

最近の地下水調査から考えること

水谷 宣明*

1. はじめに

地球環境問題の一環として、地下水も大きく注目されるようになってきている。「宇宙船地球号」の危機を救えるのは、循環する資源としての水をおいて他はないかもしれない、という意見もある。最近では、地下水に関する書籍の出版も矢継ぎ早で、「地下水汚染論：1992年6月」「地下水の世界：1992年10月」「地下水水文学：1992年12月」「地下水資源・環境論：1993年1月」「地下水調査および観測指針（案）：1993年3月」……と好著に事欠かない。

私自身としてはかれこれ20年間、地下水に関わる仕事をさせてもらってきているが、ブームや流行で問題とするにはあまりにも生活に基本的な対象であり過ぎ、仕事量の増減はないと思えるほどである。業務としての地下水調査は、必ずしも学問研究の最先端を適用するものではなく、相も変わらず井戸を探し、井戸を掘り、井戸水を測ることが大半を占めている。同じ地区の調査でも、10年もすると全く同じテーマで問題が再燃したり、当初1～2年のデータで予測した事項の検証が求められることも増えてくる。

個人的な定義ではあるが、地下水調査とは「地下にあって見えない水を可視化し、客観化する努力」ではないかと感じている。化学成分や環境放射能、トレーサーとしての役割、水文的古環境…など、さまざまな地下水へのアプローチが用意されているが、これまでに体験した地下水調査を「水位変化」に着目して整理してみた。

最近のコンピュータ技術は、一般の我々にも使いこなすことのできる解析器具を提供してくれたと思う。とくに、アナログ式の自記水位計からデジタル式の自動観測装置を使えるようになったことは、水位変化を任意の時間間隔・任意の倍率で表現することのできる「時間の顕微鏡」を、長年にわたる多数のデータを自由に組み合わせて繰り返してプロットすることのできる図化ソフトは、「時間の望遠鏡」を入手できたことに他ならない、と感じている。

* 株式会社日さく 新潟支店地質調査一課長

2. 地すべり地の地下水

新潟では地すべり地で地下水を調査する機会が多い。地すべりの発生と地下水の関わりの深いことは万人が認めるところであるけれども、地すべり地の地下水は、不均質で時間によって変化する複雑な地層を帯水層としているため、標準的な地下水理論だけでは説明が難しい。とくに地すべり活動時の地下水は、異常な水位上昇や水位低下として現れることが考えられるが、いわばこのような「異常性」を察知するためには、そうでない状態の地下水の挙動を十分に把握しておくことが必要である。それに加えて、地すべり地における観測孔は、地層構成・すべり面探知を兼ねたボーリング孔で代用されることが大部分で、オールストレーナ仕上げは不適切という意見がありながらも、改善される余地のほとんどないのが現状である。また、その観測頻度についても、ようやく半自動の観測装置が普及しはじめたとはいえ、多数のボーリング孔の水位を、数日～週1回程度、人力で測るのが精一杯というところである。

「地すべり防止対策」という行政の流れの内にあっては、すべての孔で理想的な計測を行うわけにはいかないのは自明である。このような不十分なデータであっても、何もなければましである。データそのものを凝視し、地下水挙動モデルを考えれば、それなりの地下水の動きがみえてくるのではないか？

図-1は地すべり地において、集水井内の集水ボーリング打設による期間中の水位低下を、井筒より30m上方に配置した観測孔で計測した例である。集水ボーリング打設期間中は融雪後の水位低下時期にあたっていて、実測水位だけをとると排水効果を過大視することになる。そこで、工事影響を全く受けない位置に設置したCB-1の水位で補正を行うと、集水ボーリングの1本増えるごとに低下する水位は、次のような対数曲線に近似できるという結果が得られた。

$$s = a \cdot \log N + b \quad \text{ここで } s: \text{水位低下量 (m)}$$

N: 集水ボーリング本数 (ここでは、1～25本)

a: 係数 (ここでは、2.0)

b: 係数 (ここでは、0.1)

この例は、地すべり地の地下水でも、むしろ「異常」でない方に類するもので、通常の地層水の概念で十分に説明がつけられる。

とくに岩盤地すべりに多いが、年間の水位変動幅が10m以上と大きく、その変動が急速で、水位の上限・下限を示し、優勢なキレツやすべり面が地下水流動帯にあっていることをうかがわせるデータがある。また、時期によって水位のレベルが異なり、あたかも地下水流路が開閉するのではないかと思わせるデータもある。図-2のように、水位の減衰

が突然急激に変化するの、明らかに「異常」な現象である。これらはオールストレーナ構造に起因するものと思われるが、図-3のような概念モデルで説明ができないだろうか。

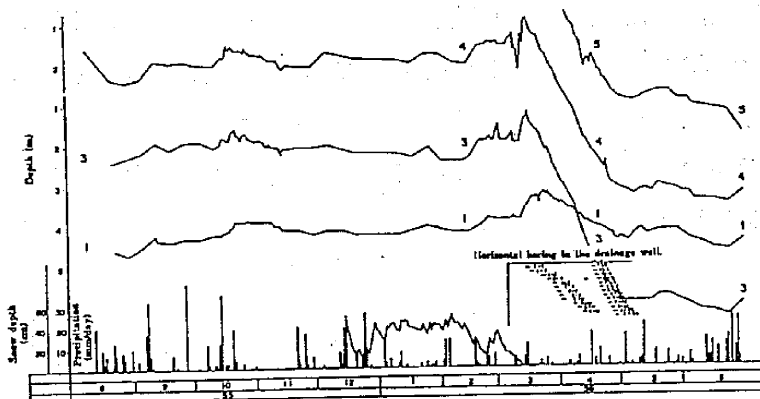


図-1 集水井施工期間中の水位変化

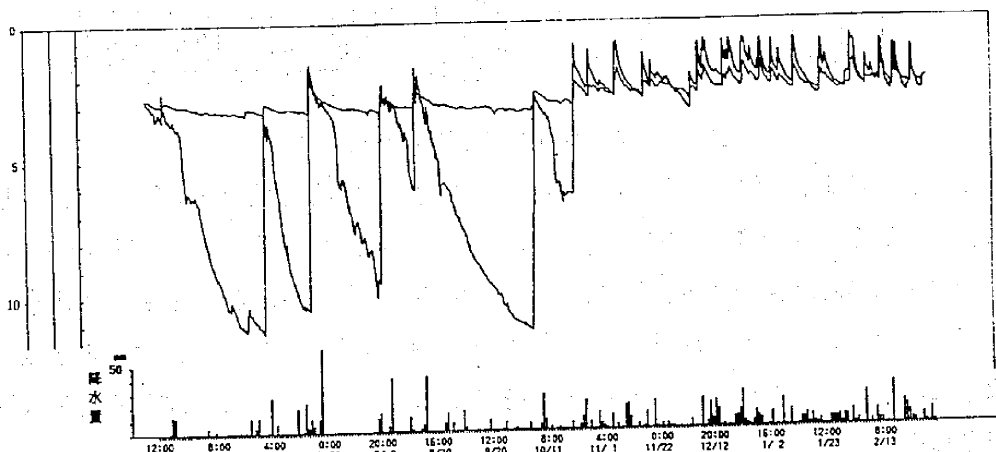


図-2 地下水位減衰率が突然変化する例

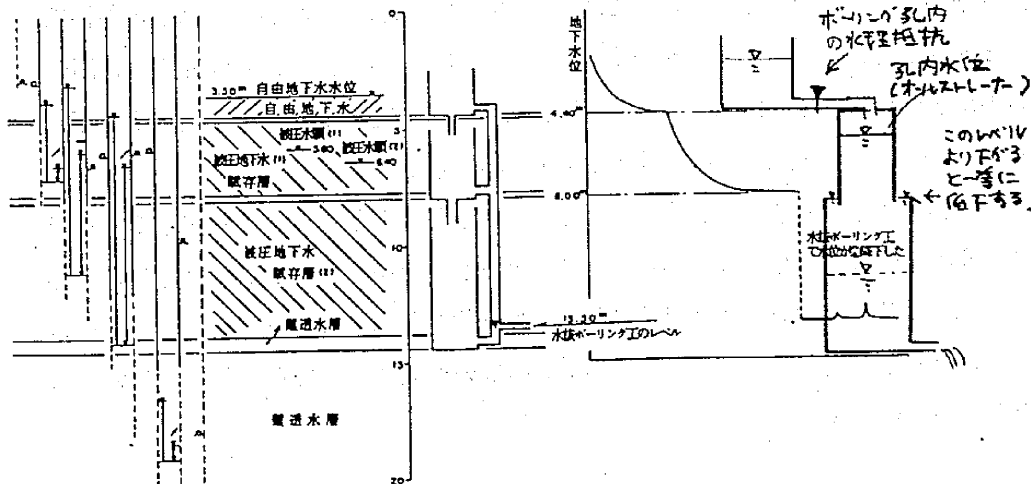


図-3 地下水位減衰率変化の説明モデル

3. 砂丘地の地下水

最も典型的な「多孔質媒体」中の水として、砂丘地の地下水の記録をみてみよう。図-4は、毎月1回手測りしたA砂丘地の10年間の56点の水位を、平均値に対するズレとして、その軌跡を描いたものである。なかには飛び抜けて異常な値を示すものがあるが、その他の多くは一連の動きを示している。流入河川や排出河川のない砂丘地では、降水だけが地下水の入りと考えられるので、月降水量のグラフと水位グラフを重ね合わせて、最もよく一致する条件を検討した。

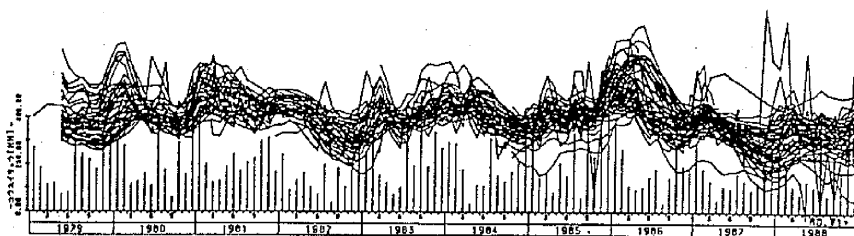


図-4 砂丘地下水の変化パターン

表-1は、ある地下水位の時系列データ(y)と、降水量の移動平均データ(x)とを比較した時の相関係数(r:1000倍してある)の一覧表である。横軸は移動平均の項数(ID)を示し、縦軸はそれらに与えた遅れ(DL)を示している。すべての水位の時系列データにこのような計算を行い、相関係数が最も高い時(おおむね70~90%)のID, DLの一覧表をつくると表-2のようになる。この時の直線回帰係数a, bを求めれば、 $y=ax+b$ なる式で推定地下水位が算出される。

表-3は、別途、クラスター分析によってグループ分けを行った水位データについて、以上の計算結果を集計したものである。これから次のような事項がわかる；水位変動幅はおおむね2~3mである、地盤標高が低くかつ水位も浅いグループ(A)は約4カ月間の降水量の平均値が1.5カ月遅れで反映し、地盤標高が高く水位も深いグループ(C2など)は約8カ月間の降水の平均値が約半年遅れで水位に影響を及ぼしている。

このような関係が把握できれば、降水量だけの関数として地下水位を予測することができる。図-5はこのようにして推定した水位を、実測水位とを合わせて描いたものの一部である。これによると、1987~1988年頃にかけての全体的な水位の低下傾向が、降水量の減少だけでほとんど説明づけられ、工事や揚水等の別の要因によって低下しているのではないことが確かめられる。

表-1 月水位に対する月降水量の移動平均およびそれに遅れを与えた時の相関係数

XYノインコグメント XノスプレッドズM ソウカン ##
X: NO.1
Y: 月降水量移動平均

DL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0 1	482	706	583	734	638	737	608	625	501	505	406	361
0 2	305	569	431	635	508	653	518	590	475	490	401	371
0 3	448	683	614	781	678	777	651	697	575	574	461	418
1 1	602	741	813	874	839	826	748	737	625	596	464	407
1 2	580	772	745	859	787	835	724	727	602	588	465	411
1 3	619	781	820	882	893	897	815	798	691	668	537	464
2 1	550	618	772	722	850	808	796	748	698	665	544	456
2 2	615	725	846	852	907	872	824	792	706	672	538	460
2 3	588	643	806	789	902	846	865	820	764	717	600	514
3 1	405	341	543	480	679	600	743	684	697	639	580	499
3 2	509	511	703	643	823	752	821	764	745	694	599	510
3 3	400	392	602	531	741	671	793	723	760	706	637	558
4 1	108	81	273	200	412	340	538	467	617	566	564	539
4 2	273	224	435	362	583	507	698	617	700	645	612	558
4 3	197	138	315	239	468	383	598	531	664	617	643	602
5 1	17	-45	21	-40	134	58	273	210	409	391	543	527
5 2	63	17	155	82	292	213	435	369	557	520	596	575
5 3	10	-32	65	-11	161	80	315	258	477	442	572	581
6 1	-92	-152	-103	-171	-115	-185	0	-21	185	179	378	455
6 2	-39	-111	-49	-117	7	-72	146	100	322	305	496	526
6 3	-100	-173	-116	-191	-95	-155	29	-2	219	241	453	500
7 1	-153	-226	-202	-261	-246	-254	-192	-183	-24	75	272	341
7 2	-142	-208	-166	-239	-202	-244	-108	-115	82	132	346	425
7 3	-187	-257	-230	-271	-254	-272	-172	-132	22	93	302	393
8 1	-231	-275	-258	-238	-269	-241	-230	-117	-77	10	162	229
8 2	-204	-272	-257	-277	-283	-270	-233	-165	-60	43	229	302
8 3	-249	-265	-265	-299	-289	-226	-214	-129	-57	41	190	268
9 1	-243	-174	-210	-163	-210	-80	-119	-32	-29	48	90	157
9 2	-263	-245	-253	-215	-262	-174	-189	-80	-59	26	130	203
9 3	-218	-180	-219	-131	-193	-94	-133	-34	-31	57	133	184
10 1	-83	-25	-102	44	-29	59	4	71	40	115	125	126
10 2	-174	-102	-167	-60	-125	-6	-62	17	3	84	110	147
10 3	-114	17	-55	56	-29	71	4	83	50	108	118	136
11 1	10	208	139	222	135	193	119	181	141	148	125	100
11 2	-32	107	28	154	62	137	68	137	93	136	130	117
11 3	103	218	139	235	160	229	143	182	132	156	135	99
12 1	312	349	277	315	279	325	245	228	177	157	131	51
12 2	179	306	234	293	229	284	196	219	170	164	133	77
12 3	228	318	302	352	305	323	253	252	195	163	124	26

表-2 砂丘地下水の月降水量に対するならしと遅れ

ならし→ 単位: 孔数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
0												1	1
1			1	1									2
2				2	3	2							7
3					2	1	5	5				3	16
4							1	1	1	1	1		5
5					1			2	1	1	8	1	14
6									1	1	5		7
7										1	1		2
8												1	1
9													0
10													0
11													0
12												1	1
計			1	3	6	3	8	8	4	15	6	2	56

おくれ↓

表-3 グループ分けした時の砂丘地下水
の水位変動特性値

グループ	孔数	MAX	MIN	幅	MEAN	WL	GL	ID	IDL	RR	CA	CB
A	4	15.42	12.88	2.54	14.21	4.49	18.70	4.2	1.5	0.753	0.685	12.71
B1	17	29.76	26.72	3.04	28.12	12.33	40.45	6.3	2.9	0.774	1.049	25.87
B2	8	20.47	17.92	2.56	18.89	14.44	33.33	8.7	3.8	0.716	1.150	16.59
C1	15	24.51	21.83	2.68	23.11	38.37	61.48	8.8	6.2	0.826	1.399	20.28
C2	7	22.53	20.13	2.40	21.36	14.52	35.55	8.7	4.7	0.851	1.392	18.51
D	5	20.34	19.06	1.28	19.45	20.40	39.85	9.2	5.4	0.630	0.621	18.51
計	56	22.17	19.76	2.42	20.86	17.43	38.23	7.7	4.1	0.758	1.049	18.74

- MAX 最高水位標高 (m)
 MIN 最低水位標高 (m)
 幅 水位変動幅 (MAX-MIN : m)
 MEAN 平均水位標高 (m)
 WL 平均水位 (GL-WL : これは地下水面上の土抜きを表す)
 GL 地盤標高
 ID, DLY 依拠する統計解析による、各孔の水位変化に対する修正降水量移動平均項数、およびそれに与える遅れ月数)
 RR 水位変化(y)と修正降水量(x)の間の相関係数で、 $y=ax+b$ の
 関係にあるものと仮定する。
 CA $y=ax+b$ の係数a、いわば雨量係数に相当する。
 CB $y=ax+b$ の切片b、いわば下段水位を表す。

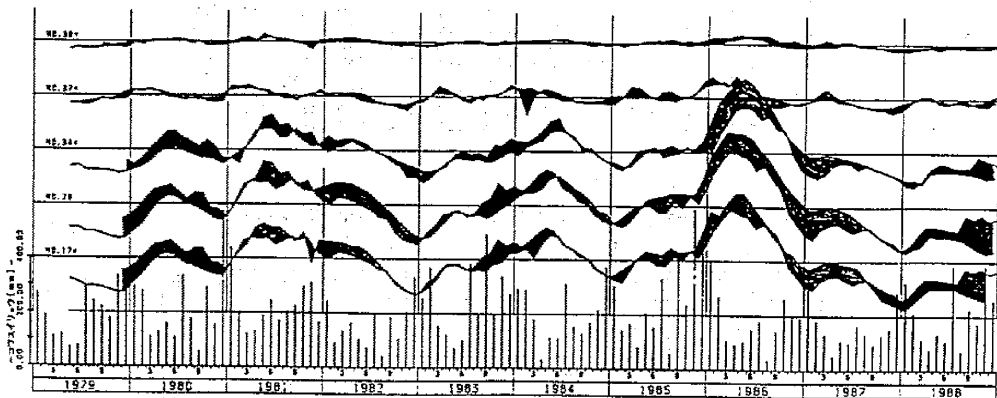


図-5 砂丘地下水の変化と予測値

4. 平野の地下水

平野の地下水の代表として、新潟平野の地盤沈下観測井の水位変化の一部をみたのが図-6である。人為的な揚水を行わない限り、沖積平野の地下水は自噴するものであるはずである。昭和30年～40年代にかけて、新潟平野の地下水がGL-30～50mにも低下したのは、明らかに天然ガス採取の影響によるものである。それ以降、数次にわたるガス採取の規制が進み、昭和50年頃からは自噴を回復する観測井も現れるようになってきた。

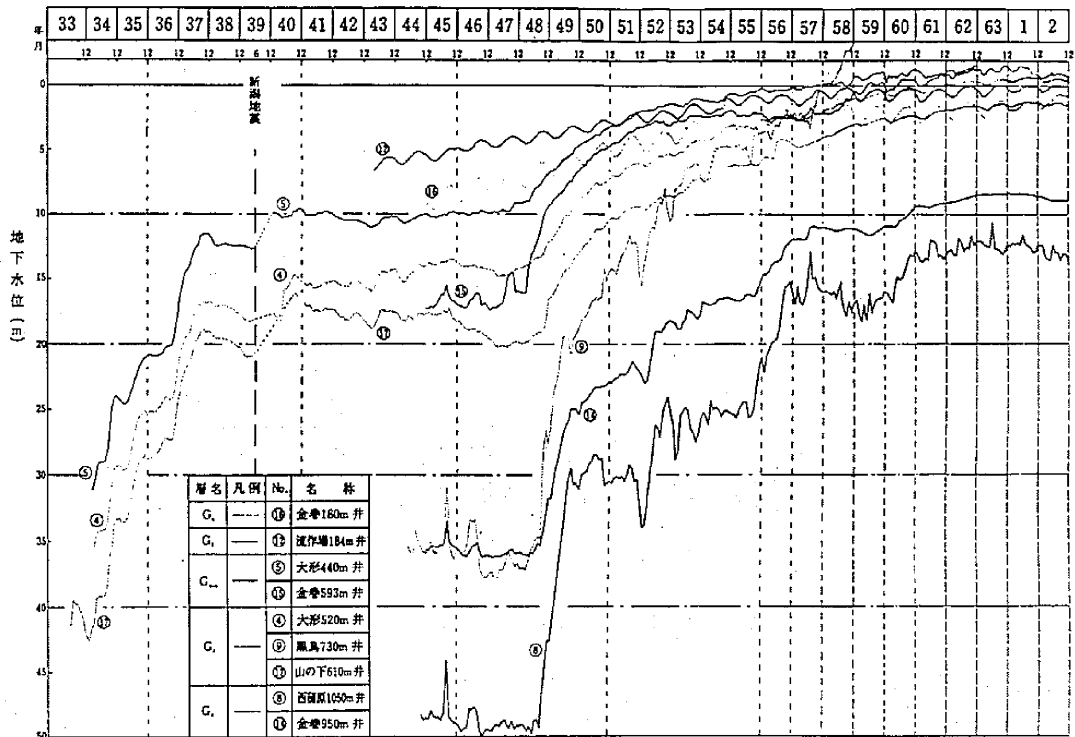


図-6 新潟平野における観測井水位の変化

これらの観測井の水位変動傾向をみるために、昭和57年～平成3年までの月平均水位の時系列データにクラスター分析を適用してグループ分けしたのが図-7で、図-8にはそれらの代表を、12項移動平均値とともに示した。これらをA1～C2の6つに分け、それらの変化傾向・スクリーン深度・年周期・分布・タイプの特徴を記述すると次のようになる。

- ・ A1型：中層～深層（350～956m）、冬水位が下がる、信濃川河口左岸に分布する、天然ガス採取規制により上昇していた水位の回復が、平成元年頃に止まった。
- ・ A2型：中層（150～380m）、冬水位が下がる、信濃川河口兩岸に分布する。天然ガス採取規制により上昇していた水位が、昭和59年～61年頃一時低下し、現在は頭うち。
- ・ B1型：浅層（20～82m）、夏と冬水位が下がる、升潟～貝柄地区に分布する、経年

変化は不明瞭だが夏・冬に水位の下がるには揚水の影響か？

- ・ B 2 : 深層 (540~1,050) : 年周期は不明瞭、平成元年から再び水位が低下している。
- ・ C 1 型 : 中層 (150~180m) : 冬水位が下がる、坂井輪~金巻地区に分布する、比較的単調に水位上昇を続けている。
- ・ C 2 型 : 中層 (162~173m) : 冬水位が下がる、升潟~白根にかけて分布する、上昇していた水位が昭和59年~61年頃一時停滞し、再び上昇している。

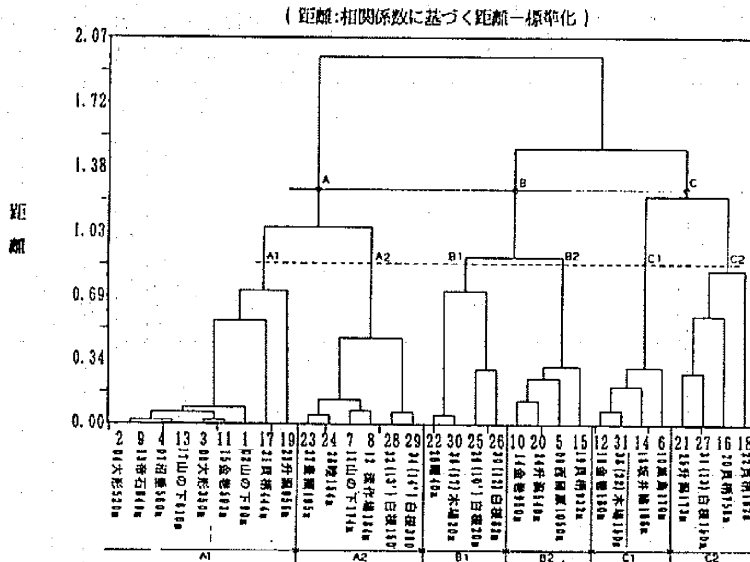


図-7 新潟平野観測井の水位変化パターンによるグループ分け

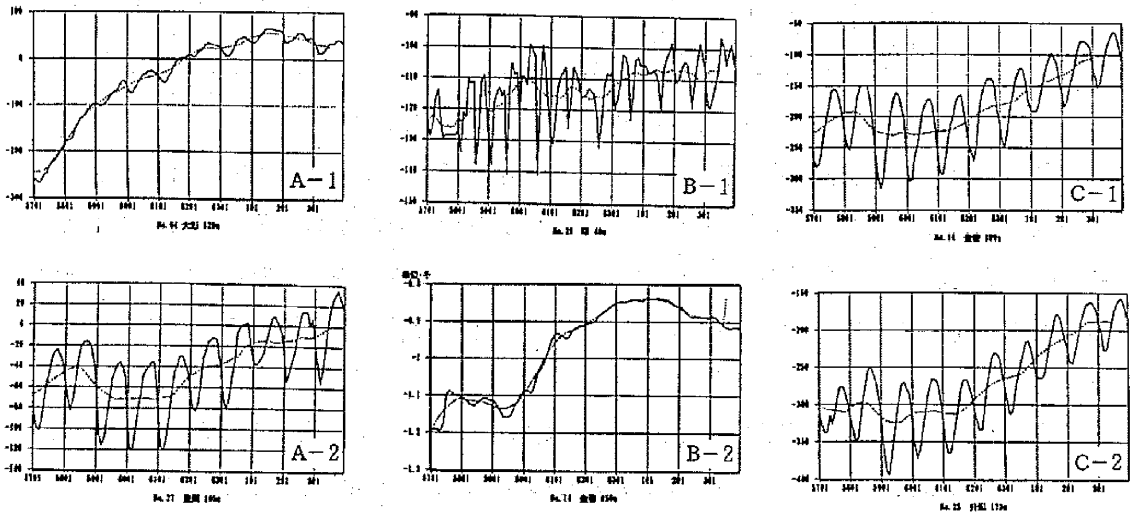


図-8 タイプ別の地下水変動例

以上のように、本地域の地下水は、上昇傾向にある・頭打ちにある・下降傾向にある・不規則である、などのパターンにわけられる。これらは天然ガス採取の影響の解消されるのに域的な差異があること、新しい天然ガス採取の影響が現れていること、浅層の地下水の影響を受けていること……などが考えられる。とにく中層にスクリーンをもつ観測井の年周期が顕著であるのは、図-9に示す潮汐の変化とよく一致しているが、海からの距離と相関がないことから、気圧の影響や、冬季の揚水量変化なども可能性として考えられる。

これを解明するためには、望遠鏡的なマクロな検討とともに、週・日・時間変化も明らかにできるような、顕微鏡的なミクロな検討の必要性を示してしる。

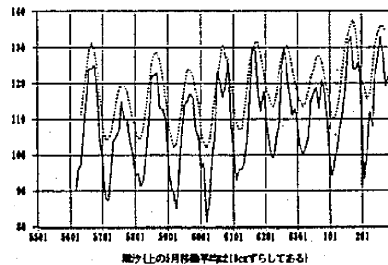


図-9 新潟港の潮汐変化

5. 盆地の地下水

盆地の地下水を考える時、その入口と出口が地形的に規制されているため、流入・流出量を算定し、そこから解析を進めることのできる例がある。

図-10は福井県O盆地の地下水面図で、東縁は大河川に接しているが、これを越えて右岸側に向う地下水流はないと考えられるので、上流端をおさえることによって地下水シミュレーションモデルを容易に構築することができる。定常状態における地下水の流れは、流れの領域（平層形状）と、境界水位（もしくは流入量）でほとんど決定することができる。それからはずれる地下水面の形状は、水田からの涵養を模擬する涵養点、市街地部での揚水を模擬する揚水点を設けてやることで、試行錯誤的に決めてやることのできる。図-11に示したケースでは、上流からの涵養点を $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ （ $12.96\text{万}\text{m}^3/\text{日}$ ）、平均日揚水量を $7.0\text{万}\text{m}^3/\text{日}$ 、水田からの涵養量を $1.0\text{万}\text{m}^3/\text{日}$ としてやったが、これらの値は各種の調査結果とほぼ整合するものである。

図-12は図化ソフトを用いて比例配分的に描いた地下水面形状と、地表面形状を断面図として表したものである。上流端の山地境界と接するところの地下水位は、 $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ の涵養量に応じて、GL-50mと深くなっている。日本でも有数の扇状地として知られる黒部川扇状地においては、図-13のような縦断形状を示している（樫根勇、1991）。O盆地M

川からの涵養量が $1.0 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ と推定されるところ、黒部川扇状地の場合は $14.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ ($121 \text{ 万 m}^3/\text{日}$)の総涵養量が推定されており、涵養量の大きさの違いによって地下水面形状も大きく異なることを示している。

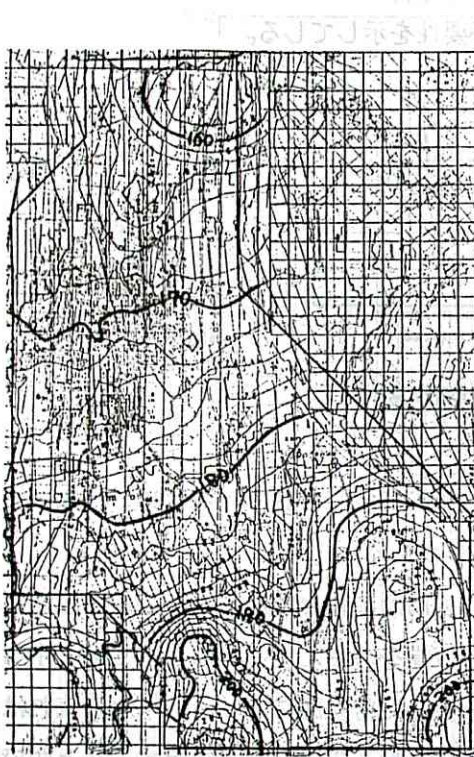


図-10 等値線描画ソフトによる

地下水面図

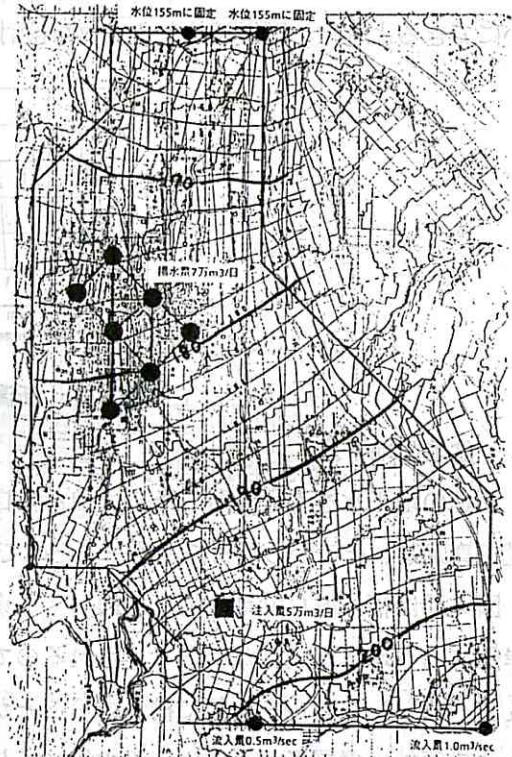


図-11 地下水シュミレーション

による地下水面図

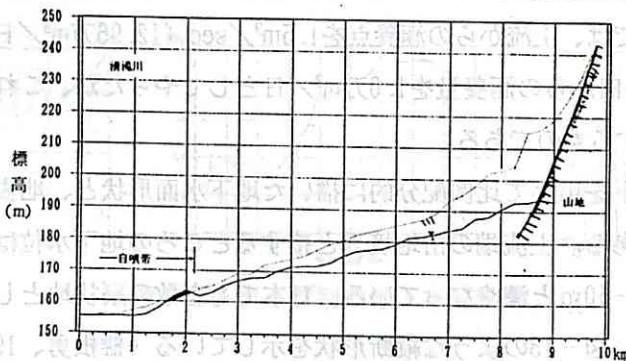


図-12 O盆地の地下水面の横断形状地表面

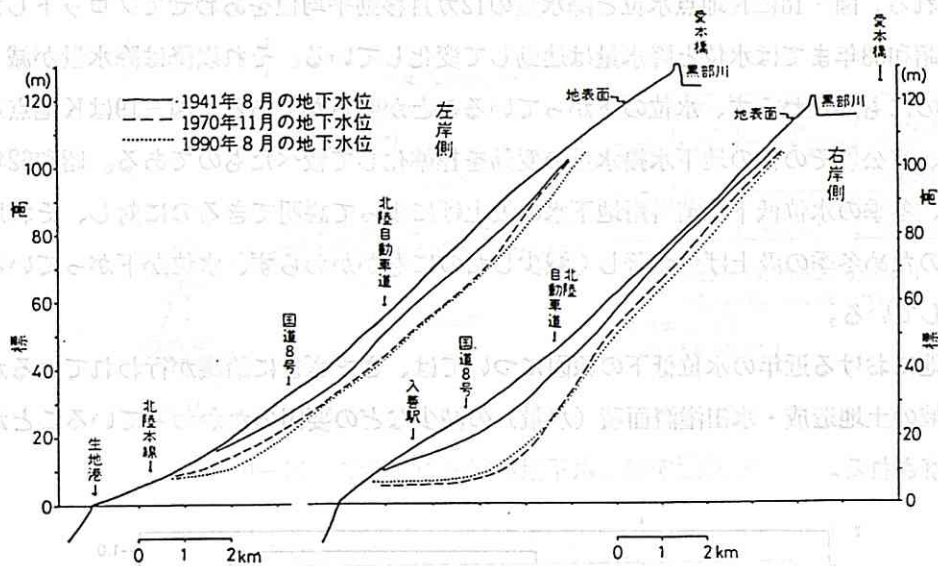


図-13 黒部川扇状地の地表面と地下水面の横断形状
(榎根勇；実例による新しい地下水調査法1991による)

6. 扇状地の地下水

福井県O盆地は「おいしい水は宝もの」のキャッチフレーズでも知られるようになった、有数の豊水地帯である。現在でも市民の70%は自家用井戸に依存しており、地下水の動向に対する関心が高い。

本地区には20本の長期水位観測井があるが、それらの水位変動パターンのクラスター分析結果と、水位変化の代表例を示すと図-14、15のとおりである。Aグループを例にとると、次のような水位変動の年変化が顕著である；①初冬の降雪による水位上昇、②消雪用水汲上げによる水位低下、③雪解けによる水位上昇、④雪解けのピークとその後の減水、⑤灌漑期のピーク、⑥灌漑中期の水位低下、⑦灌漑後期のピーク、⑧非灌漑の水位低下。このように、地表水の増減の影響を直接的に反映して変動するのは、典型的な不圧地下水とみることができる。一方、Bグループとしたのは、水位が浅くて、被圧地下水的な性格をもっているものである。扇状地においては、このような2つの典型的な地下水が接近していて、図-16に示すような、さまざまな地下水問題を引き起こしている。

典型的な不圧地下水型に属するK地点の水位変化から次のような検討ができる。図-17はK地点の月平均水位・12カ月移動平均・全区間の平均値の3つをプロットしたものである。豪雪による水位低下の大きかった昭和59年、60年は、ならしてみれば水位の高い時にあたっており、消雪用水の一時的汲上げとは別にして、降雪が水資源として地下水涵養に寄与していることを示している。昭和62年以降は、何らかの原因による有意な水位低下が

認められる。図-18にK地点水位と降水量の12カ月移動平均値をあわせてプロットしたように、昭和63年までは水位と降水量は連動して変化している。それ以降は降水量が減っていないにもかかわらず、水位の下がっていることが明らかである。図-19はK地点水位に対し、官公署その他の地下水揚水量の変動を標準化して較べたものである。昭和62年頃までは、冬季の水位低下が消雪用地下水の汲上げによって説明できるのに対し、それ以降は少雪のため冬季の汲上げ量が著しく減少したにもかかわらず、水位が下がっていることを示している。

〇盆地における近年の水位低下の原因については、さまざまに論議が行われているが、上流地域の土地造成・水田灌漑面積（水量）の減少などの要因のかかわっていることが十分に推察される。

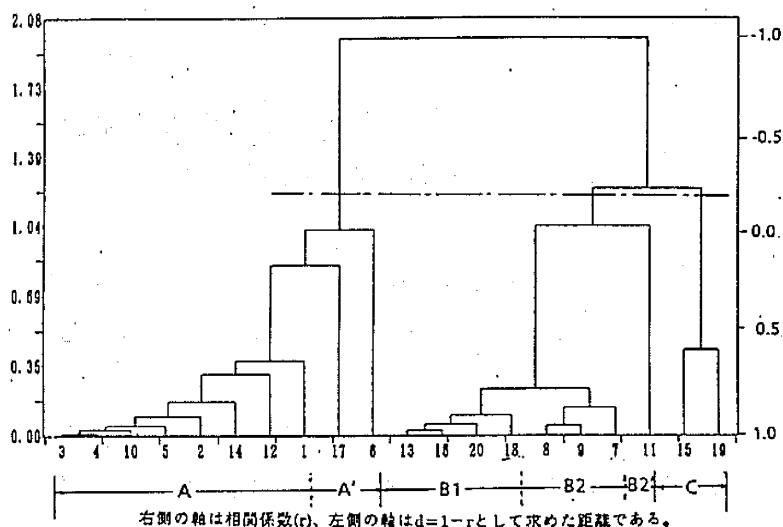


図-14 〇盆地観測井の水位変化パターンによるグループ分け

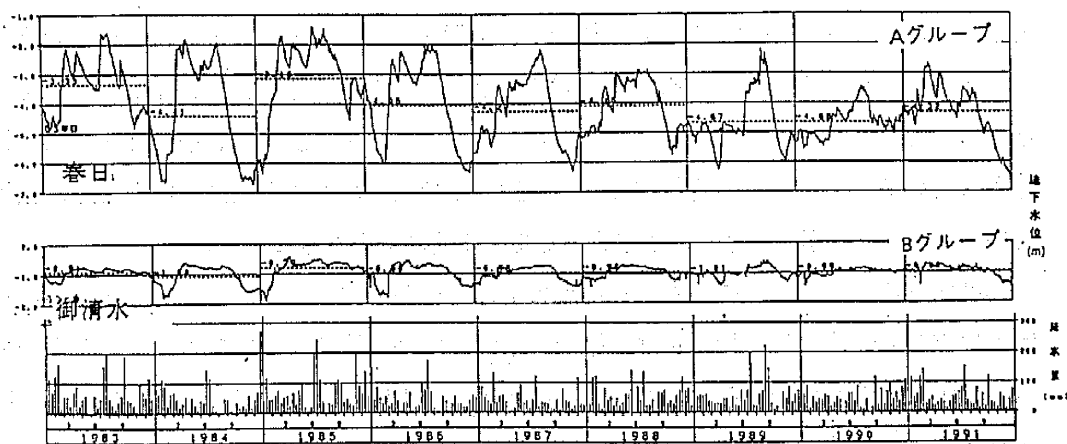
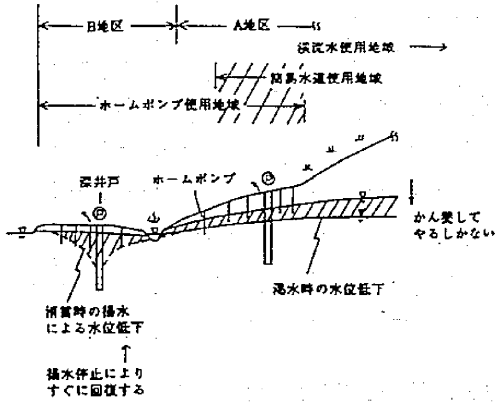


図-15 〇盆地の地下水位変化パターン（例）



原因	現象	湧水	かん養
		枯渇	井戸枯れ
自然的	湧水	かん養	かん養
	積水	かん養	代替水源
人為的	湧水	かん養	かん養
	積水	積水停止	積水停止

かん養 : 人工かん養(水源をどうするか?)
 : 浸透能の強化(雨が少なければ?)
 代替水源 : 上水道
 積水停止 : 機械除雪など

図-16 O盆地における地下水問題の現れ方

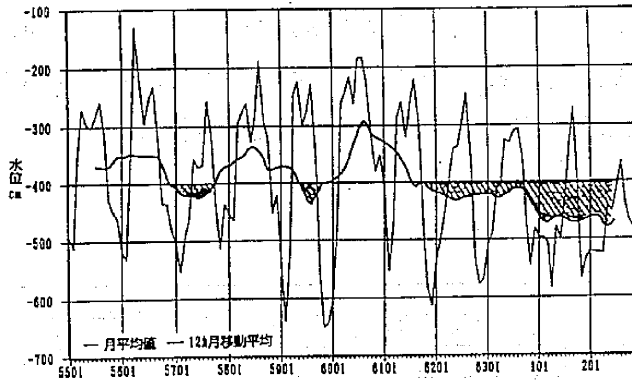


図-17 K地点の地下水位変動傾向

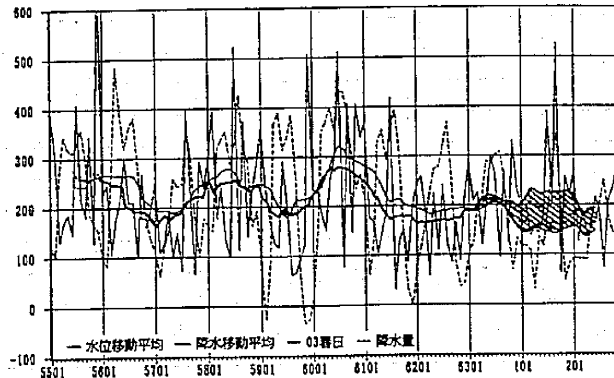


図-18 K地点の水位と降水量との関係

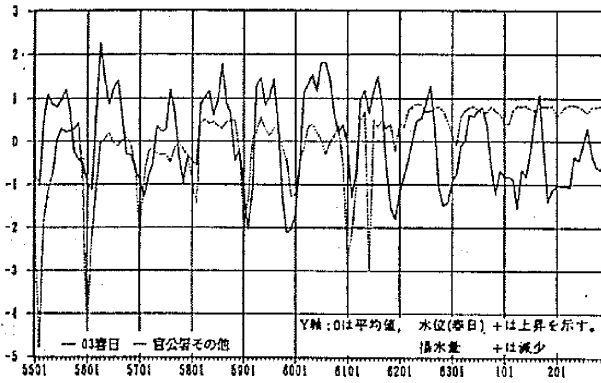


図-19 K地点の水位と地下水揚水量との関係

7. 再び平野の地下水

図-20～22は、それぞれ、六日町・高岡・F平野における観測井の水位変動図である。いずれも降雪地帯にあって、消雪用地下水の利用が盛んである。夏季は冷房用・温度調節用の地下水利用が増えるものと考えられる。いずれも水田地帯にあるけれども、秋季の地下水は降雪直前まで高く、灌漑の有無はほとんど地下水位に関係していないことを示している。

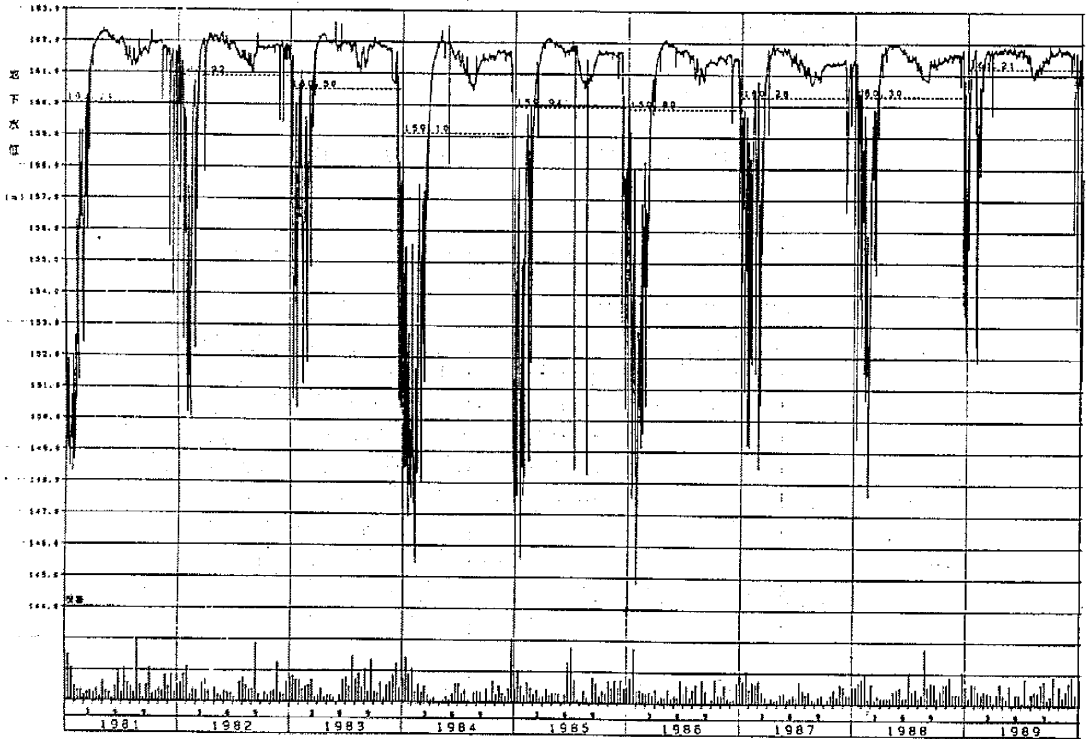


図-20 六日町盆地における水位変化 (例)

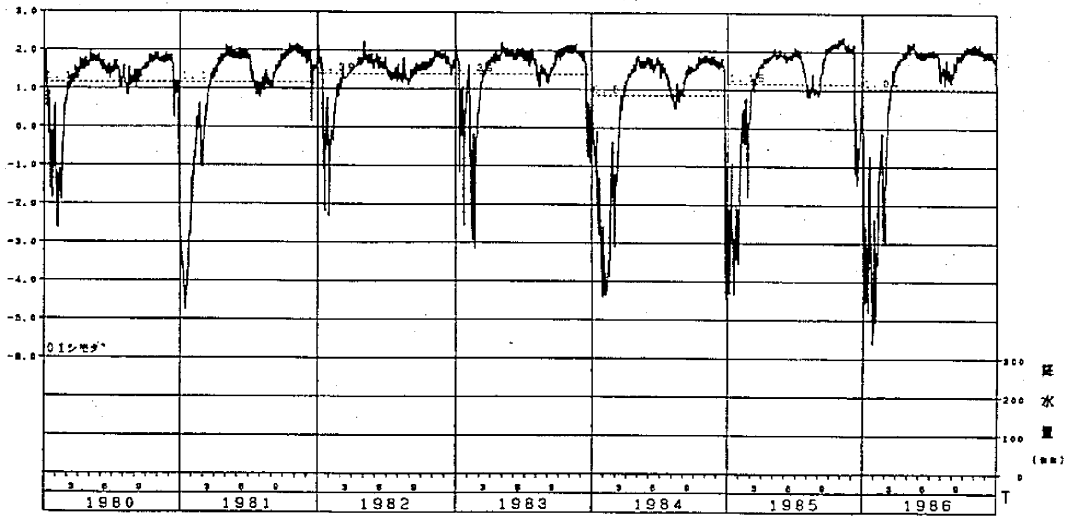


図-21 高岡（砺波平野）における水位変化（例）

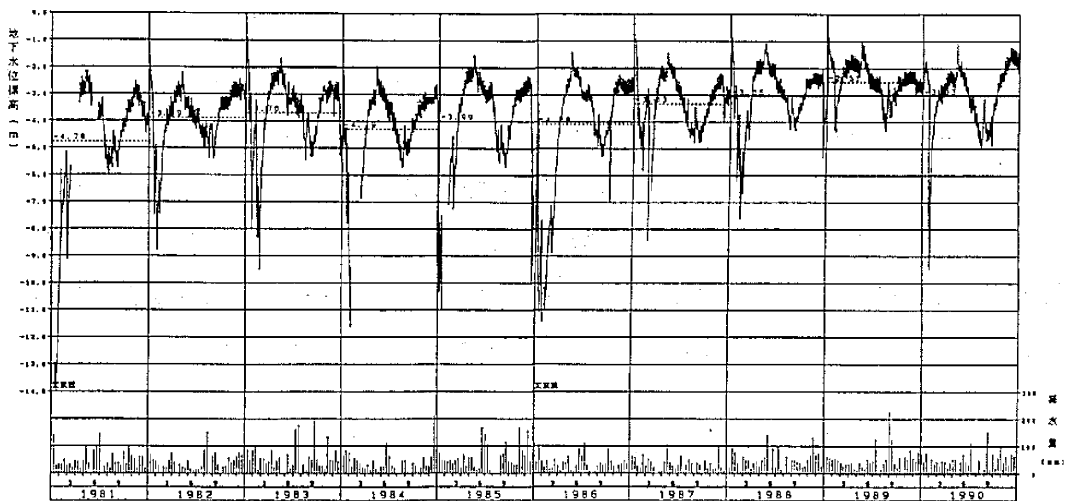


図-22 F平野における水位変化（例）

図-23は降雪期の1月に、F市街地内で2井の地下水位の自動観測を10分間隔で行った成果である。これによると、まず、日中水位が低く、夜から朝にかけて水位が回復しているのは、数多くの既設井の稼働パターンを反映しているものと考えられる。このような日周期は、土・日にかけて水位が上昇するという週周期、正月・5月の連休・夏休みなどに上昇するという季節変化にも対応している。自然の状態では地下水位が海拔0mを下廻ることはないはずで、長期に揚水を停止すれば新潟平野の記録でみたような形で、水位が上昇していくに違いない。

図-23の2井は200m離れている。1月21日午前4時に自動運転を始めた既設消雪井は、

1,485 m^3 /日の揚水能力をもち、本井は96cm水位が下がり、試験井はその時37cm水位が下がった。同日午前9時に1,443 m^3 /日の能力をもつ試験井の水位を94cm下げた時、既設井は10cm水位が低下した。これらの水位変化は、揚水を止めた時に同等に水位上昇を示すことから、いわば追試験によって確かめられる。前者の37cmの水位変化は、周辺にある別の揚水井の影響を受けたものと判断される。

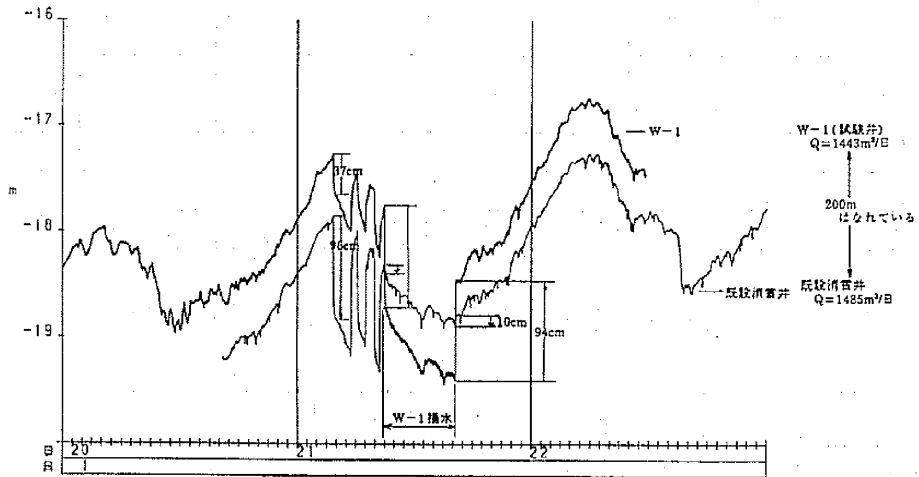


図-23 F平野における地下水位の日変化と揚水による相互影響の実測(例)

以上のように、沖積平野の被圧地下水においては、水位変化が圧力として伝播するために、相手の遠方にまで水位変化の影響の及ぶことがわかる。図-24に示すように、扇状地性の不圧地下水においては、わずか20mの近傍で2,000 m^3 /日もの水道水源の揚水を行っても、それ自体は全く観測井の水位動向を決める原因になっていないことがわかる。

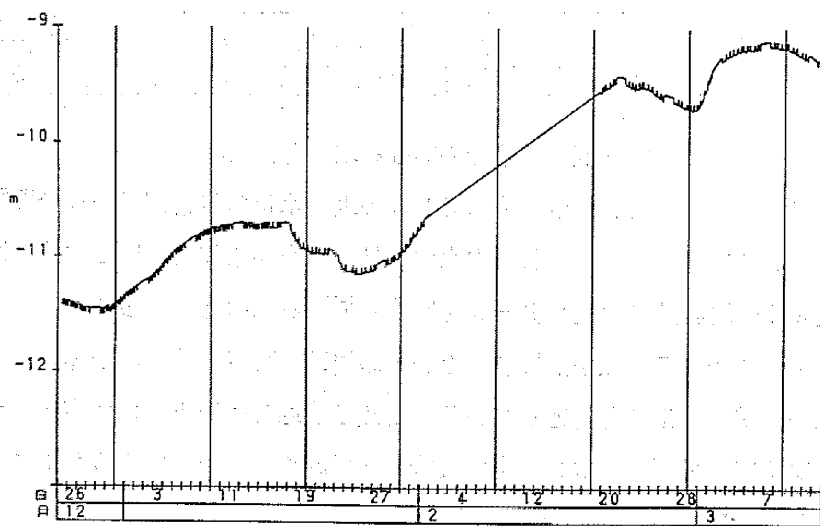


図-24 O盆地観測井の10分間データによる水位変化(例)

F平野には国・県・市町の水位観測井が多数分布しているが、その多くは図-22のような変動を示しており、冬季・夏季の水位低下が地盤沈下を引き起こしている。しかしながら、都市としての将来の発展を考慮すると、まさにその時期に対応する新規水源の確保が求められている。地下水を新たな水源とするのであれば、このような変動パターンと異なった地域の水を対象としなければならない。一つの地下水盆を考える時、下流にいけばいくほど粘土層の発達した被圧地下水型となり、上流では河川水が直接浸透していくような不圧地下水の豊富な地区があるはずである。

図-25は既存の水源井において自動観測を行ったもので、A井は地盤沈下規制区域内にある典型的な被圧地下水型のもので、B井は上流扇状地部にある100mの深井戸の水位である。A井では夏～秋にかけての水位上昇、降雪に対応する水位の急低下から、全く新規水源としての開発可能性のないことがわかる。B井における9月～10月にかけての水位低下は、明らかに灌漑の影響を受けているもので、少なくとも水位の高いこの時期に揚水量を増すことは、他に与える影響が少ないかもしれないという可能性をもっている。

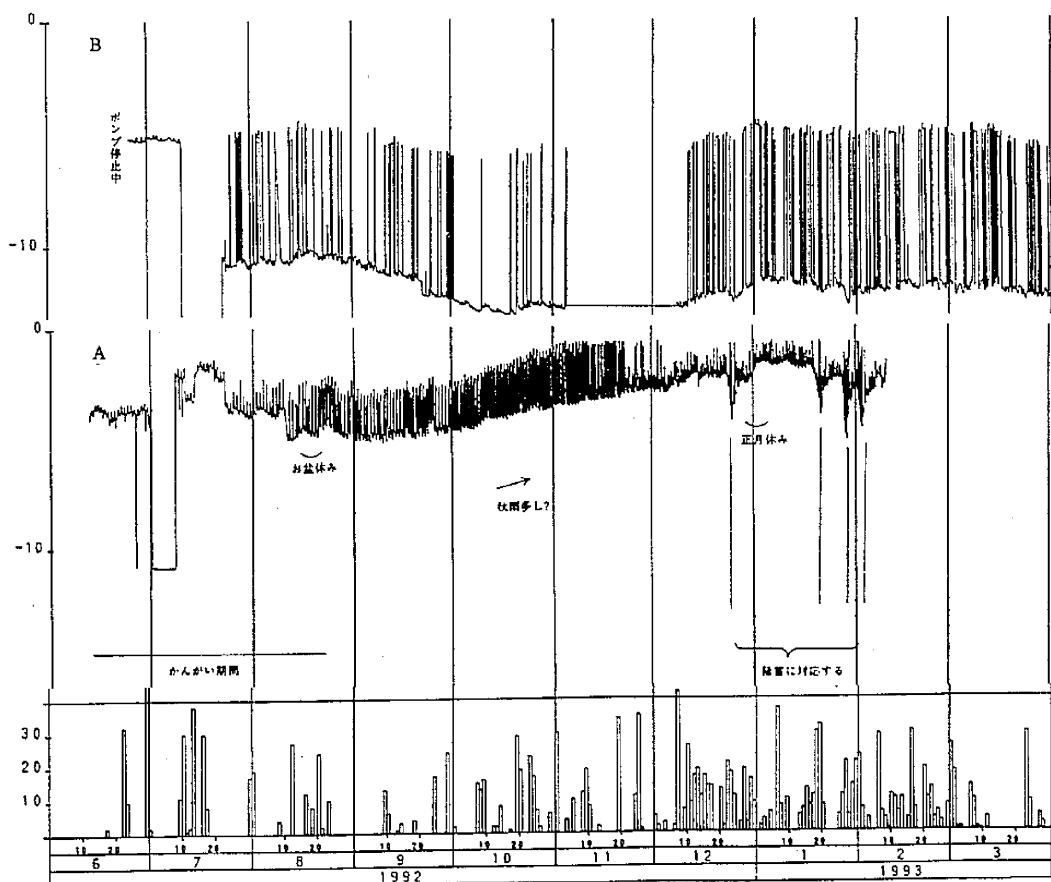


図-25 F市水道水源井の年間水位変化パターンの比較

8. おわりに

火山や地震・地すべりの世界では「予知」ということがしきりに言われている。地下水を適切に管理する上でも、予知予測は必要かもしれないが、10～20年のオーダーで同じ問題がクローズアップされることも多いことからみると、むしろその実態が本当にわかっているとはいえないのではないか、という疑問をもってしまう。

いままでの地下水調査は、水理定数を求めることに性急であったり、この定数を用いて行うシミュレーションへの期待が大きすぎたりしていなかったであろうか。さまざまな機器を用いて、いろいろな要素を検査することも大切であるが、「地下水位」の語る情報からだけでも、まだまだ多くのものを汲み取ることができるように思える。

優れた洞察力があれば地下水位変化から読み取れる事象は当然ということも数多いが、「時間の顕微鏡・望遠鏡」という新しい道具を得て、一般人の我々としても、もっと効率のよい調査を進めて行くことが可能になってきたと思う。