

国立大学法人 室蘭工業大学

# 地域共同研究開発センター 研究報告

No. 20



Dec. 2009



*Center for Cooperative Research  
and  
Development  
Muroran Institute of Technology*

— 目 次 —

【共同研究プロジェクト成果】

- (1) 集合住宅の給水・給湯用銅配管のマイクロジェット潰食機構の解明  
— 給湯用銅管の潰食現象に及ぼすマイクロバブルの影響 — ..... 1  
世利 修美・境 昌宏・山田 豊
- (2) 高密度プラズマ発生装置の開発と次世代薄膜形成への応用に関する研 ..... 6  
福田 永・平尾 孝・佐藤 孝紀・植杉克弘
- (3) 小型ジェットエンジンシステム及び要素の研究 ..... 11  
湊 亮二郎・東野 和幸・棚次 亘弘・藤網 義行
- (4) マイクロ波加熱を用いたアスファルト舗装材料原位置再生工法の開発 ..... 13  
鏡 慎・川口 秀樹・溝渕 優
- (5) 多孔質シルク成形体の作製と誘電特性 ..... 19  
岩崎 雄樹・葛谷 俊博・平井 伸治・玉田 靖
- (6) 鉄鋼の製造プロセスにおける高温酸化に関する研究  
— 継目無鋼管製造プロセスでの高温酸化スケールの活用に関する検討 — ..... 22  
日高 康善・佐伯 功
- (7) 高靱性コンクリート及び高靱性軽量コンクリートを用いた構造部材の  
構造部材の性能照査型設計に関する研究 ..... 28  
三上 浩・栗橋祐介・岸 徳光

【プレ共同研究成果】

- (1) 天然素材分離プロセスの技術開発 ..... 37  
大平 勇一・小幡 英二・木下 修・小川 和之
- (2) 太陽電池用ポリシリコンの製造と精製法の研究  
— 金属シリコン中のホウソウ除去について — ..... 41  
世利 修美・小薮 邦敏・品田 拓
- (3) 表面改質剤を利用した高耐久性コンクリートの開発  
— 表面改質材によるコンクリートの透気性状と凍結融解抵抗性の変化 — ..... 46  
新 大軌・高橋 勝・谷本 文由・鈴木 好幸・濱 幸雄

【第21回大学・企業技術交流会】

- テーマ「超モノづくりへの挑戦」～持続可能なモノづくり社会と地域発展へのシナリオ～ ..... 49  
基調講演『工場改革とムダ撲滅及び中小オーナー企業の問題点』  
佐伯 弘文 氏
- セッション1『環境に優しい特殊鋼棒線材の開発』  
越智 達朗 氏
- セッション2『日本製鋼所室蘭製作所における風力発電事業』  
唐牛 敏晴 氏
- 特別講演『モノづくりのパラダイムシフト — 制約条件を乗り越えて —』  
千野 俊猛 氏

【平成20年度 共同研究等事業実績】

- 共同研究プロジェクト, プレ共同研究, 民間機関との共同研究, 民間機関等の受託研究 ..... 73

【平成20年度 事業活動】

- 研究協力会, 事業推進検討会, 講演会, CRDセミナー, 展示会出展等 ..... 79

【表紙写真】

- 上左: 文科省産学官連携コーディネーター会議  
上右: 第7回産学官連携推進会議(出展・PR)  
中左: 第1回MOT(技術経営)実践講座  
中右: 高度技術研修(東京会場)  
下左: 第21回大学・企業技術交流会  
下右: 札幌医大・小樽商大・室蘭工大合同企画フォーラム

**【平成 20 年度 共同研究プロジェクト成果】**

# 集合住宅の給水・給湯用銅配管の マイクロジェット潰食機構の解明

— 給湯用銅管の潰食現象に及ぼすマイクロバブルの影響 —

世利 修美<sup>\*1</sup>・境 昌宏<sup>\*1</sup>・山田 豊<sup>\*2</sup>

## 1 緒言

強制循環式給湯システムの銅配管に発生する潰食現象に関しては、これまでに多くの研究<sup>(1)~(6)</sup>がなされている。著者らは、銅管の潰食は給湯水中の溶存酸素濃度が給水中のそれより高い場合に発生しやすいことを報告し<sup>(7)(8)</sup>、潰食は過飽和溶存空気の影響が大きいことを示した。すなわち、過飽和溶存空気が管内の圧力変化によって気泡化し、発生した気泡による皮膜破壊が潰食の主要因と推定された。このことから、十分な脱気は銅管の潰食抑制に有効とされ、実機強制循環式給湯システムへの気水分離機設置によって溶存空気を除去することで潰食の発生あるいは進行が抑制できることを明らかとした<sup>(7)</sup>。しかしながら、潰食の主因である気泡挙動について、これまで詳細に検討された報告は見当たらない。

本研究では、CFD 解析および通湯試験を実施して気泡径の違いと潰食発生の関係を調査した。

## 2 実験方法

### 2.1 CFD 解析

CFD 解析には市販ソフトの FLUENT ver.6.3 を用いた。外径 22.22mm、肉厚 0.81mm の銅管とこれに適合するエルボ継手を配管した内部を計算領域とし、これを約 15 万メッシュに分割した。計算では液流れ方向に沿った配管中心面について対称とし、液流

れを連続相、気泡を分散相として取り扱った。液速度分布の計算は、非圧縮性粘性流体の基礎方程式として質量保存の式<sup>(9)</sup>および運動量保存の式<sup>(9)</sup>を用いた。本計算条件（後述）による配管内のレイノルズ数は 64,640 であり、液流れは乱流と見込まれたので、乱流モデルとして標準 k-ε モデル<sup>(10)</sup>を適用した。

気泡の軌跡の計算は次のように行った。まず、気泡の位置および速度を設定し、気泡が存在する位置での液速度を用いて流体抵抗力を求める。次いで、圧力勾配力、重力、浮力、付加質量力を考慮した気泡の運動方程式を、気泡径をパラメーターとして Euler-Lagrange 法<sup>(10)</sup>によって計算した。ただし、気泡の存在比（ボイド率）は極めて低いので、気泡の存在は液速度場に影響を与えないとした。液に対する気泡の追従性が高いことや、微細気泡の内圧は高いので、気泡の合一や分裂は起こりにくく、気泡同士の相互作用は無視できるとした。以上の仮定の下に、配管壁に衝突するまでの気泡の軌跡を計算した。計算条件は以下の通りである。

液：水 (333K)、液粘度： $0.47 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{s}$ 、液密度： $983.2 \text{kg/m}^3$ 、入口における平均液速度： $1.5 \text{m/s}$ 、出口圧力： $0 \text{Pa-gauge}$ 、気体：空気、気体密度： $1.204 \text{kg/m}^3$ 、気泡径： $20 \mu\text{m} \sim 2 \text{mm}$ 、導入気泡数：1,000 個、気泡導入箇所：配管の入口。

### 2.2 通湯試験

Fig.1 に通湯試験装置の概略図を示す。通湯試験装置は高架水槽、加熱式密閉型貯湯槽、給水管、往管、還管、膨張管、供試配管部および管内確認用のポリカーボネート製透明配管から構成されている。高架水槽および加熱式密閉型貯湯槽はいずれも  $0.5 \text{m}^3$  の

\*1 もの創造系領域

\*2 ショーワ(株)・(元住友軽金属(株))

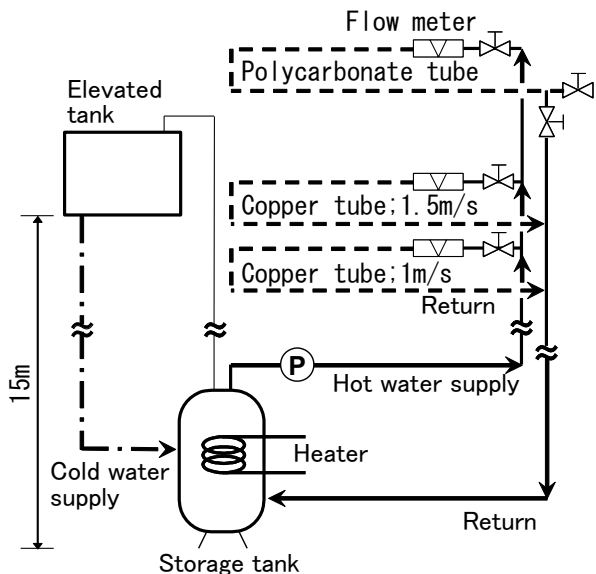


Fig.1 Schematic diagram of model plumbing system of hot water forced circulating.

Table 1 Typical analysis of test water.

pH	6.8
Conductivity ( $\mu$ S/m )	81
Total hardness ( $\text{CaCO}_3$ mg/L )	20.0
Ca hardness ( $\text{CaCO}_3$ mg/L )	16.1
M alkalinity ( $\text{CaCO}_3$ mg/L )	17.3
$\text{SO}_4^{2-}$ ( mg/L )	8.0
$\text{Cl}^-$ ( mg/L )	7.0
$\text{SiO}_2$ ( mg/L )	9.8

容積を有し、高架水槽は貯湯槽よりも 15m 高所に設置した。供試材には外径 22.22mm、肉厚 0.81mm のリン脱酸銅管硬質材を用い、試験水として名古屋市水道水を使用した。Table 1 に試験水の水质分析結果の一例を示す。

試験では、試験水を貯湯槽内で 333K に加温し、これを往管、供試配管部、還管の順にポンプにて循環させた。供試配管部では 3 系統に分配され、各供試管入側のバルブによって流速を 1m/s および 1.5m/s に調整した。溶存空気の指標となる溶存酸素濃度は、試験期間を通して高架水槽内では 7.5~8.4ppm、供試管出側給湯水では 7.4~9.4ppm であり、給湯水の方が高い傾向であった。これは、潰食が発生する強制循環式給湯システムでの傾向と同一であった。なお、溶存酸素の分析は JIS K 0101.24.2 に従ったウインクラアジ化ナトリウム変法によって実施した。ポリカーボネート製透明配管にて管内の流動状態を確認するとともに、試験開始 6 ヶ月後の供

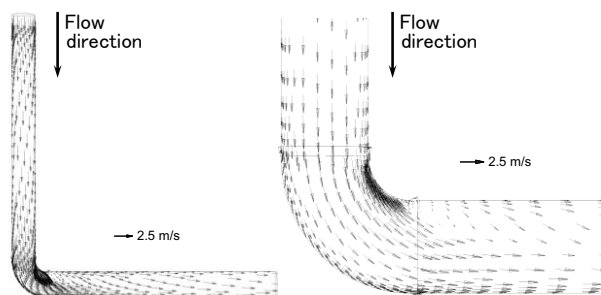


Fig.2 Velocity vector of liquid for 20A downward pipe system, temp. : 333K, flow rate : 1.5m/s, pressure of outlet : 0Pa-gauge.

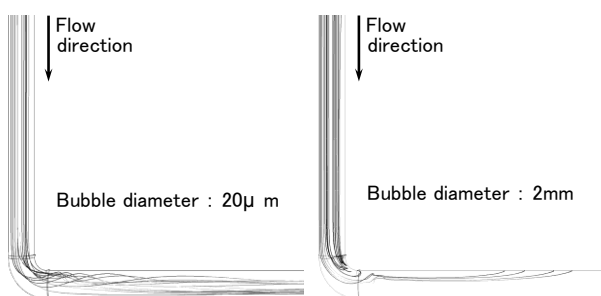


Fig.3 Bubble trajectories for 20A downward pipe system temp. : 333K, flow rate : 1.5m/s, pressure of outlet : 0Pa-gauge.

試管の腐食状況を調査した。

### 3 結果

#### 3.1 CFD 解析結果

Fig.2 に下向きの液流れに対する配管中心面の液速度ベクトルを示す。計算の結果、エルボ継手の内 R 部の液速度 2.4m/s に対して外 R 部のそれは 0.2m/s と低くなった。また、内 R 部の高液速度部分の先では急激に液速度が低下した。次に、Fig.3 に、この液速度場に径の異なる気泡を導入した場合の気泡軌跡を示す。なお、気泡径は 20 $\mu$ m~2mm まで変えて計算したが、ここでは微細気泡 (以後、本報ではマイクロバブルと称す)、粗大気泡 (以後、本報ではミリバブルと称す) の代表として、それぞれ 20 $\mu$ m と 2mm の気泡径による軌跡を示した。マイクロバブルは、管内を垂直に降下し、その多くがエルボ継手内 R 側へ流れた。そして、エルボ継手下流側近傍の配管に接近した後、下流側直管にて配管全体に広がって流れた。一方、ミリバブルではエルボ継手まではマイ

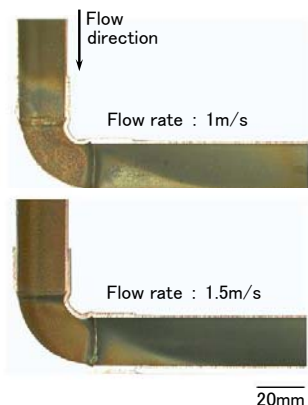


Fig.4 Inner surface of test tubes.

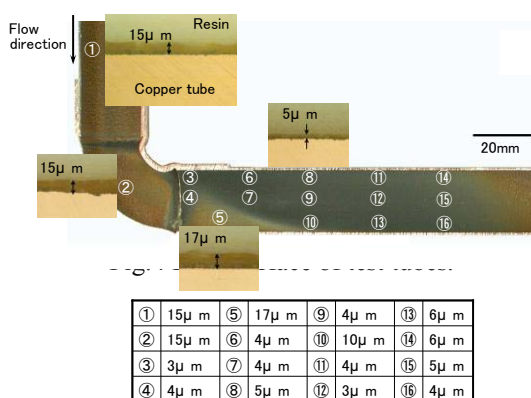


Fig.5 Thickness of scale on test tube at flow rate of 1.5m/s.

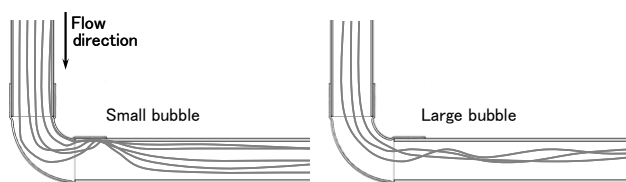


Fig.6 Typical visualization of bubbles flow nearby elbow in the transparent tube at flow rate of 1.5m/s.

クロバブルと同様の流れを示したが、エルボ継手下流側の直管部では配管の上部に気泡が集積して流れる挙動が示された。なお、マイクロバブルの軌跡は200μmの気泡径まで同様であった。

### 3.2 通湯試験結果

Fig.4に試験開始6ヵ月後の各供試材の内面状況を示す。いずれの供試材もエルボ継手下流側を境界として内面変色の差異が観察された。すなわち、同位置より上流側の配管およびエルボ継手ではほぼ全面で黄土色のスケールが見受けられ、下流側の配管で

は黒色スケールが観察された。この様相の差異の調査としてスケール厚さを確認した。Fig.5に流速1.5m/s 供試材の各位置におけるスケール厚さを示す。エルボ継手上流側配管、エルボ継手ならびにエルボ継手下流側配管の一部に見られる黄土色部のスケール厚さは15μm以上であった。一方、エルボ継手下流側配管の黒色部のスケール厚さは6μm以下と黄土色部より薄かった。なお、スケールの成分は、X線回折分析ならびに赤外分光分析によって、黄土色部がオルトケイ酸銅、黒茶色部が酸化銅、亜酸化銅と同定された。

透明配管による管内流動状態の観察では、透明配管出側のバルブを循環から放流に切り替えると、管内の圧力が低下してミクロンサイズのマイクロバブルが発生し、管内が白濁した。また、白濁水には若干のミリサイズのミリバブルも混在していた。なお、管内で観察されたマイクロバブルは気泡の上昇速度から60~100μmと推定された。Fig.5に流速1.5m/sにおける90°エルボ継手近傍での異なる気泡径による特徴的な気泡軌跡の目視確認結果の概略図を示す。流れ方向は下向きである。マイクロバブルは、管内を下向きに流れ、その一部はエルボ継手内R部に漸近した。そして、50~100mm程度の範囲で渦を巻くような乱れた流動を示し、その後は乱れが治まって管内に広がって流れた。一方、ミリバブルは、マイクロバブルと同様に管内を下向きに流れ、その後のエルボ継手下流では合一して管中央部から上部を線上に流れた。これらの気泡軌跡はCFD解析結果と概ね一致するものであった。

## 4 考察

### 4.1 潰食発生の要因

通湯試験における流速1m/sおよび1.5m/s 供試材では潰食の発生は認められなかったが、供試材各部でのスケール厚さが異なった。Fig.6に漏洩事故の多かったエルボ継手近傍での内面状況の一例を示す。通湯試験供試材では、潰食発生事例の潰食発生部位と同位置にてスケール厚さが3~6μmと薄く、これは、潰食の兆候を示唆するものであった。一方、通湯試験での管内の流動状態の観察において、エルボ継手下流側では特異的な状況が観察され、マイクロバブルは同位置にて乱れた流動状態を示した。CFD解析における液速度分布によれば、エルボ下流側では液速度に急激な低下が確認されており、この部分では液流れに乱れが発生していることを示唆してい



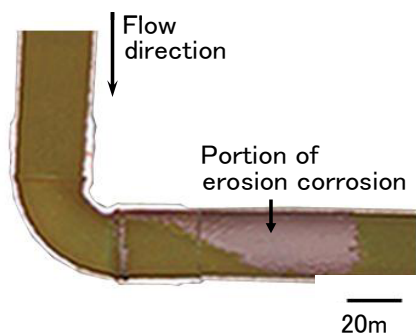


Fig.7 Typical erosion corrosion of copper tube nearby elbow

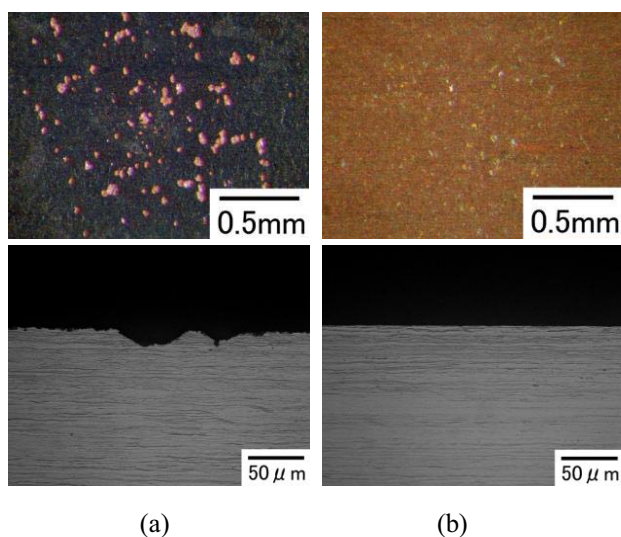


Fig.8 Inner surface and cross section of test tubes, (a) with micro-bubbles, (b) without micro-bubbles.

る。すなわち、マイクロバブルでは浮力より流体抵抗力が支配的となり、その軌跡は液流れの影響を強く受けるため、エルボ継手下流側にて乱れた流動状態が示されたものと考えられる。

以上のことから、マイクロバブルではエルボ継手下流側での液の乱れに従って同位置での配管管壁への衝突頻度も多いものと推測され、潰食発生に対して大きな要因であることが伺われた。さらに、潰食発生事例では縦管、横引管の配管設置方向とは無関係に、Fig.7に示した腐食発生状況と同形態での腐食がエルボ継手下流側配管で観察されている。潰食の発生頻度の高い 20A や 25A 等の細径の銅管<sup>(11)(12)</sup>では、CFD 解析による液速度分布は配管設置方向とは無関係に同一であるため、マイクロバブルの軌跡も配管の設置方向に寄らず同様の傾向を示すものと考えられる。このこともマイクロバブルが潰食発生に関与している裏付けと考えられた。

#### 4.2 潰食発生に及ぼすマイクロバブルの影響

潰食発生に及ぼすマイクロバブルの影響を検証するため、孔径 2mm のノズルから噴出させたマイクロバブル含有あるいは無含有ジェット流を銅管表面に衝突させる試験（以後、ジェット試験）を、名古屋市水道水を使用し、液温 328K、流速 10m/s で 3 ヶ月間行った。Fig.8 に試験後の供試管の内面および断面状況を示す。マイクロバブル含有ジェット流では黒色の内表面の中に銅色の部位が観察され、同部位の断面では潰食が確認された。一方、マイクロバブルが無い場合には若干表面が変色している程度であり、断面観察からも潰食の兆候は認められなかった。これらの結果から、潰食発生に対してはマイクロバブルの影響が強いものと考えられた。なお、ジェット試験においてマイクロバブルの無い場合の流体せん断応力は 271Pa であり、潰食が頻発する細径銅管のその 15 倍以上である<sup>(12)</sup>。このことも、潰食の主要因が、流体せん断応力、すなわち、流速でないことを示している。

#### 4.3 潰食発生メカニズム

強制循環式給湯システムにおいて給湯水の溶存空気が給水のそれより多い場合、使用環境により配管内に圧力変化が生じてマイクロバブルが発生する。気泡の内外圧差は気泡径に反比例し<sup>(12)</sup>、マイクロバブルでは内圧は高く気泡同士の合一や破泡も少ないため、気泡の状態が維持される。潰食は、このマイクロバブルが管内の流動状態に従って管壁へ衝突し、酸化皮膜やスケールを継続的に破壊して発生、進行するものと考えられた。なお、流体力学的解析や通湯試験（管内圧力 0.4MPa）の管内流動状態の観察からも<sup>(12)</sup>、マイクロバブルの発生はエルボ継手での圧力差に起因する可能性は低いものと考えている。さらに、マイクロバブルによる酸化皮膜およびスケールの破壊メカニズムが、気泡そのものによるものか、あるいは気泡破壊時の圧力伝播<sup>(13)(14)</sup>に起因するものであるかは今後の検証が必要である。

### 5 結言

潰食発生に関して、CFD 解析によって気泡軌跡を計算し、通湯試験による管内流動状態の観察ならびに腐食状況を調査して潰食現象に及ぼす気泡の影響を調べ、以下の結論を得た。

- (1) ミクロンサイズの微細気泡（マイクロバブル）はエルボ継手下流側にて特異的な流動を示すため、管壁への衝突頻度が高い。

- (2) マイクロバブルを含む水流にて潰食が再現された。
- (3) 潰食は、マイクロバブルが管内流動状態によって管壁へ衝突し、酸化皮膜、スケールが継続的に破壊されて発生、進行するものと推定された。

### 謝辞

流体力学的解析の実施にあたり、名古屋大学大学院工学研究科・坂東芳行元准教授、安田啓司准教授ならびに同研究室の学生の方々のご協力に感謝いたします。

### 文献

- (1) M.F.Obrecht, Corrosion, 18(1962), 189-196.
- (2) 佐藤史郎, 匂坂喜代治: 住友軽金属技報, 12(1971), p231-244.
- (3) L.Knutsson, E.Mattsson and B.E.Ramberg, Br.Corros J.7 (1972), p208-211.
- (4) 佐藤史郎, 永田公二, 下野三樹雄: 伸銅技術研究会誌: 19(1980), p50-63.
- (5) H.Yamamoto and H. Kunieda : Proceeding of the International Symposium on Corrosion of Copper and Copper Alloy in Building, Tokyo (1982), p146-156.
- (6) (社) 日本銅センター建築用銅管腐食対策委員会 : 建築配管用銅管腐食対策指針(1987), p14-16.
- (7) 河野浩三, 山田 豊, 中野 稔: 銅と銅合金, 46(2007), p212-215.
- (8) 山手利博, 大久保泰和, 表 幸雄, 山田 豊, 河野浩三, 木村隆則: 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(2008), p753-756.
- (9) R.B.Bird, W.E.Stewart and E.N.Lightfoot, "Transport Phenomena", John Wiley & Sons(1960), p83-84.
- (10) FLUENT 6.3 User's guide, Fluent Inc(2006).
- (11) 山田 豊, 河野浩三, 渥美哲郎: 伸銅技術研究会誌, 36(1997), p154-160.
- (12) 鈴木 忍, 山田 豊, 河野浩三: 材料と環境, 58(2009), p99-104.
- (13) 矢部 彰, 後藤瑞希: 特開 2004-121962A.
- (14) 矢部 彰, 森松達昌: 伝熱, 43(2004), p16-18.



# 高密度プラズマ発生装置の開発と次世代薄膜形成への 応用に関する研究

福田 永<sup>\*1</sup>・平尾 孝<sup>\*2</sup>・佐藤 孝紀<sup>\*3</sup>・植杉 克弘<sup>\*3</sup>

## Development of High Density Plasma Apparatus and Its Application to Next Generation Thin Film Formation Technology

Hisashi Fukuda<sup>\*1</sup>, Takashi Hirao<sup>\*2</sup>, Kohki Satoh<sup>\*1</sup>, Katsuhiko Uesugi<sup>\*1</sup>

### 1 はじめに

近年、フラットパネルディスプレイは急速な進歩を遂げ、液晶ディスプレイとプラズマディスプレイにおいては大画面化が進み 60 インチ以上の商品が市場に出ている。薄型の大画面ディスプレイは、省スペースで設置に自由度があり、価格の低下も伴って広く一般家庭に浸透しつつある。今後、地上波デジタル放送への移行に伴い、買い換えによる薄型ディスプレイの更なる普及が考えられる。また、携帯の大画面化が進んでいる上、携帯ゲーム端末や、ここ電話等に使用される液晶ディスプレイは高精細化、1～2年で急速な普及を見せている小型mp3プレーヤー端末などにも液晶ディスプレイが搭載され普及している。最近では、画面サイズの小型の物を搭載する場合や、文字のみの表示などのように用途を絞り有機 EL 素子を使用した商品も出始めている。このように、次世代ディスプレイは多種多様に用いら

れ今後も更なる需要が考えられる<sup>(1)</sup>。

現在、液晶ディスプレイやプラズマディスプレイ等の表示素子用透明電極として、スズをドープした酸化インジウム (Indium Tin Oxide, ITO) が主流となっている。ITO の特徴としては、比抵抗  $2.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  以下、可視光領域 (380～780nm) で透過率 90%以上、またウエットエッチングにより電極として使用する際の加工性がよいことから広く用いられている。しかし、ITO に含まれているインジウムは地殻埋蔵量の少ない希少金属であり、またその需要が高いことから、非常に高価になっている。また、製造工程も複雑であり、薄型テレビの価格を引き上げる要因のひとつになっている。よって、安価に実現可能な透明導電膜の新規材料の開発とその成膜技術の確立が強く望まれている。現在、ITO に代わり地殻埋蔵量が比較的多く、価格も安い亜鉛を用いた酸化亜鉛 (ZnO) 薄膜が透明導電膜として注目を集めている<sup>(1)(2)</sup>。

本研究では表面波励起マイクロ波プラズマによるラジカル化学気相成長 (CVD) 法により、低温かつ表面ダメージのない ZnO 成膜技術の開発を目的とした。

\*1 しくみ情報系領域

\*2 客員教授 高知工科大学ナノデバイス研究所長

\*3 もの創造系領域

## 2 実験方法

図1に今回開発したラジカル CVD 装置の外観を示す。図2に示すように、マイクロ波導入部分は、2.45GHzのマイクロ波を12インチ径(300mmφ)試料全体に均一に照射できるよう導波管をテーパ構造にしている<sup>(3)</sup>。また、本装置には高誘電体の AlN 窓材が用いられており、反応チャンバーと導波部を分離させている。さらに装置は、マイクロ波励起により TM01 モードの表面波プラズマが発生するように設計している。高誘電体窓材を使用する理由は、誘電体窓材表面上の限られた空間においてのみ高密度プラズマが発生できるようにするためである<sup>(4)-(6)</sup>。

プラズマは窓に対し垂軸方向で指数関数的に減衰する(図3)。一方、中性原子は寿命が長いので長距離拡散する。それゆえ中性原子のみ基板に照射できる。さらに、プラズマ発光モードに回転を与え、投入電力に対しプラズマ密度が比例して増加するようにマイクロ波導入部に改良を施した。本装置の特徴は、無磁場であるため、高密度で電子温度が低いプラズマが発生する。2.45GHzのマイクロ波を使用しているので従来装置との整合性が良い。構造が単純で加工コストも低い。高誘電体窓材等の新材料を積極的に導入している。反応ガスを切り替えることにより、表面清浄化、エッチング、絶縁膜、高(強)誘電体膜および透明導電膜形成など幅広い半導体プロセスに応用できる。今回、ZnO 膜形成について検討を行った。

Si(100)ウェハールおよびスライドガラス基板上に ZnO 膜を堆積した。Si 基板は脱脂、自然酸化膜除去および RCA 洗浄を行い、スライドガラスは脱脂洗浄を行った後、装置内に導入した。チャンバー内圧力 133Pa、マイクロ波投入電力 3kW、O<sub>2</sub> 流量 3slm の条件で酸素ラジカルを発生し、基板表面に3分間照射することにより基板表面の清浄化を行った後、有機金属材料のジエチル亜鉛(DEZn)を表面に供給し、酸素原子との反応により ZnO 膜を堆積した。

## 3 実験結果

試料の結晶性および配向性について X 線回折(X-Ray Diffraction, XRD)によって評価した。測定には線源として CuK $\alpha$  を用い、管電圧は 40kV、管電流は 200mA とした。XRD パターンの測定にはディフラクトメータ法を用い、2 $\theta$  の1ステップあたりのスキャン幅は 0.02 度とした。回折線の解析については、JCPDS (No.36-1451) を基にして指数付けを行った。薄膜についてディフラクトメータ法で X 線回折を行うと、測定されるピークは主に配向面からの回折となる。ZnO 薄膜についてはウルツ鉱構造(002)回折線が強く現れることが報告されている。図4に ZnO 薄膜の XRD 測定結果を示す。堆積温度 50~150°C の低温域で成長した試料は回折ピークは総じて弱い傾向を示した。一方、200°C になると ZnO(002)を主とした強い回折ピークが観察された。また、堆積温度が高くなるにつれ c 軸配向性が強くなることがわかった。これらの結果より、ウルツ鉱構造の ZnO 結晶膜が堆積できることが確認できた。

次に、ZnO 薄膜の光透過率と吸収スペクトル測定を行った。測定には、紫外・可視分光分析装置を用いた。レファレンスにはガラス基板を使用した。測定した透過率から吸収係数を算出し、得られた吸収スペクトルからエネルギーバンドギャップを求めた。可視光源はハロゲンランプである。光検出器にはフォトマルを用いた。

図5に ZnO 膜の透過スペクトルを示す。堆積温度が 150°C~200°C の試料は、可視領域(380~780nm)で透過率が 90%以上を示した。これは透明導電膜としての透明性の要件を十分満たしている。

Al や Ga をドーピングしてさらに導電性を持たせれば透明導電膜として十分使用できると考えられる。一方、堆積温度 50°C の試料は透明な部分の膜厚が薄く、また乳白色部分が存在していたため透過率が低い値を示した。

波長  $\lambda$  を光子エネルギー  $h\nu$  に変換し、透過率  $T$  から吸収係数  $\alpha$  を計算して  $h\nu - \alpha^2$  でプロットしたものを図6に示す。図7は、図6の直線部分を延長し、横



図1 ラジカルCVD装置の外観図

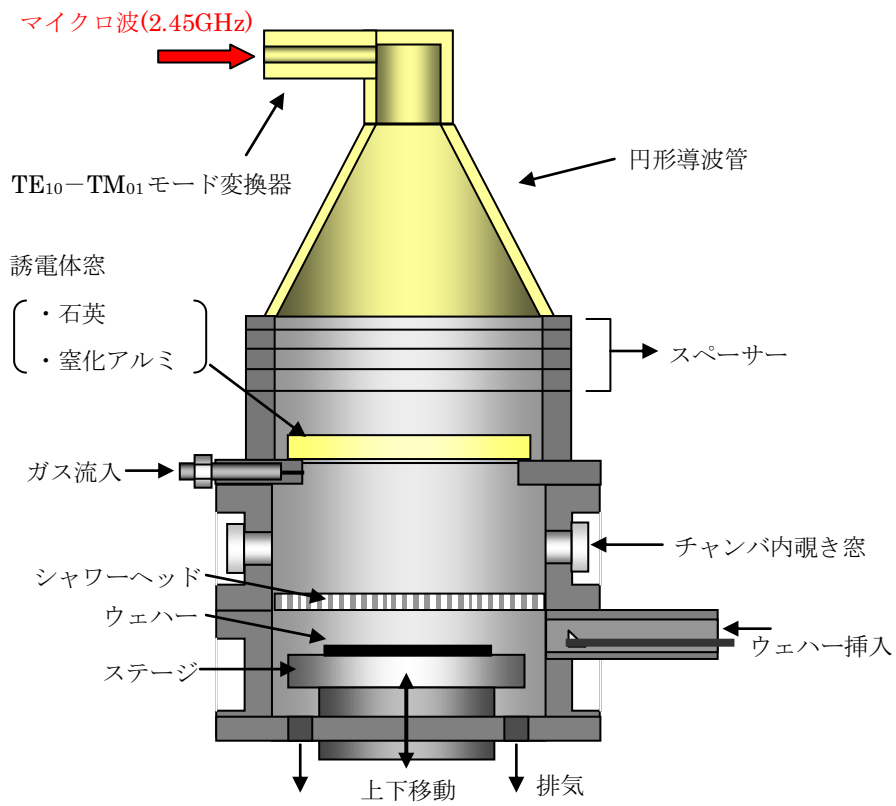


図2 反応炉内の概略図

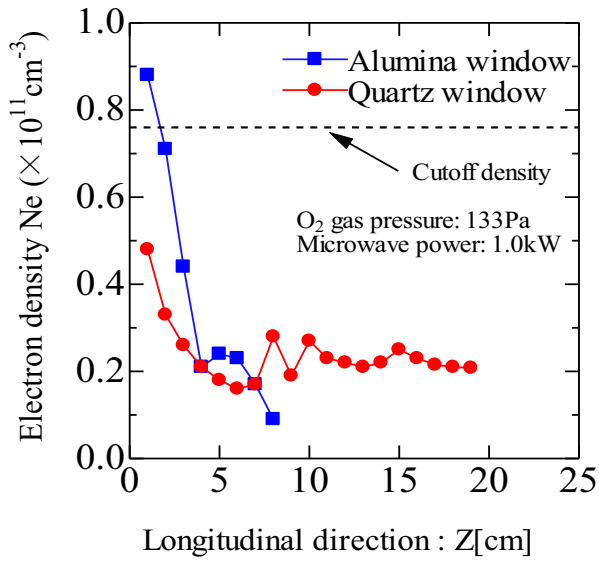


図3 電子密度の減衰過程

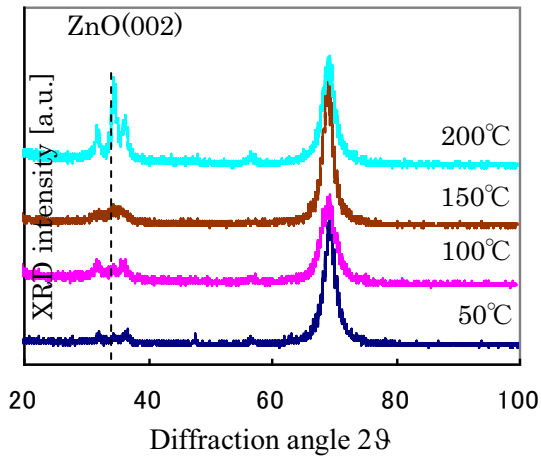


図4 ZnO 薄膜の XRD スペクトル

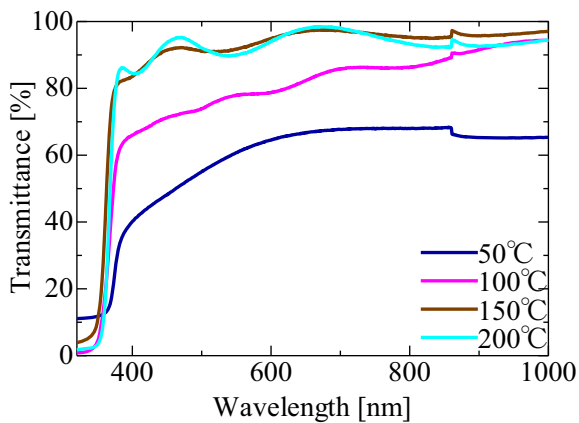


図5 ZnO 薄膜の透過スペクトル

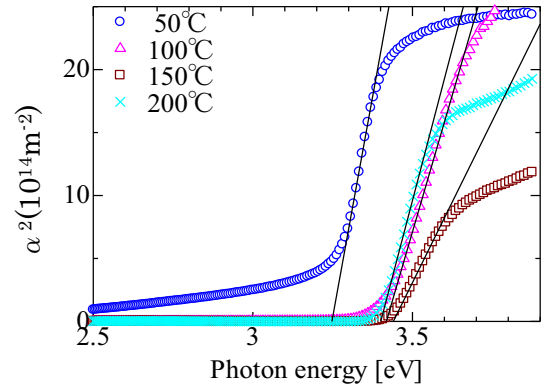


図6 吸収係数のエネルギー依存性

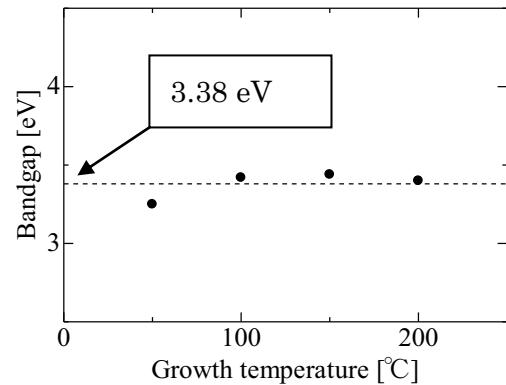


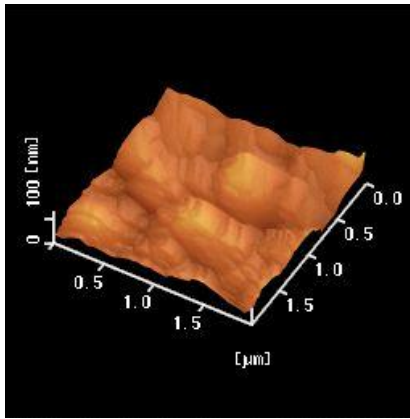
図7 光学バンドギャップの成膜温度依存性

軸との交点 $\lambda$ を求め、エネルギーバンドギャップ  $E_g$  を計算した結果を示したものである。エネルギーバンドギャップはバルク値  $3.37\text{eV}$  にほぼ同じになった。堆積温度  $50^\circ\text{C}$  の試料表面は乳白色を呈したため、光の散乱による影響によりバンドギャップは  $3.25\text{eV}$  と他より低い値を示した。

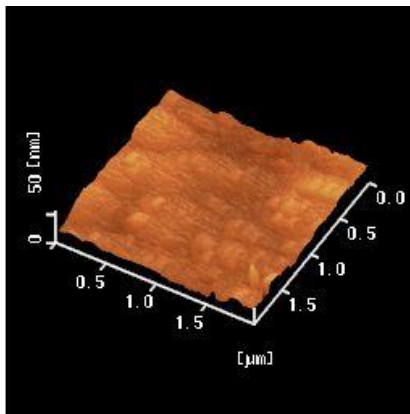
ZnO 膜表面を原子間力顕微鏡(AFM)で観察した結果を図8に示す。成膜温度の上昇と共に表面波が平滑になる傾向が見られた。この理由は、ZnO が温度の上昇とともに表面を移動しやすくなったためと考えられる。その結果、図9に示すように表面が平坦化したと考えられる。

#### 4 まとめと今後の方針

表面波プラズマによるラジカル CVD 法を用いて ZnO 薄膜を堆積させることが可能であることを確認した。また、堆積温度を  $50^\circ\text{C}$  から  $200^\circ\text{C}$  まで



(a)



(b)

図8 ZnO 膜表面の AFM 像 (a)100°C, (b)200°C

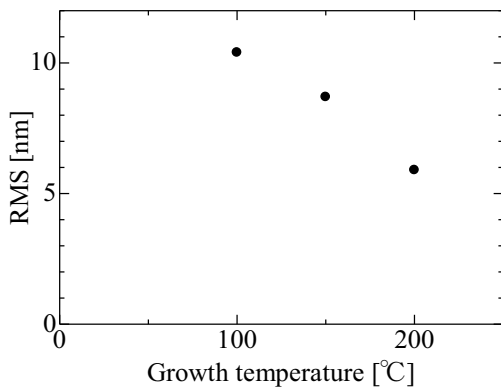


図9 平均自乗粗さ RMS の基板温度依存性

変化させてシリコン基板上への ZnO 膜の堆積を試みたところ、50°Cの試料は総じて白濁していた。これは堆積温度が低かったため、前駆体の表面拡散距離が短く、より安定な場所や状態で結合できずに結晶化しなかったのが原因であると考えられる。100°C~200°Cのときの試料では、白濁せずに ZnO が堆積したことを確認した。エリプソメトリの結果より 100°C~200°Cの試料の堆積速度は 5

~7 nm/s と高速成膜が可能であることが示された。アレニウスプロットから活性化エネルギーを計算すると、0.029 eV と低い値を示した。この結果より、堆積前駆体が原料の堆積温度による熱分解で形成されるのではなく、気相中でラジカルに分解されることで形成されることがわかる。X 線回折より 50°Cから 150°Cのときの試料での回折ピークは弱い、200°Cのときの(002)を主とした強い回折ピークが見られた。また、堆積温度が高くなるにつれ c 軸配向性が強くなることがわかった。これらの結果より、ラジカル CVD 法を用いてウルツ鉱構造の酸化亜鉛結晶が堆積できることを確認した。表面構造については、堆積温度を高くすると表面平均粗さと粒子径がともに減少していることから、堆積温度上昇とともに膜の平坦性が増すと考えられる。スライドガラス基板上に ZnO 薄膜を堆積させた試料で、堆積温度 50°Cの試料では透過率の低下が見られたが、100°Cから 200°Cの試料では 95%を超える透明性が得られることを確認した。透過スペクトルより吸収スペクトルを計算し、直線部分を延長してエネルギーバンドギャップを求めると平均 3.38 eV であり、バルク値 3.37 eV とほぼ同じ値を示した。

今後、ガリウムやアルミニウムなどのドーピングによる導電性の制御技術の開発を進め、透明導電膜や透明トランジスタの実現を目指す。

## 文献

- (1) T. Hirao, M. Furuta, T. Hiramatsu, T. Matsuda, C. Li, H. Furuta, H. Hokari, M. Yoshida, H. Ishii and M. Kakegawa, IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. 55, No. 11 (2008), p3136-3142.
- (2) 「透明導電膜の技術」, 日本学術振興会透明酸化物光・電子材料第 166 委員会編, オーム社,(1999), p19-21, p79, p169-173.
- (3) 古川 雅一, 福田 永, プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法 (特願 2003-35416).
- (4) 菅井 秀郎 編著, プラズマエレクトロニクス, オーム社刊, (2000), p106-132.
- (5) 渡邊 幹夫, 田中 茂雄, 品川 啓介, 古川 雅一, 福田 永, 第 39 回応用物理学会北海道支部学術講演会, (2004), 北海道大学, p40.
- (6) 田中 茂雄, 渡邊 幹夫, 佐藤 孝紀, 古川 雅一, 福田 永, 第 21 回プラズマプロセッシング研究会, (2004), 北海道大学, p262-263.

# 小型ジェットエンジンシステム及び要素の研究

湊 亮二郎\*<sup>1</sup>, 東野 和幸\*<sup>1</sup>, 棚次 亘弘\*<sup>1</sup>, 藤網 義行\*<sup>2</sup>

## Study of Counter Rotating Turbine for Subscale Turbojet Engine

Ryojiro Minato\*<sup>1</sup>, Kazuyuki Higashino\*<sup>1</sup>, Nobuyuki Tanatsugu\*<sup>2</sup>, Yoshiyuki Fujitsuna\*<sup>3</sup>

### 1 序論

現在、室蘭工業大学では、小型超音速無人実験機の飛行試験を計画している<sup>(1)</sup>。本試験計画では全長 3 m 程度の機体に、ファン直径 200 mm 以下、推力 140 kgf (= 1.37 kN) 程度の小型ターボジェットエンジンを搭載し、自力離陸して超音速飛行をすることを目標にしており、将来的には革新的な航空宇宙機の基盤技術を試験するフライングテストベッドを提供することを目指している。同機に搭載される推進エンジンは、小型且つ大推力であることが要求されるため、圧縮ファンは小ファン径、高圧力比、高断熱効率、大流量であることが求められる。これらの要求を満たすため、二段の動翼を反転させる反転軸流ファンが考えられる<sup>(2)</sup>。この反転ファンを駆動させるには当然ながら、反転軸流タービンが必要になる。本研究ではその設計と数値解析による空力性能解析と構造解析を行った。

### 2 CFDによる性能評価

#### 2.1 解析手法

本研究では、小型ターボジェットエンジン用反転タービンを Numerical International 社のターボ機械専用解析ソフト Fine Turbo により CFD 解析を行った。本解析では Van Leer の制限関数と Symmetric TVD ス

キームによる二次精度上流差分モデルを組み合わせ解析を行った。乱流モデルには Spalart – Allmaras の一方程式乱流モデルを使用し、計算時間の短縮のため Hirsch のマルチグリッド法<sup>(3)</sup>を適用し、粗い格子からスタートして細かい格子まで 3 段階に分けて計算を行った。またブレード境界には、mixing plane 条件を適用した。またチップ部を含めた壁面での最小格子幅は  $y^+$  が 1 以下から 3 の範囲に収まるように与えている。

#### 2.2 反転タービンプレードの設計と空力解析

本研究では、必要とされるファン動力とタービン通過流量、及び燃焼器条件から速度三角形を設計し、二次元タービンとして形状設計を行った。本来は三次元タービンとしてブレードに捻りを入れたりすることが必要であるが、設計が容易であるため最初に二次元タービンの解析を行い、その結果を踏まえて三次元タービンの形状設計を行い、その数値解析を行った。

作動ガスにタービン流れの解析では、空気と LNG の燃焼ガスとして解析を行った。つまり空気と LNG の化学平衡計算結果から、ガス成分や定圧比熱などの物性値を求め、それを用いて流体解析を行った。

図 1 及び 2 に設計したタービン形状の数値流体解析結果のうち、ハブ部及び流路中心部における相対マッハ数分布を示した。まずハブ側の相対マッハ数分布を見てみると、第一段、第二段のタービン共、吸込み面で流れの剥離が起きていることが分かり、特に第二段タービンではその影響が顕著である。

\*1 もの創造系領域

\*2 超音速輸送機推進システム技術研究組合



これらの数値解析結果からタービン効率は第一段タービンで 78%，第二段タービンで 65%であり，反転タービン全体で 75%であった．またタービン動力は第一段タービンで 270kW，第二段タービンで 208kW であった．ファン側の要求ファン仕事から必要タービン動力を求めると第一段，第二段でそれぞれ 300kW, 250kW であることから，二次元タービンによるタービン仕事はまだ不足している．これを解決するには，前述のタービン吸込み面での流れの剥離を抑えることでタービン効率の向上とパワーバランスの均衡化が達成できると考えられる．

最後にタービンブレードの応力解析を行ったので，その結果を図.3 に示しておく．応力解析は応力負荷の大きい第二段タービンについて集中的に解析を行った．図 3 からブレード根元の最大 Von Mises 応力値は 310MPa であった．この値は INCONEL などの代表的な Ni 合金が 1000K で 100 時間耐久できる応力レベルであり，本研究で用いられるエンジンのスペックに対して，十分余裕があると考えられる．

今後は，これら二次元タービンの結果をフィードバックさせて三次元タービンの設計に役立てて，空力解析と構造解析の両面からエンジンシステムの成立性を検討する必要がある．

### 3 結言

現在，室蘭工大航空宇宙機システム研究センターでは，二段反転ファンを用いたターボジェットエンジンの要素及びシステム研究を進めている．

ファン，タービン共に第一次設計段階は終了したが，性能やシステム成立性に関して不十分な点がある．今後は第一次設計段階で明らかになった問題点を踏まえて改善していく必要がある．

### 文献

(1) 棚次亘弘 “大学におけるもの造り—小型超音速機 (エアブリーザーによる空力飛行)” 第 35 回日本航空宇宙学会総会, 2004, 東京.

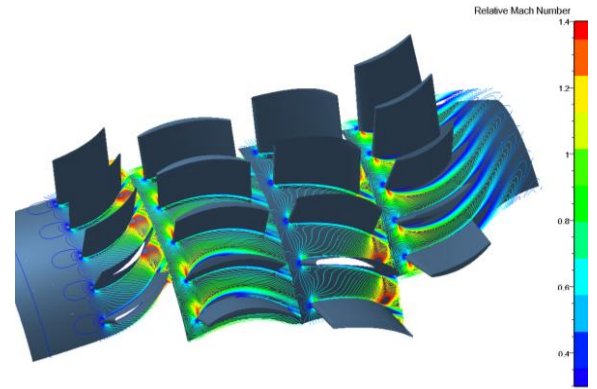


図.1 反転タービンハブ側の相対マッハ数分布

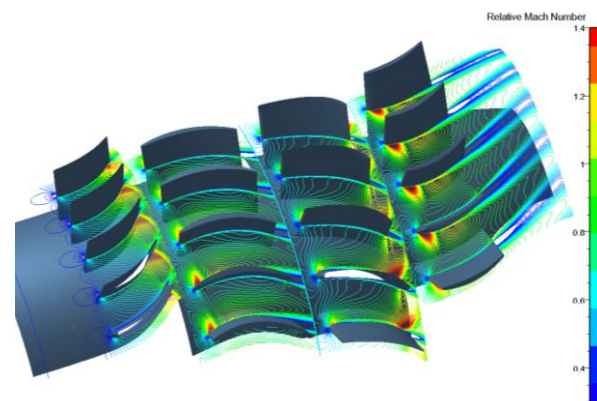


図.2 反転タービン流路中心部での相対マッハ数分布

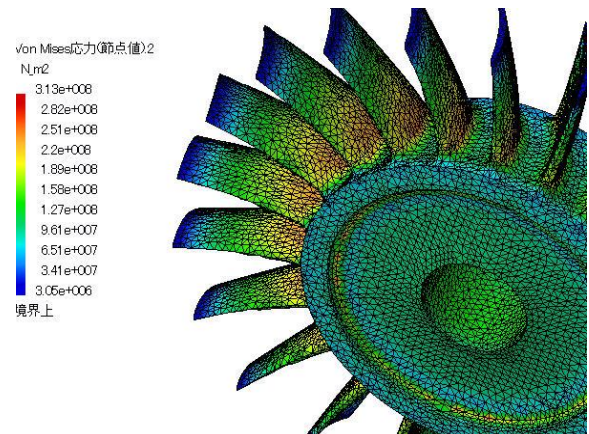


図.3 タービンブレード応力解析結果

(2) Wennerstrom, A. J., “Design of Highly Loaded Axial-Flow Fans and Compressors”, Concepts E.T.I, (2000) .  
 (3) Hirsch. C., “Numerical Computation of Internal and External Flows Vol.1 and 2.” John Wiley and Sons. (1988) .



# マイクロ波加熱を用いたアスファルト舗装材料原位置再生工法の開発

鏡 慎<sup>\*1</sup>・川口 秀樹<sup>\*1</sup>・溝渕 優<sup>\*2</sup>

## 1 はじめに

道路舗装で広く用いられているアスファルト舗装では新設、補修のいずれにおいても再生材を利用することが多くなってきている。この場合、補修の必要な部分のアスファルト混合物は引きはがされ、プラントに輸送されたのち、重油バーナーによって加熱熔解され、さらに必要に応じて新規の合材などを加えて処理が行われるのが通常である。これはアスファルト混合物の95%を占める骨材が重要な資源であることによる。しかし、現在の重油バーナーによる処理は決して効率が低いとは言えないし、アスファルトは炭化してしまうため再利用できない。一方、この再生と補修を原位置で行うことができれば輸送に伴うエネルギーが不要となることから、路上再生処理法も提案されているが、プラント処理同様効率が低いほか、装置が大規模になるなどのゆえに、本格的に導入されるには至っていない。

これらに対して著者らはマイクロ波加熱によるアスファルト混合物熔解処理を提案している。アスファルト混合物中の骨材は1~2%の水分を含んでいて、一般家庭の電子レンジでも使用されている、2450MHzのマイクロ波のエネルギーをよく吸収する。水分が加熱され温度上昇することで骨材が温度上昇し、その周りに付着しているアスファルトを溶かす。直接加熱であることから加熱効率がよく、バーナー加熱の場合のような過熱によるアスファルトの炭化もない。この技術は、バーナーによる場合よりも装置の小型化が期待できることから原位置での路上再生処理の実現を可能にするものとして大きな期待が持てる。

ところで、マイクロ波によってアスファルト混合物がよく加熱できることは以前から知られていた事実ではあるが、その再生などの処理技術と

しては本格的に採用されてこなかった。これは、原位置から引きはがされてきたアスファルト混合物の塊をプラントにおいてマイクロ波によって安定的に加熱することには、通信分野を主流とするマイクロ波工学の一般的な立場からみて不確定な要素が多いことに原因があった。これに対して、原位置における加熱は、亀裂や凹凸があるにしても引きはがされた場合よりははるかに限定された範囲の加熱対象となることに著者らは着目し、高効率で品位の高いアスファルト混合物再生工法の開発に着手したというのが経緯である。

ここで著者らはマイクロ波をアスファルト舗装面に照射する際に楕円形断面を有する空洞を採用している。これは楕円の短軸付近が焦点を共有する二つの放物線で近似される場合、短軸付近にエネルギーの集中するモードを発生させ易いという事実を利用するものである。マイクロ波電源によってまず空洞を安定なモードで励振し、さらにこの状態を崩さずにマイクロ波を放射することの可能な開口をこの空洞に設けようという考えである。昨年度の報告はこの空洞の特性に関する基本的な解析と実験に関するもので、楕円周辺部に開口を設けてアスファルト舗装を加熱することを意図したものであった。このいわば空洞を立てて使用するのに対して、本報告においては空洞を横倒しにして楕円端面に開口を設けて利用する場合について解説している。これはアスファルト混合物の再生処理だけではなく、アスファルト舗装表面を広く浅く加熱する場合も意図している。

この研究ではFDTD法による解析を基に設計を行っている。この空洞は楕円端面を舗装表層に接する形で設置することを想定していて、構造的には上下2段とし、それらの間に開口を設ける。上部空洞には導波管を接続して2.45GHzのマイクロ波を入射させ、下部空洞は上部との間の開口を通してマイクロ波が供給される。また、下部空洞

\*1 もの創造系領域

\*2 (株)NIPPO コーポレーション

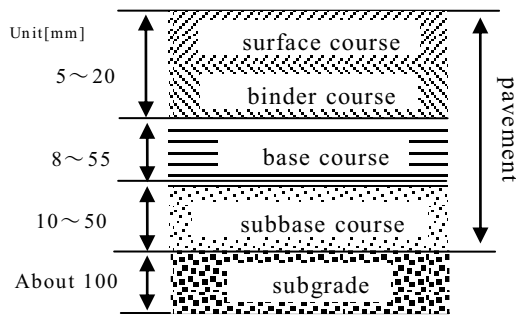


図1 アスファルト舗装の構成

はその舗装表面側の導体端面が取り除かれた半開放空洞とする。

設計の手順としてまず1)密閉した1段の楕円形断面空洞内部の電磁界をFDTD法にて解析し、その結果を2段構造にした場合の基本とした。次に2)空洞内に様々な開口部の形状を変化させ、それが空洞内のモードの形成に及ぼす影響と、開口部より照射されるエネルギー量についての評価を行った。さらに3)マイクロ波をアスファルト混合物に照射したときの温度分布を解析によって求め、実験値との比較を行った。さらには、4)ライン状にマイクロ波を照射することの可能な開口部形状を提案した。

## 2 アスファルト混合物について

### 2.1 舗装道路について

アスファルト舗装は図1のように構成されており、一般にアスファルト舗装道路での修繕の際には、このうちの一層及び、修繕が必要な層だけ掘削する。本論文では主に表層を加熱対象とする。

### 2.2 アスファルト混合物の含有物質

現在の日本の舗装道路では主な材料としてアスファルト混合物が用いられているが、その構は約5%がアスファルト、15~30%が粒径2.5[mm]以下の骨材、65~80%が粒径2.5~20[mm]の骨材となっている。ここで、アスファルト混合物の約9割を占める骨材は含水率が約1~2%であることが判明しており、このことに着目しマイクロ波による加熱が検討されている。

## 3 Fabry・Perot 共振器

### 3.1 Fabry・Perot 共振器の楕円近似

Fabry・Perot 共振器は光学の分野で広く応用されているが、今回はこれをマイクロ波加熱器として応用した。このFabry・Perot 共振器の利点としては、電界を一部に集中させることが容易であり、電力密度を高くとることが可能な点や、2次元的に電磁界分布を扱うことが出来る点などが挙げられる。ここではFabry・Perot 共振器を楕円近似

し、長軸長 $a$ と短軸長 $b$ が $a=\sqrt{2}b$ を満たすような楕円に設計した[2], [3](以降、これを楕円型空洞と称す)。この条件の場合、楕円短軸付近が楕円の中心に共通の焦点を持つ2本の放物線を近似するものとなり、短軸付近にエネルギー密度を高くとることが出来る。

### 3.2 楕円型空洞内の電磁界分布

楕円型空洞に導波管を接続し、 $TE_{10}$ モードの周波数2.45[GHz]マイクロ波を入射させた場合の空洞内部の電界をFDTD法を用いて解析した。図2に解析モデルを示す。本解析モデルでは、解析領域の導波管に当たる部分に12層のPML吸収境界条件を配置した。

この図において、解析領域は $(x \times y \times z) = (680 \times 80 \times 646)$ [mm]である。またセルサイズは $(\Delta x, \Delta y, \Delta z) = (2.0, 2.0, 2.0)$ [mm]とした。なお、FDTD法におけるタイムステップはCourant条件を考慮に入れて $3.710 \times 10^{-12}$ [sec]と設定し、空洞の外壁は完全導体と見なし境界条件を課した。空洞のサイズは、中央に界を集中させるため $a=\sqrt{2}b$ の関係を満たすようx軸(長軸)方向は628[mm]、z軸(短軸)方向は444[mm]、y軸方向は54[mm]とした。空洞内の電界強度を解析した結果を図3に示す。図3より、理論通り短軸付近に強い界が集中することが確認された。これを基に加熱空洞の設計を行う。

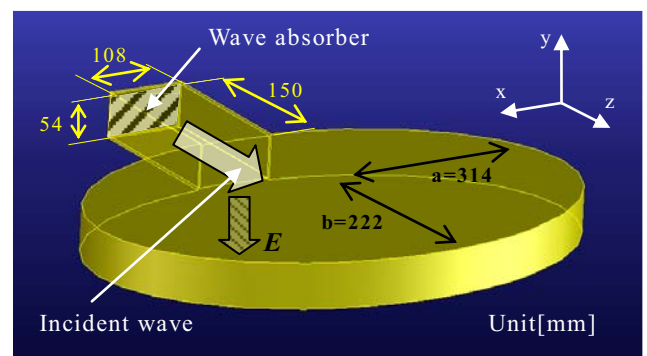


図2 解析モデル

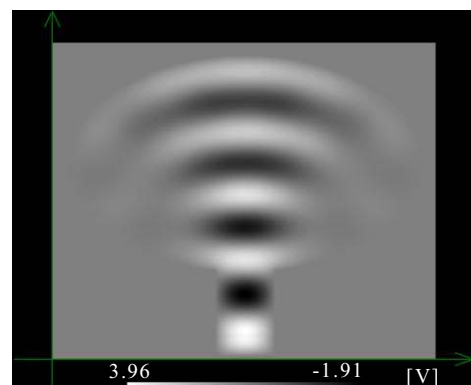


図3 空洞内のx-z平面における電界分布

#### 4 端面に設けた開口部からの電磁界照射

##### 4.1 開口部の形状と空洞内の電磁界分布

広い面積の加熱を実現するため、楕円型空洞の端面に開口部を設け、そこからマイクロ波を照射させることを考える。その際、短軸上に集中する界を利用したいという観点から内部のモードは出来るだけ崩さないことが望ましい。ここでは開口部の形状を変化させたモデルを解析し、開口部の形状と空洞内のモード形成の関係について検証した。図4、図5に解析モデルを示す。このモデルは、図2の楕円型空洞のモデルにマイクロ波を照射させるための開口部と、導波管のy軸方向の

大きさと同じ大きさの下部空洞を取り付けた物である。下部空洞の端面は開放されており、その下には12層のPML吸収境界条件を設定している。このモデルにおいて解析領域は  $(x \times y \times z) =$

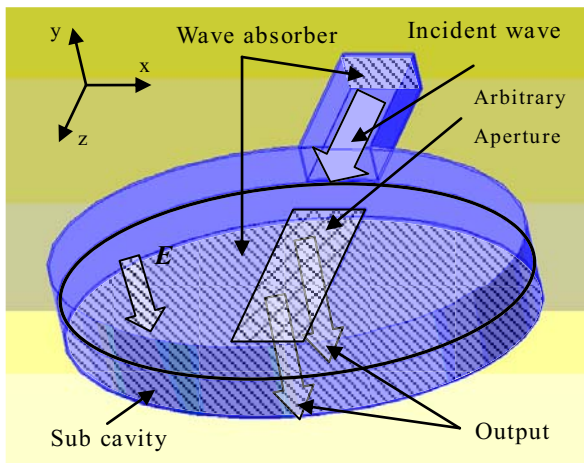


図4 解析モデル

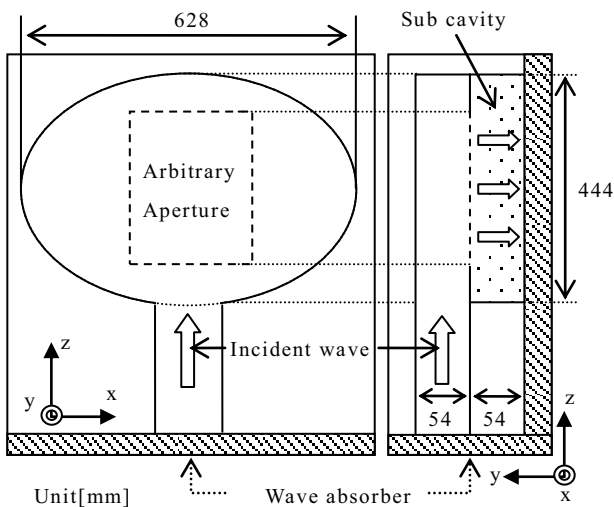
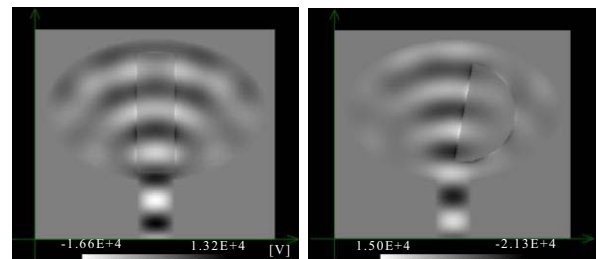


図5 解析モデル

$(680 \times 156 \times 646)$  [mm]である。FDTD法に関する種々のパラメータは3.2の解析で扱った値と同じである。

##### 4.2 解析結果

図6に、1[kW]の電力を入力した際の解析結果の一例を示す。開口部の形状や大きさ、対称性など様々な要素を変化させたモデルを解析したところ、全てのモデルについて、空洞内の電磁界分布は開口部の影響を受けずに短軸上に界が集中するという結果を得た。モードが崩れない理由としては、下部空洞との間に開口を設けてもそれが電界の方向を大きく乱す要素とはならず、上部空洞のマイクロ波の分布にはほとんど影響を与えないためと考えられる。そのため、実際に装置を製作する際に開口部のサイズや対称性などが多少崩れても内部のモード形成には大きな影響を与えないと推測される。また、照射される電力と開口部の面積との関係性を調べるため、矩形の開口部を持つモデルを解析した。その際、開口部のz軸方向の大きさは364[mm]に固定し、x軸方向の大きさのみを変化させた。図7に開口部より照射された電力を示した。図7より、開口部のx軸方向の大きさが導波管と同じサイズである



(a) 開口部 1

(b) 開口部 2

図6 開口部を設けたモデルの電界分布

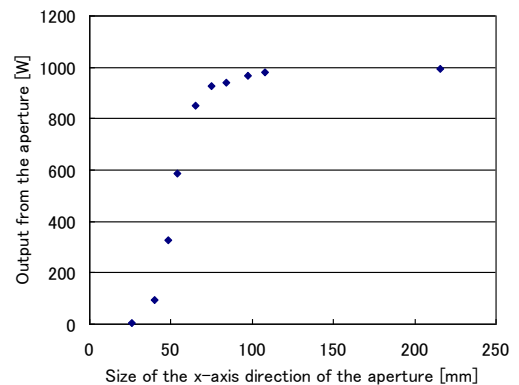


図7 開口部の面積と照射される電力の関係性

108[mm]付近の大きさであれば，出力される電力は入力された電力とほぼ等しいことが示された。

## 5 アスファルトに与えられる熱量

### 5.1 解析的検討

4.2 より，端面に開口部を設けても空洞内のモードは維持されることが明らかとなった。そのため，照射面に $(x \times y \times z) = (654 \times 150 \times 620)[\text{mm}]$ のアスファルトを設置し，アスファルトに与えられる熱エネルギーを解析した。解析領域は $(x \times y \times z) = (678 \times 260 \times 644)[\text{mm}]$ である。解析に用いた空洞のモデルは，4.1 で用いたモデルの下部空洞の  $y$  軸方向の大きさを 54[mm]から 10[mm]に縮めた物である。

ここで，表 1 に解析的検討で用いたアスファルト混合物の電気定数及び熱定数を示す。この表 1 において  $\epsilon_r$  は比誘電率[4]， $c[\text{J/g/K}]$ は比熱[5]， $\rho[\text{kg/m}^3]$ は密度， $\sigma[\text{S/m}]$ は導電率である。なお，密度と導電率に関しては計測及び実験から得られた値を基に設定した。

### 5.2 実験的検討

図 9 に実験で用いた空洞を，図 10 に測定系を示す。本空洞は，解析モデルと同じサイズの楕円壁を製作し，マイクロ波が漏れないようアルミ板にてサンドウィッチ状に挟んだ後，これを電源と

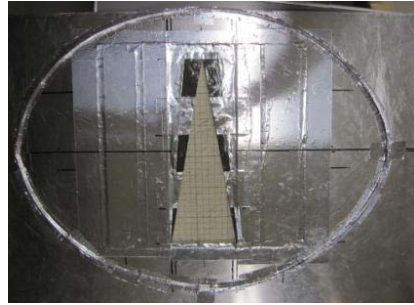


図 9 製作した空洞の一例

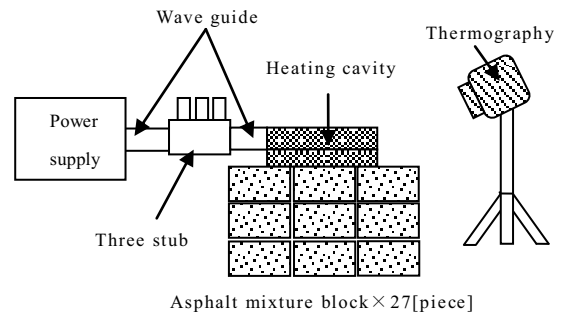


図 10 温度分布の測定系

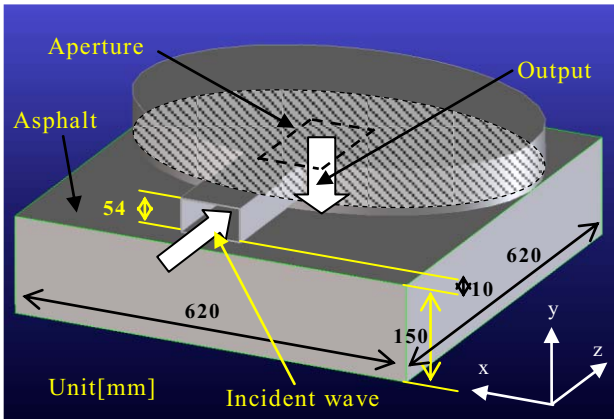
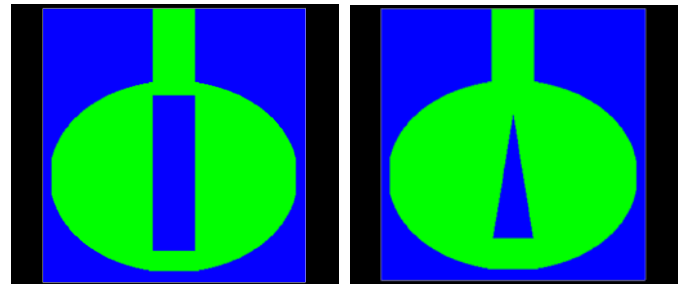


図 8 解析モデル

表 1 アスファルト混合物の定数

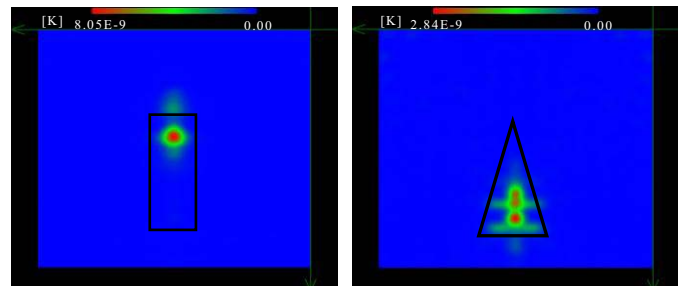
Constants	Value
$c[\text{J/g/K}]$	0.92
$\rho[\text{kg/m}^3]$	$1.40 \times 10^3$
$\epsilon_r$	2.7
$\sigma[\text{S/m}]$	$3.0 \times 10^{-3}$



(a) 開口部 1

(b) 開口部 2

図 11 開口部の形状の一例

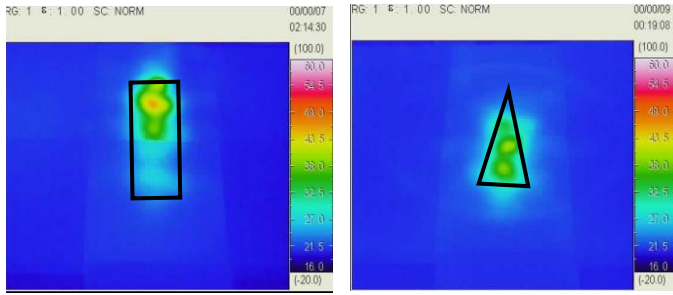


(a) 図 10(a)の解析結果

(b) 図 10(b)の解析結果

図 12 アスファルト混合物表面の解析結果





(a) 図 10(a)の測定結果 (b) 図 10(b)の測定結果

図 13 実験によるアスファルト混合物表面の温度分布

ストレート導波管とスリースタブ整合器に接続したものである。空胴の照射面には、1枚当たり  $(x \times y \times z) = (300 \times 300 \times 50)$  [mm]のアスファルトを9枚正方形型に並べ、これを計3層設けた。測定では周波数 2.45[GHz]のマイクロ波 1[kW]を180[sec]入力し、その後サーモグラフィにてアスファルト混合物1層目の表面の温度分布を測定した。

### 5.3 解析結果と実験結果の比較

図 11 に解析及び実験を行った空胴の例を2つ挙げる。図 12 には、図 11 で挙げたモデルの FDTD 法による1層目のアスファルト混合物表面における温度分布の解析結果を示す。なお、解析時間は  $72 \times 10^{-9}$ [sec]である。また図 13 には、加熱実験を行った際の1層目のアスファルト混合物表面の温度分布をサーモグラフィを用いて測定した結果を示す。

図 12 において、短軸上に矩形の開口部を設けた場合、開口部の大きさに関わらず図 12(a)が示すように、与えられる熱は導波管側に近い入り口の1カ所に集中し、開口部全体から均一にマイクロ波を放射させることが出来なかった。一方、二等辺三角形型の開口部のモデルは、頂点付近からはエネルギーは放射されていない。しかし、開口部のx軸方向の大きさがある程度大きくなった部分から先はエネルギーが照射されている事が確認できる。このことから、開口部をマイクロ波が放射されにくい大きさから放射されやすい大きさに変化させることで、照射されるエネルギーを1点に集中することを防ぐことが出来ると推測される。

更に、これらの解析結果を図 13 の実験的結果と比較する。温度分布に関しては、解析的検討は熱伝導を考慮していないため、実験結果と比べ多少違いが見られるものの分布の形状はほぼ一致している。上昇温度に関しては、解析的検討にお

いて線形的に温度が上昇すると仮定した場合、実験結果と比較すると50%程小さい値となってしまった。これは比熱にアスファルト混合物ではなくアスファルトの比熱を用いたこと等が原因であると考えられる。そのため本解析においては温度分布に関してはその有用性を確認出来たが、上昇温度の把握には比熱を始めとするアスファルト混合物の種々の定数を見直す必要がある。

### 5.4 新たな開口部の提案

ここではアスファルトを効率的に加熱すべく、ライン状にマイクロ波を照射させ、それを垂直方向に走査することで広い面積の加熱を実現できるモデルを考える。そのため、これまでに解析した結果を考慮し次のような3つの開口部を考えた。一つ目は、開口部のx軸方向の大きさを48[mm]から108[mm]まで三次の補間スプラインにて徐々に広げたモデルである。二つ目は、x軸方向の大きさが48[mm]の矩形型開口部のz軸方向に延びる辺をsin関数を用いた曲線に置き換え、電界の強い部分の開口部を狭くし、電界の弱い部分を広くしたモデルである。また三つめは、二つめの開口部の位置をずらし、電界の強い部分の開口部を広くしてある。これらのモデルを5.1と同様の解析を行い、アスファルトの温度解析を行った。モデル図とその解析結果を以下に示す。図 14 の形状では、開口部が広がった部分に若干の温度上昇が見られるものの、矩形の開口部と同じように開口部の入り口付近にエネルギーが集中している。しかし図 15 では、エネルギーは開口部に沿ってライン状に分布している。これは電界の強い部分からのマイクロ波照射を阻害することで、次の開口部で放射されるエネルギーが残るためと考えられる。図 16 では、ライン状の加熱が出来ているものの、図 15 のような均一な加熱が出来ていない。これは初めの広い開口部の部分にエネルギーが集中してしまい、それ以降の開口部にエネルギーが行き渡らないためと思われる。なお、図 15 に対応する実験を行い、解析結果を裏付ける結果を得ている。

これらの結果より、開口部の形状を変えることで、端面より照射されるエネルギーの分布を変化させることが可能であることが明らかとなった。

## 6 むすび

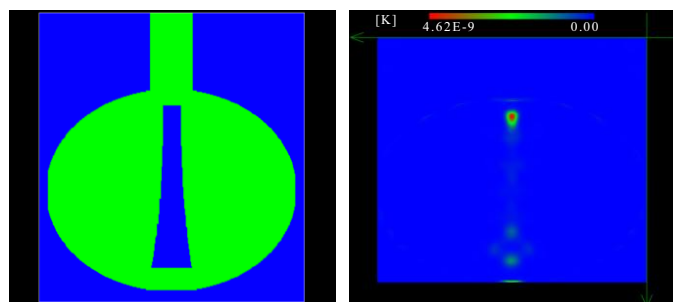
本論文ではマイクロ波を用いたアスファルト加熱を実現すべく、楕円型空胴の空胴内における電磁界分布と空胴の端面に設けた開口部からの

電磁界放射，及びアスファルト混合物に与えられた温度分布についてFDTD法を用いて解析を行った。結果として，ライン状に電磁界を放射させる開口部を設計できた。

今後はより正確な上昇温度の把握と，空胴のサイズを拡大した場合についての検討を行いたい。

## 文献

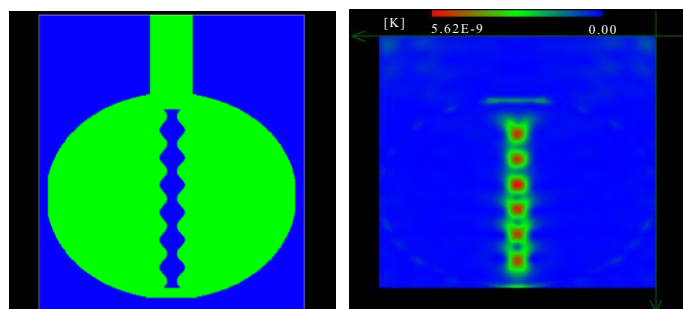
- (1) 奥平真誠，神谷恵三，谷口豊明，野村健一郎，橋本修治，松本孝之，"アスファルト舗装の設計・施行ノウハウ"，藤波督，飯田章夫(編)，近代図書，(1996)，p9-13，p192-223.
- (2) 榎戸武揚，"異方性媒質を含む開放型共振器及び導波系に関する研究"，学位論文，(1971)，p52-93.
- (3) 三輪昌寛，鏡慎，川口秀樹，尾本志展，"アスファルト混合物のマイクロ波加熱"，電気・情報通信学会マイクロ波研究会，信学技法，vol.107，no.1，EMT2007-12 (2007，August)，p71-74.
- (4) 国立天文台編，"理科年表 平成 21 年"，丸善株式会社，(2008).
- (5) 日本機械学会，"伝熱工学資料 改訂版第 4 版"，丸善株式会社，(1986).



(a) 開口部 1

(b) 図 14(a)の解析結果

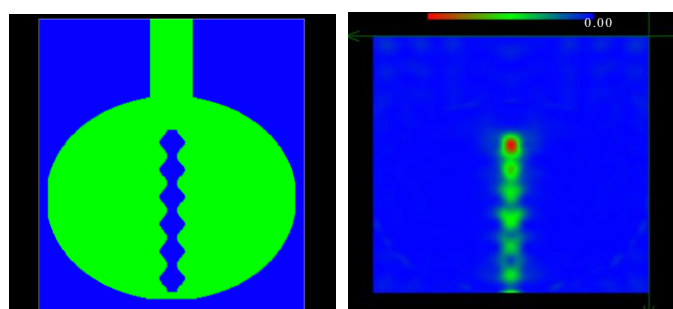
図 14 3 次の補間スプラインによる開口部



(a) 開口部 2

(b) 図 15(a)の解析結果

図 15 正弦関数を用いた曲線による開口部



(a) 開口部 3

(b) 図 16(a)の解析結果

図 16 開口部 2 の位置をずらしたモデル

# 多孔質シルク成形体の作製と誘電特性

岩崎 雄樹<sup>\*1</sup>・葛谷 俊博<sup>\*2</sup>・平井 伸治<sup>\*2</sup>・玉田 靖<sup>\*3</sup>

## Preparation and Dielectric Properties of Porous Silk Compacts

Yuuki IWASAKI<sup>\*1</sup>, Toshihiro KUZUYA<sup>\*2</sup>, Shinji HIRAI<sup>\*2</sup> and Yasushi TAMADA<sup>\*3</sup>

### Abstract

The potential of silk-based porous resins for use as a novel bio-based materials was investigated by studying their dielectric properties. A porous silk compact was fabricated by dispersing powdered sodium chloride into the silk resin and leaching it in distilled water. The dielectric constants and loss tangent of the porous silk compact were measured by employing the parallel plate method and the open-ended reflection method. These values decreased as the porosity of the porous compact was increased by adding a large amount of powdered sodium chloride. In the case of a porous silk compact with a porosity of 54%, the dielectric constant was 2.5 at a frequency of 1 MHz and decreased gradually at higher frequencies. The dielectric constant was 2.1 at a frequency of 1.8 GHz. The loss tangent was 0.015 at a frequency of 1 MHz and did not change even at higher frequencies.

Keywords : fibroin, silk compact, porosity, dielectric Properties

### 1 緒言

われわれは、パルス通電焼結装置を用いたシルクの樹脂化を試み、従来のホットプレス法で達成されていない、完全に樹脂化した成形体の作製を可能にしてきた。そのシルク成形体では、ポリ乳酸を大きく超える三点曲げ強度と 453 K に達するガラス転移温度を確認した。さらに、シルク成形体のコンポスト条件下のシルク布並みの生分解性

を確認した上で、シルク成形体を機械的粉碎した粉末について、中性塩水溶液への溶解、脱塩、乾燥を経て粉末化したシルク粉末を再びパルス通電焼結装置を用いて成形する方法により再成形体を作製し、そのリサイクル性を証明することができた。その他、シルク成形体の誘電特性について検討し、20 GHz における比誘電率は 4.1、誘電正接( $\tan \delta$ )は 0.05 と、高周波数域でとくに優れた誘電特性を示すことを見出した<sup>[1]</sup>。熱伝導性についても調査し、高密度ポリエチレンと同等の 0.40 ~ 0.46 W/(m・K)のバイオプラスチックとしては高い熱伝導率を確認した。

\*1 大学院・機械創造工学系専攻

\*2 もの創造系領域

\*3 独立行政法人 農業生物資源研究所



情報処理の高速化のため、信号伝播速度の高速化が要求されているなか、配線基板材料としては比誘電率を低くする必要があり、使用する電波の周波数が高くなるほど配線基板の回路中で熱に変わる作用が働きやすくなり伝送損失が大きくなるため、 $\tan\delta$  が小さい材料が求められている。

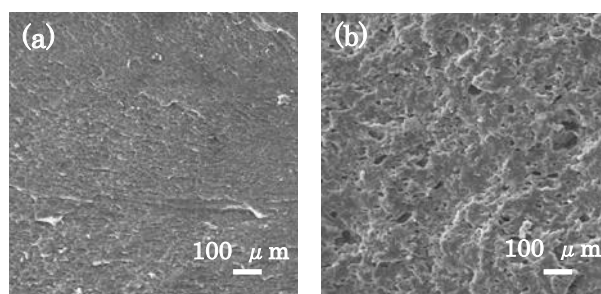
本研究では、とくにシルク成形体の高周波数域における良好な誘電特性に着目し、シルク成形体の見掛け上の比誘電率や  $\tan\delta$  を一層低下させるために、比誘電率が 1 の空気層の導入を図ることにした。その方法として、成形時に成形体中に NaCl 粉末を分散させ、その後で溶出させる方法を提案し、さらに得られた多孔質成形体の誘電特性を評価した。

## 2 実験方法

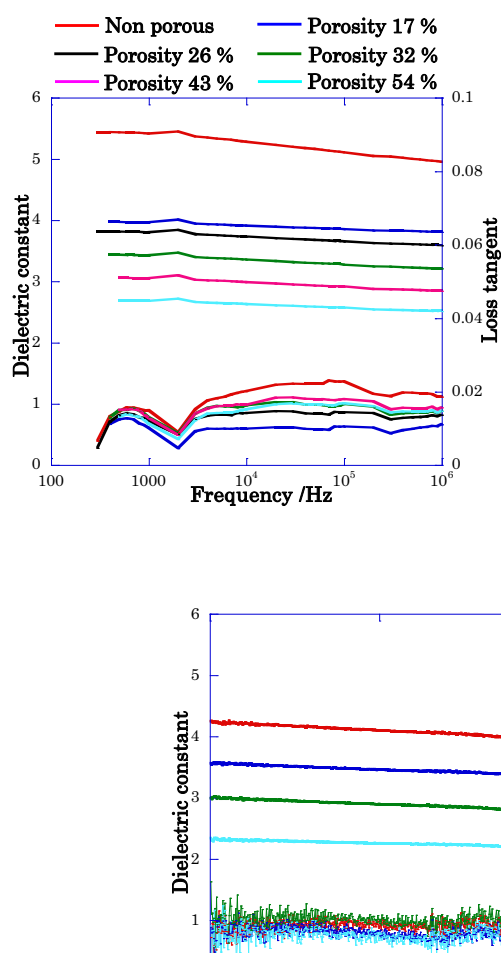
アルカリ処理により微粉化された市販のシルク粉末 (KB セーレン(株), IM, 平均粒径:  $7\ \mu\text{m}$ ) に、試薬を真空ボールミル中で粉砕した NaCl 粉末 (Merck) と飽和食塩水を加え、スラリー状になるまで十分混合した。シルク粉末に対する NaCl 粉末と飽和食塩水の添加量は、それぞれ 5~70 mass%, 25.4 mass%とした。次に、混合物を  $\phi 15\ \text{mm}$  の黒鉛ジグに充填し、パルス通電焼結装置を用いて成形体を作製した。成形は 20 MPa で予備圧縮した後、4.0 Pa 以下の真空中、20 MPa の加圧下で 423 K まで 20 K/min で昇温させ、直ちに 30 K/min で冷却させる方法で行った。成形後は、超音波洗浄機を用いて蒸留水中で 3 時間食塩粉末を溶出させ、さらに 293 K で比誘電率が 80.4 に達する成形体中に残存した遊離水の影響をなくすため、室温下の半日間の乾燥と続く 373 K における 3 日間の乾燥を行った。得られた多孔質成形体は、かさ密度から空隙率を算出した後、室温において低周波数域は LCR メーターを用いた平行平板電極法、高周波域は終端開放型同軸プローブ法により 1.8 GHz までの比誘電率、 $\tan\delta$  を測定した。この他、三点曲げ試験により曲げ強度の測定を行った。

## 3 結果

最初に、SEM 観察により粉砕後の NaCl の粒径が 5~10  $\mu\text{m}$  であることを確認した。この NaCl 粉末を用いて成形したところ、その添加量が 20 mass%以下の場合では成形体に亀裂が発生したの



**Figure 1.** SEM photographs of fracture sections of (a) non porous silk compact and (b) porous silk compacts with porosity of 17 % after leaching in water, respectively.



**Figure 2.** Change of dielectric properties of silk compacts with porosity.

に対し、30 mass%以上では亀裂は確認されなかった。

Figure 1 に NaCl 未添加の場合と 30 mass%の NaCl 粉末を添加した場合の各々の成形体破断面の SEM 観察結果を示す。NaCl 粉末添加の場合、成形体の中心部まで NaCl 結晶の残存は確認されず、NaCl

溶出による空孔の形成が確認された。また、NaCl 添加量が 30, 50, 70 mass%と増加すると、成形体の空孔率も 17, 32, 54 %と直線的に増加する傾向が確認された。

Figure 2 はそれぞれの空孔率の成形体の誘電特性を示す。多孔質体の場合、全ての周波数域において空孔率の増加とともに比誘電率が減少する傾向と、 $\tan\delta$  が多孔質化していないシルク成形体に比べて低い傾向が見られた。多孔質化していない成形体の 1.8 GHz における 3.9 の比誘電率、0.018 の  $\tan\delta$  に対し、たとえば、空孔率 54 %の成形体ではそれぞれ 2.1 と 0.015 であった。ポリエチレンテレフタレート、ポリプロピレンのような多くの高分子材料では、1 MHz 付近において  $\tan\delta$  の急激な増加が確認されているが<sup>[2]</sup>、多孔質成形体では周波数が増加しても  $\tan\delta$  はほぼ一定であった。なお、これらの多孔質成形体の比誘電率の値は、比誘電率が 1 の空孔とその外のシルク成形体の体積比から見積もられる値とほぼ一致した。

次に、成形体の曲げ強度の空孔率依存性を調べたところ、多孔質化していない成形体の 88.5 MPa の曲げ強度に対し、空孔率の増加とともに曲げ強度は減少した。今後、ガラス繊維、竹繊維などの繊維強化による改善が期待される

#### 4 結言

シルク粉末に NaCl 粉末と飽和食塩水を加えたスラリー状の混合物をパルス通電焼結装置を用いて成形した NaCl が分散した成形体から、NaCl を水で溶出することにより空孔率が最大 54 %に達する多孔質成形体を作製した。この成形体の最高 1.8 GHz までの比誘電率は、空孔率とともに減少し、 $\tan\delta$  は多孔質化していないシルク成形体に比べて低い傾向があることを確認した。

#### 文献

- (1) 平井伸治, 金子淳, 玉田靖 BIO INDUSTRY, シーエムシー出版, 24, 11 (2007), p27-33.
- (2) 安田武夫, プラスチックス, 52 (2001), p79.

# 鉄鋼の製造プロセスにおける高温酸化に関する研究

## —継目無鋼管製造プロセスでの高温酸化スケールの活用に関する検討—

日高 康善\*1・佐伯 功\*2

### 概要

高温酸化スケールの諸特性を活用し製造工具の寿命向上や生産性の向上など製造プロセスの改善を目的に行った研究を紹介する。継目無鋼管製造のピレット穿孔工程で用いられるピアサープラグ表面の酸化スケールの研究と、圧延材の表面スケールを改質することによるマンドレル圧延での圧延特性(焼き付き・摩擦係数)の改善を目的に検討した研究について述べる。

### 1 はじめに

鉄鋼の熱間製造プロセスにおける表面酸化スケールは、“腐食生成物”であるため、ショットブラストや酸洗処理によって最終的には鋼製品表面からは除去(デスケール)される。また、熱間圧延工程において表面欠陥(スケールの割れや部分的剥離による鋼材表面の疵や斑など)の原因となるため、それを防止する研究が行われてきた<sup>(1)</sup>。すなわち、高温酸化スケールは、いわゆる“マイナス”の印象が強い。今回は、あまり馴染みはないかもしれないが、スケールのもつ諸特性を鉄鋼の製造プロセス(とくに、継目無鋼管のマンネスマン式製管ライン)にうまく利用することで“プラス”の効果を狙った研究を紹介する。

継目無鋼管のマンネスマン式製管ラインの概略を図 1-1 に示した。このプロセスでは素材ピレットを約 1200°C に加熱した後、穿孔圧延機(ピアサー)において“ピアサープラグ”と呼ばれる熱間工具を用いて中空素管に形成する。次いで熱間圧延用の潤滑剤を塗布した“マンドレルバー”を中空素管の内部に挿入

しマンドレルミルで肉厚加工を実施する。マンドレルミルでの圧延温度は一般に 1050~1150°C である。マンドレルミルで圧延された素管は仕上げ圧延用母管とよばれ、そのままか、或いは再加熱炉で加熱された後、ストレッチレデューサーなどの仕上げ圧延機により所定の外径寸法に加工される。穿孔圧延やマンドレルミル圧延、および仕上げ圧延は非常に高い温度で行われ、このとき用いられる“ピアサープラグ”および“マンドレルバー”などの圧延工具は、面圧の高い状態で繰り返し圧延に供される極めて厳しい環境である。プラグの溶損やマンドレルバーの焼き付きなどが生じ、生産に支障をきたすこともある。

こういった厳しい環境に耐える工夫として、ピアサープラグの表面には意図的に酸化スケールを生成させて穿孔に使用されてきた。このとき酸化スケールは、ピレットとの焼き付き防止皮膜およびプラグ本体への遮熱皮膜としての役割を担う。前者は酸化物スケールのトライボロジー機能を活用したものであり、後者はスケールの熱伝導度が非常に低い(いわゆるセラミックスと類似の)性質を利用したものである。

スケールを生成させたプラグによって穿孔された鋼管の内面品質や穿孔効率・プラグの寿命などは、スケールの構造や、機械的特性などをはじめ種々の影響を受けると考えられている。したがって、生産性改善に向けては、スケール性状が穿孔特性に及ぼす影響を把握し制御する必要があるが、これまでに報告がほとんどなく不明な点が多い。そこで本研究では、ピアサープラグの成分によって表面スケール性状を変化した場合の穿孔特性への影響をラボ試験によって基礎的に検討した。

マンドレルバーについては、従来はマンドレルバーに塗布する潤滑剤の検討を中心に圧延特性の改善が行われてきたが、今回は圧延材のスケール性状を

\*1 住友金属(株) 総合技術研究所 鋼管研究開発部

\*2 もの創造系領域

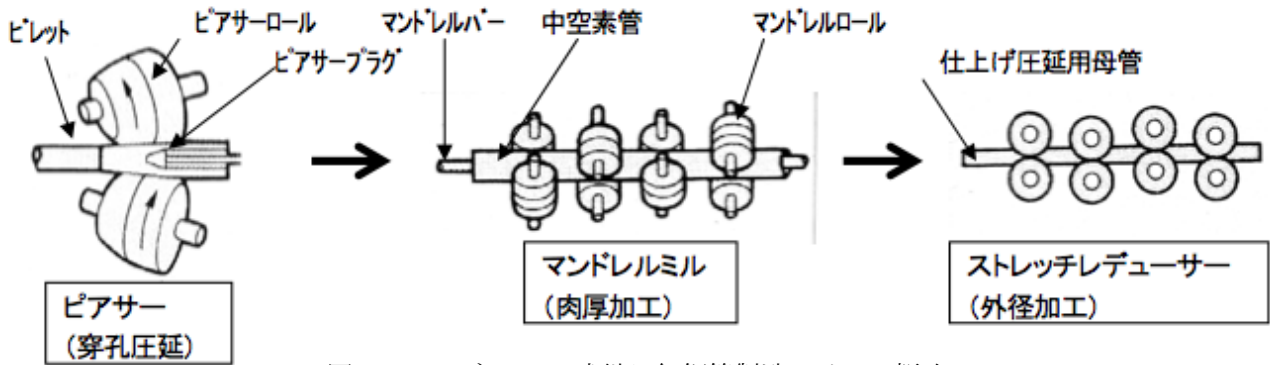


図 1-1 マンネスマン式継目無鋼管製造ラインの概略

変化させることで耐焼き付き性を低減させる検討を行った。鋼の表面スケールの生成挙動は酸化雰囲気中のガス成分の影響を大きく受けることが知られている。雰囲気によってスケール性状が変化した場合、圧延時における工具との潤滑挙動にも影響が及ぶことが考えられるが報告例が少ない。そこで、本研究では Fe-Cr 系ステンレス鋼と工具材との熱間圧延特性におよぼす表面スケールの影響について検討した。スケール性状を変化させる手法としては、スケールの成長挙動に大きく影響を及ぼすことが知られている水蒸気<sup>(2)</sup>に着目した。

## 2 ピアサープラグの表面スケールに関する検討

### 2.1 試験方法

穿孔実験はモデル試験機により行い、穿孔効率を評価した。供試材の化学成分は

0.15C-0.01~0.5Si-0.5Mn-3Ni-3~9Cr-5~7Mo-0~8W

とした。モデル試験用のプラグは大気炉で溶解した後、鋳込みによって所定の形状に作成した。軟化焼鈍と表面ショット処理を施した後、LNG 燃焼ガスを模擬した雰囲気中で 950°C~1100°Cにて表面スケール生成処理を施した。表面スケールは、断面ミクロ観察、SEM 観察および薄膜 TEM 観察、EPMA によるスケール中の元素分析、DSC による融点測定を実施した。モデル試験用ビレットは、SUS304 鋼を用い、大気中にて 1200°C×60 分の加熱をしたもち穿孔実験に供した。穿孔効率の評価は次式により行った。

$$\text{穿孔効率(\%)} = \frac{(\text{実際の穿孔時間}) \times 100}{(\text{ロール速度から算出される穿孔時間})}$$

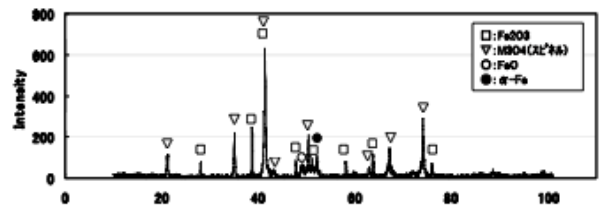


図2-1 プラグ表面スケールのXRDの典型例

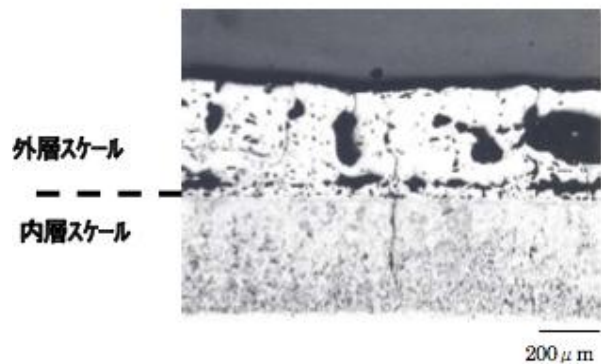


図2-2 プラグ表面スケールの断面ミクロ観察例

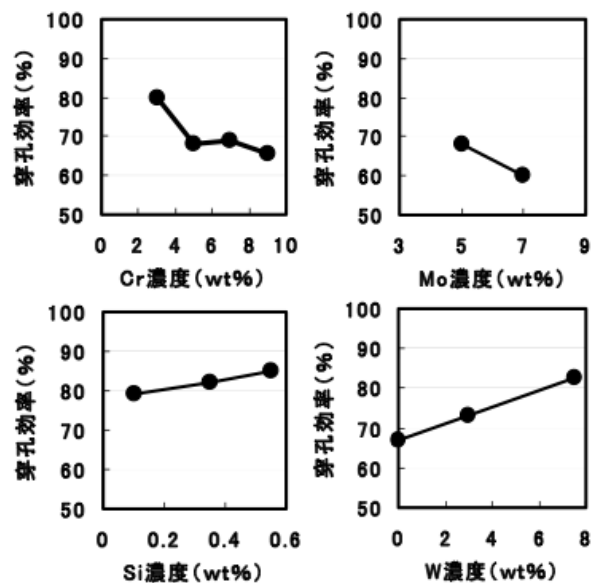


図2-3 穿孔効率に及ぼす各種元素の影響

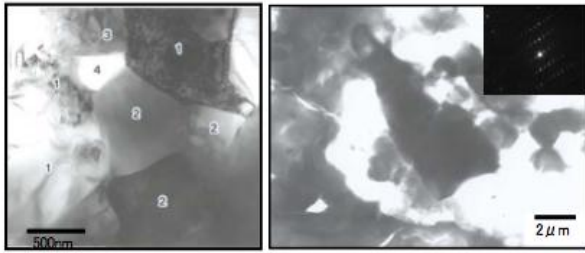


図2-4 内層スケールの TEM 観察  
(Fe-0.1Si-5Cr-0.5Mn-3Ni-5Mo)

図2-5  $\text{Fe}_2\text{WO}_6$  酸化物の同定  
(Fe-0.1Si-5Cr-0.5Mn-3Ni-5Mo-4W)

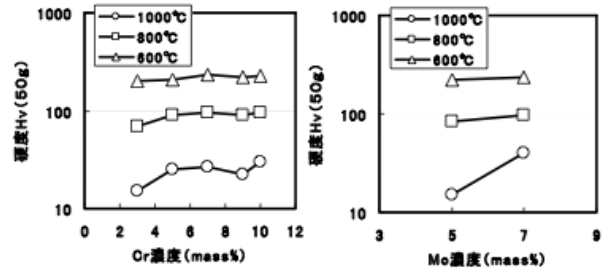


図2-6 スケールの高温硬度に及ぼすCr,Moの影響

## 2.2 結果と考察

### 2.2.1 穿孔効率におよぼす成分の影響

ピアサープラグの表面に形成された酸化スケールの XRD と断面マイクロ観察の典型例を図 2-1, 2-2 に示す。スケールは外層と内層の 2 層構造であり、外層は主として Fe-O 系の酸化物、内層は Fe-Cr-Mo-O 系のスピネル酸化物であると考えられた。図 2-2 に見られるように、外層スケールはポラスであり、穿孔時のビレットとの接触の衝撃で脱落する。したがって、本研究で取り扱うスケールは緻密に形成している内層スケールである。

穿孔効率に及ぼす各種添加元素の影響を図 2-3 に示した。穿孔効率は Cr と Mo を増加すると低下し、Si と W を添加すると増加することが明らかとなった。この穿孔効率は、プラグ表面のスケールとビレット内表面の摩擦挙動の影響を受ける。すなわち、穿孔効率の差異はプラグの表面スケール性状の差異を反映している。ここで、詳細は省略するがプラグ表面の外観の観察では、スケールの剥離などは認められなかったことを付記する。すなわち、プラグの表面粗れなどマクロ的な要因による摩擦係数への影響は無視できる。

### 2.2.2 穿孔効率に及ぼすスケール性状の影響

Fe-0.1Si-5Cr-0.5Mn-3Ni-5Mo 材の内層スケールを TEM によって観察した結果を図 2-4 に示した。さらに W を 4% 添加した場合の内層の薄膜 TEM 観察を図 2-5 に示した。図 2-4 に付記した 1~3 の数値で示される結晶は  $(\text{Fe},\text{M})_3\text{O}_4$  のスピネル構造で M は Fe,Cr,Mo のいずれかであった。W を添加した場合には、スピネルを主体とする内層スケール中に Fe-W-O 系の酸化物の分散が確認された。回折スポットの解析より  $\text{Fe}_2\text{WO}_6$  の酸化物であることが

明らかとなった。EDS による元素分析からも Fe:W=2:1(at%)であることが確認された。この酸化物は、約 1050°C に融点をもつことが明らかとなっている。本実験においても DTA により 1070°C 付近で融点を示すピークが観察された。

図 2-3 に示したように W 添加量の増加によって穿孔効率は増加する傾向を示したが、 $\text{Fe}_2\text{WO}_4$  系が穿孔中に一部分が熔融することにより、流体潤滑効果を発現するためと考えられる。Si については、同じく低融点酸化物である  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  が流体潤滑効果をもたらしたものと考えられる。

スケールの高温硬度に及ぼす添加元素の影響を図 2-6 に示した。Cr および Mo の増加にともない高温硬度は増加する傾向を示した。高温硬度におよぼす Si および W の影響は小さかった。

プラグ表面スケールは穿孔によって徐々に磨耗し、プラグとビレットとの界面には磨耗したスケールが存在する。磨耗したスケールは先述の流体潤滑の障害となると考えられ、スケール硬度が高いほどその阻害効スケール硬度が高くなることで流体潤滑効果を低下させ、穿孔効率が低下したと考えられる。

## 2.3 まとめ

Si,Cr,Mo,W の添加量を変化させたプラグについて、表面スケール性状と穿孔特性についてモデル試験機による基礎検討を行い、以下のことが明らかとなった。

- (1) プラグの表面に形成された酸化スケールは、外層が Fe-O 系、内層が Fe-Cr-Mo 系スピネルを主体とする二層構造であった。W を添加した場合には、スピネル酸化物主体の内層スケール中に  $\text{Fe}_2\text{WO}_6$  の酸化物が生成した。
- (2) Si および W の増加によって穿孔効率は増加した。これは、低融点酸化物である  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  および  $\text{Fe}_2\text{WO}_6$  の生成量が増加し、流体潤滑性が向上したためと推察された。
- (3) Cr および Mo 濃度の増加とともに穿孔効率は



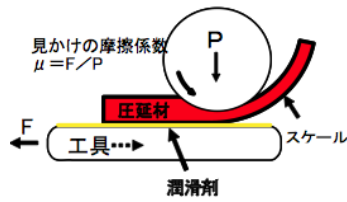


図3-1 熱間圧延試験機<sup>(3)</sup>

低下した。これは、添加量の増加にともないスケールの高温硬度が増加し、穿孔中に磨耗したスケールによって流体潤滑効果が低下したためと考えられた。

### 3 マンドレル圧延工程における圧延材のスケール制御に関する検討

#### 3.1 実験方法

圧延材として Fe-Cr 系ステンレス鋼、熱間工具鋼としては市販の SKD61 を用いた。圧延材を 1100~1200°C に加熱し、所定の条件で酸化を行った後、熱間圧延試験を実施した。酸化雰囲気は、20%O<sub>2</sub>-0/20%H<sub>2</sub>O-Bal.N<sub>2</sub> とし、酸化時間は 15-180sec とした。圧延は図 3-1 に示す片側ロール式熱間圧延試験機<sup>(3)</sup>を用いて行い、圧延中の摩擦係数を測定した。圧延終了後、工具材と圧延材との焼き付き状況を観察した。スケール性状についてはミクロ観察、XRD、TEM を用いて調査した。

#### 3.2 結果と考察

##### 3.2.1 焼き付き挙動

20%O<sub>2</sub>-Bal.N<sub>2</sub> および 20% O<sub>2</sub>-20%H<sub>2</sub>O-Bal.N<sub>2</sub> の雰囲気中において種々の温度条件で酸化し、熱間圧延試験を行った後の、工具材表面外観の典型例を図 3-2 に示す。水蒸気を添加しない場合には、工具材表面に焼き付きが認められた。これは、今回行ったすべての条件で同じ傾向であった。一方、水蒸気を添加した場合には焼き付きが発生しない条件が見出された。水蒸気を添加した場合の焼き付き挙動に及ぼす酸化温度と時間に関係を図 3-3 に示した。高温・長時間側で焼き付きは発生しにくくなることが明らかとなった。また、このときの摩擦係数は水蒸気を添加しない場合に比較して、添加した場合の方が低かった。すなわち、圧延材に対して水蒸気を添加することによって、表面スケール構造が変化することにより従来よりも圧延特性が改善されることが示唆された。

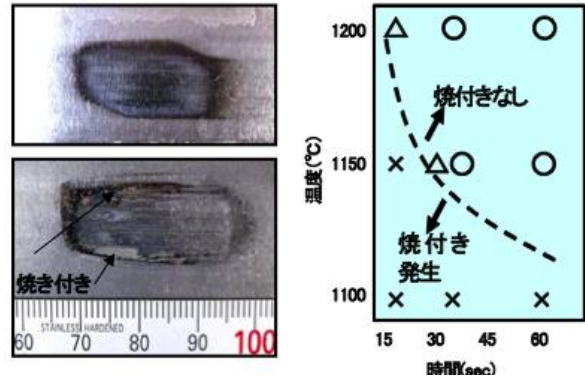


図3-2 工具材表面の典型的な外観 (上:20%O<sub>2</sub>-20% H<sub>2</sub>O-Bal.N<sub>2</sub>, 下 :20%O<sub>2</sub>-Bal.N<sub>2</sub>, 1200°C×60sec)

図3-3 焼き付き挙動に及ぼす酸化温度と時間の影響 (20%O<sub>2</sub>-20%H<sub>2</sub>O-Bal.N<sub>2</sub>)

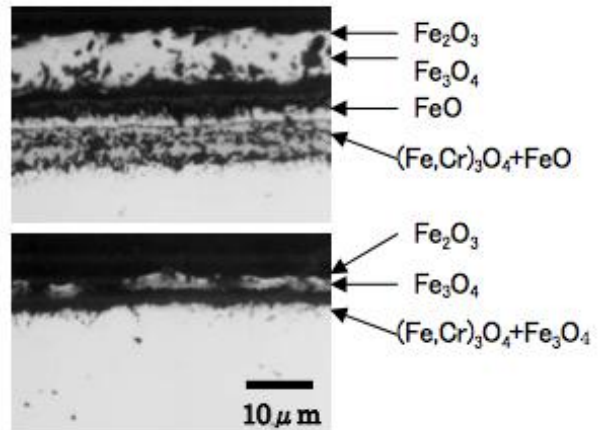


図3-4 スケール構造の比較(上段:20%O<sub>2</sub>-20% H<sub>2</sub>O -Bal.N<sub>2</sub>, 下段:20%O<sub>2</sub>-Bal.N<sub>2</sub>, 1200°C×60sec)

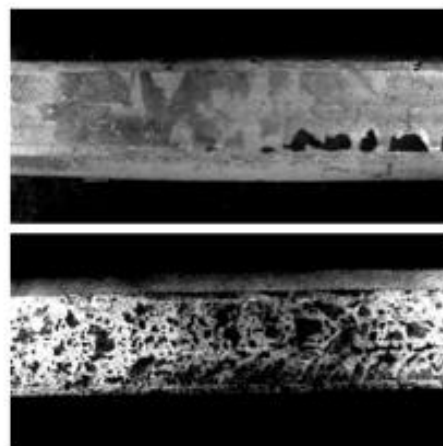


図3-5 圧延試験後の被圧延材表面の比較 (上段:20%O<sub>2</sub>-20%H<sub>2</sub>O-Bal.N<sub>2</sub>, 下段:20%O<sub>2</sub>-Bal.N<sub>2</sub>, 1200°C×60sec)加熱

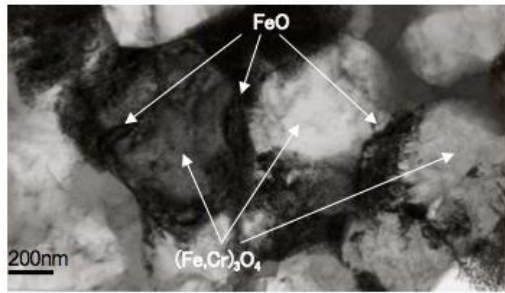


図3-6 圧延後の内層スケールのTEM観察

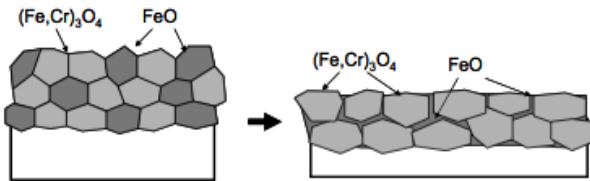


図3-7 内層スケールの圧延挙動(模式図)

### 3.2.2 スケール構造

20%O<sub>2</sub>-Bal.N<sub>2</sub> および 20%O<sub>2</sub>-20%H<sub>2</sub>O-Bal.N<sub>2</sub> の雰囲気中、1200°Cで60秒の酸化により生成したスケールの構造(圧延試験前)を図3-4に示した。酸化雰囲気中に水蒸気を添加しない場合はFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(ヘマタイト)、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(マグネタイト)、(Fe,Cr)<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(スピネル)を主体とするスケール構造であったのに対して、水蒸気を添加した時には上記に加えてFeO(ウスタイト)が生成し、スケール厚さは増加することが分かった。圧延試験後の被圧延材側の表面スケールの外観を図3-5に示す。酸化雰囲気中に水蒸気を添加した場合にはスケールの剥離はほとんど認められないが、水蒸気を添加しない場合には、圧延面のほぼ全面にわたって細かいスケール剥離部分が無数に認められた。

### 3.2.3 圧延時のスケールの挙動

圧延材に生成したFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、(Fe,Cr)<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、FeOスケールのうち、1000~1200°CにおいてFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は延性を示さないがFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>とFeOは延性があることを著者らは確認している<sup>(4)</sup>。(Fe,Cr)<sub>3</sub>O<sub>4</sub>については同じスピネル構造をもつFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>と概ね同等の延性があると推察できる。このうちFeOは最も変形能が高い。一方、焼き付きはメタル-メタルの直接接触の防止、すなわち工具材と圧延材の直接接触を防止すれば抑制できると考えられる。水蒸気を添加した場合に生成したFeOを含むスケールは、圧延時に鋼の変形に追従して変形し、焼き付き防止皮膜として作用したのではないかと考えられた。このことは図3-5に示されるように水蒸気を添加した場合

には、スケールの剥離がほとんど起こらなかったことから推察できる。

圧延試験後の被圧延材の薄膜TEM観察結果を図3-6に示した。(Fe,Cr)<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の結晶の間にFeOが浸潤するような形態で存在しており、スケール全体の変形を促進していると推察された。これを模式的に示すと図3-7のようになる。圧延時にFeOは(Fe,Cr)<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の結晶に浸潤しながら変形し、スケール全体の脱落・剥離を抑制しながら、圧延材の表面を覆うことで焼き付き防止に寄与したと考えられた。

### 3.3 まとめ

(1) 圧延材の酸化雰囲気中に水蒸気を添加し高温長時間の酸化をした場合、熱延時において工具材との焼き付きが抑制される傾向を示した。水蒸気を添加しない場合には、今回行ったすべての加熱条件で焼き付きが生じた。

(2) 酸化雰囲気中に水蒸気を添加しない場合は、いずれの加熱条件においても圧延材の表面スケールはFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(ヘマタイト)、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(マグネタイト)、(Fe,Cr)<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(スピネル)を主体とするスケール構造であったのに対して、水蒸気を添加し高温長時間の酸化では上記に加えてFeO(ウスタイト)が生成し、スケール厚は増加した。(3) 水蒸気添加によって耐焼き付き性が向上した理由は、変形能が高いFeOを含むスケールが厚く生成したためと考えられた。

## 4 結言

高温酸化スケールのもつ諸特性を、継目無鋼管のマンネスマン式ラインにうまく利用することで“プラス”の効果を得るために行った研究を紹介した。

(1) ピアサープラグの表面酸化スケールに関する研究では、プラグ成分変更によりスケール性状を変化させ、穿孔効率に及ぼす効果として下記の結果を得た。

1) Si および W の増加によって穿孔効率は増加した。これは、低融点酸化物であるFe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> およびFe<sub>2</sub>WO<sub>6</sub>の生成量が増加し、流体潤滑性が向上したためと推察された。

2) 一方、Cr および Mo 濃度の増加とともに穿孔効率は低下した。これは、添加量の増加に伴いスケールの高温硬度が増加し、流体潤滑効果を低下させたためと考えられた。

(2) マンドレルバーに関しては、圧延材のスケール制御による焼き付き防止を検討し下記の結果を得た。



1) 圧延材の酸化雰囲気中に水蒸気を添加し高温長時間の酸化をした場合、熱延時の工具材との焼き付きが抑制される傾向を示した。水蒸気を添加しない場合には、いずれの加熱条件においても焼き付き低減効果は認められなかった。

2) 酸化雰囲気中に水蒸気を添加しない場合は、圧延材のスケールは  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (ヘマタイト)、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (マグネタイト)、 $(\text{Fe,Cr})_3\text{O}_4$ (スピネル)を主体とする構造であったのに対して、水蒸気を添加した場合には上記に加えて  $\text{FeO}$ (ウスタイト)が生成しスケール厚は増加した。

3) 水蒸気添加によって耐焼き付き性が向上した理由は、変形能が高い  $\text{FeO}$  を含むスケールが厚く生成したためと考えられた。

## 文献

- (1) たとえば、「鋼材表面に及ぼすスケール性状の影響」：(2005),日本鉄鋼協会.
- (2) たとえば、「金属材料の高温酸化と高温腐食」：(1982), 腐食防食協会.
- (3) 中西哲也ら:CAMP-ISIJ(1995), p1261.
- (4) Y.Hidaka, N.Ohtsuka and T.Anraku : Oxid Met., Vol.58.Nos.5/6, (2002).

# 高靱性コンクリート及び高靱性軽量コンクリートを用いた構造部材の性能照査型設計に関する研究

三上 浩<sup>\*1</sup>・栗橋 祐介<sup>\*2</sup>・岸 徳光<sup>\*2</sup>

Hiroshi MIKAMI<sup>\*1</sup>, Yuusuke KURIHASI<sup>\*2</sup> and Norimitsu KISHI<sup>\*2</sup>

## 1 はじめに

近年、鉄筋コンクリート (RC) やプレストレストコンクリート (PC) 製の橋梁等上部構造の軽量化にともなう下部構造の耐震性向上、建設コスト縮減をねらいとして、軽量コンクリートの適用が検討され、一部で実用化されている。しかしながら、軽量コンクリートは引張強度が普通コンクリートに比べて小さく、耐衝撃性についても劣ることが知られている。最近ではコンクリートの引張靱性を改善する方策として、ポリビニルアルコール (PVA) 短繊維を混入する方法が提案され、その適用方法に関する検討が盛んに行われている。

著者らはこれまで普通コンクリートおよび軽量コンクリートに PVA 短繊維を混入した RC 梁や RC 版の静的および衝撃荷重実験を実施し、PVA 短繊維混入による耐荷性能および耐衝撃性向上効果を確認している。また、RC 部材の衝撃挙動解析に関しても、小型 RC 部材を対象に各種解析手法の妥当性検討を実施しており、境界条件や減衰定数に留意することによって信頼性の高い解析を実施することが可能であることを示した<sup>(1)</sup>。さらに、PVA 短繊維を混入した普通コンクリート製 RC 梁を対象とした数値解析的な検討も実施し、耐衝撃性状を精度よく評価可能な数値解析手法を提案するに至っている<sup>(2)</sup>。

しかしながら、本数値解析手法の妥当性に関する検討は普通コンクリートを用いた場合に対してのみで、軽量コンクリート製 RC 梁に対しては行われていない。短繊維混入コンクリートを用いた RC 部材

に関する耐衝撃設計法の確立に向けた研究は、普通コンクリート製 RC 梁のみならず軽量コンクリート製 RC 梁に対しても、数値解析手法の妥当性を検討し、実験的検討に数値解析的検討を援用して推進されなければならない。

このような観点より、本研究では、PVA 短繊維混入軽量コンクリート製 RC 梁の耐衝撃性を適切に評価可能な数値解析手法の確立を目的に、単一衝撃荷重載荷および繰り返し衝撃荷重載荷を受ける、短繊維混入 RC 梁を対象とした三次元弾塑性衝撃応答解析を行い、実験結果との比較によりその妥当性を検討した。なお、本数値解析には、非線形動的構造解析用汎用コード LS-DYNA (ver. 971)<sup>(3)</sup>を用いている。

## 2 実験概要

### 2.1 試験体概要

図-1には、RC 梁の形状寸法および配筋状況を示している。本実験に用いた試験体は、断面寸法（幅

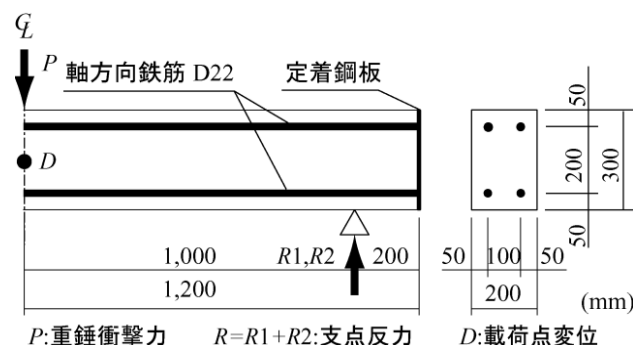


図-1 形状寸法および配筋状況

\*1 三井住友建設(株) 技術開発センター

\*2 暮らし環境系領域

表－1 試験体の一覧

試験体名	短繊維混入率 $V_f$ (%)	単一載荷時 衝突速度 $V$ (m/s)	計算 曲げ耐力 $P_{usc}$ (kN)	計算 せん断耐力 $V_{usc}$ (kN)	せん断 余裕度 $\alpha (=V_{usc}/P_{usc})$
F0-Vn	0	3, 4	144.8	82.5	0.57
F0.5-Vn	0.5	4, 5	140.9	77.6	0.55
F1.0-Vn	1.0	7, 8	144.3	82.5	0.57
F1.5-Vn	1.5	7, 8	134.0	64.0	0.48

表－2 コンクリートの力学的特性

短繊維混入率 $V_f$ (%)	圧縮強度 $f'_c$ (MPa)	引張強度 $f_t$ (MPa)	弾性係数 $E_c$ (GPa)	ポアソン比 $\nu_c$	比重
0	49.4	2.2	21.2	0.2	1.8
0.5	38.9	3.1	18.8	0.3	1.9
1.0	47.9	4.3	20.5	0.2	2.0
1.5	21.8	3.2	14.5	0.2	1.7

表－3 鉄筋の力学的特性

鉄筋名称	材質	降伏強度 $\sigma_y$ (MPa)	弾性係数 $E_s$ (GPa)	ポアソン比 $\nu_s$
D22	SD345	402	206	0.3

表－4 PVA 短繊維の力学的特性

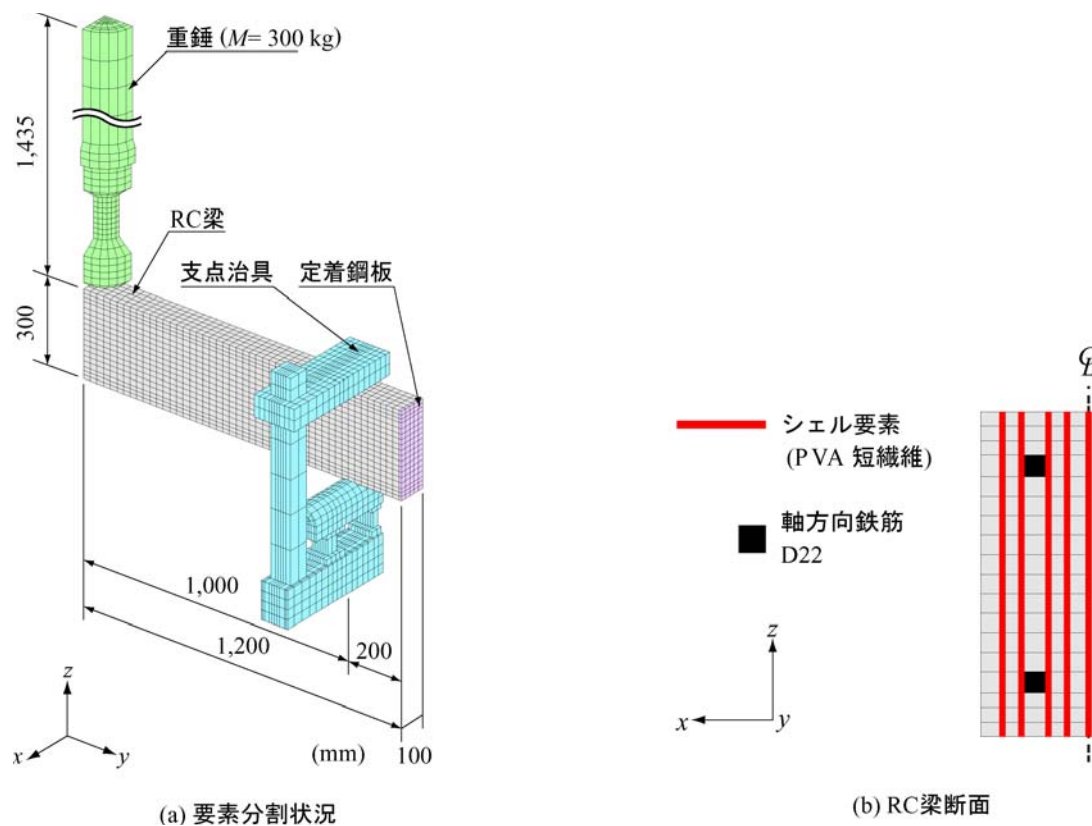
長さ $l$ (mm)	直径 $d$ (mm)	アスペクト比 $l/d$	引張強度 $\sigma_p$ (GPa)	弾性係数 $E_p$ (GPa)	破断ひずみ (%)
30	0.66	45	0.88	29.4	7.0

×高さ)が 200×300 mm, 純スパン長が 2,000 mm, 軸方向筋に D22 (SD345) を用いた複鉄筋 RC 梁である。なお, せん断補強筋は配置していない。表－1には, 本研究において数値解析の対象とした試験体の一覧を示している。試験体は, RC 梁の短繊維混入率  $V_f$  を 4 種類 ( $V_f=0, 0.5, 1.0, 1.5$  %), 単一衝撃荷重載荷時 (以後, 単に単一載荷) においては重錘衝突速度 (以後, 単に衝突速度  $V$ ) を 2 種類に変化させた全 8 ケースである。試験体名の第一項目は, 英文字の F と短繊維混入率  $V_f$  (%) の組み合わせとして示している。第二項目は英文字の V と衝突速度の組み合わせとして示している。

表中の計算曲げ耐力  $P_{uc}$  および計算せん断耐力  $V_{uc}$  は, コンクリート標準示方書に基づいて算定している。表より試験体のせん断余裕度が  $\alpha (=V_{usc}/P_{usc}) < 1.0$  であることより, 静載荷時には設計的にせん断破壊型で終局に至ることが推察される。また, 表－2～4には, 実験時におけるコンクリート, 鉄筋および PVA 短繊維の力学的特性値を示している。

## 2.2 実験方法

衝撃荷重載荷実験は, 重錘を所定の高さから RC 梁のスパン中央部に一度だけ自由落下させる単一載荷により実施した。用いた重錘は質量 300 kg, 載荷点部直径  $\phi=150$  mm の円柱状鋼製重錘である。な



図ー 2 数値解析モデル

お、重錘底部は衝突時の片当たりを防止するために、半径 1,407 mm、高さ 2 mm のテーパを有する球形状となっている。試験体は跳ね上がり防止用治具付きのロードセル内蔵型支点治具上に設置している。また、支点治具全体は、RC 梁の回転のみを許容するピン支持に近い構造となっている。

測定項目は、図ー 1 に示されている重錘衝撃力  $P$ 、合支点反力  $R$  (以後、単に支点反力) および載荷点変位  $D$  (以後、変位) に関する各応答値である。重錘衝撃力  $P$  は、重錘に内蔵されている衝撃荷重測定用ロードセル (容量 : 1,470 kN, 応答周波数 : DC~4.0 kHz) を用いて測定した。支点反力  $R$  は、両支点治具に 3 つずつ内蔵されている衝撃荷重測定用ロードセル (容量 : 1,000 kN, 応答周波数 : DC~2.4 kHz) を用いて測定し、全ての応答値を総和して合支点反力とした。変位  $D$  は、レーザ式非接触型変位計 (ストローク : 200 mm, 応答周波数 : DC~915 Hz) により測定した。

これらの応答波形は、デジタルメモリレコーダによりサンプリング周期 0.1 msec で一括収録し、数

値解析結果との比較検討に供した。支点反力波形、変位波形に関しては、ノイズを含んだ高周波成分を除去するために 0.5 ms の矩形移動平均法によりフィルター処理を施している。

### 3 数値解析概要

#### 3.1 数値解析モデル

図ー 2 (a) には、本数値解析に用いた解析モデルの要素分割状況を示している。解析モデルは、RC 梁の対称性を考慮して梁幅方向 ( $x$  方向) およびスパン方向 ( $y$  方向) にそれぞれ 2 等分した 1/4 モデルである。

適用した要素タイプは、PVA 短繊維の架橋効果をモデル化したシェル要素以外には全て 8 節点の三次元固体要素を用いている。モデル化の詳細を述べると、RC 梁部は実験に用いた梁の形状寸法に基づき忠実にモデル化している。ただし、軸方向鉄筋は公称断面積と等価な正方形断面要素として簡略化している。重錘部は、実形状に即してモデル化し、底

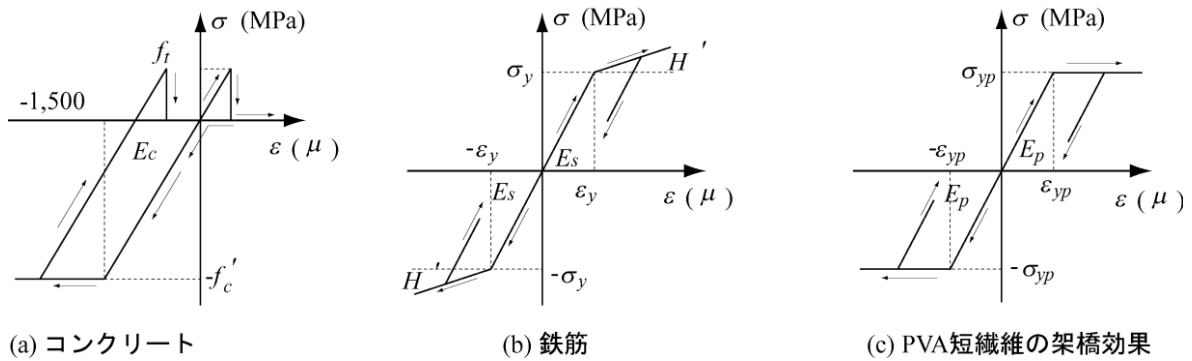


図-3 各材料の応力-ひずみ関係

部形状を高さ 2 mm の球形状に忠実にモデル化している。支点治具部は、ロードセルや跳ね上がり防止用治具も含め、実構造に則してモデル化することとした。なお、支点治具底部には、実験時と同様に治具全体の x 軸回りの回転を許容するように境界条件を設定している。

図-2 (b)には、数値解析モデルにおける RC 梁の断面図を示している。短繊維の架橋効果を簡易かつ合理的に再現するため、コンクリート要素の分割境界面に PVA 短繊維の架橋効果を考慮したシェル要素を配置する複合要素を採用することとした。また、断面方向に配置した各シェル要素は全て等厚と仮定した。その厚さ  $t$  は、梁幅  $b$  において、各短繊維混入率  $V_f$  に対応した厚さとなるように式 (1) により算出した。

$$t = b \times (V_f / 100) / n \quad (1)$$

ここで、 $n$  は断面方向に配置したシェル要素の数である。なお、シェル要素には、短繊維混入率  $V_f$  に応じた厚さ  $t$  が設定されていることより、要素の物性値に対応した面外曲げ剛性も考慮される形になっている。要素の積分点数は、いずれの要素に対しても 1 点積分を基本としているが、主鉄筋要素に関しては断面方向に 1 要素でモデル化していることより、解析精度を考慮して 8 点で積分を行っている。RC 梁と重錘、および RC 梁と支点治具の要素間には、それぞれ面と面の接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触面を定義している。また、コンクリート要素と軸方向鉄筋および PVA 短繊維の要素間には、完全付着を仮定している。

重錘落下衝撃荷重は、重錘が RC 梁に接触した状態で、重錘要素の全節点に所定の衝突速度を付加す

る形で作用させている。質量に比例する粘性減衰定数は、RC 梁の最低次固有振動数に対して 0.5 % を設定した。

### 3.2 材料物性モデル

図-3には、本数値解析で用いたコンクリート、軸方向鉄筋および PVA 短繊維の応力-ひずみ関係を示している。以下に、各材料物性モデルの概要を述べる。

#### (1) コンクリート

図-3 (a)に示すように、コンクリート要素には圧縮側に対しては折線近似による応力-ひずみ関係、引張側に対しては破壊圧力に達した段階で引張力を伝達しないとする弾塑性体モデルを適用した。特に圧縮領域に関しては、0.15 % ひずみに達した状態で降伏するものと仮定する完全弾塑性体のバイリニア型にモデル化した。既往の研究結果<sup>(4)</sup>より、軽量コンクリートを用いる場合には、引張強度は圧縮強度の 1/16 となるように設定している。なお、コンクリートの降伏の判定には von Mises の降伏条件を採用した。

#### (2) 軸方向鉄筋

図-3 (b)には、鉄筋に関する応力-ひずみ関係を示している。構成則には、降伏後の塑性硬化係数  $H'$  を考慮した等方弾塑性体モデルを採用している。塑性硬化係数  $H'$  は、弾性係数  $E_s$  の 1 % を仮定している。降伏の判定は von Mises の降伏条件に従うこととした。

#### (3) PVA 短繊維の架橋効果

PVA 短繊維の架橋効果は、図-3 (c)に示すように完全弾塑性型にモデル化した。降伏までは弾性係数  $E_p$  を有する弾性体として挙動し、降伏後は降伏強度  $\sigma_{yp}$  を保持する引張特性を有するものとして

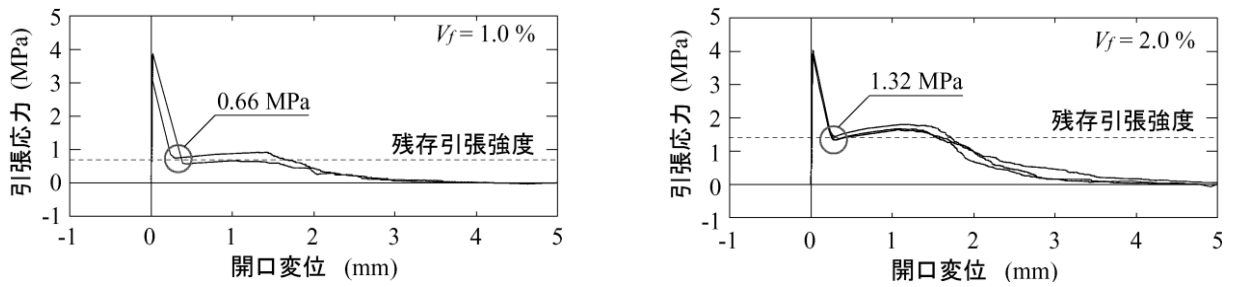


図-4 短繊維混入コンクリートの引張応力-開口変位関係

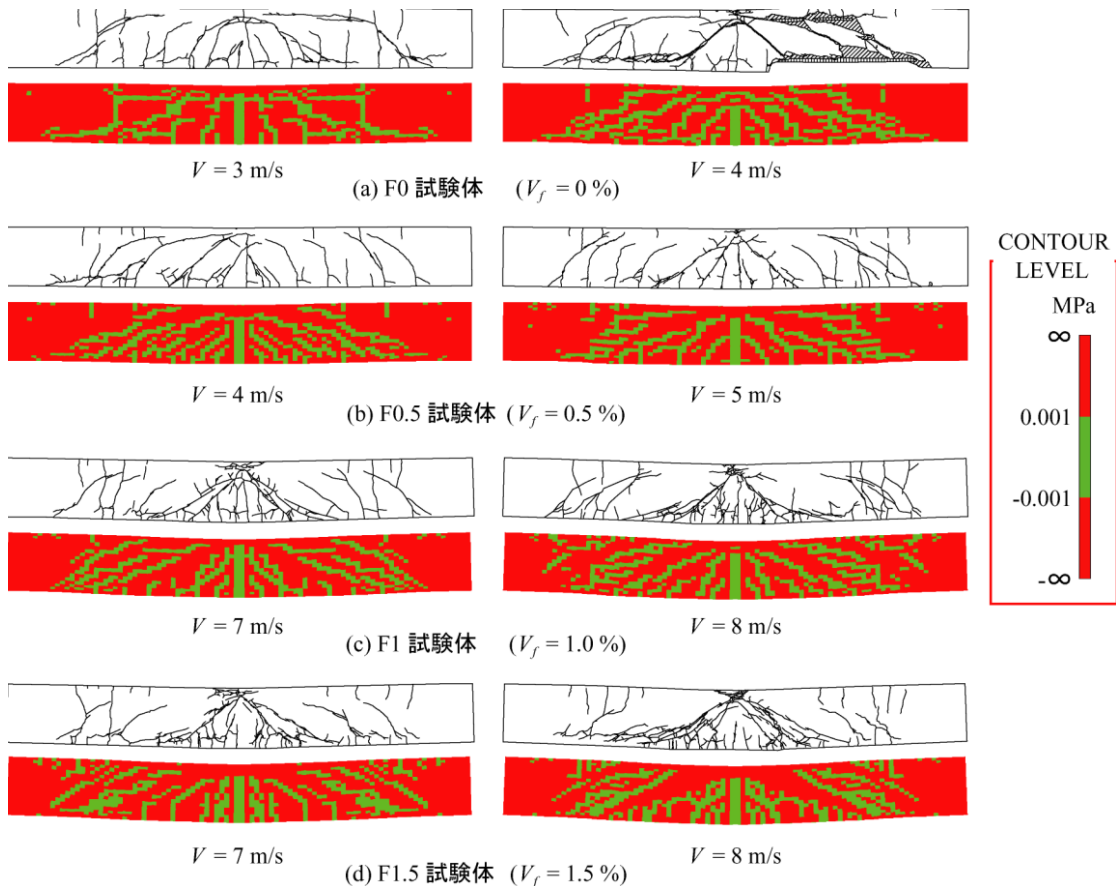


図-5 ひび割れ分布性状

モデル化した。ここで、降伏強度  $\sigma_{yp}$  は、短繊維の架橋効果をモデル化したシェル要素の降伏強度であることから、短繊維混入コンクリートの残存引張強度  $f_r$  を短繊維のみで負担するものと仮定し、式 (2) により算出した。

$$\sigma_{yp} = (f_r / V_f) \times 100 \quad (2)$$

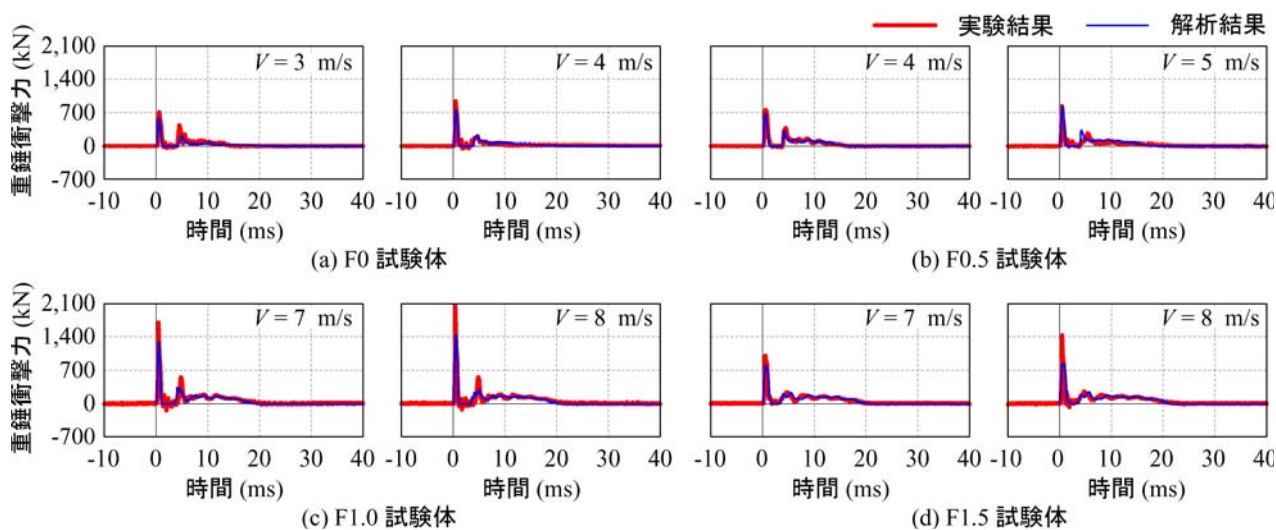
残存引張強度  $f_r$  に関しては、本研究では、短繊維混入軽量コンクリートを用いた一軸引張試験を実施していないことから、短繊維混入普通コンクリートに

関する試験結果<sup>(5)</sup> (図-4) を用いて評価することとした。図-4より、 $V_f = 1\%$  に対して  $f_r = 0.66$  MPa を式 (2) に代入すると、降伏強度は  $\sigma_{yp} = 66$  MPa として得られる。弾性係数  $E_p$  および単位体積質量  $\rho_p$  には、表-4に示している PVA 短繊維の公称値を用いた。また、降伏の判定には von Mises の降伏条件を採用している。

#### (4) 重錘、支点治具および定着鋼板

重錘、支点治具、および定着鋼板には弾性体モデ





図－6 重錘衝撃力波形

ルを適用している。各要素の弾性係数  $E$ 、ポアソン比  $\nu$  はそれぞれ  $E = 206 \text{ GPa}$ 、 $\nu = 0.3$  と仮定している。単位体積質量  $\rho_s$  には公称値である  $\rho_s = 7.85 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  を用いることとした。

#### 4 実験および数値解析結果

##### 4.1 ひび割れ分布性状

図－5には、実験終了後のひび割れ分布図および数値解析結果の最大変位時における第一主応力図を示している。なお、解析結果はひび割れ発生位置を特定できるようにするために、第一主応力が零近傍応力 ( $\pm 0.001 \text{ MPa}$ ) 状態を示す要素を緑色で示している。

実験結果より、短繊維を混入していない F0 試験体の場合には、荷重点から両支点側へ進展する斜めひび割れ他、アーチ状ひび割れも発生していることがわかる。また、F0-V4 試験体では下縁かぶりコンクリートの剥落も生じており、衝突速度  $V$  が大きい場合ほど損傷が著しい。一方、短繊維を混入した F0.5/1.5 試験体の場合には、衝突速度  $V$  が大きい場合ほど損傷が著しくなる傾向にあるものの、かぶりコンクリートの剥落は見られない。また、短繊維混入量の増加とともにアーチ状ひび割れや斜めひび割れの大きな開口はみられず、曲げ変形が卓越する破壊形式に移行していることが分かる。

一方、解析結果を見ると、F0/0.5 試験体の場合には、荷重点から支点側に向かって進展する斜めひび

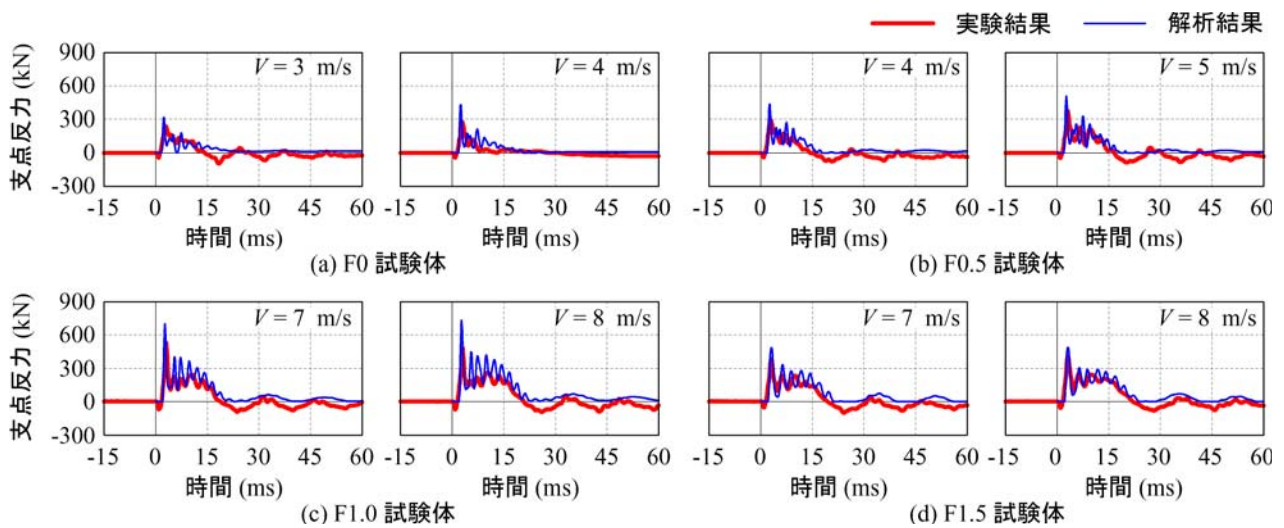
割れやアーチ状のひび割れの発生が多く見受けられ、せん断破壊のモードが強く現れていることが分かる。特に、F0-V4 試験体の場合には、斜めひび割れやアーチ状ひび割れの形状が実験結果と良く対応している。これに対し、F1/1.5 試験体では、アーチ状ひび割れ他、曲げひび割れや曲げせん断ひび割れの発生も多く見られる。また、短繊維の架橋効果によりひび割れの開口が抑制され、荷重点近傍下縁に微細なひび割れが集中する様子も、再現されていることが分かる。特に、F1.5 試験体の場合には、ひび割れ分布性状が実験結果と良く対応しており、破壊モードが曲げ破壊型に移行していることが分かる。

##### 4.2 重錘衝撃力

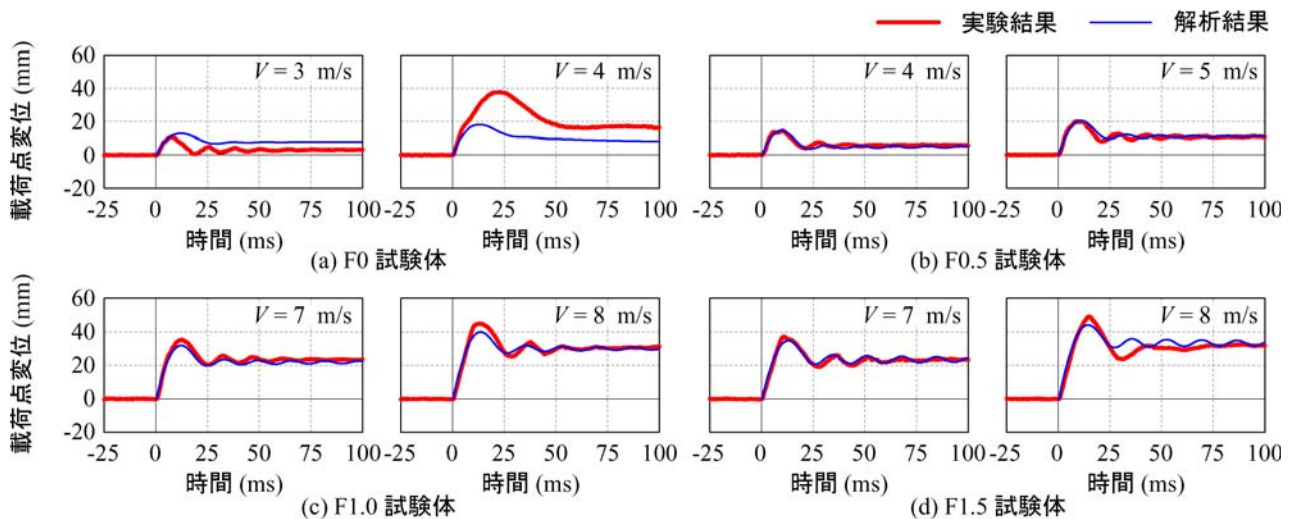
図－6には、各解析ケースにおける実験結果および解析結果の重錘衝撃力波形を重ねて示している。図より実験結果の重錘衝撃力波形を見ると、衝突速度によらず、衝撃荷重初期に励起する高周波で振幅の大きい第1波とその後励起する継続時間が長く振幅の小さい第2波で構成されていることが分かる。これらの波形の振幅、最大重錘衝撃力および継続時間は、衝突速度が増加するほど大きく示されている。

実験結果と解析結果を比較すると、解析結果は衝撃荷重初期に励起する高周波で振幅の大きい第1波とその後励起する継続時間が長く振幅の小さい第2波で構成されている実験結果の波形性状をよく再現していることが分かる。





図－7 支点反力波形



図－8 載荷点変位波形

### 4.3 支点反力

図－7には、各解析ケースにおける実験結果および解析結果の支点反力波形を重ねて示している。実験結果の支点反力波形を見ると、重錘衝撃力の波動継続時間に対応して、衝撃初期には継続時間が15～20 ms程度の主波動に周期3 ms程度の高周波成分が合成された波形性状を示している。また、F0試験体においても $V=3$  m/sの場合には、衝撃荷重除荷後も交番する波形を示しており、自由振動状態にあることが分かる。

一方、 $V=4$  m/sの場合には、衝撃荷重除荷後に支点反力が励起していないことより、梁はせん断破壊により終局に至っていることが推察される。これに

対して、短繊維を混入している試験体の場合には、いずれの場合も衝撃荷重除荷後も減衰自由振動状態にあり、短繊維の架橋効果によって、未だ復元力を保持しており終局に至っていないことが分かる。

解析結果を見ると、F0-V4試験体の場合には、載荷初期の性状は実験結果とほぼ対応しているものの、その後の波形性状は、解析結果が実験結果を若干上回っている。これは、解析結果では、荷重載荷初期の耐衝撃挙動は再現されているものの、その後の著しいせん断破壊の性状までは再現できていないことを示している。しかしながら、その他の試験体に関しては最大応答値および波形の継続時間を含めて、実験結果をよく再現した波形性状を示していること

がわかる。

#### 4.4 荷点変位

図-8には、各解析ケースにおける実験結果および解析結果の荷点変位波形を重ねて示している。実験結果の荷点変位波形を見ると、いずれの試験体の場合も荷初期に正弦半波状の第1波が励起した後、減衰自由振動を示していることが分かる。ただし、F0-V4 試験体の場合には、振動が過減衰的に減衰し、直流成分のみが励起している。これは、斜めもしくはアーチ状ひび割れが大きく開口してせん断破壊に至っていることを示唆している。その他の梁の場合には、減衰自由振動を呈していることより、短繊維の架橋効果によって破壊モードが、せん断破壊型から曲げ破壊型に推移し、未だ復元力を保持していることが分かる。

解析結果と実験結果を比較すると、F0 試験体の場合には、第1波の最大振幅や継続時間が対応していないことが分かる。これは、前述の支点反力波形の場合と同様、解析結果は著しいせん断破壊の性状までは再現できないことによる。一方、短繊維を混入した F0.5, F1.0 および F1.5 試験体の場合には、重錘衝突後に最大変位を示す第1波目の正弦半波から除荷後の減衰自由振動波形に至るまで、最大応答値から残留変位量、周期ともに実験結果をよく再現していることが分かる。

以上のことより、本数値解析手法を用いることにより、短繊維混入軽量コンクリート製 RC 梁の耐衝撃挙動は、せん断破壊の性状が顕在化する場合には実験結果と対応しない場合があるものの、実験結果の耐衝撃挙動を概ね評価可能であることが明らかになった。

## 5 まとめ

本研究では、短繊維混入軽量コンクリート製 RC 梁の耐衝撃性状を適切に評価可能な数値解析手法の確立を目的に、短繊維混入率  $V_f$  を4種類に変化させた軽量コンクリート製 RC 梁を対象に、数値解析を実施し重錘落下衝撃実験結果と比較することによ

り、その妥当性に関する検討を行った。提案の解析手法を用いることによって、以下のような結果が得られた。

- (1) 各応答波形に関しては、短繊維を混入せずにせん断破壊に至る場合には、実験結果と対応しない場合もあるものの、短繊維を混入した場合には耐衝撃挙動を概ね評価可能である。
- (2) ひび割れ分布性状は、短繊維を混入しないことによりせん断破壊に至る場合も含めて、実験結果と良く対応しており、短繊維混入による破壊モードの変化も再現可能である。
- (3) 以上より、提案の解析手法を適用することによって、普通コンクリートを用いる場合と同様に PVA 短繊維混入軽量コンクリート製 RC 梁の耐衝撃挙動を適切に評価可能である。

## 文献

- (1) 岸 徳光, 三上 浩, 松岡健一, 安藤智啓: 静載荷時に曲げ破壊が卓越する RC 梁の弾塑性衝撃応答解析, 土木学会論文集, No.619/I-47, (1999), p215-233.
- (2) 岸 徳光・栗橋祐介・三上 浩: PVA 短繊維を混入した RC 梁の重錘落下衝撃挙動に関する数値シミュレーション, 構造工学論文集, Vol. 54A, (2008), p1044-1054.
- (3) John O.Hallquist: LS-DYNA User's Manual, Livermore Software Technology Corporation, (2006).
- (4) 岸 徳光, 三上 浩, 松岡健一, 竹本伸一: 軽量コンクリートを用いたせん断補強筋のないせん断破壊型 RC 梁の重錘落下衝撃挙動解析, 構造工学論文集, Vol.50A,( 2004),p1361-1372.
- (5) 田口 史雄, 岸 徳光, 三上 浩, 栗橋 祐介: PVA 短繊維の架橋効果による RC 梁のせん断耐力向上効果, コンクリート工学年次論文集, Vol. 27,No.1(2005), p 283-288.
- (6) 岸 徳光・今野 久志・三上 浩: RC 梁の繰り返し重錘落下衝撃挙動に関する数値シミュレーション, 構造工学論文集, Vol. 55A, (2009).

**【平成 20 年度 プレ共同研究成果】**

# 天然素材分離プロセスの技術開発

大平 勇一\*<sup>1</sup>, 小幡 英二\*<sup>1</sup>, 木下 修\*<sup>2</sup>, 小川 和之\*<sup>3</sup>

## Separation process development of natural materials

Yuichi Ohira \*<sup>1</sup>, Eiji Obata \*<sup>1</sup>, Osamu Kinoshita \*<sup>2</sup>, Kazuyuki Ogawa \*<sup>3</sup>

### 1 はじめに

本報は、ホエータンパクなどの天然素材物質を製品化するための濃縮する装置開発を行うにあたり、濃縮物製造用装置の規模・性能・価格を調査する必要がある。本研究では生乳処理量 1 t/d (チーズ製造量 100 kg/d に相当) のチーズ工房をモデルとして、分離工程、乾燥工程について物質収支をとり、それに基づく濃縮装置のホエータンパク分離工程について検討を行った。

### 2 基本的調査事項

#### 2.1 チーズ製造工程

一般的なチーズ製造の概要を次に示す。

##### (1) 低温殺菌

生乳を加熱し、温度 65 °C で 30 分間維持することで殺菌を行う。その後、速やかに冷却する。

##### (2) カード製造

再び加熱し、乳酸菌を添加する。その後、凝乳酵素であるレンネットを添加し、カードを製造する。

##### (3) ホエー分離

攪拌などを行い、カード内からホエーを抜く。その後、カードを取り出し、ホエーと分離する。

##### (4) 加塩・成形・熟成

カードに加塩を行い、型詰めする。これを加圧した後、熟成させる。

\*1 ぐらし環境系領域

\*2 エコ・クリーン(株)

\*3 (株)小川アドバンテック複合技術研究所

Table 1 チーズホエーの代表的組成

水	846	kg		
固形分	54	kg		
ホエータンパク質	8.1	kg		
乳糖		41.6	kg	
灰分		4.3	kg	

#### 2.2 チーズホエー量と組成

モデル的なチーズ工房の生乳処理量として 1 t/d を設定する。これは 1 日あたりのチーズ製造量 100 kg に相当する。カード製造工程において、1 t/d の生乳から 100 kg/d のカードが製造され、ホエー発生量は 900 kg/d となる。ホエーの代表的な組成を Table 1 に示す。ホエー中の固形分は 54kg(6%)であり、94% は水である。固形分 54kg の内訳はタンパク質 8.1kg、乳糖 41.6kg、灰分 4.3kg である。

#### 2.3 既存システム

市場には「濃縮ホエー」、「乾燥ホエー」が既に流通している。「濃縮ホエー」とは成分組成をそのままに水分を減少させたものを言い、「乾燥ホエー」とは成分組成をそのままに水分を取り除いたものを言う。

現在、一部のホエーは肉質改善などの目的で養豚に用いたり、乾燥ホエーはスキムミルクの増量剤として用いられているが、需要に対して供給が過剰な状態であり、その多くが廃棄物として処分されている。ホエーに含まれている乳糖は人によっては消化不良などをおこす原因となる。製品の付加価値を高めるためには乳糖を除去する必要がある。

## 2.4 ホエーに含まれている物質の分子量

ホエーに含まれている物質のうち、乳糖は分子量が342、タンパク質は分子量が10,000以上である。灰分はミネラルであり、式量は大きくても百数十程度と予想される。

## 2.5 目標品質

ホエータンパク質の目標組成は、タンパク質85%、乳糖10%、灰分等5%である。ホエータンパク質の回収率を100%、分離膜による乳糖および灰分の排除率は0%と仮定すると、900 kgのチーズホエーから得られるホエー濃縮物の量はTable 2のようになる。Tables 1, 2より、分離工程での目標となる乳糖除去率は97.6%と計算される。

Table 2 ホエータンパクの目標組成

ホエータンパク質	8.1 kg
乳糖	1.0 kg
灰分	0.1 kg
計	9.2 kg

## 3 概念設計

チーズホエーはTable 1に示したとおり、タンパク質、乳糖、灰分、水からなる。今回回収対象とするのはタンパク質である。Table 2に示した目標とする組成を実現するためには、乳糖、灰分、水を除去する必要がある。これらの除去を行うには乳糖と灰分を分離するための工程、水を除去する乾燥工程を設ける必要がある。Fig.1にホエー処理装置の各工程での物質収支を示す。目標とする組成を実現するためには分離工程の最適化が最重要課題である。



Fig.1 ホエー処理装置の物質収支

## 4 分離工程

乳糖は分子量342、タンパク質は分子量10000以上であるため、これらを分離するには分画分子量5000程度の濾過膜を使用すればよい。Fig.2に分画分子量と孔径の関係を示す。分画分子量5000の場合、濾過膜の孔径は2~3 nmのものを選定すればよい。濾過にはデッドエンド型とクロスフロー型がある。デッドエンド型濾過は小規模の回分濾過に適しているが、時間の経過とともに濾過膜上にケーキ層が形成され、このケーキ抵抗によって濾過流量が小さくなる。濾過流量を一定に維持するには、時間の経過とともに濾過圧力を大きくする必要がある。一方、クロスフロー型濾過は連続処理に向き、小規模から大規模まで対応することが容易である。液のせん断応力を利用して濾過膜上でのケーキ層形成を抑えることが可能であるが、形成したケーキは除去が困難であり、逆洗もしくは酸・アルカリ洗浄を行う必要がある。また、モジュールにはポンプを用いてホエーを圧送する必要がある。濾過の基本となる理論はRuthの濾過方程式である。

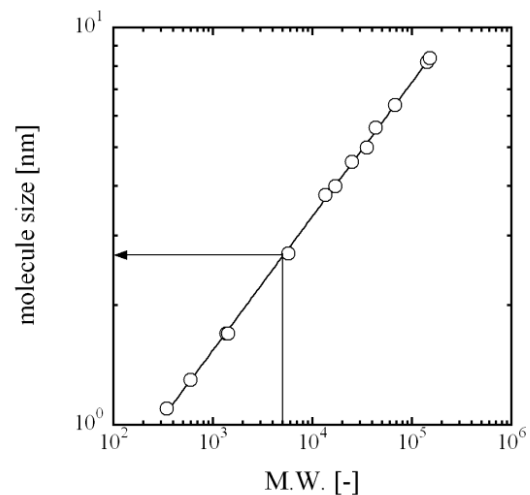


Fig.2 分画分子量と孔径の関係

$$J = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{\mu(Rm + Rc)}$$

ここで、 $V$ は濾液量[m<sup>3</sup>]、 $A$ は濾過膜面積[m<sup>2</sup>]、 $t$ は時間[s]、 $\Delta P$ は圧力差[Pa]、 $\mu$ は液粘度[Pa·s]、 $Rm$ は濾材抵抗[1/m]、 $Rc$ は濾材上に堆積したケーキ層の抵抗[1/m]である。装置選定を行うにあたって、最終的に必要となる情報は濾過膜面積 $A$ である。これを求めるためにRuthの濾過方程式を用いる。濾過流量 $dV/dt$ は希望する処理時間によって決まり、



処理液の液粘度を測定するか液温度を測定することによって液粘度  $\mu$  が決まる。圧力差  $\Delta P$  は本来濾過膜の強度などによって決まるが、分画分子量 5000 程度の濾過膜であれば通常は 0.2–0.3 MPa 程度である。未知パラメータである濾材抵抗  $R_m$  とケーキ抵抗  $R_c$  は実験により求める必要がある。しかし、多くの場合、濾材抵抗  $R_m$  はカタログ記載の水透過速度から推算が可能である。このデータが記載されていない場合でも、濾材抵抗  $R_m$  はケーキ抵抗  $R_c$  に比べて 2 桁以上小さくなることが多いため、実験によりケーキ抵抗  $R_c$  を求めることができれば  $R_m$  の測定は事実上不要なことが多い。

そこで、濾過圧力 0.2 MPa, 20 °C で水を用いた実験を行った。定常状態での濾過流束  $J$  と濾過圧力  $\Delta P$  の関係から濾材抵抗  $R_c$  は  $2 \times 10^{11} \text{ m}^{-1}$  と求められた。次に、ペプトン水溶液を用いて濾過圧力 0.2 MPa, 20 °C で濾過試験を行った。水の場合と同様、定常状態での濾過流束  $J$  と濾過圧力  $\Delta P$  の関係からケーキ抵抗  $R_c$  を求めると  $6 \times 10^{13} \text{ m}^{-1}$  であった。実験の結果、ケーキ抵抗  $R_c$  は濾材抵抗  $R_m$  の 300 倍である ( $R_m \ll R_c$ )。よって、本実験系では、Ruth の濾過方程式を次のように近似することができる。

$$J = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{\mu(R_m + R_c)} \approx \frac{\Delta P}{\mu R_c}$$

## 5 濾過操作方法

Fig.1 のプロセスに基づく、濾過による分離工程で乳糖を除去する際に水を 827 kg 除去しなければならない。これによって、得られるタンパク質水溶液は固形物濃度が質量パーセント濃度で 33% と非常に高濃度になる。この濃度のタンパク質水溶液が実現できたとしても粘性が高い流体となるため、Ruth の濾過方程式から透過流速が小さくなる。これは濾過膜面積を大きくする必要があること、送液ポンプ性能を上げる必要があることを示しており、初期設備投資額の増加を意味する。また、濾過流速を維持できるのは初期体積の 25% (水除去率 75%) 程度までである。目標とする品質を実現する (水除去率 97.6%) には初期体積の 2.4% まで濃縮しなければならないため、除菌水を加えて乳糖を希釈しながら濾過を行う必要がある。これを踏まえて Fig.3 に加水を組み込んだプロセスフローと物質収支を示す。ホエー 900 kg を処理するために総量約 3 t の加水を行いながら処理するダイヤフィルトレーションによってホエーに含まれる乳糖を目標値まで減少させることができる。しかし、ほぼ同量の乳糖廃液が発生する。

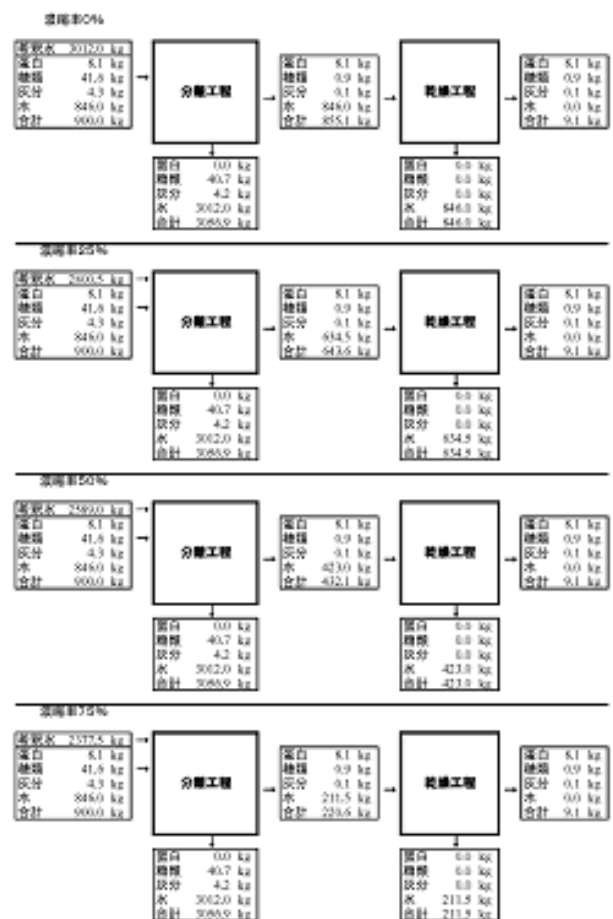


Fig.3 ダイヤフィルトレーションシステムの場合の物質収支

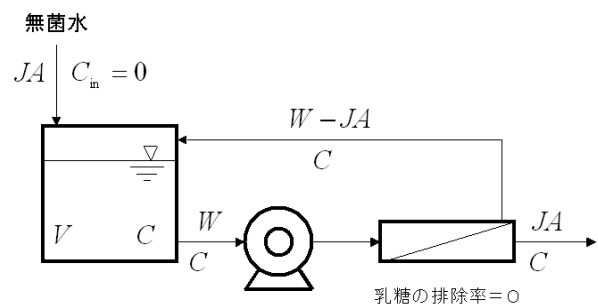


Fig.4 濾過システムのモデル

## 6 ダイヤフィルトレーションの濾過流量

ホエーをダイヤフィルトレーションで処理する場合、ホエー中の乳糖濃度は次の微分方程式で表すことができる。

$$\frac{d(VC)}{dt} = (W - JA)C - WC$$

ここで、 $V$  は液体積、 $C$  は乳糖濃度、 $t$  は時間、 $W$  は

循環液流量,  $J$  は濾過流速,  $A$  は濾過面積である。体積  $V$ , 濾過面積, 濾過流速  $J$  は時間に対して一定であると仮定して, 時刻 0 で乳糖濃度が  $C_0$  の条件で積分すると次式が得られる。

$$\ln \frac{C}{C_0} = -\frac{JA}{V}t$$

となる。前述のプロセスフローから, チーズホエーに含まれている乳糖量は 41.6 kg であり, 分離処理後の乳糖量は 0.9 kg である。液質量が 900 kg であることから, 液体積  $V$  は 0.9 m<sup>3</sup> とみなすことができる。分離工程に要する時間を 1 h としたい場合, 濾過流量  $JA$  が次の値になるように操作圧力  $\Delta P$ , 濾過面積  $A$ , 操作温度を決定すればよい。

$$JA = -\frac{V}{t} \ln \frac{C}{C_0} = -\frac{(0.9)}{(1)} \ln \frac{(0.9)}{(41.6)} = 3.45 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 7 必要濾過面積

濾過圧力 0.2 MPa, 20 °C での濾過流速  $J$  を Ruth の濾過方程式で計算すると,

$$J = \frac{\Delta P}{\mu R_c} = \frac{(0.2 \times 10^6)}{(1 \times 10^{-3})(6 \times 10^{13})} = 3.3 \times 10^{-6} \text{ m/s} = 0.012 \text{ m/h}$$

となる。よって, 分離工程に要する時間を 1 h としたい場合, 必要な濾過面積  $A$  は,

$$A = \frac{3.45 \text{ m}^3/\text{h}}{0.012 \text{ m/h}} = 288 \text{ m}^2$$

となる。温度を 50 °C で濾過する場合, 液粘度は 0.55 mPa·s である。温度が変化してもケーキ抵抗  $R_c$  が変化しないと仮定し, 圧力差 0.2 MPa で操作する場合の濾過速度  $J$  を求めると,

$$J = 6.1 \times 10^{-6} \text{ m/s} = 0.022 \text{ m/h}$$

となる。温度を変えても処理時間 1 h で処理したい場合は, 濾過流量  $JA$  の計算は変わらない。よって, 50 °C の場合の必要膜面積  $A$  は,

$$A = \frac{3.45 \text{ m}^3/\text{h}}{0.022 \text{ m/h}} = 157 \text{ m}^2$$

となる。50 °C の場合の必要膜面積は 20 °C の場合のそれよりも小さいで済む。以上と同様の計算を行うことで求めた温度 20 °C における処理時間  $t$  と必要濾過面積  $A$  の関係を Fig.5 に実線で示す。同図中には 50 °C の場合について同様に計算した結果を破線で示した。同一の膜面積の場合, 温度が高いほど分離に要する時間は短くなる。このことから, チーズホエーを処理する際, ホエーの温度が低下しないよ

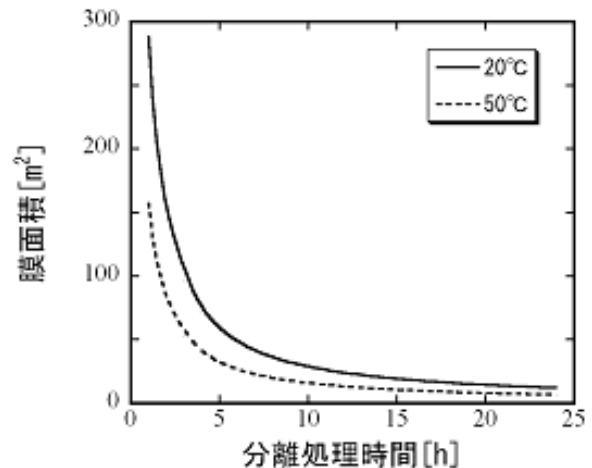


Fig.5 分離処理時間と必要膜面積の関係

うな容器構造にすることで処理時間を早くすることも可能である。

## 8 システム価格

検討結果に基づき, 2 社に分離工程の見積もりをお願いした。その結果, A 社からは 1,000 万円(車上渡し, 濾過装置のみ), B 社からは 2,300 万円(車上渡し, 貯水槽などの周辺機器類含む)が提示された。

## 9 終わりに

濃縮装置の物質収支に基づき, 特に乳糖とタンパク質の分離工程について検討した。その結果, 次のことがわかった。

- ホエー中の乳糖とホエータンパクを分離する操作として濾過操作を適用する場合, 濾過膜は分画分子量 5000, もしくは孔径 2 nm 程度とする。
- 濾過操作を行うにあたり, 最終要求品質を満たすにはダイヤフィルトレーションシステムで処理する必要がある。
- 処理ホエー 900 kg あたり約 2~3 t の無菌水が必要であり, 濾過操作後, 約 3 t の乳糖廃液が発生する。
- 濾過のみによる濃縮は困難であり, 減圧濃縮などの工程を組み込む必要がある。
- 周辺機器類が整備された施設に濾過装置を導入する場合, 設備費は約 1,000 万円となる。
- 周辺機器類が整備されていない施設に濾過装置を導入する場合, 設備費は約 2,300 万円となる。

# 太陽電池用ポリシリコンの製造と精製法の研究

## － 金属シリコン中のホウ素除去について －

世 利 修 美 <sup>\*1</sup> ・ 小 齋 邦 敏 <sup>\*2</sup> ・ 品 田 拓 <sup>\*3</sup>

### 1 緒言

本文は粗製金属シリコン (Metallurgical Grade Silicon: Si<99%, 以下 MG-Si と略記する) 中の不純物, 特にホウ素とリンを除去するための方法を提案<sup>(1)</sup>するものである。

太陽電池は太陽光エネルギーを直接電力として変換できるため, 21 世紀におけるクリーンなエネルギー供給源の 1 つとして世界で最も注目されている。太陽電池の材料にはシリコン系と化合物半導体系の材料があり, その内シリコン系の生産量は全体の約 8 割を占めている。シリコン系太陽電池の研究開発は盛んにおこなわれているにもかかわらず, 一般家庭への太陽電池の普及率は乏しいのが現状である。その原因は原料としてのシリコン供給量に問題があり, 今日まだなおコスト高の構造になっているからである。すなわち太陽電池製造のための専用プロセスが無く, 現状ではコストの高い超高純度半導体用シリコンの製造プロセスからの供給体制に依存して

いるからである<sup>(2)-(4)</sup>。太陽電池用シリコンの純度は, 半導体用シリコン純度のような超高純度の 10N~11N は必要ではなく, 7 N 程度 (Solar Grade Silicon, 以下 SOG-Si と略記する) でよい<sup>(5)</sup>。今後予想されるシリコン系太陽電池の世界的な普及に伴い, 低コストのシリコンの大量供給が不可欠になると言われている<sup>(3)(4)</sup>。このため太陽電池専用の低コストで低エネルギー, しかも低環境負荷のシリコン製造技術の研究開発が是非必要となっている。

本研究は上述のような技術的背景をもとに, 経済的で省エネルギー型のシリコン精製プロセス技術の確立を目的とした。その基礎技術の一環として, MG-Si 中の不純物を比較的低温で, しかも簡単な操作で除去可能なプロセスの提案を目的とした。

### 2 実験方法

#### 2.1 供試材および薬品

用いたシリコンは MG - Si(約98%Si)の粉末(#600)である。MG-Si の不純物含有量は Fe (3200 ~ 3800ppm), Al(1800 ~ 2000ppm), Ca (1300 ~ 1400ppm), Ti (250ppm~270ppm), B (92ppm),

\*1 もの創造系領域

\*2 丸大和光(株) 開発部

\*3 大学院機械システム工学専攻

P (26ppm) である。不純物のうちBとPだけをJIS規格の分析手法を用いて正確に測定した。Bの測定はJIS - 3105の13.2の手法を用いて行い、同じくPの測定はJIS - 3225の5.3の手法を用いた。溶媒は特級の脱水メタノール (99.5%CH<sub>3</sub>OH, 以下MeOHと略記する) を用いた。塩基性物質としては特級の水酸化カリウム(KOH)を用いた。酸性源としては四塩化ケイ素(SiCl<sub>4</sub>)と酢酸(CH<sub>3</sub>COOH)を用いた。

## 2.2 作製方法

以下の手順で MG- Si を溶かし、加水分解により二酸化珪素(シリカ)を得た。

手順①:加熱攪拌した MeOH 中に KOH を溶かす。

以下この溶液を MeOH(KOH)溶液と称する。

手順②: MeOH(KOH)溶液中に MG-Si 粉末を少量ずつ投入する。

手順③: 上記②の溶液中の MG-Si が飽和するまで、すなわち溶け残った MG-Si が観察されるまで (あるいは白灰色の固体が生成するまで) 上記の②の操作を繰り返す。

手順④: 固体と MeOH(KOH)溶液を分離する。

手順⑤: 分離した MeOH(KOH)溶液中にイオン交換水を注入する。

手順⑥: 上記⑤の溶液に酢酸を少量滴下する。

手順⑦: 上記⑥の溶液に SiCl<sub>4</sub> を滴下し、溶液 pH を不純物分離に最適な値 (約 7~10) に調整する。

手順⑧: 上記⑦の溶液を加温し、数時間放置する。

手順⑨: 上記⑧を濾過器あるいは遠心分離器を用いて、溶液とシリカ (白色沈殿物) を分離する。

手順⑩: 分離したシリカに純水を加え加温、攪拌・洗浄する。

手順⑪: ⑨~⑩を 3 回繰り返し、シリカに付着している不純物を取り除く。

手順⑫: 得られたシリカ中の B と P を分析する。

## 2.3 測定方法

原料の MG-Si 中の B と P と 2.2 で得られた白色沈殿物 (シリカ) 中の B と P を JIS 規格の分析手法を用いて測定した。B, P 分析は, B の測定では JIS- 3105 の 13.2 で, 同じく P の測定では JIS- 3225 の 5.3 を用いて測定した。なお, この分析は正確を期すため外部依託 (岸本医科学研究所) した。

## 3 実験結果

### 3.1 MeOH 中の KOH の溶解量

MeOH 溶媒中の KOH の飽和溶解量を調べた。

298K(室温), 323K, 341K (MeOH の沸点) の各温度に保持した MeOH50ml 中に KOH を 1g ずつ投入し、その飽和溶解量を測定した。具体的には投入後 10~15 分後の MeOH 中の固体 KOH の残存の有無をもって飽和溶解量の判定とした。得られた結果を Fig.1 に示す。温度の上昇と共に溶解量は増加した。50mlMeOH 中の KOH の最大飽和溶解量は 341K で約 47g を示した。

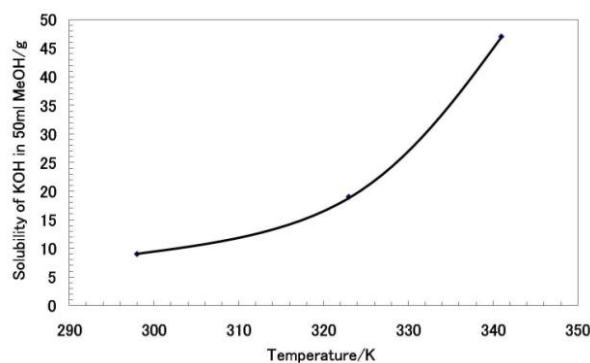


Fig.1 Relationship between solubility of potassium hydroxide in 50ml methanol and solvent temperature.

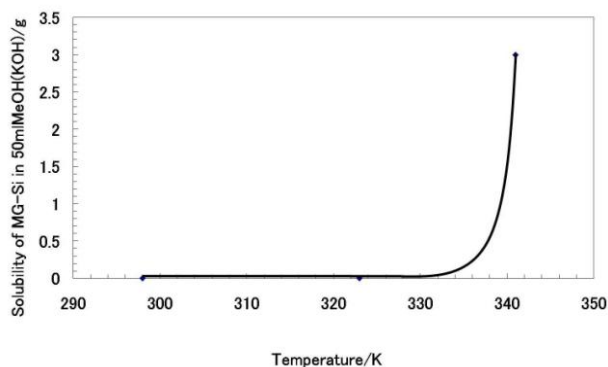


Fig.2 Relationship between solubility of metal-grade silicon in 50ml methanol and solvent temperature.

### 3.2 MeOH (KOH) 溶液中への MG-Si の溶解量

3.1 で得られた MeOH(KOH) 溶液中中で MG-Si の溶解量を測定した。具体的には 298K(室温), 323K, 341K の各温度に保持した MeOH(KOH) 溶液 50ml 中へ MG-Si 粉末を 0.1g ずつ投入しその時の溶解量を調べた。得られた結果を Fig.2 に示す。298K, 323K の MeOH(KOH) 溶液中には MG-Si はほとんど溶けない。340K 付近になると MG-Si の投入と同時に MeOH(KOH) 溶液中あるいはビーカー壁面に灰白色の固体を生成するが、その後しばらくすると液は透明になる。液温 341K では最大およそ 3g の MG-Si が溶けた。MeOH(KOH) 溶液に対する MG-Si の溶解は徐々に起こるのではなくある温度（ここでは約 341K）付近で急激に起こることが分かった。

### 3.3 白色沈殿物中の B と P の化学分析

3.2 で得られた溶液中に沈殿物が生じた場合はそれを除去し、残った液中に純水を注入し、溶液総量を 500ml とした。この 500ml の水溶液に酢酸数 ml 滴下した。その後  $\text{SiCl}_4$  液を十数 ml 滴下し、所定の pH 値に調整した。上記の操作は、強酸と強塩基の滴定であり、従って pH 緩衝能を示さないため pH コントロールは困難であった。しかし数回の実験で好適な条件を見つけることが出来た。滴定後の実測 pH が約 7~10 となった時、白色の懸濁物（シリカ）が

水溶液全体で瞬時に生じた。この溶液を約 353K に数時間加温保持し、白色沈殿物とした。その後白色沈殿物を濾過器あるいは遠心分離機で濃縮分別した。得られた白色固体を温純水で洗浄を 3 回繰り返した。得られた白色溶液は吸引濾過され、最終的に白色のシリカ固体を得た。

この白色のシリカ固体の中の B と P の化学分析を 2.3 の手法で行った。その結果、B は 92ppm から 9ppm, P は 26ppm から 2ppm に下がった。

## 4 考察

### 4.1 メタノール中へのシリコンの溶解

ケイ素はシリコンとも呼ばれ化学的に安定な物質である。しかし高塩基性水溶液には侵される。従って、シリコンを溶かすには高塩基性の環境が必要となる。しかし水溶液を用いる限り、水平化効果により  $\text{pH} > 14$  とはならない。溶媒としてメタノールを用いればその自己解離定数  $K_{ap}$  は  $10^{-16.7}$  を示すため  $\text{pH} > 14$  の環境を得ることが可能となる。この MeOH 溶媒を高塩基源としての塩基性物質が MeOH 中に溶けていることが必要となる。本文では塩基性供給源として KOH を用いた。KOH は MeOH 中で  $\text{K}^+$  と  $\text{OH}^-$  に解離するため、KOH を限界まで溶かし込んだ MeOH(KOH) は高塩基性を示す有機溶媒となる。この溶媒中にシリコンを投入すれば水素発生と共にシリコンは溶解する。

### 4.2 太陽電池用シリコンの原料供給と本法の関係

MG-Si はケイ砂あるいはケイ石 ( $\text{SiO}_2$ ) とコークスを混合し、電気炉のアーク加熱によって高温還元して得られる<sup>(7)</sup>。純度は原料の種類や品質によって異なるが、一般的に 92~98% であり、主な不純物は鉄、



アルミニウム、カルシウムである。太陽電池用シリコンの製造方法には大別し

- 1① ガス化精製法
- ② 還元炉と帯精製法を組み合わせる方法

がある。①は別名ジューメンズ法として有名であり、高純度が得られる。二段の還元プロセスを含むため更なる低コスト化には限界があり、現状以上の原価低減は困難と見られている<sup>(8)</sup>。②では原料選択に制限がついている。すなわち帯精製法ではケイ素からリン、ホウ素を分離できない制約のため予めリン、ホウ素などの不純物を低減させた高純度シリカの供給が前提条件となっている。このため、製造方法②では半導体製造時大量に放出される切粉や廃棄物（BやPを含有している）を利用できないためせっかくの高純度シリコン粉末を利用できない欠点がある。

太陽電池用シリコンの製造方法としての本法は②の方法に分類される。すなわち品質上問題となる特定の不純物元素（本文の場合はBとP）を事前に化学処理により分離除去し、高純度シリカを得る。その後得られた高純度シリカに再度高純度炭素を用いることによって還元する方法である。上記のプロセスを改めてまとめて示すと、例えば Fig.3 が考えられる。

本法は下記の利点が考えられる。

1. 比較的簡単な装置や少ないプロセス数で高純度シリカを得ることができる。
2. 373K以下の低温プロセスであり、消費するエネルギーは極めて少ない
3. 早い反応系を用いているため製造時間は短く、しかも大量に高品質のシリカを得ることができる。

4. 用いる薬品は特殊なものではなく、しかも環境に有毒生成物は発生せず安全な生産プロセスである。

本法を用いて MG-Si(約 98%Si)を精製した結果、最終的には B は 92ppm から 9ppm へ、P は 26ppm から 2ppm に減少させることができた。このシリカの純度を更に高めるには

- ① 本プロセスを繰り返す
  - ② 本プロセスと帯精製の利用
  - ③ 本プロセスとイオン交換樹脂の活用
- などが有効となるものと思われる。

## 5 結言

粗製金属シリコン MG-Si(約 98%Si)粉末を KOH で強塩基性にしたメタノール中で溶解した。この溶媒を水で希釈後、SiCl<sub>4</sub>を滴下し pH 調整の後、溶液と析出シリカを分離した。得られた析出シリカを分析した結果、不純物の B は 92ppm から 9ppm へ、P は 26ppm から 2ppm へ減少した。太陽電池用のシリコン原料として利用するための方法とそのプロセスを考察した。

## 文献

- (1) 特願：2009-33323
- (2) <http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/publications/leaflet/970602/289.html>
- (3) <http://ecotech.nies.go.jp/library/report/detail.phpid=06>
- (4) <http://www.nedo.go.jp/iinkai/gijutsu/hyouka/taiyoukou/page264-275.pdf>
- (5) <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B1%E3%82%A4%E7%B4%A0>
- (6) M. Pourbaix : Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, Pergamon Press(1966), p458-463.
- (7) 後藤佐吉：「金属の化学」大日本図表, (1971), p181~185.
- (8) 特開平 11-116233：「太陽電池向けシリコン原料用高純度シリカの製造方法」

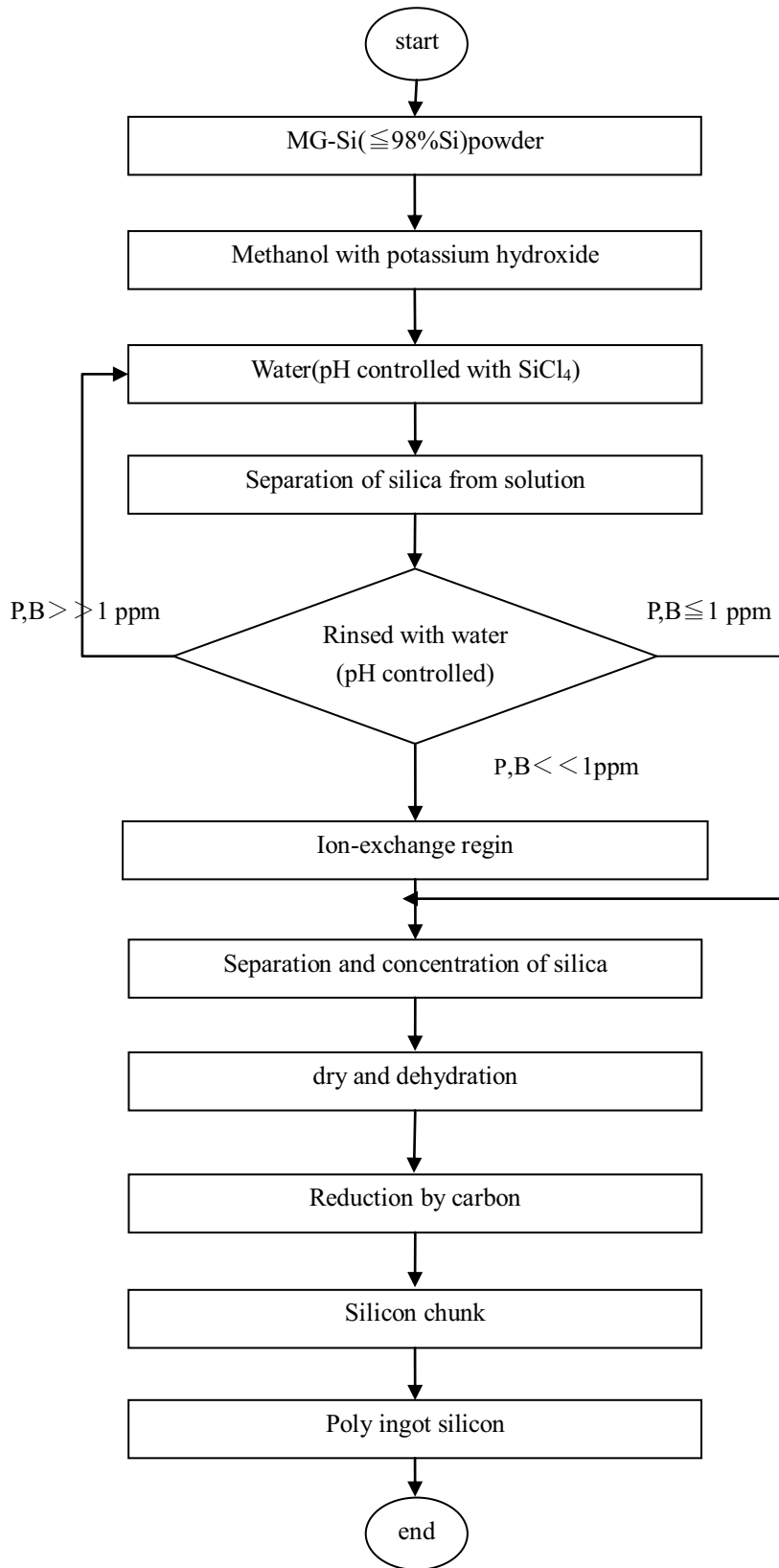


Fig.3 One example of flow charts for solar-grade silicon production process containing our refining methods

# 表面改質剤を利用した高耐久性コンクリートの開発

## —表面改質材によるコンクリートの透気性状と凍結融解抵抗性の変化—

新 大軌\*<sup>1</sup>・高橋 勝\*<sup>2</sup> 谷本 文由\*<sup>3</sup>・鈴木 好幸\*<sup>4</sup>・濱 幸雄\*<sup>1</sup>

### 1 はじめに

近年、コンクリートの補修および劣化抑制対策として、既設構造物へ適用可能で施工が容易且つ比較的安価である表面改質材が注目されている。中でもケイ酸質系の表面改質材は、コンクリート表面の組織を緻密化することにより、塩害や凍害防止、中性化抑制など総合的な劣化対策を行える材料として期待されており、ひび割れ抑制、止水性に関しては、劣化抑制効果が報告されている。しかし、表面改質技術へのニーズに対し、ケイ酸質系の表面改質材の反応メカニズムには未だ不明な点が多く、また分類、性能、効果の評価方法などの基準は十分に整備されているとはいえないのが現状である。

また北海道などの寒冷地では、凍結融解の繰り返しに対する劣化対策が求められており、表面改質材は凍害劣化抑制への効果が期待されている。本研究では、表面改質材を施工したコンクリート供試体を用いた凍結融解試験、透気試験を行い、その凍害劣化抑制効果及び表面改質材によるコンクリートの表面組織の変化について比較検討した。

### 2 実験計画および方法

使用したコンクリートは水セメント比55%のnon-AEコンクリートとした。セメントは、JIS R 5210に規定される普通ポルトランドセメント（密度3.16g/cm<sup>3</sup>）を使用した。骨材は陸砂（表乾密度 2.69g/cm<sup>3</sup>，吸収率 1.52%）および砕石（表乾密度 2.67g/cm<sup>3</sup>，吸収率 1.83%）を用いた。表1にコンクリートの調合表および練上がり性状を示す。また、普通コンクリートNを下地として表2に示す3種類の表面改質材を施工し、表面改質材を施工していないコンクリートを比較用として用いた。

凍結融解試験は、一面凍結融解試験（RILEM CIF試験およびRILEM CDF試験）により行った。一面凍結融

解試験（RILEM CIF試験およびRILEM CDF試験）はRILEMに規定されており、限界飽水度による凍害を評価するものである。RILEM CIF試験は吸水に真水を用いるのに対し、CDF試験は3%の塩化ナトリウム溶液を用いることが特徴である。本試験ではφ100×200mmの試験体を作成し、それをコンクリートカッターで切断して作成されたφ100×100mmの試験体の切断面に表面改質材を施工したものを使用した。

養生および表面改質材の施工、凍結融解試験の行程を図1に示す。

透気試験はφ100×100mmの試験体に表面改質材を塗布し、塗布面から深さ10mmに切断した試験片を用いる。含水率を一定にするため一日水中養生を行い、乾燥させた後塩化ビニルで密封する。その後、透気試験装置により3N/cm<sup>2</sup>の圧力をかけて透気量を測定し、式

$$K_A = [2LP_2 / (P_1^2 - P_2^2)] \cdot (Q_A / A_A) \quad (1)$$

$K_A$ : 透気係数(cm<sup>4</sup>/SN)       $L$ : 供試体厚さ(cm)  
 $Q_A$ : 透気量(cm<sup>3</sup>/s)       $A_A$ : 透気面積(cm<sup>2</sup>)  
 $P_1, P_2$ : 載加圧, 大気圧(N/cm<sup>2</sup>)

表1 コンクリートの調合表および練上がり性状

試験体記号	w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				練上がり性状		
			W	OPC	S	G	スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
N	55	46.8	190	344	879	998	18	3.3	24.8

表2 表面改質材の種類

試験体記号	系統	試験体記号	系統
N	—	S	シラン系
KR	ケイ酸リチウム系	KN	ケイ酸ナトリウム系

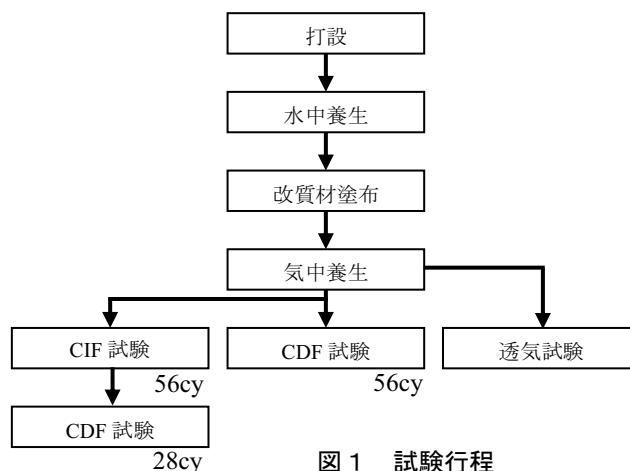


図1 試験行程

\*1 くらし環境系領域  
 \*2 (株)アール・アンド・イー  
 \*3 JFEミネラル(株) 環境プロジェクト部  
 \*4 大学院建設社会基盤系専攻

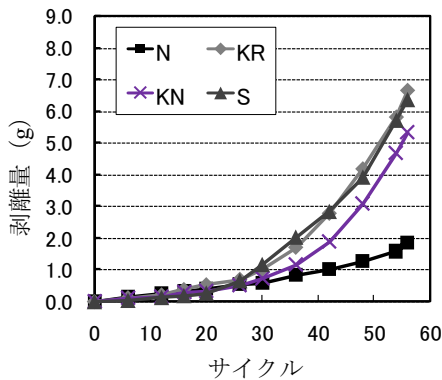


図2 CDF試験（剥離量）

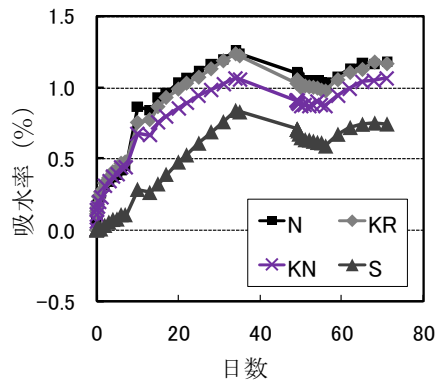


図3 CIF-CDF試験（吸水率）

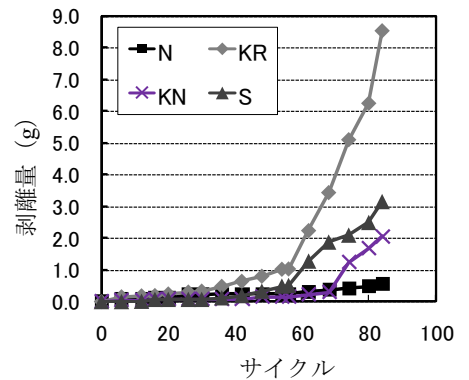


図4 CIF-CDF試験（剥離量）

により透気係数を算出した。

### 3 実験結果

#### 3.1 RILEM CDF試験

図2にCDF試験における剥離量の変化を示す。CDF試験を56サイクル行った結果では、表面改質材の種類によって剥離量に大きな差が見られる。しかし、どの表面改質材を塗布したコンクリートにおいてもベースコンクリートと比較して剥離量が上回っており、塩水での凍結融解に対する表面改質材の剥離抵抗性向上効果は認められなかった。

#### 3.2 RILEM CIF-CDF試験

図3にCIF&CDF試験中の吸水率の変化を示す。いずれの表面改質材を塗布した試験体もベースコンクリートよりも吸水率が低くなっており、表面改質材による吸水抑制効果が確認された。

図4にCIF-CDF試験での剥離量の変化を示す。CIF試験ではいずれの供試体でもほとんど剥離が見られなかったが、CDF試験開始直後からKR、S、KN、ベースコンクリートの順に著しい剥離が見られた。しかし、KRにおいては表面に脆弱な骨材があったため、そこから剥離が進んだと考えられる。

ベースコンクリートに比べ吸水が抑制され、表層を緻密化させたと思われる表面改質材において、一部剥離を促進させているものがあることは、表面改質材による緻密化がごく表層のみであると推測した場合、吸水を抑える効果は期待できるが、過剰な水圧が作用するような厳しい環境下では結果的に水分がコンクリート内に圧入されるため、緻密な表層が下層の凍結水圧の影響を受けやすくなり剥離が促進すると考えられる。

#### 3.3 透気試験

図5に透気係数の数値を示す。乾湿で比較すると、ベースコンクリート、KR、KNは湿潤状態にすることでコンクリート内部の空隙に水分が浸透し透気量が減少したと考えられる。Sはシラン系改質材特有の撥水作用により乾湿での差が表れなかった。また、乾燥状態においてベースコンクリートと比較してケ

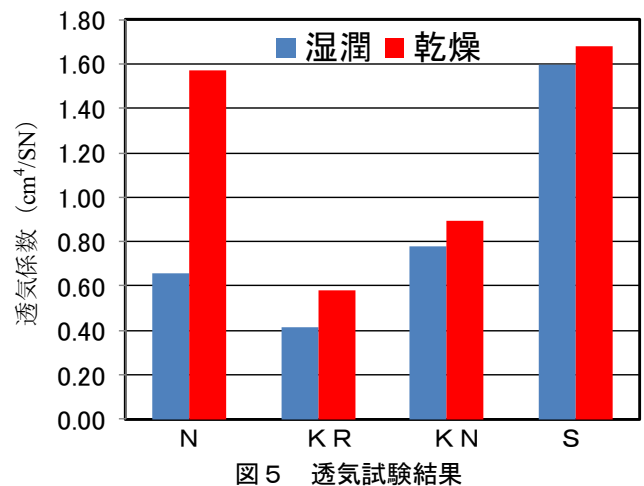


図5 透気試験結果

イ酸質系は2種とも透気係数が半分以下の値となっており、表面改質材により表層部が緻密になっていると考えられる。一方、シラン系の吸水抑制効果は撥水作用によるもので、表面組織は緻密化していないことが確認された。

### 4 まとめ

本研究の結果を以下に要約する。

- 1) CIF試験時では、すべての試験体で凍害劣化は見られなかったが、表面改質材による吸水抑制効果を確認した。
- 2) CDF試験では、塩分が作用する凍結融解では表面改質材による凍結融解抵抗性向上効果はほとんど期待できず、劣化（剥離）を促進させた。原因としては、表面改質材による表層の緻密化が、ごく表層のみの改質であるためと考えられる。
- 3) 透気試験時では、ケイ酸質系改質材によって表層が緻密になっているということが明らかになった。また、シラン系は撥水作用により乾湿での差が表れず、表面組織の変化はないと考えられる。

### 謝辞

本研究の実施にあたり、東北電力（株）・成田健氏、小山慎一郎氏、室蘭工業大学卒業生・谷野勇介氏の協力を得た。記して、謝意を表す。

**【第 21 回大学・企業技術交流会】**



# 産学連携事業フロンティア技術検討会

## 第21回大学・企業技術交流会

### 講演録

日 時：平成20年11月26日(水)14:00～17:15

会 場：ホテルサンルート室蘭 陽光の間

参加数：152名

#### テーマ 「超モノづくりへの挑戦」

#### ～持続可能なモノづくり社会と地域発展へのシナリオ～

##### プログラム

###### 基調講演

『工場改革とムダ撲滅及び中小オーナー企業の問題点』

(神鋼電機株) 代表取締役会長 佐伯 弘文 氏)

###### セッション1

『環境に優しい特殊鋼棒線材の開発』

(新日本製鐵株) 技術開発本部 室蘭技術研究部長 越智 達朗 氏)

###### セッション2

『日本製鋼所室蘭製作所における風力発電事業』

(株)日本製鋼所 理事 唐牛 敏晴 氏)

###### 特別講演

『モノづくりのパラダイムシフト ―制約条件を乗り越えて―』

(モノづくり推進会議主事・日刊工業新聞社 代表取締役社長 千野 俊猛 氏)

**司会** 「超モノづくりへの挑戦 持続可能なモノづくり社会と地域発展へのシナリオ」をテーマに、室蘭地域産学官連携事業実行委員会とモノづくり推進会議と日刊工業新聞社の主催で実施するものです。

ここで、企画主催である、モノづくり推進会議についてご紹介をさせていただきます。

モノづくり推進会議は、モノづくりにかかわるたくさんの方々をつなぎ、モノづくりの未来を展望、新たな価値を生み出すプラットフォームの役割を担うことを目的として設立した団体で、日刊工業新聞社が事務局を務めさせていただいております。モノづく風土、文化の醸成、人口、環境、資源など、制約への対応をテーマに、持続的に成長可能なモノづくり社会、世界か

ら尊敬される日本ならではのモノづくり文化の醸成を目指しています。詳しくは、お手元の資料をご参照ください。

本日は、お手元のプログラムのとおり、「超モノづくりへの挑戦 持続可能なモノづくり社会と地域発展へのシナリオ」をテーマに、基調講演、2つのセッション、特別講演と4人の講師の方に講演をお願いしております。

開会に当たり、主催者を代表いたしまして、室蘭市長、新宮正志よりご挨拶を申し上げます。

**新宮** 皆さんこんにちは。ご紹介いただきました地元の市長の新宮正志です。今日は、この室蘭市が開催地になりまして、地域活性化シンポジウムが開かれます。遠いところ、講師の先生を初め関係の皆様多数ご出席をいただきました。このように盛

会にできましたこと、心からお礼を申し上げたいと思います。

室蘭は、モノづくりの町として、そして、今は環境産業拠点都市を目指しております、そういう中で、地元の企業が100年の歴史の中で培ってきた技術、そして、それを支えている中小企業、大学、あるいは、テクノセンターなどが中心になって、将来にわたる持続可能なモノづくりの町を進めているわけであります。

今日は、そういう中で、日刊工業新聞社の中にありますモノづくり推進会議が参加をいただきました。この推進会議は、今ご紹介ありましたように、全国においてモノづくりの推進のためのシンポジウムや各種研究会などを開かれておまして、非常にモノづくりに対する熱意というものを披瀝していただいている、大変室蘭市にとっても心強い機関であります。その中には、トヨタ自動車やパナソニックなど大きな会社が名を連ねているわけでありまして、このことを受けて、室蘭市が会場としてエントリーを受けたことは、市民にとっても、関係者にとっても大変有意義であって、名誉なことでもあります。

今日は、基調講演として神鋼電機の佐伯会長さん、そして、日刊工業新聞社の千野社長からも特別講演をいただきます。そのほかに、地元の新日鐵の部長さん、また、日本製鋼所の理事さんも来られまして、いろいろとお話を聞くわけですが、さまざまな立場の中でモノづくりのことについて詳しくお話を聞けるという大変有意義な会議であります。

そういう中で今日は期待をいたしているところでありますが、最近、アメリカの金融危機に端を発して、世界的に進んでいる経済減速で、この室蘭にとっても前途また厳しい波が押し寄せてくるのではないかと危機感を持っております。しかしながら、そういう時こそ、モノづくりに対する情熱を持って、どんどん前に進むということも大事ではないかと思っております。今日のこの会議はそういった中でまた新しい意欲を持ってモノづくりに向けて行ける、元気の出る会議になるだろうと期待をいたしております。どうぞ最後までよろしくお願いいたします。

終わりにになりましたが、今日は私ども、産学官連携の中で日ごろから力をいただいております室蘭工業大学の関係の方々、また、テクノセンターと一緒に、フロンティア技術検討会というのを毎年行っておりますが、お集まりの皆さんの日ごろの温かいご支援に心から敬意と感謝を申し上げて、開催地の市長としてご挨拶にかえます。

今日はどうもありがとうございます。

## 1【基調講演】

**司会** 続きまして、基調講演に入りたいと存じます。

「工場改革とムダ撲滅及び中小企業オーナー企業の問題点」をテーマに、神鋼電機株式会社代表取締役会長、佐伯弘文様よりご講演をいただきます。佐伯様は、2000年に神鋼電機社長にご就任され、神戸製鋼所時代に複数の事業部を立て直した手腕をもって短期間に神鋼電機を再生、2007年6月より会長職をお務めいただいております。現在もなお工場に毎月足を運び、現場主義を実践されています。

**佐伯** 皆さんこんにちは。ただいまご紹介にあずかりました神鋼電機の佐伯でございます。

今日こういう重要な会議で基調講演をやれと言われて、実際どんなことを申し上げていいのかよくわかりませんが、今日のテーマに対しまして、今から申し上げることが果たしてどんぴしゃ当たっているかどうかよくわかりませんが、間接的には絡んでいることだろうと思っています。

私は経営学者でもなければ、評論家でもありませんが、現場のたたき上げの人間としての実践論的なことを中心にお話を申し上げたい、そのように思います。

まず、私は、今から10年ほど前に、神戸製鋼の機械事業本部長、カンパニーの社長から、子会社の神鋼電機の社長にいわゆる天下ったわけでありまして。当時は、神鋼電機というものは非常に名門企業だったのですが、昔のゼロ戦とか、あるいは、戦艦大和の電気品はすべて神鋼電機が供給をしておまして、昔は3万8000人ぐらいの従業員を持っていた大企業であったわけでありまして。

ところが、まずい経営をやった結果が、今では3000人ぐらいの中堅企業になり下がった。一体なぜこんなことになったのかということには、いろいろ原因があります。

当時の神鋼電機の状況はどうであったかと申し上げますと、まさに倒産寸前でありました。実質は倒産していたのです。時効だから申し上げますが、かなり粉飾決算をしておまかしておったというのが事実であります。私も神戸製鋼の時代に、いろいろな機械業務の中にいろいろな本部がございました。例えば、コンプレッサー本部とか、製鉄機械本部とか、化学プラント本部とか、いろいろな本部がありまして、ほとんど大体経験いたしておりますが、言えることはすべて不況の企業あるいは、不況の事業部というものは内部に原因がある。ところが、また共通していることは、その内部における連中が何を思っておるかといいますと、原因はすべて外部にあると、責任を外になすりつけておる。円高だとか、不景気だとか。何も円高、不景気は神鋼電機だけに来ている問題ではないのです。

そういう皆同じ環境の中で戦っていても、ちゃんと利益を出しておる会社もあれば、我が社のように不振のきわみの会社が

なぜできるのかということを考えずに、すべて人のせいにする。大体これは全部共通しています。結局、やるべきことをやらずして、やってはならないことを山ほどやっておる。例えば、やるべきこととは何なのか。新製品の開発であるとか、工場を改革するとか、そういうことをやらずして、目先の粉飾決算みたいなことばかりやっておるといったのが事実でありました。

結局、ずっと不況で赤字続きで、無配だったものですから、社内はどういう雰囲気かという、ここにありますように無気力で、投げやりで、無責任、親会社頼み、問題の先送り、前例主義、役所のごとき規則づくめ、出る杭は打たれるというような、何と申しますかやる気が全然ない、活気のない職場であったことは事実であります。ただ、私が就任して1週間もしないうちに、こういう点がいっぱい目につきましたから、これは考え方によっては全部利益に変わる宝の山だと。一番困るのは、何が原因だかわからぬのに業績が不振である、これが一番困るのですが、こんなばかなことを山ほどやっておれば利益なんか出るわけがないということで、問題点がいっぱい見つかりましたから、これは必ず黒字化できる。

私は、内心は半分ニヤリと喜んでいて面もあります。これは別に自慢するために書いておるわけではないですが、赤字の線、これはずっと赤字の経常利益です。

私が就任したのは2000年です。ここからぐっと間違いなく利益はふえていきまして、売り上げは一部企業を売却したり、赤字の部分売却したり、M&Aをやったりしましたが、ずっと黒字化を達成いたしました。2年後には復配をいたしました。結局、何を先にやったかといいますと、とにかく規律のある会社にしなればいけない。要するに、一言で言えば、だらしのない会社だったのです。あらゆることがだらしがありません。無責任で、だれに責任があるのかはつきりさせないということで、とにかくきちんとした規律のある会社にしなきゃならん、組織にしなきゃならんということで取り組んだわけです。

そのために、問題点を明確にして、責任を明確化して、それから、具体的な再建策というものを明示して、何年後には必ず黒字化するぞ、そして、復配をする、ボーナス、給料を上げるぞということを具体的に示しました。

人間というものは、いつよくなるのかわからず、ただ単に頑張れ、頑張れと言ったって頑張れるものではないのです。あと2年間だけは辛抱してくれとか、1年間だけは辛抱してくれと言えば、皆納得してやりますが、いつのことやらわからんというようなことをやった場合は、絶対に従業員はやる気を起こさない。

その他、信賞必罰人事というものを徹底的にやりました。やってはならんことをやったやつは二階級降格、きちんとしたやつは二階級特進。それから、昇進とか昇格につきましては、一

切差別しなかった。例えば、私が行きましたとき、高卒は50歳以上になったら、幾ら能力があっても課長にはしない。そういう規則があったのです。これは逆に言えば、高卒は50歳以上になったら働くなと言っておるのと同じなのです。なぜそんなばかなことをやっておるかという、親会社からの指示でありました。それで、そんなことは関係ないということで、全国の有能であるにもかかわらず不遇をかこっておるやつを全部調べ上げて、全部課長に昇格をいたしました。もちろん、あきらめておった連中が突然、課長に昇格したということは、本人も喜びますが、同じゾーンに属しておる連中も、チャンスが出てきた、今までとは違うということで、非常にやる気が出てきたことは事実であります。

このように、やはり人事というものはフェアにやらなきゃいかん。学歴とか、年とか、性別で差別というのは愚の骨頂だ、こんなことで組織が動くわけがない。そういうことを行いました。

その他、隠し事とか、形式的でムダの多い、役所みたいな会社でした。書類、書類、会議、会議の連続で、とにかくばかなことをいっぱいやっていたんですよ。それで、全部ゼロベースに置きかえて、本当にこの会議が必要か、この書類が必要かを全部見直しました。例えば、ばかの極みの話ですが、東京の本社に、全国の営業マンの使うタクシー使用をチェックする女の子を1人派遣社員で450万円で置いているのです。そんなもの東京において調べてどうなるんだ。それぞれの札幌営業所とか九州営業所がチェックすればいいことだ。450万円も払いながら、年間どれだけ不正を見つけたのかといえば、たった20万か30万だった。これは、人事部が、私らは仕事はちゃんとやっておりますよというデモンストレーションをやっておるだけであって、コストパフォーマンスなんか何も考えていない。こんな例がいっぱいあったのです。

結局は、後ほどまた申し上げますが、改革をやるということは、前任者否定なのです。前任者否定という精神を持たん限り、改革なんかできないですよ。ですから、後ほどまた言いますが、すぐれた業績を上げた人間というものは、ほとんどが傍系から出た人だと、経営学者の調査ではそういうのが出ています。主流派から出た経営者は、素晴らしい業績はなかなか上げられない。それはなぜかといいますと、同じ主流派という渦の中に巻き込まれていて、問題点がわからない。あるいは、わかっている、同じ人脈の中におりますから、前任者を誹謗中傷するような結果になる前任者改革、革新は遠慮があつてできないのです。したがって、改革、革新ということは、前任者を否定する勇気がなければいけないということだけは、どこの企業においても言えると思います。

それから、なぜ当社は成績不振が長年続いたかといいますと、

ずっと見ていきますと、根本は天下り人事にある。要するに、今は違いますが、当時の親会社は神戸製鋼でありました。神戸製鋼からは、何も機械に関係のない、鉄とかアルミとかいろいろな事業部から天下ってきている。これは、適格性で人事をやっているのではないのです。「ご苦労さん人事」と私は言っているのですが、結局、格で人事をやる。あの人は副社長、専務だから一部上場企業に持っていかんといかん、彼は平取だから非上場の会社でいいじゃないか。すべて先輩、あるいは、同僚の格から処遇を決めていって、天下れる側の子会社の立場は何も考えていない。そんなことをやって企業がよくなるわけがない。何もわからん人間が、いきなり六十何歳でヘリコプターで飛びおてきたような格好で、翌日から社長としてリーダーシップなんか取れるわけがないですよ。結局、1~2年は何もできない。4~5年になると、最後はレームダックになって、部下もどうせあの人は来年やめるだろう、難しい問題は全部先送りして。ここに書いておりますように、もう天下り人事は、結局期限が決まっていますから、長期戦略なんか立てない。ややこしい問題はすべて先送りして、事なかれ主義でやる。

それから、研究開発費は使わない。なぜならば、研究開発費のコストというものは自分の任期中に経費として落とさざるを得ない。要するに、利益が減るわけです。ところが、その成果というものは後任者のものになることははっきりしている。ですから、研究開発に対して極めて不熱心である。新規設備投資も極力やらない。なぜならば、減価償却費が自分の任期中に発生していくからであります。それから、短期間に成績を上げようとしますと、赤字の部門を縮小均衡するのが一番いいのです。要するにやめてしまえばいいのです。そうしますと、赤字が直ちになくなって、そこの人間をリストラすれば、効果は一目瞭然、すぐ出ます。ところが、長期のことをやろうとしますと、成果が出るまでに非常に時間がかかる。本当に新しい事業が成功するかどうか確信が持てない。そういうことで、ほとんどの企業は短期決戦の縮小均衡でもって黒字化、成績を上げようとする。これは人間の性として当たり前のことです。これをどうシステムで防ぐかということが非常に大事なことだと思います。

いずれにいたしましても、我が社の場合は、先輩の悪口を言うようではありますが、何の知識もないやつが天下ってきて、何の指示を出していいかわからない。それで結局、頑張れだの、コミュニケーションをよく取れだの、愚にもつかんような精神論ばかりぶつわけです。下は下で、皆上をばかにしていますから、どうせ短期間だ、ボトムアップは出ない。トップダウンもなければ、ボトムアップもなかったら、企業なんか衰退していくに決まっておるわけです。

これが本当に、天下りが企業不振の最大の根本原因であると私が結論づけた根拠ということになります。

それから、非常に職場が荒れておりました。実に汚い。トイレにしる、あるいは、職場にしる、あるいは、食堂にしる。これが人間の食事をするところかということで、まず、人間の人間らしい尊厳の原点たるトイレと食堂を、どんなに金がかかっても全部やりたい。まずそういうものをきちんと、人間らしく社員を扱わずしてプライドもへちまもないということで、随分金をかけてやりました。当時、人事担当常務は、そんな金を使えば、組合から、そんな金があるならボーナスとか給料をもっと上げてくれと必ず文句が出ますから、できたらやめてくれませんかというようなことを言ってきましたが、そんなことはない。人間としての最低限の尊厳とプライドを維持するには、トイレ、食事という最も重要な食堂をちゃんとやるのが当たり前のことだということでやりましたが、従業員、組合からもクレームなど一切出ずに、皆大変喜んでくれました。やっと自分らを人間らしく扱ってくれるということで、大変喜んでくれたことは事実であります。

最初に取り組みしたのは、ここに書いてありますように、工場改革運動とムダ撲滅運動というものをやりました。

それは、今から10年前、皆さんご存じのように、まさに不況のどん底で、神戸製鋼の株が42円、我が社が八十幾ら、もう倒産寸前だったのです。

そうしますと、不況ですから、外部から注文をたくさん取ってきて業績を上げようといったって、そんなものは無理です。結局、内部の改革をやることこそ一番の手っとり早い手法である。ちょうど今、よく似た経済情勢になって来ております。私はよく講演で聞かれるのですが、佐伯さん、今後どんなことをしたらいいですかと言うから、内部固めだ。内部固めの絶好のチャンスだから、外部に期待できない以上は、内部をきちんとして、ムダを省いて、利益を出す絶好のチャンスだと私はいつも答えるようにしておりますが、当時もまさに同じ状況だった。不況のどん底で、本当に仕事がなかったということです。

それで、社内を見渡しますと、ムダが山ほどある。先ほどのタクシーチケットチェック係なんてばかなことをやる。類似したことはいっぱいありました。

それで私は、まずこういうムダを全部省こう。考え方の根底は極めて簡単なのです。おまえさん、自分の金ならそんな使い方しますか、会社の金だと思ふからいい加減な使い方をしとらんじゃありませんか。だから、会社のムダというのはどういふのがあるといひますと、全くの純然たるどぶ捨てのムダと、組織運営のムダ、会議だ、書類だ、そんなことばかりやっておる。あるいは、調達コストが甘いか、いろいろありますけどぬ。こういうあらゆる面からムダを省いていこう。もう1つは、私がムダ撲滅運動を始めた理由は、社員が残業、残業で、へとへとになっているのです。それはムダ仕事をいっぱいやらせてい

るからだというのも1つの原因だということです。

何も我々は仕事をするために生まれてきたんじゃないんですよ、個人の生活もエンジョイして、ライフワークバランスと言いますが、社員の健康も守らなきゃならんという思いで、ムダを徹底的に省こうということに取り組んだわけでございます。

その結果、全社員にムダの提案制度というものを行いまして、提案しないのは出社に及ばずということで、必ず提案をするようにいたしました。

結果といたしまして、本年の4月現在、提案件数4万2500件、過去の累計です。そのうち、採用しましたのが2万3000件。それに対しては、20万円とか15万円とか、惜しみなく報奨金を与えるようにいたしました。その結果、今、年間で約44億円のムダが累積してきております。

1回ムダをやめるということは、その後ずっとそのムダをやめるということでありますから、そういうものをためていきますと、来年は46億円ぐらいになるでしょう。そういうことで、これがなかったら私どもも復配はできていなかっただろう、そのように思います。

これは一つの例ですが、どういう提案をしたらこうなるかということで、以前はこうだった。改善したらこうなって、効果はこうで、お金はこれだけ、年間118万円のコストダウンです。これに対しては、鉄賞、銀賞、金賞といろいろあるのですが、こういうのを毎月、事務当局がつくり上げて表彰をして、彼らが提案を出してくれるように具体論でインセンティブを出すようにいたしております。

ムダというものはどういうものかというのを、今から具体的に申し上げます。あらゆる部門にムダはある。特に人事・総務系がひどい。この中に人事・総務系の方もおられるかもしれませんが、金もうけしたことのない人事・総務というのは、金もうけする、利益を出すということがいかに大変かの認識が非常に薄い。そのために、ここに書いてありますように、例えば、2番目のいろいろな団体に加盟しているのです。いつから加盟しておるんだ、30年前からです。年15万円ぐらいですからどうってことないじゃないですかと言う。ところが、積もり積もると1億円のそういう会費がある。見直した結果、やめても痛くもかゆくもないのが1億円あった。即刻これは全部やめました。

あるいは、大阪証券取引所、名古屋証券取引所、東京証券取引所、3つの証券取引所に上場しているのですが、調べてみますと、大阪と名古屋の取引額は東京の1日分にも該当しない。こんなもの上場しておる意味がない。即刻廃止です。そうすると余計な上場経費は要らない。株主からは何のクレームも来ませんでした。あるいは、名刺の裏に外人と何の関係もない連中が裏表日本語と英語を刷るのが当たり前だと思っている。ところが、細かいことを言うようですが、裏と表へ刷れば倍かかるの

です。それで、英語に関係ない、海外営業部員以外は全部名刺の裏刷りをやめました。それだけでもものすごく金が減るので。私が出した本を読んで、埼玉県知事も、名刺の裏刷りは全部英語をやめちゃった。370万円セーブしたと産経新聞に出ていました。

こういう、細かいことですが、使いもしないようなノベルティだ、カレンダーだ、手帳、毎年同じように、みんな紙くず缶に捨てられているんですよ、こんなものは。全部こういうものをやめました。

それから、設計部門。ペイントなんか下塗り、上塗り、何ミリ、2回塗るとか3回塗るとかある。こんなものいつ決めたんだ。昭和18年ごろからずっとやっています。全部そういうのを見直ししたら、2回も3回も塗る必要はないというようなこと。あるいは、ペイントの種類も、職場ごとにみんなマンセルナンバーが違う。同じ赤でも職場でちよつとずつ全部違う。そうしますと、たかさんのペイントを買わないと、その調達及び管理するのに大変な労力を使っているのです。それで、赤は1色、黄色は1色というふうに、全社統一をいたしました。

そういう小さなことですが、いろいろなものが重なりますと、莫大な金になる。例えば、雨の日のスプリンクラーなんて漫画みたいな話ですが、アルコールがありますよね。機械類を洗浄するのはアルコールだというのは、明治時代からの常識になっています。しかも、100%純粋アルコールであると皆思っていた。ところが、うちの職場の連中から、90%アルコールでもいいんじゃないかという提案が出てきた。実際やってみたんですよ。何ら効果は変わらない。ところが、酒税、酒の税金というものは、100%、90%、80%で大違いなのです。結局、全部90%以下の、変性アルコールと呼んでいるそうですが、それに切りかえただけでも500万円ぐらい。

あるいは、下から2番目の、各種法定検査、これは今まで全部社外の専門業者に出していたのです。水質検査、消火器検査、圧力ボイラー、こういうのは全部、専門の国家試験を通った人間の検査が毎月必要なのです。それを、今まで全部外部へ出していたのを、社員に全部資格を取らせて、今は全部社員かやっています。ほとんど金はかからない。

こういうことを言い出したら、幾らでもあるのです。甲子園のナイターでもあるまいに、駐車場を明るくしたり、よくこれだけムダをやったと思うのがあります。

いずれにしても、ムダ撲滅というものは、企業にとっては永遠のテーマであるというふうに思っております。

昔から日本人は、労を厭うなどというのがあたかも美德のように言いますが、私は徹底的に労を厭えと言っております。意味のない労なんて厭うという精神がない限り、合理化、ムダを省くということなどいつまでたってもできない。

今度は、もう1つやりましたのは、工場革新運動。これは、トヨタ系のコンサルタントを導入いたしました。診察の結果、工場の管理体制、あるいは、品質管理体制その他をレベル1からレベル5までにつけるそうですが、1というのは幼稚園レベル、2というのは小学生、ずっと上がって行って、5というのは大学生という意味です。6、7が大学院。診察の結果、何と言われたかということ、0.1です。要するに、幼稚園の1にすらも達していないほどひどい。それで、コンサルタント会社は、最初は引き受けたのですが、1カ月ほどしまして、こんなにひどいのはヌカに釘だ、幾らやったってよくなる見通しが無いので、やめさせてくれ、自分の会社の名誉と信用にかかわるからと言ってきたので、何を言っているか、だめだから頼んだんじゃないかということで、説得をして、引き続いてやってもらうことになりました。

その結果、今はトップのレベル5にまで達しております。最初は、なかなかエンジンがかからなかったのですが、1年ぐらいたってからエンジンがかかってまいりました。なぜエンジンがかかってきたかといいますと、要するに、工場改革とかムダ撲滅というのは余計な仕事だという意識がものすごくあるのです。どこの企業もそうだろうと思いますが、そんなものは本業じゃない。それで私は、これは本業の一部である、したがって、これに熱心でないやつは必ず人事降下でもって処遇を決める。それを間違いなく取り入れました。

各人に対して業績評価を見せて、おまえは従来の基準で行けばボーナス査定はAクラスであるけれども、職場の評価は工場改革、ムダ撲滅に極めて不熱心であるという評価だから、2ランク落としてCだ。その逆もありました。

そういうふうにはっきり言えば、非常に嫌らしいやり方ですが、ポケットに直結したことをやったのです。そうしますと、みんな人ごとでなくなってきた。自分の出世、昇進、あるいは、ボーナスに響くとあらば、これは嫌でもやらざるを得ないということで、非常に真剣になってきたことは事実です。こういうやり方は感心したやり方ではありませんが、スピードを上げてやるというときは、これが一番手っとり早いということです。

いずれにいたしましても、今までは問題が起きると対処療法で乗り切ろうとするのを、すべて根本治療でもって対処する。一時的には対処療法で乗り切るよりしようがないですが、いつまでたっても対処療法で問題が解決したと思っただけは大間違い。すべて数カ月以内に根本治療を徹底的にやるということベースとするということでやってまいりました。皆だんだんそういう意識が変わってきたことは事実です。

今度は、なぜ納期が非常におくれたりするのかということ調べてみますと、図面が現場に流れてくるのが非常に遅い。担当者が出張したり、クレームに追われたりして、図面がだめだ。

あるいは、若手社員が経験不足によって、未熟さゆえにケアレスミスが起こる。それで、70近い、65以上で定年退職した昔の設計部長を全部再雇用いたしまして、いわゆるOBチェッカーと称して、各設計部に配置いたしました。そして、課長、部長が見た図面をもう一度ベテランの昔の設計部長に見させるようにしました結果が、ものすごい数のミスが出てきた。今まで、それが全部、職場に直行していたのです。毎月、今でも1000件ぐらい出ています。これは私の予想外だったのですが、ミスだけ見つけようと思ったにもかかわらず、1000件のうち500がミスで、500が改善提案なのです。やはり70歳近いOBですから、図面はミスではないけれども、こうしたほうがもっと安くつくれるのではないかとか、こうしたほうがもっと性能がよくなるのではないかと改善提案まで出てきた。これが半分半分、50、50。大体年間1万2000件のうち、6000件がケアレスミスの発見であり、6000件が改善提案であります。その結果、大幅にクレームが減りまして、納期もものすごくおくれることが減ってまいりました。今、OBは、図面だけではなくに、品質チェッカー、現場チェッカー、検査チェッカーといろいろな部門に配属していますが、全部で今26人ぐらいおります。この人たちは本当によくやってくれています。週3日でもいい、あるいは、午後だけでいいと言っても、毎日来る人もいます。夜中11時まで残業してやる人もいます。要するに、お金じゃないのです。後輩を指導することが生きがいとなって、また、こういう制度を導入したことによって、60近い定年の人たちも、きちんとやれば再度こういう職業に就けるということで、随分皆の目の色が変わってきたことも事実であります。

それから、もう1つやりましたのは、工機保全部の設立です。これはどの職場にも、皆と協調して仕事ができない人というのがいるのです。何も能力がないのではないですが、社交性がないとか、人づき合い下手であるとか、ここだけの話ですが、はぐれカラスみたいな人が必ずいるのです。こういう人たちがぶらぶら職場でやられると非常に迷惑する、引き取ってくれという人が非常に多かった。そういう人たちを全部かき集めて、工機保全部、営繕部というものをつくりまして、最初は芝刈りとか、道路の舗装とか、ガラスが壊れたら直すというのをやっていたのですが、今やこれが花の工機保全部と言われるほど発展いたしまして、社内の自具、簡単な工作は今、全部彼らがやってくれる。一晩でも、徹夜作業してでも、こういう自具をつかってほしいとか、こういう工作機械が壊れた、直してくれとか、全部社内でするようになりました。そのために、非常にスピードが上がった。それから、コストが下がった。今までは全部外注にやっていたのです。それを全部社内でするようになった。相見積もりを取る必要もないし、価格ネゴをする必要もないということで、本当にこれは人材活用というか、人は使いよう



は言いますが、あれだけ職場で皆から嫌われておった人たちが、今では嬉々として仕事をやっている。そういう意味で、皆さんの会社にもきっとあると思いますよ。持て余し者と言われる。彼らは決して無能ではないのです。要するに、人づき合いが下手といえますかね。はまれれば、ものすごくよく仕事をするという事で、ぜひこれをお勧めしたいと思います。

今、モノづくり、人づくり、技術伝承が問題になっておりますが、私どもも全部、各ベテランに3名ぐらいの新入社員を割り振りいたしまして、教育の責任を取らせるようにしております。ただ漠然と新入社員を訓練してやってくれと言ったってだめなのです。だれそれにはだれそれをつけて、どういうプログラムでもって技術伝承を行うかということをしきんと出させて、それによってまた教育に当たる人間の人事査定も行っております。

それから、これは余り大きい声で言えませんが、よく最近、3年経てば3割新入社員はやめると言われていますが、この大きな原因は、私はコミュニケーション不足だと思っています。昔はもう少し余裕がありまして、私らが入社したころは、銀座、赤坂、六本木、毎晩行っていました。上の課長、部長、連れて行ってくれました。不況になって、経費節減ばかりが優先して、そういう職場でのコミュニケーションというものが非常に軽んじられてきた。したがって、上下関係の人間的つながりというものが非常に薄れてきたというのが事実であります。これが転職の大きな原因になっている。彼らは、やめるときは、給料が低いだの、将来性がないだのと、建前論のきれいごとと言いますが、本音はそんなことではない。やはり人間として非常に寂しいというのが大きな原因になっておると私は見えています。いろいろな若手から聞きますと。だけど、そんなこと言えないから、将来性がないだの、給料が低いだのと、一見もつもらしい理屈をつけてやめますが、やはり人間関係の濃さがなくなったことが離職の大きな理由になっておる。1人やめられますと1000万円のロスなのです。3年間で1000万円どころか、1500万円ぐらいロスしている。それで今、各職長に金を与えて、毎月部下を連れて飲みに行け、金は全部会社が面倒見るからということでやっています。今4000~5000万円使っていますが、安いものです。3人やめられたらこれぐらいの金はとっくに返せる。別にそういう嫌らしい意味でやっているわけではありませんが、やはり職場の人間関係は、昔のような日本的、伝統的な人間関係を構築すべきだと、私はそのように思っています。

一方ではムダをやめるやめると言いながら、こんなムダやってるじゃないかと思われるかもしれませんが、私はこんなものは決してムダだとは思っておりません。ケチとムダとは絶対違うということです。今どうなったかといいますかと、各職場にマイスターと称する改善運動の中心人物を2~3名アポイントし

まして、彼らが中心になって改善をやっています。

今、各職場に、上から言ったんじゃないです。彼らみずから3~4名でチームを組んで、自主研究開発チームをつくって、現在、72チームが各職場で活躍しております。そして、自分らの職場の問題は一体何なのかというのを、自分らで問題点を摘出して、6時以降職場、あるいは、土日、会社の寮に集まって、かんかんがくがく、どうしたらいいかというのをやっています。

結局、人間というのは、前向きなことは楽しいのです。どんどん職場がよくなっていく、あるいは、改善されていく。クレーム処理のような後ろ向きな話じゃないですよ。したがって、改善ということが非常に楽しいと皆思っています。72もの自主開発チームというものできたということは、根づいてきたなということで、私は非常に喜んでおります。

それで、こういう講演会をやりますと、いつも決まって言われることがあります。それは、私の会社も同じことをやっているけれども、なかなか効果が上がらない、どうしたら本当に効果が出るのでしょうか、こういう質問が非常に多いのです。

それは当然のことだと思います。どの会社だってやっているのです。

僕がいつも答えているのは、この4つです。

1つは、トップがとことんやり抜くという熱意をずっと持ち続けること。

2番目、専門部門を設置する。うちはちゃんとした工場改革推進室というのを各工場に置いております。これらが常にチェックして、今どういうテーマがどの部門で研究され、改善されるか、毎月統計を取って、全社に張り出してあります。したがって、怠けておる部門は一目瞭然になるようなシステムを取っておりますから、いい加減なことは絶対できない。それから、前にも申し上げたように、余計な仕事ではなくて、メインジョブの一部なんだぞ、これを怠けるということは、メインジョブをちゃんとやっていないというふうに、4番目の人事処遇に絡めております。

そういうことをやりますと、やはりみんなきわめて熱心になるようになっていきます。余りやりたくない、嫌らしい面もありますが、しかし、これをおやりになれば、間違いなく改革運動というものを皆、本腰を入れてやるだろうと私どもの経験から申し上げることができると思います。

こういうことで、親会社から独立して、親に頼らず、すべて生きるも死ぬも自己責任ということで申しております。今までは、ちょっと悪くなると、会社からカンフル注射を打つ。カンフル注射を打つと、一時、2~3年はもつ。内部改革は全然進まない。どんどん悪くなる。

私のところは今や神戸製鋼の子会社ではありません。神戸の株式が非常に減りまして、今や完全な独立企業となって、親会

社はおりません。

その他いろいろ、不振事業部を売り飛ばしたり、新しいメーカーを買収したり、M&Aを随分やっております。来年から名前を変えまして、シンフォニアテクノロジー、よくおわかりにならないと思いますが、技術の響き合う会社という意味で、ギリシャ語から取った言葉でございます。

次に大事なことを申し上げますが、やはり経営者にとって、あるいは、管理職にとって一番大事なことは何かといえば、よく言われることですが、「人間学」なのです。ある学者の説によりますと、人間の能力を種類別に分けますと、140ぐらいになるそうです。そして、学力というのは3分の1だと。いわゆる試験科目になり得る能力というのは3分の1。例えば、どうかと申しますと、漢字を幾ら知っているとか、英単語がどうかとか、数学が何問解けるか。これを計測可能な能力です。ところが、計測不能な能力が3分の2ある。それはどうかと申しますと、人への思いやり、親切心、抱擁力、決断力、美的センス、音楽センスとか。数えたら切りがないほど、いろいろあるわけです。

結局、優秀な大学を出ても偉くならん人はいっぱいおる。私の会社にも東大出がおりますが、だれ一人役員になっておりません。いわゆる二流、三流大学出が全部役員になっております。それはどうかと申しますと、結局、計測不能の人間力に属する3分の2の能力がすぐれているからだ。ところが、3分の1で学力が優秀で、優秀な学校を出た人は、3分の1ですぐれているにもかかわらず、まるで残りの3分の2も自分はすぐれておると錯覚している。結局、人間力、あるいは、人間の能力というのは、最後は3分の3の勝負だということがわかっていない。したがって、3分の1がすぐれておるからといって、残りの3分の2もすぐれているとは限らない。むしろ逆のケースが多い。あの人は優秀な学校を出ているけれども、人間が冷たいとか、包容力がないとか、決断力がないとか、いっぱいそういう例はありますよね。だから、3分の1にすぐれていなくても悲観することはない。残りの3分の2で補えばいいのであって、結局、3分の3、これが人間の勝負なのだということだけはよく理解しておく必要がある。だから、学歴がないからといって悲観することもなければ、学歴があったからといっていばる資格もない。このことだけは本当によく上に立つ者としての心得として必要だろう、そう思います。

学歴有用論とか無用論、よく言われますが、私は基本的には無用論なのですが、1つだけ有用論と思われる節がある。それは、いい学校を出た人は、持って生まれた才能だけで勝負をかけている人が、いないとは言いませんが、ほとんどは持って生まれた能力に、プラスアルファ、いわゆる努力、頑張り遺伝子というものがある。頑張るということと、持って生まれた能力との

合わせ技でもって、トータルの学力というものが形成されて、いい学校へ入れるということになる。したがって、学力の優秀な人というものは、基本的には頑張り遺伝子をかなり持っている人だという証明であると私は思っています。しかしながら、学校を出た瞬間に、頑張り遺伝子が影を潜めて、学歴だけであぐらをかいて、何もやらなくなる。だからだめなのです。そういう意味で、いい学歴の人は頑張り遺伝子の非常にしっかりした人だと思って間違いのないと思います。

それから、ピーターの法則といって、ご存じのように、アメリカのピーター教育学博士が言った。人間の地位とともに無能力線に近づく。要するに、持って生まれた能力で勝負をかけておる。課長のときは優秀だったけれども、部長になったら途端にだめになるという人がいっぱいおるでしょう。これは、地位が求める能力線と、持って生まれた能力線がクロスするときに必ずある。したがって、一番無能力線に近いのは社長なのです。だから、自分で持って生まれた能力にプラス磨き上げて、能力線を上げていかないと、地位の求める能力線とマッチしなくなる。必ず逆転現象が起こりますよ。このことだけはよく考えておいてもらいたいと思います。

それから、余計なことですが、最近、実学ばかりが重要視されますが、ケンブリッジ大学とかオックスフォードは、1290年ごろに設立されていますが、600年にわたって実学というものは一切教えていないのです。医学とか工学部なんて、あんなものは学問じゃない。いわゆる歴史、哲学、文学、宗教、こういう人間の土台、骨格をつくることこそ教育である。すぐ役立つようなもの、そんなものは学問ではないという考え方なのです。確かに、すぐ役立つようなハウ・ツウ的なものを持っている人間は、すぐ役立たなくなるのもまた事実です。そういう意味で、自分の今の仕事に関係のないことでも、いわゆる一般教養として、こういうものに対しても大いに興味を持って接していく必要がある。ハウ・ツウものと実用のものばかりやっていたら、何もつまらん人間になりますよということを申し上げたいと思います。

いずれにいたしましても、上に行けば行くほど、こういうトータルを含めた3分の3の人間力というものが最後の決め手になるということだけは間違いのないことだ。私も70近くなりましたが、つくづくそう感じます。余り時間がありませんが、最後に、中小企業の問題点、今日中小企業の方がかなり多いと聞きましたので、慌てつけ加えました。

実は、中小企業の二世、三世問題について、私は来年初めに新しい本を出します。それは、政治家とか芸能界において二世、三世の世襲問題が厳しく言われているにもかかわらず、経済界においては全然それが問題にされていないのはおかしい。今、日本の中小企業は585万社あるのです。そして、従業員は5900

万人が中小企業に勤めておる。そういうことで、日本ほど中小企業の多い国は世界にありません。したがって、中小企業がどこまで頑張るかが、結局、日本のトータルの経済力を左右する。これをないがしろにしておってはだめだという意味において、本を出してみようかなと思っていろいろ調べてみました。

ちょうど今、終戦直後から岩戸景気の時代に企業を起こしたオーナーが80歳から90歳になっています。交代期になっているのです。交代した結果が、問題点が続々と出てきているのです。私の会社の代理店だとか取引先、いわゆる二世、三世のボンボンが継いだがために、ぐちゃぐちゃになっている企業がいっぱいあります。中には親以上に立派な人はいっぱいいますよ。ここに書いている、こんなことを言っただけで失礼なことを言うかとかご立腹される方もこの中におられるでしょう。これはあくまで一般論を申し上げておるのであって、一般的には、二世、三世には非常に問題がある。それはなぜかといいますと、1つは、大きく分けると、暴走族型経営、もう1つは、遺産喰い潰し型経営。

要するに、暴走族型というのは、親を越えようとして無理やりに新しい事業に無鉄砲に突っ走って失敗する。もう1つは、何もせずに、親の遺産喰い潰し型の経営をやる。2つのタイプ。もちろんその中間もあります。ですから、この中で、いわゆる金も時間も有り、地域の名士となって、女性問題を引き起こす人も非常に多い。それから、古参社員との反目から社内が分裂する。もう少し後、具体論を申し上げます。

585万社もある中小企業の二世、三世の世襲問題がなぜ政治みたいに問題にされないのかといいますと、結局、余りにも対象が種々雑多過ぎることが原因であろう。それから、あくまでいろいろ問題があっても、それはファミリー内の問題であって、社会全体にとってはどうってことないわというようなことが大きな問題にならない1つの原因ではないかと私は見えています。これは非常に失礼な言い方ですが、あくまで一般論ですから、おれはそんなことはないという人は別に何も。

まず、カリスマ的である。それから、人間の縁というものを大切に。信念と思いが強い。人間的魅力にあふれておる。長期的に物を見る。家族愛が強い。極めて小さなことにケチである。頑固である。趣味が少ない。教養面で欠ける。女性好きである。会社を私物化している。極めてわがままである。それによって人事権も乱用する。見栄っ張りと言質派と2つに分かれている。大企業への恨み、つらみを持っている人が非常に多い。大企業出身者とメンタリティーが違うものだから、ウマが合わない。借金を嫌う。子供に甘い。権限をなかなか子供たちに譲ろうとしない。悪口を言い出したらもっともつとあるのですが、書き上げたらこんなところです。これが初代オーナー。

オーナー二世はどうか。ボンボン育ちである。個性が弱い。

高学歴で暴走族型が多い。会社喰い潰し型も多い。高学歴が災いするケースが多い。高学歴が災いするというのは、いわゆる社員のレベルと自分のレベルとが合わない。あるいは、継いだ企業が属している同じ業界の連中に比べると、高学歴であるがゆえになかなかうまく人づき合いができない。

それから、番頭との関係。番頭はオーナーと同期みたいな人が多いのですが、二世になってくると、かなりこれは違ってくる。それから、非常に遊び人が多い。金と時間がある。地元の名士になるわけですね。ライオンズクラブだとか、何とかクラブとか、青年商工会議所の会員とか、お金を持っています。そうしますと、必ず女性の誘惑にかかる。そして、女性問題を起こして家庭内破滅をやる人がものすごく多いです。それから、オーナーに比べれば人間力が不足している。それから、現場を知らない。オーナーは現場中心ですが、高学歴なゆえに現場を知ろうとしない。繰り返しますが、地元の名士になって、ちやほやされる。それがまた女性問題を引き起こす原因になる。それから、オーナーの娘婿。これも似たような話ですが、高学歴、親子関係が難しい。浮気に走りやすい。これはやはりオーナーとの葛藤、奥さんとの葛藤、いろいろありまして、ストレスがたまってどうしても浮気に走りやすい。それから、親に嫌気がさしている人が非常に多い。考え方が違うのです。高学歴である、それに対して、やはり一代オーナーは余り高学歴の人は少ない。そういう意味において、教養面でぶつかるというのがあります。

さらに、オーナー三世の性格的特徴。本当にボンボン育ちであって、初代オーナーの苦勞も知らない。二代目オーナーは親の苦勞を知っているんですよ。江戸時代、家康に対して秀忠は、関が原の戦いに参画しています。途中、真田城で足止めを食って、関が原では間に合わなかったですが、広い意味では一緒に戦った。ところが、家光は、自分は生まれながらの将軍であるぞ、文句あるやつは出て行けと言った有名な話がありますが、そういうふうに、親の苦勞を全然三世は知らない。そういう意味で、どうしてもボンボン育ちで、有能な古参社員をクビにして、イエスマン型で固めていくという傾向が非常に強いと思います。

企業存続と繁栄のために、息子にどうすべきかということ。人間力の差、あるいは、守成の大切さ、創業と守成というものはどちらが大事なのか。新しい事業を起こすことと、それを守っていくこと、一体どちらが難しいか、よく言われることではありますが、どちらも難しい。その守成の難しさ、大切さということも、二世、三世はよく心得ておかなければいかんと思います。

それから、資本と経営の分離、適当な経営者、二世、三世がない場合は、有能な従業員や第三者に経営を託さなければい

けない。ところが、なかなかそれをしようとしな。無理やり  
にぼんくらでも息子に譲るといケースが多い。

もう1つ、経営と資本の分離が難しいのは、メインバンクが  
必ず経営者の個人保証を求めるとい難題がある。そうすると、  
自分の全財産を担保に入れなければならない。そういうことで、  
やりたくないという人が非常に多いといのも、有能な経営者  
のなかなか引き受け手がない原因だといわれています。

長く続いた仙波とか近江商人は何であったか。すべてぼんく  
らの息子には継がさずに、娘に有能な番頭を引き継がせたがゆ  
えに、400年、500年の歴史を持っておるといわれていますが、  
やはりそれも1つのやり口だろうと思います。

あといろいろありますが、時間との関係もございしますので、  
この辺で終わらせていただきます。日本の中小企業といものは、  
本当に土台骨を支えておる。今後、この日本の中小企業を  
どう守っていくか。グローバリゼーションによって、中小企業  
が大変な痛手を被っています。昔は大企業も中小企業も一体化  
してやっていたのですが、今やそれが、過去6年間、好景気  
でしたが、もうけたのは大企業ばかりで、中小企業にはほとんど  
恩恵が行っていないのです。これは本当に大きい問題だと思  
います。

世界的な一体化は進んだけれども、日本経済の中での一体化  
が崩壊した。今後これをどうするかといことこそ非常に重要  
な問題だと、そのように思っております。

時間が参りましたので、この辺で終わりにいたしますが、中  
小企業として今後生き残るためには、やはり今までのようなピ  
ラミッド型の底辺で戦うといことではなしに、大企業の庇護  
のもとに戦うといことから、独立して海外ともやっていくと  
いような気概でもって臨む必要があるのではないかと私は見  
ております。

以上をもちまして時間ですので、この辺で終わらせていた  
きます。どうもありがとうございました。

**司会** 佐伯様、本当にありがとうございました。

ただいまご講演いただいた佐伯様の著書を受付で販売して  
おります。ご興味のある方は、ぜひご購入をいただきたいと思  
います。

## 2【セッション1】

**司会** 「環境にやさしい特殊鋼棒線材」の開発をテーマに、新  
日本製鐵株式会社研究開発本部室蘭技術研究部長の越智達朗様  
にご講演いただきます。

越智様は、昭和58年に新日本製鐵株式会社に入社、技術研究  
部門にてご活躍され、平成18年4月には現職です技術開発本部  
室蘭技術研究部長に就任されていらっしゃる。

**越智** 今日は地域活性化シンポジウムといことで、講師にお  
招きいただきまして大変光栄に思います。

「超モノづくりへの挑戦」といことで、「環境にやさしい特  
殊鋼棒線材の開発」といことで話題提供させていただきたい  
と思います。

サブテーマとして「持続可能なモノづくり社会」といこと  
ですが、新日鐵は環境対応といことで、3つのエコの視点から  
環境問題に取り組んでいます。3つのエコといいますのは、エ  
コプロセス、エコプロダクツ、エコソリューション、この3つ  
です。

まず、エコプロセスですが、今お示ししていますスライドが  
典型的なものです。

鉄鋼業といものは、鉄鉱石をコークスで還元して熔銑をつ  
くる、あるいは、コークスをつくるために石炭を蒸し焼きする、  
乾留するといことで、その過程で副生ガスが発生します。そ  
の副生ガスを、ここに示しますように、燃料ガスとして再利用  
する、あるいは、発電に使い、足元を100%リサイクルしてい  
ます。あるいは、鉄鋼の製造過程で高炉スラグ、あるいは、製  
鋼スラグといって、スラグが発生しますが、そういうスラグも  
所内にリサイクル、活用しています。あるいは、セメントの原料  
として外販するといことで、こちらについても100%リサイ  
クルしています。こういった省エネ、環境にやさしいといよ  
うなことで、うまくリサイクルしているといことで、これは  
エコプロセスと称しています。

続きまして、エコソリューションですが、エコプロセス、あ  
るいはエコプロダクツで培いました新日鐵の種々のノウハウを、  
省エネ、環境問題、2種類の形で提案していこうといこと  
です。例えば、こちらに一例を示していますが、廃タイヤガス  
化リサイクル、あるいは、廃プラスチックの最資源化等のソ  
リューション提案を種々行っているところ

3点目は、本日の本題ですエコプロダクツです。環境にやさ  
しい商品を提供していこうといこと。今日は「環境にやさ  
しい特殊鋼棒線材の商品の開発」と題しまして、地元の新日  
鐵室蘭製鐵所で開発、製造しておりますエコ商品、エコ  
プロダクツについて紹介したいと思います。

最初に、新日鐵室蘭は何をつくっているかといことですが、  
自動車向けの特殊鋼棒線を製造しております。どういった  
ところで使われているかといいますと、こちらはスライドに  
自動車の透視図を示しております。いわゆる自動車の走る、  
曲がる、とまるという基本性能を担う部品、エンジン部品、  
足回り部品、駆動系部品、そういったところで使われて  
おります。部品を表示しますが、エンジン部品、クラクシャ  
フトとかコンロッドとか、各種シャフト、こういったステ  
アリング部品等で使われて

おります。

具体的に特殊鋼棒線、棒鋼、線材からどういったプロセスで自動車部品、エンジン部品等がつけられるのかということですが、こちらはエンジンの断面です。新日鐵室蘭を見学していただいた方は、本事務所の玄関に展示しております、エンジンです。エンジンというのは、ピストン運動を回転運動に変えるというユニットですが、回転運動に変えるための部品というのがクランクシャフトです。これは非常に複雑な形状をしております。こういう部品、クランクシャフトは、棒鋼を熱間鍛造でバリを出しながら鍛造する。その後、削る、ドリルで穴を開ける、熱処理をする、必要な強度を出す、それで、最後仕上げて完成品になる。こういうプロセスで製造されております。熱間鍛造なり熱処理なりの加工が入ります。

自動車用の鋼材といいますと、いわゆる薄板鋼板というのがだれしも認識しているわけですが、特殊鋼、線材の使用量はどうか。自動車もどんどん非鉄とか樹脂関係が使われてきています。これは自動車工業会の統計です。1973年、30年前からどう使用量が推移しているかといいますと、茶色、黄色が鋼材です。茶色が薄板で、黄色が特殊鋼です。鋼板は30年前、64%ぐらいに対して、30年で56%ということですね。10%ぐらい減ってきています。それに対して、特殊鋼分野は、17%前後ということで、比率は変化していない。ただ、自動車の総重量というのは重くなっています。30年で1.6倍ぐらい平均値で重くなっているので、鋼材の使用量、特殊鋼の使用量は確実に増えています。

こうした自動車用特殊鋼棒線の市場動向ですが、社会的背景としまして、地球環境、排ガス、環境負荷物質低減、衝突安全性、あるいは、ボンネットの中にエンジンがあるのですが、ぎりぎりまでエンジンがあると衝突したときエンジンが運転手にぶつかってけがをするということで、エンジンをコンパクトにして空間をつくりなさいといったような要請があります。それと、現行車の燃費改善、あるいはハイブリッド車、燃料電池車化、あるいは軽量化、これは地球環境に直結する話です。

それと、自動車メーカーの背景としまして、商品性向上、グローバル生産、あるいは、コスト低減、こういったニーズがあります。こういったニーズを受けて、鋼材への期待としまして、大きく3点、鉛フリー化、高強度化、工程省略、この3つが今、自動車用特殊棒線に課せられた課題です。同じことを漫画で書き直したのがこの絵ですが、こういったお客様、自動車市場のニーズを受けまして、自動車向け特殊鋼棒線として、新日鐵室蘭ではこういった商品面に応用しています。

いずれにしても、広く言えば地球環境負荷低減という出口でして、大きく3つ、1つは鉛フリー化で、地球環境負荷物質を低減する、そういう材料、鋼材開発です。

2点目は、工程省略ということで、先ほど申し上げましたように、自動車部品というのは熱処理を行う。鍛造の前の熱処理とか、やわらかくする熱処理、あるいは、鍛造の後の強度を付与するための熱処理を行うということです。この熱処理はCO<sub>2</sub>がたくさん出るということで、それを省略するということです。ということで、自動車部品製造過程、製造工程でCO<sub>2</sub>を削減しようという取り組みです。

3点目は、高強度化、軽量化ということでして、自動車が走行するときのCO<sub>2</sub>を削減しよう。つまり、燃費を改善しようということですね。自動車の燃費を改善する最大の有効な方法というのは、自動車を軽くする。自動車の部品を高強度化して、軽量化するということです。ということで、高強度、各種部品、鋼の開発をするということです。

今日環境にやさしい特殊鋼棒線開発ということで、以上の3点、非鉛化、それと工程省略、焼鈍あるいは焼戻し、あるいは、熱処理時間を短くする。それと、軽量化、高強度化。この3点の視点から、エコプロダクツ開発の取り組みについて紹介させていただきます。

今日紹介する内容ですが、多少専門性、技術的な深掘りしたような内容が多いかと思いますが、私ども、原理原則に立ち戻った商品開発、あるいは、基本に根ざした技術理解と展開、そういう取り組みを行ってまして、今日お話しする話は組織写真、顕微鏡写真とか電子顕微鏡写真とか、特殊解析機器での解析結果的が出てくるかと思います。

皆さん足元のお仕事に関して直接的には関係ない点が多いかもわかりませんが、電顕等を使った解析機器のアプローチ手法というのを、皆さんの足元の課題の参考にしていただければと思います。地域活性化シンポジウムということですが、室蘭工大、テクノセンターとかあるいは、新日鐵テクノロジーリサーチとか、新日鋼テクノリサーチとか、分析センターが種々ありますので、今回のアプローチ手法、解析手法について参考にいただいて、皆さんの足元の課題解決の一助になれば非常に幸甚かと思います。

早速ですが、最初の話題、鉛レス、非鉛快削鋼の話をしてしたいと思います。

スライドの関係で、日本語のスライドがなかったもので、この紙だけ英語で持ってきていますが、快削鋼、削る材料です。よく削れる材料。削りやすくするために鉛が使われております。例えば、先ほどのクランクシャフト、これは油穴のところに穴を空けるので、かなり鉛が使われている。こちらの材料、構造用鋼は強度が必要だ。こういう自動車の油圧部品だとか、あるいは、皆さんよくOA機器として使われていますプリンターのOAシャフト、こういったものも、クロムメッキをするので、メッキが乗りやすくするために、表面の肌がすべすべじゃないと

だめだというふうなことで、通常、鉛快削鋼が使われております。

0.28 とかでごっそり鉛が入っているということです。環境にやさしくないということで、鉛を抜いてもなおかつ鉛添加材並みのすべすべ肌が得られるような鋼材を開発しようという課題です。鉛を抜いたらどうなるか。これは鉛入り。鉛を抜くと、ぶつぶつが出て、面が粗くなるのです。では、なぜ粗くなるのかということです。これは削っている途中でとめた絵ですが、工具に、構成刃先というのが凝着しながら削っている。これが成長して落ちて、成長して落ちて、構成刃先の脱落痕がここです。面粗さ、悪さをしている原因は構成刃先だ、悪者はこいつだということです。これを何とかしましょうということで、実は組織を均質化するか、あるいは、マンガンサルファイドという介在物ですが、それを微細分散する。これは電子顕微鏡の写真ですが、微細分散して組織を均質化するというので、こちらの絵は面粗さを取っていますが、削っていくうちにどんどん鉛を抜くと粗くなる。青が鉛で、赤が鉛レス。これに対して、今回開発したこういう処理をした材料は鉛鋼と同等ぐらいの粗さが出ます。というふうな開発を行いまして、これは直近の仕事でして、ことしの4月まで新日鐵室蘭は鉛快削鋼を製造していたのですが、4月の段階ですべてこの材料に置きかえております。

次に、2点目の話題、熱処理省略です。これは部品をつくる時に発生する、例えば焼鈍するとき CO<sub>2</sub> が出ますとか、あるいは、強度を得るために焼入れ、焼戻し処理する、そういう熱処理によって CO<sub>2</sub> が出る。そういう部品製造時の CO<sub>2</sub> を減らしましょう、そういう開発について紹介いたします。

まず、最初は焼鈍省略です。先ほどの小さな部品ですね。自動車の比較的小物部品、こういう部品は、削りを減らす。削りというのはものすごく費用がかかるのです。切削数を減らすために、冷間鍛造、熱間でなくて冷間で形をつくります。ところが、冷間だと当然、ごつつ硬いということですね。あるいは、場合によっては切断できないということで、その前に焼鈍というやわらかくする熱処理が行われています。これを省略したい、省略できないかということです。

どうしたかということですが、新日鐵室蘭を見学いただいた方はご承知かと思いますが、棒鋼工場です。室蘭の場合、1本同士で棒鋼圧延するわけですが、中間にクーリングトラフというのをたくさん入れていまして、がらがん水をかけて、圧延仕上げ温度を低くする。低温仕上げするというのが1つです。低温で仕上げた後、クーリングベッドで冷却するわけですが。ここにカバー、巨大なカバーがありまして、これがおりてきて、ゆっくり冷やします。圧延の冷却過程でゆっくり冷やすということで、圧延過程、インラインで焼鈍処理を行うという、非常に

ある意味ではコロンブスの卵というか、当たり前のことですが熱処理をインライン化したということですね。

それと、先ほど申し上げましたように、圧延温度を下げた。最初に、こういった材料は何で焼鈍が必要なのかと言いますと、熱いままでは、白とねずみ色、ねずみ色の組織というのは、ベイナイト組織といって非常にかたい組織です。ねずみ色の組織というのは悪玉の組織です。これを散らすために焼鈍を通常しています。

それに対して、ごりごりごりごり温度を下げて、低温で圧延する。低温で圧延して、なおかつ、カバーでゆっくり冷やします。それによって、大体、厚板、薄板の世界は、低温で圧延すると硬くなるのです。そのために、いわゆる制御圧延とかされているのですが、合金鋼、特殊鋼の場合は、低温で圧延するかえって、白い組織とか黒い組織、こういう組織は拡散変態組織というのですが、変態が促進されて、結果的にねずみ色の悪玉の組織が抑えられるということで、かたさがビッカーズで200から160ということで、焼鈍材並みのやわらかい組織が得られます。これによって焼鈍が省略できましたという事例です。

次は、鍛造後の焼入れ、焼戻し、これはかたくする処理です。最終的に部品として使いたいということです。

強度を付与しないと部品として使えないということで、鍛造で形を整えた後、焼入れ、焼戻しという熱処理をして、必要な部品特性を付与するというです。自動車部品というのは重要保安部品でして、皆さん自動車に乗っておられるかと思いますが、足回り部品が走っているときにポキッと折れたら、石ころが転がっていて、縁石乗り上げで折れたら人身事故につながるということです。そういう非常に重要な部品です。ということで、いわゆる靱性、粘さ、強度もそうですが、折れたらだめで、靱性が重要です。そのためには組織を細かくしないといけないわけです。組織を細かくするために焼入れ、焼戻しが行われます。通常、鍛造のままでは粗いということです。これでは靱性が悪いということになります。例えば、通常材料を鍛造すると、こんな組織ですよ。フェライトパーライトという組織ですが、ごつつ粗い。それに対して、鍛造のまま非常に微細な組織を実現しました。

では、どうやって細かくできたか。こちらは開発鋼です。どうやって細かくできたかということです。この組織をよく見ると、ここはオーソナイトという組織でして、その中に白い点がぼちぼちあるのです。白井フェライトが少しある。これをもっと数をふやしてやればいいのではないかということで、数をふやしました。そうしたら非常に細かい組織になって、靱性が出てくるのです。では、どうやって増やしたかと言いますと、まずは白い組織は何で出ているのだということで、こういうところをしっかりと電子顕微鏡を使って分析しました。先ほどの



高ガンマオースナイト、粒界フェライトですが、中側からフェライト、白い組織が出ています。何か目玉焼きみたいな感じで芯があるよということですね。これは別の薄膜で取っているのですが、電子顕微鏡で調べてみると、マンガンサルファイドという石質物に、さらにバナジウムナイトライドという石質物がくっついて、そこからフェライトという白い組織が出ています。ということで、技術指針としては、これの数をふやして、これを析出するような、VNが出るような、そういうふうな成分設計をすればいい。ということで、先ほどのような非常に微細な組織ができました。

続きまして、浸炭の話をする。歯車です。

歯車というのはいろいろなところで使われている部品ですが、自動車の中ではいわゆる変速機、トランスミッションということで、キーを握る部品です。これは今、主流となっていますATの中のCTVです。コンティニュアス・バリアブル・トランスミッションということで、ここあたりは変速機が使われているのですが、メインの変速機構というのは非常にわかり易いです。ベルトがあり、ここにプーリーというお皿があります。お皿の間隔が狭くなると接触半径が広がるのです。こちらは間隔を広げています。そうすると接触半径が小さくなることで、それでギア比を変えています。非常にある意味でシンプルな機構です。これはCTV、皆さん乗って使われているかと思いますが、中身はこういう原理です。

こういう材料は、日本刀みたいな感じで、表層から炭素をしみ込ませて、表面だけかたくしています。これは浸炭材の組織ですが、表面から1ミリぐらいですね。6時間浸炭で1ミリぐらい表面だけかたくしています。耐摩耗性とかが必要なので、そういう処理が必要だということです。浸炭処理、930度で6時間とか、あるいは、先ほどのCTVは9時間とか、長時間浸炭が必要です。そうすると、結晶粒が荒れるのです。これはほとんど実体顕微鏡の5倍ぐらいの写真です。5倍ぐらいで見ると、組織の荒れがわかる。だから、組織的には1ミリとかそれぐらいまで組織が荒れているということです。こういうふうには荒れると、変形するし強度が出ないということです。組織荒れを抑制するためにはどうしたらいいかということ、析出物を微細に分散しましょうということです。析出物というのは、オストワルド成長という、弱肉強食といって、太いやつが太る、細かいやつが溶けるということが起こります。結局、粗大粒発生温度というのは、先ほどの理論から、こういう式であらわされまして、 $f$ というのが析出物の数です。析出物の数をふやすことによって、こちらに絵で展開していますが、ピンどめ析出物の数をふやすことによって、粗大粒発生温度が上がるということです。では、どうやって析出物を微細に分散するのかということですが、アルミとかニオブとかを添加するわけです。製造工程の中で、溶

体化処理、鋼をかためた後は結構太っている。それをプロセスの中で一たん加熱して、完全に溶体化する。ここが肝です。

これをもし溶体化できていないと、あとは先ほどのオストワルド成長、弱肉強食で、どうしても太っちゃうということです。完全に溶体化しておくとなんか細くなる。理屈はこうで、本当かということ、実際にやってみたら、実はほぼ同じ成分の鋼材なのですが、ノーコントロールでつくとごろごろごろ、きちんと管理してつくと、AINとかNbCN、サブミクロンぐらいのサイズに析出物が微細分散するというので、従来、異常粒が出るのに対して抑えられる。1050度浸炭でも大丈夫ということです。

従来、930度で9時間とか10時間ぐらいかけて浸炭していたのが、1050度まで上げると3時間ぐらいで、4分の1ぐらいに浸炭時間が短縮できます。これによってCO<sub>2</sub>が大幅に削減できますということです。

3点目は、高強度化の話です。高強度化して部品を軽量化する、それで自動車の燃費を改善していこうということです。

鉄の理論強度というのは、1000キロ、1万MPa以上ということですが、今、世の中で最高の鉄鋼材料の強度というのは400キロ、4000MPaです。タイヤコードです。

今日話題提供させていただきます部品の強度は、かたき換算ですが、大体最高3000MPaの活性レベルです。部品の熱処理とか炭素量で表示していますが、今日お話ししましたばね、ボルト、歯車、シャフトですが通常の焼入れ、焼戻しとか、表面だけかたくする、そういう処理を行っている材料です。

キーとなるテクノロジーは、ばねの場合は介在物質制御、ボルトの場合は析出物、析出強化を使っているということです。歯車は組織制御、シャフトは粒界を強くする。こういう冶金原理をうまく使っているということです。歯車は飛ばします。

ボルトですが、ボルトはおくれ破壊といって、耐水素性が課題になります。ボルトは、従来は100キロまでしか使われていませんでした。それはなぜかということ、水素によるおくれ破壊が怖い。おくれ破壊というのは、水素が表面から入ってきて、5年、10年かけて1カ所に集まって、あるとき突然バキッと折れるということで、それでおくれ破壊と言われています。環境にもよるのですが、空気環境で100キロでぎりぎりだと入るということです。水がたまって折れているということですが、環境から入る水素量に対して、鋼材の耐水素性をそれ以上にしてやれば安全ですよということです。いかに改善するかということですが、ここでもやはり析出物制御です。水素を析出物を分散させて、これは電子顕微鏡写真で、もやもやとしていますが、鉄の格子像です。析出物、これはモリブデン、バナジウムの析出物ですが、こういうところに水素をトラップさせます。水素を捕まえて、動かないようにする。それによっておくれ破壊特

性を改善しているということです。

従来だったら、この水素環境ではおぼれているのです。130キロだとおぼれているから、壊れてしまう。これに対して、130キロ、140キロで全然大丈夫よということですね。水素を鋼材の中で捕まえちゃう。それで、粒界割れが起こらなくなる。無理してラボ的に切った材料でも粒界割れが起こらなく、粒内で破壊するようになるということです。

歯車の強強度化の話は飛ばしまして、最後に、シャフトの話。

等速ジョイントのシャフトとかドライブシャフト、リアックスシャフトですね。これも強度を上げたい。

かたくすると、脆性破壊するようになります。脆性破壊というのは、亀の甲の粒界割れする。粒界を強くしたいということです。かたくすると、かえって強度が落ちる。粒界割れで強度が落ちるということで、粒界を強くすると強度がこの線上で上がってくる。

どうしたらいいかということですが、これは AES, Auger Electron Spectroscopy という装置なのですが、粒界を強くする。ここが粒界面上で、こちらは粒内ですが、リンが普通は偏積しているのです。リンをなくせば偏積がなくなります。そうすると、強度が20キロくらい上がる。ところが、リンを減らすのは製鋼のコストがものすごくかかるのです。リンを抜かないでも、ボロンを添加してやれば、ボロンが偏積して、粒界のリンが半分くらい減ります。これはいす取りゲームをしているのと同じで、粒界という席にリンが座ろうとしても、ボロンのほうが足が速いので、先にボロンが座っちゃうということで、リンが座れなくなるということですね。それでリンを抜くのと同等の強度が出るということです。ということで、今、シャフトにはボロン鋼が使われております。

時間が過ぎていますが、環境にやさしい特殊鋼棒線、エコプロダクツの一例ということで、環境負荷物質を抜いた材料、それと、部品製造過程でCO<sub>2</sub>削減をリストアップした材料、それと、高強度化、軽量化によって自動車走行過程でのCO<sub>2</sub>を削減した材料、この3つについて話題提供、紹介させていただきました。

以上です。ご清聴ありがとうございました。

### 3 【セッション2】

**司会** 「日本製鋼所室蘭製作所における風力発電事業」をテーマに、株式会社日本製鋼所理事、唐牛敏晴様にご講演いただきます。

唐牛様は、昭和50年に株式会社日本製鋼所に入社、その後、室蘭製作所にて産業機械の設計並びに新エネルギーに関する業務を歴任、平成19年には風力製品部長、平成20年には理事と

してご活躍をされていらっしゃいます。

**唐牛** たいまご紹介いただきました日本製鋼所室蘭製作所の唐牛と申します。

本日は、「日本製鋼所室蘭製作所における風力発電事業」という題目でお話をさせていただきます。

初めに、日本製鋼所室蘭製作所の簡単な紹介をさせていただきます。

日本製鋼所は、明治40年、1907年に室蘭の地に発祥した会社でございます。ちょうど昨年11月1日で創業100周年を迎えた企業です。

全体の工場の敷地といたしましては、約110万平米ございまして、この中に現在、関連会社、協力会社等も含めまして、約2,500名の従業員が働いております。日本製鋼所室蘭製作所の歩を、簡単に説明いたします。

まず、先ほど言いましたように、明治40年に北海道炭鉄汽船と、英国のアームストロング社、それからビッカース社、これの3社共同で設立された会社で、当時は民間最大の兵器工場という形でスタートしております。その後、いろいろ設備投資を行いまして、特に兵器関係の砲身、これを中心につくってきた会社でございますが、昭和20年の終戦と同時に、それらの技術を民需品に転換して、現在は基幹産業向けの大型の鍛鋼鋼とか、鋼板、溶接構造物、これを供給する世界有数の素形材メーカーという形の評価をいただいております。

第3の創業と書いておりますが、ちょうど平成12年ごろから、エネルギー分野に特化したような形の主要製品です。これらのいわゆるコア事業、これらをさらに強化すると同時に、新エネルギー、環境、これらをキーワードとした新規製品、この分野に業容を拡大してきています。これから今日お話しします風力も、この新規事業製品のひとつです。

現状の室蘭製作所の主要製品をここに書いておりますが、大型の鍛鋼品ということで、発電機用の一体型LPロータシャフト、それから、原子炉の圧力容器用の部材、ヘッドですとかフランジの大型の鍛鋼品、それから、石油精製用のリアクター、それから、鋳物品ですが、発電用のタービンケーシング。クラッド鋼板といひまして、2層で形づくった鋼板なのですが、こういうものもつくっております。これは現在、天然ガスの搬送用のクラッドパイプに成形され製品として出荷されております。これは日本製鋼所のシンボルとも言えます製品の原型になります。600トンの鋼塊で、これの出炉光景ですが、これらの鋼塊からこういう大型のプレスで、先ほどの鍛鋼品をつくっております。

現在、技能、技術のDNAの伝承ということを強化しております。モノづくりの強化と、イノベーションを創出する企業風土をベースに、モノづくりナンバーワン工場を目指し、現在全

所を挙げて推進しております。

引き続きまして、本題の風力の話これからさせていただきます。

風力発電システムの概要でございます。全体を風車と呼んでいるのですが、ご存じだと思いますが、風車というのはまずタワー、支柱がございまして、その上にナセルという構造物がある、この中に発電機が収納されています。その先端にハブという構造物がありまして、ハブに3本のブレードがついているというのが風車です。風がこっちから吹いてきますと、3本のブレードで風を受けまして、回転力を発電機に伝えて、それで最終的に、発電した電気を、変圧機を通して各電力さんの系統につないでやるというのが基本的システムになっております。それから、風車というのは常に運転を監視するというシステムが必要になりますので、運転監視施設というものが付属され、これ全体を風車とか風力発電機という名前と呼んでおります。

私ども日本製鋼所室蘭製作所の事業展開、ビジネスモデルを簡単にポンチ絵でまとめています。

まず、私どもは、後からご説明しますが、風力発電機、いわゆる風車の使用部材であるタワーですとかブレードですとか、部材の製作からスタートしております。その後、やはり風のないところでは風力発電は成り立ちませんので、適地開発も含めた外国製の風車をそこに持ってきて、全体をお客さんに提供するエンジニアリング業務。こういうもので一応業容を拡大してきておりますが、2年ほど前からはこれを全部包括した、いわゆる風力発電機、風車全体の設計、製造、販売という形でこれからビジネス展開していきたいと考えております。

まず、タワーの製作から着手したのですが、もともと私ども、先ほど言いましたように、大型のプレッシャーベッセルですとか、溶接構造物をつくっていたものですから、タワーの製作には比較的容易に参入できたと思います。タワーといえますのは、1500kW用の風車ですが、タワーとしては、トップタワー、ミドルタワー、ボトムタワーという形で、3分割されています。3分割したものを工場で作ります、これは鋼板を溶接する構造物ですが、そういう形で作ります、それを現地に持って行って、3分割したものをボルト結合するという形になります。ちなみに、1500kW風車のタワーにおきましては、高さが約63メートル、重量としては約90トンという重さになります。

これはタワーの製造ラインです。これを私どもの工場の一角につくりまして、主に溶接作業が中心になるのですが、こういう形でセグメントとして工場で作って、これを出荷してやります。これはでき上がったタワーを私どもの室蘭製作所の埠頭から台船に載せて出荷しまして、風車を建てるサイトまで持って行って組み立て作業を行うということになります。タワーの製造実績といえますと、今までは外国向け、GEと書いてありま

すが、GE社製の1500kWの風力発電機用のタワー、これを中心に作っております、実績としては130セット以上を国内の各お客さんに納めております。現在は、これからお話しします自社の風車用のタワーという形で製造を継続しています。

それから、先ほどエンジニアリングワークという話をさせていただいたのですが、やはり海外製の風車。風車といえますと、やはり先進国がヨーロッパなものですから、海外製の風車をチョイスいたしまして、それにうちのタワーですとか、そういうものをつけまして、各お客さんに納めるというビジネス展開を何件かやります、国内にトータルで7プラントをこういう形で建てた実績がございます。これは一例ですが、青森県の六ヶ所村に20基のウインドファーム、これを建てたときの完成図です。

次に、羽の話、ブレードの話を行います。1つの風車に3本のブレードが付くわけですが、今盛んにうちの工場で作っているのは、長さ40メートルのブレードを作っています。ここに簡単な仕様を書いてございますが、40メートルのブレードといえますと、重さで1本当たり約6.5トンあります。材料といたしましては、ガラス繊維強化したプラスチックで、いわゆる樹脂部品という形になります。私ども、先ほど来申し上げていますように、室蘭製作所といたしましては、鋼をつくるという形ですとずっと育ってきた会社でございまして、この物をつくるということに関しましては、いろいろな議論がありました。本当につくれるのかどうかということから始まりました。私どもとしては、風車の主要部品であるブレードをぜひ国産化したい、内製化したいという思いがありました。技術としては、ドイツのライセンサーから技術導入したという形になるのですが、まず、社内で樹脂に経験のある人、それから、うちの広島製作所は樹脂関係の仕事をしているものですから、そういうところから人を10名ほど集めまして、プロジェクトチームをつくってスタートしました。そのうちの6名が、ライセンサーの工場に約3カ月間研修に行きまして、一からつくり方を教わりました。最終的には彼らの手で3本の本当のブレードをつくりまして、修了書ももらってきたという形になりまして、今この6名が中心になりまして、社内でブレードを作っています。ブレードの断面図がここに書いてございますが、翼型をしてございまして、ブレードの本体がありまして、補強のリップ、スティフナー、こういうものがついたりいわゆる中空構造になっています。長さが40メートルありまして、重さが約6.5トンあるという構造物です。

このつくり方ですが、簡単にご説明しますと、型の上で、上型、下型という2つの型がありまして、まず型のプロファイルに沿ったような形で、いわゆる本体、これを樹脂で成形します。成形のやり方は後で説明しますが、上型、下型それぞれで本体を金型状態につくりまして、最終的には先ほど言いました

スティフナー類を下型の上に接着しまして、上型をかぶせるという形で一体型のブレードをつくる。これはちょうど、上型をかぶせる過程を示していますが、最終的にはこういう形で下型にかぶせて、接着剤で全部接合させてやるというような構造になります。ここで一番重要な工程は、やはり、金型上に金型のプロファイルに沿ったような形で本体をつくり上げるという工程が一番重要になりまして、これに関しましては、RIM 法と呼ばれている、いわゆる樹脂の注入成形法という成形法を使いながら、本体の成形をしています。簡単に説明しますと、これが型ですが、型の上に必要なガラス繊維を何層か敷きまして、それ全体を真空フィルムで覆ってやる。中を真空引きすることによって、真空の力で樹脂をこの中に含浸させてやって、金型に沿ったプロファイルの成形物を送ることができるという成形方法を取っています。これは特別新しい方法ではなくて、ブレードだけではなくて、いろいろな樹脂製品に既に用いられておりますが。ハンドレイアップ工法と比較すると、繊維の含有率ですとかが高く、あるいは、樹脂の気泡の含有率が低く、かなり高品質のFRPを成形できるという特徴を持った成形方法です。

もう少しブレードの製造工程を順を追ってご説明しますと、ガラス繊維を使うということで、まずこういう形で繊維の切断作業から入ります。先ほど言いました部材ですね。中間に入れるガーダーですとかスティフナー、こういうものもやはり樹脂でつくりまして、これが先ほど言いましたリムの成形で金型状に本体を成形します。この後、これも先ほど言いましたが、リムの接着です。上型と下型を接着するという形で、最終的にでき上がったもの、これは型からちょうど脱型したときの図でございますが、これでブレードの本体の形状が全部でき上がるという形になります。

ブレードと申しますのは、根元にボルトをつけて、風車本体につけるといいますので、根元部の機械加工を施します。それから、ブレード全体の手入れです。塗装を塗りやすくする、目ならしも含めた全体の手入れを行います。その後、積層工程と呼んでいるのですが、ブレードは根元に非常に大きな力がかかります。ここにさらにガラス繊維を積層して強化してやるという工程を入れます。その後、先ほど機械加工した穴にセッティングボルトを全部セットいたしまして、全体を吹きつけ塗装するという塗装工程が入ります。

その後、先ほども言いましたが、1つの風車にブレードが3本つくわけですが、この3本の重量バランスが非常に重要になりますので、3本ごとのバランスを調整します。その後、これも試験になるのですが、所定のブレードの強度が出ているかどうかというのを振動試験機にかけまして、固有振動数をはかるという形で品質を確認する。これが終わりますと、最終的に梱包して、出荷する、工場から出してやるという形になります。

つくったブレードは、お客さんの納期に合わせるような形で今、室蘭製作所の敷地の中で2~3カ所、こういう形でお客様向けの出荷を待っているという状況になります。それで、こういう形でブレードは一応つくり上げたのですが、つくったブレードをどういうふうにも評価するかというのが非常に重要になります。国内では、一体のブレードを強度評価してくれるところがないということで、つくったブレードをヨーロッパ、端的に言います、とオランダの研究機関に持って行きまして、いろいろな試験をしています。

それの一例ですが、疲労試験機に取りつけて、100万回の疲労試験をしているところです。実際にはかなりの振幅でこれが揺れているということをお見せしたかったのですが、パワーポイントの調子が悪くてできないみたいですが、こういう形で疲労試験を行っています。これは疲労試験をしているときの内部の状況です。こういう形で、各部署にひずみゲージを張りまして、所定の強度を持っているかどうかというのを研究機関で検査してもらっています。

最終的に、これがドイツのGermanischer Lloyd という認証機関からブレードのサティフィケーションを、ああいう試験を通じて強度的に満足しているということが確認されたので、こういう認証書をもらっている。もう一方、室蘭製作所のショップアブルーバルと書いてある、ブレードをつくる工場の認定、これも同じドイツのGermanischer Lloyd、これから取得しております。

ブレードは、平成17年の秋ごろから本格的に製造に着手しました。当初は、先ほど言いましたが、私ども鋼にしか能力がなかったものですから、本当にできるのかというところで非常に苦労したことは事実でございますが、モノづくりということから考えますと、鋼と樹脂の違いはあるにせよ、根底は同じではないかと思えます。

室蘭製作所のいろいろな現場から、いろいろなサジェスションをいただきまして、何とか今ではビジネスとして軌道に乗せていると言えらると思います。

次に、風車全体の話をさせていただきます。

ブレードですとか、タワーですとか、部材の設計、製造技術もある程度確立したということと、先ほど言いましたが、海外風車で養った風力発電機のエンジニアリング技術、こういうものもある程度身についた。

それから、私ども日本製鋼所の室蘭は、大型の産業機械、風車を始める前ですが、大型の産業機械ですね。先ほど1万4000tのプレスですとかをお見せしましたが、ああいう大型の産業機械の製造で培った機械設計ですとか油圧設計、制御設計、こういう設計技術を持っていた。

それから、大型の機械の組み立て技術、こういうものも持つ

ていたということで、これにプラスして、これはヨーロッパからの技術導入になるのですが、欧州の永久磁石のギアレス、いわゆる増速機のない風力発電機、これの基本技術を導入いたしまして、日本製鋼所独自の風力発電機、Jシリーズというものを開発したといういきさつがございます。

従来機とどう違うのかというところを簡単にご説明させていただきます。これは従来、一般的に用いられております誘導発電機、これを用いた発電機です。ここにタワーが、先ほど言ったナセルがあって、その中に発電システムが入っているのですが、ブレードが3本取りつくわけです。ここで、風によって回転力が得られますと、主軸を通して、ここに増速機があります。ほぼ90倍の増速、スピードを上げて、誘導発電機に導いてやるというところで発電するというのが、従来、一般的な風車と呼ばれるものです。

今回、うちが技術導入したのは、永久磁石を用いた同期型発電機というものを使っている。これが同期型の発電機になります。1つ大きな特徴は、増速機がない、いわゆるギアレスだということと大きな特徴ととらえております。

ギアはどうしても故障も多くて、発電ロスも多いというところで、それらをなくしたということで、発電の効率もアップするし、メンテナンスも非常に楽になるというところがPRポイントだと考えております。もう少し詳しくこの辺を説明いたしますと、ここにハブがありブレードがついていますが、ブレードの回転力をメインベアリングを介して、これ全体が発電機ですので、発電機の回るローターに回転力を伝える。ローターの外表面には永久磁石を取りつけておりますので、永久磁石が回転することによって磁場をつくって、ステータにセットされているコイルに電流を流して発電する。こういうシステムです。

これが我々、普及機と呼んでおりますJ82という風車ですが、82というのはブレードの回転径82メートルあるということです。この基本的な構成と主仕様という形で書いていますが、能力としては2000kW。ここは先ほど説明しましたので割愛させていただきますが、J82に関しましては、タワーの後方にコンバータですとかトランス、こういうものをすべて積んで、将来的に洋上用の風車への適用も目指して、こういう基本構造にしているところです。

それから、風車を開発する上においては、風車の各部の強度、特に疲労強度ですが、その評価というのも非常に重要になります。さまざまな気象条件、風車状態における挙動シミュレーションから算出された加重条件下でのFEM解析によって、主要部材、例えば発電機ですとかベアリング、ブレード、こういう主要部材の形状構造の最適化というのを図っております。

もう1つ、私どもの構内に2基の風車が立ってまして、この風車でさまざまなデータを取っています。加速度計を取り

つけたり、ひずみゲージを取りつけたり、センサを取りつけて、風車の発電性能ですとか、風向、風速の乱れの影響ですとか、風車全体の振動強度、こういうもののデータを全部取ってまして、これを設計にフィードバックしながら性能アップに結びつけたいと考えております。

それから、組み立ての話もさせていただきます。

これは先ほど言いました、ここにブレードが3枚つく、いわゆるハブというものの中身です。ハブの機能といたしましては、ブレードを風速によってピッチの角度を変えようという機能を持っていますので、この中にはベアリングですとか、ブレードを回転させる駆動システム、こういうものが組み込まれます。一方、これはナセルと呼ばれるものですが、風車はブレードをピッチ制御するとともに、風向きによって常に羽を風上に向けるという機能があります。ナセルには首振り機能といいますが、そういうための駆動装置も全部組み込まれてまして、先ほどのハブですとかナセル、こういうものとあわせて、部品点数でいうと4000点ぐらいの部品から構成されています。

それらを室蘭製作所の中で組み立てています。これが室蘭製作所の機械工場の一角に新たに設けましたハブ、ナセルの組み立てラインという形でございます。現状は能力の関係で、月4セットほどしか今のところできませんが、これをさらに来年度は倍増という形で工場を拡張して組み立て場所を広げていきたいと考えております。それから、組み立てたもの、これを最終的には工場ですべてを全部試運転するという形で考えております。

もちろん、現地に据えつけた後やらなければならない試運転もあるのですが、工場ですべて試運転して、設計の妥当性を工場内で十分検証してから出荷するというようなシステムを引いております。

それから、風車のメンテナンスということをお話しさせていただきたいのですが、風車は、ご存じのように、風が吹いていると回っていかねばならないという宿命を持った機械でございます。風車メーカーとしては、納めた後のメンテナンスが非常に重要になります。1次対応から2次対応という形でシーケンスを書いてあるのですが、一番重要なところは1次対応の24時間センターということがどうしても必要になります。常に風車の運転状況を監視して、とまったら、センターで動かせる場合はすぐ復旧するという形で、風車の稼働率を上げてやる必要がございます。これに関しましては、当初、室蘭のほうに新たにこういうセンターをつくるかという考え方もあったのですが、なかなか時間がかかります。これは昨今、地元の新聞にも掲載されたと思いますが、国内で知見のある明電舎さん、ここに今、彼らがカスタマーセンターを持っていますので、そこでうちの風車も全部24時間体制で見ていただくというような形の業務提

携を結びまして、これから活動していくというところでございます。

今後についてですが、普及機と位置づけております2000kWのJ82という風車、これの風力発電機の性能向上。それから、先ほど言いましたが、現状では年間50基程度の生産能力しかありませんが、これを150基という形での生産体制の確立をしていくということ。もう1つは、さらに先を見て、今後やはり洋上風力というのが出てくると思います。これ向けに、さらに大型の3メガ、5メガ、いわゆる3000kWから5000kW、これの風力発電装置の開発ということで、今フィージビリティスタディーを開始したところでございます。

こういうことを含めて、地球にやさしい再生可能エネルギーの普及ということに今後貢献していきたいと考えております。

これで私の説明は終わりますが、最後に一言申し上げたいことがございます。日本製鋼所の室蘭には、先ほど言いましたが、2基の風車が今建っています。後側はJ70と呼ばれる発電機で、ローターの回転径が70メートルあります。この風車は2年前の秋から稼働しております、今順調に稼働しております。この風車はもちろん、タワーですとかブレード、この辺は日本製鋼所で作ったのですが、ハブ、ナセルの部分、発電装置、これは先ほど言いましたが、外国からの技術導入という形がベースになっているものですから、それでつくり上げたものでございます。一方、手前のもの、これは先ほど来言っていますJ82、普及機という形で呼んでいます。これはこの風車をベースに、私どもが日本仕様にして、ハブ、ナセルですとか、この辺をつくりかえた製品でございます。J82は、昨年12月から稼働を開始したのですが、ことしの2月にトラブルで停止してしまいました。

現状でもまだ動いていないという状況でして、この風車の導入に大変ご尽力いただきました室蘭市様、それから、風車の系統枠を与えていただきました北電様等、関係部門の方には非常にご迷惑とご心配をおかけしました。幸い、一昨日、復旧といえますか、ブレードが設置されまして、多分、来週から稼働に入れると考えております。トラブルの原因はやはり、これからこれに行くときの重要な設計ポイントの見落としと、それから、つくり込み過程における不適合、こういうものが重なり合ったトラブルだったと考えています。トラブルの内容に関しましては、すべてお客様に現物も含めて全部開示しまして、再発防止対策もすべて説明して基本的な了解を得ております。モノづくりにとりましたは、トラブルというものがどうしても避けられないと思いますが、トラブルの対応方法によっては、お客様を失う場合もございます。ただ、そのトラブルを経由して、逆にお客様の信頼を勝ち得るところも十分あると思っております、今回のトラブルは後者であったのかなと考えております。

私どもとしては、非常に高い授業料、勉強代だったのですが、今回の教訓を生かして、さらに品質のすぐれたものづくりにチャレンジしていきたいと考えております。

ご清聴ありがとうございました。

**司会** どうもありがとうございました。ご質問のある方いらっしゃいますでしょうか。

**質問** 小型の風車について、日鋼室蘭製作所はどう考えているか。

**唐牛** 風車メーカーといたしましてはどうしても、より高エネルギーを得たいと考えますと、タワーの高さを高くして、上空の風の強いところに持って行って、より大きな羽をつけて、発電効率を上げるという形で持っていくを得ないようなところが1つあると思います。ただ、小型の風車もそれなりに、これは別に専門メーカーがあるのですが、そういうところで開発、研究されているという動向もあるみたいですので、こういう大型の風車とは違った次元で開発、研究が進められているのではないかと考えております。

#### 4 【特別講演】

**司会** 「モノづくりのパラダイムシフトー制約条件を乗り越えてー」をテーマに、日刊工業新聞社代表取締役社長、千野俊猛より講演をさせていただきます。

千野社長は、モノづくり推進会議主事も務めております。

**千野** 日刊工業新聞社の千野でございます。

室蘭の地で皆様にごうとお会いできて、お話できる機会をいただきましたこと、大変光栄に存じております。今日は最初に、我が尊敬する佐伯会長のお話があったそうで、私ちょっと会社の行事で午前中は東京にいましたので、お聞きできなくて残念ですが、最後に皆様の前でお話をさせていただき、大変うれしく思っております。

実は、このタイトルは3カ月前までのタイトルでありまして、今こんな生やさしいことを言っている場合ではなくなりました。100年に1度の日本の危機だと言われております。日本の危機というか、世界の危機なのですが。本来、日本は何も悪いことをしていないのに、アメリカのせいであらうことになってしまいました。皆さん、思い起こしてください。昨今の今ごろは、実はサブプライムローン問題はあったのですが、まだむしろ、いざなぎ超えだ、戦後最長の景気だということをやっていたのが、昨今の今ごろなのです。現に、08年3月期の企業の決算は、市場最高決算が続出してあります。トヨタさんも2兆円を超える利益を上げていたわけでありまして。それが今や、



トヨタさんは1兆6000億円の利益がなくなっちゃう、こういう発表をしました。俗に言うトヨタショックであります。何でこんなに急に日本がおかしくなってきたか。これは皆さんもいろいろなお会社にお勤めかと思えます。大学の方もいらっしゃる。これは相当な危機であります。そして、この危機は、よく現状を認識して、それから対応していかないと、間違えるのではないかと思っております。

私も中小企業、小さな新聞社の経営を預かっておりますので、これはえらいことになったという気はしておりますし、何とかしてこれを乗り切らなければいけない。しかし、これは単独で乗り切ることにはできないので、皆さんと一緒に知恵を出し合って乗り切っていきたいと考えております。

今日の講演も、そういった意味では、ちょっと毒々しい話になるかもしれませんが、そこをお聞きいただきたいと思うわけでありませう。

実は、これが3カ月前に言っていたことであります。モノづくりがいよいよ大変ですよ、資源・エネルギーが枯渇しました、原油は一時1バレル147ドルまで暴騰しました。現実には、50ドルを切っております。環境問題・地球温暖化の深刻化、これはもう地獄の1丁目だ、2丁目だと言う先生が出てきました。アジアの台頭、人口の減少、若者の製造業離れ。資材とかエネルギーが暴騰しましたので、入口インフレ・出口デフレだと言われました。こんな甘い状況だったのです。この程度だったのです。

現状は、世界が変わりました。最大の問題は、アメリカの凋落であります。アメリカは恐らく、2020年ぐらいに向けて、ずっと凋落していくだろうと予測されております。

何でアメリカがおかしくなったか。原因は2つであります。それは、アメリカが最も得意とする金融がおかしくなったこと、また、最も得意としてきた、最大産業である自動車がおかしくなったこと、この2つであります。しかも、この2つは大いに連関しております。まず、サブプライムで傷ついたといいますが、これは人間の性みたいなものです。サブプライムローンのことを低所得者向け住宅と言います。とんでもない。あれは返済不能の人に貸したローンなのです。住民票を持っていればだれでもよかったのです。サルでなければ。人間であれば全部に貸し付けたのです。なぜそんなことが起きたかといいますが、これからお話しする世界恐慌以降、アメリカの住宅というのは下がったことがないのです。常に上がってきたからああいうことを考えたのです。返す当てのない人に家を買わせる、最初の3年間はものすごく低い利率なのです。返済も少ないのです。もともと返せる金がないのですから。3年後から金利が急に上がるのです。そのときは家の価格が上がっているから、売ればいいじゃないですか。売ってまた新しいローンを組めばいい。そうしたら、また最初の3年の安いローンになるわけですね。この金

融工学を開発したのは、航空工学の人だと言われているのです。落ちそうで落ちない力学なのだそうですが、アメリカのローンは最後に墜落しちゃいました。

こんなのは金融の基本の問題を間違えているのです。こういう人間の過ちというのはあるんですね。皆さん、経済をやられた方は、信用創造というのが常に言われています。100のお金に対して、3倍以上の信用創造をしています。恐らくアメリカでは10倍を超える信用創造をしていたのだと思います。これが一気に収縮したから、大混乱に陥りました。

ことしのお正月に私は、会社の新年会の冒頭の挨拶で、デカップリング論というのを申し上げました。これはどういうことかといいますが、アメリカと一緒に動いているのがデカップリングですね。それがもうなくなったよと。中国もインドもそれなりの力を持ってきたよ。ユーロ強いじゃないかと。だからEUも大丈夫だ。ロシアなんかすごい、ルーブル上がってるし、ガスプロムなんて世界一の企業だと言われた。だから、アメリカからもう独立してできるのだというので、デカップリング論というのがキーワードですよというお話を私はしました。

とんでもなかった。完全デカップリングだった。アメリカがこけたら全部がこけた。ユーロは170円から110円まで落ちています。3割を超える暴落です。ドルはまだ1割ちょっとです。日本の企業の中で、アメリカとヨーロッパの比率が、ヨーロッパが機械の分野では上がってきました。自動車もそうです。ヨーロッパの比率が高まっています。当然、トヨタさんもそうですが、ヨーロッパで受けている為替の損失は膨大なものになりました。アメリカがこけたら、全部がこけたということです。

もう1つの、アメリカの自動車。自動車はアメリカにとって最大産業です。日本にとってもそうです。日本でも10分の1産業と言われております。すそ野は10人に1人は全部自動車の関係で食っている。日本もです。10%産業。それが、ああいう形で、減産に次ぐ減産です。日刊工業新聞も、減産、縮小、撤退の記事のオンパレードであります。私は編集委員に、そんなことを書くなら、次にどうするかということを書けと言ったら、日本の雰囲気は真っ暗になっちゃいました。

アメリカの自動車の間違いは、1つは金融に関連しているのです。アメリカの場合は、みんなローンを組むのです。それが、リースなのです。アメリカの場合は、リースというのは全部金融がつかない限り自動車が売れないのです。もちろん、購入している人もいるでしょうけれども、日本との比率は全く違うのです。金融がつかないと自動車というのは売れないのです。アメリカでは。

もう1つは、アメリカでモノづくりが破綻しちゃったのです。GMが破綻したのは、欠陥商品です。クレーム、クレームで1兆円以上のリコール費用が必要になった。日本の車なんか全然

リコールになっていないのです。そうした中でアメリカが倒れていって、おかしくなった。100年に1度うんぬんというのは、昭和恐慌から始まって、世界恐慌になった1925年の事態に近い。実はあれから80年たっております。

先般、BBCを見ていました。私は別に英語ができるわけではないので、NHKのBBCの放送を見ていたのですが、彼らの放送の番組に出てきたのは、僕はびっくりした。歴史学者が登場し始めている。これを歴史的に見なければいけない。近視眼的にこんな事態を見ても、どうにもならん。長期的に、歴史的にこの事態を見て、この事態の異常さを知るべきだろうと思いません。そこで日本がどうすべきかということを考えなければいけないと思っているわけです。

一般に、景気の波、歴史的に見たらどうなるかというのですが、これは経済をやられている方はよくおわかりだと思います。在庫投資を中心に見る、設備投資、建築物。技術革新とエネルギーの関連で見る最長の波動が、コンドラチェフの波という波動であります。この人は約50年という長期の波動を言った人です。ロシアの農業経済学者。スターリンにぶっ殺されております。獄死しております。この人は、アメリカとイギリスのGDPを丁寧にトレースして、50年に一度大きな山が来るということを見つけた人です。スターリンが死んで、それ以後、名誉が回復されまして、この人の理論が表に出てきました。結構いいこと言ってるじゃないかというので、今、長期波動の権威としてみんな勉強しています。もう死んじゃっていますので、その後の波はわからないのですが、その後の波をトレースすると、アメリカのボトムは、世界恐慌の1929年以来、次に1974~75年に来ております。これはベトナム戦争の後であります。アメリカが最もひどい時期、ジャパン・アズ・ナンバーワン、もうアメリカに学ぶことはないと言った、あのときがアメリカのボトムであります。その以後、アメリカがだめだと言われたのに、軌跡の回復をして、ITで世界をまた制覇しました。2000年あたりにピークをつけました。これでアメリカは落ちないのかと思ったら、きちんと落ちてきました。2004~05年ごろから、アメリカの住宅がおかしいぞと言っている人がふえました。それはそうです。先ほどのサブプライムローンです。それが去年表沙汰になって、実はその根の深さが、単に返済不能の人に貸していただけではなくて、その膨大なローンが切り刻まれて、証券化されて、いろいろな世界の金融派生商品に組み込まれている。レバレッジがかかっているものですから、その影響はものすごく大きくなった。こういうことで、まさにアメリカが崩れたらすべてが崩れた。日本は先に金融の恐慌を受けていますから、資本注入しましたから、日本の銀行はまあまあ強かった。ところが、実態経済がおかしくなってきた、現在は、日本は来年どうなるのかというふうなことになる事態であります。

では、アメリカはもうだめなのか。ここにまず1つの疑問を申しませう。しばらくは混乱するでしょう。この歴史的なトレースで行くと、2020年に向かって相当厳しくなるだろうということがあります。その間に、中国やインド、それよりも先に、日本とヨーロッパが立ち直れるかどうかという問題があります。ところが、アメリカは今、昨日も77兆円の政府の資金投入がありました。必死で金融を直しております。先ほど申し上げたように、金融が直らない限りアメリカは直らないだろうと思いません。どうする方法をやってアメリカが戻すか。しかも、今は大統領選の終わった後で、虚をつかれたところがあります。既にブッシュさんはレームダック、何を言ってもオバマさんはまだ大統領ではありません。効果がないのはいたし方ないのかもしれない。金融をアメリカはユダヤが押さえております。今度も、勝ったユダヤと負けたユダヤがいるわけです。リーマンブラザーズとか、シティコープなんか全くメタメタになりました。ところが、ゴールドマンサックスはこれで大もうけをしております。そういうものなんです。生き馬の目を抜くような世界があるわけです。

しかし、金融全体が縮小したのは事実であります。お金はどこかに行っている。どこかで眠っているのです。信用創造した分は消えました。本来持っているお金は、アラブを初め、世界の投資家が持っているお金は今、どこに行っているか。眠っております。次の投資先が見つかるまで動かないかもしれません。

では、アメリカはだめになるのか。この問いに対して、元通産次官で今NEDOの理事長をやっている理事長さんにお伺いすると、村田さんという方です。なかなか物をはっきり言う方です。しばらくは混乱するだろうけれども、アメリカ以外ないんだ。その理由は3つ。第1に、アメリカは世界の警察である。最強の軍隊を持っていて、世界の警察の役割を果たしている。これを果たせるのはアメリカ以外にない。湾岸戦争をやった、その後、イラクをつぶして、場合によっては北朝鮮もやろうかというような話だったので。アメリカは戦争経済ですから、戦争をしながら経済をつくっている国です。アメリカが最も戦争をしなかったのは、ベトナム戦争から湾岸戦争までの間だと言われております。その間には、朝鮮戦争もありますし、ほとんどの戦争をしております。これは世界の警察であるということの自負です。

2番目。ドルが機軸通貨であるということ。ドルは暴落しません。機軸通貨だから暴落しないのです。ほかの貨幣がつぶれるだけなのです。結果的には、ユーロも、ロシアのルーブルもだめになりました。今残っているのは、円だけが高くなっている。これもまた不思議です。株があれほど売られて、円が高い。何なんだ、これは。日本が買われているのか、捨てられているのか、わかりやしない。株は理由があるのです。日本の企業は悪

くない。悪くないのにあんなに安いんです。

新聞記者が言っちゃいけないのですが、トヨタの株は買い時ですよ、今。ソニーだって買い時ですよ。あんな安い株ないですよ。金利ゼロなんですから、配当だけでもらっておけば十分お釣りが来るはずですよ。なぜ日本の株が上がらないか。外人がやっているからです。理由は2つ。機関投資家がこれ以上日本の株を持ってない。日本人が株を持っていないのです。日本の企業の株を。機関投資家というのは、生損保、信託、年金、そういったところは株の比率が決められております。これ以上持つてはいけません。元本保証何割しろとか、ばかなことをやっている。2番目は、個人投資家。税金が高くて、やればやるほど損するのです。日本人が日本の企業の株を持っていないのです。外人が買うから、日本の企業はアメリカと一緒に評価でやっているわけです。でも、現実にはどうもおかしくなってきたので、日本の株が下がってきている。では、なぜ円が高いのか。これは円高じゃないんだと言う人がいます。今までが円安だったんだと言う人がいます。円安につくられていたんだ。今やっと正常な評価になってきているんだ。日本の100円というのは、実はいいところなんです。80円を経験しているんですからね。110円とか115円なんて行き過ぎなんです。だからトヨタさんが2兆円の利益が出ちゃったのです。あれは為替でもうけちゃったから出ちゃった。今までが円安だったんだから、円高じゃないんだ、今、円はちょうどいいんだと思えばいい。

ところが、株については、先ほど申し上げた制度の問題でおかしくなっているということなのです。ドルは暴落しません。よく言いますよね。刷ればいいんだと。そんな簡単なものじゃないですよ。そんな簡単なものじゃないけれども、アメリカのドルは機軸通貨、世界の機軸通貨ですから、あれ以外に交換する対象がないわけです。金本位制に戻るわけにもいきません。ドルでやるしかない。だから、2番目、ドルは機軸通貨である。

3番目、アメリカは、どんなことがあっても世界最大で最高のマーケットである。この3つがあるわけです。今傷んでいます、アメリカは。自動車も売れません、住宅も売れません。しかし、アメリカほどいいマーケット、アメリカほど世界に大きなマーケットはないんです。

この3つを理由として、アメリカが崩れることはない。もし崩れたら、それこそ歴史的な事実になってしまう。ローマ帝国が崩れたような、そういう意味合いを持つということです。しかし、しばらくアメリカはだめでしょう。

そうしたときに、日本はどうするか。アメリカは今必死に、先ほど言った金融を直しています。だから、常に今、新しい政府の仕事は、金融と自動車を直すことです。いいとか悪いとかじゃない。

自動車の社長が自分の飛行機で飛んできて査問委員会に出たという話が出ました。何百億というお金をもらっていても、政府が資本投入しないと。

何か。雇用を守らなければいけないからなんです。社会不安になりますからね、雇用を守らないと。そういう意味で、アメリカは必死にそこを直すでしょう。世界もそれに協力せざるを得ない。それで前の世界恐慌とは違う形になるだろうと歴史学者は見ているわけです。それでもアメリカの凋落はしばらく続くということでもあります。アメリカは、自動車なしには生きていけない国です。恐らくビッグ3は1つになるでしょう。アメリカの自動車は、いずれ景気が普通に戻れば、アメリカの自動車は必要になる。そのとき、ただ、アメリカの企業が供給するかどうかはわからない。トヨタであり、ホンダであり、ヒュンダイが供給するかもしれない。インドからタタが出てくるかもしれない。今、タタはへたっちゃっていますけどね。そういうところを考えると、アメリカの混乱はあっても、アメリカがつぶれることはないだろう。本当に事実として、アメリカがつぶれたら、日本もつぶれますからね。そうなってはいけないわけです。そういうシナリオは想定できないわけです。

そうした中で、日本はどうやって生きるんだ。これは、答えはたった1つです。モノづくりで生きていくしかないということとは前からわかっていることですが、このつくり方を、今までのようなつくり方でないモノづくりにしていかなければいけないだろうと私は思っているのです。要するに、今、原油は下がっています。しかし、實際上、鉄のスクラップなんか今暴落しています。ここに新日鐵さんの地元ですが、新日鐵さんは値上げしてよかったですよ。今下がっていますから、左うちわじゃないかと思うのですが、景気が悪くなりましたから。

日本は、技術力をバーゲニング、いわゆる交渉力にして、物を買わなければならない国ですから。条件は2つ。1つは、円高にすること。現状でいいと思うのです。やはり円高にして、物を安く買わなければ、日本の産業は成り立ちません。ところが、皆さんの会社もそうです。輸出産業をされている方は、円高だととんでもない、そういうことになります。輸出産業は成り立たないじゃないか。大丈夫です、80円を経験しているのですから。それよりも、鉱物資源なり、もちろん食糧も含めて、やはり安く買うべきです。そのためには、一定程度の円高誘導が必要です。ただし、円高だけでは成り立ちません。2番目は、内需拡大です。仕事をつくらなければなりません。極端な話、だれが通らない道路でもいいんだ、観光客しか渡らない橋でもいいんだ、つくればいいんだ。あの公共事業をやらなくなったおかげで、日本の地方は疲弊しました。地方ゼネコンが仕事を持っていることによって、地方はお金が回っていたのです。ところが、これが悪の温床とされました。確かに悪いところもあった。

しかも、自民党の悪の温床でもあった。公共事業をやめちゃった。これは地方が疲弊するのは当たり前です。

単なる道路と橋じゃまずいから、政府は違う内需拡大するぐらいの頭を使いなさい。これが政ですよ。全部の家の屋根に太陽電池をつけたっていいじゃないですか。マンションに1個燃料電池をつけたっていいじゃないですか。それでエネルギー対策にもなるわけです。風力発電をつけたっていい。神鋼電機さんの風力発電なんかみんな使えばいいんです。つくればいいんですよ。仕事がふえればいいんだから。仕事をふやさないことには、日本は生きていけませんよ。円高にして、仕事をふやして、内需を拡大して、そしてもう1つは、技術を磨くことです。

中国に行くリスクが明らかになりました。もう中国からゼロにすることはもちろんできませんが、中国一辺倒という危険性を日本の経営者はみんなわかったはずですよ。日本の人口は先ほど言ったとおり減ってきます。日本は、もちろん高級技術者を海外から入れる必要はありますが、技術を磨いて、付加価値の高いものにして、輸出産業が食っていける必要がある。内需を起こして、みんなの仕事を確保する。今、非正規雇用が首切られております。みんな。これ、社会不安になりますよ。犯罪が多発する。こういうことに対して政がどういうふうにするかということだと僕は思うのです。やはり仕事を与えなければだめだ。企業経営にとって最大のものは、雇用をつくることです。税金を納めることです。そういうことを日本ができたときに、日本は生きていける。僕はそう思っているのです。

その技術の中で、私がつくったのはこれです。エネルギーの極小化技術というのです。ミニマイズですね。要するに、現在使っている化石燃料をできるだけ使わない技術を開発しましょう。これはものすごく売れます。1つは省エネでしょう。1つはリサイクルでしょう。脱石油エネルギー、風力でもいい、太陽電池でもいい。新エネもそうです。この技術を開発したら、燃料電池もいい、最高のもの。いきなり日本の場合は、原子力には行きません。しかし、将来が原子力であることは間違いないです。2番目の資源極小化技術。特にレアメタルを含めた鉱物資源がないわけです。暴騰しました。代替材料の開発、代替プロセスの開発、新材料の開発、これが大事だろう。

環境、防災・安全でも技術で解決できるということなのです。それ以外に、これは現在起こっていることです。次の技術を起こしていかなければ、産業を起こしていかなければいけないだろう。でも、自動車にかわる産業はそう簡単にできないのです。アメリカでもそうです。

アメリカに戻りますと、アメリカの次の技術とされているのは、航空、宇宙、医療、バイオです。そこに至るまではなかなかそうは簡単に行きません。同じように、日本の自動車に次ぐ

技術を育てるとすれば、日本のほうがたくさんあります。もちろん航空機です。日本人が最もつくってびったりなのは航空機だと言われています。ロボット、それから、医療よりも医療機器です。それから、太陽電池、燃料電池を含め、いわゆる電池です。新エネルギー。たくさんアイテムはあるのです。ただ、これがいきなり自動車に次ぐようなものにはなりません。航空機はまだアメリカが最大のものであります。エアバスもヨーロッパがつくっています。実は日本は、戦後、飛行機がジェット化するときに、アメリカから飛行機をつくることを禁じられました。プロペラしかつくれなかった。これはアメリカにとって最大の政策だったそうです。なぜならば、日本にジェット飛行機をつくらせたら、恐らく今、世界の飛行機はほとんどが日本製になっていただろうと言われています。これから航空機はものすごく期待できる。あしたから日刊工業新聞主催で、名古屋で航空宇宙展を開きます。日本で初めてです。パリでも大きなエアショーがあるのですが、日本にないのです。それで、何とでもつくろうというので、愛知県知事の神田さんが、機体3社が集まっている名古屋でやりたいということで、日刊工業にやれと言われて、余りもうかりませんが、航空宇宙展をやることになりました。でも、これが皮切りになって、来年以降、どんどん航空機に対する需要が出てくるかもしれない。

今、ボーイングの787が、まだ発注がとまっております。スペックでもめてとまっているのですが、これが出始めたら、日本にもものすごく仕事が出てくるでしょう。ロボットもそうです。今は産業用ロボットですが、これからはいろいろなロボットが開発されます。實際上、今、ロボットを売っていない会社でも、ロボットの研究というのはすごく進んでいるわけです。例えば、トヨタ自動車は、ロボットのユーザーであります。ところが、トヨタ自動車のロボットの研究は世界トップクラスです。この前拝見したのは、ジャンピングロボット。その場で跳び上がって、着地して、立っています。そういうのを何センチ、十何センチ、そういう研究が進んでいます。それは、ASIMOも最後に走りましたが、跳ばないと走れない。あらゆる技術が進んでいます。それから、トヨタ自動車の社長は、トヨタ病院を特区にしてくれれば、あそこで医療のロボットの実験をしたいということを言っておりました。そういった実験も進んでいくでしょうということでもあります。

最後の環境、防災・安全のところでは、先ほど内需拡大の話もしましたが、まだまだ雨が降れば人が死ぬのです。治山治水にお金を使えばいいじゃないですか。仕事がふえるじゃないですか。そういうことを我々は主張していきたい。ただ文句を言うだけでなく、主張していきたいと思ったわけです。

日本にとってモノづくりはなぜいいか。これは私の意見でありますから、違うという方がいらしたら、後で意見交換させて

いただきたい。教育程度の高さ、清潔度、質素・儉約、モノ信仰、これだと思っているのです。実は、江戸時代に、日本は既に世界最高の教育程度にあったそうです。藩校と寺子屋でもう文字の読めない人は少なかったというのです。江戸時代にですよ。もちろん、現在でも世界最高水準にあるはずですよ。最近はどうも学生の程度が下がったうぬぬと言われています。それは新しい課題になっていますが、現実には、日本の教育程度というのは高いのです。

2番目、清潔度ですね。これも江戸時代に既に世界最高の清潔度を保っていた。日本には下水がないのです。下水がないのに、疫病がはやらなかった。これはなぜかといったら、ちゃんと区分けできていたのです。それぞれに仕事があったのです。排せつについても仕事があったのです。仕事だからきちんとやる。疫病がはやってないのです。日本は特に靴を脱いで上がる国です。靴を脱いで上がる国は朝鮮と日本だけです。朝鮮と日本の共通点はもう1個、のりを食べることだそうです。靴を脱いで上がる国だから、清潔でなければ生活が成り立たないのです。

3番目、質素・儉約。もったいないというふうにはアフリカのおばさんに言われて気づかされた形になっていますが、日本にはもったいないという気持ちがあるのです。もう1つは、例えば、日本で10ミリのものを削りなさいといひます。当然、アローアンスが0.0幾つあります。そのアローアンスに入ると、外国はやめちゃいます。それでいいわけです。ところが、日本の職工さんは、ゼロにさらに近づけようとします。これが何千、何万という部品が集まったとき、どれだけの大きさの誤差になってくのかということです。

こういうことが日本に既にあるわけです。最後のモノ信仰。例えば、針供養という言葉があります。使った針に「ありがとう」といって供養するわけです。すべての物に日本は神が宿っているようなものですから、そういうモノに対する信仰があるわけです。最近でいえば、例えば、ロボットを導入します。そうすると、モモエちゃんとか、ジュンコちゃんとか、名前をつけている会社があるのです。モノを非常に大事にしているのです。

この4つが合わさっている国って、多分ないでしょう、恐らく。モノづくりは日本にとって最高なのです。飛行機を日本につくらせたら、飛行機は日本が一番うまいに決まっています。もちろん、最近の皆さんが嘆いていらっしゃる課題は少しずつあるでしょう。それから、日本はどう生きるかの中に、これまでどのようにつくっていくかということで技術を磨いてきました。これからは、何をつくるかが大事です。そのためには、単にモノをつくる、モノをつくるというのではなく、事を起こさなければなりません。内需振興でも、何かの事を起こすことによって、モノづくりを生かしていくということにしなければなら

ない、こういうことであります。

手前みそで申しわけないですが、昨年、モノづくり推進会議なるものをつくらせていただきました。全国1700の会社に入らせていただいております。先ほどの佐伯さんの会社にも入らせていただいております。トヨタ自動車、日立、松下、東芝、旭化成、キヤノン、この6社のトップの方に共同議長をお願いしております。もう1方は、先ほどお話ししたNEDOの村田さんにも共同議長になっていただいております。何だ、それは大企業じゃないかとおっしゃいますが、その下には中堅・中小企業がたくさん加入していただいております。そこでやっていることは何か。これをモノづくりの日本の伝統を生かして、世界に打って出るモノづくりにしようという国民運動にしようということでありま。もちろん、国がやるべきこと、自治体がやるべきこと、大学、企業がやること、あります。

我々は新聞社です。新聞社だからできること、新聞社だからやらなければいけないことをやろう、これがモノづくり推進会議のスタートであります。やっているのは、今日みたいなフォーラム、シンポジウム。研究会活動では、ロボット、人材育成。これは理工系の学生が減っていますので、人材を何としても育成しなければいけない。子供の心からやっぺいこう。ネーチャーテクノロジー、自然に学ぶ技術というのが大変な、免疫なんかもそうなんです。それから、感性価値。感性価値というのは、品質、価格、機能だけでなく、感性に訴えたモノが付加価値を呼ぶのだ、こういうことであります。それ以外に、部品を育てるための部品大賞、モノづくりの学生さんのドキュメンタリー映像等々をやっております。

北海道にも拠点があります。ぜひ皆さんも入られて、常に窓口は開いておりますので、皆さんもご加入いただいて、これの勉強に加わっていただきたい。これをやることによって、日本のモノづくりを確かなものにするということです。

私は日ごろ、社員に、イノベーションをやいなさい、挑戦をいなさいと言ひ続けております。今とまったら会社はつぶれます。とまったらつぶれる。大学もそうだと思います。革新をしない大学はもう、だめになっていくんじゃないかと思っています。常にイノベーション、イノベーションと言って、人に言っ、自分がやらないのはいけないというので、今年、私は何とイスラエルに行ってきました。イスラエルへ行って、大統領に単独会見をしてまいりました。これが私のことしのイノベーションであります。なぜイスラエルを選んだか。日本のモノづくりが変わらなければいけない。今まででも十分強いのですよ。強いんだけど、さらに強くするために、自分たちだけでない、コラボレーションするところをつくらなければだめだ。その相手として、イスラエルは最適だと思うからであります。かの国は、IT、ソフト、バイオ、医療、太陽電池、エネルギー、

水処理、こうした技術では世界の最先端にあります。驚くなかれ、最先端であります。四国ほどの地域に、700万人しかおりません。ユダヤ人というのは、さらに世界に700万人が散らばっております。それでいて、世界最先端。あの小さな国に、6つの国立大学があります。どれも最優秀であります。しかも、徴兵制がありますから、18歳で男は3年行きます。女性も2年。女性も小銃を持って戦っています。私はそれがいいと言っているわけではないです。彼らの選択ですから。男はだから、大学には21歳から入ります。卒業したときは25です。真剣に勉強するそうです。身を立てる方法は、自分の技を磨いて、ベンチャービジネスを起こして、それをアメリカの有名な企業に買ってもらう。それで10億、20億の金を得て、次は自分が投資の側に回る。こういう若者がおります。アメリカの名だたる企業はすべてと言っていいぐらい、イスラエルにR&Dの拠点を持っています。最大のものはインテルです。インテルは3500人ものイスラエル人をラボに抱えています。さらに、あそこは製造もインテルだけは製造をやっていますので、それも3500人の社員がいて、7000人の会社です。これはイスラエル最大の企業です。ほかに大きい企業はありませんから。驚くなかれ、第二次大戦であれほどホロコーストの問題があったドイツテレコムは、ラボをイスラエルに持っております。過去のものでは清算できているのです。最も先進国でイスラエルと交流のないのが日本であります。日本よりも韓国や中国のほうがイスラエルに行っております。日本にはアレルギーがある。なぜかわからない、イスラエルのことがわからないけれども、アレルギーがある。いいんです、それは。私としては、イスラエルの情報を日刊工業新聞を通じて皆さんにお届けしたい。そこから何か皆さんがヒントを得て、新しい日本のモノづくりが生まれてくればそれでいいと思っているわけです。

さっき佐伯さんにそのお話をしたら、勇気をいただきました。日刊工業新聞社、一生懸命やれと。そういうことで、待っている企業があるはずだ。実は、日本の企業で、イスラエルの政府のお金を使って研究開発している企業が1社だけあります。日産ルノーです。電気自動車の共同研究をしています。これは日産の発想ではありません。ゴーンさんの発想です。ゴーン・イズ・オープン・マインド、向こうですぐ言います。彼は情報アクセスが早い。向こうの金を使って研究しているんですからね、イスラエルの金を使って。そういうことを向こうは認めている。政府の奨励ですから。それ以外にも、日本の企業が幾つか行っているのですが、イスラエルでやっていることをみんな言いたがらない。なぜなのかよくわからない。アラブから石油が買えなくなるなんてばかなことを言うやつがいるのですが、モノを

つくっているところが石油買っているわけではないですから、それはそれ、これはこれ。イスラエルだって、アラブから石油を買っているんですよ。石油がなかったら生きていけないわけですからね。そういうことに対するアレルギーを少し直していく。それよりも何よりも、私は、これほどの大危機ですから、日本が従来のやり方をやっていたのでは、殻は突破できないだろうと思います。いや、イスラエルがすべてと言っているわけではありません。これもワン・オブ・ゼム、挑戦の1つであります。

皆様方も、皆様方の個々の挑戦をしていただきたい。個々のイノベーションをしていただきたい。昨日より進んだ今日をつくる、今日より進んだあしたをつくる、それでないと日本は生き残れないだろうと思っているわけであります。

日本には確実に力がある。その力をどう生かしていくか。日本の置かれた条件というのはもう決まっているわけですから、その与件、与えられた条件をどう克服するか。これは産学官の連携であり、大学も知恵を出す、企業も知恵を出す、そして、役所も知恵を出す。個々の企業においては、異業種交流であります。同じ業界で同じ悩みを言っても始まりません。違った業種の人と悩みを打ち明け、相談してやる。日刊工業新聞は、全国19カ所に産業人クラブというのを組織しております。地域の経営者の集まりであります。支局長が事務局長をやっております。そこでは異業種交流です。だから、同じ業種の人がいるわけではありません。違った業種の人と悩みを打ち明けながら、それこそ大阪の「まいど1号」ではありませんが、異業種が集まってロケットを上げよう、そういうこともあるわけであります。

イノベーションとチャレンジで何とか日本が生き残っていきたく思っております。我々は新聞社ですから、皆さんと一緒に考え、皆さんと一緒に行動していきたく思っております。いろいろ申しました。今日私は極論をあえて言っている部分があります。しかし、そういうことの中に、日本の現状を認識して、新しい、今日からやらなければ始まらないということであります。日本人はいつも、あしたから、あしたからと言います。皆さんよくご存じの、サラリーマン川柳というのがあります。これにおもしろい川柳があります。「あしたから、あしたになったら、あしたから」、永久に始まらないのですね。だから、今日からやらなきゃだめだということだと思っております。

ご清聴ありがとうございました。

**司会** 以上をもちまして、本日のプログラムを修了させていただきます。



## 【平成 20 年度 共同研究等事業実績】

共同研究プロジェクト

プレ共同研究

民間機関との共同研究

民間機関等の受託研究

## 平成 20 年度共同研究等事業実績

### 共同研究プロジェクト（客員教授プロジェクト）

大学側研究組織第一行目：研究代表者

No.	研究分野	大学側研究組織		共同研究先組織
1	ナノテクノロジー・材料	電気電子工学科	教授 福田 永 准教授 佐藤 孝紀 准教授 植杉 克弘	中小企業
2	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	教授 平井 伸治	公益法人
3	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	准教授 佐伯 功	大企業
4	その他	教育研究等支援機構 機械システム工学科	教授 棚次 亘弘 助教 湊 亮二郎	公益法人
5	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 応用化学工学科	准教授 駒崎 慎一 教授 岩佐 達郎 教授 松山 春男	中小企業
6	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光 講師 小室 雅人	大企業
7	ナノテクノロジー・材料	機械システム工学科	教授 世利 修美 助教 境 昌宏	大企業
8	社会基盤	電気電子工学科	教授 鏡 慎 准教授 川口 秀樹	大企業
9	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	教授 桑野 壽	大企業
10	その他	共通講座 建設システム工学科	准教授 前田 潤 教授 田村 亨 准教授 後藤 芳彦 講師 吉田 英樹	公益法人
11	ナノテクノロジー・材料	電気電子工学科	教授 福田 永 教授 鏡 慎 准教授 川口 秀樹	中小企業
12	その他	教育研究等支援機構 材料物性工学科 特任教授	教授 棚次 亘弘 教授 東野 和幸 准教授 駒崎 慎一 教授 杉岡 正敏	大企業

### プレ共同研究

大学側研究組織第一行目：研究代表者

No.	研究分野	大学側研究組織		共同研究先組織
1	ナノテクノロジー・材料	応用化学工学科 建設システム工学科	助教 新 大軌 准教授 濱 幸雄	中小企業
2	製造技術	応用化学工学科	准教授 大平 勇一 教授 小幡 英二	中小企業
3	ナノテクノロジー・材料	機械システム工学科	教授 世利 修美	中小企業

民間機関との共同研究

No.	研究分野	研究組織代表者	共同研究先組織
1	ナノテクノロジー・材料	応用化学工学科 教授 小幡 英二	中小企業
2	製造技術	機械システム工学科 准教授 河合 秀樹	大企業
3	情報通信	電気電子工学科 准教授 佐藤 孝紀	大企業
4	ナノテクノロジー・材料	教育研究機構 教授 田畑 昌祥	大企業
5	社会基盤	建設システム工学科 教授 土屋 勉	中小企業
6	環境	応用化学工学科 教授 上道 芳夫	大企業
7	製造技術	機械システム工学科 教授 臺丸谷政志	大企業
8	社会基盤	建設システム工学科 准教授 木幡 行宏	中小企業
9	ナノテクノロジー・材料	応用化学工学科 准教授 田邊 博義	中小企業
10	その他	建設システム工学科 講師 真境名 達也	その他
11	製造技術	機械システム工学科 准教授 戸倉 郁夫	中小企業
12	情報通信	情報工学科 教授 板倉 賢一	公益法人
13	材料	材料物性工学科 准教授 清水 一道	大企業
14	ライフサイエンス	応用化学工学科 准教授 太田 光浩	大企業
15	社会基盤	建設システム工学科 教授 岸 徳光	中小企業
16	社会基盤	建設システム工学科 教授 岸 徳光	中小企業
17	社会基盤	機械システム工学科 教授 臺丸谷政志	中小企業
18	製造技術	機械システム工学科 教授 世利 修美	大企業
19	エネルギー	機械システム工学科 准教授 媚山 政良	大企業
20	社会基盤	建設システム工学科 准教授 濱 幸雄	中小企業
21	社会基盤	地域共同研究開発センター 教授 加賀 壽	大企業, 公益法人
22	製造技術	機械システム工学科 助教 境 昌宏	大企業
23	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 准教授 駒崎 慎一	公益法人
24	製造技術	機械システム工学科 教授 河合 秀樹	大企業
25	環境	材料物性工学科 准教授 佐伯 功	大企業
26	環境	機械システム工学科 講師 境 昌宏	地方公共団体
27	製造技術	機械システム工学科 教授 風間 俊治	大企業
28	情報通信	電気電子工学科 教授 中根 英章	大企業
29	ナノテクノロジー・材料	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	中小企業
30	ナノテクノロジー・材料	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	中小企業
31	ライフサイエンス	機械システム工学科 教授 相津 佳永	大企業
32	ナノテクノロジー・材料	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	中小企業
33	社会基盤	建設システム工学科 教授 土屋 勉	中小企業
34	ナノテクノロジー・材料	電気電子工学科 教授 福田 永	中小企業
35	ナノテクノロジー・材料	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	中小企業
36	情報通信	電気電子工学科 教授 内藤 督	大企業
37	情報通信	情報工学科 教授 金木 則明	中小企業
38	社会基盤	建設システム工学科 准教授 濱 幸雄	地方公共団体, 中小企業
39	環境	応用化学工学科 准教授 大平 勇一	中小企業
40	社会基盤	電気電子工学科 教授 鏡 慎	大企業
41	製造技術	機械システム工学科 教授 世利 修美	大企業
42	社会基盤	情報工学科 教授 板倉 賢一	大企業
43	ナノテクノロジー・材料	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	中小企業
44	環境	応用化学工学科 准教授 張 俗喆	中小企業

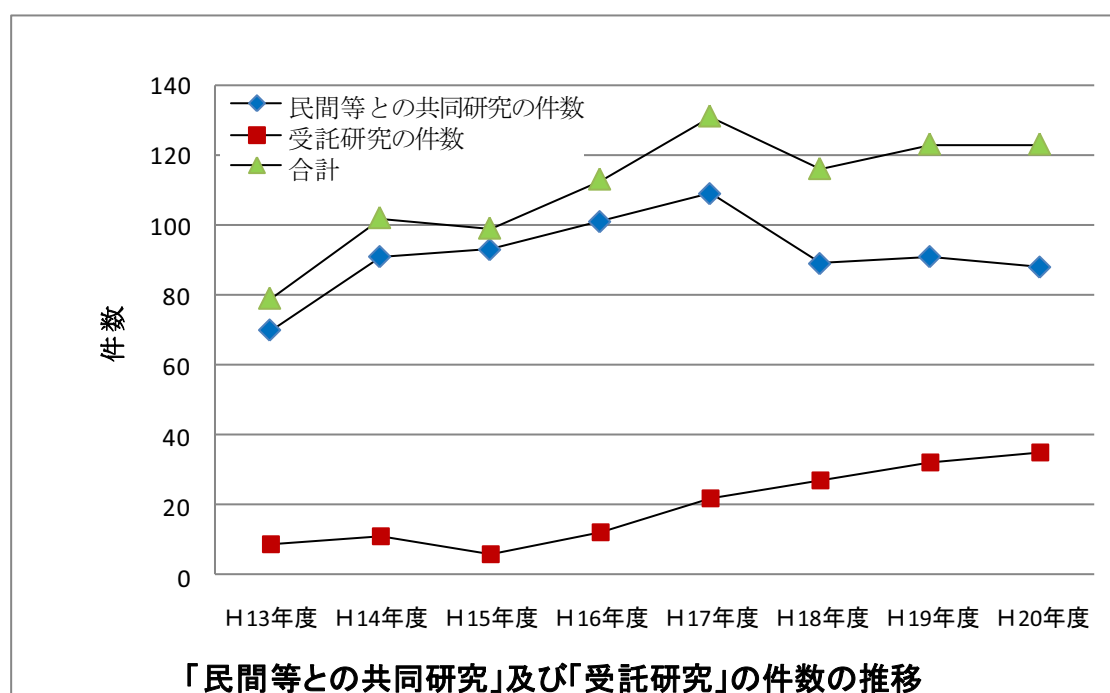
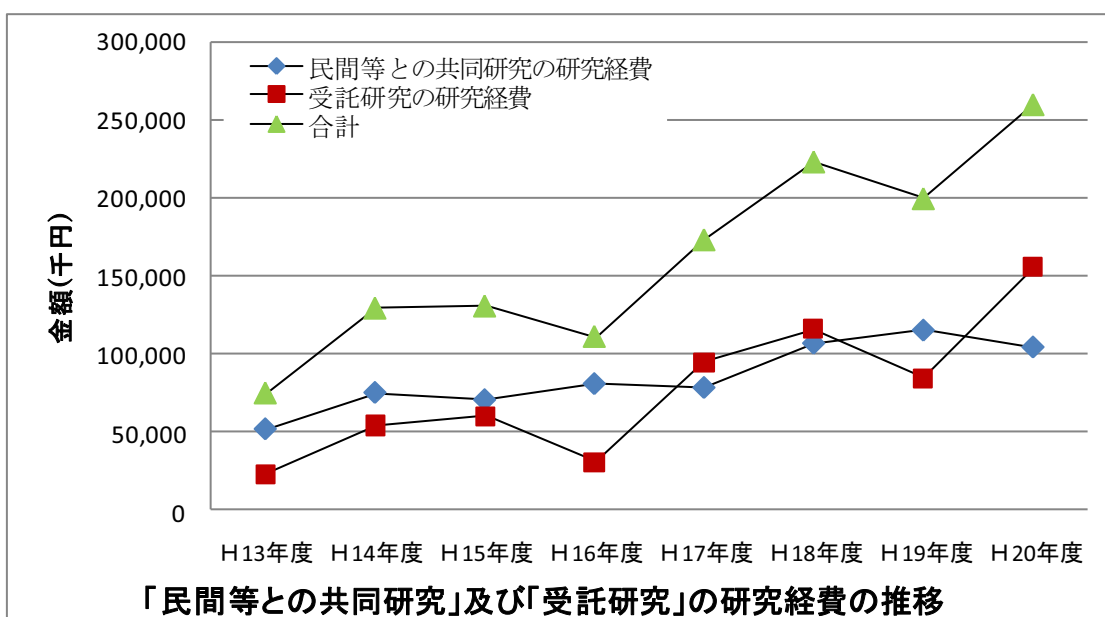
No.	研究分野	研究組織代表者		共同研究先組織
45	ナノテクノロジー・材料	応用化学工学科	准教授 田邊 博義	中小企業
46	ナノテクノロジー・材料	電気電子工学科	教授 福田 永	大企業
47	情報通信	情報メディアセンター	教授 刀川 眞	大企業
48	ナノテクノロジー・材料	応用化学工学科	教授 小幡 英二	中小企業
49	ライフサイエンス	応用化学工学科	准教授 大平 勇一	中小企業
50	ナノテクノロジー・材料	教育研究支援機構	教授 田畑 昌祥	大企業
51	製造技術	材料物性工学科	准教授 佐伯 功	大企業
52	ナノテクノロジー・材料	電気電子工学科	教授 福田 永	中小企業
53	情報通信	電気電子工学科	教授 長谷川弘治	中小企業
54	社会基盤	建設システム工学科	教授 溝口 光男	中小企業
55	製造技術	機械システム工学科	准教授 寺本 孝司	中小企業
56	ナノテクノロジー・材料	教育研究機構	教授 田畑 昌祥	大企業
57	社会基盤	機械システム工学科	准教授 戸倉 郁夫	中小企業
58	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	准教授 駒崎 慎一	大企業
59	製造技術	機械システム工学科	准教授 寺本 孝司	中小企業
60	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	大企業
61	製造技術	情報工学科	教授 久保 洋	中小企業
62	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	教授 齋藤 英之	大企業
63	社会基盤	建設システム工学科	講師 山田 深	大企業
64	製造技術	機械システム工学科	教授 媚山 政良	大企業
65	社会基盤	建設システム工学科	准教授 後藤 芳彦	中小企業
66	情報通信	情報工学科	教授 板倉 賢一	中小企業
67	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	教授 桃野 正	大企業
68	情報通信	情報工学科	教授 板倉 賢一	公益法人
69	社会基盤	建設システム工学科	教授 鎌田 紀彦	大企業
70	フロンティア	航空宇宙機システム研究センター 教授 東野 和幸		公益法人
71	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	教授 桑野 壽	大企業
72	ライフサイエンス	応用化学工学科	准教授 太田 光浩	大企業
73	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業
74	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業
75	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業
76	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業
77	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業
78	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業
79	製造技術	機械システム工学科	助教 長船 康裕	中小企業
80	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	准教授 駒崎 慎一	公益法人
81	社会基盤	材料物性工学科	助教 河内 邦夫	中小企業
82	情報通信	電気電子工学科	教授 福田 永	中小企業
83	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	准教授 駒崎 慎一	公益法人
84	環境	機械システム工学科	教授 媚山 政良	大企業
85	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科	教授 佐藤 忠夫	大企業
86	環境	機械システム工学科	授 授 媚山 政良	大企業
87	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業
88	社会基盤	建設システム工学科	教授 岸 徳光	中小企業

民間機関等の受託研究

No.	研究分野	研究組織代表者	共同研究先組織
1	その他	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	大企業
2	製造技術技術	機械システム工学科 講師 松本 大樹	大企業
3	テクノロジー・材料	教育研究支援機構 教授 下山 雄平	公益法人
4	その他	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	地方公共団体
5	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 教授 平井 伸治	公益法人
6	ライフサイエンス	材料物性工学科 准教授 澤田 研	公益法人
7	ライフサイエンス	応用化学工学科 教授 小幡 英二	公益法人
8	製造技術技術	電気電子工学科 准教授 青柳 学	公益法人
9	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 助教 田湯 善章	公益法人
10	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 教授 平井 伸治	公益法人
11	製造技術技術	電気電子工学科 准教授 植杉 克弘	公益法人
12	環境	応用化学工学科 教授 上道 芳夫	公益法人
13	情報通信	電気電子工学科 教授 中根 英章	公益法人
14	情報通信	情報工学科 講師 渡邊 真也	公益法人
15	情報通信	電気電子工学科 准教授 川口 秀樹	公益法人
16	情報通信	電気電子工学科 准教授 佐藤 信也	公益法人
17	情報通信	情報工学科 教授 佐賀 聡人	公益法人
18	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 准教授 駒崎 慎一	公益法人
19	製造技術	電気電子工学科 教授 福田 永	公益法人
20	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 准教授 駒崎 慎一	中小企業
21	環境	機械システム工学科 教授 世利 修美	公益法人
22	その他	材料物性工学科 教授 幸野 豊	国
23	ライフサイエンス	情報工学科 教授 久保 洋	中小企業
24	その他	知的財産本部 教授 鈴木 雍宏	国
25	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 教授 桃野 正	公益法人
26	環境	材料物性工学科 教授 岩佐 達郎	その他
27	環境	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	国
28	その他	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	公益法人
29	エネルギー	応用化学工学科 教授 菊池慎太郎	大企業
30	その他	ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道	国
31	ナノテクノロジー・材料	材料物性工学科 准教授 駒崎 慎一	中小企業
32	製造技術	機械システム工学科 講師 松本 大樹	大企業
33	ナノテクノロジー・材料	電気電子工学科 教授 福田 永	公益法人
34	ナノテクノロジー・材料	教育研究支援機構 教授 下山 雄平	その他
35	製造技術	応用化学工学科 准教授 大平 勇一	中小企業

民間等との共同研究及び受託研究の件数と研究経費の推移

項目	年度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
民間等との共同研究	件数	91	93	101	109	89	91	88
	金額(千円)	75,053	70,370	80,743	78,243	106,890	115,267	104,386
受託研究	件数	11	6	12	22	27	32	35
	金額(千円)	54,140	60,178	30,255	94,902	116,319	84,313	155,676
合計	件数	102	99	113	131	116	123	123
	金額(千円)	129,193	130,548	110,998	173,145	223,209	199,580	260,062





## 【平成 20 年度 事業活動】

研究協力会

事業推進検討会

講演会

CRD セミナー

展示会出展等

# 事業活動

## 1. シップリサイクルシンポジウム

主 催：室蘭工業大学ものづくり基盤センター，北海道新聞室蘭支社  
後 援：国土交通省北海道運輸局  
日 時：平成20年5月17日（土）13：30～16：00  
場 所：道新ホール  
参 加 者：300名

## 2. HiNT セミナー2008-2

### 【講 演】

テーマ：超伝導のしくみと応用

室蘭工業大学 材料物性工学科 准教授 桃野 直樹

日 時：平成20年5月20日（火）17：00～18：00  
場 所：R & B パーク札幌大通サテライト  
参 加 者：26名

## 3. 文部科学省産学官連携コーディネーター 第1回北海道・東北地区会議

日 時：平成20年5月29日（木）～30日（金）  
場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室  
参 加 者：文部科学省研究振興局研究環境・産業連携課 田口 康課長以下21名

## 4. 第1回(株)日本製鋼所／室蘭工業大学交流会

研究ニーズ・大学研究シーズの紹介（鋳鉄材料関連）

テーマ：薄肉球状黒鉛鋳鉄の開発と経緯

室蘭工業大学 材料物性工学科 教授 桃野 正

テーマ：鋳鉄の加工による溶接棒の作成と共金溶接技術の開発

(株)日本製鋼所 研究技術院 成田 英記

日 時：平成20年6月4日（水）15：00～16：00  
場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室  
参 加 者：10名

## 5. 西いぶりの企業力 ～ 北海道洞爺湖サミット・環境展 2008 ～

### 【講 演】

テーマ：異文化から再発見する日本

作家 椎名 誠

フォーラム1：省エネ住宅に関するフォーラム

「北海道住宅」Q1.0（キューワン）で、地球を守ろう！

室蘭工業大学 建設システム工学科 教授 鎌田 紀彦  
(NPO法人新住協代表理事)

フォーラム2：食と農を考えるフォーラム ～ 地産地消とフードマイレージ ～

パネリスト

伊達・産直佐藤農園 代表 佐藤 伸  
室蘭・(株)志賀総合食料品店 専務取締役 志賀 敬二  
登別・(株)望月製麺所代表取締役 泉田 覚  
(有)エムズプランニング 代表取締役 吉川 雅子  
日の出運輸(株) 代表取締役 石見 秀樹

コーディネーター

日 時：平成20年6月7日（土）～8日（日）12：00～16：00  
場 所：だて歴史の社カルチャーセンター 参加者：800名

## 6. 第7回産学官連携推進会議(出展・PR)

主 催：内閣府，総務省，文部科学省，経済産業省，日本経済団体連合会，日本学術会議

日 時：平成20年6月14日（土）～15日（日）10：00～12：30  
場 所：国立京都国際会館  
参 加 者：4,000名

## 7. 研究協力会役員会及び総会

### 【議 題】

1. 研究協力会役員を選出について
2. 平成19年度活動状況及び決算について
3. 平成20年度事業計画(案)について
4. 平成20年度予算(案)について
5. その他

### 【特別講演】

「シップリサイクルと環境 ― 環境を守り、資源を生かす ―」  
ものづくり基盤センター 准教授 清水 一道

### 【懇親会】

日 時：平成20年6月18日（水）14：00～18：30  
場 所：ホテルサンルート室蘭  
参 加 者：35名

## 8. 北海道洞爺湖サミット記念「環境総合展2008」

日 時：平成20年6月19日（木）～21日（土）10：00～16：00  
場 所：札幌ドーム  
参 加 者：83,700名

## 9. 事業推進検討会

### 【討 論】

1. 平成19年度CRDセンター事業について
2. 平成20年度CRDセンター事業について
3. その他

日 時：平成20年7月2日（水）15：00～17：00  
場 所：室蘭工業大学 共同利用施設 会議室  
参 加 者：23名

## 10. 第1回 MOT(技術経営)実践講座

### 【講 演】

テーマ：わかり易い、会社の仕組みと会社の経営方針  
(株)荏原環境テクノ北海道 代表取締役 村上 孝志

日 時：平成20年7月8日（火）14：35～16：05  
場 所：室蘭工業大学 専門校舎 N208  
参 加 者：55名(社会人25名)

## 11. 第2回 MOT(技術経営)実践講座

### 【講 演】

テーマ：中堅企業の経営の仕組み  
オイレス工業(株) 相談役 (元副社長) 野里 誠一

日 時：平成20年7月15日（火）14：35～16：05  
場 所：室蘭工業大学 専門校舎 N208  
参 加 者：47名(社会人20名)

## 12. 第3回 MOT(技術経営)実践講座

### 【講 演】

テーマ：世界の競争に打勝つには・・・  
アイシン精機(株) 生技管理部部長 内野 龍一

日 時：平成20年7月22日（火）14：35～16：05  
場 所：室蘭工業大学 専門校舎 N208  
参加者：55名(社会人26名)

### 13. HiNT セミナー2008-4

テーマ：寒冷地におけるコンクリート構造物の耐久性向上技術  
ーコンクリートをマクロからナノスケールで科学するー  
室蘭工業大学 建設システム工学科 教授 濱 幸雄

主 催：(独)産業技術総合研究所 北海道センター  
日 時：平成20年7月23日（水）17：00～18：00  
場 所：R&Bパーク札幌大通サテライト  
参加者：15人

### 14. 第1回 CRD セミナー

総合テーマ：道路舗装用アスファルト混合物の新しい再生手法の開発  
室蘭工業大学 客員教授 溝渕 優  
((株)NIPPO コーポレーション)  
室蘭工業大学 電気電子工学科 准教授 川口 秀樹  
室蘭工業大学 電気電子工学科 教授 鏡 慎

日 時：平成20年8月22日（金）12：55～14：25  
場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室  
共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会  
参加者：25名

### 15. 苫小牧市内企業見学会

日 時：平成20年8月27日（水）13：00～17：15  
場 所：(株)TECソリューションズ，(株)松本鐵鋼所，(株)イワクラ，国策機工(株)  
参加機関：室蘭工業大学，千歳科学技術大学，苫小牧工業高等専門学校，6商工会議所分科会  
参加者：22名

### 16. 第1回知的財産セミナー

#### 【講 演】

テーマⅠ：特許を出願するためには・・・新規性，進歩性，産業有用性について  
テーマⅡ：特許の出願から，権利化，裁判，期限までの一生  
テーマⅢ：特許戦略(論文発表の時期，研究ノート<sup>①</sup>の普及)  
テーマⅣ：共同研究契約書の作成の要点(研究者としての注意点)

明治大学 法学部 教授 熊谷 健一

主 催：北海道経済産業局  
実施機関：北海道科学技術総合振興センター  
日 時：平成20年9月8日（月）13：00～16：00  
場 所：室蘭工業大学 C207  
参加者：21名

### 17. 第2回知的財産セミナー

#### 【講 演】

テーマⅠ：IPDL 使用方法についての実習  
テーマⅡ：IPC の意味の理解，簡単な特許マップの作製法  
テーマⅢ：特許明細書の構成の理解，請求項の読み方  
テーマⅣ：発明の上位概念の創出方法

明治大学 法学部 教授 熊谷 健一

主 催：北海道経済産業局  
実施機関：北海道科学技術総合振興センター  
日 時：平成20年9月12日（金）13：00～16：00

場 所：室蘭工業大学 C207

参 加 者：11名

## 18. イノベーション・ジャパン 2008(出展・PR)

主 催：科学技術振興機構，NEDO技術開発機構

共 催：文部科学省，経済産業省，内閣府，日経BP社

日 時：平成20年9月16日（火）～18日（木）10：00～18：00

場 所：東京国際フォーラム

参 加 者：45,000名

## 19. MOT オープンカレッジ(北洋銀行 MOT セミナー)

道内大学間連携「技術経営人材・起業家育成」スクール

### 【講 演】

テーマⅠ：企業活動と金融

国民生活金融公庫札幌支店 創業支援課長 前田 芳昭

テーマⅡ：財務会計の基礎

(株)北洋銀行融資第一部 主任調査役 藤岡 秀満

テーマⅢ：経営分析の基礎

(株)北洋銀行融資第一部 主任調査役 藤岡 秀満

テーマⅣ：家計と証券投資

上光証券(株) 代表取締役会長 木村美太郎

主 催：(株)北洋銀行，北海道MOTコンソーシアム(推進協議会)

日 時：平成20年9月18日（木）9：00～16：30

場 所：室蘭工業大学 講義室

参加者：45名(社会人16名)

## 20. MOT オープンカレッジ(北洋銀行 MOT セミナー)

道内大学間連携「技術経営人材・起業家育成」スクール

### 【講 演】

テーマⅠ：経済のグローバル化と日本経済の課題

(株)日刊工業新聞社経済部 編集委員 井上 渉

テーマⅡ：北海道経済の現状と課題

日本政策投資銀行北海道支店 企画調査課長 大橋 裕二

テーマⅢ：経営者による実践事例

(有)植物育種研究所 取締役社長 岡本 大作

テーマⅣ：地域金融機関における産学連携

北海道ティー・エル・オー(株) 常務取締役 末富 弘

主 催：(株)北洋銀行，北海道MOTコンソーシアム(推進協議会)

日 時：平成20年9月19日（金）9：00～15：45

場 所：室蘭工業大学 講義室

参加者：42名(社会人16名)

## 21. 第3回知的財産セミナー

### 【講 演】

テーマⅠ：特許と社会問題(例えば，舩岡富士夫先生のフラッシュメモリーの取り扱われ方  
中村修二先生の職務発明問題，インクカートリッジ事件等)

テーマⅡ：大学が出願する特許の問題点(論文と特許の類似点と相違点)

テーマⅢ：利益相反について(共同研究，ライセンス)

明治大学 法学部 教授 熊谷 健一

主 催：北海道経済産業局  
実施機関：北海道科学技術総合振興センター  
日 時：平成20年10月7日（火）13：00～16：00  
場 所：室蘭工業大学 N405  
参加者：13名

## 22. 第10回北海道インキュベーション・マネジャー連携促進会(ワークショップ)

主 催：北海道IM連携促進会，(財)室蘭テクノセンター  
日 時：平成20年10月9日（木）15：00～  
場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室  
参加者：23名

## 23. 第2回CRDセミナー

総合テーマ：航空機用ジェットエンジン技術の現状と課題 — 環境対策を中心に —  
室蘭工業大学 客員教授 藤綱 義行  
(超音速輸送機用推進システム技術研究組合)

日 時：平成20年10月14日（金）10：25～11：55  
場 所：室蘭工業大学 共同利用施設 S201  
共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会  
参加者：38名

## 24. 函館地区異業種交流・意見交換会及び企業見学

日 時：平成20年10月28日（火）～29日（水）  
場 所：函館高専，北海道立工業技術センター，函館地区4企業  
主 催：産学交流プラザ「創造」，室蘭地域環境産業推進コア  
室蘭工業大学 地域共同研究開発センター  
参加者：22名

## 25. 室蘭商工会議所建設部会セミナー

室蘭工業大学地域共同研究開発センター並びに関係教員研究室視察・説明会

### 【講演】

テーマⅠ：銅管のピンホール腐食

室蘭工業大学 機械システム工学科 講師 境 昌宏

テーマⅡ：寒冷地におけるコンクリート構造物の耐久性向上技術

室蘭工業大学 建設システム工学科 准教授 濱 幸雄

日 時：平成20年11月11日（火）13：30～16：00  
場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室  
対 象：室蘭商工会議所建設部会所属企業  
参加者：24名

## 26. 第1回北海道医療産業研究会セミナー

テーマⅠ：医療機器の開発と薬事制度

札幌医科大学附属産学・地域連携センター副所長・准教授 石埜 正穂

テーマⅡ：医療関連ものづくり交流会 in 山梨

山梨大学 地域共同開発研究センター 文科省産学官連携コーディネーター 菅原 幸雄

日 時：平成20年11月12日（水）18：00～20：30  
場 所：JSTイノベーションプラザ北海道  
主 催：北海道医療産業研究会(幹事室蘭工大，札幌医大，小樽商大，道工試)  
参加者：70名



## 27. ビジネス EXPO2008「第21回北海道技術・ビジネス交流会」(出展・PR)

主 催：北海道 技術・ビジネス交流会実行委員会  
日 時：平成20年11月13日(木)～14(金) 10:00～17:00  
場 所：アクセスサッポロ  
参 加 者：30,000名

## 28. 高度技術研修(東京会場)

テーマⅠ：温泉水の電気分解によるレジオネラ属菌対策  
(株)竹中工務店 技術研究所 主任研究員 山手 利博  
テーマⅡ：建築および熱交換器用銅管の腐食に及ぼす地下水・上水および冷却水/冷温水の水質成分  
室蘭工業大学 客員教授 山田 豊  
(住友軽金属工業(株) 研究開発センター 第四部 主任研究員)  
テーマⅢ：腐食に関する基礎知識  
室蘭工業大学 機械システム工学科 教授 世利 修  
テーマⅣ：ステンレス鋼管・塩ビライニング鋼管および樹脂管の腐食事例  
三建設備工業(株) 技術研究所 主管研究員 細谷 清  
テーマⅤ：循環給湯銅管の潰食・孔食の腐食抑制技術  
住友軽金属工業(株) 研究開発センター 主任研究員 河野 浩三  
共 催：室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究協力会, (社)腐食防食協会  
(社)空気調和・衛生工学会北海道支部, 函館管工事業協同組合水道修理センター  
日 時：平成20年11月14日(金) 13:00～17:30  
場 所：青山オーバルビル(東京)  
対 象：民間機関等の技術者及び研究者  
参 加 者：64名

## 29. 第21回大学・企業技術交流会/フロンティア技術検討会

～ 地域活性化リレーシンポジウム in 室蘭 ～  
テーマ：「超モノづくりへの挑戦」～ 持続可能なモノづくり社会と地域発展へのシナリオ ～

### 【基調講演】

「工場改革とムダ撲滅及び中小オーナー企業の問題点」

神鋼電機(株) 代表取締役会長 佐伯 弘文

### セッション1

「環境に優しい特殊鋼棒線材の開発」

新日本製鐵(株) 棒線事業部室蘭製鐵所 技術研究部長 越智 達朗

### セッション2

「日本製鋼所室蘭製作所における風力発電事業」

(株)日本製鋼所 室蘭製作所 理事 唐牛 敏晴

### 【特別講演】

「モノづくりのパラダイムシフト」 — 制約条件を乗り越えて —

モノづくり推進会議主事 日刊工業新聞 代表取締役社長 千野 俊猛

### 【産・学・官交流会】

主 催：モノづくり推進会議, 室蘭市, 室蘭地域産学官連携事業実行委員会  
委員会構成・国立大学法人 室蘭工業大学 地域共同研究開発センター  
・室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会  
・(財)室蘭テクノセンター  
・室蘭地域環境産業推進コア

共 催：日刊工業新聞社

後 援：北海道胆振支庁, 登別市, 伊達市, 苫小牧市, 室蘭商工会議所, 登別商工会議所, 伊達商工会議所, 苫小牧商工会議所, 産学交流プラザ「創造」, 苫小牧地域のもづくり産業振興のための産学官金連携, 室蘭信用金庫, 伊達信用金庫, 苫小牧信用金庫, 北洋銀行北海道銀行, 日本政策金融公庫, 室蘭民報社, 北海道新聞社室蘭支社

日 時：平成20年11月26日（水）14：00～18：30  
場 所：ホテルサンルート室蘭  
参 加 者：152名

### 30. 第3回 CRD セミナー

総合テーマ：オイレスベアリングの使用例

室蘭工業大学 客員教授 小澤 秀夫  
(オイレス工業(株) 研究開発本部 要素機器研究室長)

日 時：平成20年12月3日（水）10：30～11：55  
場 所：室蘭工業大学 K105 セミナール室  
共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会  
参 加 者：10名

### 31. 産学官連携支援会議

#### 【講演】

テーマ：室蘭工業大学SVBLの成果とその応用

情報工学科 教授 久保 洋

日 時：平成20年12月5日（金）14：00～17：00  
場 所：R&Bパーク札幌大通サテライト  
参 加 者：22名

### 32. 第4回 CRD セミナー

総合テーマ：バイオマテリアルとしてのシルクの展望 医療用材料としての可能性

室蘭工業大学 客員教授 玉田 靖  
((独)農業生物資源研究所 絹タンパク素材開発ユニット長)

日 時：平成20年12月18日（木）15：00～16：30  
場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室  
共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会  
参 加 者：24名

### 33. 「技術科学と生産技術の交流」セミナー

日 時：平成21年1月23日（金）13：30～19：30  
場 所：青山オーバビル15F NASICホール  
主 催：室蘭工業大学(東京オフィス)、信州大学産学連携推進本部  
中小規模材料加工実践技術経営研究会  
後 援：(財)学生サポートセンター、(株)学生情報センター  
参 加 者：64名

### 34. 知的財産セミナー 平成20年度「産学官連携戦略展開事業(戦略展開プログラム)」

「知的財産活動基盤の強化—地域における産学官の連携」

#### 【基調講演】

産学官連携戦略展開事業の実施と室蘭工業大学・北見工業大学に期待すること

文部科学省研究振興局 研究環境・産学連携課 技術移転推進室室長 小谷 和浩

室蘭工大・北見工大・連携知的財産本部の概要

室蘭工業大学 知的財産本部 本部長 岸 徳光

#### 【特別講演】

知的財産に係る契約事項

芝総合法律事務所 弁護士 舛井 一仁

パネルディスカッション

「北海道地域における大学等の知的財産の活用」

コーディネーター

室蘭工業大学 知的財産本部 教授 鈴木 雍宏

パネリスト

(株)ヒューマン・キャピタル・マネジメント 代表取締役社長 土井 尚人  
苫小牧工業高等専門学校 産学官連携コーディネーター 東藤 勇  
北海道工業試験場 場長 尾谷 賢  
北見工業大学 知的財産本部長 鞆師 守  
室蘭工業大学 地域共同研究開発センター長 加賀 壽

【交流会】

日 時：平成21年1月27日（火）13：00～19：00  
場 所：ホテルサンルート室蘭  
主 催：室蘭工業大学  
参 加 者：122名

35. 彩の国ビジネスアリーナ 2009(産学連携フェア併催 東西27大学・研究機関集結)(出展・PR)

主 催：(財)埼玉県中小企業振興公社，(社)埼玉県情報サービス産業協会  
(財)埼玉りそな銀行，(株)武蔵野銀行ほか  
共 催：(財)埼玉りそな産業協力財団，(財)全国中小企業取引振興協会ほか  
後 援：経済産業省関東経済産業局，埼玉県，さいたま市ほか  
日 時：平成21年1月27日（日）～28日（水）10：00～17：00  
場 所：さいたまスーパーアリーナ  
参 加 者：13,500名

36. (株)日本製鋼所／室蘭工業大学 技術交流会 ― 材料と水素の係り ―

研究ニーズ・大学研究シーズの紹介(鉄鋼材料の水素損傷関連)  
テーマⅠ：水素をトレーサーに用いた鉄鋼材料の劣化・損傷評価の検討  
室蘭工業大学 材料物性工学科 准教授 駒崎 慎一  
テーマⅡ：高圧水素雰囲気中下での材料の変形過程における水素侵入挙動に関する基礎的研究  
(株)日本製鋼所クラッド製品開発グループ主任研究員 和田 洋流  
研究ニーズ・大学研究シーズの紹介(水素貯蔵合金関連)  
テーマⅠ：Ni コーティングした Mg 基合金の水素吸蔵特性  
室蘭工業大学 材料物性工学科 教授 齊藤 英之

日 時：平成21年1月29日（木）14：15～16：30  
場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室  
参 加 者：12人

37. 平成20年度「北海道新工法・新技術展示商談会」(出展・PR)

主 催：北海道及び独立行政法人中小企業基盤整備機構北海道支部  
後 援：経済産業省北海道経済産業局，北海道経済連合会，(社)北海道商工会議所連合会ほか  
日 時：平成21年2月5日（木）～6日（金）13：00～16：00  
場 所：日産自動車(株)テクニカルセンター  
参 加 者：1,270名

38. 第2回北海道医療産業研究会セミナー ～ 医療関連産業への進出のポイントを探る ～

【特別講演】

テーマⅠ：地域中小企業の医療・福祉機器分野への進出と医工連携人材育成  
(財)神戸市産業振興財団 理事・神戸大学 客員教授(医工連携コース)工学博士 永井 千秋  
テーマⅡ：医療機関のニーズと当社の取り組みの現状  
(株)ムトウ 本店第一営業部 執行役員部長 関根 敏美

【交流会】

主 催：北海道医療産業研究会  
後 援：北海道中小企業家同友会産学官連携研究会HoPE

日 時：平成21年2月10日（火）17：00～20：40  
場 所：JST イノベーションプラザ北海道  
参 加 者：44名

### 39. 札幌医科大学・小樽商科大学・室蘭工業大学合同企画フォーラム ～ 地域社会における医療，介護，福祉の最前線 ～

#### 【基調講演】

テーマⅠ：地方暮らしの幸福基準—安心の医療・介護とは

小樽商科大学 教授 片桐 由喜

テーマⅡ：医療と地域貢献について

室蘭市立総合病院 院長 近藤 哲夫

#### 【特別講演】

テーマⅠ：大学連携における地域貢献について

札幌医科大学 学長 今井 浩三

テーマⅡ：小樽商科大学の役割

小樽商科大学 学長 山本 真樹夫

地域への報告

テーマⅠ：感性工学からのカウンセリング支援

室蘭工業大学 情報工学科 准教授 魚住 超

テーマⅡ：新世代型リハビリテーション構築のための応用神経科学研究  
～ 医工・産学連携の視点から ～

札幌医科大学 保健医療学部 准教授 金子 文成

主 催：札幌医科大学，小樽商科大学，室蘭工業大学

後 援：室蘭市医師会，北海道胆振支庁，室蘭市，室蘭市社会福祉協議会，室蘭福祉事業協会  
市立室蘭看護専門学院，北海道医療産業研究会

日 時：平成21年2月21日（土）15：00～17：45

場 所：中嶋神社「蓬峯殿」

参 加 者：162名

### 40. 第5回 CRD セミナー

テーマⅠ：活性アルミ微粒子による水分子分解／水素製造の方法

室蘭工業大学 客員教授 渡辺 正夫  
((株)ハイドロデバイス 代表取締役)

テーマⅡ：PEFC 用高分子ヒドロゲル電解質膜の機械的特性の向上

室蘭工業大学 材料物性工学科 准教授 駒崎 慎一

日 時：平成21年2月23日（月）15：00～16：30

場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室

共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会

参 加 者：9名

### 41. 第6回 CRD セミナー

総合テーマ：参加亜鉛薄膜の合成と次世代機能デバイスへの応用

室蘭工業大学 客員教授 平尾 孝  
(高知工科大学 ナノデバイス研究所所長)

日 時：平成21年2月24日（火）15：00～16：30

場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室

共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会

参 加 者：26名

### 42. 異業種交流講演会

#### 【講演】

日 時：平成 21 年 2 月 25 日（水）16：00～17：15

場 所：しらおい創造空間「蔵」

参加者：35 名

#### 4 3. 高度技術研修(函館会場)

テーマⅠ：腐食に関する基礎知識

室蘭工業大学 機械システム工学科 教授 世利 修

テーマⅡ：マウンドレス型孔食発生に及ぼす水質の影響

函館工業高等専門学校 機械工学科 准 教授 古俣 和直

テーマⅢ：温泉水の電気分解によるレジオネラ属菌対策

(株)竹中工務店 技術研究所 主任研究員 山手 利博

テーマⅣ：建築および熱交換器用銅管の腐食に及ぼす

地下水・上水および冷却水／冷温水の水質成分

室蘭工業大学 客員教授 山田 豊

(住友軽金属工業(株) 研究開発センター 第四部 主任研究員)

テーマⅤ：ステンレス鋼管・塩ビライニング鋼管および樹脂管の腐食事例

三建設備工業(株) 技術研究所 主管研究員 細谷 清

テーマⅥ：循環給湯銅管の潰食・孔食の腐食抑制技術

住友軽金属工業(株) 研究開発センター 主任研究員 河野 浩三

共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会，(社)腐食防食協会

(社)空気調和・衛生工学会北海道支部，函館管工事業協同組合水道修理センター

日 時：平成 21 年 2 月 27 日（金）13：00～17：30

場 所：サン・リフレ函館

対 象：民間機関等の技術者及び研究者

参加者：72 名

#### 4 4. 第 7 回 CRD セミナー

総合テーマ：鋼に生成する高温酸化スケールの利用とスケールの機械的性質に関する研究

テーマⅠ：シームレス鋼管の製造プロセスにおける高温酸化スケールの制御に関する検討事例

室蘭工業大学 客員教授 日高 康善

(住友金属工業(株) 総合技術研究所)

テーマⅡ：鋼に生成する高温スケールの機械的性質その場測定

材料物性工学科 准教授 佐伯 功

日 時：平成 21 年 3 月 2 日（月）15：00～15：55

場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室

共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会

参加者：11 名

#### 4 5. 北海道ビジネスフォーラム 2009(道内 100 企業・団体が出展)(出展・PR)

日 時：平成 21 年 3 月 3 日（火）11：00～17：00

場 所：ロイトン札幌

主 催：北海道銀行，日経BP社・日経ベンチャー経営者クラブ，道銀・日経ベンチャー経営者クラブ

後 援：札幌市，北海道，北海道経済連合会，(社)北海道商工会議所連合会

協 力：北陸銀行

参加者：2,300名

#### 4 6. 知的財産セミナー 平成 20 年度「産学官連携戦略展開事業(戦略展開プログラム)」

「大学の知的財産を生かした北海道の産業振興を考える」

### 【基調講演】

大学に求められる知的財産活動とその体制

文部科学省研究振興局 研究環境・産学連携課 技術移転推進室室長 小谷 和浩

### 【特別講演】

大学発ベンチャーと地域における進産業創出

(株)セルフウイング 代表取締役社長 平井 由紀子

パネルディスカッション

「大学の知的財産を生かした北海道の産業振興を考える」

コーディネーター

北見工業大学 知的財産本部長 鞆師 守

パネリスト

室蘭工業大学 知的財産本部 教授 鈴木 雍宏  
(株)セルフウイング 代表取締役社長 平井由紀子  
(有)大地の香 代表取締役 奥山 壽雄

### 【交流会】

日 時：平成 21 年 3 月 10 日（火）13：30～18：30

場 所：北見工業大学、室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室

主 催：北見工業大学、室蘭工業大学

参加者：50 名

#### 4 7. 第 8 回 CRD セミナー

総合テーマ：高靱性コンクリート及び高靱性軽量コンクリートを用いた

構造部材の性能照査型設計に関する研究

テーマⅠ：補修補強用高靱性吹付けコンクリートの開発および適用性検討

建設システム工学科 講師 栗橋 祐介

テーマⅡ：高靱性コンクリートを部分使用した RC 版の重錘落下衝撃実験

客員教授 三上 浩

(三井住友建設(株) 技術開発センター 主席研究員)

テーマⅢ：高靱性軽量コンクリート製 RC 梁の繰り返し重錘落下衝撃応答解析

建設システム工学科 教授 岸 徳光

日 時：平成 21 年 3 月 13 日（金）10：30～12：00

場 所：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 産学交流室

共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 研究協力会

参加者：21 名

#### 4 8. 実践MOT講座(バードアイ育成一般開放講義)

テーマ：ものづくり日本の行方 ― 製造業復活が日本経済を救う ―

(株)日刊工業新聞社 編集局経済部 編集委員 井上 渉

日 時：平成 21 年 3 月 13 日（金）12：55～14：25

場 所：室蘭工業大学 ものづくり基盤センター

主 催：室蘭工業大学 ものづくり基盤センター

共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター

参加者：25 名

#### 4 9. 実践MOT講座(バードアイ育成一般開放講義)

テーマ：アイシン精機のものづくりステップと必要技術

アイシン精機(株) 精技開発部長 樋口 匡

日 時：平成 21 年 3 月 16 日（月）12：55～14：25

場 所：室蘭工業大学 ものづくり基盤センター

主 催：室蘭工業大学 ものづくり基盤センター

共 催：室蘭工業大学 地域共同研究開発センター

参加者：25 名



#### 50. 第3回北海道医療産業研究会セミナー

テーマⅠ：現場・地域に根ざした福祉機器開発とは？ ― 機器を導入する利点と課題 ―  
東京大学先端科学技術研究センター 人間情報工学分野 特任教授 田中 敏明

テーマⅡ：札幌医科大学の病院ニーズ発掘の取り組みの事例紹介  
札幌医科大学附属産学・地域連携センター 産学連携コーディネーター 助教 一瀬 信敏

日 時：平成21年3月24日（月）16：00～19：00

場 所：小樽商大学札幌サテライト

主 催：北海道医療産業研究会

参 加 者：29名

#### 51. 定期刊行物(平成21年3月現在)

1. 研究報告 No.19
2. センターニュース No.21
3. ニュースレター 臨時, No.93 ～ No.96

**国立大学法人 室蘭工業大学  
地域共同研究開発センター**

〒050-8585 室蘭市水元町27番1号  
URL <http://www.muroran-it.ac.jp/crd/>

E-mail [crd@mmm.muroran-it.ac.jp](mailto:crd@mmm.muroran-it.ac.jp)

T E L (0143)46-5860

F A X (0143)46-5879