

直轄地すべり防止事業「銅山川地区」

技術検討会（第3回）

- | | |
|------|------------|
| 資料 1 | 議事次第・出席者名簿 |
| 資料 2 | 出席者座席表 |
| 資料 3 | 課題と方針 |
| 資料 4 | 検討結果説明資料 |

平成 23 年 12 月 13 日

東北森林管理局

直轄地すべり防止事業「銅山川地区」技術検討会（第3回）

直轄地すべり防止事業「銅山川地区」技術検討会

第3回出席者名簿

日 時：平成23年12月13日(火)
場 所：山形市遊学館第1研修室

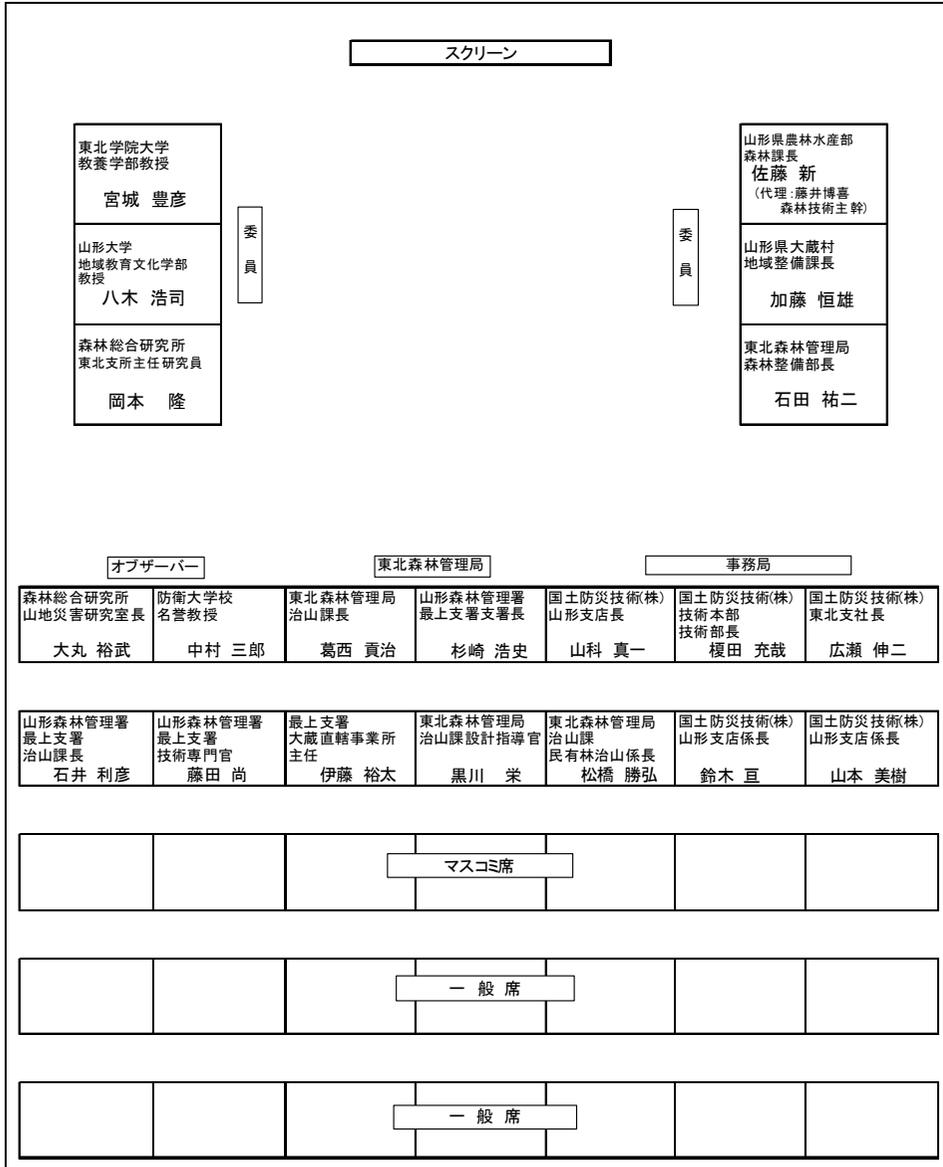
議事次第

1. 開 会 【 9:30 】
2. 主催者挨拶
3. 出席者紹介
4. 資料説明及び討議 【 9:40 】
 - (1) 調査結果説明 【 9:40 】
 - (2) 討 議 【 10:20 】
5. 今後の予定等 【 12:10 】
8. 閉 会 【 12:20 】

区分	氏 名	所 属	職 名	摘 要
委員	井良沢道也	岩手大学農学部	准教授	欠席
	岡本 隆	(独)森林総合研究所東北支所	主任研究員	
	宮城 豊彦	東北学院大学教養学部	教 授	
	八木 浩司	山形大学地域教育文化学部	教 授	*以上五十音順
	佐藤 新	山形県農林水産部森林課	森林課長	代理出席 藤井森林技術主幹
	加藤 恒雄	山形県大蔵村	地域整備課長	
	石田 祐二	東北森林管理局	森林整備部長	
オブザーバ	中村 三郎	防衛大学校	名誉教授	
	大丸 裕武	(独)森林総合研究所	山地災害研究室長	
東北 森林管理局	葛西 貢治	東北森林管理局 治山課	治山課長	
	黒川 栄	"	設計指導官	
	松橋 勝弘	"	民有林治山係長	
	杉崎 浩史	山形森林管理署 最上支署	支署長	
	石井 利彦	"	治山課長	
	藤田 尚	"	治山技術専門官	
	伊藤 裕太	" 大蔵直轄治山事業所	主任	
事務局	榎田 充哉	国土防災技術株式会社	技術本部技術部長	
	広瀬 伸二	"	東北支社長	
	山科 真一	"	山形支店長	
	田中 利夫	"	山形支店課長補佐	
	鈴木 亘	"	山形支店係長	
	山本 美樹	"	山形支店係長	
		"		

第 3 回技術検討会 座席表

< 第 3 回検討資料目次 >



1. 第 2 回検討会の要旨と指摘事項	1
1. 1 第 2 回検討会の内容	1
1. 2 指摘事項	1
2. 第 2 回検討会の補足	2
2. 1 解析フロー	2
2. 2 水収支の把握について	2
2. 2. 1 濁水期や基底時の比流量（もしくは流出高）について	2
2. 2. 2 水収支把握の重要性について	3
2. 3 地すべり変位の推移	4
3. 浸透流解析のキャリブレーション	7
3. 1 流量観測	7
3. 2 三次元浸透流解析のキャリブレーション	8
4. RBSM-3d	11
4. 1 エリアごとの変位方向（第 2 回検討会）	11
4. 2 破壊の進行を加味した地すべり発生機構	11
5. 古水川沿いの小ブロック	16
6. モニタリング計画	21

● 直轄地すべり防止事業「銅山川地区」技術検討会の課題と方針

地区名					銅山川地すべり					
<p>現行の基本方針</p>					<p>(1) 事業実施の基本方針</p> <p>1) 保全対象との関係</p> <p>平成8年融雪期に発生した大規模地すべりの復旧を図るとともに、本事業を実施することにより荒廃した森林等を復旧し、直下の一級河川銅山川及び水力発電施設、配電施設、指定区域内を走る国道458号及び村道等の公共施設、下流域の人家農耕地等への被害を未然に防止し、地域住民の民生安定を図る。</p> <p>2) 直轄施工の理由</p> <p>寒風田地区及び南山地区は、それぞれ昭和57年、59年に地すべり防止区域の指定を受け、山形県で地すべり防止事業を実施してきたが、平成元年に湯ノ台地区が指定されたことから事業区域が拡大し、事業規模が大きくなり、高度な技術を要することとなり、県・大蔵村から要請を受け、平成4年度に国の直轄指定を行い、以来、東北森林管理局において地すべり防止事業を進めてきた。</p> <p>3) 施工の方針（荒廃状況に対応した工法、重点区域等）</p> <p>大規模地すべりにより大規模ブロックが拡大し、古口層上面付近をすべり面とする南山、湯ノ台にまたがる約130haが滑動している。本地すべり地を覆うシラスは最大100m超と厚く、地下水の涵養源となっている可能性が高い。当地区が豪雪地帯であり、かつ、融雪期が長期にわたることから、この期間の地下水位が異常に上昇し地すべりの誘因となっているため、地表水の処理、地下水の排除及び斜面の固定を基本的対策工として安定を図ることとしている。また、当面は寒風田及び南山地区の地下水排除を主体工事とし、あわせて国道周辺の山腹の安定、古水川沿いの小ブロックの安定を図ることとしている。</p>					
					<p>(2) 中長期の対策方針</p> <p>1) 南山地区</p> <p>平成8年度の大規模な滑動により被害を受けたため、トンネル排水工を主体とした地すべり防止工事を進める。</p> <p>2) 寒風田地区</p> <p>平成8年度からポンプによる強制排水工を実施してきたが、トンネルの支線ごとの完成にあわせて落とし込みボーリングを実施する。</p> <p>3) 湯ノ台地区</p> <p>地すべり冠頭部に施工した落とし込みボーリングにより全体ブロックの安定を図り、古水川沿いの小ブロックの安定を図るため、山腹工及び集水井工等を計画する。</p>					
					<p>(1) 全体ブロックの概成計画（長期安定性評価手法の妥当性）</p> <p>① 地質、地下水・湧水調査を基礎とした再現精度を高めた三次元地下水解析による長期の水圧分布予測、そして、すべり面構造・地質に応じたすべり面せん断強度の設定による三次元安定解析（RBSM：剛体バネモデル）を用いた実態に近づいた地すべり安定度評価の組合せにより、全体ブロックの長期安定性を評価する。</p> <p>② 全体ブロックの対策を①の手法により計画する。</p>					
					<p>(2) 小ブロックの概成計画</p>					
					<p>(3) 概成後の監視体制の検討</p>					
					<p>整理すべき課題</p>	1回	2回	3回	4回	① 事業概要
										② 地すべり概要
										③ 地すべり発生機構の把握内容は妥当か。
										・地質条件
										・水文条件
				・地すべり動態						
				・すべり面の把握						
				④ 観測結果が地すべり発生機構の解釈に反映され、その条件、結果が整合しているか。						
				・三次元浸透流解析						
				・RBSM						
				・対策工計画						
				⑤ 小ブロックの計画						
				・全体ブロックの小ブロック化の発生機構と対策の必要性検討						
				・古水川ブロックの発生機構と対策の必要性検討						
				⑥ 概成後の監視体制						
				・対策工効果判定と概成後のモニタリング計画						
				・防災体制構築のための基礎データ提供についての検討						
				⑥ 概成全体計画書						

1. 第2回検討会の要旨と指摘事項

1.1 第2回検討会の内容

1 第1回検討会の要旨と指摘事項

- 1.1 第1回検討会の内容
- 1.2 指摘事項

2 地すべり動態（観測結果）

- 2.1 地中変位（ひずみ計）と地表面変位
- 2.2 地表面の移動方向（GPS）
- 2.3 地下水の変化

3 地下水分布と水収支

- 3.1 流量観測結果と比流量
 - 3.1.1 流量観測
 - 3.1.2 比流量（2011年6月18-20日の観測結果より）
- 3.2 電気伝導度
- 3.3 揚水試験による地下水の流動特性

4 地すべり発生機構の再現

- 4.1 すべり面
- 4.2 すべり面の土質定数
- 4.3 水圧の推定
 - 4.3.1 地下水涵養量の推定
 - 4.3.2 浸透流解析
- 4.4 地下水排除計画工計画と評価
 - 4.4.1 現行の対策工計画と進捗
 - 4.4.2 RBSMによる全体ブロックの安全率の推移

1.2 指摘事項

(1) 地すべり動態

上部が引張で下部に向かうにつれて圧縮になっていくのであれば、エリアに応じて滑動開始に時間のずれが生じると思うが、歪データから確認できるか。

上部が引張域で、その下方が徐々に圧縮域になるとする現象をM-7-1Nの歪みデータが示しているのではないか。

Lowerブロックの北側も地すべり地形を呈している。Lowerブロックの滑動により、このエリアが押し込まれていることが考えられるため、不動域であるかを確認した方が良いのではないか。

(2) 地下水

比流量、電気伝導度、水収支等の関わりとRBSMにどのように反映されるのか。

比流量の概念規定、水圧の推定につながるまでのシナリオはどうなっているのか。

比流量はどのようなことに関係してくるのか。

三次元浸透流解析で設定しているパラメータについて整理すること。

比流量は基本的に平面的に捉える概念であると、立体的なイメージでみると比流量はどのような意味をもつのか。

揚水試験をupperブロックで実施され、透水係数を算出している。Lowerブロックでは透水係数が小さくなっていると推定していることから、既設のボーリング孔を使った簡易揚水試験による透水係数の推定はできないか。

(3) 安全率、地下水排除効果

現解析では、lowerブロックの観測移動方向と解析移動方向にずれがある。ブロック北側の観察が必要ではないか。

現行のRBSM解析結果による安全率は、1.00（H12）として、100年確率であっても1.006を得ている。この値を受け入れ可能であれば、これに沿って議論を進めることになる。

②に基づいて、対策工を見直し、モニタリングのあり方を議論していく必要がある。

最近の災害をみると非常に極端な豪雨がある。非常に突発的な大きな雨量がもたらされるとすれば、それに対してどのように対応するのかを考えることは、リスク管理の面で必要である。

(4) モニタリング

新たな手法は未確定な部分があるため、不足を担保するために施工後の監視体制が非常に重要である。

概成後の対応は保全対象の重要性に比例して変化する。

概成後の長期的な監視にはSARなどの監視も有効である。

対策とモニタリングをうまく組み合わせて安全・安心を確保する必要がある。

2. 第2回検討会の補足

2.1 解析フロー

解析フローを図 2.1 に示す。

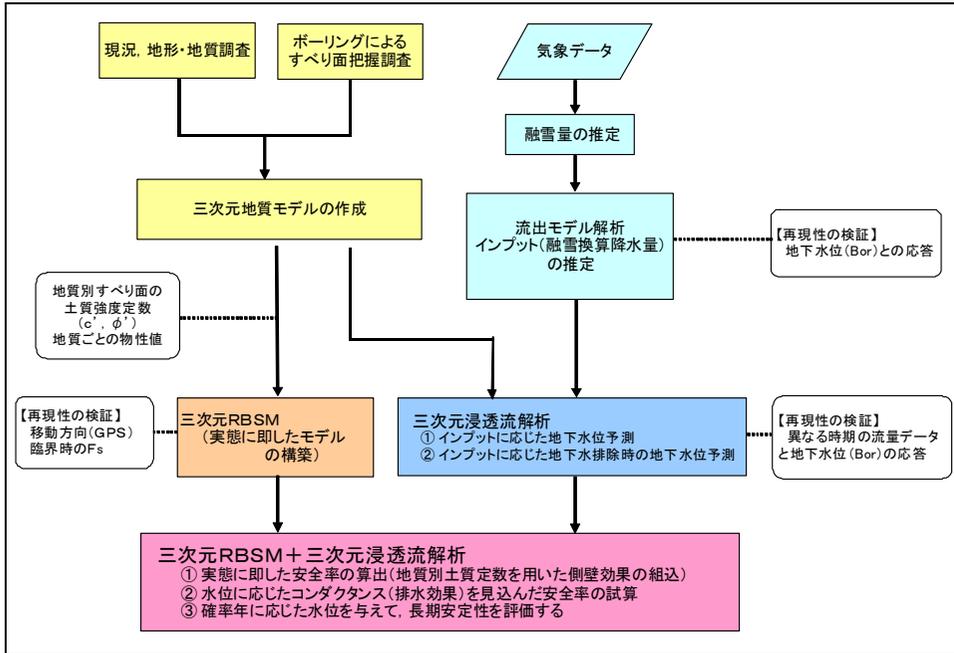


図 2.1 解析フロー図

銅山川地すべりは、民有林直轄事業として平成4年度から調査に着手された。平成8年度に大きく滑動し、応急対策と恒久対策を進める一方で、地すべりの調査が継続的に実施されている。

ボーリングによるすべり面調査

ボーリング孔を用いた地下水調査（地下水位観測，地下水検層）

動態観測（ひずみ計によるすべり面の動態，GPSによる地表の動態）

すべり面の土質強度試験

各地層毎の物性値把握のための土質試験

各段階の①～⑤の結果を踏まえて、現状の安全率把握や対策工計画には近似三次元解析法を用いた安定解析を実施してきている。計画から既に15年が経過した現在、地すべりの安定解析手法として三次元解析法が開発され、しかも移動方向が屈曲するといった特徴をもつ銅山川地すべりには三次元RBSM（剛体パネモデル）の適用が有効であることが確認されており、三次元RBSMの適用は地すべり実態に沿った安定度の把握を可能とする。

また、地すべりの誘因となる降雨（融雪）量は、ときどきの気象状況により変化する。この変化は、地すべり安全率を左右することから、地すべり対策効果が長期に渡り発現されるのかは、変化する誘因の程度を予測して、その時の対策工効果がどの程度見込めるのかを把握する必要がある。

つまり、実態に応じた基礎データを基にした、「より精度の高い安定解析手法（三次元RBSM）」

と、変化する水収支を再現しうる、「より精度の高い三次元浸透流解析モデル」を両輪として、両者を組み合わせることによって、実態に近い長期安定性（地すべりの対策工効果発現の継続性）の評価を可能とする。

2.2 水収支の把握について

2.2.1 渇水期や基底時の比流量（もしくは流出高）について

沢水の流量は降水条件によって変化するが、その変化の傾向（流状）は、その流域のもつ水文地質的な特性によって特徴づけられる。

流域の透水性や貯留能が低ければ、降った雨のうち、表面流出として一気に流れ出る割合が多くなるため、降雨時直後の流量が著しく多く、基底時（無降雨時）の流量はほとんどない（都市型河川のような）流況となる。一方で、降雨の大部分を地下水として蓄える能力が高い流域では、降雨に伴う流量の増加は緩和され基底流量も維持されることになる。

②は、基底時、あるいは渇水時期の流域の比流量を調べることで、流域の水文地質的な特性を知る手がかりとなる。

→ 基底時、渇水期の比流量（流出高）の把握が重要

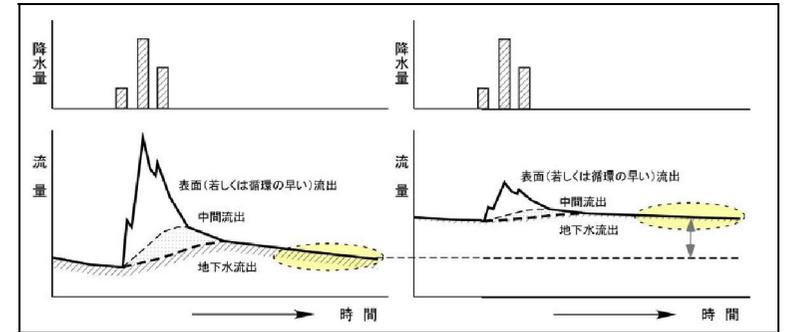


図 2.2 同一の降雨量に対する流出特性の違いのイメージ

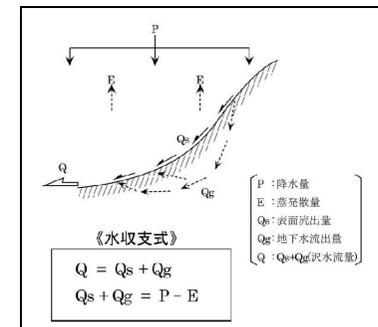


図 2.3 水収支のイメージ

渇水期、あるいは基底時の比流量（流出高）が相対的に大きい流域

→ 降雨直後の流出高が相対的に小さく、地下水の貯留能が優れている

基底時の地下水の同じ流域があり、それぞれの流域からの流出高の地塊があるとすれば、

→ 両者の平均的な透水性の違いが推察できる

→ 同一地下水位分布（動水勾配）にもかかわらず、基底時の流出量が多いとすればその流域の平均的な透水係数は大きい。



基底時の比流量（流出高）の大小から、流域の平均的な貯留能や透水性の大小に関する手がかりが得られる
→ 浸透流解析に反映

比流量 = 流量 / 面積 = L/sec/km²
流出高 = mm/day （涵養量の検討に使うため本検討ではこれを使用）

基底時の限られた観測結果だけでは、比流量の大小が各流域の透水、貯留能の違いによるものなのか、地下水の集水域が地形の範囲と異なるためによるものなのかの判断ができない場合がある。

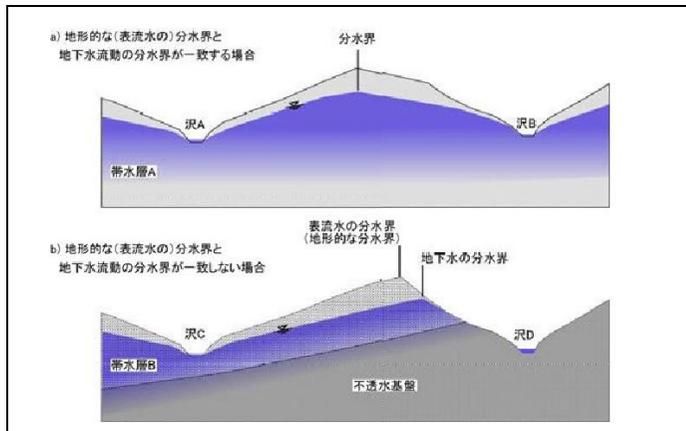


図 2.4 地形的な流域面積と水収支が対応する場合としない場合



異なる時期、長期の水収支の把握が必要
→ モデルの再現性を高める（キャリブレーション）

- ③ 求められる地下水位がボーリング孔で観測される地下水位をどの程度再現しているのがモデルの妥当性を評価する指標の一つであり、再現性の高い水理定数を見出すことがモデルの同定・検証の手順である。
- ④ 同じ地下水分布であっても、どのような水収支で成り立っているのかが決まらなると妥当な水理定数の決定に至らない。
- ⑤ このために基底流量を知ることは不可欠な手法である。

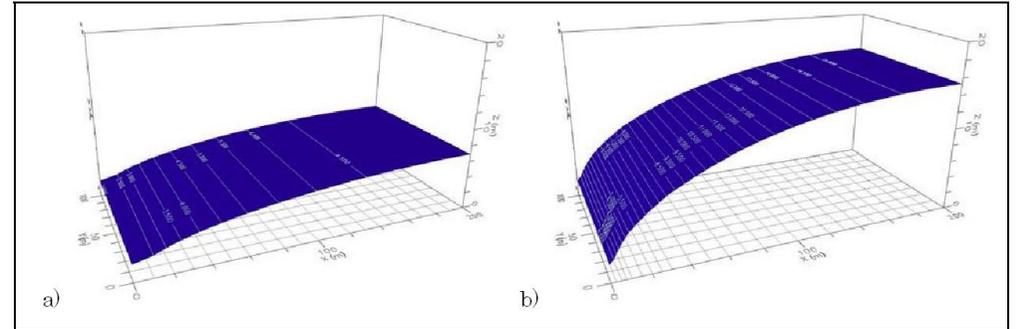


図 2.5 同じ涵養量に対して形成される水位の違い
a) は、透水係数（大）、b) は透水係数（小）の場合で、左端で湧出する場合

2.2.2 水収支把握の重要性について

(1) 地下水モデル

- ① 降雨起源の涵養量や河川や、そのほか表流水と地下水の相互交流のあり方、そして地形などに規定される地下水浸出条件などの境界条件を設置
- ② 同時に透水係数などの水理特性を与えることで、それらの条件下での水収支を満足させる地下水分布を求める。

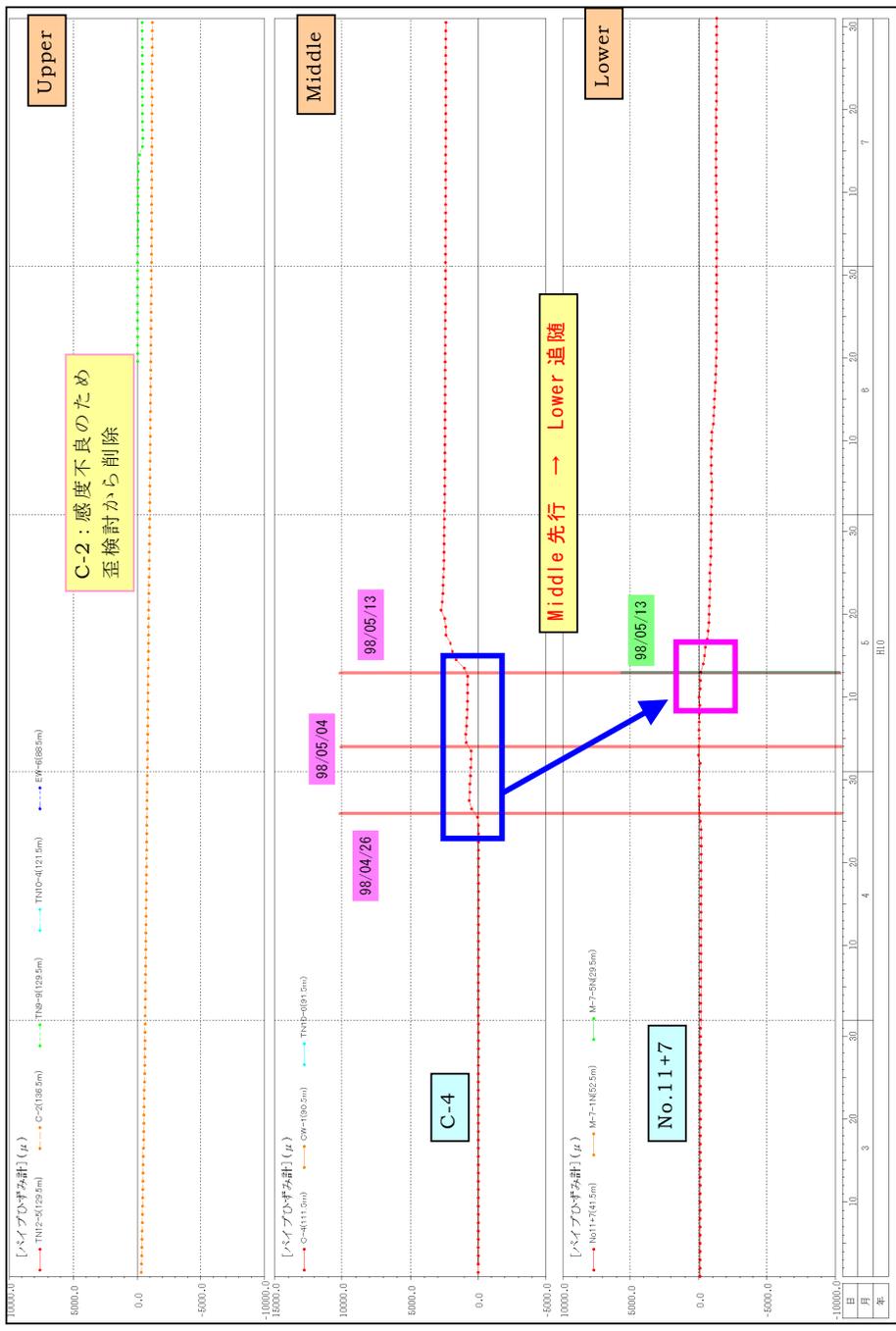


図 2.8 平成 10 (1998) 年 4-5 月の変動

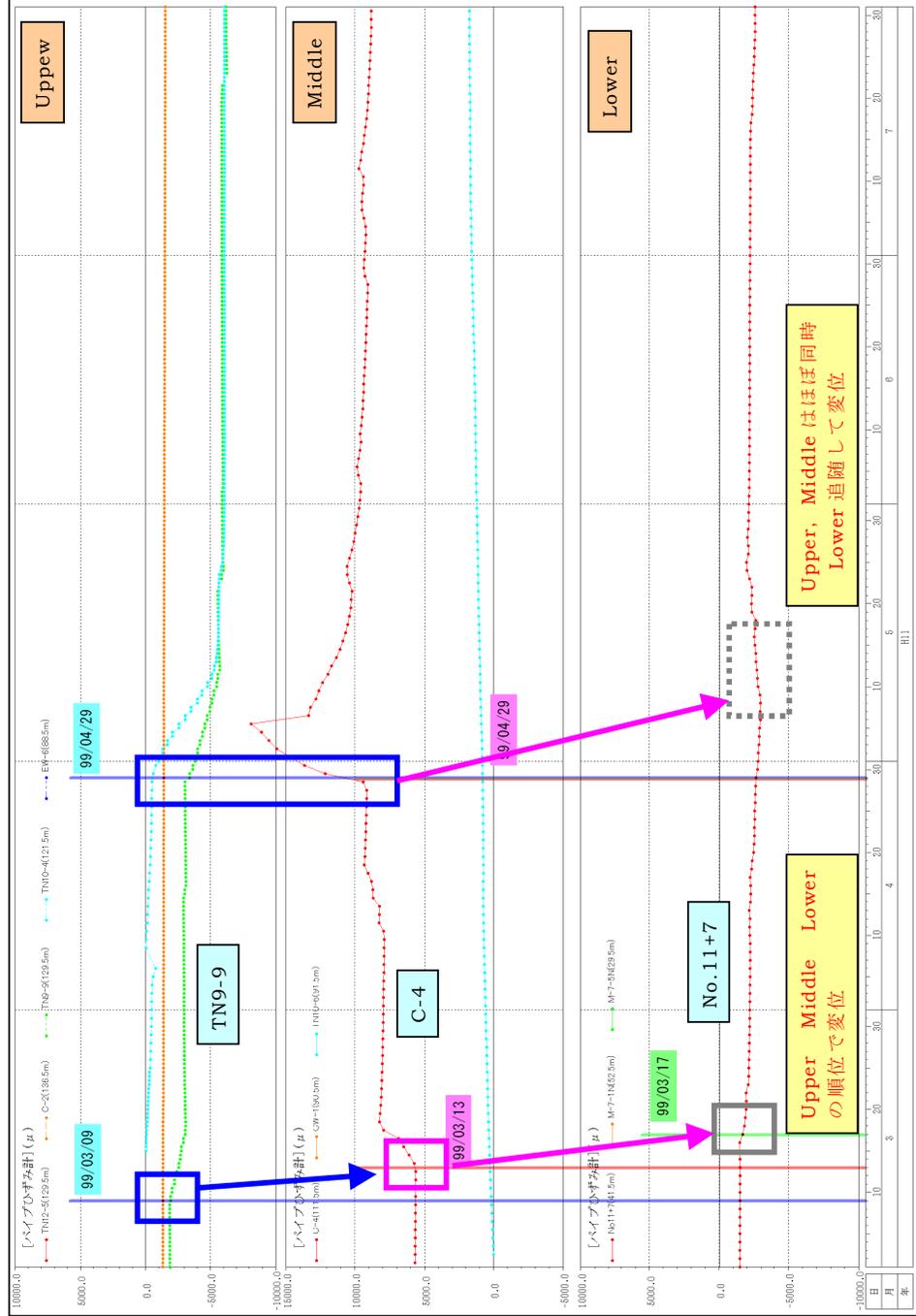


図 2.9 平成 11 (1999) 年 3 月, 4 月の変動

3. 浸透流解析のキャリブレーション

3.1 流量観測

平成 23 年 6 月，9 月に実施した流量観測結果による比流量を対比して，表 3.1 に示す。

表 3.1 H23, 6 月 9 月の流量観測結果の比較

流域区分	対応するエリア区分	H23 年 6 月		平成 23 年 9 月		対 H23.6 比
		比流量	対 Upper 比	比流量	対 Upper 比	
A'		2.5		3.0		1.20
A	Lower	4.1	0.55	3.0	0.50	0.73
B	Middle	3.9	0.53	2.2	0.42	0.56
C	Upper	7.4~7.9	1.00	6.0~6.4	1.00	0.81

6 月に対する 9 月の流量は明らかに減じているが，Upper エリアに対する Middle, Lower エリアの比は，二時期ともに 4~5 割程度と明らかに小さく，同様の結果を得た。

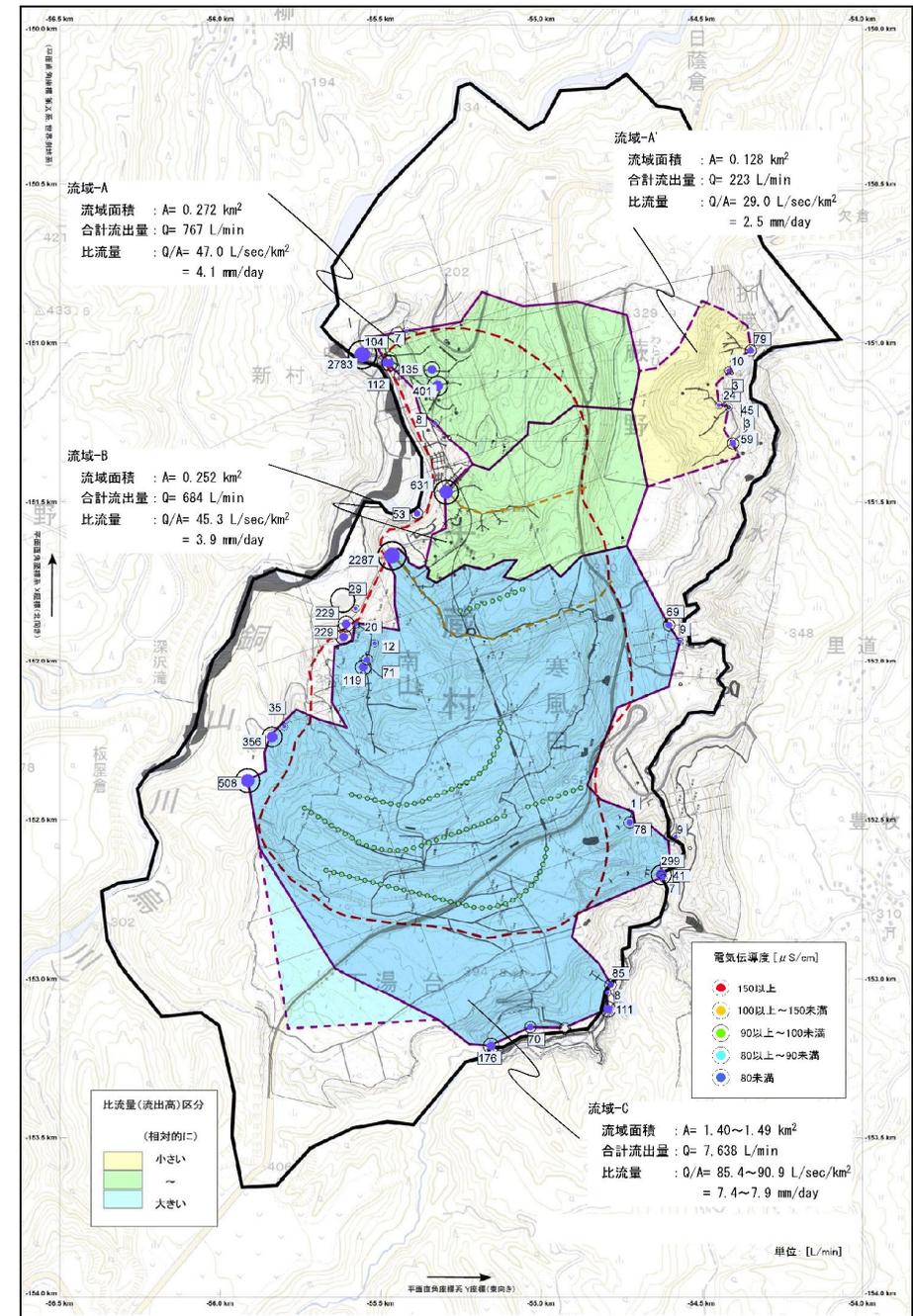


図 3.1 平成 23 (2011) 年 6 月 18-20 日流量観測結果

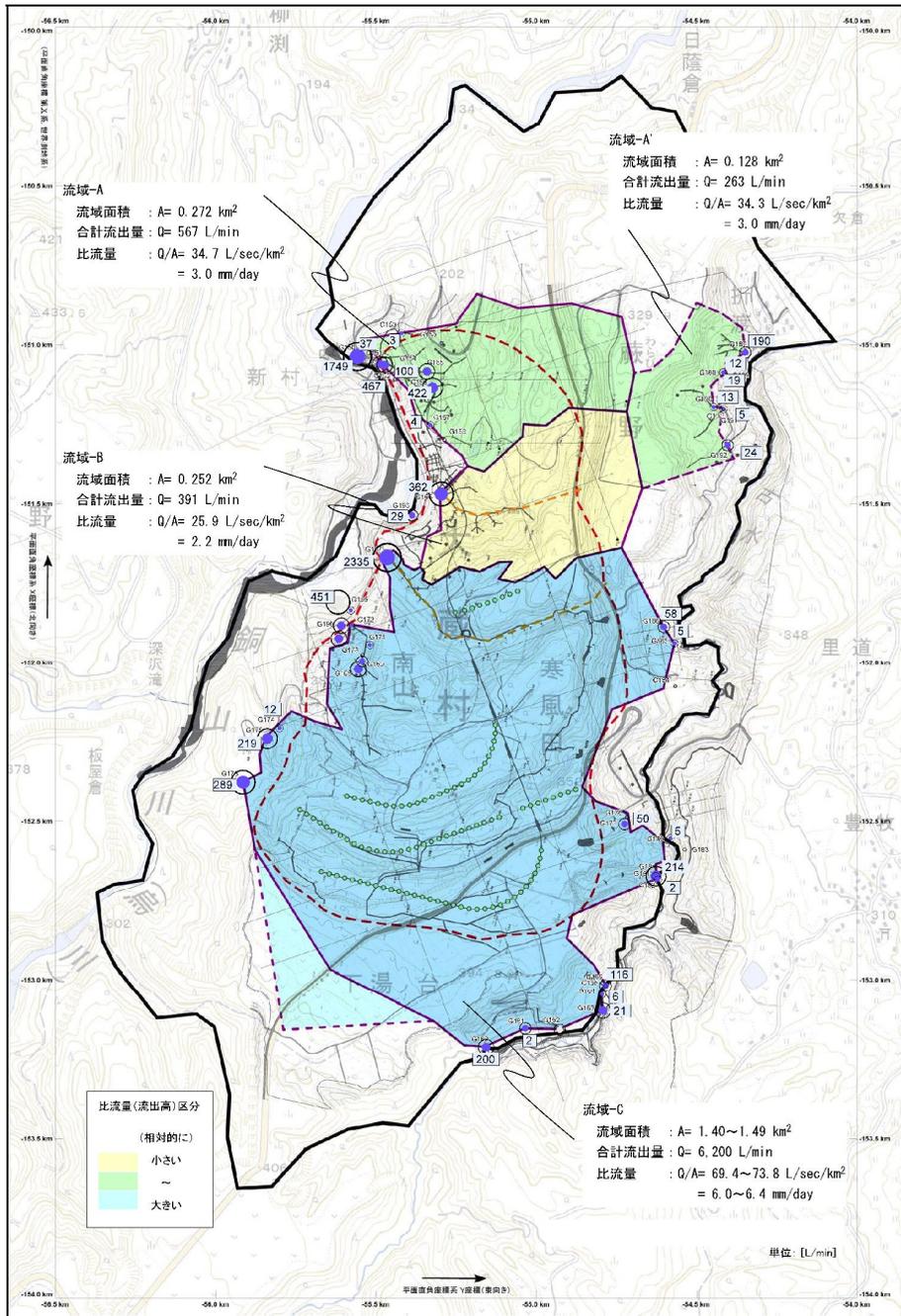


図 3.2 平成 23 (2011) 年 9 月 6-7 日流量観測結果

3.2 三次元浸透流解析のキャリブレーション

にこれまでのキャリブレーション結果の抜粋を、に検証結果表を示す。

表 3.2 キャリブレーション結果表

Test Model	透水系数 [m/sec]				探索パラメータ						再現状況		Memo			
	k1x, y	k1z	k2x, y	k2z	No.1TN	No.1' TN	挿大	No.2TN	No.4TN	集水井 グループ(1)	集水井 グループ(2)	集水井 グループ(3)		持水量 実測比	地下水位 全観測孔3点 (Normalized)	
H22_34	U: 3.0×10 ⁻⁴ L: 2.0×10 ⁻⁴	U: 3.0×10 ⁻⁵ L: 2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	2	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	97%	24,982	16.9%	
H22_36	U: 4.0×10 ⁻⁴ L: 2.0×10 ⁻⁴	U: 4.0×10 ⁻⁵ L: 2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	2	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	95%	25,376	17.2%	
H22_38	U: 4.0×10 ⁻⁴ L: 2.0×10 ⁻⁴	U: 4.0×10 ⁻⁵ L: 2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	2	1	1	0.5	0.5	0.3	91%	15,977	10.8%	下層の強制排水を反映させない
H22_40	U: 4.5×10 ⁻⁴ L: 2.5×10 ⁻⁴	U: 4.5×10 ⁻⁵ L: 2.5×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	3	1.2	1.2	0.5	0.5	0.3	96%	16,436	11.1%	下層の強制排水を反映させない
H22_42	U: 4.5×10 ⁻⁴ L: 2.5×10 ⁻⁴	U: 4.5×10 ⁻⁵ L: 2.5×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	4	1.3	0.9	0.5	0.5	0.3	94%	15,606	10.6%	コンダクタンスを再調整
H12_17	U: 3.0×10 ⁻⁴ L: 2.0×10 ⁻⁴	U: 3.0×10 ⁻⁵ L: 2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	2	-	-	0.7	0.9	0.5	101%	12,269	6.3%	透水量: タンクモデル流出高 Upper: および他: 5660.5mm/y Lower: 3003.5mm/y
H12_18	U: 4.0×10 ⁻⁴ L: 2.0×10 ⁻⁴	U: 4.0×10 ⁻⁵ L: 2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	2	-	-	0.7	0.9	0.5	102%	11,634	6.0%	透水量: タンクモデル流出高 Upper: および他: 5660.5mm/y Lower: 3003.5mm/y
H12_19	U: 4.0×10 ⁻⁴ L: 2.0×10 ⁻⁴	U: 4.0×10 ⁻⁵ L: 2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	2	-	-	0.5	0.5	0.3	88%	11,996	6.1%	下層の強制排水を削除 透水量: タンクモデル流出高 Upper: および他: 5660.5mm/y Lower: 3003.5mm/y
H12_20	U: 4.5×10 ⁻⁴ L: 2.5×10 ⁻⁴	U: 4.5×10 ⁻⁵ L: 2.5×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	3	-	-	0.5	0.5	0.3	101%	11,697	6.0%	下層の強制排水を削除 透水量: タンクモデル流出高 Upper: および他: 5660.5mm/y Lower: 3003.5mm/y
H12_21	U: 4.5×10 ⁻⁴ L: 2.5×10 ⁻⁴	U: 4.5×10 ⁻⁵ L: 2.5×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁶	1.1	1	4	-	-	0.5	0.5	0.3	115%	11,538	5.9%	下層の強制排水を削除 透水量: タンクモデル流出高 Upper: および他: 5660.5mm/y Lower: 3003.5mm/y

H22再現では「実測排水量、観測再現では「想定量」に対する割合」
検証対象箇所地下水位分布値(再現値)の地下水位の絶対値)に対する割合

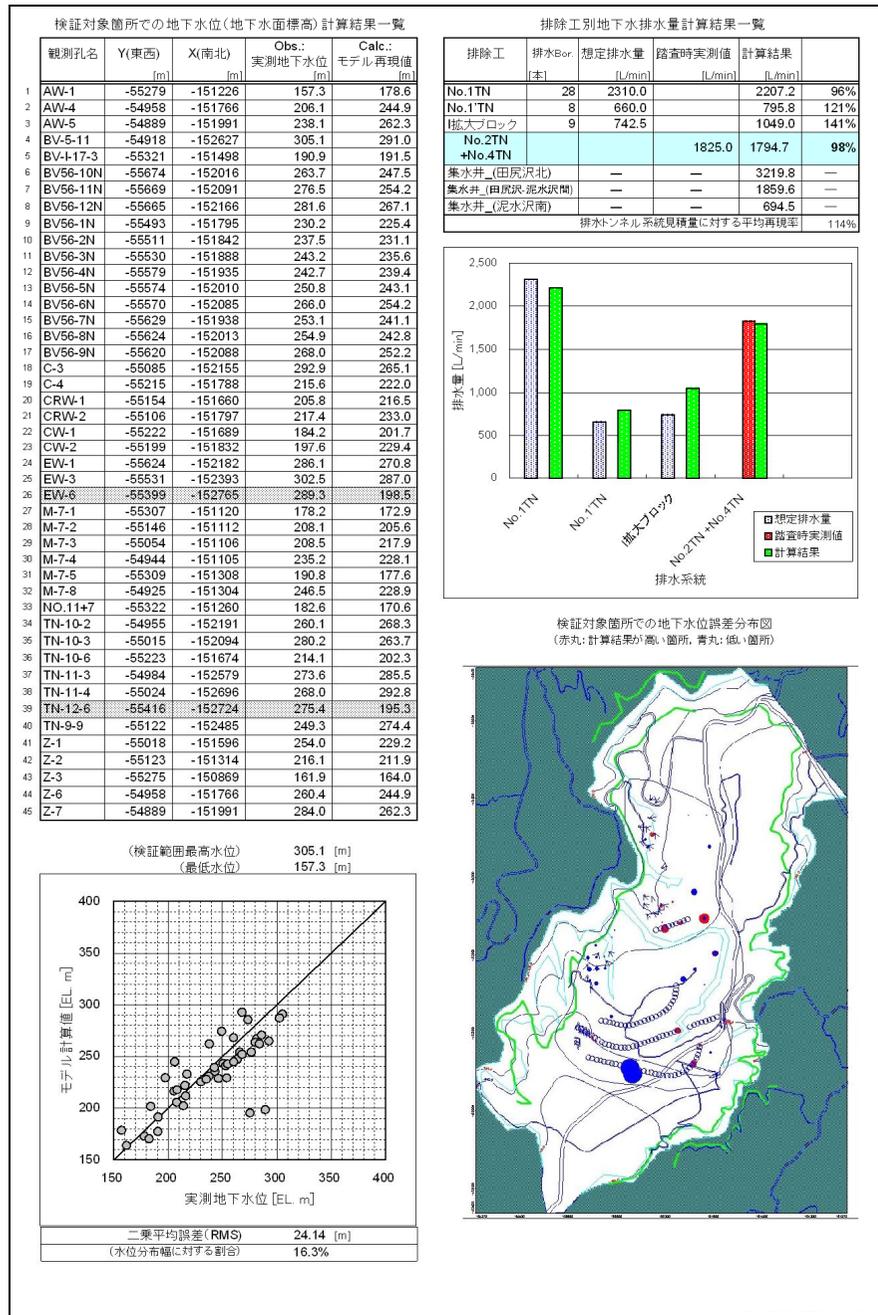


図 3.3 H22 最終モデル (H22_model(4))

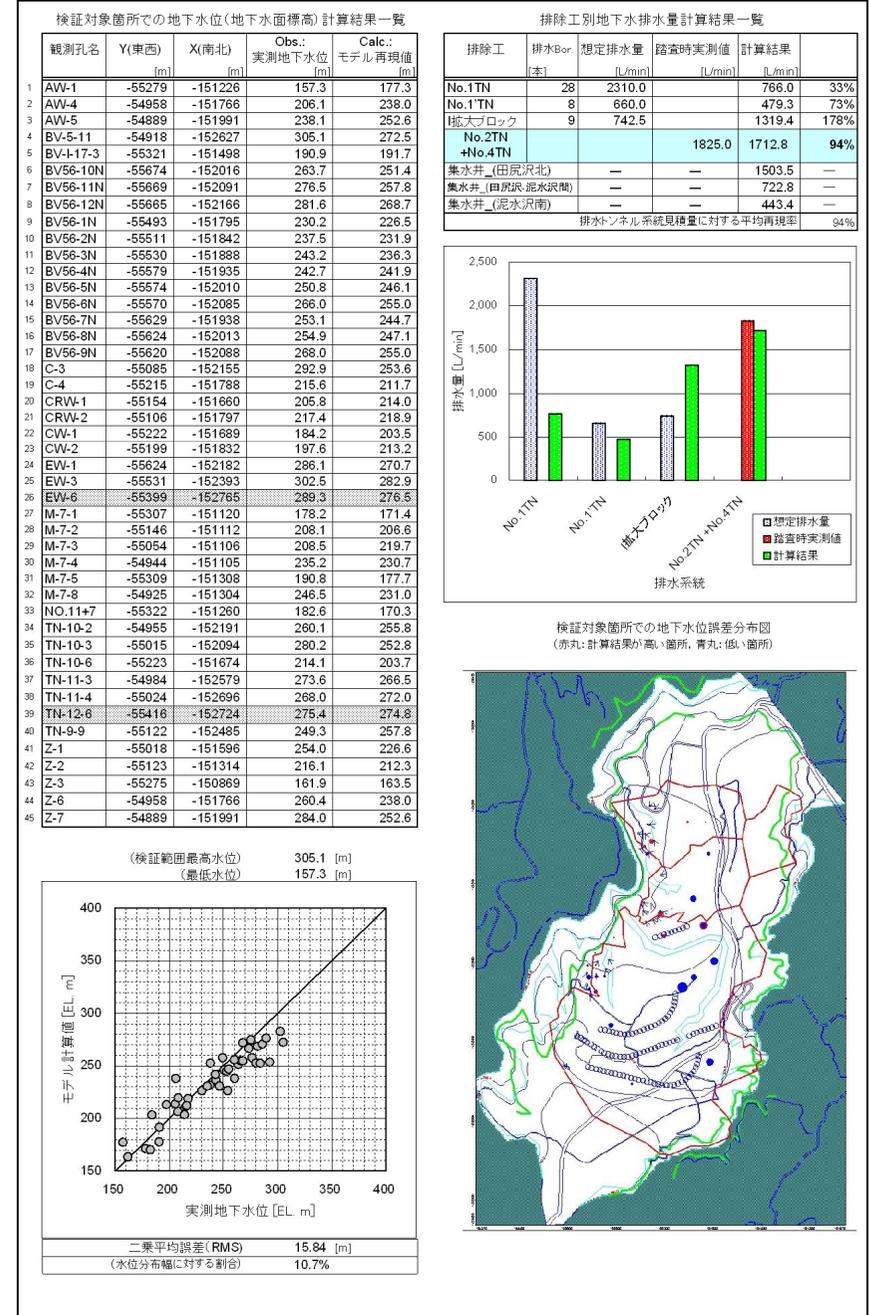


図 3.4 H22_42 (H22 年 11 月流量観測による)

検証対象箇所での地下水位(地下水水面標高)計算結果一覧

観測孔名	Y(東西) [m]	X(南北) [m]	Obs.: 実測地下水位 [m]	Calc.: モデル再現値 [m]
1 BV-5-11	-54918	-152627	338.0	330.1
2 C-2	-54968	-152485	315.2	316.7
3 C-3	-55085	-152155	299.4	290.0
4 C-4	-55215	-151788	219.4	232.2
5 C-5	-55282	-151597	186.6	204.9
6 G-11-1	-55293	-151381	194.1	198.0
7 K-1	-55124	-152792	349.9	351.1
8 K-11	-55436	-152662	349.0	343.0
9 K-13	-55204	-152561	324.7	325.2
10 K-4	-55259	-152412	319.4	316.2
11 K-6	-55033	-152303	314.1	300.3
12 K-8	-55282	-151597	186.0	204.9
13 NO.11+7	-55322	-151260	182.0	183.5
14 TN-10-1	-54862	-152344	314.3	305.5
15 TN-10-2	-54955	-152191	291.0	290.2
16 TN-10-3	-55015	-152094	284.0	283.0
17 TN-10-4	-55130	-151993	250.6	265.6
18 TN-10-5	-55199	-151832	221.0	234.4
19 TN-10-6	-55223	-151674	227.5	217.6
20 TN-11-1	-55125	-152179	305.6	293.4
21 TN-11-2	-55076	-152327	290.4	303.6
22 TN-11-3	-54984	-152579	315.1	327.3
23 TN-11-4	-55024	-152896	316.2	338.2
24 TN-11-8	-54889	-152404	318.3	310.3
25 TN-9-10	-55433	-152595	331.3	327.9
26 TN-9-11	-55739	-152464	327.2	316.8
27 TN-9-7	-55417	-151883	223.3	251.4
28 TN-9-8	-55219	-152160	297.4	293.3
29 TN-9-9	-55122	-152485	317.6	315.2
30 Z-1	-55018	-151596	253.2	243.4
31 Z-2	-55123	-151314	216.8	230.2
32 Z-3	-55275	-150869	154.6	171.0
33 Z-6	-54958	-151766	266.6	257.0
34 Z-7	-54889	-151991	284.8	275.9

(検証範囲最高水位) 349.9 [m]
(最低水位) 154.6 [m]

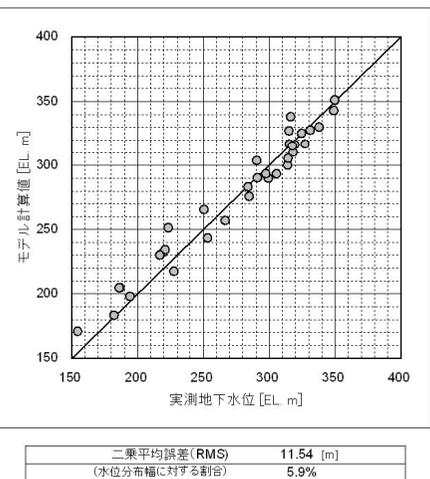
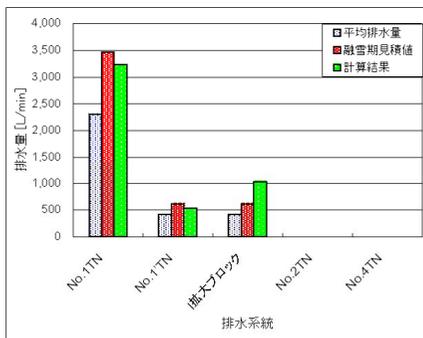


図 3.5 H12_21 (H23 結果を取り込んだモデルでの H12 水位の再現)

排除工別地下水排水量計算結果一覧

排除工	排水Bor. [本]	平均排水量 [L/min]	融雪期見積値 [L/min]	計算結果 [L/min]	計算結果 [%]
No.1TN	28	2310.0	3465.0	3228.3	93%
No.1'TN	5	412.5	618.8	533.4	86%
楕大ブロック	5	412.5	618.8	1032.4	167%
No.2TN	0	0.0	0.0	0.0	—
No.4TN	0	0.0	0.0	0.0	—
集水井_(田尻沢北)	—	—	—	2029.8	—
集水井_(田尻沢泥水沢間)	—	—	—	1108.1	—
集水井_(泥水沢南)	—	—	—	766.4	—
排水トンネル系統見積値に対する平均再現率					115%



検証対象箇所での地下水位誤差分布図

(赤丸: 計算結果が高、箇所、青丸: 低い箇所)

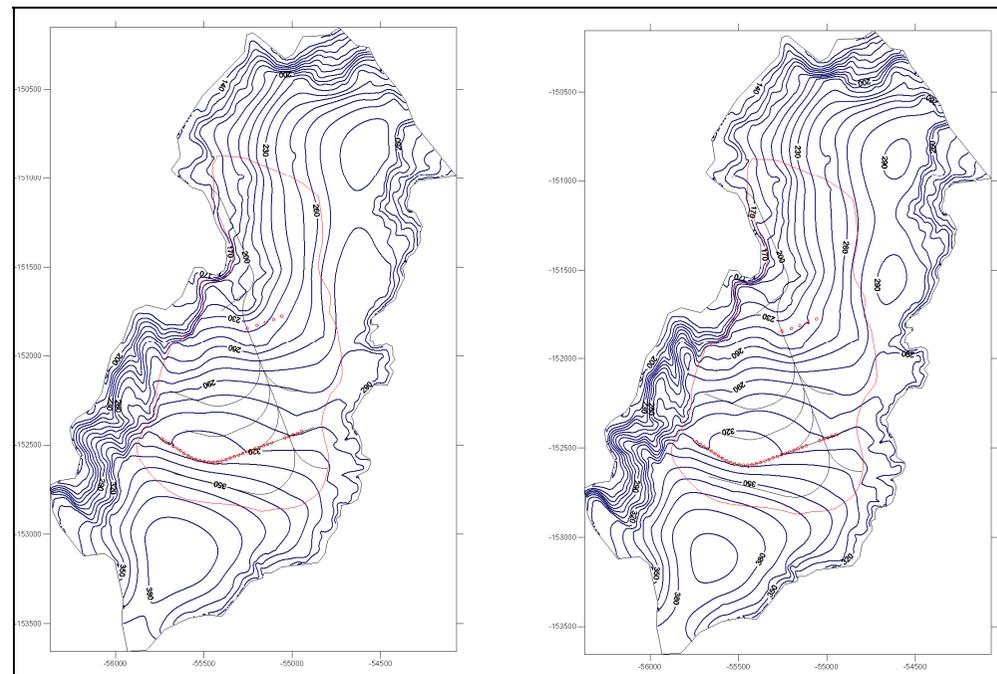
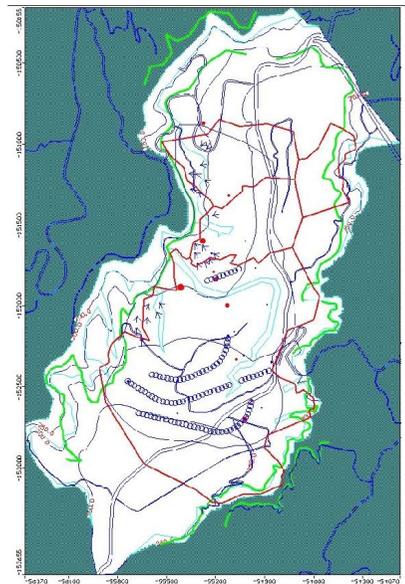


図 3.6 臨界時の水位面分布の比較