【講演要旨】

将来技術とくに鉄鋼の技術開発について

藤 原 達 雄*

Tatsuo FUJIWARA

本日の、ばね技術研究会 30 周年記念にあたり、講演の機会を与えられました事を厚くお礼申し上げます。

この会が 30 年にわたり、ばねの進歩発展に尽された功績は誠に大きなもので、ここに関係されている皆様に敬意を表するものであります。

私の講演につきましては大里副会長さんから、“何か夢のような話をしてもらいたい”というご依頼によるものですが、これは中々の難題です。人類の長い歴史の中で、例えば、鳥のように自由に空を飛びたいというような願望は大昔から一つの夢としてあったと思います。これは現在では実現しておりますが、当時としては科学的背景が何もないもので、ほんとうに夢らしい夢といえるものでしょう。

今ここで、この種の夢をならべて見ましても、下手な SF になりかねませんので、今日は、最近いろいろ行われております将来技術の予測などをまじえて、表題のような話をしたいと存じます。

1926 年、東京日日新聞の懸賞論文に当時 29 才の東京高工応用化学出身の三好武二氏の「50 年後の太平洋」が一席で入選したことが、恰度 50 年たった最近になって話題になりました。これは約 1 ヶ月にわたって東京と大阪の新聞に連載されましたが、その重点をまとめると表 1 のようになります。○印は実現の方法などに違う面がありましても大体適中していると見て良いと思われるものを示しました。

たとえば、合成ゴムの製法は原料は異なるが、石油を使って実現していることなど予測が当たっているものが沢山ある反面、地震の予知やガンの征服など今一步の所で解決していないものもあります。三好氏の論文は、人造人間と殺人光線の出現によって戦争の意義が失われて世界平和が実現すると結んでおりますが、これも彼の意図通りになっていないことは残念なことです。しかし、50 年も前の予測としては、なかなか立派なものだと思います。

さて、最近の技術予測はいろいろな手法を使って多くの人々によって行われていますが、表 2 はわれわれにとって関心の深い技術について、日本と米国で行った結果

表 1 “50 年後の太平洋”における技術的な予測
(1962 年懸賞論文 1 席・三好武二・東京日日新聞)

項 目	内 容	実現
合 成 ゴ ム	長葉松からとれるターペンタイン油より合成	○
地 震 予 知	地球の裏側から電波を発信し、地球を貫通した電波の変化による	×
船 の 燃 料	石炭から石油に変わる	○
無 線 送 電	長距離無線送電が可能となる	×
電 送 写 真	主に劇場用として実用化される	○
元 素 転 換	電子を増減させて元素転換する、例えば、水銀→金	×
ガ ン の 征 服	生物体に自然に備っている抵抗力を利用して治療する	×
化 学 的 合 成	アセチレンとアンモニアよりホルモン、蛋白質、脂肪、ビタミン、繊維素、染料など合成	○
高速大量輸送飛行機	人間 100 人、貨物 5,000 t ロスアンジェルス—上海間 30 時間	○
高速巨大潜水艦	ウェーター・ジェット方式	○
窒 素 固 定	空気中の窒素を固定する技術	○
人 造 人 間	ロボット	○
殺 人 光 線	5 万メートル先の人間を殺す電波	×

を比較したもので、表には各課題の実現年を示しています。地震予知を除くと割合よく一致しています。

表 3 は鉄鋼を主体とした技術予測を示したものです。が、連続製鋼プラントの実用化、ウイスキー強化材料の普及、製鉄、化学工業等の原子力コンビナートの稼動、海水からのウランの抽出、核融合炉システムの開発など、それぞれの実現時期が注目されます。

つぎに、米国において、かつて進められた 2 つの巨大プロジェクト、「マンハッタン計画」と「アポロ計画」について触れて見たいと思います。前者は原子爆弾の開発、後者は人間の月面着陸と探索を目的としたものであることはご承知の通りですが、図 1 は両計画進行の経緯を要約図示したものです。

ウラン (235) の原子核分裂についてはエンリコ・フェルミ (伊)、オットー・ハーン (独) などの学者によって 1930 年代の終り頃、着々と研究が進められていました。

* 大同特殊鋼(株)常務取締役工博

表 2 最近の技術予測
(科学技術庁“日本の技術”より)

課 題	科学技術庁調査 (1976)	マグローヒル社 調 査 (1975)
地 震 予 知	2001 年	1979 年
ガ ン の 征 服	2002 年	1995 年
海水からのウラン抽出	2000 年	2000 年
M H D 発 電	1999 年	1995 年
低 温 送 電	2003 年	1990 年
自動車用のプラスチック車体とフレーム	1992 年	1990 年
電 気 自 動 車	1994 年	1990 年
月 面 基 地	1998 年	1995 年
海底鉱脈の開発	1994 年	1985 年
連 続 製 鋼	1988 年	1990 年
無 線 送 電	2005 年	

1939 年, 第 2 次世界大戦が始った年に, ドイツの原子爆弾製造への動きを憂慮したアメリカ亡命の科学者代表として, アインシュタインが時の大統領ルーズベルトに原子爆弾の威力を解説し, 米国でも早急にその対策を樹てるべきこと, その方法などについて書簡で進言しました. 大統領は直ちに委員会による検討を開始させ, 1941 年にはウラン (235) 濃縮の研究が本格化しました. その 2 年後に計画から始まり工場建設に移り, さらに 2 年の

表 3 主要技術の実現予測
(鉄鋼を主体にした科学技術庁調査)

実現時期	未 来 技 術 の 課 題 名
1985 年 以前	<ul style="list-style-type: none"> ・火力発電所等大型ボイラーの排煙脱硝技術 (除去率 90-95%) 普及 ・人工衛星を利用した世界的気象観測システム ・チェンソーにかわる無振動の小型可搬式機械の開発
1985 } 1990 年	<ul style="list-style-type: none"> ・連続製鋼プラントの実用化 ・海水に対する金属材料の腐蝕防止技術が可能 ・日産 10 万 Nm³ 程度の重質油ガス化技術の実用化 ・人工衛星による鉱物資源等の探査 ・遠心分離法による商業用ウラン濃縮工場が稼動
1990 } 1995 年	<ul style="list-style-type: none"> ・材料の疲労寿命の非破壊検査システムの実用化 ・ウィスカーで強化された強力材料の普及 ・合金のコンピューターによる設計 ・高温還元ガス利用による直接製鉄技術の開発 ・廃棄物の完全利用技術
1995 } 2000 年	<ul style="list-style-type: none"> ・多目的高温ガス炉による製鉄・化学工業等の原子力コンビナートが稼動 ・高圧流体を利用した精密加工技術の実用化 ・現在の 10 倍以上高能率の工作機械が普及 ・電気自動車の普及
2000 } 2005 年	<ul style="list-style-type: none"> ・酸化雰囲気で使用できる発熱体 (3,000°C) の開発 ・海水からのウラン抽出 ・核融合炉システムの開発 ・超電導送電技術の開発

ちの 1945 年には濃縮ウランの製造に成功し, 原子爆弾を完成しました.

図 1 米国の二大プロジェクト

一方、アポロ計画の方は、1942年にドイツで発射に成功したロケット爆弾V2号の技術がソ連に流れ、その15年後に初の人工衛星スプートニク1号が打ち上げられたことを背景として、ケネディー大統領の決断によって1961年スタートを切り、大統領の予言通り1969年にサターン・ロケットを使ったアポロ11号が見事月面有人着陸に成功したものであります。アポロシステムは、ジェット機の何十倍にも当たる710万個の部品を使ったシステム工学の模範例であるが、それより100年も前に、フランスのヴェルヌという作家が、米国のフロリダから月ロケットが打上げられるという小説を書いているということを毎日新聞で読み面白く感じました。

以上の2つの大きなプロジェクトが、計画から成功するまで極めて短期間に推進されたことは、それらが国の強力なポリシーと結んで、膨大な予算と優秀な人材が豊富に投入された結果によるものと考えられます。

このような観点からすると、前出の表2、表3の予測も今後の取り組み方一つで、結果が変わってくる可能性がないとはいえません。

つぎに、エネルギー問題に眼を向けて見ましょう。オイル・ショックという思いがけない事件が、わが国の重化学工業に大きな影響を与えましたが、それを世界的に見ますと、エネルギーの需給関係は図2のようになると見られます。図によれば今のままでゆくと、1980年代の半ば以降に供給不足が起ること、2000年代には核融合、太陽熱、地熱の利用が次第に重要な地位を占めて来ることが予測されています。

石油・天然ガス時代と太陽熱・核融合時代の谷間

図2 世界のエネルギー需給 (朝日新聞)

将来のエネルギーの担い手として最も有望視されている核融合炉については、わが国は目下トカマク型の JT 60 に取り組んでおります。写真1はその概念図を示したもので、中央にあるドーナツ型のプラズマ発生部分は直径2m、全周約20mで、左下の人物と比べてその

写真1 トカマク型核融合炉概念図

表 4 鉄鋼に関連した主要鉱物資源の枯渇予想
(1970, U. S. Bureau of Mines)

鉱物	既知埋蔵鉱量 (億トン)	静態的耐用年数	予想成長率 (年平均)	幾何級数的 耐用年数	現在の埋蔵鉱量を5倍にした場合 の幾何級数的耐用年数
鉄	1,000	240 年	1.8%	93 年	173 年
モリブデン	49	79	4.5	34	65
ニッケル	667	150	3.4	53	96
クロム	7.75	420	2.6	95	154
石炭	50,000	2,300	4.1	111	150
石油	487	31	3.9	20	50

図 3 トカマク研究の進展

スケールがお分りと思います。図3はこの方式の研究の進展を示したもので、わが国がこの方面でも世界の最先端を歩んでいる状況が分かります。

さて、エネルギーから資源問題に目を移して見ましょう。表4は一寸古い米国の調査報告ですが、鉄鋼に関連する主要鉱物資源が今後何年ぐらい持つかということ予想したもので、ローマ・クラブの成長の限界、地球有限論の根拠にもなったものと聞いております。

この調査をそのまま信用すると、長いものでも200年、短いものでは50年で地球上から姿を消してしまうことになってしまいます。

ところが、かのハーマン・カーンは彼の最近の著書“The Next 200 Years”の中で、たとえばクロム、ニッケルなどの資源が無くなっても、それに代わるものを人類が自らの知識によって開発してゆくから、さして心配することはない、また、21世紀の技術開発の一つとしての海底開発の結果として、太平洋のマンガン団鉱だけ

からでも、ニッケルは16,000年、マンガンは24,000年、コバルトは136,000年、銅は670年は保証されるという意見を書いております。しかし、いづれにしても、地球上の資源が有限であることには変りないことなので、その対策を今から講じておくことは、決して早過ぎることではないと考えております。

以上、いろいろ申しあげましたが、それらの長期的展望のもとに、わが国でも工業技術院が統括して国家的な大型プロジェクトを推進しつつあります。表5にはその主なものを挙げてありますが、このほかに、海底開発、航空機ジェット・エンジンなど5件、省エネルギーのムーンライト計画があり、また、準大型プロジェクトとして資源利用に関するものなどがあります。

そして、技術予測から始めて、エネルギー、資源問題、それらを解決する各種の国家のプロジェクトについて述べて来ましたが、最後に鉄鋼に関する技術の将来問題に触れさせていただきます。

まず、高温ガス炉 (HTGR) による原子力直接製鉄の幕開けが1990年頃から始まると考えられております。

図4はわが国で現在進められている研究のシステムの概要を示したものです。

また、ほぼ同時期に実現されると思われる連続製鋼法の一例として、図5にわが国の金属材料技術研究所で開発した方法を紹介致します。多段樋型カスケード方式で、第1炉は脱シリコン、脱燐、第2炉は脱炭、第3炉は温度、成分調整をするもので、この方式は現在生産規模の試験計画が検討されております。このほか、米、英、仏ではそれぞれ特色ある連続製鋼の研究がなされております。

スエーデンのエケトルプ教授は図6のような鉱石から鋼までの連続製造方式を提唱しております。左端の第1槽中に装入した鉱石と微粉炭を原料として、第2槽で約4%の銑鉄にし、第3槽では脱硫、以下、酸化、脱炭、合金添加を行ない、最後に真空中で連続鑄造しようという思想に基いたもので、成分偏析が少ない、高品質の鋼を作ろうという考えで、20~30年先にはこれを実現さ

表 5 主要大型国家プロジェクト

プロジェクト名	期間(年)	予 算 (億円)	プロジェクトの概要
電 磁 流 体 発 電	41～57	120	直接熱から電気へエネルギー変換する直接発電方式で火力発電や原子力発電と組合せ、熱効率の大幅な向上が期待される
高温還元ガス利用による直接製鉄	48～53 (第1期)	73	省資源、省エネルギー化をはかり、公害防止にも資するため原子力エネルギーの製鉄への利用
海水淡水化と副産物の利用	44～52	67	海水から淡水を低廉・大量に生産する技術とその副産物を経済的に回収する技術
電 気 自 動 車	46～52	57	都市内定走行用の内燃機関自動車等に代替することのできる電気自動車
自動車総合管制技術	48～52	50	自動車交通の渋滞、混雑の緩和に資するため走行誘導、走行情報の提供などを行う交通管制システム
〔サンシャイン計画〕	49～75	105 (49～51年の実績)	
(1) 太陽エネルギー	49～55 (第1期)		太陽エネルギー発電システム 太陽冷暖房および給湯システム
(2) 地熱エネルギー	49～55 (第1期)		地熱エネルギー探査、採取技術 熱水利用発電技術
(3) 石炭のガス化・液化	49～57 (第1期)		石炭のガス化 石炭の液化
(4) 水素エネルギー	49～55 (第1期)		水素の製造・輸送・貯蔵および利用技術

図 4 高温ガス炉の多目的利用システム

図5 将来の製鋼法の一例（金材技法法）

図6 将来の製鋼法の一例（Eketorp）

せたいということです。

最後に、材料の進歩に関し、その代表的なものとして、工具については図7に、ジェット・エンジン用材料については図8に示すような予測がされております。いずれも、セラミックスが、将来活躍するように考えられております。

さて、材料の強化方法にもいろいろありますが、最近では繊維複合材料が注目されております。プラスチックについてはFRPとして既に広く実用されておりますが、金属についてのFRMはこれからという段階にあります。FRMは航空機部品の一部に、アルミニウム強化のため、ボロシックと云いまして、非常に細いタングス

テンにボロンを蒸着し、その表面にシリコン・カーバイドを薄く蒸着した繊維をアルミニウムに複合させたものが実用されている程度に過ぎません。

写真2は、東北大学矢島教授発明のシリコン・カーバイドの連続繊維を、私どもの研究所でアルミニウムと複合させたものの顕微鏡組織を示したものです。体積率で50%の繊維が複合されています。もともと、このシリコン・カーバイドは耐熱性に富んだ材料ですので、ベースの金属材料との組合せで、これまで得られなかった特性を持つ新材料の開発が将来残された問題であり、かつ期待されるところであります。

どうも、大変まとまりのないお話をして参りました

図7 工具と最高切削速度の変遷と予測(岩田)

図18 ジェットエンジン用材料の現状と将来(科学技術庁)

写真2 繊維強化複合材料

が、これも「夢のような話」としてお許し願いたいと存じます。

いずれにしても、資源がない日本としては、戦後30年歩んで来た道を、これからは多くの開発途上国に追われる立場に変わっているのでございます。この現実を打開する道は、国際協調と新技術の開発を積極的に推進してゆくことにあると思います。私どもも大いに頑張ってゆきたいと存じますが、この研究会の皆様の一層のご活躍とご発展に期待しまして私の話を終えさせていただきます。