

前沢 利春^{*2} 小宮山 滋^{*3} 南部 正悟^{*4} 峰松 隆嗣^{*5} 阿部 成雄^{*6}

Development of Energy System

Toshiharu Maezawa, Shigeru Komiyama, Shyungo Nanbu, Takashi Minematsu, Shigeo Abe

要旨

千葉製鉄所ではエネルギー需給に関する情報を集中化し、エネルギー相互の効率的変換と経済的運用を目的としたエネルギーシステムを開発した。本システムは所内の生産プロセスに指令を出す生産管理システムとオンラインリアルタイムで情報を結び、生産活動と一体となったエネルギー需給を行っている。システムはビジネスコンピュータシステム、プロセスコンピュータシステム、計装システムの階層化構造によって構成されており、最新のコンピュータ技術が盛り込まれている。これにより千葉製鉄所ではエネルギーコストの削減と要員の合理化を達成している。

Synopsis:

Chiba Works has developed the newest and most-advanced energy system which centralizes the information of energy supply and demand. The purpose of this system is to achieve efficient operation by transforming one energy to another. This energy system is automatically linked to the production administration system which issues orders to production facilities, and operates energy supply and demand jointly with production activities. New computer technologies and the hierarchical structure of computers have realized the system which consists of a business computer system, process computer system and direct digital control system. This energy system has contributed to saving in energy and labor costs in Chiba Works.

1 緒言

石油危機以来、千葉製鉄所では工程の連続化、排エネルギーの回収等の設備の省エネルギー化を推進してきた。これらの省エネルギーとともに、製鉄所全体のエネルギー需給を総合的に把握し、燃料ガス・蒸気の効率的変換、購入電力の合理化等によりエネルギーコストを削減することの必要性が高まってきた。この認識のもとに電力、燃料、蒸気、酸素等製鉄所内で使用、発生されるエネルギーの需給に関する膨大な情報を集中化し、エネルギー相互の効率的変換運用をめざしたエネルギーシステムを開発した。

今回のエネルギーシステムでは製鉄所の生産管理システムとリンクし、生産活動と一体のエネルギー需給を行っている。また最新のエレクトロニクス技術、コンピュータ技術を駆使し、オンラインリアルタイムの情報伝送により迅速・的確なエネルギー運転が実現できた。システムの稼働により千葉製鉄所では大幅なエネルギーコストの削減と要員の合理化を達成している。本報文ではエネルギーシステムの構成と機能および特徴について報告する。

2 エネルギーシステムの機能と構成

2.1 全体構成

エネルギーシステムはビジネスコンピュータ（以下 B/C）システム、プロセスコンピュータ（以下 P/C）システム、計装システム

(DDC) の3階層構造となっている (Fig. 1 参照)。

Fig. 2 にエネルギーシステムのハードウェア構成を示す。マンマシンインターフェイスにカラーグラフィックの CRT、警報ガイダンスにボイスアナウンスメント等を使い運転員の視聴覚に直接にうったえ、的確な運転判断に役立てている。また情報の伝送は製鉄所内にはりめぐらされた光データウェイを使ってリアルタイムで行われ、生産プロセスと発電所、酸素等の動力プラントおよびエネルギーセンターが一体となったエネルギー需給運転を行っている。

Fig. 3 に機能別サブシステムの関連を示す。B/C では年間、月間、週間、日間のエネルギー需給計画、リアルタイムのエネルギー予測を行う。P/C では数時間先までの最適な需給運転のガイダンスを作成し、その一部が計装システムへの制御設定値として伝送される。計装システムではエネルギー需給の監視および設備の操作を行う。

Fig. 4 に階層別の機能と目的を示す。B/C システムは製鉄所の生産管理システムを支援するという位置づけである。生産計画、稼働計画にもとづきエネルギー需給を正確に予測し、需給のアンバランスを平滑化するために工程調整を行うことと、エネルギー実績を把握し解析評価することが主な機能である。

P/C システムはエネルギー需給運転を管理するためのもので、エネルギー需給のバッファ機能を有するガスホルダー、発電所を有効に使うことで需給を最適化することが主機能である。

計装システムはエネルギー需給運転の手足となるシステムで、その主たる機能はエネルギー需給の監視、エネルギー設備の制御、操作である。

*1 昭和59年12月25日原稿受付

*2 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー調整課主任部員 (樹長)

*3 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室主査 (課長補)

*4 千葉製鉄所システム部主査 (課長)

*5 千葉製鉄所設備技術部計装整備課樹長

*6 千葉製鉄所設備技術部電気計装技術室

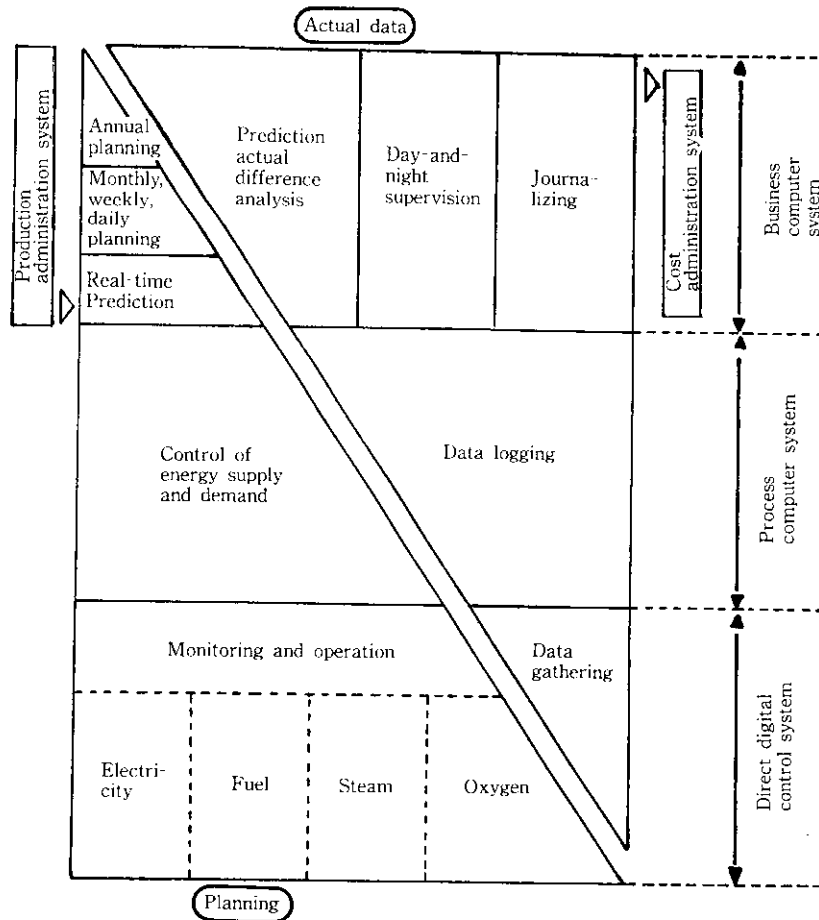


Fig. 1 Function composition of energy system

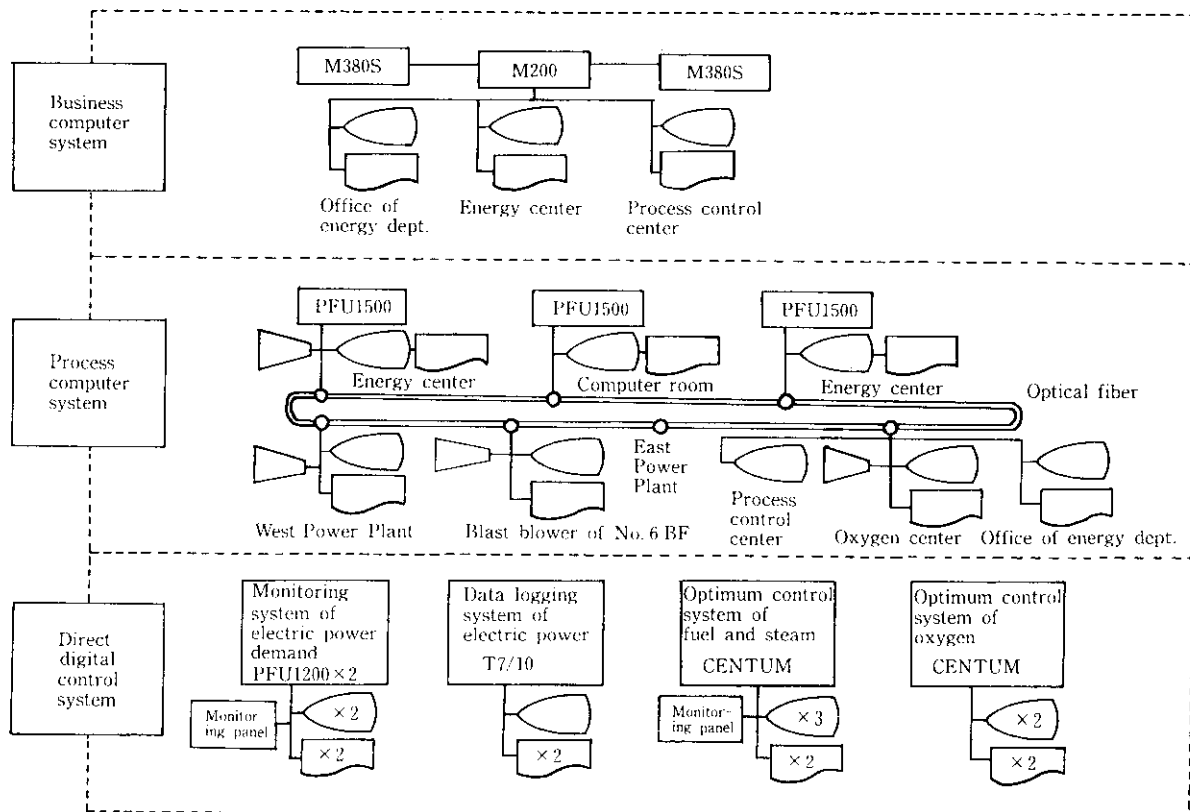


Fig. 2 Equipment composition of energy system

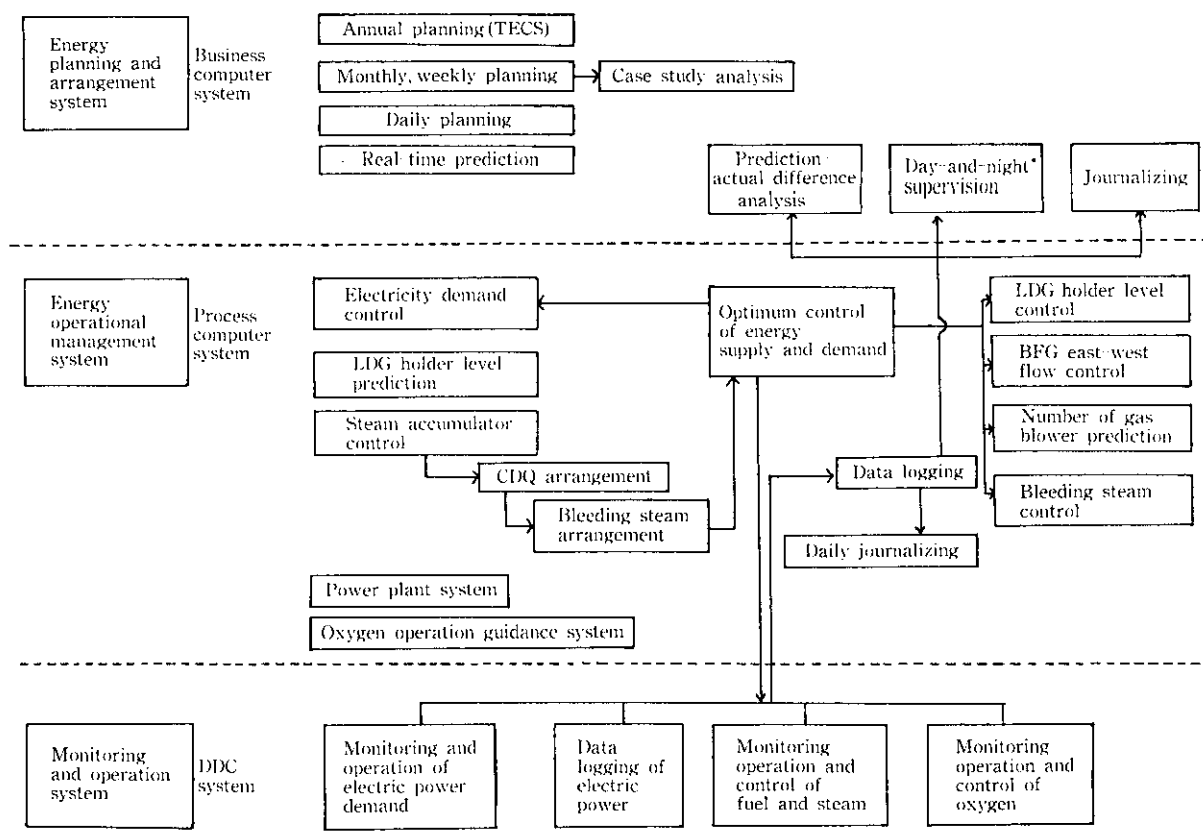


Fig. 3 Subsystem flow of energy system

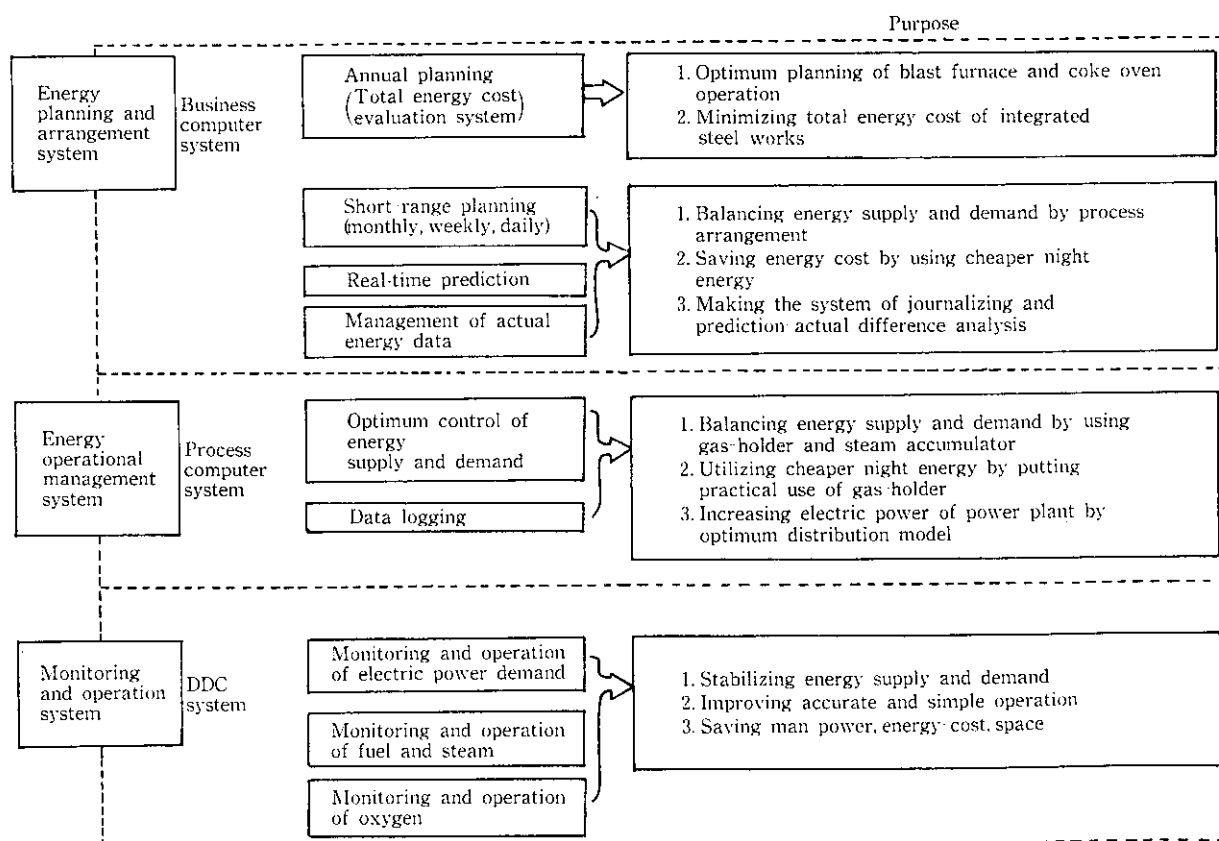


Fig. 4 Purpose of energy system

2.2 ビジネスコンピュータシステムの機能と構成

2.2.1 中長期計画（トータルエネルギーコスト評価システム）

中長期計画システムは製鉄所全体のエネルギーバランスに大きく影響する高炉・鼓炭系の操業をシミュレートし、所全体のエネルギーコストが最小となるように需給計画を策定するためのエネルギー戦略システムである。

2.2.2 月間・週間計画

製鉄所内各ラインの生産計画、稼働計画を会話処理で入力し、体系的なエネルギー需給バランスを作成する。予測した需給バランス推移はグラフ表示し、アンバランスによって生じるガス放散、補助燃料 LPG の使用、電力契約の超過等の不具合がないか検討する。問題があれば稼働計画等の調整後再実行して需給計画を決定する。なお月間計画ではこの需給計画にもとづき電力会社と日別契約値を調整する。Photo 1 に月間電力バランス推移を示す。

2.2.3 日間計画

毎朝 6 時 30 分に各ラインの最新稼働予測情報をもとに当日 1 日分の時系列的なエネルギー需給計画を自動で立案する。また同時刻に前日の需給計画と実績の対比を需給管理資料として提供する。

2.2.4 リアルタイム予測

時々刻々変動する各ラインの操業状況を、生産管理システムからの情報で把握し、以降のライン操業の予測を行い、あわせて用役の使用発生量の予測を行う。製鋼のリアルタイム予測のアウトプットを Photo 2 に示す。

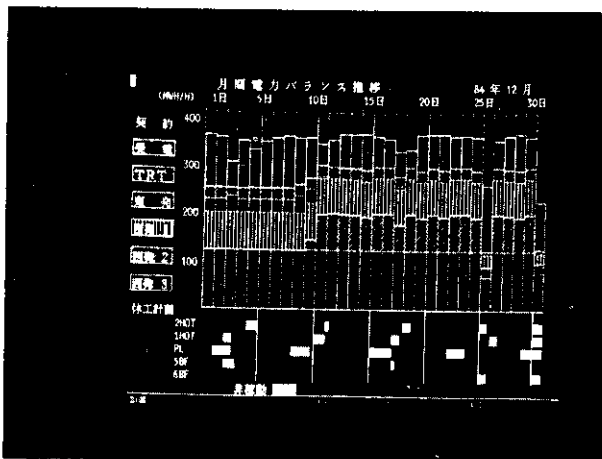


Photo 1 An example of display of monthly planning

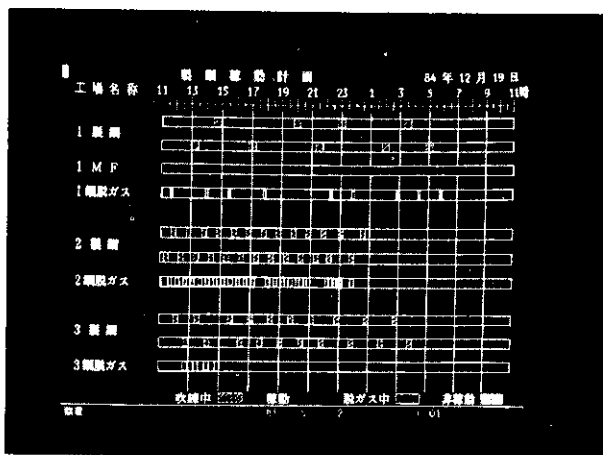


Photo 2 An example of display of real-time prediction

2.2.5 実績管理

用役の計測値は 1 時間値として計装システムから P/C システム経由で受け取り月間累積を行う。この累積値を設備単位に仕訳し、計算機内で原価システムへ渡して原価計算に使用する。また実績値は昼夜間区分毎に集計し、昼夜間管理用の資料を提供する。蓄積した用役実績データと品質管理システムから受け取った生産ラインの操業の実績をつきあわせ原単位実績を算出する。またグラフィックディスプレイを用いた会話処理により、種々の状況下の原単位解析を行い、エネルギー発生使用量の予測式に反映させて、予測精度を高めている。

2.2.6 スポット解析

本番で運用している月間・週間計画の情報をベースにエネルギー環境の変化、需給条件の変更を設定し直しエネルギー需給バランスのケーススタディを会話処理で実行する。

2.3 プロセスコンピュータシステムの機能と構成

2.3.1 エネルギー最適配分計画

最新のエネルギー使用・発生予測をもとにエネルギーバッファ設備を有効に活用して、最適な需給計画を作成する。最適な需給計画を作成する際の目的関数は以下のものである。

- (1) ガスホルダーは購入電力の昼夜間料金差を考慮し、また購入 LPG を削減するような運用を行う。
- (2) 自家発電設備の非線形な効率特性を盛り込んだ発電所モデルにより燃料と出力の最適配分を行う。

2.3.2 電力デマンド監視

電力需要量と P/C による自家発電所最適配分の計算結果を反映した自家発電量の予測値にもとづき、電力会社からの 1 時間受電量、日量受電量の予測を行って、契約値を超過しないように監視している。Photo 3 に電力デマンド監視画面を示す。

2.3.3 転炉ガスホルダーレベル制御

製鋼の吹錬予定にもとづきガスホルダーからの最適な払い出し量を計算する。この時払い出し量の平滑化を図る。また転炉ガスは所内の発電所に供給されるので電力の昼夜間料金差を考慮した運用を行う。

2.3.4 蒸気アキュムレータ制御

製鋼工場の転炉の吹錬予定にもとづき転炉ボイラからの蒸気発生量と、脱ガス予定にもとづき脱ガス設備での蒸気使用量を計算する。転炉ボイラで発生する蒸気は同じ製鋼工場内の脱ガスへ優先的に供給し、余剰分は蒸気本管系へ払い出す。この時転炉ボイラ出側

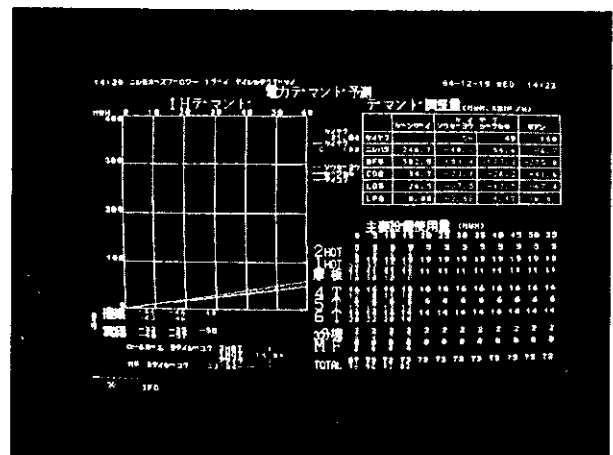


Photo 3 Display of electricity demand control

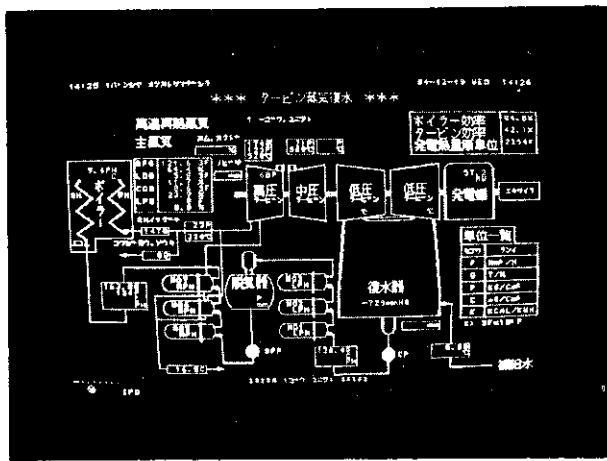


Photo 4 An example of display of power plant system

に設置されている蒸気貯蔵設備（アキュムレータ）を有効に使って、本管系への蒸気の供給を平滑化し、本管系の圧力変動を抑えることにより、蒸気の節約を図る。

2.3.5 発電所タービン抽気調整

排熱回収蒸気だけでは蒸気が不足する時、発電所タービンからの抽気や、多目的送風発電設備からの抽気で供給するが、どこから、どれだけの抽気を行うかを算出し、指示する。

2.3.6 発電所運転システム

発電所の運転のためのシステムで、発電プラント運転監視、タービン起動曲線ガイダンス、 O_2 制御、操業記録作成の機能を有する。システムのアウトプット例を Photo 4 に示す。

2.3.7 酸素プラント最適運転システム¹⁾

月間計画、8時間計画における酸素プラントの最適運転計画を作成する。

(1) 月間運転計画

製鋼工場等の酸素の大口使用工場の操業計画から酸素分離器、圧縮機、圧送機の最適運転計画を作成する。

(2) 8時間運転計画

リアルタイムの吹錬予定にもとづき、ホルダーを考慮した酸素プラントの運転ガイダンスを作成する。

2.4 計装システムの機能と構成

2.4.1 燃料・蒸気監視操作システム

Table 1 に燃料・蒸気監視操作システムの主な機能を示すが、ま

Table 1 Function of fuel and steam optimum system

Energy plant	Function
Gas holder	a) Gas holder level, pressure and piston speed monitoring b) Inlet and outlet interception valve interlock sequence c) Oil flow monitoring sequence
Flarestack	a) Flarestack control by monitoring holder level and gas pressure b) Flarestack automatic sequence
Fuel gas and steam supply, and demand instrumentation	a) Gas volume correcting by temperature, pressure, moisture and density
Gas blower	a) Start and stop operation sequence of gas blower b) Suction and delivery pressure control c) Surging protection control d) Temperature monitoring of blower
LPG reception facility	a) Pump operation sequence b) Gas leak detecting
Steam pressure and temperature reducer	a) Feed water control
Steam accumulator	a) Steam feed control b) Pressure monitoring of accumulator
Gas calorie controller	a) M-gas calorie feed-back control

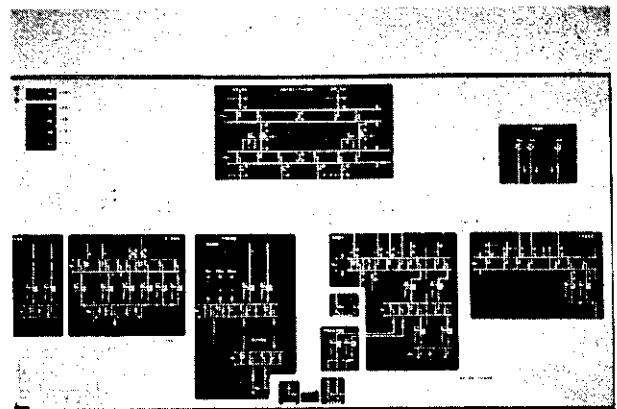


Photo 6 Display panel of monitoring system of electric power demand

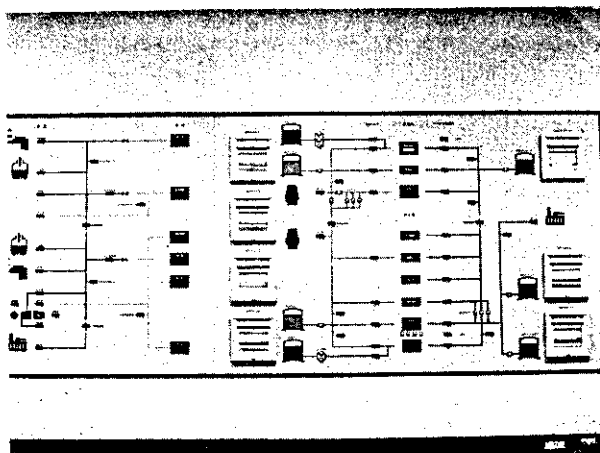


Photo 5 Display panel of optimum control system of fuel and steam

とめると以下になる。なお Photo 5 に監視パネルを示す。

- (1) 燃料・蒸気の安定供給と効率的運用および品質保証
- (2) 用役の計測精度の保証

2.4.2 電力監視操作システム

このシステムでは系統監視盤 (Photo 6) とカラーグラフィック CRT (Photo 7) により以下の監視操作を行っている。

- (1) 電力系統運用状態の監視
- (2) 電力需給状態の監視
- (3) 電力系統操作

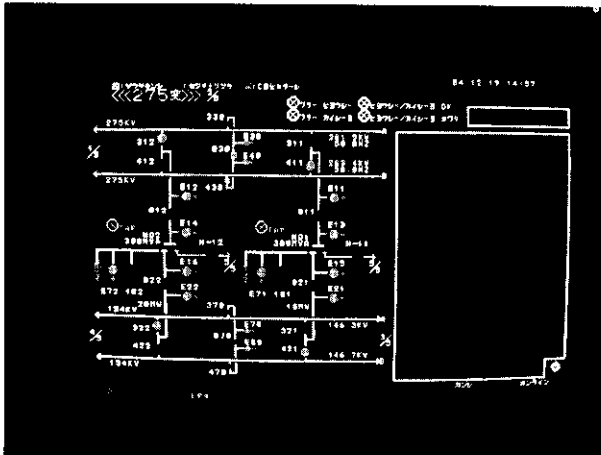


Photo 7 Display of monitoring system of electric power demand



Photo 8 Energy center

3 システムの特徴

3.1 生産活動との一体化による需給の最適化

製鉄所のエネルギー需給は生産活動と密接な関連がある。これを考慮して、生産ラインに指令を出す生産管理システムから生産設備の操業予定の情報を入手して、エネルギー需給の経済運転を行うためのエネルギーシステムが稼動している^{2,3)}。

本システムは、B/Cに集中管理されている生産管理システムとリアルタイムで結ばれ、時々刻々変化する生産情報を入力している。特に操業予定時刻を実績時刻情報で吹錬1チャージ毎、圧延1本毎に修正することによって精度向上を図った。エネルギー予測式は時間単位のエネルギー量実績値によって常にリフレッシュされ予測精度の向上に寄与している。この正確な需給予測により生産部門にエネルギーを円滑に効率的に供給でき、購入電力を削減できた。

3.2 一元管理によるエネルギーの効率的変換運用

電力・燃料・蒸気・酸素等のすべてのエネルギーが集中化され、一元管理されることによって効率的なエネルギー変換の計画が作成され司令される。特に59年に稼動した西発電所3号発電設備、および今年完成した20万 m^3 /Cガスホルダーを効率よく運用できるようになっている。Photo 8にエネルギーセンター制御室での運転風景を示す。

3.3 昼夜間エネルギー使用の夜間シフト管理

昼間の電力使用をできるだけ少なくし夜間に多く使用することが電力会社、使用者双方にとってのメリットとなる。エネルギーは相互に変換されるので電力だけでなく燃料、蒸気、酸素についてもエネルギー使用の夜間シフトは効果がある。エネルギーセンターの完

3.4 階層化構造によるシステムの構築

エネルギーシステムはB/Cシステム、P/Cシステム、計装システムの3階層構造で構築されており、それぞれの特徴を生かして計画調整、運転管理、監視操作の機能分担を行っている。

4 エネルギーシステムの効果

今回のシステムでは製鉄プロセスの生産予定をもとに正確なエネルギー需給予測を行い、生産を調整して需給バランスをとっている。また需給予測をもとに自家発電所、ガスホルダー等のエネルギー設備の最適運転を行っており次の効果をあげている。

- (1) 電力契約の合理化
- (2) 昼夜間電力料金差を利用した夜間電力の有効活用
- (3) エネルギー需給の平滑化によるエネルギーロスの防止
- (4) エネルギー需給運転の集中化による省力
- (5) 用役仕訳のシステム化による事務合理化

5 結 言

製鉄所におけるエネルギー管理がその重要性を高めているなかで、千葉製鉄所では生産管理システムとリンケージして生産活動と一体となったエネルギーシステムを開発した。今回のシステムにより大幅なエネルギーコストの削減と要員の合理化が実現できた。

エネルギーをとりまく環境は石油価格の動向に代表されるように変化がはげしい。製鉄所においてもエネルギー需給設備の変化のテンポは早く、それに柔軟に対応すべくエネルギー管理を行う必要がある。それをふまえて今後ますます重要になるエネルギーシステムのレベルアップを図っていく予定である。

参 考 文 献

- 1) 赤城啓允, 柴田典夫, 津田 宗: 富士時報, 57 (1984) 9, 526
- 2) 石井温己: 電気と管理, 23 (1982) 2, 33

- 3) 井上 健, 加藤 滋, 湯本修介, 安東伸彦, 津田 宗, 溝井清徳: 富士時報, 57 (1984) 9, 521