

3. 地下水シミュレーション分析

3.1 地下水解析方針

(1) 基本方針

解析を行う際の基本方針は以下の2点とした。

- 庄川扇状地における地下水流動機構の解明
→ 地下水モデルによる地下水流動の現況再現
- 地下水保全・適正利用に係わる基本事項の整理
→ 現況再現モデルをベースとした予測・評価

地下水シミュレーションモデルの扱う水収支構成要素を概念的に図 3-1-1 に示す。

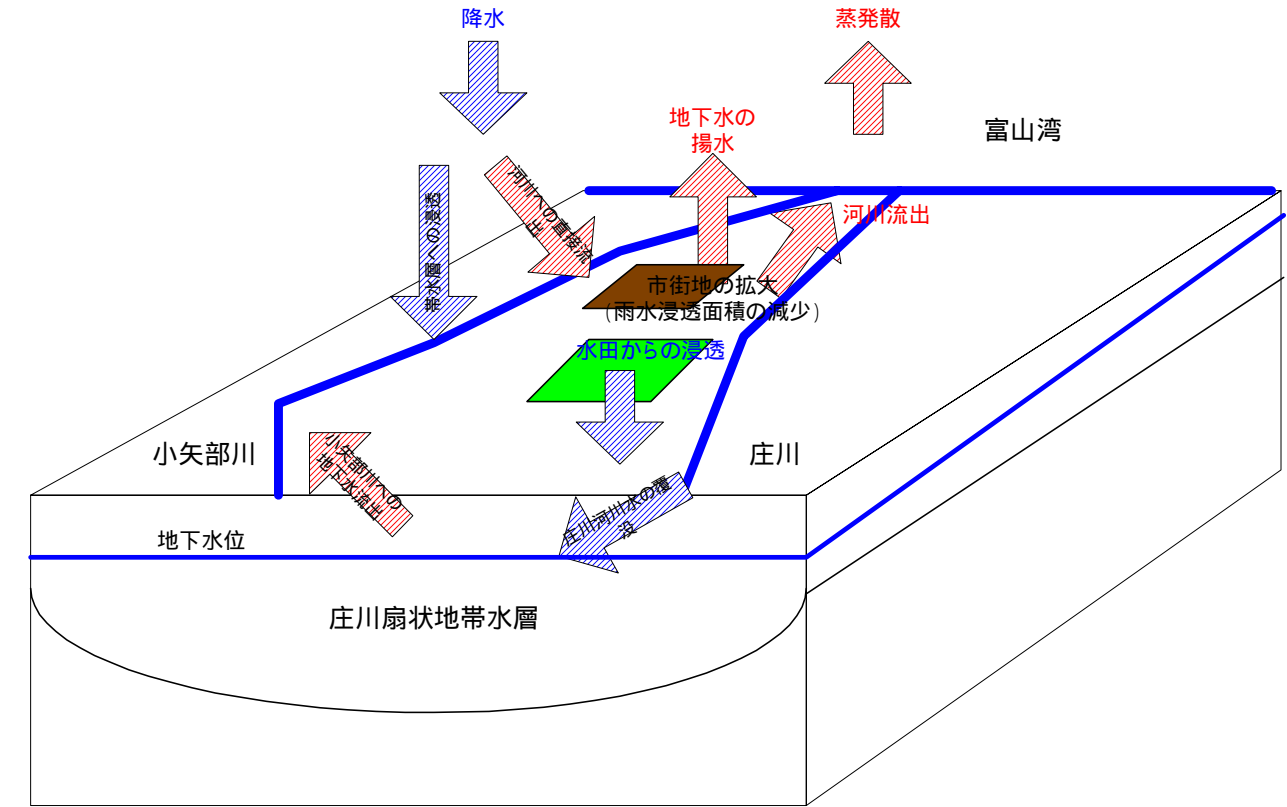


図 3-1-1 地下水シミュレーションモデル概念図

(2) 解析フロー

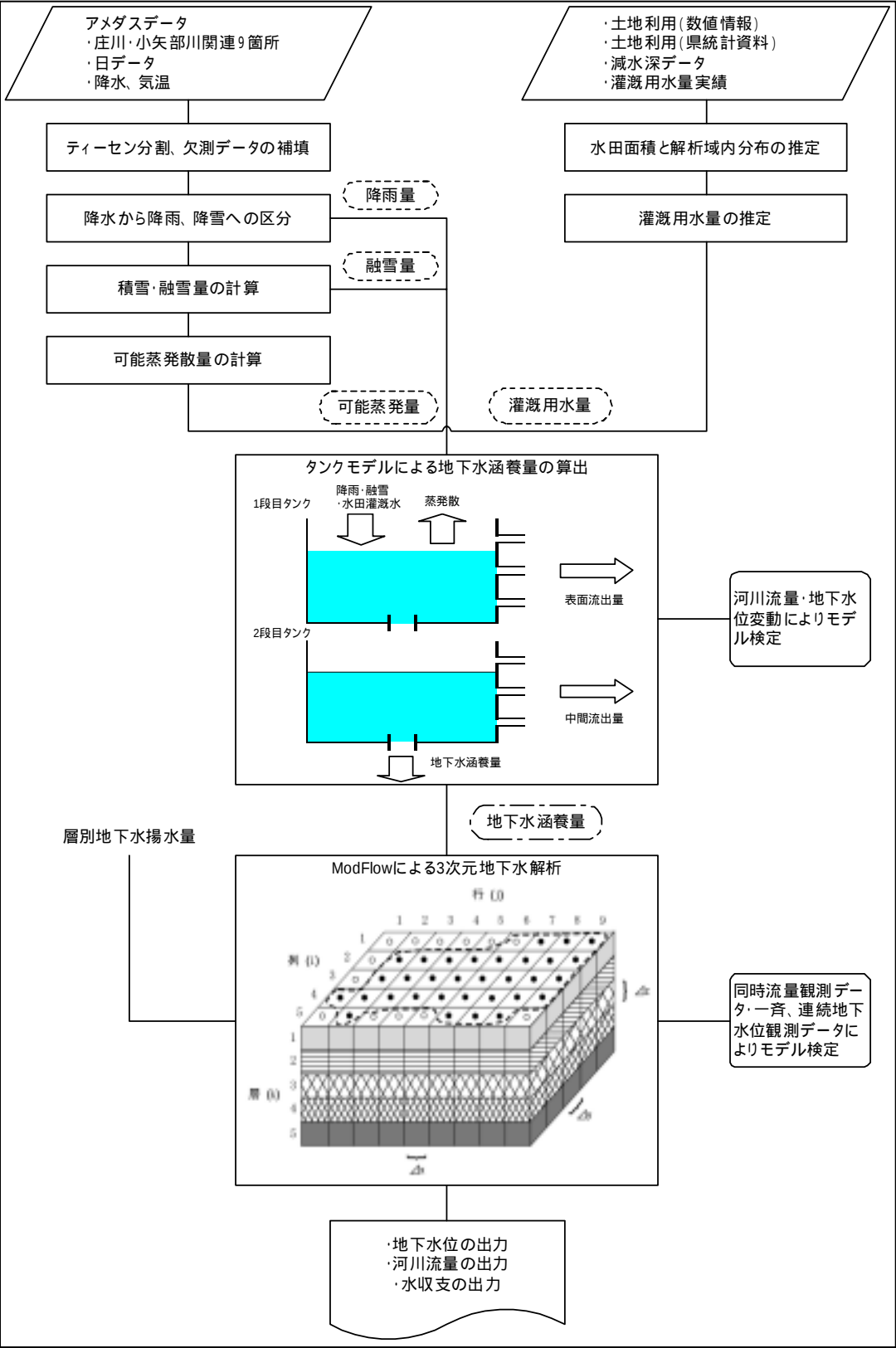


図 3-1-2 地下水解析モデル実施フロー

3.2 地下水解析モデルの概要

地下水の保全・適正利用に関わる基本事項の検討に用いる目的で、FDM（有限差分法）3次元モデルによる地下水解析を実施する。解析モデルには MODFLOW96 を使用した。

(1) 基礎式

MODFLOW96 の扱う 3 次元領域の地下水流動支配方程式は下式に示すとおりである。

$$\frac{\partial}{\partial x} (K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

ここで、 h： 水頭 [L]

K： 透水係数 [LT⁻¹]

W： 単位体積当たりの吸い込み・湧き出し量 [L³T⁻¹]

Ss： 貯留係数 [L⁻¹]

(2) MODFLOW による対象地域のモデル化概要

MODFLOW96 は、アメリカ合衆国地質調査所（U.S. Geological Survey）により開発された FDM 地下水流動解析モデルである。同モデルのプリポスト処理には Brigham Young 大学作成の GMS(Groundwater Modeling System)を用いている。MODFLOW96 の持つ機能を以下に示す。River、Drain、GHB、Recharge、Well の各オプションパッケージをメインプログラムに付加してモデルを作成した。

- a. 定常・非定常解析が可能
- b. 平面 2 次元、準 3 次元、3 次元の全ての解析が可能
- c. 帯水層は不圧、被圧並びに両条件が転換可能なように設定することが可能
- d. River-package により、河川・地下水間の流入・流出計算が可能
- e. Drain-package により、湧出・排水の計算が可能
- f. GHB-package により、遠方固定水頭境界の設定が可能
- g. Recharge-package により、地下水涵養量の入力が可能
- h. Well-package により、井戸からの揚水並びに井戸への注水の計算が可能

(3) 解析領域の設定と境界条件

イ) 解析領域

解析範囲は庄川扇状地を中心として小矢部川流域を包含する形で、砺波山段丘・両白山地・射水丘陵などの山体と富山湾で区切られる約 460 km² の砺波平野地下水域を対象とした。（図 3-2-1 参照）

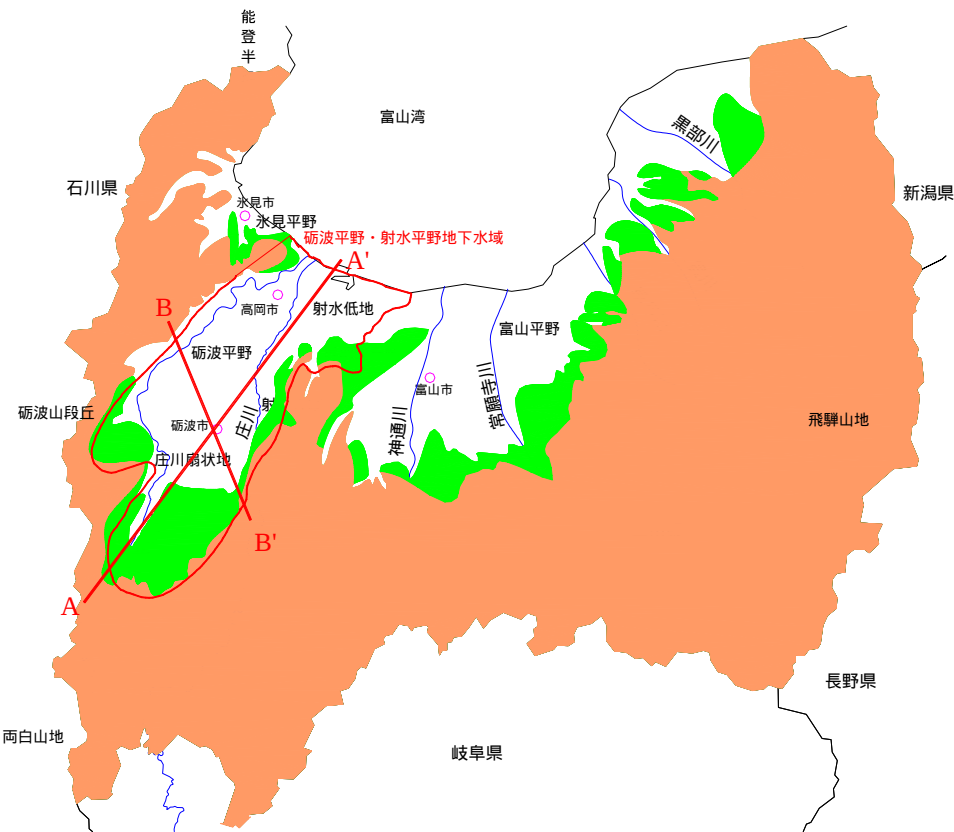


図 3-2-1 解析領域

(4) 解析期間

解析期間はデータの収集状況により平成 10 年 1 月から平成 14 年 7 月の最近 4 年 7 ヶ月とした。

3.3 地下水モデルの構築

(1) 地層区分と地質構造のモデル化

イ) 地層区分

解析モデルを構築するに当り、解析対象となる砺波平野について既往調査結果等を参考に地質平面図、地質断面図を整理し水理地質的観点から下記の 6 層に地層区分を行った（表 3-1-1 参照）

表 3-1-1 モデル上の地層区分			
時代	地質区分	帯水層区分	堆積環境
完新世	沖積粘性土	Ac	泥炭地・後背湿地・三角州
	沖積礫質土	Ag	扇状地・旧河道
更新世	洪積礫質土	Dg1	低位段丘
	洪積粘性土	Dc1	中位段丘
	洪積礫質土	Dg2	中位段丘
新第三紀	基盤岩類	K	丘陵・山地

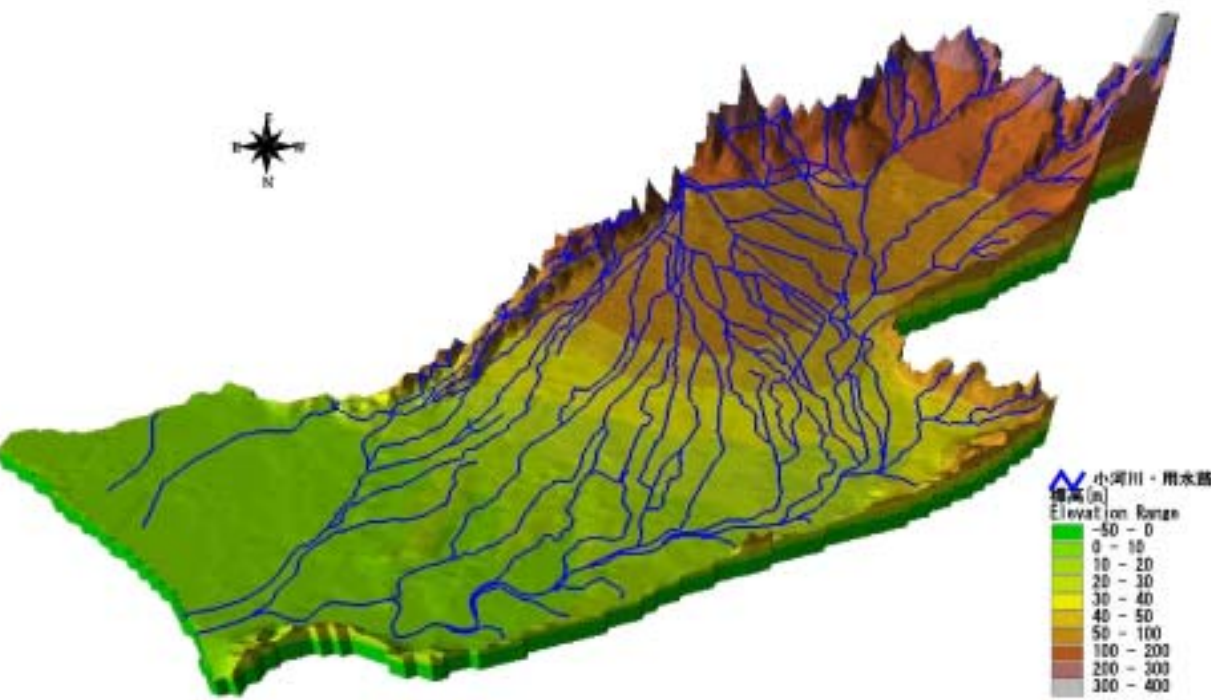


図 3-3-1 地表面三次元段彩図

ロ) 地質構造の 3 次元モデル化

モデル構築用に設定した地層区分に基づいて、各層の分布範囲・標高・層厚等を決し入力を行った。この際、地表面標高については国土地理院発行「数値地図 50m メッシュ（標高）」よりデータを作成した。（図 3-3-1～図 3-3-4 参照）

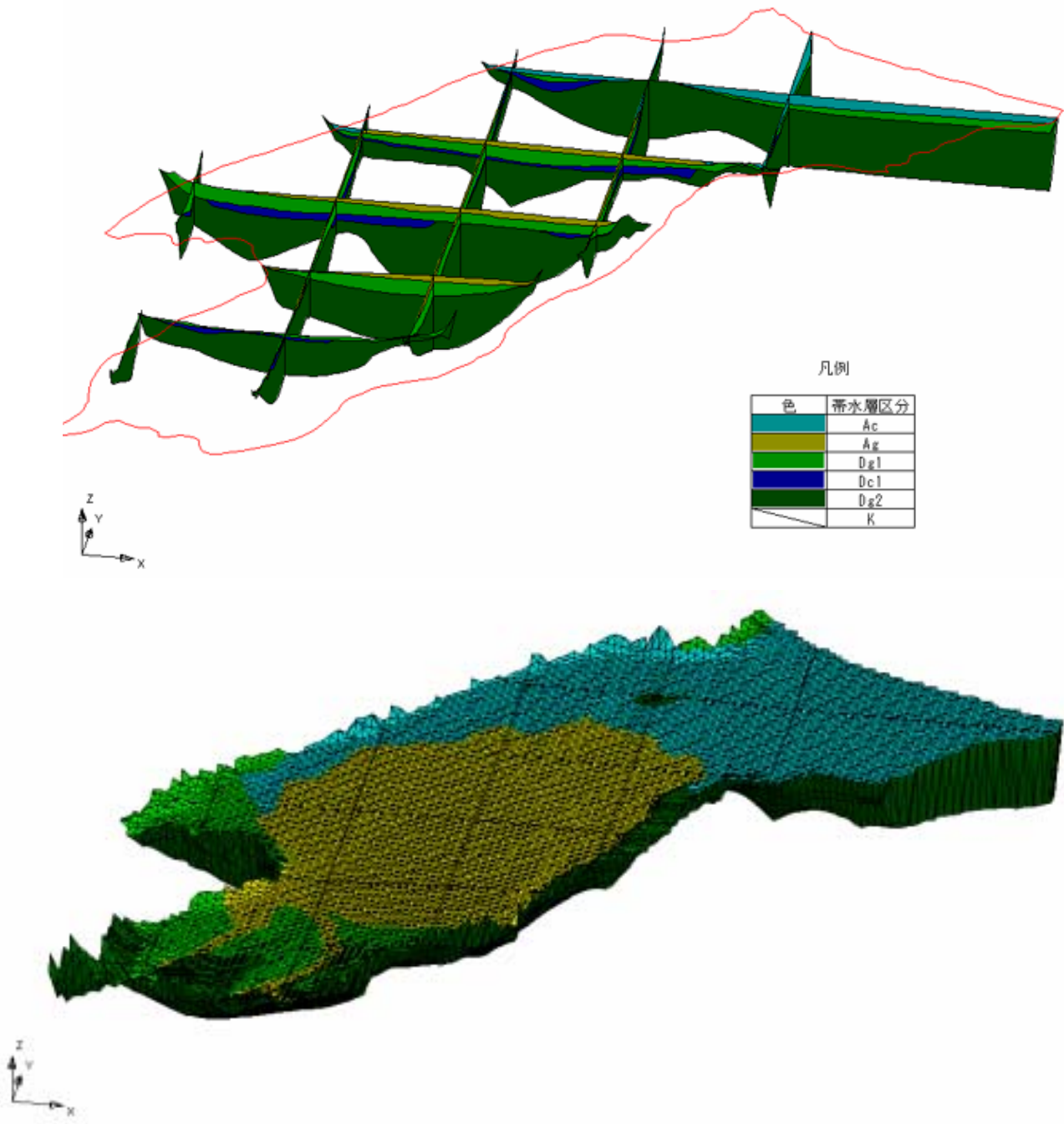


図 3-3-2 地質構造の 3 次元モデル化

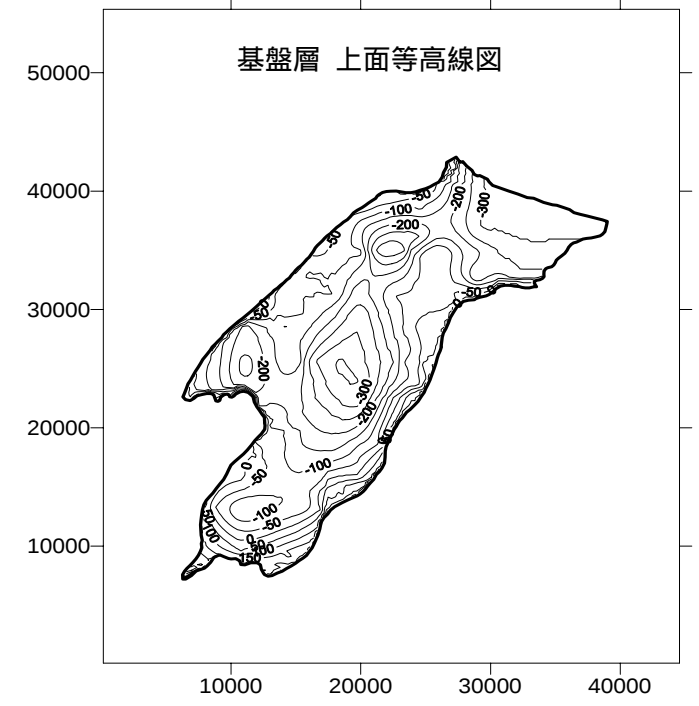
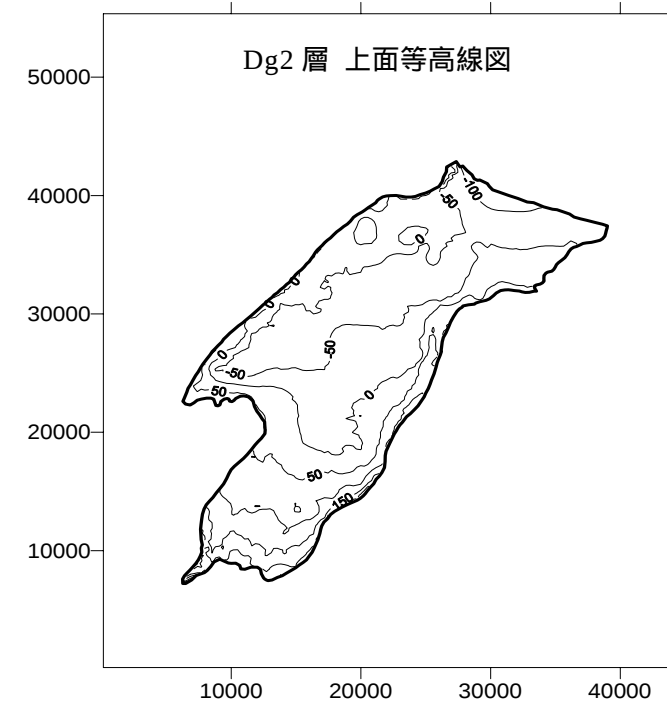
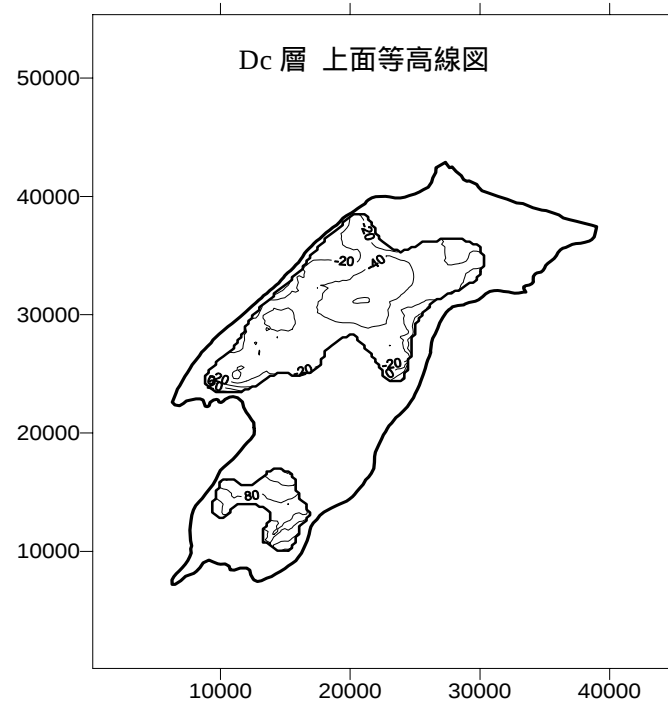
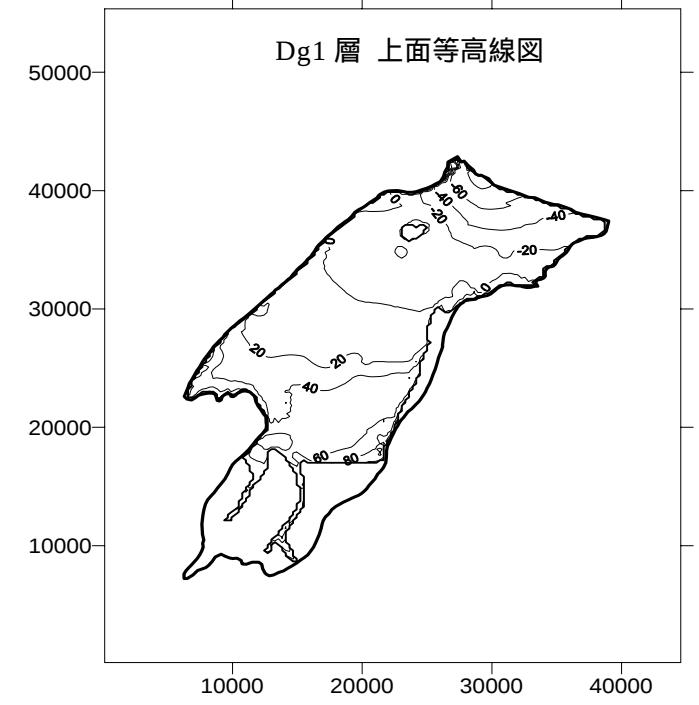
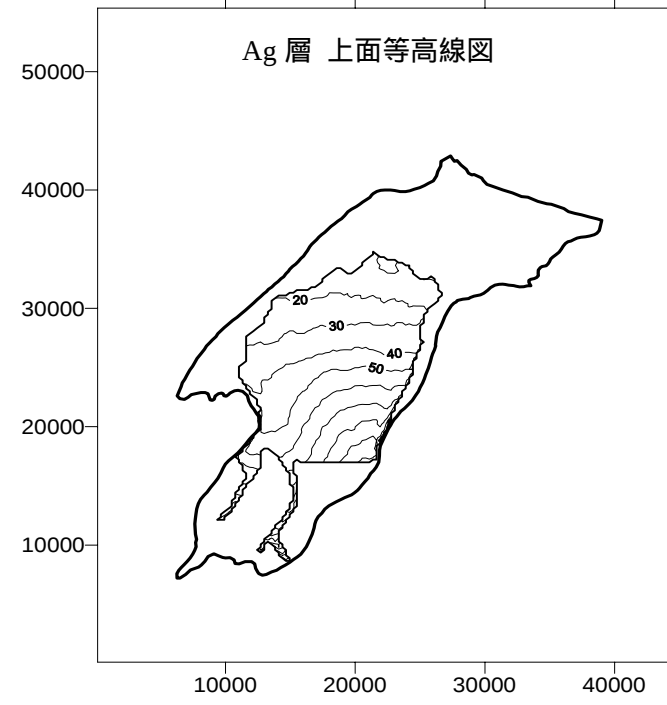
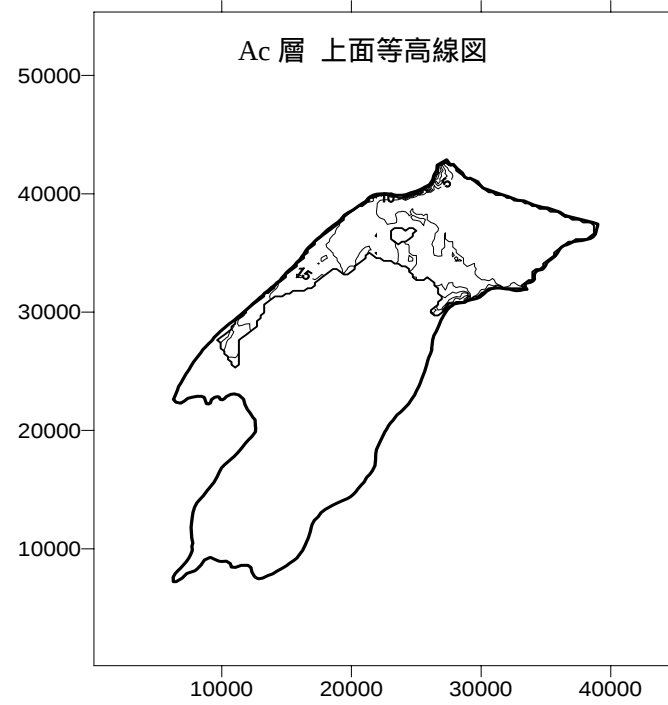


図 3-3-3 各層上面等高線図

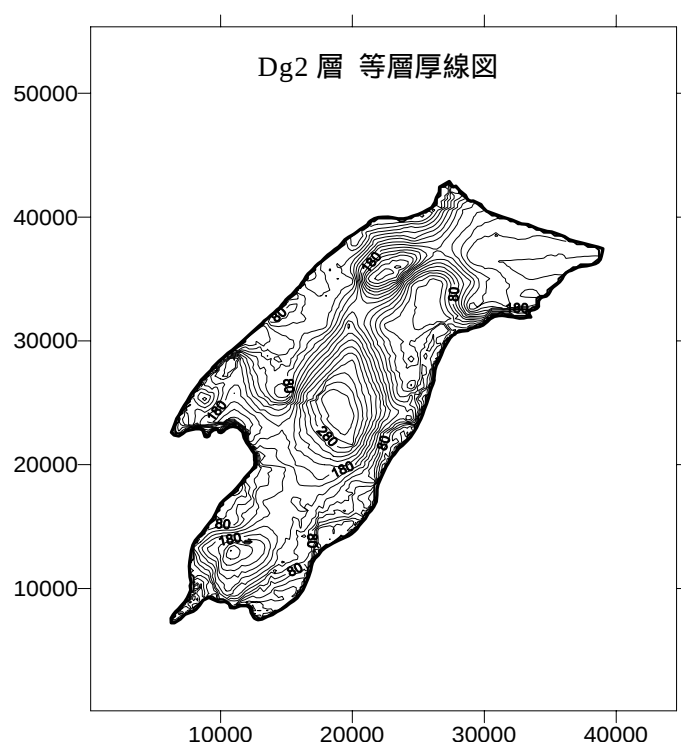
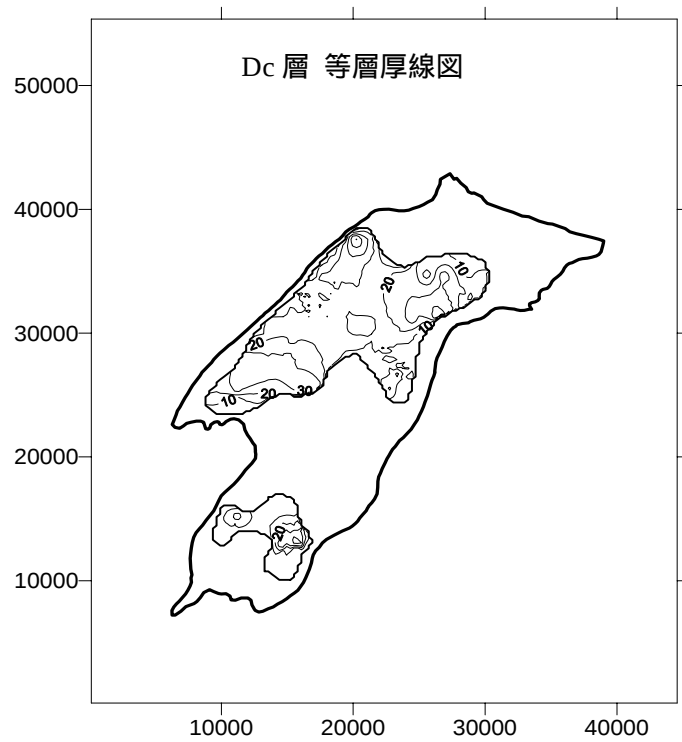
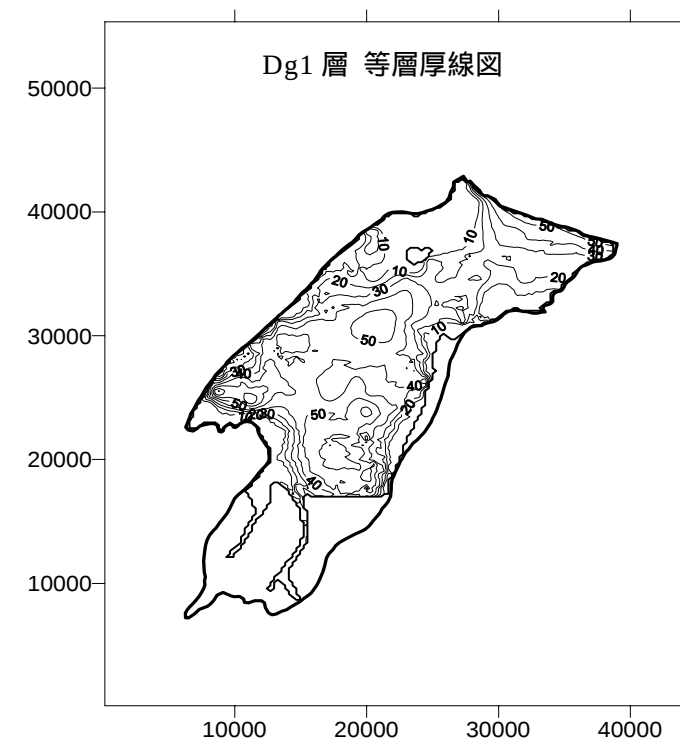
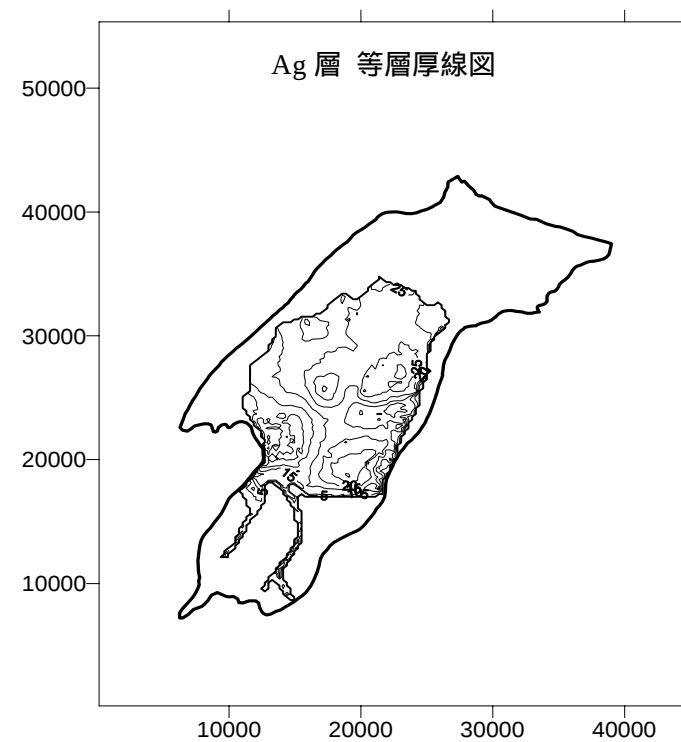
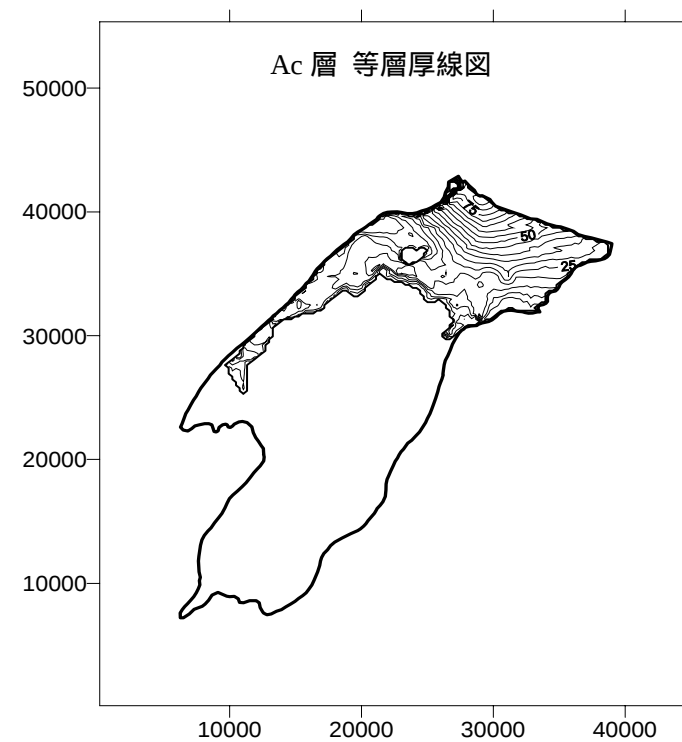


图 3-3-4 各層等層厚線図

(2) メッシュ分割

解析対象となる庄川扇状地について、帯水層分布境界を考慮しメッシュ分割を行った。1メッシュはX方向279.5m、Y方向231.2mで分割し、解析領域内各層のメッシュ数は7175となった。

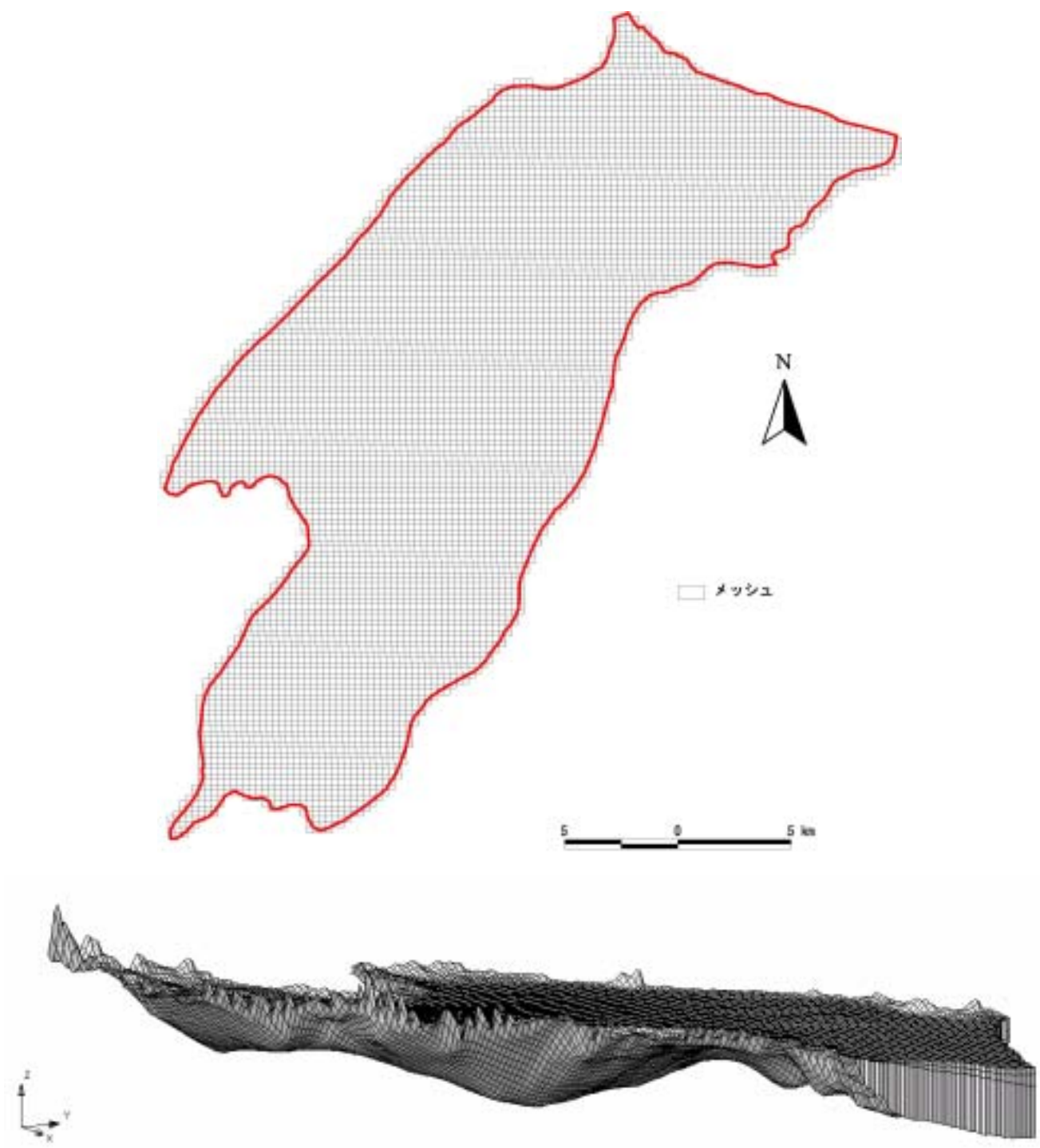


図 3-3-5 メッシュ分割図

(3) 境界条件

境界条件は図 3-3-6 及び図 3-3-7 のように設定した。

- 水頭既知境界・定水頭境界（図 3-3-6 赤色のセル）：水頭既知境界は各時間ステップで地下水位が既知である境界に設定される。庄川流域では海洋部分は標高 0m の定水頭境界とした。
- 流量既知境界（図 3-3-7 の青色のセル）：流量既知境界は各時間ステップの境界フラックスが既知の境界に設定される。本モデルでは、井戸位置に揚水量を設定した。また、地表面に単位長当たりの降雨涵養量を設定した。水田からの鉛直涵養量（減水深）も併せて設定した。
- 遠方固定水頭境界（図 3-3-6 の茶色のセル）：遠方固定水頭境界は境界外の水頭と帯水層内の水頭差に基づく動水勾配に境界の透水係数をかけた値を「境界を横切る流入量」としてモデル領域内に流入させる境界である。本モデルでは射水低地東縁部を遠方固定水頭境界として設定した。
- 河川境界（図 3-3-6 の青色のセル）：河川のセルに River-package を設定し、河川・地下水間の流入・流出を再現した。庄川本川では、流量観測により庄川と地下水とのやり取り量が得られたため、流量既知境界として設定した（図 3-3-6 の緑色のセル）。
- 湧出境界（図 3-3-6 の黄色のセル）：湧出境界は対象地域全域の地表面高に設定し、水頭値が地表面を上回る場合に湧出量を生じさせた。

表 3-3-2 境界条件の設定状況

境界条件	パッケージ名	設置位置
定水頭境界	Specified Head	海岸線及び富山新港区域
流量既知境界	Well Package	井戸所在地（深度方向についてはストレーナ位置からレイヤ分けを行った）
	Recharge Package	モデル領域内全域
遠方固定水頭境界	GHB Package	射水低地東縁部
河川境界	River Package	庄川・小矢部川本川、と主要支川（和田川、千保川、祖父川、中川、岸渡川、黒石川、横江宮川、渋江川、旅川、山田川）
湧出境界	Drain Package	モデル領域内全域

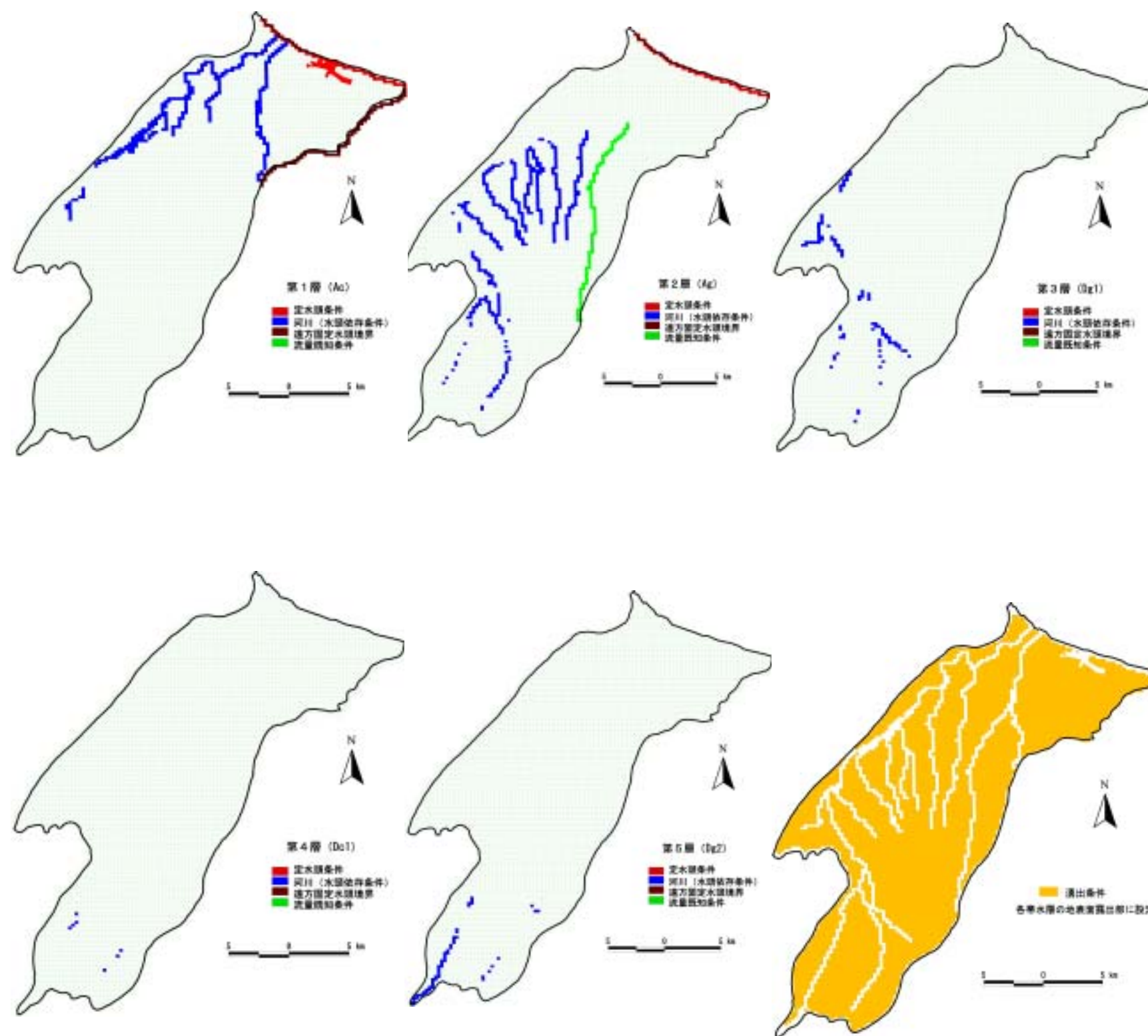


図 3-3-6 境界条件の設定

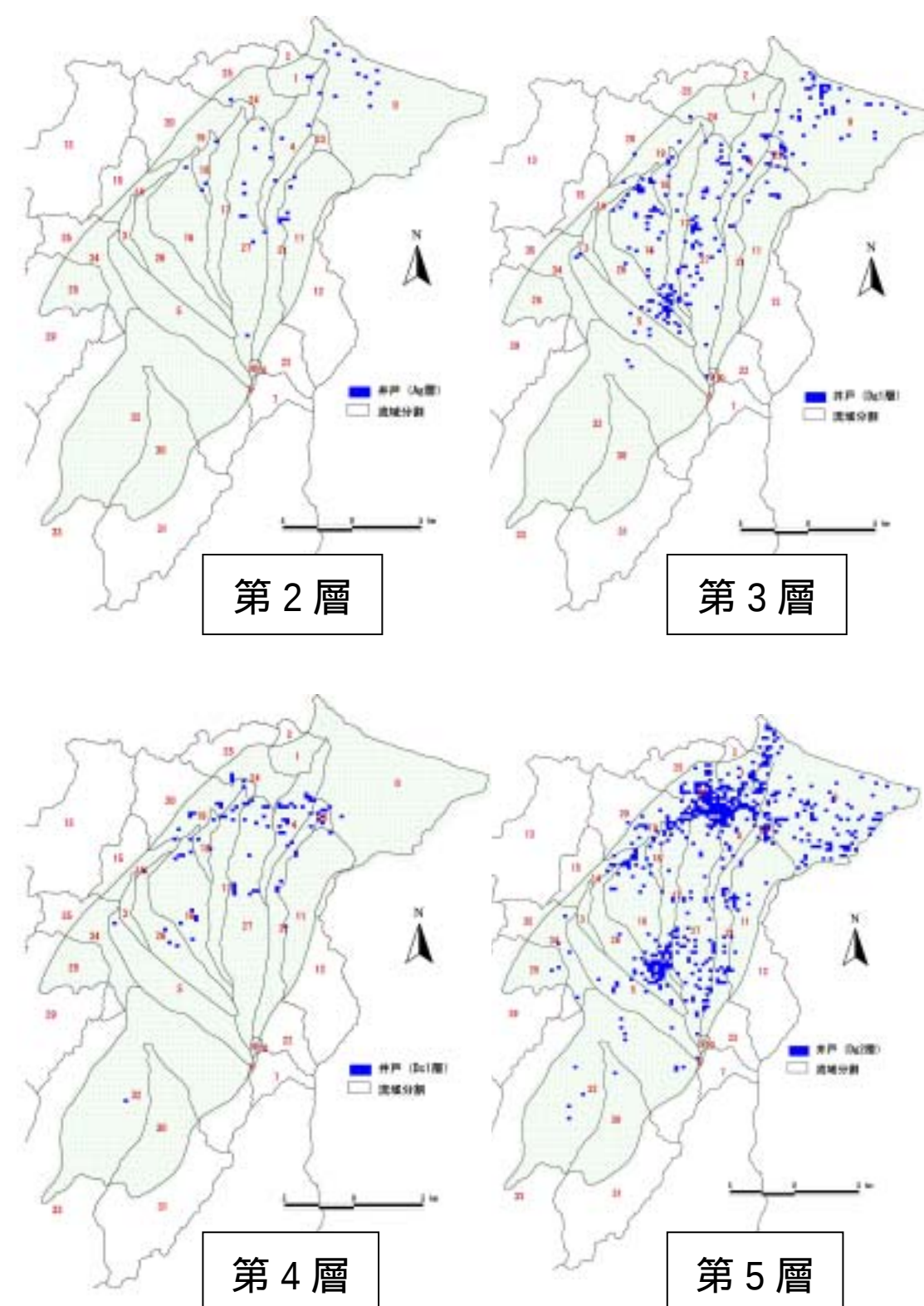


図 3-3-7 各帯水層における井戸の分布図（流量既知境界）

(4) 水文・気象、涵養条件、揚水量の入力

水循環を構成する各要素について、以下のような入力条件を設定した。なお各データは解析領域内を分割した約 250m メッシュ毎に数値化してモデルに与えている。

(5) 涵養量

降雨起源の地下水涵養量と水田からの灌漑水起源の涵養量を分けて算出した。

涵養量を算定するため、流域を 36 個小流域に分け、タンクモデルによる水収支解析を実施した。タンクモデルは図 3-3-8 に示す 3 段直列タンクを用い、計算データを下記に示す。

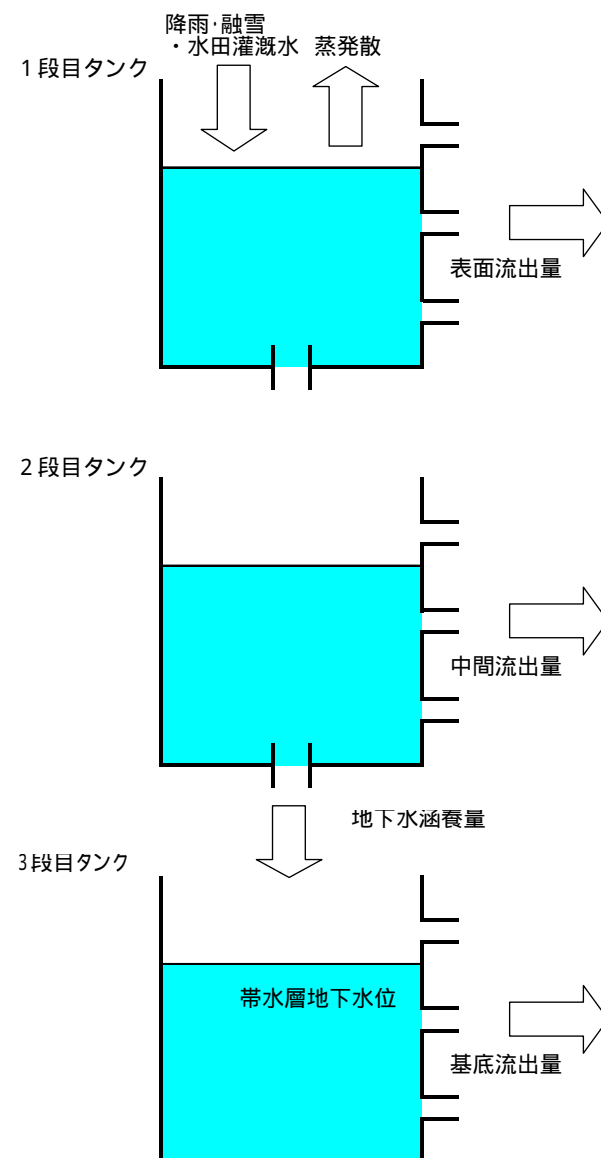


図 3-3-8 タンクモデルの概要

降水量

気象観測データを基にティーセンポリゴン法で流域内の降水量を求めた。ただし、当該域は積雪地帯であるため積雪・融雪効果を考慮する必要があり、冬期積雪時は便宜融雪量（積雪時は 1mm/日、融雪時は 10～30mm/日）を降水量とみなした。

実蒸発散量

実蒸発散量は、各観測点の最大可能蒸発散量を利用し、下記に従い算定した。蒸発散は 1、2 段目タンクの貯留量から最大可能蒸発散量を減じることで算定した。

ただし、蒸発散の最大値は、1、2 段目タンクの貯留量分のみとし、貯留量以上に蒸発散を差し引くことはしない。

日降水量が 5mm 以上の場合は蒸発散を 0 とした。

水田灌漑水量

水田灌漑水量については水田減水深、灌漑用水実績、土地利用（水田面積）データに基づき、小流域ごとに水利権量を求め、灌漑用水取水実績量に全体に占める各流域の水利権量の割合を乗じて算定した。

ただし、灌漑用水取水実績があるのは庄川合口用水の用水系統区内のみの地域であり、これ以外の地域の灌漑水量は庄川合口用水の取水実績に基づき算定された平均値を用いた。

各年の水田面積の変化については、国土数値情報の平面分布を基に、減反面積の変化率を乗じて算定した（表 3-3-6、図 3-3-14 参照）。

各小流域の水利権量 = $\sum$ （土壌区分ごとの減水深 × 土壌区分ごとの水田面積）

各小流域の灌漑水量 = 取水実績量 × （小流域ごとの水利権量 / 全流域の水利権量）

表面・中間及び基底流出量

表面・中間及び基底流出量はそれぞれ、1 段目、2 段目、3 段目タンクの横孔からの流出量とする。これらの総量が各流域の河川流量に相当すると考えられる。

地下水涵養量

2 段目タンクの底孔から 3 段目タンクに流下する量を地下水涵養量とみなした。タンクモデルで算定した涵養量は、地下水流動モデルの地下水涵養量のモデル入力値とした。

地下水位

3 段目タンクの貯留量が流域の地下水位貯留量に相当するとし、3 段目タンクの貯留変化を有孔空隙率で除した値が地下水位変化に相当すると考えた。

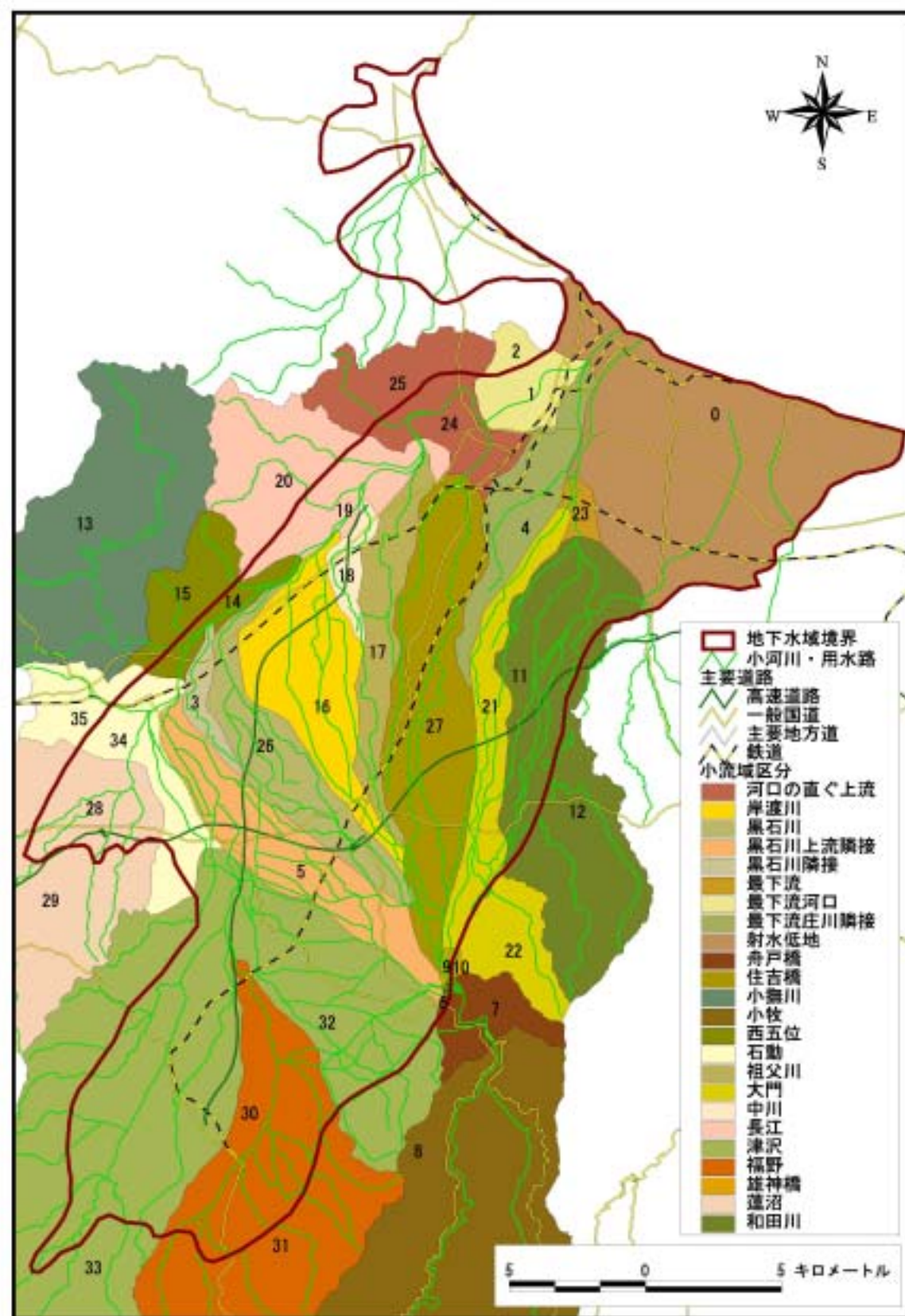


図 3-3-9 庄川・小矢部川流域タンクモデルの小流域区分

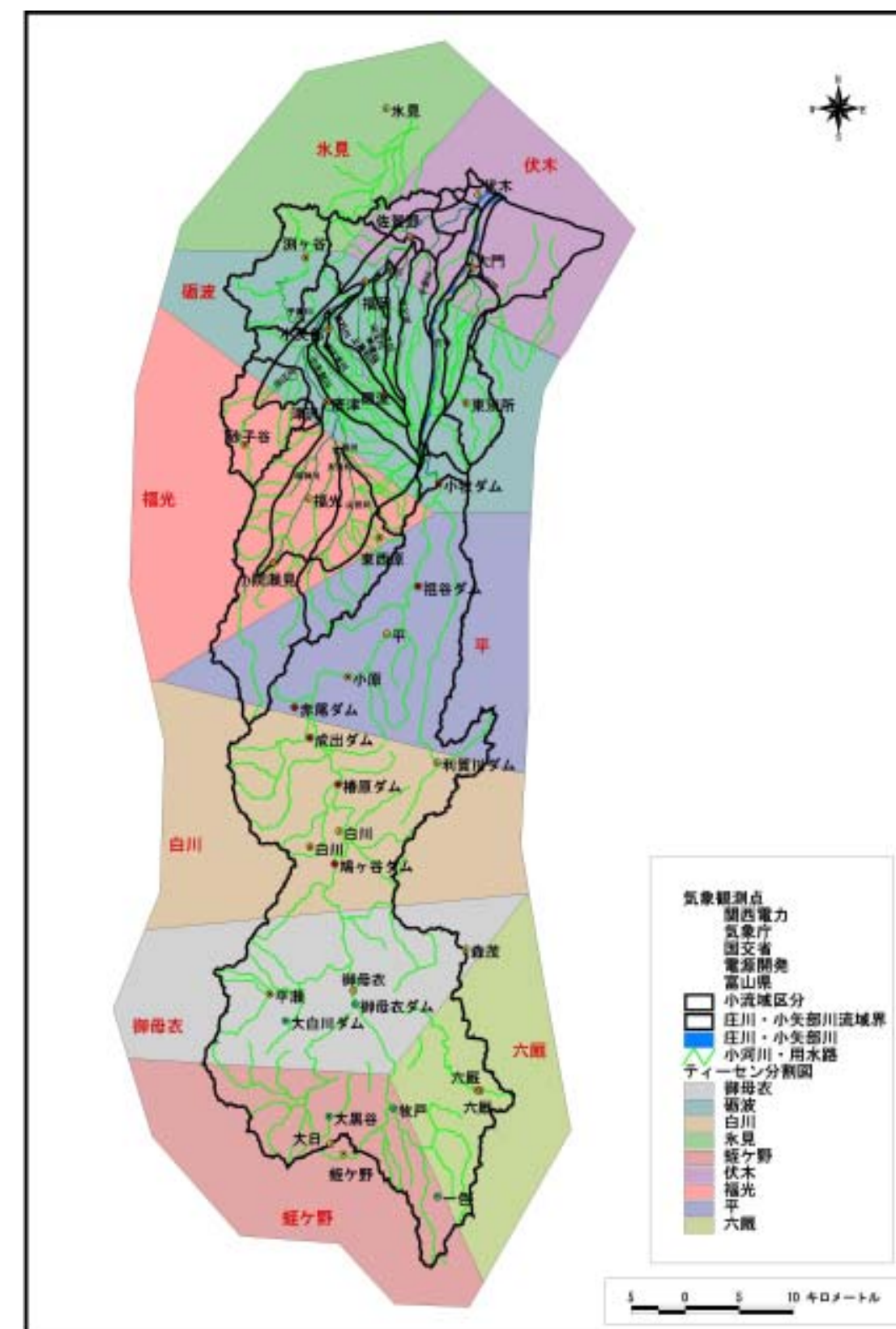


図 3-3-10 タンクモデル解析のティーセン分割

表 3-3-3 期別減水深一覧

	減水深 タイプ	土性ブロック	代播 4/21～4/30	代播管理水	単位：mm/日						
					活着期 5/1～5/25	分けつ期 5/26～6/30	幼穂形成期 7/1～7/25	出穂開花期 7/26～8/10	登熟期 8/11～8/31	登熟期() 9/1～9/15	登熟期() 9/16～9/25
合口用水	W-1	強粘土質	140	21	21	20	22	21	17	17	17
	W-2	粘土質	155	22	22	21	23	22	18	18	18
	W-3	粘土質	165	24	24	23	25	24	20	20	20
	W-4	壤土質	170	29	29	28	30	29	25	25	25
	W-5	壤土質	180	32	32	30	34	32	28	28	28
	W-6	壤土質	195	33	33	32	35	33	29	29	29
	W-7	壤土質	210	34	34	33	36	34	30	30	30
	W-8	礫質	230	35	35	34	37	35	32	32	32
	W-9	砂礫質	240	39	39	37	41	39	36	36	36
	W-10	礫質	245	41	41	39	43	41	38	38	38
	W-11	砂礫質	250	46	46	41	48	46	43	43	43
	W-2'	粘土質	153	21	21	19	22	21	17	17	17
	W-3'	粘土質	165	25	24	23	25	24	20	20	20
	W-4'	壤土質、砂土質	165	26	26	25	27	26	23	23	23
和田川用水	W-8'	礫質	225	32	32	31	34	32	30	30	30
	S	砂土	199	23	23	26	30	32	31	29	25
	M	泥炭黒泥	199	21	21	25	28	30	29	26	22
	L	殖土、殖壤土	199	17	17	20	25	28	27	25	21

出展：庄川水系庄川合口用水水利使用許可申請書

表 3-3-4 用水系統(庄川合口用水)

用水名	番号	用水系統	しろかき水量 (4/30) (m ³ /sec)	面積(ha)
庄川合口用水（左岸）	1	山見八ヶ（第2）	0.494	88
	2	新	5.821	896.2
	3	二万石	16.912	2126
	4	鷹栖口	9.166	1768.1
	5	上若林口	0.621	121.9
	6	若林口	5.863	1239.4
	7	新又口	4.395	976.2
	8	舟戸口	2.812	638.2
	9	舟戸給水	0.633	81
	10	副水路	0.585	71.9
	11	上新又口	1.5	182.9
	12	千保柳瀬	9.874	1049.3
	二万石系統＋左岸幹線		58.675	8254.9
南砺用水（小牧ダム掛かり右岸）	1	南砺	1	1142.2
	2	山見八ヶ（第1）	0.577	101.2
	南砺用水 計		1.577	1243.4
庄川合口用水（右岸）	1	三合新	0.364	74.9
	2	芹谷野	3.614	666.4
	3	針山口	5	898.1
	4	六ヶ	2.186	587.6
	右岸幹線 計		11.163	2227
合計			71.415	11725.3

表 3-3-5 期別最大取水許可量(3用水合計)

	最大取水量(m ³ /sec)					
日時	1/1～4/20	4/21～4/30	5/1～5/5	5/6～5/25	5/26～6/30	7/1～7/15
稲作期別	非灌漑期	代掻き期	代掻き期	活着期	分けつ期	幼穂形成期
庄川合口用水（左岸）	16.2	58.7	56.4	44.5	42.7	46.9
庄川合口用水（右岸）	3.6	11.2	9.7	7.8	7.5	8.2
南砺用水（右岸）	0.4	1.6	1.4	1.4	1.7	1.4
合計	20.1	71.4	67.4	53.7	51.9	56.5
日時	7/16～7/25	7/26～8/10	8/11～8/15	8/16～8/31	9/1～9/15	9/16～12/31
稲作期別	幼穂形成期	出穂開花期	登熟期	登熟期	登熟期	非灌漑期
庄川合口用水（左岸）	46.9	44.5	40.4	40.4	26.2	16.2
庄川合口用水（右岸）	8.2	7.8	6.7	6.7	4.3	3.6
南砺用水（右岸）	2.4	2.4	2.3	1.3	0.6	0.4
合計	57.5	54.7	49.3	48.3	31.1	20.1

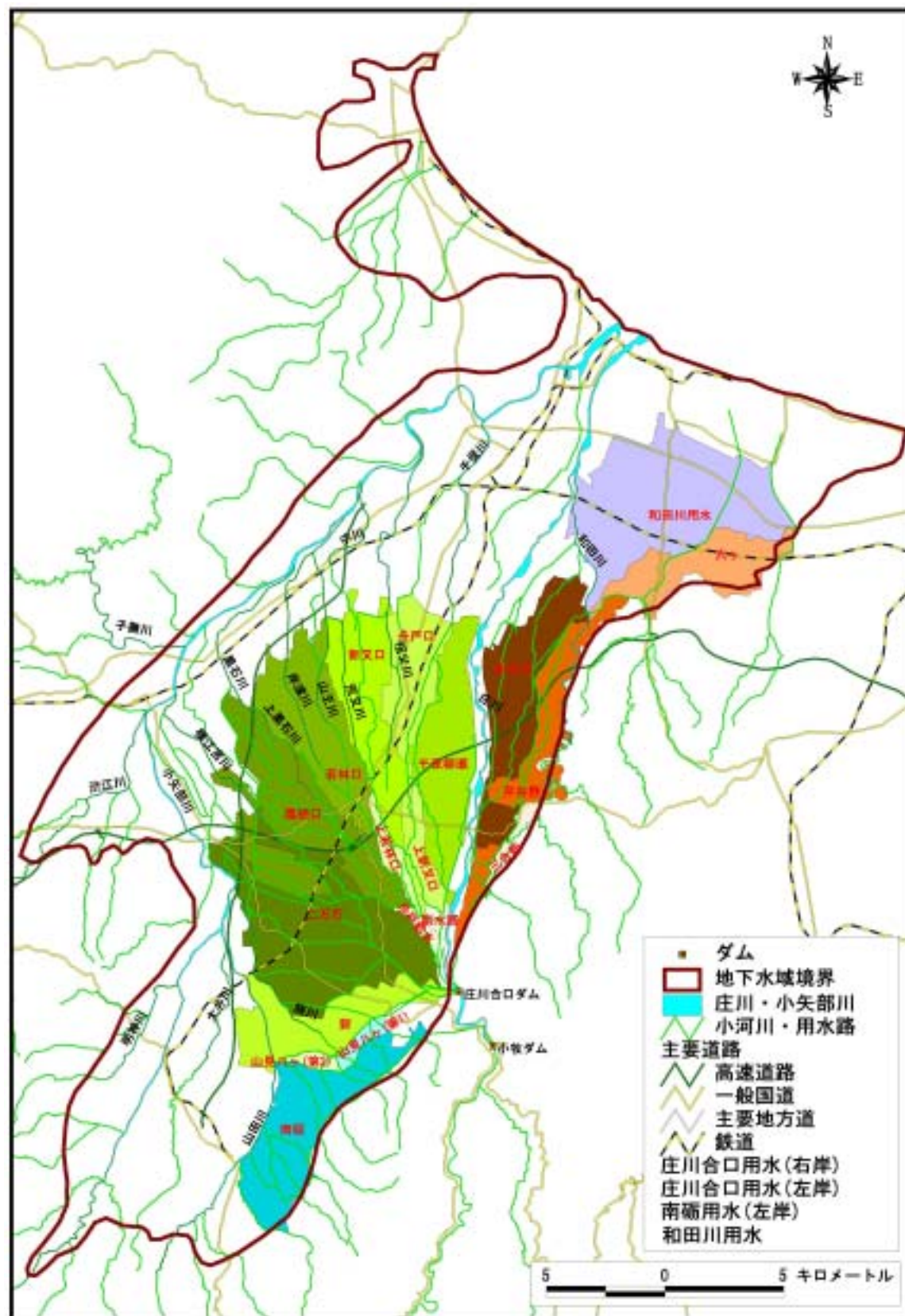


図 3-3-11 灌漑用水の受益地域区分（灌漑系統図）

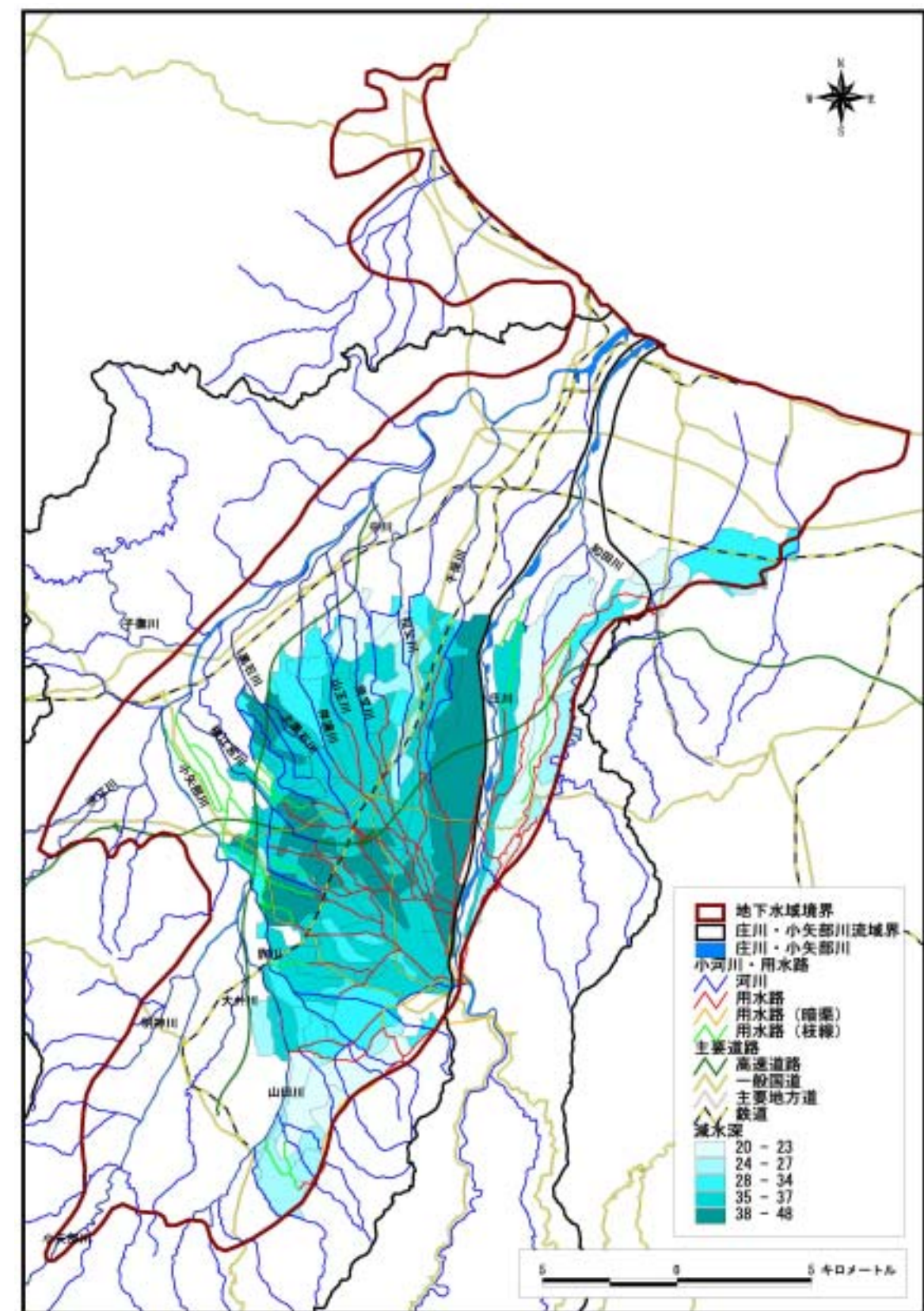


図 3-3-12 減水深の設定区分

表 3-3-6 各流域の水利権量（合口用水系統区）

水田からの浸透量 (m³/sec) 水田面積 × 減水深

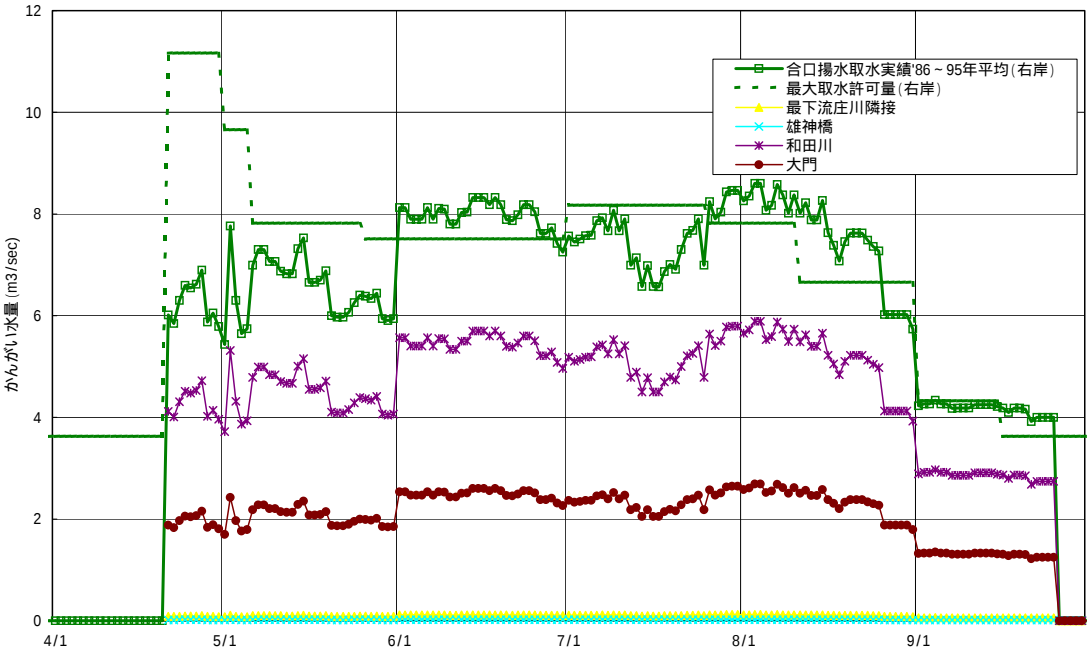
合口用水(庄川右岸)側

ID	河川名	観測所名	地下水区	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11	W-2'	W-3'	W-4'	W-8'	L	M	S	計	割合
4	小矢部川	最下流庄川隣接	内								0.0		0.3	0.2								0.5	1%
9	庄川	雄神橋	内										0.0									0.0	0%
11	庄川	和田川	内	1.1	1.8	0.5	0.5				0.3								0.3	0.1	0.0	4.6	68%
21	庄川	大門	内	0.2	0.0	0.2					1.6		0.1									2.1	31%
																						6.7	100%
																						7.3	92%
																						6.8	101%

合口用水(庄川左岸)側

ID	河川名	観測所名	地下水区	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11	W-2'	W-3'	W-4'	W-8'	L	M	S	計	割合
5	扇状地最西南	黒石川上流隣接	内					0.1		0.2	3.9	1.4	1.3									6.9	20%
16	小矢部川	岸渡川	内		0.35	0.04	0.25	1.50			3.43	0.01	0.09									5.7	16%
17	小矢部川	祖父川	内		0.29	0.33		0.18			1.69											2.5	7%
18	小矢部川	中川	内		0.13																	0.1	0%
26	小矢部川	黒石川	内					0.17			3.31	0.97	1.37									5.8	17%
27	小矢部川	住吉橋	内		0.06	0.71	0.07	0.53	0.04		3.21		2.59	3.90								11.1	32%
30	小矢部川	福野	内			0.32	0.30	0.22		0.05	0.61											1.5	4%
32	小矢部川	津沢	内		0.11	0.04	0.28								0.32	0.21	0.18	0.12				1.3	4%
																						34.9	100%
																						41.7	84%
																						22.0	63%

合口用水系統区（右岸）



合口用水系統区（左岸）

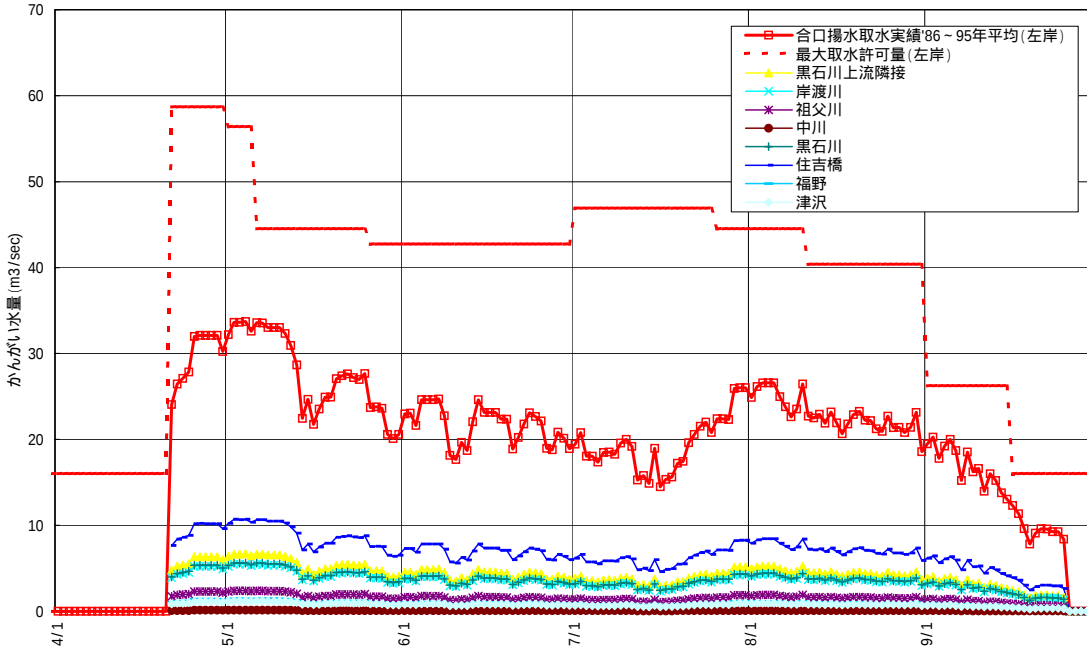
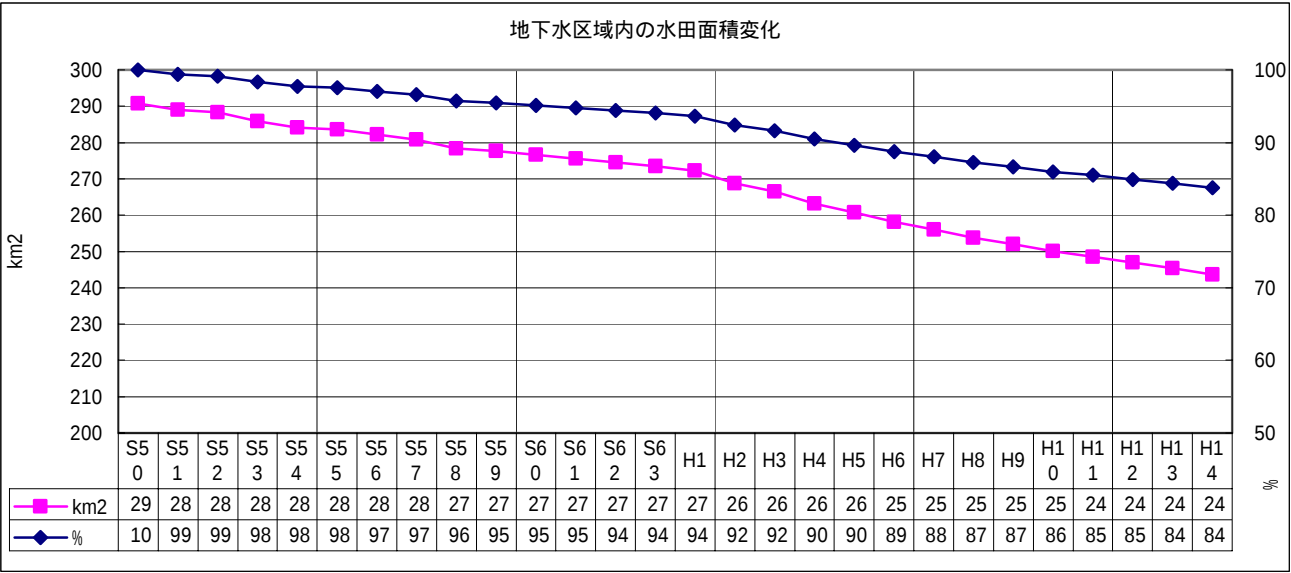


図 3-3-13 各流域の水利権量（合口用水系統区）



出典：耕地面積市町村別累年表(富山県)。
高岡市、新湊市、砺波市、小矢部市、小杉町、大門町、下村、大島町、城瑞町、庄川町、井波村、井口村、福野町、福光町、福岡町の15市町村を集計
平成13年と平成14年のデータはトレンドからの推定

図 3-3-14 地下水区域内水田面積の変化

表 3-3-7 各小流域の灌漑用水量の推定値

流 域	1998		1999		2000		2001		2002	
	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day
射水低地	1,519.1	9.6	1,510.0	9.6	1,500.4	9.5	1,490.2	9.4	1,480.0	9.4
最下流河口	576.9	3.7	573.5	3.6	569.9	3.6	566.0	3.6	562.1	3.6
扇状地黒石川隣接小流域	2,702.6	17.1	2,686.3	17.0	2,669.4	16.9	2,651.2	16.8	2,633.1	16.7
最下流庄川隣接	1,147.0	7.3	1,140.1	7.2	1,132.9	7.2	1,125.2	7.1	1,117.5	7.1
黒石川上流隣接	2,537.3	16.1	2,522.1	16.0	2,506.2	15.9	2,489.1	15.8	2,472.1	15.6
舟戸橋	670.4	4.2	666.4	4.2	662.2	4.2	657.7	4.2	653.2	4.1
雄神橋	377.3	2.4	375.1	2.4	372.7	2.4	370.2	2.3	367.6	2.3
和田川	2,405.5	15.2	2,391.1	15.1	2,376.0	15.0	2,359.8	14.9	2,343.7	14.8
子撫川	206.2	1.3	205.0	1.3	203.7	1.3	202.3	1.3	200.9	1.3
西五位	1,355.1	8.6	1,346.9	8.5	1,338.4	8.5	1,329.3	8.4	1,320.2	8.4
岸渡川	2,160.1	13.7	2,147.2	13.6	2,133.6	13.5	2,119.1	13.4	2,104.6	13.3
祖父川	1,993.0	12.6	1,981.0	12.5	1,968.5	12.5	1,955.1	12.4	1,941.8	12.3
中川	1,862.7	11.8	1,851.5	11.7	1,839.8	11.6	1,827.3	11.6	1,814.8	11.5
長江	1,627.3	10.3	1,617.6	10.2	1,607.3	10.2	1,596.4	10.1	1,585.5	10.0
大門	1,719.0	10.9	1,708.7	10.8	1,697.9	10.7	1,686.4	10.7	1,674.8	10.6
最下流	464.5	2.9	461.7	2.9	458.8	2.9	455.7	2.9	452.5	2.9
河口の直ぐ上流	1,268.5	8.0	1,260.9	8.0	1,252.9	7.9	1,244.4	7.9	1,235.9	7.8
黒石川	2,544.9	16.1	2,529.6	16.0	2,513.7	15.9	2,496.6	15.8	2,479.5	15.7
住吉橋	2,333.6	14.8	2,319.6	14.7	2,305.0	14.6	2,289.3	14.5	2,273.6	14.4
蓮沼	1,741.9	11.0	1,731.5	11.0	1,720.6	10.9	1,708.9	10.8	1,697.1	10.7
福野	1,754.3	11.1	1,743.8	11.0	1,732.8	11.0	1,721.0	10.9	1,709.2	10.8
津沢	1,883.0	11.9	1,871.7	11.8	1,859.9	11.8	1,847.2	11.7	1,834.6	11.6
石動	1,586.2	10.0	1,576.6	10.0	1,566.7	9.9	1,556.0	9.8	1,545.4	9.8

タンクモデルの検定評価は、地下水位・河川流量変動の整合性を確認することで実施した。

実測の河川流量については、流域内の表面・中間・基底流出成分以外に、庄川からの地下水伏没涵養量など流域外からの地下水流入量や、農業用水路から河川への直接流入などが考えられる。このため、タンクモデルにより実測河川流量の総量を含めて整合性を保つことは困難と考え、実測、計算の河川流量の波形パターンが一致するようにした。

検定を行った結果、タンクモデルは山地・山地＋扇状地・扇状地の3パターンに分類可能である。

山地モデルは、降雨—河川流量の関係が明瞭であり、タンクモデルによる実測河川流量の再現が可能であった。このことは、後述する扇状地モデルと異なり、他流域からの地下水流入が無いことを示す。

扇状地モデルは、灌漑期に水田からの涵養により地下水位に上昇が認められる。タンクモデルにより地下水位の変動パターンの再現は可能である。しかし、河川流量については降雨に反応した流量の波形パターンの再現は可能であるが、流量の総量に乖離が認められる。これは、流域外からの地下水伏没量が基底流量として流出しているためと考えられる。

山地＋扇状地モデルは山地と扇状地の中間型の反応を示す。

山地・山地＋扇状地、扇状地のパターンを比較すると、扇状地モデルが水田灌漑水の影響を受けて涵養量が大きくなっている。

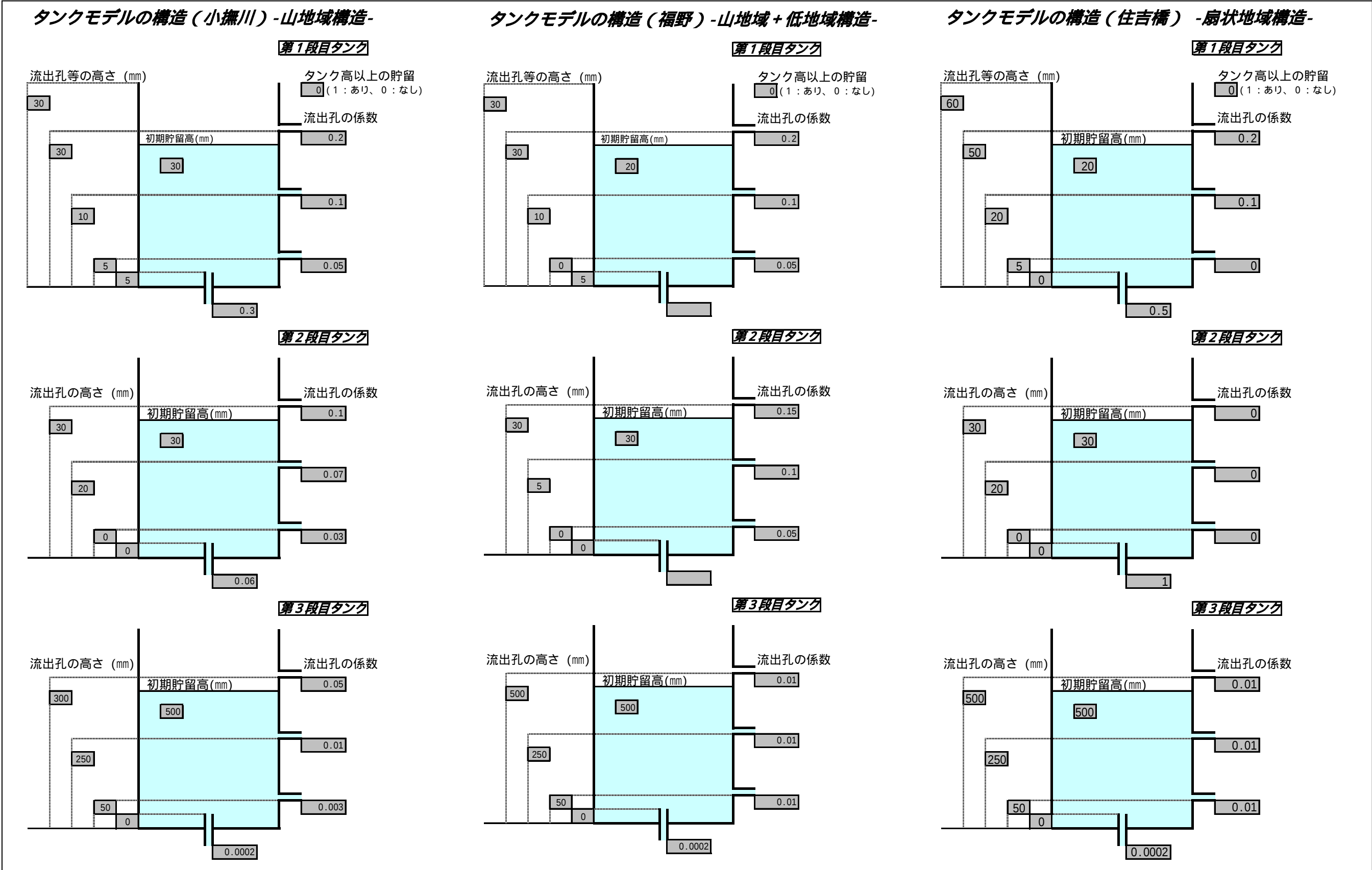
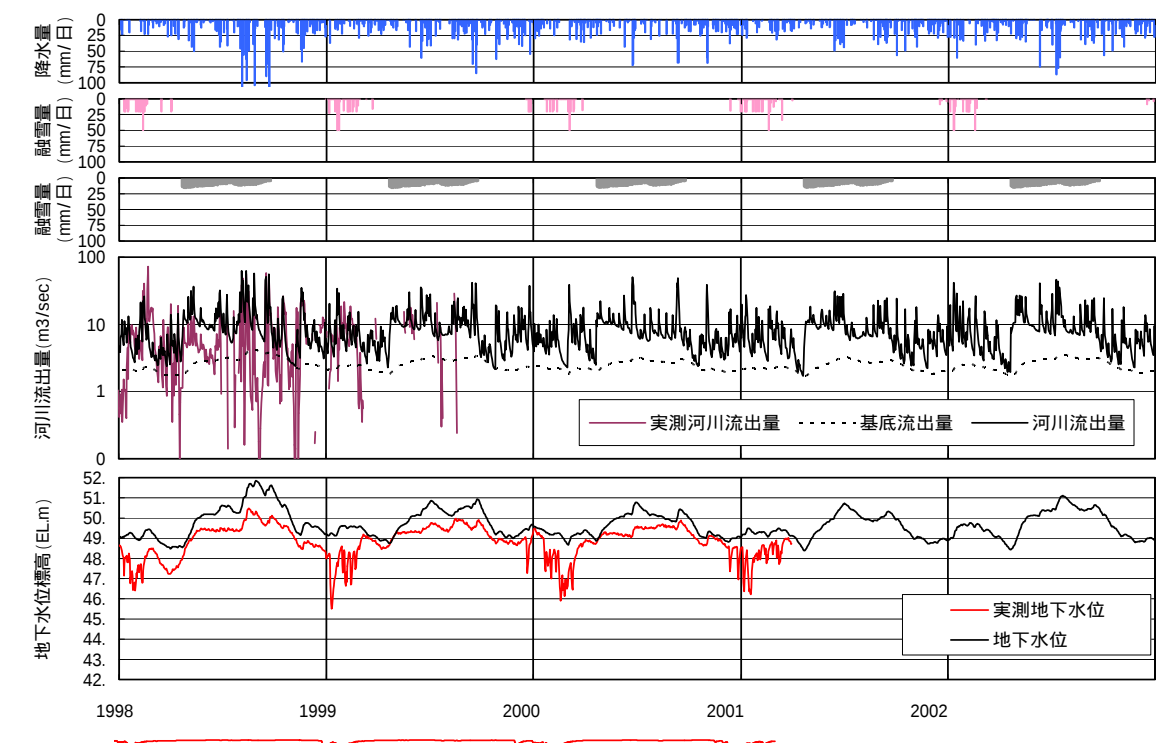
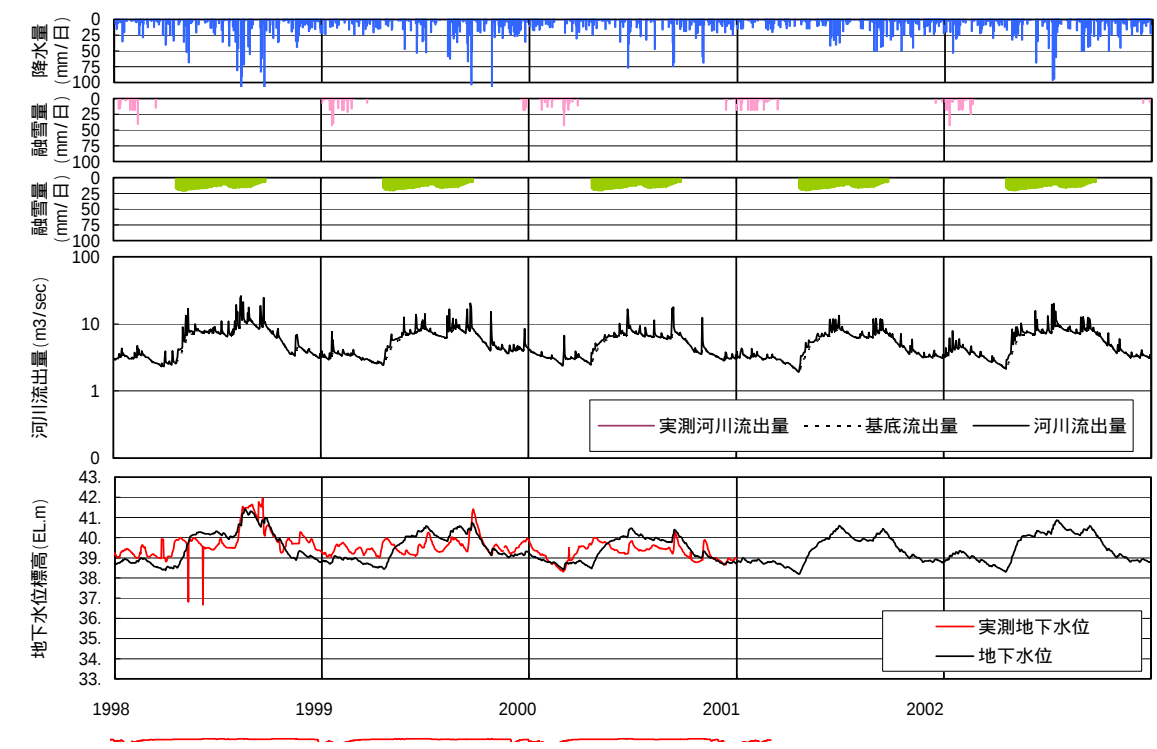


図 3-3-15 地域特性別のタンクモデル係数

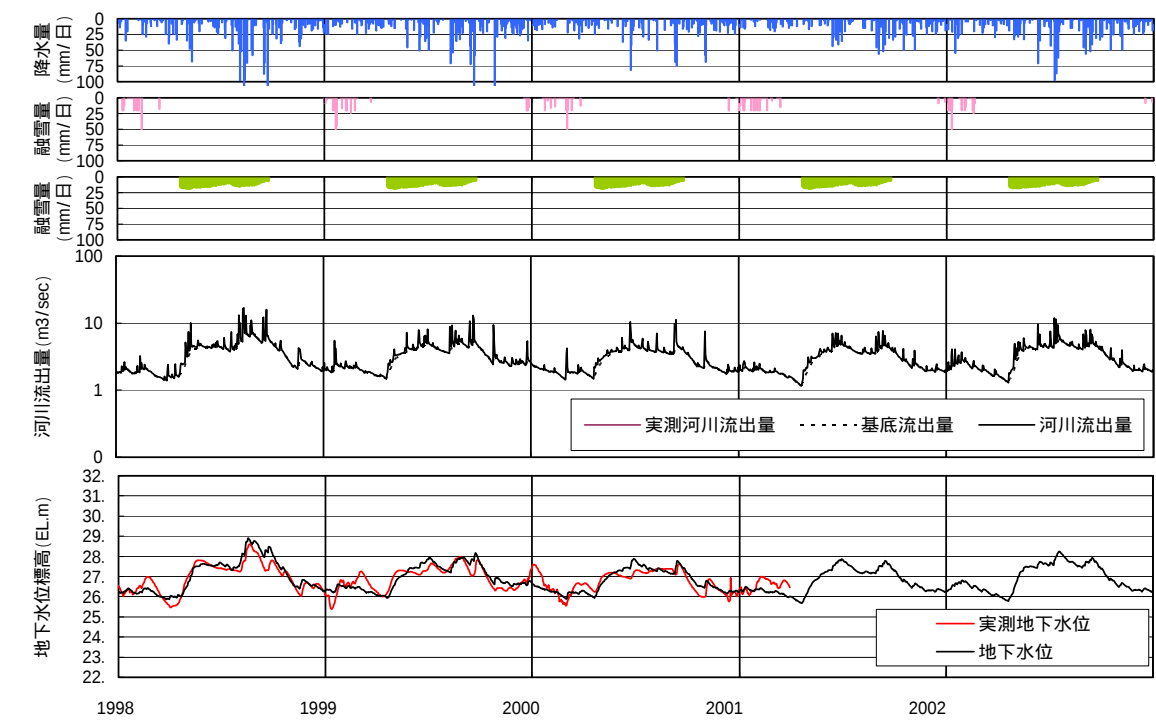
山地 + 扇状地（山田川流域 - 福野）



扇状地（千保川流域 - 住吉橋）



扇状地（岸渡川流域）



山地（小撫川流域 - 蓮沼）

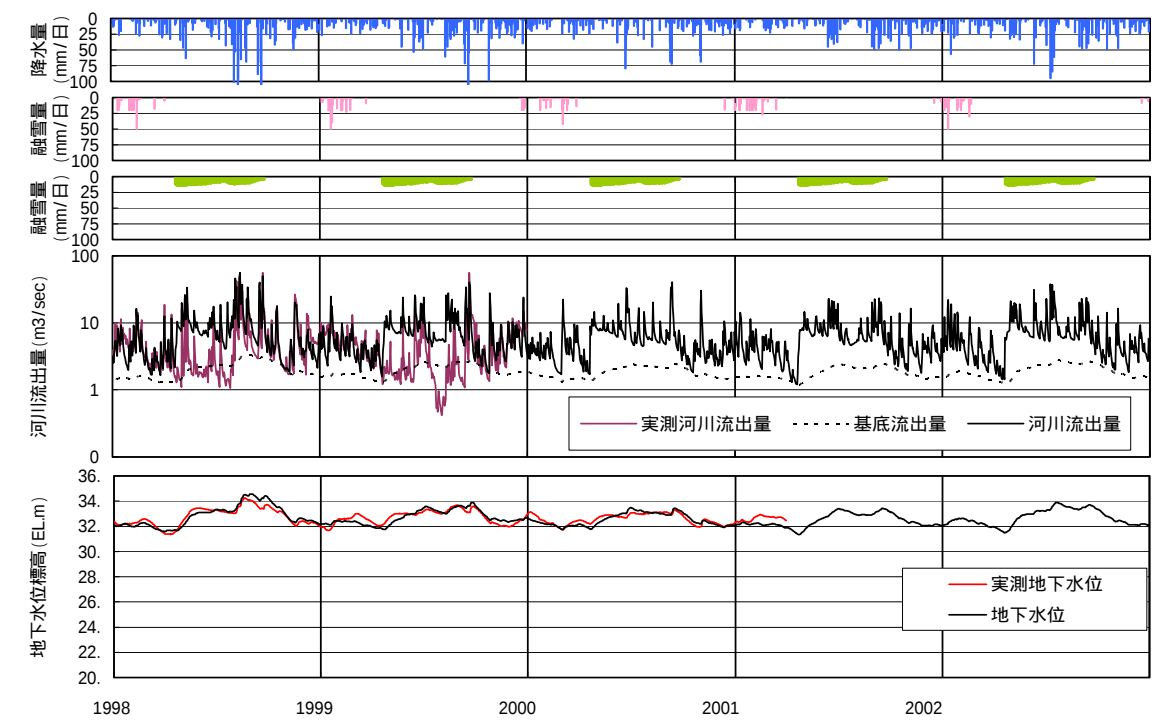


図 3-3-16 タンクモデルの検定結果

表 3-3-8 タンクモデルによる算出した地下水涵養量

ID	流 域	1998				1999				2000				2001			
		灌漑期		非灌漑期		灌漑期		非灌漑期		灌漑期		非灌漑期		灌漑期		非灌漑期	
		総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day	総量 mm	平均 mm/day
0	射水低地	1,978	12.5	1,206	5.8	1,802	11.4	1,323	6.4	1,498	9.5	1,120	5.4	1,736	11.0	1,197	5.8
1	最下流河口	341	2.2	390	1.9	294	1.9	431	2.1	208	1.3	380	1.8	280	1.8	394	1.9
3	扇状地黒石川隣接小流域	3,269	20.7	1,126	5.4	2,940	18.6	1,291	6.2	2,672	16.9	1,043	5.0	2,684	17.0	1,062	5.1
4	最下流庄川隣接	1,704	10.8	1,198	5.8	1,497	9.5	1,323	6.4	1,173	7.4	1,111	5.3	1,402	8.9	1,183	5.7
5	黒石川上流隣接	3,139	19.9	1,125	5.4	2,810	17.8	1,291	6.2	2,536	16.1	1,042	5.0	2,549	16.1	1,061	5.1
6	舟戸橋	447	2.8	371	1.8	358	2.3	428	2.1	280	1.8	354	1.7	294	1.9	362	1.8
9	雄神橋	369	2.3	371	1.8	285	1.8	427	2.1	205	1.3	353	1.7	221	1.4	361	1.7
11	和田川	785	5.0	386	1.9	729	4.6	437	2.1	673	4.3	374	1.8	692	4.4	385	1.9
13	子撫川	263	1.7	360	1.7	216	1.4	389	1.9	135	0.9	365	1.8	169	1.1	365	1.8
14	西五位	610	3.9	372	1.8	530	3.4	430	2.1	469	3.0	357	1.7	475	3.0	365	1.8
16	岸渡川	2,833	17.9	1,125	5.4	2,503	15.8	1,290	6.2	2,221	14.1	1,041	5.0	2,240	14.2	1,061	5.1
17	祖父川	2,635	16.7	1,149	5.6	2,336	14.8	1,303	6.3	2,047	13.0	1,064	5.1	2,129	13.5	1,093	5.3
18	中川	2,544	16.1	1,143	5.5	2,233	14.1	1,301	6.3	1,942	12.3	1,058	5.1	2,016	12.8	1,084	5.2
19	長江	623	3.9	390	1.9	570	3.6	435	2.1	507	3.2	378	1.8	541	3.4	391	1.9
21	大門	675	4.3	379	1.8	606	3.8	434	2.1	549	3.5	365	1.8	561	3.5	374	1.8
23	最下流	1,978	12.5	1,206	5.8	1,802	11.4	1,323	6.4	1,498	9.5	1,120	5.4	1,736	11.0	1,197	5.8
24	河口の直ぐ上流	516	3.3	391	1.9	477	3.0	432	2.1	408	2.6	382	1.8	462	2.9	397	1.9
26	黒石川	3,145	19.9	1,125	5.4	2,816	17.8	1,291	6.2	2,542	16.1	1,042	5.0	2,555	16.2	1,061	5.1
27	住吉橋	2,926	18.5	1,145	5.5	2,625	16.6	1,303	6.3	2,342	14.8	1,060	5.1	2,411	15.3	1,088	5.3
28	蓮沼	689	4.4	389	1.9	612	3.9	444	2.1	556	3.5	380	1.8	558	3.5	386	1.9
30	福野	680	4.3	433	2.1	604	3.8	474	2.3	552	3.5	439	2.1	548	3.5	434	2.1
32	津沢	711	4.5	417	2.0	634	4.0	464	2.2	583	3.7	418	2.0	581	3.7	416	2.0
34	石動	659	4.2	373	1.8	581	3.7	430	2.1	522	3.3	358	1.7	526	3.3	366	1.8

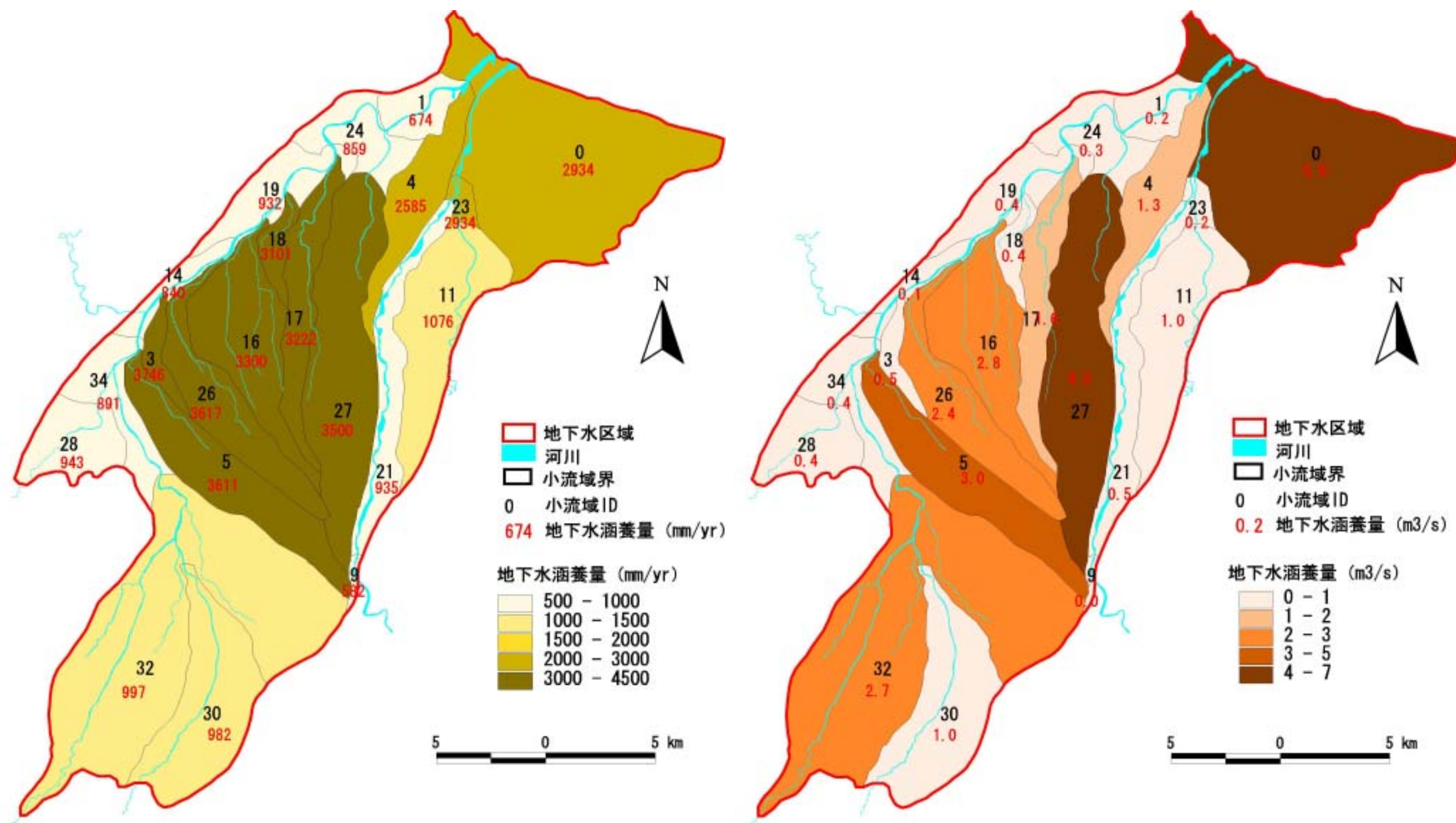


図 3-3-17 地下水涵養量分布 (タンクモデル計算結果、1986 年～2001 年平均)

表 3-3-9 タンクモデルによる水収支（1986 年から 2001 年までの長期平均）

ID	河川名	流域名	流域面積 (km ²)	降水量 mm/年	融雪量 mm/年	灌漑量 mm/年	可能蒸発散量 mm/年	実蒸発散量 mm/年	実蒸発散量 / 可能蒸発散量	表面流出量 mm/年	中間流出量 mm/年	基底流出量 mm/年	総河川流出量 mm/年	総河川流出量 m ³ /sec	基底流出量 m ³ /sec	累積河川流量 m ³ /sec	地下水涵養量 mm/年	地下水流去量 mm/年
40	小矢部川	射水低地	73.89	1834	269	1578	758	548	72%	185	0	2951	3137	7.35	6.92	-	2950	0
4		最下流庄川隣接	16.01	1835	272	1192	756	538	71%	153	0	2612	2765	1.40	1.33	25.24	2610	0
1		最下流河口	2.45	1834	269	599	758	565	75%	550	919	684	2154	0.17	0.05	23.92	668	0
24		河口の直ぐ上流	12.23	1834	269	1324	757	577	76%	717	1272	877	2865	1.11	0.34	23.87	861	0
27		住吉橋	42.87	1838	286	2428	742	527	71%	318	0	3713	4031	5.48	5.05	23.53	3710	0
19		長江	13.21	1836	276	1708	758	562	74%	818	1484	971	3273	1.37	0.41	18.48	956	0
17		祖父川	16.14	1838	285	2075	743	527	71%	259	0	3418	3676	1.88	1.75	18.07	3415	0
18		中川	4.38	1838	287	1940	742	526	71%	240	0	3303	3544	0.49	0.46	16.32	3301	0
16		岸渡川	26.67	1839	290	2249	738	532	72%	295	0	3556	3852	3.26	3.01	15.86	3553	0
14		西五位	5.55	1839	290	1426	738	559	76%	762	1343	909	3013	0.53	0.16	12.86	893	0
26		黒石川	20.70	1839	290	2649	738	532	72%	366	0	3885	4251	2.79	2.55	12.70	3882	0
3		黒石川隣接	3.96	1839	290	2831	738	533	72%	401	0	8015	8417	1.06	1.01	10.15	4029	0
13		小撫川	60.84	1826	278	214	736	504	69%	651	612	564	1827	3.52	1.09	9.14	552	0
34		石動	13.04	1839	290	1652	738	559	76%	822	1459	958	3239	1.34	0.40	8.05	943	0
5		黒石川上流隣接	26.16	1839	290	2638	731	532	73%	364	0	3877	4241	3.52	3.22	7.65	3874	0
28		蓮沼	13.68	1886	313	1820	731	551	75%	886	1585	1014	3485	1.51	0.44	4.44	999	0
32		津沢	86.79	1974	354	1960	715	546	76%	966	1721	1072	3759	10.34	2.95	4.00	1057	0
30		福野	31.10	2035	383	1824	685	551	80%	959	1686	1062	3707	3.65	1.05	1.05	1047	0
23	庄川	最下流	2.35	1834	269	1578	758	548	72%	185	0	2951	3137	0.23	0.22	-	2950	0
21		大門	17.65	1838	287	1783	743	553	74%	856	1530	987	3372	1.89	0.55	-	972	0
11		和田川	28.34	1837	282	2501	742	555	75%	1059	1901	1121	4081	3.67	1.01	-	1106	0
9		雄神橋	0.56	1839	290	392	738	523	71%	531	849	639	2018	0.04	0.01	-	621	0
6		舟戸橋	0.36	1839	290	697	738	556	75%	590	978	720	2288	0.03	0.01	-	703	0
	収支区内合計		518.92	1853	291	1698	740	544	74%	562	754	2168	3484	56.63	33.96	235.31	1985	0
			30.50	4.79	27.94	12.18	8.95	0.01	9.25	12.40	35.67	57.33						32.66

（注）降水量は、ティ - セン分割により流域雨量を求め。積雪は差し引いている。
可能蒸発散量はゾーンズウェイト法によって算定した。
（実蒸発散量はタンクモデルにより算出された値）

(6) 揚水量

イ) 水利用量総量

市町村別用途別地下水揚水量は、利用実態と届出量との割合を表 3-3-10 と表 3-3-11 から算出し、各井戸の届出（最大）揚水量にこの割合を乗じて推定した。

表 3-3-10 市町村別用途別地下水揚水量（揚水施設届出情報）

単位：m³/日

	工業用	建築物用	水道用	農業・水産業用	道路等 消雪用	総計
高岡市	278,163	147,771	35,700	730	215,231	677,595
新湊市	21,258	31,901	12,672	0	49,613	115,444
砺波市	58,296	70,265	20,700	1,140	131,939	282,340
小矢部市	19,118	1,022	0	0	1,521	21,660
小杉町	5,313	11,448	0	0	29,283	46,044
大門町	5,876	7,027	12,096	0	34,293	59,292
下村	720	1,248	0	0	10,620	12,588
大島町	15,872	4,953	3,312	0	9,606	33,743
城端町	0	0	0	0	0	0
庄川町	2,290	0	0	0	0	2,290
井波町	0	14,446	0	0	160	14,606
井口村	0	0	0	0	0	0
福野町	1,600	33,900	0	0	168	35,668
福光町	884	1,903	0	0	3,272	6,059
福岡町	19,259	25,118	1,450	0	52,835	98,662
総計	428,649	351,002	85,930	1,870	538,541	1,405,991

引用：「揚水施設届出情報」、富山県

「地下水利用適正化調査表票」、庄川・小矢部地域地下水利用対策協議会

表 3-3-11 市町村別用途別地下水揚水量（利用実態調査）

単位：m³/日

	工業用	建築物用	水道用	農業・水産業用	道路等 消雪用	合計
高岡市	44,759	34,205	2,184	419	6,208	87,775
新湊市	1,937	4,025	1,296	351	995	8,603
砺波市	13,071	5,726	2,605	329	4,058	25,789
小矢部市	12,923	2,496	540	2,468	4,389	22,816
小杉町	674	836	0	0	789	2,299
大門町	2,285	1,562	770	4,967	340	9,923
下村	33	58	0	0	230	321
大島町	6,507	929	44	55	918	8,452
城端町	1,315	277	137	0	307	2,036
庄川町	1,132	323	0	0	145	1,600
井波町	5,726	1,140	0	0	400	7,266
井口村	241	38	0	0	96	375
福野町	31,781	2,389	1,164	679	2,373	38,386
福光町	2,441	515	38	134	1,074	4,203
福岡町	4,195	4,819	1,866	0	1,260	12,140
合計	129,019	59,337	10,644	9,403	23,581	231,984

引用：「地下水の現況(平成11年度)」、富山県生活環境部環境保全課

地下水指針に基づく地下水利用実態調査結果 調査期間は平成10年度実績

表 3-3-12 井戸の実態調査揚水量と届出（最大）揚水量の比

	工業用	建築物用	水道用	農業・水産業用	道路等 消雪用	総計
高岡市	0.161	0.231	0.061	0.574	0.029	0.130
新湊市	0.091	0.126	0.102	1.000	0.020	0.075
砺波市	0.224	0.081	0.126	0.288	0.031	0.091
小矢部市	0.676	2.442	1.000	1.000	2.887	1.053
小杉町	0.127	0.073	1.000	1.000	0.027	0.050
大門町	0.389	0.222	0.064	1.000	0.010	0.167
下村	0.046	0.046	1.000	1.000	0.022	0.025
大島町	0.410	0.188	0.013	1.000	0.096	0.250
城端町	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
庄川町	0.494	1.000	1.000	1.000	1.000	0.699
井波町	1.000	0.079	1.000	1.000	2.500	0.497
井口村	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
福野町	19.863	0.070	1.000	1.000	14.123	1.076
福光町	2.761	0.271	1.000	1.000	0.328	0.694
福岡町	0.218	0.192	1.287	1.000	0.024	0.123
総計	0.301	0.169	0.124	5.028	0.044	0.165

ロ) 地下水利用量の経時変化

市町村別・用途別、高岡・砺波地域（砺波平野）の平成4年と10年の地下水揚水量を図3-3-18に示す。平成10年度の地下水利用量は平成4年度よりやや微減となっている。このため、平成10年以後の地下水利量は、平成10年と同じであるとした。

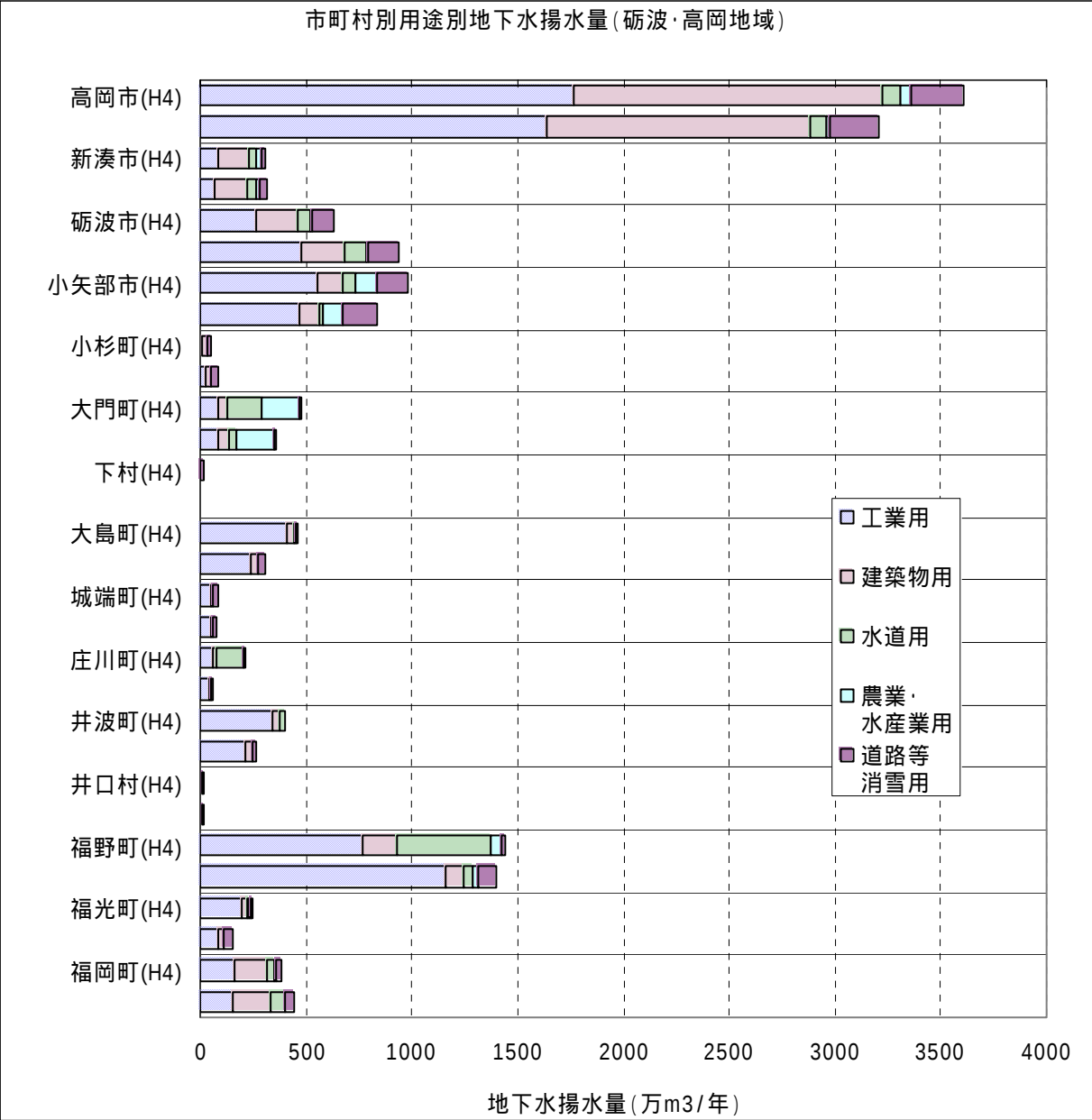


図 3-3-18 地下水利用量の経年変化（上段は H10 年、下段は H4 年）

ハ) 地下水利用量の季節変化

図3-3-19に高岡・砺波地域の地下水利用の季節変化を示す(平成4年度実績)。用途別でみると、農業・水産用、水道用、工業用は一年通しほぼ安定しているに対して、建築物用及びその他（消雪用）には顕著な季節変化を表す。

図3-3-19に示す月別変化パターンを用いて、各井戸の年間地下水用水量から月毎の利用実態を推定した。

【表】地下水の月別揚水量変化 平成4年度実績

単位：万m³/月

地区	月 用途	平成4年										平成5年			平均
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
高岡・砺波地域	工業用	372	375	407	437	418	414	390	366	407	404	385	388	397	
	建築物用	145	149	160	218	230	193	156	159	249	294	269	208	203	
	水道用	80	81	86	102	108	96	88	77	82	80	75	81	86	
	農業・水産業用	44	37	38	42	40	30	30	30	34	40	37	39	37	
	その他(消雪用)	2	2	2	3	3	2	2	5	169	203	188	72	54	
	計	643	644	693	802	799	735	666	637	941	1021	954	788	777	

(備考) 数値の根拠：富山県地下水指針（平成11年3月）

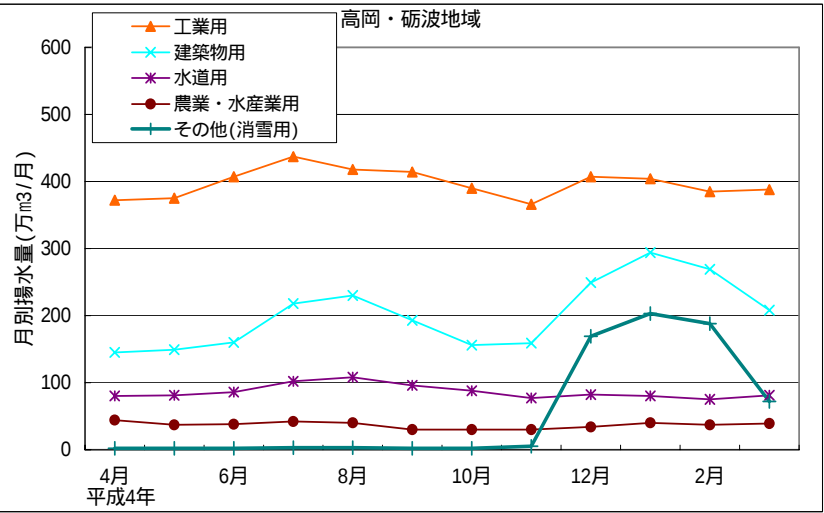


図 3-3-19 地下水利用の月別変化

なお、各井戸の取水量は井戸のストレーナの位置により帯水層に配分し、取水量深度方向の変化を反映した。