

濃尾平野工業用水源地域調査報告

——大垣自噴帯を中心として——

東海地域調査・第3報

村下 敏夫* 比留川 貴** 尾崎 次男**

Résumé

On the Hydro-geology of Ogaki Artesian Basin in Nōbi Plain — the 3rd Report on the Water Resources for Fabric Industry of Tōkai Region—

by

Toshio Murashita, Takashi Hirukawa & Tsugio Ozaki

Since 1952 a hydrological investigation on the ground water resources of the Nōbi Plain are laid in practice for conservation of the water sources for fabric industry. In this report, the hydro-geology of Ogaki artesian basin situated in the northwestern part of the plain is described in detail.

In this area the artesian water is utilized in the highest degree for fabric industry, domestic supply and irrigation, because it is of sufficiently good quality for these purposes. According to the measuring of river flow and to the researches of hydraulic behaviors such as pressure surface, water temperature and water resistivity, a large quantity of ground water in Ogaki artesian basin could be replenished with the river water of Ibi and Nagara. But the shortage of ground water storage have been occurred by collective pumping or by natural means.

Minute examination of the hydro-geology on the seaside of the Ise Bay in the area will make a contribution for development and conservation of the water sources for fabric industrial centers.

要 約

1. この報告は三重・愛知・岐阜および静岡県にまたがる東海地域の、工業用水源保全調査の一環として実施している濃尾平野の地域調査のうち、主として大垣自噴帯について、28年度中にとりまとめた調査結果を記載している。

2. 濃尾平野は木曽川水系および一部庄内川水系の水の供給を受けているが、特に工業用水源としては、多量の被圧面地下水が利用されており、その利用規模は本邦最大級に属している。岐阜県側において、はこれら地下水の主要な供給地帯と考えられる木曽・長良および揖斐

3川の表流と地下水との関係を調査し、さらに平野堆積物中における地下水の賦存状態を明らかにする目的をもつて、岐阜県および一部愛知県にまたがり、約800個所の水露頭を対象として、異なつた2つの時期に、水比抵抗・水温・水位・自噴水量・溶存成分などを調査し、水理地質的にみたこの地域の特徴を示した。特に大垣自噴帯の存在を明らかにし、その水理の細部について記述している。

3. 表流流量の測定により、木曽川水系3川の縦断方向における流量変化の一部が理解でき、これに基づいて地下水の量的規模が概略推定できた。また多数の鑿井柱状地質資料の蒐集およびその比較検討とともに、電気探査により、濃尾平野地下地質の一端が明らかになつた。

4. こうして水供給地帯の水理地質規模を理解すると

* 地 質 部
** 技 術 部

とにより、臨海部消費地帯の地下水利用限界を究明する緒が得られた。これらの結果は、伊勢湾臨海工業地帯をはじめとして、内陸各所の工場用水源保全の対策の基礎資料として役立つよう、次の段階において総合的にとりまとめられる予定である。

1. 緒 言

面積2,000 km²の濃尾平野は、その中央やや西寄りに当って木曽川・長良川および揖斐川の3大河川があり、南東に庄内川があつて、直上の降雨以外表流によつて相当量の地下水が供給されているものと考えられる。しかもこれらの豊富な表流水の利用は未だしの感があるにもかかわらず、繊維・染色整理・化学工業など各種工場の集団的増設は、被圧面地下水の高度の利用を伴ない、すでに部分的には集団揚水の結果として過剰排水を生じ、井戸干渉あるいは水位低下などの障害を起している。大垣市もまたその一例であり、地下水供給地帯に近く位置していると考えられるが、日量240,000 m³の排水は、すでに昔日の水都のおもかげに代つて、明日の災害を予告している感がある。岐阜県側にはこのほかになお合計約、100,000 m³/日以上地下水が利用されており、さらに愛知県側300,000 m³/日の揚水とともに、大きな地下水利用規模が認められる。従つて一応豊富な水量が予想される濃尾平野もまた実際利用の局部局部では、用水充足の度合がかならずしも高いとはいえない状態にある。

たまたま構想の実現に向つて努力されている愛知用水三重用水などの計画にとらみ合わせて、この一連の被圧面地下水利用地帯の水理と利用の実際とを明らかにし、工業用水源確保のための対策の参考に供するとともに、水資源保全の観点から集団揚水に伴う井戸干渉——塩水の呼び込み——地盤沈下など一連の災害を予防する目

的をもつて、水理地質諸般の調査を進めている。

この報告は、これらの調査結果のうち、昭和28年度1カ年を通じて各技術担当者が交互に行つてきた、特に大垣自噴帯(仮称)の水理地質の性質を明らかにしたものであつて、主としてその範囲は、岐阜県側、一部愛知県側にまたがつている(第1図参照)註1)。

この調査期間中、大垣市役所土木課長真下実氏を中心として、岐阜県庁関係各部署の方々から終始熱心な協力を頂き、高度の調査能率を維持することができた。資源保全に対する深い理解と溢れるばかりの熱意とにはたゞ感謝のほかななものもない。

2. 調査規模

調査担当者

物理計測 村下 敏夫・森 和雄
化学分析 比留川 貴・米 谷 宏
流量測定 尾崎 次男・長岡東洋雄・小野寺公児
電気探査 金子 純・本間 一郎・杉山 光祐
資料蒐集および総合調整 蔵田 延男

調査時期および調査経過

作 業 別	回数	時 期	作業 班数
1. 資 料 蒐 集	第1次	昭和28年 5 月	
2. "	2	28 12	
3. 物理計測・化学分析	1	28 7	4
4. "	2	29 2	2
5. 流 量 測 定	1	28 7~8	1
6. "	2	29 2	1
7. 電 気 探 査	1	28 2~3	1
8. "	2*	" 10~11	2

註1~7までの調査延日数400人日

* 主として愛知県側調査、一部分は直接この報告に関係している。

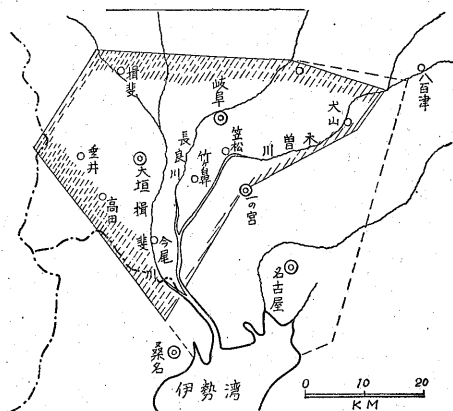
調査対象となつた水露頭 800 箇所
化学分析試料採集数 200 個
蒐集した工場調査票 125 組
" 鑿井地質柱状資料 235 本
表流の流量測定 32 断面
電気探査測点 70 点

3. 濃尾平野の水分布と水利用の概観

3.1 水分布の大観

木曽・長良および揖斐3川を含む木曽川水系の占める流域面積は9,100 km²に及び、年平均降雨量2,200 mm

註1) なお50,000分の1地形図美濃町・岐阜・名古屋北部・谷汲・大垣・津島・桑名および近江長濱参照のこと。



第1図 岐阜県工業用水源地域調査の調査範囲(斜線の部分)なお破線に囲まれた部分は木曽地域として調査進行中の範囲

とすれば、その集水総量は年間 200 億 m^3 程度に達する。

これら大河川のうち、濃尾平野のはゞ中央を流れる木曾川には、故市川東巖氏所蔵の約 1,000 年前の古地図に第 2 図に示すような旧河道群が記録されている。これによると少なくとも最も東側の古丹羽川以西には、比較的新しい時期の木曾川水系の堆積層が存在するはずでありまたその旧川敷下に木曾川から供給されている地下水が賦存しうる可能性が考えられる。

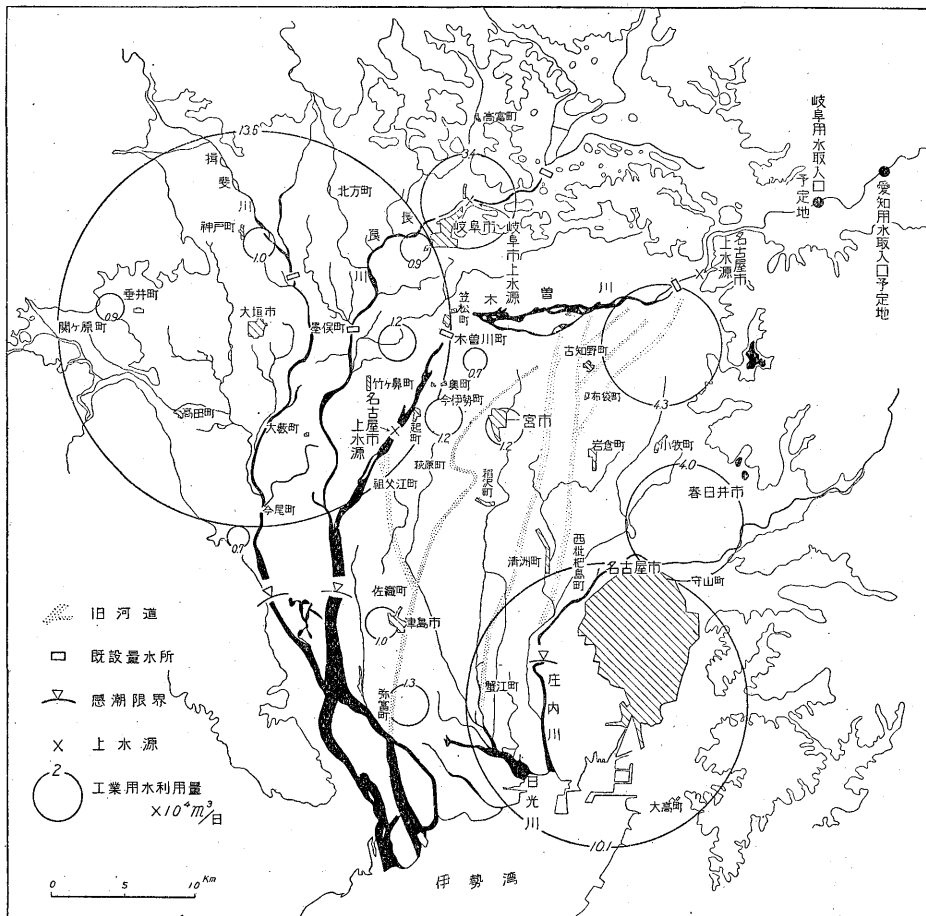
名古屋大学小穴教授らの研究結果によると、愛知県海部郡中央に、南北に連なる水質不連続線があり、これがある程度の地質的相違を示しているという。もしこれを認めれば、古日光川が木曾川水系の実質的な東側境界線となるかも知れない。

しかしいずれにしても、濃尾平野西半部は 3 大河川の氾濫による砂礫あるいは泥土の厚い堆積地帯であり、特にその下流は、輪中の歴史が示すように、過剰なまでに豊富な表流と、それから供給される大量の地下水の分布地帯である。

また平野の地下地質を概観すれば、木曾川右岸岐阜県側各務ヶ原洪積台地、あるいは左岸愛知県側丹羽郡・東春日井両郡下に丘陵状に分布する洪積層は、東より西に向つて漸次地下深層に没するが、これらのうちにも帯水層は分布し、その供給源は平野東部では直接降雨の滲透による割合が大きいと推定されるのに対し、西半部ではむしろ背面表流からの供給を受けている割合が大きく推定され深淺通じて西半部は地下水量豊富な状態が認められる。

3.2 水消費地帯に対する水供給地帯の関係

小穴教授らの研究による名古屋市周辺部における庄内川沿い被圧面井戸の、アルゴン含有量の 1 年間の継続観測結果では、降水が深層地下水として揚水、利用されるまでの所要時間として 6 カ月という数値を得ている。これらの帯水層は洪積層であり、垂直方向における水質変化はかなり明瞭に相違しており、また地質的にも、この 6 カ月の遅れは、かなり遠距離の背面から滲透、供給されていることを予想させる。



第 2 図 濃尾平野総覧図

第1表 木曽川水系水利用の概況*

	単位	木曽川**	長良川	揖斐川
発電用水としての利用				
発電所数		32	10	12
常時利用量	m ³ /s	524.1	37.3	46.4
農業用水としての利用				
水田面積	町	5,500	10,500	20,200
取水箇所数		101	156	74
常時取水量	m ³ /s	23.0	60.0	62.5
渇水時取水量	〃	15.0	32.0	27.6
平均有効雨量	mm	911	239	377
工業用水としての利用				
工場数		30	32	46
取(集)水量	m ³ /d	11,200	28,500	130,000
表流水依存度	%	74.0	1.5	0
上水道用水としての利用				
利用箇所数		6	3	9
最大集水量	m ³ /d	1,220	35,000	725
河川依存度	%	0	0	0

* 岐阜県昭和27年度木曽特定地域木曽川水系水配分調査報告書に主として準拠した。

** 木曽川は愛知県および三重県側の利用分を含まない

一方大垣市附近では、富士山麓駿河湾岸の被圧面地下水に比すべき低温の地下水帯があり、これは背面揖斐川の水位変化と関係が深い事実が知られているので、表流から供給される地下水量を大きく見積らなければならない。長良川および木曽川左岸古知野以西にもそれぞれこれに類似の関係が認められる。

従つて大垣・岐阜・一ノ宮などの内陸工業地帯の用水源を保全するとともに、一方において伊勢湾臨海部の既存の工業地帯あるいは、計画工業基地の用水源を確保するにはまずこれら水供給地帯における供給の規模と機構とを明らかにすることが根本的に必要であり、またこの解明によつてはじめて濃尾平野の地下水量が量的な面から理解でき、臨海部における地下水利用規模も推定できるのである。

こうした観点から岐阜県側が代表する水供給地帯の調査からまず着手したのであり、次いで愛知県側の洪積層中への水供給地帯の調査を行い、これらに基づいて消費地帯自体の水理を究明して行くよう計画を進めている。

3.3 地下水利用の特徴

濃尾平野の地下水利用上の最大の特徴は、被圧面地下水の高度利用であり、しかもそれが古くから、紡績を中心とした工業用に多量に用いられている点である。現在30余の業者によつて掘鑿された孔径6吋以上の被圧面

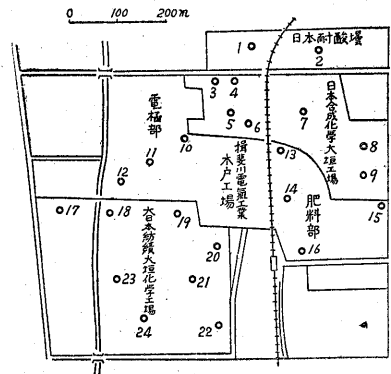
井戸の総数は、800本程度と推定されており、約2km²に1本の割合となる。このほか小孔径の家庭用掘抜は、大垣市内でも5,650本^{註2)}、そのほか平野全域に亘つて極めて広く利用されている。

一方これらの多数の被圧面井戸群は、数枚の帯水層から収水しているが、井戸の集団地区では浅層のものが利用度飽和点に達し、順次深層のものに利用の範囲を拡げており、消費地帯に当る名古屋市でもまた供給地帯の大垣市でも、いずれも100~200m深度の帯水層に開発の目標が集中している。

岐阜県の資料によれば、100%地下水依存の大垣市の工場群にあつて、異常渇水の昭和22年に用水充足度が98%であり、その後使用水量の増加が著しく、豊水年の昭和26年には充足度80%に過ぎないという。少なくともこのような傾向があるとすれば、工場の密集している一部の地区については、現存の深度に関する限り、地下水の利用限界に到達しているものとみることもできよう。こうして大垣市西部の集団揚水地区では、すでに、120~150間層(220~270m)の利用が目論まれてきている。

4. 工業用水使用の現況

濃尾平野全域における工業用水利用量は、総計(最大)1,200,000 m³/日で、このうち陸水が400,000 m³/日を



第3図 大垣市西大垣附近工場群にみられる集団揚水例。図に示した24本の深井戸によつて63,500m³/日の揚水が行なわれている。揚水施設をフルに作動すると100,000m³/日以上揚水が行なわれる。

註2) 大垣市役所の調査による5,650本の内訳は、浅掘(13~20間層で収水しているもの)4,140本、中掘(同じく40間層)140本、深掘(同じく60~100間層)1,370本で、このうち浅掘の10%を除けばすべて自噴している。掘抜の自噴総量(工場用を含まない)104,000m³/日、なお大垣市の消火栓は13~20間層の掘抜井戸を直接利用した特異なものである。

また大垣市所在の岐阜県水産試験場は、約10,000坪の土地に現在47本の掘抜があり、6,000 m³/日の水を得て、井戸利用による本邦唯一の養鰻場となっている。

濃尾平野工業用水源地域調査報告（村下敏夫・比留川貴・尾崎次男）

第2表 大垣市およびその周辺における既設主要工場用水利用現況 註 {F. W. 自由面地下水
C. W. 被圧面地下水

工場名	東邦レーヨンK. K. 大垣工場	中央繊維K. K. 大垣工場	近江絹糸紡績K. K.	日本冷蔵K. K. 大垣工場
所在地	岐阜県安八郡神戸町	大垣市藤江町	大垣市林町	大垣市郭町
敷地面積(坪)	46,000	36,191	70,000	470
使用水量 (m³/d)	8,600	3,400	26,500	260
水源の種別	F.W.	C.W.	C.W.	C.W.
井戸数	3	2	5	2
鑿井の深度(間)	24, 27, 28	20, 60	57, 78(2), 88, 90	60(2)
揚水量(m³/d)	8,600	3,400	26,500	260
工場名	和興紡績K. K.	南海化学工業K. K. 大垣工場	揖斐川電気工業K. K. 河間工場	若林製糸紡績K. K. 大垣工場
所在地	大垣市荒尾町	大垣市寺内町	大垣市河間町	大垣市笠縫町
敷地面積(坪)	15,786	3,769	5,386	28,800
使用水量 (m³/d)	4,000	115	1,060	2,140
水源の種別	F.W. C.W.	C.W.	C.W.	C.W.
井戸数	5 1	2	4	4
鑿井の深度(間)	2(2), 5(2) 48	83(2)	30, 60, 100(2)	42, 43(2) 58
揚水量(m³/d)	200 3,800	115	1,060	2,140
工場名	鐘淵紡績K. K. 大垣工場	東亜紡織K. K. 大垣工場	日本耐酸壘工業K. K.	日本合成化学工業K. K. 大垣工場
所在地	大垣市室村町	大垣市木戸町	大垣市木戸町	大垣市神田町
敷地面積(坪)	29,186	34,839	3,311	21,367
使用水量 (m³/d)	1,400	13,200	250	31,000
水源の種別	C.W.	C.W.	C.W.	C.W. 戻水
井戸数	5	5	2	8
鑿井の深度(間)	16, 60(4)	33(2), 67(3)	60(2)	64~65(4) 55(2), 61, 71
揚水量(m³/d)	1,400	13,200	250	25,000 6,000
工場名	揖斐川電気工業K. K. 大垣工場	同 (電極部) 左	大日本紡績K. K. 大垣化学工場	揖斐川電気工業K. K. 青柳工場
所在地	大垣市木戸町(肥料部)		大垣市久瀬川町	大垣市青柳町
敷地面積(坪)	8,418	12,489	30,000	29,345
使用水量 (m³/d)	7,100	6,770	25,200	990
水源の種別	C.W.	C.W. 戻水	C.W.	C.W.
井戸数	3	1	9	3
鑿井の深度(間)	71, 77, 100	105	41, 70(4), 105(4)	82
揚水量(m³/d)	7,100	1,000 5,770	25,200	990

第2表 大垣市およびその周辺における既設主要工場用水利用現況

註 { F. W. 自由面地下水
C. W. 被圧面地下水

工場名	東亜紡織 K. K. 大垣織布工場	振興造機 K. K.	日本合成繊維 K. K. 大垣工場	大日本紡績 K. K. 垂井工場
所在地	大垣市世安町	大垣市本今町	大垣市本今町	岐阜県不破郡垂井町
敷地面積(坪)	10,000	45,888	21,614	90,640
使用水量 (m³/d)	184	840	4,000	8,100
水源の種別	C.W.	C.W.	C.W.	F.W. C.W.
井戸数	4	1	5	1 4
鑿井の深度(間)	78, 80, 82(2)	63	82(4)	6 22, 35, 77, 78
揚水量(m³/d)	184	840	4,000	550 7,550
工場名	三菱レーヨン K. K. 岐阜工場	東洋紡績 K. K. 岐阜毛糸工場	大日本紡績 K. K. 岐阜工場	岐阜紡績 K. K. 柳津工場
所在地	岐阜市本荘	岐阜市	岐阜市五坪町	岐阜県羽島郡柳津村
敷地面積(坪)	31,144	21,000	39,300	
使用水量 (m³/d)	18,000	1,700	7,600	15,500
水源の種別	C.W.	C.W.	C.W.	C.W.
井戸数	4	1	4	3
鑿井の深度(間)	23, 33, 46, 52	55	41(3), 50	33(2), 50
揚水量(m³/d)	18,000	1,700	7,600	15,500
工場名	倉敷紡績 K. K. 木曾川工場	東海レーヨン K. K. 一宮工場	艶金興業 K. K. 佐千原工場	日本毛織 K. K. 一宮工場
所在地	愛知県葉栗郡木曾川町	一宮市		愛知県中島郡今伊勢町
敷地面積(坪)	29,973	13,000	6,000	57,390
使用水量 (m³/d)	3,100	5,400	150	520
水源の種別	C.W.	C.W.	C.W.	C.W.
井戸数	6	3	1	3
鑿井の深度(間)	16.5(2), 25(2), 50(2)	11.5, 16.5, 43	18	25, 40, 43.5
揚水量(m³/d)	3,100	5,400	180	520
工場名	艶金興業 K. K.	津島毛糸紡績 K. K.	片岡毛織 K. K.	K. K. 横井製絨所
所在地	愛知県中島郡起町	津島市北新開	津島市片岡町	津島市西愛宕
敷地面積(坪)	1,234,917	52,455	8,000	16,500
使用水量 (m³/d)	3,400	3,600	2,400	1,600
水源の種別	伏流水 C.W.	C.W.	C.W.	F.W. C.W.
井戸数	1	4	2	1 1
鑿井の深度(間)	35	33, 67(2), 133	67, 130	3 32
揚水量(m³/d)	2,000 1,400	3,600	2,400	40 1,560

占めている。さらにこのうち名古屋市上水道^{註3)}による工業給水量 17,000 m³/日 を差引けば、残りはすべて地下水によつてまかなわれている^{註4)}。

岐阜県内平野部の全部と愛知県側平野部の一部を含むこの報告書に關係する範囲の既存主要工場の用水源に関する諸般の調査結果を、第2表に総括して示した。

5. 地 質

大垣周辺の基盤山地は、砂岩・粘板岩を主体とした珪岩・石灰岩を挟む古生層からなっている。古生層の山地は断層によつて多くの地塊に分れており、特に濃尾平野の西縁をかぎる古生層山地の東端は、極めて明瞭な断層崖を以て平野部にのぞんでいる。

山麓部には埋木をもつ洪積～第三紀層が分布しているが、扇状地が発達しているためにその拡がりは露頭では追跡できない。

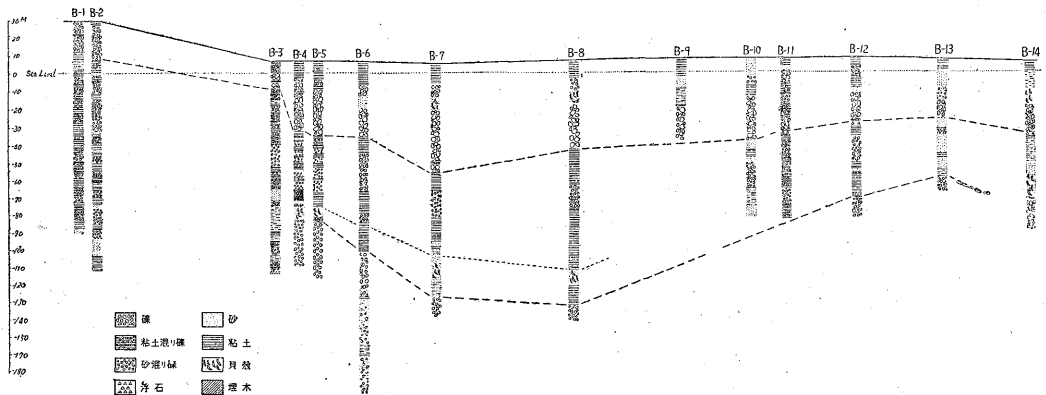
平野部には粕川・相川・牧田川の扇状地があり、自噴帯中央部須脇から北東竹ヶ鼻にかけ、淘汰の悪い小礫を混えた 5～15m の比高差をもつ砂丘が発達している。

鑿井柱状地質図によると、上層に厚さ数 m の貝殻混り砂層を挟む礫の発達した沖積層がある。この層は揖斐川流域が最も厚く、55 m 程度を示すが、その東西では次第に厚さを減じ、杭瀬川以西では 20 m 程度となる。

沖積層の下位には、厚さ 50～80 m の礫と粘土との互層が分布する。その上部には 2～3 m 程度の浮石層があつて、岐阜市および愛知県木曾川町では深度 30～40 m 附近に記録されている。また下部には埋木と貝殻を混える層があり、貝殻層は厚さ 10～15 m で、ほぼ自噴帯全地域に分布する。礫層は東部および西部では数 m の厚さで粘土層と互層するが、中央部では沖積層同様に 15～20 m 程度の厚さに発達している。

大垣市大垣公園内深度 255 m に達する鑿井資料によると、礫と粘土との互層の下位 105 m 以下は一連の砂礫層であるが、確実な不透水性基盤岩には達していない。この砂礫層は自噴帯に広く一様に分布しているが、杭瀬川以西では発達していない。水質および単位面積当りの湧水量などの物理的性質からすれば、互層と下位の砂礫層とは類似した条件の地層である。そしてこれらは関ヶ原・垂井附近に分布する更新～鮮新統の地層に相当するものと思われる。

電気探査の結果^{註5)}によれば、自噴帯の北部、神戸町の東西では異なつた地質を示している。西側に分布する深度 10 m 前後の比抵抗 30k Ω -cm を示す層は南に向つて次第に深くなり、大垣市街地では地下 60～100m に、東部木曾川町では同じく 50m にあり、東に向つて浅くなっている。またその下位にある比抵抗 50k Ω -cm を示



第4図 鑿井地質柱状図による地質断面図

B-1,2 岐阜県不破郡垂井町 B-3 大垣市久瀬川町 B-4, 5 大垣市神田町 B-6 大垣公園 B-7 大垣市羽衣町
B-8 安八郡墨俣町 B-9 羽島郡竹ヶ鼻町 B-10 町羽島郡柳津村 B-11 岐阜市本荘 B-12 愛知県葉栗郡木曾川町
B-13 愛知県中島郡今伊勢町 B-14 愛知県中島郡宿沢町

註3) 名古屋市上水道木曾川地表水源により 300,000m³/日集水、また岐阜市上水道は長良川伏流水源により 34,000m³/日集水している。

註4) なお岐阜県側には、このほか木曾川上流中津川市に近江絹糸紡績をはじめとする 29 工場で表流 83,000m³/日、地下水 25,000m³/日が用いられており、また長良川流域には片倉製糸関製糸所が表流に依存して工場用水を得ている。従つてこれらを合わせると、岐阜県内 107 工場の工業用水使用量は 270,000m³/日弱となり、その地下水依存度は 70% 弱となる。

す層は、大垣市街地附近では 100m 以深に連続する。神戸町以南には比抵抗 10～20k Ω -cm の低い値を示す層が 30k Ω -cm の層の上位にあつて次第に発達し、大垣市街地附近では深度 50 m に達する。

10～20k Ω -cm, 30k Ω -cm, 50k Ω -cm を示す層が、それぞれ沖積層・礫と粘土との互層および下位砂礫層に相

註5) 電気探査の結果については、追つて詳細な報告が出る予定である。

当するとすれば、これらの地層は北部では次第に浅くなり、神戸町以北では洪積～第三紀層が地表近く存在しているものと推定できる。大垣市以南では深度100～120mに存在する貝殻層を鍵層として対比すれば、約 $\frac{1}{200}$ の勾配で南へ深くなっていることになるが、今尾町以南では粘土質になり、見掛上異なつた地層が分布しているようにみられる。

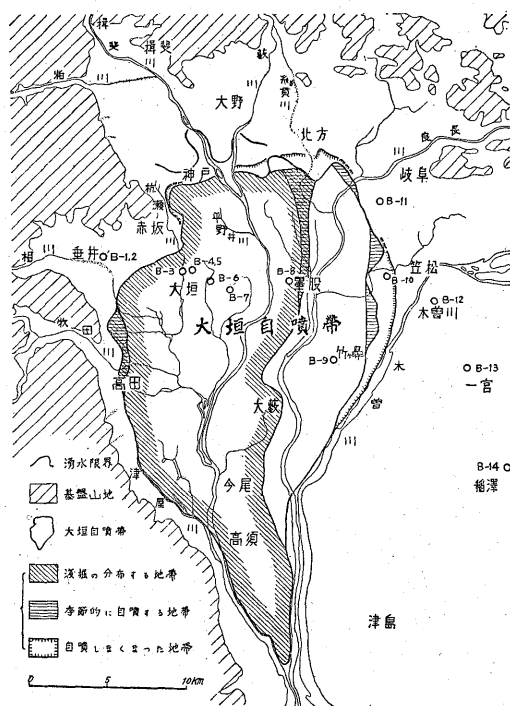
大垣自噴帯は、第4図に示した垂井町——ノ宮市に至る東西の鑿井資料に基づく地質断面によると、大垣市西部杭瀬川を境として、東西ではかなり異なつた地層の分布を示しており、沖積層および下位の礫と粘土との互層は、大垣市街地中央部より長良川右岸にかけ最も厚く、また先に述べたごとく、これらの地層は北部では浅く、中央部に向つて深くなっている。従つて大垣自噴帯は南に開いた盆状構造をなしており、これが大垣自噴帯の形を決定している要因となつているものであろう。

南東部津島市の鑿井資料によれば、大垣自噴帯の主要帯水層に相当する地層に、すでに塩水が混入しているが主要帯水層における淡水と塩水との分布関係は、この調査に関する限りまだ明らかにはできなかった。

6. 大垣自噴帯の水理

6.1 概観

大垣自噴帯は、東部と南部を木曽川に、北部と西部を



第5図 大垣自噴帯の概観図

養老・伊吹の基盤山地に囲まれ、水都大垣を中心として古から輪中の発達した地域である。その面積は 325 km²に及び、ほとんど全域に自噴性被圧面地下水が分布し、しかもそれが高度に開発、利用されている。

自噴帯を貫流する河川には長良川と、平野部に至つて伏没する粕川・藪川・相川・牧田川および津屋川を合する揖斐川とがあり、これらはその南部で木曽川と相接して伊勢湾に注いでいる。

自噴性被圧面地下水は、工場以外一般家庭用および灌漑用に広く利用されている。自噴井の深度は3～110間註6) (5～200m)で、竹管またはガス管を使用する内径1～2.5寸程度の小孔径のものが多く、その井数は、約30,000本に達する。自噴量は冬季、これら小孔径の深度55m以浅の自噴井で0.5 L/sec以下、70m以深の自噴井では1～8 L/secで、自噴帯中央部が最も水量多く、周縁に向つて減少し、また夏季には30～50%程度増加するようである。

なお自噴帯の西部、牧田川左岸には年間4～6カ月間の豊水期にのみ自噴する地帯である。また第5図に示したように55m以浅の自噴井の分布する地区の北東部と、70～80mの自噴井の分布する北部および東部では、渇水期に自噴が停止し、自噴帯の季節的消長が認められる。

自噴帯の北部および東部には、さらに過去10数年～数10年間に自噴限界の後退、すなわち自噴性地下水の示す圧力面が低下して自噴しなくなつた地帯がある。各種の調査結果によれば、その圧力面の低下は北部で2～3m、東部で3～3.5m程度と推定される。しかしこれら自噴停止地帯も、現在相当量の降雨があつた時には一時的に自噴を回復することがあるが、漸次内噴性の井戸に転化している。すなわち大垣自噴帯は、豊・渇水期に消長を繰返しながら結果的にみれば、少なくとも年々圧力面が低下し、自噴帯全体としては縮小しているとみることができる。この原因については精確には究められていないが、一半の地下水供給源である表流にみられる自然湧水、河川改修に伴う流路の変更、井堰などの取水による背面川敷の水理変化、あるいは工場および家庭用井戸の増加に伴う排水量の増加などによる影響が考慮されよう。

自噴帯の北部には、揖斐川の右岸沿い、あるいは神戸町・温知村など、さらに藪川の廃川敷の旧糸貫川右岸、牧田川左岸、津屋川右岸には「ガマ」と呼ばれる顕著な湧泉あるいは湧水地がある。また揖斐川堤体敷からも多量の漏水があつて、それらは、大垣輪中の灌漑用水になつている。

註6) 深度は本稿に限り現地で用いられている間・尺を用い、mを附記したことがある。

自噴帯以外は、ほとんど手押ポンプにより浅い自由面地下水あるいは非自噴性被圧面地下水を収水しており、西部山麓部では簡易水道により、また粕川右岸では一部天水を利用しているところがある。

6.2 地下水層の分布

大垣自噴帯における主要な収水層は、

- 1) 深度20~55 m 以浅の冲積層に相当する厚さ10~20 m 程度の砂礫層。
 - 2) 洪積~第三紀層に相当する深度70~80 m 附近の厚さ10 m 程度の砂礫層。
 - 3) 深度90~200 m のほゞ一連の砂礫層の3層である。
- 当地域では自噴井を深度によって、浅掘・中掘・深掘(または百間掘)と呼び、これらの自噴井はそれぞれ深度20~55 m, 70~80 m, 90~200 m の帯水層に到達しており、工場用の一部を除いては、ほとんど全部が単層採水である。

浅掘は第5図に示してあるように、自噴帯のほゞ中央部より西半部に分布し、深度は北部で2.5~3間(4.5~5.4 m), 相川・牧田川流域では8間(14~15 m)程度、中央部で20~22間(36~40 m), 南部では27~30間(49~54 m)程度である。

中掘は墨股・柳津以北に分布し、北に向つて次第に浅くなり、自噴帯限界附近では、26~35間(47~63 m)程度になる。

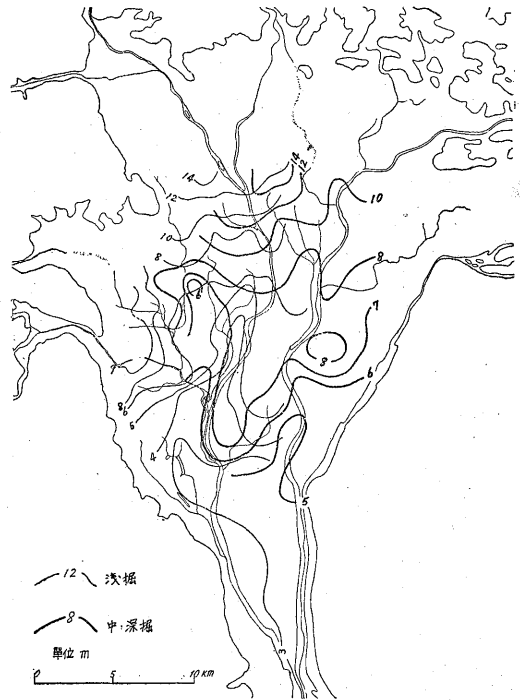
深掘は相川右岸と牧田川下流域を除いては広く分布し、特に大垣市街中央部より長良川までの大垣・墨股を結ぶ線以南、すなわち自噴帯中央部が最も密度高く、70間(130 m)前後のものが多い。その両側は50~60間(90~110 m)程度で、幾分浅い。

浅掘の分布していない自噴帯東半部では、深度10 m 程度の浅い自由面地下水、あるいは深度30~50 m 程度の非自噴性被圧面地下水を利用している。東部における中掘層は、大垣市街地では粘土層が介在して薄い数枚の砂礫層になり、十分な自噴圧と水量に乏しく、しばしば「かなけ」を伴うので、現在はほとんど利用されていない。なお大垣市大垣公園内の鑿井によると、110 m 以深は砂層と砂礫層の連続で、特に170~200 m と235~255 m に厚い砂礫層がある。相川右岸から牧田川流域ではもつぱら浅掘で、中・深掘はほとんど利用されていない。

6.3 地下水の流動

6.3.1 自噴井の圧力面

地下水を涵養する水源地帯は、主要地下水層中の水の流動方向によつて示され、また特に強力な不透水性の障害がない限り、常に高水頭から低水頭に向つて動き、そ



第6図 自噴井の圧力面等高線図

の流動は任意の2点間の水頭差によつて決定される。

第6図は、29年2月大垣自噴帯の自噴井について圧力面の測定を行なつた結果に基づいて、浅掘と中・深掘の圧力面等高線を示したものである。なお中・深掘は厳密には水頭圧において差があるが、実際には単位面積あたりの自噴水量にほとんど差がないこと、また垂直的な水質変化がないことなどの観点から、むしろ一連の水層と看做してよいと思われる。従つて第6図は、このような観点到に立脚して示されている。

なお自噴井の圧力面の測定は次の2方法のうち、いずれかによつた。

1) 自噴井は、内径3寸以下の竹管またはガス管で、地上には内径5~6寸、時には2尺程度の土管を高さ0.5~3 m 程度に積み重ね、その途中から自然湧出させる構造のものが多い。従つて湧出口を止めると地下水は管内を上昇して静止する。この静止した面を圧力面と考え、これに自噴井所在地の海拔高度を25,000分の1地形図から判読して加え、圧力面の高度とした。

2) 直接圧力面の測定できない井戸では、自噴水量(Q)と、井戸の面積(A)から流速(v)を求め、湧出口における圧力水頭(H)を Qv/g の式から算出して参考とした。

図に示された圧力面等高線の形は、おもに自噴帯の地下水を涵養する水源地帯における表流の滲透量・雨量な

どの供給量によつて左右されるから、夏季自噴水量が、30~50%増加することを考慮すれば、この形は当然変化するであろう。しかしその形が供給量に影響されるとはいへ、本質的な形は、透水性の変化や断面積の変化などの地下水層自体の物理的條件や、断層などの地質的障害によつて決定されるものであるから、自噴帯における地下水流動の変化は、堆積物の物理的特性や地質構造に主としてよるものと考えられる。

大垣自噴帯における地下水の流動については、次の3つの特性が圧力面等高線によつて示されている。

1) 北部には、南に向つて $1/700 \sim 1/1,000$ (地表面勾配 $1/800$) 程度の、中央部に比較して急な動水勾配が示されている。このような現象は川敷の堆積物などのように透水性の高い堆積層から、透水性の低い堆積層に向つて一定量の水が流入するような場合、あるいは水源地帯で地下水の取入れ地区の面積が小さい割に、供給水量が大きいような場合に生じるが、この大垣自噴帯の場合もおそらくこれらの原因によつてゐるものと推定される。

2) 中央部には、南北に細長く $1/8,000 \sim 1/9,500$ (地表面勾配 $1/2,700$) 程度の緩い動水勾配を示すところがある。これは圧力面 (水位) の継年観測結果によらなければ、人工排水による影響か、あるいはまた自然現象であるかを断定することはできないが、水温・水比抵抗・水質による地下水分布、または多少不確実のそりを免かれないうにせよ、鑿井柱状地質図などの資料によると、中央部には南に向つて帯水層が広く分布しており、これが南部では帯水層の断面積の減少に伴ないそのため、動水勾配が大きくなつてゐるものと考えられる。

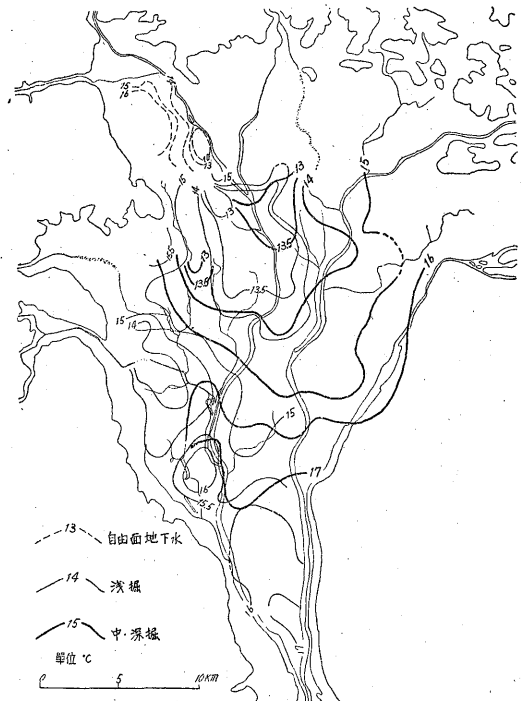
3) 大垣市街地東南および西部には、南北に細長い凹部がある。この凹部はおそらく本質的には、大垣市街地に対する背面からの供給水量と、同市街地における排水量との関係によるものであろう。調査時の結果では、凹部は浅掘の最も密度の高い大垣市東部に、深掘では工場集団地帯に始まつて、南~南南西に延びてゐる。しかしこの形は過剰排水地帯における地下水の量および流動状態によつて変化し、また豊水期と渇水期とではかなりの差があるものと推定される。

6.3.2 地下水温

大垣自噴帯の地下水温は、揖斐川北部・牧田川流域を除き、夏・冬の2季節では冬季が低く、 0.4°C 以下の差を認めるだけで、ほぼ年間恒温と看做される。しかし自噴帯北部は夏季よりも冬季に高温になる傾向があり、4~5mの浅掘で $3.5 \sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 、中・深掘では 1°C 程度高い。

第7図は、浅掘・中掘・深掘の水温 (29年2月調査)

分布を示したもので、これに一部自由面地下水の水温 (28年7月調査) を加えてある。



第7図 地下水温等値線

揖斐川右岸の自由面地下水の温度は、夏季に $9.5 \sim 10.5^{\circ}\text{C}$ の異常を示し、また浅掘は神戸町南部より大垣市附近にかけて、 $13 \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ の低温でその周辺に向い、また中・深掘は北から南に向つて次第に増温する傾向を示している。

さらに詳細に検討すれば、大垣市街地以北では、神戸町・大垣市立北小学校・同南中学校を結ぶ線の東西においては、浅掘は東部 $13 \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ 、西部 $13.8 \sim 14.5^{\circ}\text{C}$ 、深掘は $13.8 \sim 14^{\circ}\text{C}$ 、 $13 \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ とかなり明瞭な水温の差が認められる。同市街地の水温の深度に伴う増温率は $146\text{m}/^{\circ}\text{C}$ 程度である。

相川流域の浅掘の水温は 15.2°C 士でほとんど変化がないが、牧田川流域は、季節的に自噴する左岸の方が変化大きく $3 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 程度で、揖斐川右岸とは逆に冬季が低い。

中・深掘は深度を異にするため、おのおのについては幾分の温度差が認められるが、大垣市街地を除いては、井戸の深度はおおむね北から南に向つて増加しているので、それに伴う水温の北から南への変化とも看做する。

大垣市街地を除いた周縁部の地下水増温率は、 $90\text{m}/^{\circ}\text{C}$

である。

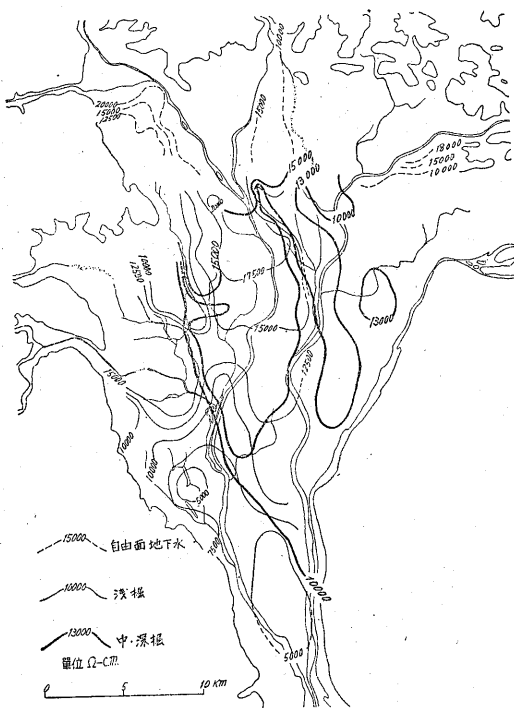
夏・冬2季の水温を以ては断じ難いが、少なくとも自噴帯北部における地下水温が冬季に高く、夏季に異常の低温を示す現象は、自噴帯の地下水を供給する水源地帯の水理的特性を示しているものともみられ、また浅掘の水温が自噴帯中央部、深掘のそれが今尾町北部で、それぞれ冬季に幾分増温する傾向を示すのは、地下水流動量の減退あるいは附近の地質構造となんらかの関係があると推定される。

6.3.3 水比抵抗

自噴井の水比抵抗 (以下 ρ_w と示す、単位は $\Omega\text{-cm}$) は、水温の増加に対し幾分減少の傾向を示すが、その分布は水温の場合と傾向がよく一致している。

地表水・自由面地下水の測定は夏季のみで、冬季との変化量は求められていない。自噴帯北部および牧田川左岸の水温差の大きいところは、 ρ_w も冬季に浅掘で10% 深掘で5% 程度減少しているが、これに対し中央部から南部にかけてはほとんど変化していない。

第8図は、自由面地下水 (28年7月) および浅掘と中・深掘 (29年2月) の ρ_w の分布を示したものである。なお中掘と深掘とは ρ_w の値にほとんど差がなく、垂直方向の変化よりも地理的な変化の方が大きいので、両者を同一水層として取扱つて図示した。



第8図 水比抵抗等値線

揖斐川 (ρ_w 22,000) 右岸には、右岸に強く滲透する粕川 (ρ_w 30,000) との合流点から自噴帯に向つて帯状に、20,000~22,000 の表流水とほぼ同値の自由面地下水が分布し、自噴帯の北部にも同値の自噴井がある。

大垣市街地の自噴井は、水温と同様に神戸町と大垣市立南中学校を結ぶ線の東側では、浅掘 17,000~20,000、深掘 13,500~14,000、西側ではそれぞれ 12,000~15,000、16,000~18,000 で、東西方向では比較的明瞭な差がある。しかし地質的には同一の地下水層であるので、これは地質構造あるいは背面供給水源が異なることによるものと考えられる。

相川・牧田川および藪川流域では、揖斐川の場合と同じく表流水とほぼ同値の ρ_w を示す浅掘が分布している。また養老東山麓の扇状地末端には湧水・湧井が点在し、自噴帯中にもそれらと同じ程度の ρ_w を示す自噴井がある。長良川 (ρ_w 20,000) 左岸岐阜市街地の自由面地下水は、一部 18,000~20,000 を示すが、その広範な連続性は認められない。自噴帯南部は一般に低い値を示している。

中・深掘の ρ_w は、浅掘とは異なつた分布を示している。杭瀬川から笠郷村船付・今尾町にかけては明瞭な不連続が認められ、その西側は 8,000~9,000、東側は、14,000 以上の値を示す地下水が接しており、また揖斐川左岸には両側よりも低い 11,000~12,000 を示す南北に細長い帯状の部分がある。その両側は 13,000~15,000 のほぼ同値の地下水で、さらに北東部岐阜寄りには、11,000 台の地下水が分布している。

地下水の ρ_w がその水の質的特性を表現しているとすれば、自噴帯 55 m 以浅の被圧面地下水は、揖斐川・藪川・相川・牧田川などの表流水および西部基盤山地からの滲透水の供給を、また 70 m 以深の地下水は北部からの供給を、直接強力に受けているものと考えられる。

6.4 地下水貯蔵量の変化

大垣自噴帯は、過去数10年から10数年間に、浅掘・深掘ともに圧力面が低下している。この結果、涵養水源地域に近い自噴帯の北部と東部では自噴が止まり、過去の自噴井の分布に比較して、その分布限界が現在では内側に向つて後退している。

圧力面 (あるいは水位) の変化は、供給水量と排水量との関係によつて決定される。従つて自然湧水、豊水期と渇水期あるいは排水量の増加などによつて圧力面は継続的に変化し、また間歇的にも絶えず変化し、普通にはこれらの合成された形で現われている。この変化は主要帯水層の地下水貯蔵量の変化によつて示されるから、逆に圧力面の変化から貯水量の変化を算出することができ。従つて、大垣自噴帯の圧力面が現在までに2~3 m低

下していることは、少なくとも数10年間にわたって排水量が供給水量を上廻つたこと、すなわち貯水量が減少したことを意味する。

数本の自噴井について圧力面の減少を算出すると、浅掘は年あたり2~3cm、深掘は7~9cmの割合で低下することになる。これから地下水貯蔵量の減退量を概算するために15本の鑿井柱状地質図を参考にして、浅層地下水層・深層地下水層ごとに礫・砂・粘土に大別してその容量百分率を求め、それぞれ62%、18%、20%、および60%、15%、25%を得た。またこれらに対する可採水含有率 (Specific yield) は一様ではなく、沖積層と洪積層とでも幾分の差はあるが、礫は砂混り、粘土は微

砂をも含むものとして一様に25%、15%、5%の値を与えて、浅掘の分布する地帯の単位面積に対しては19.2%、中・深掘の分布する地帯には17.3%可採水含有率を得た。この地帯では年あたり3cmおよび8cmの圧力面低下が認められるから、浅層地下水層からは年あたり、1,123,000 m³、深層地下水層からは2,698,000 m³減少することとなり、1日あたり約10,400 m³ずつの排水過剰になっている計算となる。

7. 大垣自噴帯の水の質的組成

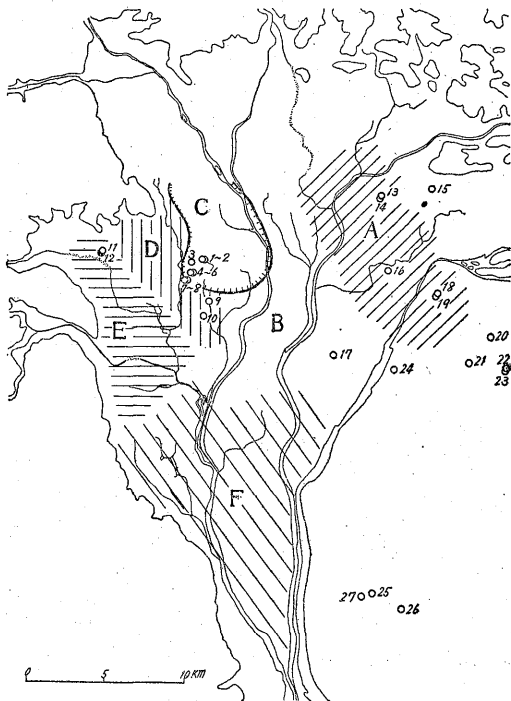
大垣自噴帯およびその周辺部における地表水、地下水201点の水試料について化学分析を行い、その結果を水質の地域的特徴、地下水の流動径路の推定に資した。試料採取時期は、夏・冬2回に分れているが、それらは水比抵抗値を参考にするとともに、大垣市内の9点で相互に比較することにより調整を保つた。201試料のうち、工場用被圧面井戸の分のみを第3表に示し、各種溶存成分についてそれぞれ特徴を有する地区を図上に示すと、第9図のように示される。

7.1 クロールイオン

クロールイオンは、5 mg/L 以下で、地域全般を通じて比較的一定した値を示している。一部自噴帯南部および赤坂石灰山周辺において異常な値を示しているが、主として地質的条件に起因するものと考えられる。

7.2 pH

pH 値は後述の過剰塩基・遊離炭酸と関連して変化する。表流水にあつては藪川は7.4のアルカリ性を示すがそれ以外は7.0近くの中性を示し、自由面地下水は揖斐川・藪川の流域で6.0~6.5、平野部に向つて漸次中性に近い値を示す。被圧面地下水では、浅掘は南部を除いて6.5~7.0の値を示し、揖斐川・津屋川の合流点近くで酸性を示すことは、天然ガスの産出などと密接な関係があるものと考えられる。中・深掘は7.2~7.6で、北部から南部に向つて漸次アルカリ性となる概観を呈している。



第9図 大垣自噴帯の水質による地区別および分析水試料採取点
●自由面井戸 ○被圧面井戸 たゞし採取点は図面の都合上全部は記入しない。

第9図 附表地区別の水質的特徴

	pH	過 剰 塩 基	全 硬 度	溶 存 酸 素	そ の 他
A	6.5~7.5南に向つてアルカリ性	1meg/L<	3°<	6~4cc/L南に向い漸減	山麓部遊離炭酸顕著
B	7.0~7.5 "	1meg/L±	2~3°	6~3cc/L "	—
C	7.0~7.1(浅層)7.2~7.4(深層)	0.8meg/L>	2°>	5cc/L<	—
D	7.4<	1~4meg/L	3~10°	5~3cc/L南に向い漸減	山麓部pH6.5, 遊離炭酸・2価鉄多し
E	6.5~7.0西に向つて酸性	0.8meg/L>	2°>	5cc/L<東に向い漸減	—
F	一定しない 6.5~7.5	一定しない 1~4meg/L	一定しない 0~4°	0~2cc/L	大部分2価鉄, クロール磷酸多く、一部天然ガス

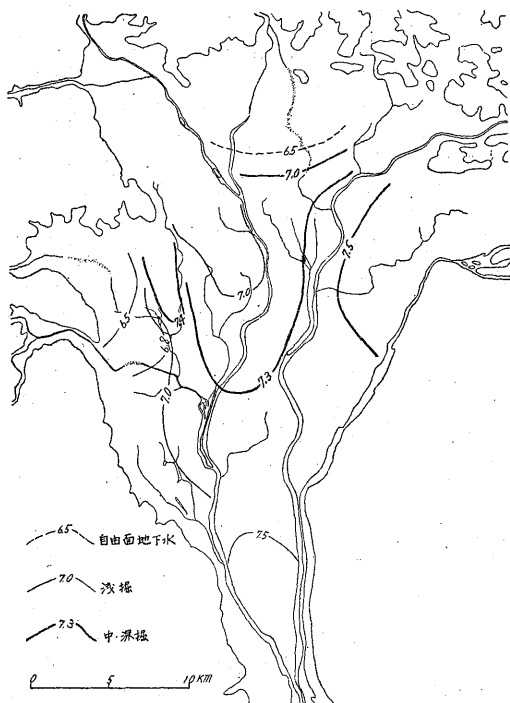
第3表 大垣自噴帯およびその周辺工場用水源被圧面地下水無機溶存成分

No.	試料採取地	深度	水温	pH	RpH	des.O ₂	free. CO ₂	εxB.	Cl ⁻¹	NO ₂ ⁻¹	NO ₃ ⁻¹	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺¹	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	全硬度	P
1	大垣市近江絹糸1号井	85	14.5	7.4	7.5	6.39	2.0	0.760	3.7	0.00	0.5	1	tr.	0.00	tr.	8.2	2.1	1.64	0.02
2	〃 〃 3号井	77	13.8	7.3	7.5	6.15	1.5	0.670	5.1	0.00	0.8	tr.	tr.	0.00	0.00	8.5	1.1	1.45	tr
3	大垣市東亜紡織1号井	(50)	13.4	7.2	7.3	6.15	2.5	0.690	2.6	0.00	0.9	0	tr.	0.00	0.00	8.1	2.4	1.69	0.01
4	大垣市日本合成化学3号井	67	13.5	7.3	7.4	5.76	2.0	0.720	3.8	0.00	1.3	tr.	tr.	0.00	tr.	9.0	3.1	1.98	0.04
5	〃 〃 8号井	67	13.5	7.3	7.4	5.92	1.5	0.620	3.6	0.00	0.6	tr.	0.0	0.00	tr.	7.9	1.9	1.55	0.02
6	〃 揖斐川電気大垣工場	76	13.3	7.3	7.4	5.82	2.5	0.650	3.4	0.00	1.3	1	tr.	0.00	0.00	8.6	1.7	1.59	0.02
7	〃 大日本紡績3号井	67	13.9	7.3	7.5	4.25	2.0	0.890	5.1	0.00	0.9	tr.	tr.	0.00	0.00	12.6	2.4	2.32	0.02
8	〃 〃 8号井	100	14.0	7.3	7.4	6.32	2.0	0.600	3.7	0.00	0.5	tr.	tr.	0.00	0.00	7.2	1.5	1.59	0.02
9	〃 大垣紡績第2工場1号井		13.0	7.2	7.3	3.45	3.5	0.870	3.4	0.00	0.4	0	tr.	0.00	tr.	9.0	3.3	2.03	0.12
10	〃 振興造機日本合成繊維	63	13.0	7.3	7.5	3.00	3.0	1.140	2.7	0.00	0.2	tr.	tr.	tr.	tr.	9.7	5.5	2.64	0.05
11	垂井町大日本紡績3号井	78	14.1	6.4	6.8	6.66	11.6	0.430	4.8	0.00	5.3	2	1.5	0.00	tr.	7.1	2.1	1.48	0.02
12	〃 〃 2号井	6	14.0	6.3	6.7	6.23	10.6	0.510	4.8	0.00	4.5	2	tr.	tr.	0.01	7.3	1.8	1.44	0.05
13	岐阜市三菱レイヨン3号井	46	16.3	7.5	7.6	—	2.0	1.270	5.1	0.00	3.2	tr.	tr.	0.00	tr.	19.1	2.8	3.33	0.08
14	〃 東洋紡績	55	15.5	7.3	7.4	4.11	2.0	1.130	5.0	0.00	2.3	tr.	tr.	0.00	0.01	17.5	2.4	3.01	0.02
15	〃 大日本紡績	42	15.3	6.3	7.1	4.45	4.5	0.640	4.7	0.00	2.4	tr.	tr.	0.01	0.03	8.2	1.7	1.54	0.03
16	柳津村岐阜紡績	33	15.7	7.6	7.7	4.89	2.5	0.930	4.0	0.00	1.3	1	tr.	0.00	0.00	12.4	1.8	2.16	0.03
17	江吉良村長谷虎紡績	25	15.0	7.3	7.5	0.78	3.0	0.940	2.6	0.00	0.0	1	tr.	0.02	0.01	3.4	6.8	2.06	0.07
18	木曾川町倉敷紡績	50	17.1	7.2	7.3	2.46	2.0	0.580	4.3	0.00	1.6	2	tr.	0.00	0.00	5.4	2.3	1.29	0.24
19	〃 〃	16	16.4	7.1	7.5	0.78	3.0	0.870	4.5	0.01	2.2	11	tr.	0.07	0.01	9.8	3.5	2.18	0.14
20	一宮市艶金佐千原工場	17	16.8	7.3	7.4	3.67	2.0	0.580	3.8	0.01	1.9	8	tr.	0.00	0.00	6.4	5.3	2.13	0.13
21	〃 日本毛織	44	20.0	7.3	7.4	3.34	2.0	0.690	6.5	0.00	2.5	5	tr.	0.00	0.00	6.2	3.3	1.64	0.18
22	〃 東海レイヨン	17	16.0	6.1	6.9	0.78	22.8	1.170	16.9	0.02	14.4	38	tr.	tr.	tr.	24.6	8.1	5.33	0.02
23	〃 〃	43	17.2	7.2	7.4	2.11	2.5	0.890	7.7	0.01	24.5	tr.	tr.	0.00	tr.	5.8	2.8	1.46	0.26
24	起町艶金起工場	100	15.7	7.1	7.4	1.33	3.5	1.410	7.0	0.00	0.0	10	0.0	0.10	0.02	4.3	15.7	4.25	0.31
25	津島市片岡毛織	130	21.8	7.3	7.6	0.67	2.5	1.940	3.4	0.00	0.2	2	0.1	tr.	0.01	16.0	5.9	3.61	2.62
26	〃 津島毛糸	130	22.6	7.4	7.6	0.73	3.0	2.130	3.3	tr.	0.4	2	0.2	0.00	0.03	11.9	7.0	3.29	4.75
27	〃 豊島毛糸	33	18.5	7.3	7.5	0.84	5.0	2.000	10.8	tr.	0.4	1	0.4	0.01	0.01	0.4	5.0	1.22	16.88

濃尾平野工業用水源地域調査報告 (村下敏夫・比留川貴・尾崎次男)

註 試料番号は第9図参照。全部昭和28年7月採水。

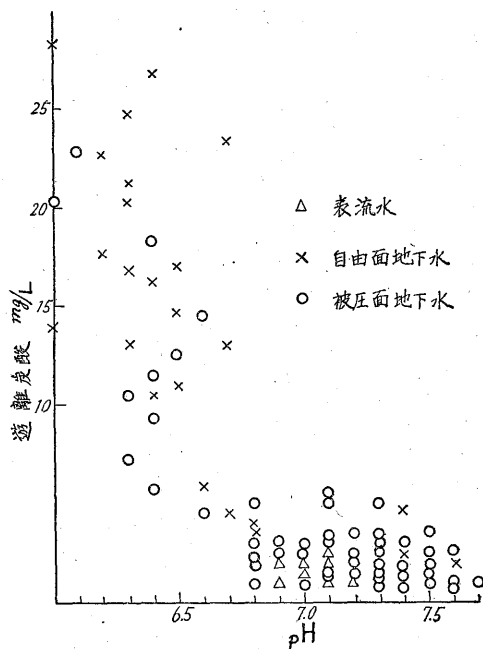
単位 深度:間, 温度:℃, desO₂:cc/L (0℃, 1Aton), εxB.:m.eg/L その他pH, RpHおよび全硬度を除きすべてmg/L。



第10図 pH 等値線

7.3 遊離炭酸

pH とほぼ同じ傾向の変化を示し、表流水および中・深掘は 1~4 mg/L、自由面地下水・浅掘は 5~25 mg/L の値を示す。遊離炭酸の存在は、金属をイオンの状態と



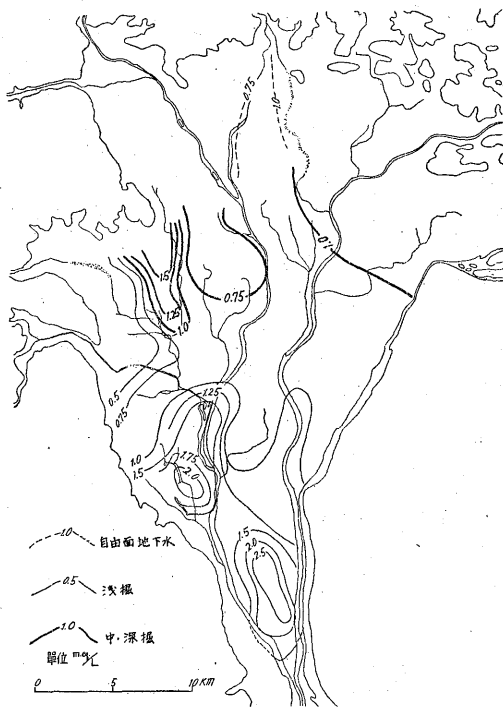
第11図 pH, RpH および Free CO₂ の関係

する性質を示し、その含有量により水の侵蝕性を示す1つの因子と考えられるので、使用目的によって考慮を要する。

7.4 pH, RpH および遊離炭酸の関係

pH と遊離炭酸とはほぼ比例的関係を呈し、酸性度の増加につれ遊離炭酸も増加する。遊離炭酸は必然的に自由面地下水および浅掘に多く、また前述の侵蝕性の問題からして、遊離炭酸の少ない水は、pH の中性または弱アルカリ性のものを選べばよいこととなる。

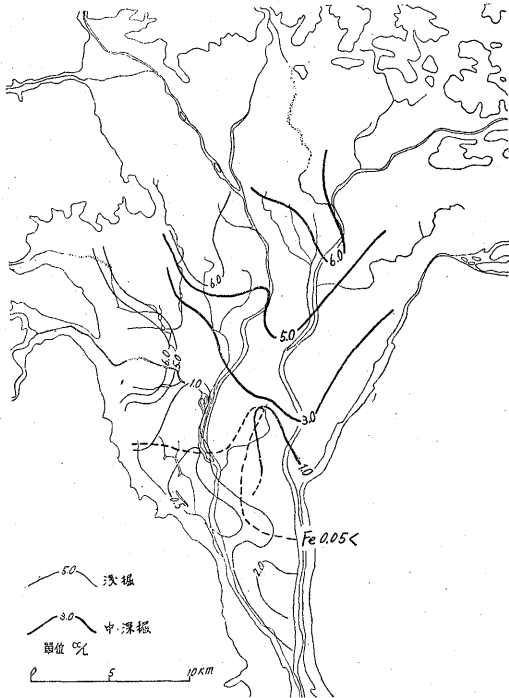
さらに (RpH-pH) の値は、遊離炭酸と密接な関係を有し、遊離炭酸の多いもので (RpH-pH) は 0.5 以上、少ないもので 0.1~0.3 を示す場合が多い。この事実から、(RpH-pH) の変化は一部遊離炭酸の含有量に支配されると考えられるので、上述の侵蝕性の大きい場合には、エアーレイションなどが効果的といえる。



水と堆積物との接触時間が関係しているとも考えることもできる。しかし一方過剰塩基の増減は、局所的な条件に鋭敏に作用され、箇々の値の比較のみで接触時間を考えることが危険なことはいうまでもない。

7.6 溶存酸素

溶存酸素量の分布は第13図に示した。なお酸素量は 0°C 、1気圧における値であり、浅掘と中・深掘では酸素量に大差がないので、一部深度の区別なく示した。表

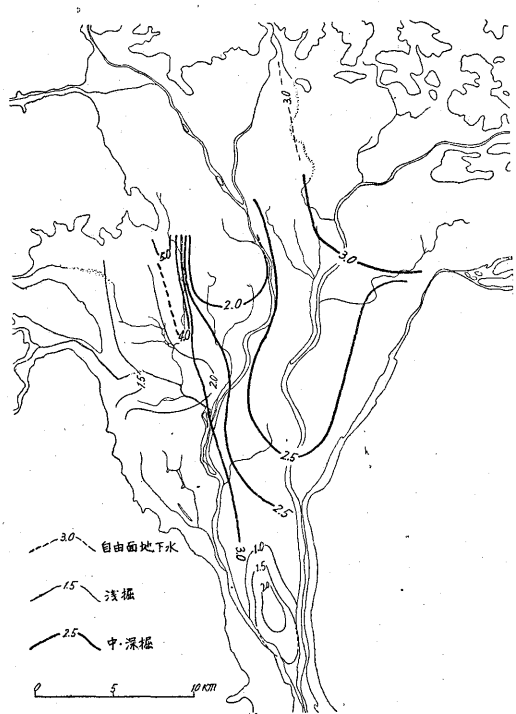


第13図 溶存酸素等値線

流水および自由面地下水では、大気との接触によりほぼ飽和に近い値を示しており、地域的な変化はほとんどみられない。被圧面地下水では、北部から南部に向つて漸減して6cc/Lから3cc/L前後となり、自噴帯南部では溶存イオン、特に鉄イオンの含有量の増加に伴なつて急激に減少し、0~1cc/Lの値を示している。しかし鉄などのような還元性イオンを含有しない地帯では、溶存酸素の増減が堆積物との接触時間にはほぼ比例して変化しているようである。

7.7 全硬度

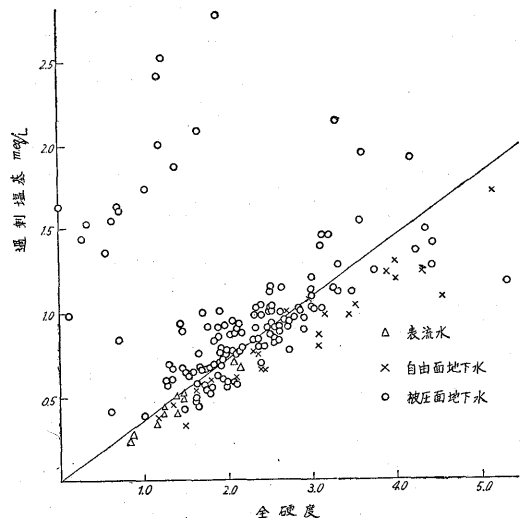
Ca^{+2} と Mg^{+2} とより求めた全硬度の値の分布を第14図に示した。この地域の地下水は、一部を除いて極軟水に属している。表流および自由面地下水では、過剰塩基の分布とほとんど同様な傾向を示し、藪川流域が高く、高田町・垂井町では低い。被圧面地下水では、過剰塩基



第14図 全硬度等値線

と同様北から南に向つて漸増するが、自噴帯南部では過剰塩基の増加とは逆に全硬度は低い値を示している。また南部ではPの含有量が異常に多く、 $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ が一般陸水と非常に異なっているが、これは地域の特徴の1つと判断できる。

過剰塩基と全硬度との関係は、他の溶存塩類の組成が比較的一定している場合には比例関係が成立し、過剰塩



第15図 過剰塩基と全硬度との関係

基の1ミリ当量は、全硬度の2.8°に相当するから、この調査によつて得られた数値から、作図すれば第15図をうる。

自由面地下水および表流水についてみれば、過剰塩基に対して全硬度が高い値を示しており、 Cl^{-1} 、 SO_4^{-2} の含有が割合高いことから、地上汚染が相当に影響していると考えてよい。逆に過剰塩基に対して全硬度が低い値を示すのは、深層の被圧面地下水が大部分を占めている。これはおそらく Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 以外のイオンが、堆積物との接触過程において溶出してくるためによるものと考えられる。

7.8 鉄イオン

鉄は一般に重炭酸第一鉄として水に溶存しているものと考えられ、空気と接触すれば不溶性の第二鉄塩となつて沈澱するものであり、さらにpHがアルカリ性の場合には、理論的にはイオン状での存在は考えにくい。

調査範囲では相当数アルカリ性の水から鉄イオンの存在が検出されたが、これはアルカリ性の弱いことと、鉄が一部コロイド状態で浮遊しているものと考えられる。第13図に顕著に鉄が検出された地帯(破線より南部)を示した。鉄特に Fe^{+2} は自噴帯南部に現われ、ガス微あるいは溶存酸素の減少などと併せ考えて、堆積環境の1つの目安となる。

7.9 硫酸イオン

硫酸イオンの分布は浅掘に多く、また冬期に多い。また揖斐川以東の中・深掘に比較的多量に検出されている。

8. 地下水供給量

8.1 概説

濃尾平野の地下水供給量の一半が、表流水の地下水転化量に依存しているという見通しの下に、表流の縦断方向における流量変化を測定し、各測定断面間の流量差から透過の有無、転化水量の概略を求めた。

濃尾平野北半部においては、たとえば揖斐川神戸町附近のように、渇水期に上流側より下流側に向い目撃できる程度明らかに、流量の減少が認められるところがありまた水比抵抗などの測定結果によると、確かに大規模に表流が地下水を供給していると推定できる地点もあり、表流の転化により大量の地下水が供給されていることは容易に予想できる。

このような目的の流量測定は、平水量20~30 m³/s以下の中・小河川において実施して、ある場合にはきわめて重要な結果を得ているのであるが、この場合次のような諸点が原則的に認められている。

(a) 水比抵抗などの調査結果、求められた表流の透過

地点の上流側および下流側において、断面流量についてつとめて同じ精度の同時測定を行い、もし下流側の断面流量の方が少ない場合には、その上流側断面と下流側断面との間において、その差だけの表流水量が伏流あるいは地下水として供給されているものとみなす。

(b) 同時測定のできない場合には、まず下流側の測定を実施し、次いでなるべくすみやかに上流側の測定を行う。

(c) 一作業時間中、あるいは数断面の作業期間中、量水標による水位の観測を行つておき、補正を行う。

(d) 渇水期における減水量を最小の地下水供給量と推定する。

8.2 木曾川水系各河川の流量測定結果

濃尾平野の水供給地帯と推定される平野北半部における揖斐川・長良川および木曾川3川について実施した流量測定結果は、第4表および第16図に示してある。

これらの流量測定に当つては、

(a) 松井式流速計K.8を用い、

(b) 測定間隔は、水深は水面幅の $1/20$ 、流速は $1/10$ とし、

(c) 垂直断面の測定は、次の基準によつて行つてい

水深 m	測定法	水深 m	測定法
0.3>	1 点法	1.0~1.5	0.2m間隔
0.3~0.6	2 "	1.5~2.0	0.3 "
0.6~0.8	3 "	2.0~3.0	0.4 "
0.8~1.0	4 "	3.0<	0.5 "

測定結果を要約すると次のようにまとめられる。

1) 揖斐川については、28年度の夏の測定条件が良好で29年度冬の測定結果は参考程度にとどまる。

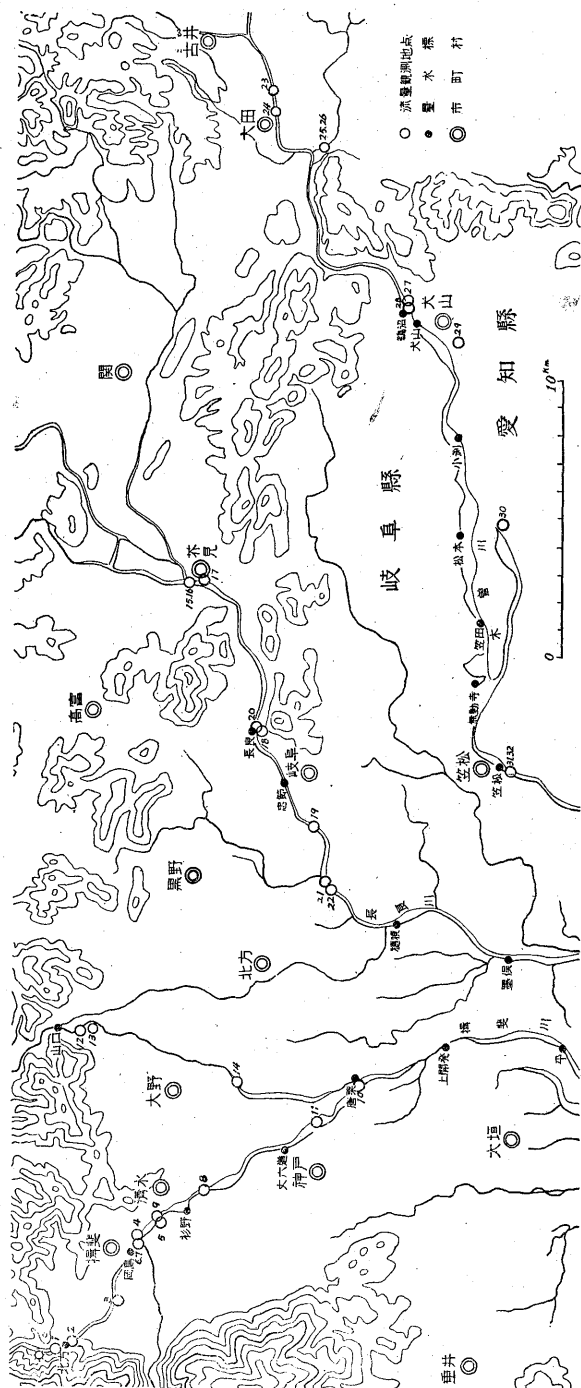
(a) 北方量水標——岡島量水標間では、脛永・揖東・揖西の3用水の取水量を差引いてなお1.74 m³/sの減。

(b) 岡島量水標——杉野量水標間では、流量0.5 m³/s以下の小支流の合流あるいは川敷における伏流の再現などがあり、2.94 m³/sの増。

(c) 杉野量水標——落合間では9.24 m³/sの減。

(d) 支流葦川(集水面積405 km²)では、山口量水標と揖斐川本流との合流点までの間で6.11 m³/sの減。

(e) 29年冬の測定結果によると、北方量水標——岡島量水標間で1.20 m³/s、岡島量水標——杉野量水標——落合間で17.4 m³/sの減が認められる。この間には夏季渇水していた粕川(集水面積118 km²)の合流があるにもかかわらず、減少量は冬季の方が遙かに大きくなっている。この減少量の季節的变化については今後再調査を



第16図 木曽川水系流量断面位置測定

予定しているが、これはおそらく冬季水位が高く、水面幅の拡大に伴ない、滲透水量もまた増加している場合と考えられる。

以上の結果によれば、支流藪川との合流点より上流側における揖斐川本流が $8\sim 10\text{ m}^3/\text{s}$ 以上、また藪川が $6\sim$

$7\text{ m}^3/\text{s}$ 程度の水量を伏流あるいは地下水に供給していることとなる。

2) 長良川は28年夏、29年冬2回の測定結果がかなり近似している。

(a) 29年冬の測定結果は芥見——長良橋間で $3.36\text{ m}^3/\text{s}$ の減、長良橋——一日市場間で $5.71\text{ m}^3/\text{s}$ の減を示しており、芥見——一日市場間で合計 $9.07\text{ m}^3/\text{s}$ の減である。

(b) 28年夏の芥見——一日市場間では、 $7.25\text{ m}^3/\text{s}$ の減。

以上の結果により、一日市場より上流側における長良川として、 $6\sim 10\text{ m}^3/\text{s}$ の地下水供給が推定できる。

3) 木曽川では28年夏の測定条件は豪雨と丸山ダムの放水とに左右され不良であったが、29年冬の側定で利用できる値を得た。なおこの部分については、29年度下流側の流量変化の調査に際して再測を行い、正確を期したい。

29年度冬の測定結果によれば、

(a) 太田橋——犬山橋間で $12.27\text{ m}^3/\text{s}$ の減。

(b) 犬山橋——笠松橋間で $0.86\text{ m}^3/\text{s}$ の増を示し、河況より予想される流量増減の傾向は一応示されている。

8.3 補説

前述した減少水量は、いずれも川敷の伏流あるいは兩岸堆積層中の地下水に転化する量を示していると考えるのであるが、伏流・地下水それぞれの供給量の区別は、下流側消費地帯の調査の際検討することとして、こゝでは一応その全部を地下水供給量とみなすこととする。地下水流動径路の究明結果から推定すれば、揖斐川および長良川透過量が、大垣自噴帯の地下水供給量に概略相当するものとして扱うことができる。

またこのほかに平野部直上の降雨の一部を地下水供給源として考えなければならないのであるが、29年度濃尾平野東部地区の精査に際して、平野部全体についての降雨量と地下

水供給量との関連を調査する予定でいるので、その機会にゆづり、こゝでは表流水のみを地下水供給源として扱うこととした。

しかしいずれにしても直上降雨による供給量は、表流水の転化による供給量に比較すれば、おそらく数分の1

地質調査所月報 (第5巻 第12号)

第4表 水供給地帯における揖斐川・長良川および木曽川縦断方向流量

* 番号	水系	測定位置	測定年月日	天候	測定流量	補正率	流量差
					m³/sec	%	m³/sec
1	揖斐川	揖斐郡北方村西平	28 8 8	晴	○ 39.04	- 2.76	
2	"	" 森前	29 2 16	曇	○ 34.13	+ 20.92	
3	脛永用水	" 小島村小島	28 8 10	晴	△ 1.93	-	
4	揖東用水	" 揖斐町	28 8 10	晴	△ 8.13	- 3.56	
5	揖西用水	" 養基村脛永	28 8 11	曇	× 3.17	-	
6	揖斐川	" 揖斐町下岡島	28 8 10	晴	○ 23.66	- 1.50	- 1.74
7	"	" "	29 2 15	曇	○ 34.01	+ 41.67	+ 1.20
8	"	" 鶯村公郷	28 8 9	晴	○ 26.22	0	+ 2.94
9	"	" 清水村島	29 2 13	晴	○※ 51.57		
10		" 下宮村落合	28 8 9	晴	× 16.98	0	- 9.24
11		" 川合村下座倉	29 2 12	曇	× 19.54	+ 10.72	- 17.40
12	支川葦川	揖斐郡富秋村稻富	28 8 3	晴	× 12.08	-	
13	真桑用水	" 富秋村上更地	28 8 3	晴	× 2.96	-	
14	葦川	" 弾正村海老	28 8 3	晴	× 3.01	-	- 6.11
15	長良川	稲葉郡芥見村上芥見	28 7 31	晴	○ 96.50	0	
16	"	" "	29 2 11	晴	○ 36.99	- 0.89	
17	左岸支川	" 芥見村下芥見	28 8 2	晴	× 0.62	-	
18	長良用水	岐阜市岐阜公園内	28 8 2	晴	× 1.73	-	
19	長良川	" 忠節橋下流	28 7 29	晴	○※154.68		
20	"	" 長良橋上流	29 2 10	晴	○ 33.30	0	- 3.36
21	"	安八郡鏡島村一日市場	28 8 1	晴	○ 85.51	+ 3.07	- 39.19
22	"	" "	29 2 9	晴	○ 27.79	- 0.74	- 5.71
24	木曽川	加茂郡美濃太田町神明	29 2 6	晴	○ 90.29	- 2.06	
25	支川可児川	可児郡土田村大脇	28 8 14	曇俄雨	× 2.85	-	
26	"	" "	29 2 6	晴	× 2.04	-	
27	名古屋上水	愛知県葉栗郡犬山町			1.00		
28	木曽川	" "	29 2 5	晴	○ 72.76	0	- 16.71
29	木津用水	" 犬山中学校南側	28 8 14	曇	△ 12.25	-	
30	宮田用水	" 宮田町神明	28 8 16	曇	△ 3.30	-	
32	木曽川	" 笠松町橋下	29 2 4	晴	○ 73.73	- 0.14	+ 0.86

註 *第16図に示してある番号に相当する。

**本項の中○：舟による △：橋上よりの ×：徒渉による測定を意味する。なお※は測定条件不良

濃尾平野工業用水源地域調査報告（村下敏夫・比留川貴・尾崎次男）

変化測定経過ならびに測定結果一覧（昭和28～29年，第16図参照）

備 考					
水面巾	最大流速	最大水深	断面積	両岸および断面の状況	河床の状況
m	m ³ /sec	m	m ²		
48.00	0.78	4.20	105.80	左岸：洪水敷 右岸：古生層 流心：右岸寄り	礫
76.50	1.07	1.40	59.79	左岸：洪水敷 右岸：堤防	礫
3.80	0.95	0.90	2.55	コンクリート石積 梯形断面	礫
10.00	1.57	0.90	8.17	石積 梯形断面	礫
6.00	1.17	0.70	3.61	石積 梯形断面	礫
65.00	0.97	1.15	42.33	左岸：洪水敷 右岸：堤防	礫
80.90	1.96	0.55	26.91	左岸：洪水敷 右岸：堤防	礫
45.50	0.92	1.15	47.66	両岸：洪水敷 流心：右岸寄り	礫
64.00	1.02	3.35	107.41	左岸：堤防 右岸：洪水敷 流心：左岸寄り	礫
37.40	1.23	0.70	17.63	両岸：洪水敷 流心：左岸寄り	礫
42.20	1.41	1.00	20.15	両岸：洪水敷 流心：左岸寄り	礫
44.00	1.02	0.80	20.10	左岸：洪水敷 右岸：堤防 流心：ほぼ中央	礫
7.30	1.17	0.40	2.92	石積 梯形断面	礫
22.60	0.70	0.70	7.32	両岸：洪水敷 流心：右岸寄り	礫
95.00	1.35	2.00	108.53	両岸：洪水敷 流心：ほぼ中央	礫
82.10	0.59	2.05	89.16	両岸：洪水敷 流心：やや右岸寄り	礫
4.40	0.64	0.33	1.23	両岸堤防	
4.00	0.83	0.75	2.62	コンクリート石積 梯形断面	
123.00	1.26	2.15	177.30	左岸：洪水敷 右岸：堤防 流心：右岸寄り	礫
110.30	0.55	1.20	88.32	左岸：洪水敷 右岸：堤防 流心：ほぼ中央	礫
121.00	0.67	2.60		左岸：洪水敷 右岸：堤防 流心：右岸寄り	礫および砂
92.40	0.35	2.50	126.47	同 上	礫および砂
97.20	1.39	1.70	106.45	左岸：第三紀層 右岸：洪水敷 流心：中央	礫
16.45	0.575	0.70	8.14	両岸：第三紀層 流心：やや左岸寄り	礫
11.20	1.300	0.40	2.46	同 上	礫
140.00	0.465	2.95	251.73	左岸：洪水敷 右岸：堤防 流心：右岸寄り	礫
11.60	1.215	1.60	15.10	石積 梯形断面	礫
15.00	1.285	0.39	3.60	石積 梯形断面	礫
406.00	0.225	3.85	595.20	左岸：堤防 右岸：洪水敷 流心：左岸寄り	砂および泥

と判断されるもの、このほか記載を省略したものに木曾川28年8月分No. 23およびNo. 31がある。

程度と推定される。

9. 結 論

大垣自噴帯を中心とする水供給地帯の

地下水供給の総合判断

(a) 各種の調査により濃尾平野の水供給地帯と目せられる大垣自噴帯の水理を明らかにしたが、これらの結果から判断すると、同自噴帯を中心とする一帯には、揖斐川および長良川の表流水が、少なくとも $20\sim 27\text{ m}^3/\text{s}$ 地下水として供給されている。

(b) 大垣自噴帯では、被圧面地下水は大垣市東側および西側2筋の帯状部をなし、南方に至るに伴ないこれらは漸次深層に到達している。

(c) 東側の透水部は優勢で、しかも利用度も比較的低いので、今後の工業用水源はつとめてこの地帯において

求めるよう奨励すべきである。

(d) 若干の季節的变化は期待されるが、その他の供給源の分をも含めると、濃尾平野水供給地帯としては、 $50\text{ m}^3/\text{s}$ 程度の地下水供給可能量が推定できる。

(e) 次年度は降雨による供給量を検討しつつ、水消費地帯の調査を完了し、濃尾平野全域に亘る地下水需給の関係を明らかにする予定である。(昭和29年2月調査)

参 考 文 献

- 1) 小穴研究室一同：愛知県海部北部の地下水の研究，日本化学会75周年記念講演要旨
- 2) 小穴 進也：名古屋市及び愛知県西部の地下水について，愛知県工場誘致委員会資料
- 3) 松 下 進：日本地質誌近畿地方
- 4) 礒 見 博：5万分の1地質図幅「大垣」，印刷中