

釜石原位置試験第2フェーズ

平成9年度実施計画

平成9年3月

東濃地科学センター

地質環境研究室

釜石原位置試験第2フェーズ
平成9年度実施計画

東濃地科学センター
地質環境研究室

要 旨

釜石原位置試験第2フェーズは、地下深部の地質環境特性の詳細な把握とそこで起きる現象の理解、ならびに調査試験技術の高度化と確立を目的に、平成5年度から実施されている。平成9年度は第2フェーズの最終年度であるとともに、昭和63年から開始された原位置試験全体についての最後の年でもある。今年度の主な実施内容は以下のとおりである。

①TASK1 (深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握)

割れ目帯検出技術の適用性を評価するための各種物理探査を試錐孔-坑道間で実施する。既存試錐孔及び既存坑道における地下水の地球化学特性調査を継続し、その取りまとめを行う。さらに試験データの一元管理と品質保証のための地質環境データベースの入力を行う。

②TASK2-1 (掘削影響試験)

坑道周辺岩盤中の力学的・水理学的掘削影響を評価するため、平成8年度に掘削した試験坑道内より調査用試錐孔を掘削し、ゆるみ領域透水試験や室内力学試験を実施して掘削損傷領域内の物性データを取得する。また、弾性波屈折法調査やレーダー反射法調査により掘削損傷領域の範囲を把握する。さらに、事後解析を実施して岩盤のモデル化手法の適用性を評価するとともに、第2フェーズで実施してきた掘削影響試験のとりまとめを行う。

③TASK2-2 (坑道周辺のREDOX 状態調査)

坑道周辺の掘削影響範囲の地下水の地球化学的特性を把握し、その概念モデルを構築するために、水質連続モニタリングを継続するとともに、坑道内採水装置を設置して物理化学パラメータのモニタリングを行う。また、坑道周辺岩盤の酸素消費反応速度定数を求め、解析コードを用いて坑道周辺岩盤および地下水が有する化学的緩衝能力を評価する。

④TASK3-1 (収着・マトリックス拡散に関する研究)

単一割れ目における物質の収着およびマトリックス拡散に関する情報を取得するために、レジン注入試験およびコールドトレーサー試験を行うとともに、モデル解析を実施してモデルの妥当性を評価する。また、割れ目帯の水理特性を把握するため、孔内透水試験を行う。

⑤TASK3-2 (移流・分散に関する研究)

前年度までの調査結果から選定された3ヶ所の割れ目を対象に孔間透水試験、非収着性トレーサ試験を実施し、試験対象区間の物質移行特性を評価する。また、これまでの結果をとりまとめ、シミュレーションモデル構築に向けたデータの再評価を行う。

⑥TASK4 (人工汚染試験)

平成8年度に開始した粘土充填・熱負荷試験を継続し、岩盤内および緩衝材内に設置された各計測装置で連続計測を実施し、各項目の経時変化を把握する。また、平成7年度に実施したグラウト試験の止水効果の安定性を把握するための透水試験を実施する。

⑦TASK5 (地震の影響に関する研究)

地震の観測を継続し、地下での地震動の低減特性の把握と、地形が地震動におよぼす影響を検討する。また地下水の水理・地球化学特性を観測することにより、地震時の変化を把握する。また、本年度よりこれまでの成果のまとめを開始する。

March, 1997

Kamaishi In-Situ Experiments (Phase 2)

- Annual Plan for Fiscal 1997 -

Geological Environment Research Section
Tono Geoscience Center

A B S T R A C T

The Kamaishi in-situ experiments (Phase 2) have strived to study geological environments in fractured crystalline rock and to improve technologies and methodologies required for such studies since fiscal 1993. Fiscal 1997 is the final year of Phase 2 and of the overall in-situ experiments commenced in 1988. Major activities planned for this fiscal year are summarized below:

① TASK 1 (Characterization of geological structure, rock mechanics, groundwater flow and chemistry in a deep rock mass)

Conduct geophysical and hydraulic tests to detect fault/fracture zones. Continue the sampling and chemical analysis of groundwater. Continue input of Kamaishi database for centralized and quality-controlled data management.

② TASK 2-1 (Study of excavation disturbance in fractured rock)

Continue excavation disturbance experiments. Drill boreholes in the tested drift excavated in fiscal 1996 to obtain physical properties of rock mass in excavation disturbed zone (EDZ). Conduct seismic refraction and radar reflection surveys to ascertain the extent of EDZ. Using available data, assess the adaptability of various numerical models.

③ TASK 2-2 (Investigation of REDOX conditions near tested drift)

Construct a general model of the area around the drift affected geochemically by excavation. Continue monitoring of water analysis and set up water sampling system within the drift to assess geochemical characteristics of groundwater in the excavation affected zone. Calculate oxygen consumption rate to analyze chemical buffer capacity of rock and groundwater near the drift.

④ TASK 3-1 (Study of sorption and matrix diffusion of solute transport)

Conduct resin impregnation experiments and cold tracer experiments to understand sorption and matrix diffusion in a single fracture. Assess the adequacy of model. Conduct hydraulic tests within boreholes to ascertain hydraulic properties within a single fracture.

⑤ TASK 3-2 (Study of dispersion of groundwater and solute transport)

Perform cross-hole hydraulic tests and the non-sorbing tracer test at three fractures selected from previous surveys. Assess characteristics of solute transport within the selected fractures. Compile and analyze previous data to build a simulation model.

⑥ TASK 4 (Study of engineered barrier)

Continue coupled thermo-hydro-mechanical experiments to ascertain fluctuation of conditions surrounding the rock mass and bentonite with time. Conduct hydraulic tests to ascertain the stability of grouting carried out in fiscal 1995.

⑦ TASK 5 (Study of earthquakes)

Continue seismological observations to measure the attenuation characteristics of ground motion with depth. Continue monitoring of groundwater to understand relationship between earthquakes and changes in groundwater pressure and chemistry. Compile a final report of the earthquake study conducted in Kamaishi for the past ten years.

目 次

[総論]

1. はじめに	-----	1
2. 目標	-----	1
3. 研究領域	-----	2
4. 実施場所	-----	2
5. 実施体制	-----	2
6. 実施管理体制	-----	3
7. 評 価	-----	3
8. 5か年全体スケジュールと平成9年度実施概要	-----	3

[各論]

TASK 1	-----	11
TASK 2 [SUBTASK-1]	-----	27
TASK 2 [SUBTASK-2]	-----	33
TASK 3 [SUBTASK-1]	-----	36
TASK 3 [SUBTASK-2]	-----	41
TASK 4 [SUBTASK-1]	-----	46
TASK 4 [SUBTASK-2]	-----	49
TASK 5	-----	52

1. はじめに

釜石原位置試験第2フェーズは平成5年度に開始された。『釜石原位置試験第2フェーズ計画 -平成7年度～平成9年度計画-』（1995年4月、動力炉・核燃料開発事業団、環境技術開発推進本部）は、当時の地層処分研究の進捗状況、および釜石原位置試験第1フェーズ（昭和63年度～平成4年度）の成果、さらには海外の地下研究施設での研究の動向等を考慮して、

- ・地下深部の詳細な地質環境の把握と現象の理解、
- ・調査試験技術の高度化と確立、

を目標として策定された。一方、平成4年度の地層処分研究開発成果の第1次とりまとめとそれに対する評価を踏まえ第2次とりまとめの目標として、地層処分システムの

- ・ニアフィールド性能の定量化、
- ・ファーフィールド性能の概括的把握、

が設定され、地層処分研究開発の基盤となる地層科学研究の一翼を担う釜石原位置試験においても、ニアフィールドの構造と現象に係わる調査試験に力点が置かれてきた。平成9年度は、第2フェーズの最終年度であるとともに、昭和63年度から開始した釜石原位置試験全体の最後の年度にあたるため、これまでの調査試験研究の総合とりまとめを同時に進めていく。具体的な研究内容は、上記基本計画に則って次の通り進めていくものとする。

割れ目系岩盤である花崗閃緑岩の岩盤特性（地質構造、力学特性、水理特性、地球化学特性）に関するデータを取得する。この際データの代表性や信頼性の観点から季節変動の有無や再現性の検討を行う。また、割れ目帯の水理特性データの取得および割れ目検出技術の高度化のための調査（物理探査関連）を実施する。これらの情報の効率的な管理運用のため、地質環境データベースへの入力を継続する。さらに、坑道掘削による岩盤の損傷や応力再配分現象により、坑道周辺岩盤の力学・水理特性の変化した領域を調べる掘削影響試験や坑道周辺地下水のREDOX状態調査を行う。水理・物質移行に関する研究は、収着・マトリックス拡散に関してレジン注入試験・コールドトレーサー試験を実施してモデルの妥当性を評価する。また、移流・分散に関する研究においては、3ヶ所で孔間透水試験、非収着性トレーサー試験を行い、物質移行特性（分散係数、亀裂開口幅等）を明らかにするとともに、シミュレーションモデル構築に向けたデータの再評価を行う。人工バリア試験においては、粘土グラウトの止水効果の安定性および人工バリアである緩衝材とその周辺岩盤の熱-水-応力の連成挙動を明らかにする。また、地震研究は地震観測・地下水観測・岩盤歪み観測を継続し、地震に起因する水理や水質変化のメカニズムを総合的に解析する。

なお、平成9年度実施計画書は、東濃地科学センター地質環境研究室が、同地質安定性研究室、同技術開発課、東海事業所地層処分開発室、同処分システム解析室、釜石事務所、環境本部地層科学研究グループ、同処分研究グループの協力を得て作成したものである。

2. 目標

第2フェーズ5か年の基本計画においては、下記の6つの目標を設定している。

- (1) 原位置試験場周辺の地質環境特性の把握
- (2) 坑道掘削が地下深部の地質環境に与える影響の把握
- (3) 結晶質岩中の地下水の動きとそれによる物質移行現象の把握
- (4) 人工バリアの効果の把握及び人工バリアと周辺岩盤の相互作用の把握
- (5) 地震動の深度依存性と地震が地下深部の地質環境に与える影響の把握
- (6) 調査試験技術の高度化と確立

3. 研究領域

上記の目標(1)~(5)に対応する研究領域(TASK)を定め、それぞれ後述する実施計画に基づいて試験研究を行う。なお、目標(6)はTASK 1に含める。

TASK 1 : 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握

TASK 2 : 深部岩盤における掘削影響領域の評価

SUBTASK 2-1 : 掘削影響試験

SUBTASK 2-2 : 坑道周辺のREDOX 状態調査

TASK 3 : 結晶質岩中の水理・物質移行に関する研究

SUBTASK 3-1 : 収着およびマトリックス拡散に関する研究

SUBTASK 3-2 : 移流および分散に関する研究

TASK 4 : 人工バリア試験

TASK 5 : 地震に関する調査研究

4. 実施場所

550mレベル坑道、250mレベル坑道、地表部(図-1, 2)。

5. 実施体制

実施体制としては基本計画の定める通りとする。個々の試験については、試験の目的及び研究資源(場所・試験技術・時間・予算など)の実情を踏まえ、各TASK毎に直営/外部実施の割合の最適化を図り実施する。また各TASKに担当責任者(PI)を置き、これを中心として試験研究の実施と成果の取りまとめを行う。

以下に各TASKのPIを記す。(PI:Principal Investigator)

総括 PI : 吉田英一 東濃地科学センター地質環境研究室主査

TASK 1 : 仙波 毅 釜石事務所

TASK 2 :

SUBTASK 2-1 : 菊地 正 東濃地科学センター地質環境研究室主査

SUBTASK 2-2 : 濱 克宏 東濃地科学センター地質環境研究室

TASK 3

SUBTASK 3-1 : 太田久仁雄 東濃地科学センター地質環境研究室

SUBTASK 3-2 : 澤田 淳 東海事業所処分システム解析室

TASK 4 : 藤田朝雄 東海事業所地層処分開発室

TASK 5 : 石丸恒存 東濃地科学センター地質安定性研究室

6. 実施管理体制

試験研究の進捗状況の確認、試験研究の実施に係わる技術的課題への対応策の検討などを行うことを目的に、東濃地科学センター地質環境研究室長のもとに釜石原位置試験研究調整会議が設置されている（平成5年度設置）。平成9年度についてもこの研究調整会議による研究管理を継続する。

以下に研究調整会議のメンバーを記す。

山川 稔	環境本部総括主任研究員
山崎真一	環境本部地層科学研究グループ主幹
梅木博之	環境本部地層処分研究グループ主幹
坪田浩二	東濃地科学センター地質環境研究室長
中司 昇	東濃地科学センター地質安定性研究室長代理
油井三和	東海事業所地層処分開発室室長代理
内田雅大	東海事業所処分システム解析室長代理
青木和弘	釜石事務所長
吉田他6名	総括PI及び各タカ PI（上記）
事務局	吉田総括PI

7. 評価

試験研究の成果は年次報告書として取りまとめ、事業団内外の専門家による評価を受けることとする。

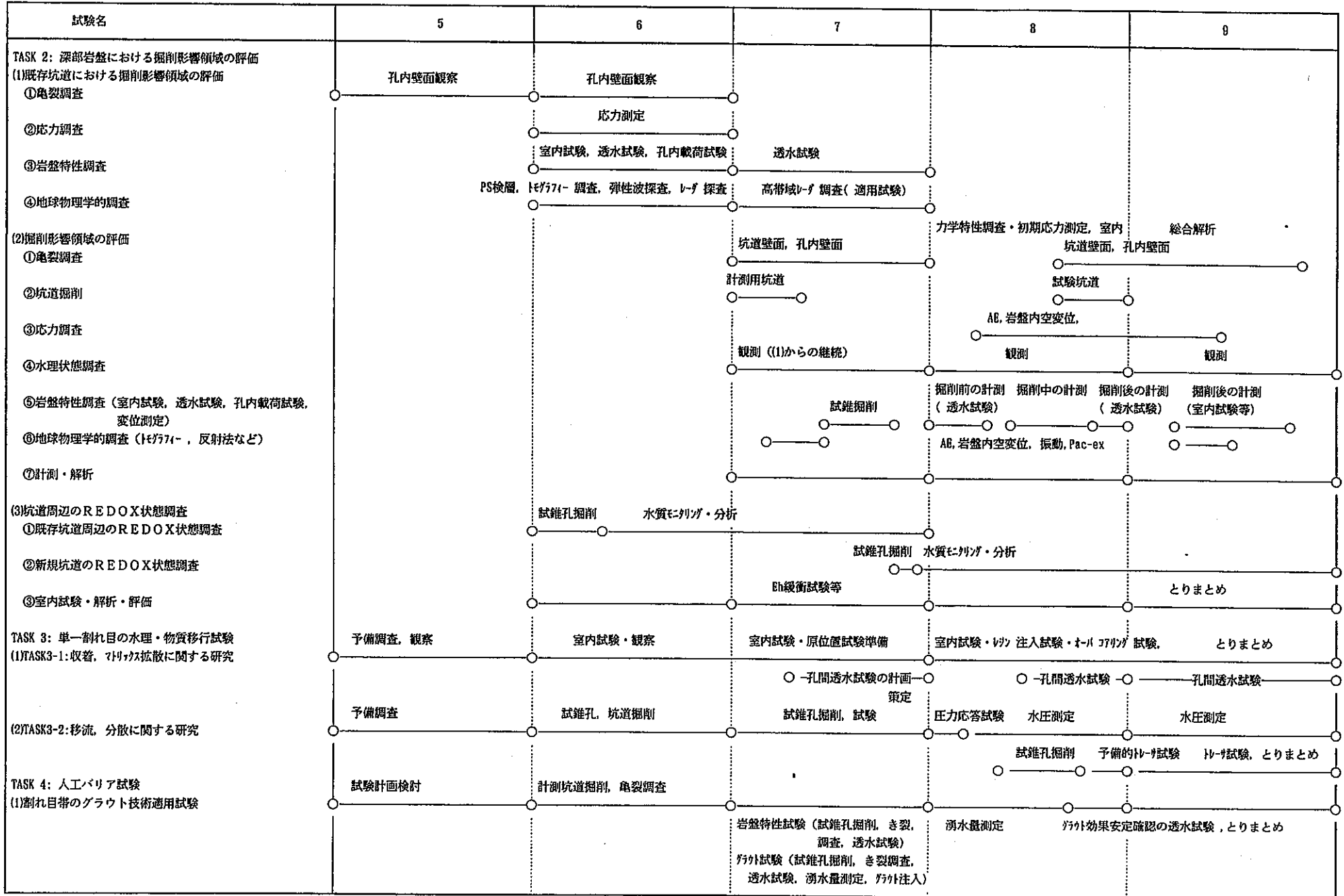
8. 5か年全体スケジュールと平成9年度実施内容概要

添付の表の通り。

釜石原位置試験 5 年試験計画 (案) No. 1

試験名	5	6	7	8	9
TASK 1: 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握					
(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査/解析					
①原位置試験場周辺の地質構造の把握	既存データの再評価	試験掘削(②力学特性の把握用), 岩芯観察, BTV	試験掘削(KF-1, 2), 岩芯観察, 敏物試験, 間隙率測定	地表踏査, 断層破砕帯・割れ目帯の特性調査	試験掘削(KF-3), 岩芯観察, 断層破砕帯・割れ目帯の特性のまとめ
(a)断層破砕帯あるいは割れ目帯の特性の把握			物理探査・評価	物理探査・評価	物理探査・総合評価
(b)断層破砕帯あるいは割れ目帯の地質構造調査技術開発					
②深部岩盤の力学特性の把握	250mバツ坑道において初期応力測定	550mバツ坑道において力学特性調査・初期応力測定	KH-1孔において力学特性調査・初期応力測定	力学特性調査・初期応力測定・異方性・寸法効果のまとめ	断層破砕帯の力学特性調査, まとめ
(a)断層破砕帯あるいは割れ目帯の地質構造調査技術開発					
③深部岩盤の水理特性の把握	室内模擬試験	室内模擬試験	室内模擬試験, 室内試験(異方性寸法効果)		
(a)降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化の把握	既存データの再評価, 高差圧環境検討		降水量・気温データの整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	降水量・気温データの整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	データとりまとめ 降水量・気温データの整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測
(b)水理試験	坑道湧水量, 間隙水圧観測	坑道湧水量, 間隙水圧(KG-1, KH孔)観測	坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	坑道湧水量, 間隙水圧継続観測
(c)岩盤浸透流解析 ・連続体モデルを用いた解析 ・不連続体モデルを用いた解析		KH 孔間隙水圧観測システムの改良	KH-8ホウカシステム改良, KH-1 ラバー 交換 NE坑道出口湧水量観測用の堰設置 KF-1, 2 ホウカシステム 設置 単孔式水理試験(KH-1)	KH-7ホウカシステム改良 新規試験掘削システム設置 単孔式水理試験(KF-1, 2 孔)	データとりまとめ
④深部岩盤の地球化学特性の把握	既存坑道	既存坑道, KG-1 孔	既存坑道, KG-1 孔, KH-1 孔	既存坑道, KG-1 孔	既存坑道, KG-1 孔, 地表
(a)採水分析	岩石敏物試験	岩石敏物試験	岩石敏物試験		
(b)岩石敏物分析					
(c)岩石敏物分析	多変量解析	多変量解析, 熱力学的解析	多変量解析, 熱力学的解析	多変量解析, 熱力学的解析	総合解析
(d)データ解析(多変量解析, 熱力学的解析)			既存データの整理, データベースの設計	既存データの整理, データベースの作成	既存データの整理, データベースの作成
(2)釜石原位置試験データのとりまとめ					

釜石原位置試験 5カ年試験計画(案) No. 2



釜石原位置試験 5カ年試験計画(案) No. 3

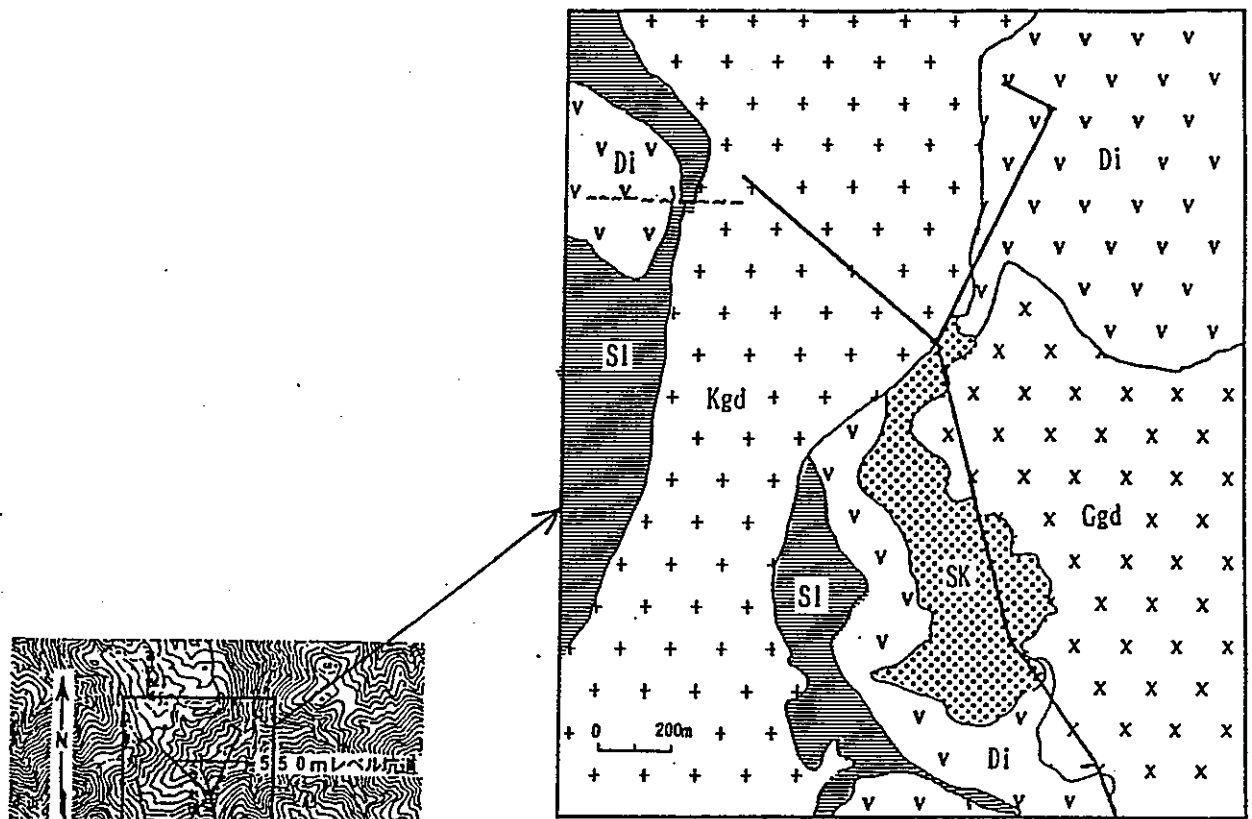
試験名	5	6	7	8	9
TASK 4: 人工バリア試験(続き) (2)粘土膨張・熱負荷による緩み領域の影響評価 ①岩盤特性調査 ②緩衝材の施工 ③連成試験	試験計画策定	計測坑道掘削((1)と同じ)	岩盤特性調査, 岩盤内計器設置, 計測	計測	計測
			試験孔(ピット)掘削	緩衝材施工・発熱体設置 計器設置	熱-水連成試験・とりまとめ
TASK 5: 地震に関する調査研究 (1)地震動の観測と解析 ①地震動増幅特性の原位置試験データの取得	観測・解析 地震計設置	観測・解析	観測・解析	観測・解析	観測・解析
(2)地震時の地下水理, 水質の調査 ①地震時の地下水理・水質の変化の有無の調査			観測・解析(水圧・水量・Ph・EC, 水質と降雨, 潮汐, 地震の関連を検討)		
		岩盤ひずみ計設置	pH計, EC計設置	岩盤ひずみ計改良	とりまとめ
(3)地下空洞の耐震性評価	初期地圧, 地震動等をバリエーションとした 感度解析				

釜石原位置試験 平成9年度実施計画(案)の概要(1)

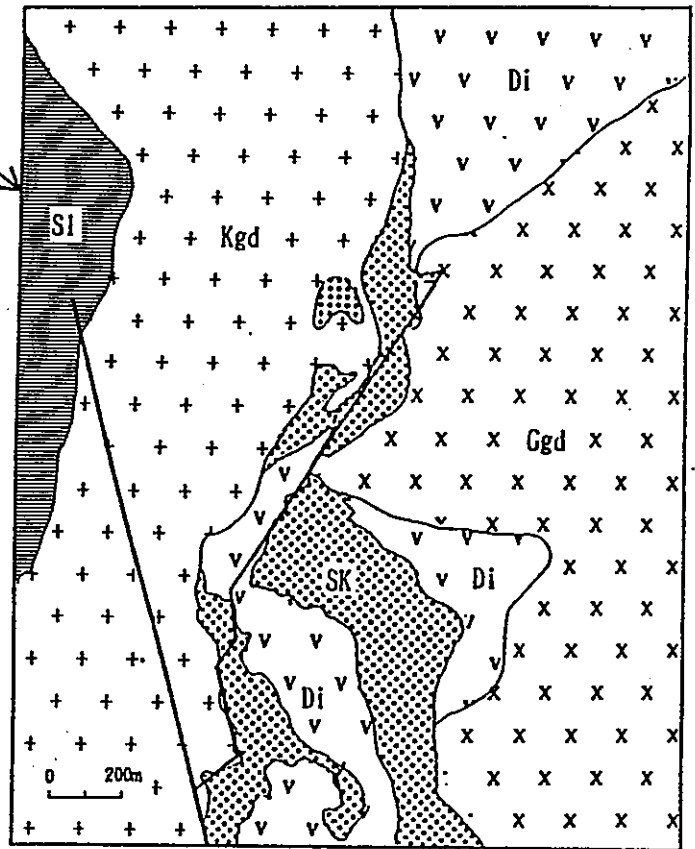
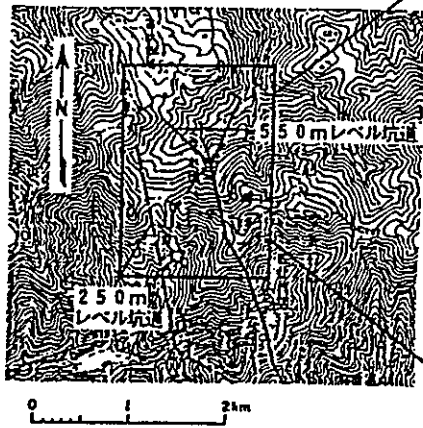
調査研究分野 (TASK)	平成9年度実施課題	実施場所	平成9年度実施内容および主な作業
TASK 1: 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握	(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査 ①地質構造の把握 ②深部岩盤の力学特性の把握 ③深部岩盤の水理特性の把握 ④深部岩盤の地球化学特性の把握 (2)釜石原位置試験データのとりまとめ	(1)地質環境の調査 ①550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ②550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ③550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ④550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑤550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑥550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑦550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑧550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑨550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑩550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑪550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑫550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑬550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑭550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑮550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑯550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑰550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑱550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑲550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ⑳550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉑550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉒550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉓550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉔550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉕550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉖550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉗550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉘550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉙550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉚550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉛550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉜550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉝550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉞550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㉟550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊱550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊲550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊳550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊴550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊵550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊶550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊷550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊸550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊹550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊺550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊻550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊼550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊽550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊾550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 ㊿550m, 250mレベル 坑道, 既存試験孔 (2)釜石事務所, TGCほか	(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査 ①(a)断層破砕帯あるいは割れ目帯の特性の把握 (K-Ar年代測定の前調査, 550mレベル NW 坑道の母岩・変質部・割れ目充填部の年代測定(Rb-Sr, K-Ar, FT), 1ヶ所の割れ目の年代測定(FT, BSR 等), 流体包有物調査から栗橋花崗閃緑岩の冷却史および割れ目形成史のとりまとめ, KG-1孔破砕部コアの調査および地表や坑道での調査結果との比較検討から断層破砕帯の連続性の把握), (b)断層破砕帯あるいは割れ目帯の地質構造調査技術開発(自然電位観測, 流体流動電位法, 流動電位法データのとりまとめ) ②(a)室内試験(力学試験, 弾性波速度測定, マイクロトラック観察・鉱物試験), (b)断層破砕帯での力学特性の把握 (KP-3孔断層破砕部で孔内載荷試験) ③(a)降水量, 気温, 坑道湧水量, 間隙水圧の経時変化の把握 (b)岩盤浸透流解析 ④(a)試験場周辺の地下水及び地表水の温度測定 (b)試験場周辺の地下水の採水分析 (KG-1 (水質, 同位体, ㊱, ㊲, ㊳), 地表水 (同位体, ㊴, ㊵), 坑道壁面(250mL及び550mL 坑道内の1地点は1回/1ヶ月, 36地点は1回/1年, 坑内既存試験孔(KH-19, 20)で物理化学分析, 主要成分, 微量成分, ㊶, ㊷, 同位体) (2)釜石原位置試験データのとりまとめ[①コンピュータリスの継続 ②データベースの改良 ③データの入力, ④とりまとめ]
TASK 2: 深部岩盤における掘削影響領域の評価 SUBTASK 2-1: 掘削影響試験 SUBTASK 2-2: 坑道周辺地下水のREDOX状態調査	(1)掘削影響試験 ①掘削影響領域内の物性の取得 ②掘削影響領域の範囲の把握 ③岩盤のモデル化手法の適用性評価 (2)坑道周辺地下水のREDOX状態調査 ①坑道周辺の地球化学的な掘削影響領域の概念モデルの構築 ②掘削影響領域の地下水の地球化学特性の把握	(1)250m レベル坑道 (2)250m レベル坑道 および実験室	(1)①試験孔の掘削(ゆるみ領域透水試験及び室内試験(6孔:計21m), PS 検層・超音波パルス・室内試験(6孔:21m), ②試験孔における調査(ゆるみ領域透水試験(2断面×3孔), PS検層(2断面×3孔), 超音波パルス(1孔) 室内力学試験(2断面×3孔), 室内透水試験(2断面×3孔), 空隙構造調査(2断面×3孔) ③試験坑道周辺岩盤の調査(弾性波屈折法調査(6測線), レーダー反射法調査(3測線) 床盤注水試験(普通発破 SB 区間各1箇所), ④き裂調査[BTV・孔曲がり・岩芯調査(2断面×6孔), BTV(H7 掘削10孔), ⑤長期挙動調査[AB センサー, ジョイント変位計, 岩盤内変位計, 歪み計, Pac-ex を用いた計測: 数ヶ月], ⑥間隙水圧観測の継続 ⑦評価解析[総合とりまとめ, 連続体・不連続体モデル化手法を用いた事後解析] (2)①原位置での地下水モニタリング (a)既存坑道周辺の地下水のREDOX 状態調査(水質連続モニタリング (TK-24, KR8-1), 坑道内地下水採水装置の設置及びモニタリング, ②既存の地下水水質データの整理 ③室内試験(酸素消費反応速度定数の取得) ④解析[解析コードを用いて, 岩盤及び地下水が有する化学的緩衝能力を評価する]
TASK 3: 結晶質岩中の水理・物質移行に関する研究 SUBTASK 3-1: 収着・マトリクス拡散に関する研究	(1)割れ目帯における物質移行・遅延メカニズム(収着・マトリクス拡散)の把握 (2)割れ目帯の概念モデルの提示と物質移行・遅延に係わるモデルの妥当性の確認 (3)室内試験と原位置試験との対比および適用性の検討	(1)から(3) 250m レベル坑道 および実験室 (東濃, 東海)	(1)室内調査・試験 ①岩石・鉱物学的及び地球化学的調査(岩石・地下水試料の化学分析, 放射非平衡調査及びトレーサー分布調査・分析) ②バッチ式収着試験[タイプC 割れ目の収着データの取得, Cs の収着試験] ③拡散試験[各タイプの割れ目に対する収着データセットの取りまとめ] ④移流/ 拡散試験[大スケールでの試験] (2)原位置試験 ①ポッドトレーサー/ レジ注入試験(試験孔の掘削(5~6孔/ 割れ目), 孔間定圧(定流量) 透水試験, 非収着性/ 収着性トレーサー試験, レジ注入試験, オルガリングによる閉鎖), ②試験孔間試験(タイプB 割れ目を対象に単孔式定圧透水試験, 単孔式定流量透水試験, 正弦波を用いた孔間透水試験) (3)解析・評価 ①モデリング及び解析, ②室内調査・試験の評価 (4)取りまとめ・レビュー[Nagra担当者にレビュー依頼]
SUBTASK 3-2: 移流および分散に関する研究	(1)透水性割れ目の分布及び連結性の把握 (2)透水性割れ目に作用する動水勾配の把握 (3)透水性割れ目に挟まれた透水性が低いブロックの分布・大きさの把握 (4)高間隙水圧ゾーンと低間隙水圧ゾーンとを隔てる境界の把握	(1)~(4) 550mレベル坑道の KD-90坑道奥、アク セス坑道北側	(1)孔間透水試験(トレーサー試験対象区間3ヶ所所で定流量排水or定圧注入を行い, 他区間で圧力変化を測定(KH-20, 24, 25)) (2)非収着性トレーサー試験(対象区間: 3ヶ所, 試験回数: 4回以上/1 対象区間, トレーサー: Cl ⁻ Br ⁻ I ⁻) (3)非収着性トレーサー試験の解析(解析解を用いて解析し, 物質移行特性(分散係数, 亀裂開口幅等)を評価する。) (4)間隙水圧の計測[各トレーサー孔に設置した間隙水圧測定システムを用いて間隙水圧を測定する。] (5)とりまとめ[外部発表及びシミュレーションモデル構築に向けたデータの再評価, 整理を行う。]

釜石原位置試験 平成9年度実施計画(案)の概要(2)

調査研究分野 (TASK)	平成9年度実施課題	実施場所	平成9年度実施内容および主な作業
<p>TASK 4: 人工バリア試験</p> <p>SUBTASK4-1: グラウト技術の適用試験</p> <p>SUBTASK4-2: 粘土充填・熱負荷試験</p>	<p>SUBTASK4-1:</p> <p>(1)グラウトの止水効果の安定性</p> <p>(2)グラウトの侵入範囲の把握</p> <p>(3)総合評価</p> <p>SUBTASK4-2:</p> <p>(1)粘土および岩盤の熱伝導特性の把握</p> <p>(2)粘土の膨潤圧と周辺岩盤に与える影響の把握</p> <p>(3)岩盤内、緩衝材の膨潤圧・水分量・伝熱特性・間隙水圧・岩盤変位の経時変化</p>	<p>(1)550m レベル坑道</p> <p>(2)550m レベル坑道</p>	<p>(1)グラウト技術の適用試験</p> <p>①グラウト注入孔と観測孔における透水試験(低圧パルス試験), ②トモグラフィ調査[電磁波及び比抵抗トモグラフィ], ③岩盤のフックアップ[岩盤と無水掘削, フックアップを実施], ④高圧透水試験(グラウト注入圧力で透水試験), ⑤総合評価(これまでの成果をとりまとめ総合評価を実施)</p> <p>(2)粘土充填・熱負荷試験</p> <p>①膨潤圧測定(緩衝材内), ②水分量測定(緩衝材内), ③伝熱特性測定(緩衝材内, 岩盤内), ④間隙水圧測定(緩衝材内, 岩盤内), ⑤岩盤変位測定(孔径歪み計, 岩盤歪み計, 亀裂変位計による岩盤変位の経時変化)</p>
<p>TASK 5: 地震に関する調査研究</p>	<p>(1)地震動の地下低減特性の把握と特異的挙動を示す地震動の検討</p> <p>(2)地震に起因する水理・水質変化のメカニズムの総合的解析</p> <p>(3)観測データ集のとりまとめ</p>	<p>(1)865m レベル坑道 ～250m レベル坑道</p> <p>(2)550m レベル坑道</p> <p>(3)資源・素材学会</p>	<p>(1)地震観測データの収集・解析 ①地震観測データの収集 [(a)観測システム(地震計7台)による継続観測, (b)深度毎の地震の加速度特性, 周波数特性の検討, 押し引き分布と地震波初動との整合性], ②地震観測データの整理・解析 (地山地形から地震動に及ぼす影響の検討, 地震動の地下低減特性の検討, 特異的挙動を示す地震動の特徴の整理と原因の検討)</p> <p>(2)地下水の水理・地球化学観測データの収集・解析 ①地下水の水理・地球化学観測データの収集 [(a)自動採水装置を用いたデータの収集, 水理・水質モニタリング装置を用いたデータの収集(水圧, 湧水量, 電気伝導度, pH), (b)BTV及びスピン検層を用いて割れ目分布及び湧水位置の確認(1孔)], ②地下水の水理・地球化学観測データの解析 [地震波初動の押し引きと水圧変化の関連性, 水圧変化の幅と変化様式(上昇・下降)との関連性, 試錐孔内の割れ目分布と水圧変化との関連性, 動的歪み(地震動)と静的歪み(地震後残留歪み, 地球潮汐)との関連性, モリガロ法による理論歪みの計算]</p> <p>(3)岩盤歪み観測データの収集・解析 ①岩盤歪み観測データの収集 [石英管伸縮計方式による岩盤歪み量変化のデータ収集], ②岩盤歪み観測データの解析 [通常時の変化幅の把握, 地震時の歪み変化と水圧変化の幅や変化様式との関連性, 地球潮汐の理論的岩盤歪み量と観測された歪み量との整合性]</p> <p>(4)総合とりまとめ ①平成元年度より取得した各種データの品質保証に重点をおいて整理しデータ集として取りまとめる, ②地下水理・地球化学観測データ及び岩盤歪みデータを用いて, 常時及び地震時の変化について総合的に解析する。</p>

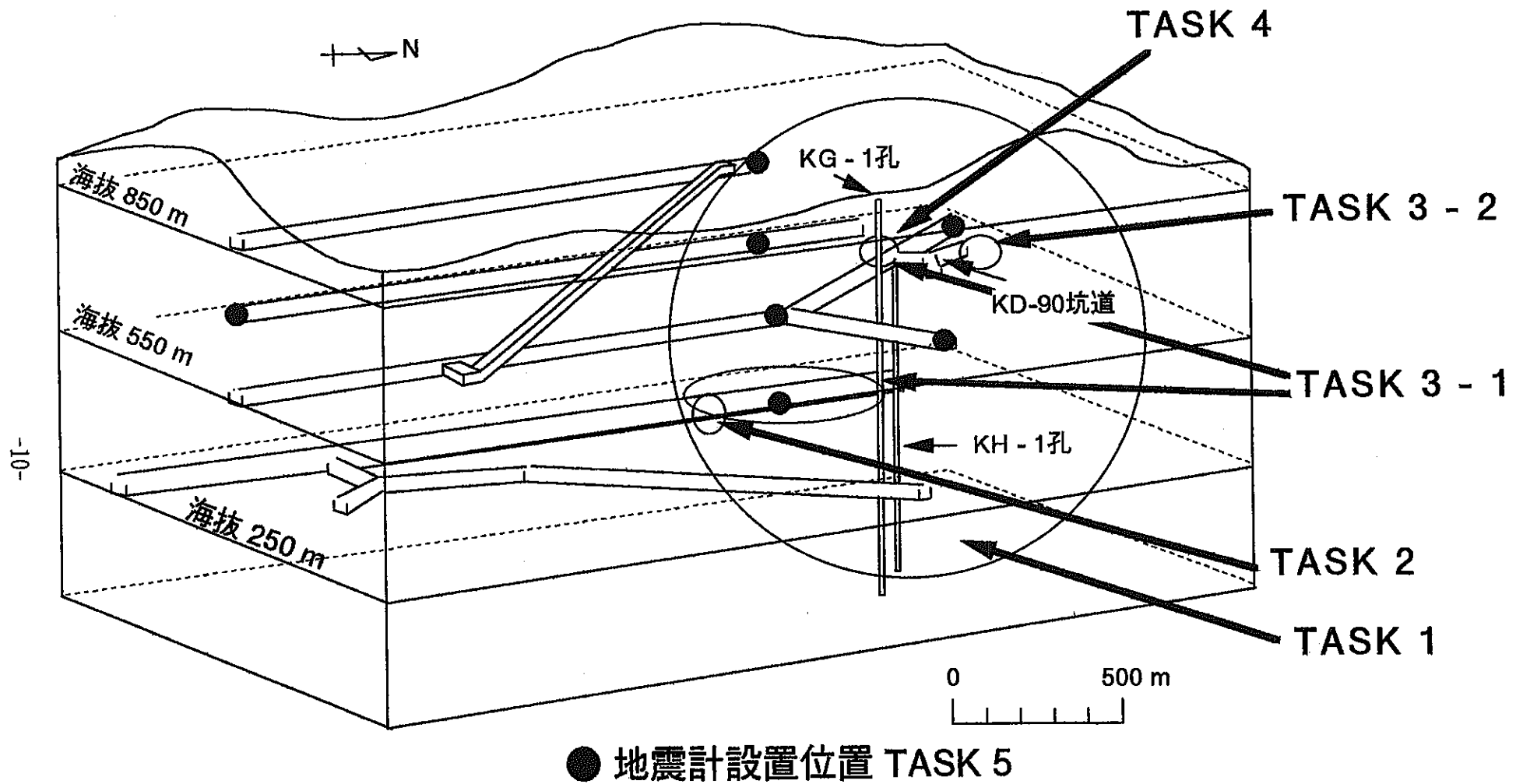


550mレベル坑道周辺の地質図



250mレベル坑道周辺の地質図

図-1 釜石原位置試験場の位置と地質図



図一 2 釜石原位置試験 (第 2 フェーズ) 実施場所

[各 論]

〔TASK 1〕 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握

1. 概要

我が国の深部地質環境に関する情報収集の一環として、原位置試験場周辺の地質環境を把握するとともに、TASK 2～5において実施する原位置試験研究について、試験研究の設計の最適化、解析精度の保証、ならびに試験結果の普遍性（別の場所への適用性）の検討という観点から、第2フェーズ計画に共通の地質環境データを整備する。このため以下の項目について調査解析等を実施する。

(1) 原位置試験場周辺の地質環境の調査

地質環境：
①地質構造の把握
②力学特性の把握
③水理特性の把握
④地球化学特性の把握

(2) 釜石原位置試験データのとりまとめ

平成5年度は、第1フェーズで取得されたデータの一部整理と主に250mレベル坑道の力学特性・地球化学特性データを取得した。平成6年度からは地表から掘削された試錐孔（KG-1孔）と250mレベル・550mレベル坑道やそこから掘削された試錐孔を用いて地質環境に関するデータを取得するとともに、釜石原位置試験で取得されたデータ（第1フェーズを含む）を一元管理することを目的としたデータベースの検討を開始した。平成7年度からは、原位置試験場で認められる断層破碎帯あるいは割れ目帯に着目して、その地質・鉱物・力学・水理・地球化学的な特性を把握すること、およびそれらの検出技術としての地球物理学的手法の適用性を把握することを新たな課題として追加し、平成8年度も引き続きデータを取得した。さらに、平成8年度には釜石原位置試験データベースの構築を開始した。

平成9年度は、これまでに取得したデータの吟味や、取得したデータから推定した地質構造の妥当性の確認のために必要なデータの取得・補足調査を実施するとともに、得られたデータのとりまとめを行う。また、平成8年度に引き続きデータベースにデータ入力を行う。

2. 実施内容

(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査

①原位置試験場周辺の地質構造の把握

栗橋花崗閃緑岩体の冷却史・割れ目形成史を明らかにするために各種調査を実施し、得られたデータに基づき、原位置試験場周辺の地質構造についてとりまとめ、他のTASK実施場所の地質構造、および地質学・鉱物学的の特徴を明らかにする。さらに、割れ目検出技術としての物理探査手法の適用性を検討するために確認用試錐孔を用いた各種調査を実施し、適用範囲・分解能を明らかにする。

(a)断層破碎帯あるいは割れ目帯の特性の把握

原位置試験の対象である栗橋花崗閃緑岩の冷却史および割れ目の形成史を明らかにし、形成過程毎の割れ目の特徴を明らかにするために、坑道壁面から採取した試料を用いた調査を行う(㊦)。また、平成8年度までに推定した地表から坑道まで連続していると考えられる割れ目帯について、推定の妥当性を確認するための補足調査を実施する(㊧)。

㊦栗橋花崗閃緑岩の冷却史および割れ目形成史の把握

i) 年代測定

栗橋花崗閃緑岩の冷却史および割れ目の形成史を把握するために、以下の年代測定を実施する(計10試料程度)。年代を測定した試料については、試料の鉱物学的特徴を明らかにするために室内試験(薄片観察, X線分析, 化学分析, モード分析)を実施する。

○K-Ar年代の再調査

平成8年度までに実施した年代測定の精度をより向上させるために、同じ地点で取得した試料を用いてSPT(ポリタングステン・ナトリウム)等を用いた鉱物分離を行った後、年代測定を実施する。

○550mレベルNW坑道における母岩/変質部/割れ目充填部の年代測定

平成8年度までの年代測定は、主に250mレベルの起点から11mの地点の試料を用いて実施した。これまでの栗橋花崗閃緑岩の鉱物学的調査では、250mレベルと550mレベルでは化学組成やモード組成が異なることがわかっており、深度により冷却過程が異なることが予想される。深度による冷却過程の変化を把握するために、550mレベルNW坑道において、250mレベル11m地点と同じ年代測定(Rb-Sr, K-Ar, FT)を実施する。

○1Mタイプのセリサイトの年代測定

平成8年度までの割れ目調査で、局所的に低温の変形作用で生成したセリサイト(1Mタイプのセリサイト)が認められた。これらの地点の割れ目帯は、原位置試験場周辺の割れ目帯の主要な形成以降に再動している可能性がある。栗橋花崗閃緑岩の割れ目の形成過程を明らかにするために、1Mタイプのセリサイトの年代測定(FT, BSR等)を実施する。

ii) 流体包有物調査

これまでの調査で、原位置試験場周辺の割れ目は3つ程度の形成ステージがあることが推定された。各ステージの割れ目形成に関与した流体の特性を把握するとともに、現在の流体との相違点や形成時の地質学的環境を明らかにするために、各ステージ毎に流体包有物調査を実施する。調査を行った試料については、試料の鉱物学的特徴を明らかにするための室内試験(薄片観察, X線分析, 化学分析, モード分析)を実施する。

iii) 栗橋花崗閃緑岩の冷却史および割れ目形成史のとりまとめ

年代測定結果と流体包有物調査結果をとりまとめ、原位置試験場周辺の割れ目の形態、鉱物組成、分布頻度、栗橋花崗閃緑岩体の冷却史、割れ目形成史を検討するとと

もに、それらの深度依存性について検討し、とりまとめる。

⑥断層破碎帯あるいは割れ目帯の連続性の把握

i) K G - 1 孔破碎部コアの岩石・鉱物調査

これまで、地表および坑道での調査により地表から坑道へ連続する地質構造の推定を試みた。K G - 1 孔の破碎部は地表から坑道まで連続する断層破碎帯あるいは割れ目帯に交差する位置にあり、推定結果を確認するために、K G - 1 孔破碎部のコアを用いて以下の岩石・鉱物試験を実施する（10試料程度）。

薄片観察・X線分析・化学分析・モード分析

この結果と平成8年度までに実施した地表での調査結果および坑道での調査結果をとりまとめ、断層破碎帯あるいは割れ目帯の地表から坑道までの連続性について検討するとともに、その地質構造の地質学・鉱物学的特徴を明らかにする。

㉔とりまとめ

㉔⑥および平成8年度までの成果を基に、原位置試験場周辺の栗橋花崗閃緑岩の断層破碎帯あるいは割れ目帯の特性についてとりまとめるとともに、他のT A S K実施場所の地質構造の特徴を明らかにする。

(b)断層破碎帯あるいは割れ目帯の地質構造調査技術開発（各種地球物理学的調査）

④K F - 1 孔での物理化学パラメータ測定時の自然電位観測

平成7年度に実施した流体流動電位法で、試錐孔から坑道に連続する透水性割れ目を検出するのに本手法は有効であることが明らかになった。しかし、平成7年度には孔口を開閉することにより試験を行ったため、試錐孔のどの地点の割れ目が坑道の特定位置に連続するのかが不明であった。連続性をさらに詳細に把握するために、平成9年度はKF-1孔での各パッカー区間の物理化学パラメータ測定時に区間開放時に坑道壁面において自然電位を観測し、各パッカー区間から坑道まで連続する透水性割れ目の連続性を推定する。

⑤各種物理探査結果確認用試錐孔掘削と試錐孔を利用した調査

平成8年度までに、割れ目帯あるいは断層破碎帯の検出技術としての物理探査手法の適用性を把握するために、KF-1, 2孔と坑道壁面を用いて各種物理探査を実施し、試錐孔-坑道間の地質構造を推定した。この推定結果と実際の地質とを比較し、ここで実施した方法の適用性を明らかにするために、KF-1孔に沿って新規に試錐孔（KF-3孔）を掘削し、以下の調査を実施する。

i) 試錐孔掘削

KF-1孔周辺で実施した各種物理探査結果の妥当性を確認するための試錐孔として、K F - 3 孔（K F - 1 孔に平行、孔長：45m程度）を掘削する。

ii) 試錐孔掘削中の調査

試錐孔掘削中は、口元での間隙水圧観測および掘削深度の測定を行うほか（詳細は後述）、以下に示す物理探査を行い、これらの手法が試錐孔掘削中に実施する割れ目検出技術として適用できるかどうかを確認する。

○流体流動電位法

試錐孔掘削中に坑道壁面において自然電位を観測し、自然電位の変化を調べる。

○流電電位法

試錐孔掘削中（あるいは毎日の試錐孔掘削終了直後）、試錐機のロッドから通電し、坑道壁面において電位を測定する。

iii) 試錐孔掘削後の調査

試錐孔掘削後には、各種物理探査手法の適用性を検討するのに必要な以下に示す調査を実施し、試錐孔周辺の割れ目分布・物性値分布を把握する。

○コア観察

○BTV

○物理検層（孔曲り検層，電気検層，自然電位検層，音波検層，温度検層）

㊦とりまとめ

㊦および平成8年度までの成果に基づき、各物理探査手法の測定仕様に対する割れ目検出技術としての適用性（範囲・分解能等）を明らかにする。

②深部岩盤の力学特性の把握

平成7年度までの調査結果に補足データを追加し、力学特性の深度依存性および測定手法の適用性についてとりまとめる。さらに、断層破碎帯において孔内載荷試験を実施し、健岩部と断層破碎帯の力学特性の違いについてとりまとめる。

(a)室内試験

㊦力学試験

平成7年度までに250mレベル，550mレベルおよび550mレベルから掘削された鉛直試錐孔（KH-1孔）のコアを用いて力学試験を実施している。平成8年度にこれまで実施した室内力学試験データをとりまとめたところ、550mレベルの力学特性調査結果は、原位置試験場周辺の力学特性の分布等を評価する際に用いるには信頼性が低いことが判明した。原位置試験場周辺の力学特性の分布等を把握するために、550mレベルに掘削された既存試錐孔コアを用いて以下の試験を実施する。

○一軸圧縮試験（10試料）

○圧裂引張試験（10試料）

なお、本試験で使用する試料については、それぞれ物理試験（密度，有効間隙率，飽和度，含水比，弾性波速度等）を実施する。

㊦弾性波速度測定

平成7年度までに実施した弾性波速度測定結果をとりまとめたところ、実施機関によって測定値にばらつきが認められた。栗橋花崗閃緑岩についてこの原因を明らかにするために、250mレベルおよび550mレベルに掘削された既存試錐孔コアを用いて、以下のように測定条件を変えた弾性波速度測定を実施する。

○試料の飽和度を変えた弾性波速度測定（5試料）

○周波数特性を変えた弾性波速度測定（3試料）

㊦マイクロクラック観察・鉱物試験

これまでの試験結果で深度方向に明瞭な変化が認められた物性値は、密度，空隙率，粘着力，内部摩擦角であった。このような変化が生じる原因として、栗橋花崗閃緑岩

の固結度や鉱物組成の違いが推定された。この推定の妥当性を確認するために、250mレベルおよび550mレベルに掘削された既存試錐孔コアを用いて（10試料）以下の調査を行う。

○マイクロクラック観察

○鉱物分析（各鉱物の量比、重量比等）

㊦とりまとめ

平成9年度までの試験結果に基づき、力学特性の深度依存性および測定手法の適用性についてとりまとめる。

(b)断層破碎帯における力学特性の把握

断層破碎帯は岩盤内の弱部にあたると思われるものの、その力学特性に関するデータはほとんどない。この力学特性に関するデータを取得するために、平成9年度新たに掘削するKF-3孔の断層破碎帯において孔内載荷試験を実施する。

得られた結果と平成7年度までの成果に基づき、健岩部と断層破碎帯の力学特性の違いについてとりまとめる。

③深部岩盤の水利特性の把握

降水量や坑道・試錐孔の掘削、試験が原位置試験場周辺の間隙水圧・坑道湧水量に及ぼす影響を把握するとともに、割れ目系岩盤に対する連続体モデル化手法の整備を行い、原位置試験場周辺の栗橋花崗閃緑岩の水利地質構造（透水性割れ目の連続性を含む）についてとりまとめるとともに、原位置試験場周辺の地下水流動を推定し、それらの結果に基づき他のTASK実施場所の水利地質構造の特徴を明らかにする。

(a)降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化の把握

㊦データ取得・整理

釜石原位置試験場周辺の降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化を把握するために、以下を実施する。

- ・昭和63年～平成9年度の釜石鉱山周辺の降水量・気温（日単位（平均））を整理する。
- ・昭和63年～平成9年度の定常業務と委託研究で取得された坑道湧水量と間隙水圧のデータを整理する。
- ・KG-1孔に設置されたMPシステムを用いて、定期的（1回・20区間／2週）に間隙水圧を観測する。
- ・KF-3孔掘削期間中は、掘削開始時間・掘削終了時間および掘削中断時間・再開時間を記載する。また、毎日の掘削終了後には、口元に間隙水圧観測が行える蓋を設置し、掘削を再開する前に間隙水圧観測を行う。
- ・原位置試験・それに関わる工事および、原位置試験以外の試験工事が原位置試験場周辺の間隙水圧等に及ぼす影響（大きさ・範囲）を把握するために、釜石鉱山内で実施する全ての作業と、その開始日時・終了日時をとりまとめる。
- ・上記のデータに基づき、降水量の変化や作業と間隙水圧や坑道湧水量の変化の関係についてとりまとめ、降水量や作業が間隙水圧・坑道湧水量に及ぼす影響を把握す

る。

(b)岩盤浸透流解析

平成7年度までに実施した結果に基づき、平成9年度は以下を実施する。

㊤これまでの浸透流解析結果の比較と問題点抽出

平成7年度までに作成した各連続体モデル化手法（等方・均質モデル、異方性モデル、等価不均質モデル）の比較および、そのモデルを用いて解析した結果の比較を行い、問題点を抽出する。

㊦等価不均質連続体モデル化手法を用いたモデル化手順の体系化

亀裂性岩盤特有の不均質な水理場を表現できる等価不均質連続体モデルに着目し、以下の3点を実施し、同モデル化手法を割れ目系岩盤に適用する場合の前提条件の明確化およびモデル化手順の体系化を行う。

i) メッシュサイズの影響の検討

ii) どのパラメータが解析結果に大きな影響を与えるかを明らかにするための感度解析

iii) 用いるデータの質・量の検討

㊧TAGSACとSANTRIAの比較計算

平成7年度までは、大成建設㈱が所有するコード（SANTRIA）を用いて解析を行った。解析結果の信頼性を検討するために、平成7年度に使用したモデル（等価不均質連続体モデル）を用いて、TAGSACにより定常浸透流解析を実施し、両者の結果を比較する。

(c)とりまとめ

(a)(b)および平成8年度までの成果を基に、原位置試験場周辺の栗橋花崗閃緑岩の水理地質構造（透水性割れ目の連続性を含む）についてとりまとめるとともに、原位置試験場周辺の地下水流動を推定し、それらの結果に基づき他のTASK実施場所の水理地質構造の特徴を明らかにする。

④深部岩盤の地球化学特性の把握

平成8年度に引き続き、原位置試験場周辺の地下水の地球化学データを取得し、得られたデータに基づき原位置試験場周辺の水質区分図を作成するとともに、水質の観点から原位置試験場周辺の地下水流動を推定する。

(a)原位置試験場周辺の地下水および地表水の温度測定

平成8年度に引き続き、地表および坑道湧水箇所を設置してある温度計を用いた水温調査を実施し、原位置試験場周辺の水温分布図を作成する。

(b)原位置試験場周辺の地下水の採水分析

㊤KG-1孔における採水分析

平成8年度までに、KG-1孔を用いて中～深部の採水分析を行い地球化学特性を把握したものの、浅部の情報が得られていない。地表から地下深部の水質の変化を把握するために、KG-1孔に設置してあるMPシステムを用いて浅部（地表下30m～250m程度）の地下水の採水分析を行う。

i) 採水区間の決定

KG-1孔における平成8年度までの採水分析によると、掘削水の影響を除くためには多量の予備採水が必要であることが予想される。平成9年度は釜石原位置試験最終年度であり、1年間で予備採水・本採水・分析を行うためには多量の湧水をとまなう区間を選定する必要がある。そこで、浅部の採水可能な区間について地下水のサンプリングを行い、湧水量の多い区間を採水区間として決定する。

ii) 予備採水

決定した採水区間において、以下のような手順で予備採水を行い、モニター結果(pH, 電気伝導度, Na^+ , Ca^{2+} 濃度)がほぼ一定になったことを確認し、本採水を開始する。

- ・アルゴンガスで置換したグローブバック内で、地下水の物理化学パラメータを測定する。
- ・2ℓおきに、地下水の Na^+ および Ca^{2+} 濃度を分析する。
- ・予備採水量の目安としては、区間体積の5倍程度とする。

iii) 本採水

本採水で採水した地下水を用いて、以下の分析(水質, 同位体, バクテリアおよびガス: 日鉄鉱業㈱委託)を行う。

・水質分析項目

Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} , 全Si, Si^{4+} , 全Fe, Fe^{2+} , Li^+ , Sr^{2+} ,
 Mn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , Br^- , I^- , S^{2-} , PO_4^{3-} , 全P, NO_2^- ,
 NO_3^- , NH_4^+ , 全N, TOC, IC

・同位体分析項目

$\delta^{18}\text{O}$, δD , トリチウム

・バクテリア分析項目

ー全菌数計測

ー特定バクテリア調査: 鉄酸化細菌, 鉄還元細菌, 硫酸塩還元細菌,
硫黄酸化細菌, メタン生成菌, 亜硝酸細菌, 硝酸細菌,
脱窒素細菌

ー硫酸塩還元細菌の属及び種の同定

・ガス分析項目

O_2 , N_2 , H_2 , He, CH_4 , CO, CO_2

⑥地表水の採水分析

地表水の同位体の高度効果およびバクテリア生息環境を明らかにするために、以下の採水分析を行う。

i) 同位体高度効果

3地点で地表水を採水し、以下の分析を行う。

$\delta^{18}\text{O}$, δD , トリチウム

ii) バクテリア生息環境調査

2地点で地下水を採水し、以下の分析を行う。

ー全菌数計測

- －特定バクテリア調査：鉄酸化細菌，鉄還元細菌，硫酸塩還元細菌，
硫黄酸化細菌，メタン生成菌，亜硝酸細菌，
硝酸細菌，脱窒素細菌

- －硫酸塩還元細菌の属及び種の同定

◎坑道壁面および坑内既存試錐孔を用いた採水分析

i) 既存坑道における地下水の調査

○物理化学パラメータ測定（日鉄鉱業㈱委託）

250mレベル坑道内に湧出する地下水の物理化学パラメータ（温度，pH，酸化還元電位，電気伝導度，溶存酸素濃度）を、1週間に1度現場で測定3地点において現場で測定する。

○地下水の採水および水質分析（日鉄鉱業㈱委託）

250mおよび550mレベル内の湧水地点の内1地点において1ヵ月に1回採水するとともに、別の36地点において1年に1回採水する。採水した地下水について、以下の分析（水質，同位体）を行う。

・水質分析項目

Na^+ ， K^+ ， Mg^{2+} ， Ca^{2+} ， SiO_2 ， Al ， Fe^{3+} ， Fe^{2+} ， NO_2^- ， NO_3^- ，
 Cl^- ， SO_4^{2-} ， HCO_3^- ， F^- ， PO_4^{3-} ， TOC ， IC

・同位体分析項目

$\delta^{18}\text{O}$ ， δD ，トリチウム

○ $\delta^{34}\text{S}$ と $\delta^{18}\text{O}$ の分析（日鉄鉱業㈱委託）

250mおよび550mレベル坑道の6地点の地下水の硫酸塩中の $\delta^{34}\text{S}$ と $\delta^{18}\text{O}$ 比を把握し、硫黄の起源を推定する。

ii) 既存試錐孔を用いた採水分析

○KH-19，20孔を用いた採水分析

岩盤内の水平方向の水質変化を明らかにするために、550mレベル坑道に掘削されたKH-19，20孔の7区間において物理化学パラメータ（pH，電気伝導度，ORP，温度）を現場で測定するとともに、その内の6区間で採水し、以下の分析（物理化学パラメータ，主要成分，微量成分，バクテリア，同位体）を行う。

・物理化学パラメータ（日鉄鉱業㈱委託）

温度，pH，電気伝導度，溶存酸素濃度

・主要成分分析項目（東濃地科学センター）

Si ， Ti ， Al^{3+} ，全 Fe ， Mn ， Mg^{2+} ， Ca^{2+} ， Sr^{2+} ， Na^+ ， K^+ ， F^- ，
 Cl^- ， NO_2^- ， NO_3^- ， PO_4^{3-} ， Br^- ， SO_4^{2-} ， CO_3^{2-} ， HCO_3^- ，
 TC ， IC ， TOC ， NPOC

・微量成分分析項目（日鉄鉱業㈱委託）

Li ， B ， Ti ， Mn ， Ni ， Cu ， Sr ， Zr ， Nb ， Pd ， Sn ， Sb ， Cs ， Pb ， Bi ， Ra ， Th ， W ，
 U ， Cr ， Co ， Zn ， Mo ， Rb ， Ba ， Be ， V ， Ag ， Cd ， Hg ， Total I ， As ， Se ， NH_4^+ ，
 IO_3^-

・バクテリア分析項目（同和工営㈱委託）

－全菌数計測

－特定バクテリア調査：鉄酸化細菌，鉄還元細菌，硫酸塩還元細菌，
硫黄酸化細菌，メタン生成菌，亜硝酸細菌，
硝酸細菌，脱窒素細菌

－硫酸塩還元細菌の属及び種の同定

・同位体分析項目（日鉄鉱業㈱委託）

$\delta^{18}\text{O}$ ， δD ，トリチウム

○KF-1，2孔での物理化学パラメータ測定（日鉄鉱業㈱委託）

KF-1，2孔に設置してあるパッカーシステムにより区切られた各区分について、以下の物理化学パラメータを測定する。

温度，pH，酸化還元電位，電気伝導度，溶存酸素濃度

④変質部／割れ目充填物の岩石溶出試験

これまで、栗橋花崗閃緑岩の母岩の岩石溶出試験を実施したが、割れ目系岩盤では、地下水は主に割れ目を流れるため、地下水が主に接触するのは変質部と割れ目充填物と考えられる。地質調査で明らかになった割れ目タイプ毎の変質部と割れ目充填物の岩石溶出試験を実施し、水質調査で得られた水質と地質特性の関連性を検討する。

(c)とりまとめ

上記(a)(b)および平成8年度までの成果に基づき、原位置試験場周辺の水質区分図を作成するとともに、水質の観点から原位置試験場周辺の地下水流動を推定する。

(2)釜石原位置試験データのとりまとめ

釜石原位置試験で取得されたデータを一元管理し、データを効率的かつ有効的に活用するための、データベースの改良およびデータ入力を行う。また、釜石原位置試験で得られたデータのとりまとめを行う。

①コンピュータリース

平成8年度に引き続き、コンピュータをリースする。

②釜石原位置試験データベース改良

平成8年度にデータベースの設計・製作を行ったが、製作時にも新規データが取得されており、テーブルの設計が間に合わない状況にあるため、新たに取得されたデータ用のテーブルの設計・製作を行う。

③データ入力

平成8年度に引き続き、釜石原位置試験で取得されたデータの入力を行う。

④とりまとめ

データベースに入力されたデータを用いて、原位置試験場周辺の栗橋花崗閃緑岩の地質環境特性を明らかにする。

3. 実施場所（図-1）

(1) 釜石原位置試験場周辺の地質環境の調査

① 原位置試験場周辺の地質構造の把握

250mレベル・550mレベル坑道および既存試錐孔

② 深部岩盤の力学特性の把握

250mレベル・550mレベル坑道および既存試錐孔

③ 深部岩盤の水理特性の把握

250mレベル・550mレベル坑道および既存試錐孔

④ 深部岩盤の地球化学特性の把握

地表、250mレベル・550mレベル坑道および既存試錐孔

(2) 釜石原位置試験データのとりまとめ

① コンピュータリース

釜石事務所

② 釜石原位置試験データベース改良

釜石事務所／東濃地科学センターが主体となり実施

③ データ入力

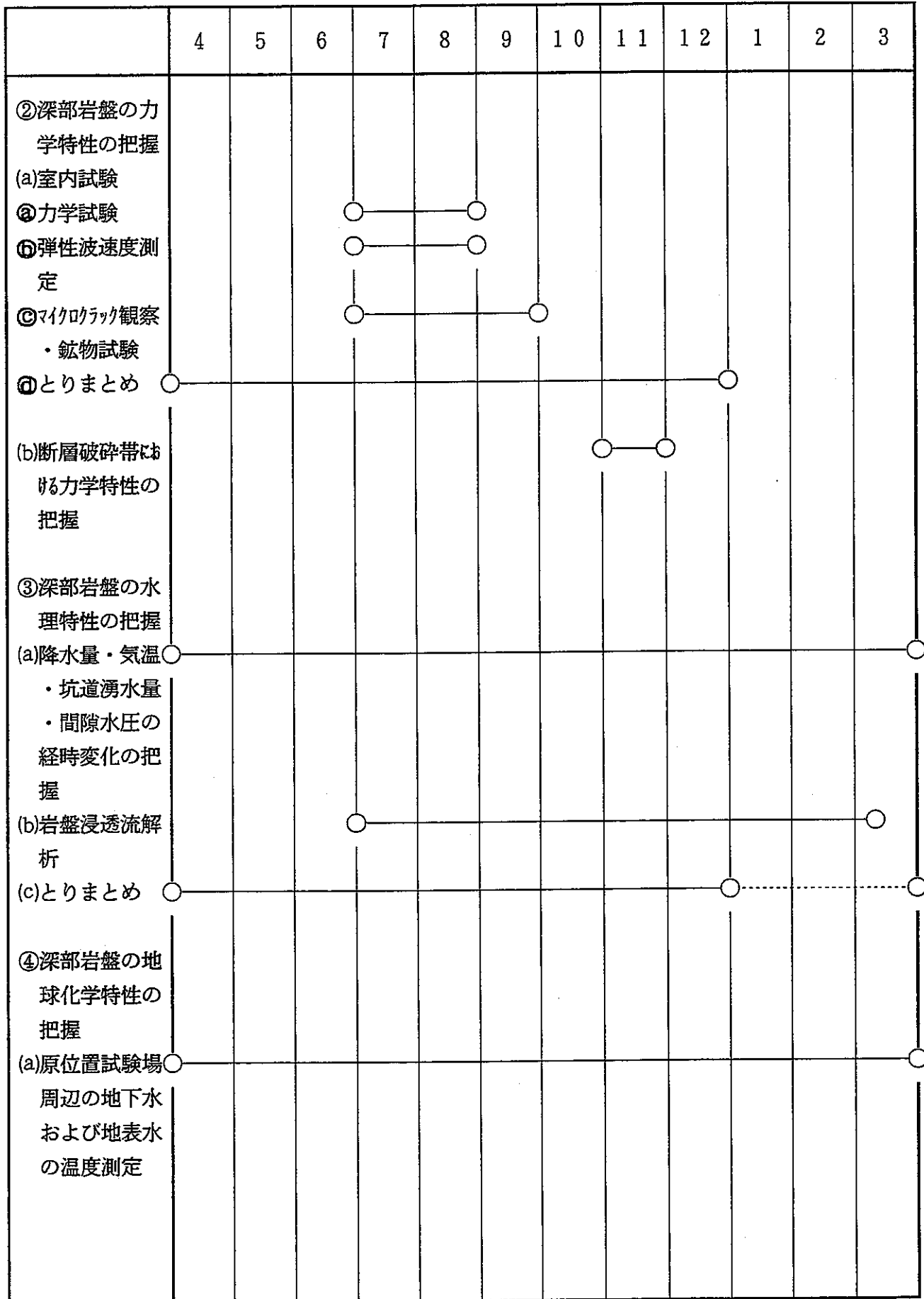
釜石事務所／東濃地科学センターが主体となり実施

④ とりまとめ

釜石事務所／東濃地科学センターが主体となり実施

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)原位置試験場 周辺の地質環 境の調査／解 析												
①原位置試験場 周辺の地質構 造の把握												
(a)断層破碎帯あ る いれ目帯の 特性の把握												
②栗橋花崗閃緑 岩の冷却史あ び 割れ目形成 史の把握			○	—	—	—	—	—	○			
③断層破碎帯あ る いれ目帯の 連続性の把握				○	—	—	○					
◎とりまとめ	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	
(b)断層破碎帯あ る いれ目帯の 地質構造調査 技術開発												
④KF-1孔での物 理化学パラメ ータ 測定時の自然 電位観測			○	○								
⑤各種物理探査 結果確認用試 錐孔の掘削と 試錐孔を利用 した調査					○	○						
◎とりまとめ	○									○		



	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(b)原位置試験場 周辺の地下水 の採水分析												
②KG-1孔に於ける採 水分析			○	—	—	—	○					
⑥地表水の採水 分析			○	—	—	—	○					
⑦坑道壁面及び 坑内既存試験 孔を用いた採水 分析	○											○
⑧変質部/割れ 目充填物の岩 石溶出試験			○	—	—	—	○					
(c)とりまとめ	○									○	—	○
(2)釜石原位置試 験データのとりまとめ												
①コンピューター入 力	○											○
②釜石原位置試 験データベース改良										○		
③データ入力	○											○
④とりまとめ	○											○

5. マイルストーン

(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査

①～④

- 3月 : 日鉄委託研究分の起案
- 6月 : 日鉄委託研究分の契約の締結
- 12月 : 定常業務を除く原位置試験完了
- 3月 : 定常業務終了

(2)釜石原位置試験データのとりまとめ

①コンピュータリース

- 4月 : リースの継続開始

②釜石原位置試験データベースの改良

- 4月 : 改良項目の抽出開始

③データ入力

- 4月 : データ入力業務契約の起案
- 7月 : データ入力開始

④とりまとめ

- 4月 : とりまとめ開始

6. 実施体制

(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査

①原位置試験場周辺の地質構造の把握

- (a)断層破碎帯あるいは割れ目帯の特性の把握⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）
- (b)断層破碎帯あるいは割れ目帯の地質構造調査技術開発
⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）

②深部岩盤の力学特性の把握

- (a)室内試験 ⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）
- (b)断層破碎帯における力学特性の把握 ⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）

③深部岩盤の水理特性の把握

- (a)降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化の把握
⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）
- (b)岩盤浸透流解析
⇒外部委託（大成建設）
／直営（釜石／東濃）
- (c)とりまとめ ⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）

④深部岩盤の地球化学特性の把握

- (a)原位置試験場周辺の地下水および地表水の温度測定
⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）
- (b)原位置試験場周辺の地下水の採水分析⇒外部委託（日鉄／同和工営）

(c)とりまとめ

／直営（釜石／東濃／人形）
⇒外部委託（日鉄）／直営（釜石／東濃）

(2)釜石原位置試験データのとりまとめ

①コンピューターリース

⇒釜石事務所

②釜石原位置データベースの改良

⇒直営（釜石／東濃）

③データ入力

⇒外部委託（原子力システム）

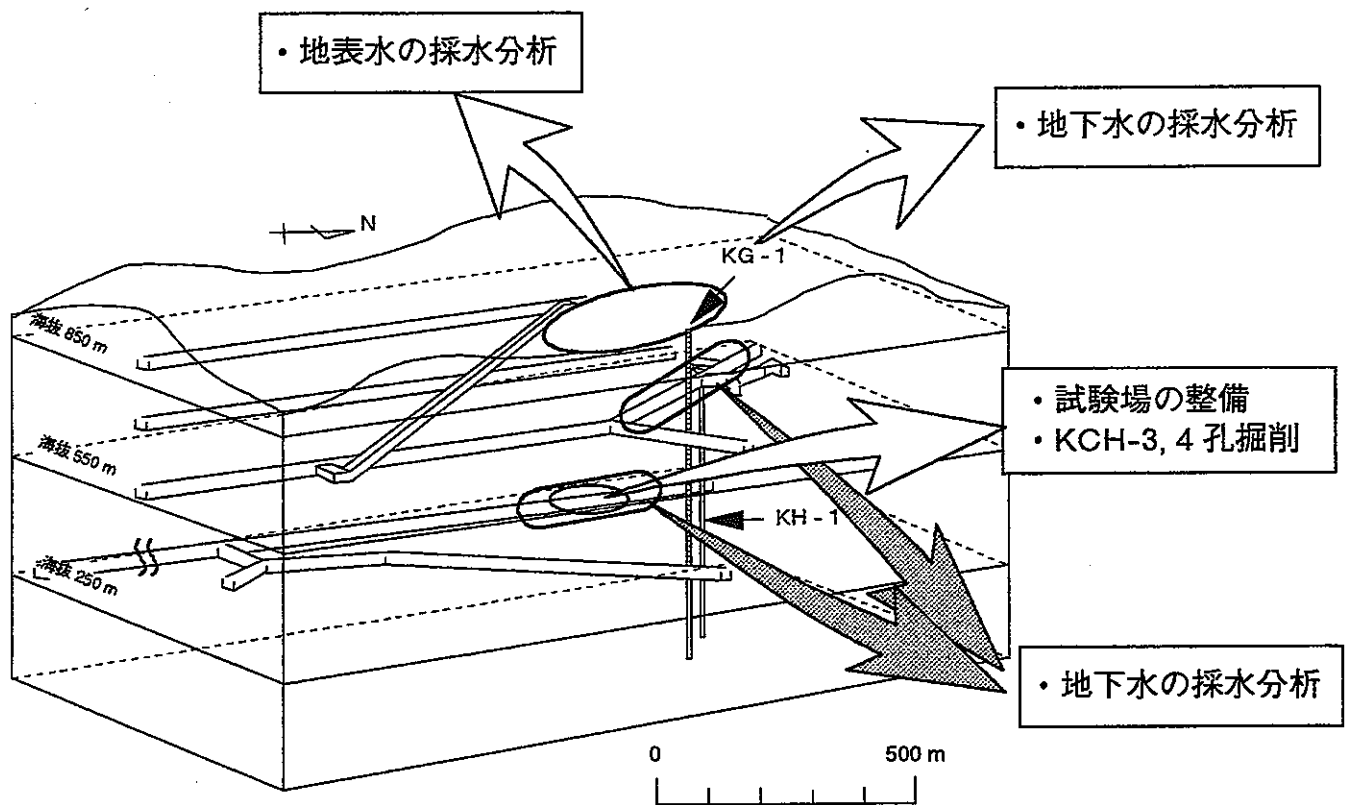
／直営（釜石／東濃）

④とりまとめ

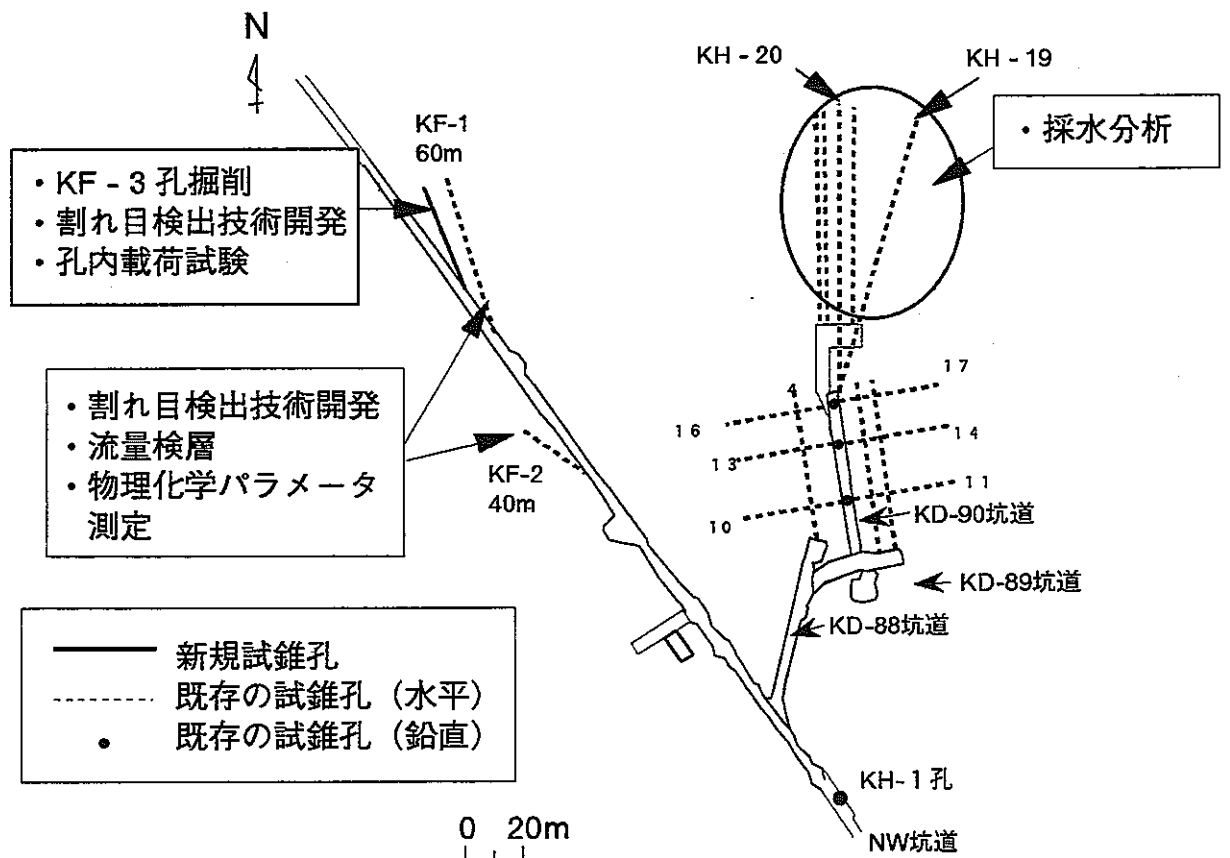
⇒直営（釜石／東濃）

7. 留意点

- ・早急にデータベースの運用を開始し、全てのTASKで得られた知見を整理できるようにする。
- ・日鉄委託研究契約締結後、早急にKF-1, 2孔での物理化学パラメータ測定を行い、試錐孔（KF-3孔）掘削に備え、KF-1孔の間隙水圧を安定させておく必要がある。



(a) 原位置試験場周辺鳥瞰概要図



(b) 550mレベルNW坑道周辺の主な試験位置図

図一 1 原位置試験場周辺の地質環境特性調査実施位置図

[TASK 2] 深部岩盤における掘削影響領域の評価

[SUBTASK-1] 坑道周辺岩盤中の力学的・水理学的掘削影響評価

1. 概要

岩盤中に坑道などの空洞を掘削することにより、周辺岩盤の力学的、水理学的、地球化学的な特性や条件が変化する。力学的には応力状態や変形・破壊特性の変化、水理学的には透水性や間隙水圧の変化などである。このような変化を受ける岩盤領域を掘削影響領域とし、本TASKの研究対象としている。掘削影響領域は物質移行の選択的な経路となる可能性があり、ニアフィールド性能を評価する上で重要である。また、掘削影響領域の特性と広がり、掘削工法や掘削する空洞の規模・形状に依存すると考えられるため、設計・施工の最適化という観点で重要である。さらに、掘削影響領域の特性と広がり、掘削影響領域を含む岩盤領域内で実施される原位置試験の初期条件・境界条件の一部となるため試験条件の設定や結果を評価する上で不可欠な情報である。これまでの掘削影響に関する研究では、岩盤特性の変化に着目した計測により、掘削影響領域の範囲を大まかに捉えることにとどまっている。また、掘削影響領域の発生に関連するプロセスとして、き裂の発生や変化、応力の再配分、不飽和領域の発生が重要であると認識されているが、これらと岩盤特性の変化との関係は評価できていない。これらが今後の掘削影響に関する研究の課題である。さらに、研究結果に基づき、掘削影響領域をモデル化することにより、掘削影響領域の3次元的な分布を推定することや釜石原位置試験の成果を一般化することが可能となる。以上のことから、TASK2の5か年の研究目的は以下の3項目に整理される。

- (1)掘削影響評価のための計測および解析手法の適用性評価
- (2)掘削影響領域の特性と広がりの把握
- (3)掘削に伴って発生する現象と岩盤の特性変化の関係評価

平成5年度および平成6年度は、既存坑道周辺岩盤を対象とした掘削影響調査を実施した。また、その結果に基づき、新規坑道掘削をとまなう掘削影響試験の計画を策定し、平成7年度より本掘削影響試験を開始している。

平成9年度は、平成8年度掘削した試験坑道内より調査用試験錐孔を掘削し、掘削損傷領域内の物性を取得するためのゆるみ領域透水試験や室内力学試験（一軸圧縮試験、圧裂試験）等を実施するとともに、試験坑道周辺岩盤中の掘削損傷領域の範囲を把握するために弾性波屈折法調査やレーダー反射法調査を実施する。また、事後解析を実施し、岩盤のモデル化手法の適用性評価を行うと共に、第2フェーズで実施してきた掘削影響評価に関する調査・解析結果のとりまとめを行う。

2. 実施内容

平成6年度に立案した掘削影響試験計画に基づき、平成7年度は、試験坑道掘削前の事前調査の準備として計測坑道と調査用試験錐孔を掘削した。今年度は、試験坑道内から調査用試験錐孔を掘削し、掘削損傷領域の物性を取得するためのゆるみ領域透水試験や室内力学

試験を実施する。また、試験坑道周辺岩盤中の掘削損傷領域の広がりを把握するための弾性波屈折法調査やレーダー反射法調査等を実施する。さらに、3カ年計画の最終年度としてこれまでに実施した調査・解析結果のとりまとめを行う。坑道及び試錐孔の配置を図-1に示す。

(1)調査用試錐孔の掘削

平成8年度に掘削した試験坑道内から調査用試錐孔を掘削する。なお、調査用試錐孔のレイアウトは、平成8年度の調査結果に基づき変更する可能性がある。

- ・ゆるみ領域透水試験及び室内試験用試錐孔(3.5m × 3本 × 2断面=21m)
- ・PS検層、超音波パルス、室内試験用試錐孔(3.5m × 3本 × 2断面=21m)

(2)調査用試錐孔における調査

以下の計測及び室内試験を行う。

- ・ゆるみ領域透水試験(2断面 × 3孔)
- ・PS検層(2断面 × 3孔)、シュミットハンマーによるP波検層
- ・超音波パルス測定(1孔)
- ・室内力学試験(一軸圧縮試験、一軸引張試験、圧裂試験、弾性波速度測定:2断面 × 3孔)
- ・室内透水試験(2断面 × 3孔)
- ・空隙構造調査(2断面 × 3孔)：薄片作成まで

(3)試験坑道周辺岩盤を対象とした調査

試験坑道周辺岩盤を対象として、掘削損傷領域を3次的に把握するための調査を実施する。計測項目は以下の通りである。

- ・弾性波屈折法調査(試験坑道周辺岩盤中の低速度帯の3次的な分布を把握する：6測線)
- ・レーダー反射法調査(試験坑道周辺岩盤中の反射面の分布を2次的に把握する：3測線)
- ・床盤注水試験(掘削損傷領域のマクロな透水特性を把握する：普通発破、SB区間各1箇所)

(4)き裂調査

- ・新たに掘削する試錐孔のBTV調査、孔曲がり測定および岩芯観察を実施する(2断面 × 6孔)
- ・試験坑道掘削前後での坑道周辺岩盤の亀裂分布の変化を把握するため、平成7年度掘削した試錐孔において再度BTV調査を行う(AE測定及びジョイント変位測定孔；全10孔)。

(5)長期挙動調査

試験坑道周辺の応力集中に伴う掘削損傷領域の拡大現象を把握するため、平成8年度に使用した測定機器(AEセンサー、ジョイント変位計、岩盤内変位計、ひずみ計、Pac-ex)を用い、坑道掘削後の周辺岩盤の変形挙動計測を数カ月実施する。

(6)間隙水圧観測

平成5年度に設置したシステムを用いて間隙水圧観測を継続する。

(7)評価・解析

- ・各調査・試験で得られる結果を取りまとめるとともに、3カ年に渡って実施した調査・解析結果の総合的なとりまとめを行い、結晶質岩の掘削影響に関する評価を実施する。
- ・平成7,8年度取得したデータに基づき連続体、不連続体モデル化手法を用いた事後解析を実施し、不連続性岩盤のモデル化手法の適用性を検討する。

3. 実施場所

250mレベル坑道の第8試錐座近傍から40mの範囲内で実施する。

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
				契約								
(1)掘削影響試験				▽								
試験坑道周辺岩盤を対象とした調査												
試錐孔掘削						▽掘削						
割れ目調査							BTV	コア観察				
調査用試錐孔における調査							▽▽					
坑道周辺岩盤を対象とした調査												
長期挙動計測												
間隙水圧計測												
解析・評価												

5. マイルストーン

- 3月 : 契約起案
- 6月 : 契約の締結
- 7月 : 原位置試験の開始

6. 実施体制

(1)試錐孔掘削

⇒日鉄鉱業、釜石鉱山

(2)割れ目調査	⇒日鉄鉱業、釜石鉱山
(3)調査用試錐孔における調査	⇒大林組・清水建設
(4)試験坑道周辺岩盤を対象とした調査	⇒大林組・清水建設
(5)長期挙動計測	⇒大林組・清水建設
(6)間隙水圧の観測	⇒直営（釜石）
(7)評価・解析	⇒大林組・清水建設

7. 留意事項

- ・空隙構造調査に必要な薄片作成及び室内透水試験は、直営で実施する。
- ・室内透水試験は直営で実施する。
- ・他のTASKで調査を実施する場合はタイミングや位置などについて調整を行う。
- ・試験坑道と試錐孔の位置関係を正確に示す図面を作成する。

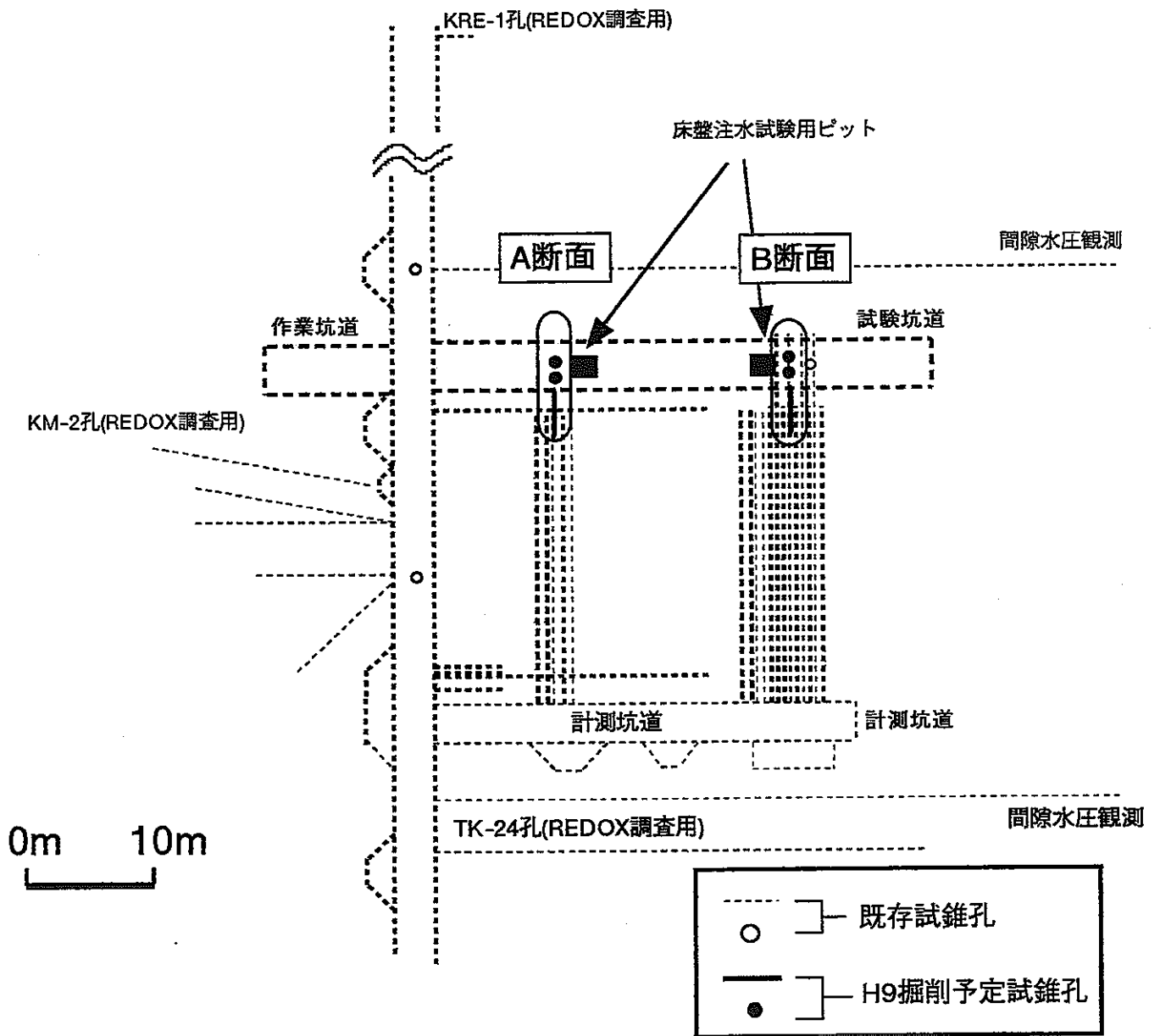
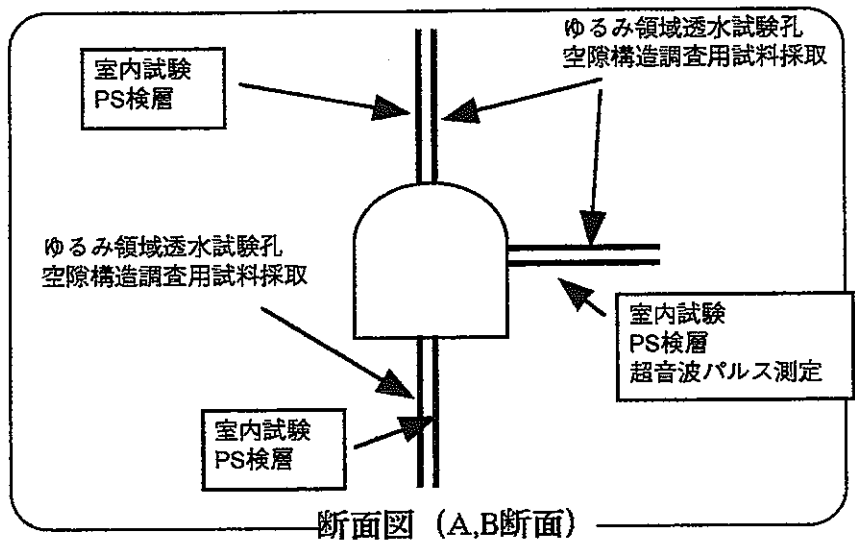


図-1 掘削影響領域評価研究—調査・試験レイアウト (その1)

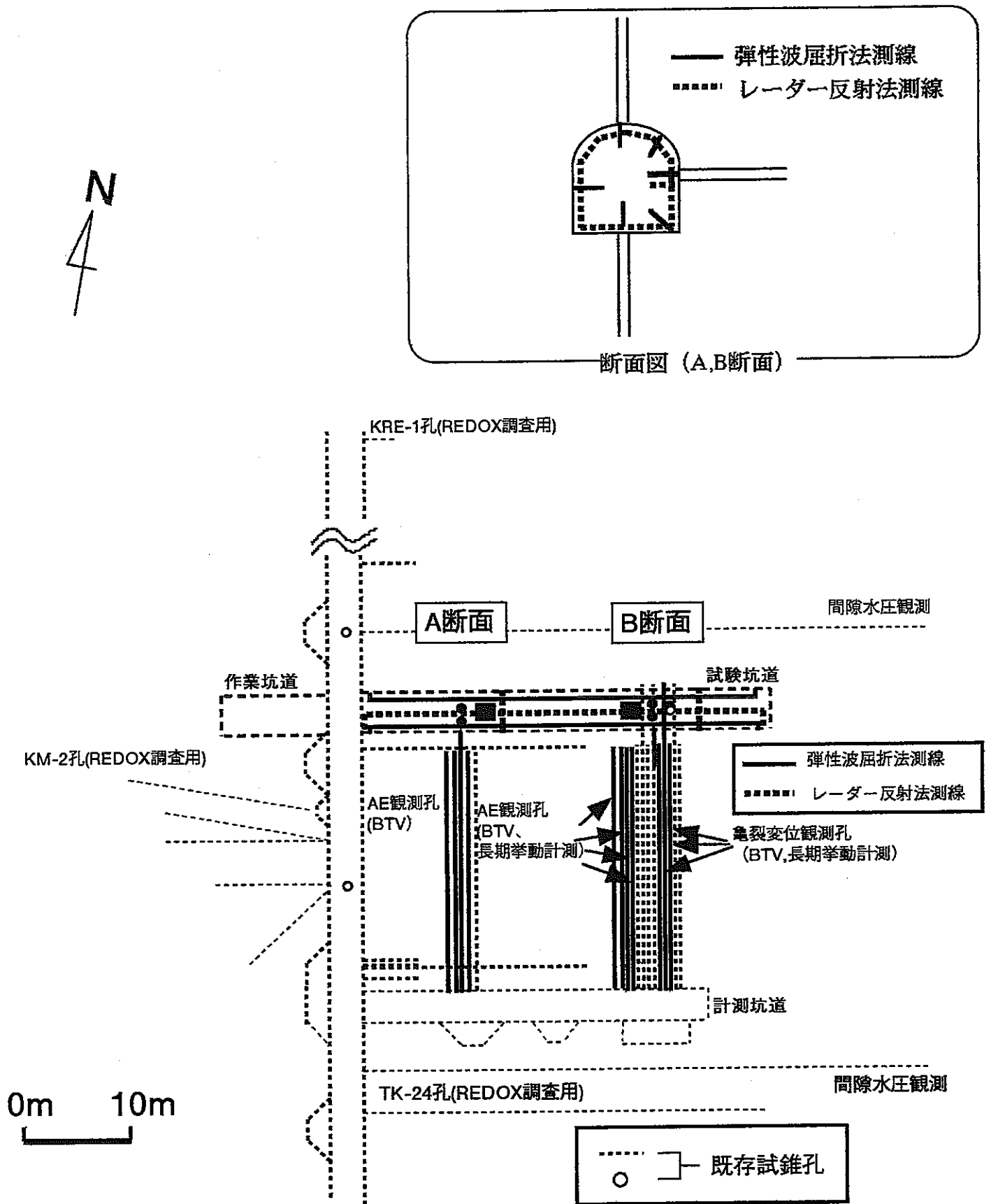


図-2 掘削影響領域評価研究—調査・試験レイアウト (その2)

[TASK 2] 深部岩盤における掘削影響領域の評価

[SUBTASK-2] 坑道周辺のREDOX状態調査

1. 概要

坑道を掘削した場合に、坑道周辺岩盤中の地下水が坑道内に流入し、坑道周辺には不飽和領域が生じると考えられている。不飽和領域中の地下水は、坑道内に侵入した大気の影響を受けて掘削前の飽和領域中の地下水と比較して、地下水の化学的性質（溶存酸素濃度、pH、酸化還元電位）が変化することおよびその変化にともなう新たな地下水-岩石反応が生じることが考えられる。地下水の化学的性質が変化する領域（以後、地球化学的影響領域と呼ぶ）の空間的広がりを把握すること、坑道周辺岩盤が有する地球化学的緩衝能力を定量化することは、地質環境中での物質移動を評価する上では必要不可欠なデータである。

釜石鉱山における坑道周辺のREDOX状態調査は、下記の2項目を目標として平成5年度より実施してきた。

- (1) 坑道周辺の地球化学的な掘削影響領域の概念モデルを構築する。
- (2) 坑道掘削影響範囲の地下水の地球化学的特性（溶存酸素濃度、酸化還元電位などの物理化学パラメータ）を定量的に把握する。

平成8年度までは、海拔250mレベルのKRE-1孔およびTK-24孔において地下水の物理化学パラメータの測定を行い、既存坑道壁面からの酸素による酸化の影響範囲は、数メートル程度であると見積った。さらに、栗橋花崗閃緑岩から分離した鉄含有鉱物（黒雲母）を用いて、酸素消費反応速度定数を取得するための室内予備試験を行うとともに、酸素の拡散などを考慮した解析コードを開発し、坑道周辺岩盤・地下水が有する化学的緩衝能力を評価するための予備解析を実施した。

平成9年度は、平成8年度までに設置したモニタリング装置を用いた観測の継続を行うとともに、モニタリングを行っている地下水の地球化学的特性を明らかにする。さらに、新規に坑道から20m程度までの範囲の地下水の物理化学パラメータ観測を行う。

2. 実施内容

- (1) 原位置におけるデータ取得

既存坑道周辺の下記の試錐孔において、地下水の物理化学パラメータの測定を実施する。

- ① TK-24号孔（継続）

物理化学パラメータに加えて、地下水中の溶存ガス・微生物・酸化還元系化学種などの測定を行う。

- ② KRE-1号孔（継続）

物理化学パラメータ測定を継続することを基本とする。

- ③ KM-2号孔（新規）

平成8年度に製作した坑道内地下水採水装置を試錐孔に設置し、坑道壁面から深度

20 m程度までの地下水の物理化学パラメータの深度分布を把握するための、モニタリングを行う。

(2) 既存の地下水水質データの整理

他のタスクにおいて取得・整理された地下水水質データのうち、酸化還元電位を対象として深度分布を把握する。

(3) 室内試験によるデータ取得

栗橋花崗閃緑岩から分離した鉄含有鉱物（黒雲母）を用いて、酸素消費反応速度定数を取得するための室内試験を実施する。

(4) 解析コードによる評価

原位置で取得されるデータおよび室内試験で取得される反応速度定数を基に、解析コードを用いて、坑道周辺岩盤および地下水が有する化学的緩衝能力を評価する。

(5) 取りまとめ

今年度中に下記の口頭発表などを行う。

- ① 口頭発表：原子力学会（1998春の年会）
- ② 技術資料（KT-Note）

3. 実施場所

250 mL坑道の既存試錐孔を利用して行う。

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)原位置における データ取得 ・TK-24 ・KRE-1 ・KM-2												
			モニタリング									
			モニタリング									
			パッカー設置・モニタリング									
(2) 既存の地下水 水質データの整理												
(3) 室内試験によるデータ取得			鉱物分離		○ 試験							
(4) 解析コードによる評価			コードの改良			○		解析	○			
(5) 取りまとめ									○			

5. 実施体制

(1) 原位置におけるデータ取得

パッカー設置：大成基礎設計

モニタリング装置の設置：電気化学計器

その他：直営（釜石・東濃）

(2) 既存の地下水水質データの整理

直営（釜石）

(3) 室内試験によるデータ取得

直営（東海）

(4) 解析コードによる評価

直営（東海）

(5) 取りまとめ

東濃・東海

〔TASK 3〕結晶質岩中の水理・物質移行に関する研究

〔SUBTASK-1〕収着およびマトリックス拡散に関する研究

1. 概要

結晶質岩における坑道周辺の物質移行・遅延を評価するためには、物質移行経路となりうる透水性割れ目（帯）を対象に、物質移行・遅延メカニズム、すなわち、化学的プロセス（収着）と物理的プロセス（マトリックス拡散）について、原位置において調査し把握することが必要である。また、サンプリング時に物理的擾乱を受けた可能性のある岩石試料を用いて取得した、多くの室内調査・試験データ（モデル・インプットパラメータ）の品質を評価することも重要な課題である。第2次取りまとめにおいては、本研究の成果を、結晶質岩における坑道周辺の物質移行・遅延の現実的な例として反映させる必要があり、また、室内調査・試験データの一部は核種移行データベースに組み入れられる。したがって、本研究では研究目的を以下のように設定し、上記の課題に対して早急に成果を出すこととする。

- (1)結晶質岩中の割れ目（帯）における物質移行・遅延メカニズム（とくに収着およびマトリックス拡散）の把握
- (2)結晶質岩中の割れ目（帯）の概念モデルの提示と物質移行・遅延に係わるモデルの妥当性の確認
- (3)室内調査・試験データの（原位置の）地質環境条件への適用方法の提示
- (4)(1)～(3)の調査・研究手法の確立

平成8年度までに、坑道壁面の割れ目調査（TASK 1）により分類された割れ目タイプ（タイプA, B, C）のうち、卓越した透水性割れ目（帯）として分布するタイプB（変質部を伴う単一割れ目）およびタイプC（割れ目帯）を対象に、詳細な室内調査（移行経路調査、岩石・鉱物学的調査、物性値測定など）および室内試験（バッチ式収着試験、スルーディフュージョン拡散試験）を実施し（一部は継続中）、各タイプの割れ目が有する構造的および物質遅延特性について、定性的および定量的に把握した。また、平成8年度には、レジン注入試験および試錐孔間水理試験の二つの原位置試験を開始し（継続中）、原位置における物質の移行経路や割れ目（帯）の水理学的特性などを明らかにしてきた。モデリングに関しては、物質移行・遅延の観点から、予察的に割れ目（帯）の概念モデルを構築するとともに、その数式化および解析手法について検討を行ってきた。

釜石原位置試験の最終年度となる平成9年度は、上記の目的の達成に向け、原位置試験、モデリングおよび解析・評価を重要な実施項目として、本研究を進めていく。とくに、原位置試験に関しては、レジン注入試験と合わせコールドトレーサー試験を実施し、モデル解析と合わせ、モデルの妥当性の評価を行う。さらに、これまでに取得した室内調査・試験データについて、原位置試験データとの比較により、その品質を評価する。

2. 実施内容

(1)室内調査・試験

①岩石・鉱物学のおよび地球化学的調査

室内試験に使用する岩石試料の鉱物組成分析、および地下水試料の化学分析を行い、基礎データを取得するとともに、同データセットの整備を図る。また、原位置トレーサー／レジン注入試験後に採取した岩石試料を用いた、ウラン系列核種の放射非平衡調査およびトレーサー分布調査・分析を行う。

②バッチ式収着試験

タイプC割れ目帯の岩石試料を用いた試験を実施し、スルーディフュージョン試験により求めた収着データの補完（補足）データを取得する。また、室内試験データの原位置への適用を検討するために、異なる条件下におけるCsの収着試験を実施する。

③拡散試験

継続中のスルーディフュージョン試験を終了し、拡散および収着データを取得するとともに、各タイプの割れ目に対する各元素（イオン電荷：+6, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2価）の拡散・収着データをデータセットとして取りまとめる。また、Clを用いたインディフュージョンおよびスルーディフュージョン試験を実施し、マトリックス拡散の深さに関する半定量的な情報を取得する。

④移流／拡散試験

収着・拡散試験データおよび概念モデルの妥当性を検討するために、より大きなスケールでの試験を実施するとともに、原位置試験では実施できない項目・内容については本試験によりサポートし、データを取得する。

(2)原位置試験

①コールドトレーサー／レジン注入試験

タイプB, C割れ目を対象に、Cs, Na, Sr, Cl, ウラニウムを用いたコールドトレーサー試験、およびエポキシ系レジン注入試験を実施し、物質の移行経路および移行・遅延特性について調査する。試験における具体的な実施項目は以下のとおりである。また、タイプA割れ目についてはレジン注入試験のみを実施する。ただし、コールドトレーサー試験の実施については原位置試験監視委員会の承認を前提とする。

- ・試験孔の掘削（孔径=35mmφ／孔長<1m／孔間≒30cm／5～6孔）
- ・孔間定圧（定流量）透水試験
- ・非収着性トレーサー試験（排出溶液の蛍光光度測定）
- ・収着性トレーサー試験（排出溶液の電気伝導度測定／化学分析）
- ・エポキシ系レジン注入試験
- ・試験サイトの開削（トリプルスキン・オーバーコアリング／孔長≒1m／孔径≒300mmφ／5孔）

②試錐孔間水理試験

平成8年度までに設計・製作した試錐孔間水理試験装置を用いて、タイプB割れ目（①コールドトレーサー／レジン注入試験の対象割れ目）の透水係数および比貯

留係数データを取得し、水理学的特性を把握する。試験においては以下の透水試験を実施し、取得したデータの解析を行う。

- ・単孔式定圧透水試験
- ・単孔式定流量透水試験
- ・正弦波を用いた孔間透水試験

(3)解析・評価

①モデリングおよびモデル解析

これまでに実施してきた原位置試験および室内調査・試験結果をもとに、割れ目（帯）の概念モデルを提示するとともに、解析（数式）モデルの開発と解析手法の検討、原位置試験（あるいは移流／拡散試験）によるモデルの較正・改良、および妥当性の評価・確認を行う。

②室内調査・試験データの評価

原位置試験データとの比較により、室内調査・試験データの評価を行うとともに、岩石・鉱物学および地球化学的調査、室内調査・試験および原位置試験から取得したデータと合わせ、原位置の地質環境条件における物質の収着・拡散パラメータについて推定する方法について検討する。

(4)取りまとめ・レビュー

上記の(1)～(3)で得られた成果については、適宜取りまとめ、外部発表を行う。また、各調査・試験の実施計画、試験手法、結果の解釈などについては、動燃内部のみならず、これまでに同様の原位置試験を実施してきているNagra（スイス）担当者にレビューを依頼するとともに、常に連携を図りながら研究を進めていく。

3. 実施場所

(1)室内調査・試験

- ①岩石・鉱物学的／地球化学的調査 : 東濃地科学センター
- ②バッチ式収着試験 : 東濃地科学センター／東海事業所GIS
- ③拡散試験 : 東濃地科学センター／東海事業所GIS
- ④移流／拡散試験 : 東海事業所GIS

(2)原位置試験

- ①コールドトレーサー試験 : 250mL坑道 (No. 99, 148)
- レジン注入試験 : 250mL坑道 (No. 99, 148, ほか3地点)
- ②試錐孔間水理試験 : 250mL坑道 (No. 99)

(3)解析・評価

: 東濃地科学センター／東海事業所GIS

(4)取りまとめ・レビュー

: 東濃地科学センター／東海事業所GIS／
釜石事務所

4. スケジュール

別添の表に示すとおり。

5. マイルストーン

別添の表（スケジュール）に示すとおり。

6. 実施体制

(1)室内調査・試験

- ①岩石・鉱物学的／地球化学的調査 : 直営（東濃）、一部外部委託
- ②バッチ式収着試験 : 直営（東濃／東海）
- ③拡散試験 : 直営（東濃／東海）
- ④移流／拡散試験 : 直営（東海）

(2)原位置試験

- ①コールドトレーサー／レジンを注入試験 : 直営（東濃／釜石／東海）、オーバーコアリングのみ外部委託（日鉄鉱業）
- ②試錐孔間水理試験 : 外部委託（大成建設）、東濃

(3)解析・評価

- ①モデリング／解析 : 外部委託（委託先は検討中）、東海
- ②室内調査・試験データの評価 : 直営（東海／東濃）

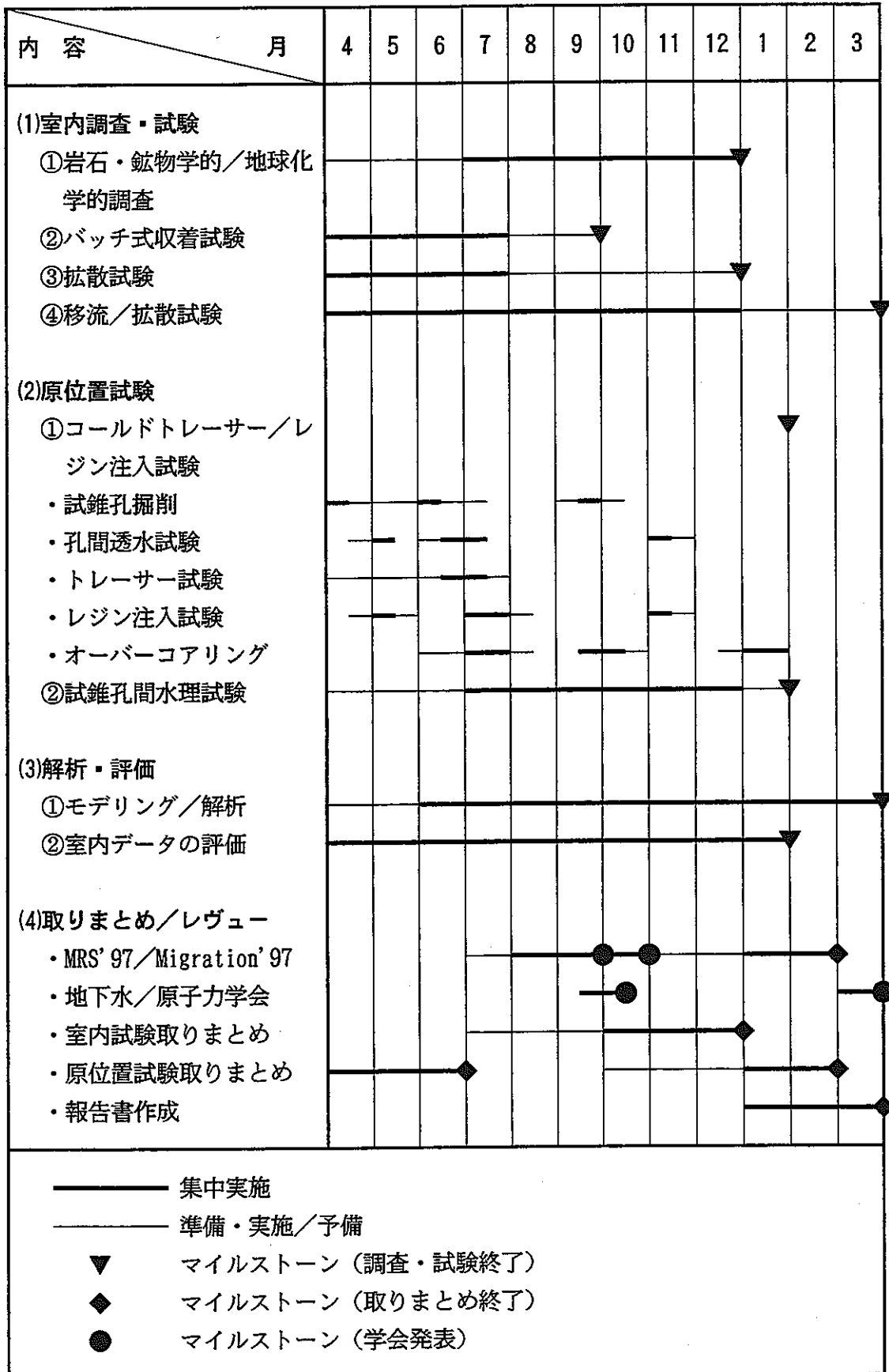
(4)取りまとめ／レビュー

: 直営（東濃／東海／釜石）

7. 留意事項

岩石・鉱物学的／地球化学的な基礎データの取得に関しては、TASK 1／2-2と連携・調整する。また、TASK 3-2とは、積極的に水理・物質移行に係わる情報交換につとめ、互いに協力を得ながら研究を進めていく。

TASK 3-1 実施スケジュール



〔TASK 3〕結晶質岩中の水理・物質移行・遅延に関する研究

[SUBTASK-2] 移流および分散に関する研究

1. 概要

割れ目状媒体中の物質移行においては、マトリクス拡散が主要な遅延機構であることが国際的にも広く認識されている。この場合、ある流量の水がマトリクス部にアクセス可能な流路面積とどの程度接触するかその表面積が重要となるため、これを規定する透水性割れ目の頻度、単一割れ目の透水性、さらにチャンネルの幾何形状が重要な研究課題となる。

マトリクス拡散の詳細な研究は、TASK3 SUBTASK1（収着およびマトリクス拡散に関する研究）においてなされるが、透水性割れ目の頻度、単一割れ目の透水性については、本SUBTASK によりデータの収集を行う。

トレーサーの流速については、平成4年度に実施した予備的トレーサー試験において物質移行に寄与する開口幅が三乗則に基づく水理学的開口幅の約1.4倍と大きいことを示しており、その場合の流速は水理学的開口幅を用いて得られる流速より1オーダー以上遅い可能性があることを示している。従って、ニアフィールド岩盤でのバリア効果の信頼性を確保する上において、トレーサー試験に基づいて物質移行に寄与する開口幅を把握することが重要なテーマになる。

本試験から得られる情報は、割れ目ネットワークモデルの直接の入力データとして利用可能であるとともに、第1次とりまとめで使用された平行平板モデルの入力データとしても利用することができ、モデルによらない汎用性のあるデータとして利用可能である。

割れ目中の物質移行を評価するために、本SUBTASK では、下記に関するデータおよび知見を取得することを目的として原位置試験を継続して実施してきた。

- ①透水性割れ目の頻度
- ②透水性割れ目のネットワーク構造
- ③透水性割れ目の透水特性
- ④透水性割れ目の物質移行特性

平成6年からこれまでに、上記④を取得するためのトレーサー試験を実施する対象となる割れ目を特定するための準備作業として、上記①～③を目的として新規ボーリング孔の掘削やそれに伴った水理地質構造調査を継続して行い、試験対象領域の水理地質構造の検討を行うとともに、平成9年度に実施するトレーサー試験対象区間を3箇所（割れ目2ヶ所、割れ目帯1ヶ所）選定し、トレーサー試験のためのマルチパッカーシステムを設置した。

平成9年度は上記の計3箇所において孔間透水試験、非収着性トレーサー試験を実施するとともに、その試験結果の解析評価を実施する。

2. 実施内容

(1)孔間透水試験

トレーサー試験対象区間として選定された3ヶ所の区間を対象として孔間透水試験を実施する。試験には主にKH-20, 24, 25 孔を用い、特定の区間からの定流量排水もしくは定圧（流量）注入を行い、他の区間において圧力変化を測定する。

これにより、試験対象割れ目（割れ目帯）の透水特性を把握するとともに、トレーサー試験時の圧力流量条件を決定するためのデータとする。

可能であれば、トレーサー試験対象区間からの排水を採取し、組成分析を行う。これにより、試験対象区間のイオン濃度のバックグラウンドを把握する。

(2)非吸着性トレーサー試験

トレーサー試験対象区間において、非吸着性トレーサー試験を実施する。

非吸着性トレーサー試験の目的は、物質移行特性の把握にあるが、具体的には下記のように細分化することができる。

- ①物質移行に寄与する開口幅の評価
- ②単孔割れ目内の分散係数の評価
- ③分散係数のスケール依存性の評価
- ④上記物質移行特性の異方性、方向依存性の確認
- ⑤割れ目帯としての上記特性の把握
- ⑥原位置試験スケール（空間的、時間的）におけるマトリクス拡散の影響の確認

試験方法については、dipole試験（2孔式）、huff-puff 試験（単孔式）等様々な方式がそれぞれの目的に合わせて適用でき、用いるボーリング孔も様々な組み合わせが考えられる。したがって、限られた試験期間でより多くの試験を確実に実施するために、試験組み合わせ、詳細な試験条件については予測解析の結果ならびに(1)の結果から、試験期間や上記の目的への適合を考慮の上、随時検討する。また、それぞれのトレーサー試験が終了する毎に、その結果を踏まえて次試験設計の詳細を検討する。

表1に基本的な試験条件を記す。

表1 非収着性トレーサー試験基本条件

試験対象区間	3 箇所
試験対象ボーリング孔	KH-20, 24, 25孔の3孔を中心とし、KH-19, 21, 22, 23孔を適宜組み合わせて使用する。 トレーサー試験方法としては、2孔式、単孔式を適宜検討する
試験回数	4 回以上/1対象区間
試験期間	約1.5 ヶ月/1対象区間
トレーサー種類	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ のイオン等をトレーサーとする。
制御項目	注水区間への注水流量 排水区間からの排水流量 注入トレーサー濃度 (最大1wt%)
測定項目	注水区間への注水流量、排水区間からの排水流量 注入トレーサー濃度 (孔口、パッカー区間内共) 排水トレーサー濃度 (パッカー区間内、孔口共) *1 他のパッカー区間におけるトレーサー濃度 各孔各区間の間隙水圧

1* : トレーサー濃度の測定はトレーサー試験対象区間に設置してある電気伝導度計にて測定をするが、併せて孔口においても排水配管より採水し、トレーサー濃度を測定する。

(3)非収着性トレーサー試験結果の解析

(2)で実施した非収着性トレーサー試験それぞれについて解析解等を用いて解析し、試験対象区間の物質移行特性 (分散係数、物質移行に寄与する割れ目開口幅等) を評価する。

(4)間隙水圧計測

非収着性トレーサー試験実施期間中のみならず、トレーサー試験期間以外においても各ボーリング孔に設置した間隙水圧測定システムを用いて間隙水圧を測定する。

(5)とりまとめ

平成6年度から平成8年度まで継続して実施してきた水理地質構造調査について成果をとりまとめ外部発表を行うとともに、シミュレーションモデル構築に向けたデータの再評価、整理を行う。

上記(1)～(4)の成果についても適宜とりまとめ、外部発表のための準備を進める。

また、次年度に実施予定のシミュレーション解析について、複数の概念モデルの提案とそれらの期待される成果について検討する。

3. 実施場所

- ・550mレベル坑道のKD-90 坑道奥、アクセス坑道北側

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
・孔間透水試験		—										
・非収着性トレーサー試験												
- 対象区間1				—								
- 対象区間2						—						
- 対象区間3								—				
・トレーサー試験データ解析										—		
・間隙水圧測定												

5. マイルストーン

- ・3月下旬：起案
- ・6月下旬：契約
- ・5月上旬：孔間透水試験開始
- ・7月上旬：トレーサー試験開始
- ・12月～1月：現場試験終了

6. 実施体制

- ・試験実施計画策定 ⇒ 直営（東海・釜石）
大成建設[+日鉄鉱業、Golder]
- ・機器調達 ⇒ 大成建設[+日鉄鉱業、Golder]
- ・孔間透水試験 ⇒ 直営（東海・釜石）
- ・非収着性トレーサー試験 ⇒ 大成建設[+日鉄鉱業、Golder]
- ・解析評価 ⇒ 大成建設[+日鉄鉱業、Golder]
- ・とりまとめ ⇒ 直営（東海・釜石）、大成建設、日鉄鉱業、Golder

7. 留意事項

- 孔間透水試験は大成建設の技術アドバイスに基づいて、直営で実施する。
- 孔間透水試験時に可能であれば採水を行うが、分析については直営（東濃）でお願いしたい。
- 評価解析については基本的に解析解を用いて行う。FracMan 等によるモデル化、シミュレーションによる解析評価は次年度に実施する予定。
- 本試験は非吸着性トレーサーとしてNaCl、KBr 等の塩を用いるが、水岩石反応等の影響の有無の確認のために、異なる種類のトレーサーを用いた試験結果の比較、コアを使った脱着試験、シミュレーション等の実施を検討する。

[TASK 4] 人工バリア試験

[SUBTASK-1] グラウト技術の適用試験

1. 概要

粘土系グラウトは、セメントグラウトに比べて長期耐久性、低濃度でゲルを生じうる吸収性、微細な割れ目にも注入できるような小さな粒径等の長所を有している。しかしながら、原位置における施工例も少ないことから、原位置における粘土系グラウト試験を実施し、割れ目性状（主として割れ目幅）、施工条件（注入圧、粘性度）とグラウトの基本特性（安定性、止水効果、改良範囲）との関係を確認する。これらにより、施工条件の明確化、シーリング概念の詳細化を図ることを目的とする。

平成5年度は試験計画の詳細設計、最適化を検討し、平成6年度には試験計画に基づいてグラウト試験坑道の掘削を行った。平成7年度には事前調査として、試験対象とした性状の異なる2つの割れ目群に対する水理特性の把握、岩盤の割れ目の3次元的分布を把握するための割れ目調査（BTV等）を行い、注水圧、粘性度をパラメータとした粘土系グラウト注入試験を行い、注入孔において低圧ルジオン試験を実施した。その結果、粘土系グラウトによって岩盤内の透水係数が低下し、粘土グラウトが岩盤の透水性を低下させる有効な手段であることが示された。さらに、グラウト注入孔周囲においてトモグラフィー調査を実施し、これがグラウトの浸透範囲を確認する手法として適用可能であることを示した。また、平成8年度には、グラウトの止水性の時間的な安定性を把握するため、平成7年度に実施したグラウト試験孔において透水試験を実施し、1年経過後のグラウトの安定性評価を実施した。

本年度は昨年度に引き続いて、グラウトの止水性の経年変化を観察するために透水試験およびトモグラフィー調査を実施するとともに、実際に岩盤をサンプリングして注入範囲を観察する。また、グラウトの耐久性を把握するために、グラウト注入圧力で透水試験を実施する。

2. 実施内容

(1) グラウト注入孔と観測孔における透水試験

グラウトの止水性の経年変化（グラウト注入後2年経過に伴う変化）を観察するために、注入孔（KBG-3, 6）と観測孔（KBG-1, 2, 4, 5）において低圧ルジオン試験を実施する。注入区間は孔口から1.0mのパッカー設置以深とし、注入圧は0.1MPaとし、これまで実施した透水試験と同じ仕様とする。

(2) トモグラフィー調査

グラウトの安定性の経年変化を観察するために、電磁波（150MHz）および比抵抗トモグラフィー調査を実施する。グラウト注入前後に実施したトモグラフィー調査では、電磁波の速度および比抵抗の変化から粘土グラウトの浸透範囲と推定される分布を捉えることができた。今年度は、同じトモグラフィー測線で2年経過後の状態において同じ条件で測定を行う。

(3) 岩盤のブロックサンプリング

グラウトの安定性を観察するために実際に岩盤を無水掘削し、ブロックサンプリングを

実施する。粘土グラウトの岩盤内の浸透範囲の把握については、これまでのところ的確な手法が確立されていない。ここでは、グラウト材に用いたバツけ付の注入量が多かった割れ目群Bに着目して実際に岩盤をくり抜き、グラウトが浸透したと推定される割れ目面を露出させる。その状態において、粘土グラウトの付着状況、浸透範囲等を目視により観察するとともに、粘土グラウトのサンプリングを実施する。

(4)高圧透水試験

グラウトの耐久性を把握するために、グラウト注入圧力である1.0MPaで透水試験を実施する。グラウト注入前後に実施している透水試験の注入圧は、透水試験における注水によって、注入したグラウト材が流出しないように圧力をグラウトの注入圧より低く設定した。これに対して本試験は、そのグラウトの耐久性の評価を行うために、グラウトの注入圧と同等の圧力を作用させ、圧力の上昇に伴う透水性の変化を把握する。

(5)総合評価

平成7年度からのこれまでの成果をとりまとめ、粘土グラウトの原位置への適用性に対する総合評価を実施する。

3. 実施場所

図-1に示すグラウト試験坑道において、割れ目群AにおいてはKBG-1~3、割れ目群BにおいてはKBG-4~6でそれぞれ透水試験、トモグラフィー調査を実施する。また、割れ目群Bに着目して岩盤のブロックサンプリングを実施する。

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)グラウト注入孔と観測孔における透水試験												
(2)トモグラフィー調査												
(3)岩盤ブロックサンプリング												
(4)高圧透水試験												
(5)総合評価												

5. マイルストーン

- ・11月 グラウト注入孔と観測孔における透水試験
- ・12月 トモグラフィー調査
- ・1月 高圧透水試験
- ・2月 岩盤のブロックサンプリング
- ・3月 総合評価

6. 実施体制

- ・グラウト注入孔と観測孔における透水試験 ⇒ 外部委託：鹿島
- ・トモグラフィ調査 ⇒ 外部委託：鹿島
- ・高圧透水試験 ⇒ 外部委託：鹿島
- ・岩盤のブロックサンプリング ⇒ 外部委託：鹿島
- ・総合評価 ⇒ 外部委託：鹿島

7. 留意事項

SUBTASK4-2粘土充填・熱負荷試験と連続性のある割れ目が存在すると思われるので、試験の実施についてはSUBTASK4-2の試験工程について留意する。

また、予算の都合上、岩盤のブロックサンプリングと高圧透水試験については、どちらか行わない場合もあるのでその場合、他の試験工程や総合評価を行う上での重要性について充分検討を行う。

[TASK 4] 人工バリア試験

[SUBTASK-2] 粘土充填・熱負荷試験

1. 概要

人工バリアの施工方法とその品質は、人工バリアの定置方式やその規模、環境条件（湧水量や岩盤と人工バリアの接合面の条件）に依存する。そのため、ここでは人工バリアの定置方式、その規模および環境条件に関して、原位置での実規模の人工バリア試験を行い、施工性とその品質を確認する。これにより、人工バリア性能の定量化および人工バリア技術の信頼性の向上を図る。また、熱-水-応力連成試験を実施し、人工バリアの設置初期の熱-水-応力連成挙動を観察し、連成モデルの妥当性を確認する。これにより、長期の人工バリア挙動予測の信頼性を高める。

平成5年度は試験計画の詳細検討を実施した。平成6年度は試験坑道及び計測坑道の掘削を行うとともに、これらの坑道内に存在する割れ目を調査し、試験場内の割れ目情報を整備した。また、試験坑道掘削終了後、割れ目調査により認められた卓越する割れ目に対して、亀裂変位計を設置し、坑道掘削による応力開放に伴う割れ目の経時的な変位の有無を調べるため、割れ目変位量の観測を開始した。平成7年度には、岩盤特性調査として、試験坑道より各種計測（透水係数、間隙水圧、孔内載荷、ひずみ計測、亀裂変位計測、岩盤変位、止水・注水）用の試験孔を掘削し、BTV調査および岩芯観察を行った。試験孔には各種計測装置を配置し、計測を開始した。また、大口径のボーリング掘削機により直径1.7m、孔長5mの試験孔を掘削し、孔内壁面の亀裂観察を行った。平成8年度には、現場締め固め方式で緩衝材の設置を行い、これと同時に緩衝材内にヒーターおよび各種計測器を設置した。また、ヒーター枠表面において100℃で制御した熱-水-応力連成試験を開始した。

本年度は、熱-水-応力連成試験を継続実施し、データを取得する。

2. 実施内容

(1)熱-水-応力連成試験

昨年度開始したヒーター枠表面において100℃で制御した熱-水-応力連成試験を継続実施する。その際には、試験坑道に堰を設置し水を溜め、坑道床部を水位固定境界とするとともに試験坑道内の温度管理を行い、試験を実施する。試験中に岩盤内および緩衝材内に設置された各計測装置で連続計測を実施する。計測内容を以下に示す。

①膨潤圧測定

試験孔壁（20点）およびヒーター枠表面（10点）に設置した土圧計により、緩衝材の膨潤圧の発生状況を計測する。

②水分量測定

ヒーター枠近傍に設置した湿度計（11点）およびそれ以外の緩衝材内に設置した水分計（40点）により、緩衝材の水分量の経時変化を把握する。湿度計はデータロガーに接続されており自動計測であるが、水分計はマニュアル計測であり、週に1回の測定を行う。湿度計および水分計では温度も同時に測定する。

③伝熱特性測定

熱流束計（緩衝材内6点）、熱電対（緩衝材内28点）により、緩衝材の伝熱特性の変化を把握する。また、岩盤内の温度の経時変化も把握する。

④間隙水圧測定

岩盤内の間隙水圧はKBH-1～7（KBH-7孔は試験孔の下）に設置した30区間で、緩衝材内の間隙水圧は試験孔壁面に設置した15点で、その経時変化を把握する。間隙水圧計は温度も同時に測定する。

⑤岩盤変位測定

KBM-1に設置した孔径ひずみ計、KBM-2,3に設置した岩盤ひずみ計、KBM-6,7に設置した亀裂変位計により岩盤変位の経時変化を把握する。また、KBM-4,5において岩盤変位計（トリベック）を用い、適時岩盤変位を測定する。

⑥緩衝材のサンプリング

緩衝材のサンプリングを行い、含水比の測定と微生物分析を行う。緩衝材のサンプリングは予め試験孔の蓋に設定したサンプリング用のガイドパイプを用いて行う。これは、試験期間中においても蓋を外すことなく緩衝材をサンプリングできるように設置したものである。ガイドパイプは試験孔の2測線に配置しており、サンプリングは試験孔上部からボーリングにより実施する。サンプリングの間隔は1測線につきヒーター枠上部で3地点、その外側で3地点である。ヒーター上部の地点ではヒーター枠までの1.5m分のサンプリングが、その外側では試験孔底までの4.5m分のサンプリングが可能である。

3. 実施場所

図-2に示す粘土充填・熱負荷試験において実施する。

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)粘土充填・熱負荷試験												

5. マイルストーン

- ・4月 熱-水-応力連成試験

6. 実施体制

- ・熱-水-応力連成試験 ⇒ 外部委託：間組

7. 留意事項

SUBTASK4-1グラウト技術の適用試験と連続性のある割れ目が存在すると思われるので、試験の実施についてはSUBTASK4-2の試験工程について留意する。

緩衝材のサンプリングは各データの状況を見て行うものとする。

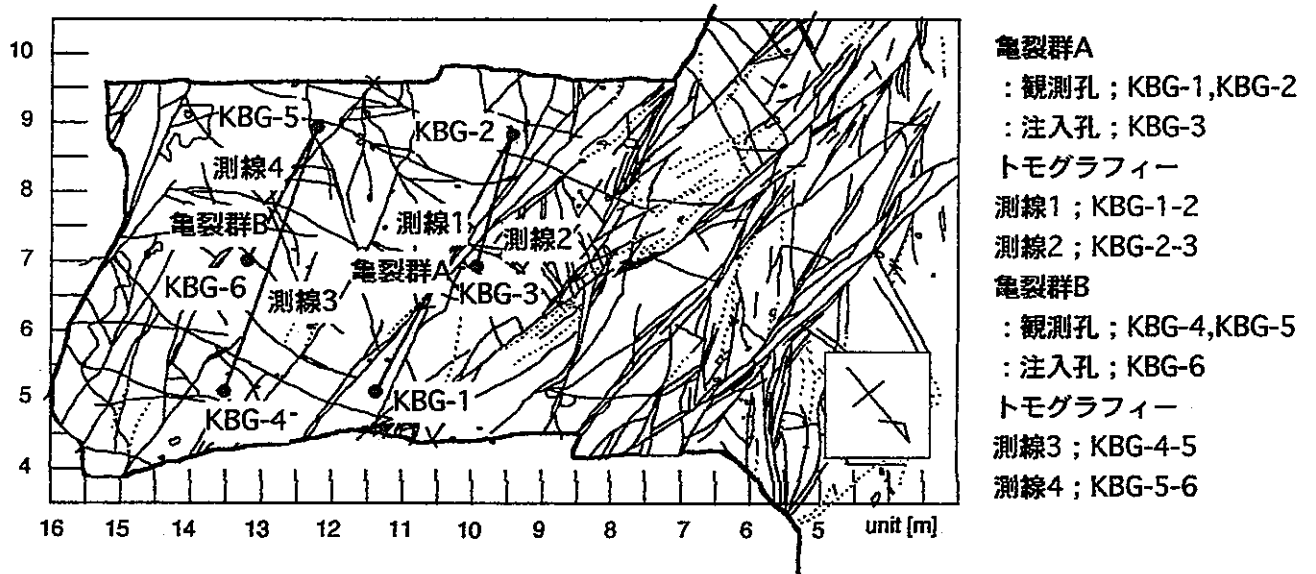


図-1 グラウト技術の適用試験レイアウト

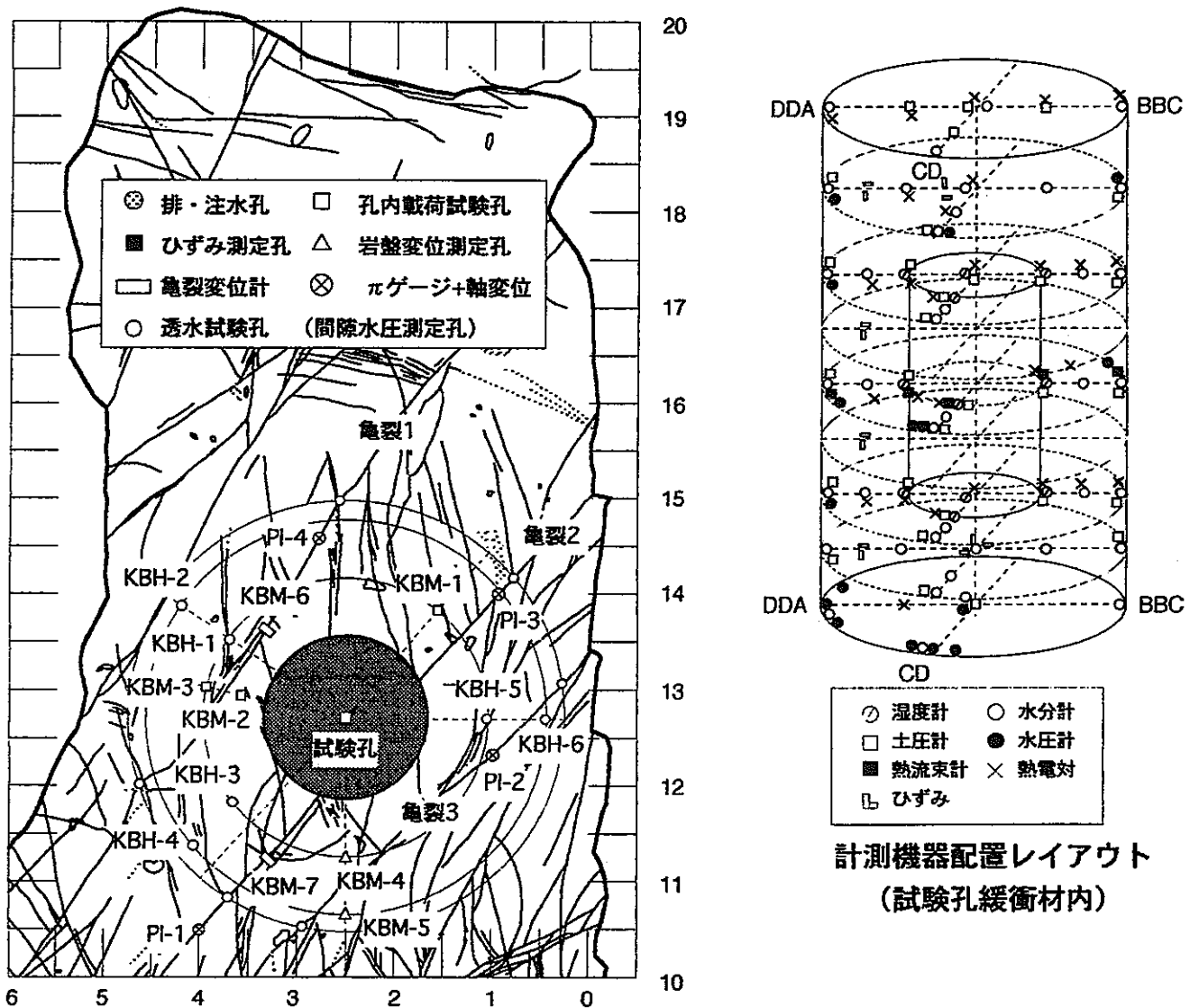


図-2 粘土充填・熱負荷試験レイアウト

〔TASK 5〕地震に関する調査研究

1. 概要

本研究では、地下深部の地震動特性を把握し、空洞の地震時の安定性および地震が地質環境に与える影響を把握するために、次の5項目の調査研究を行う。

- (1) 地表および地下深部で地震観測を行い地下深部の地震動特性を調査する。
- (2) 地形などの特性が地震動に及ぼす影響の評価手法を開発する。
- (3) 地震に起因すると考えられる地下水理特性の変化に関するデータを取得する。
- (4) 釜石鉱山における岩盤歪み量の変化に関するデータを取得する。
- (5) 文献調査等により上記に係わるデータを収集して、現象の比較・検討を行う。

本年度は、釜石鉱山における調査の最終年度（9年目）として、地震観測および地下水理観測、岩盤歪み観測を継続し、次の事項を主たる目的としてデータの取得およびデータの最終とりまとめ（平成元年度～平成9年度）を実施する。

- ・地下での地震動の低減特性の把握と、地形が地震動におよぼす影響の検討を行う。
- ・地震に起因する水理、水質変化の有無の確認と、それらの現象の明確化・一般化を図る。

2. 実施内容

(1) 地震観測データの収集、解析

①地震観測データの収集

- ・既設の地震計を用いて地震動の継続観測と発生した地震の諸元について整理する。
- ・地震計を設置した深度毎の地震の加速度特性、周波数特性等を検討する。
- ・主要な地震についてメカニズム解を入手し、押し引き分布と地震波初動との整合性を確認する。

②地震観測データの整理・解析

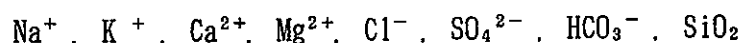
- ・地表近くに設置した地震計K-7の観測結果を用いて、地山の地形が地震動に及ぼす影響を検討する。
- ・これまでに観測された観測データを、震源位置、マグニチュード、加速度、周波数特性、入射角などの面から整理し、地震動の低減特性の検討を行う。
- ・特異的挙動を示す地震動の特徴を整理し、その原因について検討を行う。

(2) 地下水の水理・地球化学観測データの収集、解析

①地下水の水理・地球化学観測データの収集

(a) 自動採水装置を用いたデータの収集

- ・K0-10地点に設置した自動採水装置を用いて、地震時前後の湧水を採取し、次の水質分析を行う（年3回）。



- ・採水分析間隔は、地震発生前2日と地震後4日までは、主に4時間毎、4日目以降から30日までは、3日に1回の頻度で定時に採水したものを分析する。

(b) 水理・水質モニタリング装置を用いたデータの収集

- ・水圧観測孔（KWP-1, 2, 3）やK0-10地点に設置されている水圧観測装置、湧水量観測装置、電気伝導度観測装置、pH観測装置を用いて、水圧、湧水量、電気伝導度、pHのデータを収集する。
- ・水圧観測孔の内、いずれか1孔において、新規にボアホールテレビおよび流量検層（フローメータ検層）を実施し、試錐孔内の割れ目分布、流量についてのデータを収集・整理する。

②地下水理・地球化学観測データの解析

上記で観測された水圧、湧水量、電気伝導度、pHの通常時の変化の幅の確認および降雨時などの通常時のイベントとの比較と、地震時の変化の有無を確認する。

水圧等に変化が確認された場合は、変化を与えた地震と変化を与えない地震について、地震のマグニチュード、最大加速度、震源方向、震源距離、地震メカニズム解等との関係の整理、および測定項目相互間の関係を整理し、主に以下の点について検討を行う。

- ・地震波初動の押し引きと水圧変化の関連性について
- ・水圧変化の幅、変化様式（上昇・下降）との関連性について
- ・試錐孔内の割れ目分布、流量等と水圧変化との関連性について
- ・動的歪み（地震動）と静的歪み（地震後残留歪み、地球潮汐）との関連性について

(3) 岩盤歪み観測データの収集・解析

①岩盤歪み観測データの収集

平成8年度に550mNE坑道奥に設置された石英管伸縮計方式（レーザー干渉計センサー・差動トランス併設型）の岩盤歪み計により、岩盤歪み量変化のデータを収集する。

②岩盤歪み観測データの解析

観測されて岩盤歪みデータの通常時の変化幅の把握するとともに、地震時の岩盤歪み変化の有無を確認し、確認された場合はその特徴を把握する。

また、収集したデータに基づき、主に以下の点について検討を行う。

- ・水圧変化の幅、変化様式（上昇・下降）との関連性について
- ・動的歪み（地震動）と静的歪み（地震後残留歪み、地球潮汐）との関連性について

(4) 総合とりまとめ

- ・地震の特性（震源位置、マグニチュード、加速度、周波数特性、入射角、地形の影響など）を考慮した地震動の低減特性の観点から、これまで観測されたデータを整理・統合し、上述の検討事項を踏まえて総合的なとりまとめを行う。
- ・これまでに観測された地下水理・地球化学観測データおよび岩盤歪みデータを用いて、常時および地震時の変化について整理し、上述の検討事項を踏まえて総合的なとりまとめを行う。
- ・平成元年度より取得した各種データについては、データの品質保証に重点をおき、統一的に整理する。

3. 実施場所

(1)地震観測

- ・図-1に示すK-1～7の地震計により観測を継続する。

(2)地下水の水理・地球化学観測

- ・図-2に示すKWP-1～3孔の水圧計、KO-10地点の水量計、pH計、電気伝導度計、自動採水装置により観測を継続する。

(3)岩盤歪み観測

- ・図-2に示す550mNE坑道奥に設置された石英管伸縮計方式（レーザー干渉計センサー・差動トランス併設型）の岩盤歪み計により観測を継続する。

4. スケジュール

項目	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)地震観測 ・継続観測 ・整理、解析、まとめ												
(2)地下水の水理・地球化学観測 ・継続観測 ・ボアホールテレビ・流量検層 ・整理、解析、まとめ												
(3)岩盤歪み観測 ・継続観測 ・整理、解析、まとめ												
(4)総合とりまとめ												

5. マイルストーン

- ・12月～1月：水圧観測孔でのボアホールテレビ、流量検層の実施
- ・1月～3月：総合とりまとめ

6. 実施体制

- ・実施計画作成 ⇒直営（釜石、東濃）／（社）資源・素材学会
- ・観測、解析、まとめ ⇒ 外部委託；（社）資源・素材学会／直営（KD-90周り他）
- ・総合とりまとめ ⇒直営（釜石、東濃）／（社）資源・素材学会

7. 留意事項

- ①地震時の地下水理・地球化学特性の観測は、通常時の水圧、水量、水質の把握が重要となるため、他のTASKの試験実施状況にも留意する。
- ②TASK 1でのKD-90 坑道周りの水圧モニタリング、TASK 2での水圧モニタリング、REDOX 調査での水質モニタリングで得られた値についても、地震時に変化したか調査、検討する。