JAEA-Data/Code
2013-018

幌延深地層研究計画
地下施設建設におけるプレグラウチングの注入実績データ集

—換気立坑のプレグラウチング結果—

Collection of Pre-grouting Data in the URL
at the Horonobe Underground Research Laboratory Project
-Data of Ventilation Shaft-

澤田 純之　中山 雅　石川 誠
Sumiyuki SAWADA, Masashi NAKAYAMA and Makoto ISHIKAWA

地層処分研究開発部門
幌延深地層研究ユニット
Horonobe Underground Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate

December 2013
Japan Atomic Energy Agency
日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

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, 2013

JAEA-Data/Code 2013-018

幌延深地層研究計画
地下施設建設におけるプレグラウチングの注入実績データ集
― 換気立坑のプレグラウチング結果 ―

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 幌延深地層研究ユニット
澤田 純之 *、中山 雅、石川 誠 ※

(2013 年 8 月 30 日　受理)

幌延深地層研究計画は、原子力政策大綱に示された深地層の研究施設計画の一つであり、堆積岩を対象として、日本原子力研究開発機構が北海道幌延町で進めているプロジェクトである。幌延深地層研究計画 第Ⅱ期工事の完成時には、3 本の立坑（換気立坑、東立坑、西立坑）を 3 深度の水平坑道（140m 調査坑道、250m 調査坑道、350m 調査坑道）で結んだ地下研究施設が建設される予定である。本研究施設の建設場所は、北海道幌延町の北進地区であり堆積軟岩が広がっている。また、地下施設の建設箇所は声問層と稚内層の地層境界部に位置している。地上からのボーリング調査結果より、建設箇所には湧水を伴う断層の存在が確認され、地下水から遊離するメタンガスの発生も確認されている。

本施設の工事中における安全確保の観点、地下施設建設後の地下施設からの坑内湧水量を抑制する観点から、湧水抑制対策としてプレグラウチングを実施している。本データ集では、1)グラウチングデータの共有化および散逸防止を図ること、2)今後のプレグラウチングを実施するための基礎データとすることを目的として、本施設建設工事の中で湧水抑制対策として実施された、換気立坑のプレグラウチングに関するデータを取りまとめたものである。

本報告書は、幌延ジオフロンティア PFI 株式会社と日本原子力研究開発機構との PFI 契約により実施した施設建設業務の湧水抑制対策工事の結果に関するものである。

幌延深地層研究センター（駐在）：〒098-3224　北海道天塩郡幌延町北進 432-2
※ 技術開発協力員(幌延深地層研究センター)
* 株式会社　安藤・間（2013 年 6 月 30 日まで技術開発協力員）

JAEA-Data/Code 2013-018

Collection of Pre-grouting Data in the URL at the Horonobe Underground Research Laboratory Project - Data of Ventilation Shaft -

Sumiyuki SAWADA*, Masashi NAKAYAMA and Makoto ISHIKAWA※

Horonobe Underground Research Unit,
Geological Isolation Research and Development Directorate,
Japan Atomic Energy Agency
Horonobe-cho, Teshio-gun, Hokkaido

(Received August 30, 2013)

The Horonobe Underground Research Laboratory (URL) Project has been carried out to enhance the reliability of investigations of the deep geological environment for sedimentary rocks. In the URL construction area, sedimentary rocks called the Koetoi Formation and the Wakkanai Formation are distributed. The Horonobe URL will consist of three shafts (Ventilation shaft, East shaft and West shaft) and three drifts (G.L -140m Gallery, G.L -250m Gallery and G.L -350m Gallery) by the completion of the current construction contract.

According to the investigation from the ground, faults filled with groundwater containing methane were confirmed. From the viewpoint of the safety under construction and the control of the amount of groundwater from the URL, pre-grouting was carried out. This report summarizes the results of the pre-grouting at the Ventilation Shaft.

Keywords: Horonobe URL Project, Pre-grouting, Engineering Data, Ventilation Shaft

---

This work was performed by Horonobe Geo-frontier PFI Co. Ltd. under contract with Japan Atomic Energy Agency.
※ Collaborating Engineer (Horonobe Underground Research Center)
* HAZAMA ANDO CORPORATION (former Collaborating Engineer)

目　次

1.　序論 ･･･ 1

2.　プレグラウチングの工事概要 ･･･ 2
2.1　施工場所 ･･･ 2
2.2　改良範囲 ･･･ 2
2.3　施工実施期間 ･･･ 3
2.4　施工時におけるイベント ･･･ 3

3.　プレグラウチングの施工概要 ･･･ 5
3.1　プレグラウチングの基本概念 ･･･ 5
3.2　プレグラウト孔の種類 ･･･ 5
3.3　グラウト孔の概要 ･･･ 6
3.3.1　換気立坑の孔配置 ･･･ 6
3.3.2　250m 調査坑道から実施した改良孔 ･･･ 10
3.3.3　250m 調査坑道の孔配置 ･･･ 10
3.4　プレグラウト孔の施工順序 ･･･ 15
3.5　グラウチング注入材料 ･･･ 15
3.6　グラウチング材料の配合 ･･･ 16
3.7　プレグラウチングの施工手順 ･･･ 16
3.7.1　削孔 ･･･ 17
3.7.2　透水試験および水押し試験 ･･･ 17
3.7.3　グラウチング（注入） ･･･ 18
3.7.4　暴噴対策 ･･･ 19

4.　プレグラウチングの結果 ･･･ 20
4.1　プレグラウチング孔の施工工程実績 ･･･ 20
4.2　注入日報 ･･･ 23

参考文献 ･･･ 25

Contents

1. Introduction ····· 1

2. Construction summary for the pre-grouting ····· 2
2.1 Construction area ····· 2
2.2 Improved area ····· 2
2.3 Actual construction period ····· 3
2.4 Event during construction ····· 3

3. Soecification of the pre-grouting ····· 5
3.1 Basic concept for improvement range ····· 5
3.2 Species of the grout holes ····· 5
3.3 Summary of the grout holes ····· 6
3.3.1 Arrangement of the grout holes at the ventilation shaft ····· 6
3.3.2 The grout holes from the GL-250m Gallery ····· 10
3.3.3 Arrangement of the grout holes from the GL-250m Gallery ····· 10
3.4 The sequence of the grout holes ····· 15
3.5 Grout materials ····· 15
3.6 Mix of the grout material ····· 16
3.7 Procedure of pre-grouting ····· 16
3.7.1 Drilling method ····· 17
3.7.2 Permieability test ····· 17
3.7.3 Grouting ····· 18
3.7.4 Countermeasure for blowout ····· 19

4. Observation of the pre-grouting ····· 20
4.1 Actual schedule ····· 20
4.2 Daily report ····· 23

References ····· 25

1. 序論

幌延深地層研究計画は、原子力政策大綱に示された深地層の研究施設計画の一つであり、堆積岩を対象として、日本原子力研究開発機構が北海道幌延町で進めているプロジェクトである。幌延深地層研究計画 第Ⅱ期工事の完成時には、3 本の立坑（換気立坑、東立坑、西立坑）を 3 深度の水平坑道（140m 調査坑道、250m 調査坑道、350m 調査坑道）で結んだ地下研究施設が建設される予定である。本研究施設の建設場所は、北海道幌延町の北進地区であり堆積軟岩が広がっている。また、地下施設の建設箇所は声問層と稚内層の地層境界部に位置している。地上からのボーリング調査結果より、建設箇所には湧水を伴う断層の存在が確認され、地下水から遊離するメタンガスの発生も確認されている。

本施設の工事中における安全確保の観点、地下施設建設後の地下施設からの坑内湧水量を抑制する観点から、湧水抑制対策としてプレグラウチングを実施している。本データ集では、1)グラウチングデータの共有化および散逸防止を図ること、2)今後のプレグラウチングを実施するための基礎データとすることを目的として、本施設建設工事の中で湧水抑制対策として実施された、換気立坑のプレグラウチングに関するデータを取りまとめたものである。なお、紙面の都合上、グラウチングの注入データは CD-ROM に収録して、巻末に添付した。

2. プレグラウチングの工事概要

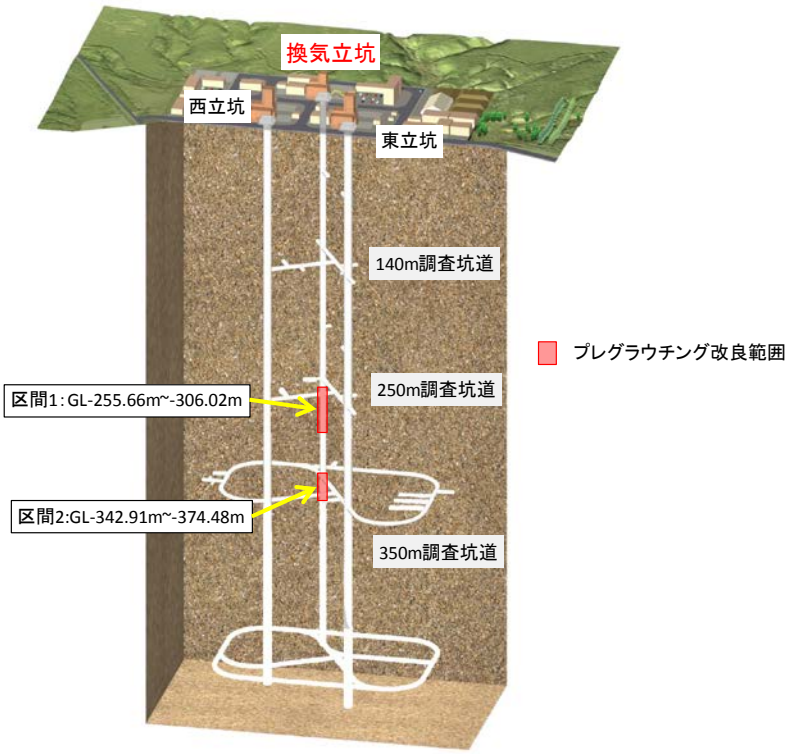
幌延深地層研究計画の施設建設工事におけるプレグラウチングは、施設建設中における突発湧水等からの安全確保や、施設建設後の坑道内の湧水量を抑制することを目的に、湧水抑制対策として実施されたものである。本工事におけるプレグラウチングの施工範囲は、事前に削孔された換気立坑先行ボーリング PB-V01 孔[1] 等の地下施設周辺の調査ボーリングに関する調査結果より、高透水層と判断された漸移帯および破砕帯の断層を対象として設定している。

2.1 施工場所

施工場所は、北海道北部に位置する幌延町 北進地域に建設中である幌延地下研究施設の換気立坑の深度 250m 部分および 250m 調査坑道内である。

2.2 改良範囲

図 2.1 に、本プレグラウチングの改良範囲を示す。また、図 2.2 には 250m 調査坑道の平面図に投影した改良範囲を示している。地上からの調査結果より、改良範囲は、GL-255.66～-306.02m および GL-342.91～-374.48m と設定した。また、改良幅は立坑の掘削面から外側 3.0m の範囲としている。



※このイメージ図は、今後の調査研究の
結果次第で変わることがあります。

図 2.1　プレグラウチングの改良範囲

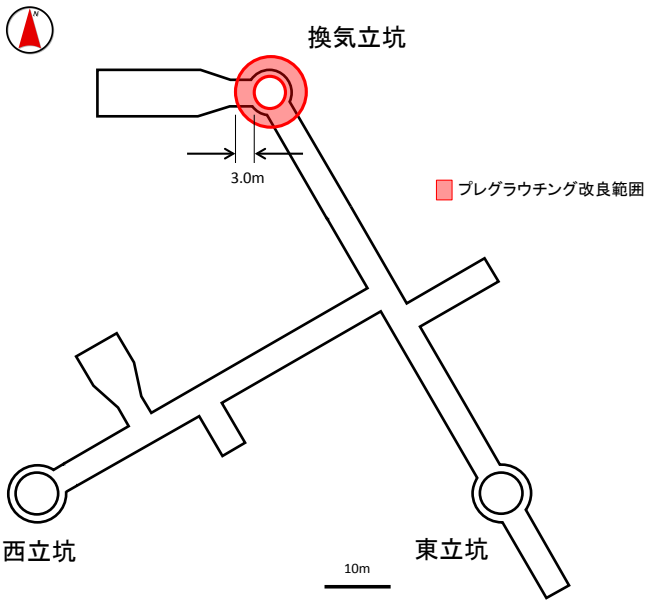


図 2.2　プレグラウチングの改良範囲（250m 調査坑道の平面図に投影）

2.3 施工実施期間

換気立坑のプレグラウチングの施工期間実績を下記に示す。区間 1 を改良後に換気立坑の掘削を再開し、区間 2 を 250m 調査坑道から施工した。

区間 1（換気立坑からの施工）　：平成 23 年 2 月～平成 23 年 7 月

区間 2（250m 調査坑道からの施工）　：平成 23 年 8 月～平成 23 年 10 月

2.4 施工時におけるイベント

表 2.1 には、プレグラウチング施工時における主要なイベントを示している。本データ集で取りまとめた換気立坑のプレグラウチングは、幌延地下研究施設の建設において最初のグラウチング工事であったため、より効率的な施工を実施することを目的に、施工中の状況を鑑みて、注入材料の追加、注入仕様の変更等を行っている。

表 2.1　プレグラウチング施工時における主要なイベント

変更日	変更項目	備考
平成 23 年 2 月 17 日	プレグラウチング施工の開始	
平成 23 年 3 月 18 日	注入仕様の変更	・最大送水量の変更 ・透水試験の加圧段階の変更 ・水押し試験の加圧段階の変更 ・注入圧力の変更 ・注入材の切替え仕様の変更 ・暴噴対策の変更 ・再注入時の試験に関する設定
平成 23 年 5 月 12 日	使用材料の追加	コロイド注入材の使用
平成 23 年 5 月 30 日	コロイド注入材の使用条件の変更	
平成 23 年 6 月 13 日	計画改良領域外における注入	
平成 23 年 6 月 23 日	パイロット孔の代替孔	C5 孔の 24st*～26st に代替
平成 23 年 7 月 25 日	使用材料の追加	超微粒子注入材の使用
平成 23 年 7 月 29 日	換気立坑からの施工終了	
平成 23 年 8 月 4 日	250m 調査坑道からの施工開始	
平成 23 年 8 月 8 日	換気立坑 250m 以深の掘削開始	
平成 23 年 9 月 15 日	追加孔の実施	C4-1AD 孔の延伸（22st～24st）
平成 23 年 10 月 28 日	プレグラウチング施工の終了	

*st（ステージ）；注入区間を指す。

3. プレグラウチングの施工概要

3.1 プレグラウチングの基本概念

図 3.1 には、プレグラウチングによる岩盤改良範囲の概念図を示している。本工事では、プレグラウチングによる改良範囲は、ボーリング孔を中心に半径 1.5m の範囲と考える。この考えを基準に、全深度で改良範囲のリングが形成されるようボーリング孔の配置、削孔角度を設定している。すなわち、孔間隔が 3.0m 以内となるように配置することで改良範囲のリングが形成される。本プレグラウチングでは、改良範囲を 3 分割し、その範囲を上方より A リング、B リング、C リングとし、それぞれの改良範囲でリングが形成されるように孔配置を行った（図 3.3 参照）。

なお、本工事のグラウチングは、地下研究施設の建設時における研究の要素も含んでいることから、グラウチングの施工前に原位置調査を先行してから実施することとしている。

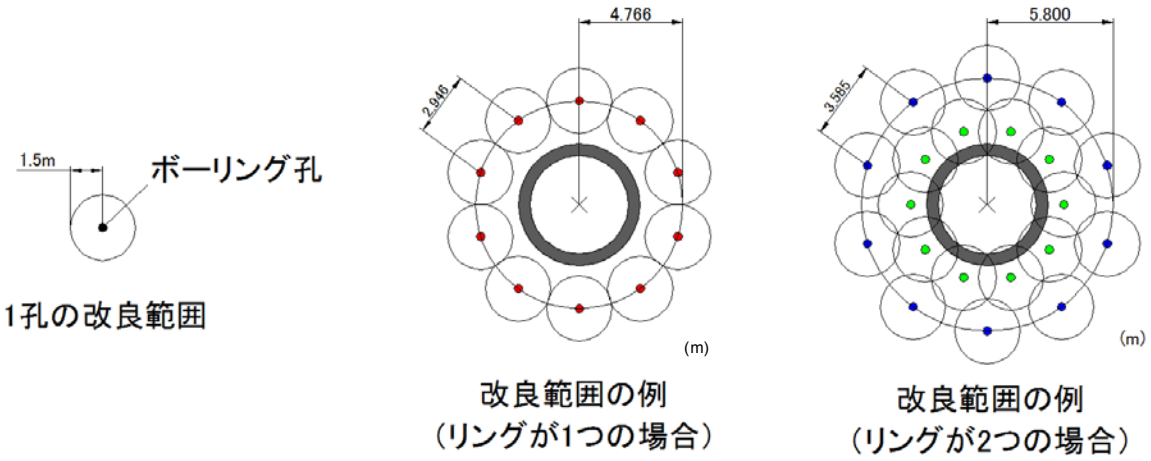


図 3.1　改良範囲の概念図

3.2 プレグラウト孔の種類

表 3.1 には、プレグラウト孔の種類をまとめている。プレグラウト孔の種類は、1）パイロット孔（P 孔）、2）一般孔（A 孔、B 孔、チェック孔を除いた C 孔）、3）チェック孔（C2 孔、C6 孔）の 3 種類である。

パイロット孔は、原位置での調査を目的としたボーリング孔であり、全孔に先行して実施している。なお、P 孔はジャーミング（孔の締付けによる削孔不可能な状態）が発生したため、途中から C5 孔を代替孔として実施した。

一般孔は、改良を目的としたボーリング孔であり、実施条件として P 孔が通過している深度としている。なお、一般孔の名称には対象改良範囲を付しており、A、B、C リングでそれぞれ A、B、C 孔としている。

チェック孔は、品質管理の確認を目的とした孔であり、本グラウチングにおけるチェック孔は 2 本とした。チェック孔における改良効果の確認がグラウチング施工の終了条件の一つであるため、それぞれの対象となる一般孔が全て終了した後に実施している。

表 3.1　プレグラウト孔の種類および概要

孔種	該当孔	削孔径(mm)	実施試験	備考
パイロット孔	P 孔：～23st C5 孔：24st～	φ46	透水試験	全ての孔に先行して実施
一般孔	A 孔	φ46	水押し試験	A リングを対象とした孔
	B 孔			B リングを対象とした孔
	C 孔			C リングを対象とした孔 (C2、C6 孔を除く)
チェック孔	C2 孔、C6 孔	φ46	透水試験	最終孔として実施

3.3 グラウト孔の概要

3.3.1　換気立坑の孔配置

図 3.2、図 3.3 には、換気立坑より実施したプレグラウト孔の孔口配置平面図およびプレグラウト孔の立面図を示している。換気立坑から実施した孔の配置は、換気立坑の中心および調査坑道のトンネル軸を基準として配置している。

図 3.2 より、パイロット孔の孔口は、現場の資機材の配置条件より、立坑中心からトンネル軸を 90 度時計回りに回転した方向へ 0.6m 移動した位置とし、そこから垂直に削孔している。

一般孔の孔配置は、トンネル軸を立坑中心にして等角度で配置することを基本としている。一般孔の孔数は改良リング毎に 10 孔を実施した。換気立坑中心から孔口までの距離は、A、B 孔および C 孔でそれぞれ、2.05m、1.75m である。また、A、B 孔は同一円状にあるため、A 孔の間に B 孔を配置した。なお、孔名はリング名に孔番（トンネル軸を始点に時計回りに付した番号）を付す形で示している。

図 3.3 より、ボーリング孔の孔口深度はいずれも GL-250.4m の換気立坑底盤であり、孔底の深度は A 孔、B 孔、C 孔でそれぞれ GL-272.4m、GL-306.2m、GL-374.5m の位置である。

なお、パイロット孔（P 孔）は 23st 施工後にジャーミングにより施工不可能となったため、代替として C5 孔(24st 以深)をパイロット孔として用いた。

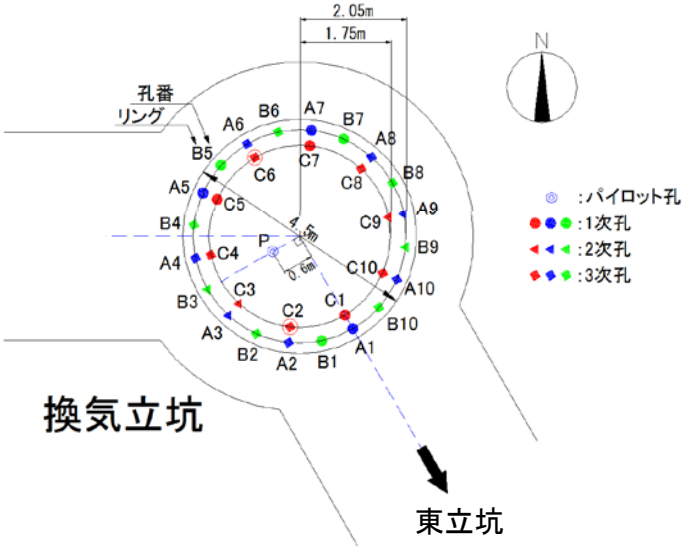


図 3.2　換気立坑内より実施したプレグラウト孔の孔配置(GL-250m)

This is a blank page.

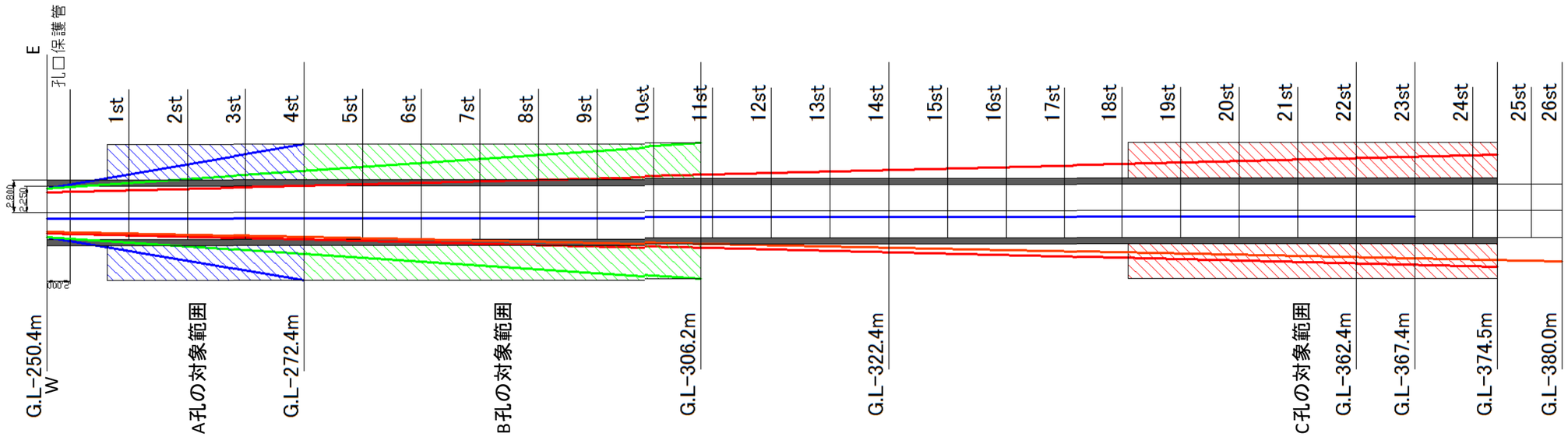


図 3.3　換気立坑内より実施したプレグラウト孔

3.3.2　250m 調査坑道から実施した改良孔

本グラウチングでは工程確保の観点より、C 孔の一部を 250m 調査坑道からの施工に変更した。表 3.2 には、換気立坑での未改良区間と 250m 調査坑道より実施した改良範囲の対照表を示している。250m 調査坑道より実施した孔名は、換気立坑の未改良区間に対応する孔名に AD を付す形で示している。なお、C3AD 孔の改良範囲には、C4-2AD 孔が通過するため C4-2AD 孔の一部を C3AD 孔の改良範囲として実施した。

表 3.2　換気立坑での未改良区間と東連絡坑道より実施した改良区間の対照表

換気立坑での未改良区間		東連絡坑道より実施した改良区間	
孔名	ステージ	孔名	改良ステージ
C1	19～25	C1AD	19～25st
C2	19～25	C2AD	19～25st
C3	19～25	C4-2AD	19～22st
		C3AD	23～25st
C4	19～25	C4-1AD	19～22st
		C4-2AD	23～25st
C6	23～25	C6AD	23～25st
C10	19～25	C10AD	19～25st

3.3.3　250m 調査坑道の孔配置

図 3.4、図 3.5 には 250m 調査坑道より実施したプレグラウト孔の孔口配置平面図およびプレグラウト孔の立面図を示している。250m 調査坑道から実施した孔の配置も、換気立坑の中心および 250m 調査坑道のトンネル軸方向を基準に配置している。なお、250m 調査坑道の底盤中央には、排水管が埋設されているため、孔口は坑道中央を避けて配置している。図 3.5 の立面図については、図が煩雑になるのを防ぐため、トンネル軸方向に対して直角方向から見た立面図を示している。図には、本グラウチングが完了した時点の換気立坑掘削位置も併せて示している。

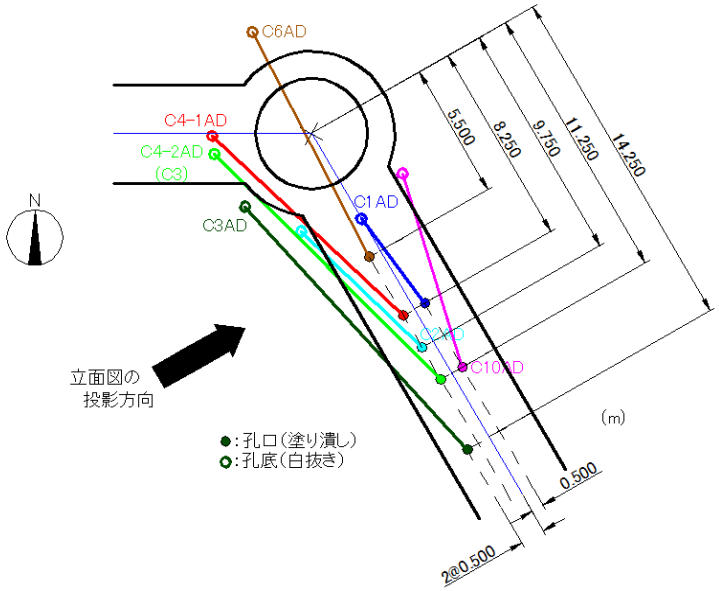


図 3.4　250m 調査坑道より実施したプレグラウト孔の孔配置(GL-250m の平面図)

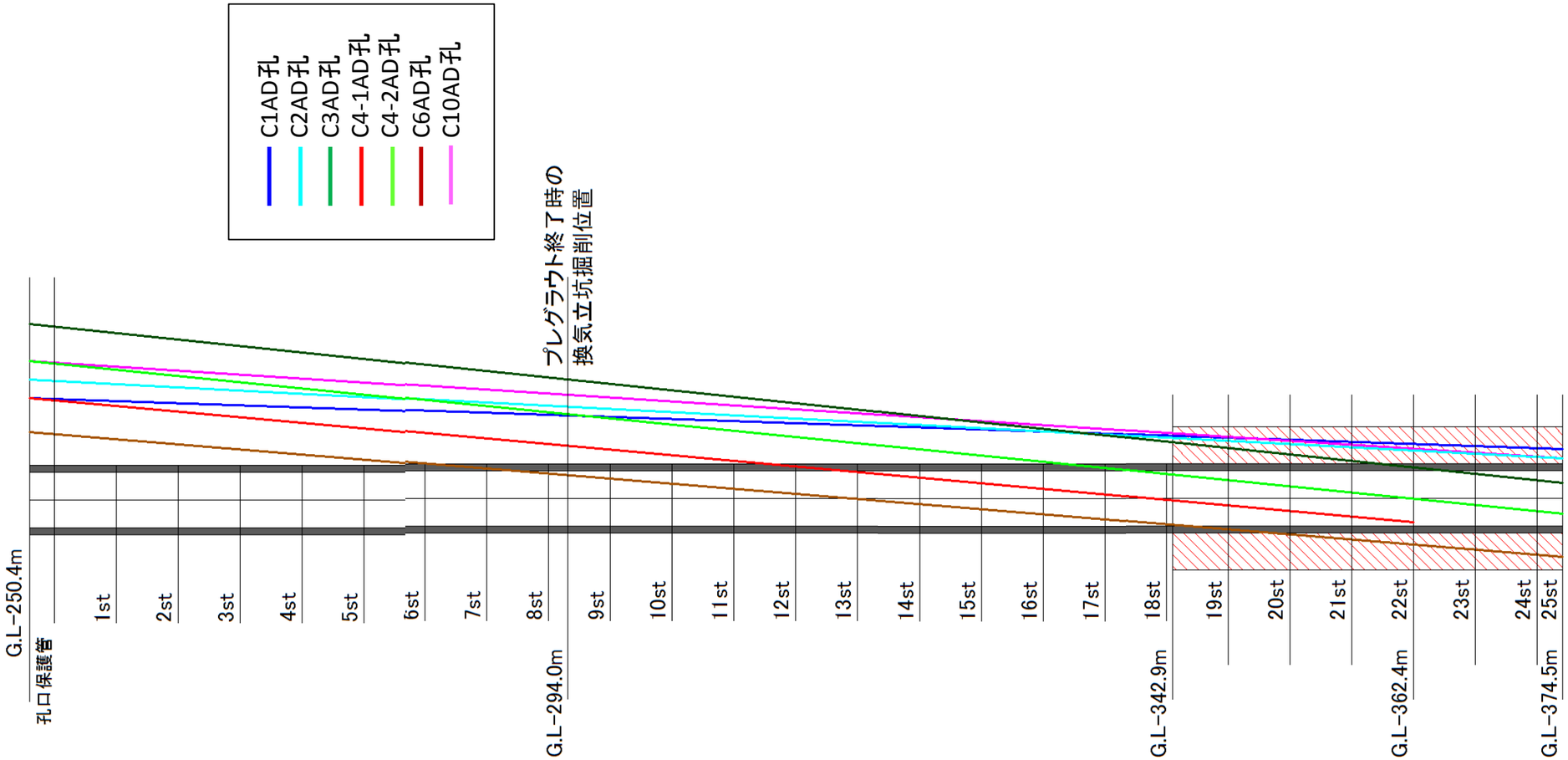


図 3.5　250m 調査坑道より実施したプレグラウト孔の立面図

3.4 プレグラウト孔の施工順序

図 3.6 には、プレグラトの施工順序を示している。(施工実績は、表 4.1 を参照)

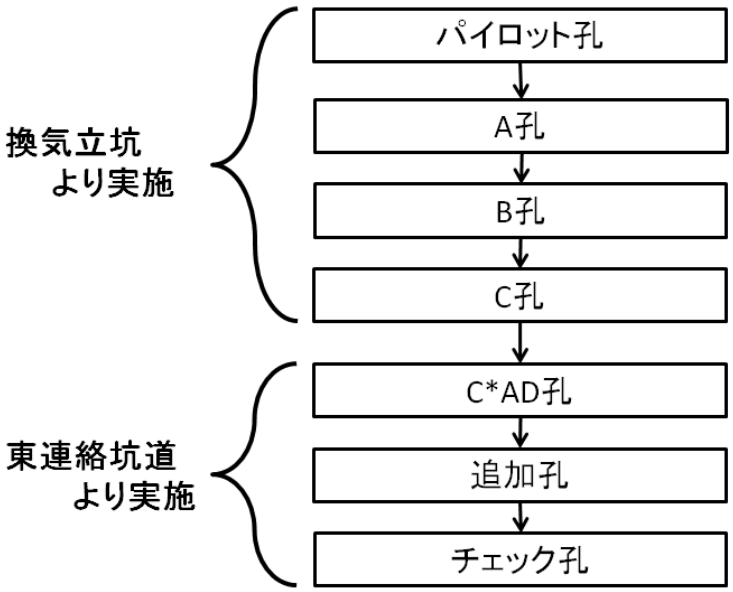


図 3.6　グラウチング孔の施工順序

3.5 グラウチング注入材料

表 3.2 には、グラウチングに使用した注入材料の特性値を一覧にして示している。当初計画では、微細な割れ目に対する注入を想定していたため、注入材料としては早期硬化型超微粒子注入材(SFX3)のみを使用することとしていた。しかしながら、高圧ガス、高圧湧水による噴発発生箇所では、注入後において再噴発する事象が発生したため、このような箇所では微細な割れ目よりも比較的大きな割れ目に対する注入を優先するために、コロイド注入材を追加使用することとした。また、コロイド注入材は低透水層に対しての止水効果も得られたことから、噴発箇所の前後にも使用することとした。

普通型超微粒子注入材(SF)は、コロイド注入材に比較して低透水区間での止水性は同程度であるものの、注入量が多く、コロイド注入材よりも小さな割れ目への注入が想定され、効果的な改良が可能と判断したため、主要な使用材料として変更を行った。

表 3.2　グラウチングに使用した注入材料の一覧

材料	名称	平均粒径 (μm)	比重 (g/cm^3)	分散剤
早期硬化型超微粒子注入材	日鐵スーパーファイン X3 (SFX3)	4.3	2.99	マイティ 150(高性能減水剤)がプレミックスされている
コロイド注入材	日鐵コロイド	8	3.02	マイティ 150 を使用
普通型超微粒子注入材	日鐵スーパーファイン(SF)	2.8	2.8	マイティ 150 を使用

3.6 グラウチング材料の配合

表 3.3 には、グラウチング材料の配合一覧を示している。材料の配合は本工事の実施前に注入確認試験を実施しており、その結果を踏まえた配合とし、全 11 ケースとした。本配合は、急激な配合変化を避けるため、W/C=20.0 から W/C=2.0 まで増加セメント量がほぼ一定となるように設定している。

表 3.3　グラウチング材料の配合一覧

配合ケース	比率 C:W	100L 練り上げ		25L 練り上げ	
		セメント量 (kg)	水 (kg)	セメント量 (kg)	水 (kg)
1	1:20	4.92	98.36	1.23	24.59
2	1:10	9.68	96.76	2.42	24.19
3	1:6.62	14.38	95.19	3.60	23.80
4	1:4.9	19.10	93.61	4.78	23.40
5	1:3.86	23.84	92.03	5.96	23.01
6	1:3.17	28.54	90.46	7.14	22.62
7	1:2.67	33.28	88.87	8.32	22.22
8	1:2.3	37.96	87.30	9.49	21.83
9	1:2	42.84	85.67	10.71	21.42
10	1:1	74.94	74.94	18.74	18.74
11	1:0.8	88.15	70.52	22.04	17.63

3.7 プレグラウチングの施工手順

図 3.7 には、プレグラウチングの施工フローを示している。本グラウチングでは、基本長(ステージ)毎に区間を区切ってグラウチングを実施するステージグラウチング工法を採用した。本工事では、基本長を 5m に設定しており、孔口に近い箇所より 1st、2st・・・とステージ番号を付している。なお、削孔途中で噴発等があった場合には、直ちに注入を開始するショートステージ工法も併用した。

注入作業はパイロット孔と同ステージ（深度）での作業は実施しないこととし、隣接孔に関しても 1 ステージ以上の差を付けて実施することとした。また、計画で改良範囲に設定されていない範囲についても、噴発等がある場合には改良範囲と同様のグラウチングを実施している。

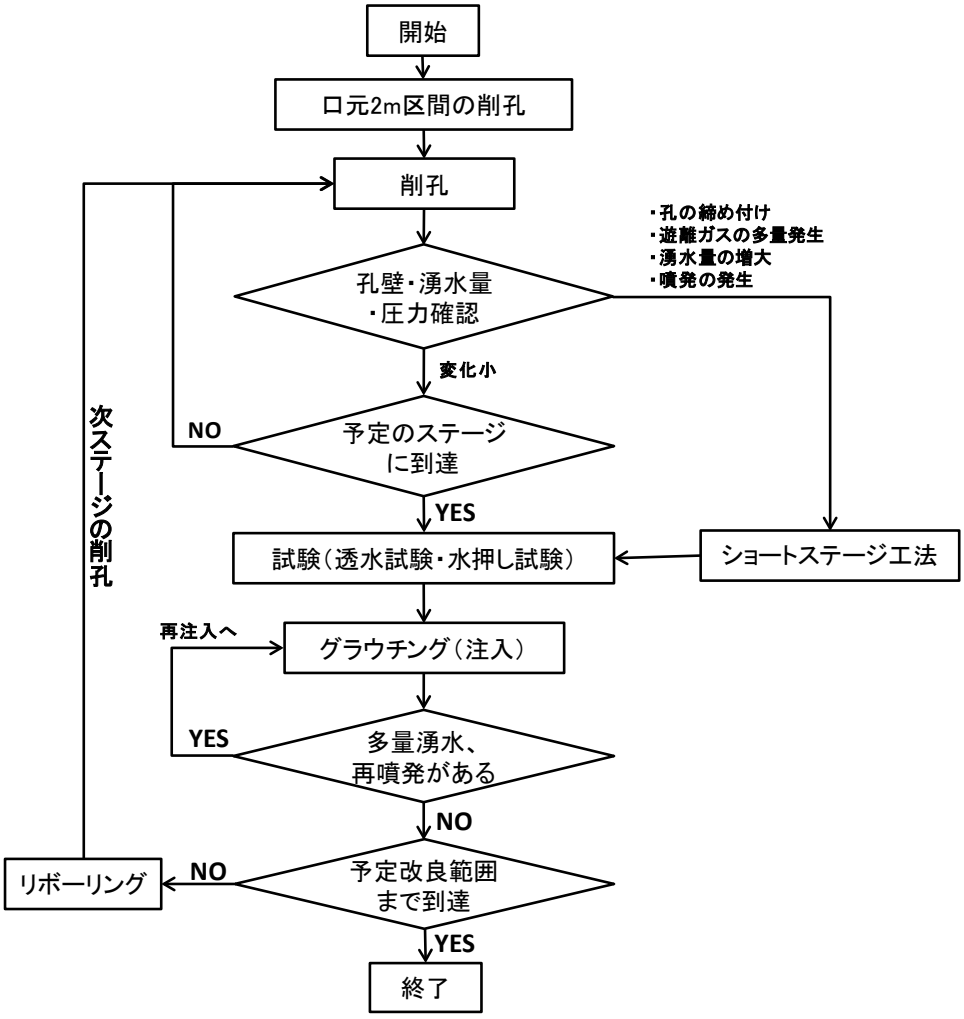


図 3.7　プレグラウチングの施工フロー

3.7.1　削孔

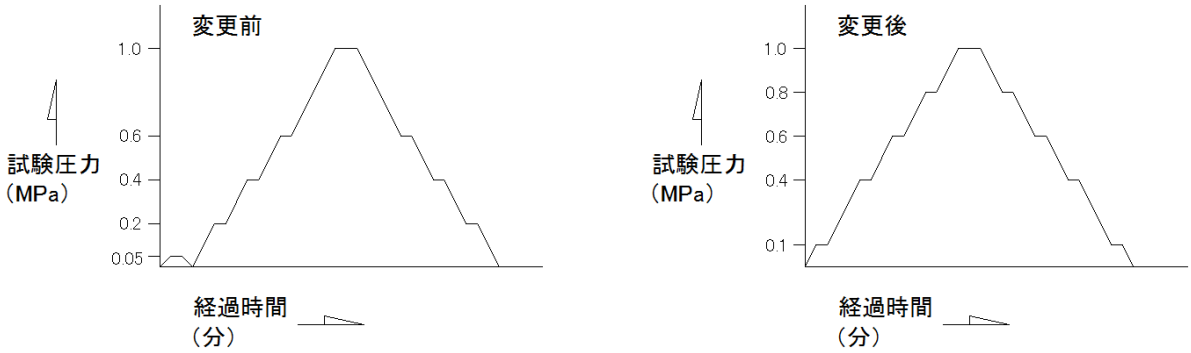
削孔は、ロータリーボーリングマシンを使用して実施した。いずれの孔も、深度 2.0m まで φ66mm にて削孔し、削孔管を残して孔口保護管とした。孔口保護管設置後、φ46mm で 2.0m 以深の削孔を実施した。削孔中に、1）孔の締め付け、2）遊離ガスの多量発生、3）湧水量の増大、4）噴発等が発生した時にはすぐに削孔を止め、ショートステージ工法に切り換えている。

3.7.2　透水試験および水押し試験

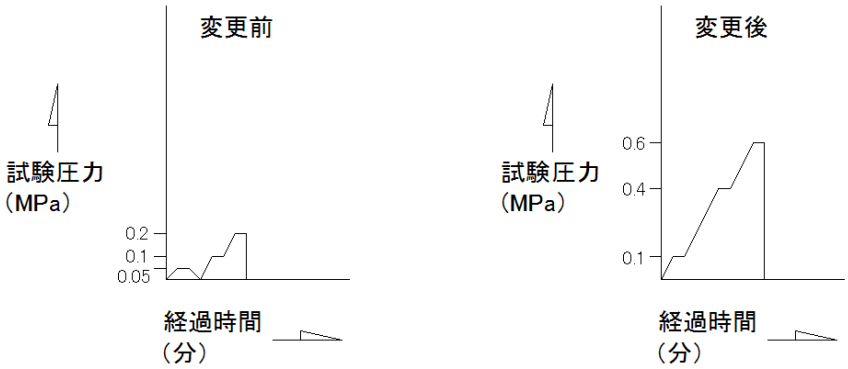
削孔後、湧水量及び湧水圧を測定し、透水試験（パイロット孔、チェック孔）もしくは水押し試験（一般孔）を実施した。この試験はルジオン試験の一環として実施し、ルジオン値を測定している。図 3.8 には、両試験の試験圧力(有効圧力)と経過時間の関係を示している。なお、当初の試験では定常状態を把握するため、初期に降圧作業を実施したが、対象岩盤では非定常状態が継続することが確認出来たため、両試験とも初期の降圧を省略した。また、本変更では試験圧力の加圧段階も変更している。

最大流量は、当初、両試験とも最大 20L/min としていたが、地山の破壊等が懸念されたため、

最大 10L/min に変更した。なお、最大送水量に達した段階で圧力が上昇しない場合は、最大圧力状態で計測し、ルジオン値を「＞(測定ルジオン値)以上」と記載している。



(a) 透水試験



(b) 水押し試験

図 3.8　各試験における試験圧力の経時変化

3.7.3　グラウチング（注入）

グラウチング（注入）は、1 次孔、2 次孔、3 次孔（図 3.2 参照）の順序で施工することを基本とした。基本ステージ長で水押し試験結果が 0.1 ルジオン以下の場合には、引き続き次のステージの削孔を行い、試験完了後に一括注入を実施している。

1) グラウチングの注入圧力

注入圧力は、有効圧力で 1.0MPa 以下とし、過大な給圧で孔崩壊を引き起こさないよう配慮する。透水試験や水押し試験結果から限界圧力の存在が確認された場合は、限界圧力+ 0.2 MPa を限度として注入を行うことを基本としている。ただし、孔内にガス圧が存在する場合、注入状況に応じて最大注入圧力を変更している。

2) グラウチングの注入配合

注入配合は、注入前のルジオン値に関わらず、表 3.3 の W/C=20.0 から順次注入を実

施した。配合切り換えは、各配合 100L とし、順次 W/C を小さくした。また、注入時に注入量が低減状態の場合には同種同配合で継続することとした。しかしながら、グラウチング施工では、砂の吹き上げやガスの突出、噴発の発生が見られたため、想定の状況と異なる場合の仕様を加えている。

比較的程度の軽い砂の吹き上げやガスの突出の場合は、限界圧が低く低圧力で大量注入できる場合が多いため、低濃度配合で 3 配合程度を少量注入し、その後高濃度の配合で改善するまで実施した。この際の最大注入量は 2,000L 程度とした。

比較的程度の重い噴発の場合は、W/C=1.0 もしくは W/C=0.8 の配合で実施し、高濃度注入を実施した。なお、これでも止水が困難を判断された場合には、硬化促進剤を添加している。

3) グラウチングの完了条件

グラウチングの完了基準は、注入量が 0.1L/min・st 以下で 30 分のダメ押しを行って注入完了とした。また、注入量が総量 1,100L/st に達した場合はその時点で完了とした。ただし、注入流量が減少傾向で、注入の継続により完了できると判断される場合は、その時点の配合で継続する。この場合においても、同一配合で 200L 注入しても変化が見られない場合には配合を切り換える。最終的に配合が W/C=0.8 に達した場合は 100L の注入で終了とした。

4) 追加孔の基準

3 次孔で 1 ルジオン以上のステージがある場合は、相当するステージの横に 4 次孔として追加孔を実施する。追加孔の注入箇所は該当するステージとその上下のステージを含めた 3 ステージとした。実施後のルジオン値は 4 次孔の値を採用する。

5) 孔埋め

孔埋めは、施工完了後に W/C=0.8 のセメントミルクで実施した。

3.7.4　暴噴対策

本施工箇所では、湧水、ガスが突出する噴発が確認されていたため、その対策を検討・実施してきた。削孔中にガスの噴出が見られた場合は、直ちに削孔を中断しショートステージ工法に移行することとした。この際、透水試験および水押し試験が可能な場合は、実施した後に通常の注入を実施する。最終的に、高濃度配合の W/C=0.8 に至っても暴噴防止に効果が少ないと判断される場合には、ある程度の昇圧が確認されるまで断続注入を継続実施することとした。さらに、注入量が 10L/min で数百 L 注入しても変化が見られない場合は、断続注入（10 分程度）の繰り返し、もしくは注入量を半減して様子を見ることとした。

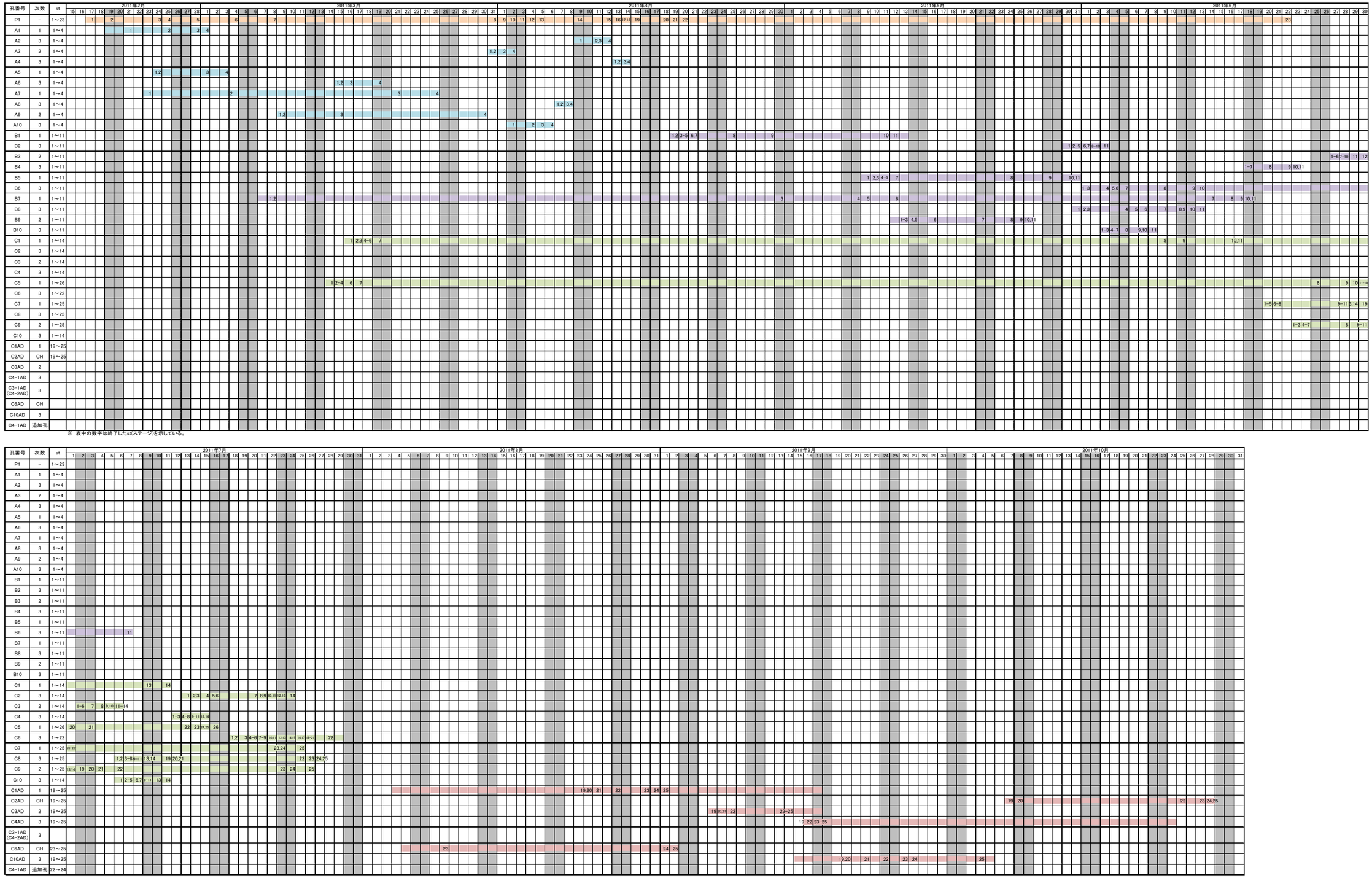
4. プレグラウチングの結果

本データ集では、プレグラウチングの結果としてグラウチング終了後に提出されるグラウト注入日報の pdf ファイルを CD-ROM にまとめている。

4.1 プレグラウチング孔の施工工程実績

表 4.1 には本グラウチングの各孔の施工実績をバーチャートにて示している。図中の数字はステージを示しており、記載のある日がステージ完了日である。図より、B7 孔、C1 孔、C5 孔の施工が前倒しで実施されている。これは、パイロット孔がジャーミングに伴い削孔不能となったため、周囲の改良を優先して実施し、ジャーミングを解消することを目的としたものである。

表 4.1　プレグラウチングの施工工程実績



※ 表中の数字は終了したstiステージを示している。

4.2 注入日報

図 4.1 には、注入日報の一例を、表 4.2 に注入日報の掲載内容を示す。表 4.2 の①～⑨の番号は図 4.1 と対応している。注入日報は、注入 1 回毎に作成されている。紙面の都合上、全データは巻末の CD-ROM に収録している。

表 4.2　注入日報の掲載内容

	情報内容	情報詳細
①	グラウト孔の基本情報	孔名、ステージ、回数
②	〃	孔の諸元
③	試験結果	単位透水量と補正試験圧力の関係図、試験データ
④	〃	試験記録（ルジオン値、各種圧力等）
⑤	グラウチングの結果	チャート(注入圧、注入量の時系列グラフ)
⑥	〃	注入結果
⑦	〃	注入に関する詳細データ
⑧	〃	注入材料、注入量、廃棄量
⑨	備考・記事	湧水の有無、湧水量、噴発の有無等

基礎処理工事日報

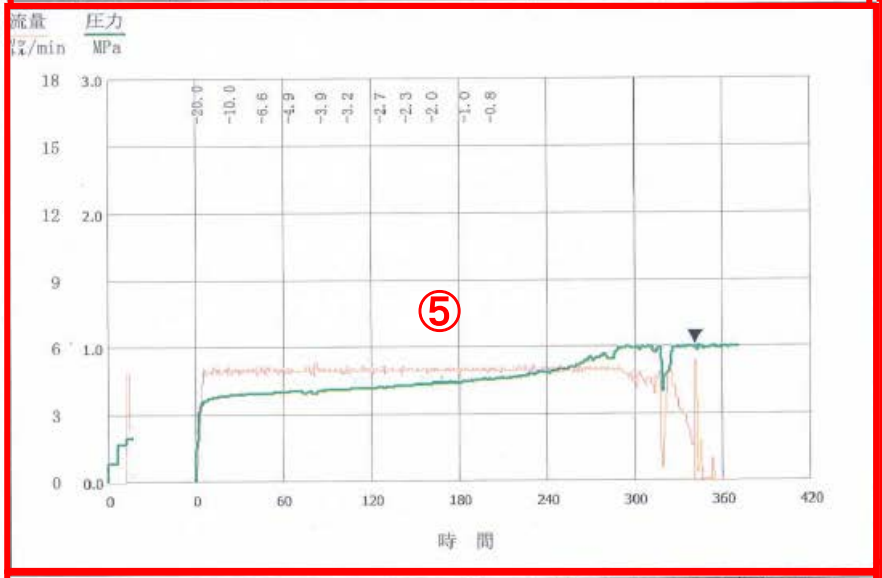
幌延地下研究施設整備(第Ⅱ期)等事業

施工日： 2011 年 3 月 23 日

施工場所	次数	孔番	海側		ステージ	回数
換気立坑	1	A7	①		04	01

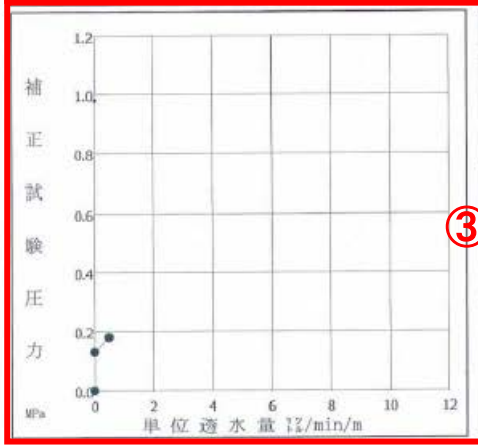
記事：メタンガス、湧水の噴発あり。 ⑨

日報作成者 印



作業種別	作業時間 自～至		時間	注入圧力 開始	終了	配合 C：W	注入量 (ℓ)	セメント (kg)	備考
水押	22:00	22:18	0:18						
注入	22:24	22:47	0:23	0.258	0.645	1: 20.00	100.0	4.9	
注入	22:47	23:07	0:20	0.645	0.660	1: 10.00	100.0	9.7	
注入	23:07	23:27	0:20	0.660	0.670	1: 6.62	100.0	14.4	
注入	23:27	23:47	0:20	0.670	0.660	1: 4.90	100.0	19.1	
注入	23:47	0:06	0:19	0.660	0.690	1: 3.86	100.0	23.8	
注入	0:06	0:26	0:20	0.690	0.700	1: 3.17	100.0	28.5	
注入	0:26	0:46	0:20	0.700	0.720	1: 2.67	100.0	33.3	
注入	0:46	1:06	0:20	0.720	0.732	1: 2.30	100.0	38.0	
注入	1:06	1:26	0:20	0.732	0.741	1: 2.00	100.0	42.8	
注入	1:26	1:46	0:20	0.741	0.760	1: 1.00	100.0	74.9	
注入	1:46	4:06	2:20	0.760	0.997	1: .80	647.7	570.9	
ダメ押	4:06	4:36	0:30	0.997	1.000	1: .80	14.4	12.7	

⑥



No.	計器圧力 MPa	試験点圧力 MPa	単位透水量 ℓ/min/m
1	0.140	0.000	0.0
2	0.280	0.130	0.0
3	0.330	0.180	0.5

緒元		
孔口標高 (m)	0.000	
上端深度 (m)	- 17.00	
上端標高 (m)	0.00	
区間長 (m)	5.00	
角度θx (°)	0.0	
角度θy (°)	0.0	
全削孔長 (m)	22.00	

②

透水・水押試験記録	水押テスト
種別	
ルジオン値 (Lu)	0.0
ルジオン算出点	1 - 2
限界圧力 (MPa)	0.280
最大圧力 (MPa)	0.180
湧水圧力 (MPa)	0.150
判定	異常なし

④

注入結果	
単位注入セメント量 (kg/m)	174.6
最大注入圧力 (MPa)	1.013
最大注入速度 (ℓ/min)	5.400
注入開始濃度 (C:W)	20.00
注入終了濃度 (C:W)	0.80
注入時間 (時:分)	6:12
中断時間 (時:分)	(0:00)
判定	注入完了

⑦

材料記録	材料名	練上量	注入量	廃棄量
ミルク (ℓ)		1700.0	1662.1	37.9
セメント (Kg)	SFX3	906.53	873.12	33.41

⑧

図 4.1　注入日報の例

参考文献

1)藪内 聡、國丸 貴紀、石井 英一、羽出山 吉裕ほか: 幌延深地層研究計画 換気立坑先行ボーリング（PB-V01 孔）調査報告書 ―岩盤の水理特性調査―, JAEA-Data/Code 2008-026.

This is a blank page.

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	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	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，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	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	m^3/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

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン[b]	rad	1 [b]	m/m
立体角	ステラジアン[b]	sr[c]	1 [b]	m^2/m^2
周波数	ヘルツ[d]	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	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
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	クーロン	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	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
電気抵抗	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	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度[e]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr[c]	cd
照度	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, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト[g]	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
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。

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

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1}\ kg\ s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg\ s^{-2}$
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，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$
比熱容量，比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$
比エネルギー	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)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3}\ sA$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	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	$m\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
モルエネルギー	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（X 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	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

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	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4m^2$
リットル	L, l	$1L=11=1dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
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実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602\ 176\ 53(14)\times10^{-19}J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660\ 538\ 86(28)\times10^{-27}kg$
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	$1ua=1.495\ 978\ 706\ 91(6)\times10^{11}m$

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
バール	bar	$1\ bar=0.1MPa=100kPa=10^5Pa$
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
バーン	b	$1\ b=100fm^2=(10^{-12}cm)2=10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
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	$1\ St\ =1cm^2\ s^{-1}=10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	$1\ sb\ =1cd\ cm^{-2}=10^4cd\ m^{-2}$
フォト	ph	$1\ ph=1cd\ sr\ cm^{-2}\ 10^4lx$
ガル	Gal	$1\ Gal\ =1cm\ s^{-2}=10^{-2}ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx = 1G\ cm^2=10^{-8}Wb$
ガウス	G	$1\ G\ =1Mx\ cm^{-2}\ =10^{-4}T$
エルステッド[c]	Oe	$1\ Oe \triangleq (10^3/4\pi)A\ m^{-1}$

(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
キュリー	Ci	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R = 2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
ガンマ	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー）4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	$1\ \mu\ =1\mu m=10^{-6}m$

（第8版，2006年改訂）

この印刷物は再生紙を使用しています