

550.82 : 551.49 : 551.244(522.3)

3. 地質学的研究

福田 理・木野義人・村上 篁・佐藤良昭・尾上 亨

地質調査所平野地質グループ

阿久津 純

宇都宮大学

3. Geological Studies

By

Osamu Fukuda, Yoshito Kino, Takamura Murakami, Yoshiaki Satoh and Tohru Onoue

Geological Survey of Japan, Tokyo

and

Jun Akutsu

Utsunomiya University, Utsunomiya

目 次

1. ま え が き.....54	2.5.5 物 性.....58
2. 試験井による研究.....54	3. 有明粘土層の厚さの分布.....58
2.1 目 的.....54	4. E層中の地下水の水比抵抗の分布.....59
2.2 位 置.....54	5. 地盤沈下.....60
2.3 請負業者による工事・測定・試験.....54	5.1 概 要.....60
2.4 坑井地質概論.....55	5.2 江北町の地盤沈下.....61
2.5 坑井地質特論.....56	5.2.1 深井戸の抜け上りによって 知られた地盤沈下.....61
2.5.1 有 孔 虫.....56	5.2.2 江北中学校付近の地盤沈下.....62
2.5.2 珪 藻.....56	5.2.3 惣領分下惣～正徳付近の地盤沈下.....65
2.5.3 花 粉.....56	6. む す び.....65
2.5.4 重 鉍 物.....56	

図 一 覧

図3-1 一等水準点および地質調査 所試験井の位置図.....54	び試験井の分布.....62
図3-2 有明粘土層の等層厚線図.....58	図3-6 江北中学校試験井における 圧密先行荷重および有効鉛直 土圧の鉛直分布.....64
図3-3 E層相当層中の地下水の 水比抵抗等値線図.....60	図3-7 K2井における圧密先行荷 重および有効鉛直土圧の鉛直 分布.....64
図3-4 昭和38年11月から同40 年12月および同41年12月 までの間の一等水準点の変動 量.....61	図3-8 江北町江口～正徳付近にお ける仮畦畔および地割れ(ク ラック)の分布.....65
図3-5 江北町における深井戸およ	

表 一 覧

表3-1 試験井別の各層の基底の深度一覧……………55
 表3-2 2号井の土質試験結果（抜粋）…56
 表3-3 3号井の土質試験結果（抜粋）…57
 表3-4 4号井の土質試験結果（抜粋）…57

表3-5 江北町における深井戸の抜けり状況一覧……………62
 表3-6 江北中学校試験井の土質試験結果（抜粋）……………63

1. ま え が き

昭和40年度の研究の結果、当面の水害防止に関する総合研究の場として選定された有明海北岸低地の内部構造の骨組みがほぼ明らかになり、今後の水害防止対策上、地質学的見地から考慮すべきことが2、3指摘された。昭和41年度の研究は、前年度の研究をさらに発展させるとともに、この間に非常な速度で進行し、内水氾濫の場を拡大・新生せしめた地盤沈下について、さらに突込んだ考察を可能ならしめるという考えのもとに、計画・実施された。

2. 試験井による研究

2.1 目 的

昭和40年度に実施した1号試験井（佐賀市西与賀町丸目）による研究の結果、有明海北岸低地の第四系の層序の大要、ならびに地層の物性の垂直変化がおよそ明らかになったので、昭和41年度においては、中層試験井および浅層試験井をそれぞれ1本および2本掘さくし、前年展の結果をさらに確認するものにとともに、各層の地質学的性質および物性の側方変化を、可能な限り明らかにすることにした。

2.2 位 置

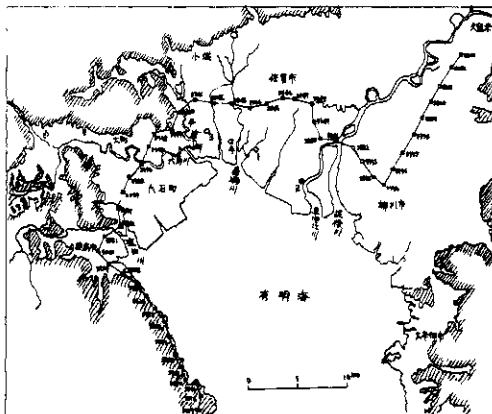


図3-1 一等水準点および地質調査所試験井の位置図

上記の目的達成に重点をおき、かつ、実施上の各種の問題点をも考慮した結果、上記の3本の試験井の位置は、それぞれ次のように選定された（図3-1）。

(1) 2号井（予定深度100m）

佐賀県佐賀郡川副町犬井道戸5里1,098番地。標高+2.45m。

本地点は、佐賀市街の南約9.5kmに位置し、現場の東方約0.5kmには早津江川があり、有明海海岸堤防より内陸側へ約1.8km入った海竜神社所有地内にある。

(2) 3号井（予定深度50m）

佐賀県小城郡芦刈村大字永田3,081-2番地。標高+2.60m。

本地点は、佐賀市街の西約9.5kmに位置し、現場の東方約2.5kmには住の江港があり、牛王バス停より徒歩約5分の芦刈村漁業協同組合地内にある。

(3) 4号井（予定深度50m）

佐賀県佐賀郡久保田村大字新田1,102番地。標高+2.38m

本地点は、佐賀市街の西約6.0kmに位置し、近くに堀割があり、横江農業倉庫の裏側に当る倉庫用地にある。

2.3 請負業者による工事・測定・試験

(1) 試錐工事

- i) 2号井：深度100mまでの試錐およびコア採取
- ii) 3号井：深度50mまでの試錐およびコア採取
- iii) 4号井：深度50mまでの試錐およびコア採取

(2) 標準貫入試験

深度50mまで、原則として、1.5mごとおよび地層の変るごとに実施した。

(3) 物理検層

孔底までの自然電位、地層比抵抗（3成分）お

よび温度を連続的に測定・記録した。

(4) 孔芯傾斜の測定

2号井のみ、2.5m間隔で孔芯傾斜の測定を行った。

(5) 土質試験

JISに準拠した物理試験（粒度試験・含水量試験・稠度試験）および力学試験（一軸圧縮試験・圧密試験）を行なった。

(6) 有孔虫化石検出用試料調製

四塩化炭素による浮選作業までを行なった。

以上の工事・測定・試験は、特定層準のコアを確実に採取する必要があったため、1号井を請負った日鉄鉱山コンサルタント㈱の請負いとしたが、一部試料の高圧圧密試験は、基礎地盤コンサルタンツ㈱に依頼して実施された。

表3-1 試験井別の各層の基底の深度一覧

	3号井	4号井	1号井	2号井
A層基底の深度	15.2m	13.8m	14.6m	19.6m
B " "	23.2	23.8	23.4	30.6
C " "	33.6	29.5	37.0	
D " "	53.0*	53.0*	87.0	83.0
E " "			217.3	110.0*
F " "			242.0*	

*掘止め深度

2.4 坑井地質概論

第1報その2（防災科学技術総合研究速報）で述べたように、1号井には、上位より、A～F層の6層からなる岩相層序の大区分が認められた。今回掘さくされた3本の試験井においても、この大区分のA～D層あるいはA～E層までが認められた。これら4本の試験井の坑井地質の相互関係を明らかにし得たについては、精度の高い電気検層の記録に負うところが大きい。今回明らかにされた2～4号井の坑井地質についてとくに注目されるのは、2号井のB層の基底の深度が大きく、B層とD層との間に、C層を欠除していることである。

(1) A 層

本層は一般に有明粘土層として知られているもので、軟弱な泥質の内湾性の堆積物—おもにシルト質粘土ローム—からなる。下位のB層との関係は不整合である。2号井においては、深度6.30～8.30mの間に、埋木片を有する軟弱な砂層を挟有する。

(2) B 層

本層は一般に島原海灣層として知られているもので、おもに泥質層（粘土質ローム・シルト質ローム・砂質ローム）と砂層との互層からなるが、2号井においては、最下部（深度24.55～30.60m）は礫層となっている。下位のC層との関係は不整合であるが、2号井においては、C層を欠除し、直接D層の上に不整合に重なっている。2号井の本層の最下部の礫層は河床礫と思われる。珪藻および有孔虫の化石から見ると、この礫層を除いた本層の主体は河口成の堆積物と思われるが、そのほぼ中位のところに、まったく海棲生物の化石を産せず、淡水棲の珪藻化石のみを産することは、注目に値する。

(3) C 層

本層は一般に軽石凝灰岩（八安粘土層）として知られているもので、主として多量の軽石を含む細～中～粗粒砂からなっている。化石としては、1号井を除いて、むしろ海棲種（おもに珪藻）の方が多く、大半は海岸に近い浅海底に堆積したものである。下位層との関係は、周辺の諸地域に分布する同一の、あるいは近い層準を占める諸層との関係から見て、不整合と推定される。

(4) D 層

本層以下はこれまで未区分洪積層とされていたものである。本層の上部に、調査地域の東部（1号井および2号井）においては、各種のロームおよび粘土からなるが、西部（3号井および4号井）においては、砂層と泥質層（各種のロームおよび粘土）の互層からなる。一方、本層の中・下部は主として粗粒砂および礫まじりの粗粒砂からなり、ときに各種のロームを挟有する。化石から見ると、本層の上部に大部分内湾の浅海成の堆積物であるが、2号井においては、一部に淡水棲の珪藻の化石が卓越していることは、注目に値する。また、中・下部に挟有されるローム層からも、内湾の浅海成の堆積物であることを示す化石を産し、本層全体としても、その大部分はこのような環境の堆積物と考えられる。本総合研究の第1報その2で強調しておいたように、本層と下位のE層との関係は不整合である。

(5) E 層

1号井においては、本層はさらにE₁～の8つに細分される（第1報その2参照）。E₁層およびE₂層のように、上位の奇数番号のものと、その下の偶数番号のものと、それぞれ1組の小

輪廻層をなしている。地表における同様の小輪廻層のくり返しからなる累層の状態から類推すると、偶数番号の砂質層と、奇数番号の泥質層との間に、ダイアステム程度のもが存在する可能性もある。層相および化石から見て、E層は全体として扇状地様三角洲の堆積物であろう。昭和42年度の3試験井の中では、2号井のみが本層に到達しており、本試験井はE₂層の中で掘止めとなっている。本層のE₁層は主としてシルト質粘土ロームからなり、また、E₂層は主として軽石まじりの細・中・粗粒砂からなり、厚薄さまざまの各種のローム層を挟有する。

以上の各層の層位について略述すれば、A層は沖積層、B層は沖積層の下部あるいは洪積層の最上部（沖積層の定義如何による）、C層はグェルム氷期の中頃の堆積物、D層はリスグェルム間氷期の堆積物、また、E層はミンデルーリス間氷期の堆積物である。（第1報その2参照）。

2.5 坑井地質特論

2.5.1 有孔虫

群集型を論ずるに足りるほど有孔虫化石が検出されたのはA層だけである。本層は典型的な内湾型の *Ammonia cf. beccarii* 群集によって特徴づけられている。島原海湾層も、あえていえば、同型の群集で特徴づけられているが、個体数が少ないため、明確でない。C層以下の泥質層についても同様である。

2.5.2 珪藻

珪藻化石は、採取されたコアの大部分から検出された。よく知られているように、珪藻には、淡水棲のものと海水棲のものとがあり、両者の区別が容易なので、その化石は堆積環境の大きな判定にきわめて有効である。この見地から、B層の中部およびE層の偶数番号の砂質層に挟有される泥質層に、淡水棲の珪藻だけが見出されていることは、きわめて興味深く、かつ、重要な事実である。

2.5.3 花粉

花粉化石を多産するのはA層、次いでB層で、C層以下には、花粉化石は非常に少ない。A層の上部には、*Quercus*型の花粉を多産し、針葉樹のものをまじえるのに対して、A層の下部およびB層には、*Alnus*型のものが多く、針葉樹のものを欠く。

2.5.4 重鉱物

砂質層に含まれる重鉱物の組成には、垂直方向には見るべき変化が認められなかったが、水平方向には顕著な変化が認められた。すなわち、昭和40・41両年度にわたって掘さくされた1～4号井のうち、もっとも東の2号井の試料には、普通角閃石が全層準にわたって認められ、これに紫蘇輝石が加っている場合が多く、火山岩の影響が非常に強く認められるのに対して、残りの3試験井の試料には、青緑色角閃石が全層準にわたって認められ、それに伴って緑簾石などが見られ、堆

表3-2 2号井の土質試験結果（抜萃）

層位		A	A	B	D	D
試料番号		S1	S4	S6	D2	D10
採取深度 (m)		3.50~4.50	1.250 ~1.350	2.200 ~2.300	3.800 ~3.950	7.430 ~7.545
土質分類		シルト質粘土ローム	粘土質ローム	シルト質粘土	シルト質ローム	ローム
粒度 分 析	礫 (φ)	0	0	0	0	0
	砂 (φ)	25.0	30.0	3.0	24.0	49.0
	シルト (φ)	52.0	49.5	66.0	58.0	37.0
	粘土 (φ)	23.0	20.5	31.0	18.0	14.0
乱されない圧縮強度 q_u (kg/cm ²)		0.290	1.570	0.640	1.090	0.580
圧密初期間隙比 e		2.648	1.830	1.451	1.996	1.690
先行荷重 P_o (kg/cm ²)		0.470	1.60	1.50	4.70	8.00
圧縮指数 C_c		1.03	0.43	0.48	1.17	1.12
自然含水比 w (%)		105.31	70.74	55.37	72.66	51.28
自然飽和度 S (%)		101.77	104.69	103.72	105.33	98.87
自然密度 γ_t (g/cm ³)		1.445	1.610	1.701	1.623	1.699
真比重 G_s		2.620	2.593	2.632	2.666	2.679

E	E	E	E	E	E	E
D14	D15	D19	D20	D22	D25	D27
85.95 ~87.50	87.50 ~88.90	93.85 ~94.60	94.60 ~96.10	97.25 ~98.15	102.25 ~103.60	106.70 ~107.60
シルト質粘土ローム	シルト質粘土ローム	シルト質ローム	シルト質ローム	ローム	ローム	砂質ローム
0	0	0	0	0	0	0
60	60	170	330	460	430	520
690	720	650	545	420	450	350
250	220	180	125	120	120	130
3340	3410	0970	9560	076	637	927
2765	2435	2120				
510	700	710				
1.83	1.41	0.87				
7839	8432	5056	3646	4851	4906	6715
10047	9693	8834	8896	8523	9650	10665
1.537	1.478	1.595	1.733	1.557	1.678	1.657
2.626	2.643	2.689	2.645	2.597	2.628	2.638

表3-3 3号井の土質試験結果(抜萃)

層位		A	B	D	D
試料番号		S2	S4	D2	D6
採取深度 (m)		7.50~8.50	17.00~18.00	33.00~34.40	46.60~47.20
土質分類		シルト質粘土	シルト質ローム	シルト質粘土ローム	粘土質ローム
粒度分析	礫 (%)	0	0	0	0
	砂 (%)	5.0	2.5	13.0	23.5
	シルト (%)	56.0	86.0	58.5	49.0
	粘土 (%)	39.0	11.5	28.5	27.5
乱されない圧縮強度	qu (kg/cm ²)	0.29	0.37	1.84	0.72
圧密初期間隙比	e	3.058	3.037	2.659	0.871
先行荷重	Po (kg/cm ²)	0.45	0.49	4.50	5.00
圧縮指数	Cc	0.822	1.280	4.81	0.252
自然含水比	w (%)	121.96	117.32	103.74	36.32
自然飽和度	S (%)	100.85	101.27	97.41	95.88
自然密度	γt (g/cm ³)	1.397	1.413	1.409	1.834
真比重	Gs	2.629	2.632	2.620	2.743

表3-4 4号井の土質試験結果(抜萃)

層位		A	B	C	D
試料番号		S2	S5	D2	D6
採取深度 (m)		5.00~6.00	20.00~21.00	28.30~29.50	40.60~42.00
土質分類		シルト質粘土ローム	シルト質粘土	ローム	砂質ローム
粒度分析	礫 (%)	0	0	0	0
	砂 (%)	6.0	8.0	41.0	54.0
	シルト (%)	66.0	61.0	42.0	31.5
	粘土 (%)	28.0	31.0	17.0	14.5
乱されない圧縮強度	qu (kg/cm ²)	0.17	0.23	0.88	1.05
圧密初期間隙比	e	3.228	2.740	0.897	1.641
先行荷重	Po (kg/cm ²)	0.37	0.38	4.70	5.00
圧縮指数	Cc	2.087	1.402	0.227	0.436
自然含水比	w (%)	129.04	108.10	37.45	71.28
自然飽和度	S (%)	101.94	112.16	91.82	116.33
自然密度	γt (g/cm ³)	1.386	1.542	1.750	1.744
真比重	Gs	2.607	2.593	2.648	2.706

積物のおもな供給源が変成岩であったことを示している。

2.5.5 物 性

2～4号井から採取されたコアについて行なわれた土質試験の結果から、力学試験まで行なわれたもののみを抜き出し、かつ、要約したものが、表3-2～4である。これらの表に示された物性のなかで、応用上とくに注目されるのは、A層の圧縮強度がきわめて小さいこと、および、先行荷重の値が、一般に、正規圧密あるいは多少の過少

圧密の状態を示していることである。

3. 有明粘土層の厚さの分布

図3-2は有明海北岸低地における有明粘土層、すなわち、坑井地質のところ述べてA層の厚さの分布を示したものである。同様の図面は前回の報告（第1報その2）にも添付されているが、当時資料不足のため等層厚線を描き得なかった部分についても、昭和41年度に行なわれた試験井による調査の結果、等厚線を描くことが可能になった。また、図3-2を、臨海部については、有明

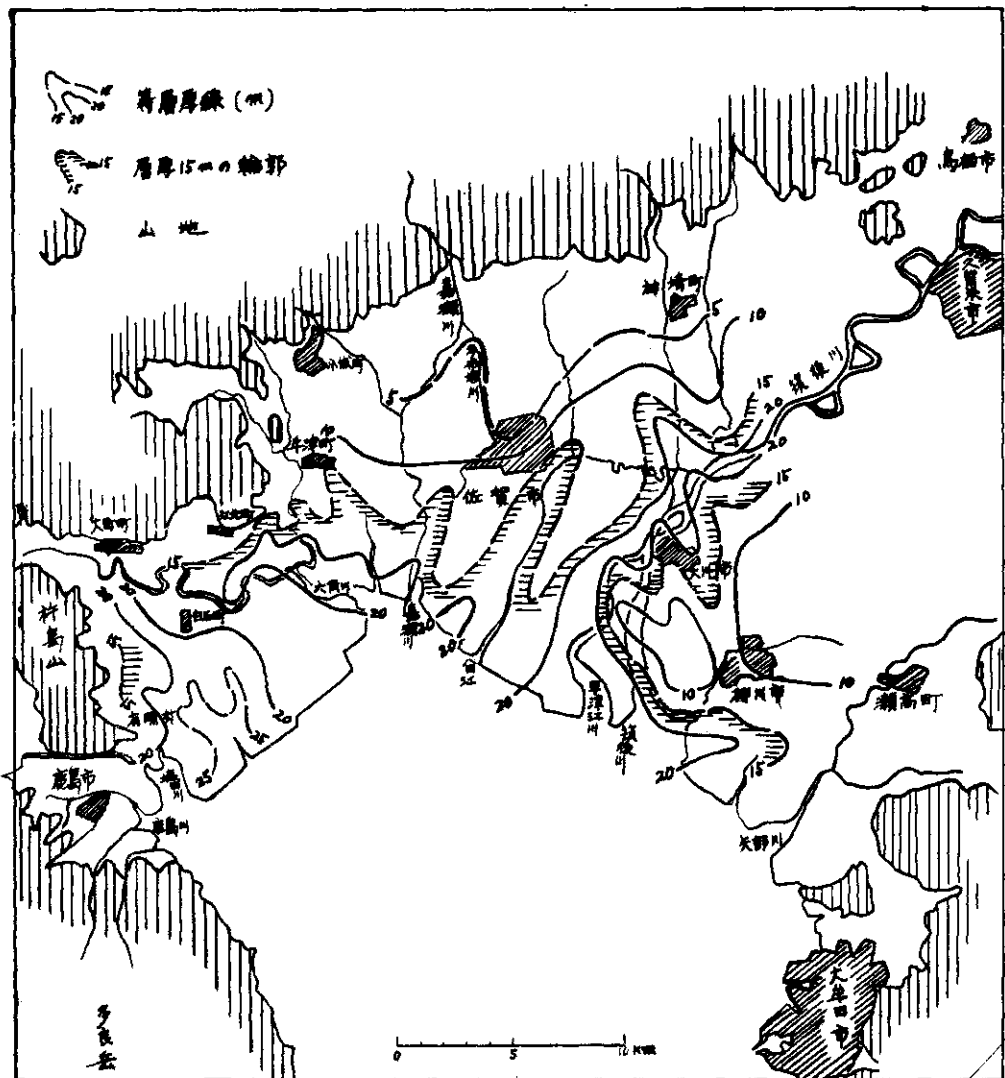


図3-2 有明粘土層の等層厚線図

粘土層の下底の等深線図と見なすことができることは、前回の報告において指摘しておいたとおりである。

図3-2から容易に読みとれるように、有明粘土層がとくに厚いところは、大局的に見ると、4ヶ所ある。なかでも顕著なのは、早津江川の下流部に位置するもので、川副町犬井道から、筑後川と早津江川とに挟まれた中洲の南端にわたる谷底状の30mの等層厚線で囲まれた部分を含んでいる。

これに次いで著しいのは、六角川の南側のいわゆる白石平野に発達するもので、現在の陸域には、有明粘土層の厚さが30mをこえる部分こそ見られないが、臨海部には、谷底状の25mの等層厚線で囲まれた部分がある。また、20mの等層厚線で囲まれた部分は、北西方向に延びて、大町町の南方にまで及んでいる。

第3は六角川および嘉瀬川の下流部に発達するもので、等層厚線、とくに、15mの等層厚線は、かなり複雑な形を示している。残りの一つは嘉瀬川および八田江の河口からほぼ北東方向に延びて、佐賀市の東部に達するもので、およそ1本の谷型の基盤地形を推測させる。

4. E層中の地下水の水比抵抗の分布

水比抵抗・水質・水温・水圧等の地下水の諸要素は、一般に、同一地点においても、地層の層位的な大区分ごとに、異なる数値を示すものである。有明海北岸低地の地下水も、この一般原則にもれず、先に述べたA、B、C、DおよびEの各層ごとに、それぞれ明瞭に区別できる諸要素の数値が得られている。したがって、地下水の諸要素の水平的な分布状態は、各層ごとに分けて表現されなければならないのであるが、現実には、このような表現方法が採用された例は、あまり多くない。水比抵抗は、地下水の諸要素のなかでも、測定が容易なばかりでなく、水質を総合的に判断し得る資料を提供するものとして、とくに重要なものである。

有明海北岸低地の地下水を水理地質学的に見ると、A層、B層、C層およびD層の各層に相当する地層中の地下水は、一般にCl⁻濃度が高く、良質のものは少ない。これに対して、E層に相当する地層中の地下水は、以上の4層のものに比べて、比較的良質のものが多ければならず、量的にも、上位の諸層中のものを圧倒している。

以上に述べたような観点から、前回の報告(第1報、その2)においても、E層に相当する地層中の地下水の水比抵抗の水平分布について述べたが、これは、地下水の開発の進展とともに変わっていくものである。

図3-3は、昭和41年月現在のE層に相当する地層中の地下水の水比抵抗値について、その水平分布を示したものである。水比抵抗値は、それぞれの地域および地層の水理地質学的条件によって、それぞれ固有の意味をもつのであって、本地域において、水比抵抗値がとくに小さい値を示す場合は、Cl⁻濃度と負の相関関係にあるものと見なしてよい。

本図において、水比抵抗値が3.000Ω-cm以下を示す範囲は、Cl⁻濃度が20ppmを超えている。これは、E層相当層中の地下水のような被圧地下水の場合には、異常に大きな値である。

この場合、種々の条件によって、E層相当層ばかりでなく、さらに上位の地層の地下水が混入している疑いのあるものも多少含まれているが、一般的には、水質およびCH₄の発生状況等から推定すると、このような地下水は、現在の海水がそのままの形で急速に侵入したものではなく、水溶型天然ガスの付随水に対比される化石水に他ならない。

ところで、この化石水は、元来E層相当層の堆積盆地の水理地質学的盆央部に集中する形をとっていたものであるが、最近の深井戸による大量揚水の影響を受けて、その分布形態はやや複雑なものに変化しつつあることを考慮しなければならない。また、堆積・埋没後現在にいたるまでの、自然状態における淡水の侵透の影響も、考慮に入れる必要がある。

有明村から白石町・福富町にわたる地域については、最近における揚水状況、および、前回の報告(第1報その2)における状態と、図3-3との相違等から、明らかに人為的な要因による化石水の内陸側への侵入が考えられる。これを裏返せば、E層相当層に対する天水の供給が、揚水量を下まわっていることを示している。また、この天水の供給は、地質時代においても、量的に優勢なものであったとは考えられない。これに対して、佐賀市の北西方における嘉瀬川および多布施川の沿岸の伏流水、ならびに、山麓斜面からの天水の天水の供給は、地質時代を通じて、活潑に行なわ

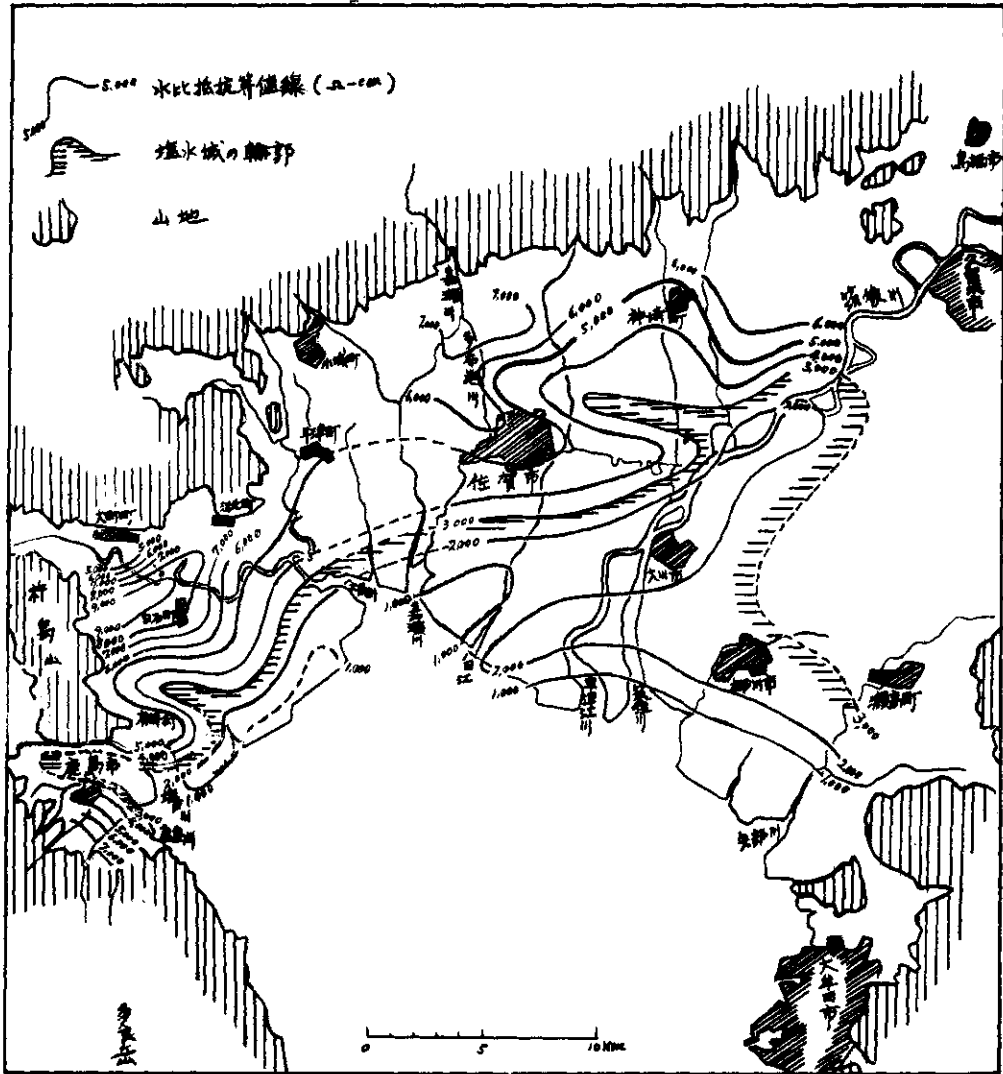


図3-3 E層相当層中の被圧地下水の水比抵抗等値線図

れてきた形跡がある。

5. 地盤沈下

白石平野の地盤沈下や、大町・江北両町における石炭の採掘に伴う陥没が注目されるようになってから、すでに久しいが、有明海北岸低地の各所において、地盤沈下が急速に進み、新しい内水氾濫の場が誕生・拡大しつつあることが明らかにされたのは最近のことで、今次の水害防止に関する総合研究の一環として行なわれた地形地盤に関する研究に負うところがきわめて大きい（第1報その

2参照）。しかし、これらの地盤沈下が、伏在する地層のどの部分の収縮によるものか、また、その具体的な原因に関する究明については、今後の研究課題として残されていた観がある。本稿においては、まず、本低地の地盤沈下の概要について略述し、次いで、上記の問題の解明に役立つ江北町の地盤沈下について、ややくわしく述べることにする。

5.1 概要

一等水準点の改測によって知られた有明海北岸

低地の1893～1963年間の地盤沈下については、すでに第1報その2(14頁, 図3-5, 6)において明らかにされている。上記の両図と図3-2とを比べて見ると明らかなように、70年間という長い期間をとった場合の地盤沈下量は、他の海岸低地の場合と同様に、沖積粘土層(この場合には有明粘土層)の厚いところほど大きいように見える。しかし、図3-4に示された最近の地盤沈下の状況と、有明粘土層の厚さの分布との関係をくわしく検討して見ると、必ずしも長期間をとった場合と同じ傾向を示していないことが知られる。

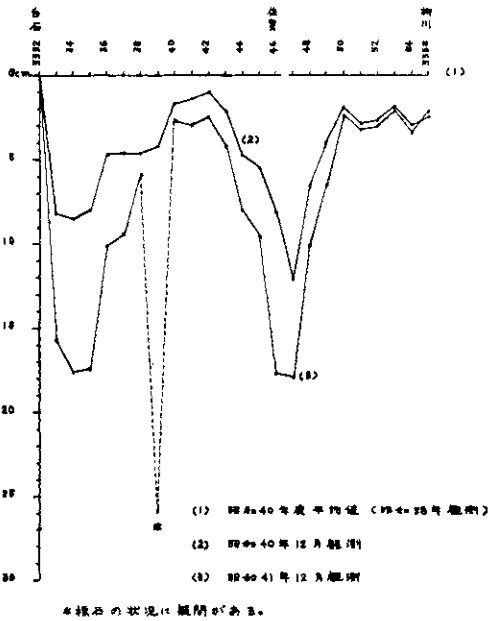


図3-4 昭和38年11月から同40年12月および同41年12月までの間の一等水準点の変動量

この点でとくに顕著なのは、水準点3346の昭和40年12月～同41年12月の最近1年間の沈下量が10cm近くに達していることによって代表されるように、有明粘土層の厚さが5mに満たない佐賀市の中心部が、最近大きな速度をもって沈下していることである。その原因は、恐らく、最近におけるクーラーの急速な普及に伴って、比較的浅層の地下水の揚水が急増したことにありと思われるが、この点については、さらにくわしい調査・研究が必要である。いずれにしても、このまま放置したならば、とり返しのつかないこと

になりかねないので、市当局の勇断により、この問題に関する徹底的な調査・研究が、研究実績の豊富を国立試験研究機関の技術指導のもとに、早急に行なわれることを期待する。

海岸低地の地盤沈下問題を取り扱うに当たって、とくに注意しなければならないことが1つある。それは、このような低地が、一般に、ある範囲にわたってほとんど水平に横たわる洪積層の上に、その表面を刻んだ谷を埋めるような形で堆積した軟弱な泥質層を主とする沖積層からなっているため、沖積層の厚さの相違による収縮量の相違だけが目立ち、ある範囲にわたってそれほど変化のない洪積層の収縮が見逃され勝ちなことである。1号井から採取されたコアの土質試験の結果から、有明海北岸低地に伏在する洪積層も、近年の過剰揚水によって、かなりの収縮を起していると考えられることは、すでに第1報その2において指摘しておいたとおりであるが、次に述べるように、江北町の地盤沈下の調査・研究の結果、この考えの正しかったことが立証された。

5.2 江北町の地盤沈下

江北町は佐賀県のほぼ中央に位置し、町の南半部の低地は、佐賀平野の西部の一角を占めている。また、江北町は、国鉄の長崎本線と佐世保線、ならびに、1級国道34号線と2級国道207号線の分岐点としても知られているが、最近、この人口1万5千人足らずのこの町を有名にしたのは、石炭の採掘に伴う相次ぐ公害と、公害かどうかで話題になった中学校の昭和40年3月に竣工した体育館の損傷事件とである。以下に述べることは、今次の総合研究の一環として行なった研究、および、江北町当局よりの依頼によって行なった受託調査の結果の概要である。

5.2.1 深井戸の抜け上りによって知られた地盤沈下

江北町地内のデルタ低地には、現在9本の深井戸があるが、これらのなかで資料が散逸している南郷西部の1本を除いた8本は、図3-5および表3-5に示すとおりである。この図と表とを比較・対照して見ると明らかなように、年間の平均抜け上り量が大きい(25～63mm)深井戸は、すべて白石町および福富町に接したところに分布している。すなわち、この地盤沈下地域は、南の白石町および福富町の顕著な地盤沈下地域と1体をなすものである。このことは、白石平野を

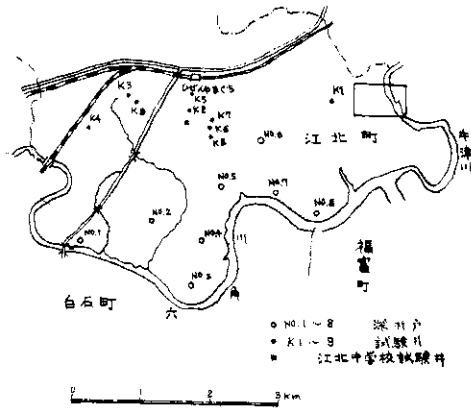


図3-5 江北町における深井戸および試験井の分布

中心とする地域の水位分布を示した図(第1報その2, 35頁, 図6-3)からも明らかである。

この地域の地盤沈下についてとくに注目されるのは, 表3-5に示された年間平均抜け上り量が簡易沈下計によって観測された隣接する白石平野の有明粘土層の年間収縮量(昭和38年9月~同39年8月)をはるかに上まわっていることである。とりも直さず, これは, 江北・福富・白石の3町にまたがる地域の地盤沈下が, 有明粘土層の収縮ばかりでなく, 地下に伏在する洪積層の収縮にもよるところが大きいことを示している。とくに, 直接揚水されているB層相当層中の泥質層の収縮に負うところが大きいに相違ない。簡易沈下計から読みとれる沈下量をもって, 直ちに地盤沈下量としてはならないことは, 有明粘土層の基底に基礎をもたせた簡易沈下計の構造から明らかである。

表3-5 江北町における深井戸の抜け上り状況一覧

番号	位置	深度	ストレナー	竣工年月日	抜け上り量	年間平均抜け上り量
1	南郷	200.0 m	93 ~ 170 m (8ヶ所)	32. 3.31	25 cm	25 mm
2	八丁北区	156.0 m	56.5 ~ 153 m (6ヶ所)	31. 7.13	68 cm	63 mm
3	八丁村内	166.5 m	75 ~ 159 m (10ヶ所)	29. 8.26	40 cm	31 mm
4	八丁村内	140.0 m	32.5 ~ 139.5 m (7ヶ所)	36.10. 6	15 cm	27 mm
5	佐留志上分	92.2 m	39 ~ 88 m (4ヶ所)	33. 9.30	5.6 cm	6.3 mm
6	佐留志下分	146.0 m	28 ~ 139.5 m (3ヶ所)	35. 9.10	6.0 cm	9.0 mm
7	佐留志三徳	160.0 m	40 ~ 171 m (13ヶ所)	38. 3.31	19 cm	46 mm
8	惣領分新渡	180.0 m	104 ~ 152.5 m (3ヶ所)	37. 7.28	22 cm	45 mm

(昭和42年5月10日調査)

5.2.2 江北中学校付近の地盤沈下

江北中学校付近の地盤が最近急速に沈下していることは, 去る昭和40年3月に竣工したばかりの同校の体育館が, 同年8月頃から, 不等沈下によって著しく変形・損傷してきたため, 著者の1人福田の指導のもとに, 江北町当局が行った調査によって明らかにされた。ちなみに, 江北中学校は肥前山口駅の真南約700mのところの位置し, 体育館は校庭のほぼ中央部の西寄りのところに建設された。(図3-5)本体育館の規模および構造の概要は, それぞれ次に示すとおりである。

規模

張間	27.00 m
桁行	40.50 m
軒高	7.00 m

構造

基礎 鉄筋コンクリート

杭打 桁行にのみ片側10本, 計20本
 コンクリート杭 300m/mφ
 打込み 18.00 m

鉄骨造平家建

本体育館の変形・損傷状況のあらましは, 次に列挙するとおりである。

- (1) 建物の基礎廻りと犬走りとの間に間隙ができています。
- (2) 犬走りおよび側溝に割れ目が出ています。
- (3) 妻壁の主フレーム肩の部分に開きが出ています。
- (4) 妻壁の胴つなぎに傾斜ができたため, 壁と柱との間に間隙ができ, 一部に割れ目を生じています。
- (5) 西側の妻壁の外壁が外側に張り出し, かつ

落ちている。

(6) 下端が犬走りに固定された屋外の階段に傾きを生じている。

(7) 一部の柱に撓みを生じ、継ぎ梁が移動している。

(8) 基礎内部の一部のアンカーボルト付近に割れ目ができている。

(9) 一部の妻柱の庇の取付け部分に割れ目ができている。

(10) 館内の床がフライパン状に沈下している。

(11) 桁行の基礎には沈下の目立つものはないが、妻側の基礎はすべて著しく沈下している。

以上の変形・損傷の状況は、コンクリート杭打ちが行なわれた部分には見るべき沈下がなく、本体育館の周囲が、相当広範囲にわたって、ほぼ一体に沈下したほか、体育館内部でさらに著しい沈下が行なわれた結果であるとしなければ、説明ができない。このうち、体育館内部の著しい沈下は、明らかに、本体育館の周囲に見られる一般的な沈下に、館内の基礎にかかる荷重による沈下が加わったものである。

江北町役場では、この体育館の変形・損傷に一役買った周囲の地盤沈下の状況を明らかにするため、昭和41年9月22日を第1回とし、以後月に1~2回、体育館周囲の地盤高の測定を行なっている。竣工時~昭和41年9月(約19ヶ月間)および竣工時~昭和42年3月(約25ヶ月間)について算出された平均月間沈下量が近い値を示す場合について見ると、その値が4~6mm/月前後のものが圧倒的に多く、本体育館の周囲の地

盤は、相当広い範囲にわたって、この程度の速度で沈下していると考えられる。また、本体育館の東側に接して設置された簡易沈下計(図3-5)は、設置時(昭和41年12月20日)から昭和42年5月10日にいたる約4.6ヶ月間に、27mmの沈下が行なわれていることを示している。これから算出される月間平均沈下量は5.8mm/月であって、上に述べた地盤高の測定から推定された値にきわめて近い。

以上に述べたことから、本体育館の周囲の地盤が月間約5mm、すなわち年間約6cmの速度で沈下していることは確実である。また、本体育館が竣工してから昭和42年3月までの約25ヶ月間の周囲の土地の総沈下量は、およそ125mmにも達してはいたらずであり、一部でいわれているように、これが本体育館の変形・損傷に無関係であるとは、到底考えられない。

上に述べた地盤高の測定は、本体育館の北西隅のコンクリート杭上の基礎を不動点として行なわれており、また、簡易沈下計は、白石平野のものと同様に、有明粘土層の基底に基礎をもたせたものであるから、上に沈下量としたものは、厳密に言えば、有明粘土層の収縮による部分だけであることに注意されたい。しかし、本体育館の変形・損傷の問題を考える場合には、それで差し支えないはずである。また、江北中学校は大町断層より北側に位置しており、ここでは、本断層の南側に比べて、C層相当層以下の洪積層の発達がきわめて悪く、とくにE層およびF層の相当層——恐らくはD層相当層も——は欠除していると想定され

表3-6 江北中学校試験井の土質試験結果(抜萃)

試料番号		S ₁₋₁	S ₁₋₂	S ₁₋₃	S ₁₋₄	S ₁₋₅	D ₅₋₁
採取深度(m)		2.00	5.00	8.00	11.00	14.00	25.00
土質分類		~2.80	~5.80	~8.80	~11.90	~14.90	~25.80
		粘土	粘土	粘土	シルト質粘土	粘土	粘土
粒度分析	隙(%)	0	0	0	0	0	0
	砂(%)	0	4	4	2	0	20
	シルト(%)	32	46	49	64	25	23
	粘土(%)	68	50	47	34	75	51
乱されない圧縮強度 qu (kg/cm ²)		0.12	0.14	0.24	0.28	0.45	0.78
圧密初期間隙比 e		3.77	2.46	3.62	2.88	2.44	2.41
先行荷重 Po (kg/cm ²)		0.32	0.42	0.45	0.63	1.10	4.60
圧縮指数 Cc		1.82	0.94	1.95	1.37	1.08	1.23
自然含水比 w (%)		167.0	130.0	117.6	99.8	87.8	85.0
自然飽和度 S (%)		100	100	100	100	97.0	100
自然密度 rt (g/cm ³)		1.33	1.39	1.40	1.44	1.46	1.49
真比重 Gs		2.479	2.485	2.555	2.540	2.555	2.426

るので、厳密な意味での地盤沈下量が上に述べた沈下量を上まわることがあっても、その量は僅かであると考えられる。

この体育館の周辺の地盤沈下の原因を明らかにするため、江北町役場では、著者の1人福田の助言に基づき、基礎地盤コンサルタンツ（株）に依頼して、本体育館のもより地点に試験井を掘さくし、各種の観測・試験を行なった。上に述べた簡易沈下計は、この試験井を利用して設置されたものである。

本試験井から採取された試料について行なわれた土質試験の結果は、表3-6に示すとおりである。また、本表の圧密先行荷重、本試験井掘さくの途中で、5深度点において測定された間隙水圧、および算出された有効鉛直土圧を深度に対してプロットしたのが図3-6である。本図から明らか

B層相当層（この付近で第1帯水層と呼ばれているもの）およびそれに接する上位の有明粘土層からの脱水に起因するものであることを示すものである。

このことは、最近のような著しい地盤沈下が起る前のこの付近の地下の様子がわかっていたら、さらに明らかになるはずである。幸い、数年前に行なわれたこの付近の鉞害調査の際に掘さくされた9本の試験井（図3-5）のうち、K2井は今回の試験井の北方約160mのところの位置しており、採取された試料について、各種の土質試験が行なわれている。その資料（九州大学工学部土木教室水野研究室、1962）に基づいて、K2井における圧密先行荷重および有効鉛直土圧の鉛直分布を示したものが図3-7である。本図における有効鉛直土圧は、有明粘土層中の水位が地表

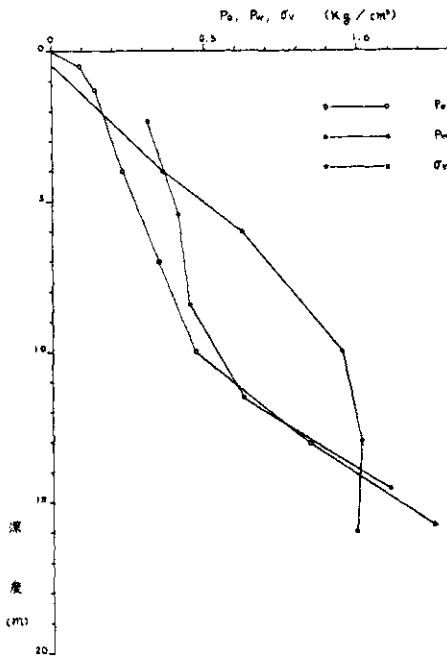


図3-6 江北中学校試験井における圧密先行荷重(P_0)、間隙水圧(P_w)および有効鉛直土圧(σ_v)の鉛直分布

なように、本試験井においては、間隙水圧は深度10m以下でほとんど変化せず、かつ、このような間隙水圧分布を考慮に入れて算出した有効鉛直土圧と圧密先行荷重とは、かなり近い値をとっている。これは、本体育館周辺の最近の地盤沈下が、

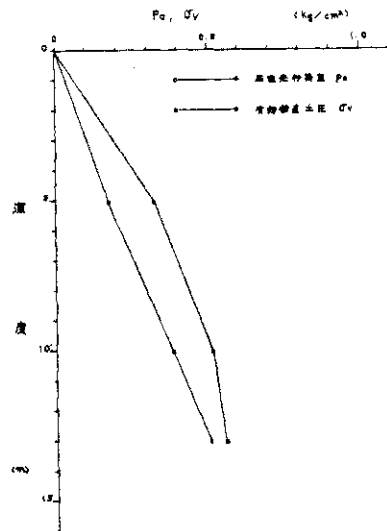


図3-7 K2井における圧密先行荷重(P_0)および有効鉛直土圧(σ_v)の鉛直分布

面に達しているとして算出されているため、実際には、圧密先行荷重は有効鉛直土圧にさらに近い値をとっていたと考えられる。すなわち、江北中学校付近の土地は、数年前すでに、人為的な要因による間隙水圧の低下、あるいは荷重が加えられることがなければ、最近のような著しい地盤沈下を起し得ない状態に達していたに相違ない。

以上に述べたことから明らかのように、江北中

学校体育館周辺の最近の著しい地盤沈下は、何等かの要因による間隙水圧の低下に起因するものである。江北中学校付近において、このような間隙水圧の低下を起させる大量の揚水を行なっているのは、杵島炭鉱(株)だけである。江北町当局の調査によれば、現在、4坑および5坑の2ヶ所から、1日約25,900トンの揚水が行なわれており、しかも、とくに関係が深いと考えられる5坑からは、その約6割の15,540トン程度の揚水が行なわれていると推定している。また、昭和37年12月に行なわれた調査(鬼怒川ボーリング, 1961, 1962)によれば、図3-1のK5井の第1帯水層に対して投入された蛍光剤およびNH₄Clが、坑内の流水および落水の中に検出されている。そして、その後も石炭の採掘が進められているのであるから、現在同様の試験を行なえば、さらに大量の投入薬品が坑内の流水および落水の中に検出されるに相違ない。それ故、余程の特殊事情のあることが証明されない限り、上に述べた地盤沈下の原因の大部分は、杵島炭鉱(株)の揚水にあるものと考えざるを得ない。

5.2.3 惣領分下惣～正徳付近の地盤沈下

江北町地内の沖積低地の東部を占める惣領分～下惣～正徳付近に、不等沈下が目立つようになったのは、昭和41年の夏頃からである。この地方においては、6月15日～20日頃、水入れ・代掻きを行ない、田植は6月25～7月10日頃行なわれるが、昭和41年のこの頃までは、上記下惣～正徳付近の田には、異常らしいものが認められなかった。ところが、8月上旬に、土用干しのため1度水を落とし、次いで再び水を入れようとしたところ、それまで1枚の田であった中に、不等沈下を示す段ができてしまったため、仮畦畔を作らなければ、全面に水を入れることができなところ、かなり広域にわたって認められた。また、このようなひどい段をつくるほどではないが、不等沈下による地割れ(クラック)も、相次いで認められるようになった。以上に述べたことから、この地の不等沈下が目立つ現象となったのが、昭和41年の夏頃からであることは明らかである。

図3-8は、この種の仮畦畔および地割れの昭和42年5月現在の分布と規模とを示したものである。本図から明らかなように、この仮畦畔および地割れは、ほぼ東西方向に、約500mにわた

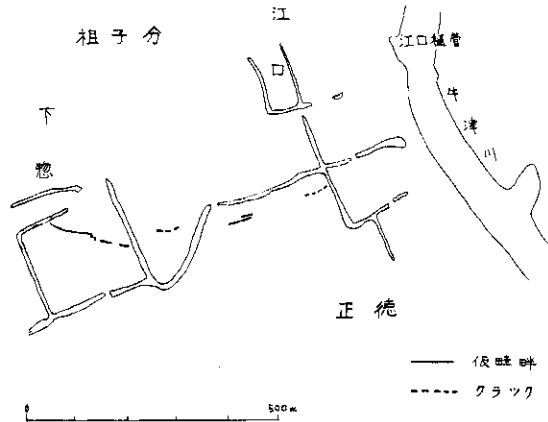


図3-8 江北町江口～正徳付近における仮畦畔および地割れ(クラック)の分布

って、規則的な分布を示している。そして、大きく見ると、石炭の採掘現場の方に向かって、高低差が増している。ちなみに、高低差は2～7cm(南落ち)である。また、図3-8と杵島炭坑内外対照図(福岡通産局鉱害課資料、第1報その2、18頁、図3-11参照)とを比較・対照して見ると、この仮畦畔および地割れは、大町断層の延長方向に当たっていることが知られる。上述の杵島炭坑内外対照図によれば、大町断層は南落ちで、落差は200mである。

現在、この不等沈下の原因を考える上に手掛りになるものといえば、不等沈下の事実そのものと、その方向性があるだけである。この方向性に結びつけ得るこの付近の地質学的特徴としては、大町断層と、その南・北両側における洪積層の厚さの著しい相違が挙げられる。本断層の南側においては、北側に比べて、洪積層の厚さが著しく大きいので、このような洪積層から過剰の揚水が行なわれた場合、上に述べたような不等沈下が起ることは、きわめて考え易いことといわなければならない。また、上述の不等沈下と地下地質との関係から見ると、この不等沈下はさらに東西方向——とくに東方——に波及する可能性が強いので、早急に原因究明のための具体的な計画を立て、かつ、その実施に踏み切る必要がある。

6. むすび

第1報その2において、すでに指摘しておいたように、有明海北岸低地のような沖積平野におけ

る水害防止と地質との関係については、2つの問題に大別して考えるのが便利である。その1つは、ある時点の自然的ならびに人為的な地表の状態において、内水氾濫が起った場合、表層部の地質によって、冠水の状態や滞水の期間等にどのような差を生ずるかという問題である。しかし、この種の問題は、地形分類の立場から、一般に地形学者によって研究されており、今次の総合研究においても、別に分担が定められているので、ここでは、これまでに水害によって大きな被害を蒙ったところが、図3-2に示された有明粘土層の厚いところ、とくにその厚さが15~20mをこえるところによく一致することを記するに止める。

他の1つは、現在の地盤高の分布が、今後どのように変化するかを、地下地質の面から、ある程度まで予測することである。ここでもとくに問題になるのは、先に述べた江北中学校周辺の地盤沈下に関する調査・研究の結果からも明らかのように、有明粘土層がきわめて脱水収縮を起し易いことである。これまで、有明粘土層の厚いところが、地盤沈下の要注意地域として挙げられていたが、佐賀市内の最近の著しい地盤沈下からも明らかのように、有明粘土層の厚さが数mほどしかないとこでも、浅層からの過剰揚水による脱水収縮が急速に進行するものと考えざるを得ない。佐賀市の現状は、早急に対策を講じない限り、水害時に危険なところを生むばかりでなく、基礎の浅い建物に、不等沈下による大きな被害を与えることを警告している。

さらに悪いことに、今次の総合研究によって掘さくされた4本の試験井の試料の力学試験の結果は、有明粘土層の下に伏在する各種の洪積層中の泥質層にも、過剰圧密の状態にあるものがほとんどないこと、すなわち、間隙水圧の低下があれば、直ちに地層の収縮が行なわれることを示している。また、現に地盤沈下量として観測されている数字の中に、洪積層の収縮によるものが相当含まれていることは、江北町南部の低地について明らかにされたことも、先に述べたとおりである。

要するに、有明海北岸低地においては、伏在する各地層について、それぞれの地点における供給量を上まわる揚水が行なわれれば、直ちに地盤沈下現象が起るのである。その上、先に述べたように、もっともよい帯水層を含むE層に対する水の供給が、白石平野等においては、これまで考えら

れていた以上に少ないのだから救われぬ。そこで、深井戸をまとめて掘るような場合には、それに先立つ徹底的な調査・研究が要求されるが、これまで、このようなことはまったく行なわれていない。すなわち、白石平野等における地盤沈下の大半は人災である。

以上に述べたように、有明海北岸低地においては、供給を上まわる揚水が、新しい内水氾濫の場を生みつつあるが、さりとて、地下水の採取を全面的に禁止することもできない。そこで、現状をこれ以上悪化させないために、次の提案を行なって、本稿のむすびの言葉とする。

- (1) 各市町村ごとに地質調査、ならびに地盤沈下および地下水採取の実態調査を行なう。
- (2) 上記調査の結果の総合解析を果が行なう。
- (3) 上記の諸調査を通じて、各地区ごとに、地層別の最大許容揚水量を明らかにする。
- (4) 水の需要量と上記の最大許容揚水量の合議（使用に耐える地下水のみ）との差を算定し、この分を地表水でまかなう方策を講ずる。

上記の4項の中で、とくに早急に行なわなければならないのは、いうまでもなく、(1)であり、先にとくにとり上げた佐賀市については、手おくれにならないように警告しておく。

その他、地下水のいわゆる塩水化の問題や、荷重による地盤沈下の問題等、本低地において、地質学的見地から検討しなければならない問題が残されているが、これらについては、地元地方自治体の要請による受託調査制度の活用の道があること、および、事前調査の不備による被害がすでに出ていることを指摘するに止める。

最後に、本調査に寄せられた地元地方自治体ならびに住民の御協力に対し、深く感謝の意を表する。