

12.1 他産業リサイクル材料の利用技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 21

担当チーム：材料地盤研究グループ（新材料）

研究担当者：西崎 到（上席）、新田弘之

【要旨】

循環型社会が求められていることから、建設分野から排出される廃棄物の再生利用は非常に活発に行われている。一方、他の産業から排出される廃棄物の中には土木分野で利用ができるものもあり、このようなものもできるだけ活用していくことで、循環型社会により貢献できる。このような中、土木研究所ではこれまでに他産業廃棄物を土木分野で活用する場合の参考となる「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル」

（2006，第一版）を作成し、リサイクルの促進に努めてきた。リサイクル技術の開発は目覚ましいものがあり、さらにリサイクルを推進するためには、最新の情報によるマニュアルを示し、より適切な利用を促す必要がある。このため、本研究では、最新の情報を基に堂マニュアルを改訂した「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル第二版」の作成を目的として検討を行っている。

平成 21 年度は、最終年度にあたり、「マニュアル第一版」に記載されている内容の見直しを行い、最新の情報にする作業を行った。また、平成 20 年度までに実施した追加項目の検討、LCA、LCC の評価をマニュアル改訂に反映させる作業を行い、「マニュアル第二版（素案）」を作成した。

キーワード：他産業リサイクル材料、廃木材、製紙スラッジ焼却灰、製鋼スラグ、ペットボトル、発泡廃ガラス、LCA、LCC

1. はじめに

資源循環型社会の実現に向けて、建設副産物や産業廃棄物のリサイクルのための技術開発やシステムづくりが各方面で進められている。建設副産物については、土木研究所における既往の研究等^{1~4)}によるマニュアルの作成など、研究成果が社会へと還元されている。一方、他産業からの廃棄物の多くは、処分場の逼迫や高騰する処分費の問題によりリサイクルに限界を抱えており、建設資材としての利用に大きな期待が向けられている^{5~9)}。

本研究では、建設工事以外から発生するリサイクル材を建設工事に受け入れるための「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル」¹⁰⁾（土木研究所編著、大成出版刊行、以降、「マニュアル第一版」と略す）を改訂して、「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル（第二版）」（以降、「マニュアル第二版」と略す）を策定することを目的としている。これまでに、「マニュアル第一版」では記述されていない新たな他産業リサイクル材料の適用用途に応じた工学的性能や環境安全性等の評価技術を整理してきた。また、他産業リサイクル材料の利用の妥当性を評価するために、LCA(Life Cycle Assessment)やLCC (Life Cycle Cost) 分析を実施し、事例研究するとともに

に評価方法の適用性の検討なども行った。これらの内容を踏まえ「マニュアル第二版」を策定し、建設分野への利用技術の確立を図る。

平成 21 年度は、最終年度にあたり、既に「マニュアル第一版」に掲載されている技術について、既存の文献などを調査し、時点修正を行った。そして、20 年度までに調査した内容を加味して、「マニュアル第二版（素案）」の作成を行った。

2. 「マニュアル第一版」に記載されている利用技術の最新情報による更新

2.1 方法

「マニュアル第一版」は、5 年以上前の情報に基づき作成されたものである。他産業リサイクル材料の利用技術は、開発途上のものが多く技術の進歩が早いものが多いため、改訂にあたっては新たな利用技術を追加していくだけでなく、既に掲載されている利用技術についても最新の情報に基づき再構成しなければならない。そこで、2000 年以降に公表された「マニュアル第一版」に掲載されている技術に関連する文献を検索し、その中からマニュアルの改訂に有用な情報があると予想されるものを抽出し、抽出された文献の内容を精査することにより、「マニュアル第一版」の改定内容

を検討することにした。

2.2 文献検索結果

「マニュアル第一版」には、他産業リサイクル材料としては、一般廃棄物焼却灰、下水汚泥、石炭灰、木くず、廃ガラス、廃タイヤ、古紙、瓦・陶磁器、貝殻、廃プラスチックが掲載されている。これらのリサイクル材料と、路盤材や骨材といった利用用途をキーワー

ドとして検索を行ったところ、表-1 に示すように文献が全部で 957 件あった。

この文献のタイトルや抄録の内容から、マニュアルの改訂に必要な情報が得られると予想されるものを抽出した。「マニュアル第一版」は技術レベルに応じて、「第2編 利用技術マニュアル」「第3編 試験施工マニュアル」「第4編 今後の検討を待つ材料」の3つに別れている。調査した文献の技術レベルは様々である

表-1 「マニュアル第一版」に掲載されている他産業リサイクル材料に関する文献検索結果（ヒット件数）

項目	KEYWORD		件数	項目	KEYWORD		件数
一般廃棄物 焼却灰	一般廃棄物焼却灰		55	廃ガラス	廃ガラス	路盤	1
	一般廃棄物	熔融	2		廃ガラス	焼成	3
		焼成	1		廃ガラス	タイル	2
		利用	3		廃ガラス	ブロック	2
		コンクリート	4		廃ガラス	熔融	3
	ごみ焼却灰	熔融	9		廃ガラス	発泡	64
		焼成	9		廃ガラス	盛土	13
利用		7	廃ガラス		骨材	12	
	計	90	廃ガラス		舗装	5	
下水汚泥	下水汚泥	熔融	25		廃ガラス	緑化	1
	下水汚泥	焼結	4		廃ガラス	改良	1
	下水汚泥	焼成	4			計	107
	下水汚泥	利用	35	廃タイヤ	廃タイヤ	舗装	4
	下水汚泥	埋戻し	3		廃タイヤ	利用	3
	下水汚泥	路盤	2		弾性	舗装	6
	下水汚泥	舗装	6		多孔質弾性舗装		20
	下水汚泥	タイル	3		タイヤ	再生	2
下水汚泥	改良材	8	タイヤ		粉砕	3	
	計	90			計	38	
石炭灰	石炭灰	安定処理	9	古紙	古紙	型枠	4
	石炭灰	盛土	19		古紙	再生	10
	石炭灰	石灰	5		古紙	利用	8
		計	22		瓦・陶磁器	廃瓦	
	石炭灰	舗装	17	廃陶磁器			2
	石炭灰	路床	4	廃陶器			8
	石炭灰	路盤	22	廃磁器			2
	石炭灰	フィラー	6			計	47
	石炭灰	骨材	233	貝殻	貝殻	再生	2
	石炭灰	混和材	14		貝殻	利用	15
	石炭灰	焼結	2			計	17
	石炭灰	焼成	9	廃プラスチ ック	廃プラスチック	舗装	8
	石炭灰	中詰め材	3		廃プラスチック	アスファルト	5
	石炭灰	土質改良	5		廃プラスチック	骨材	12
	石炭灰	粉砕	9		廃プラスチック	資材	2
石炭灰	熔融	17	廃プラスチック		土木	1	
石炭灰	裏込め材	7	廃プラスチック		製品	8	
	計	414	廃プラスチック		再生	3	
木くず	木くず	粉砕	4		廃プラスチック	利用	10
	ウッドチップ	マルチング	2			計	49
	ウッドチップ	舗装	13	総計			957
	木くず	舗装	21	/			
	木くず	基盤	5				
	木くず	緑化	17				
	木くず	炭化	7				
	木くず	土壌改良	1				
	木くず	型枠	7				
	木くず	資材	6				
	計	83					

ので、それぞれについて分類したところ、表-2、表-3、表-4のような結果になった。表には、抽出した文献の件数と文献 No.を示しており、空欄の箇所は該当する文献が見当たらなかったものである。第2編については16件、第3編については32件、第4編については18件、合計66件の文献が抽出された。

2.3 文献に基づく変更内容の検討

収集した文献の内容と「マニュアル第一版」の記述内容を対比、精査し、「マニュアル第二版」の記述案の作成を行った。主な変更点は以下の通りである。

2.3.1 「第2編 利用技術マニュアル」の主な変更点

「マニュアル第一版 第2編」に関しては、基本的情報である廃棄物の発生量等のデータ更新は必要なものの、技術的内容で追加すべき事項はわずかであった。

表-2 「第2編 利用技術マニュアル」に関する文献

リサイクル材料	処理形態	再生資材	文献数	文献No
1. 一般廃棄物 焼却灰	1.1 熔融固化 処理	1.1.5 埋戻し材		
		その他		
	1.2 焼成処理 (セメント化 処理)	1.2.1 現場打ちコン クリート骨材		
		1.2.2 コンクリート 工場製品		
		その他(安定処理)	1	11
2. 下水汚泥	2.1 熔融固化 処理	2.1.5 埋戻し材		
		その他(タイル・ブ ロック)	1	12
3. 石炭灰	3.1 セメント 混合固化	3.1.1 盛土・人工地盤 材料	2	13,14
		3.1.2 路盤材料	1	15
		その他		
	3.2 石灰混合 固化	3.2.1 路盤材料		
		その他		
	3.3 焼結・焼成 処理	3.3.1 人工骨材	2	16,17
	その他			
4. 木くず	4.1 粉砕処理	3.4 粉砕処理	2	18,19
		3.4.1 アスファルト 舗装用フィラー		
		その他		
		4.1.1 マルチング	1	20
		4.1.2 歩行者用舗装	2	21,22
		4.1.3 緑化基盤材		
		4.1.3-1 生チップ緑化 基盤材	1	23
		その他	1	24
5. 廃ガラス	5.1 粉砕処理	5.1.1 舗装の路盤材		
		その他		
	5.2 粉砕焼成 処理	5.2.1 タイル・ブロッ ク	1	25
		その他		
	5.3 熔融・発泡	5.3.1 盛土材	1	26
		その他		

(小計 16)

表-2 「第3編 試験施工マニュアル」に関する文献

リサイクル材料	処理形態	再生資材	文献数	文献No
1. 一般廃棄物 焼却灰	1.1 焼結・焼成 固化処理	1.1.1 舗装の路盤材料	2	27,28
		その他(土木資材、 環境安全性)	2	29,30
2. 下水汚泥	2.1 焼結・焼成 固化処理	2.1.1 タイル等の焼 成製品	2	31,32
		その他		
	2.2 焼却灰石 灰混合固化	2.2.1 土質改良材	2	33,34
		2.2.2 路盤材料	1	35
		その他		
3. 石炭灰	3.1 粉砕処理	3.3.1 アスファルト 舗装用フィラー		
		その他		
	3.2 水熱固化	3.2.1 アスファルト舗装		
		その他		
	3.3 選別利用	3.3.1 コンクリート 用混和材	1	36
		3.3.2 路盤材料	1	37
		3.3.3 路床材料	1	38
		3.3.4 盛土材	1	39
		3.3.5 中詰め材		
		3.3.6 裏込め材	1	40
		3.3.7 土質改良材	1	41
その他				
4. 廃ガラス	4.1 粉砕処理	4.1.1 アスファルト 舗装の表層用骨材	1	42
		4.1.2 樹脂系舗装の 表層用骨材	1	43
		4.1.3 インターロッ キングブロック用		
		その他		
	4.2 熔融・発泡	4.2.1 緑化保水材	1	44
		4.2.2 湧水処理材	1	45
		4.2.3 地盤改良材	1	46
		4.2.4 軽量骨材	1	47
		その他		
5. 廃タイヤ	5.1 粉砕・再生 処理	5.1.1 アスファルト 舗装用骨材		
		5.1.1-1 凍結抑制舗装		
		5.1.1-2 多孔質弾性舗装	3	48,49,50
		5.1.1-3 歩道用弾性舗装		
		5.1.1-4 歩道用弾性ブ ロック舗装	2	51,52
		その他		
6. 古紙	6.1 粉砕熱圧 処理	6.1.1 コンクリート 型枠	1	53
		その他(環境負荷)	1	54
7. 木くず	7.1 炭化	7.1.1 土壌改良材	2	55,56
		7.1.2 護岸用土留材		
		その他		
	7.2 木粉+ブ ラスチック	7.2.1 型枠材	2	57,58
7.2.2 土木用資材				
		その他		

(小計 32)

表-3 第4編 「第4編 今後の検討を待つ材料」に関する文献

リサイクル材料	処理形態	再生資材	文献数	文献No.
1. 石炭灰	1.1 溶融固化処理	(1) アスファルト舗装用骨材	1	59
		(2) コンクリート用骨材	1	60
2. 瓦・陶磁器くず		(1) 歩行者系舗装	1	61
		(2) コンクリート製品	1	62
		(3) 透水性舗装	1	63
		(4) コンクリート基本性状	2	64,65
		(5) 植栽基盤	1	66
3. 貝殻		(1) アスファルト舗装材	1	67
		(2) 路床・路盤	1	68
		その他(環境安全性、用途拡大)	2	69,70
4. 廃プラスチック	4.1 粉砕・再生処理	4.1.1 アスファルト舗装用改質材	3	71,72,73
		4.1.2 アスファルト舗装用骨材		
		4.1.3 プラスチック工場製品(擬木、杭等)	1	74
		その他(軽量コンクリート、生産量)	2	75,76
5. その他				

(小計18)

主な変更点は以下の通りである。

(1) 「3.4.1 アスファルト舗装用フィラー」の記述追加

石炭灰をアスファルト舗装用フィラーとして利用する場合、通常フィラーとして用いられる石粉の場合と比べ、アスファルト量の適用範囲が狭くなる傾向があることから、ブランドでの品質管理上の留意点として追記する。

2.3.2 「第3編 試験施工マニュアル」の主な変更点

「マニュアル第一版 第3編」に関しては、基本的情報である廃棄物の発生量等のデータ更新のほか、技術的内容として、新たな用途、設計法、留意点などの情報が得られたので、これらの情報を参考に記述の変更を行った。主な変更点は以下の通りである。

(1) 「3.3.7 土質改良材」の記述追加

石炭灰の軟弱盛土地盤改良材として利用について、設計・施工に関する情報が得られたので、記述を追加する。

(2) 「4.2.4 軽量骨材」の記述追加

廃ガラスを発泡させた軽量骨材の利用方法として、ポーラスコンクリートへの適用事例が報告され、雨水

浸透升、雨水浸透トレンチなどのコンクリート製品として性能の確認が行われているため、情報を追加する。

(3) 「5.1.1-2 多孔質弾性舗装」の記述追加

廃タイヤを利用した多孔質弾性舗装については、工場成型したパネルを現場の路面に貼り付ける方法が掲載されているが、現場で材料を混合し、敷き均して施工する現場施工型の情報が得られたので、記述を追加するとともに、施工後の供用性について記述がなかったが、供用5ヶ月までの情報が得られたので、追加する。さらに、設計に関する情報も得られたので、追加する。

(4) 「7.2.1 型枠材」の記述追加

木くずと廃プラスチックから製造したコンクリート型枠について、繰り返し利用した場合の耐久性の情報が得られたので、追加する。

2.3.3 「第4編 今後の検討を待つ材料」の主な変更点

「マニュアル第一版 第4編」に関しては、発生量などの基本的情報がこれまでほとんど掲載されていなかったが、一部に情報が得られたものがあつたのでこれを追加した。また、「マニュアル第一版」においては、技術的情報が少ないものもあつたが、これも得られたものがあつたので、追加した。この他、新たな適用方法の検討例などの情報もあつたので、これも追加した。

(1) 「1.石炭灰」の追加内容

「1.1 溶融固化」に石炭灰溶融スラグのコンクリート用骨材への利用についての記述を加える。

(2) 「2.廃瓦・陶磁器くず」の追加内容

「マニュアル第一版」では、廃瓦・陶磁器くずについては、適用例の項目だけを紹介するにとどめているが、技術的な情報が多少得られた廃瓦を利用とした土系舗装(歩行者系舗装)、廃瓦再生骨材を使用したコンクリート製品について品質などの情報を加える。

(3) 「3.貝殻」の追加内容

「マニュアル第一版」では、貝殻についても、適用例の項目だけを紹介するにとどめており、今回も品質などの有用な情報は得られなかったため、品質など情報は記載しない。しかし、新たな適用事例が報告されているので、それらを項目として加える。

(4) 「4.廃プラスチック」

廃プラスチックについては、新たな利用法の検討事例はあるものの、いずれもまだ多くの課題を残すものであったため、「マニュアル第一版」の項目のままにとどめておく。

3. 「マニュアル第二版（素案）」の作成

平成21年度に実施した「マニュアル第一版」記述内容の見直し、平成20年度までに実施した「マニュアル第一版」に追加すべき新たなリサイクル材の調査、LCA、LCCによる評価などの内容を加えて「マニュアル第二版（素案）」の作成をおこなった。

追加するサイクル材としては、製紙スラッジ焼却灰の利用（盛土材等土質材料、路盤材）、製鋼スラグのサンドコンパクションとしての利用、フレーク状に加工したPETボトル（ペットフレーク）の気泡混合土への利用であり、マニュアル形式で作成した。

リサイクルの効果の評価や、各種リサイクル技術の取捨選択のためのツールとして検討してきた、LCAやLCCの結果についてもマニュアルに掲載するようにとりまとめた。代表的な事例として評価を行った発泡廃ガラスの盛土への利用、非鉄スラグの舗装用骨材としての利用、廃プラスチックの舗装用骨材としての利用、廃タイヤのアスファルト改質材としての利用についてのLCA、LCCがマニュアルに掲載するように記述を変更した。

このような作業を行い、「マニュアル第二版（素案）」を作成した。

5. まとめ

「マニュアル第一版」に記載されている内容について、現時点での記述に変更するための作業を行った。そのうえで、昨年度までに実施した新たに追加する項目やLCA、LCCの評価結果をマニュアルに加える作業を行い、「マニュアル第二版（素案）」を作成した。

「マニュアル第一版」の内容の改訂作業において、「第2編 利用技術マニュアル」の技術的変更内容はほとんどなく、発生量等を最新データに更新することが中心となった。「第3編 試験施工マニュアル」では、新たな用途、設計法、留意点などの新たな情報を加えた。「第4編 今後の検討を待つ材料」については、品質などの情報が追加できるものは追加し、新たな利用法などの情報があつたものは追加した。

昨年度までに検討してきた新たに追加するリサイクル材である、製紙スラッジ焼却灰、製鋼スラグ、ペットフレークについて、マニュアル形式で記述し、マニュアルに追加した。同じく昨年度までに実施してきた発泡廃ガラス、非鉄金属スラグ、廃タイヤ、廃プラスチックのリサイクルについてのLCA、LCCについても、マニュアルへ掲載するように再度取りまとめた。

参考文献

- 1) 建設発生土利用技術マニュアル検討委員会、「建設発生土利用技術マニュアル」,(財)土木研究センター、1997
- 2) 小橋秀俊、三木博史、山田哲也、藤井厚企、小畑敏子、「建設発生土のリサイクル技術とコスト縮減」、土木技術資料, Vol.42 No. 5, pp.40-45、2000
- 3) 三木博史、古本一司、「流動化処理土による地中埋設管の施工コスト縮減効果」、土木技術資料, Vol.42 No.5, pp.46-51,2000
- 4) 「一般廃棄物の熔融固化物の再生利用の実施の促進について」(平成10年3月26日、生衛発第508号)
- 5) 「コンクリート副産物の高度処理・利用技術に関する共同研究報告書”コンクリート副産物の土木事業における利用ガイドブック」、土木研究所共同研究報告書166号、1997
- 6) 廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック編集委員会、「廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック」、建設産業調査会, p.469, 1993
- 7) 富山、明嵐、萩原、「他産業リサイクル材の利用技術に関する研究」、土木技術資料 Vol46 No.1, pp.62-67, 2004
- 8) 経済産業省、「資源循環ハンドブック 2003年」, p.41, 2003
- 9) 笈田幹弘、「低温固化技術による無機廃棄物を原料とした舗装材の開発」、Fine Ceramics Report Vol.21 No.4, pp.88-89, 2003
- 10) 土木研究所、「建設事業における他産業リサイクル材料技術マニュアル」、大成出版、2006
- 11) 八反田英仁、中川善貴、草深守人：一般ゴミ焼却灰を焼成安定化処理したリサイクル材の力学特性について、土木学会年次学術講演会講演概要集 第3部、Vol.56th、No.B、pp.572-573、2001.9.1
- 12) 田宮敬三：下水汚泥の有効利用 溶融・結晶化設備による結晶化スラグの商品化、月刊地球環境、Vol.32、No.7、pp.98-100、2001.7
- 13) 宇野浩樹、桧垣貫司、鶴谷巖、大中昭：セメント混合によって造粒化した石炭灰の盛土材料への適用性、土と基礎、Vol.51、No.6、pp.4-6、2003.6.1
- 14) 長谷一矢、北原繁志、中山学之：石炭灰を用いた混合改良土並びに路盤材の長期性状、北海道開発局技術研究発表会発表概要集、Vol.43rd、No.1、pp.51-56、2000.2
- 15) 森昌也：石炭灰を用いた混合路盤材の長期性状について、国土交通省国土技術研究会報告、Vol.2003、pp.85-88、2003.11
- 16) 石川寛範、藤木英一、田中公徳、和美広喜、新井

12.1 他産業リサイクル材料の有効利用技術に関する研究

- 一彦：石炭灰の資源化に関する研究（その1）石炭灰を用いた人工骨材の開、日本建築学会学術講演梗概集 A-1 材料施工、Vol.2000、pp.603-604、2000.7.31
- 17) 十河茂幸、三浦律彦、近松竜一：石炭灰製高強度人工骨材を用いたコンクリートの強度・耐久性状、コンクリート工学年次論文集、Vol.22、No.2、pp.259-264、2000.6.1
- 18) 加藤賢治、松井隆幸、村田浩一、亀山修一：焼却石炭灰（フライアッシュ）の舗装混合物への利用、日本道路会議論文集、Vol.27th、pp.ROMBUNNO.12114、2007
- 19) 遠田幸生、成沢謙伸：石炭灰のアスファルトフィラー材としての利用について、廃棄物学会研究発表会講演論文集、Vol.15th、No.Pt.1、pp:722-724、2004.11.1
- 20) 川九邦雄、桃井信行：高速道路のり面におけるウッドチップマルチングの物理的变化と温度緩和効果、日本緑化工学会誌、Vol.29、No.1、pp.178-181、2003.8.31
- 21) 昆野剛、鈴木利幸、加藤義輝：環境に優しい乳剤を用いた施工事例の紹介 明色アスファルト乳剤を用いたウッドチップ舗装、あすふあるとにゆうざい、No.163、pp.20-21、2006.4
- 22) 田畑邦衛：ウッドチップ舗装の温度低減効果、動物園水族館雑誌、Vol.50、No.3/4、pp.93-95、2009.8.31
- 23) 森迫光晴：現地発生木質廃材を用いたリサイクル緑化工法、水と土、No.155、pp.64-67,7(2)、2008.12
- 24) 大沢吉範、大木宜章、石田哲朗、関根宏、保坂成司：木屑と電解上水汚泥を混合した法面緑化基盤、土と基礎、Vol.51、No.4、pp.23-25、2003.4.1
- 25) 室井洋二：環境・景観材料としての舗装材最新動向 廃ガラスを利用した舗装ブロックの開発、建材フォーラム、No.358、pp.14-16、2006.6.15
- 26) 巻内勝彦、峯岸邦夫、久保哲也、根本亮：軽量発泡廃ガラス混入粘性土の力学特性、地盤工学研究発表会発表講演集、Vol.38th、No.1/2、pp.829-830、2003.6.6
- 27) 花木和文、八反田英仁、下村嘉平衛：一般廃棄物焼却灰を焼成リサイクルした人工砂（アークサンド）の特徴、地盤工学シンポジウム論文集、Vol.47th、pp.373-380、2002.11.7
- 28) 古賀千佳嗣、佐藤研一、DAVIES M C R：一般廃棄物焼却灰の地盤材料としての評価に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.59th、No.Disk1、pp:3-296、2004.9.1
- 29) 佐藤研一、山田正太郎、藤川拓朗、中村公亮：資源循環・環境制御システムに関する研究 平成17年度 焼却灰の無害化と再利用技術 一般廃棄物焼却灰の物理・力学特性、資源循環・環境制御システムに関する研究 平成17年度、pp.54-60、2006
- 30) 瀬戸口大志、前野祐二：都市ごみ焼却灰の焼成処理を必要としない固化材開発について、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.61st、No.Disk2、pp.ROMBUNNO.7-160、2006.9.1
- 31) 中島信一、遠藤淳：下水汚泥焼成レンガ「アシュレイ」事業報告、大阪府建設技術発表会論文集、Vol.29th、pp.19-24、2002.6
- 32) 佐藤与吉：化成スラッジを利用したセラミック焼結体「パルセラン」、日本パーカラライジング技報、No.12、pp.122-126、2000.1.1
- 33) 伊藤孝優、伊藤孝男、浅田秋江：下水汚泥焼却灰の土質改良材への適応性について、地盤工学シンポジウム論文集、Vol.47th、pp.365-372、2002.11.7
- 34) 伊藤孝優、伊藤孝男、浅田秋江：下水汚泥焼却灰を用いた造粒型複合系土質改良材の改良効果について、地盤工学シンポジウム論文集、Vol.48th、pp.403-408、2003.11.4
- 35) 井倫孝、杉原元一、越川茂雄、伊藤義也：下水汚泥焼却灰のセメント固化による路盤用人工骨材の製造法とその品質に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.57th 部門 5、pp.V-401、2002.9.1
- 36) 岩原広彦、加地貴、横手晋一郎、河野清：フライアッシュを細骨材補充混和材として用いたコンクリートのフレッシュ性状、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.58th、No.Disk2、pp.V-150、2003.9.1
- 37) 斉藤栄一、岡部俊男、長稔：（リサイクルに関する）新技術・新工法 石炭灰混練物の流体化現象を利用した固化地盤築造技術の開発、電力土木、No.320、pp.116-120、2005.11.5
- 38) 飯国卓夫、青戸治之、斎藤直、樋野和俊：軟弱路床土の石炭灰を活用した安定処理、基礎工、Vol.34、No.4、pp.83-87、2006.4.15
- 39) 佐藤厚子、西川純一、天野公人、湯口雄司、仁平陽一郎：石炭灰の試験盛土施工、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.57th 部門 3、pp.III-044、2002.9.1

12.1 他産業リサイクル材料の有効利用技術に関する研究

- 40) 原田博、城田尚登、山本哲朗、浜田純夫：石炭灰の有効利用 軽量盛土・トンネル補修の裏込め材への施工事例、土木学会年次学術講演会講演概要集 第5部、Vol.55th、pp.430-431、2000.8.31
- 41) 桑原昭浩、丸川真一、門田克司、島勝俊、樋野和俊、軟弱盛土材への石炭灰の有効利用 石炭灰原粉の軟弱盛土地盤改良材としての適用例、土木学会年次学術講演会講演概要集 第3部、Vol.55th、No.B、pp.484-485、2000.8.31
- 42) 越健太郎、鈴木哲雄：廃ガラスびんカレット入りアスファルト舗装の長期供用性と再生利用、舗装、Vol.40、No.4、pp.9-12、2005.4.1
- 43) 稲田善紀、木下尚樹、川口隆：廃ガラスを利用した樹脂舗装の性能および評価方法の検討、愛媛大学工学部工学ジャーナル、Vol.2、pp.165-173、2003.3
- 44) 原裕、鬼塚克忠、佐藤磨美、桃崎節子：環境に配慮した工事事例 環境に配慮した斜面緑化の事例 発泡廃ガラス材を用いた緑化、土と基礎、Vol.49、No.10、pp.13-15,1(1)-1(2)、2001.10.1
- 45) 桃崎節子、鬼塚克忠、原裕、横尾磨美：斜面緑化における発泡廃ガラス材の適用事例 湧水処理および保水材として、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、Vol.1999 第2分冊、pp.1046-1047、2000.3.1
- 46) 吉武茂樹、原裕、佐藤磨美、落合一明：発泡廃ガラス材の有効利用 地盤改良工法、地盤工学会東北支部研究討論会講演概要集、Vol.2000、pp.56-59、2000.10.27
- 47) 本田悟：軽量化技術 排水性や保水性に着目して適用性を確認 廃ガラスを用いた発泡軽量骨材のコンクリートへの利用技術の開発研究、月刊コンクリートテクノ、Vol.28、No.6、pp.91-95、2009.6.1
- 48) 伊藤孝浩、武市靖、小野田光之：多孔質弾性舗装の工学的特性と凍結抑制効果に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM)、Vol.60th、No.Disk2、pp.ROMBUNNO.5-076、2005.8.20
- 49) 田口仁、明嵐政司：多孔質弾性舗装の試験舗装と騒音測定結果について、日本道路会議論文集 (CD-ROM)、Vol.27th、pp.ROMBUNNO.12P60、2007
- 50) 国生正人、藤田仁：すべり抵抗を改善した現場施工型多孔質弾性舗装 - 座間市道17号線での施工事例 -、日本道路会議論文集 (CD-ROM)、Vol.27th、pp.ROMBUNNO.12P65、2007
- 51) 小枝日出夫、池田憲二、畑山朗、吉田茂：弾性インターロッキングブロック舗装の冬期路面性能評価、土木学会年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM)、Vol.57th、pp.V-028、2002.9.1
- 52) 小枝日出夫、池田憲二、畑山朗、佐藤大：弾性インターロッキングブロックを用いた凍結抑制舗装、舗装、Vol.38、No.7、pp.15-19、2003.7.1
- 53) 期待高まる紙以外への古紙利用 制振マット、コンクリート型枠、活性炭への利用事例と可能性、紙パルプ技術タイムス、Vol.43、No.3、pp.10-13、2000.3.1
- 54) 葛岡勝悦、佐々木ひとえ、泉沢啓、佐藤真貴子、佐藤好克：古紙再生素材における環境（生態系）への影響総合評価手法の検討、宮城県保健環境センター年報、No.19、pp.85-87、2001.11
- 55) 福井雅康、山田純夫：廃棄物の炭化技術とその利用 岡山水質系廃棄物炭化事業の実施状況 JFE式炭化炉による廃木材からの炭化物製造とその利用、環境浄化技術、Vol.5、No.11、pp.39-42、2006.11.1
- 56) 村田徳治：肝腎産業事始め 連載71 廃木材の資源化と炭化処理 土壌改良資材としての木炭の使い方、月刊廃棄物、Vol.26、No.5、pp.116-119、2000.5.1
- 57) 柳啓、大島明、菊池雅史、小山明男、福部聡：廃木材の再利用に関する研究 その2. コンクリート用型枠パネルの繰り返し使用に関する基礎実験、日本建築学会学術講演梗概集A-1 材料施工、Vol.2004、pp.943-944、2004.7.31
- 58) 大島明、菊池雅史、小山明男、福部聡、柳啓：廃木材の再利用に関する研究 その1. コンクリート用型枠パネルの基本物性の検討、日本建築学会学術講演梗概集A-1 材料施工、Vol.2004、pp.941-942、2004.7.31
- 59) 加藤義輝、木下孝樹、多喜川昇、西山徳明：石炭灰溶融スラグのアスファルト舗装用細骨材への利用 石炭灰を舗装材料へ利用する新しい試み、舗装、Vol.36、No.3、pp.3-7、2001.3.1
- 60) 熊谷茂、石川嘉崇、真野孝次：石炭灰溶融スラグ有効利用システムの研究（その2 コンクリート用骨材としての各種試験）、日本建築学会学術講演梗概集A-1 材料施工、Vol.2003、pp.405-406、2003.7.30
- 61) 中出誠、平田広一：廃瓦を使用した自然性舗装の開発と実用化、北陸道路舗装会議技術報文集、Vol.9th、pp.239-242、2003.6.17
- 62) 友竹博一、松山幸広、梅原秀哲、篠田泰宏：廃瓦

12.1 他産業リサイクル材料の有効利用技術に関する研究

- 再生細骨材を使用したコンクリート製品の性能に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.60th、No.Disk2、pp.ROMBUNNO.5-408、2005.8.20
- 63) 米田稔、森沢真輔、安河内健、新井貴史：廃瓦舗装の温暖化防止効果に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.60th、No.Disk2、pp.ROMBUNNO.5-134、2005.8.20
- 64) 河金甲、谷口義則、直野和人：廃かわらを骨材として用いたコンクリートの基礎的性質、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.61st、No.Disk2、pp.ROMBUNNO.5-427、2006.9.1
- 65) 緑川猛彦、根本裕司、大野英城：コンクリート材料としての廃瓦の利用に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.64th、No.Disk2、pp.ROMBUNNO.V-360、2009.8.3
- 66) 長原宏憲、小村哲夫、兵頭正浩、野中資博：廃瓦を骨材として有効利用した植栽基盤材の検討、農業農村工学会中国四国支部講演会講演要旨集、Vol.63rd、pp.73-75、2008
- 67) 吉井昭博、岳本秀人、内山智幸：ホタテ貝殻粉末のアスファルト舗装材としてのリサイクル利用について、北陸道路舗装会議技術報文集、Vol.9th、pp.277-282、2003.6.17
- 68) 古田昭二、和田智：貝殻を再利用した路床および路盤改良、日本道路会議論文集、Vol.27th、pp.ROMBUNNO.12117、2007
- 69) 清田健、奥西武、佐藤準、佐藤朱美、桜井博：水産系副産物（貝殻）の土木資材としての利用にむけた環境影響の検討、海洋開発論文集、Vol.20、pp.893-898、2004
- 70) 内山智幸、長野伸泰、山岸暢、可児浩、吉田昌充：ホタテ貝殻未利用資源の有効利用に関する研究、化学工学会関東支部大会研究発表講演要旨集、Vol.2006、pp.7-8、2006.7.24
- 71) 高本直史：循環型社会の構築 建設リサイクル等の推進 廃プラスチックを再利用した舗装 建設副産物以外の廃棄物リサイクルについて、月刊建設、Vol.46、No.10、pp.18-20、2002.10
- 72) 久保光、三田村文寛、米村豊志、小形信男：廃プラスチックと廃木材チップを利用した舗装の性能評価、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.62nd、No.Disk2、pp.ROMBUNNO.5-132、2007.9.1
- 73) 梶岡正彦、原義明、村山雅人、平戸利明：廃プラスチックを利用した改質アスファルトの開発、材料とプロセス、Vol.20、No.4、pp.915、2007.9.1
- 74) 神谷昌岳、北村真、大杉高志：環境問題のすべて 廃プラスチックの再利用についての試み、JETI、Vol.48、No.12、pp.71-72、2000.11.1
- 75) 小出英夫、佐々木徹、外門正直：廃プラスチック製粗骨材を用いた軽量コンクリートの諸特性、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.57th、pp.V-416、2002.9.1
- 76) プラスチック処理促進協会：2005年 プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 廃プラの62%が有効利用、都市と廃棄物、Vol.37、No.1、pp.53-56、2007.1.1

12.1 RECYCLE MATERIALS MADE OF INDUSTRIAL BYPRODUCT FOR CONSTRUCTION PROJECT

Budgeted : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2006-2010

Research Team : Material and Geotechnical Engineering
Research Group (Advanced Materials)

Author : NISHIZAKI Itaru, NITTA Hiroyuki

Abstract : The recycling is active in the construction field, while aimed at the recycling society. The waste exhausted excluding construction tries to be used in the construction field to advance the recycling more than now. In the past, we make "manual of technology used in construction of another industry recycling material" (the first edition in 2006), and have tried to promote recycling. To promote recycling more, we should make the manual of the second edition that reflects the latest technology. Fiscal year 2009, the content described in "Manual of the first edition" was reviewed. "Manual of the second edition (draft)" was made by reviewing of first edition, adding of the recycling technology not published in the first edition and adding the result of LCA・LCC.

Keyword: manual, recycling materials from other industry, waste wood, ash from paper manufacture sludge, steelmaking slag, PET bottle, the foam abolition glass, LCA, LCC