

総括

Summary

大同特殊鋼(株)の環境への取組

野村一朗\*, 立石 亨\*

Environmental Effort to Forestall Global Warming in Daido Steel Co., Ltd.

Ichiro Nomura and Toru Tateishi

Synopsis

*In accordance with the expansion of human activities, the environmental problems became obvious and have got widespread international attention since the latter half of the 1980s. It is inevitable that the future generation will be affected by those environmental problems such as ozone depletion, global warming and acid rain.*

*Above all, global warming is the problem that needs the most immediate action to solve and it is presumed to cause abnormal weather frequently occurred in recent years. This global warming is thought to be the effect of the increase of carbon dioxide emissions and other greenhouse gases and it is threatening the earth's ecosystem.*

*Therefore, it is urgently needed to reduce carbon dioxide emissions.*

*As serious as the global warming, there are other environmental problems of resource depletion and wastes disposal. In a long-term perspective, resource prices will increase due to the consumption increase in the fast growing developing countries. In order to address the depletion and rising costs of resources, it is essential to enhance the resource efficiency.*

*In this paper, our efforts for reduction of carbon dioxide emissions and for effective resources recycling are introduced.*

1. はじめに

環境問題が地球規模で議論されるようになったのは、1980年代後半からである。地域限定、個別の公害問題の対処は、1970年以降我が国では一定の成果が得られたが、人類の活動規模がさらに大きくなるにつれ、環境問題は地球規模かつ次世代への影響といった空間的・時間的広がりを持つものとして顕在化してきた。①オゾン層の破壊、②地球温暖化、③酸性雨が代表例である。

なかでも地球温暖化の影響は、近年世界各地で起こっている巨大ハリケーンや大洪水、大干ばつなどの頻発をその徴候とし、砂漠化の拡がりなどとともに、人類のみならず地球の生態系を脅かしつつある。すでに北極海の氷は融け始めているが、この原因は Fig.1 に示す二酸化炭素（以下 CO<sub>2</sub>）に代表される温暖化ガスの排出増加によるものであるといわれている<sup>1)</sup>。

1997年、地球温暖化防止京都会議（COP3）における京都議定書が締結され、2005年に発効している。日本

の温暖化ガス削減率は1990年度対比6%であり、2008～2012年の約束期間はすでに始まっている。

人類の生存基盤である地球環境を持続可能とするため、地球温暖化とともにとりくんでいかなければならない課題として、資源の枯渇および廃棄物の問題がある。

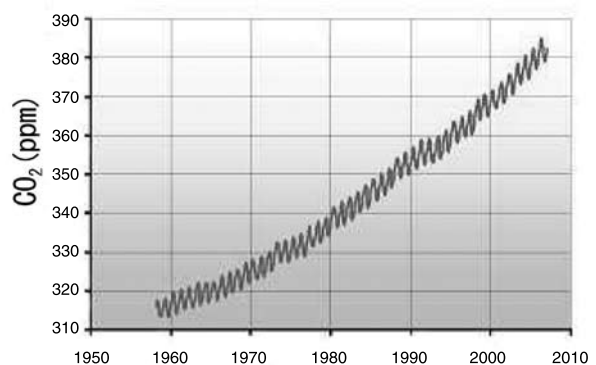


Fig.1. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide at Mauna Loa Observatory, Hawaii.

1993年に成立、施行された「環境基本法」の基本理念には「持続的発展が可能な社会」が謳われている。

“もったいない”は、リデュース、リユース、リサイクルを一つに包含した国際語として認知されようとしている。資源小国である我が国の先達が生んだ言葉を実践していくときである。

本誌記念号発刊の機会に、2020年、2030年に向け、さらに持続的発展のための行動のきっかけとなることを願い、当社におけるCO<sub>2</sub>削減と資源循環の取組について紹介する。

## 2. CO<sub>2</sub>排出削減の取組

日本全体の2010年におけるエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量目標値は、1056百万トン-CO<sub>2</sub>/年である。(社)日本鉄鋼連盟の自主行動計画では、1990年対比9%削減、186.9百万トン-CO<sub>2</sub>/年を目標としている。大同特殊鋼(株)(以下、当社という)の社内目標は、Fig.2に示すように同10%削減、1264千トン-CO<sub>2</sub>/年である。CO<sub>2</sub>削減の取組のうち、社内目標に含まれるのは製造時に発生するCO<sub>2</sub>の削減のみであるが、モノづくり企業として重要なのが製品での環境への貢献=使用時におけるCO<sub>2</sub>の削減である。その取組について紹介する。

### 2. 1 製造時に発生するCO<sub>2</sub>の削減

客先に製品が届くまでに発生するCO<sub>2</sub>には、製造工程でのエネルギーに起因するものと、流通過程でのエネルギーに起因するものがある。

#### 2. 1. 1 歩留り向上によるCO<sub>2</sub>の削減

歩留り向上は、資源効率の向上、廃棄物の削減に最も

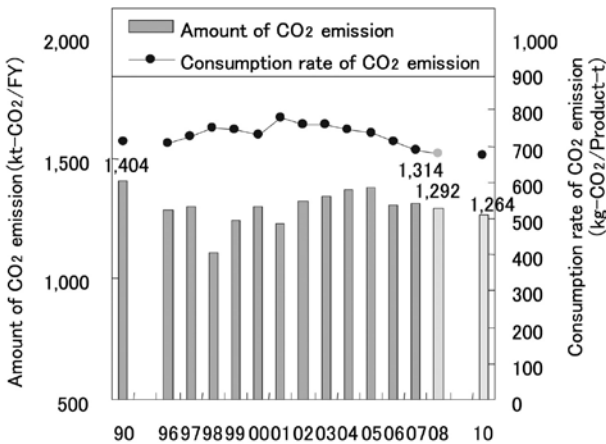


Fig.2. Amount and consumption rate of CO<sub>2</sub> emission (Daido Steel Co., Ltd.).

有効であり、最優先でとりくむべき課題である。当社で開発した大断面鋳造機 (Promising Hybrid Caster 以下PHC) は、切り捨て量が多く、表面品質に劣るインゴットでしか鋳造できなかった鋼種を連続鋳造する技術である<sup>2)</sup>。当社知多工場では、従来既存2基の連続鋳造機による連続鋳造比率は粗鋼生産量の70%程度にとどまっていた。残り30%をインゴットで製造せざるを得ない理由として①大型製品には既存の連続鋳造機では铸片の断面積制約により鍛錬比が不足する。②偏析が大きくでやすく内部品質確保のための凝固制御が難しい鋼種。③小ロット品で既存の連続鋳造機に生産組み入れすると連続鋳造全体の鋳造能率を落とし、歩留り効果も少ない。の3項目が挙げられていた。

Fig.3に示すPHCは、連続鋳造とインゴットの特徴をあわせ持つ半連続鋳造法であり、前述の3課題を克服するため以下の要素技術を具備している。①インゴットと

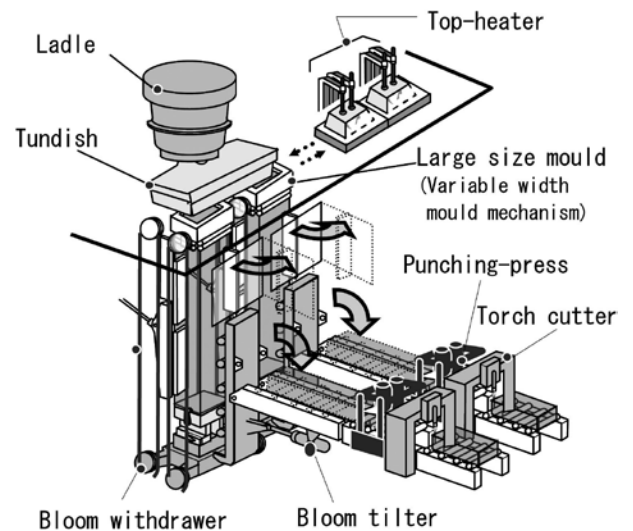


Fig.3. Schematic view of PHC.

同等の鑄片断面積（既存連続鑄造対比約3倍）を持ち、鑄片内部品質確保のため極低速鑄造かつ連続鑄造中に鑄片テーバを付与する技術。②最終凝固部の引け巣防止の頭部加熱技術。③端面酸化を防止するため切断前に中心部を圧着するポンチ圧下技術である。

これらの技術を適用することで、小ロットの構造用鋼から工具鋼、軸受鋼などへと連続鑄造比率は80%まで向上し、一貫歩留り向上によるCO<sub>2</sub>削減に大きく貢献している。

## 2. 1. 2 エネルギー効率の向上によるCO<sub>2</sub>削減

当社では加熱炉に代表される工業炉を150基以上使用しており、その多くは燃焼炉であることから、従来から高温廃熱の利用に取組、レキュペレーター、リジェネレイティブバーナーさらに廃熱ボイラーの導入を積極的に行ってきた。

しかし製鋼工場で使用している取鍋予熱装置は、従来適用できる実用的な廃熱回収技術がなく、さらに昇熱後保熱に移行する自動燃焼制御もなされていなかったため、熱損失が大きく、特に排ガス損失は50%弱にも及んでいた。

取鍋予熱装置は、取鍋上の限られたスペースに収める必要がある。そこでコンパクトなシングル型のセルフリジェネバーナーを採用し廃熱回収するとともに燃焼制御を自動化し、燃料原単位の改善を図った<sup>3)</sup>。

主に大型加熱炉に採用してきた2基1組の交互燃焼式のリジェネバーナーは、設置スペースが大きく、さらに切替え時に燃焼が不連続となるため、シール性が期待できない取鍋予熱装置では外気が侵入しやすい。これに対しFig.4に示すシングル型のセルフリジェネバーナーは、省スペースであり、メタルで作られた蓄熱体が円筒状一体型でゆっくり回転する機構であり、蓄熱体を通過する燃焼空気と排ガスの流路が回転により徐々に切り替わることで連続的に熱交換するため、連続燃焼であり炉圧変動がない。

知多工場では、2005年に5基の取鍋予熱装置をセルフリジェネ化および自動燃焼制御化し、燃料原単位は30%以上改善した。2009年には、主力の残り4基も改善予定である。シングル型セルフリジェネバーナーは、2基1組の従来型リジェネバーナーよりコンパクトだけでなく、30%程度安価であるため、今後も採用拡大しCO<sub>2</sub>削減していく。

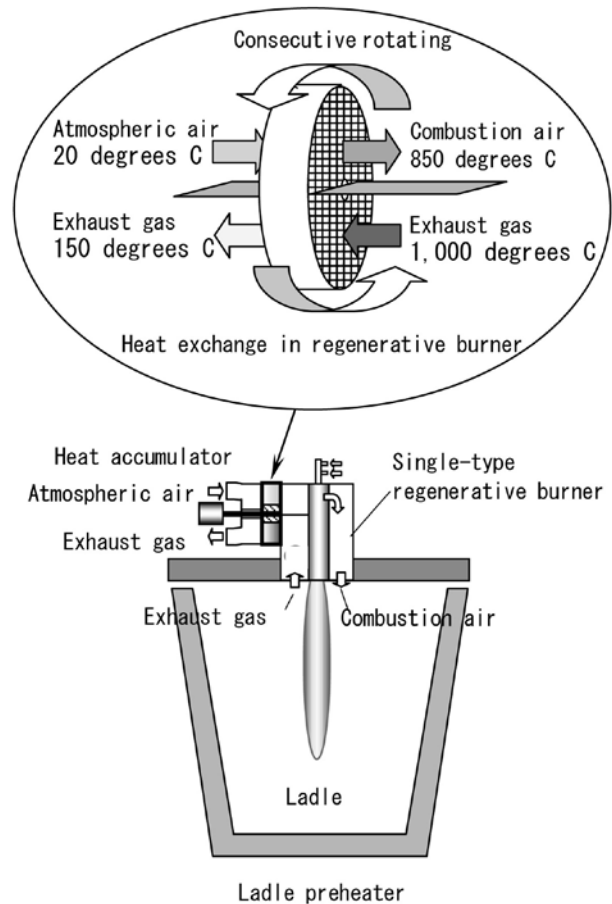


Fig.4. Schematic configuration of single-type regenerative burner.

## 2. 1. 3 燃料転換によるCO<sub>2</sub>削減

### (1) 燃料転換の推進（重油の都市ガス化）

メタン（CH<sub>4</sub>）を主成分とする天然ガスからつくられる都市ガスも、原油を精製してつくられる重油なども、大半を輸入に依存する化石燃料であることでは同じだが、温暖化ガスの主体であるCO<sub>2</sub>排出では大きな差がある。エネルギーの種類別によるCO<sub>2</sub>排出係数はTable 1のとおりである。

当社では、従来から硫黄酸化物や窒素酸化物の削減を図るため1995年に川崎工場では重油を全廃して以降、重油から都市ガスへの燃料転換を進めてきたが、現在は先の公害対策のみならず、CO<sub>2</sub>削減対策として燃料転換を加速している。2006年には星崎工場においても重油を全廃し、知多工場でもFig.5に示すとおり2008年現在、熱量換算で燃料使用における重油比率を25%にまで低減してきた。当社の2010年CO<sub>2</sub>削減社内目標のうち、

50%弱を燃料転換および同時に実施する省エネ対策により達成する計画である。

重油から都市ガスへの燃料転換は、それだけでもCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>およびPMの削減、バーナー清掃の負荷軽減、燃焼制御性の向上が得られるが、同時に最新の省エネ技術を採用し、最大のCO<sub>2</sub>削減効果を得るべく推進していかなければならない。

Table 1. Energy CO<sub>2</sub> emission coefficient.

	CO <sub>2</sub> emission coefficient
Kerosine	2.49 kg-CO <sub>2</sub> /L
Light oil	2.62 kg-CO <sub>2</sub> /L
Bunker A	2.71 kg-CO <sub>2</sub> /L
Bunker C	2.99 kg-CO <sub>2</sub> /L
LPG	3.00 kg-CO <sub>2</sub> /kg
Coke	3.24 kg-CO <sub>2</sub> /kg
Town gas	2.10 kg-CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup>
Electric power	0.374 kg-CO <sub>2</sub> /kWh

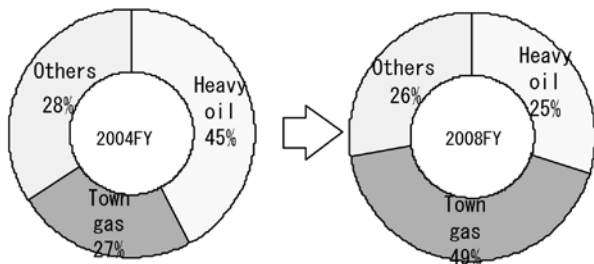


Fig.5. Fuel conversion in Chita plant.

## 2. 1. 4 輸送におけるCO<sub>2</sub>排出量の削減

### (1) モーダルシフト

我が国の2006年度の運輸部門CO<sub>2</sub>排出量は1990年度対比16.7%増加しており、運輸部門のCO<sub>2</sub>削減は急務である。当社においても、Fig.6に示すように出荷量の増大により運輸面でのCO<sub>2</sub>排出量は、2001年対比4.3%増加し、絶対量として約60千t-CO<sub>2</sub>/年となっているが、CO<sub>2</sub>排出原単位では同年比10.3%の大幅減を示している。これは当社が進めてきたモーダルシフトの成果である。輸送手段によるCO<sub>2</sub>排出原単位を比較すると、Fig.7に示すようにトラック対比、船舶では78%、鉄道では87%削減でき、モーダルシフトは極めて有効である。

雨天でも船舶による鋼材出荷が可能な全天候パースの

建造など、物流施設の改善も行っており、現在では自社製品輸送の26%をCO<sub>2</sub>排出の少ない船舶輸送で出荷している。またFig.8に示す鉄道・トラックに共用可能な鋼材専用トレーを開発し、向け先によりトレーラーから鉄道輸送に全面シフトしている。

鉄道・船舶による輸送のフレキシビリティに劣る面はソフト面でカバーし、今後も積極的にモーダルシフトを推進していく。

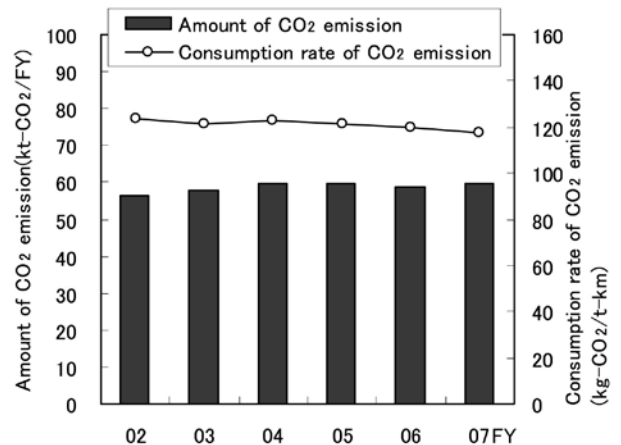


Fig.6. Amount and consumption rate of CO<sub>2</sub> emission for transportation.

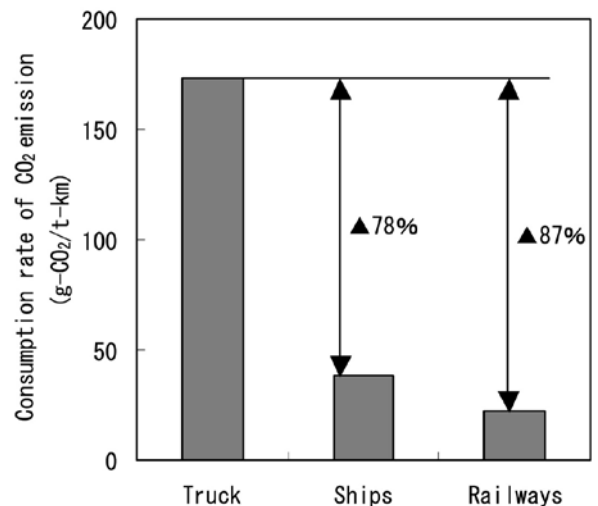


Fig.7. Comparison between amount of CO<sub>2</sub> emission by truck, ships and railways.



Fig.8. Special containers which can be used by truck and rail.

## 2. 2 製品での環境への貢献

### (1) 使用時における CO<sub>2</sub> 削減<sup>4)</sup>

輸送機械などにおいては、製造時よりも使用期間における CO<sub>2</sub> 排出量のはるかに大きくなる。当社で製造・供給している特殊鋼は、さまざまな産業で高効率化に貢献するだけでなく環境負荷の軽減にも大きく貢献している。その一部を紹介する。

### 2. 2. 1 (クリーンディーゼル用) コモンレール用鋼

ディーゼルエンジンはガソリンエンジンと比較して熱効率がよく(約30%)、CO<sub>2</sub> 排出量が少ない(約20%)ため欧州を中心にディーゼル車比率が高まっている。既に、欧州では乗用車の半数をディーゼル車が占めている。従来ディーゼルエンジンはPMやNO<sub>x</sub>の発生が多いという欠点があったが、これを低減するため、高い圧力かつ最適のタイミングで燃料を噴射し、微細化完全燃焼させるコモンレール式燃料噴射技術が開発され、当社はその中心部品である Fig.9 に示すコモンレール用の素材を開発し供給している。この開発鋼種は、高圧噴射に耐えられる疲労強度と製造時の深穴加工を可能とする被削性を両立させるため、化学成分や製造条件を適正化し、高浄化による疲労強度とクリーンな鋼の中に特殊元素を少量微細分散させているのが特徴である。

このコモンレール用鋼の供給を通じて、自動車の CO<sub>2</sub> 排出量低減やディーゼル車の排出ガス浄化で地球環境の保全に貢献している。



Fig.9. Common-rail injection system.

### 2. 2. 2 ジェットエンジンシャフト

当社は非常に清浄度の高い特殊鋼を製造することができる二次溶解設備と、結晶粒をコントロールできる大型の鍛造設備を保有し、一貫製造できる強みを持っている。その技術力からさまざまなジェットエンジンシャフトの製造を手がけている。世界最大推力のターボファンエンジンである GE90-115B の中央にも Fig.10 左に示す当社と GE 社が協同開発したシャフトが使用されている。

当社の製造するエンジンシャフトは、特に高強度かつ靱性に優れているため、エンジンの高出力化に対応し優れた燃料効率が発揮できる。例えば、GE90-115B を搭載した双発ジェットであるボーイング 777 は他機(4発)と比較して1シートにつき20%以上優れた燃料効率を達成している。これは排出する CO<sub>2</sub> の絶対量では 141000 t-CO<sub>2</sub>/年の削減(16機分)となる。

当材質はより進化した新規機種種のボーイング 787 のエンジンシャフトにも採用され、今後の燃料効率の良いエンジンには欠かせない材料になっている。



Fig.10. Jet engine turbine shaft.

## 3. 資源循環活動

地球温暖化とともに天然資源の枯渇および廃棄物についても、持続的発展が可能な社会を実現するには大きな課題である。BRICsの台頭により、さまざまな資源の需

要が高まったことや資源産出国の国家戦略による輸出規制によりレアメタルなどの資源は、長期的には価格上昇が避けられないと考えられる。

このような天然資源の枯渇および価格の高騰に対応するには、リデュースを最優先に資源効率を高めていくことが必要であることはいうまでもない。一方で国内に限れば、乗用車の年間新車販売台数と廃車台数は、既に4百万台半ばでほぼ同数となっており、極論すれば新車を製造するための資源は、既にそこにあるといえる。都市鉱山という考え方である。資源循環体制を構築し、突き詰めていくことが天然資源の枯渇にも Fig.11 に示すゼロエミッションにも対応していく道である。

電気炉製鋼法は、鉄鉱石から既に還元されている鉄資源を循環させるという面で、資源循環の先駆である。当社は電気炉製鋼で培った技術を活用し、Niなどの有価金属に対しても資源効率を高めるため、資源循環、省資源についてさまざまなリサイクル技術の開発にとりくんできた。その一部を紹介する。

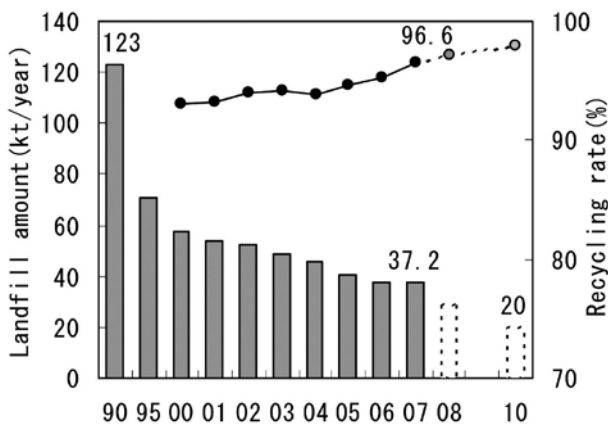


Fig.11. Recycling ratio and landfill amount in Daido Steel Co., Ltd..

### 3. 1 粉体造粒によるスケール／ダスト有効活用(PRIME)

PRIME は Premium Resources with Innovative Method (価値ある資源にする革新的な方法) の頭文字をとって命名された粉体造粒によるスケール／ダスト有効活用法である。目的は、①粉体副産物(スケール／ダスト)中の有価元素の電炉高効率回収。②一部社外埋立していたダストの電炉活用化である。

スケール／ダストは、製鋼原料として従来から電炉投

入していたが、①集塵ロスおよびハンドリングロス大。②還元効率が低くスラグ量増加。③電炉能率悪化の課題があり、十分にメタル回収できていなかった。これらの課題を解決し、有価金属を低コストで回収するため①造粒パレット化による集塵、ハンドリングロスの極小化。②還元材内装により還元反応効率を向上する技術を開発し、2007年3月より Fig.12 に示す PRIME を稼動開始した。

PRIMEにより、電炉投入時の集塵ロスは大幅に低減し、電炉能率に与える影響も軽減しており、Fig.13 に示すとおりメタル回収率は従来法対比21%向上した。2008年8月には2基目を立ち上げ、2000t/月以上のスケール／ダストから低コストで有価元素を回収し、埋立処理の削減・資源循環を実現していく。

### 3. 2 DSR(エコタウン事業)

DSR (Daido Special Recycling Process for Direct & Smelting Reduction) は、当社で開発した製鋼ダスト溶融プロセス(DSM; Daido Special Method for Dust Slag Melting)の粉体溶融バーナー技術を応用・発展させたプロセスである。目的は、①廃棄物ゼロエミッションのため工場排水スラッジを乾燥、溶融無害化し資源化。②特殊鋼製造工程で発生する有価金属を含んだスラッジ、ダストを溶融還元しNiなどの有価金属の含有率を高めたメタルの回収である。スラッジからの有価元素回収は難易度が高く、従来はほとんど埋立処理されていた。

Fig.14 に示す DSR はスラッジ、ダストから貴重な Ni を回収できる先進技術が評価され、「あいちエコタウンプラン」の「循環ビジネスの創出と支援」に位置づけられている。

DSRでは、湿ったスラッジを排ガス顕熱を利用した乾燥機で粉砕+乾燥し、乾燥した粉体を空気輸送して粉体溶融バーナーに送り込みバーナー火炎内で溶融する。溶融したスラグに還元材を吹きこみ、含まれている有価元素を選択的に還元し、回収メタル中に濃縮する操業を行う。無害化、資源化が目的の場合は、溶融したスラグをそのまま固め、重量骨材などに再利用する。

Ni 回収操業については、技術的に確立し Fig.15 に示す地金回収量を増やしているが、回収コストをさらに削減することが課題である。

## 4. まとめ

本稿では、当社における CO<sub>2</sub> 排出削減と資源循環の



Fig.12. View of PRIME.

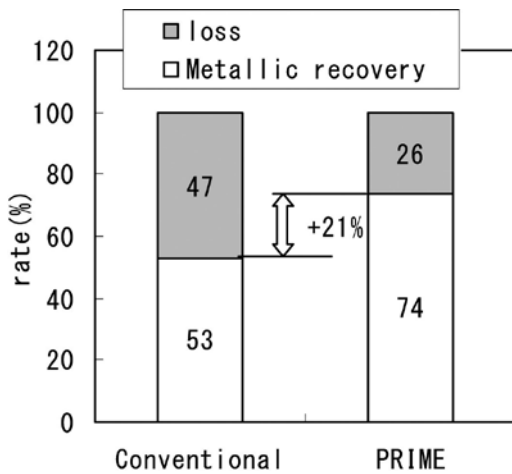


Fig.13. Comparison of the metallic recovery rate.

取組について報告した。CO<sub>2</sub> 排出削減では、まず京都議定書約束期間における社内目標を必ず達成することであるが、もちろんゴールではない。ポスト京都では、先進国が省エネを進めたとしても 2030 年には、世界で現状の 1.4 倍ものエネルギー需要となると予測されている。

特殊鋼の製造工程は、一貫歩留りをみても、まだまだ改善の余地がある。技術課題を克服し、資源効率を最大限に高めていくことは、企業競争力を高めるのみならず、持続的発展を可能とし地球環境を次世代に引き継い

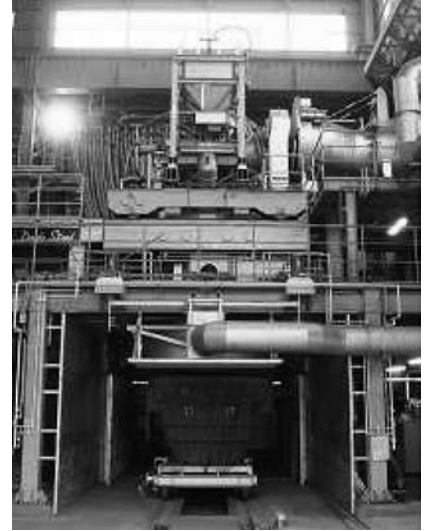


Fig.14. View of DSR.

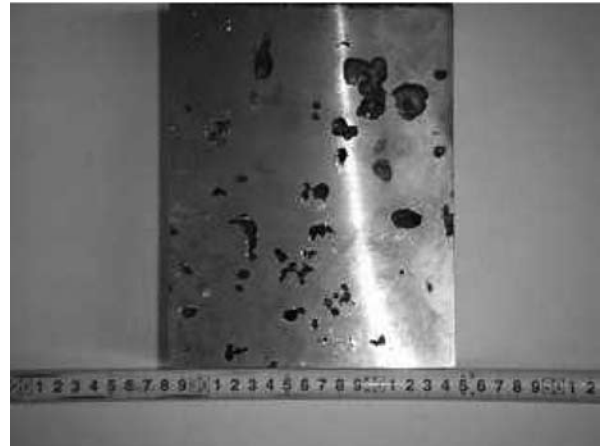


Fig.15. View of recovered metal ingot.

でいくため、我々にとって必須の取組である。

(文献)

- 1) 気候変動監視レポート 2007 (気象庁) .
- 2) 岸 幹根, 山口智則, 久村総一郎, 江口 潤: 電気製鋼, 78 (2007), 49.
- 3) 坪井成明, 石川浩義: 電気製鋼, 78 (2007), 57.
- 4) 大同特殊鋼(株) CSR 報告書 2008.