

地震災害時の地下水利用を想定した濃尾平野における地下水管理 Management of groundwater in the Nobi Plain that assumes groundwater use at earthquake

大東憲二¹

1 大同大学・情報学部・総合情報学科・daito@daido-it.ac.jp

概 要

1960年代前半からの高度経済成長に伴い、鉄鋼産業等を中心に地下水の揚水量が急激に増加した。その結果、濃尾平野のほぼ全域に亘って地盤沈下が観測された。近年では、法律や条例での地下水採取規制等により、揚水量は徐々に削減され、低下していた地下水位は上昇してきており、それに伴い地盤沈下も沈静化している。しかし、地下水位が上昇することで、液状化の危険性など新たな問題の発生が懸念されている。本研究では、地下水位の過度の上昇を防ぐために、地下水の有効な利用方法を考え、三次元地下水流動解析と鉛直一次元圧密沈下解析を用いて将来の地下水利用シナリオに基づいた地下水状態変化及び地盤変動の予測を行った。その結果、濃尾平野に設けられている災害時の避難所に井戸を設置することで、著しい地盤沈下を生じさせないようにしながら、常時の環境用水や災害時の水源として地下水を活用する広域地下水管理の在り方を提言した。

キーワード：地盤沈下、地下水管理、環境用水、地震災害、地下水流動解析

1. はじめに

地下水は、日本では古くから貴重な水資源として様々な用途に利用されてきた。豊富な地下水に恵まれていた濃尾平野でも、昔から多くの人々によって地下水が利用されてきたが、1960年代前半からの高度経済成長に伴い、鉄鋼産業等を中心に地下水の揚水量が急激に増加した。その結果、平野のほぼ全域に亘って地盤沈下が観測された。近年では、法律や条例での地下水採取規制等により、揚水量は徐々に削減され、低下していた地下水位は上昇してきており、それに伴い地盤沈下も沈静化している。しかし、地下水位が上昇することで、液状化の危険性など新たな問題の発生が懸念されている。本研究では、地下水位の過度の上昇を防ぐために、地下水の有効な利用方法を考え、三次元地下水流動解析と鉛直一次元圧密沈下解析を用いて将来の地下水利用シナリオに基づいた地下水状態変化及び地盤変動の予測を行うことで、広域地下水管理の在り方を提言することを目的としている。

2. 地下水の有効利用

地下水は、水温の変化が少なく、井戸の掘削によって容易に利用できるなど様々な利点がある。また、近年では、

地下水揚水技術や膜ろ過技術の発達に伴い、安全でおいしい水が簡易に利用できるようになってきている。

地下水の有効利用としては、上水道としての利用の他、湧水公園など親水用水としての利用・ヒートアイランド対策・河川や池への放流による水質浄化などの環境用水としての利用等がある。また、災害時の給水水源としても利用価値が高い。阪神・淡路大震災の時には、断水した上下水道に代わって、地震被害の小さかった学校や公園の井戸が、避難所の飲料水や生活用水として利用され、井戸が地震に強いということが認識された。東海地方では、近い将来、大規模な地震が発生することが懸念されており、このような地震発生時には、上下水道の断水による生活用水の不足が予想される。そこで、本研究では、東海地震などの災害を考慮した上で、各自治体の避難所に井戸を設置し、汲み上げた地下水を通常時は上水道や環境用水として利用し、災害時には飲料水や生活用水として利用することを想定し解析を行った。

3. 地下水流動解析と圧密沈下解析

避難所に新たな井戸を設置する場合における地下水状態変化は、松田・大東ら¹⁾の濃尾平野の三次元地下水流動解析を基にして予測した。解析範囲は、図1に示すよう

に、濃尾平野のほぼ全体を含んでいる 1164km² である。解析条件は、解析範囲内の避難所に新たな井戸を設置すると想定した。解析領域内の避難所の分布を図2に示す。設置する井戸は、通常は環境用水として利用し、災害時は生活用水として利用すると考え、常に稼動していると仮定する。この井戸を平成20年から稼動を開始すると仮定した。解析範囲内には、災害時の各自治体の避難所が合計1663箇所あり、各井戸での揚水量は、名古屋市での災害時の応急給水の目標水量（一人あたりの給水量 3L/日・20L/日・

100L/日・250L/日（Case1～Case4）を基準とした。各避難所に対する避難者数（各自治体の人口を避難所数で割った数）を表1に示す。また、各避難所の避難者数に、各Caseにおける揚水量を掛けかけた量を前年度の揚水量に加えた量として表2に示した。また、大東・天谷・向出ら²⁾の濃尾平野の鉛直一次元圧密沈下解析を基に、図1に示す過去に大きな地盤沈下が観測された十四山観測井付近での各Caseにおける将来の地盤変動の予測を行った。



図1 解析範囲

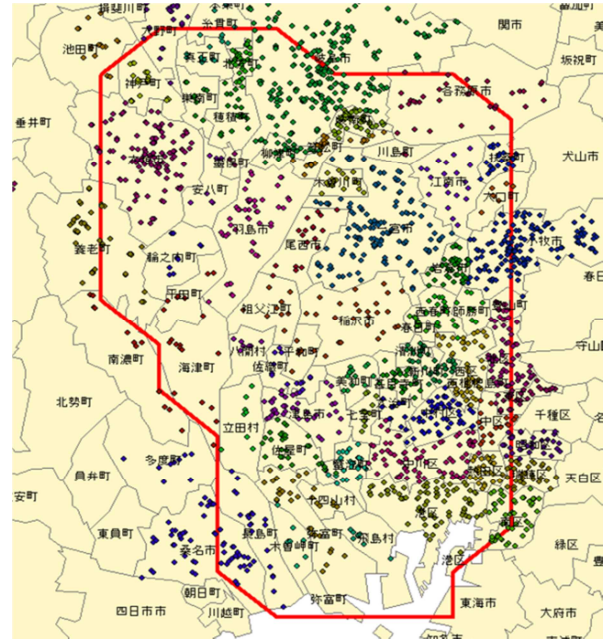


図2 解析範囲と避難所分布

表1 各自治体の避難所数と一箇所あたりの避難者

市町村名	避難所数	一箇所あたりの避難者数	市町村名	避難所数	一箇所あたりの避難者数
熱田区	27	2370	飛島村	8	559
北区	31	3324	豊山町	13	1002
昭和区	6	3285	春日町	10	776
中川区	71	3076	扶桑町	18	1446
中区	19	3804	美和町	14	1744
中村区	48	2812	弥富市	34	1339
西区	50	2872	安八町	7	2197
東区	8	2601	池田町	2	1643
瑞穂区	5	3642	大垣市	106	1357
港区	74	2026	大野町	4	940
南区	19	2854	海津市	19	1255
愛西市	65	1032	各務原市	23	4372
一宮市	173	2209	笠松町	28	841
稲沢市	41	3379	北方町	30	600
岩倉市	40	1188	岐南町	44	518
大口町	6	3097	岐阜市	175	1406
大治町	13	2270	神戸町	20	1019
蟹江町	28	1263	羽島市	50	1379
木曾岬町	7	848	瑞穂市	26	1859
北名古屋市	29	2872	本巣市	13	1218
清須市	37	1534	養老町	18	726
江南市	20	5081	輪之内町	9	1075
小牧市	55	1126	桑名市	46	1609
七宝町	12	1935	合計	1663	
甚目寺町	23	1744			
津島市	39	1711			

表2 各自治体における避難所一箇所あたりの地下水揚水量

名称	一箇所あたりの揚水量(m ³ /年)				名称	一箇所あたりの揚水量(m ³ /年)			
	Case1	Case2	Case3	Case4		Case1	Case2	Case3	Case4
西区	3145	20969	104846	262114	美和町	1909	12730	63648	159120
港区	2218	14788	73941	184853	甚目寺町	1910	12733	63666	159164
昭和区	3597	23978	119891	299728	豊山町	1098	7317	36584	91461
南区	3125	20836	104181	260453	稲沢市	3700	24669	123345	308363
北区	3640	24266	121330	303326	春日町	849	5663	28313	70783
中区	4166	27770	138852	347129	飛島村	612	4083	20413	51032
中川区	3369	22458	112289	280724	岐阜市	1539	10260	51302	128254
東区	2848	18984	94922	237304	大垣市	1486	9908	49542	123856
熱田区	2595	17299	86497	216242	各務原市	4788	31918	159589	398972
中村区	3079	20529	102646	256616	桑名市	1761	11742	58710	146776
瑞穂区	3988	26590	132949	332373	羽島市	1509	10063	50315	125788
小牧市	1233	8217	41085	102711	瑞穂市	2036	13572	67859	169648
一宮市	2419	16124	80622	201555	海津市	1375	9164	45818	114544
北名古屋市	3145	20965	104827	262067	本巣市	1334	8894	44470	111174
愛西市	1130	7533	37664	94159	養老町	795	5302	26509	66273
清須市	1679	11196	55980	139950	池田町	1799	11996	59982	149954
津島市	1873	12487	62435	156087	大野町	1030	6864	34320	85800
江南市	5563	37089	185444	463609	岐南町	567	3782	18912	47280
弥富市	1466	9772	48860	122151	笠松町	920	6136	30682	76704
扶桑町	1583	10553	52766	131916	神戸町	1116	7439	37194	92984
岩倉市	1301	8673	43366	108414	北方町	656	4377	21883	54707
大治町	2486	16573	82863	207159	木曾岬町	929	6193	30966	77414
大口町	3391	22606	113030	282575	輪之内町	1177	7844	39221	98053
七宝町	2119	14125	70624	176561	安八町	2406	16040	80201	200502
蟹江町	1383	9220	46101	115252					

4. 解析結果と考察

井戸稼働有無での地下水位を比較すると、図3に示すようにG1層、G2層、G3層に共通して名古屋市付近を中心に放射状に地下水位の低下がみられる。

次に、十四山観測井付近における地下水位と累積沈下量

の経年変化を図4と図5に示す。Case1とCase2では、地下水位・累積沈下量ともに、井戸稼働後30年経過しても横這いの状態を保っており地盤沈下の可能性はないと考えられ、問題なく揚水することが可能である。Case3では、井戸稼働後、地下水位が愛知県で定められた管理目標安全地下水位を下回り、30年間で約6.8cmの沈下が見られた。

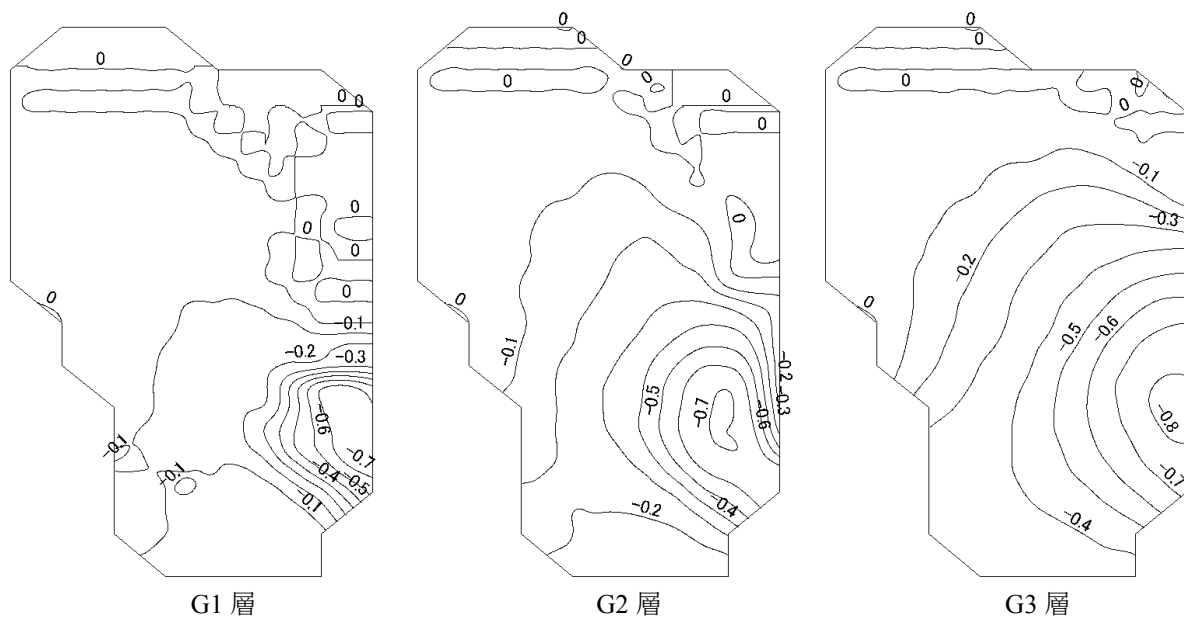


図3 井戸稼働有無における地下水位差 (Case2) (m)

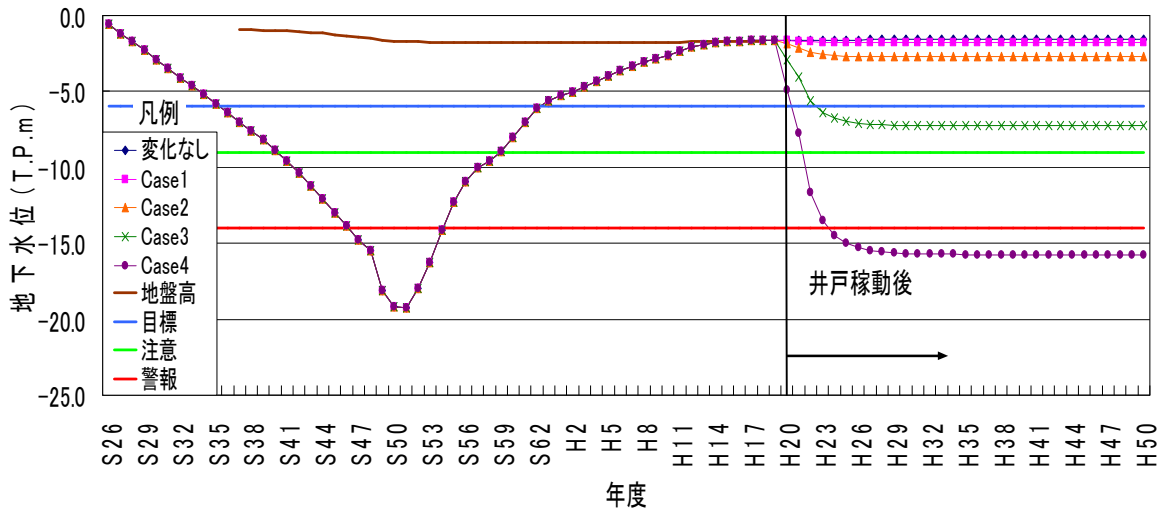


図4 十四山観測井における地下水位の経年変化 (G2層)

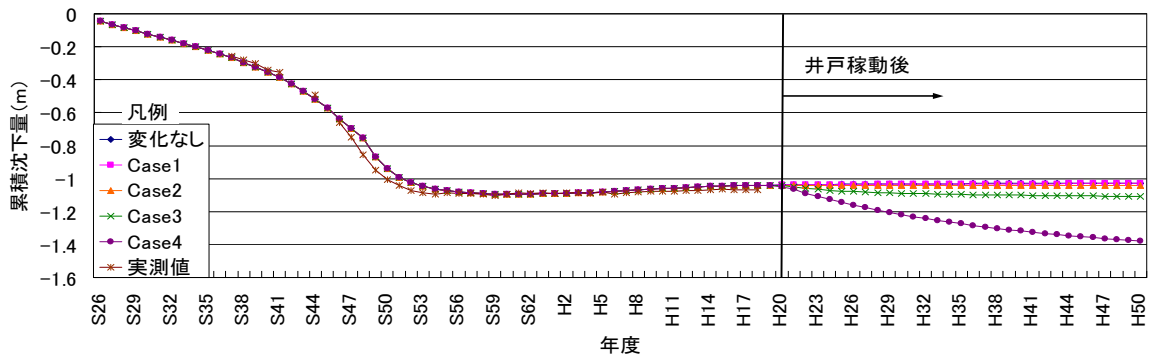


図5 十四山観測井付近における累積沈下量の経年変化

しかし、年間の沈下量は 1cm 未満であり、年月が経過するにつれて徐々に沈静化の傾向にあるため、地盤沈下に対する懸念は若干あるが揚水することは可能であると考ええる。Case4 では、井戸稼動後の地下水位の低下が著しく、注意報地下水位及び警報地下水位下回り、30 年間で約 33.8cm の大きな地盤沈下が発生してしまうため、このような揚水はできない。

5. まとめ

今回、三次元地下水流動解析と鉛直一次元圧密沈下解析を用いて将来の地下水状態及び地盤変動を予測し広域地下水管理の在り方について検討を行った。その結果、Case1 や Case2 程度の地下水であれば問題なく揚水できるが、Case3 を超える地下水を揚水し続けると地盤沈下の可能性が高いことがわかった。したがって、Case3 の一人あたり 100L/日を揚水できる限界の水量として、この揚水量以下の水量であれば揚水することが可能であると判断した。

また、濃尾平野では、過去に一度大きな地盤沈下が発生しているため、地盤が過圧密状態となっている。したがって、現在では、ある程度地下水を汲み上げたとしても、それほど大きな地盤沈下は発生しないと考えられる。また、

G2 層の Case1 と Case2 では、管理目標安全地下水位までまだ余裕があるため、G1 層・G3 層の揚水量を減らし、G2 層からの揚水量を増やすことで、より安定した揚水ができるのではないかと考えられる。

しかし、避難所数や人口に比例して揚水量が増加するため、避難所数や人口が多い名古屋市付近では、地下水位の低下が比較的大きい。この対策として、名古屋市付近での揚水量を減らし、地下水位の低下がほとんどない大垣市付近での揚水量を増やし、災害時には、不足分を名古屋市付近に運搬することで、地盤沈下の可能性はより低くなり、安定した広域地下水管理ができると考えられる。また、一人あたり 100L/日の地下水の揚水が可能であれば、環境用水や災害時の水源として十分に実用が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 松田康弘・大東憲二・佐伯茂雄：地下水の適正利用を目指した総合的な地下水管理，土木学会，第12回地球環境シンポジウム講演論文集，pp.95-100，2005.
- 2) 大東憲二・天谷重治・向出剛一：臨界沖積平野の地盤環境保全のための地下水管理に関する考察，地下水学会誌，第34巻，第4号，pp.263-282，1992.