

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.10 (1978) No.2.3

千葉製鉄所西工場エネルギー供給設備の概要

Outline of Power Supply Equipment at West Plant of Chiba Works

榎戸 盛一(Moriichi Enokido) 後藤 公平(Kohei Goto) 鈴木 一功(Kazuyoshi Suzuki)
高野 英樹 (Hideki Takano)

要旨：

千葉製鉄所第6高炉、第3製鋼工場、第3分塊工場やその関連設備の建設によって電気設備容量で300MW、電力では150MW程度の需要層が見込まれたので、発電所の建設、買電用変電所の増強および両者間の連係設備の建設を行った。合わせて各種燃料供給設備や高炉、転炉より発生する副生ガス処理設備も建設した。これらエネルギー供給新設備の建設にあたっては、本工場の在来設備との有機的な結合による両者の効率的運用を考慮し、かつ徹底した省資源・省エネルギー、省力、環境対策、設備保全性向上に重点をおいた。代表的な新機軸の例として両工場燃料供給設備の一元管理をねらったユーティリティ計算機システムや、変電設備および燃料供給設備に利用したテレコントロールシステムなどが挙げられる。

Synopsis：

To cover a 150MW (at 300MW capacity) increase in power requirement for a new No.6 blast furnace, Q-BOP shop, No.3 slabbing mill and their auxiliary equipment at West Plant, Chiba Works reinforced the west substation for a raised purchase from outside source and built the west power plant for captive use, including related facilities. In this project, the emphasis was placed on saving labor and energy, protection of environmental quality, easy maintenance, and an efficient coordination with the power plant and substation which already existed at the Main Plant. One of the features of the project is the utility computer system for a centralized energy management of both areas and the tele-control system for the west substation and the fuel supply equipment.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

千葉製鉄所西工場エネルギー供給設備の概要

Outline of Power Supply Equipment at West Plant of Chiba Works

榎戸 盛一*

Moriichi Enokido

後藤 公平**

Kohei Goto

鈴木 一功**

Kazuyoshi Suzuki

高野 英樹***

Hideki Takano

Synopsis:

To cover a 150MW (at 300MW capacity) increase in power requirement for a new No.6 blast furnace, Q-BOP shop, No.3 slabbing mill and their auxiliary equipment at West Plant, Chiba Works reinforced the west substation for a raised purchase from outside source and built the west power plant for captive use, including related facilities.

In this project, the emphasis was placed on saving labor and energy, protection of environmental quality, easy maintenance, and an efficient coordination with the power plant and substation which already existed at the Main Plant. One of the features of the project is the utility computer system for a centralized energy management of both areas and the tele-control system for the west substation and the fuel supply equipment.

1. まえがき

千葉製鉄所西工場の造成地における第6高炉、第3製鋼工場、第3分塊工場やその関連設備の建設によって電気設備容量で300MW、需要電力では150MW程度の需要増が想定され、この電力を買電および自家発電より供給するため、西変電所の増強、西発電所の建設が計画された。合わせて高炉送風、各種燃料供給、酸素発生等の各設備および高炉、製鋼より発生する副生ガス処理設備の建設も計画された。これら西工場のエネルギー設

備の新設にあたっては、従来の技術を改良駆使するとともに徹底した省資源・省エネルギー・省力化、環境対策、設備保全性に重点をおいた。ただ今回の西工場の建設は、まったく新しい立地に銑鋼一貫の製鉄所がつくられたのではなく、本工場の既設設備と関係を取りながらの増設であり、特にエネルギー供給設備は本工場設備と有機的に結合されるため、両者をいかに結びつけて有効活用するかが大きな課題であった。エネルギー設備の主な特徴を以下に示す。

(1) 総合効率の良い自家発電方式の採用。

* 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室

** 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室主任(部長待遇)

*** 千葉製鉄所エネルギー部第2動力課掛長

(昭和53年5月26日原稿受付)

- (2) ユーティリティ計算機システム（燃料配給システム）の採用による燃料設備の一元管理と省エネルギーの徹底。
- (3) 第6高炉炉頂圧回収発電設備の設置。
- (4) 受変電設備にガス絶縁開閉設備の採用。
- (5) 第3製鋼OGボイラー、自家発電所内抽気設備からの中圧蒸気の本工場既設配管への連結活用、および本工場コークス設備へのCDQ（コークス乾式消火装置）の設置による排熱蒸気の回収。
- (6) 西酸素工場の設置による酸素、窒素の本・西両工場の一管理。
- (7) 高炉送風機および酸素発生設備用大型同期機へのサイリスタ起動方式の採用。
- (8) テレコン装置による現場機器の遠隔操作。

2. 自家発電設備

製鉄所における電力供給方式には、自家発電の不足分のバックアップを電力会社に依存する方式と共同火力方式とがある。

本報の西発電所は前者に属し、旧設備の発電所（出力60MW）のリプレースも兼ねたスケールアップを行うと同時に、信頼すべき保安電力の確保と所内の副生ガスの活用を図り、さらには補助燃料の節減による発電コストのいっそうの低減の可能性に期待したものである。

発電容量は、当所のガスバランスおよび保安電力供給面から75MW×2基のユニットシステムとして計画した。主要設備概要をTable 1に示す。本設備は、今日では自家発電所としてとくに大容量ではないが、徹底して高効率をめざし、またクリーン製鉄所にふさわしい環境対策を実施している。

2-1 ボイラー設備の特徴

- (1) ボイラー燃焼設計基準
 - (a) ボイラーの総入熱量のうちBガスによる熱量は90%までとした。
 - (b) LDガスを発電所のBガス本管の中に混入して増熱した。またLDガス単独でも使用できるようにした。
 - (c) LPG専焼では50MW、LPGと他のガスの混焼では75MWの連続運転を可能とした。

- (d) 工場用プロセス蒸気（15kg/cm²、200℃）として再熱蒸気ラインに30t/hの抽気装置を設けた。

(2) ボイラーの安全対策

- (a) 各使用ガスのボイラー入口部に緊急水封弁を設けた。
- (b) バーナ弁全数に空気作動式のバタフライ弁（シート面付き）を採用した。
- (c) 空気の最低流量（30%）を設定した。
- (d) 炉内パージ、点火はインタロックにより厳しく管理した。
- (e) 炉底、炉内のガス洩れ検知器を装備した。

(3) 環境対策

- (a) NOx対策として、コーナファイヤリング、オーバーファイヤエアー、ガス混合の方式を併用して最大でも65ppm以下で運転可能とした。
- (b) 押込通風機の吸込側にサイレンサーを取付けた。
- (c) 風煙道のすべての部分は、岩綿を取付けた上にセメントを塗り、さらに鉛の板を巻き最後に外装鉄板で仕上げて騒音を防いだ。
- (d) 高圧モータは、騒音対策を施したものを採用した。
- (e) 安全弁、フラッシュ蒸気放出塔にはすべてサイレンサーを取付けた。

2-2 タービン設備の特徴

- (1) 全周噴射装置を設置して弁箱、車室のクラック発生防止を図った。
- (2) タービンローターの曲がりを計測する偏心計を設けた。
- (3) 空気冷却器、油冷却器の冷却水として淡水を使用した。
- (4) 復水器の空気冷却ゾーンには海水に対する耐食性の良いチタン管を採用した。
- (5) 補給水は、低圧の復水器と純水タンクとの静圧差によりポンプなしで流れるようにした。
- (6) 海水は清浄と低温度を期待して海面より約7mの深部採取とした。

2-3 電気設備

- (1) 西発電所は電源系統上重要な保安電力供給源であり、現状および将来の275kV受電時を考慮し

Table 1 Specification of main equipment at west power station

Boiler	Type	Natural circulation, single drum, reheat type boiler	Main transformer	Type	Oil-immersed and forced-air-cooled	
	Steam pressure	146 kg/cm ²		Capacity	83 000 kVA	
	Evaporation rate	260 t/h		Voltage	Primary : 10.5 kV Secondary : 147 kV	
	Steam temperature	541 °C/541 °C		Connection	Primary : Delta Scondary : Star	
	Maker	Mitsubishi Heavy Industry Co., Ltd.		Maker	Tokyo Shibaura Electric Industry Co., Ltd.	
Turbine	Type	Tandem compound, im- pulse double flow turbine	Stack	Type	Steel tower supported concentric stack	
	Output	75 000 kW		Structure	Center tube : Welded steel tube (6mφ) Support tube : Steel truss	
	Pressure	127 kg/cm ²		Height	200 m	
	Steam temperature	538 °C/538 °C		Maker	Kawasaki Heavy Industry Co., Ltd.	
	Degree of vaccum	722 mmHg		LPG evaporation device	Capacity	4 300 Nm ³ /h
	Rotation	3 000 rpm			Gas pressure	4.5 kg/cm ²
	Maker	Tokyo Shibaura Electric Industry Co., Ltd.			Gas temperature	90 °C
Generator	Type	Alternating synchronous generator	Evaporator		Evaporator	Steam-heating type with many tubes
	Output	88 240 kVA		Maker	Nippon Gas Development Industry Co., Ltd.	
	Voltage	11 000 V		Water purifier	Type	Demineralizer with 5 beds and 4 towers
	Power factor	85 % (lag)			Capacity	2 000 m ³ /day × 2
	Cooling system	Cooled by Hydrogen (2.0 kg/cm ²)	Water quality		High level : 0.5μU/cm ² , SiO ₂ 0.02 ppm Low level : 10 μU/cm ² , SiO ₂ 0.3 ppm	
	Exciting system	Alternating exciter and SCR	Maker	Kurita Industry Co., Ltd.		
	Maker	Tokyo Shibaura Electric Industry Co., Ltd.				

て系統を構成した。発電所送電端は154kV 2重母線とし、西変電所と架空線で連絡した。また主変圧器中性点には、将来の275kV受電後の構内154kV地絡検出用として高抵抗接地装置を設けた。

(2) 発電機定格力率は、他の大型同期機および大型コンデンサとの総合的運用により受電力率100%運転の可能なことを見極め、85% (遅れ) とした。なお発電機の通常の運転は、自動力率調整装置 (APFR) により力率一定運転としている。

(3) 発電所電源系統は、2機同時停止を防ぐ配慮から、低圧に至るまで完全ユニット方式とした。

(4) 西発電所が単独運転となっても系統把握ができ、操作が容易なよう電源系統盤を設けた。

3. 変配電設備

西工場建設に伴い建設、増強された西発電所、西変電所および各工場への配電設備の概要を以下に示す。

3-1 系統構成概要

電源系統図をFig.1に示す。買電は、東京電力(株)

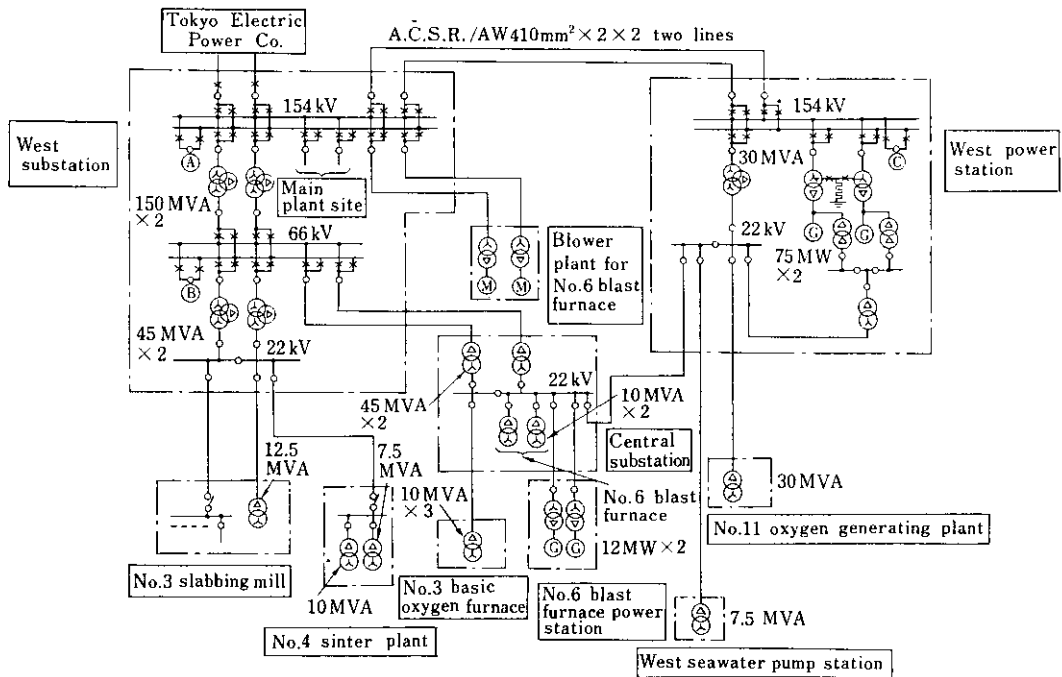


Fig. 1 Electric skeleton diagram of West Plant

より 154kV 2 回線で西変電所に受電し、西発電所との関係は、短絡容量対策、経済性、将来性の観点から 154kV 2 回線架空線とした。また各工場への中心となる位置に 66 kV 配電による中央変電所を設け、各工場へは 22 kV で配電している。変配電電源システムの概略は次のとおりである。

(1) 母線解列条件

154kV, 66 kV 母線は 2 重母線とし、買電系と自家発電系に系統分離できるようにした。解列条件は、周波数低下、受電 2 回線停止とした。解列速度は、発電機の安定運転可能な 0.15s 以下を目標とした。

(2) 配電方式

変圧器、電力ケーブルおよび保護方式等が改良され信頼性が向上しているため、今回の配電方式では 1 次母線、開閉器類を省略したユニット配電方式を 2 次変電所以後すべてに採用し、保全性の向上とコストダウンを図った。

(3) 系統の短絡容量

現計画および将来の 275kV 受電時の系統までを考慮して、既設しゃ断器の性能およびしゃ断器の標準仕様範囲になるよう構成した。

(4) 保安電力

自家発電単独運転系統とローカル停電に対する高圧非常線の配置で構成される。買電、自家発電は常時並列運転を行い、買電停電あるいはじょう乱時は系統を分離し、自家発電は第 6 高炉および本工場の高炉、化成設備を受け持って単独運転となる。西工場における末端の停電対策として、まず非常用保安電力を供給する必要最小限の設備を選定した。すなわち、小投資で設備側で対応できるものは除き、停電によって爆発、人身事故、公害発生の恐れのあるものおよび設備損傷の甚大なものだけに限定した。これらの設備に必要な約 3,000kW の非常用保安電力に対しては、高圧非常線を配置した。系統構成は、自家発電系負荷には買電系より、また買電系負荷に対しては発電系より供給する。緊急性を必要とする保安設備に対しては自動切替とした。上記配電システムの採用により、また買電および自家発電の同時停電の確率は非常に少ないとの判断から、今回の第 6 高炉等の新設備にはジーゼル発電機は設置していない。

3.2 主要設備概要

(1) 開閉設備

新設の154kV開閉設備には、将来性、経済性、安全性を考慮してガス絶縁開閉方式を採用した。これと在来形と比べると、建設費で60%、面積で1/7に縮小できた。また密閉されているため塩塵あいに汚損されることがなく、保守の省力ができるとともに信頼性、安全性の向上が期待できる。

(2) 変圧器

新設変圧器は西発電所での150MVAを始めとして、変電地区として総容量400MVA 14台、自家発電その他で340MVA 7台にのぼる。これらすべての変圧器には当社の低損失、低騒音の珪素鋼板が使用されている。

(3) 変電設備の監視、制御

従来より西発電所にて集中監視、集中制御を行っている。制御システムは1:1遠隔制御方式であり、また総合電力、最大電力等の監視のため、小型電算機による自動記録を含めた集中監視システムをとっている。今回の新増設設備に対応してさらに系統盤等の改造、遠隔制御装置の増設を実施した。

(4) 保護装置

154kV系の保護装置は、西発電所を安定運転可能とするために事故除去時間を0.15s以下を目標に主保護、後備保護とも応動速度の速い表示線継電器、距離継電器等を選定した。またユニット送電方式を採用したことにより、154kV、66kV系のユニット送電部分には転送トリップ装置を設置した。表示線、転送トリップ装置のワイヤー監視は代表監視とした。

(5) 地中電線路

地盤沈下防止を考慮して鋼管による管路方式とし、極力固定させないよう努力した。また鋼管には当社のプラスチックライニング防食鋼管を使用するとともに拡張継手工法を採用し、弱点となる部分をなくした。

4. 燃料設備

西工場建設に関連して新設された燃料設備は、Bガスブロー、Cガスブロー、Bガスホルダー、LDガスホルダー、LDガスブロー、LPG（プロパン）受入貯蔵設備、Bガス放散設備および各ガ

ス(B, C, M, LDガス)、重油配管設備である。これら設備は、既設本工場燃料設備と有機的に結合し、西工場関係の需給調整は、本工場熱管理センターの指令に基づいて西送風機センターで行われる。本・西両工場燃料需給の基本として、工場発生副生ガスを有効に使用し補助燃料使用量を極力削減するため、両工場間にB, Cガスの連絡管を設けた。西工場燃料フローをFig. 2に示す。以下燃料設備の特徴を記す。

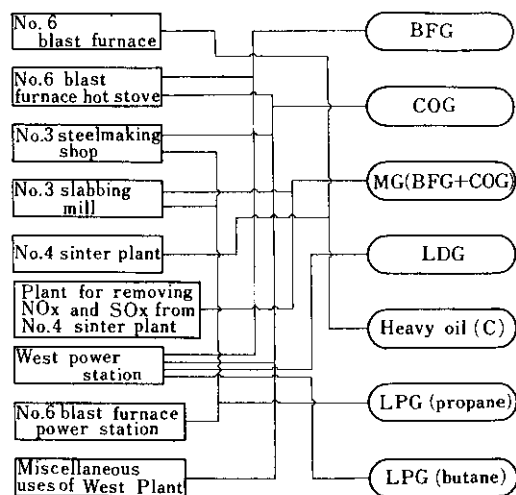


Fig. 2 Fuel flow at West Plant

(1) Bガスホルダー

Bガス変動による圧力調整および第6高炉突発休風などによる西発電所燃料切替までの圧力調整用として、80 000m³のBガスホルダーを設置した。場所はBガスを大量に使用する西発電所付近とし、需給変動に対し圧力変動の影響を極力少なくするよう配慮した。このBガスホルダーは本工場150 000m³ホルダーと常時連絡されており、西工場Bガスホルダー圧力は潮流上650mmAq(最大750mmAq)と高い設定にしている。

(2) Bガスブロー

第6高炉発生Bガスおよび本工場発生Bガスのいずれをも昇圧し、西工場Mガスとして供給するため、本・西両工場Bガス管合流点の近くに設置した。このBガスブローの吸込圧力は、本工場と

西工場のBガスホルダー圧力差や、かつ需給バランスによって100～750mmAqに変動する。この圧力変動を吸収して吐出圧力をコントロールする方法として、省エネルギーの観点から回転速度変化方式を選び、実績、保守、価格、信頼性の点から流体継手を採用した。この流体継手による回転数制御により、バタフライ弁制御に比べて風量40 000Nm³/hの点で約80kWの省エネルギーとなる。

(3) Mガス供給系統

西工場のMガスは、熱量1800kcal/Nm³、圧力1300mmAqで、第3分塊工場および第4焼結排煙脱硫脱硝設備に送給される。その制御システムとしては、Bガス流量にCガス流量を追従させる従来とまったく同じ流量比率制御を2系統設置した。すなわち、大流量系統と小流量系統であり、小流量系統は、予想される最大流量の5%での制御が可能となっている。この小流量系統は、初期の送気開始時期だけでなく、現在でも第3分塊工場休工時にも使用されている。制御の切替は手動である。

5. ユーティリティセンター計算機システム

本システムは、本工場と西工場にわたる広域な製鉄所のエネルギーを有効利用するため、既設本工場熱管理センターに中央計算機を、西発電所に制御用計算機を設置し、この間をデータハイウェ

イで結んでデータの授受を行っている。西発電所および燃料配給関係の制御項目は下記のとおりである。

(1) 西発電所制御項目

- (a) LDガス、Bガス混合比率制御
- (b) ボイラー廃ガス中のO₂制御
- (c) LDガスの発生量予測とLDホルダーレベル制御
- (d) 受電デマンド監視による補助燃料制御
- (e) タービン発電機各軸受の振動監視

(2) 燃料配給制御項目

- (a) 西工場Mガスカロリー制御
- (b) 本・西工場燃料配給システム（コストミニマム方式）
- (c) 本・西工場燃料仕訳（温度密度補正）
- (d) 本・西工場Bガスホルダーレベル制御

6. あとがき

今回の設備は既設設備との関係が多く、トータルエネルギー管理としてのエネルギーセンターは設けていないが、ユーティリティセンター計算機システムの活用により、電力、燃料などの需給予測制御、さらに生産設備とエネルギー管理の効率的な運用をめざし、関係者一同努力している。