

第4章 地下水流動の数値モデル化

4.1 数値モデルによる予測計算(シミュレーション)の例

地下水の流動を扱う数値モデルを作れば、現在の地下水の状態を計算するだけでなく将来の地下水の状態を予測するシミュレーション計算が可能になります。数値モデルでのシミュレーションは、天気予報や製品開発目的で広く用いられており、私たちの生活を支える技術手法の1つです。

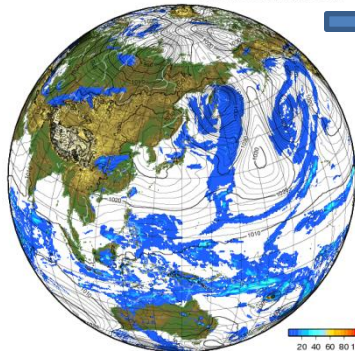
→地下水の様々な状態をシミュレーションする目的で、小浜平野を対象に数値モデルを作りました。

私たちの生活で身近なシミュレーションの例

- 1.一週間後の天候や台風の動きを予測する
- 2.地球温暖化に伴う気温や海水面の変化を予測する
- 3.自動車の空気抵抗を求める(風洞実験の代替)

全球モデル(数値モデル)

GSM-TL959L60 2014.01.23.12UTC FT=216
(Valid Time: 02.01.12UTC)

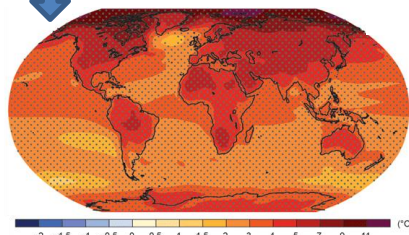


週間天気予報

日付	21	22	23	24	25	26	27
福井県	雪か雨のち曇	曇時々雪か雨	曇時々雪	曇時々雪	曇時々雪	曇	曇
降水確率(%)	90/60/20/20	70	80	80	50	30	40
信頼度	/	A	A	A	C	C	C
最高(°C)	6	8 (5~9)	9 (1~4)	9 (1~4)	5 (3~7)	8 (6~11)	9 (8~13)
最低(°C)	1	0 (-3~1)	-1 (-2~0)	-1 (-3~0)	-1 (-3~0)	-2 (-8~1)	-1 (-3~2)
平年値	降水量の合計		最低気温		最高気温		
福井	平年並 39 ~ 72mm		-0.1 °C		9.9 °C		

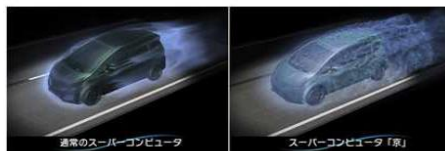
出典: 気象庁ホームページより抜粋

21世紀末の気温分布シミュレーション



出典: 気象庁ホームページより抜粋

自動車走行時の空気抵抗シミュレーション

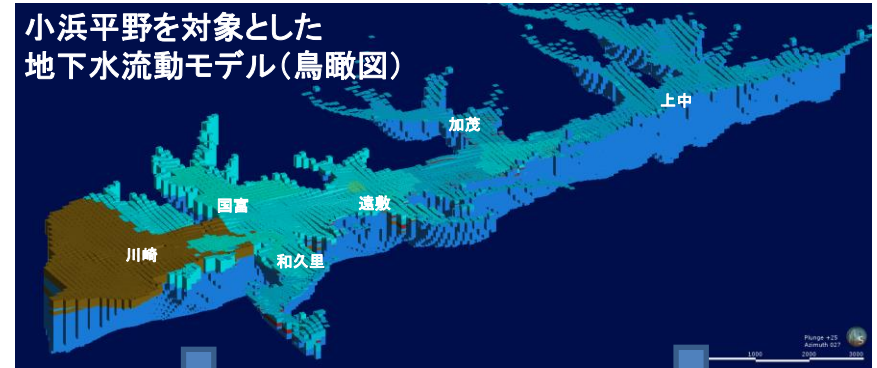


出典: 理研ホームページより抜粋

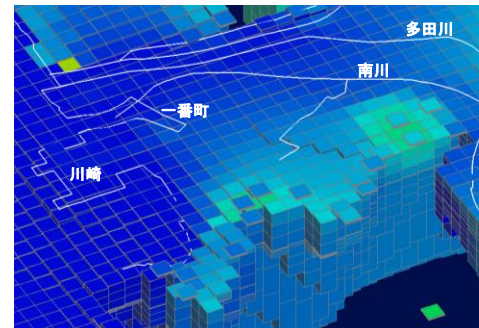
地下水の状態を予測するシミュレーション

(雨量や揚水量が変化した時の地下水位・水質を予測計算)

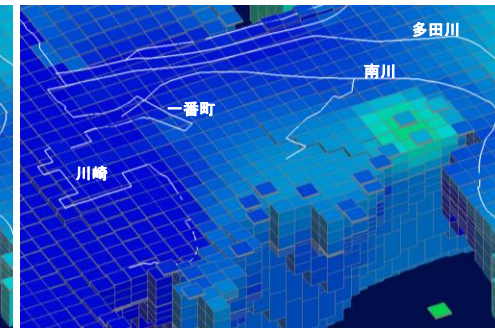
小浜平野を対象とした
地下水流動モデル(鳥瞰図)



雨が多い時期の地下水位分布
水位が高いことを表す緑色の範囲が広い



雨が少ない時期の地下水位分布
水位が低いことを表す青色の範囲が広い

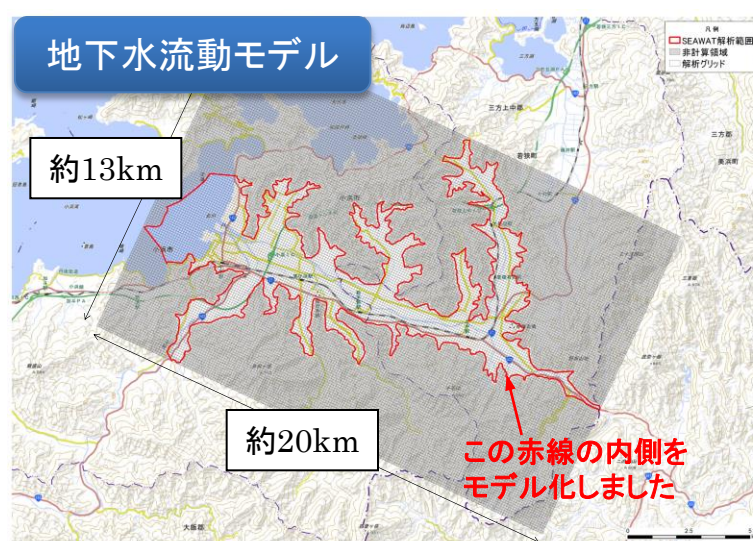
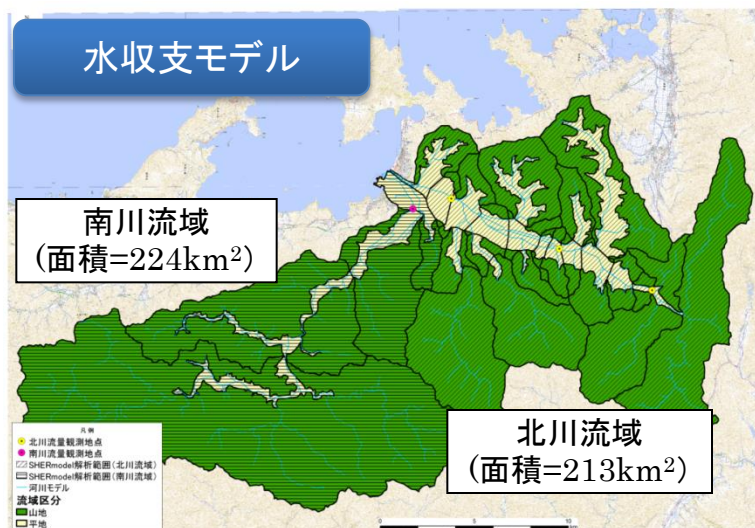


4.2 数値モデル化の概要・基本方針

小浜平野の地下水のシミュレーションを効率的に精度よく行えるよう、2種類の数値モデルを組み合わせる方法を採用しました。

→資料調査や現地調査・観測結果を基に、北川と南川の流域全体を取り扱う「水収支モデル」と小浜平野一帯を対象とした「地下水流動モデル」を構築しました。

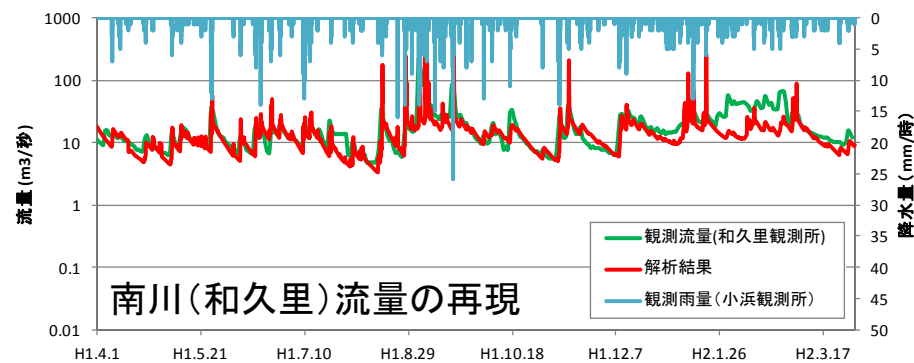
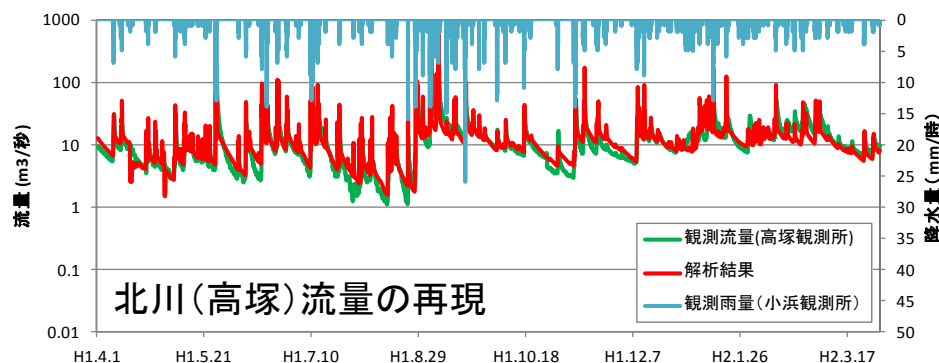
	水収支モデル (SHER)	地下水流動モデル (SEAWAT)
主な目的	・地表面付近での巨視的な水循環を把握する ・雨や雪、水田湛水を起源とした地下水涵養量を計算する	・砂礫層（帯水層）を主に流れる地下水の分布や流動の状態を再現する ・地下水を取り巻く条件が変化した時の水位や水質の変化を予測する（シミュレーションを行う）
対象範囲	北川流域と南川流域のすべて	小浜平野（北川、南川沿いの下流一帯）
含まれる自治体	小浜市の大部分、周辺各市町	小浜市と若狭町の一部



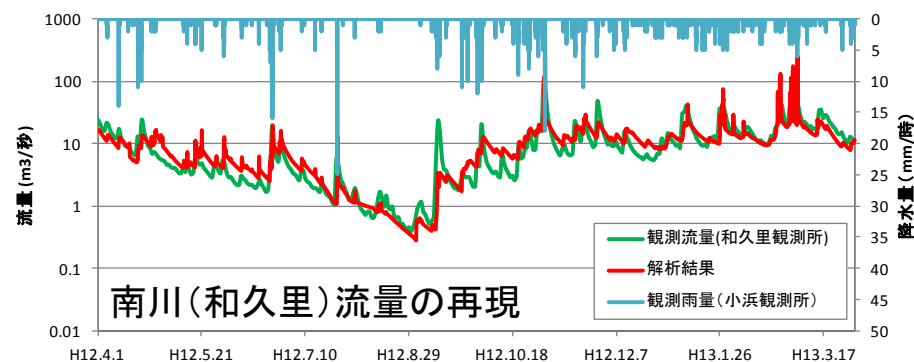
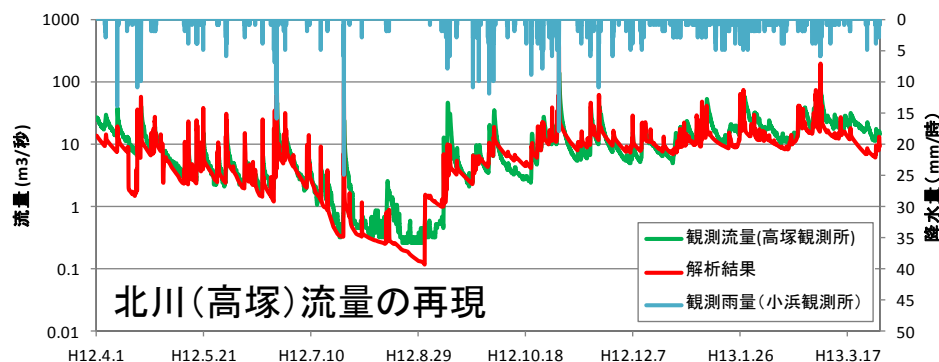
4.3 水収支モデルの作成（モデルの妥当性確認）

地表面付近の巨視的な水循環を計算するための水収支モデル(数値モデル)を作成しました。

→水循環の主要な経路である河川流量を計算した結果、豊水年と渇水年のいずれの場合でも河川流量を正確に計算できることを確認し、モデルの精度(妥当性)は高いと判断しました。



平成元年度(=雨が多い豊水年)

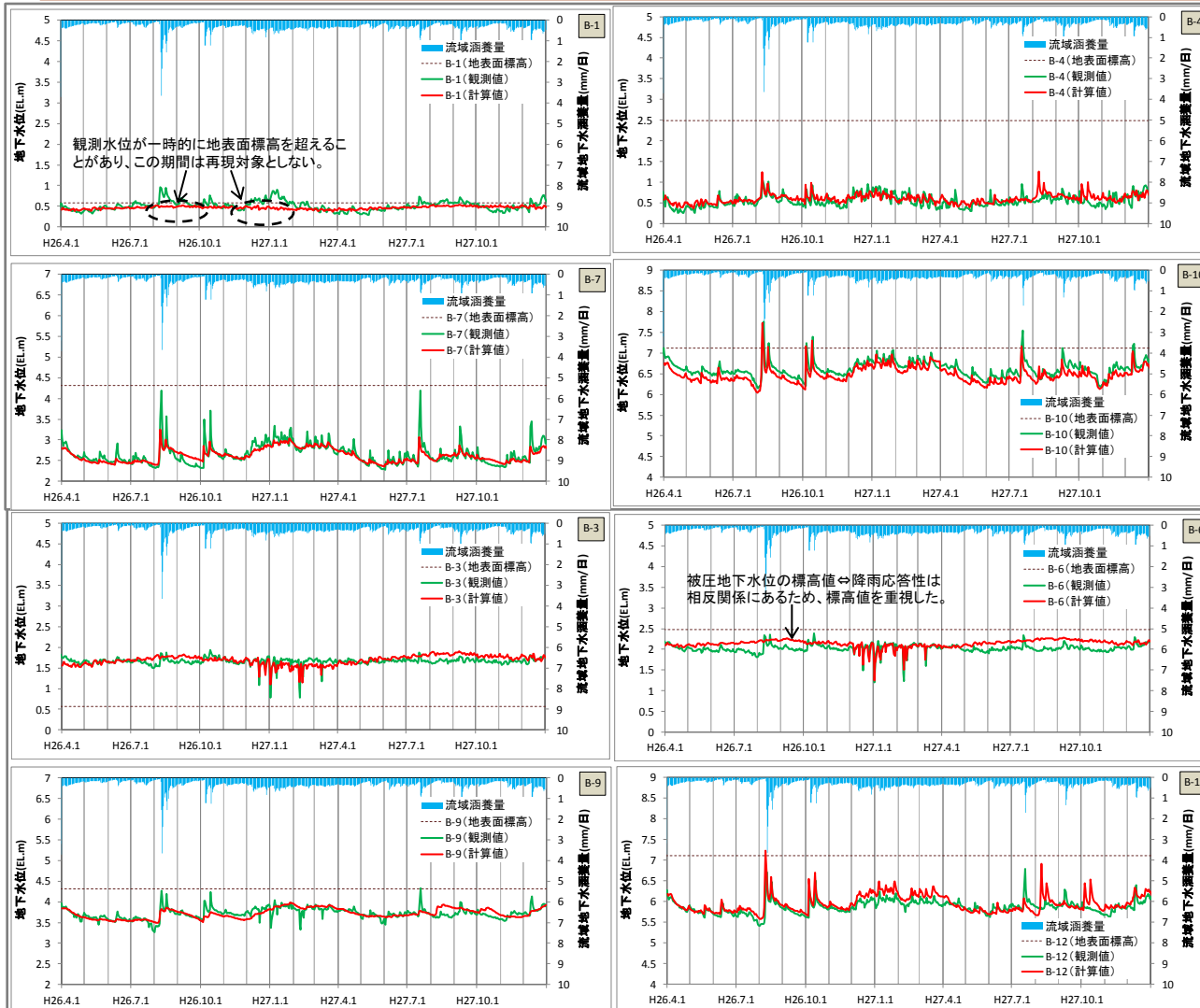


平成12年度(=雨が少ない渇水年)

4.4 地下水流動モデルの作成（モデルの妥当性確認）

地下水の状態を再現・予測するための地下水流動モデル(数値モデル)を作成しました。

→ボーリング孔で連続観測した地下水位を計算した結果、季節毎の水位変化や降雨時の上昇と低下の状況を正確に計算できることを確認し、モデルの精度(妥当性)は高いと判断しました。

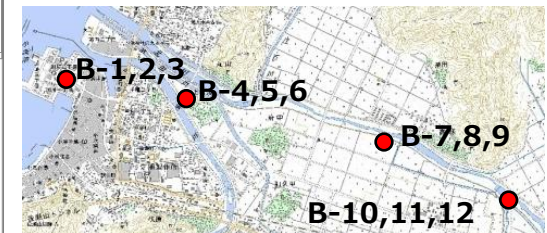


浅い地層(第1帯水層)
の地下水位の再現状況

(緑: 観測水位、赤: 計算水位)

深い地層(第3帯水層)
の地下水位再現状況

(緑: 観測水位、赤: 計算水位)

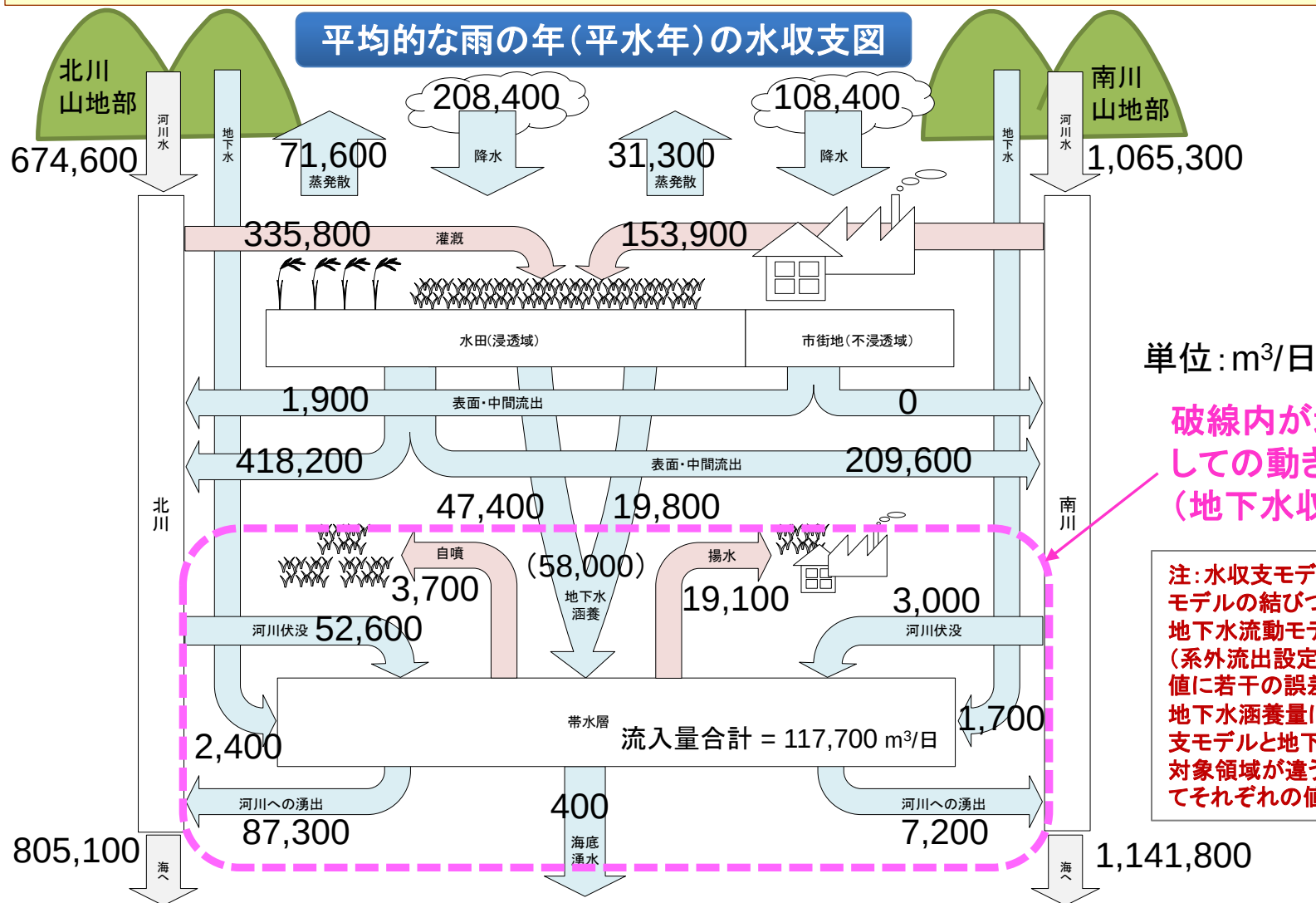


4.5 小浜平野全体の水収支

小浜平野での水の動き方と動く量を2種類のモデルで計算し、水収支図として整理しました。

→【地下水の供給元】降水と灌漑(水田湛水)を起源とした地下水涵養と、河川伏没の2つです。

→【地下水の流出先】河川への湧出、井戸の揚水または自噴、海底湧水の3つです。



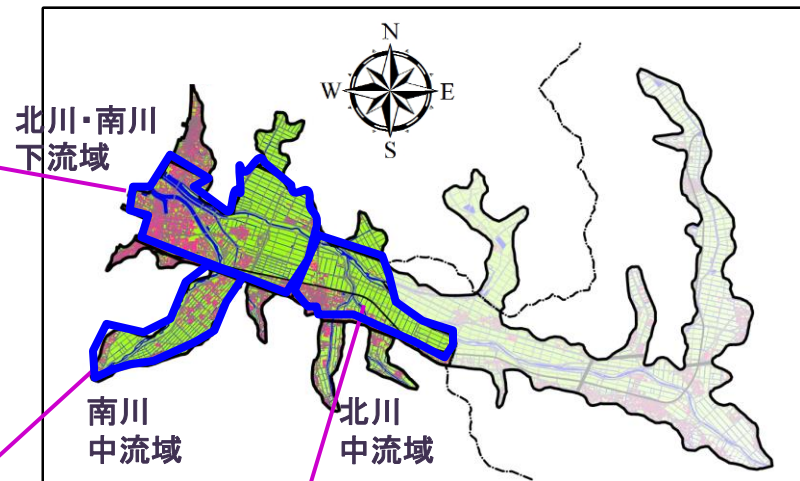
4.6 小浜平野下流側の地下水収支

市街地が分布する小浜平野下流側を3ブロックに分け、各々の地下水収支の特徴を考察しました。

- 【北川・南川下流域】河川伏没と北川中流域から流下する地下水移動量が多い。海底湧水は微量である。
- 【南川中流域】地下水涵養による流入量が多い。湯岡水源があるため井戸揚水量が流出量の半分を占める。
- 【北川中流域】河川伏没による流入量が多い。流入量のうち61%は河川に戻り、22%が地下水のまま北川・南川下流域へと流下(移動)している。

北川・南川下流域

収支の項目	流入量		流出量	
	m ³ /日	%	m ³ /日	%
地下水涵養	8,142	29	—	
地下水移動(山地間)	35	0	—	
河川伏没	9,755	35	—	
地下水移動(平野間)	10,116	36	2,281	8
既存井戸の揚水	—		6,066	22
既存井戸の自噴	—		3,736	13
河川への湧出	—		15,189	54
地表への湧出	—		416	1
海底湧水	—		357	1



南川中流域

収支の項目	流入量		流出量	
	m ³ /日	%	m ³ /日	%
地下水涵養	5,357	37	—	
地下水移動(山地間)	3,723	26	—	
河川伏没	3,024	21	—	
地下水移動(平野間)	2,281	16	0	0
既存井戸の揚水	—		7,233	50
既存井戸の自噴	—		0	0
河川への湧出	—		7,152	50
地表への湧出	—		0	0
海底湧水	—		0	0

北川中流域

収支の項目	流入量		流出量	
	m ³ /日	%	m ³ /日	%
地下水涵養	5,656	19	—	
地下水移動(山地間)	17	0	—	
河川伏没	17,869	59	—	
地下水移動(平野間)	6,824	22	6,757	22
既存井戸の揚水	—		504	2
既存井戸の自噴	—		0	0
河川への湧出	—		18,382	61
地表への湧出	—		4,724	16
海底湧水	—		0	0