

TNC TJ7440 2005-07/

試錐泥材の水理学的・地球化学的影響調査

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1998年3月

三菱マテリアル資源開発株式会社

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

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
電話：029-282-1122（代表）
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

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

LIHIT LAB.

MADE IN JAPAN | The Top Quality Products With Heartful Services...

△注意

とじ具を開閉する時は、指をはさまないように注意して下さい。

1998年3月

試錐泥材の水理学的・地球化学的影響調査

池田則生^{*}、佐々木伸幸^{**}、大島和夫^{***}、山口耕平^{****}
齋藤茂幸^{****}、阿部順之^{*****}、片野 孝^{*****}、上田 晃^{*****}

要 旨

動燃事業団では、広域地下水流动研究などを目的として深度1,000mの試錐調査を実施している。同調査の試錐孔を利用した試験には水理試験や原位置採水試験があり、これらの試験を実施するため清水を使用する掘削工法を採用している。清水工法による深度1,000m級の試錐孔の掘削では、孔壁崩壊等のトラブルが生じている。これらのトラブルの対処方法の1つとして泥水工法の適用可能性について検討することを目的として、机上調査、室内試験及び原位置試験の実施が検討されている。本年度は、文献調査による試錐泥材の選定及び室内試験の一部を実施した。

掘削流体（泥水）を構成する泥材の影響についての海外の地層処分研究関係の公表された文献は非常に限られており、各々の機関の担当者に対する聞き取りによる未公表資料等の情報収集を行った結果、ペントナイト、ポリマー等の各泥材の選定はサイト特性に依存しているとの情報は得られたが、具体的にどの泥材の影響度が少ないかについての情報は非常に限定されたものであることがわかった。

今回の文献調査の結果では、水理学的・地球化学的に影響のないまたは少ない泥材の選定については、地層処分研究の分野からは限定されたものであった。その他の分野で影響の程度が少ない可能性のある泥材があげられたが、今後、検討の必要性があるものと考えられる。

室内試験の結果、割れ目評価試験では花崗岩中の微細な割れ目の分布状況が把握でき、バッチ試験ではペントナイト系及びそれ以外の泥水とともに、泥材と地下水の反応後短時間での分析成分の濃度の増加が認められた。

本報告書は、三菱マテリアル資源開発(株)が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の結果である。

契約番号：09C1511

事業団担当部課室及び担当者：地質環境研究室 坪田浩二

*：企画開発部、**：東北支店、***：試錐部、****：三菱マテリアル(株)環境リサイクル事業センター、

*****：三菱マテリアル(株)総合研究所

MARCH, 1998

Report on the Study for the Hydrogeological and Geochemical Impacts of Drilling Fluids

Norio Ikeda*, Nobuyuki Sasaki **, Kazuo Oshima ***, Kohei Yamaguchi****
Shigeyuki Saito****, Yoriyuki Abe***** ,Takashi Katano***** ,Akira Ueda*****

Abstract

This report summarizes the study on the hydrogeological and geochemical impacts caused by the drilling fluids. Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) has drilled to almost 1,000m depth in order to conduct research drilling related to groundwater flow at a regional level. Since the borehole tests consisted mainly of hydraulic tests and in-situ sampling, the drilling was carried out by using only freshwater. Drilling only with freshwater at depths greater than 1,000m may cause difficulties to support borehole walls, for which this report discusses a potential approach to avoid these problems by using drilling fluids with additives. This study also deals with a review of articles, laboratory experiments and in-situ tests. Selection of drilling fluids and results of some laboratory experiments are reported here.

Information at international level on geological disposal studies related to the effects of drilling fluids with additives is very rarely found in published literature. Under these circumstances, it was necessary to collect information based largely on personal communications with individual contacts from various organizations. In this regard, information was collected related to different selections of drilling fluids (for example, bentonite or polymer) depending on different site characterizations, however, not enough information was obtained regarding the kind of drilling fluids that cause insignificant impact to the hydrological and geochemical conditions around borehole.

According to the geological disposal study, suitable drilling fluids will be restricted to those causing insignificant hydrological and/or geochemical impacts. Taking into consideration of another projects, it is necessary to further discuss the possibility of using other kinds of drilling fluids in the future.

As results of the laboratory experiments, it became clear that:

- Injected resin, in a fracture estimation experiment, indicated the manner in which the micro-fractures can be distributed in granitic rocks,
- During a batch method experiment, the concentration of analyzed elements in groundwater increased after water reacted either with bentonite or other additives.

Work performed by Mitsubishi Materials Natural Resources Development Corporation under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
PNC Liaison:Geological Environment Research Section, Koji Tsubota

*:Reserch & Planning Department, **: Tohoku Branch, ***: Drilling Department

****:Mitsubishi Materials Corporation, Global Ecoindustry Center

*****: Mitsubishi Materials Corporation, Central Research Institute

目 次

まえがき	1
1. 実施要領	3
1.1 調査件名	3
1.2 調査目的	3
1.3 実施内容	3
1.3.1 文献調査	3
1.3.2 室内試験	3
1.3.3 現場試験データの解析	3
2. 文献調査	5
2.1 国内・海外の泥水・泥材に関する情報の整理	5
2.1.1 泥水、泥材の種類について	5
2.1.2 国内・海外における取り扱い先の現状	13
2.2 海外における地層処分研究に関わる掘削水の影響調査のレビュー	23
2.2.1 添加剤	23
2.2.2 海外諸国の掘削方法	29
2.2.3 泥材の選定	47
2.3 その他の分野における掘削水の影響調査のレビュー	48
2.3.1 学術の分野 (KTB超深度掘削プロジェクトにおける泥水について) ..	48
2.3.2 石油の分野	51
2.3.3 地熱の分野	53
2.4 考 察	54
3. 室内試験	57
3.1 割れ目評価試験	57
3.1.1 試験の目的	57
3.1.2 試験試料の採取	57
3.1.3 試験の方法	57
3.1.4 試験結果及び考察	58
3.2 バッチ試験	72

3.2.1 試験の目的	72
3.2.2 試験試料の採取・調達	72
3.2.3 試験の方法	72
3.2.4 試験結果及び考察	73
4. 現場試験データの解析	75
4.1 試錐掘削データ	75
4.2 BHTV 画像テープ	75
4.3 物理検層データ	76
5. まとめ及び課題	77
あとがき	79
謝　　辞	80
参考文献	81
付録 1 BAROID 社の泥材	85
付録 2 画像解析結果表	93

図表一覧

図-1	泥材の影響調査に係わる評価までの検討フロー図	2
図 3.1.3-1	画像解析測定視野番号	59
図 3.1.4-1	可視光照射写真	61
図 3.1.4-2	紫外光照射写真	63
図 3.1.4-3	二値化写真	65
図 3.1.4-4	最大長と幅の関係	69
図 3.1.4-5	最大長と面積の関係	70
図 3.1.4-6	割れ目の方向と幅の関係	71
表 2.1.1-1	主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表（1）	14
表 2.1.1-1	主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表（2）	15
表 2.1.1-1	主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表（3）	16
表 2.1.1-1	主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表（4）	17
表 2.1.1-1	主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表（5）	18
表 2.1.1-2	クニゲルV 1 の化学分析値	19
表 2.1.1-3	テルゲルの化学分析値	20
表 2.1.1-4	国内・海外の主要な泥材のメーカー	21
表 2.1.1-5	FEDERAL 社の市販泥材の構成成分・性能一覧表	22
表 2.2.1-1	添加剤の機能・構成成分	24
表 2.2.2-1	各プロジェクトのサイトの岩質の特性と掘削方法の概要	30
表 2.2.2-2	各処分組織に採用されている掘削添加剤メーカー	33
表 2.2.2-3	各国の調査対象岩石と掘削流体及び添加剤	46
表 2.2.3-1	地下環境への影響程度が大きい例と小さい例	47
表 2.3.1-1	K T B プロジェクトにおける深度別泥水の種類	48
表 2.3.1-2	Dehydrill 泥水の概要	49
表 2.3.1-3	合成ヘクトライト中の鉱物の種類	49
表 2.3.2-1	石油掘削における泥水技術の変遷	51
表 2.3.2-2	BAKER HUGHES INTEQ 社の PERFFLIW DIF 泥水について	52

表 2.3.3-1 地熱井の掘削工法別の掘削流体と特徴	53
表 3.1.4-1(1) 画像解析結果一覧表	67
表 3.1.4-1(2) 画像解析結果一覧表	68
表 3.2.4-1 地下水の泥材との反応前後の化学分析値	74

付録一覧

付録 1-1～1-7 BAROID 社の泥材	85
付録 2-1～2-28 画像解析結果表	93

まえがき

動力炉・核燃料開発事業団東濃地科学センターでは、広域地下水水流動研究及び超深地層研究所計画などを目的として、深度 1,000 mの試錐調査を実施している。同調査の試錐孔を利用した試験には、水理試験や原位置採水試験があり、これらの試験を実施するための、清水を使用する掘削工法を採用している。

清水工法による深度 1,000 m級の試錐孔の掘削は、カッティングスの排出及び孔壁の維持が極めて困難であり、国内での実績がほとんどない。本年度の東濃地科学センターにおける上記の掘削についても、孔内崩壊等のトラブルにより、泥水循環掘削あるいはセメント注入等の対策工事を施して掘削がなされたと報告されている。

東濃地科学センター周辺の地質は結晶質岩を主体としており、割れ目が少ないインタクト部であれば清水掘削は可能であると推察されるが、破碎帯等の悪い地質条件では、現有的掘削技術では泥水等を使用しない清水のみの掘削は困難であると考えられる。

しかしながら、泥水やセメントを使用するとすれば、同事業団が進めている清水掘削の本来の目的の一部を損なうこととなる。

一方、清水のみの掘削工法として例えばSKBのテレスコープ工法、リバースフラッシング工法等が考えられるが、これらは場合によっては大量のエアー、地下水を地下に圧入することになり、泥水と同様に地下水に対する水理学的・地球化学的影響を及ぼすことも考えられる。

このような経緯及び背景の下、清水掘削及び泥水掘削の影響あるいは効果についての検討が必要と考えられる。特に、泥水工法については既に確立された技術であることから、その試錐泥材の影響の程度を調べることにより、地質環境調査手法の確立のために貢献する可能性が高いと考えられる。

現段階では、泥水掘削により地下水及び地層が被る水理学的及び地球化学的影響度を定性的・定量的に解析できてはいない。また、どの泥材が影響度が少ないとについても情報が少ない。

したがって、深地層において掘削に使用した試錐泥材の水理学的・地球化学的影響度を調査すること及びできるだけ影響の少ない泥材の選定あるいは製作を将来的な目標として、机上調査、室内試験及び原位置試験の実施が動燃事業団で検討されている。

本業務では、机上調査及び室内試験の一部を実施した。

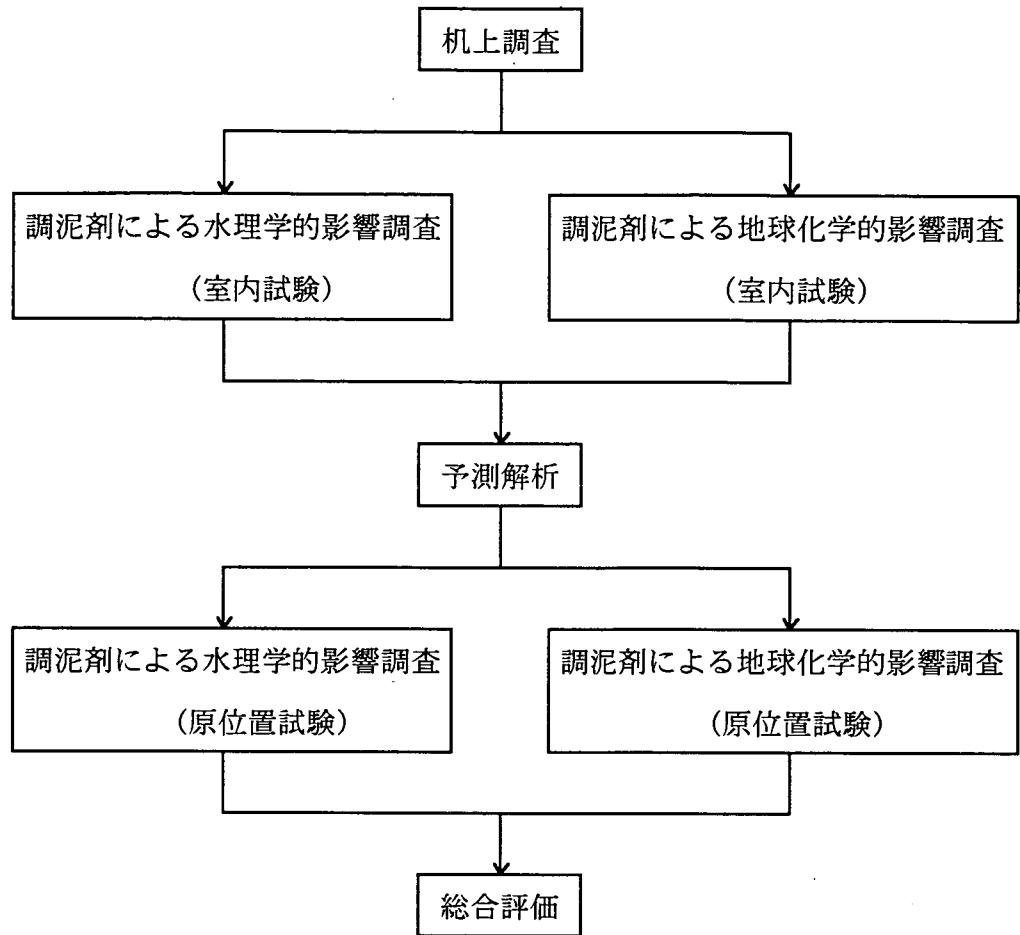


図-1 泥材の影響調査に係わる評価までの検討フロー図

1. 実施要領

1.1 調査件名

試錐泥材の水理学的・地球化学的影響調査

1.2 調査目的

清水工法による深度 1,000 m級の試錐孔の掘削において、孔内崩壊等のトラブルが生じている。これらトラブルへの対処方法の1つとして、泥材を使用する掘削工法の適用可能性について検討する。

1.3 実施内容

1.3.1 文献調査

国内・海外で市販されている泥材に関する情報を収集し、ベントナイト系泥材及びベントナイト系以外の泥材に分類し、種類、構成成分、使用条件、性能等について、比較検討する。

次に、地層処分研究に関わる海外諸国のレポートを対象として、泥材を含む掘削水の水理学的・地球化学的影響調査をレビューし、併せてこれらの影響への対処方法について調査する。

以上の調査結果を基に、水理学的・地球化学的影響の少ない泥材を選定する。

1.3.2 室内試験

割れ目評価試験及びバッチ試験を実施した。

割れ目評価試験では、東濃地域の花崗岩を対象として、岩石検知薬の注入試験及びその試験片の観察により、割れ目の分布や形状を把握する。

バッチ試験では、文献調査の結果を基に選定した泥材及びベントナイト系泥材（試錐孔 DH-8号孔で使用した泥材）からのイオン溶脱量を把握する。

1.3.3 現場試験データの解析

ベントナイト系泥材を使用して掘削した試錐孔（DH-8号孔）の掘削データ、BTV 画像テープ、物理検層データを基に、ベントナイト系泥材の影響等について、評価を行う。

2. 文献調査

2.1 国内・海外の泥水・泥材に関する情報の整理

2.1.1 泥水、泥材の種類について

ボーリングに使用される泥水は、掘削する地層の条件に合わせて、数種類の調泥剤を混ぜ合わせたものである。

泥水の種類を母体となる溶液から区分すると、次の2種類に大別される。

- ① 水をベースとしたウォーターベース泥水
- ② 油をベースとしたオイルベース泥水

オイルベース泥水は石油掘削井の潤滑剤のように極めて特殊な場合に使用され、また、地層科学的研究にとって影響の程度が大きい泥水である。したがって、以下の泥水とは、ウォーターベース泥水を指すものとする。

一般に使用される泥水は、水にベントナイトを主剤として添加したベントナイト泥水で、これに地質やボーリング孔の条件に合うように種々の分散剤等を加え調整したもので、リボナイト泥水、リグネート泥水、BH泥水等がある。また、ベントナイトは使用しないで、各種ポリマーを清水に溶かしたものも泥水として使用することもある。これらの泥水に用いられる国内市販の調泥剤の構成成分、使用条件、性能等の一覧を表2.1.1-1に示す。

ベントナイトを主剤としたベントナイト系泥水とポリマーを主剤としたベントナイト系以外の泥水に区分し、それぞれの調泥剤と共に主な泥水の種類を以下に示す。

(1) ベントナイト系泥水

(i) ベントナイト泥水

ベントナイト泥水は、清水に適量のベントナイトを分散させた懸濁液で、孔内条件等に応じて、分散剤、有機コロイド剤（ポリマー類）などを添加した泥水である。

ベントナイト泥水の標準的な添加割合を以下に示す。

・ 清 水	100
・ ベントナイト	7.0～ 10.0
・ CMC	0.1～ 0.2
・ テルナイトB、	0.1～ 0.5
テルナイトFBLなど	

有機コロイド剤であるCMC（テルセローズTE-MS等）を0.1～0.2%添加するこ

とにより泥水は粘性を増加し、泥壁の強化や脱水量減少等の改善効果がある。さらに、泥水循環停止時はカッティングス（掘屑）の沈降を防止する働きが強化される。

また、テルナイトB、テルナイトF L Bなどの分散剤を添加することにより、脱水減少やセメント汚染の防止に効果がある。

ベントナイトはモンモリロナイトを主成分とし、石英、長石、カルサイト、ドロマイト、黄鉄鉱の鉱物を含んだ粘土である。また、掘削に使用される泥材の基本剤であり、大別すると以下の2種類に区分される。

- Na-ベントナイト
- Ca-ベントナイト

掘削に使用するベントナイトは、一般的にNa-ベントナイトである。国内の代表的なものとしては山形県産のNa-ベントナイトを使用したクニゲルV1（株）テルナイト社製品）がある。例として、クニゲルV1の化学分析値を表2.1.1-2に示す。

その他、国内産Na-ベントナイトの主なものにはクニゲルGT、アメリカ・ワイオミング産としてテルゲル（株）テルナイト社製品）がある。清水ベース一般泥水用のクニゲルV1に対し、クニゲルGTやテルゲルは、清水ベースの他に海水やK⁺ベースにも適している。（株）テルナイトによるテルゲルの化学分析値を表2.1.1-3に示す。

(ii) リボナイト泥水

リボナイト泥水は、ベントナイト泥水に分散剤の一種であるリボナイトを適量添加し、苛性ソーダでpH値9.5～10.5に調整した泥水である。脱水量を下げる場合は、CMCを添加して脱水調整を行う。

また、孔内状況に応じて界面活性剤として必要量のアステックスやマッドオイル等を添加することにより、崩壊地層等の孔壁保護が強化される。

リボナイト泥水の標準的な添加割合を以下に示す。

• 清 水	100
• ベントナイト	6.0～10.0
• CMC	0.1～ 0.2
• リボナイト	1.0～ 2.0
• 苛性ソーダ	0.1～ 0.5 (pH 値 9.5～10.5 に調整)

- ・ アステックス、 必要量
マッドオイルなどの
坑壁強化剤

上記に示したように脱水量を減少させる場合は、CMCを0.1~0.2%添加して脱水調整を行う。また、アステックスを2.0~4.0%添加することにより崩壊地層等の孔壁保護が強化される。

リボナイト泥水は、金属・石炭・地質調査等の主にワイヤーライン工法のコアリング掘削用泥水として使用されている。主な特徴を以下に示す。

- ・ 泥岩、頁岩、粘土類の泥化抑制力が大きい。
- ・ 崩壊防止能力が優れている。
- ・ セメント、塩分等の汚染による泥水の流動性の改善に効果がある。
- ・ 温度100~120°Cまでは安定した性質を維持する。

(iii) リグネット泥水

リグネット泥水は、清水に6.0~8.0%のペントナイトと3.0~5.0%のリグネットを添加し、苛性ソーダでpH調整した泥水で、リグノスルホネート泥水とも呼ばれる。脱水量を下げる場合等の調整は、低粘性CMC（テルセローズTL等）を使用する。

リグネット泥水の標準的な添加割合を以下に示す。

- ・ 清水 100
- ・ ペントナイト 6.0~8.0
- ・ リグネット 3.0~5.0
- ・ 苛性ソーダ 0.15~0.2 (pH値9.5~10.5に調整)
- ・ 消泡剤 0.02~0.05
- ・ テルDD等の界面活性剤 0.2~0.5
- ・ バライト 必要比重に応じた量

リグネット泥水の主な特徴を以下に示す。

- ・ 泥岩層の保護機能が優れている。
- ・ 流動性や比重のコントロールが容易である。
- ・ セメント、塩分等の汚染物質防止に適する。
- ・ リボナイト泥水より耐熱安定性があり、温度150°C位までは安定する。

(iv) BH泥水

BH泥水は、地熱井掘削用泥水として開発されたものである。

クニゲルVSを主剤にしたベントナイト泥水に高温度用分散剤を添加し、苛性ソーダでpH調整した泥水である。

また、温度200°C以上の場合は、サーモゲル、ハイフロー25、テルナイトSMQを添加して調泥する。

脱水量を減少させる場合は、G-20LLを使用して調整する。

BH泥水の標準的な添加割合を示す。

	<常温～200°C>	<200°C以上>
・ 清水	100	100
・ ベントナイト(クニゲルVS)	3.0～4.0	0～2.0
・ サーモゲル	—	2.0～4.0
・ テルナイトBH	2.0～3.0	2.0～3.0
・ テルフロー	0.5～1.0	—
・ ハイフロー25	—	0.5～1.0
・ テルナイトSMQ	—	0.5～1.0
・ 苛性ソーダ	0.3～0.5	0.3～0.5 (pH値9.5～ 10.5に調整)

BH泥水の主な特徴を以下に示す。

- ・ 泥質岩等を安定させる効果がある。
- ・ リグネット泥水より耐熱性があり、150～250°Cの高温下で安定した泥水性質を維持する。

(v) G-500S泥水

G-500S泥水は、テルゲルを主剤にしたベントナイト泥水に高温まで有効な機能を持つ分散剤G-500S(高温度用分散避離コウ剤)を添加した泥水である。

特に高温な地熱井を掘削する場合に安定した泥水であり、BH泥水よりも耐熱性がある。

G-500S泥水の標準的な添加割合を孔内温度別に区分して以下に示す。

< 常温～150℃ > < 150℃～200℃ > < 200℃～350℃ >

・ 清 水	100		
・ ベントナイト(テルゲル)	5.0～8.0	5.0～7.0	5.0～8.0
・ G-500S	0.3～1.0	0.3～1.0	0.3～1.0
・ テルポリマー	0.1	—	—
・ G-20LL	1.0～1.5	1.0～1.5	1.0～1.5
・ スピーダーPS	—	—	0.5 (300℃以上)

G-500S泥水の主な特徴を以下に示す。

- ・ G-500Sは単品で温度350℃の耐熱性がある。
- ・ 脱水量を少なくし、薄くて強い泥壁を形成する。
- ・ セメントや塩分等に汚染された泥水の調整に効果がある。
- ・ 他の分散剤と併用できる。
- ・ 泥水比重を上げた場合でも、良好な流動性を保持する。

(vi) ハイパーゲル／G-500S泥水

ハイパーゲル／G-500S泥水は一般に、G-500S（高温度用分散避コウ剤）やホスタドリル（高温度用脱水減少剤）と併用した泥水である。

G-500S泥水よりも更に耐熱性に優れ、G-500S泥水と同様に、高温な地熱井を掘削する場合に特に安定した泥水である。

また、ハイパーゲルの単品は、高温度用の増粘剤として開発された無機合成粘土のヘクトライト(スメクタイトの一種)を主成分としている。

ハイパーゲル／G-500S泥水の標準的な添加割合を以下に示す。

・ 清 水	100
・ ベントナイト (テルゲル)	2.0
・ ハイパーゲル	1.5
・ NaCl (塩化ナトリウム)	0.07
・ G-500S	2.0
・ ホスタドリル	0.5
・ 苛性ソーダ	必要量 (pH10.0 に調整)
・ バライト	必要量

- | | |
|------------|-----|
| • XCD-ポリマー | 必要量 |
|------------|-----|
- ハイパーゲル／G-500S泥水の主な特徴を以下に示す。
- ハイパーゲルは単品で370℃の耐熱性がある。
 - 高比重において安定した性状を示し、熱による粘性の変化が小さい。
 - 高温度下において安定した増粘効果がある。
 - アルカリ度を維持し、セメントや泥水が接触することを避ける必要がある。
 - 他の分散剤と併用できる。
 - 泥水比重を上げた場合でも、良好な流動性を保持する。

(2) ベントナイト系以外の泥水

清水や高濃度塩水中において、一般のCMC (Na-カルボキシメチルセルローズ) に比べ、優れた増粘性や保護コロイド性を有するポリマーとして最近開発されたポリアニオニックセルローズ系ポリマーがある。

このポリマーを添加した代表的な泥水として、テルコート泥水やKCI泥水がある。

これらの泥水の概要や特徴などを以下に示す。

(i) テルコート泥水

テルコート泥水は、特殊高分子ポリマー泥材であるテルコートを主体とした泥水で、孔壁やカッティングス（掘り屑）に保護皮膜を形成して、分散・膨潤を抑制する機能を持つ泥水である。

テルコート泥水は、清水に少量のテルコートを添加し、pH値10~10.5に調整した泥水である。

孔径が大きく高粘性（ファンネル粘性40秒以上）の場合はテルポリマーHを使用する。また、低粘性（ファンネル粘性40秒以下）の場合は、テルポリマーレを使用する。

テルコートには、液体品のテルコートLと粉末品のテルコートDPがある。

それぞれの標準的な添加割合を以下に示す。

< テルコートL > < テルコートDP >

• 清 水	100	100
• ベントナイト	1.0~3.0	1.0~3.0

・ テルポリマーHまたはL	0.1~0.5	0.1~0.5
・ テルコートL	1.0~0.5	—
・ テルコートD P	—	0.05~0.3

テルコートの主な特徴を以下に示す。

- ・ 清水に対する添加量が少なく、高い粘性が得られる。
- ・ 軟弱・崩壊性地層の表面に保護皮膜を形成し、膨潤を抑制する。

(ii) KC 1 泥水

KC 1 泥水を大別すると以下の 2 種類に区分される。

- ・ K-ポリマー泥水
- ・ K-リグネート泥水

相違点は、K-ポリマー泥水は非分散系の泥水であるのに対し、K-リグネート泥水は分散系である。それぞれの泥水について以下に示す。

(a) K-ポリマー泥水（非分散系）

K-ポリマー泥水は固形分の少ない非分散系の泥水である。一般のCMCに比べ置換数やエーテル化度を高くしたポリアニオニックセルローズ系ポリマーで、清水や塩分濃度の高い水中において、増粘性や泥壁形成性が優れている。高粘性のテルポリマーL、中粘性のテルポリマーM、低粘性のテルポリマーJ等がある。

K-ポリマー泥水の主な特徴を以下に示す。

- ・ 増粘性、脱水減少性、泥岩の水和抑制および保護皮膜の形成機能がある。
- ・ 一般のCMCに比べて増粘性や泥壁形成性が優れている。
- ・ 清水、塩水のいずれにおいても優れた効果がある。
- ・ n 値（泥水の流動特性を表すパラメーター）が小さく、シャーシニング特性（せん断速度が大きいピット部では粘性が小さく、せん断速度が小さいアニュラス部では粘性が大きくなる）が大きい。

(b) K-リグネート泥水（分散系）

K-リグネート泥水は、K-ポリマー泥水に分散剤のリグネートKを加えた分散系の泥水である。

K-リグネット泥水の主な特徴を以下に示す。

- K-ポリマー泥水の泥水比重の限界値が1.25~1.30であるのに対し、K-リグネット泥水の泥水比重が2.00以上になった場合でも、流動特性コントロールが容易である。

K-ポリマー泥水、K-リグネット泥水それぞれの標準的な添加割合を以下に示す。

<K-ポリマー泥水> < K-リグネット泥水 >

• 清 水	100	100
• ベントナイト	3.0	3.0
• テルポリマーL	0.1~0.3	0.1~0.3
• XCD-ポリマー	0.2~0.5	(0.1~0.2)
• KC1 (塩化カリウム)	6.0~8.0	6.0~8.0
• KOH (苛性カリ)	0.03~0.05	0.2~0.3 (pH調整)
• リグネットK	—	3.0~5.0
• 消石灰	—	0.1~0.2 (pH調整)

(3) ベントナイト系、ベントナイト系以外の両方の泥水に使用される調泥剤

ベントナイト系の泥水とベントナイト系以外の泥水に使用される調泥剤には以下のよう
なものがある。

(区分)	(機能・性能)	(種類)
• 加重剤	: 比重の増加	テルバー(バライト)
• 逸水(逸泥)防止剤	: 掘削泥水中に混ぜて使用し、 逸水を止める	テルストップP、G
• 消泡剤	: 分散剤は発泡し易いので 発泡を消す	デフォーマーNo.15
• 界面活性剤	: 泥水の潤滑性を向上させ 張り付き防止やコアチューブ、 ロッド等の抑留及び摩耗を 防ぐ効果がある	テルクリーン、 アステックスL(P) スピーダP、X
• 泥壁洗浄剤	: 本来、調泥剤とは言えないが、 温泉や水井戸等で仕上げる時、 泥壁を壊し、地層水が井戸内に 入り易くする	ウェルクリーナー

2.1.2 国内・海外における取り扱い先の現状

(1) 国内

国内のペントナイトを除く調泥剤の主要なメーカーは、(株)テルナイトである。

ペントナイトのメーカーは数社あるが、深掘りのボーリング用に使用されているものはごく限られたメーカーのものになる。

(2) 海外

海外の調泥剤の主要なメーカーは、合弁などによる増減、変動はあるものの 1996 版の WORLD OIL 資料によれば、大小企業組 120 社がある（表 2.1.1-4）。

多種多様な調泥剤は、掘削条件に応じた適切な選定が必要とされ、国内外の調査井、地熱井、石油井などで幅広く使用されている。

1996 版 WORLD OIL の調泥剤資料から、現在一般に市販されている調泥剤のリストを別冊資料集に示す。

この中で、国内での使用実績がある M-I Drilling Fluid 社のグループの 1 つである FEDERAL 社の主要な調泥剤の構成成分・性能などを表 2.1.1-5 にまとめた。

(3) 国内における海外調泥剤使用の現状

国内における海外メーカー製調泥剤の市販状況は、調泥剤メーカーと日本商社、または代理店等による販売網に限定されている。

一例を挙げるとバイオポリマー製品の XCD ポリマーなどは、Kelco Oil Fluid Group Inc の製品であるが、国内では(株)テルナイトが市販している。

国内における海外メーカー製調泥剤は、九州の滝上地域や秋田の澄川地域等での地熱井掘削用泥水及びの空気混合泥水（エアーレーテッドマッド）掘削に使用されている。

その他の海外メーカーの調泥剤の国内での使用実績はほとんどない。

表2.1.1-1 主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表 (1)

(1) ベントナイト系泥水に用いられる主な調泥剤

区分	種類	構成成分	性能	使用条件
主 荷 無機コロイド剤 (粘土類)	クニゲルVI	ベントナイト(Na-ベントナイト)	清水ベース一般泥水用基本剤、増粘、泥壁形成 イード'13KL/ton以上	金属・石炭地質調査・温泉水井戸等多用途一般泥水に使用する 充分に溶解膨潤させて使用する。海水、塩類ベース泥水には不適切 地熱井に適する
	クニゲルGT	ベントナイト(Na-ベントナイト)	清水、海水、K+-ベース泥水用基本剤、増粘、泥壁形成 イード'16KL/ton以上	海水泥水、KCL(K-カリマ、K-リキート)泥水に適する 深掘り、地熱井に適する
	テルゲル	ベントナイト(Na-ベントナイト)	清水、海水、K+-ベース泥水用基本剤、増粘、泥壁形成 イード'16KL/ton以上	地熱井に適する(300°Cクラスの地熱井掘削が可能) ※セメントや塩分、アルカリイオンに対し凝集する性質を持つため、セメントとの接触は避けが必要がある
	ハイバーゲル	合成スメカタイト	高温度用泥水の増粘剤、ハイバーゲル自体の耐熱性は370°C	海水、塩類ベース泥水に適する、土木工事に適する 機械時にシカトミキサー使用により強力なせん断をあたえる
	ネオクニボンド	ベントナイト(Ca-ベントナイト)	清水、塩類ベース泥水の基本剤 耐塩性に優れている Na-ベントナイトに比べ、水和性、膨潤性が著しく小さい	地熱井に適する
	サーモゲル	セピオライト	良好な粘性や泥壁形成を示さない 高温度用泥水の基本剤	
分散 剤	テルナイトB	フミン酸ソーダ	一般清水用ベントナイト泥水の分散剤、脱水減少剤、安定剤	ベントナイト泥水の粘性降下剤、セメント汚染用の分散剤として使用
	テルナイトA	フミン酸	Caイオンの不活性化、pH低下、セメント選択用分散剤	セメント選択用として使用
	テルナイトBX	フミン酸、アクリル酸、リニンカルボン酸誘導体の複合「一般ボーリング」泥水の分散剤、脱水減少剤、安定剤、崩壊防止、泥化抑制剤	WL工法→ローリー工法まで多用途。清水・海水共使用	
	テルナイトBH	フミン酸、かぼん酸誘導体の複合物	高温度地熱用BH泥水の分散剤、脱水減少剤、安定剤	高温度用、主に地熱井に適する(4%ベントナイト泥水で150~250°C)
	テルナイトSMQ	カルボスルホン化タンニン誘導体	高温度泥水の分散剤、安定剤	地熱用BH泥水の分散剤、安定剤に使用
	SSMA	スルホキドリシン無水マリン酸共重合物	高温度泥水の分散剤、安定剤	地熱用泥水のローリー工法の分散剤に使用
	テルナイトFL-80	リケニンカルボン酸誘導体	分散剤	清水、塩水ベース泥水
	リグネット	フミン酸、リニンカルボン酸誘導体の複合物(Na塩)	分散剤、安定剤、脱水減少剤、泥化抑制剤	清水、塩水ベース泥水 (150°C位の温度までは安定する)
	リグネットK	フミン酸、リニンカルボン酸誘導体の複合物(K塩)	分散剤、安定剤、脱水減少剤、泥化抑制剤	K-リキート泥水の主成分

表2.1.1-1 主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表（2）

区分	種類	構成成分	性 能	使 用 条 件
分散剤	リボナイトFBL テルリグ テルリグK BMナイトK テルコン テルフロー テルフローP テルフローMX NFX ハイフロー-25 ハイフロー-30 G-500-S	ブジ酢アーダ、リクニスルカタカン酸ソーダの複合物 リクニスルカタカン酸ソーダ塩 リクニスルカタカン酸鈉導体 リクニスルカタカン酸鈉導体 ブジ酢鈉導体(クロロアミンCがカルム塩) メチルスルホン化タニンヒ三価カルム塩との複合物 水溶性カルボン酸塩 カルボン酸塩 ホリクリル酸、改性塩 カルボン酸系高分子 アクリル酸、アクリル酸エステル誘導体 ホリクリル酸エステル、スルホン酸化合物の誘導体 ブジ酢酸成物、カルボン酸ヨウ化鉄導体	分散剤、安定剤、泥化抑制剤 ケルストレンス、脱水率の調整力が良好。分散剤 分散剤、脱水減少剤 分散剤 高温安定剤、脱水減少剤 高温度用分散剤、安定剤、脱水減少剤 一般ホーリング・地熱用泥水の分散剤、分散剤、安定剤、ケルストレンスを底下 分散剤 安定液 劣化安定液の再生用分散剤 一般ホーリング泥水の分散剤、地熱用泥水の分散剤、安定剤、電解質汚染等 高温度用分散剤 高温度用分散解コウ剤、脱水減少剤、泥水安定剤 350℃までの高温度下の坑井掘削に使用	普通泥水で細削阻害能強・膨潤性の軟弱地層に適合 セメント汚染、海水汚染がある場合の分散剤として使用 リグネット泥水用の分散剤 K-リグネット泥水用 清水、塩水ベース泥水の高温度用分散剤、安定剤、脱水減少剤 清水、塩水ベース泥水の高温度用分散剤、安定剤、脱水減少剤 セメント塩分、リグドで汚染された場合の分散剤として使用 土木工事用、セメント、塩分、ソリッド污染防止に適合 土木工事用、セメント、塩分、ソリッド污染防止に適合 汚泥物質(セメント、海水等)の混入により劣化した安定液に適合 リグドで汚染された場合の分散剤として使用 清水、塩水ベース泥水用の分散剤として使用 350℃までの高温度下の坑井掘削に使用

イールド: 泥水中に含まれているソリッド粒子間の牽引力により生じる流動抵抗

表 2.1.1-1 主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表 (3)

(2) ベントナイト系泥水に用いられる有機コロイド剤

区分	種類	構成成分	性 能	使 用 条 件
テルセローズTE-DL	カルボキシルカルボロース'、Na塩、合成樹脂	脱水減少剤、低粘度	粘度 6~12 cp pH 6.5~7.5	安定液の粘性を高くしない脱水量、泥壁形成の改善、主に基礎工事用 一般ポーリング用
テルセローズTE-L	"	脱水減少剤、低粘度	粘度 30~40 cp pH 6.0~8.0	" "
テルセローズTE-S	"	脱水減少剤、低粘度	粘度 40~60 cp pH 7.0~9.0	海水泥水等の増粘、脱水量減少、泥壁形成の改善
テルセローズTE-D	"	脱水減少剤、低粘度、	粘度 100~150 cp pH 5.5~7.0	安定液の粘性を高くしない脱水量、泥壁形成の改善に適する
テルセローズTE-DS	"	脱水減少剤、中粘度、	粘度 250~400 cp pH 6.0~8.0	" 基礎工事での軟弱地層(砂、砂疊、粘土層)に適する
テルセローズTE-DSP	"	脱水減少剤、中粘度、	粘度 250~400 cp pH 5.5~7.0	PIは透溞性あり " PIは透溞性あり
テルセローズTE-F	"	脱水減少剤、中粘度、耐塩性	粘度 250~400 cp pH 5.5~7.0	海水泥水及び塩分の高い泥水に適する
テルセローズTE-V	"	脱水減少剤、中粘度、	粘度 200~350 cp pH 5.5~7.0	一般的地盤の崩壊防止等に適する
テルセローズTE-MS	"	脱水減少剤、高粘度、速溶性	粘度 300~400 cp pH 6.0~8.0	一般ポーリング用、主に小坑径及び土木用として使用
テルセローズTE-HS	"	脱水減少剤、高粘度、	粘度 800~1200 cp pH 6.0~8.0	地層の含水比が高く、泥水粘性高降下の厳しい所に使用、主に土木用

(3) ベントナイト系以外の混水に用いられる膨脹土

区分	種類	構成成分	性能		使用条件
			増粘、脱水減少及び泥岩層保護安定、高粘度、耐塩性	一般のCMCIに比べて著しく腐敗しにくく、成水減少、耐塩性、耐塩性、低粘度、造塑性の改善に優れている	
テルポリマー-13	ポリニアニオニックセロース系ポリマー	テルポリマー-30L テルポリマー-I テルポリマー-H	ポリニアニオニックセロース系ポリマー- ポリニアニオニックセロース系ポリマー-(低粘度) ポリニアニオニックセロース系ポリマー-(高粘度)	低粘度、耐塩性、泥岩層の保護安定剤、脱水減少効果があり 高粘度、耐塩性、泥岩層の保護安定剤、増粘効果があり 樹脂形成ポリマー、泥岩、頁岩、シルト安定剤、膨潤抑制剤	高濃度塩水、清水等の水系に使用
ポリマー類の 洗剤	テルコートL(白色液体)	テルコートDP(白色粒状、アクリル酸共重合体)	テルコートDP(白色粒状、アクリルアミド/アクリル酸共重合体)	海水、Kベース泥水、浸漬、高比重泥水場合に使用 海水、Kベース泥水、浸漬、高比重泥水場合に使用 水系泥水の主に増粘用として使用	高濃度塩水、清水等の水系に使用
XCDポリマー ホスタドリル	XCDポリマー ヒニルスルホン酸、ビニルアミド	キサシタガム(ハイドロマー)	海水、清水等すべての泥水に使用 海水、清水等すべての泥水に使用 高温度用脱水調整剤	高耐塩性増粘剤、流動特性改善剤(η 値を小さくする) 水に触感な泥岩層に使用	

表2.1.1-1 主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表 (4)

(4) ベントナイト系、ペントナイト系以外の両方の泥水に用いられる特殊な膨潤剤

区分	種類	構成成分	性能	使用条件
	アステックスI(液体)	スルボン化アスファルト接着剤	塗装壁保護強化剤、脱水消泡剤	海水、清水等すべての泥水に使用
	アステックスP(粉末)	スルボン化アスファルトイソラバイト複合物	塗装壁保護強化剤、高温度脱水消泡剤	海水、清水等すべての泥水に使用
	アステックスS	スルボン化アスファルトイソラバイト複合体85%以上	塗装壁保護強化剤、高温度脱水消泡剤	海水、清水等すべての泥水に使用
	テルDD	特殊非イオン、アニオン系配合型活性剤	塗装壁保護強化剤、張付防止剤、抑留防止剤、洗浄剤、基材地の使用に適する	粘土層、粘質泥岩層の掘削時、坑壁等の張り付き時に使用
	スピーダーP	特殊非イオン、アニオン系配合型活性剤	塗圧性混潤潤滑剤、抑留防止剤、スポットオイル用添加剤	すべての水系泥水に添加、スポットオイルとして混合(軽油と混合)
	スピーダーPS	特殊非イオン、アニオン系配合型活性剤	塗圧性混潤潤滑剤、抑留防止剤、高温度用スポットオイル用添加剤	200~350℃の高温度泥水に添加
	スピーダーX	特殊非イオン、アニオン系配合型活性剤	浸透潤滑剤、注入オイル専用添加剤	フルム層の抑留時はスピーダーPと一緒にコートする
	テククリーン	特殊非イオン系配合型活性剤	水溶性潤滑剤、非油脂系の抑留防止剤	すべての水系泥水に添加、ハイドロやアステックスを併用する
	EZスボット	乳化剤、湿润剤、ゲル剤	高比重スポットオイル用添加剤	軽油、水、パライド等と配合
	クリーンリューブ	オフロビレックゴルゴル、ボリ、オキシエチレン、アルキル、エチアル	非溶性・水溶性潤滑剤、張り付き防止、泥壁改良剤、脱水減少剤	分散・ボリ・系泥水に適する
	テルスラップP	綿糸しぼり洋粉体物	送泥防止剤、地盤中の割れ目や間隙部分を閉塞する	主WJに工法等小坑径の送泥時に適合 泥水に混合して使用
	テルストップG	綿糸しぼり津	" "	中~大送泥規様の主にローラー工法等大坑径の送泥時に適合
	テルシール	蛭石(ハミキュライト)粉体物	" "	送泥時に泥水に混合する、送泥状況により使用量を調整する
	テルブラグ	くるみ粉砂岩物(粒度C・M・F)	" "	
	テルマイカ	母(マカ)骨断物(粒度C・M・F)	" "	
	マッドシール	バルブ加工品	" "	
	ハチテップ	フィルム絞断物	" "	
	マルチシール	セロファン、くるみ殻、樹木粉体物その他の混合物	" "	
	ソリッドシール	アスベスト、けいそう土混合物	" "	
	TNワハイバー	非粘品質人工無機繊維	" "	砂層、砂層等浸透性地層の防護剤として使用
	ニュープラグ	火成岩、雲母、蛭石の粉体物	" "	高湿度下での送泥防止に適する

表2.1.1-1 主な国内市販泥材の構成成分・性能・使用条件一覧表(5)

区分	種類	構成成分	性能	使用条件
消泡剂	テフォーマーNo.15 テフォーマー30C アミニュームハイテート	ステアリン酸アルミ、アルキルホスホート、カゼン シリコン系エマジション ステアリン酸アルミニウム	他用透型強力消泡剤 ブライントウォーター用消泡剤 消泡剤	エフレーナー/マット掘削時の泥水に添加(タク注入あるいは散布) セメントスラリーに対し適する 塩化カルシウム使用のスラリーには効果小、 30~60%溶度/軽油で使用
主に土木・ビル用テルマーーとして用いられる基本剤	クイックマット レスター TK-60B	有機ポリマー、無機ケイ酸塗類の複合物 長鎖有機ポリマー、特殊無機塗料 植物性多糖類、植物性合成ホモ-80%以上 天然アガムを主成分とする増粘剤 水溶性高分子電解質(ポリアクリル酸ナトリウム)コアー保坂向上剤、増粘剤 合成ポリマーその他	安定液基本剤、増粘、泥壁形成性 少量で粘性効果あり、過剰水が少ない 落水層削保護剤、一定期間(5~10日間)の経過で加水分解する 天然アガムを主成分とする増粘剤 水溶性高分子電解質(ポリアクリル酸ナトリウム)コアー保坂向上剤、増粘剤	清水、海水、セメント汚染に使用 海水、泥水共に適合 土質調査孔、透水試験井、泥壁壁面の落水層削に適合 全量送泥、崩壊性地盤、弱酸性や弱アルカリ性溶液水に適合
泥壁洗浄剤	ウェルクリーナー	有機凝集剤(ポリキシエチレン系等) 無機凝集剤アルミニウムを含有する無機塗料 無機分散剤、ポリリン酸塩 界面活性剤(ポリエチレングリコール)	泥壁に洗浄し電解質をつくる、粘土分を分散除去する	清水で原液を10~15%に希釈して使用する
加重剤	テルバー	重曹バリウム(バライト)	泥水比重を高め、油、ガス、水の噴出抑制、探坑壁の安定させる	あらゆるタイプの泥水および改修用流体に適合

表2.1.1-2 クニゲル V1の化学分析値

証明年月日：S62.10.2

試料名称：クニゲル V1

採取年月日：S62.9.9

計量の対象	計量の結果 (%)	計量の方法
けい酸 (SiO_2)	71.00	けい石分析法
酸化アルミニウム (Al_2O_3)	14.00	"
酸化第二鉄 (Fe_2O_3)	2.10	"
酸化カルシウム (CaO)	2.00	"
酸化マグネシウム (MgO)	1.90	"
酸化ナトリウム (Na_2O)	2.50	"
酸化カリウム (K_2O)	0.26	"
強熱減量	4.70	"

(株)テルナイトによる濃度計量証明書より

本表は、ベントナイトの構成成分の一例として、(財)山形県理化学分析センターによるクニミネ工業株式会社向けの濃度計量証明書からの山形産のベントナイトの化学分析値(濃度計量結果の数値)を示すものである。

表2.1.1-3 テルゲルの化学分析値

試料名称： テルゲル

計量の対象	分 析 値
けい酸 (SiO_2)	65 ~ 75
酸化アルミニウム (Al_2O_3)	14 ~ 17
酸化第二鉄 (Fe_2O_3)	1.9 ~ 2.4
酸化カルシウム (CaO)	1.2 ~ 1.9
酸化マグネシウム (MgO)	1.8 ~ 3.0
酸化ナトリウム (Na_2O)	1.8 ~ 2.5
酸化カリウム (K_2O)	0.5 ~ 1.0
強熱減量	4.5 ~ 5.0

資料提供：(株)テルナイト

テルゲルは、アメリカのワイオミング産Na-ベントナイト（モンモリロナイト）を主成分とした無機コロイド剤である。

表2.1.1-4 国内・海外の主要な泥材のメーカー

Advanced - Advanced Chemical Technologies, Inc., Houston	Metsa - Metsa-Serla Oy, Nijmegen, Holland
Akzo-Dreeland - Akzo-Dreeland, Inc., Denver, Colo.	M-I - M-I Drilling Fluids Co., Houston
Akzo-Nobel - Akzo Nobel Chemicals, BU Functional Chemicals, Amersfoort, the Netherlands	Milwhite - Milwhite, Inc., Houston
Alliance - Alliance Chemical Technologies, Inc., The Woodlands, Texas	Molen - Molen Chemie b.v., Wormerveer, Holland
Allied - Allied Colloids, Inc., Suffolk, Va.	Montello - Montello, Inc., Tulsa, Okla.
Alpha-Chem - Alpha-Chem International, Inc., Lafayette, La.	Nalco/Exxon - Nalco/Exxon Energy Chemicals L.P., Sugar Land, Texas
Ambar - AMBAR, Inc., Lafayette, La.	New-Chem - New-Chem International, Inc., Lafayette, La.
Arm. Gilsonite - American Gilsonite, Houston	Osca - Osca, Inc., Lafayette, La.
Amylum - Amylum N.V., Aalst, Belgium	Pacer - Pacer Corp., Custer, S.D.
Anchor - Anchor Drilling Fluids Ltd., Aberdeen	Phoenix - Phoenix Drilling Products, Inc., Duson, La.
Aqua-Clear - Aqua-Clear Co., Charleston, W. Va.	Polacryst - Polacryst, Stamford Conn.
Aquation - Aquation Oil Field Chemicals, Hercules, Inc., Houston	Progress - Progress Chemical Sales Co., Houston
Aquaneiss - Aquaneiss Chemical, a Div. of Baker Performance Chemicals, Houston	Rheox - Rheox, Inc., Highstown, N.J.
AVA - AVA S.p.A., Rome, Italy	Rhone-Poul - Rhone-Poulenc Chemicals, Stockport, Cheshire, UK
Avebe - AVEBE, Forhol, Holland	Rig-Chem - Rig-Chem, Houma, La.
Baker - Baker Chemicals, Inc., Houston	Roquette - Roquette Freres, Lille, France
Barclay - Barclay Chemicals, Franklin, La.	SBI - Systems Bio-Industries, Trevose, Penn.
Baroid - Baroid Drilling Fluids, Inc., Houston	Servo - Servo Deinden b.v., Deinden, Holland
BCE - Boysenblus/Celtic International, Lafayette, La.	Setac - Setac Chemical Corp., Lafayette, La.
BHD - Best Drilling Chemicals, Schiedam, Holland	Shell - Shell International Chemical Co., Ltd., London, England
BH Inter - Baker Hughes Inteq, Houston	Sichem - Sichem, Inc., Houston
BP - BP Chemicals Ltd., London, England	SKW - SKW Trostberg AG., Trostberg, Germany
BW Mud - BW Mud Ltd., Aberdeen	So. Clay - Southern Clay Products, Inc., Gonzales, Texas
Cabot - Cabot Performance Materials, Boyertown, Penn.	Sun - Sun Drilling Products Corp., Houston
Carless - Carless Refining & Marketing, Ltd., Romford, England	Tanus - Tanus International, Buenos Aires, Argentina
CeBo - CeBo Group b.v., Heemstede, Holland	TBC-Briadd - TBC-Briadd, Houston
Cesco - Cesco Chemicals, Inc., Lafayette, La.	Tennile - Tennile Co., Ltd., Tokyo, Japan
Chandler - Chandler, Houston	Tetra - Tetra Technologies, Inc., Houston
Chemict - Chemict International, Houston	Toisa - Toisa S.A., Madrid, Spain
Chemitech - Chemitech, Lafayette, La.	Total - Total Solvents, Paris, France
Chemstar - Chemstar Products Co., Minneapolis, Minn.	Turbo - Turbo-Chem International, Inc., Lafayette, La.
Cinicola - Eredi Dotti, Settimio Cincola Bentivoglio S.A.S., Milano, Italy	United - United Mud Service Co., Berger, Texas
Clearwater - Clearwater, Inc., Pittsburgh, Penn.	Venture - Venture Chemicals Inc., Lafayette, La.
Coastal Dril Fl - Coastal Drilling Fluids, Inc., Houston	Verdigt - Verdigt b.v., Tiel, Holland
Coastal Fluid - Coastal Fluid Technologies, Inc., Lafayette, La.	Well-Flow - Well Flow Technologies, Inc., Houston
Coatex - Coatex, Genay, France	Wolff - Bayer, Wolff Walstrode Chemicals Div., Burr Ridge, Ill., and Wolff Walstrode AG, Walsrode, Germany
Compl. Fl. - Completion Fluids International, Inc., New Orleans	World - World Fluids Plc., Suffolk, England
	ZBB - Zeemebedrijven "De Bijenkorf" b.v., Koog aan de Zaan, Holland
	Ziegler - Ziegler Chemical & Mineral, Pischeaway, N.J.

表2.1.1-5 FEDERAL社の市販泥材の構成成分・性能一覧表

(1) ベントナイト系泥水に用いられる主な調泥剤

区 分	種 類	構 成 分	性 能
主 剂 無機コロイド剤 (粘土類)	F-gel F-Durogel	ベントナイト (Na-モンモリロナイト) セビオライト：角閃石に似た堆積構造をした 粘土鉱物 纖維状のアルカリ硫酸塩	清水ペース一般泥水用基本剤、増粘・泥壁形成 高温度用泥水の基本剤
分 散 剂	F-Lignosulfonate CF-HT F-control F-Tannathin	ナトリウム、リグニスルホン酸誘導体の複合物 ナトリウム、カルボン酸誘導体の複合物 水溶性カルボン酸塩	分散剤、脱水減少剤、泥化抑制剤 高温度用 BH泥水の分散、脱水減少、安定剤 一般ボーリング・地熱用泥水の分散、安定剤

(2) ベントナイト系泥水に用いられる有機コロイド剤

区 分	種 類	構 成 分	性 能
有機コロイド剤	CMC-LV CMC-HV "	カルボキシルメチルセルロース、Na塩、合成燃糊	脱水減少剤、低粘度 脱水減少剤、高粘度

(3) ベントナイト系以外の泥水に用いられる調泥剤

区 分	種 類	構 成 分	性 能
ポリマー類の泥剤	F-PAC-R F-101	*アミニックカルボン酸ポリマー (低粘度) *アミニックカルボン酸ポリマー (高粘度)	低粘度、耐塩性、泥岩層の安定、脱水減少剤 高粘度、耐塩性、泥岩層の安定、増粘剤

2.2 海外における地層処分研究に関する掘削水の影響調査のレビュー

2.2.1 添加剤

各掘削計画において実際に使用された添加剤の商品名は、文献調査、電話や電子メールによる調査の範囲では明らかにはならなかった。その理由は2つある。

1つめの理由として、掘削計画を実施する組織と実際に掘削を行う組織が別であり、掘削計画を実施する組織（NagraやSKB）が実際に使用された添加剤の商品名を知らないことがあるということが挙げられる。例えば、Nirexはセラフィールドにおいて、Kenting社に掘削を依頼する契約を結んだ。Nirexは使用する掘削流体・添加剤においていくつかの制限（例えば油を基本とした掘削流体を使用しない、等）をKenting社に与えたが、添加剤の選定は行わなかった。添加剤を選定したのは掘削業者であり、この選択は地下環境への汚染が最小になるようにと考えられてはいたが、同時にそれらのコストや掘削実施中に手に入るかどうかによっても左右された。従って、Nirexはボーリング孔でポリマー添加剤が使用されたことは知っていても、そのポリマーの商品名や構成成分は知らないということになる。

2つめの理由としては、世界の各地で使用されている添加剤の多くは、企業の販売物でありその商品性を維持するためにそれらの構成成分等は明らかにはされていないということが挙げられる。このため、掘削計画においては、それらの広告されている効用を信じて、実際に地下環境に何が引き起こされるかを知らずに、添加剤を使用することが普通である。よって、もし市販の添加剤がサイト特性調査で使用されれば、必ず岩盤や地下水へ与えている影響にいくらか不確かな点が残る。この問題は多くの掘削計画において発生し（例えば、NagraやUK高温ドライロック地熱計画）、それぞれにおいてプロジェクトマネージャー達が添加剤の正確な化学成分を供給会社に対して要求したがその要求には応えられなかつた。

よって、この章では、海外諸国で使用されている添加剤をまず掘削流体にベースとして添加されるものと必要に応じて添加されるものとに分類し、さらにそれをそれらの機能からいくつのグループに分類して紹介する。また、NagraではBAROID社から販売されているベントナイトとポリマーを使用している。よって、BAROID社のパンフレットのコピーを付録1として添付した。

表 2.2.1-1 添加剤の機能・構成成分

名称あるいは機能別分類項目	機能あるいは添加する目的	構成成分
掘削流体のベースを成す添加剤	<p>粘土（特にベントナイト）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カッティングス回収能力向上 ・岩盤中への水の浸透防止あるいは浸透する水に対するフィルトレーションの低減 ・高透水性あるいは亀裂帯への掘削流体の流入による掘削流体の逸水防止 ・ボーリング孔壁の保持 	<ul style="list-style-type: none"> ・粘土
ポリマー	<ul style="list-style-type: none"> ・フィルトレーションの低減 ・粘土や未固結堆積岩の保持 ・カッティングスの凝集 ・掘削流体の運搬能力の向上 ・掘削流体中の油成分の乳化 ・ドリルピットやドリルストリングの潤滑化 	<ul style="list-style-type: none"> ・トウモロコシあるいはジャガイモの澱粉 ・ガール植物から作られたガールガム ・バクテリア活動によって炭水化物から作られたキサンガム (XC ポリマー) ・セルロースの化学的な改良によって作られた準合成ガム ・アクリル酸ポリマーやアルカリ酸化ポリマー
必要に応じて添加される添加剤	<p>密度増加を目的とする添加剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・掘削流体の密度を増加させ、ボーリング孔壁の崩壊や暴噴を防止する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・バライト(<chem>BaSO4</chem>) ・酸化鉄、菱鉄鉱のような鉄鉱物、方鉛鉱

必要に応じて添加される添加剤	掘削流体の状態を整える添加剤	<ul style="list-style-type: none"> 粘土粒子の電気的な相互作用を低減する。流れの抵抗の低減、ゲルの生成の抑制、孔壁が厚くなることの低減、塩の働きを中和などの効果がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 植物性タンニン（例：レッドケブラチヨ） ・ポリ磷酸塩 ・褐炭 ・リグノスルホン酸塩
	逸泥防止剤	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂や亀裂帯を密封 	<ul style="list-style-type: none"> セロファン ・マイカ ・粉碎された石炭 ・樹木の皮や削り屑 ・堅果の殻 ・石綿 ・動物の毛 ・皮革 ・金属ウール ・紙 ・ゴムの断片
	界面活性剤	<ul style="list-style-type: none"> 乳化剤 ・造泡剤、消泡剤 ・湿潤剤 ・坑内洗浄剤 ・潤滑剤 ・腐食抑制剤 	<ul style="list-style-type: none"> 有機系の粉末
	無機化学剤（塩）	<ul style="list-style-type: none"> 塩水を作成する。また、凝固点降下を発生させる。 掘削流体の硫化水素を中和し pH を上げる。また、腐食抑制剤として作用する。 掘削流体中から溶存酸素を取り除く。 非常に濃い塩水を作成する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・塩化ナトリウム ・水酸化ナトリウム ・硫酸ナトリウム ・臭化亜鉛

(1) 掘削流体のベースとして添加されるもの

(i) ベントナイト

掘削流体において最も重要な添加剤は、粘土である。ベントナイトはその中でも、典型的な掘削流体（Mud）を作成するためにもっともよく使用されている。ベントナイトは掘削流体に次のような1つ以上の目的のために添加される。

- ・坑内洗浄能力向上：ベントナイトが流体の粘性を高めるためにより重く大きなカッティングスを地表に運搬することが可能となる。

- ・透水性の高い地層への水の浸透防止あるいは浸透する水に対するフィルトレーションの低減（注1）：ベントナイトはボーリング孔壁に低透水性の膜を形成する傾向があり、ボーリング孔内部から岩盤中への流れを制限する。その低透水性の膜はまた、岩盤中へ流入する水の中の物質を濾過して取り除く効果もあり、岩盤中への固体粒子の混入を制限する。

（注1）：フィルトレーションの低減によって、粘土粒子が岩盤中に入って汚染は進むのではないか？

フィルトレーションは一般的に好ましい現象であるが、ときにはその機能を低減させる必要が生じる場合もある。

岩盤の透水性が高ければ、掘削流体のいくらかは孔を通って、ボーリング孔から岩盤中へと移動する。移動する水の中の粘土粒子あるいは岩粒子は岩盤によって濾過される傾向があるので、ボーリング孔の壁の表面に粘土層を形成する。しばしば、掘削者はこの粘土層の形成を望む。なぜなら、粘土層がドリルストリングの動きを潤滑化するからである。しかしながら、粘土層が厚くなり過ぎれば、ドリルストリングは抑留し得る。

それゆえ、掘削者はボーリング孔壁に形成される粘土層の量を制御する必要がある。粘土層の発生を制止するひとつつの方法は、ベントナイトの代わりに（あるいはベントナイトと一緒に）ポリマー添加剤を使用することである。ポリマーのいくつかは、ボーリング孔壁にポリマーによる密閉層を形成する。この密閉層は水が岩盤中へ移動することを制止し、粘土層の形成も制止する。このように、岩盤によるフィルトレーションは制止し、もはや岩盤中へ水が流れ込むことはない。

フィルトレーションは一般的に好ましい現象である。なぜなら、汚染を引き起こす岩粒子や粘土粒子が岩盤中へ移動する量を制限するからである。しかし、時々、このフィルトレーションは、掘削計画において問題を引き起こしうる。

- ・高透水性あるいは亀裂帯への掘削流体の流入による掘削流体の逸水防止：掘削流体が亀裂を通して岩盤中へ流入すると、ベントナイト粒子が亀裂の開口部分に同様に流れ込んでいき、そこでベントナイトが効果的にその開口部分を密閉し、それ以上の逸水を防止し、地下水への混入を防ぐ。
- ・ボーリング孔壁の保持：未固結の堆積岩あるいは亀裂が多い結晶質岩の場合には、ボーリング孔壁は不安定である。ベントナイトを豊富に含んだ掘削流体の粘性と密度によって、不安定なボーリング孔壁は保持される。

(ii) ポリマー

もうひとつよく使用される添加剤はポリマーである。使用可能なポリマーの種類は数多くあり、掘削流体に与える機能も次のように数多い。

- ・フィルトレーションの低減
- ・粘土や未固結堆積岩の保持
- ・カッティングスの凝集
- ・掘削流体の運搬能力の向上
- ・掘削流体中の油成分の乳化
- ・ドリルビットやドリルストリングの潤滑化

ポリマーは様々な材料を原料とする。通常の有機系ポリマーには次のようなものが含まれる。

- ・穀物（例：トウモロコシ）あるいは塊茎状の農作物（例：じゃがいも）から作られる澱粉
- ・ガール植物から作られたガールガム
- ・バクテリア活動によって炭水化物から作られたキサンガム（XCポリマー）
- ・セルロースの化学的な改良によって作られた準合成ガム：準合成ガムは掘削産業において、現在もっとも広く使用されている有機系ポリマーである。

さらに、有機系ポリマーに関しては、掘削流体の水中に分散可能な合成のポリマー（アクリル酸ポリマーやアルカリ酸化ポリマー）の使用が急速に伸びている。

(2) 必要に応じて添加されるもの

ベントナイトとポリマーは、掘削流体に添加されるもっとも一般的な添加剤であるが、唯一の添加剤ではない。ベントナイト及びポリマー以外の添加剤は特別な限られた目的の

ために使用され、2.1.1(3)のペントナイト系・ペントナイト系以外の調泥剤に対比される。

これらの添加剤をその添加される目的に応じていくつかのグループに分けて紹介する。

(i) 密度増加を目的とする添加剤

密度増加を目的とする添加剤は、掘削流体の密度を増加させる目的で添加される。ボーリング孔壁が崩壊しそうな弱い岩盤が存在するときや圧密された石油ガスが流れ込んできて暴噴の危険性があるときに添加される。重量のある固体物質であれば添加剤として使用可能であるが、通常使用されるものは次の通りである。

- ・バライト($BaSO_4$)：事実上不溶解性であり、比較的反応性が低く、多くの掘削者に好んで使用されている密度増加添加剤である。
- ・酸化鉄、菱鉄鉱のような鉄鉱物、方鉛鉱：とても大きな密度を与えるが、掘り具類を摩耗させてそれほど使用されていない。

(ii) 粘土粒子どうしの相互作用を弱める添加剤

この添加剤は、掘削流体中の粘土粒子の電気的な相互作用を低減するために添加される。効果としては、流れの抵抗の低減、ゲルの生成の抑制、孔壁が厚くなることの低減、掘削流体中の塩の働きを中和することが挙げられる。典型的に使用される添加剤は、次の通りである。

- ・植物性タンニン（例：レッドケプラチョ）
- ・ポリ磷酸塩
- ・褐炭
- ・リグノスルホン酸塩

(iii) 逸泥防止剤

大量の逸水が起こったときに、亀裂や亀裂帯を密閉するために添加される添加剤である。この目的のために使用されてきた物質には多くの種類があるが、たいていのものは、はげ落ちやすく、粒状で、繊維質の物質である。逸泥防止剤としては、セロファン、マイカ、粉碎された石炭、樹木の皮や削り屑、堅果の殻、石綿、動物の毛、皮革、金属ウール、紙、ゴムの断片が挙げられる。

(iv) 界面活性剤

界面活性剤の英語での綴りは“surfactants”であるが、これは“surface-active agent”的略である。界面活性剤は、2種類の液体に作用する有機系の粉末である。多くの界面活性剤が知られており、適用範囲は広い。単純に扱ってしまえば、それらは次のように分類で

きる。

- ・乳化剤
- ・造泡剤、消泡剤
- ・潤滑剤
- ・坑内洗浄剤
- ・潤滑剤
- ・腐食抑制剤

界面活性剤はサイト特性に応じて掘削流体の働きを適性化するために添加される。

(v) 無機化学剤

無機化学剤（塩）はしばしば掘削流体に添加される。界面活性剤と同様に多くの無機化学剤が世界中の掘削業者によって使用されている。いくつかの例を次に示す。

- ・塩化ナトリウム：塩水を作成するためと凝固点降下を発生させるために添加される。
- ・水酸化ナトリウム：掘削流体の硫化水素を中和し pH を上げる。また、腐食抑制剤として作用する。
- ・亜硫酸ナトリウム：掘削流体中から溶存酸素を取り除く。
- ・臭化亜鉛：非常に濃い塩水を作成する。

界面活性剤の場合と同様になるが、掘削業者がサイト特有の問題に直面したときに、掘削流体の振る舞いを適性化させるために無機化学剤を使用する。

2.2.2 海外諸国の掘削方法

この章で紹介する海外諸国の掘削方法についての情報は、主に電話や電子メールによる各組織への取材によって得られたものである。また、文献調査から得られた情報もある。調査した範囲を示すために、以下に調査を進めていった順番にその手順を紹介する。

最初に着手したのは、NIREX、SKB、NAGRA が発行している一連のレポートである。これらの機関がもっとも数多くレポートを発行しているからである。これらのレポートのタイトルにおいて、“drill”、“fluid”、“mud”、“additive” の単語で検索を実施した。しかし、どの機関も掘削流体の使用というような表題ではレポートを出していなかった。

次に、上記の3つ以外の組織 (European Community, IAEA, NEA, ENRESA, US DoE, TVO/POSIVA) からのレポートを調査した。しかし、掘削流体や添加剤に関連したレポ

一トはほとんどなかった。

最後に、調査の範囲を著名な雑誌と学会予稿に拡げ、さらには WWW の検索も通常の検索ツールを使用して行った。しかし、有効な情報のほとんどは、これら文献調査によっては取得することができなかった。

以上の経過により、この項で紹介する各国の掘削方法に関する情報は、一般図書及びメーカーのカタログを除くと、12 件の論文及びレポート（参考文献参照）と、各組織との電話や電子メールによる問い合わせによって収集されたものである。そのほかに約30 件の論文及びレポートの調査を実施したが、本報告書には引用していない。以下に各国の掘削方法とそれに関連する情報について記述した。

表 2.2.2-1 には、各プロジェクト毎に掘削が実施されたサイトの岩質の特性と掘削方法の概要について記述した。また、記載があるものについては、地下環境に与える影響への問題点と対策を記述した。

表 2.2.2-1 各プロジェクトのサイトの岩質の特性と掘削方法の概要

プロジェクト名（国名）	岩質とその特性	掘削方法の概要		地下環境に与える影響への問題点	地下環境に与える影響への対策
		掘削流体	掘削方法		
SKB (Sweden)	硬質結晶質岩 (自立安定、 低透水性、力 ツティングス 発生しない)	地下水 (formation water)	近傍のボーリング 孔から供給される 地下水を掘削流体 として使用。 ガス掘削方法の改 良版（リバースフラ ッシング法）を試 験。300m で実績。 1700m では地下水 流入不足に対処し つつ、添加剤を使 用し、成功。	明瞭な記述なし。	近傍の地下水 (formation water) 使用 リバースフラッ シング法の採用。 トレーサ使用。

TVO/ POSIVA (Finland)	SKBと同様。	清水（地下水、地表水）	リバースフラッシング法による掘削。	明瞭な記述なし。	近傍の清水使用。 リバースフラッシング法の採用。 トレーサ使用。 地層中へ入った流体の測定。 未回収の岩屑の測定。
Nagra (Switzerland)	自立安定な岩盤	清水	明瞭な記述なし。	明瞭な記述なし。	掘削流体のトレース。
	自立安定な岩盤	脱イオン水			
	泥岩を挟む、やや崩れ落ちやすい岩盤	清水 + ポリマー			
	固結が弱い砂岩、泥岩を挟む崩れやすい岩盤	清水 + 粘土			
	岩塩	塩水 + 粘土			
	(個々の要求に応える)	清水 + 添加剤			
Opalinus Clay	塩水 (NaCl)	ロータリ掘削	汚染が許容範囲外		
	塩水 (NaCl) + ベントナイト	ロータリ掘削	汚染が許容範囲外		
		エアー・フラッシュ	明瞭な記述なし。		

U K	Nirex	・シアアウッド砂岩層群 (粘土岩を挟む) ・ブロックラム(角礫岩、堆積岩) ・プローダル火山岩層群 (主に厚いイグニンプライトの地層から成る)	水+ポリマー(+必要に応じた添加)	明瞭な記述なし。	明瞭な記述なし。	トレーサ使用。 ダブルパッカーの中と外で試料採取。
カナダ	花崗岩	近傍の清水+泥(Mud)	ダイアモンドコア掘削法	明瞭な記述なし。	明瞭な記述なし。	トレーサ使用。
US DoE (United States)	水理学的に不飽和な火山岩相	エアー掘削	明瞭な記述なし。	明瞭な記述なし。	明瞭な記述なし。	トレーサ使用
	岩塩	公開文書なし				

次に、各処分組織が採用している掘削添加剤メーカーを示した。以下の各プロジェクトごとの章に詳細に記述したが、個々のボーリング孔で使用した掘削流体や添加剤に関しては詳細な商品名と添加量が判明しなかったが、採用しているメーカー名は判明した。そこで、各処分組織や掘削団体が採用している掘削添加剤メーカーの一覧を表2.2.2-2に示した。それぞれの処分組織は、使用する添加剤・掘削流体の全てを、取引関係が円滑に確立されたひとつのメーカーから購入する。特に特別な添加剤が必要となれば、他の添加剤メーカーから購入する。

付録1として、BAROID社のパンフレットを添付した。

表 2.2.2-2 各処分組織に採用されている掘削添加剤メーカー

処分組織名	掘削添加剤メーカー
SKB	なし（清水で掘削実行）
TVO/POSIVA	なし（清水で掘削実行）
NAGRA	Baroid 社
NIREX	Baroid 社(主な添加剤については Baroid 社。他については種々あり)
AECL	なし（清水で掘削実行）
US DoE	なし（たいていは圧縮エアーで掘削実行）
KTB Very Deep Hole	HENKEL of West Germany 社

(1) SKB(スウェーデン)

SKB は過去 20 年間に研究サイト計画の一環として、数多くのボーリング孔を掘削し、国内の多くのサイトにおいて地下環境を調査した。加えて、Stripa 原位置試験場と Aspo における URL で相当のボーリング孔が掘削された。また、Forsmark で操業されている低レベル/中レベルのための SFR 処分場のためのサイト特性調査の期間にも相当のボーリング孔が掘削された。

スウェーデンでは物理的に自立安定な硬い結晶質岩が大部分を占めるために、掘削計画実施中ボーリング孔壁を安定に保持するため、あるいは透水性の高い堆積岩からなる孔壁中への逸水を防止するための特別な掘削流体を使用する必要はなかった。さらにほとんどのボーリング孔がコア掘りされたために、ボーリング孔底から大量のカッティングスを地表へ運び去るために粘性の高い掘削流体を使用する必要もなかった。このような環境の結果として、掘削流体に要求された機能はドリルピットの冷却と潤滑化のみであった。そのために、添加剤の入っていない清水が多くの場合に最も適切な掘削流体として採用された。

掘削流体として脱イオン水の使用が考えられるが、2つの理由からその使用は見送られた。1つめの理由は、大量の脱イオン水を用意するのに多額のコストがかかるからだが、もう1つの理由は、脱イオン水の化学的反応性が高いからであった。流体の中に何の物質も溶けていないということは、岩盤中の溶解可能な物質が流体中へ溶け出すということが大いに

あり得る。他にも、水道水や河川水を掘削流体として採用することが考えられたが、ボーリング孔が存在するそれぞれのサイトの地下水 (formation water) を使用することの方が好ましかったので、水道水や河川水は使用されなかった。

スウェーデンでの標準的な掘削方法では、まず、水みちとなる断層あるいはゾーンを横切り、ボーリング孔が地下水 (formation water) で満たされ始めるまで（一般的には地表から 20 から 50m まで）は、パーカッション掘削方法で掘った。地下水 (formation water) がパーカッション掘削井から汲み上げられ、深層コアボーリング孔の掘削流体として使用された。この流体を供給するボーリング孔は、深層コアボーリング孔の近辺に設置された。他地域からの掘削流体よりも岩石との平衡がより成立しているだろうという点が地下水 (formation water) を使用する際の利点である。しかしながら、浅部から回収された流体の地化学的性状が深部の性状と大きく異なるということはあり得るだろう。特に考えられるのは、深部の流体よりも浅部の流体が大いに酸化的であるということである。それでもやはり、浅部の地下水 (formation water) を掘削流体として使用することがもっとも適切であると考えられた。掘削流体と原位置の地下水流体の混合割合を知るために、掘削流体をトレースした。ここで好ましいトレーサは、低濃度のウラニンであった。ヨウ素のような他のトレーサも試験されたが、スウェーデンの地下水においてバックグラウンドの濃度がやや変化しやすいために、添加したトレーサを識別することは困難であった。

ドリルストリングが抑留するという数少ない場面で、添加剤は使用されたのみであった。抑留して、機械的な操作だけではドリルストリングを自由にできなかつたときには、ボーリング孔内の流体に数種類の潤滑添加剤が添加された。いくつかの困難なケースでは、ドリルストリングを抑留させないために 2~3 ガロンの軽油をボーリング孔内で使用しなければいけなかつたが、これはまれであった。

清水利用の掘削に加えて、SKB では “reverse flush” として知られるガス掘削法を改良して、その性能を評価した。リバースフラッシング (reverse flush) 法では、小径のボーリング孔 (SKB の場合は 56mm) を使用し、ドリルビットの冷却とカッティングスの除去のために、近傍のボーリング孔の流体ではなく、自身のボーリング孔の中の地下水 (formation water) を使用した。

リバースフラッシング法では、ドリルストリングは 2 本のパイプから構成され、1 本はもう 1 本の中にある。圧縮空気は、内側のパイプを通してボーリング孔の深部へ送られてい

く。前もって決められた深度において、内側のパイプに穴を開けておき、その穴から圧縮された空気が、内側と外側のパイプの間に放出されていく。放出された空気は、パイプの隙間に上向きの力を発生させ、この力によって、水と空気とカッティングスが一体となって地表へ運ばれる。結果として、ドリルストリングの内側よりも外側の圧力の方が高くなり、地下水 (formation water) が周囲の岩石からボーリング孔の中へ流れ込み、ドリルストリングの中を上へ向かって流れしていく。このことは、掘削流体が岩石中へしみ込んでいく可能性がより少なくなり、地下水の汚染の可能性が少なくなることを意味する。

SKBは、リバースフラッシング法の実演を、結晶質岩における深度約 300m のボーリング孔において行い、地下水 (formation water) の十分な流れ込みがあれば、うまく掘削できることを発見した。この方法は、後に、スウェーデンの Laxemar における 1,700m 深度のやや傾斜のあるボーリング孔においても試験された。この場合には、いくつかの試験ではうまくいったのだが、より深いところで地下水 (formation water) の侵入が少なくなると、空気流通システムに問題が生じた。この問題は、圧縮空気に泡を作る添加剤を加え、水と空気の混合の泡を作つてやることで解決した。

リバースフラッシング法は、周囲への汚染が制限されるという利点があるが、全ての場所で可能な方法ではない。この方法は、密度の高い掘削流体を必要としないような、自立安定な岩盤（硬質の結晶質岩）でのみ可能である。さらに、この方法では流体を保持している層が全ての深度に存在することが必要である。これらのボーリング孔内に侵入した流体は、ピットの冷却、ピットの潤滑化、地表へのカッティングスの運搬を行う。このように、リバースフラッシング法は、結晶質岩が主に分布し、降水量が豊富で岩石が飽和しているようなスウェーデンではすばらしく良い方法である。この方法は、比較的降水量が豊富な日本では適用可能かもしれないが、そのときには地下水を保持しているような亀裂を持った硬質な岩盤が必要である。

(2) TVO/POSIVA (フィンランド)

フィンランドの地質は基本的にスウェーデンと同じである。2つの国は、隣り合っており、地質上の区分は国境に分断されていない。加えて、最終処分計画はスウェーデンにおいて十分に確立されている。結果として、フィンランドで採用されている掘削方法などは、基本的にスウェーデンのそれと同様であり、それについては既に記載した。フィンランドで採用されている掘削の実行の要点がTVOによってまとめられている(TVO, 1992)。

全てのボーリング孔は硬質の結晶質岩中に掘削され、それらの多くはコアリングされている。なぜなら岩盤は自立可能であり、添加剤を加えた掘削流体を必要とせず、それ故、全てのボーリング孔の掘削流体として近傍で前もって掘削された井戸からの水が使用された。あるいはOlkiluotoサイトでは、同じ地域での地表の淡水池の水が使用された。

掘削流体は2種類のトレーサ（フルオレセインナトリウムとヨウ化ナトリウム）でトレースされた。流量計を設置し、掘削中にボーリング孔から戻ってくるフラッシングウォーターの量を測定した。このようにして、地層中へ入った掘削流体の量が計算された。地下水試料中のトレーサ濃度とこの測定の情報によって、地下水中への混入への正確な評価が可能となった。同様に、ボーリング孔から戻ってくる掘削流体中の岩屑の量を測定し、ボーリング孔中に残された、あるいは開口した亀裂に入った岩屑の量の見積もりを可能にした。

(3) Nagra (スイス)

他の国々（本報告書で紹介している国々）と比較して、Nagraは深地層掘削に関して、様々な岩質における経験をもっとも積んでいる。過去10年間、HLW処分計画の一環として、Nagraはスイス北部においては、泥岩層(Opalinus泥岩)と厚い堆積岩で覆われた結晶質岩において掘削を行ってきており、さらに、L/LW処分計画のためにスイス中部やスイス南部で、そしてGrimsel試験サイトでも掘削が実施されている。

他の全ての組織と同様に、Nagraが発行した報告書にも詳細な掘削方法についての情報や掘削流体についての情報は載っていない。掘削方法、掘削流体の情報の少なさとは対照的に、掘削後に測定された科学的データや実験結果については膨大な公開文書がある（例えば、水理地化学に関しては、Pearson et al., 1990）。そういう状態ではあるが、唯一、Nagra Bulletin publicationにはスイス北部の掘削計画において使用された掘削流体について簡潔ではあるが、詳細が載っている(Gautschi and Scholtis, 1989)。

Gautschi and Scholtis (1989)によれば、Nagraは地下水試料の品質や水理試験に関する科学的な要求と、ボーリング孔の安定と安全や暴噴の防止や腐食の防止という2点の妥協点として、掘削流体を選択しなければならなかった。この妥協点によって、Nagraによって使用された掘削流体は次の通りである。

- ・清水：安定した岩盤中で使用された。
- ・脱イオン水：安定した岩盤中で使用された。同位体分析に関して特別に必要だった。

- ・ポリマー添加剤を含んだ清水：やや崩れ落ちやすい岩盤中（泥岩を挟むような地層）で使用された。
- ・粘土を添加剤として含んだ清水：崩れ落ちやすい岩盤中（固結が弱い砂岩や泥岩を挟む地層）で使用された。
- ・粘土を添加剤として含んだ塩水：岩塩を掘削する際に使用された。塩に飽和した掘削流体が岩塩の溶出を制限した。
- ・特別な添加剤を含んだ清水：暴噴のような特別な危険性があるときに使用された。暴噴の危険性があるときには、流体の密度を大幅に増加させるためにバライトのような重い固体を添加した。また、ドリルストリングなどの掘削機械の腐食を防ぐためにも添加剤が添加されたりした。

全ての場合に、掘削流体はトレースされた。多く使用されたのは、フルオレセインナトリウムとm-TFMBAの2種類である。後者は地下水中で非常に安定であるが、高価である。そのため、フルオレセインナトリウムがより好んで使用された。これはフィールドでの測定が簡易である。

これらの掘削流体の使用の経験は多岐にわたる。たとえ、地下水への化学的な汚染がもっとも少ない流体だと考えられても、脱イオン水の使用は必ずしも成功するとは限らない。脱イオン水は全ての岩石や鉱物と非平衡であるので、溶解可能な鉱物のすべて、あるいは部分を溶解しがちである。これによって、掘削流体中と鉱物中の化学的特性、同位体の分布を解釈する際に問題が起こる。同様に、粘土一塩水掘削流体はボーリング孔から採取された水試料に多大な有害な影響を与えていたことが分かった。しかしながら、蒸発岩（岩塩）と泥岩の互層を掘削する際には、妥協点を探る必要がある。塩水掘削流体を使用すれば、蒸発岩の溶出は抑制されるが、泥岩中の地下水を汚染する。一方、地下水への汚染を最小にするために清水を使用すれば、塩の溶出を引き起こす。

もっとも最近には、NagraはスイスにおけるMont Terri調査サイトを開発している。層序(Opalinus Clay)は非常に低透水性の泥岩から成っている。最初のうちはMont Terriにおける泥岩の掘削は、塩水(NaCl)を使用した在来のロータリ掘削方法で実施された。塩は母岩への水の吸い上げと母岩中の粘土の膨潤を最小にするために添加された。水ペントナイトーNaClの混合流体も同様に試験された。この流体は、ボーリング孔壁のよりよい保持と粘土の膨潤をより低減することを目的として使用された。これらの掘削流体は両方と

も技術的に良い結果を生んだが、岩石試料、地下水試料を分析すると、NaClがかなりの岩石一掘削流体反応と汚染を引き起こしていることが示された。

この経験によれば、粘土が豊富な母岩のサイト特性調査のための掘削には明らかに問題があることが分かる。掘削流体として水のみが使用されると、粘土が水を吸収し母岩が膨張し、ボーリング孔壁が崩壊しやすくなる。この膨潤は塩水の掘削流体を使用すると最小限に押さえることができるが、そうすると地下環境の汚染が許容範囲内に収まらなくなる。

この問題を回避するために、Mont Terriにおいてさらに最近になって、エアー・フラッシュのみを使用した掘削が実施された。この方法は、要求にかなう岩盤であったこととその透水性が非常に低かったことにより、可能であることが証明された。このことは、ボーリング孔壁が自身を支持することが可能で、エアー・フラッシュ中にボーリング孔内に流入する地下水がほとんどなかったことを意味する。Mont Terriにおけるエアー・フラッシュボーリング孔は直径 60cm で掘削された。

泥岩中で掘削水を使用する際の問題点をもっと調査するために、岩盤に接触する掘削水の組成が異なるときの水一岩石反応の程度の違いを比較する実験を Mont Terri で実施した。この実験では、3 本の異なるボーリング孔を掘り、それぞれを異なる流体、すなわち脱イオン水、塩水 (NaCl)、泥水 (水-NaCl-ペントナイト) で満たした。流体で満たしたボーリング孔はそれぞれしばらくの間放置し、その後に水試料と岩石試料が採取され、分析された。この実験で、脱イオン水の場合に最も化学的な汚染が少ないが、岩盤への物理的な損傷（膨潤や崩壊）が最も大きいということが確実になった。

(4) Nirex(UK)

Nirex はカンブリア州のセラフィールドにおいて、岩盤特性調査施設 (RCF : rock characterization facility) を建設し処分場へとつなげるためのサイト研究の一環として、20 本以上の深層ボーリングを実施した。これらのボーリング孔によって地下地質構造についての情報や地層の水理地質学的特性が獲得され、また地下水化学を決定するための地下水試料のサンプリングも行われた (Chaplow, 1996)。

Nirex は正確な水理地化学情報を獲得することに力を注いだ。なぜなら、地下水化学の特性は水理地質のシステムを特徴づける重要な一面であるからである。興味の対象となる地域内に異なる地下水体を把握することによって、正しい認識として次のようなものが得られる。

- ・地下水系の周囲での密度の違いが地下水を動かす力になるかどうか
- ・地下水の年代及び地下水系に地下水が侵入してきたときに起こりうる環境状態（例えば涵養した後の温度）
- ・時間が経過したときの地下水系の進化についての手がかり

このように Nirex はこれらの課題を研究するために必要とされるデータを収集するのに多大な努力を払った。そのため、化学的な汚染が最小になるような掘削に力が注がれた。

以下では、地下水化学が掘削作業による汚染から解き放たれることを確実にするために Nirex によって実行された手順を紹介する。これらはやや詳細に記述される。なぜなら Nirex のセラフィールドにおける計画はひとつのサイトでサイト特性調査の目的のために今までに実施された中で最も包括的なものであるからである。

(i) 掘削方法

セラフィールドで使用された掘削方法は石油産業から引用されてきた技術であった。石油産業の標準のリグは比較的大きな直径のボーリング孔を掘削し、一般的には深度 1000m から 1500m の間であるが、最大で深度 3000 m までに達する。ボーリング孔は 3 本の孔曲げを実施したものと 3 本の傾斜掘削のボーリング孔を除けば、ほぼ垂直であった。ボーリング孔の多くは、コアバレルを操作するワイヤラインシステムを使用することによってコアリングされた。

ボーリング孔の掘削中と掘削後の両方で、岩盤中における水理学的試験が実施された。しかしながら膨大な量の地下水試料は、ボーリング孔の完成後、あるいは中間の深度でのケーシングの導入の前にサンプリングされた。セラフィールドに分布する地層は次の 3 種類の主要な岩盤から構成されている。

- ・Sherwood 砂岩層（粒度が変化する粘土岩を挟む砂岩の地層）
- ・Brockram（角礫岩）
- ・Borrowdale 火山岩層（主に厚いイグニンブライトの地層から成る）

(ii) 掘削流体

全てのボーリング孔において掘削流体のベースはポリマーを添加した水である。ポリマーは流体の粘性を上げ、地層中への逸水を低減させた。同様に、次に並べて記述したようなボーリング孔の特性に伴う要求に従っていくつかの添加剤が添加された。

- ・pH の調整（ポリマーの保持、ドリルストリングの腐食の低減）
- ・大量逸水の制御

- ・ピットの潤滑
- ・掘削作業の効率化

掘削作業員はこの掘削流体システムに精通しており、それゆえ、彼らの経験によって掘削作業中に出くわした問題に耐えることができた。さらに掘削流体を首尾一貫して使用したことによって、異なる地域の結果を比較するときに、それらの違いが掘削流体の違いによるものではないという確信をもてた。

調査期間の最後の方で、少数のボーリング孔が異なる掘削流体を用いて掘削された。これらのボーリング孔は特別な地化学剤を用いて掘削された。そのため、それらは周辺からの水のみが使用され、いくつかのケースではボーリング孔に必要であれば、ベントナイト粘土を添加した。

掘削流体が地下水に混入したことの確認を処理するためにNirexがとったアプローチは、化学的なトレーサを添加することだった。ほとんどのボーリング孔では、1種類のトレーサが使用された。しかしながら、他のトレーサのいくつかがボーリング孔のいくつかで採用された。そして、さらにいくつかの場合には、トレーサ自身の振る舞いをチェックするために2種類のトレーサを混ぜて掘削流体に添加した。考慮すべき、多くの考えがあるとき、トレーサの使用は唯一の解決策ではない。選択されたトレーサは振る舞いが保守的でなければならず、興味の対象となっている化学パラメータを見えなくするものであってはならない。さらに、トレーサは地下水中には添加した分しか存在しないという仮定があるので、トレーサの選択は困難である。実際に必要とされるサイトでの仕事の前の、実験室におけるトレーサを選択する手順にはしばしば膨大な時間と労力が必要となる。候補に挙がったトレーサは、採用したい掘削流体中で、トレーサにも掘削流体の性能にも有害な影響を与えないということを試験して確認する必要がある。他の制限も同様に考慮されるべきである。例えば、規基準によって許された物質や試験活動のための将来の地下施設において使用されるべきトレーサに与えられた考慮のようなものである。

(iii) 地下水サンプリング

Nirexは一般的には掘削作業完了後あるいはいくつかの中間のケーシングポイントで地下水化学のための試料が採取された。掘削後に実施された試験計画では、掘削が終わった最初の段階でガス・リフト方法を使用し、全ての深度でサンプリングを行った。

全てのボーリング孔でサンプリングをする計画は都合が良かった。なぜなら、多くの掘削流体の混合を取り除くことによってボーリング孔をきれいにすることの手助けとなつた

からである。同様にボーリング孔内において透水係数の測定とフロー検層の計測によって、その後の詳細な地下水サンプリングのための別個の流入ゾーンの認識を可能にした。

地下水のサンプリングは、ダブルパッカーシステムによって行い、事前に地下水流入場所として認知された長さのところにダブルパッカーシステムを固定した。2つのパッカーによって隔離される距離は、十分な地下水試料をサンプリング可能であること及び汚染のない地下水のサンプルを採取できるかなり限定された点であることの2つの妥協点として決まる。物理検層の実施から得られたさらなる情報は、セラフィールド地域の試料のポイントの間を埋める方法として有用であった。他の場所では、岩盤のマトリックス中の地下水と断層系のそれと平衡ではないという指示があるかもしれない。

ダブルパッカーシステムによって採取された試料は、長い時間間隔の後でパッカーの外で採取された試料も採取することも含む。したがって、掘削流体の混入の正確な度合いが計算された。この計算手順には直線回帰分析手順に基づいた多くの多様性を含み、掘削流体と地下水の間の単純な混合モデルを使用している。

サンプリングの際に考慮された他の課題は、ボーリング孔から地下水を物理的に採取する実際の手順に関するものであった。ダウンホールサンプリングの方法が採用され、地下水をボーリング孔の中を持ち上げてくるときに流体の混入が最小にするのと同様に、地下水とドリルパイプのような金属部分との接触時間が最小になるようにした。他にも、溶存ガスの解析を可能にするために加圧された試料を採取する方法が開発された。さらに他にも、試料が地表に達してからのハンドリングや保存や試料の貯蔵に関する技術的な手順が開発された。詳細な地化学分析のための主要な試料に加えて、サイト場所での素早い作業を制御するための分析のために、他の試料が放出ラインから採取された。セラフィールドでのサンプリング中に一般的に観察されることは、より大量の流体を産出するゾーンは掘削流体の混入の少ない試料である傾向があるということである。

(iv) 化学分析

地下水化学の調査には、多くの試料の分析によって、試料中の様々な化学種の濃度を決定することを伴う。水理地質系を理解しようとすると、興味の対象となる化学種の幅は広くなりうる。これらの化学種が測定される容易さ、困難さはいくつかの安定なイオン種の比較的単純な測定から¹⁴Cの測定のような複雑な分析まで幅広く変化する。

これらの全ての化学種の測定の手順は、ある程度、掘削流体による混入の存在によってより困難になる。一般的に、混入の度合いが大きくなればなるほど、分析の困難さは増大

し、地化学データにおける不確かさは増大する。不確かさのレベルはデータが無意味なものになるレベルに達するかもしれない。例えば、有機物が混入した場合の¹⁴Cの分析がそうである。しかしながら、それぞれの化学種にとって、分析技術において許容できる結果を出すために最大の掘削流体の混入の許容レベルがある。いくつかの主要なあるいは希少なイオンでは、許容できる結果を得られる掘削流体の混入のレベルは80%である。対照的に、¹⁴Cの分析では、有機体を含んだ掘削流体の混入はまったく許容できない。

ここまで述べたことに統いて、地下水化学の基本的な理解はトレースされた掘削流体の使用によって達成される。しかしながら、外来の化学種を発見するために一般的でもっと洗練された分析は混入にそれ以上に寛容ではない。系の中に存在する地下水の実体の基本的な確認は、掘削とサンプリングが適切な方法で実施されれば、達成できる。より多くの外来の化学種の場合には、使用されている実際の掘削流体は、要求されている分析に適切な試料が採取できるように選択される必要がある。

これはある特別なボーリング孔がこの特別な目的のために設計されることを意味する。いくつかの分析、地下水の原位置でのpH、Ehは概念的に正確な結果を得ることは不可能である。これらは地下施設において供給される地層への接近が可能となったときにある程度の確信を持って可能な限り測定しうる。しかしながら、このような環境においてさえ、まだ大きな問題が残る。分析に適切な試料の収集は実験室での技術の発達や試料のハンドリング技術の発達にもバックアップされる必要がある。

(v) Nirexの活動からいえる結論

地下水化学の理解は使用される掘削流体のみにかかっているのではなく、様々な要因の絡み合いによる。これらの要因の多さは今までに議論してきたとおりで、同様に考慮されるべき課題には掘削とサンプリングの計画、個々のボーリング孔の目標が含まれる。

Nirexの経験によって、地下水のサンプリングを行う際には掘削流体を考慮する必要性があることが強調された。しかしながら、トレーサの添加と一緒に、真の地下水の組成を決定する問題が、多くの場合に指摘されうる。掘削流体の選定は外来の化学種が増えればその分課題が増えるのかもしれない。他の手段がトレースされた掘削流体と共に使用されるべきかもしれない。

水のみを使用する掘削方法は意味のある深さまで地層への接近を可能にする。これらを優れたサンプリングの技術とともに使用することによって、分析に適切な試料を手に入れることができる。このことを達成するために、より直徑の小さいボーリング孔が考慮

された。要求される目的を達成するために使用される多くの方法がある。このように既に採用されている方法や手法の評価がより適応性が増せば、コスト利益の考慮も同様に影響を与えるけれども、たいていの問題は解決されるだろう。

セラフィールドの経験において主要な結論は、一般的な系を理解するために地下水化学におけるデータを産出するような計画を工夫することが可能であるということである。より特別な疑問は、地下水の化学に関するもので、計画の進行の最後の方で発生するが、指示することはできるが、しばしば異なるアプローチを必要とする。掘削とサンプリングの最適化は多様且つ複雑な課題であり、掘削流体の選択はそのうちの一つに過ぎない。

(5) カナダ

カナダの地層処分計画はマニトバ州の Whiteshel にあるアンダーグラウンド・リサーチ・ラボラトリ (URL) に焦点が当てられる。URLは花崗岩プルトン (Lac du Bonnet) 中に位置する。ここでは様々な研究が深度 420m の空洞やトンネルの中で実施されている。URL のための最初のサイト調査の部分として、また建設期間中に、多くの深いボーリング孔がこの地域で掘削され、そのうちのいくつかは 1,000m 以上の深度であった。

URL 研究の経験は結晶質岩の中の処分場のカナダの使用済燃料の処分のための詳細な計画を開発するために使用してきた。この計画は環境影響宣言(AECL, 1994)の中に書き上げられ、これは 9 つの主要な参考文献で処分場開発計画の異なる面をカバーしているもので構成されている。これらの文献の 1 つによって、ボーリング掘削前も含めてサイト特性の間に使用されたサイト評価方法論が議論されている(Davison et al., 1994)。

URL 活動に関する公開された膨大な文献があるが、それらのうちで、そこで使用された掘削方法と掘削流体について記述された文献はなかった。これは URL 建設時期に書かれた実験計画進行報告によって記述されている。それには、掘削地点、掘削深度、ボーリング孔の傾きが、そこで実施された地球物理学的、水理地質学的試験度同様、記述してあるが、掘削流体についての詳細は載っていない。繰り返すが、これはたいていの国の科学レポートの典型である。

しかしながら、環境影響報告付録(Davison et al., 1994)では、カナダの結晶質岩において将来のサイト選定、サイト特性調査時に採用される掘削方法に触れている。基本的にこれらは URL で採用され、後に紹介する方法と同じである。

サイト評価において岩盤へ最初に掘削される深層ボーリングは岩盤の連続コアサンプル

が採取できるようにするのがよい。URLでの経験によれば、ダイアモンドコア掘削工法を採用し、76mm のボーリング（NQ サイズ）で、トリプルパイプを使用し、ワイヤラインコアリングを採用した。必要なときにはさらに大きな 96mm（HQ サイズ）のボーリング孔が掘削された。

ダイアモンド掘削の潤滑剤として、オイルは使用されず、泥あるいは他の添加物が使用される。そして、近くの地表の池あるいは河川のきれいな水のみが、冷却とフラッシングのために使用されるのがよい。無毒の染料トレーサが掘削水に添加され、ボーリング孔から採取された地下水中に掘削水の存在を認識されるのがよい。その代わりとして、地表水に自然に発生するトリチウムあるいは他の化学成分が掘削水のトレーサとして使用可能である。

(6) US DoE (US)

アメリカの HLW 処分計画はネバダ州のユッカマウンテンサイトに集中している。ユッカマウンテンの地質環境は世界中のどこで考えられている処分環境とも根本的に異なり、水理的に不飽和な火山岩相から成る。そのため、ユッカマウンテンでの経験はそのまま他の掘削計画に当てはめることはできないが、そうはいってもやはり、ここでは全てを網羅する目的で簡潔に記述する。

ユッカマウンテンにおけるサイト特性調査の目的の一つは、不飽和帯の天然の化学環境を確立し、その中の移行挙動を予測することである。結果として、膨大な努力がそそぎ込まれ、不飽和特性はサイトでの活動によってそれほど影響されないとすることが確立された。ユッカマウンテンサイトでのサイト評価の最初の時期（1970 年代の終わりから 1980 年代のはじめ）において、最初のいくつかのボーリング孔は従来どおりに流体を使用して行われた。使用された掘削流体の正確な詳細は印刷されていないし、地下環境へこれらの流体が与えた測定された影響についての情報はない。ユッカマウンテンのスタッフは、影響は非常に小さいと考えている。なぜなら、この方法で掘削されたボーリング孔は 2~3 本にすぎないからである。

しかしながら、ユッカマウンテンでの多くの後から掘られた深層ボーリングは不飽和帯への逸水を避けるために掘削流体は使用せずにエアー掘削で実施された。これの唯一の例外は調査研究施設（Exploratory Studies Facility）にあり、そこではいくつかのトレーサを持つ水を使ってロックボルトを設置するために小さな穴が掘られた。

エアー掘削では、特別に設計された掘削リグ（LM-300）が使用され、直径31cmにまで達するエアー掘削深層ボーリング孔を掘ることができた。リグの掘削能力の手がかりは地面に穴を開けるデュアル・ウォール・パイプにある。デュアル・ウォール・システムは基本的にパイプの中にパイプがある。2つのパイプの間の空間は地面の下へ前もって調整された空気を循環させるために使用される。戻ってくるときに、同じ空気がドリルビットによって追い払われた岩と土壤の破片を運ぶ。

空気は前もって調整され、岩を乾燥させずにかつ湿気の凝縮もおこさないように冷却し、湿気を持たせる。このように掘削によって貫通された地質断層を通しての湧水はなく、ボーリング孔壁にも泥の層はできない。これは特にそのままの状態を決定する際に重要である。冷却され、湿度が制御されたこととは別に、地面にポンプされた空気も同様にとても少量のトレーサ（6フッ化硫黄）でトレースされた。

LM-300は現在、不飽和帯での研究を完成させるためにボーリング孔を掘削している。このボーリング孔、そして他の45本は、地下水位と同じ低さまで掘削された。地下水位は地表下約550mのところに位置している。他の深度約125mのもっと浅いボーリング孔も同様に掘削される予定である。

米国のTRU廃棄物処分計画の焦点はニューメキシコ州のWIPPサイトに集まっている。このサイトは層を成す塩の堆積物から成っており、処分場掘削が進行している。多くのボーリング孔がWIPPサイトで掘削されたが、そこで使用された掘削方法について議論した、手に入るような公開文書はなかった。水を使わずに掘削したボーリング孔は岩塩を溶解させないと信じられている。

(7) その他

ANDRA（フランス）及びBGR（ドイツ）については、掘削流体に関する文献及び聞き取りによる調査においても、情報が欠如していることがわかった。

フランスについては、ボーリングの深度及び調査目的が記述されている。ドイツについては、後述のKTBに詳しく記述されている。

両国の地質は例えばスイスやベルギー等に類似の地層が想定できるので、掘削流体についても同様のものを選定しているものと推定される。すなわち、結晶質岩では清水及びトレーサが、粘土質岩では塩水、ベントナイトまたはポリマーがおそらく使用されるものと考えられる。

(8) まとめ

各組織（国）の調査対象岩石と掘削流体・添加剤を表2.2.2-3に示した。

表2.2.2-3 各組織（国）の岩石と掘削流体及び添加剤

組織（国）	岩石	掘削流体と添加剤
サイト特性調査掘削		
SKB (スウェーデン)	結晶質岩	地下水 (formation water) + トレーサ
	結晶質岩	ガス掘削 + トレーサ
	結晶質岩	ガス掘削 + 発泡剤 + トレーサ
TVO (フィンランド)	結晶質岩	地層水 (formation water) + トレーサ
Nagra (スイス)	結晶質岩	脱イオン水 + トレーサ
	結晶質岩	清水※ + トレーサ
	泥岩	清水 + ポリマー + トレーサ
	泥岩	清水 + 粘土 + トレーサ
	泥岩	塩水 + トレーサ
	泥岩	塩水 + 粘土 + トレーサ
	蒸発岩	圧縮エアー
Nirex (UK)	堆積岩	清水※ + ポリマー + トレーサ
	火山岩層序	清水※ + ポリマー + トレーサ
AECL (カナダ)	結晶質岩	地下水 (formation water) + トレーサ
US DoE (米)	不飽和火山灰	圧縮エアー + トレーサ
フランス	種々	不明
ドイツ	種々	不明
学術的な掘削		
KTB (ドイツ)	結晶質岩	清水※ + ポリマー + トレーサ

※印は時々pH や密度やドリルストリングの腐食などの制御のために添加された添加剤があったことを示す。

2.2.3 泥材の選定

海外諸国での添加剤使用の実例を収集したことによって、様々な岩質におけるボーリング掘削の概要が把握できた。前項までに紹介したように、添加剤の選定には、サイトの岩質や掘削方法も影響してくる。SKB での掘削から判明したように、最も地下環境に影響を与える可能性が少ない組み合わせは、飽和の硬質の花崗岩にリバースフラッシング法である。また、地下環境へ影響を与える岩盤特性と掘削方法の組み合わせも判明した。以上の組み合わせの例を示したものが表 2.2.3-1 である。

表 2.2.3-1 地下環境への影響程度が大きい例と小さい例

地下環境へ 与える影響	岩盤特性と掘削方法の組み合わせ		組織
	岩盤特性	掘削方法	
小	花崗岩（飽和、硬質）	リバースフラッシング法	SKB
大	Opalinus Clay	塩水 (NaCl) + ロータリ掘削	Nagra
		塩水 (NaCl) + ベントナイト + ロータリ掘削	Nagra

表 2.2.3-1 から、地下環境への影響の少ない泥材の推測をしてみる。岩盤がしっかりとしている場合には掘削流体として地下水が使用できるので地下環境への影響は少なく、岩盤に泥岩が挟み込まれてくると膨潤等を防止するためにポリマーの添加が必要になってくる。さらに、固結度の低い泥岩や砂岩になってくると、ポリマーや粘土の添加が必要になってくる。泥材が添加される毎に地下環境への汚染は進み、測定不可能になる化学パラメータが徐々に増加してくる。すなわち、泥材の選定は岩盤の特性、掘削方法、測定したい化学パラメータ等によって変化してくる。以上のパラメータが決定したときに影響の少ない泥材の選定が可能となる。

付録 1 として、Nagra で採用された添加剤販売会社である BAROID 社のパンフレットを紹介した。日本におけるサイトが特定し、地下環境へ影響の小さい添加剤を選定するため試験をしようとしたときに、国内の添加剤メーカーから購入せずに海外のメーカーから購入し試験をしようとするなら、Nagra で採用されている BAROID 社や他の組織によって既に採用されているメーカー（表 2.2.2-2）の中から既製品を購入し、試験してみることは意味があるかもしれない。しかし、その詳細については不明な点が多く今回は同社の泥材を室内試験に供することは見送ることとした。

2.3 その他の分野における掘削水の影響調査のレビュー

地層処分研究に関する文献調査では、例えばフランス及びドイツのように情報がない国も存在した。したがって、地層処分研究関係以外のその他の分野についても文献調査を実施した。以下に、掘削の技術、流体など、要素技術の点からまとめた。

2.3.1 学術の分野（KTB超深度掘削プロジェクトにおける泥水について）

地科学的な調査研究として実施されたKTB超深度掘削プロジェクトは、汚染のないコアと地層流体を連続して採取することを最大の目的として実施された。

のことから、水理学的・地球化学的に影響のないまたは少ない泥材の選定をする上で、KTB超深度掘削プロジェクトで開発・実用化された泥水や泥材の材質、原材料、化学組成などを調査することは非常に重要である。

以下に、使用泥水の基本概念や種類、主成分、及び地化学的分析に対する影響などを記述した。

(1) ドイツKTB超深度掘削プロジェクトの使用泥水基本概念

- ・ 化学薬品の使用数を1～2と最小限にする。
- ・ 添加剤は、無機質とする。
- ・ 温度的に安定している。（300℃）
- ・ 種々の検層に悪影響を与えない。

(2) 掘削深度別の泥水の種類

浅部の掘削に使用された泥水は、Dehydrill-HTを主体としたDehydrill泥水であり、それ以深の掘削に使用した泥水と比較すれば無機質の泥材である。このプロジェクトで使用された掘削深度別の泥水の種類を表2.3.1-1に示す。

表2.3.1-1 KTBプロジェクトにおける深度別泥水の種類

深 度	泥 水 の 種 類	主 成 分 等
0 m～2,100 m	Dehydrill泥水	無機合成スメクタイト
2,100 m～7,220 m	Dehydrill／Hostadrill泥水	有機系ポリマー
7,144 m～8,887 m	Pyrodrill泥水	ベントナイト、ポリマー

(3) 使用泥水と泥材の主成分

このプロジェクトで深度0m～2,100m掘削区間で使用された泥水は、ウォーターベースのDehydrill泥水である。無機質の泥材を使用した泥水としてDehydrill泥水の概要を表2.3.1-2に示す。

表2.3.1-2 Dehydrill泥水の概要

項目	摘要	備考
泥水名称	Dehydrill泥水	ソリッドフリー 高潤滑泥水
主成分	Dehydrill-HT 合成ヘクトライト(スメクタイトの一種)	無機工業薬品を原料
添加剤	苛性ソーダ(pHコントロール)	pH 9～11相当量
耐熱性	250°C (350°C)	Dehydrill-HT自体は 間で耐熱350°C
製造元	Henkel社	ドイツ国

Dehydrill泥水のDehydrill-HTの主成分である合成ヘクトライト（無機合成スメクタイト）は、低濃度で高い粘性がある。

また、シャーシニング特性（せん断速度が大きいピット部では粘性が小さく、せん断速度が小さいアニュラス部では粘性が大きくなる）が優れており、特にクリアランスの狭いコアドリリングに適する。

合成ヘクトライトは種々の粘土鉱物を総称したもので、それらを表2.3.1-3に示す。

表2.3.1-3 合成ヘクトライト中の鉱物の種類

粘土鉱物の種類	形状
膨張性格子をもったモンモリロナイト	不定形板状
ノントロナイト	短冊状
サポナイト	纖維状
ヘクトライト	針状

(4) 地化学的分析に対する泥水の影響

浅部掘削（深度 0 m～2,100 m）に使用された無機合成スメクタイトを主体とした Dehydrill 泥水は、KTB フィールドラボ内で連続的に分析された測定結果によれば、地化学的分析には何ら影響を及ぼさないことが明らかにされたとの報告がある。

また、深度 2,100 m 以深の掘削に使用された有機系ポリマー類の Dehydrill / Hostadrill 泥水及び Pyrodrill 泥水は、多少の影響があったものの、地化学的分析には十分可能であったとの報告がある。

(5) Dehydrill 泥水使用について

(i) 使用開発の効果

- ・ コアの地球化学的分析や検層に悪影響を及ぼさないことが明らかにされた。

(ii) 問題点

- ・ チキソトロピック性によるドリルパイプ内の局部的酸素孔食が進行した。
- ・ 断層帯を掘削中、崩壊やウォッシュアウト等が生じた。

対策 → Dehydrill 泥水に Hostadrill 3118(有機系ポリマー)を 1.5% 添加した。

結果 → 泥水の流動性が改善され、ドリルパイプの腐食問題が解決した。

崩壊やウォッシュアウトの問題は減少した。

2.3.2 石油の分野

(1) 石油掘削からみた掘削流体の変遷

掘削工法や掘削流体、孔曲がり制御、保孔、モニタリングなどの要素的技術は、石油の分野では、既に開発が進んでいる。

石油の分野で掘削に使用される流体は、泥材と水を基本とした泥水である。掘削工法により、エアーを用いる場合もある。

石油掘削における泥水技術の変遷を、表2.3.2-1に示す。

表2.3.2-1 石油掘削における泥水技術の変遷

時 期	泥 水 の 種 類	使用限界温度 (°C)
1950年代	ベントナイト系	120
1960年代	リグノスルフォネート系	180
1980年代前半	リグナイト系	200
1980年代後半	リグナイト系 +高温用分散剤・脱水調整剤	210
1989年	高温用ポリマー系	260

泥水の技術は、石油探鉱や開発における大深度井の発展と共に向上し、日本国内では、「三島」での深度6000m級の基礎試錐坑井がある。

また、坑底温度が200°Cを越えるため、耐熱性や高比重に対応した泥材が開発されている。

ドイツのKTBプロジェクトで開発された「サーマビス」泥材や、日本のテルナイト社が開発した「G-500S」泥材は、耐熱性に優れている。

(2) PERFFLOW DIF 泥水（システム）について

”PERFFLOW DIF”は、泥材メーカーのBAKER HUGHES INTEQ社が推奨する泥材で、石油生産井掘削時に排出されるカッティングスによる生産層への障害（フォームーションダメージ）を軽減できる泥水として市販されている。

PERFFLOW DIFはポリマーを使用した泥材であり、その詳細を、表2.3.2-2に示す。

この泥水システム、つまり清水または塩水（ブライン）にタンカル（炭酸カルシウム）

とポリマーを使用した泥水システムが、最近石油生産井掘削で使用されつつある。

この泥水は、従来のベントナイト泥水と違い以下のような問題点がなく、フォームーションダメージを軽減できる。

- ① バライト（加重剤）の微細ソリッドの地層への侵入。
- ② ベントナイト等の粘土分の水和。

表 2.3.2-2 BAKER HUGHES INTEQ 社のPERFFLOW DIF 泥水について

泥材名称	性 能	一般的な添加割合 (清水または塩水 100ml に対して)
PERFFLOW DIF	ブリッジング、増粘、脱水調整剤 (タンカルとポリマーの混合物)	1.2~2.4ml
W-306	増粘、脱水調整剤 (特殊スターチ系ポリマー)	15 g
BIOLOSE	脱水調整剤 (スターチ系ポリマー)	必要量
MILCARB	加重、ブリッジング剤	必要量
LD 9	消泡剤 (PPG : ポリプロピレンゴリコール)	必要量

三菱マテリアル資源開発(株)内部資料

2.3.3 地熱の分野

地熱井の掘削工法は石油井の掘削工法と類似しており、石油掘削技術の急速な発展に伴い、掘削流体の技術も、それと同様に発展してきた。

地熱分野で掘削に使用される流体は、掘削工法により、水、エアー、泥水、エアーと泥水の混合泥水などがある。

掘削工法別の掘削流体と特徴を表2.3.3-1に示す。

表2.3.3-1 地熱井の掘削工法別の掘削流体と特徴

掘削工法	掘削流体	特徴
エアー掘削	圧縮エアー	<ul style="list-style-type: none">カッティングスの地層への目詰まり防止泥水掘削よりも掘進率が良いドリルパイプの腐食が激しい高圧空気供給の設備が大型化となる高圧空気の使用により、保安対策が必要
空気混合泥水掘削	空気+泥水	<ul style="list-style-type: none">生産層（逸泥層）に対するダメージが少ない地質条件により、空気混合比のバランスが調整が困難で循環出来ない場合がある高圧空気の使用により、保安対策が必要
逸泥掘り	水	<ul style="list-style-type: none">生産層（逸泥層）の圧力が清水柱圧力以下で、送水しながら不循環のまま掘削する地層の崩壊や抑留の危険が伴う生産層（逸泥層）にカッティングスが入り込み目詰まりを起こす

地熱井掘削では火成岩や变成岩の地層が多く、掘削深度に比べて地層温度が比較的高いため、特に泥水管理が重要である。

2.4 考察（水理学的・地球化学的に影響のないまたは少ない泥材の選定）

地層処分研究、学術、石油、地熱の各分野の特徴を、掘削流体の視点から見た場合、学術の分野を除き、地層水（井戸水）やエアーを使用している傾向が見られる。

掘削流体の地下に及ぼす影響と、泥材の水理学的・地球化学的特性への影響の両面から勘案すれば、地層水（井戸水）などの水やエアー、無機質の泥材などを使用することが望ましいと考えられる。

しかしながら、掘削流体に地層水（井戸水）を用いた試錐孔の実施例として、SKB（スウェーデン）の実施した地層処分分野に関する文献などによれば、掘削地点から数百メートル離れた地点の地層水（井戸水）を掘削流体として使用しているが、その地層水が地下に及ぼす影響を考察すれば、その影響は全くないとは言い難く、何らかの影響はあるものと考えられる。

また、SKBの試錐孔では、テレスコープ型の新工法技術の開発が行われた。この工法は、孔内のカッティングス排除を高めるため掘削流体にエアーを用いた掘削工法であるが、圧縮エアー使用による地上設備の高コストや、それに伴う孔内状況の変化、及び地層条件なども考慮する必要がある。また、地層の崩壊や抑留などの問題も発生すると推察する。

また、同様にリバースフラッシング法の改良もなされている。

掘削流体と掘削工法は密接な関係にあり、水やエアーを使用した場合と泥材を使用した場合の掘削工法上の適用面から考察すれば、孔内状況の変化に対する影響を考慮する必要がある。

掘削流体（泥水）を構成する調泥材の影響についての海外の地層処分研究関係の公表された文献は、非常に限定されている。したがって、各々の機関の担当者に対する直接の聞き取り等による未公表資料等の情報収集を行った結果、ベントナイト、ポリマー等の各泥材の選定はサイト特性を考慮しているとの情報及び泥材の概要の情報は得られたが、具体的にどの泥材の影響度が少ないかについての情報は非常に限られていることがわかった。

今後、地層水（井戸水）を掘削流体として使用する場合の技術開発では、掘削工法の技術開発及びトレーサー技術やモニタリング技術の開発が不可欠である。

次に、学術分野の調査井では、掘削深度の増加に伴った掘削工法や制御技術の確立、また、地層温度に対応した耐熱性の泥材の組成研究などを促進することにより、新しい種類の泥材が開発されている。

例えば、KTB掘削プロジェクトで使用・実用化された泥水の地化学的分析結果などから見ると、フィールドラボ内で連続的に分析された測定結果によれば、地化学的分析には何ら影響を及ぼさないとの報告であるが、その泥水に使用された泥材が、本研究の視点での水理学的・地球化学的影響のないまたは少ない泥材かどうかの判断基準にはならないと推察する。

しかし、このKTB掘削プロジェクトの結果報告による地球化学的影響の少ない泥材を選定する上で、効果が現れた泥材を選択すれば、合成スメクタイト等の無機質の泥材が挙げられよう。

このKTB掘削プロジェクトにおいて、従来のNa-ベントナイトに代わり、無機質の合成スメクタイト(Dehydrill-HT 泥材)が使用・実用化され、水理学的・地球化学的影響のないまたは少ない泥材との報告がなされた。しかし、その規格はドイツ国内のものであった。

また、PERFFLOW DIFは無機質とは異なりポリマー類の泥材である。最近では、油層への影響の少ない泥材として、特に石油の分野で開発中でありその効果に期待するが、実績については泥材メーカーの社外秘となっていることが判明した。

したがって、今回の文献調査の結果では、水理学的・地球化学的に影響のないまたは少ない泥材の選定については、地層処分研究の分野からは困難であることがわかった。ただし、サイト特性の観点から、東濃地域と類似の地質環境を有するスイスの複数の地域において、Nagraのプロジェクトで使用されたBAROID社の泥材を試みる価値はあるものと考えられる。また、他の分野で影響の程度が少ない可能性のある泥材があげられた。しかし、これらの詳細については不明な点も多く、泥材の選定についてはさらに検討する必要性があるものと考えられる。

地下水汚染に影響がある化学物質の選定基準と、それに伴う泥材の選定について勘案すると、以下のことが考えられる。

- ① 地下水汚染に対する種々の化学物質の影響と、その化学物質の選定基準の確立
- ② 選定された化学物質と泥材の許容範囲量や基準値などの確立

また、地層水が地下に及ぼす影響を考慮した今後の掘削流体の技術開発としては、脱水減少剤や安定剤の機能のより優れた新しい泥材・泥水の開発を行うと共に、泥水・泥材の地下水への影響を確立することが必要である。

3. 室内試験

3.1 割れ目評価試験

3.1.1 試験の目的

泥水掘削において泥材の地下水への影響を調査する上で、原位置での岩盤の透水性や、割れ目の大きさ・方向・幅などのデータの影響の把握が重要である。これらを室内で解析・評価するため、室内評価試験を行った。

3.1.2 試験試料の採取

岩石試料は、動力炉・核燃料開発事業団により採取された DH-8 孔のボーリングコアを使用した。採取深度は 369.17m～369.58m であり、割れ目はコアの伸張方向とほぼ平行に発達している。

3.1.3 試験方法

岩石検知薬浸透試験は、以下の方法で行う。

- ① 採取したボーリングコアを所定の長さ（15～20cm 程度）に切断する。
- ② 切断した供試体の両端面を平面研削盤にて加工し、周囲をコンクリートボンド（コニシ株式会社製ボンド E200）で固化し、温風乾燥機内で 1 昼夜供試体の乾燥を行う。
- ③ 岩石検知薬 B（東亜化学合成株式会社製）の浸透方法は、供試体の両端面からのみ浸透するように周囲を固めた供試体を岩石検知薬 B 中に沈め、デシケータ内で真空引きを行い、供試体内に浸透させる。
- ④ この供試体を温風乾燥機内で 3 日間かけて固化し、固化した供試体の下部 2cm の部分を測定面として切断し表面加工を行う。
- ⑤ 次に測定範囲を 45mm×45mm とし、これを 8 1 ブロックに分割（5mm×5mm）した（図 3.1.3-1）。分割したブロックを顕微鏡下（10 倍率）で可視光と紫外光を照射し写真撮影を行い、その写真を画像解析装置を用いて割れ目の大きさ・方向・幅などのデータを取得する。
- ⑥ 画像解析の二値化は、紫外光を照射して撮影を行った写真をスキャナーで画像解析装置に読み込み、割れ目部を抽出し、ノイズを消去後各割れ目の面積・周囲長・最大長・円形度・平均径・方向・幅を測定した。方向については、X-Y 座標の X 軸にゼロとし、Y 軸方向をプラスとしている。

3.1.4 試験結果

試験供試体表面の可視光照射写真を図 3.1.4-1 に、紫外光照射写真を図 3.1.4-2 に、二値化写真を図 3.1.4-3 に示す。

花崗岩中には一般に、肉眼オーダーの割れ目及び顕微鏡オーダーの微細な割れ目が認められる。

今回の試験結果から、一般の可視光照射写真では、岩石中の大きな割れ目に樹脂が浸透しているのは確認できるが、微細な割れ目に浸透している樹脂は確認できなかった。これに対して紫外光照射写真では、可視光照射写真でも確認できた大きな割れ目と、その割れ目につながる微細な割れ目が確認された。

本試験では図 3.1.3-1 に示すように 45mm×45mm の観察面を 8 1 ブロックに分け、それぞれの割れ目の数と面積・周囲長・最大長・円形度・平均径・方向・幅を画像解析装置を用いて解析を行っている。それによると、各ブロックでは 4～39 個の割れ目が観測されており、面積では $1.6189\sim0.0002\text{mm}^2$ の範囲に入った（表 3.1.4-1：画像解析結果一覧表及び付録 2：画像解析結果表）。

図 3.1.4-4～図 3.1.4-6 は、各パラメータ内の相関を添付したもので、最大長と幅との関係には良い相関性が得られた。又、最大長と面積にも良い相関が得られた。一方割れ目の方向と幅については、 $30\sim60^\circ$ 、 $-30\sim-60^\circ$ の角度で幅が拡がっているように見える。これはその方向に割れ目が発達していることを示す。

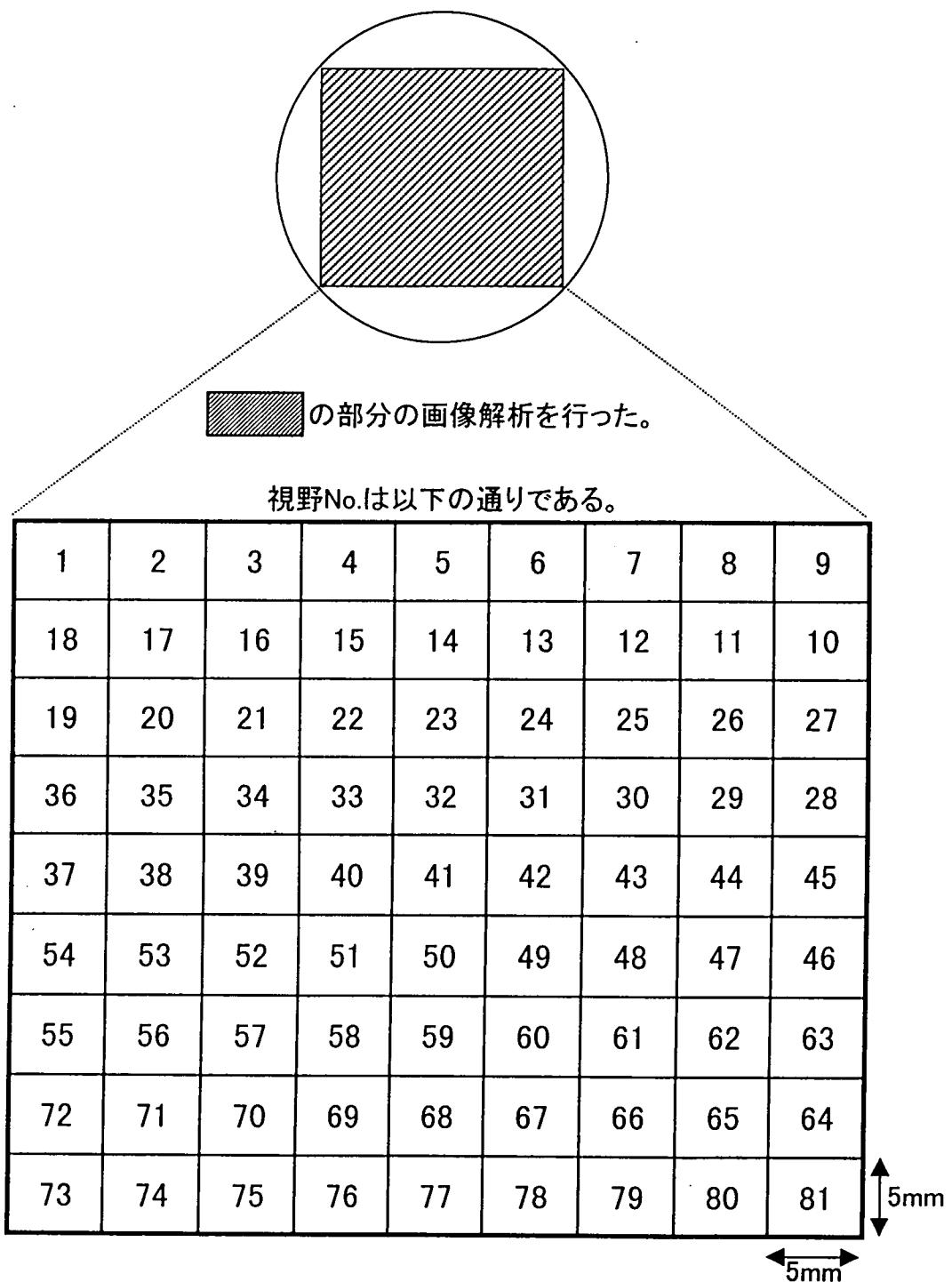


図 3.1.3-1 画像解析測定視野番号

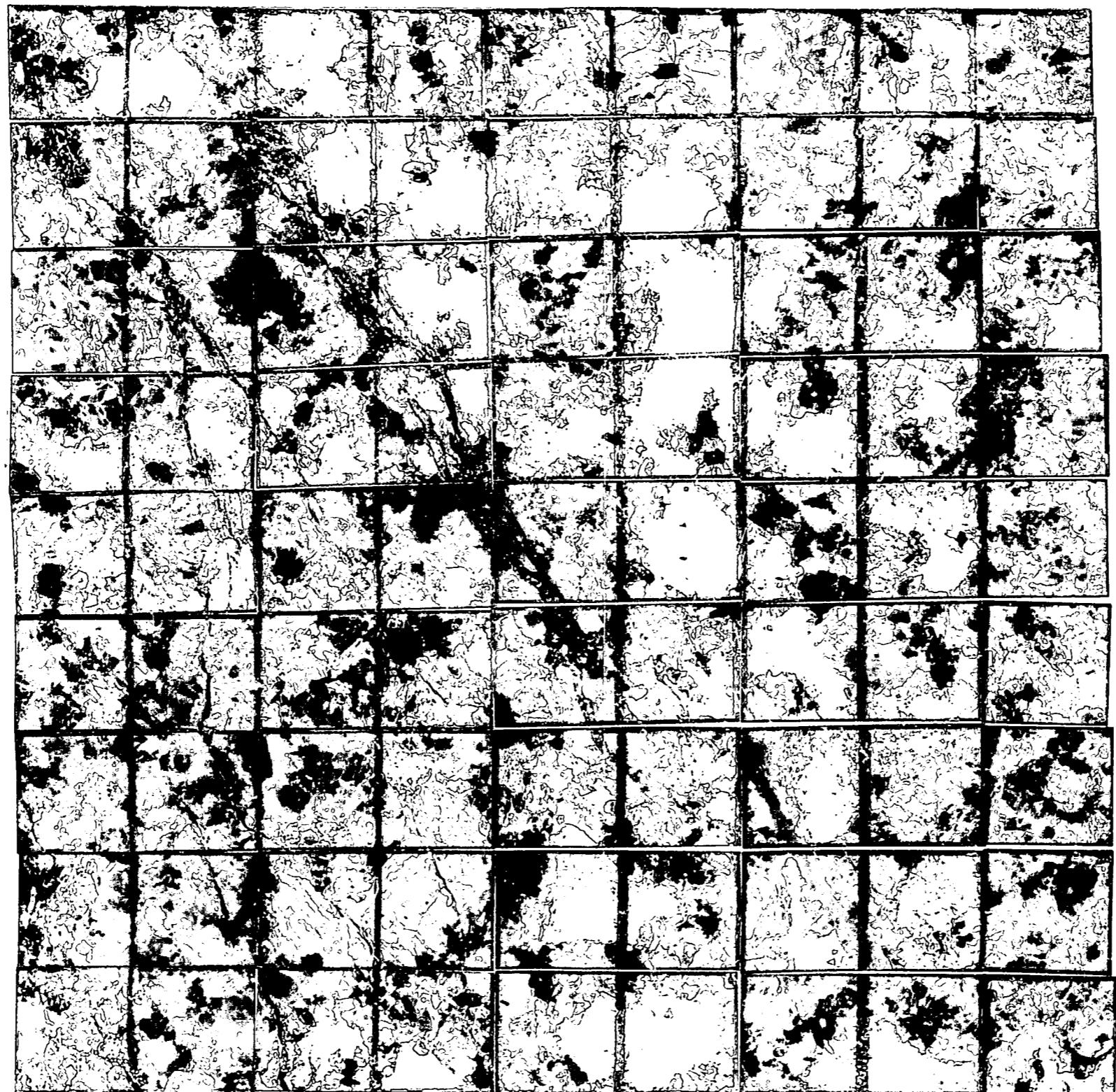


図3.1.4-1 可視光照射写真

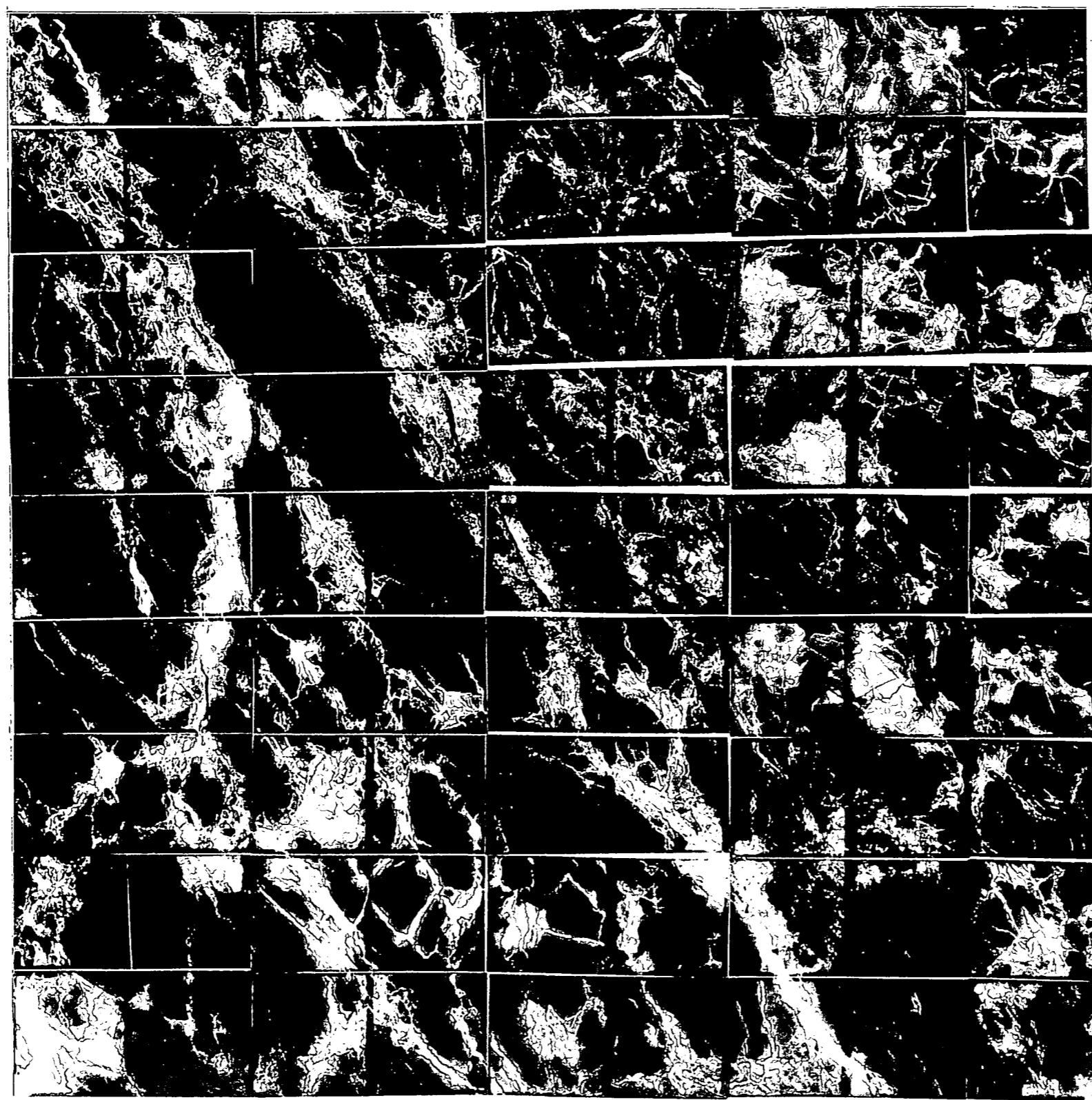


図 3.1.4-2 紫外光照射写真

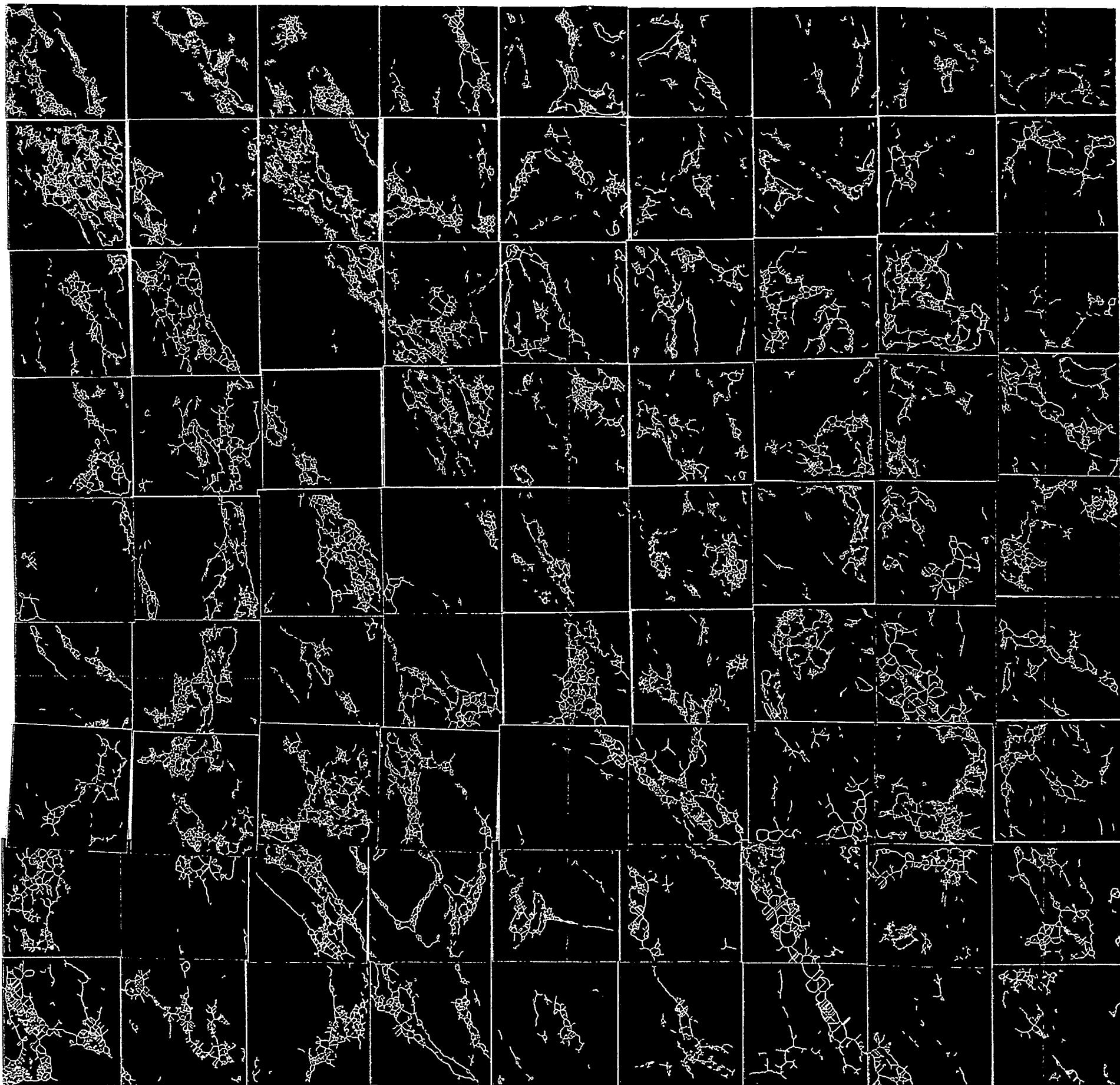


図 3.1.4-3 二値化写真

表 3.1.4-1(1) 画像解析結果一覧表

観察視野番号 No.	粒子個数 (個)	総領域面積 (mm ²)	総粒子面積 (mm ²)	面積率 (%)	最大粒子面積 (mm ²)	面積率 (%)	粒子データの平均値			
							面積 (mm ²)	周囲長 (mm ²)	円形度	平均径 (mm ²)
1	19	23.82606	1.0195	4.2790	0.3016	0.05366316	9.8079	0.1444	0.6216	0.9266
2	8	26.15726	0.7986	3.0531	0.6005	0.0998125	18.3791	0.0449	0.8964	1.3014
3	11	23.87455	0.7916	3.3157	0.3525	0.07195364	13.3426	0.0886	0.5968	0.8617
4	9	23.27517	0.4430	1.9035	0.3140	0.04921111	8.6706	0.1043	0.7050	1.0638
5	20	24.96237	0.6816	2.7306	0.3398	0.034085	6.1135	0.1245	0.4729	0.6910
6	13	23.5704	0.4077	1.7299	0.1544	0.03136154	5.6353	0.1390	0.5386	0.7895
7	12	24.03633	0.2130	0.8861	0.0665	0.01773333	3.1035	0.0655	0.4535	0.6903
8	19	21.82578	0.3373	1.5455	0.1435	0.01774737	3.1659	0.0962	0.3289	0.4903
9	18	22.80613	0.2619	1.482	0.0776	0.01454444	2.6021	0.0628	0.3717	0.5533
10	13	24.78313	0.4558	1.8393	0.2396	0.03505385	6.1667	0.1082	0.5398	0.8050
11	17	23.7603	0.2396	1.0082	0.1736	0.01408235	2.4340	0.1259	0.2798	0.4115
12	21	25.55516	0.5579	2.1830	0.2394	0.02657143	4.7400	0.0971	0.3887	0.5807
13	23	26.19761	0.3876	1.4794	0.0867	0.01684783	2.9763	0.0855	0.3707	0.5423
14	22	27.71527	0.5332	1.9240	0.1461	0.02423636	4.2593	0.0864	0.4455	0.6616
15	13	25.24635	0.6774	2.6830	0.4533	0.05210769	9.4300	0.1058	0.5472	0.7870
16	39	26.68953	1.2389	4.9420	0.5179	0.03176667	5.6799	0.1542	0.4212	0.6362
17	17	28.75188	0.5175	1.8000	0.3736	0.03045294	5.3932	0.2706	0.4005	0.5823
18	16	26.71824	1.7438	5.2668	1.6189	0.10894375	19.9320	0.1686	0.5562	0.7780
19	22	26.51728	0.5524	2.0833	0.3115	0.02510455	4.4030	0.1027	0.4482	0.6783
20	11	28.52803	0.8159	2.8599	0.4235	0.07415455	12.9830	0.1237	0.8684	1.2661
21	13	27.71294	0.4846	1.7485	0.4093	0.03725385	6.6413	0.2413	0.3763	0.5355
22	22	25.31385	0.7191	2.8406	0.5718	0.032668182	5.7597	0.1645	0.3724	0.5503
23	18	26.47965	0.6192	2.3383	0.2489	0.0344	5.9478	0.1849	0.6307	0.9149
24	19	27.20395	0.6906	2.5384	0.2365	0.03634737	6.4264	0.0820	0.6146	0.9266
25	19	25.91324	0.7037	2.7158	0.4213	0.03703684	6.5555	0.1142	0.4903	0.7173
26	8	24.78313	0.9992	4.0317	0.8131	0.1248875	22.1535	0.2065	0.9421	1.3355
27	18	26.16414	0.2273	0.8656	0.0419	0.01252778	2.2129	0.0782	0.3335	0.4923
28	15	26.69903	0.7493	2.8066	0.4913	0.04994	-8.7632	0.0588	0.6842	1.0049
29	15	26.45792	0.4974	1.8798	0.2215	0.03316	5.9363	0.0490	0.5377	0.7669
30	10	26.91493	0.5827	2.1650	0.4813	0.05827	10.4122	0.0720	0.5943	0.8318
31	26	26.05484	0.5961	2.2878	0.1453	0.02291923	4.0577	0.0786	0.4356	0.6321
32	17	27.42276	0.6050	2.2062	0.3833	0.03558235	6.3411	0.0674	0.4880	0.7037
33	25	25.05858	0.8547	3.4106	0.4060	0.034188	6.1053	0.1928	0.3971	0.5814
34	5	24.99661	0.3154	1.2616	0.1596	0.06306	11.2479	0.1112	0.6942	0.9877
35	12	27.3956	0.7930	2.8945	0.6617	0.066075	11.6701	0.0580	0.6753	0.9929
36	10	25.34528	0.5265	2.0771	0.2886	0.05265	9.4303	0.1494	0.6260	0.9195
37	7	26.5359	0.2204	0.8304	0.1053	0.0348571	5.5511	0.1807	0.6051	0.8603
38	14	28.9765	0.7402	2.5545	0.5804	0.05238571	9.3135	0.2511	0.5376	0.7842
39	9	27.91507	0.8888	3.1839	0.8405	0.09874444	17.5874	0.1605	0.6586	0.9160
40	11	27.65999	0.2153	0.7784	0.1096	0.01957273	3.3920	0.2571	0.3638	0.5370
41	14	27.78937	0.3744	1.3472	0.2479	0.02674286	4.7135	0.0847	0.4293	0.6507
42	26	26.62319	0.7548	2.8350	0.3571	0.02902692	5.2898	0.0975	0.3665	0.5456

表 3.1.4-1(2) 画像解析結果一覧表

観察视野番号 No.	粒子個数 (個)	総領域面積 (mm ²)	総粒子面積 (mm ²)	面積率 (%)	最大粒子面積 (mm ²)	面積率 (%)	粒子子平均値		
							円形度	周囲長(mm ²)	最大長(mm ²)
43	19	26.18946	0.4560	1.7413	0.1938	0.02398947	4.3007	0.0861	0.4466
44	11	25.96852	0.6035	2.3238	0.2644	0.0584545	9.8088	0.1688	0.6483
45	11	27.33974	0.7010	2.5641	0.3263	0.06373636	11.4332	0.0579	0.7315
46	9	27.48832	0.4708	1.7127	0.2818	0.05228889	9.1983	0.0599	0.8813
47	11	26.12622	0.7718	2.9542	0.6867	0.070163364	12.7741	0.1064	0.6656
48	14	25.62926	0.8479	3.3082	0.5499	0.06055	10.9868	0.0892	0.6002
49	14	25.55516	0.5841	2.2855	0.4132	0.04172143	7.4234	0.1101	0.4826
50	13	27.56649	0.7427	2.6943	0.5662	0.05713846	10.0803	0.2395	0.6141
51	6	24.85588	0.6147	2.4731	0.5480	0.10246667	18.1754	0.0562	0.9872
52	16	26.19722	0.3581	1.3669	0.1614	0.0223875	3.9572	0.1306	0.4243
53	112	27.04606	0.8085	2.9893	0.7445	0.067375	12.0589	0.2352	0.5034
54	11	24.23845	0.3643	1.5029	0.1049	0.03311818	5.9521	0.1040	0.5994
55	11	25.89927	0.3773	1.4567	0.3117	0.03429091	6.0066	0.1184	0.5649
56	15	27.12947	1.051	3.7416	0.4972	0.06767333	12.3259	0.0636	0.6450
57	15	25.48727	1.0653	4.1798	0.9266	0.07102	12.7697	0.1438	0.5592
58	6	25.34101	0.6956	2.7449	0.5961	0.11593333	20.6917	0.2124	1.0614
59	8	27.85591	0.1835	0.6588	0.1352	0.022925	4.0285	0.0778	0.4285
60	8	24.99667	0.8558	3.4237	0.7947	0.106975	19.1416	0.0658	0.9036
61	21	26.4102	0.4353	1.6482	0.2107	0.02072857	3.5780	0.2435	0.4368
62	11	26.12564	0.9837	3.7651	0.8774	0.08941818	15.9369	0.2423	0.6920
63	20	27.25439	0.5659	2.0875	0.2822	0.028445	4.9728	0.0697	0.5615
64	12	28.04369	0.6355	2.2660	0.3426	0.05295833	9.3999	0.0760	0.7106
65	18	25.69998	0.6834	2.6591	0.4328	0.03795	6.8609	0.1537	0.4404
66	14	26.33998	0.7288	2.7668	0.6172	0.05204286	9.3374	0.1762	0.5053
67	11	25.34538	0.4382	1.7289	0.2716	0.03982727	7.1068	0.1312	0.6442
68	15	26.75334	0.4413	1.6720	0.3319	0.02982667	5.3092	0.1070	0.4472
69	10	25.55931	0.6565	2.5765	0.3195	0.06585	11.6406	0.1101	0.8597
70	4	25.13229	0.9039	3.5967	0.8353	0.225975	41.3334	0.3068	1.4531
71	7	26.58633	0.3501	1.3169	0.3137	0.05001429	8.8539	0.1115	0.5991
72	8	24.65248	0.6562	2.6619	0.6213	0.082025	14.6030	0.1532	0.6466
73	8	26.36833	1.1792	4.4720	1.1375	0.1474125	27.0682	0.1314	0.8448
74	10	27.93099	0.6863	2.4571	0.5905	0.06862	12.6128	0.0831	0.7036
75	12	26.91493	0.5034	1.8702	0.4384	0.04195	7.4361	0.1029	0.5034
76	11	26.46219	0.6895	2.5905	0.4545	0.06232727	10.9660	0.2449	0.7995
77	11	27.42334	2.3122	0.8431	0.1234	0.02101818	3.6705	0.1449	0.4910
78	13	26.18946	0.4176	1.5946	0.3059	0.03212308	5.8088	0.0639	0.5040
79	10	25.98423	0.4694	1.8066	0.2917	0.04693	8.3788	0.0641	0.8242
80	13	25.76931	0.2708	0.1918	0.0508	0.02081538	3.6779	0.1204	0.3880
81	17	28.1909	0.4013	1.4236	0.1207	0.02361176	4.2553	0.1230	0.4703

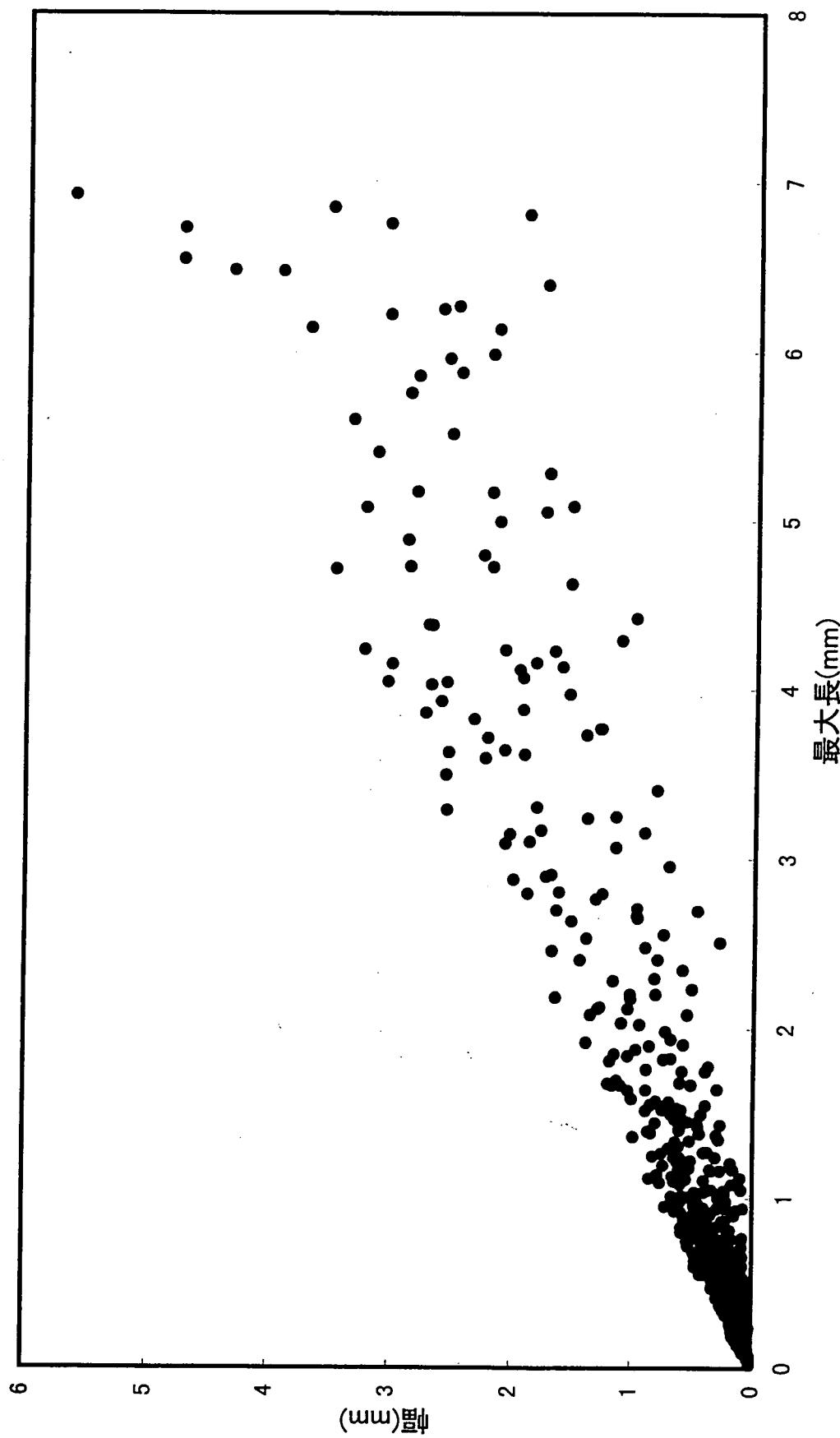


図 3.1.4-4 最大長と幅の関係

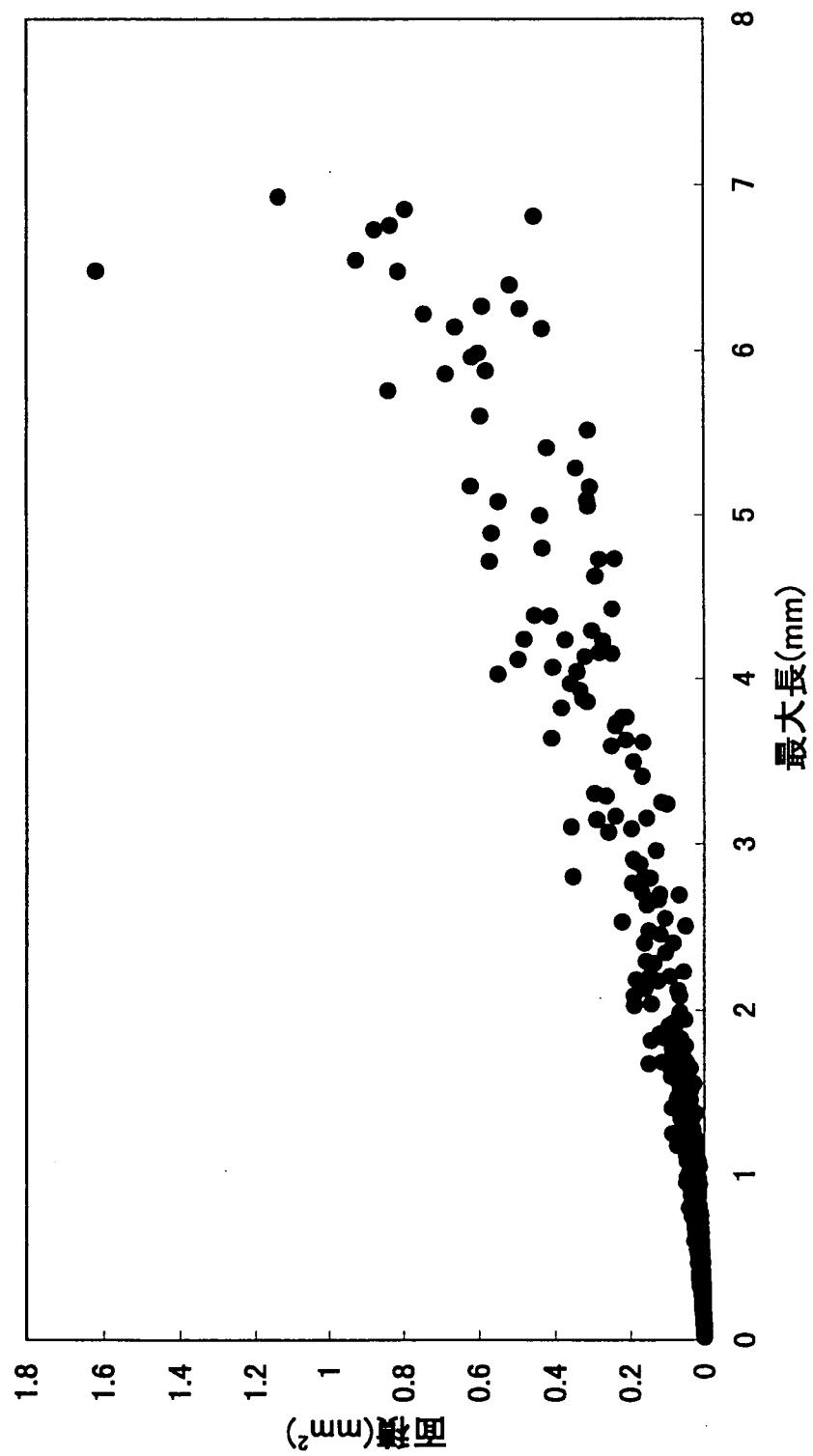


図3.1.4-5 最大長と面積の関係

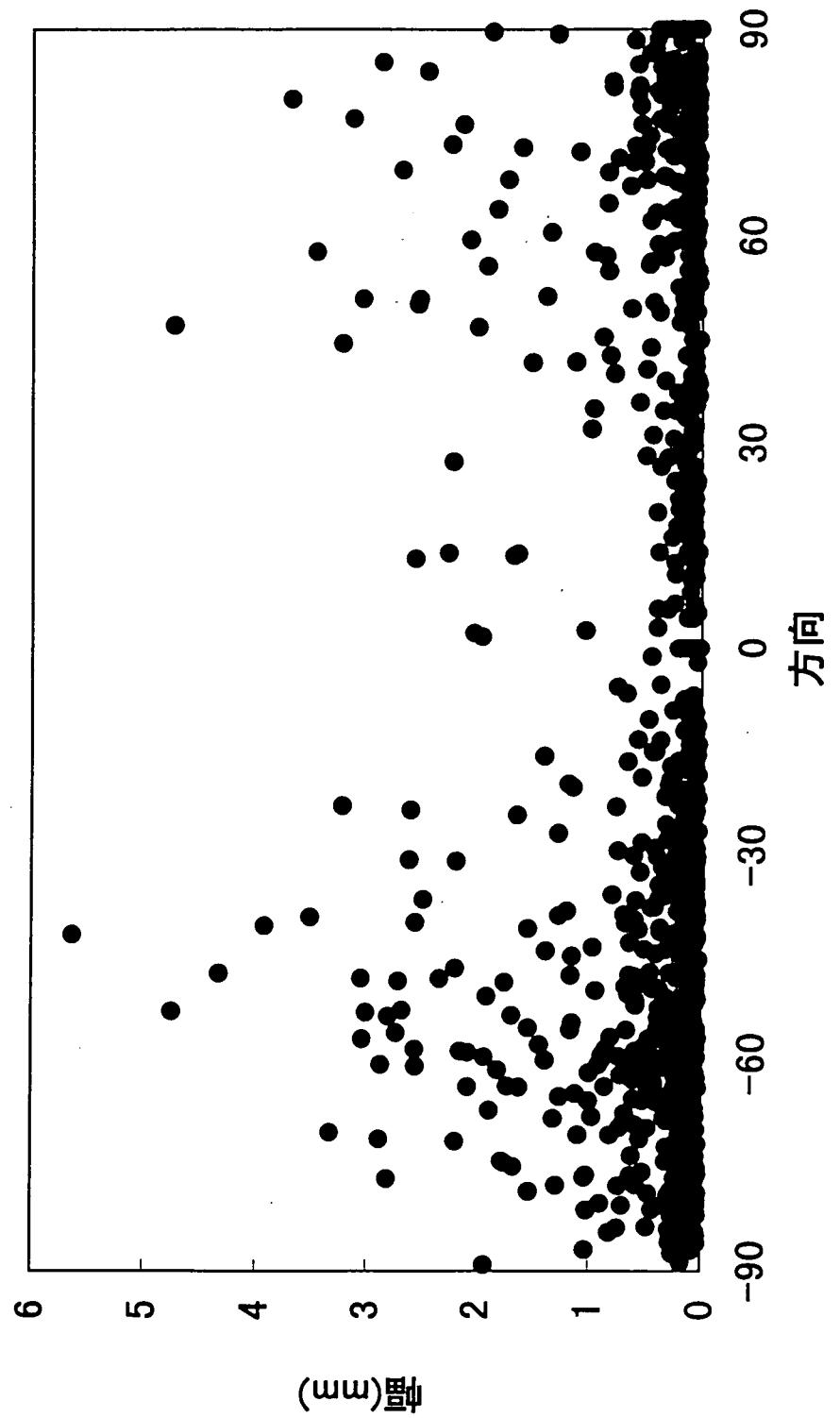


図 3.1.4-6 割れ目の方向と幅の関係

3.2 バッチ試験

3.2.1 試験の目的

文献調査の結果を基に選定した泥材およびベントナイト系泥材からのイオン溶脱量を把握するために、室内バッチ試験を行う。

3.2.2 試験試料の採取・調達

水試料は、東濃鉱山坑内より行われたボーリング孔より湧水している地下水試料を、動力炉・核燃料開発事業団により採取されたものを使用した。

泥材は、次のものを使用することとした。ベントナイト系泥水では、DH-8号孔で使用したベントナイト泥水を構成するベントナイト及びCMCを用いることとする。ここで、ベントナイトはクニゲルV1で、CMCはテルセローズTE-M Sである。両者の溶液中の濃度は、DH-8号孔掘削時の記録を検討した結果、ベントナイト6.5%、CMC1%として試験に供した。ベントナイト系泥水以外では、文献調査から今回は水理学的・地球化学的影響の少ない泥材の選定が困難であることがわかったので今後さらに検討する必要性がある。

3.2.3 試験の方法

イオン溶脱試験は、以下の方法で行う。

- ① ベントナイト泥水では、ベントナイト（クニゲルV1）6.5%、CMC（テルセローズTE-M S）1%の割合で混合して泥材を1kg作成する。テルコート泥水では、ベントナイト（クニゲルV1）2%、テルコートDP 0.1%、テルポリマーL 0.3%の割合で混合して泥材を1kg作成する。
- ② 地下水を500g秤量し、1リットルポリ容器に入れる。
- ③ ①の泥材を50g秤量し、②のポリ容器に入れる。
- ④ 回転式オートクレーブで、50°C、58rpmで3日間反応させる。
- ⑤ 反応後、溶液を濾過し、化学定量分析をする。

分析は以下の項目で行う。

pH、電気伝導度、Na、K、Si、Ca、Mg、Cl、F、SO₄、NO₃、PO₄、全有機炭素

3.2.4 試験結果と考察

試験結果を表3.2.4-1に示す。どの成分においても泥材との反応後の濃度が増加していることが判る。特にナトリウム、ケイ素、塩素、全有機炭素については、著しい増加が見られた。この中で、ナトリウム、ケイ素、塩素については泥材中に含有される成分が地下水中へ取り込まれたことから起こったと考えられる。また、全有機炭素については泥材に添加したCMC及びポリマーから取り込まれたものと思われる。したがって、3日の反応でこれだけ大量の成分が地下水中へ取り込まれることが判った。しかし、ここでは純粋な泥材を用いての実験であって、今後実際の岩石を用いて地下水と反応させることが必要であると考えられる。また、今回の実験は地下水と泥材の1回のみの反応を分析していく、実際の行程では泥材は絶えず地下水と反応しているため、何回も反応を繰り返していることになる。従って、初めの数回は地下水への脱イオンの量が多いが、回数が増すごとに脱イオン量は減少していくと考えられる。このため、同じ泥材に数回地下水を通した後の脱イオン量を測定する必要もあると考えられる。

表 3.2.4-1 地下水の泥材との反応前後の化学分析値

		反応前	反応後
pH(17.7°C)		8.2	8.9
電気伝導率	ms/cm	0.17	0.81
Na	mg/l	30	198
K	mg/l	0.39	1.09
Si	mg/l	12	602
Ca	mg/l	11.4	32.9
Mg	mg/l	0.19	2.6
Cl	mg/l	0.8	76
F	mg/l	4.1	4.7
SO ₄	mg/l	4.9	43
NO ₃	mg/l	<0.2	0.8
PO ₄	mg/l	<0.01	0.19
全有機炭素	mg/l	<1	314

4. 現場試験データの解析

ベントナイト泥材を使用して掘削した試錐孔（DH－8号孔）の掘削データ、BHTV観察画像テープ、物理検層データを基に下記の事項について評価を行う。

- ① 破碎部掘削時のベントナイト泥材の効果
- ② 孔内洗浄によるベントナイト泥材の除去

4.1 試錐掘削データ

動燃事業団より借用した試錐掘削データは以下のとおりである。

掘削記録日報には、115.40 m及び224.00 mで全量逸水の記録が残されている。また、ボーリングコア柱状図及びコア写真によると、地表から深度約230 mまでは全体に割れ目及び破碎帯が多く認められる。このような地質状況の中、孔内崩壊が生じ、且つ逸水によるスライムの循環が不可能となり、清水掘削だけでは掘進不可能となり深度227.40 mで掘削を断念せざるを得なかった。引き続き、別の孔を掘り直すこととなった。

掘り直し後の孔は、深度227.40 mまでをトリコンピットによるノンコア掘削であった。掘削水には、ベントナイト6～10%、CMC 0.1～1.0%までの組合せによるベントナイト泥水を使用した。

したがって、泥水工法による破碎部の掘進については、極めて効果があったと言える。

4.2 BHTV画像テープ

動燃事業団よりの報告によると、掘り直し後の孔を使用してボアホールテレビ観測が行われた。いったん深度227.40 mまで掘削を中断し、物理検層を実施した後、5日間孔内洗浄し、ペーラーによる採水後孔内水の濁りの程度を調べた後に、ボアホールテレビ観測が行われた。

その画像テープを再生した結果、全体に淡紫灰色の縞模様があり岩盤状況が全く把握できなかった。この理由は、直径約200 mmの孔に対してプローブの直径が約80 mmのために、孔壁までの光の透過が困難で鮮明な画像が得られなかつものと考えられる。仮に直径が約100 mmの孔であれば、孔壁の状態が把握できたかも知れない。

すなわち、孔内洗浄によるベントナイト泥水の濁りについては、孔径とプローブの径との差があまりにもあり過ぎるので評価できない。したがって、ベントナイト泥材の除去についても、直接には評価困難となる。

一方、画像テープの状態が鮮明に近い状態であれば、孔壁をどの程度保護しているか、どのように保護しているか、あるいは孔壁がどのように崩れているか等の泥壁の状態から、ベントナイト泥材の除去の評価が可能になるかも知れない。

4.3 物理検層データ

4.2で検討した事項について、動燃事業団より借用した物理検層データを基に再度検討した。

破碎帯等の地質状況の影響を反映したボーリング孔の状態を一番整合的に表している手法は、キャリバー検層である。また、電気検層のロングノルマルについても、岩石の状態を反映しているようである。

これらの結果から、ベントナイトによる孔壁の維持、つまりベントナイト泥材の効果については評価できるものと考えられる。しかし、ベントナイト泥材がどのように孔壁を保護しているか、あるいは泥材の除去があるのかについては、評価することは不可能である。

5. まとめ及び課題

動力炉・核燃料開発事業団では、広域地下水流动研究及び超深地層研究所計画などを目的として、深度 1,000 mの試錐調査を実施している。同調査の試錐孔を利用した試験には水理試験や原位置採水試験があり、これらの試験を実施するため清水を使用する掘削工法を採用している。

清水工法による深度 1,000 m級の試錐孔の掘削については、カッティングスの排出及び孔壁の維持が極めて困難であり、トラブルが生じている。これらのトラブルの対処方法の一つとして泥水工法の適用があげられる。しかし、現段階では泥水掘削により地下水及び地層が被る水理学的及び地球化学的影響度を解析できてはいない。

したがって、深地層において掘削に使用した試錐泥材の水理学的・地球化学的影響度を調査すること及びできるだけ影響の少ない泥材の選定を目的として、机上調査、室内試験及び原位置試験の実施を検討した。本年度はその 1 年目として、机上調査及び室内試験の一部を実施した。

掘削流体（泥水）を構成する泥材の影響についての海外の地層処分関係の公表された文献は非常に限定されたものとなっている。したがって、各々の機関・組織の担当者に対する直接の聞き取り等による未公表資料等の情報収集を行った結果、ベントナイト、ポリマー等の各泥材の選定・実施時にはサイト特性を考慮しているとの情報は得られたが、具体的にどの泥材の影響度が少ないかについての情報は非常に限定されたものであることがわかった。

次に、学術の分野では、例えば K T B 掘削プロジェクトにおいて、無機質の合成スマクタイト(Dehydrill-HT 泥材) が使用・実用化され、水理学的・地球化学的影響のない、または少ない泥材の可能性が指摘された。しかし、その規格はドイツ国内のものであった。

また、PERFFLOW DIF は無機質ではなくポリマー系の泥材である。最近では、油層への影響の少ない泥材として、特に石油の分野で開発中でありその性能には期待できるが、残念ながら実績についてはメーカーの社外秘となっている。

今回の文献調査の結果では、水理学的・地球化学的に影響のないまたは少ない泥材の選定については、地層処分研究の分野からは限定された情報しか得られなかった。その中で、東濃地域と Nagra のサイトが類似の地質環境を有しているという観点から、Nagra が使用した泥材を試験してみる価値はあるものと考えられる。また、他の分野で影響の程度が少ない可能性のある泥材があげられたが、今後、検討の必要性があるものと考えられる。

そして、地層及び地下水を乱さない掘削工法及びトレーサー等の技術開発の重要性について知見が得られたことは、今後の地層科学的研究に対して重要であると考えられる。

室内試験のうちバッチ試験に供する泥材については、ベントナイト系泥水では、D H - 8号孔で使用したベントナイト泥水を構成するベントナイト（クニゲルV 1）及びC M C（テルセローズT E - M S）を用いることとした。ベントナイト系泥水以外では、文献調査から今回は水理学的・地球化学的影響の少ない泥材の選定が困難であることがわかったのでさらに検討する必要性がある。

室内試験の結果、割れ目評価試験では花崗岩中の微細な割れ目の発達状況が把握できた。また、バッチ試験では泥材と地下水の反応後短時間に分析成分の濃度の増加が認められた。

今後、Nagraのプロジェクトで使用されたBAROID社の泥材を使用し、比較検討を試みる必要性がある。また、カラム通水試験、割れ目中の泥水挙動解析試験等の追加が必要である。

さらに、それらの予測解析や原位置による検証、最後に総合評価を実施することが、一連の調査として重要であり、これらの課題の成果の一部は第2次取りまとめに反映される可能性がある。

あとがき

動力炉・核燃料開発事業団の広域地下水流动研究及び超深地層研究所計画のための深度1,000mの試錐調査では、清水工法が採用されている。しかし、清水工法による深度1,000m級の試錐孔の掘削は、カッティングスの排出及び孔壁の維持が極めて困難であり、トラブルが生じている。

このような課題に対して、泥水工法の適用の可能性についての調査の実施が示唆された。本年度はそれらのうち、文献調査による試錐泥材の選定、室内試験が行われた。

本年度の調査をすることにより、目的の達成に向けて解決可能な見通しが得られたが、いくつかの課題も残された。

次年度以降、課題の解決に向けて鋭意努力し、本調査の成果の一部を第2次取りまとめに反映できるように、さらに調査を進める必要性がある。

謝　　辞

本調査を行うに当たり、株式会社テルナイトの担当の方々には種々の資料の提供をしていただいた。また、海外の地層処分関連の文献調査では、SKB、TVO、Nagra、Nirex等の諸機関の関係各位には、種々の情報の提供をお願いした。ここに、以上の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

A. 一般図書

岩松一雄, ポーリングハンドブック : 森北出版, pp.62~79 (1981)

岩松一雄, 地熱資源ポーリングマニュアル : 築地書館, pp.43~51 (1991)

沖野文吉, ポーリング用泥水 : 技報堂出版, pp.119~157, pp.229~246 (1981)

石油技術協会 : 石油生産技術用語集, 海文堂出版 (1989)

社団法人全国地質調査業協会連合会 : 和英両引きポーリング用語集 (1989)

B. 論文

A. Gautschi and A. Scholtis, Sampling and Analysis of Ground-Waters from Deep Boreholes : Nagra Bulletin, December 1989 (1989)

古賀 慎, 合成スメクタイトの超深度陸上學術ポーリングへの応用 : 粘土科学, Vol. 33, No.1, pp. 3~12 (1993)

今野 淳, ドイツKTBプロジェクトにおける使用泥水と坑内安定性について : 超深度技術コアードリリング技術研究会からの送付資料, pp.1~12 (1994年入手)

M. Ellines and T. Tran Viet, Germany's Continental Deep Drilling Program KTB -Drilling Fruid Concept and Data Acquisition System : Oil Gas-Eurpean Magazine, No.4, pp. 30-34 (1990)

R. Chaplow, The Geology and Hydrogeology of Sellafield: an Overview : Quarterly Journal of Engineering Geology, 29, pp.1-12 (1996)

斎藤清次, ドイツKTBプロジェクトにおける最新掘削技術 : 地熱エネルギー Vol. 31, No.131, pp.63~75 (1994)

C. レポート

AECL, Enviromental Inpact Statement on the Concept for Disposal of Canada's Nuclear Fuel Wast : AECL Report, AECL-10711, COG-93-1 (1994)

C. C. Davison, Physical Hydrogeology Measurements Conducted in Boreholes WN-1, WN-2, WN-4 to Assess the Local Hydraulic Potentioal of a Granitic Rock Mass : AECL TR-26, pp. 3-5, p. 33, pp. 44-45 (1980)

C. C. Davison, Draft Report of Summary of the Appendix a Groundwater Tracer Test Program at the WNRE Borehole Site Report of Actives for the Period 1987 April to 1989 March (FY 1987/88/89) : AECL, pp. 1-5 (1989)

C. C. Davison, Report of Summary of the Appendix a Groundwater Tracer Test Program at the WNRE Borehole Site Report of Actives for the Period 1989 April to 1990 March (FY 1989/90) : AECL, pp. 1-14, p. 26 (1990)

C. C. Davison, A. Brown, R. E. Everitt, M. Gascoyne, E. T. Kozak, G. S. Lodha, C. D. Martin, N. M. Soonawala, D. R. Stevenson, G. A. Thorne and S.H. Whitaker, The Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste: Site Screening and Site Evaluation Technology : AECL Report, AECL-10713, COG-93-3 (1994)

C. Juhlin, The Borehole KLX 01 at Laxemar—Geological Hydrogeological and Groundwater Chemistry Data in Section 702–1078m : SKB PR25-91-07, pp. 1-18 (1993)

C. Ljunggren, Core Drilling by Reverse Frushing—A New Drilling Concept for Small Diameter Boreholes : SKB TR93-30, pp. 1-30 (1993)

K-E. Almen and O. Zellman, Aspo Hard Rock Laboratory. Field Investigation Methodology and Instruments Used in the Pre-Investigation Phase, 1986–1990 : SKB TR91-21, pp. 33–40 (1991)

Kenting Drilling Services Limited : SKB Deep Coring Project (1990)

児玉伸一, 試錐掘削技術に関する動向調査 : PNC ZJ7694 pp. 31–41 (1996)

O. Andersson, Deep Drilling KLX 02—Drilling and Documentation of a 1700m Deep Borehole at Laxemar, Sweden : SKB TR94-19, pp. 1-46 (1994)

塚本由三, 青山成夫, 深部地質環境データ取得手法の調査 : PNC ZJ1409, pp. 289–307 (1996)

鶴留浩二, 野崎 茂, 試錐掘削技術に関する文献調査 : PNC PN7420, pp. 68–73 (1996)

TVO, Final Disposal of Spent Nuclear Fuel in the Finnish Bedrock – Preliminary Site Investigations : TVO Technical Report, YJT-92-32E (1992)

D. カタログ

Baroid Drilling Fluids のパンフレット (<http://www.baroid.com/>)

FEDERAL : MATERIAL SAFETY DATE SHEET (1996)

FEDERAL : TABLE OF CONTENTS- Drilling Fluids Products (1996)

Henkel KGAA : Dehydrl HT (1998)

株式会社テルナイト：製品一覧表，各種製品カタログ

Kelco Oil Fluids Group Inc : Kelco Rotary TECHNICAL HAND BOOK,
Drilling Fluids Division, pp. 33~42 (1985)

M - I Drilling Fluids Co. : 1990-91 GENERAL CATALOG, p. 15 (1991)

WORLD OIL : World Oils 1996 Drilling, Completion and Workover Fluids,
Gulf Publishing Co.

●

付録 1
BAROID 社の泥材

●

●

●

●

<邦訳版>

1. バロイド社の概要

本社所在地

Baroid Drilling Fluids, Inc.

3000 North Sam Houston Parkway East

Houston, Texas 77032

Phone: (281) 871-4000

Fax: (281) 871-5742

バロイド社の掘削流体は65年間に渡って、掘削流体産業においてリーダーシップを取ってきた。それは我々が質の良い掘削流体とサービスを提供してきた結果である。

バロイド社は掘削流体産業界において最も豊かな経験を持ち、力を注いでいる会社である。我が社には、研究者、流体作成の化学者、環境工学者、そして、現場において適切な掘削流体を選択し、取り寄せることができるスタッフがいる。

2. BAROID社のDRIL-N プロダクト

顧客の要望に応えて、バロイド社は、地層への損傷が最小になるように考えつつ、6つの掘削流体システムを開発した。DRIL-NTMラインシステムの開発によって、バロイド社は掘削者が要求した様々な掘削流体システムの全て、掘削完了の作業時に必要とされる塩水の全てのタイプ、フィルトレーション機能を持つ全ての塩水のタイプ、それらを使用するにあたって地層への損傷を最小にしたいという要求に応えられるようになった。

掘削における流体に関してまず注目される点は、基本的に地層を損傷しないこと、優れたボーリング孔内洗浄能力と坑内洗浄の容易さを提供すること、コスト効果が高いことである。これらの掘削流体に関して、水平ボーリングや掘削完了作業において幅広い問題が発生する。バロイド社の DRIL-N システムは特に地層への損傷を最小、あるいは回避するために可能な限り最小のフィルトレーション速度を提供するように設計されている。

この逸水の制御を完成させるために、特別に選択されたポリマーや連結粒子の使用が我々のDRIL-N システムに組み込まれている。さらに、膨大な量の試験と研究が実施され、我々の DRIL-N システムにおいて、最適なポリマーとその濃度を選択する手順を作り上げた。この研究と試験を通して、特別な連結粒子が選択され、小さいフィルトレーション速度と薄くて非常に低透水性のフィルターを作るのに最も効果的な連結粒子の大きさを決定した。

DRIL-N システムで使用するのに最も適切な流体が決定された後に、薄くて非常に低透水性の層を発生させるのと同時に、望ましいレオロジー特性に関して対応した。良いフィルトレーション特性と薄くて低透水性の層を供給するために使用された連結粒子は、

BARAPLUG（サイズが一定の塩）と BARACARB（サイズが一定のカルシウム炭酸塩）である。様々なシステムにおいて、これらのフィルターの層を効果的に取り除く能力は、フィルトレーション能力とフィルターの層を作成する能力と同じくらい重要である。このフィルター層を正確に取り除くこととその除去手順によって、地層が最初の透水性を取り戻し、興味の対象である部分の生産を高める。

優秀な生産結果と地層への最小損傷を達成するために、バロイド社の 6 つのシステムのうちの 1 つをぜひあなたのシステムに選択下さい。

表1 DRIL-N 流体システム

システム名	簡潔な内容	概要
BARADRIL-N	整粒されたカルシウム炭酸塩システム	掘削中と掘削完了後に酸によって溶けやすい流体の組成を提供する。このシステムは逸水と地層の安定を第一の関心として、地層に損傷を与えない掘削として設計されている。このシステムでは、透水性を復元する点において優秀であり、塩酸、酵素、酸化剤を使用することによって、フィルターケーキ（ボーリング孔壁に形成する層）は容易に取り除くことができる。さらに、フィルターケーキを取り除くためには低い上昇圧で間に合うので、井戸は効率的にフィルターケーキを取り除くために掘削され得る。
COREDRIL-N	全ての油田掘削コアシステム	これは 100%、オイルと合成物から成る掘削流体である。伝統的な掘削作業によって生じる地層の損傷を制御するために開発された。このシステムは、適正な濃度の BARACARB（整粒されたカルシウム炭酸塩）あるいは BARAPLUG（整粒された塩化ナトリウム）を含み、岩石中の孔を連結するために設計された。これによって、低いフィルトレーション速度と流体の侵入の最小化を実現できる。COREDRIL-N システムでは受動的な乳化剤を使用し、乳化剤の固まりができる危険度を減らし、リザーバの湿潤度を保持している。
MAXDRIL-N	金属一シリカ混合システム	MAXDRIL-N システムは掘削、ミーリング、仕上げ作業のために設計された金属一シリカ混合システムである。ボーリング孔を安定させ、ケーシングの切削や高傾斜井や水平掘削井において優れた坑内洗浄能力を発揮する。この流体

		<p>は、未固結で不安定でストレスのかかったあるいは断層がある地層のときに特に効果的である。</p> <p>MAXDRIL-N システムは低透水性の層を作り、地層への流体と固体の侵入を制限し、地層への損傷の可能性を低減する。</p>
QUIKDRIL-N	LSRV を伴う調整されたポリマーシステム	<p>QUIKDRIL-N システムは粘性と浮遊のために調整されたポリマーを利用するソリッド・フリー・システムである。このシステムは、特にコイル・チューピング・オペレーションとスリム・ホール掘削のために設計された。ポリマー濃度の調整を通して、循環圧力は調整され、一方、優れたボーリング孔内洗浄と同様に優れた LSRV を持つ掘削流体システムを提供する。QUIKDRIL-N システムは同様に地層の損傷を防止し、優れた透水係数回復結果を示す。</p>
SHEARDRIL-N	調整されたポリマーに適宜粘土を添加するシステム	<p>SHEARDRIL-N システムはソリッド・フリーで調整されたポリマー掘削流体である。 SHEARDRIL-N は最大掘削速度を提供しつつ、効率的に地層の損傷を抑える。</p>
SOLUDRIL-N	整粒された塩システム	<p>SOLUDRIL-N 流体は水平・垂直掘削における掘削中、作業終了のために設計された。 SOLUDRIL-N 流体は BARAPLUG（整粒された塩化ナトリウム）と優れたレオロジー特性・フィルトレーション特性を提供するクロスリンクのポリマーを使用する。</p> <p>SOLUDRIL-N のフィルターケーキは不飽和の塩水を使用することによって難なく取り除かれる。</p>

<英語版>

1. Outline of BAROID

Headquarters

Baroid Drilling Fluids, Inc.

3000 North Sam Houston Parkway East
Houston, Texas 77032
Phone: (281) 871-4000
Fax: (281) 871-5742v

Baroid Drilling Fluids' over 65 years of leadership in the drilling fluids business is a direct result of our people and their commitment to providing quality drilling fluids products and services.

Baroid combines the most experienced and dedicated work force in the drilling fluids industry - including research scientists, fluid design chemists, environmental technologists, and a staff of field personnel who ensure timely product supply and deliver quality fluids services at the wellsite.

2. Baroid DRIL-N Products information

Baroid, in response to the needs of our customers developed six (6) drilling fluid systems designed to drill production intervals when minimizing formation damage is of primary importance. With the advent of Baroid's DRIL-N™ line of systems, Baroid can furnish all the various drilling fluid systems needed for drilling operations, brines of all types for completion/workover operations and filtration equipment for the brines, all of which culminates in affording you the best possible protection against formation damage.

The primary focus for a drill in fluid is to be essentially non-damaging to the producing formation, provide superior hole cleaning, allow easy clean-up and be cost effective. These fluids address the wide range of problems encountered in horizontal drilling, completion and workover operations. Baroid's DRIL-N systems are specifically designed to provide the lowest filtration rate possible in order to minimize or prevent formation damage.

In order to accomplish this fluid loss control the use of specially selected polymers and bridging particles are incorporated into our DRIL-N systems. Additionally, tremendous amount of testing and research has gone into the selection process to determine the best polymers and their optimum concentrations for our DRIL-N

systems. Through this research and testing, specific bridging particles have been selected and sized to provide the best possible bridging results which result in low filtration rates and thin, ultra low permeability filter cakes.

After determining the best components to use in a DRIL-N system a fluid is then prepared with the desired rheological properties as well to produce a thin, ultra low permeability filter cake. The bridging particles used to provide good filtration and this thin filtercake are BARAPLUG (sized salt) and BARACARB (sized calcium carbonate). As important as the filtration control and filtercakes are to the various systems, the ability to effectively remove these filter cakes requires special technical attention. Through proper displacements and clean-up procedures this cake is removed, thus, reestablishing the initial return permeability of the formation and enhancing the production of the zone of interest.

Again, to accomplish excellent production results and minimize formation damage, one of Baroid's five DRIL-N systems should be your system of choice.

Table 1 DRIL-N FLUID SYSTEMS

SYSTEM	DESCRIPTION	OVERVIEW OF SYSTEMS
BARADRIL-N	Sized calcium carbonate system	The BARADRIL-N system provides acid soluble drilling, completion and workover fluid compositions. The BARADRIL-N system is designed for non-damaging drilling when fluid loss and formation stability are of primary concern. Return permeabilities are excellent with the BARADRIL-N system and filter cake is easily removed by treating with hydrochloric acid, enzymes or oxidizers. Additionally, with the low lift off pressure required to remove the filter cake, the well can be placed on production to effectively remove the filter cake.
COREDRIL-N	All oil drilling coring system	COREDRIL-N fluids are 100% oil/synthetic drilling fluids that have been developed to control the formation damage that could be caused by conventional drilling operations. The COREDRIL-N system contains an optimum concentration of BARACARB (sized calcium carbonate) or BARAPLUG (sized

		sodium chloride) designed to bridge rock pores, thus providing low filtration rates – minimizing fluid invasion into potential pay zones. COREDRIL-N fluids use passive emulsifiers which reduce the risk of creating emulsion blockage and preserve the wettability of the reservoir rocks.
MAXDRIL-N	Mixed metal silicate system	The MAXDRIL-N is a mixed-metal silicate system (MMS) designed for drilling, milling and completion operations. MAXDRIL-N provides borehole stability and superior hole cleaning for milling casing and drilling highly deviated/horizontal sections. This fluid is especially effective when drilling in unconsolidated, unstable, stressed or faulted formations. MAXDRIL-N forms a low permeability filter cake that restricts solids and fluid invasions into the formation, thus reducing potential damage to the formation.
QUIKDRIL-N	Modified polymer system with LSRV	QUIKDRIL-N systems are solids free systems utilizing modified polymers for viscosity and suspension. This system was specifically designed for Coil Tubing operations and Slim Hole drilling. Through modification of polymer concentrations, circulating pressures can be adjusted while still providing a drilling fluid system with excellent LSRV as well as superior hole cleaning. QUIKDRIL-N also provides for formation damage protection and is shown to have excellent return permeability results.
SHEARDRIL-N	Clay free, modified polymer system	SHEARDRIL-N systems are designed as a solids-free, modified polymer drilling fluid. SHEARDRIL-N provides maximum penetration rates while effectively minimizing potential formation damage.
SOLUDRIL-N	Sized salt system	SOLUDRIL-N fluids are designed for drilling, completion or workover operations in

		horizontal and vertical wells. SOLUDRIL -N fluids utilize BARAPLUG (sized sodium chloride) and a cross-linked polymer to provide superior rheological properties and filtration control. The SOLUDRIL-N filter cake is readily removed through the use of breakers and unsaturated brine.
--	--	---

●

付録 2
画像解析結果表

●

●

●

●

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
1	1	0.1684	31.3509	2.7104	0.0022	1.8138	-43.1374	0.9657
	2	0.0016	0.2368	0.0892	0.3479	0.067	26.5651	0.0685
	3	0.006	1.0585	0.4835	0.0674	0.3135	-51.3402	0.0957
	4	0.0016	0.2228	0.0985	0.3927	0.0686	36.8699	0.0557
	5	0.033	5.7381	0.9165	0.0126	0.6451	-49.1849	0.4346
	6	0.3016	55.6265	4.2948	0.0012	2.8258	-64.2186	1.1129
	7	0.0766	14.2479	1.5812	0.0047	1.0288	81.7029	0.797
	8	0.0021	0.3621	0.1894	0.2045	0.1093	-55.008	0.0365
	9	0.0062	1.2256	0.2372	0.0519	0.1536	-59.7436	0.0902
	10	0.0031	0.4875	0.1481	0.1641	0.1031	-29.7449	0.0916
	11	0.2576	46.5736	3.0713	0.0015	2.1571	-54.0524	1.146
	12	0.0023	0.4178	0.1481	0.1676	0.096	-49.3987	0.0514
	13	0.0724	13.2311	1.18	0.0052	0.8207	88.4089	0.6029
	14	0.0031	0.5292	0.2246	0.1392	0.1274	-26.5651	0.0747
	15	0.0039	0.6407	0.2617	0.1188	0.172	-17.354	0.0964
	16	0.0727	13.2033	1.4708	0.0052	1.0045	-60.9454	0.6385
	17	0.0031	0.5153	0.2126	0.1469	0.1415	-61.3895	0.0678
	18	0.0033	0.5571	0.2126	0.1335	0.1205	-22.6199	0.0825
	19	0.001	0.1253	0.075	0.7757	0.0425	-75.9638	0.027
2	1	0.0873	16.2395	1.4073	0.0042	0.9491	-29.9816	0.6027
	2	0.6005	110.7934	5.9898	0.0006	4.1147	-46.1652	2.196
	3	0.0167	2.9387	0.4873	0.0243	0.3282	-78.3106	0.2652
	4	0.0274	4.9721	0.6015	0.0139	0.4543	50.3893	0.437
	5	0.0021	0.3203	0.1454	0.2613	0.0948	-12.5288	0.0514
	6	0.0289	5.195	0.7312	0.0135	0.5137	-49.2679	0.3714
	7	0.0145	2.8969	0.3742	0.0218	0.2483	-60.9454	0.2056
	8	0.0211	3.6769	0.6743	0.0197	0.4682	-35.8377	0.323
3	1	0.1897	34.6099	2.0878	0.002	1.4549	60.6158	1.3467
	2	0.0045	0.7242	0.2267	0.1069	0.1471	28.6105	0.1278
	3	0.0173	3.2033	0.5256	0.0211	0.3543	16.1892	0.2679
	4	0.018	3.3008	0.6669	0.0208	0.449	72.4076	0.2344
	5	0.3525	65.5847	2.8069	0.001	2.0116	-63.2854	1.6193
	6	0.0025	0.4039	0.1935	0.1942	0.124	-61.3895	0.0478
	7	0.1889	35.738	2.0295	0.0019	1.4262	-49.3987	0.9381
	8	0.0023	0.39	0.1677	0.1923	0.1063	-57.9946	0.0723
	9	0.0023	0.376	0.1588	0.2069	0.0903	90	0.0418
	10	0.0025	0.4039	0.194	0.1942	0.1223	75.9638	0.054
	11	0.0111	2.0334	0.4211	0.0336	0.2783	-67.3801	0.1982
4	1	0.314	55.5987	5.0913	0.0013	3.3836	-78.3908	1.527
	2	0.0031	0.4596	0.2297	0.1846	0.1517	78.6901	0.0328
	3	0.0021	0.3482	0.1576	0.2212	0.0972	29.7449	0.0829
	4	0.0772	13.7743	1.9133	0.0051	1.2907	-60.9896	0.5743
	5	0.0021	0.3621	0.1745	0.2045	0.1109	16.6992	0.056
	6	0.0314	5.3064	1.1654	0.014	0.7612	85.7108	0.2663
	7	0.0037	0.6824	0.1979	0.0994	0.1301	-34.992	0.0742
	8	0.0043	0.6824	0.3179	0.1151	0.2056	62.2415	0.0727
	9	0.005	0.8217	0.3263	0.0939	0.2136	-64.7989	0.1416

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
5	1	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.017	90	0.0139
	2	0.0029	0.4875	0.1284	0.1539	0.088	-63.435	0.0872
	3	0.1494	26.9776	2.4805	0.0026	1.6011	-80.1342	0.8937
	4	0.0204	3.5515	0.5519	0.0203	0.3751	-41.3478	0.2723
	5	0.0072	1.2117	0.43	0.0614	0.2863	-79.5085	0.1359
	6	0.0533	9.2897	1.5297	0.0078	1.052	-29.2914	0.7445
	7	0.0021	0.3482	0.1576	0.2212	0.1023	-40.6013	0.0574
	8	0.0029	0.5014	0.1434	0.1454	0.0871	14.0362	0.0777
	9	0.0047	0.7939	0.2176	0.0928	0.1456	-30.9638	0.1099
	10	0.0252	4.5404	0.957	0.0154	0.6245	-80.0958	0.2509
	11	0.0122	2.2563	0.5482	0.0302	0.3536	75.1735	0.1628
	12	0.0031	0.4875	0.1677	0.1641	0.1135	-63.435	0.1183
	13	0.0025	0.4178	0.1773	0.1815	0.1015	32.0054	0.0841
	14	0.0062	1.0724	0.2628	0.0678	0.1876	71.565	0.163
	15	0.0041	0.6824	0.1745	0.1099	0.1181	78.6901	0.0901
	16	0.3398	61.4343	4.0447	0.0011	2.9969	-39.5816	2.5564
	17	0.0111	1.9638	0.657	0.036	0.4194	70.7693	0.0789
	18	0.0047	0.8217	0.1869	0.0866	0.1293	-74.7449	0.0831
	19	0.0241	4.4429	0.6721	0.0153	0.4623	77.0054	0.3852
	20	0.0054	0.9471	0.3007	0.0761	0.1971	-81.4692	0.053
6	1	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.0192	90	0.0139
	2	0.0648	11.6434	1.5011	0.006	1.0351	-6.6048	0.6683
	3	0.0153	2.5766	0.6413	0.029	0.448	63.435	0.299
	4	0.0021	0.3482	0.1624	0.2212	0.0934	23.9625	0.0453
	5	0.1544	27.9108	2.6358	0.0025	1.8837	41.7509	1.5125
	6	0.0136	2.4234	0.525	0.0291	0.3557	-72.0721	0.2198
	7	0.0045	0.766	0.1935	0.0955	0.131	-79.6952	0.1109
	8	0.0929	16.908	2.2062	0.0041	1.4708	-56.0989	0.805
	9	0.0299	5.571	0.877	0.0121	0.5782	-15.0685	0.436
	10	0.0033	0.5153	0.1935	0.156	0.122	65.556	0.0922
	11	0.0054	0.8635	0.3263	0.0915	0.2157	-57.0948	0.1217
	12	0.0029	0.5153	0.1894	0.1377	0.1278	0	0.0557
	13	0.0182	3.1755	0.7804	0.0227	0.521	-31.7595	0.3491
7	1	0.0099	1.6434	0.582	0.046	0.3839	-69.7751	0.1011
	2	0.0062	1.0724	0.3287	0.0678	0.2233	0	0.195
	3	0.0068	1.1838	0.4096	0.0609	0.2628	-75.4655	0.0929
	4	0.0093	1.6434	0.3523	0.0433	0.2187	82.5686	0.1267
	5	0.0436	7.7158	1.2452	0.0092	0.85	67.3194	0.6448
	6	0.0074	1.2674	0.3179	0.0577	0.2245	-68.7495	0.1615
	7	0.031	5.4039	1.3521	0.0134	0.8778	90	0.2786
	8	0.0665	11.7548	2.0871	0.0061	1.3688	-70.821	0.5433
	9	0.0023	0.376	0.1869	0.2069	0.1034	24.444	0.0403
	10	0.0182	3.1894	0.8358	0.0225	0.5391	76.4641	0.2839
	11	0.0093	1.6156	0.4049	0.0448	0.2836	51.009	0.1706
	12	0.0023	0.376	0.1816	0.2069	0.1064	59.0362	0.0502

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
8	1	0.0029	0.4596	0.2131	0.1731	0.1386	-81.8699	0.0433
	2	0.0025	0.4457	0.163	0.1595	0.096	-73.3008	0.0654
	3	0.0031	0.5153	0.2491	0.1469	0.1608	68.1986	0.0517
	4	0.0144	2.4791	0.6905	0.0293	0.4554	-41.6335	0.2279
	5	0.0023	0.3621	0.1588	0.2231	0.1027	32.0054	0.0679
	6	0.0118	2.1031	0.4136	0.0336	0.2926	-34.992	0.2476
	7	0.0095	1.6852	0.3448	0.0421	0.2406	-52.5946	0.1777
	8	0.0303	5.5014	1.279	0.0126	0.8416	-36.2188	0.3822
	9	0.0177	3.2033	0.4655	0.0216	0.327	-56.8887	0.3053
	10	0.006	0.9889	0.2628	0.0773	0.1828	-64.9831	0.1262
	11	0.0021	0.3482	0.1816	0.2212	0.0986	-30.9638	0.0406
	12	0.1435	25.7798	2.039	0.0027	1.3982	-70.1829	1.0891
	13	0.006	1.0863	0.3114	0.064	0.2017	81.0274	0.1463
	14	0.0041	0.6964	0.313	0.1056	0.2	-81.4692	0.0916
	15	0.0663	11.9498	1.4206	0.0058	0.9897	73.1237	0.6011
	16	0.0027	0.4875	0.1379	0.1436	0.0894	71.565	0.0925
	17	0.0058	1.0306	0.2643	0.0688	0.1723	83.2902	0.0879
	18	0.0031	0.4875	0.238	0.1641	0.1503	75.0686	0.0377
	19	0.0031	0.5432	0.17	0.1322	0.1113	-60.9454	0.0744
9	1	0.0047	0.8635	0.2284	0.0785	0.1405	-59.7436	0.0992
	2	0.0068	1.2117	0.313	0.0581	0.208	-59.5345	0.1172
	3	0.0033	0.571	0.1816	0.1271	0.1153	16.6992	0.0894
	4	0.0081	1.4624	0.4362	0.0479	0.2807	-9.7824	0.1193
	5	0.0188	3.3426	0.654	0.0212	0.4908	-15.0184	0.4124
	6	0.0147	2.6184	0.5547	0.027	0.3702	36.2538	0.1722
	7	0.0099	1.7967	0.3763	0.0385	0.2598	63.435	0.2305
	8	0.0128	2.312	0.6109	0.0301	0.4159	-51.1155	0.2822
	9	0.0776	14.1225	1.6456	0.0049	1.1722	-59.3003	0.8813
	10	0.0272	4.805	1.174	0.0148	0.7495	34.7432	0.3472
	11	0.0023	0.4039	0.207	0.1793	0.1389	-41.9872	0.0342
	12	0.0054	0.8914	0.3482	0.0859	0.2264	-7.4314	0.0751
	13	0.0151	2.6741	0.6743	0.0266	0.4447	59.2645	0.2605
	14	0.0202	3.6072	0.7885	0.0195	0.5482	-30.1735	0.3962
	15	0.0175	3.1058	0.8135	0.0227	0.5322	-37.5041	0.1829
	16	0.0021	0.3621	0.1874	0.2045	0.1047	-41.6335	0.037
	17	0.0116	2.0334	0.4404	0.0354	0.2983	-9.0903	0.2541
	18	0.0037	0.6546	0.3251	0.1081	0.195	-46.8476	0.047

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
10	1	0.0031	0.5432	0.1506	0.1322	0.1006	75.9638	0.0878
	2	0.2396	42.4929	3.7128	0.0017	2.5396	27.3075	2.2202
	3	0.0027	0.4735	0.218	0.1522	0.1395	-12.9946	0.0699
	4	0.0045	0.7382	0.3311	0.1029	0.1953	10.3048	0.0548
	5	0.166	29.2199	3.6144	0.0024	2.4405	55.7752	1.9158
	6	0.0029	0.5014	0.1762	0.1454	0.1145	5.1944	0.0542
	7	0.005	0.8357	0.3824	0.0908	0.2504	-59.4208	0.097
	8	0.0089	1.5877	0.4459	0.0445	0.2974	28.4429	0.197
	9	0.0023	0.3621	0.1723	0.2231	0.0989	79.6952	0.0448
	10	0.0025	0.4318	0.1198	0.17	0.0838	-71.565	0.0793
	11	0.0025	0.4039	0.194	0.1942	0.1293	75.9638	0.0473
	12	0.0043	0.7103	0.2643	0.1063	0.175	79.992	0.0896
	13	0.0114	1.8663	0.683	0.0413	0.4522	-74.2192	0.1568
11	1	0.0029	0.4735	0.2267	0.1631	0.1403	42.2737	0.0571
	2	0.0033	0.5571	0.2335	0.1335	0.1531	-82.4054	0.0598
	3	0.0048	0.8357	0.2765	0.0873	0.1816	54.4623	0.0826
	4	0.0048	0.8774	0.1894	0.0792	0.131	-16.6992	0.1174
	5	0.0025	0.4039	0.1894	0.1942	0.1139	-75.9638	0.0507
	6	0.0037	0.5989	0.1874	0.1291	0.1309	77.4712	0.1344
	7	0.1736	30.3202	2.88	0.0024	2.0855	46.8934	1.9973
	8	0.0095	1.6017	0.3902	0.0466	0.2684	17.6501	0.2117
	9	0.0023	0.39	0.1588	0.1923	0.1001	-49.3987	0.0816
	10	0.0033	0.5153	0.2284	0.156	0.1589	-36.8699	0.0696
	11	0.0101	1.6992	0.7532	0.0439	0.4775	71.222	0.0865
	12	0.0031	0.5014	0.1784	0.1551	0.1225	37.875	0.0806
	13	0.0041	0.6685	0.2661	0.1145	0.1728	55.3048	0.1207
	14	0.0025	0.4039	0.1816	0.1942	0.1128	21.8014	0.0595
	15	0.0025	0.4039	0.1979	0.1942	0.1184	-51.3402	0.05
	16	0.0035	0.6128	0.2961	0.1168	0.1819	49.0856	0.0477
	17	0.0029	0.5153	0.1624	0.1377	0.1073	-71.565	0.0749

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
12	1	0.0041	0.6824	0.194	0.1099	0.1295	-75.9638	0.0777
	2	0.0029	0.4318	0.2131	0.1961	0.1342	85.9144	0.0397
	3	0.005	0.8914	0.3179	0.0798	0.1942	83.991	0.1553
	4	0.0043	0.766	0.2056	0.0914	0.1326	75.9638	0.098
	5	0.0454	8.0223	1.438	0.0089	0.9349	-32.8763	0.2659
	6	0.0072	1.1978	0.4537	0.0629	0.2957	90	0.1393
	7	0.2394	42.855	3.1685	0.0016	2.2028	-74.0137	1.7731
	8	0.1882	34.1364	2.8987	0.002	1.974	68.2632	1.7283
	9	0.0025	0.3482	0.1506	0.2614	0.0985	-7.125	0.0829
	10	0.0033	0.5989	0.1816	0.1155	0.1225	-21.8014	0.0802
	11	0.0078	1.351	0.282	0.0534	0.184	-23.6294	0.1164
	12	0.005	0.9053	0.2318	0.0773	0.1541	-81.2538	0.1324
	13	0.0039	0.6685	0.1816	0.1091	0.1202	-16.6992	0.1054
	14	0.007	1.2256	0.3092	0.0584	0.1965	-59.5345	0.1243
	15	0.0089	1.532	0.4327	0.0478	0.2801	-29.2488	0.1133
	16	0.0031	0.4875	0.207	0.1641	0.1384	85.6013	0.0769
	17	0.0047	0.8496	0.387	0.0811	0.2428	-70.821	0.1201
	18	0.0029	0.5014	0.2464	0.1454	0.1622	-47.4896	0.0411
	19	0.0023	0.39	0.1393	0.1923	0.0988	-60.2551	0.095
	20	0.0056	0.9749	0.2786	0.0744	0.1818	-68.1986	0.1474
	21	0.0045	0.7242	0.2765	0.1069	0.1844	-23.1986	0.1664
13	1	0.0153	2.6323	0.82	0.0278	0.5365	-75.4655	0.2037
	2	0.0045	0.7521	0.344	0.0991	0.2225	-59.0362	0.0549
	3	0.0039	0.6964	0.3482	0.1005	0.2076	-36.3844	0.0431
	4	0.0068	1.1699	0.3263	0.0623	0.2303	49.0856	0.1782
	5	0.0023	0.376	0.15	0.2069	0.0918	-83.6598	0.0631
	6	0.0033	0.5153	0.2561	0.156	0.1517	-69.444	0.0375
	7	0.0035	0.6546	0.1811	0.1024	0.1181	84.8056	0.0719
	8	0.0196	3.4958	0.7574	0.0201	0.4874	88.727	0.4023
	9	0.0679	12.1448	1.3914	0.0058	0.9786	54.9506	0.8376
	10	0.0178	3.273	0.5547	0.0209	0.4141	-59.0362	0.4204
	11	0.0072	1.1838	0.3964	0.0644	0.2706	83.4181	0.1485
	12	0.0867	15.3063	1.7675	0.0047	1.2476	-58.707	0.8793
	13	0.0035	0.5571	0.2089	0.1414	0.1533	34.992	0.1187
	14	0.005	0.8496	0.3354	0.0878	0.2152	46.8476	0.1067
	15	0.0023	0.39	0.1088	0.1923	0.068	-11.3099	0.0737
	16	0.0025	0.39	0.1379	0.2084	0.1013	26.5651	0.1059
	17	0.0066	1.1421	0.2871	0.0635	0.1996	-38.1572	0.1424
	18	0.0225	4.0529	1.04	0.0172	0.6987	5.7928	0.3974
	19	0.066	11.6713	1.5248	0.0061	1.0807	45.4244	0.8824
	20	0.0052	0.9192	0.2364	0.0779	0.1629	-32.4712	0.1186
	21	0.0021	0.3482	0.1372	0.2212	0.0899	-14.0362	0.0642
	22	0.0268	4.8328	0.8809	0.0144	0.6082	-34.2157	0.3791
	23	0.0062	1.1003	0.282	0.0644	0.1911	61.9275	0.1426

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
14	1	0.0427	7.4234	1.2704	0.0097	0.8652	-5.6307	0.7488
	2	0.0031	0.4596	0.2297	0.1846	0.1445	-11.3099	0.0437
	3	0.0039	0.6546	0.2591	0.1138	0.1669	90	0.1532
	4	0.0275	5.0696	0.8975	0.0135	0.6039	-37.4506	0.4157
	5	0.1461	25.8913	2.6545	0.0027	1.8342	57.7378	0.9618
	6	0.0025	0.4318	0.2202	0.17	0.1236	-33.6901	0.0425
	7	0.0966	17.1866	1.905	0.0041	1.2418	-63.2085	0.856
	8	0.09	15.9052	1.6444	0.0045	1.1226	-86.855	1.0283
	9	0.0029	0.5014	0.248	0.1454	0.1597	37.5686	0.0459
	10	0.0021	0.3482	0.1481	0.2212	0.0869	-60.2551	0.0708
	11	0.0105	1.7131	0.4928	0.0449	0.3271	-72.2553	0.2886
	12	0.0198	3.5376	0.7429	0.0199	0.4913	76.2637	0.3145
	13	0.0072	1.2256	0.3645	0.06	0.237	-52.125	0.1368
	14	0.019	3.1615	0.7222	0.0239	0.5406	-65.2249	0.5224
	15	0.0029	0.4596	0.1624	0.1731	0.1118	12.5288	0.068
	16	0.0091	1.546	0.4424	0.0479	0.2917	23.9625	0.1499
	17	0.0023	0.3621	0.1624	0.2231	0.1021	77.4712	0.0695
	18	0.0023	0.376	0.1762	0.2069	0.1092	79.6952	0.061
	19	0.008	1.4902	0.3515	0.045	0.2429	-68.1986	0.1759
	20	0.0242	4.1643	0.8135	0.0176	0.56	68.1986	0.5017
	21	0.0062	1.0585	0.3801	0.0696	0.2676	27.5528	0.1471
	22	0.0043	0.7382	0.2675	0.0984	0.1706	-12.0948	0.1576
15	1	0.0083	1.5181	0.344	0.0455	0.2283	-77.1957	0.0994
	2	0.0033	0.5571	0.2617	0.1335	0.165	-66.3706	0.0534
	3	0.0663	11.6991	1.5387	0.0061	1.0439	-76.1028	0.6243
	4	0.0033	0.571	0.17	0.1271	0.1109	-71.565	0.0969
	5	0.4533	82.7991	4.3865	0.0008	3.2139	-48.0128	2.7081
	6	0.0064	1.0863	0.3176	0.0682	0.2168	62.1027	0.1528
	7	0.0035	0.5432	0.2617	0.1487	0.1718	66.3706	0.0407
	8	0.0068	1.1838	0.3013	0.0609	0.204	-83.2902	0.1823
	9	0.1127	20.4038	1.8469	0.0034	1.2257	-76.3287	1.0333
	10	0.0045	0.7521	0.344	0.0991	0.2191	-74.7449	0.0745
	11	0.0012	0.1811	0.0812	0.4461	0.056	-75.9638	0.0507
	12	0.0033	0.5571	0.1576	0.1335	0.1071	-60.2551	0.095
	13	0.0045	0.7382	0.2202	0.1029	0.1515	77.9052	0.0827

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
16	1	0.0564	9.9025	2.2357	0.0072	1.4751	-62.2759	0.5066
	2	0.5179	93.3701	6.3996	0.0007	4.2067	-48.202	1.7514
	3	0.0064	1.1838	0.3206	0.0574	0.212	-68.7495	0.194
	4	0.0147	2.6462	0.5138	0.0265	0.3478	-61.1134	0.2338
	5	0.0045	0.7939	0.2089	0.089	0.1345	-65.556	0.1072
	6	0.0031	0.4735	0.2335	0.1739	0.1465	-75.0686	0.0296
	7	0.0072	1.2256	0.3263	0.06	0.2252	-16.3895	0.2044
	8	0.0078	1.4206	0.3158	0.0483	0.2238	-26.5651	0.2055
	9	0.0159	2.8134	0.5265	0.0253	0.3559	80.2176	0.3275
	10	0.0035	0.5571	0.2591	0.1414	0.1713	-54.4623	0.0664
	11	0.0045	0.7242	0.1894	0.1069	0.1337	55.008	0.1324
	12	0.0021	0.3621	0.1088	0.2045	0.0679	-59.0362	0.0621
	13	0.1494	27.1308	1.6748	0.0025	1.1837	72.3239	1.0927
	14	0.0033	0.5292	0.2617	0.1479	0.1648	-23.6294	0.0431
	15	0.0083	1.3788	0.3551	0.0551	0.24	-58.5704	0.1862
	16	0.0017	0.2925	0.1588	0.2565	0.0866	-36.8699	0.0334
	17	0.2101	37.4093	3.7676	0.0019	2.4742	-26.773	1.2724
	18	0.0027	0.4457	0.1246	0.1718	0.0817	81.8699	0.0611
	19	0.0033	0.5571	0.2089	0.1335	0.1343	-45	0.1083
	20	0.0039	0.6267	0.1677	0.1241	0.1069	-20.556	0.1239
	21	0.0025	0.4178	0.17	0.1815	0.109	-33.6901	0.0657
	22	0.0041	0.6824	0.1784	0.1099	0.1223	66.0375	0.1131
	23	0.0134	2.5209	0.4211	0.0265	0.2757	-66.5014	0.1949
	24	0.0081	1.4206	0.4802	0.0507	0.3108	-10.6197	0.1061
	25	0.0394	6.8523	1.0509	0.0105	0.6907	-64.5731	0.3672
	26	0.0124	2.3677	0.3263	0.0278	0.2276	29.3578	0.1988
	27	0.0048	0.7799	0.3239	0.1002	0.2006	-14.0362	0.1081
	28	0.0128	2.3538	0.3448	0.029	0.2593	-41.1859	0.2306
	29	0.0031	0.5432	0.248	0.1322	0.1574	-37.5686	0.0569
	30	0.0491	8.7186	0.9553	0.0081	0.6608	-61.5571	0.7139
	31	0.0029	0.4735	0.1506	0.1631	0.1078	14.0362	0.0878
	32	0.0477	8.6351	0.988	0.008	0.6592	-76.2184	0.5857
	33	0.0027	0.4596	0.1379	0.1616	0.092	-26.5651	0.0872
	34	0.0037	0.6128	0.2167	0.1233	0.1408	38.6598	0.0979
	35	0.0021	0.3482	0.17	0.2212	0.0997	-33.6901	0.0425
	36	0.001	0.1532	0.0892	0.5193	0.0371	53.1301	0.0279
	37	0.001	0.1532	0.0892	0.5193	0.0437	36.8699	0.0279
	38	0.0008	0.1114	0.0696	0.7854	0.0353	-56.3099	0.027
	39	0.0006	0.0696	0.044	1	0.0255	90	0.0139

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
17	1	0.0039	0.6267	0.2617	0.1241	0.1695	-10.6197	0.0967
	2	0.0025	0.4318	0.2126	0.17	0.137	-26.5651	0.0561
	3	0.0006	0.0836	0.0502	1	0.0277	90	0.0279
	4	0.0027	0.4457	0.2009	0.1718	0.1191	32.4712	0.0641
	5	0.0378	6.727	0.9159	0.0105	0.6149	-81.0274	0.4323
	6	0.0012	0.1671	0.0934	0.5236	0.0623	-21.8014	0.0284
	7	0.3736	66.8521	4.2377	0.0011	3.0761	-63.2589	2.08
	8	0.0076	1.2813	0.349	0.0579	0.2178	74.0546	0.1511
	9	0.019	3.1894	0.9418	0.0235	0.6194	-78.8708	0.2874
	10	0.0041	0.6267	0.2871	0.1303	0.1778	-71.565	0.0661
	11	0.0301	5.3342	0.8663	0.0133	0.5972	76.2392	0.5466
	12	0.0039	0.6546	0.1874	0.1138	0.1242	-37.875	0.077
	13	0.0196	3.5237	0.6306	0.0198	0.4206	85.486	0.3051
	14	0.0033	0.4875	0.2202	0.1744	0.1423	-85.9144	0.0685
	15	0.0002	0.0279	0.0197	1	0.015	0	0.0139
	16	0.007	1.156	0.375	0.0657	0.2525	71.565	0.1277
	17	0.0006	0.0696	0.0502	1	0.0343	-63.435	0.0249
18	1	1.6189	297.074	6.4852	0.0002	4.9794	-46.9445	4.3274
	2	0.001	0.1393	0.075	0.6283	0.0543	90	0.0279
	3	0.0054	0.9471	0.2318	0.0761	0.1638	4.3987	0.1293
	4	0.0159	2.8134	0.657	0.0253	0.4424	-82.0565	0.2573
	5	0.0012	0.195	0.1088	0.3847	0.0565	38.6598	0.0283
	6	0.0188	3.2173	0.675	0.0228	0.4318	-72.3499	0.2685
	7	0.0027	0.4596	0.2176	0.1616	0.1384	-41.9872	0.0549
	8	0.0072	1.2674	0.3852	0.0561	0.2591	-40.3645	0.1618
	9	0.0045	0.7799	0.2898	0.0922	0.1809	-86.4237	0.172
	10	0.001	0.1393	0.0812	0.6283	0.0441	-26.5651	0.0249
	11	0.0204	3.6072	1.1216	0.0197	0.7163	-65.3764	0.1008
	12	0.0025	0.4039	0.1811	0.1942	0.1206	19.9831	0.0595
	13	0.0023	0.376	0.1506	0.2069	0.0888	-57.9946	0.0723
	14	0.0039	0.6546	0.2372	0.1138	0.1631	-59.7436	0.1323
	15	0.033	5.9053	1.1871	0.0119	0.8247	-13.2849	0.5689
	16	0.0052	0.9331	0.3645	0.0756	0.2344	-46.6366	0.1069

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
19	1	0.089	15.8495	1.5954	0.0045	1.1426	-65.2249	0.999
	2	0.0029	0.5014	0.2368	0.1454	0.1564	-63.435	0.0623
	3	0.0041	0.7103	0.2511	0.1015	0.1603	60.2551	0.0726
	4	0.3115	55.2087	5.0568	0.0013	3.346	-74.2488	1.7505
	5	0.0045	0.7939	0.2126	0.089	0.1415	-22.6199	0.0846
	6	0.0027	0.4039	0.1994	0.2092	0.1348	-85.6013	0.0374
	7	0.0068	1.1003	0.3842	0.0705	0.2591	49.8991	0.1581
	8	0.0054	0.8774	0.3939	0.0887	0.2543	85.7636	0.0499
	9	0.0029	0.4596	0.2162	0.1731	0.1428	77.9052	0.0506
	10	0.0151	2.6044	0.9006	0.028	0.5658	-58.5704	0.1525
	11	0.005	0.8914	0.3311	0.0798	0.2196	69.1455	0.0874
	12	0.0035	0.571	0.2368	0.1346	0.1285	0	0.1114
	13	0.0031	0.5153	0.1576	0.1469	0.1073	56.3099	0.1004
	14	0.0043	0.6964	0.3182	0.1106	0.2088	-68.1986	0.0647
	15	0.0025	0.4039	0.1894	0.1942	0.123	-75.9638	0.0405
	16	0.0023	0.3621	0.1762	0.2231	0.1097	-79.6952	0.0424
	17	0.0423	7.4373	1.5	0.0096	0.9939	87.2208	0.4235
	18	0.0097	1.5877	0.6829	0.0483	0.4368	88.7811	0.1511
	19	0.0072	1.1421	0.5272	0.0691	0.3398	80.5377	0.0664
	20	0.0101	1.6992	0.4811	0.0439	0.319	-73.3008	0.0987
	21	0.0151	2.7159	0.703	0.0258	0.4645	-58.627	0.1995
	22	0.0023	0.3343	0.1723	0.2618	0.1057	-79.6952	0.0336
20	1	0.4335	76.0303	6.137	0.0009	4.216	-58.1119	2.1482
	2	0.005	0.8078	0.3114	0.0971	0.2012	-81.0274	0.1434
	3	0.0021	0.3064	0.1588	0.2856	0.0994	78.6901	0.0355
	4	0.3443	60.6822	5.2883	0.0012	3.7281	-63.1628	1.7232
	5	0.0039	0.5989	0.2704	0.1359	0.178	86.8202	0.0579
	6	0.0041	0.6824	0.2436	0.1099	0.1727	-60.2551	0.1071
	7	0.0054	0.8914	0.4056	0.0859	0.259	-81.573	0.0852
	8	0.0023	0.376	0.1683	0.2069	0.0929	78.6901	0.0656
	9	0.0027	0.4318	0.2028	0.1831	0.12	77.0054	0.0376
	10	0.0101	1.6295	0.5594	0.0477	0.3783	-74.876	0.1555
	11	0.0023	0.376	0.1811	0.2069	0.1067	74.7449	0.0489
21	1	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.0192	90	0.0139
	2	0.0017	0.2786	0.1123	0.2827	0.0796	-26.5651	0.0623
	3	0.0016	0.2507	0.1004	0.3103	0.064	11.3099	0.0656
	4	0.0048	0.8357	0.3067	0.0873	0.1836	50.9061	0.0899
	5	0.4093	73.1891	3.6393	0.001	2.7094	-58.3042	2.0791
	6	0.0281	5.0835	0.793	0.0137	0.5463	-80.5377	0.3801
	7	0.0048	0.8078	0.3158	0.0934	0.2098	-53.1301	0.1058
	8	0.0048	0.8217	0.3302	0.0902	0.2139	-68.1986	0.1112
	9	0.0097	1.6713	0.3983	0.0436	0.2536	-82.2348	0.2271
	10	0.0002	0.0279	0.0197	1	0.0128	0	0.0139
	11	0.0054	0.9331	0.2747	0.0784	0.1778	75.9638	0.1081
	12	0.0048	0.8078	0.207	0.0934	0.1438	-41.6335	0.1226
	13	0.0087	1.5877	0.4327	0.0435	0.2776	-76.5043	0.2335

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
22	1	0.0029	0.4596	0.2202	0.1731	0.1268	-56.3099	0.0579
	2	0.005	0.8217	0.3114	0.0939	0.1966	-67.1663	0.1121
	3	0.0004	0.0418	0.0394	1	0.0257	-45	0.0197
	4	0.0289	4.8746	1.0176	0.0153	0.709	80.8377	0.5797
	5	0.0043	0.6964	0.326	0.1106	0.2135	76.6075	0.0761
	6	0.0105	1.8106	0.5417	0.0402	0.3517	78.9965	0.1295
	7	0.0052	0.8635	0.2167	0.0883	0.1552	-55.008	0.1597
	8	0.0037	0.6407	0.2981	0.1128	0.1845	36.8699	0.0557
	9	0.0023	0.376	0.1624	0.2069	0.1165	-29.0546	0.0541
	10	0.0113	2.0195	0.5024	0.0347	0.319	42.6141	0.1275
	11	0.5718	101.8241	4.719	0.0007	3.3776	57.7835	3.4691
	12	0.0029	0.4735	0.2284	0.1631	0.1496	36.8699	0.0585
	13	0.0021	0.3482	0.1393	0.2212	0.0945	50.1944	0.0749
	14	0.0021	0.376	0.1481	0.1896	0.0915	-29.7449	0.0829
	15	0.0134	2.312	0.6104	0.0315	0.4061	-65.8978	0.2543
	16	0.0027	0.4596	0.207	0.1616	0.1242	-81.2538	0.0604
	17	0.0016	0.2368	0.1061	0.3479	0.0661	-80.5377	0.0527
	18	0.0357	6.0445	1.5168	0.0123	0.9799	-73.2443	0.617
	19	0.0033	0.5571	0.2246	0.1335	0.148	-28.3008	0.0745
	20	0.0027	0.4596	0.1677	0.1616	0.1135	75.9638	0.1047
	21	0.0019	0.3482	0.1557	0.2011	0.0794	0	0.0696
	22	0.0043	0.6685	0.2468	0.12	0.1641	0	0.0696
23	1	0.2489	43.231	4.1563	0.0017	3.0856	-52.5299	3.0037
	2	0.0029	0.4875	0.2436	0.1539	0.154	-60.2551	0.0605
	3	0.0221	3.8301	0.7195	0.0189	0.5097	-44.1186	0.4072
	4	0.0021	0.3482	0.17	0.2212	0.1043	-56.3099	0.0386
	5	0.0365	6.0306	1.6485	0.0126	1.0668	-80.5377	0.2931
	6	0.0029	0.5153	0.1393	0.1377	0.0966	-74.0546	0.0918
	7	0.006	0.9331	0.4373	0.0868	0.2797	86.1859	0.0584
	8	0.0111	1.922	0.688	0.0376	0.4476	-75.0686	0.1723
	9	0.0605	10.4874	1.5273	0.0069	1.0369	-68.7204	0.5871
	10	0.0258	4.5822	1.0045	0.0154	0.6729	-85.7946	0.277
	11	0.057	9.8746	1.7554	0.0073	1.1516	-58.0998	0.5832
	12	0.1185	20.7381	2.4597	0.0035	1.7544	13.5572	1.673
	13	0.0072	1.1978	0.387	0.0629	0.2623	-64.44	0.1459
	14	0.013	2.1588	0.7608	0.035	0.5036	-22.2035	0.1692
	15	0.0027	0.4318	0.2009	0.1831	0.1303	-32.4712	0.047
	16	0.0014	0.2228	0.1198	0.3436	0.0622	-56.3099	0.0348
	17	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.0215	90	0.0139
	18	0.0002	0.0279	0.0197	1	0.0128	0	0.0139

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
24	1	0.0217	3.7465	0.6462	0.0195	0.4444	-55.2222	0.2676
	2	0.032	5.7242	1.1046	0.0123	0.8067	-47.1611	0.6428
	3	0.2365	42.2979	3.731	0.0017	2.4921	-15.6795	1.3988
	4	0.0023	0.4178	0.2176	0.1676	0.1192	-50.7106	0.0294
	5	0.0448	7.883	1.2423	0.0091	0.8527	-39.1933	0.5947
	6	0.0029	0.5014	0.15	0.1454	0.0992	-83.6598	0.0661
	7	0.008	1.2953	0.3942	0.0596	0.2568	-66.5014	0.1494
	8	0.2219	39.8327	3.7673	0.0018	2.5353	89.3206	1.2856
	9	0.0076	1.2256	0.4496	0.0633	0.2891	-80.5377	0.1328
	10	0.0029	0.4735	0.2089	0.1631	0.1393	-61.3895	0.0834
	11	0.0025	0.4318	0.1481	0.17	0.1008	8.1301	0.1044
	12	0.0029	0.5153	0.194	0.1377	0.1013	-80.5377	0.0664
	13	0.0514	8.7743	2.5102	0.0084	1.6195	-83.8385	0.2827
	14	0.0035	0.585	0.282	0.1282	0.1863	-57.9946	0.0472
	15	0.0023	0.3621	0.1481	0.2231	0.096	29.7449	0.0777
	16	0.0045	0.6685	0.3278	0.1254	0.2056	79.6952	0.0349
	17	0.0235	4.0529	1.1716	0.018	0.75	75.7932	0.1603
	18	0.006	1.0306	0.357	0.0711	0.2255	70.821	0.107
	19	0.0134	2.2841	0.5545	0.0322	0.3581	81.8699	0.2304
25	1	0.4213	75.2086	5.4121	0.0009	3.6862	77.1493	3.1324
	2	0.0056	0.8635	0.4049	0.0948	0.2573	-2.0454	0.0393
	3	0.0023	0.3482	0.1762	0.2413	0.1114	-15.2551	0.0428
	4	0.0029	0.4178	0.2131	0.2094	0.1412	-81.8699	0.0295
	5	0.0023	0.39	0.1588	0.1923	0.1048	-75.9638	0.0878
	6	0.0145	2.4373	0.8162	0.0308	0.5466	84.5077	0.3693
	7	0.0029	0.5292	0.1894	0.1305	0.1074	-59.0362	0.0549
	8	0.0045	0.7242	0.1894	0.1069	0.1335	63.435	0.1183
	9	0.0021	0.3482	0.1372	0.2212	0.0901	14.0362	0.0709
	10	0.1969	35.2227	3.0923	0.002	2.2824	59.5658	2.0673
	11	0.008	1.351	0.4351	0.0548	0.2818	-43.5312	0.1949
	12	0.0101	1.6156	0.6658	0.0486	0.4249	-88.727	0.1751
	13	0.0045	0.7799	0.2318	0.0922	0.152	-72.8973	0.128
	14	0.0035	0.585	0.1874	0.1282	0.1405	-53.1301	0.1504
	15	0.007	1.156	0.2628	0.0657	0.1804	82.4054	0.1436
	16	0.0025	0.4039	0.194	0.1942	0.1176	-9.4623	0.055
	17	0.0043	0.6964	0.2981	0.1106	0.1966	32.0054	0.0871
	18	0.0064	1.0863	0.4211	0.0682	0.2755	-24.6236	0.1514
	19	0.0021	0.39	0.1434	0.1763	0.0852	-20.556	0.0489
26	1	0.8131	144.6234	6.4809	0.0005	4.6223	-40.146	3.9239
	2	0.008	1.3788	0.3567	0.0526	0.2347	-51.7098	0.1064
	3	0.0054	0.9471	0.3302	0.0761	0.2283	-81.4692	0.1825
	4	0.0021	0.3343	0.1624	0.24	0.1118	60.9454	0.0473
	5	0.0037	0.6128	0.2675	0.1233	0.1774	51.8428	0.0688
	6	0.1627	28.7185	2.7986	0.0025	1.9949	-66.6595	1.8809
	7	0.0035	0.5292	0.2267	0.1566	0.1453	86.1859	0.0482
	8	0.0006	0.0836	0.0591	1	0.022	-45	0.0197

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
27	1	0.0062	1.1281	0.3551	0.0613	0.2304	-37.875	0.0831
	2	0.0206	3.5515	0.9196	0.0205	0.6201	71.2414	0.5818
	3	0.0419	7.6184	0.9651	0.0091	0.687	-39.6678	0.6754
	4	0.0275	4.6796	0.8846	0.0158	0.6251	56.3099	0.4674
	5	0.0095	1.6156	0.5419	0.0458	0.3613	24.444	0.1118
	6	0.0025	0.3621	0.1762	0.2417	0.119	-74.7449	0.0501
	7	0.0204	3.4958	0.9031	0.0209	0.621	3.0128	0.3982
	8	0.0043	0.6824	0.2954	0.1151	0.1991	-42.8789	0.1028
	9	0.0027	0.4735	0.2089	0.1522	0.1254	-32.4712	0.0491
	10	0.0081	1.3788	0.3737	0.0539	0.2495	75.3791	0.1477
	11	0.0037	0.585	0.2561	0.1354	0.1655	-17.354	0.0515
	12	0.0114	2.0056	0.6462	0.0358	0.4399	52.5946	0.2109
	13	0.0101	1.7827	0.4373	0.0399	0.2887	-56.3099	0.1313
	14	0.0021	0.3621	0.1894	0.2045	0.1168	55.008	0.0319
	15	0.0266	4.8886	0.6813	0.014	0.4868	55.8855	0.4765
	16	0.0229	3.9833	0.6306	0.0181	0.4464	-27.7585	0.3068
	17	0.0039	0.6964	0.2176	0.1005	0.1203	36.0274	0.084
	18	0.0029	0.5432	0.1784	0.1239	0.1009	-37.875	0.0501
28	1	0.0076	1.3788	0.2675	0.05	0.1846	37.5686	0.1359
	2	0.1199	21.2534	2.7001	0.0033	1.9449	13.8737	1.6385
	3	0.4913	86.1417	6.2559	0.0008	4.2257	-30.5906	2.6112
	4	0.0068	1.1421	0.4141	0.0654	0.2717	-42.1376	0.1279
	5	0.0048	0.8357	0.2305	0.0873	0.1433	-81.8699	0.0985
	6	0.0209	3.8997	0.6547	0.0173	0.4583	68.7495	0.3483
	7	0.0062	1.0028	0.2898	0.0776	0.1972	57.9946	0.1122
	8	0.0052	0.9749	0.248	0.0692	0.1644	-72.8973	0.1382
	9	0.0029	0.4596	0.1994	0.1731	0.1237	-9.4623	0.0778
	10	0.0025	0.4178	0.2126	0.1815	0.1135	-30.2564	0.0351
	11	0.0085	1.4763	0.5614	0.0492	0.3555	-22.6199	0.0932
	12	0.0223	3.9136	0.8284	0.0183	0.5666	-71.8962	0.307
	13	0.0196	3.2173	0.8814	0.0238	0.6368	58.8775	0.4007
	14	0.0221	3.8161	0.8357	0.0191	0.5569	74.5388	0.4721
	15	0.0085	1.5181	0.494	0.0465	0.3199	-49.7636	0.0924
29	1	0.0062	1.0863	0.2661	0.0661	0.1798	33.6901	0.1468
	2	0.0072	1.1838	0.4611	0.0644	0.3034	-78.3106	0.1797
	3	0.0105	1.8663	0.3677	0.0378	0.2674	-21.8014	0.2509
	4	0.0543	9.8328	1.4485	0.0071	0.9978	-50.8774	0.5804
	5	0.0101	1.727	0.5876	0.0425	0.407	24.444	0.2455
	6	0.008	1.4624	0.3932	0.0467	0.253	-17.7447	0.1135
	7	0.0031	0.5292	0.2591	0.1392	0.1506	35.5377	0.0534
	8	0.0345	6.2535	0.7508	0.0111	0.5693	-48.3665	0.5309
	9	0.0089	1.5181	0.5333	0.0487	0.3601	-74.0546	0.3118
	10	0.0132	2.2563	0.7309	0.0326	0.4892	-25.5139	0.3154
	11	0.0495	8.83	1.1981	0.008	0.8102	-77.5604	0.734
	12	0.0617	11.0724	1.5575	0.0063	1.1461	69.3159	0.8398
	13	0.0062	1.1142	0.2675	0.0628	0.1706	26.5651	0.1433
	14	0.2215	39.8745	2.5342	0.0018	1.87	-59.4337	1.3868
	15	0.0025	0.4457	0.1481	0.1595	0.0915	-54.4623	0.0615

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
30	1	0.0293	5.2925	1.1663	0.0131	0.7523	56.9442	0.3376
	2	0.0116	1.922	0.5376	0.0396	0.3688	5.7106	0.3035
	3	0.0023	0.4039	0.1284	0.1793	0.0855	56.3099	0.0618
	4	0.0054	0.961	0.2661	0.0739	0.1912	42.7094	0.1433
	5	0.4813	86.3506	4.2413	0.0008	3.21	44.5131	3.2303
	6	0.0345	6.1142	0.831	0.0116	0.5855	-77.4712	0.5801
	7	0.0041	0.6685	0.2568	0.1145	0.1715	-68.9625	0.136
	8	0.0043	0.7103	0.3251	0.1063	0.2157	43.1524	0.0737
	9	0.0056	1.0028	0.2786	0.0703	0.177	-25.0169	0.122
	10	0.0043	0.6964	0.2871	0.1106	0.185	71.565	0.0837
31	1	0.0113	1.8941	0.4113	0.0394	0.273	-74.3578	0.1572
	2	0.0087	1.5181	0.4796	0.0476	0.3109	64.9831	0.1456
	3	0.0497	8.5376	1.5621	0.0086	1.0806	64.7989	0.8421
	4	0.0078	1.351	0.3645	0.0534	0.2533	-45	0.1773
	5	0.012	2.298	0.4327	0.0286	0.2898	-64.359	0.2366
	6	0.007	1.2395	0.3251	0.0571	0.2087	-46.9749	0.1358
	7	0.037	6.7548	0.8765	0.0102	0.6266	35.9421	0.5598
	8	0.0021	0.3482	0.1198	0.2212	0.0791	-59.0362	0.0693
	9	0.0041	0.766	0.1894	0.0872	0.124	-78.6901	0.1065
	10	0.0171	2.9248	0.7665	0.0251	0.5262	78.4654	0.2988
	11	0.1453	25.6266	2.7976	0.0028	1.9346	-64.6684	1.2552
	12	0.0353	6.142	0.9594	0.0118	0.6379	-62.9873	0.4764
	13	0.0021	0.3482	0.1506	0.2212	0.0915	-14.0362	0.0676
	14	0.0023	0.3482	0.1723	0.2413	0.1123	5.1944	0.0378
	15	0.0442	7.8273	1.1087	0.0091	0.7542	-65.4328	0.3977
	16	0.0215	3.8161	0.8294	0.0186	0.5971	-57.5288	0.5074
	17	0.0023	0.3482	0.1762	0.2413	0.1116	74.7449	0.0391
	18	0.0087	1.5599	0.4754	0.0451	0.3104	-60.2551	0.1417
	19	0.0021	0.376	0.1379	0.1896	0.0824	-45	0.0591
	20	0.0291	5.3064	0.8179	0.013	0.5478	81.8699	0.5692
	21	0.005	0.8357	0.3613	0.0908	0.2267	67.751	0.0861
	22	0.0033	0.571	0.1811	0.1271	0.123	-79.6952	0.0735
	23	0.1135	20.5152	1.6855	0.0034	1.2942	-37.9211	1.1964
	24	0.0155	2.7855	0.4744	0.0251	0.3473	-66.2505	0.3248
	25	0.0052	0.8914	0.3545	0.0828	0.2236	-45	0.0985
	26	0.0037	0.571	0.225	0.142	0.158	81.8699	0.1024

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
32	1	0.3833	68.6348	3.8235	0.001	2.8359	-47.6961	2.3334
	2	0.0384	6.9777	0.9364	0.0099	0.6712	62.2415	0.4644
	3	0.0039	0.6546	0.2305	0.1138	0.1526	-70.3462	0.0796
	4	0.0027	0.4735	0.1393	0.1522	0.085	60.2551	0.0605
	5	0.0062	1.0446	0.3842	0.0715	0.2517	-22.8337	0.2061
	6	0.0025	0.4039	0.1979	0.1942	0.1305	-38.6598	0.0479
	7	0.0217	3.8301	0.8358	0.0186	0.5533	81.573	0.3511
	8	0.0076	1.2953	0.4174	0.0567	0.2821	-64.359	0.122
	9	0.0043	0.7382	0.2704	0.0984	0.1658	-7.5946	0.1611
	10	0.0114	1.922	0.727	0.0389	0.4722	-55.6698	0.276
	11	0.0023	0.4178	0.2176	0.1676	0.1431	39.2894	0.0372
	12	0.0056	1.0167	0.2464	0.0684	0.1673	-50.1944	0.1123
	13	0.0188	3.2451	0.6229	0.0225	0.4406	72.8973	0.2877
	14	0.0078	1.3231	0.3862	0.0557	0.2624	-20.556	0.1744
	15	0.0095	1.6434	0.5228	0.0442	0.3396	-19.0935	0.2835
	16	0.0155	2.7576	0.6644	0.0256	0.446	-67.6938	0.3287
	17	0.0634	11.4206	1.3395	0.0061	0.8964	-42.5104	0.6357
33	1	0.001	0.1393	0.075	0.6283	0.0429	0	0.0279
	2	0.0008	0.0975	0.0623	1	0.041	-71.565	0.0264
	3	0.0021	0.3482	0.1372	0.2212	0.0905	-14.0362	0.0743
	4	0.0006	0.0696	0.0502	1	0.0275	-63.435	0.0249
	5	0.0107	1.7688	0.3748	0.0429	0.2668	-50.9061	0.252
	6	0.406	73.2866	4.0718	0.0009	2.7856	-58.9617	1.9303
	7	0.0037	0.6128	0.1935	0.1233	0.1288	-84.8056	0.0984
	8	0.2939	52.9107	3.3045	0.0013	2.4398	-60.8694	1.8106
	9	0.0031	0.5153	0.1506	0.1469	0.0981	-82.875	0.0881
	10	0.0031	0.5432	0.1894	0.1322	0.1307	-63.435	0.0934
	11	0.0027	0.4457	0.2167	0.1718	0.1406	-45	0.0492
	12	0.0035	0.5989	0.1874	0.1223	0.124	-52.125	0.0794
	13	0.005	0.8217	0.3	0.0939	0.1935	90	0.1114
	14	0.0021	0.4178	0.1773	0.1536	0.1005	-48.8141	0.0445
	15	0.0072	1.2395	0.2871	0.0587	0.2068	-53.7462	0.1692
	16	0.005	0.9471	0.2561	0.0707	0.1608	-75.9638	0.0777
	17	0.0097	1.5181	0.4141	0.0529	0.2719	81.573	0.1419
	18	0.0111	1.8802	0.6803	0.0393	0.4338	-87.3974	0.2517
	19	0.0413	7.2702	1.3868	0.0098	0.9215	-56.6336	0.4355
	20	0.0237	4.1365	0.9456	0.0174	0.6291	-48.9909	0.3953
	21	0.0056	0.961	0.3179	0.0765	0.2126	-78.1113	0.1155
	22	0.0041	0.6546	0.2675	0.1195	0.1615	-63.435	0.0934
	23	0.0027	0.4457	0.15	0.1718	0.0968	77.4712	0.0604
	24	0.0039	0.6824	0.207	0.1047	0.1381	81.2538	0.0773
	25	0.0021	0.3203	0.1314	0.2613	0.0855	23.1986	0.0713
34	1	0.0033	0.5153	0.2432	0.156	0.1429	68.1986	0.0647
	2	0.1474	25.9748	2.2053	0.0027	1.5341	-76.0594	1.0194
	3	0.0027	0.4457	0.1773	0.1718	0.12	20.556	0.1223
	4	0.0023	0.3621	0.1811	0.2231	0.1046	70.0169	0.0369
	5	0.1596	28.9414	2.1317	0.0024	1.5693	-38.5985	1.2684

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
35	1	0.0217	3.7883	0.8275	0.019	0.5542	-43.5312	0.3155
	2	0.6617	117.2419	6.1447	0.0006	4.2254	79.9445	3.691
	3	0.02	3.649	0.5602	0.0189	0.3751	67.8905	0.2339
	4	0.0159	2.7159	0.6669	0.0271	0.4514	83.047	0.2829
	5	0.0161	2.7716	0.8685	0.0263	0.6038	-80.3803	0.2437
	6	0.0083	1.4067	0.3677	0.053	0.2556	81.4692	0.2369
	7	0.0047	0.7382	0.3392	0.1074	0.2107	-77.1957	0.0685
	8	0.0035	0.585	0.2436	0.1282	0.1562	23.1986	0.0823
	9	0.0023	0.376	0.1762	0.2069	0.1095	84.8056	0.0517
	10	0.0087	1.6156	0.6068	0.042	0.3766	-31.4296	0.1056
	11	0.0213	3.6072	0.7978	0.0206	0.5659	40.7321	0.4963
	12	0.0087	1.546	0.3158	0.0459	0.2187	21.8014	0.2095
36	1	0.0093	1.5738	0.3248	0.0472	0.224	-59.9314	0.1561
	2	0.156	27.7715	3.1561	0.0025	2.0871	-60.0895	0.9102
	3	0.0355	6.6852	0.8097	0.01	0.5532	28.1416	0.4995
	4	0.0138	2.4791	0.5294	0.0282	0.3433	90	0.2368
	5	0.005	0.8357	0.2126	0.0908	0.137	-75.9638	0.098
	6	0.0107	1.7827	0.4737	0.0422	0.3188	-78.6901	0.1912
	7	0.2886	51.9357	3.1476	0.0013	2.2513	2.3038	2.0298
	8	0.0043	0.7382	0.313	0.0984	0.2006	31.4296	0.0878
	9	0.0029	0.4596	0.197	0.1731	0.1231	45	0.0788
	10	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.0215	90	0.0139
37	1	0.1053	18.7325	2.556	0.0038	1.7025	-83.6598	0.7444
	2	0.0033	0.5153	0.2121	0.156	0.1281	4.3987	0.0801
	3	0.0419	7.8691	1.0167	0.0085	0.7541	-55.0806	0.6626
	4	0.0041	0.6964	0.2938	0.1056	0.1947	79.992	0.1363
	5	0.0025	0.39	0.194	0.2084	0.1223	71.565	0.0396
	6	0.0623	10.5292	1.6743	0.0071	1.2865	-47.1747	1.1605
	7	0.001	0.1253	0.075	0.7757	0.0472	-14.0362	0.027
38	1	0.5804	103.0219	5.8815	0.0007	4.2864	83.9369	2.4539
	2	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.0215	90	0.0139
	3	0.0025	0.4039	0.1762	0.1942	0.0936	74.7449	0.0562
	4	0.0033	0.5153	0.2335	0.156	0.1558	78.6901	0.0519
	5	0.0031	0.5153	0.2318	0.1469	0.1448	-65.2249	0.0661
	6	0.0047	0.7799	0.3414	0.0962	0.2161	82.5686	0.0618
	7	0.0023	0.4039	0.1869	0.1793	0.1198	70.0169	0.0416
	8	0.0014	0.2089	0.1088	0.391	0.0682	-38.6598	0.037
	9	0.1298	22.4094	2.9603	0.0032	1.9167	-80.4457	0.7037
	10	0.0033	0.5571	0.2284	0.1335	0.1418	-53.1301	0.0975
	11	0.0008	0.1253	0.0788	0.6206	0.0414	-45	0.0197
	12	0.0041	0.7382	0.207	0.0939	0.131	90	0.0696
	13	0.0029	0.4318	0.2131	0.1961	0.134	-85.9144	0.0337
	14	0.0014	0.2368	0.1004	0.3044	0.0546	68.1986	0.044

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
39	1	0.012	1.8941	0.644	0.0421	0.4338	75.3236	0.2255
	2	0.8405	149.9716	5.7615	0.0005	4.2622	-60.0422	2.8675
	3	0.0045	0.766	0.3656	0.0955	0.234	-49.8991	0.065
	4	0.0025	0.4318	0.1481	0.17	0.1078	29.7449	0.1054
	5	0.0052	0.9889	0.3594	0.0673	0.2304	63.435	0.0997
	6	0.0023	0.376	0.1506	0.2069	0.0962	-63.435	0.0747
	7	0.0188	3.3844	0.5547	0.0206	0.3984	80.5377	0.3778
	8	0.0021	0.3482	0.1816	0.2212	0.1132	-59.0362	0.0358
	9	0.0008	0.1253	0.0788	0.6206	0.0513	-45	0.0197
40	1	0.001	0.1393	0.075	0.6283	0.0378	90	0.0279
	2	0.0006	0.0696	0.0502	1	0.025	-63.435	0.0249
	3	0.0014	0.1811	0.1014	0.5205	0.0693	80.5377	0.0275
	4	0.0025	0.4178	0.15	0.1815	0.0945	-77.4712	0.0634
	5	0.0058	1.0028	0.2961	0.0727	0.2014	-57.2648	0.1632
	6	0.1096	19.401	1.8312	0.0037	1.2641	-67.1001	0.677
	7	0.0027	0.4178	0.1677	0.1955	0.1204	75.9638	0.1081
	8	0.0716	12.2144	2.1227	0.006	1.4646	-77.5209	1.2871
	9	0.0035	0.6128	0.2747	0.1168	0.1776	-17.354	0.0914
	10	0.0083	1.4067	0.3701	0.053	0.2413	-78.2317	0.1261
	11	0.0083	1.4485	0.468	0.05	0.3054	-68.9625	0.18
41	1	0.0089	1.5738	0.3645	0.0453	0.2225	-18.4349	0.2466
	2	0.0031	0.4735	0.218	0.1739	0.1412	65.2249	0.071
	3	0.006	1.0585	0.2898	0.0674	0.1881	-55.4915	0.0997
	4	0.0041	0.6685	0.2284	0.1145	0.1475	-53.1301	0.0724
	5	0.0043	0.6685	0.2898	0.12	0.1648	-20.556	0.132
	6	0.2479	43.9135	4.4262	0.0016	2.9219	-61.2448	0.9939
	7	0.0499	8.7604	1.2269	0.0082	0.8365	-43.4792	0.5064
	8	0.0023	0.4318	0.1393	0.1569	0.0845	-60.2551	0.0622
	9	0.0039	0.6685	0.2126	0.1091	0.1461	14.0362	0.1351
	10	0.0045	0.7939	0.1677	0.089	0.116	35.5377	0.1311
	11	0.0118	2.0891	0.4181	0.0341	0.305	30.5792	0.254
	12	0.0186	3.3148	0.5796	0.0213	0.3903	-21.5014	0.3236
	13	0.0027	0.4318	0.194	0.1831	0.1248	-75.9638	0.0574
	14	0.0064	1.1421	0.3551	0.0617	0.2213	-66.0375	0.1711

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
42	1	0.0491	8.8997	1.1398	0.0078	0.7924	78.9965	0.5537
	2	0.0149	2.5905	0.6343	0.028	0.4091	-76.6075	0.2
	3	0.0039	0.6685	0.3322	0.1091	0.1998	-57.7244	0.0409
	4	0.0415	7.7994	0.8026	0.0086	0.6007	-58.8407	0.5784
	5	0.0021	0.3621	0.1434	0.2045	0.0899	-63.435	0.0623
	6	0.008	1.3649	0.4796	0.0536	0.3207	-68.1986	0.1603
	7	0.0062	1.0306	0.3251	0.0734	0.2111	-66.3706	0.1874
	8	0.0045	0.7799	0.1979	0.0922	0.1351	45	0.0886
	9	0.0101	1.7549	0.3842	0.0412	0.2566	-30.0686	0.2258
	10	0.0043	0.7103	0.2928	0.1063	0.1958	-77.4712	0.1088
	11	0.0021	0.3621	0.1894	0.2045	0.1004	-55.008	0.0434
	12	0.0066	1.2535	0.3594	0.0527	0.2395	34.3803	0.15
	13	0.1573	28.83	2.297	0.0024	1.5434	-84.327	0.8151
	14	0.0023	0.39	0.1198	0.1923	0.077	-26.5651	0.0561
	15	0.0041	0.7382	0.2372	0.0939	0.1439	39.8056	0.0963
	16	0.3571	65.8075	3.1031	0.001	2.1418	89.6763	1.8677
	17	0.0021	0.3621	0.1894	0.2045	0.1214	-55.008	0.0399
	18	0.0025	0.376	0.1894	0.2241	0.1251	75.9638	0.0372
	19	0.0029	0.4735	0.1784	0.1631	0.1132	-45	0.0788
	20	0.0035	0.5571	0.238	0.1414	0.1547	-11.3099	0.0765
	21	0.0027	0.4596	0.1677	0.1616	0.0976	-75.9638	0.1013
	22	0.0047	0.8217	0.3322	0.0866	0.2185	-59.9314	0.1059
	23	0.0359	6.3788	0.8872	0.0111	0.6043	-41.0091	0.3637
	24	0.0023	0.376	0.1683	0.2069	0.1048	-73.3008	0.0427
	25	0.0095	1.7967	0.3482	0.037	0.2241	-22.8337	0.152
	26	0.0145	2.5905	0.4491	0.0272	0.3078	12.5288	0.2417
43	1	0.0017	0.2646	0.0892	0.3133	0.06	63.435	0.0623
	2	0.1938	34.8327	2.7667	0.002	2.0317	-67.8446	1.3105
	3	0.0413	7.3119	1.4316	0.0097	0.9837	-1.1812	0.4509
	4	0.0039	0.6407	0.2056	0.1188	0.1398	9.4623	0.087
	5	0.0072	1.2395	0.4547	0.0587	0.308	-26.5651	0.1246
	6	0.0116	2.0473	0.4049	0.0349	0.265	-41.4237	0.2003
	7	0.0126	2.2284	0.4444	0.0319	0.3211	-58.3925	0.2719
	8	0.012	2.1588	0.4829	0.0324	0.3168	-65.0952	0.171
	9	0.0023	0.39	0.2009	0.1923	0.1305	-57.5288	0.0406
	10	0.0023	0.4318	0.1198	0.1569	0.07	-80.5377	0.0687
	11	0.0886	16.0167	1.7031	0.0043	1.2238	41.8202	1.1253
	12	0.0153	2.7298	0.5318	0.0258	0.35	34.6952	0.2317
	13	0.0099	1.8384	0.6462	0.0368	0.423	-54.1623	0.0847
	14	0.0235	4.3175	1.3772	0.0158	0.9001	-27.6211	0.2959
	15	0.0134	2.3955	0.5031	0.0293	0.3287	-63.435	0.2367
	16	0.0021	0.39	0.1576	0.1763	0.1046	-54.4623	0.0907
	17	0.0025	0.4178	0.2056	0.1815	0.1165	-22.6199	0.0525
	18	0.0027	0.4457	0.1762	0.1718	0.1124	84.8056	0.0567
	19	0.0091	1.6156	0.4442	0.0439	0.2997	-38.047	0.2122

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
44	1	0.0006	0.0836	0.0591	1	0.0357	-45	0.0197
	2	0.2644	48.1614	3.2894	0.0014	2.4497	-60.33	2.5511
	3	0.0076	1.2813	0.5771	0.0579	0.3633	-73.8557	0.0926
	4	0.0027	0.4596	0.2176	0.1616	0.1384	-53.9726	0.0604
	5	0.2506	43.7463	3.5925	0.0016	2.4429	73.3834	2.2367
	6	0.0145	2.6044	0.4136	0.027	0.2969	-46.8476	0.282
	7	0.0025	0.5014	0.17	0.1261	0.102	-33.6901	0.0464
	8	0.0021	0.3343	0.1314	0.24	0.0927	-56.3099	0.0657
	9	0.0083	1.4485	0.4613	0.05	0.3116	-28.1786	0.1583
	10	0.0473	8.844	1.0862	0.0076	0.7704	-47.3859	0.592
	11	0.0027	0.4318	0.197	0.1831	0.1275	-45	0.0591
45	1	0.0142	2.4373	0.5256	0.03	0.3708	84.4725	0.284
	2	0.0983	17.6322	1.8854	0.004	1.3208	35.0316	0.967
	3	0.1843	33.7882	2.1864	0.002	1.5695	-24.1609	1.6416
	4	0.0064	1.1142	0.3632	0.0648	0.2609	10.7843	0.2358
	5	0.0196	3.4122	0.7584	0.0211	0.4958	-28.9264	0.4138
	6	0.3263	58.3006	3.88	0.0012	2.642	-89.0491	1.9282
	7	0.0241	4.3454	0.7414	0.016	0.5225	-13.4486	0.3678
	8	0.0037	0.5989	0.282	0.1291	0.1744	-32.0054	0.0487
	9	0.0027	0.4735	0.1816	0.1522	0.1134	-63.435	0.0872
	10	0.019	3.259	0.6331	0.0225	0.4664	43.9191	0.4637
	11	0.0025	0.4039	0.1874	0.1942	0.11	-48.3665	0.0567
46	1	0.2818	49.777	4.7299	0.0014	3.3734	-30.7841	2.1876
	2	0.0029	0.4596	0.2246	0.1731	0.1503	-28.3008	0.0585
	3	0.0054	0.9331	0.3621	0.0784	0.2341	-77.7352	0.1592
	4	0.0471	8.4401	1.3692	0.0083	0.9729	32.0822	0.9844
	5	0.04	6.7966	1.3435	0.0109	0.9642	70.796	0.518
	6	0.0477	8.3147	1.312	0.0087	0.8946	-62.2096	0.6072
	7	0.0029	0.4596	0.2108	0.1731	0.1281	90	0.0279
	8	0.0056	0.9749	0.3852	0.0744	0.2455	-49.6355	0.1507
	9	0.0372	6.6295	1.4571	0.0106	0.9683	-28.1063	0.5322
47	1	0.0128	2.2005	0.6168	0.0332	0.4203	71.565	0.2643
	2	0.0142	2.312	0.9432	0.0333	0.6202	-78.518	0.2199
	3	0.0037	0.585	0.2679	0.1354	0.169	66.3706	0.0813
	4	0.6867	126.0441	5.8631	0.0005	4.2296	-53.1301	2.8022
	5	0.0025	0.4039	0.1994	0.1942	0.1244	-71.565	0.0573
	6	0.0159	2.688	0.9323	0.0277	0.6015	79.3803	0.1335
	7	0.0023	0.376	0.1723	0.2069	0.115	-84.8056	0.0366
	8	0.0023	0.376	0.1784	0.2069	0.1151	-56.3099	0.0541
	9	0.0254	4.5404	1.0114	0.0155	0.6428	-18.7413	0.5309
	10	0.0027	0.4318	0.1677	0.1831	0.109	-49.3987	0.0952
	11	0.0033	0.5571	0.2661	0.1335	0.1751	-42.7094	0.0535

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
48	1	0.5499	99.916	4.0314	0.0007	2.8919	69.6858	2.6831
	2	0.0138	2.4234	0.6015	0.0295	0.3973	-42.0892	0.161
	3	0.0021	0.3064	0.1588	0.2856	0.104	-11.3099	0.0355
	4	0.0237	4.1922	0.7538	0.0169	0.5211	19.8852	0.3996
	5	0.0021	0.3482	0.1588	0.2212	0.1013	-84.2894	0.0402
	6	0.0021	0.39	0.1393	0.1763	0.0807	-35.5377	0.0502
	7	0.0229	4.2061	0.5858	0.0163	0.4098	-19.8552	0.2922
	8	0.0027	0.4596	0.1762	0.1616	0.1095	-74.7449	0.0623
	9	0.0632	11.6016	1.5479	0.0059	1.0912	71.3843	0.7483
	10	0.0244	4.4011	0.9202	0.0159	0.6376	-37.5041	0.4476
	11	0.1249	22.6601	2.1785	0.0031	1.4953	-81.0933	1.0149
	12	0.0095	1.8106	0.4906	0.0364	0.3087	57.2648	0.1255
	13	0.0027	0.4457	0.1994	0.1718	0.1348	-85.6013	0.0385
	14	0.0037	0.6546	0.1784	0.1081	0.1198	57.9946	0.0827
49	1	0.0052	0.9471	0.4638	0.0734	0.2838	-48.8141	0.0472
	2	0.0444	7.7855	1.275	0.0092	0.8568	81.0983	0.4014
	3	0.0025	0.4039	0.194	0.1942	0.1181	-80.5377	0.0527
	4	0.0033	0.585	0.2491	0.1211	0.1627	-82.4054	0.0957
	5	0.0025	0.3621	0.1858	0.2417	0.1237	-80.5377	0.0343
	6	0.0043	0.7799	0.17	0.0882	0.1206	-71.565	0.0881
	7	0.0033	0.5571	0.2511	0.1335	0.1576	-57.2648	0.0552
	8	0.0134	2.3955	0.5726	0.0293	0.371	81.0274	0.168
	9	0.0788	13.83	1.4019	0.0052	0.987	57.2251	0.8618
	10	0.0025	0.3621	0.1588	0.2417	0.1093	53.1301	0.0669
	11	0.4132	74.1362	4.3833	0.0009	3.02	-52.2648	2.6761
	12	0.0027	0.4318	0.1576	0.1831	0.1092	-45	0.1182
	13	0.0041	0.7103	0.2871	0.1015	0.1893	77.4712	0.0891
	14	0.0039	0.6407	0.2284	0.1188	0.1475	-53.9726	0.1065
50	1	0.0006	0.0696	0.044	1	0.0305	90	0.0139
	2	0.0039	0.6685	0.2568	0.1091	0.1664	-17.1027	0.1434
	3	0.0353	6.1838	1.3013	0.0116	0.9298	-38.4537	0.6903
	4	0.0638	11.0167	1.8277	0.0066	1.2438	-58.8697	0.7353
	5	0.0043	0.7242	0.2464	0.1022	0.1557	-22.6199	0.1661
	6	0.0021	0.3482	0.17	0.2212	0.1111	-56.3099	0.0425
	7	0.5662	100.6403	4.8905	0.0007	3.5377	-70.8058	2.8805
	8	0.0485	8.454	1.688	0.0085	1.1473	-64.9538	0.6011
	9	0.0027	0.4457	0.1677	0.1718	0.1065	-41.1859	0.0852
	10	0.0062	1.0306	0.3677	0.0734	0.2571	-23.4986	0.1327
	11	0.0002	0.0279	0.0197	1	0.0128	0	0.0139
	12	0.0076	1.2117	0.3426	0.0647	0.2255	0	0.1532
	13	0.0014	0.2228	0.1061	0.3436	0.0589	71.565	0.0352
51	1	0.0196	3.3426	0.7496	0.022	0.5111	-52.4314	0.3099
	2	0.0206	3.7744	0.7355	0.0181	0.5017	-84.1737	0.2158
	3	0.0138	2.2841	1.0535	0.0332	0.6694	-66.1941	0.0914
	4	0.0107	1.7827	0.4562	0.0422	0.3213	-77.4712	0.2206
	5	0.548	97.5205	5.0852	0.0007	3.8272	-22.8337	3.2232
	6	0.0021	0.3482	0.1588	0.2212	0.0925	36.8699	0.0501

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
52	1	0.0008	0.0975	0.0623	1	0.0358	71.565	0.0264
	2	0.0332	5.8635	1.1179	0.0121	0.7539	84.9576	0.5762
	3	0.0033	0.5571	0.2056	0.1335	0.133	-85.2364	0.0902
	4	0.0107	1.8106	0.6743	0.0409	0.4517	-38.0888	0.1312
	5	0.0021	0.3482	0.1816	0.2212	0.0891	-30.9638	0.043
	6	0.1614	28.7743	2.4075	0.0024	1.7929	-57.2005	1.4379
	7	0.0068	1.1003	0.3959	0.0705	0.254	-29.7449	0.1952
	8	0.0066	1.1142	0.4252	0.0668	0.2693	-60.7512	0.1123
	9	0.014	2.493	0.5408	0.0282	0.3483	-64.179	0.1597
	10	0.0033	0.5292	0.2561	0.1479	0.1676	72.646	0.0557
	11	0.066	11.9498	1.4793	0.0058	1.0102	-51.5198	0.5851
	12	0.0039	0.5989	0.2817	0.1359	0.1825	83.991	0.0372
	13	0.0052	0.9053	0.4211	0.0803	0.2666	-57.9946	0.0738
	14	0.0132	2.2284	0.5571	0.0334	0.4077	-62.7004	0.4184
	15	0.0229	4.1365	0.6008	0.0168	0.4282	-60.4612	0.4665
	16	0.0048	0.8078	0.3055	0.0934	0.1984	-35.5377	0.1619
53	1	0.0008	0.1114	0.0623	0.7854	0.0245	90	0.0279
	2	0.7445	133.6624	6.2252	0.0005	4.3402	50.9581	3.0412
	3	0.0035	0.5571	0.2491	0.1414	0.1678	71.565	0.0749
	4	0.0029	0.5014	0.1481	0.1454	0.0896	33.6901	0.112
	5	0.0254	4.4847	0.6497	0.0159	0.4171	90	0.3343
	6	0.0023	0.376	0.1481	0.2069	0.094	45	0.0689
	7	0.0083	1.4067	0.3613	0.053	0.2313	-72.3499	0.1339
	8	0.0023	0.3621	0.1762	0.2231	0.1141	-79.6952	0.0399
	9	0.0078	1.4067	0.3645	0.0493	0.2395	-52.125	0.149
	10	0.0072	1.2535	0.3092	0.0574	0.1989	59.5345	0.1794
	11	0.0027	0.4875	0.1434	0.1436	0.0943	-82.875	0.0743
	12	0.0008	0.0975	0.0623	1	0.029	-18.4349	0.0264
54	1	0.0677	12.0891	1.7551	0.0058	1.1499	-55.008	0.3914
	2	0.0677	12.1448	2.6964	0.0058	1.7577	-56.3099	0.4674
	3	0.0021	0.3343	0.1624	0.24	0.1095	-29.0546	0.0419
	4	0.0072	1.2117	0.388	0.0614	0.2563	85.4261	0.1299
	5	0.1049	18.4957	2.3482	0.0039	1.5452	-36.4572	0.585
	6	0.0014	0.2089	0.1123	0.391	0.068	-26.5651	0.0374
	7	0.0029	0.5014	0.17	0.1454	0.1041	23.9625	0.0622
	8	0.0035	0.5432	0.2568	0.1487	0.1691	0	0.0557
	9	0.0035	0.6128	0.3092	0.1168	0.17	-35.2176	0.0515
	10	0.0173	3.2173	0.5547	0.021	0.3714	67.6199	0.1917
	11	0.0861	16.1141	1.2535	0.0042	0.8917	42.7543	0.8191

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
55	1	0.3117	55.1391	5.5204	0.0013	3.7978	50.93	2.5268
	2	0.0027	0.4596	0.1816	0.1616	0.1155	-63.435	0.0498
	3	0.0035	0.5432	0.2602	0.1487	0.1617	-76.7595	0.0463
	4	0.0021	0.3064	0.1284	0.2856	0.0833	-56.3099	0.0695
	5	0.0043	0.6685	0.326	0.12	0.2033	-71.565	0.0529
	6	0.0157	2.7159	0.7456	0.0268	0.502	-57.5288	0.2233
	7	0.0031	0.5153	0.238	0.1469	0.1573	-75.0686	0.052
	8	0.0033	0.5571	0.2511	0.1335	0.1638	79.3803	0.0667
	9	0.0023	0.376	0.1723	0.2069	0.1057	79.6952	0.0386
	10	0.0093	1.5599	0.5489	0.0481	0.3592	17.8787	0.2236
	11	0.0192	3.2312	0.766	0.0231	0.5638	31.1593	0.4407
56	1	0.4972	90.7935	4.1205	0.0008	2.8393	1.776	1.9596
	2	0.0037	0.6964	0.1994	0.0955	0.1214	67.3801	0.0996
	3	0.0124	2.4373	0.5961	0.0263	0.3817	-52.8533	0.105
	4	0.0025	0.4318	0.1624	0.17	0.1097	63.435	0.0685
	5	0.0206	3.5515	0.9031	0.0205	0.5949	82.9987	0.3432
	6	0.0101	1.922	0.4061	0.0343	0.2738	-77.0054	0.1649
	7	0.3596	65.9468	3.9731	0.001	2.6809	-40.4728	1.5419
	8	0.0025	0.4596	0.1393	0.15	0.0941	90	0.0836
	9	0.0054	0.8496	0.3366	0.0946	0.2052	-66.8014	0.0951
	10	0.0623	11.0724	1.4517	0.0064	1.0817	82.4879	0.8012
	11	0.0132	2.2702	0.4922	0.0322	0.3481	-79.0459	0.2276
	12	0.0056	0.9889	0.4371	0.0723	0.277	72.1811	0.0994
	13	0.0054	0.9749	0.2561	0.0718	0.1748	-68.1986	0.1267
	14	0.0113	1.9499	0.5425	0.0372	0.352	47.4896	0.1976
	15	0.0033	0.5432	0.2202	0.1405	0.141	0	0.1253
57	1	0.0031	0.4875	0.2335	0.1641	0.1463	-75.0686	0.0449
	2	0.9266	167.1163	6.5491	0.0004	4.8241	-52.4224	4.7451
	3	0.0052	0.8635	0.3737	0.0883	0.2402	63.435	0.0872
	4	0.0495	8.9275	1.1227	0.0078	0.81	-57.8043	0.8482
	5	0.033	5.9192	1.0402	0.0118	0.6763	86.5318	0.4722
	6	0.0039	0.6546	0.2318	0.1138	0.152	-21.0375	0.115
	7	0.0035	0.585	0.2491	0.1282	0.1561	-7.5946	0.1049
	8	0.0031	0.5292	0.248	0.1392	0.1502	55.3048	0.0608
	9	0.0072	1.2256	0.4017	0.06	0.2631	62.4472	0.2147
	10	0.0031	0.5432	0.1588	0.1322	0.1027	-75.9638	0.0878
	11	0.0085	1.4624	0.4096	0.0502	0.281	-80.1342	0.2643
	12	0.0033	0.5432	0.207	0.1405	0.1358	-72.8973	0.0543
	13	0.0052	0.9053	0.2803	0.0803	0.1869	83.2902	0.1212
	14	0.0095	1.7131	0.3748	0.0407	0.2382	27.7585	0.17
	15	0.0006	0.0696	0.0502	1	0.0252	-63.435	0.0249
58	1	0.5961	106.7684	5.606	0.0007	4.094	-69.8537	3.3314
	2	0.0027	0.4735	0.2396	0.1522	0.1447	-55.3048	0.0396
	3	0.0045	0.7521	0.2318	0.0991	0.1615	-61.6992	0.0906
	4	0.0252	4.4707	0.8663	0.0159	0.5737	-54.1179	0.2216
	5	0.0665	11.6156	1.9897	0.0062	1.3669	-69.1455	0.7226
	6	0.0006	0.0696	0.0502	1	0.0275	-63.435	0.0249

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
59	1	0.1352	23.8996	2.2849	0.003	1.5777	-55.042	1.1603
	2	0.0033	0.571	0.207	0.1271	0.1343	-33.6901	0.1159
	3	0.0076	1.3231	0.3862	0.0543	0.2626	-11.7683	0.1466
	4	0.0081	1.4067	0.6497	0.0517	0.4167	-29.4275	0.1036
	5	0.0149	2.6462	0.6813	0.0268	0.4394	-27.8241	0.2679
	6	0.0025	0.39	0.194	0.2084	0.1227	-18.4349	0.0396
	7	0.0058	0.9471	0.4554	0.0815	0.285	-67.5206	0.043
	8	0.006	1.0446	0.2679	0.0693	0.1899	79.3803	0.1437
60	1	0.7947	142.6735	6.8554	0.0005	4.7053	-38.8476	3.5157
	2	0.0085	1.4345	0.6068	0.0521	0.4056	-58.5704	0.107
	3	0.0165	2.8691	0.9114	0.0252	0.6131	-69.1932	0.4762
	4	0.0062	1.0028	0.387	0.0776	0.2547	-80.1342	0.1724
	5	0.0023	0.39	0.1198	0.1923	0.0747	-9.4623	0.0687
	6	0.007	1.2117	0.4827	0.0598	0.3135	-46.2189	0.127
	7	0.0161	2.7716	0.9841	0.0263	0.6206	-71.2883	0.213
	8	0.0045	0.7799	0.3708	0.0922	0.2416	-58.2405	0.0524
61	1	0.0025	0.4039	0.1745	0.1942	0.116	-63.435	0.0561
	2	0.0522	9.4289	1.9443	0.0074	1.3198	-48.8141	0.6761
	3	0.0023	0.4039	0.1481	0.1793	0.0959	-54.4623	0.0874
	4	0.0338	5.7242	1.1439	0.0129	0.8417	40.1355	0.7817
	5	0.0045	0.7103	0.2089	0.1111	0.151	-74.7449	0.1222
	6	0.0035	0.585	0.2868	0.1282	0.1789	-62.1027	0.0355
	7	0.0033	0.5571	0.2628	0.1335	0.1734	-61.9275	0.0647
	8	0.0029	0.5153	0.2568	0.1377	0.1489	-49.7636	0.0433
	9	0.0031	0.4875	0.2335	0.1641	0.1463	78.6901	0.0519
	10	0.0021	0.3203	0.1588	0.2613	0.1015	-84.2894	0.0402
	11	0.0223	3.9415	1.0312	0.018	0.6927	84.2894	0.2273
	12	0.2107	36.4901	3.6281	0.002	2.7533	50.1944	2.5393
	13	0.0048	0.8078	0.2858	0.0934	0.1972	-47.2906	0.0968
	14	0.0074	1.1838	0.5439	0.0661	0.3507	82.3039	0.0888
	15	0.0027	0.4457	0.2202	0.1718	0.1456	-56.3099	0.0425
	16	0.0031	0.4596	0.2246	0.1846	0.1346	86.1859	0.038
	17	0.0702	12.1309	2.1214	0.006	1.4445	2.6224	1.0357
	18	0.0023	0.3482	0.1762	0.2413	0.1046	74.7449	0.0366
	19	0.0008	0.0975	0.0623	1	0.0383	71.565	0.0264
	20	0.0006	0.0696	0.044	1	0.0255	90	0.0139
	21	0.0002	0.0279	0.0197	1	0.0128	0	0.0139
62	1	0.0002	0.0279	0.0197	1	0.0105	0	0.0139
	2	0.8774	156.6985	6.7331	0.0004	4.8962	47.1055	4.7376
	3	0.0021	0.3482	0.1506	0.2212	0.0983	-14.0362	0.0743
	4	0.0043	0.6964	0.2679	0.1106	0.1806	66.3706	0.1156
	5	0.0209	3.7326	0.6243	0.0189	0.4292	27.8973	0.3063
	6	0.0262	4.61	0.9276	0.0155	0.6654	49.514	0.6335
	7	0.0048	0.7799	0.197	0.1002	0.1444	-29.0546	0.1502
	8	0.0029	0.4596	0.2089	0.1731	0.1275	-70.0169	0.0892
	9	0.0021	0.3343	0.1624	0.24	0.1116	-29.0546	0.0528
	10	0.0417	7.493	1.2772	0.0093	0.9006	-5.3145	0.3677
	11	0.001	0.1253	0.075	0.7757	0.0472	14.0362	0.027

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
63	1	0.2822	49.8745	4.1607	0.0014	2.9162	63.9876	1.8246
	2	0.0058	0.961	0.3594	0.0792	0.2306	-55.008	0.0993
	3	0.0081	1.3231	0.6084	0.0585	0.3909	-15.0184	0.1063
	4	0.0078	1.3231	0.5995	0.0557	0.3847	-59.7436	0.0782
	5	0.0186	3.2869	0.8228	0.0217	0.5727	-53.3439	0.3853
	6	0.0025	0.4596	0.2202	0.15	0.1118	-33.6901	0.0502
	7	0.0045	0.6824	0.2908	0.1204	0.2041	-86.9872	0.0827
	8	0.0114	2.0056	0.5736	0.0358	0.3681	-85.1009	0.2692
	9	0.0037	0.571	0.2775	0.142	0.1675	-15.5241	0.0365
	10	0.0452	8.0362	1.6759	0.0088	1.1217	72.9698	0.5087
	11	0.0836	14.6657	2.4079	0.0049	1.6088	-35.6185	0.7929
	12	0.0328	5.7938	1.1164	0.0123	0.8035	-32.3474	0.5467
	13	0.0023	0.4039	0.207	0.1793	0.134	-48.0128	0.0373
	14	0.0047	0.7382	0.3414	0.1074	0.2188	90	0.0696
	15	0.0097	1.5877	0.4371	0.0483	0.3038	-64.359	0.1662
	16	0.0097	1.546	0.713	0.051	0.4517	-79.5923	0.0841
	17	0.0225	3.844	0.8527	0.0191	0.6276	-40.6013	0.5559
	18	0.0041	0.6685	0.3007	0.1145	0.19	-81.4692	0.0461
	19	0.0062	1.0724	0.3832	0.0678	0.2432	76.5043	0.0991
	20	0.0035	0.6128	0.2981	0.1168	0.1796	-34.5085	0.0416
64	1	0.1911	33.9274	3.4968	0.0021	2.4319	13.134	2.5594
	2	0.0052	0.8078	0.3581	0.1009	0.2287	82.875	0.0846
	3	0.0089	1.5181	0.6669	0.0487	0.426	-68.6821	0.1111
	4	0.0287	5.1393	1.2461	0.0137	0.8139	-68.1986	0.3052
	5	0.0289	5.1253	0.794	0.0138	0.5452	63.435	0.4173
	6	0.3426	61.2115	4.0482	0.0011	2.9696	-56.3761	3.0365
	7	0.0037	0.5989	0.2868	0.1291	0.1698	-62.1027	0.0543
	8	0.0033	0.4875	0.2089	0.1744	0.1415	-36.0274	0.0819
	9	0.0113	2.0056	0.4865	0.0351	0.3206	88.1524	0.1922
	10	0.0023	0.39	0.1088	0.1923	0.0773	-21.8014	0.075
	11	0.0058	0.9749	0.3567	0.0769	0.2376	20.2249	0.2029
	12	0.0037	0.6128	0.2557	0.1233	0.1648	-86.1859	0.1204

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
65	1	0.001	0.1253	0.071	0.7757	0.048	90	0.0139
	2	0.4328	77.6738	4.7976	0.0009	3.5667	13.9514	2.2612
	3	0.0029	0.5014	0.1816	0.1454	0.1083	78.6901	0.0901
	4	0.0161	2.7437	0.6474	0.0269	0.427	-83.3675	0.2381
	5	0.0033	0.5571	0.1869	0.1335	0.1246	65.5556	0.0876
	6	0.0027	0.4318	0.1894	0.1831	0.1125	-63.435	0.081
	7	0.0027	0.4735	0.207	0.1522	0.1191	85.6013	0.0652
	8	0.1439	27.2144	1.8173	0.0024	1.2822	-19.6538	1.1823
	9	0.0021	0.4178	0.1004	0.1536	0.0572	-21.8014	0.0672
	10	0.0021	0.3343	0.163	0.24	0.108	-78.6901	0.0437
	11	0.0349	6.1142	1.0156	0.0117	0.7012	-78.6901	0.4698
	12	0.0159	2.8691	0.5529	0.0243	0.3846	48.9909	0.3811
	13	0.0085	1.5181	0.4491	0.0465	0.3027	-62.5924	0.1942
	14	0.0027	0.5014	0.1393	0.1357	0.0992	66.8014	0.0969
	15	0.0021	0.3203	0.1557	0.2613	0.0975	84.2894	0.0333
	16	0.0025	0.4178	0.1816	0.1815	0.12	68.1986	0.075
	17	0.0048	0.9331	0.2396	0.07	0.1536	65.2249	0.1216
	18	0.0021	0.3482	0.1773	0.2212	0.1153	-45	0.0394
66	1	0.6172	111.1277	5.9649	0.0006	4.2149	-57.8612	2.556
	2	0.0475	8.5933	1.0967	0.0081	0.7951	-22.9638	0.7603
	3	0.0025	0.4039	0.15	0.1942	0.092	90	0.0557
	4	0.0136	2.312	0.4827	0.0319	0.3258	68.6294	0.3231
	5	0.0066	1.1142	0.2868	0.0668	0.2003	-69.444	0.1483
	6	0.0006	0.0696	0.044	1	0.0255	0	0.0139
	7	0.0027	0.4318	0.2028	0.1831	0.1295	-81.2538	0.0371
	8	0.0025	0.4457	0.1624	0.1595	0.1095	60.9454	0.0771
	9	0.0027	0.4318	0.1745	0.1831	0.116	-73.3008	0.08
	10	0.0023	0.4596	0.1393	0.1385	0.0899	-66.8014	0.0805
	11	0.0041	0.6964	0.3092	0.1056	0.1893	-54.7824	0.0689
	12	0.0031	0.5014	0.2009	0.1551	0.1188	74.7449	0.1038
	13	0.0021	0.3482	0.1284	0.2212	0.0835	-33.6901	0.0541
	14	0.0211	3.7883	0.9037	0.0185	0.5847	14.0362	0.3851
67	1	0.1152	20.6267	3.2502	0.0034	2.1781	-44.4251	1.1498
	2	0.0021	0.3482	0.15	0.2212	0.106	6.3402	0.0661
	3	0.0027	0.4318	0.2056	0.1831	0.1307	-26.5651	0.0561
	4	0.0037	0.6407	0.2202	0.1128	0.1456	18.4349	0.0969
	5	0.0021	0.3482	0.1745	0.2212	0.0995	-63.435	0.0436
	6	0.0023	0.3343	0.1434	0.2618	0.0988	63.435	0.0685
	7	0.2716	49.0945	4.2302	0.0014	2.9774	-74.8303	1.6683
	8	0.0023	0.376	0.1624	0.2069	0.0929	18.4349	0.0705
	9	0.0192	3.3008	0.8887	0.0221	0.5707	-83.5412	0.4815
	10	0.0029	0.4596	0.17	0.1731	0.116	-56.3099	0.0927
	11	0.014	2.2145	0.794	0.0358	0.5708	-46.7357	0.4564

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
68	1	0.0493	8.5515	1.5763	0.0085	1.0933	-68.4986	0.6891
	2	0.0037	0.6407	0.2858	0.1128	0.1739	-47.1211	0.0642
	3	0.0047	0.766	0.3369	0.0997	0.2229	-61.1892	0.0818
	4	0.0083	1.4902	0.3824	0.0472	0.267	0	0.2089
	5	0.0039	0.6128	0.2617	0.1298	0.1673	82.875	0.095
	6	0.0023	0.4178	0.2176	0.1676	0.1294	-39.2894	0.0353
	7	0.0031	0.5432	0.2661	0.1322	0.1681	-47.2906	0.0346
	8	0.3319	59.9441	3.9309	0.0012	2.7477	-23.4366	2.5996
	9	0.0111	1.9638	0.6219	0.036	0.4252	-56.3099	0.2086
	10	0.0023	0.376	0.1894	0.2069	0.1193	-55.008	0.0434
	11	0.0029	0.4875	0.1624	0.1539	0.0955	90	0.0836
	12	0.0021	0.3203	0.1588	0.2613	0.0852	-84.2894	0.0402
	13	0.013	2.0752	0.9435	0.0379	0.5962	-6.9112	0.0758
	14	0.0043	0.6824	0.3215	0.1151	0.2068	-15.9454	0.0478
	15	0.0045	0.766	0.3176	0.0955	0.2096	25.2011	0.1231
69	1	0.2413	43.1753	4.7334	0.0016	3.1264	85.2896	2.8633
	2	0.0285	4.9861	0.9172	0.0144	0.6209	39.0939	0.3331
	3	0.3195	56.1418	4.1365	0.0013	2.7728	72.9274	1.6029
	4	0.0012	0.1671	0.0934	0.5236	0.06	68.1986	0.0336
	5	0.0303	5.3342	1.1339	0.0134	0.8079	-16.4769	0.6576
	6	0.0023	0.4457	0.2364	0.1473	0.1102	-45	0.0197
	7	0.0027	0.4596	0.2028	0.1616	0.1272	90	0.0557
	8	0.0027	0.4457	0.2246	0.1718	0.1266	61.6992	0.0396
	9	0.0213	3.7186	0.8421	0.0194	0.5669	-10.4077	0.4733
	10	0.0087	1.532	0.4263	0.0467	0.2776	-31.3287	0.195
70	1	0.8353	152.8963	6.76	0.0004	4.6906	-47.6195	3.0493
	2	0.0661	12.0473	1.4527	0.0057	0.9907	-63.9704	0.4569
	3	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.0215	0	0.0139
	4	0.0021	0.3482	0.1683	0.2212	0.1097	68.1986	0.0466
71	1	0.3137	55.919	3.8607	0.0013	2.7897	-55.5051	2.7272
	2	0.0047	0.8496	0.1816	0.0811	0.1176	-78.6901	0.0956
	3	0.0029	0.4875	0.1284	0.1539	0.0926	18.4349	0.0881
	4	0.0021	0.3482	0.1773	0.2212	0.1081	-45	0.0394
	5	0.0163	2.6462	1.0854	0.0292	0.6996	-85.486	0.1681
	6	0.0021	0.3343	0.1557	0.24	0.1022	90	0.0279
	7	0.0083	1.3928	0.43	0.054	0.2836	-81.573	0.1572
72	1	0.012	2.0752	0.6379	0.0351	0.4171	64.0935	0.2466
	2	0.0027	0.4318	0.218	0.1831	0.137	65.2249	0.0399
	3	0.6213	110.9327	5.1784	0.0006	3.7572	-76.5664	2.81
	4	0.0023	0.3621	0.1677	0.2231	0.1065	41.1859	0.0563
	5	0.001	0.1532	0.0892	0.5193	0.0575	36.8699	0.0279
	6	0.0041	0.7382	0.2591	0.0939	0.1643	-60.2551	0.0829
	7	0.0085	1.4624	0.494	0.0502	0.3271	-36.1582	0.1553
	8	0.0043	0.6685	0.3142	0.12	0.206	-81.8699	0.0473

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
73	1	1.1375	209.4003	6.9296	0.0003	5.3011	-41.3561	5.6313
	2	0.0161	2.7159	0.9472	0.0274	0.6149	-85.5328	0.2419
	3	0.0012	0.1811	0.0934	0.4461	0.0502	78.6901	0.0382
	4	0.0047	0.7799	0.2938	0.0962	0.1879	16.3895	0.1258
	5	0.0029	0.5153	0.2009	0.1377	0.1156	-37.875	0.1038
	6	0.0037	0.6407	0.248	0.1128	0.1695	-17.1027	0.13
	7	0.0107	1.9081	0.3302	0.0368	0.2238	-78.6901	0.153
	8	0.0025	0.4039	0.1624	0.1942	0.0953	71.565	0.0793
74	1	0.0211	3.6629	0.8121	0.0198	0.5219	86.4965	0.4239
	2	0.5905	109.6653	6.2722	0.0006	4.2137	-36.3234	2.4844
	3	0.0029	0.5153	0.197	0.1377	0.1235	56.3099	0.1004
	4	0.0128	2.2005	0.6617	0.0332	0.4442	-61.1892	0.1818
	5	0.0037	0.6407	0.2126	0.1128	0.1347	-80.5377	0.0962
	6	0.0114	1.9916	0.6123	0.0363	0.4132	-78.9591	0.2274
	7	0.0285	4.9303	0.9749	0.0147	0.6383	-62.1985	0.446
	8	0.0105	1.7549	0.4598	0.0427	0.3185	-17.1027	0.2734
	9	0.0029	0.4596	0.2246	0.1731	0.148	61.6992	0.0528
	10	0.0019	0.3064	0.1088	0.2596	0.0798	-68.1986	0.0802
75	1	0.0027	0.4178	0.2028	0.1955	0.1314	81.2538	0.0445
	2	0.0068	1.1421	0.494	0.0654	0.3298	-79.3803	0.1523
	3	0.0043	0.6546	0.3114	0.1252	0.1995	-84.5597	0.0489
	4	0.0138	2.3816	0.6621	0.0305	0.4299	-79.4608	0.1777
	5	0.4384	78.4259	4.9993	0.0009	3.4785	76.3191	2.1307
	6	0.0029	0.4735	0.2009	0.1631	0.1144	-52.125	0.0916
	7	0.0027	0.4875	0.1434	0.1436	0.099	69.444	0.0668
	8	0.0047	0.7521	0.3551	0.1034	0.232	-24.444	0.0611
	9	0.0031	0.4735	0.194	0.1739	0.1291	-71.565	0.0749
	10	0.0097	1.5599	0.5121	0.0501	0.3335	84.8056	0.1954
	11	0.0114	1.9638	0.6068	0.0373	0.4384	72.5528	0.328
	12	0.0029	0.5014	0.1979	0.1454	0.1258	21.8014	0.1086
76	1	0.4545	80.3897	6.8131	0.0009	4.5981	-50.2403	1.9107
	2	0.0004	0.0418	0.0311	1	0.0238	90	0.0139
	3	0.0295	5.0835	1.0545	0.0143	0.7081	-60.4612	0.3324
	4	0.0029	0.5153	0.1588	0.1377	0.1018	-69.444	0.1108
	5	0.0014	0.2228	0.1182	0.3436	0.0465	-45	0.0295
	6	0.1672	29.4567	3.4066	0.0024	2.2199	-70.1915	0.8104
	7	0.0144	2.4512	0.714	0.03	0.4768	-70.1148	0.1895
	8	0.0025	0.4178	0.197	0.1815	0.1258	-48.3665	0.0532
	9	0.0099	1.6295	0.5233	0.0468	0.3649	79.6952	0.2554
	10	0.0017	0.2646	0.1321	0.3133	0.0726	82.875	0.0397
	11	0.0012	0.1532	0.0881	0.6231	0.0558	-78.6901	0.0273

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
77	1	0.0035	0.571	0.2561	0.1346	0.1559	-10.6197	0.0856
	2	0.0275	4.6796	1.5539	0.0158	1.0313	90	0.39
	3	0.0111	1.8802	0.5376	0.0393	0.3527	-47.6026	0.2191
	4	0.1234	21.8244	2.6677	0.0033	1.7833	-67.5509	0.9685
	5	0.0056	0.9192	0.419	0.0837	0.2663	-69.6769	0.0672
	6	0.0157	2.7019	0.6574	0.027	0.4461	-50.3893	0.3141
	7	0.0194	3.3565	1.0471	0.0216	0.658	-61.6992	0.233
	8	0.0025	0.4039	0.1811	0.1942	0.1044	-79.6952	0.0635
	9	0.0078	1.4345	0.4136	0.0474	0.2831	-30.9638	0.2412
	10	0.0145	2.5766	0.4519	0.0275	0.3046	-81.2538	0.269
	11	0.0002	0.0279	0.0197	1	0.015	0	0.0139
78	1	0.0078	1.2674	0.4537	0.0607	0.3122	-76.866	0.1695
	2	0.3059	55.6683	5.1731	0.0012	3.4086	-71.1636	2.1928
	3	0.0157	2.8273	0.5902	0.0247	0.3881	-87.0643	0.199
	4	0.0033	0.5571	0.1894	0.1335	0.1263	-30.9638	0.0693
	5	0.0045	0.7799	0.2704	0.0922	0.1774	-33.6901	0.0657
	6	0.0145	2.688	0.4655	0.0253	0.3056	37.304	0.22
	7	0.0246	4.3315	0.8007	0.0165	0.5494	-51.9112	0.3798
	8	0.0048	0.8774	0.1894	0.0792	0.1288	21.8014	0.0983
	9	0.0153	2.8134	0.5669	0.0243	0.3571	6.5198	0.2439
	10	0.0025	0.4457	0.1557	0.1595	0.0985	12.5288	0.0589
	11	0.0041	0.7103	0.1935	0.1015	0.1358	-24.444	0.1003
	12	0.0078	1.3231	0.463	0.0557	0.3198	-55.7131	0.2762
	13	0.0068	1.2256	0.3287	0.0568	0.2441	-32.9052	0.1843
79	1	0.2917	54.0666	4.629	0.0013	3.2129	-54.8076	1.5368
	2	0.0198	3.1476	1.2114	0.0251	0.7799	90	0.1811
	3	0.0066	1.1003	0.517	0.0685	0.327	-63.435	0.0561
	4	0.1005	16.8384	3.2413	0.0045	2.1854	51.3402	1.3855
	5	0.0021	0.3482	0.17	0.2212	0.0993	60.9454	0.0473
	6	0.0085	1.5181	0.4598	0.0465	0.3183	-31.3287	0.2566
	7	0.006	0.9192	0.357	0.0894	0.2443	-7.4314	0.1513
	8	0.0054	0.961	0.248	0.0739	0.1622	-58.3925	0.1058
	9	0.0045	0.7799	0.2617	0.0922	0.1743	-72.646	0.0831
	10	0.0242	4.1086	0.9947	0.018	0.7385	-49.9697	0.6463
81	1	0.0021	0.3621	0.1874	0.2045	0.1214	-41.6335	0.0335
	2	0.0301	5.3342	1.182	0.0133	0.8203	-75.6186	0.5175
	3	0.0023	0.376	0.1745	0.2069	0.1137	-21.8014	0.0595
	4	0.0027	0.4178	0.1994	0.1955	0.1323	90	0.0418
	5	0.0056	0.961	0.299	0.0765	0.1951	-74.4759	0.1491
	6	0.0021	0.3482	0.1677	0.2212	0.1043	-48.8141	0.0432
	7	0.1918	34.2338	2.9104	0.0021	2.1271	-53.0081	1.6845
	8	0.0095	1.6852	0.5938	0.0421	0.3819	-53.1301	0.1532
	9	0.0029	0.5153	0.2561	0.1377	0.1686	-45	0.0394
	10	0.005	0.8496	0.2704	0.0878	0.1797	-71.565	0.1674
	11	0.0023	0.376	0.1894	0.2069	0.1009	55.008	0.0445
	12	0.0107	1.7688	0.7682	0.0429	0.4831	-68.1986	0.0802
	13	0.0035	0.585	0.1773	0.1282	0.1155	-26.5651	0.1308

画像解析結果表

視野 [No.]	粒子番号	面積 [mm ²]	周囲長 [mm]	最大長 [mm]	円形度	平均径 [mm]	方向 [°]	幅 [mm]
81	1	0.1207	21.7548	1.858	0.0032	1.3376	-20.1517	1.1451
	2	0.0043	0.6964	0.2056	0.1106	0.1375	4.7636	0.1006
	3	0.0438	7.9665	1.2228	0.0087	0.8372	70.7873	0.6187
	4	0.0025	0.376	0.1894	0.2241	0.123	-75.9638	0.0439
	5	0.0037	0.6546	0.2568	0.1081	0.1573	-49.7636	0.0581
	6	0.0132	2.2423	0.7664	0.033	0.4933	82.1847	0.2124
	7	0.0175	3.0501	0.7992	0.0236	0.5255	58.627	0.3254
	8	0.0068	1.2395	0.3789	0.0555	0.2477	-54.4623	0.1214
	9	0.0834	15.2646	1.9247	0.0045	1.4488	-43.6831	1.3816
	10	0.0045	0.8357	0.1994	0.0803	0.1381	-80.5377	0.0801
	11	0.0023	0.3482	0.1762	0.2413	0.1027	-74.7449	0.0391
	12	0.0041	0.6964	0.2568	0.1056	0.1686	-38.6598	0.1697
	13	0.0506	9.3454	1.7839	0.0073	1.1446	-40.3466	0.3688
	14	0.0167	3.1337	0.595	0.0213	0.3993	-78.4078	0.1847
	15	0.0151	2.688	0.6072	0.0263	0.4045	26.5651	0.3675
	16	0.0116	1.9638	0.4338	0.0379	0.2936	-59.4208	0.2235
	17	0.0006	0.0836	0.0591	1	0.0357	45	0.0197