

技術解説

Technical Review

カーボンニュートラルに貢献するエンジニアリング製品

大橋隆宏*, 北林庄治*, 小塚俊之*

Engineering Products for Carbon Neutrality

Takahiro OHASHI, Shoji KITABAYASHI and Toshiyuki KOZUKA

Synopsis

As the international community works to reduce greenhouse gases, Japan is also promoting the reduction of fossil fuel use and the transition to carbon neutral (CN) energy. Moreover, the development of renewable energy, energy conversion technology, and the carbon neutralization of industrial furnaces are being pursued from a long-term perspective.

The future of Japan's energy policy is expected to rely on renewable energy such as solar power and energy imports from abroad. In addition, there is demand for products and equipment that improve energy efficiency.

Our company has launched the "Daido Carbon Neutral Challenge" to reduce CO₂ emissions and achieve carbon neutrality. We are developing technologies to improve the thermal efficiency of industrial furnaces, to conserve energy and reduce gas consumption. In addition, we are pursuing the recovery and utilization of heat in the furnace, reducing heat loss, and saving energy through automation of operations. With these technological developments, we are helping to conserve energy and reduce CO₂.

1. はじめに

大同特殊鋼(株) (以下、当社という) は、1916年の創業以来、溶解炉、熱処理炉などの主要生産設備を自社製造してきた。現在は機械事業部(1960年設立)として独立したエンジニアリング部門を持ち、製鋼設備の設計、施工をはじめとして雰囲気熱処理、真空熱処理、環境事業など、特長ある工業炉を設計し販売している。

近年の大きな外部環境の変化として、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指す、という2020年10月の日本政府の宣言が挙げられる。日本国内に設置されている工業炉より排出される温室効果ガスの量は、日本全体の12%を占めると見積もられており¹⁾、この分野において排出量を削減する取り組みは、カーボンニュートラル(以

下、CNという) 達成に向け、極めて有意義でありかつ重要である。当社はこれまでに数多く省エネルギータイプの工業炉を開発し販売してきたが、さらなる工業炉の脱炭素化に向けて技術革新にとりくんでいる。本稿では、工業炉をとりまく脱炭素に向けた社会情勢と当社の取り組みについて概説する。

2. 世界の潮流

2. 1 世界機関の示した方向性

2015年にフランス・パリにおいて開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)において、新たな法的枠組みとなる「パリ協定」を含むCOP決定が採択された。協定には「世界的な平均気温上昇を産業

2023年10月20日 受付

* 大同特殊鋼(株)機械事業部(Machinery Division, Daido Steel Co., Ltd.)

革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること」と、「今世紀後半には、温室効果ガスの人為的な排出と吸収源による除去の均衡を達成するよう、排出ピークをできるだけ早期に抑え、最新の科学に従って急激に削減すること」が、世界全体の目標として掲げられている。

反面、温室効果ガスの削減は目標通りには進んでいない。気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change：IPCC）の第6次報告書（2021年）においては、人間の活動が大気・海洋および陸域を温暖化させてきたことは疑う余地がないとされた。また、CO₂の累積排出量と気温上昇量の変化は、ほぼ線形関係にあり、少なくとも正味ゼロ排出を達成し、他の温室効果ガスも大幅に削減する必要があるとされた。

さらに世界のエネルギー供給の諮問機関として影響力の大きい、IEA（International Energy Agency、国際エネルギー機関）は数々の現状分析のレポート、将来見通しのレポートを公表しているが、最新の提言では2030年に向けて再生可能エネルギーの設備容量を3倍に増やすよう提唱した。その背景には、「気候変動に関する国際連合枠組条約」において提示した温室効果ガスの削減目標値に対し、達成が難しくなるだろうとの現状分析があると考えられる。

EUではカーボン排出量の取引制度がすでに敷かれ、世界の流れを先導しており、国境炭素税制度の本格運用（2026年）を前に2023年の10月から移行期間が始まろうとしている。この制度はいずれ日本、そしてアジア諸国へ影響をおよぼすことが確実であり、海外の政策動向の入手に努め、市場ニーズに沿った製品を提供し続けることが、我々メーカーの使命と言えよう。

2. 2 日本の取り組み

日本政府は2021年4月に、2030年度において、温室効果ガス46%削減（2013年度対比）を目指すこと、さらに50%の高みに向け挑戦を続けることを表明した。Fig. 1に日本国内における温室効果ガス排出量の推移を示す²⁾。先述の削減目標については、2021年度の実績（2013年度対比16.9%減少）より、これまでの削減ペースが維持された場合には、おおむね目標を達成できる見込みとなっている²⁾。ただし前提となる削減ペースを今後も維持することは簡単ではなく、脱炭素に向けた技術革新の推進は無論ではあるが、コスト高を理由に回避されてしまう技術のコストダウンが果せるのか、開発技術の活用による、持続可能な社会制度の構築が可能であるのか、我々の人知が問われているといっても良いであろう。

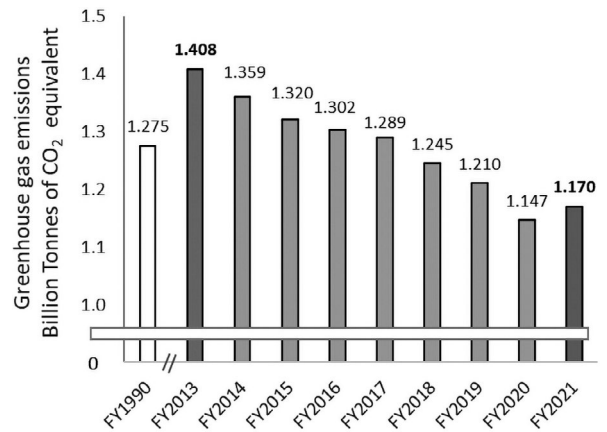


Fig. 1. Greenhouse gas emissions in Japan.
(Data from MOE survey results.)

現在、日本では多くの化石燃料の購入時に、そのCO₂の排出量に応じた税金が課されている。この税金は地球温暖化対策税と言われ、2023年時点でCO₂排出1tあたり289円の税率が設定されている。ただし、本制度におけるその税率は、化石燃料の使用を減らす効果は期待できても、化石燃料の使用をやめ、CN由来エネルギーへ切り替えていくほどのインセンティブは働かず、それゆえ数年以内に制度の見直しが行われる見通しである。2023年度のエネルギー白書に記載のあるように³⁾、化石燃料の輸入企業（電力会社、ガス会社など）に賦課金を課す制度が検討されている。この賦課金は直接的にはエネルギーの消費者に課されるものではないが、結局は電力価格、ガス価格となって負担することになるだろう。特にエネルギー多消費の製造業においては、省エネルギーあるいは省CO₂設備に対するニーズがこれまで以上に高まると予測される。

2. 3 長期的視点に立った取り組み

2050年を目標として、各種のCN化の達成手法の開発・実用化と、社会制度への組み込みが検討され続けている。なお、現時点では2050年のエネルギーミックスの見通しが示されていないため、各一次エネルギー、転換後エネルギー、最終エネルギーの量および構成比率は定性的な表現に留まることをご容赦いただきたい。

(a) エネルギーの発生に関する取り組み

再生可能エネルギーが主力を担うと位置付けられている。また原子力についても活用すべきと位置付けられている。

再生可能エネルギーとしては太陽光エネルギー、水力エネルギー、風力エネルギーが大半を占める期待されているが、バイオマスについてはバイオ炭などのよ

うにカーボン固定の役割を果せることから、発生方法だけでなく転換方法からも開発が進められるだろう。

エネルギーの発生技術の開発とともに、エネルギーの需給ギャップに対する調整力の改善も求められている。特に電力は同時同量の原則があり、需要側・供給側の双方に調整機能（バッファ機能）を持たせねばならない。エネルギーの発生についてはどの方法が適正か、という視点とともに、量を稼げるか、システムの不調につながらないかなども併せて評価し、安定的に運用せねばならない。

(b) エネルギーの転換技術、輸送に関する取り組み

前項でも触れたように、今後の我々が手にするエネルギーの形態は電力が主になると考えられる。電力はさまざまなエネルギー需要に応え得る、非常に汎用性に富むエネルギーではあるが、先に挙げた同時同量の原則や送配電システムの制約から、電力を元にして水素、メタン、アンモニアなどの二次エネルギーへ転換し、それぞれの短所を補い合うことになるかと予測される。

(c) エネルギーの使用に関する取り組み

特に熱を用いることが企業活動に直結する業界、例えば自動車部品の製造や化学業界の他、我々の製品である工業炉の主力ユーザである鉄鋼業や金属熱処理の業界において、CNを目指す動きが活発化している。それを受け、工業炉を提供する側からも、CN化に向けた技術提案、開発を推進する取り組みが加速している。

令和5年3月に公表された経済産業省の『「製造分野における熱プロセスの脱炭素化」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画』においても、工業炉はアンモニアや水素の供給インフラなどの整備状況を踏まえ、複数のエネルギーの使用方法について可能性を追求することが適当とされた⁴⁾。また工業炉の電化はCN化に向けた有効なアプローチであるものの、経済性、効率性、電源設備の整備状況や電力事情などの課題も考慮しつつ、アンモニア、水素、電化のいずれに偏ることなく開発を進める方向が示された。

2. 4 中長期的視点に立った取り組み

2050年に直結した技術に先んじて、現時点で実用化を終えている技術、あるいは実用化に向けて少数の課題を残すのみ（例えばコストの改善など）となった技術については、一部で事業化が間近になりつつある。例えば製鉄、製鋼分野では、従来の高炉による製鉄を直接還元技術に置き換える動きが、さらには一歩進めてCN水素による直接還元技術に置き換える事例が現れつつある。

CN化に伴うコストアンバランスは政策的な後押しを受け、世の中のあらゆる分野でCN化が進むと考えられる。それらの技術や手法のいくつかは、量の増加によりコストの改善が進み、市場に受け入れられるだろう。

3. 日本の現状と将来の見通し

3. 1 主力エネルギー

第6次エネルギー基本計画⁵⁾および2020年10月の菅内閣のカーボンニュートラルに関する意思表示によれば、今後の日本のエネルギー政策は以下を目指すと考えられる。

(a) 水素、アンモニア

特に水素は新たな資源として位置付け、利用の拡大を進める。そのためにも海外の安価な水素、国内で自給できる水素を組み込んだ基盤を確立する。水素の供給コストを化石燃料と同等程度の水準まで改善するとともに、供給量についても拡大を進める。

アンモニアについては石炭火力への混焼需要が確実に進むと見込まれるので、現時点では実証試験を着実に進める。

(b) 電化に向けたインフラの整備

再生可能エネルギーの導入拡大と歩調を合わせるように、蓄電池の改善や水電解装置の効率改善を進め、供給・需要の変動性に対して柔軟性の高い電力システムへと変えていく。

(c) CNエネルギーのコスト改善

エネルギーのコストについて、(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)から想定値が示されている。Fig. 2に2050年における日本の再生エネルギーコスト・ポテンシャルの想定を示す⁶⁾。この想定によると太陽光発電のポテンシャルは600~800(TWh/年)程度を見込み、その発電コストは18~23(円/kWh)程度と予想している。洋上風力発電のポテンシャルは200(TWh/年)程度に留まり、その発電コストは28(円/kWh)程度と予想している。RITEの調査時点では従来型化石燃料による発電コストは原子力発電では12(円/kWh)、天然ガス火力発電では15(円/kWh)前後を維持すると仮定しており、CN時代には、現在に比べて2倍程度、あるいはさらに重いエネルギーコストとなる可能性を見通している。

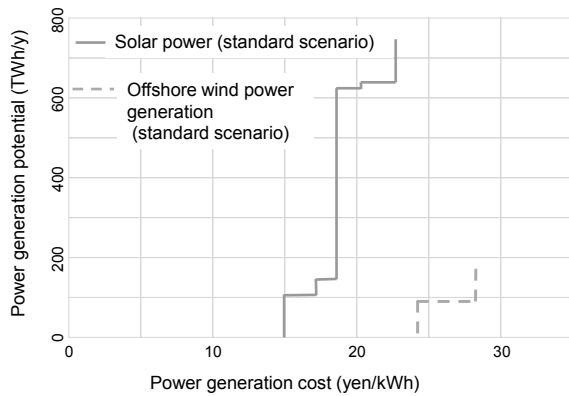


Fig. 2. Assumptions of Japan's variable renewable energy costs and potential for 2050 (summarizing RITE analysis results).

3. 2 エネルギーの輸送方法

日本は将来的にみても太陽光発電に頼るエネルギー構成となり、またエネルギー消費量の見込みに対して1/3程度しか賄えないため、海外の再生可能エネルギーに恵まれた地域から、輸送に適したエネルギーの形態へ変換した上で輸入し、利用することになると予測される。

3. 3 エネルギーの利用方法

令和3年の10月に閣議決定された環境省の地球温暖化対策計画においても、各産業界に対し省エネルギー性能の高い設備・機器などの導入促進をはかり、業種間連携の省エネルギーの取り組み推進、燃料転換の推進、徹底的なエネルギー管理にとりくむよう訴えている。エネルギーマネジメントシステムの付加、熱回収システムの改善といった、すぐに着手の可能な既存熱プロセスの効率改善やレトロフィットにとりくむべきである。

また2050年において日本のすべてのエネルギーが電化されるわけではなく、水素やCNメタン、アンモニアといったケミカルエネルギーも確実に利用され続けることを見逃してはならない。特に先に述べたように、日本は海外からCNエネルギーを輸送に有利な形態に整えて輸入する必要がある。

工業炉メーカーはユーザのCN実現を手助けするような設備を提供するとともに、目下ではエネルギー効率の改善、エネルギー使用の効率化に寄与し得る製品や既設設備の改善メニューを提供し続けることが必要である。

4. 工業炉になすべきこと

長期的には2. 3節および3. 1節に挙げた技術や仕組

みが実用化され、コスト面からも現実に近づくことが期待されるが、工業炉メーカーは単にそれを待つだけでは不十分である。3. 1節に述べたように、化石燃料を直接的・間接的に利用して業を営む企業、さらにはCNエネルギーへの転換を果して業を営む企業のいずれも、今後の社会ではコスト面での負担が重くのしかかるだろう。

よって工業炉メーカーあるいは工業炉ユーザとも、今後のエネルギー価格やカーボンプライシングを先読みし、その前提で許容される省エネ対策を徹底的に行っておくことが必須である。そうして極力エネルギーの無駄を省いたプロセスとして完成度を高めた上で、しかるべきタイミングで化石燃料からCNエネルギーへの切り替えにチャレンジすることが、真つ当な進め方となるだろう。

5. 当社の取り組み

これを受けて当社においては2021年にDaido Carbon Neutral Challengeを策定し、2013年度対比のCO₂排出量を50%削減し、2050年に向けてカーボンニュートラル実現を目指すとしている。機械事業部においては、納入する製品(工業炉)を通じてユーザのCNを目指す、「いますぐに導入できる、将来のCNに結び付く技術」を揃えることが使命となる。工業炉といっても処理内容や原理、設備規模の大小などさまざまであるので、取り組みのアプローチも異なるが、例えば省エネルギー法の「エネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断基準」を参考にすると、さまざまな事項(視点)から省エネ技術を提案している。

Table 1に当社機械事業部が提案する設備技術を示す。

ここでいう排熱回収技術とは、従来は捨てていた炉の排熱から熱を回収し、トータルの熱効率を高めるアプローチである。また熱損失削減技術とは、炉体からの熱放散や高温のプロセスガスの使用量を減らすアプローチである。また操業の最適化技術とは、オペレータに依存した投入電力などの調整を、新たに開発した検出・制御方法にて自動化することにより、客観的で適正な調整へと変えるアプローチである。

以下ではこれらの技術の簡単な解説を行う。

5. 1 DINCS[®]※(高効率燃焼システム)

ラジアントチューブバーナを用い、間接的に処理品の加熱を行う雰囲気熱処理炉において、熱効率を改善する技術である。Fig. 3にDINCS[®]の模式図を示す。

ラジアントチューブの排気側に熱交換器を設け、炉内へ熱を伝え終えた排ガスを通すことにより、燃焼空気の

予熱を行うものである。ただし従来の熱交換器は金属製であるため、熱伝導率がさほど高くなく、また高温雰囲気中に晒される熱交換器は寿命が短く、定期的な交換が必須となっていた。

本熱交換器の材質として、熱衝撃への耐性および熱伝導率に優れた炭化ケイ素 (SiC) を採用した。また熱交換面積を大きくするよう、複雑ならせん形状を実現することで、熱交換器の高寿命化と高効率化を両立させた。

熱交換率の向上による設備ランニングコストの改善、熱交換器の高寿命化によるメンテナンスコストの削減が期待できる。また、従来のラジエントチューブバーナに取り付けできることを念頭に設計しており、比較的安価にバーナの燃焼効率を向上できることも長所の一つである。

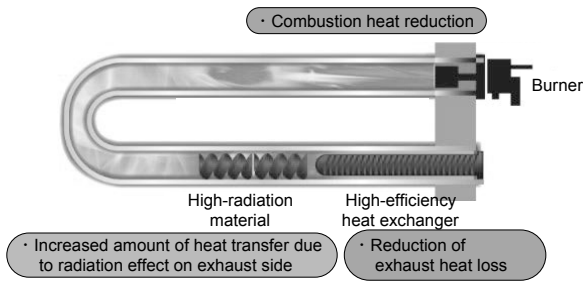


Fig. 3. DINCS® system.

5. 2 プレミアムSTC® 炉(第2世代)※

多品種小ロットの処理に優れた、鋼材熱処理用バッチ式焼鈍炉である、当社 STC® (Short Time Cycle) 炉において、複数の開発技術を新規採用して改良した設備である。

従来の STC® 炉に対して、省エネ性能を追求することにより、燃料ガス消費量、N₂ ガス消費量を削減、さらに処理時間を短縮することで、CO₂ 排出量を大幅に削減した。Fig. 4 にプレミアム STC® 炉 (第2世代) の設備概要を示す。省エネ性能の追求における具体的な改善の一つとして、炉扉の非水冷構造を設計開発したこと、炉内攪拌扇の空冷化採用により、完全非水冷炉殻を実現

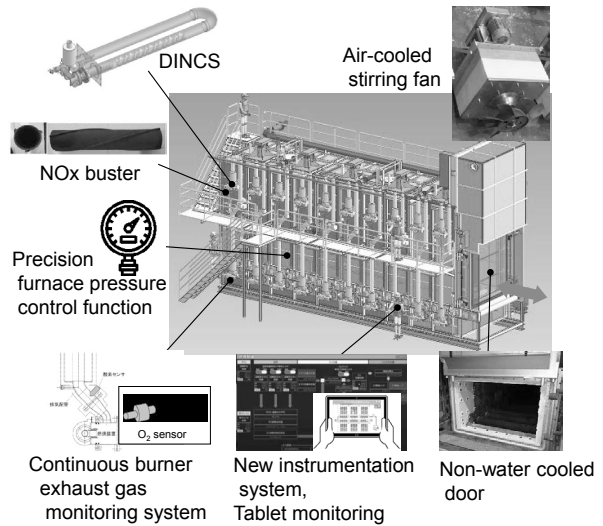


Fig. 4. Premium STC® furnace (2nd generation).

したことが挙げられる。従来の STC® 炉は、炉扉の枠部を水冷にて熱保護しており、水冷箇所付近に炉内温度分布の不均一性を生じさせていた。この炉扉と周囲に用いる断熱材を高性能断熱材に置き換えることで、水冷構造を撤去でき、冷却水による熱損失を削減するとともに、炉内温度分布の均一化も達成した。

次なる改良として、雰囲気ガス使用量の削減を目的とした精密炉圧制御の採用が挙げられる。従来の STC® 炉では、炉内雰囲気清浄性を維持するため、炉内を正圧に保持することを目的に炉内へ常に定量の N₂ ガスを投入していた。本制御機能を採用することにより、最小量の N₂ ガスの投入で操業を可能とした。併せて、高温の炉内雰囲気とするため加熱に要する熱損失を抑制することができ、炉の省エネルギー化にも貢献している。

保守性の追求において、バーナ排ガス常時監視機能を採用している。熱源であるラジエントチューブバーナは、最適な空燃比で調整することにより高い燃焼効率を発揮することができるが、設備自体の振動や経年劣化により、空燃比がずれ、燃焼効率が低下する。この課題に

Table 1. Technology proposed by the Machinery Division.

Equipment Classification	Atmosphere heat treatment furnace	Vacuum heat treatment furnace	Steel melting and refining furnace
Point of view			
Rationalization of fuel combustion, heating, cooling and heat transfer	—	—	• E-adjust® (judgement system for meltdown timing)
Recovery and use of waste heat	• DINCS® (High efficiency combustion system)	—	• MSP® (shaft furnace) • Scrap preheating device (environmentally friendly)
Preventing energy loss due to radiation, conduction, resistance, etc.	• Premium STC® furnace (2 nd generation)	• ModuleTherm • SyncroTherm® (vacuum carburizing furnace)	• STARQ® (electric arc furnace with rotating body)

対し、常時バーナ排ガス中の O₂ 濃度を計測することで、空燃比の変化による燃焼効率の悪化を検知し、オペレータへ通知するシステムを搭載した。通知を受けたオペレータが該当バーナの燃焼調整を実施することにより、バーナは常に最適な燃焼状態を維持することが可能となり、燃料ガス消費量の削減、排ガス中の CO₂ 排出量の削減に貢献している。

5. 3 モジュールサーモ, シンクロサーモ[®]※

Fig. 5 にモジュールサーモ概要図, Fig. 6 にシンクロサーモ[®] 概要図を示す。従来型のガス浸炭設備では、一般的にバーナで加熱し炭化水素系のガスを変成させることにより、炉内の浸炭ガス雰囲気を生成していた。その雰囲気を安定させるには長い時間が必要であり、ガス浸炭設備は設備停止と再立ち上げがしにくい設備となっていた。そのためガス浸炭設備は長期停止の場合を除き、一定の温度と雰囲気を保ち続ける必要があり、実際の処理に寄与しない待機エネルギーを消費していた。

本設備はいわゆる真空浸炭炉であり、処理品を 900℃～1000℃に加熱して、表面付近に炭素濃度の高い層(浸炭層)を形成する熱処理工程を減圧下で行う。浸炭ガスはアセチレンを採用し、適時適量制御を行うことによって取率を従来技術の数%に対して60%程度にまで向上させた。また設備のクイックストップ、クイックスタートを可能とし、待機エネルギーの削減が達成できた。さらに材料成分、浸炭温度、炉内圧力、および浸炭品質要件を入力するだけで、浸炭レシピを求めるソフトウェア「浸炭くん[®]」によって、複雑な真空浸炭条件を誰でも容易に精度よく確立できるようにした。

従来技術と比較すると、無駄な待機エネルギーの削減と浸炭効率の向上によって大幅な省エネルギーが可能となる。また省エネルギーの結果としての CO₂ 削減のみではなく、浸炭ガス消費量の最小化による効果も期待できるため、それらと併せて圧倒的な CO₂ 削減効果が期待できる。

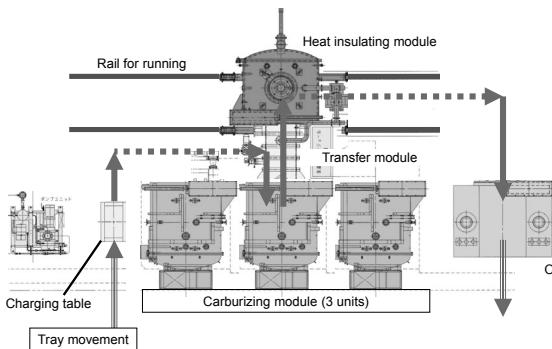


Fig. 5. ModuleTherm.

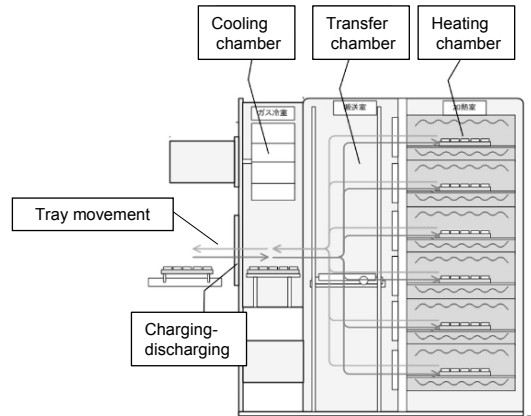


Fig. 6. SyncroTherm[®].

5. 4 溶け落ち判定システム (E-adjust[®]) ※

従来、製鋼用交流電気炉の操業において、スクラップの溶解状況(溶け落ち)を判定する作業は、オペレータの経験則を重視して判定を行っていた。しかし、オペレータの判定には、ばらつきが生じていた。そのため、スクラップ溶解に要求される熱量投入に対し、余分な熱量投入を行う操業が発生しているのが現状であるが、オペレータの経験則を可視化させることは困難であった。そのような課題に対して、Fig. 7 に示す本システムを開発した。

本システムでは、オペレータの経験則を炉内音および高調波の観点から可視化し、さらに、閾値を設定することで、定量的に溶け落ち判定を自動判定することに成功した。これにより、要求される熱量投入を超える操業が減少し、電力量原単位が改善される。

本システムは、製鋼用交流電気炉の操業において重要となるスクラップの溶け落ち判定の平準化を実現するものである。本設備では、マイクおよび CT (Current Transformer) から取得した炉内音および高調波を定量的に判定することにより、溶け落ち判定のばらつきを解消し、電力量原単位を削減することができる。

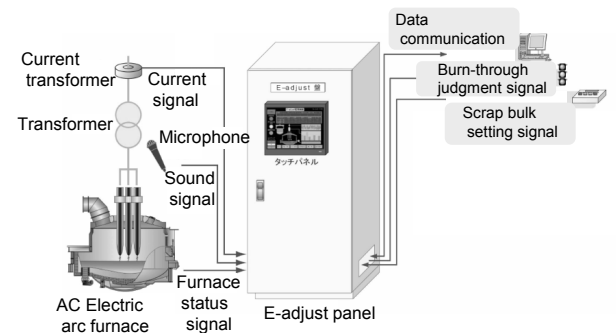


Fig. 7. Judgement system of meltdown timing (E-adjust[®]).

5. 5 MSP[®](スクラップ予熱装置付き アーク炉)※

Fig. 8 に装置概要図を示す。製鋼用のアーク炉設備に対し、熱効率の改善を行う技術である。従来のアーク炉では、炉から吸引した直接集塵排ガスは 800℃前後の温度を有するが、それからの熱回収は盛んとはいえない。例えば一般廃棄物の焼却炉に見られるように、高温の排熱をボイラへ導き、排ガスの熱エネルギーを高温・高圧力の蒸気として回収する例も見られた。ただしアーク炉の直接集塵排ガスは量、温度ともに変化が激しく、ボイラのドラム水位制御や蒸気温度の制御が困難なことから、安定した操業を行うことが困難であった。

本設備の特長として、アーク炉へ投入する前のスクラップをフィンガーという水冷火格子により保持することで、スクラップを高温の排ガス中に置くことができ、熱交換の効果を最大限に引き出すことができる。またアーク炉の中心には黒鉛電極が配されるため、スクラップの投入位置はアーク炉の中心から離れざるを得なかったが、MSP[®]では以下のように改善されている。スクラップの投入時には炉頂予熱槽が炉の中心付近まで移動するため、スクラップの投入位置を最適にすることができ、炉内の溶解状況を理想的にすることができる。

予熱効果を極限まで高めることができるとともに、溶解ムラを小さくできることから、炉体からの熱損失を最小限に留められる。これはつまり最小限の投入エネルギーでスクラップを溶かすことが可能といえる。

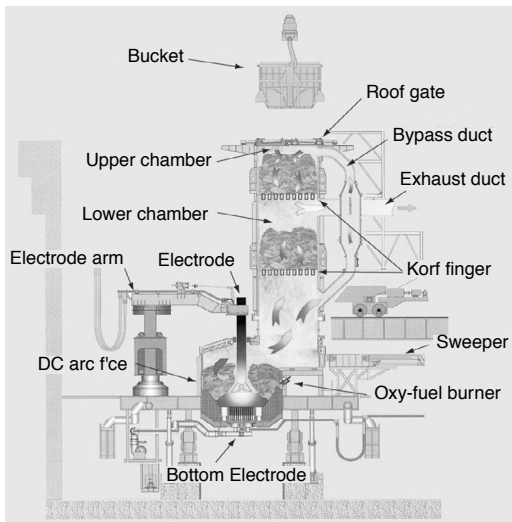


Fig. 8. MSP[®] (Shaft type scrap preheating device).

5. 6 環境対応型スクラップ予熱装置※

Fig. 9 に本設備の概要図を示す。アーク炉では、炉内から発生するばい煙を吸引するための直引集塵は必須の機能であるが、ばい煙を吸引するのに付随して多量の炉内の熱量も吸引することになる。スクラップ予熱機能を有しないアーク炉の場合、その熱量は利用することなく捨てられていた。また 1970 年代～1980 年代にかけて、その熱量によって次バッチの材料（スクラップ）を予熱する装置の採用が進んだが、スクラップを保持するバケットが熱変形して予熱ガスの漏洩を起し、工場内の環境悪化を引き起こしたために、従来式のスクラップ予熱装置の利用は下火となっていた。

そこで本設備ではスクラップバケットとは別に専用の予熱槽を持つことで、高温の排ガスでスクラップを予熱することが可能となった。また、予熱槽を移動台車で電気炉中心まで移動させることと「スカイハウス」を導入することにより、クレーンによる予熱スクラップの搬送を無くすことができ、白煙や悪臭の発生を無くすことができた。さらに予熱槽をスクラップバケットと分けたことにより、予熱槽には高温に耐える耐火物を施工することが可能となったため、バケットの変形や排ガスの漏洩を気にすることなく、従来よりも高温の排ガスによりスクラップの予熱ができるようになった。その結果として、高い材料予熱効果が得られ、アーク炉全体としての排ガス損失の低減、エネルギー効率の向上を果すことができた。

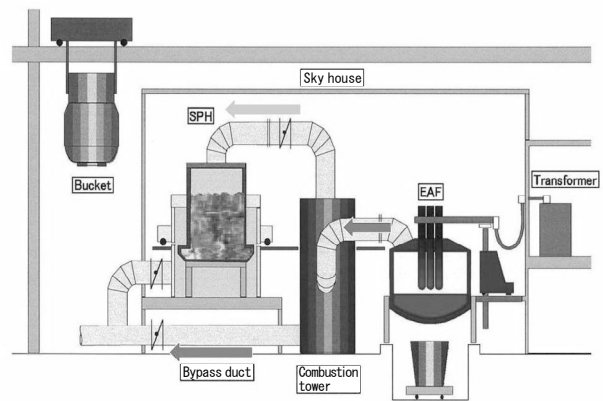


Fig. 9. Scrap Preheating Device.

5. 7 炉体回転式電気炉 (STARQ[®])※

Fig. 10 に本設備の概要図を示す。電気炉の炉体を回転させることで炉内スクラップの溶解性を均一にして、エネルギーロスの低減、熱効率の向上を図り、電力原単

位の削減を実現するものである。従来、交流式電気炉では電極が三角形に配置されているのに対して炉殻が円筒形状のため、電極との距離が一定ではない状態であり、このことからスクラップが溶けやすい場所（ホットスポット）、溶けにくい場所（コールドスポット）が発生していた。本設備はこの状態を炉体回転により抜本的に解消する設備である。

本設備は使用中の電気炉に追加導入することが可能である。この場合は電気炉の炉殻と電気炉を設置するプラットフォーム、炉脚などを更新するだけで良く、電源設備や炉蓋上昇回転装置・電極支腕・支柱・昇降装置などが流用できる。電気炉が新設の場合、通常の交流電気炉設備構成に炉体回転機構を加えるのみで導入が可能である。

具体的な設備構成は以下の Fig. 10 に示すように、電気炉の炉体、炉体を回転ベアリングに固定するための炉体ベース、回転動作のための大型回転ベアリング、設備全体が設置される傾動プラットフォームなどとなっている。溶鋼を保持した炉体の重量を均等に回転ベアリングに伝え、かつ絶縁性を確保した状態にするため、炉体および炉体ベースは従来の電気炉から形状を変更し、さらには適切な範囲に絶縁物を設置することで、電気炉に求められる仕様を実現している。

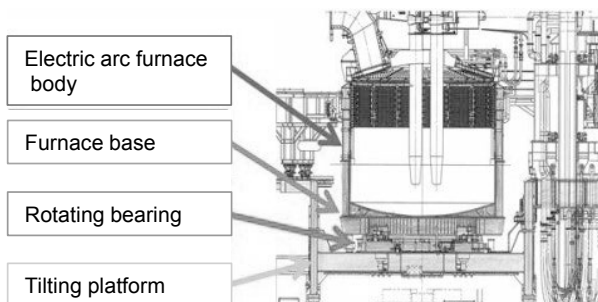


Fig. 10. Electric arc furnace with rotating body (STARQ®).

※を付した設備は一般社団法人 環境共創イニシアチブの令和4年度補正予算 省エネルギー投資促進・需要構造転換支援事業の先進設備・システムとして認定されている。

5. 8 ラジアントチューブ式水素バーナ

水素はその燃焼において、CO₂を全く排出しない、脱炭素に有効なエネルギーであることから、当社では2021年に水素を燃料とするラジアントチューブバーナの開発に着手し、社内のテスト装置を用いた水素混焼および専焼テストに成功した。Fig. 11に本バーナの外観を示す。

本バーナは、当社主力製品であるSTC®炉などの熱処理炉への適応を目指して開発しており、既存の汎用バーナの構造を活用し、1本あたりのバーナの容量も同一としている。そのため、既存炉にそのまま設置でき、最小限の改造で水素燃料への対応が可能としている。また、当社独自技術であるDINCS®やNO_xバスター™(NO_x低減装置)などと組み合わせることで、水素燃料の消費量を低減するだけでなく、環境性能も併せ持った燃焼システムである。

その他、どのような水素混合割合でも対応が可能で、水素インフラが整備されるまでの切替過渡期を含め、ユーザにて準備いただく燃料成分に合わせた対応を想定している。

今後、被熱物の温度分布や品質におよぼす影響などを実証評価し、製品化に向けた開発を推進していく。

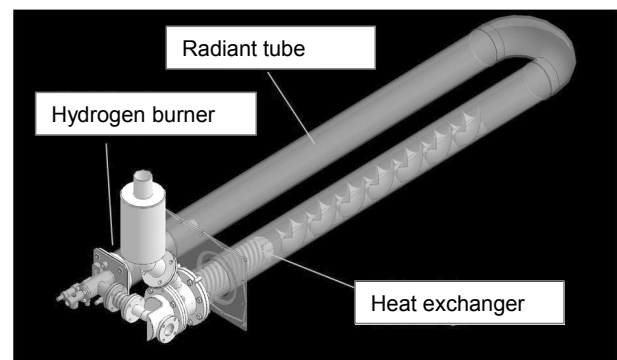


Fig. 11. Radiant tube type hydrogen burner.

6. まとめ

工業炉の分野に限らず、2050年カーボンニュートラル社会の実現に向けた技術革新は今後も加速していくことは必至であり、持続可能な社会環境の構築は、全員参加でとりくんでいかなくてはいけない永続的な課題である。

当社においても、省エネ技術の開発を継続するとともに、グリーン電力、水素エネルギーの活用など、鉄鋼メーカーまた工業炉メーカーとして、脱炭素に向けた取り組みを加速させ、持続可能な社会構築へ貢献していく所存である。

(文 献)

- 1) 一般社団法人工業炉協会ホームページ: <https://www.jifma.or.jp/decarbonized/>
- 2) 環境省、国立環境研究所: 2021年度(令和3年度)の温室効果ガス排出・吸収量(確報値)について(<https://www.env.go.jp/content/000128750.pdf>).

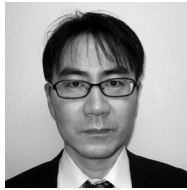
- 3) 経済産業省: エネルギー白書 2023 (https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2023/pdf/whitepaper2023_all.pdf).
- 4) 経済産業省: 「製造分野における熱プロセスの脱炭素化」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画 (<https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230328006/20230328006-2.pdf>).
- 5) 経済産業省: 第6次エネルギー基本計画 (<https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf>).
- 6) (公財)地球環境産業技術研究機構: 2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析.



大橋隆宏



北林庄治



小塚俊之