

4. 地下水流動機構解明の中間報告

4.1 概略水収支

(1) 水収支及び構成要素

水文循環量を定量化し各水文循環要素のバランスを調べることを水収支と呼ぶ。水収支の検討を通して対象域の地下水流動機構の概要が把握できる。



図 4-1 水文循環の概念図

地表水を含めた水文循環系を模式的に図 4-1 に示す。これらの各要素に関わる、当該流域全体の年単位の水収支は下式で表現可能である。

$$\text{有効降水量} = \text{降水量} - \text{蒸発散量} = \text{表面・中間流出量} + \text{地下水涵養量}$$

$$\text{地下水涵養量} + \text{地下水流入量 (庄川からの覆没水と水田からの地下浸透量)} = \text{基底流出量} + \text{地下水利用量} + \text{地下水流出量 (海への地下水流出量)}$$

ここで、基底流出量には、河川への一般的な基底流出の他、下流部での湧水湧出などを含む。また、式中の地下水流入量としては、庄川扇状地の場合、庄川からの河川水伏没や水田からの灌漑水浸透が考えられる。他の地下水盆からの地下水流入も理論上はあるが水理地質構造上の特質から当該域では想定し難い。一方、地下水流出量としては、海への流去が考えられる。なお、一般には地盤（帯水層）内の貯留量変化もあとされているが、年単位のような長期の水収支を扱う場合は概ね貯留変化量 = 0 とみなしても支障がないとされている。

以下、要素毎の具体的な評価手順を示す。

ティーセンポリゴン

流域内の面積降水量と面積蒸発散量は、図 4-2 に示すティーセンポリゴン法で求めた。すなわち、各ポリゴンに含まれる範囲（面積）にポリゴンを代表する観測点の雨量観測値あるいは蒸発散量算定値を乗じて総量（面積×水深）を求めるものである。

降水量

気象観測データを利用した。ただし、当該域は積雪地帯であり水収支の評価では積雪・融雪効果を考慮する必要がある。これについては別項を設けて詳しく述べる。

実蒸発散量

蒸発散量としては、2.2 で求めた各観測点の最大可能蒸発散量を利用した。ただし、具体的な水収支の計算では可能最大値ではなく実蒸発散量を推定する必要がある。ここでは、経験的一般値である「可能蒸発散の 6 割」を実蒸発散として考えることとした。

地下水涵養量

地下水盆地表部では有効雨量の 100%、地下水盆地外（基盤岩分布域）では 10% が地下水に涵養されると考えることとした。なお、地下水涵養外残分は表面・中間流出量とみなした。

地下水利用量

既往の調査資料から、流域別に集計しこれを求めた。

表面・中間及び基底流出量

表面・中間及び基底流出量全体を含んだ量としての河川流量観測値があり、これ

を利用できる。なおここでの概略水収支では、地下水涵養量と基底流出量は等しいと考えることとする。

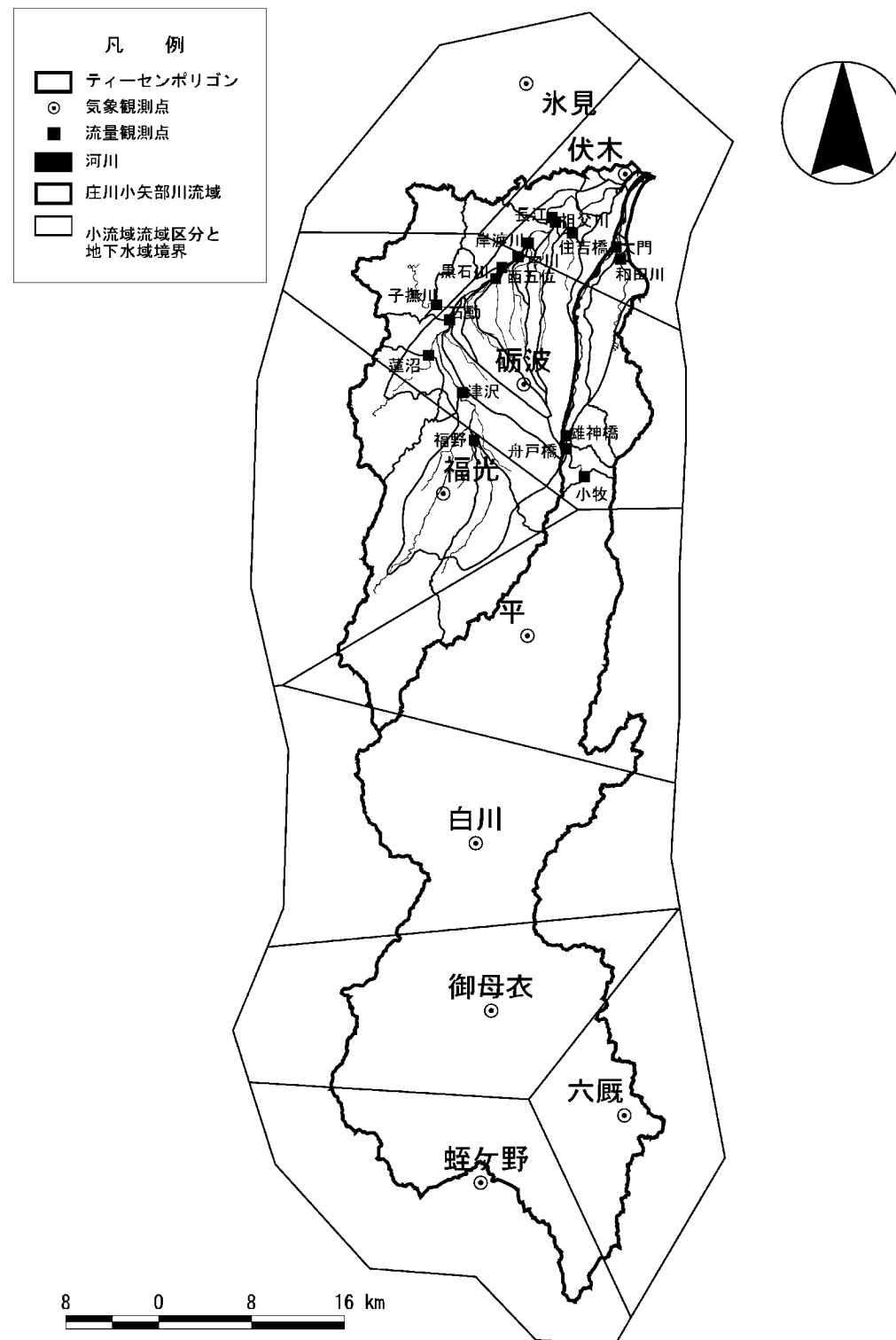


図 4-2 庄川、小矢部川流域のティーセンポリゴン分割

(2) 積雪量、融雪量の推定

当該調査域内では、伏木で降雪量が観測されているが積雪量のデータはない。積雪・融雪の効果評価には積雪量が必要であるため、以下ではまず、既往の観測データに基づき積雪機構を検討し、ついで積雪時・融雪時の融雪機構を調べ、最終的に当該域の積雪・融雪量を推定する。

積雪機構

調査地域の近傍では、独立行政法人防災科学技術研究所長岡雪氷防災研究所（新潟県長岡市、<http://www.bosai.go.jp>）による四半世紀に及ぶ長期の積雪深観測がある。このデータに基づき、気温、降水量と積雪深の関係を調べると、冬季間はおおむね平均気温 2 未満の日の降水が雪となり積雪することがわかる。

積雪時積雪底面からの融雪量

近藤（1994、水環境の気象学 - 地表面の水収支・熱収支 -、朝倉書店）によれば積雪時には積雪底面から平均 1 mm/日程度以上の融雪・地下浸透が発生することが予想できる。これについては、調査地から多少離れるが、上記長岡雪氷防災研究所の新庄支所（山形県新庄市）での観測があり、これからも平均 1 mm/日程度以上の融雪・地下浸透の発生を確認できる（図 4-3）。

融雪期融雪速度

上記した、冬季間はおおむね平均気温 2 未満の日の降水が雪として積雪する、積雪時には積雪底面から平均 1 mm/日程度以上の融雪・地下浸透が発生する、という 2 つの規則性と、融雪時の積雪深変化から融雪速度を推定した。図 4-4 は積雪深変化の試行錯誤による再現結果で、平均 7 未満での融雪速度が 10mm/日、7 以上では 30mm/日と求まった。なお、この試行の際の積雪時積雪底面での融雪量は 1 mm/日に固定した。

当該調査域の積雪・融雪量

上記した積雪・融雪機構を適用することで、日別の平均気温と降水量に基づき積雪量並びに冬季の融雪量が評価できる。

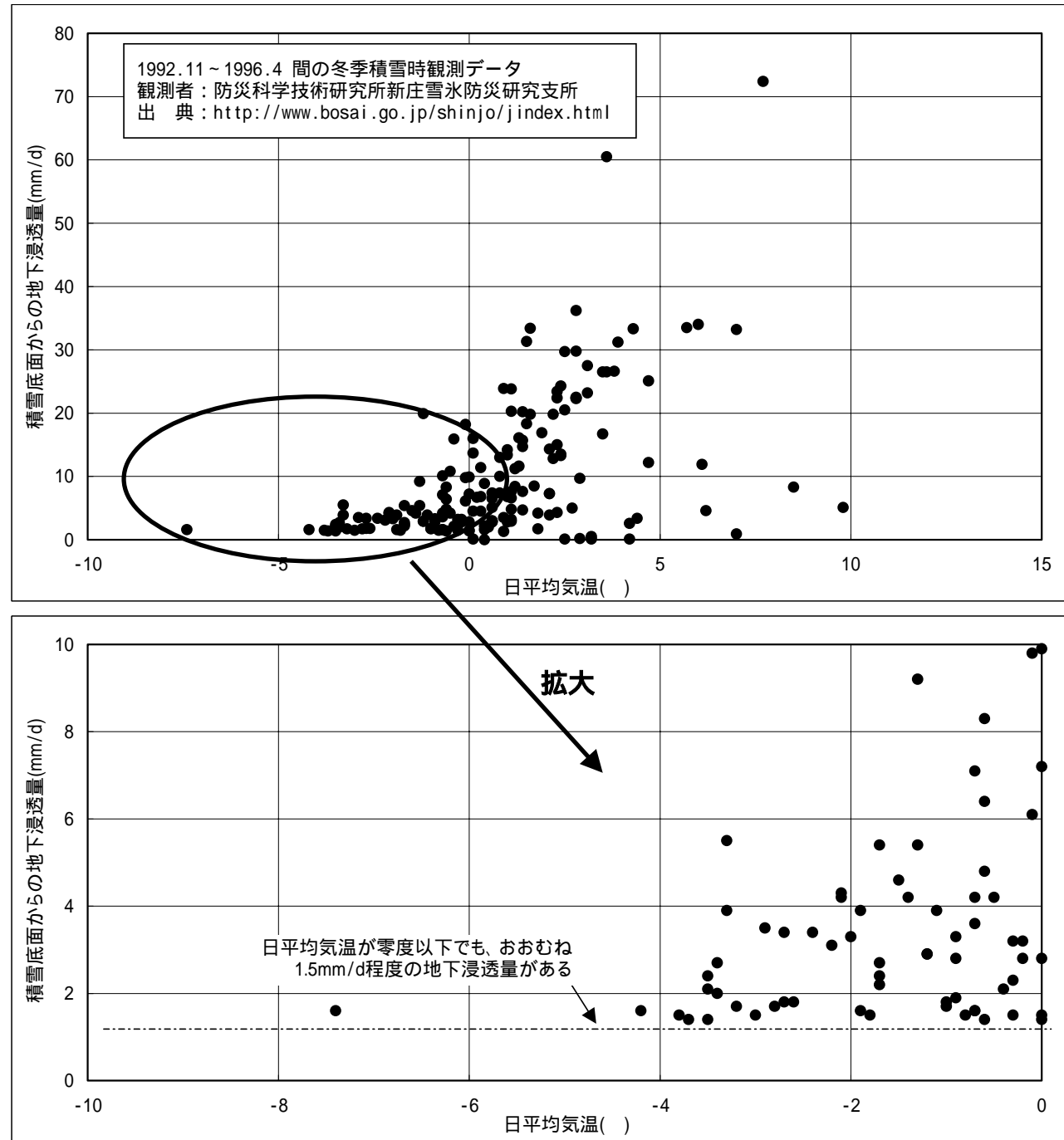


図 4-3 山形県新庄市での積雪底面からの地下浸透量実測例

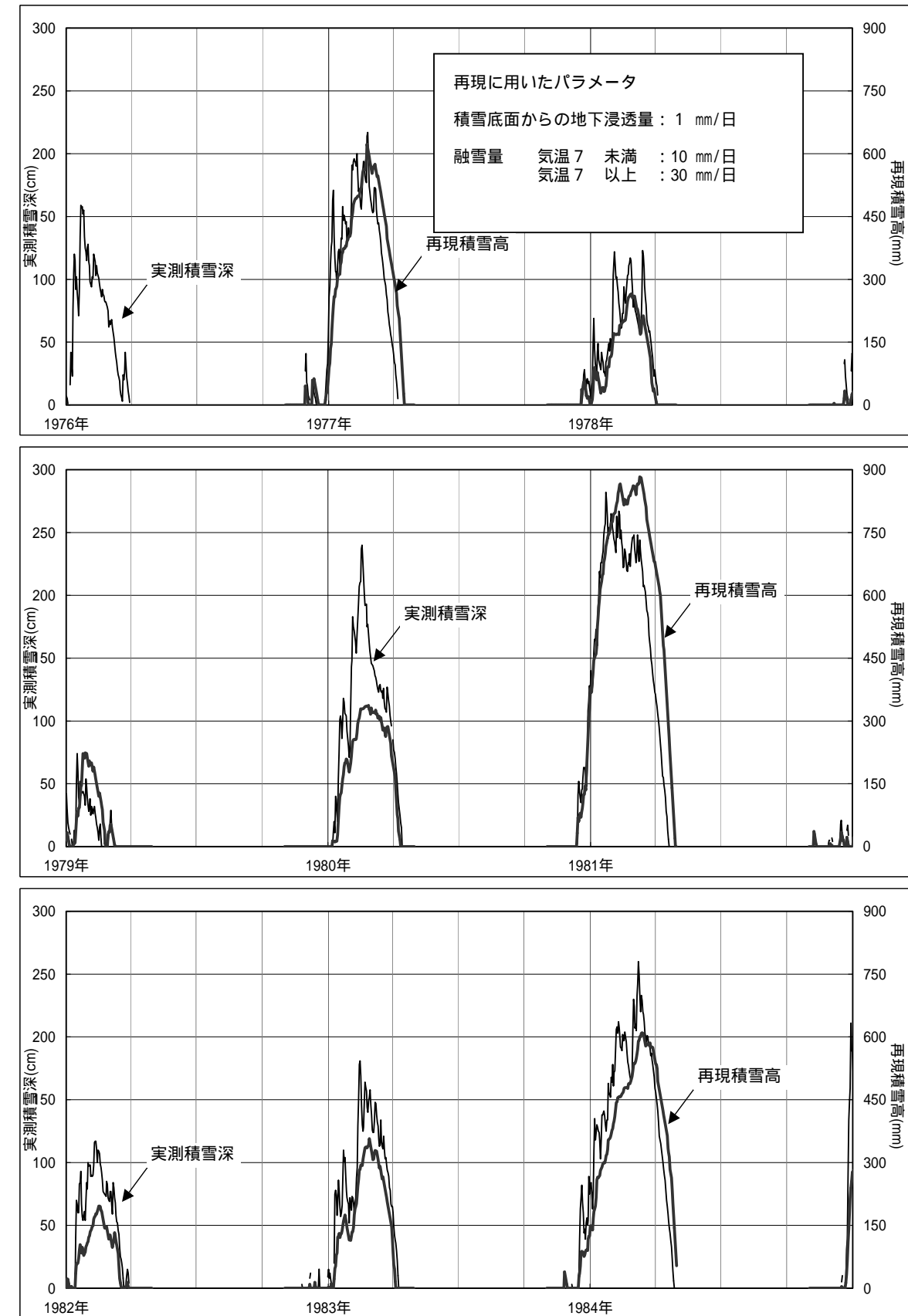


図 4-4 積雪・融雪の再現（新潟県長岡市）

(3) 各流域ごとの概略水収支

各水収支要素の定量化ができたので、4.1(1)に示す水収支式により概略水収支が評価できる。なおここでの水収支計算では、地下水涵養側の観点に立ち、冬期積雪時は便宜的に融雪量(積雪時は1mm/日、融雪時は10~30mm/日)を降水量とみなすこととする。

(4) 地表面からの灌漑水などの浸透量の推定

地下水涵養量と実測流量との関係

流域毎の月別概略水収支により求めた計算基底流出量(=地下水涵養量、平均値は表4-1の)と流量観測値(+地下水利用量)(平均値は表4-1の)を比較すると(図4-5)、本来一致するはずの計算基底流出量(=地下水涵養量)と河川の基底流出量とに大きな乖離のあることに気づく。

同図では、計算基底流出量(=地下水涵養量)と実測流量基底流出成分量との乖離度合いを補正值として示したが、この量には、流域からの中間流出成分量他に、自然の地下水涵養以外の地下水流入(つまり伏没浸透や水田灌漑水の浸透)を含むものと考えられる。

中間流出成分量の推定

大規模な伏没涵養や水田灌漑水の浸透を考え難い流域(子撫川、蓮沼、福野)の基底流量補正值(乖離値)全量を中間流出成分量とみなし、その流出規模を算定すると地下水盆内(平坦地)で平均2mm/日、地下水盆外(基盤岩地域)で平均1.4mm/日と求まる。なお、地下水盆内では地盤の浸透能力が高く扇状地域での中間流出の発生は期待し難いことからゼロとみなす(表4-1の)。

河川伏没と水田灌漑水起源の地下水涵養総量

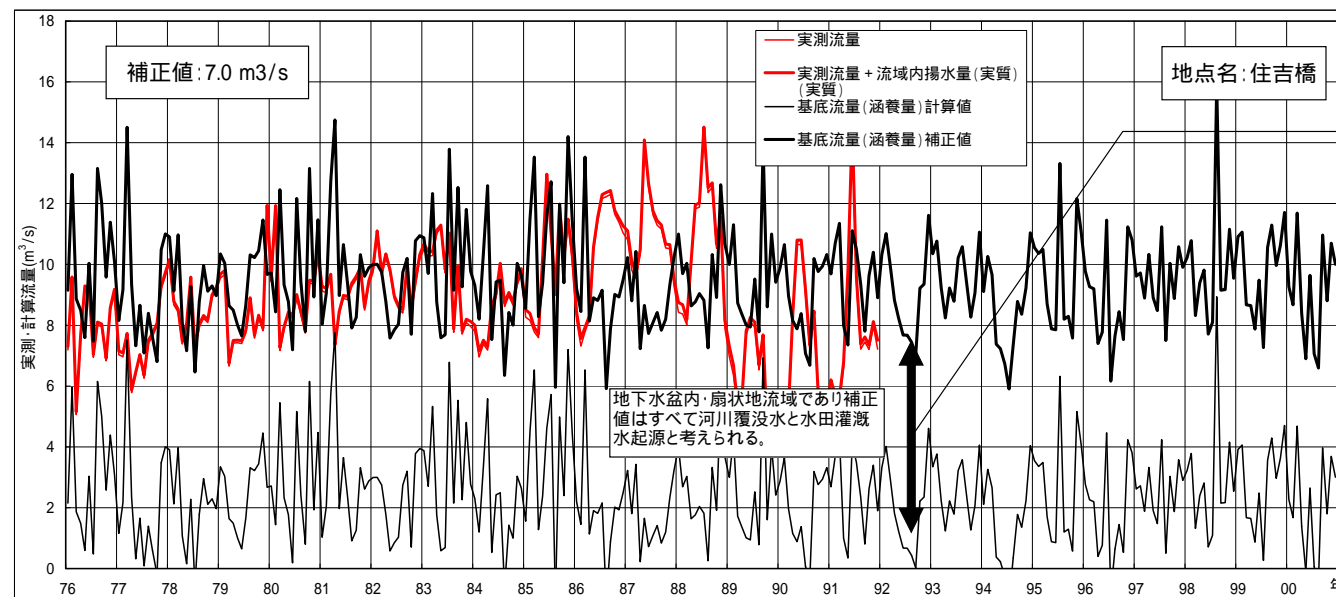
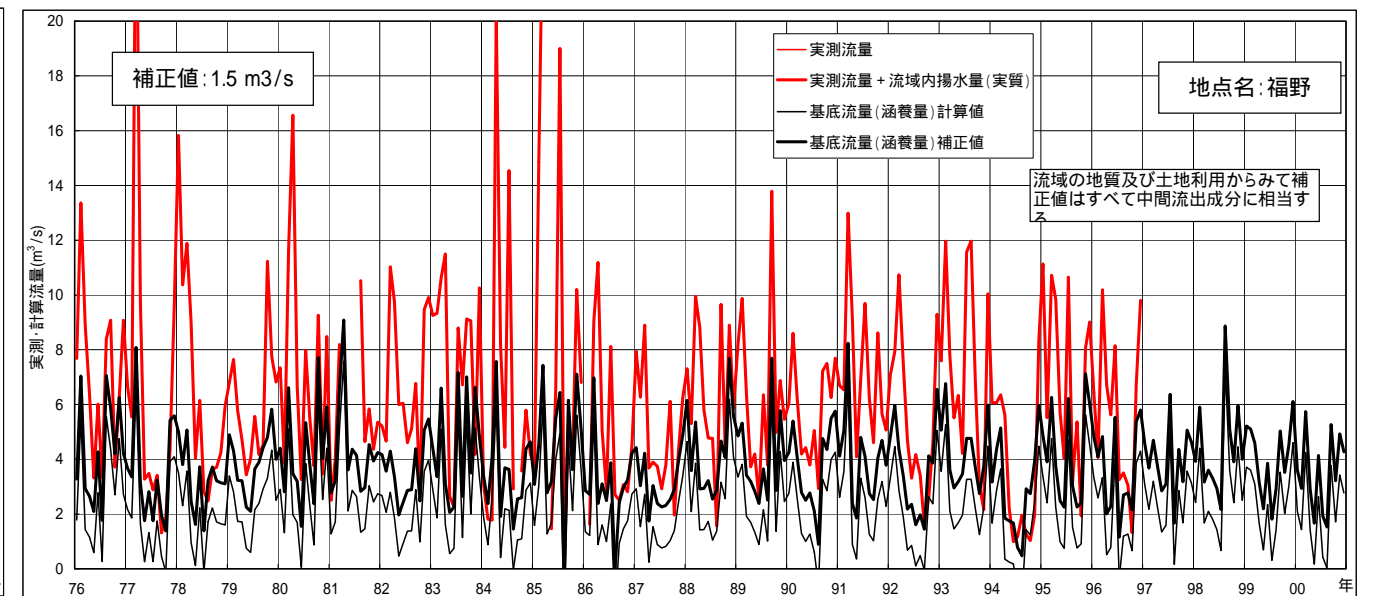
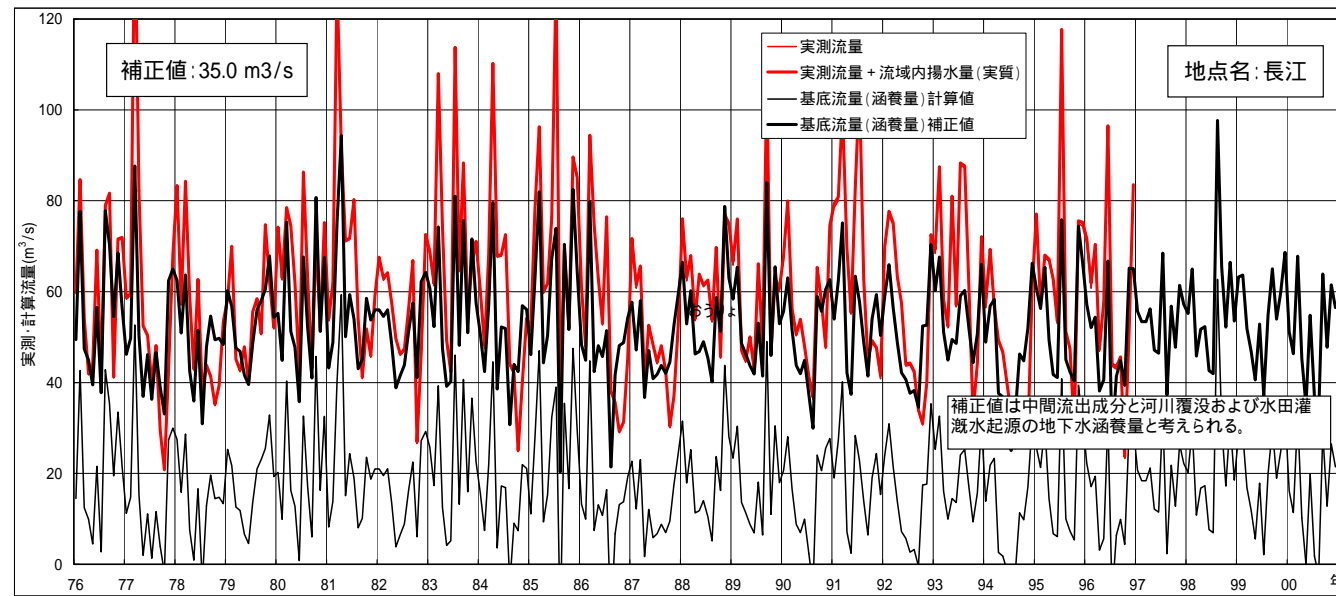
したがって、各流域の基底流出量補正值(表4-1の)から上記の中間流出成分相当量を差し引いた残分が、伏没浸透や水田灌漑水の浸透を起源とする量と推定できる(表4-1の)。

図4-6と図4-7に流域別地下水涵養量計算結果(表4-1の)と実測流量から求めた長期平均基底流出成分量(表4-1の)の平面分布を示す。

表4-1 伏没、水田灌漑水起源の地下水涵養量

河川名	観測所名	集計範囲	地下水区	面積(km ²)	長期平均中間流出量(m ³ /s)	基底流出量補正值(m ³ /s)	河川伏没と水田灌漑起源の基底流出量(-m ³ /s)	有効降雨から推定される基底流出量(m ³ /s)	実測流量中の基底流出成分量(+m ³ /s)
小矢部川	最下流庄川隣接	累積	全体	676.5	10.2	43.1	32.9	20.5	53.4
			外	336.2	5.4				
			内	340.3	4.7				
		区間	全体	16.0	0.4	0.4	0.0	0.9	0.9
			外	0.0	0.0				
			内	16.0	0.4				
	最下流河口	累積	全体	660.5	9.8	42.7	32.9	19.6	52.6
			外	336.2	5.4				
			内	324.3	4.3				
		区間	全体	10.3	0.2	0.2	0.0	0.4	0.4
			外	2.4	0.0				
			内	7.8	0.2				
	河口の直ぐ上流	累積	全体	650.2	9.6	42.5	32.9	19.2	52.1
			外	333.7	5.4				
			内	316.5	4.2				
		区間	全体	25.5	0.5	0.5	0.0	0.7	0.7
			外	13.2	0.2				
			内	12.2	0.3				
	住吉橋	区間	全体	42.9	0.0	7.0	7.0	2.5	9.5
			外	0.0	0.0				
			内	42.9	0.0				
	長江	累積	全体	581.9	9.1	35.0	25.9	16.0	41.9
			外	320.5	5.2				
			内	261.4	3.9				
区間		全体	34.2	0.6	1.0	0.4	0.8	1.2	
		外	21.0	0.3					
		内	13.2	0.3					
祖父川	区間	全体	16.1	0.0	3.5	3.5	0.9	4.4	
		外	0.0	0.0					
		内	16.1	0.0					
中川	区間	全体	4.4	0.0	0.5	0.5	0.3	0.8	
		外	0.0	0.0					
		内	4.4	0.0					
岸渡川	区間	全体	26.7	0.0	5.0	5.0	1.5	6.5	
		外	0.0	0.0					
		内	26.7	0.0					
西五位	累積	全体	500.5	8.4	25.0	16.6	12.5	29.0	
		外	299.5	4.9					
		内	201.0	3.6					
	区間	全体	16.4	0.3	4.5	4.2	0.4	4.6	
		外	10.8	0.2					
		内	5.6	0.1					
黒石川	区間	全体	20.7	0.0	1.5	1.5	1.2	2.7	
		外	0.0	0.0					
		内	20.7	0.0					
扇状地黒石川隣接小流域	区間	全体	4.0	0.0	-	西五位の「区間」に含まれる	-	-	
		外	0.0	0.0					
		内	4.0	0.0					
子撫川流量観測点	区間	全体	60.8	1.0	1.0	0.0	0.3	0.3	
		外	60.8	1.0					
		内	0.0	0.0					
石動	累積	全体	398.6	7.0	18.0	11.0	10.6	21.5	
		外	227.8	3.7					
		内	170.8	3.3					
	区間	全体	24.3	0.5	8.9	8.4	0.8	9.2	
		外	11.3	0.2					
		内	13.0	0.3					
扇状地最西南黒石川上流隣接	区間	全体	26.2	0.0	-	石動の「区間」に含まれる	-	-	
		外	0.0	0.0					
		内	26.2	0.0					
蓮沼	区間	全体	60.7	1.1	1.1	0.0	1.1	1.1	
		外	47.0	0.8					
		内	13.7	0.3					
津沢	累積	全体	287.4	5.5	8.0	2.5	8.6	11.2	
		外	169.5	2.7					
		内	117.9	2.7					
	区間	全体	209.8	4.0	6.5	2.5	6.3	8.8	
		外	123.0	2.0					
		内	86.8	2.0					
福野	区間	全体	77.6	1.5	1.5	0.0	2.4	2.4	
		外	46.5	0.8					
		内	31.1	0.7					

注：(1) は、ハッチの3流域の の値がほぼゼロとなるように「外」は1.4mm/日、「内」を2.0mm/日として計算した。ただし扇状地域(地下水区内)は中間流出ゼロとした。
(2) で斜体、下線の数値は他流域からの地下水流入量はないことを想定した数値。



補正値とはこの平行移動量を指し、ここでは流域からの中間流出成分、河川からの覆没涵養量、水田灌漑水の浸透からなると考えられる。

扇状地流域では、の各成分により構成され、山地流域では覆没・灌漑水浸透はないので、のみで構成されるとする。

図 4-5 月別実測流量と概略水収支検討結果との関係図

表4-1の の値

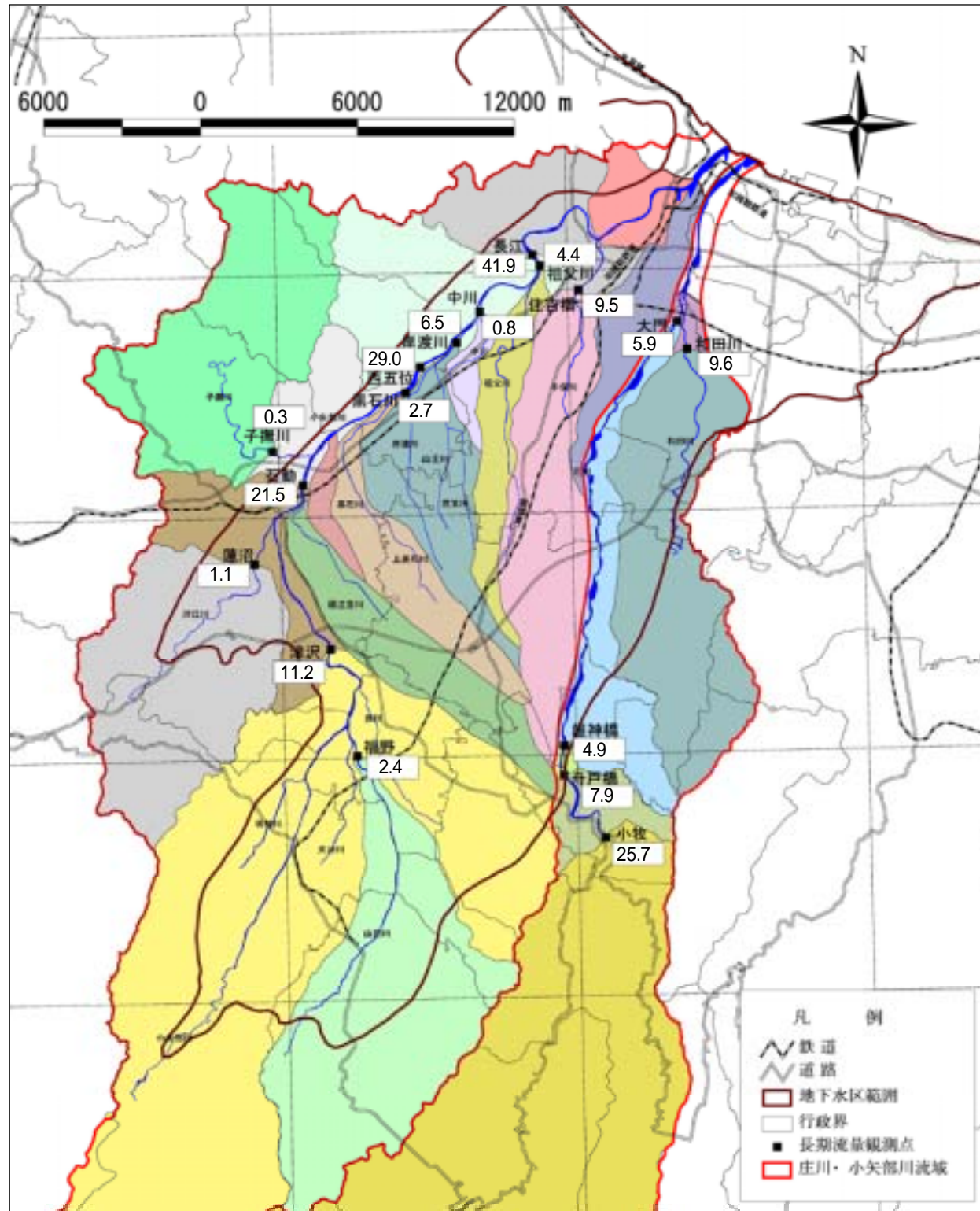


図4-6 実測流量中の長期平均基底流出成分量 (1976~2000の平均)

表4-1の の値

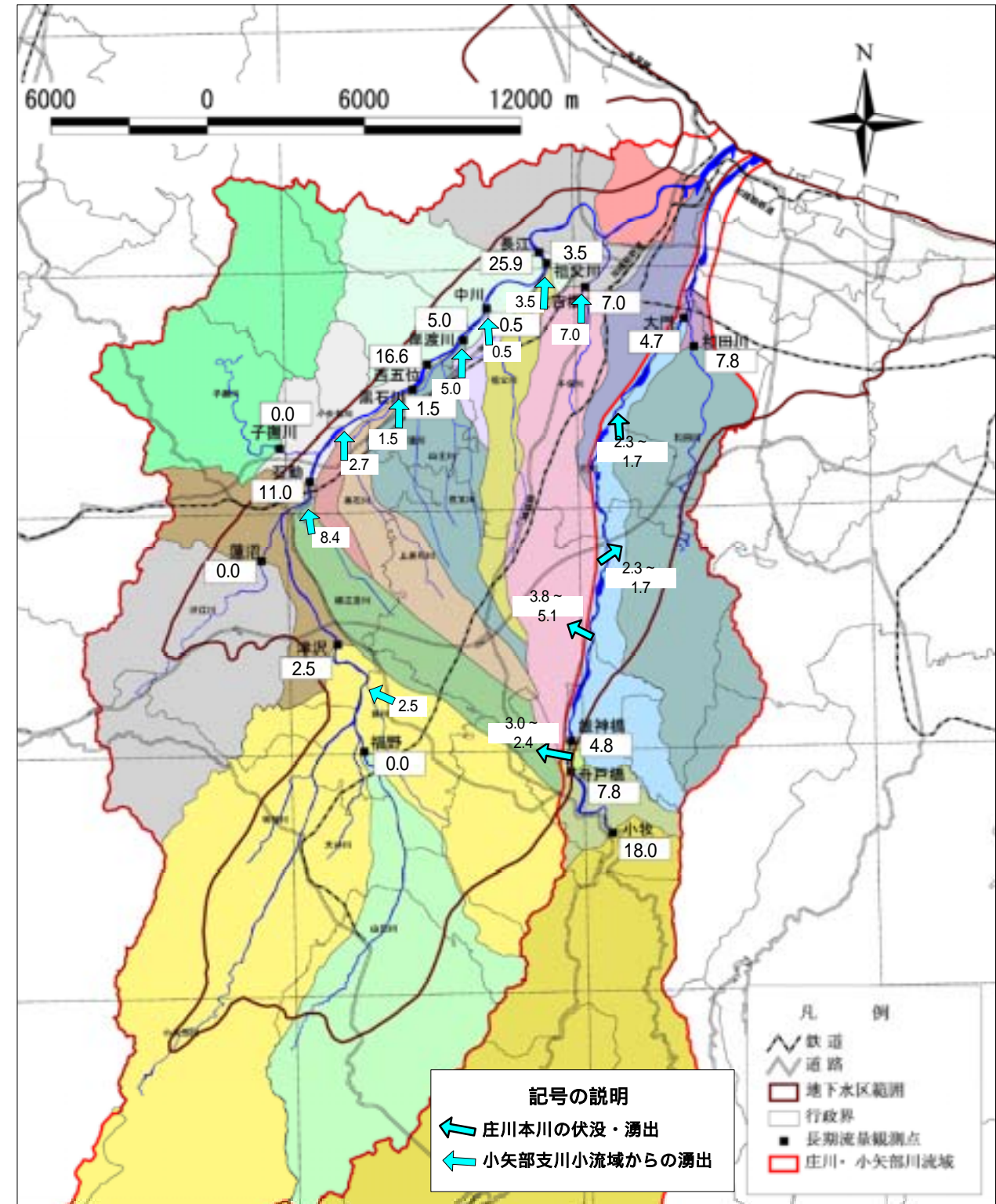


図4-7 河川伏没と水田灌漑水起源の地下水涵養量推定値 (1976~2000平均)

図 4-8 庄川・小矢部川流域全体の概略水収支 (単位:



- ・小矢部川流域への、河川水伏没、水田灌漑水浸透起源の地下水涵養総量は庄川・小矢部川最下流域の地下水利用量約 1 m³/s を加えた約 33m³/s であり、3.3 に示す同時流量観測結果から推定される伏没涵養量数 m³/s を差し引いた 30m³/s 弱の水量が扇状地面水田灌漑水起源の地下水涵養量と予想できる。
- ・この量は灌漑面積(117km²)と減水深(20～45mm/日)から算定される地下浸透量 (2.3(3)参照) とほぼ整合するものである。

注： 各数値の根拠は以下の通り。

降水量、蒸発散量、地下水涵養量は 1976～2000 年間の長期水収支計算の平均 (4.1(3)参照)。
 庄川の河川水伏没量は同時流量観測結果 (3.3(2)参照)。なお、庄川右岸への伏没量は、最下流での湧出量に等しいと想定した。
 小矢部基底流出量は、実測流量に占める基底流出成分量と水収支的に求まる基底流出量 (= 地下水涵養量) の乖離を補正した量 (4.1(4)、表 4-1 参照)。
 地下水利用量は、平成 12 年度の揚水実績推定値 (2.6(2)、表 2-14 参照。季節の利用分を含むため、単純平均値とはならないことに留意)。
 水田灌漑水起源の地下浸透量は、上記の数値に基づく水収支が成立するのに必要が数値を示す。

表4-2 庄川扇状地域の水収支構成要素と概略水収支（小矢部川流域からみた場合）

水収支の構成要素と収支計算		評価手法	評価結果	留意点・課題	
区分	細目				
一般的な水収支構成要素	(流域別)降水量	・気象庁9観測所の降水量観測データに基づきテーパー法で算出した。 ・1976年から2000年までの24年間を月別で集計し、最終的に通年平均値を求めた。 ・冬季の積雪については、文献・資料等から積雪・融雪を推定し、便宜的に積雪時・融雪時の融雪量を降水量と置き換えた。	・庄川・小矢部川流域全体で約5.1 m ³ /s	・積雪・融雪に関し、年間合計の収支を考える場合には大きな問題になるとは考えにくいですが、今後、月別や日別の検討を行う場合には、さらなる観測データの収集と分析を通して評価精度の向上を行う必要がある。	
	(流域別)蒸発散量	・気象庁6観測所の気温観測データに基づき、ソーンスウェイト法で可能蒸発散量を推定した。 ・水収支計算に用いる実蒸発散量は、可能蒸発散量の6割と仮定した。	・庄川・小矢部川流域全体で約9 m ³ /s	・可能蒸発散量の算定法と実蒸発散量の求め方のそれぞれに曖昧さが残る。 ・今後は、地下水位変動や河川流量の再現等の検討を通して実蒸発散量の評価精度を向上させる必要がある。	
	(一般的な)地下水涵養量	・地下水区内(平坦地)は有効雨量(=降水量-実蒸発散量)の100%、地下水区外(山岳地の基盤岩分布域)は有効雨量の10%が地下浸透する(つまり地下水涵養される)と仮定した。 ・(他流域からの)地下水流入がない場合の基底流出量は、この地下水涵養量と等しくなると考えられる。	・庄川・小矢部川流域全体で約2.2 m ³ /s	・地下水区内外それぞれの地下水涵養率の値それぞれに曖昧さが残る。 ・今後は、地下水位変動や河川流量の再現等の検討を通して地下水涵養量の評価精度を向上させる必要がある。	
	地下水利用量	・地下水利用実態調査に基づいて集計した。	・庄川・小矢部川流域全体で約3 m ³ /s	・届け出されている利用量と実態調査結果に大きな乖離がある。 ・年次別の利用量変化、期別の利用量変化の把握が不十分である。 ・これらの課題を一層の資料分析やアンケートを通して解決し、精度の高い把握を行う必要がある。	
	河川流出量	表面流出量	・総河川流量-中間流出量-基底流出量(水収支計算では表面流出+中間流出を利用するので、基底流出量が正確に求めれば良い)。 ・総河川流量は現在(あるいは過去)の連続観測データ値(月別平均)を用いた。	・庄川・小矢部川流域全体で約2.0 m ³ /s なお、中間流出量は地下水区内(平坦地)で2 mm/日、外(山地)で1.4 mm/日と求まっている。	・各成分流量は通年平均であり概略的な数値であるため、検討結果も自ずと概略的・定性的なものとならざるを得ない。 ・これらについては、その他の水収支構成要素ともども、各種の検討を等して精度の向上を期す必要がある。
		中間流出量	・河川流量連続観測値(月別平均)の(中間+)基底流出相当量と、上記の地下水涵養量(通常の基底流出量)とは大きな乖離があった。 ・このため、(他流域からの)地下水流入は想定し難い3つの流域でのこの乖離の量を中間流出量とみなし、山地及び平坦地それぞれの平均中間流出量を求めた。 ・ただし、扇状地上の小流域では中間流出ゼロと仮定した。		
		基底流出量(地下水流出量)	・河川流量連続観測値(月別平均)の(中間+)基底流出相当量から、上記の中間流出推定量を差し引いた量を(実質)基底流出量と考えた。 ・なお、この(実質)基底流出量推定値と地下水涵養量(通常の基底流出量)との差分(乖離の量)は、(他流域からの)地下水流入と考えることになる。		
地下水流入量	庄川からの伏没量	・庄川本・支川の同時流量観測結果から推定した。	・約7 m ³ /s	・2回の同時流量観測結果によると、庄川本川からの伏没量は約9 m ³ /sである。これに対し、より下流では2 m ³ /s前後の湧出があるため、この差分が小矢部川流域に流出しているとみなした。 ・こうした庄川本川からの伏没・湧出に関しては今後の同時流量観測の蓄積を待って把握精度の向上を期す必要がある。	
	水田灌漑水の浸透量	・上記の水収支構成要素に基づく水収支計算結果として評価した。(下記)の概略水収支参照)	・約2.7 m ³ /s	・オーダー的には農業用水使用量や減水深・水田耕作面積等とも整合するが、上記したように、各要素の把握精度はまだ十分高いものではないので、今後の検討を通してその把握精度の向上を図る必要がある。	
地下水流出量	海への地下水流出	・直接的に把握する方法はみあたらない。 ・水理地質条件から推定することになる。	・暫定的にゼロ(ないもの)とした。	・今後の水収支計算精度の向上を通して検証していくことになる。	
概略水収支	有効降水量	・降水量-蒸発散量	・約4.2 m ³ /s	-	
	表面・中間流出量	・上記の通り	・約2.0 m ³ /s	-	
	(一般的な)地下水涵養量	・上記の通り (-)	・約2.2 m ³ /s	-	
	基底流出量	・上記の通り	・約5.3 m ³ /s	-	
	地下水利用量	・上記の通り	・約3 m ³ /s	-	
	地下水流入量(庄川からの伏没)	・上記の通り	・約7 m ³ /s	・他流域からの流入(庄川からの伏没と水田灌漑水起源の浸透水)量の合計は3.4 m ³ /s	
	地下水流入量(水田灌漑水の浸透)	・ + - -	・約2.7 m ³ /s		

4.2 地下水シミュレーションの中間報告

(1) 解析方針

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4-9に示す。

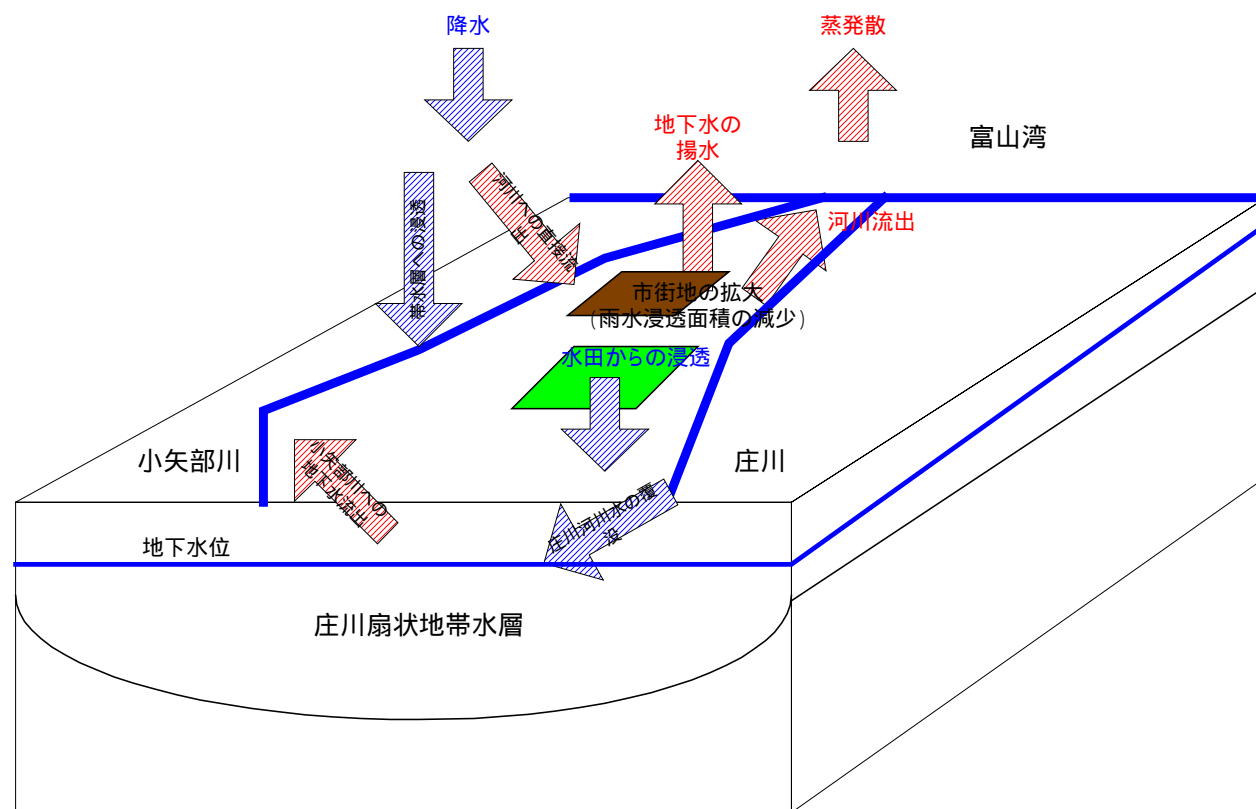


図4-9 地下水シミュレーションモデル概念図

解析フロー

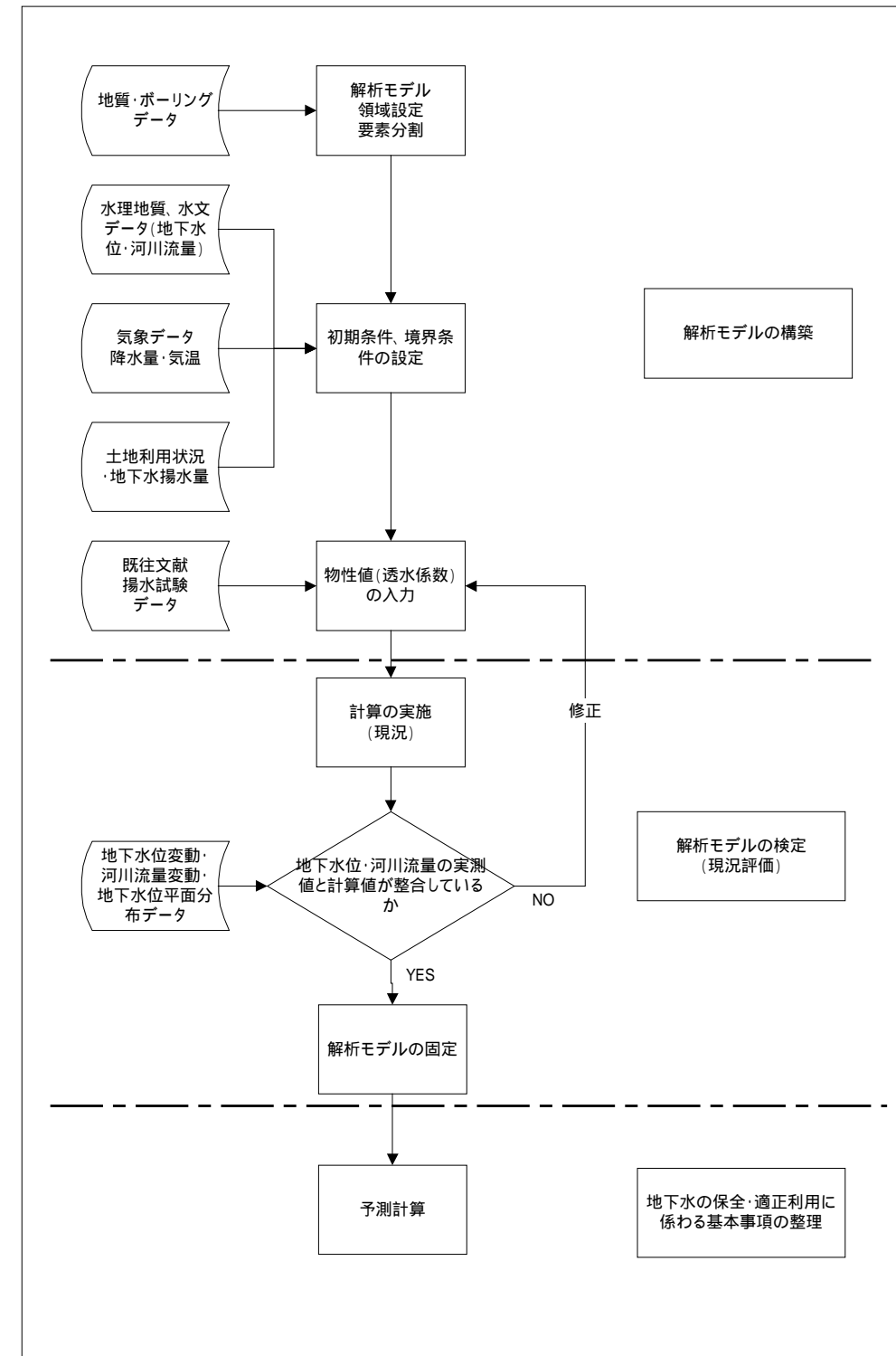


図4-10 地下水解析モデル実施フロー

(2) 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 を使用する。

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。

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

ここで、
h : 水頭
K : 透水係数
W : 単位体積当たりの吸い込み・湧き出し量
Ss : 比貯留係数

MODFLOW 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。

- 定常・非定常解析が可能
- 平面 2次元、準 3次元、3次元の全ての解析が可能
- 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
- River-package により、河川・地下水間の流入・流出計算が可能
- Drain-package により、湧出・排水の計算が可能
- GHB-package により、遠方固定水頭境界の設定が可能
- Recharge-package により、地下水涵養量の入力が可能
- 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

解析領域の設定と境界条件

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 4-11 参照)

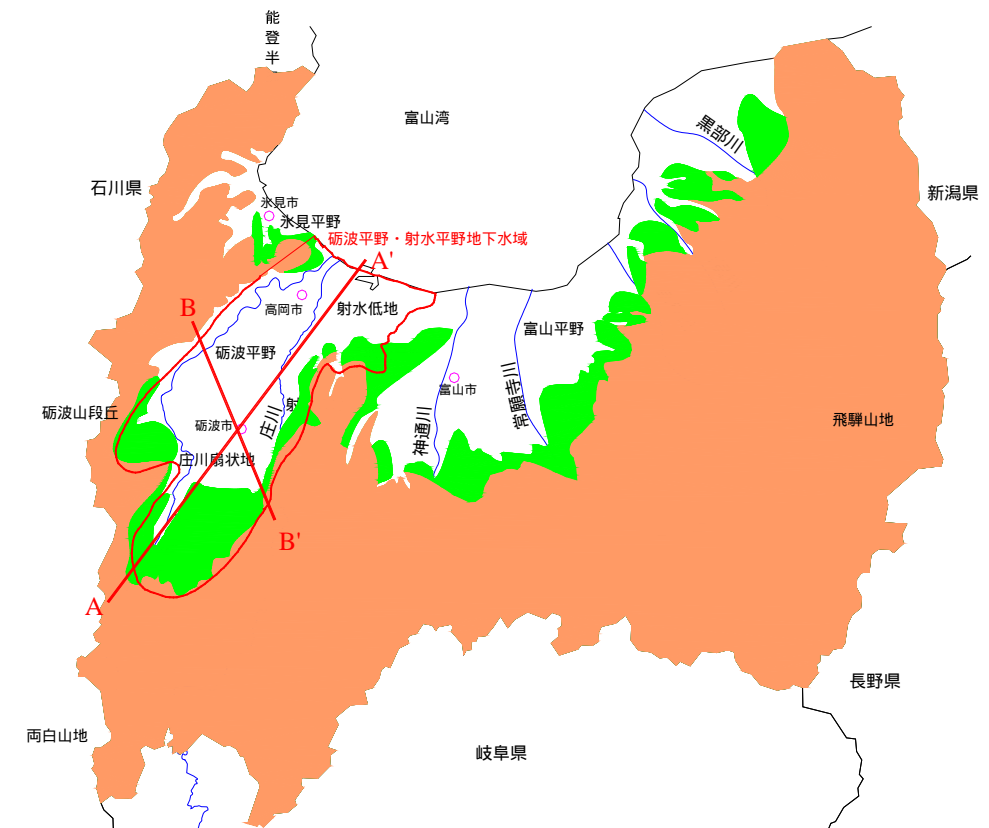


図 4 - 11 解析領域

境界条件

境界条件は図 4-12 のように設定した。

水頭既知境界・定水頭境界（図 4-12 のオレンジのセル）：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。庄川流域では庄川・小矢部川本川に対しその河川水位を（既知水頭として）設定した。また、海洋部分は標高 0 m の定水頭境界とした。

流量既知境界（井戸分布は図 4-12 の黄色のセル）：流量既知境界は各時間ステップ毎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。また、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 4-12 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 4-12 の青色のセル）：図 4-12 の河川のセルに River-package を設定し、河川・地下水間の流入・流出を再現した。

湧出境界：湧水境界はモデル領域内を対象に設定し、水頭値が地表面を上回る場合に湧水量として評価した。

表 4-3 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 (時系列変動)	Specified Head	海岸線
	Specified Head	庄川・小矢部川本川
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	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

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。（図 4-12 参照）。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 となる。

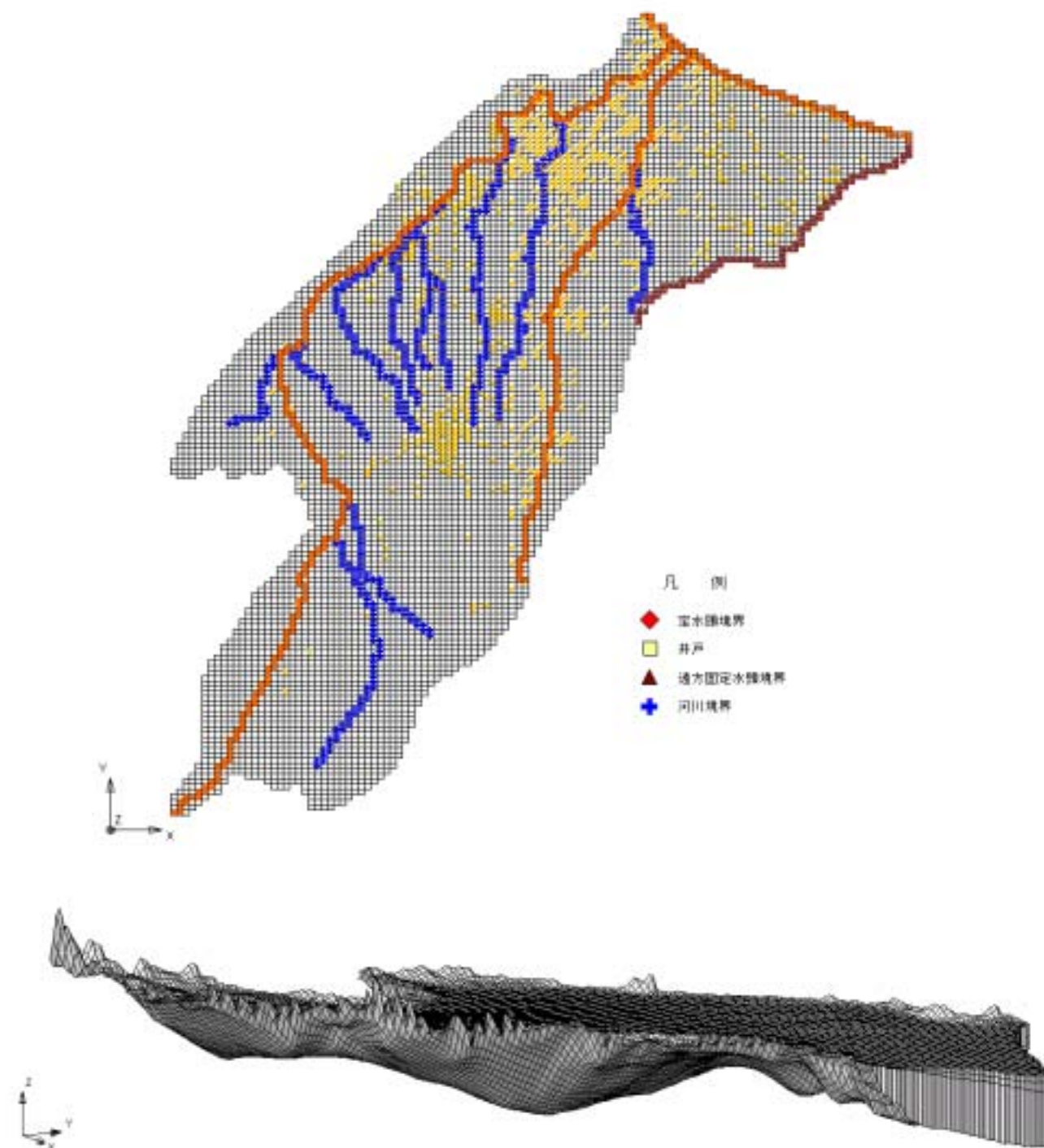


図 4-12 メッシュ分割図

(3) 地下水モデル（初期モデルの構築）

地層区分と地質構造のモデル化

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4-4参照）

表4-4 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

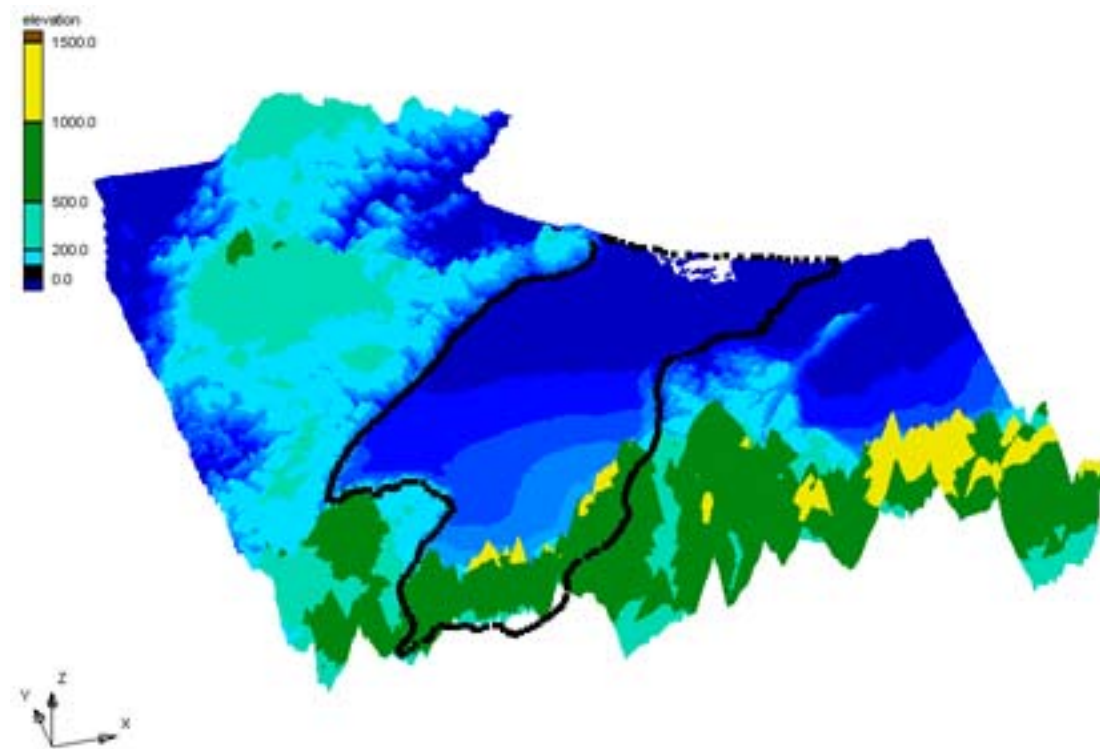


図4-13 地表面三次元段彩図

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・層厚等を決定し入力を行った。この際、地表面標高については国土地理院発行「数値地図50 mメッシュ（標高）」よりデータを作成した。（図4-10～4-13参照）

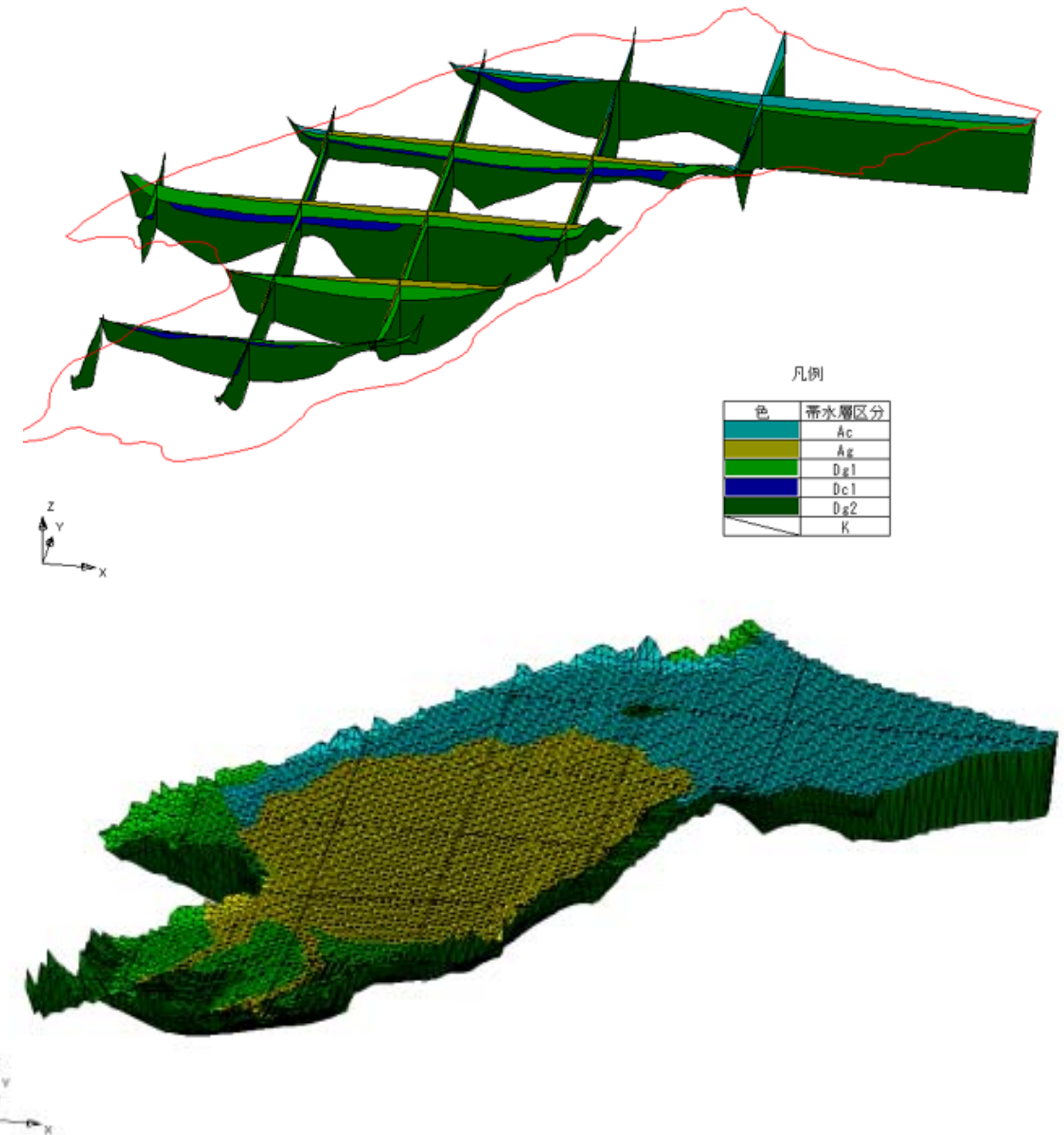


図4-14 地質構造の3次元モデル化

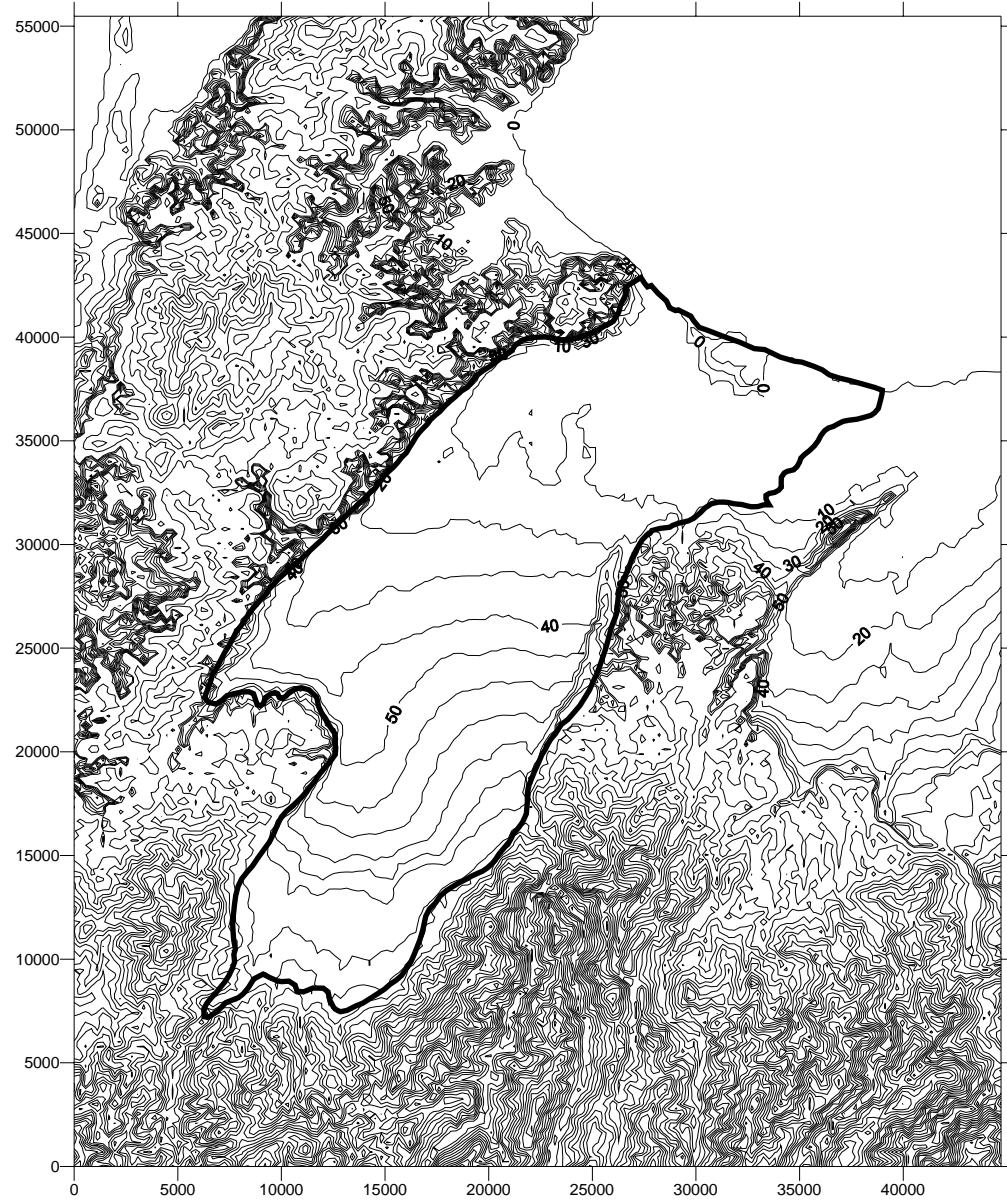


图 4-15(1) 地表面上面等高线图

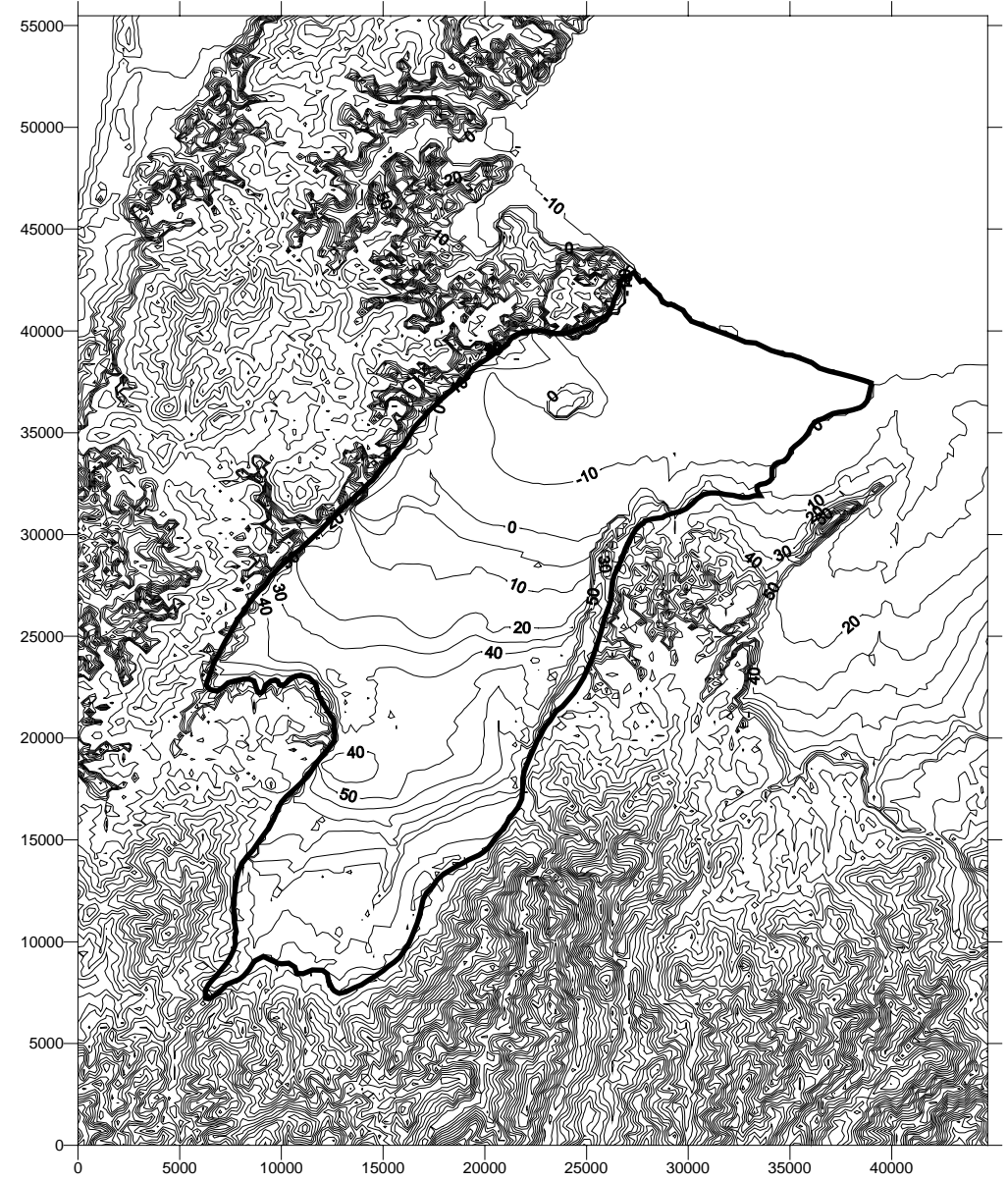


图 4-15(2) 洪積礫質土(dg1)等高线图

各層上面等高線圖

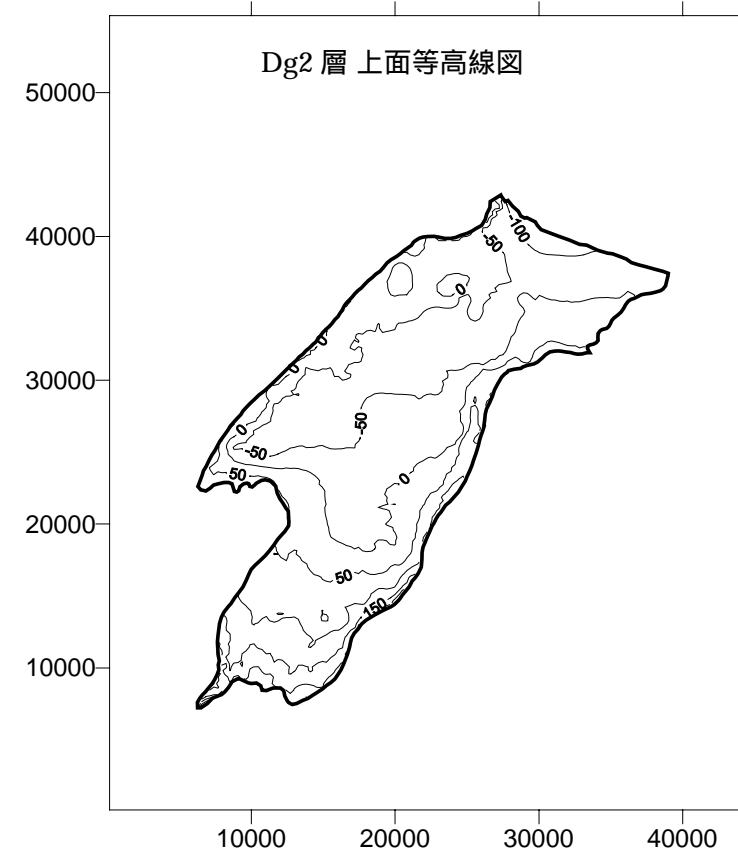
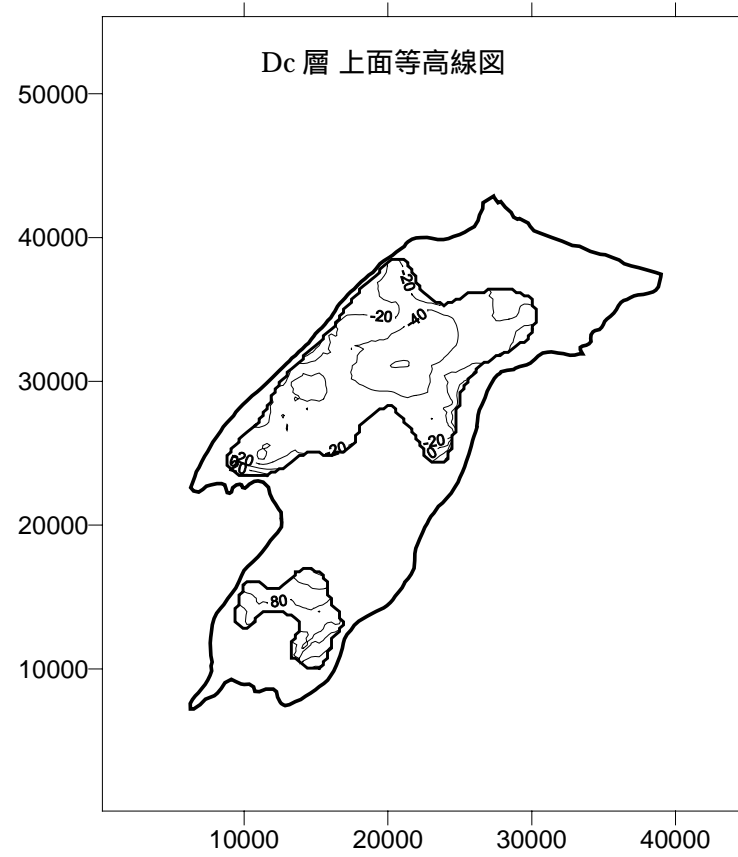
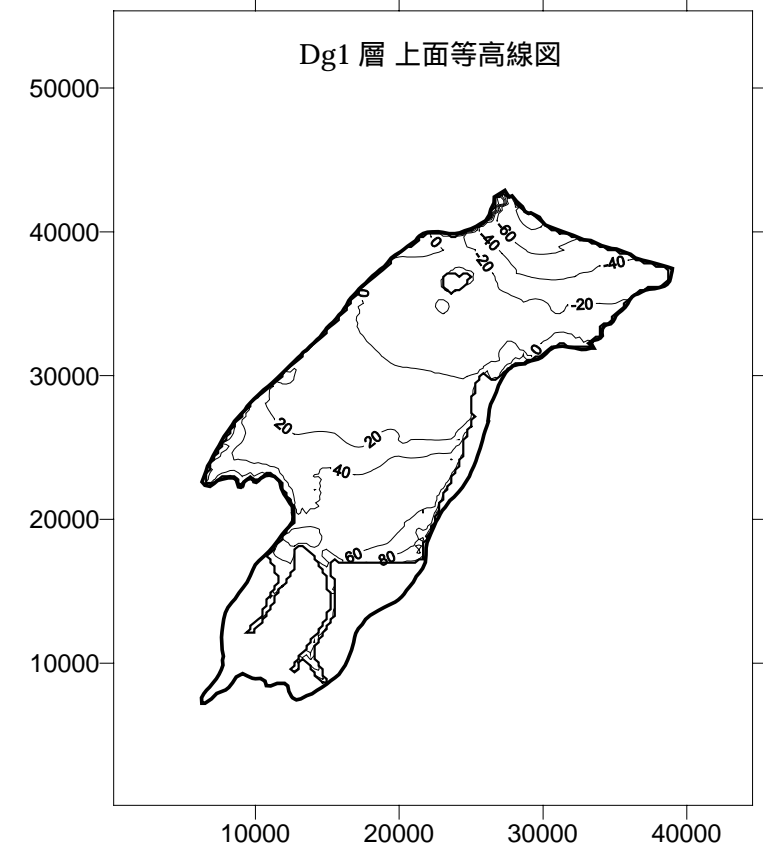
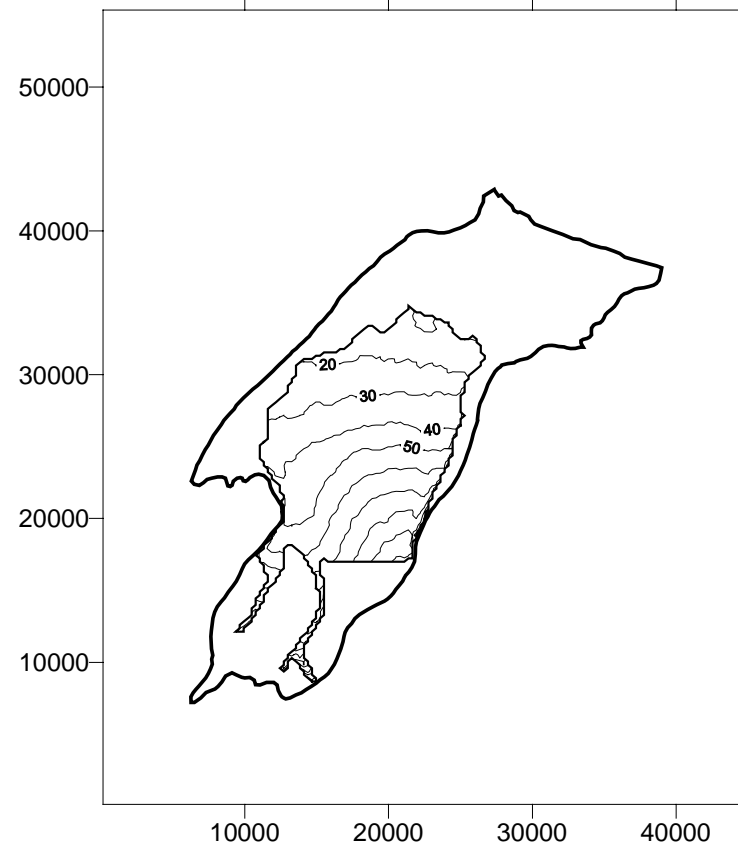
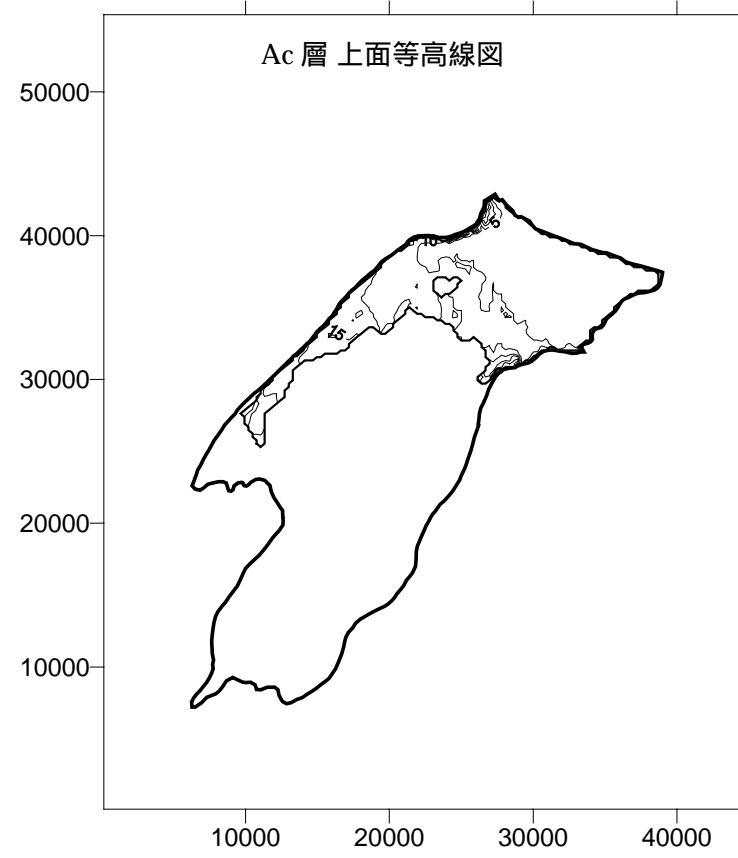


圖 4-15(3) 各層上面等高線圖

各層等層厚線圖

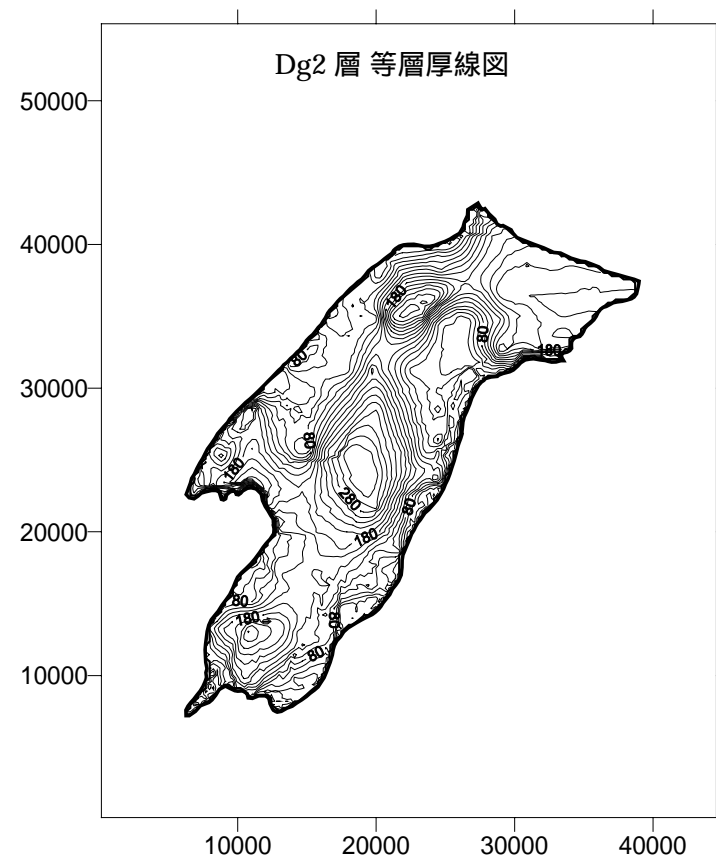
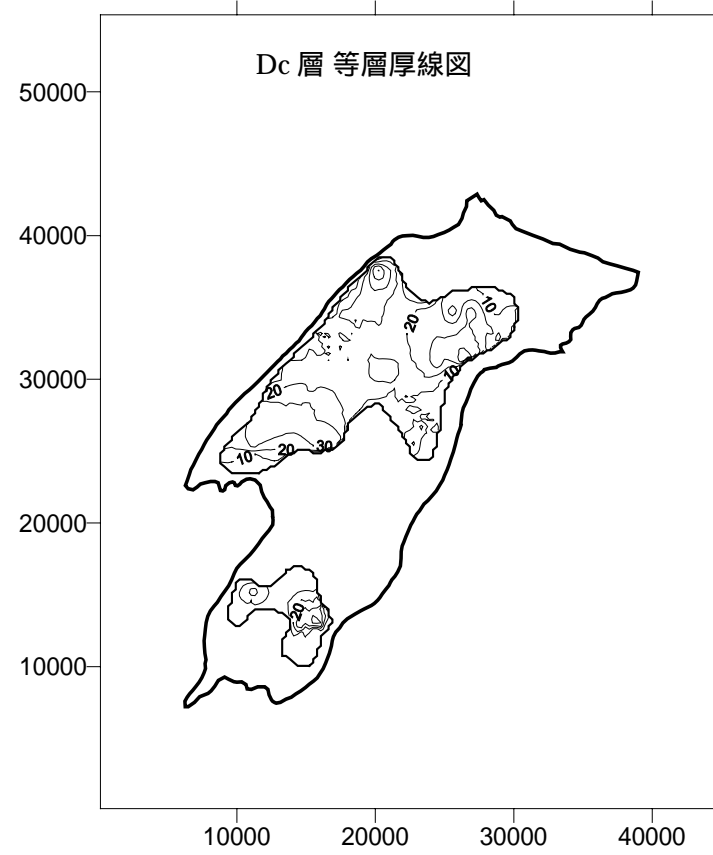
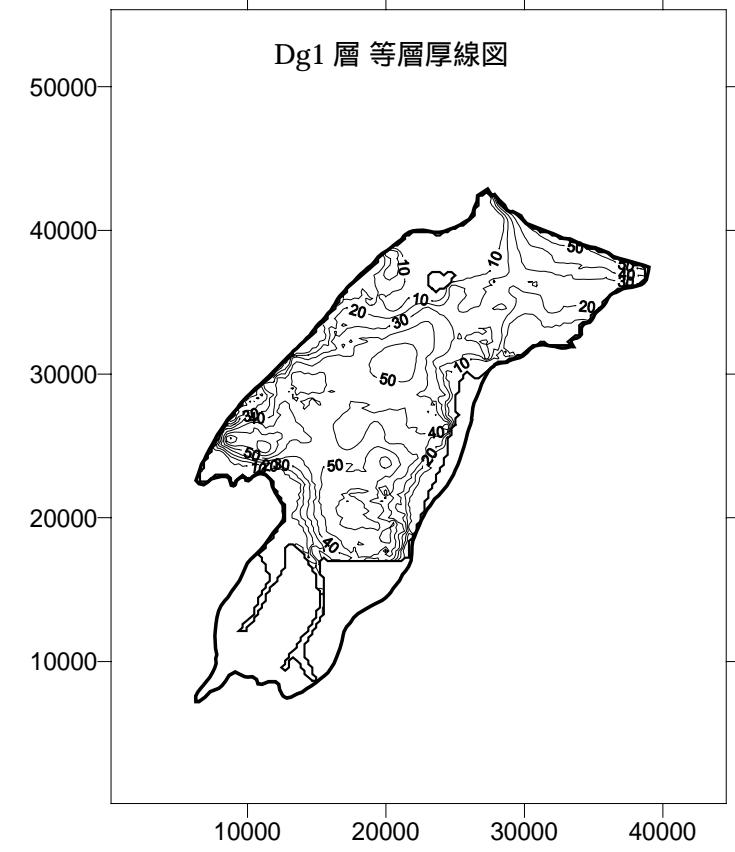
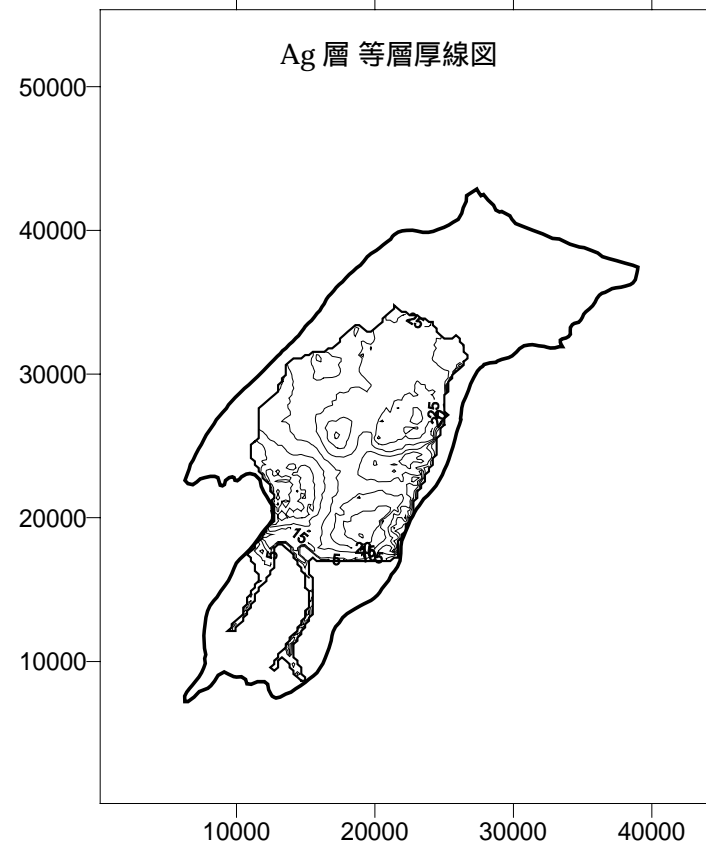
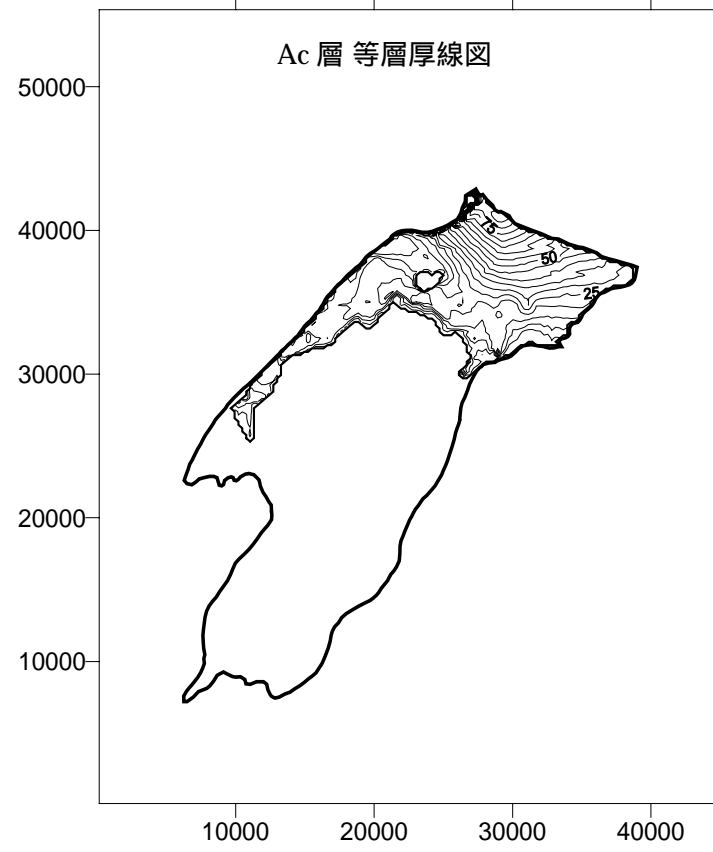


圖 4-16 各層等層厚線圖

各層単位透水係数分布図

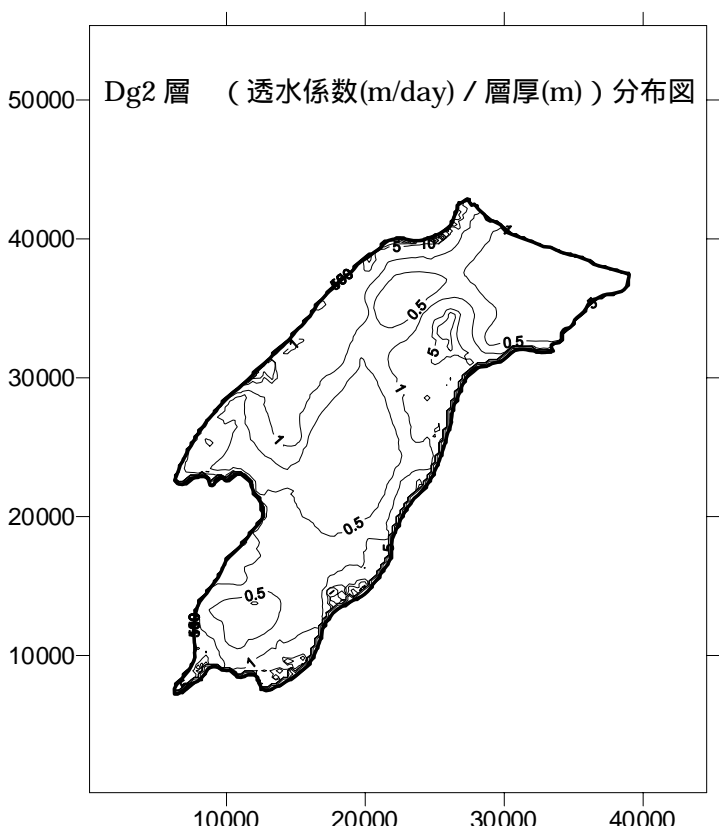
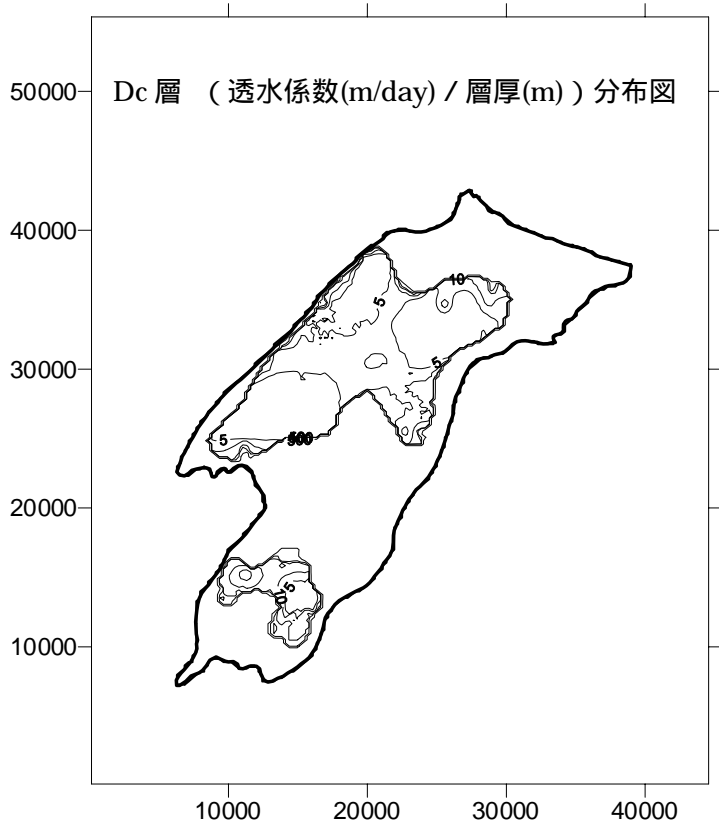
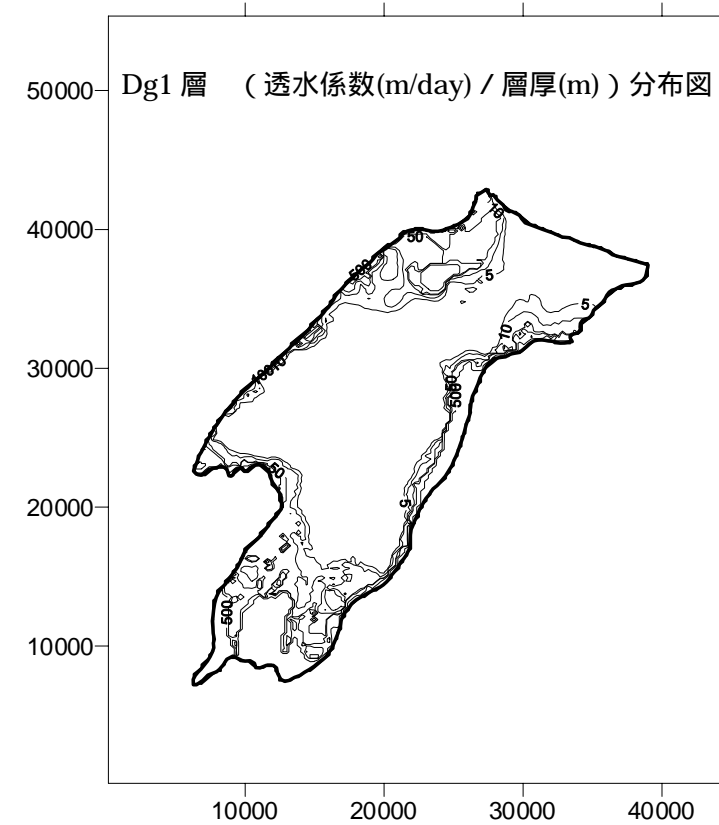
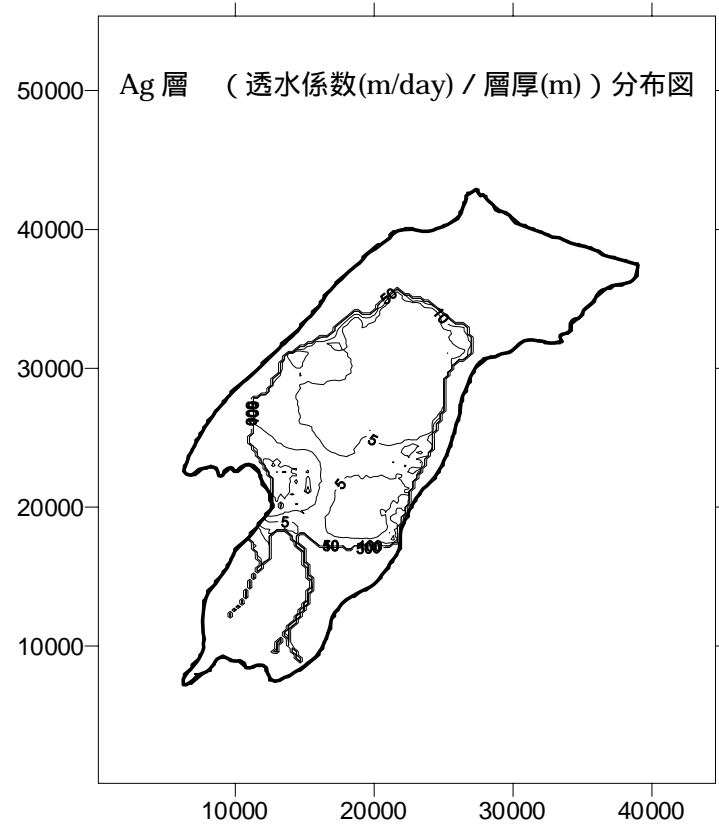
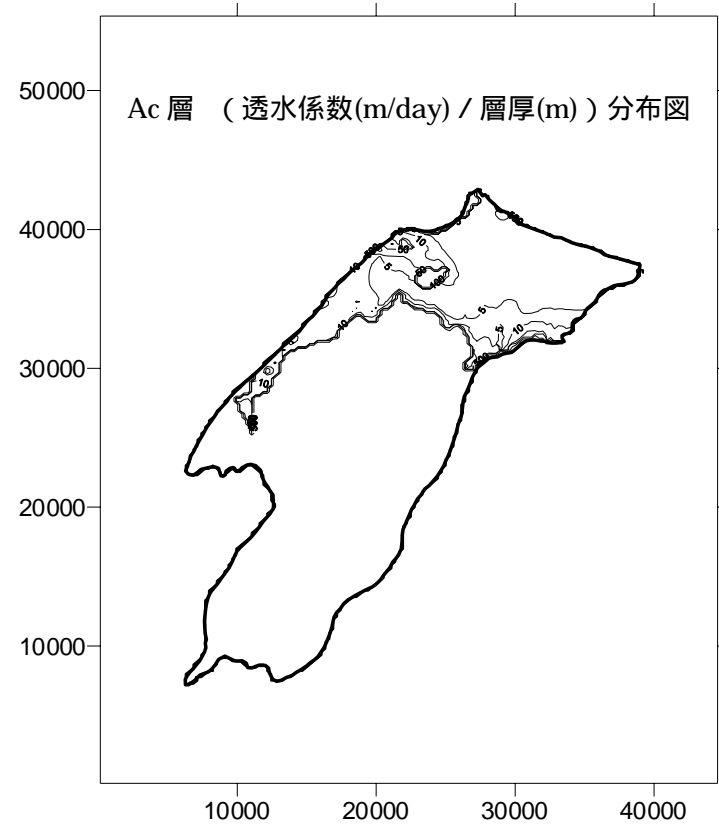


図 4-17 各層別単位厚さ当たりの透水係数分布図

(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。

涵養量

降雨起源の地下水涵養量

4.1 (3) に示す手順で求めた地下水涵養量を降雨起源の涵養量とした。

水田からの灌漑水起源の涵養量

区分した小流域 (図 2-2) 内の土地利用データ (図 2-2) の水田分布に基づいて、農林水産省により昭和 63 年度及び平成元年度に実測された減水深 (表 2-6 ~ 表 2-8) を配分、入力した。

河川水位

庄川及び小矢部川本線の実測水位を水頭既知境界条件として設定した。

土地利用 (国土庁成果)

土地利用図 (図 2-8) を元に解析領域内を水田・市街地などに分割し、地下水涵養条件を設定した。

揚水量

個別の井戸の位置及び揚水量が判明していることから、以下の 2 資料を揚水量算定根拠とした

- a. 「揚水施設届出情報」富山県
- b. 「地下水指針に基づく地下水利用実態調査結果」富山県

上記 2 資料を整理し、メッシュ毎に該当する揚水量を算定した (図 4-18 メッシュ別揚水量図参照)。しかしこれらの揚水量をそのままモデルに入力することは下記 2 点に関する問題がある (2.6 参照)。

年間を通じての届出 (最大) 揚水量が記載されている「地下水の現況 平成 11 年度、富山県」による利用実態調査結果より過大である。

月別の揚水実態を反映していない。

このため「a」の揚水量に「a/b」で算出される割合を乗じ、モデルの揚水量とした。また、地下水の月別揚水量変化 (図 2-18) から月毎の利用実態を推定した。

(5) モデルの検定

計算条件

検定計算は月単位の非定常条件で行うこととした。

検定対象

モデルの現象再現精度の評価は、地下水位・河川流量の空間分布 (一斉測水調査に基づく地下水コンター図並びに同時流量観測結果) 及び両者の経時変化 (河川流量・地下水連続観測結果) の再現性を指標とする。

検定対象の河川流量 (水位) ・地下水位連続観測箇所を以下の表 4-5 ~ 表 4-6 に示す (位置は図 2-1 参照)。

表 4-5 河川流量・水位観測箇所

地点名	管理者	観測項目
大門	国土交通省	河川水位・流量
小牧		河川水位・流量
舟戸橋	国土交通省	河川水位・流量
福野	国土交通省	河川水位・流量
小矢部大堰	国土交通省	河川水位
津沢	国土交通省	河川水位・流量
蓮沼	国土交通省	河川水位・流量
石動	国土交通省	河川水位・流量
子撫川	国土交通省	河川水位・流量
黒石川	国土交通省	河川水位
西五位	国土交通省	河川水位
岸渡川	国土交通省	河川水位
中川	国土交通省	河川水位
祖父川	国土交通省	河川水位
長江	国土交通省	河川水位・流量
雄神橋	国土交通省	河川水位
和田川	国土交通省	河川水位・流量
住吉橋	国土交通省	河川水位

表4-6 地下水位観測箇所

番号	地点名	管理者	位置	標高 (T.P.m)	口径 (mm)	深度 (m)	ストレーナ区間(m)
1	五郎丸 (国)	国土交通省	砺波市五郎丸	67.10	100	50.0	20.0~50.0
2	古上野	国土交通省	東砺波郡庄川町 古上野2	80.80	100	50.0	20.0~41.0
3	下田	国土交通省	高岡市下田	4.20	100	80.0	30.0~50.0
4	野村	国土交通省	高岡市野村378	8.00	100	80.0	25.0~45.0
5	広小路	国土交通省	高岡市広小路7-1-930	6.90	100	80.0	22.0~42.0
6	旭ヶ丘	国土交通省	高岡市旭ヶ丘	6.00	100	80.0	30.0~50.0
7	能町	富山県	高岡市	3.48	300	260.0	156.0~178.0
8	上関	富山県	高岡市	12.59	300	240.0	164.0~175.0
9	二塚	富山県	高岡市	11.00	250	40.0	33.7~39.2
10	寺塚原	富山県	新湊市	6.22	350	150.0	102.0~124.0
11	相割	国土交通省	砺波市	75.28	150	31.0	9.0~31.0
12	外開	国土交通省	砺波市太田3003	72.46	150	30.5	8.5~30.5
13	松ノ木	国土交通省	砺波市柳瀬10	47.00	200	31.4	15.0~27.0
14	千保	国土交通省	砺波市千保250	46.80	200	30.0	4.0~10.0, 18.0~26.0
15	日詰	富山県	砺波市	41.08	250	100.0	78.0~80.0
16	作道	富山県	新湊市	2.41	250	100.0	39.5~54.0
17	五郎丸 (県)	富山県	砺波市	72.54	250	80.0	48.0~59.0, 65.0~70.0
18	水島	富山県	小矢部市	41.21	250	80.0	43.0~49.0, 54.0~60.0 65.0~71.0
19	布袋	富山県	福野町	60.42	250	80.0	43.0~65.0
20	江尻	富山県	福岡市	20.46	250	80.0	56.0~67.0, 72.0~78.0

モデルによる予測計算

モデルを用いた予測計算では、以上の富山県地下水指針で区分されている地下水区毎に地下水揚水量を変化させるなどして、砺波平野の地下水の保全・適正利用に係る基本方針の提案に資する各種の検討を行う。

- ・ 扇頂部...庄川扇状地の南端
- ・ 扇央部
- 1. 庄川扇状地の中央部から西部
- 2. 庄川左岸から中央部
- 3. 庄川右岸
- ・ 扇端部
- 1 庄川左岸

- 2 庄川右岸~小矢部川
- ・ 市街地部...高岡市市街地周辺
- ・ 海岸部...庄川右岸の射水低地

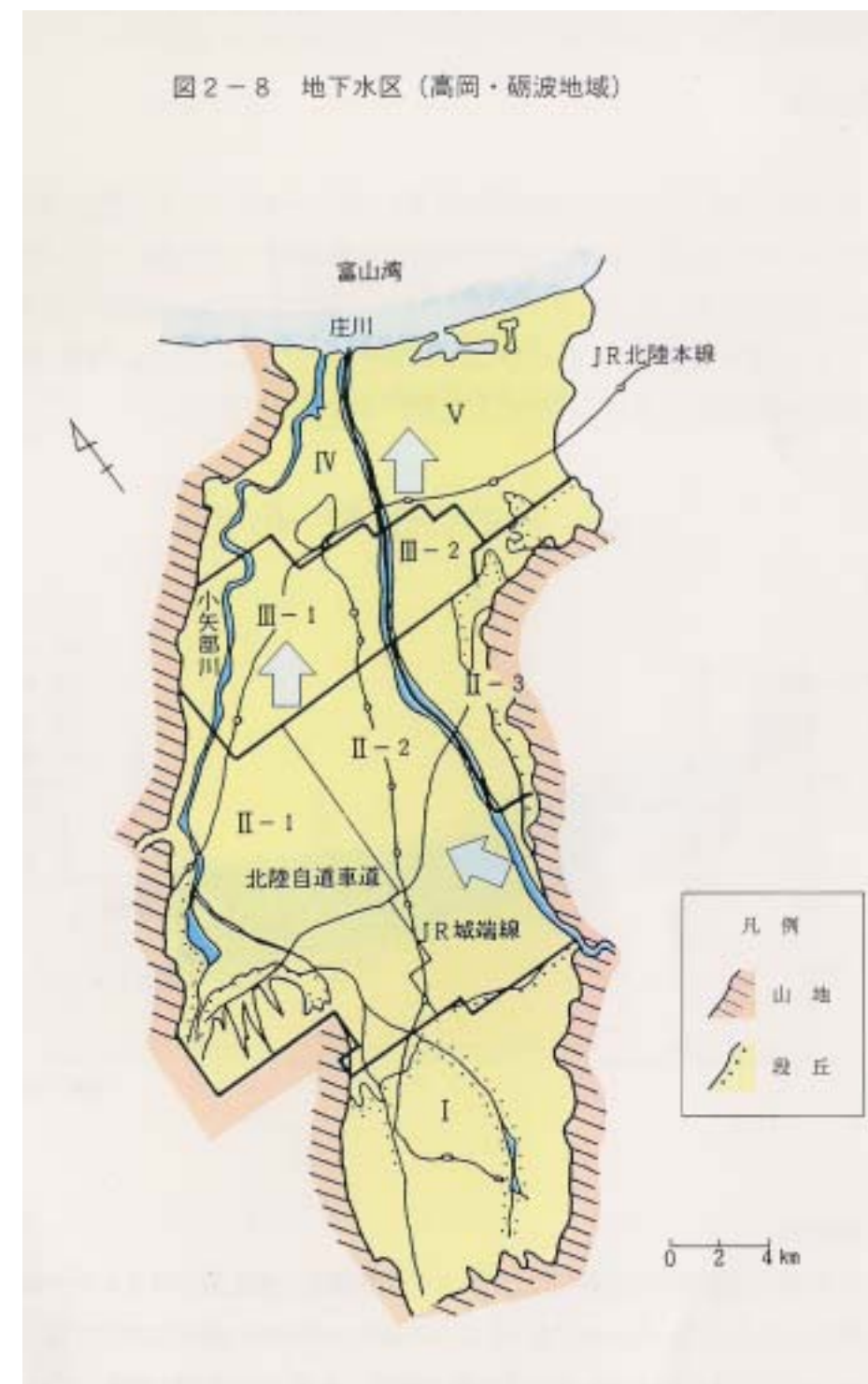


図4-19 富山県地下水指針における地下水区

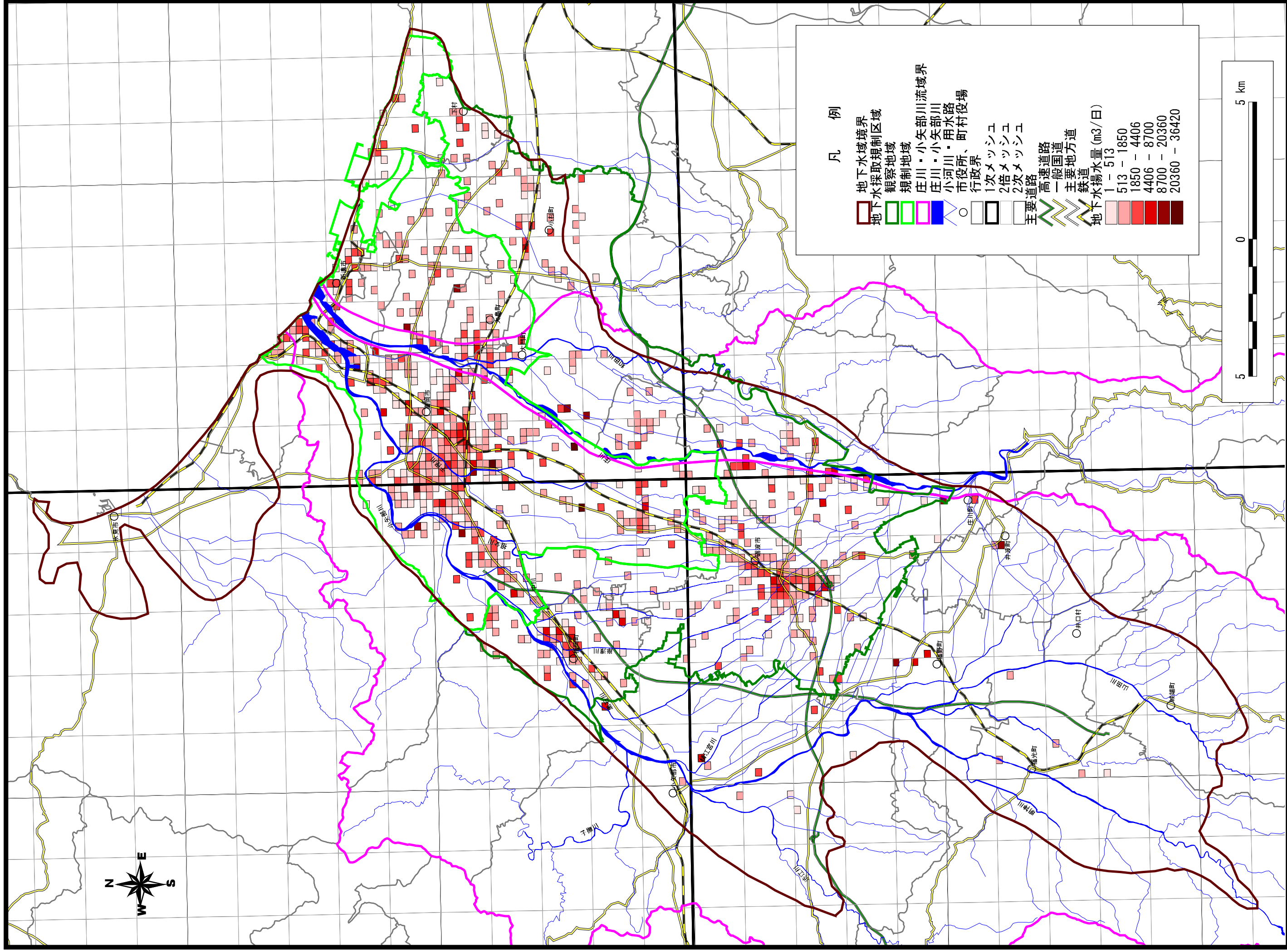


図4-18 メッシュ別揚水量