

TOKANO

B. d. I.

地質調査所報告第160號
兵庫縣西播地域工業用水源
地域調査報告

藏 田 延 男

地 質 調 査 所

昭 和 29 年 3 月

164

551.48/.49 : 551.444 : 550.82/.85(521.75) : 620

地質調査所報告

所長 兼 子 勝

兵庫縣西播地域工業用水源 地域調査報告

通商産業技官 藏 田 延 男

目 次

要 約	1
I. 緒 言	1
II. 調査の規模および方法	2
III. 地 質	3
III. 1 基盤山地の地質概略	3
III. 2 平原部の地下地質	3
IV. 水分布の概況	5
V. 物理計測の結果	6
V. 1 水比抵抗	6
V. 2 表流流量	7
V. 3 大地比抵抗	7
V. 4 堆積層の透水性	8
V. 5 調査断面における試算および計測	11
VI. 水質の概要	12
VII. 地下水位観測結果について	13
VII. 1 市川流域	14
VII. 2 夢前川流域	14
VII. 3 揖保川流域	14
VIII. 水の量的分布の総合判断	15
西播地域工業用水源調査要図の説明	16
参考文献および資料	17
Résumé	1
附図 1 葉	

兵庫縣西播地域工業用水源 地域調査報告

通商産業技官 藏 川 延 男

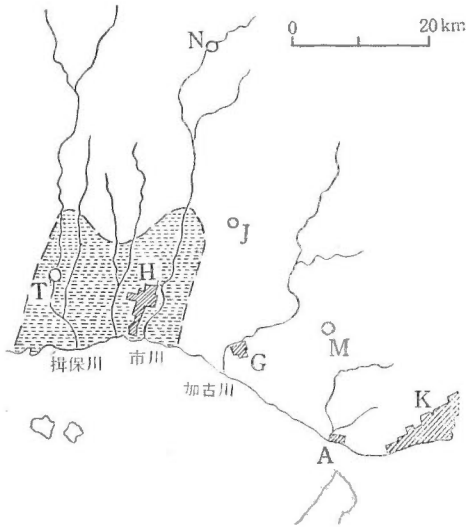
要 約

- 1) 兵庫県内播州平野西半部臨海工業地帯の用水源を探索する目的のもとに、背面平野地帯全域に亘る水調査を行った。
- 2) 市川・夢前川および揖保川3水系における4つの基本調査断面のほか、電探により25の地質断面を求め、相互の調査断面間における表流流量の測定、揚水調査による地盤透水度の計測などを行うとともに、150カ所の水露頭の測水、水試料の化学分析、地下水面の測量、10カ所の水位変化の観測、ボーリング1本などを実施した。
- 3) 今後利用の対象となる水は、主として自由面地下水であり、特に市川大日河原、揖保川竜野市街地・揖保上、同支流林田川左岸太子町阿曾北方附近においては、表流の滲透部を抑えることにより工業用水源としての集水適地が見出される。
- 4) 背面平野地帯のこれら自由面地下水は、すべて化学工業用にも適する。
- 5) 臨海部では鑿井によつても量的にある程度期待できるが、海岸より1,000m幅の部分は塩分および鉄分の含有によつて質的に制約を受ける。
- 6) これらの結果を総括して調査要図1葉に図示した。

I. 緒 言

姫路市を中心とする播磨灘沿岸西播地域は、その東隣東播地域とともに、播州米の生産地帯であるが、これらの川園のなかに混つて発達したマツチ・皮革・メリヤス・醤油などの生産工業もまた古い歴史をもっており、現在も盛んに行われている。特にその臨海部における船運の便利なことは、いち早く重工業あるいは化学工業の立地を促し、昭和25年度、1,350になんなんとする西播地域既設工場の全生産額は、兵庫県下工業生産総額の40%強を占め、阪神工業地帯にやがてはとつてかわるべき工業生産地帯として、その将来性を高く評価されている。

しかるに当西播地域には、瀬戸内海沿岸共通の寡雨にして、かつ大河川を欠くという自然条件があり、さらに播州米からも容易に想像される農業水利権が根強くわだかまつているために、工業に必要な不可欠の水の確保は必ずしも良好な条件ではない。したがつて工業基地としての重要性にかんがみ、水源の対策を十分に考慮しておくことは、国家的にも必要な課題と



第1図 西播地域工業用水源調査範囲図

K. 神戸市 A. 明石市 M. 三木町
G. 加古川市 J. 北條町 N. 生野町
H. 姫路市 T. 龍野市

当該地域における調査は、ベースマップとして、25,000分の1姫路市全図(姫路市役所監修)を用い、姫路・竜野両市を含む面積は250 km²を対象として行つた。地域内における主要河川は、市川・夢前川・大津茂川・揖保川(支流林田川を含む)であり、これら表流の水と、それらにより涵養される地下水とが直接計測の対象となつている。特に利用の対象となると考えられる地下水は地域内の大部分のところ、最大深度30~35m未満の比較的地下浅層の自由面地下水および一部被圧面地下水に限られており、ほぼ全域一連の密接に関係し合つた水文単位と考えられるので、岡山県南工業用水源地域調査に採用したのと同様な方式により、地質学的立場よりする各種の計測あるいは分析を行いつつ、水資源の量的および質的構成を数量的に理解し、使用水量を考慮しつつ、開発・利用可能な水源を指摘するように努力した。

すなわち野外調査は、工場巡検、水露頭の測水、河川流量測定、透水性計測、水位および地盤の測量、電気探査、ボーリングおよび既存の各種観測資料の蒐集などを各部に分けて実施し、また研究室内における作業としては、水質分析、比抵抗曲線の解読、透水性の算定などを行つたが、別に基盤地質については、姫路工業大学助教授岸田孝蔵氏、地下水位経年観測については、同氏および兵庫県経済部商工課主事細谷太一氏ら、また透水性の計測、電気探査の一部は姫路市役所水道課長(現在水道局長)有賀茂氏らの援助をえて、ほぼその調査の目的を達することができた。

なお本地域については、本報告のほかに岸田孝蔵氏の基盤地質^{註1)}、当所物理探査部の「兵庫県西播地域工業用水電気探査報告」(地質調査所月報第5巻第1号)等がある。

考えられるので、筆者は昭和26年10月より昭和28年3月に至る期間、都合7次に亘り、通商産業技官村下敏夫・森和雄(地質部)・金子純・本間一郎(物理探査部)・小池正八(技術部)らの協力により、延べ400人日を要して調査を試み、工業用水源確保の対策樹立に当つて参考となるべき事実を究明したのである。

本報文はその調査および研究の結果をとりまとめたものである。

II. 調査の規模および方法

当該地域における調査は、ベースマップとして、25,000分の1姫路市全図(姫路市役所監修)を用い、姫路・竜野両市を含む面積は250

註1) 岸田孝蔵氏の基盤地質篇は、兵庫県工業用水調査関係資料の一部として発行される予定である。

III. 地 質

III. 1 基盤山地の地質概略

調査関係地域においては、その北部一帯に稜線を樹枝状に分布し、南北方向に連亘する山地があり、これらは地域南部に至るに伴い漸次高さを減じ、海拔 200 m 未満の不規則に断続した山地・丘陵となり、その一部は平原中に孤立したいくつかの島嶼状となつて分布している。

これらの基盤山地は、

- a. 古生層と推定される珪岩層および石灰岩塊を含む粘板岩および千枚岩の累層
- b. a を貫ぬく閃緑岩
- c. 第三紀層と推定される凝灰岩および凝灰角礫岩の累層
- d. a, b および c を貫ぬく粗面岩

など、各種の地質をもつて構成されており、その分布の大体の連続方向は $N 70^{\circ} W$ で、一定の傾向を示してはいるが、露岩の精細な分布は著しく複雑である。

これらの基盤地質の詳細については、姫路工業大学助教授岸田孝藏氏により報告されるが、特に水理地質的に関係のあるとみられる断層の存在も認められず、本論にあつては、いずれも不透水盤として一括して取扱いうる。附図に不透水盤表面形の概略が示されている。

III. 2 平原部の地下地質

市川・夢前川・大津茂川・林田川および揖保川各川の流域に沿い、基盤山地に直接接し、外観上沖積低地と推定される低平地が分布している。ほとんど實際上、これらは播磨平野の一部を構成し、明瞭な地形上の不連続を示さずに、播磨灘に臨む海岸平野に連続している。しかしやゝ詳細に検討すれば、これは低平地の大半は、市川・揖保川などの現存河川に沿うて分布する著しい礫質の低平地と、これと 3 m 以下の僅かの比高差をもつて境する別の種類の堆積層とにより、でき上つていることが理解される。

3 m 以下の僅かな比高差をもつて境する別の堆積層は、地表面におけるその露頭より推定すればかなり高度の粘土質の砂礫層が主体をなし、そのなかに含まれている礫片は、各現存水系ごとに異なつた特徴を有し、流水の状況により敏感に相を異にした堆積物であることを物語つている。

川敷地附近における礫質の著しい部分 (R-G 層と略示する) と、この低位の段丘として分布する粘土質砂礫層 (T-G 層と略示する) との区別は、市川筋では地形的にかなり明瞭であるが、夢前川・揖保川筋に至るにつれ、地形的に慎重な観察を必要とするほど漸次比高差が小さくな

っている。しかし地上電探により得られた比抵抗曲線では、その区別が鮮やかに示されており、前者 R-G 層が $100,000 \sim 300,000 \Omega\text{-cm}$ の範囲、後者 T-G 層上部は $20,000 \sim 60,000 \Omega\text{-cm}$ の範囲に落着いており、下部は $20,000 \sim 30,000 \Omega\text{-cm}$ 台を示している。

T-G 層は市川流域においては、その左岸側にあつて海岸線より 5 km、揖保川流域にあつては、同じく 4 km のところまで地表において観察できるが、電探によると臨海部に至つてその下側に、 $1,000 \sim 3,000 \Omega\text{-cm}$ 台の低い比抵抗値の堆積層が現われる。この低比抵抗層 (C-M 層と略示する) は、臨海部に向うほど一層低い比抵抗になるが、揖保川下流部姫路市網干区下余部・宮内附近より、広畑区広畑附近、市川下流部姫路市玉手を結ぶ線以南において、明らかに厚く分布している。

この線にそつて地下堆積物中にある種の不連続線(若干の高度差を示し、南側に下る急崖)が電探の結果予想されるが、断層か段丘崖のようなものか明らかではない。したがつてこれは附図中には示していない。

本所実施の網干におけるボーリング結果と、富士製鉄実施の広畑製鉄所東側構内ボーリング結果などを勘案すると、T-G 層と C-M 層とは、

1. T-G 層は花崗岩・斑岩・玢岩・安山岩・ホルンフェルス・凝灰岩および珪岩などの礫片を含む砂礫層(有勢)と褐色粘土層との互層。C-M 層が広畑製鉄所附近において粘土交り砂層、網干附近において細礫交りの濃褐色粘土層を特徴として区別でき、2. その境界深度は臨海部に沿い大体 $30 \sim 35 \text{ m}$ 程度で、海面下 -30 m の面がほぼそれに相当し、しかもほとんど水平に連続しているので、基盤の浅く期待される内陸側に向つての連続は、おのずから制約を受ける形になつてゐるものと推定される。

既存の鑿井孔のうち、その柱状地質断面の判明しているものは、深度 20 m 以深のものは少数であり、このほか浅い掘井戸および橋梁基礎・取入堰などのための掘鑿による R-G 層に対する深度 10 m 前後のボーリングはあるが、直接深層の地質判断には役立たない。

なお東播地域加古川市附近における既存鑿井孔の柱状地質断面と、それを基準とした電探計測結果とを総合した地質調査の結果によれば、同地域には比抵抗 $30,000 \sim 40,000 \Omega\text{-cm}$ の層 (Hm 層と仮称)、その下位に連なる比抵抗 $10,000 \Omega\text{-cm}$ 台の透水性砂礫層を挟む層 (As 層と仮称) およびそれ以下の堆積層が分布している。T-G 層はこの Hm 層に概略の組成が似ているが、地表露頭の追跡によると、T-G 層は Hm 層に比較して、その含有礫・膠結物が附近の基盤岩盤の影響を敏感に受けており、その変化著しく、市川流域においては 2~3 段の段丘を形成しており、東播に広く分布する Hm 層よりは一段と新しい堆積層と考えられる。したがつて東播地域の Hm 層が比抵抗 $30,000 \sim 40,000 \Omega\text{-cm}$ であるのに対して、T-G 層が表層 $60,000 \Omega\text{-cm}$ という値を示すのもこの間の事情によるものと推定される。しかし T-G 層の下半部あるいは C-M 層は、Hm 層そのものに相当するものかも知れない。もし C-M 層が Hm 層ならば、臨海部には Hm 層が厚く分布していることになる。比抵抗 $10,000 \Omega\text{-cm}$ 台を示す As 層およびそれ以下の堆積層は、東播曾根町附近において既に薄く、本地域にはこの下位の部分はほとんど存

在せず、これに代つてむしろ上位の部分が厚く分布しているように認められる。なお曾根町と姫路市との境界付近には少なくともある種の構造上の不連続線があり、西側が深くなっていると推定される。

以上の想定の下に附図中にこれらの堆積層の関係を示した。

物理的条件で示された T-G 層は、岸田孝蔵氏のいう香呂層に該当する。また同じく Hm 層は文献 4) にいう播磨層群上部、同じく As 層は下部に該当するが、砂および粘土を主体とした地層全体からみると、これらは現存河川に直接関連していると考えられる R-G 層を除けば、時代論は別としても物理的条件に関する限り、全体一連の堆積層とみなすのが妥当のようで、東播ではその下位の部分が現われ、これより西に移るに伴い漸次上位の層が厚く現われているものと解せられる。

IV. 水分布の概況

当調査地域の水分布の概況は、附図に示した通りであるが、表流流量の測定によると、市川・林田川・揖保川において、それぞれ $1\sim 2.5\text{ m}^3/\text{sec}$ の表流水の滲透、すなわち地下水への転化が認められ、そのほか夢前川にも相当量の地下水転化量が計測される。また測水調査および揚水調査の結果によれば、下流平野部の地下水は、その面積および蒸発量に比較してなお豊富であり、これら表流の滲透、川敷における伏流の供給を受けて、その水源が涵養されていると考えられる。

総合的にみれば、これらの供給源をも含め、地下水は比較的豊富に供給されており、土地の規模の割合には、概して豊富な方という。ただし地質に左右され、その分布は地下 30～35 m 以浅の自由面地下水および被圧面地下水であり、これ以深には少なくとも内陸部においては、好ましい可採水層が発見される可能性は著しく小さく、海岸地帯の C-M 層の分布地帯に限り、水質を考慮しないという前提の下にある程度は期待できるが、これとて東播地域とは違い良好な可採水層に乏しく、また臨海部では T-G 層中でも水質の点でクロールの含有量の大きいことが注意されなければならない。

しかし一般に、表流・地下水ともその水質は良好であり、珪酸および鉄分の比較的少ないことは、地上汚染を受けている度合の比較的少ないこととともに、良水の広範囲の分布を許している。臨海部のクロールの含有される部分も、河川の感潮部が溯上している割合には他地域に比較して狭く、クロールの著しい含有地域の幅員は、海岸線から 1,000 m 程度を超えない。

地下水面の概略の傾向は地形に準じており、比較的高い精度の測量でないとも有意義な地下水位等高線図が求められない割に、適当な間隔で適当な地下水露頭少なく、全域に亘る測定は行わなつたが、必要に応じて局部的に行つた。なおこの地域において、水位および水温の経年観測のため選んだ既設井 10 カ所の観測結果によると、市川流域の上砥堀のように、河畔では水位の年変化は小さく 0.9 m、その他では直接降雨による影響が大きく 2.4 m、水温の年較差は

第2表 西播地域水系別の消費水量 m³/sec

水源および用途別		水系別	市川	夢前川	揖保川
表流	農業用		4.64	3.437	17.1
	工業用		0.116	0	0.74
	小計		4.756	3.437	17.84
伏流及び自由面地下水	上水道		0.77	0.029	0.052
	工業用		0.27	0.088	0.947
	小計		1.04	0.117	0.999
被圧面地下水	工業用		0.082	0	0.035
		総計	5.878	3.554	18.874

第3表 西播地域水系別供給水量と消費水量との比較 m³/sec

水 量		水系別	市川	夢前川	揖保川
表流	平水量*		6	1~1.5	14~18
	低水量		4	0.5~0.8	10~12
	取水量		4.756	3.437	17.84
地下水	推定供給水量**		1.45	0.5	5.0
	消費水量		1.122***	0.117	1.034

* 農業用水との比較のため、平水量と低水量との推定値を掲げた。

** 年平均値として推定。

*** この消費水量の一部には、河畔の井戸が吸引している表流水が含まれている。

ともに10°Cである。また姫路市安室および同高岡では降雨による影響は少なく、前者は年変化3.2m、年較差8°C、後者はそれぞれ1.4mおよび11°C、また揖保川流域では上流から下流に向うに従い、年変化は漸減し2.5~1.0m、水温は通じて11°Cの較差を示している。

V. 物理計測の結果

V.1 水比抵抗

各種の水露頭について水比抵抗を測定した。その結果は多くの他地域の例と同様に、表流が最も高く、河畔の地下水、表流より距つた平野内部の地下水と、その値が漸減する傾向を示し、その減少する概略の度合は、附近地盤の透水度と関連している。

市川筋の姫路市内大日河原附近、夢前川筋の姫路市内安室附近、揖保川水系林田川筋太子町地内、同本流筋竜野市街地南方および同市揖保上附近においては、表流の水比抵抗と既設井の

それとが極く近い値を示し、これらは表流が地下水を供給している個所と推定できる。なおこれらの個所を中心として表流および下流側既設井の水位の水準測量を行つた結果は、地下水位等高線に示される通り(附図参照)、いずれにおいても表流水位の方が高く、表流より地下水が供給されている関係位置にあり、表流の流量についても次に述べるようにこれを裏書きする結果がえられる。

V. 2 表 流 流 量

附図に示した断面(a, b, c……)にあつて、表流の流量測定(各川同日測定、プライス流速計使用)を行つた。

その結果は次の如くで、これらはそれぞれその下流部の地下水供給量に大きく加算されているものと推定される。

市川(断面 a の流量)―(断面 b の流量)~1.1 m³/sec (昭和 27 年 6 月 5 日測定)

夢前川(断面 c の流量)―(断面 d の流量)~0.23 m³/sec (同上 8 日測定)

林田川(断面 f の流量)―(断面 g の流量)~2.35 m³/sec(同上 10 日測定)

なお別に揖保川本流については、建設省側の資料(姫路出張所所管、昭和 25 年 8 月、26 年 2 月および 8 月測量)によると、竜野市街地附近までの上流側では、表流は地下水の供給を受ける傾向にあり、逆にこれより下流では表流が地下水を涵養する関係を示しており、特に半田山附近より下流における地下水涵養量は冬季において 2 m³/sec、夏季においてなお 2.5 m³/sec 弱程度と見込まれる。

V. 3 大 地 比 抵 抗

商工省型・島津型およびメガーによる電探 29 測線(附図、断面 A₁……、B₁……、C₁……)、計 245 測点において計測した比抵抗曲線の総合判読の結果、次のように異なつた層が区別される。

- 1) 川畔において 100,000~300,000 Ω-cm の比抵抗を示す層
- 2) 20,000~60,000 Ω-cm、特に多くの場合 30,000~40,000 Ω-cm 台の比抵抗を示す層
- 3) 20,000~30,000 Ω-cm 台の比抵抗を示す層
- 4) 数 1,000 Ω-cm の比抵抗を示す層

このうち第 1 の 100,000~300,000 Ω-cm の層は、揚水調査によつても明らかなように、透水度の高い部分、あるいは比較的高い部分を包括しており、地質的には先に述べたように、粗鬆な礫~粗砂混り砂礫層より構成されている(R-G 層)と判断される。

第 2 の 20,000~60,000 Ω-cm の層は、同じく揚水調査の結果によると、透水度の比較的低い部分に相当し、上層一部が砂礫層で、下層の大半は粘土質砂礫層程度と判断される(T-G 層)。

次に第3層が、比抵抗 $20,000 \sim 30,000 \Omega\text{-cm}$ 台の値を示す場合は、その曲線形をも考慮すれば、多くの他の例から示されるように、比較的均一な凝灰岩質のものを一応推定させる（地表露頭との関連では妥当な場合が多い）が、その他の値を示す場合には、不規則で直接対象の推定を行うには困難な場合が多い。

ともあれ、不透水部（必ずしも基盤岩を意味しない。少なくとも可採水を含むことがほとんど考えられない部分）との境界面附近に、多くの場合、比抵抗曲線の下降部と上昇部との間の反曲点が認められるか、または少なくとも曲線形が落ち着き出す点が読み取られる。

第4の数 $1,000 \Omega\text{-cm}$ 台の層は C-M 層であり、東播地域の地質関係よりすれば、As 層相当層の連続部とも考えられるが、比抵抗は As 層が、臨海部近くでもなお $10,000 \Omega\text{-cm}$ 台で、しかも塩水の侵入極めて不活潑であるのに対し、当地域における C-M 層が粘土質とはいえ、砂または礫の層（地域内姫路市広畑区附近で砂に富み、以西において礫に富む）で全体としてそれほど低い比抵抗を示す組成でないのに、 $1,000 \sim 3,000 \Omega\text{-cm}$ 台という値を示すのは、現実にある程度塩水を伴うことをも考慮すれば、少なくとも背面からの淡水の供給に大差がない限りにおいて、As 層の連続とみるより As 層とは物理的組成の違う T-G 層、あるいは Hm 層の連続部が地表・地下ともに低い比抵抗値を示すに至つたとする方が妥当のようである。

V. 4 堆積層の透水性

調査断面における地下水の通過水量を算出するために、揚水試験による透水性の測定を行つた。測定した井戸は工業用・上水道用・防火用・灌漑用の既設井がその主なもので、自由面井戸と一部被圧面井戸とがあり、自由面井戸の型式・構造は井筒のものが多数を占める。したがつて揚水試験における公式には

1. 井戸底から湧出する場合
2. 井戸の側壁および井戸底から湧出する場合

の2つの場合があつて、電気探査その他の地質資料に基づいて、個々の井戸に適合した公式を用い、水位降下による測定だけでなく、ノツチの使用困難な井戸では水位回復による揚水量の測定により吟味を行つた。かくして揚水調査井の総数は、市川流域で13眼、夢前川流域で24眼、揖保川流域で9眼、計46に達した。

揚水試験から算出した透水性係数(以下Kなる記号を用う。単位 m/sec)を大別すると、自由面井戸では、

- a. 大地比抵抗が $100,000 \Omega\text{-cm}$ 以上を示す部分は、 $0.007 \sim 0.037$
- b. $20,000 \sim 60,000 \Omega\text{-cm}$ を示す部分は、 $0.0022 \sim 0.0047$

に区別される。a は現川敷あるいは旧川敷にあたり、主として伏流水を収水している井戸、b

第4表 各調査断面における物理計測および試算結果

断面番号	断面所在地名	A-1	A-4	B-1	B-2	B-4	B-8	C-2	C-4	C-7	C-8	C-12	備考
	保城	大日河原南	上手野	安室	北今宿	山崎	北竜野	富永	宮脇	井上	沖代		
断面	510	175	618	175	1470	1600	700 × 10 ⁶						
断面	1560	0.457	23	5	23	1/240	1/250	1/250	1/240	1/300	1/300		
断面	418 × 10 ⁶	150 × 10 ⁶	2.0	4.5	1.0	2.0	2.0	4.0	2.0	1.5	1.5		
断面	0.95	2.0 ±	2.0 ±	3.0 ±	2.0 ±	1.5 ±	2.0 ±	2.0 ±	2.0 ±	1.5 ±	1.0 >		
断面	24	3,000	3,000	4,100	3,000	2,400	8,100	13,500	25,000	26,500	33,800		
断面	1/200	{ E 1,750 W 2,800 }	3,000	2,800			3,400	10,000	12,000	1,800	2,500		
断面	2.5	0.00835	0.0175	0.0145	0.0133	0.0116	0.037	0.018	0.018	0.0073			
断面	2.0 ±	0.0037	0.00337	0.00765	0.00765	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0045	0.0045		
断面	5,500	{ E 0.05 W 0.084 }	0.35	0.174	0.16	0.1	0.52	0.72	0.86	0.0438			
断面	2,000	0.0648	0.18	0.04			0.1	0.04	0.23	0.3690			
断面	2,000	0.15	0.334	0.22	0.16	0.1	0.62	0.76	1.10	0.42	0.45		
断面	市川水系	夢前川水系	大津茂川	揮保川水系	林田川分								
断面	545	190	50	780	100								
断面	48.2	23.2		64.5									
断面	0.0006	0.0003		0.001									
断面	全集水面積	調査断面下洗部面積	{ 直上雨量中, 0.5 mm/日平均が滲透地下水に加わるとしてのその量	滝保川流量	竜野	余部	滝	低	洪	800	450		
断面	m ²	m ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s

第 5 表 西播地域水

採 水 場 所	水源の 種 類	水位 m	深度 m	水温 °C	Cl ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ "
1 姫路市内 市川橋	川 水			18	18	0
2 " 山陽皮革 K.K.	浅井戸	3.07	5.20	21.6	9	0
3 " 日本フェルト K.K.	"	2.70	7.20	20.5	14	0.2
4 " 日本レーヨン K.K. 姫路工場	"	3.40	5.00	19.8	22	0
5 " 日輪ゴム K.K. 姫路工場	深井戸		36.00	19.2	30	0.5
6 " あさしお酒造 K.K.	掘 抜			19.5	38	0
7 " 豊沢町	浅井戸				22	0
8 " 敷島紡績 K.K. 飾磨工場	"	3.80	7.60	16.5	95	0.3
9 " "	深井戸		30.00		125	0.3
10 " 山陽製鋼 K.K.	浅井戸	1.75	9.00	16.6	468	0.3
11 飾磨郡四郷村 K.K. 水瀬皮革	"		7.37	17.5	134	0
12 姫路市内 才崎橋	川 水			19.0	20	0.7
13 " 広畑小学校	浅井戸			19.0	19	trace
14 " 勘兵衛新田東垣内	掘 抜			16.2	37	0.3
15 " 今 宿	湧 水			17.3	12	0.2
16 " 岡 田	"			17.3	22	trace
※ 17 竜野市内 長 政	川 水			21.2	10	0
18 " 竜野橋	"			17.0	7	0
※ 19 " "	"				7	0
※ 20 " 東丸醤油 K.K.	浅井戸			16.6	9	0
21 " 小宅小学校	"			17.5	8	0.3
※ 22 " 揖保川旧川敷	"			17.0	9	0
※ 23 " 富 永	"			12.4	12	0
24 揖保郡揖保川町兼松羊毛 K.K. 竜野工場	"		8.0		10	2.8
25 " "	深井戸		30.0		13	trace
※ 26 竜野市内 揖保上	湧 水			15.0	9	0
27 姫路市内 富士製鉄 K.K. 広畑製鉄所上川原水源	伏流水			19.1	9	0
28 " 東芝電気 K.K. 橋麿余部工場	浅井戸	1.70	5.35	17.0	12	trace
29 " 上 余 部	湧 水			18.5	11	0
※ 30 揖保郡御津町滝川セルロイド水源池先	川 水			21.5	9	0
31 姫路市内朝日中学校	浅井戸		6.0	16.7	16	0

註 1. 採水時は 1951-XI. ただし※は 1952-VI. 2. 全 Fe の少ないものは

はその他の層から直接地下水を収水している井戸である。したがってこれらは、それぞれ堆積層の物理的組成による相違に基因しているものとみて宜しかろう。なおこれを流域別にみると、

1. 市川流域 K の大きな値を示す a に相当するものは、0.007~0.0084, b に相当するものは、0.0022~0.0056 で、姫路市街地においては、0.0033~0.0044 の範囲のものが多い。
2. 夢前川流域 安室~今宿においては、0.013~0.0178 で高い部分に相当し、特に 0.014~0.017 が多い。才崎橋附近では、0.0023~0.024 で、0.0116~0.014 のものが多い。
3. 揖保川流域 a の部分は 0.018~0.037 で、b に属するものは 0.0045~0.0047 の著しく

質分析結果

SO ₄ ''	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	全 Fe	Ca''	Mg''	全硬度 ドイツ 硬 度	永久硬度	KMnO ₄ 消費量 mg/L	T.S.M.	比抵抗 Ω-cm
''	''	''	''	''	''	''	''	''	''	''
18	12	2	trace	20	4	2.6	1.9	3.9	117	12,000
17	14	3	trace	16	4	2.1	1.6	1.3	88	7,800
20	9	1	0.1	28	5	3.5	2.3	6.7	70	6,200
30	5	1	trace	30	10	4.4	3.9	2.7	155	6,400
35	14	2	0.2	52	13	6.1	4.8	11.5	217	3,200
36	15	5	trace	42	11	5.7	5.2	2.7	211	3,200
12	13	2	trace	34	6	4.3	2.7	1.3	165	
35	20	5	0.1	47	24	8.0	6.8	10.4	347	2,200
16	14	4	trace	53	20	8.1	7.3	9.8	394	2,400
35	20	8	0.8	44	82	15.8	15.5	7.6	1,110	720
35	27	4	trace	115	33	16.0	15.3	7.7	530	3,800
12	14	2	trace	21	6	3.0	1.9	5.4	114	10,800
14	10	2	trace	31	18	5.6	3.0	5.7	135	5,400
16	15	11	3.2	18	19	4.4	3.7	3.9	195	5,600
12	16	3	trace	20	7	3.0	2.1	13.0	110	15,000
20	28	3	trace	22	5	2.9	2.6	10.1	132	9,600
0	14.8	2.5	0.8	11.3	2.1	2.06	1.92	2.0	86.6	9,800
6	7	0.5	trace	12	3	1.6	0.8	8.4	52	9,200
5	10.8	1.3	0.3	5.6	1.2	1.06	0.96	0.5	46.3	17,200
0	9.8	1.3	0.3	5.2	1.1	0.98	0.96	9.8	53.8	15,600
8	12	3	trace	19	6	2.7	1.7	1.3	71	16,000
4	16.8	2.5	0.4	6.2	1.1	1.12	0.96	6.0		
5	9.3	1.3	0.8	5.4	1.4	1.08	0.96	3.8		14,400
7	3	0.5	trace	17	3	2.1	1.1	6.4	38	8,000
6	12	3	trace	18	12	3.4	2.3	1.3	68	
5	10.5	1.3	0.4	6.4	1.2	1.18	0.96	14.1	72	14,000
14	13	5	trace	23	6	3.1	2.7	5.4	105	6,000
18	13	4	trace	22	8	3.4	2.9	9.0	139	8,400
12	17	1	trace	21	7	3.1	2.6	13.0	133	7,400
4	10	1.3	0.6	6.8	1.1	1.2	1.1	5.0		17,200
16	11	4	trace	35	13	5.3	3.9	3.9	187	4,800

比色法にて，他は重量法にて行う。

分析者 技官 牧 眞一・米谷 宏

均一な値を示す。特にこの附近については電探結果によると均一度の高い地質条件を示しているが，この事実とよく一致している。

4. 臨海部 0.00021~0.0015 の小さい値である。

なお既存被圧面井戸のKは，0.0068~0.007 で比較的大きい。

V. 5 調査断面における試算および計測

平原部における表流の地下水転化量と別に，それより上流部における表流と地下水流動量の

概略を把握するために、岡山県南調査事例に倣い、表流が平原部に現われる直前に抑えられるよう、調査断面を選定し、各種の既存資料に基づく試算、実測に基づく算定を行い、ほぼ第2~4表のような結果を得た。

ただし調査地域内における観測記録として利用できる表流の流量経年観測記録は求められなかつたので、市川水系においては西川辺、夢前川水系においては広・置塩・鹿谷、また揖保川水系においては潤賀・新宮の各量水所の観測記録を中心とし、これに既存の雨量観測結果を織り込んで試算した。

VI. 水質の概要

西播地域の表流の水質は、中国地方のそれに近い比較的良好な部類に属する。

この地域の主要な用水の供給源となつている市川・揖保川を比較すると、量・質ともに後者の方が恵まれている。市川は硫酸イオン(SO_4^{2-})が20 mg/Lあり、これは他の表流にみられない特徴で、揖保川の4倍に相当し、特に姫路市内においては、製紙・皮革などの工場廃水によつて、これがさらに汚染されている現状である。

市川・夢前川流域の自山面地下水は、直接表流の滲透を受けているところでは、表流の水質と大差なく、姫路市内今宿・岡田・町坪・玉手などの湧水は、夢前川に近い水質を示し、夢前川の滲透水の影響が強く現われている。姫路市街地では都市汚染を受け、特にその下水の排水路にあたる三左衛門堀一帯は、工場廃水の影響を強度に受けている大日河原の一部とともに、鉄分が著しく多量で、かつガスの発生が甚しく、飲用不適に属する。

揖保川の水質は、10月と6月との分析結果によると、クロールイオンおよび硫酸イオンはともに10 mg/L以下ではほとんど変化はないが、石灰と苦土の量は10月が多くて6月の2~4倍あり、過マンガン酸カリ消費量は逆に6月が多い。これは水田用水と関係があるように推定される。

林田川も下流部では、皮革の工場汚染を受けている。しかし全体として揖保川・林田川流域では、相当量の表流・伏流が供給されているので、地下水の水質は一般に表流のそれと大差なく、湧水もまた良質である。

海岸地帯の地下水は海水の干満と密接な関係があり、この地域全体にわたり、海岸線より約2,000 m以内においては、海水あるいは潮風の影響のため水質の不良化が認められる。そのため鉄分はかなり内側にも多量に含まれ、飾磨周辺・勘兵衛新田などはその影響が特に顕著である。

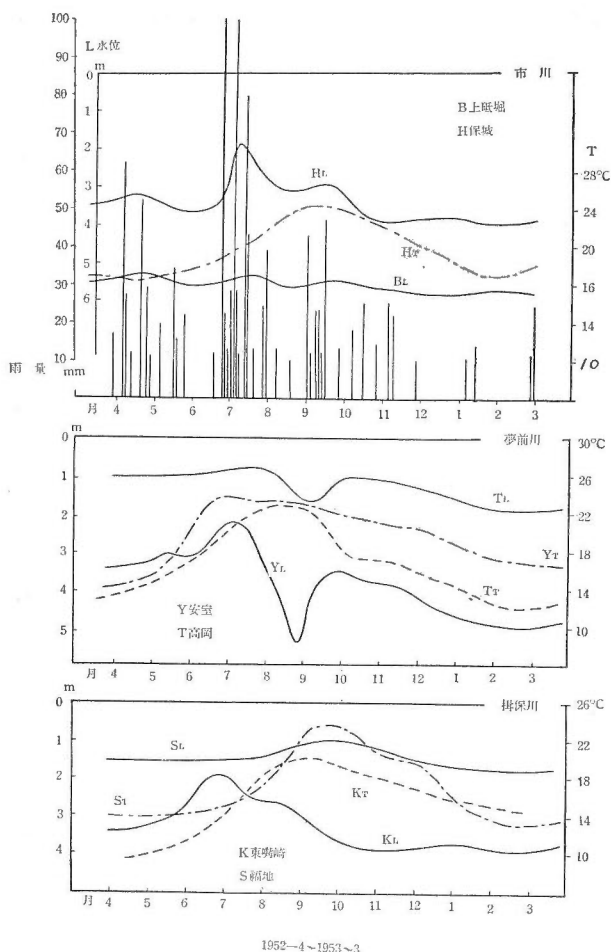
臨海部の被圧面地下水は、自山面地下水ほどには汚染を受けていないが、クロールは一般に自山面地下水より多く、また鉄分は自山面地下水と同じ程度に含有されている。ただし網干に

において当地質調査所の作業により得られたボーリング孔（附図中ボーリングと示してあるもの）では、深度 40 m 以浅の部分において、クロール・鉄分ともに深部ほど含有量少なく、浅部ほど増加する傾向を示していた。

VII. 地下水位観測結果について

市川水系右岸姫路市内に 3 カ所、夢前川水系左岸姫路市内に 2 カ所、揖保川水系本流左岸竜野市内および太子町内に計 5 カ所、都合 10 カ所の既設自由面井戸について水位および水温の 5 日ごとの観測を計画し、1952 年 4 月より現地依頼の形式で実施している。

これらの観測点および観測担当者等は第 6 表、また 1953 年 3 月までの観測結果の概略は第 2 図に示した通りである。現在 1 カ



第 2 図 地下水位および水温の変化
(雨量は姫路測候所の資料に基づき 10 mm 以上のを示した)

第 6 表 地下水位観測点

	水系	所在市町	所在字	所在箇所	観測者氏名	備考
イ	市川	姫路市	上砥洲 830	生野橋際	小西 富雄	堤防まで 21 m, 流水部まで 87 m
			保城 743		上村 正福	
ハ	夢前川	"	坊主町	永井教会	永井 貞雄	姫路市水道局長期観測井
ニ			田寺		小暮 喜秋	
ホ	揖保川	竜野市	今宿	市立高岡小学校	飯塚 清司	堤防まで 50 m, 流水部まで 150 m
ヘ			東嘴崎		石井 欣一	
ト	"	"	富永 3 丁目	丸尾常治宅	北山 巖	
チ			長実		黒田 信司	
リ	"	"	西構	揖保中学校	森田 潔	
ヌ			太子町		福地	

年分で、解析するにはなお十分な記録とはいえない状態であるが、一応次のようなことが理解される。

VII. 1 市川流域

- 1) 3カ所のうち表流に近い上砥堀の水位変化は年間1m弱であるが、保城・坊主町に至つて2~2.4mに達する。
- 2) 一般に直上の降雨に影響される傾向が大きい。
- 3) 6月下旬には最低水位を示し、また冬の溺水は11月に始まり、2月初旬にその極大が認められる。
- 4) 水温は上流の方が低温であるが、その年変化は滑らかで、年較差は10°C。
- 5) 地下水波^{註2)}の伝播速度は明らかではない。

VII. 2 夢前川流域

- 1) 2カ所ともに水位は豊満、滑らかな変化曲線を示し、直上の降雨の影響を受ける度合は比較的少ない。
- 2) 水位の年間変化は、上流側安室で3.2m、下流側高岡で1.4m。
- 3) 水位低下の極大は、8月下旬~9月初旬と1月下旬~2月初旬に認められる。
- 4) 水温は6~9月の期間に高温を示すが、上流側の方が早く、より遅くまで高温を示す。
- 5) 地下水波の伝播速度は、2観測井間に関する限り約170m/日である。

VII. 3 揖保川流域

- 1) 5カ所の水位変化は、概して上流側ほど不規則で、降雨の影響を受ける割合が大きい。
- 2) 水位の年変化は、上流側観測井より下流側観測井に至るにつれ、2.5~1.0mの間で、漸次小さくなる。
- 3) 水温の最高は9月および10月初旬、年較差は11~12°C。
- 4) 竜野市富永の観測井のみは、表流に近いため、その滲透の影響を受け、水位および水温ともにやゝ異常を呈している。
- 5) 地下水波の伝播速度は、明瞭には示されていない。

註2) こゝにいう地下水波とは、極大あるいは極小水位の移行を指しているものとする。以下同じ。

VIII. 水の量的分布の総合判断

市川の表流は、姫路市西中島以南において右岸に向つて相当量滲透し、濁水位を考慮してなおその総量は少なくとも $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上に達しており、上流からの伏流水および安室附近を通過してくる夢前川の滲透水とを合すれば、年間を通じ平均 $1.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度が下流平野部に向い供給されているものと推定される。市川下流部の堆積物中における利用可能な地下水貯溜量は、推定 $80 \sim 100 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度で、数字に関する限りでは、同水系全流域年間総降雨量の約 $1/10$ 、上述推定注入水量が年間平均値と仮定して、1年分の注入水量を算出した場合の約2倍弱の程度に相当する。

夢前川は比較的上流部の安室附近で、やや著しい滲透地帯があり、それ以下では表流自体の伏現激しく、菅生川合流点以下はやや落ち着くが、山崎附近において $0.3 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の地下水流動量が期待される。

揖保川水系においては、支流林田川が姫新線鉄橋下流において $2 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の滲透が期待され、また本流筋には少なくとも竜野市街地東側および竜野市揖保上北方とにおいて、合計 $2 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の滲透が予想できる。本流筋上流よりの伏流は必ずしも多量を期待できないが、これに直接の雨による滲透水を合して、また湧水吐出量を減算して、下流平野部において濁水期を考慮してなお $4.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の地下水供給可能量が推定される。揖保川下流部の地下水貯溜量は $120 \sim 150 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度で、同水系全流域年間総降雨量の約 $1/10$ 、上述推定注入水量の1年分にほぼ相当する。市川・揖保川などにおける雨量に対する貯溜量の比は、全国各水系の一般からいつて小さいが、注入水量に対する貯溜量の比は瀬戸内沿岸の狭少な平野部の割には大きく、水理地質的に地下水を受け入れる能力に富んでいることを示している。臨海部の堆積層は全体として市川および揖保川下流部が砂礫に富み、特に揖保川下流に厚く、夢前川下流部が砂に富む層よりなり、これらを通じて地下水利用限界は概略 $500 \times 500 \text{ m}$ に $1,000 \text{ m}^3/\text{日}$ の揚水井1本を設ける程度と見込まれる。

しかし臨海部に向つて供給される地下水は、T-G層の部分をさけ、R-G層に沿つて南下しており、一部が透水性のR-G層中に拡散している状況が推定される。したがつて水源選定に当つては、

- 1) 臨海部の深度 $30 \sim 35 \text{ m}$ 程度までの鑿井水源は、水量の点では比較的余裕があるが、水質の点で塩水濃度の高いことを警戒しなければならない。なおこれ以深にはほとんど期待できない。
- 2) 市川水系においては、大日河原附近において $20,000 \sim 30,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 。
- 3) 揖保川水系においては、竜野市街地日飼附近で $20,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 、揖保上附近で $30,000 \sim$

50,000 m³/日 の捕集が、濁水位をも見積る限りぎりぎりの線として可能であろう。

2 および 3 のいずれも表流の滲透部に相当し、ある程度以上に多量の集水は下流側への地下水供給を絶ち、その水位低下を生じることが必至であるが、上述の水量程度であれば、若下の表流水の呼び込みも考慮して、さしあたり著しい被害を与えずに捕集できる安全圏内にある数値と推定される。

4) 揖保川水系の林田川については、C-8 測線南側附近において集水渠式に施設すれば、ある程度捕集が可能であろうが、下流における農業用水および地下水利用を考慮して、20,000～30,000 m³/日に止めるのが望ましいであろう。

なお集水施設は技術的に慎重な研究を要する。

5) また 2～4 のような適地のほかに、夢前川にあつては、B-1 および B-2 測線附近および B-8 測線附近においては若干の集水可能量があり、また上述 2～4 に述べた適地においても、ある程度の影響を与えることを是認するような条件つきならば、さらに相当量上廻る集水量が見込まれるであろう。

西播地域工業用水源調査要図の説明

調査結果を附図に示した。

その 1 (黒色)： 調査測点・透水断面および使用水量

本図は水露頭調査点、表流流量測定箇所、電探および透水性調査断面 および既設用水源の消費水量のすべてを示している。

このうち 29 の調査断面は、電探と揚水調査との結果を総合して作製したものであり、断面図中の黒色部は比抵抗 100,000～300,000 Ω -cm、揚水調査によつて求めた K の値がほぼ 0.007 m/sec 以上の部分、縦線部は比抵抗 20,000～60,000 Ω -cm、同じく K の値は 0.007 m/sec 以下の部分、さらにまたこれらの下側に記されている実線は不透水性基盤表面を示し、その間の白色部は利用可能な地下水を含有しないと推定される部分を表わしている。灰色部および縦線部にあつては地下水面上の部分および 中間に挟まれている不透水層の部分をも一括して示しているから、有効透水断面は図から読み取られる断面積より 20～40 % かの小さい値である(第 4 表参照)。なお本図に示した農業用水使用は大部分表流水である。

その 2 (茶色)： 地下水面・不透水盤表面形および地質断面。

茶色の部分には主として地下水面、電気探査の結果から推定される不透水盤の表面形、ボーリングおよび鑿井結果と電探結果とから求めた地質断面を示している。ただし地下水面は揖保川地区は 1952 年 5 月のものであるが、市川地区は南部と北部で異つた時期に実測されている関係上、大局的には大きな狂いはないが正確なものとはいへない。しかしいずれも地下水調査の基本となる図であり、特に地質断面は容水盤の堆積関係の理解に際して参考となる。

その 3 (緑色)： 地下水の滲透経路、水質および水源適地

紫色の部分にはまず T-G 層の地表分布と水露頭において測定した水比抵抗等値線を記入してある。水

比抵抗は地質のおよび気象の因子により変化し、水中の電解質の運動に左右されて認められるものと考えられる。測定は3季に亘り行つてあり、その変化を示すため変化量の多い表流に近い部分の等値線には値を記入せず、変化量の少ない下流部の等値線にはその値を記入した。概略の形は季節的に著しい変化を生じないから、矢印で示した地下水流動方向は大局において正しいものと考えられる。

水源適地は集雨的に集水しうる比較的安全な場合のみに限り、かつ示してある捕集可能見込水量は他に著しい影響を与えずに比較的安全に捕集しうると推定される水量である。

なお本附図には、塩分(クロールの含有量概略100 mg/L以上)および鉄分(全 Fe として含有量概略1.0 mg/L以上)によつて、水質不良となつている部分および表流の感潮限界と測水調査結果から推定した被圧面地下水分布地帯とが示されている。

西播地域工業用水源調査要図のなかに示した29地質断面中、次の10断面についての電気探査関係の報告は、物理探査部提出の「兵庫縣西播地域工業用水電気探査報告」(地質調査所月報第5巻第1号)に詳述されている。

同報告書中の測線番号は、次のような関係で、当報告書中の断面番号に該当する。

第 I	測線	～	当報告書の	C ₁	断面
II	〃	〃	〃	C ₃	
III	〃	〃	〃	C ₇	
IV	〃	〃	〃	C ₃	
V	〃	〃	〃	C ₁₂	
VI	〃	〃	〃	C ₉	
VII	〃	〃	〃	C ₁₀	
VIII	〃	〃	〃	C ₁₁	
IX	〃	〃	〃	A ₇	
X	〃	〃	〃	A ₈	

参考文献および資料

- 1) 巨智部忠承：20万分の1地質図赤穂 地質調査所 1894
- 2) 雨量報告 1921～40, 中央气象台 雨量報告 1941～52 姫路測候所資料
- 3) 姫路市水道誌 姫路市役所 1930
- 4) 鹿間時夫：明石層群について 地質学雑誌 Vol. 43 No. 515 1937
- 5) C. F. Tolman: Ground Water 1937
- 6) W. G. G. Cooper: Electrical Aids in Water Finding; Nyasaland Geological Survey Bulletin No. 7 1950
- 7) 兵庫県播州平野天然ガス調査報告書 地質調査所大阪駐在員事務所概査資料 No. 602
- 8) 播磨特定地域総合開発計画書 兵庫県 1951
- 9) 播磨特定地域総合開発計画の解説書 兵庫県知事室 1951
- 10) 兵庫県産業開発資料西播地区 兵庫県 1951
- 11) 揖保川河水統制事業計画大要 兵庫県 1951
- 12) 揖保川下流部河川縦断方向流量図表 建設省大阪地建姫路出張所資料 1951

Résumé

**Report on the Investigation of the Ground Water Source for Fabric
Industry of West-Banshu Area, Hyōgo Prefecture**

by

Nobuo Kurata

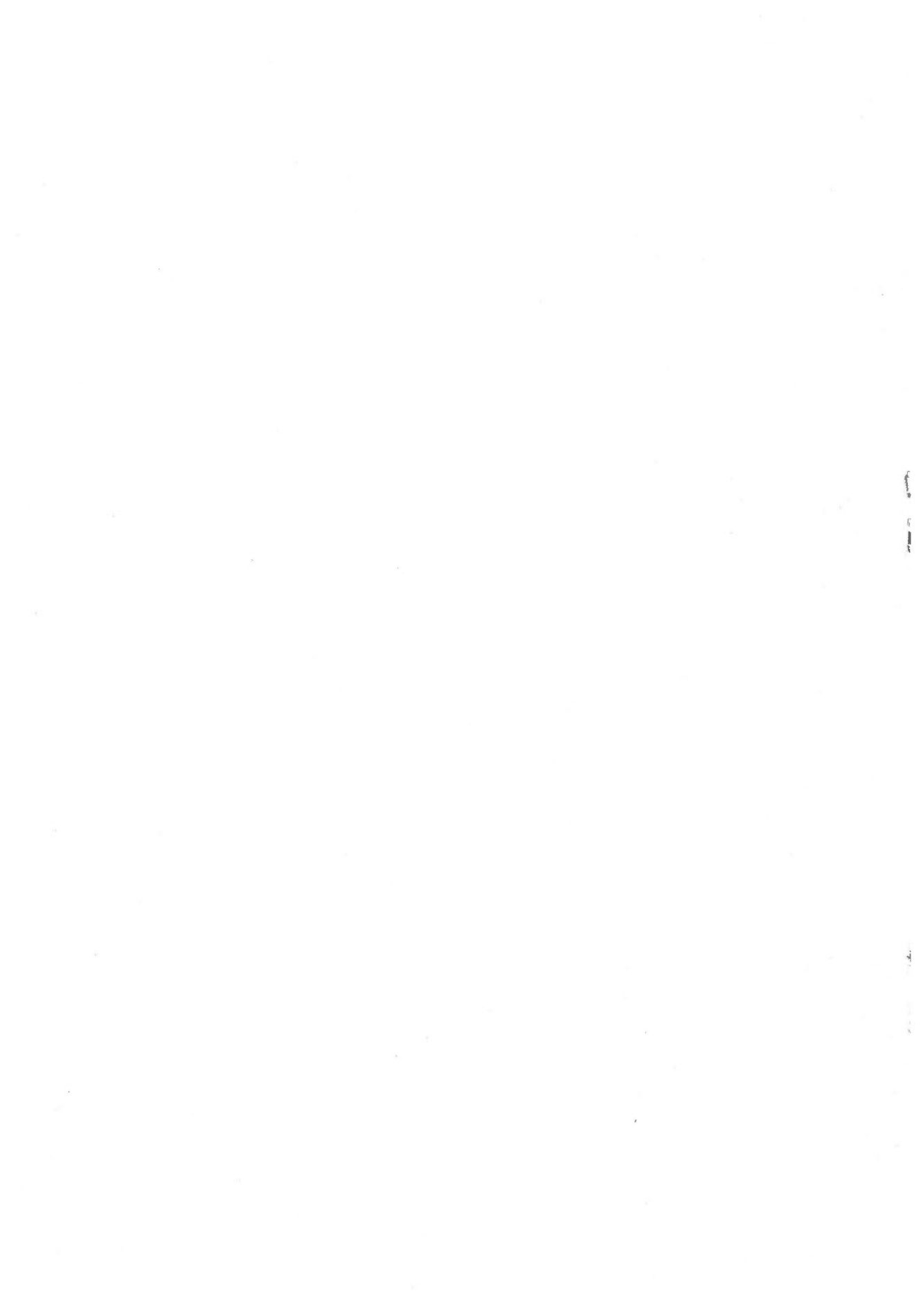
Ground water is utilized extensively in West-Banshu area for fabric industry and public water supply. But these ground water should be ingeniously developed from the view point of conservation of water resources.

Then the investigation on which this report is based lasted from September 1951 to March 1953 in minute examination on the distribution of water in quality as well as in quantity in trying every possible means.

In this area the plentiful quantity of surface water permeates down to the riversides of the Ichikawa, the Yumesaki and the Ibo. Therefore the free ground water in these places are worthy in selecting as the water source for industry.

The chemical properties are generally good. On the coastal zone, the confined water are available in quantity but not quality.

The results of this investigation are shown in the sheet of main map.



The Geological Survey of Japan has published in the past several kinds of reports such as the Memoirs, the Bulletin, and the Reports of the Geological Survey.

Hereafter all reports will be published exclusively in the Reports of the Geological Survey of Japan. The currently published Report will be consecutive with the numbers of the Report of the Imperial Geological Survey of Japan hitherto published. As a general rule, each issue of the Report will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated in each Report.

- A. Geology & allied sciences
 - a. Geology.
 - b. Petrology and Mineralogy.
 - c. Palaeontology.
 - d. Volcanology and Hotspring.
 - e. Geophysics.
 - f. Geochemistry.
- B. Applied geology
 - a. Ore deposits.
 - b. Coal.
 - c. Petroleum and Natural gas.
 - d. Underground water.
 - e. Agricultural geology.
Engineering geology.
 - f. Physical prospecting,
Chemical prospecting & Boring.
- C. Miscellaneous
- D. Annual report of progress

Note: Besides the regularly printed Reports, the Geological Survey is newly going to circulate "Bulletin of the Geological Survey of Japan" which will be published monthly commencing in July 1950.

本所刊行の報文類の種目には従来地質要報・地質調査所報告等があつたが、今後はすべて刊行する報文は地質調査所報告に改めることとし、その番號は従来地質調査所報告を追つて附けることにする。そして報告は1報文につき報告1冊を原則とし、その分類の便宜のために次の如くアルファベットによる略號を附けることにする。

- A 地質およびその基礎科學に關するもの
 - a. 地質
 - b. 岩石・鉱物
 - c. 古生物
 - d. 火山・温泉
 - e. 地球物理
 - f. 地球化學
- B 應用地質に關するもの
 - a. 鉱床
 - b. 石炭
 - c. 石油・天然ガス
 - d. 地下水
 - e. 農林地質・土地地質
 - f. 物理探礦・化學探礦および試雜
- C その他
- D 事業報告

なお刊行する報文以外に、當分の間報文を謄寫して配布したものに地下資源調査所速報があつたが、今後は地質調査所月報として第1号より刊行する。

昭和 29 年 3 月 10 日印刷

昭和 29 年 3 月 15 日発行

著作権所有 工業技術院
地質調査所

印刷者 向 喜久雄

印刷所 一ツ橋印刷株式会社



REPORT No. 160

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Katsu KANEKO, Director

REPORT ON THE INVESTIGATION OF
THE GROUND WATER FOR FABRIC
INDUSTRY OF WEST-BANSHU
AREA, HYOGO PREFECTURE

BY

Nobuo KURATA

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-cho, Kawasaki-shi, Japan

1954