

第1章 再生資源としての石炭灰の発生状況と法的扱い

1.1 石炭灰の発生プロセス、発生量の現状と見通し

1.1.1 石炭灰の発生プロセス

(1)石炭火力発電所の仕組み

石炭火力発電所は、石炭を燃焼させて電気エネルギーを発生させるものである。現状におけるタイプとしては、微粉炭燃焼方式と流動床燃焼方式の2つがある。現状は微粉炭燃焼方式が主流であるが、近年、流動床方式の建設も進められ、加圧流動床方式が実用化されてきている。

1)微粉炭燃焼方式

発電の仕組みを図-1.1.1に示す。石炭は、貯蔵設備から微粉炭機へ送られ、そこで微粉碎された状態で、ボイラー内へ投入され燃焼される。その燃焼による熱によって、ボイラー内に配管された蒸気管中の蒸気が高温高压の状態となり、その蒸気が蒸気タービンを回転させることにより発電する。一方、燃焼が終わった排気ガスについては、電気集塵器、排煙脱硝装置、排煙脱硫装置にてばいじん、窒素酸化物、硫黄酸化物が所要の基準以下となるよう処理された後、煙突から排出される。石炭灰については、この一連の燃焼の過程において、主にボイラー及び電気集塵器において回収される。

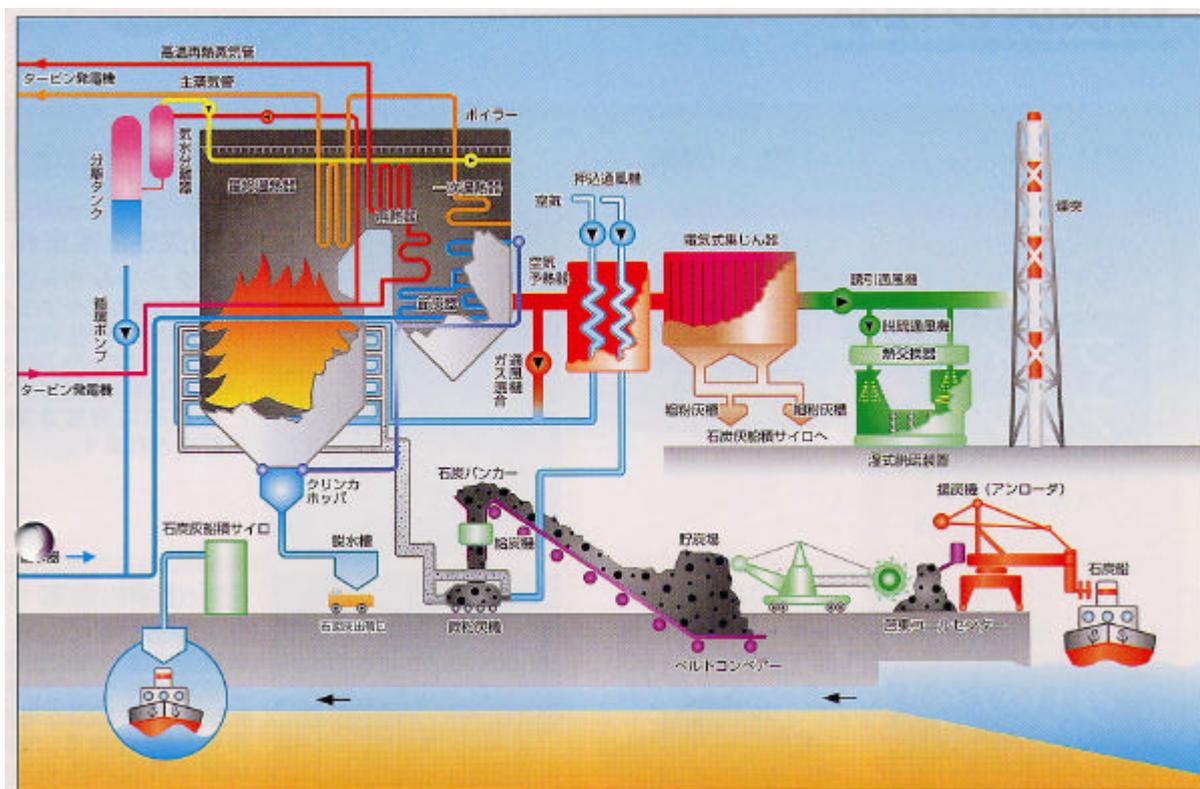


図 - 1.1.1 微粉炭燃焼方式¹⁾

2) 流動床燃焼方式

当方式は加圧式ボイラー容器による複合発電形式とすることが多く、その発電の仕組みの一例を図 - 1.1.2 に示す。流動床燃焼方式においては、有害な硫酸化物の除去のための石灰石を、燃焼のための石炭とともにボイラー内へ投入し流動しながら燃焼する。複合発電形式については、ボイラー内の燃焼ガスが、集塵装置を通過後、ガスタービンを直接回転させ発電するとともに、ボイラー内に配管された蒸気管中の蒸気が高温高压の状態となり、その蒸気が蒸気タービンを回転させることにより発電する構造となっている。ガスタービンを通過した燃焼ガスについては、排煙脱硝装置、集塵装置にてばいじん、窒素酸化物が所要の基準以下となるよう処理された後、煙突から排出される。なお、前述したように、硫酸化物については、石灰石が投入されるボイラー内で石炭灰として固化化されるのが当燃焼方式の大きな特徴である。石炭灰については、一連の燃焼の過程において、主にボイラー及び集塵装置において回収される。

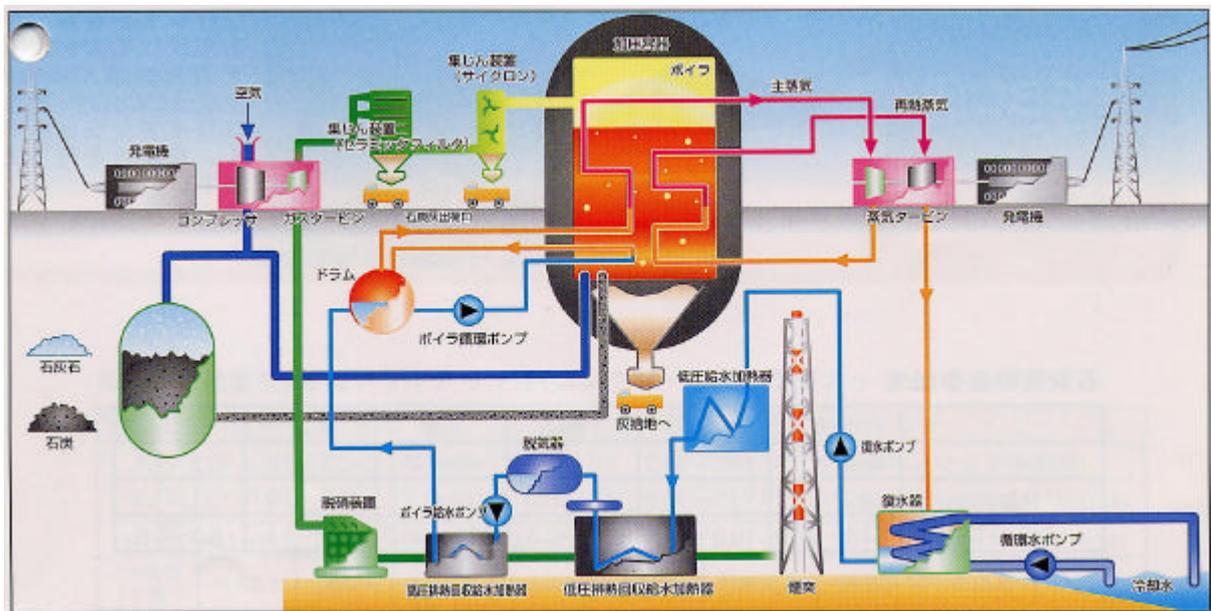


図 - 1.1.2 流動床燃焼方式（加圧式の例）¹⁾

(2) 石炭灰の種類と発生の仕組み

石炭灰は、微粉炭燃焼方式と流動床燃焼方式の燃焼方式の違いにより発生する種類が異なるとともに、各燃焼方式の中でも回収される位置によって複数の種類がある。

1) 微粉炭燃焼方式

石炭灰の種類と発生位置を図 - 1.1.3 に示す。ボイラー内で燃焼によって生じた石炭灰の粒子が溶解して相互に凝集し、底部の水槽に落下堆積したものがクリンカアッシュである。また、燃焼ガス中に浮遊して球形粒子となり、電気集塵器で回収されるものがフライアッシュである。なお、節炭器、空気余熱器で落下回収される灰が少量あり、シンダアッシュと呼ぶが、フライアッシュに含めて回収されることが多く、これらを含めてフライアッシュと総称することが多い。クリンカアッシュとフライアッシュ（シンダアッシュ含む）の発生割合は、概ね 5～15%：85～95% である。

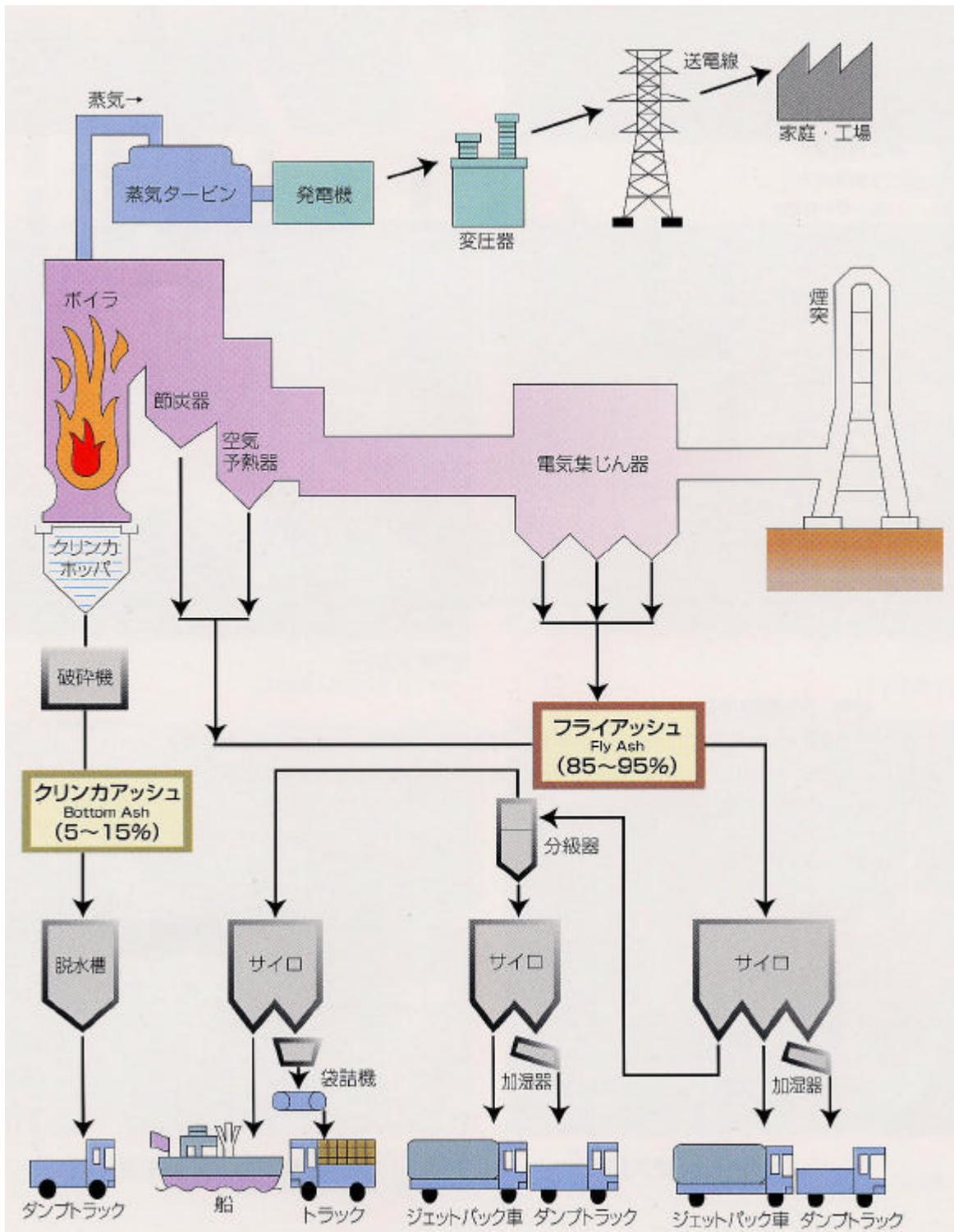


図 - 1.1.3 微粉炭燃焼方式における石炭灰の種類²⁾

2) 流動床燃焼方式

石炭灰の種類と発生位置を図 - 1.1.3 に示す。微粉炭燃焼方式と同様にボイラー底部で回収されるものがボトム (BM) アッシュである。また、集塵装置で回収されるものが FBC 灰 (加圧式の場合、PFBC 灰と称する) である。加圧式流動床燃焼方式における BM アッシュと PFBC 灰の発生割合は、概ね 15% : 85% 程度である。(ただし BM アッシュの発生はごく少量の発電所もある。)

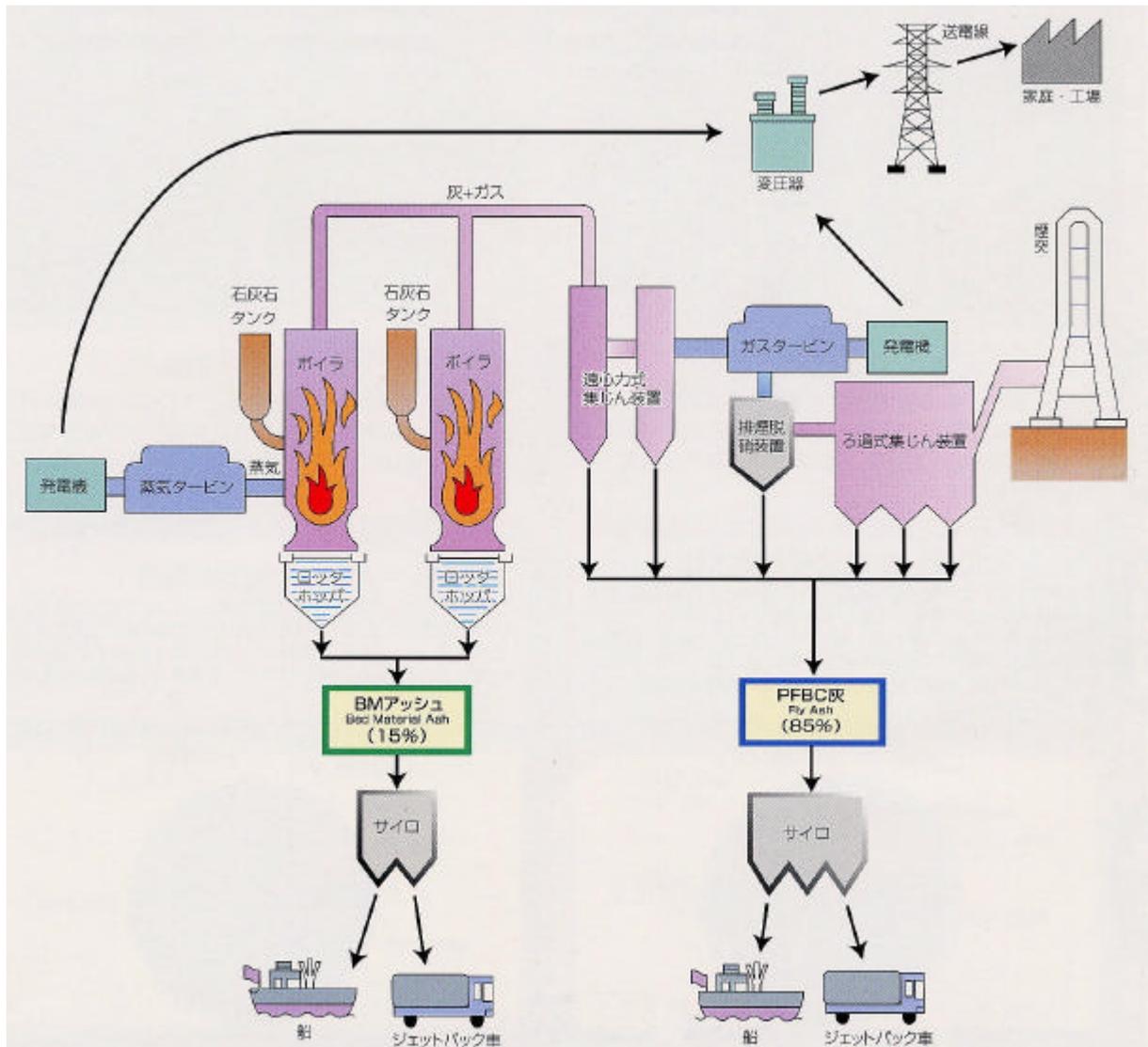
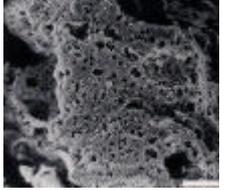
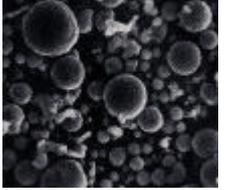
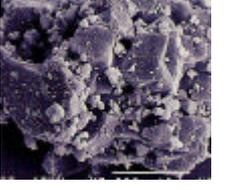


図 - 1.1.4 流動床燃焼方式における石炭灰の種類²⁾

(3) 石炭灰の性質の概要

石炭灰の性質については、その種類によって外観が大きく異なるとともに、物理的・化学的性質についても異なっている。石炭灰の種類ごとの性質の概要を表 - 1.1.1 に示す。(詳細については第3章に記載)

表 - 1.1.1 石炭灰の性質³⁾

燃焼方式	微粉炭燃焼方式		流動床燃焼方式 (加圧式)	
種類	クリンカアッシュ	フライアッシュ	B Mアッシュ	P F B C 灰
色・外観				
粒子形状				
工学的性質	赤熱状態でボイラ底部の水槽に落下した石炭灰を破砕機で粉碎，粒度調整したもので，赤熱状態から急冷水洗したものであるので化学的に安定している。	主成分がシリカ・アルミナであり，セメントの水和反応で生成する水酸化カルシウムとポゾラン反応を起こすなど長期的に密実な構造が形成される。	石灰の成分を多く含むため，水と反応すると水和反応により発熱を起こす。	石炭と石灰石を混合燃焼するため，主成分のCaOやSO ₃ がフライアッシュより多く，自硬性を持っている。
物理的性質	<ul style="list-style-type: none"> ・粒子は細礫と粗砂を中心とした締固め性能の高い砂と同じ粒度分布。 ・透水係数も砂と同程度で高い排水性を有する他，表面に多数の細孔があり，水平保有率が一般土壌に比べ高い等の特徴あり。 ・軽量で，高いせん断強度(30°) ・密度：一般に2.3(±0.3)g/cm³程度 ・pH：一般に9(±1.5)程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・微細粒子で球形をしているため，フライアッシュを混合したコンクリートやモルタルは流動性が增大。 ・粒径は0.1mm以下が90%以上を占めるが，基本的性質は砂状の性質をもち，締固め性能が高い。 ・密度：一般に2.3(±0.3)g/cm³程度 ・pH：一般には11(ややアルカリ性)程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・粒子は，1～3mmの砂状の粒度分布。 ・密度：2.8(±0.1)g/cm³程度 ・pH：13(±0.5)程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・フライアッシュのように球状ではなく，3～10μmの不定形で硬化反応しやすい形状。 ・密度：一般に3.0g/cm³程度(セメントと同程度) ・pH：一般には11程度以上
化学成分	<p><成分割合></p> <p>SiO₂：65%程度</p> <p>Al₂O₃：15%程度</p> <p>Fe₂O₃：10%程度</p> <p>CaO：5%程度</p> <p>その他：5%程度</p>	<p><成分割合></p> <p>SiO₂：60%程度</p> <p>Al₂O₃：20%程度</p> <p>Fe₂O₃：5%程度</p> <p>CaO：10%程度</p> <p>その他：5%程度</p>	<p><成分割合></p> <p>SiO₂：10%程度</p> <p>Al₂O₃：数%程度</p> <p>Fe₂O₃：数%程度</p> <p>CaO：55%程度</p> <p>その他：30%程度(カーボンが約半分)</p>	<p><成分割合></p> <p>SiO₂：45%程度</p> <p>Al₂O₃：15%程度</p> <p>Fe₂O₃：5%程度</p> <p>CaO：20%程度</p> <p>その他：15%程度(カーボンが約半分)</p>

1.1.2 発生量の現状と見通し

(1) 発生量の現状と見通し

日本全国における石炭灰の発生量（フライアッシュ、クリンカアッシュ）は、平成 12 年度で約 842 万 t である。このうち、電力会社所有の火力発電所（電気事業）によるものが約 632 万 t であり、全体の約 75% を占めている。電気事業によるものとしては、石炭火力発電所の合計出力が平成 12 年度に約 2,800 万 kW であるが、新たな運転開始に伴い平成 26 年度には約 1.4 倍の 3,900 万 kW 程度となる

見込みであり、石炭灰は単純に出力比例とすると約 885 万 t 程度まで増加すると想定される。石炭灰の電気事業と一般産業からの発生量の推移を図 - 1.1.5、石炭火力発電所の出力の推移を図 - 1.1.6、各電力会社ごとの石炭火力発電所稼働状況及び位置を付録 1 に示す。

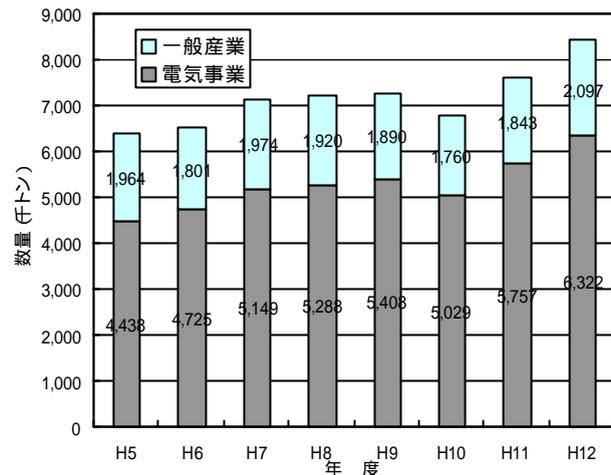


図 - 1.1.5 石炭灰発生量の推移⁴⁾

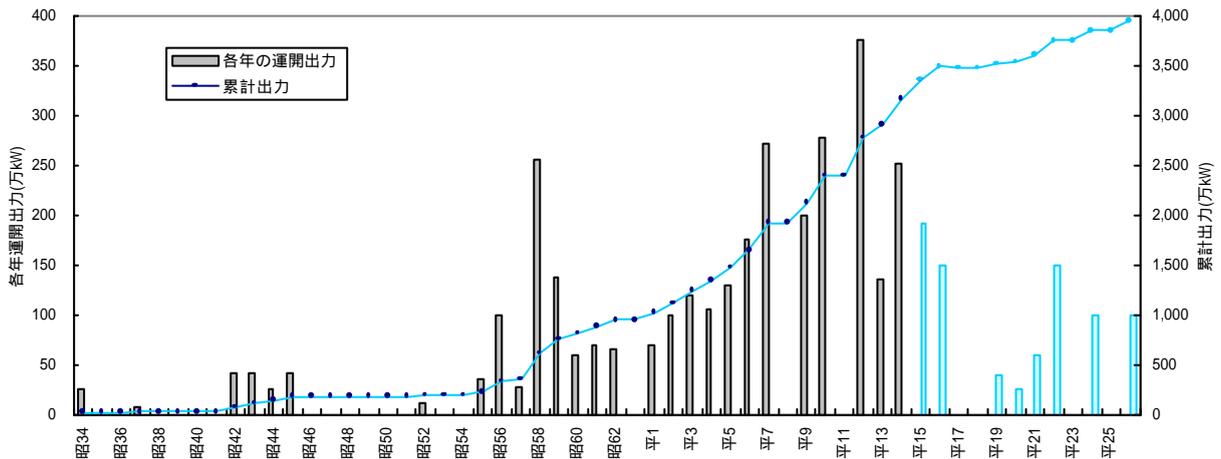


図 - 1.1.6 石炭火力発電所の出力の推移⁵⁾

(2) 既成灰の現状

電気事業から発生する石炭灰のうち、専用の灰処分場に埋立を行っているものを既成灰と称している。現在供用中の専用灰処分場の全体容量は、日本全国で約 4,500 万 m³（密度 1.9t/ m³とすると約 8,600 万 t）であり、このうち平成 14 年度までに約 1,700 万 m³（約 3,200 万 t）が埋立られており、全体容量の約 40% となっている。

現在の専用灰処分場（残り容量約 2,700 万 m³（約 5,100 万 t））は、今後の石炭灰の発生に対し、平成 5～12 年度の平均的な発電出力当たり埋立速度（平均発電出力約 2,100 万 kW に対し約 200 万 t/年）で単純に埋立られると仮定すると、平成 27 年頃に満杯となる。（当試算は簡易なものであり、有効利用量の変動要素として、今後のセメント生産量の縮小見込み、石炭灰有効利用用途の拡大等は考慮していないため、精度は低い。）

1.2 石炭灰のリサイクル資材としての法的位置付け

1.2.1 循環型社会の形成推進のための法体系

循環型社会の形成推進のための法体系は、下図のとおりであり、本節では、 で示す法等について石炭灰有効利用とのかかわりを中心に記載する。

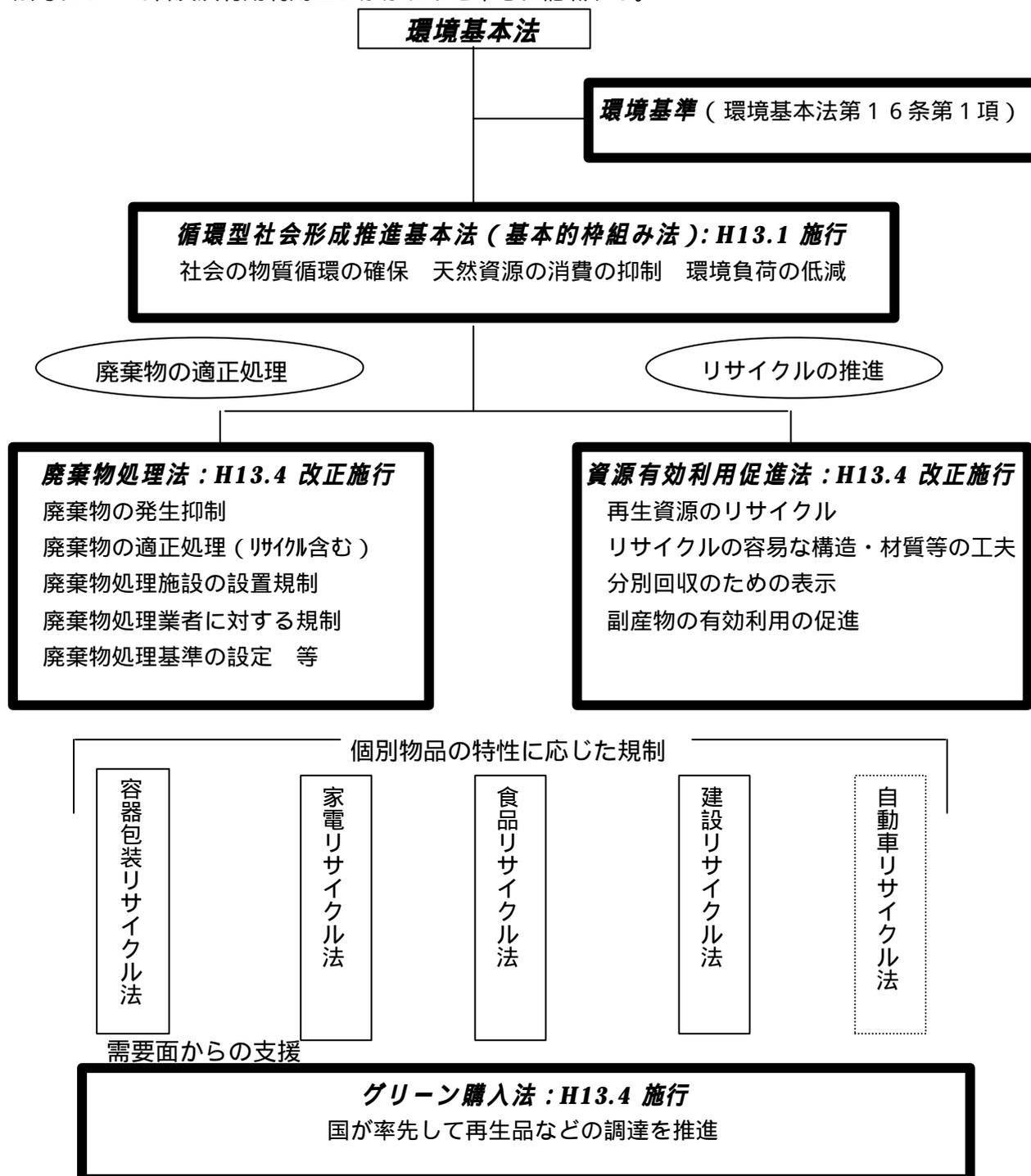


図 - 1.2.1 循環型社会の形成推進のための法体系⁶⁾

1.2.2 循環型社会形成推進基本法（循環型社会基本法）

循環型社会形成推進基本法（以下「基本法」という）は、廃棄物対策とリサイクル対策を総合的かつ計画的に推進する目的で、「大量生産・大量消費・大量廃棄」型社会から循環型社会の形成を目指し、平成13年1月に完全施行された。

基本法では、目指すべき「循環型社会」を「第1に製品等が廃棄物等になることを抑制し、第2に排出された廃棄物等についてはできるだけ資源として利用し、最後にどうしても利用できないものは適正に処分することが徹底されることにより実現される、天然資源の消費が抑制され、環境への負荷が低減される社会」と定義し、この循環型社会を形成するためには、第1に廃棄物等（有価・無価を問わない）の発生を抑制し、第2に発生した廃棄物等のうち有用なものを「循環資源」と定義するとともに、その循環的な利用（再使用、再生利用、熱回収）を図り、最後に無用となったものを適正処分すべきことを規定するとともに循環資源の循環的な利用や処分は環境保全上の支障が生じないように適正に行われなければならないことについても規定している。

そして、国、地方公共団体、事業者及び国民のそれぞれが適切に役割を分担して取り組むことが重要であり、これらの主体の責務を規定している。

なお、基本法に基づき、平成15年3月に閣議決定・国会報告・公表された「循環型社会形成推進基本計画」（以下、「基本計画」という）においては、「循環型社会」を形成するための具体的な施策等が決定され、さらに数値目標として以下の3つが掲げられた。

「入口」：資源生産性（ $= GDP / 天然資源等投入量$ ）

「資源生産性」は、産業や人がいかにものを有効に利用しているかを総合的に表す指標。天然資源等は、その有限性や採取に伴う環境負荷が生じること、また、それらが最終的には廃棄物等となることから、より少ない投入量で効率的にGDP（国内総生産）を生み出すよう増加が望まれる。

「循環」：循環利用率（ $= 循環利用量 / (循環利用量 + 天然資源等投入量)$ ）

「循環利用率」は、経済社会に投入されるものの全体量のうち循環利用量の占める割合を表す指標。最終処分量を減らすために適正な循環利用が進むよう、原則的には増加が望まれる。なお、「経済社会に投入されるものの全体量」は天然資源等投入量と循環利用量の和。

「出口」：最終処分量（ $= 廃棄物最終処分量$ ）

「最終処分量」は、最終処分場のひっ迫という喫緊の課題に直結した指標。一般廃棄物と産業廃棄物の最終処分量の和として表され、減少が望まれる。

本報告書が対象とする石炭火力発電所石炭灰について、基本法の考え方で整理すると

「製品（電気）を生産する過程で発生する廃棄物等（石炭灰）については、発電効率の向上、灰分の少ない石炭の利用等により、発生を抑制するが、排出された廃棄物等（石炭灰）のうち有用なもの（大半）を循環資源として、環境保全上の支障が生じないような循環的な利用（再利用・再生利用 有効利用）を図り、最後に無用となったものを適正処分（管理型処分場への処分）する。」ということになる。

1.2.3 基本法に係る法体系の枠組みの中での石炭灰の扱い

(1) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法：平成 13 年 4 月改正）

1) 廃棄物処理法にもとづく石炭灰の処理

廃棄物処理法では、「廃棄物」とは、「ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であって固形状又は液状のもの（放射性物質及びこれによって汚染されたものを除く。）」と定義されており、このうち、「事業活動に伴って生じた廃棄物のうち燃え殻、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類その他政令で定める廃棄物」を「産業廃棄物」と定義されている。

この定義に基づき、不要物となった石炭灰中のクリンカアッシュは法定産業廃棄物の「燃え殻」に、フライアッシュは政令指定産業廃棄物の「ばいじん」（大気汚染防止法第 2 条第 2 項に規定するばい煙発生施設において発生する「燃料その他の物の燃焼又は熱源として電気の使用に伴い発生するばいじん」）に該当することとなり、廃棄物処理法に基づき、中間処理もしくは再生利用特例による再資源化・再利用（排出事業者自らが行う場合は、業許可等は不要）、管理型最終処分場への処分といった適正処理を行わなければならない。

ここで廃棄物処理法の適用の有無を決定する不要物の判断は、「占有者が自ら利用し、又は他人に有償で売却することができないため不要になった物をいい、これらに該当するか否かはその物の性状、排出の状況、通常の実態、取引価値の有無及び占有者の意志等を総合的に勘案して判断」という、いわゆる総合判断説が最高裁判例によっても採用されている。

これら定義および廃棄物処理法により、発生した石炭灰は、以下のようなフローにより処理されることになる。

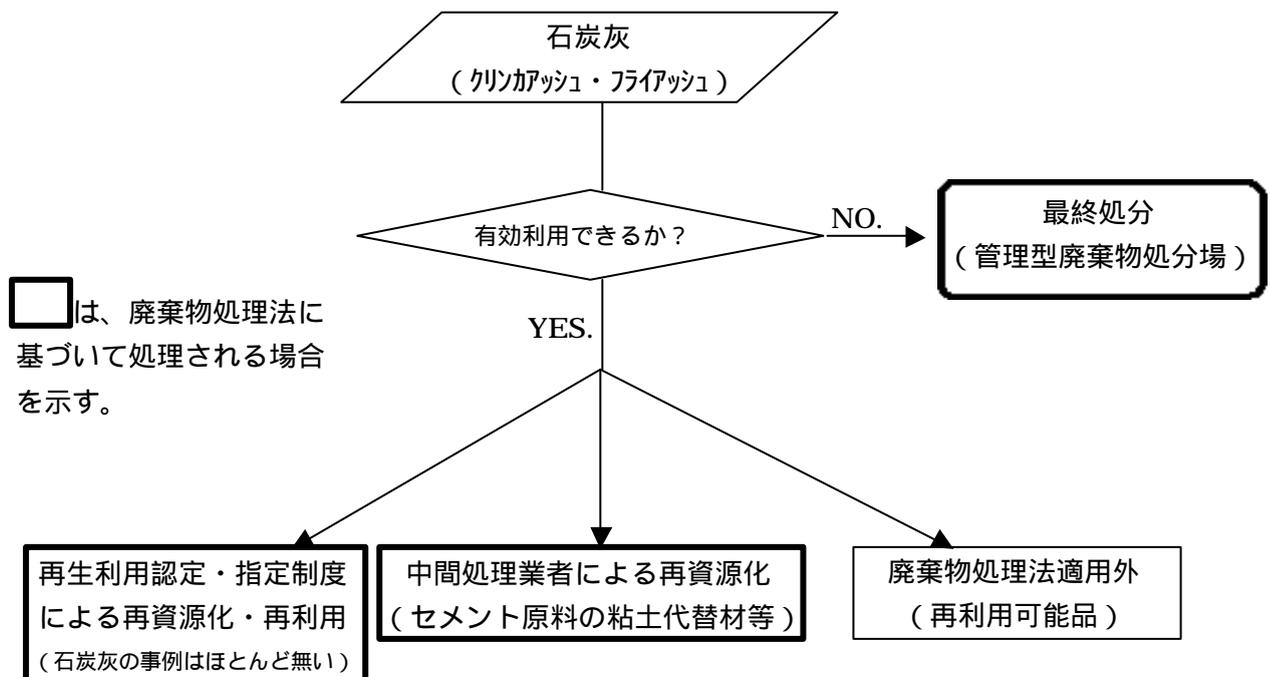


図 - 1.2.2 石炭灰の処理フロー

以下に廃棄物処理法における石炭灰の処理フローを事例等とともに概説する。
 中間処理業者による再資源化（セメント原料としての石炭灰処理）

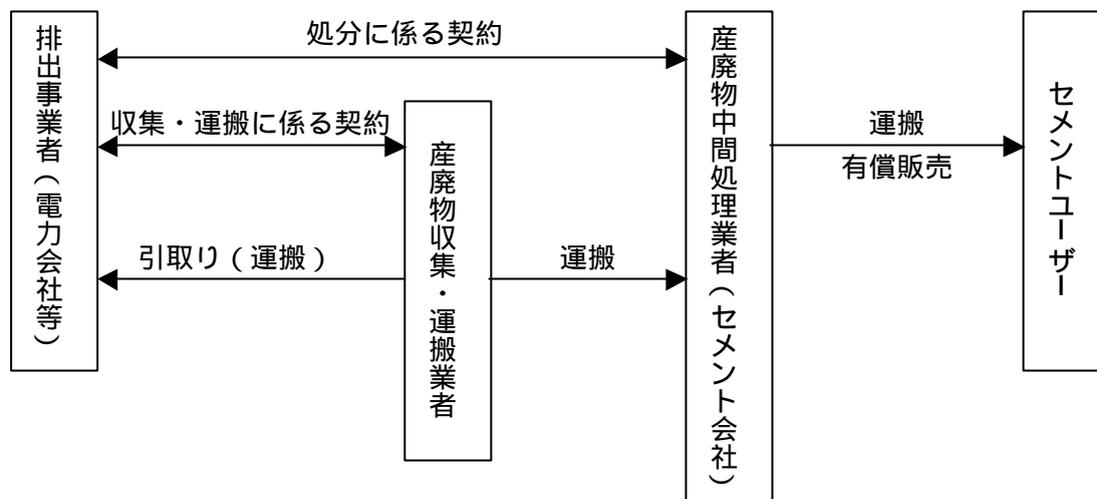


図 - 1.2.3 中間処理業者による石炭灰の処理フロー

中間処理とは、産業廃棄物中間処理業の許可を得た業者が、産業廃棄物を引取り、減量化、資源化するために行う破碎、焼却、乾燥などの処理をいう。

石炭灰の排出事業者が外部に収集、運搬、処分を委託する場合には、廃棄物処理法第12条（事業者の処理）、施行令第6条（産業廃棄物の収集、運搬、処分等の基準）、施行令第6条の二（事業者の産業廃棄物の運搬、処分等の委託の基準）に従い、各々収集運搬業、処分業の許可を得ている業者と書面による委託契約を結び行う。また、排出事業者は、廃棄物処理法第12条の三（産業廃棄物管理票）に従い、管理票（いわゆるマニフェスト）により収集、運搬、処理委託した石炭灰が適正に処理されたことを確認しなければならない。

なお、セメント会社の中間処理による再資源化とは、シリカを多く含む石炭灰をセメント原料として必要な粘土の代替として用いることによりセメントを製造することを言う。

再生利用指定・認定制度による再資源化・再利用

本制度は、廃棄物処理法施行規則第10条の3に規定される都道府県知事（保健所設置市においては市長）指定による再生利用指定制度および廃棄物処理法第15条4の2に規定される環境大臣認定による再生利用認定制度であるが、石炭灰において現状では、適用された事例はほとんどない。

再生利用指定制度とは、再生利用されることが確実であると都道府県知事（広域の場合には環境大臣）が再生利用に係る産廃物を特定した上で、再生利用業者を指定するもので、産業廃棄物処理業の許可を必要としないで産廃物を再生利用することができる特例措置である。再生利用指定制度には、個別指定制度と一般指定制度があり、前者は指定を受けようとする者の申請に基づいて行われ、後者は同一形態の取引が多数存在する場合等に、指定を受けようとする者の申請によらず、産廃物を指定するものである。

再生利用認定制度とは、再生利用の内容が生活環境保全上支障がなく、再生利用業者及び施設が適正かつ確実な再生利用を確保する等の一定の基準に適合すると環境大臣が認定すれば、廃棄

物処理業及び処理施設設置の両方の許可を必要としないで廃棄物を再生利用することができる特例措置である。現在本制度の対象となる産廃物再生利用は、廃ゴムタイヤ、廃プラスチック類、建設無機汚泥の3種が用途とともに限定されるに留まっている。

表 - 1.2.1 に再生利用にかかる廃棄物処理法の特例措置の一部を示す。

表 - 1.2.1 再生利用にかかる廃棄物処理法の特例措置

	所管	許可の要否		概要
		処理業	施設設置	
再生利用指定制度 (一般指定・個別指定)	知事等	不要	要	再生利用されることが確実であると都道府県知事等が認めた産業廃棄物のみを処理する事で都道府県知事等から指定を受けたものは処理業の許可が不要となる。 個別指定：指定を受けようとする者の申請に基づいて行う。 一般指定：同一形態の取引が多数存在する場合等に指定を受けようとする者の申請によらず、都道府県知事等が産業廃棄物を指定。
再生利用認定制度	環境大臣	不要	不要	廃ゴムタイヤに含まれる鉄分をセメントの原料として使用する場合、廃プラスチック類を鉄鉱石の還元剤に用いるために再生する場合、シールド工法等の掘削工事等に伴って生じる無機性の汚泥を高規格堤防の築造材に用いるために再生する場合であって環境大臣の認定を個別に受けたものは処理業の許可、施設設置の許可が不要となる。

専ら利用及び広域再生利用指定制度についての説明は省略

上記に示す再生利用に係る廃棄物処理法の特別措置は、同法の枠内で再生利用の一層の推進と支援を目的に規制緩和が図られたものであるとともに、今後その対象品目拡大と認定基準を満たすものを積極的に認定することが望まれている。石炭灰についても排出事業者側が対象産廃物への品目追加や制度適用についての可能性等について検討し、社会的コンセンサスを図っていくことが重要と考えられる。

仮に石炭灰が再生利用個別指定制度の適用を受ける場合の処理フローと法の間係を図 - 1.2.4 に示す。

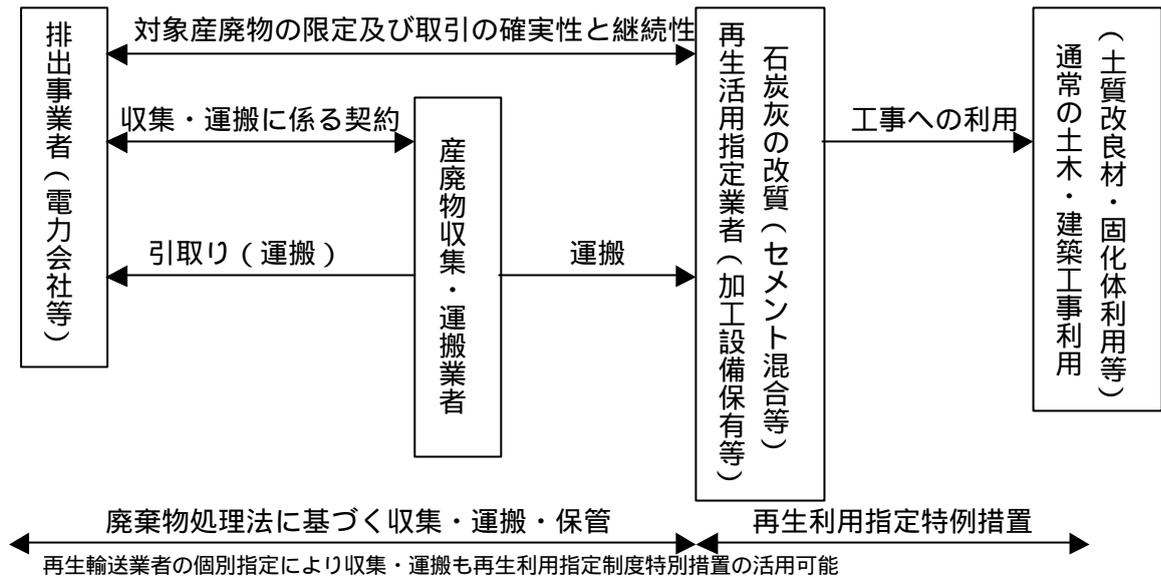


図 - 1.2.4 再生利用個別指定制度による石炭灰の処理フロー

最終処分

廃棄物処理法では、政令で定められた産業廃棄物処理基準に従って、排出事業者自らが処理、処分を行うことを原則としている。この原則に従って排出事業者である電力会社は、発電所構内あるいは近傍に廃棄物処分場を設置し、技術管理者を配置し、発電所から排出された時点で有効利用されない石炭灰を保管、収集、運搬し、適正に埋立て処分している。また、一部外部委託によって、最終処分業者が保有する処分場に処分されている。

排出事業者自ら処分場へ処分する場合の処理フローを図 - 1.2.5 に示す。

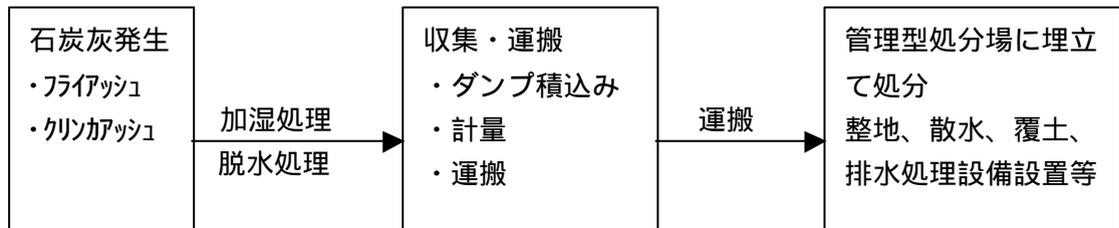


図 - 1.2.5 最終処分場に処分する石炭灰の処理フロー

最終処分は廃棄物処理法第 10 条、12 条（事業者の処理）、施行令第 6 条及び施行規則第 8 条（収集・運搬・処分等基準）、廃棄物処理法第 15 条、施行令第 7 条（産業廃棄物処理施設）、施行規則第 11 条（設置許可申請）、第 12 条（技術上の基準）、廃棄物処理法第 21 条（技術管理者）に基づき厳格に処理されている。

なお、石炭灰は、前述の通り「燃え殻」「ばいじん」に区別され、微量ではあるが一部重金属類等を含む場合がある。このため、埋立て処分をする場合には、浸水液により公共の水域及び地下水を汚染する可能性のある廃棄物を処分する施設であって遮水工、排水処理設備等の設置が必要な管理型処分場への処分が義務付けられている。（廃棄物処理法施行令第 7 条第 14 号八）

既成灰の利用について

既成灰とは、現在、石炭灰専用処分場に処分されている石炭灰のことで、発電所から排出直後あるいは専用サイロ等で保管される等で排出直後の性質を保持した石炭灰（既成灰に対して新生灰と呼称）と区別するための呼称である。

既成灰は、処分の過程で自然の水分と加圧によるポゾラン作用の結果、新生灰と比較すると、ポゾラン反応性が少ない、造粒作用で粒度分布が粗くなっているなどの特徴を有しているが、利用法（道路盛土材、護岸裏込材など）によっては、十分利用可能な材料とみられることもできる。

既成灰が利用可能となると現在の石炭灰専用処分場の延命化に繋がるだけでなく、すでにストックされているものであるため、需要量に応じた出荷が柔軟に対応できるなど利点は多いと考えられる。既成灰を用いた施工事例を以下に示す。

《公共岸壁の裏込材としての石炭灰利用例》

概要：平成 10 年 9～11 月にかけて旧運輸省第一港湾建設局が、多目的大型国際ターミナル（水深 14 m）岸壁の裏込め材として既成灰をリサイクル材料として捉えて「リサイクル新材料活用モデル工事」として実施した。既成灰は酒田共同火力発電所の処分場から採取して、これにセメント及び海水を混合してミキサー車で打設現場まで輸送後、ポンプで圧送しながら所定の位置に打設した。既成灰利用量は、約 52,000m³ である。本工事により施工性、環境への安全性、リサイクル材料としての有効性及び建設コストの縮減効果が確認された。

しかしながら、本格的な利用においては、現状では、再利用を想定していないため、クリンカアッシュとフライアッシュが混在している場合があるなどの材料的課題と利用技術の確立といった課題の他、以下のような法規制との対応を整理・検討する必要がある。

公有水面埋立法

- ・石炭灰処分場の延命化に繋がるものであるが、埋立法は土地利用計画（埋立地の上物計画）を前提として、一定期間内に公有水面を埋立て完成土地を取得する手続きであるが、処分場としての延命化は、すなわち、埋立期間の延長に繋がるものである。
- ・石炭灰の処分行為は、埋立法上では埋立用材（石炭灰）による「埋立てに関する工事の施工」にあたるものであり処分の進捗は埋立の進捗であるが、既成灰の採取は、一旦、進捗した埋立が元に戻るという法の想定外の事象である。
- ・仮に石炭灰処分を有用材を埋立予定地に仮置く行為という考え方をとれば、上記の埋立進捗の問題からはまぬがれる。埋立法は、未竣工埋立地の使用そのものは禁止していないが、埋立工事の施工途中における埋立工事外の利用（仮置き行為）という観点をどう整理できるか。

廃棄物処理法

- ・新生灰が有用物（資材）として社会通念上やっと認知されつつある現状においては、既成灰利用に関する議論は慎重に進められるべきものと考えられる。仮に既成灰をストックされた貴重な循環資源と捉えた場合に、将来的には以下のような考え方に基づいた整理も必要になると思われる。
- ・既成灰は埋立法上の埋立用材としての面と併せて、発生抑制、循環資源としての利用の結果、

最後にその時点で不要物として適正処分された廃棄物としての面を持つ。

- ・不要物の判断は、いわゆる総合判断説に基づくものであり、確かに処分場に処分された時点においては、他人に有償で売却できない不要物であったが、例えば現状においては土木資材として価値が認められ、有償での取引が証明され、生活環境の保全上支障がなく、その利用が確実な場合に限り循環資源として利用することは可能とも考えられる。
- ・閉鎖前の処分場から持出す場合には、同等の処分場への処分が適当との判断があるが、例えば廃棄物の改質（いわゆる再生利用）を行なうことを前提に、土木資材として工事への適用を考えた場合、検討すべき課題がある。

2) 中央環境審議会による廃棄物・リサイクル制度の見直しに関する意見具申

中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会では、今後の廃棄物・リサイクル制度の在り方について平成14年11月22日にとりまとめ同日付けで中環審会長より環境大臣に対して意見具申を行っている。

今後は、本意見具申を基に、環境省をはじめとする関係省庁により必要な法律等の改正等が検討されていくこととなる。

本意見具申において石炭灰の有効利用の進展に関連性が深いとおもわれる部分を中心に以下に示す。

基本的視点

合理的な制度の確立による効率的な廃棄物処理・リサイクルの推進

不適正処理の防止・適正処理の確保

適切な役割分担による廃棄物の排出抑制等

見直しの方向性

合理的な制度の確立による効率的な廃棄物処理・リサイクルの推進

- ・廃棄物の再生利用の促進のため、業・施設両方の許可を不要とする仕組みである再生利用認定制度については、認定対象範囲の拡大を検討するとともに認定基準の明確化を図り、可能なものから順次指定していくことが必要である。
- ・リサイクルされる廃棄物という区分を設けるのではなく、リサイクルする者及びその方法とリサイクルされる物とをセットにした、上記の広域指定制度等の特例制度や後述の拡大生産者責任の趣旨に基づく制度などで対応することが適当とされている。

石炭灰の有効利用技術は、その方法としてかなり確立してきているものであり、この見直しの方向性のとおり、早期に再生利用認定制度の指定が受けられよう認定基準等との対応を図っていく必要がある。

不適正処理の防止・適正処理の確保

- ・不要物は、客観的要素だけでなく主観的要素も考慮しなければ適切に判断できない概念であり、その該当性について、個別事例に即して主観・客観の両面を勘案する考え方そのものには合理性はある。（総合判断説の合理性の再確認）
- ・ただし、占有者の意思や取引価値の不明確さにより不要物であるか否かの判断が困難な事例が多いことにかんがみ、これらの事例に関し、環境保全の観点からも平成12年の使用済タイヤ

に係る通知のように個別事例に即して具体的な判断基準を明確化する措置を「占有者の意志」「取引価値の有無」よりも「物の性状」「排出の状況」等の客観面の判断要素を優先させるべき場合もあり得ることを含め、より多くの対象物について講じることなどにより、判断要素の具体化客観化を図ることが必要とされている。

石炭灰の有効利用については各種事例を通じて蓄積されてきており、これらを取りまとめ総合判断説による具体的な判断基準を明確化していくことが必要と考えられる。

適切な役割分担による廃棄物の排出抑制等

- ・産業廃棄物の排出者責任については、数次の処理法改正により強化がおこなわれており、現在、優良な産業廃棄物処理業者の育成を進めるための産業廃棄物分野の構造改革が進展しているところである。引き続き、同法の厳格な施行により排出事業者の処理責任の徹底を進めることが必要とされている。

石炭灰の排出者である電気事業者は、これまでと同様に処理責任の徹底を図ることは言うまでもなく、有効利用においても環境保全に十分留意する必要がある。

3)石炭灰の輸出

従来より、廃棄物処理法、バーゼル条約等所定の手続きを踏んで廃棄物を海外へ輸出することは可能であったが、平成14年11月に石炭灰についてセメント原料（粘土代替）として韓国へ輸出することが許可された。

(2)資源の有効な利用の促進に関する法律（資源有効利用促進法：平成13年4月施行）

本法においては、以下の4項目を事業者に義務付け循環型経済システムの構築を目指している。

- 1)製品回収・リサイクルの実施などリサイクル対策の強化
- 2)製品の省資源化・長寿命化等による廃棄物の発生抑制対策
- 3)回収した製品の部品等の再使用対策
- 4)副産物の発生抑制及びリサイクルの推進

石炭灰については、4)の中で「特に再生資源としての有効利用を促進しなければならない指定副産物」と位置付けられ、この基本方針に沿って電力業界としては自社工事への利用を拡大するとともに、設備の整備、建設資材としての用途の拡大、品質向上のための技術開発等に関する自主的な取組みが図られている。

表 - 1.2.2 に電力会社における自社工事への利用実績（H5～H14）を示す。

表 - 1.2.2 電力会社における自社工事への利用実績 (H5～H14)

電力会社名	自社工事利用実績(千t)	主な用途
北海道電力株式会社	58	<ul style="list-style-type: none"> ・フライアッシュセメント ・コンクリート混和材 ・充填材 ・中詰材 ・固化体 ・地盤改良材 ・路盤材 ・吹付材 ・その他
東北電力株式会社	195	
北陸電力株式会社	10	
東京電力株式会社	85	
中部電力株式会社	45	
関西電力株式会社	58	
中国電力株式会社	155	
四国電力株式会社	26	
九州電力株式会社	28	
沖縄電力株式会社	14	
電源開発株式会社	261	
合計	935	

上記各社の実績は、主要なものだけを記載している。

(3)国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律(グリーン購入法:平成13年4月施行)

本法は、需要面から循環型社会の形成に資するものとして制定され、国(国会、各省、裁判所)及び政令で定められる独立行政法人及び特殊法人(以下「各機関」という。)は、毎年度国の定める「基本方針」に即して各機関毎の「環境物品等の調達の推進を図るための調達方針」を作成、公表し、具体的目標を定めて再生品等の環境物品等の調達を推進し、年度終了後、調達実績を公表することとされている。

対象となる物品としては、建設資材等に着目した公共工事や役務を含む14分野にわたる151品目が平成13年度末時点で選定されているが、これら品目等は、開発状況・科学的知見の充実等に応じて、毎年度見直しを実施される。

石炭灰関連商品については、平成14年度末現在で、公共工事資材のうち混合セメントとしてフライアッシュセメントが特定調達品目に指定されているが、その他については、平成15年5月公表の特定調達品目候補群(ロングリスト)として、以下の品目が掲載されている。

表 - 1.2.3 に特定調達品目候補群(資材)一覧表(石炭灰関係抜粋)を示す。

表 - 1.2.3 特定調達品目候補群（資材）一覧表（石炭灰関係抜粋）

統合品目名	提案品目名	検討結果
F S コンクリート	F S コンクリート	()
石炭灰焼成軽量骨材	高強度（フライアッシュ）人工骨材	()
石炭灰焼成軽量骨材	焼成フライアッシュ骨材	()
石炭灰を用いた吹付けコンクリート	石炭灰原粉を用いた吹付けコンクリート	()
石炭灰を用いた吹付けコンクリート	石炭灰を使用した吹付けコンクリート用混和材	()
石炭灰気泡混合軽量土	石炭灰を使用した気泡混合軽量土	()
石炭灰を用いた地盤改良材	火力発電所発生廃棄物を用いた地盤改良材	()
石炭灰溶融スラグ混入アスファルト混合物	石炭灰を使用した舗装用カラー骨材	()
石炭灰溶融スラグ混入アスファルト混合物	石炭灰溶融スラグ舗装（ファイッシュ舗装）	()
石炭灰を用いた地盤改良材	建設発生土への石炭灰（フライアッシュ）利用方法	()

検討結果の意味は以下のとおりである。

- () : 他の課題を解決した後に、コスト面について普及とともに比較対象品と同程度になる見込を確認する必要がある。
- ：公共工事における使用実績が十分でない等、実際と同等の条件下で検証及び評価が十分になされていない。
- ：JIS、JAS 等の公的基準を満足または準拠していないなど、品質確保について不確実性が残る。なお、F S コンクリートについては、スラグとの組合せ、スラグの膨張性等に関する課題が挙げられている。

これら検討結果によれば、公共工事における使用実績が十分でないという課題が大きいですが、本制度の趣旨を十分理解しつつ、石炭灰有効利用技術が調達品目として採用されていくよう、関係者の努力が望まれる。なお、公共工事の認定登録制度には、現在国土交通省の NETIS があり、これも積極的に活用する必要がある。

1.2.4 安全性評価に関する法基準等

石炭灰は微量であるが、重金属類等を含有するものである。このため、有効利用にあたっては、「循環資源の循環的な利用及び処分に当たっては、環境の保全上の支障が生じないように適正に行われなければならない（循環型社会形成推進基本法第6条2項）」という規定に十分留意しなければならない。表-1.2.4に石炭灰の溶出試験結果（例）を示す。

表-1.2.4 石炭灰の溶出試験結果（例）⁷⁾

		アルキル水銀	全水銀	カドミウム	鉛	有機リン	六価クロム	砒素	シアン	PCB
国内炭	純水	ND	ND	ND	ND	ND	0.19	ND	ND	ND
	海水	ND	ND	ND	ND	ND	0.19	ND	ND	ND
中国炭	純水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	海水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
南ア炭	純水	ND	ND	ND	ND	ND	0.10	ND	ND	ND
	海水	ND	ND	ND	ND	ND	0.15	ND	ND	ND
豪州炭	純水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06	ND	ND
	海水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.20	ND	ND

環境の保全上の支障が生じないための判断基準としては、環境基本法第16条第1項により定められる「大気汚染、水質汚濁、土壌汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれ、人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」が基本となる。

これら基準は、大きく、大気・騒音・水質・土壌・ダイオキシン類に対するものに大別されるが、石炭灰有効利用における安全性評価において一般的に援用される基準及び測定項目としては

水質汚濁に係る環境基準（人の健康の保護に関する環境基準値）：（健康保護基準という）

地下水の水質汚濁に係る環境基準：（地下水汚濁基準という）

土壌の汚染に係る環境基準：（土壌環境基準という）

水質汚濁防止法に基づく排水基準：（排水基準という）

海洋汚染防止法及び海上災害の防止に関する法律に規定される埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準：（排出基準という）

がある。

これら環境基準において石炭灰有効利用の安全性評価に援用される重金属類等（カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、アルキル水銀、セレン、ふっ素、ほう素）の基準値の大きさは、以下のような関係にある。

健康保護基準 = 地下水汚濁基準 = 土壌環境基準 < 地下水が汚染されない場合の土壌環境基準 < 排水基準 < 排出基準

石炭灰の安全性評価においては、その有効利用形態として土木・建築工事など土壌と接して利用する形態が多いため、特に「土壌の汚染に係る環境基準」に準拠して評価する事例が多い。

また、「土壌の汚染に係る環境基準の項目追加等について（答申）平成12年12月26日中央環境審議会」において、環境基準の設定の考え方等が詳しく説明されているため、ここでは、本答申の内容も含めながら、土壌環境基準について述べる。

石炭灰有効利用の安全性評価のために環境基準設定を行う場合は、これらの内容を十分吟味し、適切な基準値を設定する必要がある。

(1) 土壌の汚染に係る環境基準と土壌について

環境基本法（平成5年法律第91号）第16条第1項による土壌の汚染に係る環境上の条件につき、人の健康を保護し、及び生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準（以下「土壌環境基準」という。）として定められている。

1) 土壌環境基準を適用される土壌と適用されない土壌

以下の土壌を除くすべての土壌がその適用対象とされている。

- A. 「汚染がもっぱら自然的原因によることが明らかであると認められる場所及び原材料の堆積場、廃棄物の埋立地その他の対象物質の利用又は処分を目的として現にこれらを集積している施設に係る土壌には適用しない。」
- B. 「海域に隣接して海水の影響を受けていると考えられる土壌については、汚染原因や周辺地下水への影響等を個別の事例ごとに総合的に評価し、自然的な原因を十分考慮して土壌環境基準の適用の是非等を判断すること。」

2) 基準値

土壌環境基準が適用される土壌についての基準値は、環境省告示第16号（平成13年3月28日）により、ふっ素及びほう素が追加され、27項目の有機化合物・重金属等について規定されているが、石炭灰は、無機物質であるため有機化合物以外の重金属等に関する項目についてのみ確認することが通例である。

また、カドミウム、鉛、六価クロム、砒（ひ）素、総水銀、セレン、ふっ素及びほう素については、その土壌と地下水との関係より、本文基準値（1倍値基準）と備考欄記載の基準値（3倍値基準）のふたつが規定されている。すなわち、「汚染土壌が地下水から離れており、かつ、原状において当該地下水のこれら物質の濃度が水質環境基準（1倍値基準値と同じ）の値を超えていない場合には3倍値基準を適用する。」とされている。

表 - 1.2.5 土壌環境基準値一覧表（重金属類等について抜粋）

基準項目	環境基準値	
	同右以外の土壌	地下水から離れて、かつ地下水が汚染されていない土壌
	（1倍値）	（3倍値）
カドミウム	0.01mg / リットル以下	0.03mg / リットル以下
鉛	0.01mg / リットル以下	0.03mg / リットル以下
六価クロム	0.05mg / リットル以下	0.15mg / リットル以下
砒（ひ）素	0.01mg / リットル以下	0.03mg / リットル以下
総水銀	0.0005mg / リットル以下	0.0015mg / リットル以下
セレン	0.01mg / リットル以下	0.03mg / リットル以下
ふっ素	0.8mg / リットル以下	2.4mg / リットル以下
ほう素	1mg / リットル以下	3mg / リットル以下

一方、土壌環境基準が適用されない土壌（1）に示すA・Bの土壌）についての基準値の考え方は、土壌における環境基準として明確に定められたものはないが、「土壌の汚染に係る環境基準

の項目追加等について（答申）平成12年12月26日中央環境審議会」の例示を援用した場合、

A.の土壌に対しては、「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」における「埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める総理府令」の基準値。

B.の土壌に対しては、自然状態の海域濃度を大幅に上回らないような対応として、水質汚濁防止法の排水規制。

等で判断することが可能と考えられる。

これらは、いずれも表-1.2.6に示す土壌環境基準値の10倍の値が基準値となっている。

表-1.2.6 その他の基準値一覧表（重金属類等について抜粋）

基準項目	環境基準値	
	埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める総理府令	水質汚濁防止法の排水規制
カドミウム	0.1mg/リットル以下	0.1mg/リットル以下
鉛	0.1mg/リットル以下	0.1mg/リットル以下
六価クロム	0.5mg/リットル以下	0.5mg/リットル以下
砒（ひ）素	0.1mg/リットル以下	0.1mg/リットル以下
総水銀	0.005mg/リットル以下	0.005mg/リットル以下
セレン	0.1mg/リットル以下	0.1mg/リットル以下
ふっ素	-	-
ほう素	-	-

(2)土壌環境基準の再利用物への適用

「土壌の汚染に係る環境基準についての一部改正について（平成13年3月28日環告16号）」により、ふっ素、ほう素が環境基準として追加されたが、これらが含まれる鉄鋼スラグ、石炭灰等の再利用物が投入された土壌に対する土壌環境基準の適用については、本改正の根拠となる「土壌の汚染に係る環境基準の項目追加等について（答申）平成12年12月26日中央環境審議会」において、以下のように定められた。

- ()セメントや石膏ボード等の原材料として利用され構造物の一部となっている場合は、これらに適用しない。
- ()道路用等の路盤材や土木用地盤改良材等として利用される場合には、再利用物自体は周辺の土壌と区別できることから適用しない。
- ()肥料のように土壌に混ぜ合わせて使用する場合には、肥料を混合させた土壌に対しては適用する。

と解される。また、いずれの場合にも、再利用物周辺の土壌に対しては土壌環境基準を適用する。

なお、上記答申においてはさらに、「路盤材、土木用地盤改良材等の再利用物の安全性の評価については、土壌環境基準及びその測定方法の援用が行なわれているが、現状有姿や利用形態に応じた適切な評価が行なわれる必要があると考える。そのため、再利用物の利用の促進と安全性の確保の観点から、再利用物の利用実態に即したリサイクルガイドライン等が関係省庁により早急に策定される必要があると考える。」とされており、本改正の都道府県への通達においては、この考え方について「貴都道府県等においてはこのような援用が行なわれている場合には、現状有姿

や利用形態に応じた適切な評価につき十分留意されるようお願いしたい。また、再利用物の利用の促進と安全性の確保の観点から、再利用物の利用実態に即したリサイクルガイドライン等が関係省庁により早急に策定される必要があると考えている。策定された際には活用されたい。」(原文のまま)としている。

(3)その他

その他として以下の要領、基準等についても留意する必要がある。

1)セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験要領(案)

石炭灰有効利用の形態が上記試験要領(案)の範疇である場合、六価クロムについては、国土交通省が設定した標記試験要領(案)により測定法・頻度が規定されているため、この要領に従う必要がある。

2) pH

利用場所、利用方法によっては、pHに係る基準が必要となる場合があるが、pH基準が設定されている各種基準を勘案し、適切に定める必要がある。

表 - 1.2.7 pH基準値(例)

環境基準値	
水道法に基づく水質基準	水質汚濁防止法の排水規制
5.8 ~ 8.6	(河川) 5.8 ~ 8.6 (海域) 5.0 ~ 9.0

3)土壌汚染対策法

平成14年5月29日に公布された土壌汚染対策法において、指定区域に定められた場合は、同法に基づき、汚染の除去等の措置(=立入制限・覆土・舗装(直接摂取の場合)、汚染土壌の封じ込め、浄化等)が必要となる。

この指定は、表 - 1.2.8 に示す基準が守れない土地に適用される。

表 - 1.2.8 特定有害物質及び指定区域の指定基準(重金属類等について抜粋)

項目	溶出量基準	含有量基準
カドミウム	0.01mg/リットル以下	150mg/kg以下
鉛	0.01mg/リットル以下	150mg/kg以下
六価クロム	0.05mg/リットル以下	250mg/kg以下
砒(ひ)素	0.01mg/リットル以下	150mg/kg以下
総水銀	0.0005mg/リットル以下	15mg/kg以下
セレン	0.01mg/リットル以下	150mg/kg以下
ふっ素	0.8mg/リットル以下	4,000mg/kg以下
ほう素	1mg/リットル以下	4,000mg/kg以下

溶出量基準は、土壌環境基準の本文基準値と同値である。このため、石炭灰有効利用の安全性評価基準として土壌環境基準の本文基準値を援用した場合は、土壌汚染対策法においても指定区域とされることはないが、その他基準により、本文基準値以上の基準値を設定する場合は、将来的な土壌汚染対策法との関係にも留意する必要がある。

なお、含有量基準については、石炭火力発電所の石炭灰は、単体で十分基準値以下である。

1.2.5 産業廃棄物税

いわゆる産業廃棄物税は、平成12年4月に地方分権一括法（平成11年7月）による地方税法の改正により創設された法定外目的税の制度により導入されたものであり、平成14年4月1日に施行された三重県の産業廃棄物税が最初である。その後、岡山県、広島県、鳥取県の3県では平成15年4月に施行され、また、北九州市、青森県、岩手県、秋田県においては平成15年度中の施行が予定されている。更に、滋賀県、奈良県、山口県、新潟県において条例が制定され、その他多くの県で具体化に向けた取組みが進んでいる。

課税額は、概ね1,000円/tが標準であり、排出事業者、中間処理業者及び最終処分事業者のいずれかが納税義務者となっている。

これらの税収の用途は、いずれも廃棄物の減量化等による最終処分場不足に対応するための地方公共団体の具体的施策を充実強化するための財源であり、有意義な政策手段の一つとして位置付けられている。

石炭灰についても廃棄物処分される場合においては、課税されることになるが、本報告書で示すように社会資本整備における建設材料・工法として有効活用することにより、廃棄物としての処分を縮小し、有効利用率を高めることが期待される。

1.2.6 公共事業評価における環境負荷軽減効果について

国土交通省では、公共事業の効率性及びその実施過程の透明性の一層の向上を図るため、平成13年7月に「国土交通省所管公共事業の新規事業採択時評価実施要領（平成15年4月改訂）」を定め、新規事業採択時評価を費用対効果分析を含め総合的に実施することとしている。

さらに、評価手法に関する事業種別間の整合性や評価指標の定量化等について検討するため、国土交通省に学識経験者等から構成する公共事業評価システム研究会が設置されている。

当然ながら、石炭灰有効利用技術が普及するためにも本評価の中で、石炭灰の利用が評価上、高得点になっていくことが望まれる。

公共事業評価システム研究会が公表している「公共事業評価の基本的考え方（平成14年8月）」に示された評価項目の体系（案）を図-1.2.6に示す。これによれば、石炭灰の利用による評価が期待できる主な項目として以下のものが考えられる。

事業効率（大項目） - 費用対便益（中項目）

工事費縮減への寄与

波及的影響（大項目） - 環境（中項目） - 生活環境の保全（小項目）

天然資源消費抑制効果

波及的影響（大項目） - 環境（中項目） - 自然環境の保全（小項目）

天然資源消費抑制及び土壌浄化、水質浄化の効果に寄与

波及的影響（大項目） - 環境（中項目） - 地球環境保全の寄与（小項目）

温室効果ガス（二酸化炭素等）削減に寄与

実施環境（大項目） - 事業の成立性（中項目） - 上位計画との関連（小項目）

排出元（発電所）立地自治体のゼロエミッション構想への寄与

実施環境（大項目） - 事業の成立性（中項目） - 他事業との関連（小項目）

他産業廃棄物との同時利用あるいは他産業廃棄物の受入れ枠、余力の拡大に寄与

これら評価指標の設定・定量化は、今後も見直し、設定が進んでいくと考えられるが、石炭灰利用による環境負荷低減効果としては、天然資源消費抑制効果による評価が非常に大切であり、この効果も評価指標に取り上げられるようになり、新規事業の円滑な採択に寄与できるようになることが期待される。

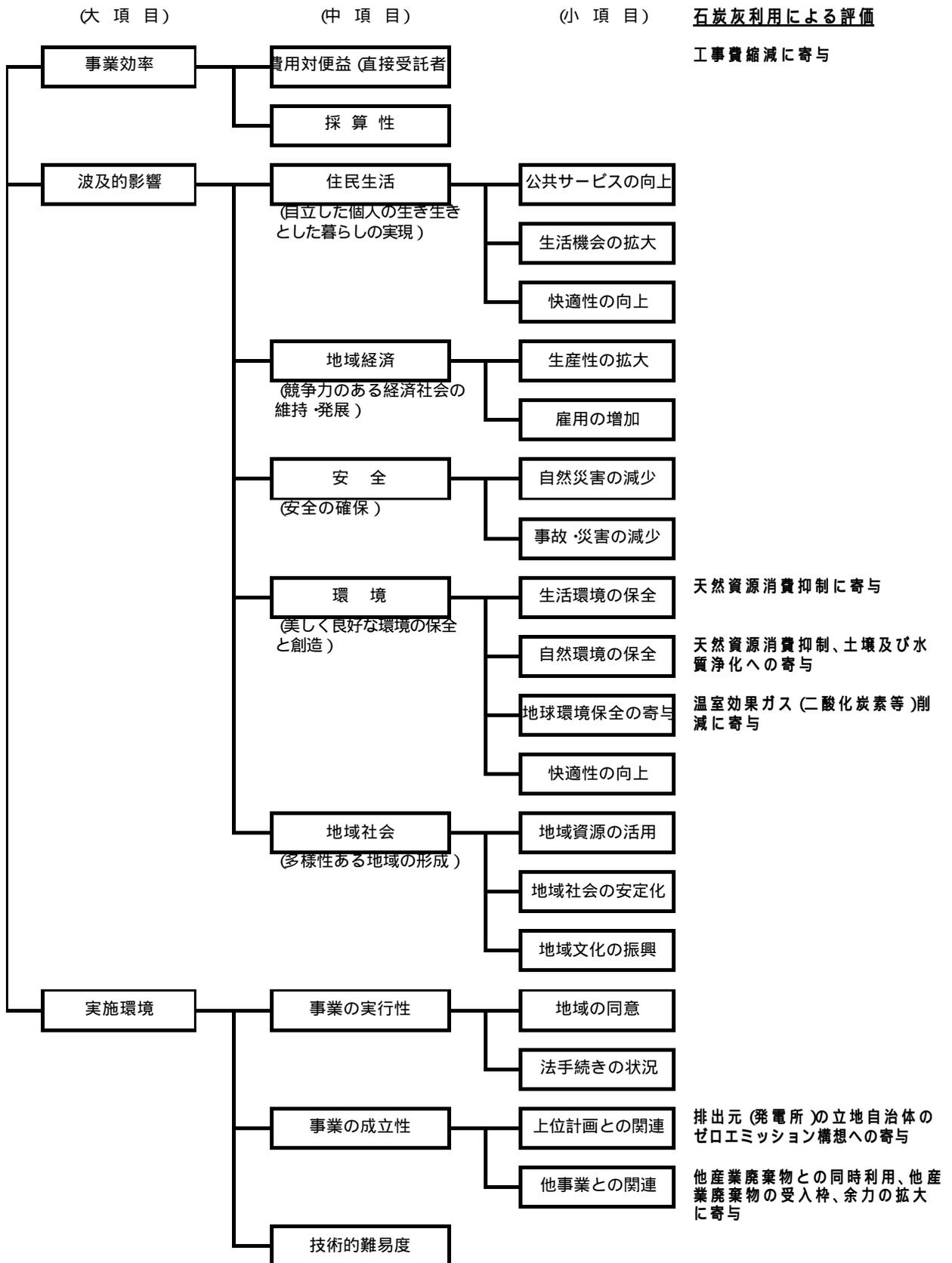


図 - 1.2.6 評価項目の体系 (案)⁸⁾

参考文献（第1章）

- 1) 北海道電力パンフレット「COAL ASH 石炭灰を資源として広く活用」より引用
- 2) 中国電力パンフレット「Effective Use of Coal Ash」より引用
- 3) 北海道電力パンフレット「COAL ASH 石炭灰を資源として広く活用」、中国電力パンフレット「Effective Use of Coal Ash」等をもとに作成
- 4) (財)石炭利用総合センター「石炭灰全国実態調査報告書」よりデータ引用・加工
- 5) 日本フライアッシュ協会「石炭灰ハンドブック」等をもとに作成
- 6) 平成14年度循環型社会白書 P.73 一部修正・加筆
- 7) 「石炭灰及び鉍さいの性状等に関する報告書（昭和57年3月）：（財）産業研究所」
- 8) 「公共事業評価の基本的考え方（平成14年8月）：公共事業評価システム研究会」一部加筆