

# 敦賀港湾東部のボーリング掘削に伴う新期堆積層について

— 特に工学・物理的測値と海成層への見解 —

森川 和典\*・伊藤 政昭\*  
三和測量建設株式会社地質部

## はじめに

この度、敦賀港湾周辺の開発に伴う地質調査を行う機会を得て、港湾内のボーリング掘削と、その周辺地域の調査を実施し、港湾東部地下の浅層部地層の一断面と堆積物の工学的一部の測定を行い、堆積層の物性的な側面を検証することができ、この調査が地下の堆積状況を知る今後の資料の提供にもなり得るのではと考え報告するものである。

敦賀平野の地形・地質については従来から多くの研究報告がなされてきているが、その大半は大学等の卒業研究報告であり、その他は過去の豊富な地下水調査を目的とした、水理地質調査研究報告で占められている。近年になって東ら(1987)によって調査地域の東部、敦賀浄化センターの基礎工事掘削における貝層と腐植泥層の研究報告がある。これらの研究報告と筆者らの調査との関連、さらには堆積層の工学的一部の測定結果を得たので報告する次第である。

この報告にあたって福井県敦賀港湾事務所には特別なご協力とお計らいを頂きました。また、敦賀市消防所、敦賀市役所宮本課長補佐、ホクコン敦賀営業所には資料提供を頂き、福井市灯明寺中学校白竹先生には、珪藻化石についてご指導を賜りました。以上の方々には心から感謝の意を表するとともに、この機会を与えて下さいました博物館長に謝意を表します。

## 地質の概要

調査地は、敦賀平野から海岸を経て海に没する所で、自然地形より改変された港湾内にあって、周囲は造成地とその北部後背地には標高100m前後の崩壊性の半島形の山地を、また、東部は標高170mの天筒山を有する山地で、南部には敦賀平野、西部は海域となっている所である。

北部～東部の山地は、急激な勾配をもって海に入り、それらの後背地を有する調査地においても、基盤岩の深度は数十メートルと予想される。調査地およびその周辺地域の地質は、沖積・洪積・中古生層で、それゆえに調査地の垂直的地質層序は、上部から沖積層-洪積層-中古生層となっている。

---

\* 〒910 福井市花堂北1-7-25 三和測量建設株式会社地質部

### 基盤岩と後背山地

基盤を構成している中生代の岩類は、砂岩、頁岩そして両者の互層を主体として輝緑岩、チャート、石灰岩類からなり、それらの岩類はしばしばメランジエ状の混成岩となり、急激に肥大したり減衰する岩層やレンズ状、団塊状の砂岩、石灰岩が産出する岩相であるが、カコウ岩の貫入によって変質しホルンフェルスとなっている。

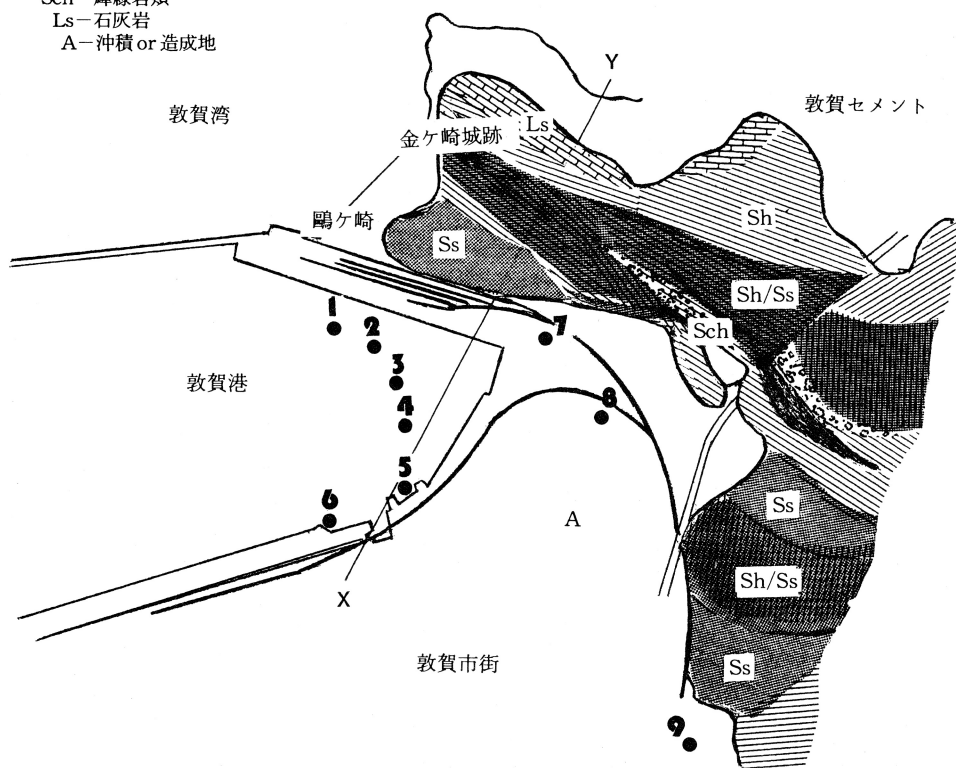
また、カコウ岩貫入に伴う珪酸塩の小岩脈の産出によって古期岩類の風化変質も著しい。

調査位置図

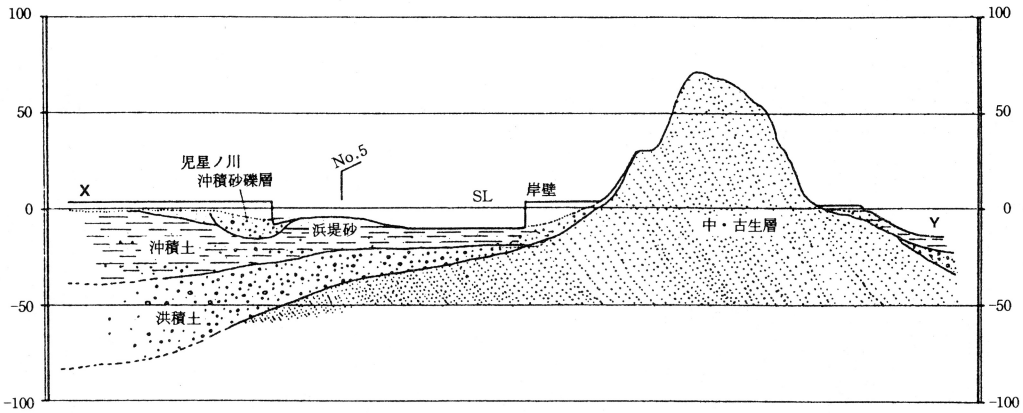


調査地域周辺の地質とボーリング掘削地点

- 【凡例】 Ss-砂岩  
 Sh-頁岩  
 Ss/Sh-砂・頁岩互層  
 Sch-輝緑岩類  
 Ls-石灰岩  
 A-沖積 or 造成地



X Y 地質断面図



新期堆積層について

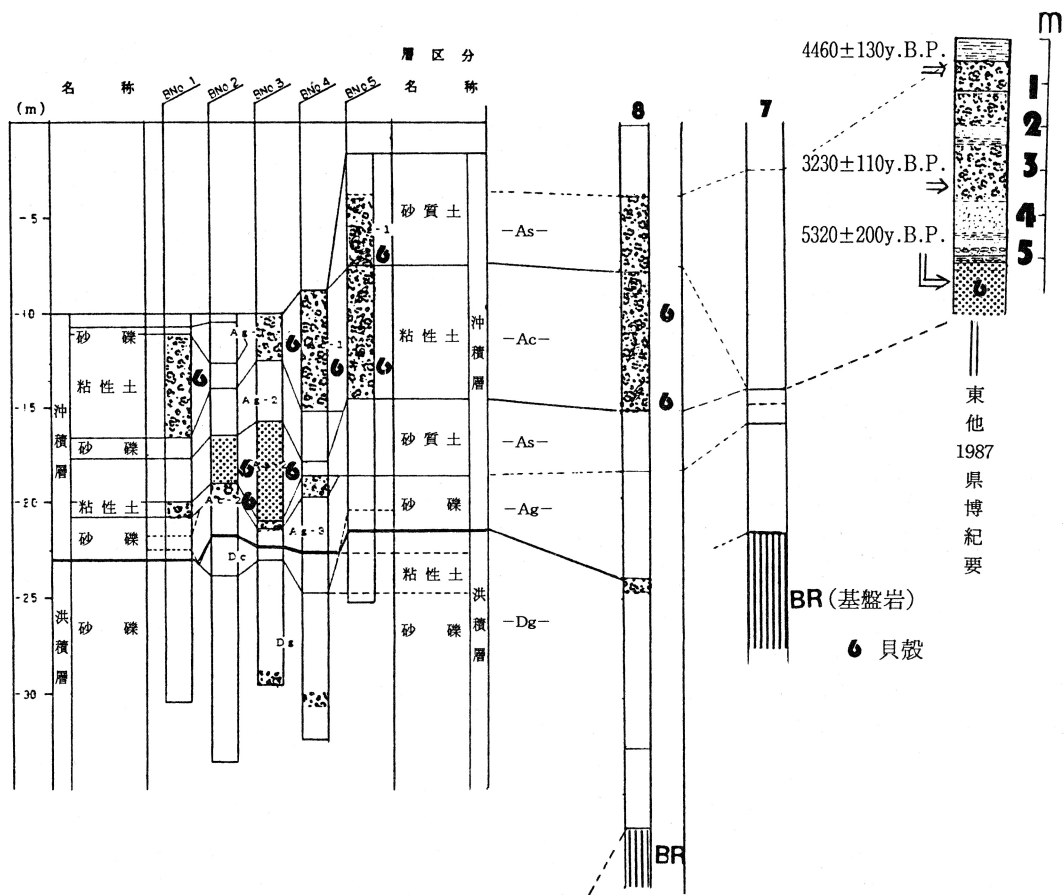
敦賀平野の地下，沖積層において貝層とピート層が存在することは従来(笹嶋・伊藤，1959)から分かっていた。特に，貝層の産出については福岡(1986)が詳細に述べており，この資料から貝層の分布深度は，上限においては，東浅西深で南浅北深の傾向を有し，当然下限においても東と南は浅く，北と西は深い分布を示している。

また，貝層の年代測定について東ら(1987)が調査を行い， $5320 \pm 200$ y.B.P. としていることから，敦賀平野地下の貝層は縄文海進と深い関わりを有していることは言うまでもない。この度，筆者らが行ったボーリング掘削においても貝殻と腐植性堆積物が産出しているが，この両者を挟在する地層の垂直的積成過程が，東らの報告と非常に類似する傾向を有しているように思われる。

それらの柱状図は，下記に示しているが，ボーリング掘削において資料が崩壊するために，貝殻片の存在しか確認できない。しかし，筆者らの調査において，貝層が砂礫層を挟んで2層存在するのではないかと考えている。ボーリングNo. 2, 3の標高-17m~22mの貝層は，いわゆる上部貝層と時間的に違っているのでは無かるうか。それは，未確実な検鏡であるが(17枚のプレパラート)ボーリングNo. 4の標高-22.5m(Dc)の粘土層中から淡水性の珪藻の存在のみが見られ，ボーリングNo. 1の標高-20.5mの粘土層から海性の大型珪藻と淡水性の珪藻が見られる。筆者らの調査には土性強度を始めとして，そこに対処する物性の適合性を調査する事が目的であるために，ある意味では沖積層と洪積層の層位的区分が求められる。その意味では，この貝層と珪藻の意義は堆積環境から層序を考察する重要な意味を持つと思われるが，現在のデータによってこれを議論することはできない。

沖積世と洪積世その時間の変化は，海水面の変化すなわち海進と海退という氷期の変化によって決定づけられているとすれば，その運動は連続的に進行しているのであり，むしろその区分を線として求めることは困難と思われるが，従来の地質学的方策から，工学的アプローチによって土性の検証から地層の特質を求めようと考えた。

調査地およびその周辺地域の含貝層とピート層の対比



沖積・洪積堆積物の工学的性質

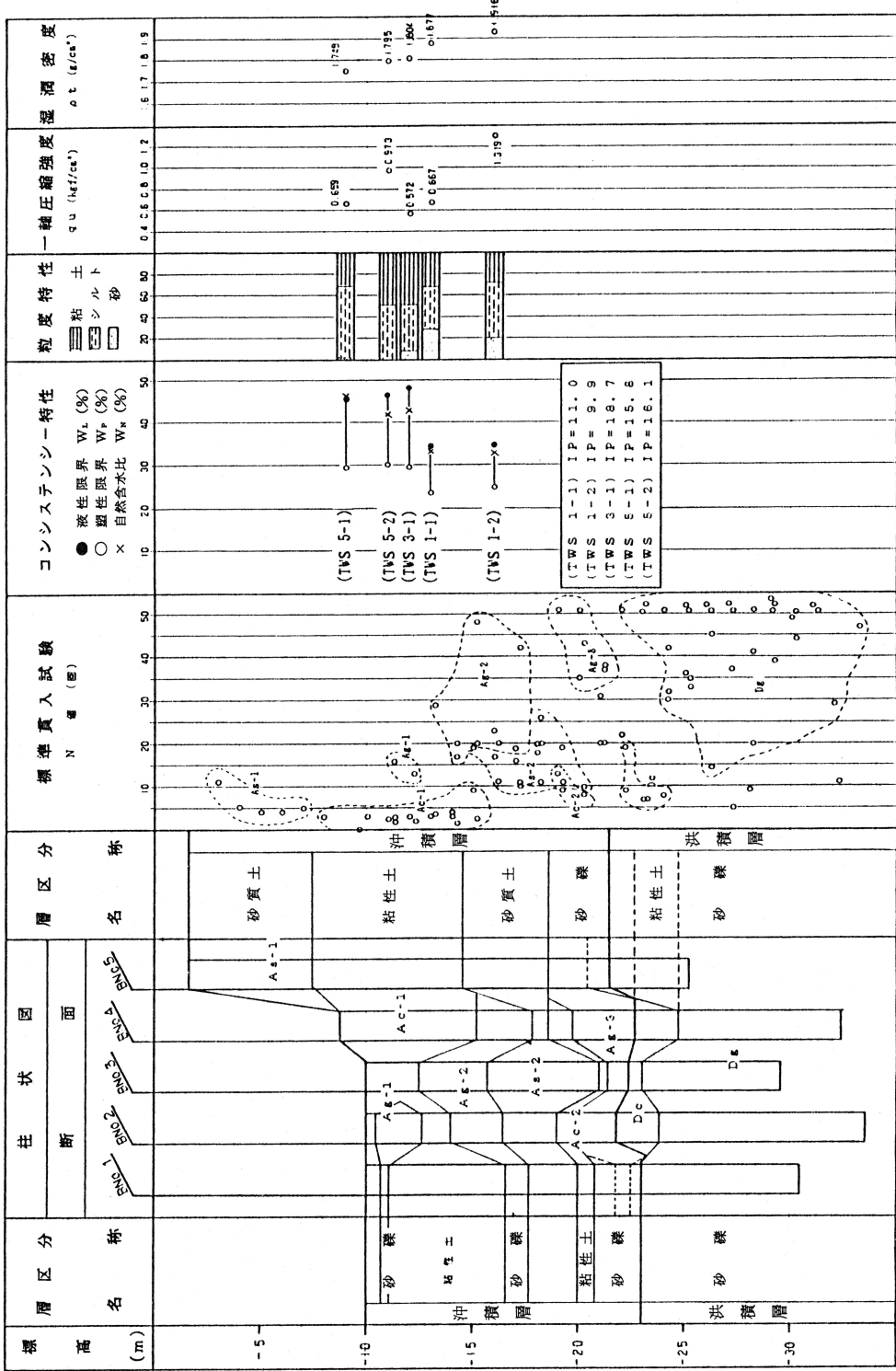
沖積・洪積堆積物の物性的測定は、ある意味では化石によって層位を探るのと同じ価値を持つものと思われる。いわゆる生物学の方策か、物理的方策かの違いであろう。ここで筆者らは海底ボーリングを実施した中で、堆積物上部の積成物である粘性土は、海成堆積物であることは貝化石の存在によって明らかである事を基本として、その堆積層の工学的・物理的測定によってその土性の特質を求め、仮説として海成粘土の特質が非海成粘土と違った土性の特質を有するものと考えたのである。

測定項目は、一般に土性の測定に必要なとする基本的なものから、標準貫入試験、コンシステンシー特性、粒度特性、一軸圧縮強度、湿潤密度等の工学的、物理的試験であった。

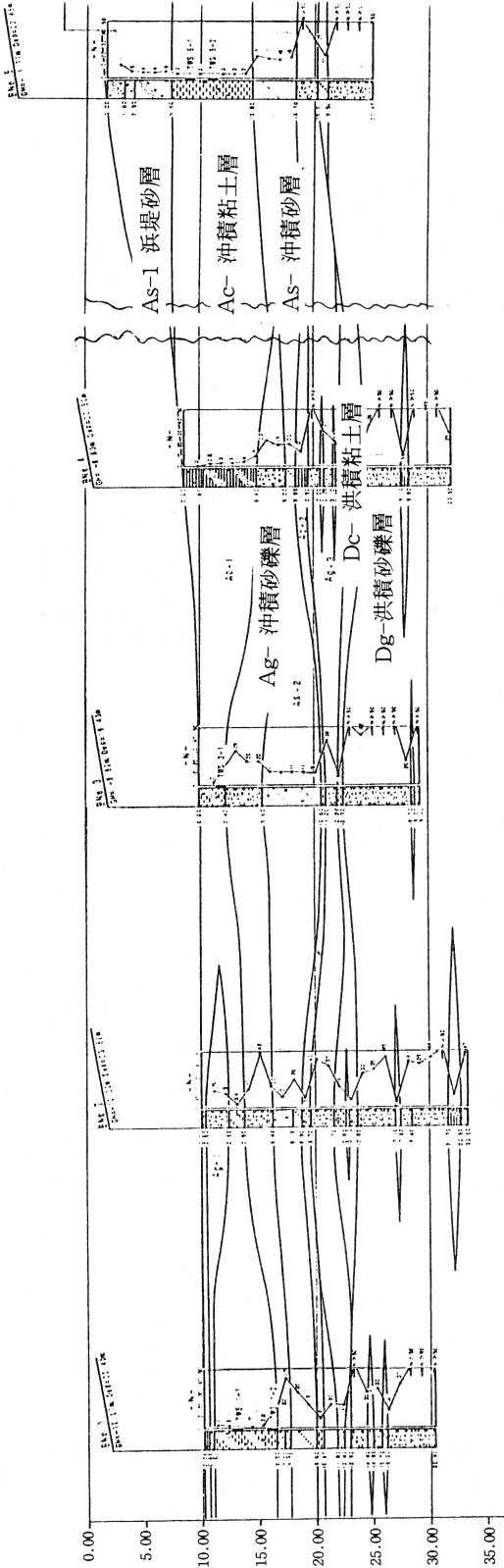
それらの測定結果とボーリングコアの鑑定によって層区分帯を決定し、上部砂質土(As-1)、粘性土(Ac-1)、下部砂質土(As-2)、下部砂礫(Ag-3)の区分帯を決定した。

ボーリングNo. 5地点の上部砂層は、浜堤砂層であり、下部砂層は貝殻等を一部含むことから堆

調査値のボーリング掘削による層序モデルと土性



No. 1 ~ 5 ボーリング地点地質推定断面図

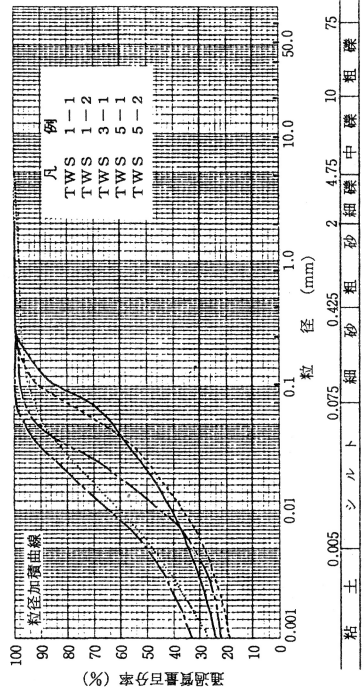


Ac-粘性土層粒度分布

物理試験 (粒度特性)

項目	TWS 1-1 (2.50~3.30)	TWS 1-2 (5.50~6.35)	TWS 3-1 (1.60~2.50)	TWS 5-1 (7.00~7.80)	TWS 5-2 (9.00~9.80)
水分 (%)	0	0	1		0
2~75mm 砂分 (%)	28	20	6	0	3
シルト分 (%)	38	51	45	49	64
粘土分 (%)	34	29	48	51	33
最大粒径 (mm)	2.00	2.00	4.750	0.25	2.00
細粒分 (%)	72	80	93	100	97

BNo.5 の土が、細粒含有率90%~100%であり、ほとんどシルト・粘土で構成されるのに対して、BNo.1は砂分含有率が20%~30%でやや砂分を含んだ土層である。



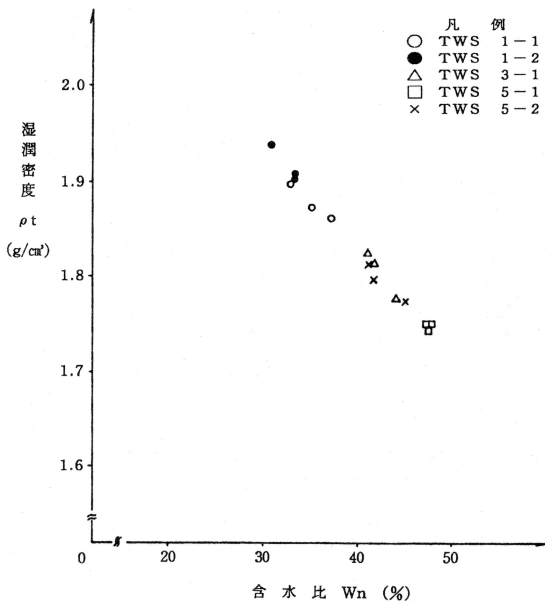
粒径加算曲線

積過程の中で組成として海成的要素を持つと一応考えられるが、No. 5 以外の掘削コアからみると、デルター性堆積様相を指示する環境が予想される。

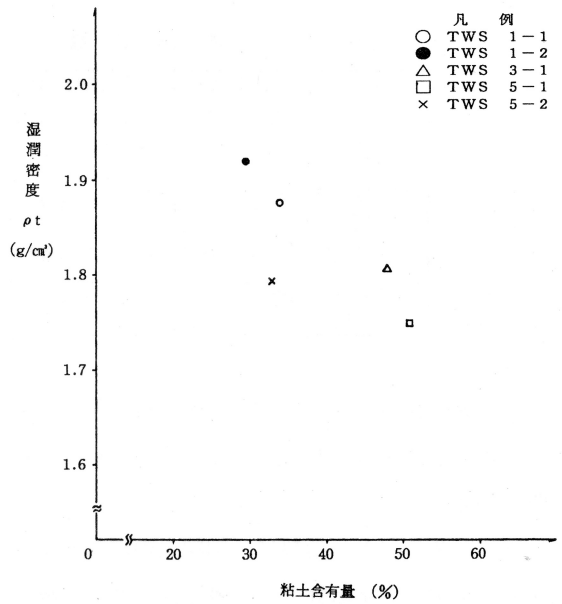
また、下部洪積層と推定される砂礫層は、今まで述べてきた上部沖積層に比して著しく砂礫の色調を始め堆積組成の違いが認められ、洪積最上部の粘土層も腐植性物質を含むものの、凝固度、固結度において上部粘性土と大きく異なる。このような結果から沖積-洪積の層区分を行ったのであるが、珪藻化石の存在と上部粘土層の差が大きく関わっている。

それに加えて、今回の掘削資料の工学的、物理的な土性の試験によって、海性粘土の特質を少々

湿潤密度と含水比



湿潤密度と粘土含有量



物理試験 (一般項目)

	TWS 1-1 (2.50~3.30)	TWS 1-2 (5.50~6.35)	TWS 3-1 (1.60~2.50)	TWS 5-1 (7.00~7.80)	TWS 5-2 (9.00~9.80)
湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.877	1.916	1.804	1.749	1.795
乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.388	1.446	1.268	1.185	1.260
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.722	2.731	2.722	2.716	2.709
自然含水比 $W_n$ (%)	35.3	32.6	42.4	47.6	42.5
間隙比 $e$	0.963	0.890	1.148	1.293	1.151
飽和度 $S_r$ (%)	99.7	100.0	100.5	99.9	99.9
物理試験含水比 (%)	33.6	32.4	42.9	45.8	41.9

たりとも解明出来ればと考えたのである。自然堆積物に由来する水の作用は、淡水か塩水かの二者であり、それ以外は地球創設期が特殊な環境設定となるのであるから、粘性土の主体である粘土鉱物の積成には、水が重要な関わりをもつことは述べるまでもない。この粘土鉱物が塩水の中で固結する次元の物理・化学的作用がこの測値に表出する。

Ac-1 粘土層の含水比は30～50%であり湿潤密度は1.7～1.9の範囲にある。飽和状態にある沖積粘土としては含水比が低く、湿潤密度は大きい。（これは、海成粘土の特徴的要素をもっていると思われる。）上図は、湿潤密度  $\rho_t$  と含水比  $W_n$  および粘土含有量についての関係を示したものである。図より自然含水比が大きくなるにつれ、湿潤密度は小さくなり、また、粘土含水量に比例して湿潤密度は低下する傾向にある。

物 理 試 験（コンシステンシー特性）

	TWS 1-1 (2.50~3.30)	TWS 1-2 (5.50~6.35)	TWS 3-1 (1.60~2.50)	TWS 5-1 (7.00~7.80)	TWS 5-2 (9.00~9.80)
液性限界 WL (%)	34.8	34.7	48.4	45.3	46.5
塑性限界 WP (%)	23.8	24.8	29.7	29.5	30.4
塑性指数 IP	11.0	9.9	18.7	15.8	16.1
コンシステンシー指数 Ic	0.2	0.2	0.3	0	0.3

上記液性限界は50%以下、塑性指数は20～10%以下で、沖積粘性土としては全体に低い値となっている。TWS1-1, 1-2については、砂分含有率が20～30%であり、塑性指数が10%前後の低い値をしめす。

コンシステンシー指数は、細粒土の硬軟や安定の程度を表すものであり、1以上の場合は安定な状態を示す。力学試験では一軸圧縮強度が比較的大である。

以上のように、いくつかの測定結果を用いて、Ac-沖積粘土の土性について追求し、それらの特質について考察を行ってきたが、やはり、海性粘土の特質が見られたのである。福岡、東、藤井らの述べられている、化石貝類の生息環境とも一致する。

## ま と め

1. 今回掘削された資料の粘性土の物理、工学的測定によって、一般的に海成粘土層の土性の性質が、当地域においても確認する事ができた。
2. 掘削コアの貝殻や腐植物では、同定でき得る資料は存在しないが、東らの文献と合わせて環境の推定を行うとすれば、粘土層の積成過程は、浅海-潟湖-沼沢地の変遷を指示していると言える。
3. 粘性土の積成過程は上記に示したような環境から、調査の上でも地層は水平的、連続的の広がりを持ち、層も厚い。



4. 堆積層の環境から、海退-海進-海退期のサイクルが考えられ、礫質層-砂層-粘土への変化にもなって、貝層-PEAT層へと層相が変化し、海進から海退への動きがみられる。

以上の結果は、沖積層の中の粘性土について様々なアプローチによる結果を報告したものであるが、海成粘土の測定にみられる特質は、粘土鉱物の海底における水との化学的な変化や、分子結合が淡水と違った層相を形成することは述べるまでもない。

### 参 考 文 献

- 笹嶋貞雄・伊藤政昭，1959：敦賀平野とその地下水について，福井大学学芸学部紀要，II，自然科学，No.9，107～122.
- 福岡 修，1980：敦賀の沖積層より出土した貝殻，福井市郷土自然博物館同好会報．No.27，39～40.
- 東 洋一・藤井昭二・三浦 静，1987：福井県敦賀平野にみられる縄文海進期の自然貝殻層と泥炭層の年代．福井県立博物館紀要，No.2，1～7.
- 羽島・柴崎，1971：第四紀，地球科学講座11.
- 株建設産業調査会，土木・建築技術者のための軟弱地盤ハンドブック.
- 伊藤政昭，1975：敦賀セメント鉱床より石炭紀層の発見，福井県中学校研究会報.
- 藤井昭二・藤 則夫，1982：北陸における後氷期以降の海水面変動，第四紀研究，21，18，183～193.
- 山口柏樹，土質力学（全改訂），技報堂出版.