

アンモニア製造プロセスの計装

Instrumentation for Ammonium Manufacturing Process

武 樋 栄 一* 森 田 和 夫**
 Ei-ichi Takehi Kazuo Morita

内 容 梗 概

日立製作所ではさきに日産化学工業株式会社長岡工場にアンモニア製造設備一式を納入した。本プラントは現在好調に稼動中であるが、計装計画にあたっては、種々プラント特性に合致させるよう考慮した。本稿ではプラントの概要と、どのような考えで計装を計画、実施したかについて述べる。

1. 緒 言

アンモニア製造工業は大正 13 年以来、わが国の主要産業の一つであるが、最近特に化学肥料、そのほかこの方面の需要は急激に進展している。一方肥料の価格は製造方法の開発と計測技術の改良などによって世界的に低廉となっており、従来実施されてきたわが国の製法では、国際競争にうち勝つことができない状態にある。したがってわが国においても近時天然ガスその他を利用した新しい高効率アンモニア製造プラントが計画建設されている。日産化学工業株式会社では昭和 34 年以来、天然ガスを利用したアンモニア製造設備の建設を新潟県長岡市郊外に計画、35 年 10 月に完成、目下好成績裡に運転中である。この装置は計測、制御装置も含めプラント 1 式を日立製作所で製作したもので、天然ガス分解、アンモニア合成など高温、高圧を扱うため、計測制御関係に特別な考慮が払われている。

以下計装関係を主にしてその概要を述べる。

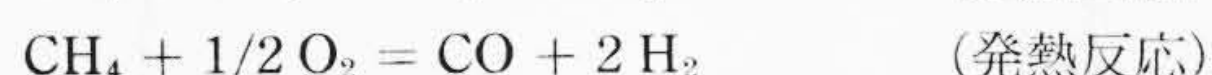
2. プロセスと計装について

アンモニアプラントは合成原料の純粋な水素をどのようにうるかが問題であって、戦前の水電解、コークスあるいは石炭のガス化による方法は、設備の老朽化とあわせて、戦後の石炭および電力事情の窮迫などから割高となってきた。このため新しい水素源として重油、天然ガス、コークス炉ガス、石油廃ガスなどが注目されるようになってきた。これらのうちいずれを採用するかは立地条件、そのほかから決まるが、テキサコ、モンテカチニ、CCC 法などが現在採用されているおもな方法である。日立製作所長岡工場では天然ガス分解法が採用されており、その製造工程の概要は第 1 図のとおりである。

2.1 ガス化工程

2.1.1 プロセス概要

天然ガスを分解して水素をうる工程は第 2 図に示すように、天然ガス、酸素はそれぞれ昇圧され、ボイラからの飽和スチームといっしょに分解炉にはいり触媒により次の反応を行なう。



分解炉温度は 1,000~1,100°C に達し、天然ガスはほとんど完全に分解されて、残留メタンは 0.5~0.7% となる。

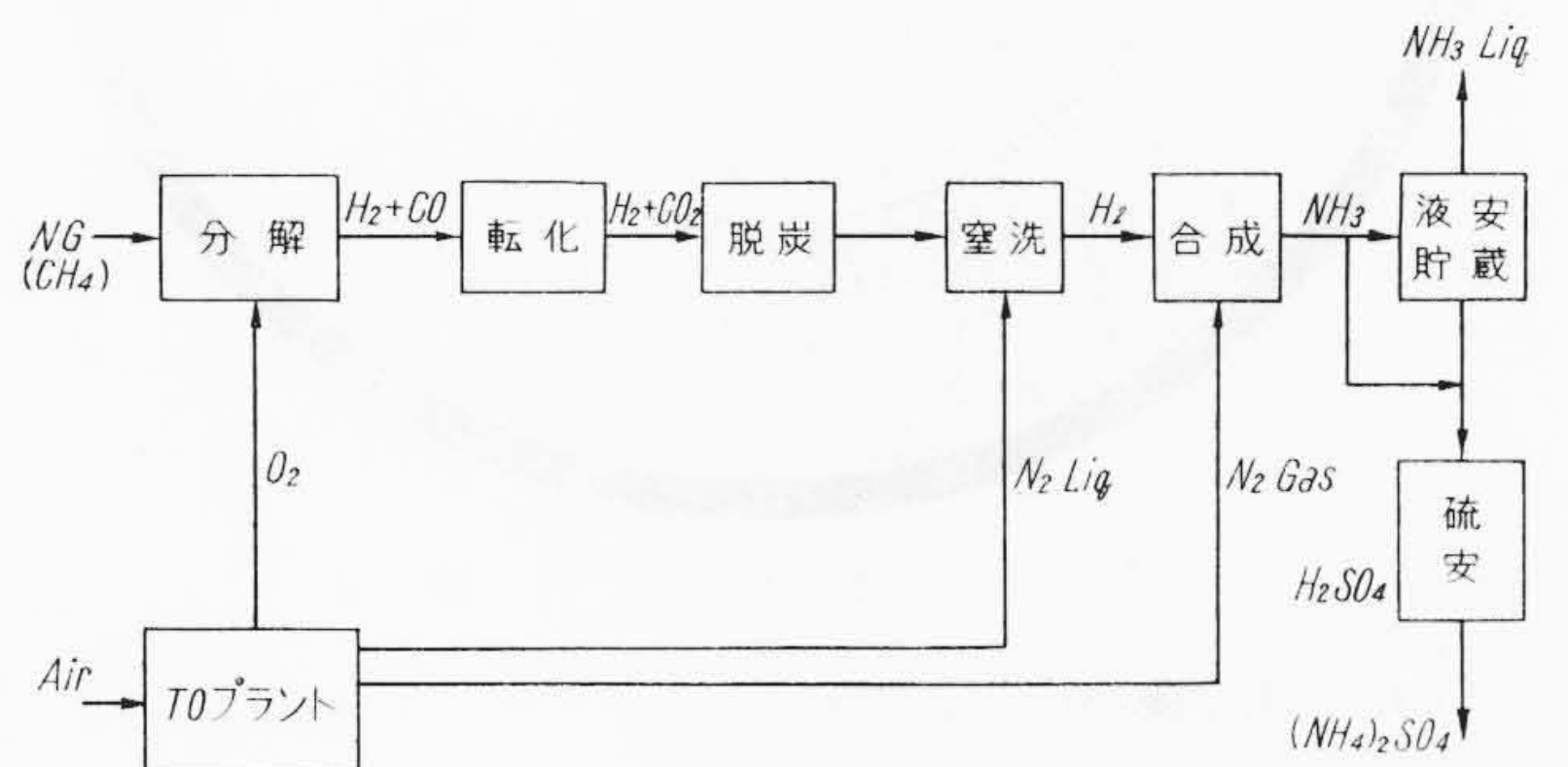
分解ガスはスチームを追加されたのち、さらに触媒によって



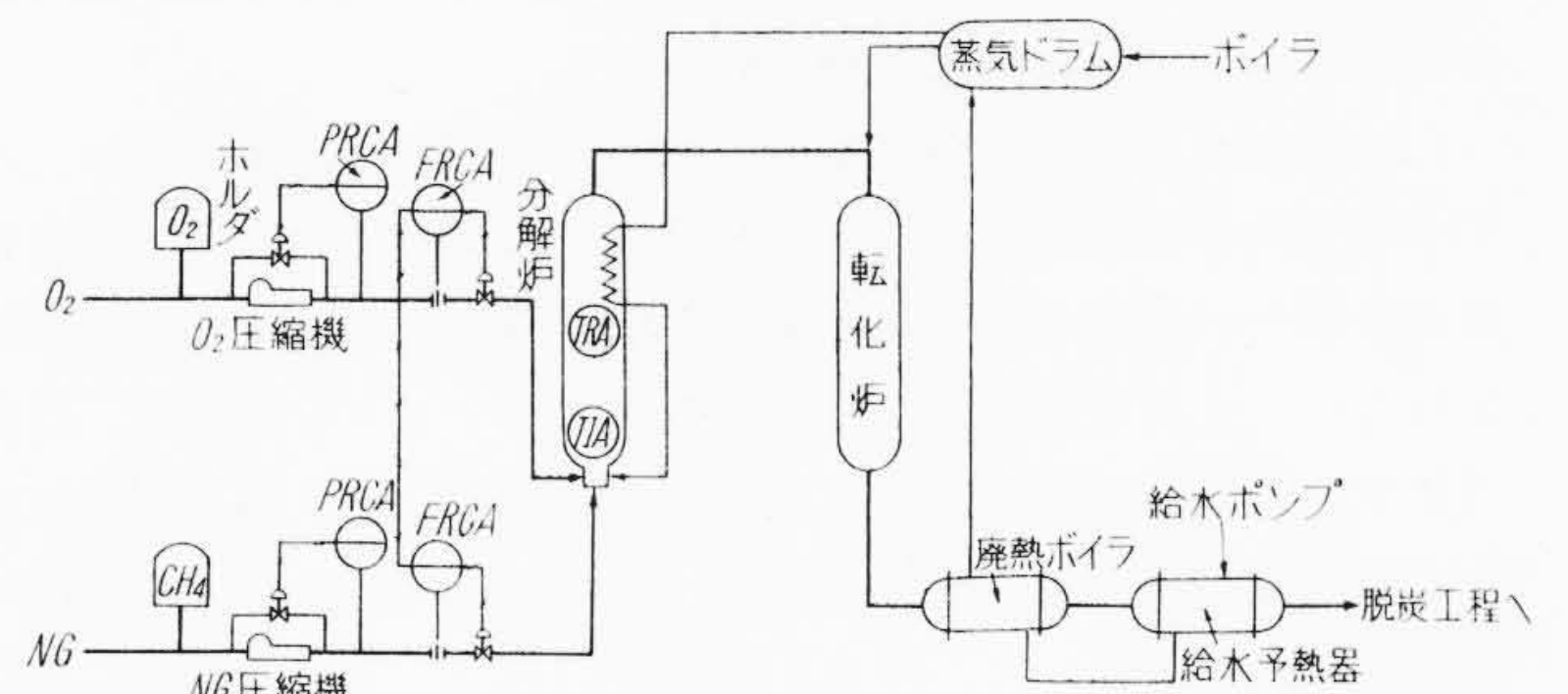
の反応を行ない、一酸化炭素の 80~90% が水素に転化される。

2.1.2 計 装

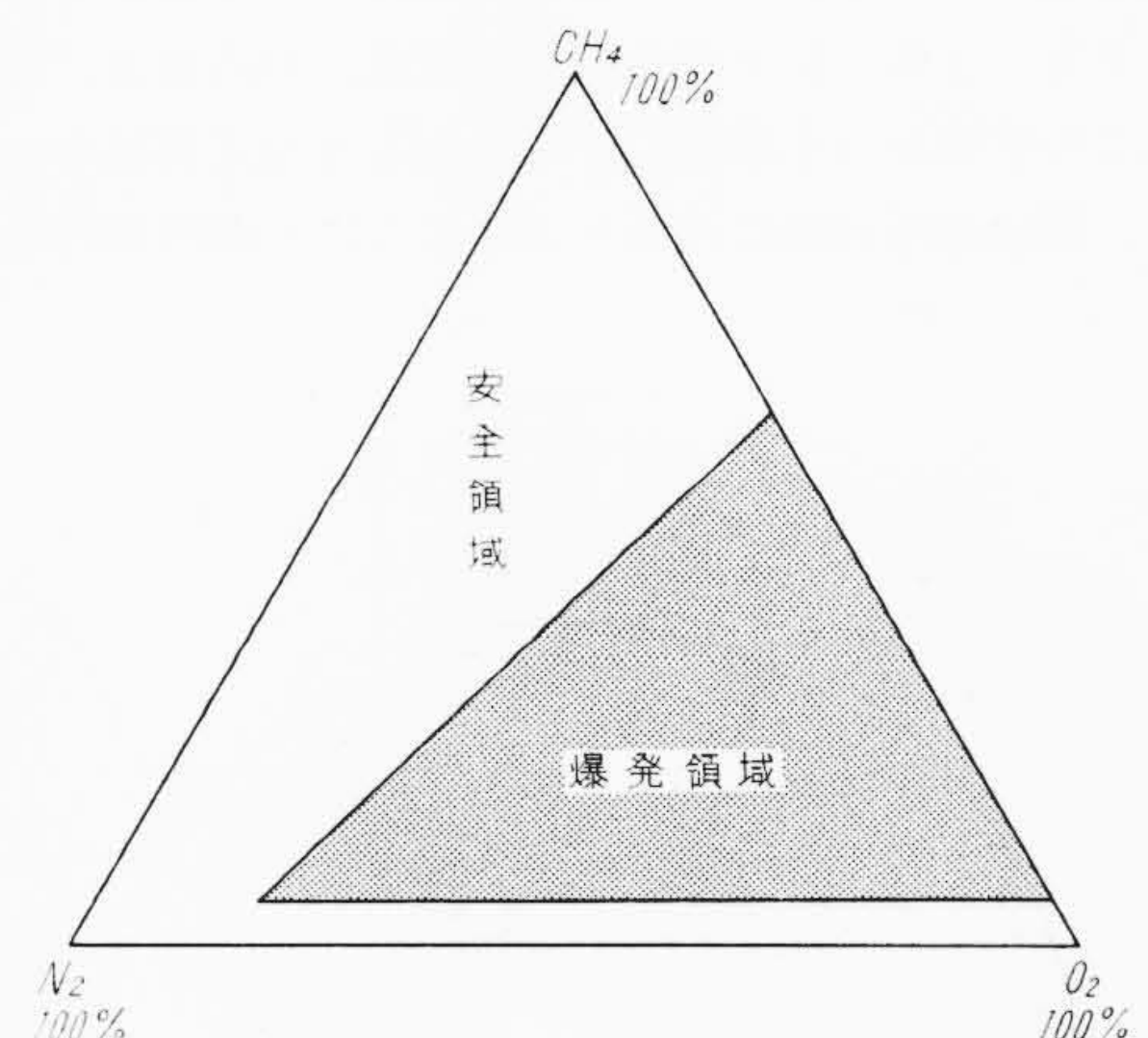
天然ガスと酸素の反応はその比率いかんによっては爆発が伴い



第 1 図 アンモニアプラントフローの一例



第 2 図 ガス化工程フローシート



第 3 図 爆発領域の一例

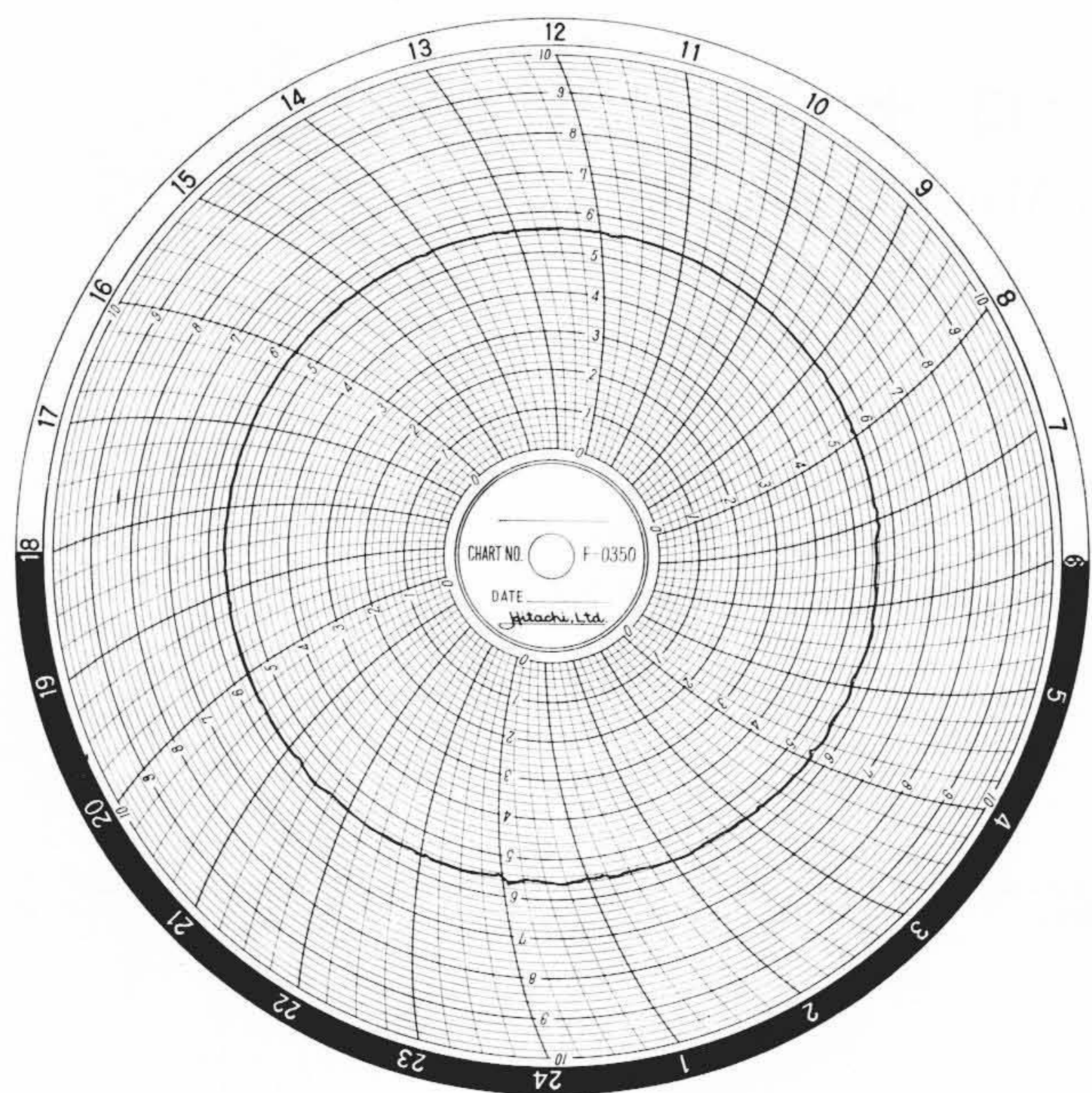
機器の損傷、操業上の危険を招くことになる。

第 3 図は常温、常圧におけるメタンガス、酸素、窒素共存の場合の爆発領域を示したもので、相当広範囲の比率にわたってその危険性をもっていることがわかる。

実際の触媒下における高温、高圧の分解においては、酸素が多すぎると爆発の危険があり、一方、酸素の割合が少なすぎると反応温度が維持できず、操業不能となる。運転時の最適混合比は爆発限界に近く、しかも比較的狭いバンドであって、この条件を満足するため

* 日産化学工業株式会社

** 日立製作所国分工場



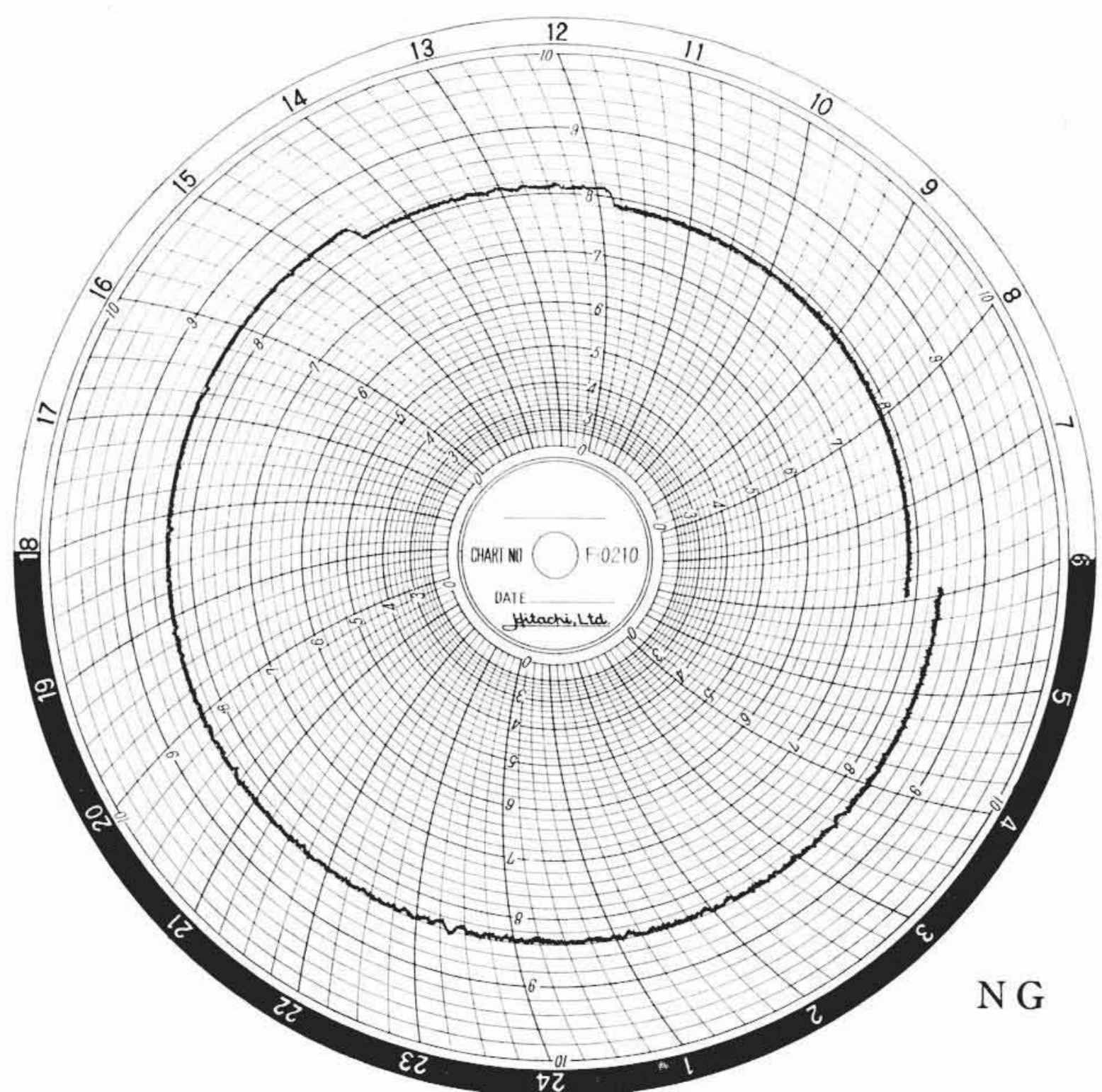
第 4 図 吐出圧制御結果

- (1) 圧縮機の吐出圧制御
- (2) 流量比率制御を採用した

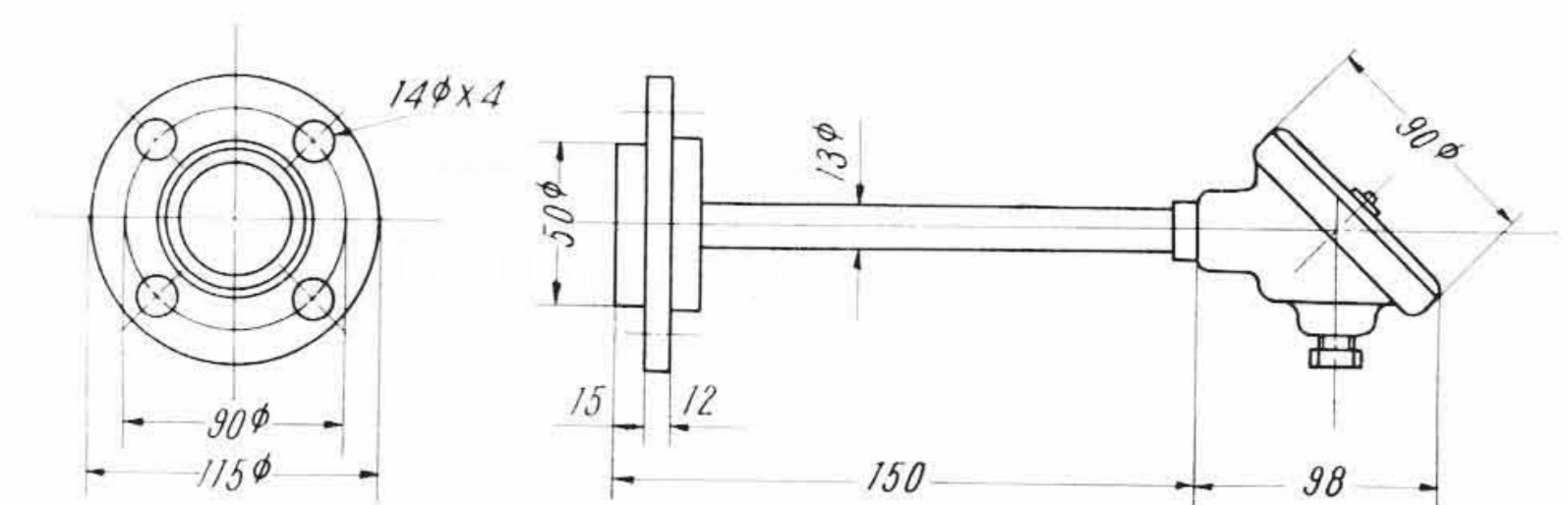
(1)は所要流量によって広範囲に行なう必要があるもので、クリアランス調整とバイパス弁による調整を併用したもので、第 4 図に示すとおり良好な結果を得ている。

(2)はスタート時の小流量域においては主配管に並設されたバイパス管に小流量用オリフィスを設け、爆発の危険のない可変範囲およびその他の条件を考慮して精密減圧弁によって手動制御を行ない、大流量域にはいると大流量オリフィスを用いて、計器の比率設定機構を働かせる方式とし目的を達した。第 5 図は流量比率制御結果の一例である。なお、これと併行して、流量比率の記録警報計を設置して、万全を期している。

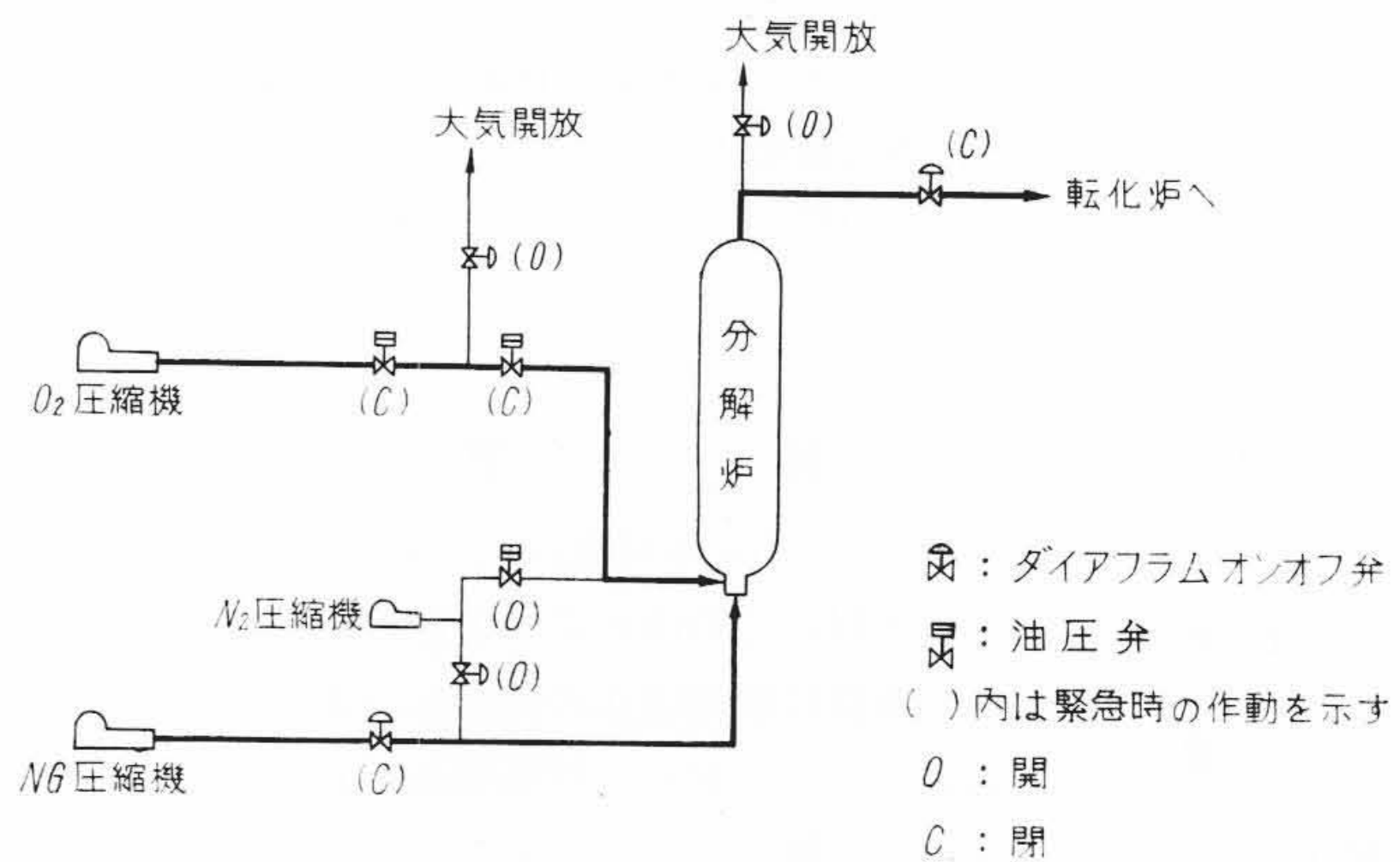
分解炉内温度の適正な分布は流量比とともに分解率に関する要素で触媒寿命にも影響し、またこれによって爆発を事前に予知することもできる。炉下部の混合部温度、炉内温度、側壁温度の計測はこの意味からも重要で、そのおもな測定値は単に監視だけでなく、緊急遮断回路に連係をとるようにし保護動作もできるよ



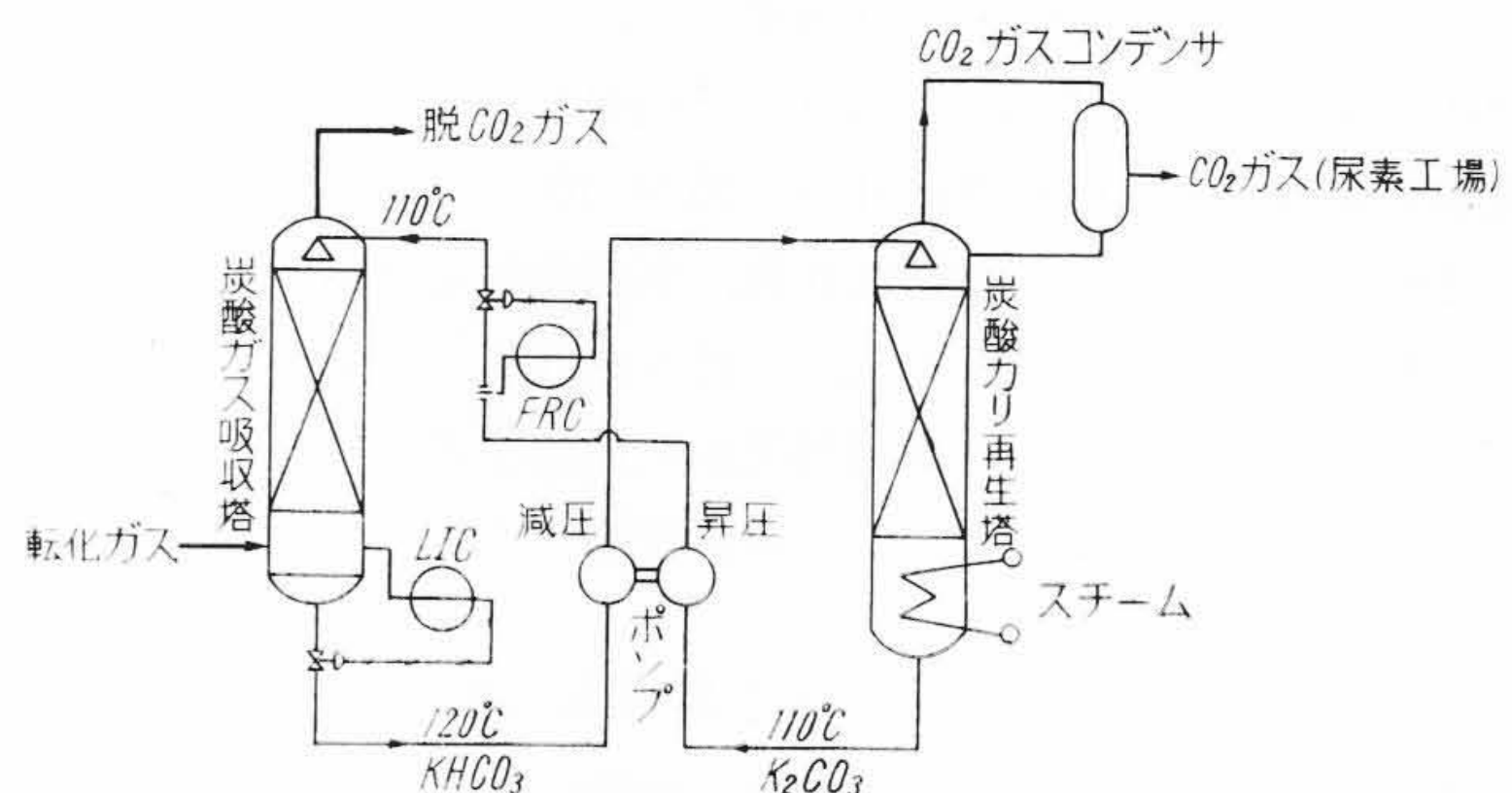
第 5 図 流量比率制御結果



第 6 図 側壁温度測定素子



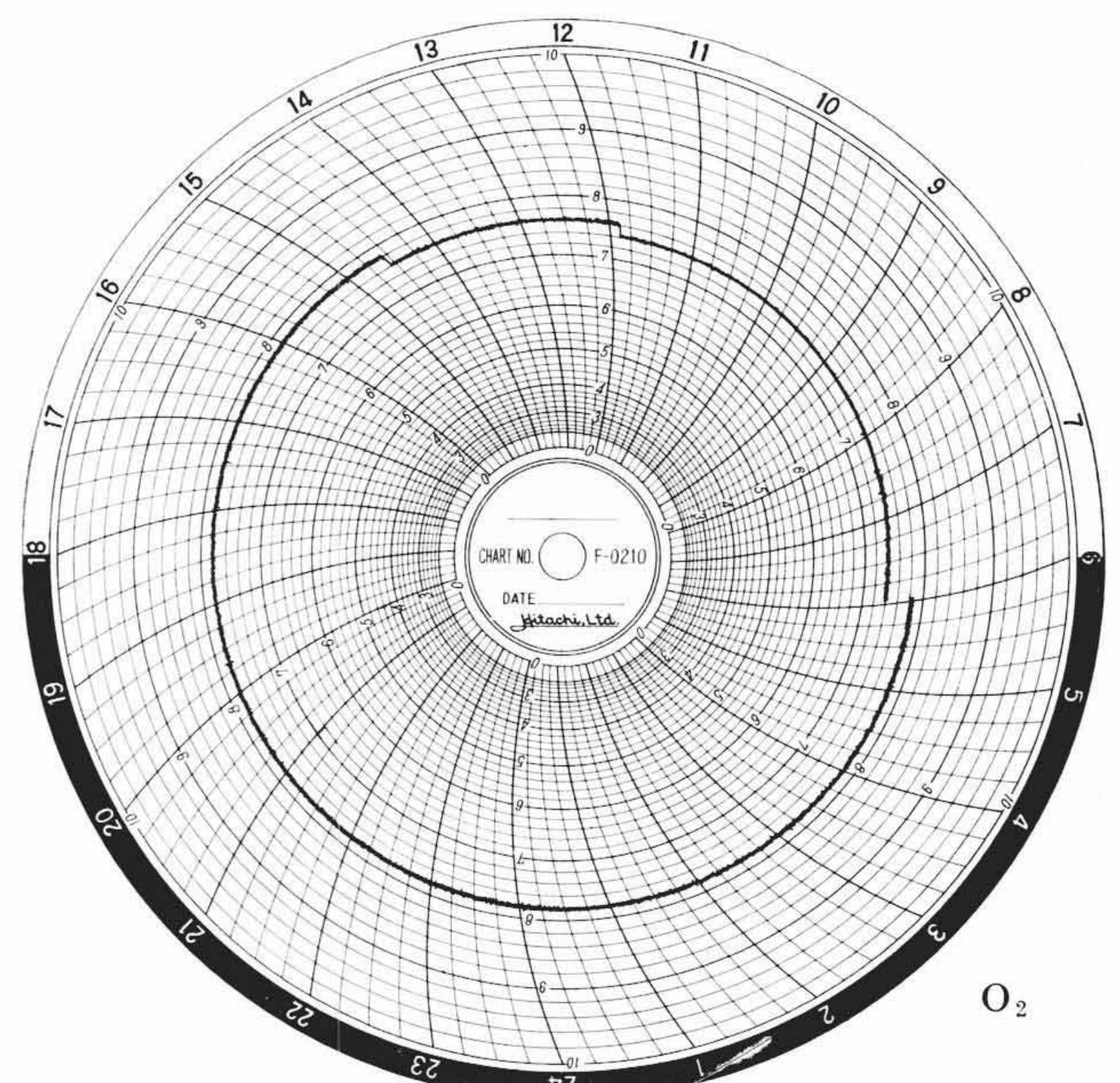
第 7 図 緊急遮断系統

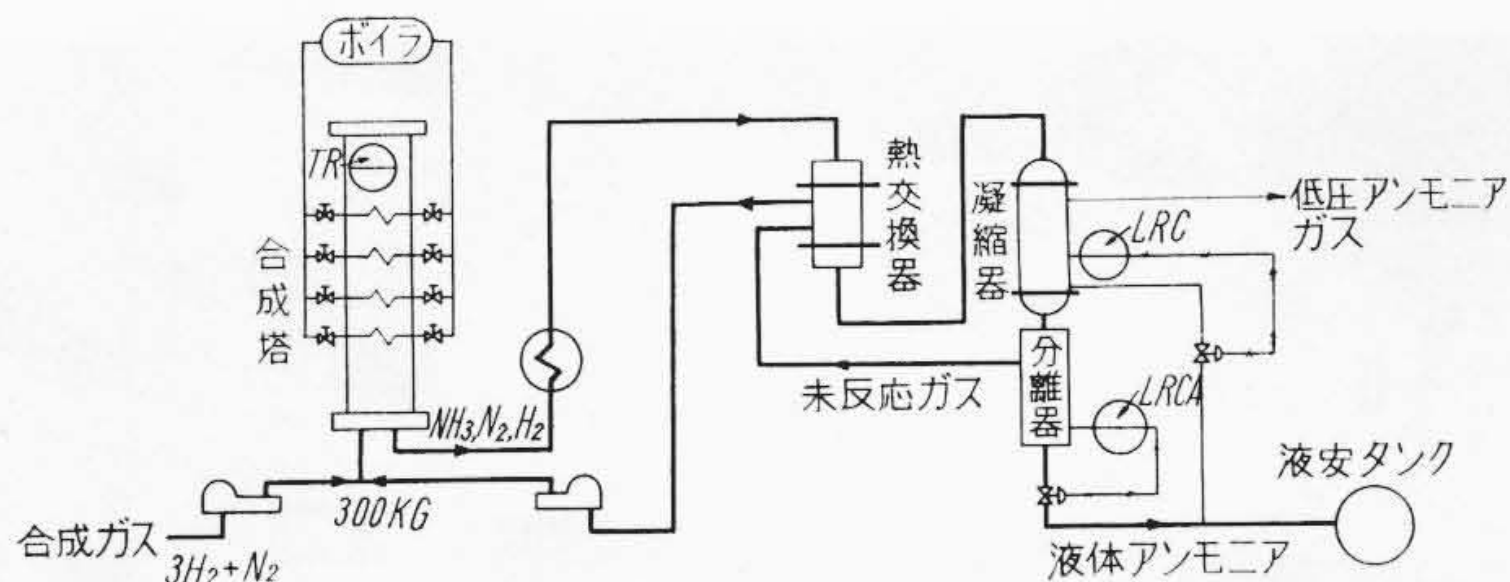


第 8 図 脱炭酸ガス工程フローシート

うにした。

また炉内温度の分布について警報設定を行なうため独立多点警報計 (X-SSR₆) を使用し各点独立に温度を監視、設定することができるようにした。検出端としては混合部温度では、混合ガスの流れに相応して測温管のそう入方向、位置を決定し、また先端熔





第9図 合成工程フローシート

接形にするなどして正確、迅速な指示をうることができるようにし、炉内温度では高温ガスの特性を考慮して外側 25 Cr-20 Ni 系の二重保護管方式を採用、また側壁温度では第6図に示す形状を採用して熱伝達を良好にして適確な測定が行なえるようにした。

前述のように運転条件が比較的爆発限界に近い場合、緊急遮断を行なう条件としては原料流量、圧力、分解炉各部温度、圧縮機関係の故障など爆発の要因となるもの全部を包含することにした。特に遮断速度を必要とする酸素系の遮断弁、酸素ラインの窒素パージ弁には油圧弁を、他はダイヤフラム式オンオフ弁を使用した。

緊急遮断はその機能から

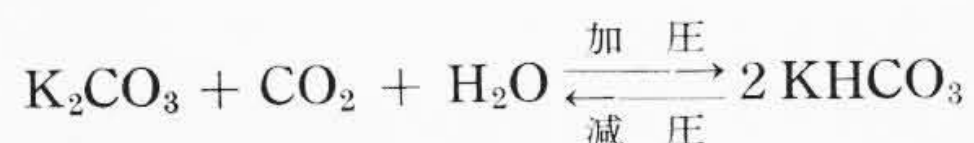
- (1) ガス源の遮断
- (2) 必要箇所の放出
- (3) 窒素パージ

に分かれ、その系統図は第7図のとおりである。油圧弁を採用することにより、従来空気圧式で数秒の遮断速度であったものを一秒以内とし、機器との協調も十分の余裕をとることができた。これら遮断弁の動作状況はセミグラフィック盤上に表示し、故障原因種別は隣接圧縮機系統制御盤に設けられた故障表示器に表示するようにした。なお空気圧式遮断弁に使用する三方口電磁弁には日立車輛用電磁弁を採用し、動作の信頼性、寿命ともに従来のこの種のものに比較してすぐれた特性を示した。

2.2 脱炭工程

2.2.1 プロセス

転化後のガスは多量の炭酸ガスを含有しており、次の窒素洗滌工程に悪影響を及ぼすためこれを除去するのであるが、特に温度の高い炭酸カリ液は加圧下で炭酸ガスを吸収し、減圧下で吸収炭酸ガスを放出するので熱炭酸カリ方法を採用している。その反応は次式のとおりでそのフローを第8図に示す。



ここで炭酸ガスの 99% は除去されるが、さらに数種の脱炭酸ガス工程を加えて 10 ppm まで除去し、次に窒素洗浄を行ない残留 CO を除去して合成工程に送る。

2.2.2 計装

各吸収塔、再生塔について吸収、放出を効率よく行なうため、それぞれ散布流量、塔底液位、圧力、温度などの測定、制御を行なっている。なお、熱炭酸カリは常温で固化するため流量検出端にはスチームトレースを実施し寒冷地で冬期においても心配のないものとした。

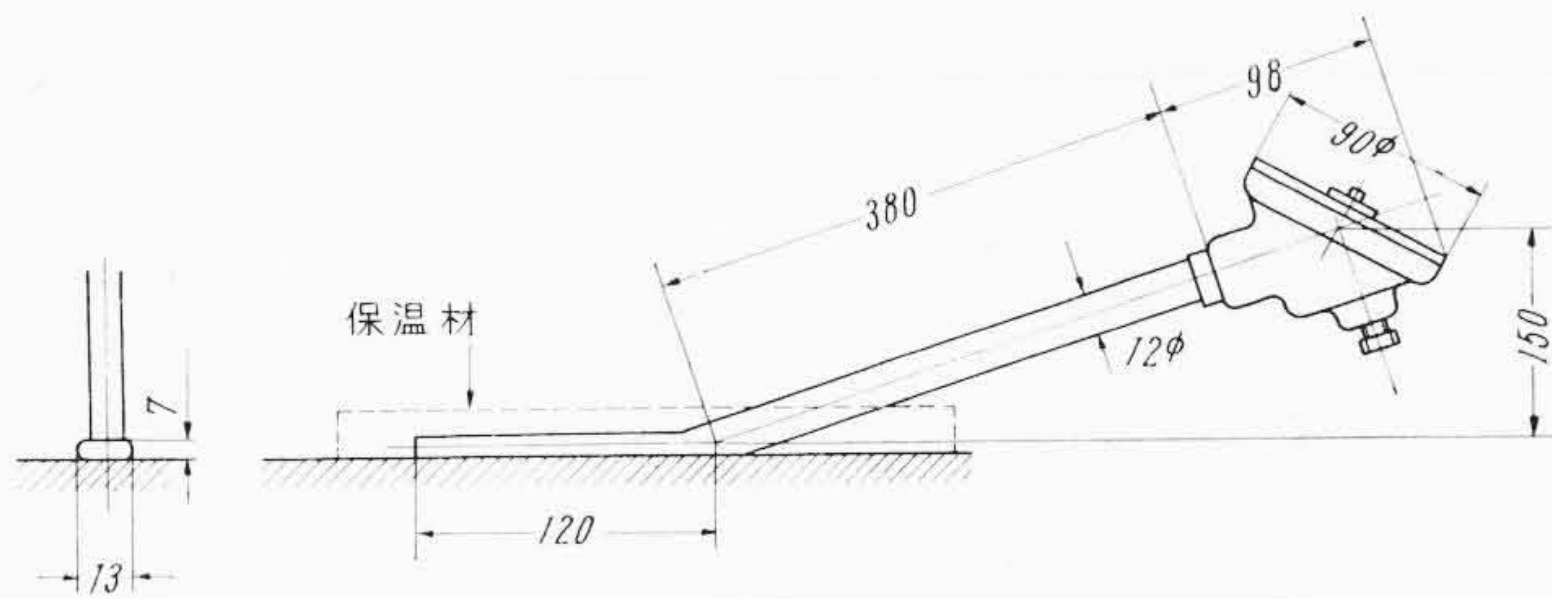
2.3 合成工程

2.3.1 プロセス

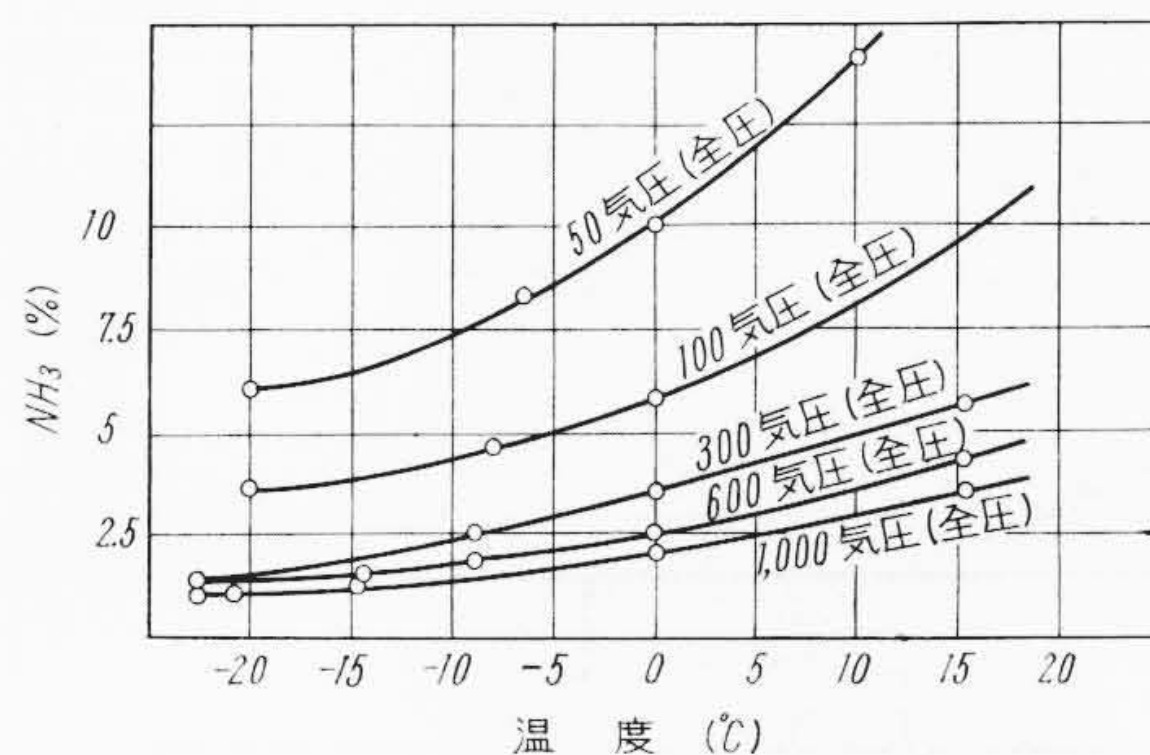
水素と窒素は所要比に混合され、合成塔内で



の反応を行なう。この反応は高圧力、低温度である程度合成率は上がるが、温度が低くなるほど反応速度がおそくなる。したがって工業的には、温度は 450~500°C、圧力は 300 kg 程度で、触媒を



第10図 配管表面温度測定用素子



第11図 3H₂+N₂ 中における NH₃ 平衡曲線

利用して反応速度を上げている。

合成工程のフローは第9図のとおりで、合成塔内では 15~25% がアンモニアに転化し、順次冷却後液体アンモニアとして未反応ガスと分離する。未反応ガスは循環してふたたび合成塔に送り込まれる。

塔内の生成熱は触媒層段間に設けた冷却管を流れる高圧水の自然循環ボイラを形成しており、循環水量を加減することによって温度制御を行なっている。

2.3.2 計装

合成塔内の熱平衡をとり、温度分布を所定の値にするため、自然循環ボイラの上昇管、下降管流量を遠方操作できるように操作ハンドルを合成工程計装盤に設置した。塔内温度は合成塔反応効率(合成率)に関係するので、重要な制御項目であるが、反応が自己平衡性をもっているので手動でも比較的制御しやすい。なお、合成塔内温度測定は、塔内圧が高圧であるので、できるだけ取り付けの簡易化を計るためと、同一軸上の温度分布を測定するため多素子サーモカップルを使用した。

また上昇管、下降管などの表面温度の測定用として第10図の特殊形検出端を用いた。

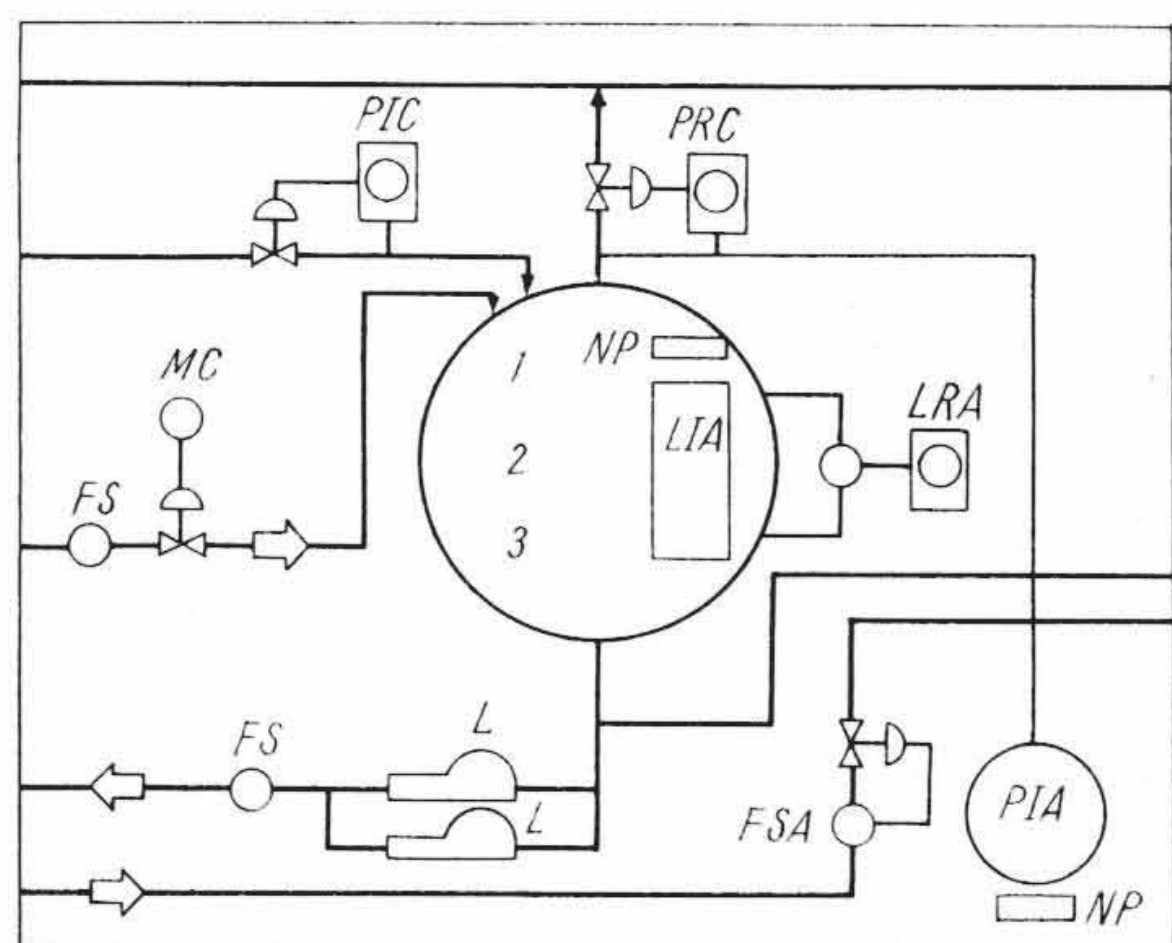
合成塔内で合成されたアンモニアガスは、冷却液化して未反応ガスと分離する。

第11図は 3H₂+N₂ ガス中の液体アンモニアとアンモニアガスの平衡濃度を示す曲線で、0°C 以下ではほとんどアンモニアガス残留量の変化はないので過度の冷却をする必要はない。

通常プロセス中の液体アンモニアの一部を気化させて、その気化熱によって合成アンモニアを液化分離する。この場合、気化する液体アンモニアの液位を制御することによって凝縮器の熱収支を維持する。液体アンモニアの液位測定は低圧ではフラッシュしやすいため、その保冷などに注意する必要がある。分離器から液体アンモニアを抽出す際、300 kg から 15 kg 程度まで減圧するので、液体アンモニアのフラッシュを伴い、この減圧弁の弁サイズ決定は問題となるところであるが、制御結果は良好である。また、本工程の緊急遮断回路としては合成圧縮機出口遮断、プロセス圧の放出、分離器抜出弁不良などによって低圧側へ高圧が侵入したときの遮断弁を設けた。

第 1 表 使用計器一覧表

項 目	検 出 端	計 器	調 節 端
温 度	サーチャイル C ₁₁₆ サーモカップル T ₁₁₂	SRV ₃₅ (指 示)	X-VPL
		VKB ₃₁ (記 録)	
		VKP ₃₁ (記録調節)	
流 量	オリフィス } FPR ベンチュリー } 体 積 式 (オーバル) 面 積 式	DU 100φ (指 示)	X-VPL
		FPQ-A (記 録)	
		PFQ-A (記録調節)	
圧 力	PB ₄₁	DU 100φ (指 示)	X-VPL
		PIB ₄₁ -P (指示調節)	
		PPQ-A (記録調節)	
液 面	D ₅₁ FPR レベルトロール	SR ₃₅ (指 示)	X-VPL
		PZB ₇₁ (指 示)	
		PIB ₄₁ -P (指示調節)	
		PLQ-A (記録調節)	



1. 各計器番号に相当した計器が下部の計器盤に配列される。ただし LIA は膜式指示計、PIA は丸形指示計でグラフィック埋込。
2. ①はポンプ運転表示、②③は測温点、⇨は流体が流れているとき、照光する。

第 12 図 グラフィック表示の一例

3. 計器と計器盤について

以上、計装について概略を述べたが、これらの計装を具体化し、いかに保守、運転、管理を合理的に運用するかは本項の計器と計装盤をどのように選択、実装するかで決まる。

3.1 計器の選定

計器を選択の基準として次の点を考慮した。

- (1) 水素、天然ガスを使用するため、できるだけ爆発の潜在的原因とみなされるシステムは避けること。
 - (2) 従来の管理、保守経験を生かすこと。
 - (3) 当面および将来の計装計画の関連性。
- これらについては、それぞれ

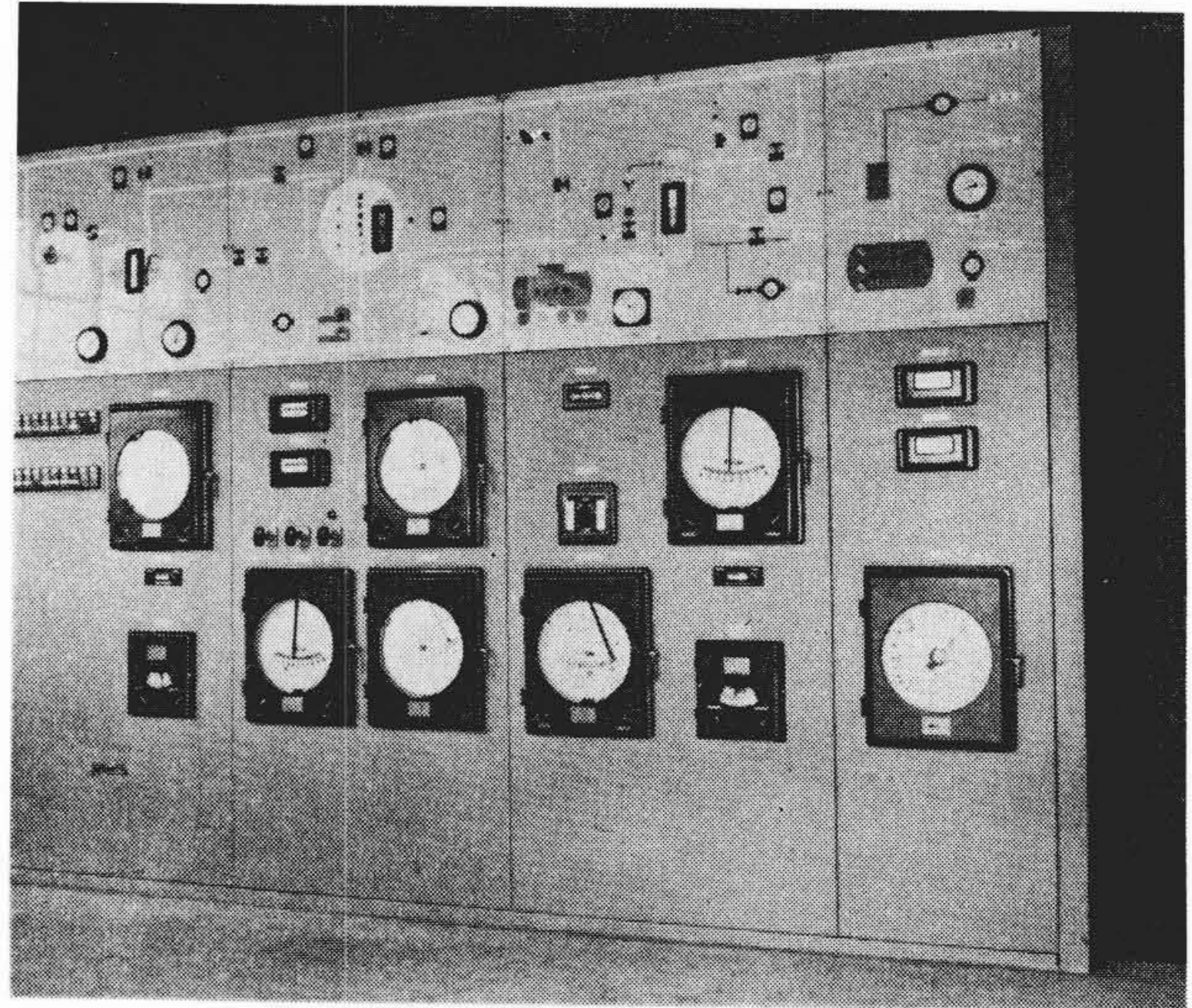
- (1) 電子式計器の信号レベルについての防爆基準が明確でない。
- (2) 経験的には空気圧式が圧倒的に多い。
- (3) さしあたってデーターロガーなど電子機器と組み合わせる計画がない。

などにより空気圧式を採用した。

また、計器サイズについては

- (1) 盤配列の関係
- (2) 見やすさ (管理、保守の容易さ)

などから大形計器とし、結局第 1 表に示すような組み合わせを採用したが、一部特殊品を除いてはすべて日立製作所製で取りまとめた。これら計器類は検出端から制御端までできるだけ互換性をもたせるよう考慮した。



第 13 図 計器盤の一部

3.2 計装盤について

従来この種プラントでは全グラフィック盤、セミグラフィック盤、図象をもたぬ計器盤の三種があり、プラント規模、フローおよび計装システムの複雑さ、使用計器の種類、盤面積と保守監視の難易などによってそれぞれ選択されている。

今回も同様事項を吟味し、第 12 図および第 13 図に示すようなセミグラフィック盤を採用したが、特に下記の点に留意し、管理、保守に便利ようにした。

- (1) 指示計は原則としてセミグラフィック内に収納し、液面指示は膜式指示計を塔槽類の象形中にそう入、温度、圧力などは丸形指示計をグラフィック下部に配列、検出点と対応させることによって直視的に理解できるようにした。
- (2) フローライン中で圧縮機、ポンプ類の運転、オンオフ弁作動、およびそれらに伴って流れる流体のフロー表示など、オンオフ動作を行なうものは、動作表示ランプをグラフィック中に納めた。連続操作、連続プロセスは特にランプなどで動作表示をなくとも、通常運転していることが明らかなので、グラフィック中にフローラインにて示すにとどめた。
- (3) 運転上直接関係のある計器 (調節計など) は上段に、管理計器は下段に配列することを原則とし、上部グラフィック中の計器シンボルと対応させるようにした。
- (4) グラフィックはアクリル透明板に裏面彫りを施して図象を浮き上らせ、裏面塗色を施した。色彩は淡青白色 (5.0 BG 8/2) を基調とし、塔槽類はパステルカラー (例: 5.0 PB 5/6) を、フローは原色 (例: 10 B 5/10) を使用し、容易にフローをは握できるようにした。

4. 結 言

以上日産化学工業株式会社長岡工場に納入したアンモニア製造設備の計装について述べた。天然ガス分解工程の計装、合成塔回りの計装など、良好な結果を得ているが、さらにプラント特性に合致した合理的計装を行ないたいと考えている。また前記計装は工業計器を主体としたものであるが、この種プラントは解析を一步進めて、ロガーそのほかを併用することにより、高効率運転などへ進むことが期待される。最後に計画から運転まで、種々ご指導、ご協力いただいた日産化学工業株式会社関係のかたがた、日立製作所関係各位に謝意を呈する。