

がれき残渣を有効活用した建設資材

アップサイクルブロック

川 本 卓 人・森 田 晃 司

東日本大震災で発生した災害廃棄物のうち、最後に残るリサイクルできない不燃混合廃棄物とセメントペーストを混練してブロック化するアップサイクルブロック（以下「本ブロック」という）という技術を開発した。当技術は、平成 25 年 7 月に宮城県亘理町の復興事業に採用された。そこでは、大量生産可能な製造システムを構築した。生産量は 200 体／日で、製造システムの構築期間を含め、5 か月の間に 19,200 体もの本ブロックを製造した。平成 26 年 3 月には（一財）国土技術研究センターから技術審査証明（技審証第 35 号）を取得した。現在は、適用範囲を拡大すべく、放射性廃棄物対応型本ブロックの開発を進めている。

キーワード：不燃混合廃棄物、放射性廃棄物、アップサイクルブロック、大量生産、環境安全性

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災では、被災三県（岩手県、宮城県、福島県）で約 1,700 万 t の災害廃棄物が発生した¹⁾。災害廃棄物は中間処理施設で破碎・選別処理された後、コンクリートガラや鋼材などはリサイクルされ、可燃物は焼却処理される。最終的にリサイクルできない不燃混合廃棄物（以下、がれき残渣と称す）が残る。

がれき残渣は、不燃物としてそのまま最終処分場で埋立て処分せざるを得ないが、最終処分場の残余容量のひっ迫が懸念されていた。

一方、被災三県では、復興事業に際して大量の盛土材が必要とされていた。各県において、盛土材は他工事の発生土の利用や土取場からの購入によって確保する予定であったが、必要土量には地域的・时期的な偏

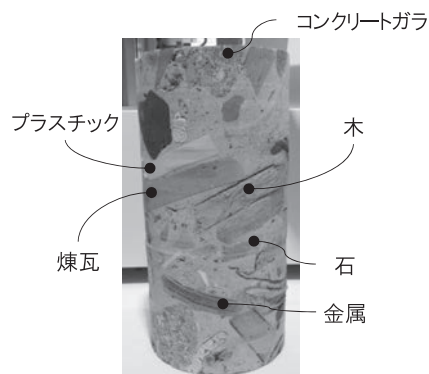


写真-2 本ブロックから採取したコアサンプルの例

りがあり、盛土材不足が指摘されていた。

そこで、がれき残渣を有効活用して盛土材として資材化できれば、これらの問題を同時に解決できると考え、本ブロック（写真-1、2）の開発に着手した。

2. 技術の概要

(1) 概要

本ブロックとは、がれき残渣をセメントペーストと混練してブロック化し、がれき残渣の付加価値を高めた建設資材である。

(2) 特長

(a) 盛土の中詰め材として適用可能な圧縮強度を有する

本ブロックのコアサンプルの圧縮試験結果を統計的



写真-1 本ブロックの例 (B750 × W750 × H850 mm)

に評価し、製品の圧縮強度が 1.0 N/mm^2 以上であり、盛土の中詰め材として使用可能であることを確認した。

(b) 長期耐久性を有する

年間温度変化を長期（100 年）にわたって受けたことを模擬した供試体を用いて、圧縮強度に低下がないことを確認した。よって、盛土の中詰め材として十分な長期耐久性を有することを確認した材料である。

(c) 有害物質（重金属等）の溶出抑制効果を有する

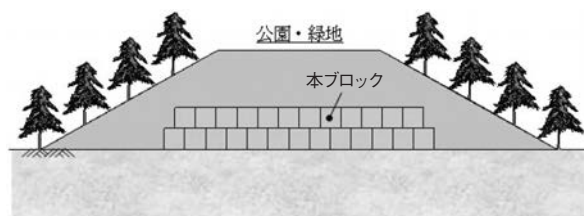
がれき残渣をセメントで固化するので、万一、重金属等が混入していても、溶出を抑制する効果を有し、周辺環境に悪影響を及ぼさない。

(3) 想定される用途

本ブロックの想定される用途は、公園や緑地などの盛土の中詰め材である（図—1）。

なお、本ブロックの利用に際しては、以下の条件を想定している。

- ・地下水位で浅で使用する
- ・酸性土地帯では使用しない
- ・覆土を 50 cm 以上行う
- ・ブロックを含めた盛土高さは最大 10 m 程度とする



図—1 本ブロック適用イメージ

(4) 開発体制

本ブロックは、（一財）先端建設技術センター、（株）大林組、鹿島建設（株）、（株）熊谷組、清水建設（株）、大成建設（株）の 6 者で研究会を設立し、開発を進めてきた。なお、開発の一部は、国土交通省の平成 23 年度補正予算建設技術研究開発助成制度「震災対応型技術開発公募」の助成を受けて実施した。

3. 適用事例

(1) 概要

平成 25 年 7 月に本ブロックが宮城県亘理町の復興事業に採用された。同年 8 月から 12 月、宮城県委託の災害廃棄物処理業務で本ブロックを製造した。



写真—3 がれき残渣（亘理がれき）

(2) 使用したがれき残渣

亘理処理区のがれき残渣（以下、亘理がれきと称す）は、混合廃棄物選別の最終工程で 40 mm 以下に破碎した混合廃棄物から可燃物等を回収した後の残渣であった（写真—3）。

(3) 本ブロックの諸元

亘理がれきを用いて製造した本ブロックの配合を表—1 に示す。また、ブロックの形状寸法 B900 mm × W900 mm × H900 mm である（写真—4）。本事業では、脱型までの養生期間を 1 日と設定した。養生後に吊り上げた際、ブロックに変状を与えることなく脱型可能となる配合を選定した結果、圧縮強度は材齢 1 日で 1.0 N/mm^2 以上となった。

表—1 配合表

水セメント比 (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位量 (kg/m ³)	
		高炉セメント B 種	がれき残渣
60	222	370	1,529



写真—4 亘理がれきを用いた本ブロック（B900 mm×W900 mm×H900 mm）

(4) 製造工程

当事業では 5 か月間で、19,200 体もの本ブロックを



写真一五 バッチャープラント



写真一六 全天候型の打設・養生ヤード

製造した。現場に集積された災害廃棄物約 57 万 t から発生したがれき残渣約 19,000 t を用いて、200 体／日の製造能力を有する製造システムを構築する必要があった。事業所内にバッチャープラント（写真一五）を建設することで、短時間での練混ぜ・供給を可能とした。加えて、打設・養生ヤードを屋根付きとするこ
とで、全天候型のヤード（写真一六）を構築した。さらに、脱型までの養生期間を 1 日としたことで、本ブロックの量産を実現した。

(5) トレーサビリティ管理

環境省通知（平成 24 年環廃対発第 120525001 号，環境廃産発第 120525001 号）によれば，「災害廃棄物由来の再生資材の一部を復旧復興のための公共工事に



写真一七 本ブロックに刻印された検査印

活用する場合，公共工事を行う者によって，その種類・用途・活用場所が記録・保存されること」が要件となっている。そこで，亘理処理区では，すべてのブロックに，管理番号と製造者，製造場所を刻印（写真一七）して，本ブロックの仮置き位置と据付日を記録し，トレーサビリティを確保した。

(6) 活用先

製造したすべてのブロックが，亘理町内に計画されている人工丘の盛土の中詰め材として活用されている（写真一八）。



写真一八 本ブロックの活用事例

4. 適用先の拡大に向けて

平成 26 年 3 月末までに，被災三県のうち，岩手県，宮城県の災害廃棄物の処理は完了している¹⁾。福島県では，地震・津波によって，東京電力(株)福島第一原子力発電所において，大量の放射性物質が放出され，県内が汚染される事態となった。放射能汚染された災害廃棄物（以下，放射性廃棄物と称す）の処理が大きな障害となっている。

そこで，放射性廃棄物に対応した本ブロック（以下，放射性廃棄物対応型本ブロックと称す）の開発を進めている。

放射性廃棄物対応型本ブロックの基本コンセプトは，以下である。

- ①管理型処分場，中間貯蔵施設への廃棄物量を減容する
- ②放射性廃棄物を安全・安心な盛土材として再生し，復興事業に貢献する
- ③放射性廃棄物のトレーサビリティを確保する

(1) 対象とする放射性廃棄物

東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境汚染への対処に

関する特別措置法施行規則（平成 23 年 12 月 14 日環境省令第 33 号）において、放射性廃棄物を安全に処理するための基準として、濃度 8,000 Bq/kg 以下が定められている。そこで、放射性廃棄物対応型本ブロックは、放射能濃度 8,000 Bq/kg 以下の放射性廃棄物を対象とした。中でも、同特措法に基づき、環境大臣が、国がその地域内にある廃棄物の収集・運搬・保管及び処分を実施する必要があると指定した地域内で発生した廃棄物（家屋等の解体ごみ、家の片付けごみ）と除染に伴う廃棄物を対象と考えている。

(2) 放射性廃棄物対応型本ブロックの環境安全性基準

福島県内における公共工事における建設副産物の再生利用等に関する当面の取り扱いに関する基本的考え方（平成 25 年 10 月 25 日、内閣府・復興庁・厚生労働省・農林水産省・国土交通省・環境省）（平成 25 年 10 月）による、福島県内の公共工事における放射性廃棄物の再利用等に関する基本的考え方は以下である。

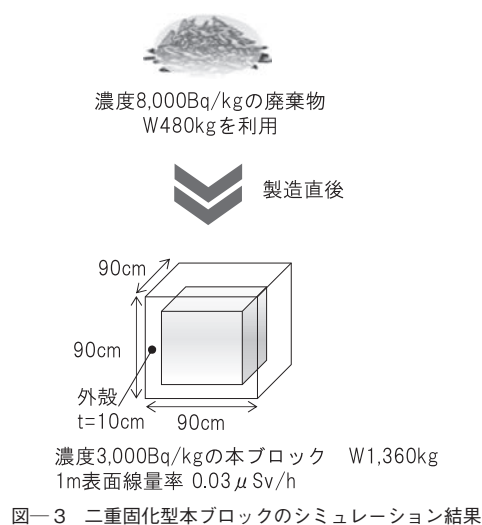
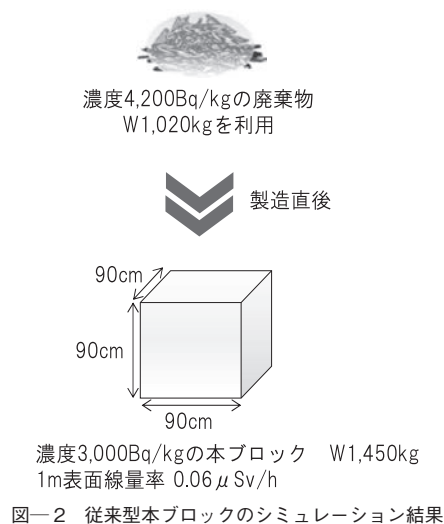
- ①浜通り及び中通りにおける道路、河川等の屋外の公共工事で使用する再資源化資材については、1 m 表面線量率が $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 以下であることを確認すれば使用可能である
- ②放射能濃度が 3,000 Bq/kg 以下の資材等を 30 cm 以上の覆土等をして用いる場合、再利用が可能である

上記を踏まえ、放射性廃棄物対応型本ブロックの環境安全性基準を、1 m 表面線量率 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 以下かつ放射能濃度 3,000 Bq/kg 以下に設定した。

(3) シミュレーション

放射能濃度 3,000 Bq/kg 以下かつ 1 m 表面線量率 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 以下を満たすブロック体として、2通りのブロック構造を考えた。一つは、これまで取り組んできた従来型の本ブロックと同様の構造である。シミュレーション結果によれば、亘理がれきを用いた本ブロックと同様、90 cm 角、密度 2.0 g/cm^3 とすれば、放射能濃度 4,200 Bq/kg、重量 1,020 kg の放射性廃棄物を用いて、放射能濃度 3,000 Bq/kg、1 m 表面線量率 $0.06 \mu\text{Sv/h}$ の本ブロックを製造することが可能である（図—2）。

もう一つは、外殻に遮蔽層を有するブロック構造（二重固化型本ブロック）である。一般に、遮蔽層の密度を増すよりも、遮蔽層を厚くして隔離をとる方が高い遮蔽効果を得られることが知られている。シミュレー

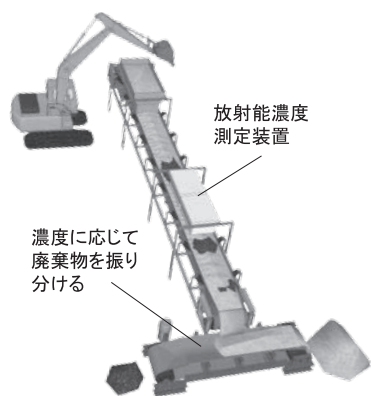


ション結果によれば、10 cm のセメントペースト（密度 1.75 g/cm^3 ）からなる遮蔽層を設けた 90 cm 角のブロック構造の場合（内部の 70 cm 角の本ブロックの密度は 2.0 g/cm^3 ）、放射能濃度 8,000 Bq/kg、重量 480 kg の放射性廃棄物を用いて、放射能濃度 3,000 Bq/kg、1 m 表面線量率 $0.03 \mu\text{Sv/h}$ の本ブロックを製造することが可能である（図—3）。これらのシミュレーションは、市販の遮蔽計算ソフト γ -shielder による試算である。また、放射線発生源を放射能濃度が一般的な体積線源とし、Cs134、Cs137 の存在比を 0.36 : 0.64 として計算している。

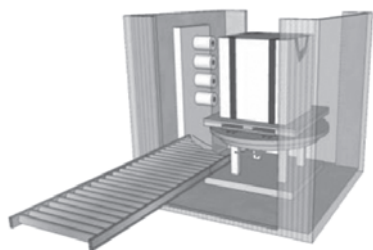
(4) 環境安全性確認方法

本ブロックの製造前に、放射性廃棄物自体の放射能濃度を放射性廃棄物濃度選別システム（図—4）を用いて、濃度 8,000 Bq/kg、あるいは、4,200 Bq/kg を閾値として振り分ける。閾値以下の放射性廃棄物をブロック化する。

また、これら放射性廃棄物を用いて製造した本ブ



図—4 放射性廃棄物濃度選別システムの例



図—5 放射線量率測定装置の例

ロックの表面、各6面の1m表面線量率を測定し、 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 以下であることを確認する（図—5）。シミュレーションでは、放射線発生源を一様な体積線源としたが、実際の放射性廃棄物の放射能濃度には、ばらつきがあり、一部の高濃度のものが偏在するものと考えられる。

このため、製造後のブロック体表面の放射線量率を

測定する必要がある。なお、放射能濃度については、重量と比重から容易に計算することができる。

5. おわりに

本ブロックの技術開発においては、“盛土の中詰め材として適用可能な圧縮強度を有すること”，“長期耐久性を有すること”，“有害物質（重金属等）の溶出抑制効果があること”を確認し、平成26年2月に（一財）国土技術研究センターから建設技術審査証明（技審証第35号）を取得した。また、宮城県亘理町での復興事業で適用され、本ブロックを短期間で量産することに成功した。現在、さらなる適用拡大に向けて、放射性廃棄物のブロック化による有効活用を目指している。

JCM A

【筆者紹介】

川本 卓人（かわもと たくと）
㈱大林組
生産技術本部技術第二部技術第一課
主任



森田 晃司（もりた こうじ）
㈱大林組
生産技術本部技術第二部技術第一課
課長

