

瑞浪超深地層研究所 湧水抑制対策検討委員会 (2006年 - 2007年度会議報告)

Report on Activities of "Technical Committee for Reducing Water Inflow into the Deep Shafts at the Mizunami Underground Research Laboratory (2006-FY 2007)"

施設建設課

Geoscience Facility Construction Section

東濃地科学センター

Tono Geoscience Center

March 2009

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構



本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。 本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。 なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(http://www.jaea.go.jp) より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department, Japan Atomic Energy Agency 2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

瑞浪超深地層研究所 湧水抑制対策検討委員会 (2006年-2007年度会議報告)

日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター 施設建設課

(2008年12月18日受理)

瑞浪超深地層研究所の研究坑道掘削工事において、湧水抑制対策の工法や評価方法及び施工 計画に大学や研究機関における専門家による助言を反映していくため、「湧水抑制対策検討委員 会」を 2006 年に設置した。

本資料は、2006年~2007年度に開催した委員会の会議報告を取りまとめたものである。

東濃地科学センター:〒509-6132岐阜県瑞浪市明世町山野内1-64

Report on Activities of "Technical Committee for Reducing Water Inflow into the Deep Shafts at the Mizunami Underground Research Laboratory (2006-FY2007)"

Geoscience Facility Construction Section

Tono Geoscience Center

Japan Atomic Energy Agency

Akiyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

(Received December 18, 2008)

This technical committee was organized for the purpose of obtaining technical comments and recommendations from specialists belonging to universities and research institutes, and for deliberating on specific matters concerning the measures for reducing water inflow into the deep shafts at the Mizunami Underground Research Laboratory.

This report presents an outline compilation of the minutes of meetings held in 2006-FY2007.

Keywords: Reducing Water Inflow, Deep Shafts, URL (Underground Research Laboratory)

目 次

1.	はし	<u> </u>	- 1
2.	湧7	k抑制対策検討委員会の構成	- 2
3.	湧7	k抑制対策検討委員会(プレ委員会)の開催概要	3
3	.1	義事概要	3
3	.2 💈	委員会議事録	3
4.	第	L回湧水抑制対策検討委員会の開催概要	20
4	.1	義事概要	20
4	.2 💈	委員会議事録	20
5.	第2	2回湧水抑制対策検討委員会の開催概要	24
5	.1 謔	養事概要	24
5	.2 💈	委員会議事録	24
5	.3 💈	委員会個別説明議事録	26
6.	第:	3回湧水抑制対策検討委員会の開催概要	42
6	.1 鶄	義事概要	42
6	.2 💈	委員会議事録	42
6	.3 💈	委員会個別説明議事録	44
		4回湧水抑制対策検討委員会の開催概要	
7	.1	義事概要	59
7	.2 💈	委員会議事録	59
7	.3 💈	委員会個別説明議事録	61
		5回湧水抑制対策検討委員会の開催概要	
8	.1 謔	義事概要	69
8	.2 💈	委員会議事録	69
8	.3 💈	委員会個別説明議事録 ·····	71
9.	おオ	つりに	82
付鉤	₹ 1	湧水抑制対策検討委員会(プレ委員会) 会議資料 CD	
付鋦	₹2	第1回湧水抑制対策検討委員会 会議資料CD	
付鋦		第2回湧水抑制対策検討委員会 会議資料CD	
付鋦	k 4	第3回湧水抑制対策検討委員会 会議資料CD	
付鉤	k 5	第4回湧水抑制対策検討委員会 会議資料CD	
付翁	£ 6	第5回湧水抑制対策檢討委員会 会議資料)-R

${\rm JAEA\text{-}Review~2008\text{-}084}$

CONTENTS

1.	Introduction	1
2.	Members of the Technical Committee for Reducing Water Inflow into the Deep Shafts	
	at the Mizunami Underground Research Laboratory	2
3.	Summary of the committee (Pre-committee)	3
	3.1 Agenda ····	3
	3.2 Minutes of the committee	3
4.	Summary of the committee (1st Time)	20
	4.1 Agenda	20
	4.2 Minutes of the committee	20
5.	Summary of the committee (2nd Time) ·····	24
	5.1 Agenda ····	24
	5.2 Minutes of the committee	24
	5.3 Minutes of the individual committee	26
6.	Summary of the committee (3rd Time)	42
	6.1 Agenda ····	42
	6.2 Minutes of the committee····	42
	6.3 Minutes of the individual committee	44
7.	Summary of the committee (4th Time)	59
	7.1 Agenda	59
	7.2 Minutes of the committee····	59
	7.3 Minutes of the individual committee	61
8.	Summary of the committee (5th Time) ·····	69
	8.1 Agenda ·····	
	8.2 Minutes of the committee	69
	8.3 Minutes of the individual committee	71
9.	Conclusion ····	82
A	ppendix 1: Materials for the Technical Committee (Pre-committee)	·· CD-R
	ppendix 2: Materials for the Technical Committee (1st Time)	
	ppendix 3: Materials for the Technical Committee (2nd Time)	
	ppendix 4: Materials for the Technical Committee (3rd Time)	
	ppendix 5: Materials for the Technical Committee (4th Time)	
	ppendix 6: Materials for the Technical Committee (5th Time)	

1. はじめに

独立行政法人日本原子力研究開発機構は、高レベル放射性廃棄物の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深地層の研究施設である瑞浪超深地層研究所の建設を進めている。瑞浪超深地層研究所は花崗岩を主な対象として研究を行っており、2本の立坑(主立坑及び換気立坑)と複数の水平坑道からなる研究坑道の掘削工事を行っている。

2003 年(平成 15 年)に開始した研究坑道掘削工事は、2005 年(平成 17 年)10 月 27 日時点で主立坑の深度 172.6m、換気立坑の深度 191.0m まで進捗していた。当該深度における立坑からの排水量は両立坑を合わせて約 550m³/日であった。研究坑道掘削工事に伴い発生する地下水は排水処理設備により処理した上で水質汚濁防止法に基づく排水基準に適合させ近傍河川へ放流していた。この排水の水質は排水基準を超えてはいないものの、放流先河川の水質のうち 2項目(ふっ素及びほう素)が環境基本法に基づく環境基準を超えていたことが 2005 年(平成17 年)10月に判明した。このため関係自治体と協議を行い、排水を停止した上で既存排水処理設備にふっ素及びほう素の濃度低減のための設備を付加し、環境基準以下の水質に浄化できる設備とし、岐阜県および瑞浪市と瑞浪超深地層研究所に係る環境保全協定書を締結(2005 年(平成17 年)11月14日)した。その後、排水を再開するとともに、研究坑道への湧水量を低減するための湧水抑制対策を講じる検討を進めていくこととした。

湧水抑制対策の有力な手段はグラウトであるが、現状では立坑を対象としたグラウト技術は確立されておらず、当該技術の構築が急務であり、また、長期的視野に立って技術者を養成することも必要である。さらに、研究・建設を着実に進展させて情報発信を行っていくことが求められている。このような状況を踏まえて、瑞浪超深地層研究所研究坑道建設工事における掘削時の湧水抑制対策について、有識者の知見を集約し技術の蓄積を行いつつ、湧水抑制対策の最適化を図ることを目的として、「湧水抑制対策検討委員会」を2006年に設置した。

本資料は、2006年3月に開催した委員会から2008年1月の委員会までの会議資料をまとめるとともに、委員会で委員から頂いたご意見等とその回答、そして次回委員会への対応について示したものである。

2. 湧水抑制対策検討委員会の構成

委員会の構成員を表 2-1 に示す。

表 2-1 湧水抑制対策検討委員会 構成員

				衣 2-1
委員	長	西垣	誠	岡山大学大学院 環境学研究科
委	員	小島	圭二	地圈空間研究所 (東京大学名誉教授)
委	員	徳永	朋祥	東京大学大学院 新領域創成科学研究科
委	員	吉田	英一	名古屋大学 博物館
委	員	渡辺	邦夫	埼玉大学 地圏科学研究センター
委	員	大藪	勝美	独立行政法人水資源機構(現在、財団法人水資源協会所属)
委	員	角江	俊昭	東京電力株式会社
委	員	山口	嘉一	独立行政法人土木研究所
W	G	中村	圭吾	大林・大成・間特定建設工事共同企業体(2007年6月まで)
W	G	松島	博之	大林・大成・間特定建設工事共同企業体(2007年6月以降)
W	G	盛	弘二	清水・鹿島・前田特定建設工事共同企業体(2006年6月まで)
W	G	草野	隆司	清水・鹿島・前田特定建設工事共同企業体(2006年6月以降)
W	G	納多	勝	株式会社大林組東京本社 土木技術本部原子力環境技術部
W	G	金田	勉	株式会社大林組東京本社 土木技術本部トンネル技術部
W	G	下茂	道人	大成建設株式会社 技術センター土木技術研究所
W	G	鈴木	雅行	株式会社間組 土木事業本部 技術部
W	G	延藤	遵	清水建設株式会社土木技術本部技術第二部バックエンドグループ
W	G	穂刈	利之	清水建設株式会社 技術研究所
W	G	戸井日	日 克	鹿島建設株式会社 技術研究所地下水・地盤環境グループ
W	G	伊藤	節男	前田建設工業株式会社 土木本部土木技術部設計技術グループ
W	G	内田	義博	日本基礎技術株式会社 技術本部・技術部
W	G	澁市	秀雄	ライト工業株式会社 営業本部ダム技術営業部
W	G	阿部	義宏	日特建設株式会社 技術本部技術開発グループ
W	G	三橋	清己	ケミカルグラウト株式会社 基礎本部
W	G	龍田	圭亮	株式会社環境総合テクノス土木部 土木エンジニアリンググループ
W	G	白土	博司	東電設計株式会社 土木本部地下環境技術部
W	G	福原	明	電源開発株式会社 エンジニアリング事業部地下開発事業グループ
	_			

3. 湧水抑制対策検討委員会 (プレ委員会) の開催概要

3.1 議事概要

プレ委員会の議事概要を表 3-1 に示す。また委員会資料については、付録にてまとめた。

表 3-1 プレ委員会議事概要

湧水抑制対策検討委員会(プレ委員会) 一議事概要―

1. 日時:平成18年3月30日(木) 13:30~16:30

2. 場所:日本原子力研究開発機構 東京事務所 12F 第2会議室

3. 出席者

(委員) 西垣委員長、大藪委員、角江委員

4. 資料

付録1参照

- 5. 議事
 - (1) 主催者挨拶
 - (2) 委員長挨拶
 - (3) 委員の自己紹介
 - (4) 瑞浪超深地層研究所概要説明
 - (5) 委員会設立趣旨説明
 - (6) グラウト基本計画説明
 - (7) 終わりに

3.2 委員会議事録

プレ委員会の議事録を以下に示す。なお、委員会時の各委員のご意見と当日の回答及び今後 の対応についての詳細については表 3-2 に示す。

(1)主催者挨拶

本日は年度末の忙しい時期にもかかわらずご出席いただきありがとうございます。

JAEA 瑞浪超深地層研究所では地下研の建設を進めているが、湧水対策のためにグラウトの 実施を考えている。しかし、立坑のグラウトについては充分な知見がないのが実情である。そ

こで、この委員会を立ち上げてご指導頂きたいと考えている。全体で2年間を予定しているが、 その間で委員会の意見を現場に反映しながら検討を進めたい。 忌憚のない意見をお願いする。

(2)委員長挨拶

本日はありがとうございます。立坑のグラウトということで非常に難易度が高いが、是非 All Japan の結集で、最高の技術を議論する場としたいと考えている。

(3)委員の自己紹介

(4)瑞浪超深地層研究所概要説明

資料を用いて、瑞浪超深地層研究所概要を紹介。

- Q:排水量が主立坑では少ないのは、換気立坑が先行しているためだと理解しているがどうか。 また、立坑の間 40m は地質的に連続していると考えて良いか。
- A:施工実績では換気立坑の方が常に 20m 程度先行しているので、これが原因のひとつと考えている。もうひとつの理由としては、水圧モニタリングにおいてレスポンスの違いが確認されており、両立坑の間に遮水性の断層がある可能性についても、もうひとつの理由として考えておく必要がある。
- Q:水圧モニタリングは用地内に何本かあるのではないか。
- A: MSB シリーズでは MP システムを挿入してモニタリングを行っている。水理学的な応答などから、両立坑間の断層を挟んで水理挙動が異なると想定されている。
- Q:ふっ素、ほう素の濃度が高い状況は判ったが、グラウトによる湧水抑制を実施したとして も、4,000t/dayの湧水が発生した場合、処理設備は現実的に対処可能であるのか。また、現 在の設備で 230m まで掘削するとのことだが、その先のストーリーは考えているのか。
- A: 当初の排水設備ではその程度を考慮していたので、非現実的な値ではない。ただし、ふっ素、ほう素に加え、深部では塩化物イオンも出てくるため、処理設備としては厳しい状況である。湧水量と水質について不確実性が大きいため、先行ボーリング調査で設計の条件を把握しようとしている。
- A: ふっ素については深度 100~200m が最も高く 15mg/ℓ 程度であり、徐々に減少していく。 ほう素は今後もこの程度が続く。塩化物イオンについては、現状では低いが 700m 以深より 500~1,000mg/ℓ 程度が予想されている。処理方法としては、ふっ素、ほう素は硫酸バンド 添加による沈降処理、塩化物イオンは海水淡水化に使用される逆浸透膜法を想定している。 坑底からの先行ボーリングで湧水量や水質を見極めながら、2 年間で処理設備の検討を当委員会と並行して進めていく予定である。
- **Q**:目標値として 10^{-8} m/sec(10^{-6} cm/sec)は構造物に要求される透水係数の絶対値か、それとも湧水対策に必要な値か。どちらかで対策工法は基本的に異なると思うが。
- A:排水設備の当初設計として 10⁻⁸m/sec を想定している。性能としての数字は持っていない。 将来の処分事業に資する方向性を睨むことが必要であると考えている。
- Q: 絶対値としての 10^{-8} m/sec は非常に大きな問題である。例えば 2 段階程度で抑えるような

方法も考えざるを得ないかもしれない。また、完全止水が必要なのか。

- A: ひとつの対処法のみではリスクが大きい。ウォータータイト構造は水圧を考えると現実的ではなく、また湧水の排出先をより大きな河川に変える場合でも、地権者が同意しなければ実現しない。
- A: 処分事業への反映を考慮したときに、アクセスとしての立坑を設置する環境としての透水 係数としての見方をしていく必要がある。
- Q:解析結果をみると何も対策をしなければ 10,000t/day の湧水が予測されるが、グラウトによる湧水抑制を行った結果は 4,000t/day になると思うが。この解析には、グラウト効果等を考慮しているのか。
- A:この解析は、3次元の地質モデルに不連続面を考慮したモデルによる FEM であるが、抑制効果は考慮しておらず、単純にもとの結果に係数として掛けたものを集計している。

(5)委員会設立趣旨説明

- Q:言葉として「湧水抑制対策」としているにも関わらず、実際には「グラウト」しか検討しない。「湧水抑制対策」という言葉を使っている理由は何か。
- A:環境因子の影響を念頭に置いている。水を完全に止めるのではなく湧水を抑制し地上で排水処理を行う場合の環境配慮を含んだものである。
- Q:委員会の検討範囲が広くなりすぎないか。「湧水抑制対策の最適化」まで拡がると、大変である。「グラウト検討委員会」にしてはどうか。
- C:200mまでだけでもウォータータイト構造で抑えるなどの選択肢があるのではないか。
- C: 湧水抑制対策工を種々検討してグラウトが選択されたという位置づけであれば、グラウト に特化した形にした方が良いのではないか。
- C:「グラウトによる湧水抑制対策」という言葉使いにすれば良いと思う。
- Q:「放射性廃棄物地層処分施設を考慮した」とあるが、どういう意味合いか。
- A:地下へのアクセスとしての立坑と処分坑としての水平坑道では、グラウトの材料等の考え 方に違いがあり、その辺も委員会として整理できればと考えたものである。
- C: むしろ、本来的に「何が必要か」ということを明記した方がよい。目標までを委員会で検討していては議論がまとまらない。水の動きが問題なのか、湧水量を抑えるのか、しっかり決めた方がよい。グラウチングはむしろ抑制であり、浸透水を許容することで圧が抜けると考える。
- Q: 注入材として花崗岩にはスーパーファイン (SF) を想定しているが、本当にこれでなければいけないのか。
- A: コア写真を見ると、断層部と健岩部では大分状況が違う。健岩部では SF でなければ入らないと思うが、断層部ではそのようなことはないと考える。
- C: 注入材については限定しない方が良いのではないか。SF は 1 桁コストが高い。スタートを どうするか決める必要がある。注入量は削孔パターンや注入圧力の掛け算となるので難しい。

- (6)第3章 グラウト基本計画説明
- Q: 10^{-6} m/sec オーダーを 10^{-7} m/sec に、 10^{-7} m/sec オーダーを 10^{-8} m/sec オーダーに改善したい ということか。
- A: グラウト前の岩盤の透水係数に対して1オーダー改善すると考えてほしい。
- $C:10^{-8}$ m/sec がひとり歩きしているようである。湧水量の FEM 解析については、いくつかの条件での結果のひとつであり、これにはライニングによる湧水抑制の効果が考慮されていない。この解析は湧水抑制効果を目的としたものではないことを配慮願いたい。解析上、花崗岩の上部割れ目帯は 2×10^{-7} m/sec、一般部は 10^{-8} m/sec を想定しており、いわゆるルジオン値の世界ではない。湧水は 10^{-8} m/sec 中の 10^{-4} m/sec や 10^{-5} m/sec の高透水部に集中し、グラウトにより改善すべきところはその部分であり、そこを改善することにより全体として改善されると考える。また、堆積岩は 10^{-6} m/sec オーダーで、これは現在の技術でも十分に対処可能であり、均等に改良すればよいものと考える。
- C: 堆積岩は 10⁻⁶m/sec であり、かつ、平均的に湧水が生じているようである。これについては 従来の方法で改善が可能である。対象とする地質により、目標値は異なると思う。
- C: 補足すると、湧水量として考えた場合、「全体として」10⁻⁸m/secを達成すればよく、ルジオンマップのように局所でも超えていればダメという考えでなくても良いのではないかと考える。そのような思想でよいのかについても議論頂ければと考える。
- Q:換気立坑で排水した場合、上の方から湧水は生じているのか。湧水を抑制した場合、地下水位が回復することが想定されるが、その時にどのようなことが起きるのかをあらかじめ想定しておく必要があるのではないか。
- A: ウォーターリングのデータからは、砂岩・泥岩の部分は掘削進捗につれて湧水量は減少し、 礫岩部は多いまま、花崗岩はそもそも少ないと想定している。
- C: グラウトによりある箇所の湧水そのものの量を抑制することで地下水位が回復し、ライニングに悪影響を及ぼすことが懸念される。
- A: その意味で、モニタリングが重要であると認識している。
- C:ドレインで集水するので、ライニングには圧が作用しないと考えられる。
- Q:施工範囲はこの深度で良いのか。
- C: 施工範囲は現時点では分からない。
- Q:注入孔におけるパッカーの位置はどこか。
- A: 二重管ダブルパッカーで施工する計画である。
- Q:湧水量のグラフより、勾配が立っているところを止める必要があるのではないか。
- Q:ふっ素、ほう素の問題も含め、それらの濃度が高い範囲をグラウトするのが有効ではないか。
- A: それが良いとは考えているが、堆積岩中の地下水の詳細な分布の情報がない。また、施工中のデータも充分には得られていない。
- C: 定期的に分析しているのであれば、どの時点から増えたというデータから高くなる深度を 想定することができる。
- C: 堆積岩での効果が不明だから試験的に実施するというのは乱暴である。1/4 周では評価が難

しいのではないか。

- C: グラウトすることにより地山の水みちは動くので、1/4 周の試験施工では評価が難しいと考える。
- A: 工事契約の中での予算配分を考慮すると致し方ない事情がある。
- C:ほう素については化石海水が起源である。
- Q:ボーリング孔は残っているのか。カメラの性能が上がっているので、水みち等が判るのではないか。
- A:ボーリング孔には MP システム等が挿入されている。BTV のデータはある。コアを見ることもできる。
- C: 今回示してもらったほかにどのようなデータがあり、どのように見ればよいのかを示して 欲しい。

(7)終わりに

水圧モニタリングなどかなり詳細なデータがあり、次回示す予定とする。

表 3-2 プレ委員会で各委員から頂いたご意見・ご質問と回答について

ご意見・ご質問

昨日の資料のうち、ポストグラウト試験工事 の位置づけについて確認させて下さい。

昨年来の議論の中で、ポストグラウトの位置づけは、当初は、①ふっ素・ほう素を含む湧水が発生している堆積岩部の湧水抑制対策ということで、約60m区間を全周改良するというものでしたが、その後、費用対効果等の観点から,②ポストグラウトに関する試験工事、という観点に変わってきたと理解しております。その際のグラウト対象区間として礫岩層を選定している理由は、礫岩部においてポストグラウトの改良効果が確認された場合は、他の状況等を勘案して、礫岩部の全面的なグラウト改良を実施する判断材料を用意しておくということだと解釈しておりますが、いかがでしょうか?

といいますのは、ポストグラウトの予行演習 という位置づけですと、花崗岩部で実施する方 が自然であり、今後の委員会の中でもポストグ ラウト試験工事の目的が話題になることが予 想されます。

以上、お考えをお聞かせ頂ければ幸甚です。

ダブルパッカーによる仮止水注入の施工手順 仮止水注入の目的は、本止水注入時の注入材 (または注入圧力)のセグメント側への流入防 止と理解しました。そのため、本止水注入実施 時には、仮止水注入は終了しているものと思い ます。ここで、注入工法は原則的にダブルパッ カー工法で実施すると聞いたと思うのですが、 ダブルパッカー工法の場合、ケーシング削孔 後、シール材充填および外管建て込みを全孔終 了したら、注入作業となると思います。注入手 順も仮止水範囲を全孔注入してから、本止水範 囲の注入(孔底からステップアップ)になると 思います。ダブルパッカー工法で仮止水範囲を 注入した後は外管内を十分に洗浄しておかな

回答

現在湧水が出ている箇所の湧水対策、いわゆるポストグラウトを行うのであれば、現在最も湧水が出ていると想定される箇所を対処する必要がある。種々のデータから、現在は礫岩部で最も湧水が発生していると想定されるので、そこを第 1 のターゲットとした。

また、礫岩部はグラウトとしては極めて難 易度の高い地質であるので、そこで施工性等 についての知見が得られれば、その他の地質 に対して応用が可能である。

花崗岩を対象にするという意見もあるが、 プレグラウトの知見が応用可能であり、現在 は余り湧水が発生していないと想定される。

以上より、今回は礫岩部を対象とすることとした。

これについては、次回説明資料を提示する予定です。

したがって、状況によっては必要箇所を全 面改良する判断材料を得る、という意見で良 いものと思います。

現在の施工方法については、次のように考えています。

- ・削孔・注入管建て込み・スリーブ注入(水 ガラス)(部分を分割し、全孔)
- ・仮止水領域の注入(ダブルパッカー・全 孔)・管内水洗い
- ・本止水領域の注入(仮止水領域にシングル パッカーを掛けた変則的な方法・全孔)

仮止水材は水ガラスですので、その後の注 入については管内水洗いで対応可能、また本 止水領域については、仮止水領域の前方です ので、仮止水領域にシングルパッカーを掛け た変則的なシングルパッカー注入を採用予 定です。これらのやり方は、施工担当業者を いと本止水注入時に内管(マンショットチュー) 交えて詰めている方法です。 ブ) が挿入できないことも考えられます。

以上より、先行して仮止水注入を全孔、ロッ ド注入で実施してから、各孔を追伸して外管を 建て込み、本止水注入範囲をダブルパッカー工 法で注入するという施工手順はどうでしょう か。

立坑への影響評価

ドーナツ型の注入であり、かつ、仮止水注入 が確実に形成されれば、問題ないかもしれませ んが、立坑覆工への注入圧力の影響はどのよう に判断するのでしょうか。注入材のリークなど があれば目視確認できますが、偏圧などの判定 はどうするのでしょうか。試験施工時には計測 などするのでしょうか。

この件についてはいろいろと検討したの ですが、立坑という特殊性から、精密なリア ルタイムでの計測管理は絶望的であるのが 実情です。現在計画している項目は次の通り です。偏圧により覆工が残留変形する場合、 大きな変形は事後に確認はできると思いま すが、微少な変形は難しいと思っています。

- ・計測(光波、コンバージェンス)←注入前 後の変位確認
- ・目視観察(リーク、覆工変状、裏面排水材 閉塞、湧水点変化)

もし、良い提案があれば、教えて下さい。

注入終了基準について

ますが、具体的にはどうするのでしょうか。や はり、ダムグラウチングのようにだめ押しまで 注入するのでしょうか。現在、候補になってい る超微粒子セメントであれば、だめ押しまで注 入することになると思いますが、ゲルタイム (数十分程度)を有するシラクソルの場合、だ め押しまで実施することに意味があるのか疑 問に思います。また、注入工法がダブルパッカ 一工法であれば、注入材の逆流もないため、だ め押しは不必要になると思います。

注入終了基準は、注入量と注入圧となってい

いずれにしろ、この注入終了基準によって、 注入効果の判断方法が変わってくると思いま す。つまり、ダムのグラウチングの流儀でいく のか薬液注入の流儀でいくのか、非常にむずか しい問題になるのではと思います。

基本は、ダムグラウトと同様に、規定圧ま で上昇後にだめ押しを実施することを想定 しております。今回のポストグラウトでの注 入工法は、本止水領域のシラクソル材料では 実質的にシングルパッカーでの岩盤注入で すので、ダムグラウチングをベースに考えて います。

最後の事例については非常に興味深いで すね。差し支えない範囲で、資料を頂けない でしょうか。また、委員会では適宜事例研究 を行うことも予定しています。

現在、トンネルの補助工法(岩盤は泥岩)と して無機系の懸濁型注入材で複相注入(瞬結材 と緩結材の交互注入)を用いて注入している現 場がありますが、その注入効果の判断に悩んで いる例もあります。

(第1章)

地下水の地球化学中の地下水の水質につい て、立坑掘削当初と湧水を常時多量に排水して いく中で、水質がどのように変化するのか、あ るいは殆ど変化しないのかについて観測して いく必要がある。特に、今後湧水量の変化の確 認や湧水経路の確認、また、今後グラウトを行 なう場合の注入材に対する長期劣化に及ぼす 影響、地下水の水質がグラウト材の強度劣化や 溶出にどのように影響するかについては、地下 水の水質とどのように影響するかについて確 認していく必要がある。特に塩素濃度が高い地 下水の場合にはグラウト材の長期劣化や溶出 に対する影響が懸念されるので、地層ごとに地 下水質の長期観測が必要と考えられる。現状は 立坑に1次覆工が施工されているため、ウォー ターリングからの採水による観察でも良いと 思う。

両立坑において、WRと周辺観察孔において定期的な採水と水質分析を実施しており、その過程で水質変化については把握できるものと考えております。ただし、その採水位置等がグラウトに対して適切ではない場合もありますので、採水位置と採水時期については、適宜見直しが必要と考えます。

地下水水質とグラウト材材質の関係に関しては、施工の中で詰めていくことは難しい可能性もありますので、第3段階(地下研)での実施を想定しております。

(第1章)

排水量について、特に先行する換気立坑の湧水量が主立坑に比較して多いが、トンネル掘削においても、本坑と避難坑を並行して施工する場合や、本坑を2本併走して掘削する場合に、先行側のトンネルで大量湧水が発生し、後行トンネルは水が抜けた状態の地山を掘削するため、湧水が比較的少ない。これと同様に、先行する換気立坑の湧水量の多い理由は、最初に帯水している地山に対し立坑を施工することから湧水が大量に出水し、その後主立坑が遅れて施工するため出水量が主立坑は少ないことが考えられる。

換気立坑の湧水量が多い原因については、 次の3種類の可能性を考えております。

- ①換気立坑先行の影響 (コメントの通り)
- ②両立坑間の遮水性断層の存在(回復過程の違いから)
- ③堆積構造中の水みち

今後ポストグラウトを換気立坑で行なった 場合には主立坑側の湧水が増加することも考 えられるため、それぞれの地層で湧水抑制のグ ラウトを実施する場合には、換気立坑のみなら ず、同様の位置における主立坑の湧水抑制グラ ウトも必要と考えられる。また、湧水量の変化 について換気立坑の進行と湧水量の変化を詳 細に観察すると、立坑深度ごとの突発湧水とし ての湧水量の多い地層が確認できる。

ポストグラウトを本格的に実施する場合には、両立坑を同時に実施することが基本と考えておりますが、換気立坑だけ実施する場合には、主立坑でのモニタリングが必須と認識しております。

それぞれの地層掘削ごとのふっ素、ほう素濃度の変化をチェックすると、高濃度のふっ素、ほう素を含有する地下水の地層が特定できるかどうか検討する。それにより、比較的高濃度を有する地下水の地層について、効果的に湧水抑制を実施することで排水処理を効率的に処理可能になる可能性があると考えられる。

地層毎のふっ素、ほう素、他の地下水成分 については、その評価を進めているところで す。

(第1章)

立坑水位の戻りについて、主立坑と換気立坑の坑内水位の回復速度が異なっており、換気立坑が早い状況となっている。ただし、立坑周辺の地山状況の透水性が異なるのか、あるいは、換気立坑側の掘削当初大量湧水が出水しているために水みちが形成され、それにより立坑周辺の透水性が主立坑より大きくなっているために地下水の回復が大きいことも考えられるため、その点についても十分検討しておく必要がある。

水位回復過程の違いについても、上記の3種類の可能性を考えております。200m予備ステージ付近での詳細な地質調査を計画し、遮水性断層の可能性について検討を行う予定です。

(第1章)

排水設備の当初設計について、立坑排水は図に示すように裏面排水材(もやいドレーン)を一定間隔で設置し坑内に排水している。今後湧水抑制のためのグラウトを実施することで、特にセメント系の注入材を地山に注入した場合に、長期的にはセメント分の溶出によりエフロレッセンスが裏面排水材に付着し、また固結することで、排水効果が無くなり、立坑の覆工周辺の排水が十分行なえず、覆工に水圧によるひ

ご指摘の点は、本立坑の存続に関わる事項 と認識しております。参考にさせていただき ます。 び割れの発生も懸念される。よって、湧水抑制 グラウトを実施する場所の裏面排水材の設置 間隔は通常の場所に比較して密に入れること で、将来の詰まりを抑止することも検討するこ とと、場合により、ポストグラウト施工位置で すでに裏面排水材を施工した部分については、 その周辺の湧水の排水量とエフロレッセンス の状況を十分観察し、必要により水抜きのため の孔を覆工表面から地山に向けて適切な排水 ができるピッチで施工する必要がでてくるこ とが考えられる。

(第2章)

委員会の検討課題で、注入材料を超微粒子セ メントとシラクソルの2つにしているが、他の セメント材料として、高炉セメント、普通セメ ントなどの注入材についても対象としてはど うか。ちなみに、青函トンネルの注入において は、海水に対する長期強度劣化や固結後のグラ ウト材の溶出性能を使用予定のいくつかのグ ラウト材で確認し使用している。よって、ふっ 素、ほう素、塩素など濃度の異なる地層への注 入に対しては、それぞれのグラウト材の長期強 度劣化状況の把握、溶出状況の把握をするため にグラウト試験体を作成し、瑞浪ボーリングの 各地点から得られた採水により水中養生によ る強度劣化状況や溶出試験を実施してはどう か。グラウトについては、セメントミルク濃度 変化によるゲルタイムを変えて効果的な注入 を行なうのであれば、それぞれゲルタイムの異 なる材料を作成し、当該地点の地下水を用いた 強度劣化および溶出試験を実施することも検 討する必要がある。強度確認としては、1日、 7日、28日、90日、180日、360日、720日 というように長期的にグラウト材を確認して いくことも有効である。ちなみに、青函トンネ ルでは、高炉コロイドセメント(300%、200%、 150%、100%、80%とステップにより濃度変

本取りまとめ表では各項目の内容を決定 事項のように記載しているが、あくまでも現 時点での仮設定である。このうち、注入材に ついては、コストダウンを狙い、超微粒子セ メントを高炉セメントや普通セメント等に 置き換えることを検討していきたい。

注入材料に対する地下水質の影響については、第3段階での実施を予定しておりますが、場合によっては提案のような試験も必要と考えられ、選択肢の一つとさせていただきます。

化をさせ注入実施)と特1号水ガラス75%(2 号水ガラス、3号水ガラス等との比較により決 定)を用いて耐塩水に強いグラウト材を検討の 上採用している。このデータを参考にすること も有効である。

(第2章)

委員会の検討課題において、施工の終了基準 で、注入量、注入圧での終了基準としているが、 グラウト孔穿孔時の湧水量により一定量の湧 水以下(たとえば 1L/min/m など、所定の透水 | は、参考にさせていただきます。 係数に改善できる湧水量を試験により検討し ていく) であれば、注入を実施して終了とし、 一定量以上の場合は再注入の基準も検討する。 また中止基準では、グラウト孔穿孔時に箇所湧 水がたとえば 30L/min 出水した場合には、所 定の設計穿孔長に行かなくても穿孔を中止し 注入を行なうことで、出水に関係する大きな水 みちを適切に止水していけるものと考えられ る。設計長まで行かないグラウト孔はグラウト 後、再削孔を行い設計長まで繰り返し穿孔・注 入を繰り返す。

追加施工については、湧水箇所が多く、数回 の注入でも所定の抑止が出来ない場合には孔 間隔を縮めて注入する。

注入圧については、通常のトンネルでは国鉄 時代の注入指針が青函トンネルを参考に地盤 注入として作成されており、特に高圧注入が必 要な地盤について、最大注入圧は湧水圧の3 倍にしないと有効な止水が出来ないとの実績 がでている。よって、注入圧についての設定に ついて、十分検討しておく必要がある。また、 このような高圧注入を行なう際には口元パッ カーを確実に施工し、地山に固定する必要があ る。青函トンネルでは、まず ∮ 120mm のビッ トで 12.5m 穿孔しその中に 90mm で L=10m のガス管を入れ注入材で固定後再度その中を 所定深度まで∮60mm のスタビライザー付き

注入の中止基準、追加基準については、原 案を持っており、現在再検討中です。改めて 示す予定です。

削孔中の大量湧水に対する対応について

追加基準については、中央内挿法による追 加注入と、シフト見直しによるリング追加の 2種類の案を検討中です。

注入圧については、湧水圧との関係で設定 する予定である。「湧水圧 $+\alpha$ 」として設定 したいと考えております。

当立坑では、最終的には深度 1000m に到 達するので、静水圧 10MPa を対象とする必 要がある。指摘事項を参考に、技術開発が必 要となるものと考えている。

の穿孔を1ステージ25m、2ステージ50m、3ステージ75~80m 穿孔し各々各孔に12m³ずつ上述したセメント濃度切替えによるゲルタイムの異なる注入材を注入し施工している。ちなみに、ゲルタイムは注入材の混合後4分~40秒までの材料を使用した。また、高圧注入の場合は注入後注入孔に高圧の水圧が掛かるため、最後はセメントミルク80%と水ガラスの高濃度の注入材を入れ、口元を確実に固定し、さらにパッカーを1日程度しめて固結を確認してから外すようにしている。

(第3章)

通常施工による注入方法についてですが、地下水圧が低い場所であればこの程度の穿孔長と注入範囲でよいが、高圧水が出水する場合には穿孔後多量の湧水が噴出す状況となることが考えられる。よって、通常施工における注入方法においても、口元に必要なパッカーを設置後、所定の深度の穿孔を行い止水注入を行なわないと確実な注入ができない可能性がある。この点については、施工をすすめながら確認していく必要がある。

左記のような高圧が作用する状況では、大 規模湧水として対処する必要があるものと 考える。ただし、大深度では指摘事項を想定 しておく必要があるものと考える。

(第3章)

パターン 1 の大規模湧水に対するグラウト計画であるが、通常都市部や軟弱な地山で実施する注入パターンであればこのようになるが、亀裂性の岩盤における大規模注入に対しては、例えば、改良深さが30mとすると、15mと30mに穿孔の先端を有するように2~3ステージの注入とし、穿孔による湧水量のチェックを行ないながらグラウトを行うことで穿孔数の削減と効果的な注入が可能となる。また、深度が深くなり被圧水が高いと上記同様地下水が噴出してくるので、事前に口元パッカーを確実に施工後注入の穿孔をすすめていく方法が必要となる。通常のダムのグラウトであれば、殆ど地表面から施工するため、口元パッカーはそれほ

本計画図では、「注入次数」「注入順序」「具体的な施工方法」等が検討不足の点はご指摘の通りです。通常施工のパターンを含めて、再検討の予定です。

ど気を使わずとも良いが、立坑内の高圧グラウトについてはロ元パッカーの成否が後の効果的なグラウトの成否につながること、また、被圧水が高圧で噴出してくるため、それらの対応も必要である。ちなみに、他現場で実施した高圧注入時にも被圧水(240~270mの水圧で)が15m程度消火栓の口をあけた状態のように噴出してきている。よって、施工パターンはこのように穿孔数を多くするよりは穿孔数を少なくし、高圧注入を確実に行なわないと効果的な施工は困難と考えられる。

パターン 2 の注入についてはこのように明確な亀裂であれば計画のようなグラウトで良いが、大きな亀裂周辺に小さな亀裂が分布することも多々あることから、これも上記同様に外周全体に穿孔し、出水量に応じた注入を実施していく必要がある。

本計画図は、典型的な単一亀裂に対しての 模式図に近いことはご指摘の通りです。どの ような亀裂モデルを想定するかによります が、現実的にはパターン1が必要になること が殆どであると認識しております。

(第3章)

プレグラウト注入計画であるが、先行長が短くその効果も確認することが難しいと考えられる。よって、穿孔は少なくとも20または30mとし、注入区間を立坑底面より10mから先を対象とする。(10mはパッカー設置のバルクヘッドとする)立坑周辺に3列程度注入し、その中心部に事前事後で透水試験を行い効果の確認を行うことでないと、今後の注入に対応できないのではないかと考えられる。

換気立坑と本坑の湧水量の違いについて、

- ・換気立坑が先行している事
- ・遮水性断層などの存在

が指摘されて居ますが、先日も申しましたように、湧水量の多い土岐夾炭層などの「大きく見て不均質な不整合堆積物」では、堆積時に形成されるチャンネリングなどの場所的不均質性の影響が大きいと考えられます。これを、割れ目系岩盤と考えてしまう事は本質を見失います。そのため、3番目の可能性として

プレ委員会でもご説明したように、本試験施工は工期・工費の制約の中で、できる範囲で実施する内容である。本計画は、「通常施工(シャフトジャンボでの削孔・注入)」での施工性の確認が大きな目的の一つであり、現時点では湧水量も少ないので、このような計画を行った。

ご指摘の内容は、大規模湧水に対する対策 工と考えられるが、上記のように再検討の予 定です。

先生のご意見は間違いなく承っておりました。会議の場でご紹介できなかったことを 反省しています。堆積岩における不均質な場 や水みちを意識したデータの解釈に注意を 払い、解決していきたいと思います。 ・堆積時に形成されるチャンネリングなどの 場所的不均質性の影響 を挙げて置かれる事を推薦します。

1. 深度と湧水量の関係

掘削深度と湧水量の関係をみると、資料に示された掘削深度-湧水量の関係図(換気立坑) に示されているように

- ①換気立坑では 8 箇所の変化点が認められるが、そのうち・ 113m ・118m ・123m ・ 139m ・155m ・173m ・185m の 7 点に意味があるように思われます。
- ②113~123m: 湧水量が 20m³→100m³/日に 増加する範囲
- ●増加する理由は?
- ・泥質岩主体の地層から砂質岩主体の地層に変化したためか?
- ・118~123m は砂質岩主体であるのになぜ湧水量は増加しないのか?
 - →113~118m と 118~123m の地質性状の 違いの整理
- ③123~155m: 湧水量が 100m³→380m³/日 に増加する範囲
- ●123m で急増(100m³→200m³/日)した理由 は?
- ・砂岩主体の地層に変化したことによるものか?
- ●123~155m の湧水量増加 (200m³→380m³ /日) がほぼ一様に増加する (5.6ℓ/m) 理 由は?また、この範囲のうち 138m で (250m³→280m³/日) に急増する理由は?
- ・この間 (123m~155m) の地質は、砂質岩主体の地層 (135m 付近)、大~巨礫岩主体の地層 (135~155m) と地盤の透水性には大きな相違があるものと想定されるが、なぜ湧水量増加率はほぼ一様なのか?
- ・138m 付近(135~139m)は大~巨礫岩主体 の地層の上面付近であるが、大~巨礫岩主体

- の地層の中でも地質性状の相違はあるのか?
- ●湧水量の記号からは大〜巨礫岩主体の地層 の約 143m 付近より下部から比較的量の多 い湧水が分布しているように描かれている。
- ・140m 付近に分布する 2 層の砂岩層の性状は?
- ・湧水箇所、量の多い 143m 付近は湧水変化量 の着目点とはなっていないが、湧水変化点の 着目点として考慮しなくても良いのか?
- ・123~135m 付近に分布する砂質岩主体層の 地質性状
- ・135~155m に分布する大~巨礫岩主体の地 層性状(特に 2 層の砂質岩層上下の地質性 状)
- ・140m 付近に分布する 2 層の砂岩層の地質性 状
- ④155~168m:湧水量がほぼ一定 (380m³/ 日) の範囲
- ●大~巨礫岩で 163m 付近からは湧水がほとんどなく、上部とは異なった状況を呈しているが、その理由は?
- ・155~168m に分布する大~巨礫岩主体の地 層性状(155mより浅い箇所に分布する大~ 巨礫岩主体との地層性状に相違はあるのか)
- ⑤168~185m: 土岐花崗岩の上面(不整合面) を挟む区間で、173m(花崗岩)までの湧水 量はほぼ一定であるが、173mで湧水量が増 加する(390m³/日)の範囲
- ●なぜ 180m 程度まで湧水はないのか? 180m 以深から湧水は始まるのか?
- ●不整合面である花崗岩上部の地質性状は?
- ●湧水が出現する 180m 以深の花崗岩の地質 性状は?
- ・花崗岩の地質性状は?不整合の影響範囲、性状花崗岩の一般部(不整合の影響ゾーン以深)の地質性状

 ポストグラウチングの施工範囲について (第3章)

ポストグラウチングの対象領域は湧水の増加する 120m 以深とし、対象地質は「「主にマトリックスの緩い巨礫を含む礫岩層(礫径最大2m程度、マトリックス強度 0.6MPa)」・・・・・深度 135m~170m に分布する大~巨礫岩を主な対象とするのか?」としていますが、湧水量が一定の割合で増加する 118m~135m に分布する砂質岩主体層についてはどのように考えておられているのでしょうか?

3. グラウチング工法・注入材料について 上記のように湧水の状況が深度(地質)によ り異なっていることから、この原因は地質状況 (浸透経路:水みちの性状)が異なっているこ とに起因するものと想定されます。

グラウチング工法・仕様を決める際には以下 のような検討が必要かと思われます(既に行わ れているかもしれませんが?)

- ① 現状の掘削深度までの主要な漏水箇所や漏水量の増加点(変曲点)についての「浸透経路(水みち)」の定量的なモデル化(浸透経路(水みち)を念頭に置いた地質のモデル化)
- a. 土岐夾炭累層(中礫混じり砂岩、砂岩泥岩 互層)、土岐夾炭累層(大~巨礫)
- ・粒子間隙が水みちの主体なのか
- ・粒子間隙のほかに礫間や礫周りに堆積時に形成された隙間(ネットワーク状)があるのか? ある場合はその規模・性状、連続性は?
- →土岐夾炭累層の空隙もしくは割れ目などの 水みち構造の定量的なモデル化

地質のモデル化に基づく注入形態の検討(空隙に対する浸透注入・割裂浸透注入を指向するのか。割れ目に対する注入を指向するのか)

b. 土岐花崗岩については、一般的な不整合構造をもっているものと想定されるが、それぞ

れの定量的なモデル化 (浸透経路 (水みち) を念頭に置いた地質のモデル化)

- ・風化部 (マサ化部、残置礫部)
- ・風化した割れ目発達部(割れ目の性状(方向・ 密度・開口幅・割れ目充填物など)
- ・新鮮部(割れ目の性状(方向・密度・開口幅・ 割れ目充填物など))
- →土岐花崗岩の空隙もしくは割れ目などの水 みち構造の定量的なモデル化

地質のモデル化に基づく注入形態の検討(大きな割れ目、微細な割れ目、マサ土などを念頭に置いた注入形態の検討)

- ② 地質のモデル化、モデル化に基づいた注入 形態の検討に基づく注入工法・仕様の設定
- ・注入範囲 ・注入工法 ・注入材料・注入圧 カ など

以上をまとめると、割れ目や空隙構造などの地層性状、地質構造、透水性や地化学データ、その他の計測データによる「浸透経路(水みち)を念頭に置いた地質のモデル化」、「モデルに基づいた最適な注入形態」の検討を行った結果、最適なグラウチングの注入範囲・注入工法・注入材料・注入仕様などを設定する必要があるものと考えられます。

4. その他:詳細は省略させて頂いております

4. 第1回湧水抑制対策検討委員会の開催概要

4.1 議事概要

第1回委員会の議事概要を表4-1に示す。また委員会資料については、付録にてまとめた。

表 4-1 第 1 回委員会議事概要

第1回湧水抑制対策検討委員会 一議事概要—

1. 日時: 平成 18 年 5 月 11 日 (木) 10:00 ~ 16:00

2. 場所:日本原子力研究開発機構 瑞浪超深地層研究所 セミナールーム

3. 出席者

(委員) 西垣委員長、小島委員、吉田委員、大藪委員、山口委員、角江委員

4. 資料

付録2参照

- 5. 議事
 - (1) 主催者挨拶
 - (2) 委員長挨拶
 - (3) 顧問挨拶
 - (4) 委員の自己紹介
 - (5) 第1章 モニタリングデータ
 - (6) 第2章 プレグラウト
 - (7) 閉会の挨拶

4.2 委員会議事録

第1回委員会の議事録を以下に示す。

(1)主催者挨拶

瑞浪超深地層研究所では研究坑道を掘削し、地層処分の基盤研究を実施しているが、昨年来、立坑工事において予想よりも湧水が多く、その対応が課題になっている。本委員会の主旨として、①湧水に伴うコストを抑え、リーズナブルな対策を実施していく、②今後の地層処分事業をすすめるうえでの基盤となる知見を得る、の2つを考えている。地層処分だけでなく、他の

分野でも役立つような成果をまとめていきたい。よろしくご指導お願いする。

(2)委員長挨拶

本日はありがとうございます。All Japan の体制で、各分野のエキスパートに集まっていただいた。忌憚のない意見を出していただき、次へのステップとしたい。

(3)委員挨拶

地層処分研究もやっとこの段階にきた。地層処分の初期の段階で必ず必要となる技術と理解している。皆様のご協力をお願いする。

(4)委員自己紹介

(5)第1章 モニタリングデータ概要説明

資料を用いて、研究所用地周辺の水理観測データ、地下水の地球化学データ、今後の調査計画の概要を紹介。

調査について、こういうデータが必要であるとか、こういうデータでこういう評価ができる 等の意見があれば出していただきたい。

- Q:2 つの立坑間に遮水構造が考えられるということだが、付近の地層の分布状態はどのようになっているのか。
- A: 添付資料 3 の地質関連図を説明。GL-120~-130m の土岐夾炭累層の上あたりで水圧が変化している。
- Q:電気検層を実施すれば、遮水層、透水層のつながり方がわかるのではないか。
- A:浅層調査である MSB シリーズで電気検層を行っているので、検討可能である。
- Q:主立坑と換気立坑の水位挙動の差異について、原因は断層の存在とチャンネルなどの透水性の違う構造の存在と、可能性はどちらもあると考えるのか。
- A: 両方の可能性が考えられる。
- C: 換気立坑では堆積岩部における最初の湧水により目詰まりが除去されているなどの影響も 考えられるのではないか。最初は単純に考えてみることが必要である。
- C: ppt6 のカーブは、通常はきれいな対数グラフになることが多いのに対し、今回のよう に 主立坑は凸型、換気立坑は凹型になっていることの解釈が困難である。何か水理的な問題が 関係しているのかもしれない。

(6)第2章

資料を用いて、プレグラウトの詳細フロー、試験工事概要、効果の解析結果を説明。

当面、側面の注入試験について議論していただき、それを踏まえて、底面の注入について検 討していきたい。

Q:プレグラウトは花崗岩を対象としているのか。上部の堆積岩部はグラウトしないのか。

A: 花崗岩部に対する試験施工と考えている。堆積岩部については工期・工費等から積極的に

は対処しないが、今後必要であれば実施していく。

- Q: プレグラウトした部分を掘削すると、改良厚さが 2m ということもあり、掘削による影響 (EDZ) で止水効果が損なわれるのではないか。経験的には発破による影響範囲は 3m 程度 ではないかと思う。
- A:発破によって新たに亀裂が生じる範囲は、既往の研究や経験によれば 1m 程度と認識しているが、今回のグラウトへの影響についてまでは詰めきれていない。損傷を少なくする方法として SB(スムースブラスティング)の適用も考えている。
- Q:効果の確認はどのようにしていくのか。
- A:予測湧水量との比較、水平ボーリングなどのアイデアはあるが未計画。試験施工について は調査ボーリングを実施する予定である。
- C:SB の適用を考えているということであるが、20 年後は機械掘削が行われているかもしれない。また、プレグラウトの場合は掘削後の状況を把握していくことが重要である。研究としては発破損傷域の検証をやっておくのが重要である。
- C: グラウトの目的として、大量湧水を抑えるということであれば、コスト的に考えても、注 入材は安価なフライアッシュやポルトランドセメントでよいが、今回はふっ素やほう素に対 して湧水量を抑えるという目的から材料や注入基準が決まってくるのではないかと考える。
- **Q**: 改良の目標値(透水係数) は 10^{-8} m/s でなくてはいけないのか。地上の排水設備との関係はどうなのか。
- A:予測によればグラウトなしの場合、10,000t/日の湧水となり、それに含まれるふっ素、ほう素、塩素を除去するプラントが必要となる。また、湧水を許容した場合の周辺環境への影響が懸念されることから、湧水を抑制する必要があると考えている。現状の処理プラントを生かす形で進めていきたい。将来的に1,000m掘削するための方策を探る中で、10⁻⁸m/sが達成可能なのか、達成できないのなら地上設備で対応可能なのかを検討していきたい。10⁻⁸m/sに固執するわけではない。
- Q:現状の岩で、グラウトせずに掘削することは可能なのか。もし可能ならば、掘削した後に 水平にグラウトした方が効果的ではないか。湧水をさらに少なくすることと、掘削を可能に するために湧水を抑えることとは別の問題ではないか。グラウトの目的を明示すべきである。
- A: 現状ではグラウトなしでも掘削作業としては可能であるが、将来的には施工性からも、また、排水処理能力からも掘削ができない状態が予想される。
- Q: 改良目標を k=10⁻⁸m/s とすると、結果的に 4 次注入まで必要になるだろうから、次数を設定することは意味がないということになってしまう可能性が高い。片押しのみにして時間を短縮する方がよいかもしれない。
- A:目標値は「全体」として確保することでよいと考えている。
- Q:注入計画の中で、ゲルタイムを30分としている理由は何か。
- A:設備配置上、バッチで地上で練って坑内に搬入・仮置し、ポンプで圧送する計画であり、 ゲルタイムを短くすると途中で詰まる恐れがあるため、当面 30 分としている。
- Q:0.1Lu をどこまで求めるのか。ゲルタイムを決めていくのか。超微粒子セメントのみでもよいのではないか。グラウト材の届く範囲の岩盤の割れ目間隔を把握することはできるのか。

- A:割れ目の間隔をつかむことは難しい。改良の目標値が高いので、通常のグラウトの考え方 を適用するのは難しいだろう。全体的な捉え方が必要だろう。
- Q:透水性が高いところで集中的にグラウトを実施すべきであり、1~3Lu 程度であればグラウトする必要はないのではないか。
- A:立坑掘削を行う中で大掛かりな設備を新たに構築せず、通常の設備(シャフトジャンボ)を 用いて湧水を少なくする方法として本計画を考えた。ポストグラウトの方が有効かもしれな いが、通常の掘削工程をできるだけ変えない方法として計画したものである。
- Q:施工方法は、削孔角度 15度、削孔長 8m が条件か。
- A: 削孔長に限界があり、掘削の 3 スパン先までの範囲を対象として、そのように計画している。
- C: どういう条件のサイトで、どういう注入方法でグラウトを実施したときに、どういう効果があり、どういう影響があったかを知ることが、研究サイトとして有用である。
- Q:グラウトを注入する際の条件として、地化学的な影響を広げないようにする旨が説明されていたが、ここはテストサイトなのだから、影響範囲を確認することが手法を確立する観点で有効ではないか。マイクロクラックへの注入の状況等の把握など、目的に応じて影響範囲の確認を行うことも検討してはどうか。
- A: 水平坑道での水平ボーリングやモニタリングによって影響を確認していく予定である。
- **C**: グラウトの効果の確認等は、横坑などできちんと行うこととして、今回は考慮しない方が望ましい。

(7)閉会の挨拶

ポストグラウトについては、戻って実施する選択肢も捨ててはいない。立坑の場合、掘削につれて上部区間の湧水は減少するのに対し、下部の湧水を抑制すると上部の湧水が残る可能性があり、悩ましい問題である。今回示したのは計画の最初の段階であり、トライアンドエラーを繰り返し、ご意見をいただきながら成果を出していきたい。今後ともご指導をよろしくお願いしたい。

5. 第2回湧水抑制対策検討委員会の開催概要

5.1 議事概要

第2回委員会の議事概要を表5-1に示す。また委員会資料については、付録にてまとめた。

表 5-1 第 2 回委員会議事概要

第2回湧水抑制対策検討委員会 一議事概要一

- 1. 日時:平成18年11月6日(月) 16:00 ~ 18:00
- 2. 場所:日本原子力研究開発機構 東京事務所 12F 第 2 会議室
- 3. 出席者

(委員) 西垣委員長、小島委員、吉田委員

4.資料

付録3参照

- 5. 議事
 - (1) 開会挨拶
 - (2) 会議趣旨説明
 - (3) パイロットボーリング調査結果の報告・議論
 - (4) 試験グラウトの結果報告、今後のグラウト計画・議論
 - (5) 閉会挨拶

5.2 委員会議事録

第2回委員会の議事録を以下に示す。なお、委員会時の各委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、後の委員個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表5-2に示す。

(1)パイロットボーリング調査結果の報告・議論

- ・水質分布(塩素濃度)については、混合と考えるとトレンドが合わないように見える。他孔 のデータを含め、総合的な評価が必要である。
- ・地層科学研究課題の一つとしてカタクラスチック (断層運動による破砕組織の) 構造やマイロナイト (圧砕岩) など断層としての評価を行い、断層岩と脆弱部の成因との関係を整理することが必要である。両立坑間の地質構造を明らかにし、止水対策に反映させることによって、地層処分等の基盤情報として非常に有用になる。
- ・主立坑の水頭分布の違いは、粘土が影響していると考える。掘削前から被圧されていたものか、掘削によるものかがわかれば、グラウト計画の参考になる。大きく見ると、月吉断層等に区切られたブロック毎に水頭分布が異なるように、局所的にも遮水性の断層で仕切られたブロック毎に水頭が違ってくるだろう。したがって、それに応じてグラウト等の対策も異なってくるものと思われる。MSB-3 号孔等の水圧分布傾向や水圧応答を参考にすべきと考える。
- ・主立坑では脆弱な部分が連続し、透水性も低いことから、コアからの抽出水を分析すると、 興味深いデータが得られるのではないか。
- ・水頭分布については、いつの時点で何をどのように測定した結果なのか条件を整理しておく 必要がある。粘土では水圧の回復が遅いので実際の水圧を低く評価する可能性があり、止水 対策 (グラウト) の検討にとっては重要である。ただし、主立坑ではむしろ力学的な補強が 必要と考える。
- ・主立坑深度 300m付近には CH 級岩盤が認められるが、断層粘土の両脇が水みちとなることも多い。大きい水みちでは湧水を可能な限り止めることとし、小さいところは後から止めるような考え方でも良いのではないか。グラウトの対象となる立坑周りの岩盤や湧水の状況をまず把握して、全体の把握はその後でも良いと思う。水圧分布については、計測の時期が重要である。主立坑では、掘削した後の水圧が回復せずに維持されていることが考えられる。
- ・グラウトで止めるところと構造物(ウォータータイト)で止めるところを使い分けていかないと、グラウトだけでは強度的な問題などがあるかもしれない。覆工背面に裏面排水材を設置して水圧を排除する今の設計で、深度の大きな立坑で本当に覆工に水圧がかからないのか。トランジションゾーン(注入による改良範囲)をどの程度作れるのかが重要である。

(2)試験グラウトの結果報告、今後のグラウト計画・議論

試験グラウト結果、及び今後のグラウチング計画について説明した後、委員より質疑・意見 を頂いた。内容については以下のとおり。

- ・このような岩盤状況であれば、パイロットボーリング・セメンチングでの実績からもわかる ように、グラウトは良く効くのではないか。換気立坑にて実施したポストグラウト試験施工 での注入材は溶液系・カルシウムシリカであり、普通のセメントでは入らないところまで浸 透する材料である。ただし、コストが高く、深部では強度的に問題があるかもしれない。
- ・探り削孔については、工期・工費的に負担が大きいものと考える。湧水が発生したら対処することも考えられる。
- ・今回のグラウトは新しい知見を得るための研究テーマとして取り組むべきである。岩盤に強度を持たせることについても視野に入れて欲しい。

・花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。

5.3 委員会個別説明議事録

第2回委員会へ出席がかなわなかった各委員については、それぞれ個別説明を行い、ご意見 を頂いた。資料は第2回委員会と同じものを使用している。

各個別説明の議事録を下記に示す。なお、個別説明時の委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、委員会や他の個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表 5-2 に示す。

5.3.1 個別説明(1)

日 時:平成18年11月10日(金) 13:00~15:00

場 所:日本原子力研究開発機構 瑞浪地科学研究館 セミナールーム

出席者:渡辺委員

(1)パイロットボーリング調査結果の報告・議論

パイロットボーリング調査結果、地質環境予測について説明した後、質疑を行った。主な意 見・コメントは以下の通り。

- ・孔壁が自立しない場合、透水試験の評価が難しくなると考えられるが、透水試験の信頼性はどの程度か。
- →泥水掘削を行うことにより孔壁を自立させているため、泥壁の影響を考慮する必要がある。 泥壁をスキン効果と捉えて補正している。
- ・換気立坑において、区間 100mの平均透水係数が 1×10^{-6} m/sec オーダーというのは大きすぎるように思う。
- ・ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。

(2)試験グラウトの結果報告、今後のグラウト計画・議論

試験グラウト結果、及び今後のグラウチング計画について説明した後、質疑を行った。主な 意見・コメントは以下のとおり。

- ・グラウト試験の結果について、各結果間の整合性を考慮した方がよい。処分技術の基礎研究 という観点から、20Luを許してもよいのか検討する必要がある。
- ・ 換気立坑の結果で、これほどの湧水が継続的に生じるのであれば、立坑掘削に影響すること も考えられる。

5.3.2 個別説明(2)

日 時:平成18年11月13日(月) 13:30~15:30

場 所:日本原子力研究開発機構 東京事務所 12F第5会議室

出席者:角江委員

(1)パイロットボーリング調査結果の報告・議論

パイロットボーリング調査結果、地質環境予測について説明した後、委員より質疑・意見を 頂いた。内容については以下の通り。

- ・全水頭の分布は複雑であるが、これに基づく立坑周辺の水理地質構造の解釈が必要である。
- ・想定される初期水圧(水頭)と比較して、両立坑でのボーリング沿いの浅部の全水頭が低い のは、立坑底面が水理的な境界となっているためではないか。
- ・湧水量の予測方法は、非常に重要な意味を持つ。区間湧水量ではなく、立坑を 500m掘削した時点での総湧水量としての評価ができないか。

(2)試験グラウトの結果報告、今後のグラウト計画・議論

試験グラウト結果、及び今後のグラウチング計画について説明した後、委員より質疑・意見を頂いた。内容については以下のとおり。

- ・このような岩盤状況であれば、換気立坑パイロットボーリングでのグラウチングの結果も踏まえ、プレグラウトは効果を発揮することが期待される。
- ・主立坑では脆弱な岩盤が広く分布していることから、支保の問題について十分に検討してお く必要がある。

5.3.3 個別説明(3)

日 時: 平成 18年 11月 15日 (水) 15:00~17:45

場 所:資源・素材学会 会議室

出席者:徳永委員

(1)パイロットボーリング調査結果の報告・議論

- ・ボーリング孔間隔 40mで 50m程度の差圧が発生していると考えられるため、立坑間の断層 を通して水圧が伝播することが考えられる。この場合、透水係数が低くてもそれなりの流量 の水が流れる可能性があり、湧水に注意する必要がある。
- ・主立坑の断層に囲まれた良好な部分では湧水がある可能性があるが、それが継続的に出続けるか否かでこの先の考え方が違ってくる。是非、十分な解釈をして欲しい。
- ・立坑間が遮水性の構造で隔てられているのであれば水質にも違いが出てくる可能性があるので、それをインジケータとして水理地質構造を想定することができるかもしれない。
- ・予備ステージの掘削方法や調査方法については、水理地質構造に応じて変える予定か。水頭

差の大きな断層周辺を掘削することになるので、意味のあるデータが取れそうであれば、是 非各種計測について検討していただきたい。また、場合によっては逆方向から掘削する方が 有利な場合もあるため、検討されたい。

・湧水量予測の方法は、いわゆる井戸の式を適用しているが、この方法は側方からの平行流の水の流入のみを前提としたいわゆる 2 次元流れに基づくものであり、亀裂性岩盤で想定される上下方向からの流入(いわゆる 3 次元流れ)が考慮されていない。代表的な高透水性区間(例えば換気立坑の 210m付近)を対象に 3 次元流れに基づく解析を実施して結果の比較をしてはどうか。これにより、現状の予測結果が過大か否かの見極めができる。

(2)試験グラウトの結果報告、今後のグラウト計画・議論

試験グラウト結果、及び今後のグラウチング計画について説明した後、委員より質疑・意見 を頂いた。内容については以下のとおり。

- ・ポストグラウトでは、注入材料に問題はないのか。将来の処分場で実際にポストグラウトが 必要になった場合、そこに反映することができる基盤情報を提供することはできるのか。特 に長期の材料安定性について考えることが重要。
- ・プレグラウトの目標は、石油や LPG の地下備蓄の場合には不飽和を避けることであるが、本件の場合には湧水量を低減させることが目標と考える。目標が変われば基準も違うので、目標設定をクリアにしておくべきである。

5.3.4 個別説明(4)

日 時: 平成 18年11月28日(火) 14:00~17:00

場 所:日本原子力研究開発機構 東京事務所 12F 第 4 会議室

出席者:山口委員

(1)パイロットボーリング調査結果の報告・議論

- ・主立坑のパイロットボーリングを掘削した位置と断層(脆弱部を伴う)を通過したときにどのような状態となるのかなどを想定して、適切な対応の準備をしておく必要がある。
- ・地質想定については、不確定要素が含まれていることを認識しておく必要がある。両立坑間 の断層は、モニタリングの結果から完全な遮水構造ではない可能性があると考える。
- ・ダムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実際の浸透を説明することが難しい場合が多い。ここでは2本のボーリングを主体とした地質構造解析であるため、詳細なモデル化を行うには必ずしも十分な情報がない可能性がある。
- ・現在のデータから推察すると、主立坑では相対的に透水係数が低く、大量の湧水は想定しに くい。

(2)試験グラウトの結果報告、今後のグラウト計画・議論

試験グラウト結果、及び今後のグラウチング計画について説明した後、委員より質疑・意見 を頂いた。内容については以下のとおり。

- ・ポストグラウト試験施工において、ボーリングコアが実際の岩盤全体の状況を代表している か否かの判断はできないが、この程度の岩盤状況であれば、3~4Lu 程度まで改良できたと 言うのは、ほぼ妥当な結果と思える。
- ・次数毎の注入量評価を行うと、注入状況の判断等についてより深い評価が可能と考える。
- ・追加注入において、1:8 での注入状況をもう少し詳しく評価してみると、低濃度でのグラウトの効果が評価できる可能性があると考える。
- ・配合切替案を20Luで分けているが、低いLu値の範囲でも分けた方がよい。
- ・湧水量が多い区間では配合 1:8 はあまり効果がないので、1:6 位から始めても良い。濃い配合に関して、1:2 と 1:1 の粘性の変化が大きいので、途中に 1:1.5 を挟むなどして、きめ細かな切替をした方がよい。
- ・規定の注入量に達したら機械的に注入を止めるのではなく、規定圧に到達する兆候がある場合には注入を継続し、一連の注入作業を完結した方が、結果的に効果があり、追加注入・追加孔が不要になるなどメリットが多いと考える。
- ・注入管理目標については、一律の Lu 値で管理する場合もあるが、ここでは湧水量を低減する目標に合致した実用的な改良目標の設定が必要であると考える。そのためには、施工の中でデータを取りながら、最適な方法を見つけていくという方法をとることが良い。なお、管理目標値については、岩盤状況から明らかに達成できる見込みがない値に固執することは技術的・実務的に合理的ではない。排水処理設備を増強するか、あるいは極端なコスト増になるリスクを背負ってでもグラウトで抑制するかについて議論が必要と考える。

5.3.5 個別説明(5)

日 時: 平成 18 年 12 月 1 日 (金) 9:00~12:15

場 所:独立行政法人水資源機構 8F会議室

出席者:大藪委員

(1)パイロットボーリング調査結果の報告・議論

- ・変質が進み中程度に粘土化している部分では、深部で水圧が大きい状態ではグラウトがなかなか入らず、また固まった後でも力学的に不安定性となり、立坑掘削に影響するのではないか。換気立坑のように岩盤が良い部分では、グラウトも固まりやすく、力学的にも問題は少ないと思う。
- ・換気立坑の開口亀裂が発達した硬岩への注入はかなりの効果が期待できると考える。この場合、改良範囲を広く取ることが効果的と考える。
- ・追加孔が必要になった場合には、先に注入した孔の間に配置するよりも、その外側に千鳥に

配置する方が改良範囲の厚さを増すこととなり、効果が期待できると考える。

- ・大量湧水帯ではセメントミルクでは際限なく注入されると考えられることから、まずモルタ ルを注入し、その後にセメントミルクを補足注入していく方法も視野に入れておく必要があ る。
- ・注入効果の確認方法として、注入したセメント量が一つの指標となる。例えば、500kg/m程度入れば、経験上十分な注入が実施されたと言える。
- ・換気立坑の深度 210m付近で認められる岩盤程度の亀裂には、超微粒子セメントは必要ない と考える。
- ・主立坑の下部で岩盤状況が悪いところで湧水を止めた場合、岩盤が水圧を受け止めることから塑性変形やクリープ変形が生じる可能性があり、安定性を保つことが難しいのではないか。 この場合、注入領域の厚さを確保する必要があるが、脆弱部(粘土化部)においては注入材を詰めることが難しい。
- ・脆弱岩盤でのパイプフローや突発湧水に注意することが必要である。コアロス箇所はそのようなところに相当している可能性を考慮することが必要である。また、脆弱(粘土)化が進んだ岩盤に接する割れ目が発達した比較的硬い岩盤が水みちとなりやすく、上記の原因となる可能性がある。
- ・最終的に 1,000mに到達するためには、浅いところから施工技術に関する経験を積んでいく ことが重要である。瑞浪超深地層研究所は大深度となるため、従来技術をそのまま適用でき ない可能性もある。このため、試験施工を継続していく姿勢が必要である。深い場所におい ても亀裂ネットワークが発達していると考えられる。

(2)試験グラウトの結果報告、今後のグラウト計画・議論

試験グラウト結果、及び今後のグラウチング計画について説明した後、委員より質疑・意見 を頂いた。内容については以下のとおり。

- ・グラウト基本計画に示されている斜め上向きのグラウトは施工上、注意が必要と考える。
- ・注入材(セメントミルク)がどの程度広がるのかは岩盤により異なるが、3.0mの孔間隔は妥当と考える。注入領域の幅をどの位確保できるかが重要である。プレグラウトの後で掘ってみて、湧水が生じるようなら追加注入をすればよい。
- ・換気立坑の大量湧水帯の場合、低角度割れ目が卓越しており、このような岩盤では水平方向 の削孔によるグラウトは効果を発揮しにくい。
- ・注入圧力、注入量、配合切替のデータを細かく取り、次数毎にセメントの注入量がどの程度 減っていくのか評価することが重要である。2次孔で注入量が減っていなければ、注入が不 十分と評価される。
- ・濃度 1:1 のセメントミルクの入り方は、グラウトが効果を発揮するかどうかを判定する上で

重要である。セメントミルク濃度が高くなると広がりにくくなるので、それを評価することが重要である。蛍光染料を注入材に混ぜることにより、次数毎の注入材の入り方を調査する方法があるので検討してはどうか。

- ・追加注入に関しては、外側に注入して注入領域の厚さを増す方が効果が期待できると考える。
- ・配合切替については、1:1.5 も検討する方がよい。水資源機構でも最近のダムで標準配合に組み入れている。
- ・200m予備ステージレベルの間隙水圧は換気立坑の方が高いことから、予備ステージ周りの 探り削孔を主立坑側から掘るのは、水圧が低い方から高い方、岩盤が軟らかい方から硬い方 に掘ることになるので、施工において突発湧水や坑壁崩壊等の危険が伴うなど、いろいろな 意味で注意が必要。主立坑側(軟らかい方)から脆弱部をグラウトするよりは、換気立坑の 方向から断層周りをグラウトでしっかり固めてから掘り抜く方が普通である。この場合、数 本のボーリングで断層の位置を確認しておく必要がある。
- ・非常に貴重な経験を積んでいくことになる。得られた経験をいろいろな切り口(例えば、深度、岩種、岩級、湧水)で整理し、議論したこと、感じたことを含めて記録に残しておくことが重要である。

表 5-2 第2回委員会で各委員から頂いたご意見と回答について

地層科学研究課題の一つとしてカタクラス		表 5-2 第 2 回委員会で各委員から頂いたご意見と回答について		
 質 チック (断層運動による破砕組織の) 構造 やマイロナイト (圧砕岩) など断層として の評価を行い、断層岩と脆弱部の成因との 関係を整理することが必要である。両立坑 間の地質構造を明らかにし、止水対策に反 映させることによって、地層処分等への基 監情報として非常に有用になる。 花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集 では、非常に有用と考える。 花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集 では、非常に有用と考える。 がムの場合には多くの調査ボーリングに基 が、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 が、病計的モデルを規度して、お洗剤を収けていまが、では、非常に有用と考える。 がる場合には多くの調査ボーリングに基が、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 がなるので、詳細なモデル化は困難と思う。 が、病計的モデルの検討を関始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計のモデルの検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計のモデルの検討を行う。 がよの掘削に適用する岩盤分類をそのままま用いているが、立坑やトンネルでもそのままま用いて良いのか検討が必要である。 がよの掘削に適用する岩盤分類をそのままま用いて良いのか検討が必要である。 がよの掘削に適用する岩盤分類をそのままま用いて良いのか検討が必要である。 がよの掘削に適用する岩盤分類をそのまままが、対流側に関して、評価項目の抽出、分類手法等を検討しては、評価項目の抽出、分類手法等を検討しては、評価項目の抽出、分類手法等を検討しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中、会とトレンドが合わないように感じる。他水和のデータを含め、総合的な評価が必要である。 本に水質分析結果と比較すると、深度表ものに地下水中の塩分濃度が増加するこではまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ 		コメント	回答	
ディー・アイト(圧砕岩)など断層として 壁面調査等を通して地質学的な成因に関する検討を数年計画で行っていく予定である。特に、両立坑間の地質構造に関しては、予備ステージの壁面調査や、両立坑の 深度 200mから掘削するボーリング孔(掘削長約 120m)を利用した孔間トモグラフィ等により、性状や分布を把握する予定である。	地	地層科学研究課題の一つとしてカタクラス	立坑周辺の地質構造についてはパイロッ	
 ● の評価を行い、断層岩と脆弱部の成因との関係を整理することが必要である。両立坑 の地質構造を明らかにし、止水対策に反映させることによって、地層処分等への基盤情報として非常に有用になる。 ・ 花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。 ・ ダムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 ・ 体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 ・ ケムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま用いて良いのか検討が必要である。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他水和のデータを含め、総合的な評価が必要である。 ・ 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他水和のデータを含め、総合的な評価が必要である。 ・ 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他水和のデータを含め、総合的な評価が必要である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、流流を対しているよことである。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加することで、深度が増加することで、深度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加することをである。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加することで、深度が増加することで、深度が増加することで、深度が増加することをできない場合に地下水中の塩分濃度が増加することで、深度が対し、では、では、深度が対し、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では、	質	チック (断層運動による破砕組織の) 構造	トボーリング孔を用いた岩芯調査や、立坑	
関係を整理することが必要である。両立坑間の地質構造を関らかにし、止水対策に反映させることによって、地層処分等への基盤情報として非常に有用になる。 花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。 がよる場合には多くの調査ボーリングに基づいて本理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリングが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 がなるので、詳細なモデル化は困難と思う。 がよるの地質に適用する岩盤分類をそのまま用いて良いのが検討が必要である。 がなか現が中ンネルでもそのまま用いて良いのが検討が必要である。 がなが見が中である。 がなの規制に適用する岩盤分類をそのままま用いて良いのが検討が必要である。 がなが見が中である。 がなの規制に適用する岩盤分類をそのままま用いて良いのが検討が必要である。 がなが見が中である。 がなが見がに関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 がなが知りに関して、方法論等の検討を開始したところである。また、地盤エ学会を基準を取り込んだ評価を継続中。 がなが有く塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他れのデータを含め、総合的な評価が必要である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ	評	やマイロナイト(圧砕岩)など断層として	壁面調査等を通して地質学的な成因に関	
・ 関の地質構造を明らかにし、止水対策に反映させることによって、地層処分等への基盤情報として非常に有用になる。 ・ 花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。 ・ ダムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリング主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 ・ ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 ・ 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他れていると、表達度が向に地下水中の塩分機度が増加することを対しているが、なが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 ・ 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他れている場合のなど、表達を表達を取り込んだ評価を継続中。 ・ 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他れているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 ・ 本質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他れているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 ・ 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他れているところである。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加すること、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加することでは、アルボールが、アルボールでは、ア	価	の評価を行い、断層岩と脆弱部の成因との	する検討を数年計画で行っていく予定で	
映きせることによって、地層処分等への基盤情報として非常に有用になる。 花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。 ダムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 がとなるので、詳細なモデル化は困難と思う。 グムの掘削に適用する岩盤分類をそのままま用いて良いのか検討が必要である。 が、次質分布(塩素濃度)について混合と考えると、水質分布(塩素濃度)について混合と考えると、次質分析は異については、データの品質を再度確認中である。 水 が質分布(塩素濃度)について混合と考え 型 るとトレンドが合わないように感じる。他 水 孔のデータを含め、総合的な評価が必要で ある。 深度 200mから掘削するボーリング孔(掘削長約120m)を利用した孔間トモグラフィ等により、性状や分布を把握する予定である。 を通して成因の検討を数年計画で行っていく予定である。 を種試験やモニタリングデータの相互関係などを解釈し、モデル化に努める予定。一方で、目的(例えば、水の出る、出ない)に応じて単純化したモデルも念頭に置く。我々の仕事は安全評価にも反映されるので、何を調査すれば何が判るのかを明確にしていきたい。なお、坑道周辺の断層や水みちに着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 若盤分類に関しては、評価精度の向上を目的として、評価項目の抽出、分類手法等を検討しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 地下水水質分析結果については、データの品質を再度確認中である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ	関	関係を整理することが必要である。両立坑	ある。特に、両立坑間の地質構造に関して	
整情報として非常に有用になる。 ・	連	間の地質構造を明らかにし、止水対策に反	は、予備ステージの壁面調査や、両立坑の	
本により、性状や分布を把握する予定である。 花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。 がムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 が上の振力を発力して、対象に着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計のモデルの検討を行かしたところであり、決定論的なモデル化に加え、統計のモデルの検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計のモデルの検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計のモデルの検討を行う。 が大の掘削に適用する岩盤分類をそのまま用いて良いのか検討が必要である。 本本質分布(塩素濃度)について混合と考え、理るとトレンドが合わないように感じる。他れのデータを含め、総合的な評価が必要である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		映させることによって、地層処分等への基	深度 200mから掘削するボーリング孔 (掘	
本の機能に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。 がムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 がムの堀削に適用する岩盤分類をそのまま用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 が本質分布(塩素濃度)について混合と考えを表します。なとトレンドが合わないように感じる。他水の一次である。と、次のに地下水中の塩分濃度が増加することを表えを表します。 本では、表にでは、表に、表に、表に、表に、表に、表に、表に、表に、表に、表に、表に、表に、表に、		盤情報として非常に有用になる。	削長約 120m) を利用した孔間トモグラフ	
花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。			ィ等により、性状や分布を把握する予定で	
中帯は他地点でも見られるので、キャラクタリゼーションにより一般化していけば、非常に有用と考える。 がよの場合には多くの調査ボーリングに基合権が関係などを解釈し、モデル化に努める予定。それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 が、何を調査すれば何が判るのかを明確にしていきたい。なお、坑道周辺の断層や水みちに着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 が、立坑やトンネルでもそのまま用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 水質分布(塩素濃度)について混合と考えをとトレンドが合わないように感じる。他れのデータを含め、総合的な評価が必要で質ある。 地質構造についてはパイロットボーリング孔を通して成因の検討を数年計画で行っている光を通して成的と変が表生が、中の場合を解釈し、モデル化に努める予定。一方で、目的(例えば、水の出る、出ない)に応じて単純化したモデルも念頭に置く、表々の仕事は安全評価にも反映されるので、何を調査すれば何が判るのかを明確にしていきたい。なお、坑道周辺の断層や水みちに着目したブロックスケールのモデルのに関しては、評価項目の抽出、分類手法等を検討しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 地下水水質分析結果については、データの品質を再度確認中である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ			ある。	
#常に有用と考える。 グ孔を用いた岩芯調査や、立坑壁面調査等を通して成因の検討を数年計画で行っていく予定である。 ダムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、たれでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 グムの掘削に適用する岩盤分類をそのままま用いているが、立坑やトンネルでもそのままま用いて良いのか検討が必要である。 本 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとよい、水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他水の元が一方を含め、総合的な評価が必要である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		花崗岩の浅部に発達する低角度割れ目の集	低角度割れ目集中帯を含めた立坑周辺の	
非常に有用と考える。 を通して成因の検討を数年計画で行っていく予定である。 ダムの場合には多くの調査ボーリングに基づいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 するの掘削に適用する岩盤分類をそのままま用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを上限のので、個を調査を表した。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを上で、表しいでは、データの品質を再度確認中である。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考えをといるののに、がである。といしていまない。なお、坑道周辺の断層や水の大きに関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 が 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを表します。 本 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを表します。 本 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを表します。 本 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを表します。 本 水質分析結果については、データの品質を再度確認中である。 これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		中帯は他地点でも見られるので、キャラク	地質構造についてはパイロットボーリン	
がよの場合には多くの調査ボーリングに基 各種試験やモニタリングデータの相互関 でいて水理地質モデルを想定しているが、		タリゼーションにより一般化していけば、	グ孔を用いた岩芯調査や、立坑壁面調査等	
ダムの場合には多くの調査ボーリングに基 づいて水理地質モデルを想定しているが、 それでもなかなか実データを説明すること は難しい。ここでは2本のボーリンクが主 体となるので、詳細なモデル化は困難と思 う。 グムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま ま用いて良いのか検討が必要である。 本 水質分布(塩素濃度)について混合と考え 理 るとトレンドが合わないように感じる。他 水 孔のデータを含め、総合的な評価が必要で 質 ある。 を		非常に有用と考える。	を通して成因の検討を数年計画で行って	
でいて水理地質モデルを想定しているが、それでもなかなか実データを説明することは難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。			いく予定である。	
一方で、目的(例えば、水の出る、出ない)に応じて単純化したモデルも念頭に置く。体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 ないきたい。なお、坑道周辺の断層や水みちに着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 がいるが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水質分布(塩素濃度)について混合と考えるとトレンドが合わないように感じる。他水のデータを含め、総合的な評価が必要である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加することが記述して、深度が増加することを表します。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加することを表します。		ダムの場合には多くの調査ボーリングに基	各種試験やモニタリングデータの相互関	
は難しい。ここでは2本のボーリンクが主体となるので、詳細なモデル化は困難と思う。 なお、		づいて水理地質モデルを想定しているが、	係などを解釈し、モデル化に努める予定。	
体となるので、詳細なモデル化は困難と思 う。 我々の仕事は安全評価にも反映されるので、何を調査すれば何が判るのかを明確にしていきたい。なお、坑道周辺の断層や水みちに着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 ま用いて良いのか検討が必要である。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考え理るとトレンドが合わないように感じる。他水のデータを含め、総合的な評価が必要である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		それでもなかなか実データを説明すること	一方で、目的(例えば、水の出る、出ない)	
す。 で、何を調査すれば何が判るのかを明確にしていきたい。なお、坑道周辺の断層や水みちに着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 ま用いて良いのか検討が必要である。 おりとして、評価項目の抽出、分類手法等を検討しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを表しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを表しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水質分布(塩素濃度)について混合と考えを表しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 本質分析結果については、データの品質を再度確認中である。これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		は難しい。ここでは2本のボーリンクが主	に応じて単純化したモデルも念頭に置く。	
していきたい。なお、坑道周辺の断層や水みちに着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま用いているが、立坑やトンネルでもそのままま用いて良いのか検討が必要である。 ま用いて良いのか検討が必要である。 は素濃度)について混合と考え理るとトレンドが合わないように感じる。他れのデータを含め、総合的な評価が必要である。 本れのデータを含め、総合的な評価が必要である。 これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		体となるので、詳細なモデル化は困難と思	我々の仕事は安全評価にも反映されるの	
みちに着目したブロックスケールのモデル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま 用いているが、立坑やトンネルでもそのままま用いて良いのか検討が必要である。 岩盤分類に関しては、評価項目の抽出、分類手法等を検討しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考え 地下水水質分析結果については、データの品質を再度確認中である。		う。	で、何を調査すれば何が判るのかを明確に	
ル化に関して、方法論等の検討を開始したところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま 用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。			していきたい。なお、坑道周辺の断層や水	
ところであり、決定論的なモデル化に加え、統計的モデルの検討を行う。 ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま 岩盤分類に関しては、評価精度の向上を目用いているが、立坑やトンネルでもそのままま用いて良いのか検討が必要である。 検討しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考え 地下水水質分析結果については、データの品質を再度確認中である。 れのデータを含め、総合的な評価が必要で これまでの調査結果と比較すると、深度方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ			みちに着目したブロックスケールのモデ	
え、統計的モデルの検討を行う。 ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま			ル化に関して、方法論等の検討を開始した	
ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま 岩盤分類に関しては、評価精度の向上を目用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。 検討しているところである。また、地盤工学会基準を取り込んだ評価を継続中。			ところであり、決定論的なモデル化に加	
用いているが、立坑やトンネルでもそのまま用いて良いのか検討が必要である。			え、統計的モデルの検討を行う。	
ま用いて良いのか検討が必要である。 検討しているところである。また、地盤工 学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考え 地下水水質分析結果については、データ の品質を再度確認中である。 水 孔のデータを含め、総合的な評価が必要で これまでの調査結果と比較すると、深度 方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		ダムの掘削に適用する岩盤分類をそのまま	岩盤分類に関しては、評価精度の向上を目	
学会基準を取り込んだ評価を継続中。 水 水質分布(塩素濃度)について混合と考え 地下水水質分析結果については、データ 理 るとトレンドが合わないように感じる。他 の品質を再度確認中である。 水 孔のデータを含め、総合的な評価が必要で これまでの調査結果と比較すると、深度 方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		用いているが、立坑やトンネルでもそのま	的として、評価項目の抽出、分類手法等を	
水 水質分布(塩素濃度)について混合と考え 地下水水質分析結果については、データ 理 るとトレンドが合わないように感じる。他 の品質を再度確認中である。 水 孔のデータを含め、総合的な評価が必要で これまでの調査結果と比較すると、深度 質 ある。 方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ		ま用いて良いのか検討が必要である。	検討しているところである。また、地盤工	
理 るとトレンドが合わないように感じる。他 の品質を再度確認中である。 水 孔のデータを含め、総合的な評価が必要で これまでの調査結果と比較すると、深度 ある。 方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ			学会基準を取り込んだ評価を継続中。	
水 孔のデータを含め、総合的な評価が必要で これまでの調査結果と比較すると、深度 ある。 方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ	水	水質分布(塩素濃度)について混合と考え	地下水水質分析結果については、データ	
質ある。 方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ	理	るとトレンドが合わないように感じる。他	の品質を再度確認中である。	
	水	孔のデータを含め、総合的な評価が必要で	これまでの調査結果と比較すると、深度	
関となどの傾向が、ほぼ一致していると考え	質	ある。	方向に地下水中の塩分濃度が増加するこ	
	関		となどの傾向が、ほぼ一致していると考え	

連 ている。 立坑間が遮水性の構造で隔てられているの これまでのボーリング調査では、大きな水 であれば水質にも違いが出てくる可能性が 質の違いは確認されていないことから、水 あるので、それをインジケータとして水理 理地質構造モデルの信頼性を高めるよう 地質構造を想定することができるかもしれ な指標にはならない可能性が高いと考え ている。ご指摘の点は、今後参考にしてい ない。 きたい。 主立坑では脆弱な部分が連続し、透水性も パイロットボーリングのコアは既に乾燥 低いことから、コアからの抽出水を分析す しているため試験を行うことは不可能で ると、興味深いデータが得られるのではな ある。今後、掘削するボーリング孔のコア を使うことは可能であるが、花崗岩の健岩 いか。 部からの間隙水の抽出は不可能であり、断 層部分では、掘削水の浸透が避けられな い、など技術的な課題がある。 想定される初期水圧(水頭)と比較して、 ご指摘の通り、両ボーリング孔の浅部につ 両立坑でのボーリング沿いの浅部の全水頭 いては、立坑掘削の影響により全水頭が低 が低いのは、立坑底面が水理的な境界とな くなっている可能性が考えられる。また、 っているためではないか。 今回のパイロットボーリングの水理試験 では計測時間が十分でないことから、得ら れた水頭分布は平衡状態へ向かう変化過 程の値である可能性が考えられる。両立坑 沿いの水頭分布については、パイロットボ ーリング調査で得られた岩芯や湧水量、な らびに周辺ボーリング孔の観測データを あわせて解釈を行っている。 主立坑の水頭分布の違いは、粘土が影響し 立坑掘削前のボーリング調査において明 ていると考える。掘削前から被圧されてい 世・本郷累層と土岐夾炭累層以深で全水頭 たものか、掘削によるものかがわかれば、 の違いが確認されている。また、MSB-3 グラウト計画の参考になる。大きく見ると、 号孔では、土岐夾炭累層基底礫岩の上位層 月吉断層等に区切られたブロック毎に水頭 である土岐夾炭累層砂泥互層以浅におい 分布が異なるように、局所的にも遮水性の てパイロットボーリング等の水圧応答が 断層で仕切られたブロック毎に水頭が違っ 観測されていない。これらのことから、堆 てくるだろう。したがって、それに応じて 積岩においては泥岩が水理的なバリアと

して機能していると考えられる。また、花 崗岩部においては、MIZ-1 号孔の 969m付

近の断層を境に全水頭が異なっているこ

グラウト等の対策も異なってくるものと思

われる。MSB-3 号孔等の水圧分布傾向や水

圧応答を参考にすべきと考える。

全水頭の分布は複雑であるが、これに基づく立坑周辺の水理地質構造の解釈が必要である。

とが確認されており、粘土を介在するような不連続構造の存在が全水頭分布に影響を及ぼす可能性があると考えられる。一方で、今回のパイロットボーリングでの試験時間は数日であることから、計測した水頭分布は平衡状態に至っていないと考えられる。これらのことから立坑周辺の水理地質構造に関しては、パイロットボーリングで得られた地質情報や周辺観測孔のデータも合わせて解釈を行っている。

水頭分布については、いつの時点で何をどのように測定した結果なのか条件を整理しておく必要がある。粘土では水圧の回復が遅いので実際の水圧を低く評価する可能性があり、止水対策 (グラウト) の検討にとっては重要である。ただし、主立坑ではむしろ力学的な補強が必要と考える。

水圧分布については、計測の時期が重要で ある。主立坑では、掘削した後の水圧が回 復せずに維持されていることが考えられ る。

亀裂性岩盤で、大きな割れ目を詰めていく 過程での透水係数の低下傾向は、ダルシー 則には従わないと考えられる。実際の岩盤 ではパイプフローで乱流になっている可能 性があり、注入によりようやくダルシー則 が適用できるようになる。透水性の大きな 水みち(パイプ状の亀裂)をうまく詰める ことができれば、相当な効果が見込める。

湧水量の予測方法は、非常に重要な意味を 持つ。区間湧水量ではなく、立坑を 500m 掘削した時点での総湧水量としての評価が できないか。

湧水量予測の方法は、いわゆる井戸の式を 適用しているが、この方法は側方からの平 行流の水の流入のみを前提としたいわゆる 2次元流れに基づくものであり、亀裂性岩

今回のパイロットボーリングでの試験時間は数日であることから、計測した水頭分布は平衡状態に至っていないことが考えられる。試験・計測データと共に、測定条件(測定日時、時間等)についても可能な限り整理している。また、H19年度に200mボーリング横坑から掘削長100m程度のボーリング孔を掘削し、水圧観測を行う予定であるので、ここで観測される水圧データを合わせて解釈を行う予定。

工事で得られるデータでコメント内容を 解明することは極めて難しい。コメントと して拝聴し、Lu値と湧水量の関係を評価 する際の参考とする。

湧水量予測は、各深度掘削時の総湧水量として表示する。パイロットボーリング調査における水理試験では、試験データの時間微分プロットから2次元流れが卓越することが確定された。したがって、2次元流れを前提とした湧水量の理論解析の適用は妥当であると考えている。しかしながら、今回の理論式を適用した湧水量予測は

盤で想定される上下方向からの流入(いわゆる3次元流れ)が考慮されていない。代表的な高透水性区間(例えば換気立坑の210m付近)を対象に3次元流れに基づく解析を実施して結果の比較をしてはどうか。これにより、現状の予測結果が過大か否かの見極めができる。

簡易的なものであることから、現在パイロットボーリング調査で取得した情報を元に更新した 3 次元水理地質構造モデルを用いた地下水流動解析等を実施している。立坑の湧水量については、これらの結果を総合的に判断して予測する予定。

グラウト対象地質評価関連主める能後な岩把

主立坑深度 300m付近には CH 級岩盤が認められるが、断層粘土の両脇が水みちとなることも多い。大きい水みちでは湧水を可能な限り止めることとし、小さいところは後から止めるような考え方でも良いのではないか。グラウトの対象となる立坑周りの岩盤や湧水の状況をまず把握して、全体の把握はその後でも良いと思う。

プレグラウトは全線行うのではなく、透水性が高く大量湧水が発生すると予想される区間に限って実施する予定である。プレグラウト区間の設定は、パイロットボーリングおよび探り削孔の結果により決定することになり、透水性が低い区間はプレグラウトを実施しない方針。一方、掘削後に大量湧水が発生した場合にはポストグラウトをせざるを得ないと考えており、未注入区間で大量湧水が発生した場合も同様である。したがって、コメントどおりの対応を行う。

主立坑の断層に囲まれた良好な部分では湧水がある可能性があるが、それが継続的に 出続けるか否かでこの先の考え方が違って くる。是非、十分な解釈をして欲しい。 立坑周辺の水理地質構造の連続性については、パイロットボーリング調査の結果を踏まえた 3 次元水理地質構造モデルの更新と更新したモデルを用いた地下水流動解析の結果や周辺ボーリング孔で観測している水圧応答などを総合的に判断し、解釈を進める予定。

ボーリング孔間隔 40mで 50m程度の差圧 が発生していると考えられるため、立坑間 の断層を通して水圧が伝播することが考えられる。この場合、透水係数が低くてもそれなりの流量の水が流れる可能性があり、 湧水に注意する必要がある。

脆弱部(粘土化部)の分布とその周りの地下水状況を把握し、突発湧水等の危険性を予測しておく必要があると認識している。このため、計画的に立坑断面外も含めた探り孔を実施し、掘削する領域周辺の状況を常に把握しながら施工を進める予定としている。このような方針で、当該脆弱部への合理的な対応方法を構築していく。

脆弱岩盤でのパイプフローや突発湧水に注意することが必要である。コアロス箇所はそのようなところに相当している可能性を考慮することが必要である。また、脆弱(粘土)化が進んだ岩盤に接する割れ目が発達

した比較的硬い岩盤が水みちとなりやす く、上記の原因となる可能性がある。

プレグラウトの目標は、石油や LPG の地 本件は重要課題と認識している。現場での グ 計 べきである。 画

連

下備蓄の場合には不飽和を避けることであ るが、本件の場合には湧水量を低減させる ことが目標と考える。目標が変われば基準 も違うので、目標設定をクリアにしておく 注入管理目標については、一律にルジオン

グラウトの成立性と排水処理能力等を考 慮して 2Lu を目安に実施する。計算精度 の問題もあり、まだ不確実性の幅が大きい と認識している。目標設定について、バッ クデータも含めて再度検討を行う。実際の 施工実績を把握しながら、適宜修正を行う こととする。

値で管理する場合もあるが、ここは湧水量 を低減する目標があるのでそれも睨んだ設 定が必要であり、あまりきびし目でない方 が良いと思う。これらは施工の中でデータ を取りながら、最適な方法を見つけていく と良い。なお、管理目標値については、岩 盤状況から明らかに達成できる見込みがな い値に固執することは技術的に合理的では ない。排水処理設備を増強するか、あるい はリスクを背負ってでもグラウトで抑制す るかについて議論が必要と考える。

ポストグラウトでは、注入材料に問題はな いのか。将来の処分場で実際にポストグラ ウトが必要になった場合、そこに反映する ことができる基盤情報を提供することはで きるのか。特に長期の材料安定性について 懸念はないのか。

グラウトについては、研究坑道の掘削中に 発生する湧水の抑制を目的とし施工対策 として実施するものと、研究坑道を用いた 研究段階で研究開発として実施すべきも の(長期耐久性を考慮したグラウトなど) を整理して個々の目的に応じたグラウト を実施していく計画。特に、研究坑道を用 いた研究段階においては、「掘削影響の修 復・軽減」や「グラウト材料の岩盤への長 期影響評価」という観点で、国内外の研究 事例を参考にして超微粒子セメントやべ ントナイトなどの材料を用いたグラウト を今後検討していく予定。

配合切替案を 20Lu で分けているが、低い 範囲をもう少し分けた方がよい。

湧水量が多い区間では配合 1:8 はあまり効 果がないので、1:6 位から始めても良い。

これまでの注入実績を参考に、配合切替案 を策定した。また、この注入実績を常に評 価し、最適な配合を検討していく予定。

濃い配合に関して、1:2 と 1:1 の粘性の差 が大きいので、途中に 1:1.5 を挟むなどし て、きめ細かな切替をした方がよい。より 濃い配合の 1:0.8 の効果については疑問で ある。

配合切替については、1:1.5 も検討する方が よい。最近のダムで標準配合に組み入れて いる事例がある。

グラウト基本計画に示されている斜め上向 | 上向きのグラウトは削孔中の孔壁安定・湧 きのグラウトは難しいと考える。

水、注入パッカーの挿入、口元装置の必要 性などの問題点があるので、できるだけ計 画しないようにする。ただし、工期・コス ト等よりやむを得ず上向きのグラウトが 必要な場合には、これまでの実績を踏まえ て口元装置を準備し、湧水量に応じて注入 ステージ長を短縮するなどの適切な対応 を検討していく。

注入材(セメントミルク)がどの程度広が | 注入当初はチェック孔を頻繁に入れて広 るのかは岩盤により異なるが、3.0mの孔間 隔は妥当と考える。注入領域の幅をどの位 確保できるかが重要である。プレグラウト の後で掘ってみて、湧水が生じるようなら 追加注入をすればよい。

がりを確認しつつ、最適な孔間隔を設定し ていく。また、注入材の拡がりを視覚的に 確認するために、蛍光法の適用についても 水質等への影響を考慮しながら検討する

追加孔が必要になった場合には、先に注入│孔間隔の評価も含めて、最適配置を設定し した孔の間に配置するよりも、その外側に 千鳥に配置する方が改良範囲の厚さを増す こととなり、効果が期待できると考える。

ていく。

換気立坑の大量湧水帯の場合、低角度割れ 目が卓越しており、このような岩盤では水 平方向の削孔によるグラウトは効果を発揮 しにくい。

立坑のプレグラウトの削孔方向はほぼ鉛 直であり、低角度割れ目に対してほぼ直交 するので問題ないと考える。ただし、ポス トグラウトの削孔方向はほぼ水平であり、 割れ目に対して平行に近くなることが想 定されるので、坑壁調査時の亀裂情報に基 づいて、可能な限り直交方向を目指した削 孔を計画する。ただし、単純に低角度の割 れ目だけが水みちとなっているわけでは なく、亀裂ネットワークにより湧水してい

		ると考えられることもあり、グラウトの効
		果発現と亀裂の方向性については、評価の
		対象とする。
	探り削孔については、工期・工費的に負担	換気立坑深度 210m付近の大量湧水帯に
	が大きいものと考えるが、そんなに慎重に	ついては最初の本格的なグラウト施工で
	進める必要があるのか。湧水が発生したら	あり、経験や知見を得るという点からコア
	対処することでよいのではないか。	ボーリングによりしっかりと対応したい。
		それ以外については、作業サイクルの中に
		シャフトジャンボを用いた簡易な探り削
		孔による湧水確認を取り込んでいく予定
		とし、時間と費用の負担を軽減する。
	規定の注入量に達したら機械的に注入を止	具体的には、このような状況は1:1配合の
	めるのではなく、規定圧に到達する兆候が	注入時に生じ、規定量に到達する前に注入
	ある場合には注入を継続し、一連の注入の	圧が上昇する傾向が認められる場合には、
	中で完結した方が、結果的に効果があり、	現場の判断で注入を継続するようにJVに
	追加注入・追加孔が不要になるなどメリッ	指示済みである。仕様書には現状では言及
	トが多いと考える。	していないが、別途「注入管理規定」を設
		けて実施している。
	大量湧水帯ではセメントミルクでは際限な	大量湧水時の対応策の一つとして念頭に
	く注入されると考えられることから、まず	置くこととする。
	モルタルを注入し、その後にセメントミル	
	クを補足注入していく方法も視野に入れて	
	おく必要がある。	
グ	次数毎の注入量評価を行うと、注入量の判	ポストグラウト試験施工に関するコメン
ラ	断等についてより詳細な評価が可能と考え	トであり、現在再評価を実施中。また、別
ウ	る。	件コメントでも指摘されているように、プ
7		レグラウト施工結果の評価にもこの考え
評		方を取り込むこととする。
価	グラウト試験の結果について、各結果間の	最初のコメントは、ポストグラウト試験施
関	整合性を考慮した方がよい。処分事業に反	工に関するものであり、追加検討を実施の
連	映するという観点から、坑道周辺に 20Lu	予定。後半のコメントに対しては、水理地
	の(高透水性)地盤がある状況は許容でき	質モデルを踏まえた検討が必要と考えら
	るのか検討する必要がある。	れる。
	換気立坑セメンチングの追加注入におい	追加検討を実施の予定。
	て、1:8 での注入状況をもう少し詳しく評	
	価してみると、低濃度でのグラウトの効果	
	が判ると考える。	

注入圧力、注入量、配合切替のデータを細│御指摘に従って実施する。 かく取り、次数毎にセメントの注入量がど の程度減っていくのか評価することが重要 である。2次孔で注入量が減っていなけれ ば、注入が不十分と評価される。

注入効果の確認方法として、注入したセメー御指摘に従って実施する。 ント量が一つの指標となる。例えば、 500kg/m 程度入れば、経験上十分な注入が 実施されたと言える。

濃度 1:1 のセメントミルクの入り方は、グ ラウトが効果を発揮するかどうかを判定す る上で重要である。セメントミルク濃度が 高くなると広がりにくくなるので、それを 評価することが重要である。蛍光染料を注│定。 入材に混ぜることにより、次数毎の注入材 の入り方を調査する方法があるので検討し てはどうか。

蛍光法については視覚的に注入材の拡が りを捉えられるため有効と考える。ただ し、地下研で懸念される水質等への影響を 考慮しながら、実施可能性を検討する予

(補足)現在、無機系材料の使用を考えて いるが、見つかっていない。

最終的に 1000mに到達するためには、浅い ところから施工技術に関する経験を積んで いくことが重要である。瑞浪超深地層研究 所は大深度となるため、従来技術をそのま ま適用できない可能性もある。このため、 試験施工を継続していく姿勢が必要であ る。深い場所においても亀裂ネットワーク が発達していると考えてられ、いろいろな 観点での技術開発が必要と考える。

グラウト工事は常に試験施工と位置付け、 施工データの取得とその評価、文書化(報 告書の作成)を繰り返して行い、必要に応 じて注入圧や注入量等の施工計画を見直 し、施工に反映する。このため、機構内組 織およびJVとの情報共有の仕組みを整え ることとする。

非常に貴重な経験を積んでいくことにな る。得られた経験をいろいろな切り口(例 えば、深度、岩種、岩級、湧水)で整理し、 議論したこと、感じたことを含めて記録に 残しておくことが重要である。

今回のグラウトは新しい知見を得るための 研究テーマとして取り組むべきである。岩 盤に強度を持たせることについても視野に 入れて欲しい。

ことから、支保の問題について十分に検討

主立坑では脆弱な岩盤が広く分布している|脆弱部については、改めて空洞および支保 の安定性評価を行うとともに、補助工法を

しておく必要がある。

 \mathcal{O}

他

変質が進み中程度に粘土化している部分で は、深部で水圧が大きい状態ではグラウト がなかなか入らず、また固まった後でも力 学的に不安定性となり、立坑掘削に相当な 困難が伴う可能性がある。換気立坑のよう に岩盤が良い部分では、グラウトも固まり

やすく、力学的にも問題は少ないと思う。

主立坑の下部で岩盤状況が悪いところで湧 水を止めた場合、岩盤が水圧を受け止める ことから塑性変形やクリープ変形が生じる 可能性があり、安定性を保つことが難しく なる可能性がある。この場合、注入領域の 厚さを確保する必要があるが、脆弱部(粘 土化部) においては注入材を詰めることが 難しい。

タータイト) で止めるところを使い分けて いかないと、グラウトだけでは強度的な問 題などがあるかもしれない。覆工背面に裏 面排水材を設置して水圧を排除する今の設 計で、深度の大きな立坑で本当に覆工に水 圧がかからないのか。トランジションゾー ン(注入による改良範囲)をどの程度作れる

予備ステージの掘削方法や調査方法につい コメントおよび現在実施中の換気立坑か ては、水理地質構造に応じて変える予定か。 水頭差の大きな断層周辺を掘削することに なるので、意味のあるデータが取れそうで あれば、是非各種計測について検討してい ただきたい。また、場合によっては逆方向 から掘削する方が有利な場合もあるため、 検討されたい。

のかが重要である。

200m予備ステージレベルの間隙水圧は換 気立坑の方が高いことから、予備ステージ 周りの探り削孔を主立坑側から掘るのは、

含めた補強対策を検討する。

グラウトで止めるところと構造物(ウォー | 覆工応力(コンクリート、H鋼)の計測に より、作用荷重と設計の妥当性の評価を実 施する。また、別途覆工背面水圧を測定し、 直接的に作用水圧を測定する。計測・観察 により直接的な評価も実施する。

> らの探り削孔の実績を踏まえ、主立坑側か らの探り孔に加えて換気立坑側からも予 備ステージ側に向けた探り削孔を予定し ている。この結果を踏まえて、必要に応じ て掘削方法の変更等を検討する。

水圧が低い方から高い方、岩盤が軟らかい 方から硬い方に掘ることになるので、施工 において突発湧水や坑壁崩壊等の危険が伴 うなど、いろいろな意味で難しい。主立坑 側(軟らかい方)から脆弱部をグラウトす るよりは、換気立坑の方向から断層周りを グラウトでしっかり固めてから掘り抜くべ きである。この場合、数本のボーリングで 断層の位置を確認しておく必要がある。

6. 第3回湧水抑制対策検討委員会の開催概要

6.1 議事概要

第3回委員会の議事概要を表6-1に示す。また委員会資料については、付録にてまとめた。

表 6-1 第 3 回委員会議事概要

第3回湧水抑制対策検討委員会 一議事概要一

1. 日時:平成19年4月5日(木) 13:30~17:00

2. 場所:日本原子力研究開発機構 東京事務所 12F 第1会議室

3. 出席者

(委員) 西垣委員長、小島委員、吉田委員、徳永委員、山口委員、大藪委員、角江委員

4.資料

付録4参照

- 5. 議事
- (1) 開会挨拶
- (2) 会議趣旨説明
- (3) 報告・議論
- (4) 探り削孔結果概要
- (5) グラウト状況の報告
- (6) 今後のグラウト計画
- (7) 第2回委員会コメント対応
- (8) ポストグラウト
- (9) 閉会挨拶

6.2 委員会議事録

第3回委員会の議事録を以下に示す。なお、委員会時の各委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、後の委員個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表 6-2 に示す。

(1)パイロットボーリング調査結果概要

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。内容については以下の通

り。

- ・湧水量を3種類の方法で予測しているが、その際に設定しているパラメータが異なる。二次 元解析と三次元解析の結果の差は入力値の違いに起因することも考えられる。パラメータの 位置付けを整理する必要がある。
- ・湧水量予測結果に基づき今後の排水設備を適切に設計していくためには、理論解・二次元解析・三次元解析のどの予測結果を用いるべきかを理由とともに明確にすべきである。
- ・湧水量予測は、日常的には速報性の高い理論解や二次元解析に基づくのがよい。三次元解析 は時間もかかるため、モデルの妥当性の確認として位置づければよいのではないか。
- ・三次元解析の結果は、これまでの理論解による算出結果より少ない湧水量を予想しているが、 安全のため湧水量は大きめの予測(二次元)を前提に対応していく方がよい。
- ・完全な止水構造とすることは水圧に対応する観点から現実的でない。したがって、大量の湧水が発生する箇所についてはグラウチングをしつつ、それ以外の箇所で水圧を調整させながら掘削するような考え方が必要である。
- ・低角度割れ目帯(LAFZ:Low Angle Fractured Zone)の水平割れ目の成因は何か。もともと存在していたものか、それとも掘削によるものか。

(2)探り削孔結果概要

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。内容については以下の通り。

・立坑間に予測されていた断層の存在は確認されたのか(コア写真の「強い変質部分」と湧水 の関係はあったのか)。

(3)グラウト状況の報告

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。内容については以下の通り。

- ・LAFZ が湧水帯であるとの概念がグラウト計画の策定にどのように反映されているのか。割れ目分布が水平と垂直の2方向に卓越した分布をしていると予測しているのであれば、現在のグラウト孔の配置は注入材が入りにくい方向(割れ目に平行に近い方向)になっているように思われる。
- ・グラウト設定の考え方について、何にコストがかかるのかを考えて反映させるとよい。たと えば、立坑上部の湧水は水質処理が必要でコストがかかるので止水する、立坑下部の湧水は 水量が問題なので排水で処理するというような考え方である。具体的には、実際の現場の湧 水状況に基づき予測を確認しながら対策を進めることが必要である。
- ・立坑の近傍をグラウトする場合と、離れたところをグラウトする場合が考えられる。 どちらがより有効か検討したらどうか。

(4)今後のグラウト計画

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。内容については以下の通

り。

- ・説明された計画は妥当であると思うが、充分な地質の観察を実施してもらいたい。
- ・主立坑の地質は「水は通しにくいがやわらかい」という、建設工事において扱いが一番難し いパターンである。
- ・プレグラウトについてはやりすぎという意見もあるかもしれないが、大量湧水が生じたとき の影響を考えれば、安全側のやり方で対処するのがよい。
- ・湧水低減効果の確認、グラウト仕様の妥当性の確認などについて、研究機関として成果をま とめてほしい。
- ・プレグラウトの目安としている 2Lu 以下という数値は少し厳しいとも思われるが、当該測定 区間に大きな湧水帯は存在しないと評価される値であり、この値で管理していれば立坑掘削 において大量の湧水は発生しないだろう。

(5)第2回委員会コメント対応

・特に質疑・意見なし。

(6)ポストグラウト

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。内容については以下の通り。

・グラウトがどこまで浸透しているか調査しているか。

6.3 委員会個別説明議事録

第3回委員会へ出席がかなわなかった各委員については、それぞれ個別説明を行い、ご意見 を頂いた。資料は第3回委員会と同じものを使用している。

個別説明の議事録を下記に示す。なお、個別説明時の委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、委員会や他の個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表 6-2 に示す。

日 時:平成19年4月26日(木) 10:00~12:30

場 所:埼玉大学 出席者:渡辺委員

資料を用いて説明しながら質疑・意見を頂いた。主な内容については以下の通り。

(1) パイロットボーリング調査結果概要

- ・花崗岩の上部は水平方向の透水性が良いので、土岐川の河川流量と関係している可能性があ る。標高との関係を整理するとよい。
- ・割れ目の頻度については、ボーリング孔と割れ目の交差角に起因する遭遇率を考慮する必要 があるため、補正が必要である。高角度の割れ目頻度はもう少し高くなると考えられる。
- ・二次元解析と三次元解析の結果が比較的良く一致しているようであるが、モデルや境界条件 が異なるので、直接的な比較評価は難しい。二次元解析については、大まかには、現状の湧

水量をフィッティングさせて、深度 1,000m掘削したときの湧水量を推定する方法として用いるのが良い。

・立坑掘削深度が大きくなるにつれて、周辺への影響が大きくなる可能性があるので、モニタ リング状況を注視する必要がある。

(2) 探り削孔結果概要

・トンネル壁面のすぐ奥のところで、湧水圧が 1MPa というのは大きいように思われる。また、 主立坑側の湧水圧が 0MPa というのは、透水性が低く計測時間が短いために正確な値が計測 されていない可能性が高い。

(3) グラウト状況の報告

- ・プレグラウトとポストグラウトの改良目安の設定において、低角度割れ目集中帯の透水係数の設定の考え方を再整理する必要がある。プレグラウトとポストグラウトで岩盤の透水係数(K₀ and Kw)の設定値が異なっていることについて整理が必要。
- ・グラウト実施管理にルジオン値を用いることは、施工上やむを得ないと思う。しかし 10Lu を超えると、湧水は乱流を起こしていると考えられることから、ルジオン値の取り扱いについては留意すべきである。
- ・岩盤分類について、トンネルなら支保の選定に利用するなどの活用がなされている。従来の 分類法は岩盤の耐荷性等の力学的性質に重きが置かれているが、将来の地層処分においては 湧水状況が重要となるので、これらが反映されるような岩盤等級について研究に取り組んで もらいたい。

(4) 第2回委員会コメント対応

・特に質疑・意見なし。

(5) ポストグラウト

・注入効果を解釈することは難しいが、セメント注入量で評価してみるのも有効かもしれない。 ルジオン値の低減状況と併せて評価すれば良い。

表 6-2 第3回委員会で各委員から頂いたご意見と回答について

	表 6-2 第3回委員会で各委員から頂いたご意見と回答について		
	コメント	回答	
地	割れ目の頻度については、ボーリング孔と	高角割れ目の分布特性と湧水の関連が明	
質	割れ目の交差角に起因する遭遇率を考慮す	確になっていないことから、予備ステージ	
•	る必要があるため、補正が必要である。高	からの水平~緩傾斜の探り削孔や、坑道の	
地	角度の割れ目頻度はもう少し高くなると考	壁面地質調査などの情報から、高角度の割	
質	えられる。	れ目の頻度や特性、水みちの評価等を実施	
構		しているところである。	
造	立坑間に予測されていた断層の存在は確認	探り削孔の情報(コア写真)では、遮水性	
	されたのか(コア写真の「強い変質部分」	を有するような規模の構造は確認されな	
	と湧水の関係はあったのか)。	かったと判断されるが、坑道規模の地質調	
		査の結果を踏まえて判断する必要がある	
		と考えている。	
	低角度割れ目帯(LAFZ:Low Angle	LAFZ は BTV の割れ目頻度に基づき設定	
	Fractured Zone)の水平割れ目の成因は何	していることから、掘削ダメージによるも	
	か。もともと存在していたものか、それと	のでは無い。なお、LAFZ の地質学的な成	
	も掘削によるものか。	因に関しては現在検討中である。	
水	湧水量を3種類の方法で予測しているが、	3種類の予測方法は、目的やそれに伴う実	
理	その際に設定しているパラメータが異な	施時期、検討の詳細度がそれぞれ異なる。	
•	る。二次元解析と三次元解析の結果の差は	よって、パラメータの位置付けよりも予測	
水	入力値の違いに起因することも考えられ	手法の位置付けを整理し、誤解のないよう	
理	る。パラメータの位置付けを整理する必要	に説明することを留意する。	
地	がある。		
質	湧水量予測結果に基づき今後の排水設備を	それぞれの手法には長所・短所があること	
モ	適切に設計していくためには、理論解・二	から、目的に応じて位置づけを明確にして	
デ	次元解析・三次元解析のどの予測結果を用	適用することが必要と認識している。今回	
ル	いるべきかを理由とともに明確にすべきで	の解析の結果(もっとも現実的な水理地質	
•	ある。	構造モデルに基づく三次元解析結果は他	
湧	湧水量予測は、日常的には速報性の高い理	の予測結果の 1/2~1/3 程度であり、二次	
水	論解や二次元解析に基づくのがよい。三次	元解析および理論解による湧水量予測結	
量	元解析は時間もかかるため、モデルの妥当	果はほぼ同等)を踏まえ、パイロットボー	
予	性の確認として位置づければよいのではな	リング調査結果に基づいて予測された二	
測	いか。	次元解析の結果を、施工計画上の目安とし	
	三次元解析の結果は、これまでの理論解に	て適用していくことを考えている。なお理	
	よる算出結果より少ない湧水量を予想して	論式に基づく予測結果は、日常管理の目安	
	いるが、安全のため湧水量は大きめの予測	として、概略の(オーダーの)湧水量を把	
	(二次元)を前提に対応していく方がよい。	握する目的で適用していくことが適当と	

地質モデルとして、三次元的に考えざるを 得ないような地質環境の下で二次元モデル は限界がある。一方、三次元解析では、入 カパラメータが多くなり、予測精度が悪く なる。したがって、掘削の進展に併せて、 湧水量と解析値を比較し、計測値に合致す るような地質モデルを想定し、この作業を 繰り返し、地質モデルの精度を向上させて ゆくことが必要かと思う。

考えている。

三次元モデルに基づき湧水量の予測を少 ない作業負荷で実施できるような方策を 検討中である。また、理論式に基づき水理 学的不均質場を考慮できる手法の開発を 進めており、今後実際の施工に用いること でその適用性を確認する。

湧水量の予測解析に降雨条件が、どのよう に取り扱われているかが興味深い。どのよ うな降雨条件を用いているかを明記してほ しい。

有効涵養条件(不飽和帯のみ涵養、飽和帯 では流出境界となる境界条件) を与えてい る。この有効涵養量は、表層水理観測結果 およびそれに基づくモデルキャリブレー ション(水頭分布などの実測値を説明でき るようにモデルを現実的な範囲で校正す ること)の結果を参考に設定している。

湧水量の予測解析は、将来どのような排水 | 堆積岩中の水圧の深度方向の不連続性を 施設が必要であるかを予測する事が目的で ある。したがって、降雨条件を考えたもっ とも危険側の条件で湧水量を予測する必要 があると考えられる。

形成している不透水層の影響から降雨条 件の湧水量に対する感度は小さいと想定 しており、優先順位は低いと考えている。 一方で、透水構造の透水量係数が有する感 度が大きいと推定している。しかしなが ら、余力があれば検討することとする。

湧水予測に対して軸対称の定常解析を行な っているが、今回の現場は軸対称ではなく、 被圧帯水層でもない。また、深度毎の透水 量係数を変えて解析をしたのかどうか、こ こで用いている Κ の値はどのような値を 用いたのかがわからない。

場は、三次元的な不均質性を有しているこ とから軸対称モデルで検討するには大き な仮定が必要である。今回は、今後の排水 処理設備の増強計画に資する情報を短時 間で算出しなければならなかったので、透 水性の高い換気立坑からのパイロットボ ーリング調査結果のみを用いて、そこでの 帯水層が遮水性の断層で区切られること なく水平方向に連続しているといった危 険側の仮定での検討を行った。

二次元軸対称の数値解析を行なっている が、この場合、各地層の層厚はどのような 値になっているのか、非定常解析を実施し

今後は、御指摘の点に留意して図を提示す る。

ているので掘削ステップ毎の時間と湧水量 の増加、そしてグラウトによって、土岐夾 炭累層基底礫と LAFZ1 の透数係数が 2× 10⁻⁷m/s になった時に湧水量がどの程度減 少するかを示す図がほしい。

いずれにしても、この現場を軸対称で解析 する事はあまり意味のない事で、大体の湧 水量の値を予測するという意味で重要なの かもしれない。

御指摘の通りと考える。したがって、三次 元モデルに基づき湧水量の予測を少ない 作業負荷で実施できるような方策を検討 中である。また、理論式に基づき水理学的 不均質場を考慮できる手法の開発を進め ており、今後実際の施工に用いることでそ の適用性を確認する。また、軸対称モデル は、グラウトの改良幅や改良目標透水係数 が湧水量に与える効果を検討するための 感度解析などに用いることが適当と考え

三次元解析をどの程度のスケールで解析し ているのかを明記すべきである。また、そ のモデルの妥当性が現地の計測結果とどの 程度整合性があるのかもよくわからない。 200mまで掘削した事による地層の情報が どのように反映されているのかもよくわか らない。明記すべきである。

今後は、御指摘の点に留意した説明資料を 提示する。

り扱っているのかよくわからない。降雨デ ータを取り扱わなくても、土岐夾炭累層基 底礫内の水位が掘削によってそれほど変化 していないのであれば、それを境界条件と して数値解析を実施しても良い。

三次元解析でも降雨データをどのように取 | 堆積岩中の水圧の深度方向の不連続性を 形成している不透水層の影響から降雨条 件の湧水量に対する影響は小さいと考え ている。この不透水層より浅部での水位は 立坑掘削による変化を示していないが、そ れより深部では変化が観測されている。よ って、御指摘のように境界条件を設定する ことは適当でないと考える。

三次元解析水理パラメータについて、 MIZ1FZ02 がどこにあり、これの存在が湧 水にどれほど関係しているのかがよくわか らない。

今後は、御指摘の点に留意して図を提示す る。

二次元解析と三次元解析の結果が比較的良 | それぞれの予測方法は、目的やそれに伴う

く一致しているようであるが、モデルや境 | 実施時期、検討の詳細度がそれぞれ異なる

界条件が異なるので、直接的な比較評価は 難しい。二次元解析については、現状の湧 水量をフィッティングさせて、深度 1,000 m掘削したときの湧水量を推定する方法と して用いるのが良い。

ため、パラメータの位置付けよりも予測手 法の位置付けを整理し、誤解のないように 説明することに留意する。直接的な比較評 価をすることは意味のないことであると 考える。

現場の三次元浸透流解析が妥当であれば、 それによって施設を掘削した事により地下 水の水圧がどの程度低下し、全体としてど の程度の湧水が出てきて、その湧水の水質 がどのようなものであるかを解析結果とし て出してくるべきである。

今後は、御指摘の点に留意して図を提示す るように留意する。ただし、水質について は現在実施している解析手法ではなく、移 流拡散解析が必要であり、別途検討する必 要がある。

水理調査ボーリング間のトモグラフィ技術 により、今後の掘削下部の水理特性の予測 手法の確立が必要である。

水理調査ボーリング孔を使ったトモグラ フィ調査として、弾性波トモグラフィを基 本とし、孔内状況によって比抵抗トモグラ フィなどの電気探査法も合わせて実施す ることを考えている。これらの調査に水理 試験結果などの情報を合わせて、御指摘の 点について検討を実施する。

花崗岩の上部は水平方向の透水性が良いの で、土岐川の水量に影響している可能性が ある。標高との関係を整理するとよい。

御指摘のように、土岐川の標高や研究所用 地内、及びその周辺の水位標高の関係か ら、研究坑道掘削に伴う水位低下は土岐川 の水位の影響を受けていると考えている。 このことから、地下水流動解析においては それを考慮した境界条件を設定するよう にしている。ただし、研究所用地と土岐川 の間には水圧モニタリング孔がないため、 解析結果の検証には検討が必要である。

トンネル壁面のすぐ奥のところで、湧水圧 | 探り削孔やグラウト注入孔での湧水圧測 が 1MPa というのは大きいように思われ る。また、主立坑側の湧水圧が 0MPa とい うのは、透水性が低く計測時間が短いため に正確な値が計測されていない可能性が高 11

定により、立坑に近い位置で高い水圧を有 している区間が存在していることが確認 されている。主立坑側での低い湧水圧に関 しては、御指摘の通り計測時間が十分でな かった可能性がある。これらのことから、 適切なグラウトや水抜きを慎重に実施し ていくことが必要と考えている。

立坑掘削深度が大きくなるにつれて、周辺┃研究所用地内及び用地周辺のボーリング 環境への影響が大きくなる可能性があるの

孔で実施している水圧モニタリングデー

で、モニタリング状況を注視する必要がある。

タについては、毎日データの確認を行うと 共に、研究坑道掘削に伴う主な作業(削孔 や発破)と水圧変化との関係を整理してい る。また、削孔などにより大量の湧水が確 認された場合には、その都度データの確認 を行い、水圧変化を把握している。今後も、 これらの観測により周辺環境の変化の把 握を行う予定である。

掘削完了後の地下水の低下が、周辺地域に 与える影響の評価も必要である。

研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化を予測するための地下水流動解析においては、湧水量のみならず水位低下量や影響範囲なども同時に予測している。また、今後は湧水量、水位低下量や影響範囲に関するデータを用いて、水理地質構造モデルを更新していく予定である。ただし、この水位低下量や影響範囲については、主にボーリング孔での水圧モニタリングによって評価しているものの、この観測体制は様々な制約条件があり、評価の際には留意が必要である。

水 三次元の解析のまとめで「水質は地表から質 の予測結果と概ね整合的」となっているが、何と比較してのこの結論かよくわからない。立坑掘削に伴い地下水が動くと水質は変動する事についてもっと論議すべきである。

水質の調査結果では、塩化物イオン濃度が 深度とともに上昇し、ナトリウムイオン、 カルシウムイオンなどの濃度も塩化物イ オンと正の相関を示す。この傾向やその濃 度が地上からの調査結果と大きく異なる 結果ではなかったため、「概ね整合的」と した。御指摘の地下水水質の変化について は主要な課題の一つとして捉えており、既 存ボーリング孔や坑道内の壁面湧水、集水 リングおよび予備ステージからのボーリ ング孔での地下水モニタリングを実施し、 継続的に検討していく予定である。

この場の深部の塩素濃度を場の特徴として、理論解による変動の予測をするなり、 三次元の移流分散解析より、場の分散長や 有効間隙率を掘削による湧水の水質変化か ら逆解析する必要があるのではないかと考

今回紹介した解析に加えて、塩素の放射性 同位体(36Cl/Cl)を指標とした解析につ いても検討している。

	えられる。	
	場の三次元の移流分散解析モデルを構築す	御指摘の点の検討に着手する。ただし、移
	べきである。	流拡散解析対象とする物質の不確実性の
		考慮方法を検討する必要があるといった
		課題もあると考える。
	換気立坑パイロットボーリング調査結果で	現時点での水質データだけでは流動状況
	は、深度約 410~450mがフローメータ検	についての議論の根拠として乏しいと考
	層・温度検層結果より主要な水路帯と考え	えられる。パイロットボーリングで採取し
	られている。この地帯の水の流動状態を推	た地下水の同位体データが加わることで、
	定することは、地層科学研究の見地から意	より具体的な議論ができる可能性がある。
	味のあることと考え、この水路帯の流動状	また、200m予備ステージや壁面湧水、集
	況を推定されることを期待する。	水リングでの調査結果を踏まえ、検討して
		く予定である。
グ	LAFZ が湧水帯であるとの概念がグラウト	御指摘の通りであるが、施工場所の制約、
ラ	計画の策定にどのように反映されているの	及び今回のグラウト実施位置とグラウト
ウ	か。割れ目分布が水平と垂直の2方向に卓	対象範囲の形状からやむを得ない点であ
7	越した分布をしていると予測しているので	る。この点は、今後の水平坑道部でも同様
結	あれば、現在のグラウト孔の配置は注入材	となる。掘削時の割れ目性状調査等に基づ
果	が入りにくい方向(割れ目に平行に近い方	き、注入方向と亀裂の方向性の関係を評価
評	向) になっているように思われる。	の指標とする。
価	プレグラウトの目安としている 2Lu 以下	当面はこの基準を標準として、削孔時の湧
	という数値は少し厳しいとも思われるが、	水状況等を勘案し実施の可否を判断する。
施	当該測定区間に大きな湧水帯は存在しない	
エ	と評価される値であり、この値で管理して	
時	いれば立坑掘削において大量の湧水は発生	
0	しないだろう。	
デ	プレグラウトについて、2 次孔の注入前ル	確かに注入孔を減らせる可能性はあるが、
J	ジオン値が 2Lu の非超過確率で、すでに	2Lu の超過確率が 85%をクリアしている
タ	85%をクリアしている程度まで低減してい	のは、注入効果と言うよりも岩盤性状に基
取	ることより、注入孔配置をもう少し間隔を	づくものと判断している。まだ施工の初期
得	広げられるのではないか。今回の標準間隔	段階であるため、今回はチェックを含めた
含	配置(先端で 3m以内、注入孔口で最短	全孔施工を実施した。今後、詳細評価に基
む	50cm)での結果であることから、これをも	づく検討を行い、フロー等に反映したい。
	う少し緩和(先端で 4m程度)し、悪い箇所に	

だけ追加する方法などが考えられる。

の設定において、低角度割れ目集中帯の透 水係数の設定の考え方を再整理する必要が ある。プレグラウトとポストグラウトで岩 盤の透水係数 (Ko and Kw) の設定値が異 なっていることについて整理が必要であ る。

プレグラウトとポストグラウトの改良目安 | Ko (EDZ の透水係数) については誤植で あり、4.6E-05(m/s)が正しい数値であり、 訂正する。また、グラウトの改良目安値に ついては、委員会資料では当初の排水処理 能力に基づいて設定をしたが、現状ではこ れを増強しているので、特にポストグラウ トについては、現在の処理能力に基づいて 設定の見直しを行う予定である。

グラウト実施管理にルジオン値を用いるこ とは、施工上やむを得ないと思う。しかし 10Lu を超えると、湧水は乱流を起こして いると考えられることから、ルジオン値の 取り扱いについては留意すべきである。

ルジオン試験ではルジオン値を求め、その 値が設計値より大きい場合にはグラウト をして設計値まで小さくする指標として 利用するように考えている。

注入効果を解釈することは難しいが、セメ ント注入量で注入効果を解釈してみるのも 有効かもしれない。ルジオン値の低減状況 と併せて評価すれば良い。

この指摘はポストグラウト試験施工に対 してのものであり、今回は注入材配合が1 種類のため、注入量による検討と同様の結 果を与えると考えている。なお、プレグラ ウトでは既に取組済みである。

説明された計画は妥当であると思うが、充 分な地質の観察を実施してもらいたい。

掘削時の亀裂性状調査等を入念に実施し、 亀裂性状と注入量の関係等について評価 の指標とする。

ポストグラウトについてグラウトがどこま で浸透しているか調査しているか。

チェックボーリングのコアによる調査の 結果、注入領域の外側への拡散はほとんど 認められず、局部的に立坑側(内側)への 浸透が認められた。動水勾配によるものと 考えられる。

探り削孔の掘削孔は孔埋めを行なっている が、排水孔として横坑掘削に利用すると考 えると、孔埋めはもっと後でも良いと思う。 場の状況が掘削によって乱れるのを避ける ために孔埋めを行なっているのであればそ れで良いが、掘削した孔内の水圧の変化等 を継続的に計測しても良いと考えられる。

現状では湧水処理量に余裕がなく、さらに 湧水処理にコストを要することから、御指 摘の調査は現時点では難しい。今後、余裕 ができた時点で実施を検討する。

プレグラウトを行なった後、掘削によって どの程度透水性が変化するかを計測する方 法を検討すべきである。

掘削に伴う湧水量増加をポンプ揚水量の 差分で捉え、それによって区間湧水量の評 価を実施する予定。より精度の高い計測方 法を検討する。

亀裂の幅と密度を計測して、グラウトの手 法を検討する方法を検討してほしい。

湧水低減効果の確認、グラウト仕様の妥当 性の確認などについて、研究機関として成 果をまとめてほしい。

掘削時の亀裂性状調査等を入念に実施し、 の指標にするとともに、最終的な成果取り まとめを目指していく。

上向きの注入について問題ありとの意見が 出ていたが、今回上向き注入で、注入の可 否、効果の可否についても確認できるので はないか。確かに地山流出や湧水が発生し やすい向きだが、穿孔中孔にスライムが着 きにくく効果的な注入ができると考えら れ、その点を確認されたい。

御指摘の通り、上向き方向のグラウト孔が 水平・下向き孔と同等の施工性であること が確認できれば、注入計画の自由度が増す と考える。

横坑掘削は充分に注意をして、グラウトの┃立坑と同様に掘削時の亀裂性状調査等を 効果や亀裂の幅、分布、長さの分布データ を取ってほしい。

入念に実施し、亀裂性状と注入量の関係等 について評価の視点にする。

立坑の近傍をグラウトする場合と、すこし 離れたところをグラウトする場合が考えら れる。どちらがより有効か検討したらどう カシ。

余裕を持たせて立坑から離れた場所を注 入するほど注入対象面積が増大するため、 現状では余裕を持たせていない。掘削時の 注入材の浸透状況等を踏まえ評価したい。

プレグラウトについてはやりすぎという意 見もあるかもしれないが、大量湧水が生じ たときの影響を考えれば、安全側のやり方 で対処するのがよい。 計

当面は現在の基準で進めたい。

今

後

ポストグラウトに関しては、トンネル工事 │ 現計画では湧水抑制対策の基本はプレグ (水平坑道) ではプレグラウトに比べてコ ストが数倍程度必要となると一般的に言わ れているが、立坑においては水平坑道以上 に工期、工費に与える影響が高くなる。い かにしてプレグラウト工法により掘削後の 湧水を低減するかに目標を絞った方が良 い。ポストグラウト技術が必要となるのは、 水平坑道ではないかと思う。

ラウトとし、ポストグラウトはあくまでも

追加対策の位置付けである。プレグラウト をいかに確実に施工するかがポイントと 考えているが、掘削時に湧水が生じた場合 に備えた準備は必要である。注入材の使い 分けに関しては、岩盤の亀裂性状にも関係 するが、御指摘の点は将来的な選択肢とし て考えたい。ただし、現時点では1:8ミル クでも注入圧の上昇(すなわち注入効果) が確認できており、当面は現計画を進め る。

プレグラウトとポストグラウトの試験を実 施しているが、湧水区間の止水対策として はプレグラウトが効果的で、ポストグラウ トの効果は水圧が低い範囲であれば効果は 期待できるものの、今後の高水圧になれば

なるほど効果が低くなると想定される。

立坑におけるグラウトは、いかにシンプル、 注入時間を短く出来るかが重要ではない か。孔数を増やしても濃い材料から注入を 開始し、配合切替段数を減らす方が理にか なっている。一方、実際に掘削してみると、 湧水量が想定以上に発生し、さらに細かい 料単価の高い超微粒子セメントの使用が考 えられる。1次注入は普通セメントを用い て大きな亀裂を粗詰めし、2次注入で超微 粒子セメントを使用することで、超微粒子 セメントが逸散することを防止することが 考えられる。

長のガス管を用いたパッカーについても試 験施工を検討してはいかがか。(青函方式の パッカーの採用) 今まで使用している機械 式パッカー (エアパッカー) では大規模湧 水帯の確実な注入は困難になることが想定 される。

高圧注入に際してのパッカーとして、一定 | 今後、大深度および岩盤状況が悪い場合の オプションの一つとして考える。

現在拡幅区間の穿孔・注入パターンは拡幅 直前の切羽からほぼ水平方向~下向きに穿 孔し注入している。穿孔能力のある機械を 導入すれば $5\sim10$ m程度上から穿孔でき、 穿孔回数や注入回数を低減させることが可 能と考えられる。

特に大規模湧水帯での確実な注入について は、バルクヘッドとして 5~10m程度をと り、その先を注入しなければ効果的な注入 は難しいと考える。

方法として、ズリ投入やコンクリート打設 により一度切羽を埋め戻して、再注入を実 施したほうが、注入圧が高く実施でき確実 な注入が行える。

今回の深度 200m付近の拡幅部プレグラ ウトの計画は、湧水問題により施工中断し た時点の切羽をそのまま使ったため、非効 率な面がある。今後のプレグラウトは、深 度 220mまでの施工計画のようにバルク ヘッド (カバーロック) も兼ねてある程度 の離隔を取って穿孔・注入を進める予定と している。

ポストグラウトが計画されているが、他の │ 今回示したポストグラウト案は、プレグラ ウトが不完全な場合に発生する湧水に対 する対策例である。プレグラウトが全く効 いていない、あるいはプレグラウトをしな かった領域で生じる突発大量湧水では、御 指摘のような選択肢を考えておく必要が

ある。ただし、このような事態に陥らない ために、事前調査(パイロットボーリング、 探り削孔)とプレグラウトの確実な施工を 目指すことを前提とする。

現在トンネルの周辺 3m区間をプレグラウ | 今回の計画では、硬岩(概ね CM 級以上) ト範囲に設定しているが、掘削を発破で施 工するとどうしても 50~100cm 程度の緩 みが発生するため、注入領域を破壊し、止 水効果が低減することが考えられる。よっ て、掘削に伴う緩みゾーンを D、CL、CM、 CH クラスごとに概略把握し、その外側に 注入ゾーンを設定することが望ましいと考 える。

で有効注入厚を 2.0m とし、発破損傷領域 (EDZ)を最大 1.0 m 考慮して 3.0 m (約 0.5D)のグラウト範囲としている。脆弱部 (CL級以下)については別途検討を必要 とするが、現時点では脆弱部は透水性が低 く、グラウト施工の有無を含めて判断する 予定である。

高圧湧水が発生する場合で地山条件が弱い 場合は、立坑周囲 3m程度では十分な止水 効果が得られないことも考えられることか ら、立坑周辺の注入ゾーンとして、半径1 D、3D、5D (D は立坑直径) の注入ゾーン も注入パターンとして計画しておく必要が ある。

現在セメントミルクによる注入を主体とし ているが、養生をしないと次の穿孔に移れ ない工程である。注入工程を短縮する方法 として、超微粒子セメントや LW によるゲ ルタイムを短時間に設定できれば、養生期 間を置かずに、注入終了後次の穿孔に入る ことができる。

換気立坑の岩盤はグラウトしやすい岩盤で あるが、比較的透水性が小さい岩盤を 2Lu 以下にするには、それなりの密度のグラウ トが必要であり、普通ポルトランドセメン トの注入では困難な事がある。

注入材料については、普通セメントがパイ ロットボーリングのセメンチングにおい て十分な効果が得られたことから、それを 踏襲している。確かに、硬化待ちのための 手待ちも生じていることから、亀裂性状と の関係等も整理し、検討を行う。

部の計画では掘削が進むとグラウト範囲を 掘削する事になる。岩盤の亀裂方向を考え た異方性の透水性を考慮すると、換気立坑 の深度約 395m~約 450mの高透水ゾーン

グラウトの改良範囲に関して、200m連接 | 200m連接部では、底盤到達後に5ヶ月程 度の調査研究による掘削中断期間が予定 されており、また底盤部は湧水帯(LAFZ) にかかるため、底盤からの湧水を防止する ために掘削断面内も注入する計画とした。

での掘削の周囲をグラウトするだけでも十 分止水性は良くなると考えられる。

LAFZ の深度近くまで立坑の掘削が進む と、立坑を拡幅して約 60mの深さに対して グラウトを行なう作業空間を設けるような 方法も考えられる。この場合は鉛直のグラ ウトであり、ダムで実施されるカーテング ラウトと同じような施工方法でグラウトが 可能になると考えられる。

高透水領域に対しては、ダムのカーテング ラウトと同じようにグラウト注入基地を掘 削する方法を用いると、従来のグラウト技 術がそのまま適用できる。また、深部を改 良するので掘削面へのリークがあまり問題 とならず、注入圧を上げる事も可能となる。

ポストグラウトに関しては、湧水を止めて、 奥の方に注入をして止水する方法が良いか もしれない。

グラウト設定の考え方について、何にコス トがかかるのかを考えて反映させるとよ い。たとえば、立坑上部の湧水は水質処理 が必要でコストがかかるので止水する、立 坑下部の湧水は水量が問題なので排水で処 理するというような考え方である。具体的 には、実際の現場の湧水状況に基づき予測 を確認しながら対策を進めることが必要で ある。

委員会でも指摘されたが、掘削中の湧水量 をどこまで許容するかという問題と、掘削 完了後の試験運用に入った段階での許容湧 水量をいかにするか、この両者をにらんだ 議論が必要かと思う。

将来湧水を地上まで排水するためのランニ ングコストとその水を浄化するためのコス トを教えてほしい。また、施設規模を設計 すべきであり、その可能性も示してほしい。

場を 2Lu 以下にするためにグラウトを実 排水処理量やグラウト費用については、改

今後の注入計画については、深度 220m付 近までの注入のように、極力掘削断面内は 注入しない計画で湧水量を抑制すること としている。また、この深度 220mまでの 注入では、連接拡幅部を作業空間として利 用する予定である。なお、深度 395~450 mについては、作業空間の計画も含め、検 計を進める。

ポストグラウトについては、湧水発生状況 (亀裂性状)とも関係するが、御指摘の点 を選択肢の一つとして検討を進める。

水質については、今後も適切な処理が必要 と予測される。また、湧水に関しては今回 の湧水量予測結果と今後の現実的な排水 処理設備の規模を考慮して、適切に抑制を していく予定である。ご指摘のとおり、常 に情報を更新しつつ、適切な対応を取って いく。

これまでの知見に基づけば、湧水量は1 年程度の期間では減少しない傾向が読み 取れる。このような現状を踏まえ、適切な 排水処理量を検討していくことが必要と 考えている。

排水処理設備については、今後の掘削深度 と湧水量予測解析の結果をもとに、排水処 理に対応可能な設備及びランニングコス トの検討をしている。

施する予定になっているが、もし場を 0.2Lu に改良した場合の湧水流量の減少や 水処理費の減少を明記し、それとグラウト の費用との比較をすべきである。これは数 値解析で検討できる課題である。

良目標値に対する費用対効果を考慮して 適切に設定することが必要と考えている。 なお 0.2Lu は第 3 段階の長期止水性能の 研究として検討したいと考えている。

場を 0.2Lu 以下に改善する事は従来にない 新しい技術であり、新たな材料と技術開発 を実施し、そのグラウトのコストとメンテ ナンス費とも比較すべきである。

本件については第3段階で検討したいと考えている。

の

水処理施設の処理能力が 1,500m³/日となっているが、数値解析等の結果から施設の維持のために 3,000m³/日の排水が必要となっている。この差はどうなのか。将来、水処理施設を増設するのか。

現状の排水処理容量は 1,500m³/日だが、 予測解析の結果を踏まえ将来 3,000m³/日 の湧水にも耐えられる設備を検討してい る。

主立坑の地質は「水は通しにくいがやわらかい」という、建設工事において扱いが一番難しいパターンである。

主立坑を安全にかつ経済的に掘削する方法を示してほしい。

基本的には支保パターンで対応するものとし、必要に応じて計測等で安定性を確認しながら施工を進める予定である。200mまでの掘削実績では、パイロットボーリングで確認された脆弱部は立坑や横坑において全面的に出現してはいないため、現状では支保パターンで対応可能である。ただし、より深部で地山強度比が1を大きく下回ることも想定され、岩盤力学の問題と水理の問題の両方に対処する方策を今後検討していく。

亀裂系岩盤内の掘削の際に、一時的に量の 多い湧水があるが、その亀裂が無限に水を 補給できる水源に連結していない限り、湧 水流量は亀裂内に保有している地下水が一 時的に流出してくるだけで、後は周囲の低 透水層からの湧水が高透水層に集まってき た結果による湧水流量に変化していくと考 えられる。

主立坑側で一度被圧水の突出が発生したが、すぐに減圧して現状では湧水は認められない。今後も、御指摘の点を念頭に置いておくこととする。

湧水流量があまり多くてその処理に経費が かかりすぎるのであれば、揚水した水を排 水するのでなく、現地の地下水環境保全の ために、土岐夾炭累層(基底礫)にリチャ

リチャージについては、可能性のある地層 の透水性と注入量を考慮するとかなりの 数のボーリング孔が必要となり、この掘削 等に膨大な費用が必要になるとの検討を

ージする方法を検討すべきである。帯水層 内は揚水を復水 (リチャージ) する事によ って、現場の地下水環境は保全される。し たがって、地域の環境保全としては極めて 重要な事であると考えられる。

揚水をリチャージする際には、その施設の 目詰まりが問題となる。しかし、この場合 には、注入水の濁度や溶存酸素量が問題と なり、注入水の水質処理費ははるかに安価 になる。150m近い注入のためのボーリン グ孔を何本掘削できるかが問題である。

このように注水すると、水質を研究してい る立場から環境が変化するとの問題がある が、地下から揚水した水を地下に返すと考 えて理解してもらいたい。

掘削周囲のグラウト後、ロックボルトを打│通常のトンネルでもロックボルト孔は湧 設すると、そこが漏水箇所になる事がある。 それに対しての根本的な対策が必要であ る。新しいロックボルトの止水対策を検討 する。

岩盤分類について、トンネルなら支保の選 定に利用するなどの活用がなされている。 従来の分類法は岩盤の耐荷性等の力学的性 質に重きが置かれているが、将来の地層処 分においては湧水状況が重要となるので、 これらが反映されるような岩盤等級につい て研究に取り組んでもらいたい。

行っている。これに基づき、現状において は排水処理が適当と考えている。また、研 究上は異なる水質のものを注入すること となるため、このような擾乱は避けるべき と考える。さらに復水に関する法的な問題 もクリアする必要があると認識している。

水経路となっている例が多い。対策を検討 する。なお、実施工でも既に対応を試みて おり、完全な止水が難しいことを確認して いる。

工学技術の基礎として現在検討を進めて いるところである。特に実際の処分場にお ける処分坑の選定に対する基礎技術と認 識している。

7. 第4回湧水抑制対策検討委員会の開催概要

7.1 議事概要

第4回委員会の議事概要を表7-1に示す。また委員会資料については、付録にてまとめた。

表 7-1 第 4 回委員会議事概要

第4回湧水抑制対策検討委員会 --議事概要--

1. 日時:平成19年9月5日(木) 13:30~17:00

2. 場所:日本原子力研究開発機構 東京事務所 12F 第1会議室

3. 出席者

(委員) 西垣委員長、小島委員、吉田委員、山口委員、大藪委員

4.資料

付録5参照

- 5. 議事
- (1) 開会挨拶
- (2) 会議趣旨説明
- (3) 換気立坑ボーリング横坑プレグラウト施工結果
- (4) 換気立坑プレグラウチングの評価
- (5) 次段階のプレグラウチングについて
- (6) その他
- (7) 閉会挨拶

7.2 委員会議事録

第4回委員会の議事録を以下に示す。なお、委員会時の各委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、後の委員個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表7-2に示す。

(1)換気立坑ボーリング横坑プレグラウト施工結果

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。主なものは以下の通り。

・プレグラウトの効果があったことはわかった。ただし、0次孔と規定孔とはグラウト注入の

位置が異なるので、効果の評価の仕方を考える必要がある。

・プレグラウトを施工した部分は、上部割れ目帯(LAFZ)に相当しているのか。その LAFZ の位置や範囲は、パイロットボーリングでの予測結果と一致しているのか。

(2)換気立坑プレグラウチングの評価

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。主なものは以下の通り。

- 0 次孔の削孔でたまたま湧水があったので、そこを注入することにより結果的にプレグラウトとして効果があったと思われる。プレグラウトの成果については、そういった実際的な湧水と注入結果という観点で評価すべきである。
- ・探り削孔でコアを採取しているのか。湧水箇所のコアの割れ目を観察し、湧水を引き起こす 割れ目の特徴を把握することによって、湧水量予測に反映できると考えられる。
- ・コアを採取していなければ、グラウト注入後でも良いので、掘削壁面観察を行い、割れ目の 特徴を概略的に把握する調査を行ってはどうか。詳細な検討は第3段階の研究で実施すれば よい。
- ・高角度の割れ目が湧水に影響するとすれば、今後はこれらの割れ目を把握するために探り削 孔を十分に実施することが重要になってくるのか。
- ・地質構造がすべてわかっているかのように、「ここがこうだから、こうやって効果があった」 というようなストーリーを組み立てるよりも、もっと現実的に、「実際に湧水が生じていると ころを注入して、湧水を止める」ことが湧水対策での基本的な姿勢であると思う。
- ・ロックボルトは割れ目を縫って施工されており、今まであった水みちをグラウトで塞ぐこと で水の流れが変化し、ロックボルトに沿って漏水が生じていると考えられる。
- ・ロックボルトからの漏水はどこの現場でもみられる課題である。
- ・他工事の事例から、ロックボルトを使用する箇所における漏水対策としては、充填式やパッカー式のロックボルトを用いることが考えられる。
- ・1:8や1:0.8等の薄い配合、濃い配合を用いることには、議論の余地がある。

(3)次段階のプレグラウチングについて

- ・実際に掘削してみて問題がなければ、5m毎のステージ注入を 10m一括注入に変更してもよい。ただし、施工結果を予測できるだけの事前の調査を十分にすべきである。
- ・軟岩の場合は、未注入で失敗する可能性があるが、本現場のような硬岩の場合は大丈夫であると考えられる。
- ・地下水圧が高圧の場合、孔埋めを十分に実施することが重要である。
- ・現状のプレグラウトのやり方は妥当であると考える。
- ・LAFZ②を改良のターゲットとすることでよい。LAFZ③以深については、コアの状況等を十分に確認してグラウチングの実施について判断すべきである。
- ・注入は基本パターンに頼りすぎず、状況に合わせて柔軟に対処すべきである。
- ・注入前のルジオン値は、削孔くずなどがあって精度が落ちるので、慎重に測ること。
- ・0 次注入は、探り削孔も兼ねており、4 本で計画しているが、実際に削孔したときの状況に

より、本数を減らすなどの対応を考えればよい。

- ・ダメ押しの 30 分は、被圧があることや狭小な割れ目への注入、海外での注入実績等から考 えて妥当と思われる。
- ・低ルジオン値で注入省略と考えられる注入孔については、他孔注入時のリーク防止のため、 確実に注入することを考えた方がよい。
- ・坑内設備は小型化のほか、水平坑道の利用も考えるべきである。
- ・200m 以深の注入では、深度 220m 以深への長い試錐も検討してはどうか。

(4)その他

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。主なものは以下の通り。

・立坑のような鉛直方向で高圧の環境では、湧水量と湧水圧からルジオン値を逆算した方が精 度がよいかもしれない。

7.3 委員会個別説明議事録

第4回委員会へ出席がかなわなかった各委員については、それぞれ個別説明を行い、ご意見 を頂いた。資料は第4回委員会と同じものを使用している。

各個別説明の議事録を下記に示す。なお、個別説明時の委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、委員会や他の個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表 7-2 に示す。

7.3.1 個別説明(1)

日 時:平成19年10月9日(水) 12:55~15:15

場 所:東京大学 出席者:徳永委員

配布資料により委員会資料の説明を行い、質疑・意見を頂いた。主な内容については以下の通り。

(1)グラウト状況報告

- ・かなり丁寧にグラウトを実施している印象である。しかしながら、今後突発事象等により、 現状以上のグラウトを求められ、工期、費用の増大を招く可能性を考慮すると、現段階から 施工の簡素化を模索するべきと考える。今後の実績等も含めて簡素化の可能性を検討すると よい。
- ・ルジオン値が低く、かつ湧水量も少ないところでの注入省略については、水理地質的に課題が少ない(後から顕著な湧水が発生する懸念が少ない等)と判断されるところで試験的に施工しても良いのではないか。注入省略が可能になれば、施工の簡素化につながるものと考える。

いてはどうか。なおポストグラウトに限らず、計画段階でのグラウトへの戦略を明確にし、 施工結果との評価を行うことは、今後の地下施設建設へ反映させる観点からも重要である。

- ・本当に坑道内への湧水を全て許容しないのか、あるいはどの程度までなら許容されるのか、 戦略的に決定したうえで、例えば孔埋めや仮改良の有無を判断することも必要ではないか。
- 0 次孔の評価や必要性については、今回結果的に効果があったことが分かったことから必要と結論付けているようであるが、仮に 0 次孔の対象範囲で湧水が無く、かつ掘削後も湧水が無かったケースを想定すると、今回のような評価にはならなかったのではないか? 0 次孔の実施にいたる戦略を論理的に説明できるようにしておくことが必要である。またその評価もあわせて実施することが必要である。

(2)湧水量予測

- ・二次元軸対称解析と三次元解析の予測湧水量が整合的だったことから、二次元で代用するという考え方は理解しがたい。むしろ既にキャリブレーションされ、妥当性がある程度確保されている三次元モデルを利用し、これにモデルの微修正を加えながら、今後日常管理に使っていくほうが良いのではないか。日常管理における地質モデル等のデータ更新については、主にターゲットとすべき地質について反映しておけば、更新頻度もそれほど多くならず、実用上特に問題がないものと考える。
- ・地下施設の建設等において地下水管理を行う観点では、今後三次元モデルの使用が主となる ものと考える。もし二次元モデルで管理するのであれば、解析領域の水理地質構造が当該モ デルで近似できることを示す必要がある。

7.3.2 個別説明(2)

日 時: 平成 19 年 10 月 11 日(木) 14:10~16:30

場 所:埼玉大学 出席者:渡辺委員

配布資料により委員会資料の説明を行い、質問、及び意見を頂いた。主な内容については以下の通り。

(1)グラウト結果、及びその評価について

- ・注入配合については、現在規定している仕様に留まらず、地山状況に応じて試行すべきと考える。
- ・全ての亀裂に注入材が充填されないことについては、注入孔内の割れ目数と注入量の関係等 を整理することで説明が出来ることも考えられる。
- ・グラウト全般に関し、関係者間のみで知られていた内容(透水割れ目にグラウト材が充填されることなど)について、今回の施工で明確にしたことは成果としても良いのではないか。
- ・現在 MIU で実施しているグラウトについては、あくまで施設建設を進めるために必要なものと認識している。今後は、関連する種々の研究テーマが生ずるものと予想されるが所期の

目標を考慮して、グラウトに対する建設と研究の目的を明確に分類し、施設建設時の湧水抑制対策は着実に進めるべきと考える。

- ・注入孔について、透水性亀裂をターゲットとした配置を行うことは、実際には難しいものと 思う。
- ・経験上湧水圧の低い箇所に、注入材が充填されやすいことから、今後立坑一般部のように注 入孔口と先端で湧水圧の異なる箇所については、注入圧の設定に留意すべきである。

(2)湧水量予測

- ・湧水量予測については、元々排水処理設備の設計に用いるために行っているものと認識している。湧水量管理を行う目的で予測を行うのであれば、今回実施した2次元解析結果を採用することで良いと思う。
- ・ただし、研究所用地周辺まで含めた地下水管理を行うのであれば、水圧モニタリングなどと の整合性を確認することが必要となるため3次元解析結果を用いるべきと考える。
- ・2 次元解析結果による湧水量の低減については、資料中では改良幅 2m以降のデータしかないため、立坑近傍の解析モデルのメッシュ間隔を確認してもらいたい。また解析の妥当性の確認のため、グラウト改良範囲の外側の水圧についても確認するとともに、実測データとの比較を30~50m程度の掘削の進捗ごとに実施するのが良いと考える。

7.3.3 個別説明(3)

日 時: 平成 19 年 10 月 12 日(金) 14:30~17:05

場 所:東京事務所 第8会議室

出席者:角江委員

配布資料により委員会資料の説明を行い、質問、及び意見を頂いた。主な内容については以下の通り。

- ・ボーリング横坑の結果より、仮改良の実施を含め、今回の施工方法が湧水対策にとって極めて効果があったものと解釈してよいと思う。
- ・これまでの注入実績より、規定孔のうち2次孔については、チェック孔程度の位置付けで良いのではないか。よってグラウトにおいては、仮改良と1次孔の施工に留意して進めるべきと考える。また、仮改良と1次孔を兼用する等、施工の効率化を図るべきと考える。
- ・注入圧を現状以上に上げることについては、底盤コンクリートのようなバルクヘッドを確実 に設けることで対応すべきである。
- ・注入ステージ長の延長については、削孔時にジャーミングを生じないような岩盤であること が確認できていれば 10m/ステージでも良いと思う。
- ・これまでの経験上、グラウト工事初期段階で過剰な施工を実施すると、その後の施工はその 実績を踏襲し、施工の簡素化が困難となることが多い。このため換気立坑の次期施工箇所に

ついては、多量湧水の発生等問題点が多いところと思われるものの、簡素化したグラウトを 指向し、湧水抑制に対する実績に加えることで、今後のグラウト費用増大等を抑制すること も検討すると良い。その際、条件別に論理の流れを書いて検討するのが良い。

表 7-2 第4回委員会で各委員から頂いたご意見と回答について

_	表 7-2 第 4 回委員会で各委員から頂いたご意見と回答について		
	コメント	回答	
地	プレグラウトを施工した部分は、上部割れ	注入箇所は LAFZ に相当する部分であり、	
質	目帯 (LAFZ)に相当しているのか。その	パイロットボーリング調査で予測された	
	LAFZ の位置や範囲は、パイロットボーリ	ものである。	
地	ングでの予測結果と一致しているのか。		
質			
構			
造			
水	探り削孔でコアを採取しているのか。湧水	工程等の制約のため、コアを採取すること	
理	箇所のコアの割れ目を観察し、湧水を引き	は困難である。掘削壁面についてはすべて	
	起こす割れ目の特徴を把握することによっ	の掘削サイクルにおいて観察を行ってお	
水	て、湧水量予測に反映できると考えられる。	り、割れ目の特徴を把握する調査を行って	
理	コアを採取していなければ、グラウト注入	おり、今後も継続して実施する。	
地	後でも良いので、掘削壁面観察を行い、割		
質	れ目の特徴を概略的に把握する調査を行っ		
モ	てはどうか。詳細な検討は第3段階の研究		
デ	で実施すればよい。		
ル	立坑のような鉛直方向で高圧の環境では、	前回までに注入セメント量-湧水量の関	
•	湧水量と湧水圧からルジオン値を逆算した	係等の評価を行っている。しかしグラウト	
湧	方が精度がよいかもしれない。	実施箇所が 2 箇所でありデータ数が少な	
水		いため、現時点では十分な評価が行えてい	
量		ない。今後はご指摘の方法による検討も行	
予		い、従来の方法との比較を行ってみる。	
測	200m以深の注入では、深度 220m以深へ	工程等の制約のため、次期計画では 220	
	の長い試錘も検討してはどうか。	m以深への長い試錐は検討していない。将	
		来的には長い試錐も検討する。	
	二次元軸対称解析と三次元解析の予測湧水	湧水量予測は排水処理計画の確認・見直し	
	量が整合的だったことから二次元で代用す	を主目的として実施する。	
	るという考え方は理解しがたい。むしろ既	三次元モデルに基づく湧水量の予測を掘	
	にキャリブレーションされ、妥当性がある	削中の情報(地質・水理)を基に実施する。	
	程度確保されている三次元モデルを利用		
	し、これにモデルの微修正を加えながら今	現状の二次元モデルは高角度の遮水性構	

後日常管理に使っていくほうが良いのではないか。日常管理における地質モデル等のデータ更新については、主にターゲットとすべき地質について反映しておけば更新頻度もそれほど多くならず、実用上特に問題がないものと考える。もし二次元モデルで管理するのであれば、解析領域の水理地質構造が当該モデルで近似できることを示す必要がある。

後日常管理に使っていくほうが良いのでは 造を考慮できないものの、短時間で解析がないか。日常管理における地質モデル等の 可能なことから、定性的(概略的)な湧水データ更新については、主にターゲットと 量予測に適用する。

さらに、シリンダーモデルに基づく立坑湧水量予測システム(SWING-SHAFT)も 短期的な予測手法として、適用可能性を検 討する(新たな水理地質構造の取り込み等 が比較的容易)。

0 次孔の削孔でたまたま湧水があったので、そこを注入することにより、結果的にプレグラウトとして効果があったと思われる。プレグラウトの効果については、そういった実際的な湧水と注入効果という観点で評価すべきである。

果評

価

施工

時

デ

取

含

0次孔については、これまでの考え方に従い、湧水状況を見ながら、グラウトの実施 を判断していく。ご指摘の趣旨に合致する 方法であると考えている。

0 次孔の評価や必要性については、今回結果的に効果があったことが分かったことから必要と結論付けているようであるが、仮に 0 次孔の対象範囲で湧水が無く、かつ掘削後も湧水が無かったケースを想定すると、今回のような評価にはならなかったのではないか?0 次孔の実施にいたる戦略を論理的に説明できるようにしておくことが必要である。

地質構造がすべてわかっているかのように、「ここがこうだから、こうやって効果があった」というようなストーリーを組み立てるよりも、もっと現実的に、「実際に湧水が生じているところを注入して、湧水を止める」ことが湧水対策での基本的な姿勢であると思う。

現状のプレグラウトのやり方は妥当である と考える。

ボーリング横坑の結果より、仮改良の実施 を含め、今回の施工方法が湧水対策にとっ て極めて効果があったものと思う。 これまでも追加孔等、注入状況に応じた対応を準備していたが、今後も柔軟に対応する.

注入材については今後もセメントミルク を基本とするが、地山の開口状況に応じて 柔軟に対応する。

	注入前のルジオン値は、削孔くずなどがあ	ルジオン値測定にあたっては、測定前の孔
	って精度が落ちるので、慎重に測ること。	洗いを徹底するとともに、実施工を通じて
	o chick it you concern the con	効果的な測定方法を今後も模索する。
	ダメ押しの 30 分は、被圧があることや狭	孔埋めとともにダメ押しは今後も確実に
	小な割れ目への注入、海外での注入実績等	実施する。
	から考えて妥当と思われる。	大旭する。
	全ての亀裂に注入材が充填されないことに	注入量にもとづく岩盤の有効間隙率の評
	ついては、注入孔内の割れ目数と注入量の	価など、既往の研究等を参考に今後の課題
	関係等を整理することで説明が出来ること	として検討する。
	も考えられる。	
	LAFZ②を改良のターゲットとすることで	次期計画では注入領域は LAFZ②までを
	よい。LAFZ③以深については、コアの状	対象とし、余裕を見て深度 220mまでと設
	況等を十分に確認してグラウチングの実施	定している。
	について判断すべきである。	
今	プレグラウトの効果があったことはわかっ	前回までに注入セメント量ー湧水量の関
後	た。ただし、0 次孔と規定孔とはグラウト	係等の評価を行っている。しかしグラウト
0	注入の位置が異なるので、効果の評価の仕	実施箇所が 2 箇所でありデータ数が少な
グ	方を考える必要がある。	いため、現時点では十分な評価が行えてい
ラ		ないが、今後検討を進めていく。
ウ	高角度の割れ目が湧水に影響するとすれ	深度 230m付近は、パイロットボーリング
1	ば、今後はこれらの割れ目を把握するため	の結果から、湧水が多いことが予想され
計	に探り削孔を十分に実施することが重要に	る。これに基づいて、アンブレラ状に削孔
画	なってくるのか。	するので、高角度の割れ目も把握が可能と
	注入孔について、透水性亀裂をターゲット	考えている。
	とした配置を行うことは実際には難しいも	
	のと思う。	
	ロックボルトは割れ目を縫って施工されて	ロックボルト使用箇所は主に水平坑道で
	おり、今まであった水みちをグラウトで塞	 あり、また現状では、ロックボルトからの
	ぐことで水の流れが変化し、ロックボルト	 漏水は滴水程度であるから、特に問題はな
	に沿って漏水が生じていると考えられる。	いと考えている。漏水の状況により、今後
	ロックボルトからの漏水はどこの現場でも	必要であれば、充填式のロックボルトを採
	みられる課題である。	用する等の対策の検討や材料、施工方法に
	他工事の事例から、ロックボルトを使用す	ついて情報収集に努める。
	る箇所における漏水対策としては、充填式	
	やパッカー式のロックボルトを用いること	
	が考えられる。	
		分も部分についてはこれまたまみませ が
	1:8 や 1:0.8 等の薄い配合、濃い配合を用い	注入配合についてはこれまでも注入状況

ることには、議論の余地がある。

注入配合については現在規定している仕様 に留まらず、地山状況に応じて試行すべきしいて、今後も検討を行う。 と考える。

に応じた対応を準備していたが、今後も柔 軟に対応する。また、結果の評価段階にお

実際に掘削してみて問題がなければ、5m 毎のステージ注入を 10mの一括注入に変 更してもよい。ただし、施工結果を予測で きるだけの事前の調査を十分にすべきであ る。

次期計画では0次孔の一部、2次孔以降の 注入に限定し、注入ステージ長は 10mを 基本とする。ただし、削孔時に大量湧水が 発生した場合には従来通り、分割注入とす る。

注入ステージ長の延長については、削孔時 にジャーミングを生じなければ 10m/ステ ージでも良いと思う。

ただし、注入孔内で水圧の差に留意し、削 孔時に湧水圧を測定し、状況に応じて注入 圧の設定を検討する。

経験上湧水圧の低い箇所に注入材が充填さ れやすいことから、今後、注入孔口と先端 で水圧の異なる箇所については、注入圧の 設定に留意すべきである。

あるが、本現場のような硬岩の場合は大丈 夫であると考えられる。

軟岩の場合は、未注入で失敗する可能性が┃いただいたご意見に留意し、今後も、孔埋 め、ダメ押しは確実に実施する。

地下水圧が高圧の場合、孔埋めを十分に実 施することが重要である。

(低 Lu 値で注入省略可能と考えられる孔 についても確実に注入を実施する)

よい。LAFZ③以深については、コアの状 | 対象とし、余裕を見て深度 220mまでと設 況等を十分に確認してグラウチングの実施 について判断すべきである。

LAFZ②を改良のターゲットとすることで \mid その2工事では注入領域はLAFZ②までを 定している。

注入は基本パターンに頼りすぎず、状況に 合わせて柔軟に対処すべきである。

これまでも湧水状況を勘案し配合切替基 準に捉われない注入材の使用や、追加孔 等、注入状況に応じた対応を準備していた が、今後も柔軟に対応する。

0次注入は、探り削孔も兼ねており、4本 で計画しているが、実際に削孔したときの 状況により、本数を減らすなどの対応を考 えればよい。

次期計画の探り削孔は、これまでの0次孔 配置実績(35m²/孔)とご意見を踏まえ、0 次孔注入孔と兼用する(当初:探り 3 孔+0 次孔 4 孔⇒変更:5 孔)

ルジオン値が低くかつ湧水量も少ないとこ ろでの注入省略については、水理地質的に 課題が少ない(後から顕著な湧水が発生す る懸念が少ない等)と判断されるところで

注入孔は確実に穴埋めを実施する方針で あるため、次期計画では注入省略は行わな い。将来的には注入省略も検討する。

試験的に施工しても良いのではないか。注 入省略が可能になれば、施工の簡素化につ ながるものと考える。

坑内設備は小型化のほか、水平坑道の利用 | 次期計画では深度 200m水平坑道の利用 も考えるべきである。

が可能であり、可能な限り設備を坑内に設 ける方針とする。

高被圧水下の岩盤グラウチングにおいて、 施工上問題になるのは、注入したグラウト が孔から逆流することです。そのため、他 の現場の例でも、セメントが凝結を始める までパッカーを外しません。こようなこと から考えて、使い捨てパッカーの使用には 期待をしています。ただし、パッカーの抜 け出しが心配されますので、十分な対策が 必要と思います。

次期計画では使い捨てパッカーを使用す る方針とする。

これまでの経験上、グラウト工事初期段階 で過剰な施工を実施すると、その後の施工 はそのまま実績を踏襲し、施工の簡素化が 困難となることが多い。このため換気立坑 の次期施工箇所については、多量湧水の発 生等問題点が多いところと思われるので、 可能であれば簡素化したグラウトを指向 し、湧水抑制に対する実績に加えることで、 今後のグラウト費用増大等を抑制するべき と考える。

これまでも高品質かつコストダウンを指 向した施工を実施しており、可能な範囲で 簡素化を踏まえた施工を今後も継続する。

かなり丁寧にグラウトを実施している印象 である。しかしながら、今後突発事象等に より、現状以上のグラウトを求められ、工 期、費用の増大を招く可能性を考慮すると、 現段階から施工の簡素化を模索するべきと 考える。今後の実績等も含めて簡素化の可 能性を検討するとよい。

これまでも高品質かつコストダウンを指 向した施工を実施しており、可能な範囲で 簡素化を踏まえた施工を今後も継続する。

グラウト注入結果より、施工に支障が生じ ないようであれば、亀裂性岩盤を対象とし たポストグラウトを実施し、今後の湧水抑 制対策の一方策として手法を確立しておい てはどうか。

試験施工の位置付けとした場合、今後の計 画をもとに、工程と必要性の観点から実施 の要否を検討する。

8. 第5回湧水抑制対策検討委員会の開催概要

8.1 議事概要

第5回委員会の議事概要を表8-1に示す。また委員会資料については、付録にてまとめた。

表 8-1 第 5 回委員会議事概要

第5回湧水抑制対策検討委員会 一議事概要一

- 1. 日時: 平成 20 年 1 月 24 日 (水) 14:45 ~ 17:05
- 2. 場所:日本原子力研究開発機構 瑞浪超深地層研究所 セミナールーム
- 3. 出席者

(委員) 西垣委員長、吉田委員、大藪委員、角江委員

4.資料

付録6参照

- 5. 議事
- (1) 開会挨拶
- (2) 会議趣旨説明
- (3) 報告・議論
 - (3-1) 第4回委員会議事録(案)確認
 - (3-2) 深度 200m以深の地質環境情報(速報)
 - (3-3) 換気立坑一般部プレグラウチング施工計画
 - (3-4) 今後の委員会について
 - (3-5) その他
- (4) 閉会挨拶

8.2 委員会議事録

第5回委員会の議事録を以下に示す。なお、委員会時の各委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、後の委員個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表8-2に示す。

(1)報告·議論

資料を用いて説明した後、委員会メンバーより質疑・意見を頂いた。主なものは以下の通り。

(2)第4回委員会議事録(案)確認

・第4回委員会議事録(案)は承認された。

(3)深度 200m以深の地質環境情報 (速報)

- ・換気立坑でプレグラウトを行った結果、時間経過とともに予備ステージから湧水が見られる ようになったとの説明だが、このような湧水が出てきたのは予測範囲内だったのか。水みち としての割れ目を考慮し、今後の湧水量予測に今回の結果をつなげてほしい。
- ・緑泥石は熱変質作用を受けた部分だから、粘土化を伴った緑泥石が充填された割れ目に湧水がないというのは納得できる。
- ・割れ目の分布だが、水理的な連続性を考慮して、もっと広い範囲でみたほうがよいのではないか。
- ・主立坑側の湧水は、堆積岩部から流れてきている湧水ではないのか。酸化還元電位が-500mV 程度、水温が低い、硫黄臭がする、などが特徴。堆積岩部からの水があるのであれば、分け て処理することで処理費用を軽減できる可能性がある。主立坑側の水質をモニタリングして みてはどうか。
- ・グラウトの入った亀裂と入っていない亀裂の比較が重要。
- ・主立坑側の湧水は堆積岩中で動かないため水温が高く、換気立坑側の湧水は花崗岩中を動いているため水温が冷たいのではないか。
- ・ルジオンマップによる検討を行うと良い。

(4)換気立坑一般部プレグラウチング施工計画

- ・0 次孔の注入で、全てを孔埋めすることに疑問を感じる。注入孔ベース部分からのリークを 防ぐことが主目的であるならば、0 次孔の上側 10mだけを注入すればよいのではないか。
- ・将来の施工省力化を目指し、0次孔注入は全ての孔埋めを行うのではなく、いろいろな注入 パターンを試行してみてはどうか。
- ・掘削する部分に注入することは無駄のように思えるが、掘削時に地山の注入状況を確認する ことができるので、孔埋めを確実に行った方がよいと考える。
- 0 次孔注入を確実に行うことにより中心部が充填され、1 次孔の注入が外側へ向かっていく というのは理解できる。
- ・今回の施工手順は、安全側を最大限に意識した、もっとも重いパターンのように思われる。 このパターンを標準化していくと、今後手順を省略化していくことが難しくなる。
- ・セメントミルクは薄い配合から注入する手順になっているが、杓子定規に行うのではなく、 状況に応じて配合を変更した方がよい。
- ・現在の施工手順は深度 220m付近の湧水帯対策を主眼としたものであり、基本的なガイドラインということで認識すればよく、状況に応じて柔軟に対応していけば問題ない。

(5) 今後の委員会について

- ・委員会の期間を平成20年度まで延長することについて、各委員より了承を得た。
- ・処分技術の基盤整備の観点を念頭に進めて欲しい。

(6)その他

- ・今回の立坑掘削は研究の一環であるから、過大なリスクを負ってまでとは言わないが、例えばこういう変質帯ではグラウトを必要としない、またこのグラウト方法では湧水に対応しきれないなどといった複数の方法も検討してもらいたい。
- ・立坑の深部になると、例えばグラウト改良範囲が 3mでロックボルト長が 6mといったケースも出てくる。この時、ロックボルトがグラウト改良範囲を突破し、水みちとなってしまうことも考えられる。このような場合に湧水をどう取り扱うかといった点も課題となる。

8.3 委員会個別説明議事録

第5回委員会へ出席がかなわなかった各委員については、それぞれ個別説明を行い、ご意見 を頂いた。資料は第5回委員会と同じものを使用している。

各個別説明の議事録を下記に示す。なお、個別説明時の委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については、委員会や他の個別説明時に頂いたご意見と回答及び今後の対応も含め、表 8-2 に示す。

8.3.1 個別説明(1)

日 時:平成20年1月23日(水) 14:20~16:50

場 所:日本原子力研究開発機構 瑞浪超深地層研究所 A会議室

出席者:小島委員、山口委員

配布資料により委員会資料の説明を行い、質問、及び意見を頂いた。主な内容については以下の通り。

(1)深度 200m 以深の地質環境情報(速報)

- ・弾性波トモグラフィを見ると亀裂の密集している部分でも速度が 5km/s 以上の値が出ている。 弾性波速度が 5km/s というのは高い数値である。5km/s オーダーの中でのコントラストの評価は難しいのではないか。
- ・同じように割れ目があっても、深くなると拘束があるため、差が出てこないと思われる。
- ・トモグラフィの発信と受信の距離が関係しているかもしれない。電磁検層の方が適している かもしれない。
- ・速報ということは認識しているが、弾性波トモグラフィと比抵抗トモグラフィの結果が整合 していない。比抵抗トモグラフィの初期設定値の確認が必要と思われる。
- ・今回のトモグラフィ結果は大まかではあるが、今後のグラウト計画の参考になると考えられる。
- ・粘土化を伴った変質は、弾性波トモグラフィよりも比抵抗トモグラフィの方が、結果として

出やすい。

・これまでのグラウトの実施において、注入できた割れ目、できなかった割れ目、これらに対して注入圧や配合の切替をどのようにしていくかなど、パイロットボーリングの結果をこれからのグラウト実施にどう活用していくかが重要である。

(2)換気立坑プレグラウチング施工計画

- ・これまで実施したグラウトの中で、計画注入量まで入った箇所については、さらに入るだけ 注入しているということであるが、1次孔の注入状況から評価を行って、2次孔はステージ 一括注入を行うなどの合理化の可能性を検討した方がよい。
- ・ダムでは、注入が大量になる場合は、一旦注入を止めて硬化を待ってから再注入する。立坑 のような拘束圧が大きい場合は、注入圧をみながら、濃いグラウトを注入してはどうか。
- ・大量注入を行うようなクラッキーな箇所では、ある程度長いパッカーの長さが必要となるので注意。
- ・220m以深のプレグラウチングについては、以前に行ったパイロットボーリングで湧水の状況がわかるだろうから、探り削孔の結果も踏まえて対応することがよい。
- ・グラウト実施後の改良効果の確認を、2次孔を利用するなどしてできないか。

(3)湧水量予測解析の進め方

- ・湧水量の予測として、三次元解析・二次元解析を用いる現在の方法は、最大限努力した内容 と評価できる。
- ・予測解析の実施頻度、更新時期、手法の適用の仕方等をフローにするとわかりやすい。
- ・三次元解析は長期間のゆっくりした変化を捉えるのに適しており、2次元解析は短期間の変化を迅速に捉えるのに適している。三次元解析はヒストリーマッチングを行う必要がある。 これらの特徴を生かして、二次元と三次元の使い分けをすることが重要である。
- 管理基準を組みあわせることができるとわかりやすい。

(4)今後の委員会について

- ・委員会を平成20年度まで延長することを了承。
- ・委員会の関連で、外部発表したもののリストを作成して欲しい。
- ・200m以深のプレグラウチングは非常に興味深いので、結果を報告してほしい。

8.3.2 個別説明(2)

日 時: 平成 20 年 1 月 31 日 (木) 15:40~17:10

場 所:日本原子力研究開発機構 瑞浪超深地層研究所 A会議室

出席者:渡辺委員

配布資料により委員会資料の説明を行い、質問、及び意見を頂いた。主な内容については以

下の通り。

(1)深度 200m以深の地質環境情報(速報)

- ・低角度傾斜を有する割れ目の集中帯 (LAFZ) の連続性や高角度傾斜の割れ目との関係について、成因の観点から考えられることはあるか。
- ・ボーリング孔は鉛直方向に削孔したものであるため、低角度傾斜の割れ目の分布ばかりが強調されてしまう可能性がある。グラウト計画においては、湧水が出ている割れ目の方向を考慮する必要があるため、ステレオネットを用いて水みちとなっている割れ目の方向を把握すること。
- ・方解石を充填する割れ目のうち、湧水を引き起こす割れ目がどのような特徴を有するのか着 目して今後の調査を進めてほしい。

(2)換気立坑一般部プレグラウチング施工計画

- ・安全側で施工するというのは理解できるが、コストダウンも考え、適宜省力化を図っていってほしい。
- ・グラウト改良後の目標ルジオン値が 2Lu 以下というのは、処分技術の観点からは高い数値である。しかし瑞浪における現在の立坑掘削においては、建設工事における改良を目的としているため、妥当な数値と思われる。
- ・湧水圧が 1MPa であれば水頭は 100mということであり、低透水性の部分でも湧水の可能性 があるので、注意が必要である。

(3)湧水量予測解析の進め方について

- ・排水処理計画の確認・見直しを主目的とするのであれば、三次元解析の更新頻度は1回/年で問題ないが、グラウト施工後の効果の評価など目的に応じて、予測や更新の頻度は異なってくると思われるので、状況に応じて頻度を考慮してほしい。
- ・細かい部分まで解析を行うと時間や労力を必要とするので、全ての解析を行うというのでは なく、解析の目的を絞ると、現実的な対応が行える。

(4)今後の委員会について

- ・委員会の期間を平成20年度まで延長することについて了承を得た。
- ・今後の掘削においては、これまで以上に割れ目に注目してもらいたい。割れ目の関連性を探 ることは、地質構造の把握だけではなく、今後の湧水量予測、グラウト計画にも有用である。
- ・今後であるが、瑞浪の施工・研究結果だけを取りまとめるのではなく、もっと一般的な湧水 抑制、グラウト計画を取りまとめることができないだろうか。ただし、一般的な施工計画を 取りまとめようとすると、様々なパラメータを考慮した研究を行わなくてはならなくなるた め、予算・時間・施工の面から大変であることは理解している。

8.3.3 個別説明(3)

日 時:平成20年2月6日(水) 10:25~12:30

場 所:東京大学 出席者:徳永委員

資料を用いて説明した後、委員より質疑・意見を頂いた。主なものは以下の通り。

(1)深度 200m以深の地質環境情報(速報)

- ・深度 200~300mのボーリング結果を用いた割れ目の卓越方向については、現状の整理方法では傾向が明確でないことから、深度毎に詳細に整理すべきである。
- ・主立坑の割れ目卓越方向の評価結果次第では、主立坑〜換気立坑間の地質構造評価が、現状と異なるものと考える。
- ・地下施設建設にあたり、地質評価の変遷を残すことは重要であり、MIU にて整理しておくことが、将来的に重要と考える。
- ・土岐川が換気立坑側の地下水供給源とすると、周辺観測用井戸等を用いて、坑道等の掘削に 伴う地下水位の変化を捉えておき、坑道等の掘削影響領域を評価するべきである。

(2)換気立坑一般部プレグラウチング施工計画

・MIU の湧水抑制として、水みちとなっている割れ目の把握、もしくは施工の改善等が主要因となるのか、今後のグラウトを進める上では、十分検討すべき事項と考える。

(3)コメントへの対応

・今後の地下施設建設に反映させるため、水理構造モデルの変遷を整理しておくべきである。

(4)今後の委員会について

・委員会の期間を平成20年度まで延長することについて、了承を得た。

	表 8-2 第5回委員会で各委員から頂	負いたご意見と回答について
	コメント	回答
地	弾性波トモグラフィを見ると亀裂の密集し	弾性波の速度が高いということは当方で
質	ている部分で速度が 5km/s 以上の値が出	も認識しています。一方、岩盤の脆弱部で
•	ている。弾性波速度が 5km/s というのは高	は物理検層で 2km/s オーダーの速度も確
地	い数値である。5km/s オーダーの中でのコ	認されており、孔間の調査範囲の中で顕著
質	ントラストの評価は難しいのではないか。	な速度のコントラストが存在します。
構	同じように割れ目があっても、深くなると	現在、予備ステージ上での測定データを取
造	地圧による拘束があるため、差が出てこな	り込んだ解析を進めており、解析結果にも
	いと思われる。	とづいて評価の精度を高めていく予定で
	トモグラフィの発信と受信の距離が関係し	す。
	ているかもしれない。電磁検層の方が適し	電磁検層の実施につきましては、時間、費
	ているかもしれない。	用と掘削工事工程との調整などの観点か
		ら、今後の課題とさせていただきます。
	速報ということは認識しているが、弾性波	比抵抗トモグラフィでは孔間と予備ステ
	トモグラフィと比抵抗トモグラフィの結果	ージ上の測定データを解析に使用してい
	が整合していない。比抵抗トモグラフィの	るのに対して、弾性波トモグラフィではこ
	初期設定値の確認が必要である。	の時点で予備ステージ上の測定データは
		使用しておりません。これにより差異が生
		じているということが考えられます。ま
		た、用いている手法の違い (電気と振動)
		にも起因しているものと思われます。
		また、比抵抗トモグラフィの初期モデルと
		しては、インライン測定(ボーリング孔の
		電極のみを用いた測定)によって得られた
		比抵抗値の平均値の均一モデルを用いて
		います。
	今回のトモグラフィ結果は大まかではある	トモグラフィ結果について詳細な解析を
	が、地質環境予測に使用できるため、今後	行うことによって立坑間における地質環
	のグラウト計画の参考になると考えられ	境の予測精度の向上を図り、ボーリング調
	る。	査で得られた地質環境情報との相関を考
		慮して、グラウト計画へ反映させます。
	粘土化を伴った変質は、弾性波トモグラフ	御指摘の通り、比抵抗トモグラフィは水分
	ィよりも比抵抗トモグラフィの方が、結果	を含む構造に対して感度が高いため、粘土
	として出やすい。	化を伴った構造の抽出に対しては非常に
		有効であると考えています。一方、岩石強
		度等の地質構造に対する解像度は弾性波

トモグラフィのほうが高いため、地質構造の予測精度を高めるためにはこれらを併用して実施することが重要と考えています。

これまでのグラウトの実施において、注入できた割れ目、できなかった割れ目、これらに対して注入圧や配合の切替をどのようにしていくかなど、パイロットボーリングとプレグラウトの結果をこれからのプレグラウト計画にどう活用していくかが重要である。

プレグラウト孔では湧水割れ目の特性(位置や方向など)が確認できていないため、 プレグラウト実施深度と注入時の湧水圧、 設定配合、注入セメント量などのデータと 当該深度に出現する割れ目の情報(割れ目の開口幅や方向、充填状況など)に関して 知見を蓄積することにより、注入孔での湧水圧などの状況に応じた対処策を構築していきます。

低角度傾斜を有する割れ目の集中帯 (LAFZ) の連続性や高角度傾斜の割れ目 との関係について、成因の観点から考えられることはあるか。

パイロットボーリング孔は鉛直方向に削孔 したものであるため、低角度傾斜の割れ目 の出現頻度が強調されてしまう可能性があ る。グラウト計画においては割れ目の卓越 方向を考慮する必要があるため、ステレオ ネットなどで卓越割れ目の方向を把握する こと。

方解石が充填する割れ目のうち、湧水に関係する割れ目がどのような特徴を有するのか明らかにして今後の調査を進めてほしい。

今後の掘削においては、大量の湧水が予測 される深度となることから、これまで以上 に割れ目に着目した評価が必要である。そ れぞれの割れ目の関連を探ることは、地質 構造の把握だけではなく、今後の湧水量予 測、グラウト計画にも有用である。

深度 200~300m のボーリング結果を用いた割れ目の卓越方向については、全割れ目を一括で整理したのでは対象部分の傾向が

今後、深度 200m以深の壁面観察を行い、 割れ目の走向・傾斜や充填鉱物等の地質情報を追加していきます。この結果を踏まえて、適切な地質構造区分毎に割れ目の卓越方向の確認を行い、それぞれの区間に適したグラウト計画を検討します。また、グラウト材の注入状況や方解石の産状等の観察結果に基づき、水みちとして機能している割れ目の特徴を確認していきます。

LAFZ に分布する低角度割れ目と高角度 割れ目の成因の解明につきましては、割れ 目形成の前後関係や断層運動等との関係 を含めて検討中です。 見えて来ないため、深度毎に詳細に整理すべきである。

主立坑の割れ目卓越方向の評価結果次第では、主立坑〜換気立坑間の地質構造評価が 現状と異なるものと考える。

水 複数の予測解析を実施することになるよう 理 だが、それぞれの位置づけや頻度は異なる ・ と考えられるため、実施頻度、更新時期、 水 手法の適用の仕方等をフローにするとわか 理 りやすい。その際、管理基準も合わせて示 地 すと分かりやすい。

質

七

デ

ル

湧水

量

排水処理計画の確認・見直しを主目的とするのであれば、三次元解析の更新頻度は 1回/年で問題ないが、グラウト施工後の効果の評価など目的に応じて予測や更新の頻度は異なってくると思われるので、状況に応じて頻度を考慮してほしい。

換気立坑でプレグラウトを行った結果、時間経過とともに予備ステージから湧水が見られるようになったとの説明だが、このような湧水が出てきたのは予測範囲内だったのか。水みちとしての割れ目を考慮し、今後の湧水量予測に今回の結果をつなげてほしい。

割れ目の分布だが、水理的な連続性を考慮 して、もっと広い範囲でみたほうがよいの ではないか。

水理地質構造や割れ目の評価を行うために も、グラウトの入った亀裂と入っていない 亀裂の比較が重要である。

透水性の場の理解を向上させるため、ルジオンマップによる検討を行うと良い。

御指摘の点に留意し、管理基準、実施頻度、 更新時期などを組み合わせたフローチャートを作成し、今後の湧水量解析に当たっ ていきます。

三次元モデルにもとづく予測解析は年 1 回程度の長期的な更新を基本とし、加えて主要な水理地質構造(LAFZ、UHFD下限境界など)に遭遇した場合にモデルの更新を行います。二次元モデルや開発中のSwing Shaft については短時間で解析が可能なことから、定性的(概略的)な予測解析に適用していく予定です。

この現象は本来の水理構造に起因するものではなく、換気立坑側でのグラウトによる湧水抑制対策の結果、グラウトを実施しなかった予備ステージ側に地下水が回り込んだものと解釈できます。

地下水流動解析において、坑道掘削に伴う 地下水流動経路(水みち)の変化を対象と した坑道周辺の詳細な領域における予測 解析は実施していませんが、当該現象は地 下水流動の場の理解として重要と認識し ており、今後の予測解析を実施する際の背 景情報として利用していきます。

御指摘の点に留意し、坑道掘削時の壁面観察などの情報を加えて、水理地質構造や LAFZ と高角度傾斜の割れ目との関係や 特徴、水みちの連続性や透水性などの情報 を整理し、評価、解釈を進めていきます。

主立坑側の湧水は、堆積岩部から流れてき ている湧水ではないのか。酸化還元電位が -500mV程度、水温が低い、硫黄臭がする、 などが特徴。堆積岩部からの水があるので あれば、分けて処理することで処理費用を 軽減できる可能性がある。主立坑側の水質 をモニタリングしてみてはどうか。

主立坑側の湧水は堆積岩中で動かないため 水温が高く、換気立坑側の湧水は花崗岩中 を動いているため水温が冷たいのではない か。

御指摘の通り、主立坑側の湧水は堆積岩部 から流れてきている可能性はあります。現 在の深度ではふっ素・ほう素はいずれの地 質からも検出されているので、分けて処理 することによる効率化は難しいです。

地下水の水質については主要な課題とし て認識しており、既存ボーリング孔や坑道 掘削時に採取した壁面からの湧水、集水リ ング、予備ステージからのボーリング孔で の地下水モニタリングなどのこれまでに 継続して取得している水質データを整理 し、検討を進めていきます。集水リングか ら採取した水の成分は両立坑で異なる値 を示すものがあるので、このようなデータ にもとづいて場の解釈を進めていきます。

ラ ゥ 結 果

これまでのグラウトの実施において、注入 できた割れ目、できなかった割れ目、これ らに対して注入圧や配合の切替をどのよう にしていくかなど、パイロットボーリング の結果をこれからのグラウト実施にどう活 用していくかが重要である。

グラウト実施後の改良効果の確認は2次孔 を利用するなどしてできないか。

掘削壁面の観察により割れ目への注入状 況についてデータを蓄積し、これらのデー タにもとづき注入圧や配合の設定につい て地山の割れ目分布や開口状況、湧水圧な どの条件に応じた対応について検討しま

これまで 2 次孔時点で管理基準値を超え るものもあるめ、施工実績を踏まえ、今後 の参考とさせて頂きます。

施 工

価

200m 以深のプレグラウチングは非常に興 味深いので、結果を報告してほしい。

プレグラウチング終了後、早急に結果をま とめ、本委員会で報告する予定です。

地層処分における処分坑道を対象とした場 合の処分技術の基盤整備の観点を念頭に進 めて欲しい。

MIU 計画では、全体目標の一つである「深 部地質環境における工学技術の基盤の整 備」において、処分事業や安全規制への基 盤的な技術や情報の反映の観点から、「精 密調査における地下施設の建設を見据え た工学技術(地下施設建設を含む)の体系 化 | を成果目標の一つとしています。研究 坑道掘削において実施している湧水抑制 対策につきましては、「施工対策技術」の 基盤の整備として位置づけており、その成 果が主に精密調査に対する基盤的な技術

時 \mathcal{O} デ 1 タ 取 得 含 む

		や情報として活用されることを目指して
		います。
		 処分技術の基盤技術としての研究開発は、
		第三段階の課題と考えています。
今	これまで実施したグラウトの中で、計画注	これまでも現場の状況に応じて合理化を
後	 入量が入った箇所については、さらに入る	図ってきましたが、今後も柔軟に対応して
0	 だけ注入しているということであるが、1	いきます。
グ	 次孔の状況から評価を行って、2 次孔はス	2 次孔のステージー括注入につきまして
ラ	 テージー括注入を行うなどの合理化を考え	 は、今回の 10m一括注入の結果を参考と
ウ	た方がよい。	 して、今後状況に応じて反映させる予定で
<u>۱</u>		す。
計	┣━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━	大量注入の場合の再注入につきましては、
画	 一旦注入を止めて硬化を待ってから再注入	 当初から注入状況に応じて注入の継続、ま
	 する。立坑のような拘束圧が大きい場合は、	- たは注入中断→再注入を随時判断してい
	 注入圧をみながら、濃い注入を実施しては	ます。なお濃い注入につきましては現在の
	どうか。	設備では C:W=1:0.8 が限界であり、今後
		現場の知見も合わせ、対応を検討していき
		ます。
	大量注入を行うようなクラッキーな箇所で	パッカー長の短いメカニカルパッカーに
	は、パッカーの長さが必要となるので注意。	つきましては、注入孔口での使用を基本と
		しており、地山深部での注入では従来型の
		パッカーを使用する計画としています。
	220m以深のプレグラウチングについて	御指摘の点を考慮し、220m以深について
	は、以前に行ったパイロットボーリングで	はポストグラウトの実施を避けるため、立
	湧水の状況がわかるだろうから、計画通り	坑の掘削サイクルのなかでシャフトジャ
	探り削孔の結果も踏まえて考慮すればよ	ンボによる探り削孔を実施することによ
	l',	り切羽前方を把握しつつ、状況に応じてプ
		レグラウチングを行っていきます。
	0 次孔の注入で、全てを孔埋めすることに	0次孔の注入は、ベース部分からのリーク
	疑問を感じる。注入孔ベース部分からのリ	を防ぐだけではなく、1次孔の注入が本来
	ークを防ぐことが主目的であるならば、0	の注入範囲である立坑外側の地山へ拡が
	次孔の上側 10mだけを注入すればよいの	っていくために必要と考えています。
	ではないか。	また深度 220mまでの区間につきまして
	将来の施工省力化を目指し、0 次孔注入は	は、深度 500mまでの区間で最も多い湧水
	全ての孔埋めを行うのではなく、いろいろ	を確認していることから、立坑掘削時の支
	な注入パターンを試行してみてはどうか。	障とならないよう予定通り 0 次孔注入を
	掘削する部分に注入することは無駄のよう	実施します。ただし深度 220m以深はこれ

認することができるので、孔埋めを確実に 行った方がよいと考える。

0 次孔注入を確実に行うことにより中心部 が充填され、1次孔の注入が外側へ向かっ ていくというのは理解できる。

今回の施工手順は、安全側を最大限に意識 した、もっとも重いパターンのように思わ れる。このパターンを標準化していくと、 今後手順を省略化していくことが難しくな る。

現在の施工手順は深度 220m付近の湧水帯 対策を主眼としたものであり、基本的なガ イドラインということで認識すればよく、 状況に応じて柔軟に対応していけば問題な V \°

安全側で施工するというのは理解できる が、コストダウンも考え、適宜省力化を図 っていってほしい。

セメントミルクは薄い配合から注入する手 順になっているが、杓子定規に行うのでは なく、状況に応じて配合を変更した方がよ V10

今回の立坑掘削は研究の一環であるから、 過大なリスクを負ってまでとは言わない が、例えばこういう変質帯ではグラウトを 必要としない、またこのグラウト方法では 湧水に対応しきれないなどといった複数の 方法も検討してもらいたい。

範囲が 3mでロックボルト長が 6mといっ たケースも出てくる。この時、ロックボル トがグラウト改良範囲を突破し、水みちと なってしまうことも考えられる。このよう な場合に湧水をどう取り扱うかといった点 も課題となる。

に思えるが、掘削時に地山の注入状況を確 | までの施工実績を踏まえ、探り削孔と規定 孔を兼用する等、施工合理化を図る予定で

> さらに注入孔につきましては、全て孔埋め を実施します。

> 今回の施工手順は大量湧水が予測される 深度 200~220mにおけるプレグラウチン グ計画であり、このパターンが全てのグラ ウチング計画における標準化というわけ ではありません。これまでもコストダウン を指向し施工の省力化は図ってきました が、今後もより一層の省力化に向け検討、 実施していきます。

> 注入配合につきましてはこれまでも注入 状況に応じた対応を計画し、施工では状況 に応じて配合を変えてきました。今後の施 工につきましても柔軟に対応していきま す。

> 国内外の施工事例や従来の研究事例を参 考に課題を抽出し、今後の計画への反映に ついて検討します。施工対策技術として必 要な場合は実施し、知見として取りまとめ ていきます。

立坑の深部になると、例えばグラウト改良│御指摘の点に留意し、今後も湧水に関する 問題点を抽出し、事前検討、対策を行って いきます。

グラウト改良後の目標ルジオン値が 2Lu 以下というのは、処分技術の観点からは高 い数値である。しかし瑞浪における現在の 立坑掘削においては、建設工事における改 良を目的としているため、妥当な数値と思 われる。

グラウトにつきましては、坑道の掘削時に 発生する湧水の抑制を目的とした施工対 策として実施するものと、研究坑道を利用 する研究段階で研究開発として実施する ものを整理し、それぞれの目的に応じたグ ラウトを実施する計画としています。現 在、立坑掘削において実施しているグラウ トは施工対策として認識しています。

湧水圧が 1MPa であれば水頭は 100mとい うことであり、低透水性の部分でも湧水の 可能性があるので注意が必要である。

パイロットボーリングや調査ボーリング などの地質環境調査結果や坑道掘削時の 探り削孔などの情報にもとづき、御指摘の 点に留意し施工を進めます。

MIU の湧水抑制対策において考慮すべき 重要な課題は何か?水みちとなっている割 れ目の把握なのか、施工方法の検討なの カ?

湧水割れ目等の把握、施工方法の検討はい ずれも湧水抑制対策として主要な課題と 認識しています。地質環境調査結果にもと づき水みちを把握することにより注入筒 所を特定し、特定した箇所を対象に効率的 なグラウトの施工方法について検討を行 っています。

他

委員会の関連で、外部発表したもののリス トを作成して欲しい。

本委員会の会議報告を JAEA 報告書とし てまとめる予定であり、その際にリスト等 も掲載します。

今後であるが、瑞浪の施工・研究結果だけ を取りまとめるのではなく、もっと一般的 な湧水抑制、グラウト計画を取りまとめる ことができないだろうか。ただし、一般的 な施工計画を取りまとめようとすると、 様々なパラメータを考慮した研究を行わな くてはならなくなるため、予算・時間・施 工の面から大変であることは理解してい る。

御指摘の通り、現状では予算・時間の面か ら、一般的な施工計画の取りまとめは難し いです。ただ、今回の施工結果を事例とし て示していけば、それに近いものができる のではないかと思われますので、本委員会 のまとめとして今後取り組んでいく予定 です。

地下施設建設にあたり地質評価の変遷を残 | 地質評価や水理構造モデルの変遷につい すことは重要であり、MIU にて整理してお くことが将来的に重要と考える。

今後の地下施設建設に反映させるため、水 理構造モデルの変遷を整理しておくべきで ある。

て整理することが重要であることは当方 でも認識しています。それらにつきまして は、本委員会で随時報告を行うとともに、 JAEA 報告書としてまとめる予定です。

9. おわりに

委員会においていただいたご意見等については、研究開発や建設工事の実施に迅速に反映させてきた。2008年度の委員会においては、2007年度以降の成果報告を中心とした審議を行う予定としている。最終的には本委員会で得られた知見を基に、研究報告書としてまとめる予定である。

国際単位系 (SI)

表 1. SI 基本単位

基本量			SI 基本単位				
	古平县	邑		名	称		記号
長		さ	メ	_	卜	ル	m
質		量	キ	ロク	ブラ	ム	kg
時		間		頛	少		s
電		流	ア	ン	~	ア	A
熱力	力学温	記度	ケ	ル	Ľ	ン	K
物	質	量	モ			ル	mol
光		度	力	ン	デ	ラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	22.42 [7]
型工里	名称	記号
面	積 平方メートル	m ²
体	積 立法メートル	\mathbf{m}^3
速き,速	度メートル毎秒	m/s
加速	度メートル毎秒毎秒	m/s^2
波	数毎メートル	\mathbf{m}^{-1}
密度,質量密	度 キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面 積 密	度キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比 体	積 立方メートル毎キログラム	m³/kg
電 流 密	度アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強	さアンペア毎メートル	A/m
量 濃 度 ^(a) , 濃	度モル毎立方メートル	mol/m^3
質 量 濃	度 キログラム毎立法メートル	kg/m^3
輝	度 カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈 折 率	(b) (数字の) 1	1
比 透 磁 率	^(b) (数字の) 1	1

- (a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
- (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのこと を表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

表3.	回用の名称と記る	テで表されるSI組立単位		
			SI 組立単位	
組立量	名称	記号	他のSI単位による	SI基本単位による
	つか	記与	表し方	表し方
平 面 角	ラジアン ^(b)	rad	1 (b)	m/m
立体角		$\mathrm{sr}^{\mathrm{(c)}}$	1 (b)	$m^{2/}m^2$
周 波 数	ヘルツ ^(d)	$_{\mathrm{Hz}}$		s^{-1}
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧 力 , 応 力	パスカル	Pa	N/m^2	$\mathrm{m}^{-1}\mathrm{kg}\mathrm{s}^{-2}$
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N m	$m^2 kg s^{-2}$
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	$m^2 kg s^{-3}$
電 荷 , 電 気 量		\mathbf{C}		s A
電位差 (電圧),起電力	ボルト	V	W/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
静 電 容 量	ファラド	\mathbf{F}	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
	オーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
磁東	ウエーバ	Wb	V_{S}	$m^2 kg s^{-2} A^{-1}$
磁 束 密 度	テスラ	\mathbf{T}	Wb/m^2	$kg s^{-2} A^{-1}$
インダクタンス	* /	H	Wb/A	$m^2 kg s^{-2} A^{-2}$
	セルシウス度 ^(e)	$^{\circ}$ C		K
74	ルーメン	lm	$\mathrm{cd}\;\mathrm{sr}^{\mathrm{(c)}}$	cd
7111	ルクス	lx	lm/m^2	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与,	グレイ	Gy	J/kg	$\mathrm{m}^2\mathrm{s}^{-2}$
カーマ		ч	5/ Ng	111 0
線量当量,周辺線量当量,方向	シーベルト (g)	Sv	J/kg	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
性線量当量,個人線量当量	. ,		yg	
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはや コヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。 実際には、使用する時には記号 rad 及び sr が用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明 示されない。

(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。 (g)単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

ます 光片の由に回去のなむし割目も合むCT知去光片の図

表4.単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例						
		S	I 組立単位			
組立量		名称	記号	SI 基本単位による 表し方		
粘	度	パスカル秒	Pa s	$\mathrm{m}^{-1}\mathrm{kg}\mathrm{s}^{-1}$		
力のモーメン	\vdash	ニュートンメートル	N m	$m^2 \text{ kg s}^{-2}$		
表 面 張	力	ニュートン毎メートル	N/m	$\mathrm{kg}\;\mathrm{s}^{-2}$		
角速	度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹		
角 加 速	度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²		
熱流密度,放射照	度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³		
熱容量,エントロピ	ļ	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$		
比熱容量, 比エントロピ	ļ	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$		
比エネルギ	ļ	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 s^{-2}$		
熱 伝 導	率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹		
体積エネルギ	_	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$\mathrm{m}^{-1}\mathrm{kg}\mathrm{s}^{-2}$		
電 界 の 強	さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹		
, _	度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ sA		
		クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA		
電 束 密 度 , 電 気 変			C/m ²	m ⁻² sA		
誘電	率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$		
透磁	率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²		
モルエネルギ	_	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹		
モルエントロピー, モル熱容	量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹		
照射線量 (Χ線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1}sA$		
吸 収 線 量	率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2 s^{-3}$		
放 射 強	度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 m^{-2} kg s^{-3} = m^2 kg s^{-3}$		
放 射 輝	度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	$m^2 m^2 kg s^3 = kg s^3$		
酵素活性濃	度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol		

表 5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨ タ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10^{18}	エクサ	Е	10 ⁻³	ミ リ	m
10^{15}	ペタ	Р	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	Т	10 ⁻⁹	ナーノ	n
10^9	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	\mathbf{f}
10^3	丰 口	k	10^{-18}	アト	a
10^2	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	\mathbf{z}
-10^{1}	デ カ	da	10^{-24}	ヨクト	У

表6.SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	0	1°=(π/180) rad
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=11=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で 表される数値が宝輪的に得られるもの

人 なんの数値が大級的に待りれるもの					
名称	記号	SI 単位で表される数値			
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J			
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg			
統一原子質量単位	u	1u=1 Da			
天 文 単 位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m			

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

	名称		記号	SI 単位で表される数値
バ	_	ル	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀	柱ミリメー	トル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オン	グストロ	ーム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海		里	M	1 M=1852m
バ	_	ン	b	$1 b=100 fm^2=(10^{-12} cm)2=10^{-28} m^2$
1	ツ	ト	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネ	<u> </u>	パ	Np	CI出位しの数は的な関係は
べ		ル	В	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
デ	ジベ	ル	dB ~)

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダ イ ン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	$1 \text{ St} = 1 \text{cm}^2 \text{ s}^{-1} = 10^{-4} \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$
スチルブ	$^{\mathrm{sb}}$	1 sb =1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$
ガ ウ ス	G	$1 \text{ G} = 1 \text{Mx cm}^{-2} = 10^{-4} \text{T}$
エルステッド ^(c)	Oe	$1 \text{ Oe } \triangleq (10^3/4\pi)\text{A m}^{-1}$

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 △ 」 は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例						
名称	記号	SI 単位で表される数値				
ュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq				
ントゲン	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$				
ド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy				
ム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv				
ンマ	γ	$1 \gamma = 1 \text{ nT} = 10-9 \text{T}$				
ェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m				
ートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg				
ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa				
淮 上 / 厂	_ 4	1 -4 = 101 995 D-				

標 準 大 気 圧 atm | 1 atm = 101 325 Pa 1cal=4.1858J(「15℃」カロリー), 4.1868J IJ cal (「IT」カロリー) 4.184J (「熱化学」カロリー) $1 \mu = 1 \mu m = 10^{-6} m$