

(解説)

神鋼神戸発電所の余剰蒸気を利用した熱供給設備

Extracted Steam District Heating Facilities at the Shinko Kobe Power Station



宮部善之*
Yoshiyuki Miyabe



片山昌人**
Masato Katayama

District heating for brewing companies in the plant vicinity began on April 1, 2002 simultaneously with the commencement of commercial operation of No. 1 Shinko Kobe Power Station. In the past, each company had individually set up boilers and generated their own steam. However, by converting their steam into the extracted steam of the power plant, energy conservation and reduction of the overall environmental burden to the area was achieved. For optimum energy efficiency, the plant was designed to maximize the steam extracted from the intermediate pressure turbine.

まえばき = 神鋼神戸発電所は都市型発電所として地域との共生に取り組んでいる。その一つとして2002年4月1号機の営業運転にあわせて隣接する酒造会社への蒸気供給を開始した。酒造会社の個別ボイラに替えて、発電所から余剰蒸気を供給することにより、地域全体としての省エネルギーおよびNO_x排出量などの環境負荷低減に貢献している。

以下に、酒造会社への熱供給設備について概要と運転実績を紹介する。

1. 熱供給の概要

当発電所の北側には、酒どころとして有名な灘五郷の一つ、西郷の酒造会社数社がある。各酒造会社では、重油や都市ガスを燃料に工場内のボイラで発生させた蒸気を、蒸米、洗びん、加熱殺菌などのプロセスや、冷蔵・空調用の吸収式冷凍機に使用している。本設備は、酒造各社で使用する蒸気を当発電所からの供給蒸気に転換するものである。

1.1 熱供給先

蒸気供給を開始した酒造会社は、沢の鶴(株)、富久娘酒造(株)、白鶴酒造(株)、月桂冠(株)の4社で、総敷地面積は約7万m²である。図1に示すように、発電所と酒造各社は運河をはさんで隣接している。

1.2 エネルギーと環境負荷

酒造会社のボイラ燃料は会社により異なるが、全体としてみるとA重油を8割、都市ガスを2割使用しており、その年間使用量は熱量換算で102,440GJ/年である。一方、熱供給の熱源は当発電所のタービン抽気である。ボイラで発生させた蒸気は、タービンで発電をおこなったあと、復水器で冷却水(海水)によって抜熱され、凝縮水となる。この発電に使用している蒸気の一部をタービ

ン中間段から抽出して(抽気して)供給することにより、冷却水への損失エネルギーを低減でき、その結果、熱供給に要するボイラ燃料使用量は酒造会社の個別ボイラの燃料使用量より少なくてすむ。したがって熱供給により、地域全体としてのエネルギーおよび環境負荷の低減に貢献できる。

1.3 実施工程

熱供給の実施工程を図2に示す。熱供給事業許可を取得して2001年4月に着工し、工事・試運転完了後、熱供給規程の認可を受けて、計画どおり2002年4月に熱供給を開始した。

1.4 熱供給条件

酒造各社では、複数あるボイラの発生蒸気をヘッダでまとめて工場内に送気している。よってヘッダを取合点とし、現状と同じ0.78MPa程度の蒸気を供給することにした。発電所のタービン抽気は防錆剤として微量のヒドラジンを含むため、蒸気が米に直接ふれる蒸米工程をも

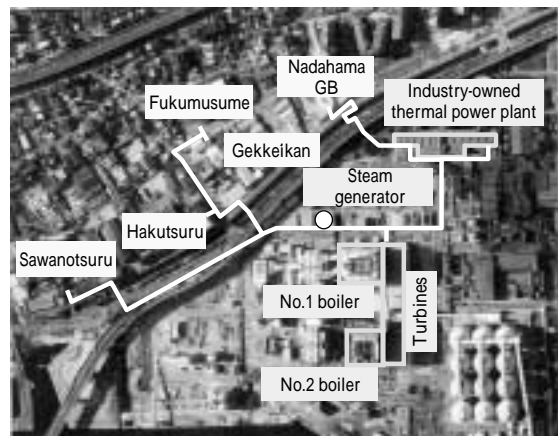


図1 熱供給先
Fig. 1 District heating area

*鉄鋼部門 IPP 本部 建設部 **都市環境・エンジニアリングカンパニー エネルギーエンジニアリングセンター 技術部

Fiscal year	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Design		Customer investigation		Detailed design		
Brewing company			Basic design, price presentation	Memorandum	Procedure related to supply	District heating beginning
Government office			Business permission	Road use permission	Authorization application of supply regulations	
Construction				Equipment installation and plumbing		Trial run

図2 実施工程
Fig. 2 Schedule

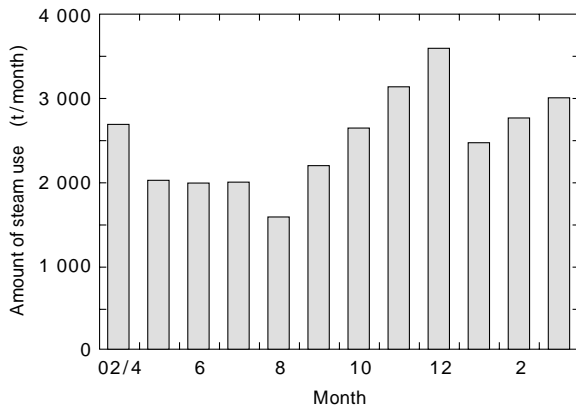


図3 月別蒸気使用量(計画)
Fig. 3 Amount of steam according to month (plan)

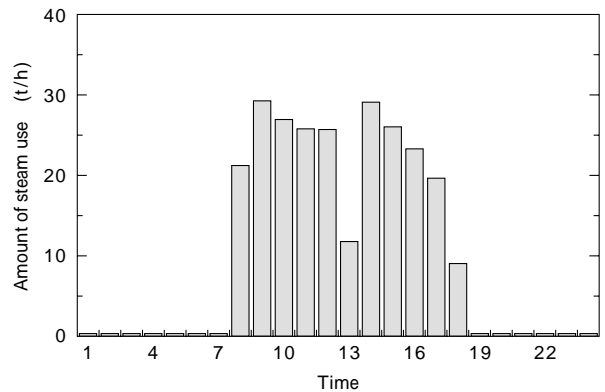


図4 時間別蒸気使用量(計画)
Fig. 4 Amount of steam according to time (plan)

つ酒造会社へそのまま供給することはできない。そこで蒸気発生器にて間接的に発生させた蒸気を送ることにした。

1.5 蒸気使用量

4 社合計の月別蒸気使用量を図3に、時間別使用量を図4に示す。月別のピークは酒造繁忙期の10～3月となる。時間別ピーク使用量から、将来計画も鑑みて最大

蒸気流量を40t/hと設定した。

2. 設備の概要

系統の概念図を図5に示す。

2.1 蒸気発生器

多管式ケトル型熱交換器を採用し、点検期間中の安定

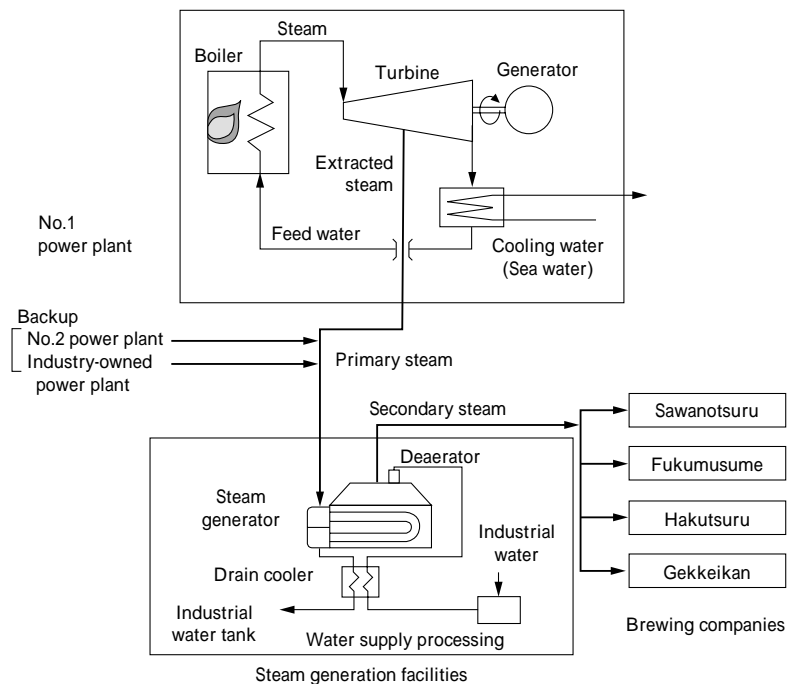


図5 系統概念図
Fig. 5 System concept chart



写真1 蒸気発生器の外観
Photo 1 Externals of steam generator

表1 蒸気発生器の仕様
Table 1 Specification of steam generator

Exchange calorie	29.5GJ × 3
Heat transfer area	382m ² × 3
Boundary dimension	Inside diameter and length of trunk 2 200 × 3 900mm
Pressure of steam	Primary side (tube) 1.01MPa (saturation temp. 184.4) Secondary side (shell) 0.837MPa (saturation temp. 176.7)

供給を考慮して3台設置とした。写真1に設備の外観、表1に設備仕様を示す。制御としては、1次、2次蒸気をそれぞれ圧力制御弁にて圧力一定とし、給水量は蒸気発生器の水位が一定となるよう調節している。

2.2 1次蒸気系統

蒸気発生器の熱源となる1次蒸気は、基本的には当発電所1,2号機双方のタービン抽気を使用するが、2基停止時に備えて神戸製鉄所の自家発電設備の蒸気も利用可能とした。1次蒸気ドレンは、ドレンクーラにて60%まで熱回収している。

2.3 2次蒸気系統

酒造会社と同様に工水をろ過・軟水化处理し、2次側給水としている。その給水はドレンヒータにて加熱後、脱気器を通り、蒸気発生器にて蒸気となる。蒸気発生器から酒造各社間の導管に関しては、構外部分を埋設管とし、導管で発生するドレンは全量回収とした。

3. システムの特徴

蒸気発生器の1次蒸気としては、高圧タービン(HP)および中圧タービン(IP)の排気蒸気を使用している。ボイラを出た主蒸気はまず高圧タービンにて発電を行うが、発電負荷100%運転中であれば、24.1MPaある主蒸気圧力は高圧タービン通過後に約4MPaまで低下する。蒸気はボイラにて再加熱後、中圧タービンに入り、さらに約1MPaまで圧力を下げる。HP抽気に比べてIP抽気の方がより低い圧力まで発電を行った蒸気であり、エネルギー利用の観点から有利である。したがってIP抽気を熱供給に最大限利用できるシステムを追求した。

3.1 エネルギー比較

図6にボイラへの投入熱量の比較を示す。熱供給で

は、発電所にて冷却水中に排出していた熱の一部を回収することができるため、ボイラに追加投入する熱量は個別ボイラに比べて少なくすむ。従来、酒造各社で蒸気を発生させるために使用していたボイラ燃料の総使用量を熱量換算で100とすると、熱供給による燃料使用量はHP抽気を利用した場合は70となり、さらに低圧のIP抽気利用では61まで低減することができる。

3.2 課題

需要家取合点にて0.78MPaを確保するには、系統の圧力損失を考慮して1.0MPa以上のタービン抽気圧力が必要となる。図7のように、IP抽気圧力は発電負荷100%にて安定運転しているときは1.0MPaを越えるが、約90%未満の負荷帯で1.0MPaを下回る。これは、当発電所が発電負荷により蒸気圧力が変動する変圧方式を採用しているためである。したがって30~100%の全運転負荷域において熱供給をするには、約90%以上の負荷帯においてはIP抽気を利用できるものの、それ未満の負荷帯ではHP抽気を使用するという発電負荷に応じた使い分けが必要となる。

当発電所の発電負荷は関西電力^(株)との契約により、夜

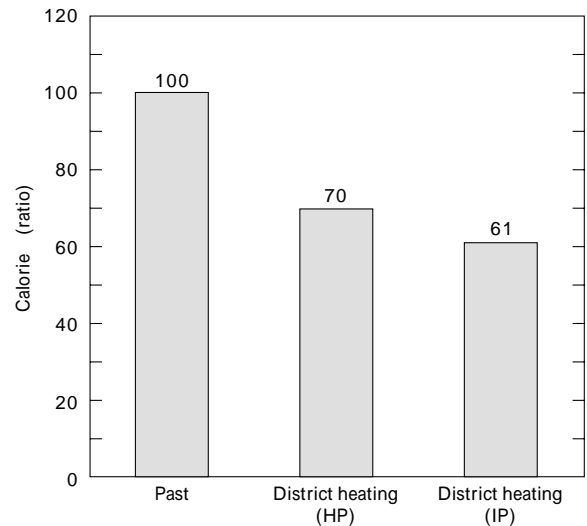


図6 投入熱量の比較
Fig. 6 Comparison of input calorie

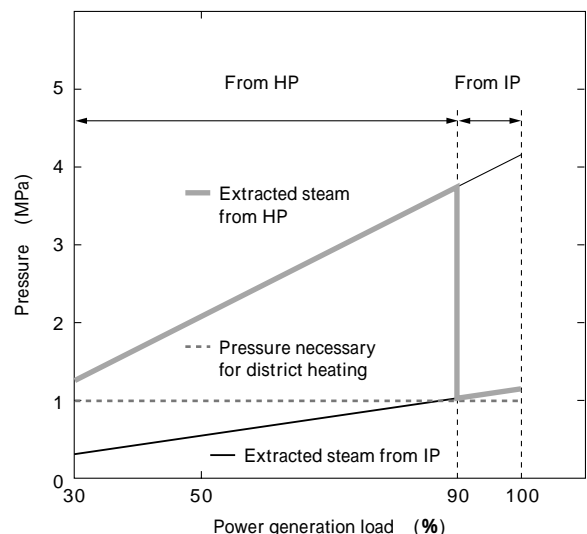


図7 熱供給蒸気圧力
Fig. 7 Pressure of district heating steam

間は主として30%運転，昼間は100%運転であるが，昼間でも給電指令にしたがい頻繁に変化する可能性がある。熱供給は蒸気圧力の安定が求められるため，負荷変化によるタービン抽気圧力変動時においても，供給蒸気圧力を一定にしておく必要がある。もしIP抽気からHP抽気へ（またはその逆）の切替時に圧力が低下し，1次蒸気圧力が1.0MPaを下回るようであれば，約90%負荷以上であってもHP抽気の使用が必須となり，IP抽気を利用できる負荷帯がきわめて狭くなる。よってIP抽気を最大限利用するためには，IP抽気系統の圧力損失を低減すること，および抽気点切替時の圧力変動を抑制することが課題となる。

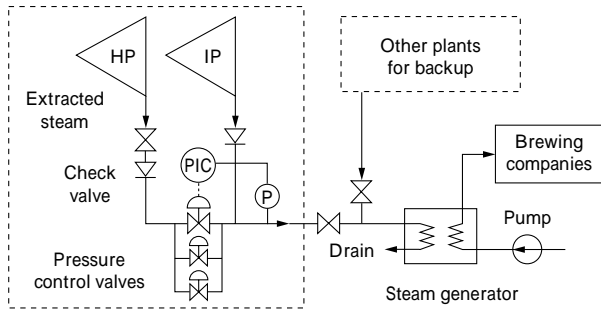


図8 一次蒸気系統図
Fig. 8 System diagram of primary steam

Full scale
1 0~800MW 2 0~800MW 3 0~2.00MPa
4 0~8.00MPa 5 0~3.00MPa 6 0~100%

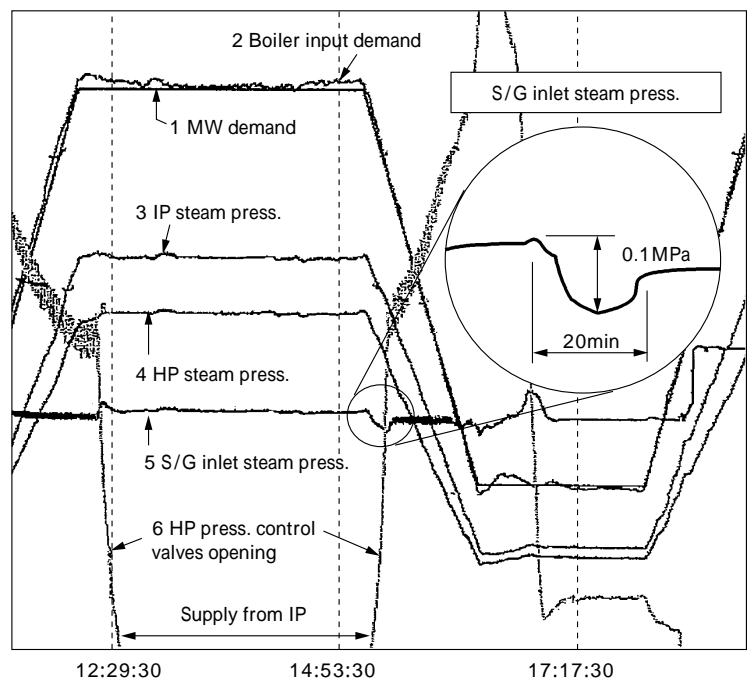


図9 熱供給運転結果
Fig. 9 Operation result of district heating

表2 エネルギー，環境負荷低減効果
Table 2 Effect of decrease of energy and environmental burden

	Past (Personal boilers)	District heating (Extracted steam)	Amount of decrease = -	Decrease rate = /
Input calorie (GJ/year)	102 440	68 770	33 670	33%
Amount of NO _x exhaust (Nm ³ /year)	2 419	625	1 794	74%
Amount of SO _x exhaust (Nm ³ /year)	6 908	590	6 318	91%

- Fuels of personal boilers are A-heavy oil (Compared with calorie 82%) and LNG (18%)
- Exhaust coefficient NO_x..... A-heavy oil : 51.1kg/MJ, LNG : 36.3kg/MJ
Coal : 0.2435Nm³/t-Coal
- Exhaust coefficient SO_x..... A-heavy oil : 0.7Nm³/kg-S (Sulfur in fuel 0.5wt%)
Coal : 0.2296Nm³/t-Coal

3.3 対策

IP抽気を最大限使用できるよう，IP抽気側は弁やバンドの数を最小限とし，系統圧力損失を極力おさえた。そして図8のように，IP抽気側には抽気圧力が1次蒸気として必要な圧力以上になれば速やかに供給できるよう逆止弁のみを配し，HP抽気側に1次蒸気ヘッド圧力を一定とする圧力制御弁を設置することで，蒸気源切替時の圧力変動を緩和する。圧力制御弁の選定に際しては，昼夜で蒸気使用量の差が大きいため，親子孫弁を採用し，低流量時にも系統が安定するよう配慮した。

3.4 運転実績

IP抽気とHP抽気の切替時の圧力変動を図9に示す。HP圧力制御弁が開きはじめたことにより，蒸気源がIP抽気からHP抽気に移行していることがわかる。移行期における蒸気発生器入口の1次蒸気圧力変動幅は0.1MPa以内であり，約20分間で収束している。蒸気発生器がアキュムレータの役目をするため2次蒸気圧力の変動はさらに小さく，運転結果は良好であることを確認した。蒸気源切替時の圧力変動幅を0.1MPa以内に抑えたことにより，約90~100%の負荷帯でIP抽気利用が可能となり，2002年度では当発電所から送気した蒸気量の87%をIP抽気でまかなうことができた。

それにともない，表2に示すとおり熱供給に使用した

ボイラ燃料は、熱量換算にして従来の個別ボイラより 33 670GJ/年（従来比 33%）低減できている。また当発電所は、排煙処理設備として高効率の脱硝および脱硫設備を備えているため、環境負荷についても NO_x 排出量 1 794 Nm³/年（従来比 74%）、SO_x 排出量 6 318 Nm³/年（同 92%）と大幅に削減できた。

むすび = 酒造会社への熱供給事業において、エネルギーを最大限有効利用できるシステムを構築し、地域全体としての省エネルギーおよび環境負荷低減に貢献することができた。今後は、夏期および夜間帯の需要拡大を酒造各社

とともに検討するなど、一層の高効率化を図りたいと考えている。

また現在、六甲アイランドからポートアイランドまで大型排熱幹線を敷設する構想がある。当発電所はその中間に位置しており、200t/h の抽気能力を備えている。熱供給のキーステーションとなり、近畿圏のさらなる省エネルギー、環境負荷低減を実現すべく努力を重ねたい。