

鉄はエコマテリアル

新日鉄住金の鉄づくり

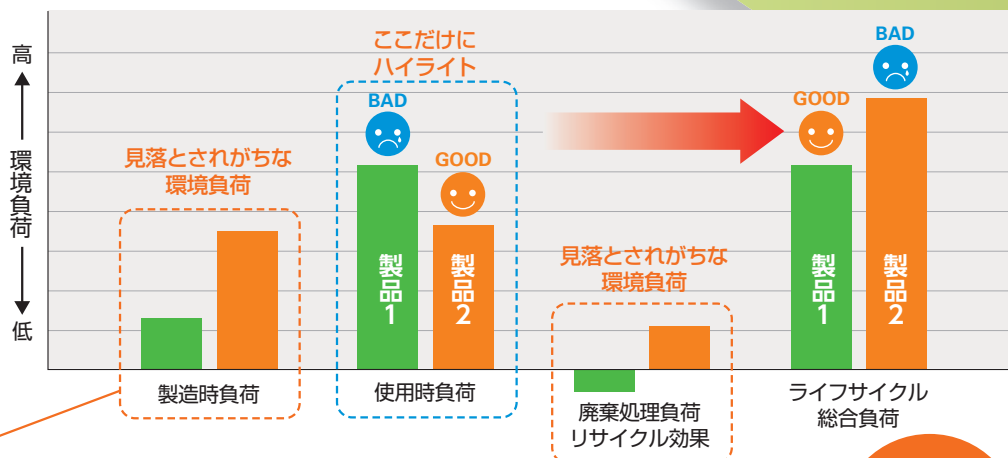
Life Cycle Thinking

クルマやビルなど製品の環境負荷を評価するとき、製品の材料をつくる段階から寿命を迎えて廃棄処理される段階に至るまで、ライフサイクル全体で考えること(Life Cycle Thinking)が重要になっています。新日鉄住金はライフサイクル全体で見たエコな鉄づくりを通じ、私たちの暮らしや産業を支える製品の環境負荷低減に貢献しています。

ライフサイクル全体でエコを考える

製品のライフサイクル全体でエコを考える(製品のLCA)と、見落とされていた大切なことが見えてきます(図1)。

図1 ライフサイクル全体で考えることの重要性

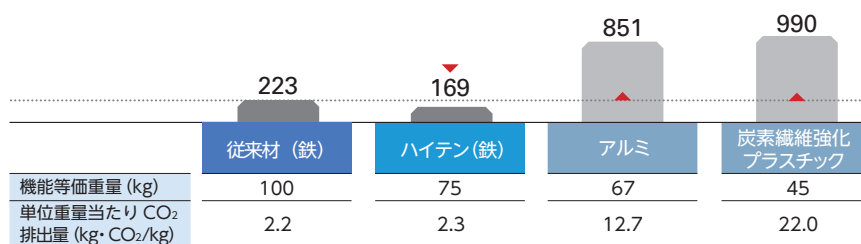


使用時効率が優れていても、ライフサイクル全体では、環境負荷が高い場合もあり得る。

Life Cycle Thinking
の重要性

製品の材料は...

図2 従来材(鉄)100kgと同じ強さの自動車部材をつくる時のCO₂排出量比較(kg・CO₂)



WorldAutoSteel (世界鉄鋼協会の自動車分科会) 公表データに基づき作成

鉄よりも軽い素材もありますが、鉄はつくるときの環境負荷がとて小さいのです。

※高強度鋼材ハイテン(鉄)は従来材(鉄)に比べ約25%軽くでき、環境負荷も小さくなります。

つくるときの環境負荷や

製品をライフサイクル全体で考えることの重要性について、例えばクルマのCO₂排出の環境負荷評価を例にして考えてみましょう。近年、クルマは世界中で燃費規制が強化されています。最も厳しいヨーロッパでは2021年に乗用車などからのCO₂排出量を15年に比べて30%近く減らすことが求められています。またアメリカでも乗用車の燃費規制が強化され、中国では20年には先進国並みの燃費規制が一齐に導入される見通しとなっています。

そこでクルマの燃費向上を図るため、軽量素材の採用が広がっています。長年主要な材料として使われてきている鉄は、「重い」「力っこ悪い」というイメージを持たれがちで、例えば、「もっとアルミを使ったクルマを開発したほうが良いのではないか」「これからは炭素繊維の時代だ」という意見も聞かれます。新日鉄住金は従来よりもはるかに強い、軽量化と安全性を両立できる最新技術の高強度鋼板（ハイテン）を開発・製造し、多くのクルマで利用されています。しかし走行時のCO₂排出量だけを見ると、その差が縮まり肉薄しているとはいえ、ハイテンよりもアルミや炭素繊維を使ったクルマのほうが現状では軽く、走行時の環境負荷が低い状況です。

鉄は時代遅れの材料になってしまった

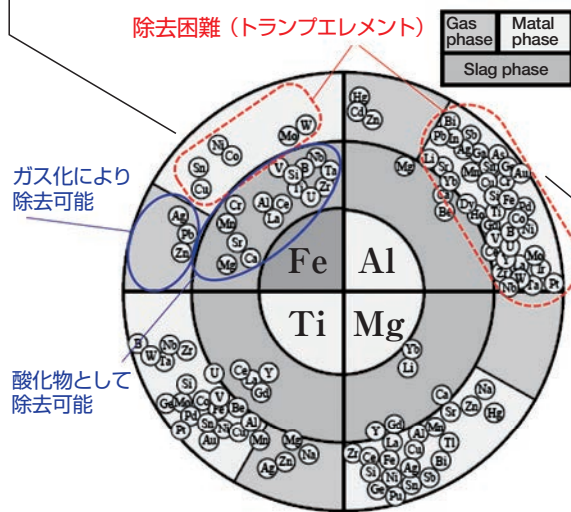
のでしょうか。答えは「NO」です。材料をつくるときのCO₂排出量を見ると、鉄はアルミや炭素繊維に比べて大幅に低いことがわかります(図2)。さらにクルマとしての役割を終えて廃車になったあと、鉄はほぼ完全にリサイクルされ、再び自動車用鋼板によりがえるだけでなく、ビルや橋、船などさまざまな材料に使われる鉄鋼製品に生まれ変わっています。一方、クルマに使われているアルミの大半は廃車後、アルミ缶のように同じ展伸材にはリサイクルされていません。それは磁石にくっつく鉄とは違って他の金属との分別が難しいことに加え、リサイクルの際、鉄と比べて除去困難な不純物成分(トランプエレメント)が多い(図3)ため、品質の劣化が生じやすいことも要因の1つとなっています。また炭素繊維については焼却することも難しく、リサイクル技術もまだ確立されていない状況です。

このように、製品に使われる材料をつくるときの環境負荷や、製品を使い終えたあとの材料を廃棄処理する際の環境負荷・リサイクルのしやすさは見落とされがちです。たとえ製品を使うときの環境負荷が改善されても、製品のライフサイクル全体では必ずしも環境負荷の低減につながらない場合があるのです。

新日鉄住金は「鉄は地球環境にやさしい」
「だからこそ鉄はカッコイイ」と評価して
いただけのように、製品のライフサイクル
全体で環境負荷の低減に貢献する鉄づく
りに邁進しています。

図3 リサイクルに伴う不純物の材料品質への影響

鉄にとってのトランプ元素は他金属に比べて圧倒的に少ない。このため、本来品質を維持したリサイクルが容易。



アルミニウムには多くのトランプエレメントが存在する。このため、本来品質を維持したリサイクルは極めて困難。

鉄の強みは無限のリサイクル

環境意識の高まりを受けて、行政、企業によるグリーン調達（環境にやさしい製品やサービスの調達）が進展しています。材料に關しては、環境負荷が少ない材料やリサイクルされた材料が優先的に調達されるようになりました。そのような中で鉄鋼材料については、鉄スクラップを主原料とする電炉鋼材が注目を集めています。

鉄のつくり方は主に2つあります。1つは、天然資源からつくるもので、酸素と鉄が結びついた鉄鉱石から、石炭を用いて酸素を引き剥がすこのときに CO_2 が発生することにより溶けた鉄にし、さらに鉄スクラップを混ぜ、さまざまな鉄鋼製品がつくられます。

その代表が高炉を用いて行われる高炉法です。

もう一つは、鉄スクラップを電気炉で溶かしてつくる方法(電炉法)で、主に建築材料がつくられています。高炉法、電炉法いずれも鉄スクラップを使用しており、国内の高炉法でのスクラップ使用率は10～20%です。新日鉄住金グループでは年間約1500万トンのスクラップを使用しております。消費量としては国内最大となります。

製品としての役割を終えたあと、その製品で用いられた材料がどのようにリサイクルされるのかは、社会的・経済的な条件に加えて、前述のトランプエレメントのようにその材料が本質的に持っている特性に左右されます。さまざまな材料があるなか、鉄は持続可能な材料リサイクルに必要な条件を満たしているため、全ての鉄スクラップ

プが高炉法と電炉法によって新たな鉄鋼材料に何度でも何にでもよみがえるという「完全なクローズドループリサイクル」が確立されています(表1)。高炉法と電炉法を組み合わせて、鉄スクラップの無限リサイクルを実現できている鉄は、「環境にやさしい材料のチャンピオン」といえます。また鉄の板では、理論強度の10〜20%しか実用化できていないと言われており、さらに強く、軽くなる可能性に満ちた材料でもあります。

環境価値を持っている鉄スクラップ

回収された鉄スクラップを原料として利用すると、そのぶん天然資源が節約され、それに伴いCO₂(高炉での鉄鉱石還元に伴うCO₂)も削減できるため、高炉鋼材より電炉鋼材のほうがより環境にやさしいと思われる方が多いかもしれませんが、しかし、一度鉄鉱石から鉄に還元されたあとは、鉄のまま無限にリサイクルされる鉄のライフサイクルのなかでは、高炉鋼材も電炉鋼材もそれぞれライフサイクルの1ステージに過ぎません。このような材料の場合、環境負荷はライフサイクル全体を通して見る(ライフサイクルアセスメント、LCA)必要があります。そして、そのように見ると、次に説明するように高炉鋼材も電炉鋼材も環境負荷は同じと考えるべきです。

新日鉄住金をはじめとする世界の高炉・電炉メーカー、鉄鋼業界団体などが加盟している世界鉄鋼協会(Worldsteel)では、鉄スクラップのリサイクル効果を加味

鉄は資源循環を持続できる柔軟な材料

ライフサイクル全体でエコを考えると、鉄は資源循環を持続できる柔軟な素材で、製品の環境負荷の低減に貢献できていることがわかります。

Sustainability
&
Flexibility

表1 持続可能な材料リサイクルの必要な条件

① 分別が簡単にできること	鉄は磁性を持っているため、磁力選別によって簡単に他素材との分別が可能
② 再生利用のための負荷が低いこと	鉄はスクラップの再生利用の際のエネルギー消費量や環境負荷が、天然資源からつくる場合に比べて少ない
③ 経済合理的なリサイクルシステムが整備されていること	鉄はスクラップの回収と原料としての利用の両面で、経済合理的なリサイクルシステムが世界中で成り立っている

<無限リサイクルに必要な追加条件>

④ リサイクルによる材料品質の低下が生じにくいこと	鉄は品質低下の原因となる不純物のほとんどを製造・再生プロセスで取り除くことが可能
⑤ さまざまな製品に再生可能であること	鉄は主に熱処理技術により、いろいろな微細組織構造をつくり出すことができるため、スクラップの溶融後再度ニーズに応じた微細構造をつくり出すことができ、さまざまな鉄鋼製品への再生が可能になる

図4 鉄鋼製品のライフサイクル

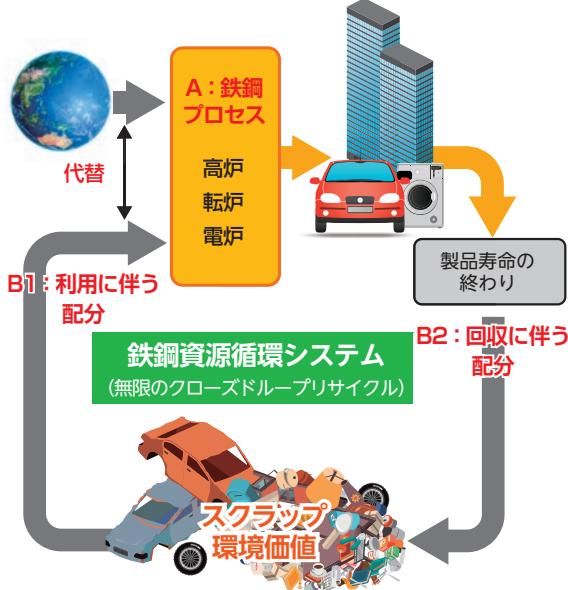
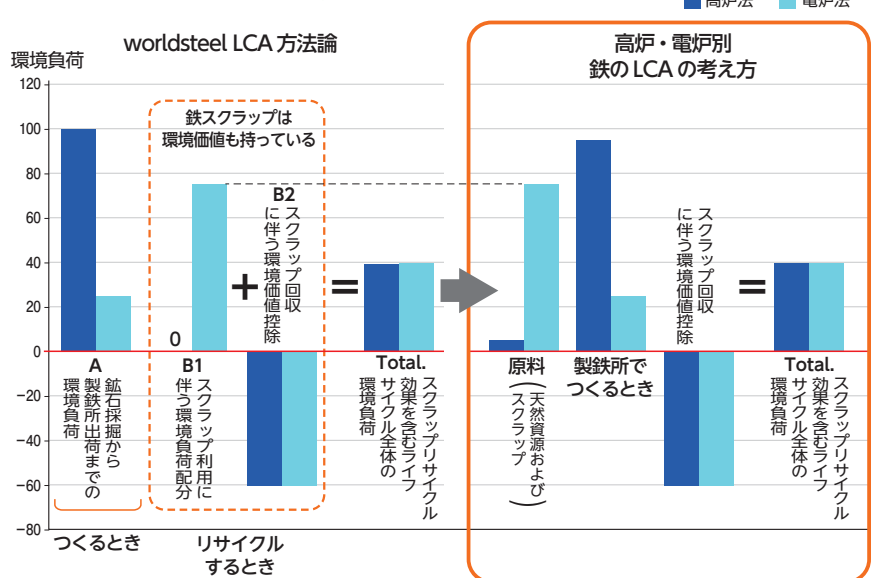


図5 世界鉄鋼協会のLCA方法論と鉄のLCAの考え方



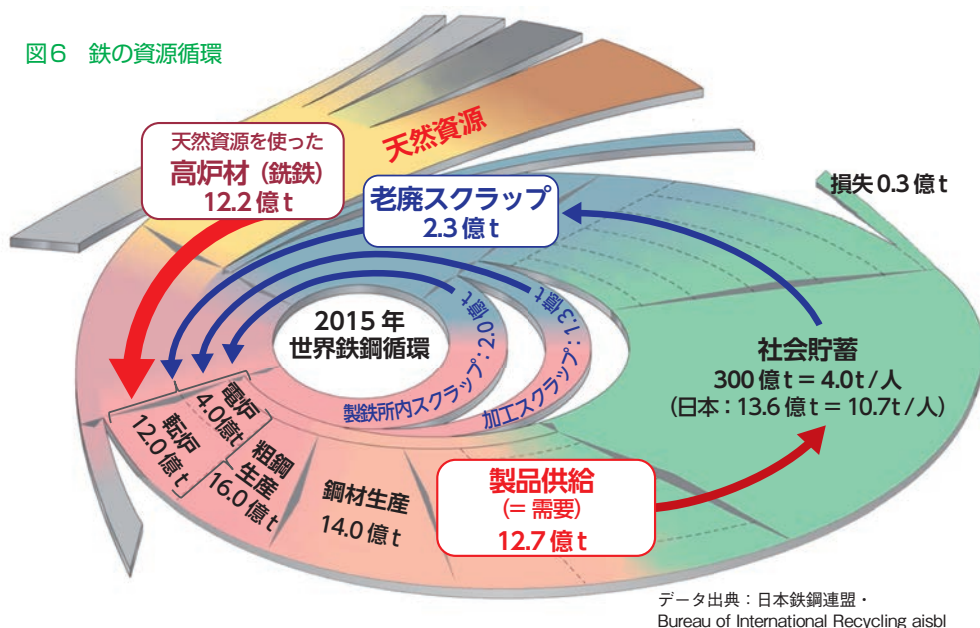
製造プロセスのみでの環境負荷は、鉄鉱石を還元する際にCO₂が多く発生するため、高炉法が電炉法よりも大きい(A)。しかしスクラップリサイクルも含めて考える場合、鉄スクラップがもつ環境価値を、スクラップの利用(B1)や回収(B2)にあたって、適切に反映させる必要がある。鉄のライフサイクル全体で見ると環境負荷はどちらも同じ値になる(Total)。

1つの大きな資源循環システム

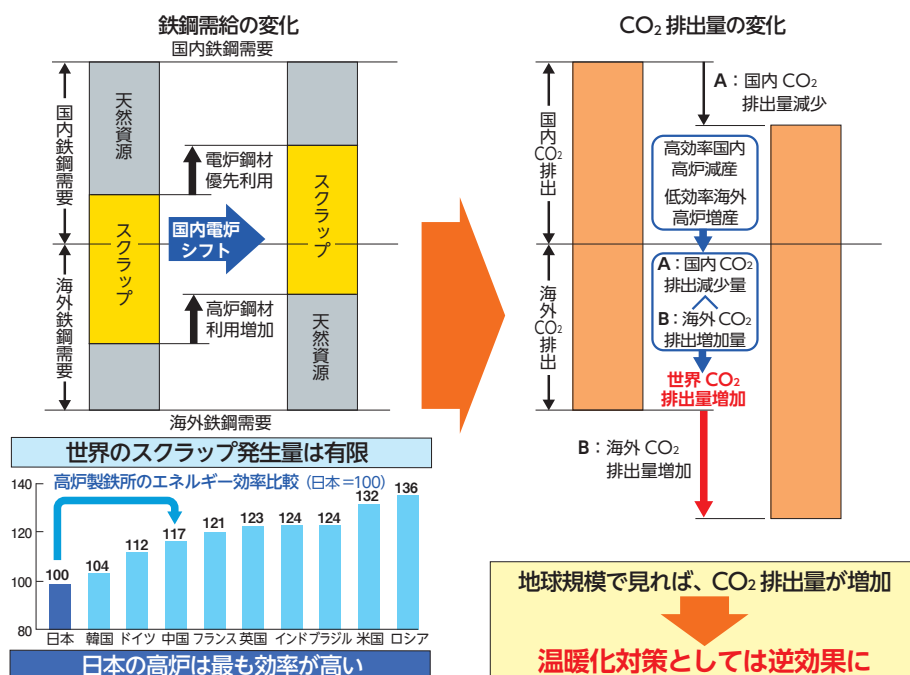
日本国内で私たちの生活を支える社会資本として蓄積されている鉄鋼材料の量は13億トン超にのびります。これは日本国民1人当たり10・7トンに相当します。世界ではどうでしょうか。世界の鉄鋼蓄積量は約300億トン（2015年）と推計されていますが、これは世界人口1人当たりでは約4トンに過ぎません。世界人口はこれからも増え続け、また途上国が経済発展を遂げていくことを考えれば、世界の鉄鋼蓄積量は今後もまだ増え続ける必要があると考えられます。このため高炉法などによる新たな鋼材生産が必要です。2015年の世

した環境負荷の評価法（LCA方法論）を確立しました。この方法論では、高炉法、電炉法が1つの鉄鋼資源循環システムを形成している点に着目し、そのシステムのなかで鉄スクラップは環境価値を有して循環していると考えます。鉄スクラップの環境価値とは、その利用によって天然資源やCO₂などの環境負荷が削減されることに対する価値であり、鉄スクラップの回収時に控除され、利用時に付加されます（図4・5）。この計算によると高炉鋼材、電炉鋼材の環境負荷は同一です。このような、製造時だけではなくライフサイクル全体で環境負荷を計算する世界鉄鋼協会のLCA方法はクロスボーダーLCAの考え方ですが、現在は、グローバルスタンダードな考え方になっており、国際標準（ISO）化も進められています。

図6 鉄の資源循環



天然資源からつくられた鉄鋼製品は、社会インフラとしての役割を終えたあと、鉄はスクラップとして回収されて再び新たな鉄鋼製品の原料として利用されることで、天然資源の使用量を減らし、消費エネルギーと環境負荷を大きく減らしている。鉄はこのライフサイクルが無限に繰り返されている。

図7 鉄鋼需給の変化とCO₂排出量への影響

出典：日本鉄鋼連盟

界鉄鋼需要は12・7億トンあったのに対して社会蓄積から回収された鉄スクラップは2・3億トンに過ぎなかったため、不足分の鉄が高炉法によって新たに供給されました（図6）。

このようななか、鉄のライフサイクル全体ではなく、製鉄所での製造時負荷のみの評価によって電炉鋼材を優先した場合、どうなるのでしょうか。そうすると国内での鉄スクラップ利用量が増え、そのぶん日本

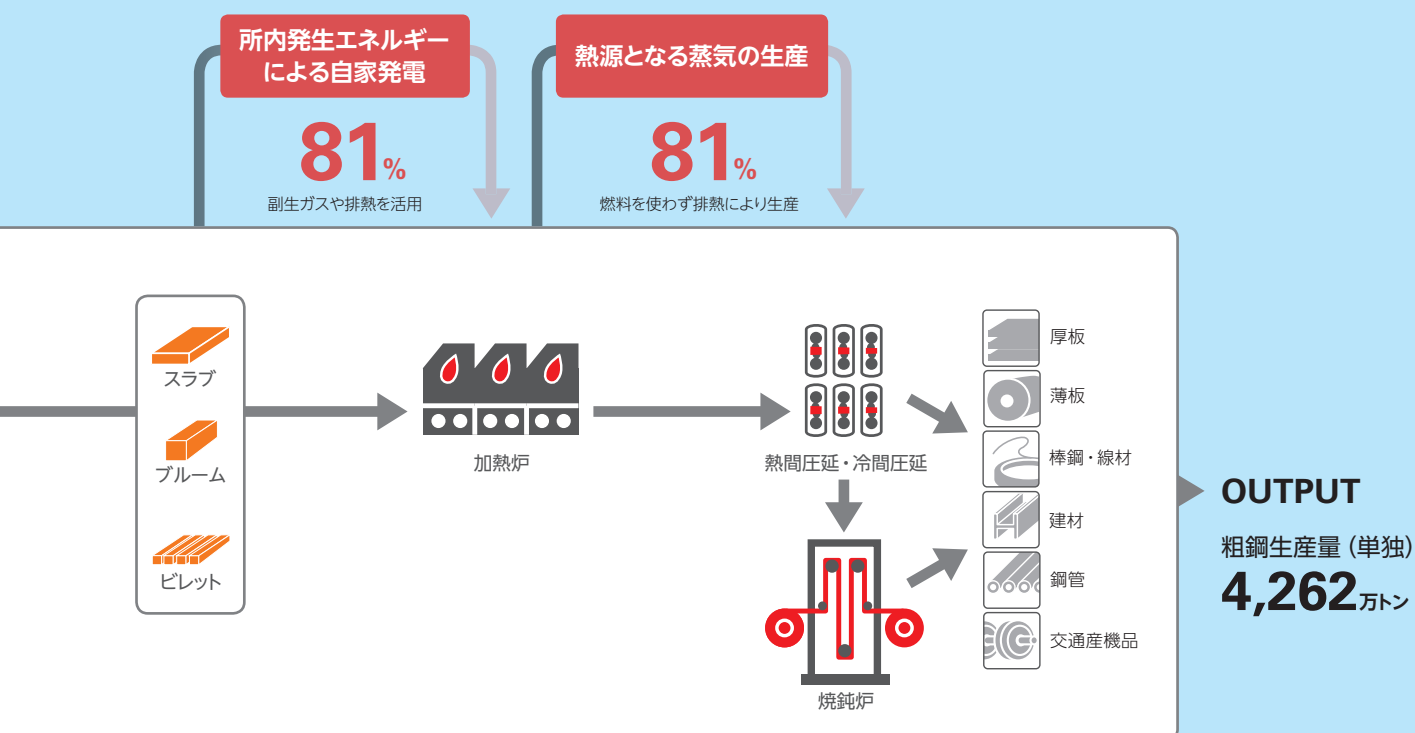
から鉄スクラップを輸入しているアジア諸国など海外での鉄スクラップ利用可能量が減ることになります（図7）。鉄スクラップは鉄鉱石などの天然資源とは異なり、発生量をコントロールすることはできない（鉄スクラップが不足しているからビルやクルマを壊すというわけにはいかない）からです。このため、海外での鉄スクラップの不足分はエネルギー効率が高炉最高の日本の高炉メーカーではなく海外の高炉メーカーの鋼材で

補われることになります。つまり、地球規模で見るとCO₂排出量がかえって増え、温暖化対策としては逆効果となってしまう。地球環境対策というグローバルな視点からも、高炉鋼材と電炉鋼材で区分けをするのではなく、鉄づくりを一つの大きな資源循環システムとしてとらえることが重要なのです。これからも新日鉄住金は、鉄のライフサイクル全体で環境負荷の低減を実現し、地球規模でのCO₂排出量削減に貢献していきます。

鉄のライフサイクルのあらゆる段階で 環境価値を生み出す



新日鉄住金は、鉄のライフサイクルのあらゆる段階で環境価値を生み出し、「**Eco Process**(エコプロセス)」「**Eco Products**(エコプロダクツ®)」「**Eco Solution**(エコソリューション)」の3つのエコと革新的技術開発によって、CO₂排出量削減に取り組んでいます。



社外利用

外販・委託リサイクル **69%**廃棄物 **1%**セメント原料
他産業最終処分量
24万トン



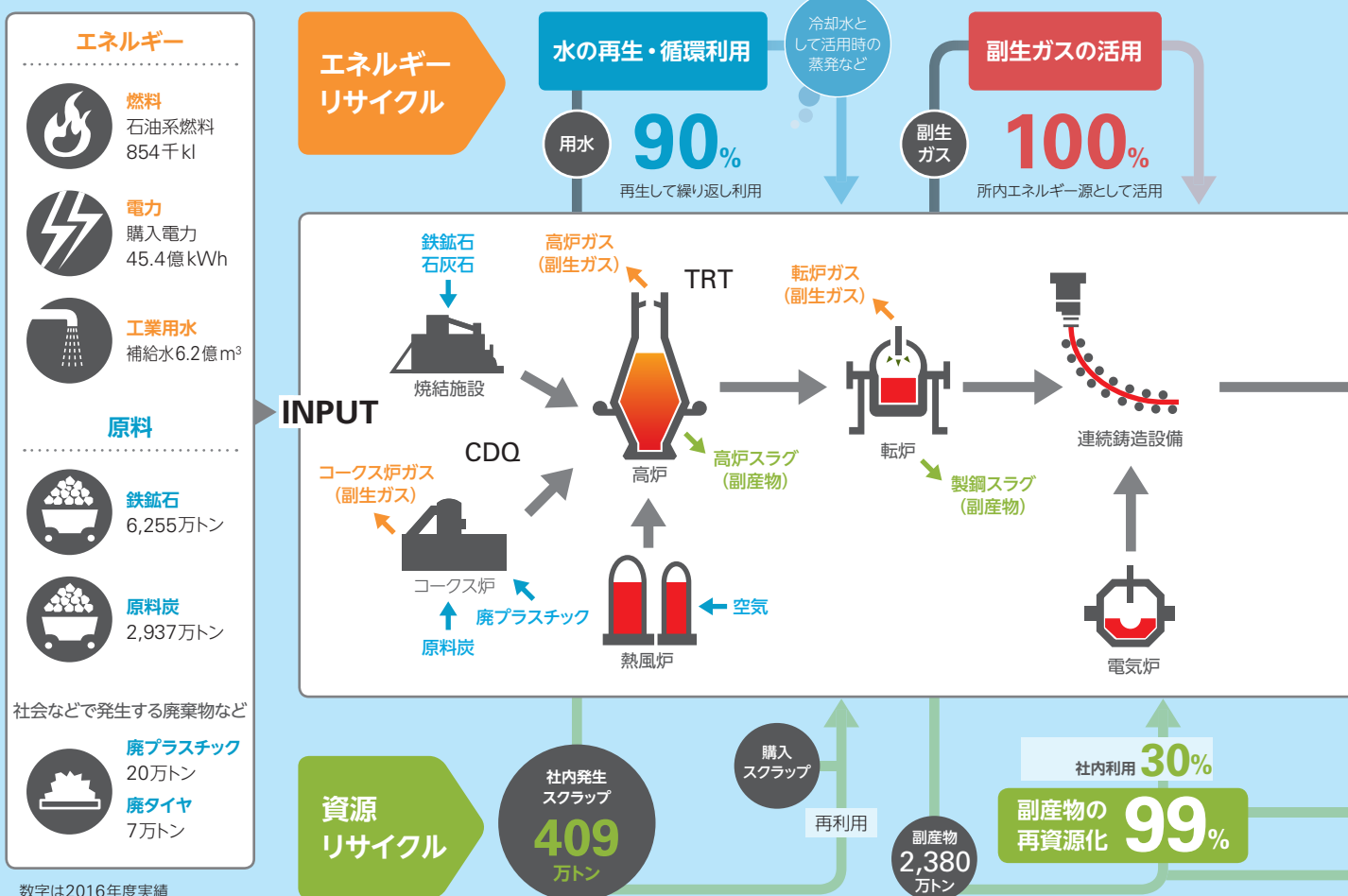
鉄をつくるときの エコ

新日鉄住金は海外で採掘された鉄鉱石、その鉄鉱石を還元するためのコークスの原料となる石炭、そして社会から発生した鉄スクラップを主な原料として、さまざまな鉄鋼製品をつくっています。その製造過程では、例えば石炭からコークスを製造する際に発生するコークス炉ガスや、高炉から発生する高炉ガスなどの副生ガスを、鋼材加熱用の燃料や製鉄所構内にある発電所のエネルギー源として100%有効に活用しています。製鉄所で使用する電力の81%は、副生ガスや排熱の回収でまかっています。水資源については、製品や製造設備の冷却や洗浄に使用する水の90%残り10%は主に蒸発などを再生して繰り返し使用しています。

さらに社内副産物の循環利用によるゼロエミッションの実現や、社会や他産業で発生する廃棄物の再資源化にも積極的に取り組んでいます。例えば、副産物の高炉スラグを微粉砕しポルトランドセメントと混合してつくった高炉セメントは、自然砕石採掘の削減やセメント製造時のCO₂排出量を40%削減できることから、グリーン購入法の特定調達品目に指定されるとともに、各自治体のリサイクル認定も受けています。また廃プラスチックのリサイクルでは、新日鉄住金1社で、全国で回収される量の約30%にあたる年間約20万トンの容器包装プラスチックを、製鉄所内のコークス炉で熱分解し、40%を新しい製品になる油に、20%を鉄の原料になるコークスに、40%を電気をつくるガスへと、100%再資源化しています。

新日鉄住金は限りある資源・エネルギーを、全てのプロセスで無駄なく利用しています。こうした省エネ・省資源を実現したエコプロセスで鉄をつくることで、製品をつくる時の環境負荷低減に貢献しています。

資源・エネルギーを無駄なく利用する新日鉄住金のエコプロセス





使うときの
エコ

新日鉄住金は優れた技術力に基づいて、高い機能性や信頼性を誇るエコプロダクツ®（環境にやさしい製品）をつくり、クルマやビルなど製品の効率化や軽量化、長寿命化を通じて、使ったときの省資源・省エネ・CO₂排出量削減を実現し、環境負荷低減に貢献しています。



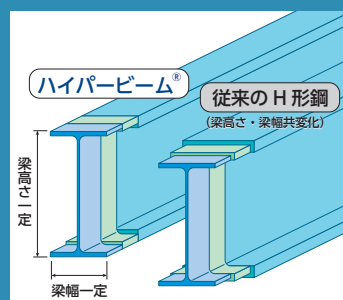
高圧水素用ステンレス鋼 HRX19®

水素に強く、
安全な水素社会に貢献



自動車用ハイテン

薄くて軽く高強度
低燃費と安全性を両立



外法一定H形鋼 ハイパービーム®

省資源で地震にも強い
鋼材使用量を
5%減らし軽量化



タイヤ用スチールコード

細くて軽く高強度
タイヤを支えて燃費向上



高耐食性亜鉛めっき鋼板 スーパーダイマ®

さびで覆って長寿命化
進行しないさびのため、
切断面も塗装不要



チタン屋根

軽くてきれいに長寿命
変わることもない
風合いと安心



耐摩耗鋼板 ABREX® (アブレックス)

硬くて長寿命
摩耗に耐え交換頻度を
低減

エコプロダクツ®の例



新日鉄住金(株)
技術総括部
小野 透 主席主幹

Voice 鉄はずっと生き続け、豊かな社会を実現します

現在、1人当たりの鉄の社会ストックは日本で10・7トン、世界全体で4トンとされています。日本が4トンに達したのは1972年でした。当時まだ車を所有している人は少なく、建物も木造が多かった時代でしたが、今や車は一家に1台以上の時代を迎え、高層ビルが林立するなど、私たちの暮らしは豊かになりました。

世界全体が豊かになれば、鉄の社会ストックは大きくなります。世界人口は2100年には112億人に達すると予測されており、まだまだ多くの鉄が必要になるでしょう。新たな社会インフラを生み出すためには、天然資源の投入が不可欠ですが、鉄は他の素材が追従できないほど製造時の環境負荷が圧倒的に少ないこと、素材としてさらなる進化の可能性があること、経済合理的にリサイクルできていることから、新規の天然資源投入をミニマムに抑制できる素材なのです。

いま皆さんが使っている鉄は、イギリスの産業革命期に鉄鉱石からつくられ、蒸気機関車として活躍していたものかもしれません。22世紀には宇宙船となって宇宙への旅を楽しませてくれるかもしれません。鉄はずっと生き続け、豊かな社会を実現していきます。

新日鉄住金は優れた省エネ技術の海外への移転が世界的なCO₂排出量削減に最も効果的であるという認識のもと、世界鉄鋼協会などの多国籍、日中・日印の2国間などさまざまな形で世界的な省エネ・環境対策の取り組みに参画しています。また新日鉄住金グループの海外生産拠点にエコプロダクツ[®]製造技術を移転したり、海外メーカーに技術供与するなど、グローバルな視点で優れた技術・ノウハウを活用するエコソリューションによって、地球規模でのCO₂削減への貢献に努めています。



優れた技術・ノウハウを提供するエコ

世界へ広げる環境技術



首钢京唐钢铁(中国)大型CDQ



タタ・スチール(インド)CDQ

海外でのエコプロダクツ[®]の安定供給



I/N Tek, I/N Kote(アメリカ)



AM/NS カルバート(アメリカ)



TENIGAL(メキシコ)



新日鉄住金(株)
技術総括部
礪原 豊司雄 上席主幹

Voice エコな鉄のチカラに磨きをかけていきます

鉄の技術開発もまた「木を見て森を見ず」になってはならないと思っています。お客様の環境負荷低減に寄与する軽量化ニーズに応えて、さまざまなエコプロダクツを開発してきましたが、私たち自身もまた鉄の使用時というミクロの視点だけでなく、ライフサイクル全体といったマクロの視点でものづくりを考えることの重要性を感じています。

鉄鋼業はその生産量の大きさから製造時のCO₂排出量が多く、一般的にネガティブなイメージを持たれがちです。しかし、鉄の1トン当たりの製造時負荷は実は他素材と比べて非常に低いのです。さらに、日本の場合、1970年代から築き上げてきた省エネ環境技術によって、海外の鉄鋼業に比べてさらに製造時負荷が低くなっています。そしてクルマや家電など製品としての寿命が訪れたあとも、使われていた鉄は何度でも何にでも同じ品質の鉄に生まれ変わり、クロースドループリサイクルできている唯一の金属なのです。

世界は鉄でできていると言っても過言ではありません。私たちは鉄の特性に磨きをかけ、これからも3つのエコで環境負荷低減に寄与する技術革新を追求していきます。その鉄のチカラを、ぜひ多くの皆さんに知っていただきたいと思います。