

都市ガスプラント運転の自動化.....	3
化学プラントにおける廃出物の回収装置 ——クローズドサイクル化——.....	9
遠心薄膜蒸発器によるポリプロピレン溶剤回収装置.....	15
高炉用空気分離装置.....	21
最近の化学プラントにおける計測制御技術.....	25
極厚鋼板を使用した直接脱硫リアクタの製作.....	31

都市ガスプラント運転の自動化

従来のアナログ計装による手動操作運転を主体とした外熱式水蒸気改質装置には、都市ガスプラントのような日間の頻繁、且つ急速な負荷変更を伴う場合は多大な注意と時間を要し、また誤操作を引き起こす危険性をもっている。

これに対し、最近、制御用電子計算機を使わず負荷変更の自動化、高速化並びに改質炉バーナの着火の自動化、省力化を図り、更に一時停電など緊急急しゃ断後のクイック リスタートを可能にするなど、数多くの計装・装置上の特長を備えた都市ガスプラントを納入したので、これらについて論述する。

化学プラントにおける廃出物の回収装置 ——クローズド サイクル化——

我が国の化学工業を取りまく環境は、年々厳しく無公害・省資源など、これらの解決いかんによっては、化学工業自体の存続すら危ぶまれる趨勢になりつつある。

日立製作所は、無公害・省資源の線に沿って、化学プラントのクローズド サイクル化に対する開発・研究を重ねてきたが、ここに最近首尾よく工業化に成功し、順調に稼動している日立塩酸回収装置と、アメリカ、アモコ社より導入した技術を基に、国内事情に適合するプラントの計画、設計、建設を意図した日立硫黄回収装置の概要、及び特徴、実運転データなどについて論述する。

遠心薄膜蒸発器によるポリプロピレン溶剤回収装置

ポリプロピレン製造プラントから排出されるポリマーを含む溶剤からポリマーを分離し溶剤を回収する方法としては、従来の回分式水蒸気蒸留法では分離されるポリマーの処理に人手がかかり、非能率的であるため、現在では合理化された連続プロセスとして、遠心薄膜蒸発器による方法や溶剤置換法がある。日立製作所は前者の方法において、フラッシュ蒸発法を組み合わせ、処理能力の増大に成功し、溶剤の回収コスト、及び性能面においても他の方法より優れ、既に十数ユニットを納入し、現在順調に稼動している。また最近、100万cPにも及ぶ高粘度のコポリマーの処理ユニットも、「日立V L形薄膜蒸発器」の開発により完成した。この論文は、これら遠心薄膜蒸発器を中心としたプロセスを、他と比較しながら紹介する。

高炉用空気分離装置

最近の空気分離装置の大きな傾向の一つは大容量化である。昭和49年3月、47,000 Nm³/h空気分離装置が完成したが、これは世界最大規模のものであるとともに、幾つかの新しい技術的試みが織り込まれ、特に起動から定格送酸までを完全に自動化したワンタッチ起動操作方式の採用は、前例のない画期的なものとして注目されている。この論文はこれらの新しい技術の成果とともに、製品単価低減、装置の安定性、安全性、及び自動化への改善努力の姿を紹介したものである。

最近の化学プラントにおける計測制御技術

化学プラントの規模の大形化、コンビナートなどによる複合化に伴い、計測制御システムもまた大形化、複雑化の傾向にあり、計測制御機器の機能の向上と多様化が進んでいる。

この論文では、計測制御機器である最近の工業計器、及び制御用電子計算機並びに計測制御システム技術、及び安全化技術について論ずるものである。

極厚鋼板を使用した直接脱硫リアクタの製作

近年、石油精製プラントに設置される直接脱硫用リアクタはますます大形化する傾向にあり、その厳しい使用条件と相まって材料、溶接、熱処理などを中心に、その製作に当たっては多くの問題点を考慮する必要がある。今回、極厚鋼板を使用し種々の製作技術の改良をも含めてリアクタの製作を完了した。製作に当たっては、材料強度と熱処理との関係を中心に十分な事前検討を行ない、その結果を実機の製作に反映させており、この論文は、それらの概略について論述する。

都市ガスプラント運転の自動化

Automation in the Operation of Town Gas Plant

従来のアナログ計装による手動操作運転を主体とした外熱式水蒸気改質装置には、都市ガスプラントのような日間の頻繁、且つ急速な負荷変更を伴う場合は多大な注意と時間を要し、また誤操作を引き起こす危険性をもっている。

これに対し、最近、制御用電子計算機を使わず負荷変更の自動化、高速化並びに改質炉バーナの着火の自動化、省力化を図り、更に一時停電など緊急急しや断後のクイック リスタートを可能にするなど、数多くの計装・装置上の特長を備えた都市ガスプラントを納入したので、これらについて論述する。

宮島敬三* Keizô Miyajima
松島英雄* Hideo Matsushima
黒田 博** Hiroshi Kuroda

1 緒 言

我が国の都市ガスの需要は、経済の成長、国民生活水準の向上、並びに都市への著しい人口集中化に伴い、平均年率10%を超える着実な伸びを続けている。更にここ数年、無公害のクリーン エネルギーでしかも安定供給される都市ガスの需要伸長が著しく、都市ガス会社はその公共性から需要増加への対処、並びに安定供給の確保に多大の努力を傾けている。

都市ガスプラントは、昭和36年以降、これまで原料とした石炭から原油、ナフサなどの油系へ原料転換が行なわれ、その後、低圧サイクリック式から高圧連続式ガス製造方式への転換など幾多の合理化策が実施されてきたが、現在、大手のガス会社で行なわれている石炭の室炉式を除き、次の方式によるプラントが主に採用されている。

- (1) サイクリック式(低カロリーガス用)
- (2) 中・高圧外熱式水蒸気改質式(低カロリーガス用)
- (3) 高圧低温水蒸気改質式〔中・高カロリーガス、あるいは代替天然ガス(以下、SNGと略す)用〕

このうち、(1)はピークロード用、(2)、(3)はベース及びピークロード用として一般に採用されている。一方、日立製作所はこれまでアンモニア合成ガス、水素ガスなどの製造装置⁽¹⁾を多数納入してきたが、最近、これらの技術を基に数多くの特長を備えた(2)の方式、並びに世界最大容量の(1)の方式のプラントを我が国最大の都市ガス会社である東京瓦斯株式会社に納入した。更に、最近のクリーンガスの要請、並びにガスの需要増加に対する高カロリー化に伴い、SNGプラントの建設が要請されているが、先年バブコック日立株式会社がいギリスの著名なエンジニアリング会社であるウッダー・ダッカム社と技術提携し、British Gas Corp.(BGC)の基本プロセスであるCatalytic Rich Gas(CRG)法によるSNGプラント⁽²⁾を建設することになった。

この論文では、そのうちガス化炉周辺で最近特に技術開発が著しい(2)の方式のものに絞って述べることにする。

2 都市ガスプラントにおけるニーズの動向

運転の自動化、エネルギーの節減、更に環境保全など最近の都市ガスプラントに要求される条件は過酷なものになってきているが、これらニーズの動向につき簡単に触れてみる。

(1) 運転操作の自動化及び省力化

都市ガスプラントは日間の頻繁、且つ急速な負荷変更を宿

命的に伴う。このような運転に対し、従来のアナログ計装では負荷変更時の融通性に乏しく、また、バーナ着火、及び装置の緊急停止後の再スタートに多大の注意と時間を費やし、しかも誤操作を引き起こす危険性が潜在している。これに対しバーナの自動着火による省力化は言うまでもなく、負荷変更の自動化、高速化を図り、更に緊急停止後のクイック リスタート化などプラントのフレキシビリティを増加させることが特に外熱式水蒸気改質装置(以下、外熱式リホームと略す)では要請され、直接計数制御(DDC)のような制御用電子計算機を導入しこれを実現する技術開発が一部⁽³⁾で成功している。

(2) 省資源・省エネルギー化

エネルギーの高価格時代下にあって、しかも有限な化石エネルギーのほとんどを海外に依存する我が国では、資源・エネルギーの効率的な使用、節減が社会的課題となっている。都市ガスプラントでも既存設備の操業面での熱回収の改善、新設備の設計段階での熱効率、動力原単位の配慮、又は根本的に革新されたプロセスへの全面転換を図るなど種々の省エネルギー対策を進める宿命を担っている。また、ガスの安定供給を確保するために、原油、液化石油ガス(LPG)、ナフサ、石炭、天然ガスなどのほかに海外から液化天然ガス(LNG)を導入し原料の多様化を図っているが、他方、省資源化を図るため石油コンビナートからの廃ガス(オフガス)を受け入れ、都市ガスの原料とするなど資源の有効利用が要請されている。

(3) 環境保全

都市ガスプラントは一般に住宅地に隣接して設置されるため、特に騒音防止など地域住民に対する環境保全を考慮に入れた厳しい対策が要請される。

(4) クリーンガス並びに高カロリー化

都市ガスは環境汚染をしない無公害エネルギーであるが、別の意味で、最近の住宅は建具類の高気密な構造上の変化から一酸化炭素の残存しないクリーンなガスも社会的に要請されている。また最近の盛んな需要増加に伴い既設導管の有効利用を図るため供給ガスのカロリーを高めて供給能力を増強しようとする高カロリー化が進められている。これらに対しLNGによるストレート供給が既に大都市圏の一部で開始されたが、長期安定確保、備蓄、輸送などLNGのもつ種々の

* 日立製作所機電第二事業本部化学プラント技術本部 ** バブコック日立株式会社呉工場

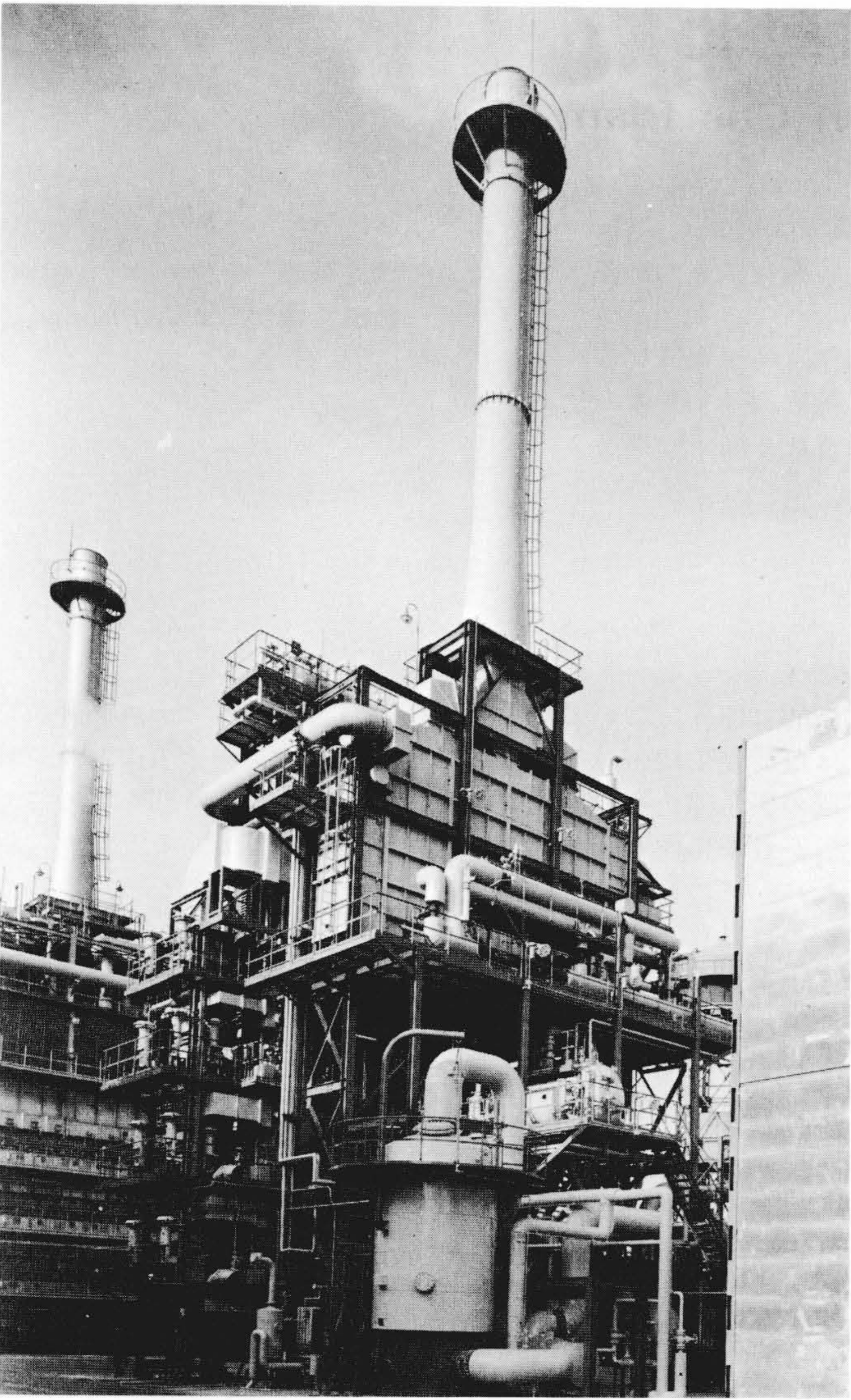


図1 東京瓦斯株式会社大森工場納め都市ガス製造プラント
手前は2号機、後方は1号機を、また右手前の壁は冷水塔防音壁を示す。

問題からこれを補うためにナフサなどの軽質油を原料として天然ガス相当品（SNG）を作ろうとする、いわゆるSNGプラントの建設が要請されている。

次に、これら幾つかの具体例として、東京瓦斯株式会社大森工場に納入した都市ガスプラントについて紹介する。

3 自動化システムを採用した都市ガスプラント

3.1 概 要

原料は石油精製のエチレンプラントからのオフガスを受け入れ、これを外熱式リホーマーで発熱量約2,900kcal/Nm³の低カロリーガスを製造するものである。このプラントはピークシェービングロード用に設置された中容量のもので、昭和47年に1号機を納入し好評を得て、更に同49年末にその増設として2号機を納入し現在好調裏に稼動中である（図1）。

このプラントでは、改質炉の自然通風形構造、並びにシーケンサによる負荷変更の自動化・省力化機構のほか多数の開発技術・新設計を採用しており、従来の外熱式リホーマー装置と種々の点で内容を異にした特長を備えている。

なお、開発した技術の幾つかは、東京瓦斯株式会社と共同特許を出願中であり、そのタイトルは次のとおりである。

(1) 自動ロード変更システム

- (2) 炉温保持機構をもつスチームリホーミングプロセス
- (3) オレフィンを含むハイドロカーบอนを直接スチームリホーミングする方法

3.2 プロセス構成

プロセスは図2に示すように従来の炭化水素の水蒸気改質装置と基本的には同じで、次の3部門に分類される。(1)改質触媒の保護を目的として、原料オフガス中に含まれるオレフィン類、及び硫黄分を触媒(Co-Mo、並びにZnO)中で処理する水添脱硫部門。(2)水添脱硫した原料ガスに水蒸気を加えNi系改質触媒で水素を主成分としたガスに改質反応させる改質部門。(3)改質ガス中の一酸化炭素を触媒で変成・減少させるためのガス精製部門。

これらを経たガスはボイラなどで熱回収された後、各需要家の燃焼器具に合わせるため熱量調整され製品都市ガスとして送出される。

このプロセスの制御上重要な点は、改質触媒上での炭素析出を防止するため、改質炉入口の水蒸気と原料カーボンのモル比を3.0以上に保つことと、改質炉出口温度を約750℃に制御し製品の品質管理を行なうことにある。

3.3 装置の特長とそれを実現させた技術

このプラントで提示された主な課題と、これを解決、実現させた技術・新設計は表1に示すとおりである。

この論文では、そのうち自動ロード変更システムと改質炉バーナの自動着火システムについて詳細を述べ、ほかはその概要を述べるにとどめる。

3.3.1 自動ロード変更システム⁽⁴⁾

従来の外熱式リホーマー装置の自動化は、定常状態のマイナーループ制御ではほぼ完全なものになっているが、都市ガス業界に見られる日間の頻繁な、しかも急速な負荷変更などの特殊な操業上の自動化はこのような複雑なプロセスでは難しい問題であった。この自動化を開発するために、特にアナログコンピュータによりピークシェービング運転に関するプラントの動特性解析（高速ロード変更時の追従性、及び緊急しゃ断以降の炉温保持特性など）を行ない、実装置への適用に自信を得て制御用電子計算機を使わず比較的簡単で安価なアナログシステムでこれを実行できる技術開発に成功した。

このシステムのブロックダイアグラムは、図2、3のようにアナログ回路に簡単なデジタル回路を付加することにより負荷変更システムを構成している。心臓部となる自動ロード設定器内の構成は、パルス発信器が2組入っていてこの切換えで低速と高速に変化が行なわれる。この発生パルスはカ

表1 装置の課題とそれを実現させた開発技術・新設計 この装置では運転操作上の自動化・省力化のほかに、省エネルギー、環境保全などが課題として提示され、それに対する各種の開発技術・新設計が採用された。

No.	課 題 (特長)	開発技術又は新設計
1.	ロード変更の自動化・高速化 (30~100%間で1%/min以上)	自動負荷(ロード)変更システム
2.	改質炉バーナの遠隔自動着火 による省力化	自動着火システム
3.	一時停電など緊急しゃ断後の クイック リスタート	自然通風形改質炉、 炉温保持システム
4.	原料中のオレフィン対策	新改質触媒の開発、 水添塔過熱防止機構
5.	高熱効率、省エネルギー	高度の熱回収化
6.	低騒音(環境保全)	騒音対策の設計・施工

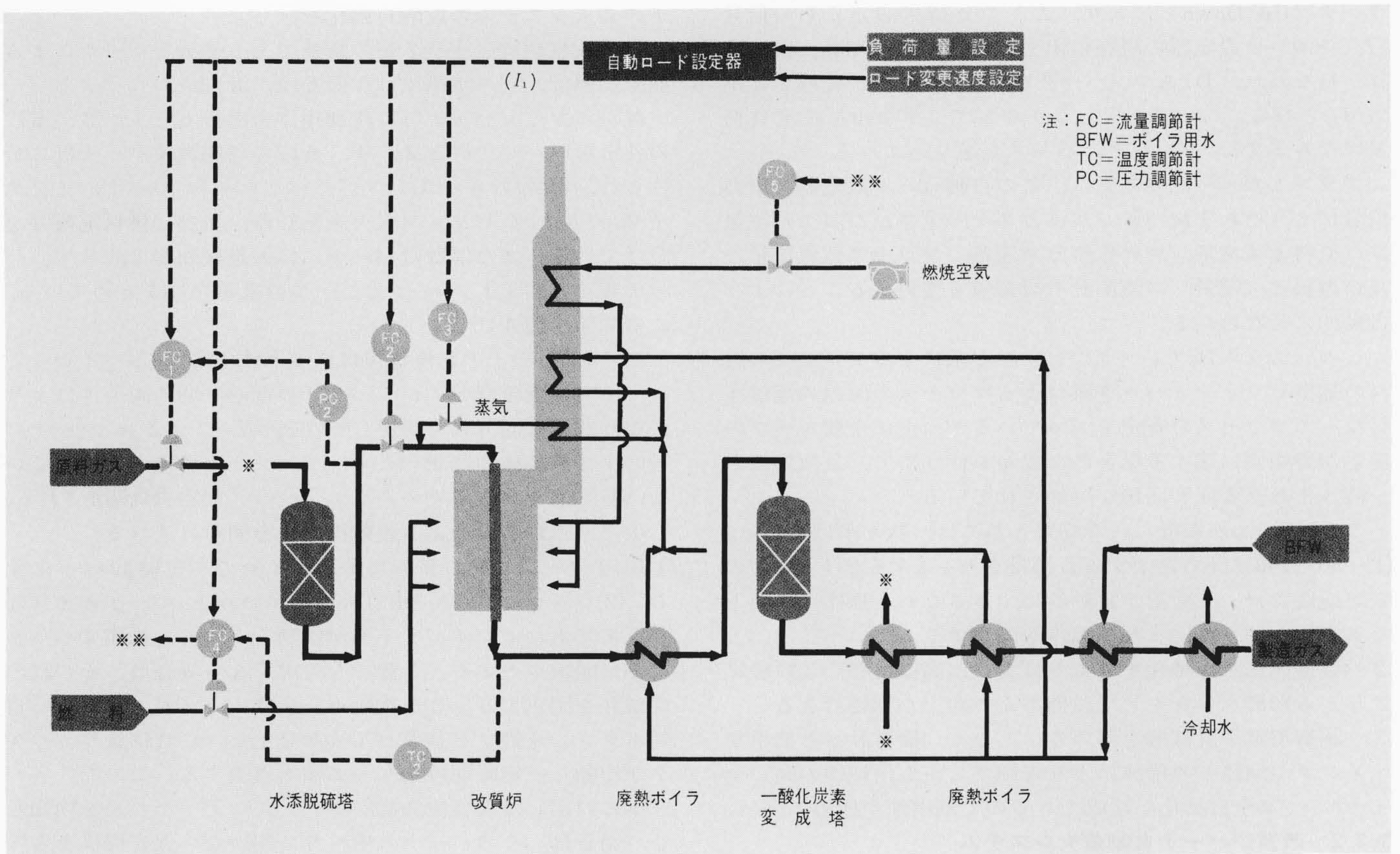


図2 外熱式水蒸気改質装置プロセスフロー及び自動ロード変更システムフロー
プラントのロードの変更は、自動ロード設定器の出力信号(I_1)によりパラレルにカスケードされた四つの流量(原料ガス、加熱ガス、プロセス蒸気、燃料の各流量)系を変更することにより自動的に行なわれる。

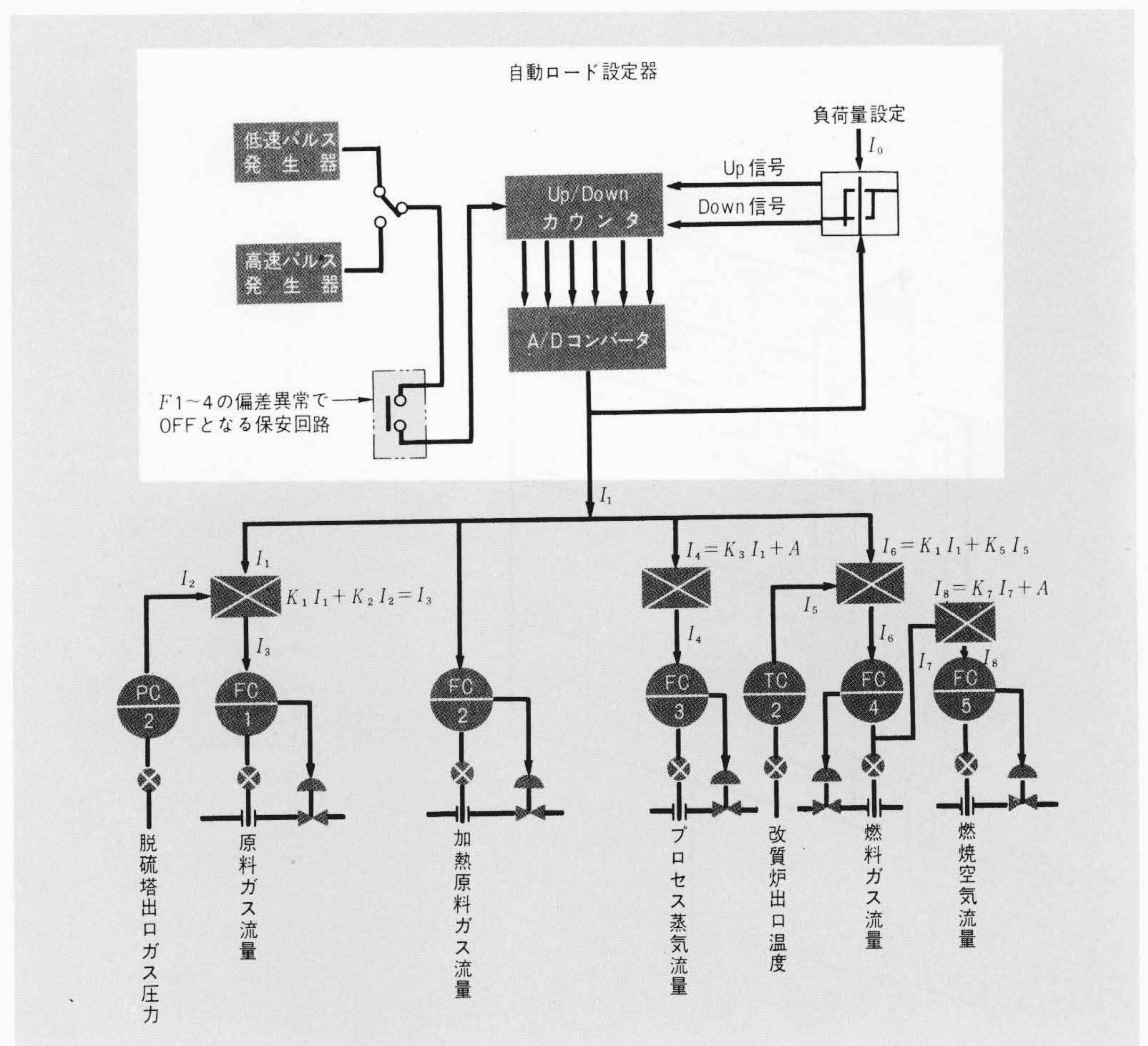


図3 自動ロード変更システムの
詳細フロー 低速、又は高速パルス
をUp/Downカウンタで加算、又は減算
することにより負荷量の設定値(I_0)に対
し一定の変更速度でロード変更する信号
(I_1)が作られ、この信号に基づいてFC1、
FC2、FC3、FC4の調節計の設定値が
変えられ自動的に変更が行なわれること
が分かる。

ウンタ (Up/Down) に入り、ここで負荷量設定からの信号 (I_0) とロード設定器の現在の出力との差により加算、又は減算が行なわれ、D/Aコンバータでアナログ信号に変換され出力 (I_1) となる。この差が等しくなるまで (すなわち設定負荷量になるまで)、カウンタにパルスが送り込まれる。

プラントのロードの変更は、この自動ロード設定器の出力信号によりそれぞれパラレルにカスケードされた四つの流量系 (原料ガス流量、加熱原料ガス流量、プロセス蒸気流量、及び燃料ガス流量) の調節計の設定値を変更することにより自動的に行なわれる。

このシステムはフィードフォワード系によるプロセスの遅れの補償とフィードバック系によるプロセスの偏差の補償を行なってプロセスの安定を図っているが、更に主要ループの偏差が警報値に達する場合には危険を伴うので、負荷変更を一時休止させる保安回路が付加されている。

このシステムから得られる効果としては、次が挙げられる。

- (1) 30~100%間の希望する負荷量をセットするだけで所定の変更速度でロード変更が自動的にできるため、操作性の向上と省力化が図られ、また誤操作が防止できる。
- (2) 装置運転を標準化することにより、高温材料、及び触媒に与える影響を少なくし、設備寿命の向上が期待できる。
- (3) 制御用電子計算機を用いることなく、標準計器と簡単なデジタル回路との構成により安価でしかも信頼性の高いマイナーループの全自動化が達成できるので汎用性が極めて高い。

3.3.2 改質炉バーナ自動着火システム

改質炉の設けられている数多くのバーナの点火は、従来すべて現場で手動点火で行なっていたが、中央制御室からの自動化に追従できるバーナの選定と、試験装置での燃焼確認試験を含めた燃焼システムの詳細な検討を行ない、改質炉バー

ナの着火システムの遠隔自動化を図った。

この改質炉はシーラス炉の特長である無火炎バーナによる側壁加熱で、バーナ構成は片面6段、計12段のヘッダのバーナ群からなる。バーナ群は段別操作を前提とし1, 3, 5段の各奇数段バーナ群と2, 4, 6段の各偶数段バーナ群に分けられ、奇数段バーナにはすべてパイロットバーナ、イグナイタ、ウルトラビジョン式火炎検知器、並びに燃料電磁弁を設けている。また偶数段バーナには火炎検知器は設けず、バーナ4~5個を1ブロックとし一つの電磁弁にまとめている。この関係を図4に示す。

メインバーナの燃焼監視は火炎検知器によるパイロットバーナの燃焼確認とメインバーナの電磁弁開の両条件により行なう間接確認方式を採用している。万一、メインバーナに対応する火炎検知器がパイロットバーナの燃焼を検知していない場合は、自動的にそのメインバーナの燃料弁は閉止される。

次に、自動着火による運転操作法を簡単に述べる。

- (1) 炉内パージ: FDFを起動しタイマで一定時間パージする。
- (2) パイロットバーナ点火: パイロットバーナのガス圧が正常であれば、イグナイタが作動し、ボタン操作でヘッダごとに順次点火する。1個でも着火しない場合は、その段の電磁弁を閉止する。
- (3) 奇数段バーナ点火: メインバーナ「自動ボタン」を押すと基準パルスが発生し、これによりカウンタが作動し一定時間差をもって順次点火する。この際、各バーナに対応した火炎検知器がパイロットバーナの炎を検知しない場合は、そのバーナの燃料弁は開かない保安機構をもっている。奇数段バーナの全数着火により炉内温度は十分高温となる。
- (4) 偶数段バーナ点火: 炉温が一定温度以上ある確認信号があつてから、偶数段の複数個同時のブロック着火を順次、手動で行ない全数点火する。

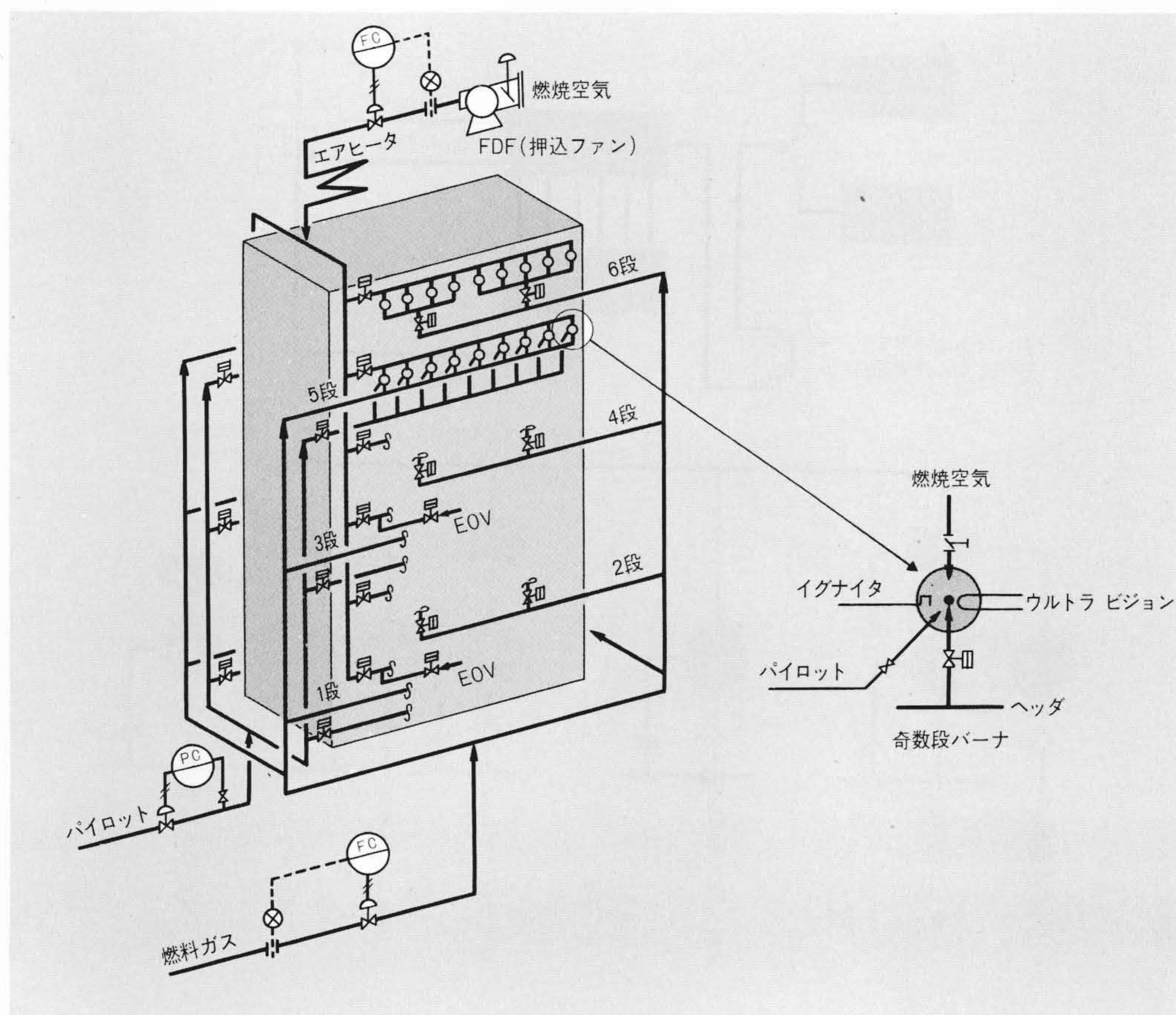


図4 改質炉バーナ構成 改質炉バーナ構成は片面6段、両面12段で、1, 3, 5段の各奇数段バーナにはパイロットバーナ、イグナイタ、ウルトラビジョン、燃料電磁弁が付属している。また、偶数段は4~5個を1ブロックとし一つの電磁弁にまとめていることが分かる。また、1, 3段の燃焼空気ヘッダには炉温保持運転用EOV弁を設けている。

これらの運転操作、監視はすべて中央制御室から集中管理できるようになっており、またシーケンス回路は無接点ロジック（DSC-5形シーケンサ）で構成されている（図5）。

これらのシステムの採用により次の効果がある。

- (1) 省力化と操作の標準化によるオペレーションミス防止
- (2) 再スタート時間の短縮：炉温保持システムとの組み合わせにより中央制御室からの操作で1～2分で可能にした。

3.3.3 改質炉の炉温保持システム

この種のプラントの改質炉は操業上の律速となり、改質炉を起動・停止する場合には、耐火レンガや反応管などの保護から緩やかな昇温速度、及び降温速度が要求される。従来の改質炉では常温から操業温度まで昇温するのに15～20時間も要しており、ガス会社としては需要に対する安定供給確保の点から安易に装置を停止させることは許されない問題であった。そこで一時停電などの緊急しゃ断時においても改質炉を降温させることなく、クイックリスタートができる炉温保持システムの技術開発に成功した。その方法としては、炉温保持に必要な熱が1段、3段（6段中）のバーナで与えられ、燃焼空気はこの段に設けられた大気吸入弁（EOV）から自然吸引される（図4）。また反応管の過熱防止には自己発生蒸気が導入され、ボイラはそれを賄う十分な保有量をもっている。

3.3.4 自然通風形改質炉

従来、この種の改質炉は吸引ファン（IDF）をもった強性通風形のものであったが、シーラスグラジェーションヒータの特長を十分に生かし、ほかに例をみないIDFをなくした自然通風形炉を採用した。すなわち、煙道ガスの排気は炉頂に設けられたスタックのドラフト効果により行なわれ、これにより運転保守を容易にし、大幅に電力を下げるとともに一

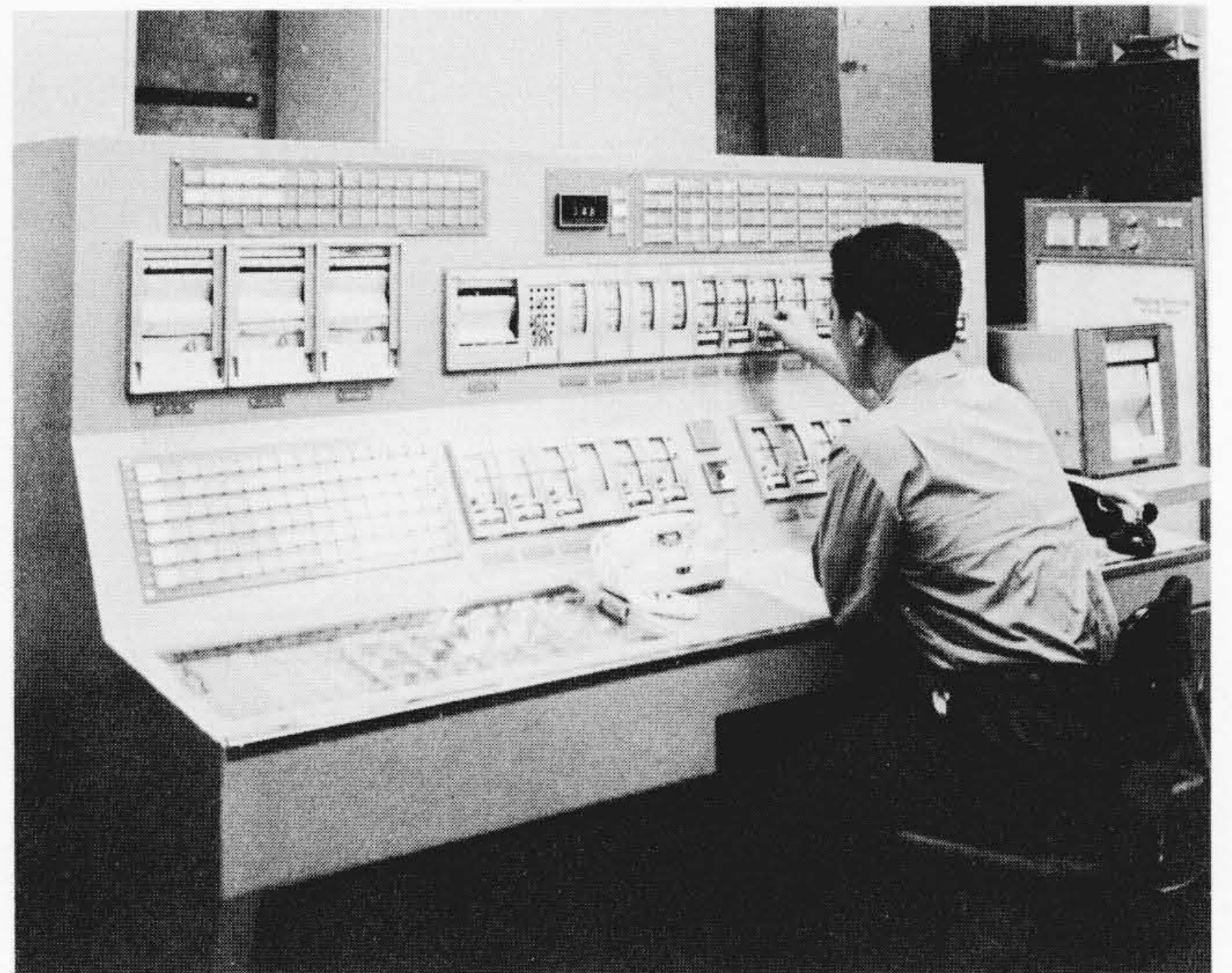


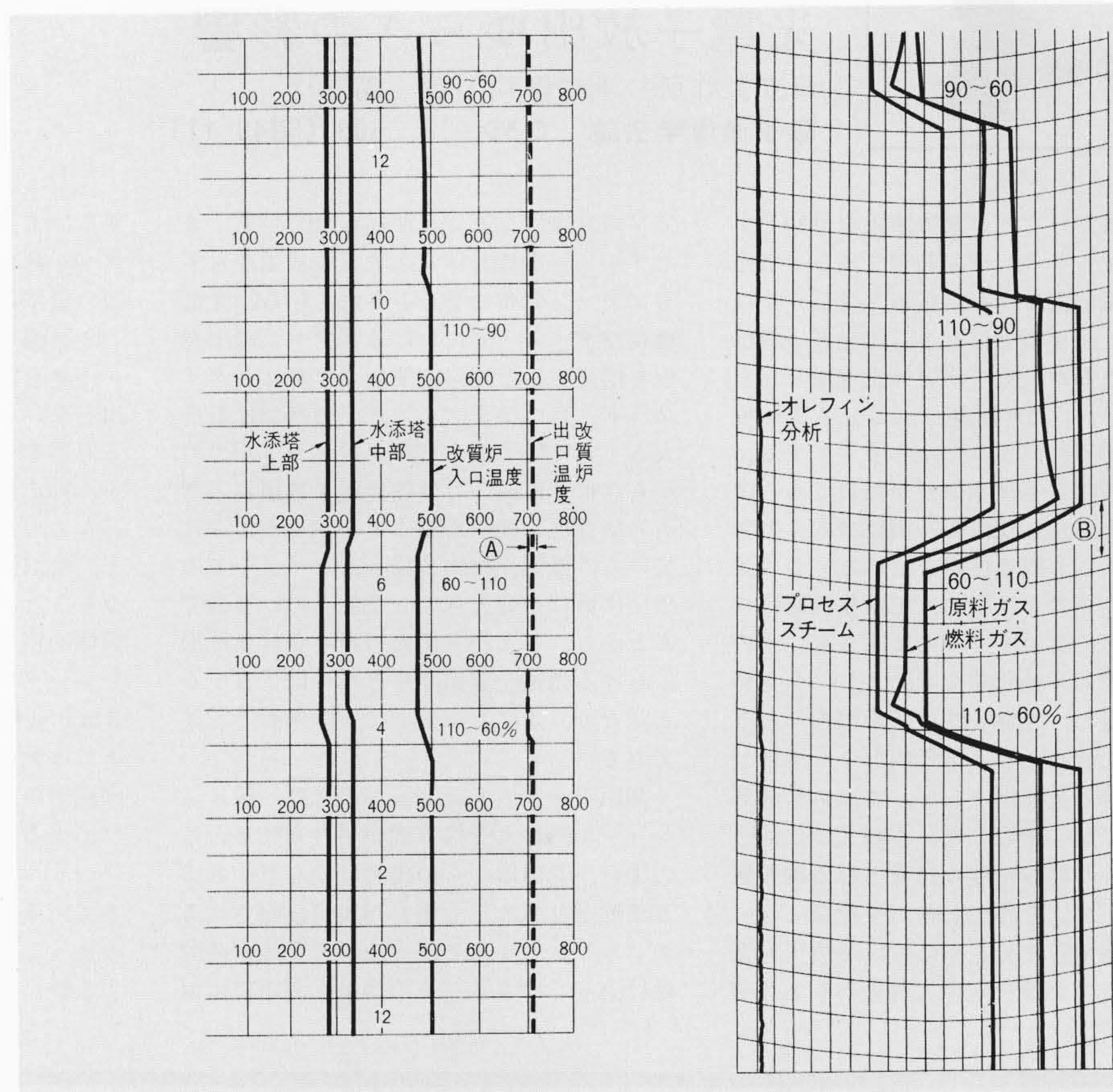
図5 都市ガスプラント用集中管理コントロールセンター 通常のコントローラ、警報表示のほかバーナ自動着火システム、炉温保持システム、及び自動ロード変更システムがこのディスクボード内に収納されている。

時停電時の炉温保持運転を極めて容易にした。

3.3.5 新改質触媒の開発

日立製作所は、数年前からLPG、ブタンなどに炭素析出抑制効果と活性の優れた改質触媒“NP-111”（Niベース、希土類元素を助触媒）を開発していたが、オレフィン耐用度も極めて高いことが分かり、これを一部採用し長期ロングランの実証を得た。

図6 ロード変更時の各所の記録データ 自動ロード変更は1%/minの速度で行なわれていて(B部)、ロード変更中の改質炉出口温度の偏差(A部)は約5℃以下であることが分かる（これは製造ガス組成にほとんど影響を及ぼさない偏差である）。



3.3.6 低騒音

地域住民への環境保全の配慮から、このプラントでは冷水塔、ブロワ、各種圧縮機などの付帯設備を含めた装置全体の騒音対策を施工する必要があった。都条令の規制から工場境界での騒音レベルは49dB(A)という厳しいものであったが、吸音材の選定、防音構造の詳細検討、更に距離減衰、反射音の効果など、類似装置の実測や、経験を踏まえて設計・施工し、満足する結果を得ることができた。

3.3.7 高度の熱回収

省エネルギーの観点から、廃熱ボイラのほかに原料加熱、燃焼空気予熱、蒸気過熱などに積極的に熱回収を図った。特に改質炉のコンベクション部への熱回収機器の組み込みは自然ドラフト効果との関係から厳密な検討を要したが、これを実現させ高熱効率が達成できた。

3.4 運転例

図6に、ロード変更時の各所の記録データを示したが、この場合のロード変更速度は増量、減量時ともに1%/minであったが、ループの追従性は極めて良好な結果が得られた。

これにより、更に高速なロード変更がこのシステムで期待できる。

4 結 言

以上述べてきたものは、自動化システムを中心とした既存製造方式での外熱式水蒸気改質炉の周辺技術の開発・新設計についてであり、いわばプラントの操業面から提示された課題に対する解決例と言える。また、このプラントで開発された技術は都市ガスの分野だけでなく、他の分野、例えば石油精製、石油化学プラントなどの分野でも十分その応用が可能

であろう。

都市ガス業界は、昭和48年の石油危機以来、原料の安定確保、省資源・省エネルギー対策、更に地域住民との環境保全など、今後ともいっそう厳しい環境下に置かれるものと思われる。こうした中であって、最近新しいプロセスプラントとして建設が要請されているSNGプラントは、その大きな利点の一つとして熱効率で従来の外熱式リホーマー式に比べ大幅に向上させることができるため、省エネルギーにもつながる好プロセスと言える。そして都市ガス製造技術は、今後そのプロセス面で更に次に述べる方面に指向され、その実用化が急がれるであろう。

- (1) CRG法などで技術的に確立された低カロリーSNG(9,300kcal/Nm³ぐらい)からLPGで増熱しない高カロリーSNG(11,000kcal/Nm³以上)の直接製造技術。
- (2) SNG原料の多様化を図るため、ナフサから原油、重油などの重質油、更には石炭からのSNG製造技術。

最後に、この論文の執筆に際し適切な御助言・御指導をいただいた東京瓦斯株式会社工務部の村井・温井両係長に対し厚く謝意を表わす次第である。

参考文献

- (1) 大橋、「シーラス法」、石油誌 15, (1), 30 (1972)
- (2) 例, F.E. Hart, "CRG route to SNG", Hydrocarbon Processing, April (1972) 又は、日本瓦斯協会誌 26, (10), 40, (1973)
- (3) 桜井, オートメーション 18, (4), 86, (1973)
- (4) 吉田, 温井, 清水, 「スチームリホーマーにおける周辺技術の開発」、日本瓦斯協会誌 26, (10), 16, (1973)

論文抄録

パルスレーザ測距における 光電子放出ゆらぎの影響

日立製作所 洲崎保司・橋 篤志

電子通信学会誌 C56-11, 609 (昭48-11)

人工衛星や月などの天体測距を目的とするパルスレーザレーダに期待できる受信光は一般に微弱光である。微弱な受信光を扱うレーザレーダの受信器として光電子増倍管が使われるが、その出力は光電面及び増幅段ダイノードでの光電子及び二次電子放出のランダム性によってゆらぎを生ずる。この出力のゆらぎは受信光が微弱であるほど顕著に現われ、受信率や測距精度に影響し、システムの限界性能を決める一つの要因となる。筆者らは先に人工衛星測距用レーザレーダの受信率について論じた。その際、受信系の分解時間を間隔としたレンジセルを仮定し、光電子増倍管の出力ゆらぎをポアソン分布とし、信号波形としては一般的な場合と具体例として、ガウス形波形の場合とに就き議論した。本論文では同じモデルにより測距精度の目安となる測距値偏差を表わす式を導出し検討を行なった。

光電子増倍管の光電面における放出光電子の数のゆらぎは一定の入射光のもとでポ

アソン分布になることが知られている。またダイノードにおける二次電子放出ゆらぎもポアソン分布になるとされている。光電面及びダイノードにおけるポアソン確率過程を前提とした理論的解析によれば各ダイノード、特に第1ダイノードの増倍係数を大きくして使う場合には、アノード出力のゆらぎは光電面における光電子放出ゆらぎへの依存性が強くなることが明らかにされている。微弱光検知の場合、ダイノードの増倍係数は十分大きくして使うのが普通であるから、アノード出力のゆらぎは光電面における光電子放出ゆらぎにほぼ依存すると見なせ、ポアソン分布でその挙動を記述できる。

測距用パルスレーザレーダでは一般にスレッシュホールド受信方式が用いられる。この場合、受信器からの出力にゆらぎがあると波形がひずみ、一定レベルに設定されるスレッシュホールドと出力波形の交点が時間軸に沿ってゆらぎ、その結果、測距値に偏

差を生ずる。レンジセル単位でゆらぎにポアソン分布を仮定し、受信光の強さ、受信器の量子効率、受信系の帯域幅、レーザのパルス幅などレーザレーダのシステムパラメータを使って測距値偏差を表わす式を導出した。この式を使って種々条件下における偏差をシミュレートした結果、偏差を最小に抑えるスレッシュホールドレベルは元のパルスの立上りの最大傾斜の位置にあること、受信光が微弱になるほど偏差が大きくなることなどが定量的に明らかになった。具体的例としては東京天文台におけるレーザレーダの観測データに見られる精度、約2mが使用したシステムパラメータの条件下では光電子放出ゆらぎに基づく偏差では説明のつくことが分かった。パルスレーザによる人工衛星や月測距の精度は、現在メートルからデシメートルの領域に入ってきているが、本論文で議論した内容は、このような精度の良いシステムを設計、検討するのに役立ち得る。