

# 第5章 現状の評価・将来の予測

## 5.1 予測シナリオの説明

本業務では8通りの予測シナリオを設定し、地下水位や収支の変化をシミュレーションしました。

シナリオ一覧	
気象条件 変化	① 平均的な雨量・降雪量の年と比較して、雨や雪が多い年・少ない年に地下水位や自噴の量がどのくらい変化するかを予測
過去再現	② 井戸揚水量が少なく水田が広がった昭和30年代の地下水位や自噴の量がどのような状態だったかを予測
地下水の 保全対策	③ 消雪井戸の稼働タイミング見直しによって揚水量を減らした時に、消雪稼働による地下水位の低下をどのくらい軽減できるかを予測
	④ 自噴井戸でのすべての自噴(地下水の湧出)を止めた時に、地下水位の上昇がどのくらい起きるかを予測
	⑤ 北川上流で“冬水田んぼ”の面積を今よりも増やした時に、地下水位の上昇や自噴量の増加がどのくらい起きるかを予測 (予測の結果は省略します)
水道水源 井やその近 傍で揚水量 変更	⑥ 一部の水道水源で揚水量を増やした時に、地下水の収支バランスや水位が将来の保全上好ましくない状態まで変化するかを予測
	⑦ 水道水源の揚水量の配分を見直した時に、地下水の収支バランスや水位が将来の保全上好ましくない状態まで変化するかを予測
	⑧ 湯岡水源の近くで新たな井戸揚水が行われた時に、湯岡水源の地下水位や地下水収支がどのくらい変化するかを予測

## 5.2 予測結果①

雨の降る量の違いによる変化

- 地下水や河川水の元となる雨量が増減すると、地下水涵養量や河川伏没量、河川への湧出量  
がその影響を受けて増減します。
- 一方、自噴量はそれほど変化しません。

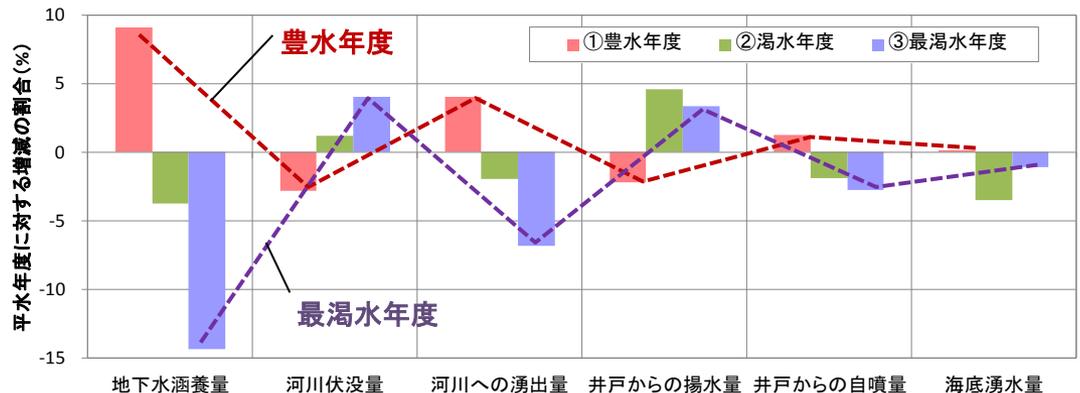
### 【実施内容・条件】

- 平均的な雨量だった平水年度を計算した後、雨の多い年(豊水年度)と少ない年(渇水年度)の雨量に変えた計算を実施して、各々の地下水収支を比較した。
- 計算実施年度の該当年と降水量は下表のとおり。

平水年度	平成21年度	1,977mm	平均的な雨量の年
① 豊水年度	平成元年度	2,400mm	10年に1回クラスの多雨年
② 渇水年度	平成12年度	1,695mm	10年に1回クラスの少雨年
③ 最渇水年度	昭和59年度	1,574mm	既往の最大渇水年度

### 【結果】

- 平水年度に比べて豊水年度では、地下水涵養量と河川への湧出量が増加し、河川伏没量が減少する。
- 逆に渇水年度では、地下水涵養量と河川への湧出量は減少し、河川伏没量が増加する。
- 自噴量あるいは海底湧水量は、豊水年度でも渇水年度でも概ね同じ程度の量が維持される。



大局的な傾向

平水年度 に対する 気象変化	地下水 涵養量	地下水位	河川 伏没量	河川への 湧出量	井戸から の自噴量	海底 湧水量
豊水	増	高	減	増	変化小	変化小
渇水	減	低	増	減	変化小	変化小

## 5.3 予測結果①

雪の降る量の違いによる変化

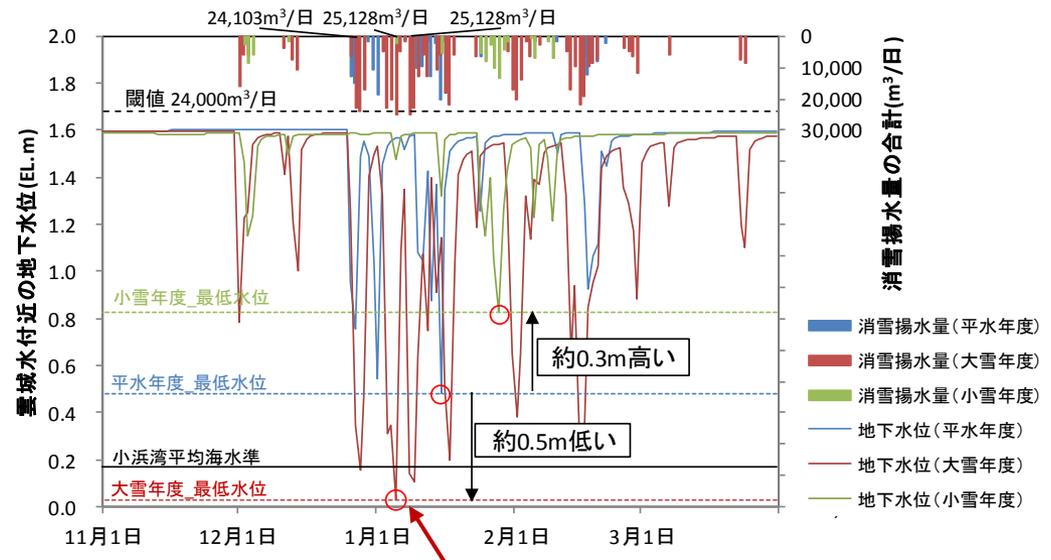
- 雪の降る量と消雪装置の稼動に伴う揚水量は相関しており、雪が多いと揚水量が増えて稼動時に出現する最低水位は低くなります。
- とくに、大雪だった昭和41年度相当の気象条件が今到来した場合、雲城水付近の深い地層の地下水位が一時的に海の水位よりも低くなると予測されました

### 【実施内容・条件】

- 平均的な降雨・降雪量だった年を計算した後、雪の多い年(大雪年度)と少ない年(小雪年度)の降雨・降雪量に変えた計算を実施して、各々の消雪稼動中の深い地層の地下水の最低値を雲城水付近で比較した。
- この時、大雪年度にはS41年度、小雪年度にはH9年度を、それぞれ選んだ。

### 【結果】

- 平水年度内比べて小雪年度内の最低水位は約0.3m高くなる。
- 一方、大雪年度内の最低水位は約0.5m低く、消雪影響としての水位低下が明瞭に現れる。
- 消雪揚水量が24,000m<sup>3</sup>/日を超えると最低水位が海の水位を下回るため、より危険な状態に近づくおそれがある。



消雪揚水量が24000m<sup>3</sup>を超えた時に海の水位以下まで地下水位が低下

## 5.4 予測結果②

現在と過去の違いによる変化

→水田が広く市街地が狭いことで雨の浸透がしやすかった昭和30年代は、自噴井戸の取水源である深い地層の地下水の水位が、現在と比べて最大1m高かったと予測されました。

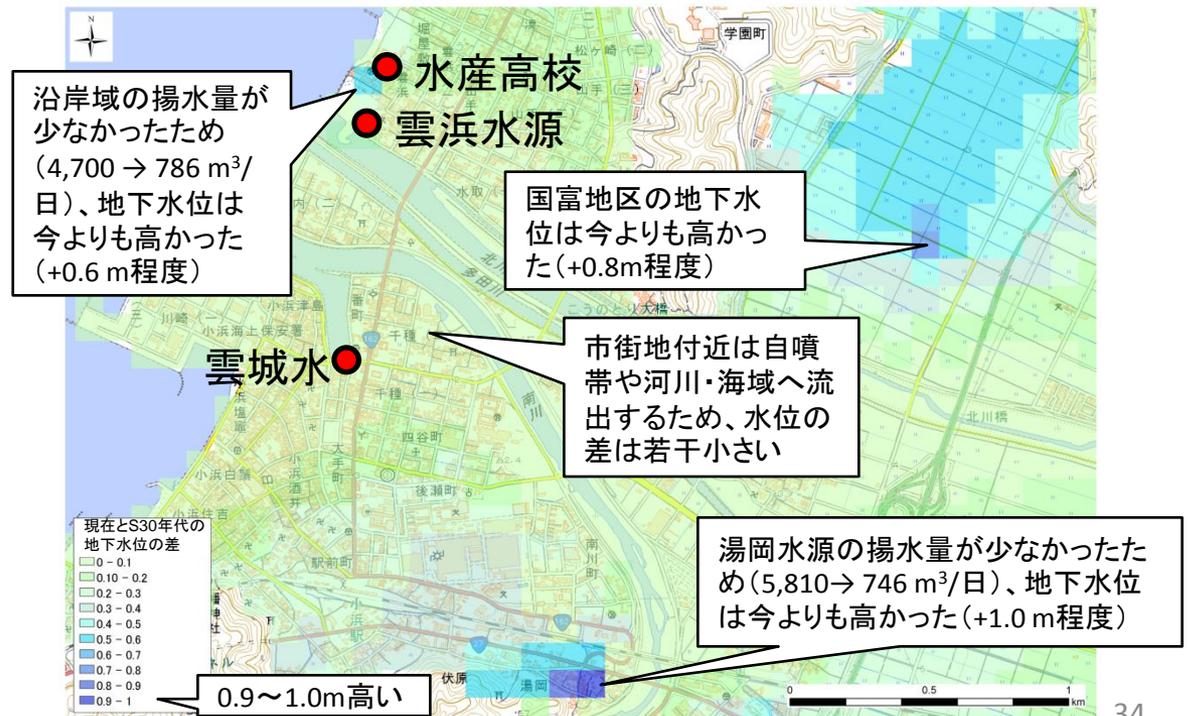
### 【実施内容・条件】

- 現在と比べて昭和30年代は降水量が若干多かったこと、水田が広く市街地が狭かったことを考慮し、地下水涵養量を多く設定した。
- 昭和30年代の井戸の数は現在より格段に少なかったことから、揚水量を少なく設定した。

### 【結果】

- 現在と比べて昭和30年代は、深い地層の地下水位が最大1m程度高かった。
- 水位は市街地全般で高く、旧水産高校付近や湯岡水源付近、国富地区一帯でより高かった。

(単位:m <sup>3</sup> /日)	地下水涵養量	井戸揚水量
現在	55,795	19,118
昭和30年代	62,051	1,532
現在と比べた過去の状態	+6,256	-17,586



【現在と比較した昭和30年代の地下水位状況】

## 5.5 予測結果③

消雪井戸揚水量を減らした時の変化

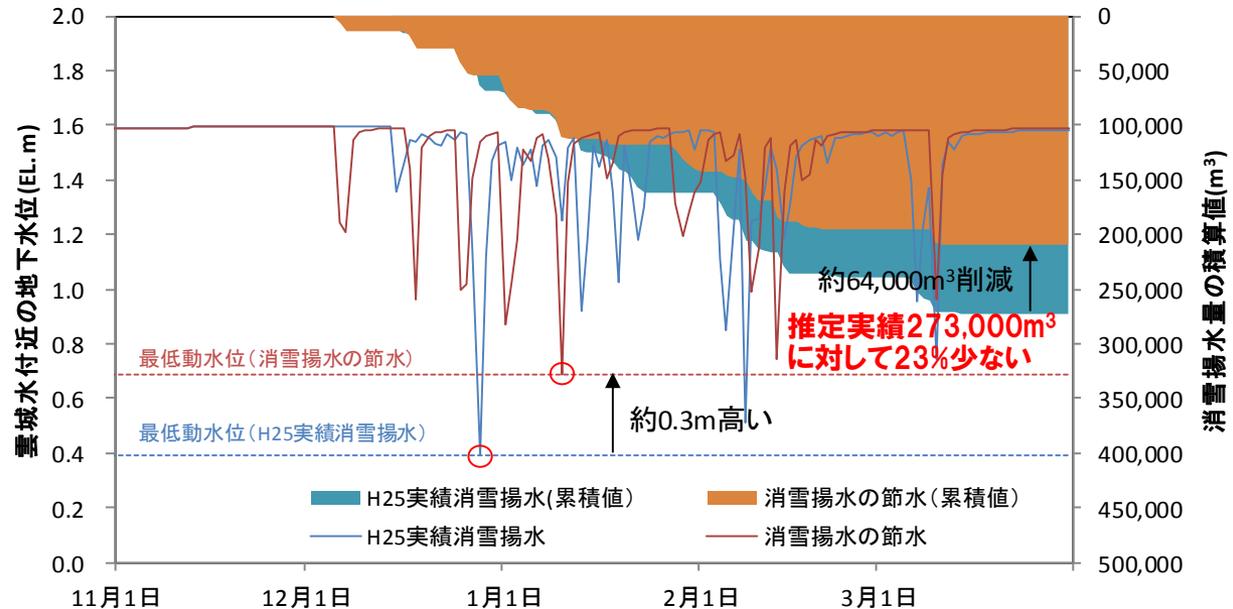
- 消雪装置での揚水量を少なくすることができれば、消雪装置稼動中に出現する深い地層の地下水位の一時的な低下を軽減させることが可能になります。
- 消雪装置が設定条件どおりに動いた時の揚水量を計算し、その値を入力して解析を行った結果、稼動中に現れる最低水位が0.3m高くなり、より安全な状態を維持できると予測されました。

### 【実施内容・条件】

- 消雪装置が降雪時や気温の低い時に正確に稼動したことを想定し、その時の消雪揚水量を計算した。
- 雪の降り方は、気象庁小浜アメダス観測所での降り方が平野域全体で同じと仮定した。
- 平成25年度の冬季を対象に計算した消雪揚水量209,000m<sup>3</sup>をモデルに入力して消雪稼動中の最低水位を予測した。

### 【結果】

- 平成25年度の一冬での消雪の総揚水量が273,000m<sup>3</sup>から209,000m<sup>3</sup>に減る(23%減)ため、消雪稼動中の最低水位が約0.3m高くなる。



## 5.6 予測結果④

自噴井戸での自噴を止めた時の変化

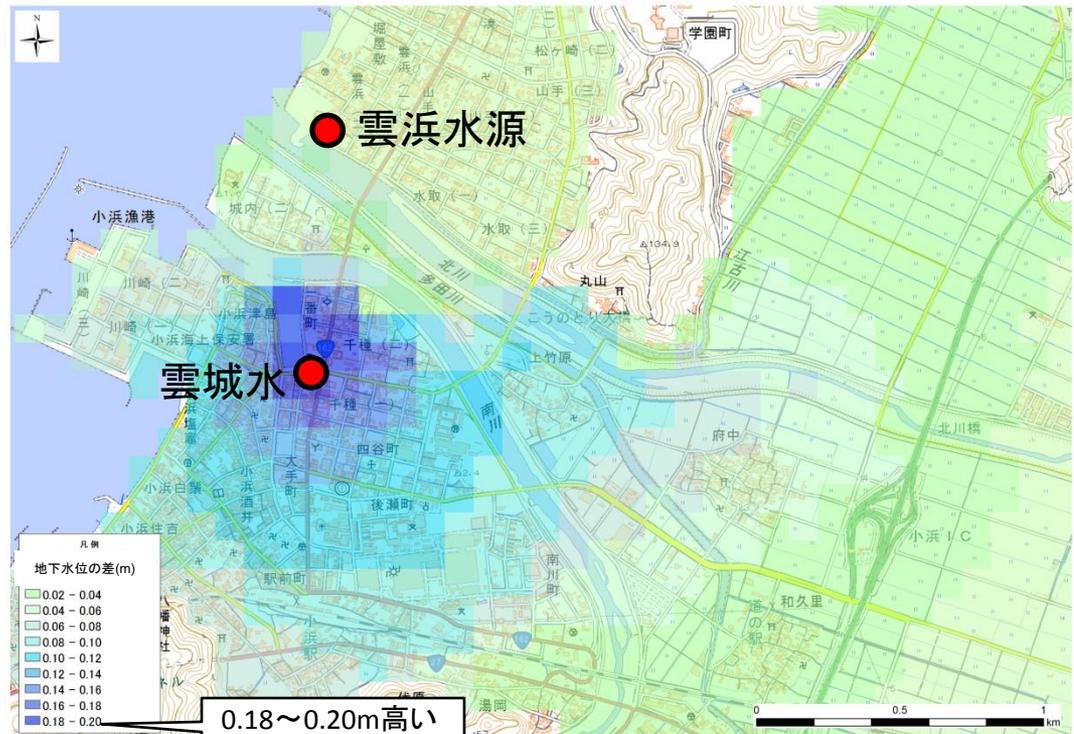
→現存する自噴井戸での自噴をバルブ等の設置によって停止させると、市街地を含む広い範囲で深い地層の地下水位が高くなると予測されました。

### 【実施内容・条件】

- 国富地区等に現存する自噴井戸の多くは、不使用時に地下から湧き上がった地下水がそのまま水路等に流出している状態にある。
- それらの自噴井戸にバルブを設置し流出を止める状態を仮想し、全井戸で自噴しなくなった時の地下水位上昇量を予測した。
- 平水年度を想定し、自噴量を $3,700\text{m}^3/\text{日}$ から $0\text{m}^3/\text{日}$ に変更し、それ以外の条件は変えずに計算した。

### 【結果】

- 市街地一帯の広範囲で深い地層の地下水位が今よりも高くなる。
- 雲城水付近では $0.2\text{m}$ 前後水位が上昇する。



【自噴停止時の地下水位上昇高】

## 5.7 予測結果⑥

水道水源の揚水量を増やした時の変化

→水道水源での揚水量を各水源で設定されている許認可揚水量まで増やしたとしても、地下水の収支や水源井戸水位に顕著な影響を及ぼす可能性は小さいと予測されました。

### 【実施内容・条件】

- 水道水源揚水量を現状と見なしている平水年度(H21)の揚水量から許認可揚水量(14,300m<sup>3</sup>/日)まで増やした時に、地下水の収支がどのくらい変化するかを予測した。
- ①平水年度とともに、条件がより厳しくなる雨がもっとも少ない年度(②最渇水年度)や③大雪年度の条件でも計算した。

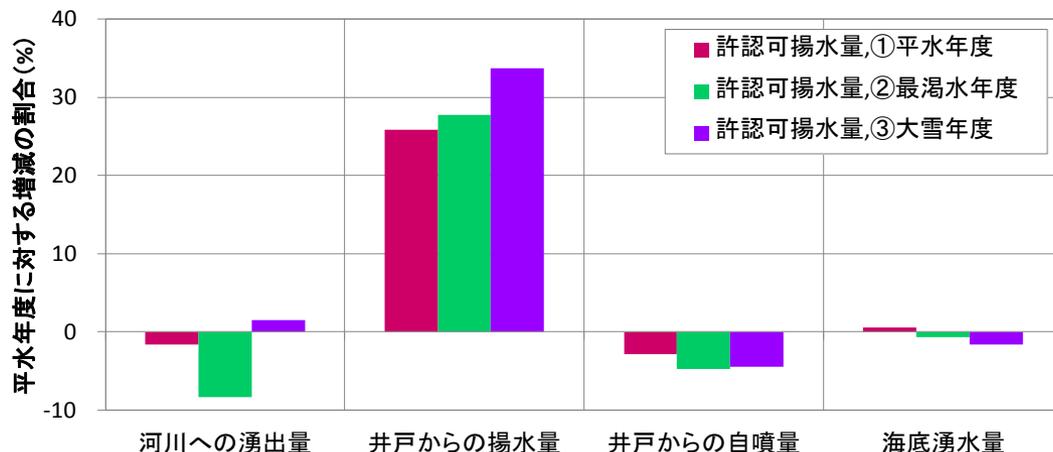
水源別の揚水量	現状 (m <sup>3</sup> /日)	想定 (m <sup>3</sup> /日)
湯岡	5,800	8,300
雲浜	1,700	2,400
谷田部	1,300	2,600
遠敷	500	1,000
合計	9,300	14,300

### 【結果】

- ケース①②③ともに、小浜平野全体の地下水収支に大きな変化は生じない。
- ただし、気象条件が厳しい場合には井戸からの自噴量や海底湧水量が減少する。

予測ケースの内容		流出量 (m <sup>3</sup> /日)			
揚水量	気象条件	河川への湧出量	井戸からの揚水量	井戸からの自噴量	海底湧水量
現状	平水年度	94,440	19,118	3,736	357
許認可揚水量	①平水年度	92,884	24,061	3,629	359
	②最渇水年度	86,546	24,416	3,558	354
	③大雪年度	95,818	25,557	3,569	351

※赤色の数字は、現状と比べて減少することを示す



## 5.8 予測結果⑦

水道水源の揚水量配分を見直した時の変化

→湯岡水源の揚水量を削減・再配分したケース①、雲浜水源の揚水量を削減・再配分したケース②の2種類の予測計算を行いました。いずれも実現可能な対策であることを確認しました。

### 【実施内容・条件】

- ケース①: 河川氾濫の影響を受けやすい湯岡水源の揚水量を減らし、不足分を谷田部水源と遠敷水源の最大能力\*1を上限として振り替えた時の水収支を予測(湯岡水源削減時の代替)
- ケース②: 海に近く塩水化の懸念が高い雲浜水源の揚水量を湯岡水源に振り替えた時の水収支を予測(雲浜水源停止時の代替)

### 【結果】

- ①②ともに、平野全体の地下水収支に大きな変化は生じない。
- 揚水量を増やした水源での地下水位の低下量は小さく、揚水量を増やすことの影響は許容範囲内と判断される。

水源別 揚水量	平均揚水量 (m <sup>3</sup> /日)		平均揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	
	現状 (H21)	ケース① 湯岡水源削減	現状 (H21)	ケース② 雲浜水源停止
湯岡	5,800	減少 → 1,500	5,800	増加 → 7,500
雲浜	1,700	1,700	1,700	減少 → 0
谷田部	1,300	増加 → 3,800	1,300	1,300
遠敷	500	増加 → 2,300	500	500
合計	9,300	9,300	9,300	9,300

予測ケース の内容	流入量 (m <sup>3</sup> /日)		流出量 (m <sup>3</sup> /日)			
	地下水 涵養量	河川 伏没量	河川への 湧出量	井戸からの 揚水量	井戸からの 自噴量	海底 湧水量
現状 (平水年度)	55,795	55,579	94,440	19,118	3,736	357
①湯岡水源 削減・代替	55,795	57,367	95,950	19,121	3,991	361
②雲浜水源 停止・代替	55,795	54,732	93,654	19,118	3,667	362

※赤色の数字は、現状と比べて減少することを示す

\*1 井戸の最大能力 井戸竣工時の揚水試験結果から推定された水量

## 5.9 予測結果⑧

湯岡水源近くで揚水量が増えた時の変化

→もっとも多く取水している湯岡水源の近くで新しい井戸が揚水を行ったとしても、湯岡水源側に顕著な影響(地下水位の低下)が及ぶ可能性は小さいと予測されました。

### 【実施内容・条件】

- 湯岡水源の近くで、湯岡水源と同じ浅い地層から揚水する新しい井戸ができた時を想定し、湯岡水源での地下水位の変化を予測した。
- 新しい井戸の場所は、南川右岸の和久里～生守地区方面とし、そこでの揚水量は $3,000\text{m}^3/\text{日}$ と仮定した。

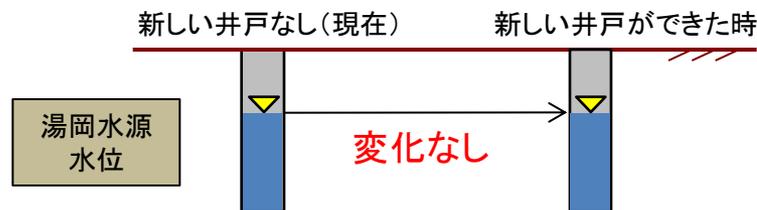
### 【結果】

- 南川右岸で新しい井戸が揚水を行っても、揚水量が $3,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度であれば湯岡水源での地下水位に変化は生じない。
- 地下水収支の変化を見ると、河川からの伏没量がやや増えており、川から伏没した水が新しい井戸での揚水分を補っていると見られる。



予測ケースの内容	流入量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )		流出量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )			
	地下水涵養量	河川伏没量	河川への湧出量	井戸からの揚水量	井戸からの自噴量	海底湧水量
新しい井戸なし(現状)	55,795	55,579	94,440	19,118	3,736	357
新しい井戸ができた時	55,795	57,354	93,252	22,118	3,696	356

※赤色の数字は、現状と比べて減少することを示す



# 第6章 調査の総括(結論)

## 6 調査の総括(結論)

### 【①地下水環境の安全性】

1. 比較的豊富に地下水を蓄えられる帯水層構造(=砂礫層が分布)となっており、現状では地下水塩水化の兆候がみられず、自噴や海底湧水が恒常的に発生している。(3.2章,4.5章)
2. ただし、井戸での揚水が少なく都市化が進んでいなかった昭和30年代と比較して、現在は雲城水などの自噴高(被圧地下水の水頭)は低くなり、海底湧水量も減少していると考えられる。(5.4章)
3. 地下水収支の極端な非平衡(バランスがとれてない状態)や長期的な水位低下等は見られず、現在の地下水環境は概ね健全な状態と判断されるが、昭和30年代とは地下水環境が変わっていることに留意が必要である。(4.6章,5.3章,5.4章)
4. 今後、冬季に多量の消雪揚水が行われた場合や河川伏没が妨げられるような変化が生じた場合は、沿岸域で地下水塩水化が進むことが懸念される。(5.3章)
5. 消雪装置の適切な管理(揚水量縮減)や自噴井戸の使用していない時期の湧出抑制(節水)によって、全体的な地下水位(自噴高)回復と沿岸域での塩水化防止が期待できる。(5.5章,5.6章)
6. 地下水環境の状態を常に把握して科学的な評価の基礎資料を得ることが重要であり、地下水のモニタリングは続けるべきである。(3.9章)

## 6 調査の総括(結論)

### 【②既存水道水源の安全性】

1. 各水源井で長期的な水位低下等が生じていないことを踏まえ、水道水源を安全な状態に維持していくには、現状程度の揚水量を持続するのが望ましい。(4.5章,5.7章)
2. 湯岡水源と谷田部水源は南川伏流水の供給を受けて安定的に揚水しやすい条件にある。ただし、河川伏没を含む地下水涵養量を維持することが持続的な利用の前提になる。(5.7章,5.8章)
3. 雲浜水源は、地下水塩水化が懸念される沿岸域にあることから、揚水量増加はできるだけ避けるのが望ましい。(5.5章)

## 7 資料

### 小浜平野地下水調査業務の経過

#### 第1回小浜平野地下水調査業務検討委員会

日時：平成26年10月20日（月）13時

内容：①会長・副会長の選出について

②平成26年度 上期までの成果報告

③平成26年度 下期以降の業務予定

#### 第2回小浜平野地下水調査業務検討委員会

日時：平成27年4月22日（水）13時

内容：①平成26年度 成果報告

②平成27年度 業務予定

③「地下水保全の現状」について

#### 第3回小浜平野地下水調査業務検討委員会

日時：平成27年11月2日（月）14時

内容：①平成27年度 前期成果報告

②平成27年度 後期業務予定

#### 第4回小浜平野地下水調査業務検討委員会

日時：平成28年5月20日（金）13時

内容：①平成28年度 後期成果報告・全体報告

## 7 資料

### 小浜平野地下水調査業務 検討委員会委員名簿

(委員)

役職	氏名	所 属
会長	たにぐち まこと 谷口 真人	総合地球環境学研究所 教授
副会長	たけうち ひとし 竹内 齊	元小浜市職員(水道経験者)
委員	たはら だいすけ 田原 大輔	福井県立大学 海洋生物資源学部 准教授
委員	おおむら かずえい 大村 一榮	大村さく泉工業株式会社
委員	ふじもと しゅうじ 藤本 周次	小浜市産業部長 平成26年度
委員	はしもと ちょういちろう 橋本 長一郎	小浜市産業部長 平成27年度
委員	あまや よしなお 天谷 祥直	小浜市産業部長 平成28年度