

佐賀平野の地質と佐賀市の地盤沈下

福田 理・砥川 隆二

1. ま え が き

地盤沈下といえば 東京・大阪・新潟などのように軟弱な沖積層が厚く発達した臨海低地において 地下水の汲みすぎによって起こるものと考えがちであるが 最近では 思わぬところに地盤沈下が起こっていることが注目されるに至った。佐賀市もその1例で 海岸線からかなり遠く しかも沖積層が薄い中心街に ここ数年来著しい地盤沈下現象が見られるようになって 市民をあわてさせている。もっとも 一般市民の多くは 家屋その他の建造物に地盤沈下による被害が出ても それが地盤沈下によるものであることに気づかず 市当局がとり上げるまで なり行きまかせであったのは 地学教育が極度に圧縮されている現在の小・中・高等教育制度下にあつては 止むを得ないことかも知れない。

現地から判断すると 佐賀市の地盤沈下は 大量に揚水している深井戸の周辺では 揚水開始後数年を出ないうちに始まったようである。昭和39~41年度に科学技術庁国立防災科学技術センターが実施した「有明海北岸低地における水害防止に関する研究」の結果部分的にはあるが それがはっきりした数字で明らかにされるに至った。そこで 佐賀市では 昭和42年度から 著者等の指導・助言のもとに 地盤沈下の調査を実施しており その進行状況と原因がかなり明らかになった。この間 佐賀市の要請により 福田は 昭和44年6月30日~7月10日 共著者の砥川隆二および佐賀市商工観光課の関係者とともに 現地調査を行なった。本稿は 当時の所見に その後の情報を加えて とりまとめたものである。本稿が 地盤沈下に対する地元の

認識を深め 対策の確立への礎石となり かつ気づかぬうちに進んでいるであろう各地の地盤沈下現象の発見の一助ともなれば幸である。

本文に入るに先立ち 本稿の公表を許可された佐賀市当局のご好意に対し 心から感謝の意を表したい。

2. 佐賀市のあらまし

1) 位 置

佐賀市は六角川と筑後川に挟まれた佐賀平野のほぼ中央に位置している(図1)。六角川の南西側に接して農業用水の汲上げによる地盤沈下で知られた白石平野がある。

2) 交 通

佐賀市は国鉄の長崎本線と佐賀線の分岐点に当り かつ一級国道34号線が市の中央部を東西に走っており 交通はきわめて便利である。

3) 規 模

面 積	104km ²
人 口	144,944人(昭和45年1月31日現在)
世 帯 数	39,801戸(同 上)

4) 地 形 概 要

佐賀市の地形は 北から南へ向かって 山地 扇状地 三角洲 干拓地および干潟に5大別されるが 三角洲の上には ところどころに自然堤防性の微高地がある(図1 2)。佐賀市街地は このような微高地のな

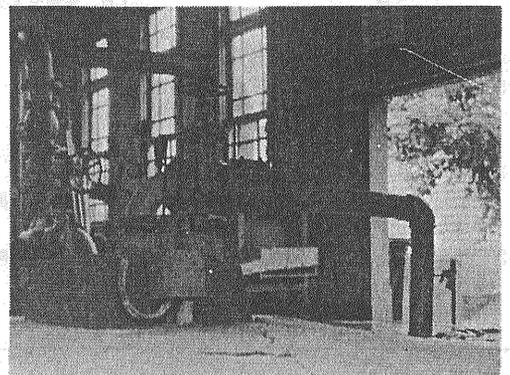
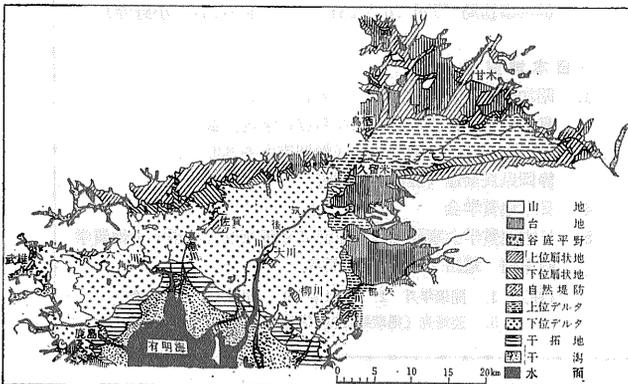


図1 有明海北岸地域の地形分布図(多田文男ほか4名 1969)

深井戸の抜上り(成章町勸興水源地)

かでもっとも広いものの上に位置しており 周囲との比高はおよそ1mある(図3)。また 三角洲およびその上の微高地には 周囲より低い土地が30カ所合計1.414km²もあり(図3 昭和40~41年現在) そのなかには 地盤沈下によって 誕生あるいは拡大したものもあると思われる。

5) 地質概説

佐賀市の地質層序は 地表では見られないものを含めると 上位より 沖積層~洪積層~鮮新統? 古第三系および基盤岩類に大別されるが 現在の地盤沈下に直接関係があるのは 沖積層および洪積層だけである。

3. 佐賀平野の地質

地盤沈下が進んでいる佐賀市の平野部の地質を理解していただくには 佐賀平野全般の地質について 一応知っておく必要がある。

1) 層序

工業技術院地質調査所平野地質グループ佐賀平野 班 福田理・木野義人・村上 篁・佐藤良昭・尾上 享・阿久津純(併任)は 科学技術庁国立防災科学技術センターが主催する 「有明海北岸低地における水害防止に関する

研究」に参加し 佐賀平野の地質を明らかにし・かつ土質力学的諸性質の垂直分布を知るため 次の4試験井(図4)を掘さくし 各種の調査・試験を行なった。

- i) 1号試験井 (掘止深度 242.0m)
佐賀市西与賀町丸目 標高 2.28m
- ii) 2号試験井 (掘止深度 110.0m)
佐賀郡川副町犬井道 標高 2.45m
- iii) 3号試験井 (掘止深度 53.0m)
小城郡芦刈町大字永田 標高 2.06m
- iv) 4号試験井 (掘止深度 53.0m)
佐賀郡久保田町大字新田 標高 2.38m

これら4試験井の坑井地質によれば 佐賀平野の本体を構成する沖積層~洪積層~鮮新統? には 上位より A~Fの6層からなる岩相層序の大区分が認められる(図5 表1)。

A 層(有明粘土層)

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で おもにシルト質粘土ロームからなっている。 下位のB層との関係は不整合である。 2号試験井において 深度6.30~8.30mの間に 埋木片を含む軟弱な砂層を挟有する。 後でも触れるように この砂層は佐賀市にも広く認められる。 本層はもっとも一般的な用例による沖積層で 他の臨海低

図2-1 断面位置図

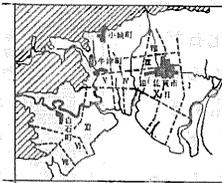


図2-2 縦断面図

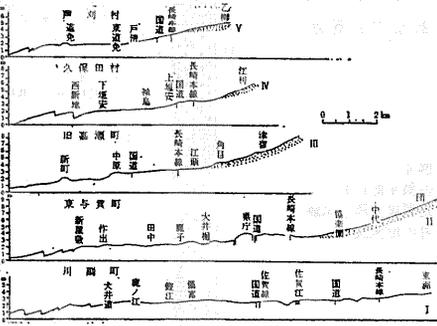


図2-3 横断面図



図2 佐賀平野の地形断面図(高崎正義ほか5名 1969)

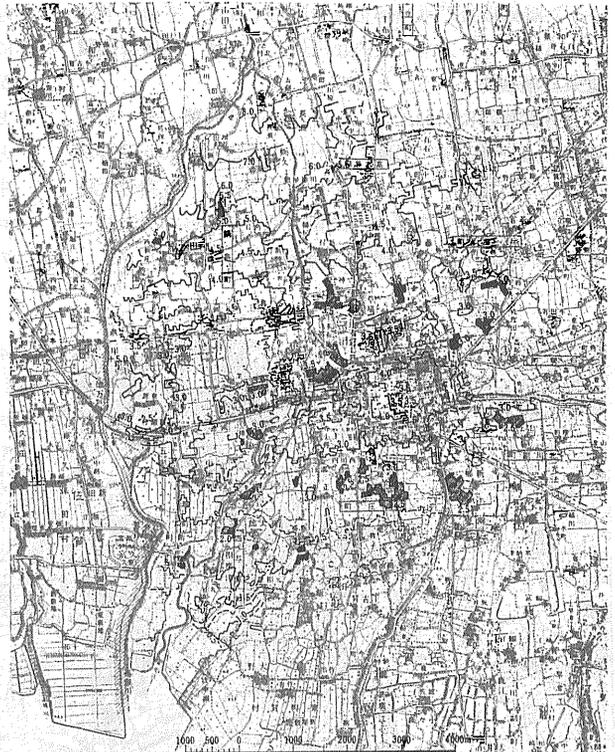


図3 佐賀市平野部の地盤高図(昭和40~41年現在 高崎正義ほか5名 1969) 斜線は凹地

表1 地質調査所の試験井における各層の基底の深度分布

	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	24.5
C " "	33.6	29.5	37.0	
D " "	53.0*	53.0*	87.0	83.0
E " "			242.0*	110.0*

*掘止深度

**深度24.5~30.6mの間に埋没河岸段丘礫層と思われるものがある

地のもと同様に 旧河谷を埋めた堆積物であることがその厚さの分布から知られている。

B 層 (島原海湾層)

本層は一般に島原海湾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)と砂層の互層からなる。2号試験井を除く3試験井においては 本層はC層の上に直接不整合に重なっている。地質調査所の4試験井に関する限りにおいては 本層は海棲生物の化石をまったく含まず 検出された化石は淡水性の珪藻だけであって 淡水成層と考えられる。本層は一般にA層に伴って分布しているようであり およそ2万年前といわれるヴュルム氷期の極相すなわち 最近の地質時代において 海面がもっとも低下した時期以後の堆積物を沖積層とすれば その下半部になるが もっとも一般的な用例に従えば 本層は洪積世末の堆積物ということになる。

2号試験井においては 本層とC層との間 すなわち深度24.55~30.60mの間に 旧河床礫と思われる礫層が挟まれている。このような礫層の存在は 東京や大阪などの下町低地の広義の沖積層の下にも知られており 後者と同様に 埋没河岸段丘礫層と考えてよからう。

すなわち この礫層はB・C両層に対して不整合の関係にあると考えられる

C 層 (軽石凝灰岩)

本層は軽石凝灰岩とも呼ばれているもので 主として多量の軽石を含む細~中~粗粒砂からなっている。本層は 一般に 阿蘇火山の噴出物で 地表の八女粘土層に対比されるものとされている。化石としては 1号試験井を除いて 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と考えられる。下位のD層との関係は不整合と推定される。上位のB層および下位のD層との関係から見て 本層はヴュルム氷期の堆積物であろう。

D 層

本層以下は 「有明海北岸低地における水害防止に関する研究」が行なわれるまで 未区分洪積層とされていたものである。本層の上部は 東部の1号および2号試験井においては 各種のロームおよび粘土からなるが西部の3号および4号試験井においては 砂層と泥質層(各種のロームおよび粘土)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 本層の上部は大部分浅い内湾の堆積物であるが 2号試験井においては 一部に淡水棲の珪藻の化石だけが卓越しているところがあり 淡水成の部分もあることを示している。また 中・下部に挟有されているローム層からも 浅い内湾の堆積物であることを示す



図4 佐賀平野における地質調査所の試験井の位置図

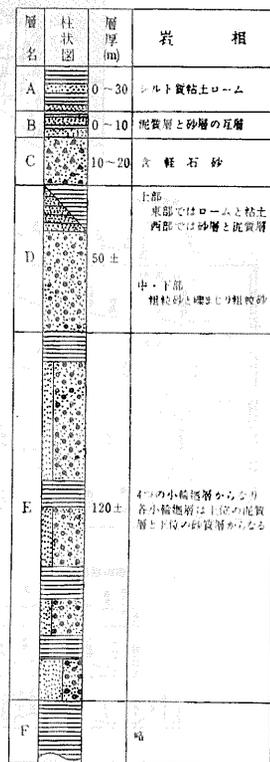


図5 佐賀平野の模式地質柱状図

化石を産し 本層全体としても その大半はこのような環境の堆積物と考えられる。 本層と下位層との関係は顕著な不整合である。 本層が最後の間氷期 すなわちリス・ヴェルム間氷期の堆積物であることについてはその層位学的位置から見て ほとんど疑問の余地がない

E 層

本層が見られるのは 1号および2号試験井だけで 全層が見られる1号試験井においては 本層はさらにE₁〜の8部層に細分される。 E₁部層およびE₂部層のように 上位の奇数番号のものと その直下の偶数番号のものは それぞれ1組の小輪廻層となっている。 すなわち 本層は4小輪廻層のくり返しによって構成されている。 地表における同様の小輪廻層のくり返しからなっている累層の状態から類推すると 偶数番号の砂質層と その下位の奇数番号の泥質層との間に ダイアステム程度の堆積の中絶が挟まれている可能性もある。 層相および化石から見て 本層は現在の大井川の河口付近に見られるような扇状地様三角洲の堆積物であろう。 さらにこまかく見ると 奇数番号の泥質層は浅い海——おそらく内湾——の堆積物であり 偶数番号の砂層は河口付近の堆積物で そのような環境のくり返しの過程を経て 本層は形成されたものと考えられる。 また 本層と下位のF層との関係は不整合である

先に述べたように 上位のD層は本層の上に顕著な不整合をもって重なっているが 前者に比べて 固結度がとくに高いということはなく かつ全体として海面が高かった時期の堆積物と考えられるので 本層はD層より1時代前の間氷期 すなわちミンデルーリス間氷期の堆積物であろう。 したがって D層と本層間の不整合は リス氷期を代表していることになる。

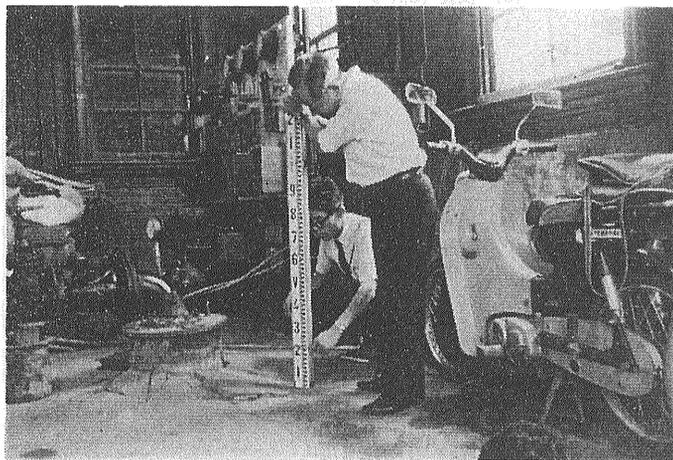
F 層

本層は杵島・三池両炭田の探炭試験および1号試験井によって認められたもので 後で述べる大町断層と柳川断層に挟まれた地溝帯にもっともよく発達している。 本層は古第三系〜下部中新統を不整合に被覆し 多良岳方面に向かってその基底部を構成する集塊岩類と交替・移化している。 そして 本層の上半部が灰色砂岩と青灰色泥質岩の頻繁な互層からなっているのに対して 下半部は青灰色の泥岩あるいは砂質泥岩を主としている。 また 本層と古第三系〜下部中新統の間の不整合面は起伏に富んでいる。

1号試験井に見られる本層の最上位の泥質層は E層中の奇数番号の泥質層に比べて 一般に硬くかつ脆い。 したがってE・F両層間の不整合は 最小限ミンデル氷期を代表していると考えられる。 このように E・F両層間の不整合が相当長い時間を代表していることは 地震探査によってすでに明らかにされているF層の地震波伝播速度が 上位の諸層に比べて はっきり大きいことによっても支持される。 F層は久留米層や茂木植物化石層に対比されることが多いが 現在のところ これはもっとも穏当な考え方であろう。 これらの諸層はこれまで一般に後期鮮新世のものとされているが 1950年の国際地質学会議において 模式地のヴィラフランキアン(Villafranchian 陸相) およびシチリアン(Sicilian 海相)を洪積(更新)統に入れるという提案が認められているので F層は前期洪積(更新)世の堆積物としておいた方が無難かも知れない。 ちなみに 模式地の上記両層は長い間一般に後期鮮新世の堆積物とされていたものである。

2) 構造

この地方のもっとも基本的な地質構造は 有明海北部



深井戸の抜上り(城内1丁目赤松水源地)



路上の水面を利用したブロック塀の不等沈下の測定(上多布施町秀鋭工業)

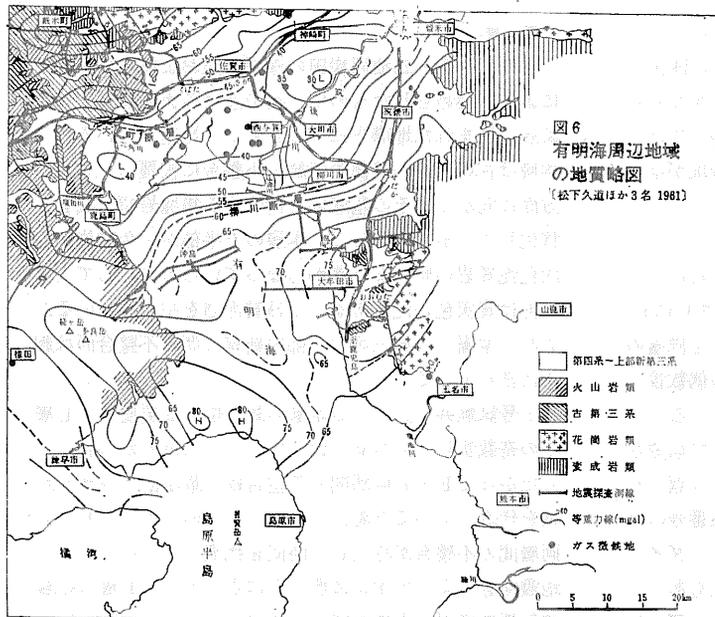


図6 有明海周辺地域の地質略図
〔松下久道ほか3名 1981〕

いないことであろう。問題はD層であるが 他の臨海低地における同時代の地層よりも その基底の深度がかなり大きいことから 両断層は本層をも切っているとするのが自然であろう。すなわち北有明地溝は 少なくとも D層の堆積が終わる頃までは 大局的に見れば 生長を続けたと思われる。

なお 杵島層は長い間この地方の古第三系の最上部層と考えられていたものであるが 近年支配的になっている模式地のアキタニアン (Aquitainian) を中新統に入れるという考え方に立てば 本層はむしろ下部中新統とする方がよいと考えられる。先に下層が古第三系~下部中新統を不整合に被覆するとしたのはこのためである。

から佐賀平野・白石平野にまたがる東北東-西南西方向の北有明地溝である (図6)。

北有明地溝の北側を限っているのが大町断層である。地表で確認できるこの断層の東端は 杵島炭鉱の三坑坑口にある。この付近における本断層は落差約 300 m の南落ちの大断層で その東方への延長は佐賀市付近まで及んでいるとされている。一方 北有明地溝の南側を限る柳川断層は 筑後川河口付近の海底地震探査などで認められた北落ちの大断層で その西方への延長方向に多良岳があるとされている。有明海沿岸において 柳川断層の北側に掘さくされた探炭試錐によると 海水準下 900m 付近に杵島層らしいものが確認されているということなので この断層はむしろ西方に向かって落差を増していると考えられる。

F層が大町・柳川の両断層によって切られていることは確実であり かつ E層についても これはほぼ間違

3) 地 史

以上に述べたことから 佐賀平野は 古第三系~下部中新統の堆積後 次のような地史をたどって形成されたものと考えられる。

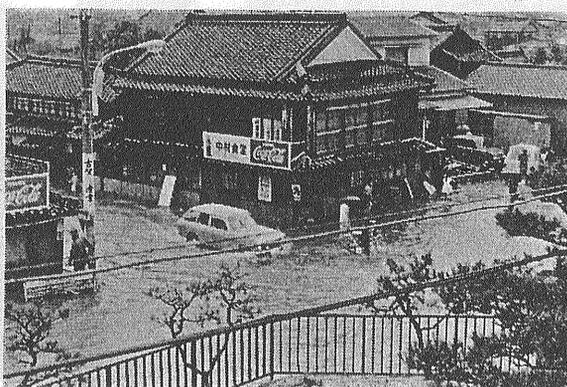
- (1) 古第三系~下部中新統の堆積
- (2) 造構造運動 侵食
- (3) 北有明地溝の誕生
- (4) F層の堆積 (多良岳基底部の成立)
- (5) 侵食 (この間にミンデル氷期を含む)
- (6) E層の堆積 (シンデルーリス間氷期)
- (7) 侵食 (リス氷期)
- (8) D層の堆積 (リスーヴェルム間氷期)
- (9) 侵食
- (10) C層の堆積 (新期阿蘇溶結凝灰岩の噴出)
- (11) 侵食 (ヴェルム氷期の極相)
- (12) B層の堆積
- (13) 侵食 (新ドリラス期)
- (14) A層の堆積

北有明地溝の生長

ヴェルム氷期



道路の浸水状況 (上多布施町)



道路の浸水状況 (本庄町佐賀大学前)

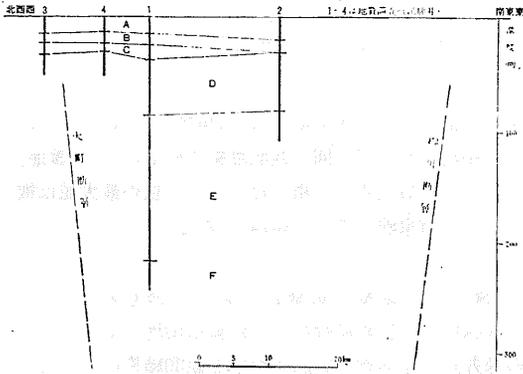


図7 佐賀平野地質断面概念図

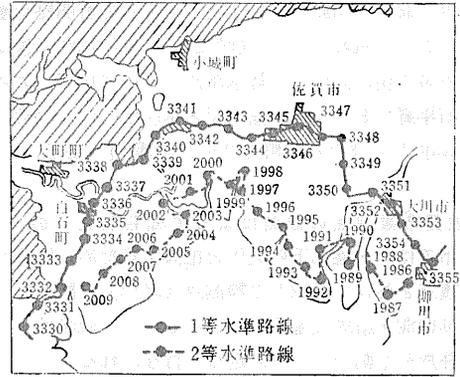


図8 有明海北岸地域の水準路線図

以上のなかで (2) の造構造運動と (3) の北有明地溝の誕生とを区別したのは この地溝の形式を直接的にさかのぼれるのは F層の堆積の初期までであり F層の堆積前にこの地溝が誕生したとしても その時期をあまり古くすることは不自然と考えられるからである。また 2号試験井および佐賀市内にひろく認められるA層中の砂層は 5,000~6,000年前の海進頂点後の寒冷期(3,000~4,000年前 縄文後期)の産物とするのが考えやすく A層の堆積中にも 海面の昇降があったとすることが自然である。

以上の地史を要約すると 佐賀平野形成の基礎は およそ200万年前といわれる鮮新・更新両世の過渡期あたりと推定される北有明地溝の誕生によって築かれ その後リス・ヴュルム間氷期が終わる頃までは 地盤運動と気候変化による海面の昇降によって その形成は進行したが その後は後者の方が強く影響して 今日に至ったということになる。

4. 佐賀市の地盤沈下の現状

佐賀市内の低地は 佐賀平野のなかでも 近年地盤沈下が顕著なところである。この地域内でこれまでに確

認された地盤沈下は 確認の手段によって 水準点の測量 佐賀市観測点の測量 および深井戸・建築物の観測によって知られたものの3つに分けられる。

1) 水準点の測量によって知られたもの

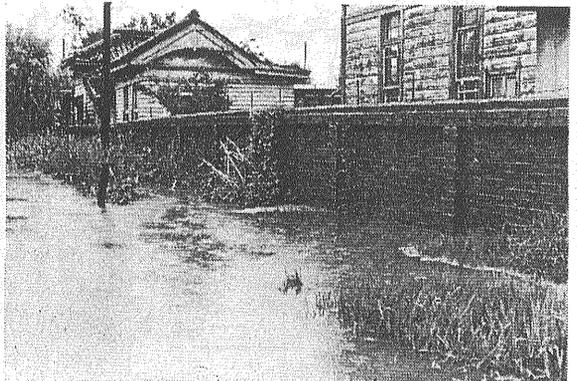
佐賀市内には 佐賀市街地の中心部を通る一等水準路線 および沿岸部を通る二等水準路線がある(図8)。

佐賀市街地を含む有明海北岸低地の内陸部を通る一等水準路線の各水準点の 1893~1963年(70年)間の地盤変動量は 有明粘土層が厚いところほど 大きいように見える(図9)。しかし 1963年11月~1965年12月(2年)間の変動量について見ると 有明粘土層が薄い佐賀市街地の中心部に頂点をおく顕著な沈下の目が出現している(図10)。1966年12月に行なわれた改測の結果も同様の傾向を示し 佐賀市街地方面について見ると 西は嘉瀬川付近から 東は諸富町の手前まで 前の2年間とほぼ同じところに頂点をおく著しい沈下が認められ 沈下量は最大年間10cm近くに及んでいる(図10 11)。

有明海北岸低地の沿岸部を通る二等水準路線の各水準点の1963年11月~1965年12月(2年)間の地盤変動量について見ると 沈下の目は 白石平野 嘉瀬川と本庄江の



道路の浸水状況(夕日町商店街)



道路の浸水状況とレンガ屏の不等沈下(成章町)

河口付近 および川副町の3カ所 すなわち有明粘土層が厚いところに現われている(図12). 年平均沈下量は最近の佐賀市街地方面の一等水準点のものに比べて大きく 白石平野で8~14cm 嘉瀬川と本庄江の河口付近で10~20cm内外 また川副町で7~14cm程度である.

2) 佐賀市観測点の観測によって知られたもの
佐賀市では 地盤沈下の実体を把握するため 佐賀市街地に重点をおいて 22点の観測点(図13)を設置し その定期観測を継続実施することにした. 観測はもよりの深井戸を不動のものとして仮定して行なわれるため この観測によって知られるのは ストレナーの下限深度以上の収縮量に近いものと考えてよからう. それ(表2)によれば 1968年3月~1969年3月(1年)間の沈下量の頻度分布は次のとおりである.

0~5mm/年	2
6~10 "	6
11~15 "	4

16~20 "	8
20 " 以上	2

また 上記の平均沈下量は 16.1mm/年である. ただし 平均に当って 同一観測点番号のもの(表2参照)については 最大値を採用した. 沈下量の最大値は観測点16(佐賀東映)の41mm/年である.

3) 深井戸・建築物の観測によって知られたもの
昭和44年7月初めに行なった佐賀市街地およびその周辺の深井戸・建築物の30点における観測結果によれば 平均沈下量が10.0mm/年以上のものが16点ある(図14表3). いうまでもなく この観測によって知られるのは 深井戸・建築物の下底の深度以上の収縮量に近いものと考えられる. 今回の観測によって得られた沈下量の最大値は 番号16(肥前衣料)の104.0mm/年である. また これに次ぐものは 番号6(佐賀東高校)の73.4mm/年 および番号10(有楽映画)の50.6mm/年であ

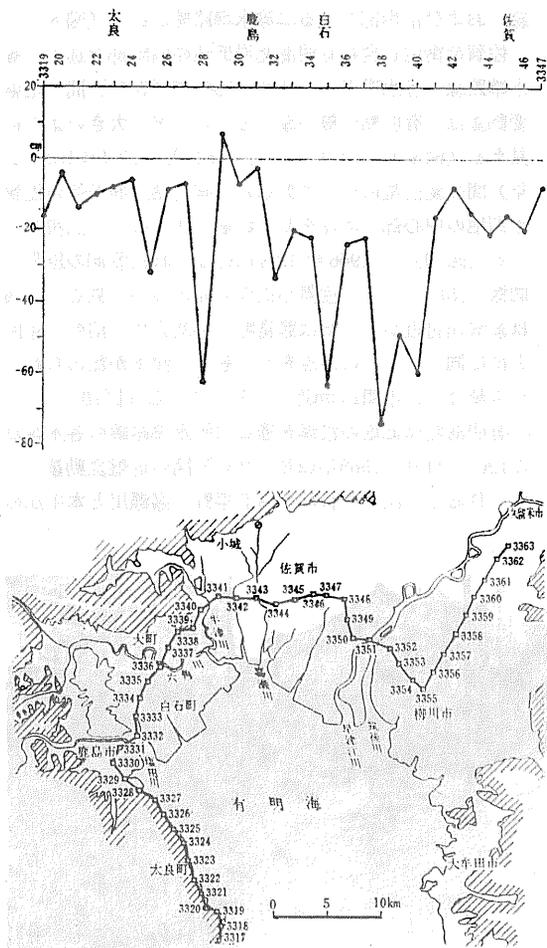


図9 1893~1963年(70年)間の一等水準点の変動量の分布 (多田文男ほか6名 1966)

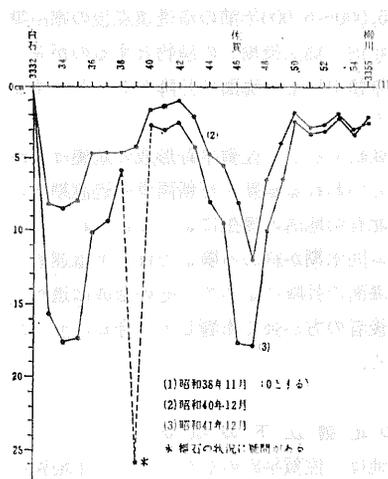


図10 1963年11月から1965年12月および1966年12月までの間の一等水準点の変動量の分布 (国土地理院 1967)

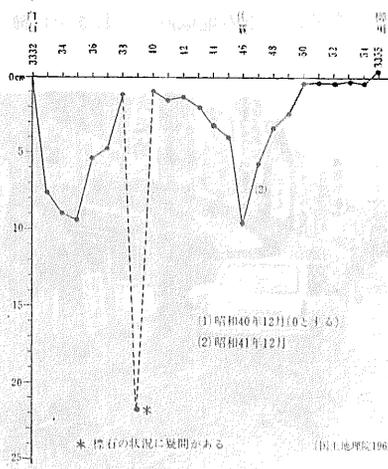


図11 1965年12月~1966年12月(1年)間の一等水準点の変動量の分布 (国土地理院 1967)

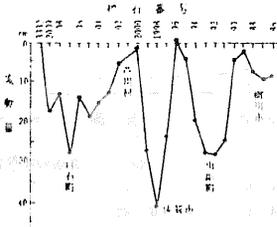


図12
1963年11月～1965年3月(2年)
間の二等水準点の変動量の分布
(国土地理院 1967)

表2 佐賀市観測点の沈下量 (昭和43年3月～昭和44年3月)

番号	所在地	沈下量 (mm)	近接井のストレナー	
			深度分布	延長(m)
1	トヨタ自動車	12	30～60m(7カ所)	16
2*	清和高女(北)	15	38～58m(3カ所)	11
3*	と畜場(東)	13	129～148m(1カ所)	19
4*	グリコ佐賀工場(北)	7	134～169m(3カ所)	11
	“(南)	17	123～155m(5カ所)	15
5*	佐賀鉄工所(北)	5	8～31m(1カ所)	23
	“(南)	18	32～54m(3カ所)	16
6*	大和紡績 第4	14	95～97m(3カ所)	18
7*	佐賀酒販	9	9～40m(5カ所)	18
8*	循謫小学校	18	95～132m(7カ所)	21
9*	佐賀ゴム	6	81～137m(3カ所)	16
10*	高木瀬水源池(北)	10	80～136m(3カ所)	35
	“(南)	5	“(南)	“(南)
11	金立若宮原利用組合	2	46～85m(8カ所)	27
12	兵庫町水源池 1	7	140～208m(6カ所)	46
	“(南) 2	7	“(南)	“(南)
	“(東) 3	14	“(東)	“(東)
	“(北) 4	11	“(北)	“(北)
13*	赤松水源池 1(西)	18	59～120m(2カ所)	58
	“(東) 2	20	“(東)	“(東)
	“(北) 3	16	117～172m(2カ所)	36
14*	勸興水源池(西)	13	52～64m(1カ所)	12
	“(東) 17	“(東)	“(東)	“(東)
	同プール横(西)	16	31～67m(4カ所)	21
	“(東) 8	“(東)	“(東)	“(東)
15	蓮池水源池(西)	4	164～194m(2カ所)	22
	“(東) 1	“(東)	“(東)	“(東)
16*	佐賀東映	41	14～46m(4カ所)	12
17*	金華堂	7	“(南)	“(南)
18	鍋島水源池	4	73～127m(7カ所)	33
	“(南) 6	“(南)	“(南)	“(南)
19*	日新水源池(南)	9	54～106m(7カ所)	34
	“(北) 4	“(北)	“(北)	“(北)
20*	日新小プール横	21	28～43m(2カ所)	8
21	嘉瀬水源池(東)	33	146～169m(4カ所)	16
	“(西) 36	“(西)	“(西)	“(西)
22	本庄水源池(北)	25	103～148m(5カ所)	26

(佐賀市役所)

*佐賀市街地内

佐賀市街地内の沈下量の頻度分布**

0～5mm	2
6～10"	6
11～15"	4
16～20"	8
20" 以上	2

佐賀市街地内の平均沈下量** 16.1mm/年

**同一観測点番号のものについては最大値を採用した

る。

5. 試験井による調査・測定・試験

佐賀市は 最近とみに顕著になった佐賀市街地の地盤沈下の原因を究明し あわせて今後の地盤沈下の進行状況の重要な一側面を観測するため 著者等の指導・助言のもとに 基礎地盤コンサルタント(株)の請負いにより 次の3地点(図13参照)で それぞれ深度およそ30mの試験井の掘さく・仕上げを行ない かつ必要な各種の調査・測定・試験を実施した。

i) 試験井 A

佐賀市水ヶ江1丁目 佐賀市民会館敷地内

ii) 試験井 B

佐賀市成章町 佐賀市立勸興小学校々庭

iii) 試験井 C

佐賀市神野町 神野公園敷地内

工期は昭和44年2月14日～同年3月31日の46日間であったが 試験井Bについては 仕上げに不備な点があり 水位観測に支障のあることがわかったので 同年7月22～26日の間に 改修・再設置工事が行なわれた。



図13 1968年3月～1969年3月(1年)間の佐賀市観測点の沈下量の分布と佐賀市試験井の位置

表3 佐賀市街地の深井戸・建築物等の観測によって知られた年平均沈下量

番号	地点	地名	平均沈下量 (mm/年)	期間(昭和年月)	観測対象物
1	グニコ	上多布施	27.6	37. 3~44. 6	近接ブロック塀の不等沈下
2	佐賀清和高校	与 賀	14.6	37. 9~44. 6	井 戸
3	佐賀トヨタ自動車	嘉瀬町大字扇町	25.0	38. 7~44. 6	建 物
4	循誘小学校	牛 島	14.2	32. 6~44. 6	井 戸
5	佐賀ゴム	東 佐 賀	21.4	37. ~44. 6	井 戸(聞きこみ)
6	佐賀東高校	北川副木原	73.4	38.11~44. 6	建 物
7	佐賀大映	水ヶ江1-2	11.4	31. 4~43.10	建 物(聞きこみ)
8	佐賀松竹	松原2-13	16.9	32. 8~44. 6	井 戸
9	佐賀日活	中央本10	21.3	36. 7~44. 6	井 戸
10	有楽映画	松原2-11	50.6	36. 7~44. 6	井 戸(聞きこみ)
11	佐賀東映	松原2-11	23.5	32. 2~44. 6	井 戸
12	南星本店	呉 服	26.7	39.11~43. 8	建 物(聞きこみ)
13	城西中学	西与賀町	15.5	39. 4~44. 6	井 戸
14	佐賀鉄工所	上多布施	3.33	42. 1~44. 6	井 戸(聞きこみ)
15	勸興水源池	成 章3	27.8	41. 6~44. 6	井 戸
16	肥前衣料	神野一本松	104.0	43. 3~44. 6	井 戸

1) 坑井地質

先に述べた地質調査所の4試験井の岩相層序の大区分は、上記の3試験井にもそのまま適用することができる。すなわち、今次の3試験井にもA~Dの4層からなる岩相層序の大区分が認められるが、D層は最上部だけが見られる。請負業者の報告書ではこれを上位より上部粘性土層、第1砂質土層、第2砂質土層、第3砂質土層および下部粘性土層の5層に分けている(図15)。このうち上部粘性土層、第1砂質土層および第2砂質土層はそれぞれA層、B層およびC層に対応するものである。また、第3砂質土層および下部粘性土層はD層の最上部を岩相によって2分したものである。すなわち、両区分の間に本質的な相違があるわけではない。A~Cの3層については先に述べた

ことに尽されている。細分されているD層の最上部について見ると、第3砂質土層は主として砂からなるが粘性土層およびそれとの互層を挟有し、かつ礫質の部分もある。試験井Aはこのなかで終わっている。また、下部粘性土層は主としてシルトおよび粘土からなる。

2) 各層の土質工学的性質

今次の3試験井については、土質調査・試験によって各層の土質工学的性質が知られている。表4~6は各試験井から採取された試料について、基礎地盤コンサルタント(株)が行なった土質試験の結果の一覧表である。また、図16は各試験井における標準貫入試験によるN値の垂直分布を示したものである。

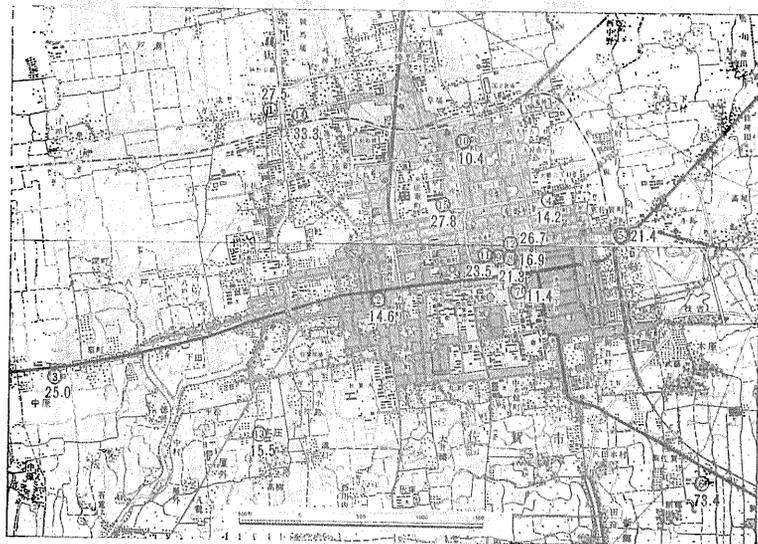


図14 佐賀市街地の深井戸・建築物の観測による年平均沈下量の分布 (10.0mm/年以上のみ 単位mm)

A層(有明粘土層 あるいは第1粘性土層)

本層の基底は、南に位置する試験井Aにおいては、深度14.1mにあるのに対して、その北西に位置する試験井Bにおいて、深度7.7mと急に浅くなっているが、さらに北西に位置する試験井Cにおいても、深度7.0mで、この間の変化はわずかである。

試験井AおよびBにおいては、本層の中央部に厚さ1.0~2.3mの粗粒砂が認められる。多くの水井戸の地質資料から、この砂層は佐賀市街地に広く認められるばかりでなく、先に述べたように、地

質調査所の2号試験井にも見られ、地質学的にも重要な意義をもつものと考えられている。この砂層は多量の水を含み、ゆるい～中位の締り状態にあり、透水性はきわめて良好で、A層の圧密の進行に当っては、その排水層として重要な役割を演じたと考えられる。

この砂層以外の粘性土の土質試験の結果によれば、その物理および力学特性は、3試験井においてほとんど大差なく、きわめて軟弱で、工学的安定性に乏しい。すなわち、粒度構成は、局部的には砂分を多く含むところもあるが、その大部分はシルトおよび粘土に分類される細かい粒子からなる腐植物まじりのシルト質粘土～粘土質シルトで、自然含水比 W_c が76～136%と高く、液性限界 LI に近似あるいはそれ以上の値にある。また一軸圧縮試験の結果によれば、一軸圧縮強度 q_u は0.129～0.530 kg/cm^2 であり、なかでも0.20～0.40 kg/cm^2 の値を示すものが多く、全般的にその値は小さい。とくに試験井Aでは $q_u < 0.20 kg/cm^2$ の小さい値が多い。すなわち、全体的に見ると本層は q_u の値として0.20 kg/cm^2 程度しか期待できない軟弱層である。

次に、圧密試験の結果について見ると、圧密先行荷重 P_0 は0.36～0.91 kg/cm^2 、圧縮指数 C_c は0.78～1.67、また初期間隙比 e_0 は2.30～3.43である。とくに P_0 は深度に伴って増大するばかりでなく、水の浮力を考慮しない全土被圧は近似した値、あるいはそれ以上の値を示している。これは、佐賀市の地盤沈下を考える場合に、きわめて重要な事実であるが、その意義については、後で述べる。

B 層（島原海湾層あるいは第1砂質土層）

本層は粒度構成の深度変化が激しい薄層の集まりであり、主体は粗粒砂層であるが、粘性土層も見られる。標準貫入試験の結果によれば、粘性土層での測定値を除けば、 N 値は10～33で、中位の締り状態にあることを示

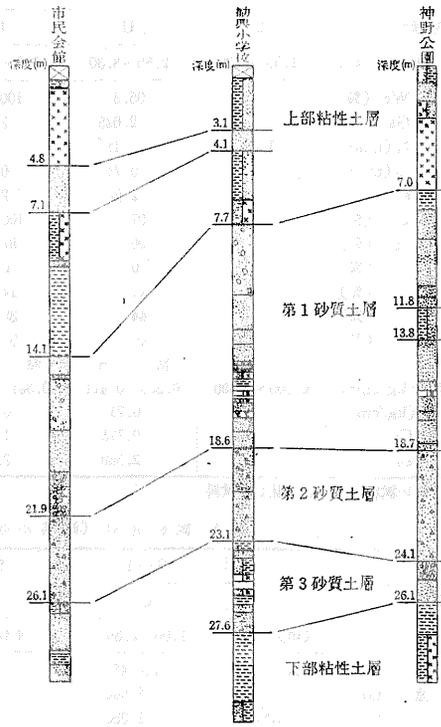


図15 佐賀市試験井の坑井地質対比図

している。また、自然含水比は10～25%で、比較的低い。粒度構成は、そのほとんどが砂および礫で、細かい粒子の混入は少なく、10～20%程度である。

本層に挟在する粘性土層は、そのほとんどが厚さ50cm以下の薄層で、レンズ状に分布しているものと推定されるが、試験井Cでは、深度11.80～13.60mの間に、厚さ1.80mのやや厚い粘性土層が認められる。この粘性土層の粒度構成は、礫0%、砂10～13%、シルト51～69%、また粘土21～36%で、粘土（シルト質粘土に近い）～シルト質粘土ロームに属する。自然含水比 W_c は27～47



建築物の扶上り（嘉瀬町トヨタ自動車）



渡り廊下の被害 腕棚の高さの差が沈下量を示す（佐賀東高校）

表 4 試験井 A (市民会館) の土質試験結果一覧表

試料番号	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-5	S1-6	S1-7
試料の種類*	U	U	U	U	U	U	U
採取深度 (m)	1.50~2.30	2.50~3.30	3.50~4.30	4.40~4.90	7.20~8.00	8.10~8.90	9.00~9.70
自然含水比 Wc (%)		95.3	100.7	101.9	76.9	83.8	43.9
土粒子比重 Gs		2.625	2.617	2.620	2.576	2.639	2.690
湿潤密度 γ_t (t/m ³)	1.47	1.41	1.46	1.53	1.48	1.51	1.76
乾燥密度 γ_d (t/m ³)		0.74	0.73	0.758	0.843	0.819	1.23
自然間隙比 e		2.58	2.59	2.45	1.98	2.22	1.19
飽和度 S (%)		97	100	100	98	100	99
液性限界 L.L. (%)		90	87	70		65	
粒度分析	礫 (%)	0	0	0	0	0	1
	砂 (%)	10	14	15	29	10	66
	シルト (%)	44	35	46	47	45	15
	粘土 (%)	46	51	39	24	45	18
分類		粘土	粘土	粘土	粘土ローム	粘土	砂質ローム
平均圧縮強度 (kg/cm ²)	0.360~0.530	0.250~0.411	0.331~0.448	0.332~0.430	0.490~0.860	0.670~0.860	0.270~0.480
先行荷重 (kg/cm ²)		0.71	0.75	0.91		1.08	1.46
圧縮指数 Cc		0.775	1.07	1.67		0.865	0.34
初期間隙比 e ₀		2.360	2.830	3.480		2.215	1.200

* U 乱さない試料 D 乱した試料

表 5 試験井 B (勸興小学校) の土質試験結果一覧表

試料番号	S-1	S-2	S-3	P1-1	P1-2
試料の種類*	U	U	U	D	D
採取深度 (m)	2.00~2.80	4.60~5.40	5.50~6.30	7.15~7.45	9.15~9.45
自然含水比 Wc (%)	124.45	94.95	81.30	24.8	18.6
土粒子比重 Gs	2.648	2.662	2.687	2.671	2.699
湿潤密度 γ_t (t/m ³)	1.380	1.580	1.560		
乾燥密度 γ_d (t/m ³)	0.615	0.810	0.862		
自然間隙比 e	3.31	2.29	2.12		
飽和度 S (%)	100	100	100		
液性限界 L.L. (%)	140	75	70		
粒度分析	礫 (%)	0	0	10	8
	砂 (%)	6	8	47	78
	シルト (%)	56	66	29	10
	粘土 (%)	38	26	22	2
分類	シルト質粘土	シルト質粘土ローム	粘土ローム	礫質砂	礫質砂
平均圧縮強度 (kg/cm ²)	0.275~0.410	0.310~0.530	0.190~0.270		
先行荷重 (kg/cm ²)	0.55	0.72	1.08		
圧縮指数 Cc	0.938	0.900	1.09		
初期間隙比 e ₀	2.730	2.321	2.397		

* U 乱さない試料 D 乱した試料

表 6 試験井 C (神野公園) の土質試験結果一覧表

試料番号	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
試料の種類*	U	U	U	U	U
採取深度 (m)	2.00~2.50	2.80~3.60	3.70~4.50	4.60~5.40	5.50~6.30
自然含水比 Wc (%)	75.65	136.45	135.4	107.6	29.75
土粒子比重 Gs	2.613	2.582	2.624	2.635	2.602
湿潤密度 γ_t (t/m ³)	1.474	1.336	1.359	1.439	1.719
乾燥密度 γ_d (t/m ³)	0.839	0.565	0.577	0.693	
自然間隙比 e	2.11	3.57	3.55	2.801	
飽和度 S (%)	94	99	100	100	
液性限界 L.L. (%)	105	156	132	104	
粒度分析	礫 (%)	0	0	0	17
	砂 (%)	17	6	2	13
	シルト (%)	55	51	42	47
	粘土 (%)	28	43	56	40
分類	シルト質粘土ローム	シルト質粘土	粘土	粘土	礫質砂
平均圧縮強度 (kg/cm ²)	0.314	0.171~0.241	0.236~0.400		
先行荷重 (kg/m ²)	0.42	0.36	0.56		
圧縮指数 Cc	0.785	1.295	1.495		
初期間隙比 e ₀	2.297	3.429	3.393		

* U 乱さない試料 D 乱した試料

S1-8	S1-9	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	P1-6
U	U	D	D	D	D	D	D
10.50~11.10	13.00~13.80	14.00~14.50	16.50~17.20	18.50~19.20	20.50~21.00	24.50~25.20	27.50~28.20
1.80	62.3 2.676 1.58 0.975 1.71 97 58 1	20.9 2.711	16.4 2.658	16.7 2.704	10.4 2.606	48.9 2.478	15.4 2.679
0.150~0.310	0.320~0.660 1.60 0.73 1.797	18 77 5 0 粘 土 礫 質 砂	17 76 7 0 礫 質 砂	26 69 5 0 礫 質 砂	53 41 6 0 礫 質 砂	14 46 30 10 含 礫 砂 ローム	27 66 7 0 礫 質 砂

基礎地盤コンサルタンツ(株)

P1-3	P1-4	P1-5	P1-6	P1-7	P1-8	D-1
D	D	D	D	D	D	U
11.15~11.45	18.15~18.45	20.15~20.45	24.15~24.45	27.15~27.45	29.15~29.45	30.70~31.10
20.1 2.701	23.4 2.704	45.0	37.2	29.5	65.2	48.0 2.645 1.91 1.29 1.06 100 87 0 6 43 51 1.040~1.740
2 78 12 8 礫 質 砂	0 82 10 8 砂	8 72 12 8 礫 質 砂	0 54 26 20 砂 質 粘 土 ローム	0 48 30 22 粘 土 ローム 粘	83 28 0 4 38 57 粘 土 粘	

基礎地盤コンサルタンツ(株)

S-6	S-7	DS-1	P1-2	P1-3	P1-4
U	U	U	D	D	D
6.40~7.20	12.00~12.80	13.20~13.60	16.15~16.45	20.15~20.45	29.15~29.45
57.40 2.631 1.697	44.55 2.621 1.860 1.289 1.037 100 53 0 13 51 36	36.70 2.605 1.821 1.332 0.956 100 38 0 10 69 21 シルト質粘土ローム	28.30 2.675	51.20 2.481	62.00 2.659 72 41 0 12 44 44 粘 土
粘 土	粘 土	粘 土	礫 質 砂	礫 質 砂	粘 土

基礎地盤コンサルタンツ(株)

%と低く 一軸圧縮強度 qu は $0.79 \sim 2.35 \text{kg/cm}^2$ と大きく また圧密先行荷重 P_0 も $5.1 \sim 6.1 \text{kg/cm}^2$ と大きく 上位のA層に比べて 工学的安定性はかなり高いようである。

C 層 (軽石凝灰岩 あるいは第2砂質土層)

本層は多量の軽石を含む特異な砂層で 標準貫入試験によるN値は14~42で 中位~密な締り状態にある。こまかく見ると 試験井AではN値に14および16という小さい測定値があるが 他の2試験井では N値は24以上である。軽石混入などの影響のため 土粒子比重Gsは2.48~2.50と小さい値を示す。

D 層 (第3砂質土層および下部粘性土層)

先に述べたように 今次の3試験井に含まれる地層はD層の最上部までである。試験井Aは砂層の中で終わっているが 試験井BおよびCにおいては それぞれ深度27.6~31.0mおよび深度26.1~30.5m (掘止)の間に微粒砂および腐植物を混入する粘性土層の分布が確認されている。これが下部粘性土層である。この粘性土層での標準貫入試験によるN値は6~10程度である。また 試料は1コであるが 1.74kg/cm^2 という一軸圧縮強度 qu の値が得られている。一方 自然含水比 W_c は49~65%で 粘性土としてはかなり低い値を示している。

3) 土質試験および間隙水圧測定の結果の意義

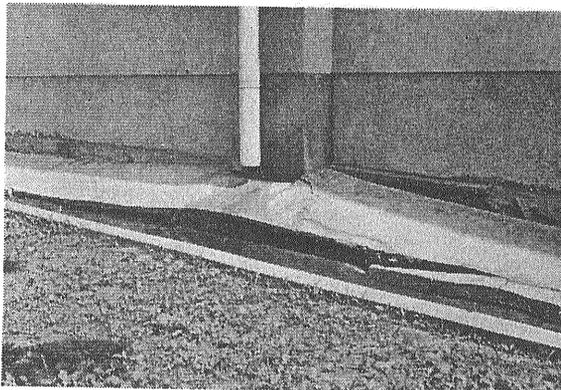
一般に粘性土層の脱水による圧密の状態を判定するには 圧密先行荷重と有効土被圧の比較が使われる。この場合 まず自然水位を測定し それ以下にある部分については 水による浮力が100%きいているものとして補正し 有効土被圧を求めることが普通に行なわれている。しかし 自然水位以下においても 水による浮力が必ずしも100%きいているわけではない。すなわち 土粒子間の水の圧力——間隙水圧——は 常に予

想される静水圧に等しいわけではなく 大量の揚水が行なわれているところでは それより低くなっている場合が少なくないのである。ただし 一度低下した間隙水圧も 揚水量を上まわる水の供給によって回復するから 間隙水圧の値は あくまでも ある時点における値である。そして この時点における有効土被圧は 全土被圧から間隙水圧を引いたものになる。何となれば 静止した流体中の圧力は あらゆる方向に対して同じに働くので 下方に働く全土被圧が 上方に働く間隙水圧によって その分だけ殺されるからである。

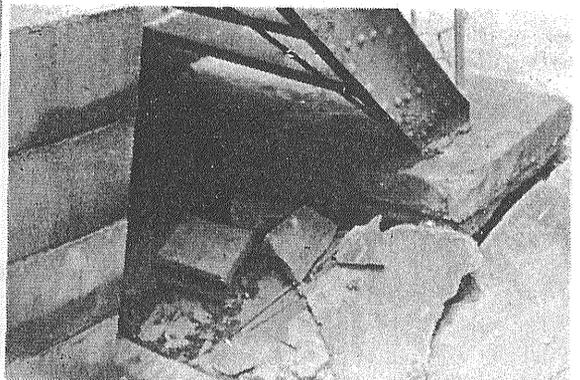
土粒子間の間隙が地表まで続いていると考えられる地表に近いところでは 間隙水圧が最大の値を示すのは この間隙がすべて水でつまっている場合である。この場合の地下水位は地表面に等しく 間隙水圧は地表面からの深度に応じた静水圧に等しいはずである。しかしこの部分の地下水位が地表面より低い場合も少なくなくこの場合には 間隙水圧は地下水位からの深度に応じた静水位に等しくなる。さらに 補給を上まわる大量の揚水が行なわれれば 当然間隙水圧は地下水位からの深さに応じた静水圧より小さいなる。つまり 開放系として扱える深度内では 間隙水圧は地表あるいは地下水位からの深度に応じた静水圧に等しいか あるいはこれより小さく 間隙水圧が減少すれば その分だけ有効土被圧が大きくなる。すなわち それだけの荷重を加えたのと同じことになる。これが地下水の過剰揚水による地盤沈下の原理である。

図17~19は 今次の各試験井における圧密先行荷重 湿潤 (自然) 密度の分布から導かれる全土被圧 掘さくの途中で測定した間隙水圧 後二者から導かれる有効土被圧 および地下水位からの深度に応じた静水圧の垂直分布を示したものである。

間隙水圧の分布には 次のような特徴がある。



建築物の抜上り (佐賀東高校)



建築物の抜上り (松原2丁目 佐賀東映)

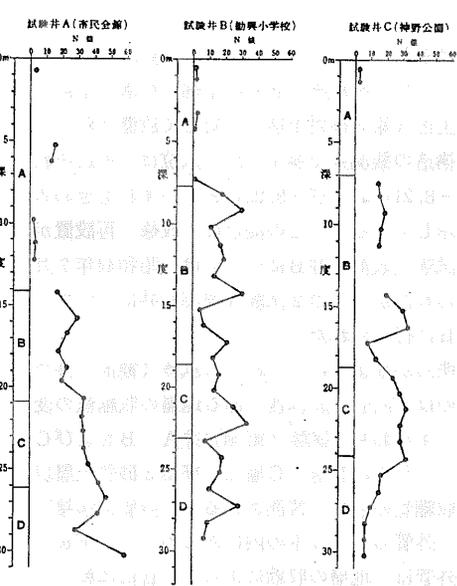


図16 佐賀市試験井のN値の深度分布

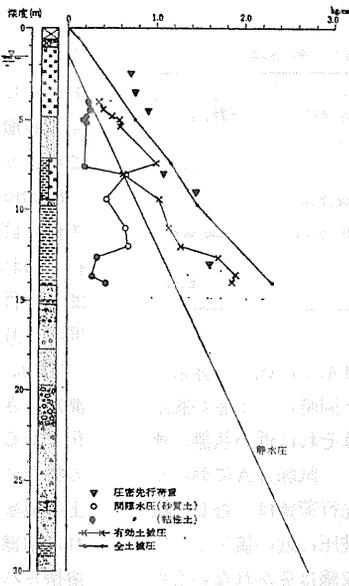


図17 試験井A(市民会館)の圧密先行荷重全土被圧 間隙水圧 有効土被圧および静水圧の垂直分布

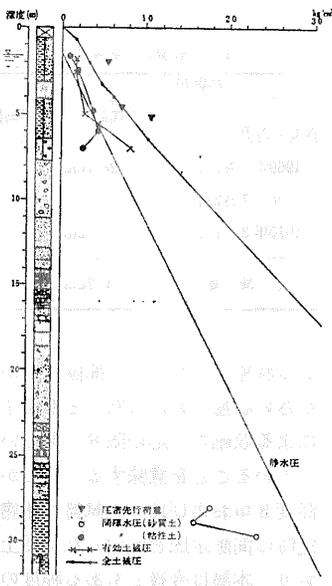


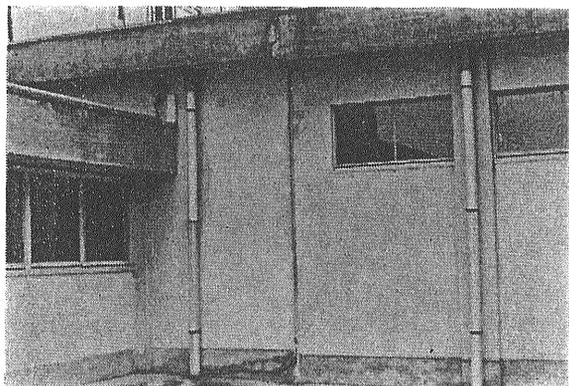
図18 試験井B(勸興小学校)の圧密先行荷重全土被圧 間隙水圧 有効土被圧および静水圧の垂直分布

- i) 試験井AにおけるA層での間隙水圧は 深度4.4m以浅の2点および8mの1点を除くと 地下水位からの深度に応じた静水圧(以下単に静水圧とする)に比べて 相当低い値を示す
- ii) 試験井BにおけるA層での間隙水圧は 静水圧とほとんど同じ値を示すが B層および深度27.6m以下に分布する下部粘性土層の間隙水圧は 静水圧に比べて 相当低い値を示す
- iii) 試験井CにおけるA層での間隙水圧は 静水圧に比較的近い値を示す。 深度26.1m以下に分布する下部粘性土層での間隙水圧も 同じ傾向を示す

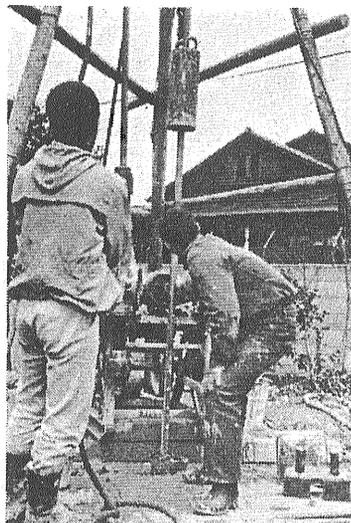
間隙水圧の回復状況と逆の順になっていることは 当然のことながら興味深い。 後で述べるように B層以下の砂質層の自然水位は 試験井の仕上げ直後においても -8.21~-9.25mときわめて低いで この間隙水圧の回復は 地表からの直接的な天水の供給によるものと思われる。

図17~19から 今次の3試験井について 共通していえることは A層内の圧密先行荷重が 一般に間隙水圧測定時の有効土被圧より水中重量を考慮しない全土被圧に近い 時には後者より大きい値を示していることである。 これは A層がかって全土被圧に近い荷重がか

以上の試験井の配置は 夏期における水冷式クーラー用の浅層地下水の揚水が多いと思われる地区から 少ないと思われる地区の順になっており それが 夏期の揚水のピーク時から 3月という間隙水圧の測定時までの



不等沈下による建築物の被害(西与賀町城西中学)



試験井掘さく現場での標準貫入試験

表7 佐賀市試験井による地盤収縮量の測定結果

試験井	A (市民会館)	B (勸興小学校)	C (神野公園)
測定年月日			
1969年3月28日	128.7cm		126.8cm
" 7月29日		98.3cm	
1970年3月12日	128.0cm	97.0cm	126.0cm
収縮量	0.7cm	1.3cm	0.8cm

かる状態 すなわち 間隙水圧が静水圧に比べて非常に小さい状態におかれたことを示すと同時に 本層が脱水による収縮の一応の限界 あるいはそれに近い状態に達していることを意味する。しかし 試験井Aにおける深度8mおよび13mの試料の圧密先行荷重は むしろ測定時の間隙水圧を考慮した有効土被圧に近い値を示しており 本層は今後ともある程度の収縮は免かれられないものと思われる。

今次の測定・試験の結果のなかでとくに注目されるのは 試験井Bの深度27.6m以下に分布する下部粘性土層の間隙水圧が 静水圧に比べて 相当低い値を示すことである。この粘性土層については 乱さない試料による圧密試験が行なわれていないので 厳密な意味での裏付けに欠けるが これは この地方の地盤沈下に 少なくともD層の脱水による収縮も関与していることを示しているものと考えてよい。

4) 坑井仕上げとその後の測定

図20に示すように 今次の3試験井は 予定した各種の調査・測定・試験の完了後 水位および沈下の観測井

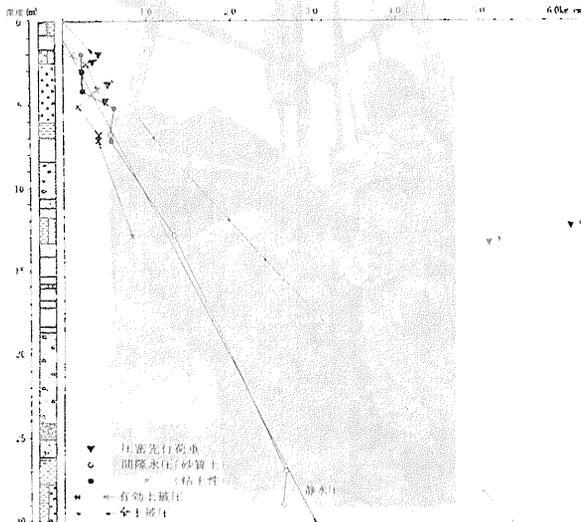


図19 試験井C(神野公園)の圧密先行荷重 全土被圧 間隙水圧 有効土被圧および静水圧の垂直分布

として仕上げられた。ストレーナーは 試験井A B およびCについて それぞれB層の下部 C層の下部およびD層の上部(第3砂質土層)に対して設置された。このような構造の観測井で測定された水位は それぞれ -8.30m -8.21mおよび-9.25mと いずれもきわめて低い値を示している。この測定は 改修 再設置が行なわれた試験(観測)井Bについては 昭和44年7月29日に行なわれたが 他の2試験(観測)井について 同年3月28日に行なわれた。

図20から明らかなように これらの試験(観測)井で測定できるのは 内管の底以浅にある地層の収縮量の変化である。すなわち 試験(観測)井A BおよびCの場合には それぞれB層 C層および第3砂質土層以上の地層の収縮量の変化が観測される。内管に溶接された指標は 外管のスリットの内にあるので 沈下板に溶接された外管は 地層の収縮によって 自由に動く。スリットに沿って スチールテープが接着されており それによる指標の読みを順次記録しておけば その差によって 必要とする期間の内管の底以浅にある地層の収縮量を知ることができる。

佐賀市役所からの連絡によれば 同所が行なったこの測定の結果は表7に示すとおりである。それによれば 試験井A(市民会館) および試験井C(神野公園)においては およそ11.5ヵ月間にそれぞれ7mmおよび8mmの収縮量が測定されているのに対して 試験井B(勸興小学校)に見られる収縮量は およそ7.5ヵ月間に13mmである。これらの数字は 1等水準点の測定によって知られた昭和39~40年頃の沈下量に比べて 非常に小さく 土質試験の結果から推測されるように A層(有明粘土層)をはじめとする佐賀市街地の浅部の地層が脱水による収縮の一応の限界 あるいはそれに近い状態に達していることを 別の面から裏づけたものといえるのではなからうか。また これらの収縮量は 佐賀市



図20 間隙水圧計の設置作業

観測点の観測によって知られたもより地点の沈下量よりも一般に小さい。観測期間におよそ1年のずれがあるのでこの差の意味を厳密に論ずることはできないがこれはD層以下の地層の収縮があったことを示しているものとしてよからう。深井戸や建築物の観測によって知られた平均沈下量について見るとこの差はさらに大きく厳密性の欠除については同様であるがE層を主体とするこの地方の深部の地層の収縮がかなり前から始まっていたことは大局的に見てほぼ間違いないことであろう。

6. 有明粘土層 (A層) の発達状況と地盤沈下

図21は佐賀平野における有明粘土層 (A層) の等層厚線図である。本図について見ると佐賀市街地を抜んで有明粘土層の厚いところが北々東~南々西の方向に走っていることが知られる。竣工 (昭和38年) 直後から地盤沈下に悩まされている佐賀東高校はこのうち東側のもの。また最近地盤沈下による建築物の抜け上りなどが顕著になった佐賀トヨタ自動車(株)付近は西側のものに位置している。これらの有明粘土層の厚いところは埋没谷の形をなして海岸まで追跡され海岸付近で合流しているところでは20mを超える厚さとなっている。この付近が白石平野南部の海岸付近および筑後川の河口付近とともに近年顕著な地盤沈下をしていることは先に述べた2等水準点の測量によって明らかにされている。また後で述べるように農業用水井を主とする深井戸が海岸に近いところにもかなりあることはこの地盤沈下と無縁ではないであろう。いずれにしても有明粘土層が厚いところでは現在でもそこに地盤沈下の目がある。しかし一部の人がやっているように有明粘土層のような浅層の軟弱地盤の厚さと地盤沈下量とが正相関関係にあることから地盤沈下

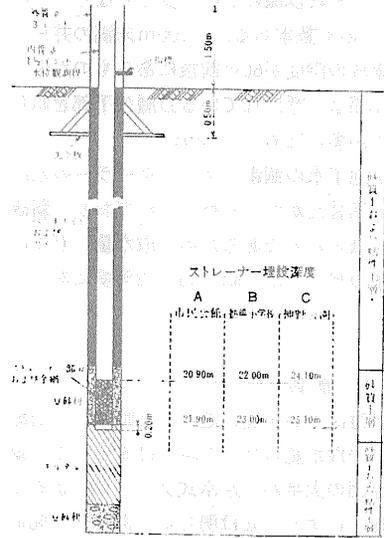
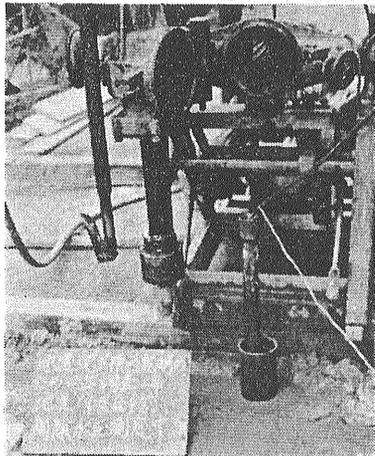


図20 佐賀市試験井の水位および沈下観測装置設置図

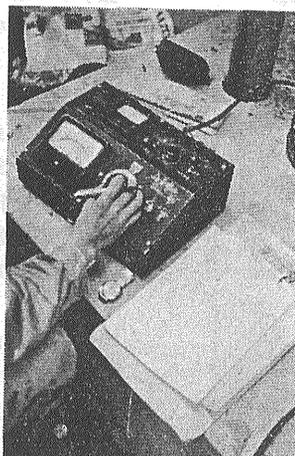
のすべてが浅層の軟弱地盤の収縮によるものとするのは不合理である。これら軟弱地盤の下にあって水平に近い中・深層の新期層がここに述べたような軟弱地盤をのせたまま広域にわたって沈下しても浅層の軟弱地盤だけについて見れば上に述べた相関関係はそのまま保たれるからである。

7. 地下水取水状況の概要

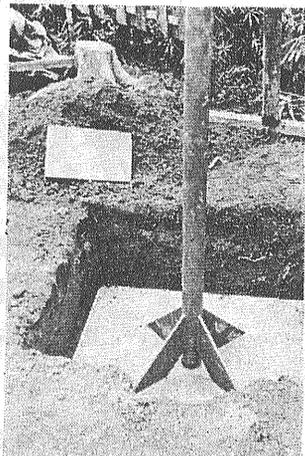
佐賀市街地およびその周辺には深井戸が集中的に分布しており(図22)取水量2,000m³/日以上のもが10カ所500m³/日以上のもが40カ所近くもあり1960(昭和35)年頃から普及し始めた水冷クーラー用の浅井戸に至っては無数にあるものと推定される。また佐賀市における深井戸のストレーナーの深度分布を示した図23について見るとストレーナーの深度は100m未



間隙水圧の測定(坑口)



間隙水圧の測定(読取り)



観測井の沈下板

満のものが多くが それ以深のものも少なくなく 中には200mをこえるものも数本ある。 100m未満の井戸について見ると 管尻の深度が60m前後にあるものが多いが これは俗に33間層と呼ばれているD層の下部をねらって掘られた井戸が多いためであろう。

最近では 浅層地下水の涸渇により クーラーの水冷式から空冷式への切替えがかなり行なわれており 新設のものも空冷式がほとんどであるため 取水量 とくに浅層からの取水量のピークは 昭和40~42年頃にあったと思われる。

8. 地盤沈下の原因

佐賀市街地の地盤沈下が急速に進行した時期と 前節で述べた浅層からの取水量のピーク時とはまったく一致しており その原因の大半が 水冷式クーラーによる浅層地下水の過剰揚水によることは明らかである。 先に述べたように この過剰揚水は 佐賀市の試験井のストレーナー埋設部分の水位が きわめて低いことから明らかである。 また これらの試験井による間隙水圧の測定が 浅層地下水の使用がもっとも少ない時期に行なわれたにも拘わらず A層(有明粘土層)にも 静水圧に比して 間隙水圧が相当低い値を示すところがある。 したがって 圧密先行荷重の値から明らかなように A層が脱水による収縮の一応の限界 あるいはそれに近い状態に達しているのは 間隙水圧が今次の測定値よりもはるかに低かった時期(おそらく複数)があり 圧密現象がその間に進行したと考えるのが 今日一般に行なわれている圧密理論を認める限り もっとも自然である。

今次の測定・試験の結果のなかでとくに注目されるの

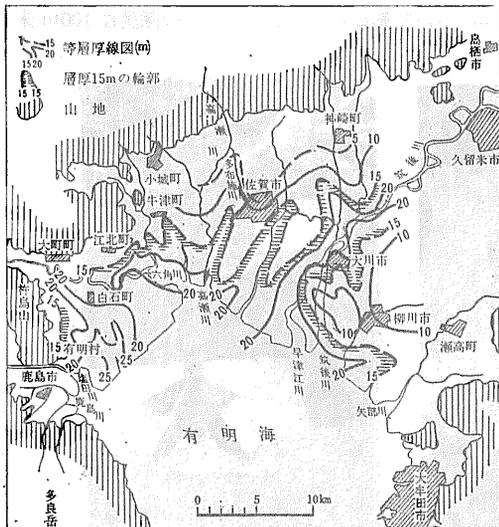


図21 有明粘土層(第1粘土層)の等層厚線図 (木野義人, 1969; 一部修正)

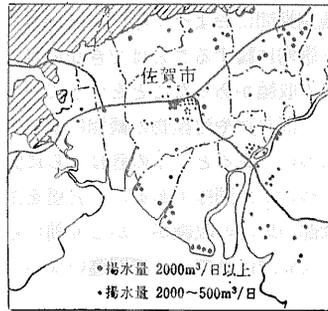


図22 佐賀平野の深井戸分布図

は 試験井B(勸興小学校)の深度27.6m以深に分布する下部粘性土層の間隙水圧も 静水圧に比べて 相当低い値を示すことである。 この粘性土層については 乱さない試料による圧密試験が行なわれていないので 厳密な意味での裏付けに欠けるが これは この地方の地盤沈下には 洪積層の圧密も関与していることを 暗示するものにほかならない。 この地方における地下水汲上げの実情に照らして見ても これは十分うなづけることである。 さらに 佐賀市の試験井の指針の動きによって知られるA層(有明粘土層)を主とする浅層の収縮量と 水準点の測量 佐賀市観測点の観測 および深井戸・建築物の観測によって知られる沈下量 あるいはある深度までの地層の収縮量および年平均収縮量との差 およびこの地方の深井戸による取水状況から見て 佐賀市の試験井の到達層準以下の洪積層の過剰揚水による圧密が この地方の地盤沈下に関与していることは 観測期間のずれによる厳密性の欠除はあっても 動かしがたいことといわざるを得ないであろう。

9. 今後行なうべき調査

佐賀市の地盤沈下の原因を具体的かつ詳細に明らかにし 今後の推移を予測して 万人が納得できる対策を確立するには 今後なお多くの調査を行なわなければならないが そのうちとくに重要なものは 次に列挙するとおりである。

- 1) 試験井による定期観測
佐賀市の3本の試験井によるA層(有明粘土層)を主とする浅部の地層の収縮量 およびストレーナー埋設部の帯水層の水位の同時観測を 少なくとも3カ月できれば1カ月おきに 定期的実施する必要がある。
- 2) 佐賀市の観測点の定期観測
先に述べたように 佐賀市の観測点によって容易にできる観測は 対象物件の基底までの地層の収縮量であるが その年4回程度の定期観測に加えて 少なくとも

