

# 越前大野盆地の 3 次元地質分布 に関する研究

平成 30 年 3 月  
関西大学 環境都市工学部  
教授・工博・楠見 晴重

# 目次

第 1 章. 序論	
1.1 はじめに	1
1.2 大野市の概要	1
1.3 大野盆地の地下水	2
1.4 本研究の内容と目的	3
第 2 章. 大野盆地の地形、地質構造	
2.1 はじめに	4
2.2 大野盆地の地形	4
2.3 大野盆地の地質構造	4
2.4 まとめ	6
第 3 章. 大野盆地の 3 次元地質分布	
3.1 はじめに	7
3.2 大野盆地の水文地質の構成	7
3.3 大野盆地の帯水層区分	8
3.4 まとめ	9
第 4 章. 大野盆地における 3 次元地質モデル	
4.1 はじめに	10
4.2 本研究で利用した各データ	10
4.2.1 地形資料と 3 次元化	10
4.2.2 地質資料と 3 次元化	12
4.2.3 さく井柱状図、ボーリング柱状図と 3 次元化	17
4.3 3 次元地質モデルの作成方法	22
4.3.1 モデル化する地質の決定	22
4.3.2 モデル化する範囲の決定	23
4.4 3 次元地質解析による境界面の決定	25
4.5 境界面による地層モデルの作成	29
4.6 まとめ	32

第5章. 大野市街地の3次元モデル化	
5.1 はじめに	33
5.2 3次元VRソフトウェア	33
5.3 大野市街地モデル	33
5.4 まとめ	37
第6章. 3次元地質モデルによる地下水賦存量の推定	
6.1 地下水賦存量の求め方	38
6.2 地下水賦存量の計算結果および考察	38
第7章. 結論	40
参考文献	41

# 第1章 序論

## 1.1 はじめに

地下水は、地球上の多くの国々において農業・工業・生活用の水資源として重要であり、それだけでなく人間生活・文化などにおける大切な環境要素である。近年では、融雪等の目的のために地下水を利用する機運も高まっており、地下水の重要性はますます増している状況にある。しかし、最近の人口増加に伴う人間活動の広範囲化や気候変動の影響に伴い、地下水環境は大きく変動している。有用な地下水資源の利用、管理には、正確な地下水性状の把握が必要である<sup>1)</sup>。

地球上に存在する水の量は、およそ 14 億 $\text{km}^3$  であると言われ、そのうちの約 97.5% が海水であり、淡水は約 2.5% である。この淡水の大部分は、氷や氷河として存在しており、地下水や河川、湖沼の水として存在する淡水の量は、地球上の水の約 0.8% である。さらにこの淡水の量はほとんどが地下水や氷河として存在し、河川や湖沼に存在する淡水はわずか 0.01% にすぎない。地下水が我々の使用できる淡水資源として豊富に存在することから、いかに地下水が貴重な資源であるかがわかる<sup>2)</sup>。

## 1.2 大野市の概要

大野市は人口約 3 万 4 千人、福井県東部の内陸に位置する街である。図 1.1 はその位置を示している。北は石川県白山市と勝山市、東と南は岐阜県高山市・郡上市・関市・本巣市・揖斐川町、西は福井市と今立郡池田町に接している、総面積は、872.43  $\text{km}^2$  で、福井県の市町村では最も面積が大きく、その約 9 割を森林が占め、四方を山々に囲まれ市内に九頭竜川、真名川、清滝川、赤根川の 4 本の河川が流れている自然にあふれたまちである<sup>3)</sup>。

市街地である城下町は、織田信長家臣の金森長近により 400 年以上前に築かれ、大野盆地にある亀山に大野城を建設し、そのふもとに碁盤目状の城下町を形成した。今でもそのまち並みはかつての城下町としての風情を色濃く残し、「北陸の小京都」ともよばれている。秋から冬にかけて大野盆地が雲海に包まれ亀山だけがぼっかりと雲に浮かんで見える時、「天空の城 越前大野城」が現れ大野の観光名所となっている。

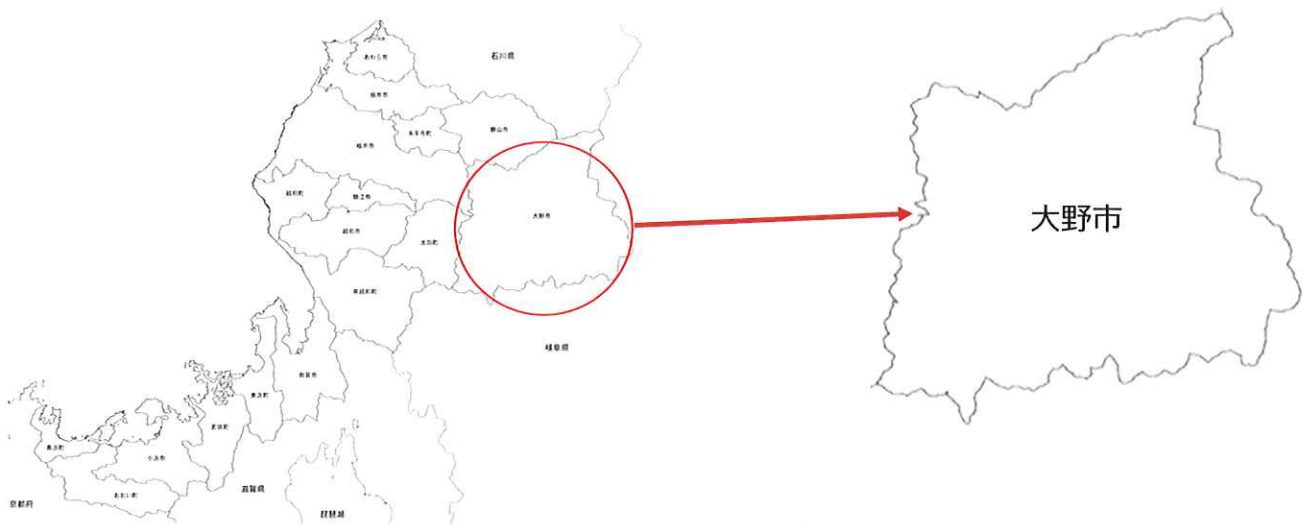


図 1.1 大野市の位置

### 1.3 大野盆地の地下水

大野盆地がある大野市は豊かで良質な地下水に恵まれた城下町として知られ、市民の生活用水や工業用水をはじめ、さまざまな用途の水源として地下水が利用されてきた。特に大野盆地の北西部では多くの湧水が見られるなど豊富な水環境にある。大野市と地下水の関わりは古く、戦国時代に、織田信長の部将であった金森長近が用排水路を整備して領民を住まわせるために、飲料水などの生活用水を確保する事業を行った。その内容は、篠座にある池や本願清水を深く掘り下げて「町用水」を整備し、上水路、下水路を備えた城下町の骨格を作った。この「町用水」は今に受け継がれ、防火用、融雪用などに利用されている。

また、大野市街地は地下水位が高く、わずかなくぼ地でも水が湧き出すところがある。大野の人々はこの湧水を「清水（しょうず）」と呼び古くから飲み水や生活用水として利用している。主な清水にはそれぞれ名前が付けられ、飲み水を得的場所、果物などを冷やす場所、野菜などの洗い場などを不文律に定め大切に利用されてきた。名水百選に選ばれた「御清水」にはこの慣行が今も残されており、住民達が生活用水として秩序を守りながら水を大切に扱ってきたことを伺い知る場となっている。

平成 26 年度大野市の上水道利用率は 13.7%、簡易水道を含めると 38.5%であり<sup>4)</sup>、大部分の家庭や事業所は各自で家庭用ホームポンプや水中ポンプを用いて地下水を利用している。また、また、上水道や簡易水道もその水源の大部分を地下水に頼っており、水道用としては市全体の地下水揚水量の 42%を占めている。

このように大野では地下水と古くから深く関わりがあり、現在も使用する水資源の多く

を地下水に依存しているといえる<sup>5)</sup>。

#### 1.4 本研究の目的と内容

「名水のまち」とされる大野市では古くから良質な地下水が存在し、現在も市民の生活用水や工業用水をはじめ、さまざまな用途に活用されている、しかし融雪時に大量の地下水をくみ上げるなどの理由から地下水位低下による井戸枯れなどの問題が発生している。将来にわたって地下水を利用するために、地下水を保全管理することは極めて重要といえる。しかし、地下水の賦存量、浸透量等の水文地質的な定量的把握はあまりされていないのが実情である。

本研究の目的は、大野盆地における地下水の保全管理への第一歩として、大野盆地の3次元地質モデルを構築し、その3次元モデルにより大野盆地における地下水賦存量の推定および、大野市街地モデルを作成し地質モデルとの複合モデルの構築とする。

本研究の流れは、大野盆地における地下水性状の把握し、地下水賦存量の推定のために、既存のボーリング柱状図等を基に、地質解析ソフトウェアによる大野盆地の3次元地質モデルを構築し、作成したモデルの体積から、地下水の賦存量の推定とする。

## 第2章 大野盆地の地形、地質構造

### 2.1 はじめに

降水の一部は地中に浸透し、重力の作用によって下方に向かい飽和領域に達するものと、地形に沿って流れていくものがある。このように涵養された水が、帯水層といわれる透水層に蓄えられ、人々が使用することができる地下水となる。地下水は、河川水などと比べて非常に遅く流動しており、河川や湖沼、海洋に流出する。この一連の水循環は、地下水が流れる地盤や岩盤の構成要素に深く依存している。

本研究においても、対象地域の地形、地質の特徴を再現した3次元地質モデルを構築するために、対象地域である大野盆地の地形、地質構造について理解しておく必要がある。

### 2.2 大野盆地の地形

大野盆地は標高170m～230mの高所に位置し、盆地の南北・東西の幅員が約9kmの不当編五角形の形を示す。図2.1は大野盆地の地形を示したものである。大野盆地で見られる地形は山地、岩屑なだれ、低地に大別される

まず山地は大野盆地の周囲を占め、盆地の北東には加賀越前山地に属する法恩寺山、経ヶ岳を催す、東および南域の九頭竜川ならびに真名川の上流部には、荒島岳、道斉山、銀杏峯などの山嶺がある、西域は飯盛山を最高峰とする越前中央山地が広がる。また、大野盆地に対しては急斜面を持って臨み、その山脚の屈曲が著しいほか、亀山などの分離丘があるなど、沈降性の地形を示す特徴がみられる。

次に、大野盆地東部の九頭竜川沿いには、岩屑なだれ堆積物から成る広い平坦面が形成されている、

最後に低地は主に九頭竜川、真名川、清滝川によって形成された堆積面で、真名川以西の地域に広く分布し、地形的には扇状地、氾らん原、低湿地、自然堤防、旧河道、崖錘に分類される。

大野盆地の主要な河川は、九頭竜川、真名川、清滝川、赤根川である、それぞれ盆地の南から流れており盆地の北側で九頭竜川に合流し、勝山の方へ流れている<sup>6)</sup>。

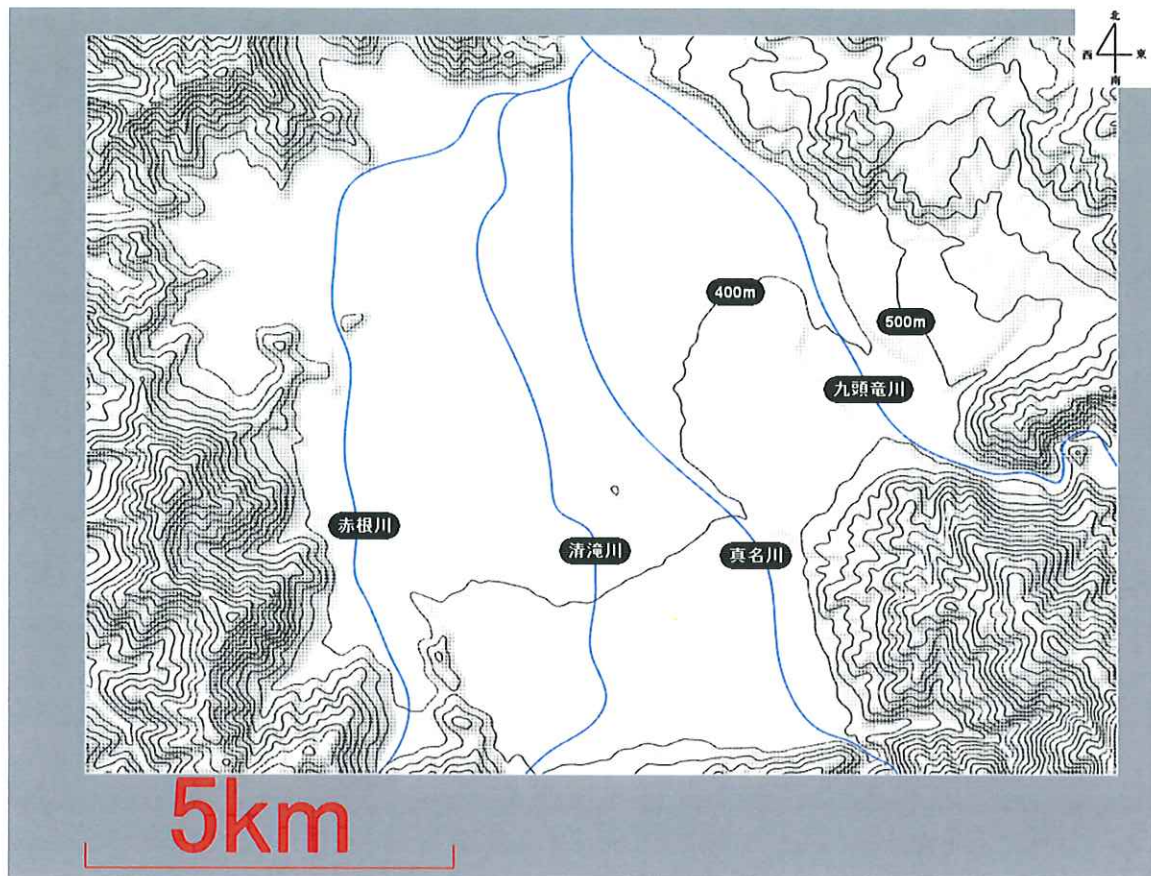


図 2.1 大野盆地地形図

### 2.3 大野盆地の地質構造<sup>6)</sup>

大野盆地周辺の山地を構成する地質は、変成岩類、砂岩、頁岩などの堆積岩、これら貫く花崗岩、閃緑岩、あるいは安山岩ならびに火山性碎屑岩類などから構成される。大局的には、中生代より古い地層は大野盆地の東～南域に分布し、新第三期以降の安山岩やこれに伴う火山性碎屑岩類は盆地の北～西域に広く分布する。また大野盆地に分布する地質状況は表 2.1 にまとめた。

表 2.1 大野盆地の地質層序

地質時代		地層名	主な層相	
新生代	第四紀	完新世	沖積層	未固結の砂礫、粘性土
		更新世	段丘堆積物	未固結の砂礫
	岩屑流堆積物		火山砂礫、岩塊	
	経ヶ岳火山岩類		玄武岩質安山岩	
	新第三紀	中新世	勝原深成岩	石英モンゾ閃緑岩
			環状ヒン岩脈	ヒン岩
			糸生累層	変朽安山岩溶岩、火砕岩
			荒島岳火山岩類	玄武岩、安山岩溶岩及び同質火砕岩
西谷流紋岩			流紋岩	
中生代	ジュラ紀	九頭竜亜層群	砂岩、砂岩・頁岩互層	
	三畳紀	船津花崗岩類	花崗岩	
古生代	デボン紀	飛驒片麻岩類	黒雲母角閃石片麻岩、角閃石、結晶質石灰岩	



## 2.4 まとめ

大野盆地内の地下水は河川に沿って南から北へ流れており詳細を以下にまとめた。

### ① 真名川以東の地下水

この地域の地下水は、九頭竜川と真名川の 2 つの河川の影響を受けて、九頭竜川沿いでは、南東から北西に向かって、真名川沿いでは南から北に向かって流れていると考えられる。また、この地域は岩層なだれ堆積物の層が広がっており比較的地下水を開発しにくいと考えられる。

### ② 真名川以西の地下水

大野市街地がある真名川以西の地下水は、南から北に向かって流れている。また、市街地に突き出た亀山が地下水の流れをせき止める役割を果たすため、地下水が湧き上がると考えられる。

## 第3章 大野盆地の3次元地質分布

### 3.1 はじめに

大野盆地における3次元地質モデルを作成するには、水文地質の構成を理解し帯水層を区分することが不可欠である。とくに地下水が多く賦存していると思われる未固結層について既存資料を用いて、可能な限り詳細に地質分布を表すことを試みた。

### 3.2 大野盆地の水文地質の構成

地下水が多く賦存している地質に関して、砂礫層、砂層、などの帯水層や、粘土層、シルト層などの難透水層が出現する深さ、平面的な広がりや厚さなどを整理する必要がある。そこで本研究では大野盆地の地下地質を上位層より Ag 層、G1 層、G2 層、da 層、G3 層及び T 層の6層に区分し、それらを示したのが表 3.1 である。以下、各層の分布状況及び層相について記載する。

#### ① Ag 層

主に玉石混り砂礫から構成される地層で、沖積砂礫層に相当する。

#### ② G1 層

主に砂礫層で盆地西縁の赤根川沿いで粘性土が主体となり、盆地南縁では欠如している。

#### ③ G2 層

G1 層の下位に分布する粘土混り砂礫層、または砂礫・粘土の互層であり、本層は経ヶ岳からの大規模な岩屑なだれ堆積物が供給された後に盆地内で堆積した地層である。

#### ④ da 層

経ヶ岳および保月山で発生した岩屑なだれ堆積層である、岩屑なだれは少なくとも2回以上の複数回発生し、その堆積物は大野盆地の中まで達している。

#### ⑤ G3 層

da 層ならびに G2 層の下位に分布する粘性土を多く含む砂礫層である、また下位層まで達した資料が皆無であるため層厚が不明である。

#### ⑥ T 層

安山岩などの基盤とする。

表 3.1 大野盆地の水文地質の構成

名前	層相
Ag層	砂礫
G1層	砂礫
G2層	粘土混り砂礫
da層	火山砂礫、岩塊
G3層	砂礫、砂、粘土
T層	安山岩、火砕岩

### 3.3 大野盆地の帯水層区分

3.2 の水文地質に基づき大野盆地における帯水層の状況は Ag 層、G1 層、G2 層、da 層及び G3 層の 5 層に分類されるが、本研究では、大野市で主に利用されている帯水層に該当する Ag 層、G1 層及び G2 層を第一帯水層、火山砂礫からなる da 層を第二帯水層、それ以下の G3 層を第三帯水層の 3 つに区分して考える。尚、第三帯水層である G3 層の最下層が不明のため、本研究では、後述するさく井柱状図のデータより、現在判明している最も深い標高 50.4m 地点より 40cm 下方の標高 50m 地点を G3 層の最下層と仮定する。これらをまとめたのが表 3.2 である。

表 3.2 大野盆地の帯水層区分

地質記号	層相	帯水層区分
Ag層	砂礫	第1帯水層
G1層	砂礫	
G2層	粘土混り砂礫	
da層	火山砂礫	第2帯水層
G3層	砂、砂礫、粘土	第3帯水層
T層	安山岩	

### 3.4 まとめ

大野盆地における地質は6種類に区分される、その中の帯水層は多くが砂礫で構成されている、本研究ではその帯水層を地質や特徴から3つに分類し、それぞれの3次元モデルを構築した。

## 第 4 章 大野盆地における 3 次元地質モデル

### 4.1 はじめに

大野盆地における地下水賦存量を推定するために帯水層の体積を求めることが必要である。そこで、3次元地質解析ソフトウェアを用い、以下の手順で大野盆地における3次元地質モデルを構築した。

- ① 3次元地質モデル構築に使用する各資料の整理及び3次元化
- ② モデル化する地質及び範囲の決定
- ③ 3次元地質解析により地質境界面の決定
- ④ 境界面による地層モデルの作成

なお4.4.3以降の3次元モデルはモデルを見やすくするために一部を除いて高さを20倍している。

### 4.2 本研究で使用した各データ

#### 4.2.1 地形資料と3次元化

ソフトウェア上に大野盆地の地形モデルを作成するにあたって、本研究では、国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル<sup>7)</sup>を使用した。このデータは5mメッシュの標高データである。図4.1は得られたデータを用い3次元化した点群による地形モデルである。このモデルからTIN補間を用い三角メッシュによる地形モデルを作成した。TIN補間とはランダムに配置された標高点の3点で構成される三角形の集合で地形を表現する方法である。図4.2は作成した三角メッシュによる地形モデルである。



図 4.1 地形点群モデル

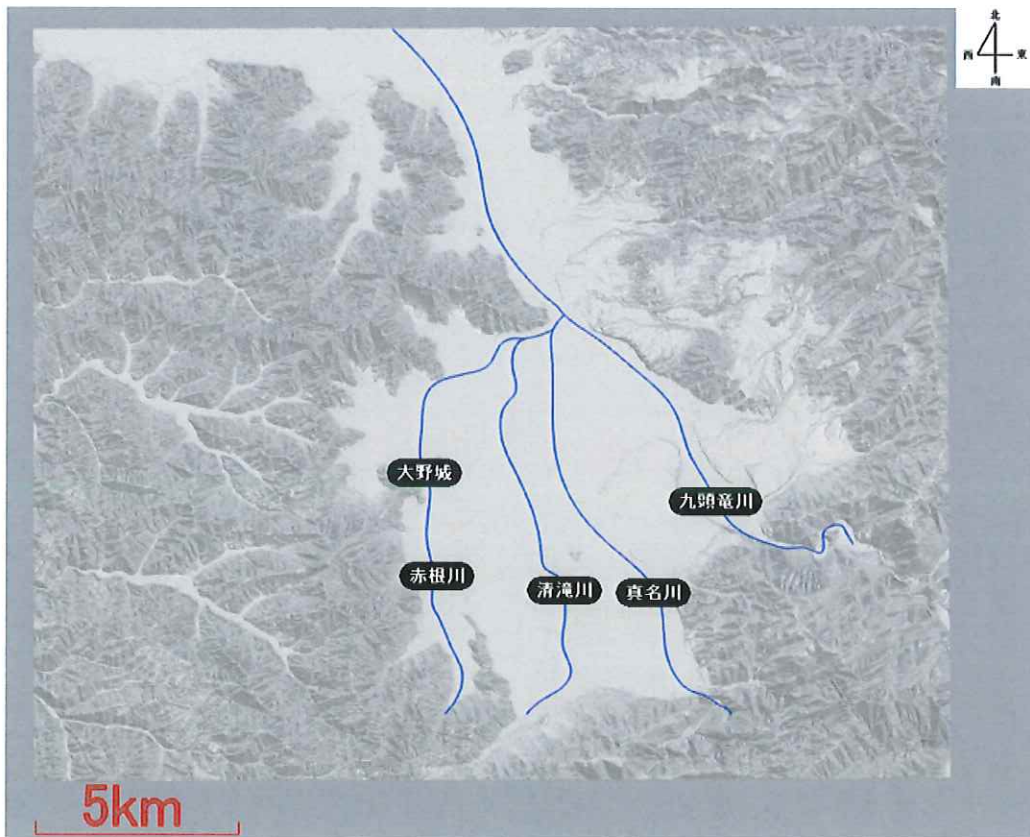


図 4.2 地形メッシュモデル

#### 4.2.2 地質資料と3次元化

大野市地下水総合調査業務報告書<sup>9)</sup>から、**図 4.3**は大野盆地の各地質断面の測線を示している。**図 4.4~4.9**はそれら測線の地質断面図を表している。これらの図より各地質断面図はそれぞれボーリングから地質境界を推定したものとなっている。また、断面図の記号の凡例を**表 4.2**にまとめた。**図 4.10**は大野盆地に流入する河川をモデル化したものである。

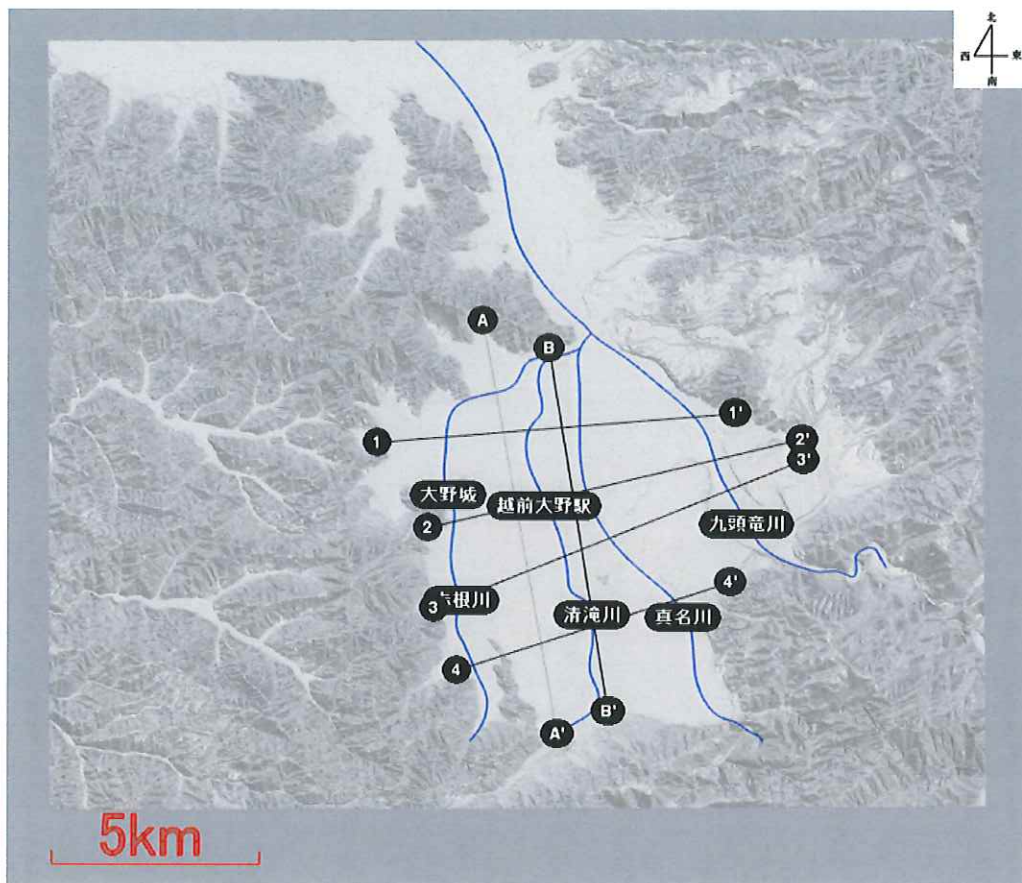


図 4.3 断面図の位置

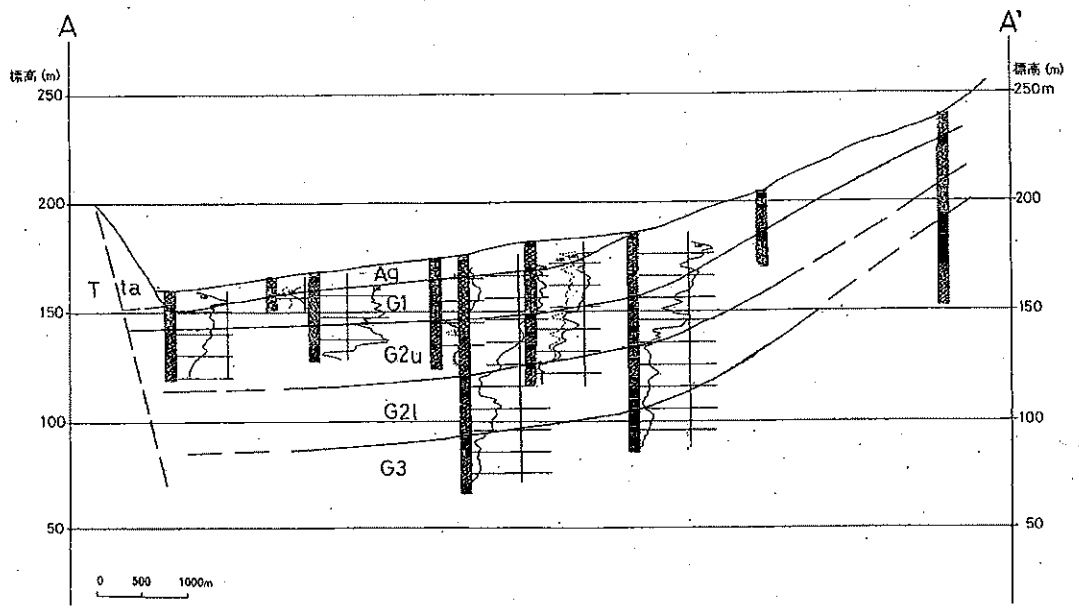


图 4.4 大野盆地断面图 A-A'

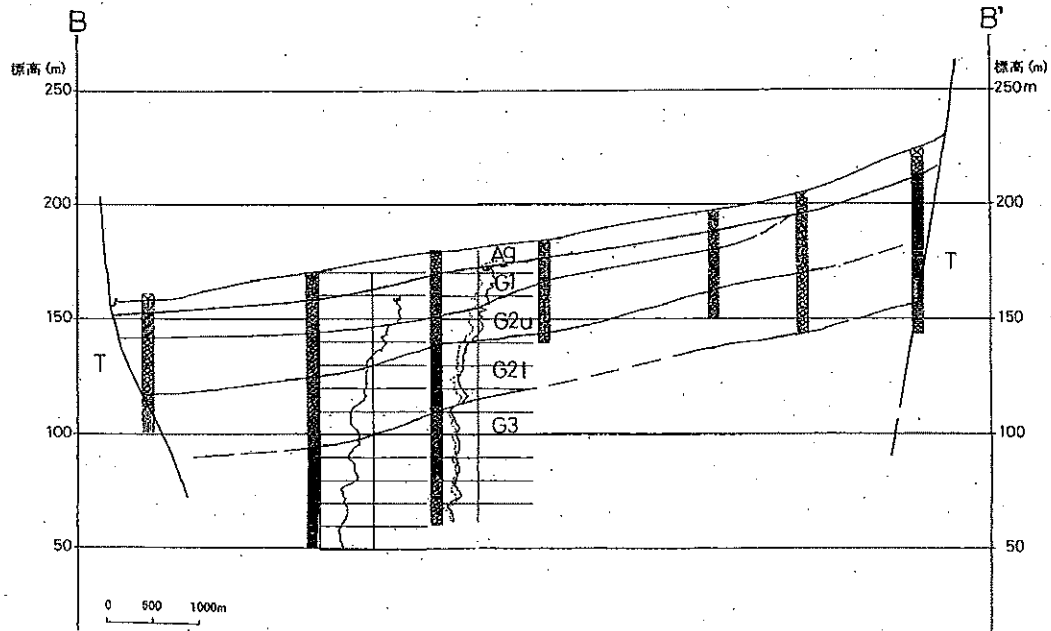


图 4.5 大野盆地断面图 B-B'



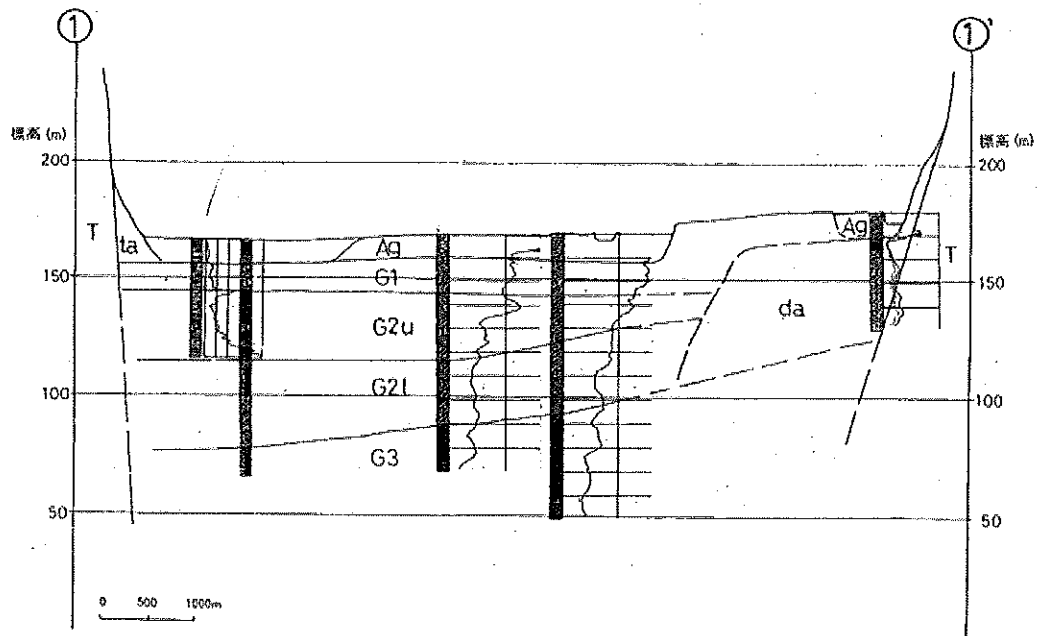


图 4.6 大野盆地断面图①-①'

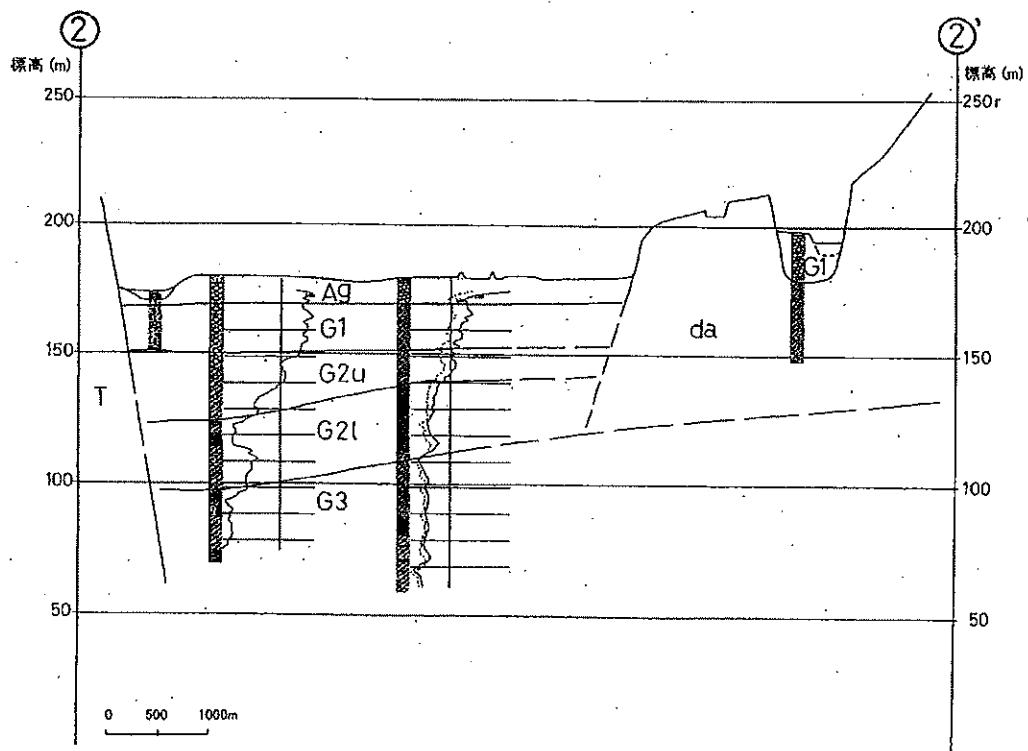


图 4.7 大野盆地断面图②-②'

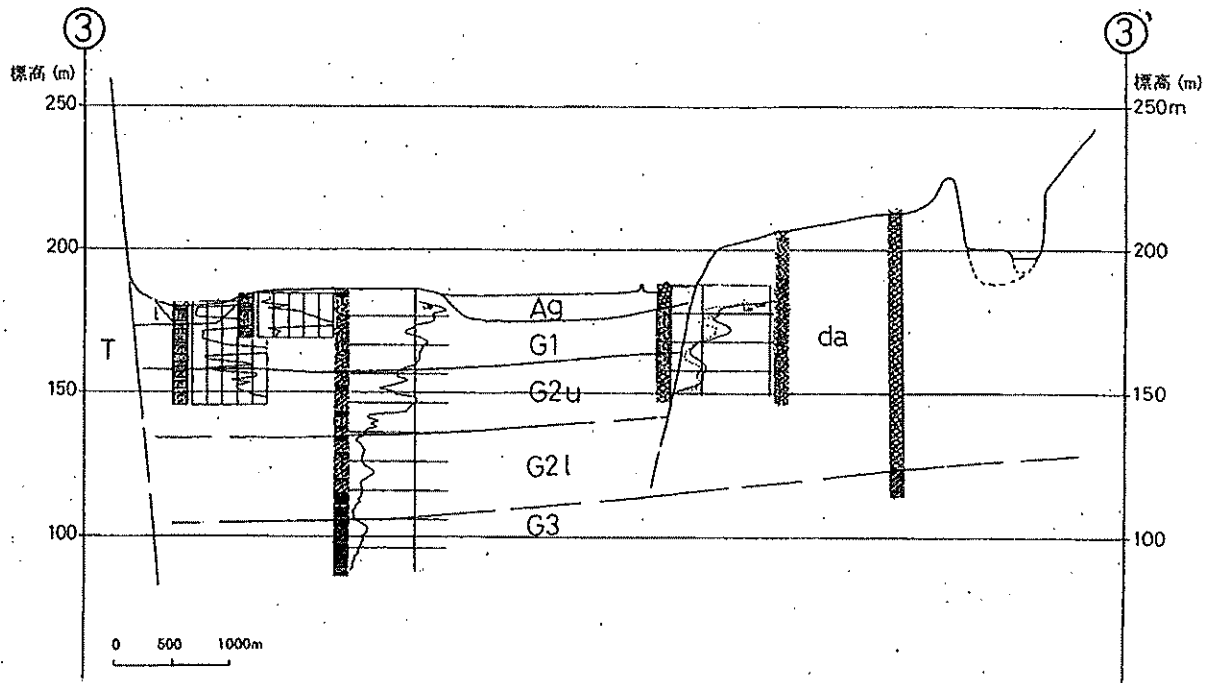


图 4.8 大野盆地断面图③-③'

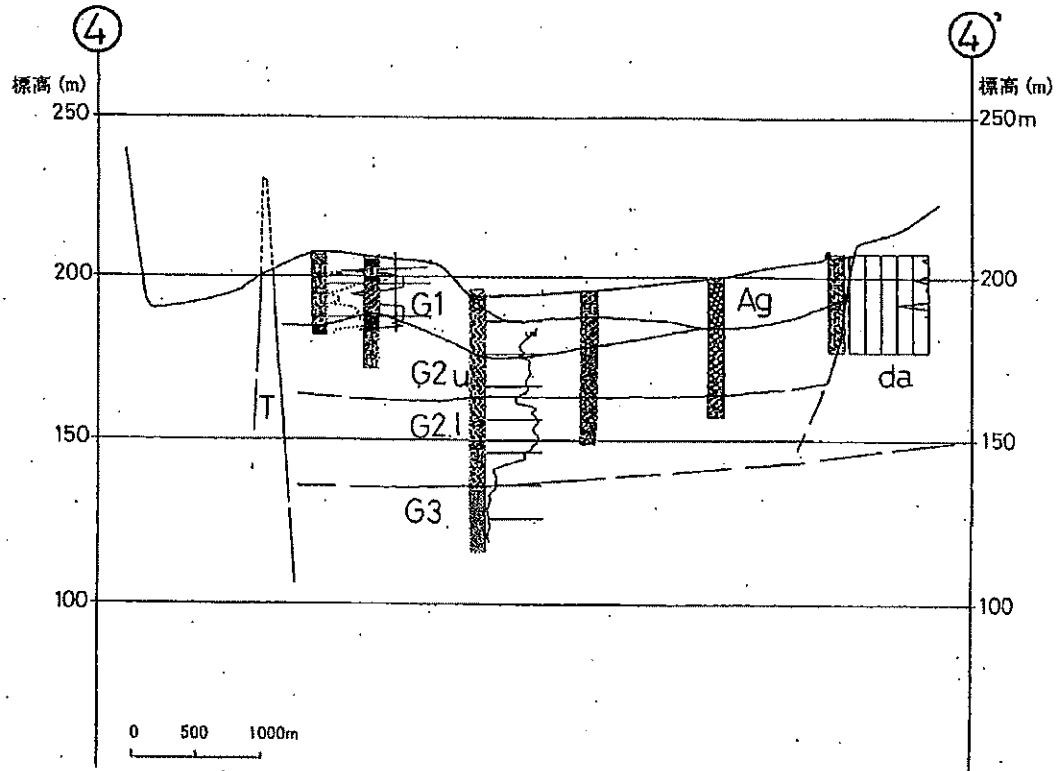


图 4.9 大野盆地断面图④-④'

表 4.2 断面図記号凡例

記号	層相
Ag	砂礫
G1	砂礫
G2	粘土混り砂礫
da	火山砂礫、岩塊
G3	砂礫、砂、粘土
T	安山岩

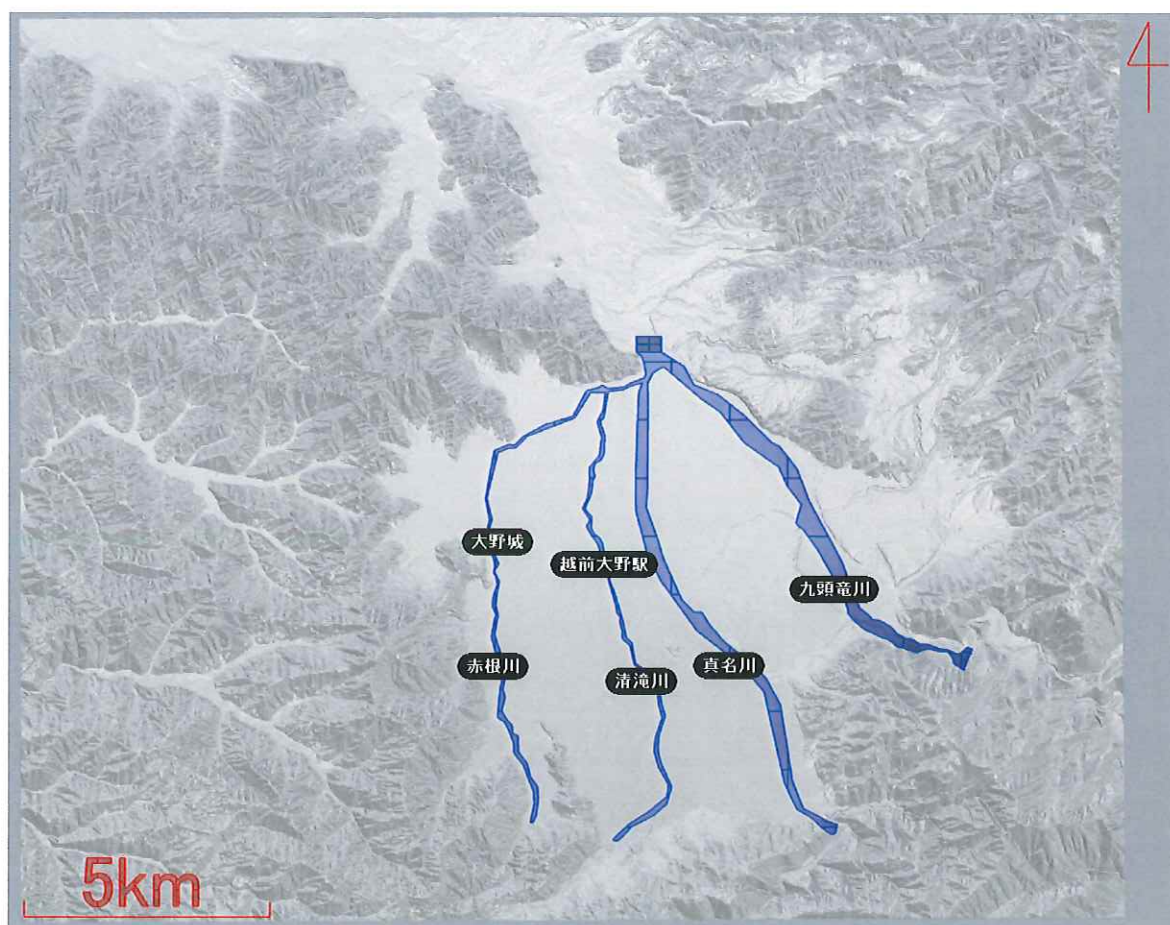


図 4.10 河川の 3 次元モデル

#### 4.2.3 さく井柱状図、ボーリング柱状図の3次元化

地質解析するにあたって必要な柱状図は、国土情報検索サイト「kunijiban」<sup>8)</sup>からボーリング柱状図 9 本、大野市地下水総合調査業務資料編<sup>9)</sup>から、さく井柱状図 114 本、ボーリング柱状図 17 本、の計 140 本を使用する。

「kunijiban」のボーリング柱状図データは電子データであるが、大野市地下水総合調査業務資料編のボーリング柱状図及びさくせい柱状図は紙の資料である。したがって柱状図データを電子データ化するために、表題としてボーリング名、緯度・経度、孔口標高、総掘進長、土質区分として、下端深度、混り、質、基質、土質・岩種区分、分類コード、標準貫入試験結果は、標準貫入試験の各開始深度及び打撃回数、貫入量を入力し電子データに変換した。図 4.11～図 4.13 は電子データ化するために入力した各データの一例である。図 4.14 がボーリング柱状図モデルの一例、図 4.15 がさく井柱状図モデルの一例である。3次元空間に配置した各柱状図データの位置が図 4.16 である。

標題

事業・工事名		
調査名		
調査目的・調査対象	調査目的	調査対象
ボーリング名	obs20	
ボーリング本数	ボーリング総数	ボーリング連番
経度・緯度	東経 136 度 30 分 34.2 秒	北緯 36 度 59 分 43.7 秒
	取得方法コード	
ローカル座標	取得方法説明	
	読み取り精度:小数点以下	桁まで
	測地系	
調査位置	座標定義	座標値
	座標定義	座標値
	座標定義	座標値
調査位置	名称	
充注範囲	メッシュコード	
	名称	
調査期間	テクリスコード	
	西暦	年 月 日 ~ 年 月 日
調査会社	調査業者名	
	電話番号	
	主任技師	
	現場代理人	
	コア鑑定者	
	ボーリング責任者	
基本情報	孔口標高 T.P	170.4
	総掘進長	120 m 柱状図様式の種類   1.土質ボーリング柱状図様式
	掘進門径	度 掘進力
試錐機	地盤公配	度
	名称	
エンジン	能力	m級 方法
	名称	
ハンマー落下用具	能力	単位
	コード	名称
N値記録用具又は装置	コード	名称
	名称	
ポンプ	能力	
	コード	
機種類	名称	
	名称	

□ : 入力するデータ

図 4.11 柱状図データ入力項目の一例：標題

土質区分

XML	入力支援						
	下端深度 (m)	土質・岩種 区分	土質・岩種 記号	分類コード	混り	質	基質
	0.40	盛土		09400			94, 盛土
	3.50	粘土		03200			32, 粘土
	6.00	粘土質シルト		03140		4, 粘土質	31, シルト
	7.80	高有機質土 (腐植土)		06000			60, 高有機質土 (腐植土)
	10.00	シルト		03100			31, シルト
	14.00	砂		02100			21, 砂
	16.20	粘土質シルト		03140		4, 粘土質	31, シルト
	18.00	シルト		03100			31, シルト
	18.80	シルト		03100			31, シルト
	21.00	シルト		03100			31, シルト
	21.80	高有機質土 (腐植土)		06000			60, 高有機質土 (腐植土)
	28.00	砂利・礫混りシルト		03102	2, 砂利・礫混り		31, シルト
	30.70	粘土質シルト		03140		4, 粘土質	31, シルト
	32.00	高有機質土 (腐植土)		06000			60, 高有機質土 (腐植土)
	34.50	砂利・礫混りシルト		03102	2, 砂利・礫混り		31, シルト
	35.00	粘土質シルト		03140		4, 粘土質	31, シルト
	35.50	砂利・礫混り粘土質シルト		03142	2, 砂利・礫混り	4, 粘土質	31, シルト
	36.50	粘土質シルト		03140		4, 粘土質	31, シルト
	41.50	砂利・礫混り粘土質シルト		03142	2, 砂利・礫混り	4, 粘土質	31, シルト
	42.50	砂利・礫混り砂		02102	2, 砂利・礫混り		21, 砂
	47.00	砂利・礫混りシルト		03102	2, 砂利・礫混り		31, シルト
	48.60	シルト混り礫		01104	4, シルト混り		11, 礫
	50.50	礫質土		01000			10, 礫質土

図 4.12 柱状図データ入力項目の一例：土質区分

開始深度 (m)	XML								備考
	0~10cm		10~20cm		20~30cm		合計		
	打撃回数 (回)	貫入量 (cm)	打撃回数 (回)	貫入量 (cm)	打撃回数 (回)	貫入量 (cm)	打撃回数 (回)	貫入量 (cm)	
1.15							2		
2.15							1		
3.15							2		
4.15							2		
5.15							3		
6.15							3		
7.15							3		
8.15							2		
9.15							2		
10.15							3		
11.15							5		
12.15							7		
13.15							5		
14.15							5		
15.15							4		
16.15							4		
17.15							6		
18.15							6		
19.15							7		
20.15							6		
21.15							9		
22.15							25		
23.15							22		
24.15							12		
25.15							9		
26.15							10		
27.15							11		
28.15							5		
29.15							6		
30.15							6		
31.15							8		
32.15							8		
33.15							10		
34.15							7		

図 4.13 柱状図データ入力項目の一例：標準貫入試験

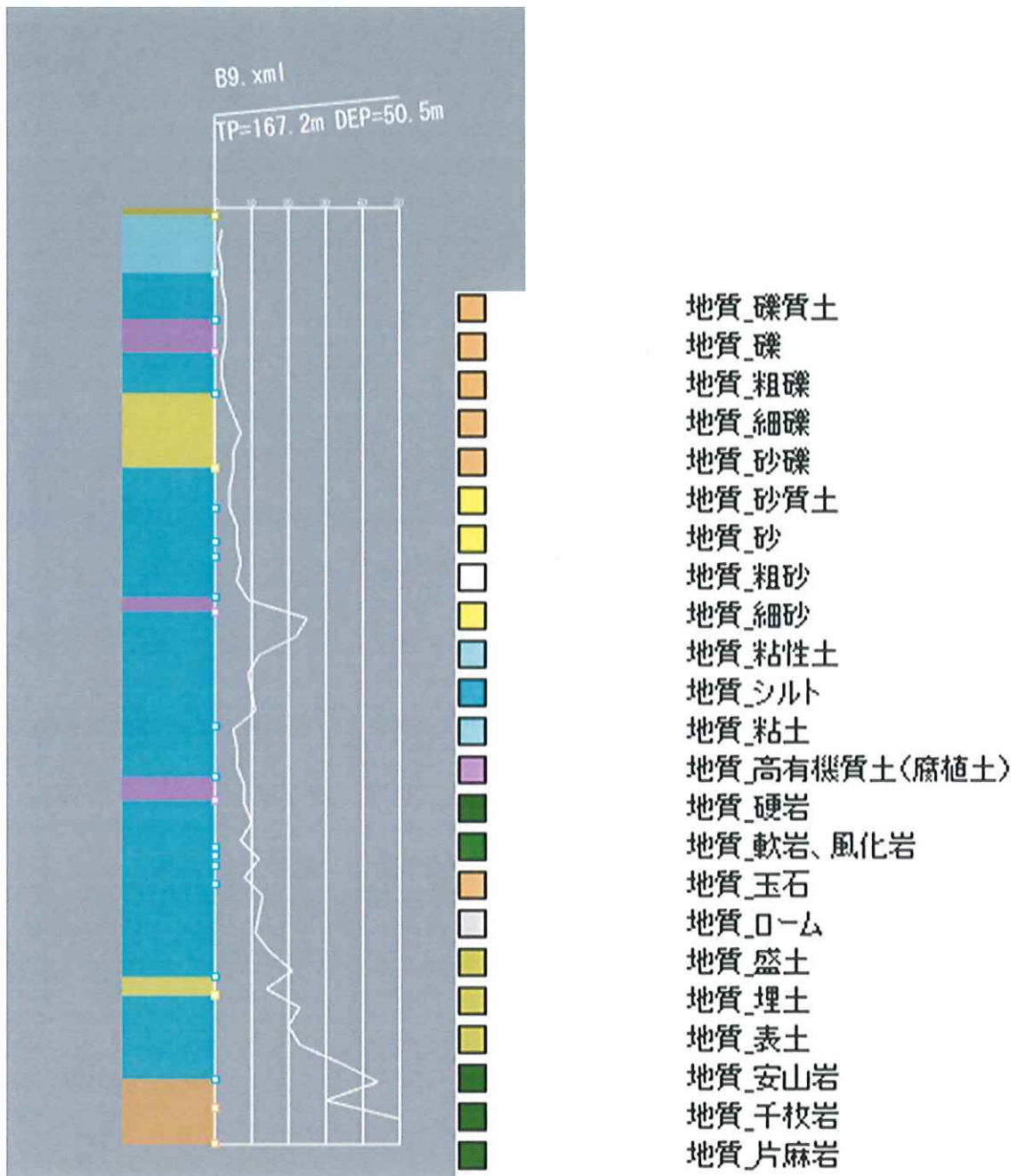


図 4. 14 ボーリング柱状図モデルの一例

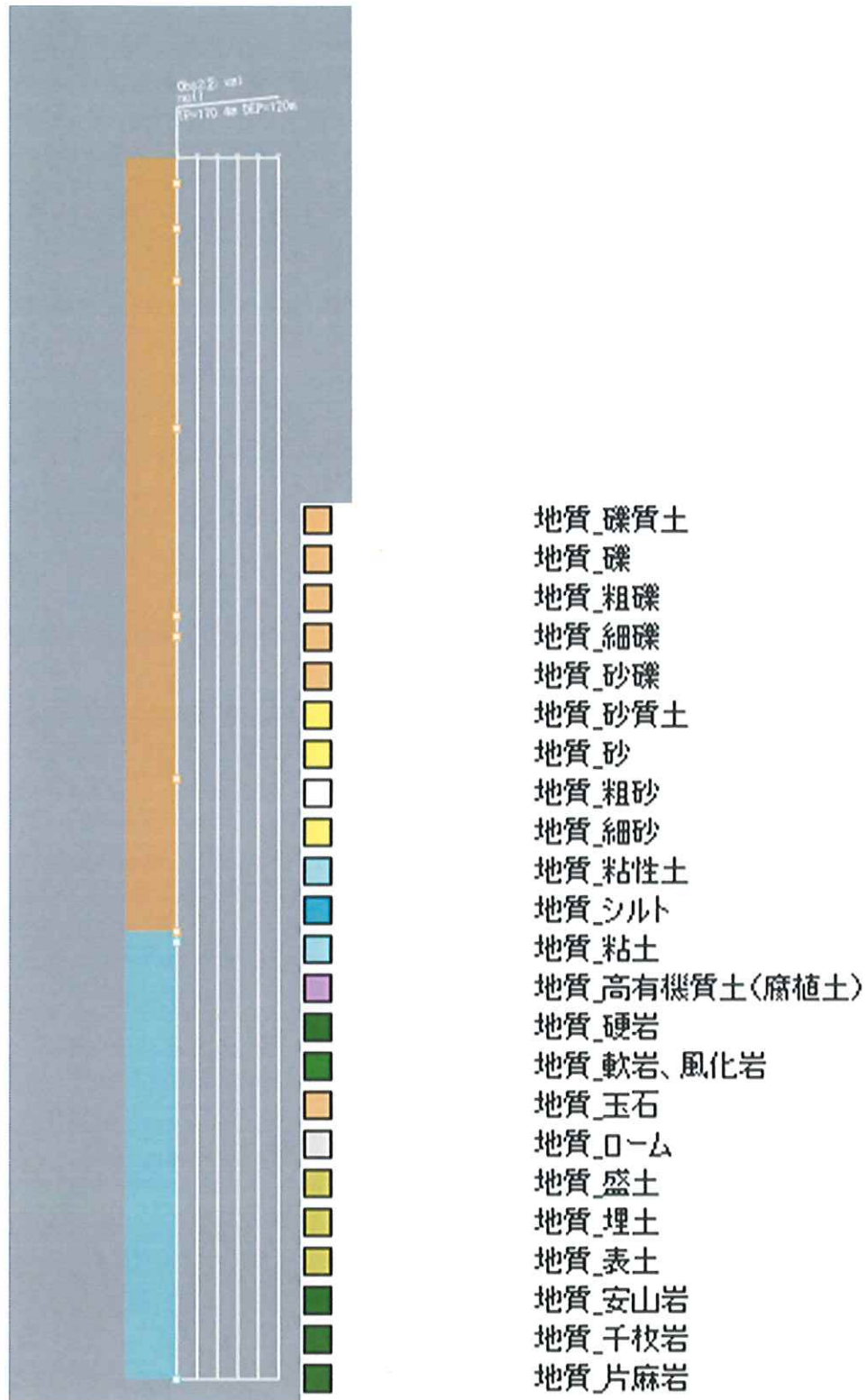


図 4. 15 さく井柱状図モデルの一例



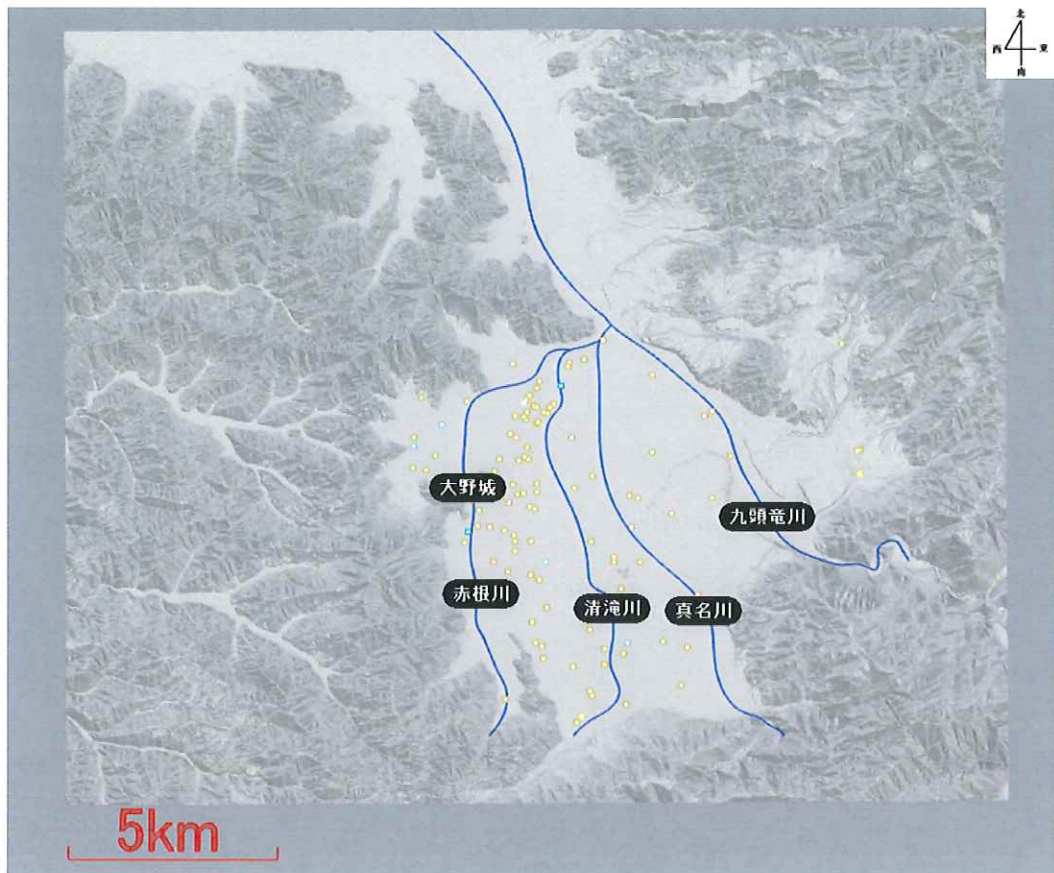


図 4. 16 各柱状図データ位置

#### 4. 3 3 次元地質モデルの作成方法

##### 4. 3. 1 モデル化する地質の決定

本研究ではモデル化する地質として 3 章の 3.3 で述べたとおり、大野市で主に地下水帯水層として利用されている Ag 層、G1 層及び G2 層を第一帯水層、火山砂礫からなる da 層を第二帯水層、それ以下の G3 層を第三帯水層の 3 次元モデル化を試みた。これら帯水層の中で第三帯水層に関して既存資料からは帯水層厚が不明であるため、ここでは柱状図データの最深部が標高 50.4m と基盤まで達していないことから、標高 50m までを基盤と仮定し、標高 50m から第一帯水層及び第二帯水層の最深部までを G3 層、すなわち第三帯水層と仮定した。この点に関しては、基盤岩が確認されているボーリングデータが既存データの中では皆無であることからこのような措置を行った。しかし、これは真の基盤層ではないため正確な地層図ではないことから今後さらなる検討を要する。表 4. 3 はこれらをまとめたものである。

表 4.3 モデル化する帯水層

地質記号	層相	帯水層区分
Ag層	砂礫	第1帯水層
G1層	砂礫	
G2層	粘土混り砂礫	
da層	火山砂礫	第2帯水層
G3層	砂、砂礫、粘土	第3帯水層
T層	安山岩	

#### 4.3.2 モデル化する範囲の決定

3次元地質モデルを作成するために解析する範囲と精度を決定する。4.2で作成した3次元地形モデルの範囲は、地下水を多く利用していない地域も含まれる、したがってここでは地下水利用地域の3次元地質モデルの精度を向上させるために、**図 4.19**に示したように東西14000m、南北10000mの範囲についてモデル化することを試みた。

今回使用するソフトウェアによる解析精度に関わる分割数に関して、200×300が限界となることから、本研究においては解析する範囲を、東西に281南北に201に分割することにした、この結果1マスは50m×50mの範囲と計算される。**図 4.20**余計な部分をトリミングしたものである。

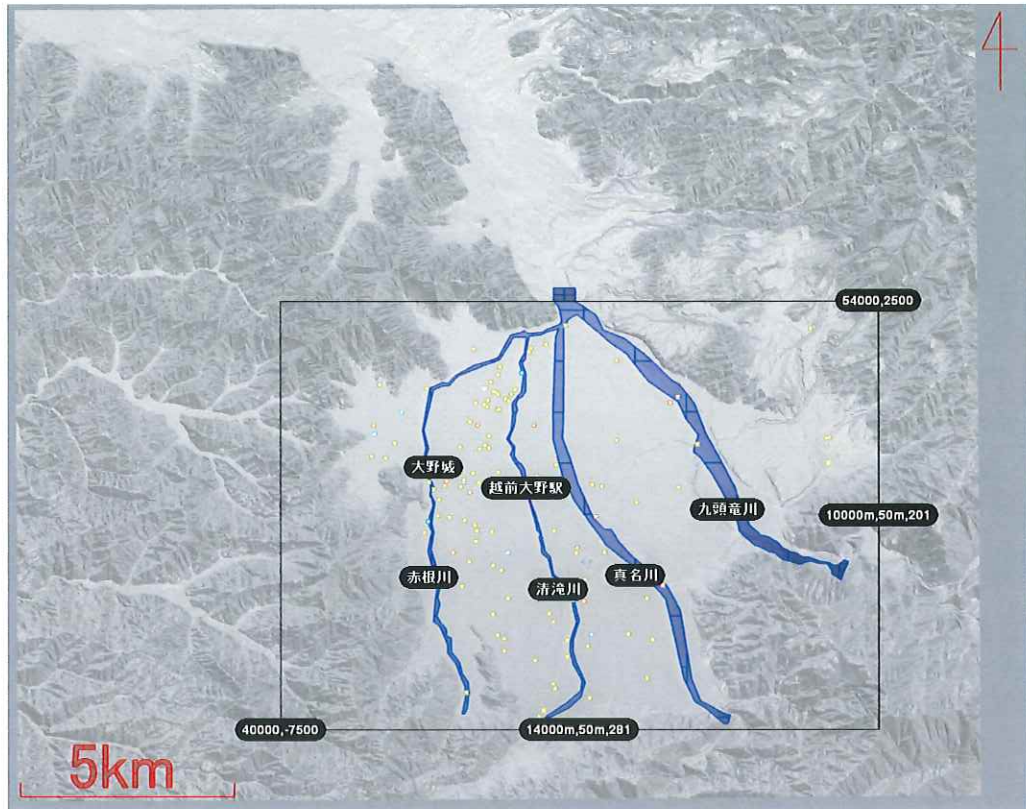


図 4. 19 モデル化する範囲



図 4. 20 モデル化する範囲（トリミング後）

#### 4.43 次元地質解析による境界面の決定

4.2.2 で 3 次元データ化した断面図と 4.2.3 で 3 次元データ化したボーリング柱状図及び  
さく井柱状図を用いて地層の境界面を決定する。なお、境界面作成には NURBS サーフェス  
モデルを使用する<sup>10)</sup>。NURBS とは、単純な 2 次元の線、円、円弧、直方体から、最も複雑  
な 3D 自由有機サーフェスやソリッドに至るまで正確に定義することのできる数学的表現  
方法である。

図 4.21 は B-B'断面を一例として二次元的に地質の境界線を引いたものである。図 4.22  
は解析範囲内の複数の地質柱状図から 3 次元化を実施するために各地層の境界面を結んだ  
ものである。これらの線を基に境界面モデルを作成した。

NURBS サーフェスモデルを作成には BS-Horaizon という境界面計算アルゴリズムを用い、  
境界線を 1m 間隔の点群にしたデータを用い作成した。BS-Horaizon とは、与えられた点群  
の標高データや傾斜データから曲面を推定し点群で出力するアルゴリズムである。

図 4.23 は BS-Horaizon を用い解析した第一帯水層の境界面である。また、図 4.24 はそ  
れを用い作成した NURBS サーフェスモデルである。

このように各境界面を決定した。図 4.25 は作成した各帯水層の境界面モデルである。

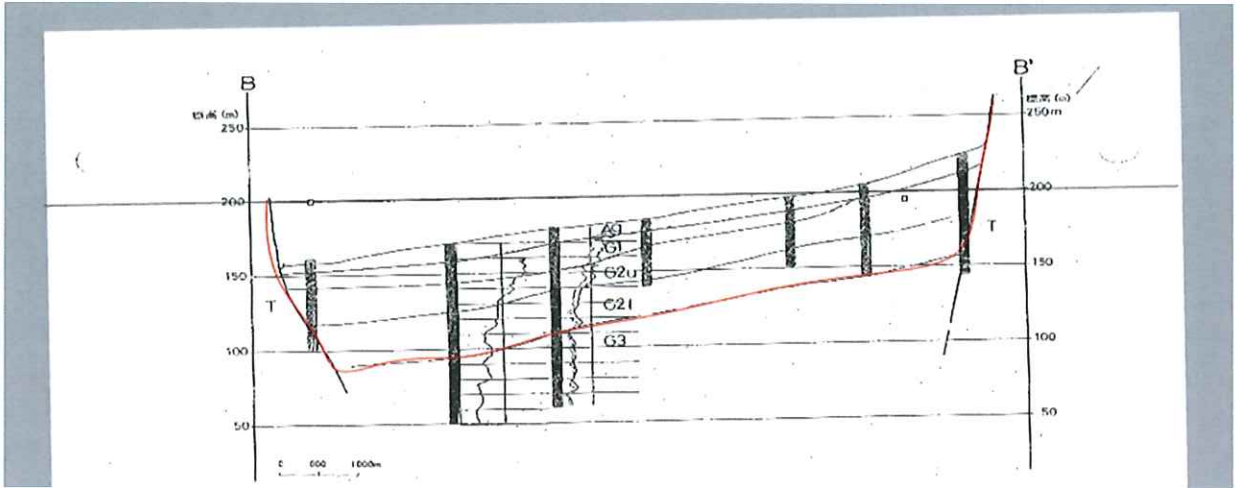


图 4.21 地質境界線 (断面図)

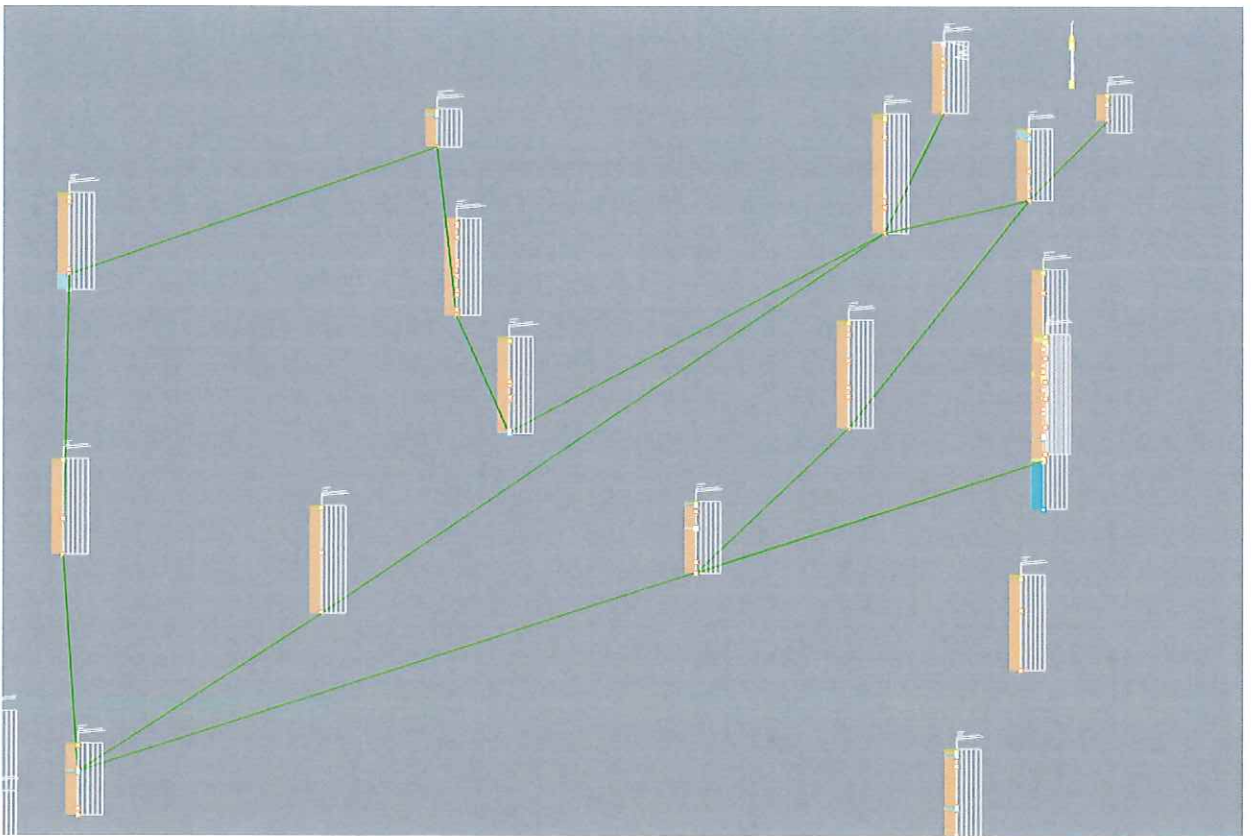


图 4.22 地質境界線 (柱状图)

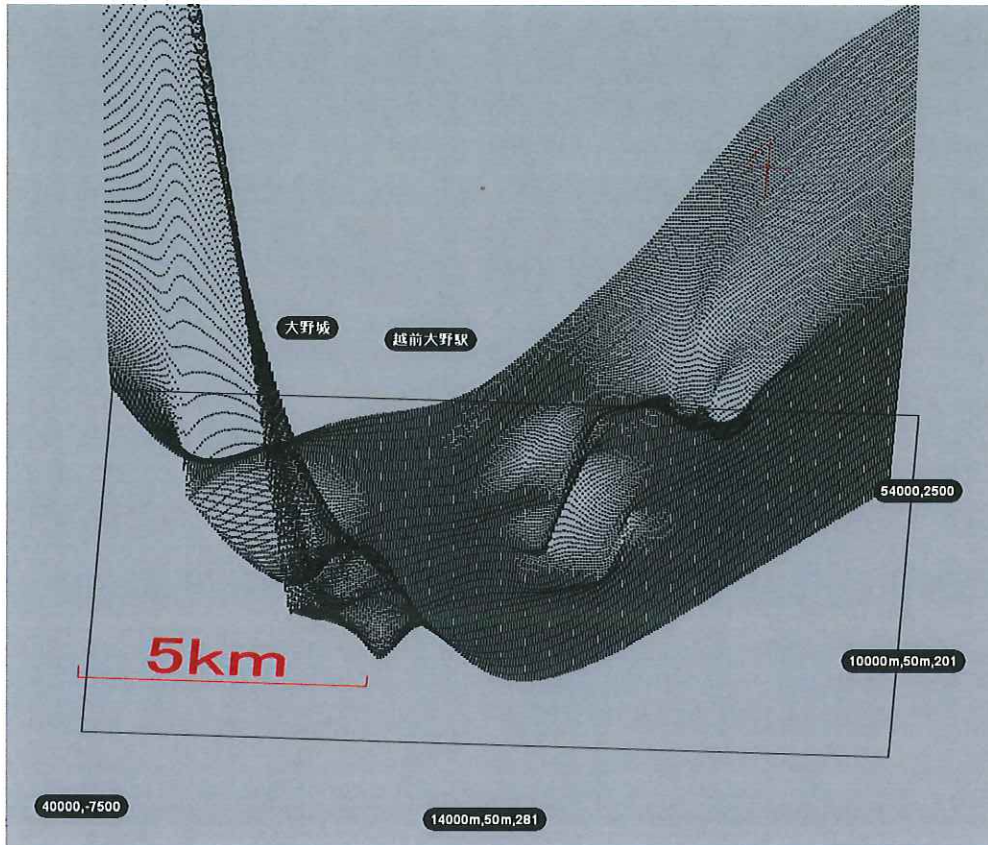


図 4. 23 BS-Horizon で解析された第一帯水層の境界面

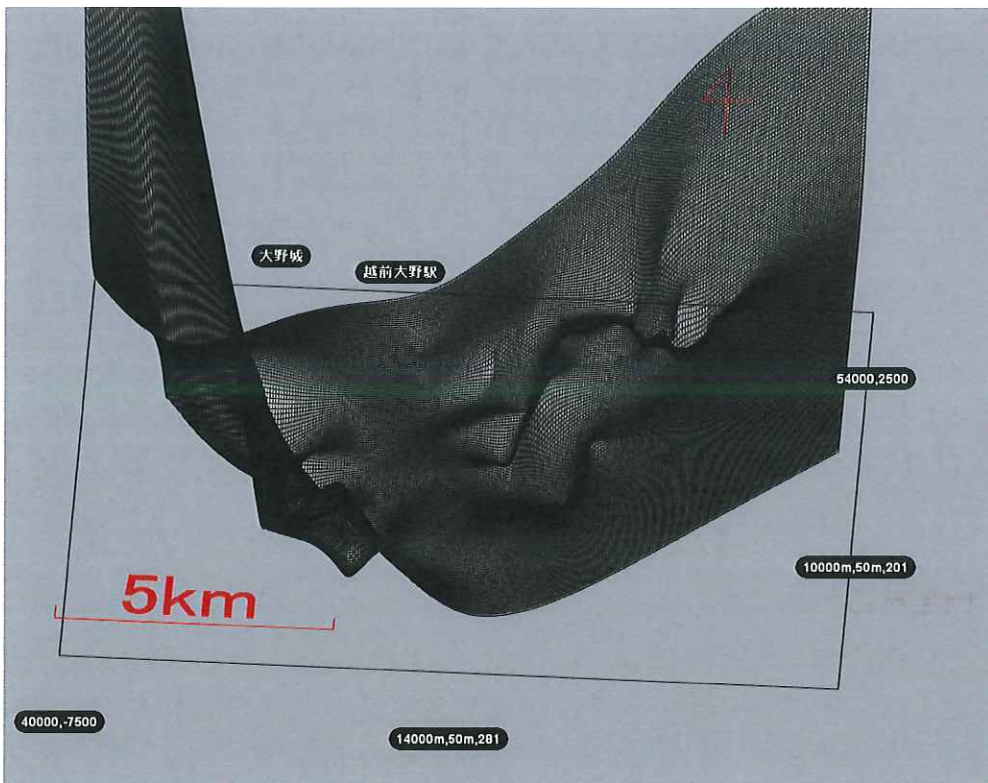


図 4. 24 第一帯水層の境界面 NURBS サーフェスモデル

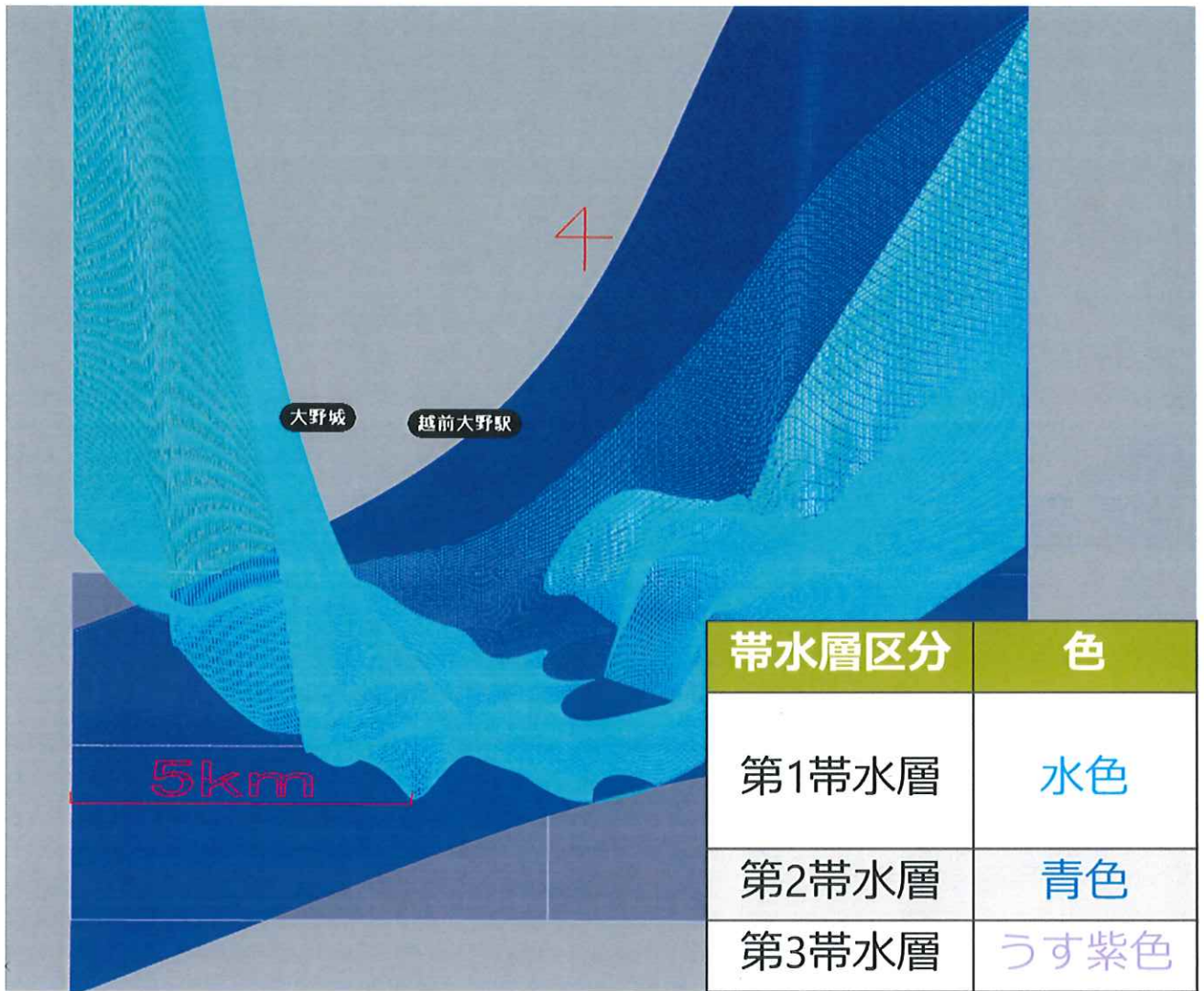


図 4. 25 各帯水層の境界面 NURBS サーフェスモデル

#### 4.5 境界面による地層モデルの作成

地層モデルを作成の考え方を図 4.26 に表した。直方体のモデルを作成し、地形面で切断後、どのような順番で境界面を用い立方体を切断すれば地層モデルができるかをイメージしながら作成する。

図 4.27 は地形で切断したモデルである。図 4.28 が第一帯水層のモデル、図 4.29 が帯水層全体のモデル、図 4.30 が完成した大野盆地のモデルである。

- ①地形面
- ③境界面
- ②境界面

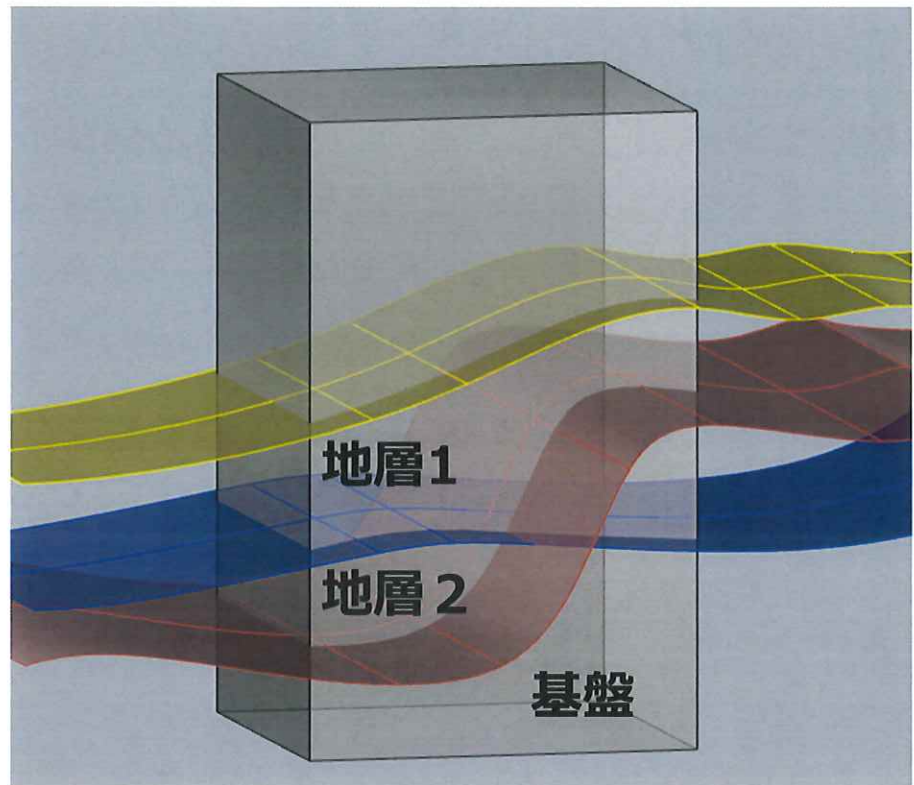


図 4.26 地層モデル作成の考え方



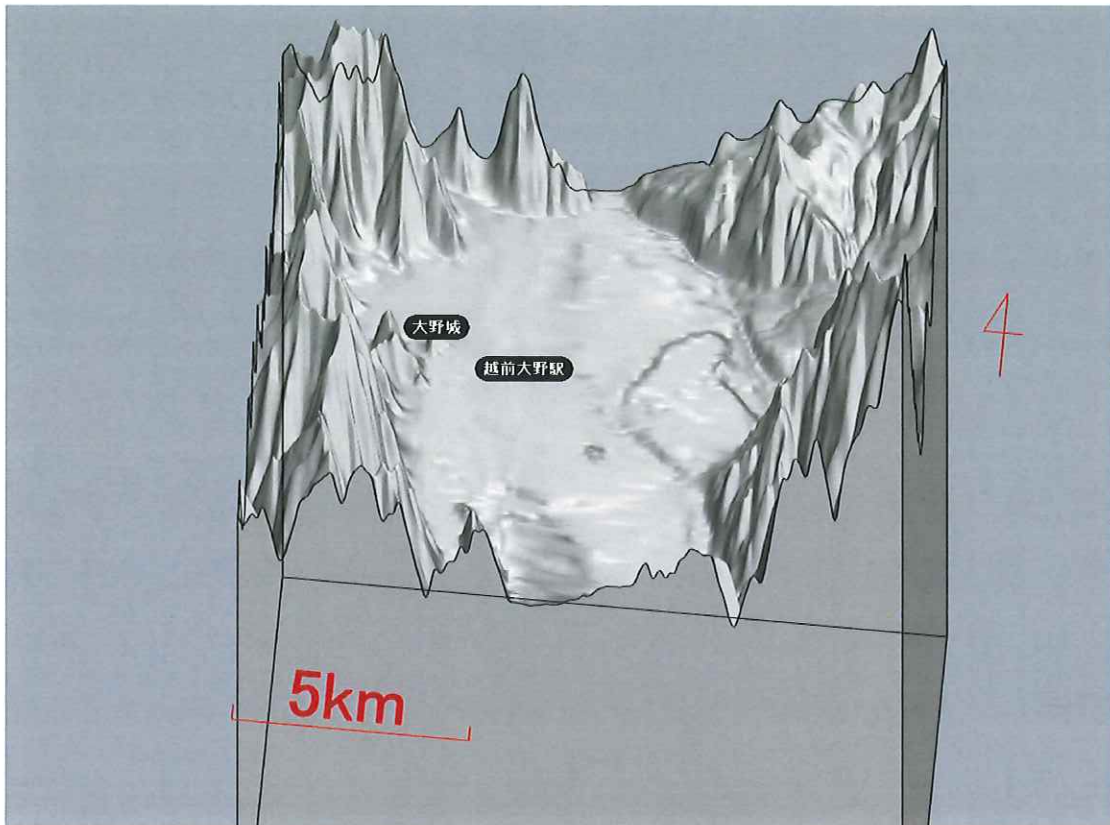


図 4. 27 地形で切断したモデル

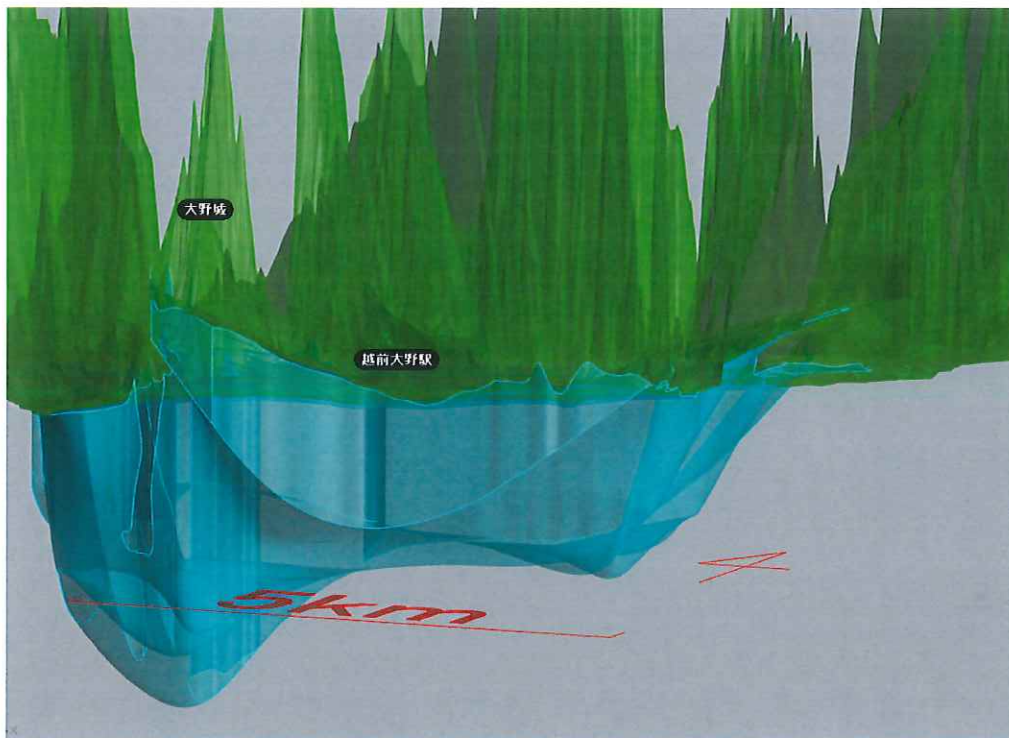


図 4. 28 第一帯水層モデル

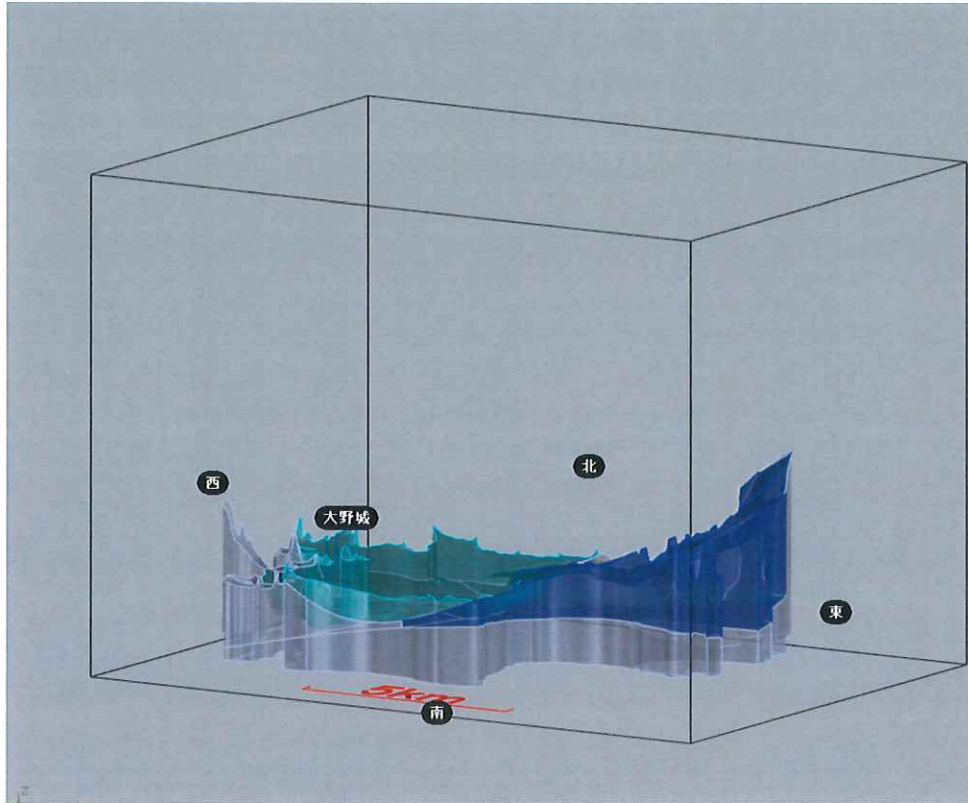


図 4. 29 全帯水層モデル

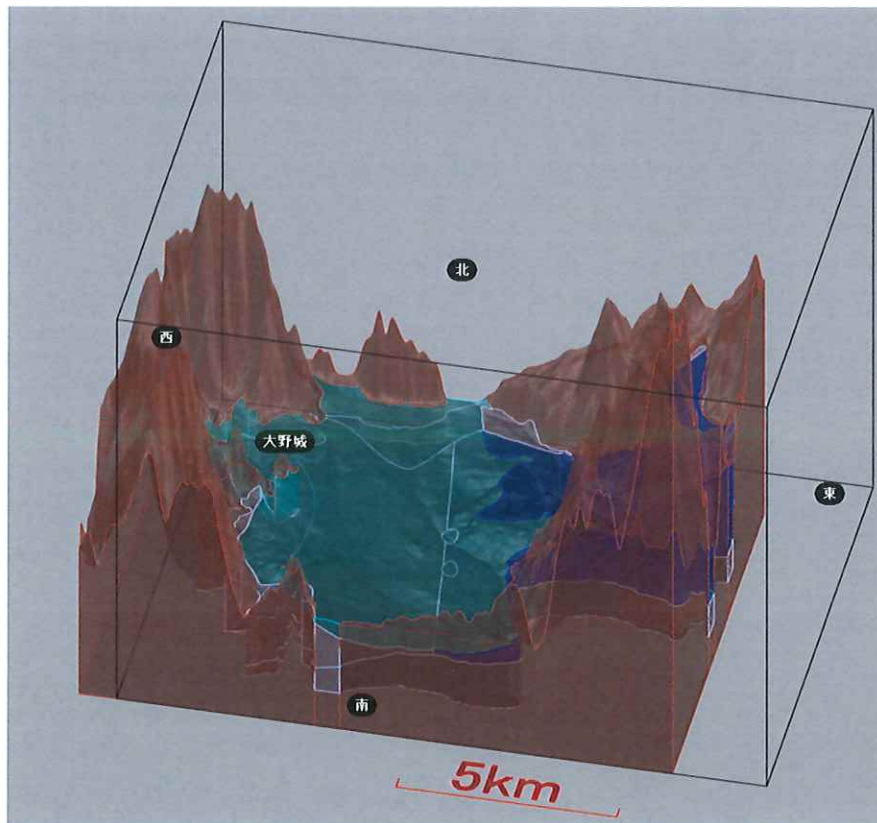


図 4. 30 大野盆地モデル

#### 4.6 まとめ

作成した、モデルから大野の市街地である盆地北西部に地下水として利用しやすい第一帯水層が深くまで確認できた。また、なだれ堆積物である第二帯水層は盆地の東部で確認できた。また、第三帯水層である G3 層の最深部を標高 50m 地点と仮定したがこれは盆地内部で基盤まで達した資料が無いための仮定であり、どれほどの深さがあるかは現在では不明である。

## 第5章 大野市街地の3次元モデル化

### 5.1 はじめに

第4章で大野盆地の地下モデルを作成したが、この章では大野市街地についてより詳しい越前大野城付近のメインストリート周辺モデルを作成し、その範囲に4章で作成した地質モデルを配置し、地上モデルと地下モデルの複合モデルを作成することを試みた。

### 5.2 3次元VRソフトウェア

大野市街地のモデルを作成するにあたって本研究では3次元VRソフトウェアを使用する、これによりVRゴーグルを装着することにより、作成した大野市街地3次元モデルによりリアルな体験をすることができる。VRゴーグルとはレンズのついたゴーグルのことを指し、ディスプレイに出力された少しゆがんでいる映像を、レンズを通して見ることで、左右の目に視差の異なる像を映し出すことにより、立体視が可能となる。

### 5.3 大野市街地モデル

市街地の地形モデルを作成するために日本国土地理院の50mメッシュ地形標高データを使用する<sup>10)</sup>、**図5.1**は大野城周辺1200m×1200mの範囲をモデル化したものである。

**図5.2**は指定された範囲内に航空写真を張り付けたものである。ここで、国土地理院の数値標高データ1/2000空間基盤データを使用した。

また市街地を再現するために航空写真の位置に道路、構造物、河川、水路などをモデル化し配置する。道路モデルは航空写真を参考に車線数、幅を合わせ作成する。**図5.3**は作成した道路モデルの一例である。構造物モデルは写真から位置と形を把握し作成する。**図5.4**は作成した構造物モデルの一例である。同様に河川、水路モデルを作成し配置した。**図5.5**は作成した大野市街地モデルである。また、4章で作成した地質モデルを地下に配置する。**図5.6**は地質モデルと複合した大野市街地モデルである。

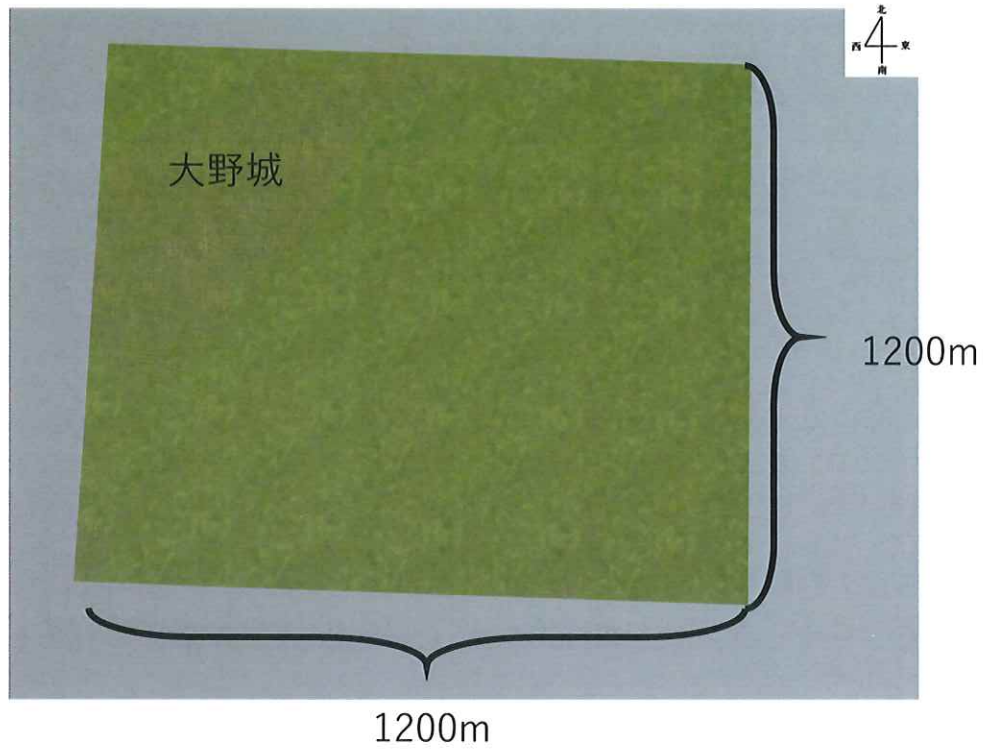


図 5. 1 市街地地形モデル

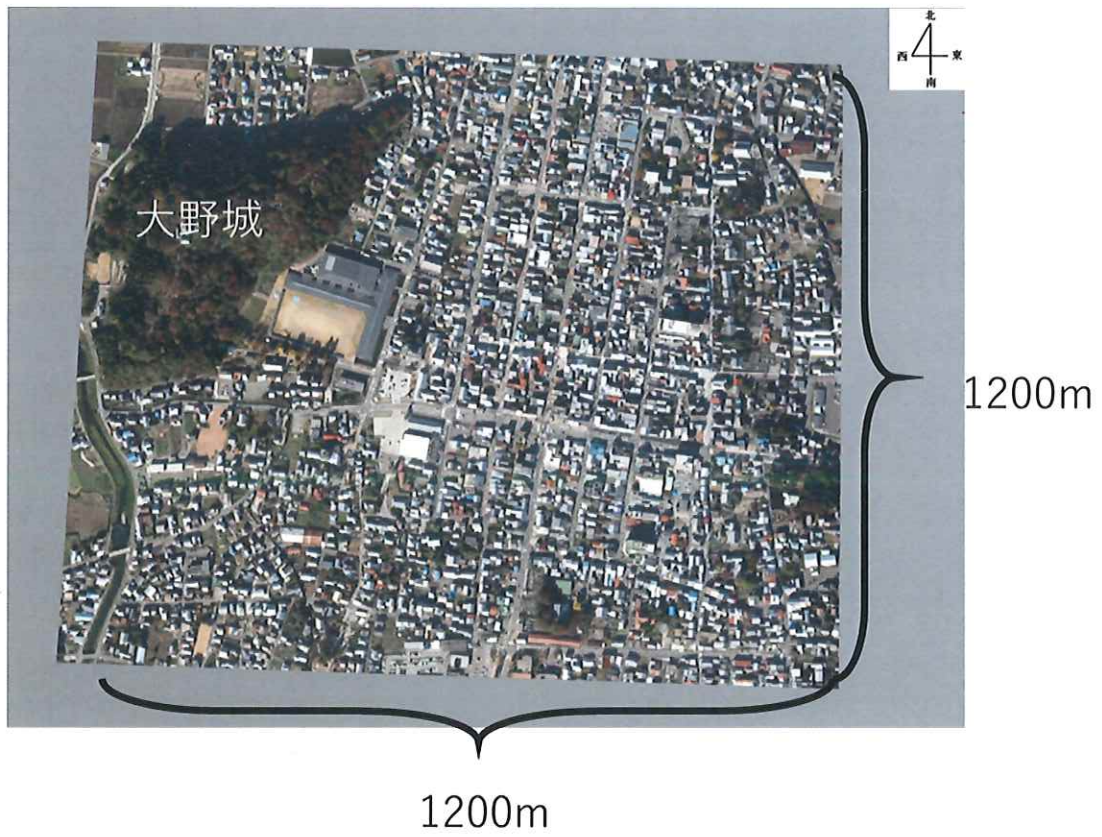


図 5. 2 市街地地形モデル (航空写真)

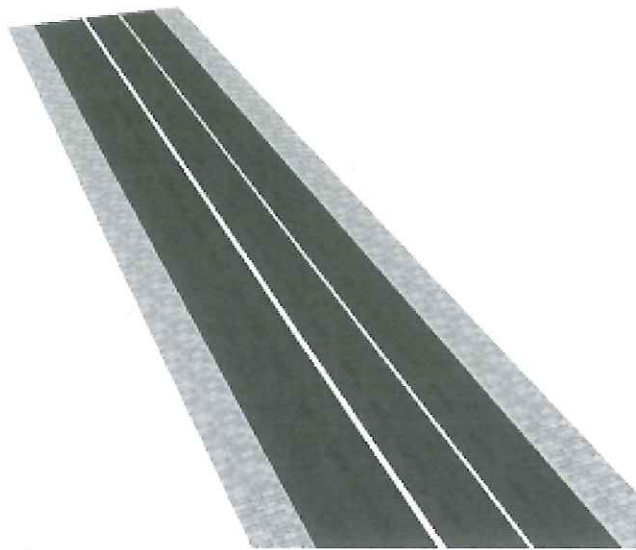


図 5. 3 道路モデルの一例

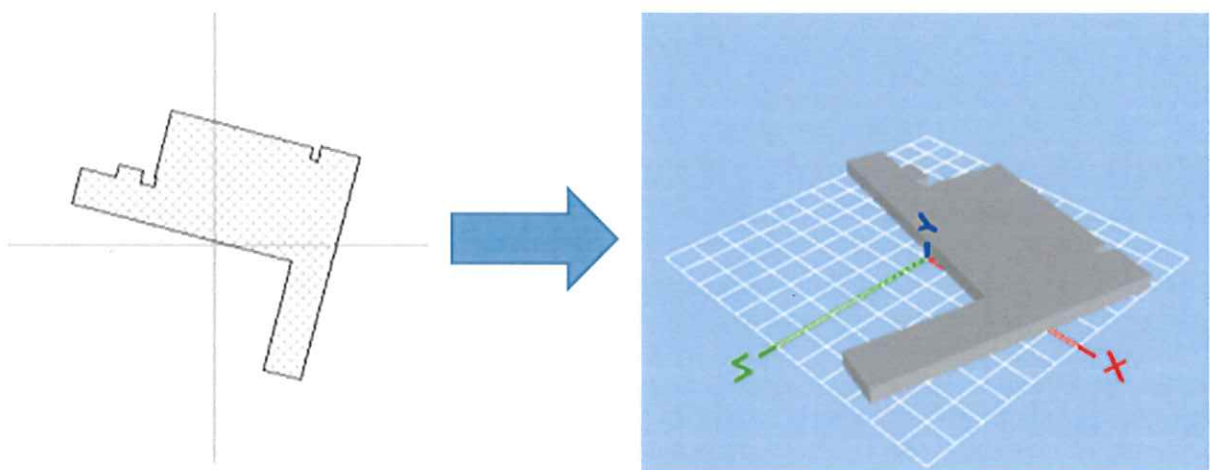


図 5. 4 構造物作成



図 5. 5 市街地モデル

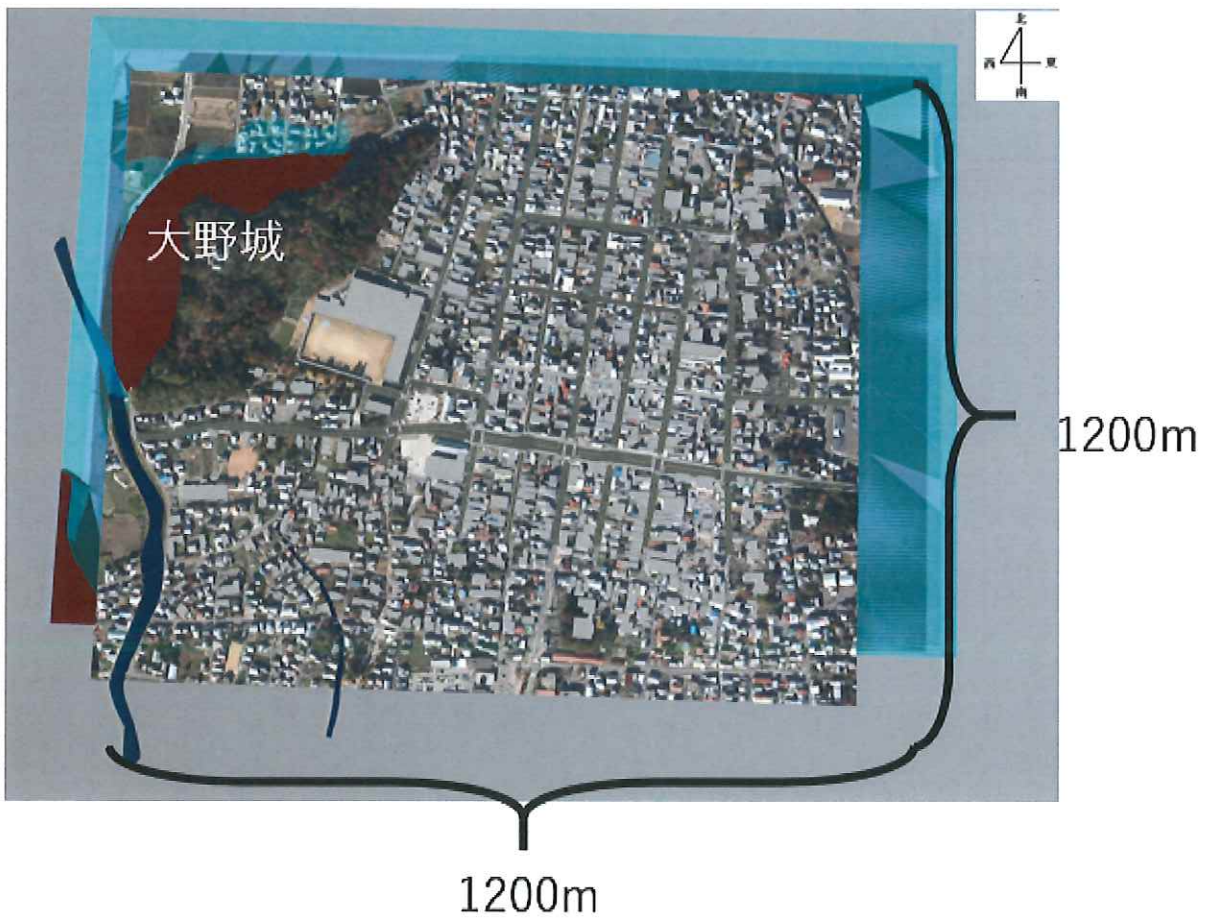


図 5. 6 市街地モデル

#### 5.4 まとめ

今回作成した大野の市街地モデルの道路は交差点を定義したため実際に車を走らせて信号で交通整理することも可能である。また VR ゴーグルとセンサーを装着すると実際に大野の市街地を歩く体験をすることができる図 5.7。したがって市街地モデルを正確に再現することでより一層現実に近づくことになる。



図 5.7VR 機能



## 6章 3次元地質モデルによる地下水賦存量の推定

### 6.1 はじめに

地下水賦存量を推定するにあたって、本研究では、地下水面が地表にあり、それ以下の帯水層が飽和していると仮定する。

よって地下水賦存量は帯水層の間隙の体積となり、式(6.1)より、帯水層の体積に間隙率を乗じて求められる。また間隙率は砂礫層の一般値である0.3とする。

$$V_v = nV \quad (6.1)$$

$V_v$  : 帯水層の間隙の体積       $n$  : 間隙率       $V$  : 帯水層の体積

### 6.2 地下水賦存量の推定

図 6.1 は帯水層の体積の求め方の考え方を示したものである。4章で作成した各帯水層を輪切りにした微小断片の和であると考え、モデル微小断面の xyz の座標データから面積を求め、それを足し合わせるにより体積を求める。

計算の結果、第一帯水層の体積が約 2.9 km<sup>3</sup>、第二帯水層の体積が約 2.24 km<sup>3</sup>、第三帯水層の体積が約 5.23 km<sup>3</sup>であった。これらに間隙率 0.3 を乗じると、地下水の賦存量が推定できる。第一帯水層が約 0.87 km<sup>3</sup>、第二帯水層が約 0.672 km<sup>3</sup>、第三帯水層が約 1.569 km<sup>3</sup>、合計で約 3.111 km<sup>3</sup>である。これを重さにすると約 31 億 t である。表 6.1、表 6.2 は地下水賦存量の結果をまとめたものである。これらの表より図 6.1 に示した方法で求めた地下水賦存量は約 31.1 億 m<sup>3</sup>となった、これは、東京ドームの体積が 0.00124 km<sup>3</sup>であるため、大野盆地の地下水賦存量は東京ドーム約 2500 杯分となる、また、琵琶湖の水が約 275 億 t であるため、琵琶湖の約 11%の量となる。

今回推定した値は第三帯水層である G3 層の最下層の資料が皆無であったため標高 50m を G3 層と基盤の境界面として仮定した、しかし、基盤がそこよりも深い位置にある可能性も十分考えられるため、実際には今回推定した値よりも多くの地下水が大野盆地に賦存していると予想でき、今後検討が必要であると言える。

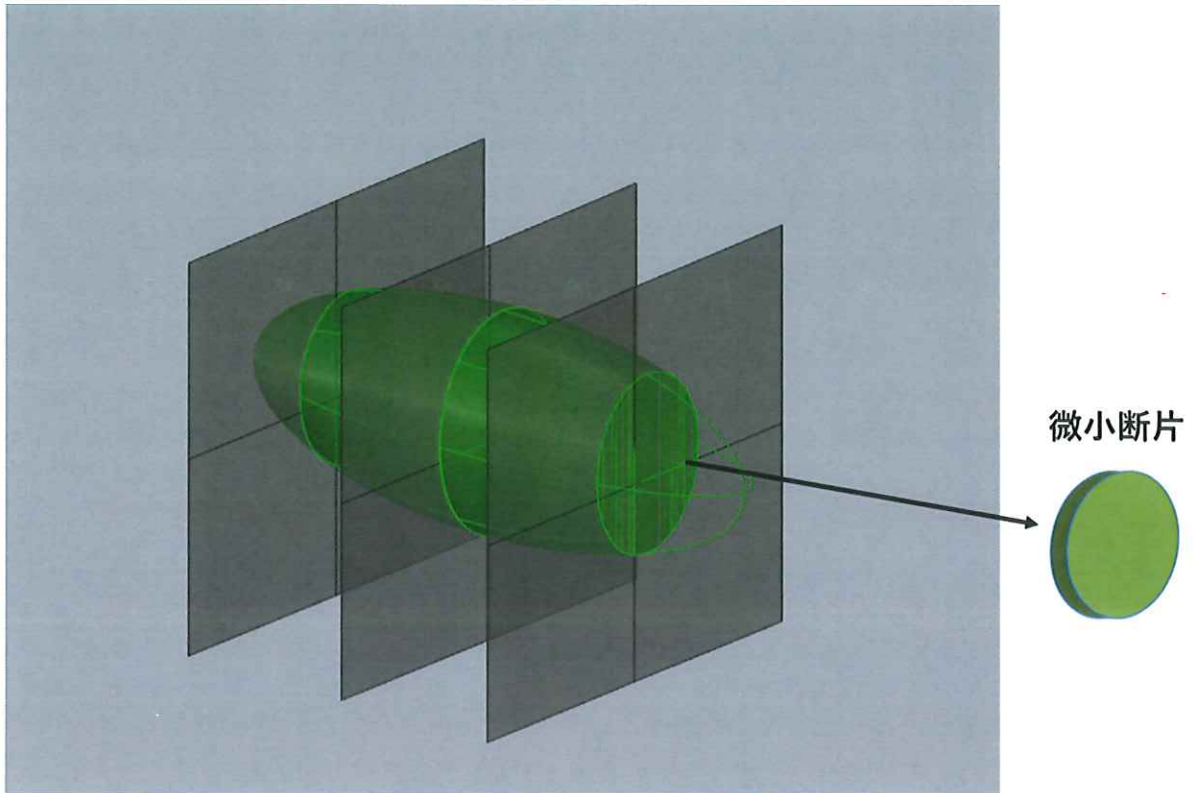


図 6. 1 体積計算の考え方

表 6. 1 地下水の賦存量まとめ 1

記号区分	層相	帯水層区分	色	体積 (km)	間隙率	地下水賦存量 (km)		
Ag	砂礫	第1帯水層	水色	2.9	0.3	0.87	1.542	3.111
G1	砂礫							
G2	粘土混り砂礫							
da	火山砂礫	第2帯水層	青色	2.24	1.569			
G3	砂、砂礫、粘土	第3帯水層	うす紫色	5.23				
T	安山岩		茶色					

表 6. 2 地下水賦存量まとめ 2

単位	km <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t
地下水賦存量	3.111	31.1億	31.1億

## 第7章 結論

大野盆地は、福井県東部の大野市に位置しており、盆地の南側から九頭竜川、真名川、清滝川、赤根川がそれぞれ北へ向かって流れ盆地の北部で合流し、それらの扇状地からなる。また、大野では地下水を古くから地下水を生活用水など様々な用途に使用してきた。本研究は、大野と深い関わりがある地下水に着目した。

本研究では、大野盆地における地下水の保全管理の第一歩として3次元地質モデルの構築とそれによる地下水賦存量の推定および大野市街地モデルの構築を行った。

3次元地質モデルの構築では、柱状図資料から大野盆地における帯水層を区分し3次元地質解析ソフトウェアで地質の境界面を決定しそれを元に帯水層の3次元地質モデルを構築した。帯水層の区分において大野盆地内の帯水層を3種類に区分した、また、大野盆地内で基盤に達した資料が皆無なため本研究では標高50mに基盤があると仮定した。結果、大野盆地西部に普段水をくみ上げている第一帯水層が深くまであることがわかった。

地下水賦存量の推定は、地下水面が地表にあり、帯水層は飽和していると仮定し、構築した3次元モデルの体積と間隙率を用い計算した。3次元地質モデルの体積はxyz数値データから積分をして求めた。また帯水層の間隙率を砂礫層の一般地である0.3とした。推定の結果大野盆地の地下水賦存量は約31.1億tでこれは東京ドーム約2500杯、琵琶湖の貯水量の11%程度の量である。

今後の課題として、3次元地質モデルの帯水層区分の詳細化、G3層の全貌の把握が必要だと感じた。本研究のG3層は最小の厚さで仮定したため地下水賦存量は実際よりも低く推定された可能性がある。大野盆地内に基盤まで達する資料があれば、より正確な値を推定することができるであろう。また、今回用いた間隙率はすべての帯水層で0.3として計算したが、これも各帯水層の地質ごとに、より正確な間隙率を用いることにより、より正確な地下水賦存量の推定となるであろう。最後に大野市街地モデルは現状構造物が灰色だがよりリアルな構造物モデルにすれば、VRソフトウェアの機能がさらに活きるであろう。

## 参考文献

- 1) 谷口真人：気候変動と地下水、地下水学会誌, Vol.47,No1,pp.5-17,2005.
- 2) Robin Clarke：水の世界地図, 丸善株式会社, pp15-17, 2006.
- 3) 大野市：大野市ってこんなところです,p1
- 4) 大野市：大野市勢要覧,p5,2014
- 5) 大野市：大野市地下水保全管理計画,pp1-12,2006
- 6) 大野市：大野市地下水総合調査業務報告書, pp15-37, 2003
- 7) 国土地理院：数値標高モデル, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
- 8) 国土交通省：KuniJiban, <http://www.kunijiban.pwri.go.jp>
- 9) 大野市：大野市地下水総合調査業務資料編, pp5-67
- 10) 応用地質株式会社：GEO-CRE 操作ガイド,Vol.1.0.0,pp5-305,2017
- 11) 株式会社フォーラムエイト：UC/win-Road 操作ガイダンス,pp8-257,2016