

5. 庄川扇状地の水環境のまとめと今後の基本方針の提案

5.1 庄川扇状地地下水の涵養・流動機構

結 論

庄川扇状地の豊富な地下水は、降水や融雪による自然涵養の他、庄川河川水の伏没涵養や水田灌漑水による涵養を受けて形成された後、扇状地内を流動し多目的に利用されながら、そのほとんどは最終的に小矢部川に流出していると結論される。

庄川扇状地を対象に継続的に実施した調査・検討の結果から、庄川扇状地地下水の水文環境と涵養・流動機構は以下のように要約される。

5.1.1 水文環境

イ) 土地利用（資料収集・解析）

- ・ 庄川扇状地の土地利用は農地が約 70%を占めているが、関係 15 市町村の水田面積は、昭和 50 年から平成 12 年までの 26 年間に約 15%減少した。

ロ) 水理地質（資料収集解析、塩水侵入状況調査）

- ・ 庄川扇状地の水理地質基盤は扇央域で最大地表面下約 400mまで達し、扇状地全体の水理地質構造としては、不圧～被圧帯水層により構成される一つの巨大な地下水盆と見れる。
- ・ 塩水侵入状況調査の結果から、GL-70m～100mにかけて塩淡境界が分布している状況が推察される。

ハ) 河川流況（同時流量観測）

- ・ 同時流量観測結果によれば、庄川本川の雄神橋～太田橋間の左岸から 3m³/s 前後の河川水が小矢部川方向に、太田橋～中田橋間の左右岸から 6～8m³/s の河川水が小矢部川方向あるいは庄川右岸域に向けて伏没涵養している。また中田橋～大門橋間の右岸からは、1～2m³/s の地下水が庄川に湧出している。

ニ) 地下水利用（資料収集、アンケート調査）

- ・ 地下水利用実態調査結果に基づく地下水揚水量は、届け出量が 140 万 m³/日に対し実績量は 23 万 m³/日にとどまっている。このうち大口井戸の分布は高岡市街、砺波市街、新湊市に集中し、年間揚水量は 6000 万 m³で工業用が最も多いが、消雪用の揚水量も 1700 万 m³に達する。

- ・ 個人用井戸を対象にしたアンケート調査によれば、殆どの井戸が飲料を含む生活用水や消雪用として利用されているが、約 1 割の井戸で地下水位低下に伴う取水障害が報告されている。

5.1.2 地下水ポテンシャル（庄川扇状地の地下水流動形態）

イ) 平面分布形態（一斉測水調査）

- ・ 庄川扇状地全体としては、南東から北西への小矢部川に向かう地下水流動が認められ、庄川本川からの伏没涵養の存在、小矢部川が扇状地地下水の流出域となっていることがわかる。
- ・ 扇状地扇央部には連続した地下水谷が形成され扇状地の水理地質構造が一様でないことや、また射水低地域では冬季に消雪用地下水採取に伴う地下水位低下域が生じる等の地域的特徴が見られる。
- ・ 季別に実施した一斉測水調査結果から、扇状地では融雪時や水田灌漑期間に水田等扇状地表面から相当量の地下水涵養が生じていることが窺える。
- ・ 層別地下水観測結果から、涵養域では深部ほど地下水頭が低くなっており下向きの地下水流動が生じていること、一方流出域では深部ほど地下水頭が高く地下深部から浅部に向かう地下水流動が生じていることがわかった。
- ・ 庄川扇状地扇端域に位置する高岡市街地周辺から小矢部川右岸にかけてと、庄川右岸・大門町から射水低地にかけての地域では「自噴帯」が形成されている。自噴井戸の自噴高は 0.2～1m 程度で、深い井戸ほど自噴高が大きくなる傾向があるが、季別変動は小さく、年間を通してほぼ一定の自噴高を示している。

ロ) 地下水変動特性（資料収集、地下水位連続観測）

- ・ 全体的な地下水の長期変動傾向としては、扇状地扇端域で地下水位上昇傾向、庄川左岸扇央部～扇頂部で地下水位低下傾向の継続が認められる。
- ・ 扇端域の地下水位上昇は至近 17 年（1985 年～2002 年）で 1.2～3.1m、扇央～扇頂域の地下水位低下は同様に 1.4～1.8mと見積もられ、前者は地下水規制に伴う利用量減少や近年の少雪傾向に伴う冬季地下水採取量の減少、後者は減反に伴う水田灌漑水起源の地下水涵養量の減少に対応すると考えられる。
- ・ 地下水位の季節変動は、夏季灌漑時に最も高く、灌漑終了とともに低下傾向に転じ、冬季降雪時に最も低くなる。年間変動量は扇状地扇端域で 0.6～0.8m、扇央～扇頂域で 0.6～1.4mである。

5.1.3 水質から見た地下水流動形態（水質調査）

- ・ 扇状地内には、庄川の流路沿いと庄川左岸・合口付近から砺波市街を経て小矢部川に向かう 2 系統の地下水流動経路の存在が窺われる。環境同位体の分析結果から、これらの地下水流動系は庄川河川水起源の地下水であると考えられる。
- ・ 一方、扇状地を取り巻く周辺地域や沿岸部射水低地では水質の異なる地下水の分布が見られ、流域の地質、涵養起源の違い、あるいは沿岸部での海水の影響を反映したものと考えられる。

5.2 地下水流動機構の定量化

結論

継続的かつ詳細な地下水調査成果に基づいて地下水流動モデルを構築・改良した結果、実用的な精度で庄川扇状地の地下水流動機構を定量化可能なモデルが完成した。これにより、庄川扇状地の水環境を定量的に議論することが可能となった。

5.2.1 地下水流動モデルの構築

前記した庄川扇状地地下水の涵養・流動機構を定量化するため、庄川扇状地域（砺波平野～射水低地）全域を対象とする三次元地下水流動モデルを構築した。モデルの信頼性は、地下水ポテンシャルの平面分布形態並びに既存地下水観測地点の地下水位変動、小矢部川本川・支川の概略河川流況（基底流出量）、層別地下水ポテンシャル、地下水位の横断形状、自噴高等が再現できることで確認した。

5.2.2 庄川扇状地の水収支

三次元地下水流動モデルに基づく（通年平均の）水収支は下図の通りであり、以下のように特徴付けられる

- ・ 庄川本川から 5.4 m³/s の河川水が伏没し、地下水として小矢部川方向に流出している。
- ・ 水田灌漑水起源の地下水涵養量は 27.1 m³/s であり、これに降水（3.7 m³/s）及び庄川からの伏没涵養量を合わせた総地下水涵養量は 36.2 m³/s となり、水田灌漑水起源の涵養量が大きな割合を占めていることがわかる。
- ・ 小矢部川への地下水流出量は 26.4 m³/s であり、小矢部川流量の半分以上は庄川扇状地からの地下水流出によって賄われている。

- ・ 地下水利用量は 2.6 m³/s であり、総地下水涵養量に占める割合は 7 % 程度と僅かである。

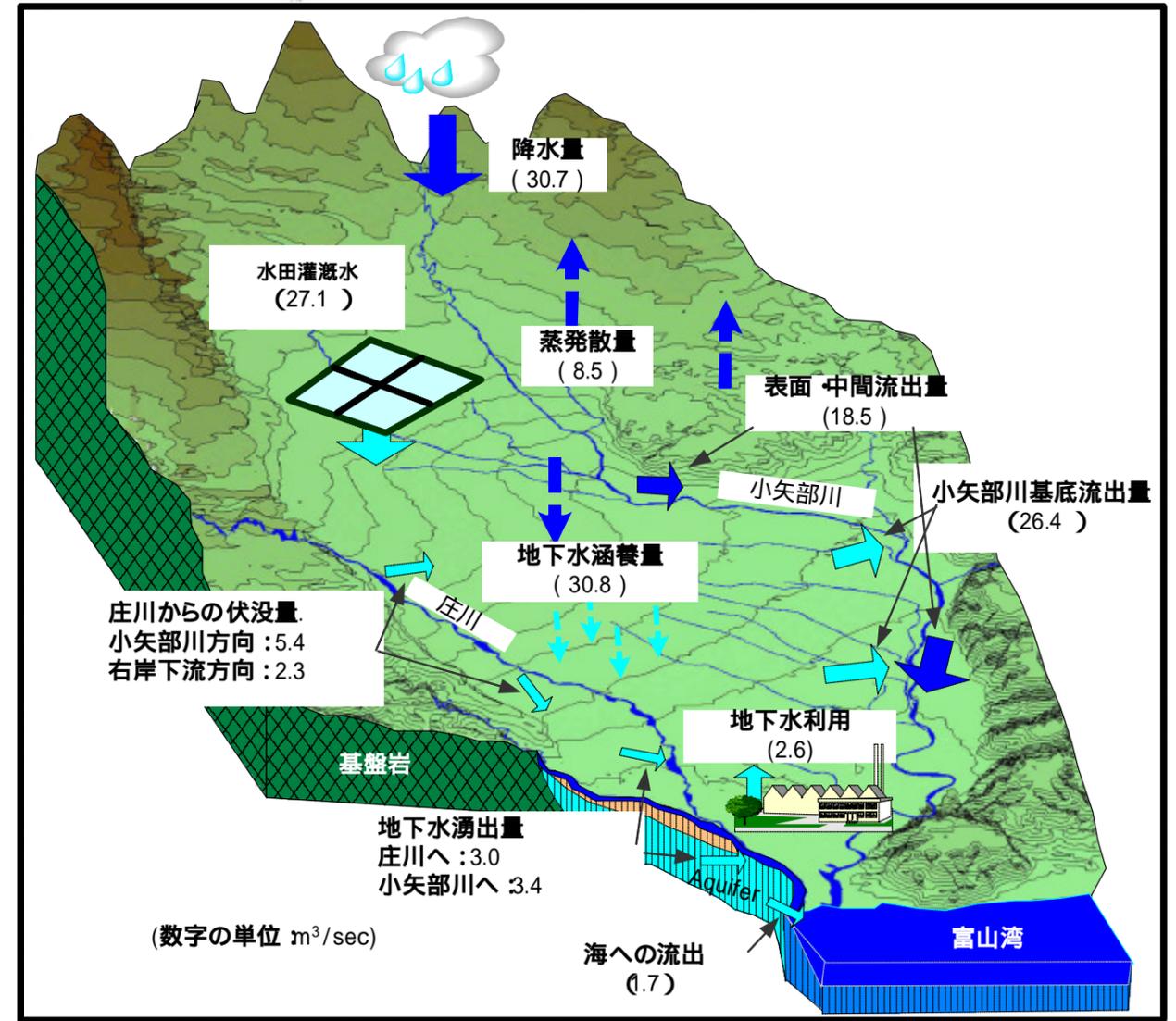


図 5.2-1 庄川扇状地の水収支 (2001 年通年平均、単位 ; m³/s)

5.3 庄川の伏没機構

結 論

定期的・継続的な同時流量観測や河道部設置観測井を利用した地下水位観測並びにそれら観測データを再現対象とした浸透流解析の結果、扇頂域の庄川本川から数 m^3/s 規模の河川水の伏没を確認した。伏没量は河川水位の変動に応じて変化すると予想されるが、平常時の河川水位・流量の変化さほど大きくはないため、ごく限られた洪水期間を除けばほぼ一定の伏没涵養が継続していると結論される。

5.3.1 河川水と地下水の関係(地下水横断調査、河道部地下水位観測、温度検層)

- ・ 庄川上流区間においては、河川水位と地下水位に大きな乖離が認められ、水理地質構造的に庄川河川水と地下水は縁切りされている状況が明らかとなった。この乖離は下流に行くにしたがって小さくなり、南郷大橋上流では河川水と地下水が一体となっている。
- ・ 河道部に設置した観測井水位を見ると、このような河川水と地下水の乖離の関係は年間を通して維持されていることがわかった。

5.3.2 河川伏没量の定量化

- ・ このような河川水と地下水の関係を基に、庄川からの伏没量を定量的に評価するため、河動部の3断面で2次元飽和・不飽和浸透流解析を実施した。モデル構築に当たっては、高密度電気探査による地下地質構造の解明や、河道部観測井の地下水位連続観測データを再現対象とする等、モデルの精度向上に努めた。
- ・ その結果、雄神橋～中田橋の区間では $7.2 m^3/s$ の伏没量が算定され、同時流量観測結果から得られた同区間の伏没量とほぼ整合する結果が得られた。
- ・ また河川水位上昇に伴う伏没量の変化を試算した結果、0.3m の水位上昇で約 2 割、1m の水位上昇で約 3 割～3 倍の伏没量増加が推定された。

表 5.3-1 解析結果から求めた河川伏没量の水位による変化

	河川伏没量 (縦断方向単位長さあたり [$m^3/s/m$])		
	2002年10月時点	水位 30cm 上昇時	水位 1m 上昇時
雄神橋付近 (KP23.3)	0.00415 (B=29.65m)	0.00492(19%増加) (B=38.44m)	0.00554(33%増加) (B=65.9m)
太田橋付近 (KP20.0)	0.00116 (B=34.99m)	0.00144(24%増加) (B=42.06m)	0.00370(219%増加) (B=111.74m)
高速道路橋(庄川橋)付近 (KP16.6)	0.000181 (B=18.27m)	0.000218(20%増加) (B=32.98m)	0.000356(97%増加) (B=56.86m)
雄神橋地点の流量 (参考)	約 $8.5m^3/s$	約 $21m^3/s$	約 $80m^3/s$

5.4 地下水の保全・適性利用に係る基本方針の提案

5.4.1 地下水の保全・再生の方策

第5回委員会では、庄川扇状地の地下水の保全・再生の方策を、地下水解析モデルを用いた予測シミュレーションにより模索した。その要点は、下記するように整理できる。

イ) 緊急の課題

- ・ 庄川扇状地における地下水にとって最大の問題は、水田面積の減少であり、それに伴う地下水涵養量の減少は、地域の地下水位を著しく低下させる。(表5.4-1のケース2。)
- ・ また、その影響は扇端部の湧水量および小矢部川への地下水流出量にも現れ、年間平均で13.8万 m³/日(約1.6m³/s)の河川の清流成分が消滅することになる。
- ・ これらによる流域の水環境への多大な影響が懸念される。

ロ) 効果的な対策

- ・ 各種の対策案を比較した結果、最も効果的なのは扇頂部に於ける人工涵養である。これに対して、各戸雨水浸透対策と節水の啓発はほとんど効果は無いことが分かる。また、消雪用途の揚水量を全て停止した場合の効果はある程度望めるが、地域的に限られた効果である。(表5.4-2のケース7~10。)
- ・ 最も効果的である人工涵養対策(ケース8)と水田面積が減少した場合(ケース2)とを相殺させる計算を行ってみたが、一部の地域では水位を回復させることもできるが、扇状地全域に渡る水位低下は解消できない結果であった。
- ・ このことから、単一对策を講じることだけでは、長期的な水田面積減少他の影響を解消できるというものではないことが分かる。関係者間の十分な議論に基づいた総合的対策が必須と考えられる。

ハ) 少雪の影響

- ・ 少雪の影響は扇頂部と扇中部に顕著に見られ、単に融雪期にとどまらず年間を通して影響が現れる。しかし、その影響は水田面積の減少による影響に比して小さいものである。(表5.4-1のケース11。)

二) 将来の地下水資源

- ・ 水田面積の減少を食い止め現状を維持したとしても、揚水量を2倍にした

地下水開発を考えると、どの地域で開発しても地下水低下の影響は避けられないことがわかった。今後、地下水開発にあたっては、関係者の合意を得て地下水の有効活用を図る必要がある。(表5.4-1のケース3~6。)

5.4.2 今後の基本方針の提案

平成13年度以降実施してきた一連の調査・検討により、庄川扇状地の地下水と河川水及び灌漑水等地表水とは相互に不可分の関係にあり、一体の水循環系の中で流動していることが明らかとなった。庄川扇状地では河川水や地下水利用が盛んに行われてきたが、一方で偏在化した地下水開発等による局所的な地下水障害の発生が知られており、喫緊の要事となっている。

今回の委員会を通して一定の精度を有する地下水シミュレーションモデルが完成されたことから、今後は定量的な議論が可能となった。また、試みに行った将来予測計算と保全対策効果の評価を通して庄川扇状地における水環境保全に向けた課題も確認できたと考えられる。これらの成果を踏まえ今後は、庄川扇状地の豊富な地下水資源を積極的にかつ安全で永続的に利用するための具体的方策についてステークホルダーの間で検討を進める必要がある。その際の基本的留意事項は以下の通りである。

- ・ 当該地域の地下水利用は、地下水脈を通じて相互に影響し合っているという共通認識の下に議論する。
- ・ 庄川扇状地地下水の保全・適正利用に当たっては、ハード・ソフト両面からのきめ細かい対策が必須であることから、今後、関係行政機関等による協議・調整の場を設けて対策の実現を目指す必要がある。
- ・ そのためにも、庄川扇状地の水環境を構成する諸要素について継続的な監視(モニタリング)を行い、動態変化のあり方を注意深く見守ることが肝要となる。

表 5.4-1 将来想定シミュレーション結果

将来想定	現行からの変化項目	扇状地の地下水位変化 [m]		シミュレーション結果	
		年間平均	変化の最大 (発生月)		
ケース1	現行通り	-	-	以下の将来想定計算と比較するための基準	
ケース2 水田面積の減少	水田面積の減少 36.6km ² (15%減少)	-0.471	-3.16 (8月)	季節を問わず、地域の全体に渡り激しい地下水の低下が生じる。扇頂部で水位低下が最も顕著である。	
新規開発の影響	ケース3 扇頂部	年間平均1.5 万m ³ /日の新規開発	-0.196	-12.87 (2月)	激しい水位低下が扇頂部で生じるが、地域的に限定される。新規開発の絶対量は他のケースに比べて小さいにも係わらず変化の最大量は大きい。
	ケース4 扇中部	年間平均6.7 万m ³ /日の新規開発	-0.461	-4.87 (2月)	新規開発を設定した地域と扇頂部において水位低下が生じる。地域平均値としても大きな影響が生じる。
	ケース5 扇端部	年間平均4.5 万m ³ /日の新規開発	-0.054	-0.95 (1月)	新規開発の絶対量が比較的大きいにも係わらず、他のケースと比較してその影響が小さい。
	ケース6 庄川右岸	年間平均1.0 万m ³ /日の新規開発	-0.03	-0.9 (8月)	新規開発の絶対量が小さいこともあり、扇状地全体としては影響が限定されるが、特定地域への影響は無視できない。
ケース11 消雪の影響	降雪量が半減 (約150mmの減少)	-0.054	-0.48 (9月)	降雪減少の影響は全般的に地下水低下に繋がる。但し、1月などは雪の代わりに降水が生じるために、低地部において地下水水位の上昇が見られる。	

表 5.4-2 対策案の評価結果

対策案	対策規模	扇状地の地下水位変化 [m]		評価結果
		年間平均	変化の最大 (発生月)	
ケース7 各戸浸透対策	対策面積(屋根面積): 6.67km ²	0.0153	0.65 (8月)	扇状地全体における地下水水位の回復効果は限定的である。
ケース8 人工涵対策	扇頂部に25箇所の人工涵池(浸透量0.33m ³ /s)	0.3037	13.73 (7月)	扇頂部における対策であるため、同地域における地下水水位回復効果は大きく、また、扇状地全域への効果も期待できる。
ケース9 節水啓発	生活用水の20% (1.3万m ³ /日)の減少	0.0394	1.97 (2月)	扇状地全体における地下水水位の回復効果は限定的である。
ケース10 消雪用途揚水削減	年間平均3.7万m ³ /日の揚水制	0.1562	5.07 (2月)	扇端部及び射水低地などで効果は見られず、福野町と井波町においてのみ効果が見られる。