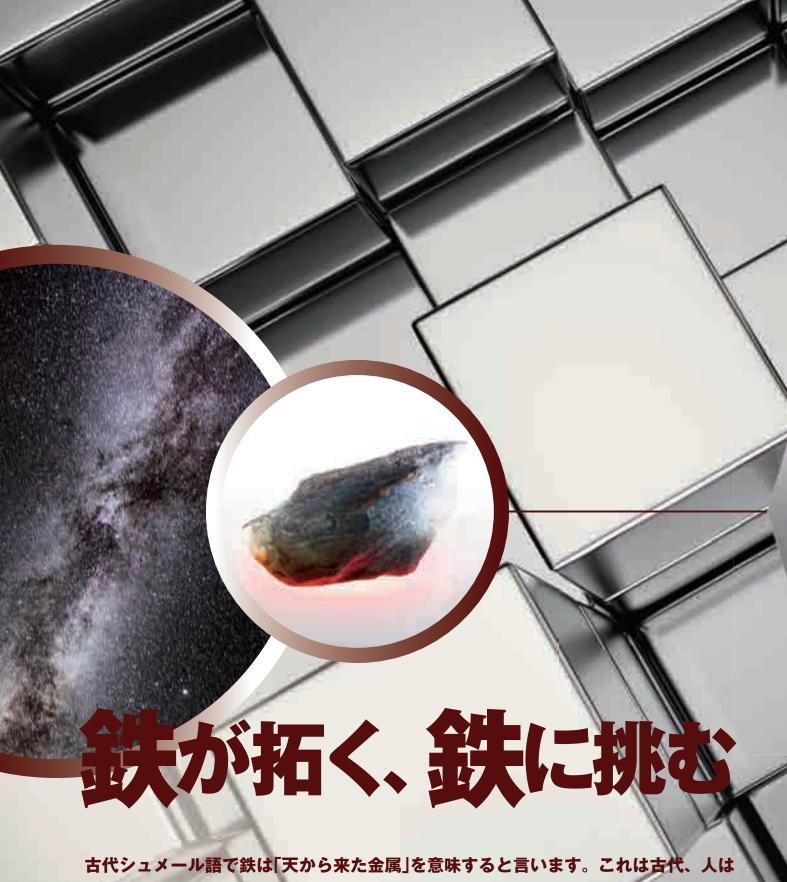
季刊新日鉄住金





特集 鉄が拓く、鉄に挑む 私たちの地球「鉄の惑星」物語 138億年の宇宙誌 宮本 英昭氏 (東京大学総合研究博物館准教授) 見渡す限り広がる赤褐色の大地 鉄鉱山をゆく 見てわかる製銑プロセス 鉄鉱石から鉄ができるまで 多彩な特性を発揮する 鉄 無限に広がる素材としての可能性 監修:牧 正志氏 (京都大学名誉教授/新日鉄住金(株)顧問) 特別企画 技術対談 24 技術者の高い志と オールジャパンの結束力で ものづくりの国際競争力を高める 内山田 竹志氏 (トヨタ自動車(株)代表取締役会長) (新日鉄住金(株)代表取締役副社長) 鋼づくりの現場探訪 研究開発の最前線 技術先進性を全力で追求 社会貢献 ものづくり教育 ものづくりの魅力を発信 News Clip 新日鉄住金グループの動き 季刊 新日鉄住金 新日鉄住金株式会社 広報誌 Vol.4 2013年11月7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 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八ガキでお寄せください。



地球に飛来した鉄隕石を利用して鉄をつくっていたためと思われますが、実は鉄という 元素の本質を言い当てていました。鉄は宇宙で生まれ、地球を形成し、地球上の多様な 生命を育み、人類文明の進歩に欠かせない「宇宙からの贈り物」なのです。138億年の 遥か昔から現代へつながり、未来を拓く鉄の限りない可能性を探ってみましょう。

昭氏 東京大学総合研究博物館 准教授

レバーやほうれん草には、鉄が多く含まれているからよく食べましょう。こう言われて不思議な気分 になったことはありませんか。車や橋、ビル、家電製品などをつくるのに使われる鉄が、体の中で 一体何をしているのかというと、血液中のヘモグロビンの中に存在し、呼吸で得た酸素を全身に運 びエネルギーに変換する重要な役割を担っています。私たちは鉄がなければ生きていけないのです。 さらに鉄は、地球の真ん中に存在しています。巨大な磁場をつくり出し、生命にとって危険な宇宙 放射線が地表に届かない安全な環境へと変えてくれています。地球は「鉄の惑星」なのです。 なぜ鉄なのか。物語はここから始まります。



みやもと・ひであき

1970年千葉県生まれ。理学博士。専門は惑星科学。95年東京大学理学部卒業、99年同大学院助手、2002年 アリゾナ大学で月・惑星研究所客員研究員、06年東京大学総合研究博物館助教授を経て、07年より現職。09 年東京大学総合研究博物館の特別展示 『鉄―137億年の宇宙誌』 展で学術企画を担当し中心的な役割を果たす。

※ 本稿は宮本准教授の共著『鉄学―137億年の宇宙誌』 (岩波書店)などの内容を再構成したものです。 なお宇宙の始まりはこれまで考えられていたよりも1億年ほど早く、138 億年であることが2013年に判明しました。

視した言い方に過ぎません。

では、そもそも地球は何でできているの

地球表面の70%を水が覆っていることを重 名な言葉にも象徴されていますが、これは 飛行を成功させたユーリ・ガガーリンの有

「地球は青かった」という世界初の有人宇宙

地球は「水の惑星」と一般的に言われます。

の惑星」なのです。 重さで見ると、鉄は地球の3分の1を占め という結論に達します。地球内部にはマン しばらく考えて「ああそうか、鉄になるね で見たらどうでしょう」とさらに尋ねると、 は確かにそうなります。「地球全体で、 答えが返ってきました。地球表層の地殻で で一番多い元素は何でしょうか」と問いかけ でしょうか。ある日、私は地球惑星科学の 最も多く存在しています。実は、地球は「鉄 トルがあり、それは溶けた鉄でできています。 てみました。すると「酸素とケイ素」という 専門家たちと雑談をしていたときに、「地球 地球科学、環境科学、考古学、物理学、化学

重量

生命誌、人類誌の物語が見えてきます。 で見渡していくと、新しい宇宙誌や地球誌、 れてきました。しかし各分野を横断的に鉄 て、鉄が重要な元素であることは当然とさ 天文学、生物学など多くの研究分野におい

宇宙・生命・文明を結ぶ 新たな試み「鉄学」

Powers of Ten Years

鉄学年表

10¹年後 近未来の姿

鉄系の超伝導物質、超高純度鉄、新触媒、鉄の海洋散布など、鉄に 関する最先端の研究から、将来の鉄利用が見えてくる。

10⁰年前 転換期の現在

鉄は構造材・機能材として現代文明の根幹を成す。現在は持続社会 の構築へ向けた準備段階。

10¹年前 鉄は国家なり

鉄を制するものが国家を制すると言われたが、同時に成長の限界と いう概念に気付く。

10²年前 鉄と産業革命

コークス製鉄法による安価な鉄鋼の供給と、鉄の磁性と電気の発見は、 産業革命の起爆剤となった。

10³年前 鉄器時代

鉄は農耕器具に利用され、効率的な農耕を促して文明を安定させる とともに、武器に使用され他の文明を淘汰する役割も持った。

104年前 赤い鉄

鉄隕石で人類は初めて金属鉄を利用した。それ以前の旧石器時代は 顔料として赤い酸化鉄が広く利用されていた。

105年前 鉄と気候変動

植物プランクトンの活動度には、鉄が大きな役割を果たしており、 これと気候変動との関連が指摘されている。

106年前 地球磁場逆転

過去500万年に20回も地球磁場が逆転している。その際、結果的 に気候が変化するという説もある。

10⁷年前 生命維持と鉄

この時代の大量絶滅期を哺乳類が生き延びたのは、生命維持に鉄が 重要な役割を果たしていたから。

西オーストラリアで採掘された縞状鉄鉱床のボーリング・コア。 世界規模の環境変動を記録した貴重な標本。 撮影/瀧川晶氏

108年前 生命の多様化

鉄はヘモグロビンの中に存在し、酸素を体内の隅々まで運ぶという 重要な役割を果たす。

10⁹年前 地球の形成 生命の誕生

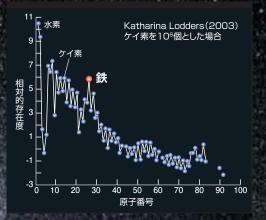
地球の中心に鉄が濃集し、地球磁場が形成された。この磁場が有害 な宇宙放射線をブロックし、生命が誕生。原始生命であるシアノ バクテリアは海の酸化還元状態の大変化を引き起こし、現在の鉄鋼 原料である縞状鉄鉱床を形成した。

1010年前 鉄元素の形成

核融合により鉄が形成された。安定的な元素である鉄の存在度は、 宇宙において、他の元素より相対的に高くなった。

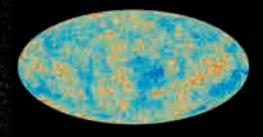
『鉄学』では時間尺度を10のべき乗で表わして各時代の現象を分析し、それを一つずつ繰り上げ ていくことで、138億年を概観している。

は、こうした問いに迫る試みなのです 今後どのように変わっていくのか。「鉄学」と どり着くのか。 それが現代文明にまでつながり、鉄が私たち がどのような役割を果たしてきたのか。 地球の形成、 かという根本的な疑問に始まって、太陽系や に必須であるという結論にどのようにしてた その鉄という元素がいかにして誕生したの 生命の誕生や進化において、鉄 そして人類と鉄との関わりは



太陽系の元素存在度

原子番号の大きな元素ほど、存在度が小さくな る傾向にあるが、鉄はその傾向から著しく外れ 特異性が現れている。



© ESA AND THE PLANCK COLLABORATION

誕生間もない宇宙の姿を描いた地図

欧州宇宙機関(ESA)と米航空宇宙局(NASA)が、ビッ グバンから38万年後の宇宙の温度分布を色で示した 地図を作成し、2013年3月に発表した。その結果、 現在の宇宙の年齢は、これまで考えられていたよりも 1 億年ほど多く、「138 億歳」であることがわかった。



元素をばらまく超新星爆発

© NAOJ

かに星雲(画像)は冬の夜空を彩る代表的な天体。 1054 年に起こった超新星爆発の残骸で、藤原定家

の日記『明月記』にもその現象が記されている。

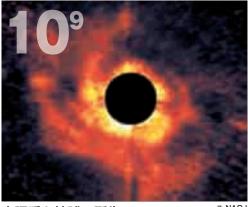
する元素の中で、陽子と中性子の結びつき は陽子と中性子でできています。ここで まれました。 輝き出しました。太陽の10倍以上あったこの によって異なっていることです。 普通に存在 味深いのは、原子核と電子の結びつきが元素 鉄はこうした星の中の核融合反応によって生 まざまな種類の元素がつくり出されました。 巨大な原始星の内部で核融合が起こり、 元素は原子核と電子で形成され、 約130億年前、最初の星が宇宙に光り 原子核

鉄は星の中で生まれた

138億年前、宇宙空間には水素とヘリ

でした。では宇宙の中で、どうやって鉄と ウムの原子核と電子しか存在していません

いう元素が生まれたのでしょうか。



太陽系と地球の誕生

© NAOJ

画像はうずまき状の惑星誕生の現場。中心の星の周り に惑星の材料となるガスやダストが大量に回っている。 太陽系も同じような経緯をたどり誕生した。



が集まって、約45億6000年前に太陽系 えられています)。こうしてつくられた元素

が生まれ、地球が形成されたのです。

ていきました(なお、鉄より重い元素は、超

このようにして鉄は宇宙空間で増え続け

新星爆発などによって一気につくられたと考

星の中で元素がつくられると言いましたが、

到達地は鉄であるということになるのです。 まり星の中の核融合反応にとって、その最終

こうした理由から鉄が増えていったのです。

り安定するということになるからです。つ

鉄より大きな原子核は核分裂したほうがよ 子核は核融合して大きくなった方が安定し、 影響します。というのも、鉄より小さい原

がわかっています。また最近の研究から 惑星が常に形成されるわけではなく、地球 さまざまな形で鉄が存在します。太陽系 私たちが地球で鉄を使う文明を築いたのは、 のような惑星が形成されるためには、鉄の 太陽のような恒星であっても、その周囲に 400個分の重量の鉄が含まれていること 組成を調べたところ、太陽にはなんと地球 の全質量の約9・9%を占める太陽の化学 言っても過言ではありません。 太陽系が誕生したときすでに決まっていたと 存在が重要な役割を果たすとみられています。 太陽系の惑星や衛星には、内部や表層に ことがわかっています。 が最も安定した原子核を持つのが鉄である

この結びつきは、星の中の核融合反応に



縞状鉄鉱層

提供:東京大学大学院教授 加藤 泰浩氏

25 億年前の縞状鉄鉱層(西オーストラリア・ハマス -)。鉄鉱物を主体とする黒い層と、石英を主体と 厚さは数cm程度だが、その1つの層の中にさらに細 かい薄い層の堆積が繰り返されている。



太古の海で酸素を排出する光合成を行ったシアノ バクテリア。その集合体であるストロマトライト -ストラリアの海で見ることができる



地球磁場

鉄が生み出す地球磁場は危険な宇宙放射線を遮り、 地表面を生命にとって安全環境へと変えた。

出典: NASA



見方があるのです。

初期の地球は酸素のない、嫌気的な環境で

物に満ち溢れた惑星を生み出しているという す。鉄が生み出す強大な磁場が、多様な生 エネルギー粒子の流れ(太陽風)を遮っていま 高エネルギーの宇宙放射線や、太陽からの高 り、宇宙空間から降り注ぐ生命体に有害な ことがあげられます。地球磁場がバリアとな 内部に持ち、強大な磁場をつくり出している 理由の一つに、地球が十分に大きな鉄の核を ていません。地球が特殊な天体である重要な

期に地球で初めて繁栄した生命がシアノバク て、外敵のいない新天地を求めて陸上へと進 掘された鉄鉱石(酸化鉄)でつくられています。 の環境変動の痕跡である縞状鉄鉱層から採 私たちが現在使っている鉄は、この地球規模 め海底に沈殿し、縞状鉄鉱層を形成しました。 価となり、三価の鉄イオンは水に溶けないた 鉄イオンとして海水中に溶けていた鉄が、三 的な環境に変わりました。その結果、二価の シアノバクテリアのおかげで、地球の海水や くり出し、酸素を排出する光合成を行います。 ギーを使って水と二酸化炭素から有機物をつ テリアです。シアノバクテリアは光のエネル 強くなった20~30億年前のことです。 この時 大進化が始まりました。 生物は生存戦略とし 大気中に酸素が増え、地球表層は一気に酸化 した。これが一変したのが地球磁場が非常に さて地球上に酸素が蓄積されると生物の

私たちは地球以外で生命体をまだ発見し

生命体と鉄の深いつながり



植物が土壌から巧みな方法で鉄を取り込んでいるおかげで、動物は植物を通じて必須元素である鉄を摂取し、生命を維持している

めのエネルギーを得ているのです。

応を進めることで、私たち人類は活動するた介して電子を受け取りゆっくりと酸化還元反子を効率的に伝達することです。鉄イオンをす。二つ目はエネルギーをつくり出す上で電

す。ヘモグロビンは鉄を中心とした構造を持っ

鉄の多くはヘモグロビンの中に存在していま

一つ目は酸素の体内への運搬です。人体の

ており、肺から酸素を得て体中に運んでいま

つの中心的な役割を果たしています。

てはなりません。この重要な目的に、鉄は二ていくにはこの酸素呼吸を維持していかなく生存に必要なエネルギーを得ています。生きまた栄養物を酸素と反応させることによって、

まがエネルギー生産に重要な役割を果たしているのは、哺乳動物だけではありません。 はとんどの生物において体内のさまざまな部 けへ電子を伝達しエネルギーを得るという意 味で同一の仕組みが必要であり、この電子の 味で同一の仕組みが必要であり、この電子の は達に鉄が重要な役割を果たしています。 が建っていくことができません。 鉄がエネルギー生産に重要な役割を果た れています。 心的かつ不可欠な役割を果たしているとみら は呼吸や光合成、DNA合成、窒素固定など、 出し、やがて私たち人類が誕生しました。鉄

例えば私たちは酸素を吸って生きています。



転炉

19世紀に転炉法による精錬が発明されると、 - 度に大量の鋼をつくり出すことが可能になった。 その後も絶え間ない技術革新によって鋼は進化 し続け、現代社会を支えている。



提供:国立科学博物館

蒸気や水の力を電気へと変換する発電機の発明は 人類史において重要な転機となった。画像は発電 機の動作原理を発見したマイケル・ファラデーが 1831年に考案した最初の電動機。

ファラデーの円盤



世界最古の鉄橋 アイアンブリッジ(イギリス)

1709年にコークスを用いた高炉法による製鉄が初め て成功した場所につくられた。石炭を蒸し焼きにして つくるコークスは火力が非常に強いという利点があり、 鉄の生産は飛躍的に増大し産業革命を支えた。



文明を支える鉄

人類は地表に大量に存在する鉄を最大限

ル語で「天から来た金属」を意味します。本格 2000年ごろ西アジアのヒッタイト人に 的な鉄器時代の幕開けは、紀元前1500~ に活かし、高度な文明を築きました われています。 鉄という単語は古代シュメー 人類が最初に鉄を利用したのは隕石だと言

ヒッタイト戦士を描いたレリーフ

アナトリア半島(トルコ)に帝国を築いたヒッタイト 人が、人類初の鉄器文化を築いたとされる。その 製鉄技術は紀元前 1200年ごろにはヨーロッパや インド、アジアなどに広がっていった。

© アナトリア文明博物館



産業革命以降、鉄道、橋、ビルなどの建設に大量の鋼を必要となり、鉄は近代文明に欠かせない存在となった。鉄の技術開発は将来も人類の暮らしを豊かにするものと期待される

機械を動かすことによって工場で大量生産

電気がつくられ、その電気を使いモータで磁性という特殊な性質を利用して発電機で

しました。電気エネルギーの登場です。 鉄の

19世紀になると、鉄の人気はさらに上昇

必需品へと変わっていったのです。

鉄は安価でありながら高い強度を持つため、

鉄は産業革命の起爆剤となり、貴重品からが可能となり、産業は爆発的に発達しました。

において、鉄はなくてはならない存在なのです。 として広く使われています。また鉄の磁性を カードなど情報記憶媒体の機能材としても使 カードなど情報記憶媒体の機能材としても使 われています。さらに鉄の錯体(※)は、超伝 等性や代替元素としての役割も期待されてい ます。 鉄は人類の文明社会を根幹から支えており、 としょう。宇宙、地球、生命、文明のすべて でしょう。宇宙、地球、生命、文明のすべて でしょう。宇宙、地球、生命、文明のすべて 鉄を確保することは、近代においても重要な国家戦略になりました。中でも社会を 大きく変化させたのが、18世紀イギリスに 大きく変化させたのが、18世紀イギリスに が発展し、大量に鋼を生産できるようにな が発展し、大量に鋼を生産できるようにな が発展し、大量に鋼を生産できるようにな に炭鉱から石炭を効率よく輸送する手段と に炭鉱から石炭を効率よく輸送する手段と して鉄道が発展するなど、鉄の大量生産は 後に重要な産業の出発点となるさまざまな 発明を促しました。

※ 鉄の錯体:鉄イオンに配位子と呼ばれる分子やイオンが結合したもの。



見渡す限り広がる赤褐色の大地

世界の鉄鉱石の可採埋蔵量は約2,300億トンにのぼると言われ、他の金属に比べて 桁違いに多い。 地表から盛り上がっている鉱山や深度 100~200メートルの地下を

Iができ上がった。 この地球の歴史でも最

隆起して縞状鉄鉱層が地上に現れ、鉄鉱

さ100~200メートルの地表を掘削す

カラジャスはアマゾン川南東に広がる

『雨林地帯、ハマスレーは夏場50℃を超

八規模なもので、巨大なマシーンを使い深

ムトラリア、アフリカなどに

つに生成されたものだ。太古の海には、地

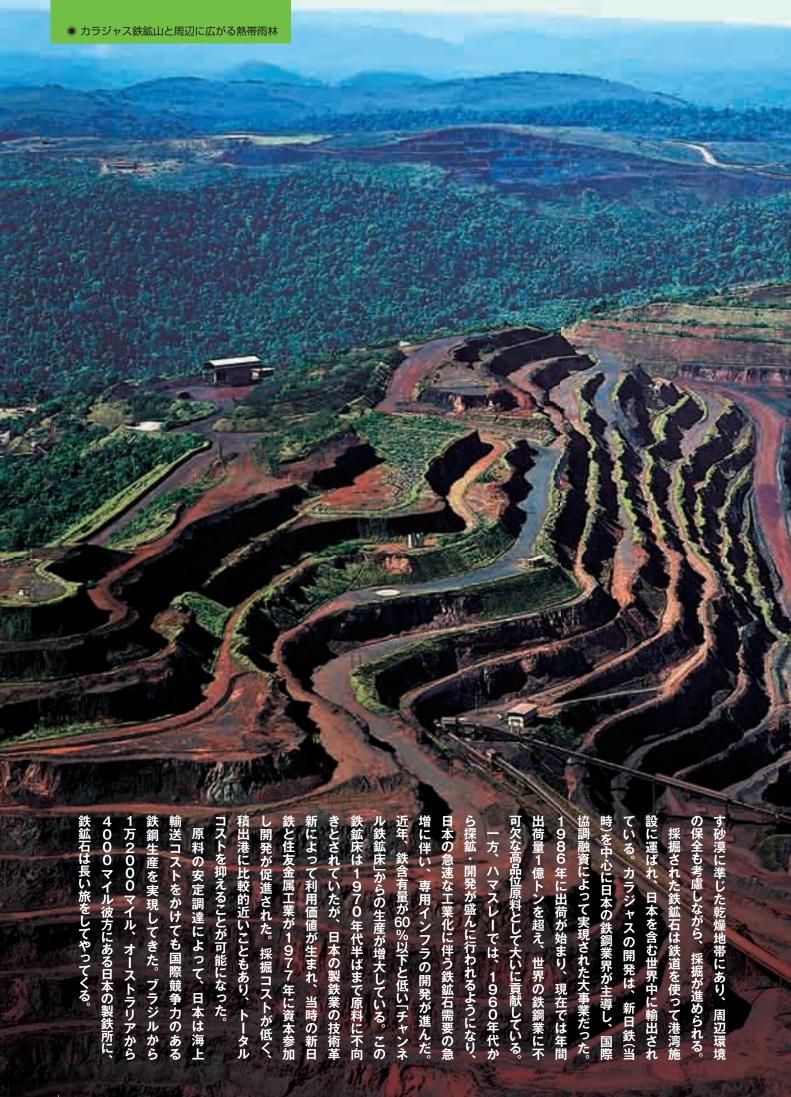
、海底に酸化鉄として沈澱した。 シアノバ

アが光合成により排出する酸素と結合し

の鉄イオンが溶け込み、シアノバクテ

ら溶け出したり地球内部から噴出した

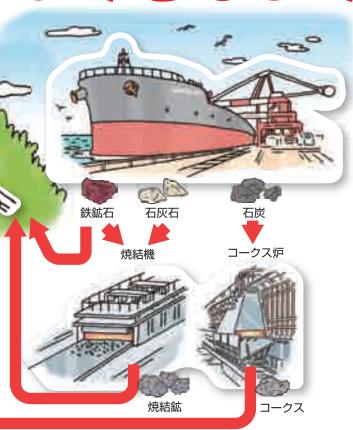
地球史上最大の環境変動の痕跡







ができるまで



オーストラリアやブラジルの鉱山で採掘された鉄鉱石は、はるばる日本の製鉄所に運ばれ鉄鋼製品に生まれ変わる。 製鉄所では、高炉という巨大な設備を用いて高温で鉄鉱石 と石炭を還元反応させ、鉄鉱石から鉄分を取り出すことから 工程が始まる。では鉄鉱石から鉄が生まれる瞬間を紹介しよう。

原料の事前処理

鋼材の品質や生産性を大きく左右する原料は、鉱山から採掘されたものを そのまま高炉に入れるのではなく、事前にさまざまな加工処理を行っている。





では、1日当たり約1万3~4000トンもの鉄鉄所の容積5500㎡を超える世界最大級の高炉料を用いて、例えば新日鉄住金の大分・君津両製カナダ、アメリカなどから輸入している。その原ストラリアとブラジルから、石炭はオーストラリア、ヌトラリアとブラジルから、石炭はオーストラリア、メトラリアとブラジルから、石炭はオーストラリア、メトラリアとブラジルから、石炭はオーストラリア、カー・

さまざまな原料を使いこなす

いこなすことが求められるようになっている。り使用されなかった品位の劣る鉄鉱石や石炭を使定的な資源需要の急増に伴って、高品質な原料の安的な資源需要の急増に伴って、高品質な原料の安的な資源需要の急増に伴って、高品質な原料の安かの効率や、でき上がる鉄(銑鉄)の品質を左右する。

を生み出している。

均質になるようにブレンドラバラな鉄鉱石を、なるべく製鉄所では産地も性質もバ

鉱)にする。また粘りの一定の大きさの塊(焼結約1400℃で焼き固めれ、少量の石灰石を混ぜ

いこなし、鉄の品質と生産性を高る。こうして多様な原料を使め一な塊(コークス)にしてい蒸し焼きにして強度が高く素し焼きにして強度が高く



鉄鉱石から鉄

鉄は高炉で生まれる

好ましい。約8時間かけて炉頂から炉底に焼結鉱 炉下部が高温になる「頭寒足熱」で操業することが 部で完全に溶かすためには、 溶かしながら酸素を奪い、 化炭素や水素などの高温ガスを発生させ焼結鉱を コークスを燃焼させ、最高2000℃を超す一酸 結鉱を含む鉄鉱石とコークスを交互に層状に入れ、 る瞬間を説明しよう。まず炉の天辺(炉頂)から焼 から1200℃の熱風を吹き込む。この熱風で 高炉は効率的な熱交換が重要で、 いよいよ高炉で鉄鉱石が鉄に生まれ変わ 鉄分を取り出している。 炉上部の温度が低く 焼結鉱を炉下

炉下部から溶けた鉄(銑鉄)を取り出す。 るダイナミックな還元反応を進行させ、 が降りていく過程で、 固体、 気体、 液体が共存す

最終的に

使われ、 の原料として活用されている。 グ製品は道路・土木資材用セメントや農作物肥料 と同時に、 ルや橋、 く伸ばす圧延工程などを経て鉄鋼製品となり、 ^合って溶けた「スラグ」も取り出され、このスラ 銑鉄はさらに、成分を調整する製鋼工程や、 私たちの暮らしを支えている。 自動車、 鉄鉱石に含まれる成分が石灰石と混ざ 家電製品などさまざまな用途に また銑鉄 ビ

製鋼工程へ 炉 高 (銑鉄を製鋼工場へ運ぶ) 焼結鉱、塊鉱石 コークス 石灰石 発生ガスを回収 焼結鉱、塊鉱石 石灰石 コークス 「頭寒足熱」の ダイナミックな高炉操業 鉄鉱石の主成分は酸化鉄で(赤鉄鉱

出銑口←

炉床から見上げた高炉内部



母なる設備

-クスの炭素(C)により還元

ミックな操業で還元反応を進行させ、 溶けた鉄を生み出している。

炉壁や炉底は内側に水冷パイプを内 休むことなく20年以上も鉄を生み出 温になる炉下部の側壁は約2mの厚 蔵した耐火レンガで築かれ、最も高 の広さがテニスコートー面ほどもある。 さは地上部高さが約100m、炉底 あり、製鉄所のシンボルだ。その大き 高炉は鉄を生み出す母なる設備で 高炉は一度稼働を始めると、

図解

多彩な特性を発揮する鉄

無限に広がる素材としての可能性

鉄は機械による効率化と電気文明の発展という産業革命の二大要素を支え、社会に劇的な変化をもたらしました。それは鉄づくりにかかわる技術者・研究者が鉄の特性を深く理解し、知恵と工夫を凝らして、多彩な性質を引き出し実用化してきた歴史に他なりません。古代文明以来、人類が利用し続けてきた鉄の素材としての素晴らしさ、今後の可能性を「鉄鋼組織」というミクロン・ナノの世界から見てみましょう。

● 監修:京都大学名誉教授 (新日鉄住金(株)顧問) 牧 正志氏



鋼の魅力強さと靭さ、加工性を併せ持つ

社会で使われている金属の約5%を占め、生活社会で使われている金属の約5%を占め、生活社会で使われている金属の約5%を占め、生活社会で使われている金属の約5%を占め、生活

あり魅力だ。
あり魅力だ。
あり魅力だ。
のバランスに優れ、併せて加工性にも優れている
を家電製品からレール、強靭な構造物、長大吊り
や家電製品からレール、強靭な構造物、長大吊り
や家電製品からレール、強靭な構造物、長大吊り
や家電製品からレール、強靭な構造物、長大吊り
であがら幅広い強度の範囲(200メガパスカル〜5
ながら幅広い強度の範囲(200メガパスカル〜5
には見られない鋼(鉄ー炭素合金)の素晴らしさで
のバランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れ、併せて加工性にも優れている
のがランスに優れている
のが声音を表している
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに優れている
のがランスに成れている
のがランスに成れている
のがランスに優れている
のがランスに成れている
のがりまたれている
のがランスに成れている
のがランスに成れている
のがりまたれている
のがりまたれて





幅広い強度と優れた加工性を持つ鉄鋼製品の用途例

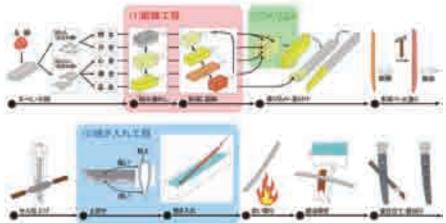
つくり込み ― 日本刀の世界先人の知恵が生んだ材質の

さまざまな材質を持たせることができる。により、組織の状態を変えて、他の金属にはないである炭素などを中心とした「成分調整」と「熱処理」握るのは、炭素の含有量と温度だ。侵入型元素(※2)握るのは、炭素の含有量と温度だ。侵入型元素(※2)

例えば、砂鉄を木炭で還元するたたら製鉄でつくられた鉄を材料とする日本刀は、高温の鋼をつくられた鉄を材料とする日本刀は、高温の鋼をやすい刃側は急冷されて硬く(焼き入れ)、厚く塗っやすい刃側は急冷されて硬く(焼き入れ)、厚く塗った棟側はゆっくり冷えて軟らかい粘りのある鋼にた棟側はゆっくり冷えて軟らかい粘りのある鋼にた棟側はゆっくり冷えて軟らかい粘りのある鋼にた棟側はゆっくり冷えて軟らかい粘りのある鋼に行錯誤の中からこうした自然の摂理(現象)を体得し、ものづくりの技に磨きをかけてきた。



日本刀の鍛冶風景と製作工程



※ 1 ギガパスカル (GPa): 引張強さや圧力の単位。 1 GPa = 1,000 MPa。 1 MPa(1 N/mi)は 1 miあたり約 0.1 kg の力が作用。 ※ 2 侵入型元素: 鉄の結晶のすき間(格子間位置)に存在する合金元素。鉄に比べて原子半径が小さい炭素、水素、窒素、酸素の 4 つ。

込められ、

硬いマルテンサイトになる。

これが焼き入

れだ。一方、

徐冷された鋼は室温でフェライトとパ

ライトの組織となり、

トの量が増える。

こうして熱処理で変態組織を変える

炭素量が増すにつれてパ

ことにより、

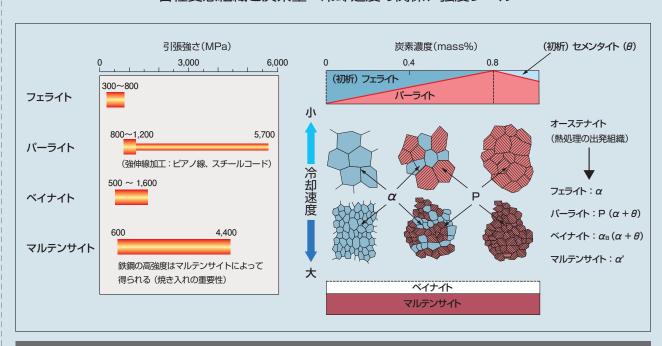
幅広い強度を持たせている。

また、

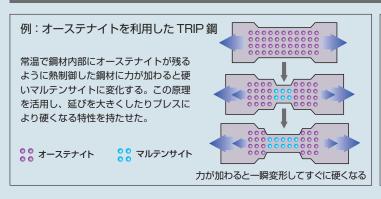
炭素の量と熱処理で組織を変化させる

ら逃げて拡散する暇もなく鉄結晶の隙間(格子)に閉じ 鉄原子より小さい炭素原子は、 ライト」に変化する(変態 組織「マルテンサイト」「ベイナイト」「パーライト」「フェ を変えることで、 な材料特性への出発点。このときの鋼組織を「オーステ 例えば、 727℃(A˙ 変態点)以上の高温に加熱した鋼が多彩 高温の鋼(オーステナイト)を急冷すると、 そこからの冷却速度や含まれる炭素量 鋼は強度レベルが異なるさまざまな 収縮する鉄原子の間

各種変態組織と炭素量・冷却速度の関係、強度レベル



多彩な組織を組み合わせ複合化することで、さまざまな特徴を持つ鋼材をつくり出す



例:DP鋼の複合組織 構造が安定した硬い マルテンサイトの結 晶と軟らかく変形し やすいフェライトの 結晶を共存させて、 強くて加工・成形性 の良い鋼材を開発。 フェライト マルテンサイト

※3 DP: Dual Phase (二相の意)。

なども開発された。

-

9

(

 \Rightarrow

一成するマルテンサ

トを活用した一TR

P

鋼

化による新たな自動

用高強度鋼

の開発を加速化さ

また軟かい

オ

ーステナ

トを加工

することで

動車

用鋼板として実用化され

その

後の複合組織

は

970

年代から研究が行われ、

80年代には

イトの

中に硬いマルテンサ

イトを分散させた「DP(※3)

軟らかいフェラ

を活かし欠点を補い合うこともできる。

一つの異なる変態組織を組み合わせることで互いの長所

各変態組織がそれぞれ持つ特徴を活かして、

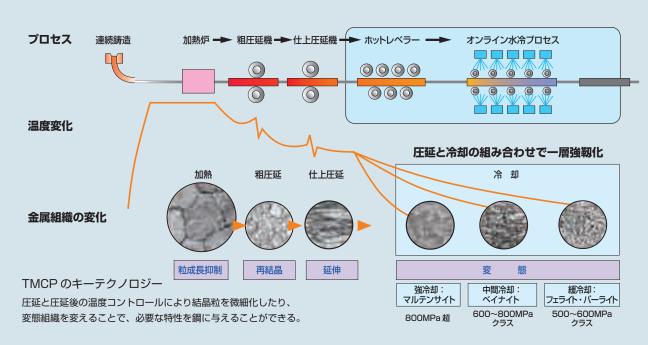
※ 4 TRIP: Transformation Induced Plasticity (変態誘起塑性)。

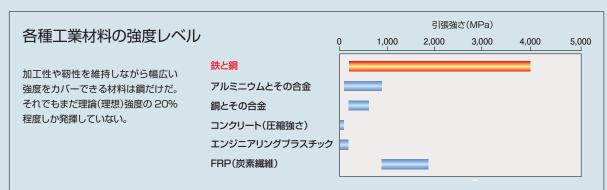
未踏領域に挑む 実用材料は理論強度のまだ2%。

鋼は鉄に炭素を含む合金で、炭素が多くなるほど強く(硬く)なるが、炭素量が多い高強度鋼でもその含有く(硬く)なるが、炭素量が多い高強度鋼でもその含有別でであるのが鉄の魅力だ。また、原料の鉄鉱石には助に変わるのが鉄の魅力だ。また、原料の鉄鉱石には助に変わるのが鉄の魅力だ。また、原料の鉄鉱石には助に変わるのが鉄の魅力だ。また、原料の鉄鉱石には別ででであり、炭素が多くなるほど強いる。

理で結晶粒の大きさや組織をコントロールし、 組織制御技術を駆使して、製造ラインでの加工と熱処 鋼構造物に使われる厚鋼板では、 高い強度を持つ鋼材(ハイテン)を開発している。 炭化物の代わりにチタンやマンガンなど多彩な金属元 高靭性などの特性を出している。 を微細化すると強くなると同時に靭さも増す。 素との化合物を使って、加工しやすさを維持しながら その後現在まで、車体の軽量化・高強度化ニーズに応え、 (軟らかい鉄)を狙って高純化と低炭素化を追求してきた。 自動車用鋼板ではまず1970年代、 また、一般的に鋼は強くすると脆くなるが、 **一MCP(※6)という** 加工性の向上 高強度 結晶粒 そこで

金属組織を製造ラインで連続的に制御する例「TMCP」





- ※5 ppm:主に濃度を表す単位で、100万分の1の意。
- ※ 6 TMCP (Thermo-Mechanical Control Process): 従来の熱間圧延にはない、圧延と圧延後の冷却の制御による新たな組織制御技術。
- ※7 理論(理想)強度:転位などの格子欠陥を含まない完全結晶において、原子の結合を引き離す(引きちぎる)のに必要な応力。

新材料開発の可能性がある。

20%程度までしか発揮しておらず、のバランスを考慮しているが、理論

線材では約5ギガパスカル)。

実用鋼の最高強度は現在、

。加工性や疲労強度などと約2.5ギガパスカル(極細

理論(理想)強度(※7)の

今後もさまざまな

さらなる強度・靭性を追求 緻密なつくり込みで、

晶粒微細化)」「転位強化(加工硬化)」の四つがある。 させるために力を加えると、 の乱れ(転位)」の動きやすさによって決まる。 しやすい強度の低い鋼材となり、 こは「固溶強化」「粒子分散強化(析出強化)」「粒界強化(結 つなぎ替えが起こる。 鉄と炭素の合金である鋼の特性をブレイクスルーす 鉄の強度や靭性、加工のしやすさは、 加工しにくい高強度の鋼材になる。 この転位が動きやすいほど加工 転位が押されて、 転位が動きにくくな 原子の「配列 強化の手法

れれば、 可能性を秘めている。特に「粒界強化」では、 現在十分に使いこなされているのが、固溶強化と粒子 御することによる高強度化。四つの強化機構のうち まだまだ研究の余地があり、ブレイクスルーの大きな 分散強化だ。転位強化や粒界強化による組織制御には るためには二つの方向性がある。 在は「こクロンオーダー)、新たな微細化手法が考案さ ーミクロン以下になると飛躍的に強度が高まるため(現 計算上では8ギガパスカルまでの高強度化が 一つは鉄の組織を制 結晶粒が

変形のメカニズム(転位の移動)

鉄の結晶には並び方が乱れた 「転位」がある。鉄の加工・成 形は、この転位現象を利用して、 絨毯をずらすように移動してい くことによって行われている。 逆に結晶構造を安定化させ、転 位が動きにくくなれば鉄は硬く なり強化される。

期待されている。

-

-

0

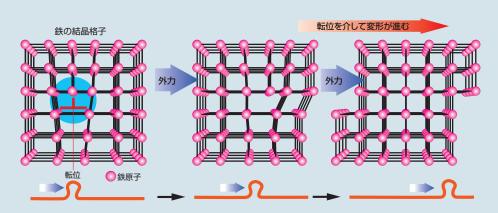
や組織のサイズ・分布などの多彩な制御技術の確立が

は二相の組み合わせに限らず、

三相以上の組み合わせ

もう一つの方向は、

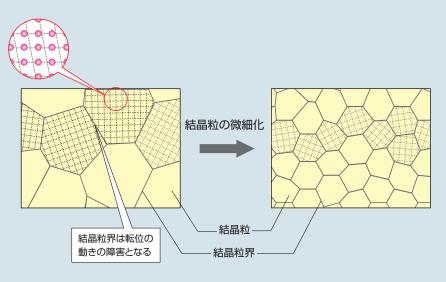
変態組織のさらなる活用。



「粒界強化」の考え方(結晶粒の微細化と高強度化)

格子の位置に原子が並んでいる。

転位は原子が並んだ特定のすべ り面に沿って動くので、結晶粒 界では転位の動きやすい面が変 化する。結晶粒が微細なほど粒 界が数多く存在するので転位が 動きにくくなり、強度が高まる。



キロメートル・トンをつくり込む天の配剤と英知で、ミクロン・ナノから

鋼材が社会で大量に使用されているのは「天の配剤」 鋼材が社会で大量に使用されているのは「天の配剤」 といえる。原料の資源量が豊富なことに加えて、製造きるコークスが鉄鉱石(酸化鉄)から酸素を取り除く還また、高温とはいえ人間が使いこなせる温度領域 また、高温とはいえ人間が使いこなせる温度領域 また、高温とはいえ人間が使いこなせる温度領域 また、高温とはいえ人間が使いこなでもる。 たいよう いっぱい いるのは「天の配剤」

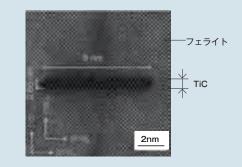
では、多彩な特性を生み出す仕かけづくりを支えているのが材料の本質を探る解析技術だ。学術的なく理解する、いわば「鉄の気持ちになって考える」研究者のときに組織観察で得られた膨大な組織写真(解析デーのときに組織観察で得られた膨大な組織写真(解析デーのときに組織観察で得られた膨大な組織写真(解析デーのときに組織観察で得られた膨大な組織写真(解析デーのときに組織観察で得られた膨大な組織写真(解析デーのとうによるのが材料の本質を探る解析技術だ。学術的なえているのが材料の本質を探る解析技術だ。学術的なえているのが材料の本質を探る解析技術だ。学術的なえているのが材料の本質を探る解析技術だ。学術的なえているのが材料の本質を探る解析技術だ。学術的などは、またいというでは、

ナノ~キロ・トンレベルの制御、 明石海峡大橋 つくり込み km (10³m) 明石海峡大橋のケーブル例: 全長 4km もの明石海峡大橋の吊橋構造 は、ミクロン・ナノのレベルの解析技術 ケーブル断面模式図 を用いて開発した高強度鋼線によって (1m)実現した。 67.99mm 127本/ストランド 290ストランド/ケーブル mm (10⁻³m) ワイヤ SEM 像 SEM:走査電子顕微鏡 ワイヤ TEM 像 μ m (10-6m) TEM:透過電子顕微鏡 nm FIM:フィールドイオン顕微鏡 (10⁻⁹m)

解析技術の進歩による材料設計技術の発展

フェライト中に析出したチタン炭化物(TiC)の透過電子顕微鏡での撮影写真。 合金炭化物はフェライトの強度を高めるなど高強度鋼材において重要な役割を果たす。新日鉄住金では、高性能な電子顕微鏡の利用・観察技術を持ち、材料組織を原子レベルで解析することにより、鋼材特性の調査・改善を行っている。

本写真にはフェライトのFe原子列とTiCのTi原子列が写っている(C原子列は写っていない)。



技術開発に挑戦し続けていく。

金では、まだまだ発展途上にある鋼材開発において、研究

セスで特性(品質)を均一につくり込んでいる。新日鉄住

鉄鋼業はミクロン・

ノの世界で鋼の材料特性を引

トン単位の大規模な製鉄プロ

数キロメートル、



うちやまだ・たけし

1946年8月愛知県生まれ。名古屋大学工学部応用物理学科卒業。69年トヨタ自動車工業(株)入社(82年トヨタ自動車(株)に社名変更)、 第2技術部第2振動実験課長を経て、94年新車開発のチーフエンジニア(第2開発センター第2企画部主査)に。97年世界初の量産 ハイブリッドカー「プリウス」を開発・発売し、同社のハイブリッドカー事業を牽引する。2005年同社取締役副社長、13年代表取締 役会長に就任。総合科学技術会議議員(非常勤)、日本経済団体連合会副会長。



大衆車を目指したフォルクスワーゲンの [VW30] (通称ビートル) の 試作車とポルシェ博士 写真提供: Volkswagen Group Japan

初志貫徹で自動車メーカーへ ポルシェのような仕事 が

まず自動車の開発を志望された経緯についてお聞か をお伺いしたいと思います。その話題に入る前に、 さらには日本の産業間連携の強みなどについてお話 内山田 もともと模型製作や工作が好きで、中学卒業の た内山田会長に、 とをお祝い申し上げます。世界に先駆けたハイブリッ 記を読み、あるときスポーツカーを開発したフェルディナ ころから自動車会社に入ると決めていました。発明家の伝 カーの開発を、 リウス累計販売300万台を同時に達成されたこ 坂 0) グローバル累計販売500万台と、6月には ヨタ自動車殿が今年3月にハイブリッ 技術開発の手法や成功のポイント、 チーフエンジニアとして牽引され

ント・ポルシェ(1875-1951年) が、フォルクスワー



(株) 代表取締役副社長

トヨタ自動車



技術対談

者の高い志と ルジャパンの結束力で、

自動車の誕生と、その進化を支え続けてきた鉄。 日本では製品と素材メーカーがそれぞれ、 ものづくりの力を高めると同時に、密接に連携して高品質な製品を生み出してきました。 本企画では、1990年代に「21世紀の自動車」の将来像を描き、いち早く環境・エネルギー 問題への対応を具現化する新車開発を進め、世界初のハイブリッドカー(HEV)を市場に 送り出したトヨタ自動車(株)の内山田竹志会長をお招きし、エンジニアとしての歩みと、 リウス開発における技術・組織両面からの挑戦、そして日本の産<u>業間連携の強みと今後</u> の課題について伺いました。



高度経済成長期に普及したファミリーカー(大衆車)は、日本人のライフ スタイルに大きな変化をもたらした。 © PANA

そこから企画部門に移られたきっかけは何だっ 開発というよりも、ポルシェのように自ら発 プリウスのチーフエンジニアを拝命する 振動・騒音実験を中心に新

たのでしょうか。

車開発を陰で支える仕事をしていました。 までそのチャンスはなく、 商品化し、世の中に広めるのが私の希望でした。しか 案・企画した新たな自動車を、チームの力で開発して 動車の開発に携わってこられたのですか。 機の根底には、 めたばかりの自動車がもっと気軽に利用できるよう ことに貢献したいという気持ちがあったと思います。 に売れていたトヨタ自動車工業に入社しました。 になったらいいなと漠然と思っていました。 その後、 まさに夢を実現されたわけですね。それから自 1960年代後半、初代カローラが爆発的 経済成長期の日本社会が豊かになる

内山田 役員から「新車開発のチーフエンジニアをや**内山田** 役員から「新車開発のチーフエンジニアをや

白羽の矢が立ったわけですね。 という名前も、ハイブ とのときはまだ「プリウス」という命題だけ。それがどういうクルマなのか自分たという命題だけ。それがどういうクルマなのか自分たという命題だけ。それがどういうクルマなのか自分た という命題だけ。それがどういう名前も、ハイブ そのときはまだ「プリウス」という名前も、ハイブ

ハードルに挑む 常識を超えた高い技術的従来燃費の2倍。

に取り組まれたのですか。 構築という2つの命題があったわけですが、どのようしいコンセプトの車の開発と、新たな開発プロセスのしいコンセプトの車の開発と、新たな開発プロセスの

内山田 当時すでに安全と少子高齢化は社会的な課でしたが、それに加えて21世紀というロングスパンで見たとき、「エネルギー・環境問題」は避けて通れないテーマでした。しかし低燃費車の開発は進めらないテーマでした。しかし低燃費車の開発は進めらなっていなかった。また、低燃費車の開発は進めら装品を省略して軽量化を図るという発想でした。「低紫費車イコール小型車」という概念がある中で、長身の大人4人がゆったり座れる快適性を維持したまま、「既存の車の1・5倍の低燃費車」をつくろうと決めま

た。94年の夏でした。「ウケない」という下馬評に反してすんなり通りまし、従来にはない発想を盛り込んだ企画書は、社内の

うなものだったのでしょうか。 宮坂 その後、実際の商品化までのステップはどのよ

内山田 94年の年末にかけて、燃費1・5倍では目標ドカーの商品化を決断しました。まず世の中にアイデドカーの商品化を決断しました。まず世の中にアイデドカーの商品化を決断しました。まず世の中にアイデドカーの商品化を決断しました。まず世の中にアイデル上で、低燃費でシステム効率の高い4つの方法にした上で、低燃費でシステム効率の高い4つの方法にした上で、低燃費でシステムを選定しました。2個のモー地から搭載するシステムを選定しました。2個のモークとプラネタリーギア(加減速機構)1個というシングルな仕組み(ハードウェア)です。そのぶんユニットクとプラネタリーギア(加減速機構)1個というシンクとプラネタリーギア(加減速機構)1個というシンクとプラネタリーギア(加減速機構)1個というシンクとプラネタリーギア(加減速機構)1個というシンクとプラネタリーギア(加減速機構)1個というシンクとプラネタリーギア(加減速機構)1個というシンクの表情では目標を付きるのメートル動いて改良策が明確化されるうやく500メートル動いて改良策が明確化されると、開発が一気に加速しました。

い技術開発の要素は何だったのでしょうか。で、壁に当たることもあったかと思います。最も難しで、壁に当たることもあったかと思います。最も難し費向上の3つの性能目標を持って進められた開発の中宮坂 新たなパッケージングとデザイン、画期的な燃

本内山田 バッテリーですね。当時はまだリチウムイオン電池はなく、ニッケル・カドミウム (ニッカド) 電池 と盛期。その中でニッケル水素電池を選択しましたが、最初は容積に対する出力が私たちの求める性能の半分しか出ないので2セット積んで走らせました。目標としか出ないので2セット積んで走らせました。目標とする大出力・ 小容積 (大きさ)を達成するのに苦労しました。

用がかかりすぎ、普及が見込めませんので、車一世代お客様が使用中にバッテリーを交換するようでは費



振動実験課時代の内山田会長

の内山田会長 写真提供: トヨタ自動車(株)

を開発するというプロセスは結構大変でした。で試験法を確立しました。試験法を検討しながら商品で試験法を確立しました。試験法を検討しながら商品で、電流の入出力パターン、振動条件などを精査しる方が、電流の入出力パターン、振動条件などを精査しい。それをぶんの寿命を持つものでなければなりません。それをぶんの寿命を持つものでなければなりません。それを

トップの決断とマネジメントの重要性開発を成功に導く。

なったように思いますが、いかがですか。明確な方向付けが短期間での開発・商品化の推進力にロジェクトとしてのトップの迅速な決断があり、そのは、トップの判断力が問われます。本開発では優先プは、トップの判断力が問われます。本開発では優先プロジェクトとしています。

内山田 「ある車種の一バリエーション」という逃げ場をつくらず、最初からハイブリッド専用車でいくというう意思決定と合わせて、5年後の99年に出そうというあ品化時期の見極めもトップのリーダーシップによるあ品化時期の見極めもトップのリーダーシップによるものです。それを最終的に97年まで早めることができましたが、まだ試作車もない状態で商品化を決めたのましたが、まだ試作車もない状態で商品化を決めたのましたが、まだ試作車もない状態で商品化を決めたのは、当社では初めてのことでした。

内山田 なっているサイマルテイニアス・エンジニアリング(※) チームを牽引された内山田会長の技術開発マネジ トにある気がします。 ーが持ち帰ってそれぞれ考える手法が主流でした。 れをボディ設計、 実験、 開発プロジェクトの成功要因は、 従来はチーフエンジニアが出した宿題をメン 一つは大部屋活動、 生産技術、 内装設計、 ポイントは何でしょうか。 合計10名の関係者が一カ所に つまり現在当たり前に エンジン、 プロジェ シャシー、

集まるチームに変え、

CADを使って原寸大の図

面を

な議論を重ね、その場で決めていきました。描き、それを見ながら専門知識をベースにした具体

大と思います。

大と思います。

大と思います。

大されて、このプロジェクトは挫折する、という責任感気概がありました。また自分がやるべきことを達成しないと、このプロジェクトは挫折する、という責任感気でいと、このプロジェクトは挫折する、という責任感ないと、このプロジェクトは挫折する、という責任感気でいき、このプロジェクトは挫折する。全員に「世界初のていエンジニアにとって「世界初」というのは黙っていてと思います。

宮坂 技術開発において、人材育成も含めたマネジメ であるためには、まず技術者として一つの専 であるためには、まず技術者として一つの専 であるためには、まず技術者として一つの専 であるためには、まず技術者として一つの専

内山田 個人的な見解ですが、特にエンジニアの場合は内山田 個人的な見解ですが、特にエンジニアの場合はたとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえ小さな世界でも、一つの専門技術を磨き、この世たとえいさいます。

宮坂 今のお話は、技術開発に携わっている人すべて という領域を持っていないと自信を持って発言することができない。聞いている側も、その人が専門性をもとに言っているのか、単に立場上で指示しているかにとに言っているのか、単に立場上で指示しているかにとに言っているがら技術企画などのマネジメントを行場感覚を持ちながら技術企画などのマネジメントを行場感覚を持ちながら技術企画などのマネジメントを行りのが最善だと私も思います。

ハイブリッドカーのエンジンとモータ (カットモデル)

写真提供:トヨタ自動車(株)



モータ回転鉄損シミュレータ 素材だけでなく実際にモータを組み立てたと きの性能を測定する機械

IPMモータ
(永久磁石埋込型モータ)の構造
ステータ(電磁鋼板)
ロータ(電磁鋼板)

ロータ(電磁鋼板)

ハイブリッドカーのモータには、 電磁鋼板がステータに、永久磁 石をはめ込んだ電磁鋼板がロー タに使われている。

※サイマルテイニアス・エンジニアリング(SE)

設計・生産技術・調達・仕入先などの関連部署の

連携により同時並行で開発を行うこと。

開発効率

向上と開発期間短縮を実現する。

密接な産業間連携が日本の強み日本は加工貿易立国。

宮坂 プリウスの開発では、モータに当社の電磁鋼板を採用していただきました。そのときの貴社との共同開発が、当社の電磁鋼板技術のその後の進化と性能向上につながったと認識しており、大変感謝しています。上につながったと認識しており、大変感謝しています。住との両立で苦慮していました。諦めかけていたときに貴社が「ちょっと待ってください。何とか考えます」と課題を持ち帰ってくれて、コスト的にも見合う高性と電磁鋼板をわずか数カ月で開発してくださり本当に助かりました。新日鉄住金といえば重厚長大で、超弩助かりました。新日鉄住金といえば重厚長大で、超弩トライメージがあったので、巡洋艦のようなス級戦艦のイメージがあったので、巡洋艦のようなス級戦艦のイメージがあったので、巡洋艦のようなス級戦艦のイメージがあったので、巡洋艦のようなス

坂 ありがたいお言葉です。今後も素材メーカー

要だと思います。とそのお客様が相乗効果を生み出すような連携が重

海外に食糧やエネルギー資源を依存している日本は、それを輸入するための外貨をものづくりで獲得しば、それを輸入するための外貨をものづくりで獲得しは、それを輸入するための外貨をものづくりで獲得しは、それを輸入するための外貨をものづくりで獲得しないと思います。

高めるためには今まで以上に重要だと思います。おっしゃるように、産業間連携も日本の国際競争力を議や経団連でも産学連携の議論がなされていますが、極めて重要なテーマです。そのために総合科学技術会体山田 天然資源の乏しい日本にとって、産業立国は

産学官全体での戦略づくりを世界と戦うために。

内山田 宮坂 目は大学や公的研究機関、 ますます重要になります。 時代になりました。その意味でも産学官連携は今後 りを基盤とする国の将来像が描けないと感じています。 ルジャパンとしての施策を一層講じなければ、 の立場で国際競争力を高めるということです。 を進めるために2点申し上げたいと思います。 力の観点から、産業間連携に加えて産学官連携などオー 企業単独でブレイクスルーを実現するのは難しい 2点目は産業界の中で従来以上に連携を高めるとい 産業のグローバル化が進展する中で、国際競争 すでにさまざまな分野で技術革新が進み、 企業、 今まで以上に産学官連携 産業界がそれぞれ ものづく 1 点

うことです。例えば、

自動車業界でのエンジン効率の

電気エネルギーを効率的に回転運動エネルギーに変えるためには、効率的に磁化される鉄芯用材料が必要とされる。このときの鉄芯によるエネルギー損失を「鉄損」といい、鉄損を小さくするためには、結晶の並び方を制御したり板厚を薄くすることなどが有効だ。

争力も高まるはずです。 を投入できます。その結果として各メーカーの国際競 やれば国も支援するし、 が個別に取り組んだ結果、 向上は各メーカーの競争力の源泉なので、 トが小さかった。しかし、すべてのメーカーが共同で 大学も安心して次世代の人材 一つ一つの開発プロジェク 従来は各社

宮坂 ジェクトとして次世代コークス製造技術(SCOPE 質な石炭資源の入手が年々困難になる中で、 ています。 21)を開発し、2008年の大分製鉄所に続き、 など上工程での共同研究・技術開発を積極的に実施し 名古屋製鉄所でも設備が稼働しました。 当社でも、日本鉄鋼連盟などを通じて製銑分野 例えば、中国など新興国との競合により良 国家プロ 今年

内山田 調領域を増やさなければなりません。例えば、 に大きかった。大きな開発成果を生み出すためには協 本の産業界では協調領域が小さく、 は「競争領域」と「協調領域」があります。従来、 それは大変有意義な取り組みですね。 競争領域が圧倒的 企業に 最近で 日

宮坂 おり、

とバッテリーメーカー、素材メーカー、 は次世代バッテリーの開発について、文科省・経産省 取り組みを主体的立場でさらに推進していきたいと思 が生まれています に必要な大型設備を共同で使用できるなどのメリット 材料研究と生産技術研究を分担して開発を進めて 当社としても、 そこではスプリング-8(※)のように、 日本鉄鋼業の国際競争力を高める 大学、ユーザー 研究開発

メッセージをいただけますか。 最後に、技術者の先輩として、 エンジニアや研究者に

社内ではエンジニアに対して、「仕入先とも看板や職 肩書きは決めるとき、責任をとるときに使うものです。 きは肩書きを使わず、技術屋同士として議論してほしい ことです。若い人に限らず、技術屋は技術の話をすると ヨタの看板と自分の肩書きで決めてくれ」と言って 位をはずして本音で技術論を交わし、決めるときにト ンを維持するための強い「志」を持つことが大切だという 身がエンジニアとして育ってきて思うのは、モチベーショ 前に、それをやる意義を見いだすことが重要です。私自 内山田 自分の仕事を、労働対価としての業務と捉える

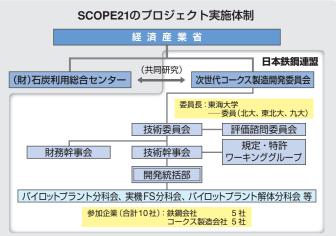
宮坂 きに、目標が高くないと到達点が低くなり、高すぎて まく設定する、上司の力量も重要です。 も萎えてしまいます。適度な高さの目標を段階的にう 体験を持つことが大切ですね。上司が目標を掲げると エンジニアとしてここは自信があるという成功

SCOPE21

CDQ

お話をいただきありがとうございました 本日は技術者個人から産業界への提言まで、 幅広い

SCOPE21 は、原料炭の事前急速加熱などの革新的技術開発によ り、コークスの品質向上、コークス製造時間の大幅短縮を図り鉄 鋼業の国際競争力向上を実現する、世界初の技術。(財)石炭利 用総合センターと日本鉄鋼連盟との共同研究として実施された。



(この対談は2013年8月1日に行われました)

※スプリング-8 (Spring-8)

現行方式

の画期的手段として共同利用されている。

射光を生み出す大型放射光施設。物質の解析・分析 兵庫県の播磨科学公園都市にある世界最高性能の放

ダイナミックかつ繊細に 鋼づくりの現場探訪

研究開発の最前線 技術先進性を全力で追求

新日鉄住金は、素材としての鉄の可能性を極限まで引き出すさまざまな 技術開発を進め、技術で世界をリードします。お客様の要望や環境・ エネルギー問題などの社会的ニーズが多様化する中で、現在は商品開発力 の強化や供給力の整備、劣質原燃料の使用技術、企業の持続的発展の 基盤となる環境対応技術などに重点を置き研究開発を進めています。今回 はその中核拠点である RE センター(富津) (千葉県富津市)、尼崎研究開 発センター(兵庫県尼崎市)、波崎研究開発センター(茨城県神栖市)を 紹介します。

波崎研究開発センター REセンター

REセンター(富津)

理論と実地の結合を実践

,ます。現在は海外市場を視貫で行う研究開発体制を確

現在は海外市場を視

技術など、幅広い領技術、環境・エネルギ での研究開発とソリ 新素材、プロセスの利力を





近年、日本の沿岸で海藻類が消失する「磯焼け」 が問題となっており、その一因に自然界からの 鉄分の供給不足が挙げられています。そこで 副産物の鉄鋼スラグ利用について研究を進め ています。長期の環境影響評価を行うための ラボを設置し、鉄鋼スラグの有用性、安全性 について科学的な評価を高めています。



風力発電用鋼

クリーンエネルギー需要の高まりから風 力発電が注目を浴びています。洋上風力 発電設備の海中基礎部など過酷な環境に 耐える強度と靱性を持つ厚鋼板の新技術 を開発しています。新日鉄住金グループは 福島復興・浮体式洋上ウィンドファーム 実証研究事業にも参画しています。

から応用開発、エンジニアリングまリング」の理念の下、基礎基盤研究

超高分解能透過電子顕微鏡

非常に高い分解能を持つ透過電子顕微鏡を導入して、 鉄鋼材料研究用に一つ一つの原子位置と元素種類ま でも特定できるようにカスタマイズしました。鋼材 の中身を原子レベルで理解できるようになり、その 知見を新商品開発に活かしています。



材料解析ラボ

来訪者に研究開発の現場を間近でご覧 いただき、開発商品の付加価値をご理 解いただくプレゼンの場ともなるラボ。 最先端科学の成果を、お客様の課題解 決と製品性能アップにつなげています。



めています。最新鋭の実験・解析設多くのお客様と共同で研究開発を進 型研究拠点としての地の利を活かし **信頼できる材料開発やソリューション** を駆使して解明した研究成果を

尼崎研究開発センタ

社内外との強固な連携で迅速に開発

尼崎研究開発センター

波崎研究開発センタ

大規模試験設備で利用技術を開発



とスピードアップに取り組んでいます

ます。また、実験とシミュレーション 試験や自動車車体の落錘試験など大 鋼材性能評価のため、鋼管のバースト 規模な試験を行い、

新商品開発とお 数値解析)の両輪で研究開発の先鋭化 合様との共同開発を積極的に進めてい 有数の大型試験設備を持



落錘試験

高さ45メートルの試験設備で、 衝突エネルギーを吸収する性能や メカニズムを評価し、自動車の衝 突安全性能の向上に資する材料と 車体設計のベストソリューション を導き出しています。



バースト試験

高圧の天然ガスパイプラインは、 万一破壊が起こると大規模災害に つながる恐れがあります。そこで 国内唯一のバースト(破裂)試験設 備を駆使して、天然ガスパイプラ インの安全性を確保する高強度大 径鋼管を開発しています。

全国各地でたたら体験

○名古屋製鉄所

たたらは日本古来の製鉄法で、砂鉄を原料とし、砂鉄と木炭を交互に炉に装入して3昼を操業し、木炭の燃焼を通じて砂鉄を還元して鉄を得る。6世紀後半に朝鮮半島から伝えられたと言われ、江戸中期に技術的に完成した。明治以降、高炉による近代製鉄法での生産が軌道に乗ったため、1977年に公益財団法人産を終えたが、1977年に公益財団法人

室蘭製鉄所

「丁ー夫臣をごよ、こ) として島根県で復活させた。

新日鉄住金では、そのたたら製鉄の原理を応用し、レンガづくりの簡易な炉で、一日でよづくりをを体験することができる「たたら製鉄実験」を全国の製鉄所で行っている。また、とり教育たたら」理事長・東京藝術大学教授(東くり教育たたら」理事長・東京藝術大学教授(東るたたら製鉄実験を支援している。

社会貢献ものづくり教育 今回は日本古来の製鉄の原理を応用した実験を紹介しましょ ざくりの魅力を伝え、その大切さを理解していただくた の製鉄所などでさまざまな取り組みを行っています。その中 次世代を担う子どもたちや学生にものづくり 写真提供:公益財団法人日本美術刀剣保存協会 たたら吹きの炉とでき上がったケラ



たたら製鉄実験に挑戦



耐火レンガを積み上げて、たたらの炉を築く



永田和宏教授の指導

永田 和宏 東京藝術大学教授(東京工業大学名誉教授)

「NPO法人ものづくり教育たたら」は、たたら製鉄を通じたものづくり教育の実践・普及と、その指導者育成を目的に設立しました。

生活のあらゆる場面で私たちの生活を支えている鉄は、まさに基礎素材です。しかし今日私たちには、その鉄がつくられ、加工・利用される現場を目の当たりにする機会があまりありません。そこでたたら製鉄を通じて、鉄の魅力を感じ、自らの手でその鉄をつくり出す素晴らしさに触れていただける機会を提供したいと考えています。鉄づくりは子どもたちに大きな感動と好奇心を湧き起こします。このNPO法人の活動を通じて、次世代の理科教育の発展に貢献していきたいと思います。



「鉄の町の子どもたちに鉄づくりの魅力を」と、広畑製鉄所では近隣の小学生を招き、新入社員の研修を兼ねた、たたら製鉄実演を8年連続で行っている。子どもたちは、実演前日に近くの海辺で砂鉄を採取し、当日は木炭割や築炉も体験。また製鉄所見学を通じて現代の大規模な製鉄法も学ぶ。たたら実演で炉からケラが取り出されると、子どもたちから大きな歓声があがった。



北九州市の東田第一高炉史跡広場で毎年行われる「東田たたらプロジェクト」で、八幡製鉄所の新入社員が市民と協力してたたら炉を操業する。同プロジェクトは地域との共生、人材育成を図る貴重な場となっており、社員が操業する炉と、市民が操業する炉(北九州産業保存継承センターが主催)が2基並んでの操業となっている。



室蘭製鉄所は毎年、製鉄所の門前町である輪西町一帯で開催される「アイアンフェスタ」に協賛し、室蘭登別たたらの会、室蘭工業大学、東北大学と共に、たたら製鉄を実演している。本年は入社4年目までの若手製鉄所社員40人がたたら炉3基で参加。立派なケラが取り出され、実演は大成功に終わった。また子どもたちを対象にした砂鉄投入や鞴体験などが好評を博した。



名古屋製鉄所は毎年、東海市で開催される「東海秋まつり」において、製鉄所社員と協力会社の有志によるたたら製鉄実演を行っている。操業は隣接する製鉄公園で行われ、地域の中学生も参加。見守る大勢の見学者も、炉から真っ赤な鉄の塊が取り出されるのを見て歓声をあげた。

広畑製鉄所●









炉の中に、砂鉄と木炭を交互に装入

鉱山開発に耐摩耗鋼板 ABREX®





販を図っていきます。

製販技研一体となって一層きめ細かな

お客様対応や技術サービスにより、

拡

このたび、耐摩耗鋼板のブランド名を

ABREX®(アブレックス)」に統一し、

質な耐摩耗鋼板を販売してきましたが、 ダンプカーの荷台などに使われる高品 住金は従来より、ショベルや破砕機、



進めてきました。 造拠点が増えたことで、それぞれの持 通鋼の約6倍という世界最高グレード により、ユーザーからの特殊要求や新 つ長所を活かした商品メニューの拡充 2012年10月の新会社発足により製 たなニーズへの対応、 その結果、 ABREXは厚板事業部の戦略商品。 製造可能範囲の拡大、 競争力の強化を

の硬度を有する商品をはじめ、強靭で 普 CAT 789C ©キャタピラ 要も拡大が見込まれています。新日鉄

開発需要が拡大する中で、建設機械需

鉄鋼需要の増大など、世界的に鉱山

理学賞を受賞しました。 2012年7 誉教授の2人が、2013年ノーベル物 粒子」の存在を予言した英エディンバラ ブリュッセル自由大学のアングレール名 を持つ仕組みを理論的に考えたベルギー・ 大学のヒッグス名誉教授と物質が質量 質量の源と言われる素粒子「ヒッグス されている超電導コイルを支持するカラー 外側に、粒子を加速させるために設置 使用されています。加速粒子の通路の テンレス(株)の非磁性高強度オーステナ ング部の部材(カラー)に、新日鉄住金ス イト系ステンレスNSSC ®130Sが この加速器の心臓部とも言える主リ

ヒッグス粒子の発見に、

子を観測したことが両氏の受賞につながっ 験において、ヒッグス粒子とみられる粉 型ハドロン衝突型加速器(LHC)での実 月に欧州原子核研究機構(CERN)の大

NSSCのステンレス鋼が貢献 当該部材の要求を満たす世界で唯一のス 製品が約1万トン採用されました。 テンレス鋼として、1999年10月に同 厳格な機能を備える特殊材が必要とされ 構造部材であると同時に、非常に

粒子加速器断面模式図(資料提供: CERN) CERN/LHC 主リング部(二極管/約600mm φ×27km)の構成部材



LHC

15-m long cryodipole



実証研究事業に参画 福島復興・浮体式洋上ウィンドファーム

建設資材として有効活用

スラグを用いて津波堆積物を

リング(株)は経済産業省の委託事業で から、2メガワットダウンウィンド型 の第1期事業として、2013年7月 ある「浮体式洋上ウィンドファーム実 洋上サブステーションの設置、海底ケー 浮体式洋上風力発電設備1基と浮体式 証研究事業(※)」に参画しています。そ ブルの埋設が福島沖の太平洋上で進め 新日鉄住金と新日鉄住金エンジニア 10月に運転を開始しました。

災の被害からの復興に取り組 風力発電のビジネスモデルを 研究事業を通じて浮体式洋上 指しています。また、本実証 雇用の創出に向けて、本実証 することが期待されています。 ンドファームの事業化を推進 の一大集積地となることを目 研究事業を契機に、風車産業 中心とした新たな産業の集積・ む中、再生可能エネルギーを (※)福島県では、東日本大震



浮体式風力発電設備

メキシコとタイでめっき鋼板を製造・販売

新日鉄住金とテルニウム社が出資するメキシコのテニガル

の設備で、自動車用外板、高張力鋼板を含む高品質の(合 鉛めっき鋼板工場の営業運転を開始しました。テニガル社、 社は2013年9月に、また新日鉄住金が設立したタイの 金化)溶融亜鉛めっき鋼板が製造できます。 NSGT社共に新日鉄住金の日本国内の最新鋭設備と同等 NSGT社は2013年10月に、それぞれ(合金化)溶融亜



タイのNSGT社

鉄道車両用アクティブサスペンションが 「ななつ星--n九州」に採用

サスペンション)が、2013年10月から運行を開始したJR 採用されました。九州の鉄道では初の採用となります。 九州の豪華寝台列車クルーズトレイン「ななつ星in九州」に 新日鉄住金の鉄道車両用動揺防止制御装置(アクティブ

豪華な内装などが特徴 る寝台列車で、客車は の技術が採用されてい 号車)とラウンジカー です。DXスイート(7 和洋・新旧の融合した 1号車)に新日鉄住金 「ななつ星in九州」 九州の観光地を巡

アクティブサスペンションが採用されたラウンジカー 写真提供:九州旅客鉄道(株)

> 8月に一般財団法人土木研究センター います。改質した津波堆積物は、 の建設技術審査証明を取得しました。 て利用可能な良質土に再生する「カル 新日鉄住金と新日鉄住金エンジニア

波堆積物の再生処理を順調に進めて 年3月から20万トン規模(予定)の津 廃棄物処理事業に本格採用され、今 リング(株)は、東日本大震災の津波 石市の整備工事に有効利用される予 スピン®工法」を開発し、2013年 積した津波堆積物を、建設資材とし により陸上に大量に打ち上げられ堆 同工法は、岩手県釜石市での災害



カルスピン®工法を活用した再生処理の全景

