石炭灰有効利用可能性調査業務委託

調査報告書

平成 26 年度

秋田県産業労働部資源エネルギー産業課

目　次

1.　石炭灰の現状調査 1
1.1　全国における石炭灰の排出量、処理・再資源化状況の概況把握 1
1.2　秋田県内の石炭灰の排出量、処理・再資源化状況の現状把握 7
2.　石炭灰の有効利用方法に関わる調査 14
2.1　石炭灰の有効利用方法に関するシーズ調査 14
2.2　石炭灰の有効利用方法に関する県外事例調査 23
2.3　石炭灰利活用のポイント整理 62
3.　事業化に向けたモデルケースの提案 63
3.1　秋田県にて事業可能性の考えられる石炭灰の有効利用方法の検討 63
3.2　秋田県内の石炭灰有効利用事業のモデルケース案の設定 66
3.3　事業採算性と石炭灰有効利用評価と有望な事業モデルケースの提案 68
3.4　今後の展望 76

1. 石炭灰の現状調査

1.1 全国における石炭灰の排出量、処理・再資源化状況の概況把握

石炭灰は火力発電所の稼働増加に伴い、平成 16 年度より年間発生量が 10 百万 t を超えている。平成 24 年度では年間発生量が 12 百万 t であった。日本の石炭灰発生量の内、電力事業者等による微粉炭燃焼灰が 90%以上を占め、流動床燃焼灰は 7%程度、ストーカー燃焼灰は 1%から 2%程度である。

石炭灰は発生工程にてフライアッシュとクリンカアッシュの 2 種類に分かれる。発生比はほぼ 9:1 となっている(一般社団法人石炭エネルギーセンター「日本クリーン・コール・テクノロジー」より)。

石炭灰の再生利用用途としては、セメント分野が最も多く、平成 15 年度では、有効利用の約 70%がセメント原材料であり、セメント混合剤、コンクリート混和材も合わせると、セメント分野で約 75%を占めていた。しかしながら、セメント生産量は減少傾向が見られることから、今後の石炭灰増加に対応するため、その他の分野での利用拡大が重要な課題となっている。特に大量利用の可能性の高い土木材料としての利用が期待されている。

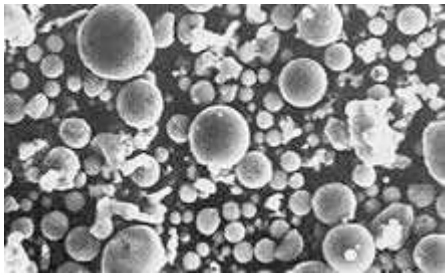
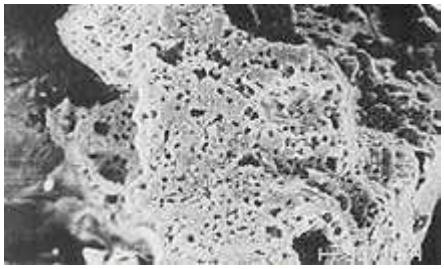
表 1-1　日本全体における石炭灰発生量(単位：千 t)

年度		石炭灰発生量	石炭灰利用量	石炭灰埋立量	石炭使用量
H20 年度実績	電気事業	8,934	8,680	254	76,729
	一般産業	3,351	3,323	29	25,159
	計	12,285	12,003	283	101,888
H21 年度実績	電気事業	8,096	7,826	270	72,095
	一般産業	2,856	2,842	14	23,475
	計	10,952	10,668	284	95,570
H22 年度実績	電気事業	8,950	8,583	367	77,896
	一般産業	2,953	2,939	13	23,316
	計	11,903	11,522	380	101,212
H23 年度実績	電気事業	8,559	8,374	185	73,560
	一般産業	3,013	2,997	16	25,599
	計	11,572	11,371	201	99,159
H24 年度実績	電気事業	9,049	8,816	233	79,022
	一般産業	3,606	3,541	92	30,846
	計	12,655	12,357	325	109,868

(出典：(一財)石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書(平成 24 年度実績)」)

石炭灰には発生場所によって特性の異なるフライアッシュとクリンカアッシュの 2 種類があり、排出量はフライアッシュが 9 割を占めている。石炭灰の主な排出事業者である電気事業者等は、ゼロ・エミッション推進のため、これらの特性に応じたリサイクルを行っている。特にコンクリートの混和材として用いられるフライアッシュは、利用目的に応じて 4 種類の品質が JIS(JIS A6201-2008)によって規定されている。これらは JIS 灰と呼ばれ、有価物として取引されている。

表 1-2　石炭灰の種類と特性

	フライアッシュ	クリンカアッシュ
外観		
概要	フライアッシュは石炭を燃焼させた時に発生する石炭灰のうち、電気集塵器により捕集された微粉末の灰のことである。石炭灰の約 90%が該当する。	クリンカアッシュは石炭を燃焼させた時に発生する石炭灰のうち、ボイラーの底部に落下した石炭灰の塊を回収し、脱水・粉砕した灰のことである。石炭灰の約 10%が該当する。
形状		
特徴	フライアッシュは球状を呈しており、コンクリートなどに混ぜると流動性が向上する。	クリンカアッシュは小さな孔が多くあり、排水性、通気性に優れている。

（出典：北陸電力株式会社 HP　http://www.rikuden.co.jp/ash/fly.html、http://www.rikuden.co.jp/ash/clinker.html より作成）

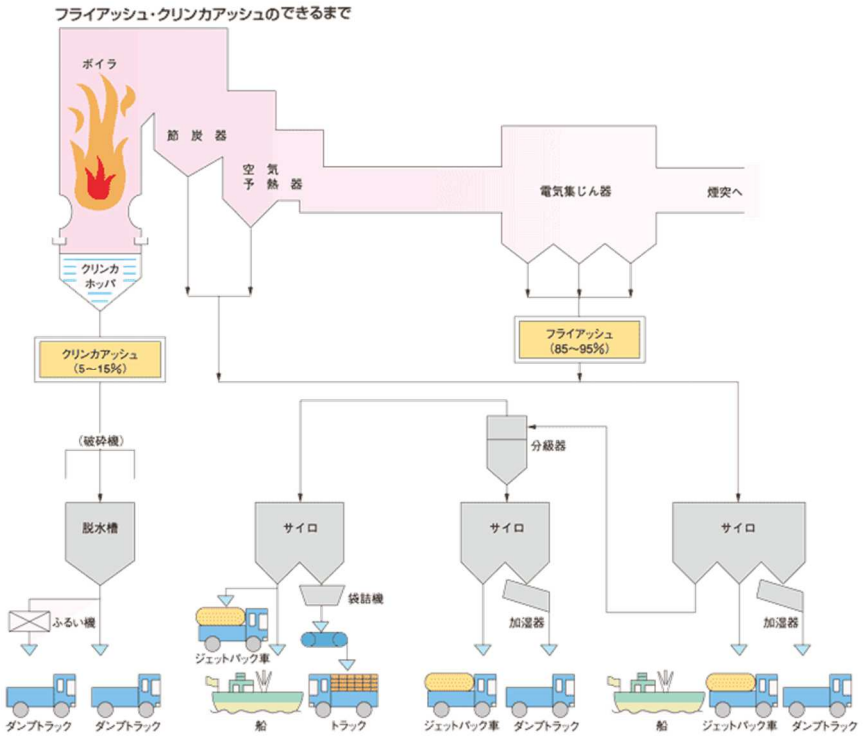


図 1-1　微粉炭ボイラーからの石炭灰発生プロセス

（出典：日本フライアッシュ協会 http://www.japan-flyash.com/process.html）

表 1-3　石炭灰のリサイクル用途例

	用途	製品例
フライアッシュ	セメント混合材	フライアッシュセメント
	コンクリート混和材	生コン、モルタル、高流動コンクリート、砂代替材、充填材
	地盤改良材	表層処理、深層混合処理、建設発生土・浚渫土改良
	道路路盤材	ポゾテック（石膏、消石灰混合物）
	アスファルトフィラー	石灰石粉の代替材
	二次製品	内・外壁材、吸音材、瓦
	人工骨材	軽量骨材、高強度骨材
	海洋構造物	漁礁、テトラポット
	人工ゼオライト	ゼオライト化
	高分子材料混和材	ゴム、プラスチック
クリンカアッシュ	地盤改良材	グラウンド・芝地の排水改良、圃場の暗渠排水
	道路路盤材	再生路盤材、凍上抑制材、埋め戻し材
	二次製品	内・外壁材、インターロッキングブロック
	肥料	特殊肥料
	土壌改良材	通気性・排水性・保水性改良
	下水・汚水処理材	ろ過、微生物分解の促進、脱臭材

（出典：北陸電力株式会社 HP　http://www.rikuden.co.jp/ash/case.html　より作成）

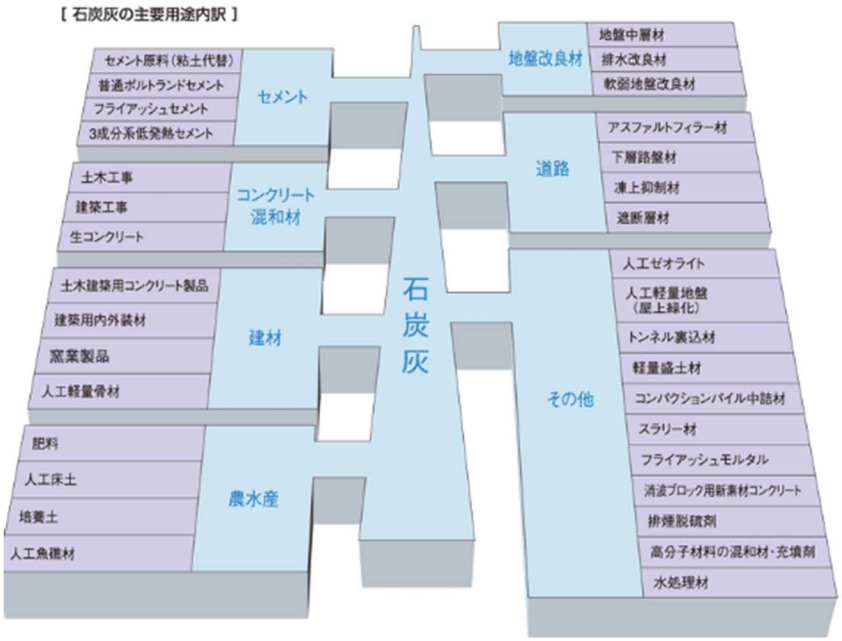


図 1-2　石炭灰の主要用途内訳

（出典：日本フライアッシュ協会 http://www.japan-flyash.com/fcuse.html）

表 1-4　日本全体における石炭灰の有効利用分野内訳(平成 24 年度)

(単位:千トン)

項　目		電気事業		一般産業		合計	
分野	内容	利用量	構成比(%)	利用量	構成比(%)	利用量	構成比(%)
セメント分野	セメント原材料	5,529	62.72	2,663	75.19	8,192	66.29
	セメント混合材	95	1.08	35	0.99	130	1.05
	コンクリート混和材	69	0.78	1	0.03	70	0.57
	計	5,693	64.58	2,699	76.21	8,392	67.91
土木分野	地盤改良材	159	1.80	122	3.44	281	2.27
	土木工事用	542	6.15	184	5.20	726	5.87
	電力工事用	17	0.19	0	0.00	17	0.14
	道路路盤材	138	1.57	127	3.59	265	2.14
	アスファルト・フィラー材	4	0.05	0	0.00	4	0.03
	炭坑充填材	476	5.40	0	0.00	476	3.85
	計	1,336	15.15	433	12.23	1,769	14.32
建築分野	建材ボード	112	1.27	252	7.12	364	2.95
	人工軽量骨材	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	コンクリート2次製品	30	0.34	0	0.00	30	0.24
	計	142	1.61	252	7.12	394	3.19
農林・水産分野	肥料(含:融雪剤)	8	0.09	9	0.25	17	0.14
	魚礁	36	0.41	0	0.00	36	0.29
	土壌改良剤	26	0.29	55	1.55	81	0.66
	計	70	0.79	64	1.81	134	1.08
その他	下水汚水処理剤	2	0.02	0	0.01	2	0.02
	製鉄用	1	0.01	5	0.14	6	0.05
	その他	1,572	17.83	88	2.48	1,660	13.43
	計	1,575	17.87	93	2.64	1,668	13.50
有効利用合計		8,816	100.00	3,541	100.00	12,357	100.00

(出典：一般社団法人石炭エネルギーセンター　http://www.jcoal.or.jp/uchiwake24.pdf)

表 1-5　コンクリート用フライアッシュの品質規定(JIS A6201-2008)

			フライアッシュⅠ種	フライアッシュⅡ種	フライアッシュⅢ種	フライアッシュⅣ種
二酸化ケイ素		%	45.0以上			
湿分		%	1.0以下			
強熱減量 (1)		%	3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度		g/cm3	1.95以上			
粉末度 (2)	45μmふるい残分（網ふるい方法） (3)	%	10以下	40以下	40以下	70以下
	批評面積（プレーン方法）	cm2/g	5,000以上	2,500以上	2,500以上	1,500以上
フロー値比		%	105以上	95以上	85以上	75以上
活性度指数	材齢28日	%	90以上	80以上	80以上	60以上
	材齢91日	%	100以上	90以上	90以上	70以上

(備考：(1) 強熱減量に代えて、未燃炭素含有率の測定を JIS M8819 または JIS R1603 に規定する方法で行い、その結果に対し強熱減量の規定値を適用しても良い。
(2) 粉末度は、網ふるい方法またはプレーン方法による。
(3) 粉末度を網ふるい方法による場合は、プレーン方法による比表面積の試験結果を参考値として併記する。)
(出典：日本フライアッシュ協会 http://www.japan-flyash.com/fquality.html　より作成)

表 1-6　コンクリート用フライアッシュの性能・用途等

	性能・用途等
フライアッシュⅠ種	混入することにより、特にコンクリートの高強度、流動性付与、アルカリシリカ反応抑制等に効果があるもの。また、初期強度発現性も無混入の場合と遜色ないもの。
フライアッシュⅡ種	混入することにより、特にコンクリートの水和発熱抑制、アルカリシリカ反応抑制、長期強度の改善に、Ⅱ種と同等の効果があるもの。ただし、練り混ぜ時に、コンクリートの流動性、空気連行性に関して配慮が必要である。
フライアッシュⅢ種	標準的なフライアッシュで、混入することにより、特にコンクリートの水和発熱抑制、長期強度の改善効果があるもの。また、コンクリートへの流動性付与、アルカリシリカ反応抑制について、無混入の場合と比較して十分に効果が発揮されるもの。
フライアッシュⅣ種	水和発熱抑制に対しⅡ種と同等の効果があり、アルカリシリカ反応抑制も期待できるもの。強度発現の点で低強度コンクリート、工場製品等に使用可能のもので、鉄筋コンクリート用の普通コンクリートに適用する場合には、事前に強度発現を確認して使用するもの。

(出典：日本フライアッシュ協会　http://www.japan-flyash.com/fquality.html　より作成)

1.2 秋田県内の石炭灰の排出量、処理・再資源化状況の現状把握

秋田県における石炭灰の排出量、処理及び再資源化について、秋田県の多量排出事業者データに基づき、現状の整理を行った。平成 25 年度の多量排出事業者「産業廃棄物処理計画実施状況報告書」にて記載された、ばいじん、燃えがらの処理状況を下表に示す。この内、石炭灰排出のある事業者は、東北電力株式会社能代火力発電所と日本製紙株式会社秋田工場である。なお、日本製紙株式会社秋田工場は、石炭灰とバイオマスの混焼である。

秋田県において、最も石炭灰の排出量が多いのは、東北電力株式会社能代発電所である。東北電力株式会社全体の石炭灰の発生量及びリサイクル率について、下表に示す。同社の「環境行動レポート 2013」によると、能代火力発電所においては、セメント原料への有効利用を推進し、前年度実績を上回ったとのことであった。一方で、福島県の原町火力発電所においては、運転再開の前倒しに伴い石炭灰発生量が増加したこと、発電設備の復旧を最優先に進めた結果、石炭灰搬出用の船積設備の復旧までの間に発生した石炭灰をほぼ全量埋立処分としたことなどの要因により、前年度実績を下回ったとのことであった。このため、結果として、同社全体の石炭灰のリサイクル率は前年度を下回る結果となっている。また、同社の主な石炭灰有効利用方法はセメント原料化であることから、景気低迷による国内のセメント需要が減少すると、リサイクル率も低下傾向となる。

表 1-7　秋田県内の多量排出事業者におけるばいじん、燃えがらの発生、処理状況
（単位：t/平成 25 年度）

	東北電力㈱ 能代火力発電所		新東北メタル㈱	秋田プライウッド㈱ 向浜第一工場、向浜第二工場	日本製紙㈱　秋田工場		㈱日本ピージーエム 小坂工場
業種	電気業・発電所		鋳鋼製造業	木材・木製品製造業	紙・パルプ製造業		その他の非鉄金属第一次製錬・精製業
産業廃棄物品目	燃えがら	ばいじん	ばいじん	燃えがら	燃えがら	ばいじん	ばいじん
①排出量	35,111	252,467	856	1,079.36	2,357	18,363	13
②自ら直接再生利用した量	0	0	0	0	0	0	4
③自ら直接埋立処分又は海洋投入処分した量	2,226	2,861	0	0	0	0	0
④自ら中間処理した量	0	0	0	0	0	0	9
⑤④のうち熱回収を行なった量	0	0	0	0	0	0	0
⑥自ら中間処理した後の残さ量	0	0	0	0	0	0	6
⑦自ら中間処理により減量した量	0	0	0	0	0	0	3
⑧自ら中間処理した後再生利用した量	0	0	0	0	0	0	6
⑨自ら中間処理した後自ら埋立処分又は海洋投入処分した量	0	0	0	0	0	0	0
⑩直接及び自ら中間処理した後の処理委託量	32,885	249,606	856	1,079.36	2,357	18,363	0
⑪⑩のうち優良認定処理業者への処理委託量	0	0	0	0	0	0	0
⑫⑩のうち再生利用業者への処理委託量	32,102	211,098	0	0	847	17,505	0
⑬⑩のうち熱回収認定業者への処理委託量	0	0	0	0	0	0	0
⑭⑩のうち熱回収認定業者以外の熱回収を行う業者への処理委託量	0	0	0	0	0	0	0

(備考：灰色部分が石炭灰に該当する。)

(出典：秋田県内の多量排出事業者における各社「産業廃棄物処理計画実施状況報告書」秋田県及び秋田市の HP 参照。)

表 1-8　東北電力株式会社全体における石炭灰の発生及びリサイクル率

	H20 年度	H 21 年度	H 22 年度	H 23 年度	H 24 年度	H 25 年度
石炭灰発生量(千 t)	780	803	784	354	427	890
石炭灰有効利用率(%)	78.4	76.3	66.5	81.0	63.9	66.6

（出典：東北電力株式会社「環境行動レポート 2013、2014」）

能代火力発電所では、平成 22 年度より同火力発電所が立地する能代・山本地域における秋田県発注の公共工事で使用するコンクリートは、同火力発電所から発生した石炭灰のフライアッシュを混合したものを標準使用することとし、石炭灰の有効利用と地産地消を図っているとのことであった。

能代火力発電所で発生した石炭灰の再生製品化の一部は、東北発電工業株式会社にて行われており、東北フライアッシュ・クリンカアッシュとして、公共工事等に使用されている。東北電力株式会社全体でのフライアッシュセメントの購入量は、平成 24 年度で 1,433t、平成 25 年度では 9,119t であった。(東北電力株式会社「環境行動レポート 2013」より)

平成 25 年度の取り組みとして、原町火力発電所の運転再開に伴い石炭灰発生量は増加したが、セメント原料化リサイクルに努めた結果、前年度実績を上回る有効利用率となった。このほか、原町火力発電所では、福島県沿岸部の津波被災地の復旧・復興のための盛土材が不足していたことから、発電所構内に製造装置を設置し、石炭灰(フライアッシュ)にセメントと水を混合することによって、盛土材として再製品化を行っている。盛土材の製品名は、火力発電所(汽力発電所)の石炭灰を加工した石炭灰混合材料である「汽砂(きずな)」を、復興貢献資材として価値のあるものと位置付け、さらに原町火力発電所と地域との「絆」という想いを込めて、「輝砂(きずな)」としたとのことである。年間生産量は、原町火力発電所から発生する石炭灰(約 50 万 t/年)の約 1 割に相当する約 5 万 t/年を利用し、約 6 万 m3 と計画されている。(東北電力株式会社「環境行動レポート 2014」より)

表 1-9　東北フライアッシュの用途別施工実績

利用用途	発注者	工事名、施設名	工事場所	セメントの種類	使用方法	使用開始時期
港湾	秋田県	岩館漁港地域水産物供給基地整備事業	秋田県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H20.9
	秋田県	能代港重要港湾改修工事	秋田県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H20.9
土木	秋田県	公共工事標準仕様工事	秋田県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H20.9
	仙台市	仙台市地下鉄東西線	宮城県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H24.1
	東北電力㈱	水力発電所	新潟県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H21.8
	東北電力㈱	火力発電所	新潟県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H22.3
	東北電力㈱	火力発電所(非常電源)	新潟県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H23.8
	東北電力㈱	火力発電所(非常電源)	新潟県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H23.9
	鉄道会社	駅高架工事	新潟県	普通セメント+フライアッシュ	生コン工場混合	H23.8
トンネル	秋田県	猿ヶ瀬トンネル	秋田県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H22.1

利用用途	発注者	工事名、施設名	工事場所	セメントの種類	使用方法	使用開始時期
トンネル	国土交通省	摩当山トンネル	秋田県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H21.9
	国土交通省	栄トンネル	秋田県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H24.6
	国土交通省	吉浜トンネル	岩手県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H24.8
	国土交通省	栗子トンネル(山形側)	山形県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H21.7
	国土交通省	松ヶ房トンネル	福島県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H21.9
	NEXCO東日本	原町トンネル	福島県	普通セメント+フライアッシュ	現地混合	H21.12
ダム	山形県	留山川ダム	山形県	中庸熱セメント+フライアッシュ	セメント工場混合	H20.6
	国土交通省	津軽ダム	青森県	中庸熱セメント+フライアッシュ	現地混合	H21.12

（出典：東北発電工業株式会社 HP　http://www.tohatu.co.jp/service/sekitanhai/04.html　より作成）

表 1-10　クリンカアッシュ利用主要施工事例

使用形態	発注者	工事場所	出荷場所	概算使用量(t)	施工年度
グラウンド中層材	鹿角市及び秋田市	秋田県鹿角市および秋田市	能代火力	3,100	H21 年度
	宮城県	宮城県教育・福祉複合施設建設工事	新地火力	600	H24 年度
水道管埋戻材	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/水道管布設替工事	原町火力	2,400	H20 年度
	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/水道管布設替工事	原町火力	2,600	H21 年度
	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/水道管布設替工事	原町火力	2,000	H22 年度

使用形態	発注者	工事場所	出荷場所	概算使用量(t)	施工年度
下水道管埋戻材	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/下水道渠築造工事	原町火力	4,500	H20 年度
	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/下水道渠築造工事	原町火力	1,800	H20 年度
	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/下水道渠築造工事	原町火力	2,400	H22 年度
	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/下水道渠築造工事	新地火力	5,300	H22 年度
道路路床材	福島県、南相馬市	福島県南相馬市/道路整備工事	原町火力	1,500	H21 年度
芝土保水材	相馬市	福島県相馬市/パークゴルフ場造成工事	新地火力	2,400	H21 年度
屋上緑化基盤材	民間	福島県富岡町および栃木県日光市	原町火力	1,000	H20 年度
花壇ブロック用混和材	民間	福島県三春町	原町火力	700	H21 年度
	民間	福島県三春町	原町火力	600	H22 年度
下層路盤材	NEXCO 東日本	常磐道　原町 IC～相馬 IC 間	原町火力	13,500	H23 年度

（出典：東北発電工業株式会社 HP http://www.tohatu.co.jp/service/sekitanhai/04.html　より作成）

表 1-11　A 社の石炭灰リサイクルの取り組み

会社概要
A 社　環境技術部門 <本社・生産拠点の所在地> 　本社：宮城県 　支社 1：秋田県、支社 2：山形県、支社 3：福島県、支社 4：福島県
石炭灰のリサイクル製品の概要
<名称> クリンカアッシュ(支社 1、支社 3、支社 4)、フライアッシュ JIS-Ⅱ種(支社 1) フライアッシュ JIS-Ⅳ種(支社 1、支社 2、支社 4) <用途> クリンカアッシュ：埋戻材、道路路床材、盛土、グラウンド中層材、地盤改良材等 フライアッシュ：コンクリート用混和材、フライアッシュセメント混合材料 コンクリート二次製品材料、トンネル吹付けコンクリート材料等(※JIS とは JIS A 6201) <製品の主な材料> フライアッシュ(JIS 規格品)・クリンカアッシュは加工等することなく、産出したそのままの姿で販売。 クリンカアッシュは土木材料として使用され、フライアッシュは納入先でそれぞれの用途毎に、材料として配合され使用されている。 <販売価格> 物価資料または自治体公表単価を参照。
石炭灰の再商品化技術の概要
<必要となる処理施設のスペック(プラントの種類、処理能力等)> 　石炭火力発電所付随設備(発電事業者の保有設備) 　例)フライアッシュ：電気集塵器、貯槽、分級器等 　　クリンカアッシュ：脱水槽、ストックヤード等 <工程フロー図> 　フライアッシュ：電気集塵器で補集→品質分析→貯槽へ貯灰→分級→品質分析→出荷 　クリンカアッシュ：脱水槽で脱水→ストック→品質分析→出荷 <処理コスト> 　販売価格の 95%程度。
石炭灰の再商品化の実績
<石炭灰の処理受入量> 発電所から製品として購入した量は、下記のとおり。 <H25 年度実績> フライアッシュ：約 28,000t　クリンカアッシュ：約 41,000t <石炭灰の排出元の業態>　排出元は発電事業者。 <商品別の製造量>　受入量(購入量)と同量。 <出荷実績(H25 年度)> クリンカアッシュ：28,000t(乾灰ベース)　フライアッシュ(JIS 品)：24,000t <主な販路> クリンカアッシュ：震災復興工事用盛土、高速道路の路盤改良用等 フライアッシュ：コンクリート用混和材(ダム工事・生コン工場)、コンクリート二次製品材料、トンネル吹付けコンクリート材料等

石炭灰の再商品化の課題
<再商品化するための石炭灰の受入条件の課題> 石炭種毎・発電所毎に石炭灰の性状が異なるため，品質にある程度の幅がある。 石炭種の変化(瀝青炭→亜瀝青炭)により生産量が年々減少している。 <販路の課題> 遠方になるほど輸送費が高くなる流通コストの問題。 JIS 規格品でなければ仕様に採用されない。 石炭灰を使用した製品が県のリサイクル認定を受けたとしても、仕様に入った例が少ない。 秋田県では、フライアッシュを使用した生コンクリートは冬期間(11～3 月)の使用が認められていない。
石炭灰リサイクルのための連携について
フライアッシュ協会に加盟し、協会として諸団体の委員会や活動に参加している。 日本コンクリート工学会(JCI)やがれき処理コンソーシアムの委員会へ参加し、JIS 規格外フライアッシュを利活用したコンクリート等の公共工事への採用を目的としたガイドラインを委員会にて作成中。 リサイクルポート推進協議会、土木学会、建築学会等に加盟して JIS 規格のフライアシュの普及拡大に向けた活動に参画している。
その他
その他、石炭灰リサイクル推進のために行っている主な取組みとして、以下の 2 つがある。 ・秋田県能代山本地域へのフライアッシュコンクリート標準使用への取組み(標準使用化済)。 ・発電事業者との連携した製品確保と商社等と連携した販路拡大。
備考
ヒアリングより作成

2. 石炭灰の有効利用方法に関わる調査

2.1　石炭灰の有効利用方法に関するシーズ調査

石炭灰の有効利用に関するシーズ調査として、学会誌、文献、大学及び研究機関のデータベースを参照し、調査を行った。

既に石炭灰の主なリサイクル用としてセメント化等、大量販路があることから、これらの研究機関では、複数の副産物を混合させ、高付加価値なリサイクル製品を開発する研究、開発が行われていた。技術シーズ調査の結果を以下に示す。

表 2-1　一般社団法人九州産業技術センターにおける石炭灰リサイクルの技術シーズ

シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
廃棄物である竹チップと石炭灰を利用した舗装材の開発	福岡大学工学部社会デザイン工学科教授佐藤研一	土とワラ(藁)を混ぜて塗り固めた土壁をヒントに、竹チップと土を混ぜ合わせ、固化材に電力会社からでる石炭灰(石炭と石灰の混合燃焼により発生)を活用して環境に配慮した歩行者用舗装材の開発。	竹チップと土を混ぜ合わせ固化材に石炭灰を利用して環境に配慮した歩行者用舗装材は福岡大学の独自技術である。従来の土舗装に比べ、竹チップを混入させることで舗装の表面にひび割れ等の脆性的破壊が起こりにくい。アスファルト舗装に比べ、夏場における路面温度の低減効果が顕著。	歩行者用舗装材、特に一般歩道、河川歩道、公園歩道、グランド他。	舗装材の強度が保持できる土、竹チップ及び石炭灰の配合比を解明している。現在、福岡県福津市にある運動公園の遊歩道舗装材に使用されており、施工試験をして、竹チップの効果を確認している。	遊歩道等の舗装材への使用は、量的にも新たなニーズを掘り起こすものとして期待できる。	舗装材への利用は技術的よりも政策的要素が大きいので地方自治体への働きかけが必要である。	なし	KITEC (一社)九州産業技術センター (H21 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h21seeds/h21s044.pdf
改質石炭灰(CfFA)の超微粒子化とその複合材料の開発	大分大学工学部教授佐藤嘉昭 [技術ニーズ]西日本電線㈱、㈱ゼロテクノ [展開のパターン] NEDO H20 年度第 1	既存の風力粉砕処理システムにおける分級工程を構築することによって、改質石炭灰 (Carbon-free Fly Ash、以下 CfFA)から粒子径 1μm 程度の超微粒子の CfFA を製造することを可能にするとともに、これを使用した複合材料(難燃性や耐摩耗性等の機能を付与した高機能プラスチックや、CfFA のポゾラン活性を利用した高	石炭灰に含まれる未燃カーボンがコンクリートの品質管理を困難とし、利用促進にはこれの除去が課題であったが、石炭灰を改質処理して未燃カ-ボンの少ない粒径の揃った改質石炭灰(CfFA)の製造に成功した。本石炭灰の改質処理システムの特筆すべき点は JIS I 種相当の CfFA を容易に製造できることで、現状で 10 易に製以下の微粒子 CfFA を30%程度含む。	未燃カーボン少、粒径小、粒度分布狭である本超微粒子 CfFA は難燃性、高熱伝導性、耐磨耗性等にも優れ、プラスチックなどとの複合でその高機能化が期待できる。	大学発ベンチャーの㈱ゼロテクノは「石炭灰の改質処理システム」を提案し、焼成工程のパイロットプラント(2～3 千 t/年)を民間事業所構内に設置し、実機プラントに必要なデ-タを収集し、コンクリート混和材料として実用化している。さらに、電力会社でも、このシステムを利用した CfFA 製造が検討されると考えている。	1)超微粒子 CfFA の製造技術確立。 現状の技術をさらに進化させ、粒径の揃った 3 種類の超微粒子 CfFA(UFP(1μm 以下)、SFP (1～5μm)、NFP(5～10μm))の製造装置開発と製造条件の確立。 2)高機能プラスチックへの展開。 高熱伝導性、難燃性、耐磨耗性プラスチック材料としての最適調合条件の確立。 3)高耐久性補修材への適用。	-	-	KITEC (一社)九州産業技術センター (H19 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h19seeds/h19m012.pdf

シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
	回大学発事業創出実用化研究開発事業	耐久性建材並びに補修材)の開発を図る。				微小ひび割れに注入可能な高耐久補修材等の最適調合条件の確立。 4)その他新たな機能性材料の市場創出。			
副産物改良土の土舗装材料への有効利用法に関する研究開発	福岡大学工学部社会デザイン工学科佐藤研一教授	本件技術は、建設発生土、粒状改良土、石炭灰、竹チップを用いた歩行者系土舗装の新しい材料開発と設計法を提案するものである。また、一般的な土舗装材の問題として取り上げられる材料の脆性的な壊(ひび割れ)についても、竹チップを混入させ、材料の脆性的破壊の改善を行い、耐久性に優れた舗装材料を得るものである。	本件技術による土舗装材料は、特に、建設・産業副産物である建設発生土、石炭灰、竹チップなどを有効利用するので、副産物の有効活用とサステーナブルな循環型社会形成を考慮に入れた環境に優しい技術であることが特徴である。	公園・緑地の歩道、河川歩道、グランド、駐車場	すでに材料力学的には、室内実験において十分な強度・耐久性の確認は終わっている。また、石炭灰を使用する際の環境安全性についてもすでに確認されている。今後、現場施工試験による施工性と現位置における長期耐久性、歩き心地の検討を行う予定である。	高齢化社会、環境保全、景観を配慮した構造物の設計、地球温暖化の抑制が叫ばれている中、今後の道路行政を考えていく上でも歩行系土舗装材料の開発は重要な課題であり、この技術の確立は十分な市場性を有している。 また、開発された材料は、歩行者系舗装材料としての機能性(歩き心地など)に加えて、スポーツ科学・人間工学的な視点からの特性付与が期待される。	石炭灰の品質管理と安定的な材料の確保。 現場における材料混合と施工方法。 技術普及方法と施工現場経済性と販売価格の決定。	特になし	KITEC (一社)九州産業技術センター (H19 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h19seeds/h19s071.pdf
フライアッシュをリユーズしたコンクリート	山口大学工学部社会建設工学科松尾栄治	コンクリートはセメント、水、細骨材(通常は砂)、粗骨材(通常は砂利)の混合物である。このシーズ技術は従来の細骨材の代替品として石炭灰(フライアッシュ)を	練混ぜ方法を工夫することによりコンクリートのフライアッシュを従来の3～5 倍程度混入できる。	転圧舗装コンクリート ダムコンクリートなど	某工場敷地内での現場実験により施工可能であることを確認している。	石炭火力発電所で大量に発生するフライアッシュの有効利用。細骨材である砂は枯渇傾向にあり、その代替技術となる。	従来よりコンクリートの練り混ぜ時間が長くなるため施工能率が低くなる。	特許出願中(特願 2005-37242)	KITEC (一社)九州産業技術センター(H17 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h17seeds/h17s068.pdf

シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
		リユーズした環境調和型コンクリートを提供する。							
焼成粉砕処理による石炭灰の改質に関する研究開発	大分大学工学部福祉環境工学科(建築コース)教授佐藤嘉昭	ポゾラン活性を有する石炭灰の品質の安定化を図るために未燃カーボンの除去方法を検討し、未燃カーボンが自燃できる程度の温度で焼成することが最も効果的であるという確証を得た。そこで、焼成工程と風力粉砕工程を併用した石炭灰改質処理システムを構築し、未燃カーボン量が低減され、かつ、粒子形状が改善された高品質な石炭灰の製造システムを確立するとともに、コンクリート材料としての適用範囲の拡大やその他の素材としての適用など、改質石炭灰の用途開発を行なった。	本技術の利点は、他の手法と比較して、(1)原粉に含まれる未燃カーボン量にかかわらず、未燃カーボン量を 0.5～1%程度までに減量した石炭灰(改質石炭灰)を安定的に製造できること、(2)粉砕分級処理する際に、JIS Ⅰ種(平均粒 5 均粒)、Ⅱ種(15 粒級)およびⅣ種(30 び級)相当の改質石炭灰を製造可能であること(排出口の設定)、(3)排出される石炭灰の全量が再資源化されること(改質石炭灰の全てを利用可能)である。	(1)コンクリート用材料としては既に JIS 化されていることから、混和材料として生コン工場での使用は可能。 (2)コンクリート製品工場においては高流動コンクリートの粉体材料として適用が可能。 (3)JIS Ⅰ種相当の微粒子(平均粒径 5 均粒)はプラスチックの難燃性を目的としたフィラーとしての利用が可能。	処理システムについては実機レベルへの対応が可能。 改質石炭灰をコンクリート用材料として用いた場合、コンクリートの特性に関するデータには十分な蓄積がある。	コンクリート用材料としての有効利用が促進されれば、石炭灰は多くのメリットを備えていることから、高耐久性のコンクリート構造物が多く建造されるようになる(長寿命コンクリート)。 粉砕処理製品の価格は、現在の市販品と少なくとも同等価格以上で流通させることができると思われる。 電力各社の火力発電所よりも企業独自での火力発電施設の方が処理システムとして導入しやすい。	石炭灰に含まれる鉄分のため、焼成温度によっては改質石炭灰が赤みを帯びた色を呈するようになる。素材としての色が問題となる場合もある。 製品である改質石炭灰をコンクリート用材料として利用する場合、その使用実績を求められることが多く、大量の改質石炭灰を製造しなければならない。そのためには実機レベルのシステムを導入する必要がある。 改質石炭灰の用途開発につ	(1)「フライアッシュ処理装置」特願 2004-012368 (2)「粉砕装置」特願 2004-012377 (3)「サイクロン分級装置」特願 2004-012386 (4)「石炭灰処理装置」特願 2005-184138	KITEC (一社)九州産業技術センター(H17 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h17seeds/h17s066.pdf

シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
							いては徹底的な市場調査が必要である。		
水質浄化等に貢献する多孔質ガラスおよびガラスセラミックス	近畿大学 産業理工学部 生物環境化学科 西田 哲明助教授	石炭灰、金属精錬ダスト、鋳造品のサンドブラスト等から発生したダストと、一般廃棄物のガラスカレットを原料として多孔質ガラスおよびガラスセラミックスを製造する。毎年大量に放出産業廃棄物と一般廃棄物を原料として使用するので、原料費はゼロであるが、物づくりにはガス炉や電気炉などの溶融装置が必要。	上記の多孔質体を用いて、一般家庭や飲食店、工場、養豚場などから放出される雑排水や各種排水を浄化し、河川の汚濁防止を図る。実験室レベルの水質浄化実験では、汚濁溶液(COD400ppm)が6ppm まで浄化できたので、フィールドでの応用にも大きな期待がもてる。材料費ゼロの廃棄物を原料にして、上記多孔質体を作る溶融装置があれば、巨大な環境産業と、大幅な雇用創出が実現する。	水質浄化材、環境浄化材、微生物担体、建築材料(断熱ボード、屋上緑化など)、土木材料(アスファルトの補助材他)、触媒担体、ビオトープなど	物づくりの技術は、極めて簡単である。溶融設備だけが必要。	水質浄化のみならず、多くの用途が考えられる。排水浄化や河川浄化だけでも、かなりの事業規模が予想される。	溶融炉の建設、あるいは既存設備の改良・改善が必要。	-	KITEC (一社)九州産業技術センター(H16 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h16seeds/h16s017.pdf

シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
ゴミ焼却灰と石炭灰を主原料とした固化材の開発に関する研究開発	鹿児島工業高等専門学校 土木工学科 助教授 前野祐二	都市ごみ焼却灰を乾燥させて、篩で分級処理を行い、篩下部の焼却灰に生石灰、石炭灰、石膏、セメントを混ぜ、粉砕処理を行うことによりエコ石灰セメントができる。	主原料として都市ごみ焼却灰と石炭灰を用いる。割合は合わせて 7 割程度となることから、原料費が安いだけでなく廃棄物の処理としての効果が大きい。微粉砕はコンクリートミキサーに原料と鉄球を混合して回転することにより行うことができるので、特殊な設備が必要でなく、初期設備費が格段に安い。エコセメントは、ポルトランドセメントと相性がよく、混合することによりさらに高強度固化体が製造できる。普通セメントと比較すると比較的曲げ強度が大きい。	エコ石灰セメント	技術としては、ほぼ完成されつつある。短期強度(3 か月)は、有しているが、数年十数年後の長期強度は明らかにされていない。そこで、本校でインターロッキングを敷設してその耐久性を明らかにする予定である。その他の化学的耐久生成などもデータを蓄積する必要がある。	都市ごみを焼却している日本国内の自治体と廃棄物処理業者がマーケティング対象と考えられる。県内の一業者からは実施に関しての打診があったと聞いている。マスコミでも取り上げられている技術であることから、今後の関係機関、関係業界の反応が期待される。	エコ生石灰セメントは、焼却灰と石炭灰を主原料として用いるので、その組成が均一ではなく生石灰、石膏を一定の割合で添加しても、同一の化学成分を得られない。そこでエコ石灰セメントの科学的組成のバラツキを考慮し、様々な配合で作製した固化体の強度試験、化学成分の分析を行い、その結果を利用して最適配合をつかまなければならない。	特願第2002-181261 号「エコ石灰セメントおよび製造方法並びにエコ石灰セメント固化体の製造方法」H14 年 6 月 21 日出願	KITEC (一社)九州産業技術センター(H15 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h15seeds/h15s022.pdf

シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
石炭灰を用いた導電性ガラス及びその製造方法	近畿大学九州工学部生物環境化学科助教授、理学博士 西田哲明	産業廃棄物として処理されている石炭灰を原料として、低コストで導電性に優れたガラスやガラスセラミッククスを製造する技術であり、産業廃棄物を処理して付加価値の高いものへ再生するリサイクル技術を提供するものである。 ガラスは通常絶縁体で、電気伝導度は10[-12] S・cm[-1]、石炭灰原料の導電性ガラスの電気伝導度は 10[-6]～[-9] S・cm[-1] 程度。従って原料費「ゼロ」の産業廃棄物から導電性ガラスが製造可能である。	石炭灰やガラスびんなどを用いて作成した導電性ガラスは以下の特徴、特性を有する。 1) 一般廃棄物や産業廃棄物の大幅削減に寄与。 2) 一般のガラスやガラスセラミックスに共通の特徴を有する。例えば、ファイバーや板状、ブロック状など、任意の形に成型が容易である。また、強酸や強塩基など、金属の使用が困難な環境下での反応容器や装置、部品など。多孔質体にすれば水質浄化や菌類の担持などにも使用できる。 3) 上記の特徴に加えて、導電性を有することによりガラスに新機能や付加価値が創出される。	石炭灰を用いた導電性ガラスは下記のように多くの用途が考えられる。 ①太陽電池用電極、②サーミスタ等のセンサー、③充電および放電の繰り返しが可能な二次電池用カソードの材料④磁気デイスク基板固定・保持材料等に応用可能なガラス⑤電化製品などの帯電防止材料⑥くもり止めガラス、その他。	この技術はH14年3月に北九州TLOから出願しており、現在この技術を利用して頂ける事業者等を募集中。北九州TLOと実施契約を交わして頂いた後、必要なら近畿大学へ委託研究(受託研究)が可能。これにより材料開発や製品開発の速度が飛躍的に加速される。	本法で製造された導電性ガラスの用途は多岐に亘っており、また産廃リサイクルの面からも、将来多くの分野で使用されることが考えられる。従って将来的には大きな市場を形成することが考えられる。電極・センサー・コンピュータ・エレクトロニクス・電化製品・建築材料・自動車産業などの分野で応用可能である。	特になし	特願 2002-086133	KITEC (一社)九州産業技術センター(H14 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h14seeds/h14s033.pdf

シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
水質浄化に効果のあるコンクリート混和材の技術	㈱マリーンアース、重山陶器㈱ [技術ニーズ] 長崎大学環境科学部(武政教授、石橋助手)、県環境保全課、大村湾南部漁協、㈲ウッドテック、長崎県内コンクリート製造や水産業者他約15名	石炭灰、生ごみ、古タイヤ、建築廃材などを蒸し焼きにした活性炭などを粗骨材、細骨材としたコンクリートを魚礁、干潟保全、藻場護岸用石材に使用する。	その他の材料に、繊維補強材などを加えたポーラスコンクリートを、徳島県の㈱マリーアースが開発した。この企業と長崎県の波佐見にある重山陶器が、陶器の廃材を使った保水性、透水性のあるセラミック新製品を開発した。	魚礁、干潟保全、藻場護岸用石材	長崎県の海洋浄化のために性能確認の検討や試験を行う予定である。	別途「石炭灰リサイクル研究会(仮称)」取り纏め〔㈲ウッドテック 森社長〕の設立を検討。	性能確認の検討や試験が必要。	特許出願中	KITEC (一社)九州産業技術センター(H13 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h13seeds/h13m002.pdf

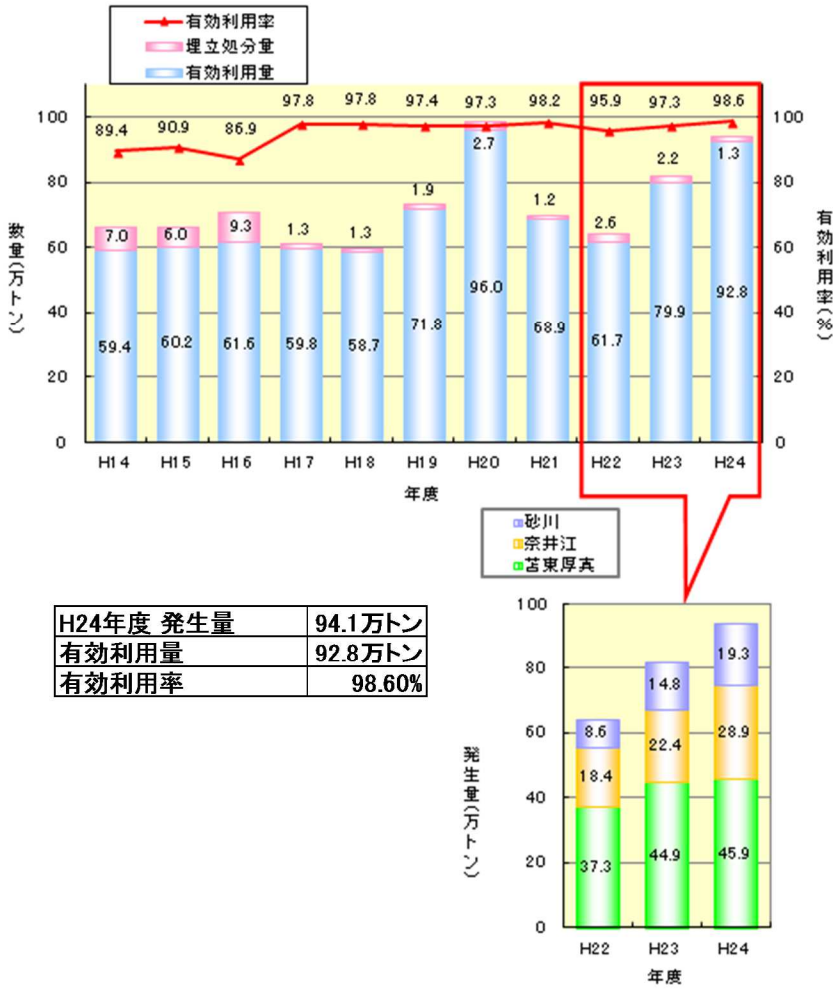
シーズ名	シーズ保有者	技術の内容	技術の特徴、特性	技術の用途	製品化、事業化の進捗レベル	技術の将来性	技術育成上の課題	特許等知的財産権の取得状況	出典
フライアッシュの大量混合を可能にするコンクリートの混合則	九州大学大学院人間環境学研究院教授 松藤泰典	日本建築学会では「内割置換率」の上限を 30%(セメントや骨材など 70%)と定めているが、本法では、セメント量を一定としそれに対する石炭灰の添加割合を変化させる、いわゆる「外割調合方式」を提案すると共に強度や耐久性に関する「等ポテンシャル」の概念を導入することによって、石炭灰の添加割合を飛躍的に増大させることを可能にした。	コンクリートを構成する原料の内で、細骨材(通常、海砂が使用される)を石炭灰で置き換えると共に、水セメント比の低下と流動性の確保を可能にし、その結果、石炭灰の添加量の増加、及びそれによるコンクリートの強度向上を可能にしている。作用・効果としては、産業副生物の有効利用を可能にすると共に、コンクリート用海砂の使用量を低減することにより、環境保全にも貢献するものである。	本技術はコンクリート工業において石炭灰をセメントの添加剤として代替利用するもの。更に、高品質石炭灰の利用により、コンクリート強度や耐久性を向上させるのに有用な技術である。	本提案は未だ大学における基礎研究レベルであるが、企業との実証的な共同研究が行われれば、技術的には事業化可能容易なものと考えられる。特に石炭灰の種類と性状の変化に対応できる混合則の確立が今後の課題である。	現在大量に排出されている石炭灰の有効利用技術であること、海砂の採掘量を低減して環境保全に資する技術であること、建築・建設事業で大量に用いられるコンクリートの原料確保に役立つものであることから、今後の大きな波及効果が期待される。	本提案は未だ大学における基礎研究レベルであるが、企業との実証的な共同研究が行われれば、技術的には事業化可能容易なものと考えられる。特に、石炭灰の種類と性状の変化に対応できる混合則の確立が今後の課題である。	特許出願中	KITEC (一社)九州産業技術センター(H12 年度認定) http://www.kitec.or.jp/pdf/h12seeds/h12s008.pdf

2.2 石炭灰の有効利用方法に関する県外事例調査

電気事業者による主なリサイクル用途はセメント化であるが、この他にも独自にリサイクル技術の研究、開発を行っている。主な電気事業者のリサイクルの取り組みを以下に示す。改良土等、JIS またはエコマーク、リサイクル認定登録等、様々な認証取得を行い、販路開拓が行われていた。これらの製品は、主に地域の公共工事にて使用されていた。

表 2-2　東北電力株式会社以外の大手電力会社における石炭灰有効利用の取り組み

会社概要	
北海道電力株式会社	
石炭灰有効利用量と最終処分量	
北海道電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 98%(H24 年度実績)であり、高いリサイクル率を示している。	



H24年度 発生量	94.1万トン
有効利用量	92.8万トン
有効利用率	98.60%

石炭灰の有効利用

北海道電力㈱の石炭火力発電所は、砂川市、奈井江町、厚真町(苫小牧市)の 3 か所に立地しており、年間約 94 万 t(H24 年度実績)の石炭灰が発生している。この石炭灰の多くは、コンクリート、スラリー材などの土木・建築分野で利用されており、このほかにも建設汚泥の水分調整材や農業用資材など、利用拡大を進めている。

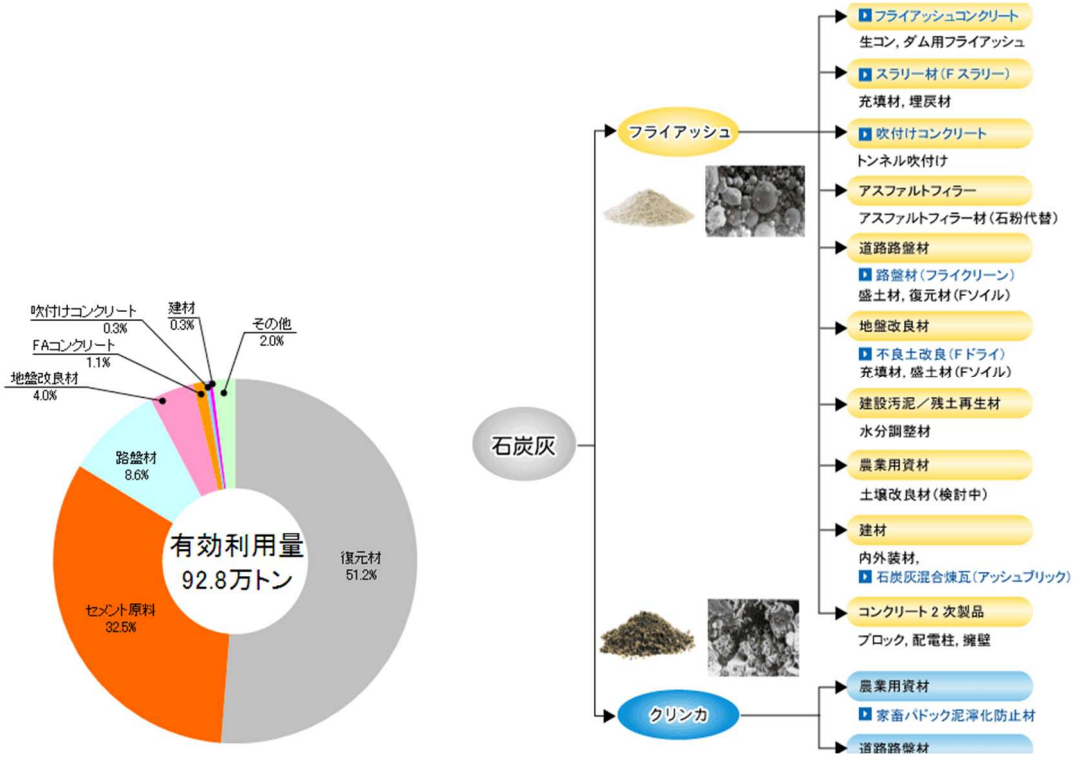


図　H24 年度における石炭灰有効利用量の内訳と再生製品化事例

出典

http://www.hepco.co.jp/ato_env_ene/environment/coal_ash/results_coalash.html

会社概要

北陸電力株式会社

石炭灰有効利用量と最終処分量

北陸電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 91%(H24 年度実績)であり、高いリサイクル率を示している。

●石炭灰のリサイクル

●石炭灰発生量とリサイクル率の推移

●石炭灰のリサイクル用途(2012年度)

用　途		比率(%)
セメント原料(粘土代替)	国　内	47.5
	国　外	32.2
セメント分野 (粘土代替以外)		7.8
土地造成材*		2.2
再生路盤材		3.9
建築分野		1.4
地盤改良材 (グラウンド・水田などの排水材等)		2.3
土木分野		2.7
その他		0.0

*「港湾法上の重要港湾及び地方港湾の湾港計画に基づいて行われる公有水面埋立 (廃棄物最終処分場の埋立工事を含む) において電気業に属する事業者が供給する石炭灰は、土地造成材に該当される」との経済産業省の解釈 (2004年11月22日) を受け、富山新港火力発電所および七尾大田火力発電所において埋立処分されている石炭灰を2005年度より有効利用として取り扱っている。

石炭灰の有効利用

・石炭灰の有効利用

石炭灰(フライアッシュ、クリンカアッシュ)を主にセメント原料(粘土代替)として有効利用している他、コンクリート二次製品や、道路の盛土材等への有効利用も推進している。石炭灰の供給力を高めるため、供給体制の整備、品質の向上、PR 活動に取り組んでいる。

・石炭灰有効利用拡大について

七尾大田火力発電所は H21 年に、敦賀火力発電所は H24 年に分級装置を稼働させ、従来よりも高品質な石炭灰(フライアッシュ)を安定的に供給できる体制を構築し、提供している。珠洲太陽光発電所の建設において、軟弱な敷地地盤の改良材として石炭灰(クリンカアッシュ)を利用している。

出典

北陸電力㈱HP　http://www.rikuden.co.jp/ash/case.html

会社概要
東京電力株式会社
石炭灰有効利用量と最終処分量
東京電力㈱では、石炭灰のリサイクル率は公開しておらず、産業廃棄物全体のリサイクル率として、99.5%(H24 年度)とのことであった。

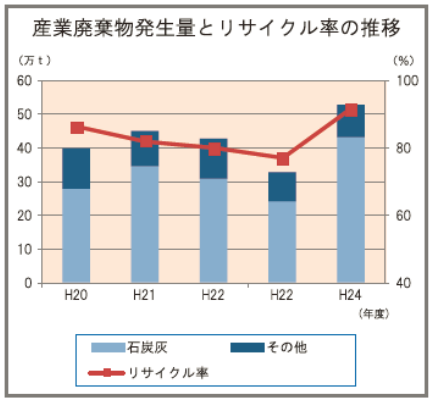
主な産業廃棄物の内訳（2012年度）

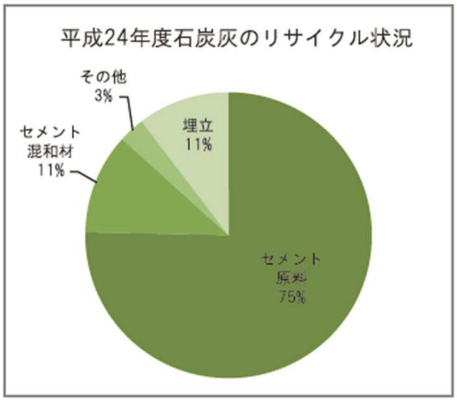
廃棄物名	発生量	リサイクル用途
石炭灰	420.4千t/年	セメント原料・土地造成材

$$※リサイクル率(\%)=\frac{リサイクル量(有価物量および自社内再利用物量を含む)}{産業廃棄物等発生量}\times 100(\%)$$

出典
東京電力㈱HP　http://www.tepco.co.jp/company/corp-com/annai/shiryou/suuhyou/pdf/suh11-j.pdf

会社概要
常磐共同火力株式会社(東京・東北電力株式会社関連会社運営)
石炭灰有効利用量と最終処分量
常磐共同火力勿来発電所の石炭灰のリサイクル率は 89%であり、産業廃棄物全体のリサイクル率は約 90%(H24 年度実績)であった。





石炭灰の有効利用

石炭灰をセメントと混合し、人工地盤材として利用。土砂など通常の地質材と同等の強度特性と施工性を有し、通常の地質材よりも軽量で、環境的にも安全である。直近の実績として、東日本大震災により被害を受けた県道の修復に下層路盤材として使用した。

出典

常磐共同火力㈱HP
http://www.joban-power.co.jp/wp/wp-content/uploads/2014/04/d401194c059dce64b45c6c00324108b6.pdf

会社概要

中部電力株式会社

石炭灰有効利用量と最終処分量

中部電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 100%(H24 年度実績)であった。

	発生量	リサイクル量	社外埋立処分量
石炭灰	99.8 万 t	99.8 万 t	0

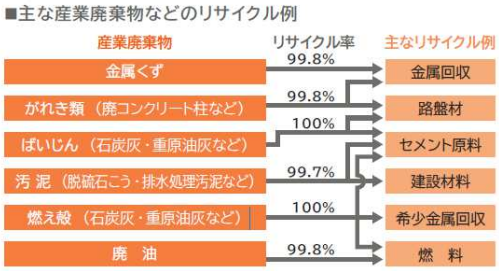
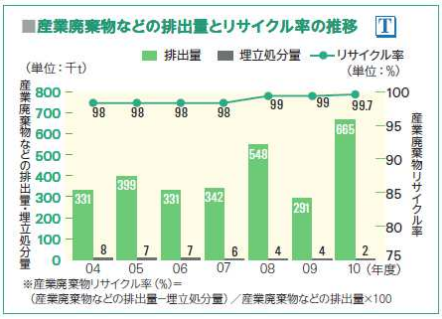
石炭灰の有効利用

下記の会社にて、石炭灰のリサイクルを行っている。

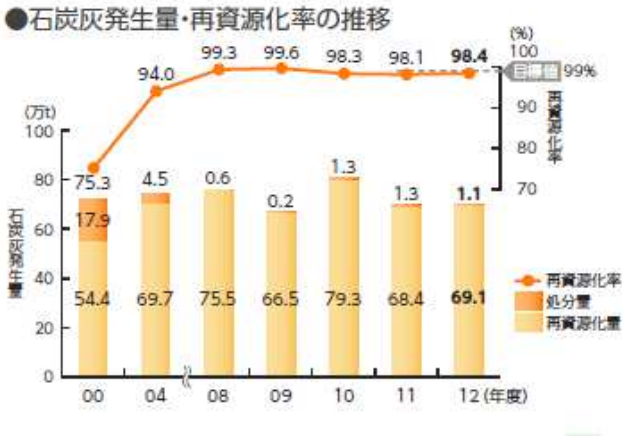
商品名	用途	製造・販売元
フライアッシュ	コンクリート混和材	㈱テクノ中部
フライアッシュセメント	コンクリート	㈱コムリス
FA モルタル・FA シールド材	充填材・シールド材	㈱コムリス
ランドプラス(クリンカアッシュ)	土壌・地盤改良材	㈱テクノ中部
花めぐり(培養土)	園芸用	自然応用科学㈱/三岐通運㈱

出典

中部電力㈱HP　http://www.chuden.co.jp/resource/corporate/csr_report_2013_18_2.pdf

会社概要
関西電力株式会社
石炭灰有効利用量と最終処分量
関西電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 100%(H24 年度実績)であった。    
石炭灰の有効利用
同社は京都府舞鶴市に石炭火力発電所の舞鶴発電所を設置しており、発生した石炭灰は全てセメント原料や建設資材などとしてリサイクルしている。一部の石炭灰は、JIS 規格品に加工して販売している。
出典
関西電力㈱HP　http://www.kepco.co.jp/corporate/csr/data/pdf/report2013_05.pdf

会社概要
中国電力株式会社
石炭灰有効利用量と最終処分量
中国電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 98.4%(H24 年度実績)と高いリサイクル率であった。5 カ所の石炭火力発電所を有し、H24 年度の石炭灰発生量は 70.2 万 t であった。このうち、再資源化量は 69.1 万 t で，再資源化率は 98.4%であった。有効利用用途は、セメント原料・土地造成材・土木材料への利用となっていた。



石炭灰の有効利用

同社では、発生量の最も多い石炭灰について、広く土木材料に利用するため技術開発に取り組むとともに、建設廃材や電力用資機材などについても多彩な 3R に取り組んでいる。

<廃棄物有効活用分野での先進的な技術開発>

取り組み例	特徴
製造時の CO2 排出量を実質ゼロ以下にできる環境配慮型コンクリート(CO2-SUICOM)の開発	鹿島建設㈱、電気化学工業㈱と共同で、火力発電所から排出される CO2 を強制的に吸収させること等により、製造時における CO2 排出量を実質ゼロ以下にできる環境配慮型コンクリート(CO2-SUICOM)を開発した。 なお、特殊混和材は産業副産物を原料としており、削減したセメントの代わりに産業廃棄物である石炭灰を使用しているほか、コンクリートを硬化させる CO2 に、火力発電所から排出される CO2 を使うことにより、石炭灰の有効利用と CO2 削減にもつながっている。
水辺環境の修復に寄与する石炭灰の有効利用	同社の 5 か所の石炭火力発電所から発生する石炭灰を有効利用した環境修復材「Hi ビーズ」を新小野田発電所にて製造しているほか、これを活用した川底の底質改善技術も開発している。この技術は、堆積した干潟の泥の中に環境修復材である「Hi ビーズ」を用いた浸透柱の造成、およびヘドロ上への覆砂等により、泥の中における水の循環を促して酸素の供給量を増やすことで、干潟の泥質を改善するものである。H15 年度に国・県・市が策定した「水の都ひろしま」構想に協力するために開発したものである。

出典

中国電力㈱HP　http://www.energia.co.jp/corp/active/csr/torikumi/pdf/2013/csr-2013.pdf

会社概要

四国電力株式会社

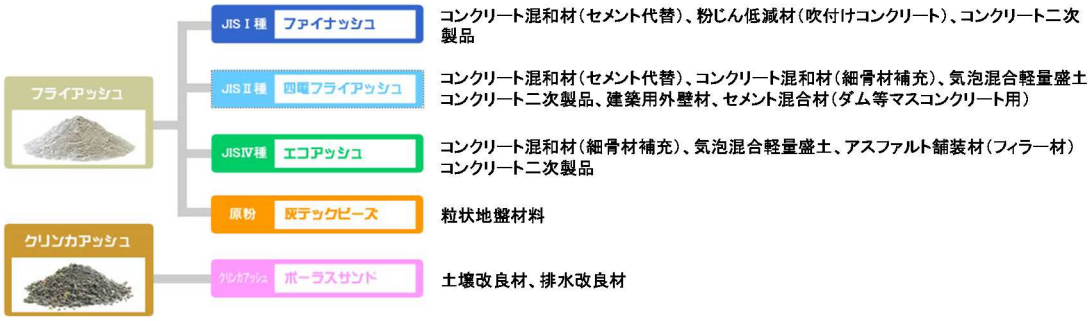
石炭灰有効利用量と最終処分量

四国電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 99.7%(H24 年度実績)であった。

H24 年度	発生量(t)	有効利用量(t)	有効利用率(%)
石炭灰	268,662	267,890	99.7

石炭灰の有効利用

石炭灰を用いた商品として、5 種類の再生製品化を行っている。



出典

四国電力㈱HP　http://www.yonden.co.jp/energy/environ/data/pdf/03.pdf

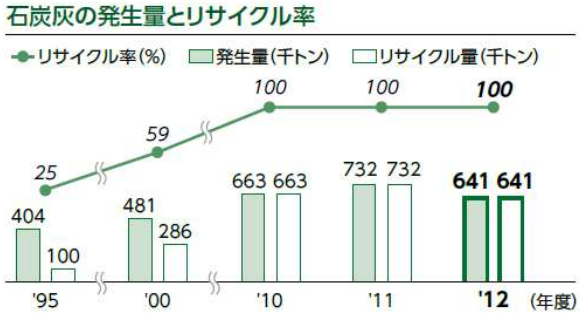
会社概要

九州電力株式会社

石炭灰有効利用量と最終処分量

九州電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 100%(H24 年度実績)であった。

H24 年度	発生量(t)	有効利用量(t)	有効利用率(%)
石炭灰	641,000	641,000	100



石炭灰の有効利用

石炭灰の主なリサイクル用途はセメント原料(40%以上)である。この他、土木資材、建築資材等にもリサイクルを行っている。

出典

九州電力㈱HP http://www.kyuden.co.jp/library/pdf/environment/action-report13/booklet/P23-24.pdf

会社概要

沖縄電力株式会社

石炭灰有効利用量と最終処分量

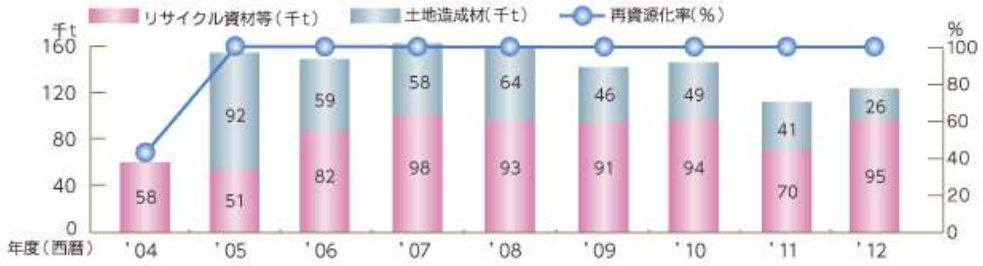
沖縄電力㈱の石炭灰のリサイクル率は 100%(H24 年度実績)であった。

発電所	項目		2008	2009	2010	2011	2012
具志川火力	発生量（千t）		50	49	40	26	34
	再資源化量※1（千t）	リサイクル資材等	50	45	40	26	34
		土地造成材	0	3	0	0	0
	再資源化率※2（%）		100	100	100	100	100
金武火力	発生量（千t）		106	88	102	85	87
	再資源化量※1（千t）	リサイクル資材等	43	46	54	44	61
		土地造成材	63	43	48	41	26
	再資源化率※2（%）		100	100	100	100	100
合計	発生量（千t）		157	137	143	112	121
	再資源化量※1（千t）	リサイクル資材等	93	91	94	70	95
		土地造成材	64	46	49	41	26
	再資源化率※2（%）		100	100	100	100	100

※1：『港湾法上の重要港湾および地方港湾計画に基づき行われる公有水面埋立（廃棄物最終処分場の埋立工事を含む）において電気事業に属する事業者が供給する石炭灰は、土地造成材に該当する』との経済産業省の解釈（2004年11月）を受け、自社埋立処分していた石炭灰を2005年度からは、再資源化量として集計した。

※2：再資源化率（%）＝再資源化量／発生量×100

※3：端数処理上、合計値が合わない場合がある。



石炭灰の有効利用

発電に伴い大量に発生する石炭灰や石こうは、セメント原料や土砂代替材などに再資源化している。また、さらなる再資源化の拡大を図るため、土木材料や農業などへの再資源化技術について調査・研究を進めている。発電所構内の石炭灰有効利用施設では、土砂代替材として頑丈土破砕材などを製造しており、その製品は県内の建設工事で利用されている。

・奏珊土(かなさんど)

石炭火力発電所において発生する石炭灰(フライアッシュ)と排煙脱硫石こうに、水と少量の消石灰を添加し混合した湿潤状粉体で、路床、路盤、盛土材などの土砂代替材として開発(「ポゾテック」の名称を H24 年 5 月 11 日から「奏珊土」へ変更した)。

項目	H20	H21	H22	H23	H24
生産量(千 t)	37	49	42	29	36
石炭灰の利用量(千 t)	26	34	30	23	27

・頑丈土(がんじゅうど)破砕材

石炭火力発電所から発生する石炭灰を原料として製造した、資源循環型の地盤材料。砂質土と同様の性能を有しており、また軽量、高強度、優れた走行性などの特徴がある。建設大臣認定機関(一財)土木研究センターの技術審査証明を H12 年 12 月に取得した。また、H18 年 11 月には国土交通省所轄の(一財)沿岸技術センターより港湾関連民間技術の確認審査評価事業で、港湾工事の埋立材料などとして認定された(沖縄県リサイクル資材評価認定制度(ゆいくる)認定資材)(港湾関連民間技術の確認審査・評価認定資材)。

●主な用途：道路の路床材、路体の盛土材、構造物の裏込め材、埋戻し材、土地造成の拡幅盛土材、埋設管の埋戻し材、河川築堤の嵩上げおよび腹付け材

項目	H20	H21	H22	H23	H24
生産量(千 t)	43	41	37	26	46
石炭灰の利用量(千 t)	29	28	24	17	30

出典

沖縄電力㈱HP　http://www.okiden.co.jp/environment/report2013/sec8/sec81.html

大手電気事業者の他、新日鐵住金株式会社や株式会社安藤・間の先進的な石炭灰リサイクルの技術開発を行っていた事例を以下に示す。新日鐵住金株式会社は、昭和 57 年より鉄鋼スラグ協会(新日鐵住金株式会社、株式会社神戸製鋼所、山陽特殊製鋼株式会社)、兵庫県、神戸市、神戸大学の産官学連携による兵庫県路盤材研究会にて共同開発されたものであり、スラグ混練等、優れたノウハウを活用した高品質なリサイクル製品開発事例である。また、株式会社安藤・間、土木建築業のノウハウを活用した短時間製造、施工利便性を実現した、ユーザー視点に立った優れたリサイクル製品開発事例である。

表 2-3　新日鐵住金株式会社による石炭灰有効利用の製品開発

会社概要

新日鐵住金株式会社

本社所在地等：東京都千代田区丸の内 2-6-1

石炭灰製品販売：アッシュストーン

製造拠点の所在地

　広畑製鉄所(アッシュストーン)：兵庫県姫路市広畑区富士町 1 番地

　株式会社神戸製鋼所　鉄鋼事業部門　技術総括部

石炭灰のリサイクル製品の概要

<優れた特色>

(1)軽量かつ強度

路盤材に強度があることにより、敷き詰める路盤材の厚みを薄くすることができ、工事費用の削減が可能になる。

(2)吸水性

透水性アスファルトの路盤に使用されることで保水性が増す。さらに、この性質を利用した軟弱地盤の土質改良材も開発されている。土中の水分を吸収し、地盤を引き締めることができる。河川の堤防を広げ、その上に都市開発を行うスーパー堤防等での利用が期待されている。

アッシュストーン

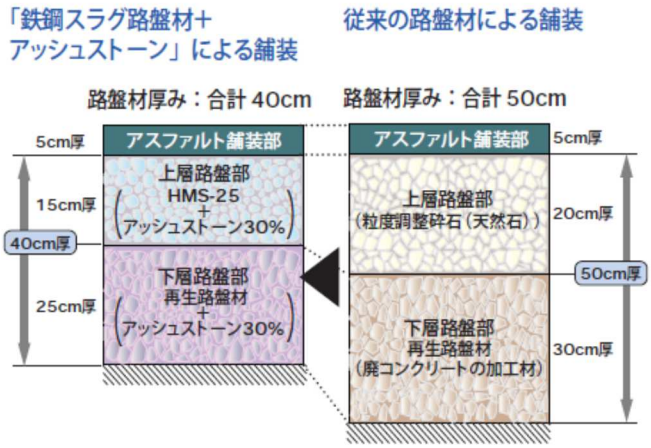
破砕したアッシュストーン

■リサイクル製品の品質（アッシュストーンを配合したスラグ路盤材 HMS25）

試験項目		試験結果	品質規格	試験方法
単位容積質量	(kg/l)	1.71	1.50 以上	道路用鉄鋼スラグ JIS A 5015
修正 CBR ※	(%)	255	80 以上	
一軸圧縮強度	(N/mm^2)	2.59	1.2 以上	
水膨張比	(%)	0.1	1.5 以下	

※修正 CBR ＝路床・路盤の支持力を表す指標。米国ｶﾘﾌｫﾙﾆｱ産の標準的な上層路盤材料強度を基準にした強度比を CBR と言い、施工時の条件を反映した値が修正 CBR となる。

名称	アッシュストーン
用途	路盤材に使われる自然砕石の代替品
主な材料	石炭灰、水、高炉セメント
使用石炭灰の種類と利用率(重量比)	非公開
販売価格	非公開 (参考価格)製紙会社由来の焼却灰での路盤材価格：0-40mm 1,500 円/m3(㈱予州興業)



「アッシュストーン」を従来の路盤材に混合しても、従来の路盤材の特性が維持される。水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材（HMS-25）に「アッシュストーン」を補足材として使用すると、「HMS-25」の特性が維持され、舗装工事の施工厚みを薄くできる。

石炭灰の再商品化技術の概要

鉄鉱石の事前処理プロセスで培った造粒技術、鉄鋼スラグ製品化プロセスで培った蒸気養生技術等製鉄技術を応用したフライアッシュペレット(商品名アッシュストーン)製造方法を開発し、石炭灰を道路用資材(路盤材)として製品化している。

<技術の特徴>

通常石炭灰を固める場合には、石炭灰とセメントを混合し、混練・造粒するという工程が必要である。「アッシュストーン」の製造方法の特徴は、これらの工程を 1 つの設備にまとめた点である。単価が安い自然砕石の代替品であることから、製造コストを抑えるため、通常食品や薬品の製造に使われている外国製のミキサーを使用し、この設備のみで最終製品を作り込むことに成功したもの。高さ約 20m のやぐらの中にメイン装置である外国製のミキサー2 基を設置し、2 つのサイロから石炭灰と、セメントがそれぞれ上部に圧送され、ミキサーの中で混練・造粒される。その後、約 90m のベルトコンベヤで屋根付き養生ヤードに送られ、養生されたあと、さらに屋外養生され、製品ヤードに送られる。運転は 24 時間無人運転。スラグなどの製鉄副産物のリサイクルについて、長年の実績に基づき、水の混合の仕方、混練の仕方、造粒の仕方などの高度なノウハウにより、コスト圧縮かつ高品質な路盤材の製造に成功している。

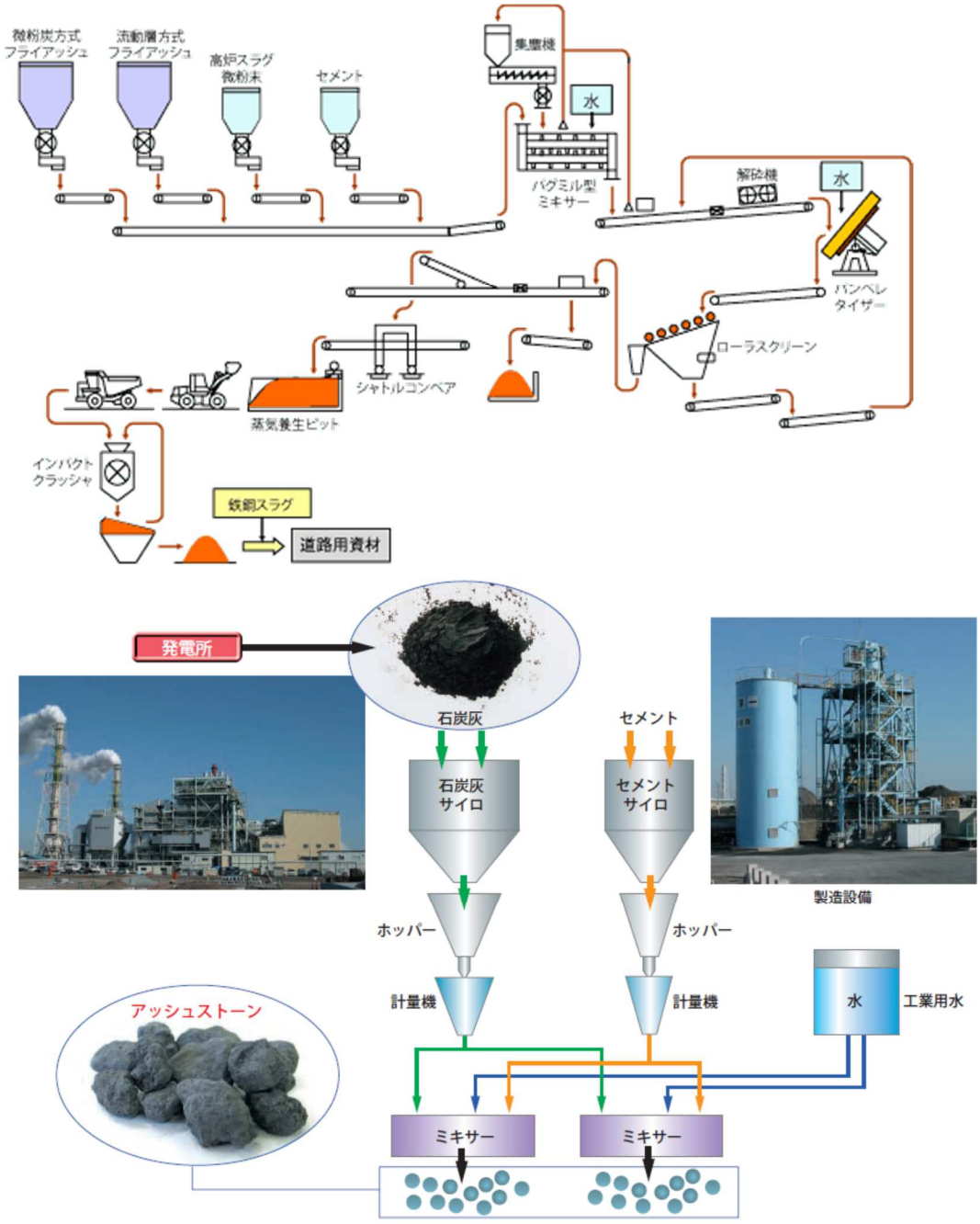


図　アッシュストーン製造工程

石炭灰の再商品化の実績

製造開始以来、年間約 7 万 t のアッシュスストーンを製造し、路盤材として販売している。

H16 年度：(旧)クリーン・ジャパン・センター「資源循環技術・システム表彰」奨励賞受賞

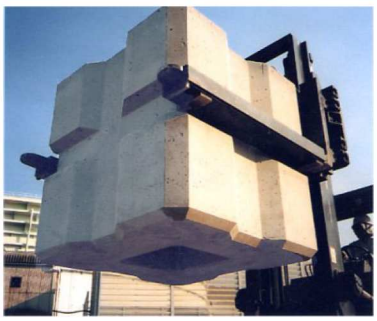
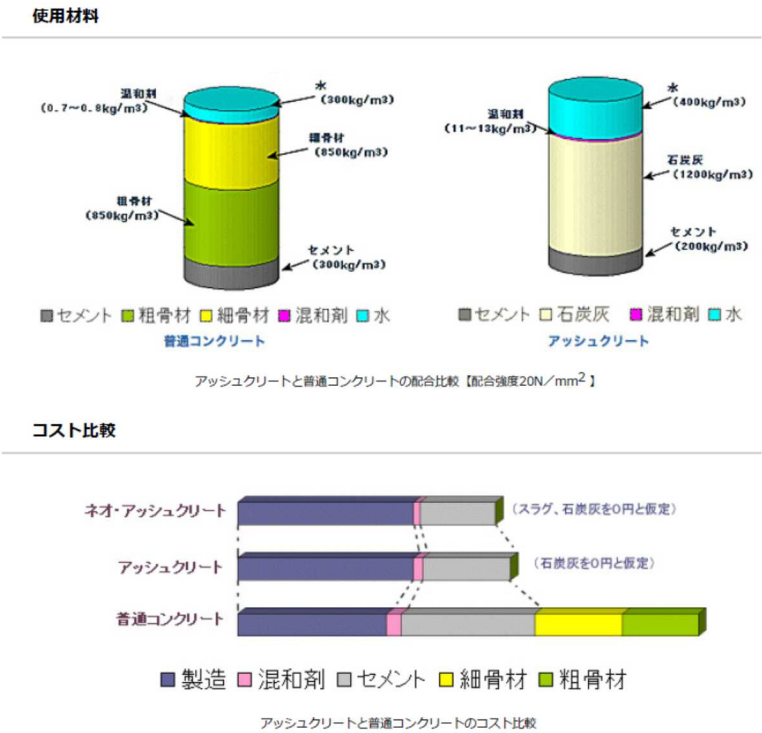
H21 年度：(旧)クリーン・ジャパン・センター「資源循環技術・システム表彰」会長賞受賞

※旧クリーン・ジャパン・センター事業は (一社)産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センターにて継続。

H17 年 12 月：NETIS 登録(登録 No.K-050111)

石炭灰の再商品化の課題
販路開拓について、県の認定を受けることを重視した。アッシュストーンを混合した HMS-25 について、実路試験施工の結果、従来の HMS-25 と同等の性能を有することが確認され、H15 年に兵庫県で公認化された。また、補足材として再生砕石(RC)に混合することで修正 CBR 等の路盤材特性を改善することが可能になった。これにより、アッシュストーンを混合した道路用資材は、従来製品と同等以上の供用性が得られることから、兵庫県請負必携のマニュアルに記載されることとなり、これに沿って使用されている。
石炭灰リサイクルのための連携について
S57 年より、鉄鋼スラグ協会(新日鐵住金㈱、㈱神戸製鋼所、山陽特殊製鋼㈱)、兵庫県、神戸市、神戸大学の産官学連携による兵庫県路盤材研究会にて共同開発された。重要な技術パートナーとして、広畑製鉄所では、これまで、スラグ処理等で実績のあるグループ会社の広鉱技建㈱と連携し、道路の路盤材として再利用する技術開発を行った。H16 年 4 月より製造開始。
出典
新日鐵住金㈱HP http://www.nssmc.com/company/publications/monthly-nsc/pdf/2004_3_137_09_10.pdf ㈱神戸製鋼所 HP　http://www.kobelco.co.jp/ecobiz/list/1174089_13068.html

表 2-4　株式会社安藤・間による石炭灰有効利用の製品開発

会社概要	
株式会社安藤・間(呼称：安藤ハザマ) 本社所在地等：東京都港区赤坂六丁目 1 番 20 号 石炭灰製品販売：アッシュクリート(NETIS 登録番号：CG-990013)	
石炭灰のリサイクル製品の概要	
①　アッシュクリート アッシュクリート(NETIS 登録番号：CG-990013)は、海洋や海岸で使用するブロックであり、経済性、耐海水性、安全性、比重が小さい等の特長を備えている。同社独自技術である超流体工法の開発によって実現した。既に大量製造する生産体制が確立されている。  図　アッシュクリート製品  図　アッシュクリートの製品特徴と他製品比較	

② アッシュクリート TypeII

アッシュクリート TypeII は、アッシュクリート技術をベースに陸上で適用するために開発されたものである。バッチングプラントで練り混ぜた材料を施工現場に運搬・敷き均した後に、現位置で超流体工法による締固めを行うことで、1 日 250m3 程度の大量施工をすることが可能。土壌環境基準値をクリアしており、維持管理を必要とせず、長期的に安定した強固な人工地盤や路盤を造成することができる。石炭灰の大量リサイクルにより、建材試験センターから環境主張建設資材の適合証明(省資源型 1 級、環境保全型 1 級)に認定されている。

図　アッシュクリート TypeII の材料構成、施工方法、適用事例

③　ネオ・アッシュクリート

ネオ・アッシュクリートは、比重が小さいために波などの外力を受ける環境下では不適というアッシュクリートの問題を解決し、金属スラグを重量骨材として添加することによって比重調整を可能にしたものである。通常のコンクリートと同等、あるいはそれ以上の比重を持つアッシュクリートの製造が可能となっている。さらに、超流体工法によるブロックの製造に小型振動機を活用することにより、機動性の向上と低コスト化を実現し、世界最大級の 80t 型テトラポッド(消波ブロック)の製造に成功した。なお、本技術は、中国電力㈱、山口大学、㈱安藤・間、㈱テトラの共同研究により開発したものである。

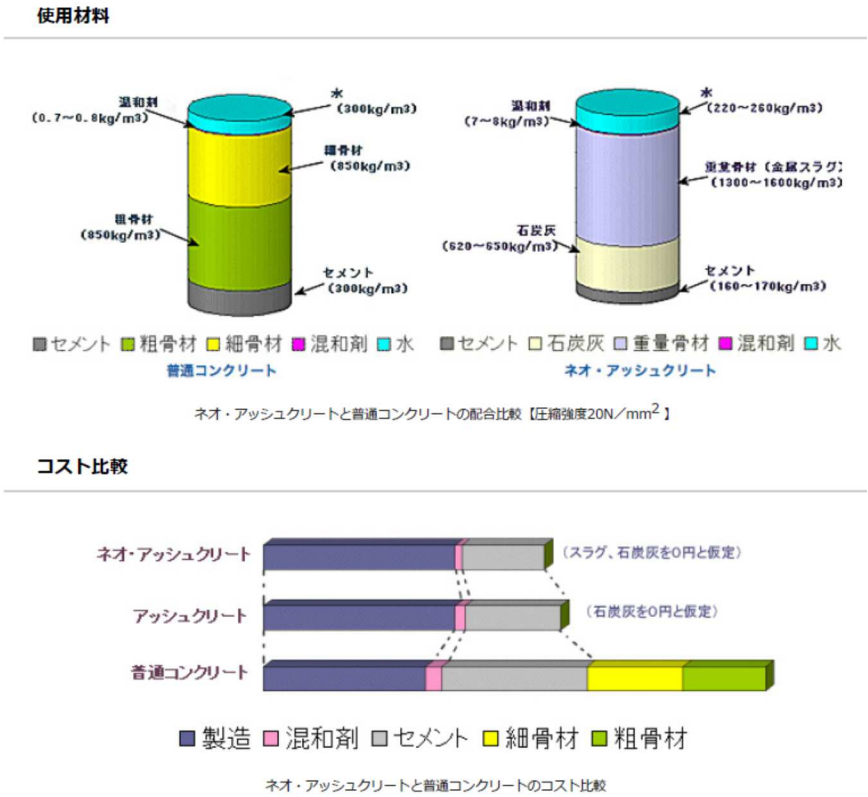


図　ネオ・アッシュクリートの材料構成、コスト比較

石炭灰の再商品化技術の概要	

① アッシュクリートブロック製造システム

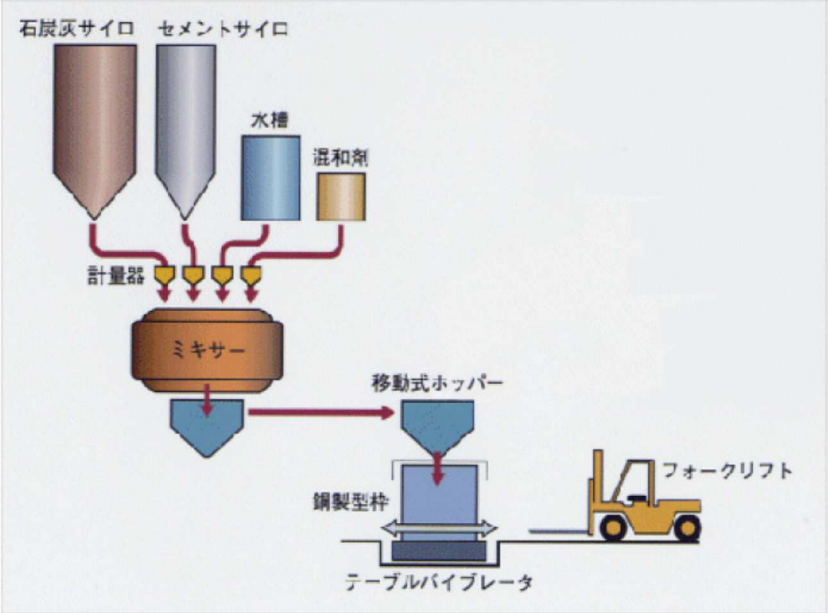
アッシュクリートブロック製造システムは、超流体工法や配合設計システムなどを含むトータルシステムとして開発されたもので、1.6m 角(6t)のブロックの製造時間は約 20 分間であり、ほぼ 1 日で脱型可能な短時間製造が特徴である。また、フォークリフトで簡単に運搬できる形状とすることで、吊り金具、鉄筋を不用とするなど、製造プロセスの簡素化、運搬の効率化が図られている。

石炭灰、セメント、水の混練物を型枠に投入

振動を与え、超流体化

約20分で完全に超流体化

仮置きされたアッシュクリートブロック



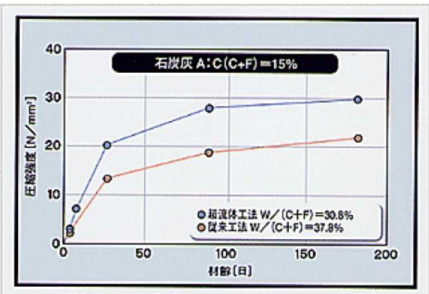
アッシュクリートブロック製造システム

図　アッシュクリートブロック製造システムの製造方法

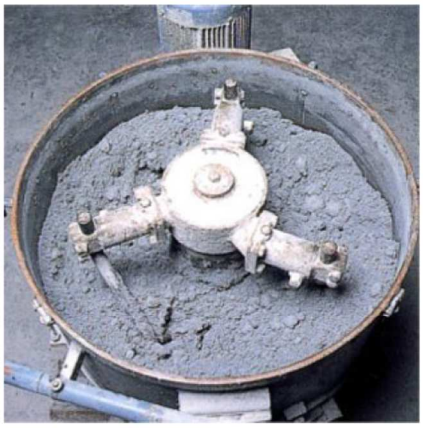
② 超流体工法

超流体工法は、アッシュクリートブロック製造システムの基礎となる技術である。非常に少ない水量で練り混ぜた粉体を振動によって締固めて硬化させるという、類例のない独自工法である。工法は以下のとおりである。①まず、石炭灰、セメント、混和剤に、実験から割り出された必要最低限の水を加え、ミキサーで混練する。この段階では、生コンクリートのような液状にはならず、粉体の状態が保たれている。②次に、この粉体に 1 分間に数千回の振動を与え、数分でプリン状の「超流体」と呼ばれる状態にする。③その後、硬化し、約 1 日で脱型可能な状態になる。

練混時から液状にして製造する従来工法と比較すると、超流体工法による硬化体は初期強度から長期強度に至る強度発現が著しいことが特徴である(グラフ参照)。また、均質性に富み、水量が少ないために乾燥後のクラックも少ないなど、品質上の優位性が見られる。さらに、運搬容器などへの付着がなく、養生もしやすいなど、施工性においても利便性が高い。グリーン購入の対象となる特定調達品目の基準に適合し、さらに海底山脈を築造したアッシュクリートブロックはエコマークも取得している。



超流体工法と従来工法による強度発現の比較


石炭灰、セメント、混和剤を混ぜた粉体に水を加え、ミキサーで混練する。この段階では粉体の状態が保たれる。

粉体を型枠に移し、振動を加えると数分で一部が流体化し始める。

すべてが超流体化状態となる。表面もフラットになり、やがて水和反応による硬化が進む。

図　アッシュクリート製造工程

石炭灰の再商品化の実績
「マウンド漁場造成システムの開発」では、約 5,000 個のブロックを製造、長崎県の北松海域に沈設した。
石炭灰の再商品化の課題
アッシュクリートは、比重が小さいために波などの外力を受ける環境下では不適という課題があった。この課題に対し、金属スラグを重量骨材として添加することによって比重調整を可能にし、解決したものがネオ・アッシュクリートである。
石炭灰リサイクルのための連携について
① アッシュクリート アッシュクリートブロックの製造技術は、石炭灰コンクリートが水産庁の技術指針に採用されたのを契機に、「マウンド漁場造成システムの開発」事業として、(一社)マリノフォーラム 21 を事業主体とし、水産庁の補助金と電気事業連合会の協力を得て H7 年度にスタートした。電源開発㈱松浦火力発電所から供給される石炭灰を利用し、大水深の海域に、天然礁に近い形状と機能を有するマウンドを構築することによって、大規模な湧昇流漁場の造成に成功した。 ② ネオ・アッシュクリート アッシュクリート課題解決として、金属スラグを重量骨材として添加し、比重調整を可能とした「ネオ・アッシュクリート」の技術は、中国電力㈱、山口大学、㈱安藤・間、㈱テトラの共同研究により開発したものである。
出典
㈱安藤・間 HP　http://www.ad-hzm.co.jp/service/ashcrete/

この他、全国の都道府県(秋田県以外)にてリサイクル製品として登録されている石炭灰の再生製品化事例を以下の表に示す。コンクリート二次製品や路盤材、改良土等、土木資材や建築資材品が多く見られた。

表 2-5　リサイクル製品として認定登録されている石炭灰製品(秋田県以外)

都道府県	リサイクル製品登録制度名	製品名	用途	石炭灰の種類	石炭灰の利用率(%)	その他素材	JIS 等の規格の有無	認定事業者等
北海道	北海道リサイクル製品認定制度	フライアッシュ RC 製品(コンクリート)(4 品目)	土木用 道内火力発電所で発生した石炭灰をコンクリート製品中のセメント及び砕砂の一部と置換した鉄筋コンクリート製品。低振動でも打設可能な「高流動コンクリート」として配合設計し、工場二次(RC～鉄筋コンクリート)製品として製造。	フライアッシュ	－	石油精製副産物の硫黄、硅砂、炭素繊維材など	－	㈱加藤建設工業
		BAS(バイオアッシュストーン)	凍上抑制層材料、盛土材料、埋戻し材料、路盤材(林道) 製紙工場のバイオマスボイラーから発生する焼却灰を固化材(セメント)により混練、固化破砕した再生骨材で凍上抑制材、盛土材、埋戻し材として利用可能。 材料の支持力が高く吸水力があることから路盤の凍上を抑制し、融雪や降雨などによる雨裂が生じにくいことが期待され林道の路盤材としても評価。	石炭灰	－	木質燃料灰	土壌汚染対策法に基づく有害物質基準適合	－
		フライアッシュ GP パネル、フライアッシュ GP パネル(密着型)	外断熱複合パネル 通気層一体型と密着型の 2 タイプ。型枠材としての機能も兼ね備えており、南洋材削減による森林保護にも貢献。	フライアッシュ	－	マテリアルリサイクルを実施している断熱材(EPS)	・外装部分　JIS A 5440(火山性ガラス質複層板[VS ボード])準拠 ・外装部分　建築基準法施行令難燃材料認定 ・断熱材・通気層部分　JIS A 9511(発泡プラスチック保温材)認定 ・接着剤　JIS K 6806 （水性高分子―イソシアネート系木材接着剤)準拠 ・エコマーク認定	－

							・土壌汚染対策法に基づく有害物質基準適合	
北海道	北海道リサイクル製品認定制度	フライクリーン(FC材)	舗装の下層路盤材、凍上抑制材、基礎砂利、裏込材、埋戻材等 は越智建設㈱が開発した 2 段階造粒と高温養生システムの採用により、コンクリート再生骨材と同等の品質・施工性を有する。	フライアッシュ	－	－	・エコマーク認定 ・国土交通省 NETIS 登録 ・北海道新技術情報提供システム登録 ・北海道開発局・北海道建設部コンクリート 再生材等の路盤材料品質規格準拠 ・土壌汚染対策法に基づく有害物質基準適合	－
		OE ビーズ 2	製紙工場から発生する焼却灰を原料とした、凍上抑制材。	石炭灰	－	－	－	－
		OE ビーズ 3	製紙工場から発生する焼却灰を原料とした、盛土材・埋戻材。	石炭灰	－	－	－	－
		再生材(汚泥再生粒状土)	盛土材、埋戻材、覆土材 石炭灰(フライアッシュ)と建設汚泥(無機性汚泥)を原料とした土木資材。工事における盛土、埋戻土として利用。	フライアッシュ	－	汚泥(建設汚泥)	・国土交通省　建設汚泥処理土利用技術基準適合 ・土壌汚染対策法に基づく有害物質基準適合 ・コーン指数 1,600kN/㎡以上	㈱大伸
		エコドライボール	製紙工場で発生するボイラー灰(ペーパースラッジ灰)を原料とした凍上抑制材。	石炭灰	－	－	－	－
		F ソイル	路盤材・盛土材・埋戻材 北海道電力㈱苫東厚真発電所から発生した石炭灰(フライアッシュ)を原料とし、セメントを加え施工性と固化強度の向上を図った。	フライアッシュ	－	燃え殻(石炭灰)	・(公社)日本道路協会　舗装設計施工指針適合・道路土工－排水指針適合 ・主な性能：一軸圧縮強度(材齢 7 日)2,571kN/㎡、CBR(強度)396%、凍上率 0.9% ・エコマーク認定 ・土壌汚染対策法に基づく有害物質基準適合	北電興業㈱
		アッシュブリック	煉瓦(舗装材、建材、園芸) 火力発電所の石炭灰(フライアッシュ)を原料とした煉瓦。圧縮強度、吸水率とも JIS の第 4 種の基準に適合し、耐久性に優れる。	フライアッシュ	－	－	・JIS R 1250(普通れんが)準拠 ・エコマーク認定 ・土壌汚染対策法に基づく有害物質基準適合	米澤煉瓦㈱

宮城県	宮城県グリーン製品認定制度	モエンサイディングW・モエンエクセラード(窯業系サイディング)	建築用外装材 基材にフライアッシュ(石炭灰)・木片チップを43%以上利用。木造、鉄骨造等の建築物の外壁などに使用出来る。製品は200品番あり、多彩な色がらで景観的調和をはかることもできる。	フライアッシュ	フライアッシュと木片チップで43%以上	木片チップ	JISA5422に適合	ニチハ㈱(愛知県名古屋市)
山形県	山形県リサイクル製品認定制度	フライピーシー(プレキャストコンクリート製品)	県内で発生するフライアッシュ(石炭灰)を原材料に使用したコンクリート二次製品。	フライアッシュ	－	－	－	山形県コンクリート製品工業協同組合
		フライコン(コンクリート製品)	県内で発生するフライアッシュ(石炭灰)を原材料に使用したコンクリート二次製品。	フライアッシュ	－	－	－	前田製管㈱
		FRC 砕石(フライアッシュ砕石)	県内で発生するばいじん(石炭灰)を原材料に使用した路盤用、盛土用の砕石。	フライアッシュ	－	－	－	酒井鈴木工業㈱
福島県	うつくしま、エコ・リサイクル製品認定制度	ECO シリーズ(5 品目登録、歩車道境界ブロック、排水溝等)	土木用製品 銅スラグ、石炭灰(フライアッシュ)等を原材料として製造したコンクリート製品。	フライアッシュ	－	銅スラグ、再生骨材	－	㈱ダイイチ
		鉄筋コンクリートボックスカルバート	土木用製品(ボックスカルバート)、道路、下水道工事 県内の火力発電所から発生する石炭灰を利用した製品。雨水排水、下水道暗渠等幅広い用途で使用できる。	フライアッシュ	－	－	－	SMC コンクリート㈱(四倉工場)
		モエンエクセラード	建築用製品(外装材)、窯業系外装材 木造、鉄骨造等の外壁等に使用できる。多彩な色柄で景観的調和を図ることができる。	フライアッシュ	－	木質チップ	JIS 表示品	ニチハ㈱(郡山営業所)
		ネオナイト Cs	除染剤(放射性物質の除去) 県内で発生する石炭灰(フライアッシュ)を原料とした除染剤。放射性物質を吸着、除去することができる。	フライアッシュ	－	－	－	㈱ネオナイト

富山県	富山県リサイクル製品認定	再生砕石 F・ストーン	土木資材 廃プラスチックとフライアッシュを利用した人工砕石にさらにフライアッシュを混合した再生砕石で、骨材として広く利用できる製品。	フライアッシュ	廃プラスチック類6%、フライアッシュ54%	廃プラスチック	－	田中興産㈱
		透水性インターロッキングブロック「ウェットデューR」	土木資材 廃プラスチックとフライアッシュ、廃ガラスを利用した透水性舗装ブロックで、歩道、遊歩道等で使用できる製品。	フライアッシュ	8%	廃プラスチック、廃ガラス	－	田中興産㈱
石川県	石川県エコ・リサイクル製品認定制度	再生骨材等KRC(フライアッシュのリサイクル路盤材)	コンクリート二次製品	フライアッシュ	－	－	－	㈱トステック
		コンクリート二次製品　フライアッシュコンクリート製品	コンクリート二次製品	フライアッシュ	－	－	－	島崎コンクリート工業㈱
		コンクリート二次製品　Fシリーズ(歩車道境界ブロック・有孔フリューム・自由勾配側溝)	コンクリート二次製品	フライアッシュ	－	－	－	日建コンクリート工業㈱
		コンクリート二次製品　KCF シリーズ(5品目、大型連節ブロック、環境保全型張ブロック等)	コンクリート二次製品	フライアッシュ	－	－	－	共和コンクリート工業㈱北陸支店石川営業所
		コンクリート二次製品　フライアッシュ再生コンクリート二次製品	コンクリート二次製品	フライアッシュ	－	－	－	石川県コンクリート製品協同組合

石川県	石川県エコ・リサイクル製品認定制度	コンクリート二次製品　環境配慮型シリーズ(4 品目、大型張ブロック　ソフィストーン R 等)、護床ブロック　床張 2 号	コンクリート二次製品	フライアッシュ	－	－	－	菱和コンクリート㈱金沢営業所
		コンクリート二次製品　環境配慮型シリーズ(2 品目)、水平張ブロック、階段ブロック、大型積ブロック)	コンクリート二次製品	フライアッシュ	－	－	－	共和コンクリート工業㈱北陸支店石川営業所
福井県	福井県リサイクル製品認定制度	アコールコンクリート N タイプ	火力発電所から発生する石炭灰を骨材に使用した製品。	フライアッシュ	－	－	－	㈱ミルコン
		コンクリート二次製品各種	火力発電所から発生した石炭灰を使用したコンクリート二次製品。	フライアッシュ	－	－	－	丸高コンクリート工業㈱
		レディーミクストコンクリート	火力発電所から発生する石炭灰を使用したレディーミクストコンクリート。	フライアッシュ	－	－	－	福井宇部生コンクリート㈱ ユーコン㈱
		コンクリート二次製品各種(F ミックス)	火力発電所から発生するフライアッシュ(石炭灰)を有効活用した耐久性に優れたコンクリート二次製品。	フライアッシュ	－	－	－	㈱ホクコン 下宮コンクリート工業㈱
		コンクリート二次製品各種	火力発電所から発生するフライアッシュ(石炭灰)を有効活用したコンクリート二次製品。	フライアッシュ	－	－	－	㈱カモコン

福井県	福井県リサイクル製品認定制度	コンクリート二次製品各種	火力発電所から発生するフライアッシュ(石炭灰)を利用した大型積ブロック、大型張ブロック。 【用途】 ・道路、鉄道などの土留め工。 ・河川、海岸、港湾などの護岸工。 ・砂防、治水などの護岸工。 ・埋立、宅地造成などの土留め工。 ・風致地区、観光地、学校などの景観保全。	フライアッシュ	－	－	－	㈱佐々木土建
		コンクリート二次製品各種	敦賀火力発電所から発生するフライアッシュ(石炭灰)を有効活用したコンクリート二次製品。 強度にもほぼ影響なく練り込まれたフライアッシュは溶出しないので、製品を破砕すれば再び再生骨材として利用可能。	フライアッシュ	－	－	－	野尻コンクリート工業㈱
		コンクリート二次製品各種	敦賀火力発電所から発生するフライアッシュ(石炭灰)を有効活用したコンクリート二次製品。	フライアッシュ	－	－	－	㈱ホクエツ福井
		コンクリート二次製品各種	敦賀火力発電所から発生するフライアッシュ(石炭灰)を有効活用したコンクリート二次製品。 フライアッシュのポゾラン反応によってコンクリートが緻密化され、強度および耐久性が向上している。	フライアッシュ	－	－	－	セキサンピーシー㈱
		コンクリート二次製品各種	敦賀火力発電所から発生するフライアッシュ(石炭灰)をセメントの一部として再利用したコンクリート二次製品。	フライアッシュ	－	－	－	清水コンクリート㈱
		イーグルパウダー291S	地盤改良材 石炭火力発電所から発生するフライアッシュを活用。軟弱地盤に幅広く使用でき，また土の種類によっては，溶出する場合のある六価クロムの溶出量を抑制する効果のあるセメント系リサイクル固化材。	フライアッシュ	－	－	－	敦賀セメント㈱

福井県	福井県リサイクル製品認定制度	クリンカアッシュ	グラウンド路盤材、土壌改良材、再生砕石粒度調整材、暗きょ排水疎水材(田んぼ、グラウンド、ゴルフ場)	クリンカアッシュ	－	－	－	北陸電力㈱敦賀火力発電所
岐阜県	岐阜県リサイクル認定製品	フュージョン	再生土木資材、廃材を使用したブロック。 多種多様の形、色の製品あり。 表面のガラス粒が光に反射するため、交差点部での減速効果あり。 従来の材料である砂の代わりに溶融スラグを使用することにより製品単価を抑えている。	フライアッシュ	－	49.2%(溶融スラグ)11.7%(廃ガラス)、セメント・砂・砂利・混和剤・顔料	－	揖斐川工業㈱　アイケイ関工場
		フライアッシュBセメント Eco-G(FBE-G)	廃棄物を使用したセメント。 下水汚泥の有効利用による埋立処分場の延命。 連続工程の中で品質管理実施。	フライアッシュ	－	下水汚泥(2.7%)、石灰石、粘土、珪石	・JIS R5210	住友大阪セメント㈱岐阜工場
愛知県	“あいくる”(愛知県リサイクル資材評価制度)	タタキ舗装(フットパースープレミックス混合土)	歩道等の舗装材。	クリンカアッシュ	－	－	－	大有建設㈱名古屋北部土質改良センター (販売) 丸高㈱
		環境負荷低減型固化材 ドクトール(地盤改良工用)	土壌改良材	フライアッシュ	－	再生石膏粉	－	ＨＳＳエンジニヤリング㈱
奈良県	奈良県リサイクル認定製品	コンクリート二次製品 ニューストーン	再生骨材やフライアッシュを利用した土木用コンクリート積みブロック。自然石に似た美しい外観で石垣と同様に道路・河川等の護岸、宅地造成工事等に使用。	フライアッシュ	－	－	－	南和産業㈱
和歌山県	和歌山県リサイクル製品認定制度	アシェラウッド	デッキ材、ルーバー等 水や熱による寸法変化や劣化の少ない、耐久性を持つ、人口木デッキ材。	フライアッシュ	－	容器包装リサイクル樹脂	エコマーク認定品	積水化学工業㈱

島根県	しまねグリーン製品認定制度	コンクリート製品(12品目)	中国電力㈱三隅火力発電所から排出されるフライアッシュを混和材として利用。	フライアッシュ	10%	－	－	昭和セメント工業㈱斐川工場
		コンクリート製品(9品目)	中国電力㈱三隅火力発電所から排出されるフライアッシュを混和材として利用。	フライアッシュ	10%	－	－	和光産業㈱本社工場、出雲工場
		コンクリート製品(11品目)	フライアッシュを混和剤として利用した製品。CO2の排出抑制にも寄与。	フライアッシュ	10%	－	－	㈱イズコン
		エコンパネル	中国電力㈱三隅火力発電所から排出されるフライアッシュを混和材として、使用済PETボトルを加工したPET繊維をコンクリート補強材として利用。コンクリート構造物を形成する際の残存型枠として使用出来る。型枠の製作・解体工程が不要で、工期が短縮されるとともに現場廃材も激減。	フライアッシュ	10%	PET繊維	－	和光産業㈱本社工場、出雲工場
		ライトサンド	ライトサンドは、軽量で高いせん断強度を備えているため、よう壁の裏込材、軽量盛土材として適している。また、排水性・通気性に富み、保水性もあるため、グラウンド等の排水材にも適している。	クリンカアッシュ	100%	－	－	中国電力㈱電源事業本部 製造・加工場 三隅リサイクルセンター 販売場所　：中国電力㈱
		ネオナイト	天然無機系材料を主原料として製造した排水の浄化剤。有害物を含まない土砂排水の場合、残土として建設現場で埋め戻しが可能。	フライアッシュ	20%	－	－	㈱ネオナイト

島根県	しまねグリーン製品認定制度	ハイビーズ	石炭火力発電所で発生する石炭灰(フライアッシュ)に、セメントと水を混合して造立した製品。平均的な土粒子密度は、2.1～2.4g/cm3 程度と、一般の無機質土に比べて軽量であるため、軟弱地盤上への覆砂材として適している。 また、高いせん断強度(内部摩擦角 φ40°以上)を確保できるため、海上の地盤改良材(サンドコンパクションパイル、サンドドレーン)として適している。	フライアッシュ	85%	セメント、水	－	中国電力㈱電源事業本部 製造・加工場 ：新小野田発電所
		ハイビーズロック	石炭火力発電所で発生する石炭灰(フライアッシュ)に、セメントと水を混合して固化した製品です。大きさが 50cm 程度と大きく、50kg から 200kg の重量があるが、通常の捨石より比重が軽く、軟弱地盤へ投入した際の減り込み量を低減することができるため、埋め立て地の覆砂材や浅場造成材として適している。	フライアッシュ	85%	セメント、水	－	中国電力㈱電源事業本部 製造・加工場 ：新小野田発電所
岡山県	岡山県エコ製品認定制度	ライトサンド	軽量盛土材、排水材、擁壁裏込材、埋戻材、路床材、路盤材。 砂とよく似た粒度分布で、軽量・透水性に優れている。	クリンカアッシュ	－	－	－	中国電力㈱電源事業本部 (岡エコ石炭灰第１号)
		アルファグリーン	土壌安定、団粒化、浸食防止剤 法面緑化吹付工事にラス網不要。	フライアッシュ	－	－	－	㈱富士テック 岡エコその他資材第１号
広島県	広島県登録リサイクル製品	EB-07	地盤改良材 吸収性が高く軟弱土の含水比を低減し、また自硬性を有し、混合後緩やかに地盤支持力が向上することで地盤改良を行う。	石炭灰	29%	無機性汚泥(57%)	－	㈱熊野技建

広島県	広島県登録リサイクル製品	EB (イービー)	再生骨材 再生骨材 EB(イービー)は球状の骨材で、軽量・吸水性が高い等の天然の骨材にはない特徴を持ち、透水性や保水性を必要とするコンクリート二次製品や雑草の繁茂を抑制する被覆材等、園芸用から土木資材まで幅広い用途での使用が可能。	石炭灰	40%	無機性汚泥(52%)	―	㈱熊野技建
		RM-40、RM-30	再生粒度調整砕石 無機性汚泥、コンクリート廃材、石炭灰などの産業廃棄物を独自の技術により混合し製造した再生品。	石炭灰	18%	①がれき類(コンクリート廃材)42%、②汚泥(無機性汚泥)40%	国際規格 ISO9001、14001 に則った品質・製造管理や環境への取組みを行なっている。	㈱熊野技建
		改良土	改良土 中国電力㈱大崎発電所で発生した石炭灰を使用。	石炭灰	6%	①建設発生土 65%，②建設汚泥 26%	―	黒瀬資源再利用センター ㈱
山口県	山口県認定リサイクル製品	ネオナイト MI-1 BI-1	濁水処理剤 天然資源であるゼオライトと、中国電力㈱新小野田発電所から発生する石炭灰を主な原料とする。pH 調整が不要なので、汎用性が高く、環境にやさしい製品。無機系中性排水の処理に適する。	フライアッシュ	―	ゼオライト	―	㈱イー・アール・エス 平生工場
		キュート萩	石炭灰再生資材(建築用吸音材) 中国電力㈱新小野田発電所で発生するフライアッシュを利用した吸音用建材。	フライアッシュ	―	―	―	小田建設㈱
		Hi ビーズ	石炭灰再生資材(海砂代替材) 中国電力㈱新小野田発電所で発生するフライアッシュを造粒した海砂代替材。	フライアッシュ	―	―	石炭灰再生資材(海砂代替材)	中国電力㈱電源事業本部(環境材料担当)
		ライトサンド	石炭灰再生資材(軽量盛土材) 中国電力㈱新小野田発電所で発生するクリンカアッシュから製造された砂状の土木用資材。軽量盛土材や排水材として活用される。	クリンカアッシュ	―	―	―	中国電力㈱電源事業本部(環境材料担当)

山口県	山口県認定リサイクル製品	モエンエクセラード	建築用外壁材 県内で発生する石炭灰や木片チップを原料とした窯業系外壁材。住宅などの建築物の外装に用いられる。	フライアッシュ	－	木片チップ	－	ニチハ㈱ 市場開発部
		接地抵抗低減剤 ライム 1000	石炭灰再生資材(接地抵抗低減剤) 中国電力㈱新小野田発電所で発生したフライアッシュを利用。	フライアッシュ	－	－	－	ライムストン㈱
		コンクリート二次製品 FE シリーズ(12 品)	中国電力㈱新小野田発電所から発生する石炭灰を、セメント量の 20%相当分まで混和したプレキャストコンクリート製品。	石炭灰	20%	－	－	㈱九コン山口
		コンクリート二次製品 FE シリーズ(3 品)	中国電力㈱新小野田発電所から発生する石炭灰を、セメント量の 20%相当分まで混和したプレキャストコンクリート製品。	石炭灰	20%	－	－	シマダ㈱ 共和営業開発部
		NeoAsh クリート(NA クリート)	石炭灰再生材(コンクリート)石炭灰の利用により、セメント使用量を 50%～80%に低減させるとともに、骨材の代替材として金属スラグを使用した再生コンクリート。海洋コンクリート構造物に使用される。	石炭灰	－	金属スラグ	－	中国電力㈱ 電源事業本部(環境材料担当)
		コンクリート二次製品(6 品)	中国電力㈱新小野田火力発電所から出る石炭灰(フライアッシュ：JIS A6201)をセメント量の 20%混和材として使用したプレキャスト鉄筋コンクリート製品。	フライアッシュ	20%	－	JIS A6201	中川ヒューム管山陽㈱
徳島県	徳島県リサイクル認定制度	灰テックビーズ	粒状地盤材	フライアッシュ		水、セメント、消石灰	(一財)土木研究センター 建設技術審査証明取得	四国電力㈱ 橘湾発電所
		ソーラーガード	太陽光発電施設用防草材	クリンカアッシュ	－	－	－	㈱YBK 工業
		ハシピタン	端部雑草防止材 石炭火力発電所で発生する石炭の灰を粉末状にした骨材を利用。構造物と舗装の隙間から繁茂する雑草を下地端部から抑える雑草防止剤。カルシウム成分の溶出により防草効果をもたらす。	クリンカアッシュ	－	－	－	㈱YBK 工業

愛媛県	愛媛県認定優良リサイクル製品	アシェラウッド	人工木材 石炭火力発電所から排出されるフライアッシュと、レジ袋などの容器包装リサイクル樹脂を主原料とするリサイクル新素材で、表層に木質感を再現するために木粉充填樹脂を使用することで、人工木材として製品化。従来の人工木材と比べて、水に強く、低伸縮・高強度な素材特性を活かし、県内外の公共スペースなどで広く使用されている。	フライアッシュ	－	容器包装リサイクル樹脂	エコマーク認定	四国積水工業㈱
		Eアンダー	路盤材 県内の石炭火力発電所から排出されるフライアッシュとセメント、消石灰を造粒固化し、砕石と混合した土木資材。	フライアッシュ	－	セメント、消石灰	－	ABC開発㈱
		スーパーミックス	地盤改良材 県内の石炭火力発電所から排出されるフライアッシュとセメント、消石灰を造粒固化した土木資材で、軟弱地盤の地盤改良材として使用されるほか、砕石との混合製品など様々な用途での利用が期待できる製品で、最近各地で設置が進むメガソーラー建設現場での防草材としての使用が注目されている。	フライアッシュ	－	セメント、消石灰	－	常盤砕石㈱
		ポーラスサンド	土壌・排水改良材 石炭火力発電所で石炭の燃焼によって生じた石炭灰のうち、クリンカアッシュを破砕機で砂状に砕いたもの。ポーラスサンドを土と混合することにより、透水性・通気性の向上、土の硬化防止、保水性向上などが見込まれるほか、科学的に安定しており、雑菌や雑草等の種が含まれないことから、安心して使用することができる。	クリンカアッシュ	－	－	－	四国電力㈱ 西条発電所

愛媛県	愛媛県認定優良リサイクル製品	アッシュストーン	路盤材、埋め戻し材 県内の製紙企業から排出される「製紙スラッジ焼却灰(PS 灰)」と「石炭灰」を造粒固化した土木資材で、軽量で吸水性が高いという特長がある。民間工事や地元自治体で道路の路盤材として使用されているほか、コンクリート二次製品の材料としての適用性についても研究・開発中。	フライアッシュ	－	製紙スラッジ焼却灰	－	㈱予州興業
高知県	高知県リサイクル製品等認定制度	灰テックビーズ	人工地盤材料 石炭火力発電所で副産される石炭灰(フライアッシュ)に水とセメント、消石灰を混合・造粒して製造。	フライアッシュ	－	水、セメント、消石灰	－	東洋電化工業㈱
		DO 側溝	フライアッシュを使用した車道と歩道の境に設置する路側円形側溝。	フライアッシュ	－	－	－	㈲須崎サブコン
沖縄県	沖縄県リサイクル資材評価認定制度	ポルトランドセメント 3 種	再生資源含有セメント	石炭灰	－	木くず、焼却灰、その他	－	琉球セメント㈱
		琉球 RKC2 種	再生資源含有セメント	石炭灰	－	木くず、焼却灰、その他	－	琉球セメント㈱

表 2-6　B 社の石炭灰リサイクルの取り組み

会社概要
B 社 　北海道
石炭灰のリサイクル製品の概要
アッシュブリック 煉瓦(舗装材、建材、園芸) 火力発電所の石炭灰(フライアッシュ)を原料とした煉瓦。圧縮強度、吸水率とも JIS の第 4 種の基準に適合し、耐久性に優れる。 ･JIS R 1250(普通れんが)準拠 ･エコマーク認定 ･土壌汚染対策法に基づく有害物質基準適合
石炭灰の再商品化技術の概要
混練→焼成(1,200℃程度)　通常の煉瓦製造工程と変わらない。 単一性状の石炭灰であれば、最大 50%まで混練可能。 リサイクル製品としての付加価値を上げるため、エコマーク取得条件を満たすことが必須になる。そのため、50%の混練が出来ない場合は、石炭灰を受け入れることが難しい。 条件をクリアした石炭灰であれば、工場持ち込みで有価買取している。
石炭灰の再商品化のご実績
最近は製品化実績がない(理由は、課題の 2 つ目を参照)。 製品化する際は、10t ダンプ車 100 台程度のまとまった量の確保が必要。
石炭灰の再商品化の課題
灰の中に未燃分があると煉瓦内で膨張するため、成形時に割れてしまう。 煉瓦材料として受入可能な石炭灰は単一成分に限られるが、現在の火力発電所がフル稼働している状態では様々な産地の石炭を混焼しているため、この条件を満たすことが難しい。 ユーザーは、同価格であれば、リサイクル製品ではなくバージン製品を選択する。リサイクル材への心理的な壁が未だに根強く、民民契約では、オーナーが要望しなければ、設計・建設会社からのリサイクル材使用の提案は消極的なことが多い。現状は、発注後でなければ製造が出来ていない。公共工事、準公共工事にて積極的に導入され、モデルとして普及啓発されることを望む。
石炭灰リサイクルのための連携について
石炭灰由来の煉瓦を製造するためには単一性状の石炭灰である必要があるため、排出者である電力会社との条件調整が必須になる。石炭の産地、石炭の燃焼温度を統一にすることで、同一品質の単体成分の石炭灰を作ることが可能になるためである。
その他
秋田県内に 1,200℃焼成に耐えうる粘土があるか、陶芸家等に確認が必要である。
備考
ヒアリングより作成

表 2-7　C 社の石炭灰リサイクルの取り組み

会社概要

C 社
本社所在地等：広島県
石炭灰製品販売
①（ライトサンド、エコパウダー）：電源事業本部(土木材料)
②（Hi ビーズ）：電源事業本部(環境材料)
製造拠点の所在地
① (ライトサンド、エコパウダー、ジオシード)島根県
② (ライトサンド)岡山県
③ (ライトサンド、エコパウダー、Hi ビーズ)山口県

石炭灰のリサイクル製品の概要

名称	ライトサンド
用途	グランド排水材、埋戻し材、擁壁裏込材、緑化基盤材、園芸用土 等
主な材料	クリンカアッシュ
使用石炭灰の種類と利用率(重量比)	クリンカアッシュ 100%
販売価格	運搬距離、場所、荷姿、数量等により販売価格は変わるので、都度見積りにより契約している。40～50km 運搬して持ち込み渡しで、特に付加条件がなければ 1m3 あたり 2,000 円程度。

名称	エコパウダー
用途	コンクリート混和材、吹付コンクリート、コンクリート二次製品、空洞充填材 等
主な材料	フライアッシュ
使用石炭灰の種類と利用率(重量比)	フライアッシュ 100%
販売価格	運搬距離、場所、荷姿、数量等により販売価格は変わるので、都度見積りにより契約している。40～50km 運搬して持ち込み渡しで、特に付加条件がなければ 1t あたり 2,000 円程度。

名称	ジオシード
用途	固化処理材、FC スラリー材
主な材料	フライアッシュ、セメント
使用石炭灰の種類と利用率(重量比)	フライアッシュ 20～95%
販売価格	混合比率、輸送条件等により販売価格は変わるので、都度見積りにより契約している。

名称	Hi ビーズ
用途	地盤改良材、環境修復材(覆砂、漁礁材等)
主な材料	フライアッシュ、高炉セメント
使用石炭灰の種類と利用率(重量比)	フライアッシュ 80～90%
販売価格	輸送条件等により販売価格は変わるので、都度見積りにより契約している。

石炭灰の再商品化技術の概要

名称	ライトサンド
処理施設	特別なプラント無し。(島根県産のみ除塩水槽あり)
工程フロー図	篩によるクリンカアッシュの選別・分級⇒(島根県産のみ水洗い除塩)⇒保管・出荷
処理コスト	発電設備と併用のため算出困難。

名称	エコパウダー
処理施設	分級機(処理能力 山口県産 40t/h，島根県産 27t/h)
工程フロー図	分級機によるフライアッシュの分級⇒保管・出荷
処理コスト	発電設備と併用のため算出困難。

名称	ジオシード
処理施設	混合機(処理能力 max 64t/h)
工程フロー図	混合機によるフライアッシュとセメントの混合⇒保管・出荷
処理コスト	配合によって異なるため算出困難。

名称	Hi ビーズ
処理施設	転動造粒方式(製造能力 500m3/日)
工程フロー図	ミキサーによるフライアッシュとセメントの混合⇒造粒⇒選別⇒保管・出荷
処理コスト	発電設備と併用部分があるため算出困難。

石炭灰の再商品化のご実績

昨年度の石炭灰の再商品化の実績

石炭灰の処理受入量	フライアッシュ 38,000t/年 クリンカアッシュ 53,000t/年
石炭灰の排出元の業態	自社電気事業(他社からの受入なし)。
商品別の製造量	ライトサンド：53,000m3/年 エコパウダー：15,000t/年 ジオシード：0t/年 Hi ビーズ：30,000m3/年
出荷実績	ライトサンド：65,000m3/年 エコパウダー：15,000t/年 ジオシード：0t/年 Hi ビーズ：91,000m3/年
主な販路	公共事業(国、県、市)、民間工事、コンクリート二次製品会社、ボードメーカー他

石炭灰の再商品化の課題

当社の場合は、排出事業者自らが自社再商品化処理して販売しており、どこまでが廃棄物で，どこからが商品なのか廃掃法上の判断が曖昧で、行政によっても判断が少し異なる。販売先によっては、廃棄物と判断され、リサイクルの大きな障害となる。

<再商品化するための石炭灰の受入条件の課題>
最近はコスト低減、調達の安定化のために石炭の産地が非常に多くなり、石炭灰の性状を把握するのに、試験をしてみないとわからないものもある。

<技術・設備の課題> なし <リサイクル製品の付加価値向上のための課題> 国や県のエコ認定等を取得し、実証事業も極力協同で行うようにしている。 <販路の課題> 競合商品より低価格でないと、なかなか販売が難しい。
石炭灰リサイクルのための連携について
研究開発については、大学と共同研究する場合が多い。 実証レベルでは、ヤードの提供、モニタリング等で国や県の協力を得て行う。 最近では役所発注の工事において、リサイクル製品の使用を仕様書に記載されていることが結構あるので、供給しやすい状況にある。
その他
環境関係、リサイクル製品関係などの展示会・イベントにおいて、認知度を高めるべく積極的に PR している。

表 2-8　D 社の石炭灰リサイクルの取り組み

会社概要

D 社
　島根県
製造拠点 / 本社・本社工場：島根県、営業所・工場：島根県

石炭灰のリサイクル製品の概要

火力発電所から排出されるフライアッシュを混和材として、使用済 PET ボトルを加工した PET 繊維をコンクリート補強材として利用している。コンクリート構造物を形成する際の残存型枠として使用可能である。型枠の製作・解体工程が不要で、工期が短縮されるとともに現場廃材も削減できる。

商品名	エコンパネル
認定番号	23-16
認定年月日（最初）	平成 21 年 1 月 20 日
認定年月日（現在）	平成 24 年 3 月 22 日
認定有効期限	平成 27 年 3 月 31 日
循環資源名	フライアッシュ、PET 繊維
循環資源利用割合	10%
販売価格 （参考価格）	2,560 円

製品紹介	火力発電所から排出されるフライアッシュを混和材として、使用済 PET ボトルを加工した PET 繊維をコンクリート補強材として利用している。コンクリート構造物を形成する際の残存型枠として使用出来る。型枠の製作・解体工程が不要で、工期が短縮されるとともに現場廃材も激減する。

石炭灰の再商品化技術の概要

混練→成形　通常のコンクリート成形と変わらない。
石炭灰(フライアッシュ)の利用率は 10%、PET 繊維は 1m3 に対し、5kg 混練。
同社では PET 加工は行っておらず、他社にて加工された長さ 3cm 程度の PET 繊維を購入し、混練している。

石炭灰の再商品化のご実績

エコンパネルの販売は収束傾向である(理由は、課題を参照)。
他の石炭灰のリサイクル製品としては、二次製品としてカルバード製品(側溝等)がある。

石炭灰の再商品化の課題

エコンパネルは肉厚が薄いことを特徴としており、強度を出すために補強材として PET 樹脂を混練したが、競合のパネル製品は強度を出すために鉄筋を用いるなどしており、強度の評価が相対的に下がってしまうという課題があった。このため、市場競争力が厳しいことから、現在は販売を縮小している(他の石炭灰リサイクル製品は継続している)。

出典

島根県 HP「しまねグリーン製品」
http://www.pref.shimane.lg.jp/environment/kankyo/kankyo/junkan/s-green/shimanegreen/23-16_076.html、他ヒアリング

2.3 石炭灰利活用のポイント整理

石炭灰の有効利用事例より、製品用途の建築資材、土木資材、その他の 3 つに分類し、それぞれの要素の傾向を比較した。市場規模と販路状況を考慮すると、建築資材は販路確保が厳しく、製品化がされても販売実績は少ない状況があることから、土木資材の市場の方が安定傾向にあるのではないかと思われた。建築資材、土木資材共に、成立する技術要因としては、プラント設備ではなく、規格や仕様ニーズを満たす材料構成比にノウハウがあり、重要と考えられる。

石炭灰の使用率についても、土木資材の方が使用割合の幅が広く、また、フライアッシュだけでなくクリンカアッシュの受入も可能な製品が多いことから、土木資材の方が石炭灰のリサイクル率向上に繋がる可能性が高いと考えられる。

一方で、土木資材のリサイクルの課題として、製品の付加価値が低いことが挙げられる。製品開発において、用途拡充だけでなく、品質を向上させることにより付加価値を高める開発事例が見られた。

表 2-9　石炭灰利活用の比較検討

製品用途	用途例	市場規模	販路状況	技術要因	石炭灰使用率
建設資材	壁材、外装材等	建材の市場規模は大きいが、代替率は低い。	販路確保困難。 収支性は厳しい。	混練、焼成工程等メーカーの既存設備で対応可能。 製品仕様のニーズや規格を満たす材料構成比が重要。	低い(10%以内)。 フライアッシュが主。
土木資材	セメント、コンクリート二次製品(残存型枠、側溝等)、路盤材、埋め戻し材、盛土材、地盤改良材等	大規模	公共工事、準公共工事にて使用。 収支性はありと推測。 製品の付加価値向上に課題あり。	分級、混練、圧縮成形等。 メーカーの既存設備で対応可能。 製品仕様へのニーズや規格を満たす材料構成比が重要。	低～高と幅あり(10%～100%)。 フライアッシュが主だが、クリンカアッシュも利用可能な事例もあり。
その他	除染剤、覆砂材、浄化剤等	中規模	今後、開拓が必要。	混練、焼成等。 技術改善中。	中～高と幅あり。

3. 事業化に向けたモデルケースの提案

3.1 秋田県にて事業可能性の考えられる石炭灰の有効利用方法の検討

秋田県にて石炭灰リサイクルの事業可能性を検討するにあたり、対象とする石炭灰の量について、現在の多量排出事業者による石炭灰排出量のうち、外部委託している中間処理量を対象とした。

この結果、秋田県内における石炭灰の処理量規模は、燃えがら約 35 千 t/年、ばいじん約 268 千 t/年、合計約 303 千 t/年の処理量規模であった。

1 年の処理稼動日を 300 日/年とし、これらをリサイクルするために必要となる施設の処理能力を試算したところ、10%リサイクルでは 101.1t/日、5%リサイクルでは 50.5t/日、1%リサイクルでは 10.1t/日の規模が必要との算出結果であった。

表 3-1　秋田県における石炭灰の排出量、外部に委託された中間処理量及びリサイクルのために必要となる処理能力規模

		東北電力㈱ 能代火力発電所分		日本製紙㈱ 秋田工場分		合計		
産業廃棄物品目		燃えがら	ばいじん	燃えがら	ばいじん	燃えがら	ばいじん	計
排出量（t/年）		35,111	252,467	2,357	18,363	37,468	270,830.00	308,298.00
外部委託処理量（t/年）		32,885	249,606	2,357	18,363	35,242	267,969.00	303,211.00
必要となる処理能力（t/日）	10%リサイクル	11.0	83.2	0.8	6.1	11.7	89.3	101.1
	5%リサイクル	5.5	41.6	0.4	3.1	5.9	44.7	50.5
	1%リサイクル	1.1	8.3	0.1	0.6	1.2	8.9	10.1

(出典：秋田県内の多量排出事業者「産業廃棄物処理計画実施状況報告書」秋田県及び秋田市 HP)

(備考：処理能力は、1 年の処理稼動日を 300 日と仮定した。)

本検討では、実際の処理施設の処理能力規模を参考に、石炭灰リサイクル専用の施設と、石炭灰の使用率を約 10%とする製品をラインナップの 1 つして製造する施設の 2 パターンを想定した。

パターン①は石炭灰リサイクル製品製造率 100%の専用施設を新設することを前提として、秋田県内の石炭灰を 10%リサイクルするために必要となる処理(生産)能力と同程度の規模と仮定し、日量の処理(生産)能力を 100t/日、石炭灰の再生量を 25 千 t とした。

一方、パターン②は、既存設備を活用し、製造する製品の 1 つとして石炭灰リサイクル製品を加える形を前提とし、石炭灰利用率を 10%と仮定した。パターン②は、1 つの製品の年間生産量を類似事例の規模から仮定し、生産全体の 1 割程度と仮定して、石炭灰の再生利用量を試算したところ、石炭灰の年間再生量は 90t/年となった。これらの仮定に基づき、事業規模等のシミュレーションを行った。

表 3-2　秋田県内にて事業可能性のある石炭灰有効利用事業

	日量処理（生産）能力（t/日）	年間処理（生産）能力（t/年）	石炭灰リサイクル製品製造率	石炭灰利用率	石炭灰再生量（t/年）
パターン①	100	30,000	100%	85%	25,500
パターン②	30	9,000	10%	10%	90

石炭灰の有効利用が可能なリサイクル製品用途の内、用途の市場規模、用途の幅広さ、石炭灰のリサイクル可能量、販路の安定性、リサイクル製品の先進性等を考慮した結果、土木資材分野の路盤材化と、残存型枠等、土木資材分野のコンクリート二次製品化が有望と考えられた。特にコンクリート二次製品化の内、従来の道路ブロックや側溝のほか、秋田県の漁業に関連して漁礁用資材としての再製品化を検討することとした。

建築資材については、製品の付加価値は高い一方で、石炭灰の品質要求レベルが高く、販路安定性も低いことから本検討では困難と判断した。

表 3-3　秋田県内にて事業可能性のある石炭灰有効利用事業

製品用途	用途例	市場規模（百万円）	石炭灰のリサイクル可能量（千 t）	販路安定性	先進性	検討結果
土木資材	コンクリート二次製品、路盤材、埋め戻し材、土壌改良材等	32,321～	10,424～	○ JIS やエコ製品等の認定取得が出来れば、公共工事等の大ロットニーズあり。	技術に先進性あり。	○
建築資材	外装材(パネル、煉瓦)、セメント	2,162～	289～ ただし、受入条件あり。	△ 石炭灰の品質条件クリアや製品の発注確定がなければ製造が難しい状況あり。	新製品開発あり。	

(備考：リサイクル材の市場規模は、「経済産業省生産動態統計(平成 25 年度)」の該当製品の販売額と販売量より、リサイクル代替率を乗じて試算した。

土木資材：道路用・コンクリート骨材用のけい石、石灰石、ドロマイド、硅砂、護岸用コンクリートブロック、道路用コンクリート製品のデータを参照。いずれもリサイクル代替率は 20%と仮定。

建設資材：セメント計、プレストレストコンクリート製品計、その他の耐火れんがのデータを参照。サイクル代替率はセメント計が 0.5%、その他は 0.8%と改訂した。

代替率は、土木資材協会資料「第２章 石炭灰有効利用拡大の効果」の実績、及び日本建設業連合会「建設業におけるグリーン調達の進め方」のグリーン調達比率の実績等を参考に設定した。)

3.2 秋田県内の石炭灰有効利用事業のモデルケース案の設定

秋田県内の石炭灰有効利用事業のモデルケースについて、処理量の規模について、事例を参考とした 2 パターンに分け、リサイクル事業モデルを設定した。

モデルケース①は、年間処理規模を 25.5 千 t/日とし、JIS 灰以外の石炭灰を対象とした、処理費徴収型のビジネスモデルを想定した。処理費を徴収するため、産業廃棄物処理業の許可が必要となる。

モデルケース②は、年間処理規模を 90t とし、既存施設の既存設備を活用し、生産品目の 1 つとして石炭灰リサイクル製品を製造する形での、JIS 灰を対象とした有価買取型のビジネスモデルを想定した。製品製造のための材料加工であることから、産業廃棄物処理業の許可は不要とした。

表 3-4　秋田県内における石炭灰有効利用事業のモデルケース

	石炭灰処理規模	用途	施設・設備	リサイク体制	ビジネスモデル
モデルケース①	大規模 (25.5 千 t/年)	路盤材、漁礁等	新規設備の導入。	単体処理	JIS 灰以外の石炭灰 処理費徴収 要産廃処理業許可
モデルケース②	小規模 (90t/年)	パネル材(残存型枠等)等コンクリート二次製品	既存施設・設備の活用。	2 社連携	JIS 灰 有価買取

図 3-1　石炭灰リサイクル事業モデルケース①のスキーム図

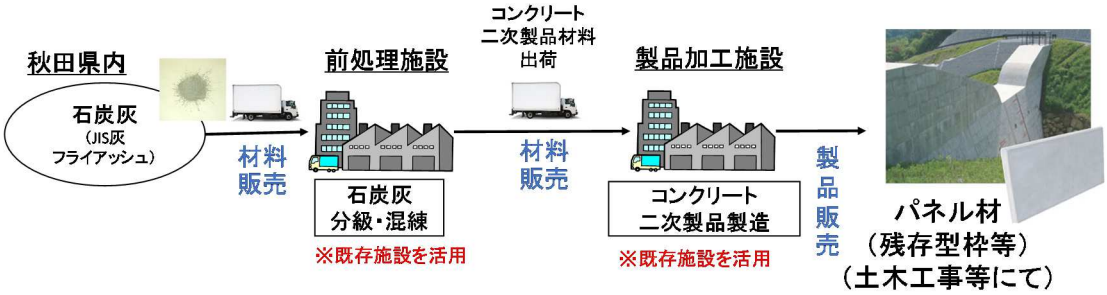


図 3-2　石炭灰リサイクル事業モデルケース②のスキーム図

3.3 事業採算性と石炭灰有効利用評価と有望な事業モデルケースの提案

石炭灰の有効利用事業につき、各モデルケースの事業採算性試算結果を示す。なお、初期投資額、運営コストなどは、類似事業、類似規模の数値を引用した仮定値であることに留意する。また、生産した製品は全て販売される前提で行っている等、簡易試算である。

(1) モデルケース①による事業採算性(概算)

石炭灰を路盤材化または漁礁化する施設を新規設置する事業モデルについて、路盤材製造の事例を参考に下記に仮定した条件にて試算を行った。その結果、IRR(内部利益率)が 7.7%、営業利益は 1 年目から黒字となった。しかしながら、これは処理費が 7,000 円/t 徴収できることが前提となっていることに留意する。

また、初期投資は、処理能力 100t/日であることから、他県の処理能力約 700t/日の生コン事業の約 1/3 と仮定した保守的な設定である。運用費内訳も産廃事業の一例を元にした仮定値であることから、詳細な試算ではこれらの条件を見直す必要がある。この他、石炭灰リサイクルによる漁礁製造では比重が課題となることから、比重を大きくするための骨材が路盤材と異なる可能性があることも留意する。

表 3-5　リサイクル事業の前提条件(モデルケース①概算)

〈事業規模〉

石炭灰処理量	25.5	千 t/年
石炭灰利用率	85%	%
路盤材製造量	30	千 t/年
運転日数	300	日/年
運転時間	24	時間/日

〈初期投資額〉

初期投資	プラント費	66,000	千円
	工事費	33,000	千円
	土木費	16,000	千円
	初期投資小計	115,000	千円
初期投資額総計		115,000	千円

〈税率等〉

固定資産税	1.6	%	能代市
減価償却	15	年	定額償却
法人税等	36.31%	%	

〈廃棄物処理委託〉

	原料	受入単価(千円/t)	受入量(t/日)
路盤材化	石炭灰	6	100

※運賃は排出事業者負担とする。

〈製品販売〉

年間製造量	路盤材	35	千 t/年
	石炭利用率	85%	%
路盤材販売	路盤材単価	1,700	円/m3
	路盤材比重	1.1	t/m3

※運賃は購入者負担とする。

〈運営費用内訳〉

項目	円/年	区分	備考
人件費	67,200,000		
セメント購入	66,705,882	原価	
工業用水	1,325,700	原価	
電気(プラント)	12,000,000	原価	
燃料(軽油)	18,000,000	原価	
消耗品	6,000,000	販管費	
土地賃料	8,553,600	販管費	
事務費	3,600,000	販管費	
水道光熱費	600,000	販管費	
通信費	2,400,000	販管費	
車輌経費	4,800,000	販管費	
事務外注費	6,000,000	販管費	
諸雑費	6,000,000	販管費	
メンテナンス費	3,300,000	原価	プラント費合計の 5%
保険料	1,000,000	販管費	別途想定

〈運営費用内訳根拠〉

項目	細別	単価	単位	数量	単位
人件費	派遣含	5,600,000	円/月	1	式
セメント購入	セメント	12,600	円/t	441	t/月
工業用水		14.73	円/m3(t)	7,500	m3(t)/月
電気(プラント)	プラント	1,000,000	円/月	1	式
燃料(軽油)	重機	1,500,000	円/月	1	式
消耗品		500,000	円/月	1	式
土地賃料	6,600m2 (約 2,000 坪)	108	円/m2・月	1	式
事務費	備品	300,000	円/月	1	式
水道光熱費	事務所	50,000	円/月	1	式
通信費	電話	200,000	円/月	1	式
車輌経費	営業車	200,000	円/月	2	台
事務外注費		500,000	円/月・台	1	式
諸雑費		500,000	円/月	1	式

〈人件費内訳〉

役員	700,000	円/月・人	2	人	昼間
管理職	500,000	円/月・人	1	人	昼間
施設社員	350,000	円/月・人	6	人	昼夜
営業社員	350,000	円/月・人	2	人	昼間
事務職	250,000	円/月・人	2	人	昼間
パート	200,000	円/月・人	2	人	昼夜

表 3-6　リサイクル事業における事業採算性(モデルケース①概算)

IRR	7.7%

＜PL＞　（千円）

	0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
処理費収入（石炭灰受入）	0	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500
路盤材販売（製品販売）	0	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364
売上合計	0	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864
メンテナンス費	0	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300
減価償却費	0	7,667	7,667	7,667	7,667	7,667	7,667	7,667	7,667	7,667	7,667
土地賃料	0	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554
その他原価	0	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026
原価合計	0	107,546	107,546	107,546	107,546	107,546	107,546	107,546	107,546	107,546	107,546
固定資産税	0	10,405	8,927	7,660	6,572	5,639	4,838	4,151	3,562	3,056	2,622
保険料	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
人件費	0	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200
その他販管費	0	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954
販管費合計	0	116,558	115,081	113,813	112,726	111,792	110,992	110,305	109,715	109,209	108,776
営業利益	0	759	2,237	3,504	4,592	5,525	6,326	7,013	7,602	8,108	8,542
税引前利益	0	759	2,237	3,504	4,592	5,525	6,326	7,013	7,602	8,108	8,542
法人税等	0	276	812	1,272	1,667	2,006	2,297	2,546	2,760	2,944	3,101
税引後利益	0	484	1,425	2,232	2,925	3,519	4,029	4,467	4,842	5,164	5,441
キャッシュフロー	-115,000	8,150	9,091	9,899	10,592	11,186	11,696	12,134	12,509	12,831	13,108

	11年目	12年目	13年目	14年目	15年目	16年目	17年目	18年目	19年目	20年目	合計
処理費収入（石炭灰受入）	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	178,500	3,570,000
路盤材販売（製品販売）	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	46,364	927,273
売上合計	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	224,864	4,497,273
メンテナンス費	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	66,000
減価償却費	7,667	7,667	7,667	7,667	7,667	0	0	0	0	0	115,000
土地賃料	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	8,554	171,072
その他原価	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	88,026	1,760,514
原価合計	107,546	107,546	107,546	107,546	107,546	99,879	99,879	99,879	99,879	99,879	2,112,586
固定資産税	2,250	1,930	1,656	1,421	1,219	1,046	897	770	661	567	69,848
保険料	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	20,000
人件費	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	67,200	1,344,000
その他販管費	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	37,954	759,072
販管費合計	108,403	108,084	107,810	107,575	107,373	107,200	107,051	106,924	106,814	106,720	2,192,920
営業利益	8,914	9,234	9,508	9,743	9,945	17,785	17,933	18,061	18,170	18,264	191,767
税引前利益	8,914	9,234	9,508	9,743	9,945	17,785	17,933	18,061	18,170	18,264	191,767
法人税等	3,236	3,352	3,452	3,537	3,611	6,457	6,511	6,557	6,597	6,631	69,622
税引後利益	5,678	5,881	6,056	6,206	6,334	11,328	11,422	11,504	11,573	11,633	122,145
キャッシュフロー	13,345	13,548	13,723	13,873	14,001	11,328	11,422	11,504	11,573	11,633	122,145

⑵ モデルケース②による事業採算性(概算)

既存設備を活用し、石炭灰を土木用パネル材(残存型枠)等の二次コンクリート製品化する事業モデルとして、下記に仮定した条件下では、前処理の利益率がマイナス488.0%、製品製造工程がプラスの 80.3%となった。本シミュレーションでは、一般的なコンクリート製品の材料構成を参考に、石炭灰を約 10%となるよう調整し、素材構成を仮定した。また、製品サイズについても一般的な残存枠型を参考とした。

製品製造工程の高い利益率は、全ての製品が同一価格で全て販売出来た場合であり、現実的な利益率とは必ずしも一致するものではないことに留意が必要である。

この成立要件として最も重要なコスト要素は、製品の販売単価と販路確保である。また、製品製造のための材料構成比が支出の殆どを占めることから、材料混練が重要となる。

ユーザーの求める品質条件を高め、コストを抑えることが、リサイクル製品の市場競争力を高めることから、事業成立には材料コストを抑え、より付加価値が高くなるような製品の製造レシピを構築することが重要であると考えられる。

表 3-7　リサイクル事業の前提条件(モデルケース①概算)前提条件

前提条件(前処理)

項目		数値
収入項目		
製品販売費	コンクリート二次製品材料販売単価(円/kg)	1.43
	コンクリート二次製品材料製造量(千 t/年)	0.09
	石炭灰利用率(%)	100.0%
費用項目		
石炭灰調達費	石炭灰調達単価(円/kg)	1
	石炭灰調達量(千 t/年)	0.09
作業加工費	処理作業員数(人)	1
	従事時間(h/人/日)	1
	人件費単価(円/h・人)	1,800
	年間労働日数(日/年)	300
	電気代(円/月)該当分	6,000
	一般管理費率(%)	10.0%

前提条件(コンクリート二次製品製造)

項目		数値
収入項目		
製品販売費	コンクリート二次製品販売単価(円/kg)	51.2
	コンクリート二次製品製造量(千 t/年)	0.92
	石炭灰利用率(%)	9.7%
	コンクリート二次製品比重(kg/m3)	1.57
費用項目		
コンクリート二次製品材料調達費	コンクリート二次製品材料(石炭灰)構成比(%)	9.7%
	コンクリート二次製品材料(石炭灰)調達単価(円/t)	1,428.6
	コンクリート二次製品材料(石炭灰)調達量(千 t/年)	0.09
	水構成比(%)	7.2%
	水道代単価(円/m3(t))	14.7
	工業用水量(千 t/年)	0.1
	セメント構成比(%)	16.5%
	セメント調達単価(円/t)	12,600
	セメント量(千 t/年)	0.2
	細骨材構成比(%)	24.1%
	細骨材調達単価(円/m3)	2,000
	細骨材量(千 t/年)	0.2
	粗骨材構成比(%)	42.4%
	粗骨材調達単価(円/m3)	3,900
	粗骨材量(千 t/年)	0.4
	AE 減水剤構成比(%)	0.1%
	AE 減水剤調達単価(円/t)	72,000
	AE 減水剤量(千 t/年)	0.001
調達運搬費(石炭灰のみ)	最大載積量(t/台)	10
	1 台あたりの積載率(%)	50.0%
	1 回あたりの載積量(t/台・回)	5
	想定される車両台数計(台)	18
	1 回あたりの回収費用(円/回)	80,000
作業加工費	処理作業員数(人)	2
	従事時間(h/人/日)	1
	人件費単価(円/h・人)	3,000
	年間労働日数(日/年)	300
	電気代(円/月)該当分	50,000
	一般管理費率(%)	10.0%

表 3-8　リサイクル事業における事業採算結果(モデルケース②概算)

損益計算（前処理）

項目		金額（千円/年）
収入	販売収入	129
	小計	129
費用	材料調達費用	90
	人件費	540
	電気代	72
	一般管理費	54
	保険料	0
	土地貸借料	0
	小計	756
営業利益		-627
利益率		-488.0%

損益計算（コンクリート二次製品製造）

項目		金額（千円/年）
収入	販売収入	47,304
	小計	47,304
費用	材料調達費用	5,201
	調達運搬費	1,440
	人件費	1,800
	電気代	600
	一般管理費	297
	保険料	0
	土地貸借料	0
	小計	9,338
営業利益		37,966
利益率		80.3%

3.4 今後の展望

石炭灰のリサイクル用途として、土木資材のうち、路盤材や漁礁、コンクリート二次製品が有望であるとして、事業化の検討を行った。これらはいずれも新規の用途開発ではなく、既存の用途であった土木資材に対し、品質を向上させ、石炭灰リサイクル製品の付加価値向上を図ったものである。石炭灰の混合率を調整しながら、JIS 等の規格を満たし、製品の強度等の品質向上を達成したもので、材料の構成比が高度な技術ノウハウとなる。本検討では、これらの技術研究事例において、石炭灰(フライアッシュ)を混練した路盤材やコンクリート二次製品の材料構成比に基づき、生コン製造やコンクリート二次製品の製造事業の規模を参考に、事業性の試算を行った。

路盤材や漁礁については、新たにサイロやミキサーを設置する事業創出モデルとして試算を行った。残存型枠等の土木資材としてのコンクリート二次製品化については、既存のリサイクル施設を活用する事業モデルで試算を行った。

路盤材や漁礁については、JIS 灰ではない石炭灰を対象に処理費を徴収する産廃処理業の形式を設定したところ、前提条件として設定した運営コストとなった場合、事業性を保つためには、7 千円/t の処理費を必要とする結果となった。しかしながら、排出量の規模が大きいことから、排出事業者にとってこの価格条件では難しいことが予想される。したがって、設備の投資額等の運営コストについて、詳細検討を行い、見直す必要がある。

JIS 灰を対象とした残存型枠等の土木資材としてのコンクリート二次製品化については、コンクリート二次製品の収益性が設定したコスト条件では高い収益率となる結果が得られた。これは、製品が全て高付加価値単価で販売出来た場合であり、実際には在庫を保有すること、また製品全てが高付加価値とは限らないことから、製造計画を詳細に詰めていくことで、試算の精度を高めていくことが考えられる。

この試算結果より、残存型枠等の土木資材としてのコンクリート二次製品の製造は、既存施設の活用が可能であること、これまでの製品製造のノウハウを活用することが可能であること、製品の市場競争力があれば事業収益性が見込めること等の観点から、高付加価値な製品企画が出来れば石炭灰リサイクル事業として有望ではないかと思われる。路盤材や漁礁についても、既存設備や事業ノウハウを活用した製品化の研究開発を行うことが石炭灰リサイクルに繋がると考えられる。

高付加価値な製品開発にあたり、既に北海道や四国にて高付加価値製品の研究開発として漁礁等の海洋資材に石炭灰をリサイクルしたコンクリート二次製品の研究がなされている。漁礁への活用については、石炭灰の比重が軽いことから、配合率の上限値が課題となっている。今後は、これらの事例を参考に検討を進めていくことが有効と考えられる。また、これらの研究開発では、県等の公共工事の指定製品として認可されることを目標品質に掲げていることから、秋田県の特色を活かした石炭灰リサイ

クル製品の研究開発として、産学官連携の研究体制を構築し、石炭灰リサイクルの向上とリサイクル事業創出の両立を図ることが望ましいと考えられる。

石炭灰有効利用可能性調査業務委託

平成 26 年度

秋田県　産業労働部　資源エネルギー産業課

調査協力：株式会社レノバ
〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-7-2 東京サンケイビル 18F
TEL：03-3516-6233(事業部直通)　FAX：03-3516-6261
URL：http://www.renovainc.jp

※ 無許可の転載・掲載を禁じます。