
巻頭言	ボーリングポケットブック (第4版) の 編集にあたって	辻 光 1
	「事例に学ぶ地質調査」報告書の紹介	上野将司 2
	国際化と日本の地盤調査技術	渡部要一 田中政典 8 竹村次明 澁谷 啓
	土壌・地下水汚染調査におけるボーリング技術	土田清文 大洞輝雄 17 奥村興平
	シーケンス層序学による沖積層の捉え方	斎藤文紀 24
	国立大学法人化とその影響	芦田 讓 31

ボーリングポケットブック（第4版）の 編集にあたって

全国地質調査業協会連合会

ボーリングポケットブック編集委員会

編集委員長 辻 光

ボーリングポケットブック初版の発行は、昭和49年の全地連創立10周年を記念してのものであった。以来10年ごとに2回の改訂版が発行されたが、本年全地連の40周年を期し内容も一新して第4版の発行となった次第。

日本の地盤調査（土質調査）が系統化された嚆矢は、昭和36年標準貫入試験がJIS制定されたことからと言えよう。さらに昭和41年には第1回地質調査技士資格検定試験が実施された。この資格試験は、地盤調査技術の習得はもとよりボーリングフォアマンの意識向上を図り社会的認知を得ようとするものであった。

当時のボーリングフォアマンの多くは、石油さく井、金属・石炭鉱山やさく泉等の出身者で占められ、鍛えられた職人気質の彼らにとって浅尺の軟弱地盤ボーリングは容易なものであった。しかし土木工学的な見地の地盤調査では、原位置試験やサンプリングあるいは計器の設置など関連技術の習得が求められ、地質調査技士資格検定試験でもそれらが試されることになった。平成15年で38回を数える検定試験は延べ17000名余りの合格者を輩出している。ボーリングポケットブックは初版発行以来、検定試験受験者にとってのバイブルとなり、またボーリング関連技術者にとっても格好の参考図書としてベストセラーになっている。

初版の発行から30年が経ちボーリングフォアマンも今や第2、第3世代となった。彼らは最初から地質調査業に従事し有資格者となり、土木や建築構造物の設計・施工や自然災害防止対策などの最上流の調査目的に対して高い調査技術を発揮している。

バブル崩壊以後建設産業は、暗黒の時代と言われている。建設公共投資の縮減、民間建設投資も同様に低迷し、地質

調査業のマーケットは縮小一途である。然しながら、地質調査技士の検定試験受験者は8年来2000人前後で推移しているのである。

日本列島は四季折々の素晴らしい景観に恵まれている反面、地球地史的にはごく新しい構造地帯で欧米の大陸諸国とは比較にならない脆弱な地形・地質の国土と言える。したがって今後とも社会資本の整備、特に地震、火山、豪雨等による自然災害の予防、対策が重点課題であって地盤調査の重要性は高まりこそすれ衰退はあり得ないのである。

地質調査業が“ジオドクター”を標榜する以上、我々は地盤の“診察”“診断”“治療”にあたって有意で効果的な地盤調査技術を発揮し、自然災害の予防と対策に努めることが求められよう。

右肩上がりの経済発展は大量生産、大量消費の時代であったが、それは負の遺産とも言うべき土壤汚染や地下水汚染等多くの環境問題をもたらした。近年の地盤調査はこれらの環境対策へのシフトが顕著である。

このような社会的背景の変化に対応して、従来のボーリング技術は保持しつつ今後は新たなものへの適応が求められるはずである。たとえば、社会資本として建設された多くの建造物の維持管理や汚染土壌に対して、環境保全、修復のための新しい技術やボーリング機器の開発がなされている。さらには、小口径で小型の方向制御型ボーリング機械の開発もあり、またボーリング情報の速報性の見地からは電子媒体による現場と内業間の同時性などもあげられ、本書でも言及した。

この第4版が旧版と同様に、ボーリングにかかわる多くの技術者に愛読され、さらに次世代のフォアマンの育成に資することを念願してやまない。

「事例に学ぶ地質調査」報告書の紹介

うえのしょうじ
上野将司*

1. はじめに

(社)全国地質調査業協会連合会では平成15年9月にさいたま市での「技術e-フォーラム」の開催にあわせて「事例に学ぶ地質調査」報告書を発刊した。この報告書は技術委員会の下に組織された「地質調査の役割ワーキンググループ」が中心になってまとめたものである。全国会員企業に対するアンケート調査をはじめ、ワーキンググループから出された地質調査事例について、失敗例や成功例などに分類して簡潔に紹介した。これらの事例は、実際に現場で直面した課題とその処方箋を含む臨床例であり、調査不足や問題点の指摘不足等がどのような結果をもたらすか、目的にかなった調査がいかに事故の回避やコスト縮減に効果があったかなどを具体的に述べたものである。そして調査事例に基づいて「合理的な地質調査の進め方」について整理し、さらには社会資本の効率的な整備や維持管理に関して地質調査技術の一層の活用について提言を行っている。以下に報告書作成の経緯と内容について紹介する。

2. 報告書作成の経緯

この報告書作成の背景は、全地連が平成9年7月に発刊した「建設工事のコスト縮減に関する地質調査業の意見表明と行動指針」のとりまとめにさかのぼる。この中では日本列島は世界的に見て特異な地形・地質環境にあり、地質を良く知ることが建設事業のコスト縮減の基本であると訴えられている。この冊子は文章主体であったため、翌年にはビジュアルなカラーパンフレット「日本列島の地形と地質環境、豊かで安全な国土のマネジメントのために」がまとめられた。さらにこのパンフレットが各方面で好評であったことから、全地連では鹿島出版会から平成13年11月に「日本の地形・地質—安全な国土のマネジメントのために」と題する単行本として出版し、地質調査の役割や重要性について訴えてきた(図1)。

これらは世界的な観点から国土の脆弱さに焦点をあて、建設工事のコスト縮減問題や地質調査の重要性を主張したものであった。このため技術委員会において、身近な具体的事例から地質調査の重要性や役割について主張する視点も必要とされ、平成13年12月に「地質調査の役割に関するワーキンググループ」が組織された。ワーキンググループでは地質調査事例を収集し、平成15年6月までに11回の会議を開催して内容を検討し「事例に学ぶ地質調査」としてとりまとめた。

3. 報告書の内容

3.1 概要

報告書の目次は表1のとおりで、3章のアンケートに見る地質調査の役割と4章の地質調査の役割事例が中心になっている。本文ではこれらの事例について題目・調査対象・概要を一覧表で示し、5章と6章については要約して概要を紹介した。

3.2 アンケート結果

アンケートは、地質調査が計画・設計・施工・維持管理といった建設プロジェクトの各段階で果たしてきた役割の事例について収集したものであ



図1 発行したパンフレットと単行本の表紙

* 全地連 地質調査の役割ワーキンググループ

表1 報告書の目次

1. はじめに
2. 地質調査の役割と問題点
3. アンケートに見る地質調査の役割
4. 地質調査の役割事例
4.1 不十分な調査, 調査の軽視に起因する問題事例
4.2 問題点の指摘不足に起因する問題事例
4.3 目的にかなった調査, 事故の回避, コスト縮減例
4.4 地質調査に期待される新分野の事例
5. 合理的な地質調査の進め方
6. 提言

る。調査の時期および方法は、平成13年度に(社)全国地質調査業協会連合会に所属する会員各社に対して、調査票を郵送・回収する方法で実施したものであり、収集事例の合計は281件であった。このアンケート結果を、調査対象分野、施工対象、実施段階、役割事例の観点から検討した。母集団や精度の点に問題もあり、統計的な分析は難しいが、全体的な傾向としては、おおむね現状を反映しているものとする。社会資本は、建設から維持管理の時代になり、これを先取るようにアンケートにも点検業務や環境汚染の事例が報告されている。

(1) 調査対象分野の内訳

地質調査は、軟弱地盤から岩盤までを対象としており、アンケートの内容は多岐に渡っているが、「土質」「斜面」「岩盤」「地下水」の4グループに大別した。内訳は、土質が38%、斜面が30%であり、両者で約7割を占めている。

(2) 施工対象による分類

調査対象別に区分した各グループについて、さらに施工対象別に分類した。

「土質グループ」の分類では、橋梁基礎21%、道路盛土19%、建築基礎16%が上位であり、その他基礎9%、造成盛土7%と続き、構造物基礎と道路・造成盛土で全体の72%を占めている。

「斜面グループ」の分類では、切土のり面48%、地すべり31%であり、この二つで全体の79%を占めている。切土のり面の事例は、安定勾配の提案および安定対策に関するものが多く、地すべりの事例も対策工に関するものが大半である。

「岩盤グループ」の分類では、トンネル56%、橋梁基礎13%、擁壁基礎10%が上位である。トンネルの事例には、鉱化作用による重金属を含むような特異な地質に対して、トンネルズリの残土処理による環境汚染を検討目的におくなど、環境影響に配慮した調査事例が4件含まれていた。

「地下水グループ」の分類では、水資源18%、トンネル16%、河川16%が上位であり、次いで建築掘削11%、道路掘削11%となっており、他のグループに比べて施工対象に偏りが無い。水資源の事例は、地下水開発に関する効率的な探査手法の提案が多く、トンネルの事例は、工事による湧水影響に関する内容が多い。

(3) 実施段階による分類

収集事例を「施工前」「施工中」「維持管理」の3段階に分類した。各グループとも施工前の事例が最も多く50~

75%を占め、地質調査が主として計画・設計段階で役割を果たしていることがわかる。特筆される点は、斜面グループにおいて50%が施工中および維持管理段階での事例であり、切土のり面の施工段階でのトラブルや施工後に発生した地すべりに対する対策工の検討など、計画段階には予測されなかった現象に対して地質調査が行われている。

(4) 役割事例による分類

収集したアンケートについて、その問題点の本質と地質調査の関わりに着目し、それぞれが果たした役割を次の4パターンに分けて分類した。

- A: 不十分な地質調査, 調査の軽視に起因する問題事例
- B: 問題点の指摘不足に起因する問題事例
- C: 目的にかなった調査, 事故の回避, コスト縮減などの事例
- D: 地質調査に期待される新分野の事例

全アンケートの分類結果は、Cのケースが全体の73%を占めており、目的にかなった調査による事例の報告が大半であった。次いで、Aの調査不足の事例が12%、Bの指摘不足の事例が9%、Dの新分野の事例が7%となっている。

Aの事例としては、設計時の調査不足のために下水処理場建設に伴う掘削工事でボイリングが発生した事例、あるいは橋梁支持地盤の調査不足のために杭の高止まりや杭長不足を生じた事例などがある。

Bの事例としては、地下道掘削に伴う排水工により近くの湧水池が濁水した事例、あるいは軟弱粘性土層の強度定数の設定が過大であり地盤が側方流動を起こした事例などがある。

Cの事例としては、適切な調査によるコスト縮減, 安全施工, 環境保全など広い分野で多くの報告事例が挙げられている。

Dの事例としては、レーダー探査等によるトンネル老朽化調査や樋門・樋管の空洞調査の事例、あるいは土壌・地下水汚染調査など環境分野での事例がある。

3.3 事例の紹介

アンケートの回収件数は281件であり、この中から公表可能な事例について調査内容の執筆をお願いし、最終的に表2の22編を掲載した。またワーキンググループから紹介されたやや詳細な内容の調査事例については、表3に示すように前述のA~Dの分類を行って11編を掲載した。

3.4 合理的な地質調査の進め方

一般に地質調査は図2のようなステップで行われる。

目的を満足するような地質調査が円滑に行われるように、各分野で詳細なマニュアルが整備されている。しかし、地質調査の対象となるのはいわば「複雑系」であって、そこで起こりうる問題を記述し尽くすことは不可能である。調査の手順を標準化して所定の調査数量をこなすだけでは十分とはいえない。与えられた課題をよく認識し、問題点の指摘不足がないようにすることが必要である。以下、合理的な地質調査を進めるうえでの各調査手法のポイントについて説明する。

表2 アンケートの代表事例

区分	題名	対象分類
土質	(1) 軟弱地盤の盤ぶくれに対する施工時調査	排水機場
	(2) 排水機上・樋管における漏水調査とその対策工の立案	樋門・樋管
	(3) 沖積地盤上に計画されたスポーツ施設建物の支持層調査	建屋
	(4) 橋脚の沈下原因調査および対策工提案と対策工実施後の効果確認調査	橋脚
	(5) 鉄道地下駅直上の路面に生じた陥没原因の把握	道路
斜面	(1) 硬軟の地質が交互に出現する切土法面での事前予測と施工時対応	切土のり面
	(2) 三波川帯における法面崩壊事例	道路・切土
	(3) 四万十帯斜面崩壊の予測と応急対策	道路・斜面崩壊
	(4) 道路改良工事での地質踏査から深礎杭による地すべり対策工検討まで	道路改良・地すべり
	(5) 吹き付けのり面の変状調査に始まる地すべり対策調査	地すべり
岩盤	(1) トンネル覆工と路面の変状区間の保全対策検討のための地質調査	トンネル
	(2) 火山岩分布域における高密度電気探査実施例	トンネル
	(3) 大規模地下空洞掘削における不連続面分布の予測と実際	地下発電所
	(4) 地下水位以下のしらすを掘削対象とする分水路トンネルの計画と調査	トンネル
地下水	(1) 第四紀火山砕屑岩地域におけるダム貯水池の浸透流解析と止水対策工の検討	ダム貯水池
	(2) 沢部におけるトンネル湧水と濁水によるホタル生息域への影響調査と対策	トンネル
	(3) 掘削に伴うボーリングとその原因調査	下水処理場
	(4) 掘削地からの地下水排水工による周辺地下水への影響調査	横断地下道
	(5) 山留め壁内掘削中に生じた盤ぶくれに対する施工時調査および対策工提案事例	根切り工事
	(6) 地下水の含有ヒ素に対する地質的対処	水源調査
	(7) 二次元電気探査と古環境概念に基づく水源開発の取り組み	水源開発
	(8) 高松市内の塩田跡地における水源井調査	水源調査

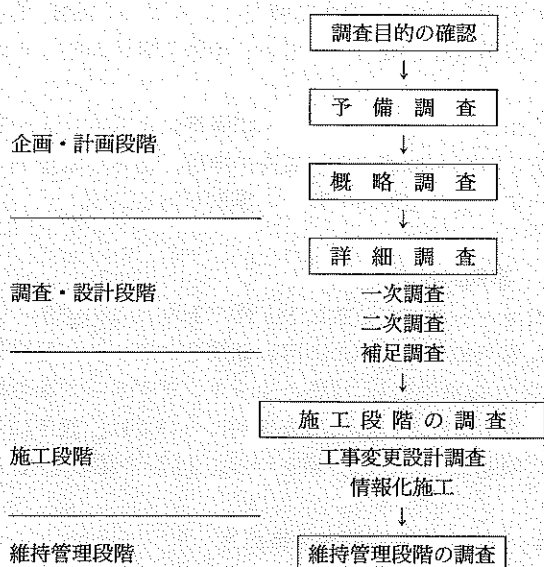


図2 事業段階に応じた地質調査の流れ

(1) 基礎資料の活用

地質調査は調査対象によって、当然その進め方や調査の規模は異なる。一般的には調査が進むに連れて、精度を高めていくことになる。しかし、調査のスタートにおける資料収集や検討が十分でなく見落とされている事項があるために、「調査が不十分」・「調査の軽視」に分類される失敗を生じさせることがある。そして、施工段階や維持管理段階まで大きな問題を引きずることもある。

一般に、地質調査の基礎資料として、地形図・地質図・空中写真・地すべり分布図・土石流危険渓流分布図・急傾斜地崩壊危険箇所分布図・洪水ハザードマップ・液状化マップ・活断層分布図等が利用される。これらの資料から有効な情報を読みとるには判読のための知識を必要とするものもあるが、調査計画の立案には不可欠のものである。これらの資料を活用する手間を惜しんではならない。

(2) 現地踏査の重要性

地質調査のもっとも基本的な調査技術は、現地踏査である。これは、資料調査において把握したさまざまな情報を参考にして、現地において調査対象にとって何が問題であるか明らかにして、その後続くボーリングや土質・岩盤試験などでいかに効率よく実証データを獲得し検証すればいいかという、詳細な調査計画を立案するプロセスに相当する。

調査対象地域において、ボーリング調査や物理探査で得られる点や線の地盤情報だけでは、誤りなく的確に問題点の抽出を行うことが困難なことが多い。調査対象地域を含む広い地域について巨視的な観点からの検討が不可欠である。調査の目的を達成するためには、単に調査の精度や数量を増せばよいというものではなく、事前に資料調査や現地踏査により問題点をよく把握したうえで、今後何を情報として得るべきかを明確にすることが大切である。このことは無駄な調査を省き、最適な調査手法の選定や調査数量

表3 ワーキンググループでとりあげた事例

No	タイトル	概要	A	B	C	D
			不十分な調査, 調査軽視	問題の指摘不足	的確, 事故回避, コスト縮減	期待される新分野
1	大規模崩壊の発生した道路改良工事箇所の調査と対策	道路改良工事中に大規模な崩壊が発生し, 施工中の追加調査により大規模断層を把握, 鉄筋補強土により完成させた事例	◎	○	○	
2	造成地盤の不等沈下による住宅の障害	造成工事の切り盛り境における転圧不足, および建設時の支持力確認と適正な基礎配慮などの問題を明らかにした	◎			
3	古期地すべりの陥没帯を貫くトンネルの施工時調査	施工中の追加調査により地すべり陥没帯の把握と補助工法の採用により安全に工事完了	○	◎	○	
4	施工中トンネルの坑口斜面崩落	地質条件を無視した不適切なルート設定によりトンネル坑口斜面崩壊を生じ, 対岸ルートという根本的ルート変更により開通させた事例, 計画時からの地質調査が必要	○	◎		
5	トンネル施工中の天端崩落原因調査と対策	巨大地すべりの陥没帯にトンネルが遭遇した結果, 天端の大崩壊と湧水により難工事となった	○	◎	○	
6	スーパー堤防基礎地盤の地盤改良費の削減	軟弱地盤中の狭在砂層の分布と排水効果を適正評価し経済的施工			◎	
7	凍結サンプリングによる液状化の詳細な判定	凍結サンプリング試料の土質試験結果による液状化判定により, 簡易測定 (N 値・粒度による) よりも経済的改良工法をとることができた			◎	○
8	地下水規制が行われている地下水盆地での新規水源開発の検討	地下水位観測結果から2タイプの地下水 (不圧, 被圧) に区分し, 不圧地下水から新規開発水量を得る計画とした			◎	○
9	データベースを活用したボーリング調査の実施例	データ通信と地盤情報データベースを活用し, 短期間に多量のボーリング調査を効果的に完了			○	◎
10	地下構造物の工事に伴う地下水保全対策工の効果	工事前の地下水保全対策の検討 (帯水層調査シミュレーション解析リチャージ井戸の検討) と工事後の検証 (地下水位監視と効果の確認)			○	◎
11	大規模岩盤崩壊後の安全性評価と対策工の検討	遠隔調査手法 (空中写真・3D スキャナー・遠赤外線調査・斜め写真) の活用と崩落・落石シミュレーションにより危険度評価し, 対策工を策定, 写真撮影解析とマイクロ波定点観測により安全監視			○	◎

◎ A~Dとの関係が大 ○ A~Dとの関係が小

の適正化になり, 調査にかかる費用の縮減にもつながるのである。

専門技術者による現地踏査は, 予備調査や概略調査段階だけでなく, 以降の詳細調査・設計・施工の各段階においても, そのつど実施することで地盤条件を総合的に見直すことができ, 当該事業を円滑に進めることにつながるので積極的に適用すべき調査手法である。

(3) 詳細調査のポイント

詳細調査は, 地質調査の本論にあたる部分で, 資料調査や現地踏査に基づいて立案された検討項目を実証する過程であり, 以下に説明するような調査技術を中心としている。

1) ボーリング調査

目に見えない地下の部分を検証する地質調査のうちでもっとも基本的な技術で, その本数, 配置, 深度をいかに適切に決めるかが焦点である。

破碎帯を通過することが想定されているトンネル工事に

おいて, 所定のボーリングは行ったにもかかわらず, 問題となる事項の指摘が不足していて, 結果として大量の土砂流入を引き起こした事例がある。この場合, 単に採取資料の観察だけではなく, 空中写真判読や現地踏査を含めてボーリングの結果をいかに解析し対策に役立てることができかが求められるのである。

2) 物理探査

物理探査は, 人工地震波や音波, あるいは電気や電磁気などを利用して, 地下の状況を可視化しようとする手法である。医学の分野で用いられている超音波や X 線, CT スキャンなどの手法と同じような原理で解析が行われるが, 人体は個体差が小さい等, 結果の評価が比較的容易であるのに比べて, 多様な材料からなる地球を相手にする物理探査では, 結果の評価に熟練した技術者の経験が必要となる。

トンネルの地山判定指標のひとつに, マニュアルが整備されているためか, 弾性波速度がよく使われている。この

値を機械的に適用して、現実にそぐわない区分が行われると、その変更は工事工程・工事費用を大きく左右させることになる。そのため設計に用いる断面図等の作成に際しては、物理探査担当者と地質解析担当者相互の密接な協議が必要である。

3) 原位置試験

ボーリング孔内で行われる原位置試験としては、標準貫入試験がもっとも一般的であり、未固結地盤を対象とした調査では、必ずといってよいほど実施されている。

一方では「標準貫入試験万能」とも取られかねない風潮があり、しばしば地質の複雑性を忘れ、 N 値から各種の地盤定数を設計値として採用した結果、大幅な設計変更を余儀なくされることがある。

各種原位置試験の適用にあたっては、試験結果から得られた値の妥当性がチェックできるように試験位置周辺を含めた詳細な地質状況の把握が必要である。

4) 室内試験

室内試験はさまざまな地質調査技術の中でもっとも自動化が進んでいる分野であり、一部の試験を除けばコンピュータを駆使した自動計測が一般化している。液状化対策の検討や構造物の耐震設計を行うにあたり、適切な調査に基づいてデータを取得すれば、過大な設計を避けることができたという事例もある。

その一方で、機械に依存するあまり、最も基本となるサンプリングや試料調整の段階において、技術者の未熟さや不注意等によるミスを見落とすことがある。軟弱粘性土の試料の乱れや不均質な試料の試験結果は過大設計を招くので、試験結果の大小の数値だけにとらわれず、常に総合的な見地から試験値のチェックを行う姿勢が必要である。

5) 計測・地盤解析

近年のコンピュータの急速な発達に伴って、新しい地質調査技術が生まれてきている。物理探査は可視化技術や解析技術の向上により、多くの場面で適用が増えている。人工衛星・航空機・地上に設置されたセンサーから取得されたデータによるリモートセンシングは、地質調査における各種の調査・計測に有効な技術となっている。GPS は人工衛星を利用した測量手法であり、海上ボーリングの位置決定・地すべり地の動態観測・地殻の変動測定などに利用されている。GIS は地理情報に関するデータを取得して保存・編集・表示するための情報処理システムで、地質調査における有用性はきわめて高い。1996 (平成8年) に発生した北海道豊浜トンネルの岩盤崩落事故後に急速に開発が進められた岩盤斜面モニタリング技術では、AE (アコースティック・エミッション) を利用した岩盤崩落予知システム等が実用化に向かっている。

さまざまな計測・解析技術が新たに生まれてきたが、それぞれの目的にあわせて、これらの技術を有効に活用できるようにすることは地質調査にかかわる技術者の使命でもある。

(4) 施工段階の地質調査の重要性

施工前の調査では地下にあってみることでできない対象は、工事の進捗とともに姿をあらわす。このプロセスにお

いて、地質技術者が適切に参加し、トンネル掘削現場や切土施工現場で地質を確認してデータ解析等を行うことは、その事業を円滑に進めるうえで役立つばかりでなく、調査技術の有効性の実証や、類似する工事のデータベースを構築することにとっても重要である。

施工中の地盤や構造物の挙動を観測しながら工事を行う情報化施工は、1970年代後半から急速に広まってきた。事前の調査データに基づいて変形量などを予測して管理基準値を設定しておき、実際の施工中に生じる変形量から逆解析によって地盤データの見直しを行い、安全性を確保しながら適切に設計を変更しながら施工を進めることが一般的になっている。

(5) 必要性の高まってきた維持管理段階の地質調査

社会資本の有効活用の立場から、構造物等の施設の維持管理に関する問題が注目されている。このような事例として、トンネルや橋梁基礎における変状、豪雨や地震を引き金とする斜面崩壊、宅地における地盤や家屋の変形、取水井戸の劣化による水量不足等に関する調査がある。これらの出来事は、それぞれに起こりうる地盤要因を持っていて、予測可能な現象であることが多い。

人の健康を維持するために定期検診が行われ、豊富な臨床例と照らし合わせて対応が図られるように、社会資本の多くは地盤と密接な関係にあるため、その診断を下す地質技術者の役割は少なくない。

合理的な地質調査を進めるための要件として、調査手法のポイントを通して地質技術者の役割について述べてきたが、対象とする事業全体に地質技術者が深く関わるシステムが整備されなければ、問題の解決にはならない。

現状においては、地質技術者は事業の各段階に応じた「地質調査報告書」の提出という業務上の契約が終了すれば、その業務に関わる義務も権利も責任もなくなる。いわば事業の段階に応じて、地質情報を切り売りする補助的な仕事をしているようなものである。一般に数年から十数年という長期間にわたる土木建設事業では、発注の担当者も代わり、一貫した情報の継承は難しい。地質事象によって生じる問題に対処するには、その場所の特性や事業の経緯などを「熟知」していることが重要である。対象となる事業の計画—設計—施工—維持管理の段階を地質的な観点から把握し、常に発注者や設計・施工者に対して地質学的な見地からのアドバイスができるような役割を持つことが望ましい。

このように地質技術者が「ホームドクター」として、ある事業全体を通して責任を負い、折々の相談にのれるよう、制度を整えていくことによって合理的な地質調査が進められるものと考えている。制度としては、「アドバイザー制度」「ジオドクター制度」などのキーワードが考えられる。地質調査が単年度ごとに切られるのではなく、高い専門性をもった技術者が常時関与できるような仕組みづくりが必要である。

3.5 提言

地質調査事例に基づいて合理的な地質調査の進め方につ

いて検討を加えてきた。この結果をもとに、地質調査が安全で安心できる社会基盤の構築・整備に貢献できるよう、(社)全国地質調査業協会連合会として以下の10の提言を行った。

- 1) 企画、計画段階での地質専門家の参画
- 2) プロポーザル形式での調査の発注
- 3) 調査開始時の調査計画の見直し
- 4) 調査結果の設計への適用の確認
- 5) 施工段階での地質調査担当者の参画
- 6) 長期観測調査の継続契約
- 7) 地質、土質の有資格者の活用
- 8) 性能設計への積極的な取り組み
- 9) 新たな分野への地質調査技術の適用
- 10) 地質調査における損害賠償補償制度の組み込み

上記提言のうち、1)~4)は地質アドバイザー制度とも言えるものである。企画、計画段階から維持管理までの各段階で、地質の専門家(有資格者、ジオドクター)が関与することで、地質に起因する問題に適切に対処することができる。できれば、同じ専門家が各段階を通じて関与することが好ましいが、大きなプロジェクトでは企画から施工までが長期にわたり、それが困難な場合もある。少なくとも、有資格者同士で引き継ぎながら関与できる体制が必要と思われる。

地質調査技術は、企画・計画、調査、設計、施工、さらには維持管理、防災、環境などあらゆる分野で活用されている。その中で、地質調査の役割を確実に果すためには、地質分野以外の技術を含めた総合的な技術力の向上が不可欠である。(社)全国地質調査業協会連合会は技術研鑽の場を設けて会員企業の技術力向上を図っている。また、会員各企業はそれぞれの特徴を生かした技術の開発、向上に努

め、地質調査の役割を果すべく努力を積み重ねている。

4. おわりに

地質調査の成功や失敗事例から学ぶことは多い。先輩技術者が20年間あるいは30年間の経験から得た技術力は、後に続く技術者の場合、これら多数の経験事例を学ぶことで比較的短期間で得ることができる。この意味で本書の事例は若手技術者にとっておおいに役立つものと思う。

一方、合理的な地質調査は、コスト縮減・手戻り工事の防止・災害防止等に貢献することを説明した。この合理的な地質調査を進めるための基本は、事業のいかなる段階においても基礎資料の分析と現地踏査を綿密に行うことであり、この点はワーキンググループの一致した見解であった。最後にワーキンググループの委員を示す。

〈技術委員会 地質調査の役割に関するワーキンググループ〉

- | | | |
|----|-------------|----------------|
| 主査 | 上野 将司 | 応用地質(株) |
| 委員 | 井上 基 | 復建調査設計(株) |
| | 岡部 洋 | 大成基礎設計(株) |
| | 坂元 浩 | (株)ダイヤコンサルタント |
| | (前任者 遠藤 真一) | |
| | 桜井 晋介 | (株)東京ソイルリサーチ |
| | 菅野 安男 | 基礎地盤コンサルタンツ(株) |
| | 林 雅一 | 国際航業(株) |
| | 水谷 宣明 | (前)(株)日さく |
| | 渡辺喜代彦 | サンコーコンサルタント(株) |
| | 渡辺 幸雄 | 川崎地質(株) |

新刊紹介

シリーズ 環境と地質

B. W. ピプキン・D. D. トレンド著

佐藤 正・千木良雅弘監修

全国地質調査業協会連合会環境地質翻訳委員会訳

- | | | |
|--------------|---------------------|----------------|
| I 環境と地質 | 第1章 人類と地質と環境と | 第2章 地質の散歩道 |
| II 地震と火山と侵食 | 第3章 プレートテクトニクス | 第4章 地震と我々の取り組み |
| | 第5章 火山 | 第6章 土壌、風化および侵食 |
| III 水環境と地盤災害 | 第7章 マスウェースティングと地盤沈下 | 第8章 淡水資源 |
| | 第9章 河川災害 | 第10章 沿岸環境 |
| IV 地球環境と社会 | 第11章 氷河作用と長期気候変動 | 第12章 沙漠化 |
| | 第13章 鉱物資源と社会 | |
| V エネルギーと廃棄物 | 第14章 エネルギー資源 | 第15章 廃棄物処理と地質 |
| | 付録 用語解説 | 索引 |

各 3500 円+税

上記5冊を合本した特別版は、特価13000円(税別)は残部わずかです。

古今書院 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-10

tell: 03-3291-2757 fax: 03-3233-0303 <http://www.kokon.co.jp>

国際化と日本の地盤調査技術

わたべ よういち
渡部 要一*

たなかまさのり
田中 政典**

たけむら じろう
竹村 次朗***

しほや さとる
澁谷 啓****

1. はじめに

地盤調査法や土質試験法にはさまざまなものがあり、同じ地盤を対象としても、調査法や試験法によって異なる結果が得られる。これは、よく知られているように、地盤を形成する土質材料の力学特性には、応力依存性（圧密圧力によって強度が異なる）、異方性（圧縮と伸張では強度が異なる）、ひずみ速度依存性（せん断速度が速い試験の方が大きな強度となる）などが現れるためである。これらに加えて、試料採取時の乱れの程度はサンプリング方法によって異なるために、サンプリング方法の違いが試験結果に対して無視し得ぬ程度の影響を及ぼすことが知られている。このため、試験結果を正しく評価できる環境を整えるためには、サンプリング方法や試験方法などの詳細を定めた規格（国際標準 ISO や日本工業規格 JIS など）や基準（地盤工学会基準など）の整備が重要となってくる。このような背景から、国際的に見ても決して見劣りしない立派な規格・基準類が、我が国においても整備されてきた。地盤工学会基準に関しては、技術動向や国際規格制定に向けた動向などを見極めて、約 10 年ごとに基準類の見直し作業が行われている。

今日では、欧州主導型という側面は色濃いものの、ISO（＝国際標準化機構）による規格類の国際統一に向けた動きも着々と進められている。このとき、土質材料の力学特性には、地域ごとの個性が強く表れることを見逃すことはできない。国内における経験に基づいて整備されてきた基準類（日本の技術）は、世界の中でどのように位置付けられるのか（ISO との関係）、世界にどこまで通用するのか（外国の土への適用性）を見極めることは非常に重要である。設計基準にも信頼性設計や性能設計が取り入れられつつあり、土質定数に対する信頼性についても明らかにしておくなくてはならない。

独立行政法人 港湾空港技術研究所土質研究室では、この

* (独) 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 土質研究室 室長

** (独) 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 土質研究室 主任研究官

*** 東京工業大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 助教授

**** 北海道大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 助教授

ような観点から、我が国の地盤調査技術（主にサンプリング）を国内のみならず海外においても適用し、欧米主導型で発展してきた調査技術との比較も交えながら、我が国の調査技術の国際的な位置付け、さらには土の地域性について研究を進めてきた。前身となる旧運輸省港湾技術研究所地盤調査研究室時代に始まった一連の研究では、まず、欧州や北米において調査を実施することにより、我が国の土質調査技術も欧米に負けず劣らず、なかなか優れていることを証明し、ISO の前段となる CEN（欧州標準化委員会）においても、日本のサンプリング方法を認めさせることに成功し、日本のサンプラーは規格外とはならないことになった。

最近では、佐賀県有明町における調査（2001 年に実施したほか、過去にも数回実施）に加え、アジア工科大学からの協力を得てタイ・バンコク市郊外（2001 年）とヴェトナム・ハイフォン市郊外（2002 年）において、また、トリノ工科大学と北海道大学からの協力を得てイタリア・ピサ市（2003 年）において地盤調査を実施した。特に、広域に堆積する軟弱粘土地盤は東南アジアや日本に特有のものであり、硬い粘土を対象とした欧米の技術がどこまで適用できるか、軟弱な粘土を対象とした日本の技術は東南アジアで役立つかといった点で、今後発展するポテンシャルの高い地域であるタイとヴェトナムにおける調査は、非常に価値のある調査であると思われる。また、イタリア・ピサ市は、有名なピサの斜塔の修復に関連して、世界のエキスパートが集まって地盤調査をくまなく実施した場所であり、今回の日本の技術を中心とした調査結果が、既往の調査結果とどのような関係にあるかを比較することができ、大変興味深い。

ちなみに、ピサの斜塔の修復は、倒壊を防止するためにワイヤーで傾斜反対方向に引っ張りながら、傾斜反対側の地盤から土を排出し、傾きを約 1 度だけ戻したとのことである。およそ 200 年前の姿に戻しただけであり、倒壊防止のためには、短絡的に地盤改良を考へてしまう日本人の発想とは違い、遺跡としての価値を持たせながら修復していく彼らの発想には、感心させられる。

本稿では、これら 4 箇所で行った地盤調査の概要を記し、各国のオペレータによる日本式地盤調査の実施状況、

ならびに、それぞれの地盤の地域特性について報告する。なお、タイとベトナムにおける地盤調査では、国際化を意識した研究に留まらず、発展途上国に対する技術移転といった国際協力の側面も強いといえる。機器の精密加工技術、各種センサー類や制御装置にハイテクを導入した室内試験装置は高価なことから、室内試験の前にはかかるハードルは発展途上国にとって高いと言わざるを得ないが、サンプリングについては世界中どこも似たり寄ったりで、わずかな工夫（サンプラーとそのメカニズム）とコツ（その使い方）さえ伝われば、日本と同様のサンプリングは比較的容易に実施することができる。

2. 調査内容

一部地域では実施しなかったものもあるが、基本的には、日本式サンプリング、現地の方法によるサンプリング、電気式静的コーン貫入試験（CPTU）、ダイラトメータ試験（DMT）、ハイドロリックフラクチャー試験（HFT）、サイスミックコーン試験（SCPT）の6項目を実施した。

日本の固定ピストン式シンウォールサンプラーを現場に持ち込み、可能な限り日本のサンプリングに近い作業ができるように、オペレータにそのメカニズムや使い方を説明し、日本式サンプリングを実施した。しかしながら、実際には、使用しているボーリングマシン、やぐら、ロッド、その他の各種用具の制限により、固定ピストン式シンウォールサンプラーを用いた粘土試料の採取法を定めた地盤工学会基準を一部満足していないことがあるので、厳密には日本風サンプリングとでもいうべきかも知れない。また、作業方法については、「最小限ここだけはこうやって欲しい」ことはしつこいほどに依頼しているが、それ以外については、現地オペレータの判断に任せてある。各地におけるサンプリング状況の詳細については後述することにする。

日本式サンプリングで採取された試料と品質などを比較するために、ハイフォンとピサでは、現地でも通常行われている方法によるサンプリングも実施した。諸外国では、シェルビーチューブサンプラーによる土試料の採取が主流である。ベトナムやイタリアでもシェルビーチューブサンプラー（今回の調査では、ベトナムは内径73mm、イタリアは内径83mmであった）が良く用いられていることから、これを用いた試料採取を実施した。イタリアでは、水圧式のオスターバグサンプラーによる土の採取も実施した。このほか、タイでもシェルビーチューブサンプラーが用いられているが、今回の調査では使用しなかった（以前実施した別の場所での調査に用いたことがある）。

有明では国内調査となることから、固定ピストン式シンウォールサンプラーそのものが「現地」で通常行われているサンプリング方法となる。そこで、日本の軟弱粘土に対して、諸外国のサンプラーを適用するという逆の発想によって、これまでに数々のサンプリングを実施してきた。諸外国で研究用に開発されたり、実務で多用されたりしている各種サンプラーを適用し、それぞれのサンプラーによ

て採取された試料の品質を比較した。その結果、日本の固定ピストン式シンウォールサンプラーによって採取された試料の品質は、高品質試料が採取できると世界的に認められているラヴァルサンプラー²⁾やシェルブルックサンプラー³⁾によるものとほぼ同等であることがわかった⁴⁾。

サウンディングに関連した各種試験では、港湾空港技術研究所所有の装置や計測機器を現場まで持ち込み、貫入装置のみを現地で手配した。CPTUは、日本から持ち込んだ三成分コーンのプローブとデータロガーを用いて実施した。DMTでは、ダイラトメータ装置（ブレードと制御パネル）を日本から持ち込み、窒素ガスボンベについては現地で調達した。ただし、ダイラトメータ発祥の地であるイタリアでは、装置一式を現地で容易に調達できることから、日本からの持ち込みはしなかった。HFTの装置は、開発中のものを日本から持ち込んだ（イタリアでは実施していない）。SCPTは、装置および計測機器一式を日本から現場に持ち込み、現地ではハンマーと叩き台のみを調達した。なお、イタリアではサイスミックコーン試験は実施せず、代わりに表面波探査を実施した。

ここで、原位置の K_0 値を評価するために開発中のハイドロリックフラクチャーコーンについて簡単に説明する⁵⁾。一般に、原位置の非排水せん断強度を求めるためには、乱さないように採取した試料を原位置の有効応力で再圧密することにより、試料の有効応力状態を原位置の状態と一致させてから非排水せん断強度を求める再圧縮法⁶⁾が適していると言われている。再圧縮法による非排水せん断試験の実施に当たっては、供試体内部が原位置の応力状態になるように、三軸セル内で異方圧密するため、あらかじめ原位置の静止土圧係数 K_0 を推定しておく必要がある。また、安定解析のみならず、近年におけるコンピュータの目覚ましい性能向上により、実務への適用の機会が増えている有限要素解析においても、地盤の初期応力状態を入力する際に静止土圧係数 K_0 が必要である。 K_0 値の評価法のひとつとしてBjerrum & Andersen⁷⁾によりHFTが提案されて以来、計測技術の発達に伴い改良され、最近ではLefebvreら⁸⁾やHamoucheら⁹⁾によってカナダ東部の粘土に対する適用結果が報告されている。しかし、我が国では大森ら¹⁰⁾に適用例が報告されているものの、今日では試験法自体も忘れられてしまった。

図1は、Bjerrum & Andersen⁷⁾が示したHFTのシステムを示している。このシステムでは、装置を地盤の中に貫入して過剰間隙水圧が十分に消散するまで放置した後、バルブA～Cを開き、Dを閉じた状態で、ハンドポンプを用いて一定速度で注水する。水圧が一定になったら注水を終了し、マンメータを用いて圧力と流量の関係を読みとり、図2のようにプロットする。このときプローブのフィルター部分では図3のような鉛直な亀裂が発生し、図2のA→Bでは図3(b)のように亀裂が開いて大きな表面積を有するのに対し、図2のB→Cでは図3(c)のように亀裂が閉じてフィルター周囲のみが水圧の消散に寄与する。亀裂が閉じるときの水圧(h_{h0})が水平土圧に対応しているとされている。マンメータに代わり電気計測できる水圧計が用い

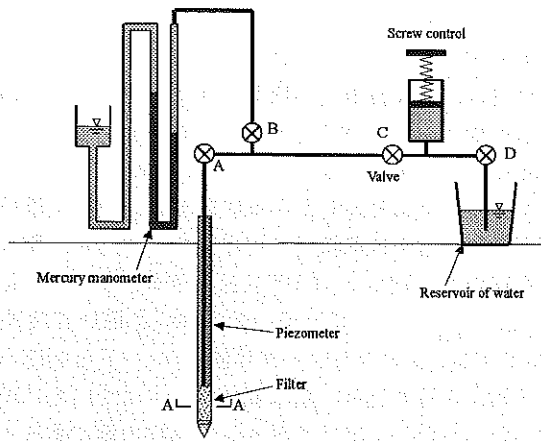


図1 HFTシステムの概念図⁷⁾

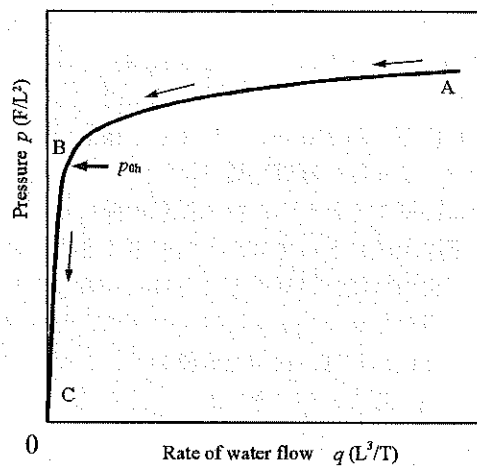


図2 水圧と流量の関係 (概念図)

られるようになると流量が計測できなくなるので、Lefebvreら⁸⁾やHamoucheら⁹⁾は、注水から消散までの水圧変化を時間に対して図4のようにプロットし、水平土圧に対応する p_{0h} を求めた。図4のA→Bは図3(a)、B→Cは図3(b)、C→Dは図3(c)に対応している。

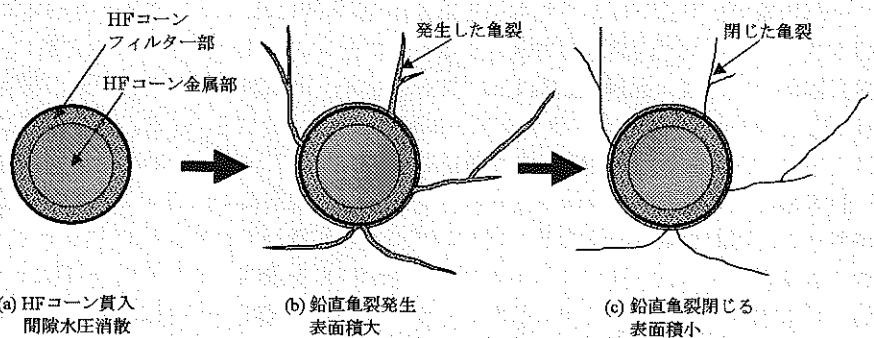


図3 コーン周辺地盤の挙動 (図1のA-A断面の概念図)

3. 調査状況

3.1 有明

有明における地盤調査は地点、旧運輸省港湾技術研究所地盤調査研究室時代から継続的に調査を実施してきた試験フィールドであり、有明海に隣接する干拓地の水田に位置している。表層の0.5 m程度は水田としての耕作土であるが、それ以深には海成粘土が存在し、地下水位は地表から0.5~1.0 mに位置している。

国内における地盤調査であるので、熟練したオペレータに依頼することにより、サンプリングについては問題なく実施することができた(写真1)。ケーシングは表層から浅い部分(3~4 m程度まで)にのみ設置した。物理・力学特性の深度分布を図5に示す。

各種サウンディングにおいては、移動に便利なクローラ付きで自重が反力となる貫入機を利用した(写真2)。CPTUおよびDMTで得られた試験結果を図6に示す。CPTUでは、調査地点周辺の地盤における土質のばらつきや、試験の信頼性を評価することを目的として、調査地点周辺において約5 m間隔で計16箇所の貫入試験を実施した。表層の1 m程度は水田・麦畑(二毛作)としての耕作の影響や乾燥等の影響からやや硬くなっているが、深さ1~17 mが粘土層、17 m以深は砂層となっていることがわかる。なお、14~17 mにかけては先端抵抗が深さ方向に著しく増加しているが、これは、かつて地下水が汲み上げられたときに、地下水位低下による圧密が生じたことが原因であると考えられる。

計16箇所で行った試験結果を比較すると、粘土地盤における測定値のばらつきは非常に小さいことがわかるが、2~3箇所では、他より先端抵抗が小さめになっている。こ

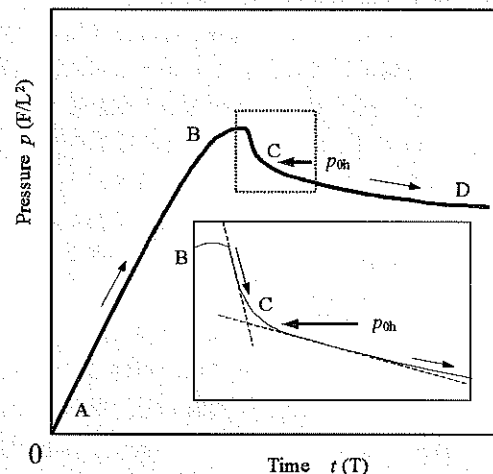


図4 水圧の経時変化 (概念図)

れらは、ロードセルに負荷が掛かった際に、ゼロバランスが若干ずれてしまったことに原因があると考えられ、地盤の強度のばらつきとは思われない。このように、対象となる地盤が非常に軟弱な地盤の場合には、センサーのゼロバランスのわずかなずれが測定結果の評価に大きく影響することになるので、注意が必要である。

再圧縮法による非排水圧縮および非排水伸張試験から得られるせん断強度 c_{uc} および c_{ue} の平均が求めるべきせん断強度であるとする、図5(h)に示されているように、コーン係数 N_{kt} の値は約18となる。

DMTは、1997年の調査の際に実施し、測定は深度50 cmごとに実施した。DMTからは、材料インデックス I_b 、剛性インデックス E_b 、静止土圧インデックス K_b の3つのイン

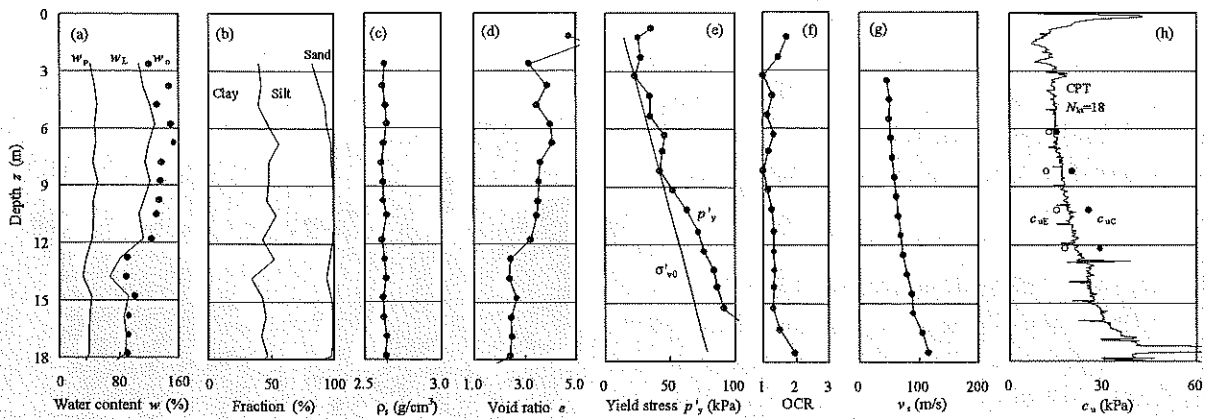


図5 有明の地盤調査結果 (室内試験結果, せん断波速度, コーン係数)

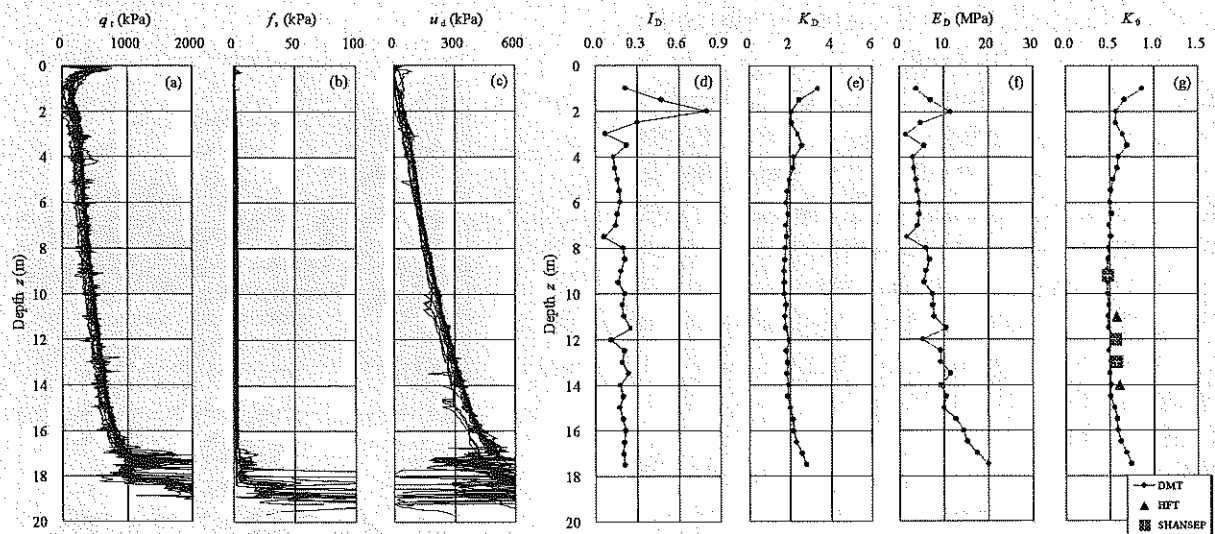


図6 有明の地盤調査結果 (CPTU, DMT, K_0 値の比較)

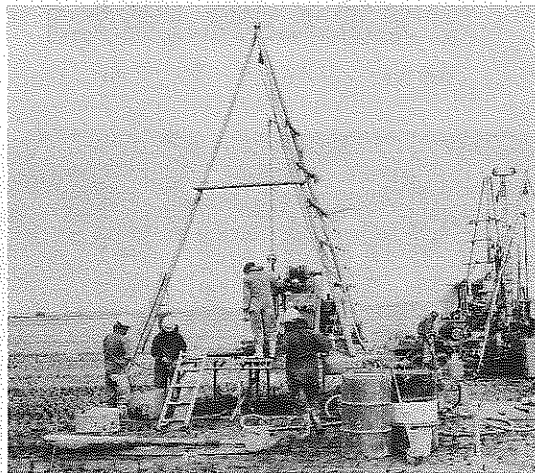


写真1 有明でのサンプリング状況



写真2 有明でのサウンディング状況

デックスが求められる。一連の研究では、特に、原位置の K_0 の推定に用いられる K_0 に着目している。 K_0 を用いて推定された K_0 値¹¹⁾ については、三軸セルを用いた K_0 圧密・除荷試験において、正規圧密状態にした後、圧密試験で得られた過圧密比 OCR になるまで除荷をしたときの K_0 の値、すなわち、SHANSEP 法¹²⁾ によって得られた K_0 値と比較して報告されている¹³⁾。HFT に用いた装置は試作の段階であり、試験方法の有効性を検証することを考え、注

水速度や降伏後の注水量、試験を繰返し実施したときの再現性などについての検討も合わせて実施した。間隙水圧の消散に時間を要することから、夕方に貫入して夜間に消散させ、朝一番で試験をした後、すぐに次の深度まで貫入し、消散を待って夕方に試験をするといった工程を考えたが、1日に2深度の測定が限界であった。DMT ならびに HFT から推定された K_0 値を図6(g)に示す。なお、図中には、SHANSEP 法により推定された K_0 を比較のために示し

てあり、いずれも良く一致していることがわかる。

SCPTは、せん断波速度を計測することにより、原位置における地盤剛性を評価するために実施したものである。計測されたせん断波速度は、図5(g)に示すように、50~100 m/sという小さな値を示す。

3.2 バンコク

調査地点はバンコク市南西に位置するエカチャイ (Eka-chai) 地区で、熱帯雨林の中に建設中の高速道路の脇に位置し、工事のために敷設された砂が表層に10~30 cmあるものの、地下水位も地表面付近(地表から0.5~1.0 m)にあり、ほとんど外力を受けていない軟弱な粘土層が、地表から深度15.5 mまで堆積している。

サンプリングは、アジア工科大学の技官らが実施した(写真3)。鋼製パイプのやぐらを使用し、ボーリングマシンを据えるステージは、鉄道用の枕木を積み重ねた。地表から4 m付近までケーシングを設置した後、ケーシング内の排土にはウォッシュボーリングが行われた。通常の作業手順とは異なっているが、非常に軟弱な粘土地盤であり、4 m程度までなら簡単にケーシングを叩き込むことができるために、このような手順としているのかと思われる。それ以深については、日本から持ち込んだコアバレルを用いてロータリー式のボーリング掘削が行われた。ボーリングロッド(外径40 mm)の長さはおよそ3 mである。ここで、「およそ」とわざわざ書かなくてはいけないのは、アジア工科大学所有のボーリングロッドは径が40 mm程度で統一されているが、長さがそれぞれ数cm~数10 cm異なっており、掘削深度を毎回計算しなければならず、作業効率が非常に悪かった。日頃から、孔底管理を厳密に行っていないということであろうか。ピストンロッドの固定にはロープが使われた。チェーンではないために、サンプリング時にロープが若干伸び、完全に「固定」されているとは言い難い状況であったが、やむを得なかった。サンプリング状況を写真4に示す。試料の採取深度は5~15 mであり、物理・力学特性の深度分布を図7に示す。

各種サウンディングに用いた貫入機(写真5)は、クローラ付きの機動性の高い機械であった。国際協力の名目の下に2~3年前にイタリアから寄贈されたものの、ほとんど使われていないようで、エンジンの累積運転時間は、今回の調査に使い始めたときにわずか2時間、使い終わったときに20数時間であった。この調査が、現場での初めての使用となったのかも知れない。この貫入機のお陰で、CPTUを2本、DMTを1本、HFTを1本(5深度)について、限られた工程の中で実施することができた。

CPTUとDMTの試験結果を図8に示す。非常に軟弱な粘土層が堆積していることがわかる。DMTならびにHFTから推定された K_0 値を、SHANSEP法により推定された K_0 値と比較して図8(g)に示す。バンコク粘土に対して推定された K_0 値は、DMTが最も小さく0.6~0.7、それに次いでSHANSEPが0.8、HFTは0.85~1.0と大きくなり、試験法による違いが大きい。地盤が非常に軟弱であるため、HFTでは亀裂が生じないなど、試験法の適用限界を

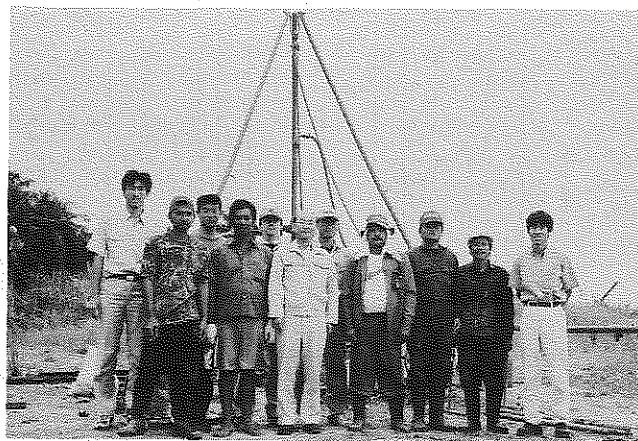


写真3 バンコクでの地盤調査(集合写真)



写真4 バンコクでのサンプリング状況

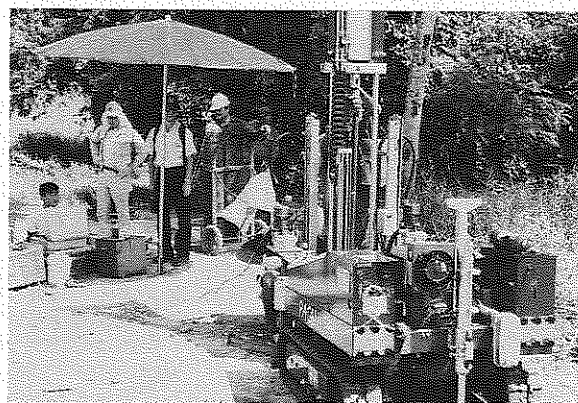


写真5 バンコクでのサウンディング状況

を超えていることを否定できない。

SCPTによって計測されたせん断波速度の深度分布を図7(g)に示す。調査地盤は非常に軟弱であるため、深部まではせん断波がほとんど伝わらず、10回以上叩いても、ハンマーの柄が何度となく折れてしまっても有意なデータがなかなか累積されないといった問題もあり、軟弱地盤のせん断剛性率の評価は非常に難しいことを思い知らされた。

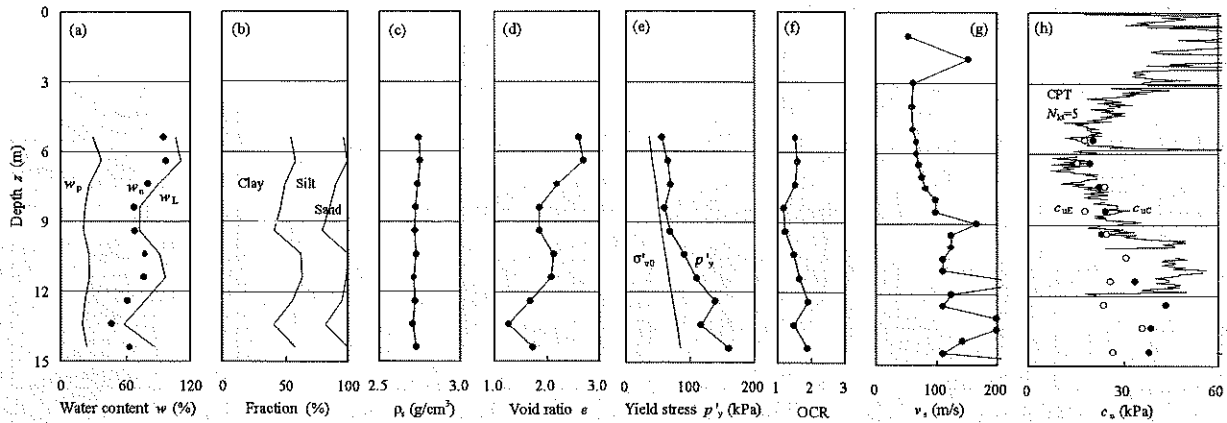


図7 バンコクの地盤調査結果 (室内試験結果, セン断波速度, コーン係数)

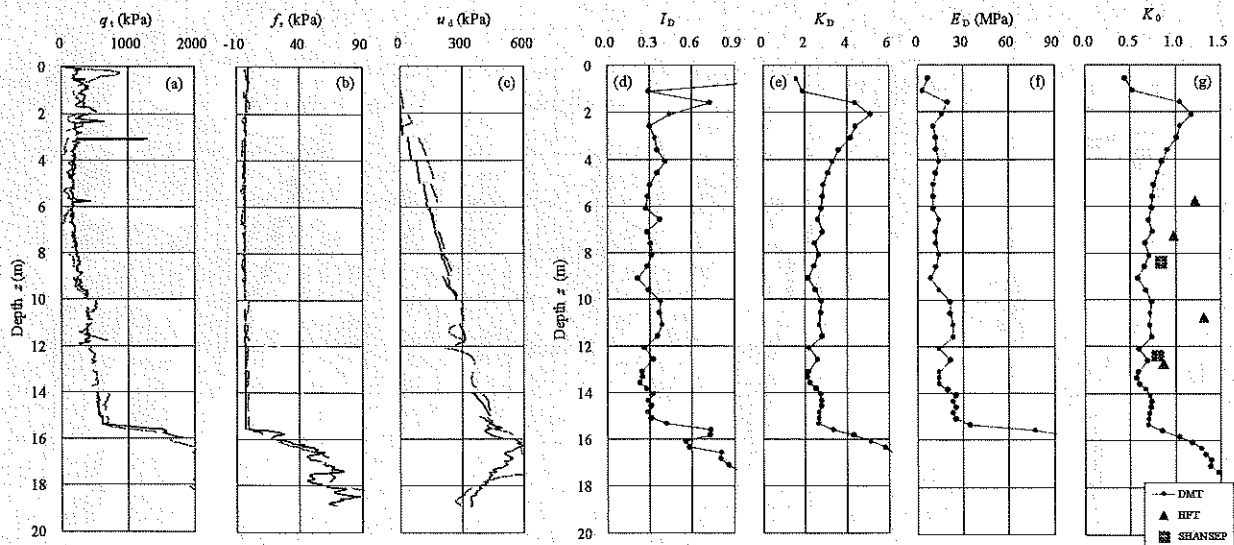


図8 バンコクの地盤調査結果 (CPTU, DMT, K_0 値の比較)

3.3 ハイフォン

調査地点は、ハノイ市の東約 100 km に位置するハイフォン市内のセメント工場敷地内で、表層は埋土であり、5 m 付近には埋め立てた礫質土が存在している。地下水位は地表から約 1 m に位置している。

サンプリングは、現地の調査会社の技師らが実施した(写真 6)。鋼製パイプのやぐらを使用し、ボーリングマシンを据えるステージは、鉄道用の枕木大の材木を置いた。地表から 6 m 付近まではコアチューブで土を採取しながらケーシングを立て込んだ。それ以深については、日本から持ち込んだコアパーレルを用いてロータリー式のボーリング掘削が行われた。ボーリングロッド (外径 40 mm) の長さはおよそ 3 m のものを基本とし、短い 1.0 m~1.3 m のロッドも使用した。タイでの調査と同様にロッドの長さが 1 本ずつ異なるために、孔底管理は難しかった。ピストンロッドの固定には鋼製のワイヤロープが使われた。サンプリング状況を写真 7 に示す。試料の採取深度は 8~18 m であり、室内試験によって得られた物理・力学特性の深度分布を図 9 に示す。

シェルビューブによるサンプリングでは、ボールバルブの効きが悪いこともあり、根切りができずに引き上げたサンプラーの中が空であることがたびたびあった。担当



写真6 ハイフォンでの地盤調査 (集合写真)

した技師たちにとって、ピストンを固定することの意味はわかってもらえなかったとしても、少なくとも毎回試料が確実に入ってくるピストン式サンプラーの良さは理解してもらえたはずである。

サウンディングでは、貫入機(写真 8)のアンカーを 4 人がかりで人力により設置しなければならず、大変な労力であったが、CPTU を 2 本、DMT を 1 本、HFT を 1 本 (4 深度) について、工程通り無事に終了した。CPTU および DMT の試験結果を図 10 に示す。表層に埋土が 5 m 程度あり、やや強度を持った粘土地盤となっている。8 m~22.5 m

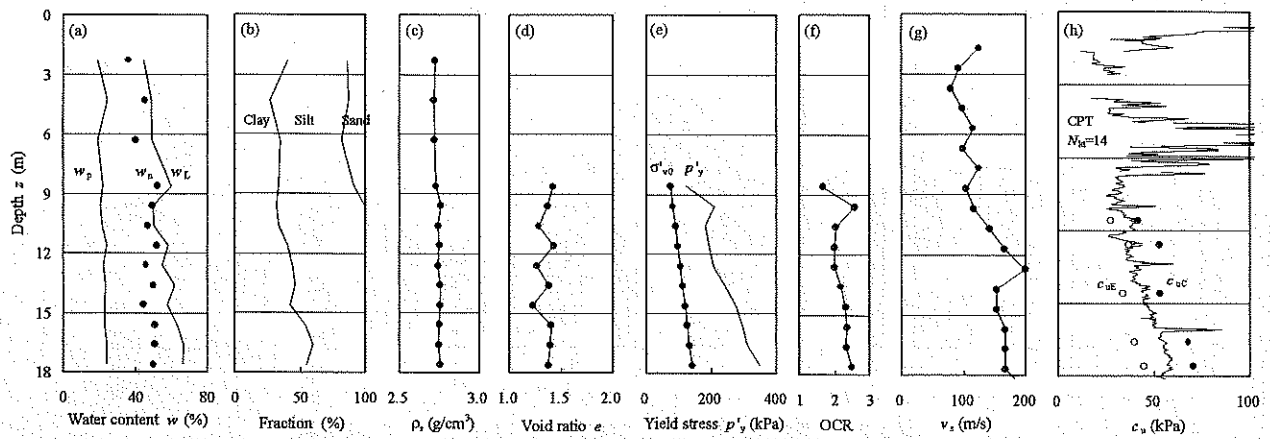


図9 ハイフオンの地盤調査結果 (室内試験結果, せん断波速度, コーン係数)

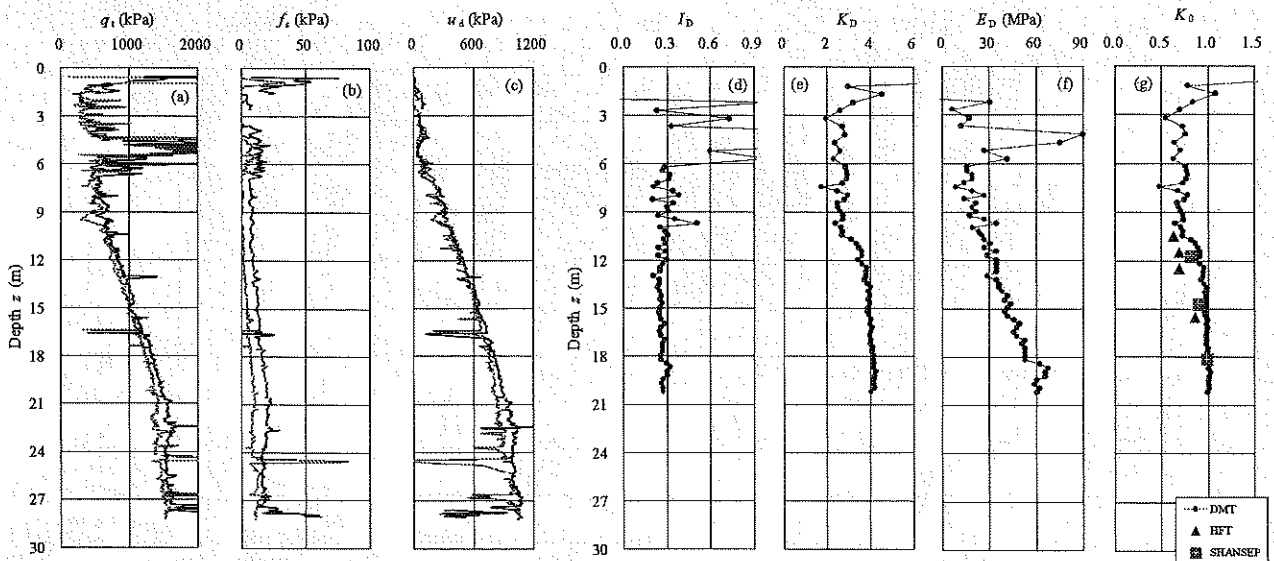


図10 ハイフオンの地盤調査結果 (CPTU, DMT, K_0 値の比較)

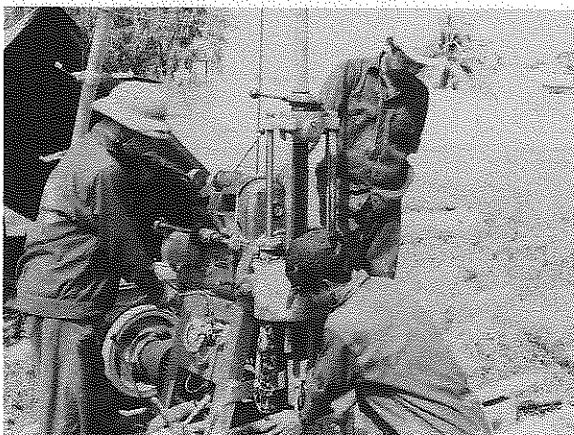


写真7 ハイフオンでのサンプリング状況



写真8 ハイフオンでのサウンディング状況

までは深さ方向に強度が増加し、22.5 m~27.5 mでは強度がほぼ一様となっている。コーン係数 N_{kl} はおよそ14である。なお、深度27.5 m以深には砂層が存在している。DMTならびにHFTから推定された K_0 値を、SHANSEP法により推定された K_0 値と比較して図10(g)に示す。ハイフオン粘土に対して推定された K_0 値は、DMT, HFT, SHANSEP いずれも良く一致し、深度に応じて0.6~1.0の値が得られている。

SCPTによって計測されたせん断波速度の深度分布を

図9(g)に示す。やや硬めの地盤であることから、せん断波速度は90~200 m/sとなっており、深さとともに増加する傾向がある。

3.4 ピサ

調査地点はピサの斜塔が傾いている方向の地盤で、現在は芝地として公園整備されている。ピサの斜塔が倒壊する恐れが出たとき、その対策を検討するに当たって地盤調査が綿密に行われた場所の一角である。表層付近は埋土で

あり、かつ、表層から 50 cm~1.0 m 付近には、遺跡に関連して煉瓦等が多量に存在しており、貫入試験ではこれを避けたり、あるいは除去したりするのに苦労した。既往の調査地点を避けるようにボーリング調査地点を決定し(写真9)、ボーリングマシンやポンプなど一式が装備されたトラックを乗り入れて調査を開始した。貫入機は車で牽引して調査地点まで移動した。地下水位は地表面から 3 m に位置している。

サンプリング、サウンディングともに、現地の調査会社の技師らが実施したが、CPTU における計測のみ港湾空港技術研究所のスタッフが実施した(写真10)。ボーリングに必要な機材はトラックに装備されているため、やぐらやステージは不要である。表土を無水掘りでコアリングしながら内径約 20 mm のケーシングを深さ 4 m まで立て込んだ後に、粘性流体を用いた掘削が行われた。ケーシングは、内径 133 mm (8 本) と内径 107 mm (15 本) のものが併用され、掘削に用いられたコアチューブは外径 100 mm である。イタリアでは、泥水を用いて粘土を掘削するという概念が無いとのことで、日本から持ち込んだコアパーレルはうまく使ってもらえなかった。そこで、イタリア式にコアチューブを用いてコアリングにより掘削をすることとしたが、孔底には約 5 cm 程度のスライムが常に残っているこ

とが確認され、これを除去することはできなかった。ボーリングロッド(外径 76 mm) は日本で使用しているものよりも遥かに太く重たいものであるが、着脱はすべて機械がやるので問題にはならない。長さは日本と同様に 3 m を基本とし、1.5 m と 1.0 m の短いロッドも必要に応じて用いられた。固定ピストン式シンウォールサンプラー用には、これとは別にサンプリングロッド(外径 50 mm) とインナーロッド(外径 20 mm) を準備した。ピストンロッドの固定には鋼製のワイヤロープが使われた。試料の採取深度は 10~20 m であり、現在、室内試験による物理・力学特性の評価を実施中である。

サウンディングでは、地盤の中に遺跡や煉瓦が存在しているために、貫入機のアンカーがなかなか設置できず、しかも、貫入可能な場所を探し出さなければならず、遺跡における調査の難しさを痛感した。最終的には、CPT を 2 本、DMT を 1 本について、2 日間で無事に終了させた。なお、2 本の CPT の内訳は、日本から持ち込んだピエゾコーン(CPTU)が 1 本と、イタリアの調査技師が持ち込んだフリクションコーン(CPTF)が 1 本である。事前に立てた計画では、貫入機とダイラトメータだけを借りて、日本から持ち込んだ機器を用いて自分でサウンディングを行う予定であったが、貫入機を借りるとオペレータを兼ねた地質調査

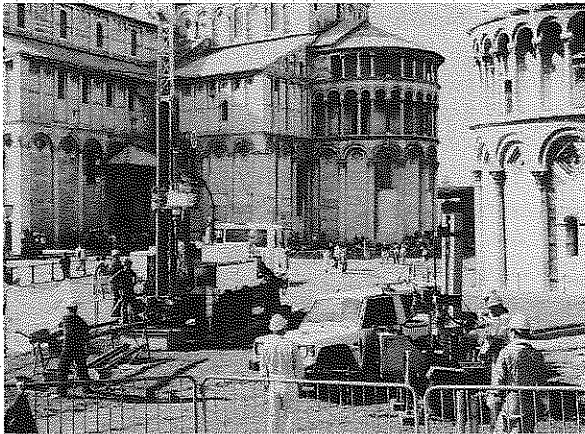


写真9 ピサの斜塔での調査状況

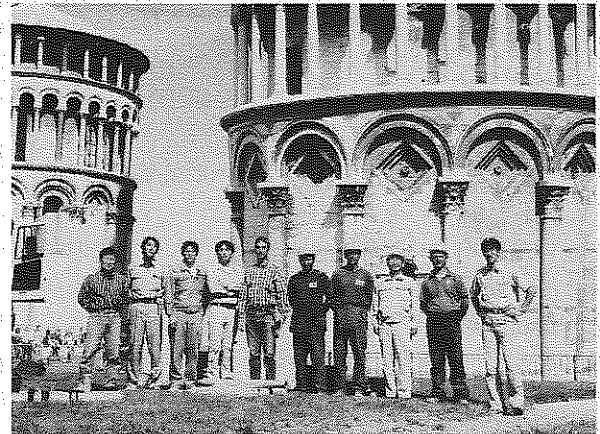


写真10 ピサの斜塔での地盤調査(集合写真)

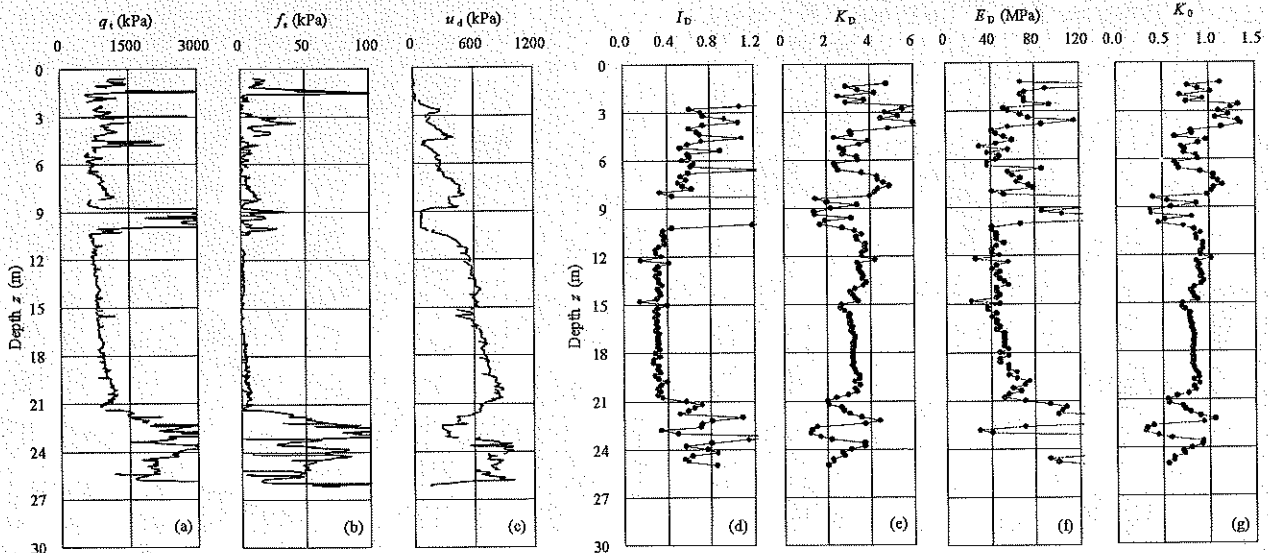


図11 ピサの地盤調査結果(CPTU, DMT)

技師とその助手、ダイラトメータを借りると地質調査技師を雇わなくてはならないとのことで、タイやヴェトナムの調査とは違い、現地の技師が実施した部分が多くなってしまった。確かに、機械だけを借りてしまうと、それを使っている技師たちは、その日、失業してしまうのであるから、やむを得ないことなのかも知れないと理解した。

CPTU および DMT の試験結果を図 11 に示す。深度 8 ~ 10 m 付近には非常に強い砂地盤が存在しているが、10 ~ 20 m には粘土層があり、さらに下には砂質の硬い層がある。なお、15 m 付近には薄層の砂質土が存在しているように読みとれるが、サンプリング時にも実際に確認された。

4. まとめ

今回報告した一連の調査のほか、過去に実施した調査結果ともあわせると、日本を代表するサンプリング方法は世界で十分通用するものであることが改めて認識される。今後もこのような調査を企画していき、さらなる実績の積み重ねを進めていきたいと考えている。一方で、タイやヴェトナムのサンプリング技術は、日本に比べて現状ではかなり劣っていると言わざるを得ない。しかし、さほど高価でもない用具（サンプラーなど）さえあれば、同じオペレータによって遥かに高品質の試料が採取できるようになる。

日本の技術が世界で通用ようになるためにも、また、発展途上にある地域における技術の普及のためにも、このような研究が少しでも役に立つことを期待したい。

謝 辞

一連の調査では、港湾空港技術研究所元研修生の伊藤康成氏、谷 俊博氏、水野健太氏、現研修生の椎名貴彦氏、白石保律氏、村上智英氏がサウンディングや室内試験の多くを実施した。ハイドロリックフラクチャー試験機の開発ならびに試験の実施には、川崎地質（株）の吉泉直樹氏の多大なる協力を得た。バンコクおよびハイフォンにおける調査では、アジア工科大学のスタッフから協力をいただいた。ピサでの調査では、D. C. F. Lo Presti 教授を始めとす

るトリノ工科大学のスタッフならびに北見工業大学の山下聡助教授から協力をいただいた。ここに記し感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Lo Presti, D. C. F., Jamiolkowski, M. and Pepe, M. : Geotechnical characterization of the subsoil of Pisa Tower, *Characterisation and Engineering Properties of Natural Soils*, A. A. Balkema, 909-946, 2002.
- 2) La Rochelle, P., Sarrailh, J., Tavenas, F., Roy, M. and Leroueil, S. : Causes of sampling disturbance and design of a new sampler for sensitive soils, *Can. Geotech. J.*, 18, 52-66, 1981.
- 3) Lefebvre, G. and Poulin, C. : A new method of sampling in sensitive clay, *Can. Geotech. J.*, 16, 226-233, 1979.
- 4) Tanaka, H. and Tanaka, M. : Key factors governing sample quality, *Characterization of Soft Marine Clays*, A. A. Balkema, 57-81, 1999.
- 5) 渡部要一, 田中政典, 田中洋行, 吉泉直樹, 坂上敏彦 : 小型ハイドロリックフラクチャーコーンによる静止土圧係数の計測, 第 37 回地盤工学研究発表会講演集, 211-212, 2002.
- 6) Beere, T. and Bjerrum, L. : Shear strength of normally consolidated clays, *8th ICSMFE*, 39-49, 1973.
- 7) Bjerrum, L. & Andersen, K. H. : In-situ measurement of lateral pressure in clay, *5th Europ. Conf. SMFE*, 11-20, 1972.
- 8) Lefebvre, G., Bozozuk, M., Philibert, A. and Hornych, P. : Evaluating K_0 in Champlain clays with hydraulic fracture tests, *Can. Geotech. J.*, 28, 365-377, 1991.
- 9) Hamouche, K. K., Leroueil, S., Roy, M. and Lutenegeger, A. J. : In situ evaluation of K_0 in eastern Canada clays, *Can. Geotech. J.*, 32, 677-688, 1995.
- 10) 大森弘一, 大矢 暁, 佐藤勝英 : 原位置における K_0 値の測定, 第 12 回土質工学研究発表会, 67-70, 1977.
- 11) Marchetti, S. : In situ tests by flat dilatometer, *J. Geotech. Eng. Div., ASCE*, 106(3), 229-321, 1980.
- 12) Ladd, C. C. and Foot, R. : New design procedure for stability of soft clay, *J. Geotech. Eng. Div., ASCE*, 100(7), 763-786, 1974.
- 13) Watabe, Y., Tanaka, M., Tanaka, H. and Tsuchida, T. : K_0 -consolidation in a triaxial cell and evaluation of in-situ K_0 for marine clays with various characteristics, *Soils and Foundations*, 43(1), 1-20, 2003.

土壌・地下水汚染調査におけるボーリング技術 (一連の調査作業の品質確保に向けて)

つち だ きよ ふみ
おお ぼら てる お
大 洞 輝 雄**
お 村 興 平***
奥 村 興 平***

1. はじめに

平成15年2月15日に「土壌汚染対策法（以下、法と記す）」が施行されたが、いまなお指針・運用基準に基づく調査結果と法に準拠する調査結果との整合性の面や、案件が法の適用対象となるか否かが等で、調査・措置の実施者等が混乱している例が見受けられる。しかし、地盤（土壌・地下水）環境の把握という点についての基本的な調査の考え方は普遍であり、それは三次元的な土壌・地下水汚染状況およびそれらの器であるとともに、汚染機構の舞台ともなる水理地質構造を把握することである。

今後増加するであろう地盤環境調査の質を確保していくうえで、現状におけるボーリングおよびそれに付帯する作業を含めた技術的な留意点を考察しておく意義は高いと思われる。したがって、ここでは既往の参考資料および実際の経験をふまえて整理してきた調査の留意点等についての概要を以下に紹介する。

2. ボーリング調査の意義

2.1 土壌・地下水汚染ボーリング調査の特性

土壌・地下水汚染における地質調査は、地下の汚染物質の移動形態や存在形態を把握するために実施する。このため従前の地質調査や地下水調査を基礎とするものの、限定された小区画地を対象とする場合が多いことなどから、地中への汚染機構を解明するために高精度の層序の解明が要求される。したがって、堆積学や構造地質学等の多彩な専門的知見から詳細な地下の地質構造を把握することが必要である。こうした汚染機構解明のための調査手法として、ボーリング調査は主要かつ基本的な手法となっている。

土壌・地下水汚染調査のためのボーリング技術は、建設のためのボーリングと比較すると（表1）、調査期間ならびに作業性・経済性の点で制約が多いため、さまざまなボーリング方法が実用化されてきた（3章）。調査にあたり対象

表1 調査目的の違い（文献りに加筆）

	建設のための調査	汚染調査
目的	構造物設計のための力学的状況把握	汚染状況の把握
実施項目	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤強度→構造物の支持力 ・土質・地層状況 ・地下水の水位・水圧 	<ul style="list-style-type: none"> ・土質・土層状況 ・土壌の化学分析試料サンプリング→土壌汚染状況 ・地下水分析試料サンプリング→地下水汚染状況 ・地下水の水位、流速・流向など水理特性
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・物理的性質を変化させない 	<ul style="list-style-type: none"> ・化学的性状を変化させない ・他の物質は混入させない ・対象物質を変化させてしまう可能性のある資機材は使用不可 ・サンプル（土）ごとの混入（接触）を極力避ける

地の地盤条件、立地条件、掘削目的、調査対象物質の種類と想定濃度等を考慮して適切な方法を選定することはいうまでもないが、調査による2次汚染の防止にも配慮することが本調査における重要なポイントである（5章参照）。

2.2 層相断面図の作成

汚染機構の仮説を立て、順次確証を得るためにはボーリング結果等で得られるデータ、知見を統合して層相断面図を作成することは重要である。

対象地域の地質層序を検討する場合、一般には地質柱状図を対比する。これには、既往文献等より火山灰・海成粘土など鍵層となる地層を最初に検索することなど、地形・地質情報を丁寧にトレースしておくことが肝要である。地層の連続性を確定する補助手法に電気検層曲線と地質柱状図を併用して地層を対比する方法がある（コア観察は4章）。

これらをもとに各層相の対比を行い、同一の層相ごとに区分した層相断面図を作成する。層相区分にあたっては、粘土、シルト、砂、礫などの粒径区分の他、粒子を構成している物質の区別が重要であり、地質柱状図の分布を検討して層相断面図の作成を行い、帯水層単元の上限と下限の

* 応用地質(株)関西支社 技術センター環境計画部 課長

** 同技術本部 環境技術センター 主任

*** 同技術本部 環境技術センター 技師長

区分を行う。

2.3 分析試料の採取

法に基づく調査のボーリング（地下水調査を含む）は、原則として以下の段階において実施することとなる。

- ① 第1種特定有害物質（揮発性有機化合物）に係る調査において、土壌ガス調査の測定結果で対象物質が検出された場合。
- ② 法第4条第1項に基づく「地下水等の摂取によるリスクの観点」から調査命令が発出され、土壌ガスの測定結果が定量下限値未満、または土壌含有量、土壌溶出量が指定基準に適合していた場合。
- ③ 指定基準に適合しない汚染土壌（または地下水）が確認され、その措置を講じようとする場合。

①から③のいずれの段階においても汚染物質の鉛直分布、調査地の水理地質構造、措置を講ずるために必要な地盤の物理化学的性質を把握することとなる。とくに、①と②では深層における土壌・地下水汚染の有無を把握することが重要なポイントとなるため、ボーリングによる土壌・地下水の分析試料採取が有効である（地下水試料の採取、地下水流動調査は6、7章で詳述する）。

3. ボーリングの種類²⁾

掘削方法の代表的なものを以下に示すが、他にもさまざまな方法があり、目的に応じて適宜選択することが望ましい。

3.1 ロータリー式ボーリング

地層の把握および土質試験用として連続した土壌試料の採取等に適しており、広範な地層に適用可能で掘進能力にも優れている。

無水掘りと清水・泥水を用いる掘削との二通りの方法があるが、無水掘りの場合にはコア試料に熱が加わらないように十分に注意する（特に第1種特定有害物質を取り扱う場合）。また、清水・泥水を用いた場合には、これらを媒介した二次汚染を防止するため、泥水（清水）バックは素掘りとせず適切な容器を使用し、適切な頻度で清水・泥水を交換する。このとき、清水・泥水中の汚染物質濃度を簡易な方法で適宜監視することが望ましい。

なお、ベントナイトには重金属類が含まれることから、この泥水を使用する場合には特別の配慮が必要である。

土壌・地下水汚染調査における測定（化学試験）では「乱した試料」によっても十分目的を達成できるため、本手法で使用する下記のサンプラーより適宜選択する。いずれのサンプラーにおいても試料の二次汚染を防止するために、ビット、コアバレルおよびロッド等の用具は必ず洗浄または交換する。

1) ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラー

軟弱粘性土を除く各種の地盤や岩盤に対して適用できる。土壌汚染調査では最も多用され、乱れの少ない試料採取が連続的に可能で、採取率も良い。崩れやすい破碎帯あ

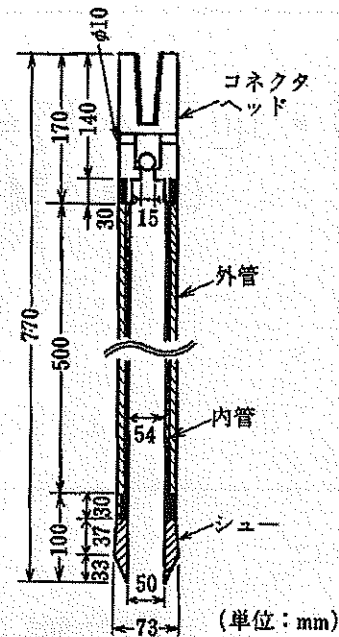


図1 大型貫入試験用サンプラー³⁾より引用

るいは亀裂の多い岩盤にも適用できる。

2) 標準貫入試験用サンプラー

標準貫入試験（JIS A 1219）用サンプラーを用い、岩盤以外の軟らかい地層での試料採取ができる。

なお、サンプラーの口径が他のサンプラーに比べ小さく、1回の土壌採取量が全25項目の分析に要する最小試料量と同程度であることから、調査対象となる項目数に留意する必要がある。そのため、大型貫入試験（LPT）に用いられるサンプラーも使用される（図1）。

3) 固定ピストン式シンウォールサンプラー

適用土質は、軟弱な粘性土層（ N 値=0から4程度のシルト、粘土、有機質土等）が主体で、細粒分の少ない緩い砂層は採取できない。試料は、シンウォールチューブ内に採取されるため、現場で地層の確認や分析用試料採取を行う場合には、試料押し出し機を現場に持ち込む必要がある。

4) ロータリー式二重管サンプラー（デニソンサンプラー）

上記の固定ピストン式シンウォールサンプラーは静的にサンプラーを押し込むのに対し、本サンプラーはサンプラーの回転により掘削しながらインナーチューブ内へ試料を採取するものであり、中位から硬い粘性土（ N 値=5~20程度）を試料採取できるが、緩い砂層は採取できない。

3.2 ハンドオーガーボーリング

地下水位より浅い（深度約3m以内）、不飽和帯の地層の状況や不圧地下水の水位を調査する場合等に適す。土壌は乱した状態となる（400g程度の試料）が、ほぼ連続的な試料採取が可能である。ただし、地下水位以深の緩い砂層では試料採取が困難である。

人力により刃先を回転することによって掘進・試料採取を行うため、騒音・振動がほとんどなく建築物の内部等狭い場所で使用できる。

3.3 機械式簡易ボーリング

比較的浅層(約15m以内)を対象に、礫を含まない比較的緩い地層(N 値=15未満程度)や、不圧帯水層における調査に適している。騒音・振動は比較的少なく、建築物の内部等狭い場所で使用できる。採取した土壌は、乱した状態となるが、孔壁が安定であれば連続的に試料採取できる。

一般に打撃貫入によるサンプラーが用いられ、これには、オープンチューブタイプのものと同様にクローズドタイプの2種類がある。孔壁が崩壊するおそれがある地層では、サンプラーやロッドの昇降により上部の土壌が孔底に落下してスライムとなるため、特にオープンチューブを用いた場合には、ケーシングで保孔するなどの処置をしてから、下位のサンプリングを行うことが望ましい。

なお、地下水位より深い飽和した緩い砂層や、コアチューブより大きな礫を含む礫層では、掘削・試料採取が困難である。さらに深い礫層ではコアチューブの食い込みが強く、引き抜きが困難となることもある。

3.4 パーカッション式ボーリング

ほぼ地層の状況が把握されていることを前提に、観測井や対策用の井戸を設置する場合に適している。コア採取はできないが、掘進効率がよく、孔曲がりが少ない。

掘進速度が大きいため、不圧帯水層の観測井掘削時は、掘止めとなる遮水(不透水)層を貫通し、汚染が拡散しないよう注意する必要がある。

4. コアの取扱い

採取したコアは、まず、試料の上端部のスライムを除去したうえで、コア試料の長さを測定し伸縮状況を確認する。

その後で地層の色調、混入物(大きさ、形状、分布状況)、軽石層等の鍵層(キーベッド)、土性、堆積状況、湿潤状況等を調査し、地質柱状図等として結果をまとめるとともに、臭気等の観察も行い、地層の状況を把握する。なお、コアの観察・記載を行う際には、あらかじめコアの表面を削り落とすことが必要である(コアの表面には細粒破碎された粘土の膜が張り付いていることが多い)。また、スケッチおよびカラスケールを入れた写真撮影などを行う。

コアより化学分析に供する試料を分取する場合には、試料を垂直に2分したうえで半分を化学分析にあて、残りの試料は全層が掘りあがった段階で、地層対比や総合的な検討を行うための試料として保管する。

採取したコアは保存しておくことが望ましいが、コア試料には汚染物質が含まれている可能性があるため、コア箱へ雨水等が浸入することによって外部に汚染物質が拡散しないように養生し、廃棄時には適切な処理を行う。

第1種特定有害物質の分析試料については、極力、試料から対象物質の揮散を防ぐために試料液の調整を現地で行っておくことが望ましい(中小礫ならびに異物等を除いて約50g程度を秤取って、10倍量の溶媒(水)とマグネチックスターラーを加えた後に密栓する)。

第2種および第3種特定有害物質は、表層の土壌試料等の採取方法と同様、径2mm以上の中小礫ならびに異物等を除いて風乾土として必要量が確保できるように分取する。

法に定められる採取深度は大まかに試料採取の頻度を定めたものであり、地質状況の観察結果をもとに、調査地点の状況に応じて地層の変わり目や変色・異臭など明らかな異常が認められるところについては、分析用に追加分取しておくことが望ましい。

5. ボーリング等調査時の留意事項

ボーリング等調査により汚染を拡大させないために留意すべき重要な事項を以下に列挙する。

① 汚染されていない難透水層を貫通するなど、不用意なボーリングによる下層への汚染の拡散防止に努める。汚染地層の下位にある汚染されていない地層までボーリングを行う場合には、汚染地層の区間をケーシングあるいはモルタル、セメントミルク等で塞いでから下位の層に掘り進むなどして、汚染の拡散防止を図る。

なお、ケーシング等で上下の透水層がボーリング孔を通じてリークしていないことを検証するため、各層の水位(水頭)差や孔内水位変動と上位透水層の水位変動が連動していないことの確認などから、遮水の合否判定を行う手順を確立しておくことが望まれる。

② 使用したボーリング資材(ビット、ケーシングチューブ、コアパーレルおよびロッド等)は、1回使用するたびによく洗浄し、次の採取深度や他の地点で使用する際に二次汚染が生じないように注意する。資材の使い回しによる二次汚染防止のための作業手順を確立し、逐次チェックできるようにすることが望まれる。

③ ボーリング調査後の残孔は、崩壊を起こす前に観測井として仕上げるか、モルタル、ベントナイト等を用いて迅速に埋め戻しを行う。埋め戻しが不十分な場合には、汚染の拡大要因となることから十分に注意を払って行う。なお、使用する埋め戻し材料は特定有害物質が含まれていないものを選定すること、あるいは埋め戻し材料の遮水性能を証明するためのトリートビリティ試験を実施しておくことが望まれる。とくに、固結に伴う収縮性の高い材料の使用は避けるべきである。

④ 掘削時に発生する汚染された泥水やスライムなどは専門の処理業者に処分を委託する等して適切に処理を行う。また、適宜泥水中の対象物質の濃度(第1種特定有害物質では検知管法、第2種特定有害物質であればpHや電気伝導率)を測定し、汚染拡散の恐れがある場合には適切な措置を講ずる手順を確立しておく。

⑤ また、土の採取に使用したスリーブ(コアパック等)

を廃棄する際にも、汚染された土や水が付着している可能性があるため適切に処理する。

- ⑥ 掘削時に泥水を使用したボーリング孔を用いた透水試験や採水を行う場合は、清水を用いた孔内洗浄を十分行う。前述のとおり、ベントナイト系の泥水は砒素、鉛が基準値を超過して検出したり、ほかの有害な重金属類も検出される場合がある。したがって、人為的なコアへの汚染を回避するには極力ケーシングを追い込んで無水掘削（叩き込みを含めて）で掘進すべきである。しかし、地盤が堅く礫を切削除去する必要がある場合には循環水を使用せざるを得なくなるため、使用する泥水材料について事前に十分な分析を行い、二次汚染リスクを回避するなどの処置が望まれる。

6. 地下水試料の採取方法

地下水の水質分析は、対象地の帯水層における地下水汚染の有無と程度および分布を把握する目的で実施する。採取した地下水試料の分析は、日本工業規格（以下、単に JIS と記す）や「地下水に含まれる調査対象物質の量の測定方法を定める件、平成 15 年 3 月環境省告示第 17 号」に基づき実施する。採水作業で試料の取り扱いを誤ると本来の地下水質を把握することが不可能となることから、適切な採水計画を立てることがまず重要なポイントとなる。

作業は、採水計画、観測井の洗浄、採水、試料の保管、余剰水の処理という手順で進める。

6.1 採水計画

地下水中で物質の移動は、濃度勾配による「拡散」と物理的移動による「移流」が考えられる。前者は、地下水量が多くなれば希釈され濃度は薄くなるが、後者は上流や直上不飽和帯の汚染源から汚染物質が供給されることにより濃度が高くなる。水質は試料採取時期の地下水挙動の影響を受けるため、適切に採水計画を立てる必要がある。

このように、本調査で対象となる“汚染物質”は、一種のトレーサーと考えられることから水質を知るだけでなく、同時期の地下水位や降雨、季節変動および周辺地下水利用とともに検討することで、地下水挙動も精度良く把握することができる。

採水計画は採水・水質分析の目的、分析項目、数量を確認するほか、採水場所、井戸構造（孔径、深度、スクリーン区間、使用状態など）を確認し適切な採水方法を決める。採水日程は、雨天、資材破損、その他トラブルに備えて予備日も含めるほか、計量証明事業者と工程調整を行う。

採水のための試料容器は、対象物質に応じた種類と個数を準備する（依頼する計量証明事業者より借り受けられれば間違いがない）とともに、採水機材に付着する汚染物質が混入するのを防止するため念入りに洗浄しておく。主な採水上の留意事項を下記に示す。

○ ポンプを使用して採水する場合

- ・ポンプの洗浄：中性洗剤で洗浄（洗剤が残らないよう

十分水洗いする）。

- ・ホースの洗浄または交換できる場合は、新しい物に取り替える。

○ ベーラー式採水器（以下、単にベーラーと記す）で採水する場合

- ・採水器の洗浄：中性洗剤で洗浄（洗剤が残らないよう十分水洗いする）。
- ・ロープの洗浄（必要に応じて新しい物に取り替える）。

採水地点が複数ある場合は、採水の順番を決める。すでに対象物質の平面的な濃度分布が分かっている場合は、濃度が低い地点から行う。濃度分布が分からない場合は、地下水流向等を考慮して採水の順番を決める。

6.2 観測井等の洗浄⁹⁾

常時揚水していない観測井戸では、孔壁が安定していないことや水が滞留していることなどから、採水試料に濁りを含んでいることが多い。この濁りの原因は孔壁からの土粒子成分による場合と地下水中に溶けている鉄等が井戸内で酸化されて水酸化物ができる場合がある。孔内の停滞水を採水しないためには、エアリフトあるいは水中ポンプによる揚水を行い、本来の地下水に十分に置き替えてから採水する。このとき、孔内および観測井周囲の水が本来の地下水と十分入れ替わるだけの量を揚水することとなるが、地盤の透水性に左右され、一概に揚水量を定めることは困難である。したがって、目視または透視度測定で濁りがなくなり、さらに pH、電気伝導率および水温を測定し、これらの測定値が安定するまでとするなど、手順を決めておく。なお、揚水実施時にこれらの測定値が安定しない場合には、これらの測定結果を記録しておく。

また、揚水停止後に地下水が回復しないなど観測井機能が不適合と判断される場合には、採水を中止するか、あるいは採水時の状況を詳細に記録しておく。

6.3 採水

(1) 水中ポンプによる採水

- ① 観測井の水位を確認し、孔底深度が不明な場合は間縄等で確認する。
- ② 試しに、ベーラーで採水し濁りの程度を確認する。なお、採水ロープは地面の土壌で汚れるのを防ぐため用意したシートの上に置くこと。
- ③ 濁りがひどい場合は、ベーラーでポンプが目詰まりしない程度まで濁水を汲み上げる。
- ④ 濁りがない（もしくは濁りが認められなくなった）場合は、ポンプをスクリーン区間内の所定深度もしくは、孔底から 1~2 m 上の深度まで挿入し、観測井内に留まっている地下水を全て揚水し、新たに流入してきた地下水に入れ替わるまで揚水を行う。
- ⑤ 水質が安定したと判断できたら、対象物質別に適合する試料容器を試料で共洗いし、容器の内壁にそわせて泡立てずに移す（PCB の場合は、共洗いをしない）。
- ⑥ 揮発性有機化合物、農薬および PCB は水質が安定

したと判断できた時点で揚水を止めてポンプを引き上げ、ペーラーを用いて採水を行う。

- ⑦ 次の地点に移動するときはポンプやペーラーの内・外部を上水等清浄な水で十分に洗浄する。油分が付着した場合は、中性洗剤で洗浄する（または、新しいペーラーに交換する）。

(2) ペーラーによる採水

- ①、②は水中ポンプに準じる。
- ③ ペーラーで観測井内に留まった地下水を汲み上げ、本来の地下水に入れ替わるまで汲み上げを行う。測定値が安定したと判断できたら、採水にはペーラーを取り替えてスクリーン区間の所定深度までゆっくり降ろした後、ゆっくり引き上げる。
- ④ 汲み上げた試料で試料瓶を2～3回共洗いし、容器の内壁にそわせて泡立てずに移す（PCBは共洗いしない）。
- ⑤ 次の地点に移動するときはペーラーの内・外部を上水等清浄な水で十分に洗浄する。油分が付着した場合は、中性洗剤で洗浄する（または、新しいペーラーに交換する）。

6.4 余剰水の処理

汚染物質を含まない場合は井戸周辺に放流する 경우가多いが、汚染物質を含む可能性のある余剰水や使用したポンプ等を洗浄する際に発生した洗浄水はグローリータンク等に貯留しておき、産業廃棄物処理業者に処理を委託する。使い捨て式のペーラー等を使用した場合にも、汚染物質が付着している可能性があり、同様に適切に処理する。

また、事業場内で採水するときは、あらかじめ排水処理施設が使用できないか事業者を確認しておくが良い。

7. 地下水流動調査

地下水流動調査には、水位、流速・流向といった物理量の計測、透水係数や貯留係数といった水理定数を求める透水試験や揚水試験などの各種試験と、基準（法に基くものや工業用水基準など）に対する適合性や水の化学的性状を把握するための水質の測定がある。この中で観測井を用いて調査できる項目は物理量の計測、水質の測定⁶⁷⁾である。

7.1 観測井の目的と設置計画

地下水汚染調査における観測井は、地下水位、地下水流動分布および地下水質の状況を正確に把握するために、対象地域の特性を考慮して適切な配置、および適切な構造と性能を有したものに仕上げなければならない。

(1) 観測井の配置

地下水汚染調査における観測地点は、ある対象とする工場・事業場内の汚染源と、地下水流向からみたその上流側と下流側、ならびに地下水流向と直交する測線上に配置されることが多い。

しかし、実際には地下水域の大きさや地質条件はさまざまであり、また、これら汚染原因となる工場・事業場では、

盛土・切土、杭基礎や地下ピットなど自然の地下水流動に大きな影響を及ぼすと考えられる改変もいくつかあることから、観測井の配置計画では、これら条件の違いを考慮して適切な数と配置を決定する。

(2) 観測井の設置深度

対象地域に複数の帯水層がある場合は、各帯水層の地下水質等がそれぞれ独立して測定されなければならない。複数の帯水層を一つの観測井で測定するような井戸構造では測定の意味が失われるばかりでなく、非汚染帯水層への汚染の拡大を招く危険性もある。したがって、このような場合には帯水層の数だけ観測井を設置する必要がある。

具体的に不圧帯水層では、スクリーンの上端は当該設置地点における不圧地下水水面付近とし、下端は当該不圧帯水層の基底部とする。一方、被圧帯水層では、当該被圧帯水層の全層にわたりスクリーンを設置する計画とする。なお、いずれの場合にあっても当該帯水層の基底にある難透水層での余掘りは、極力行わない。

7.2 さく井

観測井の設置計画として、対象地の帯水層の特性と掘削条件について事前に十分な検討を行い、井戸構造と工法の選定を行う必要がある。観測井の深度についても、既存資料ならびにボーリング調査結果に基づき十分吟味し、地下水の汚染状況を正確に反映した観測井が準備されるように最善の努力をしなければならない。観測井の掘削とその仕上げに関して留意すべき事項について以下に概説する。

(1) 掘削方法と観測井の仕上げり口径

掘削時に清水の代りに泥水を用いた場合には、泥水の調泥剤や逸水防止剤は地下水質の測定を行うことを考慮して、測定に影響のないものを選定する。土壌・地下水汚染に係る調査では、主に有機性安定剤（GFパウダー、レスターおよびCMCなど）が多用される。これらは、ベントナイト泥水等に比べて短時間で粘性が消失することから、削孔後の洗浄が容易に行える。

観測井の仕上げり口径は、採水時における採水機材の挿入および水位計の設置等作業性を考慮して決定すればよいが、現在のところ、これらの機材が挿入できる口径は50mm以上とするのが望ましいと考えられる。また、掘削口径は、ケーシングおよびスクリーンの口径とその外周に砂利充填を行うことを考慮して決定する。

一方、比較的浅部における汚染を取り扱う場合は小口径の観測井で十分目的を達する場合もある。例として、口径40mm程度の打撃貫入法による二重管式地下水サンプラー⁶⁸⁾等がある。

(2) ケーシングおよびスクリーンの設置

孔壁の洗浄が完了した後、帯水層位置にスクリーンを取り付けたケーシングを挿入する。材質は、ケーシング、スクリーンとも汚染物質と反応するような材質は避ける。

例として、第2種特定有害物質（重金属等）による汚染では、配管用炭素鋼管（SGP）がイオン化傾向により化学反応を起こすことがあることや、工場等においては迷走電流による電蝕を引き起こす場合もある。したがって、材質

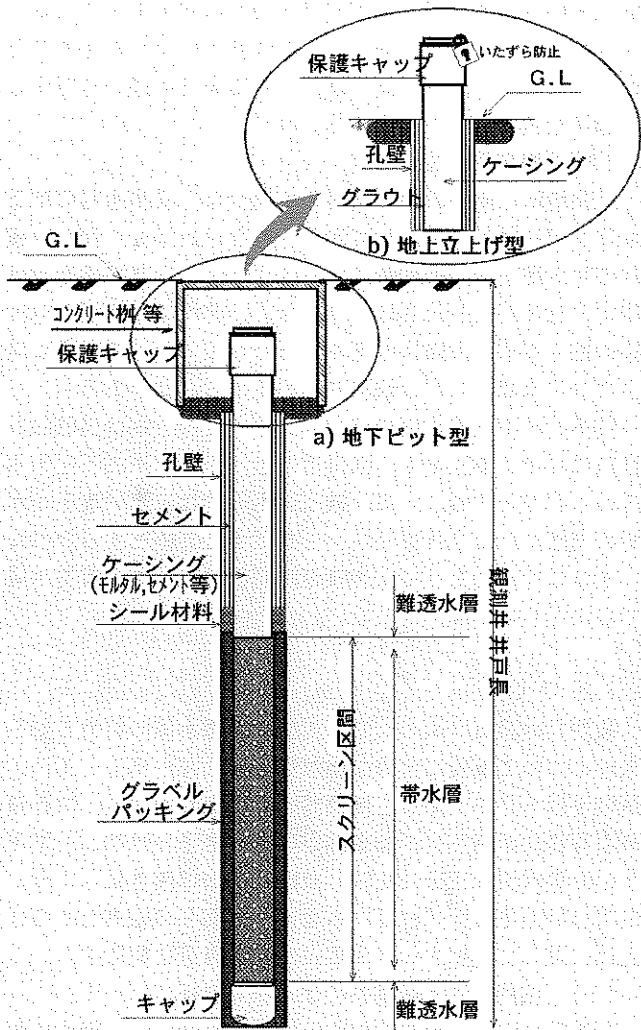


図2 観測井の例

に関しては汚染物質に応じて長期的な観測に耐え得る材質を選定する。したがって硬質塩化ビニルやステンレス(SUS)製を選定することになるが、硬質塩化ビニルを用いた場合にはケーシングおよびスクリーンの継目はネジ加工とし、管継ぎには接着剤を使用しないこととする。

なお、観測井は地下水位観測および地下水質の測定を主な役割としているため、スクリーンの構造については特別な制限は設けられていない。スリット型⁹⁾と呼ばれる開孔率3~5%程度のものが汎用され、揚水試験や措置実施時の揚水井とする場合には、水平連続Vスロット型(開孔率20~40%)¹⁰⁾等の開孔率の大きいものを適用するのが望ましい。

(3) 観測井の仕上げ

1) 砂利充填

スクリーンおよびケーシング挿入完了後にスクリーン外周部に砂利を充填する。これは対象帯水層の損壊防止と揚水時の防砂(フィルター効果)を目的として行われ、グラベル・パッキングとも呼ばれている。充填砂利の粒径は、一般には5~10mm程度の細礫が使われるが、地質構成やスクリーンの種類によって決定し、充填時にはガイド管を用いるなどして所定の深度に確実に充填できるようにする。

なお、角砂利の場合には礫と礫とが面接触となって、もとの地層の透水性よりも小さくなること、および角礫同士の間隙がスムーズに所定の箇所へ降下しないため、必ず丸砂利を用いるようにする。

2) 遮水

遮水は、地表や上位の帯水層からボーリング孔を通じて地下水や汚染物質が流入するのを防止するために、ケーシングと掘削孔の間に凝固剤(グラウト剤)を注入するもので、土壌・地下水汚染に係る調査ではスクリーン上端から地表部にわたって行う。

凝固剤は泥水中で使用すればその品質が劣化するため、この観点からも、削孔後の洗浄は十分に行う必要がある。また、スクリーンの上端は、ベントナイトペレットや吸水膨張材によってシールを行うこととなるが、吸水膨張材を使用する場合には塩分濃度が高いところや第1種特定有害物質の原液が存在する部分では十分な膨張効果が得られないことに留意しておく。

3) 仕上げ・井戸内洗浄

観測井の性能を左右する要因に、掘削に伴う孔壁の汚れの程度がある。たとえ洗浄の不完全な観測井であっても地下水位の何らかの変化等は観測されるが、このような観測井より採水した地下水が本来もっている帯水層の水質を反映している保証は全くない。観測井内の水が自然状態の地下水に絶えず置換できるよう、清水による洗浄や、ペーラー、水中ポンプおよびエアリフトによる洗浄を十分に行う。

8. おわりに

土壌・地下水汚染調査は、一般建設時の地質調査とは場面が大きく異なる。つまり、汚染対策が今後の経営方針に大きくかかわる事業主側の負の遺産と認識されており、しかるが故に緊張する場面の連続のなかで厳正な調査成果を提示することが望まれる。調査のやり直しや結果の錯誤は時間や経済的な大きなリスクとなるため、調査者の信用失墜、ひいては経営悪化にもつながりかねないといえる。

こうした業務の背景における地質調査に携わるものとしての責任は大きく、品質マネジメントシステムを適正に運用することが必須である。そのためには計画(汚染機構の仮説を立てる)時から調査が完了するまで一貫して調査の品質(信用)を保証することが望まれる。細部の作業にも行きわたる手順と検査基準を確立し、調査の品質を保証するプロセスを監視し、適正な調査であることを明らかにする責任があるといえる。本稿が少しでも皆さんの業務における品質システムの適正化にお役に立てば幸いです。

引用文献

- 1) 平田健正 監修、(社)土壤環境センター編:「土壤汚染と対応の実務」, pp. 69, オーム社, 2001.
- 2) 「平成10年度油の暫定処理目標と対策技術調査調査研究部会報告書」, 平成11年3月.
- 3) 全国地質調査業協会連合会: 新版ボーリングポケットブック, pp. 221, 1993.
- 4) 地盤工学会基準部: 地盤工学会基準(案) (未定: JGS ****)

- 200*) 打撃貫入法による環境化学分析のための試料の採取方法, 土と基礎, 第50巻第11号, pp. 94, 2002.
- 5) 環境庁水質保全局水質管理課監修: 地下水汚染調査の手引き, pp. 13~14, 公害研究対策センター, 1992.
- 6) 地盤工学会編: 地盤調査法, 1995.
- 7) 地盤工学会編: 地盤工学・実務シリーズ 15 土壌地下水汚染の調査・予測・対策, pp. 33, 2002.
- 8) 前掲2), pp. 95.
- 9) 建設省河川局監修, (財)国土開発技術研究センター編集: 地下水調査および観測指針(案), pp. 127, 山海堂, 1993.
- 10) 前掲9), pp. 127.

(独)産業技術総合研究所地質調査総合センターの 出版物のご案内

100万分の1日本地質図第3版 CD-ROM 第2版 (数値地質図 G-1), 価格 1,000 円

100万分の1日本地質図第3版の特徴は, 時代と岩相とで表示される詳細な地質区分にある。第2版では, 伝統的な地質図の表現方法に従って, 地質時代ごとに地層(群)や岩体をくくり表示するとともに, 代表的な地層(群)や岩体の名称を付してその内容を説明していた。これに対して第3版の表示方法は, 地層(群)名や岩体名が付されていないためにとまどうこともあるが, 旧来の方法に比べて区分が詳しくなっても区分された内容が専門外の人にも直感的に捉えられるよう工夫されている。

200万分の1日本地質図第5版 CD-ROM 版 (数値地質図 G-10), 価格 1,200 円

本出版物は一枚の CD-ROM に, 200万分の1日本地質図第5版のベクトル数値地質図とそれらを Web ブラウザ上で閲覧するに必要な地質図画像表示システム, 地質解説その他の文書ファイルが納められている。また, 本数値地質図のメタデータと品質要求事項解説もついている。

20万分の1数値地質図幅集「北海道北部」(数値地質図 G 20-1), 同「北海道南部」(数値地質図 G 20-2) 価格 各 1,000 円

20万分の1数値地質図幅集は, 産業技術総合研究所地質調査総合センター(旧:工業技術院地質調査所)出版の20万分の1地質図幅をコンピュータ上で閲覧・編集するに必要な数値ファイルを集成した CD-ROM 集である。全国を7地域に分割して, 7枚の CD-ROM で出版する予定で, 「北海道北部」と「北海道南部」はその嚆矢となるものである。それぞれの CD-ROM には20万分の1地質図幅のベクトルデータとラスターデータが納められている。また, 20万分の1地質図幅を利用する助けとして, 既存の5万分の1地質図幅のラスターデータも納められている。5万分の1地質図幅は, 20万分の1地質図幅編集の基礎となるもので, 産業技術総合研究所地質調査総合センター(旧:工業技術院地質調査所)が現地調査に基づいて作成している。

問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所地質調査総合センター

〒305-8367 つくば市東1丁目1-1 電話: 029-861-3601 (地質調査情報部) <http://www.gsj.jp/Map/>

シーケンス層序学による沖積層の捉え方

さいとう よしき
斎藤 文紀*

1. はじめに

1980年代の後半になって、地質学の分野で、地層を解析・解釈する画期的な手法が米国のピーター・ヴェイルらによって提示された。シーケンス層序学である。米国の堆積地質学会である SEPM の特別出版物から出版された2冊の論文集は、その後の地層の解析に多大な影響を及ぼした^{1,2)}。シーケンス層序学は、1970年代後半に音波探査結果の解析手法として示された震探層序³⁾を地層に適用し、実際の地層における解析手法として両者を統合化した体系である。シーケンス層序学は、基本的には、地層の解析手法で、地層から何が読めるかを、今までの解析手法の中で最も明瞭に、論理的に示している。地層の堆積の仕方、累重の仕方、不整合などの境界面、これらを、地層が堆積する場・空間と相対的な海水準変動との関係から、また起こりえる堆積と侵食現象と合わせて成因論的に論じている。小論では、シーケンス層序学の基本的な考え方と、沖積層にどのように当てはめるか、またその場合に注意すべき点などに関して紹介する。

2. シーケンス層序学

2.1 地層の階層性と堆積システム

シーケンス層序学は、「地層から識別された堆積システムをもとに、システムの海側への移動とシステムの陸側への移動を明らかにし、その累重パターンから地層を理解する手法」である。今までの地層の見方と違って、堆積システムを重視したのが特徴であり、地層から堆積システムを識別すること、これが最も重要なポイントである。堆積システムとは、互いに密接に関連した堆積環境から構成される一定のまとまりをもった複合堆積環境で、たとえば、蛇行河川では、河道内の流路、突州(ポイントバー)、自然堤防、後背湿地の各堆積環境が一緒になって「蛇行河川システム」を構成している。九十九里浜などでは、陸側から砂丘、砂丘間の湿地、後浜、前浜(ビーチ)、海面下のバーやトラフ

がある外浜、沖浜が一緒になって「浜堤平野—外浜システム」をつくっている。東京湾、伊勢湾、大阪湾では、流入する河川が海岸平野をつくっているが、これらは、河川流路、自然堤防、後背湿地、干潟などからなるデルタ平野と、干潟、河口州などからなるデルタフロント、湾底のプロデルタから構成され、全体で「デルタ(三角州)システム」を構成している。頂置層、前置層、底置層から構成される「デルタシステム」としても良いだろう。浜名湖や北海道のサロマ湖、厚岸湖、風蓮湖などでは、外海側の前浜、外浜などの浜堤・外浜システム、外海とラグーンとを境するバリアーや潮流口とその周辺の潮汐三角州などから構成されるバリアコンプレックス、ラグーンに流入する河川がつくる三角州、これら全体で「バリアーアイランズシステム/バリアーシステム」から構成されている。黒部川はきれいな円弧状のデルタを示すが、これは浅海域の堆積場を含めて「ファンデルタシステム」からなる。これらが堆積システムである。

図1に、地層の階層性を示した。ここでは5階層を示しており、「粒子配列」「単層」、「堆積相」、「堆積システム」、「堆積シーケンス」と次第に時空間の規模が大きくなる。「粒

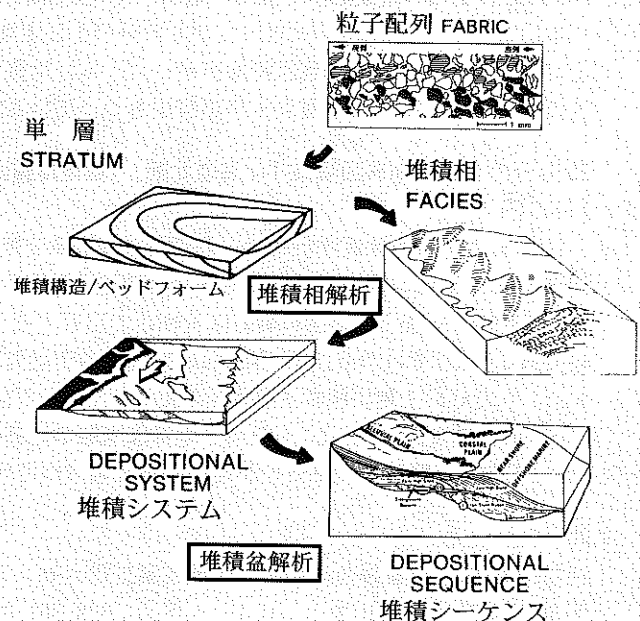


図1 堆積層の階層性⁴⁾

* (独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター 海洋資源環境研究部門 沿岸環境保全研究グループ長 理博

子配列」は、個々のラミナ内の粒子配列のオーダーで、流れ場と個々の粒子の運搬・堆積作用など短時間の現象や粘土鉱物の累重構造などの堆積環境とも密接に関係している。「単層」は、層理の形成や堆積構造に関連し、流れの場で底面に形成されるベッドフォームとそれらがつくる堆積構造や層理面、また洪水、津波やストームなどのイベント堆積物のように、それぞれの一連の堆積作用と密接な関係がある。単層の上の階層は、「堆積相」になる。前浜（ビーチ）、後浜、砂丘、上部外浜、下部外浜、河川水路、ポイントバー、自然堤防、後背湿地、干潟、など、このような個々の堆積環境が堆積相である。次の階層が上記した「堆積システム」である。この上が「堆積シーケンス」で、海水準が低下した時に形成されるような不整合によって上下を境され、1回の海退/海進/海退の地層から構成され、いくつかの堆積システムが含まれている。海進と海退の定義が、通常第四紀学などで使われている定義と異なるので、次にそれを説明する。

2.2 海進と海退

海進と海退の定義は、シーケンス層序学では、海岸線が陸側に移動することが「海進」で、海岸線が海側に移動することが「海退」である⁹⁾。海水準（海面）の上昇や海水準が高い時期を海進とは定義していない。現在の海岸線をみると、たとえば九十九里浜では、平野が6000年間に約10 km 拡大し、浜堤平野が発達している。ここでは海退が起こっている。一方、九十九里浜に砂を供給している屏風が浦では、海岸侵食によって海岸線は後退してきた。つまり、ここでは海進が起こっている。海進と海退は、海水準との関係ではなく、海岸線の移動方向によってのみ記述される。海水準が上昇した場合、海岸線は陸側に移動しやすくなる。しかし、土砂供給が多ければ、海進が起こるとは限らない。逆に海水準が多少低下しても沿岸域での侵食が卓越すれば、海岸線は陸側に移動し、海進が起こりえる。このようにシーケンス層序学では、海岸線の移動を記述する「海進」「海退」と、海水準の「上昇」「低下」を分けて記述し、考察を行う。ただし、大きくは海岸線の移動は海水準変動に支配されているので、海水準が上昇すれば海進が起こりやすく、海面が低下すれば海退が起こりやすいのは事実で、有楽町層のような海成層は、海水準の上昇に伴って溺れ谷化（海進）した結果であり、約6000年前以降の海水準の安定と低下に伴って平野が広く形成されている（海退）。論理的に考察する時に両者を明瞭に識別することが必要かつ重要になってくる。

2.3 海進・海退期に発達する堆積システムと沖積層

沿岸域に発達する堆積システムには、海岸線が陸側に移動する時に発達するシステムと海側に移動する時に発達するシステムが異なる。代表的なシステムや堆積環境を図2に示す。海水準が上昇すると、海水準が低かった時期に形成された下刻谷地形に沿って、海が侵入してくることから、溺れ谷地形が河口部に形成される（エスチュアリー）。波浪が卓越する海岸沿岸域では、沿岸侵食によって海岸線方向

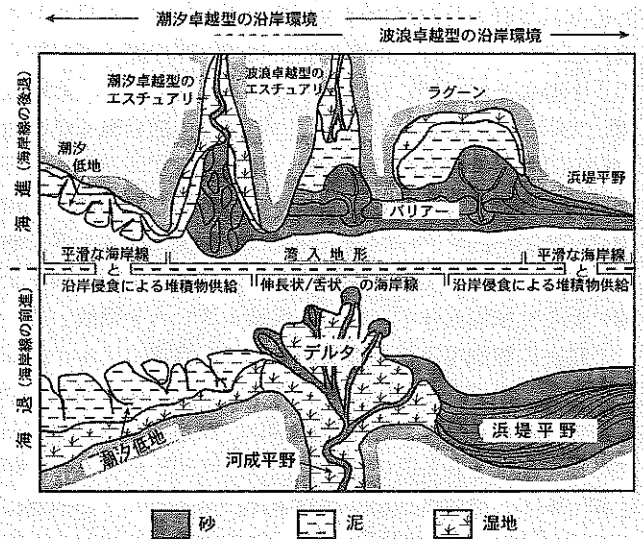


図2 海進期と海退期に発達する沿岸域の堆積システム⁹⁾

に運ばれた土砂がバリアーを形成し、背後の水塊（ラグーン）と合わせてバリアーシステム（バリアーアイランズシステム）が発達する。溺れ谷の湾口部にも砂を主とする堆積物で湾口が狭まることが多く、エスチュアリーシステムが形成される。1960年代には、このような堆積環境は、「砂州」と称されていたが、英語の bar は、高潮位に埋没する潮間帯から潮下帯の高まりを指し、spit と barrier は、高潮位に埋没しない高まりと現在は区別して用いられることから、「砂州」は英語と対応しにくく、また意味が広すぎて不明瞭なため、ここではバリアーを用いている⁹⁾。

これらの沿岸域の堆積システムの識別が、日本の海岸平野を構成する沖積層の理解に非常に重要になる。日本の海岸平野は、いくつかの堆積システムから構成されている。河川から運ばれた土砂によって主に形成された東京低地、濃尾平野などの「デルタシステム」、九十九里浜平野や仙台平野のように浜堤列の発達がよい「浜堤平野-外浜システム」、これらは、海退に伴って形成されたシステムで、最も海が広がった約6000年前以降、デルタの前進や浜堤列の発達によって平野が拡大してきたシステムである。一方、日本の沿岸域には多くの沿岸湖沼や湿地が分布しているが、これらの多くは、海進期に形成されたバリアーシステムやエスチュアリーシステムのラグーンが取り残されたり、湿地として残っているシステムである。そのような沿岸湖沼は海跡湖とも呼ばれている。このシステムの特徴は、海岸部の主たる砂が主に海進期から4000年前頃までに堆積したこと、砂の供給源が河川とは限らず、沿岸侵食によって多量に供給されていることである。海側から陸側への断面を、そのシステムが活発な頃（約6000年前）で見ると、バリアーや潮汐三角州の高まり、ラグーンの低まり、陸側の河口部のデルタとなり、河川からの土砂はデルタを形成し、海岸沿岸侵食で生産された土砂が岸方向に運ばれて、バリアーや潮汐三角州を構成する。また両者から供給された細粒物がラグーンや湾底に堆積する。バリアーの潮流口の回りに形成される潮汐三角州の典型としては、鹿島低地や北

海道常呂平野の北部があげられる。また現在でも見られる潮汐三角州としては、浜名湖湖口周辺、厚岸湖の湖口周辺のカキ礁などがあげられるだろう。バリアーでは、釧路湿原と太平洋との境界部の高まり、北海道東部の風蓮湖の島(春国岱)などがある。春国岱は、自然状態で残っている日本で唯一とも言えるバリアー島である。これらの潮汐三角州やバリアー、ラグーンは、非常に大規模なシステムを形成している。たとえば古鬼怒湾では、鹿島から霞ヶ浦・土浦に至る沖積層全体で、一つの堆積システムを構成している。現在の利根川下流域もその一部で、湾奥のデルタの前進によってラグーン域がすでに埋積されている。利根川下流域の佐原から鹿島の沖積層の砂は、海進期に古鬼怒湾の湾口部に形成された湾口砂体(潮汐三角州)によるものが主体である。東京低地の沖積層上部砂層がデルタの前進によって形成され、海側ほど新しい砂からなるのに対し、鹿島低地の砂は沿岸流によって供給された砂が海進期の約8000年前から5000年前に堆積したもので、沖積層の柱状図では上部砂層と中部泥層と同じような層序になっているが、成因、供給源、年代が全く異なる(図3)。

バリアーシステム(バリアーアイランズシステム)のラグーンが、湾奥からのデルタの前進によって完全に埋積され、河口が直接外洋に注いでいて、一見デルタシステムに見える平野も数多くある。現在は信濃川が流れる新潟平野、天竜川がつくるファンデルタのように見える低地もバリアーシステムを天竜川の堆積物が覆ったものである。

このような堆積システムの識別は、沖積層の上部砂層や中部泥層を正しく理解するのに不可欠である。沖積層層序

で上部に砂層が分布し、その下位に海成の泥層が分布し、層序が一見同じでも、システムが異なると堆積物の年代、粒度組成、物性は大きく異なる。海退期に形成された内湾の「デルタシステム」と「浜堤平野-外浜システム」とを比べると、波浪の影響を強く受けている「浜堤平野-外浜システム」は、上部砂層が粗粒で、上方粗粒化を示し、泥分の含有量が少ないこと、上部砂層の下限深度がほぼ一定で、平面的には板状の分布形状を示す。また下位の中部泥層との境界が比較的明瞭であることも特徴である。一方、「デルタシステム」は、同様に上方粗粒化を示すが、堆積物は比較的細粒で、泥分の含有量も多く、上部に上方細粒化のサクセッションが重なることも多く見られる。下位の中部泥層との境界も漸移的な場合が多い。このような差異は、システムを構成している堆積相の違いにある。「デルタシステム」が、プロデルタ、デルタフロント、干潟の堆積環境が重なり、デルタフロントから干潟の堆積物が上部砂層を構成しているのに対し、「浜堤平野-外浜システム」では、内側陸棚、下部外浜、上部外浜、前浜の堆積相が累重して、外浜と前浜の堆積物が上部砂層を構成している。

これらの海退期のシステムと上記したバリアーシステムとを比べると、バリアーシステムの上部砂層は年代が古く、潮流口の堆積相を含む場合には粗粒な堆積物が上部砂層に多く含まれる。これらの古く、粗粒な堆積物の影響は、下位の泥層にも影響する。バリアーシステムでは、バリアーコンプレックス(バリアー、潮汐三角州、潮流口などの堆積相の複合体)の下位の泥層は、ラグーンや湾底の堆積物からなり、年代もバリアーよりも古くなることから1万年から7000年頃の年代を示す場合が多く、上位に粗粒な堆積

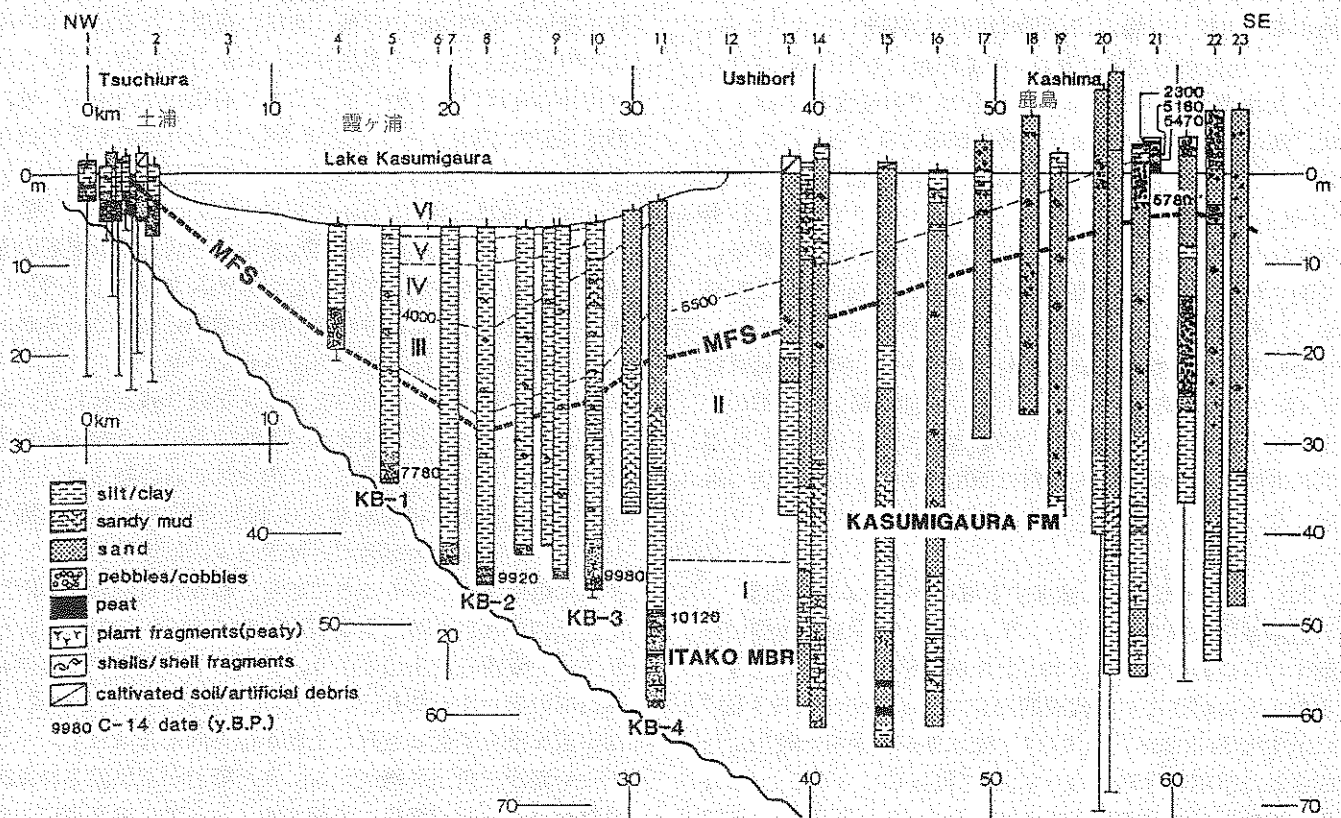


図3 古鬼怒湾における沖積層の地質縦断面。鹿島-霞ヶ浦-土浦。MFS:最大海氾濫面。

物が累重していること、潮汐三角州の一部が離水している場合もあることから圧密を強く受けており、水分量の少ない堆積物となっていることが多い。鹿島地域の地盤図では、この泥層を間違えて更新統（洪積統）に解釈しているが、泥層の下限の年代は1万年前を示し、ラグーン（湾底）堆積物（中部泥層）に対比される。このようにバリアーシステムの上部砂層の下位に分布する泥層は、含水比が小さいので特に注意する必要がある。

これらのシステムが、各地域の沖積層で、どれか一つだけからなる場合は、比較的単純だが、複合している場合には、特に注意を要する。先に述べた天竜川下流域の沖積層は、内部構造はバリアーシステムを構成しているが、ラグーンが埋積され、天竜川が直接太平洋に注ぐようになってからは、バリアーシステムを扇状地堆積物が覆い、現在の海岸平野の前進はファンデルタのシステムと呼べるものである。つまり、同じ海岸部の上部砂層が、パリアコンプレックスの砂からデルタフロントの砂へと6000年前以降のある時期から変わっていることになる。これによって上部砂層の供給源と構成物質が大きく異なることから、層相にも大きな違いがあることが想定される。新潟平野も同様である。

このように、沖積層の堆積相とその年代は、堆積システムを理解するか否かで、解釈と予測が大きく異なる。シーケンス層序学的な解釈以前に、沖積層がどのような堆積システムから構成されているかを正しく理解することが、層相の分布や堆積物の物性の解釈・予測に必要不可欠である。

2.4 シーケンス層序学の特徴的な境界面とシステムズトラクト

シーケンス層序学では、いくつかの境界面をもって地層を区分し、解析していく。個々のシーケンスの境界は、「シーケンス境界」と呼ばれ、海水準の低下に伴って形成された不整合面がこれにあたる。沖積層基底の不整合面が、「シーケンス境界」である。埋没段丘基底の侵食面も最終間氷期後の海水準の低下に伴って形成された不整合面なので、これも「シーケンス境界」で、両者は広義には一連の「シーケンス境界」と解釈される可能性が大きいと思う。最終氷期の最盛期に形成された不整合面を覆う地層が沖積層と定義され、ここでは沖積層を対象としていることから、沖積層内のシーケンスに関して述べる。

「シーケンス（堆積シーケンス）」は、相対的な海水準の低下に伴って形成された不整合によって上下を境され、この間に挟まれた1サイクルの海水準変動によって形成された地層である。これが、一つの「シーケンス」になる。沖積層は、最終氷期の海水準低下に伴って形成された下刻谷地形の不整合を覆い、次の海水準低下による不整合が大規模に未だ形成されていないことから、沖積層そのものが一つのシーケンスを構成していることになる。「シーケンス」は、通例三つの時期の堆積システムの集合体に区分される。陸域から沿岸を経て、深海域までを、一連の堆積体として捉えて、海退や海進現象が起こった時に、同時期にこれらの堆積環境で形成される堆積システムを「システムズトラ

クト」と称する。海退期に、蛇行河川システム、デルタシステム、深海扇状地システムが発達している時、これらをまとめて、「システムズトラクト」と呼ぶ。海進期も同様である。三つの時期の「システムズトラクト」を「シーケンス」から識別し、シーケンスの内部構造を解析していく。三つの「システムズトラクト」は、不整合を覆って海水準が低い時期に堆積し、堆積システムが海側に移動している（海退している）時の低海水準期堆積体（低海水準期システムズトラクト）、海水準の上昇に対応して、堆積システムが陸側に移動している（海進している）時の海進期堆積体（海進期システムズトラクト）、海水準上昇末期の速度の低下や高海水準の安定期に堆積システムが海側に移動している（海退している）時の高海水準期堆積体（高海水準期システムズトラクト）の三つである。

これらの三つのシステムズトラクトを境する面が、海進面と最大海氾濫面である。海進面は、海面低下期の堆積した地層の低海水準期堆積体から海進期堆積体へ移行する時の境界面で、最大海氾濫面は海進期堆積体から高海水準期堆積体への移行する時の境界面である。後者は、最も海が広がった時期の同時期面でもある。上記した沖積層上部の「デルタシステム」や「浜堤平野—外浜システム」は、高海水準期堆積体に含まれ、その下限が「最大海氾濫面」に一致する。また「バリアーシステム」は、海進期堆積体から高海水準期堆積体にまたがって発達し、最大海氾濫面はその内部に含まれることが多いであろう。沖積層の場合、基底の不整合を覆って、海水準が低下し、最も海岸線が後退する以前の堆積物が、低海水準期堆積体となる。最低位海水準の頃には海岸線の変化の現象は、現在の大陸棚縁辺付近で起こっているため、沖積平野下は、当時の海水準からすると数十mの高度に位置していることになるので、沖積層の堆積物だけからでは低海水準期の解析は難しい。一般的には、海水準の上昇は、1万6000年前頃から生じていることから、最終氷期最盛期前後に堆積した「沖積層基底礫層」が低海水準期堆積体に相当することが多い。東京低地では、沖積層は七号地層と有楽町層に区分されているが、有楽町層の中部泥層の中下部に、最も海が広がった時期（6000～7000年前）が想定されることから（最大海氾濫面）、それよりも上位が高海水準期堆積体、下位から下部砂層と基底礫層の境界付近までが海進期堆積体ということになる。

以上のようなシステムズトラクトの境界面の他に、いくつかの重要な境界面がある。その中で、最も重要なのは、海進に伴って波浪や潮流によって形成され、時間面と斜交して形成される不整合面で、代表的な面は、外洋に面するような波浪の卓越する沿岸環境で形成されるラビーンメント面である。波浪が卓越する沿岸域では、水深約15mまでの「外浜」¹⁹⁾は、大陸棚地形が明瞭な海域では最も地形勾配が急な地域で、上部外浜は砂質から砂礫質、下部外浜は砂質の堆積物から構成される。海水準が上昇すると、後退する海岸線の位置に対応した勾配で新たな外浜地形が形成されることから、外浜域で侵食が起こる。この現象は外浜侵食（Shoreface erosion）、現象を提唱した人の名前からブ

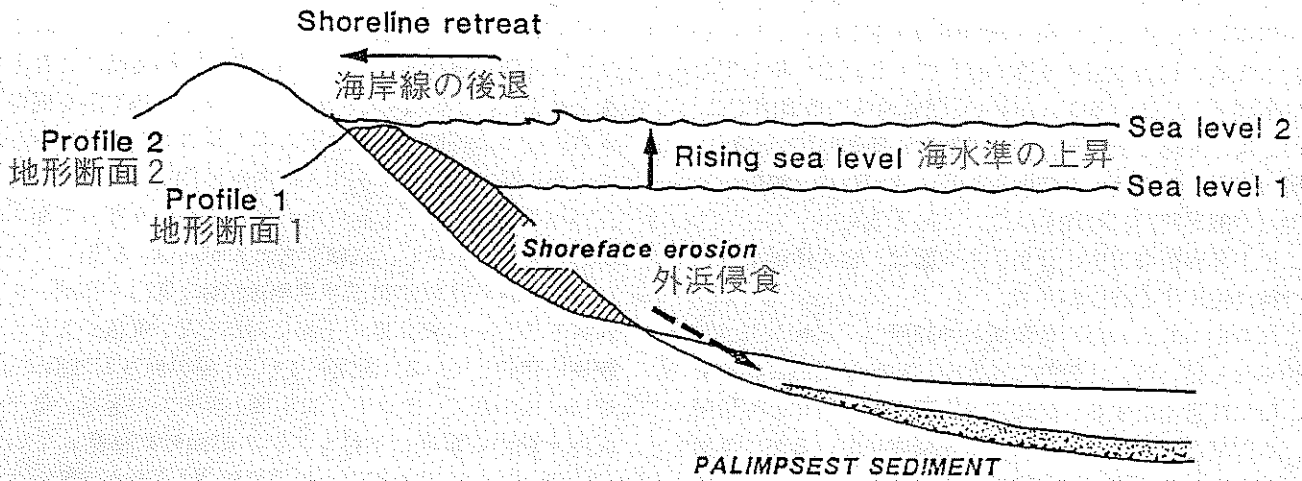


図4 海水準上昇に伴って生じる外浜侵食^{6),9)}。この侵食が陸側に連続して移動することによって形成される侵食面が、ラビーンメント面¹⁰⁾。

ルーン (Bruun) 則と呼ばれる (図4)^{6),9)}。

この侵食は、海水準の上昇に伴って陸側に移動し、結果として時間面と斜交する侵食面が形成される。この侵食面がラビーンメント面 (ravinement surface) である。侵食の程度は、基本的に波浪の強さによっており、内湾域などでは形成される深度が浅くなり、さらに弱くなると形成されない。外洋に面する地域ではこの侵食面は、波浪によることから面的にまた広域に分布し、かつ平坦な侵食面となる。沖積層下の開析谷 (下刻谷地形) 内のみならず、その周辺域にも広く形成される。逆に開析谷内は凹地を形成することから不明瞭になることもある。このラビーンメント面を境に、堆積相が急に変化することが多く、また海底下で形成される侵食面であることから侵食面上には外浜から浅海域の堆積物が重なる。この侵食面は、時間面と斜交することから完新統と更新統の境界に用いることはできない。外洋に面する「浜堤平野-外浜システム」の沖積層の解釈はラビーンメント面を抜きにしてはできないと言っても過言ではない。それ程重要な面である。この面を境に3000-5000年間の時間間隔をもつ侵食面となっている場合もあり、侵食面の下位の沖積層の物性に大きな影響を与えている。内湾域でも波浪や潮汐による軽微な侵食面が形成されることがある。沖積層の下部砂層 (下部砂泥層) と中部砂層 (中間砂層) の境界に、砂質干潟の陸側移動に伴って侵食面が形成されることが報告されている⁷⁾ (図5参照)。

海水準の上昇に伴って、河道、自然堤防や氾濫原の河成平野環境に海水が侵入し、塩水湿地などの堆積環境が広がる。さらなる海水準の上昇に伴って海進が起き、内湾の潮間帯や潮下帯に発達する砂質干潟の分布域が陸側に移動する。これに伴って、河成平野や塩水湿地の堆積物の一部が侵食され、砂質干潟の堆積物が累重する。有楽町層基底の砂礫層は、面的に分布し、かつ海棲の貝を産することが多く、この砂質干潟の堆積物が有楽町層基底の砂礫層を構成していることが多く見受けられる。この基底には軽微な侵食面を伴っており、海進に伴う侵食面で、内湾ラビーンメント面 (bay ravinement surface) と呼ばれる侵食面に相当する。上記した中部砂層 (中間砂層) 直下の境界である。

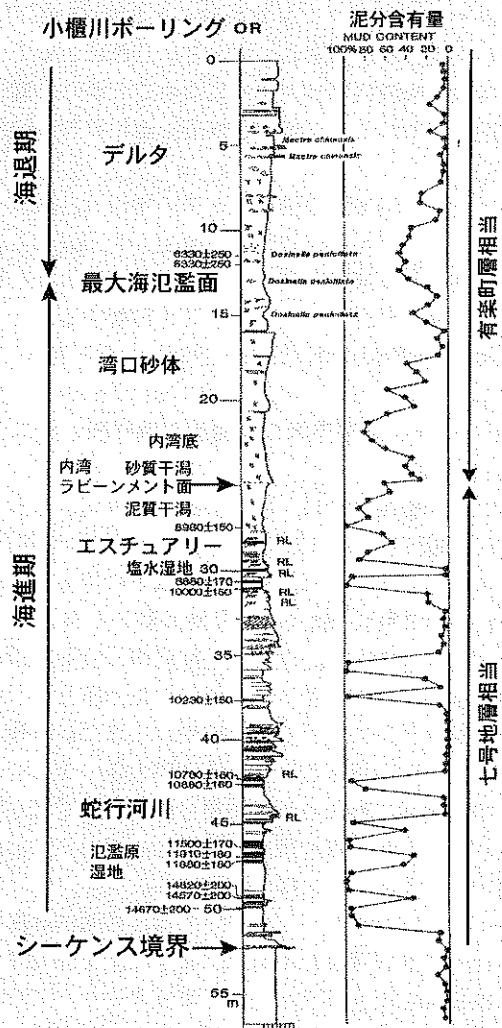


図5 小櫃川デルタで採取された沖積層のボーリング柱状図とその解釈^{7),11)}。湾口砂体は、海水準の上昇途中に古小櫃湾口に形成された湾口砂体。更なる海水準の上昇によって放棄、埋積されている。

内湾域の沖積層の場合は、基底礫層は、低海水準期堆積体の網状河川システム、沖積層の下部砂層 (下部砂泥層) は、海進期堆積体の蛇行河川システム、同下部砂層 (下部砂泥層) の上部から有楽町層の中間砂層 (中部砂層)、中部泥層

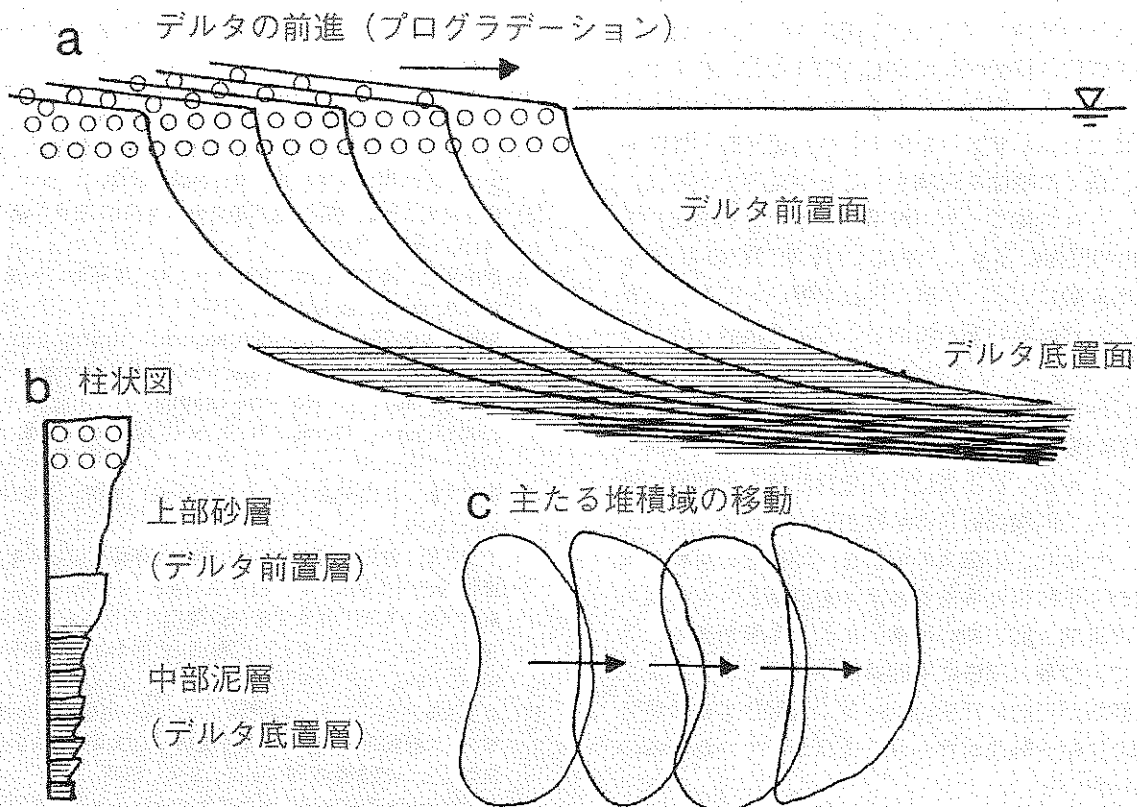


図6 デルタシステムのプログラデーション¹²⁾。ボーリングで見られる柱状図(b)とデルタの前進と層相との関係(a)。(a)に示された断面の内部線は、同時間線(昔の海底面)を示す。

の下部までが、海進期堆積体のエスチュアリーシステム、中部泥層の中部以上が高海水準期堆積体のデルタシステムに多くは対応していると考えられる¹¹⁾。海進期の河口域に発達するシステムは、海岸線が陸側に移動していることから「デルタ」とせず、「エスチュアリー」の名称を用いている。「デルタ」が海岸線の海側移動(海退)に伴うシステムと定義されているからである。これらのシーケンス層序学的な区分は、有楽町層と七号地層の区分とは、一致しない。有楽町層は軟弱な海成層で特徴づけられ、七号地層は河川性・汽水性の堆積環境で有楽町層と比べて締まった堆積物からなる。上記の堆積環境でいえば、有楽町層は、内湾から砂質干潟の環境で、海岸線付近から海側の堆積環境に堆積した堆積物からなり、七号地層は、塩水湿地や潮間帯上部の泥干潟などを含めて海岸線から陸側の堆積環境の堆積物から主に構成される。このため、有楽町層の砂は、海域の環境に支配されるため、海岸線にそって板状に広く分布するのに対し、七号地層の砂は河川を中心とするため、側方への連続性が悪いのが特徴となる。両者の間には上記したように砂質干潟の移動に伴う軽微な侵食面を伴うこともあるが、この侵食面は海進に伴って形成されるため、面的に分布し、また陸側ほど浅く若い年代が、海側ほど深く古い年代が予想される。堆積システムが時間とともに移動することから、層相と時間は斜交していく。このように有楽町層と七号地層の地層の境界はエスチュアリーシステムの中の堆積相の境界とほぼ一致すると言えるだろう。このことから地層境界は時間軸と斜交する可能性が大きいことが予想される。

このような層相と時間面との関係は、高海水準期堆積体

のデルタについても言える。上部砂層は現在の海底の水深約10m以浅の海底の砂に連続し、中部泥層は湾底の泥に連続する。陸上のボーリング地点では、上部砂層や中部泥層は、堆積したある年代を示すが、現在でもこれらの層相の堆積物は海底に堆積している(図6)。つまり、上部砂層の時代、中部泥層の時代というような表現は正しくなく、層相と時間が斜交していることを注意しておく必要がある。

3. おわりに

沖積層は、最終氷期最盛期に形成された谷地形を埋積する地層で、主にはその後の海水準上昇期と約6000年前以降の海水準安定期に堆積し、基底礫層を含めて沖積層全体として一つの堆積シーケンスを構成している。最初に地層の階層性について述べたが、個々の階層の解析をもとに一つの階層が解析される。二つ上の階層を一つとばして解析することは普通はできない。つまり、沖積層の全体を理解するためには、それを構成する堆積システムの理解が重要であり、堆積システムの解析のためには、この堆積環境(堆積相)の解析が必要である。これらを抜きにして、沖積層の構成や成因論的な解析は難しいであろう。堆積システムの理解が鍵となることを再度述べておきたいと思う。また沖積層を構成する堆積システムはいくつかあり、発達した年代や土砂の供給源などが異なることを述べた。一般的に述べられている沖積層の模式層序は、東京湾、伊勢湾、大阪湾などの、内湾に発達するデルタとその堆積物からそのモデルが出されている。しかし、外洋に面している多くの

沖積平野は、他の堆積システムから構成されている場合が多く、層相、年代、特徴的な侵食面、物性など、多くの面で異なっているので、内湾デルタのモデルを当てはめるのは、適切ではない。バリアーシステムや浜堤平野-外浜システムなど、個々の特徴を理解することが重要である。

沖積層は、それ自体で一つの堆積シーケンスを構成しているが、関東や関西など多くの地域では、第四紀の10万年周期の海水準変動に対応して形成された厚い第四系が分布している。これらの第四系の特徴として、沖積層と同じ層序が、幾重にも累重している場合が多いことがあげられる。このことは、沖積層が形成されたのと同じような海水準変動と堆積環境の変遷によって地層が形成され、次の海水準変動のサイクルがくるまでに、一定量沈降し、前回の地層の上に重なって同様な層序の地層が形成されていることを意味する。つまり、第四系の解析は、沖積層の解析と同様で、地層から堆積相と堆積システムを識別し、その累重様式から、海進期と海退期の堆積システムを解析する。このようにして沖積層と同様に第四系についてもシーケンス層序学的な解析が可能になる。シーケンス層序学については、基礎的な文献や解説が書かれた書籍がいくつかあるのでご参照願いたい^{13),14)}。

参考文献

- 1) Nummedal, D., Pilkey, O. H. and Howard, J. D., eds.: Sea-level fluctuation and coastal evolution, SEPM special publications, no. 41, 267 pp, 1987.
- 2) Wilgus, C. K. and others, eds.: Sea-level changes: an inte-

grated approach, SEPM special publications, no. 42, 407 pp, 1988.

- 3) Payton, C. E. ed.: Seismic stratigraphy-application to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir no. 26, 516 pp., 1977.
- 4) 斎藤文紀: 堆積構造, 堆積相, 堆積システム, 加藤碩一・脇田浩二編「地質学ハンドブック」, 朝倉書店, pp. 65-77, 2001.
- 5) 斎藤文紀: 海進・海退, 海水準変動と堆積相, 堆積学研究会報, no. 31, pp. 49-54, 1989.
- 6) 斎藤文紀: 海水準変動に支配された海成沖積層の形成モデル, 月刊地球, vol. 9, pp. 533-541, 1987.
- 7) Saito, Y.: High-resolution sequence stratigraphy of an incised-valley fill in a wave-and fluvial-dominated setting: latest Pleistocene-Holocene example from the Kanto Plain of central Japan, Memoir Geol. Soc. Japan, no. 45, pp. 76-100, 1995.
- 8) 斎藤文紀: 用語解説 外浜 (Shoreface). 堆積学研究会報, no. 33, p. 62, 1989.
- 9) 斎藤文紀: 陸棚堆積物の区分と暴風型陸棚における堆積相, 地学雑誌, vol. 98, no. 3, pp. 164-179, 1989.
- 10) 斎藤文紀: 東北日本太平洋側の陸棚におけるシーケンス-海進面, ラビーンメント面と海氾濫面一, 月刊地球/号外, no. 8, pp. 80-85, 1993.
- 11) 斎藤文紀: 河口デルタの埋積システム-小櫃川三角州の形成機構一, 大沢雅彦・大原 隆編「生物-地球環境の科学-南関東の自然誌一」, 朝倉書店, 東京, pp. 29-40, 1995.
- 12) 増田富士雄・斎藤文紀: プログラデーションによる地層の特徴とテクトニクスの説明, 月刊地球, vol. 17, pp. 671-674, 1995.
- 13) 斎藤文紀: シーケンス層序, 加藤碩一・脇田浩二編「地質学ハンドブック」, 朝倉書店, pp. 100-104, 2001.
- 14) 斎藤文紀・保柳康一・伊藤 慎: シーケンス層序学: 新しい地層観を目指して, 地質学論集, 45号, 249 pp, 1995.

国立大学法人化とその影響

あし だ りゆう
芦 田 譲*

1. はじめに

国立大学法人法が2003年7月9日に成立し、2004年4月を期して、国立大学は自己責任において運営していく法人としての国立大学(89法人と4つの共同利用機関法人)としてスタートすることになった。7月9日の参議院本会議では投票総数232, その内賛成131, 反対101であった。衆参両院とも強行採決であり、文教委員会では23項目もの付帯決議が付加された。しかし、国立大学の法人化では、一部の反対派の国立大学の教職員グループがインターネットを通じて反対の論陣を張り、法人化の賛否を尋ねる投票を行った。しかし、安保闘争後の1962年の「国立大学運営法案」のような全国規模の反対運動には盛り上がりなかった。ということは、国民一般は国立大学に対して、「学問の自由」という錦の御旗の下に、国家公務員という安定した身分を保証され、社会の要請から遊離した研究を行っているという認識を持っているという痛烈な批判とも受け取れるかも知れない。

では、今どうして第2次世界大戦後の大学改革にも匹敵する大改革が、大学内部の要求からではなく、大学の外部からの「外圧」により推進されたのだろうか?その要因としては、世界的にはイギリスのサッチャー政権、アメリカのレーガン政権により、1970年代の不況克服のために進められた、企業の負担の軽減と企業に対する規制緩和からなる新自由主義改革があげられる。大学の改革は、「失われた10年」と呼ばれる長期不況、財政赤字の解消のために、大学のみではなく社会全般にわたって断行されている一連の構造改革の一環として行われている。日本国内では六大改革を掲げた橋本政権が最初である。しかし、1998年の参院選での大敗による橋本首相の退陣で構造改革は挫折したが、小泉内閣の「聖域なき構造改革」で再浮上した。この間、有事法制、イラク復興支援法の制定、介護保険制度の導入、医療費の3割負担、大規模小売店舗法(大店法)の廃止、市町村の大合併が行われた。さらには、規制緩和を目的とした「構造改革特区」が認定された。

筆者は大学卒業後約20年間、石油・天然ガスの探鉱開発という世界的規模での競争の下に仕事を行ってきた一研究者として、私の経験および知り得た情報に基づいて国立大学の法人化とその影響に関して述べることにする。

2. 国立大学法人とは

2.1 総則

国立大学法人法によると「国立大学法人」とは国立大学を設置することを目的として、設立される法人のことであり、独立行政法人通則法に規定される独立行政法人ではない。

ここで気を付けるべきことは、「国立大学法人」が「国立大学」を設置することである。国立大学はなくならないのである。たとえば、京都大学は「国立大学法人京都大学」となる。国立大学法人と国立大学の違いは、従来の学校教育法第2条で、学校の設置者について「学校は、国、地方公共団体及び……学校法人のみが、これを設置することができる」と規定している。したがって、設置者に国立大学法人が、それによって設置される学校に国立大学があたることになる。法人化法案に併せて制定された整備法案では学校教育法第2条を改正して「国」を「国(国立大学法人……を含む)」としている。この法人と大学との分離により以下の大きな問題が生じる可能性がある。

(1) 法人が大学を「経営」することにより、大学の「教学」の自由が保証されないのではないか?

(2) 設置者が国でなくなることから、国の財政負担が第2次的になるのではないか?

国立大学の法人化は従来「独立行政法人化」と呼ばれてきたが、実際には国立大学協会の反対もあり独法化ではなくなった。ではその違いはどこにあるのだろうか?独立行政法人通則法では、「国民生活及び社会経済の安定等の公共上の見地から確実に実施されることが必要な事務及び事業であって、国が自ら主体となって直接に実施する必要のないもので、民間の主体に委ねた場合には必ずしも実施されない恐れがあるもの、又は一の主体に独占して行わせることが必要であるもの」の実施を独立行政法人に担当させ(2条)、「適性かつ効率的にその業務を運営する」ことを義務付けている(3条)。つまり、独立行政法人は行政のうち「企画立案業務」ではなく、「実施業務」のみを行う組織として位置付けられることから、監督官庁の強い支配を受けることになっている。国立大学法人は学長の任免を除いては独立行政法人とほぼ同じだと考えても差しつかえない。すなわち、独立行政法人の長は主務大臣が任命し、業績の悪化の場合には主務大臣がそれを解任することができる。一方、国立大学法人では、「学長の任命は、国立大学法人の申出に基づいて、文部科学大臣が行う」(第12条第一項)とされ、

* 京都大学教授 工学研究科 社会基盤工学専攻

さらに「文部科学大臣が行う学長の解任は、当該国立大学法人の学長選考会議の申出により行うものとする」(第17条第四項)となっている。つまり、強力な極限を付与された学長の任免により、かろうじて、「大学の自治」が保たれることになった。

2.2 組織および業務

(1) 役員および役員会

「国立大学法人の役員として「学長」(=法人の長)、「理事」(法人ごとに数を定める)及び「監事」(2人)を置く」(第10条)とされ、「学長は、次の事項について決定しようとするときは、学長及び理事で構成する会議(……「役員会」という。)の議を経なければならない。」

- ① 中期目標についての意見及び年度計画に関する事項
- ② 文部科学大臣の認可・承認を受けなければならない事項
- ③ 予算の編成・執行、決算
- ④ 重要な組織の設置・廃止
- ⑤ その他役員会が定める重要事項

(2) 経営協議会

「国立大学法人に、国立大学法人の経営に関する重要事項を審議する機関として、経営協議会を置く。」(第20条第一項)

経営協議会は

- ① 学長
- ② 学長が指名する理事及び職員
- ③ 教育研究評議会の意見を聴いて学長が任命する学外有識者(=学外委員)で構成され、学外委員が総数の二分の一以上でなければならない。(第20条第二項、第三項)とされ、

経営協議会は

- ① 中期目標についての意見、中期計画及び年度計画のうち経営に関するもの
- ② 学則、会計規程、役員及び職員の報酬及び退職手当の支給基準その他経営に係る規則の制定・改廃
- ③ 予算の作成及び執行並びに決算
- ④ 組織および運営状況についての自己点検・評価
- ⑤ その他国立大学法人の経営に関する重要事項を審議する(第20条第四項)

(3) 教育研究評議会

「国立大学法人に、国立大学の教育研究に関する重要事項を審議する機関として、教育研究評議会を置く。」(第21条第一項)

教育研究評議会は

- ① 学長
- ② 学長が指名する理事
- ③ 学部、研究科、付属研究所その他の教育研究上の重要な組織の長のうち、教育研究評議会が定める者
- ④ その他教育研究評議会が定めるところにより学長が任命する職員

で構成され(第21条第二項)、

教育研究評議会は

- ① 中期目標についての意見、中期計画及び年度計画に

関する事項

- ② 学則その他の教育研究に係る重要な規則の制定又は改廃に関する事項
- ③ 教員人事に関する事項
- ④ 教育課程の編成に関する方針に係る事項
- ⑤ 学生の円滑な修学等を支援するために必要な助言、指導その他の援助に関する事項
- ⑥ 学生の入学、卒業又は課程の修了その他学生の在籍に関する方針及び学位の授与に関する方針に係る事項
- ⑦ 教育及び研究の状況についての自己点検及び評価
- ⑧ その他国立大学の教育研究に関する重要事項

について審議する(第21条第三項)。

経営協議会が「経営」について、一方、教育研究評議会が「教育研究」について審議することになっている。従来の「大学の自治」のシンボリックな存在であった「教授会」の決定権限に対する法的な位置付けが全くなされていなくことは注目すべきである。さらに、国立法人における学長の権限が強化されることにより、学長のリーダーシップ、資質により国立大学の経営、教育研究が左右されるといっても過言でない。

2.3 中期目標等

(1) 中期目標

「文部科学大臣は、六年間において各国立大学法人等が達成すべき業務運営に関する目標を中期目標として定め、これを当該国立大学法人等に示すとともに、公表しなければならない。これを変更したときも、同様とする。」(第30条第一項)とされ、中期目標においては

- ① 教育研究の質の向上に関する事項
- ② 業務運営の改善及び効率化に関する事項
- ③ 財務内容の改善に関する事項
- ④ 教育及び研究並びに組織及び運営の状況についての自己点検・評価並びに当該状況に係る情報の提供に関する事項
- ⑤ その他業務運営に関する重要事項

について定めるとされ(第30条第二項)、第三項では、「文部科学大臣は中期目標を定め、又はこれを変更しようとするときは、あらかじめ、国立大学法人の意見を聴き、当該意見に配慮するとともに、国立大学法人評価委員会の意見を聴かなければならない」と規定している。

(2) 中期計画

「国立大学法人等は、中期目標を示されたときは、当該中期目標に基づき、当該中期目標を達成するための計画を中期計画として作成し、文部科学大臣の認可を受けなければならない。これを変更するときも、同様とする。」(第31条第一項)

中期計画において掲げる事項として、第二項に

- ① 教育研究の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置
- ② 業務運営の改善及び効率化に関する目標を達成するためとるべき措置

- ③ 予算（人件費の見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画
- ④ 短期借入金の限度額
- ⑤ 重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画
- ⑥ 剰余金の使途
- ⑦ その他文部科学省令で定める業務運営に関する事項を定めている。

さらに、第四項では、「文部科学大臣は認可をした中期計画が、適正かつ確実な実施上不適当となったと認めるときは、その中期計画を変更すべきことを命ずることができる」と定めている。

一部では法人化により「国立大学の自主性・自律性が高まる」、あるいは「自由裁量」が増えるという指摘があるが、これをみてもわかるように、逆に国の統制が強まるという懸念の方が強い。

2.4 財務および会計

積立金として、第32条に、「中期目標の期間の最後の事業年度における積立金は、文部科学大臣の承認を受けて次の中期目標の期間に係る業務の財源に充てることができる」としている。

また、長期借入金および債券については、第33条で「国立法人等は、政令で定める土地の取得、施設の設置若しくは整備又は設備の設置に必要な費用に充てるため、文部科学大臣の認可を受けて、長期借入金をし、又は当該国立大学法人等の名称を冠する債券を発行することができる。」と定めている。

この規定から、国立法人が経営の効率化、自己収入の拡大により、運営することが求められていることが伺える。ひいては、このことは資本市場において、「教育」と「研究」を「ビジネス」として「経営」することに通じる可能性が生じ、「債券発行に関する事務の全部又は一部を銀行又は信託会社に委託することができる。」（第33条第六項）となれば、経営協議会への民間人の参画も併せて考えると、民間会社の国立大学法人の経営に対する発言力は強まるであろう。

2.5 国立大学法人の職員の身分

国立大学法人の職員の身分については、附則の第4条において「国立大学法人等の際現に国立大学の職員である者は、別に辞令を発せられない限り、国立大学法人等の成立の日において、それぞれの国立大学法人等の職員となるものとする。」（第4条）とし、さらに、第5条において、「前条の規定により各国立大学法人等の職員となった者の国家公務員法の規定の適用については、……国家公務員としての身分を失ったことを任命権者の要請に応じ……退職したこととみなす。」とされたことから、雇用は継続するが、公務員としての身分は失い、非公務員となることになる。非公務員化により、国家公務員法第75条の「法律や人事院規則で定められた場合以外は降任・休職・免職されない」という「身分保障」はなくなる。現在、教員の任用・昇任は教育公務員特例法第4条第四項に、「教員の採用及び昇任の

ための選考は、評議会の議に基づき学長の定める基準により、教授会の議に基づき学長が行う。」となっているが、ここでも、いわゆる教授会による「大学の自治」にメスが入れられたことになった。

一方、非公務員化により、採用や外国人の教員の採用が容易になり、教員の民間会社への技術移転のための兼業もしやすくなるであろう。総定員法の枠がなくなり、定員削減の必要がなくなるという見通しもあるが、国が独立行政法人に対して負託した業務を運営するために交付される運営費交付金は毎年削減されるとみられ、従来からの定員削減を行わないのなら、国立大学法人がその費用を負担せざるを得ないであろう。

3. 終りに

以上、みてきたように国立大学法人化は、第2次世界大戦後の教育改革を上回る大改革であるといえる。日本の国立大学を世界規模での資本主義の市場原理の競争化の波の中に組み込むものであるといっても過言ではない。本改革も運用の仕方によっては旧来の弊害を打破するものになるであろうし、また逆に新たな弊害を生み出すこともあろう。学長を中心とした大学の経営的能力やリーダーシップの差により大学間の格差は大きくなることは確かである。巷間でいわれているように、身近な問題として

- ① 大学の自主性・自律性が侵害され、大学の自治がおよびやかされるのではないか？
 - ② 経営面が重視されすぎると、外部資金の導入や民間との共同研究が困難な部門の研究が軽視されるのではないか？
 - ③ 学費や奨学金はどうなるのか？
 - ④ 国立大学の教職員の非公務員化は初等中等教育部門の教職員の非公務員化につながるのではないか？
- 等がある。

しかし、人類の発展、社会の要望と遊離した学問・研究は無意味であり、ましてや、国民の税金の負託を受けている国立大学としては、その成果を国民にわかりやすい形で公表し、評価を受けるという姿勢は当然のことである。果たして、日本の国立大学がそういうことを積極的に行ってきたであろうか疑問である。

今回の国立大学法人法は、立場や主義主張によって、いろいろな解釈ができる内容であるのは確かである。大学の自治、学問の自由をいうなら、今回の法人化の中で、大学自体、大学人自身がそれらを実現するには何をすべきかを真剣に考えるべきであろう。変わらなくてはならないのは大学の組織ではなく大学人自身である。

参考文献

- 1) 国立大学法人法
- 2) 国立大学法人法附則
- 3) 教育公務員特例法
- 4) 東京大学職員組合、独立行政法人反対首都圏ネットワーク編：国立大学はどうなる、花伝社。