4. 庄川扇状地の地下水流動機構

4.1 調査検討結果のまとめ

第 3 回委員会以降の調査・検討結果並びに残されている課題を整理しまとめとする。

(1) 地下水利用実態（個人用井戸アンケート結果）

① 砺波平野の関係 15 市町村の約 9000 世帯を対象に地下水利用に関するアンケート調査を実施し、2357 通の回答を得た。

② 対象井戸の殆どは現在利用されており、飲料を含む生活用水と消雪揚水が主たる用途である。

③ 回答井戸の約 1 割で何らかの井戸障害が報告されている。その多くは地下水位低下に伴う取水障害（井戸枯れ）で、特に射水低地では冬期に水位が低下するという報告が見られた。

(2) 河川流況（伏没涵養量、地下水流出量）

① 同時流量観測の結果から、庄川の伏没涵養量、地下水湧出量は次のように算定される。

- 太田橋～中田橋間：4～8m^3/s の伏没
- 中田橋～大門橋間：1～2m^3/s の湧出

② 雄神橋～太田橋間では、現在までの観測で、2 回は 2～3m^3/s の伏没、1 回は 1m^3/s の湧出と算出されており、伏没・湧出の関係が逆転している。

(3) 水理地質（自噴高の季節変化、塩水侵入の実態）

① 2 回の自噴高測定結果では自噴高は 0.2m～1m 程度であり、明瞭な季節変動は見出せない。

② 塩水浸入実態調査結果からは、海岸近傍においては海水の直接的な影響を受けて上部からの塩水化が生じていること、GL-70m 付近に塩淡境界が分布している状況などが推察された。

(4) 地下水ポテンシャル（庄川扇状地の地下水流動形態）

① 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になっていることがわかる。

② 庄川扇状地の扇央部には連続した地下水谷が形成されており、扇状地の水理地質特性が一様でない状況が推察される。

③ 一斉測水の結果から、扇状地域では水田等の地上部から相当量の涵養を受けていること、射水低地域では消雪用地下水採取の影響を受けた地下水変動を呈することが読み取れる。

④ 層別地下水観測結果から、涵養域に設置した井戸では深い観測井ほど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。一方、流出域に設置した井戸では、深い観測井で水頭が高くなっており、地下深部から浅部に向かう地下水流動状況が確認された。

⑤ 河道部の地下水観測結果から、庄川上流域においては河川水位と地下水位に約 25m の大きな乖離が認められ、河川水と地下水が縁切りされている状況が確認された。この乖離は下流に行くに従い小さくなり、南郷大橋上流（K.P. 11）では、河川水と地下水が一体になっている状況が確認された。

(5) 地下水の変動特性

① 全体的な地下水の長期変動傾向としては、扇頂部において地下水位の低下、扇端部および射水低地では地下水位の上昇が認められる。これらは、扇頂から扇央にかけての減反に伴う地下水涵養量低下、扇端および低地部の地下水利用規制による利用量減少を反映したものであると考えられる。

② 地下水連続観測結果から、本年 1 月～2 月の融雪に伴い地下水位が上昇し、その後は単調に低下、4 月～5 月の灌漑開始とともに再び地下水位は急激に上昇し、灌漑期は高水位を維持するという状況が確認された。

(6) 地下水流動機構の定量化（地下水ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ解析結果）

① これまでの調査・検討結果から想定される庄川扇状地地下水の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観測点の地下水位変動、及び小矢部川本・支川の概略河川流況（基底流出量）が再現できることで確認した。

② 本モデルに基づく流域全体の（通年平均の）水収支は**図 4-1-1**の通りである。庄川からの伏没涵養量（5.4m^3/s）と降水及び水田灌漑水起源の地下水涵養量（30.8 m^3/s）を合わせた総地下水涵養量（36.2 m^3/s）に対する地下水利用量（2.6 m^3/s）の割合は僅か（7%）であり、第 2 回委員会で示した概略水収支の検討結果を裏付けるものである。（ケース 1）

③ また本モデルを用いて、土地利用形態（水田面積）や地下水利用形態といった庄川扇状地の地下水環境の変化を 2 ケース（**表 4-1-1** のケース 2 とケース 3）想定し応答計算を行った。その結果は以下のように要約できる。

ケース 2：水田面積が現在（平成 10 年）より 15%減少した場合、灌漑水起源の地下浸透量の減少によって扇状地の広い範囲で地下水位低下が予想される。水位低下量は扇状地扇端～扇央部で 0.1～0.5 m、扇頂部では 0.7～1.0m程度と見積もられる。

ケース 3：地下水利用量が一律 30%増加した場合、高岡市街周辺及び砺波市街～扇状地扇頂域の範囲で 0.1～0.5mの地下水位低下が予想され、地下水利用が集中している所では局所的に 5m以上の水位低下が見込まれる。

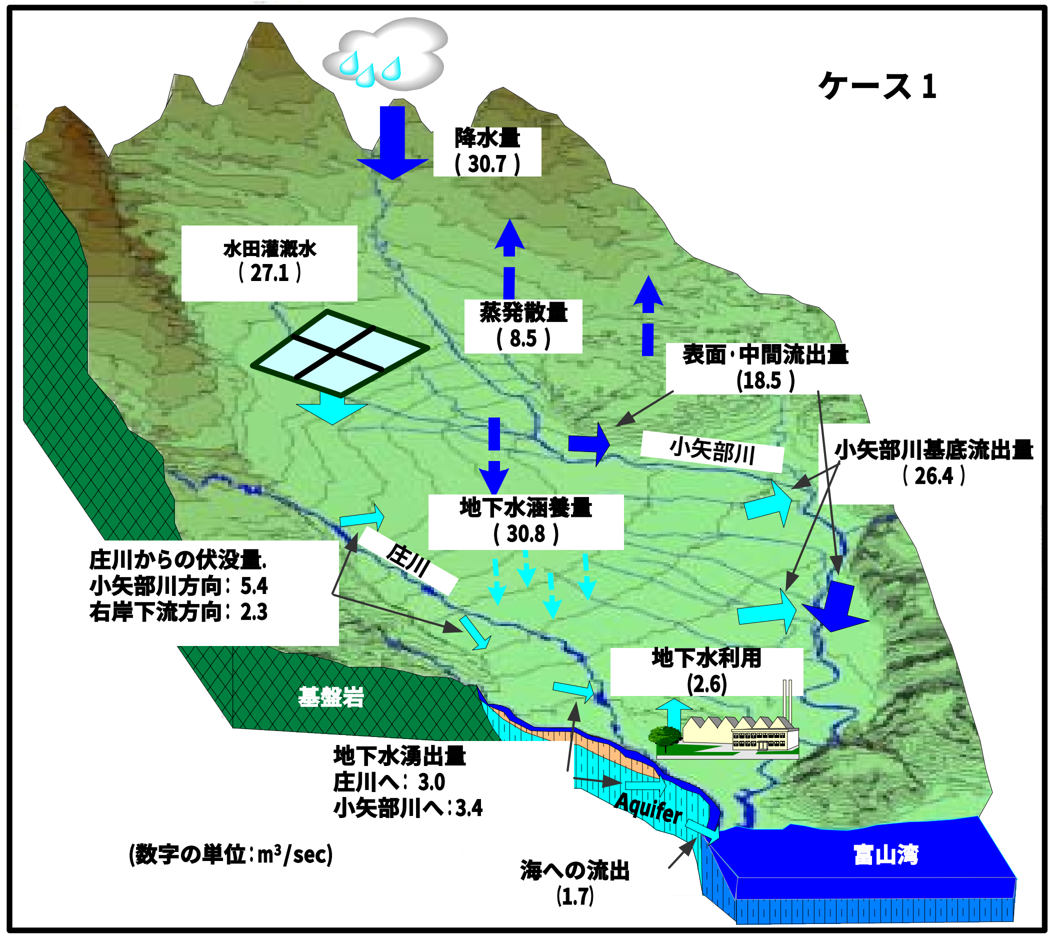

図 4-1-1　庄川扇状地の水収支（2001 年通年平均、単位；㎥/s）

表 4-1-1　地下水流動モデルを用いた予測計算ケース

		涵養量の変化	
		現況	水田面積 15%減少
揚水量の変化	現況（H10 年実績）	ケース 1	ケース 2
	現況の 3 割増	ケース 3	―

注：①気象条件（計算期間）は H10.1.1～H14.7.31 の 4 年半とした。
　②庄川からの伏没量は、全てのケースで通年一定量とした。
　③涵養量は、①の気象条件と水田面積などからタンクモデル計算で算定した。

(7) 庄川扇状地地下水の総括

庄川扇状地は砂礫層が厚く良好な帯水層を形成し、また全国的にみて降水量も多いことから豊富な地下水に恵まれている。扇状地域の地下水は、地表面からの雨水や融雪水の浸透の他、庄川の伏没や水田灌漑水の地下浸透を受けて涵養された後、小矢部川に向かって流動している。

一方、降水量（特に冬季の降・積雪量）の減少傾向や水田面積の減少に伴う地下水涵養量の減少、さらには地下水揚水の偏在化等と相まって、扇状地扇頂部～扇央部では長期的な地下水位低下傾向が継続している。

4.2　今後の基本方針と調査計画

(1)　今後の基本方針

今後は、将来に向けて、水循環を構成する地下水の重要性を認識し、その保全や有効利用を図るとことが重要であり、そのためには、以下に示す項目の検討を進める必要がある。

- 長期的な視野に立ち、地下水を含む地域の水資源のあり方について検討を行う。
- 地域の水循環を踏まえ、地下水の涵養について検討を進めるとともに、流域の開発を行うに当たっても地下水の涵養を考慮する。
- 地下水の動向を監視し、地下水水理をより一層明らかとするための調査を今後も継続する。

(2)　今後の調査計画

上記の課題を勘案し今後実施予定の調査を**表 4-2-1** に示す。以下、その概要を述べる。

a)個人用アンケートに係る補足調査

一般家庭用井戸を対象に実施したアンケート調査結果を基に、これらの地下水利用量集計のための補足調査を行う。具体的な作業としては、関連統計資料との比較により実態ベースの利用量を推定する方法、あるいは現地の代表エリアにてサンプリング調査を行い使用井戸の実数を推定する方法を計画する。

b)一斉測水調査

これまでの計 7 回の調査に引き続き、一斉測水調査を継続的に実施する。実施時期としては冬期（1 月）を予定する。特に消雪用地下水採取の影響を把握し、各期の地下水位を比較して変動量分布図を作成する。

c)地下水観測

既設井戸 12 ヶ所で継続中の地下水観測を引き続き行う。本観測は将来的にも継続的に実施し、既存長期観測井のモニタリングと合わせて庄川扇状地地下水の動態を把握する。

d)水質分析

地下水流動機構の検討に資するため水質調査を追加実施する。採水ヶ所は第 1 回調査地点（52 ヶ所、平成 13 年 12 月採水）に層別観測井（15 ヶ所）及び小矢部川近傍井戸（数ヶ所）を追加して行う。分析項目は一般項目 15 項目を基本とするが、層別観測井戸を含む 35 ヶ所についてはδD(D/H)、δ^{18}O(^{18}O/^{16}O)、トリチウム(^{3}H)の同位体分析を行う。採水時期は 10 月中を予定する。

e)同時流量観測

庄川、小矢部川の伏没、還元（湧出）の実態を把握するため、本支川を対象にした同時流量観測を今後も随時実施する。実施時期は 11 月と 1 月を予定する。なお流量観測精度の向上に細心の注意を払うこととする。

f)塩水侵入状況の確認

塩水侵入の態様により海への地下水流去の状況が決まると考えられることから、沿岸部の 1 ヶ所に深度 100m の観測井（オールストレーナー）を設置し、電気伝導度検層を行って塩淡境界深度を確認する。実施時期は 11 月を予定する。

g)三次元地下水ポテンシャル分布の把握

庄川扇状地の地下水流動系の確認のため、涵養域 2 ヶ所、流出域 2 ヶ所に設置される層別観測井（施工中）において、地下水位の連続観測を継続的に実施する。本施設は、帯水層の状況に応じて 3～4 本の層別観測井（最大深度 200m、掘削径 250mm、仕上がり径 100mm）を設置し、同一地点で深度別の水位と水質を測定するものである。（＊データは地下水位年表に公表予定）

h)庄川河道部地下水位観測

庄川では扇状地上流域で河川水面と地下水面が大きく乖離し、下流部では両者が一体化する状況が見られる。このような河川水と地下水の関係は、庄川の伏没機構と密接に関係していると考えられる。このため河川水と地下水の関係把握を目的に庄川河川敷地内の 4 ケ所・5 地点に地下水観測井を設置した。今後これらの観測井について地下水位観測を継続し、河川水位と地下水位の関係を把握するとともに伏没量の検討を行う。

(3) 地下水の保全・適性利用に向けて

庄川扇状地の貴重な水環境を保全し、安全かつ持続的な地下水利用を行っていくためには、当地の水環境特性を踏まえたハード、ソフト両面からのきめ細かな対策を講ずることが必要である。想定される具体的な対応策の例を**表4-2-2**に示す。

今後は関係する行政機関などによる協議・調整の場を設けたい

表 4-2-2　水環境保全に係る対応策の例

	分　類	細　目	備　考
ハードな対策	自然地の保全	水田の保全	
	地下水涵養の促進	休耕田からの地下涵養対策	
		雨水浸透施設の普及	学校・公園・道路他
		人工涵養工法（浸透池、井戸）の導入	
	地下水流動の保全	地下構造物建設に伴う地下水脈の保全	
	水質の保全	工場排水、生活系汚濁負荷の軽減	ﾎﾟｲﾝﾄｿｰｽ対策
	河川の整備	河川水伏没の促進（河道内貯留、河道外貯留等）	
ソフトな対策	効率的な水利用意識の高揚	住民PR、節水機器の普及・開発	
	地下水利用の適正化	偏在化しない適正揚水	地下水涵養量に見合う量の揚水
		消雪揚水に替わる克雪対策の導入	
	水資源の循環利用	再生水利用、中水道の普及	
		雨水利用の推進	

（斜線部）は当該地域で効果が期待できるもの。

表 4-2-1　庄川扇状地域の今後の地下水調査計画

地下水調査項目		実施方法 (調査内容・数量・実施時期・留意事項)	進捗状況及び計画	関連する委員会指摘事項
区分	細目			
継続	個人用アンケートに係る補足調査	一般家庭用井戸を対象にしたアンケート調査結果を基に、利用量評価のための補足調査を行う。具体的には、関連統計資料との実績比較あるいは現地でのランダムサンプリング調査を計画する。	集計・分析は終了。	家庭用井戸の揚水実態を把握する必要がある（佐藤委員、佐竹委員）。
継続	一斉測水調査	これまでの７回の調査に引き続き、継続的に一斉測水調査を行う。実施時期としては冬期（1月）を予定する。 また、各期の地下水位を比較し、変化平面図を作成する。	H14.4月、5月、7月、9月に実施済み。 冬期1月に追加実施予定。	過去の古い時からの地下水面分布の変遷を確認した方が良い（佐藤委員）。
継続	地下水観測	現在継続中の既設井戸12地点における連続観測を引き続き実施する。本観測は今後も継続的に実施し、既存長期観測井のモニタリングと合わせて庄川扇状地地下水の動態を把握する。	観測継続中。 月1回のデータ回収整理を実施中。	
継続	水質分析	地下水流動機構の検討に資するため水質調査を追加実施する。採水ヶ所は第1回調査地点に層別観測井15ヶ所を追加する。分析項目は一般項目15項目を基本とするが、層別観測井を含む35ヶ所についてはδD(D/H)、δ^{18}O(^{18}O/^{16}O)、トリチウム(^{3}H)の同位体分析を行う。	層別観測井の進捗を見て、10月中に採水実施予定。	
継続	同時流量観測 （庄川、小矢部川）	庄川、小矢部川の伏没、還元（湧出）の実態を把握するため、本支川を対象にした同時流量観測を今後も随時実施する。庄川から取水した灌漑用水が直接小矢部川本支川に流入している場合はその量の把握も行うこととする。 なお、流量観測精度の向上に細心の注意を払うこととする。	観測継続中 H14.4月、5月、8月、9月に実施済み。 H14.11月、H15.1月に追加実施予定。	地下水流出側の小矢部川の流量を観測する必要がある（榧根委員長、藤縄委員、吉岡委員）。
継続	塩水浸入状況の確認	塩水浸入の態様により、海への地下水流去の状況が決まると考えられることから、沿岸部の1ヶ所にＬ＝100mの観測井（オールストレーナー）を設置し、電気伝導度検層を行って塩淡境界深度を確認する。	既設井戸３箇所については実施済み。 新規観測井を設置し追加実施予定。	モデルによる流動状況再現に当っては、塩水浸入の状況の把握が必要である（藤縄委員）。
継続	三次元地下水ポテンシャル分布の把握	庄川扇状地の地下水流動系の確認のため、涵養域２ヶ所、流出域２ヶ所に設置される層別地下水観測井（施工中）において、地下水位の観測を順次行う。この施設は、帯水層の状況に応じて３～４本の観測井（最大深度約200m、掘削径250mm、仕上がり径100mm）を設置し、同一地点で深度別の水位と水質を測定する。データは地下水年表に公表する	8月中旬以降、完成した井戸から順次地下水位観測を開始しており、今後も継続する。	地下水流動系の確認・検証では、断面ポテンシャルの把握が必要である（佐藤委員）。
新規	河道部地下水観測	庄川河川水と地下水の水位関係を把握し庄川の伏没浸透のメカニズムとその量を評価するため、庄川河川敷地内の4ヶ所・5地点に地下水観測井を設置した。今後本井戸を利用した地下水観測を継続し、河川水位と併せて両者の関係について検討を行う。	8月中旬以降、自記水位計による連続観測を開始しており、今後も継続する。	