

放射性廃棄物処分施設に適用する海外ベントナイトに関する基礎的調査

戸田建設(株) 正会員 ○中村隆浩 関根一郎  
 (株)ホーゲン 澤田武夫 栗本朋樹  
 茨城大学 正会員 小峯秀雄

1. まえがき

ベントナイトは、我が国では高レベル放射性廃棄物処分施設、余裕深度処分施設、浅地中埋設施設に使用が予定されており、人工バリアを構築する重要な材料である。我が国でも有望なベントナイトが産出し、様々な実験研究が行なわれ成果を挙げている。ベントナイトは、世界で計画されている放射性廃棄物処分施設で長期的に多量に使用されることが予想されるため、世界のベントナイトの産出状況や特徴について把握しておく必要があり調査が行われている<sup>1) 2)</sup>。しかし、これらの情報は、少ないのが実状である。そのため本報告では、世界のベントナイト市場、特に米国、中国のベントナイトの産出状況と特徴、主要なベントナイトの特性について調査した結果の概要を報告する。

表-1 ベントナイトの産出国と輸出国<sup>3)</sup>

順位	産 出		輸 出	
	国 名	産出量 (千 t)	国 名	輸出量 (千 t)
1	米国	4,070	米国	740
2	中国	1,250	インド	183
3	ギリシャ	950	イタリア	182
4	ロシア	650	オランダ	143
5	トルコ	565	ブルガリア	100
6	イタリア	500	トルコ	85
7	ドイツ	476	中国	83
8	インド	458	イギリス	73
9	日本	426	アゼルバイジャン	65
10	ブラジル	285	ドイツ	65

産出量、輸出量は 1999 年の値

2. 世界のベントナイト

表-2 ベントナイト主要産出国の状況

表-1 にベントナイトの主な産出国と輸出国の一覧を示す。米国は産出量 4,070 千 t で日本の約 10 倍、中国は 1,250 千 t で約 3 倍である。輸出量は米国が 74 万 t で産出・輸出とも飛び抜けた存在となっている。表-2 には、表-1 の産出量・輸出量がともに

国 名	米国	中国	トルコ	イタリア	ドイツ	インド
主な産地	ワイオミング州産が著名	遼寧省、吉林省など	トルコ中北部に散在	サルジニア島に散在	バイエルン地方など	グジャラート州など
原鉱特徴	ほとんど Na 型	Ca 型が多い	Na 型, Ca 型	Ca 型	Ca 型	Na 型が多い
日本までの輸送手段	鉄道 1,700~2,000km 外航船	鉄道,トラック 140~450km 内航船	トラックが主 250~300km 外航船	トラック (工場は海岸に立地) 外航船	トラックが主 外航船	トラック 50km 外航船
日本の輸入量 (t)*	159,034	42,340	0	36	0	260

\*財務省貿易統計より (2005.1~2005.12)

10 位までに含まれる 6 つの国についてまとめたものである。日本までの輸入を考える場合の因子として、輸送時の陸送距離(産地~輸出港)、海上輸送距離、その国の経済発展レベル、埋蔵鉱量の豊富さ、同質成分のベントナイトの安定供給、これまでの輸入実績等があげられる。これらを考慮し選定すると中国と米国が有力である。インドは、鉄分を多く含んでいるとの情報があり、さらに調査が必要であるため割愛した。以下、米国・中国のベントナイト産出状況と特徴について示す。

3. 米国のベントナイト産出状況と特徴

表-3 に米国の有望な鉱床リストを図-1 に位置図を示す。米国におけるベントナイトは、主としてワイオミング州、サウスダコダ州で Na 型ベントナイトが産出されている。鉱床は数 km も連続する層状鉱床で、緩傾斜であるため露天掘されている。層厚は、0.3~3m であるが品質が安定し、埋蔵鉱量ではグレイブルが最も多く 33~44 百万 t と推定されており、今後安定供給が期待できる。

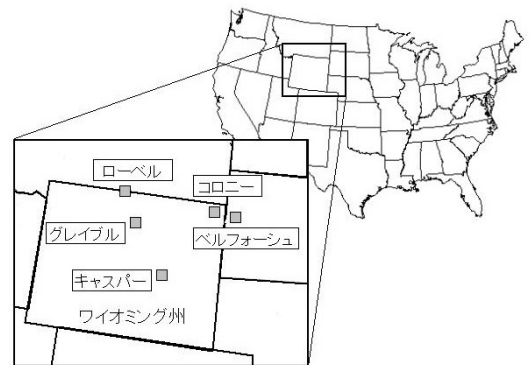


図-1 米国の鉱床分布

4. 中国のベントナイト産出状況と特徴

中国で現在採掘されている主要な鉱床リストを表-4 に、その位置図を図-2 に示す。中国におけるベントナイトは、吉林省・遼寧省・浙江省などで産出している。鉱床の特徴は層状および厚層状で、埋蔵鉱量は 20 百万 t 以上のものが多く存在し鉱床形態によって露天掘または坑内掘で採掘されている。日本へは、渤海・黄海・東シナ海を航行し、内航船により輸入している。なお中国には他にも近年埋蔵が確認さ

キーワード：放射性廃棄物処分、ベントナイト、鉱床、産出量、埋蔵鉱量

連絡先：〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 TEL 03-3535-6316 FAX 03-3564-0730



図-2 中国の主要な鉱床分布

れた有望な鉱床がある。

5. 主要なベントナイトの物性比較

表-5 に米国、中国の代表的な Na 型ベントナイトと日本で産出する Na 型ベントナイトの物性を比較して示した。中国吉林省のベントナイトは石英系で日本のクニゲル V1 と比較的近い性質を有するものである。米国ワイオミング州のベントナイトは、モンモリロナイト含有率が高く締固め密度は上がりにくい、膨潤性に優れたタイプである。これらのベントナイトはブレンドしたり、砂分を添加することにより、人工バリアとしてより適切な材料となる可能性を有する。

6. まとめ

本論では、世界のベントナイトの産出状況、特に米国、中国のベントナイトの産出状況と特徴、主要なベントナイトの特性について調査した結果を報告した。今後、放射性廃棄物処分施設の整備が進むに伴い、人工バリアを構成する主要な材料とされているベントナイトの重要性が高まるものと予想される。長期間にわたって安定した品質のベントナイトの供給が可能な鉱床についてさらに調査を行い、基本物性、経済性等について把握していく予定である。

参考文献

- 志村聡他：海外ベントナイトの緩衝材適用性調査検討(1) 基礎的諸特性及び透水性の評価、(社)日本原子力学会 1995 春の年会、1995
- 核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性、一 地層処分研究開発 2 次取りまとめ一、分冊 2 地層処分の工学技術、pp.IV-72~80
- Roskill Information Services Ltd., The Economics of Bentonite, 9th edition, 2001
- 岸本文男：中国の鉱物資源(6) その長所と短所、地質ニュース 437 号、1991
- 芝崎靖雄：粘土の活用への新たなる動き、地質ニュース 481 号、1994
- 梁修睦、姚道坤、経浩豹：浙江平山鈉基膨潤土鉱床地質特征、地質評論、27、5、1981
- 直井優、小峯秀雄、安原一哉、村上哲、百瀬和夫、坂上武晴：各種ベントナイト系緩衝材の膨潤特性に及ぼす人工海水の影響、土木学会論文集、No.785/III-70、2005

表-3 米国の主要な鉱床リスト

産地	グレイブル	ローバル	キャスパ	コロニー	ベルフォーシュ
州	ワイオミング	ワイオミング	ワイオミング	ワイオミング	サウスダコダ
地域	ビックホーン			ブラックヒル	
鉱床形態	連続性のある層状 鉱床の傾斜 0~10°、局部的に 70°			連続性のある層状 鉱床の傾斜 0~10°	
物性特徴	クリストバライト系が主			石英系	
原鉱のタイプ	Na 型			Na 型	
年間産出量 (千 t)*	731	1,368	197	1,217	510
埋蔵鉱量 (百万 t)	33~44	20~25	18	13	1
採掘方法	露天掘			露天掘	

\*2004 年米国ベントナイト産出主要 5 社(5 社トータル産出量 4,537 千 t)の実績より

表-4 中国の主要な鉱床リスト<sup>4) 5) 6)</sup>

産地	吉林省 四平	遼寧省 建平	浙江省 臨安	吉林省 九台	遼寧省 黒山
鉱床形態	層状 傾斜 0~20°	厚層状 傾斜 0~20°	連続する層状 傾斜 0~30°	厚層状 傾斜 0~30°	厚層状 傾斜 0~30°
物性特徴	石英系	石英系, クリストバライト系	石英系	クリストバライト系	クリストバライト系
原鉱のタイプ	Na 型	Ca 型	Na, Ca 型	Na, Ca 型	Na, Ca 型
推定年間産出量 (千 t)	100	500	120	80	130
推定埋蔵鉱量 (百万 t)	20 以上	20 以上	20 以上	2~6	6~14
採掘方法	坑内掘	露天掘	坑内掘	坑内掘 露天掘	露天掘

表-5 ベントナイトの物性比較

産地	中国 吉林省	米国 ワイオミング州	日本 山形県
1) 商品名	TOKS	スーパークレイ	クニゲル V1 <sup>7)</sup>
2) 原鉱のタイプ	Na 型	Na 型	Na 型
3) 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.78	2.60	2.79
4) 液性限界 (%)	316.9	615.5	458.1
5) 塑性限界 (%)	22.7	47.6	23.7
6) 塑性指数	294.2	567.9	434.4
7) モンモリロナイト含有率 (%)*	49	75	57
8) 陽イオン交換容量 (meq/g)	0.752	0.723	1.166
9) 交換性 Na イオン量 (meq/g)	0.449	0.618	0.631
10) 交換性 Ca イオン量 (meq/g)	0.272	0.272	0.464
11) 交換性 K イオン量 (meq/g)	0.013	0.013	0.030
12) 交換性 Mg イオン量 (meq/g)	0.086	0.055	0.041

\*モンモリロナイト含有率はメチレンブルー吸着量から求めた換算値