

山陽特殊製鋼における二酸化炭素削減への取組みの現状

高瀬知明*1 中崎盛彦*2 川崎公雄*3

1. はじめに

産業革命以降の人間の経済活動に伴い、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス排出量の増加により、地球上の大气や海洋の温度が上昇していると言われている。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）によると、21世紀末までに世界の平均気温は1.8～4.0℃上昇すると予想されている¹⁾。地球温暖化に伴う気候変動は、自然環境、生態系に影響を与え、干ばつや洪水、生物の生息域や生息数の変化、食料生産量や健康などにも悪影響が及ぶ恐れがある。

これら地球温暖化防止のための国際的な枠組みとして、京都議定書が採択された。京都議定書では、わが国の温室効果ガスを2008年から2012年の期間中に1990年比6%削減を定めた。

鉄鋼業では、オイルショック後の1970年～80年代に工程連続化、大型排熱回収設備の導入等を実施し、1990年代以降は廃熱回収の強化、資源リサイクル等による省エネによって、二酸化炭素の排出量を削減してきた。わが国の鉄鋼業は、海外に比べ、廃熱回収設備の普及率、副生ガスの回収率が高く、世界最高のエネルギー効率となって

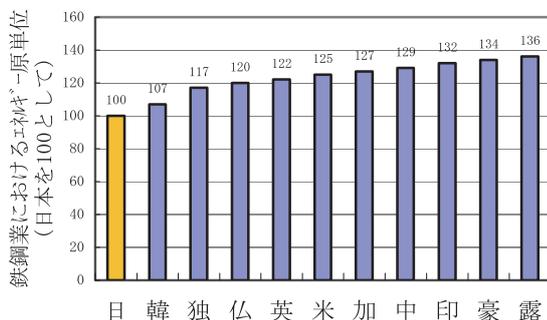


図1 鉄鋼業のエネルギー原単位の国際比較

おり（図1）²⁾、現在は革新的製鉄技術の確立等により、更なる省エネと二酸化炭素排出量の削減を目指している。

山陽特殊製鋼（以下当社）においては、日本鉄鋼連盟の自主行動計画である「2008年度から2012年度の平均値でエネルギー消費量を1990年比10%（二酸化炭素排出量では9%）削減」より更に高い、「2010年度の二酸化炭素排出量を1990年度比10%削減」を環境保全計画とし、第6次（2005-2007年度）、第7次（2008-2010年度）中期経営計画に連動して、加熱炉などの燃料である重油を都市ガス（天然ガス）へ転換することと省エネを積極的に推進しこのたび目標を達成した。その取組内容を紹介する（図2）。

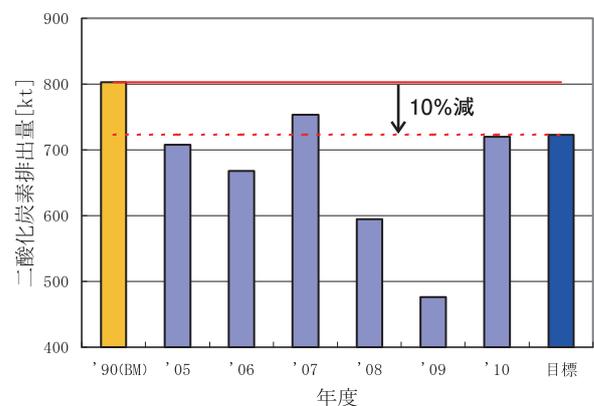


図2 当社の二酸化炭素排出量の推移

2. 当社の二酸化炭素排出量削減の取組み

当社で排出している二酸化炭素は、製鋼部門が54%、製鋼を除く熱間部門が38%、冷間部門その他が8%となっている（図3）。

排出量の最も多い製鋼部門での省エネに対する取組みについては既に報告済みであり³⁾、今回は排出量が次に多い熱間製造部門の取組について報告する。

*1 環境管理部
*2 研究・開発センター 加工プロセスグループ グループ長、博士（工学）
*3 設備部 機械・設備グループ

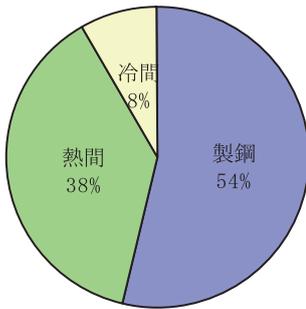


図3 当社の二酸化炭素排出比率

熱間製造部門で排出している二酸化炭素は、燃料が75%、電力が22%、蒸気その他が3%となっている(図4)。燃料は、主に加熱炉、調質炉などに使用する重油と都市ガスである。

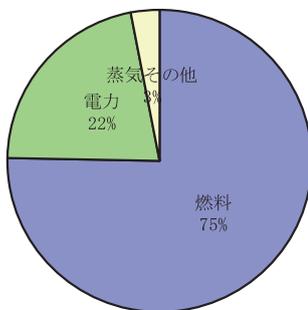


図4 熱間部門燃料の二酸化炭素排出比率

熱間部門での二酸化炭素排出量を削減するために、燃料にターゲットを絞り下記重点取組項目を実施してきた。

- ①二酸化炭素排出量が少ない燃料への転換
- ②省エネ設備の導入
- ③プロセス最適化による省エネ化

3. 燃料転換による二酸化炭素排出量の削減

都市ガスはメタンを主成分とし、石油や石炭など他の化石燃料に比べて燃焼時の二酸化炭素、窒素酸化物の排出量が少なく、硫酸酸化物、煤塵が発生しない地球環境の保全に貢献できるエネルギーである(図5)。現在では、輸入した液化天然ガスを気化した天然ガス及び国内で産出される天然ガスに液化石油ガスを混合して熱量調整したものが主である。

当社において二酸化炭素排出量が少ない燃料への転換例として、C重油から都市ガスへの転換(二酸化炭素削減率30%)、C重油からA重油への転換(同3%)があり、2005年度に実施した各設備の燃料転換により2006年度

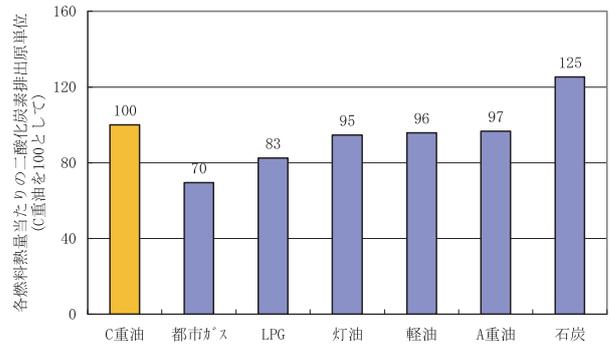


図5 各燃料の二酸化炭素排出原単位の比較

の都市ガスの使用率は70%を超え、2008年度にはC重油設備をより環境負荷の少ないA重油に転換した。(図6)

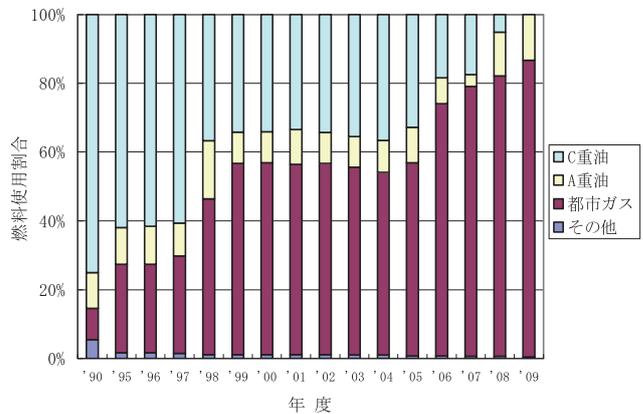


図6 使用燃料割合の推移

3.1. 第二棒線加熱炉の燃料転換

第2棒線工場は当社圧延製品の主力工場であり、φ14～95mmの棒鋼を生産している。加熱炉は、上下部にバーナーを配置したウォーキングビーム方式の加熱炉である。1986年の稼動以降、重油を燃料として操業を行っていたが、2005年度に都市ガス13Aへの燃料転換を行い、二酸化炭素の排出量を年間約60,000t削減した。

3.2. 大形加熱炉の燃料転換

大形圧延加熱炉は、鋼塊、ブルームの分塊圧延、仕上圧延前のプッシャー装入式連続加熱炉である。1964年の稼動以降、重油を燃料として操業を行っていたが、2007年度～2009年度に3炉全ての都市ガスへの燃料転換を行い(図7)、二酸化炭素の排出量を年間約9,000t削減した。



図7 大形圧延加熱炉 下部帯バーナー

4. 高効率バーナー採用による二酸化炭素排出量の削減

各産業分野のエネルギー多消費設備においては、環境面への配慮、及び省エネの観点からリジェネバーナー、レキュペレーター内蔵バーナー等の高効率バーナーが開発、採用されている。

リジェネバーナーは、図8に示すように廃熱をセラミックボール等に蓄熱させ、その熱を燃焼空気の予熱に活用することにより、熱効率を飛躍的に向上させることができる。

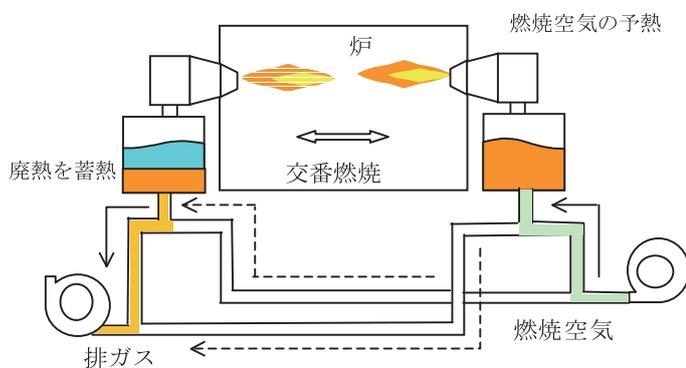


図8 リジェネバーナーの構造図

従来、燃焼ガスの有する熱量は、廃ガス煙道中に設置したレキュペレーターによって回収する方法が広く採用されていたが、図9に示すレキュペレーター内蔵バーナーは、バーナー本体内で廃熱の回収を行うため、従来の廃ガス煙道中に設置するレキュペレーター方式よりも高温の廃熱が回収できる特徴を有している。レキュペレーター内蔵バーナーは従来型の定置式レキュペレーターに比べ、燃焼空気の予熱温度が高く、燃焼効率の向上が期待でき、小型、軽量であるために維持管理が容易であり、長期にわたって省エネ効果が維持できる利点がある。

当社での高効率バーナー採用事例を示す。

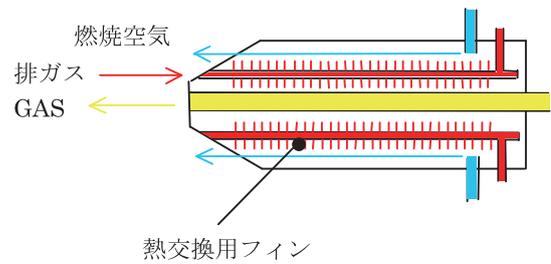


図9 レキュペレーター内蔵バーナーの構造図

4.1. 鍛造加熱炉における高効率バーナーの採用

鍛造工場は3,000Tプレス、1,500Tプレス及び9基の双室型定置式加熱炉から構成され、工具鋼、合金鋼の鍛造丸棒を生産している。9基の加熱炉のうち4基は都市ガスを燃料とし、そのうちの2基にリジェネバーナーを導入した(図10)。

従来型のバーナーでは火種としてパイロットバーナーが必要であったが、当社で導入したリジェネバーナーは、着火源を有しており、ガスノズルユニットのパイロットバーナーを常時着火する必要がなく、廃熱回収による省エネとパイロットバーナー分の省エネを同時に実現している。

また、バーナー燃焼流量及び燃焼空気を積算し、パルス燃焼による着火/消火過渡期の波形のズレに対して過不足を補正する適正燃焼空気比自動制御技術の導入により、低温・低燃焼域から高温・高燃焼域までの全域で適正な燃焼空気比の設定が可能となり、回収熱量は約25%、リジェネバーナーの熱回収率(=回収熱量/排気損失熱量×100)は約60%となった。

さらに、環境面において懸念される窒素酸化物の排出に関しては、低温燃焼時はガスノズルユニットと片側のガスノズルを燃焼させる事により燃焼の安定化が図られ、高温燃焼時はガスと空気を炉内混合させる事により、従来炉に対し、ピーク時で従来比約60%の窒素酸化物発生量の削減



図10 鍛造加熱炉に導入したリジェネバーナー

減を実現している。

鍛造工場では、従来型の重油バーナーを用いた加熱炉が5基あり。今後高効率バーナーを用いた加熱炉への更新を計画している。

4.2. 調質炉における高効率バーナーの採用

2009年度に棒鋼の焼入れ、焼戻しを目的とした熱処理炉を設置した。焼入れ炉にはレキュペレーター内蔵型バーナーを採用し、廃熱回収率の向上を図った（図11）。

本設備の操業条件では、本バーナーの採用によって、定置式レキュペレーター型に比べ約1割の省エネが見込まれている。

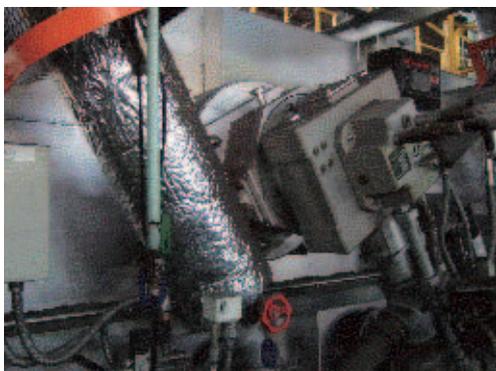


図11 棒鋼調質炉に導入したレキュペレーター付きバーナー

5. CAE解析を用いたプロセス最適化による二酸化炭素排出量の削減

最近のコンピュータの発達に伴い、各種工程にCAE（Computer Aided Engineering）解析を適用する事例が増えている。当社では省エネ型高効率バーナーの採用に加え、

当社では、CAE解析技術を用いて、各製造工程に潜むエネルギーロス低減の取組みにより、特殊鋼製造プロセスの最適化を図っている。

一例として大形の鋼塊を自由鍛造にて加工する例を紹介する。加工前に、熱間温度まで鋼塊を加熱する必要があるが、鋼塊は非常に断面が大きいため中心温度が上がりやすく、また測定も困難である。

そこで、CAE解析を用いて鋼塊表面温度の実測値を基に中心温度を推定し、所定温度に到達する時間を推定した。解析にはMSC.MARCを用い、二次元断面1/4モデルにてシミュレーションを行った。

対象はSUS304とSUS420であり、熱伝導率、比熱等は鉄鋼便覧⁴⁾に記載されている値を用いた。

図12に鋼塊断面が大きい場合と小さい場合の温度分布をそれぞれ示す。両者の、温度パターンと保持時間は同じで、鋼塊寸法の差は約1.2倍である。両者の表面温度はほぼ同等であるが、中心温度は大きく異なり、大きい鋼塊では加熱が遅いことがわかる。図13に中心温度の推移を示す。同じ鋼塊Aでも熱伝導特性の違いにより温度上昇は異なり、また鋼塊の大きさの影響も大きいことがわかる。この温度を基に、鋼塊の加熱パターンを決定し、10%強の省エネとなった。

このような各種加熱炉、熱処理炉において加熱温度や時間、ヒートパターンの最適化をそれぞれの工程に対してき

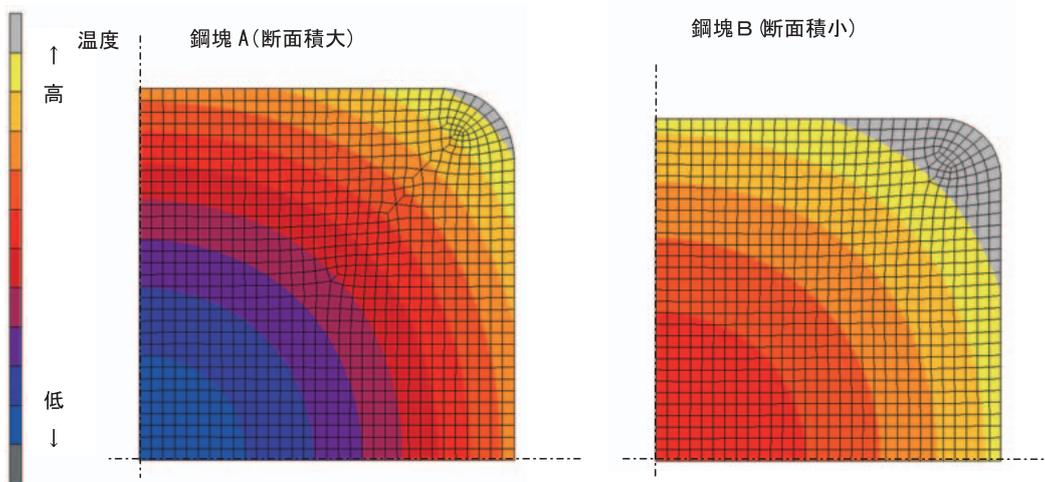


図12 鋼塊の温度分布 (SUS420加熱時間一定、1/4 二次元モデル)

め細かに積み重ねることで、省エネ、二酸化炭素削減に努めている。

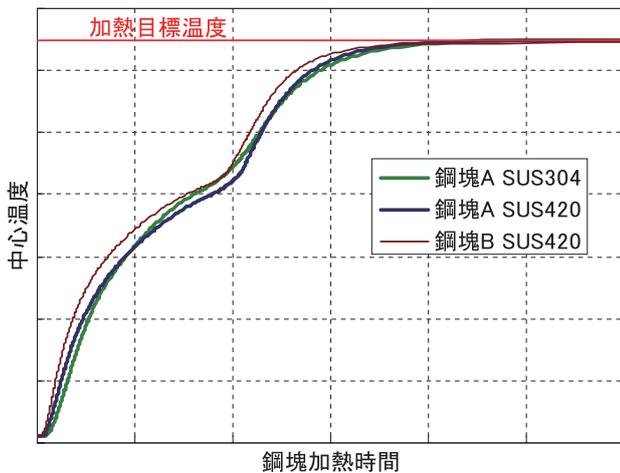


図13 中心部の温度推移比較

6. おわりに

当社では、第7次中期経営計画で定めた2010年度の二酸化炭素排出量の対1990年比10%削減の目標値を達成することが出来た。さらに2011年度には鋼管製造工場の連続炉2基の燃料転換を予定している。

今後2013年度までに、重油を使用している全ての設備において都市ガスへの燃料転換を実施予定であり、燃料起因による削減量と合わせ、高効率バーナー等の採用による省エネによって二酸化炭素の排出量の削減に努めていきたい。

参考文献

- 1) 環境省ホームページ：「IPCC第4次評価報告書について」, (http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th_rep.html)
- 2) 日本鉄鋼連盟：「鉄鋼業における地球温暖化の取組み」(2009.11)
- 3) 大井茂博：山陽特殊製鋼技報, Vol.14 (2007), 70
- 4) 日本鉄鋼協会編：基礎第3版 鉄鋼便覧第1巻, (1980), 丸善, 213