

和歌山第6 コークス炉 CDQ の建設と操業

The Construction and Operation of CDQ for Wakayama No.6 Coke Oven Battery

南澤 勇/Isamu Minamisawa・本社 鉄鋼技術部 コークスプロジェクト室 参事

大谷 進/Susumu Otani・和歌山製鉄所 製鉄部 製鉄管理室 参事補

要 約

和歌山製鉄所のNo.6 コークス炉を対象として、平成6年に建設したCDQは、従来のCDQをはるかに凌駕する環境対策を盛り込んだ新世代CDQとして、順調に稼働中である。本設備は、世界初の建屋形式のCDQであり、局所集塵の強化と建屋集塵を装備したほか、切出コークスの発塵を抑制するために切出コークスへの散水調湿を開発・導入した。更に、冷却塔内の荷下がり均一化、プレチャンバーへの水噴霧技術の開発導入等のコークス顕熱回収の改善も行い、世界最高レベルの熱回収効率を誇っている。

Synopsis

A new type of coke dry quenching (CDQ) plant was installed at No.6 coke battery in Wakayama works and has been operated successfully since 1994. This CDQ is equipped with special enhanced dust collecting equipment such as de-dusting housing, partial de-dusting intensification and de-dusting control inside the housing. The de-dusting housing covering the quenching tower and hoisting tower was the world's first CDQ application. Furthermore, coke discharged from the CDQ is moistened with a small amount of water and coke moisture is to be controlled up to an adequate level.

Efficiency of sensible heat recovery from hot coke has also been increased by employing a water spraying system for the hot coke in the pre-chamber.

1. 緒 言

コークス乾式消火 (Coke Dry Quenching 以下 CDQ と称する) 設備は、コークス炉で高温乾留された約 1000℃ の赤熱コークスを、窒素を主体とする不活性ガスで消火冷却するとともに、その回収熱を廃熱ボイラーで蒸気として回収する設備であり、ここ 20 年余り前から、コークス炉廻りの有力な省エネルギー設備として普及し、既に国内でも 30 余基設置されている。

当社においては、鹿島製鉄所のコークス工場で S 56 年以降 3 基の CDQ を建設し、鹿島での生産コークスは 100 % CDQ で処理しているが、和歌山製鉄所には未設置であった。

今回、和歌山製鉄所で初の CDQ を No.6 コークス炉を対象に建設^{1),2)}し、平成 6 年 4 月から稼働中である。本設備の特徴は、従来型 CDQ の、特に環境対策面で問題のあった点を大幅に改善し、環境対策の完璧化を図った点にある。更に、鹿島での CDQ 操業経験をもとに冷却性能の改善を行うとともに、安全防災面での対策も強化した。以下に本 CDQ の設備概要と操業状況について報告する。

2. 設備概要

2-1 主仕様

本 CDQ の主仕様を第 1 表に示すが、その要点は以下のとおりである。

- (1) 本 CDQ は、和歌山で稼働しているコークス炉団 (No.4, No.5, No.6 の 3 炉団) のうち、最大炉団である No.6 コークス炉 (炉高 6 m, 106 門) を対象として設置した。
- (2) コークス冷却能力は、コークス炉稼働率 110 % 相当となる 100 t/h とした。
- (3) 冷却チャンバー容量は、設備コスト抑制を狙い、操業サイクルタイムを考慮しつつ最小限のものとした。また、冷却チャンバー径は、同様に設備コスト抑制面からの大径化を狙いつつ、これによる均一冷却性能の悪化面に配慮しながら決定した。
- (4) 巻上塔は、レイアウト上バケット直吊り式とし、その架構は、バケット本線と待避線をまたぐ形で構築した。
- (5) 装入および切出機構は、基本的には鹿島 CDQ を踏襲したが、特に、装入部では CDQ へのコークス投入時の

第1表 No.6 コークス炉 CDQ 設備の主仕様
Table 1 Main specification of CDQ

Equipment	Main specification
Coke oven battery	<ul style="list-style-type: none"> • Battery number : 6 • Oven dimension (At cold condition) : 6m height×15.56m length×0.45m width • Effective volume : 37.9m³ • Chamber number : 106(53×2)
Cooling tower	<ul style="list-style-type: none"> • Coke cooling capacity : 100t/h • Prechamber volume : 250m³ • Cooling chamber volume : 400m³ • Total chamber volume : 650m³ • Coke stock level detection : μwave • Hot coke charge equipment : Hopper type (Enhanced de-dusting) • Cool coke discharge equipment : Gate type (2t/time)
Circulation gas fan	<ul style="list-style-type: none"> • Circulation gas volume : 139 100Nm³/h • Total pressure : 9 709kPa
Hoisting tower	<ul style="list-style-type: none"> • Direct hoisting, Twin motor drive
Boiler	<ul style="list-style-type: none"> • Heat recovery type, Powered water circulation • Steam throughput : Max.60t/h • Steam condition : 10MPa, 813K
Coke bucket	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Buckets (Equipped with sliding lids) • 1 Electric locomotive drive
De-dusting	<ul style="list-style-type: none"> • Bag filter (Pulse cleaning type) : 2 unit • Wet scrubber : 1 unit
Turbine generator	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum electric power generation : 18 500kWh/h

装入蓋開放時に発生する異常燃焼音の回避技術を改善・導入した。また切出部については、冷却ガスシール性のタイト化や、メンテナンス性の改善を実施した。

- (6) CDQ 本体からの発塵対策としては、装入部、切出部等の発塵発生源を中心とした局所集塵の強化を徹底的に推進することに加え、冷却塔の装入床と、巻上塔の吊りビーム部を建屋で囲い、なおかつ建屋内を充分換気できる能力を有する建屋集塵を設置した。この構造は CDQ としては世界初である。
- (7) CDQ から切り出された冷却コークスは無水分であるため、高炉搬送過程におけるベルトコンベア乗り継ぎ部等での発塵が懸念された。このため、切り出し後のコークスに散水し、含有水分を低位安定させる調湿技術を開発・導入³⁾した。本技術により発塵の増加が抑制されたばかりでなく、バグフィルタ集塵装置等の新たな設置を不要とした。
- (8) バケット車は、受骸後の巻上塔までの走行途上での発塵を抑制すべく国内でも例の少ない蓋付き構造とし、大幅な発塵抑制を達成した。
- (9) CDQ での熱回収効率向上のため、コークス荷下がりの改善、プレチャンバー内での水噴霧技術、コークス投入に応じた適正操業の CPU 制御システム等を導入し、国内トップレベルの熱回収効率を達成した。
- (10) ボイラーは、鹿島と同様の水冷壁構造の強制循環型を採用し、蒸気回収能力は最大 60 t/h とした。なお回

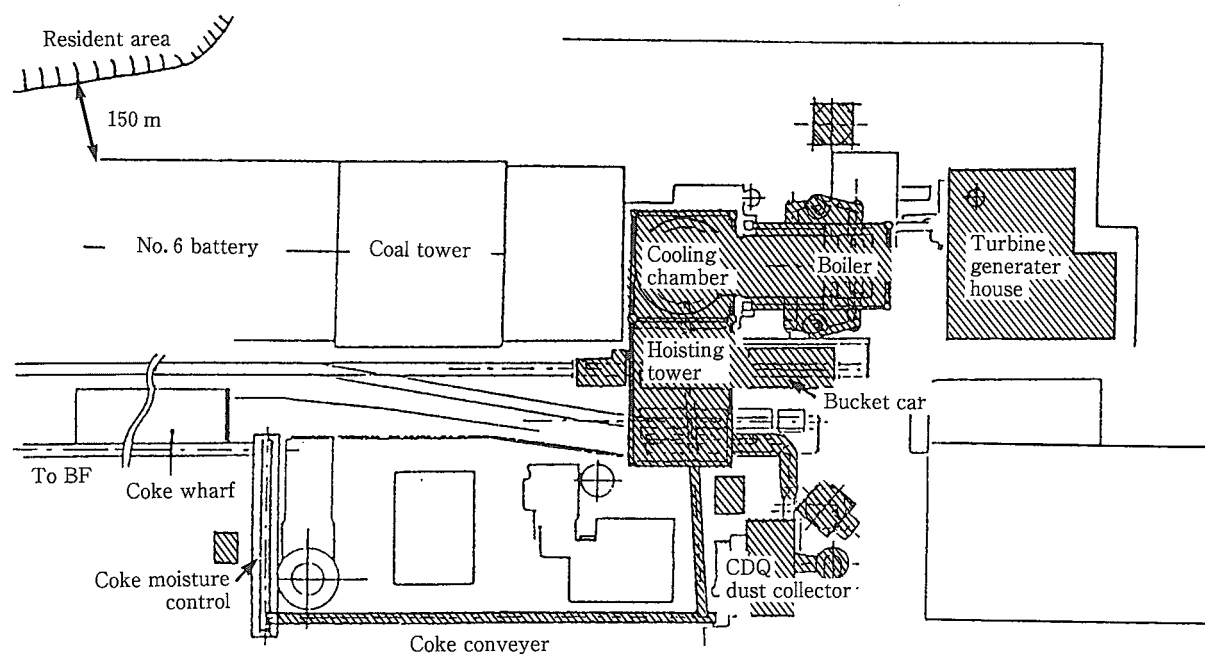
収蒸気の仕様は 10 MPa, 813 K である。

- (11) CDQ ボイラーから回収した高温高圧蒸気は全量発電に利用している。発電設備は、既存タービンまでの蒸気配管コストの抑制を図るべく専用の設備を CDQ 脇に併設した。設備最大出力は 18 500 kW であり、隣接の既存変電所に送電してコークスエリア内での停電対策として活用するほか、製鉄所内にも安定供給している。
- (12) ボイラーの年次休止頻度削減に対応すべく、付帯設備についても長寿命化に加え短時間での補修化等の改善を行った。これにより、現在 1 回/2 年の官庁検査(期間は 12 日前後)で実施中である。

2-2 設備レイアウトとフロー

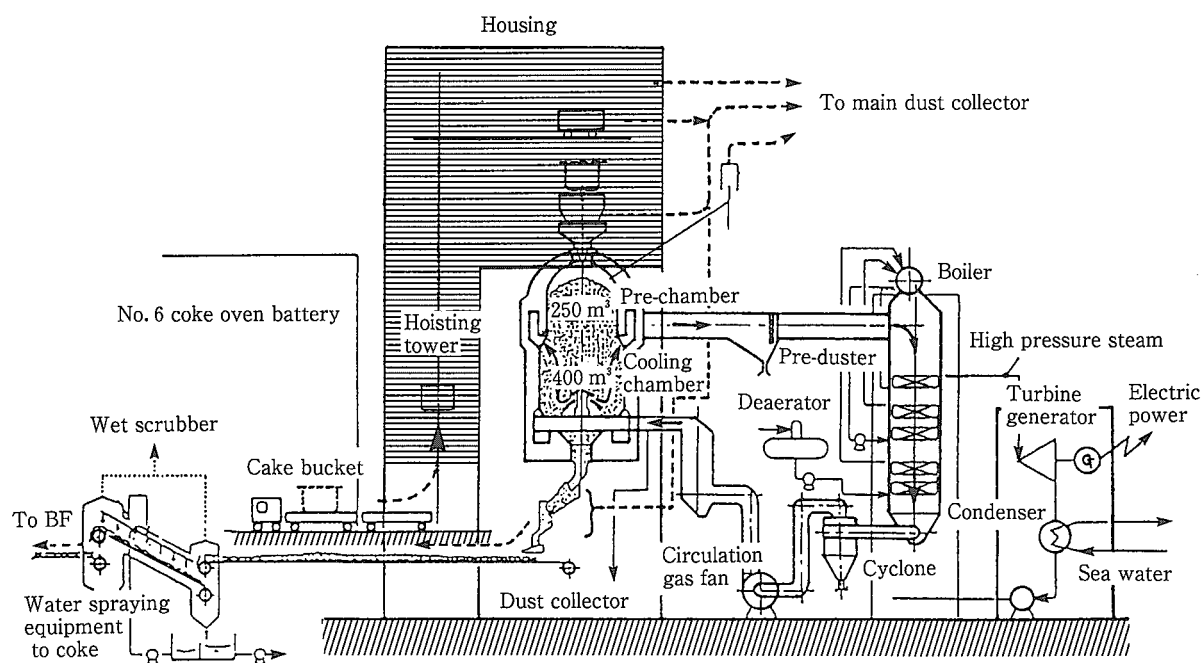
本設備のレイアウトを第 1 図、設備フローを第 2 図に示す。また、全体外観を写真 1 に示す。CDQ は既存の湿式消火塔と反対位置に設置した。巻上塔架構下部には予備の湿式消火車を待避線上に停機させている。切出コークスコンベアはバケット車軌道下のトンネルを通過させ、新設した 3 本のベルトコンベアを介して既存のワーフコンベアにつないだ。この過程で、CDQ 切出コークスからの発塵を抑制するためにコークスに散水し、均一な水分とするための調湿設備を設置している。

CDQ の運転制御は、将来のコークス工場集中制御化を念頭に置き、工場中央部に位置させ、既存のコークス炉の制御と結び、要員の増員なく行えている。



第1図 CDQ 設備レイアウト

Fig.1 Layout of CDQ and No.6 coke oven battery



第2図 CDQ 設備フロー

Fig.2 Flowsheet of CDQ

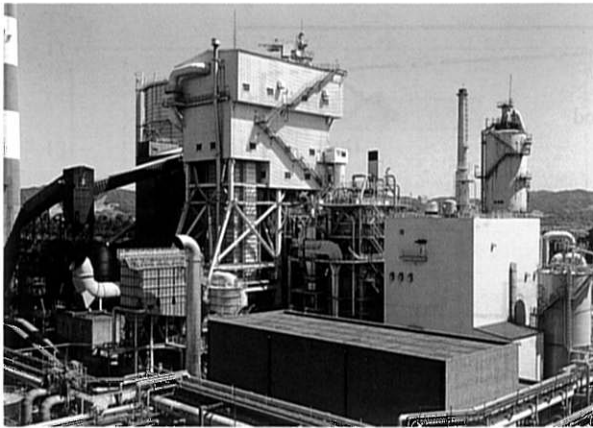


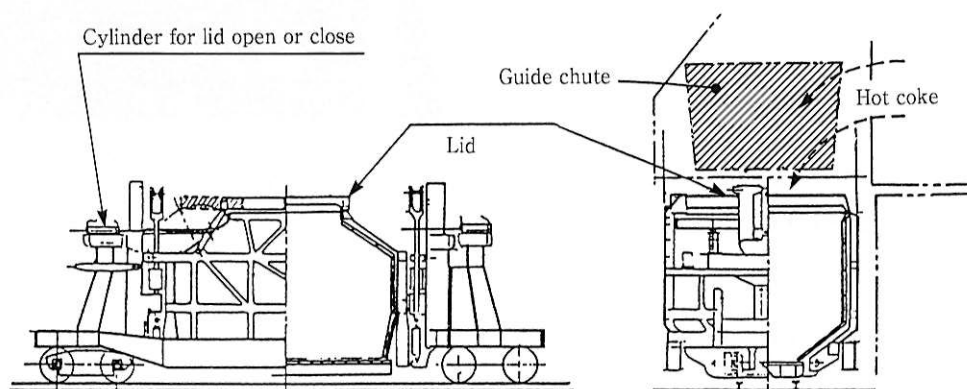
写真1 CDQ 設備全景
Photo 1 General view of CDQ

3. 設備の特徴

従来の当社 CDQ に比べて、今回の CDQ での主な設備改善点を第 2 表に、またその内の代表的な特徴を以下に示す。

第 2 表 主な設備改善点
Table 2 Main improved points

Item	Improved points
Environment countermeasure	<ul style="list-style-type: none"> • Housing for cooling and hoisting tower • Dust collection for inner housing • Enhanced dust collection for partial dust emission • Hot coke conveyance by bucket with lids • Reduction of dust emission from conveyed coke by coke moisturization • Noise countermeasures (Silencer, Noise insulation wall for motor, etc.)
Safety countermeasure	<ul style="list-style-type: none"> • Enhanced discharging gate seal (Circulation gas leakage countermeasures) • Special N₂ injection equipment for circulation gas in emergency
Stability countermeasure	<ul style="list-style-type: none"> • Stress reduction design of flue pillar • Improvement of circulation gas deduster bricks



第 3 図 両開き式蓋付コークバケット車
Fig.3 Hot coke conveyance by bucket with lids

3-1 環境対策

最大の特徴である環境対策について下記の 3 点につき詳述する。

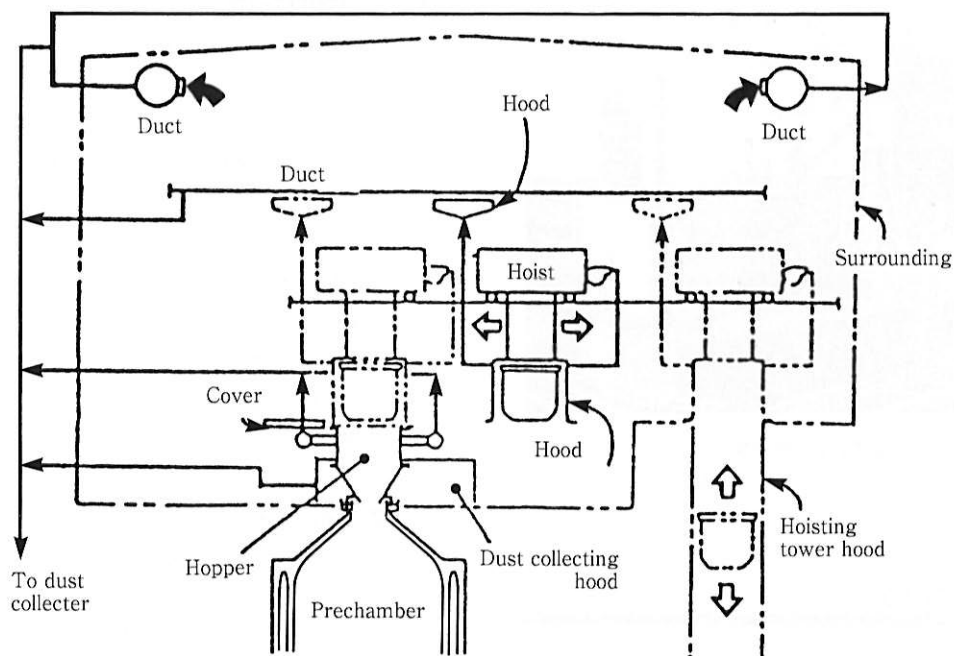
- (1) 受熱～巻上塔下部までの発塵対策
- (2) 巻上～CDQ 投入までの発塵対策
- (3) 切出コークスの発塵対策

- (1) 受熱～巻上塔下部までの発塵対策 (蓋付きバケットの採用)

従来のバケット車は、蓋を持たないためコークス炉から赤熱コークスを受熱後、CDQ 巻上塔下部までの搬送過程で赤熱コークスからの発塵が問題となっていた。このため本バケットでは左右両開き式の蓋を設けた。

第 3 図にバケット車の全体図を示す。バケット上部の開口部は、発塵防止を図るべく開口面積を極力小さくした。また、押し出されたコークスのバケット車廻りへの粉コークスの飛散を防止すべく、ガイド車フード内にシュートを設けている。これらにより大幅な環境改善が図られた。

また、バケット内のコークス偏析防止と最密充填化を図るため、最大 1400 mm の移動受熱が可能な微速



第4図 建屋内の集塵構成

Fig.4 Dust collection flow of inside housing

受搬走行制御を有している。

(2) 巻上～CDQ投入までの発塵対策(局所集塵強化+建屋集塵の採用)

粉塵飛散と赤熱コークスからのCOガス飛散防止の観点から、まず局所集塵を最大限に強化しつつ、粉塵飛散を完全に防止するため建屋集塵を採用した。

(a) 建屋

冷却塔の装入床以上と、巻上範囲全体を建屋で囲み、後述の建屋内の局所集塵強化と併せて外部への発塵を完全にシャットアウトした。

(b) 建屋内の集塵構成

建屋内の集塵構成を第4図に示す。また、冷却塔建屋内の状況を写真2に示す。建屋内上部には、集塵ダクトを設置し、常時、換気集塵を実施している。バケットが横走行しながら集塵するダクトとフードを設置した。更にCDQ内への赤熱コークス装入時の発塵を防止するため、装入口部分を集塵フードで覆った。また、発塵の最も多い装入ホッパー部の集塵強化を図るべく、プレチャンバー内のガス吹上げ遮断シャッター設置等の改善を実施した。なお、これらの集塵風量は操業サイクルに合わせて各部の必要風量に応じた風量制御を実施している。

(3) 切出コークスの発塵対策

CDQから高炉までの間、CDQ切出コークスの搬送中に発生する粉塵の低減を図るために、CDQコークスの調湿技術を開発した。

(a) ラボテスト

CWQ処理コークスを乾燥機にて乾燥後、約200℃

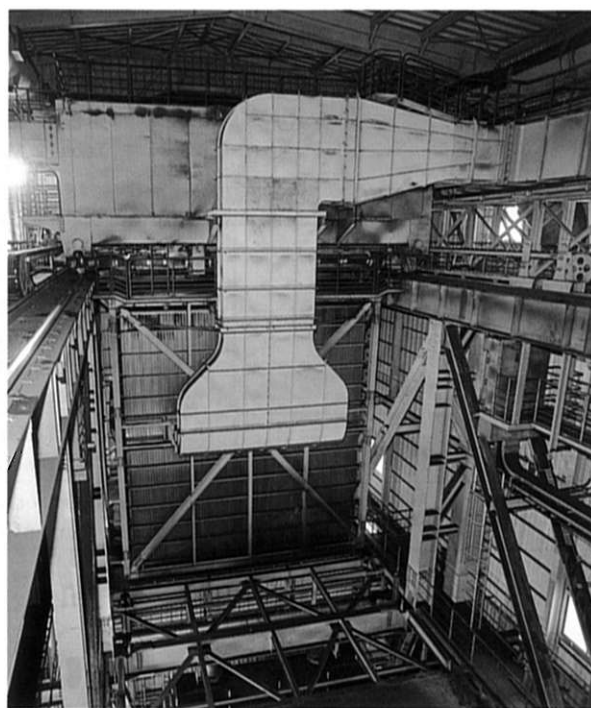
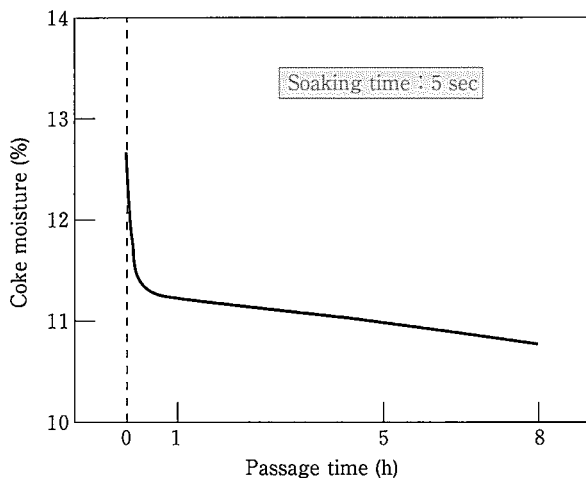


写真2 冷却塔建屋内部

Photo 2 Inside of housing

まで昇温し、ドライコークスにスプレーにて散水する方法と、ドライコークスを水中に浸す方法について調査した。5秒間浸水したコークスの水分の変化の状況を第5図に示す。設備的に設計可能と思われる浸水時間5秒では、コークス水分は、高炉装入直前の8時間後でも、10%強までしか低下せず、従来のCWQコークス水分値の3~4%から、大きくかけ離



第5図 コークス浸水処理後のコークス水分変化
Fig.5 Reduction of coke moisture after soaking

れているため、浸水法による調湿は見合わせた。

(b) 実機テスト

鹿島製鉄所でのCDQ処理コークス搬送ラインに第6図に示す実機テスト装置を設置し、散水調湿の最適条件について調査を実施した。

コークス水分値と湿式集塵機出入口のガス中含塵量を第7図に示す。従来のCWQ並の集塵機出側ガス中含塵量を確保するためのコークス水分の最低値は約1~2%であることがわかった。

散水量と散水調整直後のコークス水分の関係を第8図に示す。約1~2%のコークス水分を確保するには、約70 kg/Coke-tの散水が必要であることがわかった。また実際に散水調整コークスの水分は、最終のハンドリング箇所である高炉原料槽出側までの間で低減することから、調湿後コークス水分変化を測定した。その結果を第9図に示す。コークス搬送時の発塵を防止するために必要な水分1~2%を確保するには、散水直後で約4%前後の水分が必要であり、第8図から約100 kg/Coke-tの散水量が最適であることがわかった。

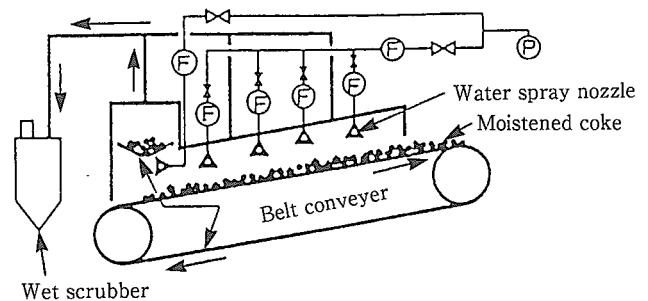
コークス調湿によるコークス品質変化を第10図に示すが、DL、CSRともに、レベル・パラツキ面ではほとんど変化は見られなかった。

(c) 操業状況

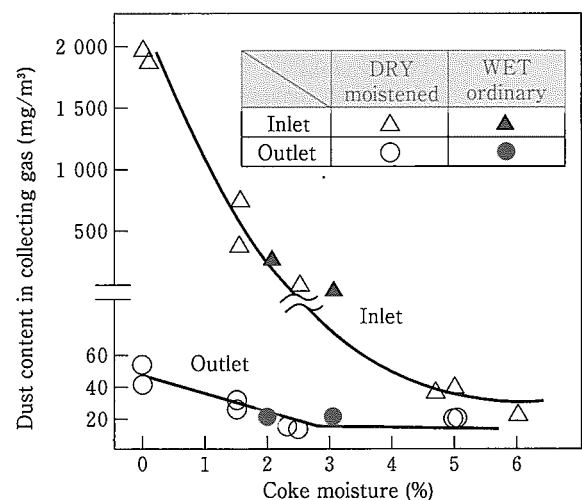
CDQ稼働前後における高炉前でのコークス水分の推移を第11図に示す。CDQ稼働以降、コークス水分は約2~3%で安定推移している。

(4) 騒音対策

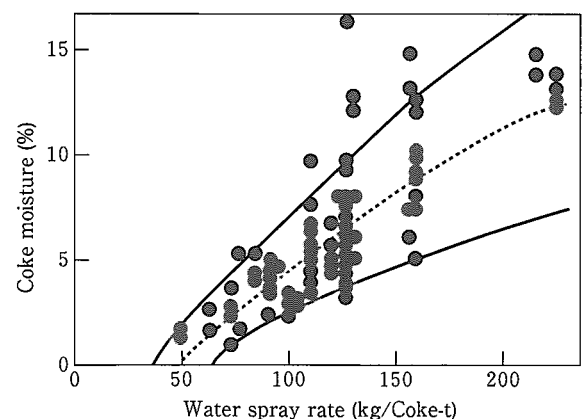
装入蓋開時における異常燃焼音の発生を回避するため、プレチャンバー内上部の装入蓋周辺部の可燃性ガス蓄積を抑制するため、装入蓋を開ける直前にエアによる可燃性ガスの事前燃焼化と炉内圧制御といった



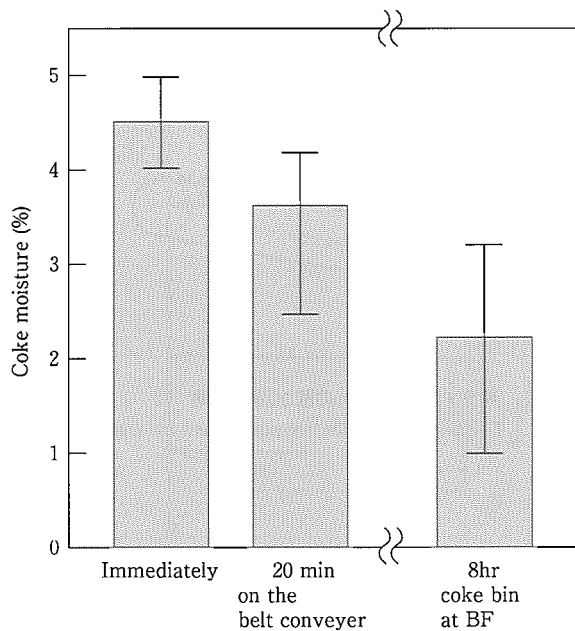
第6図 ドライコークスへの散水調湿設備
Fig.6 Coke moisture control equipment by water spraying



第7図 コークス水分値と湿式集塵機の出入口含塵量
Fig.7 Relation between coke moisture and dust content in collecting gas

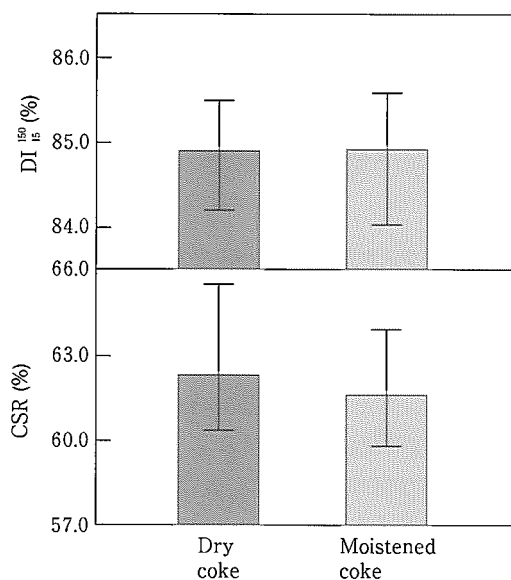


第8図 散水量とコークス水分
Fig.8 Relation between water amount and coke moisture



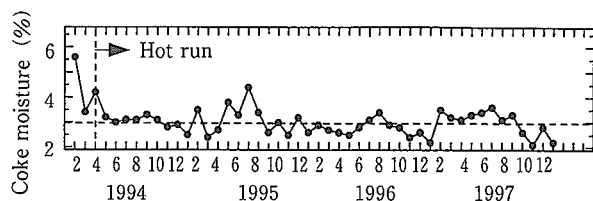
第9図 散水調湿後のコークス水分変化

Fig.9 Changes of coke moisture content after water spraying



第10図 散水調湿によるコークス品質変化

Fig.10 Comparison of coke quality in dry and moistened



第11図 散水調湿コークスの水分実績推移

Fig.11 Transition of coke moisture control in operation

2重の対策を実施している。

また、その他の騒音については、製鉄所の敷地境界がCDQから約150mと近いために境界での閾値を厳守すべく、ボイラーサイレンサー・循環ファン・空気吹込ファン等の遮音強化対策を実施した。

3-2 安全、防災対策

循環ガス中の可燃性ガス(H_2 , CO 等)の系外へのリーク、および可燃性ガスと空気との接触による異常燃焼を防止するための安全・防災策を強化した。

コークス切出ゲートのシールに関しては、上・下部ゲートにスプリング式内部扉を設け、コークスによるシール部の磨耗を防ぎ、ゴムシール採用を可能とした高シール型シール弁を採用しリーク防止を強化した。

また、万一循環ガス系が停止した場合における空気吸引による異常燃焼を防止するため、系内10箇所から N_2 を分散供給するシステムを採用した。更に、停電時における N_2 供給を確保するためCDQ近傍に LN_2 による供給設備を設置した。

一方、従来では製鉄所内の停電時に、コークス炉ガス吸引ブロワー等が停止し、コークス炉からの生ガス燃焼放散といった環境防災面でトラブル発生の可能性があった。そこで、本CDQの設計にあたり、電源系統の2系列化とともに、CDQに独立対応したタービンを併設したことで、この様な緊急対応時にもCDQ内に貯留されている赤熱コークスを熱源として、発電を行ない、コークス炉廻りの各設備に電力を供給できるようにし、生ガス放散を回避できるようにした。

3-3 設備安定化対策

鹿島でのCDQ稼働実績をふまえ、各種の設備耐久性の改善を図った。特に、プレチャンバー内のドーム煉瓦荷重が吸引帯柱の水平断面に作用する応力の低減を目的として、柱下部での煉瓦の水平断面積を円環煙道内のガス流に影響を与えない範囲で拡大し、吸引帯柱の寿命延長を図った。

また、1次プレダスター(除塵器)の煉瓦は耐酸化性を向上させるべく材質改善を行った。

3-4 熱回収向上対策

(1)冷却塔内コークス均一荷下がり達成

熱回収効率を向上させるには、切出コークス温度を低位安定化させ、コークス顕熱を最大限に回収することが重要である。このためには、冷却塔内のコークス荷下がり均一化させる必要があり、今回のCDQでは1/10モデルを使い、最適な荷下がりを得るための構造設計を実施した。この結果を実機でも検証し、切出コークス温度の低位安定化を達成した。

本システムは、従来から実施している UCS(コークス炉
燃焼制御モデル)との結合を図り、CDQ 運転の自動化や操
業の安定化・効率向上を目的として構築した。

- (1) CDQ 操業の解析には熱精算モデルを導入し、適用を図った。
- (2) コークス炉窯出しおよび、CDQ への投入～冷却コークス切り出しを含めたスケジューリングの統合と自動化を図り、操業の安定化・オペレーションの簡素化を実現した。

これにより、従来のコークス炉燃焼制御の管理や無人移動機械の制御管理の担当者1名でCDQも合わせた操業を実施中である。

- (3) 排熱回収効率の向上のため、可燃成分の燃焼および循環ガス流量制御の最適化を図った。本制御では、次のコークス炉窯出ブロックのコークス投入のタイミン

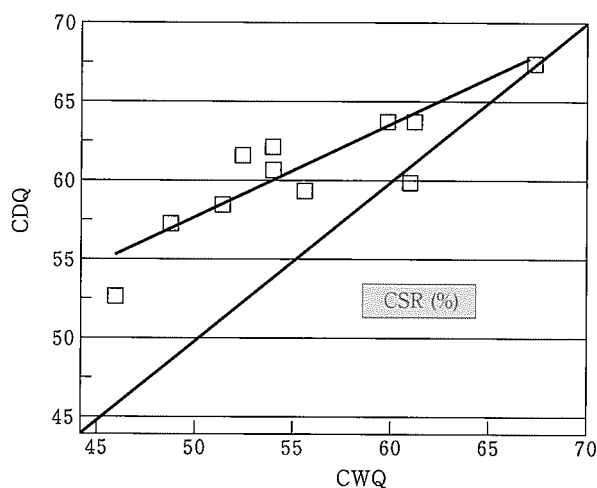
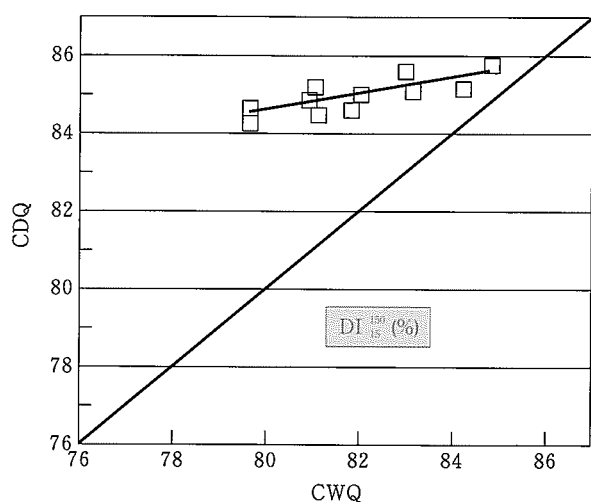
グを予測しながら、総合的に回収熱量が最大となる運転制御を行っている。

5. コークス品質改善効果

CDQのコークス品質改善は、第13図に示すようにDI 150/15で約+2.5%、CSRで約+4%であり、これらの効果は劣質炭の使用拡大に寄与している。

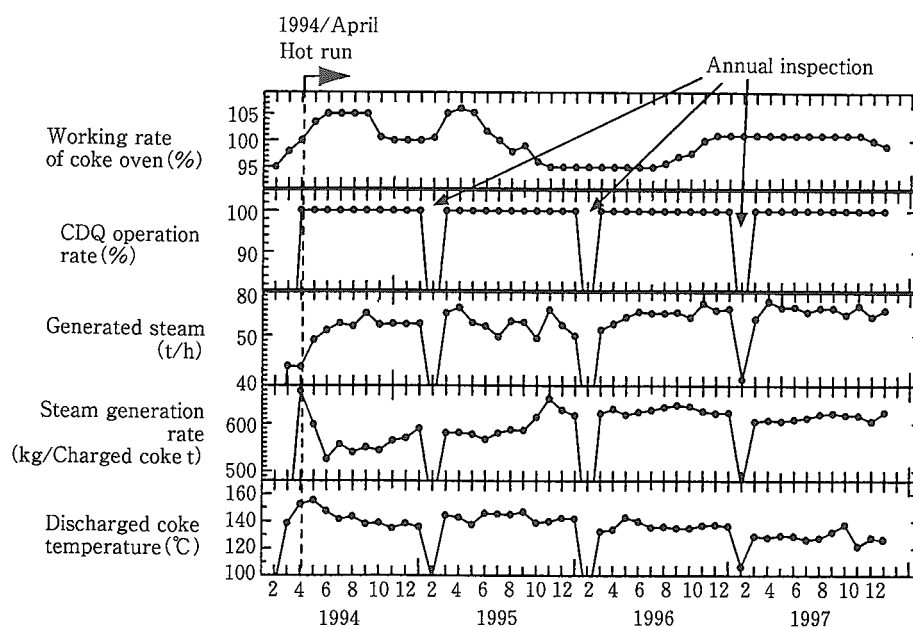
6. 操業実績

稼働以降の操業実績を第14図に示す。稼働後、蒸気的回



第13図 CDQ 処理コークスの品質改善

Fig.13 Improvement of coke quality by CDQ



第14図 CDQ 操業実績

Fig.14 Transition of CDQ operation

収効率は飛躍的に向上している。現在での蒸気回収原単位は 630~640 kg/Coke-t(回収蒸気条件は第 1 表のとおり)であり、世界でも最高レベルの諸元を達成している。これは、操業の改善(当社独自のプレチャンバー内への水噴霧技術等)と熱回収モデルの効果発揮等によるところが大きい。

また、CDQ の処理率は、稼働以降大きなトラブルはなく、コークス炉の定期修理による停機を除き、100%を継続している。更に、ボイラーの年次休止頻度も 1 回/2 年(12 日/回)であり、休止時間の大幅削減を達成することができたのも本設備が極めて安定して稼働していることを示唆するものである。

7. 結 言

和歌山の No.6 CDQ は、従来 CDQ の技術をベースとして、集塵等の環境改善を強化して建設した新世代 CDQ である。稼働後約 4 年を経過したが、極めて順調な操業を継続

中であり、新たに採用した各種の新技术は、計画どおりの機能を発揮している。

本 CDQ の建設により、従来型 CDQ で改善余地のあった粉塵飛散は、湿式消火法に比べ大幅な低減を果たし、湿式消火法での水蒸気白煙、水蒸気臭の解消とともに周辺地域の大幅な環境改善を図ることができた。

また、熱回収効率も、各種の改善技術の導入により世界最高水準の蒸気回収原単位 640 kg/Coke-t を達成した。



南澤 勇/Isamu Minamisawa

本社 鋳鋼技術部
コークスプロジェクト室 参事
(問合せ先: 03(3282)6711)

参考文献

- 1) 南澤 勇, 大谷 進, 西田二三昭, 佐藤芳信, 平田 豊, 松尾雅彦: 材料とプロセス, 7(1994), p.972
- 2) 南澤 勇, 大谷 進, 佐藤芳信: 鉄と鋼, 81(1995), p.71

- 3) 南澤 勇, 正保 剛, 大塚邦彦, 折井隆一, 水越 渉: 材料とプロセス, 7(1994), p.973
- 4) 重松直司: 火力原子力発電, 46(1995)