佐賀平野における平成6年異常渇水と地盤沈下

八谷陽一郎*・北島淳二*・神野健二**

Land Subsidence in the Saga Plane due to Water Shortage in 1994

Yoichiro Hachiya*, Junji Kitajima*, Kenji Jinno**

要 旨

佐賀平野は、九州の有明海北岸部の佐賀県南部に位置し、表層部には極めて軟弱な粘土層が広く分布している。この地域では、古くから地下水が水道用、農業用、工業用等に利用され、地下水の過剰採取に起因する地盤沈下が深刻な問題となっている。昭和46年からの観測結果によると、累積沈下量は、佐賀地区で約30cm、白石地区で約1mにも及んでいる。

平成6年は極めて深刻な渇水に見舞われ、過去100年間で最小の降雨量を記録し、また、従来の最高気温38.0℃を更新し、39.6℃を記録した。このため、地下水採取量の大幅な増加が認められ、白石地区においては、地下水位の低下が約18mにも及び、年間の地盤沈下量16cmを記録した。

Abstract

The Saga Plane, which is located in the south of the Saga Prefecture, has a coastline to north of the Ariake Sea. The top layers of this plane consist of very soft cohesive layers. The groundwater in this plane has been used for water service, agriculture and industry. Then, land subsidence induced by groundwater pumping is very serious problems in this plane. The settlements observed from 1971, are of the order of 30cm in Saga district and 1m in Shiroishi district.

In 1994, the Saga Plane experienced the smallest rainfall for the last 100 years, with the maximum temperature of 39.6℃ beyond the previous record level of 38.0℃. In Shiroishi district, the ground water level fell by about 18m due to water shortage and greater demand of groundwater in 1994. Consequently, the rate of subsidence accelerated as high as 16cm/year.

---

* 佐賀県環境整備局環境保全課
Division of Environmental Conservation Saga Prefectural Government

** 九州大学工学部建設都市工学科
Department of Civil Engineering Kyushu University

1 はじめに

有明海沿岸に位置する佐賀平野は、河川による土砂の堆積、有明海の海退等により形成された沖積平野で、表層部には含水比の高い軟弱な粘土層が約10～30mの厚さで堆積している。また、佐賀平野には、筑後川の他、嘉瀬川、牛津川、六角川、塩田川等の中小河川が流れているが、これら平野部の各河川は感潮域がその中流部にまで及び、水源としての利用が極めて難しい状況にあり、従来から地下水の利用が盛んであった。

このような背景のもと、佐賀平野における地盤沈下は、昭和35年に白石町の背後山麓線に沿って、幅300m、長さ5kmにわたる亀裂を伴った凹状の沈下帯が出現し、はじめて災害として認識された。

佐賀平野の地盤沈下を考える場合、一般に、佐賀平野の東部(筑後川右岸から牛津川－六角川にかけける地区)と西部(六角川右岸から杵島山地にかけける地区)に分け、それぞれ、「佐賀地区」及び「白石地区」と呼んでいる。佐賀地区は、佐賀市を中心とした市街地を含み、従来から、主に工業用水として地下水が利用されてきているところであるが、地下水利用の合理化の徹底等に伴い、近年は、一部の地域を除いて地盤沈下は鎮静化の傾向を示してきている。また、白石地区は、従来から主に水道用水及び農業用水として地下水が利用されてきており、近年でも年間最大2～4cm程度の地盤沈下が依然として進行している。

一方、平成6年は西日本を中心に極めて深刻な渇水に見舞われ、明治24年の佐賀地方気象台開設以来最小の降水量を記録した。平成6年の年間降雨量は1,013mm(平年の約55%)であり、特に、一般に最も降雨量の多い7月の月間降雨量は僅か22.4mm(平年の約7%)であった。このような状況の中で、地下水依存度が高い白石地区を中心に、地下水採取が大幅に増加し、急激な地下水位の低下をもたらし、その結果、佐賀県における観測史上最大の地盤沈下が観測された。

佐賀県においては、観測井調査、水準測量等により地盤沈下に係る調査を実施しているが、このような渇水時においては、これらの調査結果からこの地域における地盤沈下特性を典型的に見ることができることから、ここでは、平成6年の異常渇水時における地盤沈下の状況についてとりまと

めた。

2 佐賀平野の概要

(1) 地形・地質

佐賀平野は、北を脊振山地、西を杵島山地、東は筑肥山地によって囲まれ、平野の南に広がる有明海には、筑後川、嘉瀬川、六角川などの河川が流入している。平野部には、図－1に示すとおり、標高20m以下の台地、扇状地、氾濫平野、三角洲が順に配列し、その先に江戸時代以降の干拓地が広がっている。

また、佐賀平野の地質構造については、下山等(1994)によって図－2に示す地質層序が提唱されており、これによると、下から牛屋層、川副層(立石層)、中原層、高木瀬層、阿蘇－4火砕流堆積物、三田川層、蓮池層、有明粘土層、人工堆積物となっている。これらの層のうち、高木瀬層と有明粘土層は後期更新世と完新世の高海面期を代表する海成層とされている。また、完新世粘土は、非海成粘土(蓮池層)と海成粘土(有明粘土層)に区分されている。有明粘土層は、極めて軟弱な地層で海棲貝類の貝殻片を混入しており、蓮池層は、植物繊維を含み貝殻片を含まないことが特徴とされている。

(2) 地下水利用の状況

佐賀平野における地下水の利用状況は、佐賀地区と白石地区で対照的なものとなっている。佐賀地区においては、従来から北部の市街地を中心に主に工業用水としての地下水の利用が盛んに行われ、昭和50年頃は約1,200万 m^3 /年程であった地下水採取量が、合理化使用の徹底、産業構造の変化等により、近年では350万 m^3 /年程度と大幅な低減が図られた。その結果、「筑後・佐賀平野地盤沈下防止等対策要綱」に定める地下水採取量の目標量600万 m^3 /年を十分に下回る状況となった。また、佐賀地区においては、主に工業用水として地下水が利用されているため、年間をとおしてほぼ一定量の地下水が採取されているのが特徴となっている。なお、佐賀地区の南部は、全国有数の海苔の生産地であり、海苔の生産に地下水が利用されている。

一方、白石地区においては、その地形的条件等

図一 1 佐賀平野の地形区分図

から水源のほとんどを地下水に依存しており、主な地下水の用途としては、水道用水、農業用水となっている。水道用水については、毎年ほぼ一定の量の地下水が採取されているが、農業用水は、灌漑期間における降雨量の多少によって、地下水採取量が大きく変動している。通常の気象年においては600～900万 m^3 /年程度の地下水が採取されているが、平成6年の渇水の状態の中では、約2,000万 m^3 /年にも及ぶ地下水が採取された。このように、白石地区においては、「筑後・佐賀平野地盤沈下防止等対策要綱」に定める目標量300万 m^3 /年を大幅に上回る地下水の採取が依然と

して行われている。また、白石地区においては、農業用としての地下水の利用が大半をしめていることから、灌漑期の6月～10月に集中した地下水の採取が行われているのが特徴となっている。

3 平成6年の渇水状況

平成6年は、夏の記録的な高温少雨により、西日本を中心に深刻な水不足の状況を呈することとなった。平成6年の年間降雨量は、佐賀地方気象台観測開始(明治24年)以来最小の1,013mmで平年の約55%であった。月間降雨量の変化を図-3に示すが、一般に水の需要が多くなる夏季、特に

時代	テフラ層 (v.B.P.)	有明海周辺地域 ¹⁾		佐賀平野 ²⁾	Saga-Chikugo Plain ³⁾	有明海北岸低地 ⁴⁾	
		地下地質	表層地質	地下地質		地下地質	表層地質
完 新 世	K-Ah (6300)	有明粘土層	黒色土	A層	F UC US MC Ariake clay F.	有明粘土層	蓮池層上部
	10000 AT (22000)	島原海灣層	褐色ローム層 低位段丘礫層	B層	SUG SM SLG Simabara- kaiwan F. P S		蓮池層下部
	Aso-4 (85000)	八女粘土層		C層	"Aso-4"	阿蘇-4火砕流堆積物	
	Aso-3 (120000)	未 区 分 洪 積 層	中位段丘礫層	D層	D S a D S b D C (D) D G		中原層上部
						高木瀬層	
			吉田礫層	E層		川副層	立石層
更 新 世				F層		牛屋層	

1) 有明海研究グループ(1965), 2) 福田(1969), 3) 杉谷(1983),
4) 下山等(1964), テフラ層及び年代値は町田・新井(1992)による。

図一 佐賀平野の地質層序

図一 月間降雨量の変化

灌漑期(6月～10月)に異常に少なく、この期間の
 平年値の約30%程度の降雨となっている。特に7
 月は平年の約7%の降雨となっている。また、平
 成6年の気象状況の特徴として猛暑(高温)があげ
 られる。図-4に月間の平均、最高、最低気温の
 変化を示す。年間をとおして平年より気温が高い
 傾向が認められ、特に夏季(7月、8月)に極端に
 気温が高く、従来の日最高気温の最大値38.0℃を
 更新し39.6℃を記録した。

4 平成6年度の地盤沈下状況

佐賀県では、毎年、地盤沈下に係わる調査とし
 て、(1)地下水採取量調査、(2)観測井調査、(3)
 水準測量等を実施している。地下水採取量調査は、
 大口の地下水利用者からの報告(佐賀県公害防止
 条例による報告義務)に基づきとりまとめている。
 観測井調査は、佐賀平野の各地域に15ヶ所20本の
 観測用の井戸を設置し、地下水位の変動及び地盤
 の収縮量の観測を行っている。水準測量について
 は、毎年2月1日を基準日として地盤高の測量を
 行い地盤沈下量の算出を行っている。これらの調
 査結果等から、平成6年度の地盤沈下に係る諸元
 について、過去4年間及び最近の渇水年である昭
 和53年度と比較して表-1に示した。

(1) 地下水採取量

佐賀県公害防止条例においては、吐出口断面積
 の合計が 21cm^2 を超える揚水施設等の地下水採取
 量の報告が義務付けられており、その報告の過去
 5年間の集計結果を表-2に示す。佐賀地区にお
 いては、地下水採取量の年による変動は比較的少
 なく、平成6年の渇水においても農業用水の採取
 が若干増加した程度におさまっている。白石地区
 においては、農業用水の採取がその年の降雨量の
 多少により変動しており、平成6年渇水において
 は農業用水の地下水採取が大幅に増加し、全体で
 約 $2,000\text{万cm}^3$ /年の地下水が採取された。また、
 佐賀地区及び白石地区における平成6年度月別地
 下水採取量の変動をそれぞれ図-5及び図-6に
 示す。白石地区においては、夏季に極端に集中し
 た地下水採取が行われたことが分かる。

(2) 地下水位等の変動

佐賀県においては、佐賀平野に15ヶ所20本の観
 測井を設置し、地下水位及び地盤収縮量の観測を
 行っている。佐賀地区の市街地に設置されている
 天神観測所の観測結果を図-7に示す。天神観測
 所には深度が異なる2本の観測井を設置してお

図-4 月間の最高、最低、平均気温の変化

表－１ 近年の地盤沈下に係る諸元

◎参考

地区	項 目	平成２年度	平成３年度	平成４年度	平成５年度	平成６年度	昭和53年度
佐賀地区	年間最大沈下量 (cm)	1. 2	2. 0	2. 7	2. 0	3. 3	7. 5
	1 cm 以上沈下面積 (km ²)	7	4 3	8	8	7 6	2 4 8
	地盤沈下体積 (千m ³)	1 0 5	6 4 5	1 3 0	1 2 0	1, 2 8 0	約5, 5 0 0
	年間湧水量 (千m ³)	3, 5 1 6	3, 4 7 3	3, 4 5 1	3, 2 1 0	3, 6 0 0	9, 1 2 0
白石地区	年間最大沈下量 (cm)	4. 5	3. 8	4. 3	2. 1	1 6. 0	1 0. 3
	1 cm 以上沈下面積 (km ²)	4 4	1 0	2 4	4	1 1 5	1 0 4
	地盤沈下体積 (千m ³)	7 2 0	2 0 0	4 2 0	6 0	5, 8 9 5	約4, 0 0 0
	年間湧水量 (千m ³)	8, 6 4 7	6, 3 2 2	8, 7 3 3	5, 2 0 4	1 9, 9 8 9	1 6, 5 3 1
計	年間最大沈下量 (cm)	4. 5	3. 8	4. 3	2. 1	1 6. 0	1 0. 3
	1 cm 以上沈下面積 (km ²)	5 1	5 3	3 2	1 2	1 9 1	3 5 2
	地盤沈下体積 (千m ³)	8 2 5	8 4 5	5 5 0	1 8 0	7, 1 7 5	約9, 5 0 0
	年間湧水量 (千m ³)	1 2, 1 6 3	9, 7 9 5	1 2, 1 8 4	8, 4 1 4	2 3, 5 8 9	2 5, 6 5 1

表－２ 近年の地下水採取量の推移

(単位：千m³/年)

地 区	用 途	平成２年度	平成３年度	平成４年度	平成５年度	平成６年度
佐賀地区	工 業 用	2, 9 5 3	2, 9 1 6	2, 7 5 3	2, 7 1 7	2, 8 3 0
	建 築 物 用	4 9 1	5 0 1	5 4 7	4 3 6	4 7 4
	水 道 用	1 4	2	1 4	2 0	0
	農 業 用	5 8	5 4	1 3 7	3 7	2 9 6
佐賀地区計		3, 5 1 6	3, 4 7 3	3, 4 5 1	3, 2 1 0	3, 6 0 0
地 区	用 途	平成２年度	平成３年度	平成４年度	平成５年度	平成６年度
白石地区	工 業 用	1 7 5	1 8 0	2 8	2 6	3 5
	建 築 物 用	8	1 7	5	2 3	3 1
	水 道 用	3, 9 7 9	3, 9 0 6	3, 8 5 9	3, 9 0 5	3, 9 1 4
	農 業 用	4, 4 8 5	2, 2 1 9	4, 8 4 1	1, 2 5 0	1 6, 0 0 9
白石地区計		8, 6 4 7	6, 3 2 2	8, 7 3 3	5, 2 0 4	1 9, 9 8 9
地 区	用 途	平成２年度	平成３年度	平成４年度	平成５年度	平成６年度
両地区	工 業 用	3, 1 2 8	3, 0 9 6	2, 7 8 1	2, 7 4 3	2, 8 6 5
	建 築 物 用	4 9 9	5 1 8	5 5 2	4 5 9	5 0 5
	水 道 用	3, 9 9 3	3, 9 0 8	3, 8 7 3	3, 9 2 5	3, 9 1 4
	農 業 用	4, 5 4 3	2, 2 7 3	4, 9 7 8	1, 2 8 7	1 6, 3 0 5
両地区計		1 2, 1 6 3	9, 7 9 5	1 2, 1 8 4	8, 4 1 4	2 3, 5 8 9

※ 湧水機の吐出口断面積の合計が21cm²を超える湧水施設、及び特例昇任を受けた湧水施設を有する事業場を対象としている。

図一五 平成6年度月別地下水採取量(佐賀地区)

図一六 平成6年度月別地下水採取量(白石地区)

図一七 天神観測所における平成6年度の地下水位及び地盤収縮量の観測結果

り、それぞれA-1観測井(深度:197m)及びA-2観測井(深度:58m)と呼んでいる。佐賀地区北部の市街地における地下水の利用はそのほとんどが工業用水であり、地下水採取量は天候(降雨量)に比較的依存しないことから、天神観測所における地下水位及び地盤収縮量の大きな変動は見られなかった。なお、天神観測所における完新世の粘土層厚は約9mである。また、佐賀地区の南部の川副観測井の観測結果を図-8に示す。川副観測井の深度は97m、この地点の完新世粘土層の厚さは約16mである。地下水位は夏季に一度低下し、再び11月から2月にかけて低下している。地盤は7月以降に収縮し、ほとんど回復していない。佐賀地区南部においては、通常気象条件下では、灌漑用水は河川水(アオ取水を含む)によってまかなわれており地下水に依存していないが、平成6年の川副観測井における夏季の地下水位の低下は、灌漑用水としての地下水の利用によるものと考えられる。また、11月～2月の地下水位の低下は海苔生産のための地下水利用によるものと推測される。

次に、白石地区を代表する白石観測所における

観測結果を図-9に示す。白石観測所には深度が異なる2本の観測井を設置しており、それぞれC-1(深度:260m)、C-2(深度:84m)と呼んでおり、完新世の粘土層厚は約21mである。C-1及びC-2の地下水位は、7月頃から急激な低下が認められ、共に9月まで最大16m～18m低下し、その後回復に向かっている。また、C-1及びC-2の地盤収縮量は、共に地下水位の低下に追従して増加し、10月又は11月頃にそれぞれ最大18cm、14cmの収縮量を記録し、その後若干回復している。図-9のC-1及びC-2の地盤収縮量を比較すると、深度が大きなC-1がC-2よりも収縮量が大きく、また回復量も大きなことが特徴となっている。観測井において観測される地盤収縮量は、その深さに相当する全地盤の圧密を反映するものであり、このC-1及びC-2の地盤収縮量の比較から、この地域における地盤沈下への更新世の層の圧密の寄与が推測される。また、図-10にC-1観測井の過去5年間の観測結果を示しており、これから平成6年渇水による地下水位の変動及び地盤収縮が過去の状況と比較して極めて大きなものであったことが分かる。

図-8 川副観測所における平成6年度の地下水位及び地盤収縮量の観測結果

図一 白石観測所における平成6年度の地下水位及び地盤収縮量の観測結果

図一〇 白石観測所(C-1)における過去5年間の地下水位と地盤高の観測結果

(3) 地盤沈下

佐賀平野においては、国土地理院及び佐賀県が、それぞれ路線長109km 及び260km の水準測量を2月1日を基準日として実施しており、図-11に平成6年度の地盤沈下量の等量線図を示す。白石地区については、すり鉢状にほぼ全域で沈下が認められ最大で16.0cmにも及び、佐賀県が水準測量を開始した昭和46年度以降で最も厳しい結果となった。また、昭和46年度以降の累積沈下量も、最大で100cmに及んだ。

佐賀地区は、近年、地下水採取量の減少に伴う地下水位の回復により、全体としては、地盤沈下は鎮静化の傾向を示してきているが、南部を中心に毎年1～2cm程度の沈下が認められている。平成6年度は、西部及び南部で比較的広範囲な沈下が認められたが、白石地区と比較すれば、極端な地下水採取量の増加がなかったことから、年間最大沈下量3.3cm、1cm以上の沈下面積76cm²、沈下体積1,280m³にとどまった。

白石地区は、これまで各年の降雨量の多少による地下水採取量の変動により、地盤沈下量もかなり変動してきているが、平成6年度は、渇水に伴

う地下水採取量の大幅な増加により、年間最大沈下量16.0cm、1 cm以上の沈下面積115km²、沈下体積約5,900千m³となり、本県における観測史上最大の地盤沈下を記録した。

5 まとめ

平成6年の渇水に伴う地盤沈下は、前述のとおりこれまでに経験したことのない極めて厳しいものであった。

一般に、地下水の採取に起因する地盤沈下は広域なものであることから、その被害が認識されにくいものであるが、平成6年の渇水状況の中では、農地の不陸、き裂、道路の段差、水道管の破損等の多くの直接的な被害も発生し、地盤沈下防止対策の重要性が改めて認識された。

佐賀平野の地盤沈下防止は、本県の長年の課題であり、地下水に代わる代替水源の確保等の事業の推進が図られているところであるが、これに加え、平成 6 年の渇水に伴う地盤沈下を教訓とし、佐賀大学との共同研究により佐賀平野の地盤環境の管理計画を策定することとしている。

図一11 地盤沈下等量線図(平成6年度)

参考文献

佐賀県(1994)：地盤沈下の概況

佐賀県、低平地研究会(1995)：佐賀平野地盤沈下予測調査報告書

下山正一他(1994)：有明海北岸低地の第四系、九大理学部研究報告(地球惑星), 18(2), pp.103-129.

有明海研究グループ(1965)：有明・不知火海域の第四系, 地団研専報, (11), 86P.地学団体研究会.

Endo K.,Sekimoto K and Takano T. (1982): Holocene

stratigraphy and paleoenvironments in the Kanto Plane in relation to Jomon Transgression. Prec. Inst. Nat. Sci. Coll. Human. and Sci. Nihon Univ.,Earth Sci., (17), 1-16.

福田理(1969)：佐賀平野の地下地質と形成過程. 地質学会第76年学術大会シンポジウム「海岸平野」, 講演要旨 39-43.

町田洋・新井房夫(1992)：火山灰アトラス「日本列島とその周辺」, 276P. 東京大学出版会.

(受付：1995年9月18日、受理：1996年5月10日)