

由良川および円山川水系産業用水資源について

岸 和 男* 池田 喜代治**

Industrial Water Resources in the Yura and Maruyama River Basins, San'in District

by

Kazuo Kishi & Kiyoji Ikeda

Abstract

The coastal zone of Maizuru city is suitable for the construction of factories, but this zone is not rich in ground-water.

The surface water of the Yura-river, which runs through the western part of the city, is an important water source.

When the discharge of the river is over 10 cub. meters per second, the encroachment of salt-water is stopped at the point of 8 km from the river-mouth.

The water is generally good in quality. Amounts of Cl^- and SO_4^{2-} are 6~7 ppm, respectively. SiO_2 is 13~17 ppm and total Fe is less than 0.3 ppm.

In the Maruyama river basin, there are few fabric factories and the total amount of water utilized in the factories is 3,200 cub. meters per day.

The average runoff of the river in the low water period is more than 10 cub. meters per second and this surface water is the valuable source in the basin. In the vicinity of Toyooka city, the confined water is utilized.

The salt-water goes up near Toyooka city from the Maruyama river-mouth. Some of the surface water contain considerable amounts of chemical component because metal mines are located in the upper valley of the river.

要 旨

舞鶴市は天然の良港を擁しているうえに旧海軍施設跡の工場適地を有し、今後の工業開発が期待できるが、舞鶴湾に面した地区では水利の便に恵まれず、既存の工場はいずれも工業用水の不足をきたしている。しかし市の西縁を流れる由良川は湧水量が $10.8\text{m}^3/\text{sec}$ と豊富であり、将来予想される大規模な産業用水取得に残された唯一の重要な水源となっている。舞鶴市における工業用水取得量は合計 $40,000\text{m}^3/\text{day}$ 弱であり、そのうち表流水が最大 $23,000\text{m}^3/\text{day}$ 、地下水が $7,600\text{m}^3/\text{day}$ 、残り $9,300\text{m}^3/\text{day}$ を上水道に依存している現状である。調査時における由良川の塩水湖上限界は岡田下橋上流約 500m の地点であつて、 $10\text{m}^3/\text{sec}$ 程度の流量を維持する限りは、最大満潮時においても由良川橋より上流には塩水が湖上

しないものと考えられる。高津江付近における由良川表流水の水質は Cl^- 、 SO_4^{2-} とともに 6~7 ppm、全珪酸 13~17 ppm、全鉄 0.30 ppm 以下であり比較的良質な水といえる。

兵庫県豊岡市および和田山町を中心とする円山川流域は現在工業的には未開発の状態にあり、工業用水としての水利用は $3,200\text{m}^3/\text{day}$ にすぎない。円山川の累年湧水量は $10\text{m}^3/\text{sec}$ 以上であり、下流側における既得水利権を考慮しても水量的にはなお利用の余地がある。地下水は河川に沿った狭少な沖積平野の自由面地下水と、豊岡市付近平野部にみられる被圧地下水が利用の対象となっている。豊岡市付近の被圧地下水はおもに円山川表流から供給されているもようであり、一部の地区では自噴している。

円山川表流の水質は上流部では溶存塩類が多く、下流に向かうに従つて少なくなる特徴が認められるが、豊岡

* 地質部

** 技術部

市街地付近から下流では塩水の遡上による塩分増加が認められる。円山川支流群の水質は全般的には良好であるが、上流に鉱山および選鉱所を有する八木川・明延川・神子畑川は他の支流よりも溶存塩類が多量に認められる。被圧地下水の水質はアンモニウムイオンを多量に含み、下流部に向かうに従って塩化物が増加していることが目立っている。

1. ま え が き

北陸から山陰にかけての日本海沿岸は、自然的な立地条件により、いままで工業的にはあまり発達する機会に恵まれなかった。しかし舞鶴・鳥取などの数地域では着々と工業開発の準備が進められており、今後工業地帯としての発展がみこまれている。そのなかで舞鶴市は天然の良港と旧海軍施設跡の広い工場適地を有しているが、舞鶴湾に面した地区では地下水および表流水などに恵まれず、工業用水の面から開発が制約されてきた。

しかし舞鶴市の西縁に沿って京都府では重要な河川である由良川が流れており、その水利用によって用水事情は好転するものと考えられる。

舞鶴市から西方約50km、兵庫県の日本海側地域に由良川と同程度の規模を持つ円山川が流れている。円山川は湯水量が豊富な河川であるが、その流域は工業的には未開発の状態にあり、農業用以外はほとんど利用されていない。

本調査地域では最近工業化が活発に進められているが、地下水規模が小さいため、大規模な地下水利用は期待できない。しかし由良川および円山川はいずれも湯水量が大きく、将来工業用として大規模な利用をはかるためには唯一の重要な水源となっている。

由良川および円山川の表流はいずれも下流部では潮汐の影響をうけ、塩水遡上による水質悪化が予想される。また流域では鉱山廃液の流入、あるいは都市下水の流入による水質汚染などが将来の水利用に際して大きな問題となることが考えられる。

本報告は産業用水源地域調査の一環として由良川および円山川水系について行なった。河川縦断方向における水質変化の調査結果およびこれと併行して行なった小規模地下水調査結果とをそれぞれ記載している。

なお調査にあたり、京都府舞鶴市、兵庫県および地元関係市町村の各位から熱心なる協力をたまわり、予期以上の能率的な調査が行なえたこと、また姫路工業大学の岸田孝蔵博士から貴重な種々の御助言をいただいたことに対し厚く謝意を表する。

2. 調査規模



第1図 調査位置図

調査範囲

由良川流域……………舞鶴市の平野部一帯および舞鶴市高津江より下流の由良川(第1図および5万分の1地形図舞鶴参照)

円山川流域……………全支流を含む円山川流域(第1図および5万分の1地形図、城崎・出石、20万分の1地勢図、鳥取・姫路参照)

調査期間

由良川流域……………昭和37年10月14日～10月17日

円山川流域……………昭和37年10月19日～10月28日

調査担当者とおもに担当した作業

岸 和男 工場調査・水理および水文調査

池田喜代治 水質調査およびその考察

3. 由良川流域

3.1 舞鶴市における水理的環境と水利用の概況

舞鶴市は若狭湾の支湾舞鶴湾に面し、平地部は東舞鶴と西舞鶴に分かれている。この平地部は地形的に瀬れ谷を埋めてできたものであり、いずれもその規模が小さく平地部面積の合計は約18km²である。周辺山地を構成する地質はおもに古生層などの古い地層からなり透水性の低い地層に属している。

当地区を流れる河川は伊佐津川・朝来川・河部川など数河川あるがその規模はいずれも小さく、最も大きな河川である伊佐津川でも約75km²の流域面積を有するにすぎない。これら小河川の表流水は一部上水道、工業用水に利用されているほか、ほとんどが農業用に利用され湯水期には下流部における流水は認められない状態である。したがって今後まとまった量の工業用水の取得はこれら小河川からは期待できない。地下水は西舞鶴の一部の地区で、河川から供給されている地下水が認められて

第1表 舞鶴市における

工場名	所在地	おもな生産品	用水取得状			
			総使用量	取得量	表流水	地下水
飯野重工業 K. K. 舞鶴造船所	京都府舞鶴市余部下	船舶, 重機械	3,000	1,200		
日之出化学工業 K. K. 舞鶴工場	〃 倉谷	熔成燐肥, カーバイト	15,000	10,000~15,000	10,000~15,000	
日本板硝子 K. K. 舞鶴工場	〃 大波下浜田	板硝子	28,000	16,000	8,000	
大和紡績 K. K. 舞鶴工場	〃 高野由里	綿糸, 綿布	6,800	6,800		6,800
丸福繊維工業 K. K.	〃 上安	ナイロン, テトロン糸, 織物	330	40		10
日本冷蔵 K. K.		製氷, 冷蔵	840	840		800



第2図 工業用水調査工場位置および地下水の水質分析試料採取位置図

おり、そこでは若干の取得が可能と思われるが、全体的にはきわめて乏しく取得量を増加させれば地下水位の低下、塩水の浸入などの事態を生ずることが懸念される。

このように舞鶴湾に面した地区ではまとまった量の水は得にくい水理的環境にあり、市上水道は大半を舞鶴市の西縁を流れる由良川から取水している。

由良川は丹波高地に源を發し、西流し福知山市付近から流路を北東に変え若狭湾の支湾粟田湾に注いでいる。その流路延長は約120km、福知山市より上流の流域面積は約1,400km²であり当地域最大の河川である。福知山市より下流の由良川は、河谷平野に乏しく、かつ河川勾配がきわめて緩やかであり、豪雨時にはしばしば氾濫し、洪水期にはかなり上流にまで塩水が溯上している。建設省河川局の資料によれば福知山鑄物師町における昭和28年~33年までの累年渇水量は10.8m³/secとなっており、さらに上流部に完成した総合ダムによる流量調整が可能

になれば、渇水期における利用可能量は希望がもてる。このように由良川表流水は舞鶴市における工業開発にとって重要な役割を持っているが、その取得に際しては渇水期における塩水溯上境界、上流部都市の下水の影響などの水質的な問題についての調査・研究が緊急かつ重要であろう。

なお当地域における用水型工業は繊維工業・化学工業ガラス工業などであるが、先に述べたように水理的環境に恵まれず、大部分の工場が工業用水の不足を来たしている。工業用水の利用現況は第1表に示してあるが、それによると取得量の合計は40,000m³/dayであり、そのうち地下水は7,600m³/dayでもおもに西舞鶴の紡績工場で取得している。表流水の取得量は最高23,000m³/dayであり化学工場、ガラス工場で取得され、ガラス工場・造船工場などでは上水道から工業用水として約9,300m³/dayを使用している。用途はおもに冷却用であり、かなり高

工業用水利用現況

況 (m ³ /day)		用水使用状況 (m ³ /day)						雑用
上水道水	循環水	冷却	洗浄	温調	処理化工	原料		
1,200	1,800	200					1,000	
	5,000	10,000	5,000				若干	
8,000	12,000	16,000	2,500	4,500	5,000		2,500	
30	290	30					2,300	
40		800				40	10	

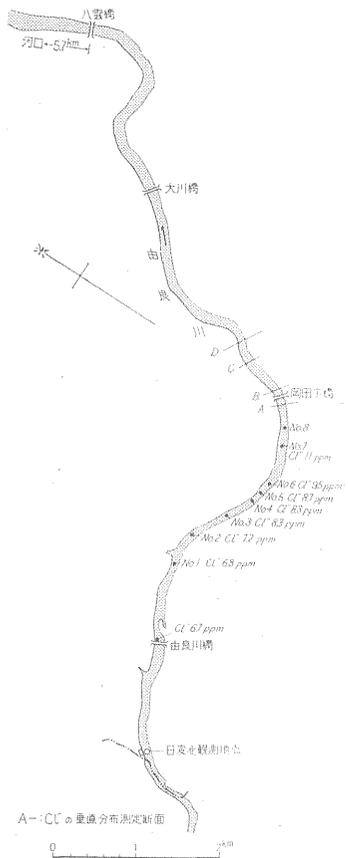
洗浄, 加工雑用水は冷却排水を使用

率に循環使用を行なっており。洗浄用そのほかの用水は冷却用水の排水を再使用している工場が多い。

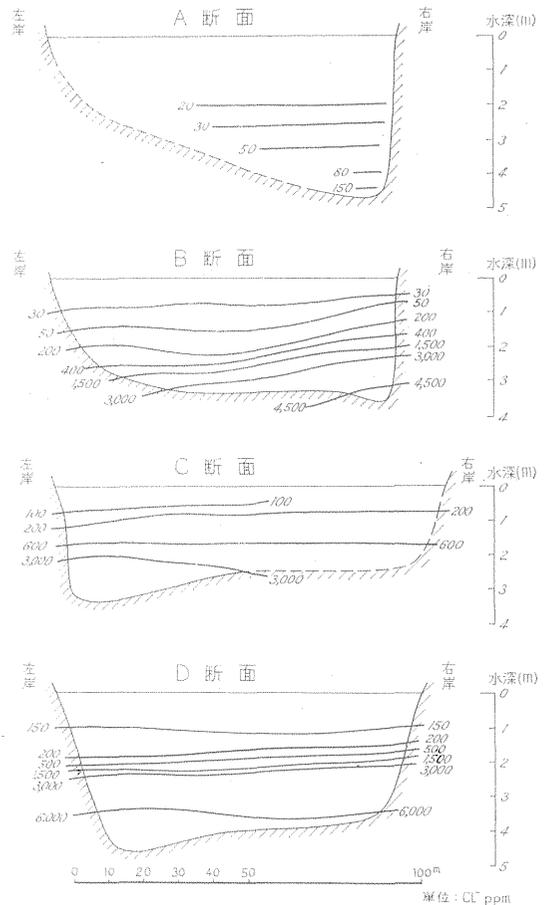
3.2 由良川の塩水遡上限界

前述のように、由良川は、河床勾配が緩く、河口から10数kmに及ぶ舞鶴市の高津江付近でさえ、平常時の河川水位は標準海水位の+4.0mにすぎない。したがって

海水の遡上はかなり上流まであるものと考えられるので、遡上の限界を確認する目的で調査を行なった。由良川橋と岡田下橋の間での8カ所の流心における表流水の測定結果によると(第3図参照) No.1の地点から微量ずつCl⁻の増加が認められ、由良川橋で6~7ppmであ



第3図 由良川表流水水質測定位置図



第4図 由良川表流水各断面における塩素イオンの分布図

第2表 舞鶴地区水

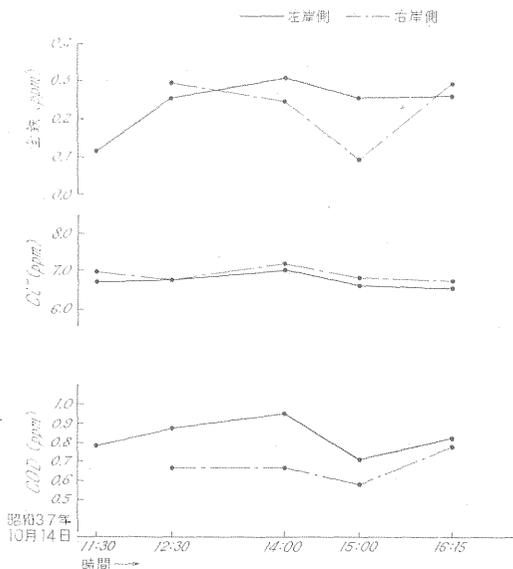
番号	試料採取地点	水源の種類	試料採取日時	濁度 (°)	気温 (°C)	水温 (°C)	pH	RpH	溶酸 (Oppm)	酸素 (epm)	アルカリ度		
											M- (epm)	P- (epm)	
	由良川表流水日変化観測地点 (舞鶴市高津江) 左岸側	R	10月14日11時30分 " " 12時30分 " " 14時 " " 15時 " " 16時30分	6	15	18.2	7.20				0.03	0.53	0.00
	" " 右岸側	R		6	15	18.3	7.20				0.03	0.54	0.00
	" " 左岸側	R		7	15	18.3	7.25				0.03	0.54	0.00
	" " 右岸側	R		6	15	18.3	7.25				0.03	0.54	0.00
	" " 左岸側	R		7	16	13.4	7.34				0.03	0.53	0.00
	" " 右岸側	R		7	16	18.3	7.33				0.03	0.53	0.00
	" " 左岸側	R		6	17	18.3	7.25				0.03	0.53	0.00
	" " 右岸側	R		6	17	18.3	7.25				0.03	0.53	0.00
	" " 左岸側	R		6	16	18.3	7.27				0.03	0.53	0.00
	" " 右岸側	R		8	16	18.3	7.25				0.03	0.52	0.00
8	" 岡田下橋 150m上流	R	10月15日	8	17	17.9	6.6				0.05	0.59	0.00
9	大和紡績KK舞鶴工場浅井戸 (-12m)	C	10月17日	0	22	15.1	6.6	7.2			0.30	0.81	0.00
10	" " 深井戸 (-30m)	C	" "	0	22	14.9	6.6	7.1	4.31		0.30	0.76	0.00

注1) 水源の種類 R:河川水
C:被圧地下水

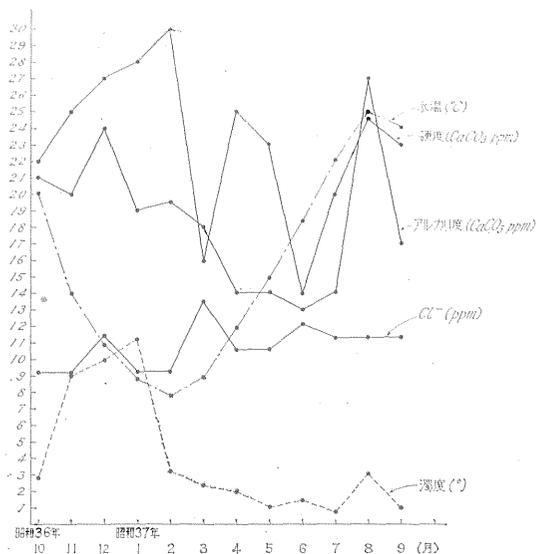
注2) 表示法 SiO₂: 比色によるイオン状ケイ酸
P: 可溶性磷

る Cl⁻ が, No.7 の地点で 11ppm となる。満潮時には No.8 の地点の水深-4m の辺から急激に Cl⁻ が増加しはじめ, 岡田下橋の上流 150m の地点で水深-3m の採水試料は第1表に示すような水質で Cl⁻557ppm を示す。Cl⁻ の増加に伴う他の増加成分の割合から, これは明

らかに海水の混入による結果である。さらに岡田下橋の上流50mの位置および岡田下橋の下流側の4カ所においてそれぞれ表流水の断面についての測定を行ない(第3図 A, B, C, D の位置), 各断面における Cl⁻ の分布を調査した。この結果を第4図に示すが, 塩分濃度の高いも



第5図 由良川表流水(舞鶴市高津江地点)水質の日変化



第6図 由良川水質(水道取水地点)の年変化(舞鶴市水道課の資料)

質 分 析 結 果 表

Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	total Fe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	全硬度 CaCO ₃	SiO ₂	Total SiO ₂	酸素消費 量 (Oppm)	P
(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
6.7	0.00	2.05	6.4	0.07	6.1	1.3	0.11	0.00	7.7	2.6	30.2	8.9	13.4	0.77	0.00
6.9	0.00	1.55	6.4	0.05	6.0	1.1		0.00	8.2	2.4	30.6	8.9			0.00
6.7	0.00	5.45	6.4	0.04	5.8	1.3	0.25	0.00	8.3	2.4	30.6	8.9	17.4	0.86	0.00
6.7	0.01	4.30	6.5	0.04	5.9	1.1	0.29	0.00				8.9		0.66	0.00
7.0		2.25	6.6	0.04	5.8	1.0	0.30	0.00	7.2	3.1	30.8	8.9	14.0	0.94	0.00
7.1	0.02	4.50	6.6	0.02	5.8	1.1	0.24	0.00	8.3	2.4	30.6	8.9		0.66	0.00
6.6	0.01	1.00	6.6	0.02	5.8	1.1	0.25	0.00	7.7	2.7	30.4	8.9	16.7	0.70	0.00
6.8	0.01	0.00	6.6	0.07	6.0	1.2	0.09	0.00	7.8	2.6	30.3	8.9		0.58	0.00
6.5	0.01	0.60	7.1	0.05	6.0	1.2	0.26	0.00	7.6	2.8	30.4	8.9	13.4	0.81	0.00
6.7	0.01	0.70	6.7	0.07	6.0	1.2	0.29	0.00				8.9		0.79	0.00
557.6	0.00	0.20	80.2		313.	14.5	0.51	0.00	22.1	36.1	223.5			1.46	0.00
6.9	0.00	1.65	5.5		7.1	0.8	0.09	0.00	9.7	4.4	42.4	14.4	20.6	0.26	0.00
7.4	0.00	0.70	5.8		7.1	0.8	0.04	0.00	9.2	4.0	39.2	14.4	24.6	0.56	0.00

酸 度 (CaCO₃ ppm) : (epm) × 50.045
 参 考 アルカリ度 (CaCO₃ ppm) : (epm) × 50.045
 ドイツ硬度 (°dH) : 全硬度 (CaCO₃ ppm) × 0.056

分析: 池田喜代治

のは下に沈み、表流の表面に向かつて除々に塩分濃度の薄いものが重なっているような状況を示している。

調査当時 (流量10~13m³/sec) の塩水の測上限界は以上のようなものであるが、これは河川流量の変化あるいは干満差の大きさによって限界線は上下する。したがって夏季渇水期の最大満潮時および冬季渇水期の高潮時などにおける塩水測上限界は今回求められた地点よりもかなり上流側に移動するものと考えられる。しかし調査当時の流量を維持している限り、高潮時を除いては由良川橋より上流側に、塩水が測上することはまず考えられない。

3.3 高津江地点における由良川表流水の水質

高津江地点における由良川表流水の水質は、pH ほぼ中性、濁度 6~8°, Cl⁻, SO₄²⁻ともに6~7 ppm程度で溶存塩類量は他の多くの河川水と比較しても少ない方の部類に属する。有機物の尺度を示すCODは1 ppm以下全珪酸13~17ppm, 全鉄 0.30ppm 以下で水質全般についても比較的良い。

調査当日の日変化を右岸と左岸について調べた結果を第2表および第5図に示すが、溶存塩類すなわち塩化物、硫酸塩、重炭酸塩などは、大きな変化はないが、濁りおよびコロイド状物質に由来すると思われる全珪酸および全鉄はかなり大巾な変化を示しそれぞれ13.4~17.4ppm,

0.09~0.30ppmの範囲で変化している。CODも0.66~0.94ppmの変化を示しているが、この程度の変化では、上流側における汚水の影響というものは河川の自浄作用で、この地点ではすでに認められないと考えられる。右岸側と左岸側の比較では、右岸側の方がCODが少ない。

なお、由良川の年変化についての舞鶴市の上水道取水地点における昭和36年10月より昭和37年9月までの1年間の水質の記録 (舞鶴市水道課の資料) では、硬度およびアルカリ度が最も変化の中が大きく、それぞれ16~30ppm, 13~27ppmを示して最高値は最低値の約2倍に達している。Cl⁻は9~14ppmの範囲内で変化している。これらの年変化については第6図を参照されたい。

3.4 地下水の水質

東舞鶴地区には、地下水を利用する工場はほとんどなく、舞鶴市上水道あるいは、朝来川などの表流水を利用しているので、地下水の水質調査は、主として西舞鶴地区について行なった。

西舞鶴地区では、伊佐津川・高野川の川沿いの低地が地下水の取得に有利で、水質も比較的良い。伊佐津川右岸側には、舞鶴線に沿って平地が広がっているが、伊佐津川より離れるに従って基盤が浅く、上安付近では基盤までの深さは12m前後となり、地下水の取得は困難となる。水質も鉄分を著しく多量に含むもので、水質処理を

しなければ使用できない程度のものである。伊佐津川・高野川沿いの地下水の水質は、国鉄線の宮津線と舞鶴線が合する辺りの大和紡績K. K. 工場内の深井戸、浅井戸の水質(第2表参照)および伊佐津川右岸沿いに存在する浜口染工K. K. の水源井などの水質から Cl⁻ 7~8 ppm, 全鉄 0.1 ppm 以下であることが示され、地下水水質としては比較的良く、Ca(HCO₃)₂ type の組成を示している。大和紡績K. K. では、深井戸、浅井戸の深度はそれぞれ30m, 12mであるが、いずれも深さ9~14mの砂層が主力帯水層となつていると思われ、両者の水質はほとんど同じである。なお海に面した所では、地下水に塩水の浸入する可能性があり、現実に、河口に存在する製氷会社の井戸は取水層の深度 21~36 m で Cl⁻ 3,550ppm を含んでいる。

4. 円山川流域

4.1 円山川流域の概観とその水利用

4.1.1 円山川流域の概観

円山川はその源を中国山脈の生野峠に発し古期岩類からなる地層を流下する途中諸支流を集めて豊岡市に至り、城崎町にて日本海に注いでいる。円山川本流の流路延長は約70km, 流域面積は約1,400km² となつており樹枝状の流域形態を有している。平野部は出石川合流点より上流側では、本流および支流の流路に沿って狭くみられるだけであるが合流点より下流側には約50km² の面積を有する沖積平野が存在する。豊岡市赤石付近から下流側ではふたたび両岸の山地が迫り、日本海に注ぐまで大きな沖積平野はみられない。流域面積に対する平野部の面積の割合は約7%にすぎず本邦の河川中에서도平野の少ない河川に属している。支流は出石川・稲葉川・八木川・大屋川などであるが、そのうち出石川は全流域面積の約1/4の流域を持つている。これら本流支流群のうち数河川の上中流部には金属および非金属を採取する鉱業所あるいは選鉱所がかなりの数操業しており、鉱内水あるいは処理水を河川に放流している。そのうちのおもなものとして、八木川流域では Au, Sb などを産する中瀬鉱山、明延川流域では Cu, Sn などを産する明延鉱山、神子畑川流域では Cu, Sn などを選鉱する神子畑選鉱場などがあげられる。

4.1.2 円山川表流の利用現況

円山川表流の涵養源になつている降水量は流域の上流部では年平均 1,600mm, 下流部では 2,000mm に達している。したがって流量も比較的多く八鹿町上小田地先での昭和32年から36年までの年最小流量の平均は 19m³/sec となつている。それに対し表流の水利用はおもに農

業用であり、八鹿町上小田地先より下流側における農業用水の取得量はかんがい期約 2.4m³/sec, 非かんがい期約 0.9m³/sec となつている注1)。

第3表 円山川流域におけるおもな町の水道水利用状況

市 町 名	水量 (m ³ /day)	備 考
豊 岡 市	12,500	おもに伏流水
日 高 町	2,000	伏 流
八 鹿 町	1,500	〃
養 父 町	770	簡易水道含む
関 の 宮 町	930	〃

上水道水源としては現在第3表のような規模で利用されているが規模としては豊岡市の上水道が最も大きく約10,000 m³/day の河床地下水を取水している。第1表のほか小規模の上水道水源、簡易水道水源がかなり数多くあり溪流など水源としている。簡易水道水源を除いた上水道の取水量は約 15,000m³/day となつている。

4.1.3 工業用水利用の現況

調査地域内におけるおもな工場の工業用水利用現況は第4表に示したとおりである。この地域では用水型工場が少なく、豊岡市・八鹿町・和田山町・山東町にそれぞれ1工場ずつ点在している。これらの工場はすべて繊維工業であり、おもに冷却用水として表流水および地下水を利用している。4工場の合計使用量は夏期で約 3,200 m³/day, 冬期ではそれより若干少なくなる。取得されている地下水のうち、約 1,000m³/day が被圧地下水であり、残り約 2,000m³/day が自由面地下水と伏流水である。被圧地下水は豊岡市の工場で取得され、伏流水は山東町の工場で取得されている。表流水は和田山町の片倉工業K. K. で利用しているが水量は少なく約 130m³/day にすぎない。

上記のほか当地域には小規模の工業用水利用工場が数工場点在しているが、取得水量はいずれも少なく、合計 1,000m³/day 程度と推定される。

4.2 円山川流域の容水地盤

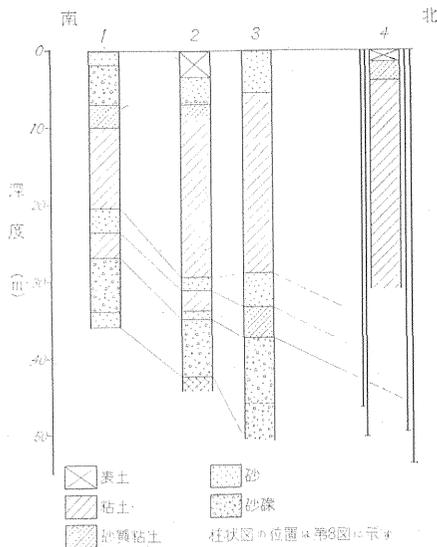
円山川流域の山地を構成する地質はおもに第三紀以前の砂岩・礫岩・凝灰岩・流紋岩・安山岩・花崗岩などであり、いずれも透水性の低い地層に属している。これら透水性の低い不透水性基盤となつている山地は、直接沖積平野に没している所が多く、容水地盤としては沖積平野のみと考えられる。沖積平野は豊岡付近にやや大きな

注1) 兵庫県企画部の資料による。

第 4 表 円山川流域におけるおもな工場の工業用水利用現況

工場名	所在地	水源	使用水量 (m ³ /day)	井戸およびポンプ状況						備考
				番号	深度 (m)	径 (m)	ポンプ 馬力	ポンプ径 (mm)	ポンプ 種類	
神織工業 K. K.	兵庫県豊岡市九日市下町	被圧地下水	980	1	46	0.25	7.5kW	100	T	ストレナー位置 34~42m
那是製糸 K. K. 八鹿工場	// 城崎郡日高町久斗	自由面地下水	450	1	5	3	7IP	75	T	夏季のみ使用
		//		2	5	1	2IP	50	T	
片倉工業 K. K. 和田山工場	// 朝来郡和田山町東谷	//	30	1	5	—	3IP	60	T	用水路から取水
		表流水	130							
那是製糸 K. K. 梁瀬工場	// 山東町	自由面地下水 伏流水	1,600	1	—	—	0.75 kW	50	V	冬季は約1/3の使用量となる
				2	—	—	2.2kW	75	V	
				3	—	—	5IP 15IP	75 125	V V	

注) ポンプ種類の欄 T: タービンポンプ V: ヒューガルポンプ



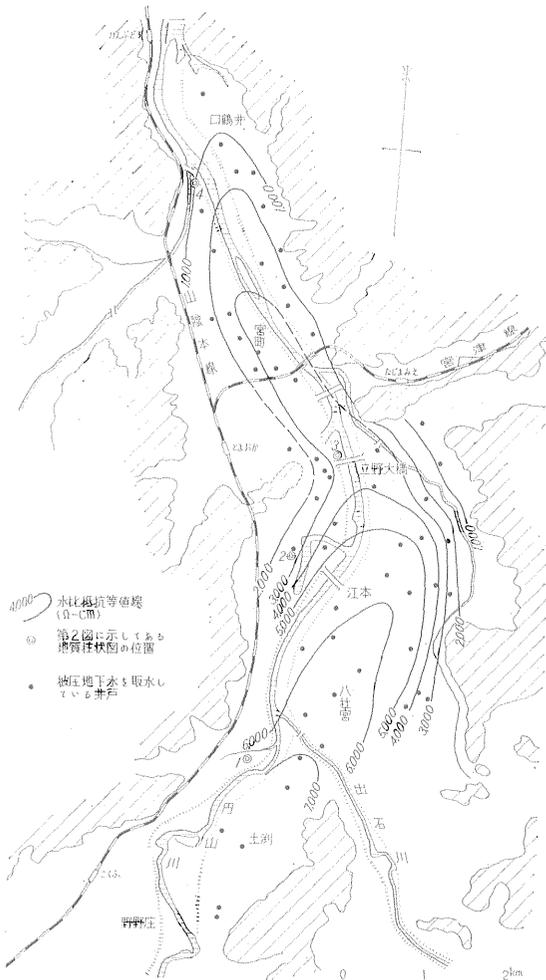
第 7 図 豊岡市付近平野部における地下地質図

のみがみられるのみで、そのほかでは本流および支流に沿って存在する。豊岡平野では10数本のボーリング柱状図が得られたが、そのうちおもなものを南北方向に配列し第7図に示してある。それによると地下地質は比較的連続性に富む粘土・砂および砂礫からなり、おのおの2つの砂礫および粘土層、1つの砂層に区別しうる。第1砂礫層は表土の下にあり層厚は場所によって変化するが2~6mであり、下流部に向かうに従って細粒となり砂質粘土となっている。粘土層は全般にかなり厚く上流部では約17m、下流部では35~45mの層厚をもち下限近くに砂層を挟んでいる。第2砂礫層の層厚は、8~12m程度であり上限深度は、上流部で地表面下約27m、下流部に向かうに従って深くなり自噴井の深度などからみると

45~50mと推定される。豊岡市神織工業 K. K. の井戸資料および市体育館の基礎資料によれば第2砂礫層の下位には安山岩質の不透水性基盤がみられ、下流部においても自噴井の深度が一樣なことなどからして、第2砂礫層の下位は直接不透水性基盤となっているものとみられる。これら地層のうち、取水の対象となる帯水層はおもに第2砂礫層であるが、上流部では場所により第1砂礫層も考えられる。

4.3 円山川流域における地下水

円山川流域における水利用の対象となる地下水は自由面地下水と被圧地下水とに分けられる。そのうち被圧地下水は豊岡付近平野部のみにみられ、それ以外の地域ではすべて自由面地下水しかみられない。豊岡付近平野部の被圧地下水はおもにかんがい用および一般家庭用に利用され、工業用水源、上水道水源にはほとんど利用されていない。被圧地下水を取水する井戸はそのほとんどが2~3時の小口径のものであり豊岡市下鉢山と塩津を結んだ線より下流側地域では自噴によって地下水を得ている。これらの自噴井は平野部に80本以上点在しているが、そのうち約50本の井戸について、地下水の水比抵抗を測定し、その値を等値線として表わしたのが第8図である。この図から判断すると、被圧地下水は日高町野野庄より上流側における円山川表流から供給され、出石川表流からはあまり供給されていないものと考えられる。また有力な被圧地下水は豊岡市土淵一八社宮一立野大橋一宮町を結んだ地区に分布しているものと考えられる。圧力面の高さは出石川合流点付近で、地表面と一致し、立野大橋付近で地表面上約2m、最下流部地区で地表面上約0.5m程度と推定される。ただし、この圧力面の高さは前述の地下水流動主流部についてであり、主流部から両側山地に近づくに従って若干圧力面が低くなっている



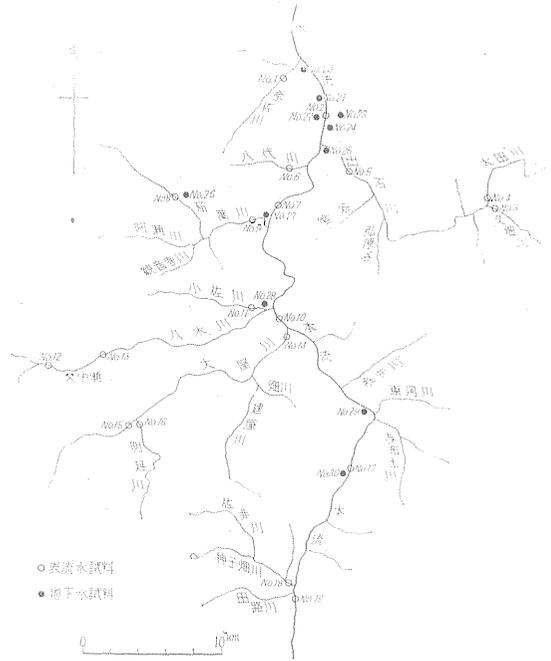
第8図 豊岡市村近平野部における被圧地下水の水比抵抗等値線図

傾向が察知される。

豊岡付近平野部以外の地域で、河川に沿った巾せまい沖積地では地表下浅いところに自由面地下水が存在する。この地下水は地区によつて河川表流と密接な関連を持っており、そのような地区は良質な地下水を大量に取得することができるものと考えられる。しかし河川表流との関連がうすい地下水が分布する地区では大量の取水は期待しにくい。したがつて豊岡付近平野部以外の地域でまとまった量の地下水を取水する場合には、その地区について精密な地下水調査を行ない取水地点を決定することが肝要であろう。

4.4 円山川の表流および流域地下水の水質

水質分析に供した試料は、表流水については本流および支流の計19点、地下水については11点、総計30点である。採取位置は第9図に示すように表流水は原則として



第9図 円山川流域における水質分析試料採取位置図

大きな支流および支流と合流した後の本流を採取するようにした。また地下水は、豊岡市の沖積地に賦存する自噴性の被圧地下水および和田山町一日高町にかけての自由面地下水を採取した。

水質分析項目の濁度・気温・水温・pH・溶存酸素・酸度・アルカリ度・亜硝酸・アンモニア・電気伝導度、および鉄(II)は、現地分析で求め、後の項目については、水試料を実験室に送つた後、実験室における分析によつて求めた。なお COD・全鉄については、現地で採取直後の試料を硫酸酸性にして保存したものについて、実験室で求めたものである。水質分析方法は原則として、JIS K0101の方法(地質調査所化学課資料工業用水分析法参照)である。

水質分析結果は第5表に示すとおりである。

4.4.1 表流水の水質

(1) 採取時の外的条件

10月20日午後から6~7時間、約50mmの降雨があつたので、10月21日採取試料ではその影響が水質分析結果に表われており、濁度が高いものが多くなつている。したがつて濁度以外の水質項目のうち濁度に関係があると思われる全鉄、全シリカも一応影響を受けているものと考えなければならない。その他の採水試料は比較的好条件の下で採水されている。

水質の塩化物・硫酸塩などを総合した溶存塩類と相關を

もつ電気伝導度の値によつて、概括的な本流と支流の関係を第10図に示す。

(2) 本流

円山川本流については、おおよそ水質は上流より下流の方が良くなつている。この内容はおもに硫酸塩の減少傾向で示されることが第11図によつて明らかである。すなわち円山川最上流部の塩類の大きい水質は、田路川および右岸の小さな支流群によつて稀釈され、和田山町竹田の地点では、硫酸イオンは49ppmから16ppmに減少する。カチオンで硫酸イオンの変化に対応して減少を示すものは、ナトリウムイオンおよびカルシウムイオンである。豊岡市内に入ると、都市廃水の影響を受けてふたたび水質は悪くなるが、ことに宮津線の鉄橋辺より下流側では湧水時、海水の浸入を考慮しなくてはならない。

(3) 支流群

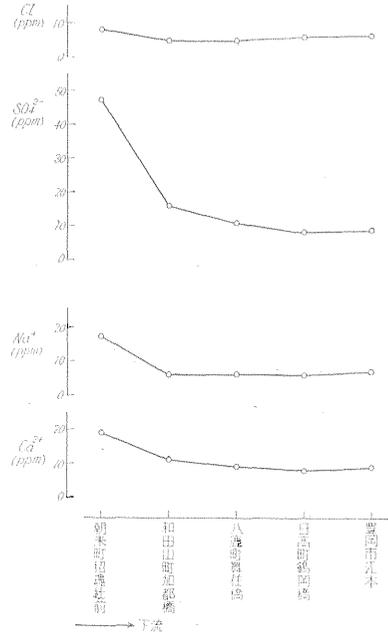
水質分析および伝導度の測定結果では、全般に溶存塩類が比較的少ない良好な水質である。しかし、八木川の中瀬鉾山の downstream、上流に明延鉾山をもつ明延川および神子畑精製所を上流にもつ神子畑川などの支流の水質は他の支流群よりも溶存塩類がやや多く水質はあまり良くない。これらの共通した水質の特徴は、いずれも硫酸塩が多いことで、本流の最上流部の水質の特徴とよく似ているが、他の支流群と同様 pH はほぼ中性 (第12図参照) で調査当時の水質結果からは、水質的に問題はほとんど

ないものと考えられる。

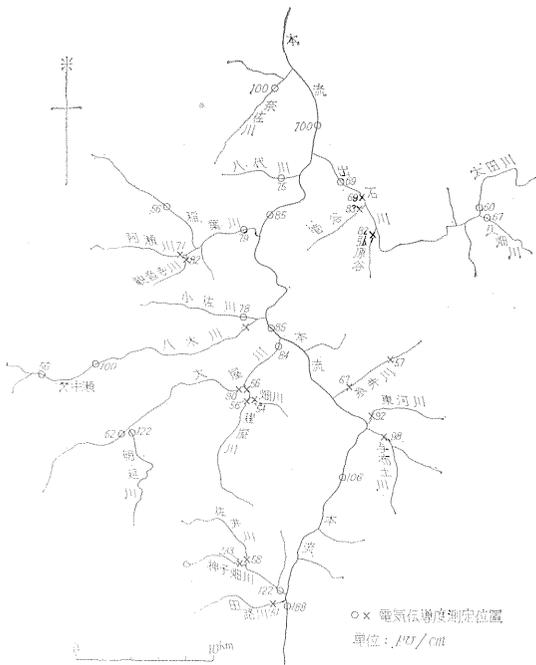
(4) 地下水

1) 豊岡市

豊岡市は流域中で沖積層の発達が最も著しく、沖積層



第 11 図 円山川表流水の上流部から下流部に至る間の水質変化



第 10 図 円山川流域表流水の電気伝導度測定位置図



第 12 図 円山川流域表流水の pH

第5表 円山川流域

番号	試料採取地点	水源の種類	試料採取日時	濁度 (°)	気温 (°C)	水温 (°C)	pH	RpH	溶酸 (Oppm)	存素 (epm)	アルカリ度		
											M ⁻ (epm)	P ⁻ (epm)	
1	奈佐川豊岡市福田橋	R	10月19日11時30分		19.0	16.6	7.6	7.6			0.00	0.65	0.00
2	円山川 // 江本	R	// 14時	8	24.0	18.3	7.4	7.5			0.03	0.67	0.00
3	久畑川但東町小谷	R	// 20日9時	15	16.9	16.5	7.1	7.3			0.02	0.48	0.00
4	太田川 // 出合源橋	R	// 10時35分	12	16.9	16.5	7.1	7.2			0.01	0.34	0.00
5	出石川豊岡市伊豆	R	// 26日14時30分	4	16.6	16.5	7.0	7.0			0.02	0.40	0.00
6	八代川日高町藤井	R	// 21日10時	26	16.7	15.0	6.9	6.9			0.02	0.36	0.00
7	円山川 // 鶴岡橋	R	// 21日11時	21	15.2	15.4	7.0	7.1			0.00	0.54	0.00
8	瀬葉川 // 石井	R	// 13時	22	17.0	14.2	7.0	6.9			0.00	0.30	0.00
9	// // 久斗	R	// 14時35分	18	14.0	15.9	7.0	7.1			0.01	0.45	0.00
10	円山川八鹿町舞狂橋	R	// 22日10時	2	14.7	15.4	7.1	7.2			0.01	0.57	0.00
11	小佐川 // 女子部	R	// 11時	6	14.5	14.5	7.4	7.4			0.00	0.58	0.00
12	八木川関ノ宮町出合	R	// 14時	6	17.7	14.3	7.3	7.4			0.01	0.46	0.00
13	八木川 // 相地	R	// 14時45分	28	18.8	16.2	7.9	7.9			0.00	0.57	0.00
14	大屋川養父町大屋橋	R	// 15時30分	5	18.4	17.8	7.5	7.6			0.01	0.55	0.00
15	// 大屋町八鹿高校分校前	R	// 23日14時40分	2	16.6	16.8	7.9	8.0			0.00	0.50	0.00
16	明延川 // 大屋市場	R	// 14時45分	2	18.0	17.5	7.4	7.4			0.01	0.66	0.00
17	円山川和田山町加都橋	R	// 24日15時10分	2	17.8	20.5	7.6	7.7			0.01	0.53	0.00
18	袖子畑川朝来町羽瀧	R	// 25日10時40分	2	17.5	15.6	7.3	7.4			0.01	0.62	0.00
19	円山川 // 招魂社前地下水	R	// 15時45分	3	20.5	16.6	7.4	7.4			0.01	0.68	0.00
20	豊岡市宮島農業用掘抜井戸	f	// 27日9時30分	0		18.1	7.7	7.9	0.18		0.02	2.23	0.00
21	// 豊岡病院井戸	C	// 19日15時30分	0		15.5	6.6	7.3			2.53	5.60	0.00
22	// 神織興業K. K. 井戸	f	// 15時	0		15.5	7.6	7.9	1.57		0.05	2.68	0.00
23	// 新田小学校掘抜井戸	f	// 26日16時30分	0		16.8	7.8	7.8	0.37		0.00	1.43	0.00
24	// 今森市宮住宅掘抜井戸	C	// 16時	0		16.3	7.5	7.6	0.61		0.00	1.18	0.00
25	// 加陽安達信三郎方掘抜井戸	f	// 15時30分	0		15.9	7.4	7.6	1.14		0.03	1.20	0.00
26	日高町十戸の湧水	S	// 21日13時45分	0		13.3	6.7	7.0			0.13	0.57	0.00
27	江原但馬殿粉工業K. K. (-11m)井戸	F	// 21日15時	0		20.5	6.4	6.8			0.93	1.29	0.00
28	八鹿町郡是製糸K. K. 八鹿工場井戸	F	// 22日11時45分	0		20.2	6.8	7.3			0.25	1.12	0.00
29	国鉄豊岡機関区和田山支局井戸	F	// 24日13時30分	0	19.8	20.3	6.3	7.0			0.57	0.65	0.00
30	和田山町豊岡病院分院井戸	F	// 16時			19.0	6.3	6.8	5.33		0.55	0.72	0.00

注1) 水源の種類 R:河川水
F:自由面地下水
C:被圧地下水
f:自噴性地下水

注2) 表示法 SiO₂:比色によるイオン状ケイ酸
P:可溶性燐

を帯水層とする自噴性の被圧地下水が存在している。この自噴帯は市の南部、加陽から市北部の宮島にかけての円山川の兩岸の平野部で、一部は工業用、大部分は農業かんがい用として用いられているものである。水質はいずれも還元性の環境下であり、溶存酸素をきわめて微量しか含まず、アンモニウムイオンを比較的多量に含んでいる特徴をもっている。地域的には南から北に円山川の上流側から下流側に向かって、おもに塩化物が増加し、宮島の自噴井は Cl⁻50ppm に達している。

市内の豊岡病院の地下水はアルカリ度が異常に高く、カルシウムイオン・マグネシウムイオンの硬度成分も最も多く含まれている。そのほかこの水は2価の鉄イオンを3ppm含むこと、および藻、鉄バクテリアなどの微生物が存在し水質が悪い。

上記のように地域的に水質が極端に変化している処もある。

2) 城崎町

城崎町では同町、結和橋、左岸側の来日地区に2本の

水 質 分 析 結 果 表

Cl ⁻ (ppm)	NO ₂ ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Total Fe (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	全硬度 (CaCO ₃) (ppm)	SiO ₂ (ppm)	Total SiO ₂ (ppm)	酸 素 消費量 (Oppm)	P (ppm)	河 川 流 量 (m ³ / sec)
10.1	0.02	0.00	6.1	0.15	10.4	1.3	0.17	0.00	8.2	3.4	34.5	10.6	20.1	0.78	0.00	0.221
6.6	0.01	0.35	9.6	0.17	6.9	1.3	0.16	0.00	8.9	4.0	38.8	12.5	15.8	0.90	0.00	
6.3	tr.	0.00	3.8	0.07	6.7	0.8	0.20	0.00	5.2	2.5	23.5	14.3	19.4	0.55	0.00	0.648
8.3	0.00	0.00	3.7	0.06	7.5	0.9	0.12	0.00	3.9	1.8	17.3	11.6	13.6	0.58	0.00	0.700
8.2	0.01	0.20	4.5	0.00	7.4	1.0	0.18	0.00	4.9	2.0	20.4	11.7	14.2	0.47	0.00	
9.6	0.00	0.90	7.4	0.26	7.6	1.0	1.18	0.00	6.3	2.2	24.7	13.7	24.8	2.14	0.00	0.837
6.5	0.00	1.65	8.7	0.24	6.3	1.2	0.52	0.00	8.0	3.7	35.1	11.6	18.4	1.45	0.00	
6.4	tr.	1.20	4.0	0.11	5.8	1.0	0.38	0.00	5.0	1.7	19.4	9.1	18.9	1.54	0.00	1.236
7.8	0.03	2.50	7.5	0.17	6.9	1.0	0.46	0.00	7.3	2.0	26.5	11.2	19.8	1.46	0.02	
5.4	0.00	2.45	11.2	0.00	5.9	1.0	0.06	0.00	9.4	3.1	36.3	11.4	14.3	0.38	0.00	
5.2	0.00	1.68	6.5	0.06	6.4	0.7	0.15	0.00	8.5	3.1	29.8	11.6	14.7	1.03	0.00	0.504
3.5	0.00	1.00	4.8	0.04	4.3	0.9	0.10	0.00	5.2	2.3	22.4	15.1	18.4	0.63	0.00	0.791
4.6	0.00	0.42	20.5	0.11	5.5	0.9	0.40	0.10	7.9	5.4	41.7	14.4	19.0	1.02	0.00	2.070
4.3	0.00	0.95	9.7	0.05	4.8	0.8	0.14	0.00	8.5	3.4	35.7	10.7	13.9	0.65	0.00	3.017
3.0	0.00	0.00	5.8		3.6	0.5	0.08	0.07	5.5	2.2	28.0	10.2	12.6	0.44	0.00	0.780
5.2	0.01	1.30	25.4	0.28	6.4	1.0	0.11	0.00	16.5	2.7	52.3	8.3	12.0	0.54	0.00	0.515
4.8	0.01	1.73	16.1	0.03	6.3	1.1	0.78	0.10	11.4	2.1	37.1	11.2	14.4	0.57	0.00	1.313
3.9	0.01	3.25	25.8	0.01	5.3	1.1	0.12	0.00	16.1	3.2	53.5	9.1	10.6	0.46	0.00	0.321
8.0	0.01	1.40	47.3	0.00	17.7	1.8	0.07	0.07	19.1	2.0	55.9	11.6	13.5	0.56	0.00	0.195
52.2	0.00	0.02	6.5	2.50	60.1	6.8	0.23	0.23	12.8	4.2	49.0	22.6		0.66	1.32	
32.1	0.04	0.00	7.5		36.4	4.4	3.23	2.20	42.0	35.0	249.0	45.0		2.83	0.29	
50.9	0.02	0.00	12.4	1.90	48.5	5.4	0.14	0.14	27.4	5.7	91.8	23.8		0.54	0.68	
12.1	0.00	0.06	10.5	1.17	35.4	3.2	0.29	0.25	2.9	2.2	16.3	16.5		1.06	2.72	
18.6	0.00	0.06	9.5	1.74	22.4	3.6	0.20	0.16	9.8	4.0	40.8	24.5		1.27	0.62	
10.6	0.00	0.13	8.2	0.82	14.8	2.9	0.18	0.16	11.3	4.6	47.0	20.6		0.32	0.37	
7.6	0.00	2.05	3.3	0.00	7.4	1.0	0.10	0.00	6.7	3.2	30.0	16.9		0.47	0.00	
15.3		0.65	60.0		14.6	2.0	0.40	0.10	26.4	10.7	110.0	17.6		2.62	0.01	
6.7	0.00	4.65	16.1	0.01	8.5	2.4	0.11	0.00	14.1	6.7	62.8	18.2		0.37	0.07	
7.2	0.01	4.35	15.6	0.03	8.1	1.9	0.12	0.00	13.2	1.9	40.8	14.2		0.52	0.02	
6.7	0.00	3.10	14.7	0.03	8.5	2.1	0.03	0.00	12.1	2.8	41.8	13.9		0.24	0.00	

酸 度 (CaCO₃ ppm) : (epm) × 50.045
 参 考 アルカリ度 (CaCO₃ ppm) : (epm) × 50.045
 ドイツ硬度 (°dH) : 全硬度 (CaCO₃ ppm) × 0.056

分析: 池田喜代治

試錐井を37年初めに掘さくしている。この試錐井は48mで岩盤に達し、38~44.4mの砂利混り粘土層を収水層として揚水したが当時の記録では、塩素イオンは1,200~600ppmを示し、この付近の円山川表流水のCl⁻とほぼ同量になっている。城崎地区では水質良好な地下水の大量取得は困難である。

3) 江原・八鹿・日高地区

これらの地区では、沖積層の発達が小さく地下水は自由面地下水として低地の浅層部に存在しているもので、

水質はNo. 27, 28の試料で代表される。一般に塩素イオン10ppm以下で良好であるが、No. 27は硫酸イオンおよび硬度が多く、特殊な汚染を受けているのではないかと思われる。No. 26は神鍋山熔岩の割れ目からの湧水で、他の地下水に比較して水温が低い特徴を示し、水質は良好である。

4) 和田山町

円山川に沿った平地部で、いずれも深度3~4mで地下水が取得されている。同町北部の中市場および駅構内

の地点の水質は水温はやや高く、20°C前後を示すが、塩素イオン 6~7 ppm の比較的良質である。これらの地下水は円山川の水質(竹田地点)と類似しており、円山川から供給されているものと思われる(下表参照)。竹田地区でも上と同様な水理地質環境であり、豊岡病院の和田山分院の井戸水も円山川表流と同じ型の水質を示し、円山川からの供給を受けているものと思われる。

円山川和田山町

Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
4.8	16.1	6.3	1.1	11.4	2.1

和田山町の地下水(No. 29, 30)

6.7~7.2	14~16	8.1~8.5	1.9~2.1	12~13	2.8
---------	-------	---------	---------	-------	-----

単位: ppm

5. 結 言

以上述べたように舞鶴市における今後の産業用水資源としては由良川表流水が期待しうるがその取得にあたっては、今回の調査よりさらに精密な水質調査を行なうことが必要であろう。すなわち夏季渇水期の最大満潮時お

よび高潮時における塩水遡上限界を求めておくことが今後の取水計画にあたって重要である。

円山川流域においては産業用水としての水利用はほとんど行なわれておらず、今後積極的に利用開発されることが望ましい。ただし豊岡市付近平野部における被圧地下水を今後多量に取得するような場合には、地下水位の低下による塩水の浸入、ひいては地盤沈下などが生じないように十分に配慮して利用することが重要である。

(昭和37年10月調査)

文 献

- 1) 地質調査所: 5万分の1地質図幅, 舞鶴および同説明書, 1961
- 2) 兵庫県: 兵庫県地質鉱産図および同説明書, 1961
- 3) 建設省河川局: 流量年表
- 4) 京都府: 昭和36年度工場適地調査, 舞鶴地区, AおよびB
- 5) 兵庫県企画部: 河川水別需給実態調査, 1962