

# 特別講演

□経営トップ兼渡辺義介賞受賞記念特別講演

## 住友金属工業における技術経営

MOT in Sumitomo Metal Industries

友野 宏

住友金属工業(株) 代表取締役社長

Hiroshi Tomono



\*脚注に略歴

### 1 はじめに

このたびは荣誉ある渡辺義介賞を戴き、厚く御礼を申し上げます。また経営トップ特別講演の機会も賜りましたことも併せ、これまでの業績への賞というより、これからも日本鉄鋼業のために粉骨砕身努力せよとの諸先輩方からの叱咤であると受け止め、一層身の引き締まる思いでおります。従いまして、本日は、これまでの私の目指してきたことの紹介と、これから向かうべき方向につきまして日ごろから考えている事を皆さんに紹介させていただき、多少なりともご参考いただけたら幸いと存じます。

### 2 鉄鋼の技術開発に向かい合う姿勢

まず最初に強調しておきたいことは、「鉄鋼業は成長産業である」ということです。それも著しい市場拡大を控えたエネルギー溢れる産業であります。

図1は、経済成長の指標のひとつであるGDP(国内総生産)と鋼材消費の関係为国ごとにプロットしたものです。これらはリーマン・ショック以前の2005年から2008年の3ヶ年の世界71カ国を対象にしたもので、図中の線は平均的な統計近似曲線です。この曲線はまさに先進国の経済発展の歴史をそのまま表わしているようで、初期の経済発展では社会インフラの整備などで大量の鋼材が使われ始めますが、経済が成熟すると鋼材消費はピークアウトして安定したものになっています。この曲線から大きく外れている国もあり、その代表格が韓国です。韓国は我々日本の感覚からすれば経済の発展が工業の発展にかなり依存したものと映ります。他の先進国は概ね安定期にあります。日本は比較的上位にあり、先

進国のなかでは経済を工業が支えている構造を持った国であると言えます。

ここで注目したいのがBRIC'sと呼ばれる国々を中心とした新興国です。図2はその国々を拡大したのですが、概ね平均的成長曲線に沿って成長しているのがわかります。これらの国々の人口規模を考えると鋼材消費量の伸びは推して知るべしです。また今後の鋼材消費量の伸びにつきましては想定を超える可能性を感じずにはられません。

図3は、ここ60年間の世界の粗鋼生産量の推移を示したものです。粗鋼生産量は短期的に変動しつつも増加基調にあり、1970年から2000年は一旦踊り場にあるものの、再び増加に転じているのがわかります。この増加基調は新興国が牽引しているものですので、長期的な視点に立てば更に増えていくことが予想されます。

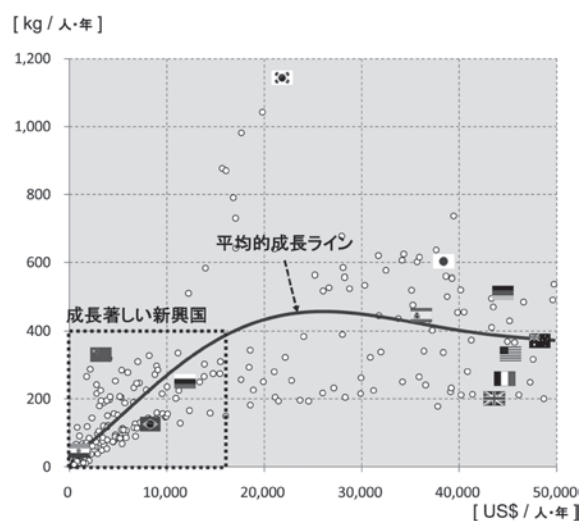


図1 鉄鋼の市場動向：一人当たりGDPと鋼材消費量(05～08年)

\* 昭和46年3月京大大学院金属加工工学専攻修士課程修了後、住友金属工業(株)へ入社。54年9月スイス連邦工科大学工学博士号受位。平成13年6月鹿島製鉄所長、17年6月代表取締役社長に就任し、現在に至る。

ご存知の通り鉄鋼業は巨大な装置産業であり、設備の耐用年数も10年を超えます。従って、設備投資をする際には10年を超える視野で投資の意志決定が必要です。仮に高炉などの上工程の設備償却年数(14年)と圧延などの下工程の設備償却年数(12年)の平均である13年間の移動平均で見ると、13年間の世界の粗鋼生産量の増加幅は50%を超えていますので、戦略的なプロセス投資や技術開発をするには最低でもそのくらいのタイムスパンでの判断が必要です。

また、13年間の移動平均に対する各年の変動幅は±10%はあり、短期的な視野での合理化努力やダウンサイドリスクへの備え(例えば、市場規模に応じた体制の整備、コンパクトな資産構造、財務体質の強化など)も併せて必要です。

本稿では、戦略的なプロセス投資や技術開発を中心に話を進めて行きたいと思います。

### 3 製造工程から見た技術開発

鉄鋼業は巨大な装置産業であるとともに極めて高効率な製

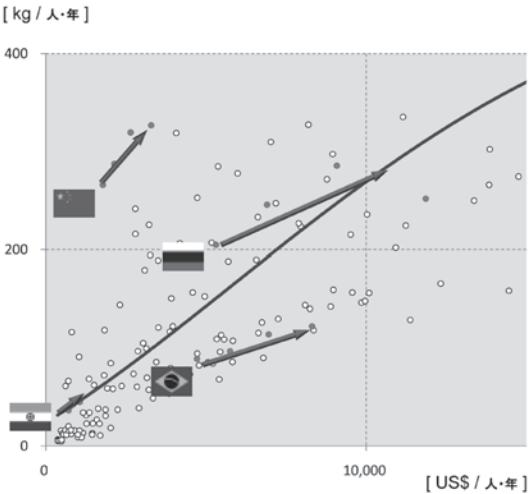


図2 BRICsの市場動向：一人当たりGDPと鋼材消費量(05～08年)

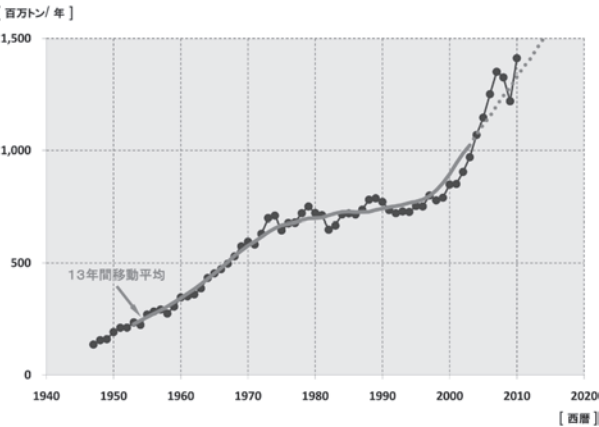


図3 世界粗鋼生産量の推移

造プロセスを有していますので、製造工程に軸足を置き、その工程的意義を踏まえた技術開発を考えるのが常套です。

表1は高炉一貫製造ラインの製造工程ごとに、主要装置、工程的意義、求められる技術開発を整理したものです。製造工程は、①製鉄工程、②製鋼工程、③熱間圧延工程、④それ以降の冷間圧延・熱処理・表面処理に大別されます。これらの工程に求められる技術は表に記載の通りで、これがしっかりしていないと事業全体の基盤が確保できません。また、これらの工程に共通した総合的な視点が求められる技術もあります。その代表的なものとして、⑤グローバル化する市場に対応した海外事業展開や地球環境問題に対する技術があります。

ここで、私が研究者・技術者として、担当者の立場、企画立案者の立場、そして経営者の立場から、深くかかわってきた技術開発のなかから、上記①から⑤に係る主な事例を紹介したいと思います。

### 4 【事例紹介①】 高炉長寿命化技術の開発

高炉は、製鉄所のシンボルであり鉄鋼業の事業規模を定め、その本分は長期に安定した銑鉄の生産に尽きます。これは、和歌山製鉄所第4高炉の連続稼働日数において、世界新記録である10,001日(27年4か月)を実現した技術です。

図4は、和歌山製鉄所の高炉寿命の推移を示したもので、第4高炉を火入れした1982年当時は炉寿命は概ね7年前後というのが常識でした。この図から見ると第4高炉の炉寿命が突然伸びたように見えますが、この27年4か月は厳しい経済環境のなか生き残りをかけた不退転の努力の積み重ねでもありました。

高炉は、おそらく人類史上最大の化学反応容器であり、その基本形は19世紀にはできあがっていましたが、その内部はブラックボックスと言っても過言ではないくらい定量的把握

表1 製造工程から見た、プロセス技術開発・製品技術開発

| 工程              | 製鉄                                           | 製鋼                           | 熱間加工           | 冷間加工<br>組織制御、等        |
|-----------------|----------------------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|
| 主要装置            | 高炉                                           | 転炉、二次精錬<br>連続精造              | 熱間ミル           | 冷間ミル、<br>熱処理、<br>表面処理 |
| 工程的意義           | 事業規模                                         | 製品の基本範囲、<br>(基本品質、<br>化学的組成) | 製品の商品価値(納期含む)  |                       |
|                 |                                              |                              | 形状・基本特性        | 機械特性他<br>顧客要求実現       |
| 工程毎に<br>求められる技術 | ①長期安定生産                                      | ②高純度高清浄<br>な鋼の高速精錬           | ③高効率圧延<br>制御圧延 | ④従来の限界を<br>越える特性      |
| 総合的に<br>求められる技術 | ⑤海外事業展開および地球環境保全(低CO <sub>2</sub> 、ゼロエミッション) |                              |                |                       |

が難しいものです。

高炉（溶銑炉）の内部を把握する研究は古くからその時代の最新の理論を用いて行われて来ており、私が留学したスイス連邦工科大学の大先輩であるアインシュタインの研究でも有名な一連の量子力学理論が、キルヒホッフやプランクによる溶銑炉内の温度測定の研究から生まれたことは一般には案外知られていない事実です。しかも、現代の最新理論を駆使してもまだまだわからないことが残っています。

住友金属工業（以下、住友金属）は、1974年から当時実用レベルになったコンピューターによるシミュレーション技術を用いた高炉炉内現象の定量化にいち早く取り組みました。

それでも、実操業の指針や新しい高炉の設計に対して十分な精度と信頼性を有するレベルにするには30年以上の期間を要し、ようやくできたのが

- ・「実炉データとの比較による定量的検証が十分になされた、高炉炉内の相変化を含む化学反応や運動挙動等を気・液・固相について精緻に解き、3次元非定常状態を記述する炉内解析モデル」
- ・「高炉の充填層内応力場推定モデル」
- ・「炉底部の溶銑流れ・伝熱挙動を解析し煉瓦の損耗過程を記述する炉底溶銑流れ・煉瓦浸食モデル」

などからなる、一連の高度・高精度な高炉数学モデルです。

もちろん、高炉は炉体本体が長寿命であればよいわけではなく、図5に示すように原料装入設備、熱風炉設備、ガス清浄設備など付帯設備を含めた全体の寿命を延ばさなければ意味がありません。これを実現するために、高炉の炉命延長技術の開発に1991年より取り組み、前述の数学モデルの力を借りて、図6に示すように

- ・「ステープを高炉改修せずに交換するため、炉内の安定状態を保ちながら、炉内容物の層高を該当ステープレベルまで下げる操業技術。および熱間で炉内のステープを交換する工事技術。」

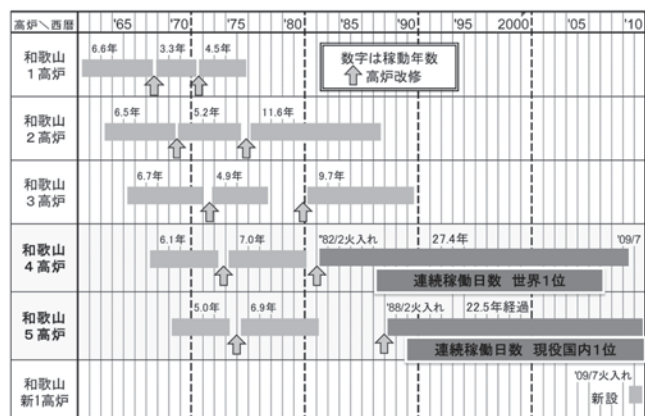


図4 炉命延長推移

- ・「高炉の寿命を律する炉底煉瓦の浸食を防ぐために、溶銑やスラグの炉底での流れ方を制御する操業技術。」
- ・「高炉に熱風を吹き込む熱風炉を高炉の操業を止めずに補修するため、少ない熱風炉基数での高炉操業技術。および短期間で熱風炉を補修する工事技術。」

など的高炉長寿命化技術を確立しました。（図6）

また、この数学モデルの計算結果を用い高炉の低還元材操業を推進しており、2009年実績で鹿島製鉄所の高炉還元材比は溶銑トン当たり485kg～488kgと極めて低いレベルを実現しています。

この還元材比レベルは、全国平均との差で見ると年間粗鋼1億トンで540万トンのCO<sub>2</sub>削減に相当するものです。

## 5 【事例紹介②】 世界一の高効率を実現した 次世代製鋼プロセス

次に、次世代製鋼プロセスですが、製鋼工程は製品の基本範囲、即ち基本品質や化学組成範囲を定めるという工程的意義があり、加えて、製鉄所の能力を規定する工程でもあります。

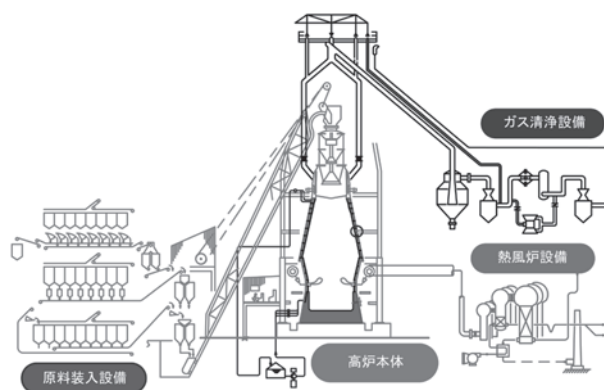


図5 高炉システム

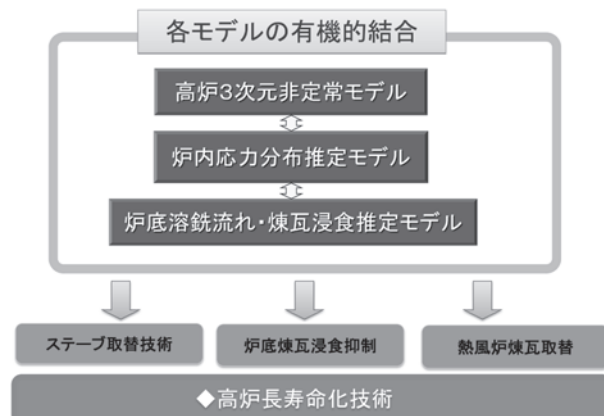


図6 高炉長寿命化技術の開発

す。従って、製品市場ニーズ動向の影響を直接受けることになります。

私が入社した1970年前後、日本の一貫製鉄所群が成立した時代には、鋼に含まれるPは、どんなに下げても、およそ数百ppmというのが精一杯というところでした。当時としてはそれで充分だったのです。ところが、その後、製品への品質要求が厳しくなり、現在ではおよそ10ppmのオーダーまで低減することが求められています。Sに至っては、更に厳しく数ppmの水準を満たさねばなりません。図7に工程の追加によってP、Sが低減した様子を示します。

この様な要請に応えるため、既存の製鋼工場の建屋の中に、新しいプロセスを次々と追加してきました。市場からの要求レベルが上がるに従ってそれに対応するプロセスや設備が完成していくということ自体は素晴らしいことで、結果として日本の鉄鋼技術が世界をリードできるまで向上する事となりました。

しかし、一方で、本来溶鋼のPを除去する脱Pの役割を担う転炉を既存のままとして、その前後の工程にそれを補完するプロセスを追加するやり方は、一見して設備投資コストを下げる反面、図8に示すように工程を時間と手間のかかる複雑な

ものとし、製造プロセスの効率を下げる結果を招いたのです。

更に、これらの追加された設備は、少量のハイエンド品種にのみ使われたため、その固定費の回収はハイエンド品種のコストを圧迫したことから、ハイエンド品種の製造は可能であったもののコスト競争力を低下させ、結果的には、これらの設備を使わないで製造する努力をするという、悪循環を惹起したのです。

このような状況の下で、製鋼工場長として働いていた私は、なんとかしてハイエンド品種からミドル品種、汎用品種まで、全ての鋼を一つのシンプルな工程で製造できないかと考えました。まず、従来一つの転炉で脱Pと脱炭を行っていたものを、脱P専用転炉と脱炭専用転炉の二つの転炉で別々に行いました。一見無駄に見えるこのやり方は、精錬の機能をそれぞれ専用化することで飛躍的な精錬効率の向上を生み出し、さらには、その後のプロセスも全ての品種を処理することとし、スラブCCとブルームCCで铸造するというように、工程を完全に一つにしたのです。図9にレイアウト図を示します。

図10は、製造工程の新旧比較を示したものです。

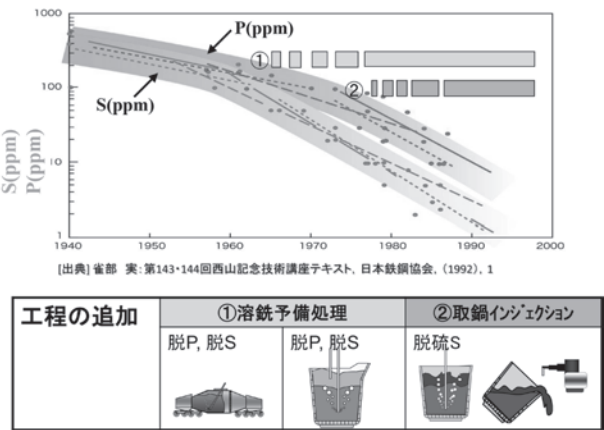


図7 顧客の高清浄度鋼要求の変化



図8 従来の製鋼工場のレイアウト

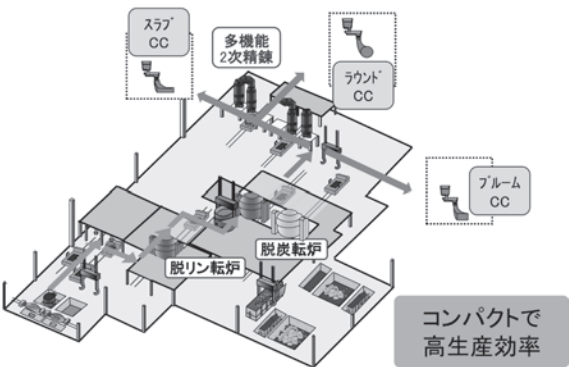


図9 革新的次世代製鋼工場のレイアウト

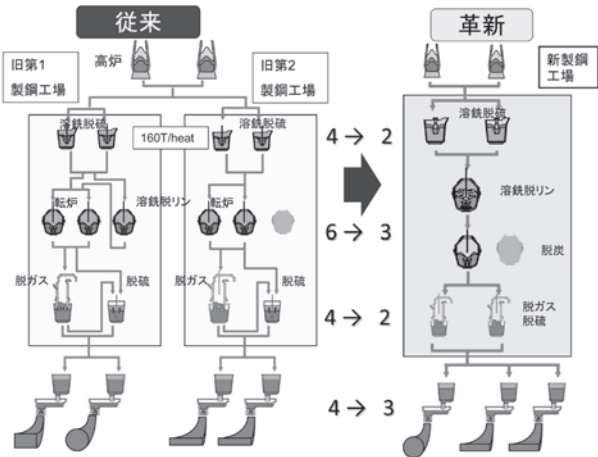


図10 新プロセスの導入

従来は、既存の能力の転炉を中心に、専用のプロセスが追加され、それぞれのプロセスを必要とする品種にのみ適用していました。一見賢い方法に思えるこのやり方は、工場内の工程を複雑にし、生産能力を低下させ、多くの設備を非効率に使うことになりました。

一方、新しい方法は、高い精錬機能を有する一つの工程で高効率で全ての量をまかなっています。その結果、従来は、年間約400万トンの鋼を製造するために製鋼工場が二つ必要であったのが、一つの製鋼工場の中で、ほぼ半分の炉しか使わず、シンプルな製造を可能としました。

1970年代に完成したものの、その後の設備追加で複雑になったプロセスも、知恵の限りを尽くせば、シンプルな工程に変革できるという一つの事例です。

この革新的な改善の基盤を成す脱P・脱炭転炉について、効率向上を具体的に解説すると、転炉の一回の吹錬に要する時間は、平均的におよそ15分、和歌山では19分必要だったものが、当プロセス導入後は9分に短縮され、世界最速となりました。これは、他社を含めた従来の転炉工場と比べても、ほぼ2倍と目覚ましい生産効率の改善です。

## 6 【事例紹介③】 革新的中径継目無製管プロセス

熱間圧延工程では、住友金属の代表的な製品である継目無鋼管について紹介したいと思います。

この新プロセスにおける非常に大きな革新は、連続铸造機と鋼管製造ラインを直結したことです。従来は連続铸造機は鋼管製造ラインと別の場所にあったこと、また、品質も不安定であったことから、鋳片を冷却後に検査して欠陥部分を削り、再度、加熱炉で温度を上げて鋼管製造ラインで圧延を行っていました。また、圧延後の鋼管の、ほとんどについて焼入れ・焼戻しの熱処理が行われますが、それは別棟に運搬して行っていました。

今回の新プロセスでは、これらを直結化したことで連続して製造することが可能となりました。その背景には、それぞれのプロセスで完璧に造り込むことにより、鋳片欠陥が発生しなくなり、一旦冷やして手入れすること無く、高温のまま圧延できるようになったという品質改善があります。我々は、1マイル工場 (1 mile shop) と呼んでいます。図11のように世界で初めて約1.6kmの中に全てのラインをおさめることが可能となりました。また、ラインの直結化、高交叉角穿孔技術、マンドレルミルとサイザー、インライン熱処理などの革命的な技術を組み合わせることにより、良品率も図12に示すように100%に近くまで向上しました。

和歌山製鉄所の継目無鋼管の場合、高炉からの出銑以降、

製鋼工場、圧延ラインを経て出荷するルートは、実に20km以上に及んでいました。これが今回の革新的プロセスの導入により、総移動距離は約8km、主要な工程は1マイル工場の中に入るようになったのです (図13)。

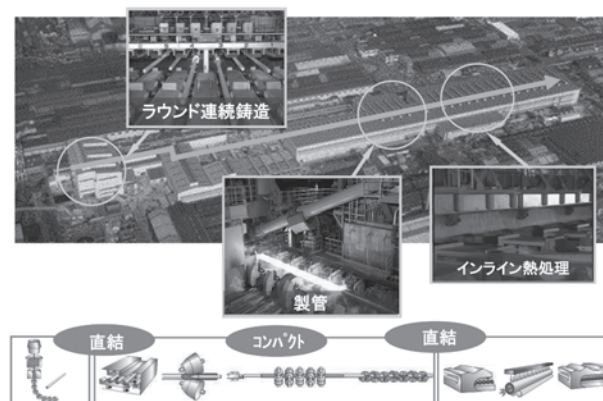


図11 連続铸造と中径継目無製管の工程直結化

| 革新技術            |      |
|-----------------|------|
| 連続铸造と中径製管工程の直結化 | 世界初  |
| 高交叉角穿孔技術 (20度)  | 世界初  |
| マンドレルミルとサイザー    | 世界最大 |
| インライン熱処理        | 世界初  |

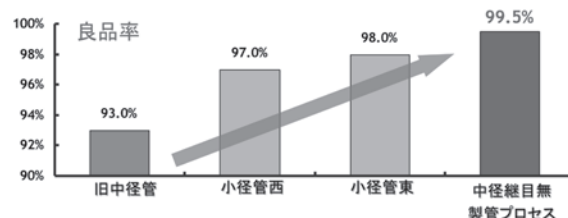


図12 最終製品品質の飛躍的向上

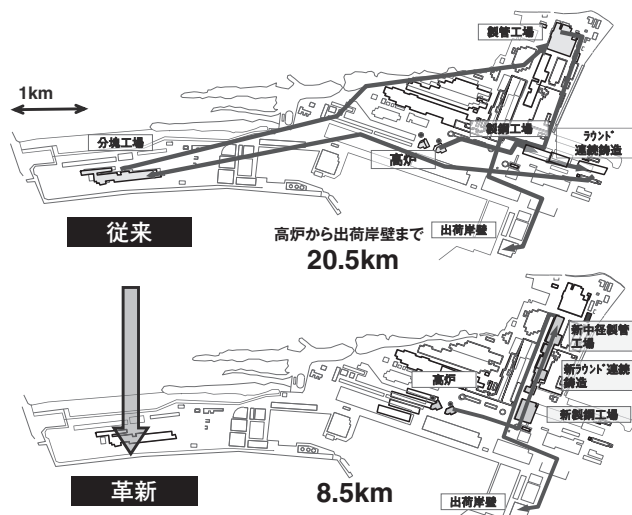


図13 革新技術による製鉄所内物流の改善

以上の結果、和歌山製鉄所の事例におけるエネルギー原単位、ならびにCO<sub>2</sub>排出量は、運用開始時で22%削減可能となりました。その後、更なる操業技術の改善を行い、CO<sub>2</sub>排出の削減率は34%に達しています。

日本の一貫製鉄所の特徴でもあります。製鉄所の建設期に日本の高度経済成長を経験したような製鉄所は、後から逐次プロセスを追加した結果、製鉄所内の物流ルートが複雑になります。この事例は、相当経年した製鉄所においても、大幅な効率改善が完遂できることを示しています。

## 7 【事例紹介④】 超々臨界圧石炭火力発電用 ステンレスボイラーチューブ

冷間圧延工程～材料開発につきましても、住友金属が世界をリードしてきたステンレスボイラーチューブについての事例を挙げたいと思います。このボイラーチューブは図14に模式的に示すように火力発電所のボイラーの過熱器管と呼ばれる部位で使用される鋼管ですが、ボイラーは当然のことながら蒸気の圧力と温度を上昇させると発電効率が上がります。しかし、高温・高圧の環境に対応できる材料ができなかったために、図15に示すようにこの約30年間は570℃・24MPaの超臨界圧のレベルで留まり、発電効率も過去に比べれば向上したものの、40%程度水準で止まっていた。それを今回、様々な工夫を重ねて600℃・25MPaの超々臨界圧に対応したパイプの製造が可能になったのです。

この開発におけるキーテクノロジーは、一言でいうと高温強度と高耐食性の両立です。ボイラーチューブの内部を高温・高圧の水蒸気が通過するときボイラーチューブの内面は水蒸気酸化でダメージを受け、これに耐えうる耐食性が要求されます。一方、発電効率の向上のため、より高温・高圧での環境に耐える高温強度が必要となります。ところが、従来

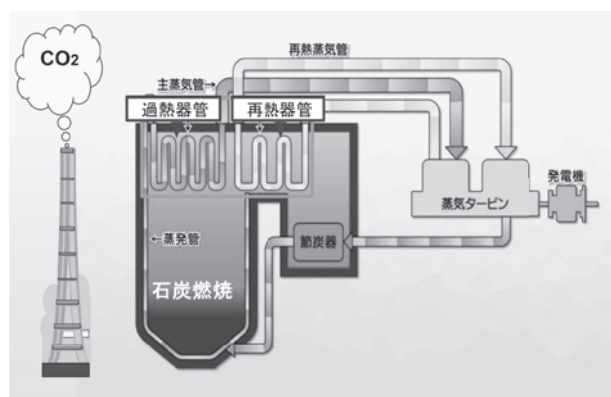


図14 石炭火力発電用ステンレスボイラーチューブの部位

の常識からすると高温強度と耐食性はトレードオフの関係にあり、高温に強い鋼は耐食性が劣るというジレンマがありました(図16)。

これをブレイクスルーした開発の内容を多少詳しく紹介します。

一般にステンレス鋼の高温強度を上げるには、冷間加工後の熱処理を高温で行って炭化物を固溶させ、使用温度で再び微細に析出させる析出強化が用いられていますが、高温での固溶化熱処理により結晶粒は粗大化してしまいます。

一方ステンレス鋼の耐食性を担うCr酸化物の皮膜は、Crが結晶粒界を拡散移動して表面に供給されることで形成されるため、結晶粒が細かいほどCrの供給が促進され安定したCr酸化物皮膜が形成され耐食性が向上します。

今までの研究では、このトレードオフの関係から抜け出せない状況でした。

今回の開発では、Nb炭化物が他の炭化物に比べて高温まで細粒組織を安定して保つ作用を有することに着目し、製造プロセスを見直し、Nbをうまく固溶させつつ冷間加工後の熱処理工程で逆に細粒化を促進することに成功しました。こ

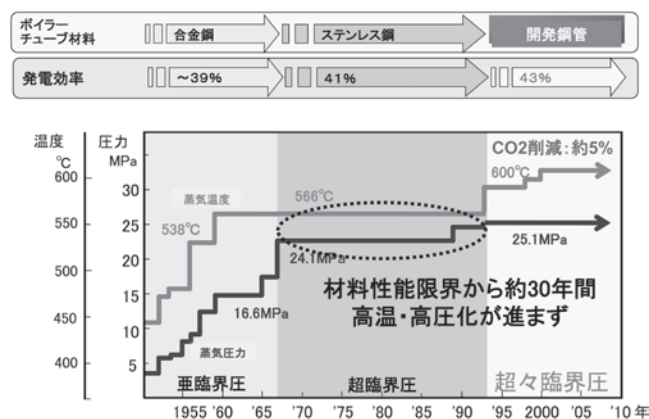


図15 発電効率を支えるボイラーチューブ材料開発  
(火力発電ボイラーの蒸気条件変遷)

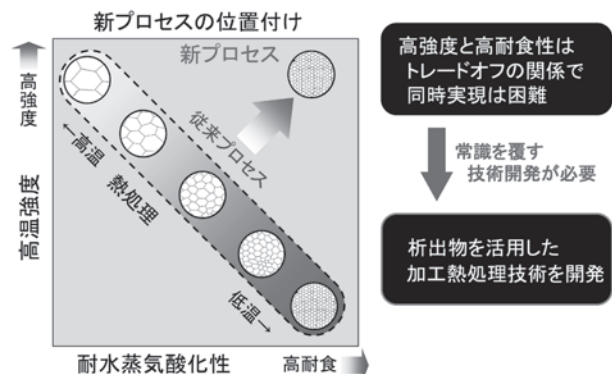


図16 キーテクノロジー：新18% Cr含有鋼  
(高温強度と耐水蒸気酸化性の同時実現)

のような析出物を制御した加工熱処理技術により、トレードオフの関係から大きく飛び出して、高温強度と耐水蒸気酸化性を同時に実現できる成分系を開発しました。

加えて、使用される条件においてはCuを適正量添加することで高温強度を著しく向上させることも見出し、新18%クロム鋼が生まれたのです。

現在、世界経済の発展に伴い、電力の供給能力の増強のため火力発電所は数多く建設されており、世界全体で約200基の超々臨界圧ボイラーが使われています。特に中国は短期間に電力供給を増やす目的から石炭火力を多用しており、ボイラー用パイプの最大の利用国です。これら超々臨界圧ボイラーで使用されるパイプの中で住友金属のシェアは約80%に達しています。

CO<sub>2</sub>削減の観点からは、住友金属鋼管の使用で発電効率が向上することによって、石炭の使用量が年間約2800万トン減少し、排出されるCO<sub>2</sub>も約6600万トン減ります。これは日本が排出しているCO<sub>2</sub>の約1/20、換言すればポルトガル一国が排出しているCO<sub>2</sub>を削減する規模に相当します。このように、超々臨界圧ボイラーに適用できる鋼の成分系を開発することによって、世界のCO<sub>2</sub>削減に大きく貢献できたわけですが、製造プロセスのみならず製品を通じた社会貢献も、社会全体の主だった素材を支える鉄鋼業の大きな役割、やりがいの一つと考えています。

## 8 【事例紹介⑤】 ブラジル高炉一貫 シームレスパイプミルの建設

最後の事例として、海外事業展開および地球環境保全（低CO<sub>2</sub>、ゼロエミッション）について面白い話題をご紹介しますと思います。それは、住友金属がブラジルで建設している粗鋼規模100万トンの製鉄所での事例です。

従来であると石炭からコークスをつくり、このコークスを高炉に装入してCO<sub>2</sub>が発生するといった仕組みの中で、CO<sub>2</sub>を如何に減らすかということに注力してきました。

しかし、ブラジル立地の100万トンのコンパクトな一貫製鉄所で可能になったことですが、今回は、ユーカリの木を植えて木炭を製造し、この木炭を高炉に入れて銑鉄をつくることにしました。

結果、高炉でCO<sub>2</sub>は発生するのですが、このCO<sub>2</sub>はユーカリが生長する際に全て吸収してしまうということでオフセットできるという仕組みを取り入れることにしたのです。図17に炭素循環の模式図を示します。

また、今回利用するユーカリは、バイオテクノロジーで成長速度を揃えて同じ高さ同じ大きさの木だけの森になるよう

にし、さらに成長を促進させて5～7年で利用できるようにしたものです。加えて面白いのは、ユーカリは7年でコストになり伐採しますが、その伐採後の根から再び芽が出て、3回は利用できるという、何やら得した感じにさせてくれます。

図18は、空からユーカリ林の状況を視察したのですが、バイオテクノロジーを活用した成果で、ユーカリの林が高さも幅も整然と揃っている様子が見て取れます。

また、ユーカリは非常に広大な森林になっており、ちょうど琵琶湖一枚分の面積を管理し、それを7等分して7年経過すると順番に木炭として利用するといった運用を行っています。

## 9 事例の総括

以上ご紹介した①から④の技術は、いずれも私が経営に参画した2003年以降に相次いで大河内記念会から誠に過大な評価を頂いたもので、そのうちの二つは企業に授与される最高賞でした。加えて、住友金属の代表的な製品である継目無鋼管の製造ラインである和歌山製鉄所および尼崎特殊管製造所において、精錬から加工そして製品開発まで全てが揃いました。図19に示すこれらの技術は、全て一朝一夕に成し得たものではなく20年30年の地道に積み重ねた研究の成果がハ

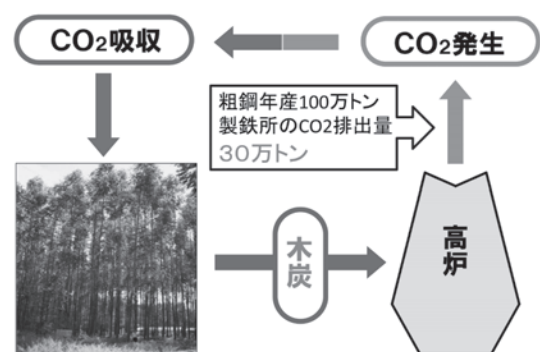


図17 環境に配慮したブラジル高炉一貫シームレスパイプミル

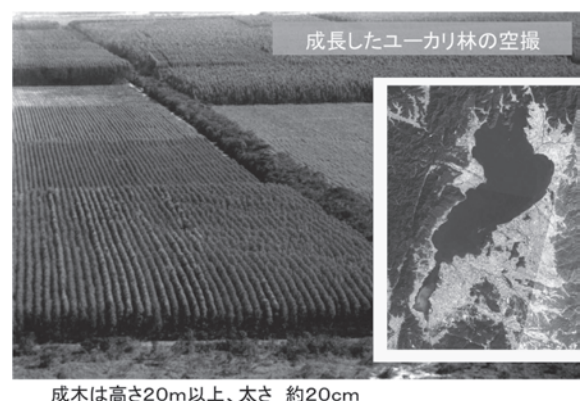


図18 木炭原料プランテーション（62400ha ⇄ 琵琶湖の面積）

イエンド技術として結晶したものと言えます。

これらの賞を連続で頂いた結果、俗な言い方で申し訳ないのですが、テニスで言えばグランドスラムを達成したような幸せな気分になりました。

ところが、自分でも意外でしたが、手放して喜びたい気持ちとは裏腹に、「はたして、これで安心していられるのだろうか」という疑問が漠とした形で湧き上がってきたのです。もう少し具体的に言えば「ハイエンド技術だけで戦えるのか」という課題意識です。

この疑問は、現在日本の鉄鋼業が直面している状況にも通じ、これからの技術経営として向かうべき方向とも言えるものです。そこで私自身反芻しているこの課題について皆さんとともに考えてみたいと思います。

## 10 これからの鉄鋼業の課題

図20は、BRIC'sの代表とも言える中国、インドとの比較

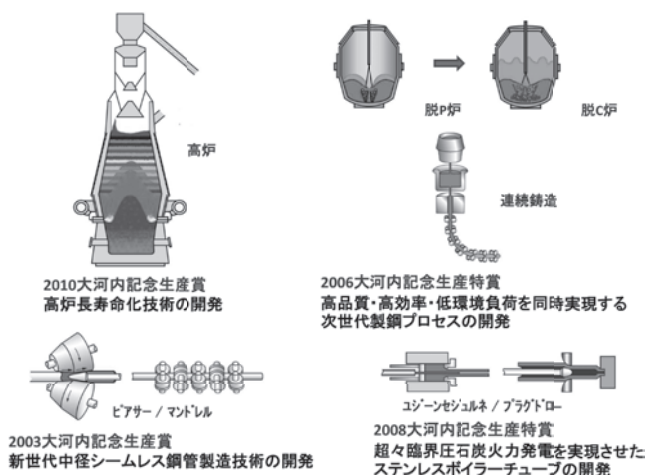


図19 【事例総括】継目無鋼管工程の一連のハイエンド技術群

で、日本国内の鋼材需要を示したもので、一目で成長が滞っている状況が見て取れると思います。これを打破するための一つの方向として我々はハイエンド品へのシフトに邁進してきたわけです。薄板を例に上げると、高張力鋼などの自動車用高級鋼板を指向してきた経緯が図21より明確に見て取れます。

しかし、経営の立場で改めて眺めると、本当に打破できているのかといえ、必ずしもそうではありません。鉄鋼業の売上高利益率を長期的に見れば、長期国債の利回りと比較すると、図22に示すようにあまり変わらないか、むしろ下回っているようにも見えるのです。

ここで誤解して頂きたいのは、今まで歩んできた道のりが間違いだったというつもりはさらさら無いということです。確かに無謬であったと断言する気はありませんが、それでも正しい方向を選択してきたことに違いはありません。むしろ、大きな転換期にあると言った方がいいかもしれません。

即ち、従来のハイエンド品シフトだけの延長上には将来の絵姿が描き難い状況にあるわけです。そして、ここでの舵取

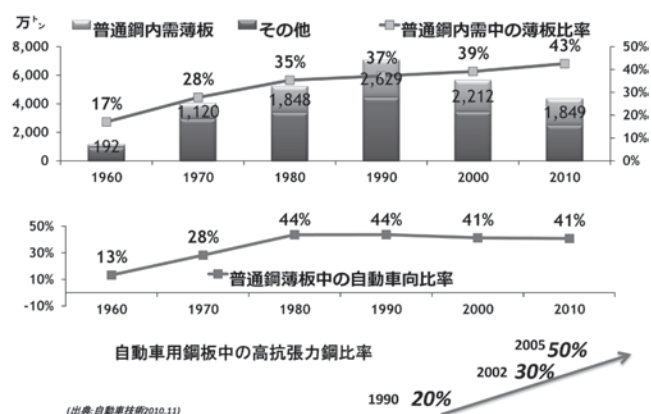


図21 ハイエンド品へのシフト

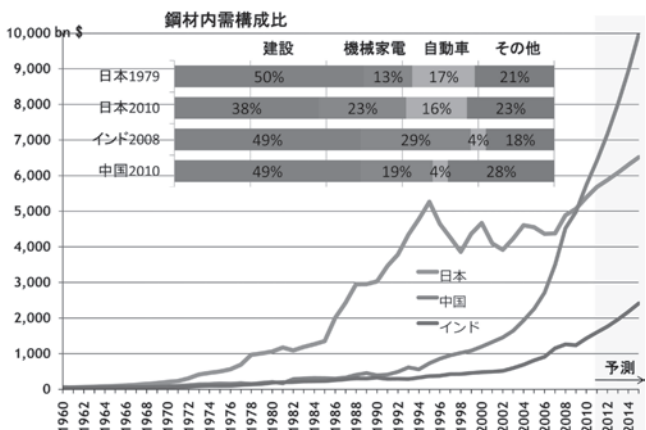


図20 成長しない国内需要

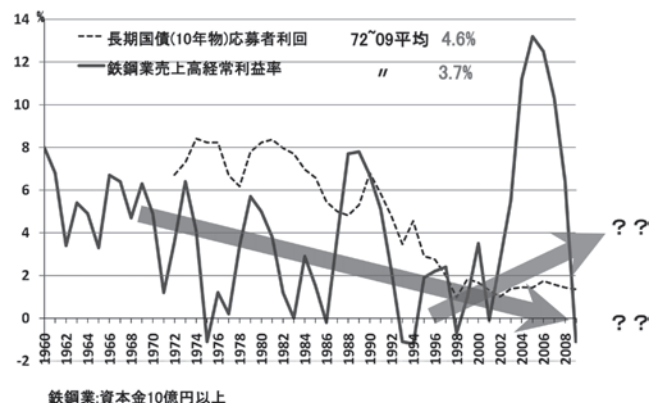


図22 国債利率並みの利益率

りが大変重要になっています。

そうした視点から、もう一度ハイエンド技術というものを  
見直してみたいと思います。

「ハイエンド」から連想する言葉は「上級」であり「高価」  
ですので、寿司屋でいうとさしづめ大トロといったところでは  
しょうか。この大トロなるものは、捌いたマグロの3%しか  
なく、回転率が低くロスが大きい、つまり原価率が高い。その  
割に「大トロ」という看板を出しておかないとレピュテー  
ションリスクが発生するので仕入れの質は落とせない。何か  
しら鉄鋼業に符合するものがあります。ちなみに、寿司屋に  
とっての理想的なオーダーとは、大トロ3%、中トロ12%、  
その他85%で、これでいけば理想的なコスト構成となるそう  
ですが…。

余談はさておき、ハイエンド技術が絶対的な優位性を生み  
だすのかどうかを要素別に整理したのが図23です。結論を  
言えば、ハイエンド技術は最終的には歩留・コストに収斂し  
てしまい、それだけでは一時的な優位性にすぎないと思えま  
す。そしてコスト勝負ともなれば、表2に示す通り、ハイエン  
ド技術を保有しているだけというのはとても安心などしてい  
られないことになります。

このようなことは何も鉄鋼業だけでなく、垂直統合による  
情報共有と洗練されたコスト合理化で市場を開拓し、日本型

- 薄板ハイテン
- 方向性電磁鋼板
- 高強度(>X80)大径管
- 高級OCTG
- 自動車向け特殊鋼
- 高速鉄道用車輪 ……

#### ハイエンド品を造るのに必要な要素

1. 設備(機械系・電気制御系)… (自作以外は)COPY可能
2. 成分系 …… COPY可能
3. 製造方案 …… 組合せ、スリ合わせ、  
タイトコントロール等  
リタイア技術者の流出もあるが  
Black-box化可能か???
4. 一貫製鉄所のマネジメント …… Gray-box?

製造方案 ≡ 歩留・コスト勝負

図23 「ハイエンド」だけで戦えるか？

表2 コスト勝負の状況

|        | 日本ミル       | 新興国一流ミル    |
|--------|------------|------------|
| 人件費    | × → 長期円安で△ | ◎ → 為替高で○  |
| 環境コスト  | × × ×      | ◎          |
| 政策支援   | ×          | ○          |
| 市場構造   | 過当競争 × ×   | SPOT売り主体 ○ |
| 市場規模   | ○ → ×      | ◎          |
| 原料コスト  | ×          | △ → ×      |
| 製鉄所の効率 | 今は◎だが…     | △          |

ビジネスモデルの独壇場であった液晶パネル・DVDプレー  
ヤー・カーナビ・太陽光パネルなどが、今や世界水平分業に  
よる効率的生産で低コストを実現した欧米先進国と新興国に  
よるグローバル型ビジネスモデルに全く太刀打ちできない状  
況にあります。

こうした産業では、早急な新しいビジネスモデルの構築が  
求められておりますが、鉄鋼業としても決して他人事ではあ  
りません。

話を整理しますと、ハイエンド技術が存在意義を失ってそ  
れに代わるものを探すというのではなく、いかにハイエンド  
技術を保有しつつ、いかにそれをビジネス戦略の有効なカー  
ドとして使うのかということです。

資源の無い我が国にとってハイエンド技術を失う日が競争  
力を失う日になることは明白です。ハイエンド品シフトに対  
する過剰な反省からハイエンド技術を軽視すること無く、ビ  
ジネス戦略を練り上げていくことが求められるべきなのだと  
思います。

## 11 これからの技術経営

私はスキーが大好きで、今でもシーズンになり山々が白く  
なるとどうも気がそぞろになります。ところが、やっと時間  
を見つけてスキー場のリフトに座って青空を眺めていると現  
実が忘れられるかというところも行かず、何かの拍子に仕事  
のことを考えてしまうのは損な性格なのかマメな性格なのか  
はわかりませんが、雪原の斜面に雪俵を見つけると技術開発  
を連想したりします。

雪俵というのは、なんらかの起点で雪の小片が風の影響や  
斜面の状態で雪原を転がり落ち、雪だるまのように成長して  
いく自然現象で、小規模のものなら街中の屋根などでも起き  
ることがあります。大規模なものは図24に示す北米の雪原  
のSNOW ROLLERが有名です。

この雪俵が転がって成長する様が、これからの技術開発の  
ありようを示していると言ったら、さぞや戸惑われると思い  
ますが、最後にそれを示したいと思います。

これはちょっとした物理学というか数学に興じたものです  
が、案外示唆に富んだ結果になりました。

内容としてはさほど難しいものではなく、2次元の斜面を  
転がる円盤の運動量収支計算です。

斜面を並走落下する円盤の中心速度 $v$ と回転する円盤の角  
速度 $\omega$ を、円盤に滑りが無いと仮定して連立して運動量の収  
支を取ると、単純に転がり落ちる場合は、

$$\frac{dv}{dt} = \frac{2}{3} g \sin \theta \dots\dots\dots (1)$$

転がりながら成長する場合は、

$$\frac{dv}{dt} = \frac{2}{3} g \sin \theta' - \frac{7v}{3R} \frac{dR}{dt} \dots\dots\dots (2)$$

が得られます。ここで、雪俵の半径 $R$ 、斜面の傾斜角 $\theta$ です。

(2) 式右辺第2項は、半径が変化することによるモーメント変化の項で、時間が充分経過し雪俵が充分巨大になると、落下する雨粒が最終的に等速度落下するように、雪俵も最終的には等速度で転がることになります。ここでは、そこまでは考えず、転がるときに付く雪の量を、転がった距離 $x$ と斜面に垂直な荷重 $mg \cos \theta$ に比例するとしますと、雪俵の質量 $m$ の経時変化を表す基礎方程式は、

$$m = m_0 \exp \left( \frac{1}{3} \alpha g^2 \cos \theta \sin \theta \cdot t^2 \right) \dots\dots\dots (3)$$

となります。ここで $\alpha$ は雪の付き方を表す定数です。

この基礎方程式を用いて日本と新興国の比較を計算しますが、それに用いた条件を図25に示します。これは冒頭に示した国ごとのGDP(国内総生産)と鋼材消費の関係のグラフに基づいたものですが、このグラフが各国の経済の状況をよく表していると考えました。

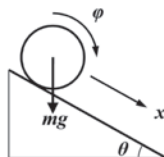
図26が初期条件ともいうべき図で、図27はその計算結果です。また、経時変化のグラフが図28ですが、日本と新興国の彼我の勢いの差は歴然で、ものの見事に追い抜かれてしまいます。しかも、しばらくの間優位性を保っているようでも、追い抜かれるときはいきなり一瞬にやってきます。

新興国の追い上げに対する漠とした危機感のイメージはまさにこのようなものだと思います。

技術の成長は、スキー場で見かける雪俵のようなもの。  
⇒転がりながら大きくなっていく。

成長の基礎方程式

$$m = m_0 \exp \left( \frac{1}{3} \alpha g^2 \cos \theta \sin \theta \cdot t^2 \right)$$



雪原を転がる 雪だわら(SNOW ROLLER)

図24 技術の優位性を維持するもの(技術成長イメージ)

これでは、日本鉄鋼業として、いつか必ず来る不都合な未来となりますが、私は、そうとは限らないと考えています。

もう一度図25を見てください。ポイントは、日本は先進国のグループのなかで上位に位置し製造業が経済を牽引している点です。ここにハイエンド技術を生み出し続けてきた日本

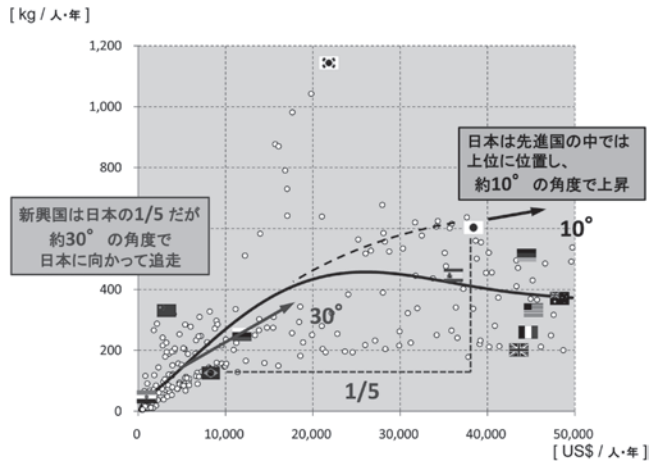


図25 鋼の市場動向から見た彼我の勢いの差(鋼材消費 vs GDP)

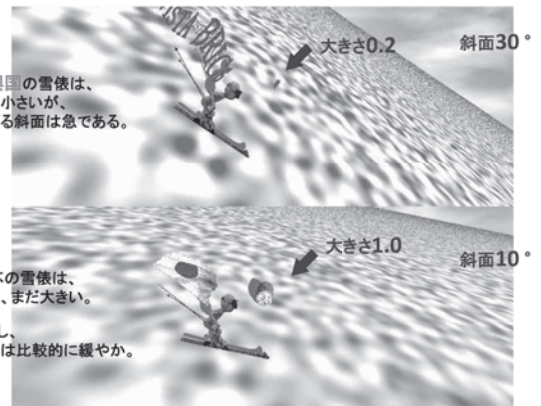


図26 計算の初期条件 (t=0)

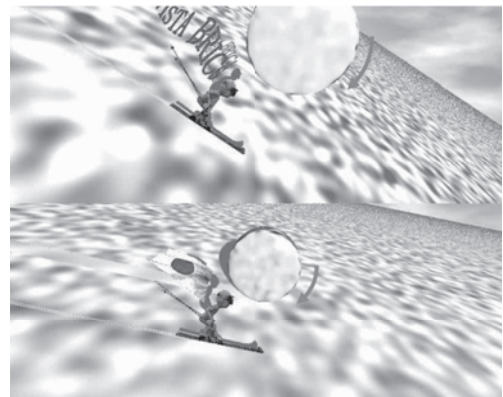


図27 計算結果の一例 (t=7)

の製造業が持つポテンシャルの高さがあるはずで、言うなれば見えない資産ともいべき蓄積があります。一方、新興国が先進国の模倣という形で成長を続ける限り、その成長は平均的成長曲線をたどることになり、斜面の傾斜角 $\theta$ も $30^\circ$ であり続けることはなく、図29に示すようにちょうど平均的成長曲線を上下反転させたようなものになるでしょう。その場合の再計算結果のグラフが図30です。つまり、そう簡単には追いつかれないということになります。私の持っているイメージは、まさにこのようなもので、決して悲観したものではありません。

大切なことは、日本鉄鋼業が傾斜角 $\theta = 10^\circ$ であり続けることで、厳しい経済状況や経済予想に臆することなく粛々とハイエンド技術を生み出し続けることと、それを活かすビジ

ネスモデルを早期に確立することこそが、これからの技術経営に求められていることです。

では、傾斜角 $\theta$ を定める要素は何か…、国勢、税制といった外的要因もありますし、大学制度を含めた人材育成もあります。表裏一体としてビジネスモデルも影響しますし、今までの意志決定のスピードでは駄目かも知れません。

これは経営者だけの課題ではなく、ともに日本鉄鋼業に身を置く皆さんと一緒に知恵の限りを尽くして解決するものです。私自身も今までの成果に固執することなく積極的に新たな挑戦をしていきたいと思います。来るべき新しい時代をまた皆さんとともに歩むことを楽しみにしています。

(2011年5月10日受付)

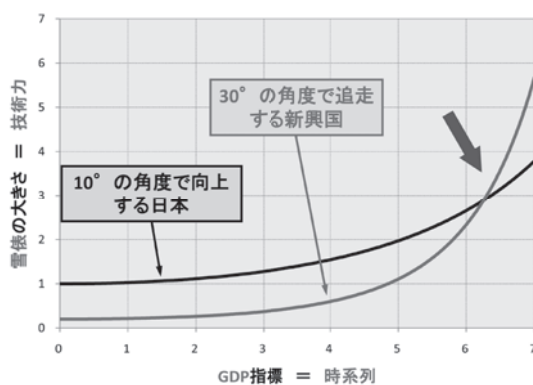


図28 技術力逆転のシミュレーション結果（角度の差の影響）

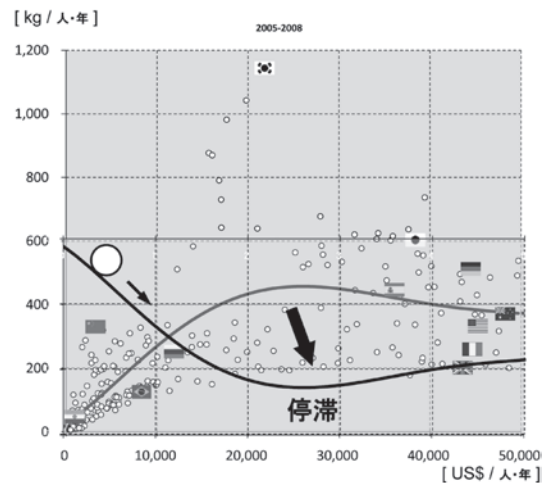


図29 鉄鋼の市場動向から見る技術開発スピード（平均成長角度）

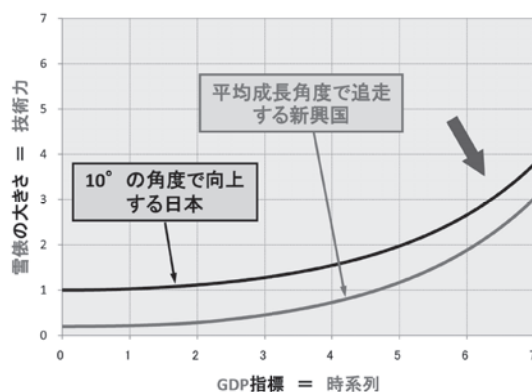


図30 再計算結果（日本が今の技術開発スピードを維持）