耐久性と安全性，効率性を併せもった最先端コークス炉が稼働開始

世界的リーディングカンパニーの技術と IHI のエンジニアリング力が融合した次世代のコークス炉

コークスは製鉄において極めて重要な原料の一つである.
高炉の稼働中に原料が途絶えることは許されず，非常に安定した供給が要求される.
このほど株式会社 IHI ポールワースは国内初納入となるコークス炉を完成させた.

新日鐵住金株式会社鹿島製鐵所のコークス炉増設
(写真提供：新日鐵住金株式会社)

製鉄工程に欠かせないコークス

株式会社 IHI ポールワース (IHIPW) は，IHI のなかでも工業炉を専門とする部門と製鉄の上工程を得意とするルクセンブルクの Paul Wurth S. A. (PW) とで 2012 年に合弁会社として設立された．IHIPW は PW の技術のなかでも PW イタリアが技術を保持し，世界中のマーケットから好評を得ているコークス炉を，

これまでの IHI の高炉の設計・設備，コークス乾式消火設備などの実績と併せて日本のお客さま (主に製鉄所) に提供することを目指してきた．2016 年 8 月に，新日鐵住金株式会社鹿島製鐵所 (茨城県) の新設コークス炉を完成，現在順調に稼働している．

そもそも製鉄に必須とされるコークスとは何かについて説明する．

鉄は自然界では鉄鉱石の中に酸化鉄として存在している．そこから純鉄を取り出すには高温で加熱すると同時に，酸化鉄から酸素を切り離す，すなわち還元することが必須である．その還元剤となるのがコークスである．コークスの原料は粘結炭と呼ばれる粘性の高い比較的高品位の石炭で，この石炭を燃やさずに高温に熱すると (このプロセスを乾留と呼ぶ)，400℃以上でいったん溶け，さらに温度を上昇させると組成が変化して 1 000 ～ 1 300℃になると再び固まってコークスとなる．

粘結炭を加熱する炉は，レンガによって囲まれた幅 45 ～ 55 cm 程，高さは高いもので 6 ～ 7 m になる釜が幾つも連なった形状になっている．今回納入したコークス炉は 33 の炭化室 (釜) があり，炭化室は 1 門，2 門と数えるため，33 門の 1 炉団ということになる (年産能力 34 万 t)．

石炭は炭化室の中で直接熱せられるのではなく，高温にしたレンガで取り巻き乾留する．いわば“蒸し焼き”のようなものだ．でき上がったコークスは，炭化室のふたが開くと押出機と呼ばれる機械によって押し出され，ガイド車によって導かれ，消火バケット (乾式用) または消火車 (湿式用) の上に崩れ落ち，冷却工程を経て，製鉄工程に運ばれていく．

良いコークス炉の四つの条件

こうして作られるコークスだが，良いコークスとは，硬度があり，炭化室から押し出されて運ばれるときに崩れるのだが，このとき細かくなりすぎずある程度の粒度が保たれるものである．また，還元剤として使われるので，当然，酸素の含有率は可能な限り低くなければならない．

したがって，良いコークス炉として求められることとは，第 1 に硬度のあるコークスが生産できること，第 2 に密閉性が高いことである．炉のふたなどから空気が入り込むと酸素に触れてコークスの品質が下がるため，ぴったりとシールできることは必須である．加えて，製鉄所では鉄を作る高炉はいったん稼働したら基本的には寿命がくるまで止まることはない．ということは，コークス炉も高炉が動き続ける限り，コークスを供給するために稼働し続けることが求められる．良いコークス炉の条件第 3 としては，長寿命で連続稼働できることである．

もう一つ忘れてはならないのが，ガスの捕集機能だ．石炭をコークスにするために乾留すると，石炭に含まれている揮発成分がガスとして放出される．この熱いガス (COG：Coke Oven Gas) を単に放出してしまうのではなく，一定のところに集めて，タールや粗軽油，硫酸，ベンゼン，アンモニアなど有用成分を取り出して精製し，再び高炉やコークス炉の燃料として使えるようにする．このガス捕集の機能は，環境保護，省エネのためだけでなく，燃料費のコストダウン，あるいは副産物として再利用が可能な COG やほかの有機物を生成することもできるため，近年のコークス炉には必須の機能でもある．

高さを保持しつつ安全な構造体を造る

今回 IHIPW が納入したコークス炉は，これらいずれの機能に関しても，コークス炉の世界的なリーディングカンパニー，PW の高い技術を，IHI がもつ実績とともに国内のお客さま向け仕様にして対応したものである．

特徴を挙げると，まずは，高さ 7 m を超える高い炉を造る技術を導入したことだ．コークス炉は長寿命であることがポイントだが，押し出しの作業のときに少しずつ炉にダメージが蓄積される．長持ちし，なるべくメンテナンスを少なく済ませるためには，押し出し頻度が少なければよいのだが，そのためには，炭化室を大型化して一度に乾留できる石炭の量を多くする必要がある．炭化室の幅を広げてしまうと，室内の石炭に効率良く熱を伝えることが難しいため，高さを高くすることで容積を増やすのだが，実は耐火物による構造体を安全で耐久性のある形に設計するのは特殊で高度な技術なのだ．PW はこの技術を有していた．

加えて，PW の保有する技術をオプションとして，お客さまのニーズに合わせた炉のレイアウトを提案す

ることも可能になった．例えば，① 燃料ガスの供給方式，② 排ガス煙道の配置，③ 原料コークスの装入方向 など，選択の自由度が増した．

こうした新しい技術の紹介と併せて，IHI が高炉設計で実績を重ねながら，培ってきたエンジニアリング要素技術である油圧技術や，グループ会社と連携して国内納入実績のある排ガスの燃焼放散システム (滞留すると爆発の危険性が高まる排ガスを安全に導くシステム) などを炉全体の設計と組み合わせて，お客さまへ供給することで，国内製鉄分野のリーディングカンパニーとしての強みを発揮している．

特に日々更新される日本独自の安全基準や制約条件を確実にフォローするのは，優れた新しい技術を有している海外企業にとっても，単独では障壁が高かった．それを IHIPW という合弁会社となることで，双方の得意とすることを併せてスムーズに導入することに成功した．

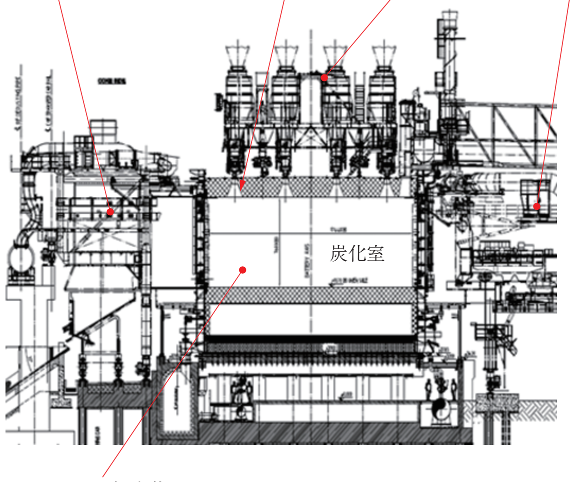
この新炉の建設により，設備老朽化によって減少していたコークス生産量が増強され，またメンテナンス，操業の面でも信頼をいただくことができた．この結果，新たに同製鉄所の第 2 コークス炉においても 1 炉団 65 門 (年産能力 58 万 t) という大きな設備の建設が 2018 年の立ち上げを目指して進んでいる．

原料炭のコストダウンにつながる スタンプチャージ式コークス炉

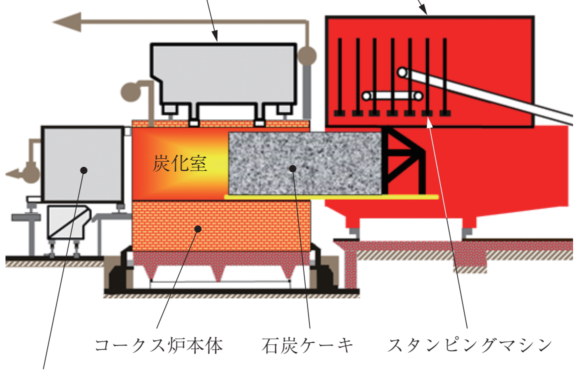
昨今の状況を見渡せば，日本の鉄鋼業が急成長した高度経済成長期に集中的に建設されたコークス炉の寿命が近づいてきており，コークスの生産量の低下が製鉄各社の課題となっている．IHIPW としては，最新のコークス炉の技術をもって今後のビジネスにつなげる機会があるといえるが，それだけに甘んじることなく，日本国内にいまだ採用されていない新技術を提供するチャンスをもうかがっている．

その一つが，スタンプチャージ式のコークス炉だ．コークス炉は石炭の装入方法により，上部から装入するトップチャージ式と，炉のサイドから石炭を入れ押し固めながら炉の内部に詰めていくスタンプチャージ式がある．スタンプチャージ式の炉では，スタンピングマシンにより炭化室内で石炭が圧密成形され直方体のケーキ状になる．コークスを作るには粘結性のある高品位な石炭が原料として必要であると前述したが，スタンプチャージ式では，装入時に圧力を加えられるため，粘結度の低いいわゆる低品位炭でもトップチャージ式で生産されるコークスと同等の硬度，粒度をもったコークスの生産が可能となる．つまり，原料のコストを下げられること，また原料を選別せずに低品位のものが混ざっても硬度の高いコークスが生産できるという利点がある．

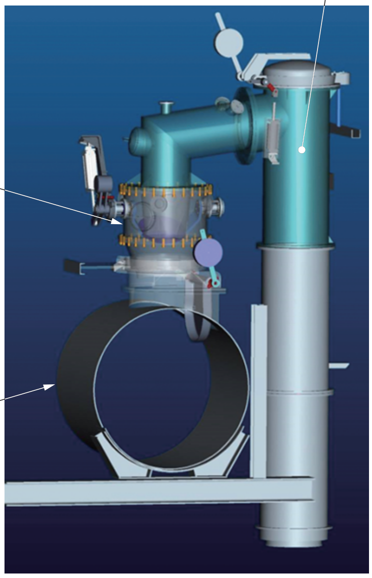
デメリットとしては，トップチャージ式よりも発塵（じん）が多くなることだが，これは発塵を防止するガストランスファーカーを設置することで予防できる．すでに，環境規制の厳しいドイツで本格的に稼働して好評を博しており，インドでも稼働する予定である．



トップチャージ式コークス炉



スタンプチャージ式コークス炉



単一室圧制御システム SOPRECO

ガス捕集に威力を発揮する SOPRECO®

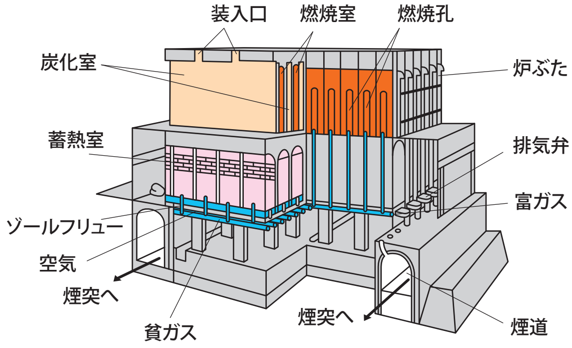
日本導入を目指す二つ目の新技術は，単一室圧制御システム SOPRECO (Single Oven Pressure Control) である．これも前述したが，コークス炉の機能としては，コークス生産時に副産物として発生する COG の捕集も重要である．SOPRECO はその捕集をより確実かつ安全に行うシステムだ．

コークス炉では各炭化室に生成された COG を炉外捕集本管に導く配管設備 (上昇管) が設置されているが，管がつながっている各炭化室の圧力は操業の条件により一定ではない．例えば 1 番の室は乾留初期で盛んにガスが発生し炭化室内の圧力が上昇しているが，2 番の室ではほぼ乾留が終わっていて室内の圧力は下がっているという状況が生じる．このとき，1 番室からはガス漏れが発生する危険性が，2 番室では空気が流入する危険性 (空気が流入すると酸素に触れることになり，コークスの品質が低下する) が高まる．このように炭化室ごとに不均等な圧力に対応するために，炭化室につながる上昇管にバルブを設けて制御するのが SOPRECO である．バルブ本体，稼働部ともに炉外に設置されるため，保守・点検が容易であること，また配管設備に改造を加えることで既設の炉にも設置できるという特徴がある．

SOPRECO を導入すると，効率的に COG が捕集できるだけでなく，シール部分に圧力変動による負荷が掛からなくなるため，操業上のメンテナンス頻度の減少に寄与する．また炭化室が過度なマイナス圧になって炉ぶたのシール部から空気が流入することも防げるため，コークスの品質維持・向上も見込まれる．

現在，日本の製鉄業界は 40 ～ 50 年ほど前に建てられたコークス炉の設備の建て替え時期を迎え，各製鉄所とも生産量を維持するために炉の建て替えを含めて対策を急いでいる．こうしたなかで，IHIPW では，環境，省エネ，低エミッションなど最先端の知見・技術の積極的な導入と，従来どおりのきめ細かいエンジニアリング力を併せてコークス炉を提案し，お客さまである製鉄各社の製品の安定供給に寄与したい．

ミニ解説



コークス炉内の模式図 (一例)
出　典 :「 鉄鋼便覧 」日本鉄鋼協会 (1980)

問い合わせ先
株式会社 IHI ポールワース
営業部
電話 (03) 6630 - 4786
URL：www.ihi.co.jp/ihipw/