

8 全体解析

(1) 概要

全体解析は、次のような方針で行った。

1. 森林管理－シカ個体群－水・土砂の結びつきについて、サブモデル間の結びつきを前提として、各サブモデルにおけるインプットに対する反応を、5年単位で50年程度の期間で予測できるモデルを構築し、事業シナリオの評価に用いる。
2. サブモデル間の連結は、下図のような相互影響関係を前提として下草・植生の指標値を用いる。
3. 施策事業シナリオは、基本構想で提案された主要事業を実施した場合と現行の事業パターンを延長したケース、何もしないケースの3シナリオとする。
4. 施策事業シナリオの予測結果は、個別サブモデルの指標値の変化と、施策・事業の社会経済的影響として示す。
5. 平成17年度は、各種事業による水源涵養機能の変化を予測する水循環モデルの構築および、システムダイナミクスを用いた流域を単位とした森林整備－シカ－植生－土壌の相互影響モデル構築について検討し、平成18年度の本解析に備える。

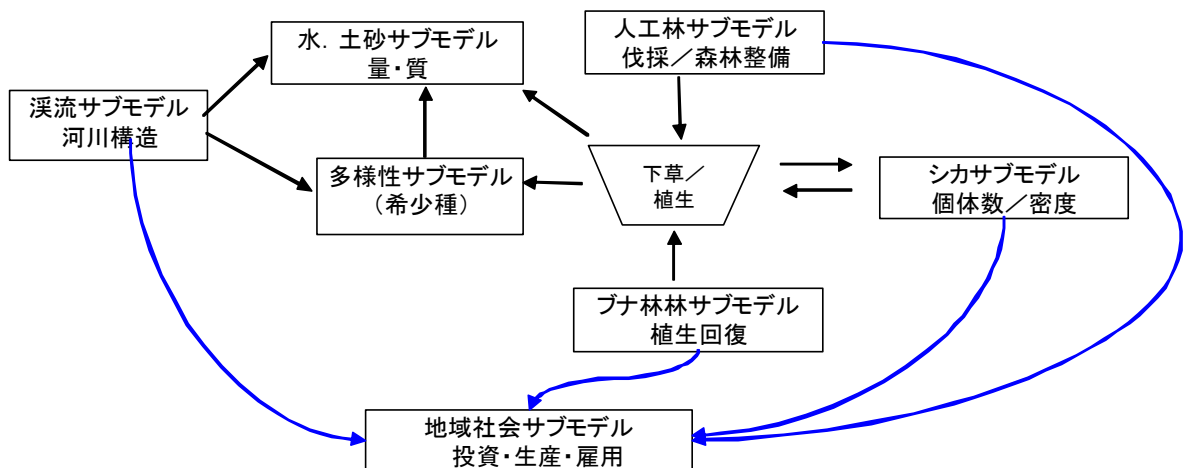


図 99 全体解析の概要

(2) 水循環モデル解析

概要：丹沢大山保全対策事業が水源地における水循環過程の実態把握と環境変化による将来予測を行うため、三次元陸水モデリングによる数値シミュレーションを実施した。平成17年度は、基本モデルの構築を行った

① 材料と方法

1) 既往資料の収集

本業務にて利用する地形・気象・土地利用と土壌・地質等に関する既往資料の収集と整理を行う。本業務の調査の対象となる資料の一覧を表38に示した。

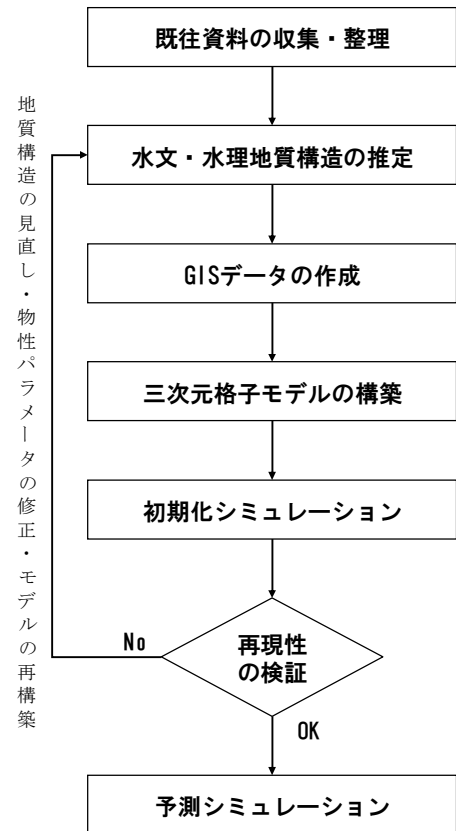


図100 モデルの手順

表38 収集した既往資料の一覧

項目 分類	データ項目	出典
地形・地質	地形データ	日本の地質3関東地方、相模川事典 かながわの自然図鑑① 表層地質図(国土交通省)
	地層・地質データ	12mDEM(受領データ)
	岩盤透水係数データ	地下水ハンドブックほか
	岩盤間隙率データ	
気象	気温データ	気象庁アメダスデータ、気温・降雨量(受領データ)
	降雨データ	
水文・水質	河川データ	1/25,000 数値地図(国土地理院)
	流量データ	神奈川県自然環境保全センター
	水質データ	
人工物	構造線・断層データ	日本の地質3関東地方、新編日本の活断層
	道路データ	1/25,000 数値地図(国土地理院)
その他	土地利用・植生・ダム	地下水マップ 第3回自然環境保全基礎調査 国土交通省水文水質データベース

2) 水文・水理地質構造の推定

収集した資料に基づき、該当区域周辺の立体的な地形構造を把握するとともに集水域を推定し、解析の対象となる範囲を設定する。解析範囲を決定した後、三次元領域の水文・水理地質構造モデルを構築する。

3) GIS データの作成

GIS（地理情報システム）を活用し、地形データに種々の空間データを入力する作業を行う。入力するデータは、河川情報、地質情報、気象情報、土地利用情報等である。

4) 三次元格子モデルの構築

三次元水文・水理地質構造モデルに対して、空間離散化を行った格子システムを作成する。三次元格子システムの作成は、以下の手順によるものとする。

ア 平面格子システムの作成

解析対象の範囲について、平面格子分割を行う。格子形状は、地形起伏や河川形状に合わせた不規則格子（コーナーポイント格子）とし、河川周辺の分割解像度を十分精緻なものとなるよう作成する。平面格子数は最大 60,000 個程度を目安とする。

イ 三次元格子システムの構築

上記で作成した平面格子システムを用いて、深度方向の格子分割を行う。格子形状は、三次元的な地層境界、地質分布を不規則格子により表現し、地表表層部分の分解解像度を十分精緻なものとなるよう作成する。深度方向の格子分割数は最大 12 層程度を目安とする。

ウ 物性データ・解析条件の基本設定

シミュレーションに用いる物性データ、解析条件（降水条件、境界条件など）等の基本設定を行う。解析格子に割り当てる主な物性データは以下のとおりとする。

- ・ 透水係数
- ・ 水相の相対浸透率（水相飽和度に対するテーブル関数として入力）
- ・ 毛細管圧力（水相飽和度に対するテーブル関数として入力）
- ・ 有効空隙率
- ・ 圧縮率
- ・ マニングの粗度係数（表面格子のみ）

5) 初期化シミュレーション

ダム貯水池を考慮した自然状態について、流況復元解析を行う。本解析は、上記で設定した基本設定に基づくものであり、与えられた格子物性、境界条件とバランスする平行流動場を求めるものである。

復元結果の再現性については、過去の観測データ（河川流量等）の入手が困難であったため、定量的な検証が困難であることが予想される。ここではモデルに与える降水データ、地形・地質、土地利用等の諸情報に基づき、流域全体の水循環を定性的に解釈することにより検証することとする。

6) 予測シミュレーション

上記で構築した平行流動場を用い、流域での表流水・地下水、流動経路、小流域の寄与等について適切な評価ができるようなケーススタディを実施する。

② 既往データの収集結果

4) 地形

図 101 に解析範囲となる流域の地形図を示す。

当該流域は、北西～南東、南西～北東に連なる丹沢山地に囲まれた神奈川県県央北部の山地地域にあり、神奈川県における最高峰の蛭ヶ岳（標高 1,673m）および標高 1,000m を超える数座の山並により区切られた流域である。

地形的には、宮ヶ瀬をはさみ、北西～南東へ同じ高さで谷が続いており、丹沢山地はこれに平行に連なっている。丹沢山地は傾動地塊をなしており、谷にも同様の線形作用が働いたものと考えられている。また、この流域には一級河川である中津川（相模川の一次支流）および早戸川（相模川の二次支流）があり、国内有数の重力式コンクリートダムである宮ヶ瀬ダムを有している。なお、早戸川には北部に位置する道志ダムから道志導水路が建設され、道志川からの水も導入されている。

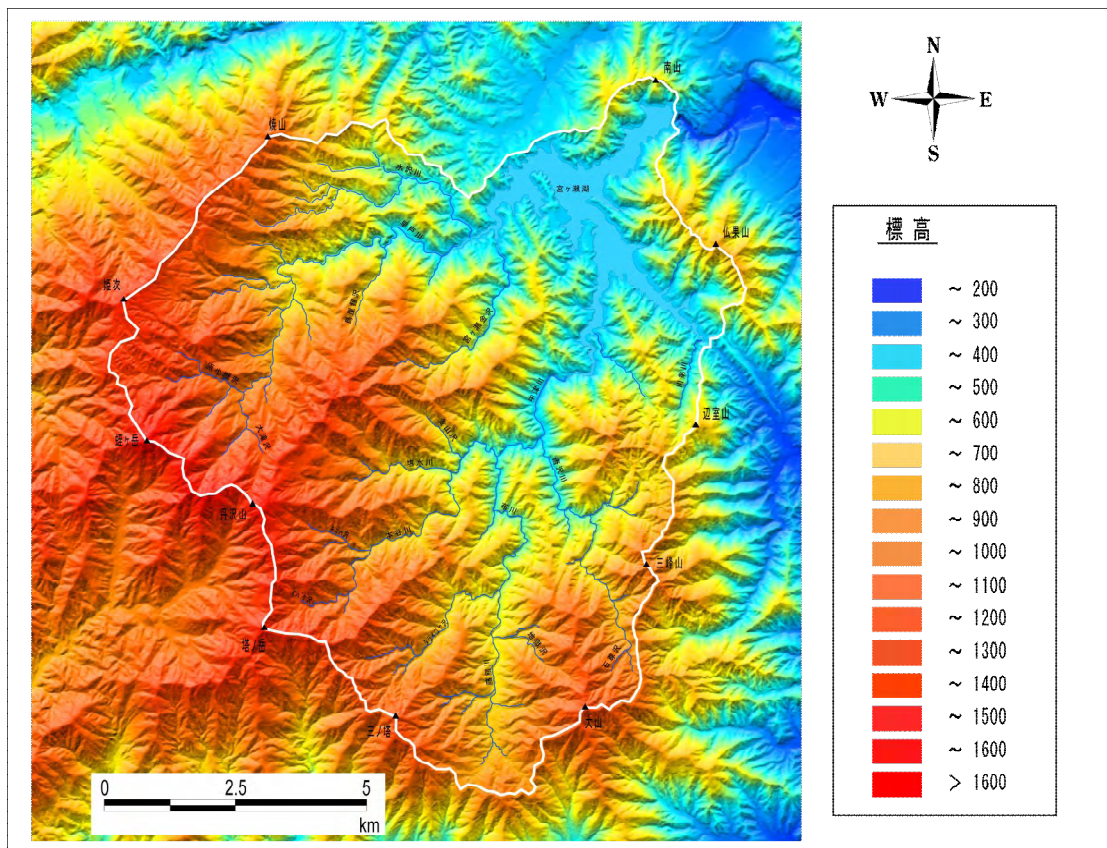


図 101 流域地形図

5) 地質

ア) 地質概要

解析流域は、相模川水系中津川の中流域、丹沢山地の北東縁部に位置している。

丹沢山地は、相模川流域の主体をなす壮年期の山地で、北および東を藤野木―愛川構造線で、南を神縄断層で限られた東西約 50km・南北約 30km の山地であり、新第三紀に海底火山から噴出した厚い火山噴出物（グリーンタフ）から成り、南部フォッサマグナ地域の東部に位置している。

丹沢地方のグリーンタフは、丹沢山地周辺の神奈川県、静岡県、山梨県に分布する新第三紀（約 2400～200 万年前）に形成された火山―堆積岩岩盤および変成岩岩盤よりなり、南部フォッサマグナの中心的な位置を占めている。この南部フォッサマグナ地域、特にその中心を占める丹沢山地はグリーンタフ地域のなかでもきわめて特殊な地域であり、次の特徴が挙げられている。

- 1) 新第三紀層の積算層厚が 10,000m 以上に達する。
- 2) 碎屑性堆積岩類に乏しく、大部分が噴出岩類からなり、その多くが塩基性～中性である。
- 3) 中央部に貫入している深成岩体（石英閃緑岩体：30×10km）の規模が大きく、岩質も変化に富んでいる。
- 4) 沸石相・プロピライト相ばかりではなく、緑色片岩相から角閃岩相におよぶ変成岩が広く分布している。

イ) 層序および地層：

解析流域にあたる丹沢山地北東部は、前期中新世～後期中新世における噴出岩盤を主体としており、その新第三系の層相は、下位から塔ヶ岳亜層群、大山亜層群、煤ヶ谷亜層群、早戸亜層群、愛川亜層群の 5 亜層群に区分することができる。その層序表を表 39 に示す。

丹沢山地北東部の地質図を図 102 に示す。図から分かるとおり、丹沢山地の新第三紀系の地層は、大局的にみると中央部の深成岩体（石英閃緑岩の複合岩体）をとりまくように東西にのびたドーム状の背斜構造をもち、中央部から外側ほど新規の地層が配置されている。また、大部分の地域で地層が中央部の深成岩体にたいして、外側へ 30°～70° 傾斜した同斜構造をなしている。しかし、深成岩体に接する地域や特定の構造帯あるいは断層の付近では、地層が直立あるいは逆転していることが確認されている（図 103 参照）。このように、丹沢山地の地層は水平・垂直方向の岩相変化が著しく、化石にとぼしい噴出岩類であり、特に下部層は 2 次変質がはげしいうえに、多数の断層による地塊化が進んでいるといわれている。

表 39 丹沢地方の層序表

地質時代		万年前	箱根・湯河原地域	西丹沢・足柄地域	小仏・東丹沢地域	大磯丘陵			
第四紀	更新世	後期	1	中央火口丘溶岩類 箱石志地層物 新緑峠山溶岩類	新緑段丘堆積物 新緑段丘層	立川口一ム層 武蔵野ローム層 下末宮ローム層	立川口一ム層 武蔵野ローム層 下末宮ローム層		
		中期	13	箱根火山岩類 古期外輪山溶岩類 湯河原火山岩類 天竺山溶岩類		新緑段丘堆積物 新緑段丘層 下末宮ローム層	相模層群 吉沢層 土層層 七国峠層 明沢層 藤沢層 下底層 雑色層 新沢層		
		前期	78		足柄層群 塩沢層 畑層 瀬戸層 日向層		相模層群 下田層 妙見層 羽根尾層 前川層		
	新第三紀	鮮新世	後期	177	須藤川安山岩類		中津層群 塩田層 大塚層 湯水層 神沢層 小沢層	足柄層群相模層	
			前期	840	早川凝灰角礫岩類				
		中新世	後期	520			丹沢層群 丹沢層群 谷太郎層 大沢層 不動沢層 湯沢川層 本谷川層 四十八瀬川層 雲沢層	鎌倉火砕岩層 大磯層 谷戸層 大磯層 谷戸層 大磯層 谷戸層 大磯層 谷戸層	
			中期	1040	湯ヶ島層群				
			前期	1630					
			前期	2330			相模湖層群 瀬戸層 権現山層		
			前期	2330					
古第三紀	漸新世	2930							
	前期	3540							
白亜紀	晩新世	5650							
	セノマニアン	8950							
	ガリック	13290			小仏層群 小伏層 釜淵川層				
	ネオコミアン	14600							

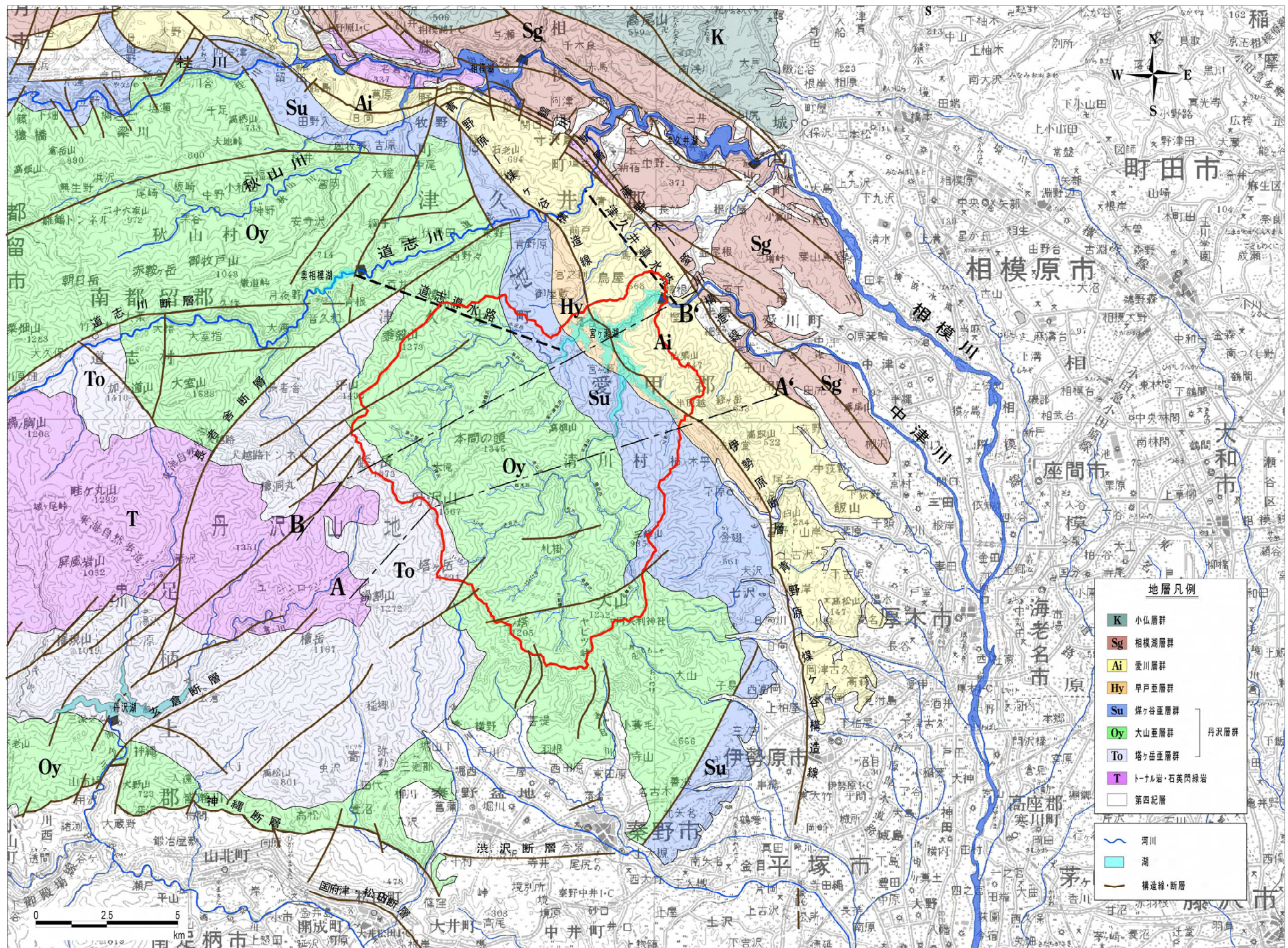


図 102 丹沢山地北東部の地質図

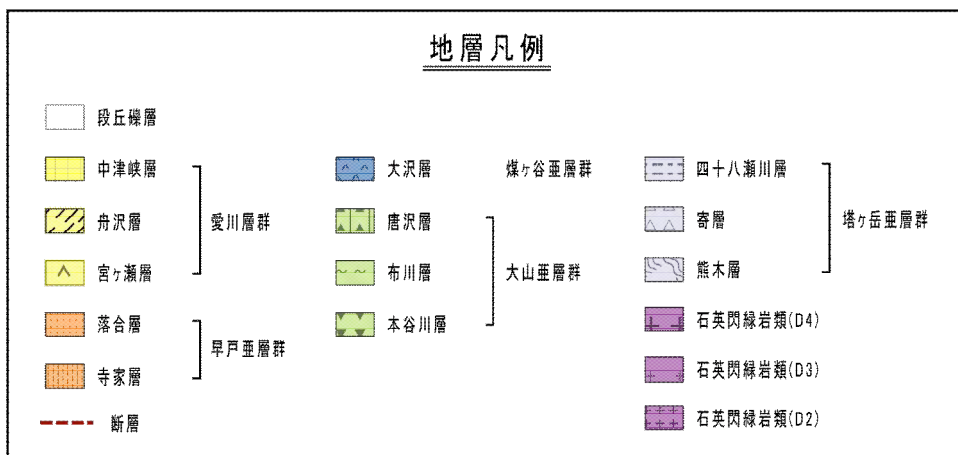
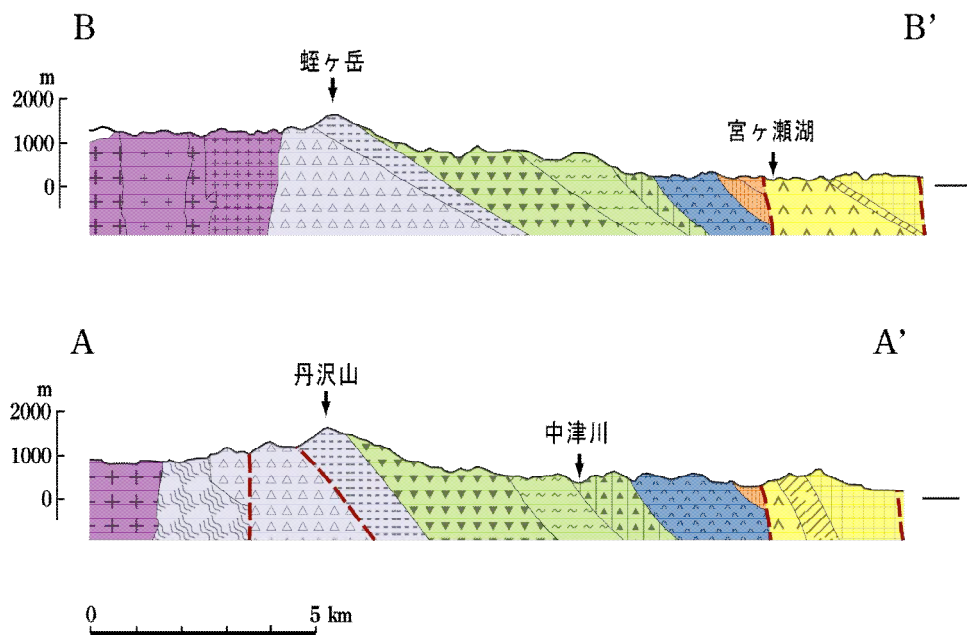


図 103 丹沢地方北東部の地質断面図

(断面位置は図 7-1-3 参照)

ウ) 地質および物性値

丹沢山地の新第三紀系は、安山岩～玄武岩質の凝灰質角礫岩・火山礫凝灰岩・凝灰岩などの溶岩および火砕岩が主体をなし、しばしば碎屑性堆積岩層（凝灰質泥岩層、石灰岩層、礫岩層、砂岩層など）が狭在する。

また、ドーム構造をなす丹沢地方のグリーンタフは、個々の露頭スケールにおいても褶曲など複雑な構造を示すことが多く、このため岩盤内には大小の亀裂が発達し、細かく破砕されていることが多い。

塔ヶ岳亜層群、大山亜層群、煤ヶ谷亜層群、早戸亜層群、愛川亜層群の各層の最大層厚は、1,500～4,000mと見込まれている。

各層相の詳細について以下に示す。

・愛川亜層群

丹沢山地東縁部に模式的に分布する新生代新第三紀中新世後期（860～560 万年前）の層相で、道志川沿岸～厚木市付近まで北西～南東に帯状に分布する。下限は青野原－煤ヶ谷構造線により、上限は藤野木－愛川構造線により境され、上下限とも不明である。層厚は2,000m以上と推測されている。

この地層は主として、類質起源の各種凝灰岩と泥岩・砂岩・礫岩よりなり、岩相変化に富んでおり、輝緑岩・安山岩・石英安山岩の小併入岩体（岩脈）により貫かれている。下位より宮ヶ瀬層・舟沢層・中津峡層に区分されている。従来、丹沢層群の上位に重なるものと推定されてきたが、寺家層・落合層が丹沢層群より分離されたことにより、丹沢層群と同時期のものであるとされる見解が示されている（見上 1958, 1978, 大田他 1986）。

表 40 愛川亜層群の推定地質物性値

地 層	主な岩相	透水係数 [cm/S]	有効空隙率 [%]
中津峡層	泥岩	$1.0 \times 10^{-8} \sim 10^{-5}$	5～10
舟沢層	安山岩質火山砂岩	$1.0 \times 10^{-8} \sim 10^{-3}$	1～7
宮ヶ瀬層	安山岩質火山角礫岩	$1.0 \times 10^{-5} \sim 10^{-4}$	1～7

・早戸亜層群

丹沢山地東部の津久井町御屋敷南方～清川村落合西方・寺家付近に模式的に分布する新生代新第三紀中新世後期～鮮新世前期（約 750～400 万年前）の層相で、北西－南東の走向で北東へ傾斜しており、その上限は青野原－煤ヶ谷構造線にて愛川亜層群と接しているため不明である。層厚は約 1,000m 程度と考えられている。

この地層は、凝灰質砂岩を伴う礫岩が主体の落合層と、泥岩および凝灰質砂岩を主体とする寺家層に区分されている。下位層である塔ヶ岳亜層群に整合すると考えられていたが、最近のナノ化石研究結果から、不整合関係であるとされている。

表 41 早戸亜層群の推定地質物性値

地層	主な岩相	透水係数 [cm/S]	有効空隙率 [%]
落合層	礫岩	$1.0 \times 10^{-5} \sim 10^{-4}$	1~7
寺家層	泥岩、凝灰質砂岩	$1.0 \times 10^{-8} \sim 10^{-5}$	0.6~7

3) 煤ヶ谷亜層群

丹沢山地東部の愛甲郡清川村の中津川沿岸を模式地とし、津久井町青野原～清川村宮ヶ瀬西方～厚木市七沢を経て、秦野市弘法山付近まで分布する新生代新第三紀中新世中期（約 1,300～850 万年前）の層相で、北西－南東の走向をもち、層厚は約 1,800m 程度とされている。

この地層は、下位から、火山礫凝灰岩を主とする不動尻層、層理のよく発達した玄武岩質～安山岩質凝灰質泥岩～砂岩を主とする大沢層およびデイサイト質砂岩、凝灰岩質砂岩を主とする谷太郎層に区分されている。なかでも、大沢層はタービライト（乱泥流により深海に運ばれて堆積した堆積物）による互層を主体とされている。

表 42 煤ヶ谷亜層群の推定地質物性値

地層	主な岩相	透水係数 [cm/S]	有効空隙率 [%]
不動尻層	火山礫凝灰岩	$1.0 \times 10^{-6} \sim 10^{-5}$	1~7
大沢層	安山岩質凝灰質泥岩	$1.0 \times 10^{-8} \sim 10^{-3}$	1~7
谷太郎層	凝灰岩質砂岩	$1.0 \times 10^{-8} \sim 10^{-3}$	1~7

・ 大山亜層群

丹沢山地のほぼ中央部の愛甲郡清川村の中津川・早戸川沿岸を模式地とし、津久井町早戸川流域・清川村唐沢川や布川流域・大山周辺～沢山東方・塔ヶ岳東方に分布する新生代新第三紀中新世中期の層相で、北北西－南南東の走向を持ち、北東へ傾斜する。大局的にみると、畦ヶ丸山付近に分布する石英閃緑岩類を、塔ヶ岳亜層群をはさみ、とりまくように分布し、ドーム状の構造をしている。また、層厚は約 4,000 程度とされている。

この地層は、下位より、安山岩質～玄武岩質の各種凝灰岩からなる本谷川層および唐沢川層に区分されている。本谷川層は、石英安山岩質凝灰岩・塩基性の凝灰岩を含み、唐沢川層は、石英安山岩質岩片やチャート様泥岩礫を含むのが特徴である。下位の塔ヶ岳亜層群とは、泥質岩の異質礫や石英安山岩質岩片を含むこと、各閃石英山岩の岩脈・岩床を伴う点で区分されている。

表 43 大山亜層群の推定地質物性値

地層	主な岩相	透水係数 [cm/S]	有効空隙率 [%]
本谷川層	安山岩質凝灰岩	$1.0 \times 10^{-6} \sim 10^{-5}$	1～7
唐沢川層	安山岩質凝灰岩	$1.0 \times 10^{-6} \sim 10^{-5}$	1～7

・塔ヶ岳亜層群（四十八瀬川層）

塔ヶ岳亜層群の一累層であり、秦野市大倉北の四十八瀬川沿岸を模式地とし、丹沢山・塔ヶ岳・秦野市勘七沢や松田町寄沢などに分布する新生代新第三紀中新世前期～中期（約 1,700～1,600 万年前）の地層で、丹沢山地中央部の石英閃緑岩類をとりかこむように分布し、ドーム状の構造をしている。下限は、中央部の石英閃緑岩体により貫入されて不明である。また、層厚は約 3,000m 以上とされている。

この地層は、安山岩質砂岩および角礫岩を主体とし、下位層である寄沢層と類似しているが、玄武岩～石英安山岩質の細粒～粗粒の凝灰岩がやや卓越していることから分類されている。

表 44 塔ヶ岳亜層群（四十八瀬川層）の推定地質物性値

地層	主な岩相	透水係数 [cm/S]	有効空隙率 [%]
四十八瀬川層	安山岩質砂岩	$1.0 \times 10^{-8} \sim 10^{-3}$	1～7

6) 気象

図 105 および図 106 に各気象観測位置における気温および降水量の観測結果を示す。また、観測された気温、降水量データからハーモン式を用いて算定された蒸発散量を図 107 に示す。図 105 から分かるとおり、日本の全国平均降水量(約 1,700mm)と比較すると、降水量がかなり多いことが分かる。

なお、図 104 に各気象観測場所の位置を示す。

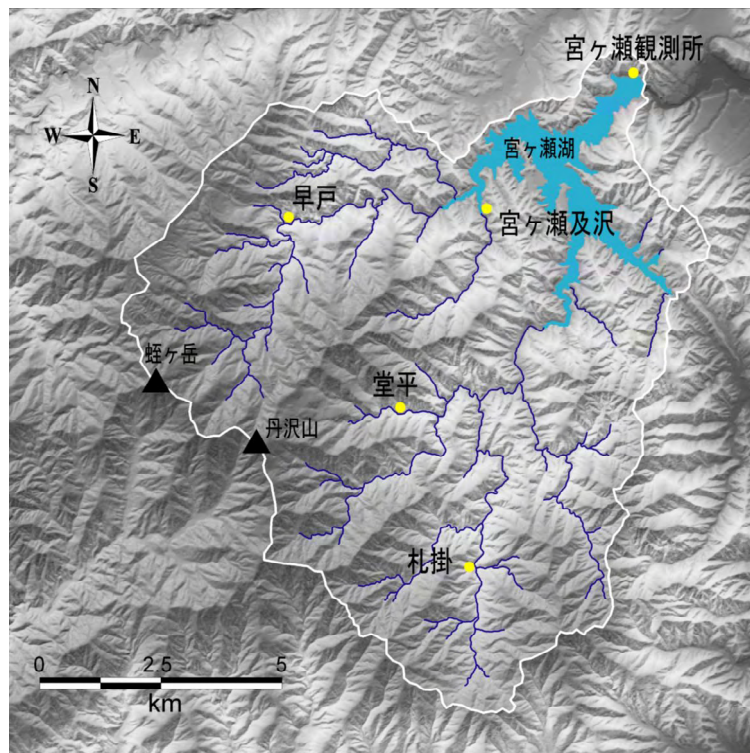


図 104 気象観測位置図

表 45 気象観測位置情報

観測所名	緯度 [N]	東経 [E]	標高 [m]
宮ヶ瀬管理所	35° 32' 38"	139° 14' 58"	290
宮ヶ瀬及沢	35° 31' 35"	139° 13' 27"	317
札掛	35° 28' 20"	139° 12' 23"	720
堂平	35° 28' 54"	139° 10' 53"	877
早戸	35° 31' 05"	139° 09' 48"	720

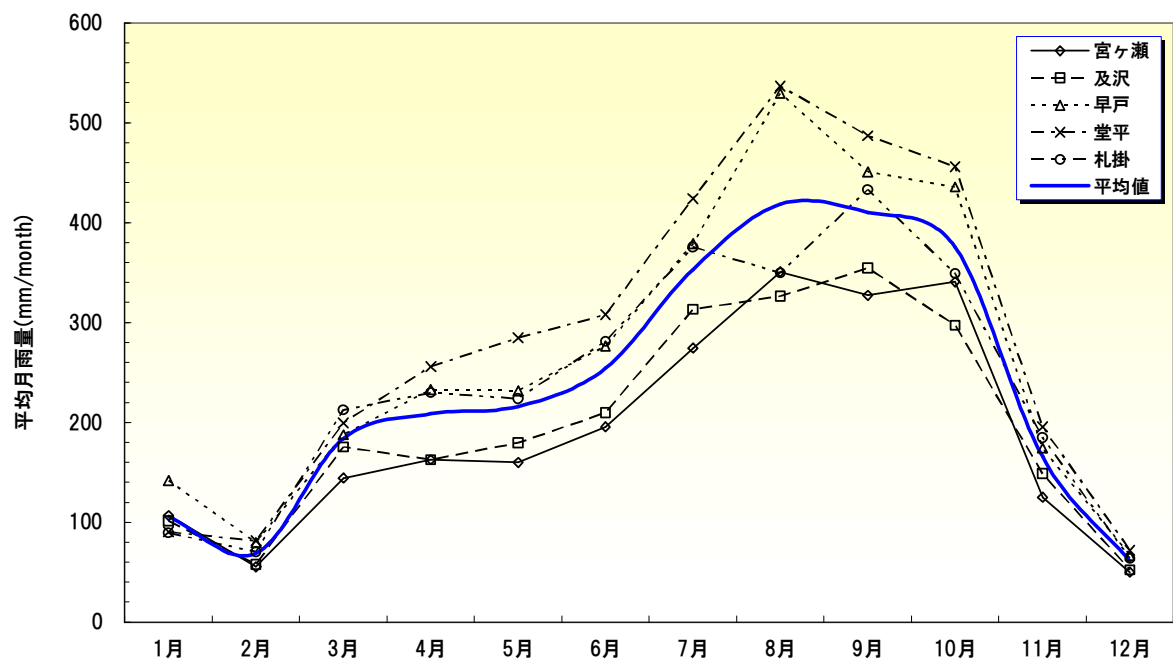


図 105 降水量観測結果

表 46 降水量観測結果

項目 月	観測位置					平均月雨量 [mm/month]	平均日雨量 [mm/day]
	宮ヶ瀬	及沢	早戸	堂平	札掛		
1月	106.50	101.10	141.63	90.25	89.50	105.80	3.413
2月	55.38	57.85	79.75	81.50	70.50	69.00	2.464
3月	144.25	175.35	187.75	199.38	212.50	183.85	5.930
4月	162.50	162.68	232.63	255.88	229.55	208.65	6.955
5月	159.88	179.45	231.63	284.50	223.73	215.84	6.962
6月	195.63	209.55	276.13	307.88	281.09	254.05	8.468
7月	274.38	312.95	378.75	423.88	375.64	353.12	11.391
8月	350.75	326.36	529.38	536.50	349.55	418.51	13.500
9月	327.13	354.32	450.63	486.88	432.82	410.35	13.678
10月	340.50	297.14	435.50	455.88	349.09	375.62	12.117
11月	124.88	148.64	174.13	195.50	184.64	165.55	5.518
12月	50.13	52.45	67.00	71.88	63.73	61.04	1.969
年平均	190.99	198.15	265.41	282.49	238.53	235.11	7.730

【統計期間：1998.1～2005.12】

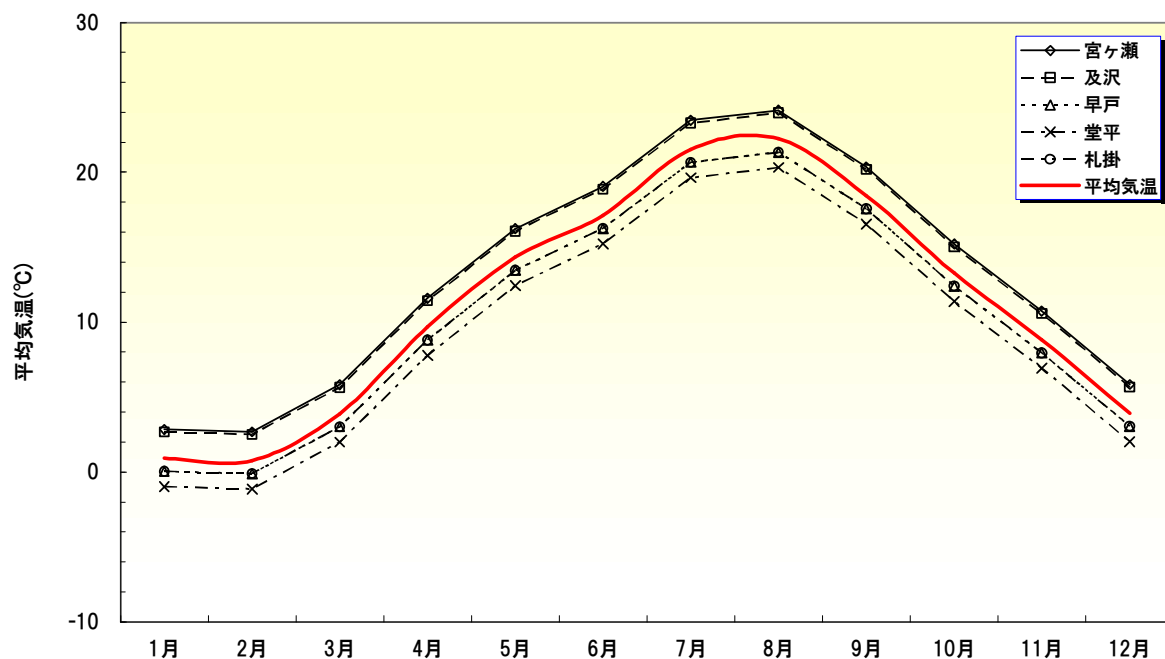


図 106 気温観測結果

表 47 気温観測結果

項目 月	観測位置					平均気温 [°C]
	宮ヶ瀬	及沢	早戸	堂平	札掛	
1月	2.84	2.66	0.04	-0.98	0.04	0.92
2月	2.68	2.50	-0.12	-1.14	-0.12	0.76
3月	5.82	5.64	3.03	2.00	3.03	3.90
4月	11.59	11.42	8.80	7.78	8.80	9.68
5月	16.24	16.07	13.45	12.43	13.45	14.33
6月	19.05	18.87	16.25	15.23	16.25	17.13
7月	23.46	23.28	20.67	19.64	20.67	21.54
8月	24.14	23.97	21.35	20.33	21.35	22.23
9月	20.35	20.18	17.56	16.54	17.56	18.44
10月	15.19	15.02	12.40	11.38	12.40	13.28
11月	10.74	10.57	7.95	6.93	7.95	8.83
12月	5.84	5.67	3.05	2.03	3.05	3.93
年平均	13.16	12.99	10.37	9.35	10.37	11.25

【統計期間：1993.10～1999.9】

(表中「堂平」以外は気温減率による補正を実施)

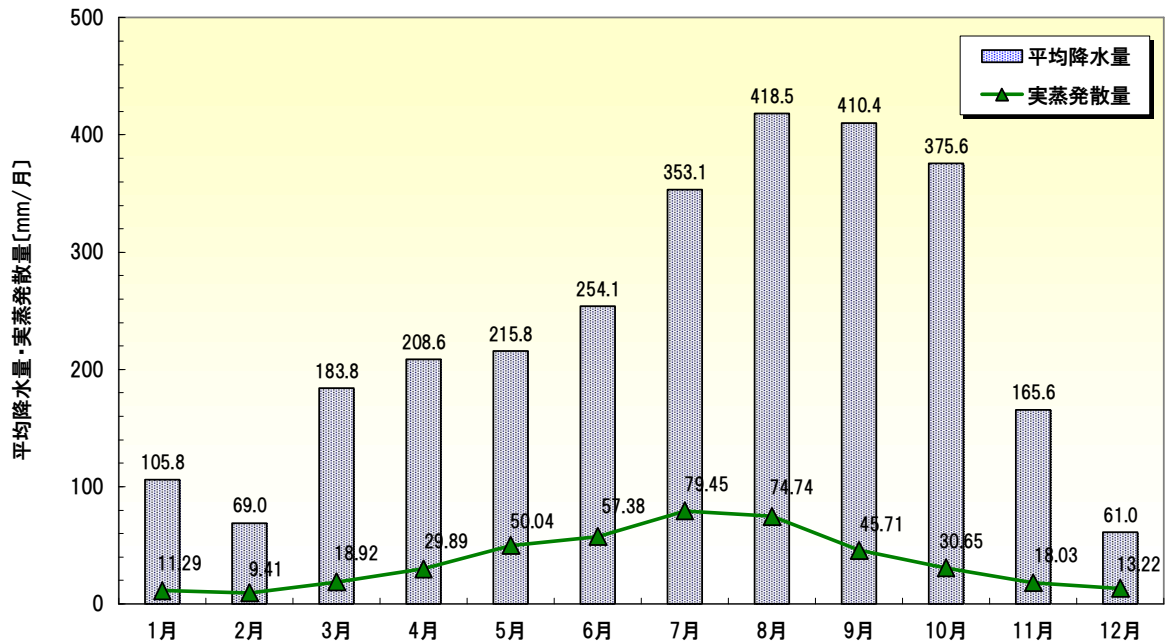


図 107 月平均降水量および実蒸発散量

表 48 月平均降水量および実蒸発散量

項目 月	日照時間 D0[h/12]	平均気温 T[°C]	飽和水蒸気圧 Ep[hPa]	飽和絶対湿度 Pt[g/m3]	蒸発散性能 [mm/d]	実蒸発散量		平均降水量		可能涵養量 [mm/d]
						[mm/month]	[mm/d]	[mm/month]	[mm/d]	
1月	0.88	0.9	6.53	5.17	0.56	11.29	0.36	105.8	3.413	3.048
2月	0.85	0.8	6.45	5.11	0.52	9.41	0.34	69.0	2.464	2.128
3月	1.03	3.9	8.07	6.32	0.94	18.92	0.61	183.8	5.930	5.320
4月	1.09	9.7	12.01	9.21	1.53	29.89	1.00	208.6	6.955	5.959
5月	1.2	14.3	16.32	12.32	2.48	50.04	1.61	215.8	6.962	5.348
6月	1.2	17.1	19.53	14.60	2.94	57.38	1.91	254.1	8.468	6.556
7月	1.22	21.5	25.70	18.92	3.94	79.45	2.56	353.1	11.391	8.828
8月	1.16	22.2	26.80	19.69	3.71	74.74	2.41	418.5	13.500	11.089
9月	1.03	18.4	21.21	15.78	2.34	45.71	1.52	410.4	13.678	12.155
10月	0.97	13.3	15.24	11.55	1.52	30.65	0.99	375.6	12.117	11.128
11月	0.87	8.8	11.34	8.73	0.92	18.03	0.60	165.6	5.518	4.917
12月	0.86	3.9	8.09	6.33	0.66	13.22	0.43	61.0	1.969	1.543
								日平均	7.730	6.502

7) 宮ヶ瀬ダムに関するデータ

宮ヶ瀬ダムは、東京の都心から約 50km、横浜や川崎の市街地から約 40km の大都市近郊に位置し、神奈川県ほぼ中央を流れる一級河川相模川に注ぐ支流のひとつ、中津川に建設された大規模な重力式コンクリートダムであり、ダム提高さが 156m、

総貯水量が約 2 億 m³ で、首都圏最大のダムである。

宮ヶ瀬ダムの目的は、「洪水調節」、「流水の正常な機能の維持」（ダム下流の河川の水量等を調節）、「水道用水の供給」（1日最大 1,300 千 m³）、「発電」（最大出力 24,200kw および 1,200kw）であり、幅広い役割をもっている。

表 49 および表 50 にそれぞれ宮ヶ瀬ダムの基本諸元および貯水池の諸元を示す。表 50 から分かるように宮ヶ瀬ダム貯水池の流域面積は 213.9km² であり、有効貯水量は 183 百 m³ である。

図 108 および図 109 は、それぞれ宮ヶ瀬ダムの流入量・放出量、貯水位を示したものである（統計期間：2001 年 1 月～2003 年 12 月）。図から、降水量に応じてダムへの流入量の変動していることや、夏季に貯水量が減少し、冬季に貯水量が増加していることが分かる。

表 49 宮ヶ瀬ダムの基本諸元

型 式	重力式コンクリートダム
位 置	北緯35度32分36.21秒 東経139度14分59.86秒
堤 高	156m
堤 長	375m
堤 体 積	2,000,000m ³ （コンクリート）

表 50 宮ヶ瀬ダム貯水池の諸元

水 系 名	相模川水系
河 川	中津川
流域面積	集水面積 101.4km ² 間接流域 112.5km ² （合計 213.9km ² ）
湛水面積	460ha
水 位	サーチャージ水位 EL 286.00m 常時満水位 EL 286.00m 最低水位 EL 206.00m 予備放流水位 EL 284.00m（非洪水期） 制限水位 EL 275.50m（1次制限）
容 量	総貯水容量 193,000,000m ³ 有効貯水量 183,000,000m ³ 洪水調節容量 45,000,000m ³ （洪水期又は設定なし） 利水容量 138,000,000m ³ （洪水期又は設定なし）
目 的	洪水調整 流水の正常な機能の維持 水道用水 発電

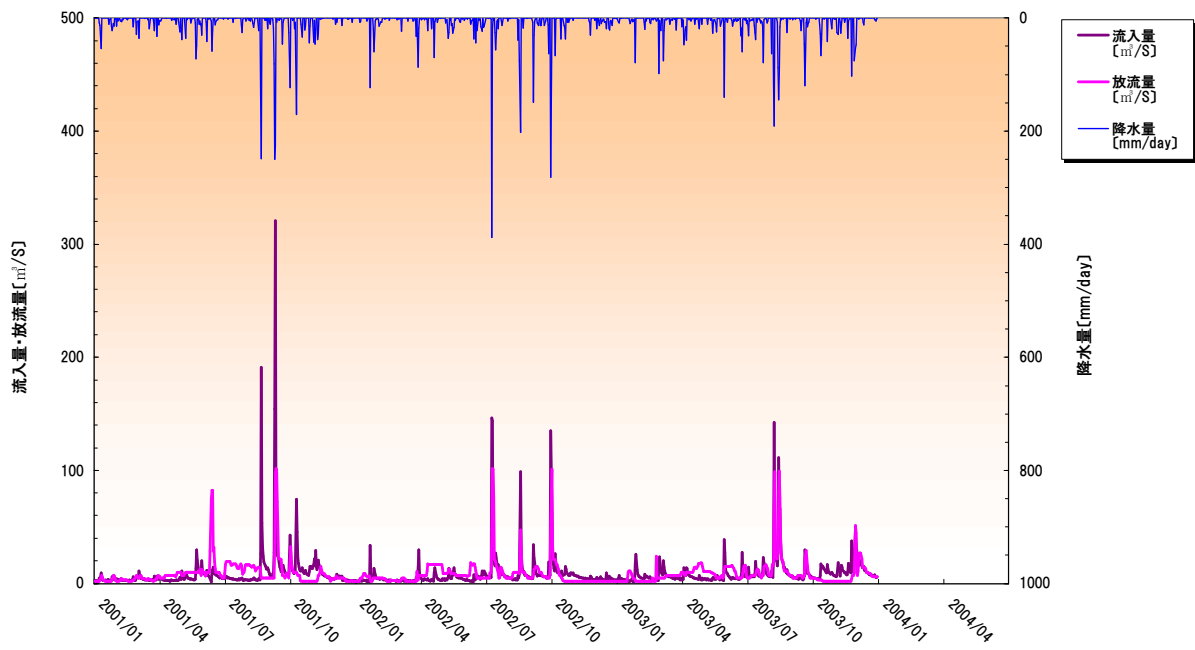


図 108 宮ヶ瀬ダム の 流入量・放出量 と 降水量
 (流入量・放出量は国土交通省「水文水質データベース」より)

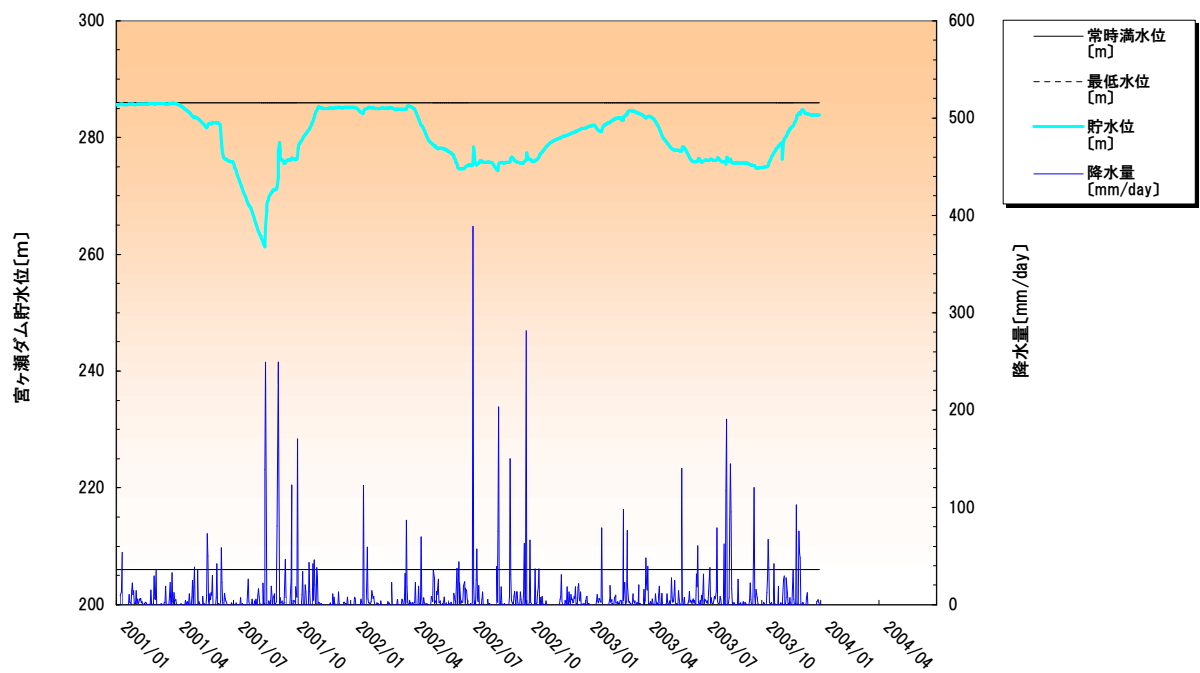


図 109 宮ヶ瀬ダム の 貯水位 と 降水量
 (貯水位は国土交通省「水文水質データベース」より)

7) 土地利用

土地の利用形態に関しては、「神奈川県林政情報システムデータコード」に基づき、下表 51 に示すように分類した。図 110 は、その分類結果を示したものである。図からわかるように、解析範囲は大部分が森林を占めており、山岳地（丹沢山、蛭ヶ岳等）に近づくにつれ崩壊地が多くなり、市街地・農耕地が少ないことが分かる。

表 51 土地利用の分類

No.	分類型	適要
1	森林	杉,檜,松,針葉樹林,広葉樹,竹林
2	草地	草地,その他緑地
3	伐採地	伐採地,碎石場,採土場
4	崩壊地	崩壊地,荒廃溪流
5	ダム湖	ダム湖
6	市街地・農耕地	森林以外

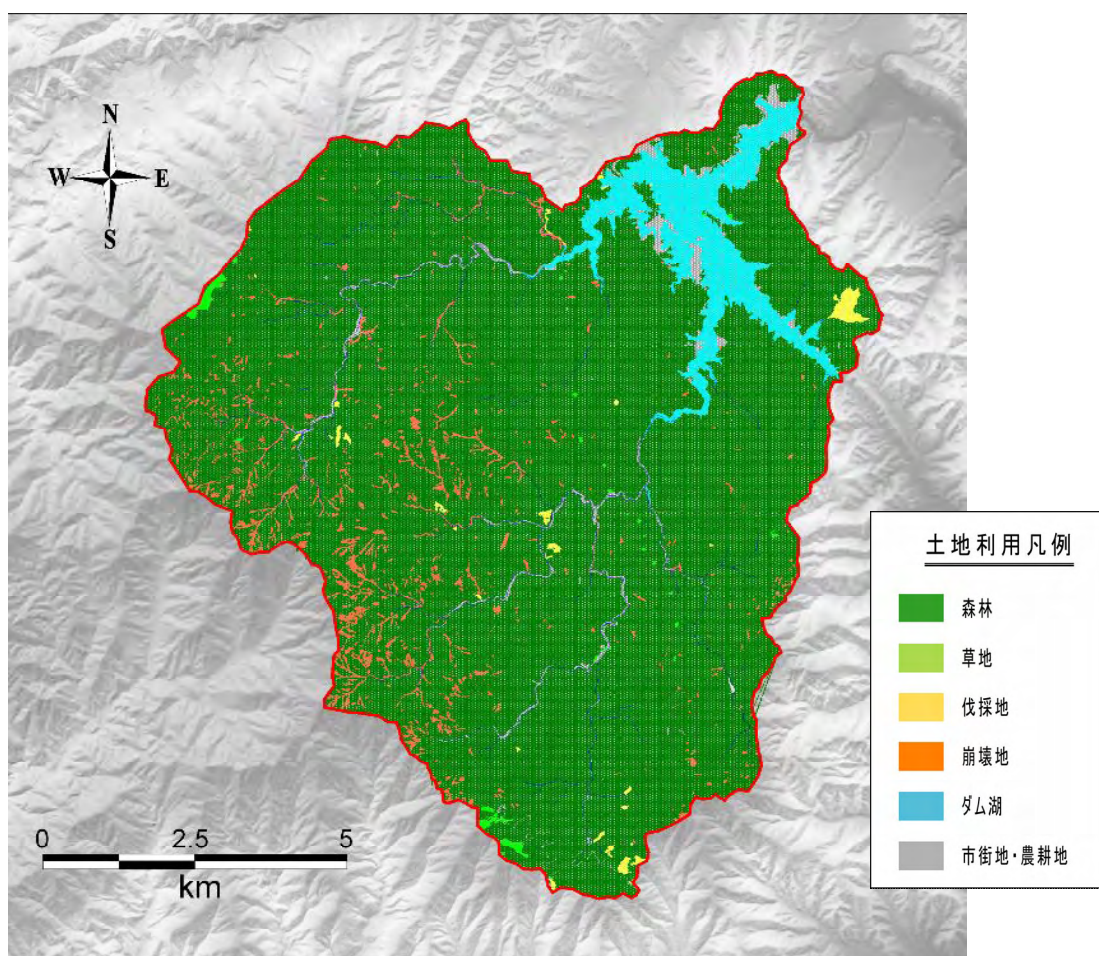


図 110 土地利用データの分類

③ 三次元格子モデルの作成

1) 解析領域の設定

解析領域は、図 111 に示すように宮ヶ瀬ダムの流域である部分から丹沢山系の尾根まわりを設定する。宮ヶ瀬ダムの直接集水域を包含する東西約 12km、南北約 13.5km とする。

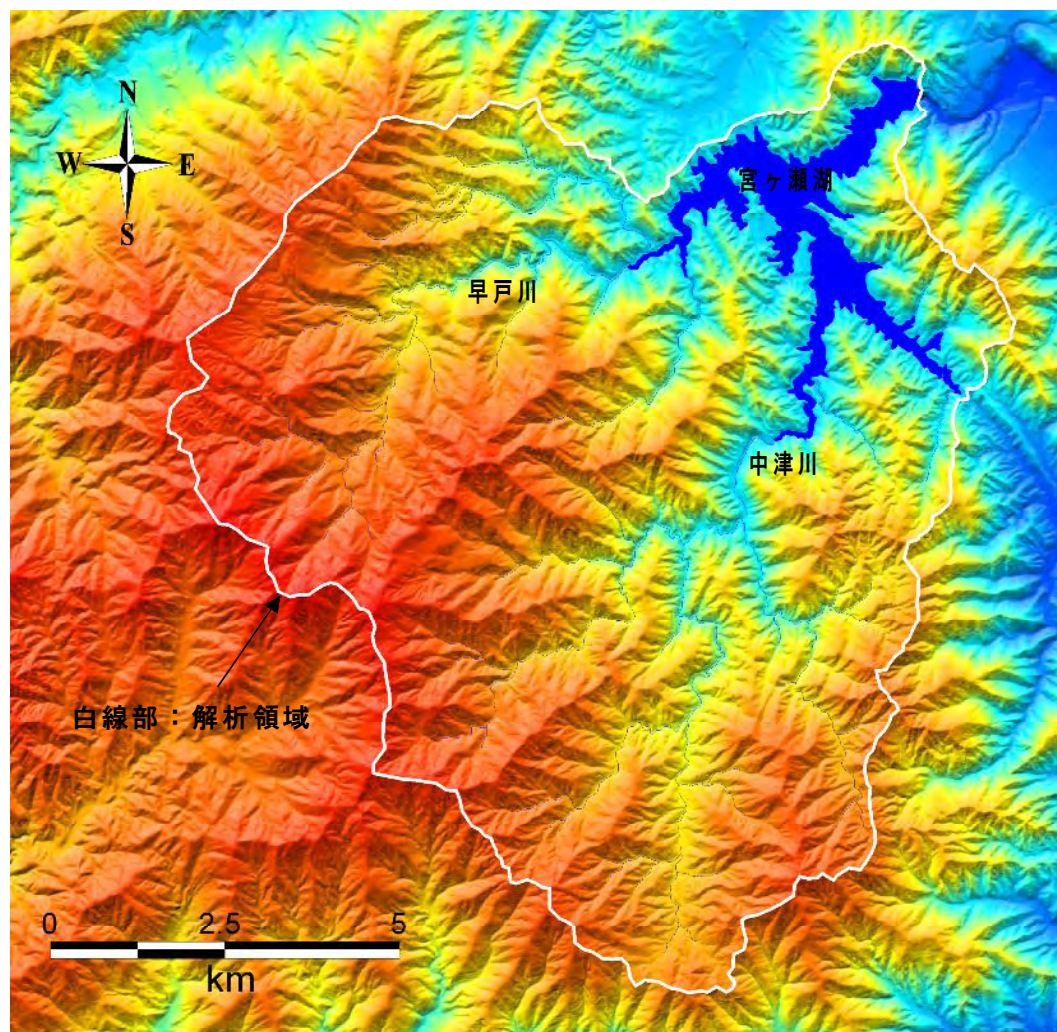


図 111 解析領域

2) 平面格子モデルの作成

図 112 は、平面格子システムを示したものである。分水嶺や河川形状をできるだけ表現し、河川周辺の格子分割を精緻におこない、地質区分や土地利用を適切に表現できるように作成した。

格子分割は、東西方向に 251 分割、南北方向に 276 分割の全 69,276 格子であり、

格子のサイズは 4~500m の範囲となった。

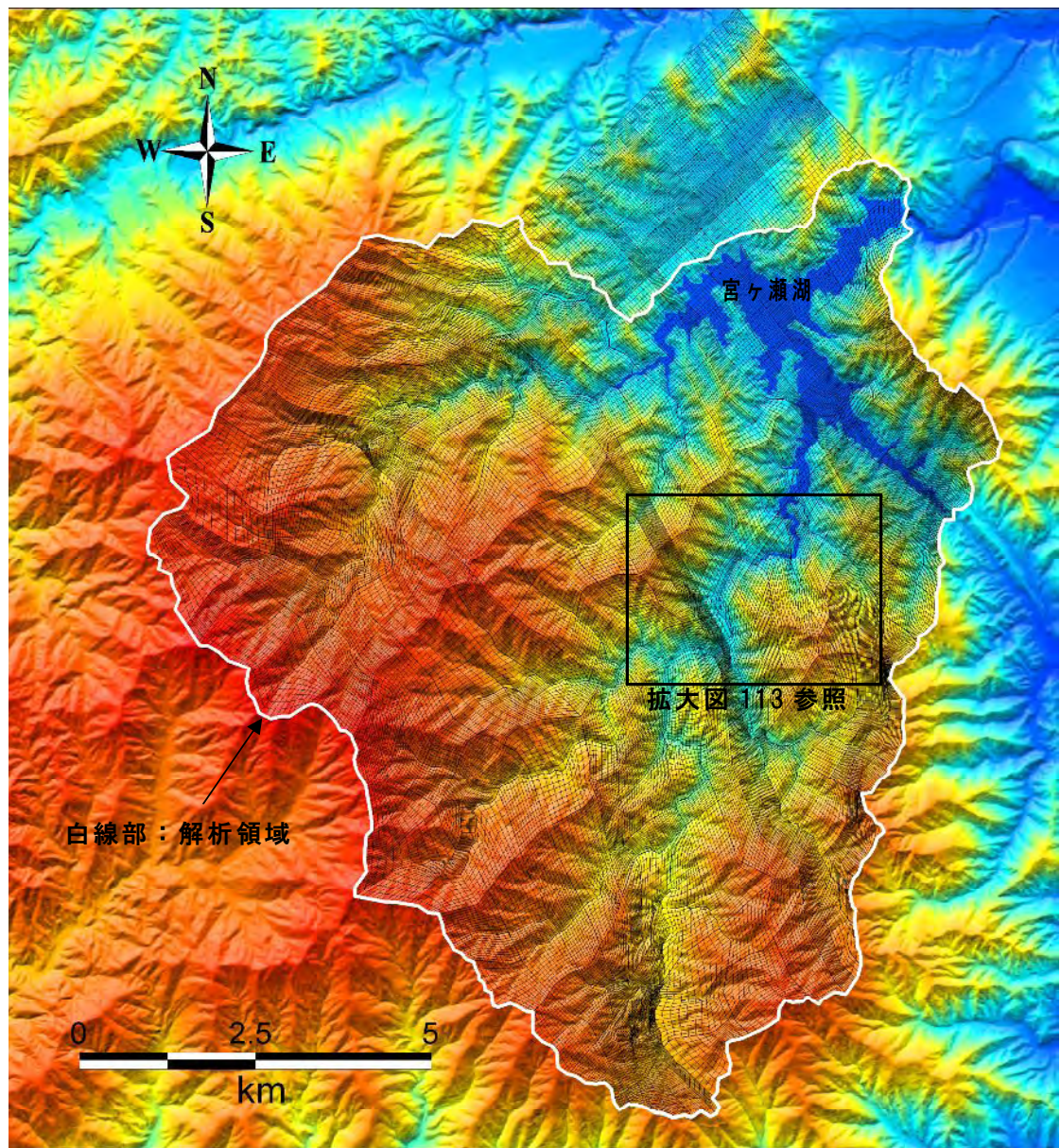


図 112 平面格子システム(全体格子数 $251 \times 276 = 69,276$)

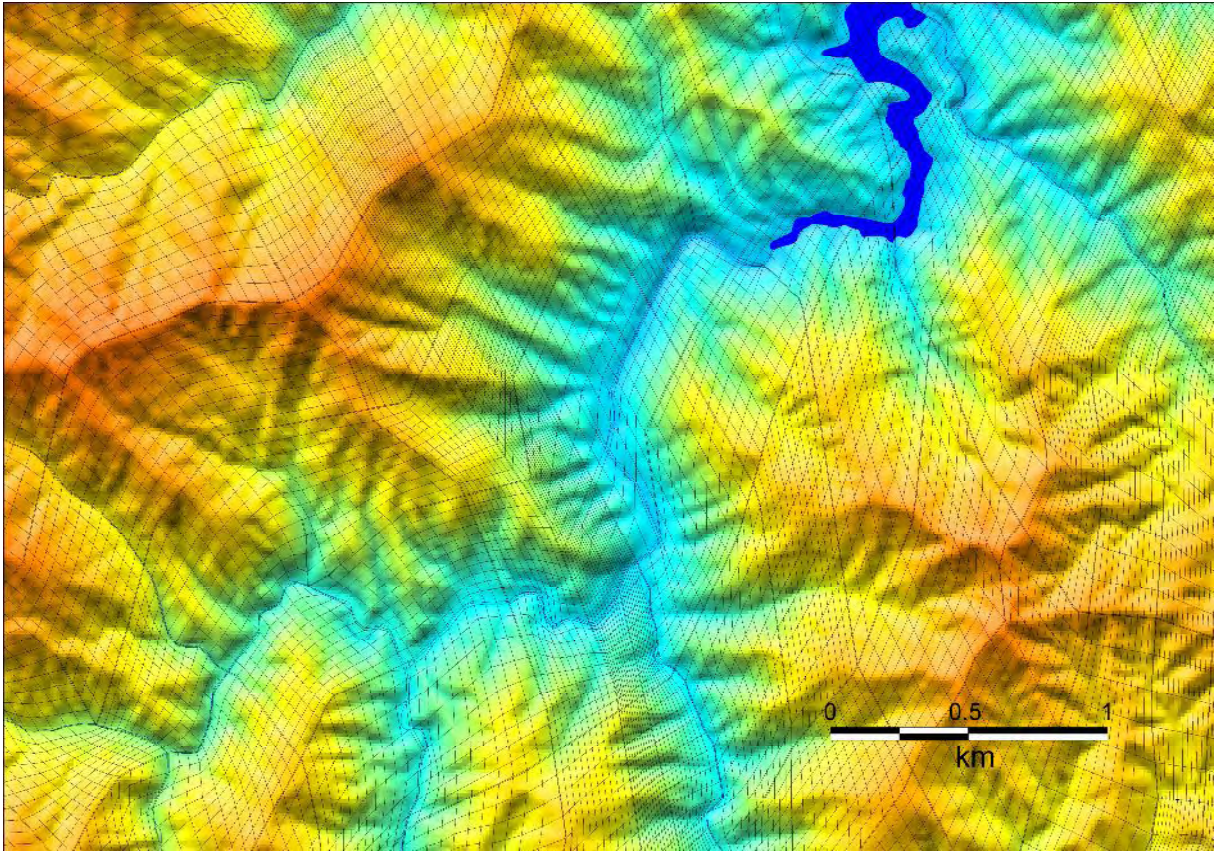


図 113 平面格子システム(拡大)

④ 平面格子への各物性の割当

地質： 図 114 は現状に合うように区分けした地質区分を示したものである。これをできるだけ表現できるように平面格子へ割り当てた。図 115 はその結果を示したものである。

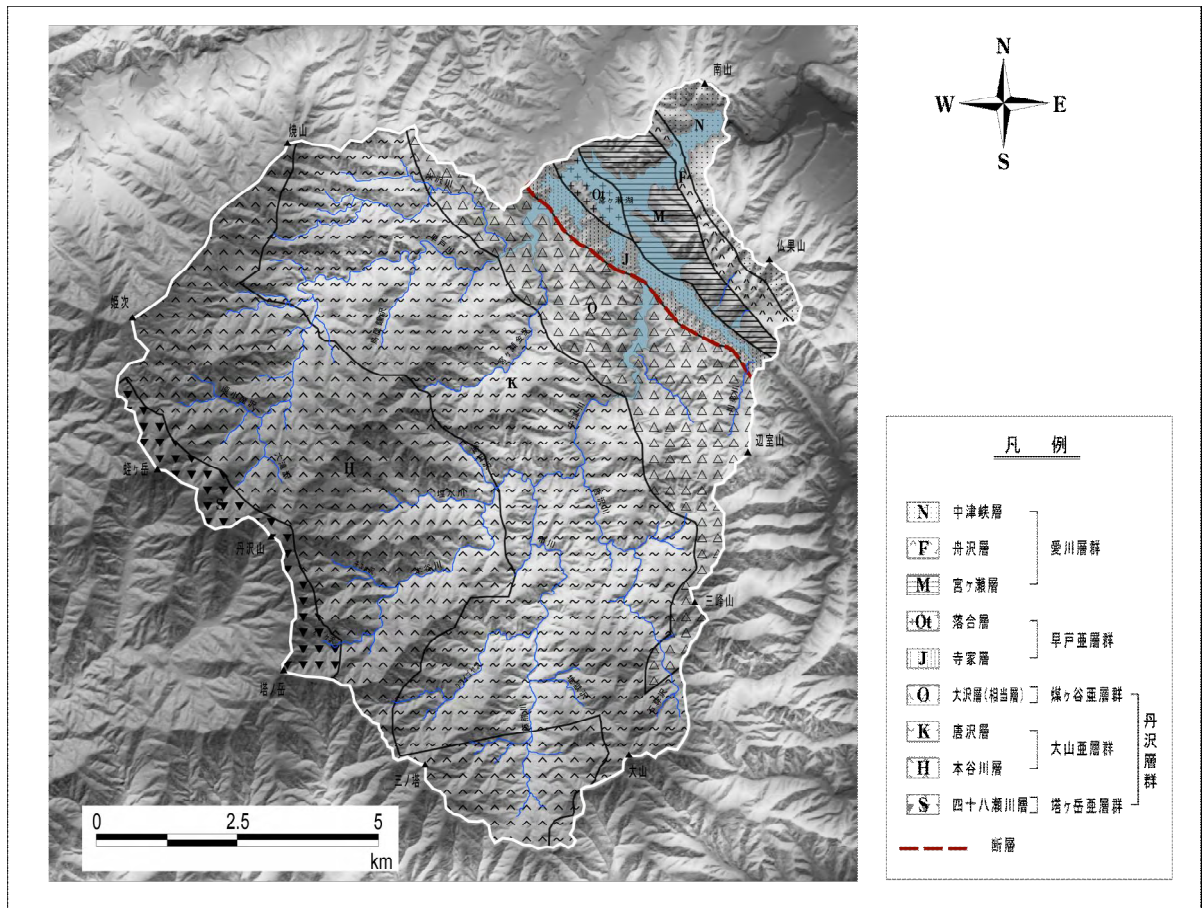


図 114 地質区分

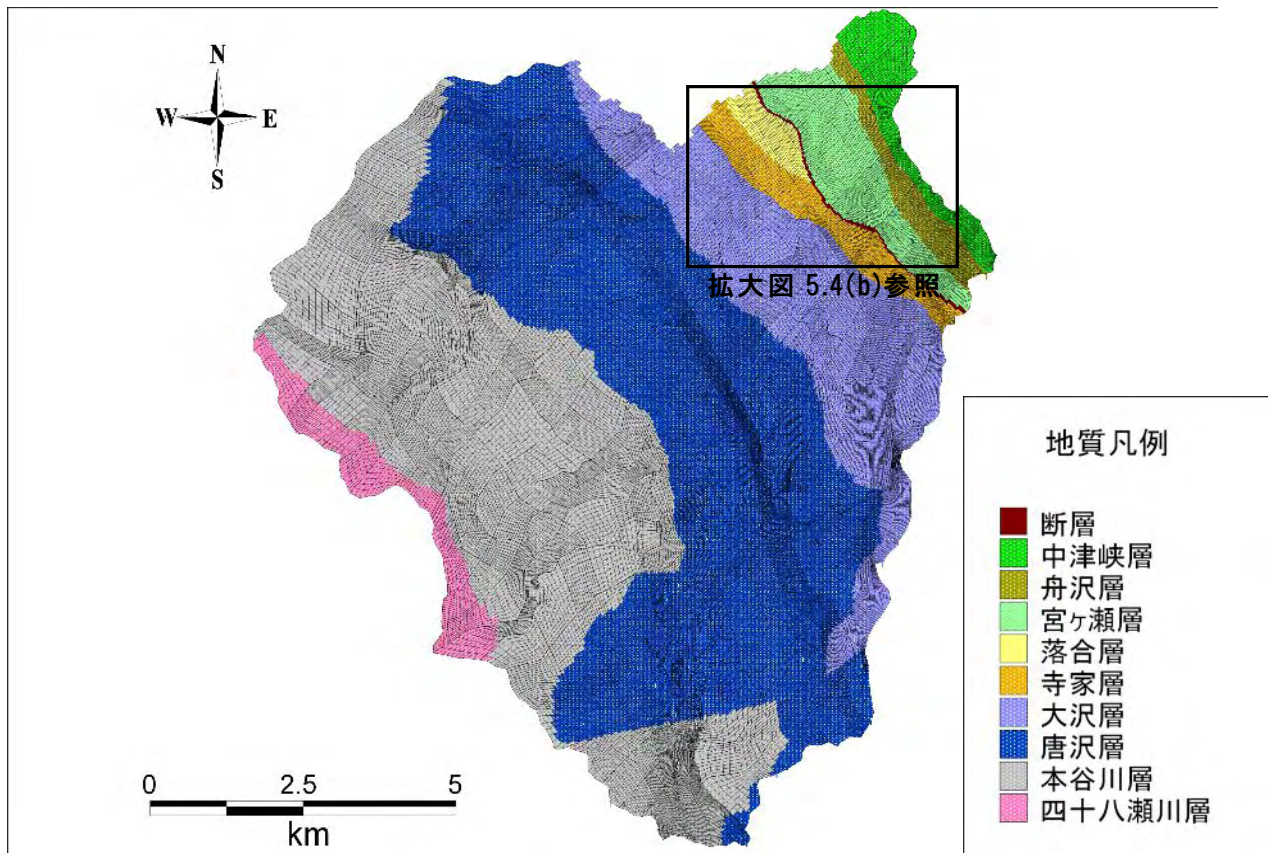


図 115 平面格子への地質区分の割当て

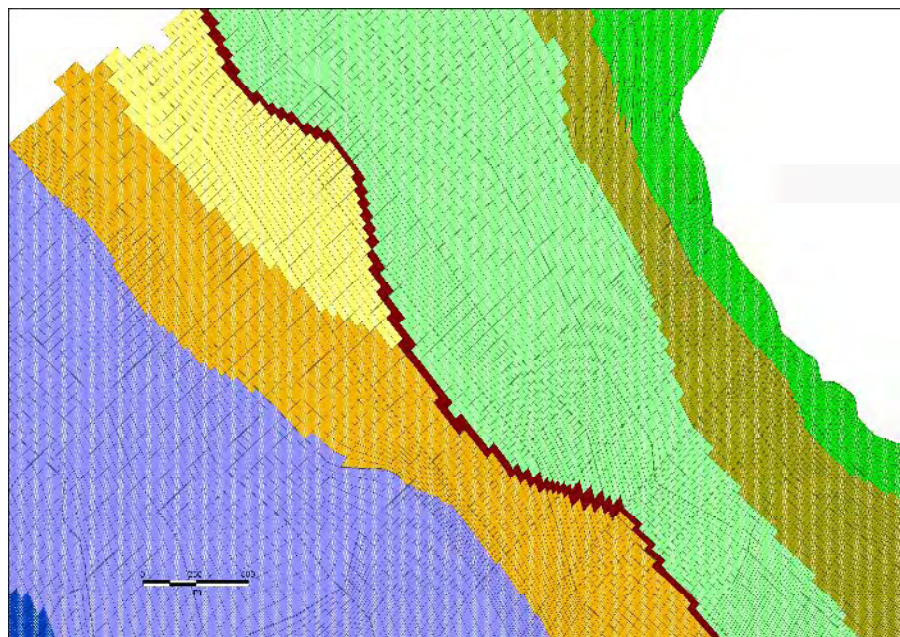


図 116 平面格子への地質区分の割当て(拡大)

土地利用： 先に示した図 110 の土地利用の区分をできるだけ表現できるように、平面格子へ土地利用区分を割り当てた。図 117 はその結果を示したものである。

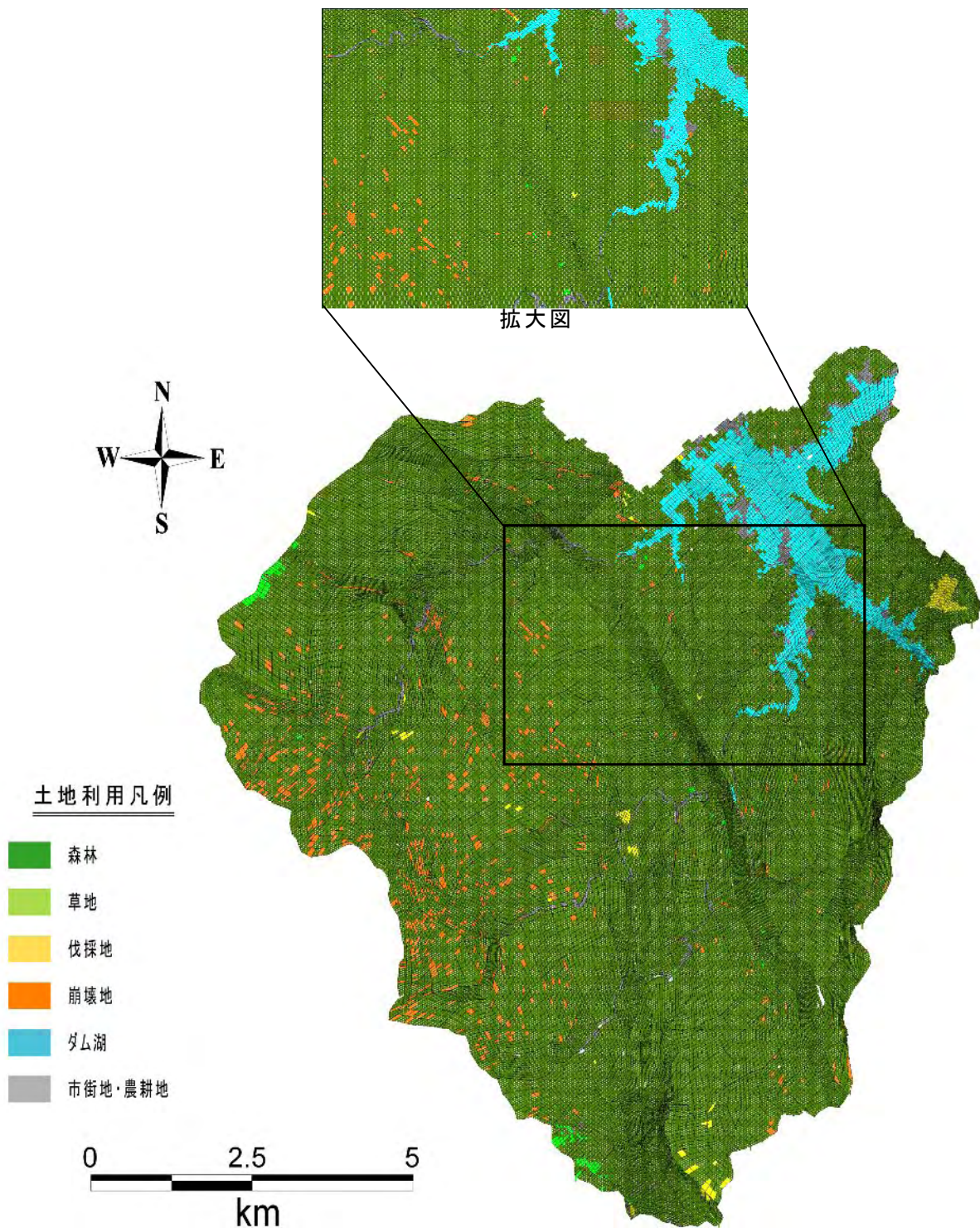


図 117 平面格子への土地利用区分の割当て

三次元格子システムの作成： 三次元格子システムは、平面格子を深度方向に引き伸ばすことにより作成する。図 118 に三次元格子システムの鳥瞰図を示す。平面格子に対して標高-2,000m までを 12 分割し、表層近くを細分化し、深度方向に次第に大きくなるよう格子分割を行った。深度方向の格子分割（層厚）は、最小で、1.0m、最大で約 1,500m であり、総格子数は、831,312 である。

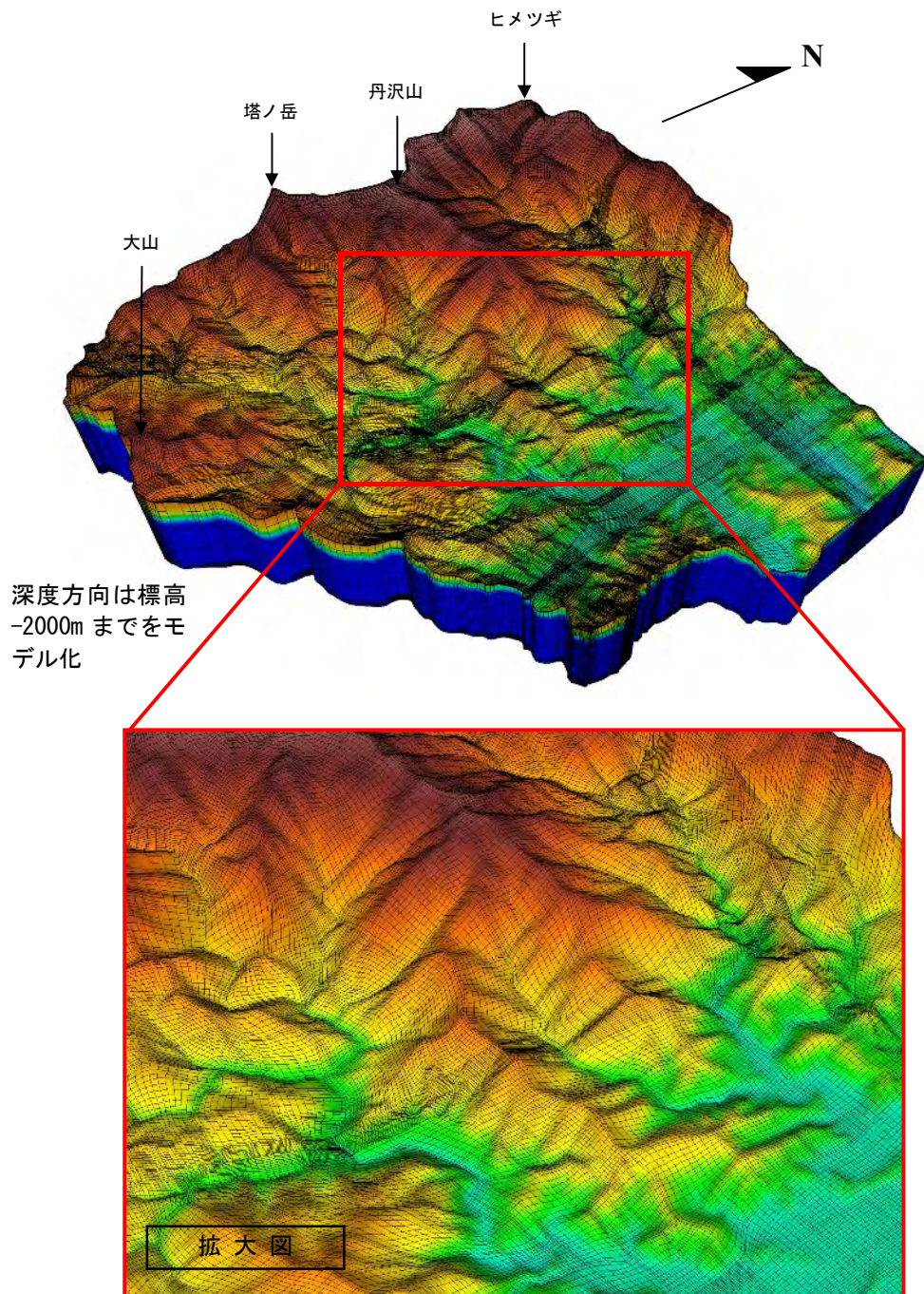


図 118 三次元格子システム鳥瞰図

⑤三次元水文・水理地質構造モデルの構築

1) 表層地質の推定

解析領域の地盤表層部の地質については、「土壌図」に基づき推定する。図 119 はその土壌図裏面の柱状図を示したものである。図 119 中の試料地点番号 1 が早戸川上流域および試料番号 6 が現宮ヶ瀬湖中津川流入域に相当する。これによれば、地表層は黒ボク土として、深度約 50m 程度まで腐食にとむ層として評価されている。したがって本解析では、地表より、深度 50m を地表層および風化岩層と推定する。

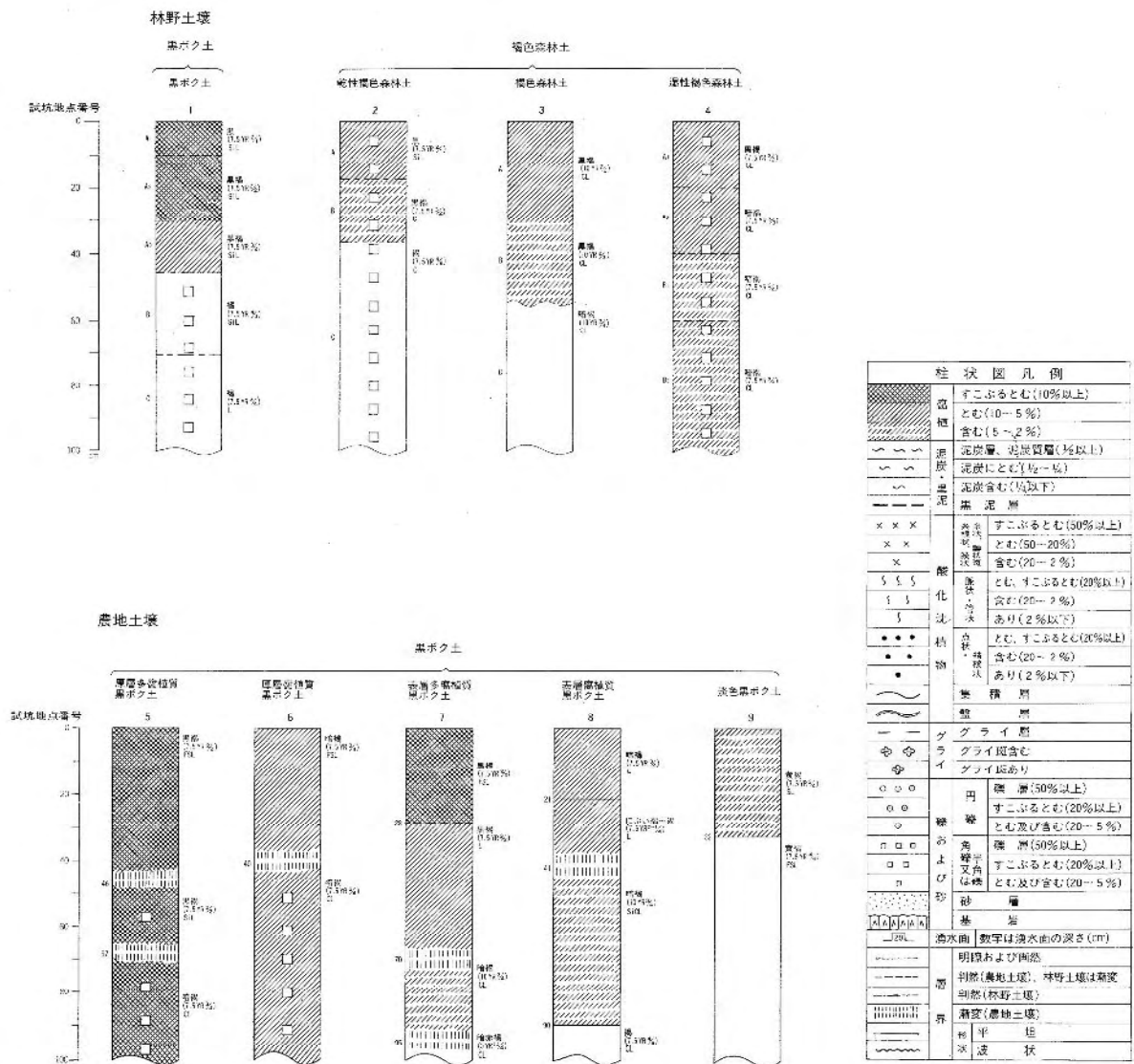


図 119 土壌図(裏面)

2) 地層傾斜の設定

先にも示したが、解析領域である丹沢山地の地層は、大部分の地域で地層が中央部の深成岩体にたいして、外側へ 30° ～70° 傾斜した同斜構造をなしているが、特定の構造帯あるいは断層の付近では、地層が直立あるいは逆転している。このため、本解析では、地層の傾斜を一律 30°、伊勢原断層（青野原－煤ヶ谷構造線）を直立に設定し、解析を実施する。

3) 透水係数・有効空隙率の推定

表 52 は、三次元水理地質モデルに導入する地盤物性値である透水係数および有効空隙率を示したものである。これらの初期設定値は、既往データとの整合性検証の中で適宜修正を加えるものである。

表 52 三次元水理地質モデル深度方向の透水係数・有効空隙率一覧

深度	項目	透水係数 [cm/S]	有効空隙率 [%]
G.L.- 1.0m	地表層	1.0×10^{-2}	30
G.L.- 5.0m	新規段丘堆積物層	1.0×10^{-3}	20
G.L.-10.0m	風化岩層	1.0×10^{-4}	10
G.L.-20.0m	風化岩層	1.0×10^{-4}	10
G.L.-50.0m	風化岩層	1.0×10^{-4}	10
E.L.- 500m	各種岩	表 6.1(b)参照	
E.L.-2000m			

表 53 各地層の透水係数・有効空隙率一覧

地層名	主な岩相	透水係数 [cm/S]	有効空隙率 [%]
中津峡層	安山岩質火山砂岩、泥岩	1.0×10^{-5}	5
舟沢層	安山岩質火山砂岩	1.0×10^{-5}	5
宮ヶ瀬層	安山岩質火山角礫岩	1.0×10^{-5}	5
落合層	礫岩	1.0×10^{-5}	5
寺家層	泥岩、凝灰質砂岩	1.0×10^{-5}	5
大沢層	石英安山岩質凝灰岩	1.0×10^{-5}	5
唐沢川層	玄武岩～安山岩質凝灰岩	1.0×10^{-5}	5
本谷川層	安山岩～玄武岩質凝灰岩	1.0×10^{-5}	5
四十八瀬川層	安山岩質砂岩、角礫岩	1.0×10^{-5}	5
断層		1.0×10^{-3}	15

4) 流体物性値の推定

表 54 は、本解析に用いる各流体の物性値を示したものである。固相圧縮率は、貯留性を推定する際に必要となり、地質ごとに異なる値をとると考えられるが、ここでは、 1.0×10^{-5} (1/kgf/cm²) で代表させることにした。また、各流体相の相対浸透率、毛細管圧力などの 2 相流パラメータは、時々刻々と変化する地盤内の水相飽和率に対して強い非線形性をもち、不飽和領域における水・空気置換を表現する重要なパラメータである。この水相飽和率と相対浸透率、毛細管圧力間の非線形関係は、室内実験や現場試験により得ることができる。Van-Genuchten や Brooks-Corey に代表されるいくつかの経験式も提案されているが、これらのパラメータは、地質・地盤性状に応じて設定する必要がある。本解析では、それらのパラメータを設定するための現地データが未入手であるため、ここでは、一般的と考えられる相対浸透率曲線、毛細管圧力曲線で代表させることとした。

表 54 各流体物性値

項目	単位	物性値
固相圧縮率	1/(kgf/cm ²)	1.0×10^{-5}
流体比重	—	水相:1.0 空気相: 1.22×10^{-3}
相対浸透率	(m ³ /m ³)	水相飽和率の関数として設定する (図 6.2 参照)
毛細管圧力	kgf/cm ²	水相飽和率の関数として設定する (図 6.2 参照)
残留飽和率	(m ³ /m ³)	水相:0.10 空気相:0.00

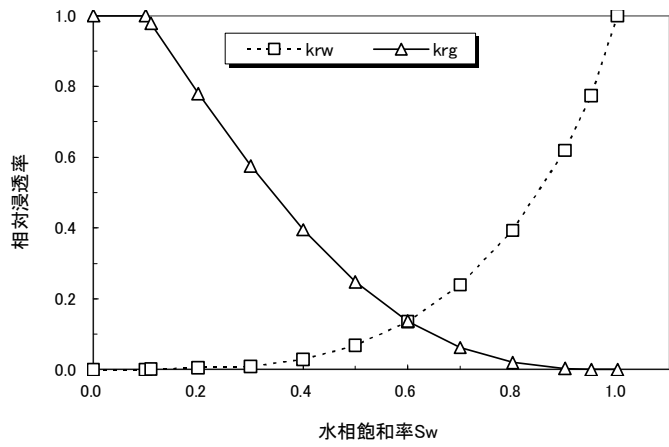


图 120 相对渗透率曲线

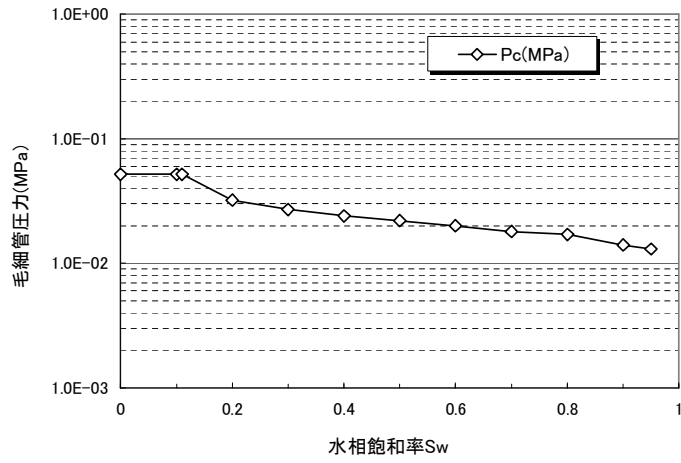


图 121 毛細管压力曲线

5) マニングの粗度係数の推定

表 55 は、土地利用区分に対応するマンニングの粗度係数を示したものである。本解析では、現地のデータが得られないため、「河川砂防技術基準（案）同解説（国土交通省）」に基づき粗度係数を推定した。

表 55 土地利用区分とマンニングの粗度係数

No.	地目	マンニングの粗度係数
1	森林	0.600
2	草地	0.300
3	伐採地	0.100
4	崩壊地	0.050
5	ダム湖	0.035
6	森林以外	0.200

⑥三次元水文水理地質モデルの構築

上記までに推定した各物性値を三次元格子システムに組み込み、三次元水文水理地質モデルを構築した（図 122）。

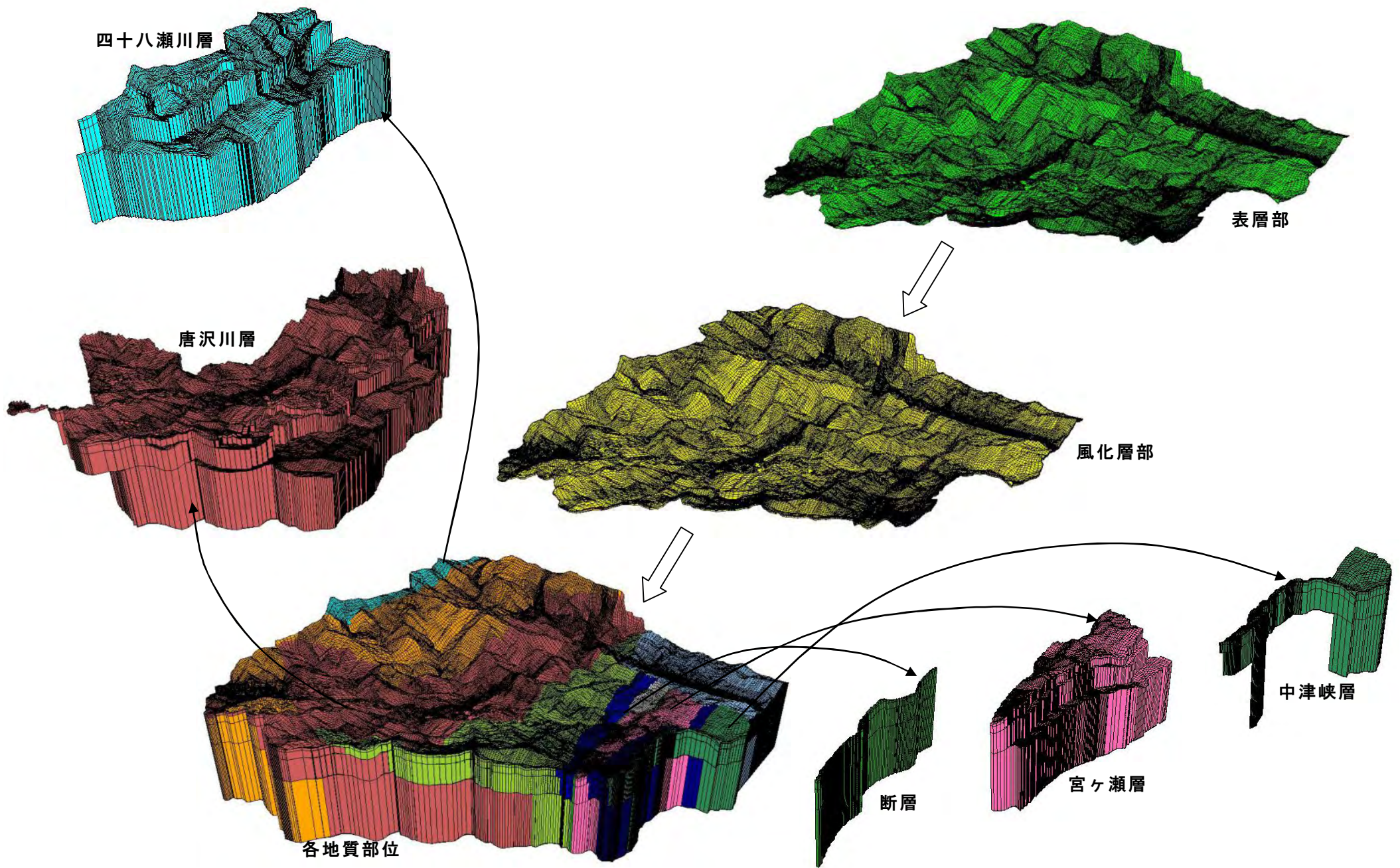


図 122 三次元水文水理地質構造モデルの概要(地質構造分割例)

イ)

⑦領域初期化の方法

領域初期化の概念を図 123 に示す。物理現象としては、連続平均降雨を用いた水・空気 2 相流動を想定し、与えられた水理地質構造に対して形成される地下水面（不飽和体の発達）、雨水浸透、河川流出等の諸過程がバランスし、かつ観測値を適切に再現する水循環システムを描き出す。したがって、ここでは、平均的な地下水位分布の再現解析と地盤定数の同定を行うことができる。

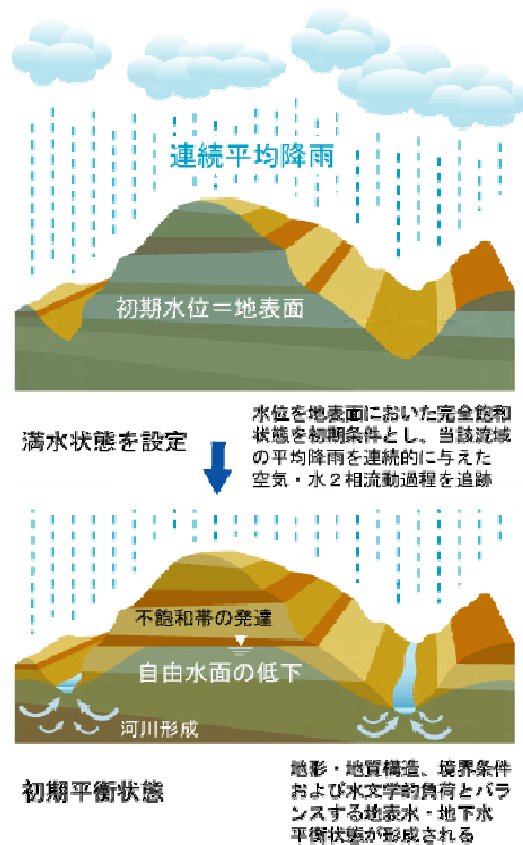


図 123 領域初期化の概念

⑧ 解析条件

地盤および流体物性値： 対象地の地盤および流体物性の基本設定は、先に示した諸値を用いる。ここでいう、諸値とは、以下のとおりである。

- ・ 透水係数
- ・ 有効空隙率
- ・ 固相圧縮率
- ・ 流体比重
- ・ 相対浸透率
- ・ 毛細管圧力
- ・ 残留飽和率
- ・ マニングの粗度係数（地表層格子のみ）

降水条件

降水条件は、気象観測データで得られた降水量から地表面での蒸発散量を考慮した、いわゆる有効降水量 P_r を算出し、降雨条件として入力することとする。

有効降水量 P_r は、単純に観測降水値 P から蒸発散量 E_p を差し引いたものとなり、蒸発散量の推定は以下に示すハーモン式を用いる。

$$P_r = P - E_p$$

$$E_p = 0.14 D_0^2 p_t$$

ここに、

P_r : 蒸発散量を差し引いた有効降水量 (mm/d)

E_p : 月の日平均蒸発量 (mm/d)

D_0 : 可照時間 (12h/d を1とする)

p_t : 月平均気温に対する飽和絶対湿度 (gm/m³)

本検討における対象地では、気象データを基に年平均降水量 7.730mm/日より、上記方法により算定された蒸発散量 1.228mm/日を差し引いた有効降水量 6.502mm/日を与える。

⑨ 初期条件・境界条件

初期条件は、地表面と地下水面を一致させた状態とする。本検討で用いるシミュレーションシステムでは、モデル上面の第1層に大気層、第2層に地表面層を設ける必要がある。大気層は標準大気圧による圧力固定条件とし、地表面層には、降雨入力および地表流の流れやすさを表すマニングの粗度係数を与えることにより、実質的な地下涵養量により自然に表現することができる。

なお、解析領域は分水嶺・山頂で囲まれた範囲を対象としているため、側面境界は全て閉境界として仮定する。ただし、最下流の宮ヶ瀬ダム堤体部に該当する格子は水位固定条件（流出境界）とし、一定水位（ダム常時満水位）以上の流出水は、速やかに系外流去するものと仮定した。

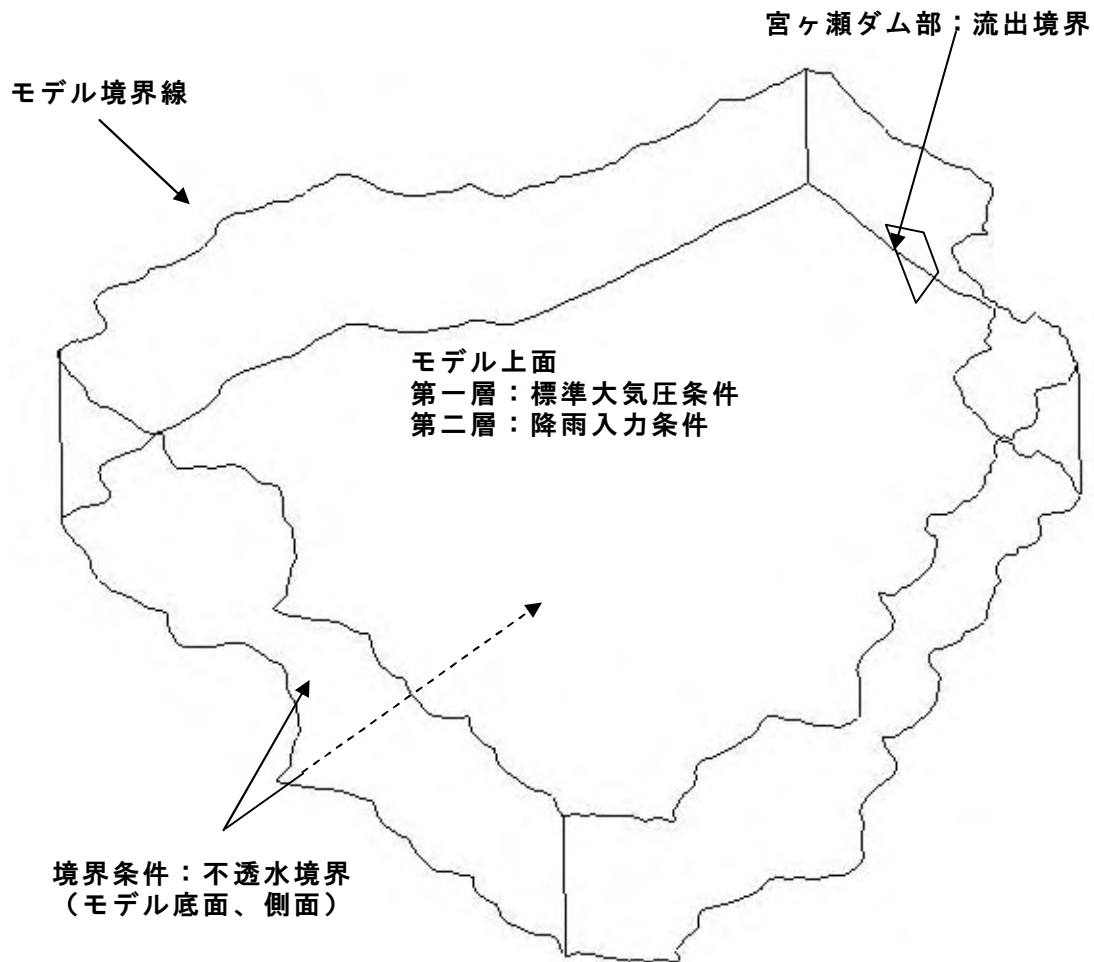


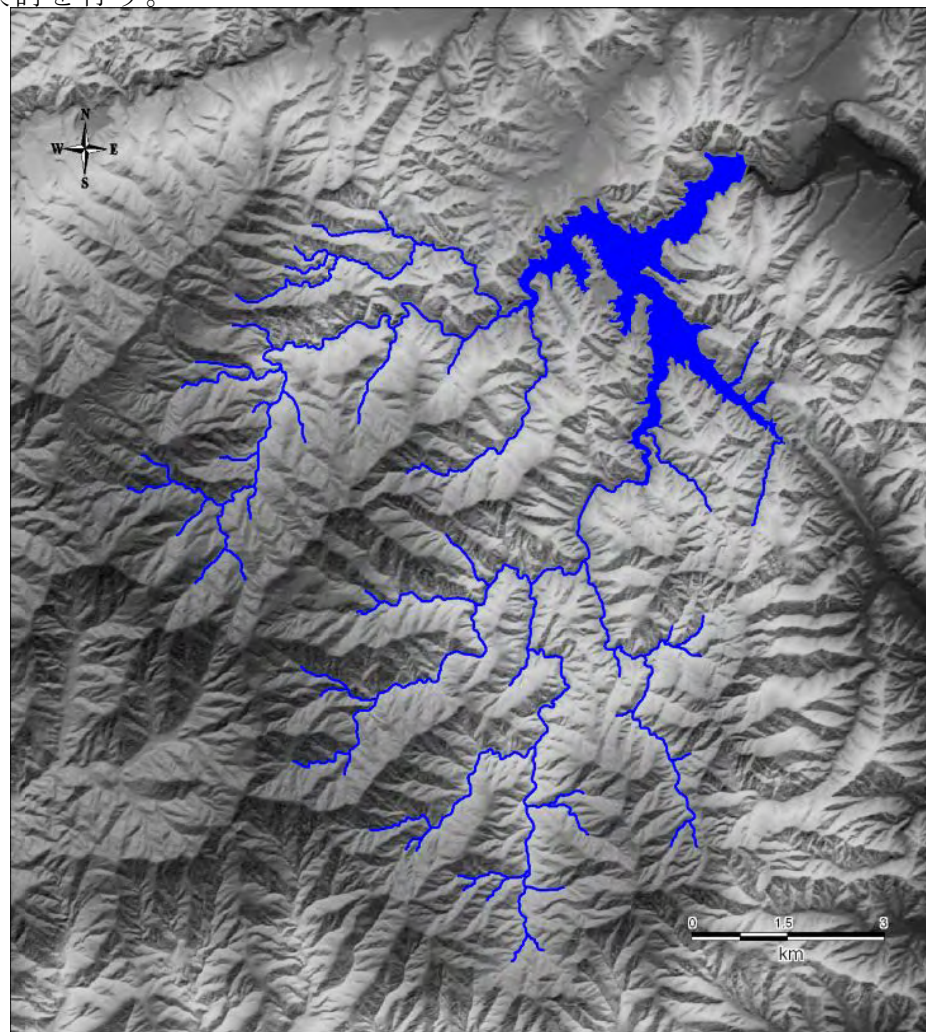
図 124 境界条件の設定

⑩ 解析結果とまとめ

以降の図は、領域の初期化シミュレーション結果を示したものである。これらの図は、解析開始時に、陸地に満水（地下水位＝地表面）にした状態から降雨（有効降雨量）を再現し、経時的に地表水の流れが形成され、陸水は地下水面が低下して不飽和帯が発達し、最終的に両者が平衡状態となったものを示している。

⑪ 今後の解析・課題

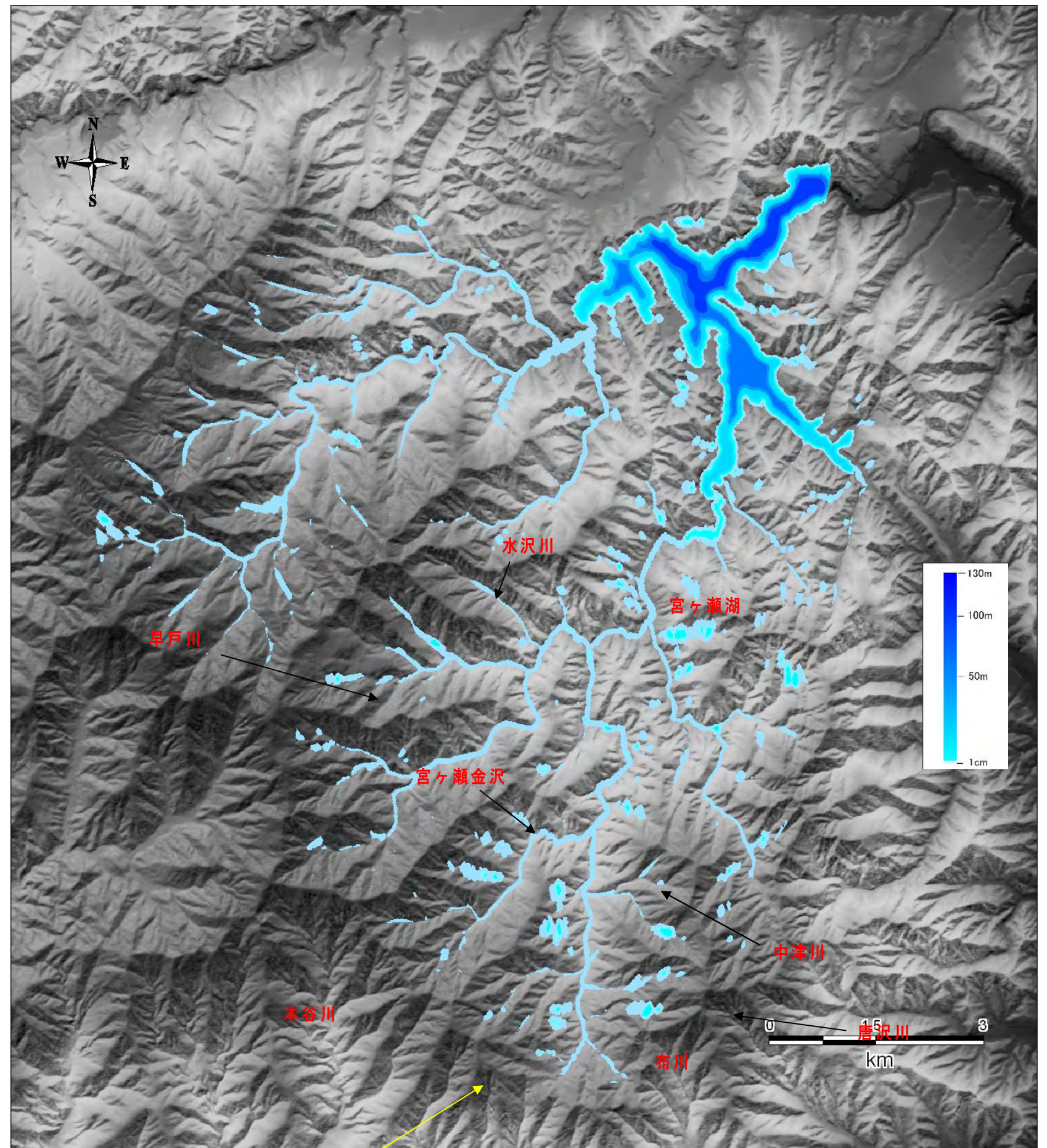
三次元水文・水理地質構造モデルの構築が概ね狩猟したので、ダム湛水データなどを用いてモデルのチューニングを行い、森林状態などに関するいくつかのシナリオによる、水源涵養機能と土砂流出防備機能の変化などについて検討を行う。



現状の河川・湖の形状

- ・ 主要河川およびダム形状は、現況を概ね再現
- ・ 現時点では、河川流量データが得られていないため、河川流量に関する再現性の検証はできていない
- ・ 今後、実測データとの比較を行い、流域水収支に関する再現性の検証を進める予定

図 125 現状の河川形状とシミュレーションにより再現された地表水分布の比較



格子形状による水溜り

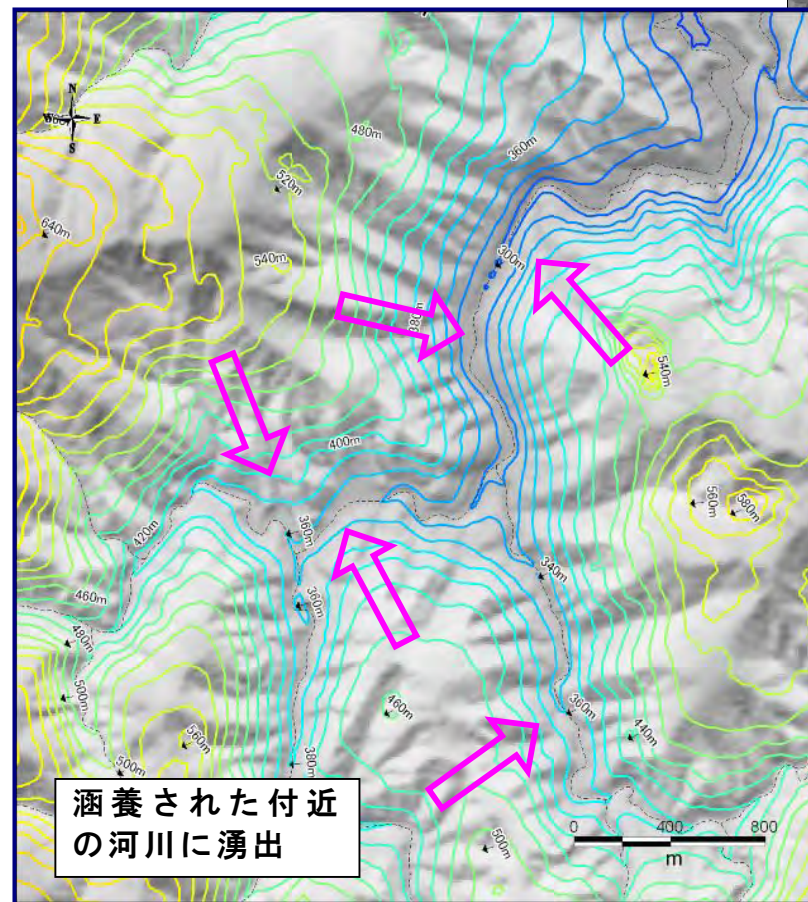


図 126 自由地下水位コンター（中津川中流域）

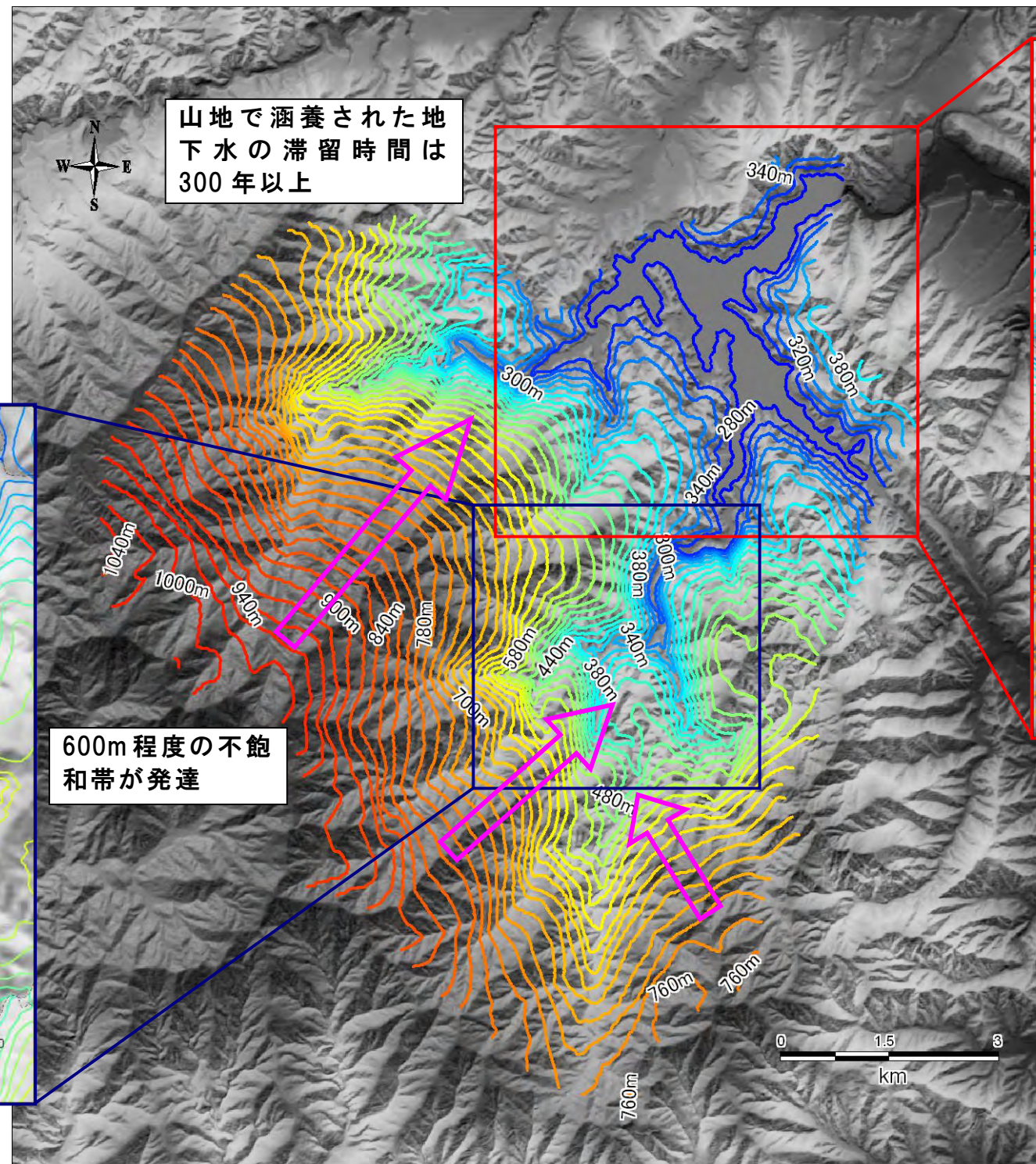


図 127 ダム標高における全水頭分布

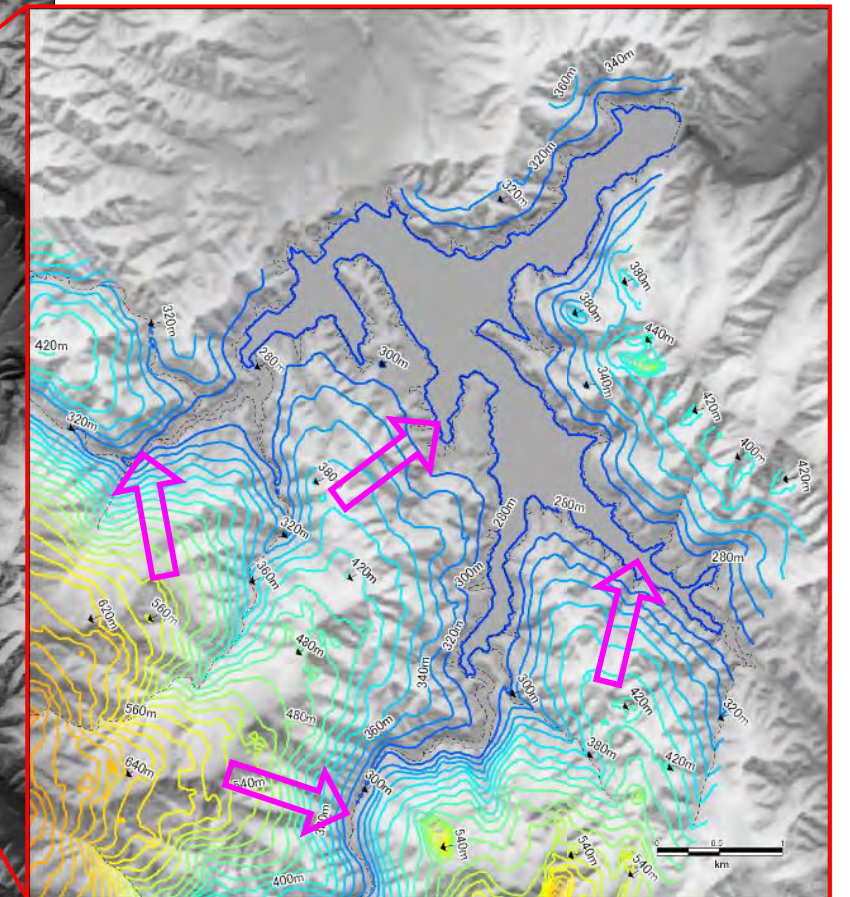


図 128 自由地下水位コンター（宮ヶ瀬湖周辺）

⇨ 地下水の流動方向

- ・ダム周辺の浅層地下水は、地形に規制された流れとなっている。
- ・深層地下水は、微地形には依存していないが、山地からダムへ至る大局的な流動系となって、流下する。

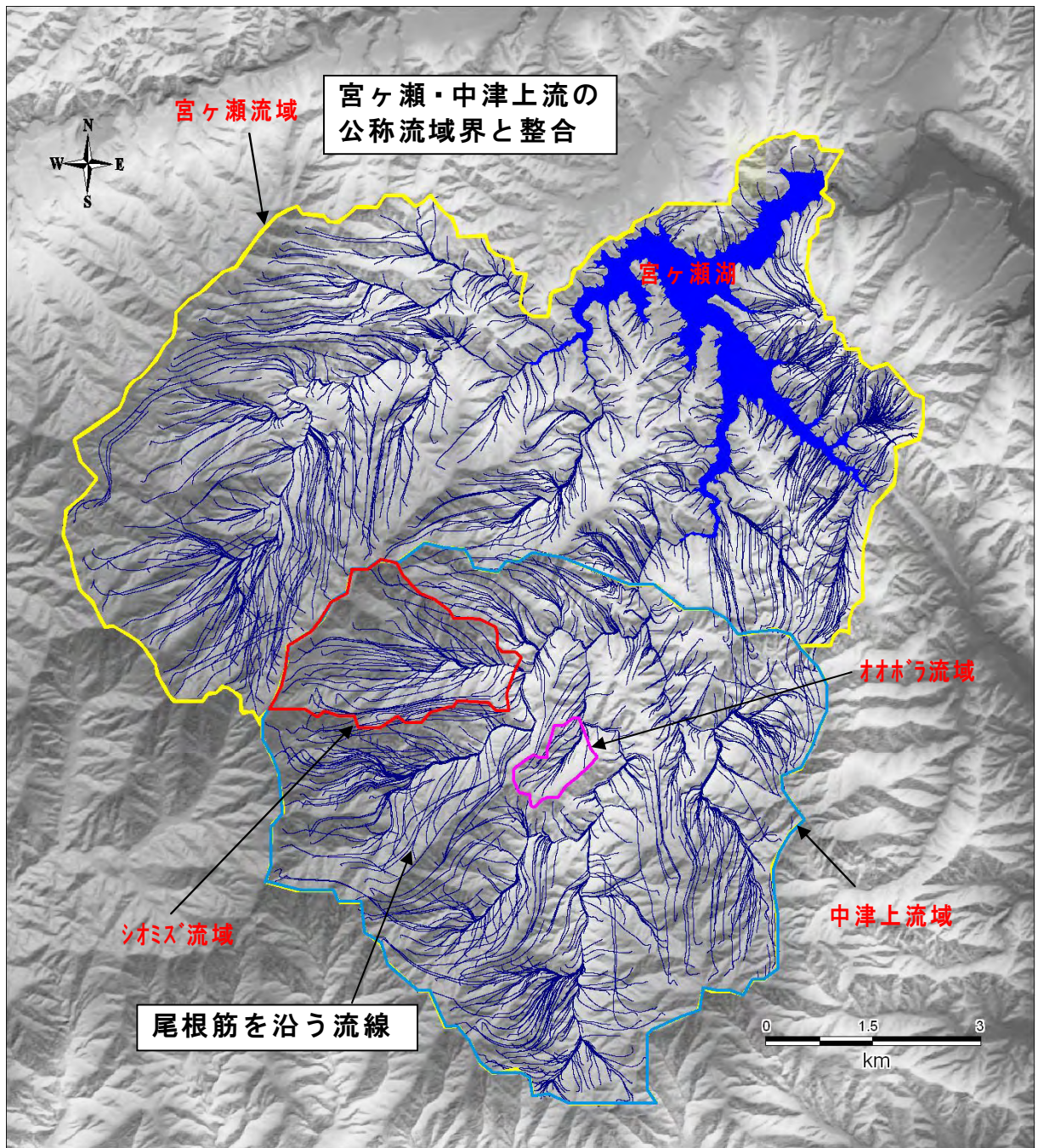


図 129 流線軌跡(涵養水の流動経路)

