

特集記事・5

欧州鉄鋼業の現状と将来

欧州における地球環境保全と鉄鋼業

山形仁朗

Yoshiaki Yamagata

(株)神戸製鋼所 鉄鋼カンパニー 生産本部
生産技術部 デュッセルドルフ駐在 主任部員

Global Environmental Protection and The Steel Industry in Europe

1 はじめに

1992年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議「地球サミット」で、地球環境保全が人類共通の課題として位置づけられ、「持続可能な開発」の理念の下、環境と開発の両立を図るための取り組みの方向が国際的に合意されたのを契機に、欧州各国でも地球環境保全に対する取り組みが盛んに行なわれている。また、1997年12月に京都で開催された気候変動枠組条約締結会議「COP 3 京都会議」で、地球温暖化防止のための数値目標が決定され、欧州各国でもCO₂削減のため新たな取り組みを始めているところである。

本章では、理念先行と持ち前の徹底さで、厳しい環境規制とリサイクルを目指し、「環境先進国」とも言える歩みを進めるドイツの事例を中心に循環型経済社会を目指す欧州の現状について述べるとともに、そのような社会の動きの中で地球環境保全に取り組む欧州鉄鋼業の現状について紹介する。

2 循環型経済社会を目指す欧州

ドイツでは、増え続けるゴミ問題に対処するため、他国に先駆けて1991年に包装材の減量・リサイクルを目的とした「包装物条例」を施行するとともに、包装材の回収、選別、リサイクルを行なうDSD(Dual System Deutschland)社がその前年の1990年に設立されたことはよく知られている。Fig. 1に示すようなドイツの街角の至る所で見掛けるリサイクル対象物を回収するイエローボックス(Gelbe Tonne)やリサイクル対象品に示されたグリーンドット(Grüne Punkt)は、私たちが日常生活の中でDSD社の活動に接する場でもある。清涼飲料水のPETボトルやビールびんのデポジット回収制度とともに、Dualシステムによる包

装材・容器の回収は、ドイツの生活に完全に溶け込んだ姿になっている。

このDualシステムが導入された当初は、回収された包装材の約40%しかマテリアル・リサイクルに供することができないため、残り60%のいわゆる混合プラスチックについては、油化、ガス化等のフィードストック・リサイクル(ケミカル・リサイクル)をするための技術を早急に確立する必要があった。そういう中1995年にブレーメン製鉄所(Staharwerke Bremen)で高炉への廃プラスチック吹込み¹⁾が開始され、鉄鋼業の中から廃プラスチックのリサイクルが産業として確立されたことは特筆に値する。

さらに、1996年10月には1972年制定後たびたび改定されてきたそれまでの「廃棄物法」と併せて、より厳しい内容の「循環経済・廃棄物法」(循環経済を促進し環境と調和する廃棄物処理を確保するための法律)が施行された。この「循環経済・廃棄物法」では、特に製造物責任のことが強くうたわれている。具体的には、

- ・開発・製造・流通にあたっては、繰り返し使える製品にすること、技術的に寿命が長い製品にすること、使用後は順序よくすれば無害に再利用できる製品にすること、



Fig. 1 Boxes for recycling in Dusseldorf

環境に調和する処理ができる製品にすること。

- ・製品の製造にあたっては、再使用できる廃棄物や2次原材料を優先的に使うこと。
- ・製品や使用後に残る廃棄物を回収すること、回収したものを再利用・処分すること。

等である。これに関連して、1998年4月には廃自動車の無料回収を目的とする「廃自動車政令」、10月には廃バッテリーの回収を義務づけた「廃バッテリー政令」が相次いで施行された。

このような一連の動きに対応して、鉄鋼業界でも廃プラスチックだけでなく、廃自動車から発生するシュレッターダストのリサイクルも検討され、例えばエコ・シュタール(Eko Stahl)社では1993年以来Carboferプロセス*によるシュレッターダストの高炉吹込みのテスト²⁾が実施されており、今後も産業廃棄物の鉄鋼プロセスへのリサイクルが期待されている。

このように、高い理念から生み出された厳しい環境規制と、初期のDualシステムのようにやや過激とも言えるやり方で循環型経済社会を目指すドイツは、一時的な混乱を社会に引き起こすことがあるものの、一方でそのようなやり方が新しい技術を生み出すドライビング・フォースになっていることも事実であり、それが「環境先進国」と言われる由縁でもある。

以上のようなドイツにおける循環型経済社会を目指した動きに後押しされるように、EUでも1997年に包装材の生産者責任に対する指令、使用済み自動車に対する処理指令等が発令され、1999年7月には自動車メーカーの大反対の中、自動車メーカーに廃自動車の処理費用負担と部品再生を義務づける「自動車リサイクル指令案」に対する合意が成立した。

ごみを出さない、出したごみは環境と調和した方法でリサイクル或いは適正処理をして、できる限り天然資源を無駄にしないことを目指す循環型経済社会、そのための環境作りがここ欧州では整いつつあると言える。

3 欧州鉄鋼業界の地球環境保全への取り組み

国境を接し、一国の環境因子の悪化がすぐに他国への環境負荷につながる欧州では、政治、経済活動の統合よりも、環境行政における統合が早く望まれ、EU委員会が中心となって環境のさまざまな分野における指針を発令してきた。1996年9月には、それまでの指針を総括する形で、工

業界に対して包括的な環境保全をすることを目的としたEU IPPC(Integrated Pollution Prevention and Control)指令を採択した。この指令は、工業活動に起因する大気、水、土壌の汚染物質に対する規制や汚染を防止するために最も有効な技術(Best Available Technique)等を提示する包括的な指令であり、各産業界は初めてEU内での総括的な環境コンセプトが確立されたとして評価している。このIPPC指令に基づき、各国は1999年10月までに総括的な環境規制の法制化をする予定である。

これに対応して欧州鉄鋼協会(EUROFER)でも会員企業から専門家を集め、コークス工場から表面処理工場までの全プロセスに渡る排出規制や設備の設置基準を決めるための指針となるBest Available Techniques Reference Documentを作成し、欧州鉄鋼業界全体としての最適な環境保全技術を集大成しつつある。

ここでは、これまでのEU指令を中心とした欧州における最近の環境規制の動向とCOP3京都会議に対応した環境税の導入状況を述べ、さらに、それらの環境規制強化に対する欧州の鉄鋼会社の最近の取り組み状況の中から、すでにBest Available Techniqueになっている環境保全技術も含めて、特徴あるものをいくつか紹介する。

3.1 鉄鋼業を取り巻く最近の環境規制の動向

3.1.1 排出ガスに対する規制³⁾

欧州における排出ガスに対する規制は、ダイオキシンについては日本よりも早く規制問題が顕在化したが、SO₂等に対する規制は総じて日本に比べて緩く、焼結工場にも脱硫設備がほとんど設置されていないのが現状である。また、煙突から赤い煙を出している工場も多く、製鉄所の現状は、日本での“欧州は環境先進国”というイメージとは大きくかけ離れている。そのEUでも1996年に「大気品質に関する指令」が採択され、SO₂、NO₂、鉛、PM10、CO、ベンゼンに関する大気品質標準が制定されたが、それでもSO₂、NO₂の目標値は現在の日本よりも緩い数値になっている。

Table 1 Ambient air quality standards in the European Union

	Time		Level (Max exceedances per year)	
SO ₂	1 hour	by 2005	350 μg/m ³	24 exceedances
	24 hours	by 2005	125 μg/m ³	3 exceedances
NO ₂	1 hour		200 μg/m ³	18 exceedances
	Annual	by 2010	40 μg/m ³	
PM10	24 hours	by 2005	50 μg/m ³	35 exceedances
	Annual	by 2005	40 μg/m ³	
	24 hours	by 2010	50 μg/m ³	7 exceedances
	Annual	by 2010	20 μg/m ³	

* 油分を含んだスケールや、フライアッシュ、ダストetc.を高炉に吹き込むための事前処理プロセス、またはそのプロセスによって製造された物。

Table 1⁴⁾にその一部を示す。今後さらにカドミウム、砒素、ニッケル、水銀、多芳香族炭化水素、オゾンについても制定される予定である。焼結工場から排出されるダイオキシンについても、0.5ng TEQ/Nm³が目標値であるが、近い将来には焼却炉と同様に0.1ng TEQ/Nm³になるものと思われる。

また酸性雨対策としての指令も提案され、その中ではSO₂、NO_x、VOC(揮発性有機化合物)、アンモニア等に対する上限値が制定される予定であり、大気に対する環境規制の強化が強く打ち出されているのが最近の特徴である。

3.1.2 廃棄物や製品に対する規制³⁾

水や土壌の汚染につながる廃棄物の投棄に対する規制は、基本的には1998年3月に採択されたバーゼル条約に基づく有害廃棄物のリストによっており、重金属等を含む有害廃棄物に対する規制が強化されるとともに、固形廃棄物の100%リサイクルや工場廃水の閉回路化も強く打ち出されている。また廃棄物の投棄に関しても、「廃棄物投棄指令」で投棄方法、処分地の管理方法等が規定されているのは日本と同様であり、投棄に対する課税制度が導入されている国もある。

また、EUは1997年に自動車及び自動車部品のRe-use、Recycling、Recoverのための数値目標を設定する「使用済み自動車処理指令」を採択し、有害物質が使用されている自動車の破碎、埋め立て、焼却の禁止、有害物質を含む自動車部品の回収義務等を決定した。この有害物質の中には、鉛、水銀、カドミウム、6価クロムが含まれ、それらの物質を合金元素や表面処理材として含有する鉄鋼製品についての規制が議論されている。(鉄鋼業界で最も懸念された鉛の規制については、鉛快削鋼の使用時における環境面での有用性から、鉛0.3%以下の鋼については規制対象外になる。)

また、屋根やガードレール等に使用されている亜鉛めっき鋼板の亜鉛による土壌汚染や、ステンレス鋼のアレルギ－性や発癌性に対する懸念から、亜鉛やステンレス鋼に対する規制の声もあり、その有害性に対する評価方法も含めて、各鉄鋼会社はその動向に注視している。

このような動きの中、製品のライフサイクルの観点から、最終的には製品のグリーン標準を制定しようとするIntegrated Product Policyが議論され始めつつある。

3.1.3 環境税の導入

1997年3月にEC委員会によって提案された環境税は、COP3京都会議でCO₂削減目標が決定されたこともあって各国で活発に議論される中、1999年4月にドイツで初めて導入された。

ドイツにおける環境税導入の意義は、産業界のエネルギー構造改革により、2005年までに1990年比25%削減を見込んでいるCO₂削減であることは言うまでもないが、さらに同税収を社会保障費負担にあてて労働コストを低減させ、雇用の拡大を目指していることにある。また、他国に先駆けて導入することにより、EUにおける環境税導入を後押しする役目も担っている。

主な内容は以下のとおりである。(1マルク=約65円)

- | | | |
|------------|-------|---------------|
| 1. 電力税の導入 | ：電力 | 0.02マルク/kWh |
| 2. 鉱油税の引上げ | ：ガソリン | +0.06マルク/リットル |
| | 暖房用軽油 | +0.04マルク/リットル |
| | ガス | +0.32マルク/kWh |

なお、鉄鋼業界として最も懸念された石炭やコークスに対する課税は免除されている。

また、産業競争力の観点から、①年間50MWh以上のエネルギーを消費する製造業については税率の20%の軽減税率が適用される、②環境税の負担額が労働コスト減少分1.2倍を越える製造業については、超過分の還付申請が行なえる。③自家発電設備をもつ製造業がその消費電力の70%を自家発電でまかなう場合には、鉱油税が免除される、等の免税処置が規定されている。

しかしながら、このような免税処置後にも、例えばドイツの鉄鋼業界でも年間50億円の負担増になるとの声や、今回の導入は第1段階であり、第2、第3段階の課税計画に対する懸念の声もある。

同じような動きはイギリスを初めとする他のEU各国でも進められているが、環境税の導入はEU各国の鉄鋼業の競争力を弱め、環境税が導入されない国への生産シフトが進むだけであり、CO₂削減のための研究開発への投資もできなくなると、大反対している状況である。しかしながら、ドイツと同様に産業界への影響力を極力小さくする形で各国で環境税が導入されるのは時間の問題であると言える。

3.2 鉄鋼業における最近の環境保全技術

3.2.1 環境改善、省エネルギー

高炉一貫製鉄所で大気に対して最も大きな環境負荷をかけているのは言うまでもなく焼結工場であり、ダスト(PM10)、SO₂、NO_xに加えて、1989年に焼結排ガス中にダイオキシンの存在が発見された以降は、ダイオキシンに対する規制がオランダを中心に大きな社会問題になり、ダイオキシン削減のために新しいプロセスを導入したり、開発しているのが最近の欧州の大きな動きである。

オランダのホーゴベンス(Hoogovens)社では、主にダイオキシン、SO₂、NO_xの削減、並びに省エネルギーを目的に1994年にルルギ社の開発したEOSプロセス^{5,6)}を、1998

年にはダイオキシン、ダスト、 SO_2 、重金属の削減を目的にVAI社の開発したAirfineシステムと排水処理システム^{5,7)}を相次いで導入した。Fig. 2とFig. 3にその概要を示す。これらのシステムの導入は、ダスト、 SO_2 については90%以上、 NO_x については50%以上の削減効果をもたらし、ダイオキシンの濃度についても当初の1.0ng TEQ/ Nm^3 レベルから0.2~0.3ng TEQ/ Nm^3 まで下げるという大きな成果を上げている。

さらに、ドイツのティッセン・クルupp (Thyssen Krupp) 社では、他のドイツの鉄鋼会社とともにダイオキシン削減のためのプロジェクト・グループを組み、焼結排ガス煙道中へのリグナイト炭吹込みやセラミック触媒によるダイオキシン削減のためのテストを実施している。これらの技術の組み合わせにより、焼結排ガス中のダイオキシンについてもEUの最終目標である0.1ng TEQ/ Nm^3 をクリアできるところまでできている。

一方、省エネルギーに関しては、ここ数年新しいプロセスの誕生や大きなプロセス改善はないが、高炉一貫製鉄所

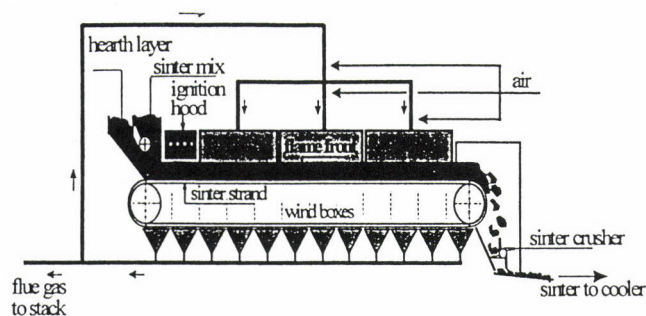


Fig. 2 Sinter strand with EOS system (Hoogovens, Netherlands)

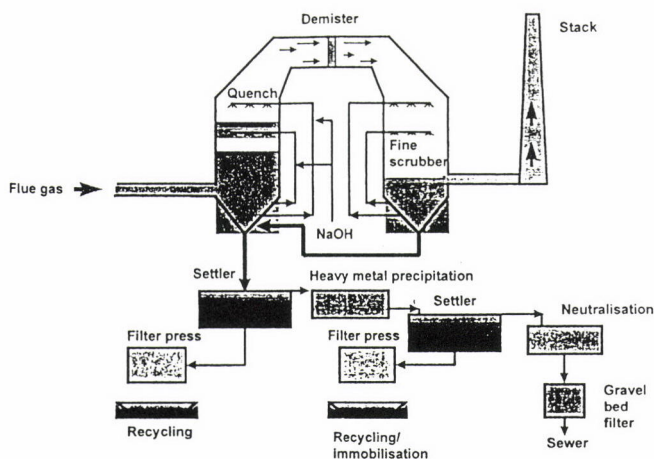


Fig. 3 Airfine installation and waste water treatment plant (Hoogovens, Netherlands)

で初めての薄スラブ連铸機が1999年4月にティッセン・クルupp社で操業開始⁸⁾し、1999年末にはホーゴベンス社でも稼動する予定であることは、欧州の鉄鋼会社の新たな動きとして注目される。このプロセスの導入により、ティッセン・クルupp社では従来のプロセスに比べて1.3GJ/t-hot stripの省エネ効果を見込んでいる。このような薄スラブ連铸の実用化に続き、今後さらなる省エネに向けてストリップ・キャストの活用が待たれ、現在Direct Strip CastingとTwin Roll Castingの2つのプロセスの実証テスト^{9,10)}が行なわれているところである。

3.2.2 リサイクル、廃棄物処理

高炉一貫製鉄所の所内で発生するダスト、スラッジ、ミルスケール等の所内発生品の大半を焼結工場へリサイクルしているのは日本と同様であり、その割合は欧州の主要な製鉄所の平均で約63%¹¹⁾になっている。焼結工場でリサイクルされない発生品は亜鉛や鉛等の重金属、アルカリ、油分等を含むものであるが、特に大量に発生する高亜鉛含有ダストやスラッジのリサイクルに苦勞しているのも日本と同様である。そのため、亜鉛めっき鋼板スクラップの使用を制限して、できるだけ亜鉛含有量を低いレベルに維持して焼結工場へリサイクルしている工場もある。また高炉スラッジについては、例えばイギリスのブリティッシュ・スチール (British Steel) 社では、Fig. 4に示すように、ハイドロサイクロンで分離して低亜鉛スラッジのみを焼結工場へリサイクルするという方法¹²⁾をとっている。転炉ダストについても、例えばオーストリアのフェスト・アルビーネ社では、Fig. 5に示すように、転炉ダストの亜鉛含有量をオンライン測定して低亜鉛ダストのみをホットブリケットにして転炉へリサイクルするといった方法¹²⁾をとっている。

しかしながら、いずれの方法にしても、高亜鉛含有ダストやスラッジについては滞貨させるか外販するしかなく、環境面、コスト面で大きな問題があるため、現在は固形発

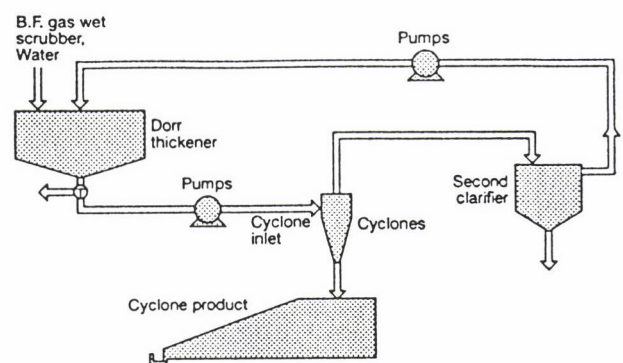


Fig. 4 Flow sheet of hydrocyclone treatment for BF slurry (British Steel, United Kingdom)

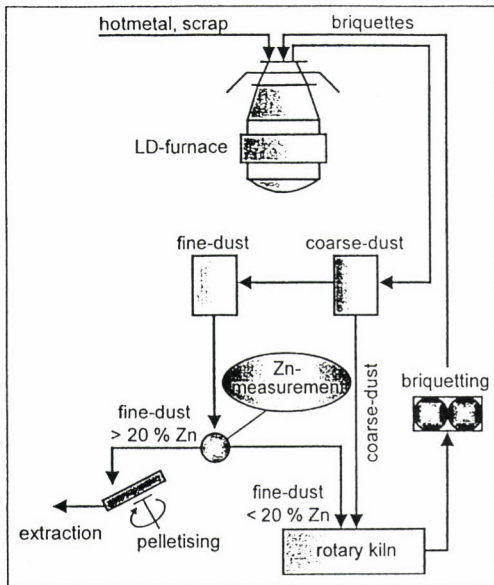


Fig. 5 Flow sheet of the dust cycle for LD dust (Voest-Alpine, Austria)

生品(Solid Waste)の100%リサイクル(ゼロ・エミッション)を目標に新たな取り組みに入っているところである。ティッセン・クルップ社では1999年6月に鉄源の柔軟性とダスト処理を目的にキューボラが稼動開始し、他社でも同様の目的でダスト、石炭ベースの直接還元炉やダスト製錬炉の検討に入っている。いずれにしても今後ますます増え続ける亜鉛めっき鋼板をソースとする亜鉛含有ダストのリサイクルがゼロ・エミッションに向けての鉄鋼業界の緊急の課題である。

また、廃プラスチック、シュレッダーダスト等の産業廃棄物の鉄鋼プロセスへのリサイクルについては、2の項で述べた通りである。

3.2.3 環境材料

環境に大きな負荷を与える鉛のようなさまざまな有害物質を規制しようという動きに対して、規制が具体化した場合にすぐ対応できるように、各社とも研究所レベルでは代替品の研究をしているが、製品化には至っていないのが現状である。

鉄鋼会社の材料面での環境への貢献は、むしろ自動車軽量化への対応といった製品を通じた省エネルギーへの寄与が大きいのは日本と同様である。特に、テーラードブランクやハイドロフォーミングといった自動車鋼板の成型加工技術の領域まで踏み込んで、鉄鋼会社自らがその開発に携わっているのが特徴と言える。

4 おわりに

21世紀は「環境の世紀」と言われ、欧州でも21世紀初頭に向けてさまざまな厳しい環境規制が具体化していく。

第2次世界大戦で徹底的に破壊されたドイツの街が、戦前の姿のままに復旧する努力が続けられ、また自分達の住環境を頑なに守ろうとするドイツ人の姿を見ていると、地球環境保全についても徹底的に取り組もうとする姿とどこか通じるところがある。

今回は鉄鋼業にかかわる環境技術に限定して述べてきたが、それ以外の環境技術についても欧州には独創的なものが数多く見られる。まず厳しい「あるべき姿」を掲げる。そして、その目標に向かって試行錯誤していく。その中から、今までの技術をブレイクスルーするような新たな基本技術が誕生するのも、この欧州の地からかも知れない。

参考文献

- 1) J. Janz and W. Weiss : Injection of Waste Plastics into the Blast Furnace of Stahlwerke Bremen, 3rd International Ironmaking Congress, Gent, Belgium, (1996), 114.
- 2) J. Hunger, D. Letzel, W. Kalinowski, W. Kruger, L. Savov and D. Janke : Materials and Thermal Balances for the Utilisation of Waste Materials by Injection into Blast Furnaces, 9th Japan-Germany Seminar on Fundamentals of Iron and Steelmaking, Dusseldorf, Germany, (1996), 142.
- 3) EUROFER Annual Report (1998)
- 4) Draft ; EUROFER Report for ENCO-37.
- 5) T. H. P. Leuwerink and A. van der Panne : Reduced Emissions from the Hoogovens Sinter and Pellet Plants, IISI Seminar on Sinter and Pellets, Brussels, Belgium, (1999), 13.
- 6) H. J. Werz, J. Otto and J. Rengersem : Umweltschutz in Eisenerz-Sinteranlagen durch Abgasrückführung, Stahl und Eisen, 115 (1995) Nr. 11, 37.
- 7) A. Ferstl, H. Furschuss and G. Kolb : AIRFINE Sinter Plant Waste Gas Purification, 3rd International Ironmaking Congress, Gent, Belgium, (1996), 178.
- 8) C. Hendricks, W. Rasim, H. Janssen, H. Schnitzer, E. Sowka and P. Tese : The Casting Rolling Plant of Thyssen Krupp Stahl AG, International Conference on New Developments in Metallurgical Process Technology, Dusseldorf, Germany, (1999), 286.

- 9) J. Kroos, T. Evertz, M. Dubke, U. Urlau, W. Reichelt, W. Trakowski, K-H. Spitzer, K. Schwerdtfeger and R. Nystrom : The Direct Strip Casting Process, International Conference on New Developments in Metallurgical Process Technology, Dusseldorf, Germany, (1999), 156.
- 10) J-M. Damasse, D. Themines and L. Vendeville : Twin Roll Casting at Ugine Isbergues an Overview on Myosotis, International Conference on New Developments in Metallurgical Process Technology, Dusseldorf, Germany, (1999), 164.
- 11) H. B. Lungen, J. Aumonier, G. Berglund, M. Calcagni, P. Depaye, C. Huguet, G. Kolb, J. Putro and J. rengersen : Processing of Recycling Materials for Ironmaking, 3rd International Ironmaking Congress, Gent, Belgium, (1996), 151.
- 12) J. Heiss, B. Fritz and B. Kohl : Development of Dust-Recycling at the Voest-Alpine Stahl Linz GmbH from 1989 to 1997, UNECE Seminar on Economic Aspects of Clean Technologies, Energy and Waste Management in the Steel Industry, Linz, Austria, (1998)

(1999年8月23日受付)