Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2026-01-24

明石川流域の地下水に関する研究

後藤，定年
谷，俊洋
畑沢，則雄

(Citation)
神戸大学農学部研究報告,9(1/2):96-102

(Issue Date)
1971

(Resource Type)
departmental bulletin paper

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/00227180

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/00227180

明石川流域の地下水に関する研究

後藤定年*・谷　俊洋**・畑沢則雄**

(昭和46年1月9日受理)

Studies on the Ground-Water in the Drainage Basin of the Akashi

Sadatoshi GOTŌ, Toshihiro TANI and Norio HATAZAWA

I. 緒　　論

明石川と支流の櫨谷川などの流域には，都市近郊農業を特徴とする優良農地が発達しているが，西神の丘陵地においては，大規模なニュータウンの建設計画が進められている。この地区には，大小多数のため池が散在し，明石川とその支流の表流水とともに，地下水は流域農地のかんがい用水源をなしている。都市開発事業が進行するにしたがい，それらの流域が改変され，流出特性が次第に変化することが考えられるが，工事完了後においてはもとより，都市開発工事進行中においても，かんがい用水その他の補給に支障がないよう，あらかじめ周到な計画が確立されなければならない。この研究においてはこの地域における地下水の実態を明らかにし，それの起源と包蔵および流動の原理を究明し，水資源の保全開発とそれの高度利用を図ろうとするものである。

II. 地形および地質について

図1に示すように明石川とそれの支流である櫨谷川伊川などの流路は，一般に北東から南西方向に向い，西神ニュータウンが計画されている地区は，これらの河川によって周囲を囲まれている。この地区の大部分が，鮮新世末期の明石累層によって覆われているが，これは鮮新世前期から後期にかけての沈降帯形成による第二瀬戸内に堆積した地層であり，大阪層群の下部に属している。[1)]

六甲変動の最盛期は大阪層群堆積後であるが，地形は六甲隆起の影響を強く受け，北東から南西方向に緩やかに傾斜する丘陵を展開している。東部は高塚山断層に達しているが，その東側には神戸層群が広く発達している。高塚山断層に沿って顕著な地盤の不連続が形成され，神戸群層の著しい沈下が認められるが，この上に地下水を包蔵しやすい明石累層が堆積している。この地区において有力な帯水層をなす明石累層は粘土ないしシルトまじりの砂れき層と粘土層をはさむ地層であるが，これらの粘土層のうち屏風浦および林崎粘土層は，かなり連続性を有している。[2)] 図2，3に明石川の流路の方向とこれと直交する方向の断面図において，さく井およびボーリングの際に得られたコアによる柱状図を示したが，明石川本流方向において粘土層は，河床こう配よりやや急であり，これを横断する方向においては明石川方向に約25分の1のこう配で傾斜している。この粘土層は明石川左岸地区の重要な被圧地下水を形成している。またボーリングなどの結果によると明石累層は局部的に断層および曲折を有し，波状を呈していることが認められる。

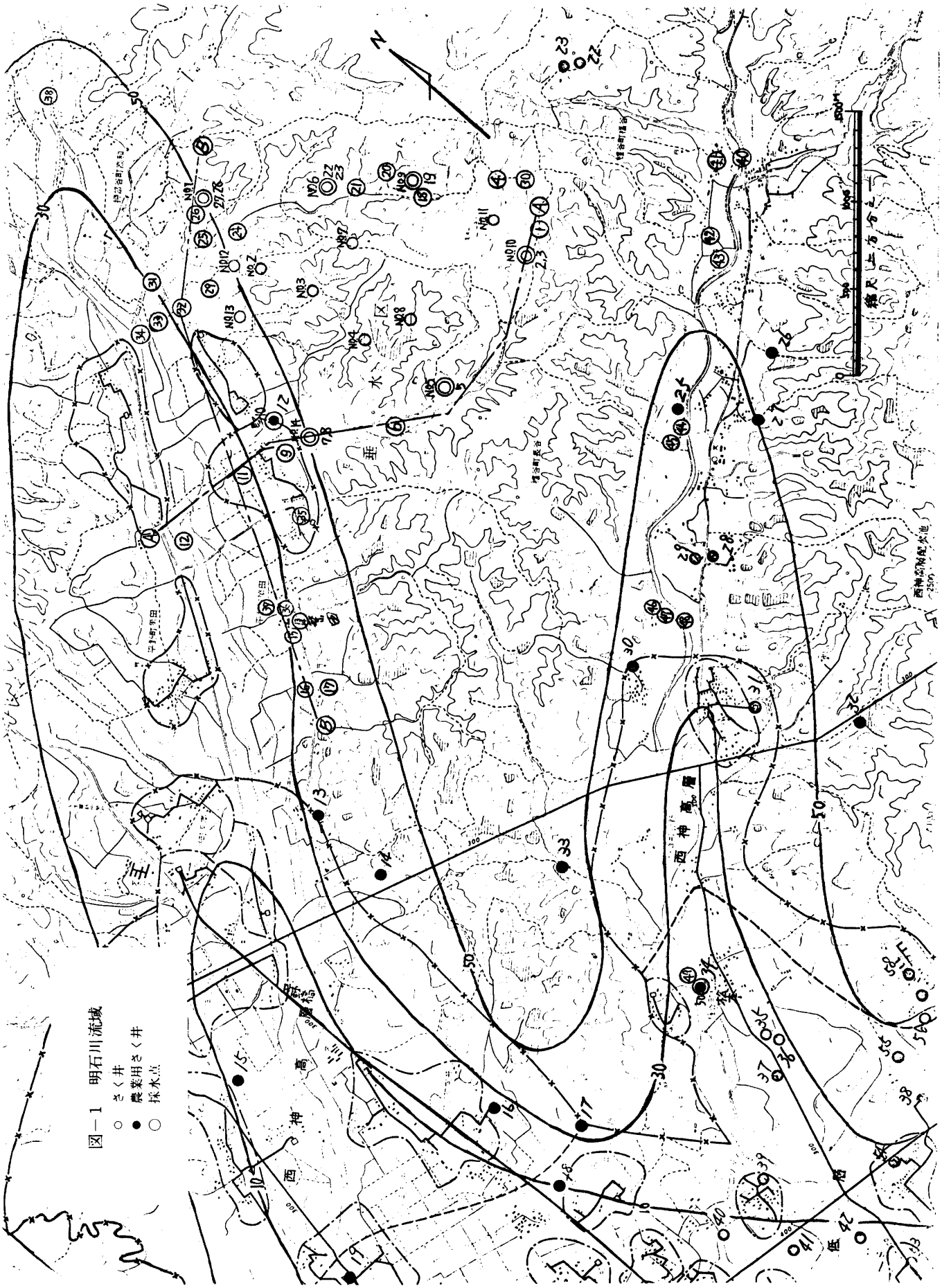
明石川右岸地区岩岡，神出の高位段丘面は，明美れき層によって覆われているが，左岸地区においては明石川とそれの支流による開析によってほとんど侵食され，櫨谷川と伊川との間に小面積残されているに過ぎない。この層は厚さ約10mで，この地区の地下水に対して大きな影響を与えているものとは考えられない。

また，丘陵の南西部および明石川とそれの支流西側山麓部には，中位段丘が形成されているが，これらも明美れき層と同様にこの地区地下水に対し重要な意義を有しているとは認められない。

帯水層の基岩を形成する不透水層は，古生層，神戸層群および花こう岩などであるが，さく井およびボーリングによって判定すると基岩には，かなり複雑な起伏の潜在が認められる。北部には古生層の雌岡山，雄岡山が突出し，また明石川左岸高和および平野にもこれの有力な露頭が認められ，この地区においては南北方向に地下水が集りやすい船底状の地下水の帯水層が形成されているものと考えられる。

この地区の地下水の実態を明らかにするため図1に，昭和43年における地下水位の等高線を記入した。地下水位は東北に高く，南西に低い。地下水の流動方向は，地下水位の等高線に対して直角の方向に向うことから，地下水の主流は，東北から南西の方向に向い流動していることが認められる。また明石川とそれの支流付近においては，浅層地下水が丘陵のりょう線からこれらの河川に

*農業土木学研究室
**神戸市


図－1　明石川流域
○ さく井
● 農業用さく井
○ 採水点
西神高層
西神高層
西神高層
水道区
縮尺1万分の1

向い流動し，流出するものと考えられる。

Ⅲ．地下水の利用について

この地区水田のかんがい用水の水源は，主として丘陵に散在するため池および明石川と櫨谷川その他支流の表流水，伏流水などであるが，この他丘陵斜面および平野部の浅層地下水および深層地下水などをあげることができる。櫨谷川流域においては，農家の飲料水は簡易水道によって供給される場合が多いが，明石川沿岸においては，浅井戸により浅層地下水を飲料水として利用している農家が少なくない。深層地下水を利用するには，さく井を堀削しなければならないが，この地区においては，その総数が36本であり，揚水能力は表1に示すとおりで，それらの位置を図1に示した。[3)]

さく井堀削の目的は，農業用，飲料用および工業用であるが，全揚水量の81%が農業用水であり，飲料用水15%，工業用水として4%利用されている。

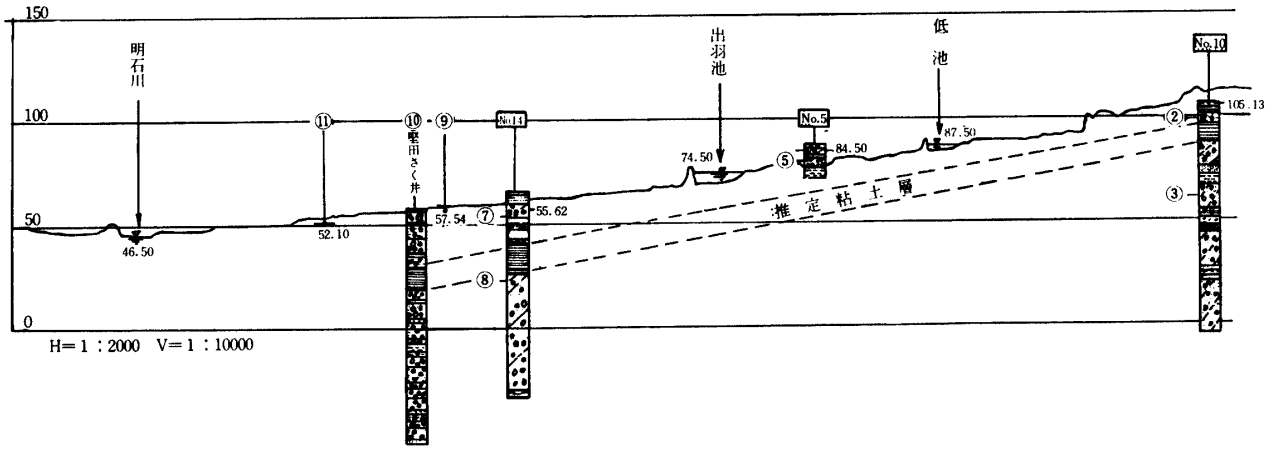
この地区の水田の粗用水量を17mm/日とし，それの所用総用水量を概算し，これに対するさく井の揚水能力の百分率を求めると，約20%になる。また飲料用水と工業用水は，一年を通じ消費されるが，農業用水は，一年間約100日利用されるものとすれば，これらの用水の一年間の消費量は，この地区年雨量の約6%に当り，適正揚水量を越えているとは考えられない。

表1に示すさく井のうち農業用水の補給を目的とするもの15本を，表2に示した。平均の揚水能力は，2,000 m³/日を越えるが，松本のさく井は，自噴し，その量は，2,500 m³/日に達している。また堅田のさく井も少量であるが，35 m³/日自噴している。これが自噴する主な原因は，図2に示すような連続性を有する粘土層の被圧によるものと考えられる。

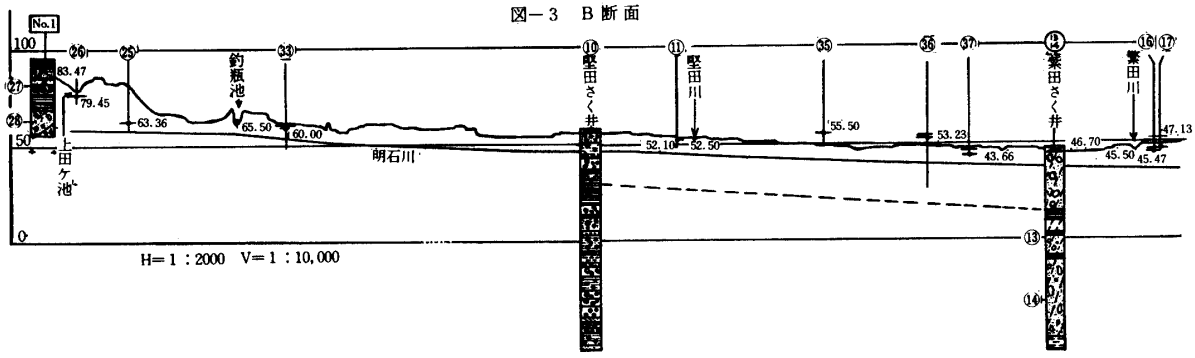
なお繁田のさく井において，揚水試験を実施したが，試験の結果得られた透水量係数，透水係数および貯留係数は表3のとおりである。

梅雨があけ，8月に入ると干天が続き，河川は，渇水するが，水田における水稲は，生育の最盛期になり，用水の消費量も増大し，かんがい用水の必要量が，最大に近づく時期になる。明石川には21の井ぜきがあり，これらの井ぜきがかりの水田面積は，約137.321haである。また櫨谷川においても31の井ぜきがあり，支配面積は，約112.579 haである。水収支を明らかにするため昭和45年8月の渇水期と裏作期に，これらの河川について井ぜ

図－2　A断面



図－3　B断面



表—1　用水別のさく井数と揚水量

	農業用		飲料用		工業用		計	
	さく井数	揚水量m³/日	さく井	揚水量m³/日	さくい数	揚水量m³/日	さくい数	揚水量m³/日
押部谷町	1	900	10	3,548	0	0	11	4,448
平野町	8	14,647	1	298	0	0	9	14,941
櫨谷町	6	9,811	8	688	2	1,240	16	11,739
計	15	25,358	19	4,530	2	1,240	36	31,128

表—3　帯水層の透水量係数・透水係数および貯留係数

方法	透水量係数 m²/sec	透水係数 m/sec	貯留係数
ヤコブ	5.99×10^{-4}	1.46×10^{-5}	1.62×10^{-5}
タイス	9.71×10^{-4}	2.37×10^{-5}	1.24×10^{-4}
回復法	1.64×10^{-3}	4.00×10^{-5}	
平均	8.78×10^{-4}	2.61×10^{-5}	5.93×10^{-5}

表—2　農業用さく井

対図番号	所在地	受益		ポンプ		馬力	井戸			地盤高	自然水位	揚水位	設置	備考
		面積ha	戸数	口径mm	全揚程m	HP	深さm	口径cm	揚水量m³/日	m	m	m	年度	
1	押部谷町西盛	16.0	36	100	55.0	15	72.0	25.0	900	95.0	7.0	50.0	42	
12	平野町堅田	10.3	56	125	52.0	30	112.0	25.0	2,160	45.0	0	20.0	42	白噴量35m³/日
13	〃　大畑	20.0	20	100	62.0	22	132.0	30.0	2,700	60.0	22.3	32.8	43	
14	〃　宮前	16.0	18		50.0	11	72.0	30.0	1,000	60.0			43	
15	〃　印路				50.0	22	120.0	30.0	2,160		25.0	37.4	44	
16	〃　向井	24.0	35	80	75.0	20	75.0	30.0	603	50.0	15.0	65.0	42	
17	〃　慶明	7.6		80	57.0	10	63.0	30.0	432	50.0	17.0	57.0	42	
19	〃　上津橋	43.0	52	130	22.0	30	135.0	30.5	3,000	20.0	20.0	30.0	40	
20	〃　〃	43.0	41	150	50.0	40	150.0	35.0	2,592	20.0	21.2	26.4	42	
25	櫨谷町池谷	11.0	25	65	90.0	10	100.0	25.0	576	75.0	6.0	8.6	42	
26	〃　〃	10.0	26	100	44.0	20	133.0	40.0	2,160	75.0	11.5	23.3	42	
27	〃　〃	9.0	20	80	88.0	15	130.0	30.0	1,425	70.0	20.0	32.0	43	
32	〃　栃木	18.0	40	80	60.0	15	130.0	25.0	1,422		17.0	20.0	42	
33	〃　菅野	10.0	16	100	50.0	20	100.0	30.0	1,728	75.0	5.0	25.0	41	
34	〃　松本	10.0	30				42.0	40.0	2,500				42	自噴

表－4 河 川 の 水 収 支

明石川					
月 日	上流 流入量 I l/sec 住吉橋	下流 流出量 O l/sec 平野橋	支流よりの流入量 B l/sec	取水量 W l/sec	地下水流入量 G l/sec
8.11	32.65	247.73	51.81	219.54	＋382.81
11.10	103.58	110.26	83.95	99.19	＋22.29
櫨谷川					
月 日	上流 流入量 I l/sec 北田橋	下流 流出量 O l/sec 松本橋	支流よりの流入量 B l/sec	取水量 W l/sec	地下水流入量 G l/sec
8.12	17.36	52.74	55.86	74.78	＋63.22
12.8	37.26	128.21	58.68	6.49	＋38.76

きの上流と下流の流量，これらの間にある支流からの流入量および井ぜきからの取水量を測定した。その結果は，表4に示すとおりである。

河川水面よりの蒸発量は少ないからこれを無視し，降雨がないから上流よりの流入量をI，下流よりの流出量を0，上流と下流間の支流からの流入量をB，水田の取入水量をWおよび地下水の流入量または流出量をGとすると次の式が成立する。

$$I+B+G-W=O$$

ここの式から流入水量を計算すれば，表4のGのとおりである。

この地区のかんがい粗用水量を17mm/日とすれば，明石川の井ぜきがかりにおいて270.25l/secの取水を必要とするが，水収支から概算すると，これの約140％の地下水が，流入することになり，櫨谷川においては必要なる取水量が221.55l/secであるから，地下水の流入量は，これの約25％と推定される。明石川における地下水の流入量が，櫨谷川のものと比較して差を生じたが，いずれの河川においてもかなりの地下水が，かんがい用水として利用されていることが推定される。また裏作期においても一部畑作にかんがいが行なわれているが，同様に地下水の流入が認められる。

Ⅳ. 水質について

雨水の化学成分は季節，場所その他降雨の原因などによって異なるのが普通であるが，成分の量は，一般にきわめて稀薄である。しかしながら雨水は，地下に浸入して地下水を形成するが，これが流域の帯水層内を流動するうちに溶出，塩基交換その他環元酸化などによって，成分の変化と増減が生じる。NERNSTによると，個体の溶解する速さは，飽和不足量に比例するから，地下水の帯水層が深く，流動路長が大きくなるにしたがい，成分の濃度は高まり，帯水層を構成している粒子と平衡に達しようとする。土壌中の炭酸ガスは，空気中の量の数倍から条件によっては数十倍以上に及ぶことがあるが，一般に雨水や河川の表流水に比較し，地下水の全炭酸含量は高い。この炭酸は，HCO_3'，CO_3''および遊離CO_2の形で存在するが，雨水が地表から浸入し，帯水層の中を流動するにしたがい他のイオンに比べHCO_3'の量が，著しく増加し，HCO_3'/全陰イオンの比が急速に増大する。[4)]

この地区の水の化学成分の特徴を明らかにするため，図1に示す位置の地表水，ため池，井戸，湧水，さく井，およびボーリングなどから採水し，分析してHCO_3'，遊離炭酸，Cl'，SO_4''，Ca^{++}，Mg^{++}，Na^{+}，K^{+}，全鉄，水溶性けい酸およびDOの量を求めた。分析は神戸市衛生研究所に依頼した。

図4のKey Diagramにこれらの分析結果を示した。先ず表流水は，総て陰イオンの三角座標における中央の三角形の中に位置を占めている。明石川の表流水を示す点は，いずれも一点に接近して集まり，上下流によってあまり変化がないことを示している。櫨谷川の表流水においてもほぼ同様であり，明石川のものとほとんど差がなく，また浅層地下水が流出していることが認められる。養田川などの支流の表流水は，本流に向うにしたがいHCO_3'の値が次第に増加することを示している。

ため池の水質を示す点も中央の三角形の中にあり，表流水との間にあまり大きな差がないことが認められる。

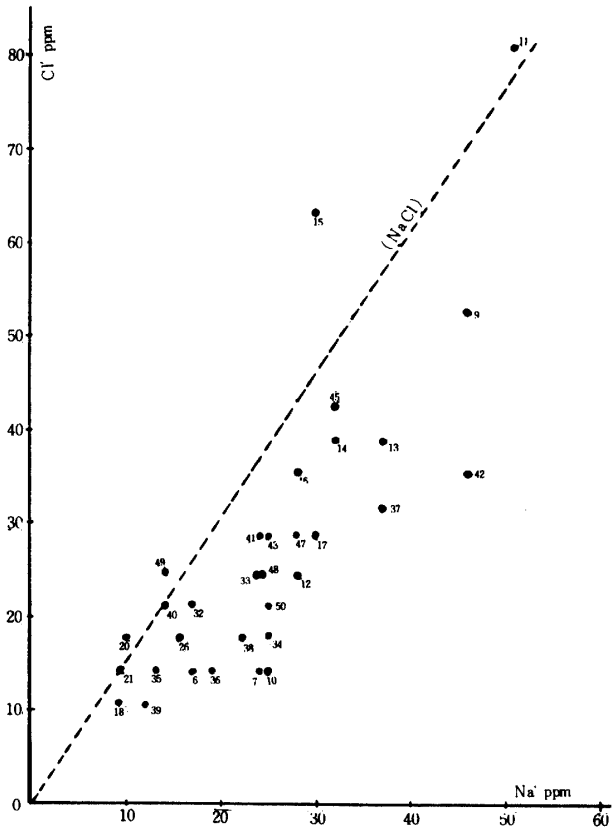
ため池の水も下流に行くにしたがいHCO_3'の割合は，次第に増加し，明石川および植谷川表流水の水質に近づく傾向を有している。

井戸は，一般に浅井戸であり，連続性のある粘土層より上位の浅層地下水を利用している。陰イオンの三角座標において井戸水を示す点は，ばらつきが多く，中央の三角形の外に出るものもあるが，いずれもHCO_3',Cl',SO_4'' 軸のほぼ60%以内の位置を占めている。これら3イオンのうち最もばらつきの範囲が大きいものは,SO_4''であるが，これは帯水層が還元的になると次第に還元されて硫化水素になり，また鉄と化合して硫化鉄となって沈澱する。流出水は，いずれもSO_4'' を含むが，人家による汚染など地表に近い部分における影響も考えられる。

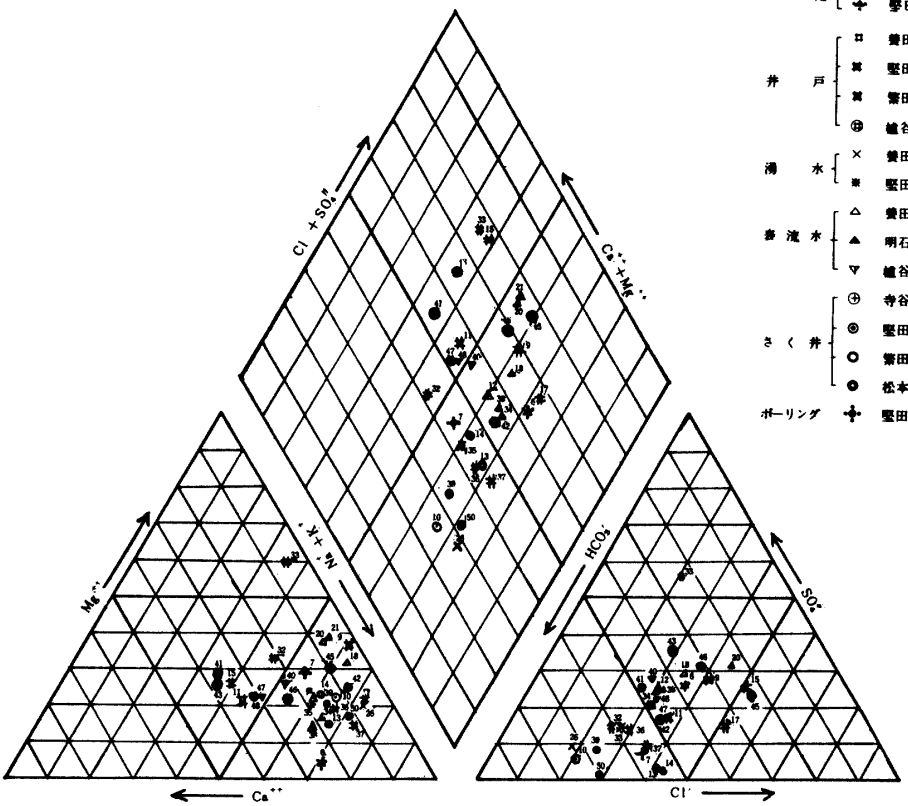
湧水の水質を示す点は，総て三角座標の左の三角形の中に位置を占めているが，付近のボーリング内の試水に近い水質を有している。

ボーリング内の試水は，総て三角座標の左の三角形の中に位置を占め，HCO_3'の値が，きわめて高いことを示している。ボーリングの位置と採水の深さによってかなりの差が認められるがSO_4''における差は比較的少ない。

さく井の水質を示す点も総て三角座標の左の三角形の中に位置を占めている。ボーリングの場合と同様に各試



図－5　Na' と Cl' との関係



水間のHCO_3'の値の差に比較し，SO_4''の値における差は，少なく，人家など地表部の影響を受けることが少ないことを示している。

明石海岸に近接するこの地域として水質に関し，特に留意しなければならない成分にNa^+とCI′がある。図5にNa^+とCI′との関係を示したが，一般にこれらの量は，高く，NaCIの形で存在するものと考えられる。またCI′は，南下するにしたがって次第に増加する傾向を有している。押部谷町のさく井㊴で10.6ppm，櫨谷町松本のさく井㊿で21.3ppm，平野町繁田のさく井⑬深さ50mで44.8ppm，⑭深さ80mで89.2ppmである。明石市内においては，深さ40mにおいて1,640ppm検出された場合があり[5]，この原因は，過剰揚水による海水の混入であると考えられる。

また一般にこの地下水においては，全鉄の量が多く，人家の浅井戸においては，飲料水としての限界含量0.3ppmを越えるものが多い。またさく井では，この含量が堅田の自噴さく井で0.3ppm，松本の自噴さく井で2.4ppmである。なお繁田のさく井において深さ50mと80mの帯水層別揚水試験を行い，採水した結果では，深さ50mで1.9ppm，深さ80mで2.9pmである。

V. 摘　　要

1. 明石川とその支流によって囲まれる丘陵は，主として，大阪層群の下部に属する明石累層によって覆われている。
2. 明石累層は砂れき層の間に粘土をはさむが，良好な帯水層を形成している。基岩は，南北に対し船底形をなし，地下水の包蔵量は，大きい。
3. 丘陵斜面と平野部の浅層地下水は，浅井戸によって農家の飲料水などに利用されているが，深層地下水は，さく井によって，主として農業用水に利用されている。
4. 明石川とその支流には，かなり多量の地下水が流出しているが，主として浅層地下水である。農業用水の有力な水源をなしている。
5. 帯水層の深さが，深い程，また地下水の透過路長が，長くなる程，HCO_3'のmeの百分率が，増加するが，表流水とため池の水との間には，ほとんど水質に大きな変化がない。
6. この地区の地下水には，一般に全鉄の量が高く，飲料水に適しないものが多い。
7. 一般にCI′の量が多く，明石海岸に近づくにしたがいこれが増加するが，明石市内においては，海水の混入が認められる。
8. 繁田におけるさく井の揚水試験の結果，透水量係数，透水係数および貯留係数は，おのおの$8.78\times10^{-4}m^2/sec$ $2.61\times10^{-5}m/sec$，および5.93×10^{-5}である。

参 考 文 献

1）市原実・亀井節夫：大阪層群，科学，40，288，1970.
2）兵庫県：兵庫県地質鉱産図説明書，145，1961.
3）神戸市農政局：西神地域の地下水，20，1968.
4）後藤定年：かんがい用水の水質について，兵農大研報，7，27，1965.
5）通産省：地下水利用適正化調査報告書，20，1967.

Summary

1. The drainage basin of the Akashi forms a tableland sloping down toward the south-west. Most part of the tableland is underlain with the Akashi formation.
2. The ground water discharged from the water-bearing gravel strata in the Akashi formation is utilized for the purpose of irrigation, water-supply, and industry.
3. The me percentage of HCO_3' of the ground-water increases with the depth of the water-bearing stratum. The water of the reservoir possesses much the same properties as the surface runoff does.
4. The ground-water of the district is generally high in iron and Cl′, and the quantity of Cl′ increases in the direction to the Akashi city.
5. The coefficient of permeability, the transmissibility, and the storage coefficient are 2.61×10^{-5} m/sec., $8.78\times10^{-4}m^2/sec$, and 5.93×10^{-5} respectively.