

B型粘度計を用いた超重泥水の粘度測定結果の評価

早稲田大学 学生会員 ○瀬川一義, 学生会員 吉川絵麻
正会員 小峯秀雄, フェロー会員 後藤茂

1. はじめに

福島第一原子力発電所の廃止措置過程において、燃料デブリ取り出しの方法が検討されている。現在、燃料デブリ取り出し方法は、冠水工法¹⁾が有力とされている。一方で、放射線遮蔽性能を有する超重泥水を利用できる可能性も考えられている²⁾。超重泥水はベントナイトとバライトを含み、高い粘性を有する。図1は超重泥水を格納容器に充填する様子を仮想した図である。図2は実際の超重泥水の様子を示す。充填時や送泥時等の挙動を把握するために、超重泥水の粘性を評価する必要がある。そこで本研究では、粘性を示す指標の1つである粘度をB型粘度計によって測定した。比重の異なる3種類の超重泥水について、粘度の差異を定量的に評価する。

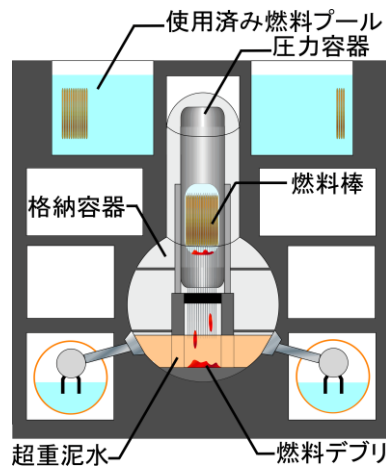


図1 超重泥水充填時の様子



図2 比重 2.5 の超重泥水

2. 使用した超重泥水

超重泥水とは、ベントナイトを基材とした泥水に加重材として硫酸バリウムを主成分とするバライトを加えたものであり、配合により比重を広い範囲で変えることができる。今回の実験では比重 2.5, 1.8, 1.1 の3種類の超重泥水を使用した。表1に今回使用した超重泥水の配合を示す。本実験で使用したベントナイトはスーパークレイ(株)ホージュン製)であり、バライトはテルバー(株)テルナイト製)である。なお、ピロリン酸 Na は分散剤として使用した。

表1 超重泥水の材料配合割合

比重	蒸留水 (g)	ピロリン酸 Na (g)	ベントナイト (g)	バライト (g)
2.5	100	0.20	7	400
1.8	100	0.20	10	140
1.1	100	0.20	12	10

3. B型粘度計について

B型粘度計は、ロータを一定の速度で回転させ、粘性トルクによって生じる変位に定数を乗じて粘度を得る³⁾。式(1)は粘度を算出する式である。ここで、 η : 粘度 (Pa·s), K_s' : 装置定数 (Pa), θ : ねじれ角の目盛値 (%), n : 回転速度 (s^{-1})である⁴⁾。図3はB型粘度計の概念図である。図4は本研究で使用した使用粘度計である。

表2は使用した粘度計の仕様である。

$$\eta = K_s' \cdot \theta / n \quad (1)$$

表2 粘度計の仕様

粘度計	TVB-22L
ロータ	M4
ガード	使用

4. 粘度測定実験の概要

図5に示す測定手順に従って粘度を測定した。表3に実験条件を示す。

表3 実験条件

測定時間	1分間
ビーカー	500 (mL) 口径 85 (mm)
試料容量	500 (mL)

ロータの回転時間は1分間とし、1分経過する度にロータの回転速度を切り替える。ロータの回転速度を60, 30, 12, 6 (rpm)の順に変化させた。これは、回転速度が3 (rpm)以下で

測定を行うと、測定誤差が大きく正確な測定ができなかったためである。各試料につき5回ずつ同様の実験を行った。

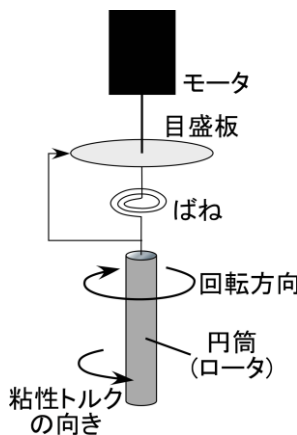


図3 B型粘度計の概念図



図4 TVB-22L

キーワード 福島第一原子力発電所, 超重泥水, 粘度, ベントナイト, B型粘度計

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学術院 TEL03-5286-2940

5. B型粘度計で得られた超重泥水の粘度の評価

図6~8は、本実験で得られたロータの回転速度と粘度の関係を示したものである。本研究では、同一のロータの回転速度における粘度を比較することで、超重泥水の粘度の大きさを比較した。

超重泥水の粘性は、ベントナイト含有量に依存すると考えられる。そのため、超重泥水の粘度は比重が大きいものほど小さいと予測できる。表1で示したように、今回の配合では、超重泥水は比重が大きいほど、ベントナイト添加が小さい。しかし、図6~8において回転速度60 (rpm)における粘度について比較すると、比重2.5の超重泥水は3.24~3.81 (Pas), 比重1.8の超重泥水は2.33~3.79 (Pas), 比重1.1の超重泥水は5.12~7.57 (Pas)であった。すなわち、比重1.1の超重泥水の粘度が最も大きく、比重1.8の超重泥水の粘度が最も小さい。回転速度30, 12, 6 (rpm)の値に着目しても、同様の結果が認められる。以上の結果から、超重泥水の比重と粘度の大きさの関係には、ベントナイト含有量以外の要因があると考えられる。

以上の考察として、吉川ら⁵⁾によって、ベントナイトの含有量だけでなく、バライトの含有量も粘度に影響する可能性が示されている。また、バライト含有量が大きいほど、バライト粒子同士の接触によるせん断応力の増加が認められる⁵⁾。したがって、ベントナイト含有量とバライト含有量を調整することで、要求する粘度を発現させることが可能であると考えられる。

6. 結論

本研究の結果を以下に示す。

- 1) 今回の配合では、比重1.1の超重泥水の粘度が最も大きく、比重1.8の超重泥水の粘度が最も小さい。
- 2) 超重泥水の粘度は、ベントナイト含有量や配合による影響が大きいと考えられる。

謝辞：本研究の一部は、文部科学省の採択課題「福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的新技术開発と人材育成プログラム（地盤工学会）」の研究により実施したものです。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議：東京電力株式会社福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(案), 2015
- 2) 氏家伸介, 長江泰史, 成島誠一, 新井靖典, 稲本裕二, 水野正之, 佐古田又規, 齋藤祐磨, 小峯秀雄：変形追従型放射線遮蔽材の開発, 第11回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, p.471-478, 2015
- 3) JIS Z8803-2011；粘度測定方法, 日本規格協会(2016)
- 4) 東機産業株式会社 技術部：回転粘度計と応用例, 2013
- 5) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 氏家伸介, 成島誠一, 長江泰史, 吉村貢：超重泥水の粘度に影響を及ぼす配合割合とそのメカニズムに関する研究, 第52回地盤工学研究発表会(投稿中), 2017

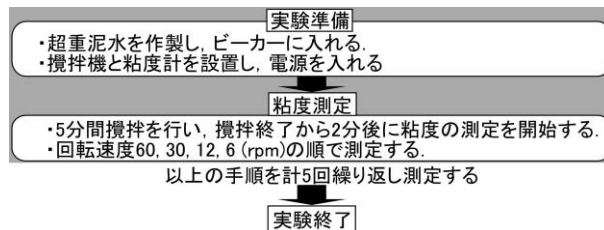


図5 粘度測定実験の手順

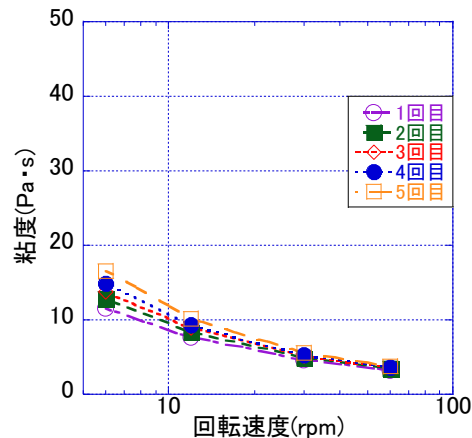


図6 比重2.5の超重泥水における回転速度と粘度の関係

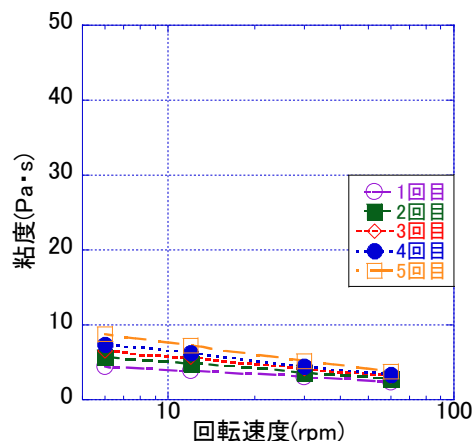


図7 比重1.8の超重泥水における回転速度と粘度の関係

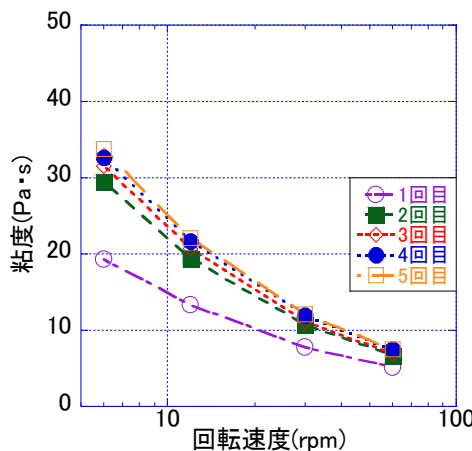


図8 比重1.1の超重泥水における回転速度と粘度の関係