

3. 保全・適正利用に係る基本事項の提案

3.1 地下水位の将来予測

(1) 土地利用と地下水利用の将来想定

将来想定の年次

富山県の「富山県民新世紀計画」は平成 13 年から平成 22 年（2010 年）の 10 年間を計画年としているが、今回の検討では下記の理由から将来の目標年次をその更に 10 年後の 2020 年とした。

現行計画の次期計画（2011 年から 2020 年）に整合させる。

地下水流動は緩慢なため、各種の人為的な効果が発現するには恐らく 10 年以上の時間を要する。

将来のシミュレーションの方法

将来のシミュレーションにあたっては、過去 32 年間（1971～2001 年）の平水年（概ね 32 年間の平均となる降水量の年）に相当する 1993 年（平成 5 年）の降雨パターンを 20 年間繰り返し与えることとした。これにより 20 年後の計算結果は与えた周辺条件を反映し、ある定常的な状況に至っている。

将来像の想定

今回の検討では複数の将来想定を設定して、現在と比較して地下水の保全・適正利用を検討した。将来における各種の対策案の評価は、現行の地下水利用量および土地利用が現行のまま不変であった場合を基準とし、その変化量を評価指標とした。その際、下記の地域特性を考慮した。

地域の主要な土地利用である水田の面積変化を考慮した。

地域の主要な水源でもある地下水の利用量を変化させた。

地域の特徴的な地下水利用先である消雪利用についても検討要素とした。

表 3-1 将来想定

将来想定 の検討ケース	目的	想定条件	現行からの 変化項目
ケース 1	比較の際の基準として用いる	現行の土地利用（水田面積など）と地下水利用量を全て不変とする。	現状維持（変化なし）
ケース 2	水田による地下水涵養効果の評価	最近 5 ヶ年の水田面積は毎年平均 0.7%のペースで減少している。現在（2000 年）から目標年次（2020 年）にかけて、この減少率で推移すると仮定すると、水田面積は 2000 年の 285.8km ² から 2020 年には 249.2km ² になると推定され、水田面積の減少量は 36.6km ² に及ぶ。	水田面積の減少：36.6km ²
ケース 3	新規地下水開発の影響把握	扇頂部の井戸全てについて、地下水揚水量を現行の 2 倍とする。地下水深度が GL-20m よりも深い地域を扇頂部とした。	年間平均 1.5 万 m ³ /日の揚水増加
ケース 4	同上	扇中部を含む地下水深度が GL-5m から GL-20m の間の地域を対象として、その地域の井戸全てについて、地下水揚水量を現行の 2 倍とする。	年間平均 6.7 万 m ³ /日の揚水増加
ケース 5	同上	扇端部における全ての井戸について、地下水揚水量を現行の 2 倍とする。地下水深度が GL-5m よりも浅い地域を対象とした。但し、地下水規制区域は除く。	年間平均 4.5 万 m ³ /日の揚水増加
ケース 6	同上	庄川右岸地域の全ての井戸について、地下水揚水量を現行の 2 倍とする。但し、地下水規制区域は除く。	年間平均 1.0 万 m ³ /日の揚水増加
ケース 11	少雪の影響	年間平均気温が 2 度上昇したとして、積雪量の減少を想定する。	降雪量が半減（約 150mm の減少）

(2) 現状維持とした場合の地下水位の変化

将来想定の設定趣旨

現行の土地利用・水利用形態を現状維持とした場合の20年後の状態を予測する。降水量のパターンは平水年相当である平成5年の降水を毎年繰り返し与えた。これにより将来予測は近年の平均的な気象水文条件下における予測結果となる。この将来想定は、以降の様々な将来想定と比較検討における基準として設定した。

シミュレーション結果

地下水位の年間変動パターンは4月が最も低く8月が最も高い、ピークと谷がそれぞれひとつの変動パターンとなった。

また、次頁に示した水収支をみると、灌漑期間に地下水貯留が増大し、非灌漑期にそれを消費するようなパターンがみられる。また、降雪期間は地下水貯留が若干減少する期間となっている。

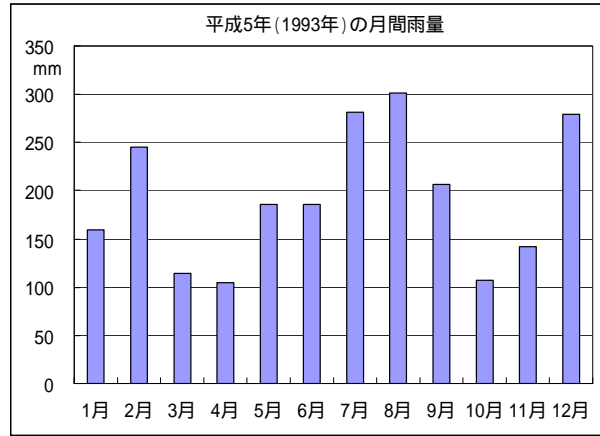


図3-1 平成5年(1993年)の月間降水量



図3-2 扇状地地下水位の年間変動パターン

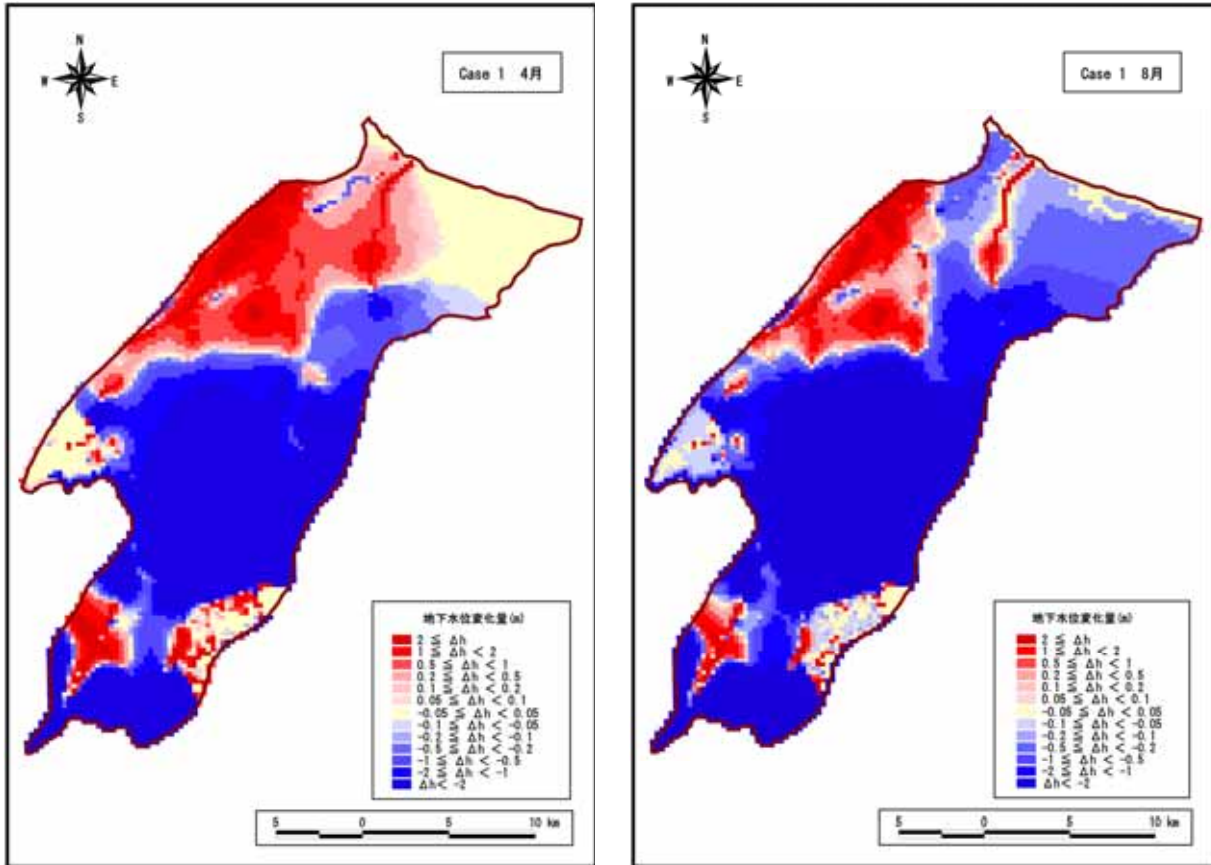


図3-3 地下水位の変化図(左図:4月,右図:8月)

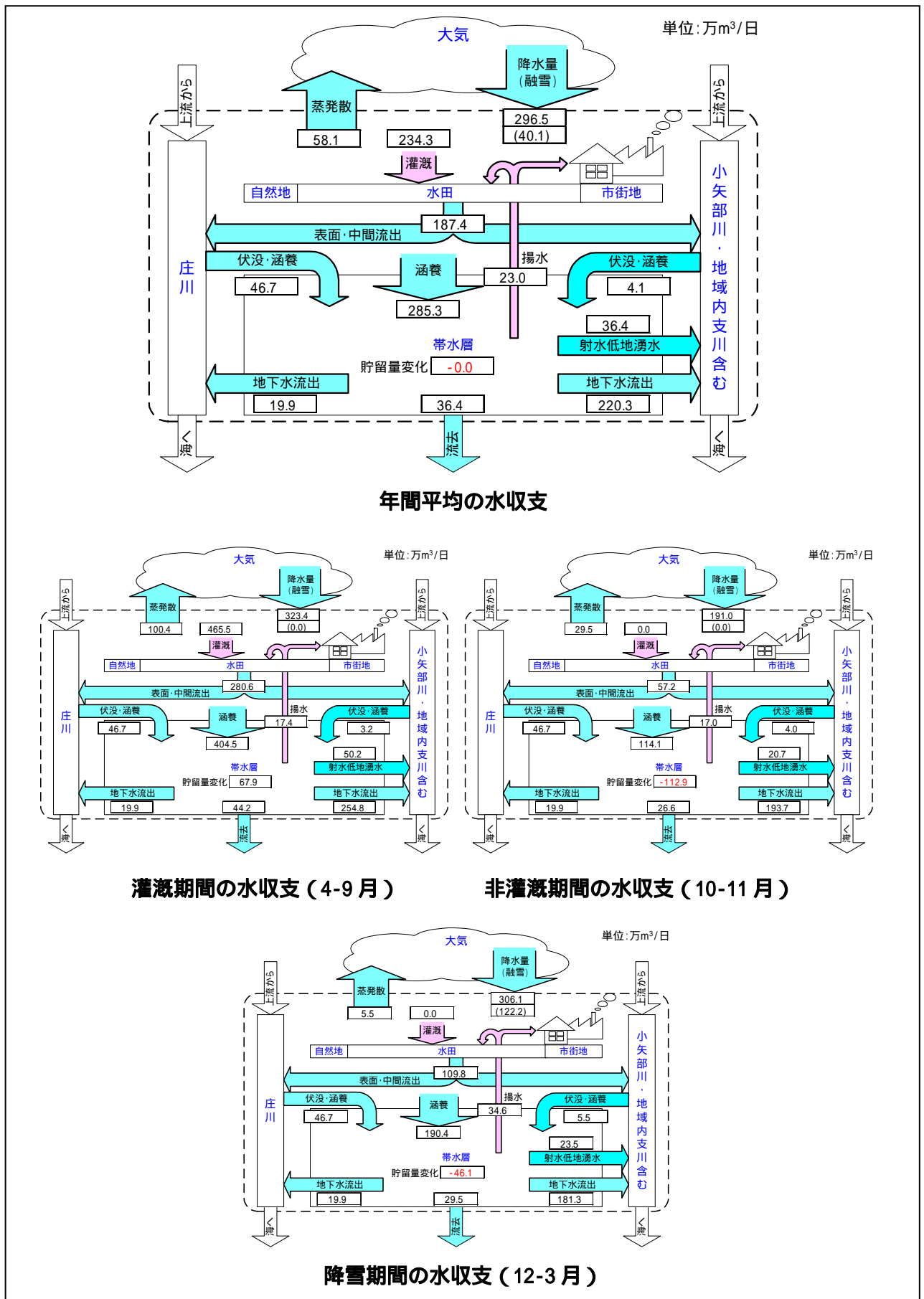


図 3-4 現状維持とした場合の想定水収支

(3) 将来想定における地下水位の変化

現行の土地利用・水利用形態を現状で据え置いた場合の地下水位の変化を基準とし、表3-1に示した各ケースについて2020年における地下水位の変化と水収支を算出した。

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)	地下水位の変化図：4月	
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)		
新規開発の影響	揚水量を2倍	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)	
		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)	

シミュレーション結果		
地下水位の変化図：8月	水収支	評価
	<p>単位: 万m³/日</p>	<p>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。</p>
	<p>単位: 万m³/日</p>	<p>激しい水位低下が扇頂部で生じるが、地域に限定される。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量は大きい。</p>
	<p>単位: 万m³/日</p>	<p>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。</p>

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)	地下水位の変化図：4月	
新規開発の影響	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)	
	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)	
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)	

シミュレーション結果		
地下水位の変化図：8月	水収支	評価
	<p>単位：万m³/日</p> <p>大気：蒸発散 58.1, 降水量(融雪) 296.5 (40.1)</p> <p>自然水：自然水 234.3, 灌漑 27.5</p> <p>地表・中間流出：187.4</p> <p>伏・潜・湧：伏・潜・湧 46.7, 湧 285.3, 揚水 4.7</p> <p>帯水層：帯水層 36.3, 貯留量変化 -0.0</p> <p>地下水流出：19.9, 217.1</p> <p>射水低地湧水：36.0</p> <p>流出：36.3</p>	<p>新規開発の絶対量が比較的大きいにも係わらず、他のケースに比較してその影響が小さい。</p>
	<p>単位：万m³/日</p> <p>大気：蒸発散 58.1, 降水量(融雪) 296.5 (40.1)</p> <p>自然水：自然水 234.3, 灌漑 24.0</p> <p>地表・中間流出：187.4</p> <p>伏・潜・湧：伏・潜・湧 46.7, 湧 285.3, 揚水 4.1</p> <p>帯水層：帯水層 36.2, 貯留量変化 -0.0</p> <p>地下水流出：19.9, 219.7</p> <p>射水低地湧水：36.2</p> <p>流出：36.3</p>	<p>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。</p>
	<p>単位：万m³/日</p> <p>大気：蒸発散 58.1, 降水量(融雪) 296.5 (40.1)</p> <p>自然水：自然水 234.3, 灌漑 27.5</p> <p>地表・中間流出：187.4</p> <p>伏・潜・湧：伏・潜・湧 46.7, 湧 285.3, 揚水 4.7</p> <p>帯水層：帯水層 36.3, 貯留量変化 -0.0</p> <p>地下水流出：19.9, 217.1</p> <p>射水低地湧水：36.0</p> <p>流出：36.3</p>	<p>降雪減少の影響は全般的に地下水低下に繋がる。但し、気温が高い日には雪ではなく降水となるため、低地部において地下水位の上昇が見られる。</p>

3.2 保全対策の提案

(1) 対策案の想定

地下水保全対策として下記 ~ の対策案を想定した。

雨水浸透施設の普及

都市地域において対策が進められている屋根雨水の浸透対策について、水質的に問題が無い屋根雨水を対象として浸透施設により地下水涵養量を増加させる。



図 3-5 雨水浸透イメージ

人工涵養施設の設置

扇状地における扇頂部は下流域に対する地下水涵養の主要な地域であることより、この地域における地下水涵養は扇状地全体の地下水を潤すと考え、地下水の深度が深く、また地質的に透水性の高い扇頂部に人工涵養施設を設置する。

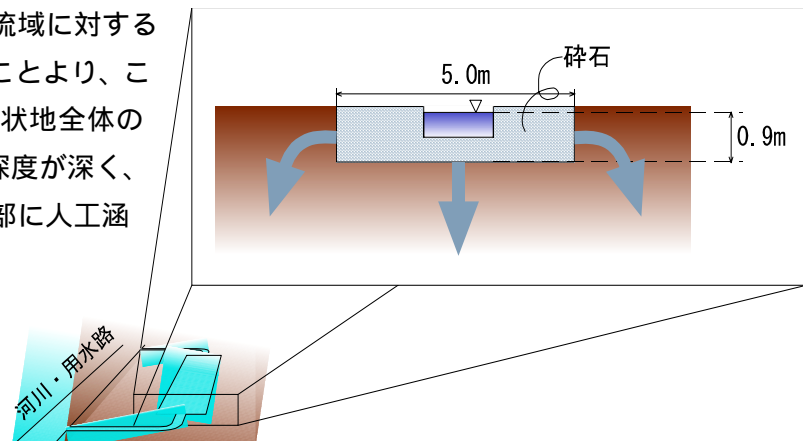


図 3-6 人工涵養イメージ

節水意識の高揚

ハード的な対策を実施することなく、節水啓発を実施することにより生活用水は 20%程度削減されるという報告*1があることから、節水啓発による地下水への影響を検討した。

消雪用水の転換

冬季に揚水される消雪用途の地下水揚水の影響を検討した。


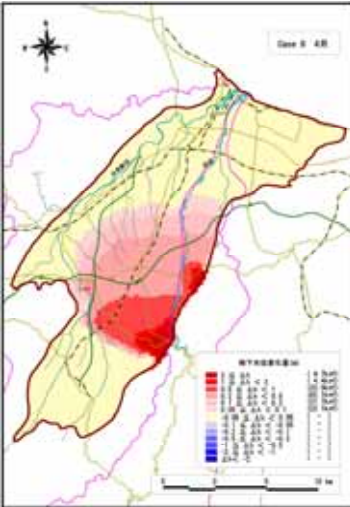
*1 出典「国土交通省 河川局ホームページ 365 日の節水マニュアル」

表 3-2 対策案の一覧

将来想定 の検討ケース	目的	想定条件	対策
ケース 7	地域住民の協力を前提とした雨水浸透対策の効果評価	<p>屋根排水を対象として浸透施設により地下水涵養量を増加する。浸透施設の適地は以下の基準から設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 透水係数が 10^{-5}cm/s より大きい ○ 斜面勾配が 0.1 より小さい ○ 地下水位が地表面から 2.0m 以下 <p>浸透施設適地内建物の面積は 33.36km^2 とし、屋根面積は建ぺい率を考慮して設定する。仮に建ぺい率を 0.2 とすると屋根面積は 6.67km^2 となる。</p>	対策面積(屋根面積): 6.67km^2
ケース 8	公共施設における人工涵養施策の効果評価	庄川または用水路の近くにある公共用地に浸透池・浸透井戸を設置する。設置場所の選定は、地下水位が GL-5m よりも低い地域に限定する(扇頂部)	扇頂部に 25 箇所
ケース 9	節水啓発の効果評価	節水実験の事例によれば、節水を意識しただけで 2 割程度の節水効果が現れている。これより節水行動による使用量減少率を 20% と想定して、地下水揚水量を減少させる	年間平均 1.3 万 m^3 /日の揚水抑制
ケース 10	消雪用途揚水の抑止効果評価	消雪対策を地下水利用から他の対策へ転換することとし、全ての消雪用揚水量を停止する	年間平均 3.7 万 m^3 /日の揚水抑制


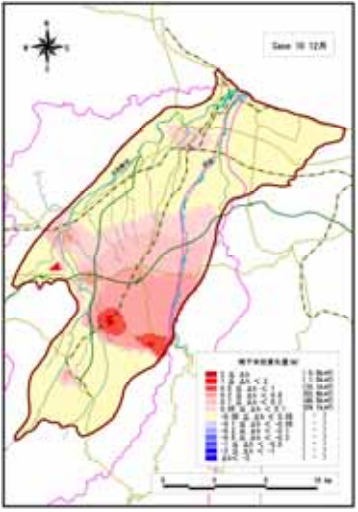
(2) 対策案の評価

現行の土地利用・水利用形態を現状で据え置いた場合の地下水位の変化を基準とし、各ケースについて2020年における対策案の効果をシミュレートした。

対策案	対策規模	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)	地下水位の変化図：4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)	
ケース8 人工涵養対策	扇頂部に25箇所の人工涵養池 (浸透量0.33m ³ /s)	0.3037	13.73 (7月)	

シミュレーション結果

地下水水位の変化図：8月	水収支	評価
	<p>単位：万m³/日</p>	<p>対策効果は限定的であり扇状地全体に及ぶものではない。</p>
	<p>単位：万m³/日</p>	<p>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、扇状地全域への効果も期待できる。</p>

対策案	対策規模	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)	地下水位の変化図：4月
ケース9 節水啓発	生活用水の20%の減少 (1.3万m ³ /日)	0.0394	1.97 (2月)	
ケース10 消雪用途 揚水削減	年間平均3.7万m ³ /日の揚水制限	0.1562	5.07 (2月)	

シミュレーション結果

地下水水位の変化図：8月	水収支	評価
<p>Case 9 8月</p>	<p>単位: 万m³/日</p> <p>水収支 (Case 9 8月)</p> <ul style="list-style-type: none"> 蒸発散: 58.1 降水量 (融雪): 296.5 (40.1) 灌漑: 234.3 表面・中間流出: 187.4 伏汲・涵養: 46.7 涵養: 285.3 揚水: 21.7 伏汲・涵養: 4.1 射水低地湧水: 36.6 地下水流出: 19.9 帯水層 貯留量変化: -0.0 流出: 36.5 地下水流出: 221.3 	<p>対策効果は限定的であり扇状地全体に及ぶものではない。</p>
<p>Case 10 8月</p>	<p>単位: 万m³/日</p> <p>水収支 (Case 10 8月)</p> <ul style="list-style-type: none"> 蒸発散: 58.1 降水量 (融雪): 296.5 (40.1) 灌漑: 234.3 表面・中間流出: 187.4 伏汲・涵養: 46.7 涵養: 285.3 揚水: 19.3 伏汲・涵養: 3.8 射水低地湧水: 37.1 地下水流出: 19.9 帯水層 貯留量変化: -0.0 流出: 36.6 地下水流出: 222.9 	<p>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。</p>

3.3 今後の基本方針と課題

(1) 地下水の保全・再生の方策(シミュレーション結果のまとめ)

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る。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。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および、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。これらは流域の水環境へも少なからず影響が懸念される。

効果的な対策

各種の対策案を比較した結果、最も効果的な対策は扇頂部における人工涵養であった。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の無いことが分かった。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、扇状地全体にわたるものではない上、実現性に乏しい。

ここで、水田面積が減少した場合(ケース 2)の水位低下に対し、最も効果的であった人工涵養対策(ケース 8)を実施した場合、地下水位の変化は下図のようになる。一部の地域では水位を回復させることもできるが、扇状地全域にわたる水位低下を解消できない。このように、単に対策を講じれば水田面積減少などの影響による地下水位の低下を解消できるというものではなく、関係者間の十分な議論が必要である。

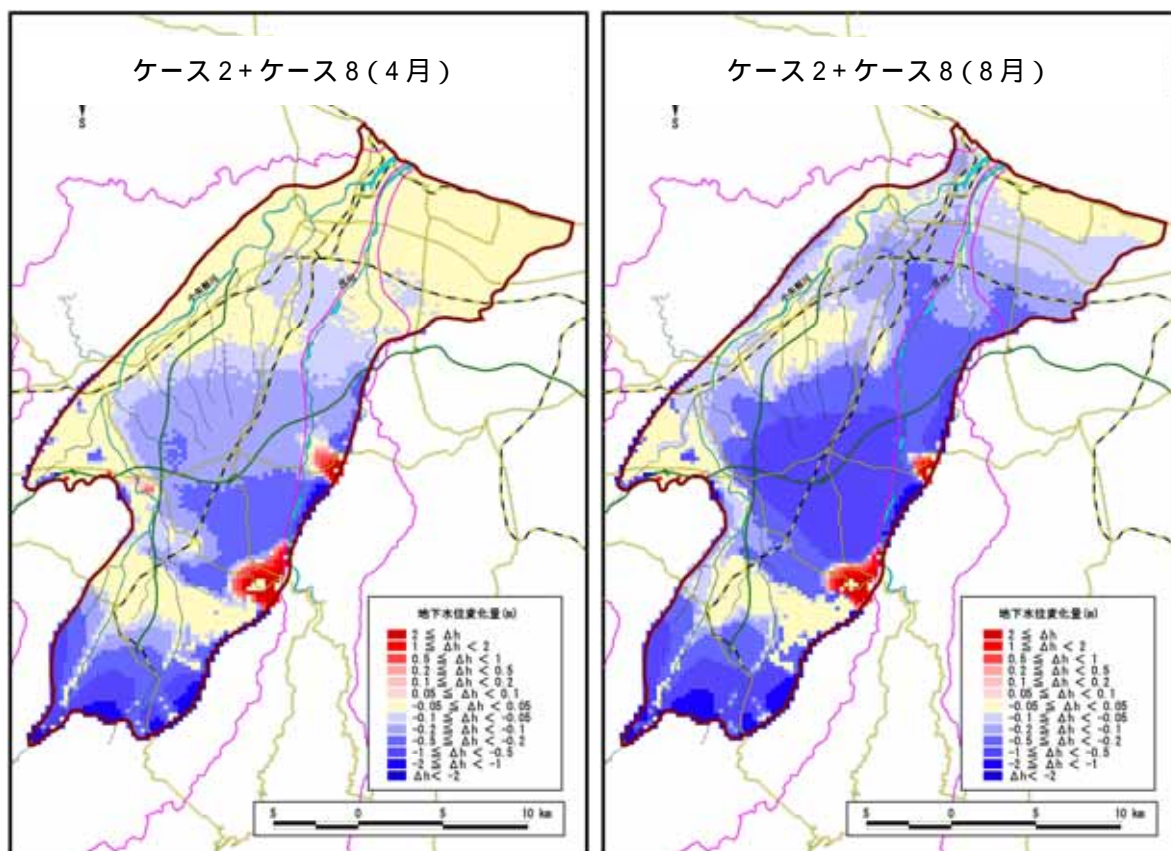


図 3-7 水田灌漑水減少に対する扇頂部での人工涵養の効果

少雪の影響

少雪の影響は扇頂部と扇央部に顕著に見られ、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。

将来の地下水資源

水田面積が減少せずに現状を維持したとしても、揚水量を2倍と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。

(2) 庄川扇状地地下水の保全・適正利用に係る今後の基本方針

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。これを踏まえ、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あ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・適正利用にあたっては、ハード・ソフト両面からのきめ細かな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。

(3) 今後の課題と継続すべき調査

基本的には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。