新日鉄

NIPPON STEEL MONTHLY
4
2009 APRIL
VOL.187

特集1
自動車の進化を支える環境適合商品が市村産業賞を受賞
―燃料タンク用鋼板「エココート®-S」

特集2
“エコあったかい”“エコ強い”
ニッテツスーパーフレーム®工法で
人と建物を結び街を育む

自動車の進化を支える環境適合商品が市村産業賞
―燃料タンク用鋼板「エココート®-S」

長年の地道な努力で優れた製品技術を生み続ける

燃料タンク用鋼板の耐食性を高めた「ターンシート」

「製・販・技・研が連携し、市場戦略を共有し続けながら製品開発に地道に取り組んだ結果生まれた『**エココート®-S**』は、燃料タンク用鋼板の長い技術開発史の中で蓄積したお客様のニーズへの対応実績と、社内外の専門家との人脈が基盤となって誕生した燃料タンク用鋼板の集大成です」と、自動車鋼板営業部部長の末木裕治は語る。

燃料タンクは、車内居住性を確保するために車体床下に設置される（**図1**）。材料には「**強度・耐疲労性能**」に加えて、外面は塩害腐食環境、内面は燃料劣化に伴い生じる過酷な腐食環境に対応した優れた「**耐食性**」が求められる。また、タンクの設置スペース制約から複雑な形状に対応できる「**成形自由度**」も要求される。

現在、燃料タンク用材料は鉄と樹脂に大別され、ヨーロッパでは樹脂が主流だが、日本では鉄鋼メーカーと鉄タンクメーカーとのコラボレーションを基盤に、リサイクル性や燃料透過防止に優れた鉄が主流となっている。

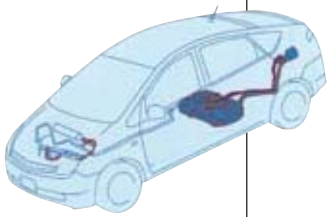
燃料タンク用鋼板で特に重視される性能は、多様な燃料に対する「耐食性」だ。使用される鋼板は、冷延鋼板に始まり、亜鉛めっき鋼板、ターンめっき鋼板と変遷してきた。1960年代に、新日鉄では、米国で開発された鉛と錫の合金をめっきしたターンめっき鋼板に独自の改良を加え、燃料タンク用鋼板「**ターンシート**」を完成させた（**図2**）。

自動車鋼板営業部
部長
末木 裕治
（1977 年入社 金属物理学専攻）

自動車鋼板営業部自動車鋼板
商品技術グループマネジャー
伊﨑 輝明
（1981 年入社 化学専攻）

図1　燃料タンクと設置例

燃料タンク実例
提供：ユニプレス(株)



燃料タンクおよび
燃料系部品

図２　燃料タンク用材料の開発史

を受賞

新日鉄が2005年に開発・商品化した環境適合燃料タンク用鋼板「エココート®－S」が、このたび「第41回市村産業賞貢献賞」を受賞した。自動車の燃料タンクには、製造工程でのプレス成形性、溶接性、塗装性と、使用時の耐久・耐食性、安全性に加えて、近年では、さまざまな観点での環境対応も求められている。開発した鋼板は、これらすべてのニーズに対応した材料であり、特に、今後拡大するバイオ燃料使用時に懸念される耐食性、燃料透過（燃料の大気への蒸発）防止で優れた特性を発揮する。本特集では、八幡技術研究部を中心に進められた、エココート®－S開発に至る長年の技術開発の軌跡を紹介する。

未来を信じて水面下で独自技術を育てる。「エココート®－T」の登場

しかし、1990年ごろから本格化した環境負荷物質規制強化の中で、燃料タンク用鋼板の「**脱鉛**」が志向されるようになり、ターンシートを開発・生産していた八幡製鉄所と八幡技術研究部は、鉛に代わる有力な元素の選定と組み合わせを検討し、1995年には、「**アルミめっき**」と「**錫－亜鉛めっき**」の2つの材料に絞り込んだ。その後、一部の自動車メーカーの要請に基づき、1997年に燃料タンク用アルミめっき鋼板の供給・技術サービス体制を確立した。

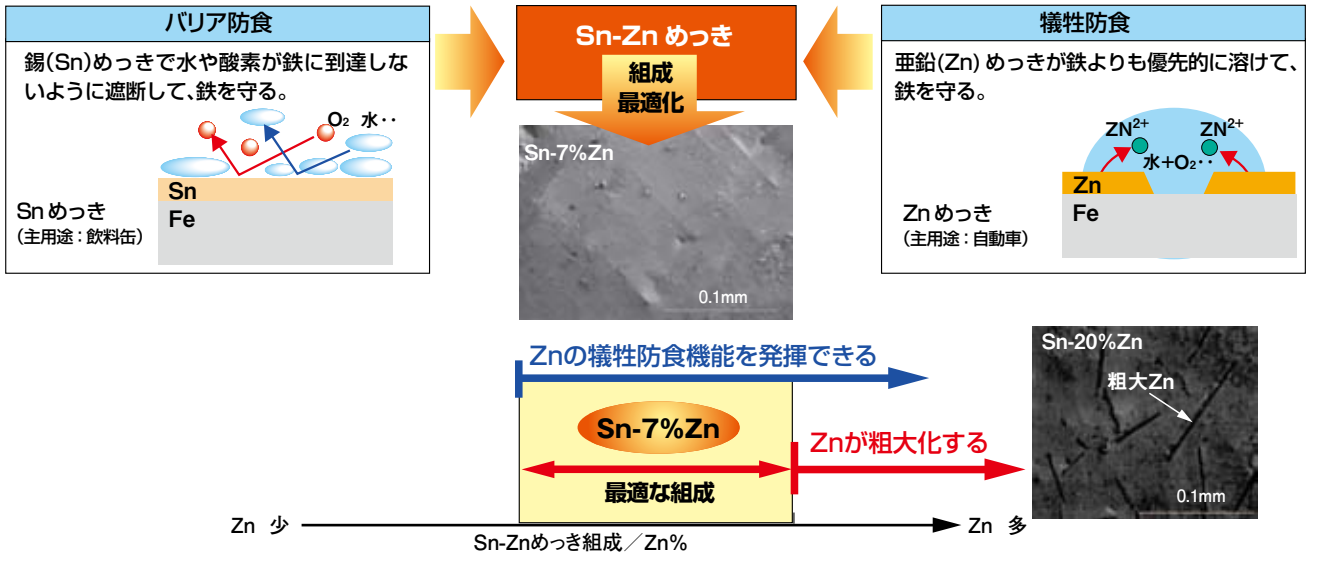
「一方では、錫－亜鉛めっき鋼板を求める声も強くありました。錫－亜鉛めっき鋼板は、長年、タンク材料の開発・実用化を進めてきた八幡製鉄所と八幡技術研究部が、耐食性、加工性、溶接性などのバランスに優れるとしてこだわってきた材料です。ラボ試験やパイロットラインを使い、錫－亜鉛めっき鋼板の開発を地道に進めていました」と、燃料タンク用鋼板の研究開発に長く携わってきた自動車鋼板営業部自動車鋼板商品技術グループマネジャーの伊崎輝明は語る。

錫－亜鉛めっきは、**バリア防食性**や優れた延性を持つ錫と、**犠牲防食性**を持つ亜鉛を微細・均一に分布させたものだ（**図3**）。八幡技術研究部では地道に研究を続ける中で、総合的特性に優れる錫と亜鉛の組成バランスを導き出すとともに、最適な製造法を確立し、1999年の11月に「**エココート®－T**」として商業生産に踏み切った。

その後、省スペースニーズからタンク形状の複雑化が進み、アルミめっき鋼板の加工性と溶接性の低さがネックになり始め、また燃料の多様化が進む中で、アルコール混合ガソリンに対する耐食性も課題となり、これらすべての特性に優れる「錫－亜鉛めっき」が再び注目されるようになった。

「私たちには、独自技術である錫－亜鉛めっき鋼板を世の中に広めたいという強い思いがありました。2種類のめっき鋼板の技術開発と生産を並行して進めた当時の苦労は並大抵ではありませんでしたが、この地道な取り組みがなかったら、樹脂タンクに市場シェアを奪われていたかもしれません」（伊崎）。

図3　錫-亜鉛めっきにおけるバリア防食と犠牲防食



延性を有するSnの“バリア防食効果”とZnの“犠牲防食効果”を併用。“粗大なZn”による耐食性劣化の悪影響を回避できる最適組成（Sn-7%Zn）を決定した。

新たな発想で耐食性を飛躍的に高める―「エココート®－S」

自動車燃料の多様化への新たな挑戦

1990年代初めから一部の車種で採用され始めた樹脂製燃料タンクは、市場シェアを徐々に拡大し、2000年ごろには「鉄VS樹脂」の構図が明確になってきた。その中で、2005年ごろから活発化した世界的な**バイオ燃料**の導入検討に伴い、燃料タンク用材料の一層の耐食性向上が求められることとなった。さらに薄肉･軽量化による燃費向上、衝突時の燃料漏れ防止、マテリアルリサイクルなどの要求も厳格化した。バイオ燃料は、従来のガソリンに比べ分解しやすく、腐食促進因子である有機酸が生成するため、バイオ燃料への耐食性を充分に高めた材料の開発が必要となった。

八幡技術研究部は、エココート®－Tの技術をベースに、耐食性を最大限に発揮するめっき組織の開発を目指した。長年、総合技術センター（RE）で鋼材の表面処理研究に携わり、2002年から燃料タンク用鋼板の開発に取り組んだ八幡技術研究部亜鉛めっき研究グループ主幹研究員の黒﨑将夫は、開発のプロセスを次のように語る。

「まず、『腐食過程で一体何が起きているのか』という観点からめっき層を詳細に分析しました（**図4**）。めっきの微細組織が耐食性に与える影響を明確化し、最終的に、エココート®－Tのめっき組成を変えることなく、鋼板の耐食性を飛躍的に高めることに成功しました」

そして誕生したのが「**エココート®－S**」だ。

亜鉛の微細化を促す プレめっきの新たな機能を活用

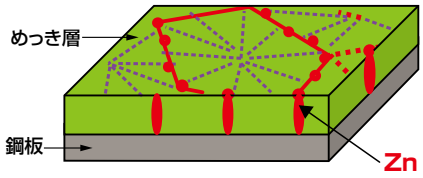
「エココート®－S」開発のポイントは、めっきされる鋼板の表面状態を制御することで、溶融した錫－亜鉛めっき層の凝固組織を理想的な形態にするもので、その手段として、現在の製造プロセスでも用いられている鋼板表面の前処理を機能的に活用したところにある。錫－亜鉛めっきは、凝固する際に、めっき組織の粒界部に亜鉛が偏析する傾向がある。燃料タンクとして使用されるうちに、この偏析した亜鉛が溶解してタンク内部の腐食を促進させることを明らかにした。

「当初、溶融めっきの冷却方法を制御しようと試みましたが、最終的には、溶融めっき層の凝固が開始する鋼板表面に『凝固核』を付与することが、亜鉛を微細に分散させるために最も重要であることが明らかになりました」（黒﨑）。

エココート®－Tの立ち上げ期から錫－亜鉛めっきの研究開発・実機化に取り組んできた八幡技術研究部亜鉛めっき研究グループ主任研究員の後藤靖人は、その地道な研究の日々を振り返る。

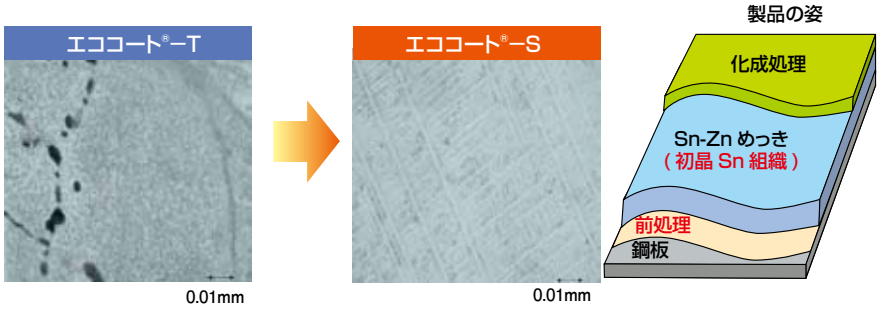
八幡技術研究部亜鉛めっき研究グループ主幹研究員
黒﨑 将夫
（1984年入社 金属工学専攻）

図4　エココート®－Tのめっき組織



めっき層を貫通するZn（数μm～数10μm）が結晶粒界に偏析しており、
これが腐食の起点となることを解明

図5　エココート®の表面断面図



凝固組織制御によりZnを微細分化させることに成功

図6　燃料タンク内面耐食性比較

試験条件：劣化バイオディーゼル＋10％水
（90℃×1,000時間）

エココート®－Sは、従来材を
遥かに上回る耐食性を有する。

「REや大学の凝固の専門家との連携を図り、めっき組織制御方法の基本的な考え方を確認していきました。その後、工場の操業技術・プロセス技術スタッフと連携し、安定的に製造するための操業条件を確立していきました」

そして、安定した品質での供給体制を築き上げ、従来と同じ製造ラインと生産性（ライン速度）で、錫と亜鉛を均一に微細分散させ、飛躍的に耐食性を高めた「エココート®－S」を商品化した（**図5、6**）。

エココート®－Sの拡販戦略をリードする八幡製鉄所薄板部薄板管理グループマネジャーの水口俊則は、今後の市場拡大への鍵はお客様の使用環境に踏み込んだ技術サービスにあると語る。

「商品価値を高めるためには、溶接などお客様の使用環境の最適化が重要です。八幡技術研究部をはじめ、REの研究部や本社・各支店の技術サービス部門とともに、お客様の声を迅速に吸い上げ、使用条件の認知・改善に取り組んでいます」

八幡技術研究部亜鉛めっき研究グループ主任研究員
後藤 靖人
（1996 年入社 材料工学専攻）

八幡製鉄所薄板部
薄板管理グループマネジャー
水口 俊則
（1982 年入社 分子工学専攻）

優れた特性をベースに付加価値を高めて市場に挑む

2005年7月から商業生産を開始したエココート®－Sは、前述の特長だけでなく、薄肉による軽量化やマテリアルリサイクルが可能など環境対応に適していることから、既にほとんどの日本の乗用車メーカーで採用が進み、2009年度内には国内のすべての乗用車メーカーで採用される予定だ。また日系自動車メーカーへの輸出をはじめ、韓国やその他海外メーカー向けへの輸出も始まっている。

特に加速化する燃料の多様化において、樹脂製燃料タンクにはガソリンが透過しやすい弱点があり、また、少量多品種生産には向かないなど製造上の制約があるため、今後、少量生産車種（海外の高級車など）へのエココート®－Sの採用も期待される（**図7**）。

「優れた耐食性を発揮する材料特性に加えて、シミュレーションを駆使して軽量かつ自動車設計に有利な形状のタンク（例えば扁平タンク）の提案、さらにはタンク内部に仕切り板（セパレーター）を設置することで燃料の揺動に伴う音を抑えられるといった鉄タンクの強みを引き出すソリューションを提供していくことが、今後ますます重要になっていきます」（黒崎）。

「鋼板表面を制御することでめっきに新たな特性を付与するという発想は、表面処理鋼板開発の新たな可能性を切り拓きました。今後はこの考え方をさらに発展させて表面処理鋼板の開発を進めます」（後藤）。

「燃料タンクは鋼材開発に必要な技術の集大成です。社内外の各部門と連携を一層強化して、お客様に喜んでいただける製品・技術の提供を目指していきます」（水口）。

図 7　樹脂タンクとの特性比較

〔材料への要求性能〕	エココート®–S 開発材	樹脂タンク材
外面耐食性（耐久性）	15年以上の防錆保証可能	
内面耐食性（燃料多様化対応）	いずれの燃料にも極めて優れた耐食性を示す	ガソリンやエタノールに対する膨潤や溶出の可能性
		エタノール混合ガソリンは蒸気圧が高く燃料透過に課題
燃料透過の規制	燃料透過無し	温度上昇時にも燃料透過の課題
環境負荷物質規制	環境負荷物質フリー	
軽量化	高張力鋼板の活用で樹脂同等	薄肉化には課題あり（現状は 6mm 程度が必要）
形状設計自由度	鋼板材質選択で対応可能	ブロー成形により形状自由度は比較的高い
リサイクル性	マテリアルリサイクル可能	リサイクル性に課題
コスト	適正材質選定等での低コスト化可能	コスト低減には課題あり（多層化、生産性など）

お問い合わせ先 ―― 自動車鋼板営業部 自動車鋼板商品技術グループ　TEL03-3275-7832

NITTETSU SUPER FRAME®

“エコあったかい” “エコ強い”

ニッテツスーパーフレーム®工法で人と建物を結び街を育む

快適さとその可能性を探る

「ニッテツスーパーフレーム®（NSF）工法」とは、構造躯体に亜鉛めっきを施した厚さ1mm程度の薄板を加工した部材（薄板軽量形鋼）と、木質系・窯業系の面材・断熱材・石こうボードを組み合わせ、建物用途に応じた最適なバランスの性能（耐震性・耐火性・耐久性・温熱性・遮音性）を実現するユニークな建築工法だ。今号では新日鉄が建築事業者やグループ会社と一体となって追求してきたNSF工法について、居住者や利用者の皆様の声を中心に紹介する。

居住者の視点

さらさ岩見沢（北海道岩見沢市）
どこにいても肌寒さを感じない、高齢者に優しい暖かさ

北海道岩見沢市は降雪量1mを超える道内屈指の豪雪地域。冬の気温はマイナス20℃まで下がる一方、夏は30℃を超え、寒暖の差が大きい内陸寒冷型の気候だ。ここに2008年11月、有料老人ホーム「さらさ岩見沢」が開所した。「見学した他の施設などでは浴場の脱衣室、廊下、エレベーター、階段、ホールはひんやり肌寒く感じていたのですが、当施設はどこにいても暖かいですね」（施設長・松浦亜樹さん）。その言葉どおり、施設利用者の方々は皆さん薄着だ。入浴後はむしろ暑く感じるくらいで、アイスクリームを食べたり、ビールを飲んで火照った体をクールダウンさせるという声が多い。1階にはカラオケ・シアタールームが設けられているが、館内に歌声が漏れることもない。

「廊下や隣の部屋の音も全く聞こえてきません。だから、隣の人の姿を見かけないと、どこか具合が悪いんじゃないかしらと心配してしまうくらい静かですよ」（入居者・若狭ヒサさん）。

冬も暖かくてうれしいです。

入居者の皆さん

さらさ岩見沢
〔施工：（株）盛永組〕
（北海道岩見沢市　2008年10月竣工）

施設長 **松浦 亜樹さん**

（株）ブリヂストン 彦根工場青年会館（滋賀県彦根市）
個人のプライバシー、社員の交流の場を兼ね備える寮を実現

2008年12月、（株）ブリヂストン彦根工場の新たな社員寮「青年会館A・B棟」（3階建て2棟100室）が竣工した。NSF工法を採用した理由を同工場総務部の稲光健固さんは次のように語る。

「遠方出身の社員が多いため、従来の寮だけでは足りず借り上げ社宅を提供していましたが、コスト・利便性などの点から新しく寮を建設することとなり、工期・コスト・耐震性の観点からNSF工法を採用しました」

借り上げ社宅に住んでいた総務部の難波健一さんは「古い寮のイメージがあったので、最初は気乗りしませんでしたが（笑）、実際入寮してみると、明るく新しい部屋で快適に過ごしています。近くを走る電車の音や隣室の音も全く気になりません。週末は仲間同士、共用スペースのキッチンでカレーパーティーをするなど、楽しく交流しています」と語る。

「寮は人を創る役割があると思います。一度外に出た社員が戻ってきて、再び結束力を高められたらと、春からさまざまなイベントを企画し盛り上げていく予定です」（稲光さん）。

明るく新しい部屋で快適です。

（左から）入寮者の総務部 難波さんと
施工管理担当の総務部 稲光さん

（株）ブリヂストン彦根工場青年会館
〔施工：（株）技建〕
（滋賀県彦根市　2008年12月竣工）

イデアルコート鉄竜（福岡県北九州市）
騒いでも飛び跳ねても大丈夫。子育てに抜群の環境

価格はマンション並みで戸建住宅の独立性、広さ、快適さを提供するというコンセプトで開発されたタウンハウス「イデアルコート鉄竜」に、家族4人で暮らす岡部さんご一家。「子どもたちが大きな声で騒いだり、走り回ったり飛び跳ねたりするので、普通なら大変気を遣うところですが、お隣の音はもちろん我が家の上階の床の音さえも気にならず安心です」（正宣さん）と子育てに適した住まい選びに満足している。

一方、奥様も「光熱費が安いですね。オール電化で夏は月6,000円台、冬でも1万2,000円程度です。入居者が同世代なので、子育ての井戸端会議をしたり、一緒にバーベキューを楽しんだりして、マンションでは味わえない暮らしが楽しいですね。セキュリティーのしっかりした敷地内で子どもたちが遊ぶことができるのも安心です」（美和子さん）と笑顔があふれる。家族の成長とともに安心して暮らせる住まいとコミュニティーに、ご夫婦そろって合格点をいただいた。

岡部正宣さん、美和子さん、祥太くん、凪沙（なぎさ）ちゃん

イデアルコート鉄竜
〔施工：新日本ホームズ（株）〕
（福岡県北九州市　2006年11月竣工）

戸数：23戸 111.1～127.5㎡／戸、敷地：3,212.43㎡
2007年度グッドデザイン賞受賞

日鉄住金建材（株）東門前社宅（神奈川県川崎市）
快適な住環境を早期に実感

2008年12月、神奈川県川崎市に日鉄住金建材（株）の東門前社宅（3階建て3棟計50戸）が竣工した。NSF工法による建設規模としては首都圏で最大級の物件であり、NSF工法に加えて同社の建築建材や住宅関連製品も採用。新日鉄グループの製品と技術力を結集した物件とも言える。入居者の皆さんの印象は、「社宅ですから、子どもがいる家庭も多いのですが、走り回ったりする足音や騒ぎ声はあまり聞こえてきません」（柳本幸子さん）「各棟の間に駐車場があるのですが、窓を閉めてさえいれば車の出入りの音は気にならず快適です」（山田智子さん）と、遮音・防音性能に高い評価があった。

また、入居後わずか3カ月ほどでも、その快適さや省エネルギー効果を実感していただけて、「暖房は小型のファンヒーター1台あれば十分、さらに暖房器具の稼働時間も減りました」（永島美香さん）などの意見も寄せられた。

入居者を代表して、（左から）柳本さん、山田さん、永島さん

日鉄住金建材（株）東門前社宅
〔施工：太平工業（株）〕
（神奈川県川崎市　2008年12月竣工）

エコあったかいの検証

スチールの弱点を克服して特長の一つに

北海道工業大学建築学科教授 鈴木 憲三氏

熱を伝えやすい鉄

NSF工法の建物にお住まいの方から「冬暖かく、夏涼しい」と概ね好評を得ていることを知りうれしく思います。

一般に、鋼材は熱を伝えやすいため、外の暑さ、寒さを遮断して快適な室内環境を作るのが苦手な材料です。日本では阪神淡路大震災後、耐震性の高い建物をつくる目的で、先行する米国・カリフォルニアやオーストラリアから技術導入してスチールハウスの建築が始まりましたが、温暖でエネルギーも豊富なそれら地域と異なり、国土の半分以上が寒冷地（最低気温0℃以下の日が3カ月以上続く）にある日本での実用化にあたっては、熱的な改良が必要でした。

「外張り断熱・通気工法」で結露を防ぎ高い断熱性能を確保

木造2×4工法（※1）の断熱は、外壁の枠組みの間に繊維系の断熱材を挟み込んだ「充填断熱工法」が一般的です。薄板軽量形鋼を使ったスチールハウスで同様の断熱工法をとると、形鋼の枠材が熱の通り道（熱橋：ヒートブリッジ）になり、断熱性能の低下や結露が起こりやすくなります。そこで、寒冷地で開発された「外張り断熱・通気工法」（**図1**）を標準採用し、構造用面材の外側にプラスチック系でボード状の断熱材を張り付けています。

充填断熱工法では、断熱材の厚さが枠材の寸法に左右され、かつ断熱施工が正しく行われているか確認が難しいのですが、外張り断熱・通気工法は、建物全体を外側から切れ目なく寸法精度の高い断熱材でくるむため、確実に断熱性能が確保され、部屋ごとの温度むらも少なくなります。

通気層の「排熱効果」で夏も涼しく快適

「通気層」の本来の役割は、室内から断熱材へ侵入する水蒸気を外気に開放して結露を防ぐことですが、夏季には外壁が受けた太陽熱が通気層を通って屋外に排出されるため、室内に入る熱を、断熱材だけの場合より効率的に抑えることができます（**図2**）。

室温変動が少ない「基礎断熱土間床」を採用

スチールハウスでは、使われる建築資材が少なく熱容量が小さいため、1日の室温変動が大きくなりがちですが、NSF工法では「基礎断熱土間床（※2）」を標準採用。床下地盤の大きな熱容量によって1日の室温変動を小さくするとともに、冬には床下への熱損失が減り、夏には増えて年間の室温変動を小さくする効果も備えています。

このように、NSF工法はもともと熱的に「手抜き」ができないため、優れた省エネルギーが達成されています。一般的な環境対策とその効果は定性的なものが多い中、NSF工法の優れた耐震性や耐久性、そして快適性は、確実に環境によいと断言できます。

今後、他工法との比較・評価の中で、さらに定量的にNSF工法の長所が明らかになることを期待します。

図1
■外張り断熱・通気工法の壁構造

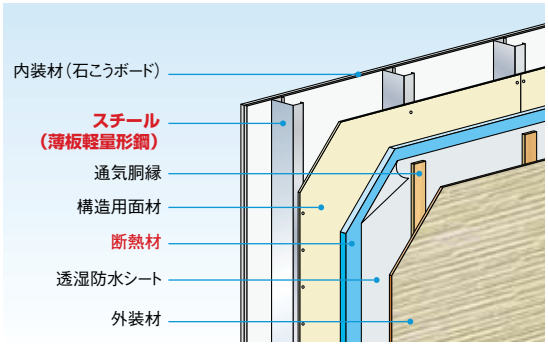
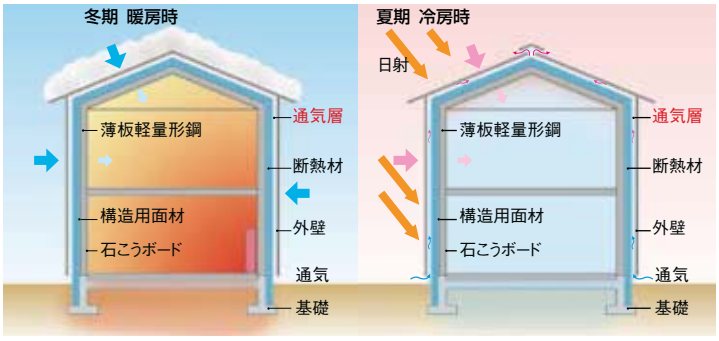


図2
■外張り断熱・通気工法の効果イメージ図



※1 木造2×4工法：数種類の規格化された枠組壁工法構造用製材を利用した木造建築工法
※2 基礎断熱土間床：基礎の外周部を断熱するとともに、基礎と床スラブ（コンクリート）を一体化する方式

設計・施工事業者の視点

環境負荷低減と優れた経済合理性を備える

“エコあったかい” 外張り断熱で省エネルギー

NSF工法は建物全体を外側から切れ目なく断熱材でくるむ外張り断熱・通気工法を標準化することで、冬暖かく夏涼しい快適な居住空間の実現を可能にした。

NSF工法の優れた温熱性能が顕著に現れ、評価されたのが北海道地区だ。(株)盛永組建築部ハウジング課長の篠永昌弘氏は「当社物件で旭川市のNSF工法オール電化アパート入居者に、光熱費について聞いたところ、以前住んでいた北見市の木造アパートでは灯油、ガス、電気代あわせて月額4万円かかっていたそうです。それが今では電気代1万8,000円のみ。外張り断熱とオール電化による省エネルギー効果が、入居者に経済的メリットをもたらしています」と事例を紹介する。

新日鉄は北海道旭川市で、盛永組の協力を得て、NSF工法の1年間の暖房による電力消費量や電気料金の実績値とRC造でのシミュレーション結果を比較した。検討対象はともに同じ3階建て共同住宅で、気候の影響を受けやすい角部屋4戸。暖房、家電などオール電化の範囲や部屋の間取りも同一条件。異なるのは断熱方式で、RC造は旭川で一般的な壁式内断熱仕様とした。結果は年間暖房電力の消費量、料金ともにNSF工法がRC造の2分の1程度にとどまった。検証結果について、薄板営業部住宅建材開発グループマネジャーの川上寛明は次のように解説する。

「北海道における光熱費は、年間20万円以下（うち、暖房費は約50%）であれば省エネルギー性が高いと言われているようです。今回電力料金を比べたところ、RC造が12万6,000円に対して、NSF工法は6万9,000円でした。少ないエネルギーで効率よく快適な居住環境をつくり出す、NSF工法の“エコあったかい”が証明されたと考えています」

“エコ強い” 短工期、省資源、長寿命な工法

建設場所や建設規模の制約を受けず、NSF工法を低層建築市場へ広く普及させていくため、新日鉄はNSF工法の“エコあったかい”とともに“エコ強い”にも磨きをかけてきた。

NSF工法は壁や床の面全体で構造をつくるモノコックとも呼ばれる頑丈な枠組壁工法を採用している。この枠材にスチールを使い、ネジで接合することで、木造2×4の壁パネルと比べても優れた強度と剛性を発揮している。狭小地の都市型3階建て共同住宅や、風・積雪荷重が大きい地域に向けて、窯業系面材を使った耐力壁を開発

「省エネルギー効果で入居者に経済的メリットをもたらします」

（株）盛永組
建築部ハウジング課長
篠永 昌弘氏

盛永組の手がけたアパート「アルグレース豊岡」（北海道旭川市 2007年7月竣工）

「RC造と勝負できる工法です」

林建設（株）
執行役員・経営戦略室長
日比生 信義氏

林建設が手がけた店舗併用住宅（東京都府中市 2009年2月竣工）

林建設（株）
営業三部課長
比留間 俊文氏

し、耐久性を向上させ、市場競争力と構造設計に対する顧客信頼度を高めてきた。

林建設（株）執行役員・経営戦略室長の日比生（ひるお）信義氏は「当社はこれまでRC造を主力としてきましたが、一種低層建築物限定エリアでは、大手ハウスメーカーに対抗することができませんでした。NSF工法の工期や減価償却年数の短さは、施主にとって大きな魅力です」と手ごたえを感じている。

NSF工法では工期短縮と品質保持・管理などの観点から、躯体パネルの工場生産化を進めている。「NSF工法はRC造に比べ、ある物件では約2カ月の工期短縮が図れました。NSF工法はRC造と勝負できる工法です」（同社営業三部課長 比留間俊文氏）。また、躯体重量がRC造の約5～7分の1と軽量で、杭が不要な直接基礎で済む場合が多く、躯体資材の省資源化や建設廃材のミニマム化も可能だ。また、NSF工法は75～90年の三世代にわたる耐久性を誇り、長く建物を運用することが可能で、建物のライフサイクルの観点から見たメリットは大きい。

さらに、建物のライフサイクルでのCO_2総排出量（kg-CO_2/年㎡）をCASBEE（※3）に基づき評価した結果、RC造に対してNSF工法は約13%削減の可能性を確認している。

「暖房エネルギーの削減に加えて、軽くて、建設資材も少なく、工期も短ければ、建物のライフサイクル全体で使うエネルギーが少なくて済みます。CO_2総排出量の差が、寿命の長い工法としての“エコ強い”を物語っています」（川上）。

環境負荷低減を「建築士会全国大会」でもPR

日本建築士連合会副会長で（株）平吹設計事務所代表取締役社長の平吹和之氏もNSF工法の環境面のメリットに注目している。

「昨年『環境サポート』という会社を立ち上げました。工法をはじめ内外装デザイン、冷暖房設備、シックハウスへの対応など、環境負荷低減の観点から住まいのトータル提案に取り組んでいます」

今年10月、第52回建築士会全国大会が山形で行われる。「建築士に課せられる責任と期待がますます高まっている今、全国の建築士に、広くNSF工法の良さをPRしたいと思っています」と平吹氏は語る。

新日鉄は、これからも環境負荷低減と優れた経済合理性のメリットを生み出す新たな技術開発に取り組み、設計・施工事業者とともに、NSF工法で市場開拓を図っていく。

「環境面でのメリットも大きい工法です」

（株）平吹設計事務所
代表取締役社長
平吹 和之氏

新日鉄　薄板営業部
住宅建材開発グループマネジャー
川上 寛明

平吹設計事務所　五日町アパート（仮称）（山形県山形市 2009年夏完成予定）

君津製鉄所 大和田寮が完工

2009年3月、NSF工法を採用した新日鉄君津製鉄所の独身寮が完工した。設計・施工は太平工業（株）が担い、3階建て2棟、100戸の大型物件。2008年10月の着工からわずか6カ月の短工期で完成した。

※3　CASBEE：Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency
建築物の環境性能を、その環境品質・性能（Quality）と、外部に対する環境負荷（Load）の両面から評価し、Q/Lによって環境性能効率という総合的な評価指標を定義するなど、新たな概念を導入した日本独自の評価システム

施主・利用者の視点

新日鉄グループの総合力で、さらなる付加価値を創造

福利厚生の経営手法や工場ソリューションを提案

（株）日鉄エレックスは2008年10月、千葉県富津市に首都圏最大規模の社員寮「富津寮」を建設した。富津寮にはNSF工法に加えて、日鉄エレックス独自の防犯・セキュリティーシステムや省エネルギー設備など、さまざまな複合ソリューション技術が導入されている。

一冬を過ごした感想を入寮者は、「自分の部屋と寮全体の平均電気使用量を日・月単位で比べることができるので、平均値を下回るよう節電に努めるようになりました」と語り、省エネルギー意識の高まりが感じられる。一方、管理人からは「在寮状況を出入り口のパネルですぐ確かめることができ便利です。出勤時間になっても在室していれば、具合が悪いのかもしれないと、様子を見に行くことができます」「喫食管理システムの導入で仕入れ食材の無駄がなくなり、事務も効率的に処理できるようになりました」との声が聞かれ、ソリューション技術が機能していることが分かる。

富津寮は法人の福利厚生施設の経営手法を提案するとともに、要介護者の入居率の高い福祉施設に応用可能なモデルケースとして、住宅メーカーに注目されている。NSF工法と日鉄エレックスの技術が生み出す相乗効果と今後の展望について、代表取締役社長の奥村治彦氏は語る。

「自分たちが使いにくいものは売れません。試してみて納得できないところを改善していくのがエンジニアリングであり、それが当社の商品開発の理念です。富津寮は当社のさまざまなソリューション技術を知っていただく絶好のモデルと位置づけています。

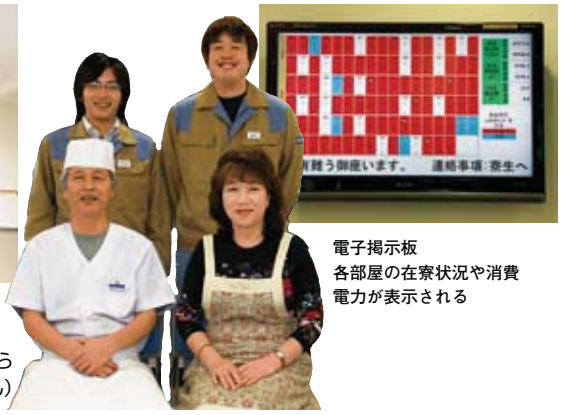
当社は工場の製造ラインを最適化するエンジニアリング事業を展開しており、今後は製造ラインだけでなく、工場全体のソリューション提案を積極化していきたいと考えています。NSF工法は当社のお客様の工場にも十分適用できる可能性があります。レイアウトの自由度や、短工期はお客様の競争力向上につながるので、重要な工法として検討しています」

安心・快適な社宅ライフを発信

神奈川県川崎市にNSF工法で社宅（7頁下段参照）を建設した日鉄住金建材（株）は、工場および本社勤務者の居住地として、川崎地区にかつて社宅を4カ所保有していた。しかし、川崎製造所の移転に伴い入居率が40％以下と極めて低くなり、社宅の有効活用が課題となった。その一方、建物自体の老朽化が進み、関東で想定される地震に対して、従業員の安全を担保する必要にも迫られていた。東門前社宅でのNSF工法採用について、取締役人事部長の荒川清一氏は

「NSF工法を自社で試し、納得がいきました」

（株）日鉄エレックス 社長　**奥村 治彦氏**



日鉄エレックス富津寮
（千葉県富津市 2008年 10月竣工）の皆さん
（前列は管理人の片山さんご夫妻、後列左から副自治会長の中村さん、自治会長の藤原さん）

電子掲示板
各部屋の在寮状況や消費電力が表示される

「安全で住み心地の良い社宅で、企業人生活をサポートしたい」

日鉄住金建材（株）取締役　**荒川 清一氏**

日鉄住金建材東門前社宅に使用された同社製品外装材「日鉄ファインシリーズ」

次のように話す。

「コスト、工期や減価償却年数の短さが、決め手となりました。また耐震性に関して建築基準法を満たしていますし、NSF工法を採用した新日鉄釜石製鉄所独身寮や（株）新日鉄都市開発が手がける愛知県東海市のパークプレイス高横須賀を視察し居住者に住み心地を聞くなどして、総合的に判断しました」

東門前社宅の大きな特長は、NSF工法に加えて、日鉄住金建材の住宅関連の建築建材や景観材商品が盛り込まれ、最新鋭のマンション仕様となっている点にある。住宅メーカーからは優れた意匠性に対する評価が高く、NSF工法による洗練された社宅のライフスタイルを示すモデルケースとなった。

「この社宅をベースに従業員とその家族が安心して暮らし、活力ある企業人生活を送ることを望んでいます」（荒川氏）。

NSF工法最大規模のプロジェクトを手がける

新日鉄関連の共同住宅にNSF工法が初めて採用されたのは、愛知県東海市の「パークプレイス高横須賀」だった。パークプレイス高横須賀は、（株）新日鉄都市開発が事業主となり、新日鉄名古屋製鉄所社宅用地に、同所および東海エリアのグループ会社が借り上げ社宅として使用する、3階建て共同住宅3棟を建設し、賃貸運営している。新日鉄都市開発は、このほか岩手県釜石市に単身者用賃貸マンション「リビオグランデ松倉」を建設。NSF工法による共同住宅の建設ノウハウを蓄積するとともに、名古屋地区ではNSF工法による戸建て住宅ブランド「Vie α」（トヨタホーム・ヴィーアルファ）を展開している。

新日鉄は2008年12月、山口県の光市における不動産の管理・開発事業を新日鉄都市開発へ承継した。現在、光・水無瀬地区の広大な敷地に、NSF工法では最大規模（239戸）となる共同住宅（独身寮ほか）を7棟建設し、新日鉄およびグループ会社に賃貸するスキームでの構想が描かれている。代表取締役社長の正賀晃氏は次のように抱負を語る。

「無機的に建物を7棟並べるのではなく、エリア開発を得意とする当社独自の知恵を光地区に示したいと考えています。

NSF工法について、構造躯体の耐久性・耐火性・断熱性などの環境性能が高く、減価償却期間・工期が短いこと、解体・廃棄が容易であることなど、経済的な優位性を評価しています。今後は光地区の戸建て開発での採用、商業系施設開発への検討も含め、開発段階から運営・維持・管理まで一貫して関わることにより、地域の方々に快適環境を提供する街づくりを目標とし、光地区開発をNSF工法のモデルケースとしてエリア価値向上に取り組んでいきたいと思います」

活力ある

「光地区開発をNSF工法のモデルケースに、エリア価値向上を目指します」

（株）新日鉄都市開発 社長 **正賀 晃氏**

日鉄住金建材の照明柱とネットフェンス

パークプレイス高横須賀（愛知県東海市 2007年1月竣工）

リビオグランデ松倉（岩手県釜石市 2007年7月竣工）

お問い合わせ先 住宅建材開発グループ TEL03-3275-5064 E-mail：JUHTAKU@nsc.co.jp
ホームページもご覧ください URL http://www.nsc.co.jp/product/nsf/index.html

生命を「動的平衡」の観点から考える

ゲスト◎分子生物学者　青山学院大学 化学・生命科学科 教授

福岡 伸一氏

プロフィール◉ふくおか・しんいち

1959年東京生まれ。京都大学卒。米国ロックフェラー大学博士研究員、京都大学助教授等を経て、2004年より現職。分子細胞生物学専攻。研究のかたわら一般向け著作・翻訳も手がける。『生物と無生物のあいだ』（講談社現代新書）は、60万部を超えるベストセラーになり、2007年度サントリー学芸賞を受賞。そのほか、『もう牛を食べても安心か』（文春新書、科学ジャーナリスト賞）、『プリオン説はほんとうか?』（講談社ブルーバックス、講談社出版文化賞）、『ロハスの思考』（ソトコト新書）、『できそこないの男たち』（光文社新書）など著書多数。最新作は『動的平衡』（木楽舎）。

私たち生命体すべての生命現象を表す「動的平衡」とは

――まず初めに、先生の著書のタイトルにもなっている「動的平衡」について教えてください。

動的平衡の平衡とはバランスを意味します。私たち生命体の身体は、タンパク質や炭水化物、糖質、核酸などさまざまな分子からできていて、一見するとプラモデルのようです。

プラモデルと違うのは、このパーツ（細胞や分子）は、情報やエネルギーといった見えない糸でつながり、常に互いに情報を送りながら他を律しており、絶え間なく分解されて新たに合成されているということです。私たちの身体は一年前と今ではすべて変わっていると言えるほど、ダイナミックな変化の流れの中にあります。

そして、細胞や分子が更新・交換されているにも関わらず、見えない糸のつながり方は切れないという事実が重要です。生命にとって重要なのはパーツではなく、個々の関係性とそれが織り成す効果にあると言え

るでしょう。

常に入れ替わる細胞が互いに関係性を結び、そうして全体としてバランスを取っている。この一見危ういバランスの中に成り立っている生命の状態を最初にミクロレベルの実験で示したのが、ルドルフ・シェーンハイマーという科学者で、彼は「身体構成成分の動的な状態」と説明しました。私はその概念を拡張して「動的平衡」と呼んでいます。

現代は、遺伝子組み換えや臓器移植、再生医療などの研究が盛んに進められています。しかし、「悪い部品を換えれば直るだろう」とか、「これとこれを入れ換えればもっと効率よく動くようになるだろう」という機械論的な考えに陥っているように思います。

生命現象を、パーツ同士が絶え間ない流れの中で互いにバランスを取っている状態ととらえれば、外から操作的な作用を及ぼすと、かえって全体を乱しかねないことがわかります。局所的には効率的なパーツ交換も、生命全体ではつじつまが合わなくなるのです。

自然がつくるのは、ただ一回限りの精妙な美しさ

――「生命」に対する関心はいつごろからあったのでしょうか？

私がいま研究者として持つ感覚の根底には、昆虫少年だったことが大きく影響していると思います。鮮やかな色の蝶や奇妙な形をした甲虫、まるでガラスの鈴を振るような美しい音を出す虫を見つけることが楽しくて、図鑑に載っている虫はすべて暗記していました。自然が作り出すデザイン、秩序を美しいと感じていたのでしょう。

自然が作り出す秩序は決して数学的ではありません。ハチの巣は見事な六角形ですが、よく見ると少しずつ大きさも違うし、端にいくほど歪んでいます。私の大好きなルリボシカミキリは、群青色の背に黒い点が6つ並ぶのですが、二匹と同じ紋様の虫はいないし、左右対称でもないんです。

少年時代、生きものを何回も残酷な形で殺めた記憶もあります。蝶を採集したら、殺して羽を正確に広げ、紙のテープで押さえて展翅台（てんしだい）という標本をつくっていましたが、それはとても繊細な工程で、慎重にやらないといけません。ほんの一瞬、例えば指先が蝶の羽に触れてしまうと羽は崩れ、大事な触角が欠けてしまう。生命は、放っておけばイモムシが蝶になるような素晴らしい劇的な変化をもたらす一方、ちょっとでも人の指先が介入すると、もろくも失われてしまうのです。

今振り返ってみると、生命は精妙なバランスの上に一回限り成り立っているものでしかないということを、昆虫少年時代に学びました。

――昆虫少年の夢を持って、生物学者の道を進まれたのでしょうか。

昆虫少年の夢のひとつは、新種を見つけて自分の名前を付け図鑑に載せることでした。あるとき、図鑑に載っていない虫を見つけて、心躍らせながら上野の国立科学博物館に持って行きました。ところが話を聞いてくれた先生に、あっさりと「ありふれたカメムシの幼体です」と診断を下されてしまいました（笑）。でも、このとき私は、展示室にはバックスペースがあり、そこで研究している人がいることを発見したのです。ファーブルのように自然と親しみながら大好きな昆虫を研究することを仕事にできればこんなに面白いことはないと、自然に生物学を目指すようになりました。

そして京都大学へ進んだのですが、もはや虫を見つけて図鑑に載せるという牧歌的、博物館的な生物学はありませんでした。そこにあったのは、害虫駆除や食料増産のための応用学的な生物学だったのです。さらに、1980年代には生物学の新しいトレンドとして、個体レベルでの研究から、細胞やタンパク質、遺伝子など、ミクロのレベルで生物を研究し、解析するというテクノロジーが入ってきました。それが分子生物学です。

昆虫少年は、虫取り網をミクロの虫取り網に持ち替え、未知の遺伝子を求める遺伝子ハンターとして、遺伝子の森へと入って行きました。研究室の中で試験管を振りながら、見えないものを腑分けしていくという実験科学の仕事に邁進し、実際にいくつかの遺伝子を発見することにも成功しました。

ミツバチの巣

ルリボシカミキリ

研究室にて実験する福岡先生

ところが90年代に入ると、アメリカが人海戦術ですべての遺伝子を解読してしまおうという「ヒトゲノム計画」を発表したのです。誰もが無理だろうと高を括っていたのですが、結局、アメリカはやり遂げてしまいました。2003年、もう新しい遺伝子は発見できないと、私は再び夢をなくしてしまったわけです。

生命は機械と全く違うシステム

―― その後先生が動的平衡にたどり着いた経緯を教えてください。

あるとき私は、膵臓細胞の消化酵素分泌についての研究をしていました。小胞体膜に存在するタンパク質GP2が消化酵素分泌に最も重要な働きをしていると考え、マウスを遺伝子操作してGP２産生部位を破壊したノックアウト・ マウスを作成しました。GP２を体内に持たないマウスが消化酵素の不足により栄養失調を発症すれば、GP2の働きが証明されます。しかし実際に生まれてきたのは、GP2を全く作れないにもかかわらず、栄養失調にならない健康なマウスでした。当初は実験の結果に困惑しました。しかし、ここにこそ、生命の本質があると気が付いたのです。つまり、体内の細胞が互いに干渉し合い、機能を補い合うという生命における関係性は、機械のシステムとは全く違うと確信しました。

生物学において、分子レベルで生命のあり方を解明するまではいいと思いますが、その成果を使って寿命を延ばしたり、何かを造りかえるといった応用面が性急に要求されることが、まるでバラ色の未来を実現できるように語られることについて、私は懐疑的です。

昆虫少年だったころから知っていた“仕組みを解明できても生命を造りかえることはできない”事実に改めて気付き、動的平衡の概念にたどり着きました。

秩序を維持するために、自ら壊し再生を繰りかえす道を選んだ生命

―― 私たち生物が生命を維持する仕組みはどうなっているのでしょうか。

ある秩序を維持しようと思ったとき、工学的な発想に立てば、とにかく地下深くに基礎を打ち込み、長時間、浸食や風化に耐える素材を用いて「頑丈に作る」ことになります。しかし、秩序は時間には勝てません。時間の経過とともに、整理整頓したはずの机の上はぐちゃぐちゃになり、いれたてのコーヒーは冷め、熱い恋愛も冷める（笑）。それが宇宙の大原則である「エントロピーの増大」(※) という法則です。そこで生物は、最初からがっちり作るという方法をあきらめて、柔軟な構造をつくり、エントロピー増大の法則が襲ってくるより早く、先回りして自らを壊して造りかえる方法を選びました。

常に壊しながら造ることが秩序を守るためのひとつのソリューションであり、その秩序は動的なもの

(※) エントロピー増大の法則　(別名　エントロピーの法則　熱力学第二法則) :「エントロピー(物質や熱の拡散の程度を表す物理量) は、時間とともに増大する」という物理学の法則で、本来は、1865年にドイツの理論物理学者・クラウジウスが熱力学で導入した概念だが、情報理論、経済学、社会科学など幅広い分野で応用される。
一般にエントロピーは「無秩序、乱雑さ」と言い換えられ、「エントロピー増大の法則」とは、「自然は、秩序ある状態 (エントロピーは低) から、無秩序な状態 (エントロピーは高) へと進み、逆らうことはできない」こととされる。

講演活動も精力的に行う福岡先生。写真は2008年11月21日六本木・アカデミーヒルズでの様子。
（写真提供：アカデミーヒルズ）

なのです。これが動的平衡です。絶え間なく更新されているから全体としてのバランスが保たれる。例えば、東京という街では、いつもどこかで何かが壊され、造られています。そのダイナミズムがあるから、いくら人が入れ替わろうと、世代が変わろうと東京は東京であり続けます。地震や戦争などの干渉を受けて焼け野原にもなりましたが、それが復興してさらに発展しているのは、どんなに押されても押し返せる動的平衡が内包されているからです。

動的平衡が保たれるもうひとつの大事な基礎は「多様性」です。多様性は質だけでなく、量の面でもあり、いかに多くの要素が支えているかということも動的平衡の強靱さになるわけです。私たちの消化管内には約100兆個以上の微生物が棲みついていますが、彼らは単に寄生しているだけではなく、人間の外と内側の境にあって、外からの影響を緩和する緩衝帯となって、我々に益を成しているのです。その分食物を掠め取るのですけれども（笑）。

一瞬の現象に過ぎない「生命」。その「生命」に一度限りという価値を見出す

―― 動的平衡の概念で見えてくることをもう少し教えてください。

人は若いときにピークを迎えて老いていくというのは人間が勝手に作っている物語です。生まれてから死ぬまでが動的平衡の状態であり、エントロピー増大の法則に追い付かれ、追い越されたとき「死」に至ります。いくらアンチエイジングを唱えても時間を戻すことはできません。私には自然の状態を受け入れなければならないというある種の諦観がありますが、それは肯定的なものです。操作することはできないが、悪いことも含めすべてのものは流れていく。動的平衡について語るとき、私は諦観を語りつつも、そこから希望を語りたいと思っています。

人間は、二度と同じことが起こらない時流の中で、絶え間なく動き、およそ80年ぐらいはその動的平衡状態を保てるわけです。さらに生命は、子孫を残すというだけではなく、その分子が流れ流れてミミズや岩石の一部になったりと、地球を循環しているものの中にいろいろな形で受け継がれていきます。

動的平衡の観点からすると、“私”という存在は38億年の歴史のほんの一瞬でしかないし、どこにも行かない、繰り返しあり続けるものの一部でしかない。でもそれは、38億年間に一度だけ起こった現象です。そこに価値があり、その大切さを考えることが、いろいろなことの出発点になるのではないでしょうか。

―― 先生が分子生物学者として、学生や研究者に伝えたいことを教えてください。

教育とはある種の不可能への挑戦だと思っています。馬を水辺に連れて行くことはできても、水を飲ませることはできないということわざがあるように、いくら生命科学の面白さや研究や開発の楽しさを教えても、学生自身がそう感じなければ意味がありません。それでもあきらめずに何度も連れていくのが教育の仕事です。教育と効率は真逆の存在なのです。

また、私が研究者にとって大切だと思うのは、自己懐疑ができるかどうかです。自分が言っていることは正しくないかもしれない、自分の主張は暫定的なものでしかないという意識を持つことですね。科学が言っていることは、いつもある種の反証を前にした仮説でしかありません。自分が言っていることは正しいと思い込むことが、サイエンスにとって最も危険なことだと思います。

生命現象の核心を解くキーワード「動的平衡」とは一体何かを考察した本。約10年前に環境月刊誌『ソトコト』で始まった連載をベースにまとめたもの。2009年2月、木楽舎刊。

過酷な使用環境に耐える品質を追求 鋼管（2）

エネルギー産業や自動車、建設機械、建築・土木など、社会を支えるさまざまな分野における基礎部材として不可欠な鋼管。特に近年、石油や天然ガスを輸送するラインパイプでは、天然ガスの長距離・大量輸送ニーズの高まりと、安全性、コスト削減の観点から、鋼管の高強度化・高靭性化が求められ、それに対応する研究・技術開発が加速化している。シリーズの第２回目は、大深度化が進む油井管と、要求特性が厳格化するラインパイプ用鋼管の技術開発の最先端を紹介する。

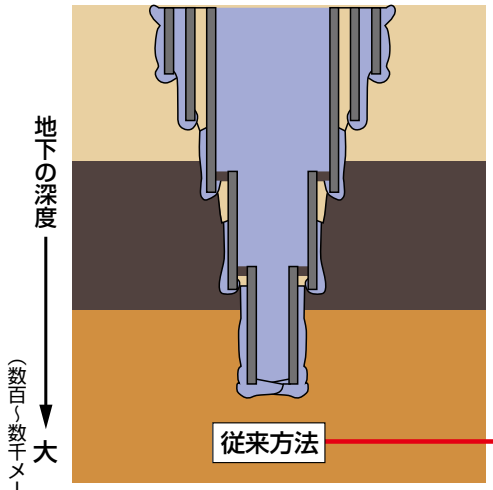
石油採掘の大深度化に貢献する電縫鋼管

前号（※1）で紹介したように、新日鉄では高強度・高靭性の熱延鋼板開発に加えて、長年、溶接の物理的現象（鋼の溶け方と接合のされ方）、電気抵抗溶接（ERW）での最適な溶接条件（電流値、溶接速度など）の研究を進め、高級かつ安定した品質の「**電縫鋼管**」を開発し続けている。溶接品質への高い信頼性が求められる油井管向けに中径電縫鋼管を提供できるのは世界に数百ある電縫鋼管メーカーの中で、新日鉄を含めた数社だけだ。

地下から石油・ガスを汲み上げる油井は、約10mの油井管をねじ継手でつなぎながら、地表から挿入し、地層が変わる部分などで段階的に直径の小さい油井管を降下していく方法で施工されている。深くなるほど油井管の段数が増え、鋼管の径は深度が増すほど徐々に小さくなる。つまり最初に挿入する地表近傍の鋼管は、採掘深度が大きくなるほど、非常に大きな径にしておかなければならない（**図1**）。

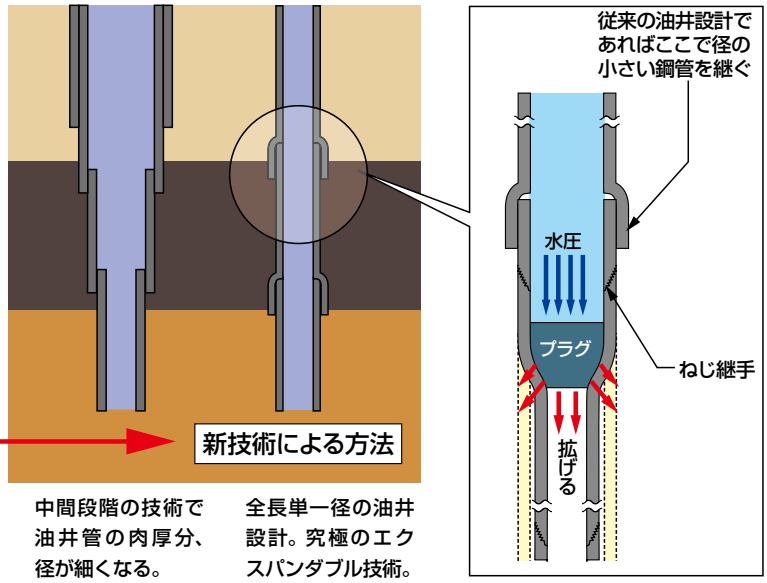
現在、石油採掘の大深度化が進む中で、コストを抑える電縫油井管のアプリケーションの一つとして注目されているのが「**エクスパンダブル**」という技術。鋼製のプラグを用いて、降下した油井管（肉厚約10mm）の内径を地中で10～20%拡げ、究極的には地表部から最大深度域まで同じ径の鋼管を何段でもつなぎ合わせることができる画

従来の作井方法 図１



径の大きい油井管から少しずつ径を小さくして作井していく。抗底で200mm径でも地表では1,000mm近くになることもある。

「エクスパンダブル」技術による作井方法 図２



中間段階の技術で油井管の肉厚分、径が細くなる。

全長単一径の油井設計。究極のエクスパンダブル技術。

小径の油井管を降下して地中で拡管することで、究極の技術では地表から抗底まで同一径で作井できる。使用する掘削リグが小型で済むため大きなコストダウンになる。

※１ 本誌 2009 年３月号 モノづくりの原点ー科学の世界 VOL.45 参照（新日鉄 HP URL：http://www.nsc.co.jp/monthly/pdf/2009_3_186_11_14.pdf）。

期的な施工技術だ。これにより深度にとらわれない油井設計と大幅なコストダウンが可能となる（**図2**）。

この技術は、新日鉄の優れた電縫鋼管製造技術があって可能になると言っても過言ではない。現在一般的に油井管にはシームレス管が使用されている。シームレス管は円柱型の鋼材（ビレット）に孔を開けて製造するため肉厚（鋼材の厚み）の均一化が難しく、仮にこのような鋼管を拡管した場合、肉厚が薄い部分に歪みが集中して割れが生じやすくなる。それに対して、板厚精度が高い熱延鋼板から製造する電縫鋼管は、肉厚の変化（**偏肉率**）が2％程度とシームレス管に較べて均一であり、高い拡管率が達成できる。

新日鉄では、高い形状精度と、拡管時の変形に耐える電縫溶接品質の信頼性を確立するとともに、拡管加工により材料の硬さが増す「**加工硬化特性**」を上手に利用するノウハウを活用して、拡管性能が高く、拡管後の材質特性が優れた電縫鋼管を提供している（**図3**）。

強度と靭性に挑む ラインパイプ用UO鋼管の最先端

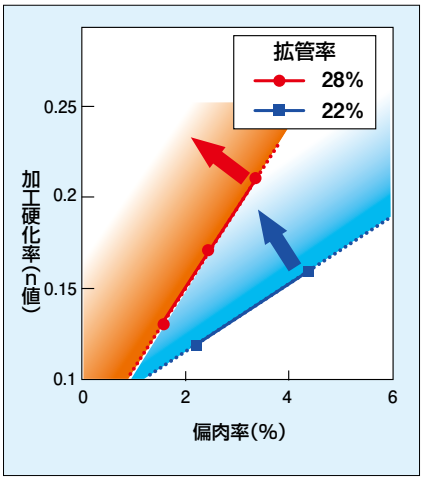
微細なベイナイト組織を活用して 強度と靭性を両立

近年、世界的なエネルギー需要の拡大と地球環境保全の観点から、主に遠隔地で産出する天然ガスの長距離・大量輸送の必要性が生じている。それに伴い、敷設コストに加えて輸送コストを下げるための高圧操業に耐え得る小径・薄肉の**ラインパイプ用高強度鋼管**へのニーズが高まっている。鋼材の強度を高めると、例えば、内径とガス量が同じ場合は鋼管の肉厚を薄くでき、肉厚とガス量が同じであれば内圧を高めて径を小さくできる。

2007年には、ラインパイプ用高強度UO鋼管の最先端を走る「**X100**」と「**X120**（エクソンモービル社と新日鉄の共同開発）」が規格化され、**高強度**と**低温靭性**（粘り強く壊れにくい性質）を両立する最新かつ最高級のラインパイプ用鋼管として注目を集めている。天然ガス輸送用ラインパイプは、鋼管の開発だけではなく、現地での円周溶接技術の開発や、地形に合わせるための低温下での曲がり鋼管の製造試験、安全性の評価などが行われてきた。新日鉄は他社に先駆けてX120までの高強度UO鋼管の量産化体制を整えており、今後の本格的な実用化が待たれる

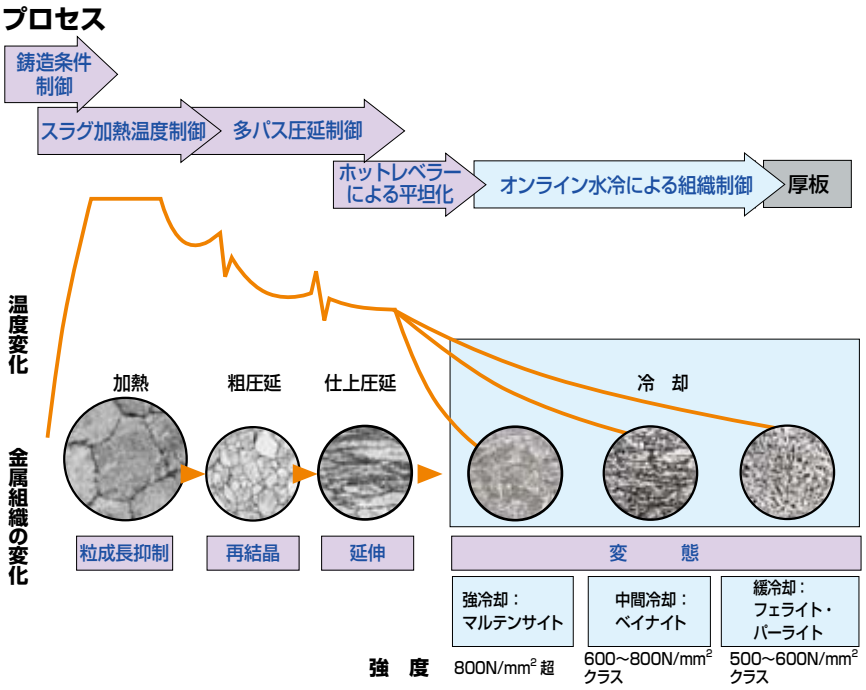
ラインパイプ用鋼管は、高強度と低温靭性を備え、寒冷地の敷設現場での溶接時に、溶接予熱温度を低くしても溶接欠陥が発生しにくい（溶接性の良い）鋼材品質のつくり込みが重要だ。一方、国際的なエネルギー開発プロジェクトでは、短期間で数十万トンから百万トン単位の鋼管が使用されるため、鋼管の材料となる厚板も短工期で量産できる体制が求められる。高級厚板は、圧延後の熱処理プロセスで品質の信頼性を高めることがあるが、ラインパイプ用鋼管はその制約から、**TMCP**（※2）を駆使して、熱処理をせず、

正常に拡管できる 偏肉率と加工硬化率 図3



各々の線より左上方の領域の偏肉率と加工硬化率をもつ鋼管は正常に拡管できることを示す。偏肉率が低く肉厚の均一な鋼管ほど拡管性能が高い。

厚板のTMCPによる制御冷却例 図4



※2 TMCP：Thermo Mechanical Control Process
加工熱処理法または熱加工制御法。圧延と圧延後の冷却の組み合わせによって、組織制御する技術。
詳しくは、本誌2007年6月号 モノづくりの原点ー科学の世界 VOL.33 参照（新日鉄HP URL：http://www.nsc.co.jp/monthly/pdf/2007_6_169_07_10.pdf）。

圧延工程までで、材質をつくり込む難しさがある。

鋼材の強度と靭性は炭素量・合金量と鉄の結晶組織によって決まる。通常、炭素が多いと強度は上がるが、鉄を脆くして靭性や溶接性を悪化させる。そこで炭素を減らしながら（0.04%）、いかに強度を維持するかが材料開発の大きなハードルだ。鉄は冷却途上の高温域で（800℃付近）生成する比較的軟らかいフェライトや、急速冷却によって低温域で生成する硬いマルテンサイトなど、温度制御によって多彩な結晶組織に変態するが、新日鉄では、低炭素下でもX100、X120を満足する高強度と低温靭性を実現できる**微細なベイナイト組織**を、TMCPだけで製造する技術を確立している（**図4**）。

微量の合金添加と圧延の工夫で最適な組織を生成させる

ラインパイプ用高強度鋼管では、母材となる厚板の加速冷却時に粗大なフェライトを生成させずに均質なベイナイト組織を作るため、製鋼工程でマンガン（Mn）の他にモリブデン（Mo）、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）など少量の合金元素を添加しているが、さらに高い強度が求められるX120では、従来の合金元素に加えて「**ボロン**（B）」を添加している。結晶組織の粒界（結晶同士の境界）に微量のボロン原子を偏析させることによって、粒界からのフェライトの生成を抑制してベイナイトへの変態を容易にする（**写真1**）。しかも、ボロンはわずか10ppm（10万分の1）でマンガン1％、モリブデン0.5％に相当する強度をもたらすため、合金コストの削減効果も非常に大きい。

ボロンを添加すると、化学組成や冷却条件の制御が難しいため、熱処理で材質をつくり込む高級厚板製造ではボロンが使われてきたが、TMCPで金属組織をつくり込まなければならない高強度鋼管の製造では、これまで本格的に使用されるケースがなかった。新日鉄では、ボロンを含む化学組成とTMCP条件の緻密な制御手法を確立し、X120の開発を実現した。

また、鋼材の靭性を高めるためには結晶粒径の細粒化が不可欠だ。そこで、圧延時に細粒化効果を発揮する**ニオブ**（Nb）を微量添加するとともに、圧延温度をコントロールして、結晶の粗大化をもたらす再結晶化を抑制。その後、細粒組織のまま加速冷却を行うことで、極めて微細なベイナイト組織を生成させている（**写真2**）。

さらに新日鉄では、顧客ニーズに合わせた一品生産である高強度UO鋼管（X80～X120）において、例えば、極めて優れた低温靭性や、凍土地帯で起こる地盤変動に耐える**変形能**（延性）が特に求められる場合は、加速冷却時にベイナイトだけではなく少量のフェライトを微細分散させて、靭性とともに変形能を強化するなど、自在な組織制御によって要求特性に応じた材質のつくり分けを行っている（**図5**）。

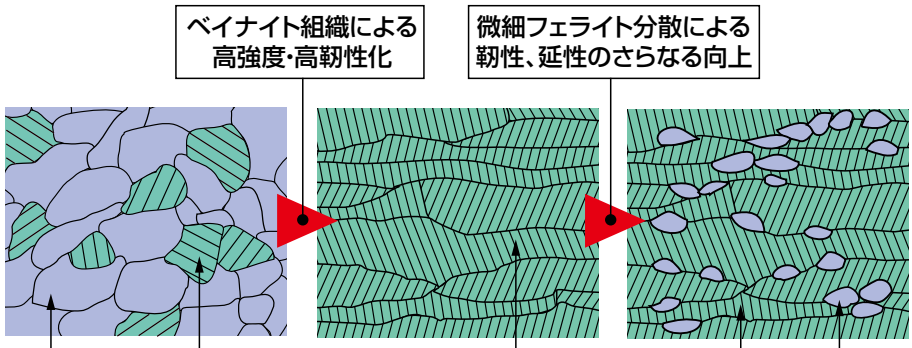
X120の開発では、こうしたメタラジーの技術開発だけではなく、鋼管成形時の材料の反発力（**スプリングバック**）

強度を高めるボロンの組織制御メカニズム　写真1

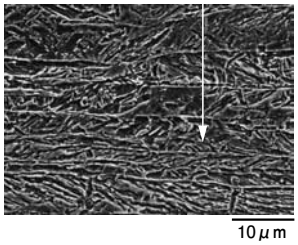
結晶粒界にボロンが偏析していることを示す黒い点々がボロンの存在を示す
（点1個がボロン原子1個ではない）

結晶粒界にボロンが偏析すると粒界からのフェライト生成を抑制してベイナイト組織への変態を容易にする。

靭性・変形能を高めるための組織制御例　図5



最適なプロセス制御により生成されたベイナイト組織　写真2



が大きい高強度鋼板を高精度に成形するためUO鋼管の成形プロセスの刷新や、新たなシーム溶接材料開発も製品化のために必須の要素だった。2004年には、鋼材製造と成形、シーム溶接の3つの要素技術を組み合わせた総合力と、利用技術にまで踏み込んだお客様との共同研究・開発で培った信頼を基盤に、X120の1マイルの**デモンストレーションライン**を厳冬期のカナダで完成させ、高い評価を得ている（**写真3**）。

3,000m級深海での採用を目指す新たな挑戦

近年、天然ガスの長距離輸送ニーズと、海底パイプライン敷設や鋼管製造の技術進歩により、地中海などの2,000～3,000m級の深海パイプラインの敷設が計画・実行されており、200気圧にも及ぶ水圧に耐える**深海ラインパイプ用UO鋼管**が求められるようになってきた。その鋼管開発は、厚板をUO成形できる範囲で厚肉化して（24インチ径では約30mmが限界値）水圧で潰れ（**圧潰**）ないことを前提とするが、製造工程の最後に拡管して真円度を高めるUO鋼管は、外圧で発生する逆方向の応力（圧縮応力）で潰れやすいという弱点がある（**バウシンガー効果**）。

新日鉄では1990年代半ばから圧潰の研究に取り組み、拡管前のOプレスでの成形方法を工夫するとともに、耐食性を高めるコーティング時の加熱（約250℃）によってバウシンガー効果を最小化できる鋼板を開発して圧縮強度を高める対策を確立している。その背景には、圧力とパイプの圧潰の現象把握とデータの蓄積がある。大規模な試験となる大径のUO鋼管は、海外の試験機関に依頼して行い、実管の圧潰試験結果をもとに構築した**FEM**（有限要素法）を使い、小さな試験片で測定した円周方向の圧縮強度と残留応力、形状などの計測データから圧潰に至る圧力限界を正確に導き出し、品質の信頼性を高めている。（**写真4**）。こうした努力が実り、2007年には世界最深クラスとなる地中海横断プロジェクト（スペイン－アルジェリア）の深海域（最大2,160m）に新日鉄が開発したUO鋼管が採用された。

シリーズ最終回となる次号では、薄手で肉厚精度が高い特長を活かし、適用部材に応じた多彩な板厚・径の製品を提供している小径電縫鋼管の利用技術の最先端を紹介するとともに、鋼管技術の未来を展望する。

監修　技術開発本部鉄鋼研究所 鋼材第二研究部
鋼管総括　主幹研究員　工学博士
朝日 均（あさひ・ひとし）

プロフィール
1956年生まれ大阪府出身
1981年入社
以後、鋼管商品、プロセスの研究開発、
特に油井管、ラインパイプの商品開発に従事
1994年　工学博士（大阪大学）
2004年　英国金属学会　バナジウム賞
2009年　日本鉄鋼協会　西山記念賞

X120のデモンストレーションライン　写真3

現地での円周溶接が終わった直後。その後、溝に降下され埋設される。

UO鋼管の圧潰試験光景と圧潰した鋼管　写真4

水を満たした圧力容器に試験用鋼管を入れるところ。
その後蓋をして鋼管が圧潰するまで水圧を高める。

新日鉄と住友金属工業(株)の両社グループにおける電弧溶接ステンレス鋼管事業の統合について

新日鉄と住友金属工業(株)は、両社の連携策の一環として、両社グループにおける電弧溶接ステンレス鋼管事業の統合を決定し、このたび、両社グループ間で統合のための基本契約書を締結した。高い技術力と販売力を持つ両社グループが事業統合することにより、業界トップクラスの企業が誕生する。各社の強みを最大限に活かし、効率的な生産・販売体制を構築することで高い競争力を実現していく。

＜統合内容＞

(1) 事業統合の方法

① 新日鉄が100%子会社の受皿会社を新設し、新日鉄および新日鉄の子会社である(株)ニッタイと、ニッタイの100%子会社である(株)コーナンの電弧溶接ステンレス鋼管事業を当該受皿会社に事業譲渡する。

② その上で、住友金属の100%子会社である住金ステンレス鋼管(株)を存続会社として、当該受皿会社を住金ステンレス鋼管に吸収合併させることにより、事業統合を実施する。

(2) 統合時期

2010年7月1日(予定)

(3) 統合会社の事業運営

① 生産面

現在3拠点ある製造所(住金ステンレス鋼管：茨城県古河市、ニッタイ：千葉県野田市、コーナン：山口県光市)を将来的に古河市と野田市の2拠点に集約することで、効率的な生産体制を構築し、コスト競争力の強化を図る。また、住金ステンレス鋼管の継目無ステンレス鋼管については、新会社の湘南工場(神奈川県藤沢市)で現状どおり事業を継続する。

②販売面

両社グループの商品別、地域別の特徴、強みを活かした、より強固な販売体制を構築する。

③技術・開発面

両社グループの技術・開発力を結集することで製造技術のレベルアップおよび、市場ニーズに対応した迅速な新商品開発に取り組んでいく。

＜統合会社概要＞

・商　　号：住金日鉄ステンレス鋼管株式会社
　　(英文名：Sumikin & Nippon Steel Stainless Steel Pipe Co., Ltd.)
・所 在 地：茨城県古河市丘里3－2
・資 本 金：9億1千6百万円
・出資比率：住友金属60% 新日鉄40%
・代表者(予定)：土井 芳夫(現住金ステンレス鋼管代表取締役社長)
・売 上 高：約280億円／年(2007年度実績ベース)

お問い合わせ先　広報センター　TEL 03-3275-5021 ～ 5023

第55回大河内賞「大河内記念生産賞」を受賞～コークス炉診断・補修技術の開発～

新日鉄は、「コークス炉リフレッシュの実現を可能にした極限環境下での診断・補修技術の開発」のテーマで「第55回大河内賞 大河内記念生産賞」を受賞し、3月11日、日本工業倶楽部会館で贈賞式が行われた。大河内賞の受賞は2年連続となる。

大河内賞は日本の生産工学、高度生産方式の実施などに関する顕著な業績を表彰する伝統と権威ある賞。

当社が開発した「コークス炉診断・補修技術(DOC：Doctor of Coke Oven)」は、従来のコークス炉の補修作業の効率・精度・信頼性を飛躍的に高めた点が高く評価された。

贈賞式の様子

お問い合わせ先　広報センター　TEL 03-3275-5021

ニッテツスーパーフレーム®工法が平家(ひらや)店舗などで国土交通大臣認定を取得

新日鉄の「ニッテツスーパーフレーム®工法(以下NSF工法)」が、2008年7月に取得した1～3階建て集合住宅などに引き続き、平家店舗などでも、「建築基準法施行規則第1条の3第一項による図書省略の国土交通大臣認定」を取得した。同認定は、コンビニエンスストアなどの平家店舗や、事務所、診療所、児童福祉施設などに適用することができ、延べ床面積は、400㎡までの対応が可能となる。

同認定の取得により、国土交通大臣がその構造を安全であると認めた建築物について、構造計算に関わる審査を簡略化することができ、「構造計算適合性判定」が不要となることから、建築確認申請期間の大幅な短縮が可能となる。

NSF工法は、短工期・低コスト、遮音性能などの優位性が評価され、これまで主にコンビニエンスストアやロードサイド型商業用店舗に採用されてきた。

当社は同認定の取得により、同分野におけるさらなる普及拡大に向けて、意匠・構造設計者をはじめ、建築事業者、店舗フランチャイズなどを対象とした説明会を順次実施していく。

お問い合わせ先
薄板営業部住宅建材開発グループ
TEL 03-3275-5064

新日鉄グループ2010年度採用計画が決定

新日鉄および新日鉄グループ事業セグメント主要会社の2010年度の採用計画について、右記のとおり決定した。

お問い合わせ先
広報センター
TEL 03-3275-5021

			2010年度計画	2009年度見込み
新日鉄グループ			1,062名	1,016名
新日本製鉄	スタッフ系	事務系	45名	53名
		技術系	145名	152名
		合計	190名	205名
	操業・整備系 (注1)		650名	520名
	合計		840名	725名
新日鉄住金ステンレス			約60名	約70名
新日鉄エンジニアリング			40名	40名
新日鉄都市開発			7名	7名
新日鉄化学 (注2)			約15名	12名
新日鉄マテリアルズ			数名	2名
新日鉄ソリューションズ			約100名	約160名

(注1) 新日鉄は中途採用を含む
(注2) 新日鉄化学は操業系の人数は含まず(2010年度計画未定)

新日鉄エンジニアリング(株)が食品廃棄物由来バイオエタノール3%混合ガソリンの利用試験を開始

新日鉄エンジニアリング（株）は、技術開発研究所北九州環境技術センターにて２月26日より、全国で初めて食品廃棄物から製造したバイオエタノールを3%混合したガソリン（以下Ｅ3ガソリン）の利用試験を開始した。

北九州環境技術センターは、2005年度よりNEDO（(独）新エネルギー・産業技術総合開発機構）受託事業「食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業」にて、食品廃棄物よりバイオエタノールの製造試験を実施してきた。今回の利用試験では、同事業で製造したバイオエタノールを3%混合したＥ3ガソリンを、同事業の再委託先である北九州市の公用車や当社の業務車両などに供給して車両の走行試験を行うもの。

Ｅ3ガソリンとは、「揮発油等の品質の確保等に関する法律」により定められたエタノールを３容積%以下混合したガソリンであり、本試験では新日鉄エンジニアリングがＥ3ガソリンの特定加工業者登録などを得てＥ3ガソリンの製造、給油を行う。

新日鉄エンジニアリングは、引き続き食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業およびＥ3ガソリン利用試験の実施を通じ、廃棄物のリサイクル技術開発に貢献していく。

給油装置

＜ＮＥＤＯ委託事業の概要＞
事業名称：食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業
試験期間：2005年12月12日より2010年3月31日まで
概　　要：北九州市周辺より収集した食品廃棄物を破砕・加水・酵素添加し、廃棄物中のでんぷんを糖化する。この糖を酵母により発酵させ、バイオエタノールを製造する。このエタノールをガソリンに３%以下の割合で混合してＥ3ガソリンを製造し、試験参加社の車両に給油し、走行させる。
バイオエタノール製造場所：北九州市若松区響町１丁目62－20 北九州エコエナジー(株）敷地内

＜試験概要＞
給油場所：北九州市若松区向洋町10－12 新日鉄エンジニアリング（株）北九州環境技術センター
試験期間：2009年２月26日より2010年1月末日（予定）
給油対象：約20台（北九州市公用車12台、北九州エコタウンセンターなど）

お問い合わせ先
新日鉄エンジニアリング(株）北九州環境技術センター
TEL 093-751-0780
総務部広報室　TEL 03-3275-6030

(株)新日鉄都市開発「芝浦ルネサイトタワー」が竣工

(株)新日鉄都市開発が中心となって開発を手がける「芝浦ルネサイトタワー」（東京都港区）が竣工した。

「芝浦ルネサイトタワー」は、日本初の「大学」「オフィス」「ホテル」の３街区からなる複合開発地区「芝浦RENASITE（ルネサイト）」のオフィス棟として開発された、地上19階、地下２階、延床面積27,322㎡のオフィスビル。そのほか2街区と合わせて、「環境」「景観」「防災」の３つのポイントからなる「まちづくりガイドライン」に基づいて開発された。「芝浦ルネサイトタワー」は、防災備蓄倉庫の完備や災害時用簡易トイレなど「防災」に基づいた機能を擁し、災害時の地域支援に対応可能な施設となる。メインテナントとして、住友電気工業（株）東京本社が入居する予定となっている。

【芝浦ルネサイトタワー概要】
名　　称　芝浦ルネサイトタワー
所 在 地　東京都港区芝浦三丁目
建物規模　地上19階　地下２階、S造（一部RC/SRC造）
設計･管理　戸田建設(株）一級建築士事務所・(株)日建設計　設計共同企業体
施　　工　戸田建設（株）
竣　　工　2009年3月

物件外観（イメージ）

お問い合わせ先　(株)新日鉄都市開発　TEL 03-3276-8842

新日鉄ソリューションズ(株)が旅行総合サイト「楽天トラベル」のシステム基盤を増強

新日鉄ソリューションズ(株)と、日本オラクル(株）は、楽天トラベル(株）が運営する旅行総合サイト「楽天トラベル」における国内・海外旅行の予約サービスの安定的な提供と会員向けコミュニティーサイトのサービス・レベル向上のため、2008年12月、システム基盤の増強を行った。

楽天トラベルは、国内最大級の旅行総合サイトで、近年は、会員向けコミュニティー・サービス「旅コミ」における口コミ情報の書き込みサービスなど新サービスの投入を続けており、2008年12月には、累計利用者数が1億2,000万人を突破した。

楽天トラベルのサービスを支えるシステム基盤について、システムが大規模化した2000年からは、オラクル製品に関する先端利用技術を担保している新日鉄ソリューションズが、設計・構築を担当している。

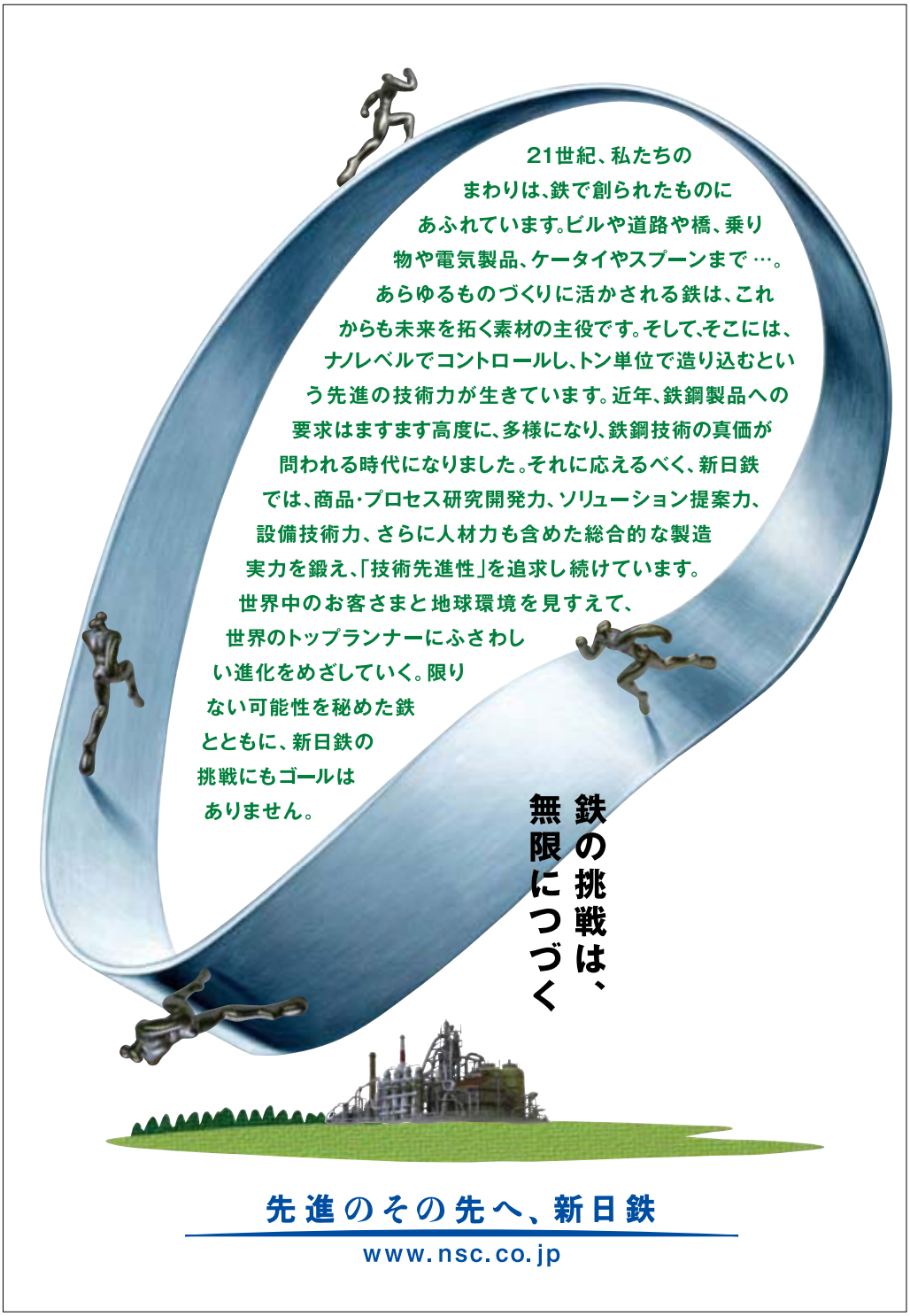
楽天トラベルでは、今後「足回り商品」（交通手段）や「旅コミ」のさらなる拡充を予定している。そこで、今回のシステム基盤増強においては、毎年約50%ずつ増え続けているデータベースサーバー負荷にも十分耐え、利用者に対する快適なレスポンス維持を目的とした。今回のシステム基盤増強の結果、増強後約３カ月の運用実績では、データベースサーバー全体として、ピーク時でも60%のパフォーマンス改善が確認されており、今後「旅コミ」などにおけるアクセス数増大、データ量増大が、利用者へのレスポンス劣化につながることを未然に防止することが期待できる。

お問い合わせ先
新日鉄ソリューションズ(株）
IT インフラソリューション事業本部
営業本部営業企画部
TEL 0120-42-1255
E-mail: market@iii.ns-sol.co.jp

紀尾井ホール　(財) 新日鉄文化財団　４月 主催公演から　http://www.kioi-hall.or.jp

10 日　OMC Card Classic Special
紀尾井シンフォニエッタ東京 弦楽アンサンブル 春の特別公演
川久保 賜紀 四季を謳うヴァイオリン
出演：川久保賜紀（Vn)、紀尾井シンフォニエッタ東京 弦楽アンサンブル（弦楽オーケストラ）
曲目：モーツァルト ディヴェルティメント ヘ長調 KV138、　チャイコフスキー 弦楽セレナーデ ハ長調 Op.48、ヴィヴァルディ ヴァイオリン協奏曲集 Op.8 より「四季」

お問い合わせ・チケットのお申し込み先：紀尾井ホールチケットセンター　TEL 03-3237-0061〈受付 10 時～ 18 時　日・祝休〉　URL.http://www.kioi-hall.or.jp



文藝春秋　3月号掲載

CONTENTS

APRIL 2009 Vol.187

① 特集 1 先進のその先へ VOL.10

自動車の進化を支える環境適合商品が市村産業賞を受賞 ― 燃料タンク用鋼板「エココート® ― S」

⑤ 特集 2

“エコあったかい”“エコ強い” ニッテツスーパーフレーム® 工法で人と建物を結び街を育む

⑬ トークスクエア

生命を「動的平衡」の観点から考える

分子生物学者
青山学院大学 化学・生命科学科 教授
福岡 伸一氏

⑰ モノづくりの原点―科学の世界 VOL.46

過酷な使用環境に耐える品質を追求　鋼管 (2)

㉑ GROUP CLIP

4月号から表紙の作者が代わりました。
祐成 政徳（すけなり・まさのり）

作者プロフィール
1960年福岡県生まれ。武蔵野美術大学油絵学科卒業。93年から一年余ドイツ、ミュンヘン州立芸大に留学（シュタイナー奨学金）。その後もドイツに滞在制作で招かれ97年個展「OPERA」を開催。2003年チェコ“House of Art”にて個展を開催。2006年第六回上海ビエンナーレ参加、2007年エルマンノ・カソリ・プライズ　コミュニケーション特別賞受賞。2002年より東京造形大学非常勤教員、現在に至る。

表紙のことば　「花に水」

春になると植物がいっせいに動き出す。にんげんの時間の単位で考えると、とても自由自在とはいえない触手は我々を凌駕するように若々しく目前にたち現れる。それでも、その若葉のすいてきになったつもりになれば、ぼくらのイメージュは限りない。

新日鉄 NIPPON STEEL MONTHLY
APRIL
2009年3月30日発行

新日本製鐵株式會社
〒100-8071　東京都千代田区大手町2-6-3　TEL03-3242-4111
編集発行人　総務部広報センター所長　丸川 裕之
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

●皆様からのご意見、ご感想をお待ちしております。FAX:03-3275-5611
●本誌掲載の写真および図版・記事の無断転載を禁じます。

GPN Green Purchasing Network 印刷サービス
新日鉄は印刷サービスのグリーン購入に取り組んでいます

FSC ミックス品
FSC認証林及び管理された森林からの製品グループです
www.fsc.org Cert no. SGS-COC-2568
© 1996 Forest Stewardship Council