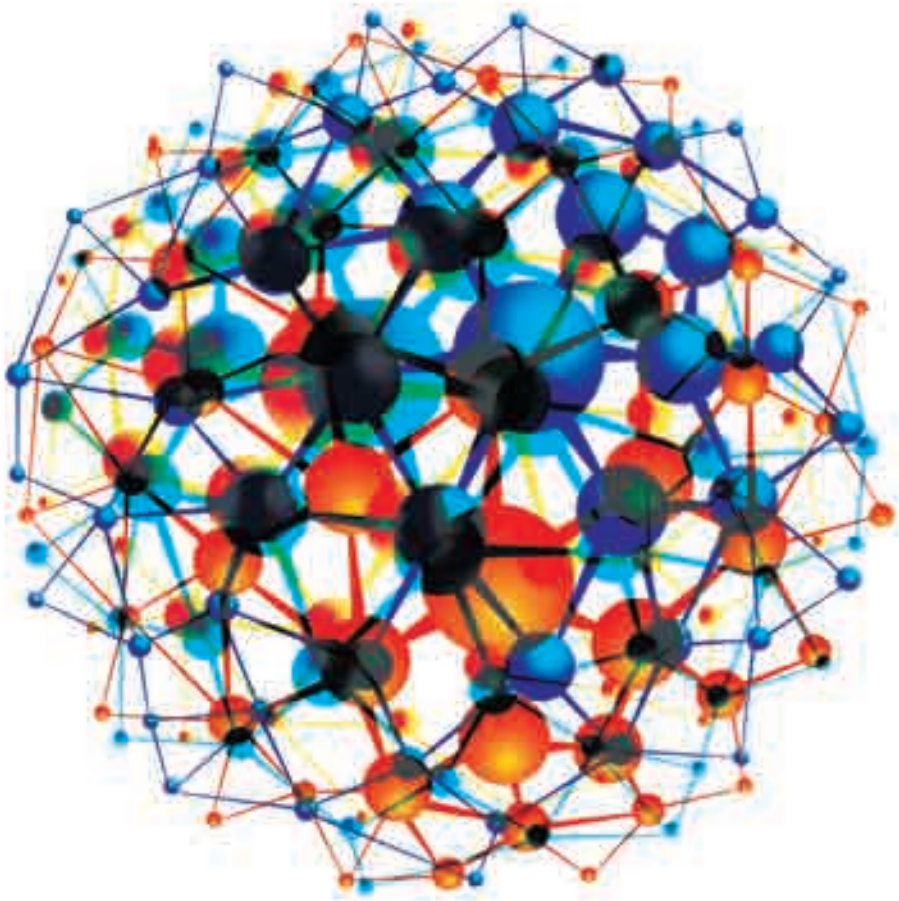
しんにってつすみきん

季刊 新日鉄住金

Vol.7



見る、知る、創造するものづくりの夢

「万物の根源とは何か」という問いに対して、古代ギリシャの哲学者デモクリトス（紀元前４６０頃～紀元前３７０頃）は「万物は原子から成り立っている」と答えました。原子とは、ものを分解していくと最後にそれ以上分解できない物質の単位で、原子がつながったり離れたりして、すべてのものが生成・変化・消滅すると考えたのです。しかし人類が初めて原子をその目で見ることができたのは、20世紀になってからのことです。原子構造を見られるようになると、鉄の良さを一層深く知ることができ、鉄の特性を踏まえて新しい機能を持った製品をつくり出すことが可能となりました。観察・試作・検証・体系化するまなざしが、絶え間ない鉄の進化を促し、ものづくりの夢を具現化させています。

Contents

特集 見る、知る、創造するものづくりの夢

4 **幻想の小宇宙**
秋山 実氏（写真家）

6 **見えない世界の扉を開く顕微鏡の誕生と発展**
監修 小島 建治氏
（元国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任研究員）

12 **大人も子どもも夢中！スマホ顕微鏡がミクロの世界を身近にする**
永山 國昭氏（総合研究大学院大学理事）

14 ナノの世界へようこそ
ナノのお手本は人体
ごく自然に使われている鉄こそナノテク材料
川合 知二氏（大阪大学産業科学研究所特任教授）

16 見ることから始まるものづくりの旅
新日鉄住金のOpen Lab
① クルマのオープンラボ
② 高層建築のオープンラボ
③ 家電のオープンラボ

24 **鉄鋼メーカーがこんなことまで?!**
鉄を利用した海の森づくり

28 **高合金油井管**
天然ガス開発に貢献する革新技術

32 **製鉄所の「郷土（ふるさと）の森づくり」**

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.7　2014年8月18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。

見る、知る、創造するものづくりの夢

幻想の小宇宙

顕微鏡で見た結晶

写真家　秋山 実氏

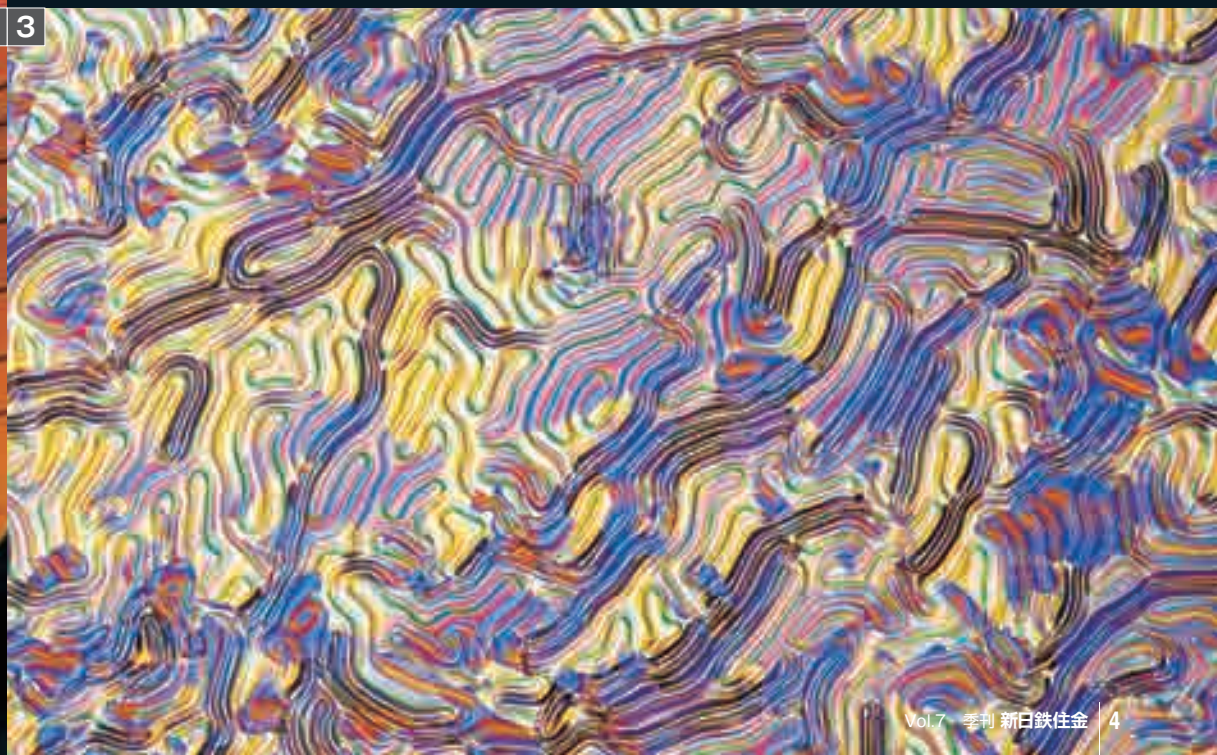
2 1

ミクロとマクロの形は、どこか似ているものです。ミクロの世界を見ていると、宇宙や大地を連想させる形に出会うことが多くあります。3月のある日、新聞でNASAの探査機がとらえた火星の地表画像を見ました。起伏に富んだ地表が、まるで私がかつて撮影したコレステリック液晶のようで、その美しさに息をのみました。宇宙の万物は一つの統制の中にあると感じました。

私がミクロの世界を撮り始めたのは1973年の初めでした。ほんの軽い気持ちで始めたものが、ライフワークとなったことを自分でも不思議に思います。それまで工場や建築など、ものを撮り続け、材質やディテールには人一倍関心があったので、つい対象がミクロになったのかも知れません。

薬品などの標本をつくるためには、微量の結晶をスライドグラスの上で溶剤や熱で溶かし、再結晶させます。ところが同じように溶かしても、一度と同じ再結晶は得られません。また同じ標本であっても、見る場所によって全く異なったものに見えます。撮影には緻密さと忍耐が必要です。しかし結晶を通過する光が干渉し合って鮮やかな色彩に変貌する、あの幻想的な瞬間が忘れられず、撮影対象は薬品から鉱物、金属、LSI、液晶へと広がっていきました。

これまで見ることができなかった未知のものを見ることは、私たちの想像力を刺激してくれます。それが新しい科学技術や芸術文化の創出につながっていくのだと確信しています。（談）



4 3

1 赤鉄鉱
大きな鉄鉱床を形成する鉄の重要な原料。少量のチタンを含み、金属光沢を持ったものは鏡鉄鉱と呼ばれる。
〈反射型微分干渉顕微鏡を使用〉

2 ケイ素鋼（電磁鋼板）
変電所などのトランスの鉄心に広く用いられる。 〈反射型微分干渉顕微鏡を使用〉

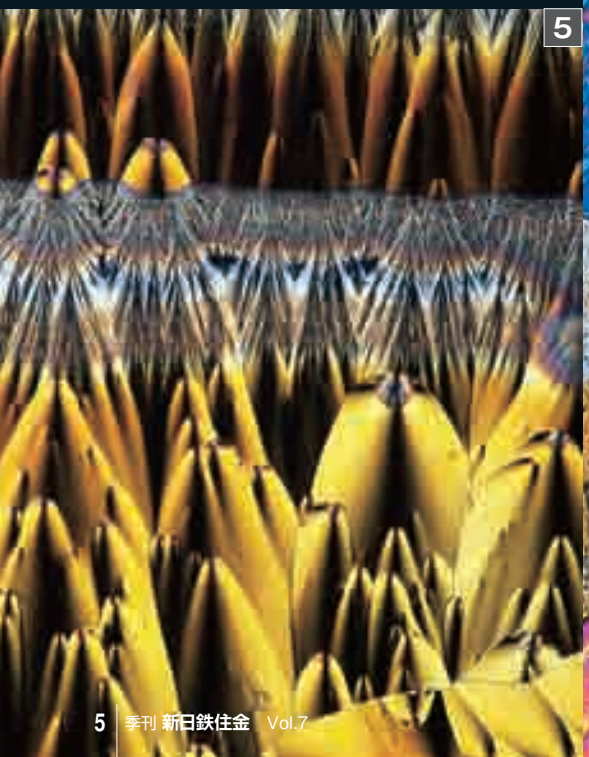
3 コレステリック液晶
代表的なものはコレステロールの脂肪酸。わずかな温度差で分子の向きが変わり、色が変化するため、温度計などに用いられる。56.1℃で撮影。 〈偏光顕微鏡を使用〉

4 酒石酸
ブドウの果実などに含まれ、清涼飲料に入れるほか、染色、皮なめしにも用いられる。
〈偏光顕微鏡を使用〉

5 ビタミンC
果実に多く含まれ、強い酸味がある。現在は合成でつくられる。 〈偏光顕微鏡を使用〉

秋山 実（あきやま・みのる）

1930年生まれ。青山学院大学文学部英米文学科卒業。65年工業写真家として独立。73年から大型カメラで顕微鏡写真を撮り始め、結晶などの抽象写真を広告に使うという新分野を開拓。2013年日本写真芸術学会芸術賞を受賞。写真集に『ミクロ・コスモス』（河出書房新社）、『マイクロスコープ 浜野コレクションに見る顕微鏡の歩み』（オーム社）、共著に『和風住宅』（実業之日本社）など。



見えない世界の扉を開く
顕微鏡の誕生と発展

◉ 監修　元国立科学博物館産業技術史資料情報センター
主任研究員　小島 建治氏

人類の歴史は、疫病との闘いの歴史であったとも言えます。私たちは目に見えない細菌やウイルスを観察できる顕微鏡という武器を手にしたことで、これまでに多くの病気を克服してきました。また顕微鏡によってミクロ世界の扉が開かれてからは、人々の知的好奇心が刺激され、科学は飛躍的に発展し、高度な技術も生まれていったのです。

レンズから顕微鏡へ

ロバート・フックが使った顕微鏡 と
フックが描いたノミ(右上)や細胞(コルク)のスケッチ
(写真提供：US National Library of Medicine)
王立協会の装置管理者だったロバート・フック(1635〜1703)は、自ら改良した複式顕微鏡を使い、動植物などの観察を行った。それらを詳細に描写した書物『ミクログラフィア』を1665年に出版。

「ものが大きく見える」ことの発見

顕微鏡に欠かせないレンズ。それは紀元前から存在し、水晶を磨いた凸レンズがイラク北部の古代遺跡から見つかっています。ただし、最初はものを見るためではなく、太陽熱を集めて火をおこすための道具でした。それが13世紀、ガラス製造が盛んであったイタリアで、視力を助けるための眼鏡としてつくり変えられ、その後ヨーロッパで広まったといわれています。

1550年、オランダのヤンセン親子は2枚の凸レンズを組み合わせるとものが大きく見えることを発見し、「不思議な眼鏡」として売り出しました。これが顕微鏡の始まりとされています。そして1662年に世界最初の科学者アカデミーである王立協会がロンドンに設立されると、顕微鏡を使った重要な科学的発見が相次ぎます。1665年にはロバート・フックが顕微鏡を使って植物のコルクを観察し、そこに〝小さな部屋〟を見つけ、「細胞(セル)」と名付けました。

またアマチュア研究者であったオランダのアントニ・ファン・レーウェンフックは、独自に開発したレンズ1枚の単式顕微鏡で、人間の精子や赤血球を観察。1683年には人類史上初めて微生物(細菌)を観察したことを王立協会に報告しています。14世紀にはヨーロッパでペストが

© ZEISS Archives

カール・ツァイスの同僚と見習いたち。
1864年当時の顕微鏡製造の工程がすべて写っている

カールツァイス社

カールツァイス社は1846年にドイツ・イエナで設立された。当初の顕微鏡製造は試行錯誤の繰り返しであったが、のちに物理学者エルンスト・アッベの協力で科学理論をもとにした製造手法を確立し、複式顕微鏡の性能を飛躍的に向上させた。

カール・ツァイスが制作した
最初の顕微鏡設計ノート

© ZEISS Archives

写真提供：学校法人北里研究所

ロベルト・コッホ(左から2人目)と
北里柴三郎(右端)(1908年日本で撮影)

コッホ(1843～1910)はドイツの医師、細菌学者。地方で医師を務めながら、炭疽菌や結核菌、コレラ菌など多くの病原菌を発見。現代細菌学の基礎を築いた。1905年ノーベル生理学・医学賞を受賞。

© Science Source/PPS

アントニ・ファン・レーウェンフック
(1632～1723)

アントニ・ファン・レーウェンフックは織物商を営むアマチュア研究者だったが、世界で初めて微生物を観察するなど、多くの業績を残した。彼の使った単式顕微鏡は1枚のレンズを2枚の板で挟んだ単純な装置だが、その倍率は270倍にも達していた。

© Jaroen Rouwkema

レーウェンフックの
単式顕微鏡

猛威をふるい3000万人の命が失われるなど、疫病の克服は人々の長年の願いであり、レーウェンフックの発見はそのための重要な一歩となりました。

その後、顕微鏡の進化は、医学の発展を力強く後押しします。19世紀後半ドイツのカールツァイス社は、物理学者のエルンスト・アッベやガラス職人のオットー・ショットと協力し、600～700倍の倍率を持つ顕微鏡を開発します。19世紀末までには1000倍の像が得られる顕微鏡が誕生し、光学レンズを使った装置としてはほぼ限界まで性能を向上させました。

ロベルト・コッホら医学者たちは、そうした高性能な顕微鏡を使うことで、病気の原因究明や治療法を確立していきました。コッホは結核菌(1882年)・コレラ菌(1883年)を発見し、細胞学の基礎を築きました。また北里柴三郎によるペスト菌発見(1894年)、志賀潔による赤痢菌発見(1897年)など、日本の研究者も顕微鏡を用いることで世界的な業績を成し遂げています。

北里柴三郎(1853～1931)

写真提供：学校法人北里研究所

東京医学校(現在の東大医学部)卒業。ドイツに留学し、コッホのもとで研究を行う。破傷風菌の純粋培養成功、血清療法の発見、ペスト菌の発見など多くの業績を残した。

日本の顕微鏡事始め

© 島津製作所創業記念資料館

江戸時代の国産顕微鏡『天明顕微鏡』

1781(天明元)年、小林規右衛作。最も古いものの一つとされる国産顕微鏡。本体は木製で、3種類の対物レンズが付いている。

© 秋山実

エム・カテラ

1914(大正3)年、工業製品として国産第1号となった顕微鏡「エム・カテラ」。高さは約26センチメートル、接眼レンズ2個、対物レンズ3個を持つ。倍率は60～600倍が選べるようになっていた。名前は開発に携わった3人の頭文字(松本福松＝M、加藤嘉吉＝KA、寺田新太郎＝TERA)をとって付けられた。

『雪華図説』 © 古河歴史博物館

雪華模様訪問着(正定寺蔵) © 古河歴史博物館

古河藩主の土井利位(1789～1848)は、日本で初めて顕微鏡で雪の結晶を観察し、1832(天保3)年『雪華図説』を著した。調度品や着物に雪華模様をちりばめるほど雪の華の美しさに魅せられた利位は「雪の殿様」と親しまれ、その美しい意匠は江戸の庶民にもてはやされた。

オランダから伝来した顕微鏡

中世ヨーロッパで発明された顕微鏡ですが、日本には安土桃山時代、オランダ船によって持ち込まれたと言われています。また江戸時代に入ると、鎖国政策がとられたことで、西洋の顕微鏡をまねた国産顕微鏡もつくられるようになりました。

当時、顕微鏡は大名や学者などに珍重されていました。儒学者の中井履軒は蝿、蚊、シラミ、花粉などを観察して『顕微鏡記』を著したほか、古河藩主の土井利位は20年以上にわたって雪の結晶の観察を続け、『雪華図説』を著しています。

その後、明治に入ると外国から顕微鏡が輸入されるようになりますが、工業製品としての国産第1号は1914(大正3)年の「エム・カテラ」です。ヨーロッパで第1次世界大戦が勃発し、顕微鏡の輸入が途絶えてしまったため、国内で広く使われました。

© Deutsches Museum

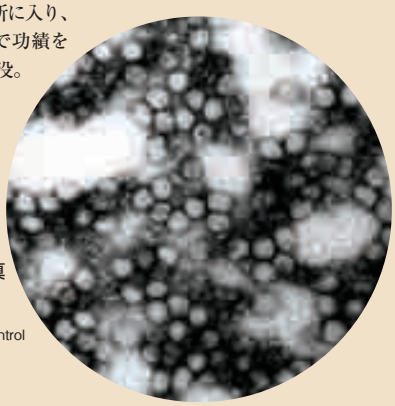
ルスカが開発した透過型電子顕微鏡

エルンスト・ルスカ(1906～88)は1932年マックス・クノールと共に透過型電子顕微鏡(TEM)を世界で初めて開発し、電子顕微鏡の父と称される。1986年ノーベル物理学賞を受賞。

写真提供：(公財)野口英世記念会

野口英世(1876～1928)

医学者、細菌学者。伝染病研究所で北里柴三郎に師事。渡米後ロックフェラー医学研究所に入り、蛇毒や梅毒スピロヘータの研究などで功績をあげた。黄熱病の研究中に感染して病没。



黄熱ウイルス顕微鏡写真
(23万4,000倍)

© US Centers for Disease Control

光から電子の時代へ

より小さなものを見るために

細菌学者としてノーベル賞候補にもなった野口英世は晩年、黄熱病の研究に力を注ぎました。しかし、結局その病原体を発見することができず、自らも黄熱病にかかって亡くなっています。実は当時の顕微鏡では見ることのできない小さな物質、ウイルスこそが黄熱病の病原体でした。また1910年代、全世界でスペイン風邪が猛威をふるい2000万人以上が亡くなりましたが、この病原体もインフルエンザウイルスでした。

もっと小さな世界を見ることができたら――。それは人々の願いでしたが、光学顕微鏡には限界がありました。光学顕微鏡は目に見える光(可視光線)を使って観察を行います。そのため、可視光線の波長(0・5マイクロメートル)より小さなものは見ることができません。細菌より小さなウイルスなどを観察するにはもっと波長の短い光源を使った装置が必要だったのです。そこで着想されたのが、光より波長の短い電子を使った電子顕微鏡でした。19世紀末、電流・電圧の変化をブラウン管の画面で見ることができる「オシロスコープ」が発明され、その技術を応用することで、電子顕微鏡の開発が進められていきます。

1932年エルンスト・ルスカが中心となって世界初の電子顕微鏡の試作機が完成しました。1937年にはドイツ・シーメンス社によって商用機が製造され、ウイルスの観察にも成功。これにより電子顕微鏡の時代が幕を開けます。

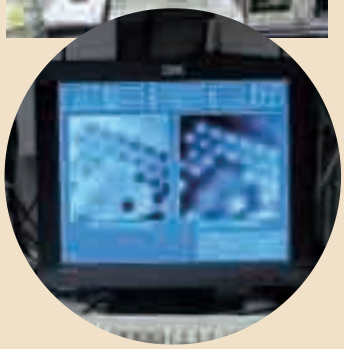
© IBM Corporation

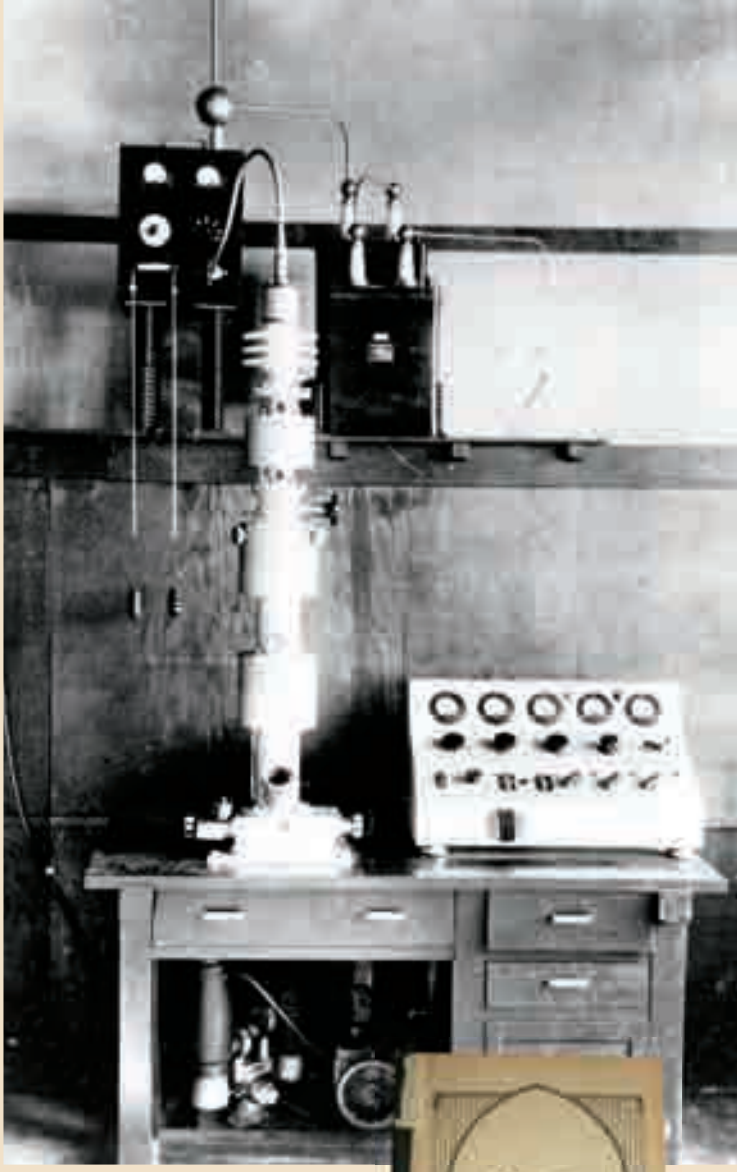
「A Boy and His Atom(少年と彼の原子)」

“世界最小の映画”として2013年ギネスブックに認定された。IBMの基礎研究所IBM Researchが、IBMが発明しノーベル物理学賞を受賞した走査型トンネル顕微鏡を使って原子を動かし、映画を製作した。

© IBM Corporation

何千もの正確に配置された原子を用いて約250フレームのコマ撮り撮影で製作。





1947(昭和22)年に開発された透過型電子顕微鏡と設計ノート

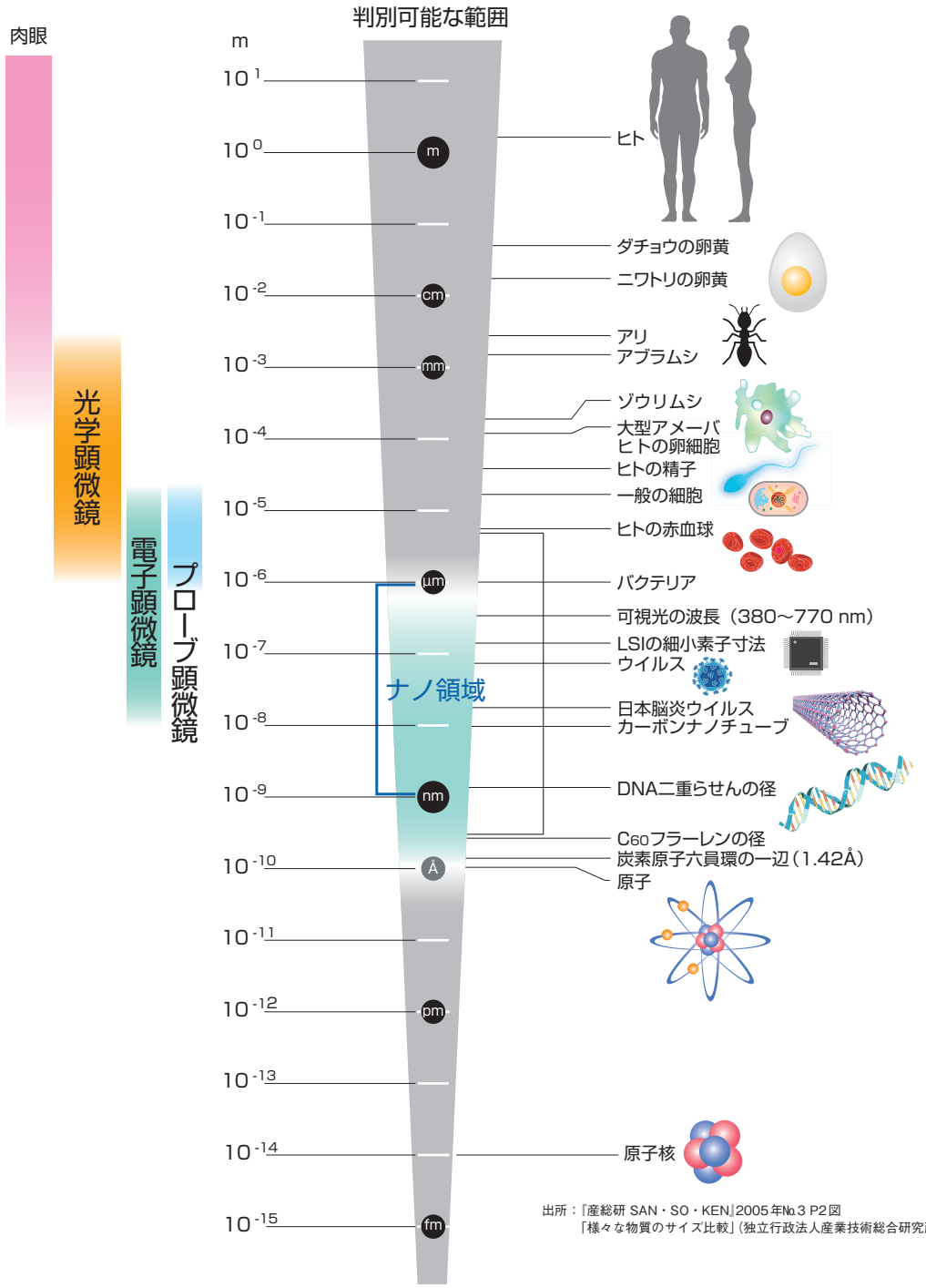
日本電子(株)の創業者の一人である伊藤一夫が設計したDA－1。その設計ノートは新しい技術開発に取り組む際の苦闘を物語る貴重な資料で、唯一現存するDA－1と共に、日本の電子顕微鏡発展のマイルストーンとして国立科学博物館が定める未来技術遺産に2010年度登録された。

© 日本電子(株)

日本でもドイツの電子顕微鏡開発の成功を受け、1939(昭和14)年、電気試験所技師の笠井完が中心となり、日本学術振興会のもとで産官学連携によるプロジェクトが立ち上がりました。国家プロジェクトとして研究が行われた結果、短い期間で国産電子顕微鏡の開発に成功。戦後間もなく商用機も誕生し、1955(昭和30)年には海外への輸出も始めています。

ルスカによる発明以来、医学・生物学分野において電子顕微鏡は不可欠な存在となりました。加えて1970年代に入ると、先進国では自動車など高度な工業製品のニーズが高まり、材料の性能向上のため、結晶構造の観察・分析などにも電子顕微鏡が活用されるようになります。電子顕微鏡は現在も改良を重ねられており、例えば従来は観察が難しかったリチウムなどの軽い元素も見られるようになるなど、今後も科学や産業分野において重要な役割を果たしていくことは間違いありません。

中世ヨーロッパで誕生した顕微鏡。小さな世界を知ることで、私たちの暮らしは大きく変わっていきました。光学から電子へ。顕微鏡は進化を続け、これからも私たちに未知の扉を開いてくれることでしょう。



出所：『産総研 SAN・SO・KEN』2005年No.3 P2図
「様々な物質のサイズ比較」（独立行政法人産業技術総合研究所）

顕微鏡で何が見えるのか

観察可能範囲とサイズ比較

電子顕微鏡の発達によって、ヒトの眼や光学顕微鏡では見ることができなかったナノメートルという微細な単位のものを観察することが可能になった。1ナノメートルとは10億分の1メートル。その大きさは、メートルの世界に生きるヒトの1,000分の1がアリ(ミリメートル)、アリの1,000分の1がバクテリア(マイクロメートル)、バクテリアの1,000分の1がDNA二重らせんの径(ナノメートル)とたどって、やっと到達する。ナノとはラテン語で「小人」を意味するnanusに由来する。ナノの世界を観察する研究者や技術者は、まさに小人の国を旅するガリバーのような存在なのだ。

顕微鏡の種類

● 光学顕微鏡

試料を透過または反射した光を観察する顕微鏡

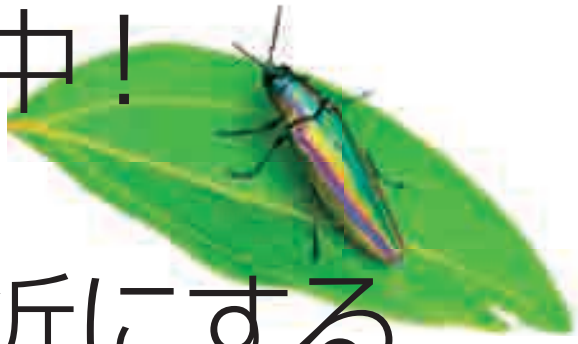
● 電子顕微鏡

光の代わりに電子線を当てて拡大観察する顕微鏡。試料を透過した電子線の束を拡大観察する透過型電子顕微鏡(TEM)と、試料の表面を電子線でなぞり飛び出してくる電子を検出・画像化する走査型電子顕微鏡(SEM)がある

●プローブ顕微鏡

先端を尖らせた針を用いて、試料の表面をなぞるように動かして表面状態を拡大観察する顕微鏡

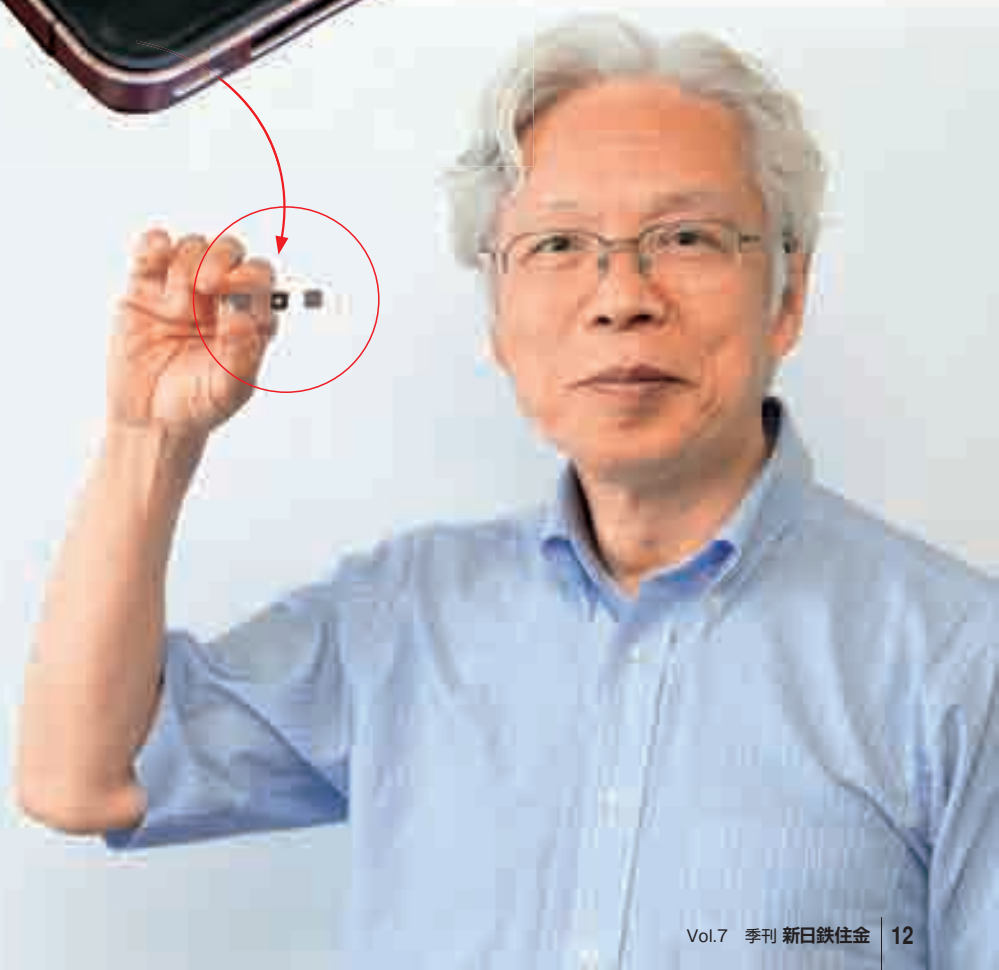
大人も子どもも夢中！ スマホ顕微鏡が ミクロの世界を身近にする



総合研究大学院大学理事　永山 國昭氏

スマートフォンのカメラをフロント設定にして平らな場所に置く。
試料板に観察したい試料を載せ、
その試料板をカメラの上にセットするだけ。

タマムシの羽根



スマホ顕微鏡

観察対象は30〜100倍の倍率で液晶画面に写り、そのままカメラやビデオ撮影もできる。タブレット型PCなどにも設置でき、プロジェクターとつなげば、スクリーン上にも映せる。リアルタイムでミクロ世界を共有できる楽しさが魅力だ。

Leye

私は2001年から、小・中・高校で科学の出前授業を行ってきました。そこで子どもたちに使わせていたのが単式顕微鏡です。現代では顕微鏡といえば、対物レンズと接眼レンズを組み合わせた複式顕微鏡ですが、オランダのアント二・ファン・レーウェンフックが17世紀に発明した単式顕微鏡は、ボールレンズ1個を板で挟むという簡易な構造にもかかわらず、非常に性能が良く、それによって多くの生物学上の新発見がなされました。ただし単式顕微鏡は、操作が難しいという欠点があります。これが複式顕微鏡に敗れた原因でもありました。

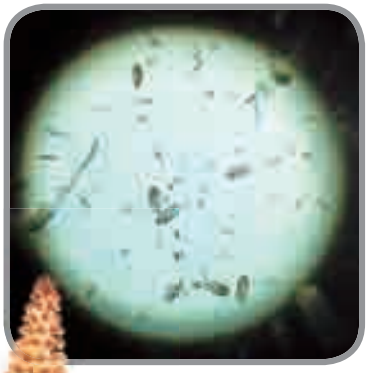
子どもたちは顕微鏡をのぞくと、目がきらきらと輝きます。とはいえ、やはり操作が難しく、両手がふさがるので観察しながらスケッチもできません。この単式顕微鏡をもっと使いやすくして、たくさんの人がミクロの世界を身近に楽しめるようにできないだろうか。そう思い、10年来の開発の末に誕生したのがスマホ顕微鏡「Ｌｅｙｅ(エルアイ)」です。

開発当時、スマートフォンを使った顕微鏡はすでに存在していましたが、操作性が悪く、ほとんど普及していませんでした。元技術員の伊藤さんと四苦八苦しているうちに、それまでバックカメラに取り付けていたレンズを、液晶側のフロントカメラに付けようということになりました。単純な発想ですが、まさにコロンブスの卵。机の上にスマホを置けるので安定するし、観察時の手ぶれも起きません。また手元を照らすための大がかりな照明も不要です。つまり飛躍的に操作性の良い顕微鏡が誕生したのです。

おかげさまでＬｅｙｅは大きな話題となり、子どもから大人まで、多くの方がミクロの世界に触れるきっかけづくりができました。特に子どもたちの発想はユニークで、犬の肉球を観察したのには驚きました(笑)。従来の顕微鏡ではこれは無理だった。けれどＬｅｙｅなら、足を上に載せればよいのですから、犬も嫌がりません。その子はＬｅｙｅの特長を最大限に利用したわけです。

99・9パーセントの生物種は人間より小さい、つまり「life is small」です。フェイスブックに同名のグループも立ち上げ、メンバーが撮影した画像や動画を毎日アップしています。ミクロの世界は奥深く、まだまだ知られていないことがたくさんあります。Ｌｅｙｅを通じて、将来レーウェンフックのような生物学上の新発見が生まれることを期待しています。(談)

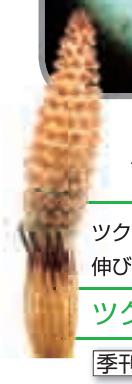
永山 國昭（ながやま・くにあき）
1945年生まれ。理学博士。83年日本電子(株)研究室長、93年東京大学教養学部教授、97年生理学研究所教授などを経て、2014年から総合研究大学院大学理事、生理学研究所名誉教授。01年位相差電子顕微鏡の開発に成功し、電子線構造生物学、ナノ形態生物学の新風を吹き込んだ。専門は生物物理学。主な著書に『生物物理学入門』(東京大学出版会)。



ミドリゾーリムシと
ミドリムシの共存像

ホロホロチョウの羽根

クジャクの羽根



ツクシの胞子に息を吹きかけると、４本の細長い手足のような弾糸(だんし)が、伸びたり縮んだりする。まるでダンスをしているようだ。

ツクシ胞子のダンス　ウェブサイトで動画を公開中

季刊 新日鉄住金　検索

ナノのお手本は人体

ごく自然に使われている鉄こそナノテク材料

nanotechnology

000 001m

大阪大学産業科学研究所 特任教授　川合 知二氏

ナノは基準となる単位の「10億分の1」を意味しており、1ナノメートルは1メートルの10億分の1、1ミリの100万分の1です。ではものづくりにおいて、ナノテクとは何でしょうか。まず昔の土器を思い浮かべてください。人は手で土を練って形にしました。その美しい精密さはミリ単位です。つまり目に見える細かさでしかありません。ところが最近の炭素繊維や鉄鋼材料はナノ単位でつくり込まれています。ミリからナノへという流れは、ものを精緻につくって性能を発揮するための必然でした。

では、なぜミリではダメだったのかというと、人間の体を見るとよくわかります。私たちの腕や手、指、爪はメートル、センチ、ミリ単位です。しかし体を形成しているタンパク質やDNAなどは、例外なくナノ単位の物質です。高機能化していくと、元の大きさはナノになることを、私たちの体が証明しています。

次に湧いてくる疑問は、なぜナノよりも小さい単位が基本にならないのかということです。答えははっきりしています。原子の大きさが、およそ0・1ナノメートルだからです。原子が集まって直線に並んだり、三角形をつくったりして、機能を現わしても、その大きさは数十～数百ナノメートルに過ぎません。したがってナノが機能の根源的な大きさであり、ナノを制御することで初めて機能を発揮させることができることがわかります。

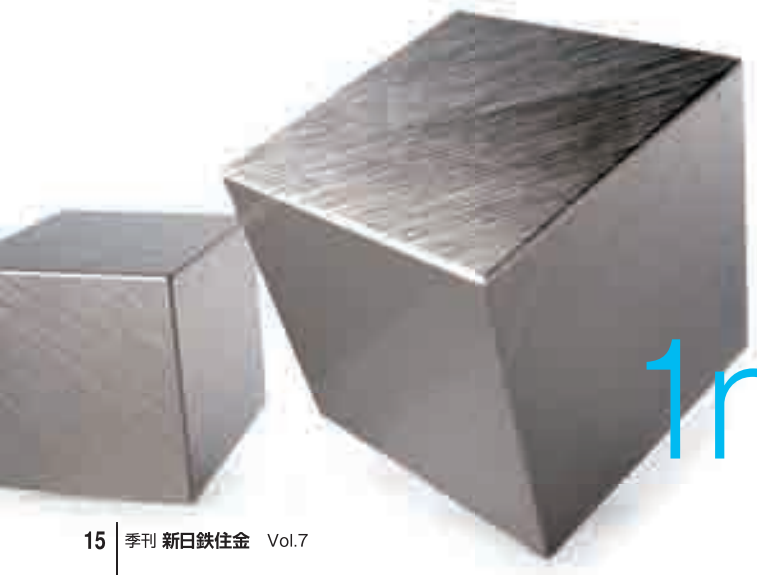
私たちは長い間、ナノの世界を目で見ることはできませんでした。それが電子顕微鏡の登場で、人は初めてナノに迫ることができるようになりました。そして科学の発展に伴って、ナノを制御するものづくり技術が発達したのです。現在、私たちの身の回りにはナノテク製品があふれています。特許比率を見ると、ナノテク材料は企業の売上に寄与しています。特に日本ではさまざまな発明がなされています。

意識されなくなった、当たり前になったことは良いことであるものの、そこを強みとしているという事実を改めて認識すべきです。例えば日本の医療ではペースメーカー、補聴器、人工関節などが使われています。これはロボット技術と密接に関連しています。私たちの体はナノ単位でできているので、ナノ制御ができないと人工物を導入しても機能しません。ピンポイントで薬を体の必要なところへ狙い通りに届けるドラッグ・デリバリーや、涙や汗など生体システムを利用して病気を事前に感知するバイオセンシングでは、ナノ空間で遺伝子を読み解いていきます。そのときエレクトロニクス技術とナノ加工技術、バイオ技術の融合が重要になります。

材料開発でもナノテクの蓄積があります。特に鉄はナノの組織制御によって、ありとあらゆる機能を発揮しています。鉄は、当たり前になって意識されずに使われているナノテク材料の代表といえます。これからも鉄は日本のナノテク材料開発をリードしていってくれるものと期待しています。（談）

川合 知二（かわい・ともじ）

1946年生まれ。69年東京大学理学部化学科卒業、74年同大学院理学系研究科博士課程修了、理学博士。92年大阪大学産業科学研究所教授、2002年同産業科学ナノテクノロジーセンター長、04年同産業科学研究所長などを経て現職。専門は多機能が調和した人工生体情報材料の創成、DNAナノテクノロジー。主な著書に『ナノテクノロジー　極微科学とは何か』（PHP新書）、『ナノテクノロジー入門』（オーム社）。



見ることから始まる ものづくりの旅

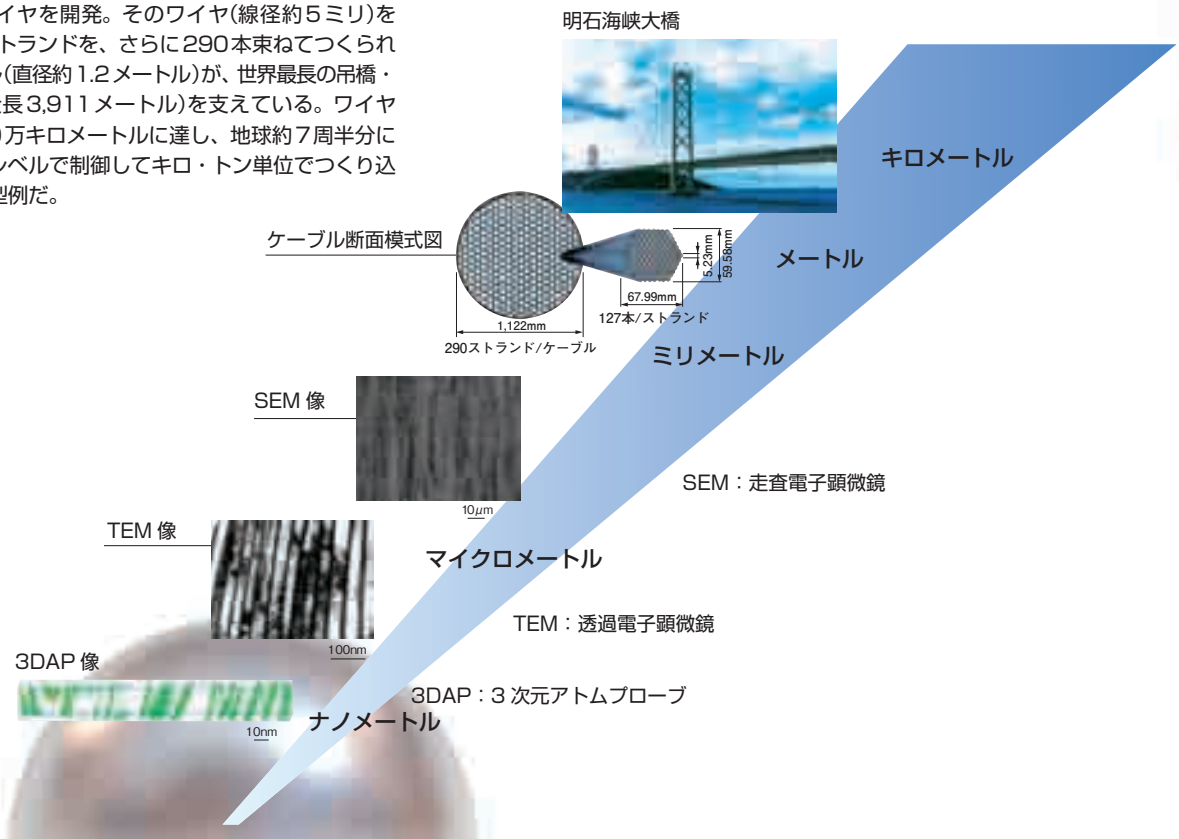
鉄は乗り物やビル、橋、家電など、私たちの身近なあらゆるものに使われている欠かせない材料です。鉄の特性を最大限に引き出すためには、その本質をよく見て、よく知り、よく考えることが大切です。鉄づくりは中身を見ることから始まるのです。新日鉄住金のラボ（研究所）でその研究開発の一端を見てみましょう。

新日鉄住金の Open Lab

オープンラボ

ナノレベルで制御してキロ・トンでつくり込む

新日鉄住金はナノオーダーでの組織解析で、世界最高の引張強さを持つワイヤを開発。そのワイヤ(線径約５ミリ)を127本束ねたストランドを、さらに290本束ねてつくられたメインケーブル(直径約1.2メートル)が、世界最長の吊橋・明石海峡大橋(全長3,911メートル)を支えている。ワイヤの総距離は約30万キロメートルに達し、地球約７周半分に相当する。ナノレベルで制御してキロ・トン単位でつくり込む鉄の成果の典型例だ。



暮らしを豊かにするイノベーション

鉄には〝重くて硬い〟というイメージがあります。しかし実際には〝軽くて軟らかい〟ものもあり、用途に応じて多種多様な性質や形状を持つ鉄がつくられています。

新日鉄住金は、最終製品をつくるお客様に「どんなビルを建てたいのか」「どんなデザイン・性能の車にするのか」「鉄をどこに、どんな形で使うのか」と話を伺います。そしてお客様の求める材料を検討し、その材料の性能に基づいたシミュレーションを行います。お客様の製品設計段階から情報を共有して、ニーズをいち早く理解することで、そのニーズに応じた材料を供給するだけでなく、利用技術を含めたソリューション(※1)を提供しているのです。

鉄のさまざまな性質を引き出し、多様な形につくり込むためには、鉄の本質をよく理解することが大切です。例えば昆虫について知りたい場合、虫眼鏡で様子を観察し、さらに刺激を与えて反応を見て、その生態に迫っていきますが、それと同じです。技術者たちは、研究所で電子顕微鏡などを使い、組織を詳細に観察します。そして外部から加わる大きな力や熱などのストレスに対して、どのように変化していくのか、その変化の過程を捉えます。変化を予測できると、鉄の性質を正しく理解でき、多様な材料を設計することが可能となるからです。こうした基盤研究のもと、お客様の求める特性を持つ製品を生み出しています。

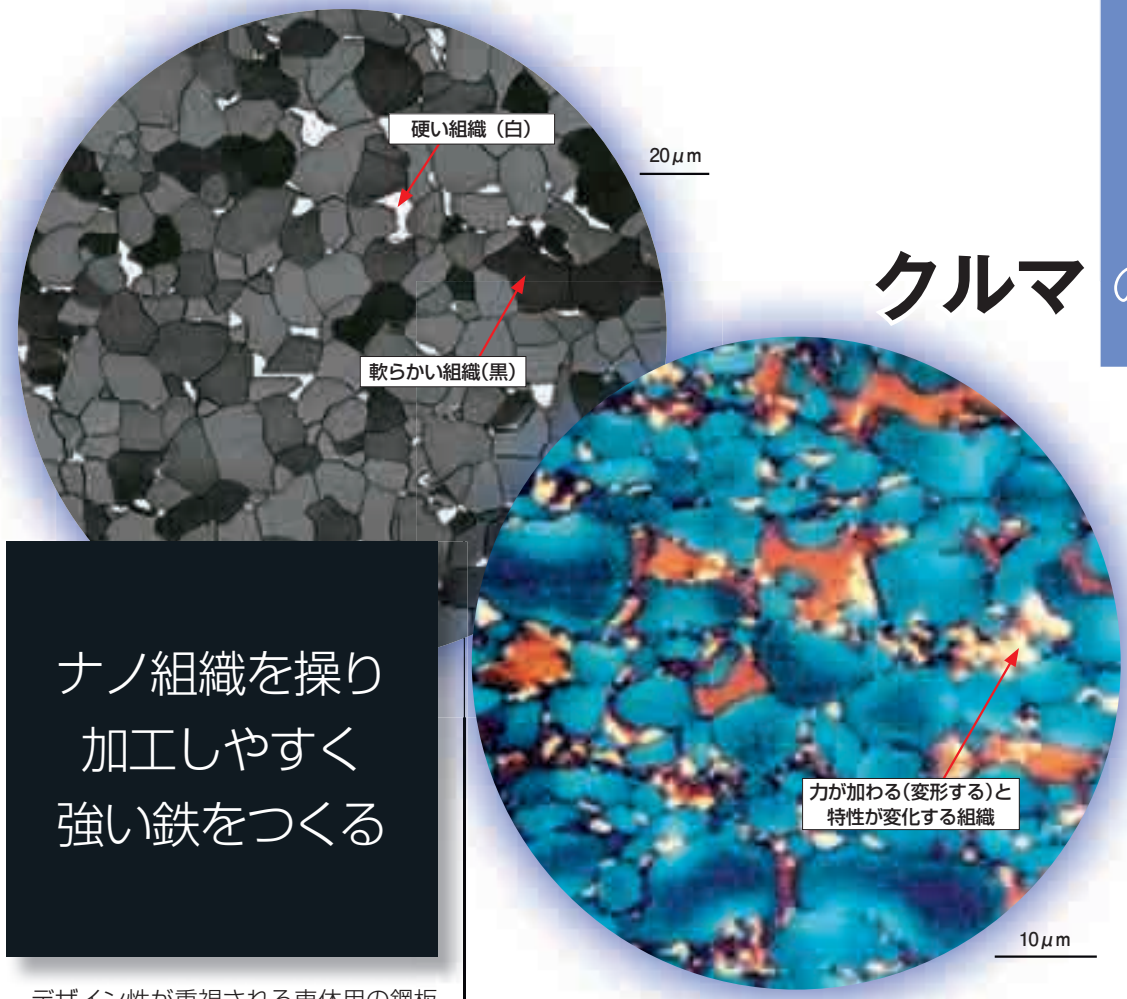
鉄を進化させる研究開発の難しさは、品質コントロールにあります。電子顕微鏡など観察・解析装置の発達によって、組織をナノオーダーで制御できるようになりました。しかし実際のつくり込みはキロ・トン単位で行われます。高品質な製品を、製鉄所で何十、何百トンと大量生産するときに、ものづくりの真価が問われます。新日鉄住金では、鉄の製造工程で起こる材料内部の変化も研究所で解明し、世界最高水準の設備とノウハウを活かして、最適な製造プロセスを構築しています。こうしたプロセス研究に取り組むことで、お客様の求める製品の安定供給を実現しています。

鉄のことを知り尽くしているエキスパートだからこそ、暮らしを豊かにする自動車や建築、家電などの材料に使われる製品をつくることができるのです。

※1 ソリューション：鉄は切断、加工、溶接、組み立てなどを経て最終製品となります。そこで、お客様が手を加えるところまで配慮して、鉄の材質をつくり込み、お客様に納入しています。

1

クルマのオープンラボ



DP 鋼（左上）と TRIP 鋼のミクロ組織

ナノ組織を操り 加工しやすく 強い鉄をつくる

デザイン性が重視される車体用の鋼板には、延ばす、絞るなど複雑な成形性が求められます。そこで生まれたのが、軟らかい結晶組織と硬い結晶組織を混ぜるという発想でした。鉄は高温時と低温時で結晶構造が異なります。その性質を利用して、鉄をつくる熱処理過程で緻密な温度制御を行い、硬・軟２つの結晶組織をバランスよく分散させることで、強さと成形のしやすさを両立したのがDP(Dual Phase)鋼です。

見る技術

組織をナノレベルで
観察して特性を理解し、
変幻自在な鋼板開発に
取り組んでいます

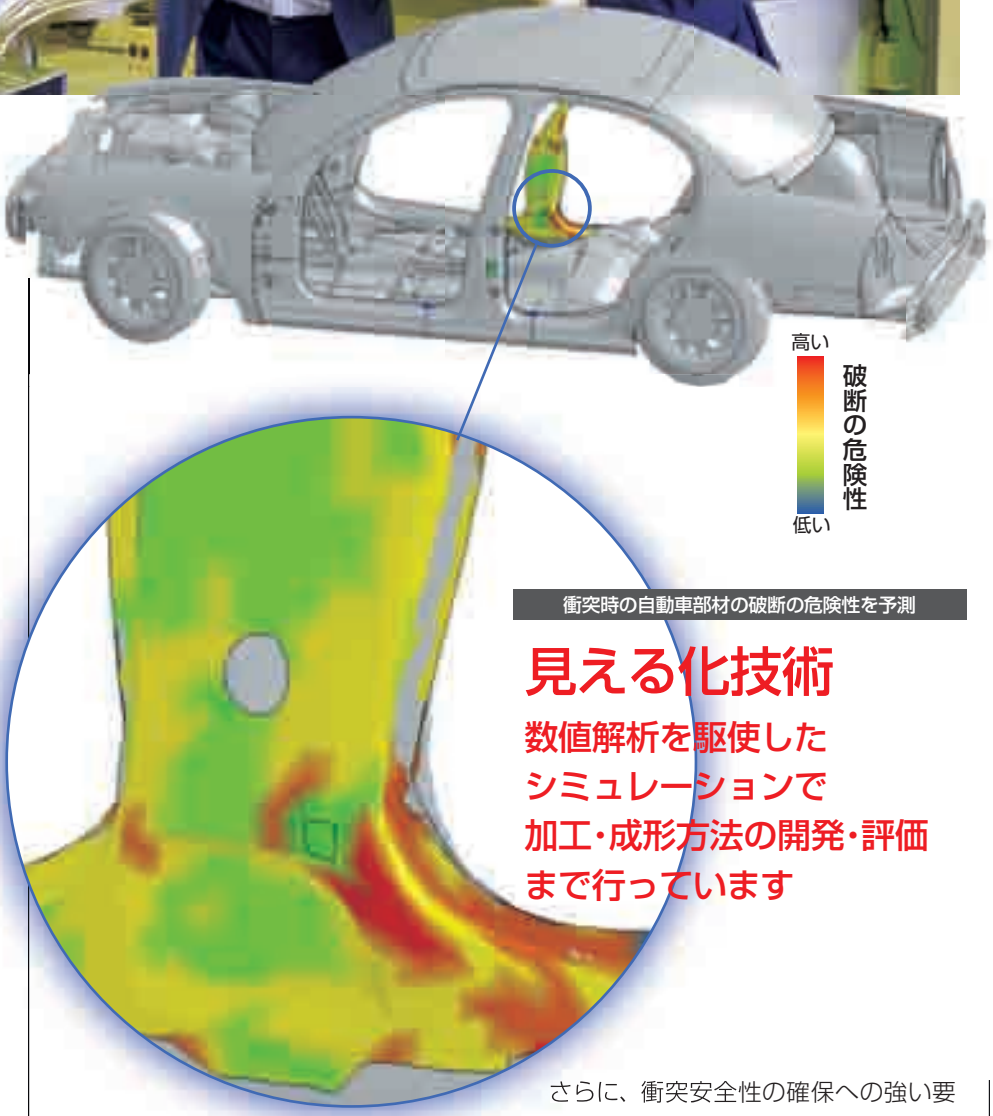
1台のクルマには使用目的に合わせて100種類以上の鉄鋼材料が使われています。その中で車体用の鋼板には、美しいデザインを可能にする「加工しやすい鉄」と、軽量化による燃費向上と衝突安全性を両立する「薄くても強い鉄」が求められてきました。この相反する機能の実現を追求し、クルマの進化を材料の側面から支えています。

軟らかさと強さを極める鉄

自動車の車体を支える“柱”となるフロントピラーやセンターピラーなど、形状が複雑な部品の成形では、割れやしわが発生しやすいため、材料に高い延び特性が必要となります。一方、ピラーはクルマの屋根を支えるだけでなく、衝突安全性や車体剛性の確保という重要な役割を担っているため、高い強度も求められます。衝突時の材料破断の危険性が高いことは、数値解析を駆使したシミュレーション(見える化)によってわかっていますが、これまで加工性の問題から強度590MPa※2級のプレス用鋼板の適用が限界でした。

こうした中、新プレス工法NSafe®-FORM-LTを開発し、非常に強度が高くプレスが難しい980MPa超級での複雑な形状の成形を可能にしました。新プレス工法は金型内で変形していく鋼板の動きを見える化することで、鋼板の打ち抜き加工の形や変形の仕方を変えることができるようになり、割れやしわの発生を克服しました。これからも部品の要求性能に応じた各種鋼板の開発と、プレス成形などのアプリケーション技術の開発を通して、クルマの安全性と燃費の向上に貢献していきます。

鋼板の最適な加工･成形方法を提案する



衝突時の自動車部材の破断の危険性を予測

見える化技術

数値解析を駆使したシミュレーションで加工･成形方法の開発･評価まで行っています

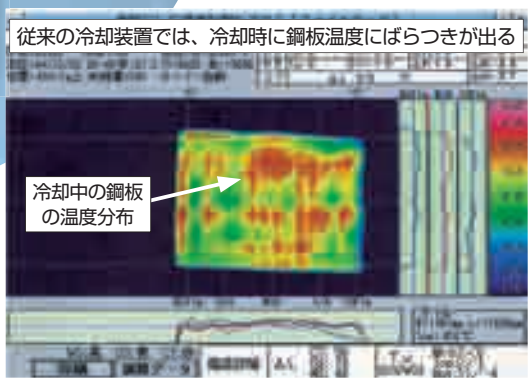
さらに、衝突安全性の確保への強い要求に応えるため、より強く成形性に優れた鉄づくりに挑戦。DP鋼開発で培った複合組織化技術を活かして、最適な組成と熱処理条件を導き出し、成形性を維持しながら衝突時の強度をさらに高めたTRIP(Transformation Induced Plasticity)鋼を開発しました。TRIP鋼は、力が加わると軟らかい組織が硬い組織に変化することで、衝撃を吸収できます。これらの基本技術はさらなる進化を続けており、現在では、従来をはるかに上回る強さと成形性を兼ね備えた鋼板を実現しています。これらの鋼板により、車体軽量化による燃費向上と衝突安全性向上へのニーズに応えています。

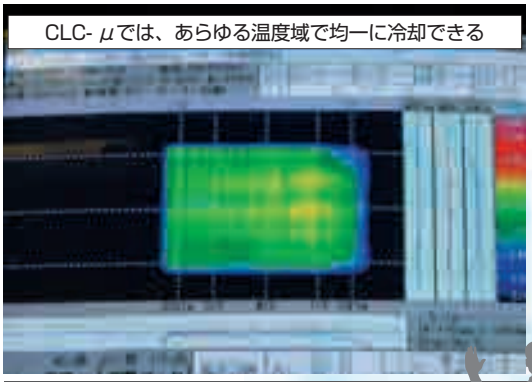
※2　MPa：メガパスカル。引張り強さや圧力の単位

2

高層建築のオープンラボ

昔から人はより高い建物をつくることに情熱を燃やしてきました。日本でも東京タワーや霞が関ビルから、東京スカイツリー®、あべのハルカスに至るまで、数多くの高層建築物が建てられています。地震が多い日本で高層建築を可能にするには、強くて粘りがあり壊れにくい鋼材が求められます。新日鉄住金は安全・安心な社会インフラづくりに貢献する鉄づくりを追求しています。





世界でも類のない冷却装置「CLC-μ」を開発

見る技術

数十トン単位のダイナミックな製造工程の舞台裏では、ミクロン・ナノレベルで結晶を制御する緻密な世界が広がっています

鉄の結晶を微細化し強靭な厚板をつくり込む

高層建築の柱や梁には、6～100ミリ厚の鋼材が使われていますが、この鋼材には強さ(強度)と粘り強く壊れにくい性質(靱性)が求められます。強度と靱性を両立させる最も有力な方法は、鉄の結晶粒を小さくすることです。

製鉄所では、例えば1,200℃以上に熱した鉄の塊に、強い圧力をかけて目的の厚みに延ばしていきます(圧延)。このとき大きさ数十ミクロン～数百ミクロンの鉄の結晶は、つぶされて長く延びていきますが、やがてその結晶の中に新しい小さな結晶が生まれます(再結晶)。続いて少し低い800～900℃の温度で延ばしますが、再結晶は起こらず結晶粒はつぶされたままの状態で残ります。このつぶされた結晶は、圧延後に一定の温度以下になると、大変小さな結晶に変化します(相変態)。しかし、その小さな結晶も時間とともに成長して大きくなるため、圧延終了後に水で冷やすこと(冷却)でその成長を抑え、数ミクロンの大変小さな結晶粒をつくり込んでいます(TMCP※3技術)。

新日鉄住金は幅5メートル、長さ30メートルにも及ぶ鋼材を、ミクロン単位で品質のバラツキなくつくるために、TMCP技術を磨き、世界でも類のない冷却装置「CLC-μ」※4をつくりました。この装置は24時間稼働に耐えるように、実物規模の試験も行って開発したもので、鋼材全体を狙いどおりの速度で均一に冷却して、狙った温度で止めるといったコントロールができ、従来の温度ばらつきを半減することに成功し、鉄の結晶を微細化して強靭な厚板をつくり込んでいます。

※3　TMCP(Thermo Mechanical Control Process)：熱加工制御
※4　CLC(Continuous on Line Control Process)：冷却制御プロセス

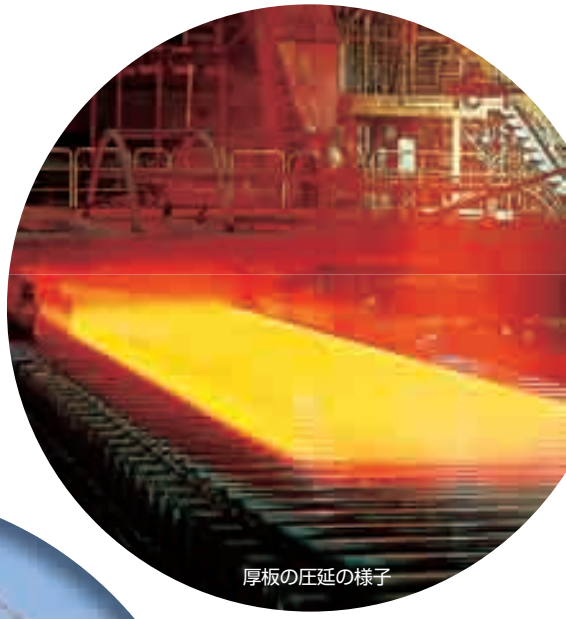
インフラを支えるたくましい鉄

© 近畿日本鉄道(株)

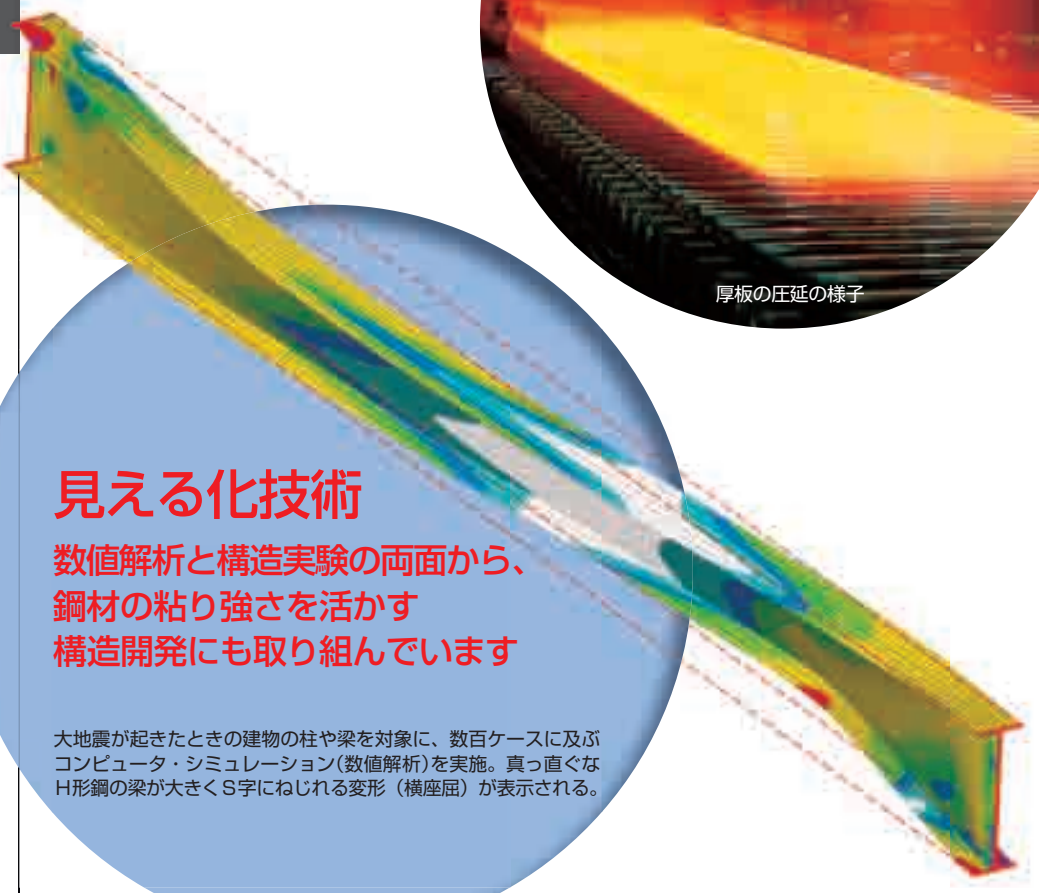
世界最大級の大型構造物交番載荷装置
（荷重 1,000 トン、載荷ストローク 1.2 メートル）

柱曲げ試験前の緊張の一瞬

CLC- μ開発時の実物大試験装置



厚板の圧延の様子



見える化技術

数値解析と構造実験の両面から、鋼材の粘り強さを活かす構造開発にも取り組んでいます

大地震が起きたときの建物の柱や梁を対象に、数百ケースに及ぶコンピュータ・シミュレーション（数値解析）を実施。真っ直ぐなH形鋼の梁が大きくS字にねじれる変形（横座屈）が表示される。

地震が多い日本では、建物に求められる耐震性が年々高まっています。ここで紹介した粘り強く壊れにくい厚板やH形鋼が、建物の柱や梁に使われたとき、果たしてその真価を十分に発揮できるのでしょうか。

新日鉄住金では世界最大級の試験装置で柱や梁の性能を検証しています。大地震の揺れにどこまで耐え抜くことができるかを確認するため、まず数百ケースに及ぶコンピュータ・シミュレーション（数値解析）を行っています。次に実物大の試験体をつくり、壊れるまで力を加え、その壊れ方を観察します。大きな試験装置のおかげで、より大きな地震の揺れを再現することができます。

このような数値解析と構造実験の両面から、鋼（はがね）の粘り強さを活かす構造開発に取り組み、材料技術の開発とあわせて建築物の安全性向上に貢献しています。

地震の揺れに耐え抜く鋼材を追求する

粘り強く大きく変形した耐震性の高いH形鋼の梁性状を確認

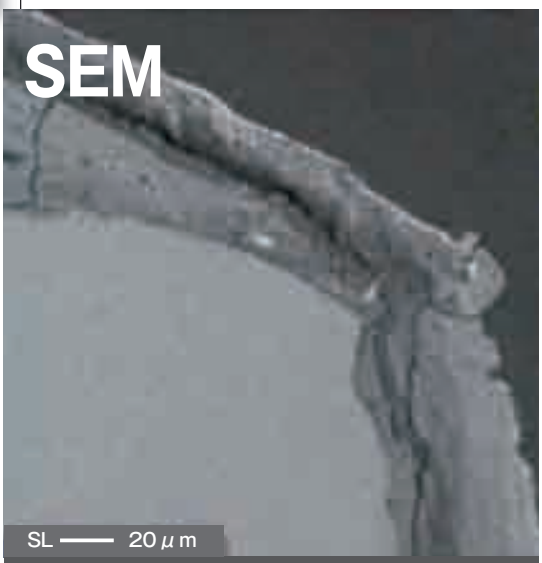
3

家電のオープンラボ

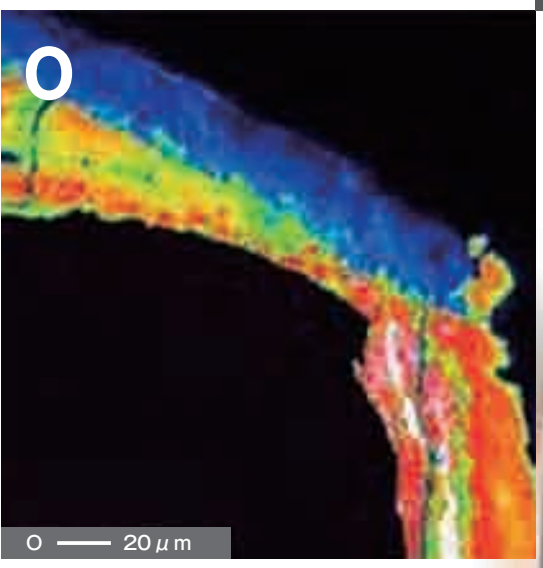
冷蔵庫のドアにメモやチラシをマグネットで貼り付けることができるのは、なぜでしょう。それは鉄でできているからです。私たちの身の回りにあり、何気なく触れる家電製品に鉄が使われています。強い、加工しやすい、さびにくい、熱を逃がしやすい、汚れにくい、見た目が美しいなど、さまざまな機能を持たせるために、表面に特殊な処理を施す技術を開発し、私たちの暮らしをより快適にしています。

新しい機能を加えてさらなる使いやすさを追求

鉄の最大の敵はさびです。でも鉄はこんな身近にあるのに、赤茶けたさびを見ることが減っていませんか？屋外で風雨にさらされるエアコンの室外機や水回りの洗濯機などには、溶けた亜鉛で鋼材表面を覆う溶融亜鉛めっき鋼板やその上に塗装した鋼板が使われています。塗装により水分の侵入を防ぐとともに、鉄よりも酸化しやすく溶けやすい亜鉛が先に溶け出すことによって、たとえ塗膜にキズがついてもそこから赤さびが進行することを抑えているのです。さらに研究所でさび(腐食)の抑制効果のメカニズムを突き止めて、もっとさびに強いめっきも開発されています。



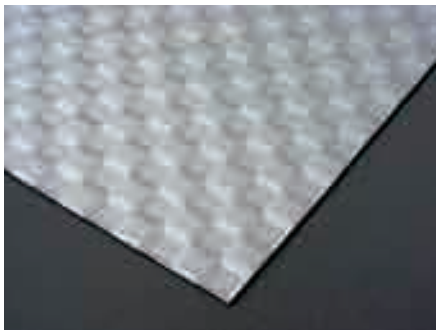
曝露試験を行い、鋼板の切断端面付近を走査型電子顕微鏡(上)と電子線マイクロアナライザによる元素マッピング(左下)で観察。表面処理が腐食を抑えるメカニズムの解明に役立っている。



見る技術

10年にわたり
実証実験を行い、
さびの進行を抑える
性能などを確かめています

暮らしを快適にする鉄

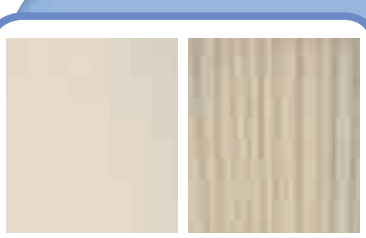


家電の筐体などは、曲げやねじれに耐える強さ（剛性）が求められる。そこで凹凸をつけて、凹凸の接続部の形状も工夫することで剛性を高めた（LATIS®）

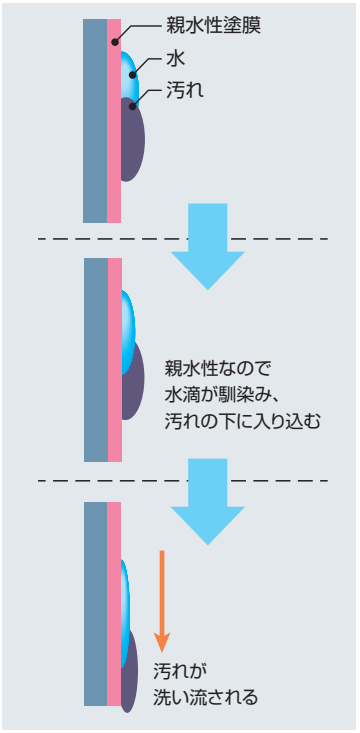
家電製品に鋼材が利用されるとき、さまざまな“かたち”に加工されます。新日鉄住金は、より優れた“かたち”を導き出すための技術“かたちソリューション®”の研究を進めています。かたちソリューションとは、建築物のような大型構造体の開発で培った形状設計技術を、家電製品のような小型構造体に応用し、より軽く、より強く、といったお客様のニーズに応えるための技術の集合体です。建築と家電は大きさも機能も異なりますが、その構造をシンプルな棒や面に単純化すれば、実は同じように設計できるのです。

かたちソリューションでは、特定の製品に対する改良提案を行うだけでなく、さまざまな製品へ応用可能な剛性向上のシーズ技術も提案しています。パネルの曲げ剛性※5とねじれ剛性を同時に改善できるエンボス鋼板（LATIS®）の開発はその好例です。機能美を兼ね備えた“かたち”に着目し、これからも新たな鋼材利用のアイデアを創造していきます。

機能美を兼ね備えた「かたちソリューション®」を提案



当社従来品（右。エアコン室外機用ビューコート）に比べて、セルフクリーニングタイプは耐雨だれ汚染性に優れ、きれいな外観を保つ



セルフクリーニングのメカニズム

屋外や水回りで使われる家電にはさびにくさが求められる一方、ヒートポンプ給湯器など大型の室外機には汚れにくいことも求められるようになりました。新日鉄住金は降り注ぐ雨を利用して汚れを洗い流すセルフクリーニングタイプの鋼板を開発しました。

テレビやＤＶＤレコーダー、複写機・プリンターなどの屋内で使われる家電では美しい外観が求められます。そこで薄くてきれいな外観の電気亜鉛めっき鋼板やさらにその上に薄い着色塗膜をもうけた意匠鋼板（NSジンコート®カラー）をつくっています。

またAV製品にもさまざまな機能が求められています。AV製品に触れると意外に熱いことに驚いたことはありませんか。AV製品は高性能化により発熱量が増加するとともに、高集積化や小型化・薄型化が進み、製品容積当たりの熱負荷も増加しています。狭い空間ではファンを置くこともできず、熱に弱い電子部品を守ることができません。そこで着色塗膜に高い放熱性で熱の上昇を抑える性能を加え、さらに電磁波によるノイズを避けるために、シールド性も確保した導電吸熱鋼板を生み出しました。このように長年培った表面処理技術の粋を集め、多様な機能を持つ表面処理鋼板を開発し、家電製品の進化を支えています。

NS ジンコート® カラーを用いた薄型テレビのバックカバー

※5 剛性（ごうせい）：物体に力を加えて変形させようとするとき、変形に抵抗する性質

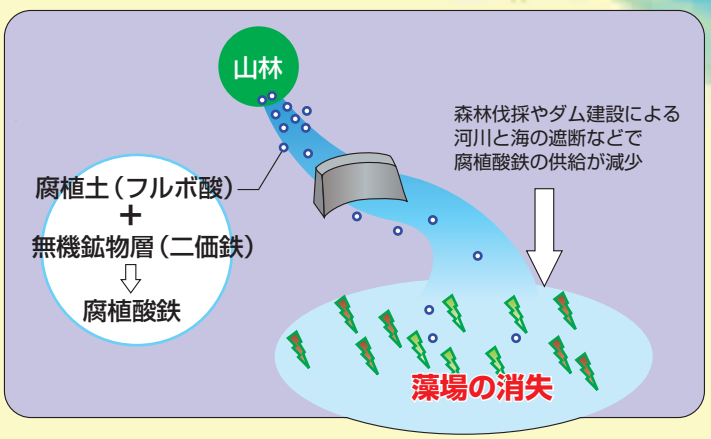
鉄鋼メーカーがこんなことまで?!
鉄を利用した海の森づくり

コンブやワカメなどの海藻類が生えなくなり、海が砂漠化する磯焼け。沿岸での生物の生育環境の悪化が、漁業にも深刻な打撃を与えています。昔から川を通じて山から供給されてきた鉄分をはじめとする栄養分の不足が一因と言われています。自然界の鉄分不足を補うため、新日鉄住金では鉄分供給ユニットを開発。日本の藻場を再生する「海の森づくり」に取り組んでいます。

海の生態系が脅かされている！

海の生態系を脅かす磯焼けの原因は、海水温の上昇や水質汚濁といった環境変化や、海藻類をウニや魚が食い荒らす現象、海中の栄養分の減少など、複数の要因が絡んでいると言われ、全国でさまざまな対策が考えられ、藻場をつくる実証試験が進められている。

海藻類の生長に欠かせない微量元素の鉄に着目すると、海に流れ込む川の上流での森林伐採やダム建設などの開発によって、落ち葉が堆積してできた腐植土に含まれるフルボ酸が鉄分と結びついた「腐植酸鉄」が海に流れ込みにくくなっている。そこで新日鉄住金は森と川と海のつながりに着目し、磯焼けが起きている沿岸に鉄分を供給することで、藻場を復活させるプロジェクト「海の森づくり」に2000年代前半から取り組み始めた。

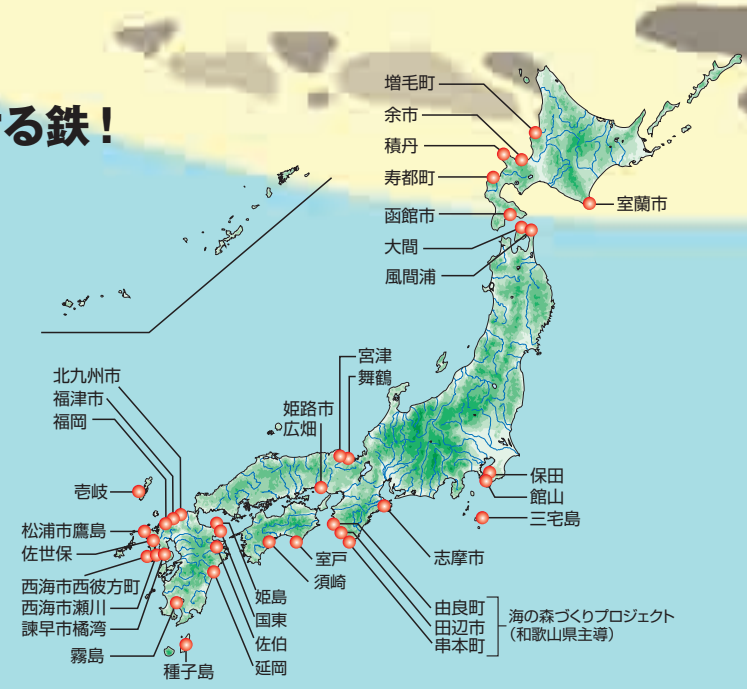


山から海への鉄分供給メカニズム

海の森をよみがえらせる鉄！

鉄をつくるときに発生する副産物の中で、生物が吸収しやすい鉄分（二価鉄）を多く含む鉄鋼スラグと、廃木材チップを発酵させた人工腐植土を組み合わせるビバリー®ユニットを開発。鉄分を人工的に海に供給するのだ。2004年に北海道の増毛（ましけ）漁業協同組合、海の緑化研究会（※1）と共同で実海域に初めてユニットを設置した。その結果、磯焼けで藻類が消え、真っ白になった石が広がっていた海岸にホソメコンブが繁茂し、さまざまな生物が息づく豊かな海を取り戻した。この成功を皮切りに、現在では全国約30カ所の海域で、自治体・漁業協同組合と共に藻場再生プロジェクトを推進している。

※1 海の緑化研究会：東京大学、（株）エコ・グリーン、西松建設（株）、新日鉄住金などが参加



実海域における実証実験

北海道増毛町では、ビバリー®ユニット投入前（2004年7月）は磯焼けで藻類が消えていた（左）が、ビバリー®ユニット投入後（2005年6月）コンブの生育を確認（右）

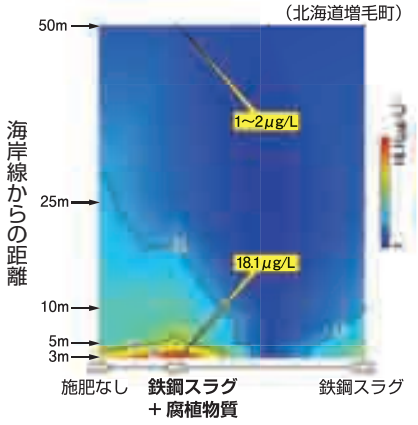
海に鉄分を供給するビバリー®ユニットを入れた鋼製ボックス

実験と解析研究のスパイラルアップで〝鉄のチカラ〟を発揮

海洋環境への影響と安全性を確認

かつてニシン漁が盛んだった自然豊かな北海道増毛町の海も、石灰藻の死骸に覆われて海底一面が真っ白な状態になる磯焼けに苦しんでいた。増毛町では２００４年７月、海岸線約25メートル地点に、ビバリー®ユニットを設置した。すると翌年には、ユニットを置いた場所から沖合30メートルほどの海域に、コンブなどが以前の数倍豊かに生育したのだ。コンブは現在も繁茂しており、磯焼けの海が〝鉄のチカラ〟でよみがえろうとしている。

新日鉄住金では、科学的検証に基づいて、海藻の生育に及ぼす鉄の効果やビバリー®ユニットからの鉄分の溶け出し方の考察、安全性の評価を進めてきた。そしてビバリーシリーズ２製品は２０１０年、全国漁業協同組合連合会が制定した、鉄鋼スラグ製品の安全確認認証を取得した。この認証取得では、マダイ、クロアワビ、クルマエビに対する急性毒性がないことを確認するとともに、品質管理基準も明確にして高い安全性を示した。



海岸での鉄分の拡散を確認

鉄鋼スラグ＋腐植物質の施肥ユニットを埋設した場所の近辺で、鉄の濃度が高まり広い範囲に拡散していることを科学的に明らかにした

鉄鋼スラグによる水質改善効果を確認しています

先端技術研究所　環境基盤研究部　末岡 一男 主任研究員

シーラボ

シーラボⅡ

鉄のチカラを科学的に明らかにする

新日鉄住金のＲＥセンター（千葉県富津市）に「シーラボ」と呼ばれる海域環境シミュレーターが設置されている。２００９年に開設したシーラボでは、海岸を再現した水槽でさまざまな実験を行い、鉄鋼スラグを利用したユニットの安全性と有用性に関する客観データの蓄積と、科学的検証を行ってきた。さらに２０１１年には「シーラボⅡ」を増設した。シーラボⅡでは、24時間波を起こし、日照時間に合わせて照明を点滅させ、水温条件などを設定し、より実際の海岸に近い環境をつくり出して、精度の高い影響評価を行っている。現在、海の森づくりのほかに、鉄鋼スラグを利用した海域環境の改善についても実証実験を進めている。

「東京湾など船の往来が多い港湾では、航路や泊地の水深の維持、拡幅、増深などに伴い発生する大量の軟弱浚渫土（しゅんせつど）の有効活用が課題となっています。一方、青潮を引き起こす原因となっている深掘れ部の埋め戻しや干潟・浅場の造成などの海域環境修復事業には、大量の土砂が必要となりますが、良質な土砂の確保が困難になりつつあります。これに対し、鉄鋼スラグに含まれるカルシウムが浚渫土に含まれるシリカやアルミナや水と反応し、軟弱な浚渫土の強度を改善することが最近の研究で明らかになりました。

当社はこの特性を活かして、２００９年に東京湾の鋸南町沖合、11年から君津市沖合で、鉄鋼スラグで強度改善した軟弱浚渫土（カルシア改質土）を用いて、海岸近くに生物のすみかとなる浅場を施工しました。その海域環境修復効果についてモニタリングを行ったところ、良好な効果が確認されています。海の森づくりで成果をあげているビバリー®ボックスを組み合わせることで、人工浅場の造成に役立つ試みにも取り組みたいと考えています」（先端技術研究所・小杉知佳主任研究員）

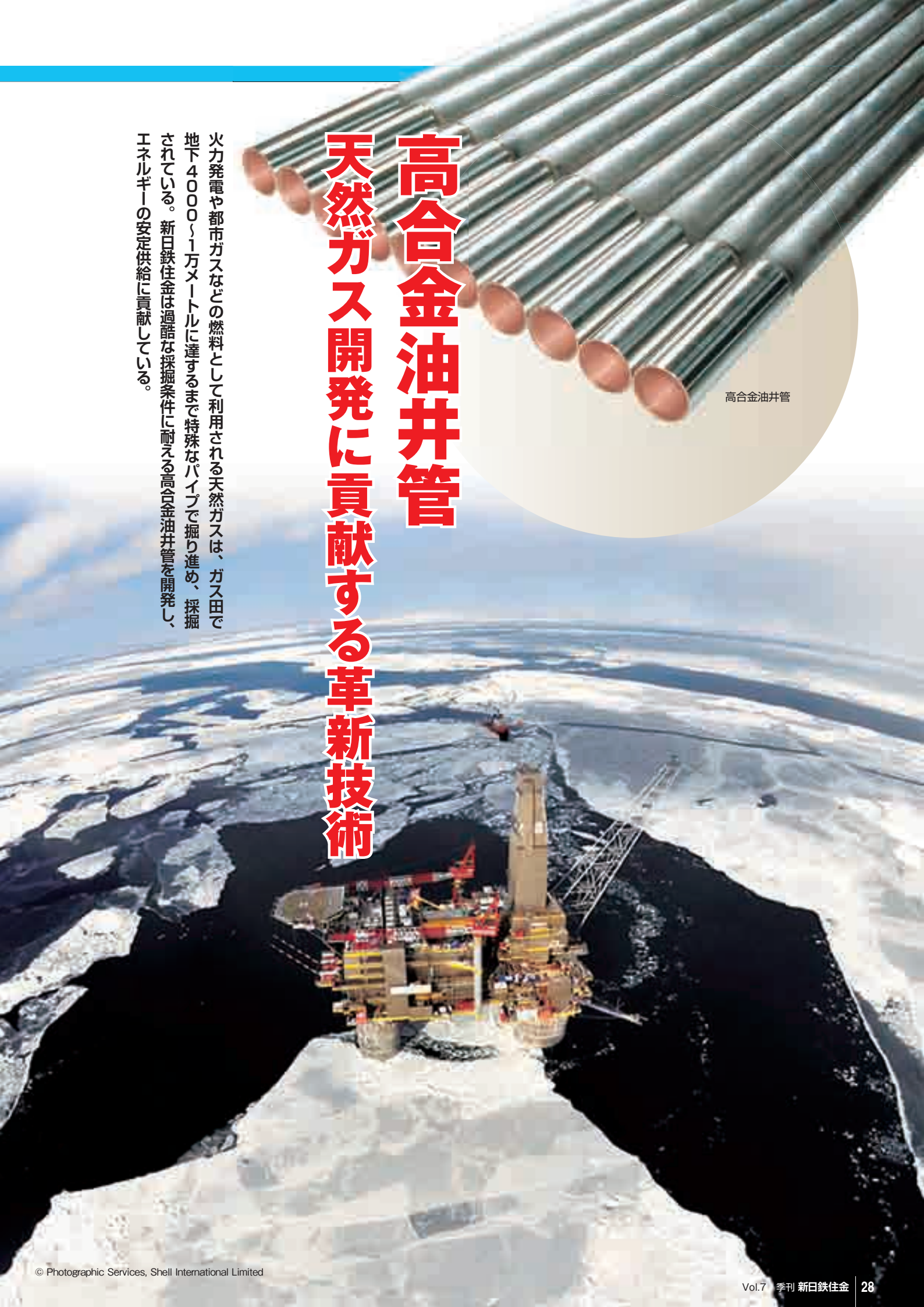
新日鉄住金は〝鉄のチカラ〟で、これからも海の多様な生物を育む環境づくりに貢献していく。

〝鉄のチカラ〟を最大限に引き出して海を守っていきます

先端技術研究所　環境基盤研究部
小杉 知佳 主任研究員

高合金油井管
天然ガス開発に貢献する革新技術

火力発電や都市ガスなどの燃料として利用される天然ガスは、ガス田で地下４０００~１万メートルに達するまで特殊なパイプで掘り進め、採掘されている。新日鉄住金は過酷な採掘条件に耐える高合金油井管を開発し、エネルギーの安定供給に貢献している。



高合金油井管

© Photographic Services, Shell International Limited

増え続ける天然ガスの可採埋蔵量

天然ガスは燃焼時の環境負荷が小さいクリーンエネルギーと言われ、使用量が増えている。燃焼時にSO_x（硫黄酸化物）や煤塵を発生することがない。さらにCO_2やNO_x（窒素酸化物）の排出量も、石油や石炭に比べ少ない。

天然ガスは、数千万～数億年前の動物や植物の死がいが海底で積み重なり、砂や泥の中に留まり長い年月を経て熱や圧力を受けながら気化して、地層のある部分に溜まることでつくられる。２０１２年現在、世界で確認されている天然ガスの可採埋蔵量は２０８・４兆m^3、可採年数は64年だが、各地で新しいガス田が発見されており、生産量は年々増加している。埋蔵地域も中東をはじめロシア、アジア、アメリカなどに分散し、安定的な生産・供給が見込める。

また採掘・生産技術の進化は、かつて回収が難しいと考えられていたシェールガスの商業生産を可能とし、アメリカを中心にカナダ、中国、オーストラリア、東欧などで開発機運が高まっている。このほかメタンハイドレート(※1)も注目されるなど、環境負荷が他の化石燃料と比較して小さく、埋蔵量が豊富な天然ガスは、エネルギー資源の柱として期待を集めている。

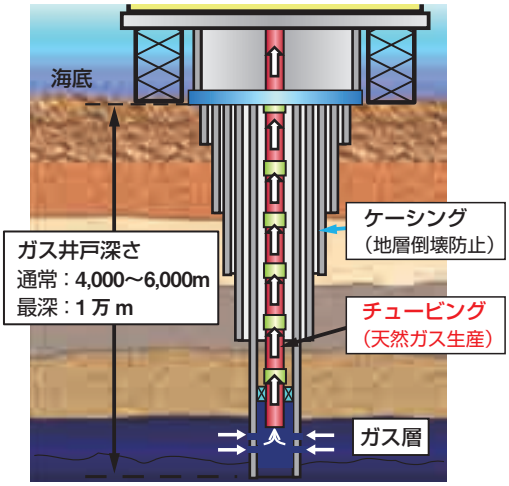
過酷な大深度ガス田の開発

天然ガスは多くの場合、地下４０００～６０００メートルの硫化水素や炭酸ガスを大量に含んだ高圧高温の地層にある。そこで採掘には、クロム、ニッケル、モリブデンなどの高価な合金を多く含む二相ステンレス鋼やニッケル合金（25～60％ニッケル）など耐食性に優れた高合金油井管が使用される。

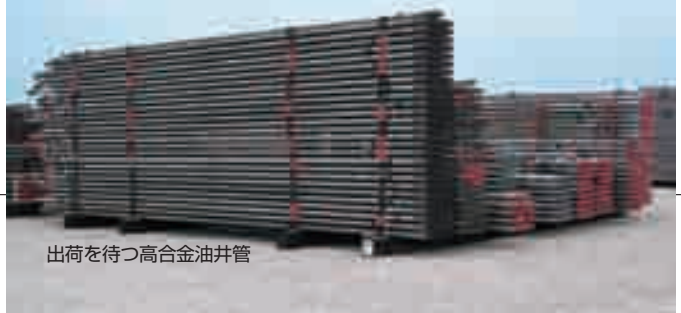
一般的な採掘方法（**図１**）は、まず目的の天然ガス層の深さまでケーシングと呼ばれる鋼管で井戸をつくる。ケーシングは地層が崩れるのを防ぐ壁となる。次にチュービングという、内面に天然ガスが通る油井管をセットし、ケーシングの内側から目的のガス層の部分に向け火薬で孔を開け、チュービングを通して地上に天然ガスを汲み上げている。

「近年、天然ガスを増産するため、大深度のガス田が開発されています。そこで生産の効率化と開発費用削減のため、できるだけ口径が大きく長い鋼管が求められるようになりました。これまで以上に非常に厳しい腐食環境に耐えるとともに、採掘される天然ガスによる高い内圧や、地層からの外圧に耐える超高強度も必要とされます。こうしたニーズにいち早く応え、２０００年代前半から、超高強度化と大径長尺の高合金油井管の研究開発に乗り出しました」（鉄鋼研究所・相良雅之主幹研究員）

図１　天然ガス掘削の概要



技術開発本部　鉄鋼研究所　鋼管研究部
相良 雅之主幹研究員


出荷を待つ高合金油井管

※１ メタンハイドレート：低温高圧の海底下などに固体で存在するメタン

全く新しい技術発想でブレークスルー

天然ガス田開発は、最も深いもので1万メートルに達する。その世界は地層圧力2万psi(※2)(138メガパスカル、1379気圧)以上、地層温度200℃以上。良く知られているように、水圧は深さ10メートルで14・5psi(1気圧)であることから、いかに超高圧高温環境であることがわかる。さらに硫化水素や炭酸ガスを大量に含むため、鉄にとって最悪の腐食環境となる。

この過酷な環境に耐え得る高強度油井管を開発するため、新日鉄住金の研究開発チームが着目したのは窒素だった。窒素には2種類以上の元素が互いに溶け合い材料を強化させる「固溶強化」という特性があり、加工により変形が進むほど硬さを増していく。そのため窒素を添加することで高合金油井管の強度を向上させることができる。さらに窒素は安価に利用できるという特長も持っている。

しかしそのアイデアを進めるには大きな障害があった。窒素を添加したニッケル合金油井管には亀裂が発生し、その亀裂が時間と共に進展する応力腐食割れという現象が起きることがわかったのだ。一般的に応力腐食割れ対策としてクロムやニッケル、モリブデンなどの高価な合金元素を添加して、腐食の進行を抑え耐食性を強化する。

「高価な合金元素を使うと、当然コストがアップします。そこで、材料組織の構造を制御することによって、応力腐食割れに耐えるという全く新しい発想で新材料開発に挑みました。そのブレークスルーとなったのは希土類元素(※3)でした」(和歌山製鉄所・乙咩陽平主査)

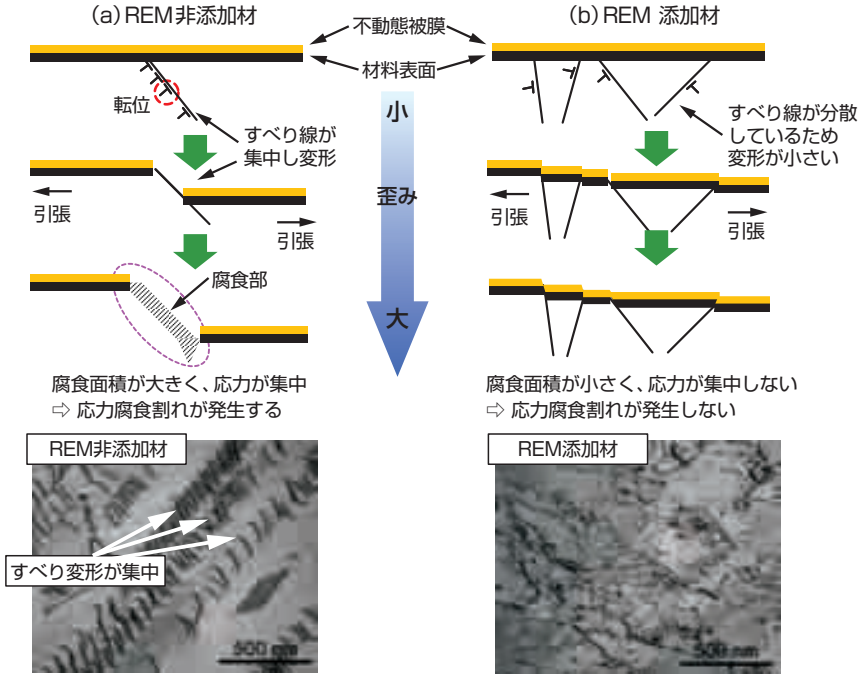
窒素を加えることで強度を高めたニッケル合金に、希土類元素を添加したのだ。ニッケル合金は、耐食性を備えた皮膜が腐食環境で初期破壊されても修復し腐食を防ぐ。しかし窒素を加えたニッケル合金は、材料組織のすべり変形が一部のすべり面に集中して発生し、腐食が大きく修復が間に合わなくなる。そこへ希土類元素を添加することで、すべり変形が分散し、修復が容易になる。この現象はナノレベルの観察でも明らかにした(**図2**)。これにより、強度を従来の最高125ksi(862メガパスカル)級から140ksi(965メガパスカル)級に高めるとともに、耐食性と加工性も改善することに成功した。

量産技術を確立

超高強度と高耐食性を両立できたが、続いて第二の関門が待ち構えていた。大径長尺鋼管を安定して製造する技術の確立だ。従来、高合金油井管の外径は7インチ(※4)以下が主流で、それ以上は量産品としてはつくられていなかった。7インチから9・6インチに外径を広げることで、天然ガス田開発費を約30%削減できるという試算がある。そこで外径7インチ超えと、長さ10メートル超えの両立を目指した。

そこで和歌山製鉄所のシームレスパイプ製造に適用している穿孔圧延製管法(**写真**

図2　希土類元素(REM※3)添加が耐応力腐食割れに及ぼす効果



和歌山製鉄所　カスタマー技術部
乙咩(おとめ) 陽平主査

※2 psi (pound per square inch) : パスカルは国際標準で、アメリカでよく使われるのが psi という単位。1,000psi を 1ksi (kilopound of forceper square inch) と呼ぶ
※3 希土類元素 : REM (Rare Earth Metal)、レア・アース。蓄電池や磁石などのエレクトロニクス製品に不可欠な元素
※4 インチ : 1 インチは 25.4 ミリメートル

1）で、量産する技術の開発に取り組んだ。課題となったのは、圧延による品質不良の発生だ。高ニッケル合金は炭素鋼やステンレス鋼に比べて硬く、圧延中に内面にキズができたり、引き抜きがうまくいかないなど製造が非常に難しい。現場では、圧延時にどのように変形するのか三次元数値解析で予測し、圧延条件を変えて数限りなく試作した。その結果、キズと引き抜き不良を防ぎ、口径7インチ・長さ10メートルを超える高合金油井管を量産する技術の確立に成功した。

グローバル市場で実用化

こうして開発した新製品の最後のハードルは実用化だった。大径長尺の高合金油井管に対するニーズがあることは確信していたし、お客様の反応もよかった。しかし実際にはそこまで高いスペックが求められる大深度ガス田開発がなかなか進まず、採用されることがないまま2年経過した。それでもあきらめずにPRを続けたところ、大径長尺の高合金油井管は2011年、中東のオイルカンパニーに採用され、中東沖合の大深度天然ガス田開発で適用されることとなった。

そしてエネルギー産業への貢献が認められ、2013年には高合金油井管とその製造技術開発が大河内記念生産賞を受賞した。さらに、140ksi級の超高強度高合金油井管についてはアメリカ腐食学会で2014年技術革新賞を受賞（**写真2**）。腐食・防食に関連する先進的革新的な開発により、現行の技術を大きく超える躍進を遂げたソリューションに与えられる賞で、国際的に高い評価を得た。

数々の難題をクリアした新製品は、グローバル市場で着実に足場を築き始めている。

「超高強度高合金油井管で見せた革新的な研究開発力に加え、他社に比べてデリバリーが安定している点もお客様から評価いただいています。また、この製品開発によって、業界トップレベルの多様な油井管ラインナップを取りそろえることができ、お客様のさまざまな要求に応えることができるようになりました。シェールガス田開発への適用も可能で、幅広い製品ラインナップを通じて世界の天然ガス生産と安定供給に貢献していきたいと考えています」（和歌山製鉄所・天谷尚上席主幹）

写真２　アメリカ腐食学会（NACE International）2014年技術革新賞受賞トロフィー

写真１　穿孔圧延製管法ライン

高級鋼管の製造拠点である和歌山製鉄所に設置。加熱した棒状の材料を交叉穿孔機で中空の管にし、その後延伸圧延する。

和歌山製鉄所　カスタマー技術部
天谷 尚上席主幹

アオサギ
（八幡製鉄所）

タヌキ
（名古屋製鉄所）

キジ
（君津製鉄所）

製鉄所の森は
多様な生物の
住処となっている

製鉄所の「郷土（ふるさと）の森づくり」

― 40年以上の取り組みで全国に豊かな森が広がる

新日鉄住金の全国の製鉄所・製造所には合計 900 ヘクタールの広大な環境保全林が広がっています。この環境保全林づくりは 40 年以上前に始まり、「郷土（ふるさと）の森づくり」として継続されてきました。

社員が自ら苗を植える

新日鉄住金では環境保全林の整備を「郷土（ふるさと）の森づくり」として進めている。その始まりは１９７０年代初頭に建設された大分製鉄所だ。当時は高度経済成長の真っただ中で、全国で公害問題が顕在化していた。そこで製鉄所に環境保全林を整備することを検討し、横浜国立大学で植生学を研究する宮脇昭教授（現・名誉教授）の緑化の取り組みに着目した。

宮脇教授の植樹方式は、土地本来の植生を調べて、その植生を再現することが特徴だ。大分製鉄所では、宇佐神宮（大分県宇佐市）の森をモデルにシイ、タブ、カシなどの樹木を選び、宮脇教授の指導の下、社員が地域の皆さんと共に苗を植えた。

大分製鉄所建設時の植樹の様子

防災・環境保全、生物多様性の保全に貢献する

40年以上前に始まった製造拠点での森づくりは、今や、新日鉄住金全体で合計９００ヘクタール、東京ドーム約１９０個分という広大な面積にのぼる。シイ、タブなど高木を植樹することにより、亜高木、低木が自然に生え、下草も含めて自然に多層群落の森をつくる。多層群落の森では、高木が水分をたっぷり含み根が深くなるため、防災の機能を果たす。また森は長い間そのままの姿で安定し、そこを住処とする動物相も安定し多様化していくため、生物多様性の保全にも貢献する。

新日鉄住金では、今後も各所の保全林の維持・整備、新入社員による植樹などを通じて「郷土（ふるさと）の森づくり」を受け継いでいく。

広畑製鉄所

構内に70万㎡以上の広大な自然林が広がる。また日本全国で発生する廃タイヤの1割を再資源化するなど、環境対応型の先進製鉄所だ。

直江津製造所

構内各所に緑地が点在、整備されており、旧福島城跡の残る、歴史と自然の香りが漂う製造所だ。

室蘭製鉄所

製鉄所で唯一、落葉広葉樹林帯に立地し、北海道本来の植生であるミズナラなどが植えられている。秋には落葉し、春に芽吹く美しい光景が広がる。

尼崎製造所

尼崎臨海地域で環境共生型の街づくりに行政と市民、企業が協同で取り組む「尼崎21世紀の森づくり」に参画。周囲の緑と一体化した緑地化を進めている。

八幡製鉄所

戸畑地区

小倉地区

製鉄所の位置する北九州工業地帯は洞海湾周囲に発展。1970年代は海も汚れていたが、今は各工場の環境設備も整い、昔の美しさを取り戻している。
市街地に近接する小倉地区では、高炉記念碑近辺に集中的に森を配置している。

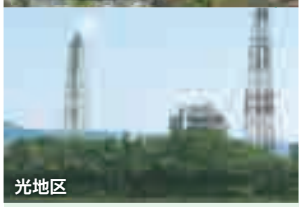
釜石製鉄所

敷地内にコナラを中心とした広大な山林が広がり、タブなどの植林も実施している。社内で唯一、間伐材などの木質バイオマスを活用した発電を行っている。

鹿島製鉄所

正門から続く中央通りや敷地内に多数の桜が植えられ、春には満開の桜が近隣住民の目を楽しませる。

大分製鉄所



光地区

「郷土の森づくり」発祥の地。40年以上経ち、生物相も豊かになっている。
光地区は白砂青松と謳われ、風光明美な瀬戸内海国定公園の一角に位置し、海岸沿いに緑豊かな環境保全林を整備している。

名古屋製鉄所

市街地との境界の大田川沿いに広がる幅45m、長さ900mの緑化マウンドは、木々が生い茂り、多くの鳥たちが羽を休める森となっている。また、タヌキなどの小動物の生息も確認されている。

君津製鉄所

東京地区

君津地区では、市街地との境界に全長7kmにわたって保全林が続く。新入社員教育の一環として、毎年植樹している。
東京地区では、緑地帯の中に「めだかの学校」を整備し、所員の憩いの場として活用している。

和歌山製鉄所

堺地区

和歌山地区では、市街地との境界の大部分を公園として整備し、市民の散歩コースとなっている。
堺地区では、小規模な敷地ながらも構内に自然林を配置し、緑が絶えることのないよう保全している。

製鋼所

工場の境界に環境林を配置しているが、近年、隣接地にユニバーサルスタジオジャパンができ、周囲の住宅も増えたことから、環境林の役割が一層高まっている。

「郷土（ふるさと）の森づくり」紹介動画

新日鉄住金の40年以上にわたる「郷土（ふるさと）の森づくり」をまとめた動画をウェブサイトにアップしてあります。
宮脇名誉教授のインタビューや各所に広がる森の映像など、森づくりの活動をぜひご覧ください。

新日鉄住金 / ふるさとの森づくり　検索

世界最長の鉄道用レール製造・出荷体制を整備

建造中の150mレール輸送船　　©住友商事(株)

150m レール運搬の様子

新日鉄住金は世界最長となる鉄道用150mレールの製造・出荷体制を整備しました。現状、鉄道用レールはレール長25mを標準として、最長50mに切断し出荷。鉄道事業各社はレール継目を溶接してロングレール化するなどを行っています。150mレールの製造・出荷で鉄道事業各社の線路保守作業の軽減や一層の軌道安定化などに貢献します。

また住友商事(株)は長尺レール輸送船の新造整備を開始しました。全長は約190mで、155mの船倉と3基のクレーンを装備する世界初の船です。

安倍首相と豪州アボット首相 ウエスト・アンジェラス鉄鉱山を視察

安倍晋三首相(右から2人目)、トニー・アボット首相(右から3人目)、三村相談役名誉会長(左から2人目)

安倍晋三首相とオーストラリアのトニー・アボット首相が7月9日、新日鉄住金と三井物産(株)、リオ・ティント社が共同運営しているウエスト・アンジェラス鉄鉱山を視察しました。年間生産量2900万トンを誇る大規模露天掘り鉄鉱山で、長年にわたる日豪企業の連携の成果や豪州鉄鉱石産業における日本企業の貢献について理解を深めていただきました。

安倍首相が八幡の産業革命遺産を視察

八幡製鉄所の修繕工場で安倍首相に説明する進藤社長(右)

安倍晋三首相は7月18日、新日鉄住金八幡製鉄所を訪問し、「明治日本の産業革命遺産　九州・山口と関連地域」の構成資産とされている設備を視察しました。これら構成資産はユネスコ世界文化遺産への登録に向けた活動が行われています。

また安倍首相は福岡水素戦略社会実証プロジェクトの一環で、八幡製鉄所から水素を供給している北九州水素ステーションを視察しました。

左から日鉄住金建材(株)増田規一郎社長(現相談役)とツェリン・トブゲ首相、辻卓史在日本ブータン王国名誉領事

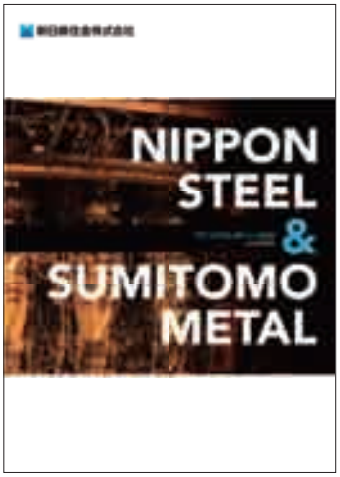
ブータンでノンフレーム工法の共同プロジェクトを開始

日鉄住金建材(株)はブータン王国公共事業省の協力を得て、現地でノンフレーム工法(※)に関する共同プロジェクトを開始しました。共同プロジェクトでは同社がノンフレーム工法を設置し、ブータンと日本の学術機関とも連携して、モニタリング調査など実証実験を通じた共同研究を進めていきます。

※ 樹木を保全した斜面安定工法

『アニュアルレポート』『環境・社会報告書』を発行

新日鉄住金は、経営全般の情報をお知らせする『アニュアルレポート2014』と、環境への取り組みを紹介する『環境・社会報告書2014』を発行しました。ウェブサイトにPDF版も掲載しています。



アニュアルレポート2014

環境・社会報告書2014

東北復興支援音楽活動を実施

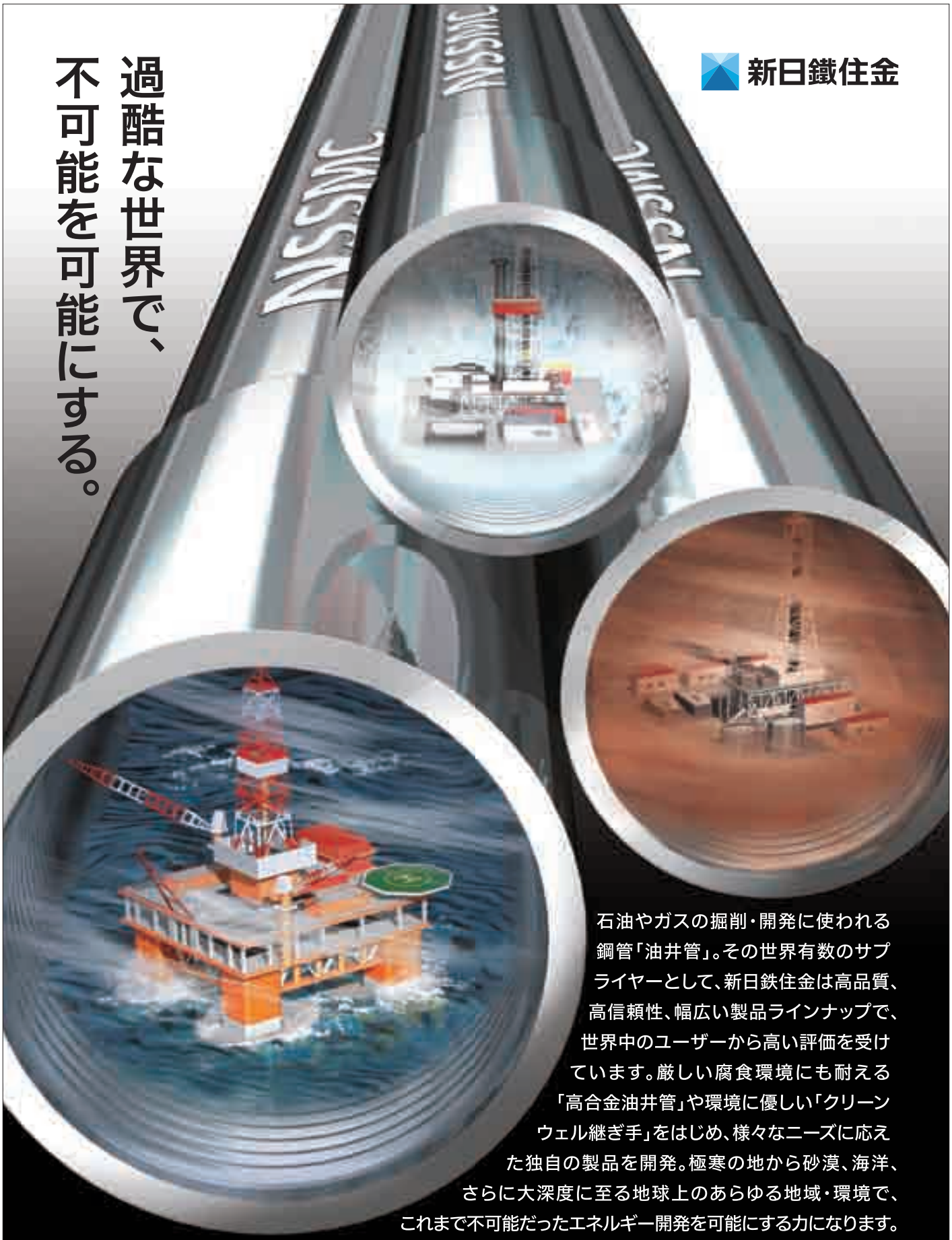
(公財)新日鉄住金文化財団は4月26~27日の両日、福島県郡山市といわき市で紀尾井シンフォニエッタ東京(KST)による演奏指導とミニコンサートを実施しました。

KSTは2012年に米国で行われた日米桜寄贈百周年記念行事に招待され、東日本大震災に対する米国からの支援への感謝を込めて、米国東海岸の4都市で公演を行いました。同財団ではこの米国公演のチケット売り上げを原資として、被災地の音楽教育活動への支援を行っています。

いわき市四倉チャイルドハウスふくまるで、オープニングイベントとしてKSTがミニコンサートを実施(上写真)。郡山市立緑ヶ丘中学校で演奏指導の後、『パッヘルベルのカノン』を合同演奏

新日鐵住金

過酷な世界で、不可能を可能にする。



石油やガスの掘削・開発に使われる鋼管「油井管」。その世界有数のサプライヤーとして、新日鉄住金は高品質、高信頼性、幅広い製品ラインナップで、世界中のユーザーから高い評価を受けています。厳しい腐食環境にも耐える「高合金油井管」や環境に優しい「クリーンウェル継ぎ手」をはじめ、様々なニーズに応えた独自の製品を開発。極寒の地から砂漠、海洋、さらに大深度に至る地球上のあらゆる地域・環境で、これまで不可能だったエネルギー開発を可能にする力になります。

世界の鉄へ しんにってつすみきん