

社会構造の変化に対応した資源・資材活用 ・環境負荷低減技術の開発

西崎 到

1. はじめに

人口減少と少子・高齢化など社会構造の変化が進む中、持続可能な地域社会を形成するためには、社会資本整備における、①排出されるものの再利用・有効活用、②社会構造の変化に対応した建設技術、③環境負荷軽減を進めることが重要である。

建設分野から排出される主たるものとしては、建設発生材が挙げられる。主な発生材とその発生量を表-1に示す。アスファルトコンクリート塊（以下「アスコン塊」という。）とコンクリート塊、建設発生土の量が特に多いことが分かる。これらはいずれも再利用が進んでおり、再利用率も高いのが現状であるが、将来の再利用率の維持が懸念される事情がそれぞれにあるため、それに対応するための技術開発が求められている。

表-1 主な建設発生材の状況
(H30、建設リサイクル推進計画2020¹⁾より)

建設発生材の種類	発生量
アスコン塊	2,128 万 t
コンクリート塊	4,019 万 t
建設発生土	29,000 万 m ³
建設混合廃棄物	228 万 t
廃プラスチック	60 万 t
建設汚泥	623 万 t

一方、地域で発生する資源・資材で活用可能なものがあるが、その使用は十分に広がっていないのが現状である。これらの資源・資材の地産地消による有効活用は、良質資材の代替としてのみならず、地域の活性化、二酸化炭素排出量削減などに貢献できる。また世界的に懸念されている一部の良質な建設資材の枯渇への対策としても期待できる。

また、我が国が直面している主な社会構造の変化としては人口減少と少子高齢化が挙げられ、こ

の影響の一例として材料プラント数の減少が進行しつつある。これにより材料の輸送にかかる時間が長くなる傾向があり、このような変化に対応した建設技術が求められている。

社会資本整備事業においても、温室効果ガスの排出量や、その他の環境負荷物質放出の削減は、2050年までのカーボンニュートラル実現への貢献をはじめとする環境対策として重要である。国土交通省関係で二酸化炭素排出量抑制効果が期待される分野の一つとして、下水道事業が挙げられる。下水汚泥は我が国の産業廃棄物の2割を占める²⁾一方、汚泥中の有機物量の有効利用率は1/3程度³⁾であり、技術開発による温室効果ガス発生量抑制などの対策が求められている。

土木研究所ではこのような背景から、第5期中長期計画において研究開発プログラム「社会構造の変化に対応した資源・資材活用・環境負荷低減技術の開発」（以下「本プログラム」という。）を進めている。

本プログラムでは、舗装発生材であるアスコン塊、コンクリート塊、建設発生土、下水処理場、鋼構造物塗装を対象に、次の1)～2)に示す研究に取り組むこととしている。

- 1)リサイクル材や地域で発生する資源・資材の有効活用技術の開発
 - 2)社会資本整備における環境負荷低減技術の開発
- 以下の章において、それぞれの研究内容を紹介する。

2. 舗装発生材の再利用

舗装から発生するアスコン塊の再利用は、リサイクル法（1991）制定以降の最近の数十年で急激に進み、現在では99%以上と高い状況にある。土木研究所では、その高い再生利用率の維持のための技術研究に継続して取り組んでおり、近年は再生混合物としての再利用が繰り返されたアスコン塊の再利用方法についての成果をあげてきた。

アスコン塊の再利用用途は、再生混合物用の再生骨材（図-1）と再生路盤材に大別されるが、このうち再生路盤材への需要は、新規道路路線の減少などから今後の減少が予想される。このことから、アスコン塊の用途拡大が求められている。



図-1 アスコン塊の再生利用の重交通路線への拡大

これまで再生混合物は、基層や交通量の比較的小さい道路の表層などでの利用が中心であった。今後、用途拡大を図るには、幹線道路などの重交通舗装への再生混合物の適用を考える必要もあり、本プログラムではそのための再生利用技術の開発を行う予定である。舗装発生材の再生混合物への利用はアスコン塊に含まれるアスファルトを、再生混合物のバインダーとして再利用することになるため、舗装材料のより付加価値の高い利用方法として「建設リサイクル推進計画2020」（R2.9）においても推奨されているところである。

また、国内のアスファルトプラント数は最近の30年ほどの間に約半分に減少している（図-2）。これにより、アスファルトプラントから舗装現場までの材料の輸送距離も長くなる傾向にあるが、アスファルトの温度がその間に冷めてしまい、これまでの技術では使用できなくなることが懸念されている。これに対応するためには、材料の温度が低めでも施工可能な舗装材料や、舗装の打換え現場内での再生技術などの舗装技術の開発が必要であり、地域の様々な条件に応じた技術の開発を図る計画である。

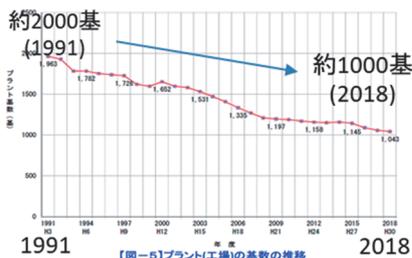


図-2 アスファルトプラント数の推移
 (出典：道路における建設資材調達に関するあり方検討委員会資料)

3. 未利用資源のコンクリート利用

コンクリート塊の再利用率も、現在は99%以上と高いが、その殆どが路盤材として利用されているのが現状である。路盤材の今後の需要については、前章で触れたように、今後の需要の減少が予想されることから、コンクリート塊の再利用についても用途拡大が重要である。これを新しいコンクリート用の骨材として再利用（再生骨材）できれば、持続可能性の点では望ましいが、いくつかの技術的な課題がある。

再生骨材については、JISに品質が規定されており⁴⁾、付着モルタルの量などから、3種類のランク（H,M,L）が規定されている（図-3）が、このうち付着モルタル量の少ないHは製造に多大の手間と大量の微粉が発生する、Lは構造体には使用できないなどの課題がある。Mについては、乾燥収縮に配慮すれば使用できるが、塩害や凍結防止剤散布地域では耐久性への悪影響が懸念されたため、使用が制限されていた。このような状況から土木研究所ではこれまでに東北技術事務所および宮城大学との共同研究により、凍結防止剤散布地域での再生粗骨材Mを利用したコンクリート製品を適切に使う方法について研究に取り組み、適切な利用方法や再生骨材の耐凍害性評価方法などを取りまとめた⁵⁾。



図-3 コンクリート塊(左)と再生骨材(右)

上記の研究では粗骨材としての再利用方法をまとめたが、粗骨材製造の際に発生する微粉についても再生利用ができることが望まれることと、これまでの研究から細骨材としての利用の方が、粗骨材としての再利用よりも、長期耐久性への悪影響が出にくいなどの知見から、本プログラムではコンクリート塊の再生細骨材としての利用について取り組むこととした。細骨材は世界的にも良質な資源が枯渇しつつあるため、このような社会背景への対応としても期待できる。

また、コンクリート塊以外にも、地域には様々

な発生材が、コンクリートの骨材としての利用を期待されるものがある(図-4)。このような地域発生材をうまく利用することができれば、資源の有効活用や地域の活性化、さらには輸送が少ないなどの点では環境負荷の低減などにも役立つと期待されることから、これらの未利用資源のコンクリートの材料としての活用方法についても、併せて本プログラムで検討の予定である。



図-4 地域発生資材の例
(北海道の火山灰(左:分布図、右:資材の様子))

4. 環境負荷対策が必要な建設発生土

建設発生土には自然由来重金属等の有害物質が含まれる場合がある。このような場合の安全かつ合理的な評価・対策手法について、土木研究所では継続して研究を実施しており、これまでに、重金属等の溶出拡散の特性を適切に評価した上で必要に応じて対策を講じることにより、盛土構造物として利用できることなどを示した⁶⁾。その成果は土壌汚染対策法の2017年(平成29年)の改正にも反映されている。

一方、対策工を実施した後の重金属等の溶出を追跡計測すると、想定より軽微な事例が散見されるなど、現在の標準的な評価方法には改善の余地があることが分かってきた。発生土の環境負荷対策には多額の費用がかかることから、より適切かつ合理的な環境安全性評価方法の確立を目指した技術開発を行い、安全性とコスト縮減の両立を目指した研究に取り組むこととした。

具体的には発生土の溶出特性を反映した分類方法を開発することで、要対策土の判定を合理化しようとするものである。そのために、重金属等の溶出源となる地質やそれに含まれる鉱物の種類と、盛土内環境での重金属等の溶出しやすさとの関連づけを目指す。また、これに加え、重金属等よりも先に地下水中を移動しやすい元素を代替指標として用いる、効率的なモニタリング手法(図-5)の構築にも取り組む計画である。

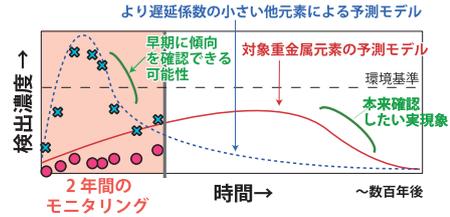


図-5 代替元素による効率的モニタリングのイメージ

5. 下水処理場での資源有効利用・環境負荷低減

下水汚泥処理には各地域において多くのエネルギーとコストが費やされているのが現状である。これまでの下水処理場での温室効果ガス排出削減対策は、下水汚泥の嫌気性消化ガスや汚泥焼却廃熱の有効利用が中心であった。しかし、カーボンニュートラルへの社会的ニーズが高まる中、更なるエネルギー消費量削減や二酸化炭素排出量削減を下水処理場において進めるには、より踏みこんだ技術の導入が必要である。土木研究所ではこのような背景を受け、刈草や剪定枝などの地域バイオマスを下水処理場で受け入れ、下水汚泥の焼却補助燃料や脱水助剤として活用する技術(図-6)について、実機による効果の検証実験等を実施し、これまでにこれらの技術の有効性を確認してきた。本プログラムでは、その成果を元に、実際の下水処理場での実装における課題の抽出とその解決策の提示を目指した研究に取り組む。

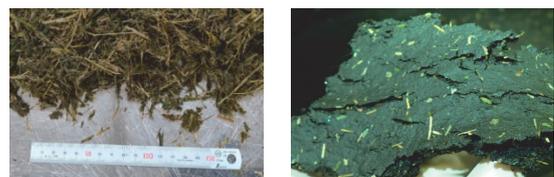


図-6 刈草(左)とそれを脱水助剤として混合した汚泥(右)

また、下水処理場での嫌気性消化ガスの増産を図る技術として、下水に自然に発生する藻類(図-7)を積極的に培養して、空気中のCO₂を取込み、汚泥とともに濃縮して嫌気性消化を行う技術がある。土木研究所ではこの技術の開発に取り組み、その有効性を確認する成果を得ていることから、本プログラムではこの技術の実用化に向けた研究開発に引き続き取り組む計画である。

全国の下水処理場では、下水道等の污水处理施設の広域化・共同化が進められつつあるが、地域によっては広域化対応できない小規模下水処理場

がある。現在、流入下水量1000m³/日以下の比較的小規模の下水処理場では、単位水量あたりのエネルギー消費が大きい傾向があり、このような処理場に適した温室効果ガス排出削減に資する技術についても取り組む計画である。



図-7 下水処理施設に自然発生した藻類の例

6. 鋼構造物塗装の環境負荷低減

土木分野の鋼構造物の塗装は、揮発性有機化合物を含む有機溶剤が多く使われているが、塗装後はその多くが大気中に拡散放出されているのが現状である。揮発性有機化合物は大気汚染物質の一つであり、光化学オキシダントやSPM（浮遊粒子状物質）の原因物質であることが分かっている。このため大気汚染防止法においても、使用量の削減努力が求められている。このような背景から、土木分野の鋼構造物用塗料においては、塗料の水性化などによる対応が検討されてきていたが、施工時にたれやすい、乾燥しにくい、塗装直後にさびが発生する可能性があるなどの課題があり、建築物などに比べ普及が進んでいなかった（図-8）。

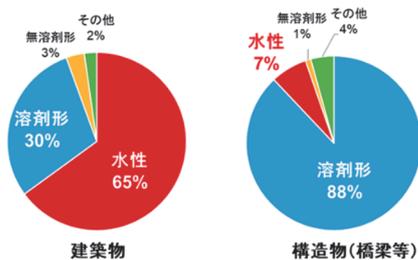


図-8 塗料出荷量に占める各種塗料の割合
(出典：日本塗料工業会資料)

しかし近年の環境問題へのニーズの高まりや、塗装材料の改良が進捗したことから、より環境負荷の低い塗料の土木鋼構造物への適用について、本プログラムにおいて取り組むこととした。改良された水性塗料は、有望な対策技術と考えられることから、その土木鋼構造物用途を考慮した時の品質評価方法を検討する予定である。また、水性塗料以外の有機溶剤放出の少ないタイプの塗料の

適用可能性についても検討に取り組む。これらの新しい塗料を塗替え塗装に用いる場合に求められる素地調整方法やその程度、さらには乾燥しにくい塗料の場合の施工条件や施工管理方法などについても検討する。併せて、これらの技術の最適な組合せや塗装仕様などを、屋外暴露試験や実大試験施工などを通じて明らかにし、鋼構造物塗装の環境負荷低減に資する成果を目指す計画である。

7. まとめ

本報文では、土木研究所の第5期中長期計画における「社会構造の変化に対応した資材・資源活用や環境負荷低減技術の開発」で、主要研究として取り組むものについて紹介した。これらの多くは、第4期における成果を元に、さらなる発展や改良、実装化などを図るものが主である。また、研究期間内に研究方向性が本プログラムに沿った課題が新たに生じた場合は、基盤研究・重点研究などとして取り組みを追加して成果の充実を図る所存である。

参考文献

- 1) 建設リサイクル推進計画2020 国土交通省（令和2年9月）
- 2) 令和2年度事業産業廃棄物排出・処理状況調査報告書令和元年度速報値（概要版）
- 3) 国土交通省ホームページより、https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000124.html
- 4) JIS A 5021「コンクリート用再生骨材」（2018）
- 5) 共同研究報告書 第543号「プレキャストコンクリートへの再生粗骨材Mの有効利用に係わるガイドライン（案）」令和3年6月、土木研究所、東北技術事務所、宮城大学
- 6) 建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会：「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版）」、国土交通省ホームページ、平成22年3月、https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/d03project/index_0305manual.htm

西崎 到



土木研究所 先端材料資源研究センター
材料資源研究グループ長、博士（工学）
Dr. NISHIZAKI Itaru