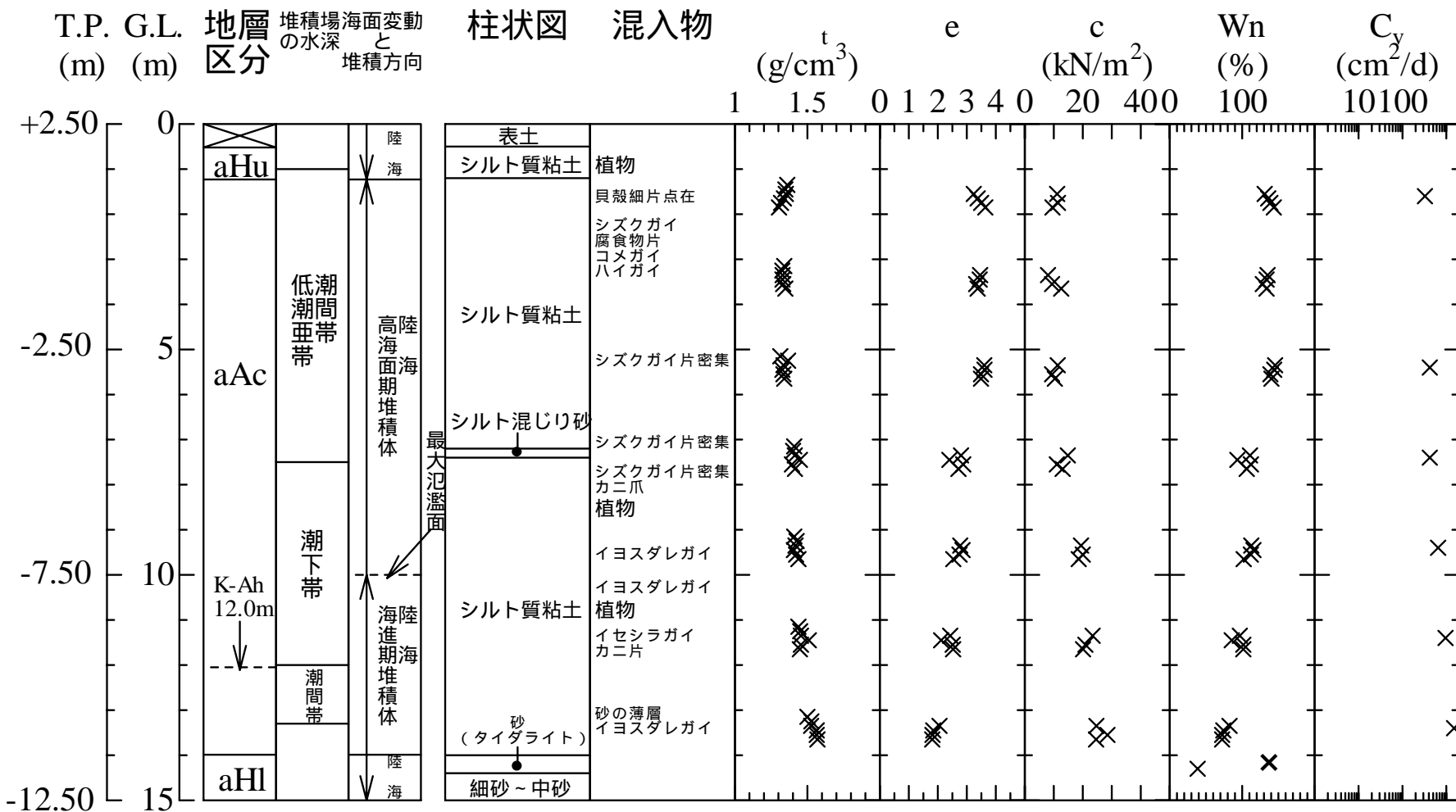
11. 福富コア

11.3 鋭敏性と圧縮性



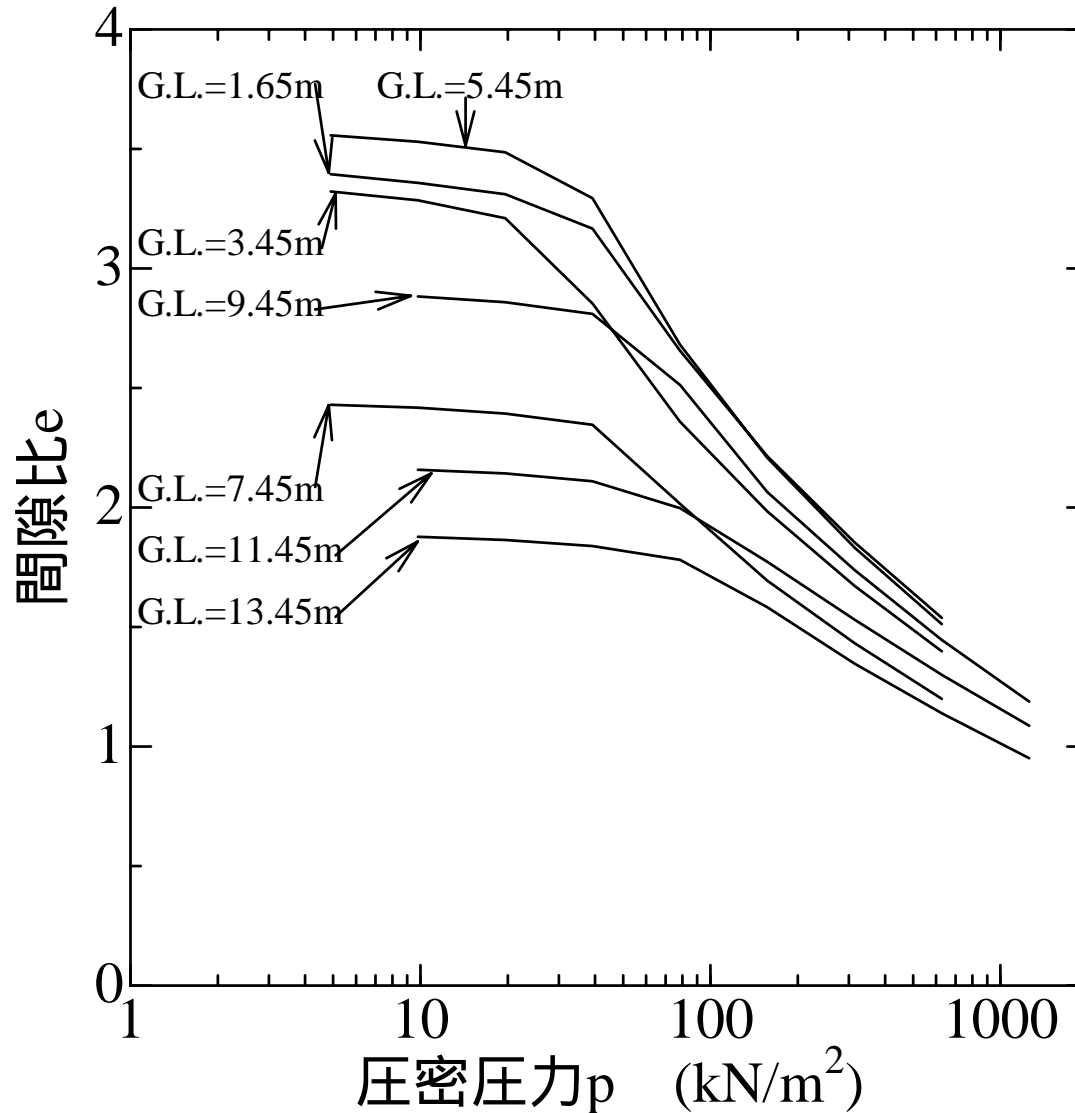
11. 福富コア

11.4 設計定数



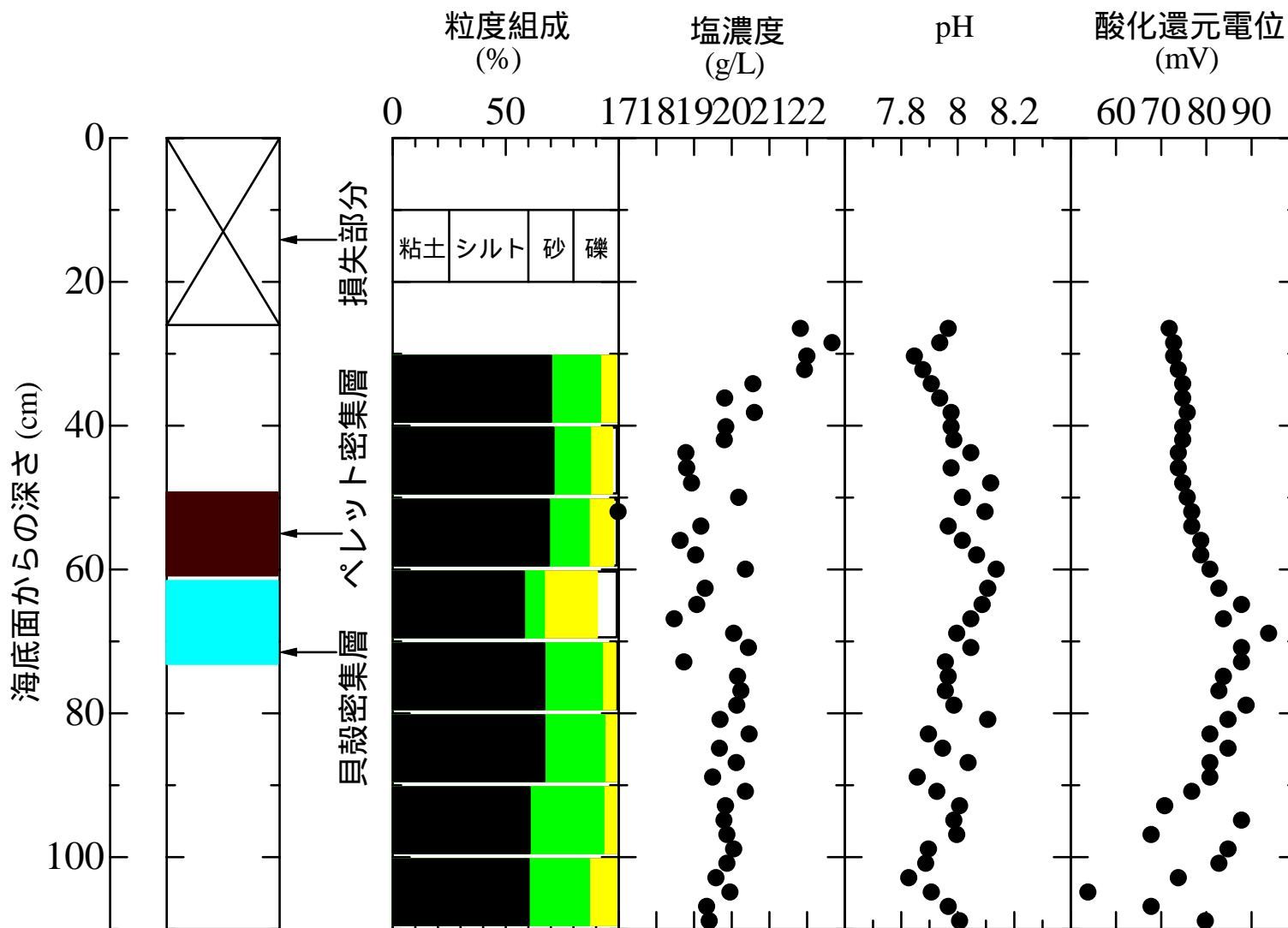
11. 福富コア

11.5 e -log p 曲線



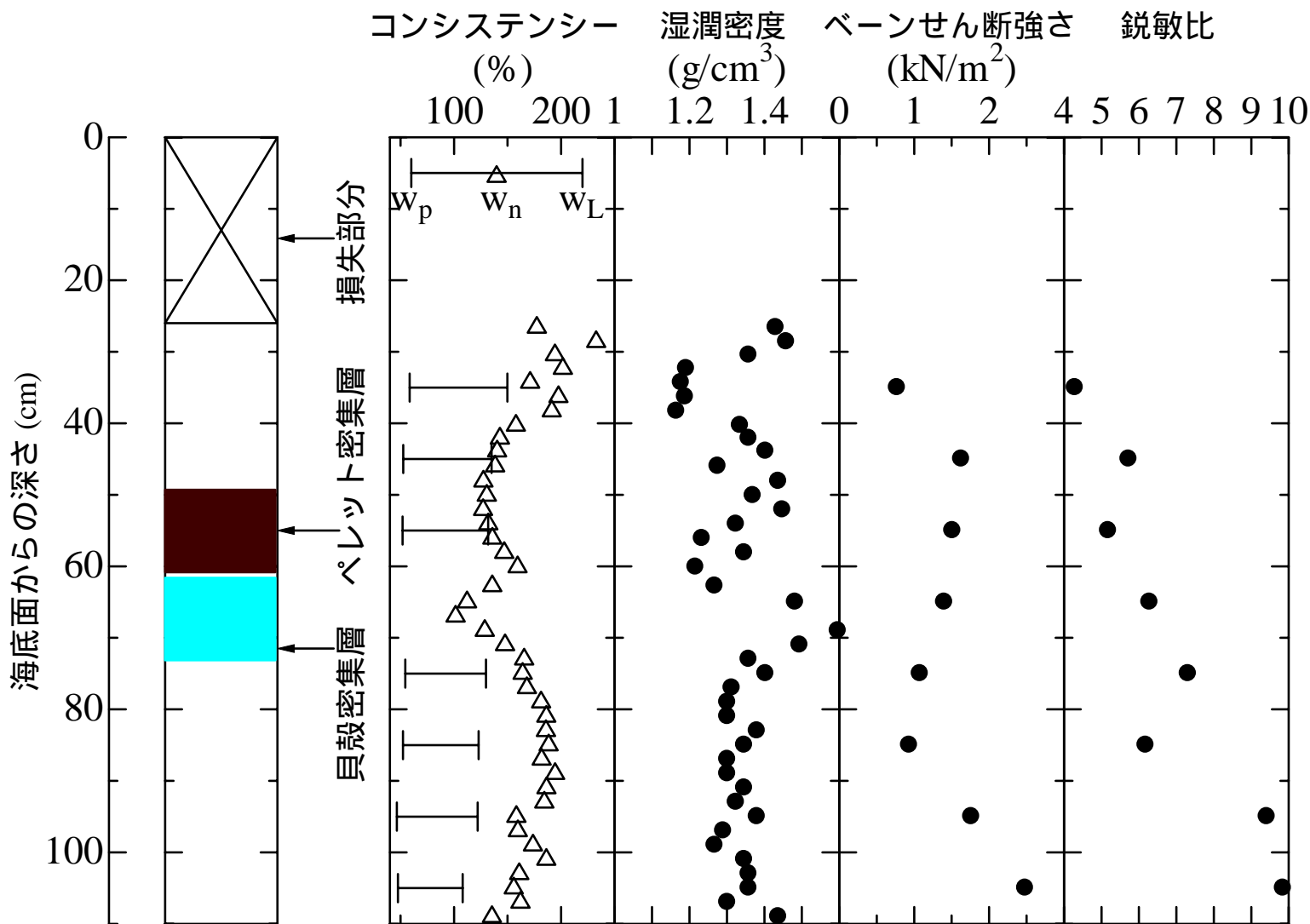
12. 現在の有明海潮下帯における有明粘土層の地盤特性

12.1 物理化学的性質

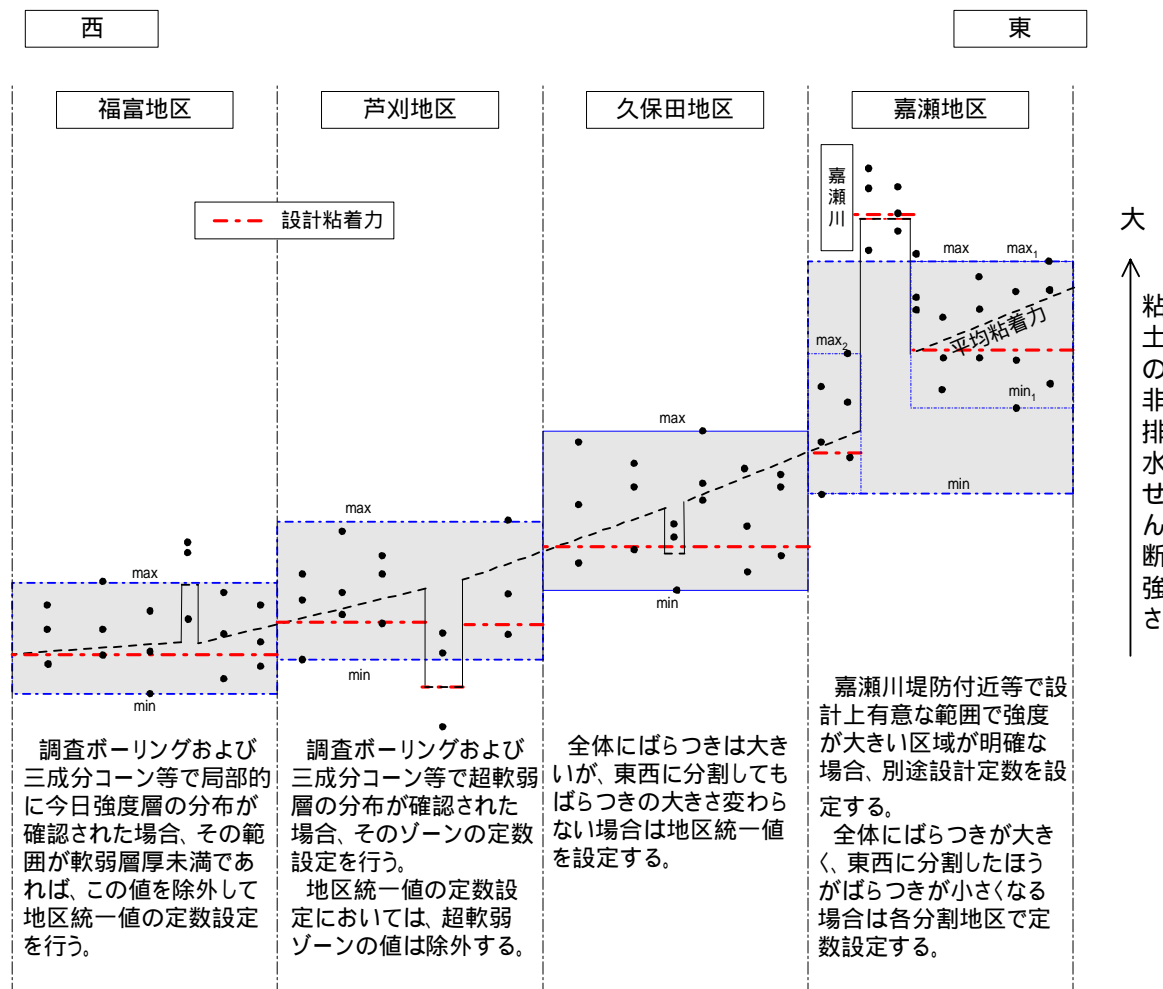


12. 現在の有明海潮下帯における有明粘土層の地盤特性

12.2 土質特性

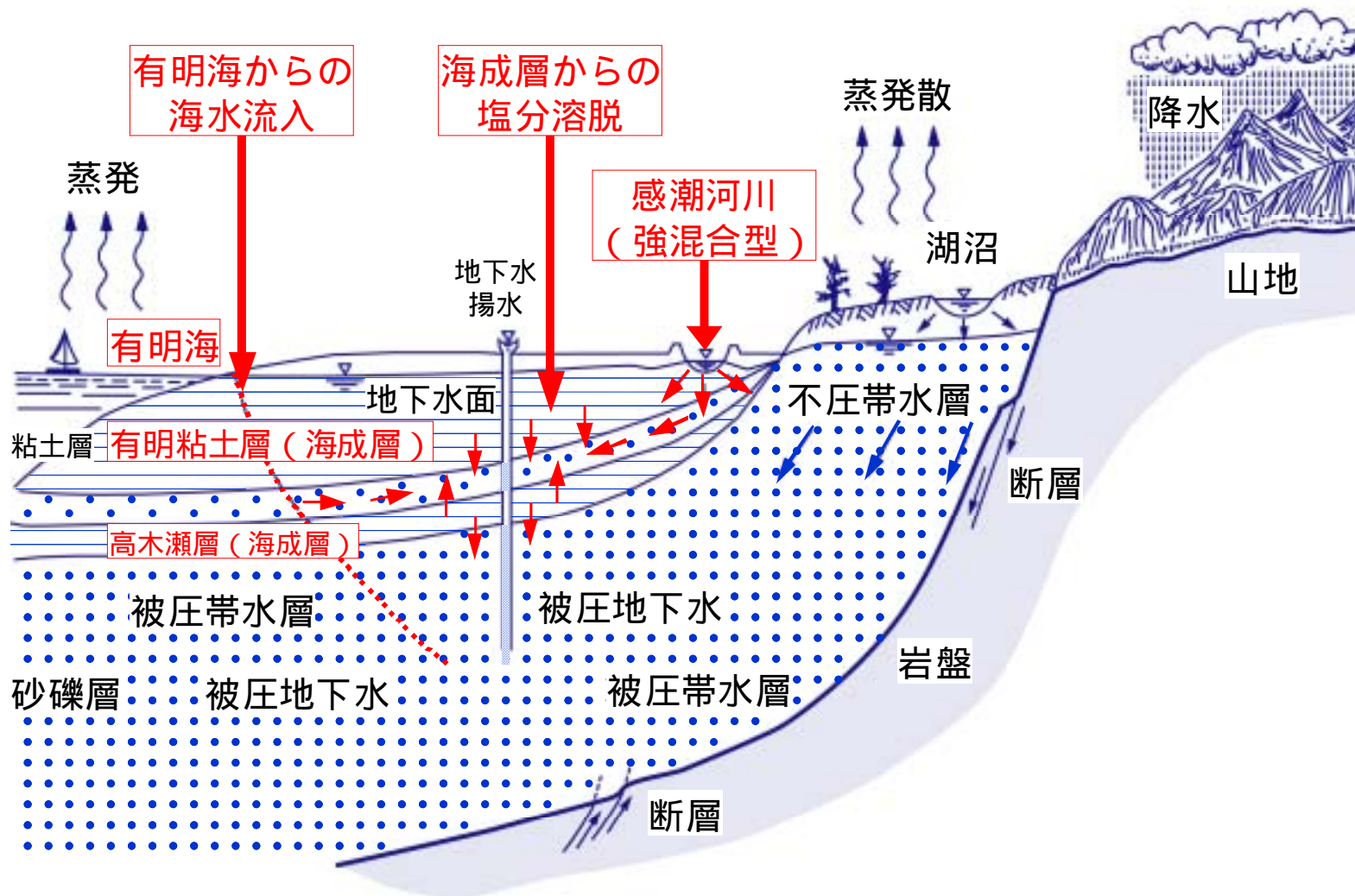


13. 計画路線域における非排水せん断強さの変化

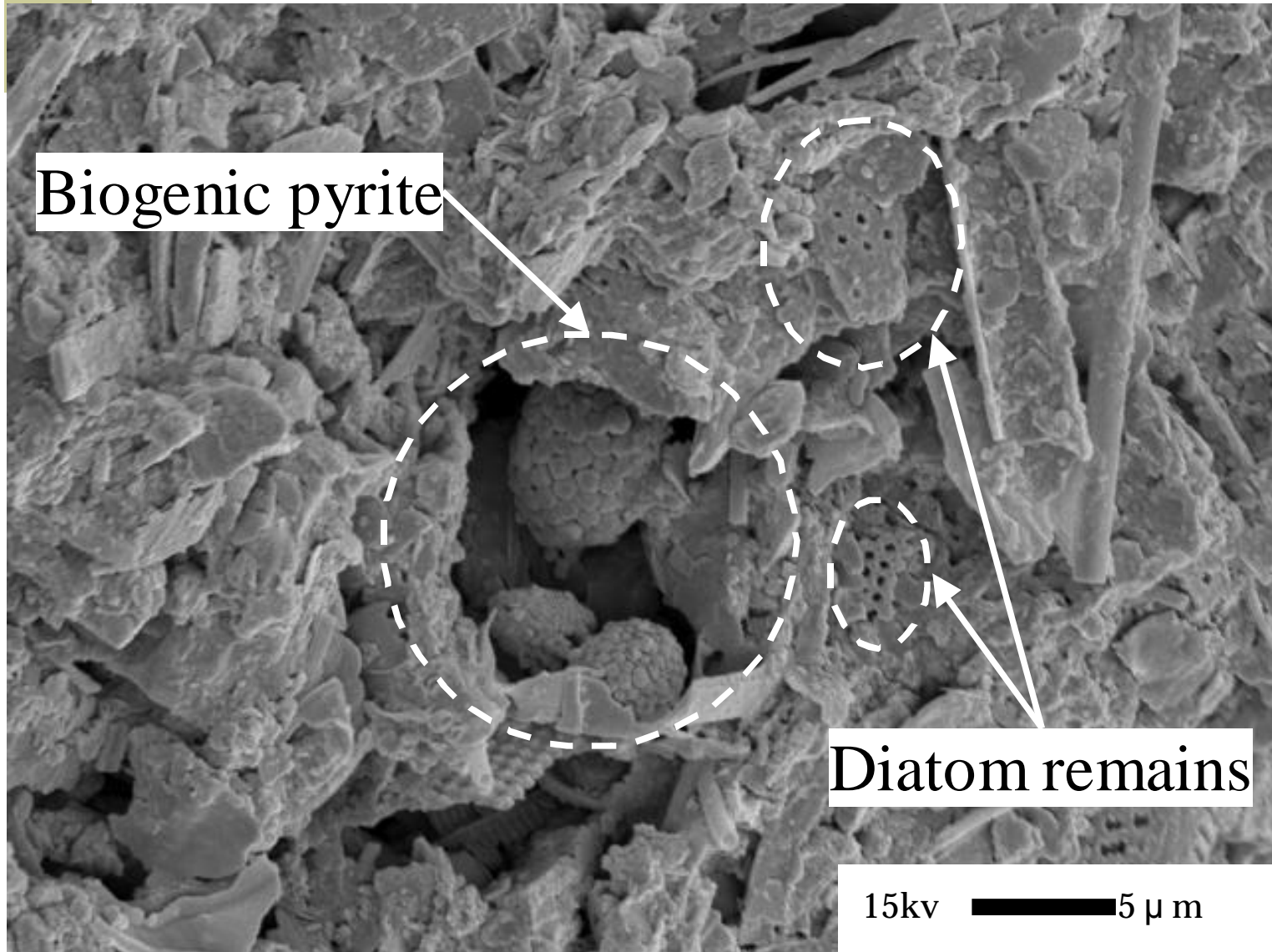


東は筑後川から嘉瀬川、六角川を経て西の鹿島に至る佐賀平野の軟弱地盤は、東の嘉瀬川付近まで中間砂層を夾む含水比70%~90%のシルトを含む沈下速度が比較的速度い特徴を有し、嘉瀬川、六角川と西に向かうに従い含水比は90%~150%と高くなり、軟弱地盤の課題が顕在化する傾向がある。
図は路線の設計粘着力を設定する方針を説明するもので、データに基づくものではない。

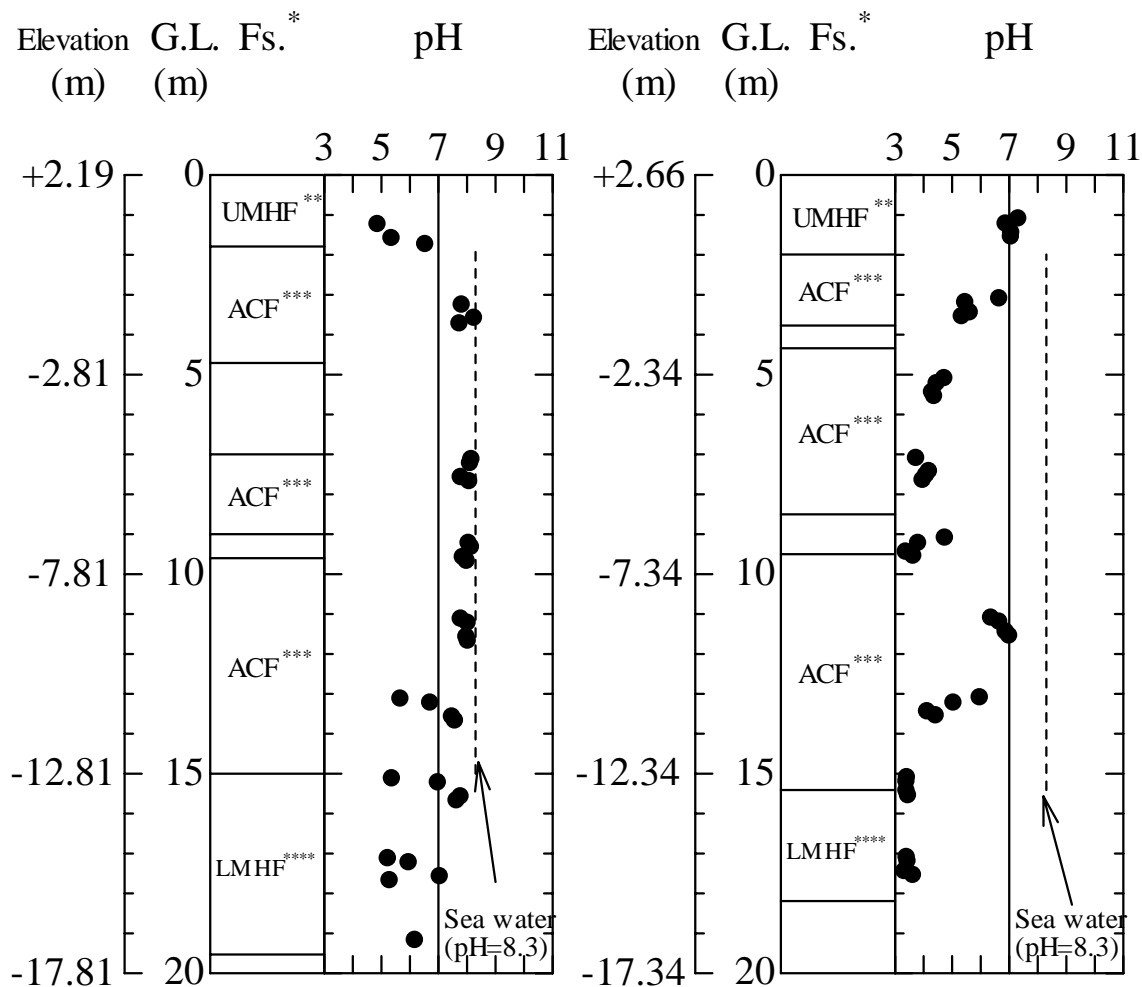
14. 有明海湾岸低平地域における地下水流動の推定図



15. 有明粘土の酸化に伴うpHの変化 ～ 粘土中に含まれる生物起源パイライト～



16. 有明粘土の酸化に伴うpHの変化 ~ 左図:地盤中の状態 右図:大気中に3ヶ月放置 ~



* :Formations
 ** :The Upper Member of the Hasuike Formation
 *** :The Ariake Clay Formation
 **** :The Lower Member of the Hasuike Formation

17. 堆積環境と土質特性および軟弱地盤対策に関する課題点の考察

17.1 堆積当初における地盤環境の復元

地区名	嘉瀬	久保田	道免	芦刈	福富東	福富	
表層軟弱粘土層部分の地層区分 (表層～下層)	蓮池層上部 有明粘土層 蓮池層下部	蓮池層上部 有明粘土層 蓮池層下部	蓮池層上部 有明粘土層 蓮池層下部	蓮池層上部 有明粘土層 蓮池層下部	蓮池層上部 有明粘土層 蓮池層下部	蓮池層上部 有明粘土層 蓮池層下部	
表層軟弱粘土層部分の層厚	12m程度	12m程度	11m程度	12m程度	14m程度	14m程度	
蓮池層上部の層厚	2m程度 (表土を含む) ・感潮河川域における堆積	3m程度 (表土を含む) ・感潮河川域における堆積	4m程度 (表土を含む) ・感潮河川域における堆積	3m程度 (表土を含む) ・感潮河川域における堆積	1m程度 (表土を含む) ・感潮河川域における堆積	1m程度 (表土を含む) ・感潮河川域における堆積	
堆積当初における地盤環境の復元	層厚	8m程度	6m程度	6m程度	10m程度	12m程度	13m程度
	堆積当時の有明海の水深 (表層～下層)	潮間帯低潮亜帯 (0.5m程度) ・平均海面からの水深 -1m～-3m (干潟最海側付近)	潮間帯低潮亜帯 (0.3m程度) ・平均海面からの水深 -1m～-3m (干潟最海側付近)	潮間帯低潮亜帯 (0.5m程度) ・平均海面からの水深 -1m～-3m (干潟最海側付近)	潮間帯低潮亜帯 (1m程度) ・平均海面からの水深 -1m～-3m (干潟最海側付近)	潮間帯低潮亜帯 (5m程度) ・平均海面からの水深 -1m～-3m (干潟最海側付近)	潮間帯低潮亜帯 (6m程度) ・平均海面からの水深 -1m～-3m (干潟最海側付近)
	有明粘土層の層厚	潮下帯 (4m程度) ・平均海面からの水深 -3m～-10m (干潮時も海水支配)	潮下帯 (4m程度) ・平均海面からの水深 -3m～-10m (干潮時も海水支配)	潮下帯 (5m程度) ・平均海面からの水深 -3m～-10m (干潮時も海水支配)	潮下帯 (7m程度) ・平均海面からの水深 -3m～-10m (干潮時も海水支配)	潮下帯 (4m程度) ・平均海面からの水深 -3m～-10m (干潮時も海水支配)	潮下帯 (4m程度) ・平均海面からの水深 -3m～-10m (干潮時も海水支配)
	有明粘土層の層厚	潮間帯 (1m程度) ・平均海面からの水深 +2m～-3m (現在の干潟)	潮間帯 (0.3m程度) ・平均海面からの水深 +2m～-3m (現在の干潟)	潮間帯 (0.4m程度) ・平均海面からの水深 +2m～-3m (現在の干潟)	潮間帯 (0.4m程度) ・平均海面からの水深 +2m～-3m (現在の干潟)	潮間帯 (2m程度) ・平均海面からの水深 +2m～-3m (現在の干潟)	潮間帯 (1m程度) ・平均海面からの水深 +2m～-3m (現在の干潟)
	最大氾濫面 (堆積場において有明海が最大水深を示した深さ)	T.P.=-4.09m前後 G.L.=6.2m前後	T.P.=-4.27m前後 G.L.=6.7m前後	T.P.=-5.05m前後 G.L.=6.8m前後	T.P.=-3.67m前後 G.L.=5.5m前後	T.P.=-8.97m前後 G.L.=9.5m前後	T.P.=-7.5m前後 G.L.=10m前後
鬼界 アカボヤ火山灰の層準	T.P.=-6.89m G.L.=9.0m	T.P.=-4.07m G.L.=6.5m	T.P.=-6.075m G.L.=8.5m	T.P.=-8.07m G.L.=9.9m	T.P.=-9.47m G.L.=10.6m	T.P.=-9.5m G.L.=12.0m	
蓮池層下部の層厚	1.5m程度 ・通常の沖積作用および感潮河川域における堆積	2.5m程度 ・通常の沖積作用および感潮河川域における堆積	0.4m程度 ・通常の沖積作用および感潮河川域における堆積	2m程度 ・通常の沖積作用および感潮河川域における堆積	0.5m程度 ・通常の沖積作用および感潮河川域における堆積	1m程度 ・通常の沖積作用および感潮河川域における堆積	

17. 堆積環境と土質特性および軟弱地盤対策に関する課題点の考察

17.2 現在の地盤環境の分析

地区名		嘉瀬	久保田	道免	芦刈	福富東	福富
地球化学分析(土塊)	TOC濃度	有明粘土層内 ・ G.L.=0m~9m程度 まで1wt%程度を一定に示す ・ G.L.=9m以深では0.8wt%を示し減少傾向	有明粘土層内 ・ 深さ方向を通じ ほぼ1wt%程度と一定	不明	有明粘土層内 ・ 深さ方向における 若干の減少傾向が認められる	不明	有明粘土層内 ・ G.L.=0m~6m程度 まで1wt%程度を一定に示す ・ G.L.=6m以深では0.6wt%~0.8wt%を示し減少傾向
	TN濃度	有明粘土層内 ・ 0.1wt%の値で深さ 方向に一定の分布	有明粘土層内 ・ 0.1wt%の値で深さ 方向に一定の分布	不明	有明粘土層内 ・ 0.1wt%の値で深さ 方向に一定の分布	不明	有明粘土層内 ・ 0.1wt%の値で深さ 方向に一定の分布
	TS濃度	有明粘土層内 ・ 0.8wt%程度	有明粘土層内 ・ 0.8wt%程度	不明	有明粘土層内 ・ 0.8wt%程度	不明	有明粘土層内 ・ G.L.=11m以浅では0.8wt% ・ G.L.=11m以深では0.2wt%~0.5wt%
現在の地盤環境の分析	塩濃度	G.L.=6.5m以浅 0g/L~10g/L G.L.=6.5m以深 10g/L ・ 表層から下層にかけて増加する分布 ・ 溶脱の程度 中	G.L.=5.5m以浅 0g/L~2g/L G.L.=5.5m以深 10g/L~12g/L ・ 表層から下層にかけて増加する分布 ・ 溶脱の程度 中	G.L.=7.0m以浅 2g/L~8g/L G.L.=7.0m以深 10g/L ・ 表層から下層にかけて増加する分布 ・ 溶脱の程度 中	G.L.=4.5m以浅 0g/L~9g/L G.L.=4.5m以深 10g/L~22g/L ・ 弓形分布 ・ 溶脱の程度 低	G.L.=6.5m以浅 2g/L~12g/L G.L.=6.5m以深 12g/L~5g/L ・ 弓形分布 ・ 溶脱の程度 中	G.L.=6.5m以浅 5g/L~46g/L G.L.=6.5m以深 46g/L~5g/L ・ 弓形分布 ・ 溶脱の程度 中 ・ 塩分リッチな水による間隙水の置換?
	pH	・ 蓮池層上部 7.5程度 ・ 有明粘土層 8.5~9程度	・ 蓮池層上部 7.5程度 ・ 有明粘土層 8.5~9程度	・ 蓮池層上部 8.5~9程度 ・ 有明粘土層 8~9程度	・ 蓮池層上部 8程度 ・ 有明粘土層 8程度	・ 有明粘土層 9程度 ・ 蓮池層下部 8.5程度	・ 有明粘土層 8程度
簡易環境分析	酸化還元電位	G.L.=4.5m以浅 弱還元状態 G.L.=4.5m~8.5m 強還元状態 G.L.=8.5m以深 弱還元状態	G.L.=2.5m付近 弱還元状態 G.L.=2.5m以深 強還元状態	全層にわたって弱還元状態	G.L.=2m付近 酸化状態 G.L.=2m~10m 強還元状態 G.L.=10m~12m 弱還元状態	全層にわたって弱還元状態	G.L.=10m以浅 強還元状態 G.L.=10m以深 弱還元状態

17. 堆積環境と土質特性および軟弱地盤対策に関する課題点の考察

17.3 現在の地盤特性

地区名		嘉瀬	久保田	道免	芦刈	福富東	福富
現在の地盤特性	液性指数	・蓮池層上部 IL 1 ・有明粘土層 IL 1	・蓮池層上部 IL > 1 ・有明粘土層 IL > 1	・蓮池層上部 IL > 1 ・有明粘土層 IL 1	・蓮池層上部 IL 1 ・有明粘土層 IL 1	・有明粘土層 IL 1 ・蓮池層下部 IL < 1	・有明粘土層 IL 1
	鋭敏比	2 ~ 12 ・逆C分布	10 ~ 20 ・下方への増加分布	10 ~ 20 ・逆C分布	5 ~ 15 ・下方へ一定分布	15 ~ 30 ・数字の3的分布	10 ~ 20 ・数字の3的分布
	圧縮指数	1 ~ 2.5	1 ~ 2	・蓮池層上部 2 ~ 3 ・有明粘土層 1.5	1.2程度	G.L.=6.5m以浅 1.5 ~ 2.5 G.L.=6.5m以深 1.0程度	G.L.=6.5m以浅 2程度 G.L.=6.5m以深 1 ~ 1.5
	鋭敏性・圧縮性	中	中	・蓮池層上部 高 ・有明粘土層 中	低	G.L.=6.5m以浅 高 G.L.=6.5m以深 中	G.L.=6.5m以浅 高 G.L.=6.5m以深 中

18. 計画路線域における地盤環境・土質特性の平面区分

