

高分子掘削流体材「ドリルメイト」によるボーリング掘削について

玉山幸治*

1. はじめに

従来、ボーリング用掘削流体としては、ベントナイトおよびこれをベースとして各種調泥剤を添加した泥水が広く利用されている。これらの泥水は、比重が高く、粘性が高いということが特徴であり、地質構成や地盤状況に応じて調泥剤の添加をおこなうなどの工夫がされてきた。ベントナイトは重量が重く、運搬や保管、作泥、調泥作業に労力を要している。

高分子掘削流体材「ドリルメイト」（ドリルメイトとは、掘削流体材の商品名である。）は、高分子材の吸水膨張性樹脂からなる全く新しい概念の掘削流体材（泥水）である。通常のボーリングにおいては各種調泥剤をとくに必要としなく、水に少量の素材（高分子吸水性樹脂＝ドリルメイト）を加えるだけで使用でき、取扱いが簡易であることから適用事例が年々増えたきている。この掘削流体材「ドリルメイト」は比重が小さいことが特徴である。ここでは、ドリルメイトの基本的な性質と特徴とボーリング掘削の事例として、オペレーターの感想とこれまでの質疑応答等の結果をまとめて述べる。

2. ドリルメイトの基本的性質と特徴の概要

ドリルメイトの基本的性質と特徴の概要をまとめると表-1となる。

表-1 ドリルメイトの基本的性質と特徴の概要表

基本的性質	特徴の概要
1. 素材は水を吸って膨張する高分子吸水膨張性樹脂からできている。吸水後の重量は吸水前の400~600倍に達する。	1. 比重は水とほぼ同程度である。
2. 吸水膨張時間は5分間程度で最終膨張倍率に達する。（図-1）	2. 調製時間が短時間でよい。調製開始から5~10分後には、ボーリング掘削作業を行うことができる。
3. 素材の成分はアルカリ酸塩・ビニルアルコール共重体で吸水膨張の状態では0.1~4.0mmの球状を呈し、強度を有する。（図-2）	3. 球状の強度は試錐ホソフで循環使用しても、容易に破壊することはない。球状を呈することはスライム分離に役だっている
4. 水温80℃付近までの吸水膨張量に変化はない。しかし、150℃以上になると時間とともに劣化し、吸水能が低下してくる。（図-3, 図-4）	4. 温水でも吸水膨張を呈することから温泉掘削の調泥材としても可能である。実用上は水温100℃以下で使用する。
5. 電解質溶液中の吸水膨張量は電解質濃度	5. 使用濃度を適宜補正する。

* 川口エース工業(株)

基 本 的 性 質	特 徴 の 概 要
<p>が高くなると吸水膨張倍率が低下する。(図-5)</p> <p>6. PH変化に対する吸水膨張量は、中性付近で最大の吸水量を示す。(図-6)</p> <p>7. 素材は厚生省の衛生材料用医療部外品として認可済みである。(表-2)</p>	<p>6. 使用濃度を適宜補正する。</p> <p>7. 安全である。</p> <p>8. 特許番号207236号 (1996.7.25 発明の名称「ホーリング用の掘削流体及びその作製方法」)</p>

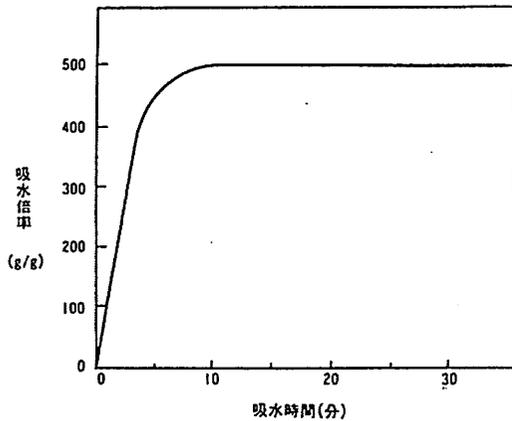


図-1 吸水膨張速度

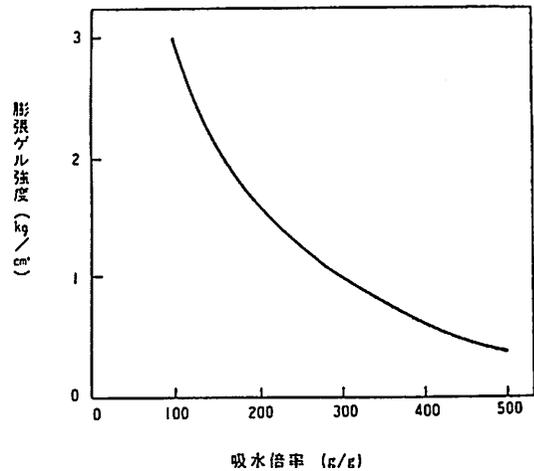


図-2 吸水膨張粒子の破壊強度

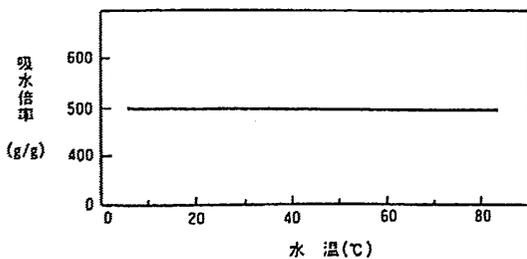


図-3 水温と吸水量の関係

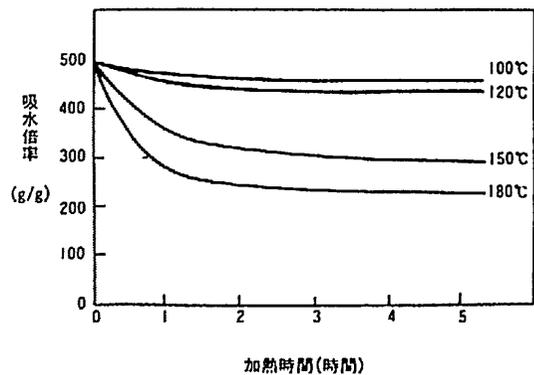


図-4 吸水膨張樹脂の熱安定性

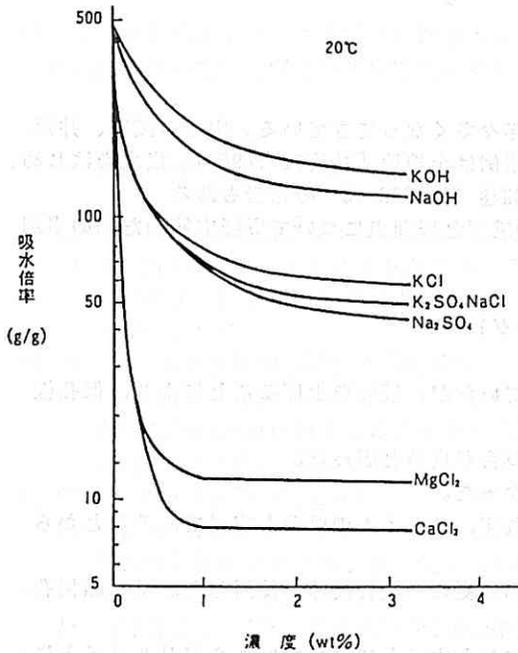


図-5 電解質溶液中での吸水性

表-2 吸水膨張性樹脂の安全性

マウスおよびラットにおける経口急性毒性試験	LD ₅₀ > 10,000 mg/kg
ラットにおける亜急性毒性試験 (5週間)	毒性なし
ウサギを用いた皮膚一次刺激試験	刺激性なし
ウサギを用いた粘膜一次刺激試験	刺激性なし
モルモットを用いた抗原性試験	抗原性は認められない
人における皮膚刺激試験	刺激性なし
ヒメダカにおける急性毒性試験 (魚毒試験)	LC ₅₀ > 100 ppm

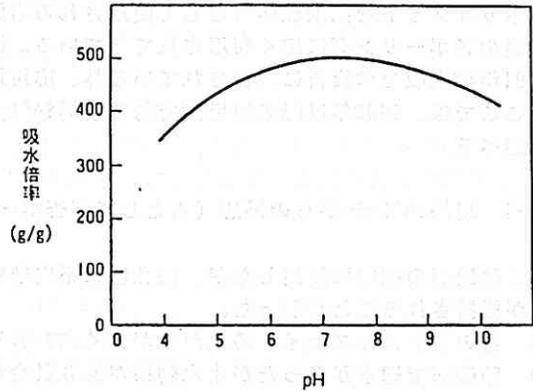
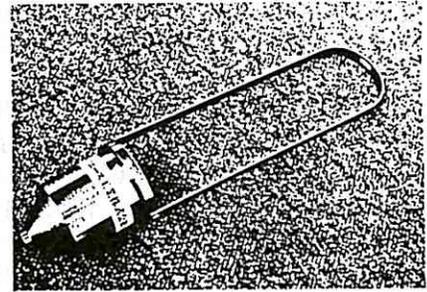


図-6 pH と吸水量の関係



粘性カップ[®] (商品名: OY0カップ[®])

このような性質を持った掘削流体材を、従来の泥水と同じように使用するに当たって、泥水管理のために一般に指標として使われてきた比重とファンネル粘性との相関に基づいておこなわれる。しかし、現場使用に適さないことから最近では、粘性カップ[®] (商品名: OY0カップ[®]) が利用されるなどの工夫がされてきている。

従来のベントナイト泥水は、10%前後の濃度で使用されるのに比べて掘削流体は通常0.3~0.6%濃度でよく極めて低濃度である。この際の掘削流体の比重は1.003~1.006であり、水の比重とほとんど変わらない。スライムを排除する能力を判断する指標の一つであるファンネル粘性は、他に添加材を加えなくても濃度を高めるだけで増加する。

掘削流体でのスライム排除の概要は、つぎのとおりである。

- 1) ホールリング孔内に置いては孔内水が掘削流体材で密たされている状態にスライムが孔内水の上昇とともに循環する流体材に衝突して孔外へ運び出される。
- 2) 孔外へ出されたスライムは、上向きの流れがなくなることから沈降し分離する。

掘削流体は沈降分離性が良いことからポンプ排泥を中断した場合に残留するスライムが下方のコアチューブの肩やピットの周辺に沈降し、ジャーミングの発生するのではないかと懸念された。しかし、これまでの事例では、ジャーミングする事はなく、スライム排除の効率が良いことが上げられる。

3. ボーリング掘削の事例

ドリルメイトを掘削流体材として使用される事例は年々多くなってきている。中でも調査、井戸、温泉の各ボーリングに広く利用されてきている。掘削事例は全地連「技術フォーラム90*1」東京をはじめ、同91年*2大阪での資料に報告されている外、応用地質33巻 1号1992 *3 の報告もある。

ここでは、1993年以降の使用例で特に現場オペレーターの感想と疑問点について質疑応答した際の事例を述べる。

3-1 現場オペレーターからの感想（主として調査ボーリング）

- 1) 砂礫層の掘削に使用したが、保孔性に不安を感じていたが、濃度を上げることにより、保孔性が維持されることが解った。
- 2) 岩の掘削にはスライムの上がりがよく、コアリングに具合が良いと思った。
- 3) 砂礫層で逸水があったが止水効果があり具合良かった。
- 4) 使用前はコストが割高と感じていたが、現場が汚れず、スライムの処理も容易であることからトータル的には安くなるのではないかと思う。
- 5) スライムの上がり良かったが孔壁の崩れがあるので更に濃度を高めて使用した。その結果孔内の崩壊も止まり、順調に掘削ができた。
- 6) ドリルメイトは調査ボーリングで山に登るとき、ベントナイトでは重たいからドリルメイトにしようかと言う程度の認識である。ボーリングに使用するためのトータルな技術の確立が必要だと思う。
- 7) 四国では泥水を使用して掘削する例は少ないが保孔性を除けば良い泥水材とおもっている。
- 8) ゲバルコアチューブの使用時にドリルメイトの膨張粒子が詰まるため使用が難しい。ケーシング挿入時の滑材としては具合がよい。
- 9) 徳島地区では、ベントナイトが産廃になることと、重いこと、汚いこと、溶解しにくいことなどのため使用する人が少ない。ドリルメイトは溶け安く軽量で使いやすいくともおう。
- 10) 出雲地区で使用したが、スライムの排除の効率が非常に良かった。
- 11) サンプルング時の抵抗が極めて小さくなり、不攪乱試料が採取できるようになった。逆にコアキヤッチャーの効きが悪くなる様だ。
- 12) ゲバルコアチューブにはドリルメイトの膨張粒子が詰まって使いづらいので、更に現在品より、細粒品が必要とおもう。

3-2 水井戸、温泉ボーリングのさく井に使用した感想

- 1) スライムの上がりや分離がよいので喜んでいる。ただ、デッチラインを作ることに工夫がいる。（浅目の泥水バックに仕切を付けることで対処した。）
- 2) 水井戸の洗いが容易なので喜んでいる。ドリルメイトは万能ではなく膨張性の地質の時にはベントナイトに切り替えて使用している。
- 3) 泥水はドリルメイトを0.3%程度の混合とし、ファン粘度計で30秒前後にして掘削したときスライムの上がりよく、分離が最も良いようだ。
- 4) 粘板岩や粘性土の掘削の時は粘性土が泥水に溶解し泥水の粘性を上げるので濃度の管理がポイントとおもう。
- 5) 掘削を15分以上停止するときはジャミング防止の為に15分程の泥水を循環させてスライムを残さないよう注意が必要だ。
- 6) ドリルメイトは、非常に良い掘削流体材であるが粘性がでないときがある。（泥水に不純物が混じっている場合などがある。）
- 7) ドリルメイトはサイクロンやスクリーンを使う場合は網目を5mm程にするなどの工夫がいる。

- 8) スライムの上がりがよく分離したスライム処理も楽で、仕上げの井戸洗いが粘土使用時は2～3週間かかっていたが1～2日で終わるので井戸掘削には最も向いている素材だとおもう。

3-3 質疑応答の要約 (Q & A)

- 1) Q: ドリルメイトがスライムを上げるのは何故か? 比重=1で何故上がるのか?
A: 吸水膨張したドリルメイトが見かけの粘性を上昇させるとともにドリルメイトの粒子が孔内循環の上昇流によりスライムをたたき上げる。したがって、流速が一定以下になればスライムが沈降する。
- 2) Q: ドリルメイトの保孔性の原理は?
A: 孔壁にドリルメイトの薄い遮水膜ができ、水頭圧でこの膜を押して保孔する。また、亀裂等がある場合は大小のドリルメイトの膨張粒子が集まり遮水をおある程度防げる。しかし、一気に流れる場合は、ドリルメイトに限らず水頭圧がなくなり保孔できなくなる危険性もある。
- 3) Q: 湧水がある場合はどうか?
A: 水頭圧より大きい圧力の湧水があればドリルメイトの薄い膜が形成されず崩れやすい地層であればドリルメイトに限らず危険性がある。
- 4) Q: 泥水の流速がどれくらいあればスライムを上げうるのか?
A: 正確には把握できていないが450mmの掘削径で1000 l/min程度 (流速換算約 2～3 Sec/m)
- 5) Q: スライム分離はどするの?
A: デタッチで沈降させて分離する。比重差が大きいため容易に沈降する。
- 6) Q: ベントナイトと比べたコストはどうか?
A: 材料のみの単純比較ではドリルメイト0.3%、ベントナイト8%で1000円/25kgとして試算するとベントナイト960円に対して2600円程となる。しかし、トータルとして泥水処理、装置、掘削、洗い等の作業効率の相違があり、ドリルメイト使用でコスト低減を図ることが可能である。
- 7) Q: ドリルメイトでの掘削停止時の措置は?
A: 深度等にもよるが15～30分循環させてスライムを揚げきってから停止する。全くなくなる訳ではないが少なくすることが必要である。
- 8) Q: 孔内にセメント注入時、ドリルメイト泥水とセメントとの界面はどうなるか?
A: セメントのアルカリ性によりドリルメイトは水を吐き出し水の層になる。
- 9) Q: 孔にもリフトを行うとセメントの硬化をドリルメイトが阻害するのでは?
A: イオン性不純物に出会うとドリルメイトは水を吐き出す性質を持っている。その水が減水しないために硬化が遅れる。
- 10) Q: 逸水が激しい時はどうするのか?
A: ドリルメイトの濃度を高めることで効果が得られるケースもある。兄弟品のナイストップの粉末を添加すればよい。
- 11) Q: ドリルメイト泥水の濃度をどの程度とするか?
A: 標準的には、0.3%～0.6%である。700粘着性で28～30秒の程度である。(OYカップで簡便的に管理もできる。)
- 12) Q: 泥水ポンプのストレーナーに目の細かい金属網を使用しているためドリルメイトが網にかかり除去が面倒だ?
A: 細粒のドリルメイト (Fタイプ) を利用すればかかりが少ない。かかる場合は、5mm程の網に替えて頂きたい。
- 13) Q: ドリルメイト自体は粘性が低いため少量のCNCを併用しているか?
A: ドリルメイトの膨潤が阻害されるため好ましくない。粘性が高まればスライム分離が悪くなる。
- 14) Q: タブルコアチューブにドリルメイトが詰まって使いづらい。?
A: 細粒品のFタイプを利用する。

- 15) Q: スライムの上がりが良いことから逸水も防げると思い、パーカッションで使用したいがどうか？
 A: 送水で循環できないとスライムが上げにくいので効果が発揮できない。
- 16) Q: ドリルメイトの使用量（添加量）が多くいけないと粘性が得られないのは何故か？
 A: 使用中の水の中に金属イオンか塩分が含まれているためと思われる。電気伝導度が高ければ膨潤の程度が低下し、粘性は低下する。
- 17) Q: スライムの上がりか今一つだが？
 A: ファン粘着性で28～30秒の濃度に調泥すればスライムの上がり良くなる。
- 18) Q: 振動スクリーンにドリルメイトの粒子が残るが？
 A: 5mm程のスクリーンに工夫してほしい。
- 19) Q: 680m位のところで一時的に機械の故障によりスライムが沈降してジャミングをしたが？
 A: オイルスポット（軽油の送り込み）を実施して回復した例がある。
- 20) Q: ドリルメイトの粒子を小さくする方法があるか？
 A: 少量の塩分を混ぜることで可能である。他では、フルイトVH, VX, H17R-等の分散剤を添加することでも可能。
- 21) Q: 岩盤の亀裂に入り込んだドリルメイトは逸水防止となるなら、湧水を止め井戸では水が出にくくなるのでは？
 A: 井戸は揚水洗浄されるためドリルメイトの粒子は容易に流失し、粒子が球状を呈することから亀裂や孔壁からはずれやすい。
- 22) Q: 温泉に出会うとドリルメイトの粒子が収縮すると聞いたが、その理由は？
 A: ドリルメイトは吸水性高分子で、原理は、浸透圧である。ドリルメイトの粒子の中にはNaイオンが多数含まれ、このNaイオン濃度を減らそうとして粒子内の水が浸透する。粒子の外部環境のイオン性物質が多くなれば粒子内の水は外部環境のイオン性物質の濃度を減らそうとして粒子内からでてくる。これを離水と言い、ドリルメイト粒子の収縮の様に見える。当然粘性は低下する。
- 23) Q: ドリルメイトの耐熱は何度か？
 A: 100℃以下で使用可能。
- 24) Q: ドリルメイトでの掘削深度の実績は？
 A: 1500mの実績があり、温泉掘削では1000～1300m深度が多い。
- 25) Q: ドリルメイトは掘削流体以外の利用でどんなところで使用されているか？
 A: ボーリング孔内でホアホールカメラを使用するとき、ドリルメイトで保孔してカメラでスキャンした例がある。延べ6000m程の使用例がある。この他ケーシングの抜管時の滑剤等に利用されている。図-7にドリルメイトによる裸孔の保孔例を示した。孔内水に含まれている不純物がドリルメイトに置き換えられることにより、単水よりも鮮明な画像が得られている。



図-7 ドリルメイトによる裸孔の保孔（ホアホールカメラ-孔壁展開画像）

4. ドリルメイトの適応性

これまでのドリルメイトの利用状況から泥水材として要約するとつぎのようにまとめられる。

1) 適応地質

ほぼ全地質に適応が可能である。これまでの実績では、特に複雑に変化する膨張性のある粘性土ではドリルメイトの濃度調整が難しい。しかし、濃度の調整で対応できるケースも多々あり、適応範囲はベントナイト泥水と遜色ない。

2) 水質について

地層に含まれる鉱物等のイオンの中に不純物の混入が伴っている地層を掘削すると不純物と水との接触により不純物のイオンが発生し、これらが高分子材料の吸水膨張性樹脂の膨張量に影響を及ぼすことがある。地下水の多くはほぼ中性であることがおおいが、中には、塩水、温泉井では、金属性イオン等の混入もある。利用にあたっては、図-5、6を参考にして利用することが好ましい。

5. まとめ

ドリルメイトの使用例として特にホラーの感想と質疑応答結果とをまとめると図-8に示される。この比重の小さい新しいタイプの掘削流体の機能は、従来の泥水と比較して何等遜色のないものである。むしろ、これまでに報告されている以下のまとめのとおりで、従来の泥水よりも優れた面を持っていることが再確認できる。

- 1) 数百倍に吸水膨張させて使用するので使用量が少なくてすむ。したがって、手軽に運搬ができる他、置き場の節約、運搬の労力、時間の節減に貢献できる。
- 2) 掘削流体を調製（作泥）するには粉体を水に入れてかき混ぜるだけでよく、簡単で手間がかからなく、掘削作業に取りかかれる。
- 3) 掘削作業中の巣らスライム排除能力に優れており、レキ質スライム（最大20m/mを確認）でもよく上がる。
- 4) スライムの分離は極めて良好で自然沈降だけで微細なスライムまで分離することができる。
- 5) 濃度の調節で種々の地層に対応でき、水以外の調泥剤が不要である。なお、途中で泥水の切り替えなどの必要がある場合などにおいて従来の泥水を混じることがあっても特段の異常は生じない。
- 6) 逸水の地層に対して逸水防止効果があり効率的に掘削が行える。
- 7) 機械、用具、作業衣、身体が汚れず、作業現場は清潔であり、クリーンである。
- 8) 掘削流体材に毒性は一切なく安全性が高く、生態系に無害であり、環境にやさしい。
- 9) 一般に割れ目や土粒子間に孔内の水圧で押しあてられ、目詰まりをおこさせたゲルは孔内水位を周辺地盤水位よりも低くすることにより容易に排除することができるので、井戸等の揚水や透水性把握等の目的に影響は無視できる。

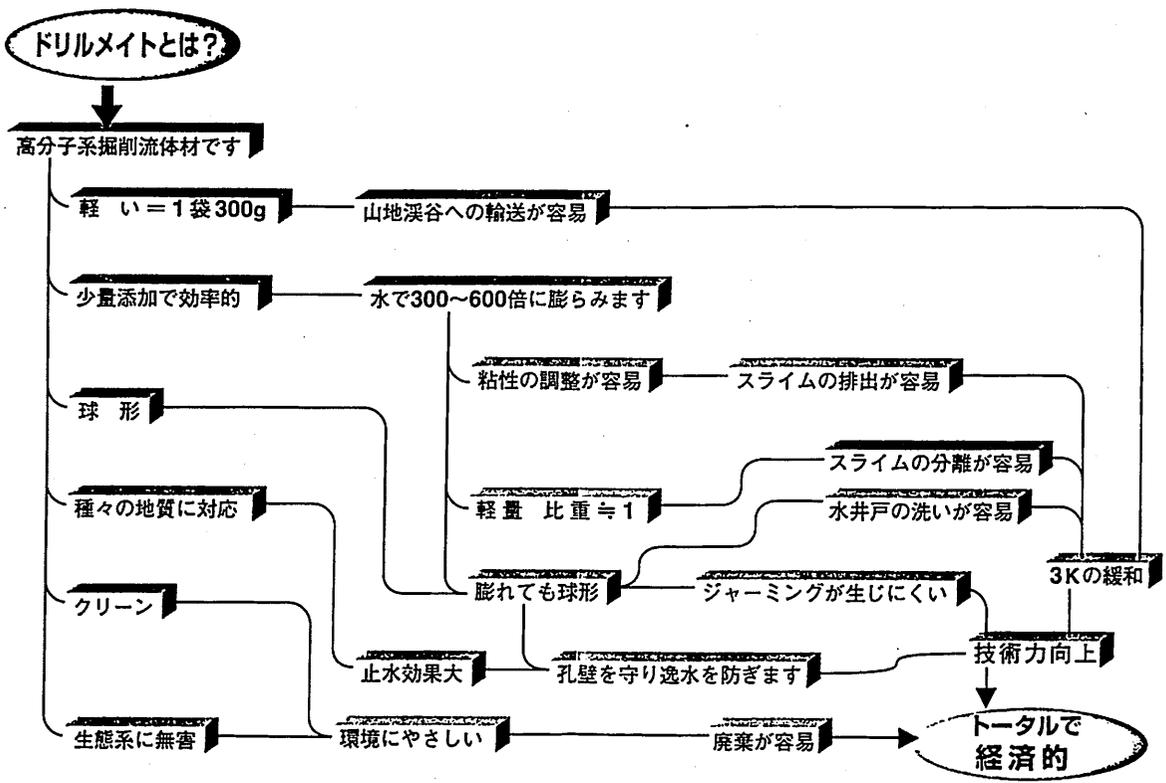


図-8 ドリルメイトのまとめ

謝 辞

本文のまとめを紹介できる機会を与えてくれた「新潟応用地質研究会」の幹事と関係者各位に対して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 福富幹男、横峯光昭、東岡耕嗣(1990)：比重の小さい掘削流体の適用性について 全地連「技術フォーラム90」講演集、PP.29-34
- 2) 松崎貢、東岡耕市(1991)：高分子掘削流体によるボーリング掘削の事例と経済性について 全地連「技術フォーラム91」講演集、PP.397-400
- 3) 福富幹男、東岡耕嗣(1992)：比重の小さい掘削流体によるボーリングスライムの排出について 応用地質33巻1号 PP.34-41