

## 大阪地域における地下水位および地盤沈下量の長期変動について

○稲葉徹<sup>1</sup>・長屋淳一<sup>2</sup>・春日井麻里<sup>3</sup>・大島昭彦<sup>4</sup>・磯野栄一<sup>5</sup>・北田奈緒子<sup>3</sup>・谷本裕則<sup>6</sup><sup>1</sup>五洋建設(株)・<sup>2</sup>(株)地域地盤環境研究所・<sup>3</sup>(一財)地域地盤環境研究所・<sup>4</sup>大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻・<sup>5</sup>(株)森川鑿泉工業所・<sup>6</sup>川崎地質(株)

## 1. はじめに

「地下水地盤環境に関する研究協議会」の地下水・地盤災害と防災技術に関する研究委員会では、大阪地域における近年の地下水変動と地盤沈下、地下水位高位化に伴う地盤災害、地下水位再低下による地盤沈下、地下水位低下工法による液状化対策等をテーマに活動を行っている。

「研究協議会」会員から観測データの提供を受けている各観測井の観測場所よりグループ分けを行った。

長期間の地下水変動と合わせて地盤沈下量を整理し、変動原因の分析を行い、将来的な地下水変動と地盤災害、地下水低下工法による液状化対策の留意点の検討の基礎資料とした。

過去にも同様の整理が報告されているが、それから約20年経ち、最新のデータを加えて考察を行った。

## 2. 地下水位観測井概要

今回検討対象とした、大阪地域の地下水位観測井の位置図を図-1に、観測井の一覧を表-1に示す。

各観測井の観測場所により、淀川北地区、大阪北部地区、大阪中央部地区、西大阪地区、東大阪北部地区、東大阪南部地区にグループ分けを行った。

また、各観測点の観測データは、スクリーン深度により、沖積層、第1洪積砂礫層、大阪層群砂礫層に分けて整理している。ただし、沖積粘土層(Ma13層)と最上位の洪積粘土層(Ma12層)が明確に分布しない地域では第1洪積砂礫層の区分ができないため、スクリーン深度が沖積層以下のものは全て「大阪層群砂礫層」として示している。

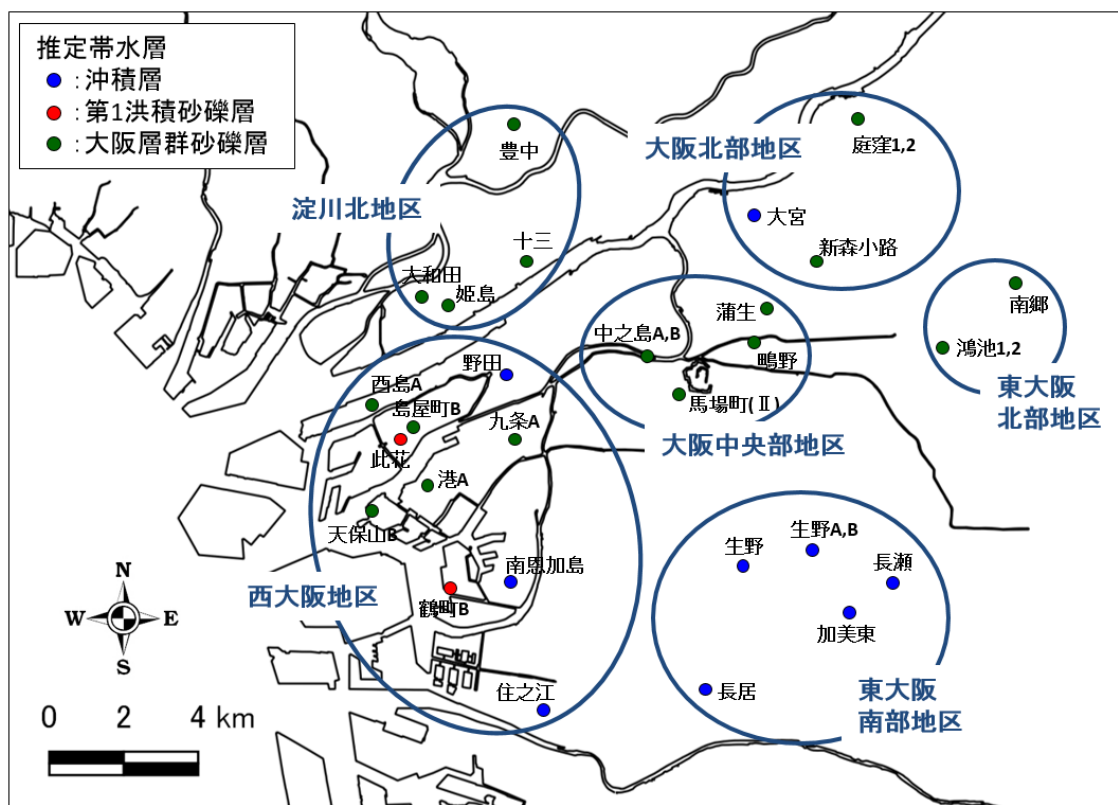


図-1 地下水位観測井位置図

Long-term variation of groundwater level and ground settlement in Osaka area

Toru Inaba<sup>1</sup>, Junichi Nagaya<sup>2</sup>, Mari Kasugai<sup>3</sup>, Akihiko Oshima<sup>4</sup>, Eiichi Isono<sup>5</sup>, Naoko Kitada<sup>3</sup>, Hironori Tanimoto<sup>6</sup>(<sup>1</sup>Penta-Ocean Construction, <sup>2,3</sup>Geo-Research Institute <sup>4</sup>Department of Urban Engineering, Osaka City University<sup>5</sup>Morikawasakusen Corporation, <sup>6</sup>Kawasaki Geological Engineering Corporation)**KEY WORDS:** Osaka area, Groundwater level, Ground settlement, Long-term variation

表-1 地下水位観測井一覽表

グループ	番号	観測井	所在地	地盤高 (O.P.m)	管頭高 (O.P.m)	スクリーン深度 (G.L.-m)	管長 (m)	推定帯水層	備考 (計測期間)
淀川北地区	9	大和田	大阪市西淀川区大和田四丁目	-0.24	0.76	40.1~48.6	-	大阪層群砂礫層	2000年廃止
	11	豊中	豊中市庄内幸町四丁目	-	3.8	24.9~47.0	47	大阪層群砂礫層	
	29	姫島	大阪市西淀川区姫島四丁目	-	1.47	63.0~68.0	68	大阪層群砂礫層	1953年~
	30	十三	大阪市淀川区十三元今里一丁目	-	4.34	96.6~100.0	100	大阪層群砂礫層	1960年~
大阪北部地区	4	大宮	大阪市旭区大宮町四丁目	3.78	4.78	2.7~8.7	-	沖積層	1976年~
	6	新森小路	大阪市旭区新森六丁目	2.66	3.66	51.2~68.2	-	大阪層群砂礫層	1976年~2014年
	13	庭窪1-1	守口市淀江町一丁目	-	4.69	34.0~49.5	50	大阪層群砂礫層	2007年廃止
	14	// 1-2		-	4.71	60.0~85.0	100	大阪層群砂礫層	
	15	// 1-3		-	4.71	208.0~238.5	250	大阪層群砂礫層	
	16	// 2-1		-	4.84	31.5~45.0	-	大阪層群砂礫層	
	17	// 2-2	守口市淀江町一丁目	-	4.86	59.0~101.0	-	大阪層群砂礫層	
	18	// 2-3		-	4.86	208.0~238.5	-	大阪層群砂礫層	
大阪中央部地区	7	嶋野	大阪市城東区嶋野西三丁目	2.48	3.49	23.2~27.2	-	大阪層群砂礫層	1978年~
	31	中之島A	大阪市北区中之島一丁目	-	4.02	91.0~96.0	96	大阪層群砂礫層	1960年~
	32	中之島B		-	3.99	178.0~183.0	186	大阪層群砂礫層	
	33	蒲生	大阪市城東区中央三丁目	-	2.44	91.0~96.0	96	大阪層群砂礫層	1960年~
40	馬場町(II)	大阪市中央区大手町四三丁目	-	25.31	144.7~149.7	176	大阪層群砂礫層	1997年~	
西大阪地区	2	野田	大阪市福島区吉野五丁目	0.46	1.46	2.2~10.2	-	沖積層	1975年~
	3	住之江	大阪市住之江区御崎町八丁目	3.69	4.67	2.9~10.5	-	沖積層	1976年~
	8	南恩加島	大阪市大正区南恩加島三丁目	2.12	3.17	2.9~6.9	-	沖積層	1997年廃止
	26	天保山B	大阪市港区築港四丁目	-	3.58	96.0~100.5	104	大阪層群砂礫層	1961年~
	27	鶴町B	大阪市大正区鶴町二丁目	-	3.7	25.0~30.0	30	第1洪積砂礫層	1953年~
	28	此花	大阪市此花区島屋五丁目	-	1.35	23.0~28.0	31	第1洪積砂礫層	1992年~
	34	港A	大阪市港区田中三丁目	-	2.51	348.0~353.0	357	大阪層群砂礫層	1986年~
	36	// B		-	2.51	183.0~188.0	192	大阪層群砂礫層	
		九条A	大阪市西区九条通二丁目			170.0	176	大阪層群砂礫層	1939年~1970年
		西島A	大阪市此花区西島九丁目				93	大阪層群砂礫層	
		島屋町B	大阪市此花区島屋町				30	大阪層群砂礫層	
東大阪北部地区	19	南郷	大東市太子田一丁目	-	3.53	37.7~50.0	50	大阪層群砂礫層	
	21	鴻池1	東大阪市南鴻池一丁目	-	4.15	92.0~97.0	-	大阪層群砂礫層	
	22	鴻池2		-	4.25	170.0~191.0	-	大阪層群砂礫層	
東大阪南部地区	1	長居	大阪市住之江区西鷹合町二丁目	7.37	8.37	2.2~20.2	-	沖積層~大阪層群砂礫層	1975年~1999年
	5	生野	大阪市生野区林寺六丁目	5.49	6.49	2.2~18.2	-	沖積層	1975年~
	10	加美東	大阪市平野区加美東六丁目	8.26	9.26	32.6~45.4	-	大阪層群砂礫層	1980年~
	20	長瀬	東大阪市大蓮東二丁目	-	9.75	129.8~140.0	150	大阪層群砂礫層	1975年~
	37	生野A	大阪市生野区巽東四丁目	-	5.9	13.5~16.5	17	大阪層群砂礫層	1967年~
38	生野B	-		6	170.0~180.0	200	大阪層群砂礫層		

3. 大阪地域の長期的地下水位変化

3.1 全期間の地下水位変化

地下水位の変化をグループ毎に検討した。観測結果をグループ毎に図2(1)~(6)に示す。

大阪地域では昭和10年代(1935年~)に軍事工場の増加、昭和25~35年(1950~1960年)に戦後の産業の活性化に伴う地下水汲上げによる工業用水の利用が行われ、大規模な地下水位低下が生じた。

昭和37年(1962年)の地下水汲上げ規制(ビル用水法、工業用水法(改正)施行)により、地下水の汲上げが制限され、地下水位はどの地域でもV字回復し、急速な上昇をしている。

その後は、1980年代後半から地下水回復は緩やかとなっている。1985年~2008年には各地域で一時的な地下水位の再低下がみられるが、鉄道・道路等の地下工事における地下水汲上げの影響と思われる。工事終了後には地下水位回復が観測されている。

2008年以降も地下水位は緩やかに上昇しており、2008~2018年における10年間の水位上昇量は1~3mである。なお、沖積層の水位に長期的な変化は見られない。

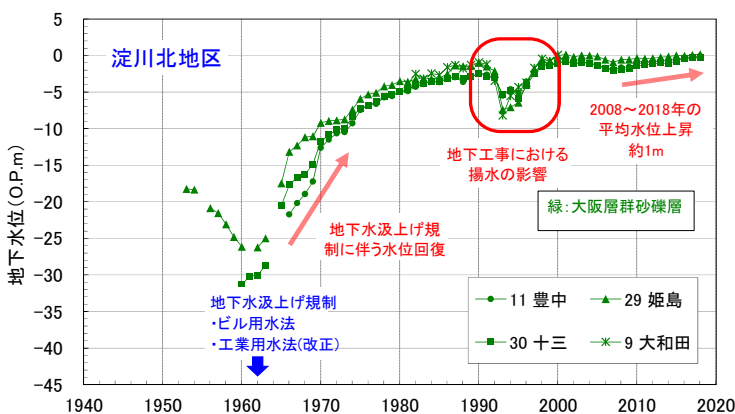


図-2(1) 地下水位観測値(1) (淀川北地区)

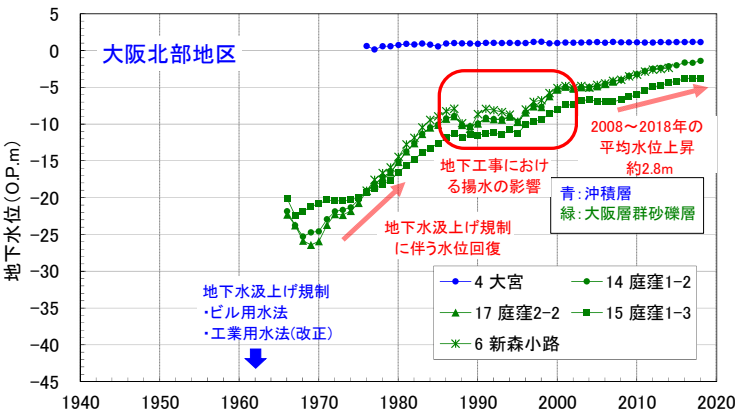


図-2(2) 地下水位観測値(2) (大阪北部地区)

### 3.2 年代毎の地下水位変化

#### (1) 1960年代～1980年代の地下水位変化

大阪層群砂礫層の地下水位は、淀川北地区、大阪中央部地区、西大阪地区では1960年頃から、大阪北部地区、東大阪北部地区、東大阪南部地区では西大阪地区では1970年頃からそれまでの地下水位低下が上昇に転じ、1985年頃まで急激な上昇が続いている。

これは、昭和37年(1962年)の地下水汲上げ規制(ビル用水法、工業用水法(改正)施行)による影響である。

淀川北地区では、1970年代後半から、大阪中央部地区、西大阪地区では、1970年代前半から、東大阪地区では1980年代後半から地下水位の回復は緩やかとなっている。

#### (2) 1990年代の地下水位変化

1990年代には、西大阪地区では第1洪積砂礫層、大阪層群砂礫層とも、一時的な地下水位低下があるものの、地下水位はほぼ一定となっている。東大阪北部地区および東大阪南部地区の一部の大阪層砂礫層は、1980年代後半から1990年代中頃に一時的な地下水位の低下があり、その後は現在まで緩やかな地下水位の上昇が続いている。

1990年以降の一時的な地下水位の低下は、地盤掘削を伴う鉄道建設、道路建設における地下水汲上げによる地下水位低下工法の実施によるものと思われるが、工事完了後は元の地下水位に回復している。

#### (3) 2000年代以降の地下水位変化

2000年代以降は、西大阪地区では第1洪積砂礫層、大阪層群砂礫層ともに大きな地下水位変動は見られないが、その他の地区では緩やかな地下水位の上昇が継続している。西大阪地区の第1洪積砂礫層の一部で地下工事の影響とみられる一時的な地下水位低下が見られるが、1990年代に比べて小さな変動にとどまっており、工事完了後に地下水位は回復している。また、周辺の観測井には変動が見られず、局所的な水位低下であることがわかる。

ただし、2008年以降も地下水位は緩やかに上昇しており、2008～2018年における10年間の地下水位上昇量は1～3mである。東大阪地区(北部、南部)の上昇量が比較的大きくなっている。

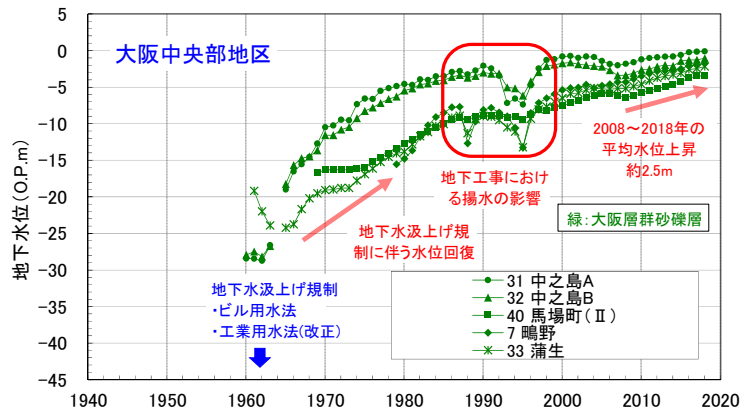


図-2(3) 地下水位観測値(3) (大阪中央部地区)

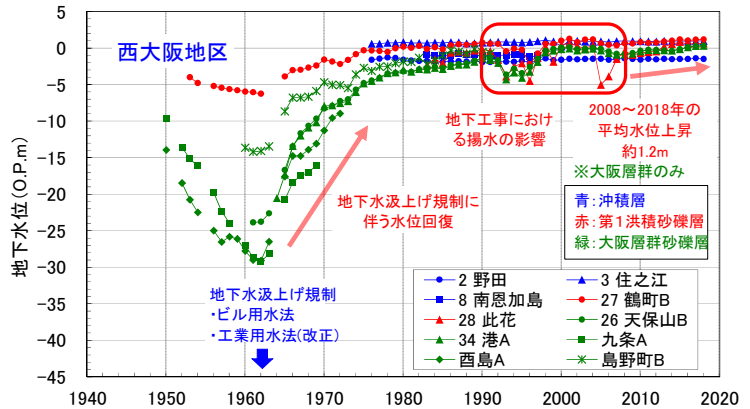


図-2(4) 地下水位観測値(4) (西大阪地区)

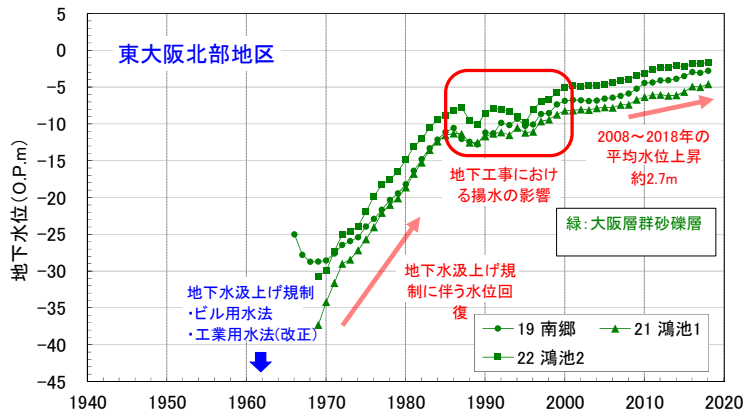


図-2(5) 地下水位観測値(5) (東大阪北部地区)

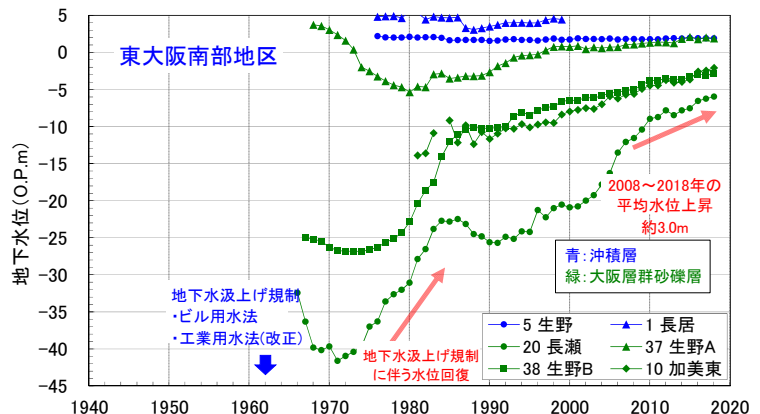


図-2(6) 地下水位観測値(6) (東大阪南部地区)

(4) 地区毎の地下水位回復の差異について

2008 年以降も地下水位は緩やかに上昇しており、2008～2018 年における 10 年間の地下水位上昇量は 1～3m であるが、西大阪地区に比べて東大阪地区（北部、南部）の上昇量が比較的大きくなっている。この差異の原因として、地下水汲上げ規制施行後の地下水揚水量の違いが考えられる。西大阪地区と東大阪地区の地下水揚水量の経年変化を図-3(1)～(2)に示す。規制以降、西大阪地区は揚水量が急激に減少したが、東大阪地区では緩やかに減少している。

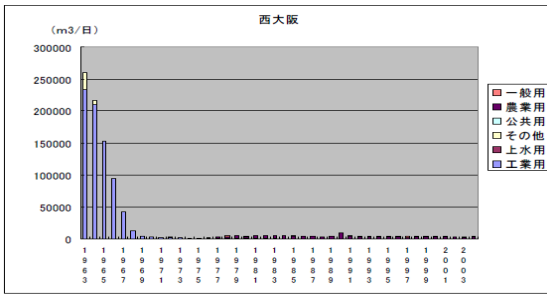


図-3(1) 用途別揚水量の経年変化(1) (西大阪地区)

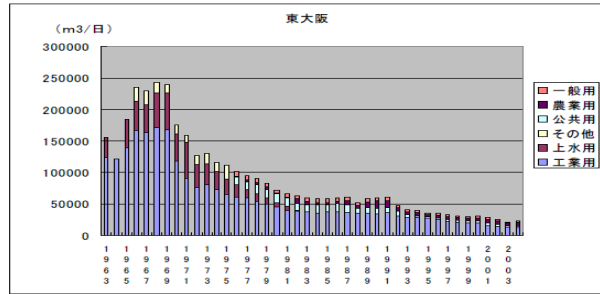


図-3(2) 用途別揚水量の経年変化(2) (東大阪地区)

3.3 浅層地下水位について

図-2 より沖積層の地下水位に長期的な変化は見られていないが、降雨の影響が考えられることから、降雨量と浅層水位の関係の検討を行った。

(1) 尼崎市築地公園の地下水位観測結果

尼崎市築地は、1995 年の阪神淡路大震災で液状化により大きな被害を受け、液状化対策として地下水位低下工法を日本で初めて適用した地域である。対策後 20 年近くが経過しており、現在でも地下水位が当時の地下水位 (G.L.-3m 程度) に保持されているかどうかを確認することを目的とし、沖積砂層の地下水位観測井を設置し、地下水位の観測を行った。尼崎市築地公園での浅層地下水位観測結果と降雨量の関係を図-4(1)に示す。

2017 年 10 月の台風 21 号、2018 年 7 月の台風 7 号の来襲時に日降水量 100 mm 以上の降雨があり、これに伴い浅層地下水位が 0.4m 程度上昇している。降雨により上昇した地下水位は急速に低下を始め、半月でほぼ上昇量の半分以上低下し、その後の降雨量にもよるが、おおむね 2 か月程度かけて元の地下水位まで戻っている。

(2) その他の地域の地下水位観測結果

その他の地域の沖積層水位観測結果と降雨量の関係を図-4(2)に示す。

その他の地域の観測井でも尼崎市築地公園と同様に 2017 年 10 月の台風 21 号、2018 年 7 月の台風 7 号の台風来襲時に沖積層地下水位の急上昇がみられたが、降雨終了後は、地下水位が低下し、どの地点も半月で上昇量の半分以上低下し、2 か月程度かけて元の地下水位に戻っている。

高槻の観測点では、他の観測地点と異なり、降雨時の地下水位の上昇が大きく、台風来襲時には、1.5m 以上地下水位が上昇している。また、地下水位は季節変動があり、春から夏にかけて地下水位が 2.5m 前後上昇している。この原因は明らかではないが、周辺には水田が多くあり、農業用水としての利用による影響も考えられる。(2)。

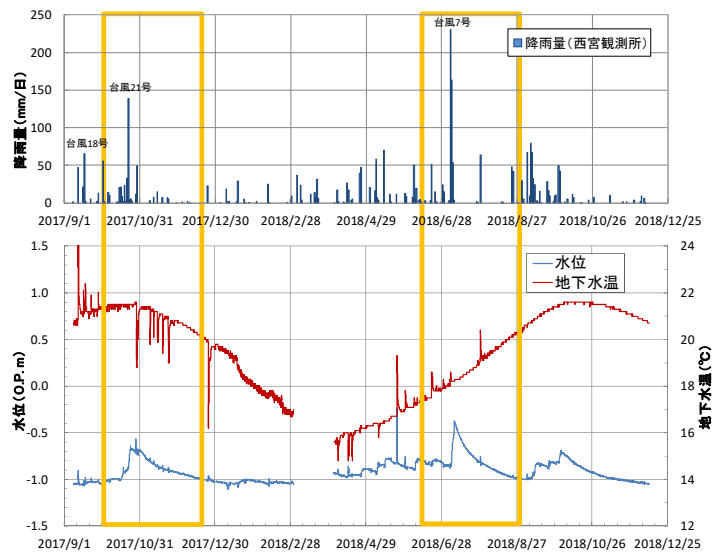


図-4(1) 尼崎市築地公園の浅層地下水位と降雨量

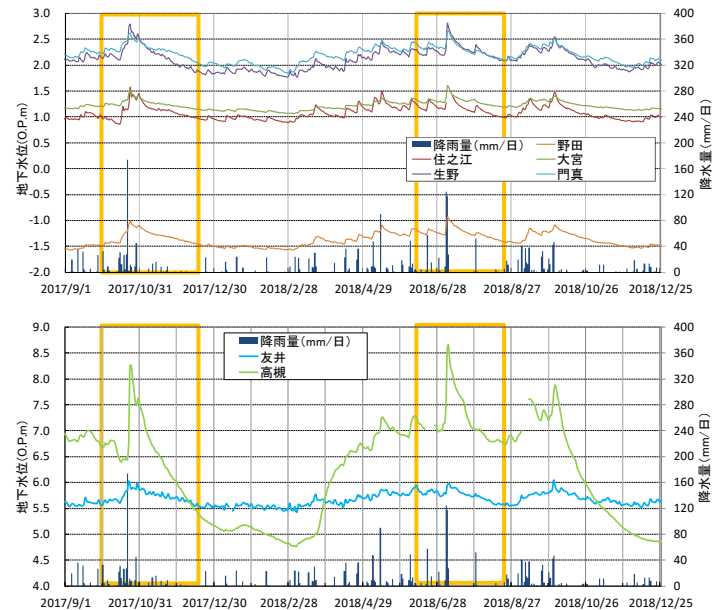


図-4(2) その他の地域の浅層地下水位と降雨量

### (3) 沖積層地下水位と液状化対策工法について

浅層部の沖積層の地下水位は、長期的に安定しているが、大量の降雨により一時的な水位上昇と水位回復の状況が把握できた。液状化対策の一方として、地下水低下工法がある。長期的に浅層水位が安定的な推移が見込まれるため、適用性が高いと考えられるが、大量の降雨による一時的な水位の上昇も見られること等に留意が必要である。

また、液状化層の地盤改良工法も、水位が長期的に安定していることから適用性があるが、液状化層の設定にあたって、大量降雨時の水位上昇に留意する必要がある。

## 4. 地盤沈下量の長期的変化

### 4.1 観測期間以前の地盤沈下量

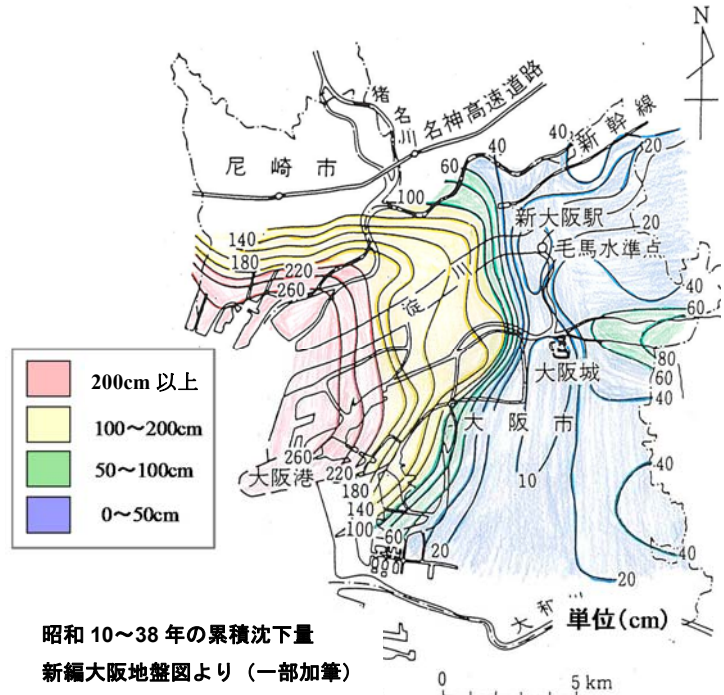
各観測井での地盤沈下量観測が開始される以前の大阪地域の地盤沈下量を図-5に示す<sup>3)</sup>。昭和10年～38年(1935年～1963年)の大阪地域の累積地盤沈下量を示している。

昭和10～38年(1935年～1963年)の累積沈下は、大阪湾に近い淀川河口付近で200cm以上となっており、最大で260cm以上になっている。

東大阪地区では、比較的沈下量は小さいが、一部50cm以上の沈下地域があり、最大80cm以上となっている。

一方、上町台地付近の沈下量は小さくなっている(最小10cm以下)。

沿岸地域の地盤沈下は、1950年のジェーン台風による高波、高潮により広範囲の浸水が起こり、甚大な被害が発生するなど、社会問題化し、一部で盛土による嵩上げが行われている。



昭和10～38年の累積沈下量  
新編大阪地盤図より(一部加筆)

図-5 昭和10～38年の累積沈下<sup>3)</sup>(1935年～1963年)

### 4.2 観測期間の地盤沈下量

各観測井の地盤沈下量の観測結果を図-6(1)～(6)に示す。各観測井とも、前項の累計沈下量に引き続き、観測当初から急速な地盤沈下が観測されている。

昭和37年(1962年)の地下水汲上げ規制(ビル用水法、工業用水法(改正)施行)により、地下水の汲上げが制限され、地下水位はどの地域でもV字回復し、急速な上昇を示している。

地盤沈下の速度は、淀川北地区、大阪中央部地区、西大阪地区では1960年代半ばから、大阪北部地区、東大阪北地区、東大阪南地区では、1970年代半ばから低下している。これは、地下水汲上げ規制により地下水位が回復傾向に転じた時期とほぼ一致している。近年は地盤沈下の速度は小さくなり収束傾向にあるが、一部微量ではあるが、沈下が継続している地域もある。大阪中央部、大阪北部、西大阪、東大阪北部、東大阪南部地区で、1990年代に沈下量の一時的な少量の増大が見られる。これは、地下工事を伴う道路、鉄道工事の地下水汲上げの影響と思われるが、沈下量は小さく、工事完了に伴い地盤沈下の増大は止まり、地盤高の回復が見られる地域も見られる。

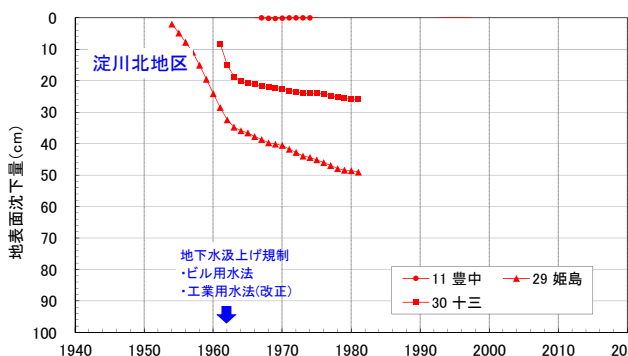


図-6(1) 地盤沈下量観測値(1)(淀川北地区)

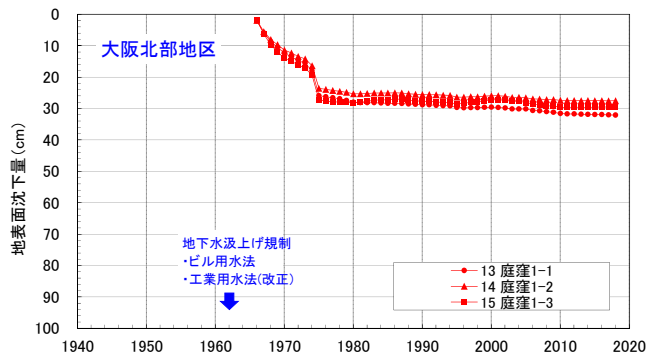


図-6(2) 地盤沈下量観測値(2)(大阪北部地区)

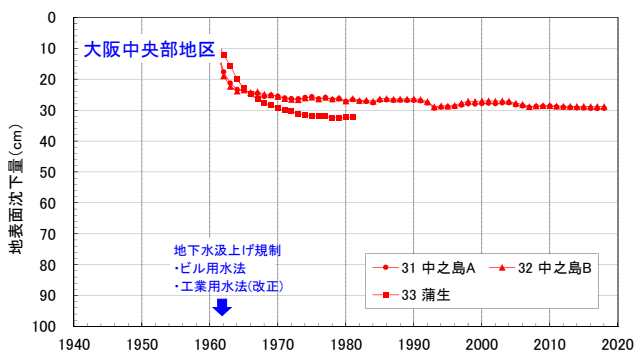


図-6(3) 地盤沈下量観測値(3) (大阪中央部地区)

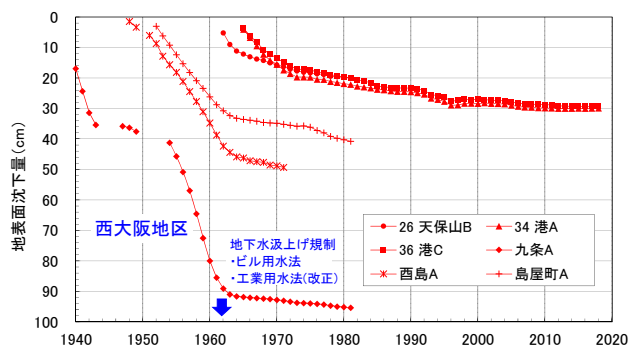


図-6(4) 地盤沈下量観測値(4) (西大阪地区)

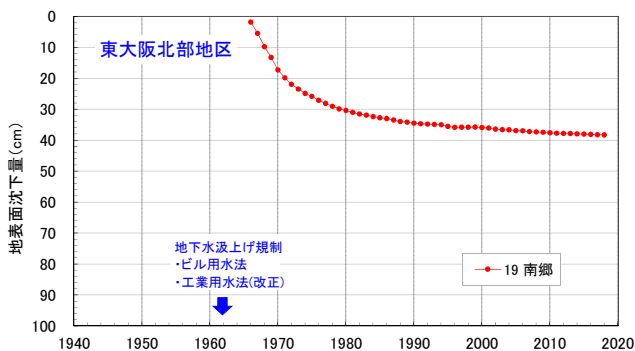


図-6(5) 地盤沈下量観測値(5) (東大阪北部地区)

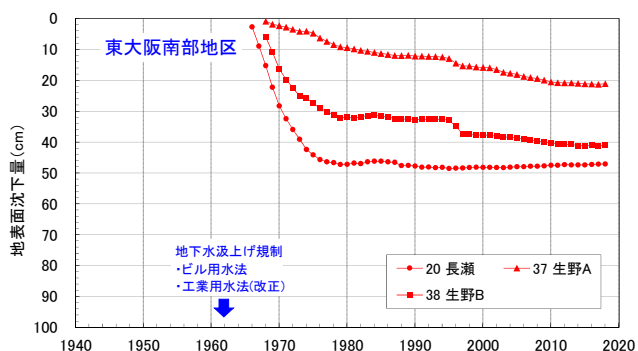


図-6(6) 地盤沈下量観測値(6) (東大阪南部地区)

## 5. おわりに

(1) 大阪付近の地下水位は、戦前戦後の地下水の汲上げにより大阪層群砂礫層を中心に、地下水位の大幅な低下が見られたが、昭和 37 年(1962 年)の地下水汲上げ規制 (ビル用法, 工業用法(改正)施行)により、地下水位はどの地域でも上昇し、V 字回復している。

地下水位の回復度合は、地域によって時期のずれが多少あるが、1960 年代後半から 1970 年代前半に回復に転じ急速に回復した後、おおむね 1980 年から 1990 年頃より、地下水の回復が緩やかになっている。

(2) 1985 年～2008 年には各地域で一時的な地下水位の再低下がみられるが、鉄道・道路等の地下工事における地下水汲み上げの影響と思われる。工事終了後には地下水位回復が観測されている。

2008 年以降も地下水位は緩やかに上昇しており、2008～2018 年における 10 年間の水位上昇量は 1～3m である。

(3) 浅層部の沖積層の地下水位は、安定した状態が続いている。液状化対策の方法として、地下水低下工法、地盤改良工法があるが、今後も浅層地下水位は安定的な水位が見込まれるため、適用性が高いと考えられる。

ただし大量の降雨による一時的な水位の上昇も見られること等に留意が必要である。

(4) 地盤沈下量は、地下水汲上げ規制による地下水位回復とともに沈下速度が近年収まってきており一部地域では地盤沈下の進行が見られないようになっている。

1990 年代に地下工事を伴う道路、鉄道工事の地下水汲上げの影響と思われる沈下が発生しているが、工事終了後、地下水位回復とともに沈下は収まっている。

今後の地盤沈下への影響としては、近年の地下工事は、大量の地下水汲上げを伴わない工法もみられることから、留意は必要であるものの地盤沈下に与える影響は大きくないと思われる。

謝辞：本研究を実施するに際して、貴重なデータを提供していただいた地下水地盤環境に関する研究協議会の会員各位に対して心より厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 橋本正・飯田智之・宇野尚雄・神谷浩二：大阪平野の地下水の変動とその影響要因, Kansai Geo-Symposium 2000, pp.65-78, 2000
- 2) 長屋淳一・春日井真理・大島昭彦・諏訪靖二・稲葉徹・野尻峰広・野牧優達：大阪における浅層部の地下水位挙動調査 - 浅層地下水位と降雨および河川水位の関係 -, Kansai Geo-Symposium 2016, pp.131-136, 2016
- 3) 土質工学会関西支部・関西地質調査業協会：新編 大阪地盤図, コロナ社, pp.31, 1987