

## 基調講演 2

### 鉄鋼建材と環境負荷



川人健二 氏

新日本製鐵 (株) 建材開発技術部マネジャー

(塩見) 藤野先生どうもありがとうございました。後から後から、新しいアイデアが出されて、もっとお伺いしたいのですが、時間が来ました。ご質問の向きもあるかと思いますが、質問につきましては後のパネルディスカッションで時間を設けておりますので、そのときにお願いいたします。

それでは次の基調講演に移らせていただきます。講師は新日本製鐵株式会社建材開発技術部マネージャーであられます、川人健二氏であります。

川人氏は、新日本製鐵株式会社入社後、内外の製鉄水道設備の開発、設計、建設、あるいは建設分野の環境負荷低減に関する企画検討など、さらには土壌汚染、処分場の向けの遮水壁の開発などに従事されたと伺っております。本日はこれまでのご経験とご研究から、鉄鋼建材と環境負荷と題してのご講演でございます。川人様よろしくお祈りいたします。

(川人 新日本製鐵) ただ今ご紹介を受けました新日本製鐵川人でございます。

私のような若輩者が、こんな高いところからお話しをするなんて非常に興奮しておりますけれども、よろしくお祈りいたします。

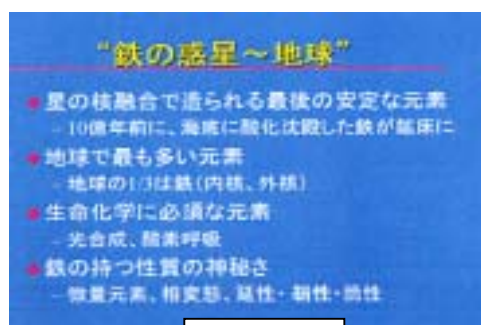
先ほど25周年ということで考えてみますと、私はまだ学生にならなかったころかなと、ちょうど大学受験の勉強で、暗い青春を送っていたころかなと、ふと思っております、そのころから続いている研究会のシンポジウムにご招待いただいたということで感謝しております。

私自身、今、ご紹介を受けましたように、元々が衛生工学という専門で、土木の中でも昔から水処理とかがあったと思うのですが、元々が水を主体にごみなどをやっております、今日は鋼構造という分野から言いますと、少し畑違いの世界で、確か構造力学の授業があったかなと思って、「優、良、可」の「可」で通ったのではないかと思います、そういう中で、ちょっと専門外の間がお話ししますので、もしかしたら少しピンと外れるかもしれませんが、よろしくお祈りいたします(笑)。

今日は、お手元の方にあります資料ですが、私のレジュメとそれから1つ、このようなパンフレットがお手元についていると思います。日本鉄鋼連盟の方の委員もさせていただいております、そちらの方で作りました、鉄というのはどこが環境に優しいのかといった内容を少しまとめたものでございます。今日の話の中には、この中に出てきます絵やデータも入っております。レジュメの方は絵をここから取ったのですが、解像度が悪くて、ほとんど読めないということなので、そこを見たい方はこのパンフレットの方を見ますと、少しきれいに出ていますので、そちらの方をご参照ください。

(スライド1)今日のテーマは鉄鋼建材と環境負荷の検討についてどういう関係かをお話ししようと思っております。

初めに少し鉄の宣伝になってしまいますが、本を調べてみますと、鉄というのは、星の核融合と核分裂で作られる最後の1番安定した元素で周期律表を見ますと、ヘリウムからずっといった中で、鉄のところだけピークが立っております、鉄より軽くても、重くても最終的には鉄の方に寄ってくる安定した元素だというようなことが書いてありまして、10億年くらい前に



スライド1

海底に酸化沈殿、アルジェ(藻類)とか微生物の酸素によって、酸化沈殿した鉄が今、鉱脈になっています。地球で、実を言いますと1番多い元素で、3分の1が鉄でして、内核とか外核がありますが、この中は何万気

圧という状態で、鉄が液体の状態、固体の状態であるということです。

それからよくヘモグロビンが赤いのは鉄の関与という話ですが、生命化学で生物が生きている中で、光合成、酸素呼吸においても、鉄がかかわっています。それから、鉄の持つ性質の神秘さという話していきますと、鉄というのは、いろいろなものを溶かす能力が高い、水と一緒に、いろいろな元素が溶けこみます。それから、水も氷から液体になって、気体になるという相変態をしますけれども、鉄についても同じような相変態を持っていて、延性、靱性、脆性とか、そういう性質がいろいろな作り方によって、作ることができるという、こういういろいろと変わった性質を持っているものだということです。



スライド 2



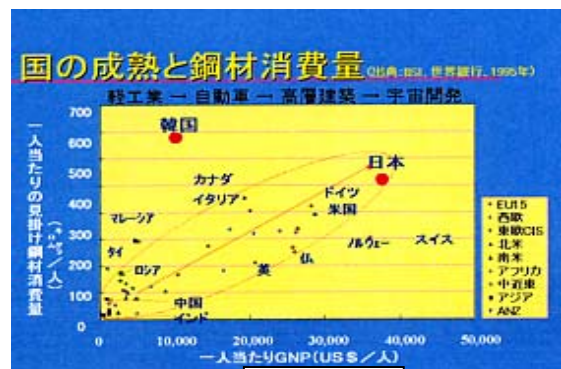
スライド 3

(スライド 2, 3, 4) よく調べますと、紀元前 3,000 年くらいに古代のエジプトで鉄が使われていて、初めはこういった枕や宝飾品などそういうものが出ていたのですが、その後ヒツタイトが武器として使って、だんだん使われてきました。これも調べてみたら、1892 年にフォース橋というのが初めて鋼橋で造られたということで、このとき 520 メートルぐらいのスパンだったという、こういう有名な橋です。これは皆さんの方がご専門でよくご存じだと思います。それから 100 年たって先ほども出ましたけれども、明石海峡で今度は 1,991 メーターのスパンの明石海峡です。100 年間でこれだけ、鉄を使った鋼構造物というのが出来上がってきたということでございます。



スライド 4

(スライド 5) 鉄の消費量というものを見ますと、横軸が GNP 縦軸が 1 人当たり見掛け消費鋼材量ということなんですが、日本がだいたい 500 キロ、だいたい内需で 6,000 万トンぐらい造っておりまして、1 億 2,000 万人いますので、1 人 500 キロぐらい鉄を食べていると。一方で、今、韓国は高度成長の真っただ中で、日本より多いのですが、その昔、日本も 900 キロぐらいの消費があり、韓国のポジションの上の位置に赤い丸があったということで、こういうふう成長しながら、こういうふう落ちてきてい



スライド 5

ながら、こ



まず、そしてGNPの横軸，軽工業から宇宙開発というこのレベル感でいきますと、まさに日本は今、この世界なんです、逆にイギリスやノルウェーとかは、すでに原単位はずっと落ちてきており、もともとイギリスも、この辺にあったはずなんです、逆に中国やロシアやタイなどこういう世界は、まだ100~200キロという世界で、将来的には500キロに向かって、上がってくるだろうということを考えますと、まだ鉄というのは今後も使われていく素材であるということ、私としては考えているということでございます。

(スライド6)日本に目を転じますと、先ほどの内需がだいたい6,000万トンといったこの世界の中で、カーキ色の部分と赤色の部分を合わせると3,000万トンくらいのところを推移している部分が、土木と建築を合わせた建設分野で、このうち2,000万トンが建築、1,000万トンが土木という世界で、国内の内需の半分を、まさに今日お集まりの建設に携わる方々が鉄を使っている大ユーザーです。自動車でも1,000万トンですから、そういう意味でいくと非常に大きな市場を土木建築に当たるということです。



スライド6

(スライド7)以上を少しまとめますと、鉄の惑星「アイアン・サイクル」と書いていますけれども、鉄というのは安さ、それから強さ、加工性、信頼性、安定供給という形で、国内供給素材のだいたい50%を占め、さらに金属系から見ますと9割が鉄という世界になっています。先ほど言いました建設分野は最大ユーザーでありまして50%、3,000万トンを使っているという世界です。

スライド7

このことから、特に鉄の環境負荷というのは、建設分野にとっても非常に大きな影響があると考えておりまして、今回のお話しをしようかと考えております(スライド8)。

ここはちょっと私のような専門家ではないものが言ったら、怒られそうなので、本を見たり、うちの安波なんかに聞きますと、鋼構造は破壊の中で育ってきたんだというようなことを聞きまして「より高く、より長く、より広く」という中で、これからは「より環境に優しく」という新しい目的関数が増えたのかなという視点でお話ししたいと思っております。

スライド8

(スライド9)「環境問題の視線が変化」というふうに書いておりますが、横軸は時間軸で、縦軸が距離です。昔は、この公害型の環境問題、昭和30年代、40年代はまさに公害が起きて、それを防止しなければいけないという中で、衛生工学というのはここを一生懸命やっていた、その当時の考えは、エンドパイプとよく言いますが、排出口の排出規制。煙を出さないとか排

水口の水をきれいにするか,こういった公害型の時代がありました.

一方で,だんだん総量規制という話になってきてまして,瀬戸内海をきれいにしようとか,東京湾をきれいにしようというように,だんだんエリアが広がっていきます.さらに最近の地球環境問題ということになりますと,まさに中国で出した煙が日本に飛んでくるとか,そういった地球環境での大きなエリアの中での問題で,影響も今日出したものがすぐ明日

というわけではなくて,もしかしたら出ないかもしれないし,もしかしたら

孫の世代

に何かあるかもしれないといったような,非常にロングタームになってくるとい形で,考え

る場合でも視点をよく見て,どの問題なのかということを考えながら対応しなければいけないということです.

土木学会でも主張されている「地球規模で考えて足元で対策を打とう」という思がキーワードになります.さらに少し補足しますと,先ほど藤野先生から「先進技術」という話がありましたが,いろいろとお話しを聞きますと,現状の経過削減型の社会が,今後はもう経過保存型の社会に移行していくのだということが言われており,ごみ問題なんかもこれに当てはまります.

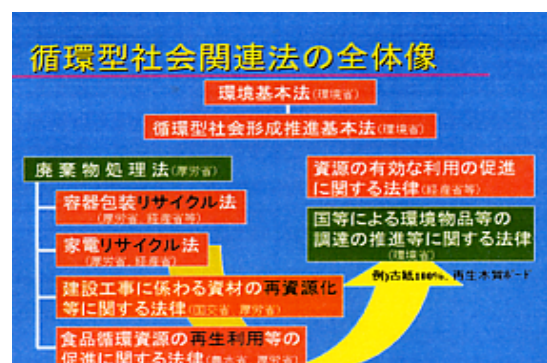
例えば,私が1万円を持っていて使ったといったときに,その1万円がある人に移った瞬間に,私がその1万円をどうやって手に入れたかという経過は,全部消滅していくわけですけども,もしかしたらその1万円を拾ったかもしれないし,盗んだかもしれないけれども,使った瞬間にその過去は全部消滅してしまいます.しかし今後は経過は全部保存される,その1万円は盗んできた1万円だという経過が保存される社会になっていくということで,すべてのシステムがそういう方向に動いていくのではないかと思います.

東京ですと,スイカなんていうのがありまして,キセルができないようになっているとか,お金にしても,マネーカードですと,お金がどこからどこに振込まれたり,どう使われたかというのが全部記録に残るとい形で経過保存の社会にいきます.そうすると廃棄物などでも,誰かが捨ててしまえば後は知らないよと,自分が持ってきたペットボトルをごみ箱に捨てた瞬間に,もう自分は関係ないという話になってしまうのですが,実はそのペットボトルには買った人の記録が残されていて,最後まで責任が追及されるというような世界が来るかもしれない.こういった世界を想定して,環境問題というものもやはりとらえていく必要があるのかなと最近思うようになりました.

(スライド10) こういう世界の中で,最近よく言われる,平成12年度は循環型社会元年と言われておりまして,たくさんの法律ができたのですが,ベースはやはり大量消費から出てくる廃棄物をもう一度戻してやるという,リサイクル,再資源,再利用などといった法律が主体です.大量消費という中で,それを急に止めることはできないので,その中で出てくる廃棄物を再資源化して,少しずつ



スライド9



スライド10



循環型の世界に持っていこうことだと思のですが、建設分野であれば「建設リサイクル法」が成立しています。この中で1つ毛色の変ったものとして、通称グリーン購入法というものがあり、国などが積極的に環境に優しい物品を調達する言う法律で、これによって環境負荷の低いものが、コストが高くてもだんだん量産化によって、安くなってきたり国が率先して使うことによって、国民がそれをまた同じように使えるようになってくるといったような法律ができました。これが結構、面白い法律でして、リサイクルとか再資源といったようなことの影響を多分に受けているのだと思いますけれども、例えば、古紙100%の紙を使いますという法律です。だから官庁なんかで買う紙は、ほとんどが古紙100%のリサイクルペーパーを扱っている、こういうような法律です。

(スライド11) どんな内容があるかと言いますと、紙から始まっていくのですが、コピー用紙、消しゴム、自動車こういったものも全部ありますが、ここで最後に公共工事というのが出てきておりまして、実は3年前から公共工事についても環境に優しいものを決めてそれを積極的に国等が調達しています。高炉セメント、再生骨材といったものが、こういった法律で選

### グリーン購入法の概要

国等による環境物品の調達の推進  
環境物品情報の提供  
他の環境物品への需要の転換

環境負荷の少ない持続可能な社会の構築

特定調達品目【14分野163品目】

分野	特定調達品目
紙類	コピー用紙、印刷用...
文具類	鉛筆、消しゴム、ノート...
...	...
自動車	電気自動車、天然ガス自動車、 ハイブリッド自動車...
...	...
公共工事	高炉セメント、再生骨材...

調達目標とフォロー

【評価基準】  
①政府の調達実績あり  
②環境負荷低減が客観的に認められる  
③普及が十分でない

スライド 11

我々、鉄鋼会社も「これは大変なことだと、ここから漏れたら全部なくなっちゃうぞ」という話になりました。さあ、どうしようと、鉄は、この法律に見合うものなのかどうなのかといったような話が、当然のことですが、ほかの団体さんでも検討を始めたということです。こういう法律ができることによって、こういう新しいものを開発するニーズも出てきますし、そういった市場も出てくるということで、この法律は結構インパクトがあり、まだそれほど公共工事では影響は出てないとは思っていますが、じわりじわりと効いてくるのではないかと私は思っております。

(スライド12) ここにちょっと、どんなものが決まっているかというのを見ましたが、平成13年から初めまして、11品目、17品目、13品目という形で、実は670件提案があって17品目、726件の提案があって13品目と非常にハードルは高いというもので、この中で赤く書いたところが、実は我々鉄鋼に少し関係するところで、高炉セメントというのが1年目に入って、高炉スラグ先ほど出てきましたが、スラグというのは鉄を造るときに、約3割出る砂の代わりに使おうという

### 公共工事の特定調達品目

【H13年度】 11品目	【H14年度】 17品目 (670件の提案)	【H15年度】 13品目 (726件の提案)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生加熱アスファルト混合物</li> <li>・再生骨材等</li> <li>・鋼材</li> <li>・フライアッシュ</li> <li>・陶磁器製瓦</li> <li>・パネロウボード</li> <li>・鋼線巻</li> <li>・木質系セメント板</li> <li>・緑化用対策型建設機械</li> <li>・気漏れ型建設機械</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設汚泥から再生した処理土</li> <li>・再生アスファルト</li> <li>・再生コンクリート骨材</li> <li>・鋼スラグ骨材</li> <li>・再生アスファルト舗装</li> <li>・再生コンクリート舗装</li> <li>・透水性エクステル</li> <li>・再生アスファルト舗装</li> <li>・パークたい肥</li> <li>・下水汚泥を用いた汚泥発酵肥料</li> <li>・環境配慮型道路照明</li> <li>・断熱サッシ、ドア</li> <li>・断熱材</li> <li>・断熱制御システム</li> <li>・吸収冷凍水機</li> <li>・自動水栓</li> <li>・自動洗浄装置、組み込み小便器</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生アスファルト舗装</li> <li>・断熱気密性路面用材料</li> <li>・水蓄熱式空調機</li> <li>・省エネLED照明</li> <li>・再生建築用化雑土</li> <li>・建設汚泥再生処理工法</li> <li>・エクステル再生処理工法</li> <li>・路上表層再生工法</li> <li>・路上再生処理工法</li> <li>・伐採材、建設発生土活用式工法</li> <li>・透水性舗装</li> <li>・透水性舗装</li> <li>・屋上緑化</li> </ul>

スライド 12

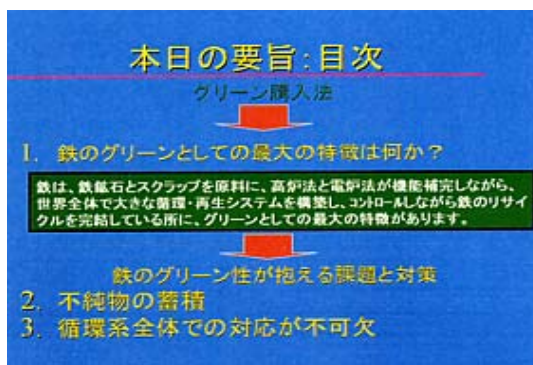
こういったものです。それから今日お話ししたようにコンクリートの話もたくさん出てきます。これをずっと見てみますと、なかなか面白いものもあるなと、何か自動水洗とか、こういうのもあったりして、面白いんで

すけれども、これは毎年毎年増えていくということです。

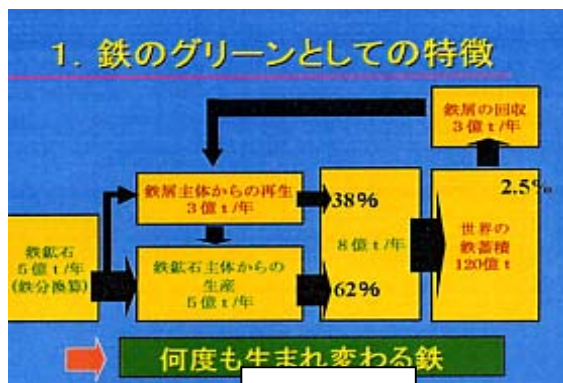
(スライド13) 今日のお話しの趣旨で、目次といったら半分くらい終わっているのですが、先ほどのグリーン購入法という法律ができた上で、鉄のグリーンとしての特徴は何なのかというのを、鉄鋼連盟の中でもかなり議論をしました。その内容を今日は少しお話しします。その上で、鉄がグリーンとして今後ともあり続けるためには、どういう課題があってどうしなければいけないのかなという話を、2番目に不純物が問題であることを、これをいかに制御していくかということです。そしてさらにそれを対策するためにはどうするかということをお話し、最後に循環系全体で不純物というものを対策していかなくてはならないのだというふうなお話しをしようかなと思っています。

最初に結論を言ってしまうんですけども、鉄のグリーンという特長は何かといいますと、鉄というのは鉄鉱石とスクラップの2つを原料に、後ほど出てきます高炉法と電炉法がお互いに機能を補完しながら、世界全体で大きな循環再生システムを構築して、コントロールしながら鉄のリサイクルを完結している点にあるということです。鉄というのは完全にリサイクルをされているところに、最大の特長がまずあるということがベースにあるだろうということで、これをまずベースに考えて、これを未来永劫に維持していくためにどうしていくかといったところを検討してきたということでございます。

(スライド14) 鉄のグリーンとしての特長ですが、世界の鉄バランスですが、約8億トン毎年、世界で鉄が消費されています。そのうち約38%、4割弱がスクラップから製造され、6割が天然原料の鉄鉱石を使っています。この循環の中で、鉄の場合には紙とかと違いまして、すぐにごみにはならない、すぐに廃棄されない。ものによってはエッフェル塔のように、まだ立っているし100年ももっているものもあるということで、今、世界中に120億トンの鉄鋼蓄積として鉄があります。この中からだいたい計算しますと、毎年2.5%、社会蓄積×2.5%のくずが出てくるというバランスになっており、スクラップは、発生物なわけです。鉄鋼蓄積があって2.5%の発生物が出てきます。車検を終えた車であったり、家電であったり、また建物や橋であったりと、こういったものも出てくるという中で、こういうふうに循環しているということで、ここから出てくるくず鉄というものは、100%完全に回収されてぐるぐる回っているということで、



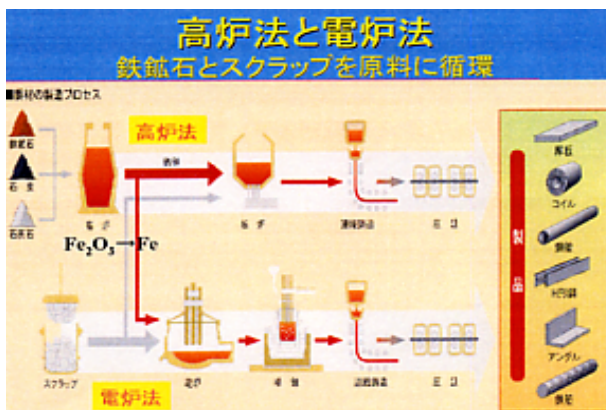
スライド13



スライド14

この中からだいたい計算しますと、毎年2.5%、社会蓄積×2.5%のくずが出てくるというバランスになっており、スクラップは、発生物なわけです。

鉄鋼蓄積があって2.5%の発生物が出てきます。車検を終えた車であったり、家電であったり、また建物や橋であったりと、こういったものも出てくるという中で、こういうふうに循環しているということで、ここから出てくるくず鉄というものは、100%完全に回収されてぐるぐる回っているということで、



スライド15



鉄というものはこれが回る限りは、何度も生まれ変わっていくことができるのだというわけです。

(スライド15) 少し鉄の造り方についてご説明しておいた方がいゝかなと思ひまして、この資料を用意しました。造り方は2つあります。1つが高炉法、それから電炉法というもので、高炉法というのは、酸化鉄と石炭を混ぜて、もともと先ほど言ひました、海の中で微生物の出す酸素によって、酸化鉄になって沈殿したものを、もう一度「Fe」にしてやろうということで、この酸素を取ってやる。そのために石炭のカーボン(C)を使って、COをCO<sub>2</sub>にして、酸素を取って鉄にしてやる、これで初めて鉄というものができる。

この酸化鉄を鉄にする還元反応を行っているのが、この高炉という反応装置でして、この中で酸化鉄が鉄に還元しています。そのときに石炭を使って還元するときのCOがCO<sub>2</sub>となって、ここからまず大量のCO<sub>2</sub>が出るというのが1つのプロセスとしてあります。出てきた鉄というのが、酸素が付いていない鉄ですが、その鉄はいろいろな不純物、先ほど鉄というのは、いろいろな不純物が入っていると言ひましたが、ここに酸素をぶち込んで、それとカーボンとかいろいろなものを燃やしながら、純度の高い鉄にします。ここで今までの鉄が粘りのいゝスチールに変わります、これが厚板や鋼管になり、橋になったり建物の部材になっていくという、プロセスになっています。

もう1つが、すでに鉄になったものは、普通に置いておくとさびて赤茶けてきて、また酸化鉄に、こう左側に戻ってしまうわけですが、それは表面だけがさびるわけです、通常はスクラップとして回収され、還元された鉄という形で戻ってきます。これですと硬いままでから、いったん電気で溶かします。電気溶接のお化けみたいなもので溶かしてしまうわけです。回収されたスクラップには不純物が入っているの、いろいろなテクニックを使いながら精錬をしまして、そして後は高炉法と同じように圧延して鉄筋を造ったりH型鋼を造ったりとこういったプロセスになっているということです。

(スライド16、17、18) これはスクラップが運ばれてくる時の写真を撮ってきているわけですが、トラ



スライド16



スライド17

ックにいろいろなものが、よく見ますとタイヤの軸があったり、鉄板があったりしていますけれども、解体現場で鉄とコンクリート、その他廃棄物に分離回収されて、そういう業者さんが、非常にたくさん零細な業者さんが多いのですけれども、運んできます。昔の鉄屑回収ということです。こういったいろいろな不純物が付いているので、ギロチン



スライド18



やシュレッダーなどそういったもので、切断、粉碎によって細かく切りながら不純物を取って、それ以外のものと分けていく作業をします。最終的に溶解して、製品を造って