

## 骨材不足に再生材の利用も提案

### がれき処理コンソーシアムが全体会議を開催

編集部

産学で構成する「震災がれきと産業副産物のアロケーション最適化コンソーシアム」(代表・久田真東北大学工学部教授)は9月13日、仙台市青葉区のTKPカンファレンスセンターで第1回全体会議を開催し、これまでの活動状況を報告した。また、今回は国土交通省東北地方整備局と宮城県、仙台市、岩手県の関係者も出席し、意見を交換した。さらにオブザーバーとして砕石と生コンの業界団体も参加した。同コンソーシアムは喫緊の課題であるがれき処理を1日でも早く、有効活用を含めて産学の力をもって支援するとともに、そこで培った技術を今後の東北地方における資源循環に向けて、未利用資源を有効活用する枠組みに進化させ、産学連携拠点を形成することを目標に掲げて活動している。

#### 砕石、生コン関係者も傍聴

冒頭、あいさつに立った久田代表は「6月にキックオフしてから3カ月が経過した。昨日、陸前高田の奇跡の一本松が伐採された。

当初、保存するという話もあったが、震災が発生して1年半が経過し、状況がいろいろ変わってきた。本日は産学の会員に加え、官の立場で震災復旧・復興に尽力されている方に同席いただき、意見を交換する機会を得ることができた。また、骨材と生コンが需要の急増に伴って供給不足になっているということで、オブザーバーとして砕石と生コンの関係者にも参加いただいた」と述べ、活発な意見交換を求めた。また、コンソーシアムの体制ならびに活動状況について以下のように説明した。

東日本大震災で大量かつ広域に発生したがれきの処分と有効活用、さらにそこで培った技術をスラグやフライアッシュ、都市ごみ焼却灰など未利用資源の有効活用につなげ、東北地方に資源循環型社会を形成していくきっかけづくりを目標に掲げて活動を始めた。あと1年半で更地に戻すことが求められている各がれき処理サイトの状況を鑑み、2012~2013年度の2年間は特にがれき処理と、有効活用



久田真  
久田代表があいさつ

技術の開発と実用化に向けた整理検討に軸足を置き、2014年度以降は有効活用にあたり安全性など長期安定性に関わる評価を続けるとともに、未利用資源有効活用のための資源循環の枠組みづくりを進めていくことにしている。

コンソーシアムの推進体制は代表、副代表、幹事で技術評価委員会を組織し、宮城大学に事務局を置いている。委員会の傘下にコンクリートがれき有効利用検討部会(幹事会社:大林組)、がれき焼却残渣有効利用検討部会(鹿島建設)、津波堆積土砂有効利用検討部会(住友大阪セメント)、プレキャストコンクリート製品検討部会(昭和コンクリート工業)、長期安定性評価検討部会(JFEスチール)

の5検討部会を設置し、具体的なテーマに取り組んでいる。また、オブザーバーとして発注者にも参画いただきたいと常々思っているが、発注者の方々が困っていることや要望に沿った形でコンソーシアムの運営に努めていきたいと考えている。この間、各検討部会を2回ずつ開催しており、活動状況を報告いただきながら、官側と忌憚のない意見を交換したい。

#### 環境安全形式検査に注目

全体会議で各検討部会が報告した現況と課題は次の通り。

〈コンクリートがれき有効利用検討部会〉コンクリートがれきは、宮城県で300万トン、岩手県は90万トンと、まだ大量に残っている。一方で復旧・復興工事に使用するコンクリート用骨材など建設資材の供給が追いつかないと伝えられ、例えば盛土に使う土砂が4000万 $\text{m}^3$ 不足している。迅速ながれきの処理が求められるなか、がれきの品質(特に塩分、油などの付着)や有害物質、破砕処理・分別するのに手間がかかりコストが高くなる問題等が残っている。そうしたなか、当部会では①民間・大学が開発したコンクリートがれき再利用技術を整理して評価する②提案技術と適用箇所(実証試験を含む)のマッチング③再利用技術が事業へ迅速に採用されるようにサポートをする、という3つを目的に活動を始めた。現在、28社が参加し

ている。

組織的にはWGを3つ立ち上げ、現状を調査するWG1は清水建設がリーダーとなり、コンクリートがれきに関わる課題の検討や、がれきの地域的な差異(種類、量)、既存量と今後の見込み量などを

検討している。技術調査等を行うWG2は間組がリーダーをつとめ、有効利用に関する課題を抽出している。処理、利用技術の調査、およびニーズを調査して整理し、提案技術の評価および適用箇所、処理可能量、デメリット、コストなどを検討している。ニーズを調査するWG3は復建技術コンサルタントがリーダーとなり、被災地や発注機関へのヒアリング等を行い、要望やニーズを把握するとともに、関係する規準・通達類を調べている。

次に、がれき処理と有効利用の技術開発の現状はどうかというと、がれき処理は処理工程1でブレーカーによる大割で最大粒径が500mm程度、処理工程2ではニブラによる破砕(粒径200~300mm)を行い、さらに鉄筋などを除去している。その後、処理工程3で移動式クラッシャーなどを利用して200mm以下にしている。最終的に再生骨材として使うためには処理工程4として専用プラントで洗浄や分



国や県の関係者も同席した

級を行っている。今回調査した中では、大きい粒形のはプレパックドコンクリート等の利用技術がある。粒径200mm以下の3次破砕以降の工程のものについてはCSGや路盤材として使う工法がある。再生骨材はプレキャストコンクリートやコンクリート用骨材に使用する技術がある。

コンクリートがれきを有効利用する上での課題は何か。まずは、利用可能なコンクリートがれきの量を把握すること。次に、コンクリートがれきの品質にバラツキがあること。塩分や油分、海底の底質、雑物の付着・混入、また、それによる破砕や加工方法の検討などがある。さらに再生骨材として使用する場合は課題として有害物質の除去、反応性骨材、アスベスト混入などへの対応があげられる。新しい技術もいろいろあるわけだが、それを迅速に適用するにはコンクリートがれき利用の品質・安全基準を検討する必要がある。

当部会では会員会社が保有する

技術として合計39件提示いただいた。一例を紹介するとプレパックドコンクリート。これは粒形が500~300mmのコンクリートがらを入れて、その中にモルタルを注入する工法であり、もう少し粒形が小さいものはCSGや路盤材として転圧工法によって使用する。また、プレパックドコンクリートの一つとして、海水練りコンクリートで消波ブロックを製作する提案もある。

最後にコンクリートがれき利用の必要性について述べると、迅速な処理を行うのは言うまでもないが、盛土材やコンクリート用骨材まで様々な用途に利用が可能であることを強調しておきたい。建設資材の不足が伝えられるなか、その問題解消に貢献し、復興事業の促進にも貢献できる。

〈がれき焼却残渣検討部会〉当検討部会は建設、鉄鋼、混和剤、製紙、処分、設計、電力、セメント、産廃、プラント、関係機関・団体が構成し、内訳はコアメンバーが17社、一般メンバー22社となっている。焼却残渣の有効利用技術ということで、いろいろな用途が考えられるが、例えば盛土材、海洋埋立材、あるいは埋戻し材、それからコンクリート製品等があげられる。それぞれの用途があるが、使用条件が非常に複雑であり、例えば盛土材は陸上となるが、埋立材は海中に存置する形になる。そういう意味で用途や使用条件によっ

て要求性能や環境基準などが様々に変わってくる。

活動を始めるに先立って、どのように利用されているのか現状についてアンケート調査を実施した。16社から回答があり、がれき焼却残渣では大別すると①焼却残渣の安定化物（造粒物）の製造技術②不溶化・固化材料③コンクリート混和材などがあげられる。もう一つ、大きな柱である鉄鋼スラグ、石炭灰、都市ごみ焼却灰その他についても調査した。というのは、がれき焼却残渣以外の物、これらのかねてから有効利用についてかなり検討が進められている。その成果はがれき焼却残渣の有効利用にも役立ち、参考になると考えて現状を調べた。調査結果の概要を説明すると、がれき焼却残渣の安定化物（造粒物）は、災害廃棄物の処理業務ということで石巻と巨理名取ブロックなど4サイトあるが、すべて造粒固化処理されている。焼却灰は飛灰と主灰に分けられるが、飛灰は放射能の濃度あるいは有害物質の含有量が非常に高いため有効利用が困難ということで、基本的には最終処分場への処分という形になっている。有効利用するとすれば主灰の方になるが、石巻ブロックではこれを造粒固化したものを海面埋立材として利用するとの想定のもとで造粒固化物を製造している。巨理名取ブロックは現在のところ用途は決まってい

ないが、造粒固化物を製造し、今後の利用先を検討しようというのが現状だ。

不溶化・固化材料はメーカーの得意とするところであり、アンケートの結果、5件（非セメント系複合不溶化材＝住友大阪セメント、酸化マグネシウム系不溶化材＝太平洋セメント、マグネシア系石灰系不溶化・固化材＝宇部マテリアルズ、ドロマイト焼成品を使用した不溶化材＝吉澤石灰工業、製鋼還元スラグを使用した不溶化・固化材＝安治川鉄工）ほど提示された。また、コンクリートの混和剤は焼却灰をコンクリートあるいはモルタルの一部として利用する技術であり、これも3件（焼却灰等を利用したコンクリートの品質調整剤＝BASFジャパン、同＝フローリック、焼却灰等を利用したコンクリートの早強技術＝花王）情報が寄せられた。このほか鉄鋼スラグや石炭灰、燃料焼却灰・一般焼却灰などの利用技術ということで6件（日本フライアッシュ協会ほか）情報があつた。

今後の課題は、冒頭に申したとおり、用途としては港湾であれば海面埋立、あるいは護岸構造物の埋戻し、ケーソン中詰、陸上であれば防潮堤、盛土、土地造成（嵩上げ材）、路盤材などが考えられるが、用途あるいは使用条件と品質のマッチングを図っていかねばならない。焼却残渣の安定化物ということで造粒固化をメイン

にやっているが、品質管理面では当然ながら環境基準（重金属類、放射能）、物理特性（粒度、密度、含水比等）、力学特性（一軸圧縮強度、コーン指数、土質定数等）、および長期安定性（有害物質の溶出、形質変化、強度劣化等）の4つの基準なり特性をクリアしていかなければならない。ただし、環境基準を例にとると、海と陸上とは基準が全く異なる。力学特性も用途あるいは規模によって変わってくる。例えば同じ盛土材でも高盛土材として使うのであれば低盛土材よりも高い強度の要求が出てくるかと思う。そういう意味ではアプローチの仕方として用途がはっきりし、使用条件も明確で、特性をそれに合わせていくのがいいのか。逆にこういう特性だからここまでは使えるということもあるかと思う。現状ではその辺がまだ明確になっていない。

2つ目の課題は、焼却残渣を安定化した造粒固化物の発生時期と利用時期にずれが生じてしまうことだ。固化処理を各サイトで進めているが、利用時期が決まらないと、長期にわたって仮置きしないといけない。また、造粒固化物の品質がばらつくことへの対処・対策も必要になる。実際には災害廃棄物の処理業務を請け負っている各サイトで実施している造粒固化処理はまだ始まったばかりであり、どれくらい品質がばらつくのか現在のところ明らかになっていない。

これも今後、追跡調査することになるが、そのように、用途が決まらないという大きな課題もある。環境基準については10月に地盤工学会から形式（かたしき）検査の基準が公表される予定と聞いており、それを参考にしながら進めていくことになるだろう。他方、造粒固化物が適用されたものはほとんど永久構造物に近い形になるため、長期的な安定性を詰めていかねばいけない。こういうことで、用途と使用条件が決まれば物理・力学特性をそれに合わせていく形になるかと思われるが、現在のところ基礎データがあつてない状態であり、今後さらに検討を重ね、改めて報告したい。

〈津波堆積土砂有効利用検討部会〉津波堆積土砂も基本的には先ほどの焼却灰と同じ課題を抱えている。ただ、津波堆積土砂やそれに準ずる物、いわゆる可燃物を振るったあとの土砂系の物は、場所によっても異なり、いろいろな性状がある。そういう事情もあつて有効利用がなかなか進んでいないと思われる。

当検討部会は35社が参加し、これまで2回ほど会合を開いた。基本的には、既に国の指針（環境省「東日本震災津波堆積物処理指針」2011年7月13日）、および今年7月に公開された岩手県復興資材活用マニュアルなどに基づいて検討することになっている。調査研究に着手するにあたって、冒頭に申し

たとおり、土砂系の性状把握が必要と思っている。放射性物質（放射能濃度、放射線量率）や重金属含有量などは、場所によっても違うと考えられる。すでに雨水で流れたという状況があるかもしれないが、保存状況によっては放射能濃度が濃い部分もあると想定される。重金属についても自然由来のものが多くなるかと思われる。盛土等に使用する場合は強さや粘性といった性状が必要になる。

有効利用方の方法には砂やコンクリートがら、混和材などの混合系が土木資材として考えられるが、入口側である土砂系の性状が異なり、それに伴って使用材料もいろいろ変える必要がある。最終的にはどのような性状なのか、環境安全性がどうなのかなどを把握することが必要だ。そこで、現段階における有効利用に関する保有技術ということで会員各社から技術情報を提示いただいた。

有効利用を図る上で土砂の処理、要するに分別等の技術、それから土壌の改良技術がまず必要と考えられる。安定処理材にもいろいろな技術があり、その組み合わせをどうするのかは今ひとつの大きな課題になる。さらに重金属の不溶化・浄化技術も欠かせない。実際にどの地区で、どのようなニーズがあるのか。これを把握した上で、どのような組み合わせが当該地区に適切なのかといったことが、今後の有効利用にとって重要になっ

てくる。重金属等々については法律上の枠組み（土壌汚染対策法）もある。そのなかで津波堆積土砂をどのように有効活用するのか、フレキシブルな対応が必要になってくる。

今後については、地盤工学会や国総研から近く環境安全形式検査が提案されると聞いている。また、使用側が求める品質はどのようなものなのか確認した上で技術的な整理、実際の材料としての評価なども含めて検討を進めていきたいと考えている。

〈プレキャストコンクリート製品検討部会〉コンクリートがれき、がれき焼却灰、スラグなどを受入れて製品にすることを検討している。実際にはまだ製品は作っていないが、受入れ評価をするWGと、どのような配合にするのか検討するWG、それと使用製品を選定する（作成した配合をどういう製品に適用するか検討する）WGの3WGを設置している。

復興資材と製品の組み合わせについては、震災がれきその他の材料を通常骨材と混ぜて基準内の品質に収めて製品を作るのがベストではないかという方向付けになっている。一例として銅スラグを用いた重量コンクリート遮蔽容器、普通コンクリートを用いた遮蔽容器、再生粗骨材Mを用いた製品

（宮城県グリーン製品認定を取得）、および重量骨材の材料であるDSM骨材と重晶石、混和剤（塩素固定化剤、早期脱型剤など）、高流動化コンクリートなどを紹介する。高流動コンクリートは通常、高強度にもなるが、高強度にならない混和剤も開発されている。また、復旧・復興に係る製品としては現在、海岸堤防復旧工事向けに2トン型コンクリートブロックを製作している。

今後の課題ということでは、我々どのような製品を作るべきなのか、まだ模索中の段階だが、がれき焼却灰を処理した安定物である造粒固化物を利用したいと考えている。その意味でも本日まで出席の発注者から、こういう物を作ってほしいとか、焼却灰の有効利用等に対する意見を伺えればと期待している。〈長期安定性評価検討部会〉（略）

### 利用促進へ官側に提案

その後の意見交換会で、同コンソーシアムは官側に対して次のような提案を行った。

- （1）会員の保有する技術情報を逐次、更新して最新の情報を発信していきたい。
- （2）国土交通省をはじめ、各省庁・財団等で技術開発助成制度（例：震災対応型技術開発制度）

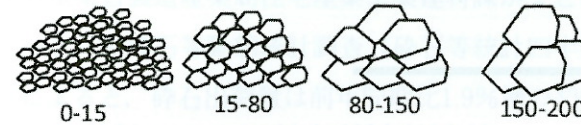
を適用されているが、採択された各課題で実証検討された技術については復旧・復興の様々な事業の中で積極的に採用されたい。

（3）JISなどでは、用途に応じて適材適所な品質の考え方である「形式（かたしき）検査」の検討がされているが、震災がれきの有効利用に関しても、通常の汎用的な品質評価の方法論のみならず、用途に応じて適切な資材の品質評価が重要と思われる。

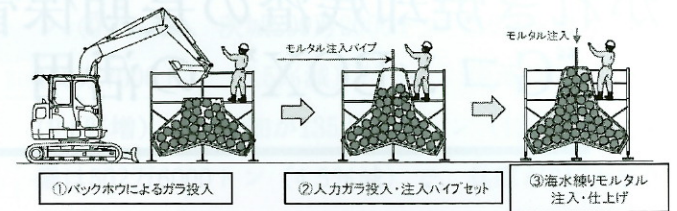
（4）かねてから自治体を実施してきたリサイクル認定制度等の活用は、がれきの有効活用を加速させる上で有用と思われるが、この点について検討事例があれば教えてほしい。

（5）宮城県では、各がれきサイトは「あと2年（2014年3月）で更地にする」という大原則のもとに鋭意、処理を進めている。そうであるならば、がれきが資材化されて使える状態になる時期と、災害復旧工事などで有効活用し得る時期との間に時間的なズレが生じると予想される。現状はがれき処理サイトに存置できる余裕があるが、資材化したのがれきが利用されるまでの間、然るべき場所に仮置きするような対応策の検討を提案したい。碎石採取山の跡地利用も一案と考えられる。

コンクリートガラを破碎し、0～15mm、15～80mm、80～150mm、150～200mmの粒径に分類した解体骨材とする。



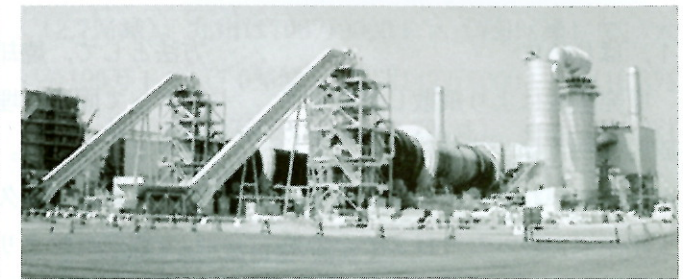
解体骨材の分級



プレパックド工法によるコンクリートがらの利用



ストーカー炉



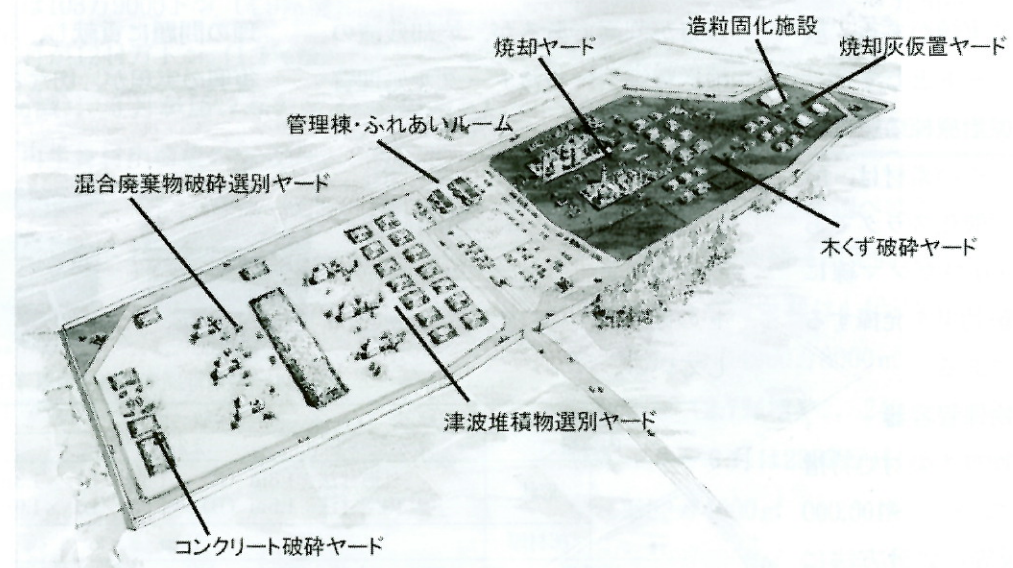
ロータリーキルン炉



造粒固化物（破碎前）



造粒固化物（破碎後）



中間処理場のイメージ図