

季刊 新日鉄住金

Vol.20

LCA

ライフサイクル全体でエコを考えよう

何度でも何にでも生まれ変わる鉄



特集 ライフサイクル全体で エコを考えよう

何度でも何にでも生まれ変わる鉄

- 4 和のサステナビリティ
**千三百年の時を超えて
受け継がれる技と心**
音羽 悟氏 (伊勢神宮 神宮司廳)
- 6 Sustainability Report
**解体するだけでなく再生する
超高層ビルの最新解体技術**
- 12 知って納得Q&A
エコフレンドリーな鉄を知ろう!
- 16 Ecology Seminar
**産業エコロジー論
持続可能な材料による社会設計**
醍醐 市朗氏 (東京大学大学院工学系研究科准教授)
- 20 実験教室
私たちの暮らしを変えた磁石と鉄
米村 でんじろう氏 (サイエンスプロデューサー)
- 22 Sustainable Story
**ライフサイクルCO₂ゼロへの
挑戦**
材料にもこだわったクルマの環境配慮設計
- 26 Advanced Technology
**鉄はエコマテリアル
新日鉄住金の鉄づくり**
- 34 News Clip
新日鉄住金グループの動き

新日鉄住金株式会社 広報誌 季刊 **新日鉄住金**

Vol.20 2017年12月1日発行

〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号

TEL 03-6867-4111 <http://www.nssmc.com/>

編集発行人 総務部広報センター所長 大西 史哲

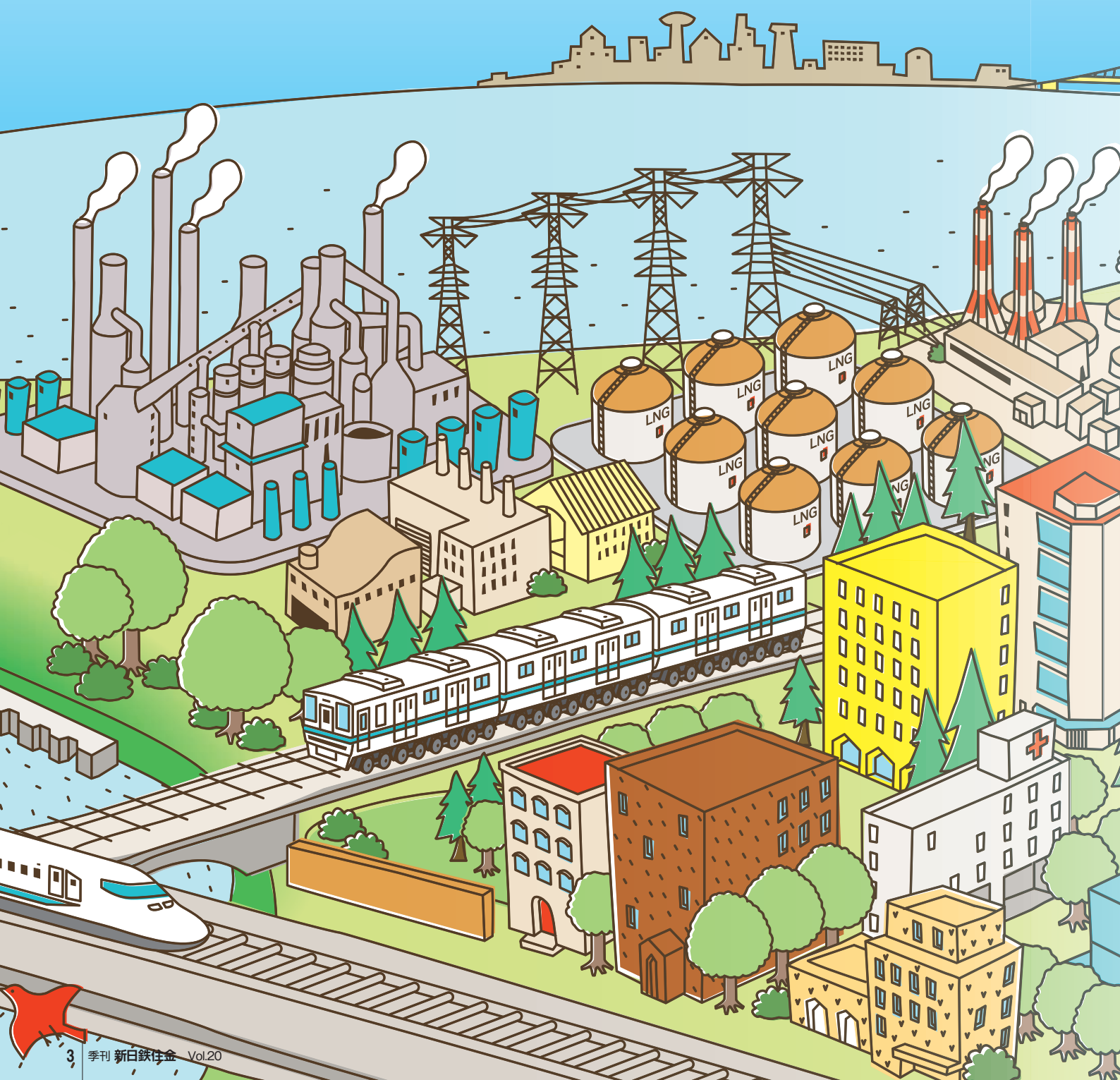
企画・編集・デザイン印刷 株式会社 日活アド・エイジェンシー

●本誌掲載の写真および図版・記事の無断転載を禁じます。
●ご意見・ご感想をぜひ綴じ込みはがきでお寄せください。

ライフサイクル全体でエコを考えよう

何度でも何にでも生まれ変わる鉄

私たちはクルマや家電などを使うとき、どのくらい低燃費なのか、どのくらい省エネなのか気にかけるようになりました。今さらにもう一步踏み込んで、その製品自体の材料をつくるときから使い終えて廃棄されるまで、製品のライフサイクル全体で環境負荷低減が求められています。身近な製品の材料として大量に使われている鉄は、つくるときにエコなだけでなく、廃棄後も回収されてほぼ同じ品質の鉄へとリサイクルされ、よみがえっています。何度でも何にでも生まれ変わる鉄。この特性を活かし、新日鉄住金はライフサイクル全体でエコを考えるものづくりで、持続可能な社会の構築に貢献しています。



千三百年の 時を超えて 受け継がれる 技と心

伊勢神宮 神宮司廳^{しちよう}

広報室 広報課長補佐 神宮主事 音羽 悟氏

式年遷宮は二十年に一度、正殿をはじめとする殿舎と御装束神宝^{みしょうそくしんぼう}を新たに造り替え、大御神である天照大御神に新宮へお遷りいただくお祭りです。持統天皇四(六九〇)年に始められて以来、現在まで約千三百年続いています。第六十二回の式年遷宮も、平成二十五(二〇一三)年に無事終えることができました。

二十年に一度というサイクルは当初から決まっていたものです。理由は諸説ありますが、技術の伝承に人間の人生儀礼を当てはめた説もその一つです。職人たちは二十歳で成人すると入門して技術を習得し、四十歳で大黒柱となり、六十歳の還暦で指導者となって自らの技術を次代に伝えてきました。

新しく調製して大御神に捧げられる御装束神宝の種類は七百十四種、千五百七十六点にのぼります。太刀だけでも六十振り、鉾^{やじり}は四千八十個にも及ぶため、鉄は重要な素材です。刀身に用いるのは玉鋼^{たまがね}ですが、たたら製鉄で玉鋼にならなかった銑鉄^{せつてつ}の部分は、茶釜などの鉄铸件に用いるなど、無駄なく活用しています。

五十鈴川にかかる宇治橋

長さ一〇・八メートル。日常の世界から神聖な世界へ、そして神と人とを結ぶ架け橋と言われている。
宇治橋も二十年に一度新たに造り替え、近年では遷宮の四年前にあたる平成二十一(二〇〇九)年に架け替えられた。



宇治橋鳥居

内側にある鳥居は内宮の旧正殿の棟持柱が用いられ、外側の鳥居は外宮のものがあてられる。

皇大神宮(内宮)の正宮

檜の素入造りで掘立柱に萱葺き屋根という「唯「神明造」の神殿で、土台がなく釘を使わない工法で建てられている。平成二十五(二〇一三)年の遷宮で古式のままに建て替えられた。

※棟持柱(社殿中央の柱)

社の側面にあって棟を支える
直径一メートルの太い柱。



また正殿の棟持柱(※)は二十年使われたあと、宇治橋の鳥居の柱としてさらに二十年使われ、そのあとも他の神社の鳥居として再利用されます。古材の一部については、阪神淡路大震災や東日本大震災で被害を受けた神社の修復にも使われました。こうした古材の有効活用は、鎌倉時代末期から神宮に関係する摂社・末社で行われていた例があり、「リサイクル」という意味では先駆的な存在であると言えるのかもしれませんが。

社殿造営のための檜は、式年遷宮のたびに、内宮のほとりを流れる五十鈴川の上流に位置する「宮域林」と呼ばれる神宮の森から供給していました。しかし鎌倉時代後期から檜の良材が採れなくなり、中世以降は専ら木曾から供給されるようになりました。そこで神宮では昔と同じように宮域林からまかなえるよう、大正十二(一九二三)年に檜の人工林を計画的に管理し育てていく計画を策定し、二百年計画で御造管用料の植林を行っています。まだ百年足らずですが、今回の式年遷宮では七百年ぶりに宮域林で間伐した檜も御用料の一部に使われました。

神宮の豊かな森と御料を還元する人々の敬神の念が重なり合って継承されていく式年遷宮において、最も大事なものは「繰り返す」ということです。それは、前例踏襲ではありません。受け継がれた技術でそれまでの伝統を守りながら、自分たちでさらに磨きをかけていかなければならないのです。唯一変わらないのは「神様のために二十年に一度、同じものをつくる」という考え方です。式年遷宮はその時代、時代のなかで最善を尽くすことが重要であり、それが「持続」だと私は思います。千三百年の時を超えて守り伝えられてきた技と心は、御装束神宝という姿で大御神に捧げられ、また次代へと引き継がれていきます。その匠の技と心こそ神が私たちに示された我が国のものづくりの原点であり、今日においては「持続可能な活動」という重い価値を持ち始めているのではないのでしょうか。(談)

解体するだけでなく再生する 超高層ビルの最新解体技術

日本で本格的な超高層ビル時代の幕開けとなったのは、1968年に竣工した東京・霞が関ビルだった。それからおよそ半世紀が経過した現在、首都圏をはじめとする都市部では、超高層ビルの建て替えが相次いでいる。なぜ建て替えられているのか、どのように解体されるのか、構造材としての役割を終えた鉄骨は一体どう処理されているのか。2013年に解体された旧グランドプリンスホテル赤坂・新館の事例を通して、その謎に迫った。



大成建設(株)
建築総本部 生産技術推進部
市原 英樹 次長

旧グランドプリンスホテル赤坂・新館の解体イメージ



建設業界で高層ビルというカテゴリーに属する建物の高さは60メートル以上、階数にすると15階以上に相当するという。なかでも高さ100メートルを超える高層ビルは、これまで国内に約1000棟の超高層ビルが存在しており、その多くが首都圏に集中している。

その一方で近年、多くの超高層ビルの建て替えが行われている。丹下健三氏の設計による高さ約140メートルの超高層ビルで、「赤プリ」と呼ばれ親しまれた旧グランドプリンスホテル赤坂・新館もまた、およそ30年でその歴史に幕を閉じた。また寿命を迎えていない超高層ビルが、なぜ建て替えられているのか。赤プリの解体に携わった大成建設(株)の市原英樹次長に尋ねた。

「ビルは定期的にメンテナンスを行えば、100年維持することは可能です。しかし赤プリの場合、客室の大きさが現代の需要にマッチしなくなったということが建て替えの要因の一つになったと考えられます。その最大のポイントは天井高です。客室2・4メートル、廊下2・1メートルでしたが、IT導入など設備を改善するため天井裏や床下に配線・配管などを増やすと、天井高がもっと低くなります。一流ホテルの天井高が2・4メートル未満になってしまうと、圧迫感が大きくなり、快適な空間とは言いがなくなってしまう。

ホテルやテナントビルは、収益率が最大の課題

まいます。だからと言って40階建てを30階建てにして天井高を確保しようとすれば、客室数が減り、収益率が落ちてしまいます。貸付面積をいかに大きくして収益を上げるかという考え方はテナントビルも同様で、ビルのオーナーにとっては最大の課題なのです。

また目に見える内装材は容易にリノベトできても、隠れた部分にある設備や配管などを修繕するためには膨大なコストがかかります。しかも赤プリが設計された当時と現在とでは建物の耐震設計の手法が異なります。もちろん補強は重ねていますが、例えば東日本大震災に相当する地震にも耐えられるような建物を最初から設計するのと、あとから地震対策を施すのではディテールが違います。赤プリは、そうした施設の老朽化が重なったことや、都心の一等地でホテル事業だけでは収益確保に限界があることなどを理由に解体せざるを得なくなったのだと思われまます」

東京、大阪、名古屋などの大都市で超高層ビルが軒並み誕生しているのは、高層化・大規模化によって高額な地価に見合った収益性を確保できるからだ。都市再開発の対象地区では、空地率に対応した高さ制限の緩和が進んでおり、今後も既存ビルの解体が加速することが予測される。



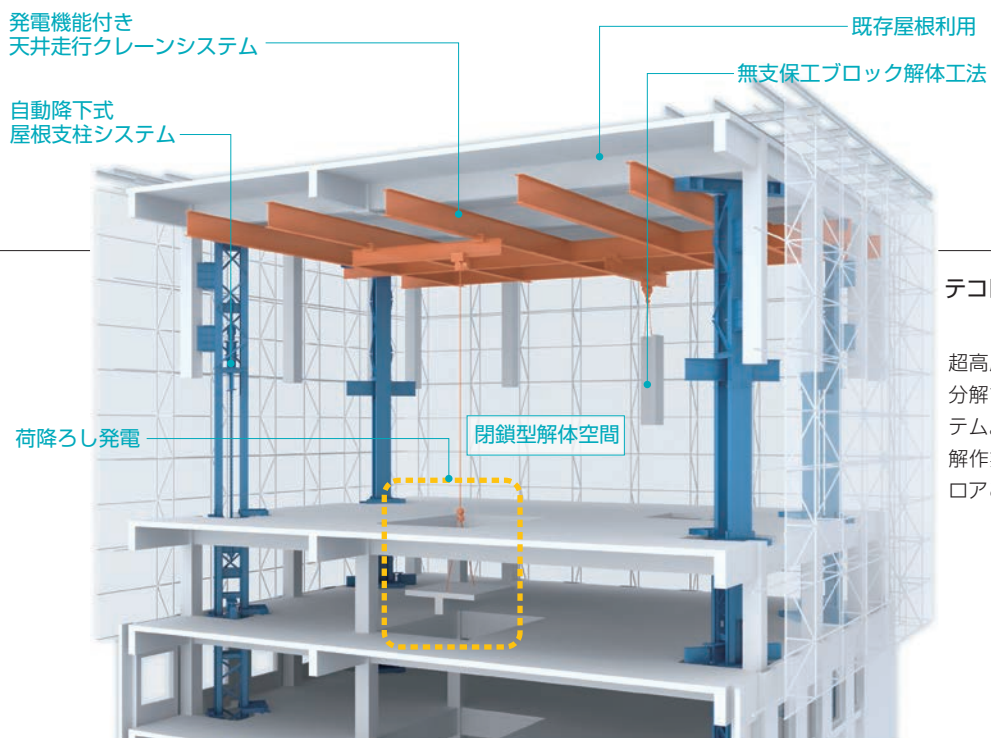
旧グランドプリンスホテル赤坂・新館の解体(2012年6月～13年7月)



建物高さ：138.9メートル 階数：地下2階、地上39階、塔屋1階



解体工事の内観 既存の屋根と足場で包み込むように囲い、安定した解体作業空間をつくり出している。



デコレップシステム概念図

超高層ビルの建設プロセスを巻き戻し再生するように分解することで、環境負荷低減を行う新しい解体システム。既存屋根を有効利用した閉鎖型の空間の中で分解作業を行い、昇降機能を持つ仮設支柱を用いて1フロアごとに自動で下降させながら建物を解体していく。



ビルの解体といえば、爆破して一瞬のうちにガレキの山にする映像のイメージを持つ人もいるかもしれない。しかし日本では爆破解体は採用されていない。日本のビルは柱と梁が強固に接合されているため、爆破しても崩れ落ちるように解体できないからだ。さらに海外に比べて日本は建物が密集しているため、破片が飛び散り、大量の粉じんが舞い上がり、大きな騒音や振動が発生する爆破解体は、環境面からもふさわしい工法ではない。

従来の高層ビル解体工法は、クレーンや圧砕重機を用い、建物の外周に仮設足場や防音パネルを設置するだけで、建物の上部が開放された状態で行われるのが一般的だった。しかし高さが100メートル以上の場合、通常でも上空の風は地上の数倍になる。仮設足場や防音パネルなどの養生材の設置や撤去が高所危険作業となるため、作業の危険度が増すとともに、建物が高層になるほど仮設費用も高くなる。また解体工事時に上部が開放されていると、台風など悪天候による作業不能日の増加、粉じんの飛散、解体部材の飛来落下の危険性、騒音・振動の発生などが懸念される。そこで大成建設は環境に配慮した新しい閉鎖型解体工法テコレップシステムを開発した。

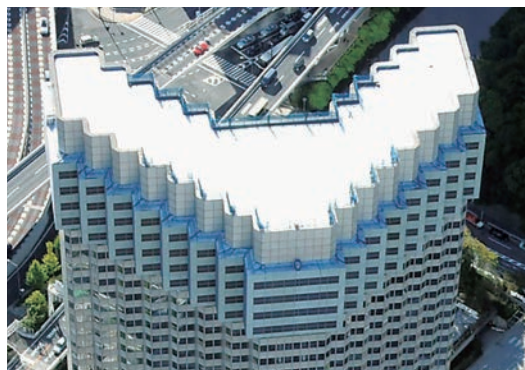
「解体するビルの既存屋根を有効利用して閉鎖空間をつくり、その内部で解体

静かにエコロジカルに、超高層ビル解体の環境負荷を低減する

作業を行うのが大きな特長です。ビル躯体を支えている柱や梁の鉄骨は、寿命を迎えたわけではなく、十分な強度と剛性を維持しているため、仮設システムとして活用しています。赤ブリの解体を通じて、躯体に使われていた鉄骨を使って、〃ミニ赤ブリ〃を建設してみたくなるほど、鉄の強靱さを再認識しました（市原次長）

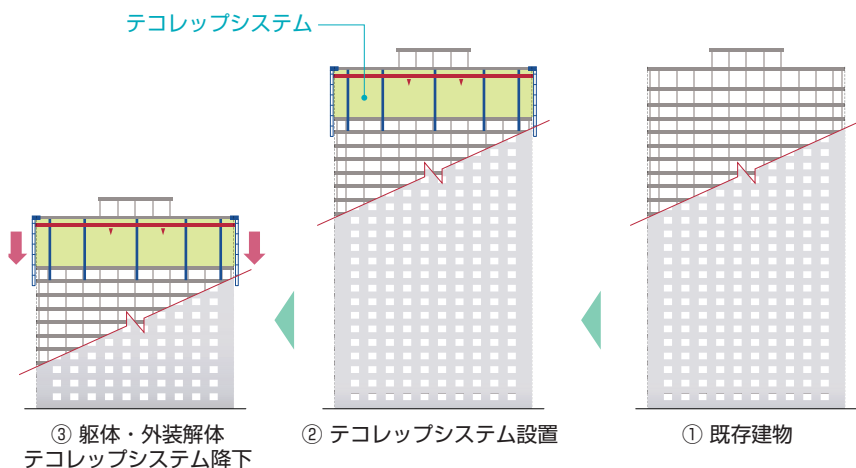
テコレップシステムは、最上階から1フロア解体することに昇降装置がシステム全体を自動降下させていく。フロア内で分解したパーツはクレーンで荷を降ろし、再利用を図る。このときの落下エネルギーを活用して発電することで、解体作業に必要な装置の消費電力を抑えることも特長の一つだ。ネジ1本地上に落ちることがなく安全で、工事による粉じんの飛散や騒音も大幅に減少できる。外観の美しさを損なわないまま、静かに目立たぬように建物が縮んでいく様子は、まるで動画の巻き戻し再生を見ているようだ。また作業員が夏の直射日光や冬の厳寒によるストレスから解放されるのもメリットと言える。

同社が初めてこのシステムを採用したのは、東京・大手町にあった高さ約100メートルの旧大手町フィナンシャルセンターの解体だ。2012年6月から解体された旧グラランドプリンスホテル赤坂・新館は2番目の適用となった。



既存屋根の利用

解体工事の騒音レベル20デシベル低減、粉じんの飛散量90%低減を実現している。



超高層ビルに使われる鉄骨量は、その規模や構造によって異なるが、骨組みとなる鉄骨の大きさや厚さは上層階ほど小さく薄い。1階部分は全ての階の重さを支えなければならないが、上層階になるほどその必要がなくなるからだ。ちなみに、旧グランドプリンスホテル赤坂・新館の解体によって排出された回収資源の1位はコンクリートで2位が鉄。その2つで全体の90%を占め、鉄の重さだけでも2万〜3万トンに及んだという。

これらの回収資源をトラックで処理場まで運ぶ際も、テコレップシステムが役を買った。天候に左右されること

進化の可能性は無限大

なく、1階と2階をうまく分別エリアとして利用できたので、解体材の分別と搬出を効率的にすることができた。回収資源のリサイクル率については、99%と限りなくゼロエミッションに近づいた。

「コンクリートは粉碎され、路盤材に再利用されています。こういった材料もリサイクルしていると考えれば、解体による廃棄物は非常に少ないと言えます。そのなかでも、鉄は溶かせば何度でも新しい鉄鋼製品に生まれ変わるので、循環型社会に大きく貢献していると思います。建物が高くなるほど使用する鉄骨の量も多くなりますから、



工場のように作業が進む解体現場

天井に設置されたクレーンを使って、解体した資材ごとに地上に降ろし、徹底的に分別して再利用を図っている。

知らないうちに縮んでいった旧グランドプリンスホテル赤坂・新館





荷降ろしの力を電力に還元（回生電力）

高いビルほど、鉄骨のように荷降ろしする資材が重いほど、大きな回生電力が得られ、蓄電池に貯めて再利用。将来の解体工事電力ゼロを目指している。

ビル解体で回収された鉄の行方

回収された鉄筋、H形鋼、スチール棚などとして使われた薄板などの鉄は、トレーラーや大型トラックで、解体現場からスクラップ処理工場へ運ばれる。

処理工場ではシャーリング加工などで定められた規格にスクラップ加工され、電炉メーカーのみならず高炉メーカーで再び鉄鋼製品に生まれ変わっている。

鉄のリサイクルは資源の面から見ても不可欠です。また、建物の構造には鉄骨造（S造）、鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC造）、鉄筋コンクリート造（RC造）がありますが、現在ではそれらに続くものとして、耐震性や耐火性に優れたコンクリート充填鋼管構造（CFT造）なども注目されています。他素材に比べて、鉄は進化を遂げていると言えるでしょう」（市原次長）

循環型社会に貢献する鉄、

熱い炎に包まれて姿を変えたあと、再び別のビルの構造材となって重要な使命を果たし得るのだ。

「テコレップシステムでニューヨークの超高層ビルを解体したいというのが私たちの最終目標です。ただし今の技術がベストだと思っているわけではありません。さまざまな自動装置を組み込んで、安全で安価な工法を実現できれば、ビル解体を行いたいというお客様のニーズにもっと応えることができると思っています」（市原次長）

解体技術の進化とともに、鉄の可能性もまた、限りなく広がっていく。



知って納得 Q&A

エコフレンドリーな鉄を知ろう！

東京のシンボル・観光名所として知られている東京タワーは1958年に完成しました。建設に使われた材料ですが、当時の日本では良質な鋼材が不足していたため、海外の高級スクラップを買い取り、リサイクルしてつくった鉄骨が使われたと言われています。その鉄骨は特別展望台から上の部分に使われ、今も東京の観光名所としての役割を果たしています。このように、昔から鉄はリサイクルされ、身近なところで役立っている、とても“エコフレンドリー”な存在なのです。そのヒミツをみんなの仲間たちと探っていきましょう。



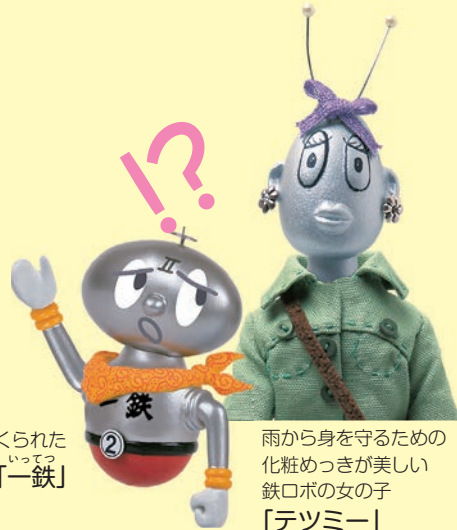
Q1

そもそもリサイクルって、やらなきゃいけないの？

A1

ビルやクルマ、家電製品、橋、船、スチール缶など、その役目を終えたものを、壊して捨てることを続けていたら、そこらじゅうごみの山になってしまいます。また資源には限りがあり、使い捨てを続ければ、いつかはなくなってしまいます。ごみの減量化と資源の有効利用を実現するため、鉄などの素材をリサイクルすることは、とても大切なことなのです。

みんなの仲間たち



鉄の最先端技術でつくられた
未来型ハイテンロボ「一鉄」

雨から身を守るための
化粧めっきが美しい
鉄ロボの女の子
「テツミー」

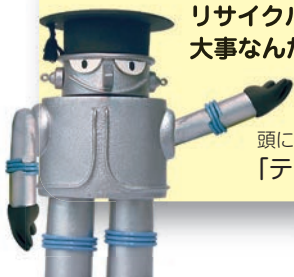


社会システムやライフスタイルを見直そう

大量消費・大量廃棄を前提としたライフスタイルが地球環境問題の一因となっており、社会システムやライフスタイルの見直しが必要とされています。ごみになるものを減らす“Reduce(リデュース)”、使い終わっても捨てずにまた使う“Reuse(リユース)”、もう一度資源として活かす“Recycle(リサイクル)”。この3つのRに取り組むことで、ごみを限りなく少なくし、ごみの焼却や埋め立て処分による環境への悪い影響を極力減らすことができます。そして限りある地球の資源を有効に繰り返し使う循環型社会を構築できます。環境にやさしいエコライフのため、みんなで3Rに取り組みましょう。

リサイクルって、
大事なんだ

頭に超高性能ICチップが埋め込まれている
「テツマロ」



Q2 鉄って、どのくらいリサイクルされているの？

A2

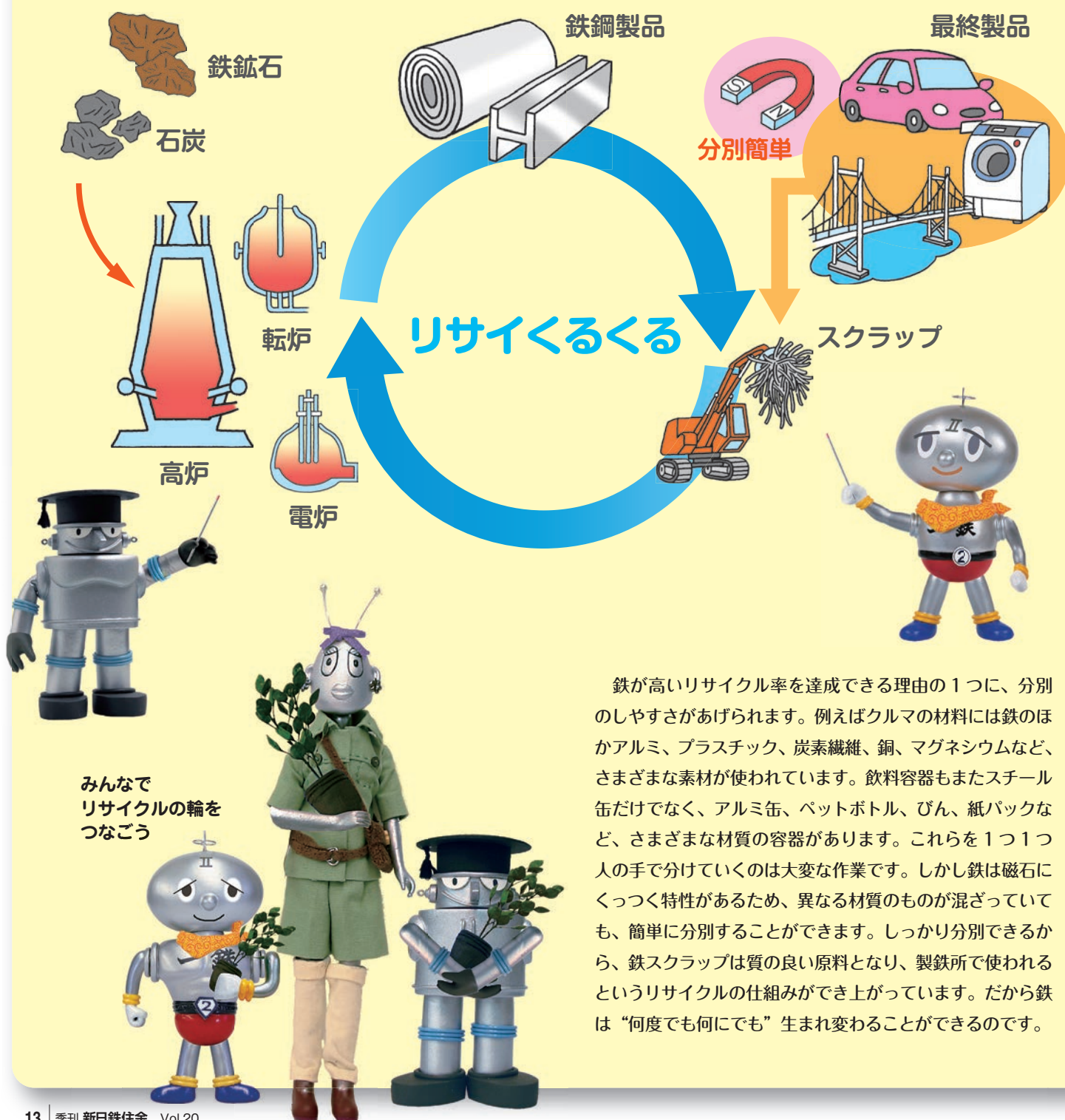
例えば自動車用鋼材は95%^{※1}、スチール缶は93.9%^{※2}のリサイクル率を誇っています。これは、金属のなかで圧倒的に高いリサイクル率です。鉄スクラップは、製鉄所で鉄鋼製品をつくる原料となり、クルマやビル、橋などをつくる材料に“何度でも何にでも”生まれ変わっています。

※1：2015年度国内自動車鋼材推定

※2：2016年度スチール缶リサイクル協会調べ



何度でも何にでも生まれ変わる

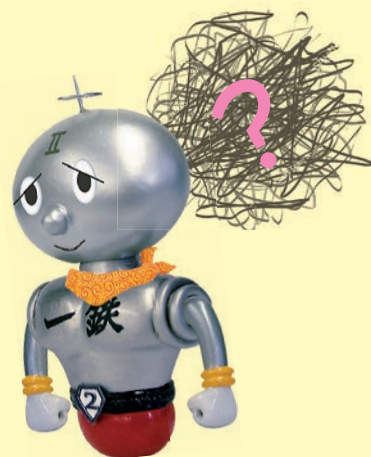


鉄が高いリサイクル率を達成できる理由の1つに、分別のしやすさがあげられます。例えばクルマの材料には鉄のほかアルミ、プラスチック、炭素繊維、銅、マグネシウムなど、さまざまな素材が使われています。飲料容器もまたスチール缶だけでなく、アルミ缶、ペットボトル、びん、紙パックなど、さまざまな材質の容器があります。これらを1つ1つ人の手で分けていくのは大変な作業です。しかし鉄は磁石にくっつく特性があるため、異なる材質のものが混ざっていても、簡単に分別することができます。しっかり分別できるから、鉄スクラップは質の良い原料となり、製鉄所で使われるというリサイクルの仕組みができて上がっています。だから鉄は“何度でも何にでも”生まれ変わることができるのです。

Q3 なぜ何度でもリサイクルできるの？

A3

鉄はリサイクルしてもほとんど品質が低下しないからです。これを「クローズドループリサイクル」と言います。ここがほかの素材に比べて優れている大きな特長となっています。



何度リサイクルしても品質が低下しない



一口にリサイクルと言っても次のとおり大きく3種類あり、実は素材によってさまざまな運命をたどっています。燃料やほかの素材の代わりに使われる有限のリサイクルであったり、リサイクル技術がまだ確立されておらず大半が埋め立て処理されている素材もあります。

① サーマルリサイクル

燃えるごみは焼却処分されますが、そのときに発生した熱を、発電や冷暖房などのエネルギーとして活用しています。素材のもととなる天然資源消費量の削減効果はなく、燃やしたあとの灰は埋め立て処理をしなければなりません。

② カスケードリサイクル

リサイクルしても元の製品の品質には戻らないものです。例えば古着や古タオルが雑巾に、ペットボトルが繊維に、上質紙が再生紙などに、と多様に使われていきますが、ほかの素材の代わりに使われるような有限のリサイクルです。

③ クローズドループリサイクル

素材の持つ本来の性質を保ったまま同じ製品の原料として無限にリサイクルができます。天然資源消費量の削減、さらに環境負荷物質の排出低減、ごみの削減が図られることから、持続可能性（サステナビリティ）の点で優れています。鉄はクローズドループリサイクルが実現できているほぼ唯一の素材です。そのため何度リサイクルしてもほとんど品質が低下せず、同じ品質の鉄に生まれ変わります。



Q4

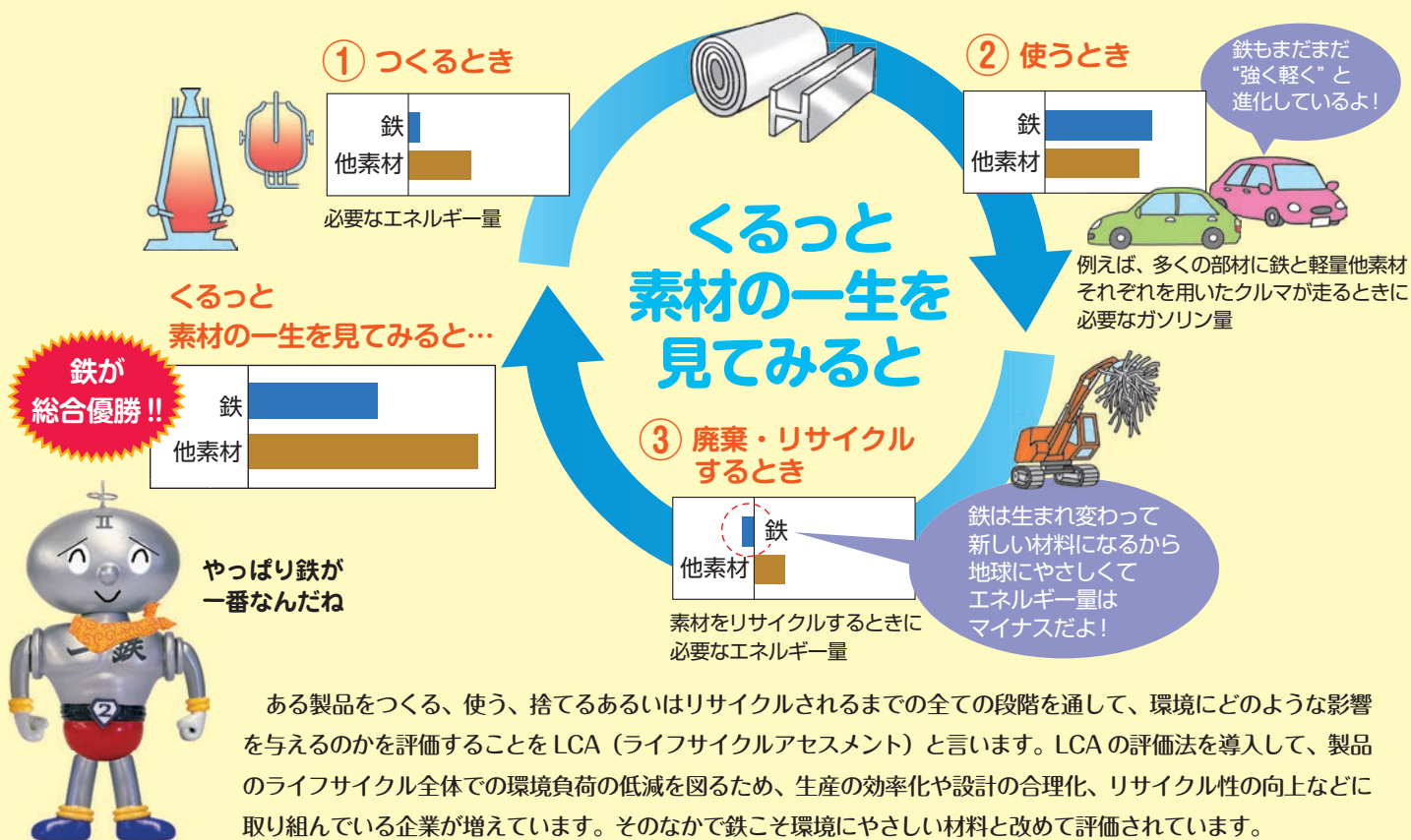
でも鉄って重いでしょ。
例えばクルマの材料に使うと、たくさん
ガソリンを使って走ることになるよね。
やっぱり環境にやさしくないんじゃない？

A4

走るときだけでなく、クルマの素材、部品、クルマをつくるときから、使い終わってリサイクルされるまで、クルマのライフサイクル全体で見ると、鉄こそ“環境にやさしい”材料なんです。



製品のライフサイクル全体でエコを考えよう



Q5

これからも鉄って、たくさん使われるのかな？

A5

鉄は地球の重さの約3分の1を占める元素で、地表にも豊富に存在する資源です。その鉄を人類は使いこなし、強く加工しやすい鉄鋼製品を大量に安くつくる技術を発達させたことで、鉄は現代社会を支えるために欠かせない存在となりました。
さらに鉄は、環境にやさしい材料として評価され、これからも活躍の場を広げていきます。

未来も鉄が切り拓く



地球は「鉄の惑星」とも呼ばれています。それは地球と生命の進化に、鉄が大きなかわりを持っているからです。遠い昔、地球誕生後、内部の溶けた鉄が磁場をつくることで、宇宙からの有害な放射線を遮り、多様な生命を育みました。さらに人間の体内では、鉄が含まれるヘモグロビンによって、呼吸を通して取り入れた酸素が体の隅々まで運ばれ、文明社会を築く活動の力となるエネルギーを生み出しました。鉄は人類にとってかけがえのない存在だからこそ、これからも環境にやさしいエコフレンドリーな材料として、私たちの暮らしや産業を支え続けることでしょう。

産業エコロジー論

持続可能な材料による社会設計



東京大学大学院工学系研究科准教授 醍醐 市朗氏



地球環境と調和しながら持続可能な社会を構築するため、ライフサイクル全体で環境負荷低減を考えることが、なぜ重要なのでしょう。東京大学の醍醐市朗准教授に解説していただきます。



図1 Eco-Star

製造時から廃棄時まで、材料のライフサイクル全体でどれだけ環境負荷を生み出しているのかを見極め、それに対して得られる材料の機能・特性とのバランスを考え、環境効率を高めていくため、材料と環境のかかわりを分類したものの。

「高性能・高機能型」「使用時の高生産性」「環境改善型」「有害物質フリー型」「資源枯渇回避型」「エコ製造プロセス型」「環境回復増進型」の6つのかわりがあり、それぞれを評価する必要があります。材料によ

図1は(一社)未踏科学技術協会エコマテリアルフォーラムが作成した「Eco-Star(エコスター)」です。材料が環境にどのような負荷を与えていて、どうすれば負荷を低減できるのか。その考え方を東京大学名誉教授の山本良一先生が中心となりまとめたものです。材料と環境には「資源枯渇回避型」「エコ製造プロセス型」「高性能・高機能型」「環境改善型」「有害物質フリー型」「環境回復増進型」の6つのかわりがあり、それぞれを評価する必要があります。材料によ

ライフサイクル的思考

——環境負荷とはどのように考えればよいのでしょうか。

醍醐 近年いわゆる「環境にやさしい材料」が数多く生み出されています。しかしCO₂排出量が減っていても、ほかの環境影響が増えているのでは本末転倒です。環境にやさしい材料とは一体どういう材料なのでしょう。まず材料と環境のかかわりから説明しましょう。

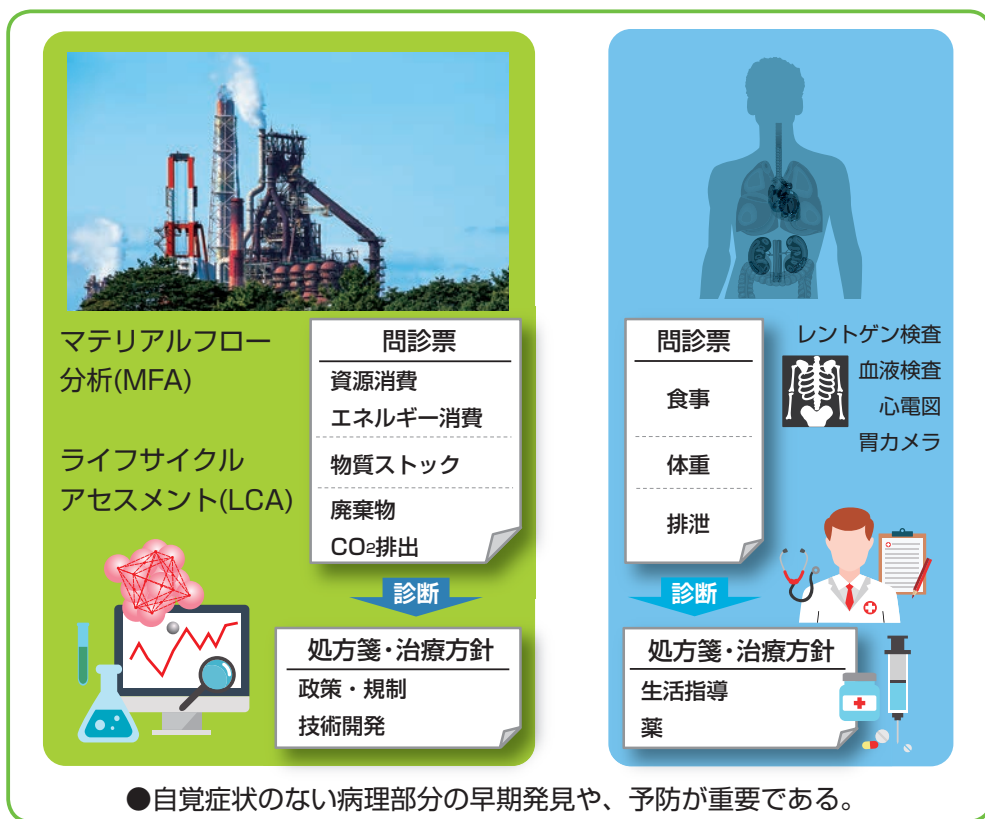


図2 産業の代謝(物質循環)の“見える化”

で強い部分と弱い部分がありますが、鉄は全ての方で努力をしている材料と言えます。

——環境負荷を製品のライフサイクル全体で評価するのがLCA(ライフサイクルアセスメント)という考えですね。

醍醐 そのとおりです。ただ、環境負荷はいろいろあります。LCAはCO₂を測るための評価ツールと思われがちですが、CO₂は環境負荷因子の1つに過ぎません。ほかの温室効果ガスはもちろんのこと、資源消費、水消費、生物多様性に対する影響など、ほかの環境影響も全てライフサイクル的思考に基づいて、CO₂と同じように数値換算して評価することが大切です。

「見えないものを「見える化」する

——LCAの重要性を教えてください。

醍醐 多くの環境影響は目に見えませんが、例えば材料を使うときのCO₂を減らすため、材料をつくるときのCO₂が増えてしまうことがあります。このような見えない環境影響をLCAは「見える化」してくれます。

この例では排出源が自分のところではなくただただけということです。ライフサイクルで見たら、全然良くなっていなかったということがあり得るので、LCA評価で見える化することが非常に大事です。

材料のLCAを考えていくと、サプライチェーンや使用済み後のリサイクルチェーンの見える化に突き当たります。国境や企業を越えて、いろいろなステークホルダー間を調整していくことになり。非常に複雑な現象をモデル化しなければなりません。

——昔からLCAの考え方はあったのでしょうか。

醍醐 1969年にアメリカのコカ・コーラ社が、リターナブルびんと缶の環境負荷評価を定量化する試みから始まったと言われています。

——日本は遅れているのでしょうか。

醍醐 そうとは思いません。例えば江戸時代には「近江商人の三方よし」という精神がありました。自分が良くて、相手も良くて、しかも世間にも良いという概念は昔から持っていました。しかし国際社会の現在では、あまりにも世間が広くなり過ぎて見えにくくなってしまったのだと思います。

人間の代謝と同じように産業の物質循環を見る

——醍醐先生が研究されている「産業エコロジー」という学術領域とLCAは、どのように関連しているのでしょうか。

醍醐 産業エコロジーは1990年代後半から確立されてきた学問です。図2のように産業は、私たち人間と同じように物質とエネルギーを消費し、廃棄物や

LCA（例：クルマのライフサイクル）



マテリアルフロー分析（例：鉄のマテリアルフロー）

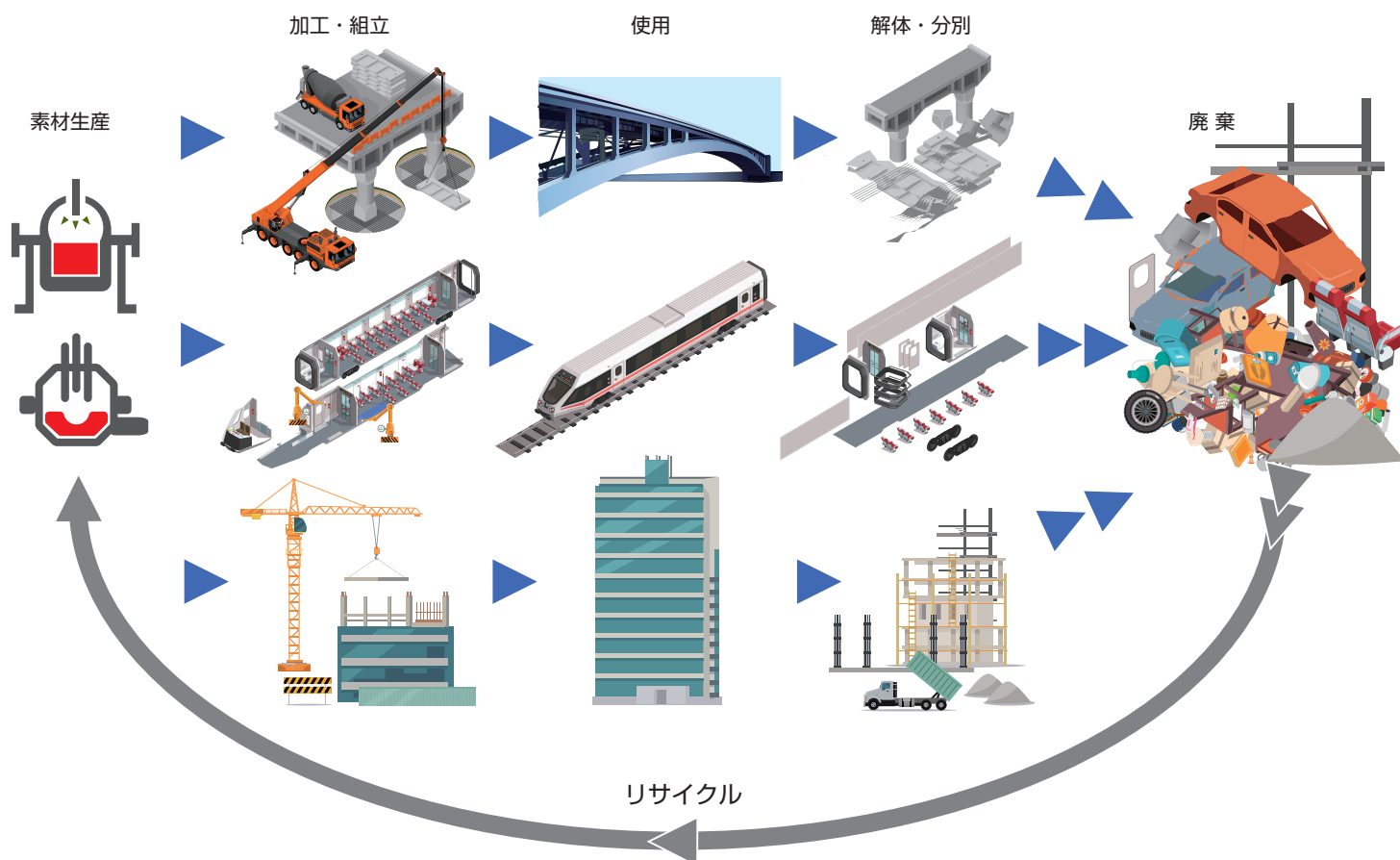


図3 LCAとマテリアルフロー分析

CO₂を排出しながら経済活動を営んでいます。その代謝を効率良くしたい、さらに消費量と排出量を少なくしたい、そのためにはどうすべきなのか。ただし制約のある社会は望ましくないので、持続していくためにはどうしたらいいのか。その処方箋を提示することが産業エコロジです。そのなかで物質循環を評価する方法にLCAとマテリアルフロー分析があります。

——マテリアルフロー分析とは、どのような評価方法なのでしょうか。

醍醐 図3を見てください。上がクルマのライフサイクルです。LCAは今つくられて十数年後に廃棄される製品のライフサイクルを見ようとしています。一方、下のように材料の鉄はクルマだけに使われるわけではありません。橋や鉄道、ビルなどに使われており、廃棄されたあと鉄スクラップとなって、再び製鉄所で鉄にリサイクルされます。マテリアルフロー分析では、鉄が現在、年間何万トン消費され、鉄スクラップとして戻ってきて何万トン再生されているのかを見ています。LCAだけでは全体における重要性や制約が見えてきません。LCAとマテリアルフロー分析は補完関係にあります。

**鉄はよみがえり
100年後も使われ続ける**

——鉄はどのくらい物質循環しているのでしょうか。

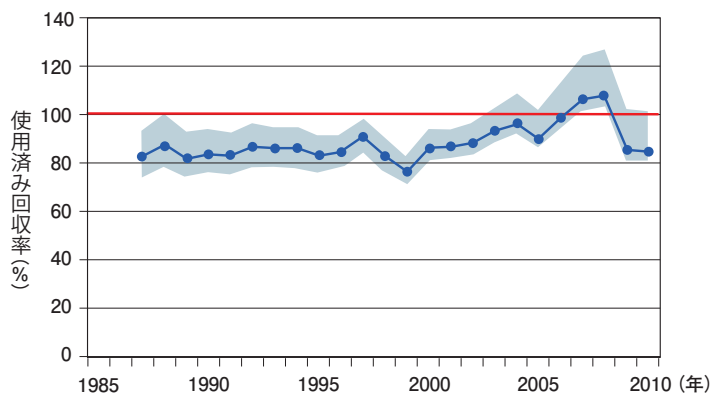


図4 鉄の使用済み回収率の推計

醍醐 2005年に日本でつくられている鉄が、将来何サイクル循環するのかを、鉄鋼材フローを基に確率過程論を用いて推計したことがあります。鉄はさまざまな製品に使われているため、製品が寿命を迎えて鉄スクラップとして回収されるまでの使用年数は異なるものの、将来少なくとも平均5回リサイクルされるとわかりました。これは他素材に比べ、鉄が何度よりリサイクルされることを表している、100年後も廃棄されることなく使われ続けると言えます。

—— **ちなみに他素材は何サイクル循環するのでしょうか。**

醍醐 同じ手法で、世界の銅を2000年に推計したところ2回未満でした。残念ながら、アルミはスクラップ統計が整備されていないため、公表できる段階にありません。図4は鉄の使用済み回収率です。これを見ると、鉄は100%を超えることもあります。

鉄の回収率が高い理由の1つは磁性があるからです。磁石さえあれば他の素材が混じっていても分別できます。こんな便利な特性はありません。もう1つは、どの製品を解体しても鉄の量が多いため、鉄を回収しなければ、利益をあげられなくなります。銅については、使われている量は少ないものの、ほかのベースメタルに比べて単価が高く、使われている場所も電線やコネクタなど電気を通すところに特定できるため、回収されやすいのだと考えています。

環境配慮設計のジレンマ

—— **鉄の使用済み回収率が100%を超えたのは、集計ミスではないのでしょうか。**

醍醐 図4の推計においては、モデルを用いた計算も行っていますので、用いた変数の不確実性に由来する結果の不確実性は、確かにあります。しかし2007～08年の100%超えは、推計上の誤りではないという結論に達しました。一体何が起きたのかというと、当時は資源価格が高かったのです。これまでは距離が遠くて回収しても採算が合わないと残置されていた鉄も、鉄スクラップ価格が高くなると、それを回収しても得をする。今まで冬眠していたものが目覚めて、鉄スクラップとして帰ってきたわけです。改めて鉄は循環性のいい材料だと感じました。

—— **鉄は都市鉱山として、眠っているものもあると言えるのですか。**

醍醐 はい。鉄は、回収率が非常に高いですが、残置されてしまうものもあります。例えば基礎杭の鋼管です。建物を建てる時、地中に杭を打ちます。その建物が壊され、次に新しい建物を建てる時、杭が邪魔になれば引き抜きますが、邪魔にならなければ抜かれません。回収したスクラップを売っても、抜くためのコストには見合いません。だから残置されてしまいます。

—— **リサイクルを前提とした設計は行われていないのでしょうか。**

醍醐 例えばクルマが廃車になったあと、部品ごと・素材ごとに分離・分解しやすく設計することをDfD (Design for Disassembly)と呼んでいます。しかし設計者にとって、回収がメリットにならないと、環境を配慮した設計は進みません。また解体しやすいというと、消費者は走っているとき壊れやすいのではないかと懸念します。設計で何とかしたいと思う一方、設計を変えたところで誰も評価してくれないというジレンマがあります。社会全体でリサイクルしやすい仕組みを考える必要があります。

鉄にはアドバンテージがある

—— **持続可能な社会を構築するため、今後の抱負と鉄への期待をお聞かせください。**

醍醐 何年も先の子孫がより良い生活を送っていけるような、持続可能な素材の使い方を見つきたいですね。それがゴールです。どういう資源に基づいて、どういう素材をどう使い、どうリサイクルすべきなのか。持続可能な材料で社会設計したいと思っています。そのなかで間違いなく鉄はキーになる材料です。これからも構造物として、鉄は欠かせません。鉄にアドバンテージがあることを認識することが重要であると考えています。

私たちの暮らしを変えた磁石と鉄

家庭ごみの資源物収集の日に、なぜスチール缶とアルミ缶は分けて出さなくていいのでしょうか。それは大量の缶のなかからスチール缶だけを磁石の力で簡単に選別できるため、事前に手で分ける必要がないからです。このように磁石にくっつく特性を持つ鉄は、磁性材料と呼ばれています。私たちの暮らしを変えた磁石と鉄の磁力にまつわるお話を、米村でんじろう先生に伺いました。



サイエンスプロデューサー
米村 でんじろう氏

電磁石をつくろう！

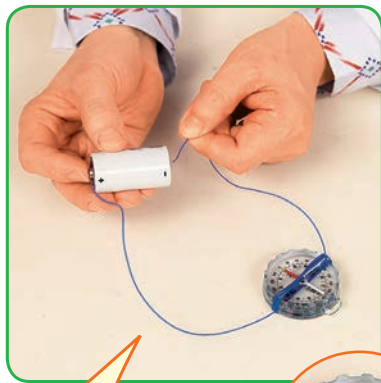
何重にも導線を巻いたコイルに電気を流して、そのコイルの中に鉄の棒を入れると磁力が発生し、鉄の棒が磁石になってクリップを引き上げます。電気を切ると磁力がなくなり、鉄の棒からクリップは落ちます。この原理を使って、スチール缶は自動選別されています。

単一電池10個に
1.5V×10=15V



電気が磁力をつくる！

※注意 1秒以上、電流を流さないようにして下さい。



導線をコイル状に巻き、
電流を流すと……
方位磁針が動いた！
電気が磁力を生むことが
わかります。



そもそも磁石は、鉄を引き寄せる不思議な石として古代から知られていました。しかし天然の磁石はとても珍しく、磁石が身近な存在になったのは、今から200年以上前、電池が発明されたことがきっかけとなりました。

磁石と電池に何の関係があるの？ 皆さんはそう思うかもしれません。確かに最初は誰も関係があるとは思っていませんでした。けれど、あるとき電池を使った実験をしていたら、偶然近くにあった方位磁針が動きまわりました。つまり電気が引きあつたり、反発し合ったりする磁力を生むことがわかったのです。この事実を証明する実験はすごく簡単です。方位磁針の上に導線を置き、電流を流すだけですと針が動きます。さらに導線をぐるぐる巻くと針が勢いよくピンと動き、より磁力が強まることもわかりました。

小さな発見のように思えますが、そのあと電磁石という画期的な発明につながります。電磁石はコイルの中に鉄心と呼ばれる鉄の棒を入れたもので、コイルに電流を流したときだけ磁力を持ち、電流を止めると磁力はなくなります。ただし鉄心に鉄ではなく、銅やアルミを使っても電磁石にはなりません。なぜかというところ、鉄は磁石にくっつく性質を持っていますが、同じ金属でも銅やアルミには磁石にくっつく性質がないからです。鉄の中には、とても小さな磁石が含まれています。この小さな磁石は、いつもばらばらな方向を向いているので、鉄自身は磁石になっていません。

コイルに電流を流すと磁力が生れます。コイルに発生した磁力によって、コイルの中の鉄は、含まれている小さな磁石が同じ方向を向くので、鉄自身が磁石になります。磁力がなくなると、またばらばらな方向に向く

磁力を見てみよう！



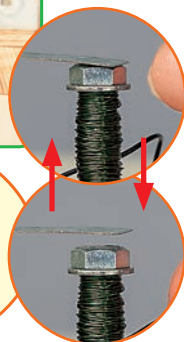
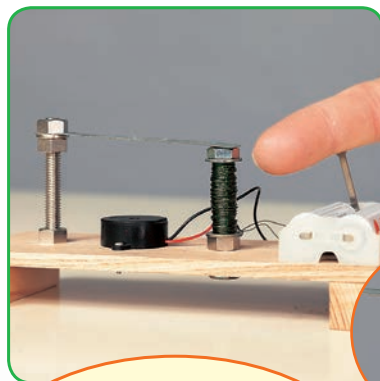
磁石の上に紙を置き、
鉄粉をまいてみると、
磁力の方向(磁力線)が
くっきりと見えます。

ので、磁石ではなくなります。

鉄のこうした性質を巧みに利用したものの1つが「モールス信号」という有名な電信機です。スイッチを操作し、電磁石に電流を流したり止めたりすることで鉄の板を動かす仕組みです。シンプルですが、とても革新的でした。それまでの通信手段といえば人や馬が中心。けれど電信機の誕生によって伝達のスピードは格段にアップし、情報革命をもたらしました。

磁力を自由に使えるようになったことで、私たちの暮らしは大きく進化しました。そのとき磁性という特性を持つ鉄の利用ポテンシャルも飛躍したと言えるでしょう。(談)

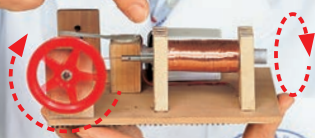
電磁石で信号を送ろう！



電流を流すと電磁石に鉄の板が
吸い寄せられ、その動きで信号を
送ることができます。モールス信
号などの基本的な仕組みです。

電磁石で 車輪を回そう！

電磁石に電流を流すことで、
コイル内の鉄の棒が動き、
その力で車輪が回ります。





ライフサイクルCO₂ゼロへの挑戦

材料にもこだわったクルマの環境配慮設計



トヨタ自動車(株) 環境部 山戸 昌子 室長

クルマが走行しているときに排出するCO₂だけではなく、鉄などの材料製造から部品製造・車両組み立て、廃棄処理やリサイクルまでの各段階を含め、クルマのライフサイクル全体を通してCO₂排出量を減らす取り組みが始まっています。2050年に向け、ライフサイクル全体でCO₂をゼロに近づけることを目指しているトヨタ自動車(株)を訪ね、環境部の山戸昌子室長にお話を伺いました。

地球環境問題への対応

——なぜ「ライフサイクルCO₂ゼロ」を掲げられたのでしょうか。

山戸 皆さん最近の気温上昇で、季節感が失われつつあるように思われませんか。地球温暖化を実証するように、世界中で干ばつや豪雨・洪水など異常気象による被害が相次いでいます。

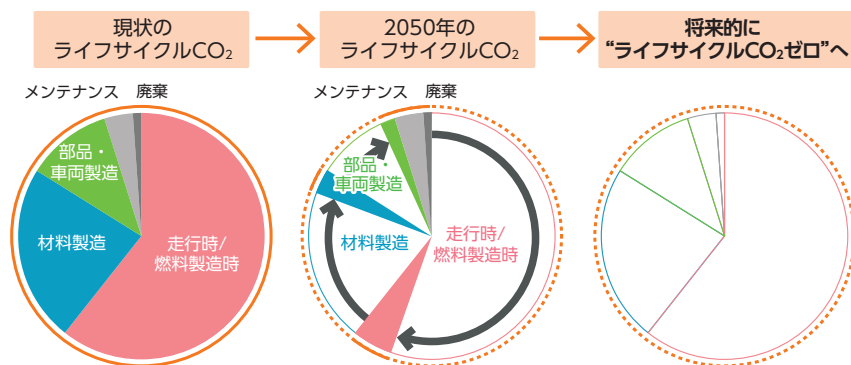
地球の環境問題が深刻化するなか、気候変動枠組条約に加盟する全ての国がCO₂削減に取り組むことを合意したパリ協定は非常に大きな出来事でした。世界の気温上昇を産業革命前から2℃未満に抑えるため、2050年以降CO₂排出実質ゼロという長期目標が設定されました。

こうした国際的な動きに対して、当社はパリ協定の採択に先駆け2015年10月に「トヨタ環境チャレンジ2050」(図1)を発表しました。2050年に向けて、クルマの環境負荷をゼロに近づけるため、当社が成し遂げるべき6つのチャレンジの1つとして、「ライフサイクルCO₂ゼロ」を掲げました。



図1 トヨタ環境チャレンジ2050

ライフサイクルCO₂ゼロは、同社が成し遂げるべき6つのチャレンジの1つとして取り組まれている。

図2 ライフサイクルCO₂ゼロチャレンジの将来イメージ

同社はクルマのライフサイクル全体のCO₂排出ゼロに近づけるべくチャレンジしている。

ステークホルダーとの連携

—— 策定にあたって、どのような議論が行われたのでしょうか。

山戸 これまでも当社は「トヨタ環境取組プラン」で、5カ年ごとに持続可能な発展に寄与するための活動目標を見直し、実行してきました。2016年度から

始まっている第6次の策定では、従来どおりのペースで5年先の目標を積み上げていくと2050

年にどこまで達成できるのだろうか、それが世界の議論と合致

しているのだろうかという検討をしました。その結果、このままの

ペースでは間に合わないことに気づき愕然としました。

そこで2050年以降CO₂排出実質ゼロという目標を見据えて、何をしなければなら

ないのかを考えました。例えば「新車CO₂ゼロチャレンジ」

で、2050年の新車CO₂を2010年比で90%低減させる

には、ガソリン車だけでは達成できません。HV(ハイブリッド

車)やEV(電気自動車)などモーターを用いる電動化や水素を利

用する新技術、充電や水素を充

填するインフラ整備が不可欠です。また、お客様にも家で充電していただくなど、我々の努力だけでは達成できないことがたくさんあります。

「ライフサイクルCO₂ゼロ」もまた、

我々の目指すべき長期ビジョンをマイ

ルストーン(図2)として、当社グルー

プにとどまらず、新日鉄住金をはじめ

とするサプライヤーを含めた全てのス

テークホルダーの皆様との連携を強め、

目標を共有して取り組まなければ実現

できません。

このため、一刻も早く我々の覚悟を

皆様に聞いていただいて、ご理解とご

協力を得なければならぬという想いを

込めて、2050年に向けた「トヨタ

環境チャレンジ2050」を策定し、

宣言いたしました。

LCAで環境への影響を評価

——「ライフサイクルCO₂ゼロ」に取り組む視点や、どのようなアクションを取られているか教えてください。

山戸 走行時のCO₂排出量削減には、

内燃機関の効率化とともに、新日鉄住

金にも供給していただいている軽量化

素材が非常に大きな効果を発揮してい

ます。しかしFCV(燃料電池自動車)

では、走行時のCO₂排出量がさらに

大幅に減るものの、発電を担う燃料電

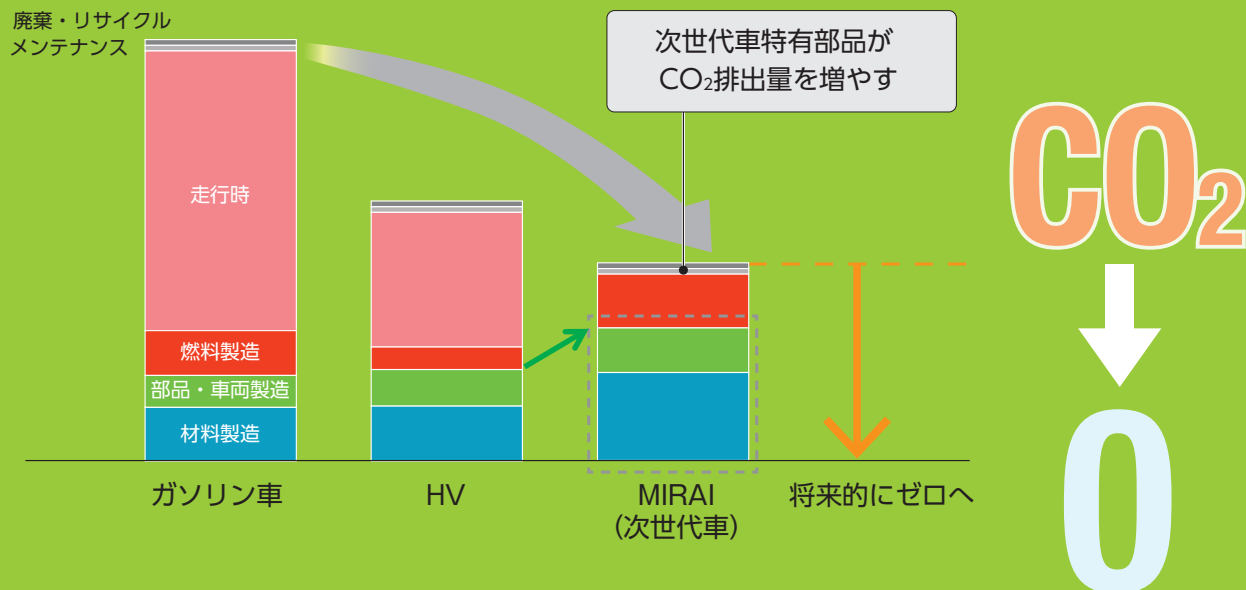


図3 ライフサイクルCO₂ゼロチャレンジの重要性

次世代車は走行時のCO₂排出量ゼロに向かうものの、材料製造や部品・車両製造でのCO₂排出量が増えるため、クルマのライフサイクル全体を通してCO₂排出量の削減が重要になる。

環境管理の着実な推進

—— LCA導入によって、開発現場に変化がありましたか。

山戸 LCAによる評価の定着に最も寄与したのは初代プリウスでした。プリウス開発にあたっては、EVとHVのどちらが環境への負荷が低いのかという議論が社内でも高まりました。そのとき着目したのがLCAでした。

ライフサイクル全体で比べたところ、HVにメリットがありました。当時、使用データや計算条件などについて、関係部署と何度も議論した結果でした。だからといってEV開発をやめるという判断にはなりません。初代プリウスの性能を確認するためでしたから。それ以来、PHV（プラグインハイブリッド車）やFCVの開発においても、当社が自信を持って提案できるのかを妥協せずに議論しています。

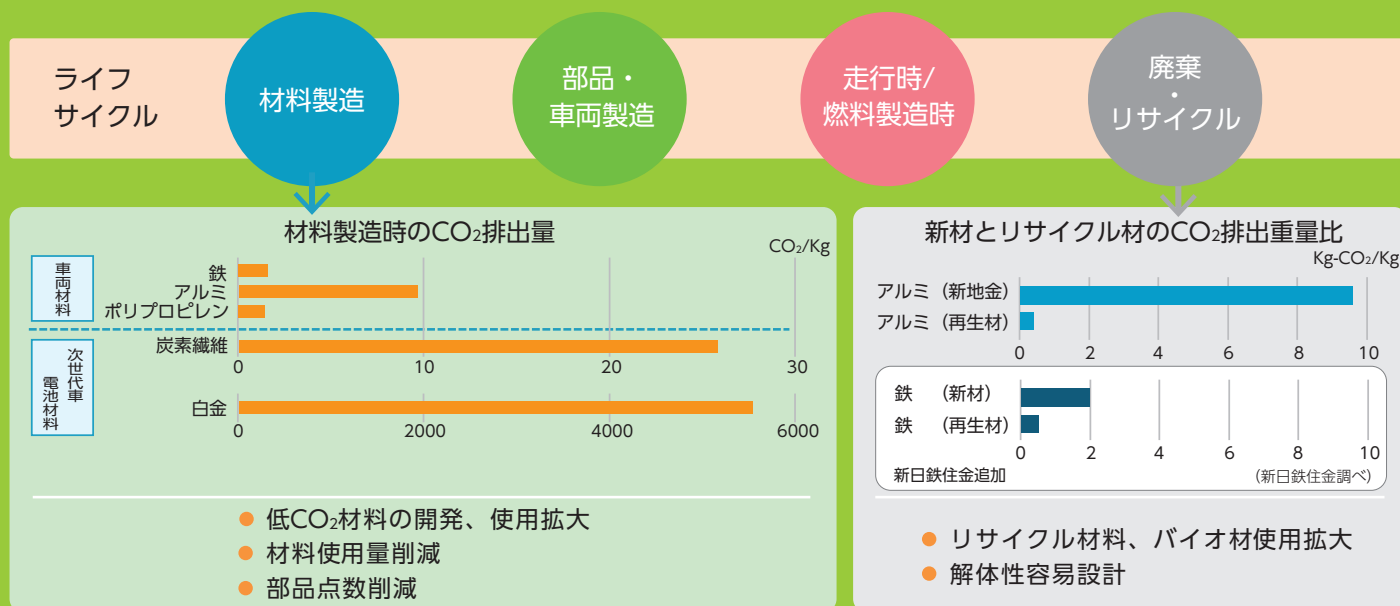
現在、設計者はEco-VASを共有化しており、新規採用部品や設計変更部品について従来部品に対する環境負荷の変化を確認しています。環境部で算出した1台あたりのCO₂指数に対して、「どの材料が寄与しているのだろうか」と具体的に心が高まりました。もちろん、材料の選択には自ずと制約がありますが、Eco-VASは設計にCO₂削減という要素を入れるために不可欠な情報となっています。

池スタックや水素を蓄える高圧水素タンクなど、次世代車ならではの部品が多く搭載されるため、材料や車両の製造時のCO₂排出量は増え、寄与率も相対的に大きくなります(図3)。したがって走行時だけでなく、クルマのライフサイクル全体で環境負荷を低減することが、より重要になってきます。

当社では製品開発における環境マネジメントを強化してきました。2003～04年国内モデルから、全ての開発提案にEco-VAS(エコバス)という当社独自の仕組みを導入し、前モデルよりどのくらいCO₂排出を減らしたのかを検証し、カタログにも明記しています。Eco-VASはクルマのライフサイクル全ての段階での環境への影響を評価するLCA、鉛フリー化など環境負荷物質の低減、解体時間をできるだけ短くするなどのライフサイクル性の3つの要素を設計に織り込む仕組みになっています。

—— LCAでのCO₂指数は、どのように算出されているのでしょうか。

山戸 我々では調べられないので、LCA日本フォーラムが(一社)日本鉄鋼連盟など各工業会から提供されたデータをもとに作成したJLCAデータベースをもとに当社でカスタマイズし、LCAでの評価結果をCO₂指数として示しています。現在もこの精度向上に努めています。



出典：LCA 日本フォーラム、日本化学繊維協会炭素繊維協会委員会、みずほ情報総研株式会社資料よりトヨタ自動車作成、新日鉄住金追加

図4 環境配慮型設計の促進

一般的なイメージと異なり、鉄はアルミや炭素繊維よりも、材料製造時のCO₂排出量が大幅に低いことがわかる。

環境配慮設計の促進

— 材料製造時や廃棄・リサイクル時のCO₂排出量を見える化することで発見がありましたか。

山戸 真つ先に「アルミは新材とリサイクル材のCO₂排出重量比がこんなに大きいのか」(図4)という驚きの声が上がりました。再生材を使うことでCO₂削減に寄与する材料もあるし、寄与しない材料もあることに注目するようになりました。また炭素繊維の製造時CO₂排出量もイメージと異なり、相当大きな数字でした。鉄については、これまで「他素材と比較してどうなのか?」という視点で材料検討してきたこともあり、新日鉄住金をはじめ鉄鋼メーカーからの情報提供どおり低CO₂であることを確認できました。

環境負荷を減らす方法はいろいろありますが、材料を変えることは検討の議論によく上がります。したがって材料別の原単位データベースは大変有用です。一方、設計者は考えなければならぬことが増えました。従来の安全、品質、コストなどにCO₂が加わりました。安全性を高めようとするとCO₂排出量が増えてしまうこともあります。複雑な方程式を解いていくことになります。強度と軽量化を両立したハイテンのさらなる高強度化が進んでいる鉄は、今後の一層

の技術的ブレークスルーと相まって、中長期的にライフサイクルCO₂ゼロチャレンジに大きく貢献していただけた期待しております。

「ゼロの世界」にとどまらない
「プラスの世界」を目指して

— 今後の抱負をお聞かせください。

山戸 LCAでの評価について、官公庁やビジネスのお客様にお買い上げいただくときには、グリーン調達の観点でお問い合わせいただく頻度が高まっています。

しかし一般のお客様からはまだ少ない状況です。我々のチャレンジをご理解いただくため、情報に触れていただく機会を増やし、お客様に選んでいただいたクルマが、より地球環境にやさしいということをわかりやすくPRしていかなければならないと考えています。今はまだ浸透していない用語ですが、今後「ライフサイクル」というキーワードが当たり前の社会になってくると思います。お客様には「乗って楽しい」をまず実感していただき、そして気づいたときに「環境にも良かったね」と言っていただけのように、環境に配慮した設計の取り組みを今後さらに加速し、「ゼロの世界」にとどまらない「プラスの世界」を目指したクルマづくりを進めていきます。

鉄はエコマテリアル

新日鉄住金の鉄づくり

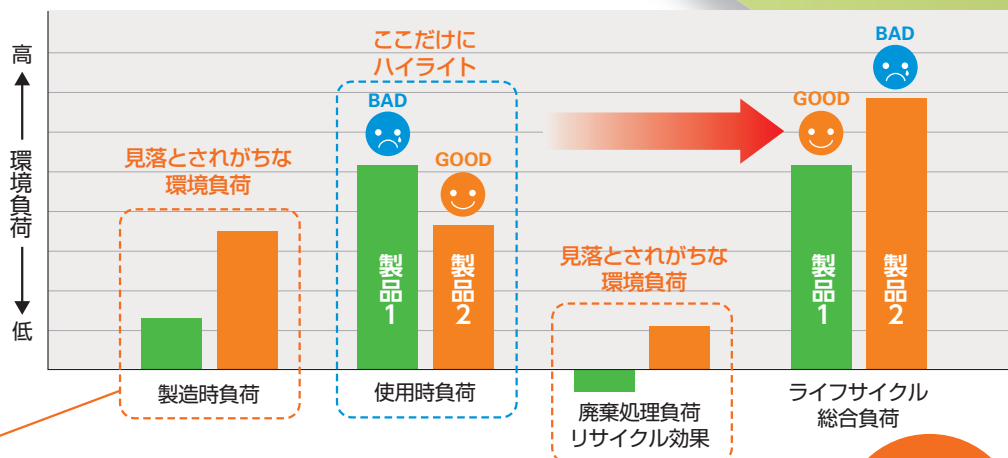
Life Cycle Thinking

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

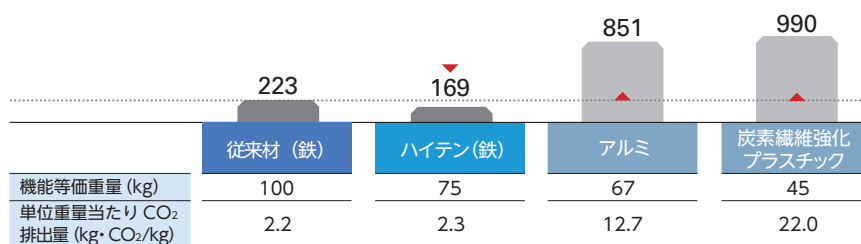


使用時効率が優れていても、ライフサイクル全体では、環境負荷が高い場合もあり得る。

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

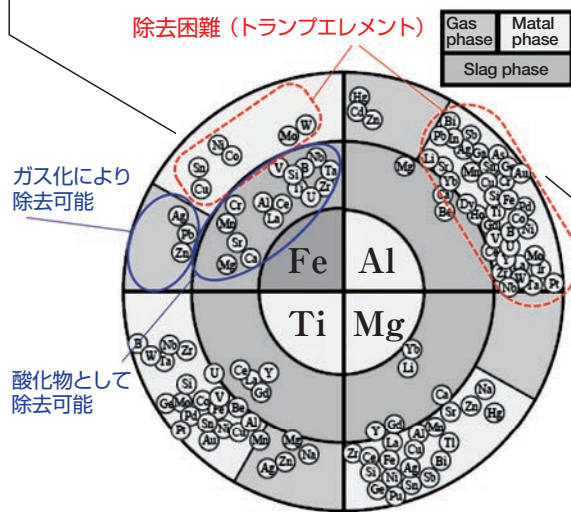
のでしょうか。答えは「NO」です。材料をつくるときのCO₂排出量を見ると、鉄はアルミや炭素繊維に比べて大幅に低いことがわかります(図2)。さらにクルマとしての役割を終えて廃車になったあと、鉄はほぼ完全にリサイクルされ、再び自動車用鋼板によりがえるだけでなく、ビルや橋、船などさまざまな材料に使われる鉄鋼製品に生まれ変わっています。一方、クルマに使われているアルミの大半は廃車後、アルミ缶のように同じ展伸材にはリサイクルされていません。それは磁石にくっつく鉄とは違って他の金属との分別が難しいことに加え、リサイクルの際、鉄と比べて除去困難な不純物成分(トランプエレメント)が多い(図3)ため、品質の劣化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

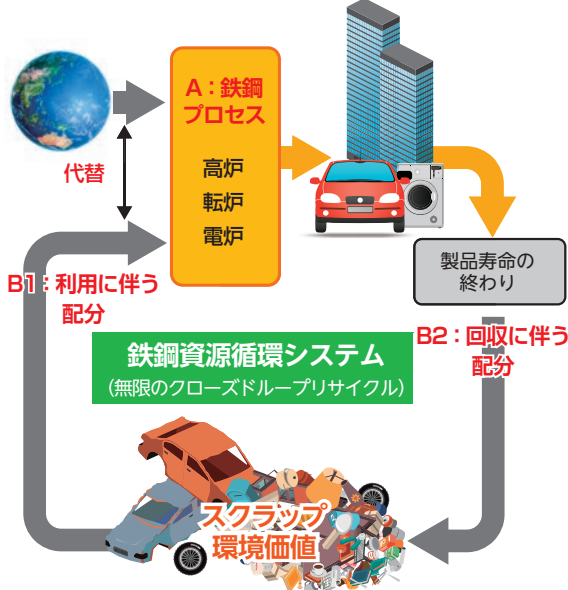
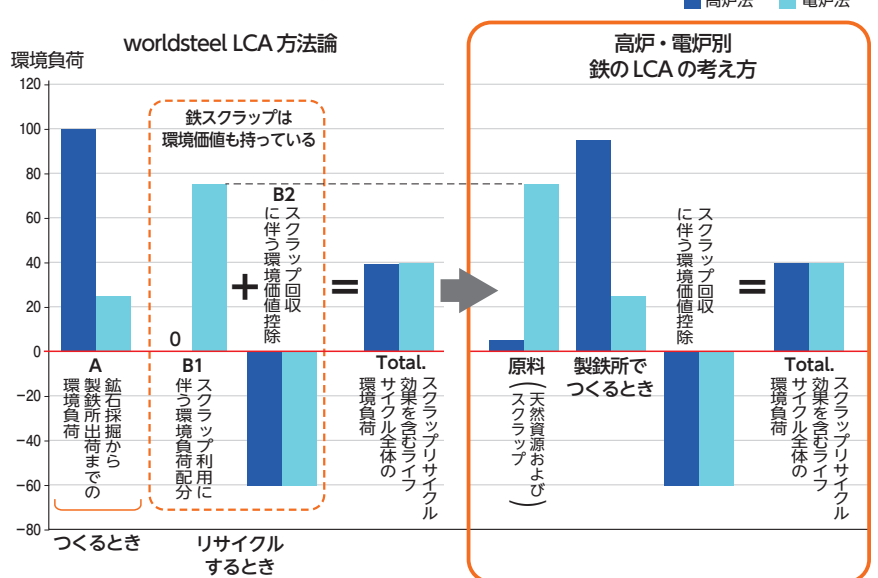


図5 世界鉄鋼協会のLCA方法論と鉄のLCAの考え方



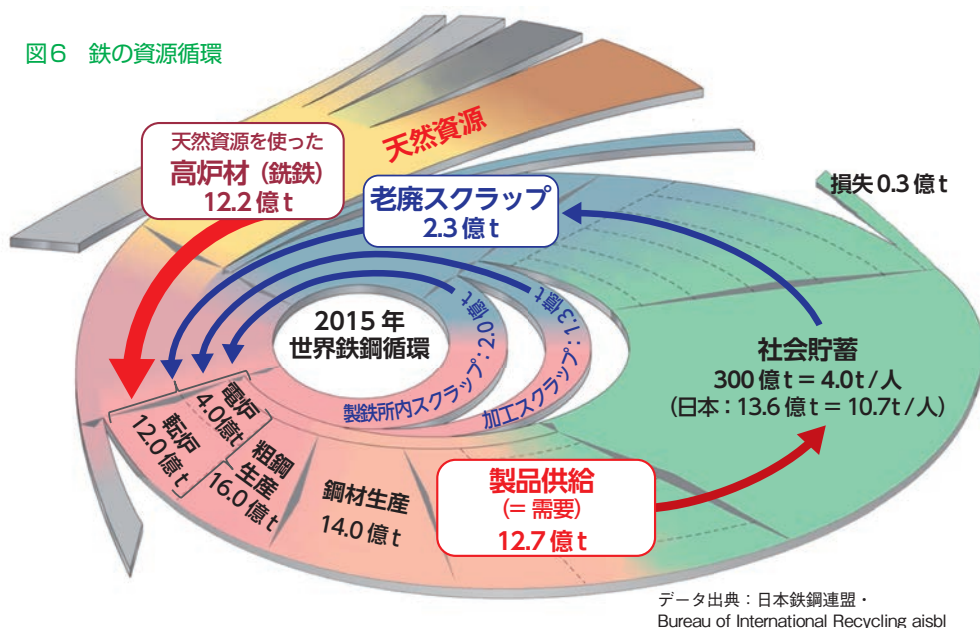
製造プロセスのみでの環境負荷は、鉄鉱石を還元する際にCO₂が多く発生するため、高炉法が電炉法よりも大きい(A)。しかしスクラップリサイクルも含めて考える場合、鉄スクラップがもつ環境価値を、スクラップの利用(B1)や回収(B2)にあたって、適切に反映させる必要がある。鉄のライフサイクル全体で見ると環境負荷はどちらも同じ値になる(Total)。

1つの大きな資源循環システム

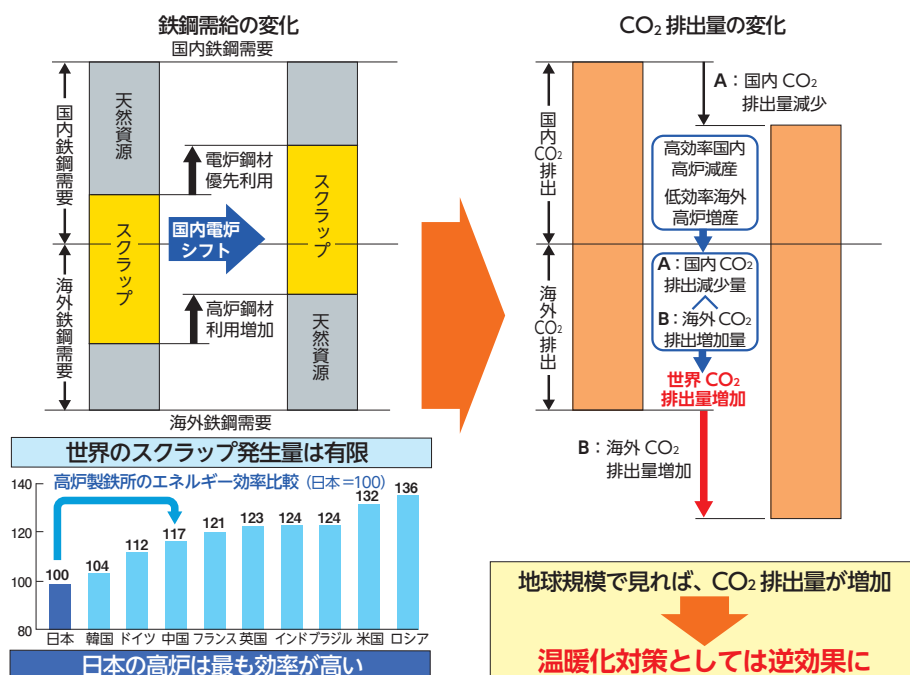
日本国内で私たちの生活を支える社会資本として蓄積されている鉄鋼材料の量は13億トン超にのびります。これは日本国民1人当たり10・7トンに相当します。世界ではどうでしょうか。世界の鉄鋼蓄積量は約300億トン（2015年）と推計されていますが、これは世界人口1人当たりでは約4トンに過ぎません。世界人口はこれからも増え続け、また途上国が経済発展を遂げていくことを考えれば、世界の鉄鋼蓄積量は今後もまだ増え続ける必要があると考えられます。このため高炉法などによる新たな鋼材生産が必要です。2015年の世

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）。

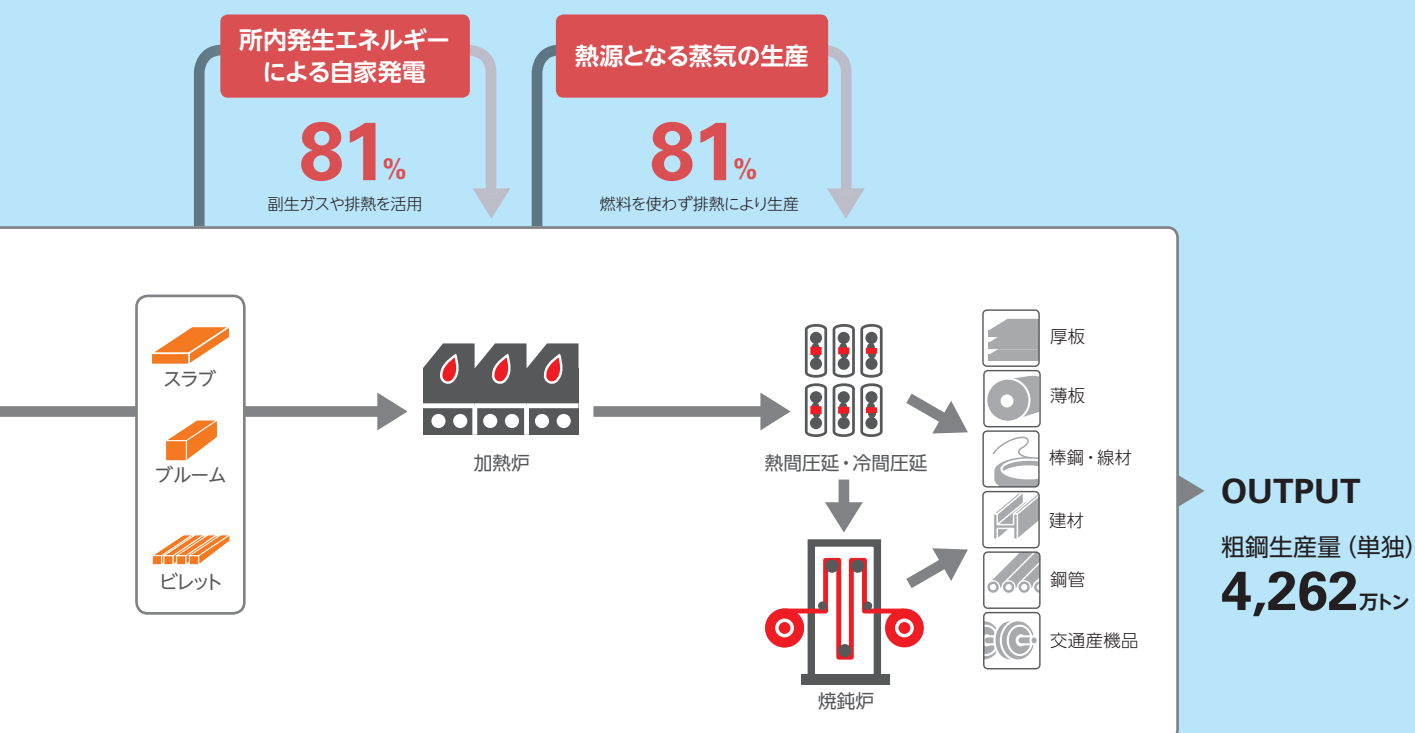
このようななか、鉄のライフサイクル全体ではなく、製鉄所での製造時負荷のみの評価によって電炉鋼材を優先した場合、どうなるのでしょうか。そうすると国内での鉄スクラップ利用量が増え、そのぶん日本

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世界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

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。



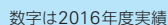
社外利用

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

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なっています。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%削減できるところから、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炉に、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、製品をつくるときの環境負荷低減に貢献しています。





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。



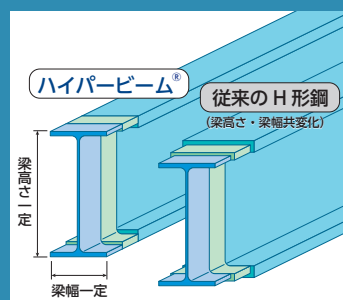
高圧水素用ステンレス鋼 HRX19®

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
変わることはない
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

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。

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トンと云われています。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から、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。

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願っています。

インドネシアKNSS社が 営業運転開始

新日鉄住金とクラカタウ社のインドネシアにおける自動車用鋼板製造・販売合弁会社PT KRAKATAU NIPPON STEEL SUMIKIN(KNSS)社が、7月24日に営業運転を開始しました。

KNSS社は、連続焼鈍ラインと溶融亜鉛めっきラインを一体化させた最新鋭の自動車鋼板製造ラインを設置。自動車用外板、1・2GPa級までの高張力鋼板を含む高級・高品質の冷延鋼板・溶融亜鉛めっき鋼板を提供し、インドネシアにおける自動車メーカーのニーズに的確に対応していきます。

新日鉄住金とクラカタウ社はKNSS社を通じ、高級・高品質鋼板の現地生産化により、インドネシア自動車産業のさらなる発展に貢献していきます。



KNSS社

資源循環システムの開発で 最高賞「経済産業大臣賞」を 受賞

新日鉄住金が開発した合金鉄溶解炉による資源循環システムが、「平成29年度資源循環技術・システム表彰 経済産業大臣賞」を受賞しました。本賞は先進的で高度な3R※技術・システムを有する事業・取り組みを顕彰するものです。

この開発により、ステンレス鋼製造時の副産物(クロム含有スクラップ・ダスト・スケール)の全量リサイクルが可能となるとともに、副産物(スラグ)発生量のミニマム化、大量の電気を消費して製造される合金鉄や生石灰の省資源化が可能となります。



※リデュース(削減)、リユース(再使用)、リサイクル(再利用)

自転車交通安全の 取り組みで 尼崎市より表彰

尼崎製造所は10月1日「尼崎市自転車まちづくりセレモニー&キャンペーン」で尼崎市より表彰されました。尼崎製造所では構内で働く人の約半数が自転車通勤、構内でも自転車移動が多いため、新入社員教育をはじめとした社員教育に加え、尼崎南警察署の講演や自転車検定制度的新規導入など、自転車の交通安全に対する取り組みを進めています。今回はこの熱心な取り組みが評価されました。



記念式典の様子



開所式の様子



江蘇大劇院 Jiangsu Grand Theatre
施主：江蘇省政府、面積：7万3,000㎡、チタン素材使用量：85トン

※アルポリック/ir® TCM は面材にチタンを使用したチタン複合板。チタン独特の意匠性と抜群の耐食性を備える。さらに、複合板にすることにより、同じ強度のままチタン単板よりも軽量化が図れる。不燃認定を取得しており、外装材や屋根材として使用可能。

新日鉄住金では、港湾設備の埋戻材料、海岸堤防や道路の盛土材料などへの有効活用を含め、社会インフラの整備に幅広く貢献していきます。



※カルシア改質材：製鋼工程で副次的に生成される製鋼スラグを原料とし、成分管理と粒度調整を施した軟弱浚渫土改質材

カルシア改質土を埋立工事に活用

国土交通省四国地方整備局松山港湾・空港整備事務所発注の東予港埋立工事で、新日鉄住金のカルシア改質材※が活用されました。

東予港浚渫土にカルシア改質材を混合した浚渫土にカルシア改質材を混合し改質することによって、液状化に強いという特性が備わり、耐震強化岸壁の埋立工事の一部に活用されました。

ベトナム新日鉄住金ハノイ駐在事務所が開所式を開催

新日鉄住金は2016年12月1日に業務を開始したベトナム・ハノイの駐在事務所の開所式を7月28日、ハノイのホテルで開催しました。開所式には、梅田邦夫駐ベトナム大使、ベトナム運輸省グエン・ゴック・ドン次官、ベトナム交通大学(UTC)のグエン・ゴック・ロン学長、日越大学(VJU)の古田元夫学長ら政府・大学関係の方々など約160人が出席し、盛大に行われました。

新日鉄住金は過去10年以上にわたり、ベトナムの政府や大学、研究機関と共同でベトナムの気候風土や環境に適合した土木製品・工法の開発を続けています。今回のハノイ駐在事務所開設に伴って、さらに強化された体制・人員により、今後伸びゆくベトナムマーケットにおけるニーズに的確に対応していきます。

中国江蘇省の劇場外装に意匠性チタン製品が採用

新日鉄住金の意匠性チタン製品「TianTiXin®」を使用した三菱ケミカル(株)製のチタン複合板アルポリック/ir® TCM Composite Material (TCM)※が採用された江蘇省の江蘇大劇院 Jiangsu Grand Theatre が完成し、8月5日に正式オープンしました。

建築総面積27万㎡と江蘇省内で最大の文化施設である本物件は、これまで新日鉄住金が国内外で受注したチタン製品において、過去最大の採用面積となります。

これまでの中国での採用実績に加え、新日鉄住金が開発した優れた質感の意匠性と、通常であれば変色してしまうチタンを独自の技術開発により変色しにくくした特性、およびTCMの特長である平坦度の高さ、軽量性、不燃性、経済性などが高く評価され、採用されました。

米国ICI操業25周年式典を開催

新日鉄住金の米国における鍛造クラシクシャフト製造・販売事業会社インターナショナル・クラシクシャフト社(ICI)は、8月21日に操業25周年を記念する式典を開催しました。

当日は、ジョージタウン市のトム・ブレイサー市長、スコット郡のジョージ・ラズビー判事、新日鉄住金関係者など約100人が出席し、操業開始25周年を祝いました。

ICIの現在の生産能力は年間約400万本となり、日本における新日鉄住金の鍛造クラシクシャフトの生産能力とほぼ同じ規模となっています。ICIは、今後も米国マーケットでのクラシクシャフト需要を捕捉していきます。



写真左から、スコット郡 ジョージ・ラズビー判事、ジョージタウン市 トム・ブレイサー市長、新日鉄住金 交通産機品事業部長 竹越常務執行役員、ICI 大月克文社長



『季刊 新日鉄住金』バックナンバー

これまで鉄道、船、橋、缶、車などをテーマに特集を組んできました。QRコードを読み取ることで、バックナンバーをご覧いただけます。

<http://www.nssmc.com/company/publications/quarterly-nssmc/index.html>

なお、定期送付ご希望の方は上記アドレスより申し込みください。

鉄は循環する。
そして、永遠のエコへ。



環境に配慮した素材選びでは、使用時だけではなくその一生を考えることが重要です。たとえば軽量素材によって、自動車燃費は改善され走行時のCO₂排出量は減りますが、素材製造時により多くのCO₂が出たり、リサイクルしにくければ、本当のエコには繋がりません。鉄は他素材に比べ、製造時のCO₂排出量が少なく、リサイクルも100%可能です。何度でも、何にでも生まれ変わる鉄。新日鐵住金は、世界最高水準の技術で進化させていきます。

∞ ライフサイクルを考えれば、やっぱり素材は鉄になる ∞



世界の鉄へ しんにってつすみきん