

遮蔽機能を増強できる移動に配慮した放射性廃棄物保管容器の開発と 遮蔽性能実験



関根 一郎^{*1}

森 一紘^{*2} 関口 高志^{*1}

概 要

福島第一原子力発電所事故により、広範囲に放射性物質による汚染が発生し、除染によって発生する廃棄物の仮置き場や中間貯蔵施設などの確保が課題となっている。汚染水処理残渣や焼却灰など、汚染レベルの高い廃棄物を対象に、遮蔽機能を増強できて施設間の移動に配慮したプレキャストコンクリート製放射性廃棄物保管容器（TOMコンテナ）を開発した。本文では、保管容器の概要と特徴、遮蔽性能実験の結果等を報告する。

Development of the radioactive waste mobile container that can reinforce a cover and its shielding experiments

Ichiro SEKINE^{*1}

Kazuaki MORI^{*2}

Takashi SEKIGUCHI^{*1}

East Japan was contaminated widely by nuclide diffused from Fukushima Daiichi nuclear power station. To secure the site of temporary place and the intermediate storage facility for the waste caused by decontamination work becomes the problem. For the storage of high contaminated waste such as the residual substance of contaminated water and the ash of incinerator, the mobile container (TOM Container) that can reinforce a cover was developed. This container was made arrangement for the moving between facilities. We will report the outline and characteristics of this container and the results of its shielding experiments.

^{*1} 岩盤貯蔵技術部 ^{*2} 環境事業推進室

^{*1} Rock Engineering Dept. ^{*2} Environmental Business Promotion Office

遮蔽機能を増強できる移動に配慮した放射性廃棄物保管容器の開発と遮蔽性能実験

関根 一郎^{*1} 森 一紘^{*2}
関口 高志^{*1}

1. はじめに

福島第一原発事故を原因とした除染等により発生する放射能に汚染された廃棄物等は、仮置き場、中間貯蔵施設、最終処分施設へと移動させる必要があり、特に高濃度の廃棄物については、移動作業時の作業員の被曝も合理的にできる限り少なくする必要がある。また、スポット的に発生する小口の廃棄物に対しても、効率的な貯蔵・保管や運搬が可能な容器が求められている。一方、保管、移動にあたってはコストダウンも重要な要素であり、使用条件に応じた遮蔽機能を選択できること、長期の保管が容易なことが保管容器のコストダウンに繋がると考えられる。

そこでこれらの廃棄物を長期保管し、移動や積み重ねが容易で、場面に応じた遮蔽性能の付加を可能としたプレキャストの鉄筋コンクリート製保管容器（TOM コンテナ（Toda Mobile コンテナ））を開発した。保管容器の部材の遮蔽性能実験、ならびに、実廃棄物を用いた実験を実施したので、その結果を報告する。また、福島県川俣町における保管容器の使用事例について報告する。

2. 開発のコンセプトと特徴

保管容器の運搬時や仮置き時、地元の要望などで特に高い遮蔽性能が要求される場合、保管容器には着脱可能なバリウム含有遮蔽板（BSB: Barite Shielding Board）による遮蔽を併用可能とした。バリウム含有遮蔽板は、バリウムの鉱石（重晶石）を骨材に用いた重量コンクリート板で、製品化されているものである。

保管容器を多量に長期間貯蔵・保管する場合、例えば図-1のように、積み重ねることが考えられるが、その場合、保管容器間の内側になる部分の容器側壁部の遮蔽性能は有効に活用されないため、保管容器自体で遮蔽性能をあげることは無駄が多いと考えられる。

そのため、本開発ではバリウム含有遮蔽板は取り外し可能とし、長期の保管時は鉄筋コンクリート製保管容器のみで保管することにより、効率的な貯蔵・保管を可能とした。

写真-1にプレキャストコンクリート製の保管容器 TOM コンテナを示す。写真-2は遮蔽板カバーを被せ、遮蔽機能を増強している状況、写真-3は遮蔽板カバーを被せた状況を示す。遮蔽板カバーはコンクリート容器の下面には人が入ることは通常考えられないことから、上面、側面の遮蔽機能を増強するようになっている。

写真-4はスリングベルトによる吊り上げ状況を示している。使用条件に合わせ3段積みまでなら、フォークリフトを、それ以上に積み上げる場合にはパレットハンガー（写真-5）を使用しレッカー車で吊り上げることが可能である。フォークリフトが使用できるようになっているので、間隔を詰めた確実な定置、再運搬を行える。

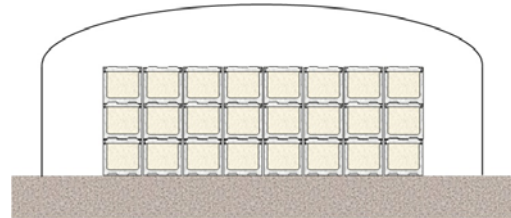


図-1 長期間貯蔵・保管イメージ例

また、写真-6のように、容器蓋と容器本体の重ね合わせができるように設計した。仮置きや長期間貯蔵・保管する際、容器の底部の凹部と蓋の凸部がかみ合うことにより、積み重ねたときに安定するようにしている。

なお、容器本体と蓋の間には、ブチルゴムによる止水を施している。廃棄物を鉄筋コンクリート製保管容器に入れ蓋を閉めれば、再び保管容器を開けることなく施設間を運搬可能である。飛散、流出の心配がないことが、本容器を使用するメリットになると思われる。

また、写真-6のように、容器蓋と容器本体の重ね合わせができるように設計した。仮置きや長期間貯蔵・保管する際、容器の底部の凹部と蓋の凸部がかみ合うことにより、積み重ねたときに安定するようにしている。

なお、容器本体と蓋の間には、ブチルゴムによる止水を施している。廃棄物を鉄筋コンクリート製保管容器に入れ蓋を閉めれば、再び保管容器を開けることなく施設間を運搬可能である。飛散、流出の心配がないことが、本容器を使用するメリットになると思われる。



写真-1 TOM コンテナ（プレキャストコンクリート製容器）

^{*1} 岩盤貯蔵技術部 ^{*2} 環境事業推進室

表-1 鉄筋コンクリート容器 TOM コンテナの諸元

容量	内寸	コンクリート 厚さ	容器重量
1,32m ³	約 111cm × 約 111cm × 110cm	平均 12cm	3.14 t (内本体重量 2.53 t 内蓋重量 0.61 t)



写真-2 遮蔽板で覆う作業状況



写真-3 遮蔽板を増強した状況



写真-4 スリングベルトによる吊り上げ状況



写真-5 パレットハンガー

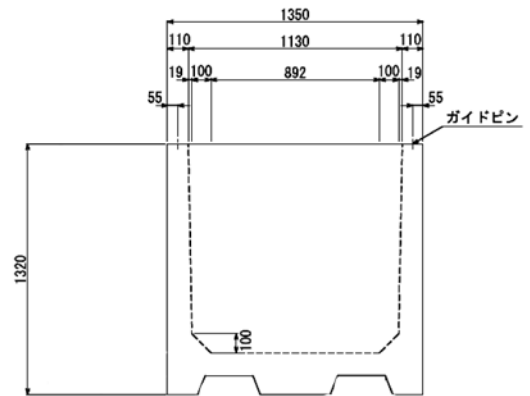
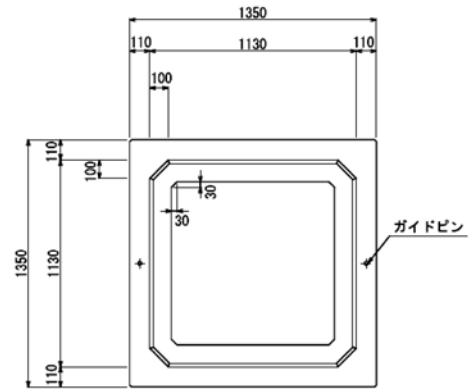


図-2 コンクリート容器本体

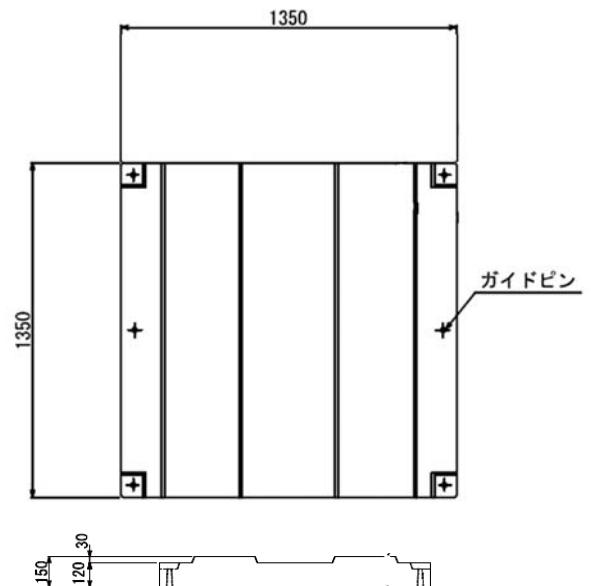


図-3 コンクリート容器蓋



写真-6 容器蓋と容器本体の重ね合わせ

3. 遮蔽性能実験

1) 部材の遮蔽性能実験

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センターに依頼し（24 依開バ 第 98、99 号）、標準ガンマ線源を使用して、鉄筋コンクリート保管容器とバリウム含有遮蔽板の部材の遮蔽性能実験を行った。

実験の実施状況を写真-7 に示す。鉄筋コンクリート部材は厚さ 120mm、バリウム含有遮蔽板は厚さ 35mm の材料を実験のため 300mm × 300mm に加工し、実験に供した。測定器はアロカ シーベルトメータ DRM-301 S.N.47R630 を使用した。実験に用いた線源は表-2 の通りで、セシウム 137 の他、比較のためコバルト 60 についても実験した。

各線源に対し、遮蔽体の部材を変えた実験を 10 回行った。測定した線量率と計算によって求めた遮蔽率の平均値を表-3 に示す。参考のためバリウム含有遮蔽板単独の場合の遮蔽性能実験も実施した。セシウム 137 の場合、保管容器の鉄筋コンクリート (t=120) により 71% の遮蔽率が、バリウム含有遮蔽板を併用することにより、80% 以上の遮蔽率が得られた。また、バリウム含有遮蔽板を 2 枚使用することにより、89.6% の遮蔽率が得られた。



写真-7 部材の遮蔽性能実験状況
右側が線源、左の円筒がセンサ

表-2 遮蔽実験に用いた線源

線源	仕様等
セシウム 137 線源	10MBq (H21.12.16 現在) 日本アイソトープ協会照射線量率標準 ガンマ線源 CS453CE 線源番号 8101
コバルト 60 線源	10MBq (H21.12.16 現在) 日本アイソトープ協会照射線量率標準 ガンマ線源 CO453CE 線源番号 1981

表-3 部材の遮蔽性能実験結果

	部材	線量率 (μ Sv/h)	遮蔽率 (%)
Cs137 線源	部材無し	7.7 \pm 0.1	—
	鉄筋コンクリート部材	2.2 \pm 0.1	71.4
	鉄筋コンクリート + バリウム含有遮蔽板 1 枚	1.3 \pm 0.1	83.1
	鉄筋コンクリート + バリウム含有遮蔽板 2 枚	0.8 \pm 0.1	89.6
	バリウム含有遮蔽板 (厚さ 35mm)	5.1 \pm 0.1	33.8
Co60 線源	部材無し	23.3 \pm 0.1	—
	鉄筋コンクリート部材	9.1 \pm 0.1	60.9
	鉄筋コンクリート + バリウム含有遮蔽板 1 枚	6.1 \pm 0.1	73.8
	鉄筋コンクリート + バリウム含有遮蔽板 2 枚	4.4 \pm 0.1	81.1
	バリウム含有遮蔽板 (厚さ 35mm)	17.5 \pm 0.2	24.9

2) 廃棄物を使用した遮蔽性能実験

実際の廃棄物を使用した遮蔽性能確認実験を福島県双葉郡内で実施した。写真-8 に廃棄物を保管容器に収納する状況、写真-9 に保管容器にバリウム含有遮蔽板を装着した状態で遮蔽性能を確認する実験を実施している状況を示す。空間線量の測定には富士電機シンチレーションサーベイメータ NHC7 を使用した。

図-4 は汚染レベルが比較的高い廃棄物で実験した結果、図-5 は汚染レベルが中程度の廃棄物で実験した結果を廃棄物表面からの距離に対して示した。それ



写真-8 廃棄物による実験状況



写真-9 遮蔽性能確認実験状況

それぞれの測定位置でバックグラウンドの空間線量を測定し、補正した結果を塗りつぶしマーカーで示している。コンクリート容器無、遮蔽板無の場合の実験結果に対し、コンクリート容器や遮蔽板を用いた場合の結果から遮蔽率を求めた結果が表-4である。なお、廃棄物からの距離が1m、2mと大きい場合、廃棄物に起因する線量率がバックグラウンドに比べて小さくなるために、誤差が大きくなり遮蔽効果の測定が難しくなる。そこで、表-4は廃棄物に起因する線量率が支配的で誤差が小さい距離0.3m、0.5mの結果から求めている。

この結果から、容器の鉄筋コンクリート（平均厚さ $t=120\text{mm}$ ）により80%の遮蔽率が得られ、バリウム含有遮蔽板を併用することにより、さらに遮蔽率90%以上まで高められるとの結果が得られた。この結果は遮蔽計算マニュアル¹⁾に基づいた遮蔽計算で得られる値より高いが、ICRPの示すデータ²⁾とはほぼ同等の結果となっている。

また、表-3で示した部材の実験結果に比較して表-4の結果は、良好な遮蔽効果を示している。その理由は、部材の実験の場合、点線源を使用したため、部材に対し垂直に入射するガンマ線のみを測定対象としているのに対し、実際の廃棄物を使用した場合は線源が広く分布するので、部材に対し斜めに入射するガンマ線も含めて測定対象となり、遮蔽に有効な部材厚さが相対的に大きくなることなどが考えられる。

運搬時などにおいては、廃棄物あるいは容器の表面線量率が問題にされることがある。図-6に表面から1cmの位置での空間線量とバックグラウンド測定結果を示す。このデータから遮蔽率を求めた結果を表-5に示すが、鉄筋コンクリート容器だけでも90%、バ

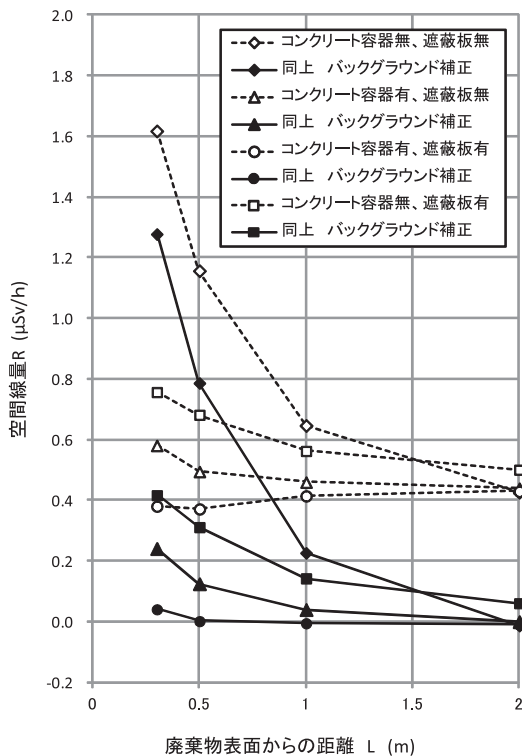


図-4 汚染レベルが比較的高い廃棄物で実施した遮蔽性能実験結果

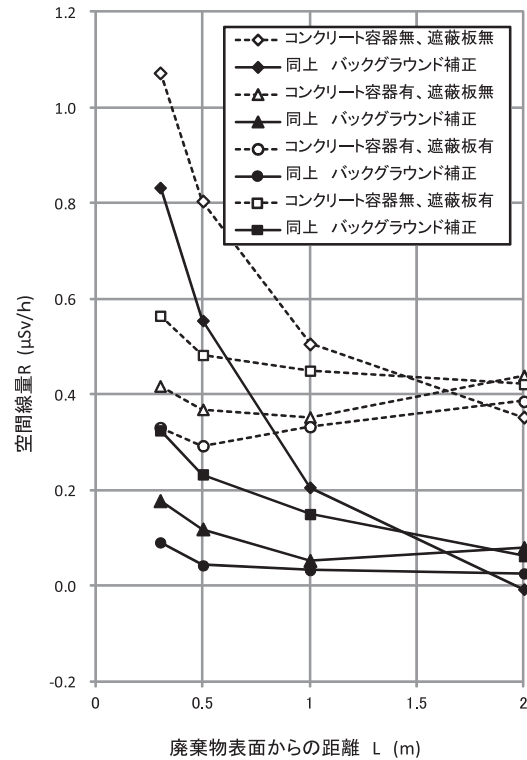


図-5 汚染レベルが中程度の廃棄物で実施した遮蔽性能実験結果

表-4 距離0.3m、0.5mでの遮蔽率の平均値

RC製保管容器	バリウム含有遮蔽板	遮蔽率
有	無	80.6
有	有 (35mm 1枚)	94.5
無	有 (35mm 1枚)	61.7

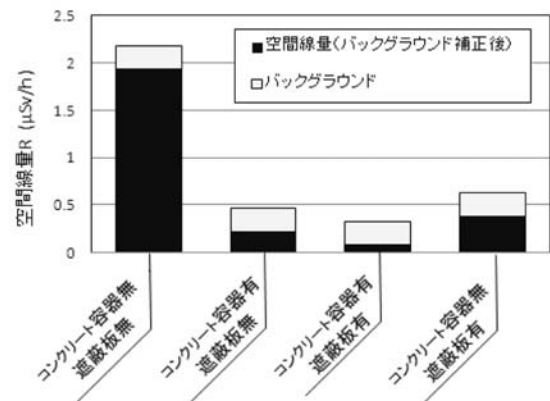


図-6 表面から1cm離れの位置の空間線量

表-5 表面からの距離1cmにおける遮蔽率

RC製保管容器	バリウム含有遮蔽板	遮蔽率
有	無	90.8
有	有 (35mm 1枚)	97.3
無	有 (35mm 1枚)	85.9

リウム含有遮蔽板を併用した場合 97.3%の遮蔽率が得られている。表面から 1cm の位置で比較した場合、容器や遮蔽板があることにより廃棄物からの距離が物理的に確保されることも空間線量の低下に寄与するので、遮蔽率は高くなる結果が得られた。

4. 使用事例

平成 24 年度第 1 回福島県除染技術実証事業に選定された「プラストによる路面（アスファルト）などの除染」の川俣町での除染実験の実施に関連し、TOM コンテナが使用された（写真-10、11）。除染で発生した残渣の収納に使用した他、川俣町の保管する比較的汚染レベルの高い廃棄物の中で特に汚染レベルの高い廃棄物を収納するのに使用された。



写真-10 廃棄物の投入



写真-11 保管容器設置状況

5. まとめと今後の課題

遮蔽機能を増設可能で移動に配慮した保管容器の開発と、遮蔽性能確認実験について報告した。遮蔽性能は部材の実験と現地の廃棄物を用いた実験を行い、おむね良好な結果が得られた。

他にもさまざまなコンクリート製保管容器が開発されており、指定廃棄物を管理型処分場に埋設する方法の一つとして環境省が処分方法のイメージ³⁾を示しているものの、コンクリート製保管容器はまだ広く普及するには至っていない。それはフレキシブルコンテナに比較して価格が高いことが理由にあると思われるが、化学製品で有機物のフレキシブルコンテナに対し無機物の鉄筋コンクリート製保管容器が長期安定性に優れるのは確かである。特に汚染レベルの高い廃棄物では、廃棄物の発生状況、運搬、保管の個別の状況に応じて本容器が使用されることが期待される。

今後は、汚染廃棄物のフロー全体の最適化が必要であると考え。その中で、どのような保管・運搬手段が最適か議論されていく必要があると考える。

最後になりましたが、地方独立行政法人東京都産業技術研究センターの皆様、現地の遮蔽実験実施に温かいご協力を頂きました関係各位、容器と遮蔽板の製造にご協力頂きました方々に、ご協力およびご助言頂きましたこと、ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 遮蔽計算マニュアル：放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル、(財)原子力安全技術センター、2007
- 2) ICRP Pub.21, 体外線源からの電離放射線に対する防護のためのデータ (1971).
- 3) 8,000Bq/kg を超え 100,000q/kg 以下の焼却灰等の処分方法に関する方針について、環境省、平成 23 年 8 月 31 日