

繰り返しアプローチに基づくサイトスケールの  
水理地質構造のモデル化・地下水流動解析  
(ステップ0およびステップ1)

(研究報告)

2005年5月

核燃料サイクル開発機構  
東濃地科学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

電話：029-282-1122（代表）

ファックス：029-282-7980

電子メール：[jserv@jnc.go.jp](mailto:jserv@jnc.go.jp)

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構  
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2005

繰り返しアプローチに基づくサイトスケールの  
水理地質構造のモデル化・地下水流動解析  
(ステップ0およびステップ1)

大山 卓也<sup>\*</sup> , 三枝 博光<sup>\*</sup> , 尾上 博則<sup>\*</sup> , 遠藤 令誕<sup>\*\*</sup>

要 旨

核燃料サイクル開発機構が、岐阜県東濃地域において実施している超深地層研究所計画では、結晶質岩を対象とした深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備を目標の一つとして設定している。この目標を達成するため、深部地質環境を対象とした調査から評価に至る一連のプロセスを繰り返すアプローチ(「繰り返しアプローチ」)に基づいて調査研究を実施している。

本研究では、超深地層研究所計画の地下水流動特性評価に関する調査研究の一環として、繰り返しアプローチに基づき、広域地下水流動研究などで得られた既存情報(ステップ0)に基づいた水理地質構造モデルの構築・地下水流動解析を実施した。さらに、既存情報、地表踏査および反射法弾性波探査の情報に基づくステップ1を対象とした水理地質構造モデルの構築・更新および地下水流動解析を実施した。

地下水流動解析では、ステップ0とステップ1の地下水流動解析結果を比較することによる水理地質構造モデルの不確実性の変遷に関する評価および次段階以降の調査対象の抽出を目的として、推定断層の透水性に着目した感度解析を実施し、地下水流動解析結果に与える影響を評価した。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) ステップ0からステップ1への調査の進展に伴い、瑞浪超深地層研究用地周辺の推定断層の存在など、地下水流動特性に関する理解度が向上し、水理地質構造モデルを更新することができた。
- 2) 断層が地下水の主要な流動経路となっていることが示された。
- 3) 北北西系と北東系断層が研究用地周辺の地下水流動場に及ぼす影響が大きいことが示された。

また、次段階以降の調査においては、北北西系および北東系断層の地質学的・水理学的特性を評価することが重要であることが明らかとなった。

---

<sup>\*</sup> 東濃地科学センター 瑞浪超深地層研究所 超深地層研究グループ

<sup>\*\*</sup> 株式会社 NESI

Stepwise Hydrogeological Modeling and Groundwater Flow Analysis  
on Site Scale ( Step 0 and Step 1 )

Takuya Ohyama<sup>\*</sup>, Hiromitsu Saegusa<sup>\*</sup>, Hironori Onoe<sup>\*</sup>, Yoshinobu Endo<sup>\*\*</sup>

Abstract

One of the main goals of the Mizunami Underground Research Laboratory Project is to establish comprehensive techniques for investigation, analysis, and assessment of the deep geological environment. To achieve this goal, a variety of investigations, analysis, and evaluations have been conducted using an iterative approach.

In this study, hydrogeological modeling and groundwater flow analyses have been carried out using the data from surface-based investigations at Step 0 and Step 1, in order to synthesize the investigation results, to evaluate the uncertainty of the hydrogeological model, and to specify items for further investigation.

The results of this study are summarized as follows:

- 1) As the investigation progresses Step 0 to Step 1, the understanding of groundwater flow was enhanced from Step 0 to Step 1, and the hydrogeological model could be revised,
- 2) The importance of faults as major groundwater flow pathways was demonstrated,
- 3) Geological and hydrogeological characteristics of faults with orientation of NNW and NE were shown to be especially significant.

The main item specified for further investigations is summarized as follows:

- Geological and hydrogeological characteristics of NNW and NE trending faults are important.

---

<sup>\*</sup> Tono Geoscience Center, Mizunami Underground Research Laboratory, Underground Research Group

<sup>\*\*</sup> NESI Inc.

## 目次

1. はじめに	1
2. 地形・地質の概要	2
2.1 地形概要	2
2.2 地質概要	3
3. モデル化・解析領域	4
4. モデル化・解析の手順	5
4.1 モデル化・解析の流れ	5
4.2 使用データ	5
5. 水理地質構造モデルの構築	6
5.1 水理地質構造モデル化要素の抽出（ステップ0）	6
5.2 透水性の設定（ステップ0）	8
5.3 水理地質構造モデル化要素の抽出（ステップ1）	9
5.4 透水性の設定（ステップ1）	9
5.5 地下水面形状の推定	11
5.6 境界条件の設定	12
6. 地下水流動解析	13
6.1 地下水流動解析コード	13
6.2 地下水流動解析ケース	13
6.3 地下水流動解析結果	14
7. まとめと今後の調査研究課題	66
参考文献	67

## 目 次

図1	繰り返しアプローチ	1
図2	第1段階における調査研究の流れ	2
図3	岐阜県東濃地域の地形および主要な断層	3
図4	岐阜県東濃地域の地表地質およびリニアメント分布	4
図5	サイトスケールにおけるモデル化・解析領域	5
図6	ローカルスケールの地質構造モデル	7
図7	地質構造モデル(ステップ0)	7
図8	水理地質構造モデル(ステップ0)	9
図9	地質構造モデル(ステップ1)	10
図10	水理地質構造モデルにおける モデル化対象断層/推定断層(ステップ1)	10
図11	水理地質構造モデル(ステップ1)	11
図12	地下水標高とボーリング孔口標高	12
図13	推定断層の方向性による分類	13
図14	全水頭分布図 ステップ0	15
図15	全水頭分布図(base) ステップ1	15
図16	全水頭分布図(NS_6) ステップ1	16
図17	全水頭分布図(NE_6) ステップ1	16
図18	全水頭分布図(NNW_6) ステップ1	17
図19	全水頭分布図(EW_6) ステップ1	17
図20	全水頭分布図(NW_6) ステップ1	18
図21	全水頭分布図(NS_NE_6) ステップ1	18
図22	全水頭分布図(NS_NNW_6) ステップ1	19
図23	全水頭分布図(NS_EW_6) ステップ1	19
図24	全水頭分布図(NS_NW_6) ステップ1	20
図25	全水頭分布図(NE_NNW_6) ステップ1	20
図26	全水頭分布図(NE_EW_6) ステップ1	21
図27	全水頭分布図(NE_NW_6) ステップ1	21
図28	全水頭分布図(NNW_EW_6) ステップ1	22
図29	全水頭分布図(NNW_NW_6) ステップ1	22
図30	全水頭分布図(EW_NW_6) ステップ1	23
図31	全水頭分布図(EW_NW_11) ステップ1	23
図32	全水頭分布図(NNW_NW_11) ステップ1	24
図33	全水頭分布図(NNW_EW_11) ステップ1	24
図34	全水頭分布図(NE_NW_11) ステップ1	25

図35	全水頭分布図 ( NE_EW_11 ) ステップ1	25
図36	全水頭分布図 ( NE_NNW_11 ) ステップ1	26
図37	全水頭分布図 ( NS_NW_11 ) ステップ1	26
図38	全水頭分布図 ( NS_EW_11 ) ステップ1	27
図39	全水頭分布図 ( NS_NNW_11 ) ステップ1	27
図40	全水頭分布図 ( NS_NE_11 ) ステップ1	28
図41	全水頭分布図 ( NS_11 ) ステップ1	28
図42	全水頭分布図 ( NE_11 ) ステップ1	29
図43	全水頭分布図 ( NNW_11 ) ステップ1	29
図44	全水頭分布図 ( EW_11 ) ステップ1	30
図45	全水頭分布図 ( NW_11 ) ステップ1	30
図46	全水頭分布図 ( All_6 ) ステップ1	31
図47	地下水の移行経路図 ( ステップ0 )	33
図48	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , base )	34
図49	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NS_6 )	35
図50	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NE_6 )	36
図51	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NNW_6 )	37
図52	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , EW_6 )	38
図53	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NW_6 )	39
図54	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NS_NE_6 )	40
図55	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NS_NNW_6 )	41
図56	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NS_EW_6 )	42
図57	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NS_NW_6 )	43
図58	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NE_NNW_6 )	44
図59	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NE_EW_6 )	45
図60	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NE_NW_6 )	46
図61	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NNW_EW_6 )	47
図62	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NNW_NW_6 )	48
図63	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , EW_NW_6 )	49
図64	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , EW_NW_11 )	50
図65	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NNW_NW_11 )	51
図66	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NNW_EW_11 )	52
図67	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NE_NW_11 )	53
図68	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NE_EW_11 )	54
図69	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NE_NNW_11 )	55
図70	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NS_NW_11 )	56
図71	地下水の移行経路図 ( 解析ケース : ステップ1 , NS_EW_11 )	57

図72	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，NS_NNW_11）	58
図73	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，NS_NE_11）	59
図74	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，NS_11）	60
図75	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，NE_11）	61
図76	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，NNW_11）	62
図77	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，EW_11）	63
図78	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，NW_11）	64
図79	地下水の移行経路図（解析ケース：ステップ1，All_6）	65

## 表 目 次

表1	地層に設定した透水係数	8
表2	断層 / 推定断層に設定した透水係数（ステップ0）	8
表3	断層 / 推定断層に設定した透水係数（ステップ1）	11
表4	地下水流動解析ケース	14



## 1. はじめに

核燃料サイクル開発機構では、地層処分研究開発の基盤となる深地層の科学的研究の一環として、岐阜県瑞浪市において結晶質岩を対象とした超深地層研究所計画<sup>1)</sup>を進めている。超深地層研究所計画においては、調査の進展に伴う情報量の増加に応じて、地質環境特性に関わる理解度や調査の達成度を順次評価しつつ、次の調査または段階へ移行することが重要との考え方に基つき、繰り返しアプローチに基づく調査研究を実施している（図1）。

繰り返しアプローチは、各調査段階において安全評価あるいは施設的设计・建設にとって重要と考えられる地質環境情報を抽出・設定して、実際に調査・解析・評価の一連のプロセスを繰り返し実施することにより、重要な地質環境情報の設定の方法や留意点に関する知見を蓄積・体系化する取り組みを行うものである。この超深地層研究所計画の地表からの調査予測研究段階（以下、第1段階）においては、図2に示す調査研究の流れにおいて、調査をステップ1から4に区分して繰り返しアプローチを実施している<sup>2)3)</sup>。

本検討では、瑞浪超深地層研究用地（以下、研究用地）における地質環境に対する初期の理解度を評価することを目的として広域地下水流動研究などで得られた既存情報（ステップ0）に基づく水理地質構造モデルの構築および地下水流動解析（以下、モデル化・解析）を実施した。さらに、研究用地における地下水流動に対する重要な地質構造要素を特定し、次段階以降の調査対象を抽出することを目的として、既存情報、地表踏査および反射法弾性波探査の調査研究に基づくステップ1で得られた情報を用いて水理地質構造モデルの構築・更新および地下水流動解析を実施した。

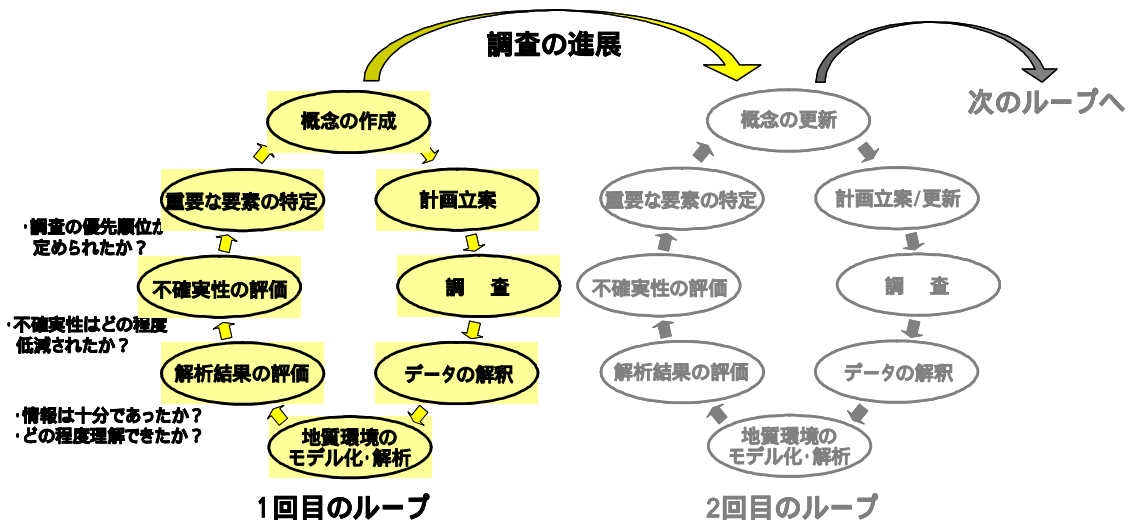


図1 繰り返しアプローチ

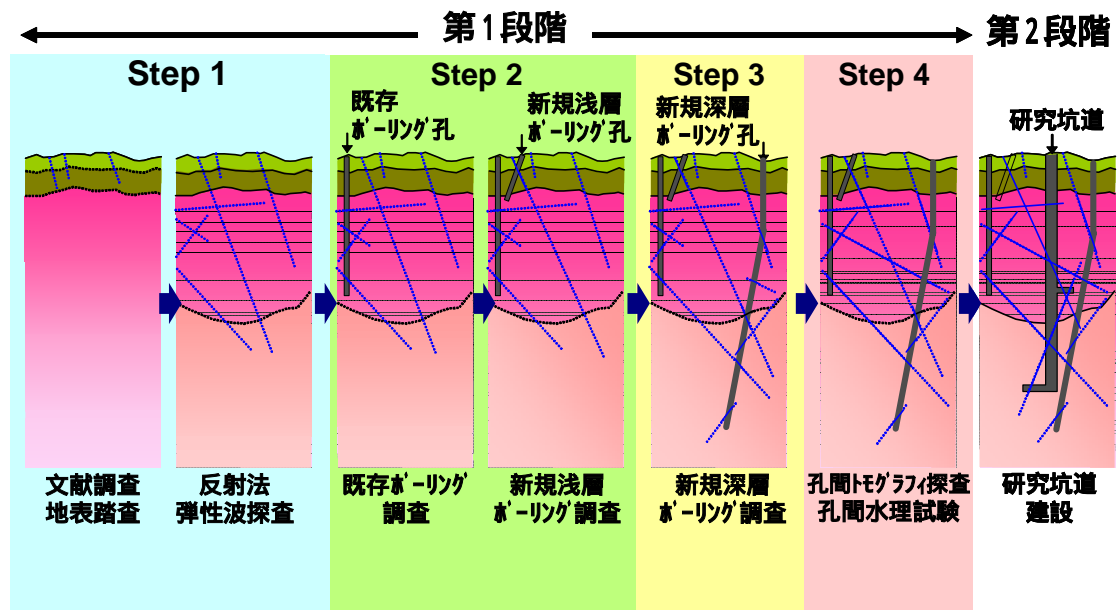


図2 第1段階における調査研究の流れ<sup>2)3)</sup>

## 2. 地形・地質の概要

### 2.1 地形概要

研究所用地が位置する東濃地域は、図3に示すように北西部に美濃飛騨山地、南東部に三河山地在分布し、その間に丘陵地が広がる北東-南西方向の軸をもった船底状の地形概観を示す。北部の山地には、木曾川が流れ、先行性の河川として深い谷を刻んでいる。南東部の山地と丘陵地との境界は屏風山（標高 794.1m）で、その付近は北東-南西方向に走る屏風山断層により崖錐堆積物を伴う急峻な崖となり明瞭に隔てられているが、南西部に向かうにしたがい不明瞭になる。丘陵地の中央部には、北東から南西に向かって土岐川が流れ、その本流および支流の沿岸には段丘が発達して台地を形成し、河川周辺の低地には沖積層が分布する。この地形と地質の間には明瞭な対応関係があり、中生代の基盤岩類の分布域は山地となり、一方、新第三系・第四系の分布域は丘陵地をなし、鮮新統の瀬戸層群（土岐砂礫層）が土岐面と呼ばれる丘陵地の頂面を形成している<sup>4)</sup>。

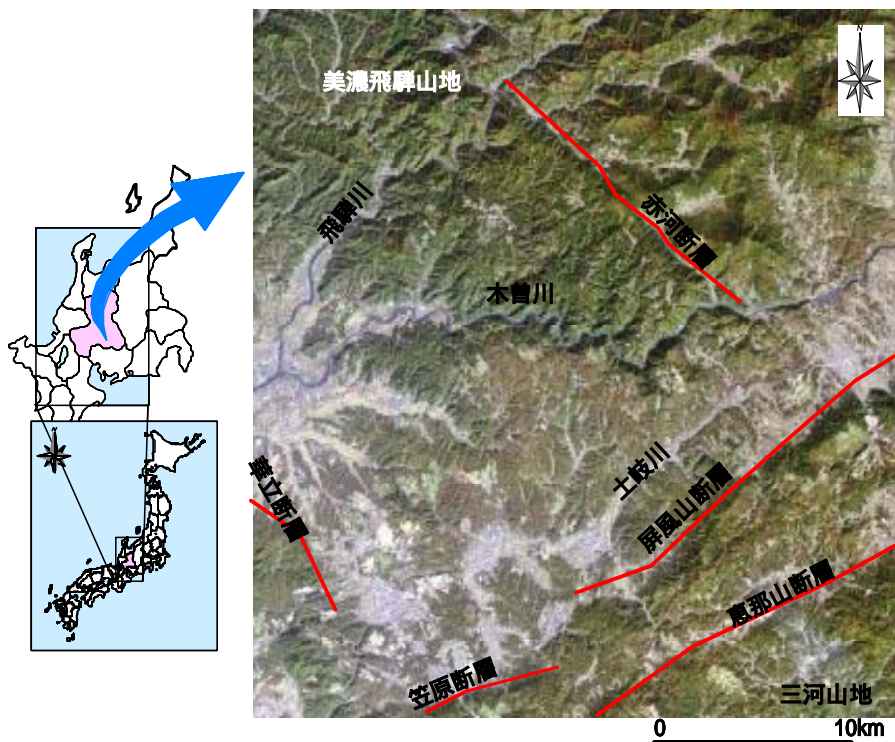


図3 岐阜県東濃地域の地形および主要な断層

## 2.2 地質概要

東濃地域の地質は、白亜紀後期の花崗岩（土岐花崗岩）からなる基盤を，新第三紀中新世の堆積岩（瑞浪層群）が不整合で覆い，さらにその上位に固結度の低い新第三紀鮮新世の砂礫層（瀬戸層群）が不整合で覆っている<sup>5)</sup>（図4）。瑞浪層群は，下位より，泥岩・砂岩・礫岩からなり亜炭を挟む土岐夾炭累層，凝灰質の泥岩・砂岩を主体とする明世累層，泥岩・砂岩・凝灰岩を主体とする本郷累層，シルト岩・砂岩を主体とする生俵累層の4累層に区分される。研究用地近傍には，花崗岩および瑞浪層群を切る月吉断層や山田断層帯が分布している。このうち月吉断層は，ほぼ東西走向で70～80度の南傾斜の逆断層である。また，当該地域を対象としたリニアメント調査では，SPOT画像，LANDSAT画像および空中写真の3種類の画像データを用いて，異なるスケールや地形特徴を有するリニアメントが判読されている（図4）。

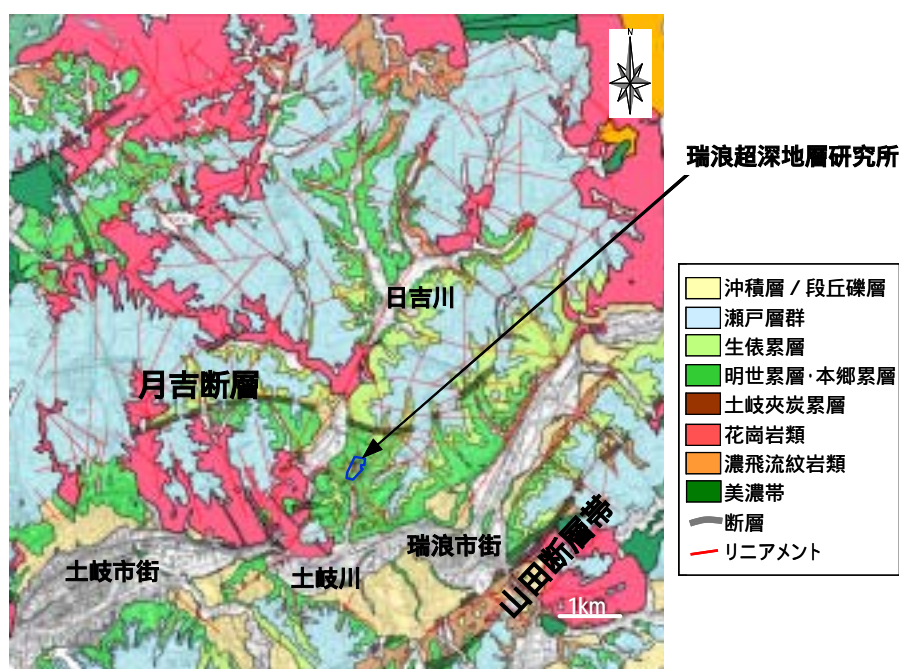


図4 岐阜県東濃地域の地表地質およびリニアメント分布 ((文献5) に追記)

### 3. モデル化・解析領域

地下水流動解析の側方境界条件を設定する上では、1つの閉じた地下水流動系とみなすことができる地下水の分水界等を領域境界とすることが望ましい。しかし、研究所用地近傍においては、地下深部までの地下水の分水界となる地形的な特徴が存在しない。仮に、地下水の分水界を考慮して領域を設定した場合、深部地下水の涵養域から流出域を包含する約9km四方のローカルスケールのモデル化・解析領域<sup>6)7)</sup>(図5左図)まで範囲が拡大し、研究所用地周辺の水理地質構造モデルの解像度の低下が懸念される。

また、研究所用地周辺の代表的な不連続構造として、北側には月吉断層が、西側には日吉川沿いにリニアメント(図5右図)が判読されており、これらの断層およびリニアメントから存在が推定される不連続構造が研究所用地周辺の地下水流動特性に及ぼす影響は大きいと考えられる。

さらに、数十km四方のリージョナルスケールにおいて、ローカルスケールのモデル化・解析領域を抽出するために実施した後背地地形の影響を検討した地下水流動解析結果<sup>6)7)</sup>から、研究所用地周辺の地下水流動系は標高2km程度付近に流動系境界があり、それより浅い領域では土岐川と木曾川の流域境界の尾根を涵養域とし、土岐川を流出域とする系であることが推定されている。超深地層研究所計画では、地表から深度1,000m付近までの地下水流動を研究の対象としているため、深度方向のモデル化・解析領域については、下部境界条件が研究対象の地下水流動に影響を及ぼすことのないように設定する必要がある。

以上のことから、サイトスケールのモデル化・解析領域は、水理地質構造モデルの解像度およ

び断層などの不連続構造の位置を勘察し，研究所用地を中心とした 2km 四方とした。深度方向については，地下水の流動系境界深度と研究坑道の掘削深度を考慮して地表から標高-2km とした（図 5 右図）。

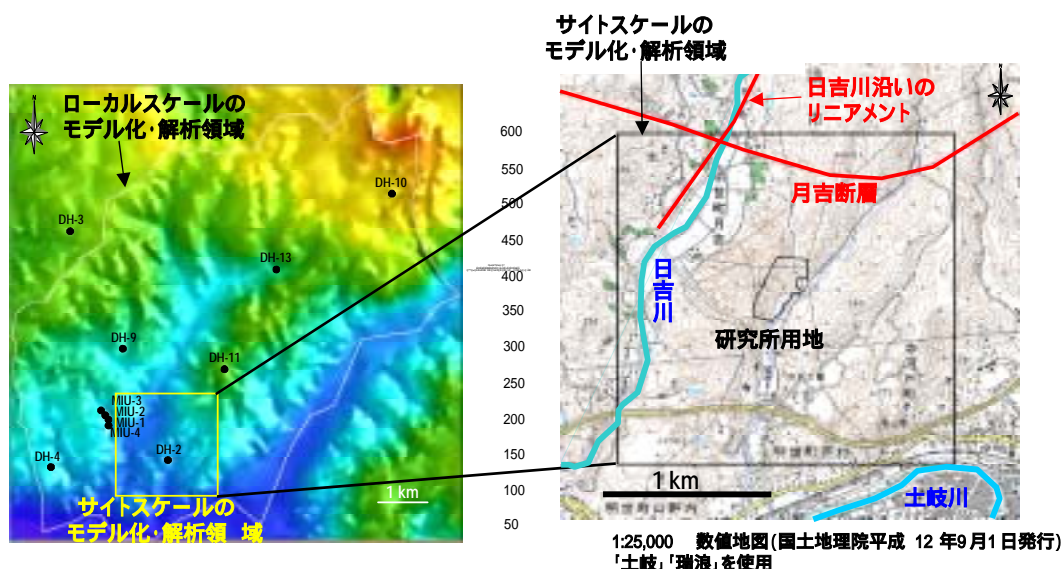


図 5 サイトスケールにおけるモデル化・解析領域

#### 4. モデル化・解析の手順

##### 4.1 モデル化・解析の流れ

ステップ 0 におけるモデル化・解析においては，超深地層研究所計画における第 1 段階の既存情報として広域地下水流動研究での調査結果<sup>8)~12)</sup>および正馬様用地での調査結果<sup>13)~15)</sup>を用いてモデル化・解析を行った。

また，ステップ 1 については，超深地層研究所計画における第 1 段階のステップ 1 の調査結果を反映した地質・地質構造に関する情報から，サイトスケールにおける三次元的な地質構造モデルを構築し，この地質構造モデルに水理特性データを加えて水理地質構造モデルを構築した。さらに，この水理地質構造モデルを用いて，次段階以降の調査対象の抽出を目的とした地下水流動解析ケースを設定し，地下水流動解析を実施した。

##### 4.2 使用データ

###### (1) ステップ 0 におけるモデル化・解析

地質構造モデルにおける地質構造要素の透水性の設定にあたっては，地形の起伏に支配される地下水の主流動方向に沿って掘削されたボーリング孔，および断層の地質学的・水理学的特性を把握するために掘削されたボーリング孔など（DH-2<sup>8)</sup>，DH-10~11<sup>8)</sup>，DH-12~13<sup>9)</sup>号孔および MIU-1~3<sup>13)</sup>，MIU-4<sup>15)</sup>号孔）を用いて実施した流体検層や単孔式水理試験などの調査結果を使

用した。また，上部境界条件の設定には広域地下水流動研究において取得した地下水位データを使用し，側方境界条件はローカルスケールの地下水流動解析結果<sup>16)</sup>を基に設定した。

## (2) ステップ1におけるモデル化・解析

ステップ1におけるモデル化・解析は，超深地層研究所計画の第1段階のステップ1の調査結果に基づくものであるため，広域地下水流動研究での調査結果<sup>8)~12)</sup>および正馬様用地での調査結果<sup>13)~15)</sup>，ならびに研究所用地内にて実施した地表踏査および反射法弾性波探査の結果<sup>17)</sup>を用いた。

具体的には，地表踏査および反射法弾性波探査といった地質学的特性調査結果を反映した地質構造モデル<sup>18)</sup>，およびステップ0で使用した透水性に関するデータを用いた。また，上部境界条件の設定には広域地下水流動研究において取得した地下水位データを使用し，側方境界条件はローカルスケールの地下水流動解析結果<sup>19)</sup>を基に設定した。

## 5. 水理地質構造モデルの構築

本研究におけるモデル化・解析においては，断層等が存在している複雑な水理地質構造を有する岩盤中の地下水流動場を効率的にモデル化・解析するためのシステムとして開発したGEOMASS(GEOLOGICAL MODELLING ANALYSIS AND SIMULATION SOFTWARE)システム<sup>20)</sup>を用いた。このGEOMASSシステムの構成要素(各種地質データの解析を支援するLandmark社製ソフトウェア群，地質構造モデルの構築および可視化を支援するEarth Vision，水理地質構造モデルの作成と地下水流動解析を行うFrac-Affinity)のうち，地質構造モデルの構築および可視化を支援するEarth Visionを用いて地質構造モデルおよび水理地質構造モデルを構築した。

また，地質構造モデルは，空間スケールに応じて地下水流動や水質形成などに影響を及ぼす可能性がある地質・地質構造をモデル化要素としている。したがって，水理地質構造モデルの構築の際は，地質構造モデルのモデル化要素に透水性を設定することによって構築した。

### 5.1 水理地質構造モデル化要素の抽出(ステップ0)

ステップ0における水理地質構造モデルは，ローカルスケールでの地質構造モデル<sup>16)</sup>(図6)からサイトスケールのモデル化・解析対象領域を切り出した地質構造モデル(図7)に，4.2(1)の情報を加えて構築した。また，サイトスケールにおいては，ローカルスケールでの検討と比較してより詳細に地下水の流動特性の不均質性を評価するために，ローカルスケールの地質構造/水理地質構造モデルでは瑞浪層群を1つの要素として取り扱っていたものをさらに生俵累層・明世累層・土岐夾炭累層に細分化した。花崗岩についてはローカルスケールでの水理地質構造モデルと同様に，上部割れ目帯(花崗岩中の上部において低角度の傾斜(0~30度)を有する割れ目

の分布密度が有意に高い岩盤領域)と下部割れ目低密度帯(上部割れ目帯下部の比較的割れ目の分布密度が低い岩盤領域)の2つの要素に区分した。

また、断層については、ローカルスケールの水理地質構造モデル<sup>16)</sup>と同様に、サイトスケールにおける地下水流動特性に影響を及ぼしていると考えられる月吉断層と北東系の推定断層(図6中IF\_LB0(116,169))をモデル化要素として抽出した。

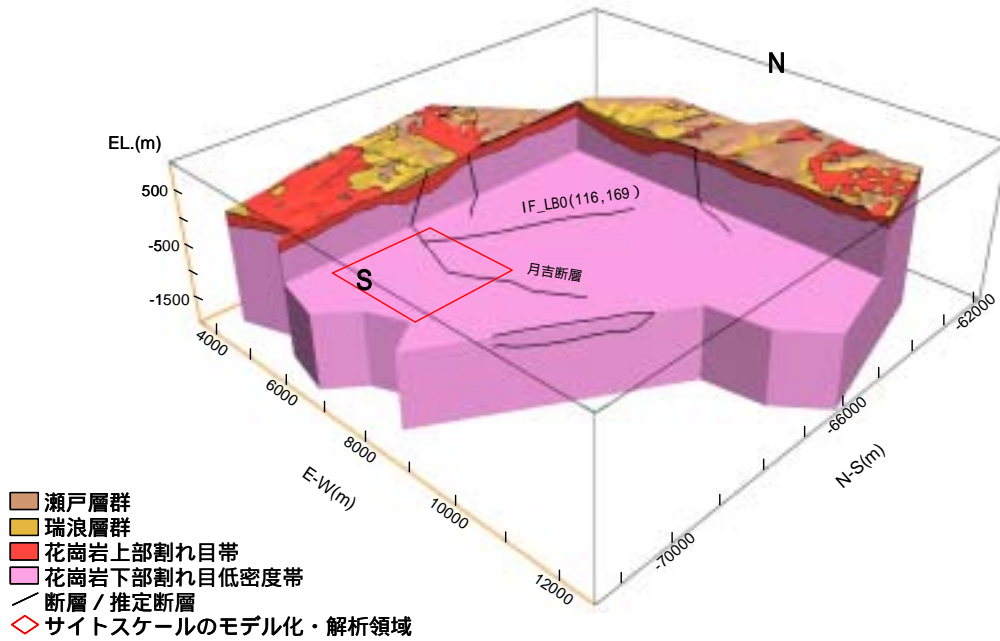


図6 ローカルスケールの地質構造モデル<sup>16)</sup>

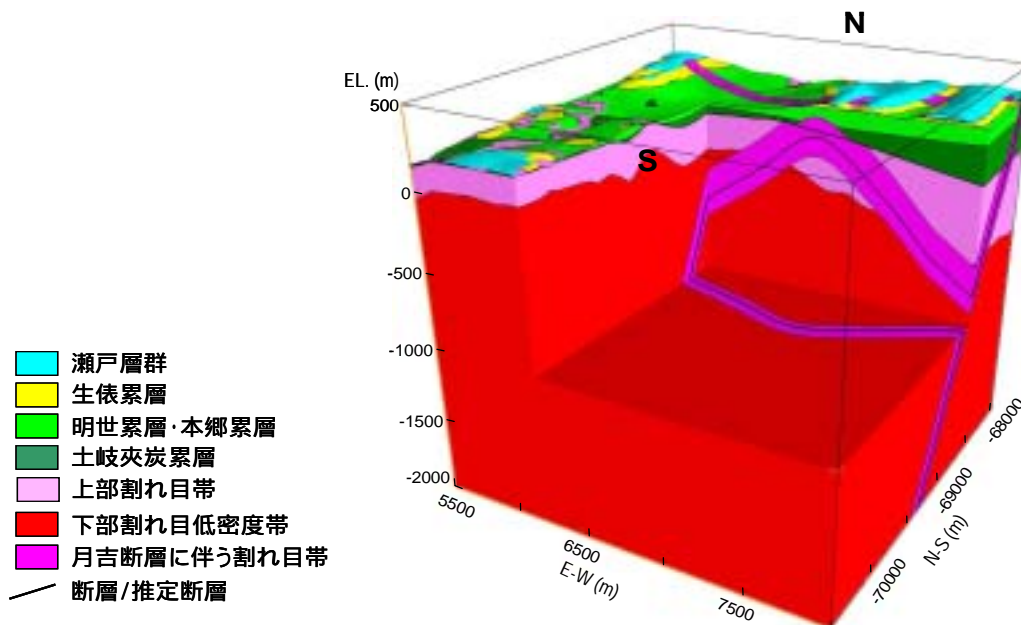


図7 地質構造モデル(ステップ0)

## 5.2 透水性の設定（ステップ0）

ステップ0における水理地質構造モデルは、5.1で抽出した水理地質構造のモデル化要素に透水性を与えることによって構築した。水理地質構造の各モデル化要素の透水性については、4.2（1）で示した使用データのうち岩盤の巨視的な透水性を把握することを目的に実施された原位置水理試験から得られた試験結果の幾何平均値を適用した（表1）。また、堆積岩においては、堆積構造に起因した水平方向と鉛直方向の透水異方性を考慮した。

月吉断層については、正馬様用地でのボーリング調査結果<sup>21)</sup>および正馬様用地を対象とした地下水流動解析結果<sup>22)~24)</sup>から、透水異方性（断層面直交方向：低透水性、断層面方向：高透水性）を有することが確認されている。サイトスケールの水理地質構造モデルでは、月吉断層については、低透水性を有する断層主要部と高透水性を有する断層に伴う割れ目帯に区分してモデル化を行った。月吉断層は主要部の幅を1mとしてモデル化した上で、断層面直交方向および断層面方向ともに低透水性を設定し、月吉断層の有する透水異方性を表現した。

また、IF\_LB0(116,169)断層については、月吉断層と同等のトレース長を持つと推定されることから、月吉断層と同様に断層主要部と断層に伴う割れ目帯が発達していると考えられる。したがって、IF\_LB0(116,169)断層の透水性については、月吉断層と類似した透水特性を有していると仮定し、月吉断層と同様の透水性を設定した。

以上のように透水係数を設定し、水理地質構造モデルを構築した（図8）。

表1 地層に設定した透水係数

地層区分	透水係数(m/s)の対数値	
	水平方向	鉛直方向
瀬戸層群	-5.0	-7.0
生依累層	-8.5	-10.5
明世・本郷累層	-7.8	-9.8
土岐夾炭累層	-7.0	-9.0
上部割れ目帯	-6.7	
下部割れ目低密度帯	-7.4	
月吉断層に伴う割れ目帯	-6.4	

表2 断層/推定断層に設定した透水係数（ステップ0）

断層区分	モデル化した断層の幅(m)	透水係数(m/s)の対数値	
		断層面方向	断層面直交方向
月吉断層	1	-11	
IF_LB0(116,169)断層	8	-5.2	-11



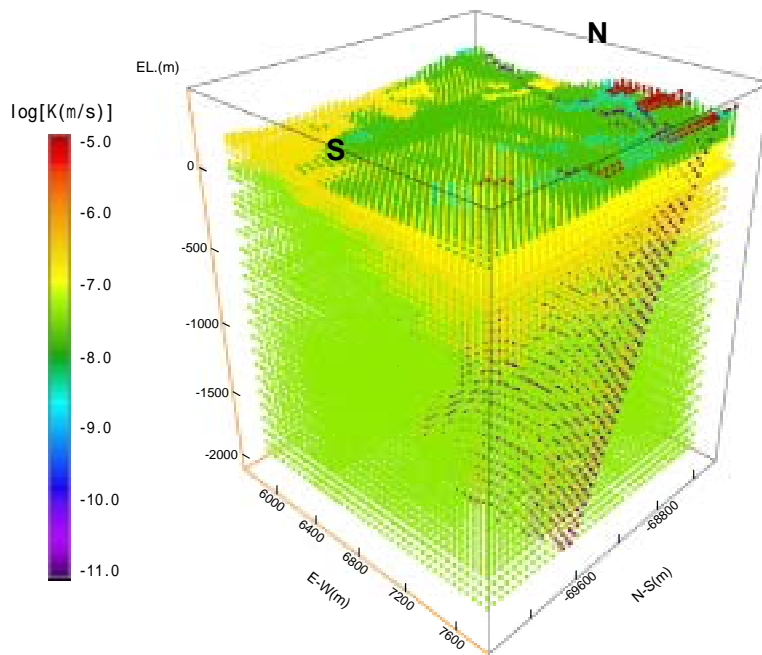


図8 水理地質構造モデル(ステップ0)

### 5.3 水理地質構造モデル化要素の抽出(ステップ1)

ステップ1における水理地質構造モデルは、ステップ1での地質構造モデル<sup>19)</sup>(図9)および4.2(2)の情報に基づき構築した。しかしながら、地下水流動解析においては、地質構造モデルにおける全ての断層および推定断層をモデル化することは、計算容量や計算時間の観点から現実的でない。したがって、研究所用地近傍に分布する断層および推定断層を優先的にモデル化するとともに、比較的トレース長の大きい月吉断層などの断層に近接する小規模の断層は、規模の大きな推定断層で代表させることとし、モデル化の対象から除外した。図10に水理地質構造モデルにおいてモデル化の対象とした断層を濃緑色で示す。

### 5.4 透水性の設定(ステップ1)

ステップ1における水理地質構造モデルは、5.3で抽出した水理地質構造のモデル化要素に透水性を与えることによって構築した。堆積岩、花崗岩および月吉断層については、5.2と同様の透水係数を設定した。

月吉断層以外の推定断層の透水性については、ボーリング調査による透水性に関する情報が取得されていない。したがって、月吉断層と同様に透水異方性を有するケースと、断層面および断層面直交方向が高透水性のケースの2つのケースを設定した(表3)。なお、断層面方向の透水性については、月吉断層に伴う割れ目帯と同様の透水量係数を有していると仮定した。図11にステップ1の水理地質構造モデルを示す。

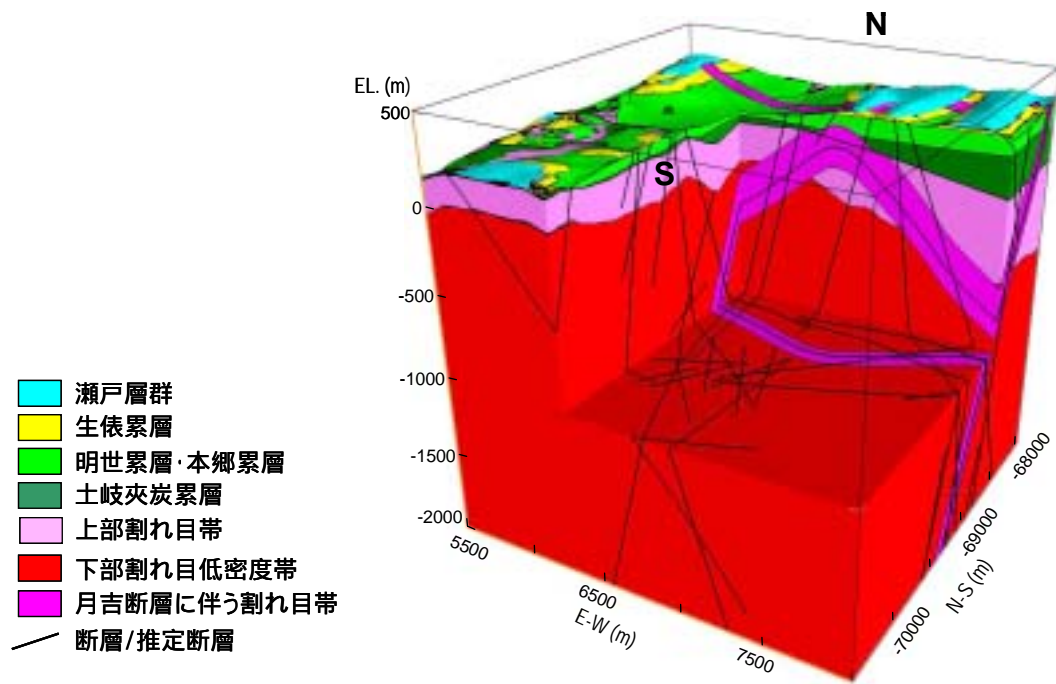


図9 地質構造モデル(ステップ1)<sup>19)</sup>

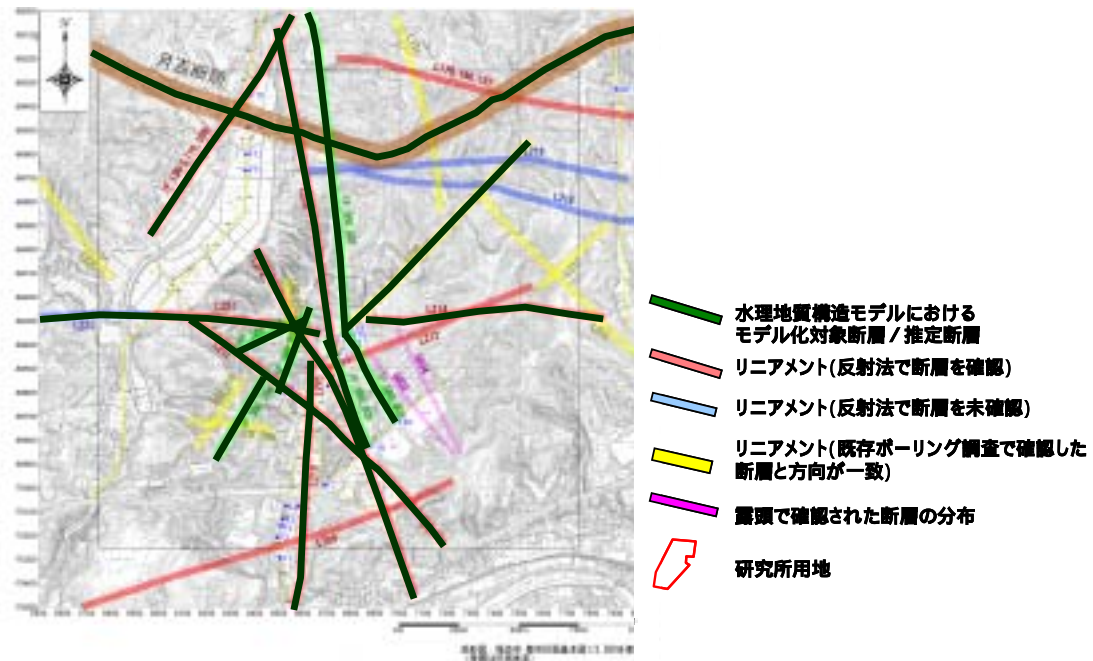


図10 水理地質構造モデルにおけるモデル化対象断層/推定断層(ステップ1)

表3 断層 / 推定断層に設定した透水係数 (ステップ1)

断層区分	モデル化した断層の幅 (m)	透水係数(m/s)の対数値		
		断層面方向	断層面直交方向	
月吉断層主要部	1	-11		
NE系	L116_169	8	-5.2	-11
	L216	1	-6.4	-11
	IF_SB0_004	1		
	IF_SB0_006	1		
	L214	1		
NNW系	L220	1	-6.4	-11
	IF_SB0_001	1		
	IF_SB0_002	1		
	IF_SB0_005	1		
	L212	1		
EW系	L211	1	-6.4	-11
NW系	L221	1	-6.4	-11
NS系	IF_SB0_003	1	-6.4	-11
	L210	1		

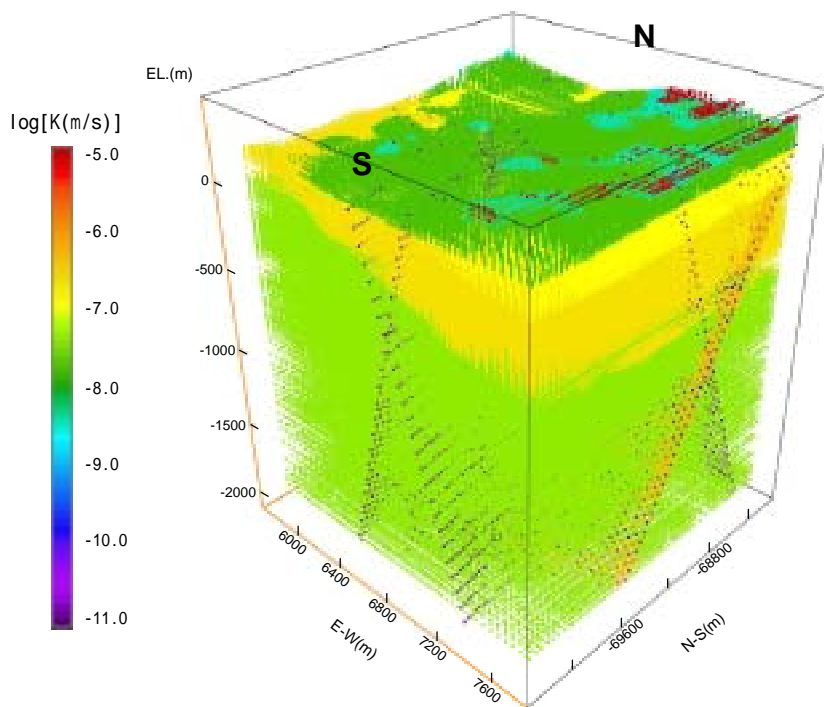


図11 水理地質構造モデル (ステップ1)

### 5.5 地下水面形状の推定

本検討では、水理地質構造モデルの上部境界面に地下水面を与えることにより、飽和状態による三次元定常地下水流動解析を実施した。地下水面の分布については、地下水面標高とそれを計測したボーリング孔の孔口標高に良い相関が得られた<sup>22)23)</sup>ため、その関係式を用いた(図12)。

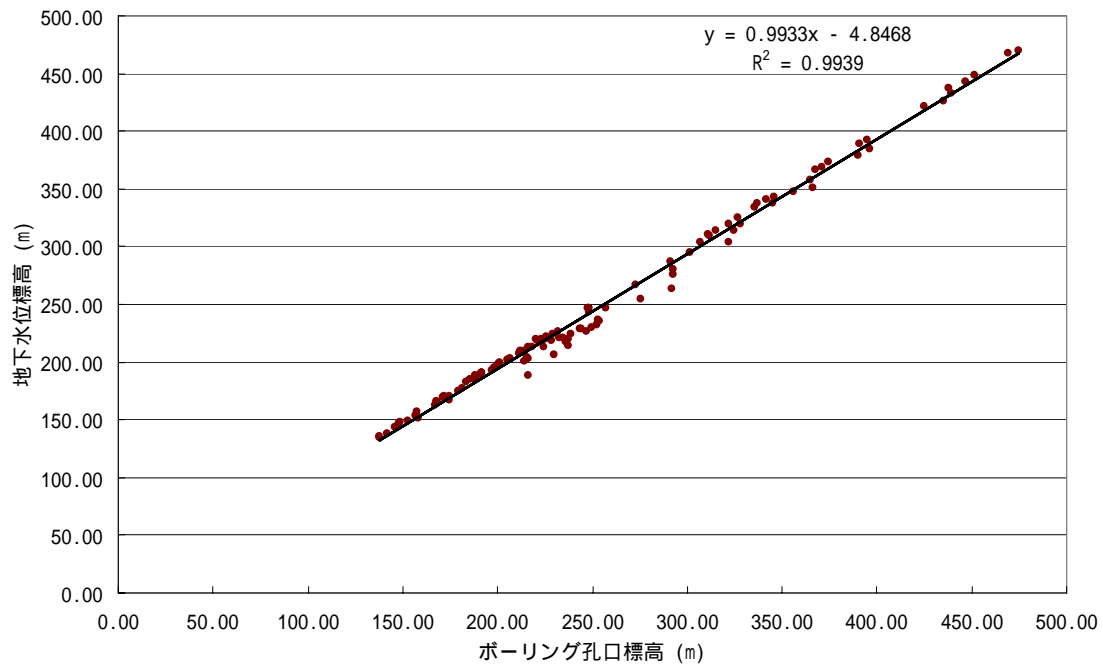


図 12 地下水標高とボーリング孔口標高

## 5.6 境界条件の設定

### (1) 上部境界条件

上部境界条件は、5.5 で設定した地下水面を上部境界面とし、固定水頭境界条件を与えた。また、同時に水の流入出がある自由浸出面とした。

### (2) 側方境界条件

側方境界条件は、サイトスケールでのモデル化・解析領域を包含するローカルスケールでのモデル化・解析領域における地下水流動解析結果<sup>16)</sup>から得られた水頭分布を用いた。

### (3) 下部境界条件

数十 km 四方の領域において後背地地形や断層を考慮した地下水流動解析の結果<sup>6)</sup>から、研究所用地周辺の地下水流動系は標高-2km 程度付近に流動系境界があり、研究所用地の地表から標高-2km 程度までの地下水流動系を地下水流動解析の対象とした場合に、その下部境界条件として不透水境界を設定することが提案されている。したがって、本検討においても同様に、下部境界条件を水の流入出のない不透水境界とした。

## 6. 地下水流動解析

### 6.1 地下水流動解析コード

地下水流動解析については、GEOMASS システムの構成要素のうち、差分法による解析コードである Frac-Affinity<sup>20</sup>を用いて、飽和状態の三次元定常地下水流動解析を実施した。

### 6.2 地下水流動解析ケース

ステップ0については、第5章で構築した水理地質構造モデルに基づき地下水流動解析を実施した。

一方、ステップ1については、サイトスケールでのモデル化・解析領域における地下水流動に大きな影響を与えていると考えられる推定断層の透水性に着目した感度解析を実施した。感度解析では、モデル化した推定断層をその方向性（南北系，北東系，北西系，北北西系，東西系）に基づき5分類し<sup>19</sup>（図13），グループ毎に透水異方性（断層面に直交する方向に低透水性，かつ断層面方向に高透水性を与えるケース）を有する場合と高透水性を有する場合の2ケースを設定することによって全32ケースの解析を実施した。感度解析ケースを表4にまとめる。

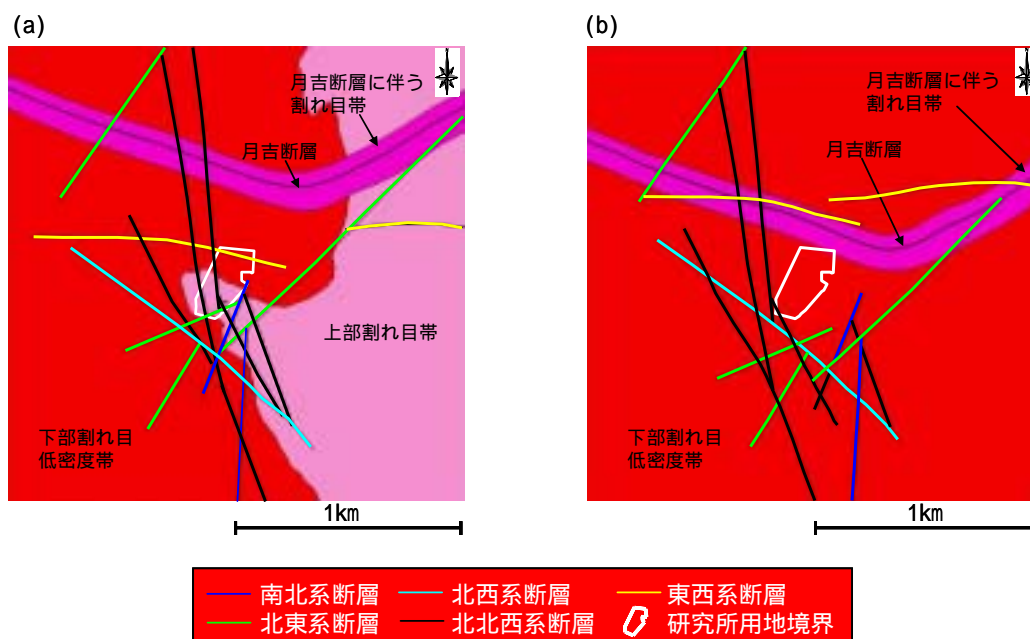


図13 推定断層の方向性による分類

(a) 標高-300m（立坑位置での深度約500m）の水平断面  
(b) 標高-800m（立坑位置での深度約1,000m）の水平断面

表4 地下水流動解析ケース（表中の値は透水係数(m/s)の対数値）

解析ケース		base		NS 6		NE 6		NNW 6		EW 6		NW 6	
断層		ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn
NS系断層		-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11
NE系断層		-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11
NNW系断層		-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11
EW系断層		-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11
NW系断層		-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7

黄色での着色部は基本ケース(base)と透水係数の設定が異なる箇所を示す

解析ケース		NS NE 6		NS NNW 6		NS EW 6		NS NW 6		NE NNW 6		NE EW 6		NE NW 6		NNW NNW 6		NNW EW 6	
断層		ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn
NS系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11
NE系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11
NNW系断層		-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11
EW系断層		-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11
NW系断層		-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7

解析ケース		EW NNW 11		NNW NW 11		NNW EW 11		NE NW 11		NE EW 11		NE NNW 11		NS NW 11		NS EW 11		NS NNW 11		NS NE 11	
断層		ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn
NS系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11
NE系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11
NNW系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7
EW系断層		-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7
NW系断層		-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7

解析ケース		NS 11		NE 11		NNW 11		EW 11		NW 11		All 6	
断層		ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn	ki	kn
NS系断層		-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7
NE系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7
NNW系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7
EW系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7
NW系断層		-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7	-11	-6.7	-11	-6.7	-6.7

ki: 断層面方向  
kn: 断層面直交方向

### 6.3 地下水流動解析結果

#### (1) 水頭分布

図14にステップ0で得られた標高-300m(立坑位置での深度約500m)および標高-800m(立坑位置での深度約1,000m)での全水頭分布を示す。この図より、いずれのケースにおいても、地下水の主流動方向は大局的な地形の起伏と同様に、北東から南西方向であることが分かる。これは、ローカルスケールでの地下水流動解析結果と整合する。このことから、既存情報を用いた調査・解析段階においては、サイトスケールを包含するローカルスケールの地下水流動解析結果をサイトスケールの境界条件として設定することで、サイトスケールにおける動水勾配分布を概略的に把握することが可能である。

図15~46にステップ1で得られた標高-300m(立坑位置での深度約500m)および標高-800m(立坑位置での深度約1,000m)での全水頭分布を示す。これらの図から、いずれのケースにおいても、地下水の主流動方向は大局的な地形の起伏と同様に、北東から南西方向であり、ローカルスケールでの地下水流動解析結果とも整合することが確認された。また、トレース長が長い断層・推定断層ほど、その断層の上流側・下流側で顕著な水頭差を生じる水理境界となる傾向が確認できた。また、研究所用地の上流側に分布する推定断層のうち北北西系断層および北東系断層が透水異方性を有しているケースでは、これらの断層を挟んで上流側と下流側で水頭差が生じている。一方、北北西系断層および北東系断層が高透水性を有する場合は、この断層を挟んだ部分での水頭差が生じていない。このような傾向は他の系統の断層には認められない。このことから、北北西系および北東系断層の透水性が超深地層研究所用地周辺の全水頭分布に大きな影響を与えることが明らかとなった。

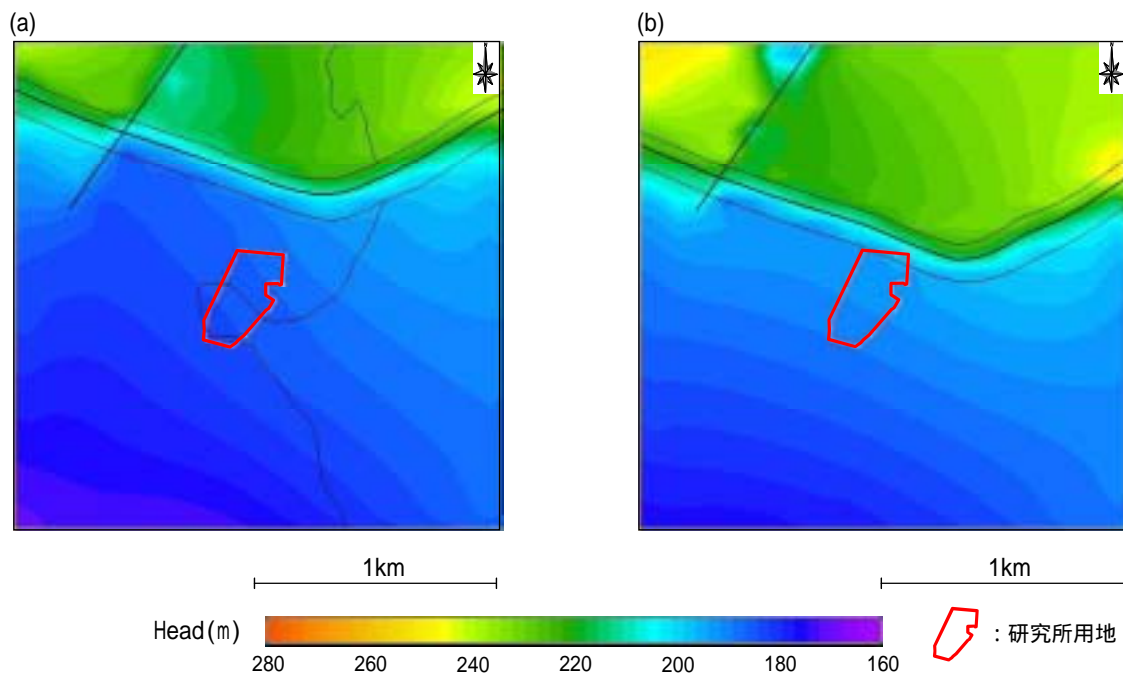


図14 全水頭分布 ステップ0

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面  
 (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

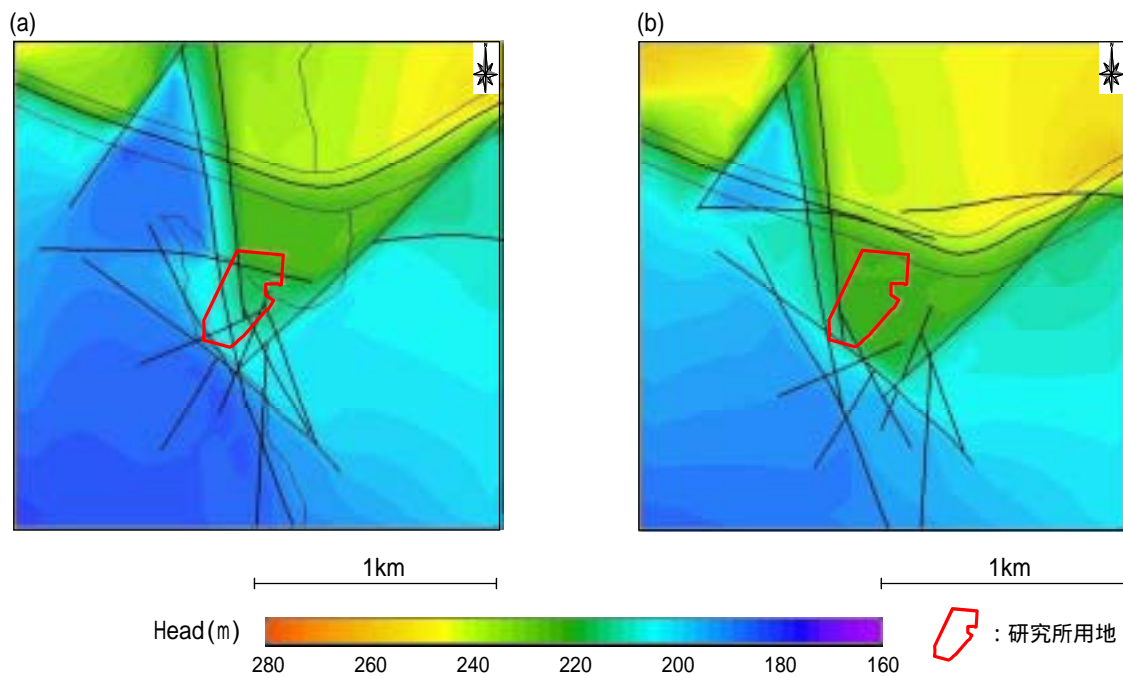


図15 全水頭分布 (base) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面  
 (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

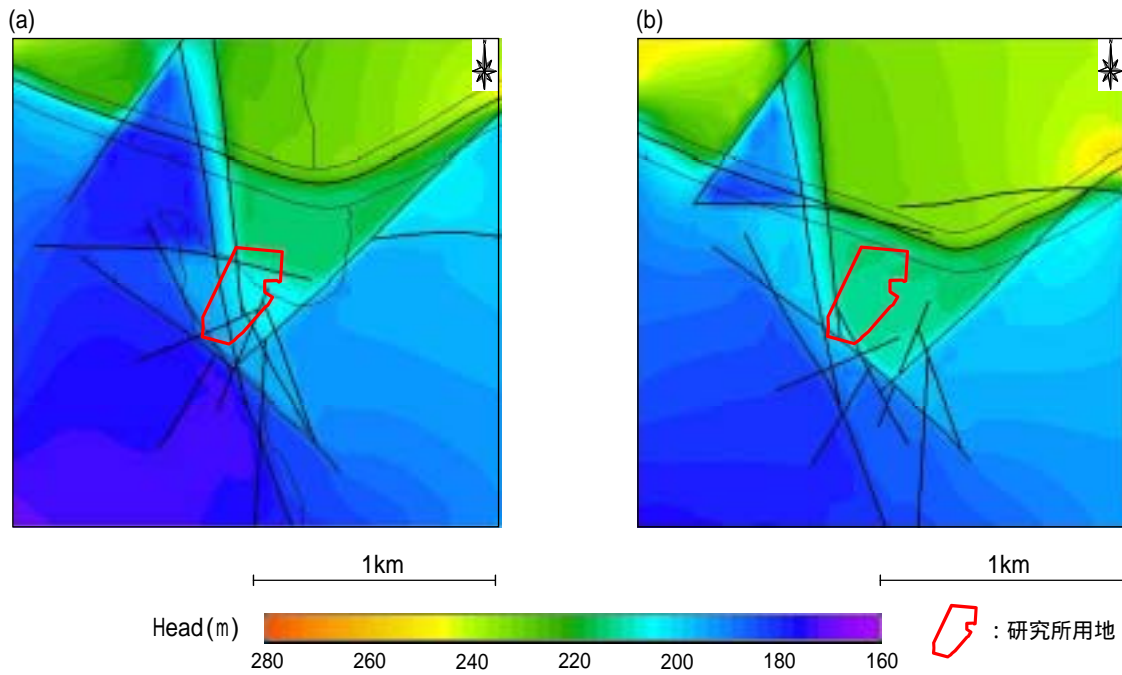


図16 全水頭分布 (NS\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

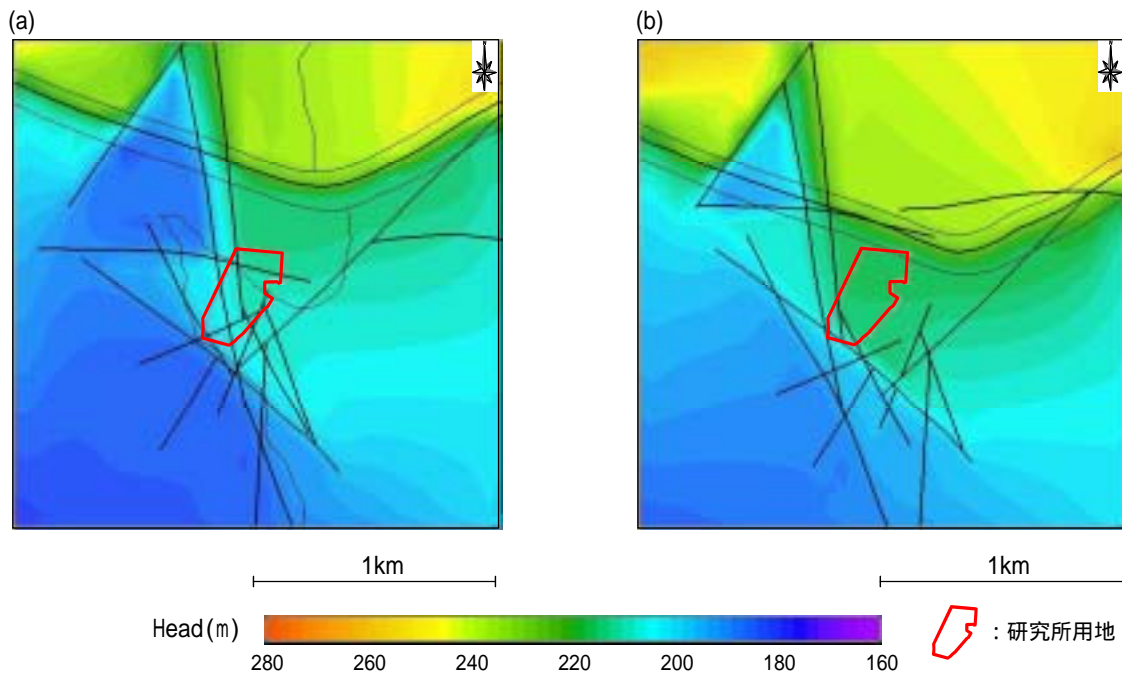


図17 全水頭分布 (NE\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面



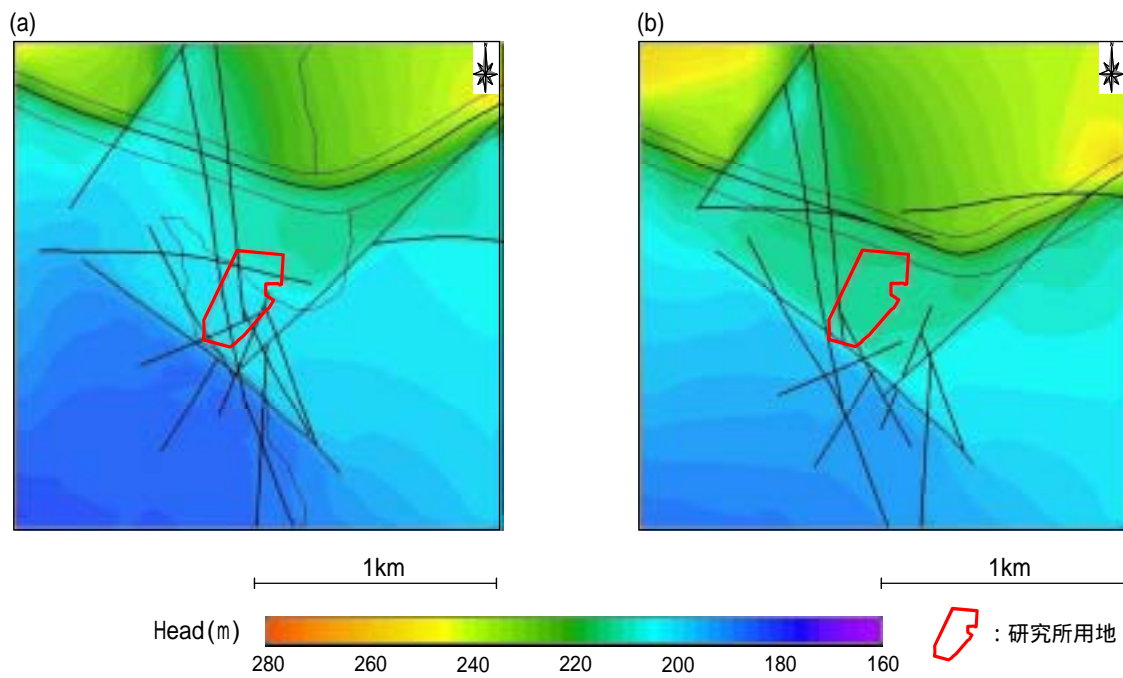


図18 全水頭分布 (NNW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

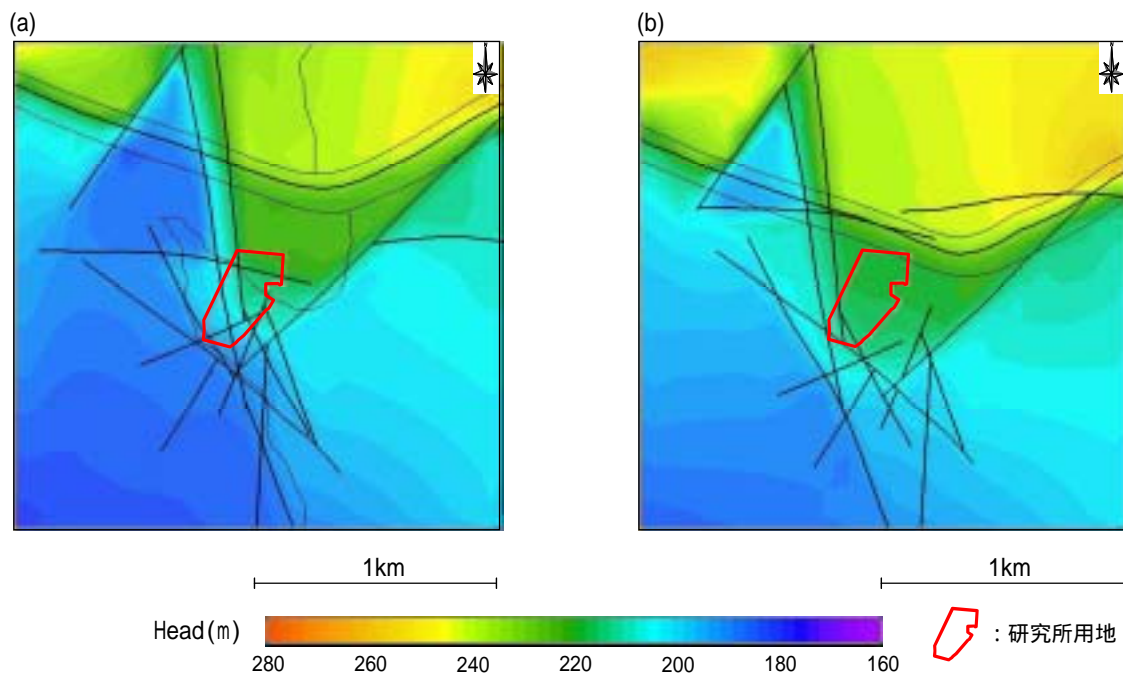


図19 全水頭分布 (EW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

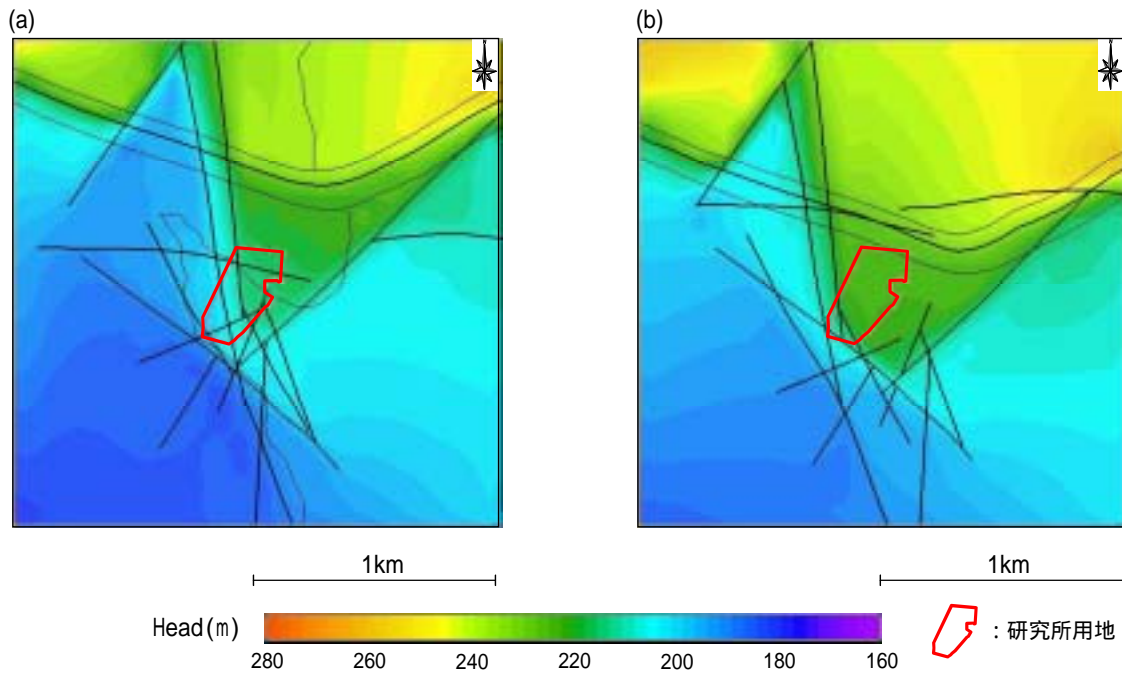


図20 全水頭分布 (NW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

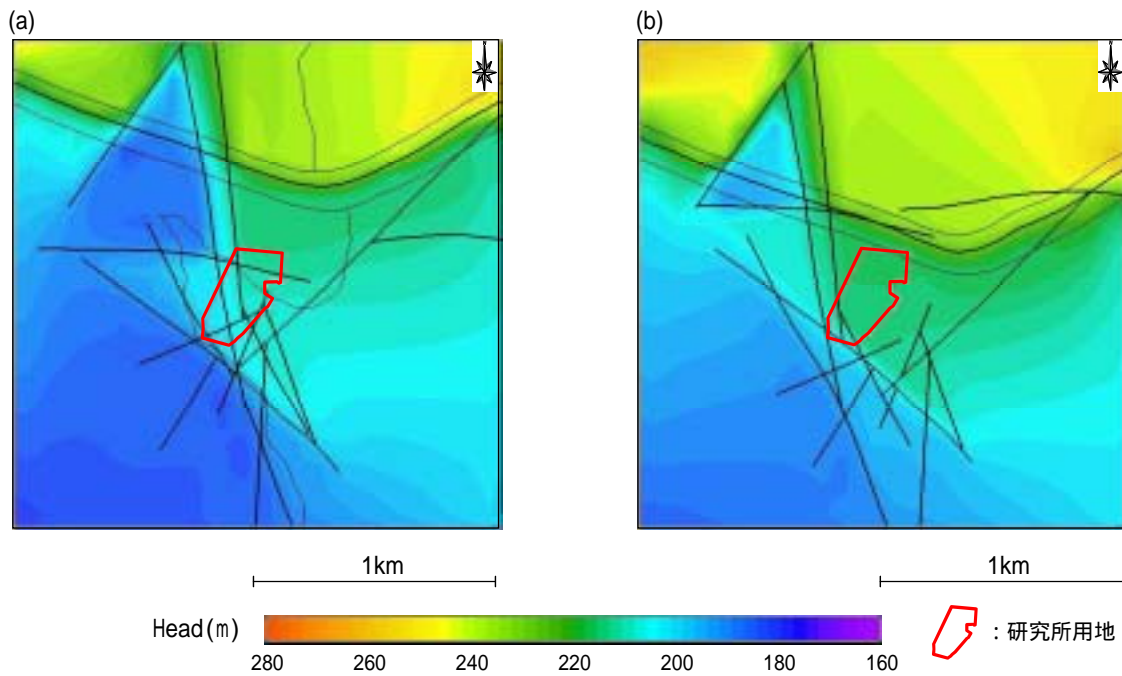


図21 全水頭分布 (NS\_NE\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

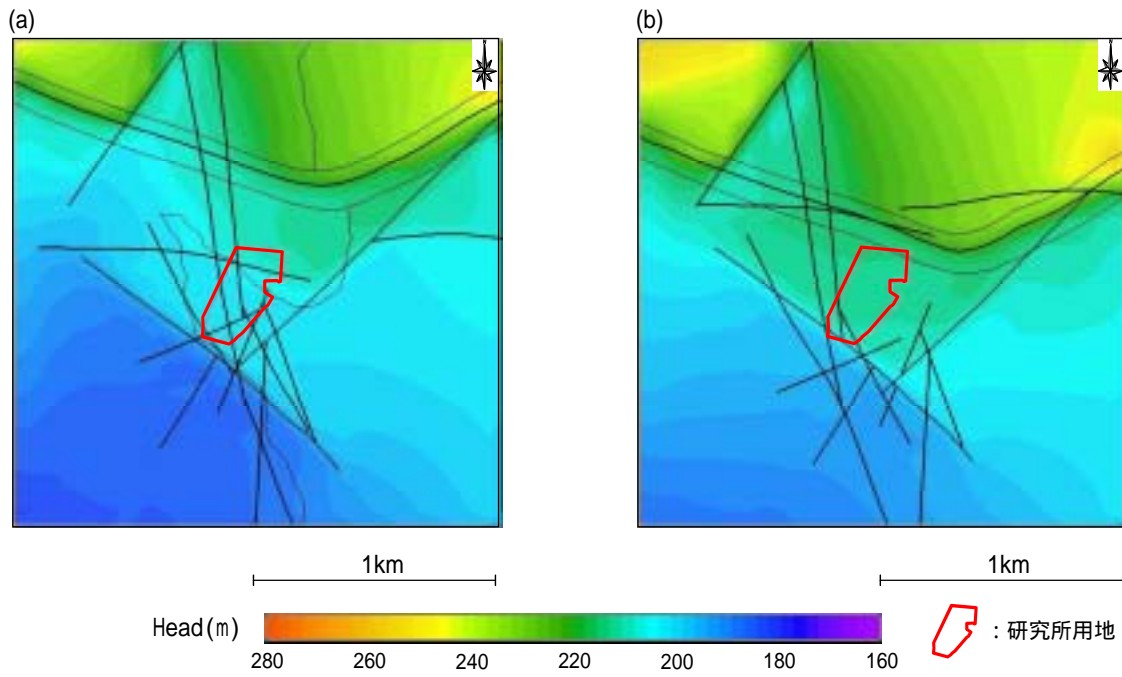


図22 全水頭分布 (NS\_NNW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

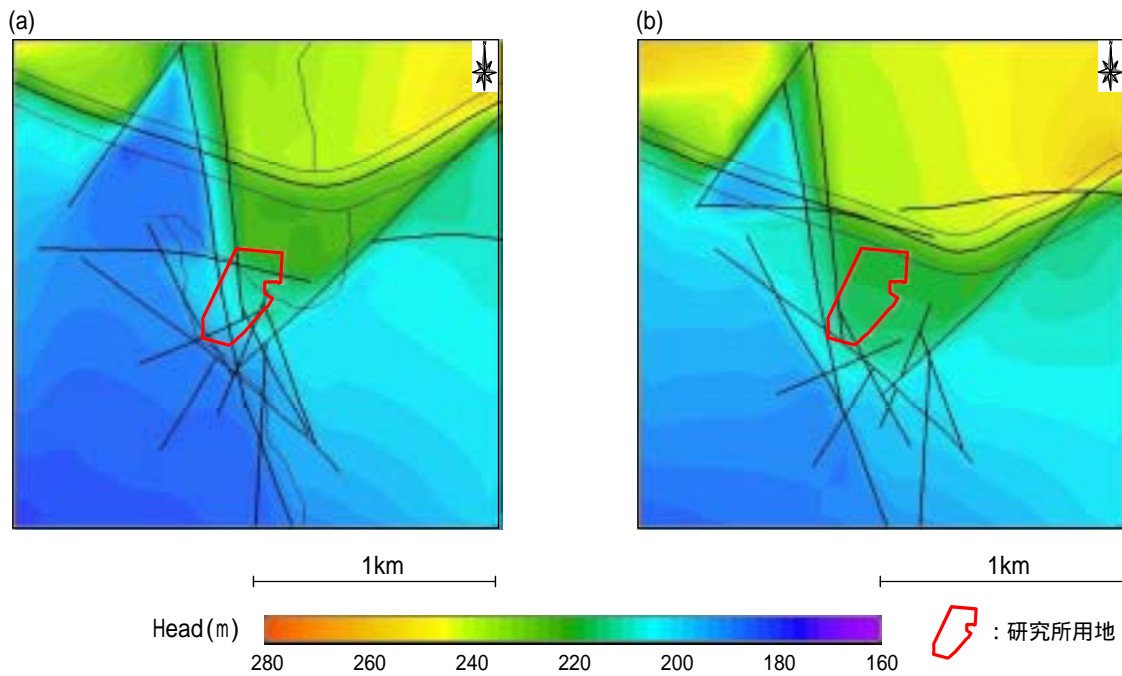


図23 全水頭分布 (NS\_EW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

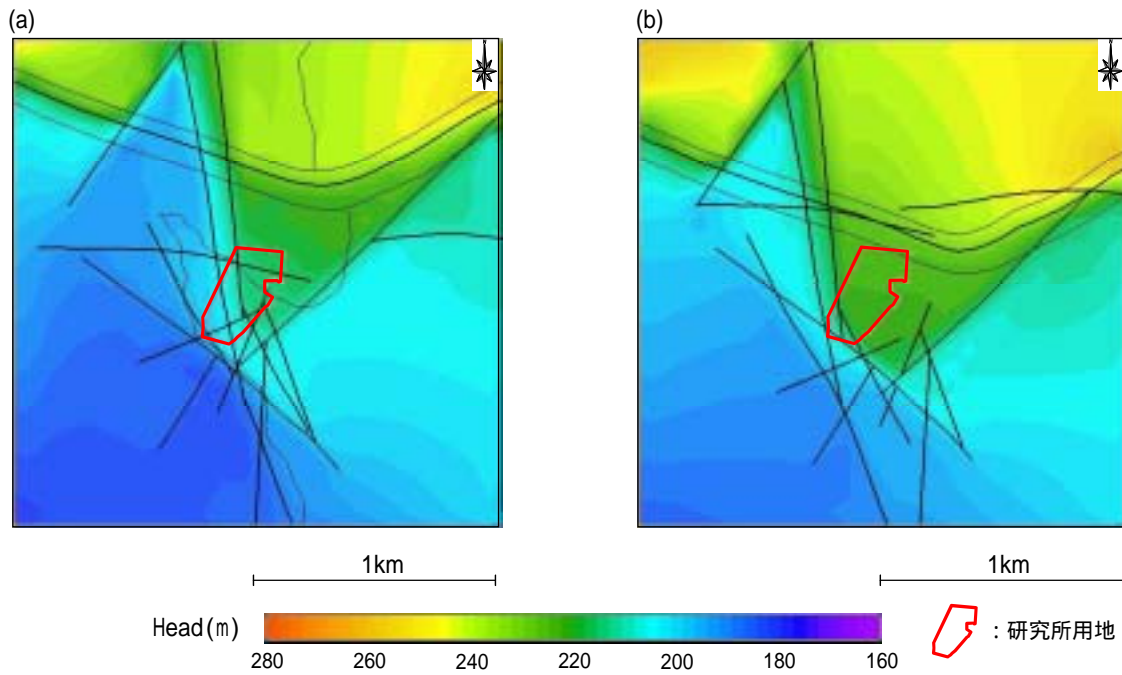


図24 全水頭分布 (NS\_NW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

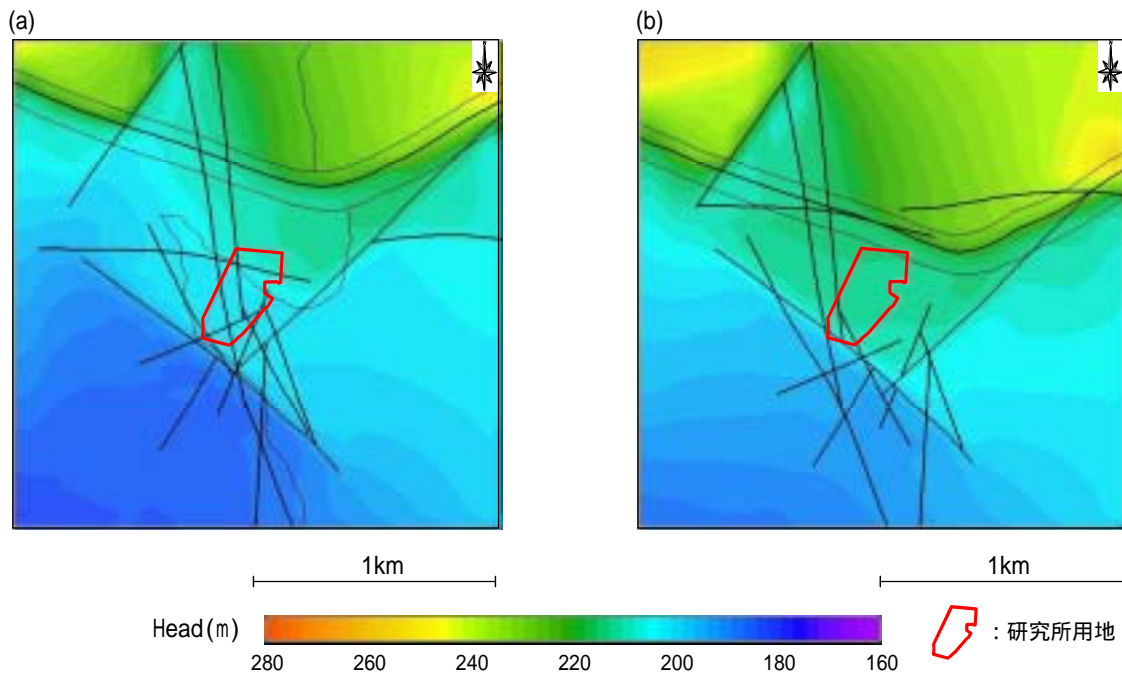


図25 全水頭分布 (NE\_NNW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

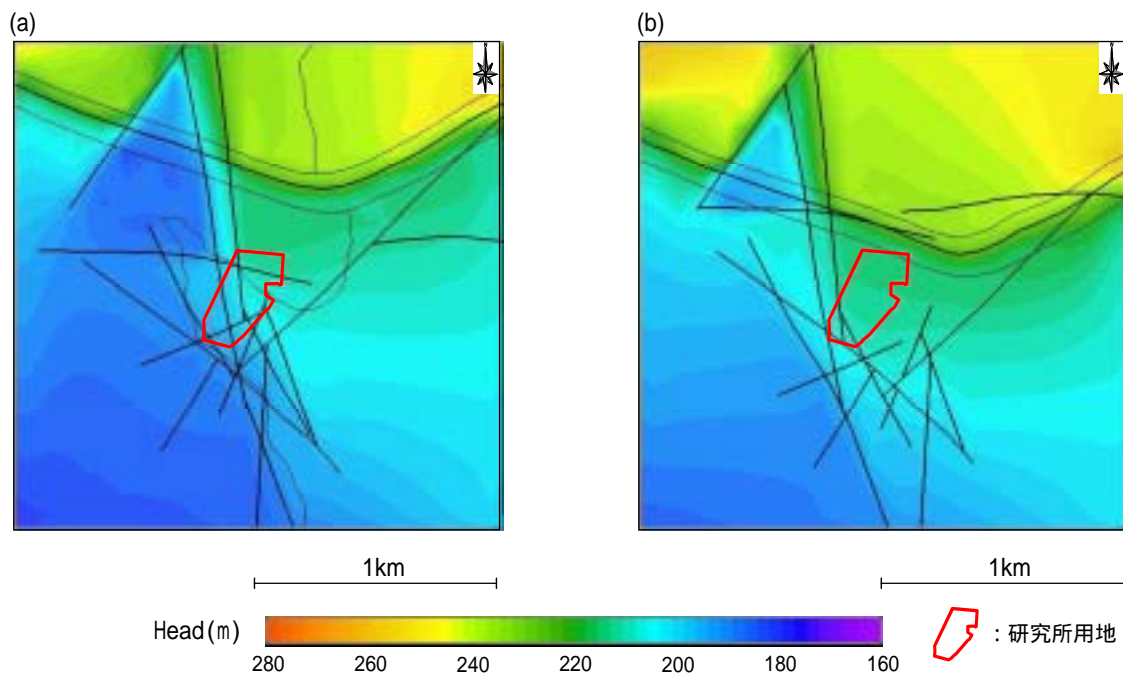


図26 全水頭分布 (NE\_EW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

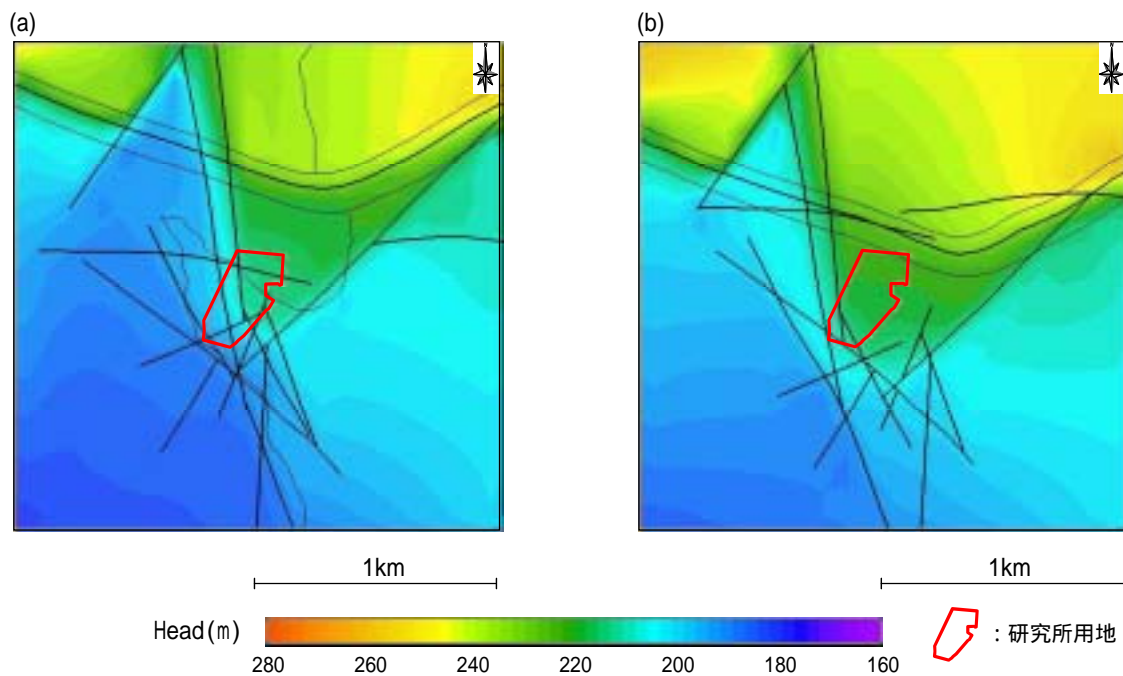


図27 全水頭分布 (NE\_NW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

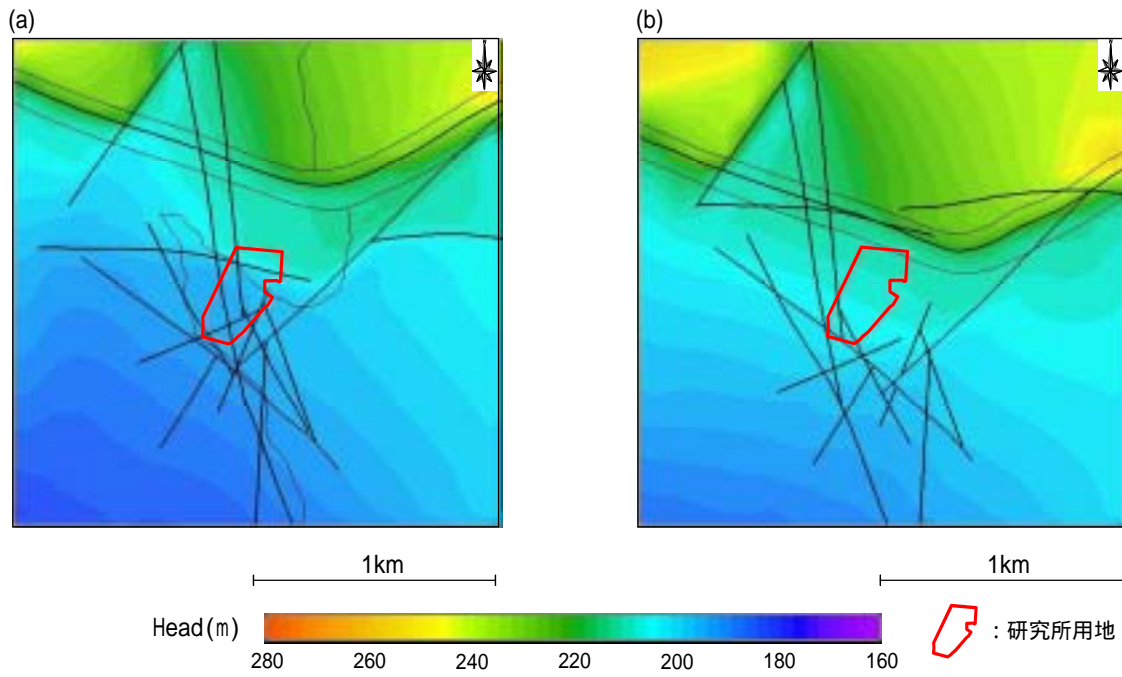


図28 全水頭分布 (NNW\_EW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

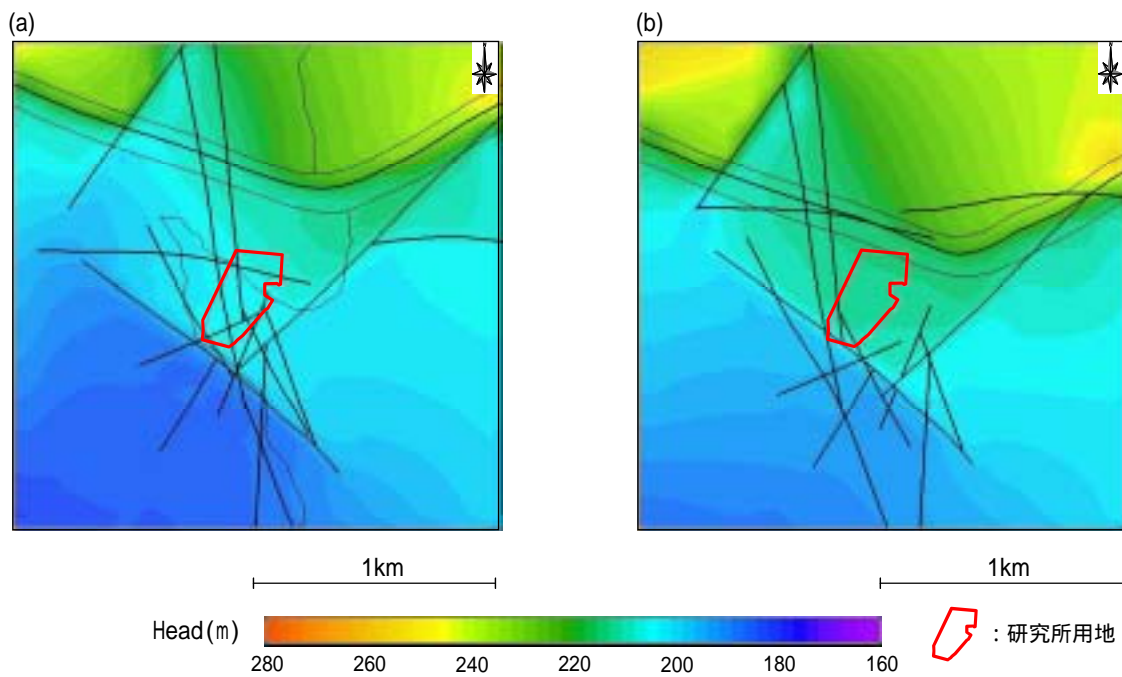


図29 全水頭分布 (NNW\_NW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

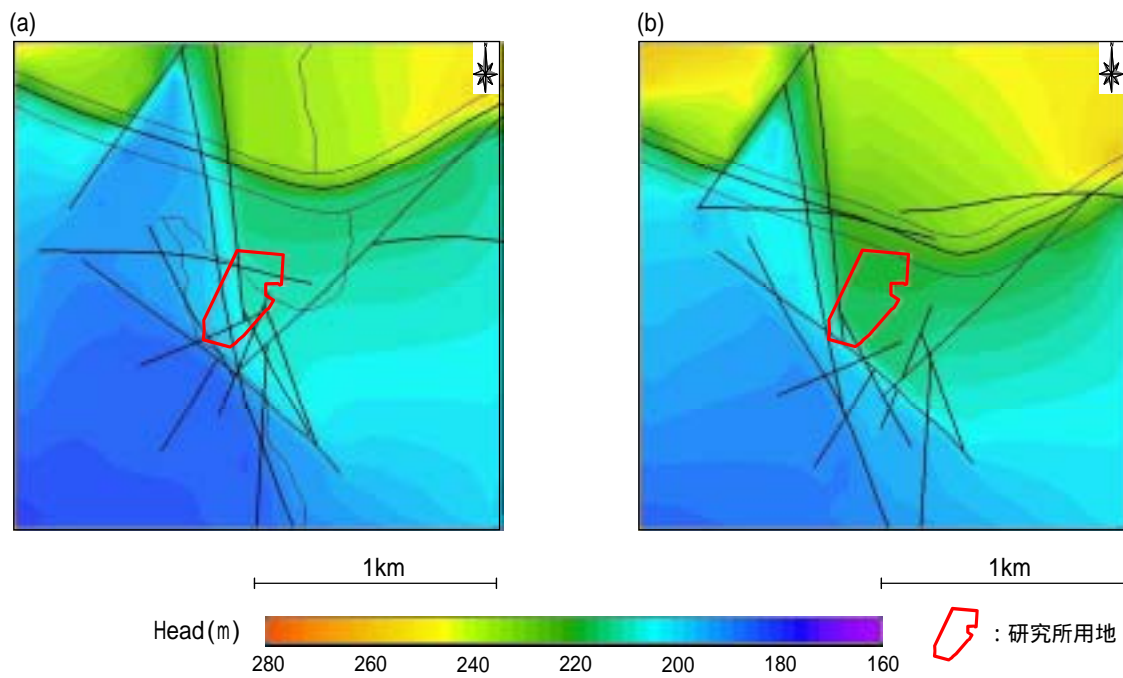


図30 全水頭分布 (EW\_NW\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

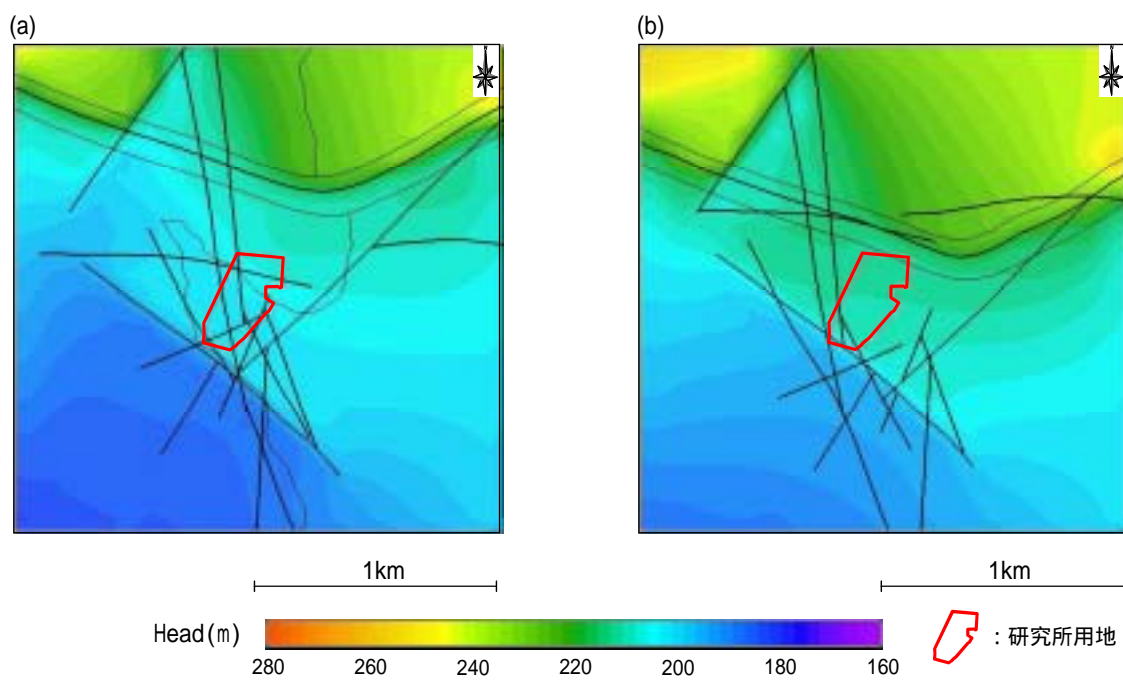


図31 全水頭分布 (EW\_NW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

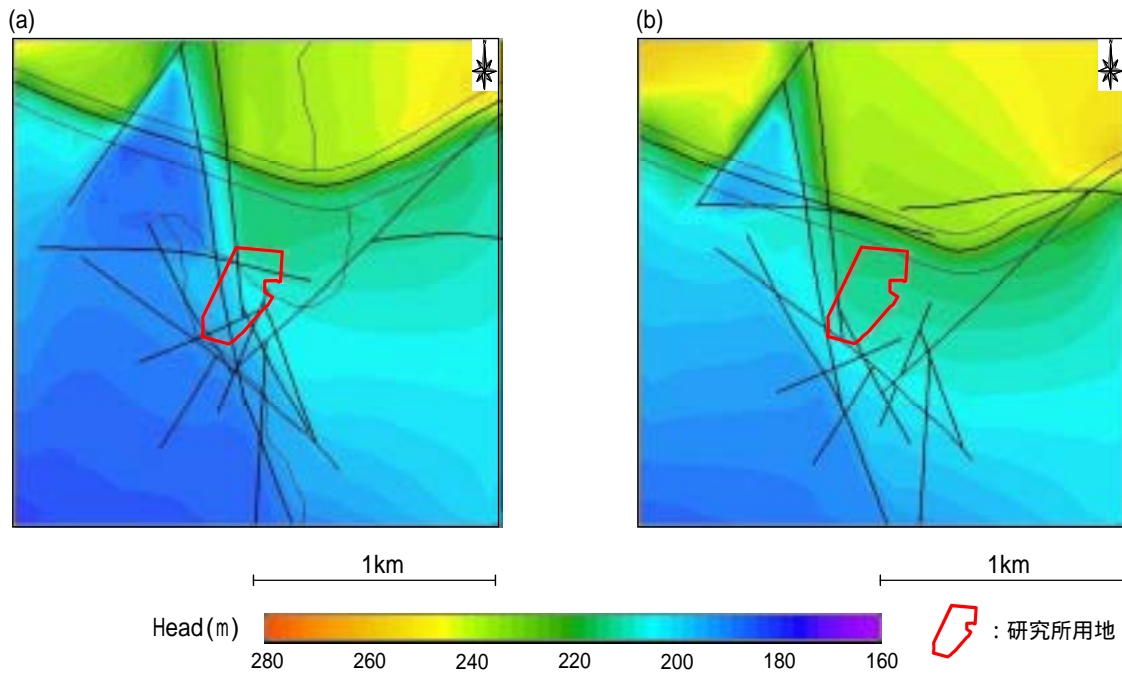


図32 全水頭分布 (NNW\_NW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

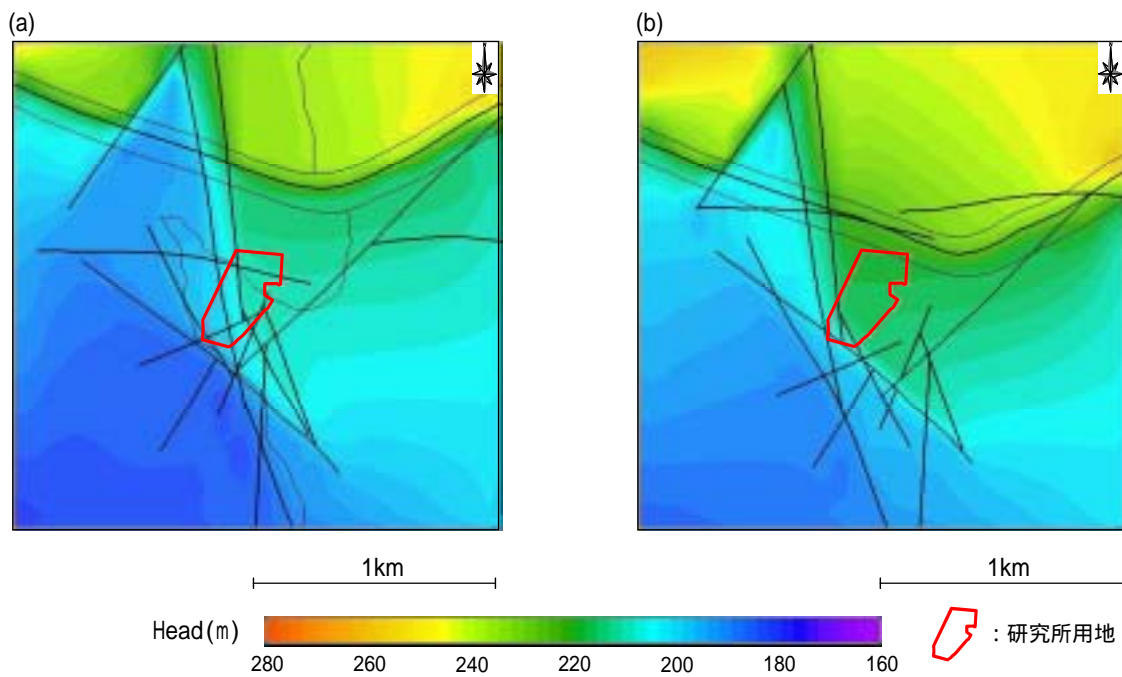


図33 全水頭分布 (NNW\_EW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面



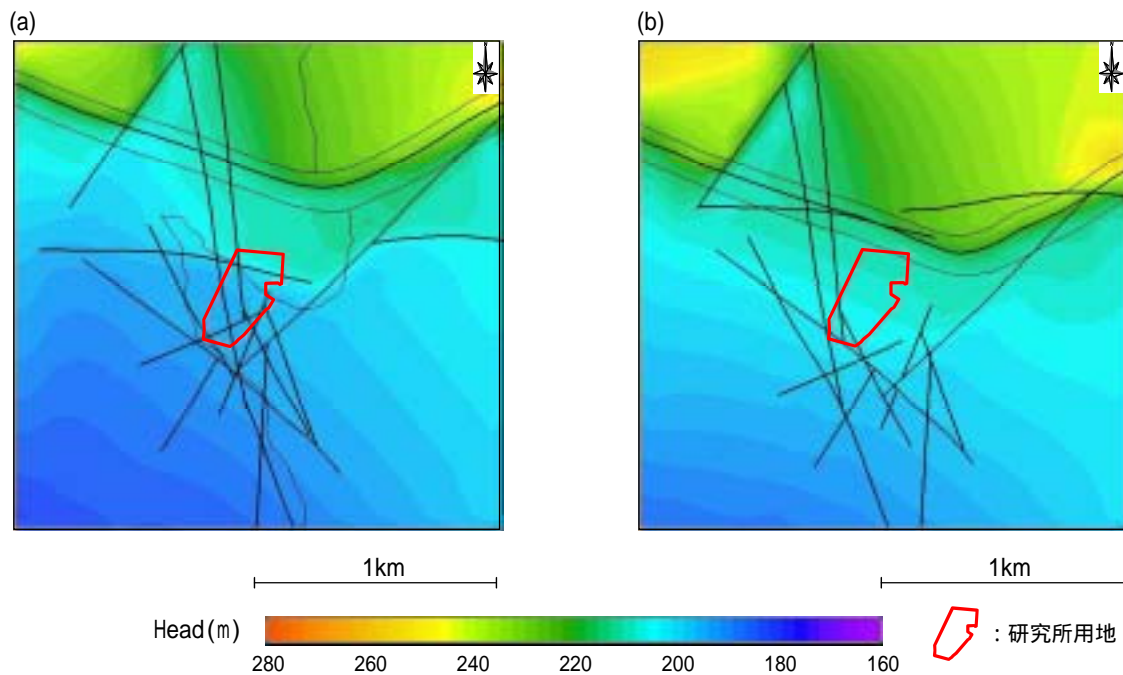


図 34 全水頭分布 (NE\_NW\_11) ステップ 1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約 500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約 1,000m) の水平断面

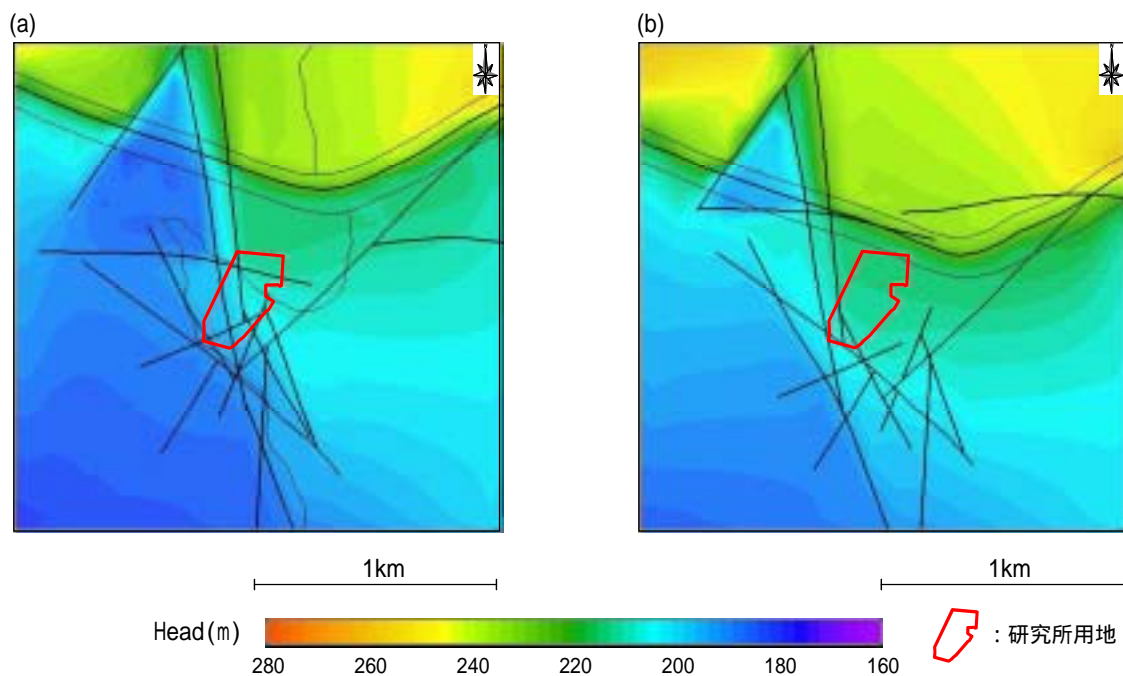


図 35 全水頭分布 (NE\_EW\_11) ステップ 1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約 500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約 1000m) の水平断面

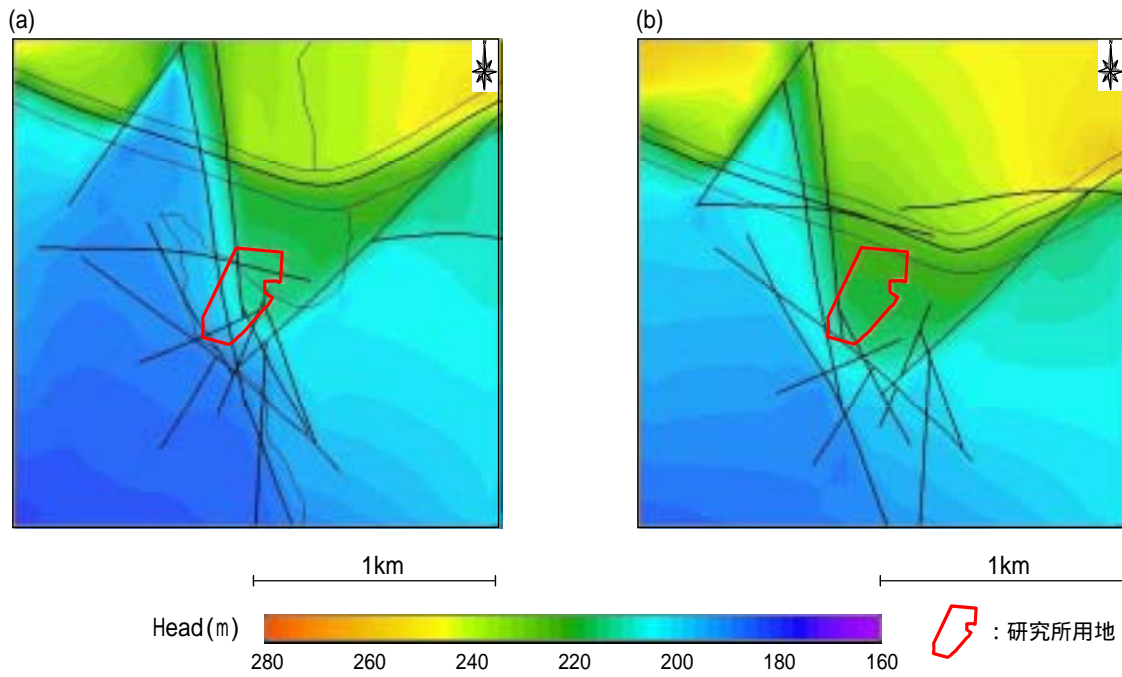


図36 全水頭分布 (NE\_NNW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

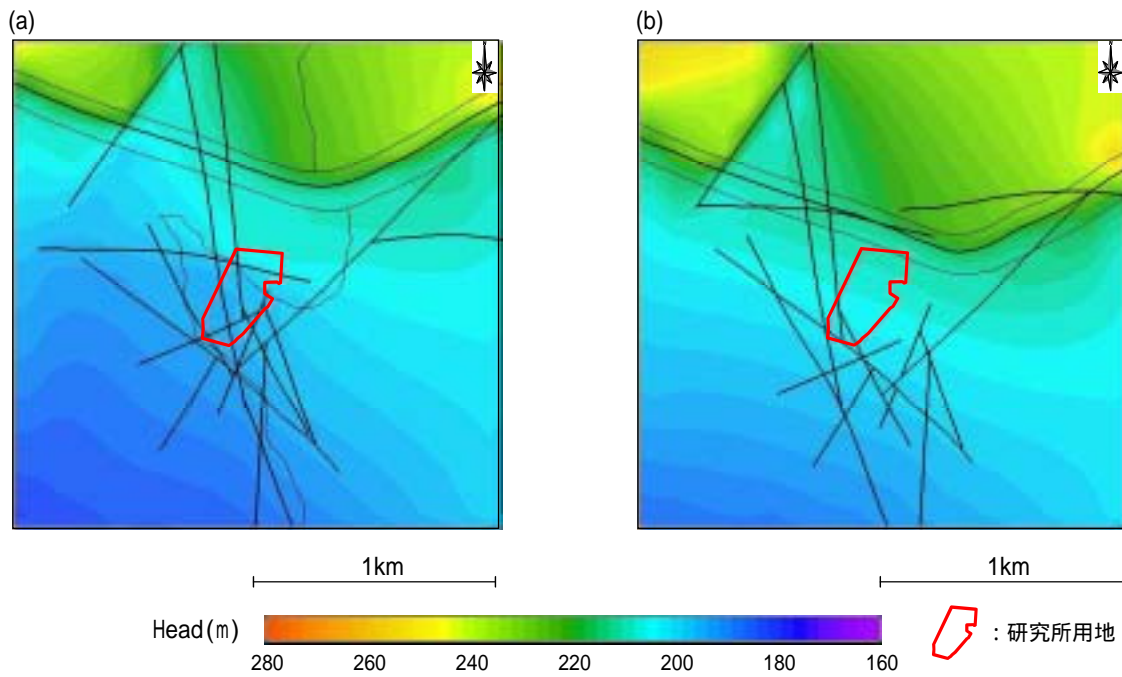


図37 全水頭分布 (NS\_NW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

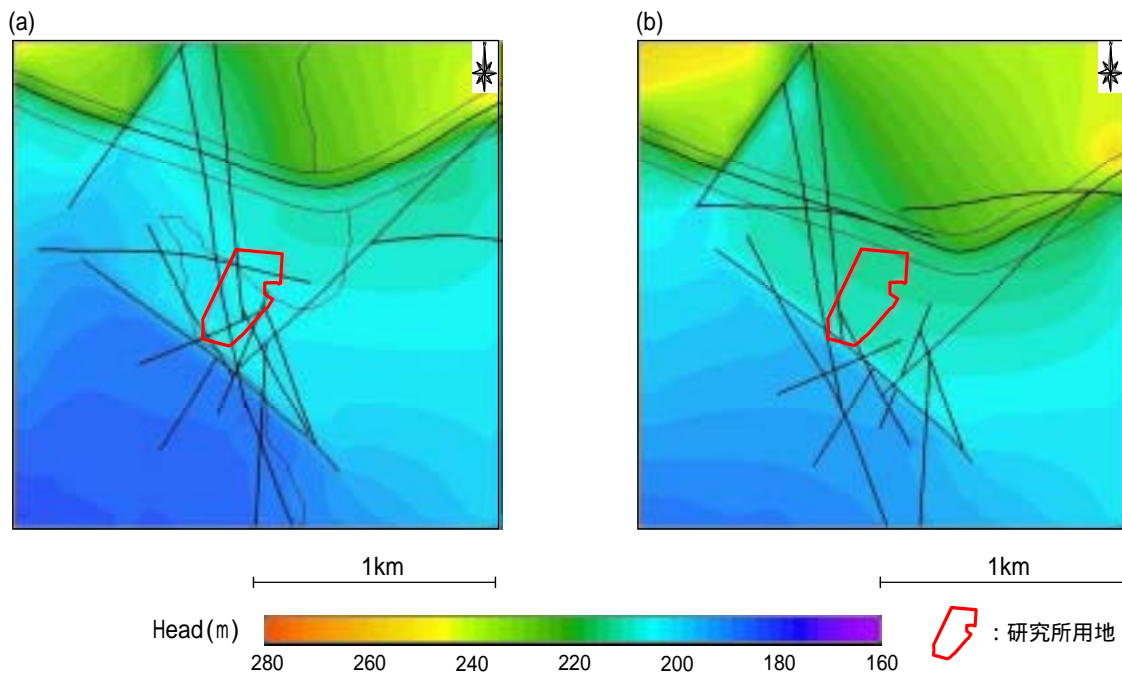


図 38 全水頭分布 (NS\_EW\_11) ステップ 1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約 500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約 1,000m) の水平断面

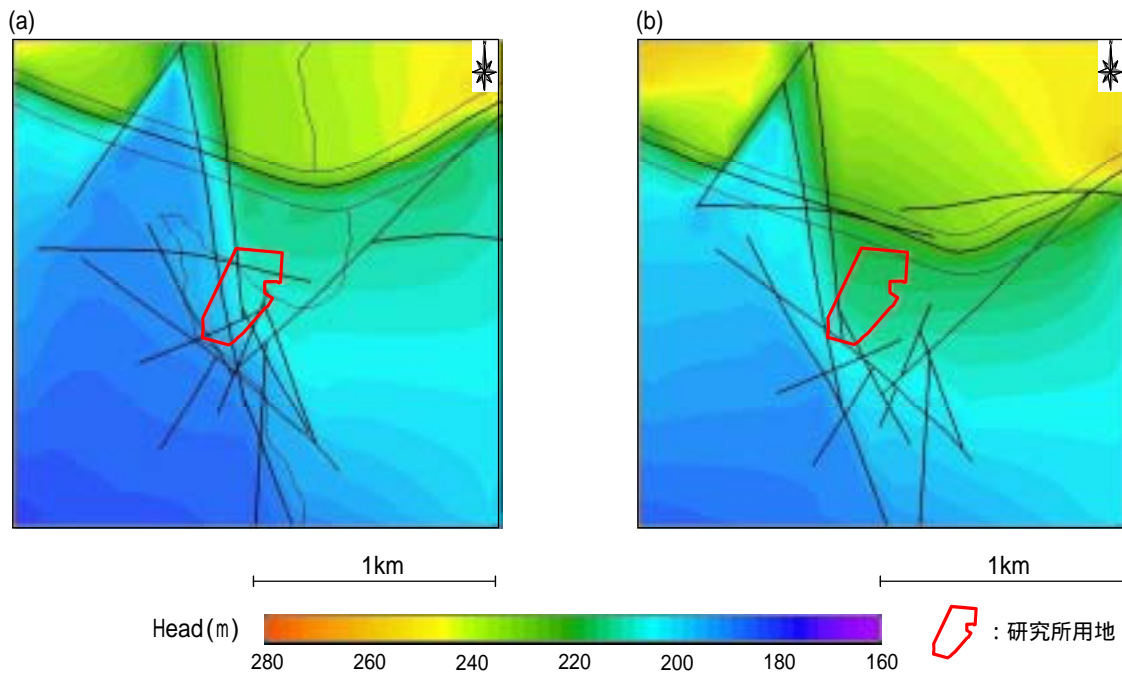


図 39 全水頭分布 (NS\_NNW\_11) ステップ 1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約 500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約 1,000m) の水平断面

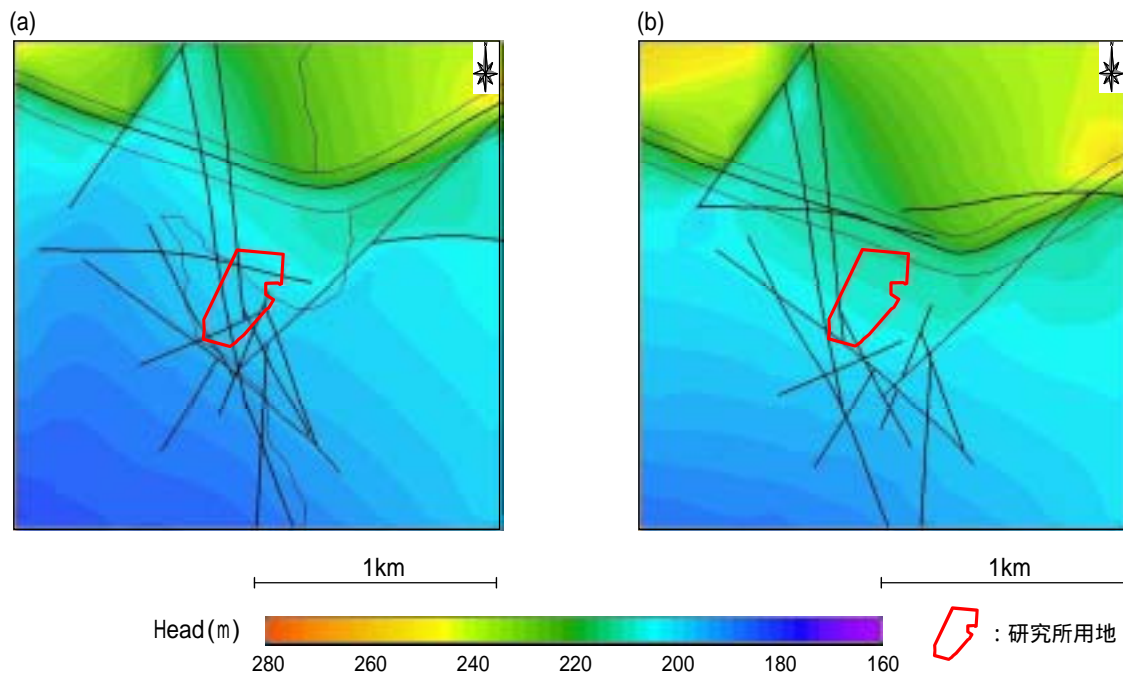


図40 全水頭分布 (NS\_NE\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

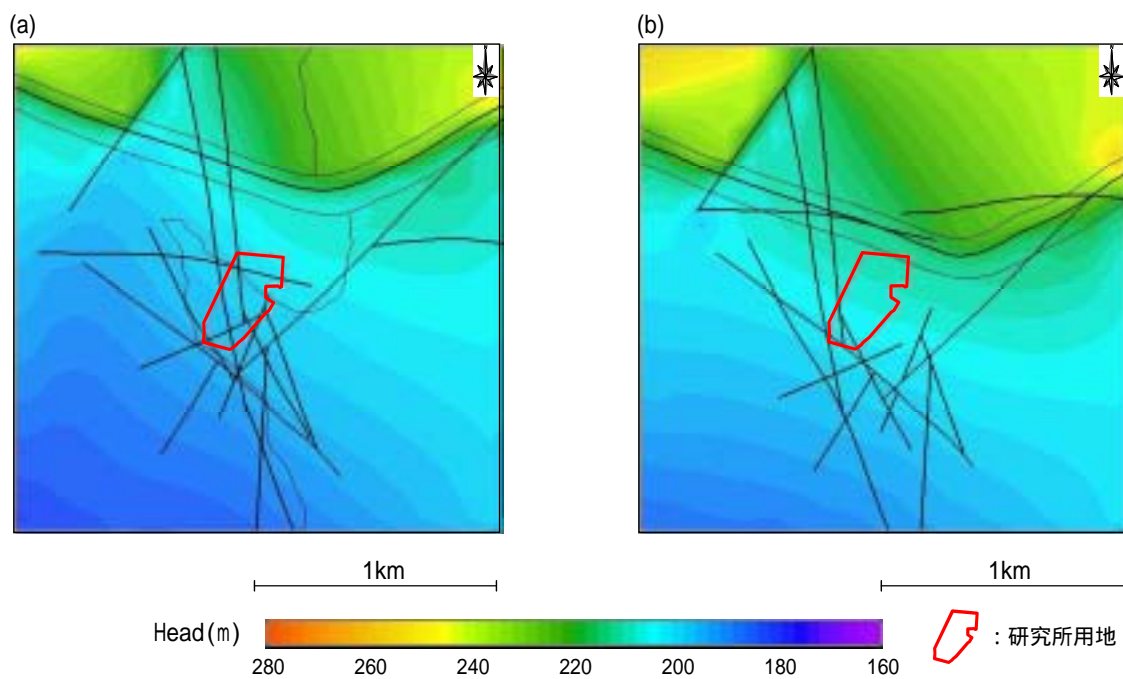


図41 全水頭分布 (NS\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

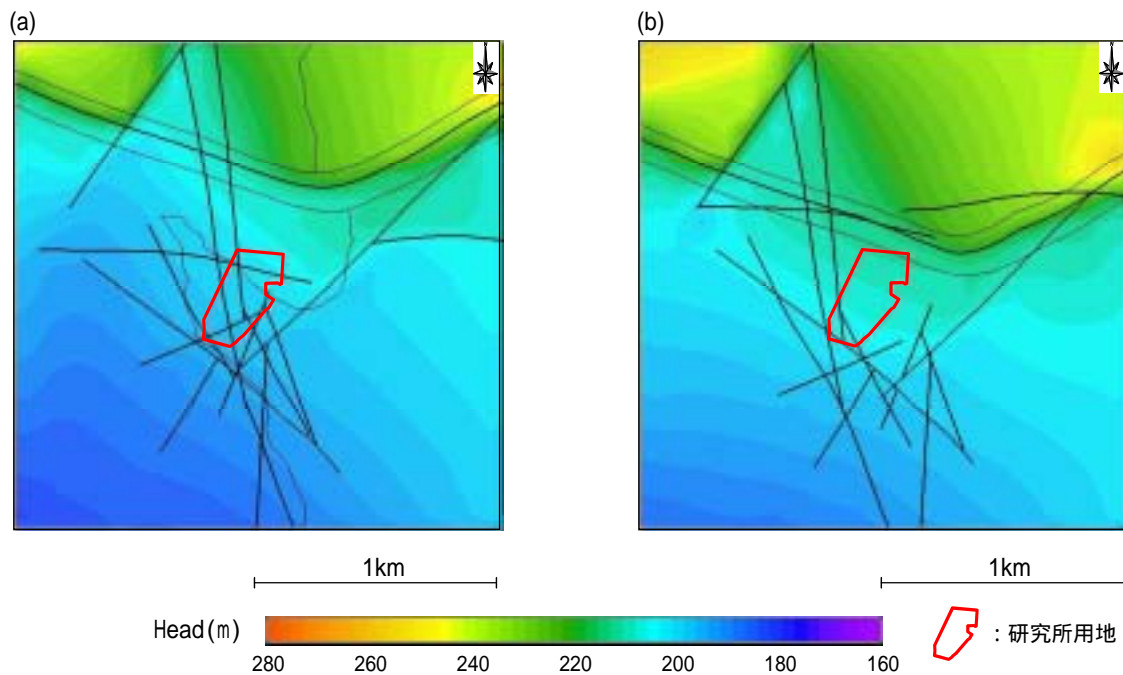


図42 全水頭分布 (NE\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面  
 (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

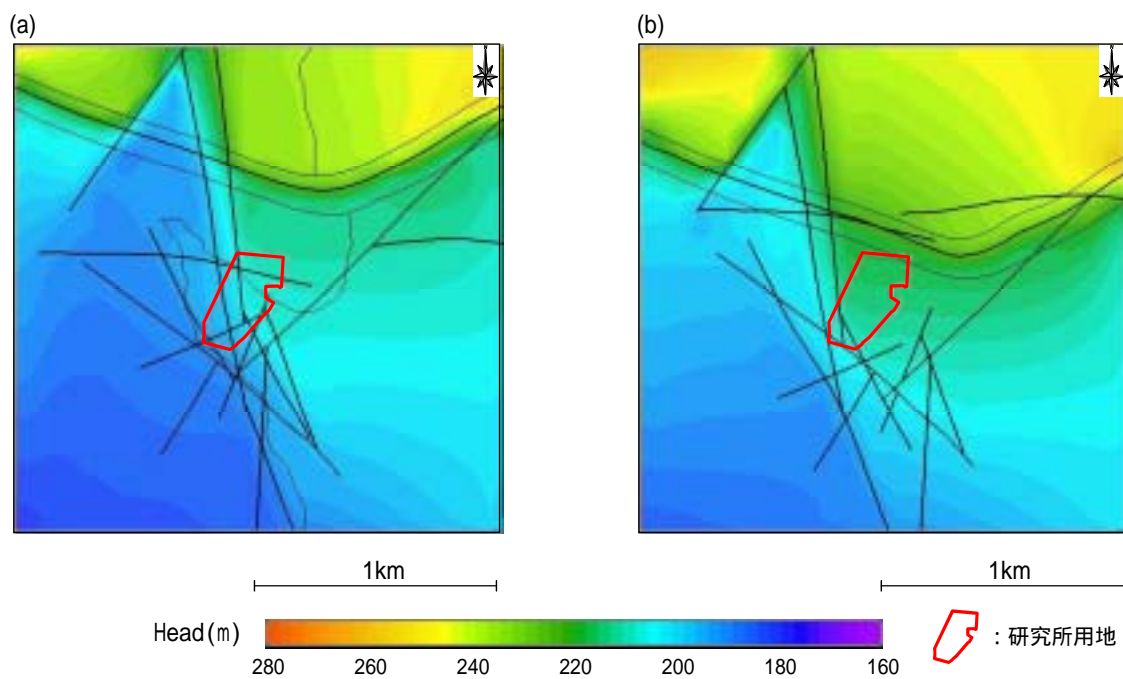


図43 全水頭分布 (NNW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面  
 (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

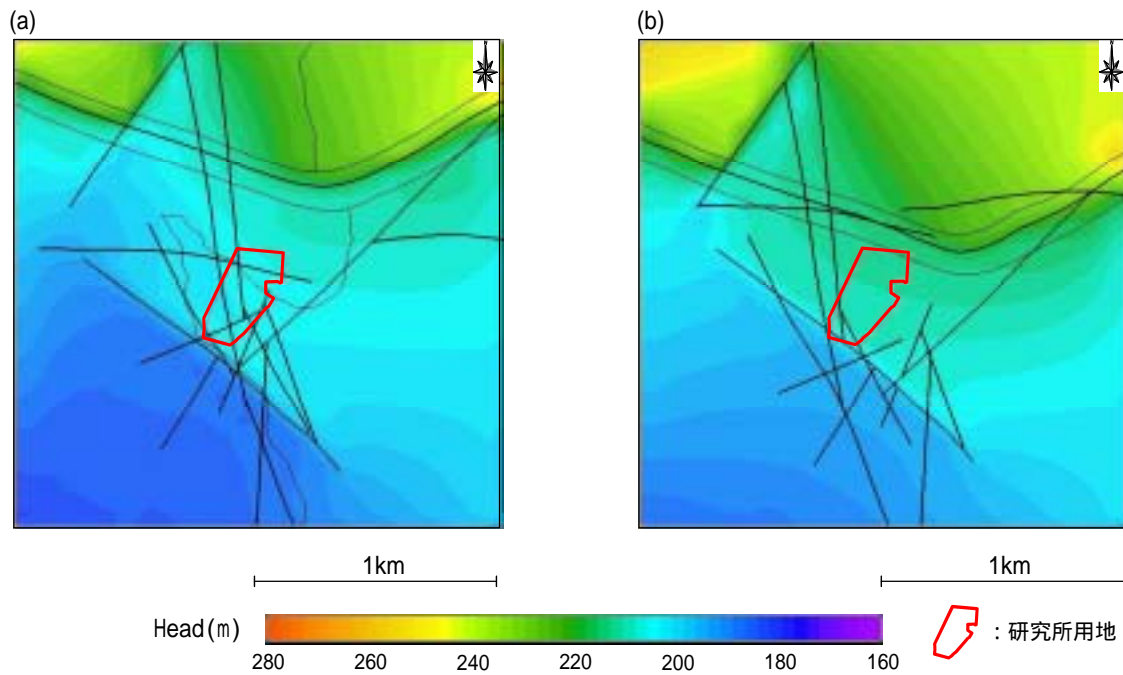


図44 全水頭分布 (EW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

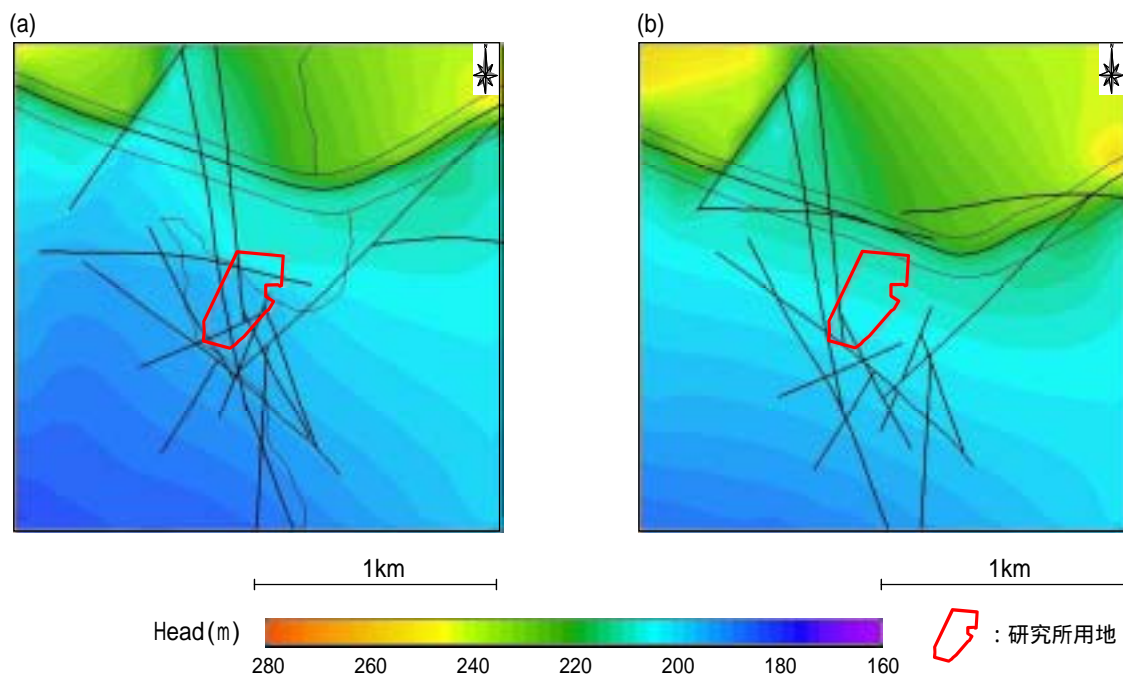


図45 全水頭分布 (NW\_11) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

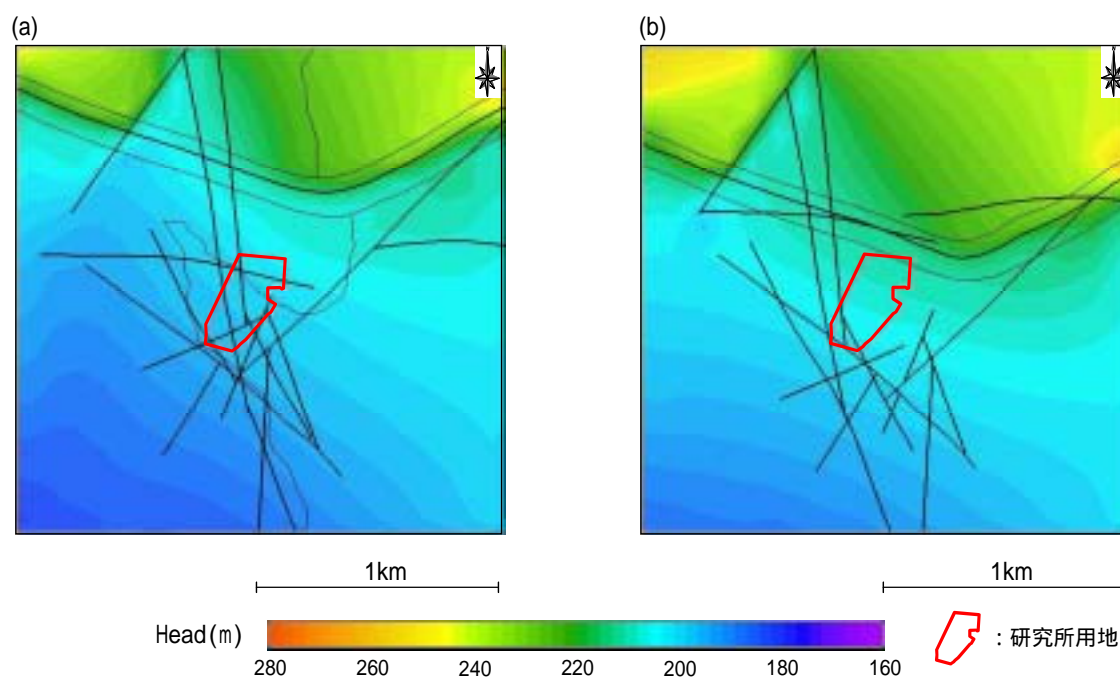


図46 全水頭分布 (All\_6) ステップ1

- (a) 標高-300m (立坑位置での深度約500m) の水平断面
- (b) 標高-800m (立坑位置での深度約1,000m) の水平断面

## (2) 地下水の移行経路

主立坑の深度1,000m(標高-799.5m)を出発点としたパーティクルトラッキング解析によって、地下水の移行経路を推定した。パーティクルトラッキング解析では、移行経路の不確実性を表現するため、各節点においてパーティクルは、最大流量となる移行経路に流れるのではなく、流量比に基づいて確率的に選択された移行経路に流れる解析とすることで分散を表現した。パーティクルトラッキング解析は、地下水流動解析と同様に差分格子を用いて実施したため、解析結果には数値分散が含まれる。この数値分散に、水理地質構造モデルに表現した断層に伴う移行経路の分岐が加わり、幅広い移行経路が解析結果として得られることが想定された。そこで、できるだけ多くのパーティクルを取り扱い、大局的な傾向を把握するために10,000個のパーティクルを対象とした。図47にステップ0、図48~79にステップ1の各解析ケースにおける地下水の移行経路を示す。

ステップ0の結果から、大局的な流れに沿って北東方向から南西方向へパーティクルが流動しているが、パーティクルの出発点の下流側には断層が存在していないため、全体としては広範囲に広がらないことが分かる。

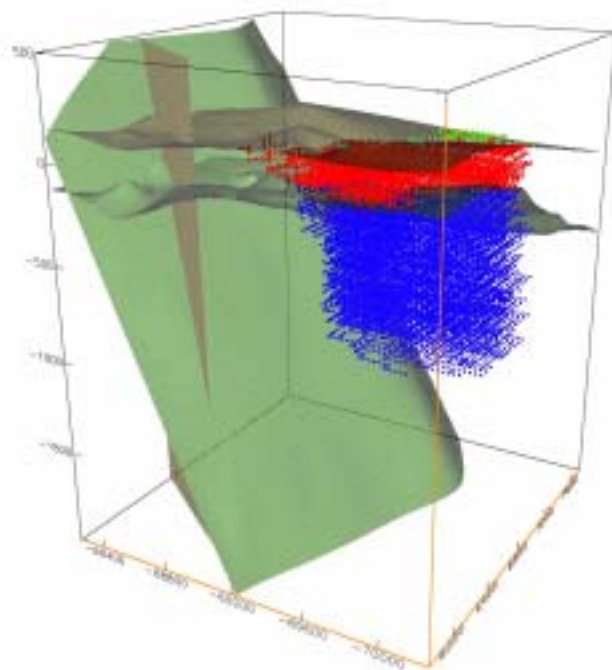
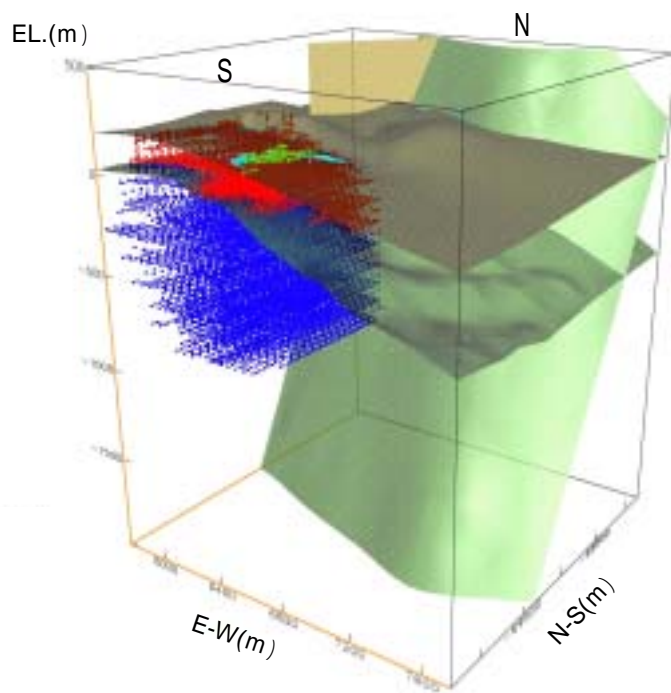
ステップ1の結果から、まず北北西系断層に高透水性を設定した図51(解析ケース:NNW\_6)、図55(NS\_NNW\_6)、図58(NE\_NNW\_6)、図61(NNW\_EW\_6)、図62(NNW\_NW\_6)

のうち図 61 を除いたパーティクルの移行経路は、北北西系断層以外の断層に高透水性を設定したケース（図 55：南北系断層，図 58：北東系断層，図 62：北西系断層）においても、北北西系断層のみを高透水性としたケースの移行経路（図 51）と類似した経路となり、このことから他の断層と比較して、北北西系断層が移行経路に与える影響が大きいことが分かる。一方、北北西系断層と東西系断層に高透水性を設定した図 61 のみ，図 51，55，58，62 と比較して異なる移行経路となり，他の方向の断層と比較して北北西系断層以外では東西系断層の影響が大きいことが分かる。

また 北東系断層に高透水性を設定した図 50(NE\_6) 図 54(NS\_NE\_6) 図 58(NE\_NNW\_6), 図 59 (NE\_EW\_6), 図 60 (NE\_NW\_6) のうち北北西系断層に高透水性を設定した図 58 と東西系断層に高透水性を設定した図 59 を除いたパーティクルの移行経路は、北東系断層以外の断層に高透水性を設定したケース（図 54：南北系断層，図 60：北西系断層）においても、北東系断層のみに高透水性を設定したケースの移行経路（図 50）と類似した経路となり，このことから南北系および北西系の断層と比較して，北東系断層が移行経路に与える影響が大きいことが分かる。一方，北東系断層と東西系断層に高透水性を設定した図 59 のみ図 50，54，58，60 と比較して異なる移行経路となり，他の方向の断層と比較して，北東系断層に高透水性を設定した場合においても，北北西系断層に高透水性を設定した場合と同様に，東西系断層の影響が大きいことが分かる。

以上のことから，パーティクルの移行経路についても水頭分布への影響と同様に北北西系断層と北東系断層の影響が大きいことが明らかとなった。また，移行経路については，北北西系断層と北東系断層のみならず，東西系の断層の影響も大きいことが示唆された。





《移行経路の分類》	
	堆積岩（瀬戸層群，瑞浪層群）
	花崗岩上部割れ目帯
	花崗岩下部割れ目低密度帯
	月吉断層および月吉断層に伴う割れ目帯
	その他の断層

図47 地下水の移行経路（ステップ0）

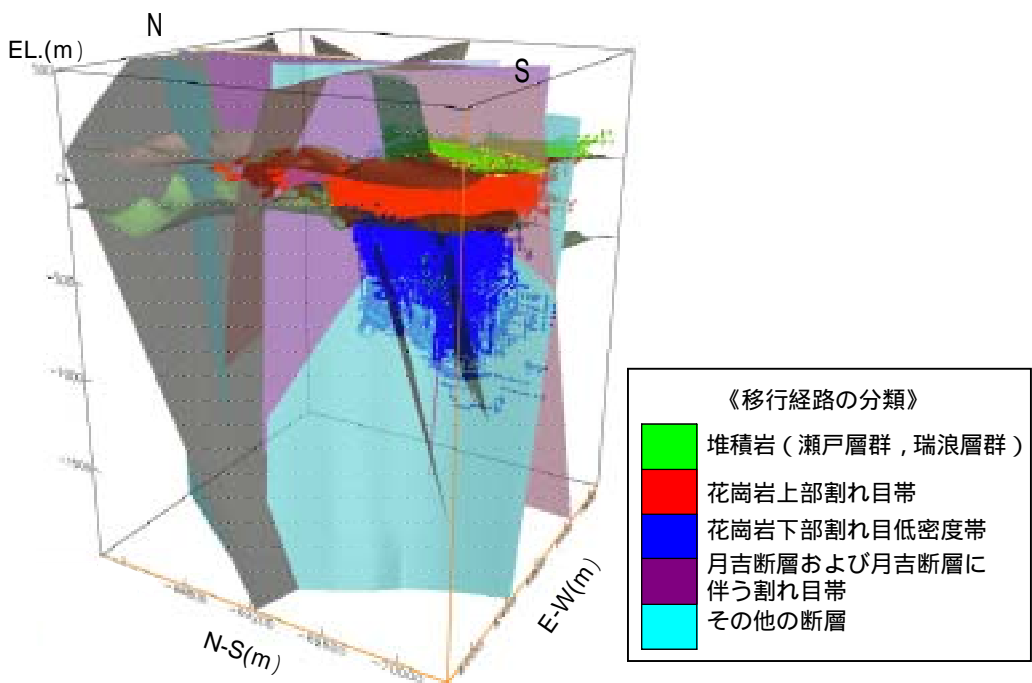
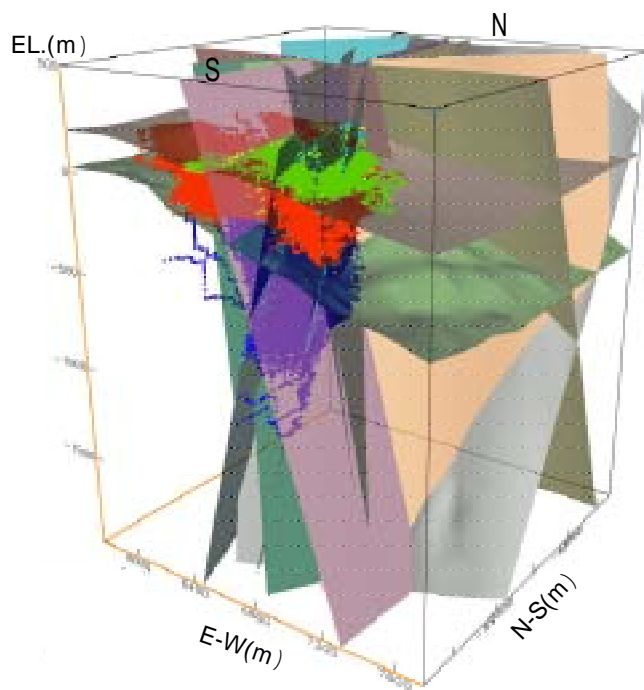


図48 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，base）

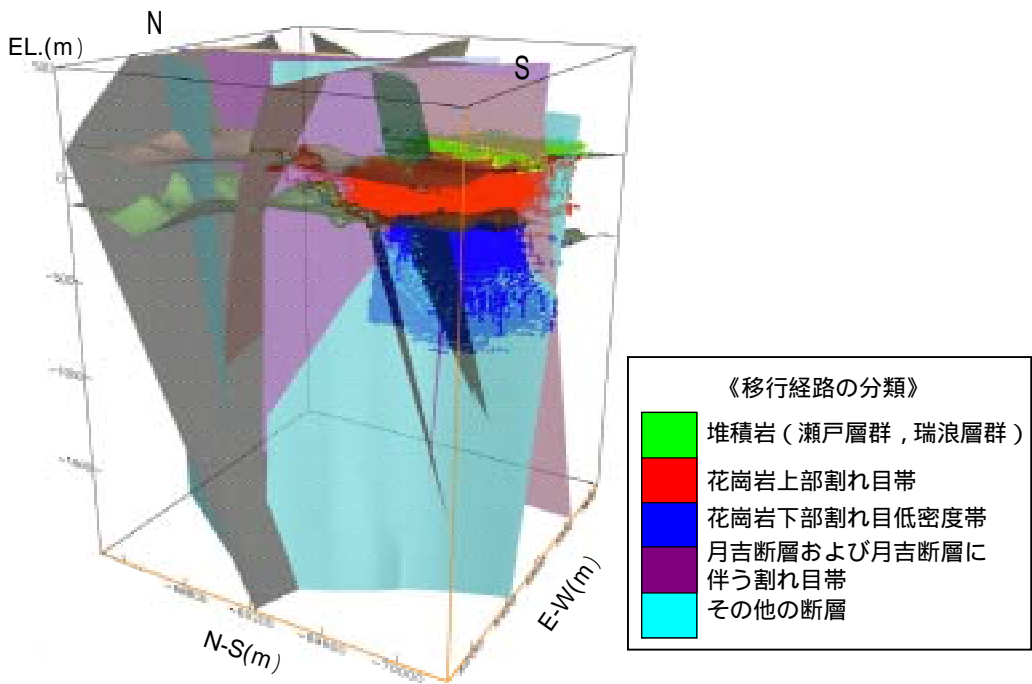
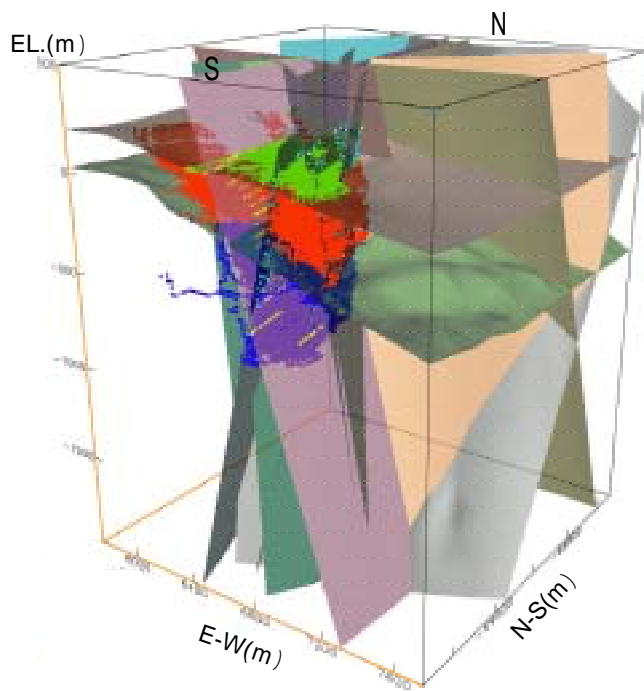


図49 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_6）

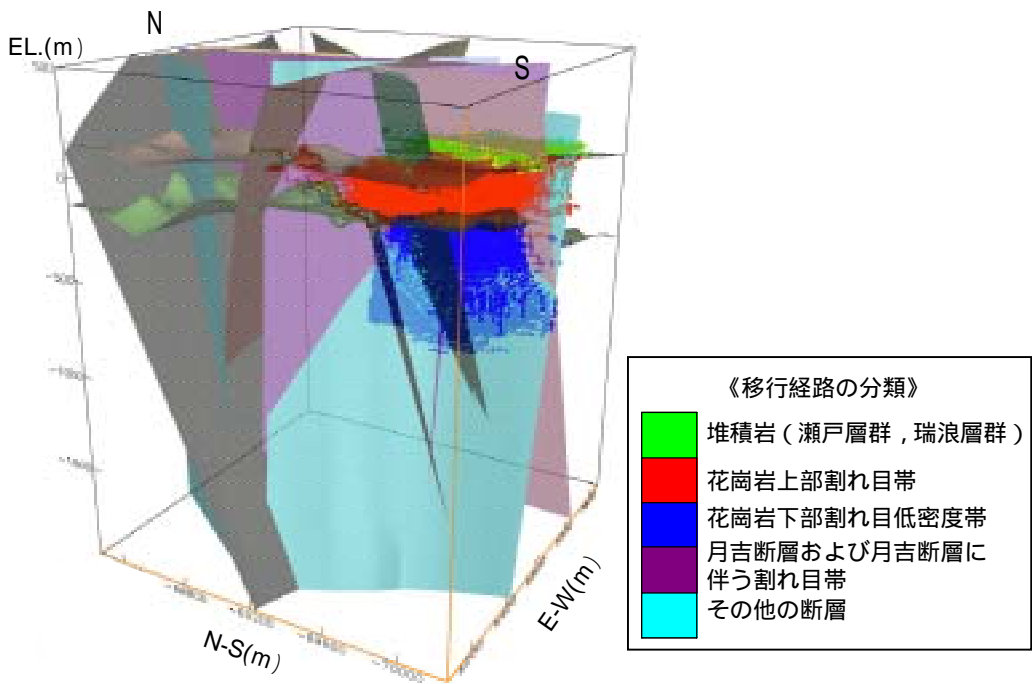
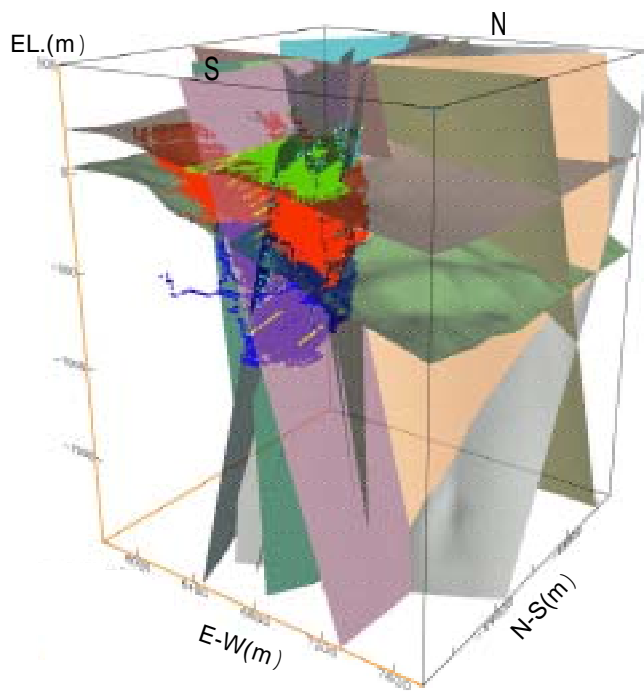
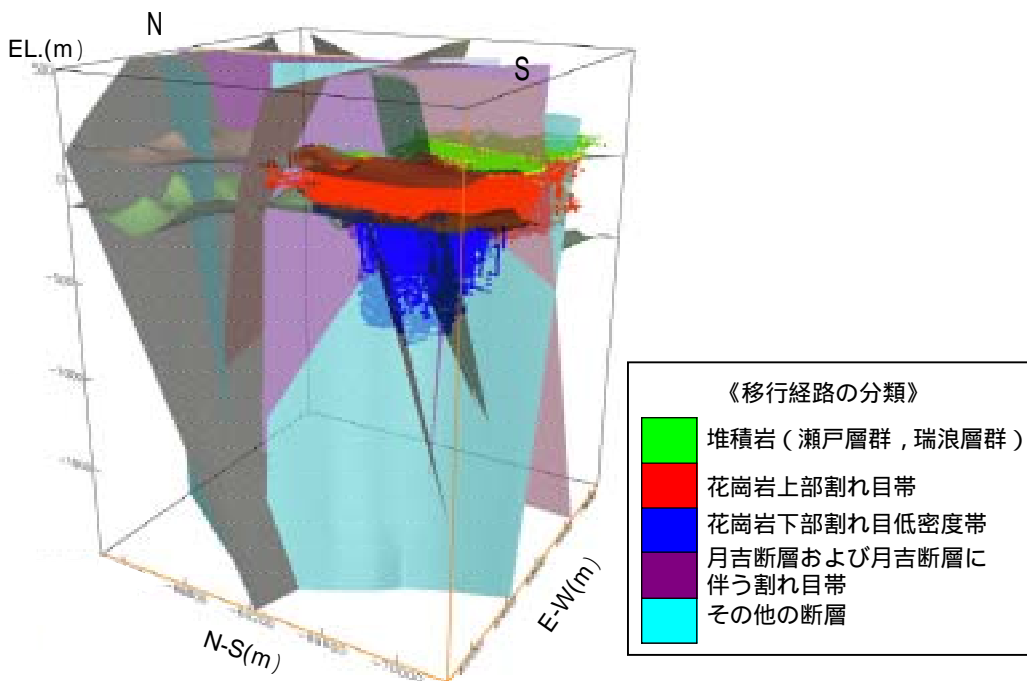
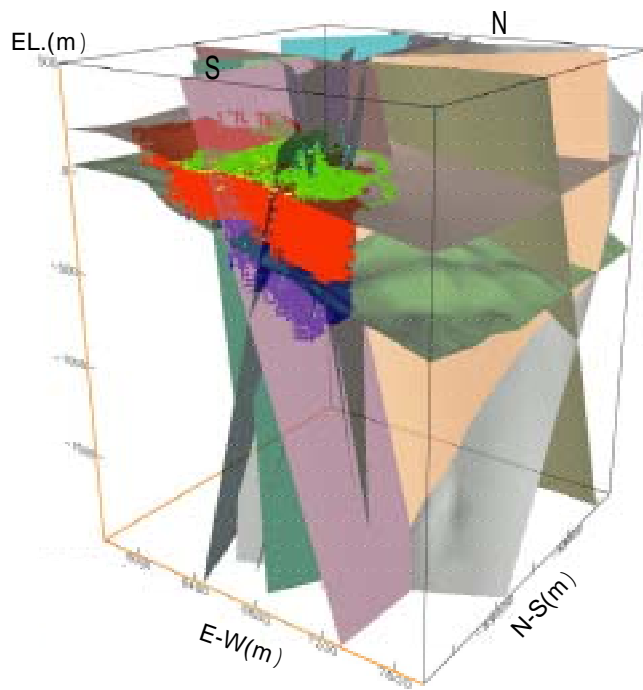


図50 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_6）



《移行経路の分類》	
	堆積岩（瀬戸層群，瑞浪層群）
	花崗岩上部割れ目帯
	花崗岩下部割れ目低密度帯
	月吉断層および月吉断層に伴う割れ目帯
	その他の断層

図51 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NNW\_6）

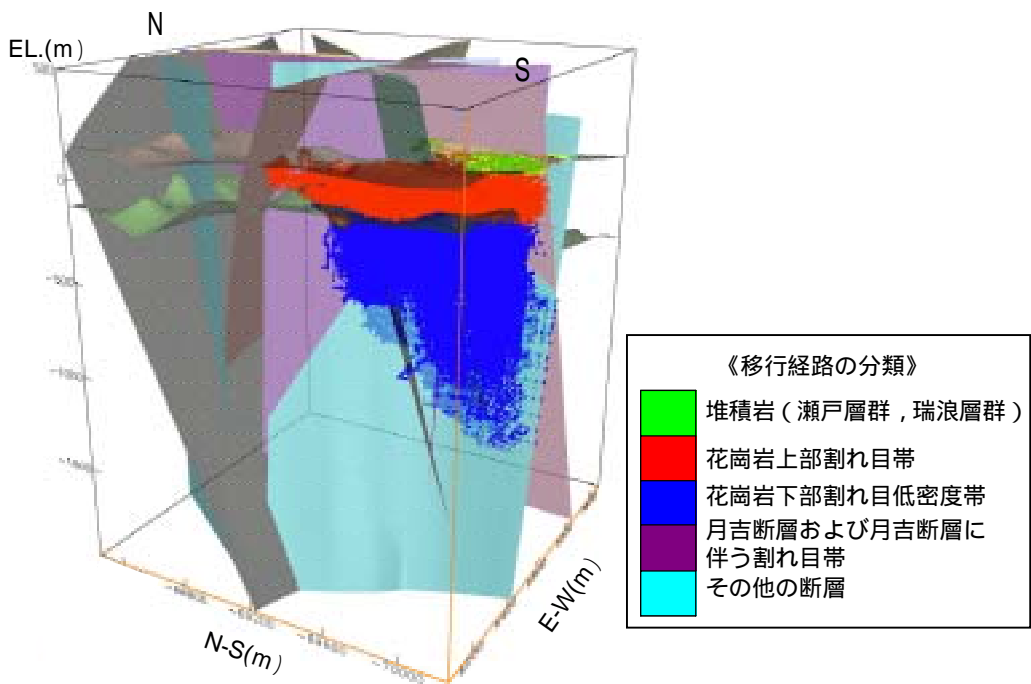
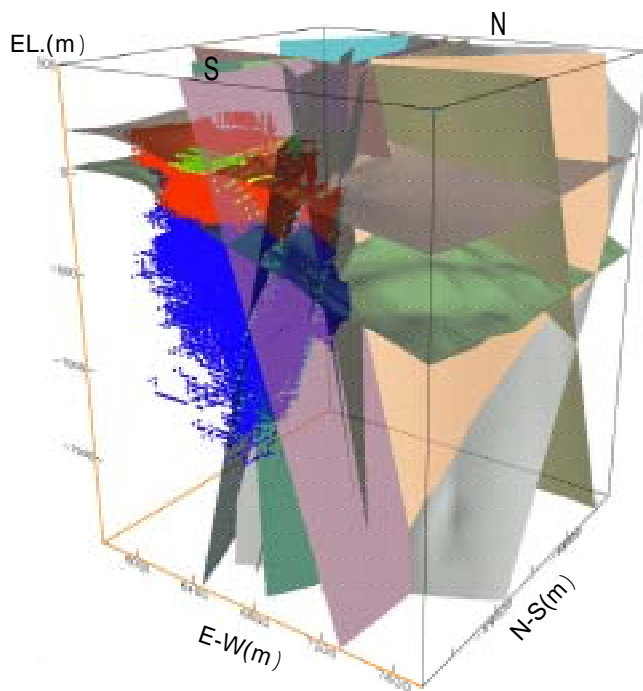


図52 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，EW\_6）

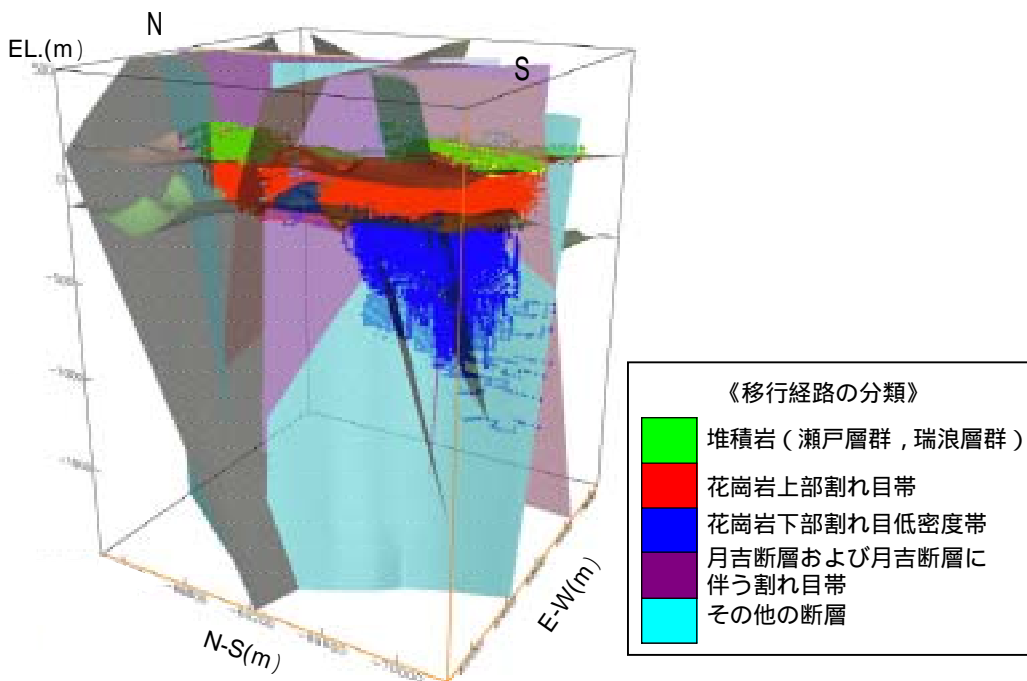
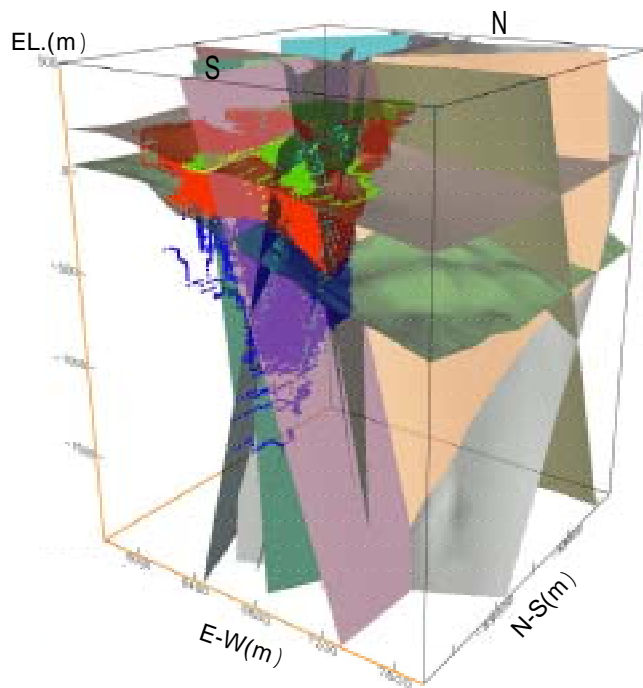


図53 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NW\_6）

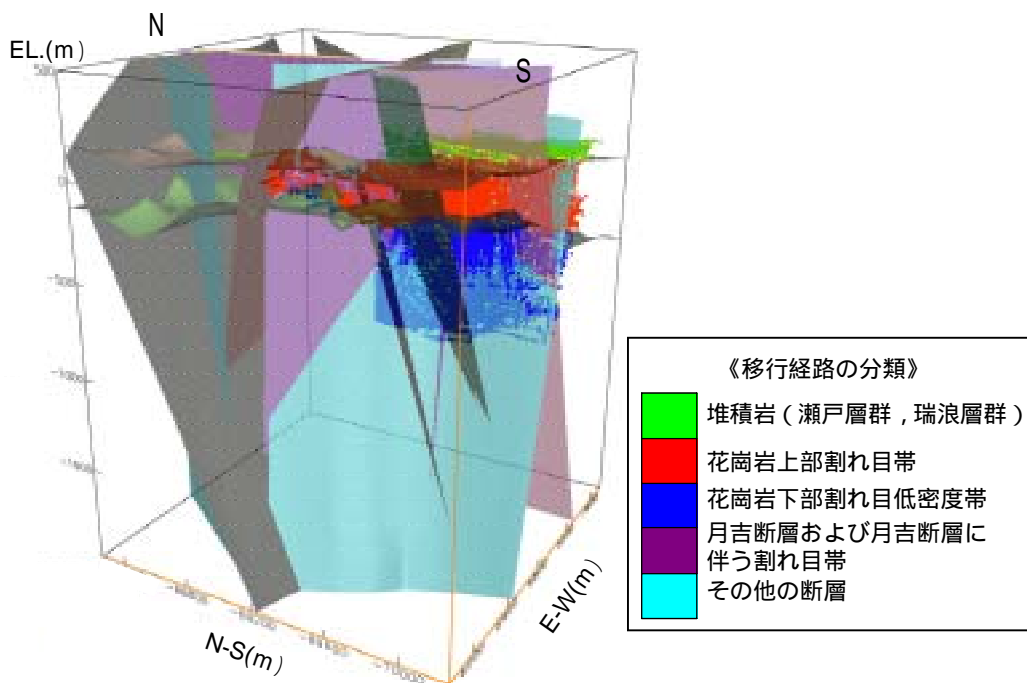
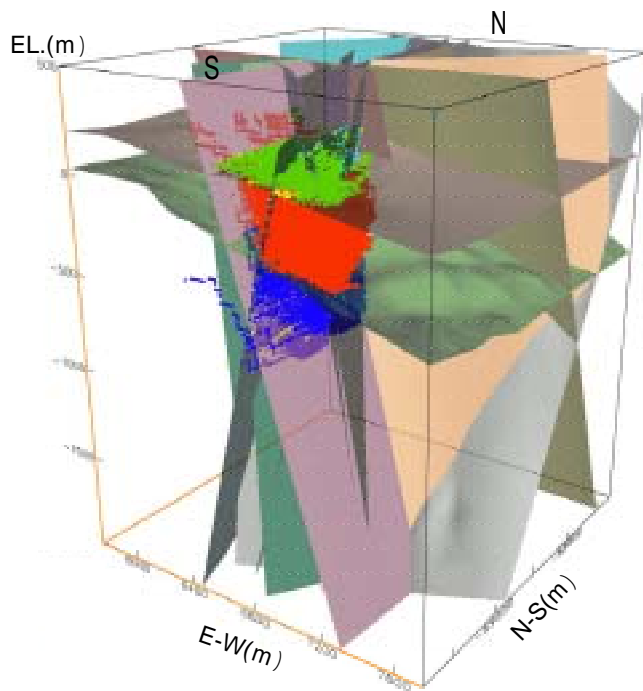


図54 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_NE\_6）



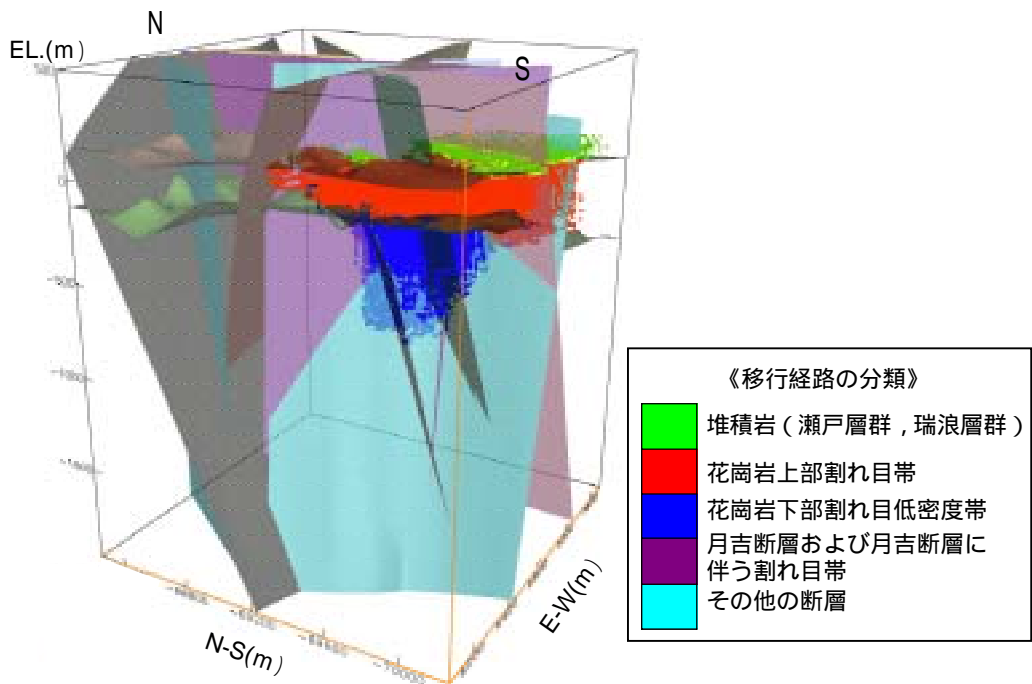
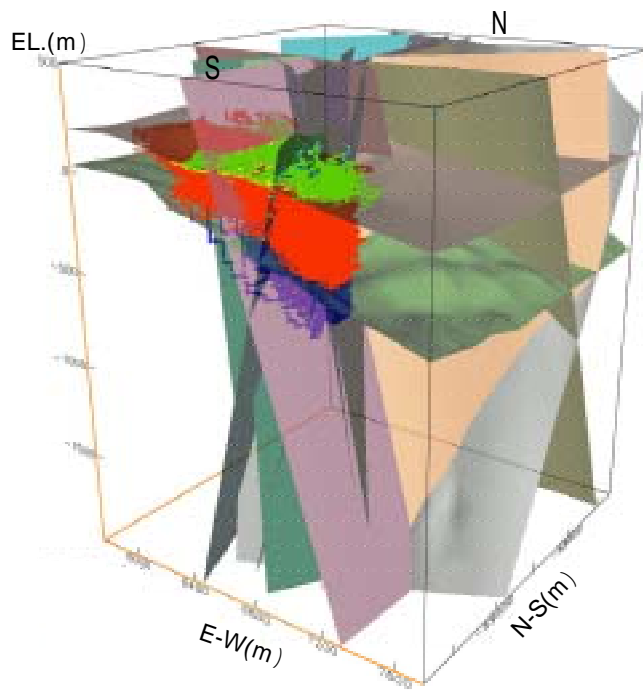


図55 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_NNW\_6）

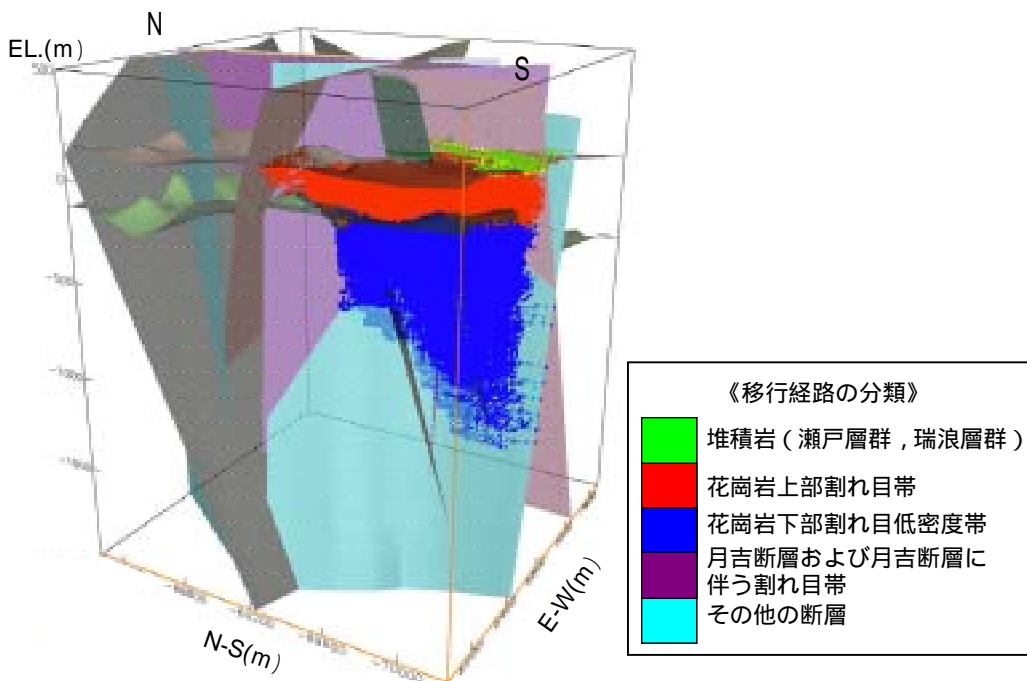
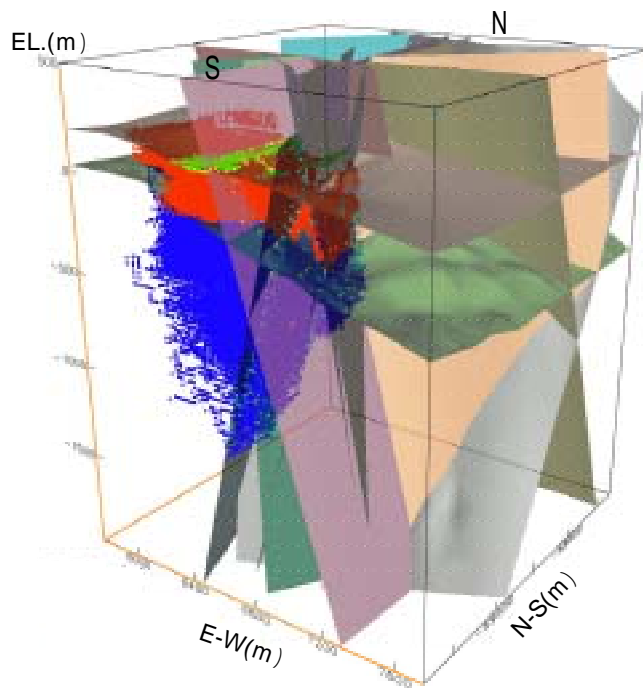
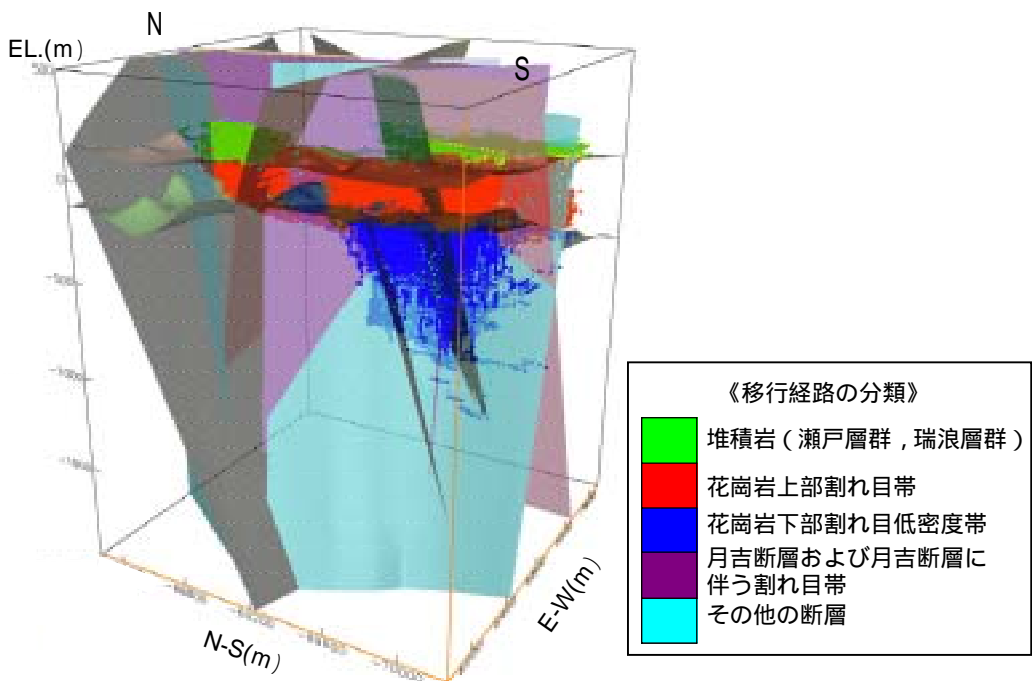
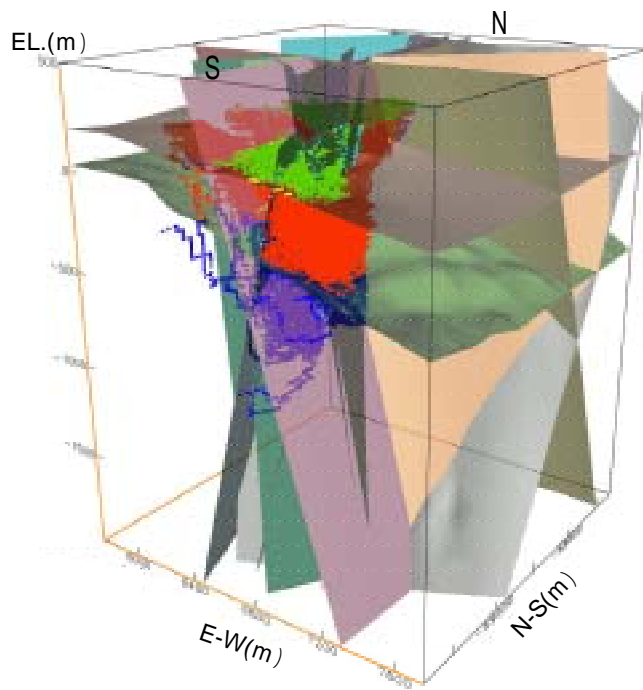


図56 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_EW\_6）



《移行経路の分類》	
	堆積岩（瀬戸層群，瑞浪層群）
	花崗岩上部割れ目帯
	花崗岩下部割れ目低密度帯
	月吉断層および月吉断層に伴う割れ目帯
	その他の断層

図57 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_NW\_6）

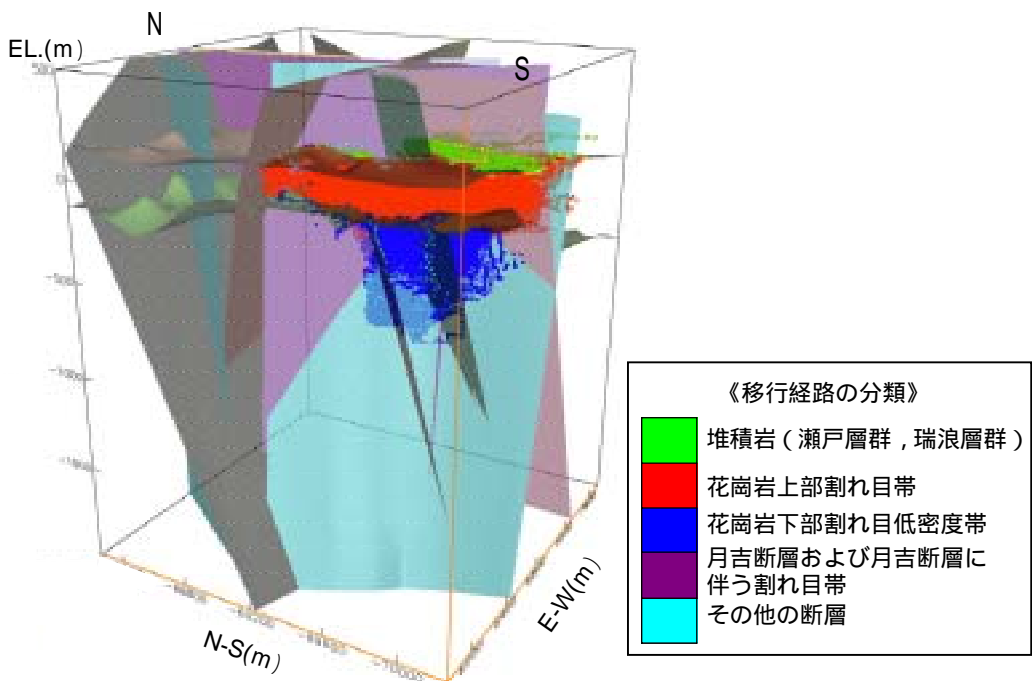
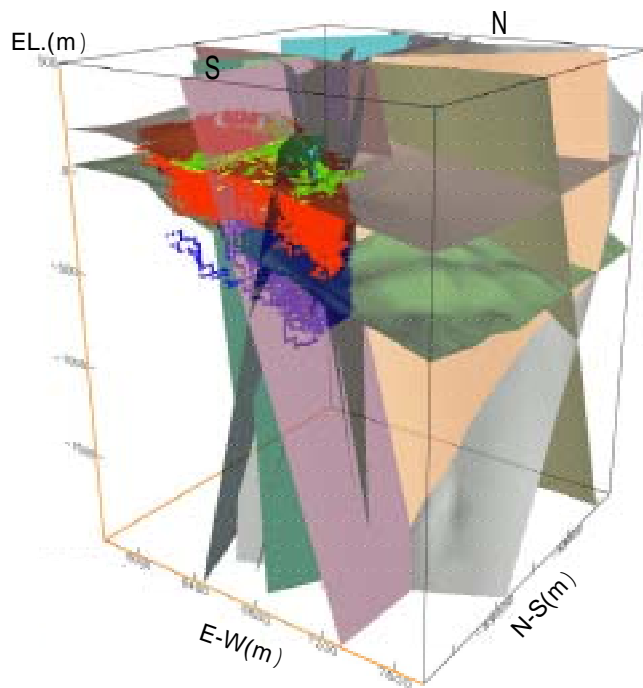


図 58 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_NNW\_6）

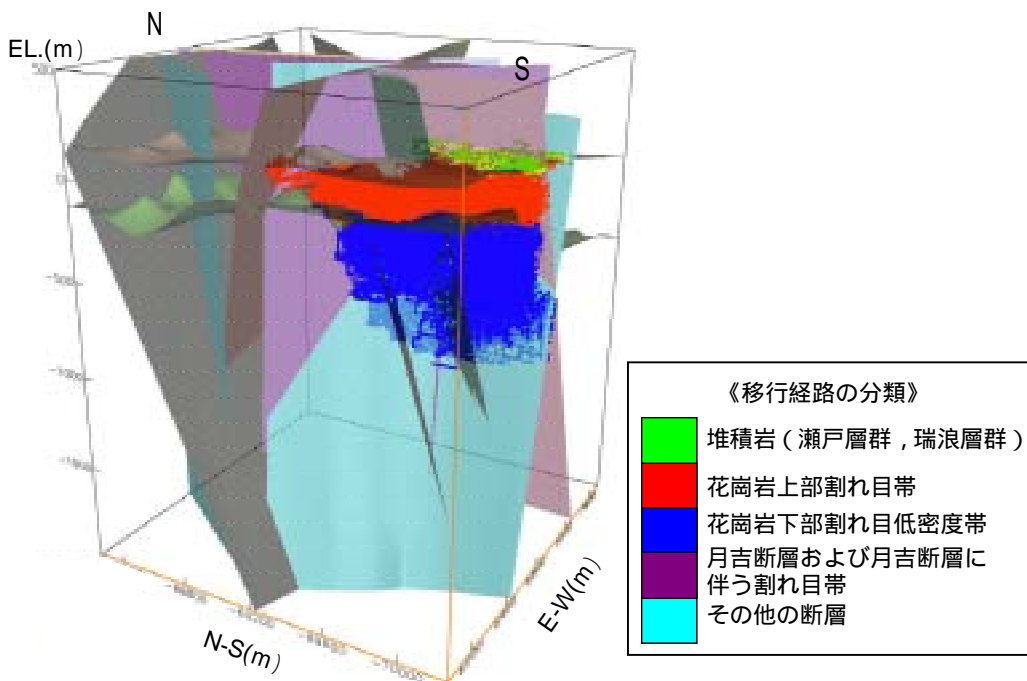
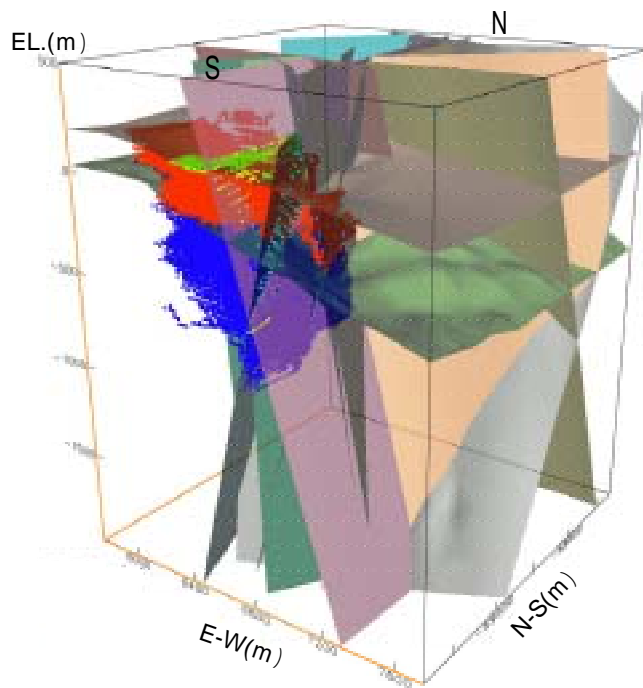


図 59 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_EW\_6）

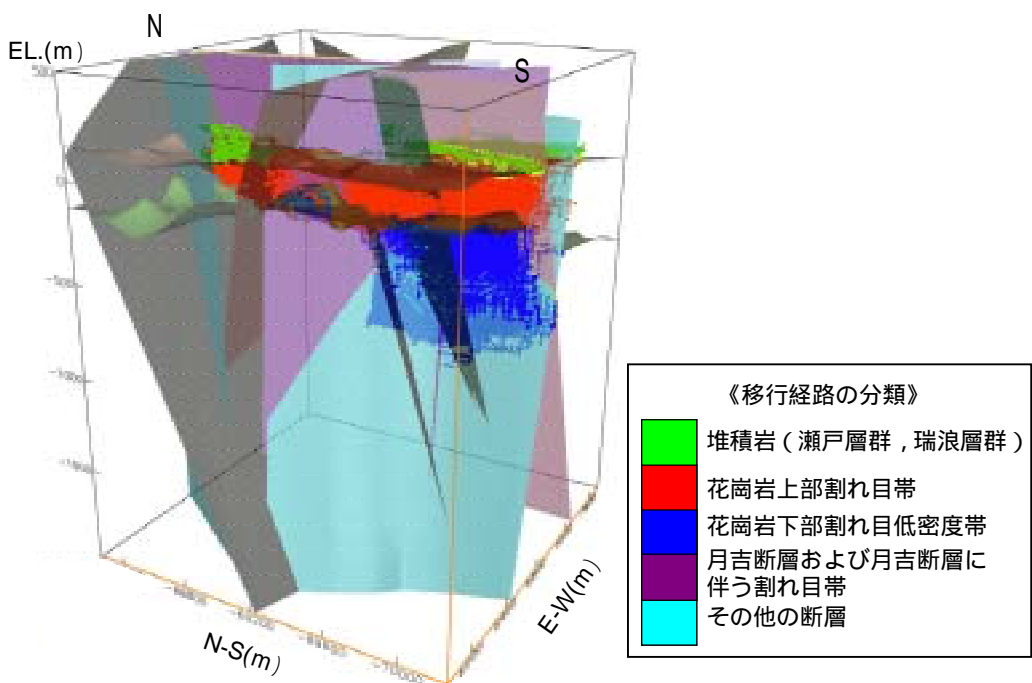
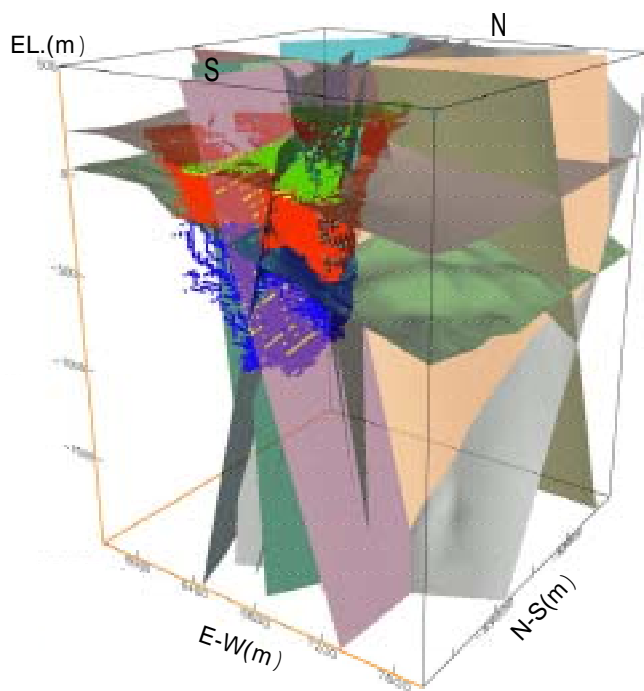


図 60 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_NW\_6）

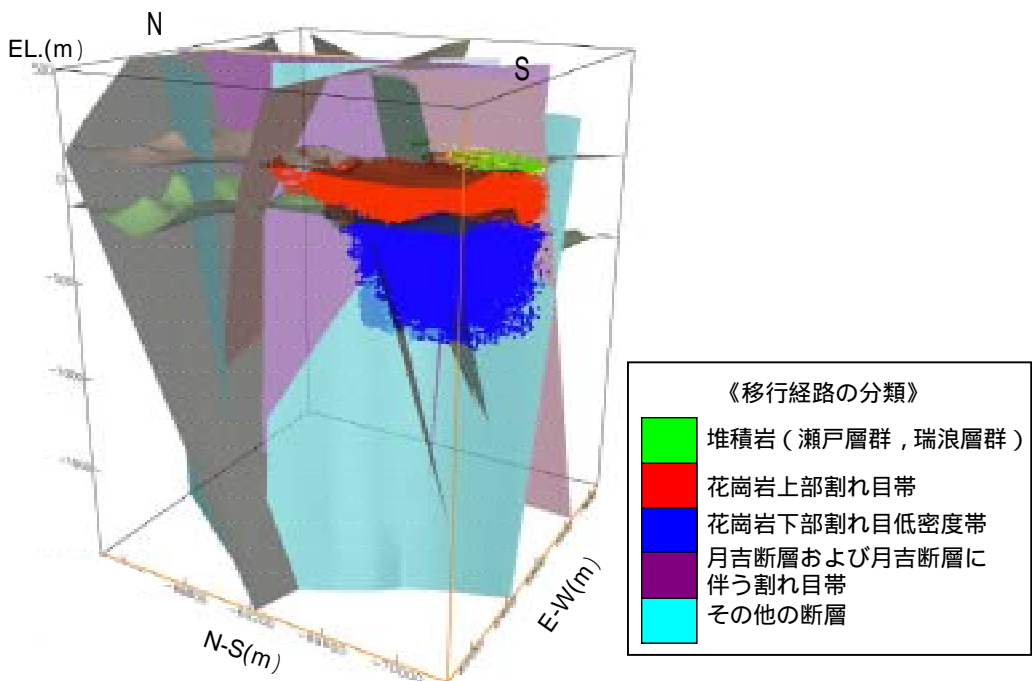
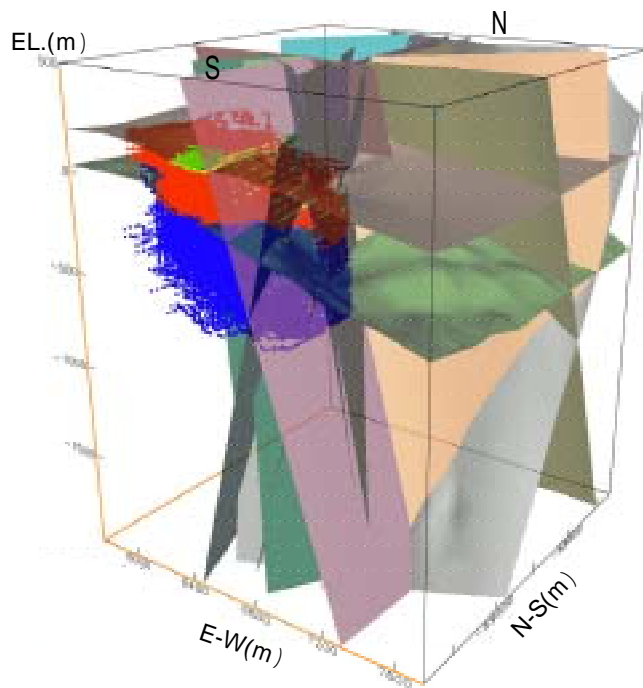


図61 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NNW\_EW\_6）

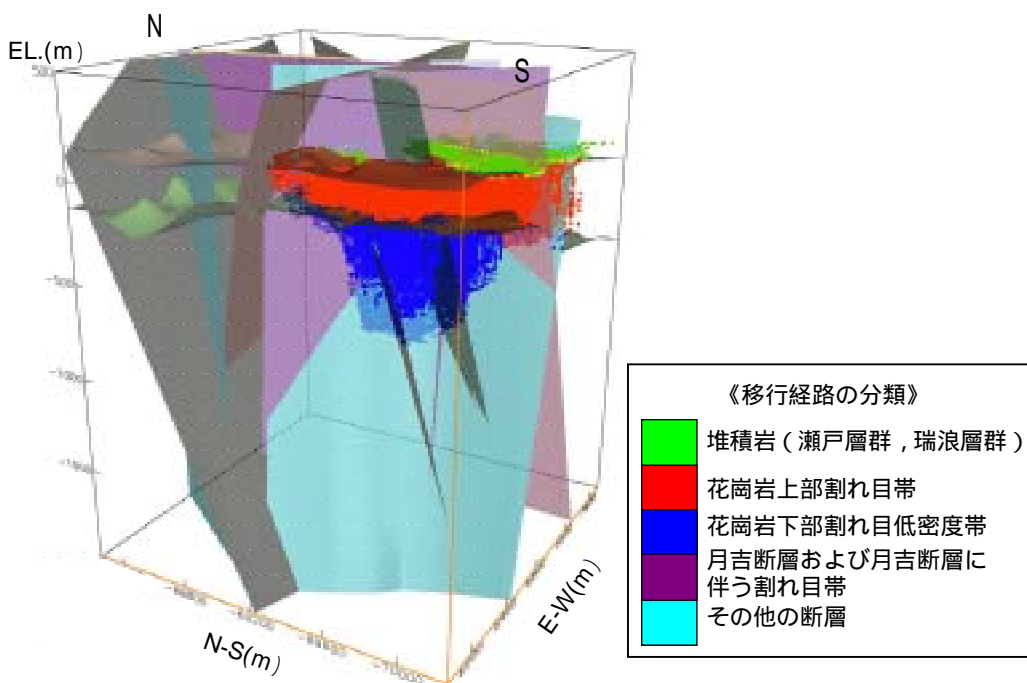
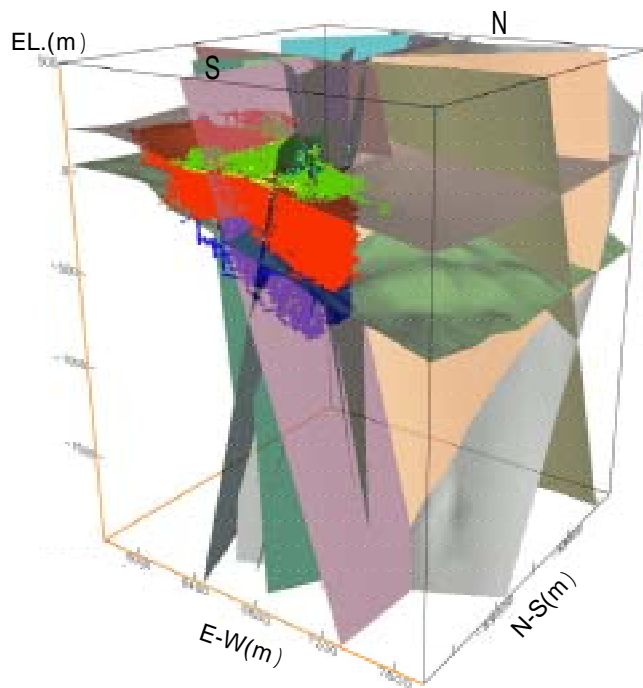


図62 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NNW\_NW\_6）



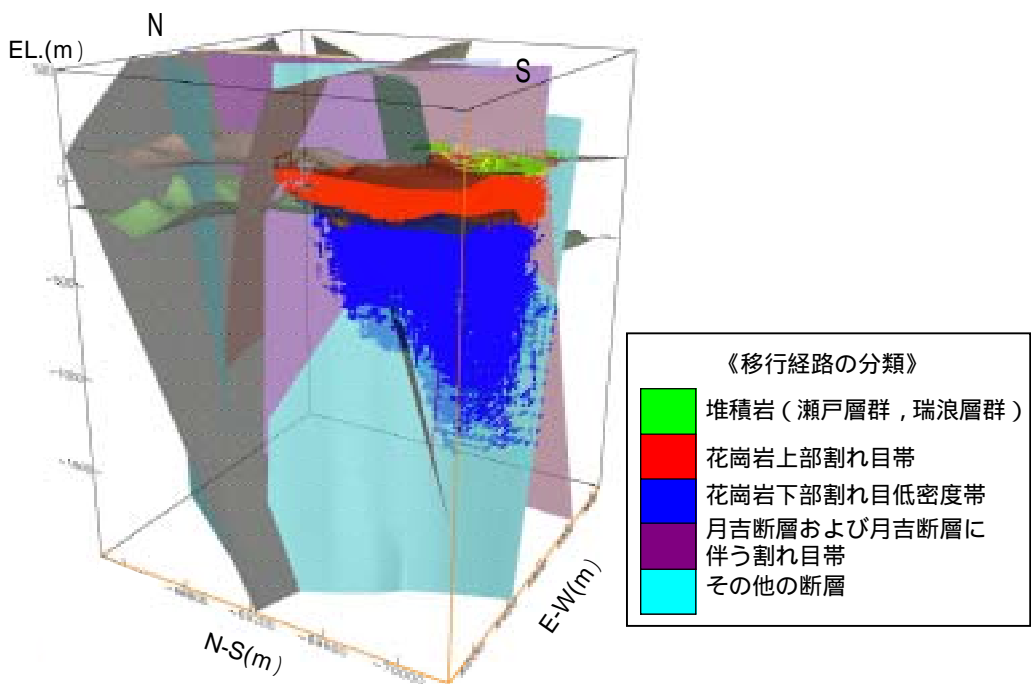
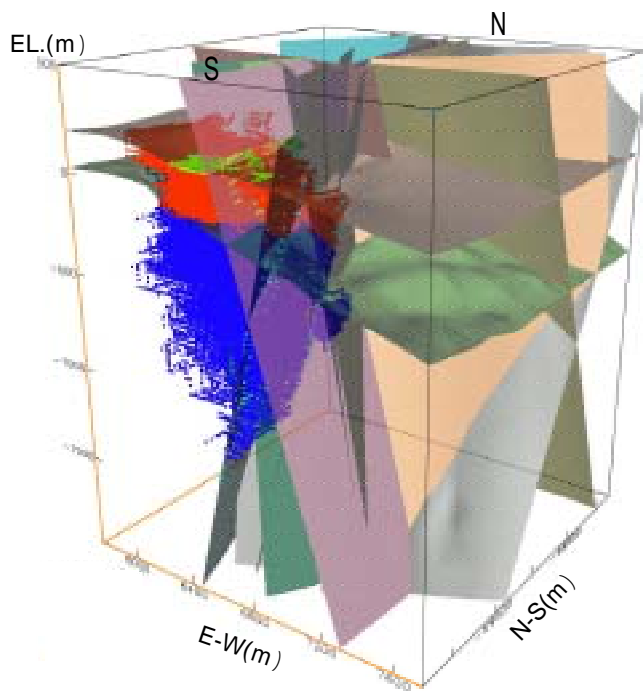


図 63 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，EW\_NW\_6）

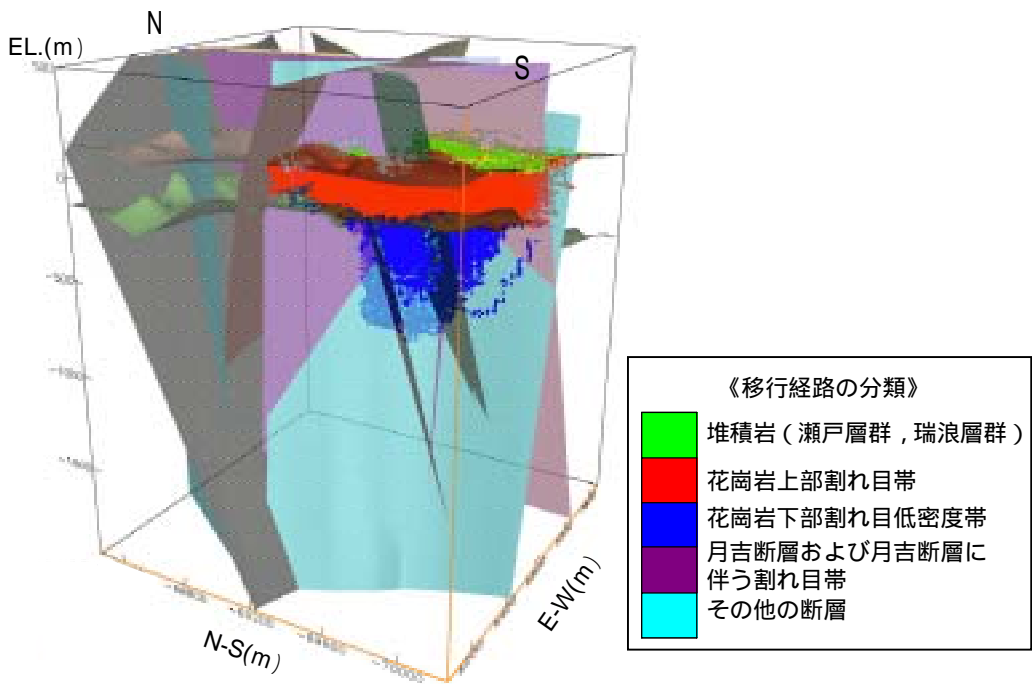
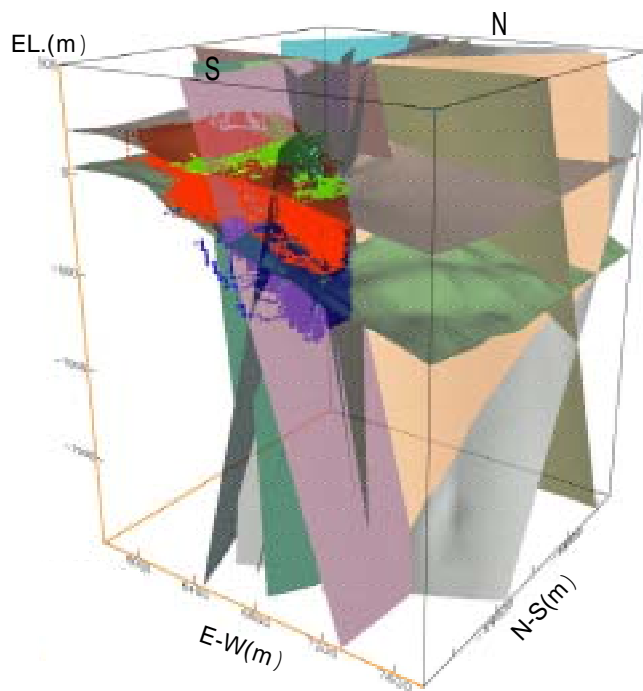


図 64 地下水の移行経路解析ケース：ステップ 1，EW\_NW\_11)

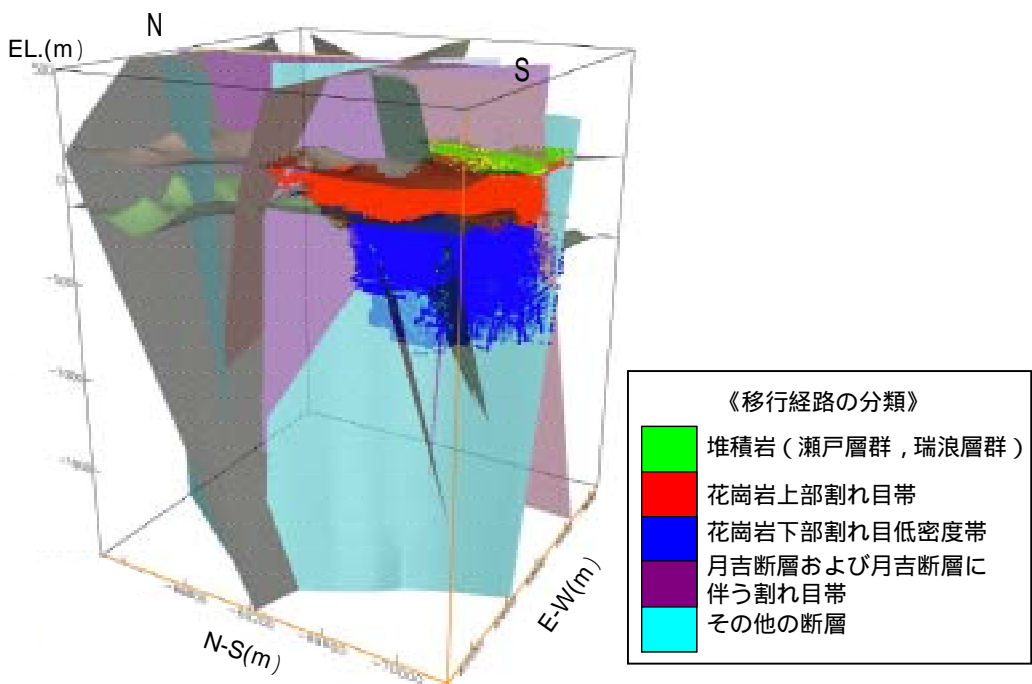
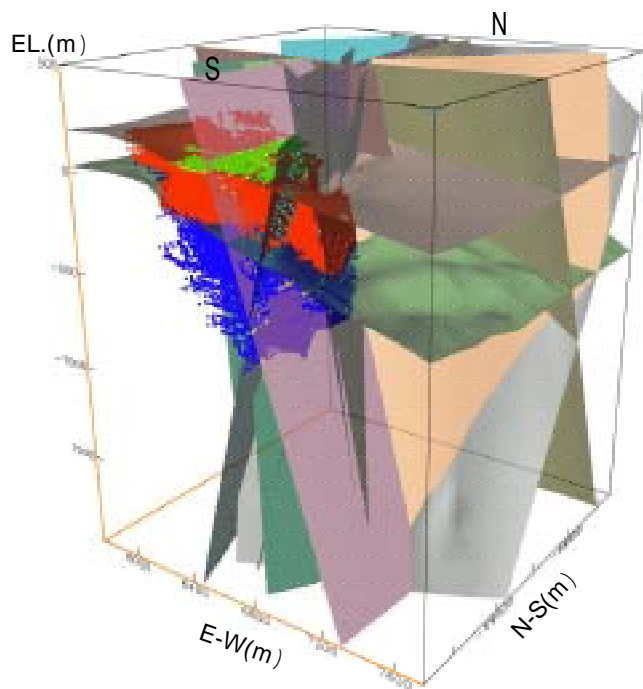


図 65 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NNW\_NW\_11）

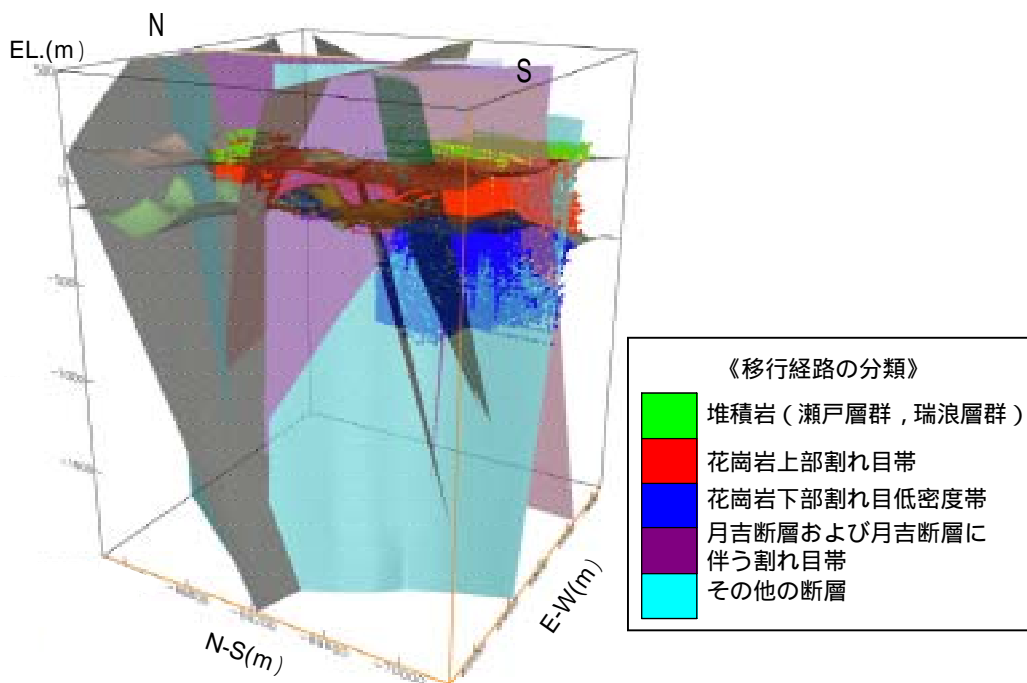
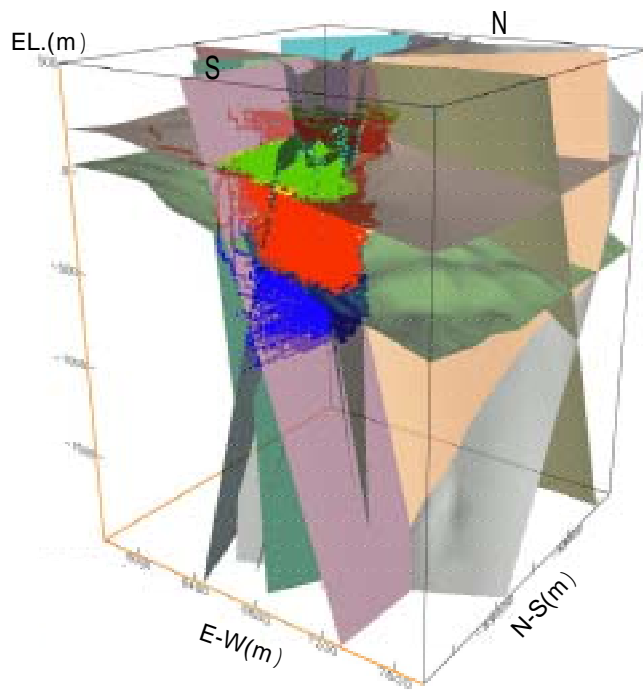


図 66 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NNW\_EW\_11）

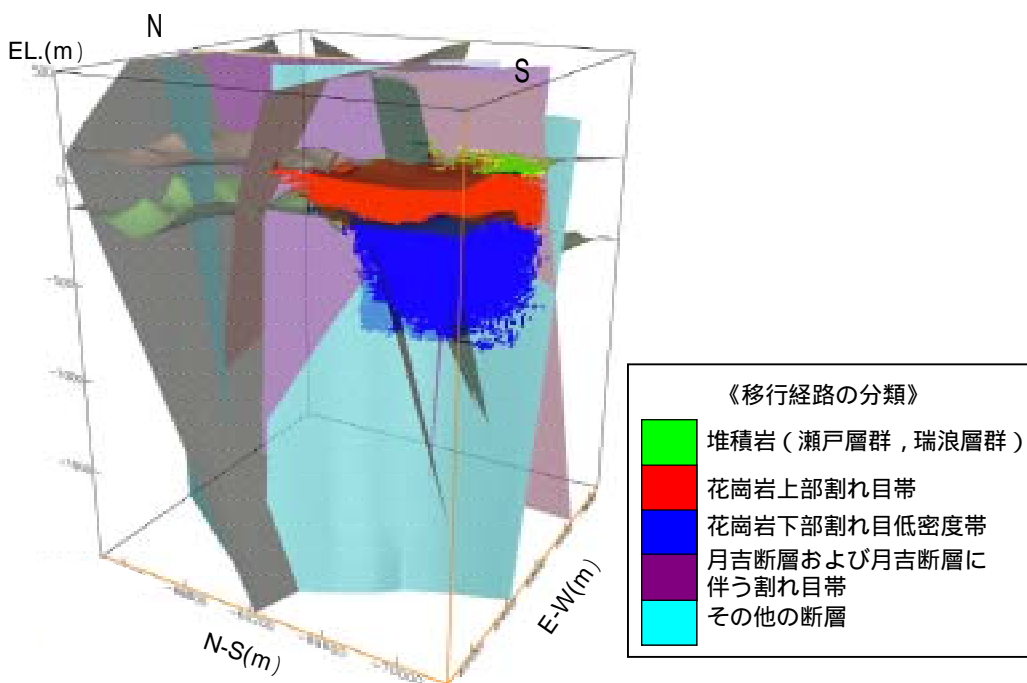
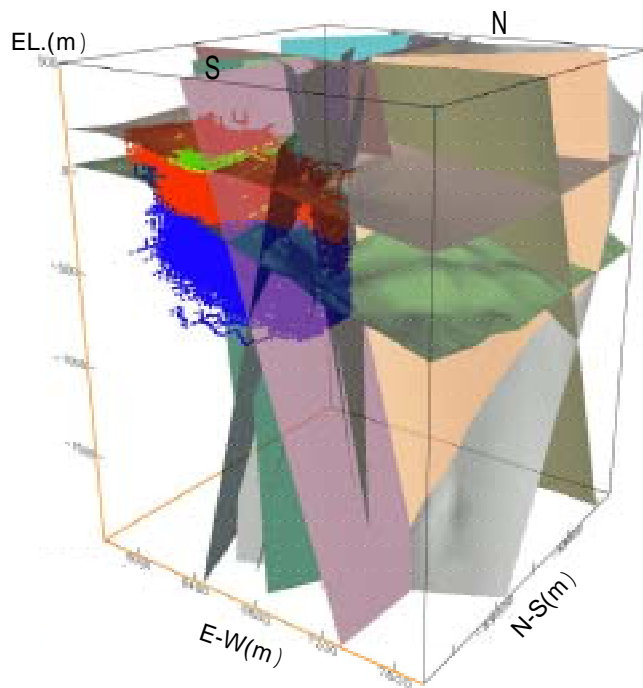


図67 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_NW\_11）

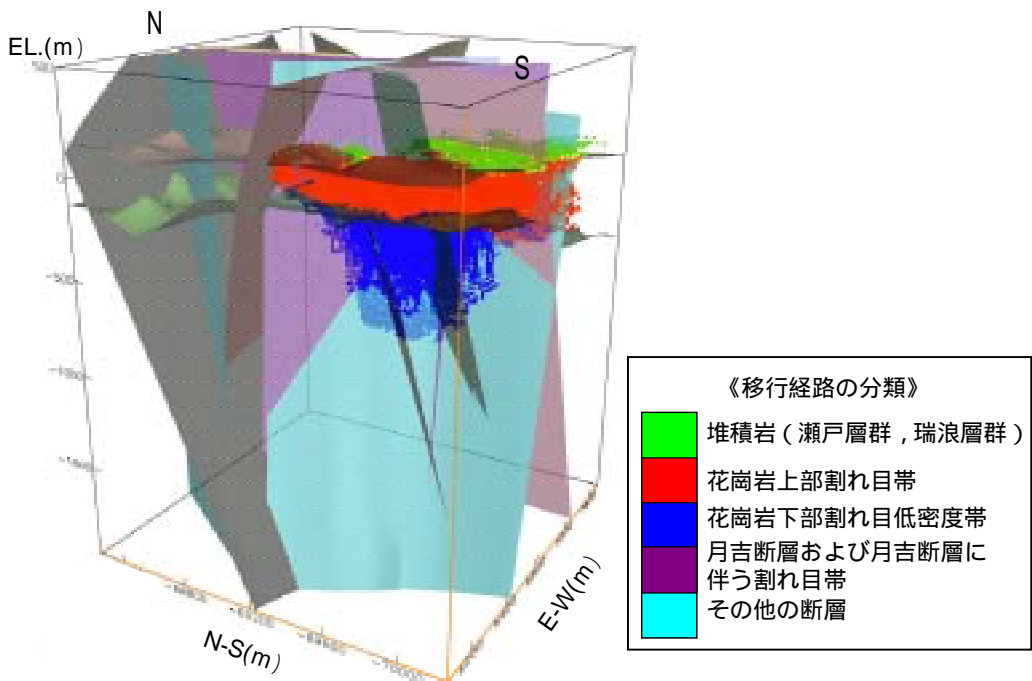
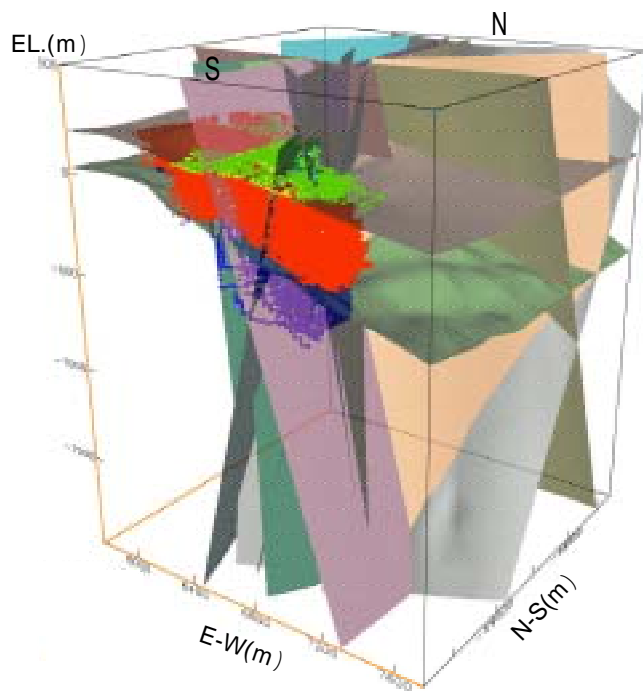


図68 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_EW\_11）

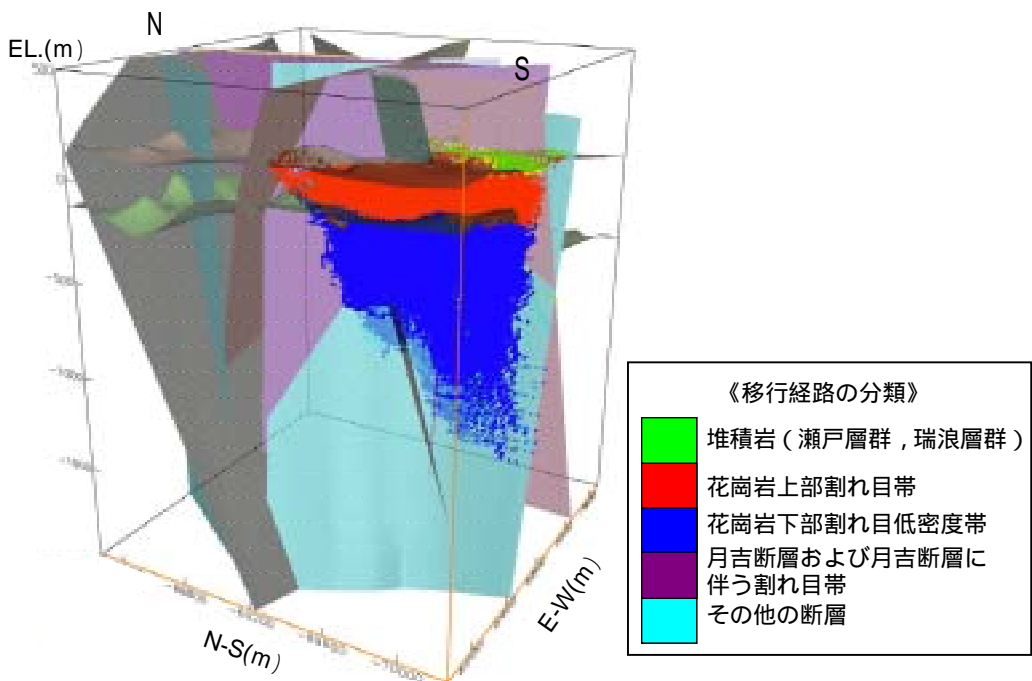
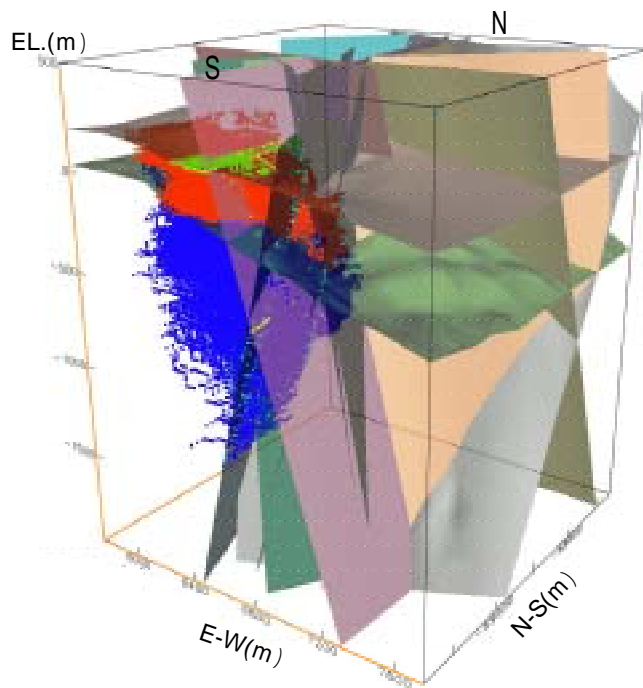


図69 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_NNW\_11）

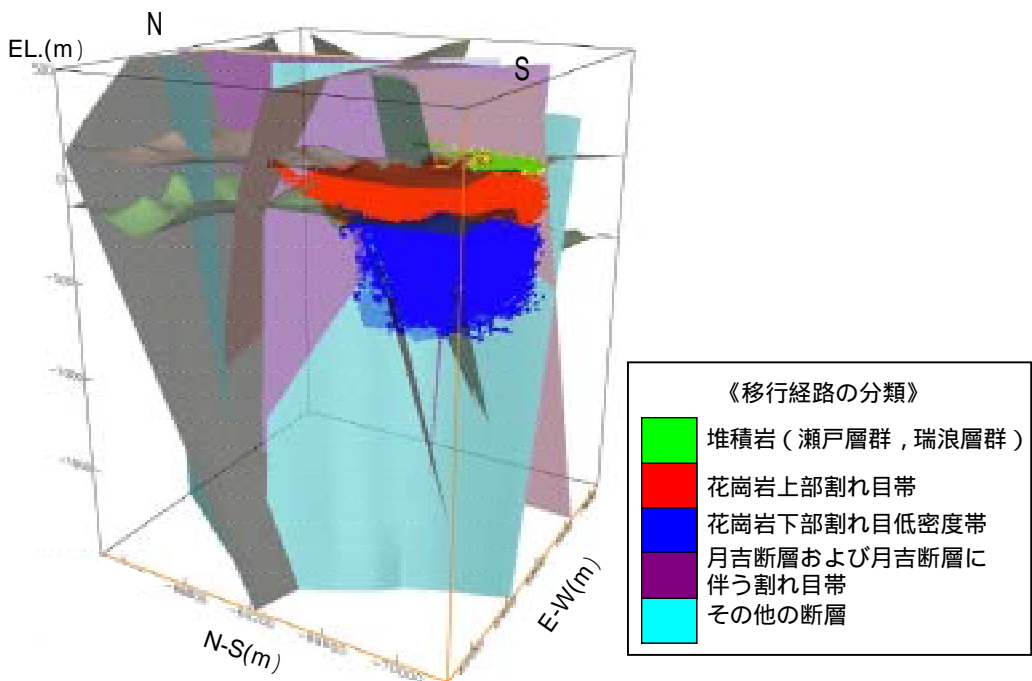
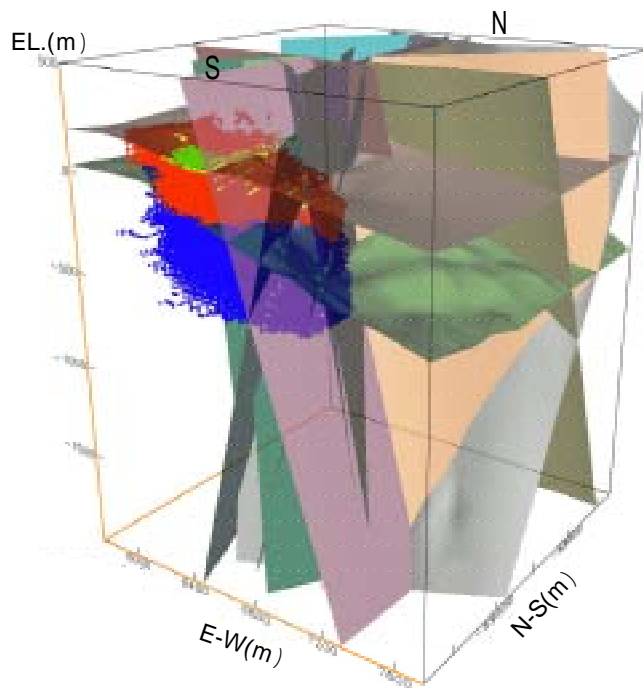


図70 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_NW\_11）



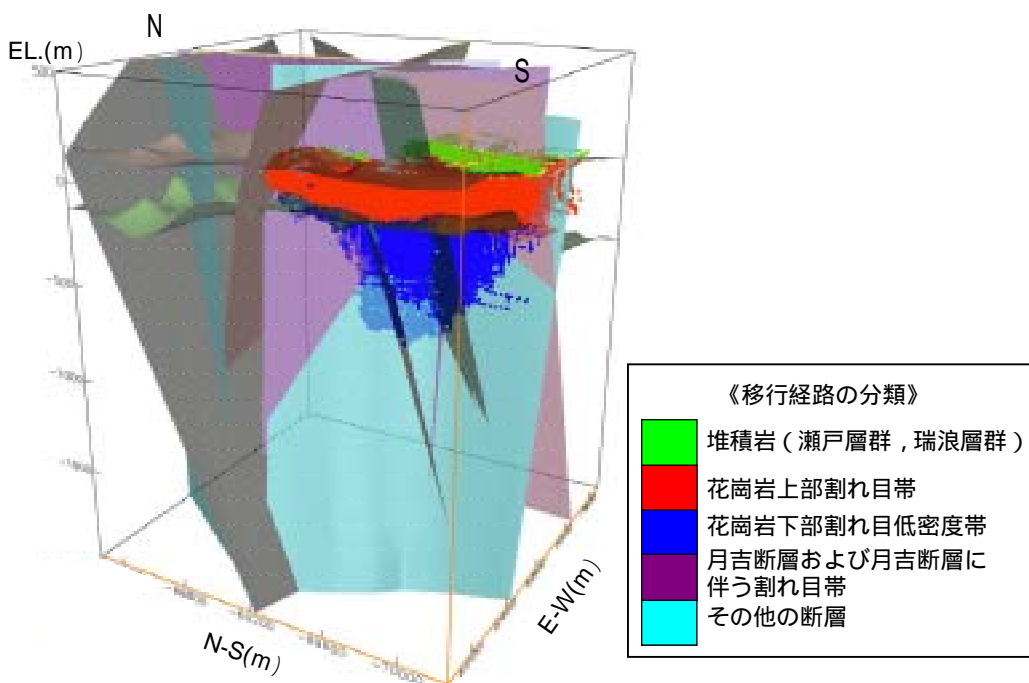
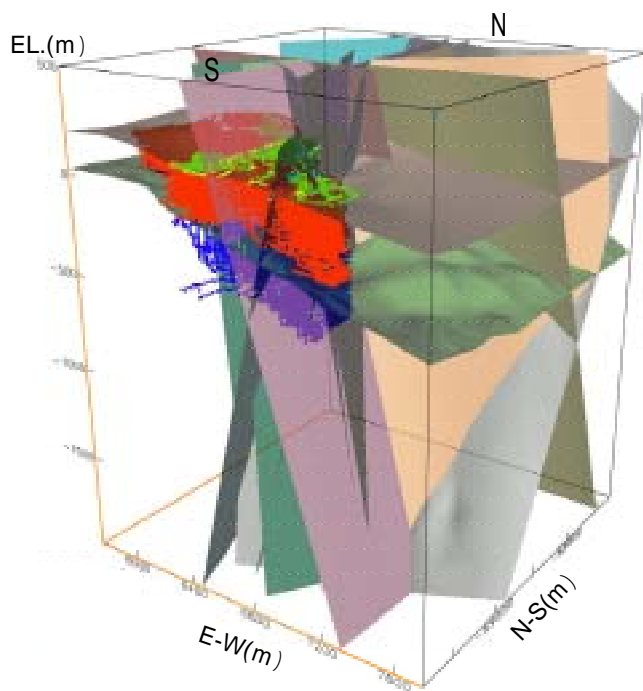


図71 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_EW\_11）

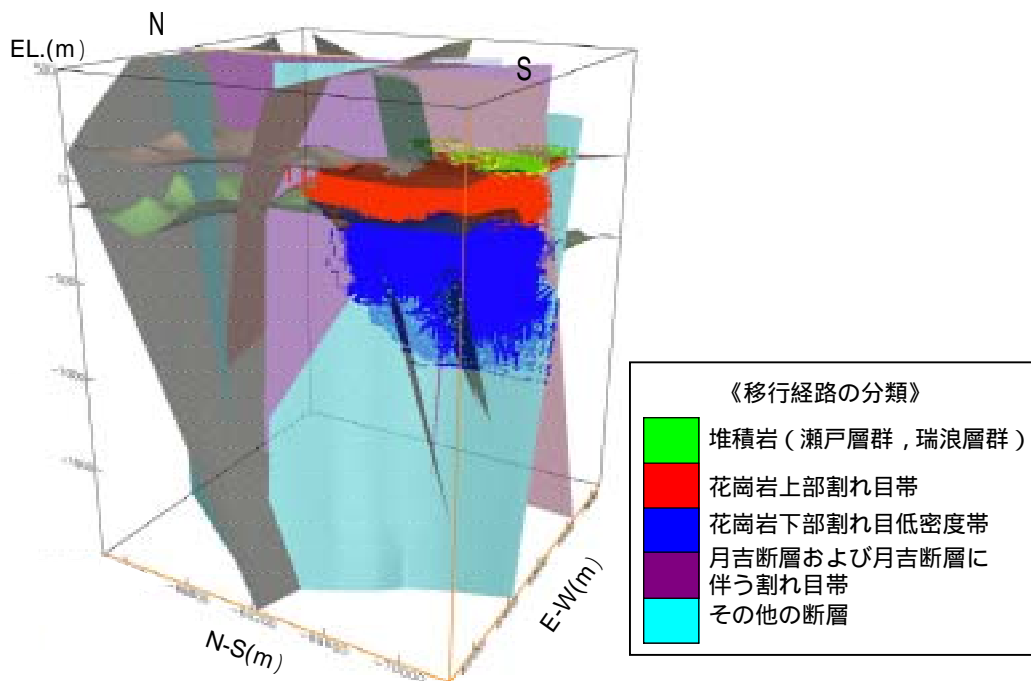
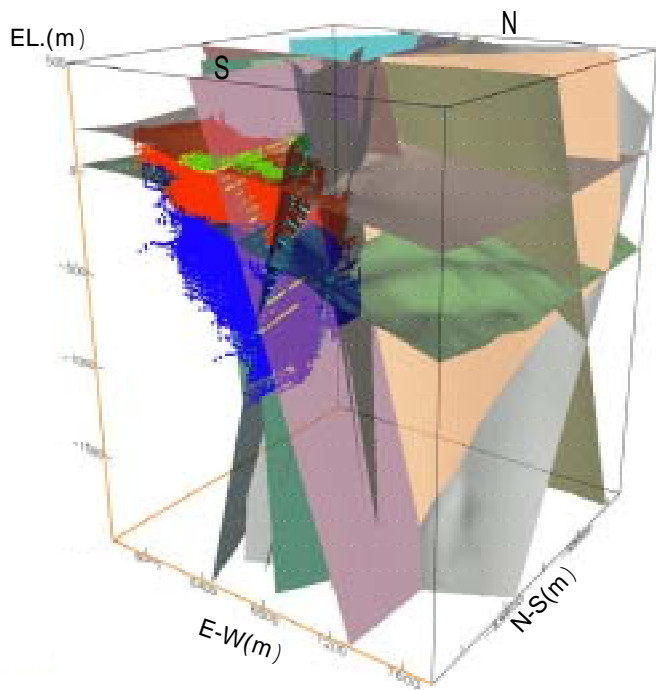


図72 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_NNW\_11）

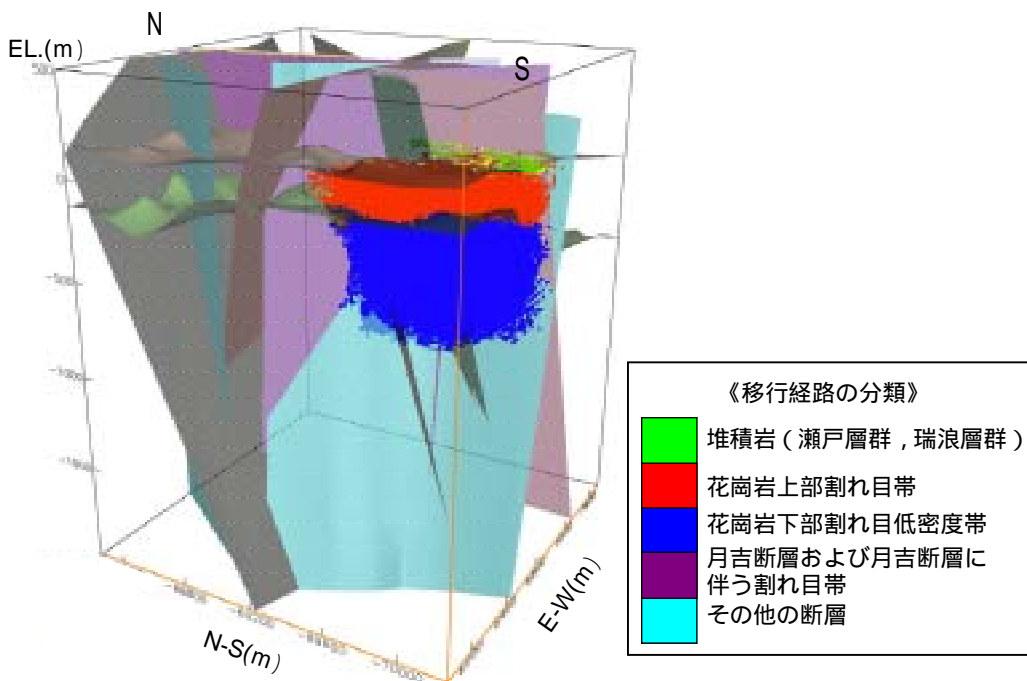
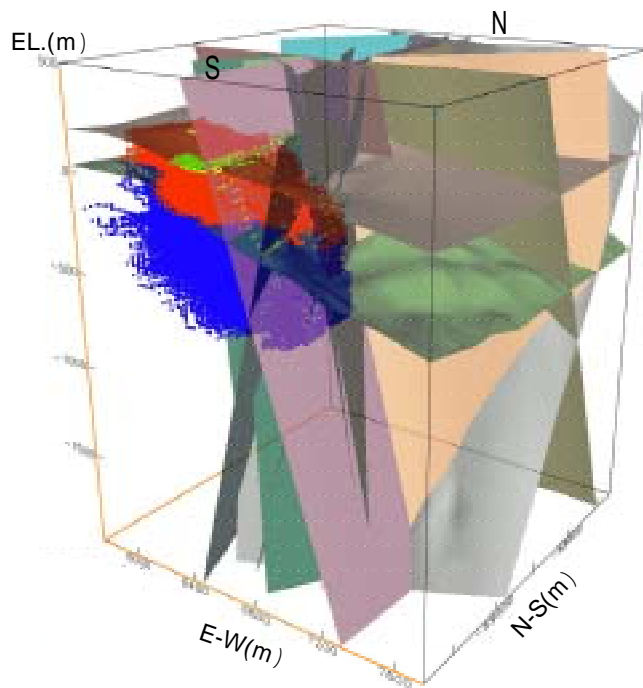


図73 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_NE\_11）

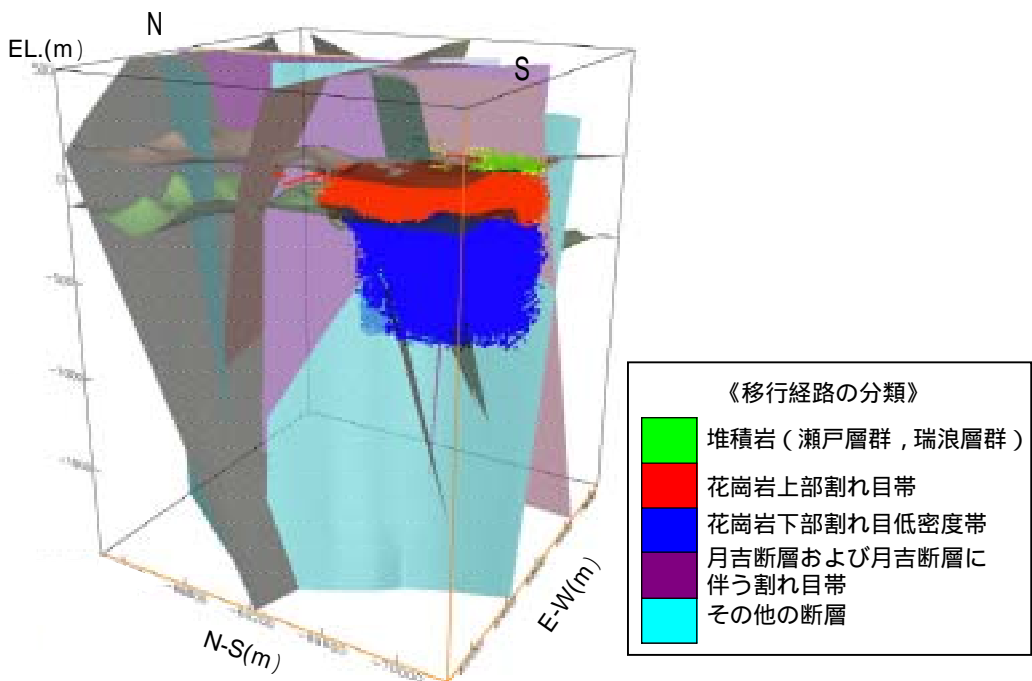
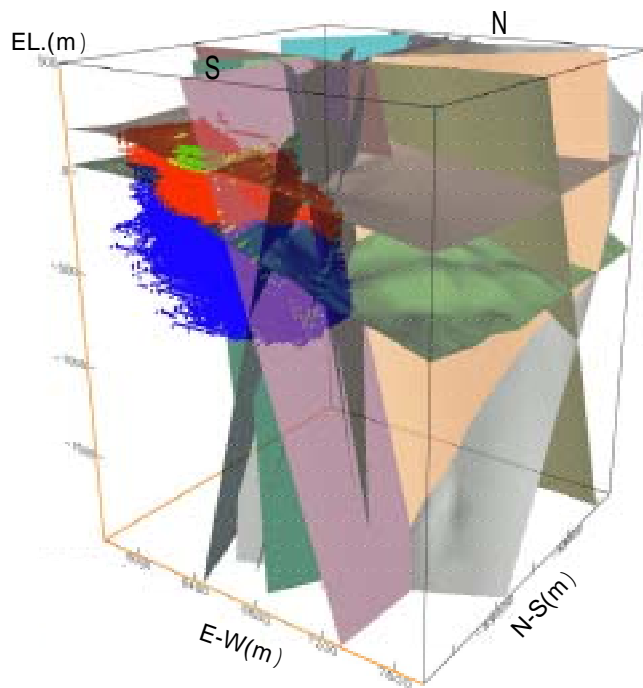


図74 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NS\_11）

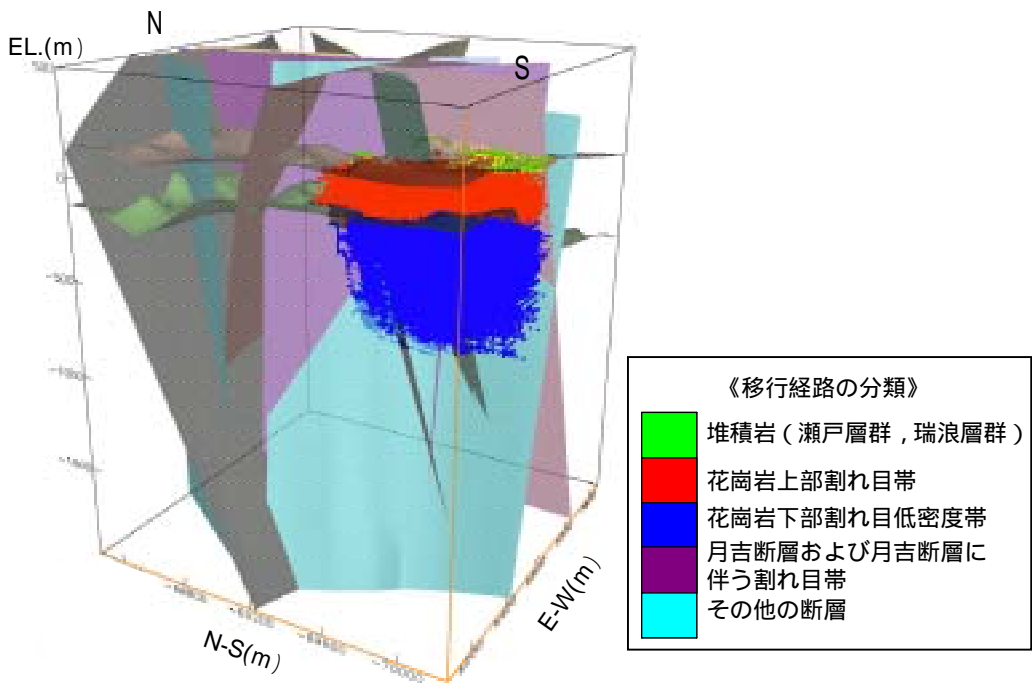
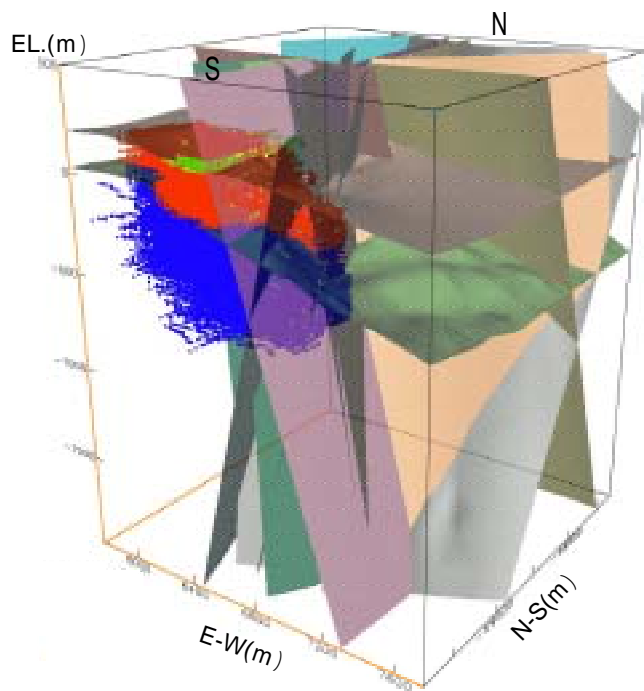


図75 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NE\_11）

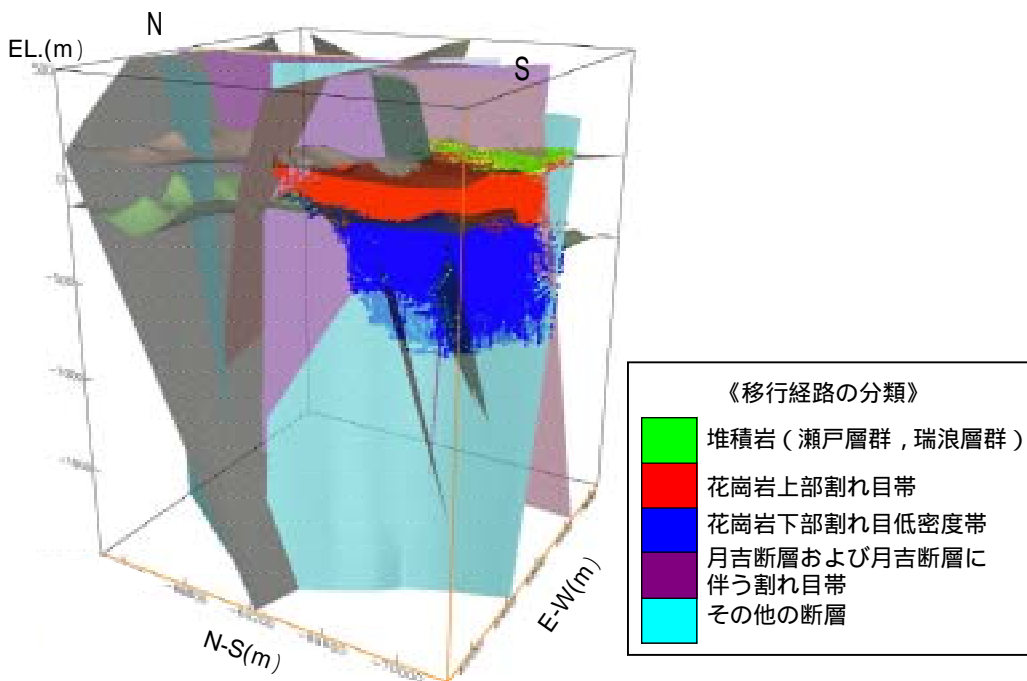
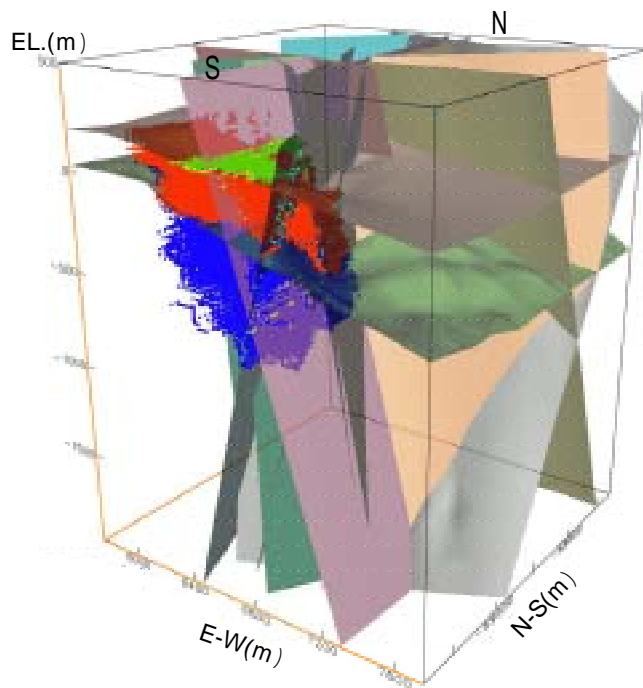


図76 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NNW\_11）

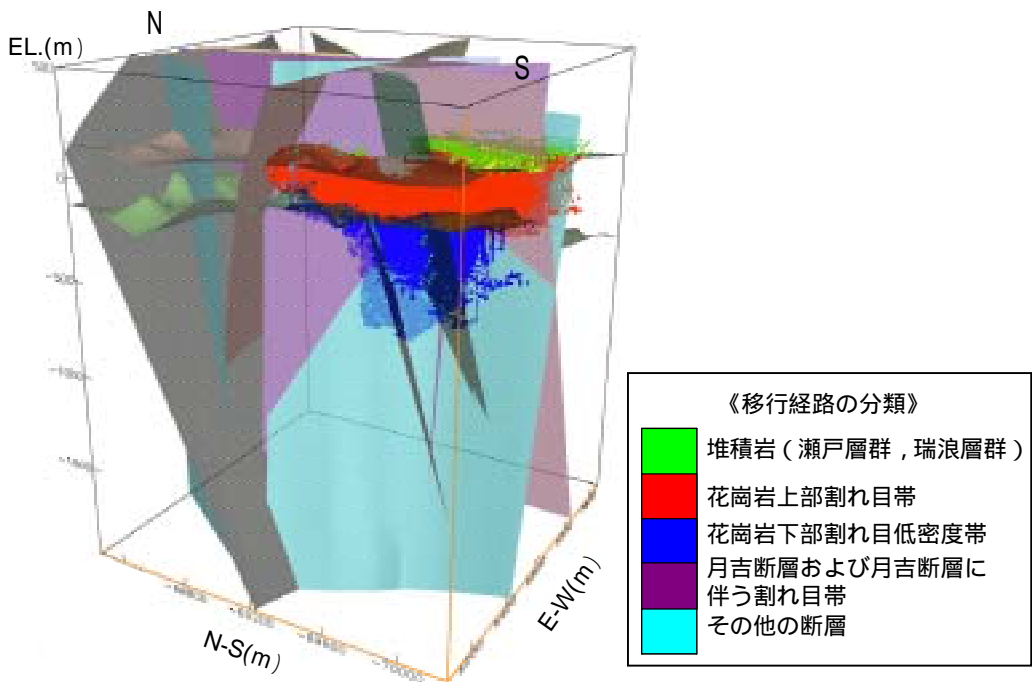
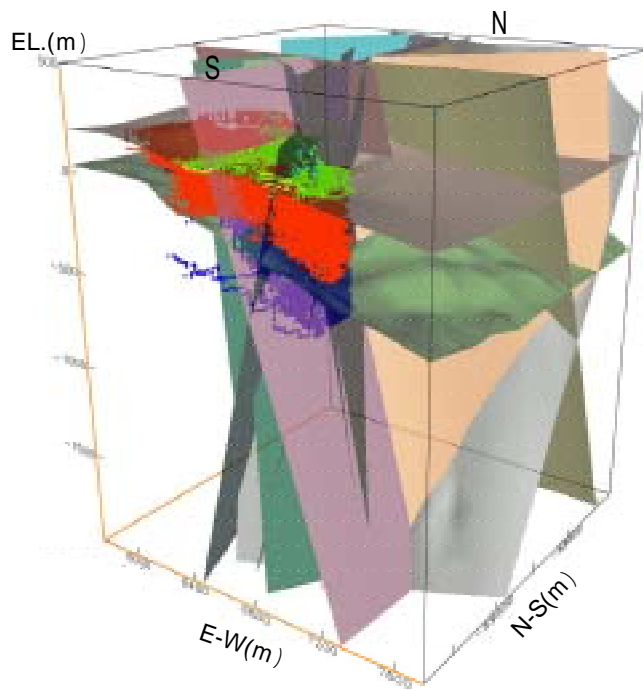


図77 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，EW\_11）

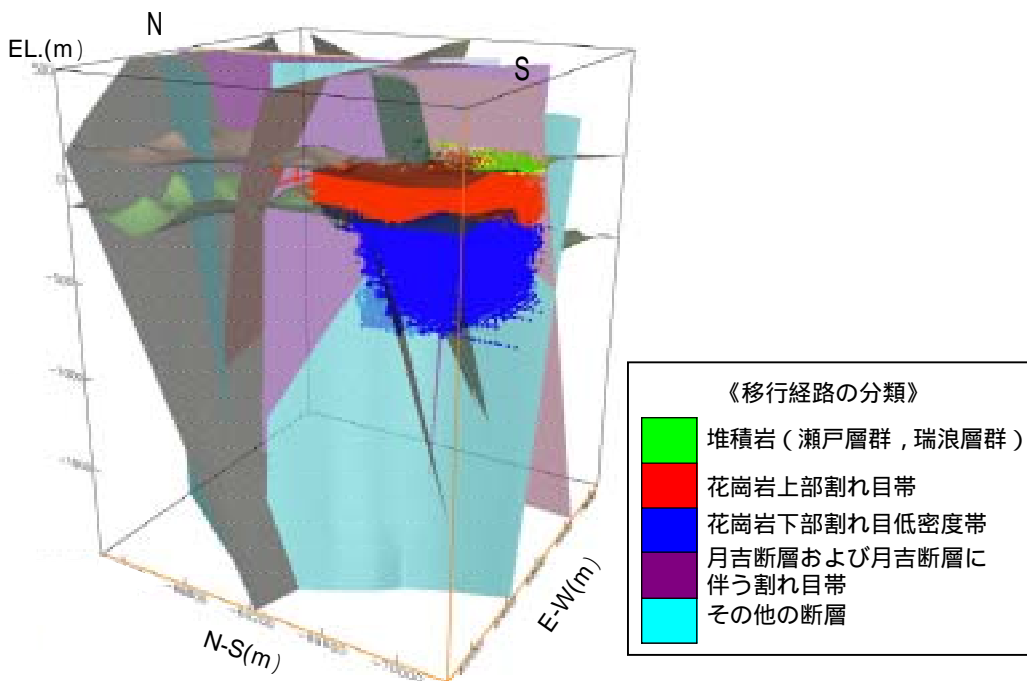
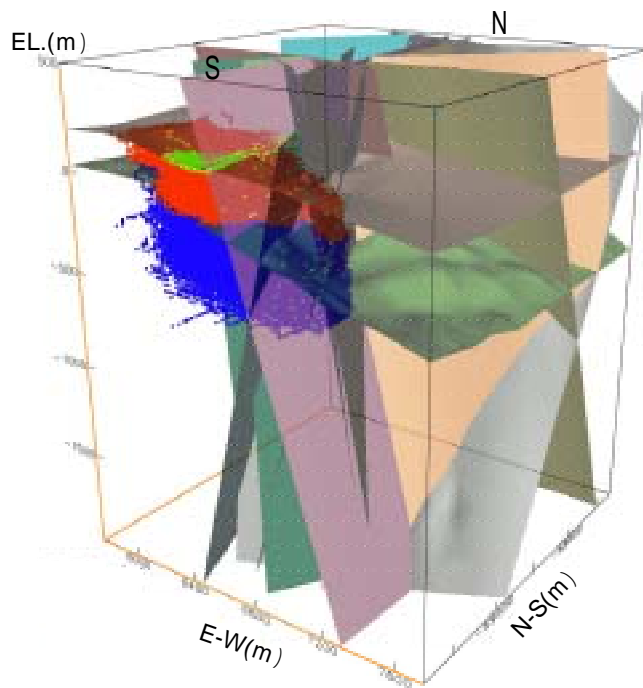


図78 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，NW\_11）



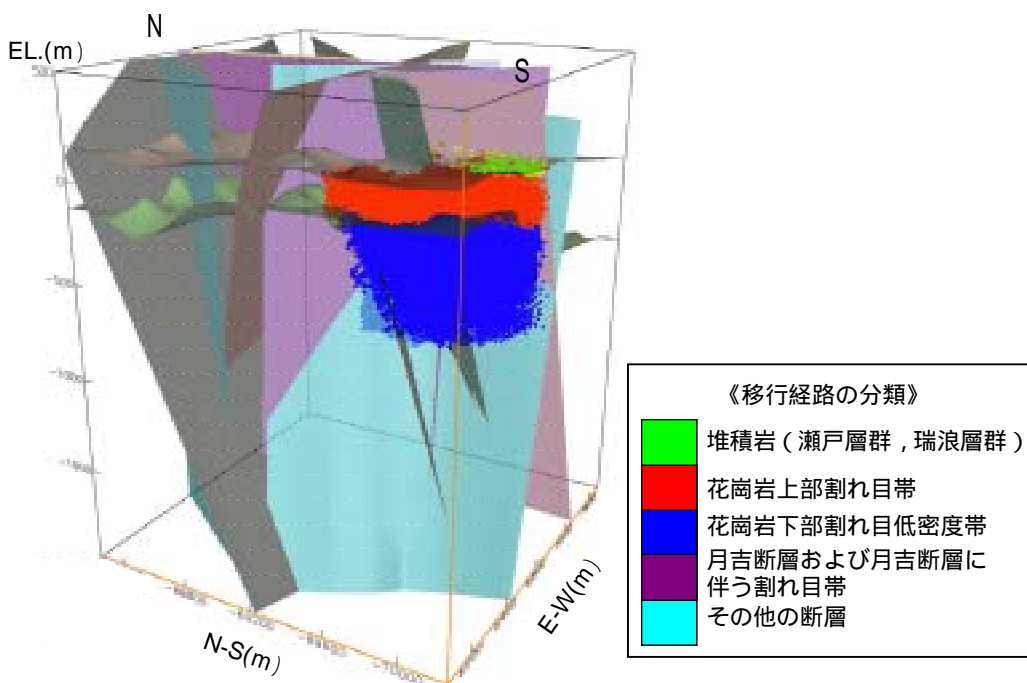
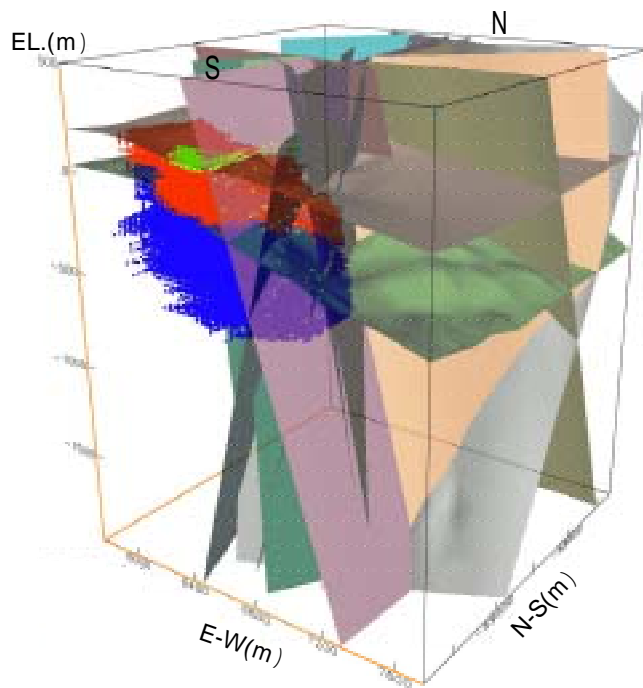


図79 地下水の移行経路（解析ケース：ステップ1，All\_6）

## 7. まとめと今後の調査研究課題

研究所用地における地質環境に対する初期の理解度を評価することを目的として、ステップ0での地質構造モデルに基づく水理地質構造のモデル化および地下水流動解析を実施した。その結果、大局的な地下水流動特性を把握でき、ローカルスケールでの地下水流動解析結果とも整合していることを確認した。

既存情報を用いた調査・解析段階においては、サイトスケールを包含するローカルスケールの地下水流動解析結果をサイトスケールの境界条件として設定することで、サイトスケールにおける動水勾配分布を概略的に把握することが可能であることが明らかとなった。

また、繰り返しアプローチに基づき、地下水流動に対する重要な地質構造要素を特定し、次段階以降での調査対象を抽出することを目的として、ステップ1での地質構造モデルに基づく水理地質構造のモデル化および地下水流動解析を実施した。地下水流動解析では、推定断層の透水性に着目した感度解析を実施した。その結果、移行経路では東西系断層の透水性設定の影響も見られたものの、研究所用地周辺の全水頭分布と地下水の移行経路の双方に与える影響が大きいのは、北北西系断層および北東系断層の透水性であることが明らかとなった。北北西系断層については、地下水の主流動方向にほぼ直交する方向に分布しているため、その透水性の違いによる影響が大きい。一方、北東系断層については、地下水の主流動方向と同様の方向性を有しているため、透水性の違いによる影響が小さい。したがって、透水異方性に着目した解析は、断層および推定断層の透水性が全水頭分布、地下水の移行経路などの地下水流動特性に及ぼす影響の評価および特に大きな影響を及ぼす断層の抽出に有効な手法と言える。

以上のことから、次段階以降の調査においては、北北西系断層および北東系断層の地質学的・水理学的特性を評価することが重要であると考えられる。また、断層のトレース長が長いほど水頭差を生じさせる水理境界となる傾向が確認されたことから、水理地質構造モデルを構築する際には、断層のトレース長に着目したスクリーニングを行うことで、効果的かつ効率的な調査・解析が実施できる。

今後は、引き続き繰り返しアプローチに基づき、ステップ1で抽出された調査対象の地質学的・水理学的特性を評価し、これに基づいて更新されるステップ2の地質構造モデルを基に水理地質構造モデルを構築し、地下水流動解析を実施する。さらに、ステップ2の地下水流動解析結果に基づき、ステップ3以降の調査の課題を抽出し、調査計画に反映する。また、ステップ2以降の調査で取得されるデータを用いた地下水流動解析における解析結果の評価、およびステップ1での地下水流動解析結果との比較などにより、解析結果の不確実性の変遷に関する評価を行う。

## 参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構：超深地層研究所 地層科学研究基本計画，サイクル機構技術資料，JNC TN7410 2001-018，2002.
- 2) 核燃料サイクル開発機構：超深地層研究所計画における調査研究の考え方と進め方（平成 15～17 年度），サイクル機構技術資料，JNC TN7400 2004-008.
- 3) 太田久仁雄，佐藤稔紀，小出 馨，坂巻昌工：超深地層研究所計画 地層科学研究の現状，第 7 回 NUCEF セミナー講演報文集，日本原子力研究所研究報告書，W-17，2004.
- 4) 貝塚爽平，木曾敏行，町田 貞，太田陽子，吉川虎雄：木曾川・矢作川流域の地形発達，地理評，37，pp.89-102，1964.
- 5) 糸魚川淳二：瑞浪地域の地質，瑞浪市化石博物館専報，No.1，pp.1-50，1980.
- 6) 稲葉 薫，三枝博光，中野勝志，小出 馨：深部地下水の流動系を把握するためのモデル化領域とその境界条件の設定に関する検討，第 32 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.359-364，2003.
- 7) 稲葉 薫，三枝博光：深部地下水流動系を抽出するための後背地地形の影響を考慮した広域地下水流動解析，地下水学会誌，第 47 巻第 1 号，pp.81-95，2005.
- 8) 小出 馨，中野勝志，竹内真司，濱 克宏，松井裕哉，池田幸喜，長谷川健，杉原弘造，武田精悦：広域地下水流動研究の現状・平成 4 年度～平成 11 年度，サイクル機構技術資料，JNC TN7400 2000-014，2000.
- 9) 核燃料サイクル開発機構：広域地下水流動研究 年度報告書（平成 12 年度），サイクル機構技術資料，JNC TN7410 2001-017，2001.
- 10) 核燃料サイクル開発機構：広域地下水流動研究 年度報告書（平成 13 年度），サイクル機構技術資料，JNC TN7410 2002-007，2002.
- 11) 天野健治，岩月輝希，上原大二郎，佐々木圭一，竹内真司，中間茂雄：広域地下水流動研究 年度報告書（平成 14 年度），サイクル機構技術資料，JNC TN7400 2003-002，2003.
- 12) 天野健治，岩月輝希，太田久仁雄，大澤英昭，竹内真司，藪内 聡：広域地下水流動研究 年度報告書（平成 15 年度），サイクル機構技術資料，JNC TN1400 2004-007，2004.
- 13) 中野勝志，竹内真司，濱 克宏，松井裕哉，池田幸喜，天野健治，山内大祐，大澤英昭，長谷川健，杉原弘造，武田精悦：超深地層研究所計画の現状・平成 8 年度～平成 11 年度，サイクル機構技術資料，JNC TN7400 2001-001，2001.

- 14) 花室孝広, 天野健治, 三枝博光, 佐藤稔紀, 竹内真司, 中間茂雄, 濱 克宏, 池田幸喜, 中野勝志, 大澤英昭, 茂田直孝: 超深地層研究所計画年度報告書(平成 13 年度), サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2002-004, 2002.
- 15) 島田顕臣, 天野健治, 三枝博光, 竹内真司, 濱 克 宏, 松井裕哉, 見掛信一郎, 茂田直孝, 中野勝志, 大澤英昭, 杉原弘造: 超深地層研究所計画 年度報告書(平成 12 年度), サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2001-011, 2001.
- 16) 大山卓也, 三枝博光, 尾上博則: ローカルスケールにおける地下水流動解析-ローカルスケールでの地下水流動特性評価およびサイトスケールにおけるステップ 0 の地下水流動解析の境界条件の設定-, サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2005-004, 2005.
- 17) 松岡稔幸, 熊崎直樹, 三枝博光, 佐々木圭一, 遠藤令誕, 天野健治: “繰り返しアプローチに基づく地質構造のモデル化 (Step1 および Step2)”, サイクル機構技術資料, JNC TJ7400 2005-007.2005.
- 18) 松岡稔幸, 熊崎直樹, 三枝博光: 繰り返しアプローチに基づく地質構造および地下水流動のモデル化(東濃を例として), 平成 15 年度地層科学研究情報・意見交換会・要旨集, pp.31-43, サイクル機構技術資料, JNC TN7410 2003-002, 2003.
- 19) 大山卓也, 三枝博光, 尾上博則: ローカルスケールにおける地下水流動解析-サイトスケールにおけるステップ 1 の地下水流動解析の境界条件の設定-, サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2005-005, 2005.
- 20) 稲葉 薫, 三枝博光, M.J. White and P.Robinson: 地下水流動の予測解析統合システム(GEOMASS システム)の概要と東濃地域への適用事例, 地下水学会誌, 第 44 巻第 2 号, pp.105-123, 2002.
- 21) 竹内真司, 下茂道人, 西嶌 望, 後藤和幸: 1000m ボーリング孔を用いた圧力干渉試験による断層近傍の透水性調査, 第 31 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.296-300, 2001.
- 22) H. Saegusa, K. Inaba, K. Maeda, K. Nakano and G. McCrank: Hydrogeological modeling and groundwater flow simulation for effective hydrogeological characterization in the Tono area, Gifu, Japan, Groundwater Engineering – Recent Advances, pp.563-569, A.A. BALKEMA PUBLISHERS, 2003.
- 23) 三枝博光, 前田勝彦, 稲葉 薫: 水理地質構造モデル化概念の違いによる深部地下水流動への影響評価(その 6)・不連続構造及び水理学的境界条件に着目した地質構造・水理地質構造のモデル化及び地下水流動解析, 亀裂性岩盤における浸透問題に関するシンポジウム論文集, pp.299-308, 2001.

- 24) 三枝博光, 稲葉 薫, 澤田 淳: 断層の透水異方性に着目した水理地質構造のモデル化・地下水流動解析 (東濃地域を例として), 第 32 回岩盤力学に関するシンポジウム論文講演集, pp.371-376, 2003.