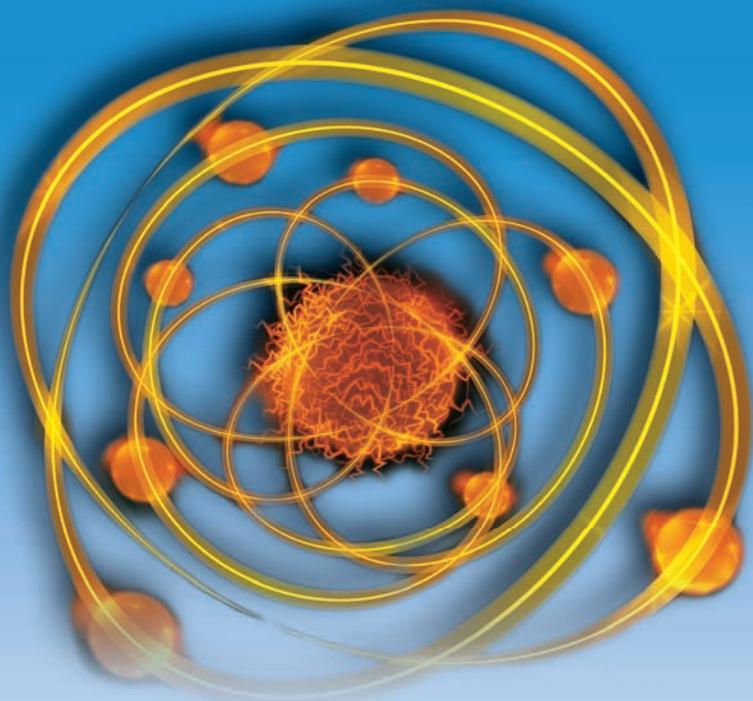


しんにつつすみきん

# 季刊 新日鉄住金

Vol.13

素晴らしき  
元素の世界



## 特集 素晴らしき元素の世界

- 4 Interview  
**挑戦がもたらす  
セレンディピティこそ  
人類発展の原動力です**  
川口 淳一郎氏(JAXAシニアフェロー)
- 6 Science Story  
**元素探究の歩み**  
吉原 賢二氏(東北大学名誉教授)
- 12 **元素から見た鉄鋼材料**  
新日鉄住金のものづくり
- 16 **元素のチカラで  
鉄の高機能化を極める**  
新日鉄住金の先進技術
- 24 Art Scene  
**元素から究極の美に迫る**  
内田 篤呉氏(MOA美術館館長)
- 26 特別企画 新日鉄住金 会長対談  
**日本のものづくりの強さは、  
人を大切にする企業理念から  
生まれる**  
張 富士夫氏(トヨタ自動車(株)名誉会長)  
宗岡 正二 (新日鉄住金(株)代表取締役会長)
- 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.13 2016年3月8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 高橋 望

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。

# 素晴らしき元素の世界

# FE

|  |    |    |       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | K  | Ca | Sc    | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni  | Cu  | Zn  | Ga  | Ge  | As  | Se  | Br  | Kr  |
|  | Rb | Sr | Y     | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd  | Ag  | Cd  | In  | Sn  | Sb  | Te  | I   | Xe  |
|  | Cs | Ba | La-Lu | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt  | Au  | Hg  | Tl  | Pb  | Bi  | Po  | At  | Rn  |
|  | Fr | Ra | Ac-Lr | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Uun | Uuu | Uub | Uut | Uuq | Uup | Uuh | Uus | Uuo |
|  | La | Ce | Pr    | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy  | Ho  | Er  | Tm  | Yb  | Lu  |     |     |     |
|  | Ac | Th | Pa    | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf  |     |     |     |     |     |     |     |     |

宇宙、地球、生命、文明——私たちの世界のすべてをつくっている物質は、元素からできています。これまで知られている元素は118種類。なかでも地球の重さの3分の1を占め、豊富に存在する鉄(Fe)を、人類は使いこなし、文明社会の構築に役立ててきました。豊かな未来を切り拓いていくために。さまざまな元素を活用して、鉄に秘められた可能性をさらに引き出し、高機能材料として鉄は進化を続けています。

# 挑戦がもたらす セレンディピティこそ 人類発展の原動力です

JAXA (国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

シニアフェロー

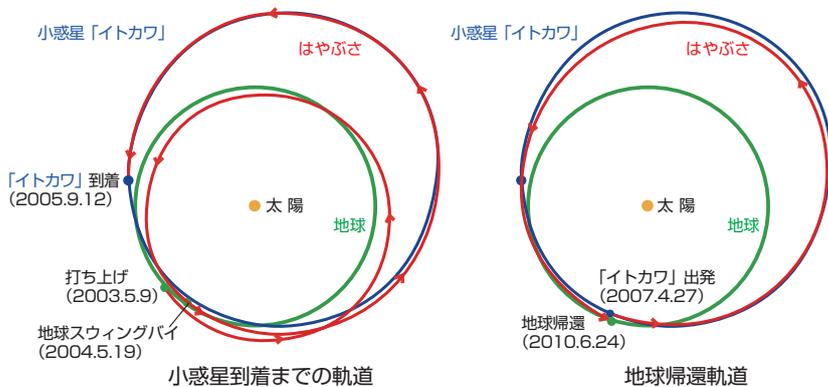
宇宙科学研究所 宇宙飛翔工学研究系教授

川口 淳一郎氏



「はやぶさ」カプセル  
(重さ17kg、直径40cm、高さ20cm)

© JAXA



2003年5月に打ち上げられた探査機「はやぶさ」は、小惑星イトカワからのサンプル採取に成功し、数々のトラブルを乗り越えて2010年6月に地球への帰還を果たしました。

世界で初めて月以外の天体から採取したイトカワの元素組成を分析したところ、地球に飛来する隕石と同じであることがわかりました。だったら、わざわざお金をかけて宇宙に行かずとも、最初から隕石を調べたらいいのではと疑問を抱く人もいるかもしれません。確かに地球には毎日チリのような微粒子の隕石などが10〜15トンも飛来しています。けれど、それらはどこからやって来たのかのかわかりません。なぜなら太陽系には何十万個もの小惑星があるからです。つまり、はやぶさが持ち帰ったものは、出所がはっきりした、大気圏通過時の





イラスト：池下章裕

イラスト：池下章裕



イトカワ微粒子

ナトリウム、スカンジウム、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、亜鉛、イリジウムの8元素が含まれていた

熱影響も受けていない極めて貴重なサンプルなのです。

はやぶさが間近で天体を観測したことによって、さまざまな発見がありました。イトカワは二つの塊が合わさり、ラッコのような独特の形をしています。表面は大きな岩で覆われている一方、細かい石が集まった場所もありました。密度が非常に低く、内部にすき間のあつた構造をしていることも確認できました。このほかクレーターの数で、その誕生が今から数千年〜数億年前と試算できるなど、多くの事実が明らかになっています。イトカワに限った話ではありませんが、行って初めてわかることはたくさんあります。土星の衛星タイタンにメタンの雨が降ることも、同じく土星の衛星エンケラドスに氷と水蒸気を吹き上げる間欠泉があることも、木星の衛星イオに活火山があることも、どれも地球から見ているだけではわからなかったことです。

セレンディピティという言葉があります。偶然の出会いやきっかけによって、新しい何かを見つけ出すことです。人類が発展した最大の力は、このセレンディピティだと私は思っています。行ってみて、そこでたまたま見たり、経験したことが新しい知見をもたらし、次への展望を広げてくれる。行ってみることが重要で、文明も科学技術も起点となるのはセレンディピティなのです。

生命の起源は、私自身にとっても最大の関心事の一つです。それは地球で誕生したのかもしれないし、宇宙からもたらされたのかもしれない。もし生命の根源となるような有機物を宇宙から持ち帰ることができれば、私たちはこの謎の解明に近づくことができるはずです。2014年には「はやぶさ2」が打ち上げられ、有機物や水を含むとされる小惑星リュウグウを目指して飛行を続けています。無事に帰還すれば、また多くの知見がもたらされることでしょう。そして将来、私たちは、人類がどこからやってきたのかを知るに違いありません。(談)

川口淳一郎(かわぐち・じゅんいちろう)

1955年青森県生まれ。1983年東京大学大学院工学系研究科航空工学専攻博士課程修了、工学博士。2000年旧文部省宇宙科学研究所教授などを経て現職。1996〜2011年「はやぶさ」プロジェクトマネジャー、2012〜14年内閣官房宇宙開発戦略本部事務局局長を務めた。



古代ギリシャ四元素説のイメージ

哲学者エンペドクレス(紀元前490～紀元前430年ころ)は、物質の根源を「土、水、火、空気」の4元素からできていると考えた。

# 元素探究 の歩み

Science Story

●東北大学名誉教授 吉原賢二氏

人類は古代から石器、青銅器、鉄器と道具が進化する過程で自然界にない新しい材料を生み出してきました。文明を進化させるためには、物質を構成する要素である「元素」を知り、活用することが欠かせませんでした。古代から近代に至る元素探究の歩みをたどります。

物質の性質が  
科学的に見えてくる

古代から知られていた元素に炭素、金、銀、銅、硫黄、スズ、鉛、水銀、鉄の9種類があります。ただし現代のように、すべての物質をつくる元素の実体が原子であるとは考えられていませんでした。

古代ギリシャの元素観を見ると、紀元前5世紀、哲学者タレスは「万物の源は水である」と考えました。これが人類初の元素論といわれています。さらにエンペドクレスが「万物は土、水、火、空気の4元素からできている」(四元素説)、デモクリトスが「世界は無数の原子でできている」(原子論)と唱えました。なかでも四元素説は、アリストテレスによって発展し、その後2000年間も信じられてきました。

一方、紀元前3600年ごろの古代メソポタミアで、人類は加熱して溶かした銅にスズを加えると青銅ができることを発見しました。青銅器は銅などに比べれば硬く、加工もできたので武器や生活の道具に欠かせないものとなりました。その後も鉄器をはじめ、いろいろな材料を用いて金属器が作られ、文明が育まれました。金属の技術が進むと、古代エジプトで鉛のような安価な金属から高価な金をつくるようになる試みが行われました。いわゆる錬金術です。錬金術は世界各地で行われました。特に欧州の王侯たちは中世まで競って錬金術師を召し抱え、富を得ようとしていました。錬金術は結局成功しませんでした。錬金術は結晶や元素の発見などをもたらした。のちの科学の発展に貢献しました。

17世紀に入ると、元素は合理的に科学として探究されるようになりました。イギリスの





東北帝国大学理科大学の化学科教授研究室

©東北大学史料館

小川正孝は東北帝国大学総長室の隣に設置した個人実験室でニッポニウムの研究を行い、総長を退いた後も研究を続けた。

## 幻の元素ニッポニウム



小川が研究室で使っていた実験容器 ©吉原賢二



©東北大学史料館

### 小川正孝 (1865~1930)

帝国大学(のちの東京帝国大学)の第1回卒業生で日本化学界の先達の一人。東北帝国大学理科大学長、同大学総長を歴任。研究第一主義を身をもって示した。

## 明治日本の化学者の挑戦

1909(明治42)年の周期表に、ニッポニウム(原子番号43  $Np$ )が掲載されていました。それは小川正孝がロンドン大学に留学し、ウィリアム・ラムジー(1904年ノーベル化学賞受賞)の指導のもと発見したものでした。しかし残念なことにニッポニウムは、のちに周期表から落とされ、幻の元素と扱われてしまいました。

小川は誰にも負けない努力家で、優れた分析技術の持ち主でした。ロンドン大学でラムジーから与えられた研究テーマは、スリランカで発見された新鉱物トリアナイトの中の新元素発見でした。小川は熱心に研究し、その腕前はラムジーに認められました。そして留学した年の1904(明治37)年暮れごろ、早くも新元素と思われるものを見つけました。

1905(明治38)年年初めごろ、ラムジーはドイツのフリードリヒ・ヴィルヘルム・オストヴァルト(1909年ノーベル化学賞受賞)への手紙で、小川が新元素を発見し、それはインジウム( $In$ )に似ていると書いています。ラムジーは小川にニッポニウムという日本にちなんだ名をつけることを勧めました。小川は1906(明治39)年の帰国後も熱心に研究を続け、1908(明治41)年イギリスの化学雑誌『Chemical News』に新元素ニッポニウム発見を報告しました。ニッポニウムは大きな反響を呼び、欧州ではラムジーの支持のもと新元素発見は受け入れられました。

小川は1911(明治44)年、東北帝国大学理科大学教授・理科大学長に就任後、若手化学者たちに追試実験を依頼しました。しかし試料中



©吉原賢二

東京・常盤学舎時代の小川正孝

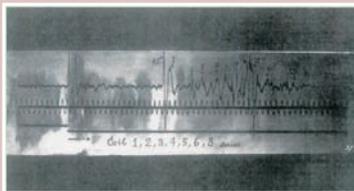
常盤学舎は松山藩士子弟が東京で勉強するための学生寮。幼少時に父を亡くした小川(後列右端)は、松山中学校卒業のとき奨学金を得て、帝国大学への進学への道が開けた。2年後輩に正岡子規(後列左から3人目)や秋山真之がいた。

のニッポニウム含量がごく微量だったため検出できません。欧州ではニッポニウムの続報がなかったため、その存在が疑問視され、ついにニッポニウムの名前は周期表から姿を消しました。小川は一人コツコツと実験を続けましたが、1930(昭和5)年実験中に倒れ、帰らぬ人となります。小川の次男である英次郎は、父の在職中に東北帝国大学化学教室を卒業し、九州帝国大学教授を務めていました。父の遺志を継いでニッポニウムの探索を精力的に行いましたが、1945(昭和20)年40歳で急逝してしまいます。親子二代にわたる研究は挫折しました。

その間、欧州ではX線を元素分析に応用する技術が発展しました。1925(大正14)年ドイツのワルター・ノダックらがX線を用いて、43番元素と75番元素を発見したと報告しました。小川がニッポニウムと主張した43番元素は確認されませんでした。75番元素は確定してレニウム(Re)と命名されました。そして43番元素は1937(昭和12)年イタリアのエミリオ・ジノ・セグレらによって発見されました。自然界に存在しない世界初の人工放射性元素テクネチウム(Tc)でした。43番元素と考えられていたニッポニウムは間違いとされました。

小川正孝遺族保管の写真乾板

小川は1930(昭和5)年、東京帝国大学の木村健二郎教授(1896~1988)に試料のX線分光分析を依頼。結果は公表されなかったが、木村教授は「きれいなレニウムだった」とごく親しい友人に話していた。1954(昭和29)年の第五福竜丸被爆事件で、木村教授のもと放射線分析を行っていた吉原賢二氏は、東北大学教授を定年退官後、ニッポニウムに注目。調査の結果、2003(平成15)年レニウムであったことを立証した。



©吉原賢二

レニウム(原子番号75 Re)

ワルター・ノダック(1893~1960)らの故郷ドイツの象徴であるライン川のラテン名Rhenusにちなんで命名された。質量分析計のフィラメント、ジェットエンジンの超耐熱合金のほか、放射性レニウム標識化合物はがん治療に利用されている。



©iStone

それにしてもラムジーがあればほど支持し、小川が生涯をかけて研究したニッポニウムが何の根拠もない幻とはおかしな話です。私(吉原賢二氏)は1996(平成8)年以来、約10年にわたり検証しました。小川の遺族が保管していたニッポニウムのX線分析写真乾板を解析したところ、75番元素レニウムと同一であることがわかりました。小川が新元素を見つけていたのは事実だったのです。ただし周期表の位置が1つ上にずれていたのです。

ニッポニウムは小川が明治日本の化学の黎明期に元素発見という大仕事に挑戦した大きなしるしであり、小川の努力は日本の化学史上忘れてはならないものです。そして約百年の時を越えて、理化学研究所で生成された113番元素が国際的に認められ、日本の悲願である新元素発見が果たされたことは大変うれしいことです。(談)



吉原賢二(よしはら・けんじ) 東北大学名誉教授

1929年新潟県生まれ。53年東北大学理学部化学科を卒業後、工業技術院電気試験所、日本原子力研究所副主任研究員を経て、82年東北大学理学部教授、93年定年退官。専門は放射化学。小川正孝のニッポニウムについての検証で、2008年化学史学会学術賞を受賞。イギリスBBC放送ホームページ元素辞典のレニウムの項目に小川のこと、ノダックらより先に記されるなど、ニッポニウム再評価のきっかけをつくった。

## Q 113番元素はどのように発見されたのですか？

**A** 亜鉛(Zn)の原子核とビスマス(Bi)の原子核を衝突させ、融合させれば113番元素ができていきます。しかし亜鉛の原子核の大きさが1兆分の1センチと余りにも小さく、ほとんどビスマスの原子核に衝突しません。たとえ衝突したとしても融合する確率が100兆分の1と大変小さいため、新元素発見は困難を極めました。日本の理化学研究所では2003年9月に実験を開始。大量の亜鉛原子核をビームにしてビスマスに当て続け、2004年7月やっと1つの113番元素が合成されました。そして2012年8月ついに3つ目を観測し、113番元素の合成に間違いなく成功。2016年1月、113番元素が国際的に新元素と認定され、その命名権をアジアで初めて日本が得ることが確定しました。なお現在のウンウントリウム(Uut)という名前は仮称です。



113番元素の合成の原理



113番元素発見で活躍した装置群

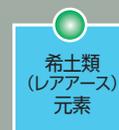
©理化学研究所

10 11 12 13 14 15 16 17 18

|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  |    |              |
|----------------|---------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--|----|--------------|
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 2  | He<br>ヘリウム   |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 5  | B<br>ホウ素     |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 6  | C<br>炭素      |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 7  | N<br>窒素      |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 8  | O<br>酸素      |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 9  | F<br>フッ素     |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 10 | Ne<br>ネオン    |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 13 | Al<br>アルミニウム |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 14 | Si<br>ケイ素    |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 15 | P<br>リン      |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 16 | S<br>硫黄      |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 17 | Cl<br>塩素     |
|                |               |              |                 |              |                  |              |                  |                  |  | 18 | Ar<br>アルゴン   |
| 28             | 29            | 30           | 31              | 32           | 33               | 34           | 35               | 36               |  |    |              |
| Ni<br>ニッケル     | Cu<br>銅       | Zn<br>亜鉛     | Ga<br>ガリウム      | Ge<br>ゲルマニウム | As<br>ヒ素         | Se<br>セレン    | Br<br>臭素         | Kr<br>クリプトン      |  |    |              |
| 46             | 47            | 48           | 49              | 50           | 51               | 52           | 53               | 54               |  |    |              |
| Pd<br>パラジウム    | Ag<br>銀       | Cd<br>カドミウム  | In<br>インジウム     | Sn<br>スズ     | Sb<br>アンチモン      | Te<br>テルル    | I<br>ヨウ素         | Xe<br>キセノン       |  |    |              |
| 78             | 79            | 80           | 81              | 82           | 83               | 84           | 85               | 86               |  |    |              |
| Pt<br>白金       | Au<br>金       | Hg<br>水銀     | Tl<br>タリウム      | Pb<br>鉛      | Bi<br>ビスマス       | Po<br>ポロニウム  | At<br>アスタチン      | Rn<br>ラドン        |  |    |              |
| 110            | 111           | 112          | 113             | 114          | 115              | 116          | 117              | 118              |  |    |              |
| Ds<br>ダームスタチウム | Rg<br>レントゲニウム | Cn<br>コベルニウム | Uut<br>ウンウントリウム | Fl<br>フレロビウム | Uup<br>ウンウンペンチウム | Lv<br>リバモリウム | Uus<br>ウンウンセプチウム | Uuo<br>ウンウンオクタウム |  |    |              |

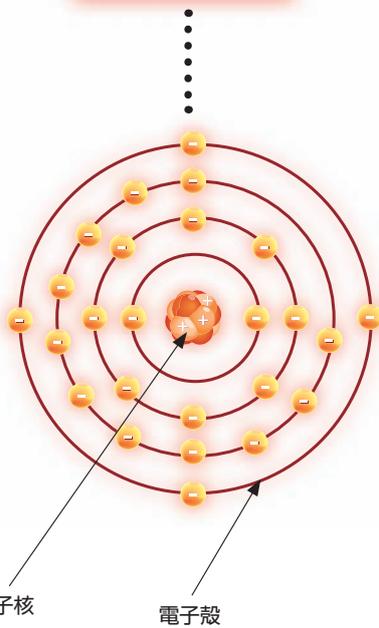
## Q レアメタルとはどんな元素ですか？

**A** 地球上の存在量が稀であるか、技術的・経済的な理由で抽出困難な金属のうち、安定供給の確保が政策的に重要で、産業に利用されるケースが多い希少な非鉄金属を指し、構造材料へ添加して特性を向上させたり、電子材料・磁性材料などの機能性材料などに使用されています。なかでも21番スカンジウム(Sc)、39番イットリウム(Y)、57番ランタン(La)から71番ルテチウム(Lu)までの17種類のグループが、レアアース(希土類元素)と呼ばれています。



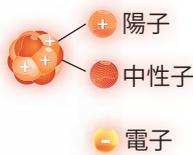
|              |              |              |               |                 |              |               |               |               |
|--------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 63           | 64           | 65           | 66            | 67              | 68           | 69            | 70            | 71            |
| Eu<br>ユロピウム  | Gd<br>ガドリニウム | Tb<br>テルビウム  | Dy<br>ジスプロシウム | Ho<br>ホルミウム     | Er<br>エルビウム  | Tm<br>ツリウム    | Yb<br>イットルビウム | Lu<br>ルテチウム   |
| 95           | 96           | 97           | 98            | 99              | 100          | 101           | 102           | 103           |
| Am<br>アメリシウム | Cm<br>キュリウム  | Bk<br>バークリウム | Cf<br>カリホルニウム | Es<br>アインスタイニウム | Fm<br>フェルミウム | Md<br>メンデレビウム | No<br>ノーベリウム  | Lr<br>ローレンシウム |

原子番号 (陽子の数) → 26  
 元素記号 → Fe  
 元素名 → 鉄



## Q 周期表はどうやって見ればいいですか？

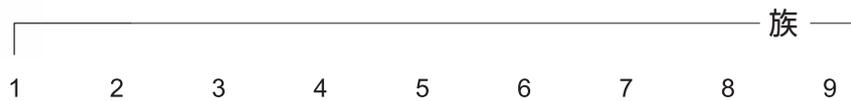
A 周期表にあるアルファベットが元素記号で、英語名やラテン語名などの頭文字が付けられています。原子番号は原子核を構成している陽子の数で、周期表はこの原子番号順に並べられています。周期表は縦の列「周期」と横の列「族」によって構成されています。周期は現在1~7周期まであり、118番ウウンオクチウム(Uuo)が7周期の最後。もし119番目の元素が見つければ8周期の最初に入ります。族は1~18族まであり、なかでも3~11族は遷移元素と呼ばれ、原子番号の隣り合う原子同士で性質が似ています。



一番外側の殻 = 最外殻  
 最外殻の電子数が  
 元素の性質を決める

## Q 元素と原子はどう違うのですか？

A 元素の性質と原子の構造は密接な関係にあります。20世紀初頭、原子は中心に非常に小さな原子核があり、その周りを電子が回っていることがわかりました。電子がどのような軌道を回っているかで、その元素の性質が決まります。それが周期表の原理になっています。現在では、元素は性質を表わす概念、原子は物質を構成する要素と分けて考えられています。

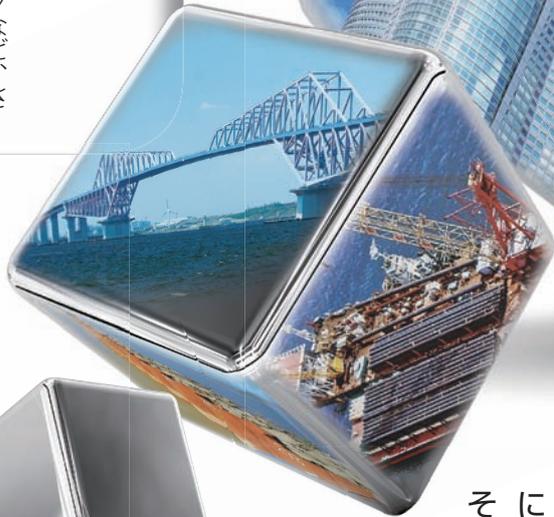


## 元素周期表

|   |                    |                     |                    |                      |                      |                      |                    |                    |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|---|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 1 | 族                  |                     |                    |                      |                      |                      |                    |                    |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|   | 1                  | 2                   | 3                  | 4                    | 5                    | 6                    | 7                  | 8                  | 9                    | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |  |
| 1 | H<br>水素            |                     |                    |                      |                      |                      |                    |                    |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2 | 3<br>Li<br>リチウム    | 4<br>Be<br>ベリリウム    |                    |                      |                      |                      |                    |                    |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 3 | 11<br>Na<br>ナトリウム  | 12<br>Mg<br>マグネシウム  |                    |                      |                      |                      |                    |                    |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4 | 19<br>K<br>カリウム    | 20<br>Ca<br>カルシウム   | 21<br>Sc<br>スカンジウム | 22<br>Ti<br>チタン      | 23<br>V<br>バナジウム     | 24<br>Cr<br>クロム      | 25<br>Mn<br>マンガン   | 26<br>Fe<br>鉄      | 27<br>Co<br>コバルト     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 5 | 37<br>Rb<br>ルビジウム  | 38<br>Sr<br>ストロンチウム | 39<br>Y<br>イットリウム  | 40<br>Zr<br>ジルコニウム   | 41<br>Nb<br>ニオブ      | 42<br>Mo<br>モリブデン    | 43<br>Tc<br>テクネチウム | 44<br>Ru<br>ルテニウム  | 45<br>Rh<br>ロジウム     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6 | 55<br>Cs<br>セシウム   | 56<br>Ba<br>バリウム    | 57-71<br>ランタノイド    | 72<br>Hf<br>ハフニウム    | 73<br>Ta<br>タンタル     | 74<br>W<br>タングステン    | 75<br>Re<br>レニウム   | 76<br>Os<br>オスマニウム | 77<br>Ir<br>イリジウム    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 7 | 87<br>Fr<br>フランシウム | 88<br>Ra<br>ラジウム    | 89-103<br>アクチノイド   | 104<br>Rf<br>ラザホージウム | 105<br>Db<br>ドブニウム   | 106<br>Sg<br>シーボーギウム | 107<br>Bh<br>ボーリウム | 108<br>Hs<br>ハッシウム | 109<br>Mt<br>マイトネリウム |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|   |                    |                     | 57<br>La<br>ランタン   | 58<br>Ce<br>セリウム     | 59<br>Pr<br>プラセオジウム  | 60<br>Nd<br>ネオジウム    | 61<br>Pm<br>プロメチウム | 62<br>Sm<br>サマリウム  |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|   |                    |                     | 89<br>Ac<br>アクチニウム | 90<br>Th<br>トリウム     | 91<br>Pa<br>プロアクチニウム | 92<br>U<br>ウラン       | 93<br>Np<br>ネプツニウム | 94<br>Pu<br>プルトニウム |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |

含まれる元素の種類と量で、  
鉄は多彩な材質になる

コンクリート、ガラス、プラスチックなど、さまざまな工業材料がありますが、現代社会で使われている工業材料の約半分は金属です。そのうち鉄は大半を占め、世界中で大量の鉄鋼材料が使われています。皆さんにとって鉄鋼材料は、どの製品を見ても鋼色した金属の塊にしか見えなと思います。しかし元素という観点から見ると、なぜ空気や水のように暮らしに欠かせない材料になっているのかがわかってきます。



# 元素から見た 鉄鋼材料

鉄は自動車やビル、橋、鉄道、家電など、私たちの暮らしのなかで大量に使われている材料です。なぜ鉄鋼材料は、これほどまでに姿を自在に変えて、現代社会に深く浸透しているのでしょうか。その秘密は元素にあります。

**炭素 Carbon**  
原子番号：6  
原子量：12.01  
※ 鋼材中0.007～1.2%含有  
鋼の硬さを決める主成分

C



Si

**ケイ素 Silicon**  
原子番号：14  
原子量：28.09  
※ 地球の地殻中に大量に存在する鉱物  
鋼の強度に影響する元素

Mn

**マンガン Manganese**  
原子番号：25  
原子量：54.94  
※ 鋼の靱性などに寄与する元素

では鉄鋼材料は、どんな元素からできているのでしょうか。もちろん主な成分はFeという鉄の金属元素です。しかし、それだけではありません。少量ですが炭素(C)、ケイ素(Si)、リン(P)、硫黄(S)などの非金属元素や、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、マンガン(Mn)などの金属元素が含まれています。これらの元素が、鉄の性質にさまざまな影響を及ぼしています。

なかでも炭素は、鉄に最も大きな影響をもたらしています。原料である鉄鉱石は酸素と結び付いた酸化鉄の状態なので、鉄鉱石から鉄分を取り出すために還元します。そのときに炭素が溶け込み、4・5%と多く含まれるため、硬くてもろくなります。それを次の工程以降で、炭素を0・007〜1・2%に調整して、粘り強い鋼をつくり、さまざまな用途に応じた製品を生み出しています。鉄と炭素の合金である鋼は、含まれる炭素の量を調整していくことで、複雑な成形に耐え得る軟らかい自動車ボディパネルから強靱な橋梁ケーブルまで、幅広い強度範囲をカバーできる優れた材料になるのです。

さらに元素の有無によっても、鉄の性質はもっと大きく変わってきます。例えばリンや硫黄は鉄をもろくするため、含有量が少ないほうが良質な鋼をつくることのできるのですが、加工性を高めるため意図的に入れることもあります。また鉄はさびるという弱点がありますが、ニッケルやクロムが一定量含まれると、さびにくくなります。このように、さまざまな元素を使いこなすことによって、多様なニーズに対応する多彩な材質の鉄鋼製品が開発され、鉄は現代社会に欠かせない材料として浸透しました。

# Ni

## ニッケル Nickel

原子番号 : 28

原子量 : 58.69

※ 鉄族に分類され鉄とともに最も安定している元素  
合金元素として耐食性が高く  
靱性を向上する

各種鋼材製品



# Cr

## クロム Chromium

原子番号 : 24

原子量 : 52.0

※ 耐食性が高くステンレス鋼の重要な元素の一つ

## 鉄 Iron

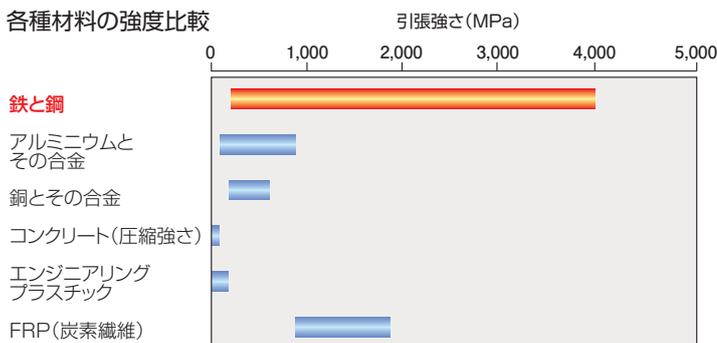
原子番号 : 26

原子量 : 55.85

※ 地球重量の3分の1を占め  
鋼材の主成分

# Fe

各種材料の強度比較



鉄と鋼の幅広い強度範囲によって、精密機械などに使われるミリメートル単位の小さなボルトから、明石海峡大橋のようなキロメートル単位の大きな橋梁用ケーブルまで、鉄鋼製品はさまざまな分野で活用されています。

※ MPa(メガパスカル) : 引張強さや圧力を示す単位

# S

## 硫黄 Sulfur

原子番号 : 16

原子量 : 32.07

※ 切削加工しやすくするため  
鋼に添加するが  
通常は低い含有率が良いとされる

# P

## リン Phosphorus

原子番号 : 15

原子量 : 30.97

※ 生物には必須元素のリンも  
一般に鋼材では少ない方が  
良質の鋼とされる

さまざまな元素を操り、  
特性に応じた鋼をつくる

それでは製鉄所で、どのように炭素の量を調整したり、さまざまな元素を加えて、鉄鋼製品をつくっているのでしょうか。原料の鉄鉱石には、大気中の酸素と結び付いた鉄の酸化物(酸化鉄)と、不純物が含まれています。そのため、まず高さ

# 1 原料の前処理



鉄鉱石(酸化鉄)

## コークス

石炭を蒸し焼きにした高純度の炭素の塊  
還元材および熱源となる



## 焼結鉱

粉状の鉄鉱石と石灰石を高温で焼き固めた5~25ミリ程度の均一な塊

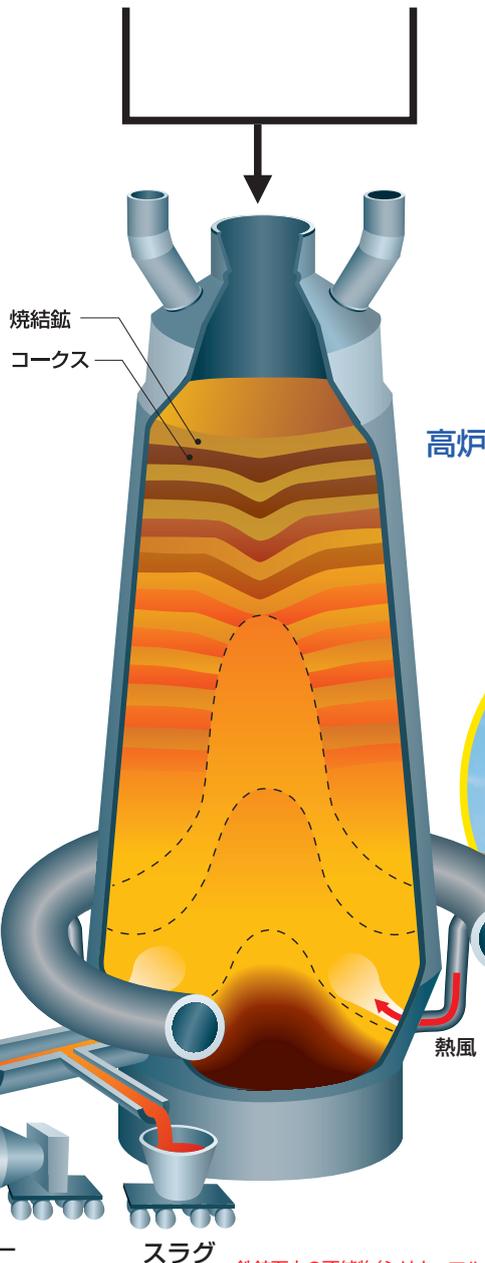


# 2 製鉄工程

## 製鉄プロセス

### 還元・分離(酸素除去)

コークスをガス化させ、高炉内で高温で焼結鉱を還元することにより、酸素を分離して銑鉄(溶銑)となる



### 銑鉄予備処理 (脱ケイ・脱リン・脱硫)

銑鉄にはまだ多くの不純物が含まれるため、転炉による脱炭(一次精錬)の前にケイ素やリン・硫黄をスラグとして取り除き、品質をより高める処理

銑鉄1トンつくるのに  
必要な原料

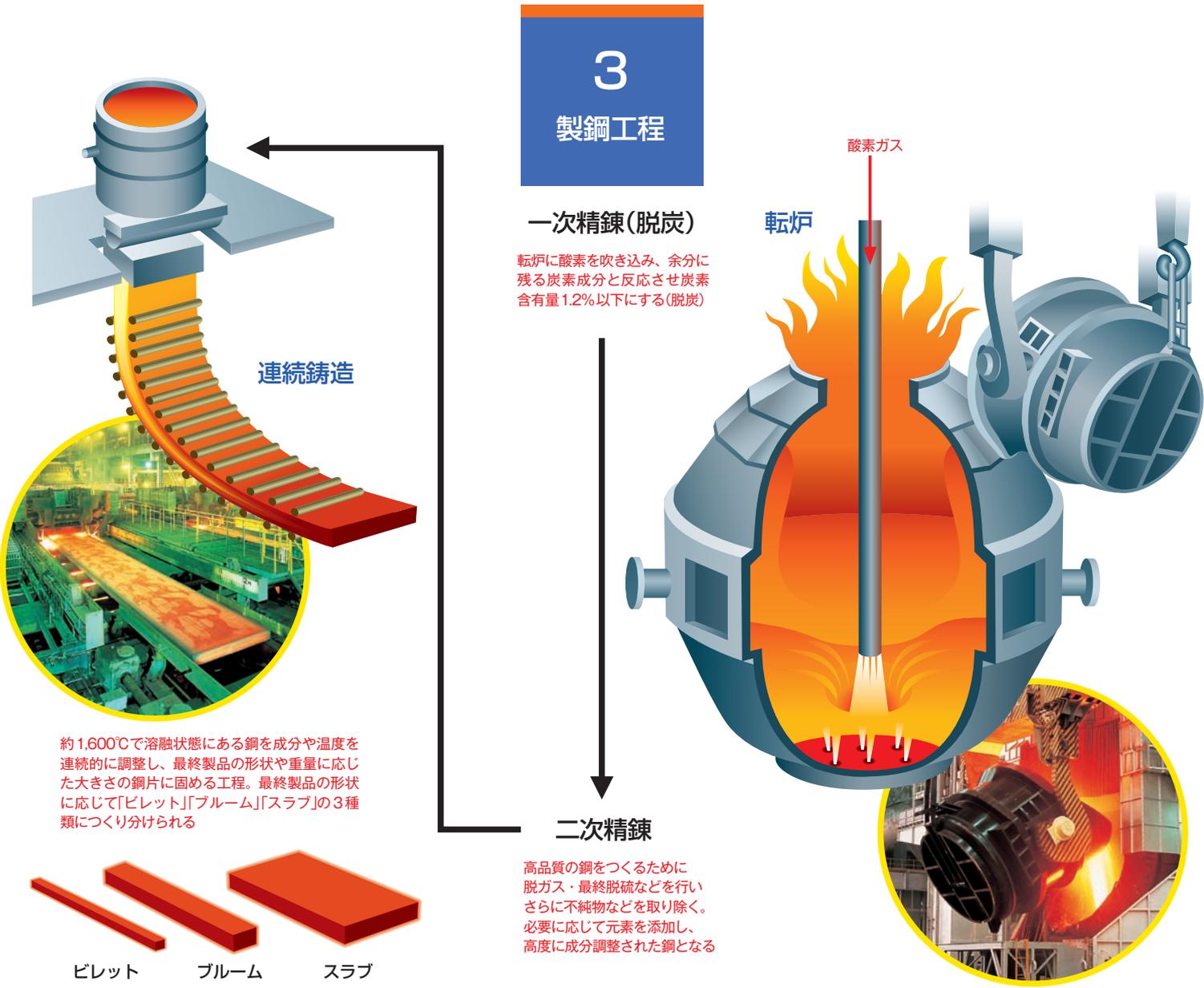
|        |       |
|--------|-------|
| ● 鉄鉱石  | 1.6トン |
| ● コークス | 0.4トン |
| ● 石灰石  | 0.1トン |

鉄鉱石中の不純物(シリカ・アルミナなど)が溶けたスラグとなって比重差により銑鉄と分離される

100メートルにも達する高炉という巨大な装置に、粉状の鉄鉱石と石灰石を高温で焼き固めた焼結鉱と石灰を煮し焼きにしたコークスを入れ、約1200℃の熱風を吹き込みます。炉内はコークスがガス化し、一酸化炭素や水素などの高温ガスが発生して2000℃以上になり、焼結鉱を溶かしながら還元ガスにより酸素と分離して還元され、銑鉄となり取り出されます。

高炉でつくられた銑鉄には、炭素が多く含まれています(4・5%)。また不純物も含まれ、このままでは粘り強い鋼をつくることができません。そこでトーチカーという車で銑鉄を運び、まず溶銑予備処理を行い、もろさの原因となるリンや硫黄などの不純物を取り除きます。続いて転炉と呼ばれる炉のなかに、予備処理後の銑鉄と社会で役目を終えて回収されたり、製鉄所で発生した鉄スクラップを入れ、大きな圧力で酸素を吹き込み、炭素分を取り除きます。こうして炭素含有量が1・2%以下で不純物の少ない鋼が生まれます。さらにまだ微量に残っている不純物を取り除くため、二次精錬を行います。ここで求められる鉄鋼材料の特性に応じて、さまざまな元素を加え成分調整します。

成分が整った鋼は連続铸造され、成分や温度をコントロールしながら、さらに介在物を除去したり、特定の成分が部分的に偏らないように安定した品質をつくり込んでいます。具体的には、厚板・薄板製品用にはスラブ、形鋼製品用にはブルーム、線材などの製品用にはピレットと呼ばれる鋼片につくり分け、次の圧延工程でさまざまな鉄鋼製品に仕上げています。



# 元素のチカラで鉄の高機能化を極める 新日鉄住金の先進技術

鉄にさまざまな元素を添加することで、より優れた特性を引き出すことができます。新日鉄住金は元素のチカラで鉄の高機能化を極める研究開発に取り組んでいます。その4つの事例を紹介しましょう。

加工性

耐食性

韌性

強度化

Pb

鉛フリー

マンガン硫化物 (MnS) を微細に均一に配置することで、鉛を含む従来鋼と同等以上の被削性を実現。

MnS

## 快削鋼

### 削られやすさと 環境負荷の低減を追求

自動車の部品やOA機器に使われる精密部品の鋼材には、硬くて強い上に、加工しやすい削られやすさ(被削性)が求められます。削られやすいということの特徴として大きく4つあります。①切りくずの分断性(切りくず処理性が良いこと)、②加工中に工具にかかる力(切削抵抗)が小さいこと、③加工する工具が摩耗しにくい(長寿命)こと、④加工後の仕上がり(面性状)がきれいなことです。いずれも、生産性や品質の向上につながり、こうしたニーズに応える材料として、鉛快削鋼がこれまで多く使われてきました。

鉛快削鋼とは、鉄(Fe)に炭素(C)やマンガン(Mn)を含んだ合金に、少量の鉛(Pb)や硫黄(S)を加えて、被削性を向上させた鋼材で、特に鉛は被削性改善に重要な役割を担っています。しかしEUでは、2000年10月に廃自動車のリサイクル部品に含まれる特定物質の制限(ELV指令)、2006年7月には電子・電気機器における特定有害物質の使用制限(RoHS指令)が始まるなど、鉛の規制が進みつつあります。鋼材中で使用が許される鉛の含有量は重量割合で0.35%以下と規定されているため、大半の製品に鉛快削鋼を継続使用できませんが、さらなる環境負荷の低減を目指して、新日鉄住金は鉛を含まない快削鋼(鉛フリー快削鋼)の開発に挑みました。

「鉛が被削性改善に有効であることは知られていましたが、なぜなのかを真

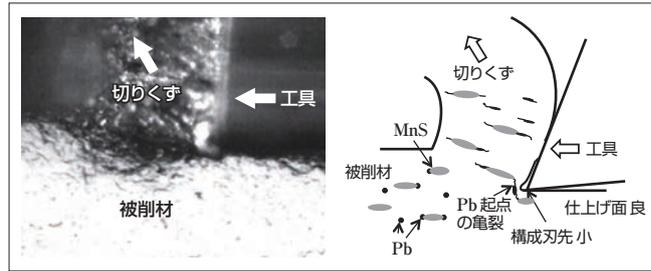
# 「規制戦略」

ここがポイント！  
鉛フリー化で環境に影響を及ぼす元素の少ない  
快削鋼を開発しました。



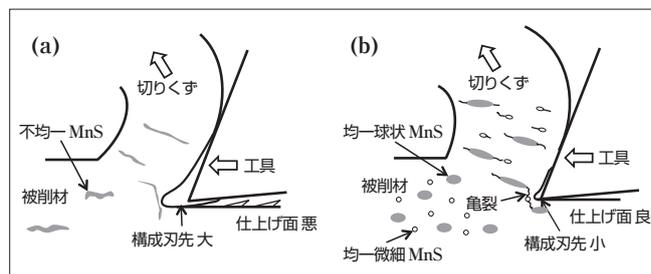
新日鉄住金(株)技術開発本部  
鉄鋼研究所 棒線研究部  
渡里 宏二 主幹研究員

写真1 切削加工の高速度カメラによる鉛快削鋼観察



鉛が含まれている鋼は、切削中に鉛介在物を起点に亀裂が発生し、少ない切削抵抗と小さい構成刃先で、スムーズに削られていくことがわかった。

図1 鉛を含まない鋼の切削メカニズム



マンガン硫化物(MnS)の形状や分散が不均一だと構成刃先が大きくなりがち(a)だが、球状+微細化して均一に分散させることで構成刃先を最小限に抑えることができた(b)。

写真2 快削鋼の用途



自動車エンジン部品(クランクシャフト、コンロッド)

自動車油圧部品

OA部品 プリンターのシャフト

わかりました(写真1)。一方、鉛を含まない鋼では、工具の先端で構成刃先(※1)と呼ばれる付着物を生み出し、工具が表面を粗く削り出していました。

ここで注目したのが、快削鋼中の硫黄によって形成されるマンガン硫化物(MnS)でした。マンガン硫化物は鉛ほどではありませんが、切削抵抗の低減や切りくず断断性を向上させます。ただし、通常の溶鋼を固めて高温で棒状に圧延する製造プロセスでは、鋼材中で不均

に理解することが鉛フリー快削鋼の開発の鍵と考えました。そのうえで、高速度ビデオカメラなどで切削現象を見える化し、鉛の改善メカニズムを探りました(渡里宏二主幹研究員)

その結果、鉛快削鋼は従来の考え方である切削加工中の温度上昇で鋼中から融点の低い鉛が溶け出して工具と切りくずの間で潤滑剤の役割を果たすだけでなく、切りくず内部で鉛を起点に亀裂が発生し、切削抵抗の減少と切りくず処理性の改善を両立させていたことが

「鉛フリー快削鋼は一昨年から新日鉄住金で掲げています棒線事業ブランド Steel LineC®(スティーラインック)の下で開発強化している高機能商品群の代表的な商品です。またこの快削鋼の開発で培った切削技術を軸にしたソリューション提案で、お客様の材料特性に合わせた切削条件の最適化にも貢献していきます」(渡里主幹研究員)

このように新日鉄住金の鉛フリー快削鋼は、面性状や切りくず処理性が鉛快削鋼との比較で同等以上であるため、環境にやさしく高性能な特長が評価され、2015年度文部科学大臣表彰で科学技術賞(開発部門)を受賞しました。また富士ゼロックス(株)から高評価取引先として調達プレミアムパートナーに認定されました。

※1 構成刃先：切削の過程で、切りくずが工具へ付着し、あたかも新しい刃先ができたようになること。一般的に被削性を阻害する。

※2 マイクロメートル(μm)：1マイクロメートルは100万分の1メートルに相当する。



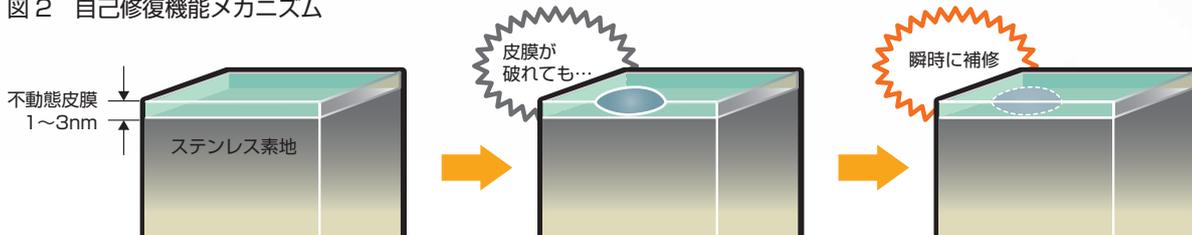
### 不動態皮膜

クロム(Cr)は薄く強い不動態皮膜という酸化膜をつくる。この膜は自己修復機能を持ち、鉄をさびから守るタフなバリアを形成する。

# ステンレス鋼

## 自己修復機能で鉄をさびから守る

図2 自己修復機能メカニズム



ステンレス表面にクロム(Cr)が不動態皮膜をつくる。加工中や使用中に皮膜が破れても、鋼中のクロムと大気中の酸素、水が反応して瞬時に再生する。ただし、繰り返し強い力がかかり皮膜に疵が付いたときは、モリブデン(Mo)が表面のクロム量を高め、皮膜の再生力を強める働きをする。また、万一皮膜が破れさびが発生しても、ニッケル(Ni)がその進行を抑える働きをする。

鉄の弱点はさびることです。これまでさびにくい鋼がつくられてきました。その一つがステンレス鋼です。ステンレス鋼とは、鉄(Fe)を主成分として、炭素(C)を1・2%以下、クロム(Cr)を10・5%以上含む合金鋼「JIS G 0203 (2009)」で、耐候性※3に優れています。

さびから鋼を守るポイントとなる元素はクロムです。鉄は大気中の酸素と結びついて酸化することで、さびが発生します。クロムの表面でも大気中で酸化物が形成されます。しかしクロムの場合、表面に1〜3ナノメートル※4という非常に薄い酸化膜ができます。この膜は不動態被膜と呼ばれ、酸化進行を防ぐバリアとなります。そのため膜ができたあとは、さびが進まず安定する性質を持っています(図2)。

不動態皮膜の最大の特徴は自己修復機能です。加工中や使用中に不動態皮膜が破れても、鋼中のクロムと大気中の酸素、水が反応して皮膜を瞬時に再生する機能であり、その機能は何度でも繰り返し発揮されます。不動態皮膜をつくるクロム以外にも、ステンレス鋼の耐食性を高める元素にモリブデン(Mo)があります。モリブデンは不動態皮膜が疵ついたとき、表面のクロム量を高め皮膜の再生力を強める働きを担っています。

しかしステンレス鋼は絶対にさびないわけではありません。特に海水などに

※3 耐候性：建築材料などを屋外で使う際の耐久性。

※4 ナノメートル(nm)：1ナノメートルは10億分の1メートルに相当する。

写真3 ステンレス鋼の用途例



システムキッチン

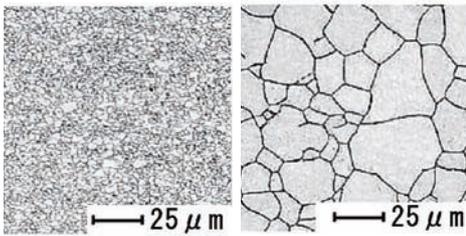


鉄道車両



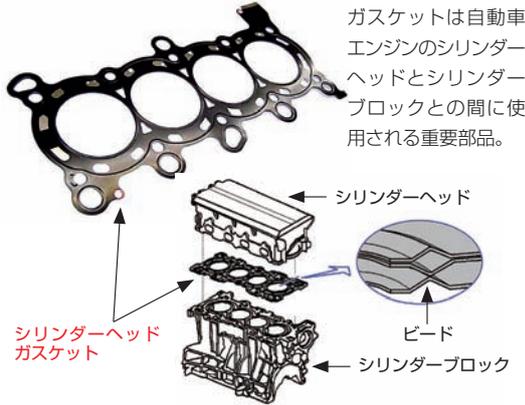
プラント設備

写真4 結晶粒径の超微細化



従来鋼の20マイクロメートル(右)から2マイクロメートル以下(左)に組織の結晶粒径を超微細化することで、新しい高強度ステンレス鋼の開発に成功した。

図3 ガasketの構造



ガスケットは自動車エンジンのシリンダーヘッドとシリンダーブロックとの間に使用される重要部品。

「ここがポイント!」  
「省資源戦略」  
窒素(N)とニオブ(Nb)を添加し、独自の製造技術により、超微細結晶粒の高強度ステンレス鋼を開発しました。

含まれる塩は大敵です。塩素が不動態皮膜に入り込み、自己修復が間に合わず、局部的に素地の鋼が侵食され、さびていくことがあります。そこでクロム、モリブデンのほかに、ニッケル(Ni)を添加しています。ニッケルはさびの進行を抑制する働きがあり、さびによる孔を開きにくくするとともに加工性や溶接性を高めます。

耐食性に優れた新日鉄住金グループのステンレス鋼は、システムキッチンから建築物、鉄道車両、プラント設備まで、さまざまな用途で使われています(写真3)。

「当社の技術開発指針として、希少元素であるクロムやニッケル、モリブデンの低減を目指しています。そのため高強度化(薄肉化)による最終使用量の削減を図るとともに、希少元素に代わる元素として窒素(N)に着目した新し

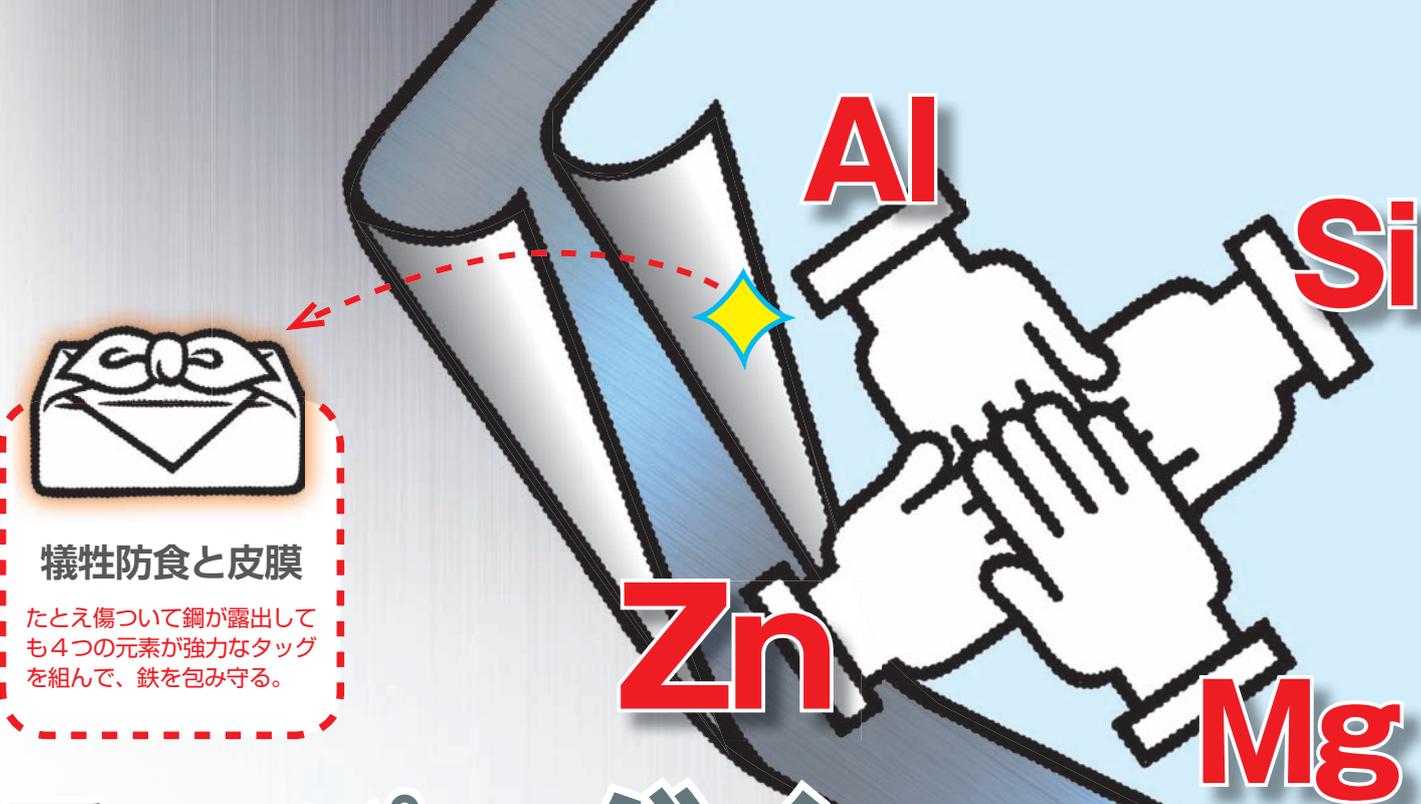


新日鉄住金(株)技術開発本部  
鉄鋼研究所 チタン・特殊ステンレス研究部  
寺岡 慎一 上席主幹研究員

い高強度ステンレス鋼の開発に取り組んでいます(寺岡慎一上席主幹研究員) その代表例の一つが、高燃焼圧シリンダーヘッドガスケット用ステンレス鋼 NSSMC-INAR®-301LHS1の開発です。自動車エンジン内でガソリンが燃焼すると、その圧力でシリンダーヘッドは微かに浮き上がり、シリンダーブロックとの間にすき間を生じます。燃焼ガスの漏れを防ぐガスケットの材料には、シリンダーヘッドの動きに耐える疲労強度とエンジンの冷却水に対する耐食性が求められます(図3)。

NSSMC-INAR®-301LHS1の開発では、炭素(C)の含有量を低減し、窒素と微量のニオブ(Nb)を添加して、製造工程を総合的に調整することで組織の結晶粒径を超微細化(写真4)し、高いばね特性と疲労特性を持ちながら、従来鋼と同じ良好な加工性を確保することに成功しました。特に疲労特性は従来鋼の1.4倍という飛躍的進歩を遂げ、2010年度文部科学大臣表彰で科学技術賞(開発部門)を受賞しました。現在、多数の自動車メーカーに採用され、燃費の向上とCO<sub>2</sub>や環境汚染物質の排出量削減に貢献しています。

「ステンレス鋼は機能性を活かして常に新しい用途を開拓することで発展してきました。国際競争が一層激しくなるなか、継続的な研究開発で特殊ステンレス鋼のさらなる機能性向上を追求していきます(寺岡上席主幹研究員)」



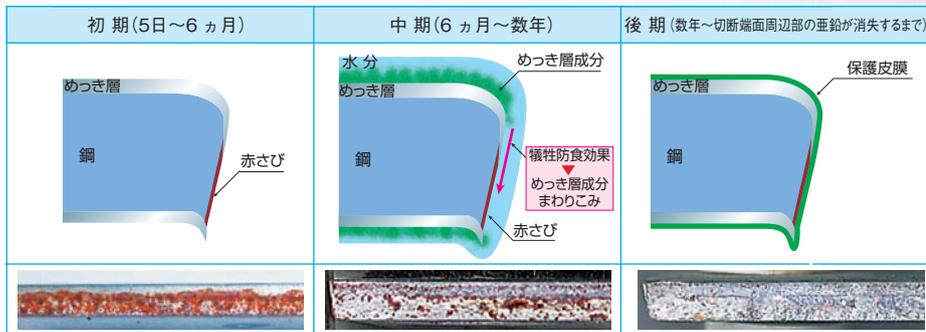
### 犠牲防食と皮膜

たとえ傷ついて鋼が露出しても4つの元素が強力なタッグを組んで、鉄を包み守る。

# スーパーダイマ<sup>®</sup>

## 緻密な保護皮膜をつくり 耐食性を高める

図4 端面防食メカニズム



初期には赤さびが発生するものの、めっきの犠牲防食効果で緻密な保護皮膜を形成し、耐食性を確保している。

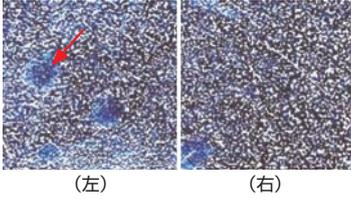
さびとの戦いはステンレス鋼だけにとどまりません。もう一つの代表例として、鋼の表面に化粧のようにめっきを施す表面処理鋼板があります。めっき層の亜鉛(Zn)やアルミニウム(Al)は、鉄を守る犠牲防食<sup>※5</sup>型の保護皮膜を形成します。しかし保護皮膜が粗いと、水分や酸素を素地の鋼に通してしまい、どうしても腐食が進み、さびてしまいます。耐食性をさらに高めるためには、保護皮膜を緻密にする必要があります。

そこで新日鉄住金は、表面に亜鉛を主成分とした約11%のアルミニウム、約3%のマグネシウム(Mg)、微量のケイ素(Si)からなる合金めっきを施した新しい表面処理鋼板「スーパーダイマ<sup>®</sup>」を開発しました。ケイ素はアルミニウムを含有するめっき層の加工性や、マグネシウムとの複合作用で腐食を抑える効果を高める役割を果たし、緻密な保護皮膜を形成します。しかし切断端面部は素地の鋼が露出してしまったため、赤さびが発生することがあります。そのとき切断端面周辺部のめっき成分が溶け出す犠牲防食効果を発揮して、緻密な保護皮膜で端面部を覆っていきます(図4)。ここでも、めっき層に含まれるケイ素が保護皮膜の形成を促進する働きをします。こうした防食メカニズムによって、通常の亜鉛めっきに比べ約4倍の耐食性を誇っています。

「住宅や工場などの屋根や壁に表面処理鋼板は広く使用されてきました。近年は三世代が暮らせる100年住宅に

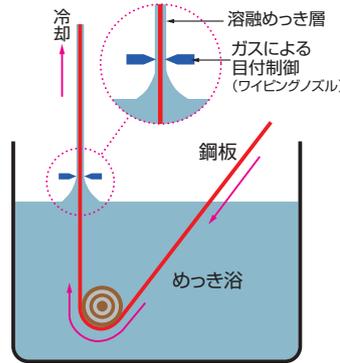
※5 犠牲防食：めっき層に万一疵が発生し、素地の鋼が露出しても、疵の周囲の亜鉛が鉄より先に溶け出して、腐食しないよう保護する仕組み。

写真5 めっき層組織均一技術



世界で初めて外観を安定化させるめっき層組織均一技術を確立した。(左矢印：不均一な組織、右：均一なめっき組織)

図5 溶融めっきの仕組み

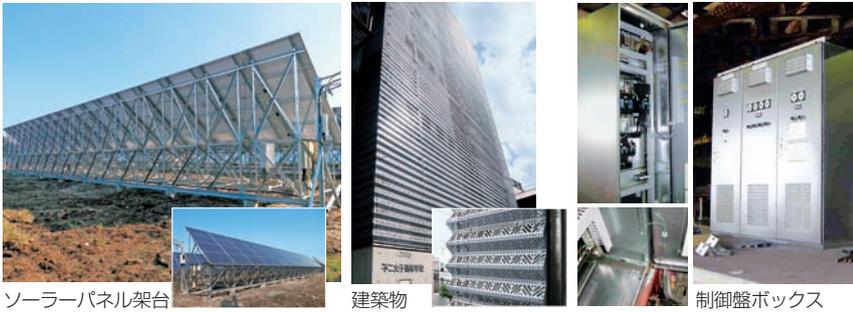


溶けた金属に鋼板を浸して表面にめっきを付着させ保護皮膜をつくっている。

ここがポイント！「機能戦略」  
亜鉛(Zn)、アルミニウム(Al)、マグネシウム(Mg)、ケイ素(Si)を駆使して緻密な保護皮膜をつくり、高い耐食性を実現しました。



写真6 スーパーダイマの適用例



象徴されるように、建材製品の長寿命化ニーズが高まっています。こうしたニーズに応える高耐食性を実現するため、研究開発と製造現場の総力を結集して、2年という短期間で開発に成功しました」(末宗義広室長)

開発の最大のポイントは多成分系の複雑な金属元素を使いこなし、めっき処理する製造工程の設計にありました。めっき処理は溶けた金属(めっき浴)に鋼板を浸して表面にめっき金属を付着させています(図5)が、めっき浴溶解温度は、構成する4つの元素の添加量によって大きく異なります。亜鉛にアルミニウムを55%添加した従来の表面処理鋼板では製出耐食性には優れるものの、めっき浴溶解温度が高く、製造コストと操業性に課題がありました。そこでスーパー



新日鉄住金(株)鹿島製鉄所  
設備部 プロセス技術室  
生産技術部 生産技術室 上席主幹 兼務  
末宗 義広 室長

ダイマでは溶解温度が低くなる各元素添加量の組み合わせを見だし、これらの課題を克服できました。

しかし、多成分系めっきの外観を安定化させるためのプロセス制御技術の開発が必要になりました。スーパーダイマは4つの元素を使うため、不均一なめっき層を形成することがあります。この結果、表面外観を損ねることがあることがわかりました。この課題を克服するため、研究者、設備技術者、操業技術者が一体となり日々協議を重ね、4元素からなるめっき生成プロセスを制御する仕組みをつくり上げました。この結果、めっき組織を安定化させ写真5)、美しい外観をつくり込むことができるようになります。

スーパーダイマは優れた高耐食性によって鋼材の長寿命化を図るとともに、鋼板の厚みを薄くすることで鋼材使用量を大幅に低減することも可能で、省資源化に貢献します。この環境負荷低減に配慮した特性が高く評価され、2013年度に文部科学大臣表彰で科学技術賞(開発部門)、エコプロダクツ大賞で推進協議会会長賞を受賞しました。用途も建築・土木、道路・鉄道、電力・通信、農業・畜産など多岐に広がっています(写真6)。

「用途によってめっきの成分は異なります。スーパーダイマ開発の経験を活かして、さらなる高機能な表面処理鋼板の開発に取り組んでいきたいと考えています」(末宗室長)



-162°C

### 韌性(粘り強さ)

結晶の微細化とマンガン(Mn)モリブデン(Mo)の添加でニッケル(Ni)量を9%から7%に低減。極低温下で従来と同様の韌性を実現し、脆性亀裂の伝播を防ぐ。

9%  
Ni 7%

Mo

Ni

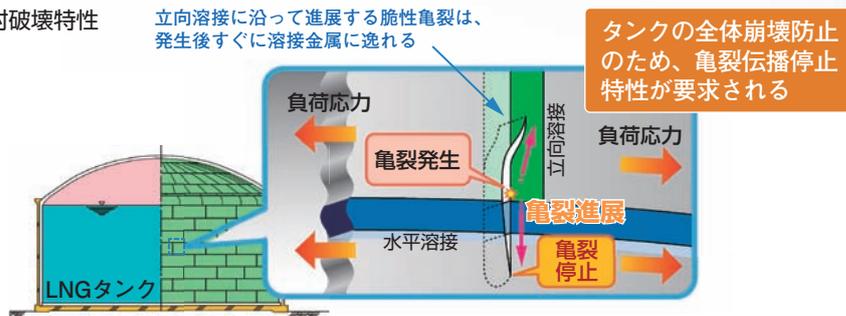
Mn

# LNGタンク用 7%ニッケル鋼 半世紀ぶりの技術革新を実現

図6 LNGタンクに求められる対破壊特性

LNGタンク用鋼板には、図のように万一亀裂が発生しても停止させる性能が求められる。

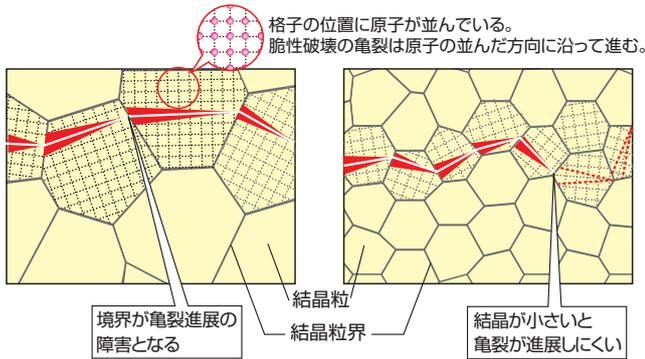
立向溶接に沿って進展する脆性亀裂は、発生後すぐに溶接金属に逸れる



地球規模の環境問題からクリーンエネルギーである液化天然ガス(LNG)の需要が増えています。LNGは約マイナス162°Cで貯蔵されるため、タンク用鋼板には極低温での高い破壊安全性と強度が必要とされます。この要求特性に対してニッケル(Ni)を9%含む鋼板が、これまで半世紀にわたり使われていました。しかし希少元素であるニッケルはもともと高価である上に、2000年ごろに価格が高騰し、タンクの建設コストを圧迫するようになりました。そこで新日鉄住金は、ニッケル量を削減しながら9%ニッケル鋼と同じ高い安全性と強度を持ち、省資源と高性能を両立させたLNGタンク用7%ニッケル鋼を開発しました。

材料開発では破壊安全性に貢献する鋼の粘り強さ(靱性安定化)を重視した成分設計を行っています。9%ニッケル鋼でも適用されている低炭素(C)化と、リン(P)や硫黄(S)の不純物元素の低減に加えて、ニッケル低減による強度低下をマンガン(Mn)やモリブデン(Mo)などで補っています。さらに溶接部の靱性安定化のためにケイ素(Si)を低減しています。マイナス162°Cの極低温下では、地震などにより衝撃的な力がかかった場合、鋼でさえも突然ガラスのように破断することがあります(図6)。この現象は脆性破壊と呼ばれています。脆性破壊が発生すると、

図7 脆性破壊の亀裂進展と結晶粒サイズの関係



結晶粒の微細化は、数多くの結晶と結晶の境界が強度を高めると同時に、それらの境界で脆性破壊の亀裂の進行を止めて韌性を高めている。

写真7 7%ニッケル鋼板の適用例



世界最大規模の大阪ガス(株)泉北製造所第一工場5号タンク

音速を上回る速さで鋼板に亀裂が進展し、LNGタンクの大規模破壊事故につながる恐れがあります。この脆性破壊を防ぐために欠かせない特性が韌性です。韌性の向上には、製造工程で鋼の結晶粒を微細化させることが最も有力な手法です。結晶粒が小さいと、結晶粒の境界が亀裂進展の障壁となるために亀裂が進展しにくくなり、破断をくい止めることができます(図7)。

理想の結晶粒をつくり込むためには、製造工程での制御技術が重要になります。そこで着目したのが、造船やラインパイプの厚板製造で適用が進んでいたTMCP(熱加工制御)技術でした。TMCPは従来の製造法に比べて、金属組織制御の範囲を大きく広げ、結晶粒の飛躍的な微細化を可能にしました。最適な合金設計とTMCP技術の融合



新日鉄住金(株)技術開発本部  
鹿島技術研究部 厚板グループ  
加茂 孝浩 主幹研究員

によって、7%ニッケル鋼の材料開発は実現したのです。

「7%ニッケル鋼の実用化に至るまでには材料開発だけでなく、実用化判断、実機量産化の3つのハードルを乗り越えなければなりませんでした」(加茂孝浩主幹研究員)

実用化判断では、新日鉄住金と施主の大阪ガス(株)、フアブ(タンク建設業者)のトリーカネツ(株)が連携して、新材料の実適用における課題を検証したことで、極めて高い安全性が要求されるLNGタンクへの新材料の適用が承認されました。また実機量産化については、鹿島製鉄所における製鋼から厚板まで一貫での制御技術の最適化により、新材料の実機量産化を実現しました。

7%ニッケル鋼板は世界初適用である大阪ガス(株)泉北製造所第一工場(大阪府)(写真7)をはじめ、東邦ガス(株)知多緑浜工場(愛知県)、石油資源開発(株)相馬LNG基地(福島県)の3物件への適用が進んでいます。さらにニッケル添加量が6・0〜7・5%の範囲で、国内外における規格化も進んでいます。

「将来的にさらなるニッケル低減も十分考えられます。ニッケルの効果だけに頼り切らず、各種組織制御技術を駆使することで、さらなる省資源化や高機能化の可能性を追求し続けていきます」(加茂主幹研究員)

ここがポイント! 「減量戦略」  
成分最適化や鋼板製造技術の組み合わせにより、  
ニッケル(Ni)使用量の低減を実現しました。



## 元素から

## 究極の美に迫る

MOA美術館館長 内田篤呉氏

『紅白梅図屏風』は尾形光琳の代表作であるとともに、江戸中期の日本美術の最高傑作で、国宝に指定されています。画面の中央に水流を、左右に紅白の梅を大胆に配した捨象的な構図は、日本意匠の一つの完成形といえます。紅梅と白梅、老木と若木、静と動、直線と曲線などの対比を意図的に用いて、画面に緊張感を生み出しているのも見事です。すし、「光琳梅」と呼ばれる花卉を線描きしない梅の花、大胆にデフォルメした水紋などは日本の伝統的なデザインへの到達点ともいえます。

この作品は美術的価値が高く評価される一方、材料や技法などに不明な点がありました。一体どのように描かれたのか。日本美術史上大きな謎でした。そこで2004年から2005年にかけて蛍光X線分析装置などを使った第1次科学調査が実施されました。蛍光X線分析とは、X線の照射によって該当箇所の元素の種類と量を測定するものですが、結果はちょっと首をかしげたくなるものでした。というのも、金地の部分は金箔だと考えられていたのですが、それにしては金の検出量が少なすぎました。また金箔と金箔の重なり部分の箔足はくあしとそれ以外の部分の値に差がなく、さらに銀が使われていると想定されていた水流部分は、実際のところ銀がほとんど検出されませんでした。謎がさらに深まる調査結果となり、論争が続きました。



国宝『紅白梅図屏風』(こうはくばいざびようぶ) ©MOA美術館  
尾形光琳作 江戸時代18世紀 二曲一双/サイズ各156.0×172.2センチ

約10年後の第2次科学調査では、蛍光X線分析や粉末X線回折などを実施しました。結果は第1次と大きく異なるものでした。金を叩いて金箔にする原子配列が変化します。金地部分を調べると、その配列は金箔と同じパターンであることがわかりました。また箔足の部分を分析すると、第1次のときと違って金の量に差があることも判明しました。同様に水流の銀色からは銀箔の配列パターンが検出され、波模様の黒色からは硫化銀が検出されました。もともと波模様の技法は諸説あって、銀を硫黄で化学変化させたという説もその一つでしたが、それが実証された形となりました。

現在、『紅白梅図屏風』は全体に金箔と銀箔を用い、波は銀を硫黄で燻煙して描いた可能性が高いというのが定説となりました。第1次と第2次で調査結果が異なったのは、分析装置が10年の間に進化したことが大きな要因だったようです。いずれにせよ『紅白梅図屏風』の科学的解明が進んだことの意義は大きいと思います。将来的な保存修復においても有益ですし、琳派として日本の美を確立させた光琳は、現代人の美意識にも大きな影響を与えています。光琳を深く知ることは、私たち自身を知ることだとも言えるのではないでしょうか。(談)

◆  
尾形光琳(おがた・こうりん) 1658~1716  
江戸中期を代表する絵師。雅で優美な伝統を感じさせる描写のなかに、斬新な構図や画面展開を取り入れ、後代に琳派と呼ばれる革新的な独自の様式を確立した。

内田 篤典(うちだ・とくひこ)

1952年東京都生まれ。慶應義塾大学卒業。MOA美術館に勤務し、2007年同大学より美学博士授与。文部科学省文化審議会専門委員、世界文化遺産・無形文化遺産委員を務める。

日本のものづくりの強さは、  
人を大切に  
する企業理念から生まれる

新日鉄住金(株) 代表取締役会長

宗岡正二

トヨタ自動車(株) 名誉会長

張富士夫氏

(ちよう・ふじお)

1937年大連生まれ。東京大学法学部卒業後、'60年トヨタ自動車(株)入社。「トヨタ生産方式」を編み出した大野耐一氏(元副社長)のご指導を受けられた経験を活かし、米国ケンタッキー工場の開設・稼働に貢献した。常務取締役、副社長を経て'99年社長に就任。2006年会長。13年より現職。'01年には自動車殿堂(米国)による「最も優れた業界リーダー (Industry Leader of the Year)」に選出された。ソニーの社外取締役、日本経団連副会長、日本自動車工業会会長、日中経済協会会長などを務めた。現在、J R 東海社外取締役、日本体育協会会長、全日本剣道連盟会長。

トヨタ単独資本ではアメリカ初進出となったトヨタモーターマニユファクチュアリングU.S.A.（現トヨタモーターマニユファクチュアリングケンタッキー、TMMK）の社長として、トヨタ自動車のグローバルビジネス躍進への道筋をつけ、トヨタ自動車の社長在任中には、大ヒットした「ヴィッツ」など多くの新モデルを市場に送り出し、「世界のトヨタ」の地位を確固たるものにしたトヨタ自動車（株）の張富士夫名誉会長。今回の会長対談は、張名誉会長から日中経済協会会長職を引き継いだ宗岡会長と、日中関係やスポーツ振興、そして日本製造業とそのグローバル展開のあり方など、多岐にわたるテーマで語り合っていました。

## 日中関係好転の感触を得た有意義な訪中

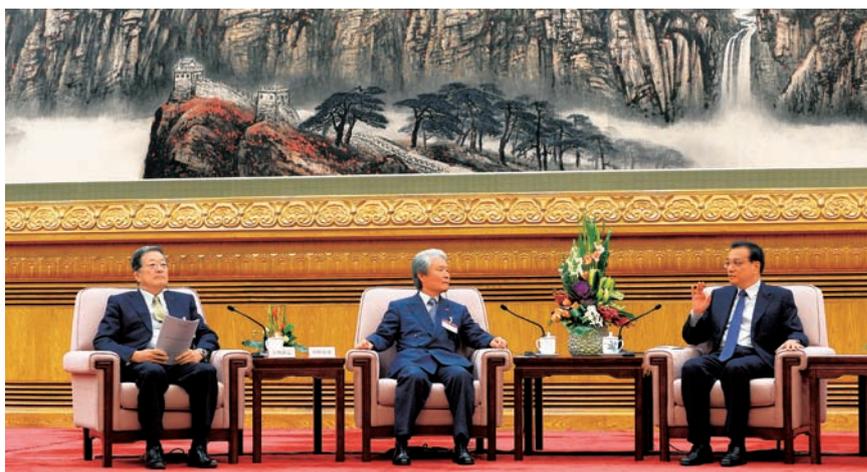
**宗岡** 今回は、日本自動車産業のグローバル化をリードされるとともに、産業界のみならずスポーツ振興の面で日本の発展にご尽力されているトヨタ自動車（株）の張名誉会長をお招きしました。私は昨年7月、張名誉会長の後任として日中経済協会会長に就任し、11月に訪中団を率いて北京を訪問しました。その際に肌で感じた日中の政治、経済の変化や会談の印象などについてお話ししたいと思います。まずは8年の長きにわたり、日中経済協会の会長を務められ、とりわけ尖閣諸島の国有化に伴う問題や大規模反日デモなど、日中関係が極めて困難な時期に大変なご苦労をされた張名誉会長から、当時、どのような状況だったのかをお聞かせいただきたいと思っています。

**張** 尖閣諸島の国有化に伴う問題が起きた2012年は、訪中団も従来の150人前後の規模から約20人の規模まで落ち込みました。それでも訪中を中断せずに少しでも成果を出したいと思い、私は名古屋から訪中団とは別の便で向かおうとしたのですが、北京空港への着陸許可を出してもらえないような状況でした。また会ってくれる人も少ない。特に2012年以降の3年間は、国家指導者との会談も実現しませんでしたし、関係省庁との会談も打ち解けた雰囲気にはならず、明確な提言もできませんでした。

**宗岡** 今回は過去最多220人の訪中団となりました。これは中国経済の今後の展開への関心の高さと、日中関係改善への強い期待の表れだと受け止めています。日中両国の関係者の努力もあり李克強総理との会見も実現し、中国経済の展望および日中経済交流の回復に向けてのお考えと決意、そして、中国鉄鋼業の過剰能力への問題提起に対し、改善に取り組む旨のご回答をいただきました。この国家指導者との会見は6年ぶりのことでした。同国の経済関連3官庁の幹部の方々も含めた会談もここ数年とは打って変わった雰囲気、誠実かつ友好的な対応をしていただき、大変有意義な訪中となりました。これも、外交的に厳しい局面において、張名誉会長が日中経済協会としての関係を維持してくださったおかげだと思っております。

**張** 今のお話をお伺いしますと、昨年の首脳会談開催や経済の緊密な結び付きを背景に、日中関係も少しずつ改善されてきているのではないかと感じます。

**宗岡** これまで張名誉会長が主導してこられた経済界の地道な努力に加え、一昨年からの首脳会談の再開などの日本サイドの努力と、一昨年に日本の対中投資が前年比約4割減少し、昨年前半はさらに約3割減少したことに対する中国サイドの危機感もあつたようです。日本と中国は一衣帯水の関係とよく言いますが、これからも日中の友好関係を維持・拡大していくことが大事だと思います。



写真提供 / プレス代表（共同通信）

2015年11月の日本経済界による訪中では、6年ぶりに国家指導者（李克強総理）写真右との会談が実現した（写真左が宗岡会長）

## 武道・スポーツは人格形成の場

**宗岡** 話は変わりますが、張名誉会長は高校時代から剣道を始められ、現在は日本体育協会や全日本剣道連盟の会長として、スポーツ振興の旗振り役を務めていらっしゃいます。私も子どものころから柔道をやり、張名誉会長の10年後輩として七徳堂（東京大学柔剣道場）で稽古に励みました。剣道との出会いはどのようなものだったのですか。

**張** 何も調べず東京・下北沢の自宅から一番近い高校に入学したら、もともと女学校だったこともあり、非常に女子が多かった。びっくりしてすぐに男子が集まる柔道部に入りました。そこに剣道をやりたい友人がいて、一緒に近くの警察署を見学に行ったら道場に引きずり込まれ、防具を付けられてしごかれた。2人とも2〜3分の間に300発ぐらい打たれたでしょうか（笑）。このままでは男がすたると思い、翌日また2人で行って「教えてください」と言ったら、懲りずに来たことに先生はびっくりしながらも、きちんと一から教えてくれた。前日とはまったく扱いが違う（笑）。しばらくは高校の柔道と警察署の剣道を掛け持ちでやり、2年生のときに連合国総司令部（GHQ）から学校剣道の許可が下りたタイミングで剣道部をつくってもらいました。

**宗岡** 高校時代に三段までとられ、大学時代は1年生からレギュラー、4年生のときには主将を務められました。そのときの副主将が元警察庁長官の國松孝次さんでしたね。当時は猛烈に稽古に励まれたのではないのでしょうか。

**張** 高校も大学も勉強せずに剣道ばかりやっていました。物理の授業はほとんど出ていないので電気もよくわからない。「こいつは直流と交流の違いもわからない」と友人からからかわれましたね。

**宗岡** トヨタ自動車への入社も剣道がご縁と聞きました

が、きっかけはどのようなものだったのですか。

**張** 大学3年の終わりにトヨタ自動車を訪問し、試合をしました。その後の懇談会でトヨタの剣道部長から、「俺のところに来い」と。宗岡会長もよくご承知のとおり、運動部の主将をやっていると先輩が勧誘に来るんですね。教社から誘いがありました。この会社は将来必ず伸びる」という剣道部の先輩の勧めもあり決めました。

**宗岡** 張会長は「スポーツの価値は、人格の形成にある」「大事なことは、勝ち負けにこだわらぬこと。勝ったときより、負けたときに学ぶことが多い」と言われています。ご発言の真意や、剣道で培った精神が実社会で役立った経験について聞かせていただけますか。

**張** まず警察の先生にはいろいろ教えていただいたと大変感謝しています。例えば「打とうとする欲で心が振れると、正眼の構えが崩れて隙が生まれる。だから打たれる。何があっても動じない『不動心』を持って」と、心を鍛えることの大切さを教えてもらいました。入社後、いろいろなことがあっても動じず対応できたのは剣道での鍛錬があったからだと思えます。また試合のなかで、一生懸命やって限界に挑戦することの大切さ、勝ち負けにかかわらず相手に敬意を表する心を学びました。

**宗岡** 柔道で国民栄誉賞を受けた山下泰裕さん（全日本柔道連盟副会長）の中学時代の恩師は常々、「柔道のチャンピオンになっても30歳がピークで人生はそこから長い。目指すべきは人生の勝利者。柔道で培ったものを人生に活かすことが大事だ」と言っていたそうです。また、講道館柔道の創始者であり、「日本の体育の父」と呼ばれる嘉納治五郎先生も、単に強ければ良いという「野性」のみならず、「知性」「品性」を磨いて、立派な青少年を社会に送り出すことを第一目標とされました。

**張** 同感です。チーム競技と違って、柔道も剣道も1対1で先生の胸を借りて鍛錬していく。稽古が終わったあと、



剣道の稽古に励んでいた学生時代



「七徳堂」で稽古に励んだ東京大学剣道部時代（中列左が張名誉会長、後列左から5人目は國松孝次氏）

正座して先生からいろいろなお話を聞かせていただくのも重要な時間だと思いますね。私も先生のお話が胸に響いた経験があります。

## 2020年、世界に感謝の気持ちを表すオリンピックピックに

**宗岡** 今年はリオデジャネイロ・オリンピック／パラリンピック、そして2020年は東京オリンピック／パラリンピックです。日本体育協会会長として、どのような東京オリンピックにしたいとお考えですか。

**張** あくまでも個人的な思いですが、選手全員が一生懸命競技することを前提に、観客、マスコミを含め、世界各国から来られる大勢の方々をきめ細かにもてなしたいですね。日本人は戦後70年、他国と戦争をせずに真面目にこつこつ働いて、ものづくりの技術や優れた環境技術を生み出しながら平和な国をつくりあげました。世界の皆さんに「ありがとうございました」という気持ちで開催して見せる。そういうオリンピックにしたいと思います。

**宗岡** それはいいですね。日本で初めて開催された1964年のときは、新幹線や首都高速をつくり、日本中が大変な高揚感に包まれましたが、そのような「ありがとうございました」と言っておもてなしをする余裕はありませんでした。

**張** '64年のオリンピックはそれ自体も盛大でしたが、その後の経済成長を加速させました。当社でも自動車の販売量が伸び、それまで上がらなかった給料が増えました(笑)。また高速道路の整備にあわせて自動車の高性能も向上し、輸出できる品質になりました。技術的な発展を含めて、戦後こつこつやってきた日本がグッと伸びるきっかけを与えてくれましたね。その感謝も込めて2020年を迎えたいと思います。

## 戦後の国産車不要論をバネに製品開発に挑む

**宗岡** 次に日本の製造業に目を向けたいと思います。石油をはじめとする資源や食糧などを海外に依存せざるを得ない加工貿易立国である日本では、製造業が外貨を獲得しなければなりません。日本の戦後の復興、また今後の発展に対してもGDPの約2割、日本の輸出額の約9割を占める製造業の必要性は不変です。また外貨の獲得のみならず、製造業は良質な雇用の確保や、地域活性化にも大いに貢献してきました。

**張** お話のとおり、製造業は国の基盤として不可欠です。グローバル化の流れのなかで日本の製造業の海外移転が進み、国内の空洞化が懸念されてまいりました。いわゆる六重苦と少し前に言われていたような法人税や環境規制、雇用規制などのさらなる緩和など、競争条件のイコールフットイングによる国際競争力強化の取り組みと並行して、国のために国内に残す製造業の分野を見極めていくことが重要です。このことはトヨタ自動車の製造拠点の海外進出が活発化した時代から考えさせられてきました。

**宗岡** 現在まで日本製造業の屋台骨を支えてきたのは自動車産業ですが、戦後の黎明期には、いわば「国産自動車不要論」という大変な議論があったと聞いています。国産自動車や国産鋼材の品質や耐久性、価格競争力を考えるところの先アメリカには追いつけないと、自動車産業の育成が否定され、当時の石田退三トヨタ自社工長や通産省機械局長が、「いや日本の自動車産業は必ず伸びる。世界の一流品に伍する自動車を将来必ずつくる」と反論されたのを、1952年当時の参議院運輸委員会の議事録で読みました。

**張** 私が入社する前の1950年代に、日銀総裁が「乗用車など日本でつくらなくて良い」と言った有名な話があります。安くて良い自動車を輸入したほうが良いという見方



2015年11月25日に開かれた日本オリンピック委員会などの会合風景(写真左が張名譽会長)

©時事



1948年ごろのトヨタ拳母工場(現在の本社工場(愛知県豊田市))。国産車不要論が唱えられるなか、懸命に自動車づくりに取り組んだ



が多かったですね。悔しさもあって、結果を出すために先輩方は大変努力されていきました。

**宗岡** そのころから自動車産業と鉄鋼業界の相互研鑽、コラボレーションが始まり、先輩たちの血のしむような大変な努力により、自動車や鋼材が飛躍的な進化を遂げていきました。鉄鋼業界はコスト・品質・商品開発での競争力を自動車業界から大いに鍛えていただいたおかげで、世界に冠たる地位を獲得することができました。感謝申し上げます。

**張** 我々こそ、世界の自動車市場で戦えたのは、例えば素材メーカーの新日鉄住金に高品質で低コストのいろいろな鉄をつくっていただいたからだと思います。

## 無駄の排除と合理性を追求した「トヨタ生産方式」

**宗岡** 高度経済成長長期に自動車需要が急激に伸びる過程で、トヨタ自動車の大躍進を決定づけた「トヨタ生産方式」が確立され、今や世界中の製造業で導入されています。初代社長の豊田喜一郎さんが考案されて大野耐一元副社長が

体系づけられたと伺っていますが、その方式はどのような経緯、考え方から生まれたのでしょうか。

**張** 終戦直後に豊田喜一郎社長が「3年でビッグスリー（GM・フォード・クライスラー）に追いつけ」と言ったところから取り組みが始まったと思います。視察団として欧米を調査した人から大野さんは「アメリカとは生産性では10対1の差がある」と言われた。つまり「3年で追いつく」ためには「10人で動かしている現場を3年で1人にしなければ追いつけない」ということです。今なら設備機械を駆使して自動化できますが、終戦直後はそんな技術も金もない。そこで、まず現場の無駄を徹底的に省いて生産性を上げることに注力したそうです。

大野さんが管掌していた機械工場トヨタ生産方式の原型ができ（第1ステップ）、'64年のオリンピック直後から組立工場への導入を図りました（第2ステップ）。私はこの時期に部下になりましたが、お客様から注文を受けたら生産ラインの先頭に生産指示を出し、必要なものだけを迅速にラインに流すことで全工程の在庫ミニマム化を図るという方式を、日々生じる問題を一つひとつ解決しながら磨き上げてきました。いろいろなアイデアを出して試す、やりがいのある日々でしたね。

**宗岡** 全体最適を志向した生産性向上運動のようなものですね。問題があればラインを止めることも含めて、現場への浸透で「苦労されたこともあったのではないのでしょうか。」

**張** 現場の無駄を見つけると一言で言っても、一つの現象・事象を見るだけではだめで、前後工程、ときには全工程を視野に入れなければならない奥深い取り組みです。しかも各現場の人間は溶接や塗装の専門家でこちらは素人。最初は気を遣いましたが、溶接の人間を塗装に連れて行くことと塗装の知識レベルは私と一緒でたいしたことない（笑）。開き直って全体最適の視点から無駄を省いていきました。これには物理的なことだけでなく人間の心理が大きく絡み



トヨタ初の量産モデル・AA型乗用車（1936年）

※トヨタ生産方式 異常が発生したら機械を直ちに停止して不良品をつくらない、各工程が必要なものを流れるように停滞させずに生産する（ジャスト・イン・タイム）という2つの考え方を柱に確立された生産方式。



## 「R&D活動」を深化させる ロードマップを共有し、

ます。特に現場の親方は、自分のラインを止めて次工程で欠品したら未代までの名折れだと思っているので、当初はラインを止めることが在庫圧縮には抵抗がありました。在庫を持たず、問題があったらラインを止める、というのは、毎日がいわば非常時みたいなものです。問題をさちんと見つけ、現場と対話して専門家を巻き込みながら迅速に直す。それを粘り強く続けてきたことで、個人ではなく組織的に対応する風土が根付いていきました。実際、阪神・淡路大震災で現地のサプライヤーさんのプレス工程が止まり、部品が入らなくなった際には、トヨタ自動車に派遣した支援チームが現場の方々と協力し、通常2〜3カ月はかかるという復旧を2〜3日で行っています。

こうした取り組みを通じ、私自身、全体の仕組みを一つ一つで回していくことの大切さを学びました。

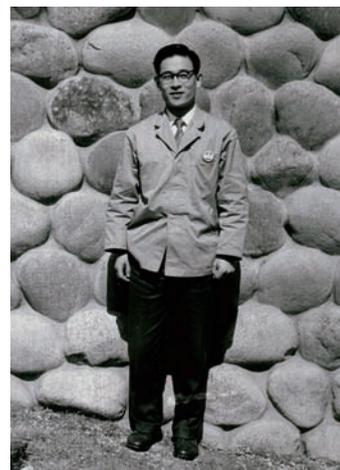
**宗岡** 自動車への社会的要請は、1970年のマスクー法（排ガス規制）、73年のオイルショックを契機とする燃

費改善、それに伴う軽量化ニーズ、防錆強化ニーズ、衝突安全の強化ニーズ、グローバル展開ニーズ、そして足元のCO<sub>2</sub>排出量規制とさらなる燃費改善ニーズなど、現在まで刻々と変化してきました。そうした過程で、日本の鉄鋼業界は自動車メーカーのご要望を受けながら、材料の機能を最大限に発揮させるためのソリューションを提案して諸課題を解決する、という自動車と鉄とのコラボレーションが深化していったと認識しています。

**張** アメリカに出て世界的な競争にさらされ、お話のような多様なニーズへの対応が迫られました。大変でした。そのなかで新日鉄住金には大変お世話になりました。トヨタ自動車が進出した時期に新日鉄住金もインディアナ州に進出（I/N テック・コート）され、一緒に戦ってきた思い出があります。

**宗岡** トヨタ自動車とは、現在においても、「CO<sub>2</sub>排出量規制、燃費改善ニーズ」に対応するための最大課題である軽量化と衝突安全性の両立に関し、目指す方向性（シナリオ）を明確化して具体的なテーマやスケジュールをロードマップに落とし込み、両社でそれを共有しながらR&D活動を展開させていただいています。世界最強の自動車メーカーであるトヨタ自動車の要請に応えていく過程で、新日鉄住金の技術も品質も世界最高水準にステップアップしました。ゲストエンジニアとしてトヨタ自動車の設計部門で勉強させていただいた新日鉄住金技術者が、材料提供だけでなく、高強度鋼板（ハイテン）の使いやすさを実現する設計や工法まで踏み込んだ総合ソリューションをご提案し、それが採用されることで、製鉄所も技術開発部門も大いにやりがいを感じてきたところです。

**張** 大変ありがたいことです。今後の自動車の環境対応は、現在実用的なハイブリッド車のウエイトが高いのですが、欧州ではディーゼルも注目されており、今後、電気自動車、水素自動車を含めて何が本命になるのかがまだ見えない状況で



生産性向上等の問題解決のために奮闘していた、若かりしころの張名譽会長



新日鉄住金は鋼材特性のみならず、自動車部品の設計や工法まで開発（総合ソリューションの提案）

す。欧米を相手に厳しい競争が続くと思います。資源のない日本が製造業で国を支えていくためにも、自動車業界と鉄鋼業界の強固な連携が不可欠です。世界を舞台に未知の高みにたどりつくために、ぜひ協力し合っていきたいと思えます。

## フロンティア精神を胸に、 アメリカ市場を切り拓く

**宗岡** トヨタ自動車のグローバル展開は「日本で生産し輸出する」初期段階から、「需要のある地域で生産する」第2段階を経て、今や「世界規模での効率的な生産・供給を追求する」段階に進化しています。2014年12月時点で28カ国、54の製造事業体を展開され170カ国で販売されています。

張名譽会長は、トヨタ自動車のグローバル展開の先駆けとして、'88年にトヨタとしてアメリカへの初めての単独進出となったケンタッキー工場の社長に就任されました。自動車関連の業務経験がない現地の人を相手に、雇用契約や労働慣行も違うなかで、トヨタ生産方式の導入など大変ご苦労されたと伺っています。実際はいかがでしたか。

**張** アメリカに行くとき、マスコミからも「トヨタ生産方式は通用するのか？」という質問が多かったですね。ビッグスリーでは個々の分担作業が賃金・契約のベースとなっていたので、細分化された作業ごとに人がいる。一人でいくつもの作業をやる日本のやり方が受け入れられるか不安もありました。でも実際に着任してみると、日本では当たり前前の安全教育などの事前教育に対して大変感謝され、工場での多能工的な仕事に対する抵抗もなく、日本と同じでした。確かに文化や価値観の違いから反発されることもありましたが、自動車をつくることにおいては何の違和感もなく、トヨタ自動車の生産方式への理解・浸透も早かったですね。基本はきちんと手順を踏んで無駄をなくし、問題があったらラインを止めることです。当時、米国にはラインを止める

文化がなかったもので、止めた従業員に自ら走り寄り、手を握って「Thank you」と言い続け、定着させていきました(笑)。

当初「輸入していた日本製と同じカムリよりも品質が悪かったら売れない」と心配していた現地ディーラーからも、生産台数より品質にこだわって出荷していることが理解いただけると、大変感謝されるようになりました。1年半後にはアメリカの全工場のなかで最高品質の車を製造しているとの評価をいただき、表彰されるまでになりました。また、従業員に対する表彰制度や皆勤賞などを設け、働く人のモチベーションの向上に努めました。一般的にアメリカの人は他人の仕事に干渉しないと言われていました。ただ会社が従業員を大切にすることが伝わると、2年くらい経ったころには、自分の担当範囲じゃないところでも問題を指摘してくれるようになりました。

また、アメリカに行って改めて再確認したのですが、日本の企業は従業員を大切にし、従業員もそれに応える。一体感と言いますか、みんなで改善しながらつくっていく、このやり方が続く限り、日本の製造業は今後も世界のなかでいい位置をキープできると思います。

**宗岡** 新日鉄住金でも、トヨタ自動車のグローバル展開に合わせ、I/Nテック・コートを皮切りに、自動車鋼板や鋼管、クランクシャフトなどの生産拠点を整備し、同じ車種・部品であれば、同じ設計図面・工法・金型が適用できるように、日本でご提供している高機能材料と同品質の製品を世界各地でお届けできる体制を構築してきました。新日鉄住金が進出していない地域では、他の鉄鋼メーカーへの技術協力や直接輸出で対応させていただいています。

## ものづくりは人づくり。

## 人の信頼関係が優れた品質を生む

**宗岡** 国内外を問わず、日本の製造業として最も重要なこ



ケンタッキー工場の現地従業員と語り合う張名譽会長



とは「品質の確保」です。海外でそのための優秀な現地の人をいかに採用・育成し、定着させていくかが、新日鉄住金では大きなテーマとなっています。トヨタ自動車での工夫や解決策がありましたら教えてください。

**張** 外国での採用、人材育成は日本と同じことをするのが基本だと思っています。従業員を大切にしている理念の下、日本で培った人材育成の基本を崩さず、きちんと教えて実際にやってみよう、そして問題があったらラインを止めてくれ、止めてみんなで直そう、と教える。育成というか、

教育することは大変喜ばれますね。またトヨタ自動車では、世界各国54の事業体の品質不良率や稼働率を見える化し、競い合っており、それが従業員の頑張りやモチベーション向上につながっていると思います。

**宗岡** 工場同士で切磋琢磨する風土が培われていることが、トヨタ自動車のグローバル人材の定着につながっていると感じます。最後になりますが、現在、26カ国200社のグローバル市場第一線で生産・販売活動を展開する、新日鉄住金グループに向けて、アメリカの工場立ち上げで苦勞された先輩としてエールをいただければ幸いです。

**張** 人それぞれの価値観と言いますが、物事の考え方のようなものを建物に例えると、地面を人格・人間性という基礎の部分だとすれば、1階はその地域の文化や価値観など絶対に変わらないもの、そして2階よりも上にはビジネス慣習や仕事のやり方などがあると考えてよろしいのではないのでしょうか。2階から上の部分は対話によって十分変えることができます。また地面の部分では、教えてもらえば感謝する、お互いを尊重して大切にするといい当たり前のことを通して、人対人の信頼関係が築けるはずですよ。郷に入れば郷に従う気持ちを持ちながら、こちらが一生懸命やれば相手も応えてくれます。言葉だけではなく、一つひとつを実行して現地の人たちに「大事にされている」と感じてもらうことが大切です。また生産性や品質向上に対してもチーム全員で考える風土をつくることで、意思疎通でき仲良くなれるはずですよ。そうなればもう外国ではなくなります。ぜひ前向きに頑張ってくださいと思います。

**宗岡** 国によって生活環境が異なるなかで、苦勞している社員もいますが、国内からのサポートや異動のローテーションを含めて、世界で戦える経営基盤をしっかりと整備していきたいと思っています。本日は大変多岐にわたるお話をいただきありがとうございます。

(本対談は2015年11月25日、新日鉄住金南平台公邸で開催されました)



新日鉄住金グループでは、200社が26カ国でグローバルビジネスを展開している(右)タイのNSGT社、左)アメリカのAM/NS CALVERT社

## 日新製鋼の子会社化などの検討を開始



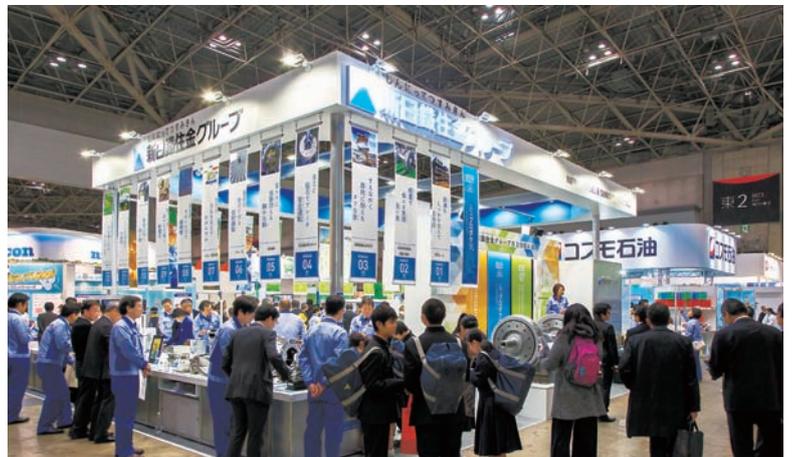
左 新日鉄住金・進藤社長、右 日新製鋼・三喜社長

新日鉄住金は2016年2月1日、2017年3月をめぐりに日新製鋼(株)を子会社化すること、これを前提に日新製鋼に鋼片を継続的に供給することについて検討を開始する覚書を取り交わしました。

鉄鋼業を取り巻く国内外の事業環境が極めて厳しいなか、日新製鋼は国内薄板事業の重点化・強化策と呉製鉄所第2高炉休止を伴う鉄源工程の合理化策を検討するとともに、新日鉄住金に対し、継続的な鋼片供給についての検討を申

し入れていました。両社は協議した結果、厳しい事業環境を乗り越え、競争力のある事業基盤を維持・構築するためには、経営資源を持ち寄り、相乗効果を創出することが必要であるとの認識で一致しました。

今後新たに日新製鋼を加えた新日鉄住金グループとして、総合力世界ナンバーワンの鉄鋼メーカーの地位を強化し、持続的な成長と中長期的な企業価値の向上を図っていきます。



## エコプロダクツ 2015に出展

新日鉄住金グループは2015年12月10日(12日)の3日間、東京都江東区の東京ビッグサイトで開催された日本最大級の環境展示会「エコプロダクツ2015」に出展しました。体感型のアイテムを多数展示して、「新日鉄住金グループの3つのエコ」(エコプロセス、エコプロダクツ®、エコソリューション)をキーワードに、環境問題への取り組みを紹介しました。

各アイテムを五・七・五調のキャッチコピーでわかりやすく表現し、詳細は説明員とのコミュニケーションで解説するなどの工夫もあり、多くの方々に新日鉄住金グループのブースへご来場いただきました。

## 世界で最も革新的な企業トップ 100社に4年連続で選出

新日鉄住金はトムソン・ロイター(本社・ニューヨーク)が世界で最も革新的な企業や研究機関を選出するTOP100グローバル・イノベーション・アワードで、世界のトップ100社に4年連続で選出されました。4年連続受賞は鉄鋼業では新日鉄住金だけで、長年にわたる研究開発活動および質の高い知的財産創出活動が認められました。



左 新日鉄住金・柳川副社長、右 トムソン・ロイター・プロフェッショナル棚橋佳子取締役

## 日経優秀製品・サービス賞を受賞

新日鉄住金の水素ステーション用高強度鋼材HRX19<sup>®</sup>が、2015年日経優秀製品・サービス賞で優秀賞 日経産業新聞賞を受賞しました。耐水素脆性、高強度材料、溶接施工性の3つの特長があり、水素社会の実現に不可欠な水素ステーションの建設コスト削減、保全性・安全性向上に貢献します。



HRX19<sup>®</sup>

岩井常務取締役鋼管事業部長(左から3人目)と受賞者

## 日米友好の絆を深めるハナミズキを植樹

新日鉄住金は、2012年米国ワシントンDCでの桜寄贈100周年記念事業に(公財)新日鉄住金文化財団の紀尾井シンフォニーエッタ東京が招聘され、当時財団代表理事だった進藤社長が100周年の祝賀と東日本大震災への米国からの支援への感謝を伝えたことをきっかけに、ハナミズキ・イニシアチブ活動の支援を続けています。

ハナミズキ・イニシアチブでは、今後100年の日米の友好関係を見据え、米政府から日本各地に3000本のハナミズキが贈られています。東日本大震災の被災地である宮城県仙台市へも60本が寄贈され、2015年11月26日に八木山動物公園で行われた植樹式に、新日鉄住金・天谷東北支店長らが出席しました。



## 第26回新日鉄住金音楽賞の受賞者が決定

第26回新日鉄住金音楽賞の受賞者が次の方々になりました。7月20日に東京都千代田区の紀尾井ホールで、第26回新日鉄住金音楽賞受賞記念コンサートを開催する予定です。



© Yuji Hori  
フレッシュアーティスト賞  
三浦 友理枝さん  
(ピアノ)



特別賞 山田 正幸さん  
(ラ・フォル・ジュルネ  
金沢音楽祭事務局  
チーフ・プロデューサー)



### 『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>



未来につなごう、  
鉄の魔法を。

鉄は強くしなやかで自由に形を変え、最も用途が多い金属。熱処理など、組織を制御することで様々な性質に変化します。たとえば加工時は軟らかく、衝突時には硬くなる自動車用鋼板や、効率よく電気をつくって送るための電磁鋼板など。いわば、鉄は魔法の金属。新日鉄住金はこれからも鉄の可能性を広げ、社会のあらゆる場面にお届けしていきます。

私たちは鉄が好きです。限りない「可能性」があるから。

世界の鉄へ しんにつつすみきん

 新日鉄住金