

話題提供 1

リサイクルの観点からの セメント/コンクリート材料に関して



佐野 奨 氏

太平洋セメント(株) 中央研究所

(塩見) どうもありがとうございました。それでは今からパネルディスカッションに入らせていただきます。まず私がコーディネーターの宇佐美先生を紹介しまして後、バトンタッチをいたしまして、宇佐美先生の方に司会をお願いしたいと思います。

コーディネーターの宇佐美先生は、S G S Tの常任理事で、名古屋大学大学院工学研究科教授でございます。最近では鋼構造物の耐震・制震設計あるいは性能設計などを手掛けられておられ、平成13年には日本鋼構造協会から、土木鋼構造物の性能設計ガイドラインを発刊されました。また日本鋼構造協会では、鋼橋の性能照査型耐震設計法検討委員会の委員長。土木学会では座屈設計ガイドライン改訂小委員会委員長などを精力的に務められておられます。

それではバトンを宇佐美先生にお渡ししますので、よろしくお願いたします。

(宇佐美) ご紹介いただきました、名古屋大学の宇佐美です。常任理事というのは初めて聞いた名前なのですが(笑)、私はS G S Tの3代目の代表を務めました関係で、今日コーディネーターを務めさせていただきます。よろしくお願いたします。

それでは早速ですが、パネルディスカッションの進め方を、用意してきましたパワーポイントで説明いたします。最初にパネリストからの話題提供ということで、太平洋セメントの佐野さんと、名古屋大学の伊藤先生にそれぞれ20分ずつ話題提供をしていただき、その後藤野先生と、川人さんの基調講演を含めて、4人の方の講演のまとめを5分間ぐらいでやらせていただきます。その後、会場から色々ご質問があるかと思しますので、質疑応答をいたしたいと思えます。そして、パネルディスカッションで、4人の講師の方とフロアからの討論を行いたいと思えます。最後に総まとめを5分間ぐらいでやらせていただきたい。こういう順序でいきたいと思えます。合わせて2時間と予定しておりますので、よろしくお願いたします。

これからの概要は、会場の皆様方に、パワーポイントのコピーをお配りしましたので、その順序に従ってやっていきたいと思えます。

それでは最初のパネリストのご講演で、太平洋セメント中央研究所の佐野獎さんをお願いしたいと思います。佐野様のプロフィールはお手元の資料にございますように、現在中央研究所のセメント技術グループ副主任研究員でございます。佐野さんはそこに書いてございますように、セメント業界の代表として、環境負荷低減に関する土木学会、それから産業環境管理協会等のいろいろな委員会で活発にご活躍でございます。それではよろしくお願いたします。

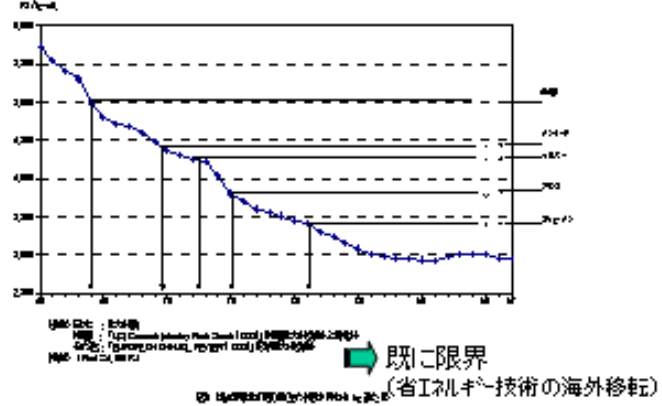
(佐野 太平洋セメント) ただいまご紹介にあずかりました、太平洋セメントの佐野でございます。先ほどの川人さんのお話しではありませんけれども、私はこのS G S T発足25周年ということで、私は25年前はまだ小学校に入ったころですから、まだおしめも取れたばかりの若造でございますので、皆様多少不手際、生意気なところもあるかもしれませんが、ご容赦のほどをお願いします。

本日私の方から、材料提供の側として、セメントとコンクリートの材料系の環境負荷について話題を提供させていただきます。1つは通常一般的に用いられております、ポルトランドセメントの環境負荷について。これはセメント協会が、L C Aワーキングという活動をやっておりまして、その検討成果から一部抜粋してきたものです。

もう1つは近年盛んに取り組みが行われております,コンクリートガラのリサイクルによる効果ということで,こちらは土木学会のコンクリート委員会の小委員会の成果から抜粋させていただいたものです。

(スライド1)早速1つ目の,ポルトランドセメント製造時のリサイクル効果と題して紹介させていただきます。ご存じのように当セメント業界にしましては,過去からさまざまな省エネ活動というものを取り組んできまして,現在では,ほかの海外の諸国を凌駕する省エネ効果を発揮しております。しかしながら残念ながら1990年以降,こうした活動はすでに限界に来ておりまして,得られた技術にしましては海外移転という形で技術協力を今いっております。

(1)省エネルギー活動

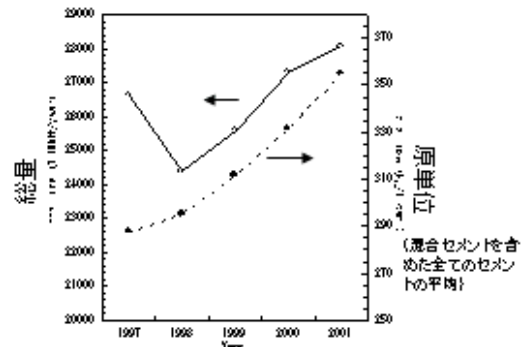


スライド 1

(スライド2)一方近年皆様ご存じかと思えますけれども,セメント産業はリサイクル活動に非常に注力しております。2001年度の廃棄物,副産物のリサイクル量は,年間2,800万トンということで,混合セメントを含めました,すべてのセメント平均としましては,セメント1トンあたり,だいたい360キロの廃棄物,副産物を活用しながら,社会貢献を行っているということになります。

(2)リサイクル活動

2001年度の廃棄・副産物リサイクル量:約2800万トン



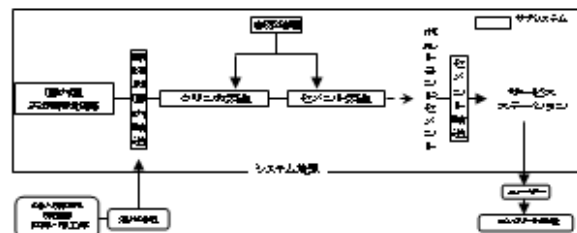
この取組が果たして環境負荷低減に役立っているのか?

スライド 2

そこでリサイクル活動と一言で言っても,必ずしも環境負荷にいいのかというのはこれまでは分かっておりませんでした。そこでセメント協会の方で, LCAワーキンググループというものを立ち上げて,こういったリサイクル活動が,環境負荷への程度影響しているのかというものを定量的に明らかにしてまいりました。

評価範囲

(スライド3)今回評価に当たって設定した計算範囲になります。計算した範囲は,国内産の天然原料の採掘から,セメントを製造して,それがユーザーさんの手に渡る一步手前の,サービスステーションへ輸送するまでというものにしてあります。収集したデータ



・1998年度国内26工場の実績データ平均値

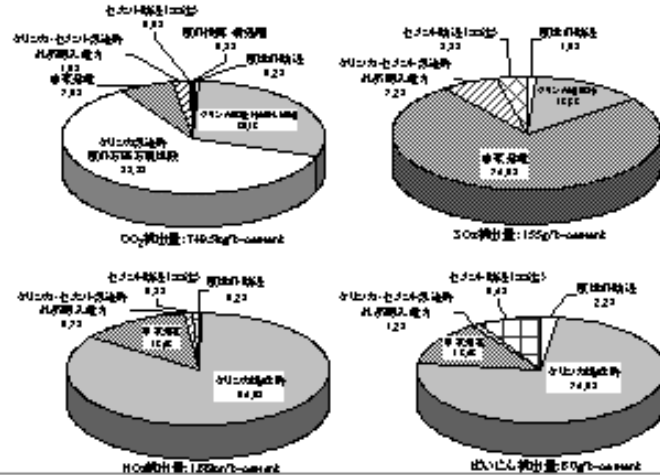
スライド 3

は、いわゆる大手5社の国内26工場の実績データから算出しております。リサイクルの効果を見る前に、実際にポルトランドセメントがどれだけ環境負荷を与えているのかというものをまず明らかにしてみました。これは各CO₂排出量、SO_x、NO_x、ばいじん排出量をそれぞれポルトランドセメント1トンあたりの量を示したもので、さらにその内訳を見たものです。

(スライド4) ご覧の通りほぼすべての物質におきまして、いわゆるクリンカ製造およびセメント製造と、いわゆるセメント工場内で発生している分が8割以上を占めております。さらにCO₂排出量に関しましては、原料に使っております石灰石の脱炭酸が占める割合が60%もあるということが分かります。

こういった細かい、基礎データの蓄積ということになりますけれども、これは毎年とり続けておりまして、ここに示した値は1998年度の大手5社の平均ですけれども、1999年度は12社で758キログラム、セメント1トンあたりのCO₂。さらに2001年度は、国内の全社が参加した取り

ポルトランドセメントの環境負荷(1998年度大手5社平均)



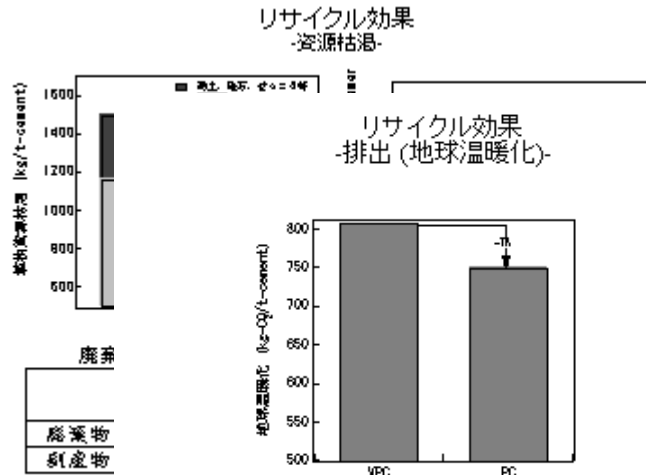
1999年度(12社平均) CO₂排出量: 757.9kg-CO₂/t-cem.
→毎年収集・データ更新(公開予定)

組みになりまして、セメント1トンあたりのCO₂排出量は750キロということが明らかとなっております。

こういったデータは、さきほど川人さんのお話しにもありましたけれども、LCAプロジェクトというものがあまして、そこから今年度公開されることになっております。

(スライド5)こういった正確な数字が明らかになったということで、次にセメント製造時に廃棄物をリサイクルしたことによって、どれくらい環境負荷を削減しているのかということのを定量化してみました。定量化にあたっては、いわゆる仮想ではあるのですが、廃棄物、副産物を一切使用しないで、天然原料だけで製造したポルトランドセメントの環境負荷を仮想しまして、これと比較することで効果を定量化しております。

まずは資源枯渇に関しましてですけども、これは当然廃棄物、副産物を原・燃料の代替として使っているということで、天然の石灰石や粘土鉱物等が約16%削減されているということが明らかとなりました。さらに天然のエネルギー資源に関しましては約3%削減されるということが分かります。

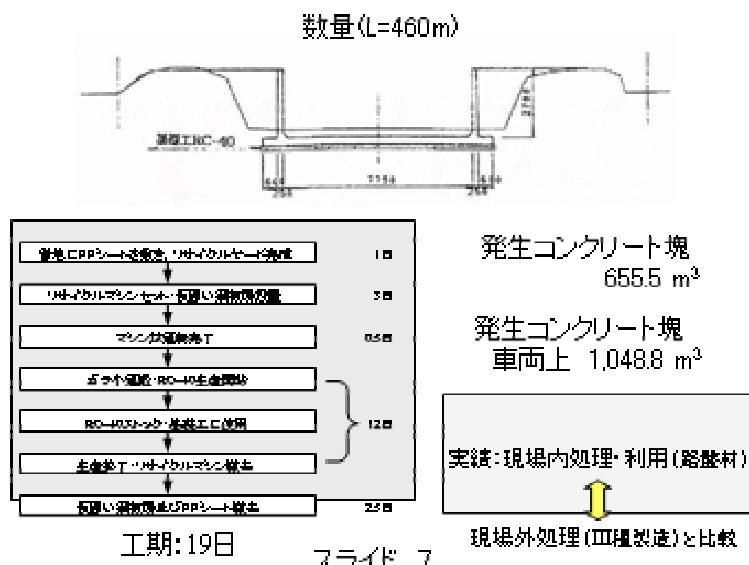


ここにポルトランドセメント1トンあたりの廃棄物と副産物の使用量を示しております。いわゆるセメント1トンあたりのリサイクル資源の使用量は約236キロとなります。ここで廃棄物、副産物というふうに分けていますけれども、いわゆる我々が定義している廃棄物というのは、無償もしくは逆有償で、セメント産業がお金をもらって処理している分というふうになります。これはセメント産業に来るのは、捨てるよりもセメント産業に来る方が安いから来るわけですけども、これを廃棄物ということで定義しますと、だいたい年間580万トン、ポルトランドセメントの処分場延命効果というものがあると考えられます。

(スライド6)さらにこういった天然原料やエネルギー資源の削減によりまして、地球温暖化、CO₂排出量への影響というのも約7%削減しているということが分かりました。

このようにセメントを使用するユーザーさんの方から見れば、必ずしも廃棄物をたくさん使うというものはいいか悪いかという議論はあるとは思いますが、少なくとも地球環境や資源枯渇といった影響につきましては、削減効果を発揮しているということが明らかとなっております。

(スライド7)続きましてもう1つ、コンクリート塊のリサイクルによる効果ということで、紹介させていただきます。ここで検討しましたのは、いわゆる水路底板のコンクリートの解体と再利用ということで、コンクリート塊のリ



サイクル手段によってCO₂排出量
 へどういふに影響するのか、さら
 に工事規模に対する採算性という
 ものを検討しております。実際の工
 事ですけれども、これは長さ460メ
 ートルの水路用底板ということで、
 ヤードの作成から最終的なシートの
 撤去まで含めて、工期は19日とい
 うふうになっております。この場合
 発生したコンクリート塊は655立米
 車両上に直しますと約1,000立米に
 なります。

(スライド8)実際の工事では現場
 内で路盤材、つまり3種相当の再生骨
 材を製造して、その場で再利用したと
 なっております。これを場外処理、い
 わゆる場外へ持って行って3種の骨材
 を製造した場合と比較をしております。
 細かい計算過程は省略させていただきます
 けれども、左が現場内で再利用した、
 いわゆる実際の工事のCO₂排出量、
 右が現場外で処理した場合です。それ
 ぞれコンクリートを解体するまではい
 ずれも当然一緒ですが、収集、運搬の
 際、現場外利用の場合は約30キロ輸送
 するというので、この分のCO₂が
 加算されます。さらに3種の再生骨材
 を製造する際、現場内処理と比較して
 約2倍のCO₂排出量が発生している
 ということで、今回の事例では、現場
 内で再生利用した方が、CO₂排出量
 が約半分で済んだということになり
 ます。

(スライド9)逆に採算性を見ても
 と、これは解体コンクリートの量と処理コ
 ストの%を、現場外処理を100とした場合

CO₂排出量算出

作業	現場内再利用	現場外再利用
コンクリート解体	4,444	4,444
集積および運搬	1,418	7,467 ← 30km輸送
再生砕石製造	2,171	4,358
計	8,034 kg-CO ₂	16,269 kg-CO ₂

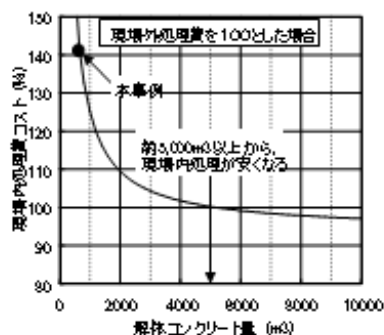
12.3kg-CO₂/m³ 24.8kg-CO₂/m³

III種再生骨材製造

- 現場内処理 < 現場外処理(約2倍)

スライド 8

採算性



現場内 > 現場外(III種)

スライド 9

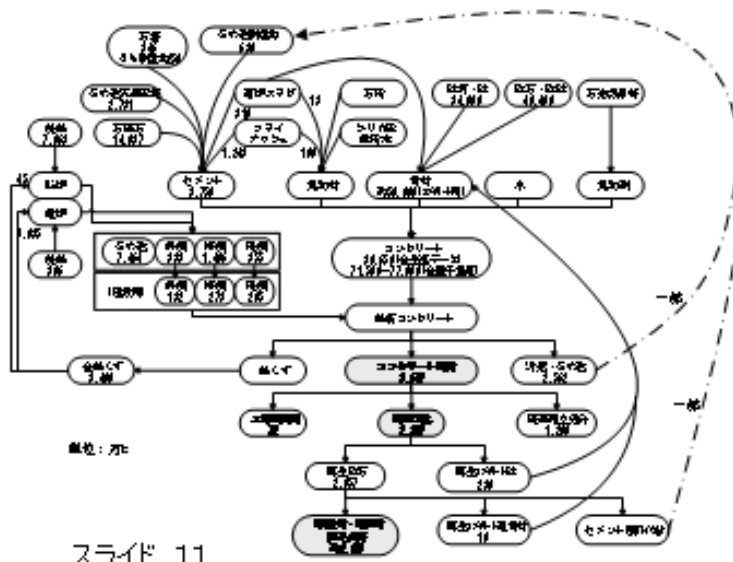
で比較したものです。今回の事例では、処理の量が650m³と、かなり少ない量だったということで、CO₂排出量に関しましては有利なのですけれども、コストに関しては若干不利な面があったということになります。

計算条件にもよりますが、単純に線を引いてみますと、だいたい処理の規模が5,000立米以上から現場内処理が現場外処理と比較して有利になるということで、5,000立米というのは、ちょっと私もコンクリートの専門家ではないので詳しくは分かりませんが、かなり大きい規模なのかなというふうに考えております。

先ほど紹介しましたように、CO₂排出量に関して注目してみますと、現場外処理というのは、増加傾向にある。今回検討した現場外処理というのは、3種の再生骨材、いわゆる路盤材等を製造する場合のCO₂排出量です。ということは1種の再生骨材を製造しようとした場合は、さらにCO₂の増加が大きくなることは目に見えております。

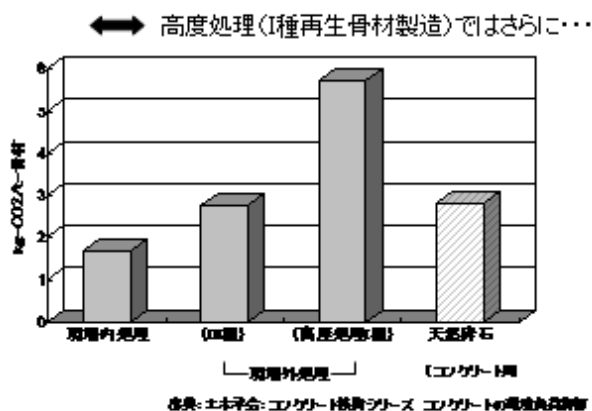
(スライド10) この図は、土木学会の方から公表されております再生骨材を1トン製造する際に発生するCO₂排出量を見たものです。このように、現場内処理と現場外処理の3種再生骨材の場合は、いずれも天然採石よりも若干低いかほぼ同等のCO₂排出量で製造が可能である。一方高度処理、1種の再生骨材を製造しようすると、天然骨材を製造する時の倍ぐらいのエネルギーもしくはCO₂排出量を要するということが分かります。

(スライド11) これは平成7年度の鉄筋コンクリートに関するマテリアルフローを見たものです。平成7年ということで、若干古いのですけれども、だいたい1年間にコンクリートガラと言われるものが約3,600万トン発生します。そのうちここでは60%~70%近くが再資源化されているのですけれども、実際に見てみるとその用途というのはほとんど路盤材もしくは埋めもどし材ということで、再生コンクリート骨材に使われて



スライド 11 鉄筋コンクリートに関するマテリアルフロー (平成7年度)

現場外処理はCO₂排出量増加傾向



スライド 10 コスト: III種製造 < I種製造

いるものは、1%にも満たないということに現状はなっています。

(スライド12) これは、ご覧になった方もあるかもしれませんが、横軸が年です。縦軸がコンクリートガラの発生量を示したものです。この直線がいわゆる国内における路盤材の需要を見たものです。この三角のプロットがコンクリートガラの発生量になっておりますけれども、このように早ければ2005年、もう、来年、再来年ぐらいです。再来年ぐらいには路盤材の需要というものは、発生量よりも低くなってしまふ。発生量の方が勝ってしまうということが言われております。

そこで今後コンクリートガラを、純粋なコンクリート骨材としての用途というものも今後積極的に検討していかなければならないわけですが、必ずCO2排出量というのは増加する傾向になってまいります。そこでこれは過去いろいろな方が言われていることなのですが、対策ということで1つ提案させていただきたいと思っております。

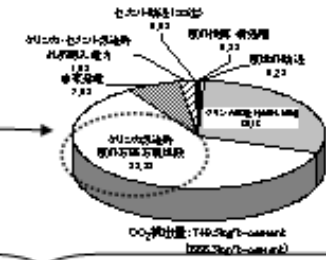
(スライド13) 例えば、再生骨材を作るときに、微粉がどうしても出ます。それが砂分であったり、我々セメント産業が作ったセメントの微粉であったりしますけれども、そういったものをもう1度セメント原料として活用する。残念ながらセメント産業は先ほど1年間に2,800万トン廃棄物を使っていると申しましたけれども、そのほとんどは他産業から出た廃棄物。いわゆるセメント産業自身が最終的に出した廃棄物は必ずしも多くリサイクルしているわけではありませんので、今後セメント産業としても、こういった自らの廃棄物を自らで処理するといったことを積極的に導入していけば、ガラの微粉に含まれるカルシウム分が、石灰石を代替しますから、天然石灰石からの脱炭酸分が減って、総合的に考えれば、1種の再生骨材を製造してもCO2の増加を抑制できるのではないかと考えております。

ただ、ここで問題点、当然のことながら、解体工事というのは全国に分散しておりますけれども、主力のセメント工場はほぼ沿岸地区になっております。ということで輸送の問題が出てきますので、今後インフラの整

・CO₂増加に関する対策

例えば、
廃棄物に発生する微粉分を
セメント原料(石灰石代替)として活用

(その他、土壌改良材の一部として活用)

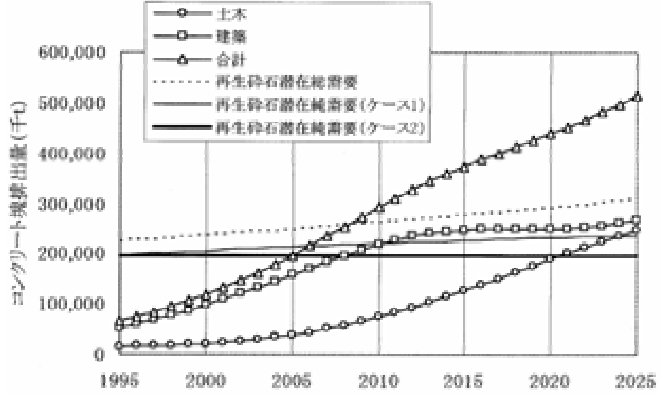


総合的に考えれば(セメント製造時のCO₂削減分まで考慮)CO₂増加を抑制可能

問題点:
解体工事は全国分散
↓↑
主セメント工場は沿岸地区 } 輸送→要インフラ整備

・コスト増加に関する対策:なし……結局今は困っていない
スライド 13

コンクリート塊発生量と路盤材への需要予測



1種の製造(高度処理)が必至 ⇔ CO₂増加傾向

スライド 12

備等が必要ではないかと考えております。

それともう一方、おそらくコストも増加するだろうとありますが、残念ながらこれに関しましては現状解決策はないと思っております。これは、結局今現在コンクリートガラの処理に困っていないということがやはり一番の原因ではないかということで、今後コンクリートガラの発生量が勝っていったときに、どういうふうな条件になるのかということが1つ検討する要因ではないかと考えております。

(スライド14)最後に、簡単なのですが、セメント産業というのは、先ほど申しました通り、これまでのセメント製造に加えて、廃棄物の処理業という面も持ち合わせております。ただこういった事業に関しましては、何もセメント業界に限らず、先ほどの鉄鋼連盟さんであれ、土木建設業界でも、さまざまなリサイクル事業というのは取り組んでおります。

これは私の希望なのですが、今後特別に配慮することなく、リサイクル品が使える社会が来ればいいのではないかとということで、私の方からの話題提供は以上です。どうもありがとうございました。(拍手)

最後に、

