

ボーリング孔閉塞のためのベントナイトペレットの基本特性の取得

鹿島建設(株) 正会員 ○松本聡碩 小林一三 フェロー会員 瀬尾昭治
原子力発電環境整備機構 國丸貴紀 西尾 光

1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分事業では、地上から地下深部に至る地質環境特性の分布やその変化などを把握するために、ボーリング調査やボーリング孔を利用した地下水の長期モニタリングなどが行われる。これらの調査終了後は、ボーリング孔が地下から地上に至る地下水の短絡経路となることや、地下施設を建設する領域に近接するボーリング孔が地下施設の建設などに影響を及ぼすことから、これらのボーリング孔を確実に閉塞することが重要な課題となっている。

このような背景から、本報文ではボーリング孔の閉塞技術を体系的に整備することを目標とし、閉塞材料の一つとして検討が進められているベントナイトに着目した。ここでは、主に国産のベントナイトを対象に複数の形状のペレットを製造して、粒径、乾燥密度、充填性などのボーリング孔閉塞に必要なとなる情報を取得したので報告する。

2. ベントナイトペレットの製造

本検討で製造するペレットの原料は、国内で入手可能な以下の4種類のベントナイトとした。

- ① クニゲル V1(Na 型ベントナイト)：クニミネ工業製
- ② クニボンド(Ca 型ベントナイト)：クニミネ工業製
- ③ 赤城(Na 置換型ベントナイト)：ホーゲン製
- ④ MX-80(Na 型ベントナイト)：ボルクレイ・ジャパン製

これらのベントナイトは、常時、温度 20℃、相対湿度 60%の恒温恒湿チャンバー内で保管し、ペレット製造直前に取り出して自然含水比の状態を使用した。

ペレットの製造は、既往の研究¹⁾を参考にブリケッティングマシン(新東工業製 BGS-IVおよび BSS-IV)で行った。ブリケッティングマシンとは、凹部を有する2つの回転するロールの間に粉末のベントナイトを送り出しながら加圧してペレットを製造する機械である(図-1 左)。今回は、上記の4種類のベントナイトを、それぞれ表-1のロール形状により合計12種類、1.6tのベントナイトペレットを約10時間で製造した。製造したペレットのうち、クニゲル V1を原料とした大粒径のペレットを図-1の右に示す。また、本検討におけるペレット製造時のブリケッティングマシンの機械設定は表-1の通りである。



図-1 ペレット製造状況と製造したペレット
(右図の赤枠は製造時のバリ)

表-1 ペレット製造時の機械設定

ペレットの サイズ 機械設定	大粒径 BGS-IV	中粒径 BGS-IV	小粒径 BSS-IV
ロールの形状(mm) (長径×短径×厚さ)	18.6×13.5×3.7	9.2×6.93×2.0	4.8×4.8×1.2
ロール回転速度 (/min)	10.0	10.0	15.0
平均ロール圧力 (kN)	52.5	47.5	200.0

3. 測定結果

表示分解能が 0.1μm である 3D スキャナ型三次元測定機を用いて、製造した計12種類のうち大粒径ペレットの粒径および体積を測定した(図-2)。さらに、測定した体積とペレットの含水比から乾燥密度を算出した。ペレットの長径と短径、体積および乾燥密度の平均値と 2σ を表-2に示す。粒径が表-1のロールの形状より大きい理由は、ペレットを製造した際のバリ(図-1 右参照)を含めて測定したためである。

次に、4種類の大粒径ペレットの中で乾燥密度の平均が最大となったクニゲル V1 を原料とするペレット

キーワード 放射性廃棄物、地層処分、閉塞、ベントナイトペレット、充填密度
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-485-1111

を用いて、ボーリング孔内でのペレットの充填性を確認した。試験には、試験結果を実際の閉塞へ適用できるようにボーリング孔を模擬して大型のメスシリンダーを使用した。充填剤は、図-3に示す三角図を作成することを考慮して、図中に満遍なく結果をプロットできるように各粒径のペレットの混合率をパラメータとして38通り決定した。各配合に従って均質に混合したペレットを、JIS A 1104に規定されているジグギング法により大型メスシリンダーに充填し、充填後の質量とかさ体積から充填密度を算定した。

試験の結果、大粒径のペレットを69%，中粒径のペレットを8%，小粒径のペレットを23%配合したケースで充填密度が最大の 1.25Mg/m^3 となった。試験結果の充填密度(乾燥密度)を図-3に示す。なお、三角図中の1～38の番号は、各配合の充填密度が高いものから順に付けている。図-3に示すように、試験結果を三角図にまとめることで、充填密度が高くなる配合を視覚的かつ容易に把握することが可能となった。

表-2 製造した大粒径ペレットの基本特性

(N：計測個数)

ペレットの サイズ ベントナイト	長径(mm)	短径(mm)	体積(mm^3)	乾燥密度(Mg/m^3)
クニゲル V1	22.2±4.7 (N=100)	9.3±0.1 (N=100)	1,306±125 (N=100)	2.01±0.02 (N=100)
クニボンド	23.4±2.8 (N=10)	9.3±0.3 (N=10)	1,270±54 (N=50)	1.54±0.02 (N=50)
赤城	23.0±3.1 (N=10)	9.4±0.3 (N=10)	1,303±148 (N=50)	1.67±0.06 (N=50)
MX-80	20.8±0.5 (N=10)	9.5±0.2 (N=10)	1,237±36 (N=50)	1.87±0.03 (N=50)

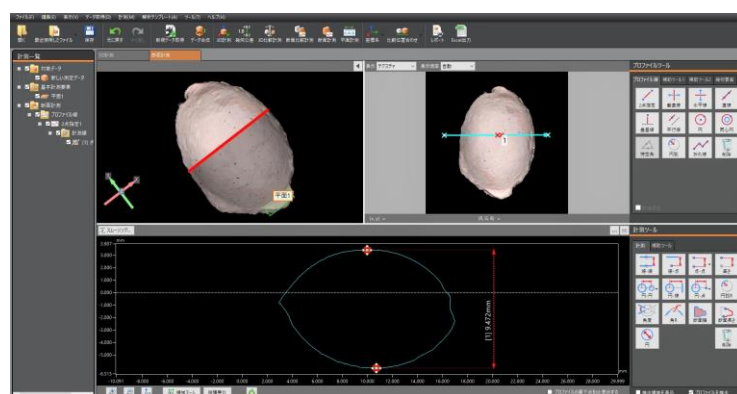


図-2 3D スキャナによるペレットの粒径の測定

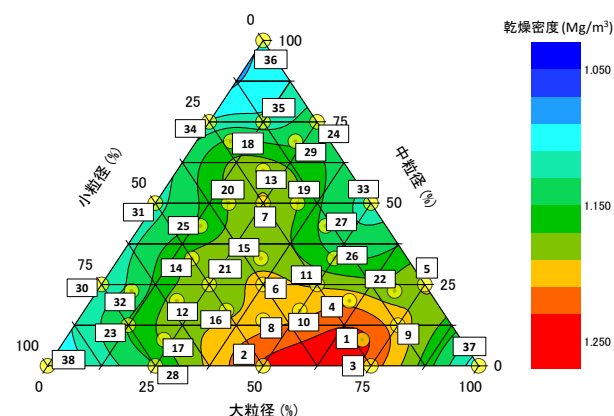


図-3 クニゲル V1 を対象にした充填性試験の
配合と結果

4. おわりに

本報文では、ベントナイトペレットを製造し、3D スキャナ型三次元測定機を用いてペレットの長径と短径を測定した。同機を使用することで、高精度かつ非破壊でペレットの測定を行うことができることが確認できた。また、乾燥密度を算出した結果より、ブリケットティングマシンによる製造時にベントナイトへ加えるロール圧力などの機械設定が同一の場合、大粒径ペレットの中ではクニゲル V1 を原料とするペレットの乾燥密度が最も高くなることが分かった。

今後は、クニゲル V1 を原料とするペレットを用いて行った充填性試験より得られたペレットの配合と充填密度との関係を踏まえ、膨潤容量試験や膨潤圧・透水試験などを行い、ボーリング孔閉塞への適用性が高い材料やペレットの配合などを検討する予定である。

なお、本報文は原子力発電環境整備機構からの委託による「ボーリング孔の閉塞技術の検討(2018)」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 本島ら：高密度ベントナイトペレットの試験製造，土木学会第 72 回年次学術講演会，pp.95-96，2017。