

富山県早月川扇状地の地下水
 ——扇状地における水の浸透および流動機構について——

菅野 敏夫* 岸 和男* 阿部 智彦**

Ground-water Resources of Hayatsuki river Fan, in
 Toyama Prefecture

By

Toshio KANNO, Kazuo KISHI & Tomohiko ABE

Abstract

Hayatsuki river fan is located in the northeastern part of Toyama prefecture and has an area of about 30 square kilometers. The Hayatsuki river, which has average runoff of 12~17 cubic meters per second, runs near the northern boundary of the fan.

The fan deposits of the northern half are composed of gravel with cobble and sand. The deposits of the southern half are alternated sand and gravel beds with sandy clay beds. The thickness of the northern fan deposits is 50 m in the upper part, and in the lower part, is more than 100 m.

Artesian conditions are present in the southern half of the fan. The depth of artesian aquifers is 30~100 m.

The investigations of surface water in the fan area was carried out in 1965 and 1966. Recharges from stream flow and irrigation water are 3~4 cubic meters per second, and discharge from the deposits is 1.3~1.8 cubic meters per second. Therefore, 1.5~2.7 cubic meters per second may run away to the sea.

The specific resistivity of the surface water shows 18,000 Ω -cm, the water of the spring zone 9,000 Ω -cm, and the water of the flowing wells 6,000~10,000 Ω -cm.

The quality of the ground water is generally good. But in the southern part of the fan, some ground waters are rich in iron ions.

The estimated safe yield in this area may be about 50,000 cubic meters per day.

要 旨

本報告は早月川扇状地における地下水の供給、流動、排出について主として量的、質的な見地から検討を行なったものである。

早月川扇状地は富山県の北東部に位置し、面積は約30 km²である。年平均流量がほぼ12~17 m³/secの範囲にある早月川が扇状地の北寄りから北西に流下している。

扇状地の北半分は扇頂部から扇端部にいたるまでほぼ同様の堆積物であり、玉石まじり砂礫および砂層から構成されている。扇状地堆積物の厚さは扇頂部付近では50

mであり、扇中央部付近では井戸により100 mまでが確認されている。地下水は自由面地下水状態である。

扇状地の南半分は扇中央部にかけて砂まじり粘土層と砂層が互層状に堆積しているとみられる。自由面地下水および被圧地下水が存在する。深度30~100 mの自噴井が存在する。

早月川表流水およびそれから分流されている農業用水からの伏没・浸透量は3~4 m³/secであり扇状地の地下水の供給源となつている。

湧水地帯からの湧出量は約1 m³/secである。地下水供給量と湧出量との差は2~3 m³/secであり、海中への排出量とみなされる。

表流水は主としてかんがい用水に使用され、自由面地下水は工業用、上水道用として約1万 m³/day利用され

* 応用地質部

** 仙台出張所

ている。自噴性被圧地下水は家庭用に利用されている。

地下水の溶存成分は供給源である表流水の溶存成分量に較べてあまり増加せず、一般に良好である。扇状地南部の一部の地区では、浅層の地下水に鉄分が比較的多く含有されている。早月川表流水および農業用水の水比抵抗値は $18,000 \Omega\text{-cm}$ 、湧水地帯の湧水は $9,000 \Omega\text{-cm}$ 、自噴井は $6,000\sim 10,000 \Omega\text{-cm}$ を示す。

供給量、地下水位低下などを勘案した扇状地全体の安全揚水量は $5 \text{万m}^3/\text{day}$ と考えられる。

1. まえがき

1.1 調査目的と規模

わが国の地下水の主要帯水層は第四紀層であり、その面積は日本全土の約20%である。平均降水量は $1,770 \text{mm}$ で、山地部で集水された表流水は第四紀層上を流下して海に注ぐ。第四紀堆積層は大部分未固結な堆積物からなっているので、この上を通過する河川からかなりの量の表流水が伏没・浸透する。またこれらの第四紀層上ではかなりの部分で水田稲作が行なわれ、かんがい用水源として河川水を引水、栽培期間中は稲作面積全域にくまなく湛水するので、ここからの表流水の浸透もかなりの量になる。

このようにわが国においては表流水は地下水の主要な供給源になつており、非常に密接な関係をもっている。このような水理地質的、河川水文の関係にある水の浸透および流動機構についての知識を深めることは、水の問題を考へ対処するに当たつて基礎的、かつ本質的に必要な事柄である。

第四紀層の地形的形態は扇状地、沖積低地、盆地、火山山麓などにわけられる。このうち河川水と地下水の流通関係がとくに顕著である扇状地における水の浸透および流動機構を求めするために富山県早月川扇状地を選定した。

早月川扇状地は小規模ではあるが、比較的急勾配の典型的な扇状地であり日本海に面してひらけている。筆者らは昭和40年9月、41年7月の2時期について当地区における地下水の供給、流動、排出について主として量的、質的な見地から検討を行なつた。そしてこの結果により、1) 長期的に得られる水量、水質の把握、2) 水利用の資料の調整、3) 水資源開発の可能性と限界、などの諸問題についての把握を目的とした。

1.2 調査方法

主要な帯水層である扇状地堆積物の組成、厚さ、拡がりについては既存の井戸資料の収集、工場用、上水道用井戸、家庭用自噴井の調査などに基づいて検討した。扇

状地地下水の供給、流動、排出については表流流量調査と水質分析結果に基づいて論じた。

表流流量調査は昭和40年9月(ほぼ低水量にあたる)と41年7月(ほぼ豊水量にあたる)の2時期について扇状地の表流流量のある面積の範囲における増減状態の調査を行なつた。水質分析は扇状地の代表的な地下水、表流水について行なつた。流域の地質資料は富山県の富山県地質図および富山県地質図説明書(1957)によつた。

謝 辞

調査に当たつてご協力をいただいた富山県総合計画部計画課、滑川市役所に深甚なる謝意を表する。

2. 調査地域の水分布と地理的概要

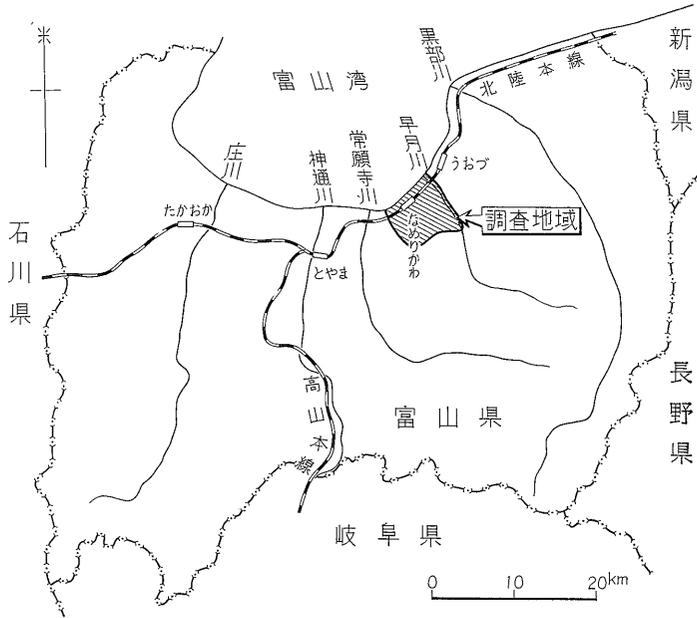
2.1 地形と水系

富山県の東の障壁は飛騨山脈の北半部であり、平行に南北に走る2つの連峰、東側の後立山連峰と西側の立山連峰に分かれている。立山連峰は南から三俣蓮華岳(2841 m)、北ノ俣岳(2661 m)、薬師岳(2962 m)、大汝山(3015 m)、剣岳(3003 m)、毛勝山(2414 m)、駒ヶ岳(2002 m)の壮大な稜線を形成している。早月川はこの立山連峰の西斜面中程、剣岳に源を発し西流し中流部付近から北西流して富山湾に注いでいる。早月川流域の北側を片貝川が、南側を常願寺川がともに立山連峰西斜面を西流し、早月川と流域を接している。

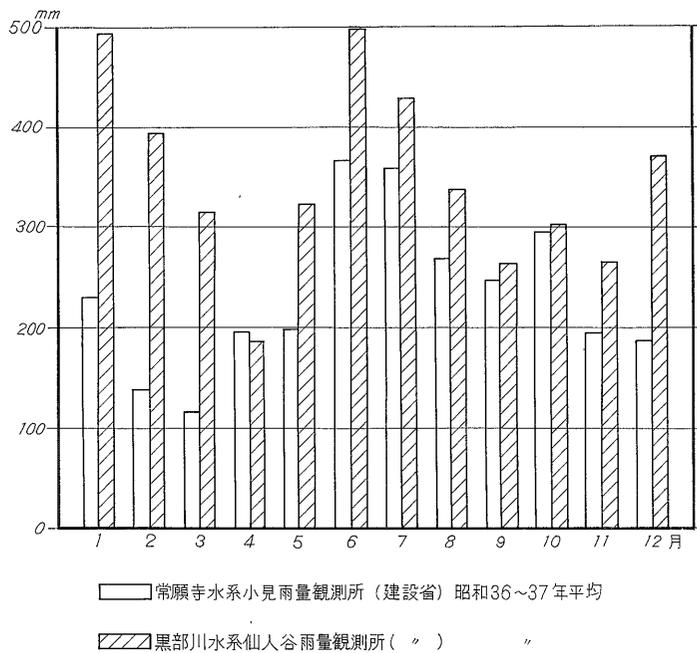
これら西流する河川は途中、立山連峰の西麓に発達する幅数 km の丘陵地帯を分割し、出はづれたところに扇状地を形成している。

早月川扇状地は半径約 5.5 km、扇頂部における標高は約 120 m、拡がりは角度にして約 70° である。扇状地の北東端は北西に流れる角川により解析された段丘状崖によつて境されている。南部は常願寺川沖積低地と接している。扇頂部から扇端部にかけての勾配はほぼ等勾配である。ただし、扇状地南部は常願寺川沖積低地と接しているため標高 20 m 以下が一段と緩勾配になつている。早月川の流路模様はほぼ直線状を呈し、流域形状は細長い。谷は深く開きさくさくV字状の形状を示している。山地部の流域面積は約 140km^2 、本流の流路延長は約 37 km である。早月川の表流水は山地部流域から扇頂部に達するまで途中いくつかの発電所で利用され、扇頂部より相当量が左右兩岸の農業用水路に分流される。扇頂部における年平均流量は $12\sim 17 \text{m}^3/\text{sec}$ の範囲にある。扇頂部から農業用水に取水される量は、昭和14~17年の資料によると年平均流量にして約 $9 \text{m}^3/\text{sec}$ である。河川の特

富山県早月川扇状地の地下水 (菅野敏夫・岸 和男・阿部智彦)



第1図 調査位置図



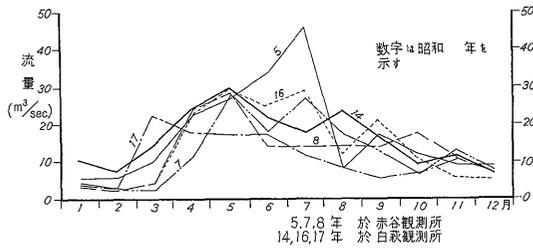
第2図 月平均雨量

徴としては河川勾配が急であり、延長も短かく豊水量と
 湧水量の差が大きい。

2.2 降水量, 流量, 気温

山地部は豊かな降水量に恵まれている。建設省河川局
 の雨量年表中の常願寺川水系小見雨量観測所, 黒部川水
 系仙人谷雨量観測所の記録によると, 小見観測所におい
 ては年平均降水量は 2876 mm (昭和38年以前 9年間の平均), 仙人谷観測所においては年平均降水量は 4118 mm
 (昭和 38 年以前 10 年間の平均) となつている (第 2 図
 参照)。5 月から 10 月までの 6 カ月間の雨量の年平均雨
 量に対する比率は小見観測所においては 62%, 仙人谷
 観測所では 51%である。仙人谷観測所の月降水量分布
 は小見観測所の分布に較べると 12~3 月の期間の月降
 水量は一段と大きくなつている。

第 3 図に早月川月平均流量を示した。これによると 3
 ~5 月にかけて増加し, 5 月に最高を示し, 以後漸減し
 て翌年 2 月に最低を示す。



第 3 図 早月川月平均流量

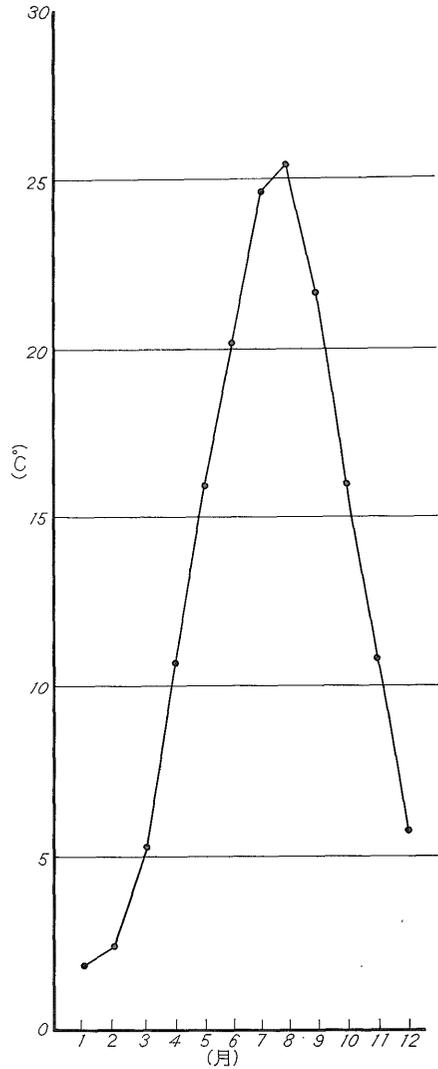
月別平均気温は 1 月が最低で 2°C, 8 月が最高で 26°C である (第 4 図参照)。

2.3 経済の沿革

当地区は日本海に面した漁村聚落として発生, 中世に
 入り北陸道の交通が頻繁になるにつれ宿場町として発展
 した。明治に入り, 出稼漁業の根拠地, 越中米の移出港
 として経済的な基礎を固めてきた。地場産業も次第に隆
 盛を加え, 家庭薬製造業者は多く, 富山に並ぶ越中売薬
 の主産地になつている。

近代工業は当時の豊富低廉な電力と新潟県親不知, 青
 梅地区の石灰石の利用に着目, カーバイトの製造を目的
 として明治 44 年に隣接地区魚津市に現在の日本カーバ
 イト工場の前身が設立された。それにつづき当地区に現
 在の東海電極中越工場の 前身が設立された。昭和 32 年
 カーバイトの高次加工を進めるため日本カーバイト工
 業 K. K. 早月川工場が建設された。カーバイト工業は今
 日も重要工業である。

一方全体的にみると, 工業は豊富な水資源による電力
 や工業用水, そして労働力などの優位な立地条件のもと



第 4 図 富山の月別平均気温

に発達してきている。地域の条件としては日本海貿易に
 よる地理的位置と港湾条件, 北陸圏の開発拠点, 中京経
 済の副次的拠点などの特質をそなえている。今後もこの
 ような諸条件に立脚した工業開発がみこまれる。

昭和39年12月, 臨海部における工業を基盤とする工業
 の開発を中心として建設を進める富山・高岡地区新産業
 都市建設基本計画が認められた。これに伴い周辺地域の
 新産業都市地域との一体的な均衡発展を目標にし, 格差
 の是正をはかるため富山県地域開発計画が作成された。

早月川扇状地の大部分を市域に含む滑川市は隣接上市
 町とともに昭和 37 年 9 月低 開発工業開発促進法が適用
 された。また前述の富山県地域開発計画中には新川地区
 の中に含まれている。今後の地区開発の方向は 1) 海運

に大きく依存しないもの、2) 地区の既存産業に関連のあるもの、3) 富山・高岡地帯との紐帯を強化するものが目標となつている。

滑川市の人口は 31,392 人、農業就業人口は 40.6% (昭和 36 年度)、水産業の主要漁獲はほたるいか、あじ、赤がにである。道路は富山まで 20 km、鉄道は東京まで 7 時間、名古屋まで 4 時間、大阪まで 5 時間である。

3. 流域地質概要ならびに扇状地の地下地質

3.1 早月川流域の地質概要

当地区の基盤は日本列島の核をなす先中生代の飛騨変成岩類およびこれと密接にともなつている古期花崗閃緑岩類であり、走向は北北東-南南西である。流域の最高所である立山連峰は中生代末頃に貫入した新期花崗岩類によつて構成されている。立山連峰の剣岳 (3003m) に源を発した早月川はこの新期花崗岩類地帯を通り、石灰岩・片麻岩・結晶片岩からなる飛騨変成岩類地帯、続いて古期花崗閃緑岩地帯を流下する。標高約 300 m 付近から流路を北西に転じジュラ・白堊紀の手取層群 (ごくわずかに露出する) を横切り、新第三紀の丘陵地帯を穿つて 10 km ほど流下する。右岸側は新第三紀の火成岩類と八尾層群が露出し、左岸側は八尾層群のみが露出する。八尾層群は安山岩質凝灰岩・安山岩熔岩を主とする。ここを抜けると左岸に新期段丘礫層が現われる。堆積物

は隆起扇状地性であつて花崗岩類などの 50 cm 大の円礫を主としており淘汰はよくない。この新期段丘礫層を 2 km ほど流下するとそこから約 70° の拡がりをもつた扇状地が開ける。

大きくみると富山平野は向斜の部分に当たり、新第三系は平野を取り巻いて配列している。早月川流域はこの東縁に当たる。山地・丘陵地が隆起し、平野が沈降するという運動傾向が地形の特色のうえにみられる。

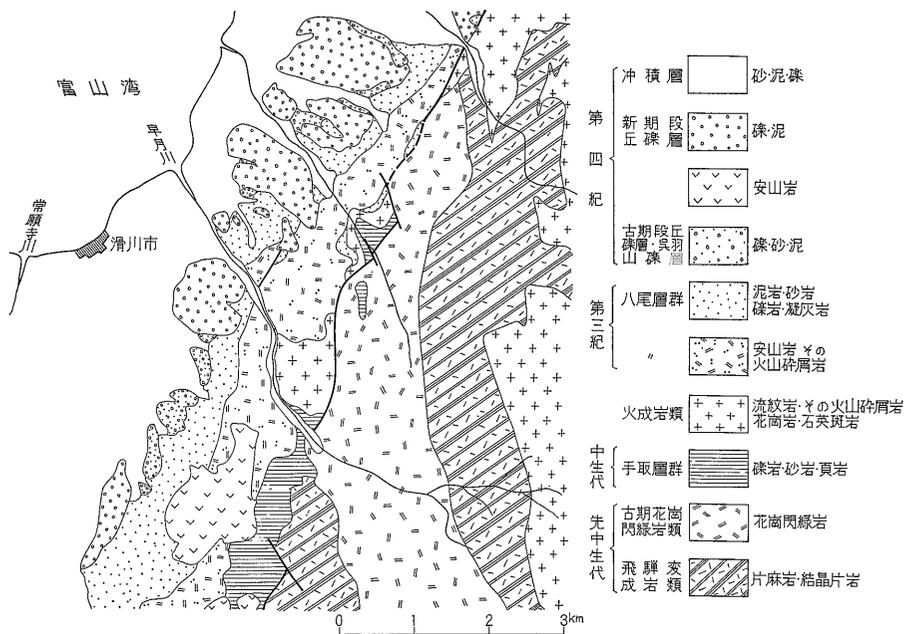
3.2 扇状地の地下地質

山地部の河川の縦断勾配が急であることなどにより、下を開ける扇状地はかなり粗粒の玉石・砂礫・砂からなつている。北半分の扇形部では扇頂部から扇端部にいたるまでに堆積物相の推移も比較的少なく粗粒の堆積物が続く。南半分の扇形部では扇央部から扇端部にかけて粘土層が何層か発達する。この扇形部の南側の半径は常願寺川扇状地の末端低地および上市川沖積低地に接している。この付近は早月川扇状地の東からの影響と常願寺川扇状地の南からの影響が重なり合つていると考えられる。

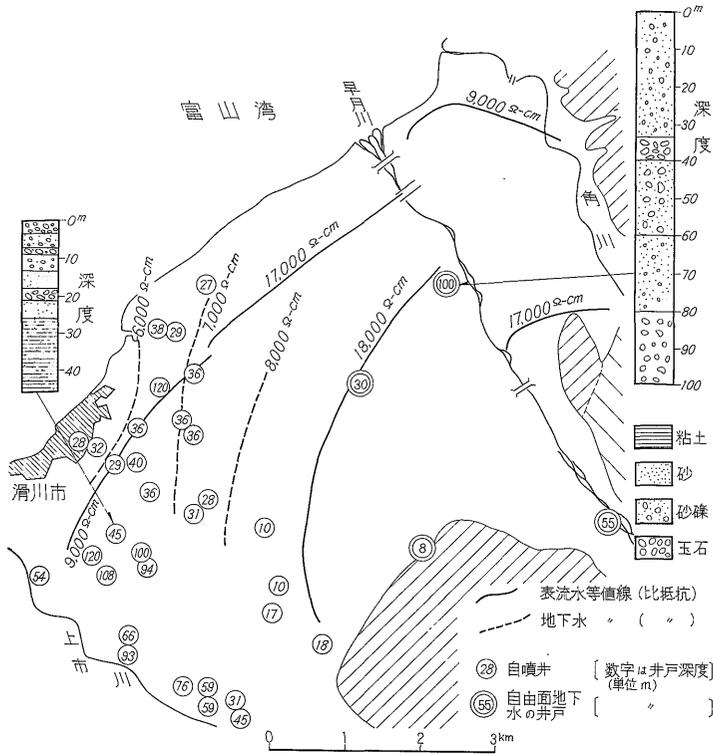
堆積物の組成により扇状地を平面的に区分すると 3 つにわけられる。

1) 早月川右岸扇状地地区、2) 左岸扇状地のうち扇頂と高塚付近を結んだ線の北側の地区、3) 左岸扇状地のうち前記の線より南側の地区である。

1) は扇頂～扇央部は玉石・砂利・砂からなり扇央～扇端部は砂利・砂、そして若干粘土層が含まれているであ



第 5 図 流域地質図¹⁾
(20万分の 1 富山県地質図より引用、一部簡略化した)



第6図 井戸深度、柱状資料、比抵抗等値線図

ろう。扇状地堆積物の厚さは不明。

2)は扇頂～扇中部、扇中～扇端部とも玉石・砂利・砂である。厚さは100 mまで確認されている。

3)では扇頂～扇中部が玉石・砂利・砂・粘土であり、扇中～扇端部が砂利・砂・粘土であり、とくに被圧帯水層を形成する粘土層が発達している。自噴井の井戸深度によると30, 60, 100 m前後に被圧帯水層がみられる。井戸深度の分布状況からみて滑川市街地中央部から稲泉を結ぶ線付近を境にして帯水層の分布状態が若干不連続である。

4. 扇状地の地下水

4.1 概観

扇状地を流れる表流水と扇状地中の地下水の関係は一般に次のようになる。

山地部流域に降った雨雪が河川表流水となり扇頂部まで流れてくると扇頂部から扇中部にかけて顕著に地下に伏設・浸透する。扇中部付近では伏設した地下水が地下を流動していく。扇端部にいたると地下水面が地表面より高くなり湧水として湧出し、その他は地下を流動し、さらに下方に流れて行く。

早月川扇状地においては直線状の山地部流域をもつ早月川が扇頂部に達すると、左右両岸の農業用水路に相当部分とり入れられ、扇状地の大部分を占める水田へかんがいされる。これらの表流水は扇頂～扇中部にかけて相当量伏設・浸透する。しかし、扇中～扇端部にかけては北半分と南半分では異なつた現象がみられる。北半分の区域では扇頂～扇端部までほぼ等勾配でかつ勾配も急であり、堆積物は玉石・砂利・砂などの粗粒の堆積物からなつていたので、扇端部にいたると湧水の傾向がほとんどみられない。南半分の区域では扇状地側面方向からの常願寺川沖積低地の影響が加わり、早月川扇状地の影響と重なり合つている。地形的にも標高20 m以下が一段と緩勾配になつている。そして扇端部に湧水帯が存在し、相当量の湧水がみられる。またここには被圧地下水が形成され多数の自噴井がみられる。

4.2 地下水位

3.2の項で区分した3つの地区に従つて、それぞれの地区について述べる。

1)地区では自由面地下水が存在し、季節的な地下水面の変動も比較的顕著に起こると考えられる。被圧地下水の存在については不明である。

2) 地区では扇頂～扇端部まで自由面地下水状態がみられる。堆積物が粗粒で透水係数が大きく地下水面勾配と地表面勾配にはかなり差がみられる。扇状地を扇央～扇頂部と溯にしたがって地表面と地下水面の高さの差が大きくなり地下水面が深くなる。井戸資料によると標高 50 m 地点の地下水面までの深さは約 30 m である。さらに扇頂部に向かうにしたがい地下水位がより深くなつて行く。扇頂～扇端部まで一貫して伏没・浸透の傾向がみられる。ただし扇状～扇端部における伏没・浸透量には若干の変動がみられる。

3) 地区では扇頂～扇央部では自由面地下水、扇央～扇端部にいたると自由面地下水と被圧地下水が存在する。当地区の扇央～扇端部には何層かの粘土層ないし砂質粘土層の発達がみられる。地下水はこれらの粘土層などの間の砂層ないしは砂礫層を流動していくが、流動状態は鈍くなり、したがって後背の地下水面勾配も比較的急になり、かつ相対的に高いところに維持される。地下水面と地表面の相対的な関係から自由面地下水はある地点から湧出し、被圧地下水もある標高から下では自噴する。また下流部の勾配が一段と緩やかになつており、海までの距離が2) 地区に較べて遠くなつていゝことも湧水帯、自噴帯の形成に役立つ。標高 35 m 地点における

自由面地下水位の標高は 30 m、自噴帯の範囲はほぼ地表面標高 30 m 以下に存在する。

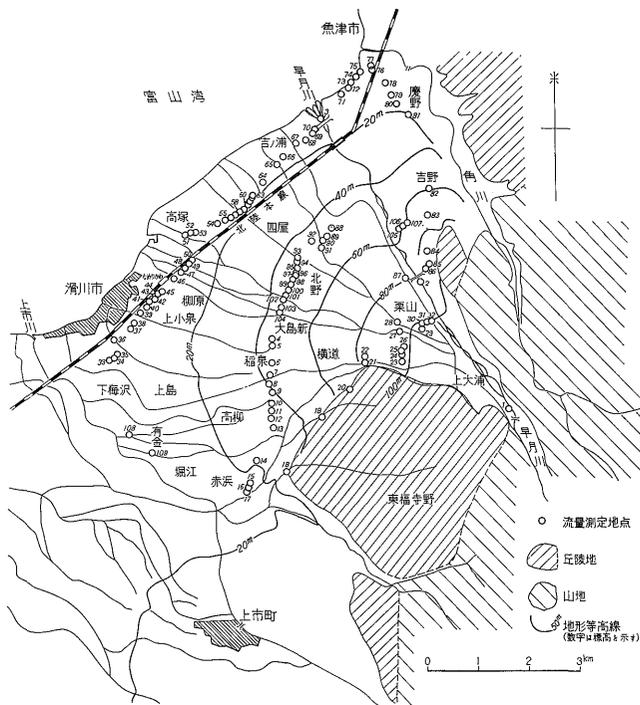
4.3 地下水の収支

扇状地の地下水の供給は扇状地面を流下する表流水からの伏没・浸透量および扇状地面直上の降水からの浸透量である。早月川扇状地では早月川本川、農業用水路および水田から表流水の伏没・浸透が起こっている。地下水への浸透を示す水田の減水深も大きく、これを改善するため流水客土が行なわれた。

一方、排出は湧水帯からの湧水、海中への排出、扇状地面からの蒸発散量である。

地下水流動方向はほぼ地形面に沿っている。地下水の通過する断面積を推定すると地下水の供給量、地下水位の関係から流動速度が概算できる。

早月川扇状地の地下水の供給は表流水からの浸透・伏没量が大きな割合を占めており、扇状地面直上の降水からの供給量が占める割合は少ない。扇状地面積は約 30 km² であり、降水量より蒸発散量などを除いた実質的な地下水供給量を年降水量のうちの 500 mm 程度と想定すると、この扇状地全体においては約 0.5 m³/sec と計算される。しかし後述するように表流水からの供給量は 3～4 m³/sec であり、比率としては比較的少ない。以後



第 7 図 流量測定位置図

供給, 排出を述べるにあつては, いちおう降水からの供給を除いて計算を行なつている。

早月川扇状地の地下水の供給, 流動, 排出を調べるために表流流量調査を行なつた。

測定のおらいとしては, まず扇頂部から流入するすべての表流水, 扇央部を流過するすべての表流水, そして末端部付近を流出していくすべての表流水についてそれぞれ測定することである。これにより扇頂～扇央部, 扇央～扇端部における表流流量の増減から伏設・浸透量が求められる。ここにおいて伏設・浸透の傾向のみられるところとか, 湧出の傾向のみられるところがあるので, 水理地質的特質などを考慮に入れながら表流水の流れの方向に沿つてさらにいくつか分割した。

第 1 表 流量・水温・水比抵抗表

番号	流量 m ³ /sec		水温 °C		比抵抗 Ω-cm	
	40年9月	41年7月	40年9月	41年7月	40年9月	41年7月
1	2.359					
2	1.888					
3	1.187			15.6		15,700
4	0.010	0.104		13.7		19,000
5	0.255	0.350		14.1		18,500
6	0.124	0.087		15.9		18,500
7	0.141	0.570		15.1		19,500
8	0.005	0.261		12.8		16,500
9	0.005	0.231		13.6		19,000
10	0.005	0.351		14.1		19,500
11	0.003	0.104		14.4		19,000
12	0.069	0.063	14.0	16.0		19,000
13	0.277	0.396	15.5	15.0	15,500	18,500
14	0.062		18.0			
15	0.788	1.201		19.0	14,000	14,800
16	0.024		16.5	19.4	16,000	17,000
17	0.092		17.1	20.0	16,300	16,000
18	0.396	0.387	16.5		16,000	
19	0.116	1.158	17.8	16.5	16,300	17,800
20	0.005			15.1		17,000
21	0.658	2.947	13.8	14.0	15,000	18,000
22	0.093	0.117				
23	0.050	0.066				
24	0.002	0.062				
25	0.010	0.007				
26	0.010					
27	2.013	3.232		14.0		18,200
28	1.096	2.204				
29	0.005					
30	0.002	0.004				
31	0.098	0.112				

番号	流量 m ³ /sec		水温 °C		比抵抗 Ω-cm	
	40年9月	41年7月	40年9月	41年7月	40年9月	41年7月
32	0.408	1.080				
33	0.138	0.345	17.1	20.5	10,200	10,000
34	0.010	0.084				
35	0.061	0.170	17.8	18.2	10,000	10,700
36	0.229	0.387	17.4	18.6	10,000	10,200
37	0.005	0.006				
38	0.286	0.448		18.2		10,000
39	0.744	0.671	14.2	17.2	12,000	9,700
40	0.063	0.123	15.5	17.4		
41	0.063	0.090		18.2		9,800
42	0.005	0.038		16.6		83,00
43	0.002	0.017				
44	0.001	0.019		16.2		11,000
45	0.084	0.072	14.5	16.6		12,200
46	0.138	0.075	15.9	16.6		9,000
47	0.188	0.470		16.0		13,000
48	0.005					
49	0.098	0.117	14.6	17.1	12,300	10,000
50	0.003	0.015		15.4		17,100
51	0.379	0.458	13.6	16.6	14,200	
52	0.209	0.172		17.0		13,800
53	0.003	0.053				
54	0.004	0.096				
55	0.006					
56	0.244	0.688	14.1	16.1	14,700	17,000
57	0.003	0.015				
58	0.086	0.153		14.9		16,000
59	0.010					
60	0.007	0.075				
61	0.007	0.027		15.9		17,100
62	0.003					
63	0.140	0.192	14.3	13.9	15,000	17,200
64	0.003	0.067				
65	0.007			16.1		16,500
66	0.074					
67	0.132	0.246	18.3	15.9	13,700	17,200
68	0.003	0.306		15.3		
69	0.003	0.518		16.7		11,000
70	0.005	0.208		16.3		10,000
71	0.007					
72	0.005	0.217		15.3		9,400
73	0.005	0.020		16.9		10,800
74	0.005	0.036		17.1		9,000
75	0.179	0.179	16.7	25.0	11,000	11,000
76	0.003	0.017		21.4		8,700
77	0.008	0.017				

番号	流量 m ³ /sec		水温 °C		比抵抗 Ω-cm	
	40年9月	41年7月	40年9月	41年7月	40年9月	41年7月
78	0.003	0.006		22.5		8,500
79	0.007	0.125		18.5		9,600
80	0.401	0.070	15.2	18.8	14,000	8,800
81	0.010	0.971		19.8		11,000
82	0.064	0.012	14.8		10,800	
83	0.063	0.215		17.1		17,000
84	0.005					
85	0.630	0.746		16.2		17,500
86	0.471	0.466		16.2		17,200
87	0.408					
88	0.023	0.043				
89	0.038	0.045				
90	0.019	0.082				18,000
91	0.025	0.159		13.1		18,000
92	0.302	0.597		13.2		18,000
93	0.222	0.444		13.1		18,000
94	0.005	0.067		15.5		17,300
95	0.150	0.112		13.2		17,500
96	0.002					
97	0.003					
98	0.038	0.083		13.0		16,700
99	0.001					
100	0.003	0.714		13.4		17,800
101	0.594					
102	0.006	0.163		13.5		18,000
103	0.535	0.576		13.1		18,200
104	0.007	0.550		12.7		18,000
105		0.299		16.7		17,000
106		0.014				
107		0.372		16.5		18,000

以上のように分割した各ブロックについて、それぞれのブロックの流入量、流出量から表流水の伏没・浸透量または湧出量を求めた。各地区をA……G地区とする。

第8図、第9図に40年、41年のそれぞれのブロックの流入量、流出量を2本の棒状グラフを並べて示した。2本の棒状グラフの頭をそろえると斜線の引かれてない部分が差になり、それが左側にある場合には伏没・浸透量を、右側にある場合はそれが湧出量に相当する。

扇状地における各地区名と位置の関係は次のとおりである。

早月川右岸扇状地の扇央～扇端部がA地区、早月川本川の扇頂～扇央部がC地区、同じく扇央～扇端部がB地区である。早月川左岸扇状地、扇頂～扇央部がE地区、同じく扇頂～扇央部であるが参考のために測定した周辺

地区であるG地区、同じく扇央～扇端部の北寄りがD地区、南寄りがF地区である。

4.3.1 供給

40年9月測定時においては伏没・浸透区域はA, B, C, D, E地区であり、伏没・浸透量は合計 3.408 m³/sec となる。

41年7月測定時においては伏没・浸透区域はD, E, G地区である。B, C地区については40年9月の測定資料を参考にして推定した伏没・浸透値を用いる。G地区を除いて伏没・浸透量を合計すると約 4 m³/sec となる。

40年9月はほぼ低水量、41年7月はほぼ豊水量にあたるので、それぞれ前者を低水時の供給量、後者を豊水期の推定供給量とすることができる。

4.3.2 排出

40年9月にはF地区が 1.045 m³/sec、参考地区であるG地区が 0.816 m³/sec 湧出する。

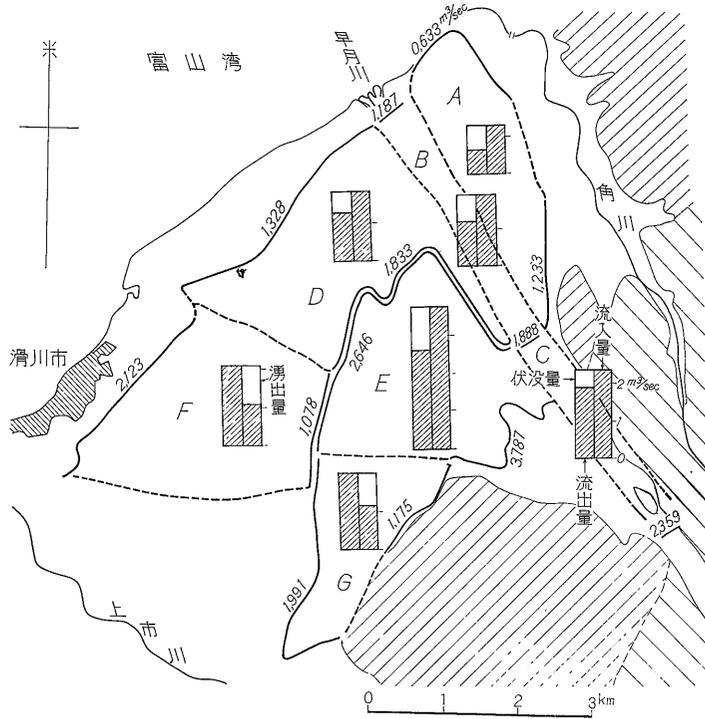
41年7月にはA, F地区で 1.340 m³/sec が湧出する。各時期とも供給量に較べて地表湧出として排出する量はかなり少ない。そこでこの供給量との差については次のような検討を行なった結果、海中排出量として取り扱った。

地下水湧出量の変動と表流流量の変動の間には多少の時間的ずれがみられる。このことから表流流量の多い時期には伏没量の一部がある程度地下水貯溜量となり、表流流量の少ない時期にはその地下水貯溜量が排出されると考えられる。問題は上のような過程においてどの程度の量が貯溜にまわされるかという点である。2時期の地下水の状況が年周期のどのような時期におかれていたかについて検討すると、40年9月は貯溜地下水が排出される時期であり、41年7月は供給量のある部分が地下水貯溜量となつている時期と考えられる。このように相反する状況におかれた測定時期の結果は一様に伏没・浸透量に対する地表湧出量はかなり下回つているので、前述した地下水貯溜量の幅はそう大きな量と考えなくてよい。よつて当扇状地においては伏没量は地表湧出量と海中排出量の和にほぼ等しいと考えた。

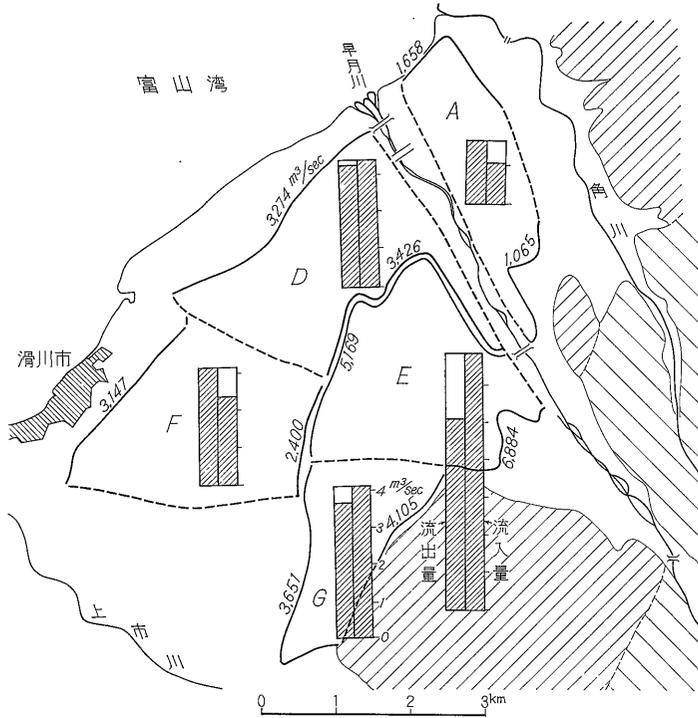
したがつて40年9月には 2.363 m³/sec、41年7月には約 2.7 m³/sec が海中排出量と考えられる。40年においては地下水供給量の70%、41年においても約70%が海へ流出していると考えられる。

4.4 水利用の現況

扇状地の表流水はかんがい用水、工業用水として利用され、自由面地下水は工業用、上水道用として利用されている。被圧地下水は自噴井により家庭用水として利用されている。



第 8 图 表流水伏没・湧出图 (40年9月)



第 9 图 表流水伏没・湧出图 (41年7月)

第 2 表 井戸記録表

工場および施設名	所在地	番号	深度 m	孔径 mm	ポンプ				静水位 m	揚水位 m	揚水量
					口径 mm	馬力	種類	吐出量			
日本カーバイト工業K. K. 早月第1工場	滑川市大島	1	12	203	102	22 KW	S	1.08 m ³ /min	20	30	30 m ³ /h
		2	78.5	203	152	10 "	"	0.67 "			" "
		3	100	"	10 "	"	" "	" "			
		4	100	"	45 "	"	2.8 "	" "	50 "		
		5	80	"	" "	"	" "	" "	" "		
		6	50	"	" "	"	" "	" "	60 "		
滑川市上水道水源	滑川市上大浦	1	9	3,000					約5	7~8	2,000 m ³ /day
		2	45	490	130	35 P	S			約14	3,000 "
		3	18.5	2,000		7.5 P×2台			10~14	12~16	1,500 "
		4	55	490	130	35 P	S		12.5	14	1,500 "
		5	"	"	"	"	"	"			2,500 "

扇状地のかんがい用水として早月川から取水される量は、月別にすると5月から6月のはじめにかけては23.4 m³/sec、以後漸減して11月には8.2 m³/sec、12月から4月までは4.7 m³/secである（昭和14～17年の平均）。これにより年間を通じて早月川の年間総流量の約50%がかんがい用水として早月川から取水されたことになる。

表流水の工業用利用としては日本カーバイト工業K. K.、東海電極製造K. K. では用水路の表流水や湧水を利用している。

地下水の工業用利用は日本カーバイト工業K. K. 早月第1工場において深度50～100 mの井戸6本から毎時250 m³を揚水し冷却その他に使用している。

滑川市は上水道水源を扇頂部の地下水に求めている。2本の大孔径浅井戸と深度50 m前後の3本の深井戸で5,000 m³/dayを常時揚水している。その他扇状地南部にも浅井戸を設け若干の水源としている。

扇状地の南半分の扇端部には自噴帯がある。多数の自噴井が掘られて家庭用水として利用されている。井戸の本数については最大に見積つても数百本、それぞれの平均湧出量を多めに見積つても10⁻⁴ m³/sec台と考えられるので扇状地全体の地下水排出量に対する比率としてはわずかなものと考えられる。

扇状地のほぼ北側半分の扇頂部から扇端部にかけては

扇頂部の上部を除いては地下水面がかなり深くなっている。この付近に点在する集落には井戸が少なく、わずかに共同井戸として深い掘井戸を使用していたものが残っている。扇中央部の深い掘井戸は深さ30 mも掘られたものがある。

その他地下水位の浅いところでは家庭用に浅井戸が利用されている。

5. 水 質

5.1 一般的特徴

地下水は大気、土壌、岩石中などから溶解した溶存成分を溶存している。これら溶存成分の量は成分個々の溶解度、水の温度や化学的性質、および大気、土壌、岩石と水が接触している時間の長さなどに関係する。

このように種々な要因を反映している溶存成分を求めて、水の浸透流動機構について地化学的検討を行なうために、また水を利用する際の水質資料とするために扇状地の代表的な地下水、表流水について水質分析を行なった。

一般に当地区の地下水は供給源である表流水とほとんど溶存成分量が変わらない。早月川の水質はpHは7.0、固形物総量は72 ppmで溶存成分量が少ない。したがつ

第 3 表 富 山 県 早 月 川

記号	試料採取地点	水源の種類	ストレーナーの位置 () は井戸深度 (m)	水温 (°C)	pH	RpH	溶存酸素 (DO) (Oppm)	遊離炭酸 freeCO ₂ (ppm)	重炭酸 HCO ₃ ⁻ (ppm)	塩素 Cl ⁻ (ppm)
a	上 小 泉	f	40	14.1	5.8	6.8	5.76	59.5	35.1	6.98
b	有 金	f	66	15.4	7.0	7.2	—	48.9	186.8	5.98
c	有 金	f	93	16.0	6.8	6.8	—	7.5	49.0	4.98
d	下 梅 沢	f	120	16.1	7.0	7.0	—	3.7	50.2	4.00
e	清 水 鉦 泉	S		16.2	6.2	7.2	—	42.9	64.7	6.50
f	高 塚	f	29	15.2	6.0	6.4	—	54.2	48.3	6.48
g	高 塚	F	9	19.1	6.0	7.0	—	53.1	50.5	6.90
h	小 泉 鉦 泉	S		16.2	5.8	6.2	—	67.4	43.8	8.00
i	小 泉	f	28	14.3	5.8	7.0	—	105.5	52.7	5.98
j	小 林	f	10	20.5	5.8	6.6	—	35.9	35.1	7.96
k	道 寺	F	8	17.3	6.0	6.6	—	42.3	34.2	5.00
l	北 野	F	30	13.8	6.4	6.6	—	—	38.4	6.98
m	日本カーバイト K. K. No. 2	F	40	13.3	7.0	7.0	8.88	—	39.5	1.00
n	早 月 川	R		17.2	7.0	7.0	—	18.8	37.3	1.49
o	上 市 川	R		17.3	6.8	6.8	—	9.0	31.7	3.90
p	東海電極 K. K.	f	120	14.3	6.8	7.0	—	19.5	64.8	3.00
q	中加積市水道水源	F		15.0	6.2	6.4	—	43.6	35.1	7.98
r	第 4 市水道水源	F	55	14.0	7.0	7.0	—	3.0	39.5	1.00

注 水源の種類 R: 河川水 F: 自由面地下水

第 4 表 井 戸 調 査 表

番 号	所 在 地	氏 名	深 度 m	水 温 °C	比抵抗 Ω-cm	備 考
1	滑川市 荒 俣	野村 島 宗 十 郎	約27	13.9	7,000	掘井戸
2	〃 〃	西 謙 二	27	13.9	7,000	
3	〃 〃 高 塚	村 公 西 民 倉	38	14.1	6,700	
4	〃 〃 〃	高 清 司	32	14.1	6,400	
5	〃 〃 坪 野	岩 倉 田 次 郎	36	14.5	7,600	
6	〃 〃 〃	松 山 作		17.6	8,100	
7	〃 〃 柳 町 原	高 松 山 造 毅	約36		7,200	
8	〃 〃 〃	た ば こ や	36		7,200	
9	〃 〃 〃 市 街 地	上 田 盛 益 夫	36	14.1	6,100	
10	〃 〃 〃	金 城 年 正 治		20.3	5,700	
11	〃 〃 〃	城 戸 正 政		15.6	5,700	
12	〃 〃 〃	堺 谷 沢 魚 太	28	15.1	3,900	
13	〃 〃 〃	大 橋 太 一	32	14.4	6,200	
14	〃 〃 〃		29	14.2	5,900	
15	〃 〃 〃			14.2	5,600	
16	〃 〃 〃 上 小 泉	毛 利 守 信	36	15.0	6,000	
17	〃 〃 〃 法 花 寺	吉 岡 下 信 行	31	14.2	8,000	
18	〃 〃 〃 宮 窪	檜 谷 柳 孫 市 七	10	14.2	8,800	
19	〃 〃 〃 高 柳		17	15.1	9,700	

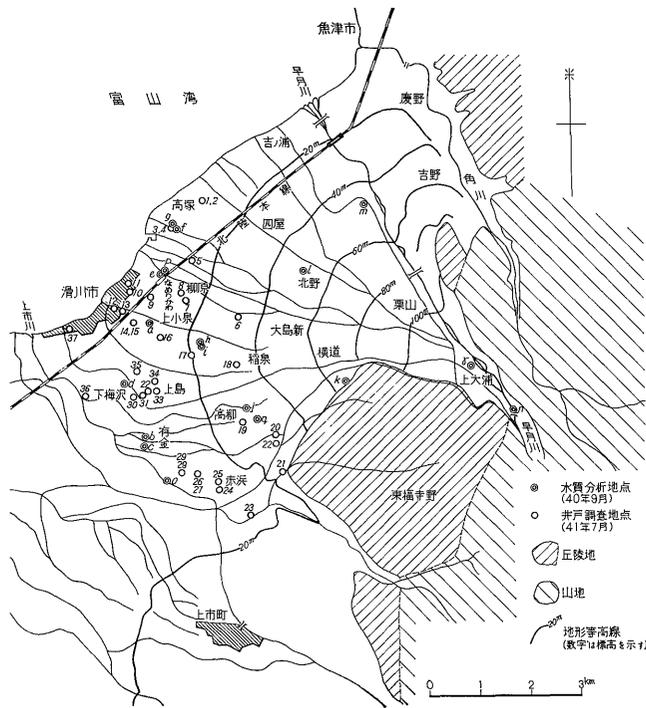
富山県早月川扇状地の地下水 (菅野敏夫・岸 和男・阿部智彦)

地区水質分析結果表

亜硝酸 NO ₂ ⁻ (ppm)	硫酸 SO ₄ ²⁺ (ppm)	アンモ ニア NH ₄ ⁺ (ppm)	ナトリ ウム Na ⁺ (ppm)	カリウム K ⁺ (ppm)	鉄		マンガン Mn ²⁺ (ppm)	カルシ ウム Ca ²⁺ (ppm)	マグネ シウム Mg ²⁺ (ppm)	ケイ酸 SiO ₂ (ppm)	酸素 消費量 (COD) (Oppm)	備 考
					total Fe (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)						
0.00	5.63	0.00	4.2	1.0	0.06	0.03	0.0	9.98	2.53	23.6	0.19	
0.00	7.03	3.40	10.0	4.2	14.72	9.43	0.2	29.20	6.59	80.0	4.53	ガス含む
0.00	5.27	0.00	10.0	4.0	0.06	0.04	0.2	8.34	1.84	63.4	0.28	
0.00	4.98	0.00	10.1	1.2	0.04	0.03	0.0	9.98	1.54	38.4	0.27	
0.00	5.71	0.00	4.4	1.2	0.05	0.03	0.0	21.27	1.52	21.2	0.48	
0.00	6.01	0.00	3.9	1.0	0.01	0.00	0.0	18.35	1.52	16.0	0.25	
0.00	6.54	0.00	3.9	2.1	0.02	0.01	0.0	18.35	1.26	14.4	0.45	
0.01	7.00	0.00	3.7	1.1	0.06	0.02	0.0	17.10	1.01	13.2	0.44	
0.00	5.67	0.00	3.9	1.1	0.00	0.00	0.0	18.35	1.01	13.2	0.19	
0.01	6.01	0.08	3.4	1.8	0.73	0.72	0.0	15.01	0.76	8.0	0.38	
0.02	5.52	0.00	3.0	0.8	0.29	0.03	0.0	9.98	0.76	11.2	0.31	
0.01	6.05	0.11	3.5	1.3	0.26	0.22	0.0	15.01	1.01	20.0	0.42	
0.00	6.16	0.00	3.4	0.7	0.02	0.00	0.0	12.51	1.01	15.4	0.35	
0.01	6.01	0.00	2.8	1.1	0.07	0.03	0.0	11.68	1.01	9.8	0.37	
0.05	6.16	0.18	3.7	1.6	0.87	0.74	0.0	8.76	1.26	13.8	1.43	
0.01	6.01	0.00	6.7	1.2	0.00	0.00	0.0	15.43	2.53	25.0	0.36	
0.01	5.34	0.00	3.2	1.4	0.07	0.00	0.0	13.96	0.76	10.0	0.73	
0.00	5.27	0.00	2.7	1.0	0.00	0.00	0.0	11.26	0.76	8.0	0.68	

f : 自噴性地下水 S : 湧水

番 号	所 在 地	氏 名	深 度 m	水 温 °C	比抵抗 Ω-cm	備 考
20	滑川市	柴田		14.1	11,200	
21	〃	安田		19.1	8,300	
22	〃	〃	18	14.1	10,000	
23	〃	寺町		15.1	8,200	
24	〃	赤浜	45	15.1	9,000	少し鉄分あり
25	〃	〃	31	15.0	3,800	
26	〃	堀江	59	15.5	9,400	
27	〃	〃	59	15.6	7,800	
28	〃	〃		15.9	9,700	
29	〃	〃	約76	15.7	10,000	
30	〃	下梅沢		15.5	4,400	鉄分あり
31	〃	〃	108	17.1	6,200	
32	〃	〃		14.6	4,300	鉄分あり
33	〃	上島	94	17.9	6,500	
34	〃	〃	約100	18.1	4,700	
35	〃	下島	45	16.1	4,700	鉄分あり
36	〃	江尻	54	15.5	6,200	
37	〃	市街地		16.5	3,500	



第10図 水質分析および井戸調査地点図

て地下水は一般に良好な水質を示す。ただし扇状地南部付近では一部浅層の被圧帯水層に鉄分を多く含んだ地下水がみられる。ほとんどの地下水温は13~14°Cの低温を示す。

5.2 各成分の概観

1) pH・RpH……採取した試料を振とうして測定した値がRpHである。遊離炭酸を多く含む水ほどpHとRpHの値の差が大きくなる。当早月川表流水は中性で地下水に転化すると弱酸性側になり、その後徐々にアルカリ性側に転ずる。遊離炭酸についても最初は大きく、その後地下水がアルカリ性側に転ずるにしたがって少なくなる。

早月川に近い自由面地下水のpHは7.0でRpHも変わらないが、これはほとんど伏流水的性格をもつものと考えられる。その他は一般の扇状地中の自由面地下水のpHとRpHは6.0~7.0の範囲にあり、pHとRpHの差は0.2~1.0の範囲である。扇状地下部南寄りの自噴井のpHとRpHは5.8~6.8の範囲であり、pHとRpHの差は0.2~1.2である。上市川寄りの地下水ではpHとRpHは6.8~7.2の範囲でpHとRpHの差は0~0.2と一段と少なくなっている。

2) HCO_3^- ……自由面地下水は34~40 ppm, 被圧地下水は平均50 ppm, ガスを含む被圧地下水は86.8

ppmである。

3) Cl^- ……早月川表流水が1.4 ppmと少ない値を示し、同川に接近した自由面地下水も同様に少ない値を示している。扇状地中部の自由面地下水は5~8 ppm, 同じく被圧地下水もほぼ同様の値を示している。

4) SO_4^{2-} ……は一般に少なく5~7 ppmである。

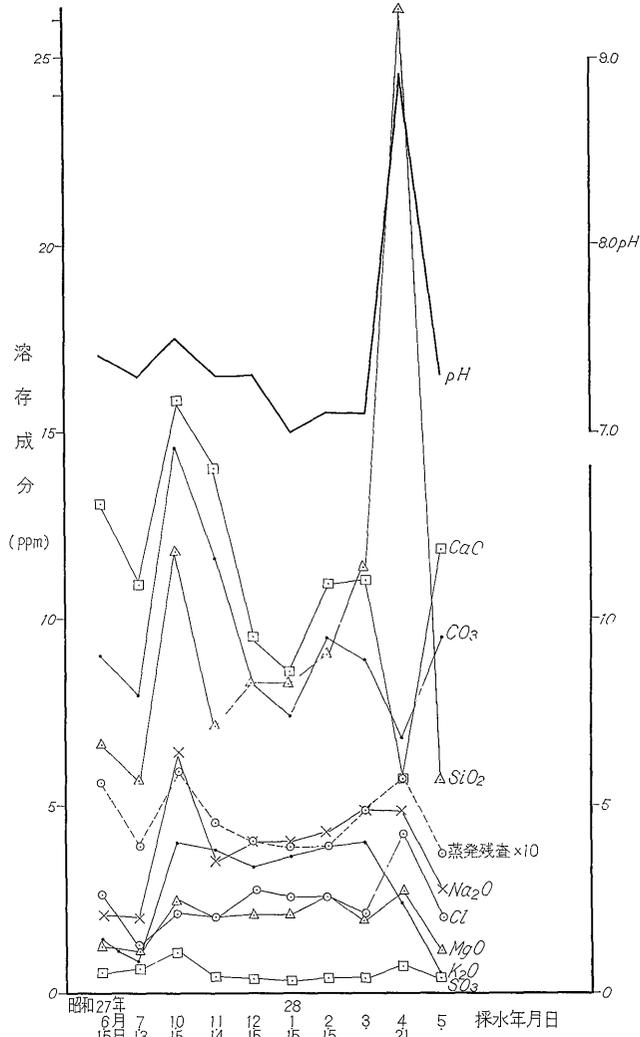
5) NH_4^+ ……有金地区のガスを含む井戸が最高の3.40 ppmである。上市川表流水が0.18 ppm, 小林の被圧地下水と北野の自由面地下水にみられるほかは零である。

6) K^+ ……有金地区では4 ppm前後、その他は2.1 mmp以下である。

7) Na^+ ……上市川寄りの地区では10 ppm前後、それ以外は2.7~6.7 ppmの範囲にある。

8) Fe^{2+} ……ガスを含む地下水は14.72 ppmで最高の値を示し、扇状地中央部の一部の自由面地下水に0.2 ppm台、上市川は0.87 ppmがみられる。その他は小数以下2桁目の数字で比較の少ない。

9) $\text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$ …… Ca^{2+} は早月川が11.68 ppm, 扇中部の自由面地下水は15 ppm台、扇端部では若干多くなって18 ppm台を示す。下部の被圧地下水もほぼそれに近接した自由面地下水とほぼ同様の値を示す。上市川寄りの被圧地下水は若干低い値を示している。



第 11 図 早月川表流水の水質 (於 早月加積)

Mg²⁺ は有金地区の被圧地下水が 6.59 ppm, 後は 1 ~ 2 ppm 前後と比較的少ない。

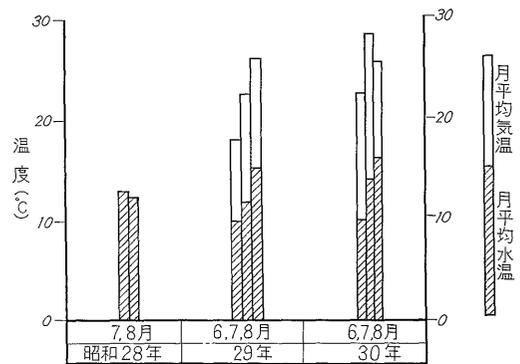
10) SiO₂……早月川本流は 9.8 ppm, 扇状地中の自由面, 被圧地下水とも 8~25 ppm, 上市川寄りの被圧地下水は 38.4~80.0 ppmと一段と多くなる。上市川本流は 13.8 ppm である。

11) 酸素消費量 (COD)……自由面地下水は 0.4 ppm 前後, 被圧地下水は 0.19~0.38 ppm, 早月川本流が 0.37 ppm, 上市川が 1.43 ppm, 有金地区のガスを含む被圧地下水が 4.53 ppm である。

5.3 水 温

表流水

40年9月, 扇頂部用水路から流入する水温は 14°C,



第 12 図 月平均気温・月平均水温図

扇端部に到り、高塚付近から北の用水路中では 0.5°C 程度上昇する。高塚から南の湧出地帯では 16°C 前後、滑川市街地南方付近ではとくに高く 17~18°C 近くの水温を示している。東福寺野西部赤浜付近においても 17°C 前後の表流水がみられた。

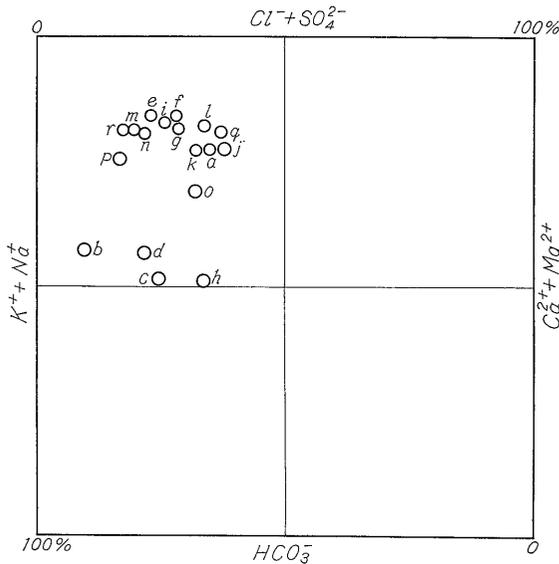
41年7月には 13~14°C の表流水が扇頂部から供給されており、扇端部においては 14~15°C、湧水地帯では 16~18°C、前記のとくに高い場所では 19~20°C の水温を示している。

地下水

40年9月、左岸扇状地中部の自由面地下水は日本カーバイト K. K. で 13.3°C、北野付近の掘井戸で 13.8°C と早月川表流の影響を受けてかなり水温が低い。

自噴井の水温について 40年と 41年に調査をした。それらを総括すると、滑川市街地の東方では 14°C 台の水温を示す。南東部 上市川寄りの自噴井の水温はほぼ 15°C 台を示す。上島、下梅沢付近では 17~18°C の水温を示すものもある。

5.4 主要溶存成分比と水理地質の状態



第13図 主要成分の Diagram

主要成分量を epm に換算した値を陽イオンは $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ と $Na^{+}+K^{+}$ 、陰イオンは HCO_3^{-} と $Cl^{-}+SO_4^{2-}$ と 4つの成分系にわけ、各水質分析試料についてそれぞれ陽イオンは全陽イオンに対する、陰イオンは全陰イオンに対するそれぞれの成分系の比を求めてダイアグラムにプロットすると第13図のごとくなる。早月川系の地下水と上市川系の地下水とではかなりはつきりした分布範囲の差がでてくる。わなわち、全陽イオンに対する

$Na^{+}+K^{+}$ の比率の分布状態は早月川系地下水が 15~25%、上市川系のそれは 40~50% の範囲に分布している。

早月川系地下水の陰イオンの比率は $Cl^{-}+SO_4^{2-}$ の系が 15~38% の範囲に分布するが、そのなかでは地下水が扇頂部から位置的に離れるに従い漸次増加する傾向がみられる。

5.5 水比抵抗

表流水の水比抵抗について各測定場所における測定値の分布を概括して等値線を描くと第6図のごとくなる。これによると左岸扇状地の中部では北から南まで 18,000 Ω -cm の水が流下している。扇状地下部では高塚付近から北では 17,000 Ω -cm の水が流下しているのに対して南では 9,000 Ω -cm と一段と低い比抵抗の水が流下している。17,000 Ω -cm の水については表流水が上流から流下するにつれて自然低下したものと考えられる。9,000 Ω -cm の水については上流側で伏没した表流水が地下水に転化し、その後湧水となつて湧出する間、水中の溶存成分が増加し比抵抗値が低下したものである。右岸扇状地では上流側から 17,000 Ω -cm の水が流入し、下流からは 9,000 Ω -cm の水が流出しているが、これも湧出水であることを示している。

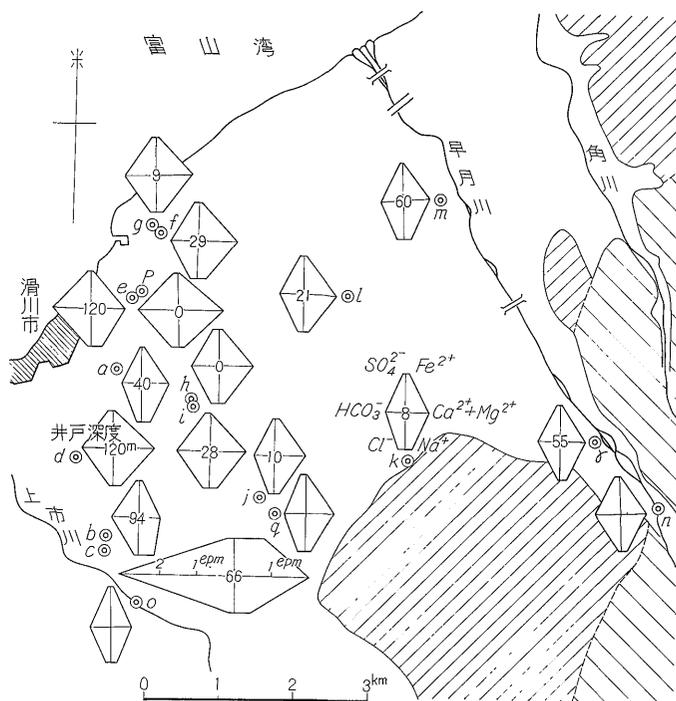
被圧地下水の比抵抗値は滑川市東部においては等値線を描くと 8,000 Ω -cm から 6,000 Ω -cm までの3本の等値線がほぼ地形等高線と平行した方向に並ぶ。これは供給方向および流動方向を示している。滑川市南東方の上市川寄りの地区では比抵抗はかなりまちまちである。

6. 考 察

以上、2時期にわたる調査、研究、既存の資料に基づいて早月川扇状地の地下水について述べてきた。ここでこの早月川扇状地の地下水を理解し診断するための足掛りとなる流動機構に関する諸特性、特質について考察する。

1) 表流流量の増減に対する伏没・浸透量の変化について

調査結果では左岸扇状地、扇頂~扇中部の E 地区において、流入量 3.787 m^3/sec に対して 1.141 m^3/sec が、流入量 6.884 m^3/sec に対して 1.715 m^3/sec がそれぞれ伏没・浸透している。前者と後者の流入量と伏没・浸透量の比を求めると、流入量が 8割増になつているのに対し、伏没・浸透量は 5割の増加になつている。流入量の増加に対して伏没・浸透量はその割に増加しないことがわかる。一方早月川の年間の流況曲線では平水量と年平均水量とはほぼ等しくなつている。それに対応する伏没・浸透量の流況曲線を上記の結果から推定すると平均



第 14 図 水 質 図

伏没・浸透量は若干低水量寄りに移行すると考えられる。前者が低水量に、後者が豊水量に相当するので年平均伏没・浸透量はこの低水時の値と豊水時の値の平均値よりも若干下まわつた値に相当すると考えられる。

2) 地下水面の上昇と伏没量の変化

左岸扇状地、扇央～扇端部、早月川寄りのD地区では40年9月には流入量 $1.833 \text{ m}^3/\text{sec}$ のうち $0.505 \text{ m}^3/\text{sec}$ の伏没・浸透がみられたが41年7月には流入量 $3.426 \text{ m}^3/\text{sec}$ のうちわずかに $0.152 \text{ m}^3/\text{sec}$ の伏没・浸透がみられるのみである。さらに右岸扇状地A地区では40年、41年とも流入量は $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ 強であるのに、40年には $0.600 \text{ m}^3/\text{sec}$ が伏没・浸透し、41年には逆に $0.593 \text{ m}^3/\text{sec}$ が湧出する。

このように扇状地中～下部の縦断方向の断面において地形面に対して地下水面が下がっている場合、表流水からの伏没・浸透がみられるが、豊水期になり上～中部からの伏没・浸透量が増加して来ると地下水面が徐々に上昇してくる。それにつれていままでみられていた伏没・浸透現象が量的に退化して来る。そして右岸扇状地A地区のようについには逆に湧出の現象を示すようになる。

3) 溶存成分と流動状況

地下水に溶存している主要成分量を図示したものが第13図である。各溶存成分量を epm に換算し、陽イオンを右側に、陰イオンを左側にそれぞれ3つの系にわけて

それらの点を線で囲み六角形状に示した。プロットの縮尺は図に示してあるが、中心線の両側の図形の面積はほぼ等しく、図形の面積の大きさの比が主要溶存成分量の大小の比になる。

全体的にみてc点の地下水を除いては溶存成分量にそう大きな開きはみられず、かつ溶存成分量も比較的少ない。

供給源である早月川表流水のo点、伏流水に近いr点、m点、東福寺野山麓付近のk点、扇状地中部のl点などが早月川表流水の水質組成と非常によく似ている。また地下水になつてもそれほど溶存成分が増加していないことから、かなり流動状況のよい環境にあるものと考えられる。

扇状地の南西部、自噴帯の地下水も早月川表流水の水質とよく似ているもの、また若干溶存成分の増加しているものがある。溶存成分の増加しているものについては、帯水層の影響、地下水になつてからの時間的影響によると考えられる。鉄分、ナトリウムイオン、重炭酸イオンなどが増加しているが、これは上市川周辺の堆積物の影響と考えられる。

4) 揚水可能量

今までの検討の結果、比較的急勾配で小規模な扇状地地下水の供給、流動、排出状況をだまかに把握することができる。

このような浸透および流動機構を持つた地下水を揚水、利用する際の自然状態の流れをあまりこわさず、周辺に影響をあまり与えない範囲での揚水可能量なり限界量について考えてみる。影響としておもなるものは水位の低下という形で表われてくるが、ここではこの水位低下許容量を仮に定めた場合、それに対応する揚水量という形で問題をとらえていく。

今、扇状地全体を大局的に模式化した垂直断面図を描いて海岸から直角方向にLだけ離れた点の地下水位をH、地下水供給量をQとする。海岸と陸地の接点では地下水位は0mとする。この場合、地下水供給量はほぼ地下水排出量に等しいと考える。

地域的な全体揚水量をPとし、Pを揚水することは地下水供給量、すなわち地下水排出量が $Q-P$ になるとごく単純化して考える。

ここにおいてダルシーの法則を適用し、地下排出量が $Q-P$ になつたときの水位 H' を求める。ダルシーの法則は帯水層の地下水排出量は透水係数と地下水面の動水勾配と地下水が排出する断面積に比例することを表わしている。

Q が $Q-P$ になつた場合の透水係数、動水勾配中の距離L、地下水が排出する断面積は一定であるので $Q/(Q-P)=H/H'$ となる。

ここにおいてLが3km付近の地下水位の平均標高を30m、供給量は $3.4 \text{ m}^3/\text{sec}$ とする。その場合この位置における地下水位降下がどれくらい許容であるかによつてPが定まってくる。

実際には扇状地北側半分と南側半分とは水理地質的条件が違うが、主として北側の扇状地を主体として考えると、北側扇状地においてはLが3kmの地点における5m程度の水位降下は許容できると考えるとPは約日量 5 m^3 になる。

既存の流量資料から $3.4 \text{ m}^3/\text{sec}$ のQは表流流量が低水時のものであると、地下水への供給量としては年間の $3/4$ 以上はこの量以上の供給があるとみられる。この供給量より多い期間には当然それなりの揚水量がみこまれる。しかしまた供給量が少ない場合は揚水量が減少することになるが、地下水の流動には時間がかかる。したがつて地下水位変動の若干の“ずれ”，地下水貯溜分などにより、地下水位の低下はそう急激にあらわれず、その間にはまた表流流量の増加に伴う供給量の増加が起り調整される。したがつて、この低水時の揚水量Pがほぼ渇水期付近でも見込まれる揚水量と考えてもそうさしつかえなさそうである。

7. 結 語

扇状地の地下水の容れ物、および供給、流動、排出の実態をできるだけ詳細にかつ正確に把握し、かつそれらがあらわしている種々な特徴を究めることは、均衡のとれた地下水開発、そして保全をおしすすめるにあつて必須の条件になる。

昭和40年9月、41年7月の2時期について地下水の量的、質的な面に重点を置いて調査研究を行なつた。その結果、知られた範囲内で不十分ではあるが、扇状地の地下水資源についてできるだけ総括的記述を行なつた。そのあと浸透および流動機構上の主要な特性、特質の考察について述べた。低水時を基準とした安全揚水量はいちおう $5 \text{ m}^3/\text{day}$ と算定された。今回の調査結果および既存の資料中、地下水位の観測資料のうらづけがとくに欠けている。今後この方面の資料がととのつていけば、さらに一段とはつきりした形で、かつ詳細にわたつて扇状地の地下水の実態が明らかになると思われる。いちおう算定された安全揚水量についても、今後種々な条件が明らかになつた際、それに応じて適宜、修正、補正されるべきものである。

当地区で水の開発、利用に際して問題になるのはやはり渇水期である。需要の方はほぼ年間を通して比較的一定量を、しかも安定した供給が要求されるのに対し、表流水および供給される地下水量は年間を通じて豊水、平水、低水、渇水とかなり変動する。一方地下水は比較的変動が少なく、表流水の年間変化の波形に対して若干のずれをもっている。渇水期の水不足を解消させたり、全体的に水資源を有効かつ最大限に利用するという目的のために、地下水のこのような特長、特質を生かし、利用するための方策の確立が今後の課題であろう。

(昭和42年9月脱稿)

参 考 文 献

- 建設省河川局 (1961~1963) : 雨量年表
- 蔵田延男・他2名 (1955) : 富山湾岸工業用水源地地域調査報告, 地質調査所月報 vol. 6, no. 5
- 滑川市 (1963) : 滑川工業開発のしおり
- 富山県 (1957) : 20万分の1富山県地質図および同説明書
- 富山県 (1963) : 河川現況資料
- 富山県 (1966) : 第3次富山県勢総合計画, 総合計画編
- 通商産業省企業局・富山県 (1963) : 工場適地調査, A種調査