

海外だより

アーヘン工科大学の鉄鋼部門の最近の研究

雀部 実*・Heinrich Wilhelm GUDENAU*²
Winfried DAHL*²・Hermann SCHENCK*²

鉄鋼業の環境変化にともなつて、いくつかの鉄鋼の研究機関ではその研究テーマを変化させつつある。本稿は、このような環境の中で西ドイツのアーヘン工科大学鉄冶金学科（西ドイツの大学は、日本の学科に相当する組織を Institut と称するので、これを研究所と訳さず学科と訳すことにする。）の研究の概略を紹介するものである。この学科の特徴の一つは、顕微鏡的スケールの研究からパイロットプラントスケールの研究まで多岐にわたっていることである。

1. 学科の小史

アーヘン工科大学 (Technische Hochschule Aachen) は 1870 年に設立された。1871 年には一般冶金学科が設立され、1898 年に鉄冶金学科が設立された¹⁾。以前はドイツの工科大学はすべて Technische Hochschule (Hochschule は単科大学という訳が適当であろう) を称えていたが、現在では Technische Universitaet (Universitaet は総合大学) を称える所が多くなつていく。しかし、アーヘン工科大学は実質的には総合大学であるにもかかわらず、いまだに伝統的な名称を使用している。

鉄冶金学科の歴代の教授陣は、次のとおりである。

1872-1901	DUERRE 教授
1901-1920	WUEST 教授
1920-1927	OBERHOFER と FRIEDRICH の両教授
1928-1950	EILENDER と SCHWARZ の両教授
1951-1969	SCHENCK, FISCHER, NACKEN, SCHMIDTMAN および WENZEL の各教授
1970-現在	DAHL, GAMMAL, GUDENAU および LANGE の各教授

WUEST 教授は酸化鉄のウスタイト相を発見した人である。EILENDER 教授と SCHWARZ 教授は酸素製鋼法の研究を行った人で、この研究成果は LD 法につながった。本稿の共著者 SCHENCK 教授は化学熱力学を冶金学の分野に持ち込んだ一人で、日本鉄鋼協会の名誉会員でもある。

2. 鉄冶金学科の研究内容の簡単な紹介²⁾2.1 製鉄の研究³⁾, 担当 GUDENAU 教授

製鉄グループの最も力を入れているテーマは、高炉への粉炭吹込みと高炉内部の状態の推定である。また、熱分布モデルをどのような高炉にも適用できるように拡張することを目的に、融着帯の熱分布モデルを開発しており、このために必要な熱伝導度や比熱などの基本的物理量の測定も行っている。さらに、高炉のライニングの寿命を伸ばすことを目的に、金属とセラミックスの新しい複合材料の研究も行っている。また、これら材料の高炉操業条件下での試験も行っている。

石炭ベースのロータリーキルン^{4)~6)} やオイルあるいは天然ガスのインジェクション⁷⁾ による直接製鉄のための研究では、予熱帯の伝熱解析および空気のインジェクション⁸⁾、焼結鉱や粉鉱あるいは粘結炭の利用⁹⁾¹⁰⁾、ロータリーキルン中の海綿鉄の炭素含有量の調節¹¹⁾¹²⁾ 等に関する研究が行われてきた。また、直接製鉄あるいは溶融還元の前還元法としての流動層の研究として、小型炉を用いての還元粉鉱あるいは前還元粉鉱のスティッキング現象の研究が行われている¹³⁾¹⁴⁾。

上記の研究では、鉄鉱石の還元挙動、特に鉄の生成機構に興味がおかれている。この研究では、高温の試料の上に還元ガスを導入しながら直接観察のできる走査型電子顕微鏡が威力を発揮した^{15)~19)}。この研究で、還元初期 (0-30 min) の温度と CO/CO₂ の比により、生成する還元鉄はち密なものになつたり、多孔質のものになつたり、繊維状のものになつたりすることを明らかにした。

2.2 石炭の地下ガス化の研究, 担当 DAHL 教授, GUDENAU 教授および FRANKE 博士の共同

1970 年代の石油危機以来、高温 Winkler 型流動層や鉄浴式の石炭ガス化の研究とならんで石炭を地下で直接ガス化させる研究が続けられている。この研究のゴールはフィールドテストのための操業条件を得るための研究室実験と理論的研究による「石炭地下ガス化 (UCG = Underground Coal Gasification) のシミュレーション」である。この研究は二つの段階からなっている²⁰⁾²¹⁾。最初の段階は、2本の井戸の間の地下にガスが通りやすいような連絡路を作ることと、この連絡路を保持することである。第2の段階はこの連絡路に沿ってガスを発生させることである。この研究には地下ガス化プロセスを想定した種々の規模の種々の種類の実験を必要とする^{22)~25)}。高い酸素分圧を有するガスは自然発火を誘起し操業を妨害する。この自然発火防止法を研究するため、示差熱分析を行うための高圧流動装置が開発された。この装置は 1.5 g までの試料を 100 bar まで加圧し 2-10 K/min の加熱速度で 1200°C まで加熱することができる。この装置で比熱、反応速度、反応熱が測定できる²⁶⁾。

物性と反応速度のデータは直径 170 mm, 長さ 200

* 千葉工業大学 工博

*² アーヘン工科大学 Dr.-Ing

mm の石炭コアを用い、圧力 60 bar、温度 1000°C までの試験ができる小型オートクレーブを用いて得られた。この装置による一連の研究で、熱分解、水素添加ガス化、空気による燃焼ガス化、空気-水蒸気混合気体による燃焼ガス化に関する試験が行われた。さらに、1 m 反応容器で直径 170 mm、長さ 1000 mm のコアを用いた 2 種類の実験が行われた。この反応容器は 100 bar、1000°C までの試験が可能である。ここではガス化試験と共に生成ガスの固体層の透過の測定や、逆方向燃焼試験も行われた²⁷⁾。地下深くで逆方向燃焼を行うための連絡路の問題は、大きな地下でガスの通り道を作り、それを塞がないようにすることである。このため地圧シミュレーション装置が開発され、石炭層にガスの通り道を作りこれをきちんと保持する方法を決めた。この装置は長さ 1000 mm、直径 170 mm の試料を密封し、地下 4000 m に相当する圧力 500 bar をかけることができるものである²⁵⁾。

地下深くに存在する石炭のガスの透過度は非常に小さく、ガス化剤の流れはガス連絡通路だけに限られる。この通路の表面積は十分なガス化反応を生じさせるためには不十分である。通路でのガス化反応の効率を改良するために、大型のオートクレーブを用いてガス圧の脈動化の効果を研究し、その最適条件が決められた。このとき用いられた石炭試料は、長さ 4000 mm、直径 320 mm であり、圧力は 60 bar であつた。圧力の脈動化は流量を変化させる方法によつた²⁸⁾。一定圧力下で行う方法に比べ、脈動化実験は 200 から 300% の効率の向上があつた。地下の深部に広範囲にわたつて堆積している石炭層を経済的にガス化するためには、長さの長い反応フロントが必要である。これを研究するために長さ 10 m という大型反応装置が作成され現在実験中である。

2.3 材料の性質と応力の比較による鋼構造物の信頼性の評価, 担当 DAHL 教授

まず、大型試験片を用いて 12×10^6 N サーボ油圧駆動ユニバーサル試験機を用いての試験について紹介する²⁹⁾。この試験機を用いて、幅 150 から 600 mm、厚さ 15 から 50 mm で中央に種々の形状の切欠きを持つ試験片の低温脆性温度域から延性温度域までの応力と歪みの関係を求めた。低温の場合には温度が塑性域にあるにもかかわらず脆性破壊の生じることがあつた。遷移温度領域以上では破壊は安定した割れの成長と延性破壊とで始まつていた。温度の低いところでは破面は脆性破壊であるが、温度の高いところでは破面のほとんどは完全に延性破壊を見せていた。また、試料形状の変化により遷移温度が変化した。実験的に求められた塑性領域と、有限要素法で得た結果とを比較すると、この両者はよく一致する。

この大規模試験で明らかにした遷移温度を他の試験方法で見出されたものと比較したところ、後者で見出され

た遷移温度は応力状態や変形速度のような外的要因の大きさに依存しているが、本研究では遷移温度はほぼ定数であることがあつた。遷移温度を比較する場合、基準の物理的意味に注意を払うべきである。このような比較では普遍的な関係を得ることは期待できないが、経験則をある限界内で得ることが可能である。

実験室規模の研究結果と構造物規模の研究結果の間の関係に対しては破壊力学が使用できるが、そのごく一部を次に紹介する。構造物の脆性破壊を説明する線形弾性破壊力学とクリープ弾性破壊力学を比較すると、後者はいまだに多くの未解決の問題を有している。しかし、一つの指標としての J 積分は構造物にかかる応力と材料の性質の関係を記述できるようにした。この J 積分はき裂先端での弾塑性変形エネルギーの尺度である。材料にとって重要な指標は、安定き裂成長開始からき裂延長中の過程になされる J 積分の実験的に決定された値である。この積分値の大きさによつて、材料の挙動を記述できる。ある種の構造物品に対しては J 積分で決定できる応力が有限要素法でも計算できる。材料の指標の限界値を比較することによつて、構造物品が使用できるかどうかを記述することが可能となる。

材料を評価する場合、高層建築での材料の自重のような長期間の一定荷重から、事故の時のように相当強大な荷重速度に至るまでの挙動を予見しなければならないので、鋼を単品と組立品に分け、さまざまな荷重速度をかけて試験した。このような試験では重畳弾性波により応力歪み曲線の信号に雑音が入り、したがつて材料の挙動ではなく試験機のダイナミック挙動を測定してしまうことがあるので、実験室における高速実験では確実な測定法が重要な役割を果たす。そのため、本研究では擬静的荷重を原則として、クリープあるいは緩和試験シミュレーションが行われた。その一方で引張速度を順次大きくし衝撃破壊に至るまでの荷重速度の変化の影響も実験的に調べた。この結果、鋼の降伏点は温度に依存せずしたがつて変形速度にも依存しない部分と、室温以下の温度で変形速度と温度に依存する部分とから形成されることがあつた。さまざまな強度を有するフェライト鋼ではこの温度と速度に依存する部分は液体空気温度ではほぼ同じ値となつて、それは約 6000 N/mm^2 であることもあつた。この熱活性化過程は転位論の助けで理解でき、応力に関する活性化エネルギーとして記述できる。また、この応力歪み曲線は温度と変形速度にも依存するはずである。しかし、速度はほとんど直接には作用しなかつた。ただし、変形のエネルギーの 90% が熱エネルギーに変化して試験片が加熱されるような大きい速度で変形する場合には、影響が見られた。かなりの材料の特性値が知られているので、応力歪み曲線も温度と応力速度の関数として定量的にとらえることができる。引張試験から決めることのできる延性特性は歪み速度の影

響をほとんど受けない。

歪み速度は延性に大きな影響を与える。低温域では、例えば切欠き先端で顕微鏡的き裂が発生したとき、不安定な局部的なへき開破壊が起こる。このへき開破壊は熱的活性過程ではないので、脆性破壊域では、歪み速度と温度の影響を受けない。延性破壊は、切欠きあるいはき裂先端でピットの形成、このピットと最初の割れ目との結合によって生ずる。このピットの形成と成長のプロセスは非常に小さい活性化過程なので破壊に至るまでの変形エネルギーに依存する。強度と伸びの積が一定なので、歪み速度が増加すると延性の向上が見られる。このような結果は破壊力学試験、例えば J_R 曲線や通常の試験方法でも見出される。

脆性領域から延性領域へ変わる途中の遷移領域での応力と歪み速度の関係は次のように考えられる。き裂形成と成長のためのエネルギーはき裂先端の塑性域の大きさにより決定的に影響を受ける。耐力が高ければ高いほど、変形域体積が小さければ小さいほど、変形エネルギーが小さければ小さいほど、延性も小さくなる。従って大きい歪み速度と高い耐力は延性を減少させる、ということが理解できる。高温では耐力は一定値になっているので、脆性破壊から延性破壊への遷移温度は高い温度の方へ移行する。この仮定は、遷移温度の移動とクリープ限界の速度感受性が直線関係にあることが確認されたことにより、証明された。このため強度が温度の影響を強く受けている範囲では、歪み速度は鋼の強度に大きく影響する。

脆性と延性領域での破壊についてはかなりのことが分かっている。しかし遷移領域に関してはさらに研究する必要がある。とりわけ、この遷移領域で延性破壊がはじまって不安定脆性破壊へ変化してゆくときの割れの出発点での破壊機構の変化を理解することは、鋼構造物の挙動を定量的にとらえる上で重要である。

2.4 鉄鋼産業の技術的経済的構造, 担当 SCHENCK 教授

本来この研究は、集団およびその集団に所属している企業の技術的構造を個々に研究すること、およびその構造の生産コストへの影響を産業経済学的に明らかにすることを目的としていた。この過程でいくつかの種類の研究ができ上がってきた。その中には、鉄鋼製品の生産効率とコストとの関係はコストの減少にリードされることをはつきりさせることも含まれていた³⁰⁾。

企業がある商品の市場能力を評価するとき、従来の需要に基づき不可欠な商品であると確信して楽天的判断を下すことが多い。しかし、時代と共に変化する需要に対して企業は正しい判断をしていたとは言い難い。すなわち、時代の要求に対し十分な転換が不可能なところでは、需要が減退する。長い間満足する状態にあつた企業が、だんだん減少してゆく需要とともに減少し、やがて消え去つてゆく。

この誕生と消滅のサイクルを、K. DAEVES は鋼の生産

の中ではつきり示した³¹⁾。Fig. 1 はパドル法が出現した 1840 年頃までの鋼の生産は木炭銑を精錬することが主流であつたことを示している。1890 年頃には溶鋼法(トーマス法と平炉法)に移行し、この方法は 1950 年頃に酸素製鋼法に交代した。これらは誕生と消滅のサイクルに従っている。ここまでの例では、消費者にとって生産方法が需要に対して摩擦なしに適合した運のよいサイクルの例であり、また生産者にとつても生産拡大のために好都合でもあつたサイクルでもある。

対数目盛りで示した Fig. 1 は放物線になつているが、これを通常目盛りで書くと釣鐘曲線になつている。時間関数としてこれらの傾向を掴むことができれば、今後の趨勢を推定することができる。P. GRAFF の検定によりこれらはガウスの正規分布にしたがうことが確認されて

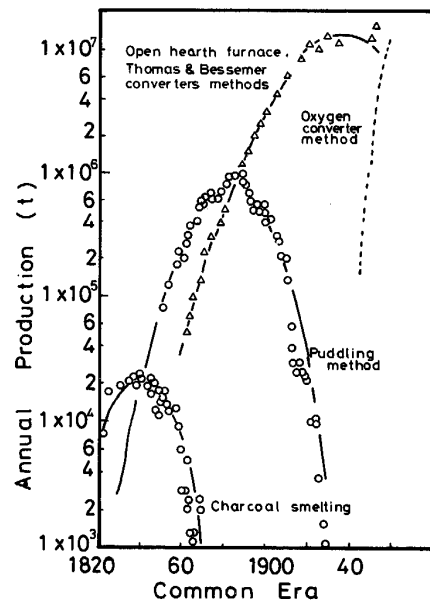


Fig. 1. Change of steelmaking method and annual production rates of crude steel in past 150 years in Rheinland-Westfalen district.

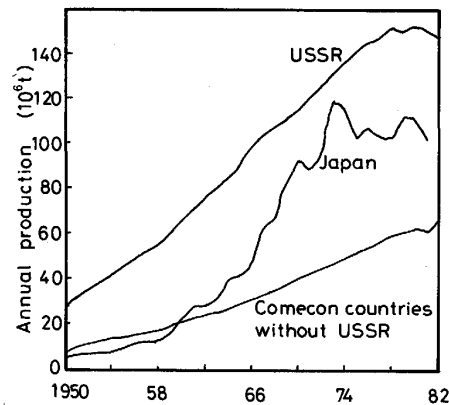


Fig. 2. Change in annual production rates of crude steel in Japan, USSR and Comecon countries without USSR.

いる³²⁾。これによると、年間生産高の時間に対する変化はある年に最大値、すなわち飽和値を取るよう経過し、これを超すと減少する。Fig. 2はソ連、日本および東欧圏の粗鋼生産高に関するこの関係を示したものである³³⁾³⁴⁾。

現在、この統計的構造の意味するところを研究すると同時に、パソコンを用いて計算が可能になるようにするための研究を行っている。

2.5 この他の研究

以下は、研究のタイトルのみを紹介する。

製鋼の研究, 担当 EL GAMMAL 教授

- 鋼の精錬に関する研究 (稀土類, Ca, Mg, CaO-Al₂O₃ などの添加効果)
- 溶融スラグの性質に関する研究 (電気伝導度, ガスの溶解度, 熱伝導度)
- エレクトロスラグ再溶解法に関する研究 (凝固インゴット中の残留応力推定のための数学モデルの開発)
- プラズマ冶金 (鉄鉱石の還元, メタル-スラグ界面の効果, 溶鋼の窒素吸収)
- 水素誘起割れに関する研究 (鋼中非金属介在物と水素誘起割れ感受性との関係)
- 界面現象に関する研究 (ESR および連続铸造に関するスラグと溶鋼間の界面張力の測定)
- 凝固に関する研究 (マグネシウム添加技術の最適化)
- 鉄鉱石の特殊処理に関する研究 (鉱石からの NaCl の除去)

製鋼, 担当 LANGE 教授

- 水素脆性の発生原因
 - 2成分揮発性化合物の蒸気圧の測定
 - 3元系鉄合金の水素溶解度
 - メタル-スラグ界面の動的界面張力の測定
 - 気泡核発生の観察
 - 酸素交換におよぼす界面乱れの効果
 - 酸素ジェット衝突の実験室的観察
 - 酸素吹錬精錬におよぼす種々の攪拌機構の効果
 - パウダーインジェクションによる脱りん
 - 鋼中へのアルゴンインジェクションの数学的取扱い
 - シリコン系脱酸剤による脱酸
 - 連続铸造中の空気ピックアップの実験室的観察
 - 連続铸造パウダーと鋼の相互作用
 - 冶金プロセスの数学モデル
- 高温プロセスの物理工学, 担当 BLOCK 講師
- 鉄蒸気法を基礎とした水素製造法の基礎的研究
 - 狭い誘導攪拌法による境界層効果
 - 電気伝導度の相違を利用した高炉シャフト部の装入物の測定法の開発
 - 溶融高純度鉄および鉄合金の電気伝導度の測定
 - 金属中の水素化物不純物の観察
 - 370-650 K, 10⁻¹-10⁻² bar における混合ガスの水蒸気

吸収能の測定

- モールド内の流動パターンを得るための連铸ストランド内の電磁気力密度の測定
- 1400 K までの鉛浴中での耐熱鋼の腐食挙動と防食法に関する研究
- 連铸ストランド内の凝固シェルの厚さの測定

3. おわりに

以上は、筆者の一人雀部がアレクサンダー・フォン・フンボルト財団の援助を受け1987年5,6月にアーヘンに滞在した際にまとめられたものである。同財団の援助に感謝する。また、とりまとめにあたっては、日本学術振興会流動研究員 Dr. Luka VELIKONJA の助けを借りた。記して謝意を表する。

文 献

- 1) W. DAHL: Tagungsband, 3. Aachener Stahlkolloquium 1987 (1987), p. 18
- 2) W. DAHL: Steel Research, 56 (1985), p. 235
- 3) H. W. GUDENAU: Steel Research, 56 (1985), p. 299
- 4) W. WENZEL, H. W. GUDENAU and J. BERNT: Stahl Eisen, 97 (1977), p. 286
- 5) H. W. GUDENAU, H. SERBENT and D. SCHULEBUSCH: Fachber. Huettenprax. Metallweiterverarb., 15 (1978), p. 723
- 6) H. W. GUDENAU, H. SERBENT and D. SCHULEBUSCH: Stahl Eisen, 99 (1979), p. 908
- 7) H. SCHENCK, W. WENZEL and H. W. GUDENAU: Forschungsber. d. Landes NRW no. 2228 (1972)
- 8) H. W. GUDENAU and A. R. JANIKOW: Fachber. Huettenprax. Metallweiterverarb., 20 (1982), p. 757
- 9) H. W. GUDENAU, W. DAHL and W. D. HAEUSLER: Forschungsber. d. Landes NRW no. 3133 (1982)
- 10) A. VILELA: 学位請求論文 (アーヘン工科大学) 1986
- 11) M. HENNING: 学位請求論文 (アーヘン工科大学) 1986
- 12) H. W. GUDENAU, A. VILELA and M. HENNING: Fachber. Huettenprax. Metallweiterverarb., 23 (1985), p. 828
- 13) W. WENZEL, H. W. GUDENAU and A. ARAN: Klepzig-Fachber., 82 (1974), p. 3
- 14) L. FANG: 学位請求論文 (アーヘン工科大学) 審査中
- 15) H. W. GUDENAU, W. -G. BURCHARD, E. KAST and H. RUPP: Aufbereitungstechnik, 19 (1978), p. 137
- 16) H. W. GUDENAU, W. -G. BURCHARD, M. KOBAYASHI and H. -Chr. SCHAEFER: Fachber. Huettenprax. Metallweiterverarb., 20 (1983), p. 698
- 17) M. KOBAYASHI, H. W. GUDENAU, W. -G. BURCHARD and H. -Chr. SCHAEFER: Tetsu-to-Hagane, 71 (1985), p. 1102
- 18) H. W. GUDENAU, W. -G. BURCHARD and M. SCHILLER: Fachber. Huettenprax. Metallweiterverarb., 23 (1985), p. 812
- 19) W. -G. BURCHARD, H. W. GUDENAU, M. SCHILLER and M. MATHES: Beitr. Elektronenmikroskop. Direktabb. Oberfl., 18 (1985), p. 157
- 20) H. SCHENCK, W. WENZEL, H. W. GUDENAU and J. BELZER: Techn. Mitt. Haus d. Technik, 74 (1981), p. 271
- 21) W. WENZEL, F. H. FRANKE, H. W. GUDENAU and Chr. BECKERVORDERSDANDFORTH: GwF, gas/erdgas, 119 (1978), p. 498
- 22) W. WENZEL, H. W. GUDENAU and M. MOHTADI: Arch.

- Eisenhüttenwes., 51 (1980), p. 249
- 23) H. W. GUDENAU and M. KURTH: Gas Waerme Intern., 31 (1982), p. 267
- 24) W. DAHL, F. H. FRANKE, H. W. GUDENAU, E. -U. REUTER, W. WENZEL and M. MOHTADI: Alma Mater Aquensis, 18 (1980/81), p. 122
- 25) K. GUNTERMANN, L. BEYER, J. -O. CHOI, F. FUHRMANN, P. KLINGENBERGER and K. RICHTER: Proc. 1985 Intn. Conf. on Coal Science, Sydney, Australia (1985年10月), p. 307 [Pergamon press]
- 26) K. GUNTERMANN, J. -O. CHOI, L. BEYER, P. KLINGENBERGER and F. H. FRANKE: Proc. 10th UCC-Symp., Williamsburg, Va (1984年8月), p. 307 [Morgantown Energy Technology Center, Morgantown, West Virginia]
- 27) R. R. GLASER, R. D. GUNN, W. D. KRANTZ, K. P. BREIDUNG and H. W. GUDENAU: Proc. 9th UCC-Symp., Bloomington, Va (1983年8月), p. 219 [Morgantown Energy Technology Center, Morgantown, West Virginia]
- 28) K. GUNTERMANN, M. KURTH, H. W. GUDENAU and R. D. GUNN: Proc. 9th UCC-Symp., Bloomington, Va (1983年8月), p. 397 [Morgantown Energy Technology Center, Morgantown, West Virginia]
- 29) W. DAHL: Mitteilungen aus dem Institut fuer Eisenhuettenkunde Bd30 (1980), p. 15
- 30) H. SCHENCK, J. P. FABER and C. CONSTANTINIDIS: Mitt. der "Forschungsstelle Stahlindustrien" an der RWTH Aachen (1978)
- 31) K. DAVES: Vorausbestimmungen im Wirtschaftleben, Essen (1951), Grosszahlmethodik und Haefugkeitsanalyse, Weinheim (1950)
- 32) P. GRAFF: Die Wirtschaftsprognose, Tuebingen (1977)
- 33) H. SCHENCK: Technische Mitteilungen, vol. 78 (1986), p. 537
- 34) H. SCHENCK: Mitt. der "Forschungsstelle Stahlindustrien" an der RWTH Aachen (1987)

コ ラ ム

風が吹けば容器屋がもうかる？

ある大会社の社長さんが小文の中で「私の若い時、先輩から世の中のどんな出来事でもすべて自分（の仕事）に結びつけて考えてみる習慣をつけると洞察力の涵養に役立つと言われ心掛けてきた」と書いておられるのを読んで感銘を受けたことがある。

今日では飲料缶が全缶詰生産の9割近くを占めるようになってきている。春から夏にかけて天候が良く、気温が高ければ飲料缶の消費が増えるという現象は、「風が吹けば……桶屋が……」式の迂遠な話でもなく分かりやすい。今や日本では牛肉・オレンジの自由化の嵐が吹き荒れている。これらが自由化になると、缶用材料は果たしてどうなるかということも興味ある問題である。新鮮な安いオレンジが多量に入らなければ、果実缶はどうしても苦戦になると思われる。牛肉の自由化の方はどうであろうか。安い牛肉により国内の畜産業者は転換を余儀なくされ、北海道あたりの肥沃で

広大な放牧地はアスパラ・スイートコーンなどの生産にまわされ、農産缶詰が盛んに……、一方、安い牛肉をたくさんたべるようになって、みんながせっせとジョギングを始めるようになり、汗をかけばスポーツ飲料を盛んに飲むようになる……、というふうな考えていくとどうも桶屋のはなし臭くなりそうだ。

こうして原稿に向かっている側でテレビは、ペルシャ湾上空でイラン航空のエアバス旅客機が米国海軍艦艇のミサイルによつて撃墜され、イランの指導者が「今こそ米国と全面戦争の時が来た」と呼びかけていると報じている。この嵐は果たして缶容器ビジネスにどのように掛り合ってくるのであろうか……。昔ならさしずめ非常食用缶詰が見直されるという図式となるケースであるが、現代ではとてもこのような期待はもてるものではない。一歩誤れば人類の破滅につながる戦争だけは大小にかかわらずなくなり、平和な世の中になつて欲しいものである。

(東洋鋼鈹(株)技術研究所 藤本輝則)