

「常陽」コンクリート遮蔽体冷却設備の改良

窒素ガスブロワのインバータ制御化

1997年8月



動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

複製、
にて下

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

社 内 資 料
PNC T N 9440 97-014
1997年 8月



「常陽」炉コンクリート遮蔽体冷却設備の改良

窒素ガスプロワのインバータ制御化

針替 仁* 西野 一成*

長井 秋則* 今井 勝友*

要 旨

坂井 茂*

MK-III以降の「常陽」の長期的な安定運転を確保することを目的として、コンクリート遮蔽体冷却系窒素ガスプロワのインバータ制御化（窒素ガスプロワの回転数を可変することで系統へのプロワ入熱を低下させ、系統温度の低減を図る。）を第11回定期検査期間中に実施した。本報告書は、インバータ制御装置の設計、製作、据付け及び既設設備改造等の窒素ガスプロワのインバータ制御化の実施結果について取りまとめたものである。

* 大洗工学センター実験炉部原子炉第2課

目 次

1. 緒 言	1
2. 設備概要	2
3. 窒素ガスプロセスのインバータ制御化への経緯	3
3. 1 既設コンクリート遮蔽体冷却系の問題点	3
3. 2 窒素ガスプロセスのインバータ制御化の導入	3
3. 3 インバータ導入に伴うシステム検討結果	4
4. 工程実績	8
5. インバータ化の内容	9
5. 1 インバータ装置の主要仕様	9
5. 2 インバータ制御装置盤及びトランス盤の配置	10
5. 3 既設動力回路及び計装制御回路の変更	10
6. インバータ装置の機能確認結果	12
6. 1 瞬停再起動及び停電再起動	12
6. 2 インバータ始動、停止特性試験結果	12
6. 3 インバータ装置保護機能確認結果	13
6. 4 インバータ制御盤の耐震性の確認結果	13
7. インバータ化による遮コン系運転特性	14
7. 1 プロワ入熱低減の確認	14
7. 2 温度調節計によるインバータ運転特性について	16
8. 遮コン系の運転要領について	18
9. まとめ	21
10. 結 言	22
添付図表	23

1. 緒 言

「常陽」では、照射能力の向上を目的としたMK-III計画において、炉心の高中性子束化に伴い原子炉出力が増大するため除熱機能向上を目指して各種設備改造を行っている。この一環として、コンクリート遮蔽体冷却設備の除熱機能向上を図りMK-III以降の長期安定運転を確保するため、窒素ガスプロワのインバータ制御化を行った。

インバータ制御化にあたっては、窒素ガスプロワ、モータ、動力電源及び遮断器は既設のものを流用し、既設リアクトル始動系統或いはインバータ制御系統のいずれでも運転でき、更に設備の重要度に適した設計とする方針に基づき行った。改良後の運転では、プロワ入熱が当初の事前評価より多く低減できる結果となり、インバータ導入の成果が得られ、コンクリート遮蔽体冷却系の機能向上が図れた。

本報告書は、窒素ガスプロワのインバータ制御化の経緯及び実施内容について取りまとめたものである。

2. 設備概要

コンクリート遮蔽体冷却設備は、原子炉通常運転時、一次格納構造の遮蔽コンクリート部の炉容器ピット部及びペデスタル部の冷却を行うと同時に安全設計上要求される万一の再臨界事故後の崩壊熱を除去する機能を併せ持っている。

本設備は、窒素ガスプロワを用いて冷却用窒素ガスを循環させペデスタル部及び遮蔽コンクリート部を冷却除熱した後、格納容器外に設置された冷却器によって補機冷却水と熱交換するものである。

本設備の回転機器類は信頼性向上と工学的安全施設としての配慮から独立2系統の100%容量2台とし、2台とも非常用電源で運転可能であると共に動力主回路系の分離が行われている。また、回転機器類は窒素雰囲気内に設置されていてプラント運転中は人員の立ち入りが不可能なため、電流計、軸受温度計、軸受部振動計などの監視計器が取付けられている。

ペデスタル部の冷却は窒素ガス主配管から一部を分岐し、専用のブースタープロワを用いて冷却ガスを循環させて行っている。なお、本設備は格納容器床下雰囲気系設備の機能喪失の際、同設備をバックアップ冷却する機能を有している。

3. 窒素ガスプロワのインバータ制御化への経緯

3.1 既設コンクリート遮蔽体冷却系の問題点

(1) プロワ入熱の問題

窒素ガスプロワは、密閉型の 220 KW のモータで駆動されるターボプロワである。駆動力が大きく、系統ガス自己冷却しているため、その入熱が大きいことからコンクリート遮蔽体の冷却能力を減少させている。

(2) ペデスタル部温度上昇問題

ペデスタル部温度は原子炉出力 100 MW 運転時に季節によっては設計温度約 70 °C に達することがある。このため、遮コンピット部入口ダンパをプロワの負荷最大まで開け、更に遮コン冷却器の冷却水量を上げペデスタル部の温度基準を 70 °C 以下に保っている。

（

(3) プロワ起動電流の問題

窒素ガスプロワの動力回路は起動電流を抑えるため、リアクトル挿入しその低減を図っているものの、起動時には約 1300 A が 30 秒間に渡り流れ過酷なものであるため、電動機及び配線系統に大きな負担となっていた。

3.2 窒素ガスプロワのインバータ制御化の導入

前に述べた問題を解決するための対策として、①冷却ガス温度を窒素ガス冷却器冷却水の冷水化等により現在より 10 °C 下げる。②冷却ガス風量を増加するため高効率のプロワに変更する。③ダクトサイズ UP、ダンパ撤去、ダンパ全開使用による系統内圧損を低減する。について検討した。①、②の方法は効果的ではあるが、設備の大幅な改造をする必要があり、現実的なものではなかった。

③のダクトサイズ UP は構造的に不可能であるが、ダンパ全開による系統圧損の低減化は、近年回転機の速度制御に使われるようになったインバータ制御をプロワに用いれば可能であるという見通しを得た。

窒素ガスプロワをインバータ制御化すれば、遮コンピット部入口ダンパによ

って調整されている抵抗分を、同ダンパを全開とし電動機の回転数を減少でき、モータ動力、ひいてはその入熱による系統ガス温度上昇分を低減できる。また、設備の改造も回路上の変更はあるものの動的機器の改造は必要なく、即効性もあり、機能向上も図れる。

以上のことから、コンクリート遮蔽体冷却設備窒素ガスプロワのインバータ制御化を計画した。

インバータ制御化を導入した場合の遮コン系システムに対する効果について検討結果を次項に示す。

3.3 窒素ガスプロワのインバータ制御化に伴う効果について

窒素ガスプロワ用電動機にインバータ制御化を導入した場合の遮コン冷却系システムに対する効果についての検討結果を以下に示す。

(1) ペデスタル部温度の低減効果

原子炉容器と回転プラグ等重量物を支持するペデスタル構造物は、一次冷却材からの放散熱や炉心からのガンマ線等により発熱するため、コンクリート遮蔽体冷却系のうちペデスタル部冷却系により除熱される。

「常陽」の100MW定格運転時のペデスタル部温度及び冷却窒素ガス戻り温度の推移を図-1に示す。

これらの結果からペデスタル部の温度は外気温度の高い季節には、100MW運転で約70°Cであり「常陽」のコンクリートの設計温度達することがある。このため、現状の対応策として、遮コンピット部入口ダンパ及びペデ部入口ダンパの開度をプロワ負荷最大（最大電流）となるまで開け、更に遮コン冷却器の冷却水流量をトータル $20\text{ m}^3/\text{h}$ 増加させる等のペデスタル部温度上昇対策（運転指示書（原1課））を行いペデスタル部の温度を70°C以下に保っているのが現状である。

「常陽」ペデスタル部は、普通コンクリートではなく重コンクリートが使用されており、設計温度条件として70°Cが設定されているが高温域で使用した場合の構造強度の問題、遮蔽機能の問題を考慮する必要があり、極力低い温度で運転する必要性があると考えられる。（添付資料-1参照）

窒素ガスプロワのインバータ制御化を導入した場合、現状遮コンピット部入口ダンパによって調整されている抵抗分を、同ダンパを全開とし電動機の

回転数を減少でき、モータ動力、ひいてはその入熱による系統ガス温度上昇分を低減することが可能となる。

(2) 窒素ガスプロワの起動電流の低減効果

窒素ガスプロワはモータ直結であり、その起動時に大電流が流れるためリアクトル起動方式が採用されている。通常起動電流は定格電流の約6～7倍であるがリアクトル起動により約3～4倍に低減されている。

窒素ガスプロワは、約30秒間約1300(A)の起動電流が流れ。約30秒以降は約200(A)程度となり、その後吐出ダンパが全開となり定格電流370(A)の運転が行われる。

この起動電流は、電動機の熱特性カーブ上、許容時間4.7秒に対して現状は30秒とかなり近接しており、安全上好ましくない。また、この30秒間は格内に布設している動力ケーブル(MIケーブル)に大きな異音と振動が発生する現象が生じている。これは起動時の大電流によってケーブル間に強い電磁力が発生し振動となって現れるもので、MIケーブルの構造上避けるべきものであり、改善が望まれていた。

インバータ装置による始動は、電動機の定格電流を超えることなく低速から徐々に起動させるプログラムが可能となる事から上記の問題は全て皆無となる。

(3) 窒素ガスプロワの運転制御性への効果

窒素ガスプロワは、低回転で運転されており系統風量の制御は遮蔽コンクリートピット部の入口ダンパの開度を中央制御室の格納容器雰囲気調整盤(以下「84系盤」という。)のダンパ開度調整用スイッチ操作により行っている。操作は、窒素ガスプロワの電流値が定格電流370(A)を越えないよう監視しながら実施しており、100MW運転サイクル開始前の系統が昇温される前に遮コン系の最大負荷となるようにダンパの開度の設定が行われる。

窒素ガスプロワのインバータ制御化の場合、遮コン系の戻りガス温度を検出して中央制御室の84系盤に設置する温度制御器の指令信号によりプロワ回転数を可変し風量の自動制御を行う。この時の遮コンピット部入口ダンパは100%全開状態である。この状態で原子炉出力を上昇していくと遮コン系窒素ガス温度が上昇していく。温度制御器を自動制御としておけば遮コン

冷却系はこの温度上昇に見合った最適な制御が行われ、原子炉の負荷変動に追従した自動制御が可能となる。また、長期的な運転を考慮した場合、原子炉停止中にプロワを低回転での運転が可能となり、省エネ運転効果により経済性向上が図れる。

(4) 窒素ガスプロワ構造物の各部発生応力の低減効果

窒素ガスプロワは、設置当初プロワの羽根車の強度上の問題から損傷が発生した経緯がある。そのため、構造強度の設計見直しを行い羽根車の材料及び構造等の改良を実施している。従って、現状のプロワ各部の応力は許容応力に対して十分低く抑えられているが、前述の経緯を考慮するとこれらの発生応力はできる限り低くする必要がある。

窒素ガスプロワのインバータ制御化の場合、定格負荷運転において回転数が約1割低減されプロワの回転速度が低下するため、プロワの羽根車主板部、羽根板部及びリベット部の発生応力を現状より約20%低減することができる。

羽根車の各部応力評価について現状とインバータ化との比較結果を下表に示す。

窒素ガスプロワ各部応力評価結果

事項 部位	許容応力値 (kg/cm ²)	応力値(現状) (kg/cm ²)	応力値(インバータ) (kg/cm ²)	応力低減率 (%)
主板部	6700	2539	2037	約20
羽根板部	6700	633	512	約20
リベット部	4900	796	645	約20

(5) 効果に関するまとめ

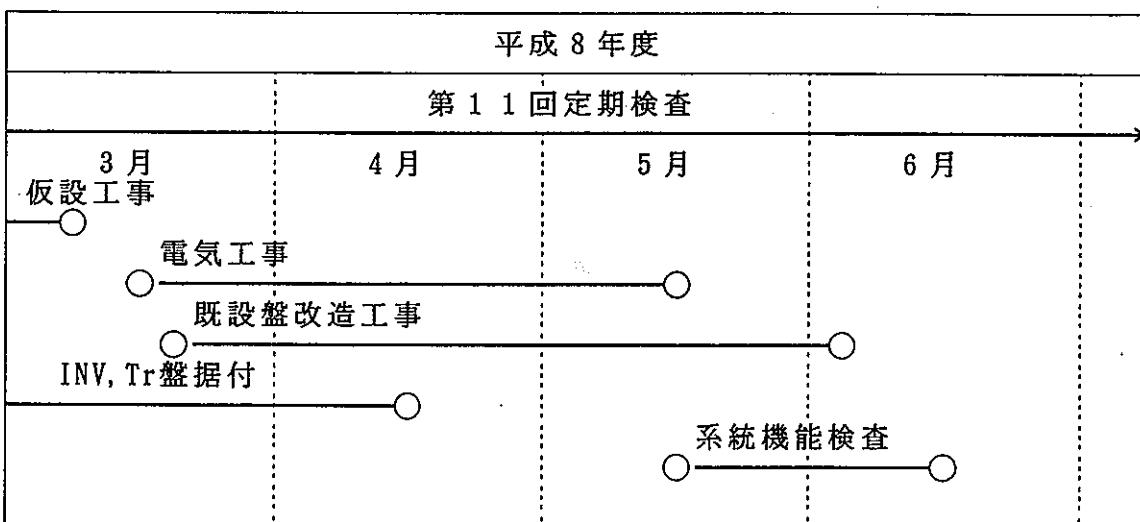
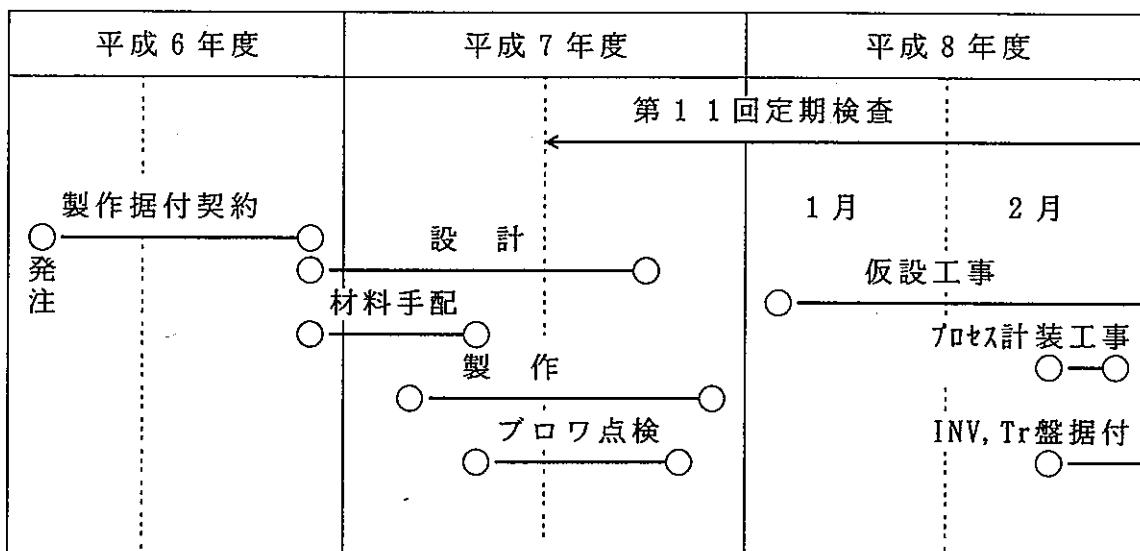
窒素ガスプロワのインバータ制御化を導入した場合の遮コン冷却系に対する効果について以下の様に評価した。

検討項目	検討結果	評価
ペデスタル部の温度低減効果	設計温度70℃ぎりぎりであったペデスタル部のコンクリート温度を約4℃ではあるが低下させることができることは、遮コン冷却系としての機能向上の観点から、その効果は大きい。	効果大
窒素ガスプロワの始動電流の低減効果	プロワ起動時の始動電流が従来の30%以下に低減される。 これまで懸念されていたモータコイル発熱による絶縁劣化やM1ケーブルの電磁力による異常振動発生などが皆無となるので電動機、ケーブルペネ等の経年劣化の観点からその効果は大きい。	効果大
窒素ガスプロワの運転制御性への効果	原子炉の負荷変動に追従した自動制御ができ制御性は改善されるが、負荷変動に対する温度変化は緩慢なことから、大きな効果は得られない。しかし、長期的に見た場合省エネ運転効果により経済性向上が図れる。	効果中
窒素ガスプロワ構造物の各部発生応力の低減効果	遮コン系の冷却という重要な機能を要求される系統機器であり、その構造強度は十分な安全裕度を有していなければならない。従って、約20%の発生応力値の低減は、長期的な運転を考慮すると効果は大きい。	効果大

4. 工程実績

窒素ガスプロワのインバータ制御化に関する機器設計、製作、据付け及び改造工事は、第11回定期検査期間中の窒素ガスプロワ及びペデスタルブースタプロワの定期自主点検終了後に実施した。以下にその実施工工程実績を示す。

実績工程表



5. インバータ化の内容

図-2に窒素ガスプロワインバータ制御化の概念を示す。

概念図に示すようにインバータ化にあたっては、次表に示す範囲を実施した。

対象機器	事項	内容
インバータ制御装置	新規製作機器	既設遮蔽コンクリート冷却系 窒素ガスプロワ A, B 号機に適用 するインバータ制御装置 2 台を新規に製作し据付けた。
入力トランス盤	新規製作機器	インバータ制御装置に必要な 電源 (480V) を供給する ため昇圧トランスを新規に製 作し据付けた。
既設動力盤	一部改造	インバータ制御装置への動力 回路形成のため、既設動力盤 からインバータ制御装置への 動力電源取り出しのための改 造を行った。
既設格納容器雰囲気調整系盤	一部改造	インバータ制御に係わる調節 計、指示計、警報等の計装品 を配置するため、既設格納容 器雰囲気調整系盤を一部改造 した。

5.1 インバータ装置の主要仕様

インバータ装置の主要仕様は次のとおり。

- (1) インバータ方式 電圧型PWMインバータ(6 パルス)
インバータ 素子 IGBT
- (2) 入力
 - ・ 入力電圧 480V
 - ・ 入力変圧器容量 370KVA(400V/480V)

・入力周波数 50Hz ± 5 %

(3) 出力

・定格容量 300KVA

・過負荷耐量 125 % 1 分

・出力周波数 5 - 50Hz

5.2 インバータ制御装置盤及びトランス盤の配置

新規に設置するインバータ制御盤は、既設動力盤との渡りケーブルルート、独立性、運転性、保守性等を考慮して、既設動力盤が設置されている原子炉附属建屋 A 1 0 2 室、A 1 1 8 室に設置した。また、インバータ制御装置に 480V の電源が必要であるため、昇圧用のトランスも同室に設置した。

図-3 にインバータ制御盤配置を示す。

5.3 動力制御電源回路及び計装回路の変更

インバータ制御盤の追加設置に伴い、既設盤（動力盤及び中制霧囲気調整系盤）のシーケンス変更を行った。

(1) 動力制御電源回路の変更

インバータの主回路電源は、既設動力盤の M C B - 1 よりインバータ盤の N F B を経由してトランスへ給電し、ここで 400V から 480V に昇圧されインバータ盤のインバータ装置へ給電される。インバータ出力は、盤内の切り換え用電磁接触器から既設動力盤の中継端子を経由しモータへ給電する回路となっている。

また、制御電源は、既設動力盤内に新たに設置した N F B からインバータ盤へ給電し、盤内トランスにより 400V から 200V へ降圧し、インバータ装置制御電源として使用している。

既設リクトル起動の主回路は、既設動力盤の M C B - 1 よりリクトルを経由してインバータ盤内に設置した切り換え用電磁接触器を介して遮コンモータへ給電する回路となっている。

図-4 に単線結線図を示す。

インバータ追加による起動、停止、トリップ等のシーケンスについては、

基本シーケンスの変更はほとんどないが、インバータ起動、リクトル起動を選択するための C O S - 3 (中央制御室の格納容器雰囲気調整系盤内に設置) の追加、インバータ故障時の警報回路の追加が主な変更点である。

図-5 及び図-6 に変更後のシーケンスを示す。

(2) 計装回路の変更 (雰囲気調整系盤の改造)

中央制御室の格納容器雰囲気調整系盤には、インバータ装置追加に伴いインバータ出力を制御する調節計、出力周波数計及び電流計をそれぞれ A、B 系の 3 台を追加設置した。また、制御用の熱電対を窒素ガスプロワ吸い込みダクト部に新たに 2 台設置した。

図-7 に格納容器雰囲気調整系盤の計器配置を示す。

図-8 に計装回路シーケンスを示す。

図-9 に制御用熱電対設置位置を示す。

6. インバータ制御化による主要な機能確認結果

6.1 瞬停再起動及び停電再起動

実機における瞬停再起動試験は、実際の瞬停を模擬することが困難であるため、それに代わる方法として、パワーセンタの遮断器を短時間でオンオフする方法で実施した。

本瞬停試験の結果、本インバータ装置は、復電検出後、モータへ励磁電流を加えモータ速度を検出しこれに見合った速度で再起動が行われ運転が継続できることを確認した。図-10に瞬停特性試験結果を示す。

停電再起動時のインバータ制御は、瞬停制御と同じ方式であるため、試験は、パワーセンタの遮断器のオンオフ時間を長くとる方法で実施した。

遮断器を切り電喪状態を模擬し、インバータ装置を停止させプロワをフリーコーストダウン状態とした。この状態から約100秒後に復電すると、これを検出しプロワの回転数に近似した出力周波数でインバータが再起動することを確認した。

なお、遮コンプロワは電喪後ディーゼル発電機による非常用電源電圧確立後自動起動するシーケンスとなっているが、インバータ装置での運転の場合、電喪から非常用電源復電まで3分以内であれば上記の再起動モードで起動するが、それを超えて復電した場合には、停止状態からの起動モードで起動することとなる。

図-11に遮コンプロワA号機のフリーコーストダウン特性を示す。

図-12に停電再起動特性試験結果を示す。

6.2 インバータ始動、停止特性試験結果

インバータで起動した場合、始動時の起動電流は、起動瞬時に50%程度（電動機定格電流370Aに対する値）上昇し、その後約15%の電流から0.5%/秒の速度勾配で徐々に昇速する結果となった。この結果、従来のリアクトル全電圧始動の電流（約1300A/30秒）に比べて十分始動電流を低くすることができた。なお、リアクトル起動時には、起動電流からモータの起動回数を制限していたが、その問題は皆無となった。

停止に関しても始動と同様に0.5%/秒で降速させ、約10%の回転数

まで降下したらインバータ装置が停止する。リクトル運転から停止した場合、プロワはフリーコーストダウン状態で停止するためプロワの羽根が完全に停止するまで長い時間を要するが、インバータ装置で停止した場合低回転まで制御し、約10%からフリーコーストダウンとなるため、プロワ羽根の停止時間は短い。

なお、遮コンプロワの機械的保護のため、運転中の最低回転数が500 RPM以下にならないようリミッタを設けている。

図-13にインバータ起動停止特性試験結果を示す。

6.3 インバータ装置保護機能確認結果

電動機の過電流保護は、既設保護継電器（OCR）を併用することとなるので、このOCR整定範囲内で行っている。

インバータ装置の故障は、重故障と軽故障があり、重故障のみがプロトトリップとなる。トリップした場合は、既設リクトル運転と同様のシーケンスで片系がバックアップ起動する。故障は、中央制御室の雰囲気調整系盤で「A N, プロワ盤異常」又は「B N, プロワ盤異常」警報が発報するとともに、インバータ制御盤面に「F A U L T」ランプが点灯する。故障内容については、同盤面表示窓に故障内容がLED表示される。なお、故障が解除されない限りリセットは出来ない。

故障項目と内容について、表-1「重故障項目及び軽故障項目リスト」に示す。

6.4 インバータ制御盤の耐震性の確認結果

遮蔽コンクリート冷却系は非常系として耐震Aクラスが適用されている。従って、インバータ装置に関しても耐震Aクラス設計で実施した。添付資料-2に耐震計算結果を示す。なお、耐震性の確認はインバータ制御盤設置後に打振試験を行ない固有振動数を測定し固有振動数が20Hz以上であることを確認した。

表-2に打振試験結果を示す。

7. インバータ化による遮コン系運転特性

7.1 プロワ入熱低減の確認

(1) インバータ導入に伴う入熱低減検討結果

設計時におけるシステム抵抗評価値と実際のシステム抵抗値とを比較すると、当然ながら前者の方が幾分大きいのが通常である。これは設計するプロワの余裕値といえるものであり、この余裕値は、現場における風量調整時にダンパ等によって相殺されるものである。

本システムにおいて、プロワのモータにインバータを導入すると、現状ダンパによって調整されている抵抗分を、モータの回転数を減少させる事によって調整できることとなり、モータ駆動力の低減及びシステムへの入熱の低減を図ることが可能となる。

現状の炉容器ピット入口ダンパ実開度を基にして、抵抗値を算出し、軸動力の低減値及びシステム入熱低減値を試算した。

① 条件

- 窒素ガスプロワの能力

30000 m³/h × 1560mmAq

- 100MW 運転時のダンパ実開度

炉容器ピット部入口 : 40%

ペデスタル部入口 : 40%

② ダンパによる抵抗値の試算

炉容器ピット入口ダンパ実開度による抵抗値を試算した。

ダンパ抵抗値 (ΔP : 全圧損失) は下式による。

$$\Delta P = \zeta \frac{\gamma V^2}{2 g} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

ΔP : 全圧損失 (mmAq)

ζ : 局部抵抗係数

γ : 流体の比重 (kgf/m³)

V : 流速 (m/s)

g : 重力加速度

上記(1)式に $\zeta = 35$ (表-4により $\theta = 50^\circ$ の値)
 $\gamma = 1.12 \text{kgf/m}^3$ (N_2 ガス, 0.1MPa, 30°C)
 $V = 12.8 \text{m}^3$ (ダクト径: $\phi 700$ 、風量: $17700 \text{m}^3/\text{h}$)

を代入すると、

$$\Delta P = 35 \times \frac{1.12 \times (12.8)^2}{9.8 \times 2} = 328 \text{mmHg}$$

となる。

③ ダンパ全開とした場合の動力及び入熱の低減評価

炉容器ピット入口ダンパの開度を100%とし、かつペデスタル系統のダンパも調整して系統全体の圧力損失を低減した上で、窒素ガスプロワモータにインバータを導入した場合の軸動力低減値に関する試算を行った。インバータ化による軸動力の変化は、系統の圧力損失の減少によるものがあり、以下のとおり試算した。

窒素ガスプロワの風量使用点 ($30000 \text{m}^3/\text{h}$)での静圧値は、プロワ能力線図より $1500 \text{ mmH}_2\text{O}$ であり、また、ピット部入口ダンパ40%開度時の圧損値は $328 \text{ mmH}_2\text{O}$ であるから、軸動力低減値は、

$$L = 220 \times \left(1 - \frac{1560 - 328}{1560} \right) = 46 \text{ KW}$$

となる。

プロワの運動エネルギーが、全て熱に変換されたものと仮定すると、

$$Q = 46 \text{ KW} \times 860 \text{ Kcal/h} \cdot \text{KW} = 39560 \text{ Kcal/h}$$

となる。

(2) 入熱低減試験結果 (図-14、図-15に入熱低減試験結果を示す。)

窒素ガスプロワのインバータ化の主目的であるプロワ入熱低減に関する特性試験を実施した。

試験は既設リアクトル運転時 (遮コンピット部入口ダンパを絞り、モータ定格負荷運転とした条件) の遮コン系統の風量を基準として、遮コンピット入口ダンパを全開でインバータ運転を行い基準風量と一致するインバータ出力

での特性を比較した。

この結果、A系は、インバータ出力68%（回転数約2000 rpm、電流197 A）で基準風量に達し、82パーセント（回転数約2500 rpm、電流283 A）でプロワの定格風量（30000 m³/h）に達する。B系は、インバータ出力73%（回転数約2200 rpm、電流202 A）で基準風量に達し、86パーセント（回転数約2550 rpm、電流280 A）でプロワの定格風量（30000 m³/h）に達する。なお、A系、B系で5%程差があるが、これはプロワ特性及びプロワ吐出経路の違いによるものと考えられる。

(3) 入熱低減試験の評価

上記の特性試験結果からA系は、約87 KW (70000 kcal/h) B系は、約66 KW (53000 kcal/h) の入熱が低減される結果となった。（表-3に入熱低減試験計算書を示す。）

7. 1 の(1)項の事前検討によれば、約42 KW (39560 kcal/h) の入熱低減が可能と評価したが、実試験では、A系においては約2倍の87 KWの低減結果であった。

事前の検討結果が過少評価となった理由としては、ピット部入口のダンパ開度が実際の開度とずれていたためと思われる。ピット部入口ダンパはその構造上、中制開度設定値と現場開度にずれが生じるため、事前評価時の圧損条件を少なく見積もった。また、圧損評価におけるダンパの抵抗低減はダンパ角度の少しのずれによって大きく変動するので評価が異なった要因であろう。

7.2 溫度調節計によるインバータ運転特性について

インバータによるプロワの可变速は、中央制御室の格納容器雰囲気調整系盤に設置した調節計により制御される。調節計は、切替えにより手動制御、自動制御運転が選択できる。

試験は、自動制御を行うための制御定数を設定するために実施した。

試験は調節計の温度設定値をステップ状に変更しインバータの追従性及びプロセス値の変化特性を確認し、制御定数を設定した。なお、試験は原子炉停止中及び空気雰囲気で遮コン系の熱負荷が小さい条件で実施しているため

温度安定性が緩慢であったが、定格出力運転時の遮コン系の温度変化率は約 $2^{\circ}\text{C}/\text{日}$ と極僅かであることを考慮すると設定した制御定数（ $P = 2, 5$, $I = 10$ ）で運転時にも十分対応できると判断する。

図-16に温度制御特性試験結果を示す。

8. 遮コン系の運転要領について

窒素ガスプロワの起動は、既設動力盤による場合と新設インバータ制御盤による場合の2つの選択ができる。

既設動力盤を使用する場合は、リアクトルによる直入れ起動方式であり、負荷電流の制限(370A)から遮コンピット部入口ダンパ(DP84-44)を絞り(35%程度)運転する必要がある。従来との変更点は、インバータ／動力盤の切替えスイッチの追加のみである。

一方、新設インバータ盤を使用する場合は、予めDP84-44を全開(100%)として、起動スイッチ(既設を使用する)によりインバータに起動指令を出しプロワを起動させ、インバータは調節計の出力設定まで、一定の変化率で徐々に昇速される。

インバータによるプロワ運転の基本操作の概要は以下のとおり。

(1) リアクトルによるプロワ起動停止

- ・動力盤内、インバータ盤内の電源を全て投入する。
- ・格納容器雰囲気調整系盤内のCOS-3をリアクトル側に切替えた後これまでのマニュアルと同様にプロワを起動停止する。

電流は、既設電流計、新設デジタル電流計双方で監視できる。

(2) インバータによるプロワ起動停止

- ・動力盤内、インバータ盤内の電源を全て投入する。
- ・格納容器雰囲気調整系盤内のCOS-3をインバータ側に切替える。
- ・遮コンピット部入口ダンパDP84-44を全開とする。

「調節計モードマニュアル運転の場合」

- ・調節計モードをマニュアルにする。
- ・調節計のMV値(%)を任意の値(16.8~80%の範囲内とする)に設定し、CSを取りとしプロワを起動させる。
- ・電流、周波数が徐々に増加することを確認する。起動後0.5%/秒で徐々に昇速し、MV設定値に到達したら設定値の回転数で連続運転する。
- ・電流値及び周波数が安定していることを確認する。

- ・ プロワ風量を変更する場合は、M V 値の上昇、下降を行う。
- ・ プロワ停止は、C S を切（グリーンランプ点灯）とし、周波数が徐々に下降することを確認する。
- ・ 周波数は約 5 H z まで低下後電流値ゼロ、周波数ゼロとなりインバータが停止したことを確認する。

「調節計モードオート運転の場合」

- ・ 調節計モードをオートにする。
- ・ P V （遮コン系出口ガス温度）値を調節計で設定する。
- ・ C S を入りとしプロワを起動させる。
- ・ 電流、周波数が徐々に増加することを確認する。起動後 0. 5 % / 秒で徐々に昇速し、70 % 出力到達後 P I D 制御動作を開始する。
- ・ プロワ停止は、C S を切（グリーンランプ点灯）とし、周波数が徐々に下降することを確認する。
- ・ 周波数は約 5 H z まで低下後電流値ゼロ、周波数ゼロとなりインバータが停止したことを確認する。調節計 M V 値はゼロとなる。

(3) 瞬停の動作

瞬時停電時には、復電検出後インバータはモータ速度を検出しこれに見合った速度で再起動を行い、その後調節計出力に追随し、運転を継続する。

(4) 停電復帰時の動作

停電再起動の場合には、非常用電源が復電後（ディーゼル運転）瞬停同様に再起動され、その後調節計に追随し、運転を継続する。

(5) インバータ運転時の注意事項

- ・ 調節計マニュアルモードでは、M V 値を 80 % 以上としないこと。
ピット部ダンパ全開の場合、80 % 以上とした時、プロワ定格風量を超えてしまうためである。なお、オートモードでは、リミッタで制限されるので問題ない。
- ・ 調節計マニュアルモードでは、M V 値を 16. 8 % 以下としないこと。
プロワ保護のため、最低 500 r p m 以下で運転しない。インバータ自体に

下限リミッタを設けてあるので問題はないが、運転要領として制限する。

- ・プロワを停止後に短時間で同系統のプロワの再起動は行わない。

プロワが停止状態から起動することでインバータ制御回路を調整しているため、プロワがフリーランで回転途中に起動した場合、トリップする可能性がある。停止後10分程度後に再起動をする。

9. まとめ

コンクリート遮蔽体冷却系の窒素ガスプロワにインバータ制御を導入した結果、次の成果が得られた。

(1) プロワ入熱について

インバータ特性試験の結果、A系 87 KW、B系 66 KW（熱量換算で A 系 70160 Kcal, B 系 53040 Kcal）の入熱低減があり、系統の冷却機能向上が図れた。

(2) ペデスタル部の温度について

原子炉運転時の確認を行っていないため、実績結果はないが、前項のとおり入熱低減分ペデスタル部の温度低減が見込まれる。これらについては、今後原子炉の運転時に確認する予定である。

(3) 窒素ガスプロワの起動電流について

インバータによる起動電流は、定格の 15%程度であり、これまでのリアクトル起動時の起動電流の問題はなくなった。

(4) 窒素ガスプロワの運転制御性について

系統の風量調整がこれまでのダンパから系統ガス温度制御となった。遮コン系の温度調節計を自動モードとしておけば、系統負荷変動に対応しプロワの風量の自動制御が可能となり、運転制御性が向上した。

(5) 原子炉停止中の省エネ運転について

これまで窒素ガスプロワは、熱負荷のない原子炉停止中でも常に定格運転を行っていたため電力消費量が多くなったが、インバータ化によってプロワ回転数を低下させ運転することができるようになり、20%回転数で運転した場合、これまでと比較して電力費は 1/5 となり、長期的な運転を考慮した場合、省エネ運転効果により経済性向上が図れた。

(6) プロワ吐出圧の低減効果について

現状遮コンピット部入口ダンパによって調整されている抵抗分を、同ダンパを全開とし電動機の回転数が約 30%減少し、プロワ吐出圧が約 500 mm Aq 低減した。遮コン系は閉ループ運転制御され窒素による系内の圧力制御を行っているため、系統から床下への窒素の漏れ込みによって窒素消費量が多かったが、圧力低減によって若干の窒素消費量低下が望める。

10. 結 言

窒素ガスプロワ用電動機にインバータ制御化を導入した結果、遮コン冷却系へのプロワ入熱低減効果が確認でき、導入の成果が得られた。

しかし、インバータ運転に伴い一次系ナトリウムレベル計に対するノイズの影響があることが判明したため、インバータ装置側でノイズ対策を施しA号機に関しては影響のない程度にノイズを低減し運転を実施している。

また、B号機については、完全にノイズ除去が出来なかったため、今後ケーブルルートの調査等を実施し、ノイズ対策を実施する計画である。

添付図表

図-1 原子炉起動時の遮蔽遮コンクリート系温度の推移	24
図-2 インバータ制御化の概念図	25
図-3 インバータ制御盤配置図	26
図-4 単線結線図	27
図-5 窒素ガスプロワシーケンス図(1/2)	28
図-6 窒素ガスプロワシーケンス図(2/2)	29
図-7 格納容器雰囲気調整系盤の計器配置図	30
図-8 インバータ制御計装回路シーケンス図	31
図-9 温度制御用熱電対配置図	32
図-10 瞬時停電再起動特性試験結果	33
図-11 窒素ガスプロワフリーコストダウン特性(A系)	34
図-12 停電再起動特性試験結果	35
図-13 インバータ起動停止特性試験結果	36
図-14 窒素ガスプロワA入熱低減試験結果(1/3)~(3/3)	37
図-15 窒素ガスプロワB入熱低減試験結果(1/3)~(3/3)	40
図-16 インバータ温度制御特性試験結果	43
表-1 インバータ故障項目リスト	44
表-2 インバータ盤打振試験結果	45
表-3 窒素ガスプロワ入熱低減計算書	46
表-4 ダンパの損失係数	47
添付資料1 耐震計算書	48
添付資料2 「常陽」ペデスタル部のコンクリート温度について	58

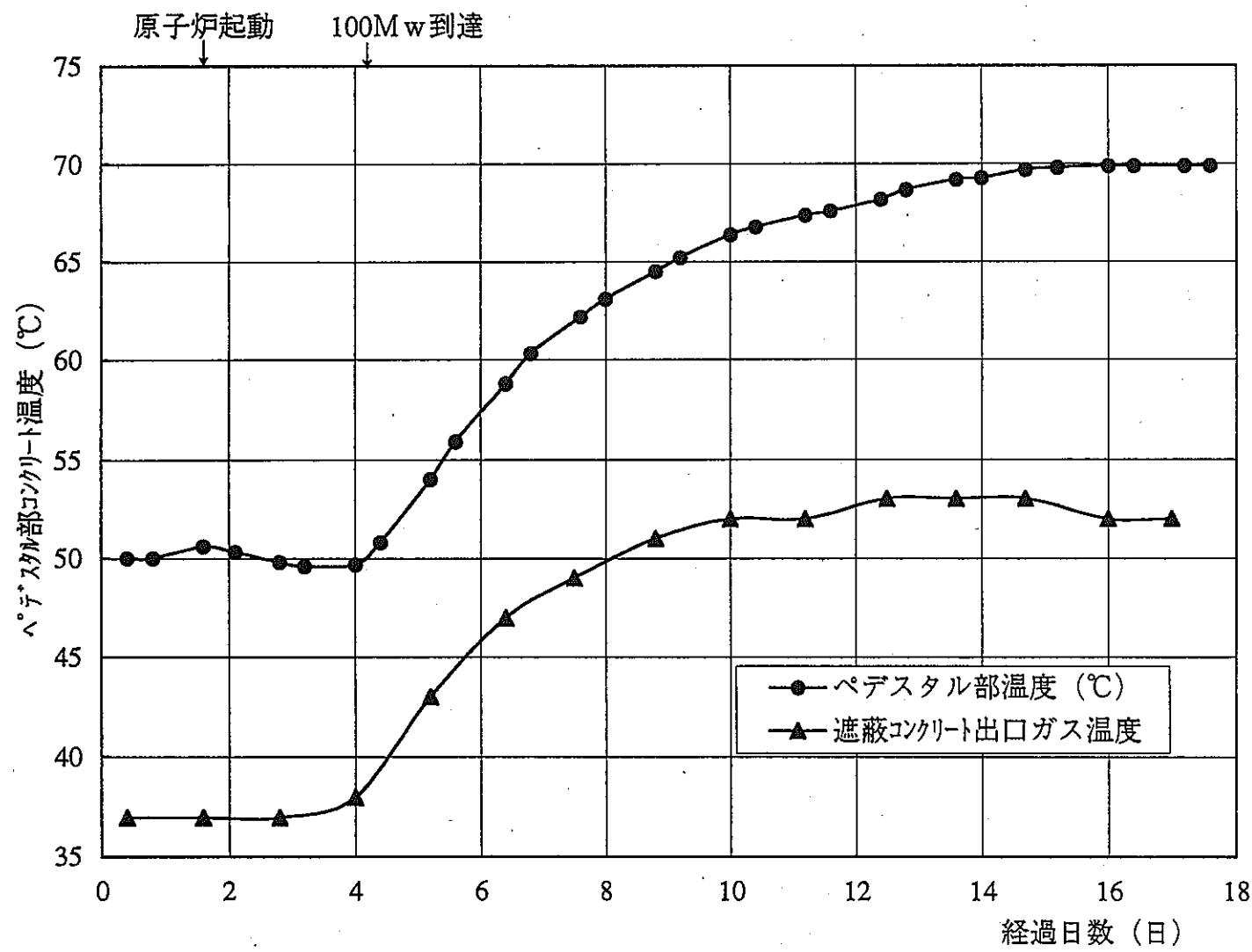


図-1 原子炉起動時の遮蔽コンクリート系温度の推移

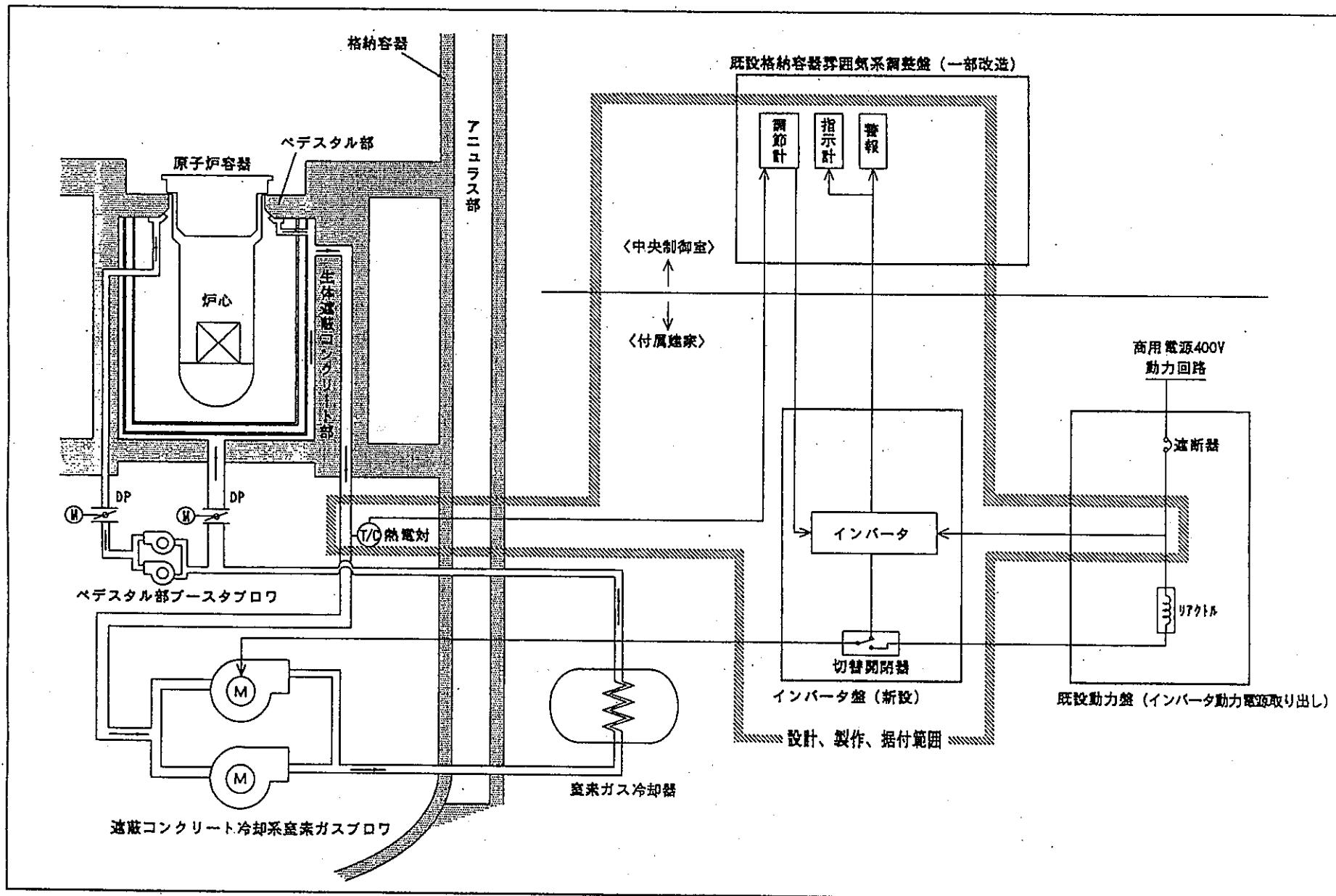


図-2 インバータ制御化の概念図

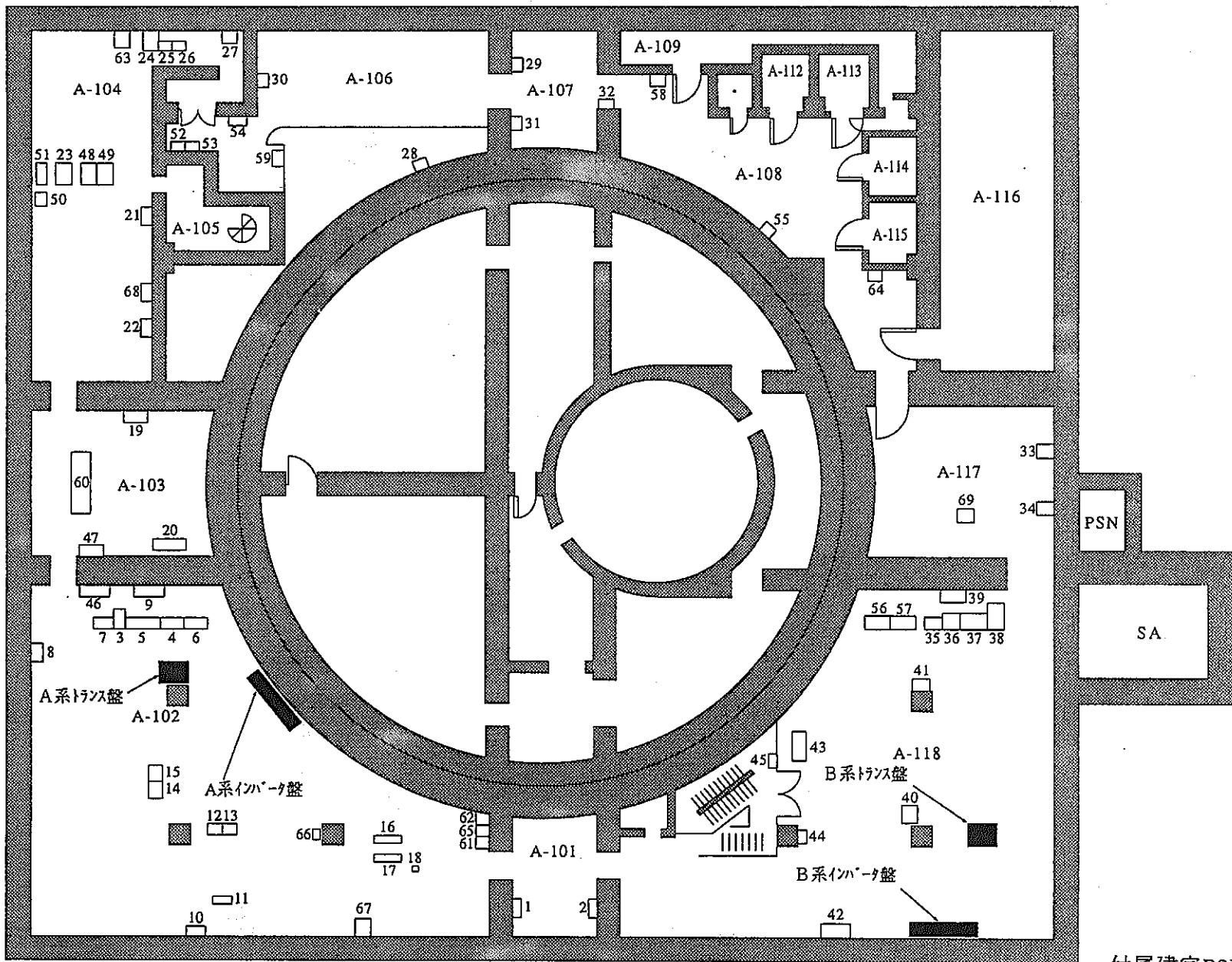


図-3 インバータ制御盤配置図

2C P/C(A705 312) (2D P/C(A707 332)

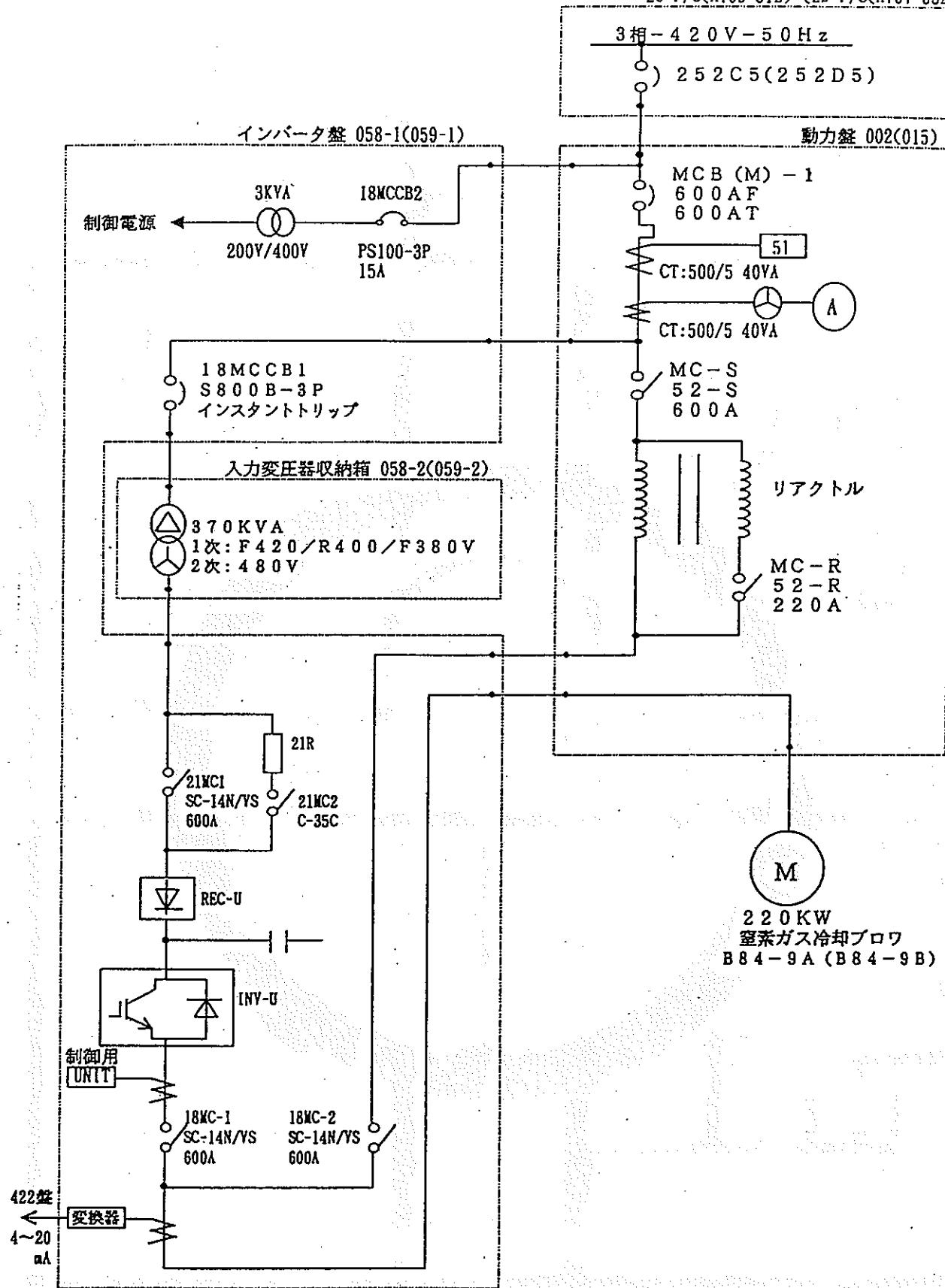


図-4 単線結線図

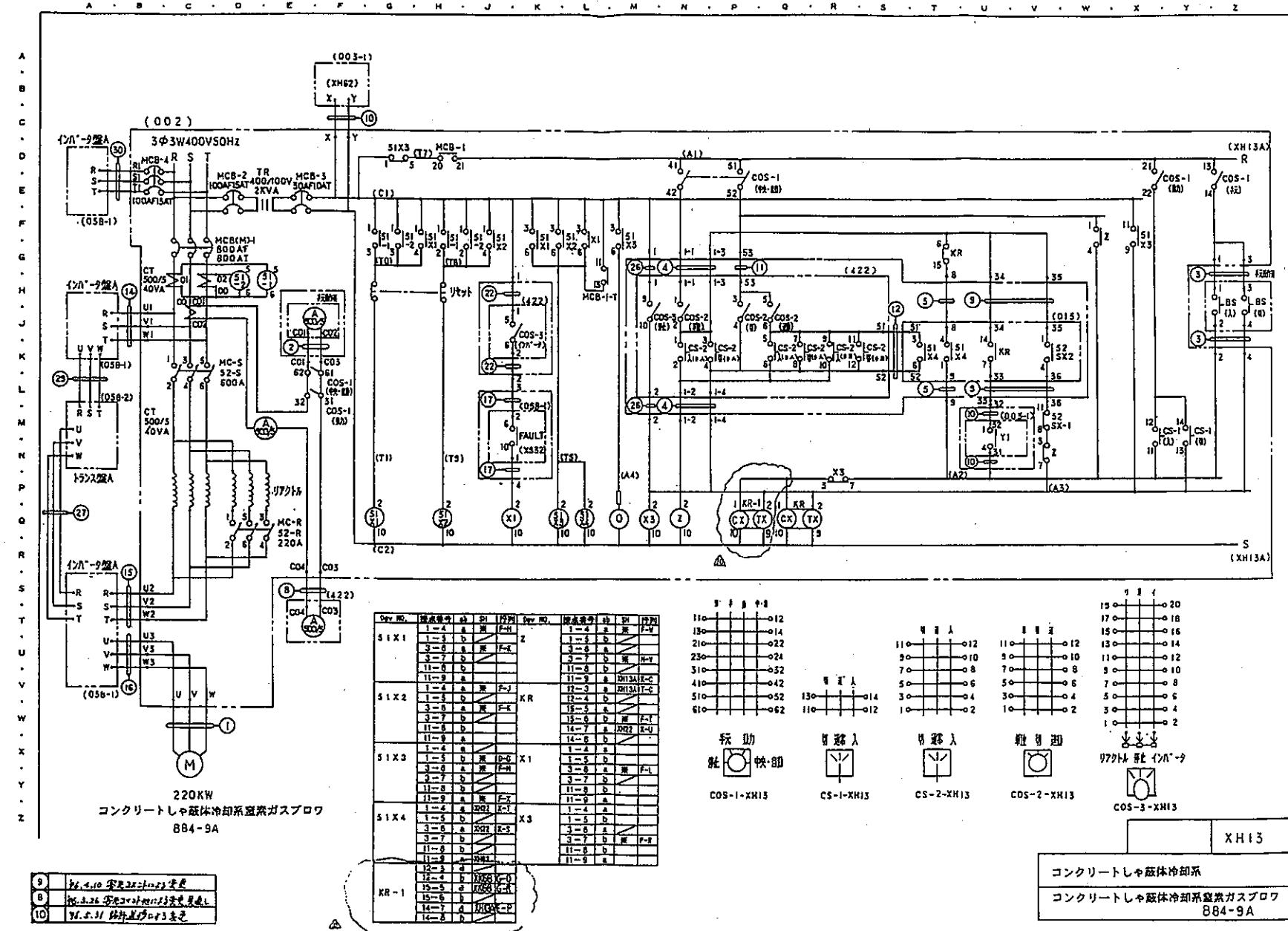


図-5 窒素ガスプロワシーケンス図 (1/2)

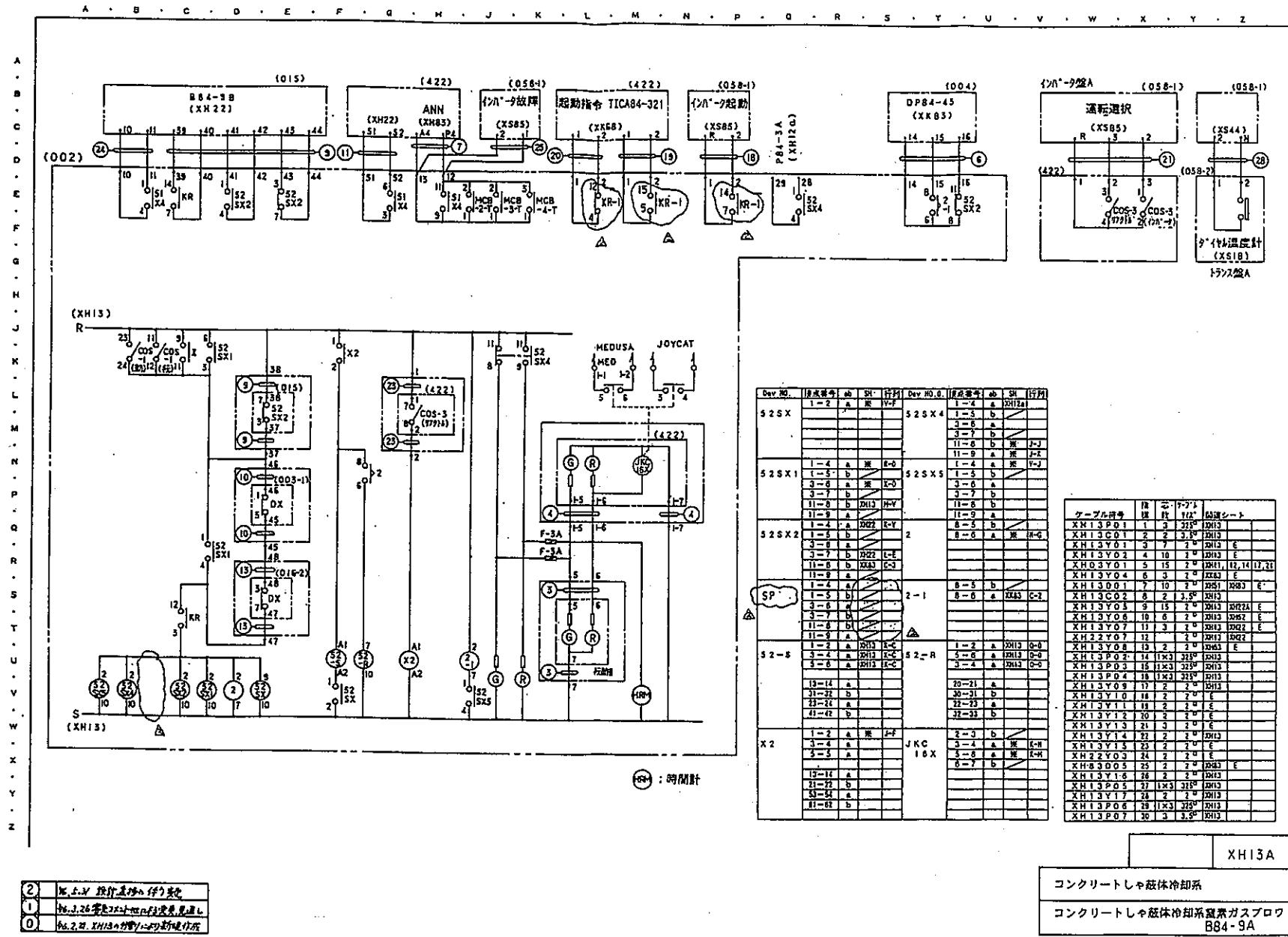


図-6 窒素ガスプロワシーケンス図(2/2)

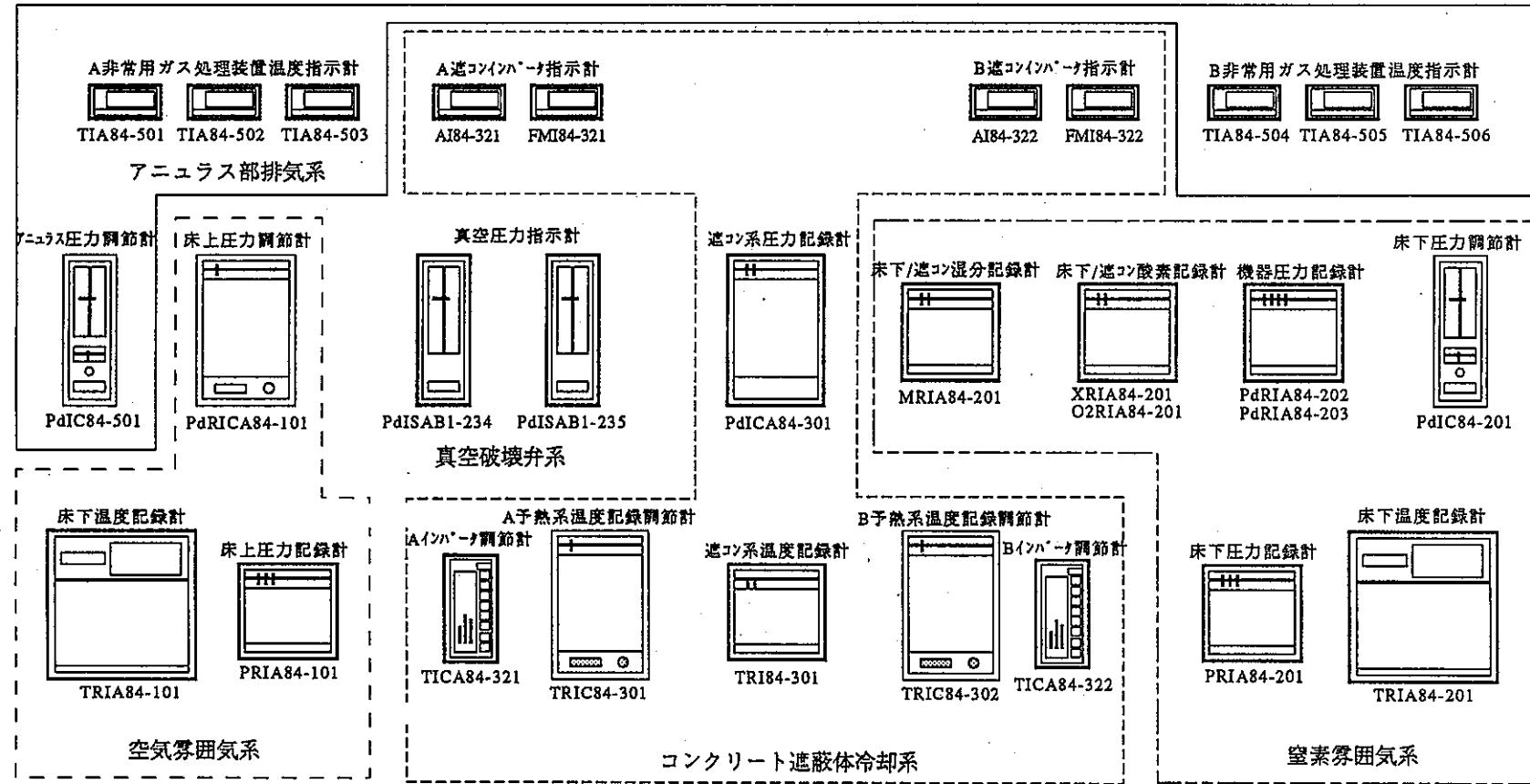
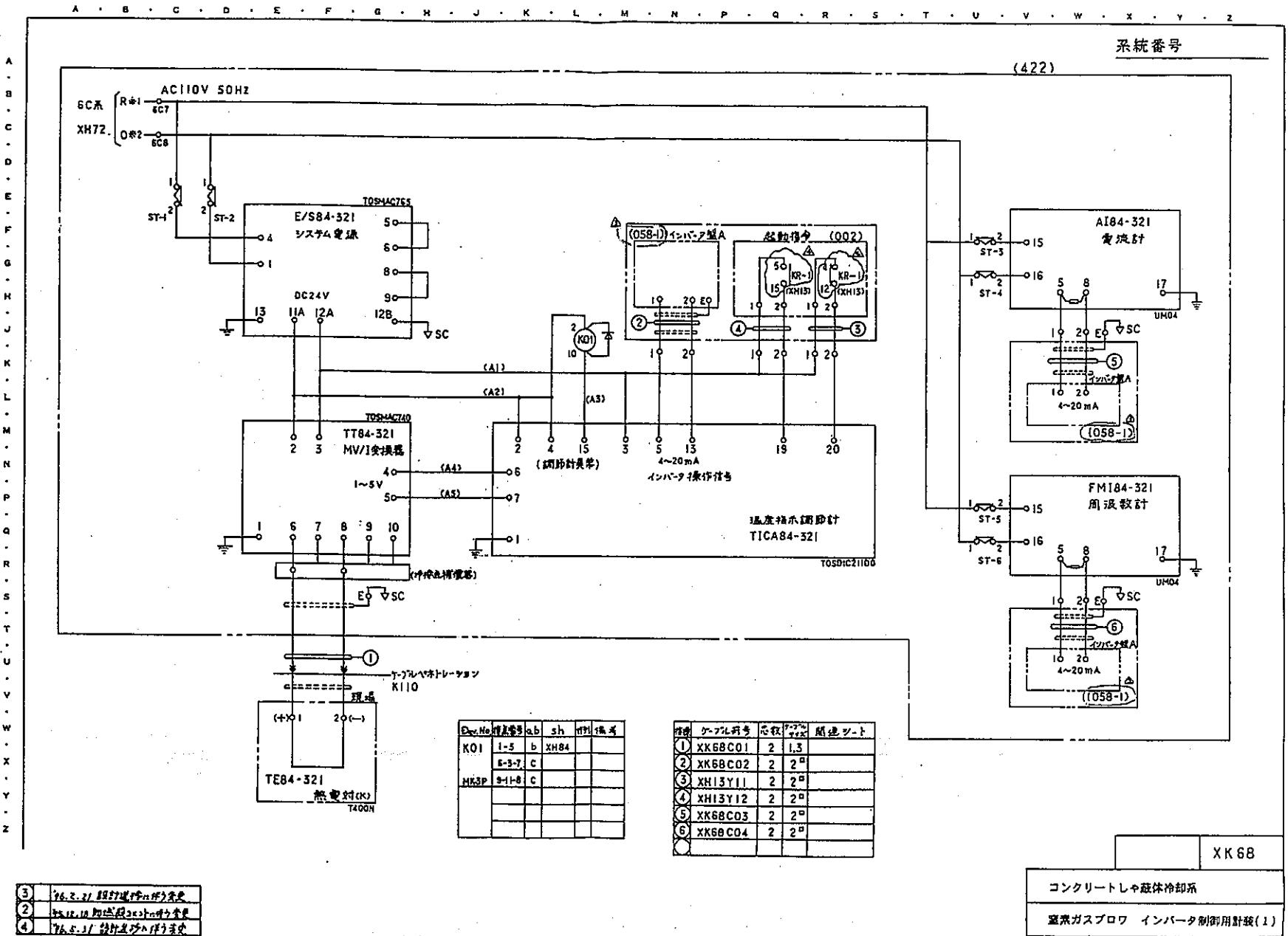


図-7 格納容器霧囲気調整盤の計器配置図



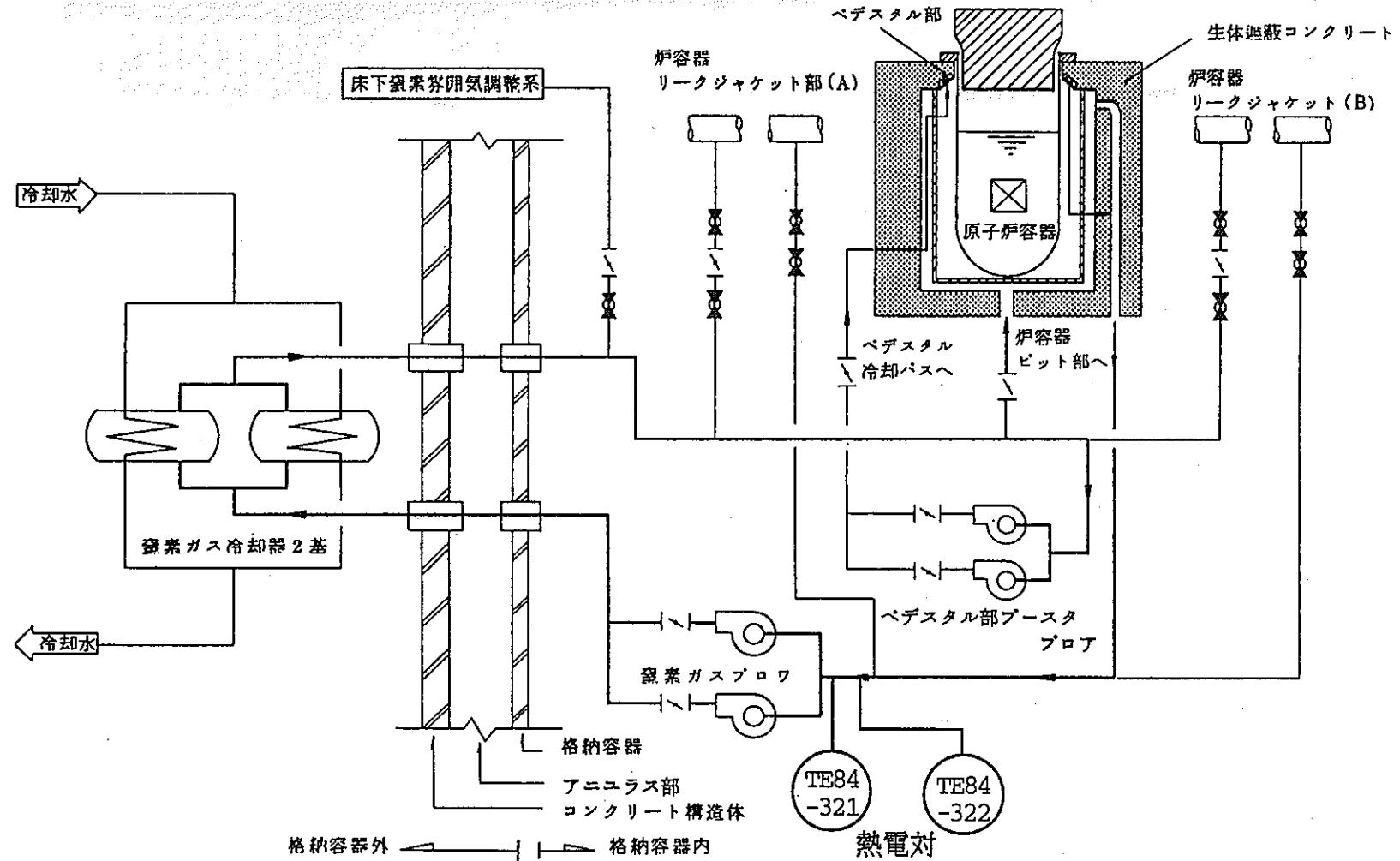


図-9 溫度制御用熱電対配置図

用 油 ヨコト-1-400V-2970 rpm
 製番 2080032 FP0003 オシロ名称 停電再起動試験
 定格 2P-220kW-400V-2970 rpm-370A
 试验日 1996-5-31 试验者 中川ノ佐
 (備考) A系 100%速度 0.5s停電 プロク直結運転

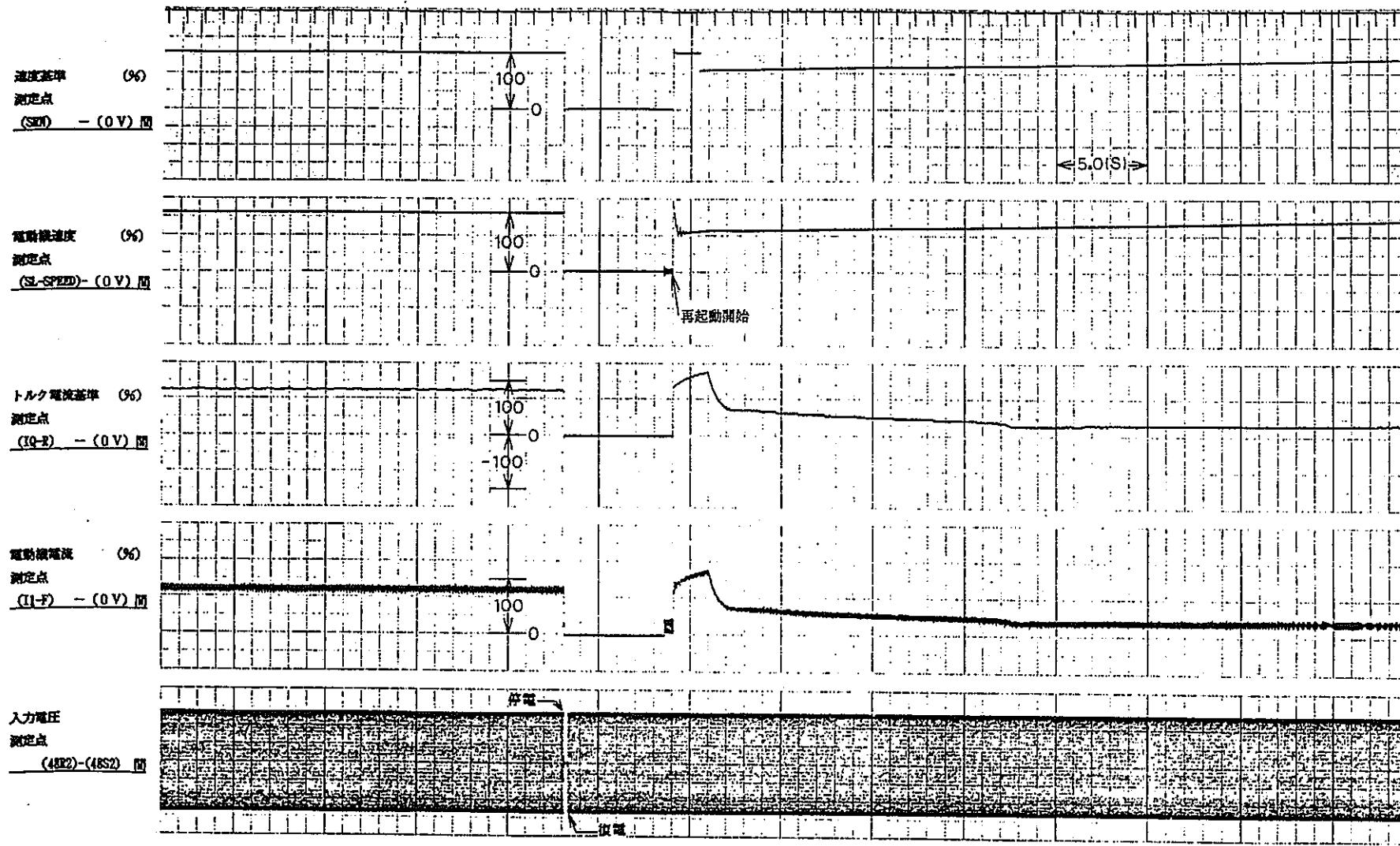


図-10 瞬時停電再起動特性試験結果

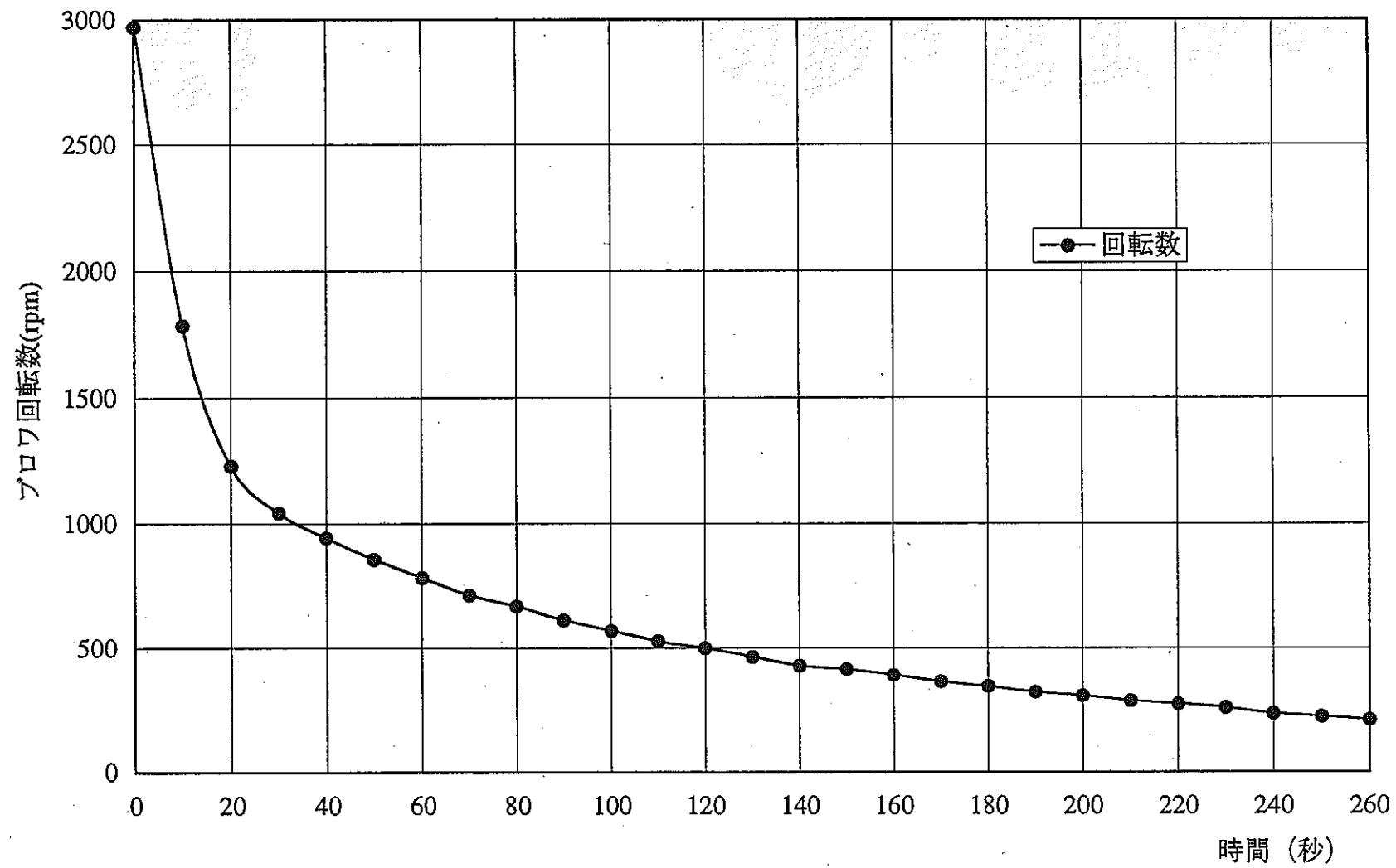


図-11 窒素ガスプロワ (A) フリーコーストダウン特性

用 氏 ユニット電機株式会社
 製 番 2030032 FF0003 展 開 図 7K3AB523
 定 格 2P - 220kW - 400V - 2970 r.p.m - 370A
 試験日 1996-5-31 試験者 中川/佐藤
 (参考) A系 100%速度 100s停電 プロウ直結運転

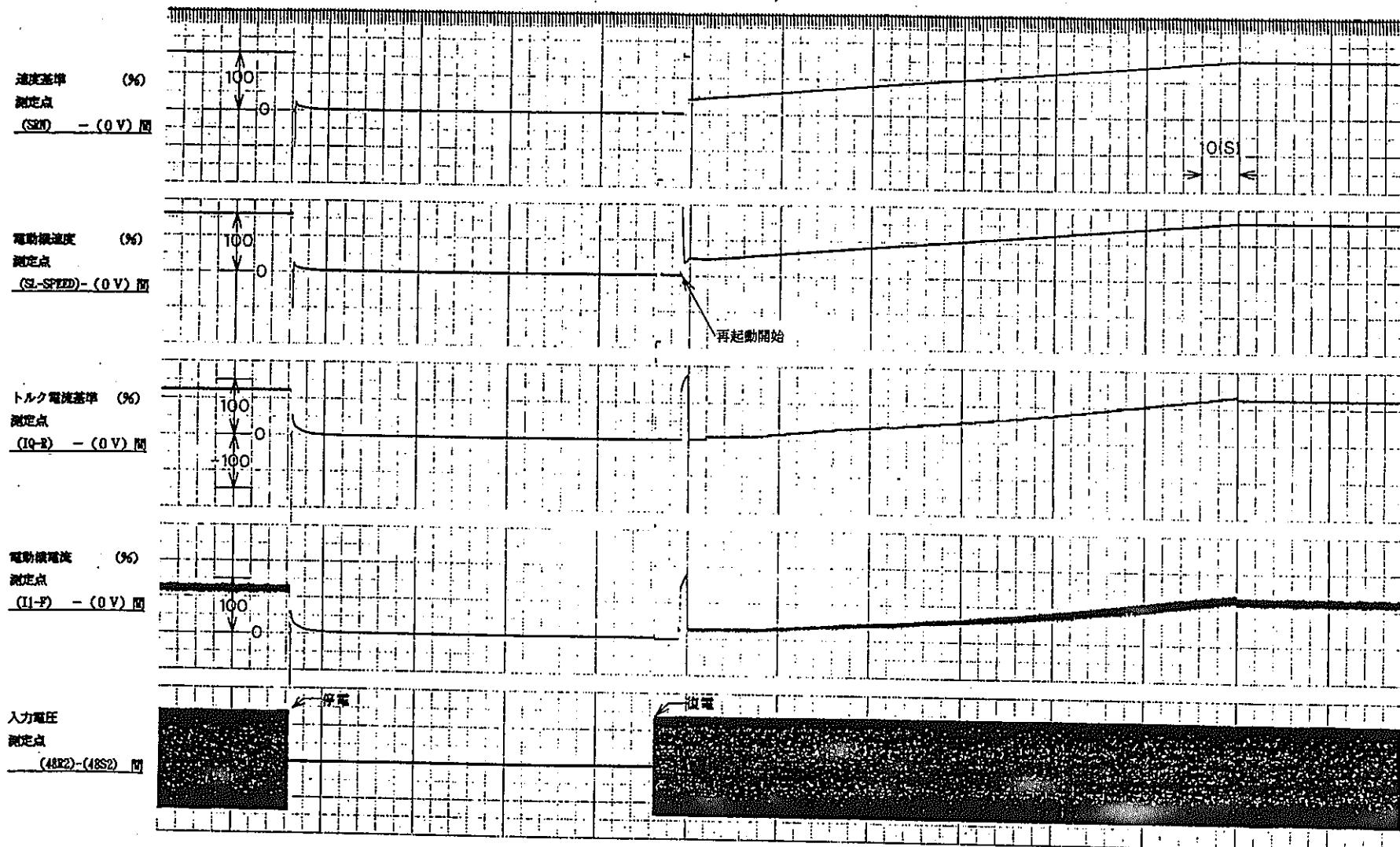


図-1-2 停電再起動特性試験結果

用 途	コンクリート運搬車用プロワINV	オシロ名称	加減速特性
製 番	2080032 FF0003	展開図	7K3AB523
定 格	2 P - 220kW - 400V - 2970 rpm - 370A		
試 験 日	1996 - 5 - 31	試 験 者	中川 / 佐藤

(備考) A系 异速率0.5%/s プロワ直結運転

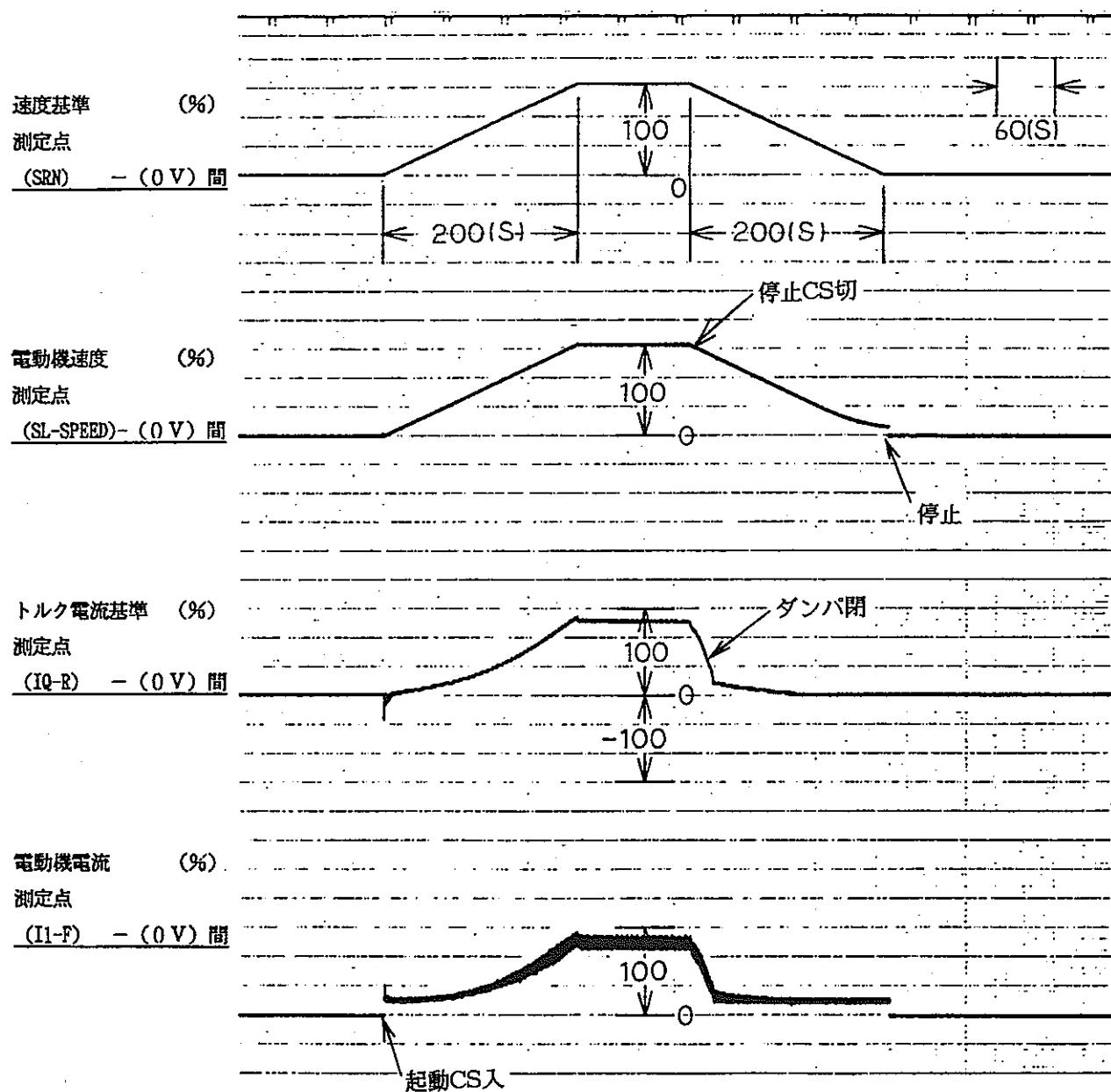


図-13 インバータ起動停止特性試験結果

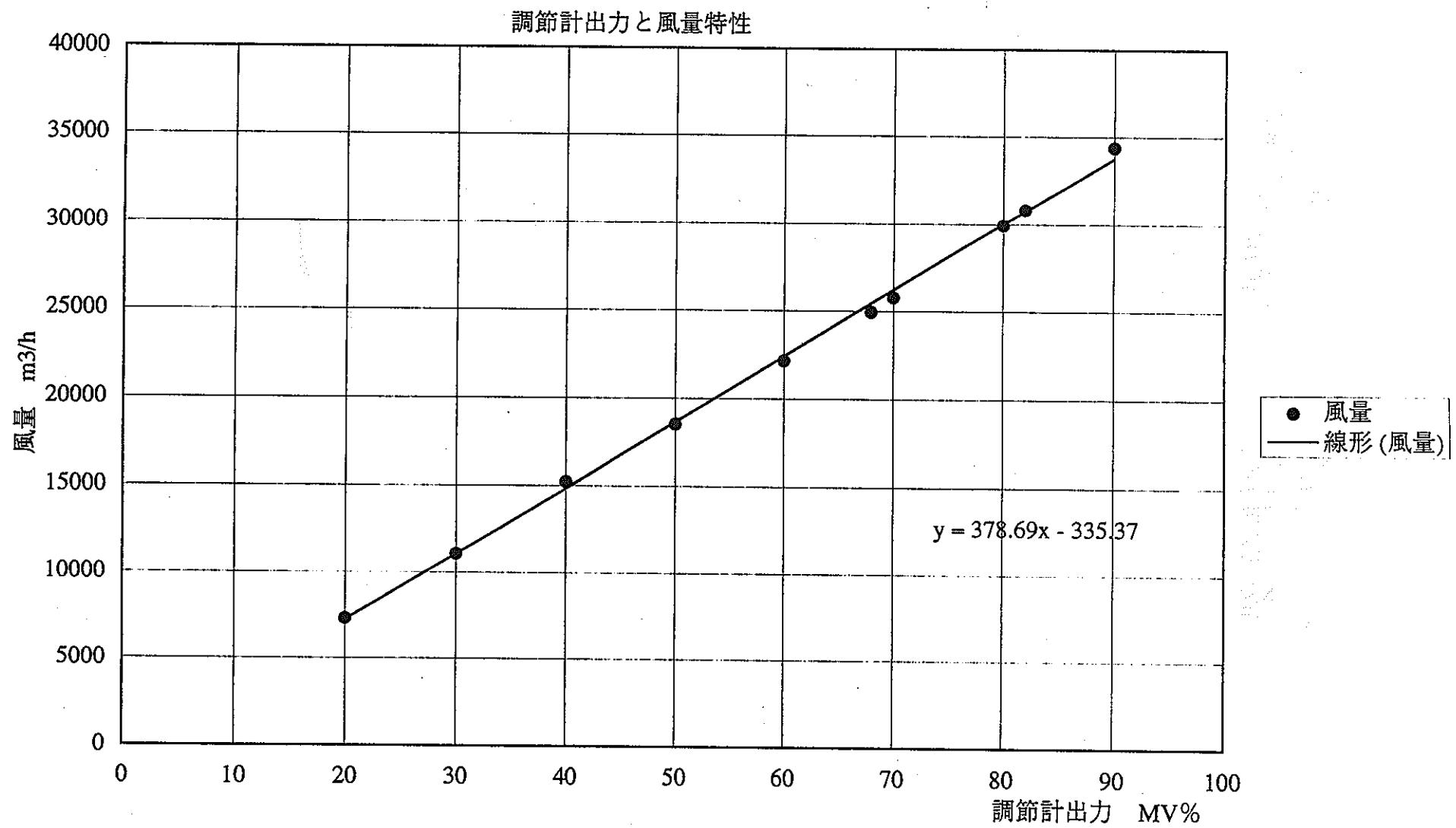


図-14 窒素ガスフロア入熱低減試験結果(1/3)

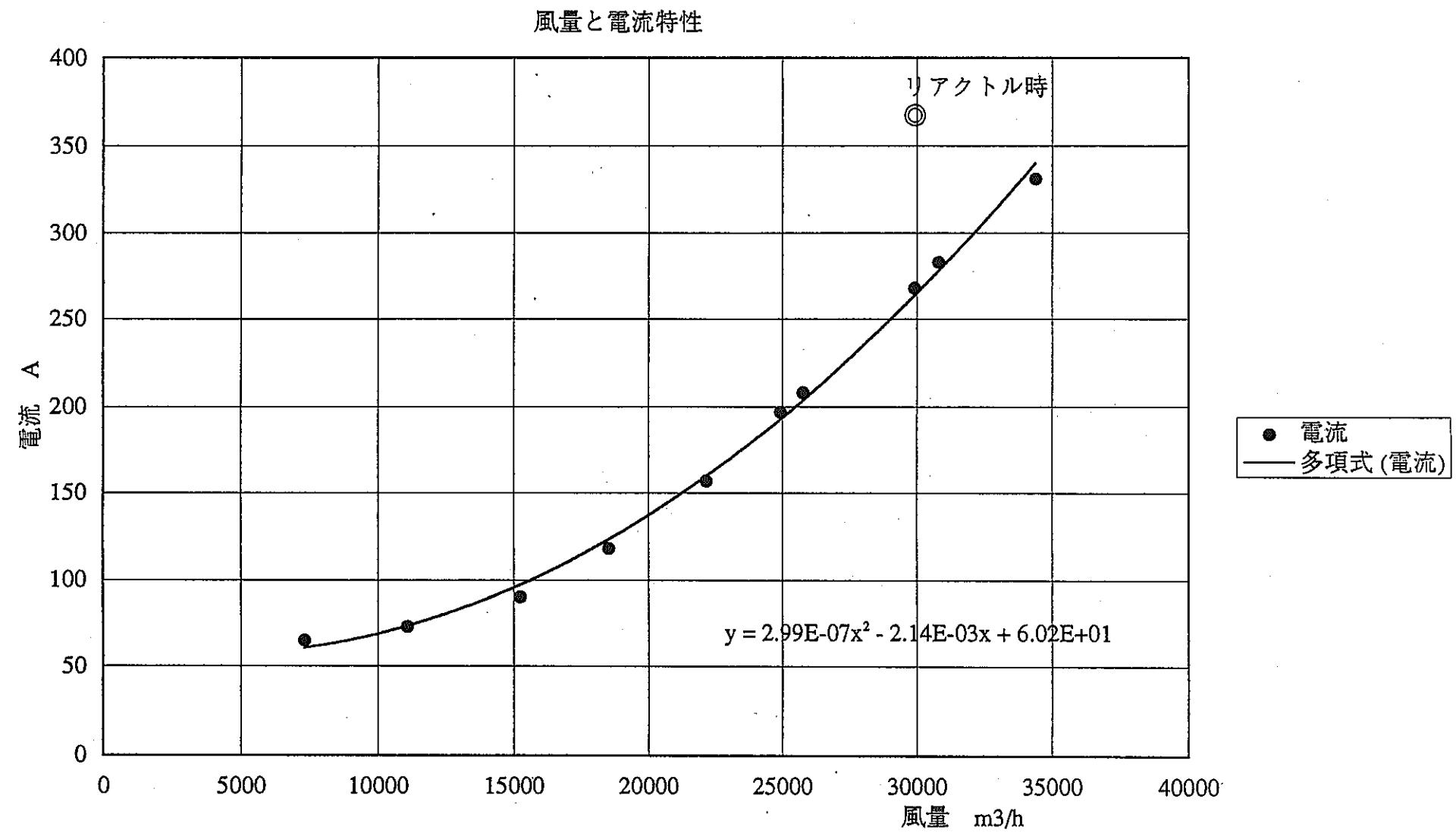


図-14 窒素ガスプロア入熱低減試験結果(2/3)

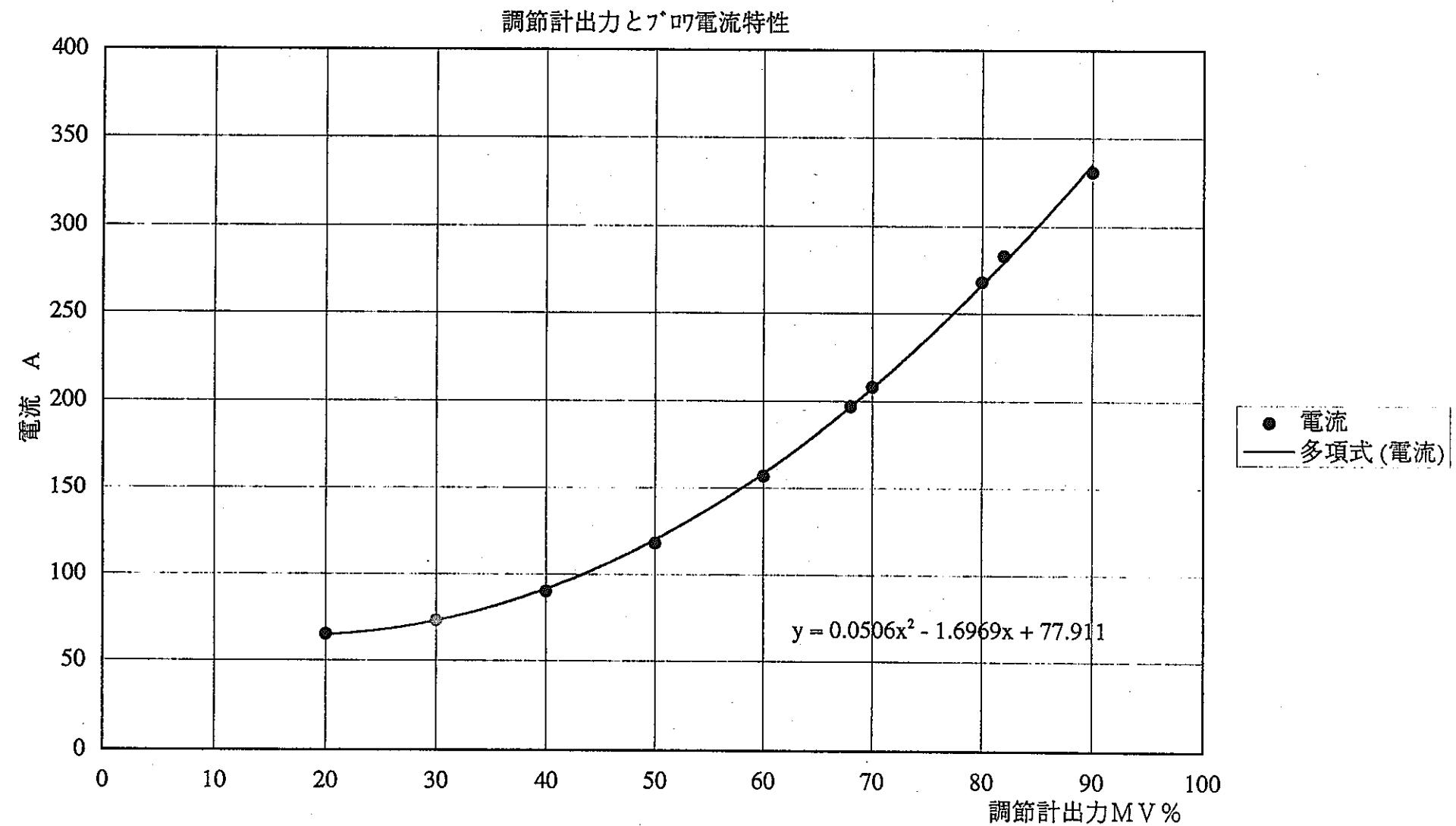


図-14 窒素ガスアモルファス電流特性試験結果(3/3)

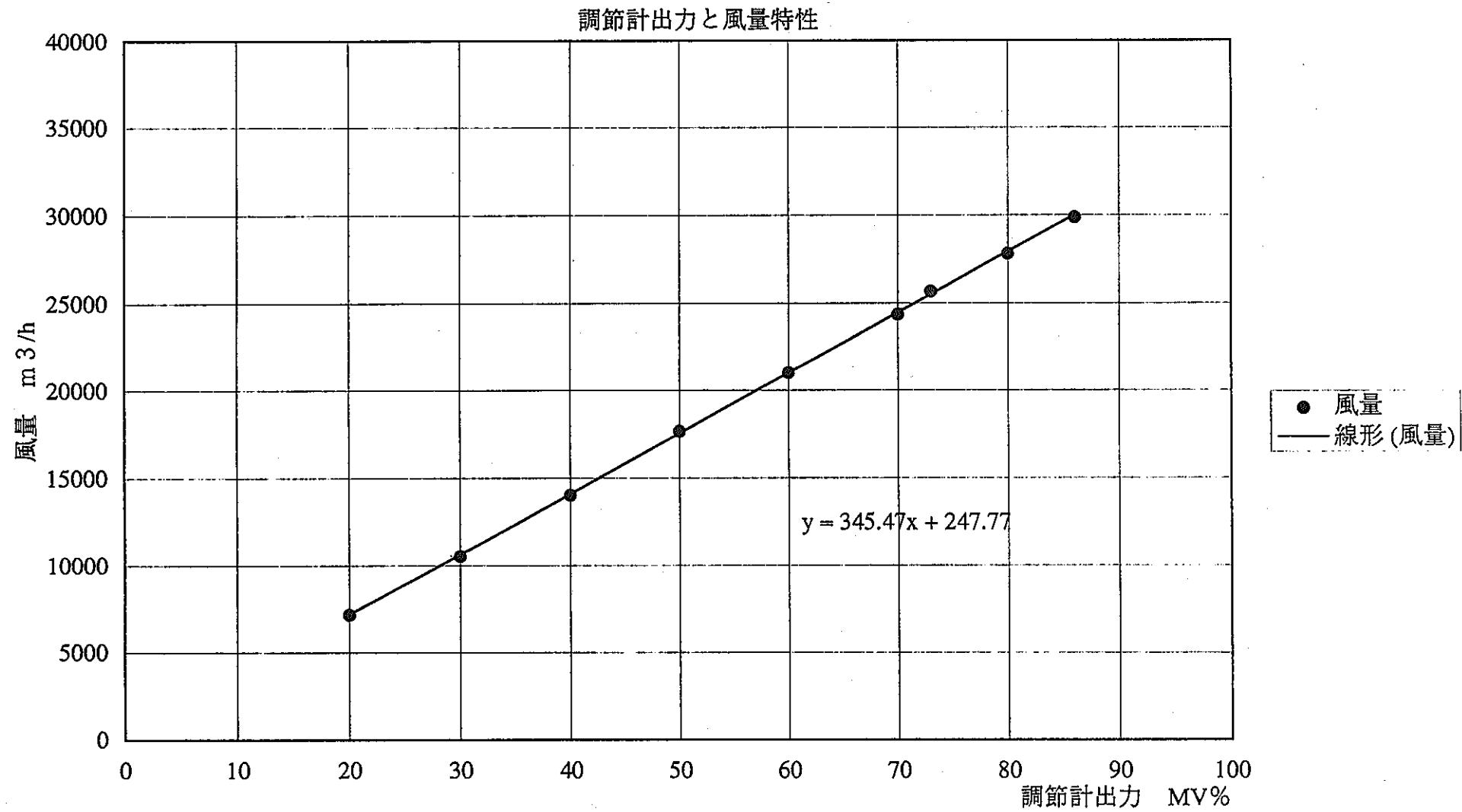


図-15 窓素ガスB入熱低減試験結果(1/3)

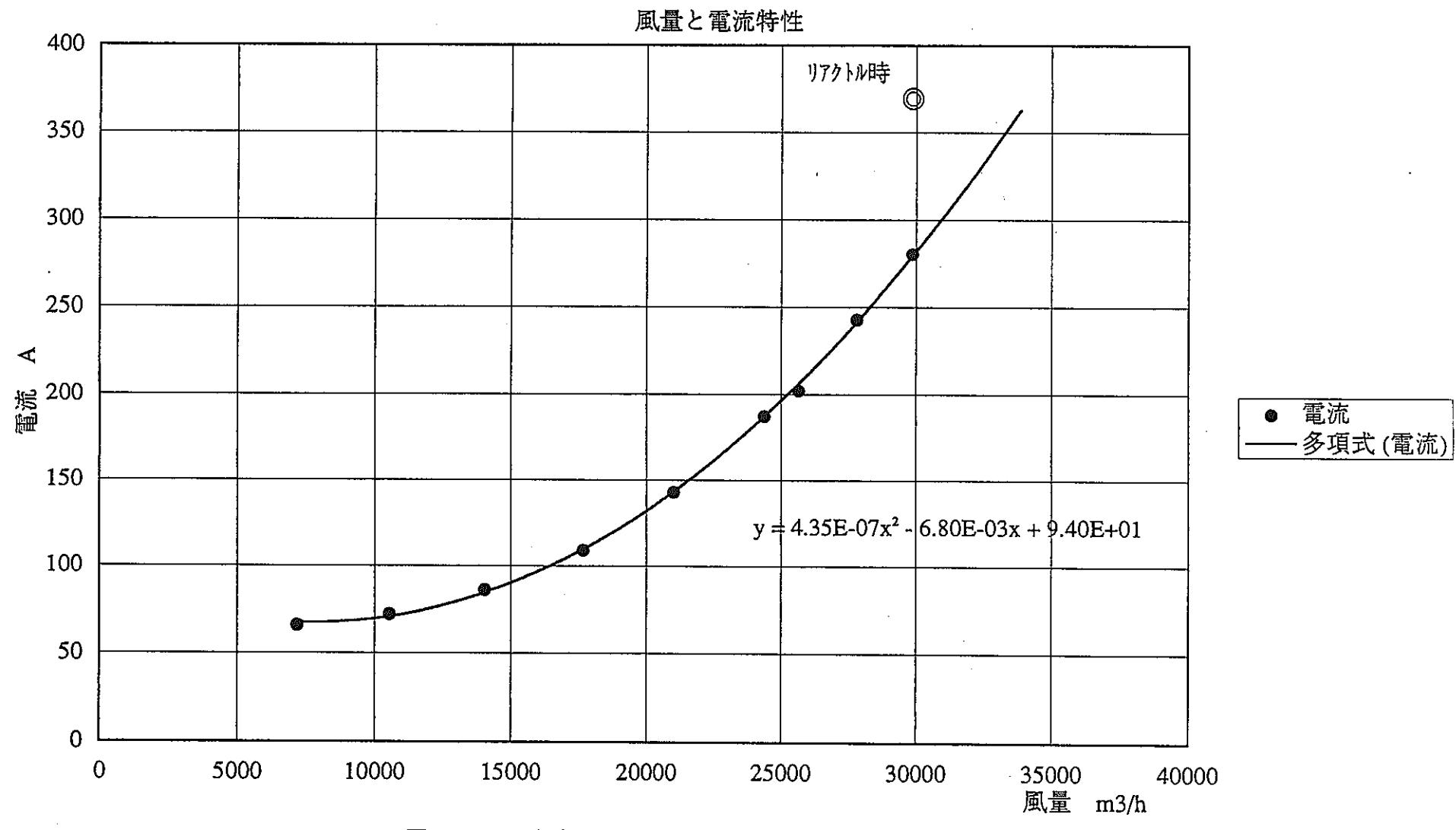
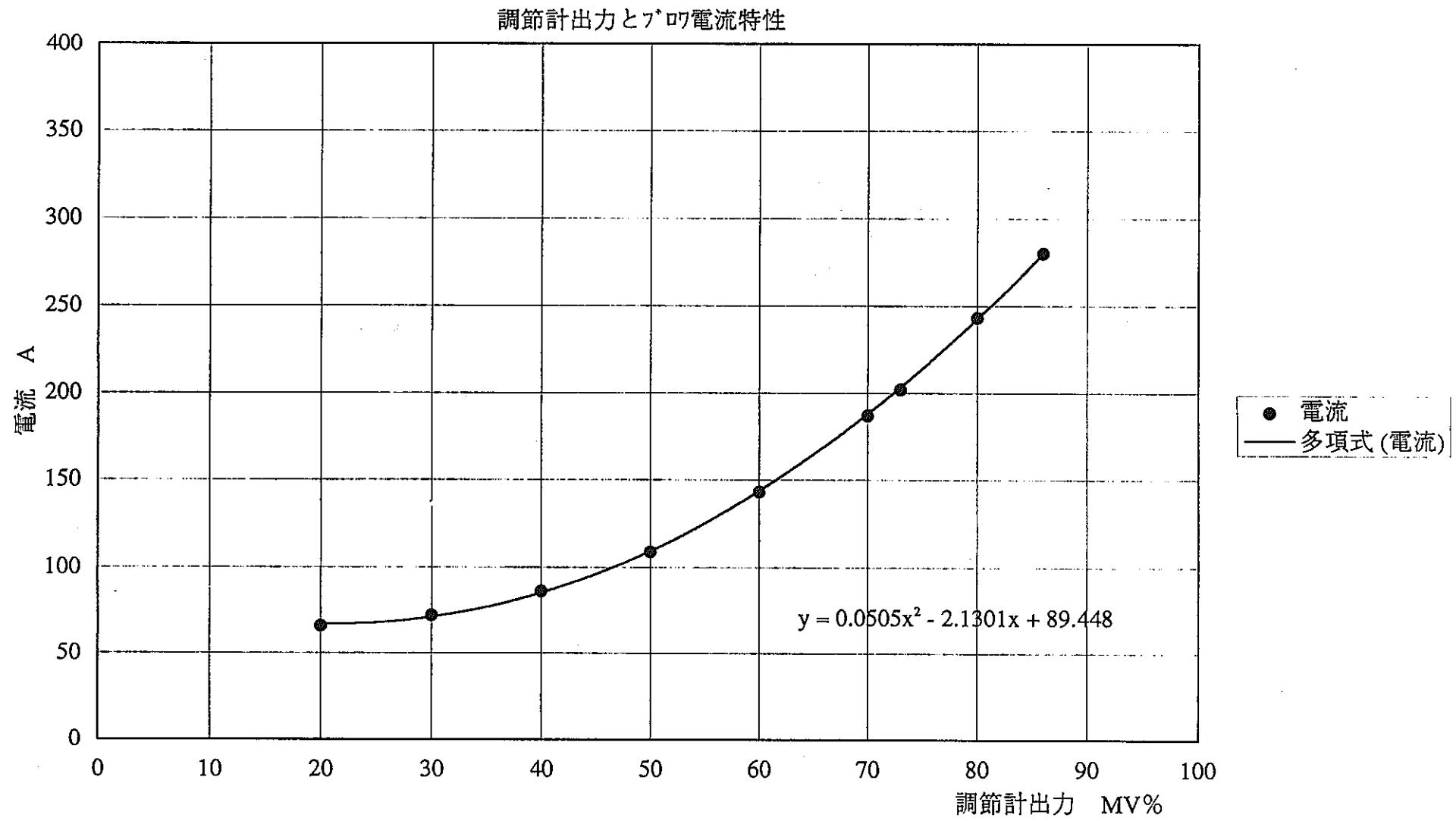


図-15 窒素ガスアロB入熱低減試験結果(2/3)

図-15 窒素ガス γ^{\prime} 叩B入熱低減試験結果(3/3)

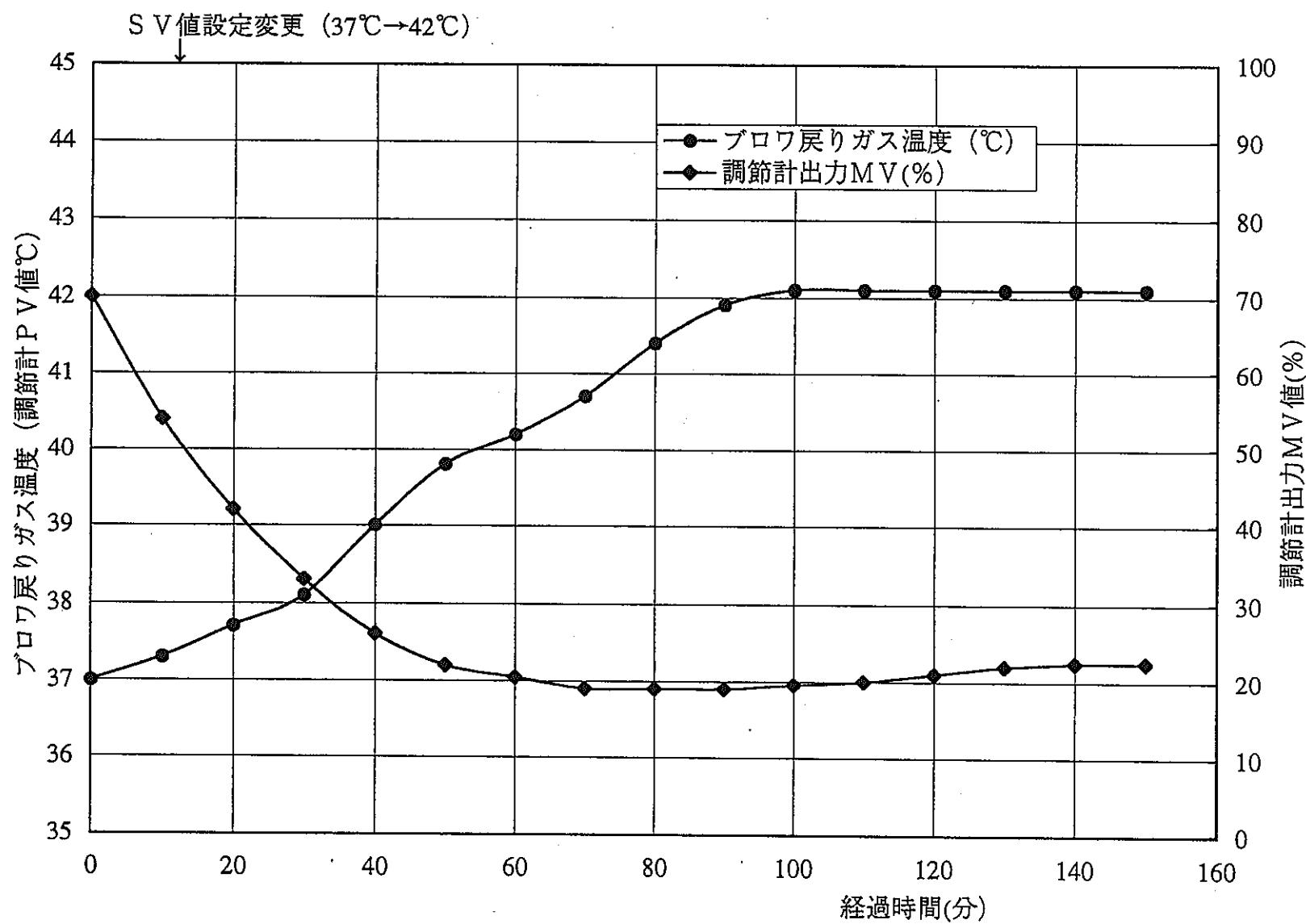


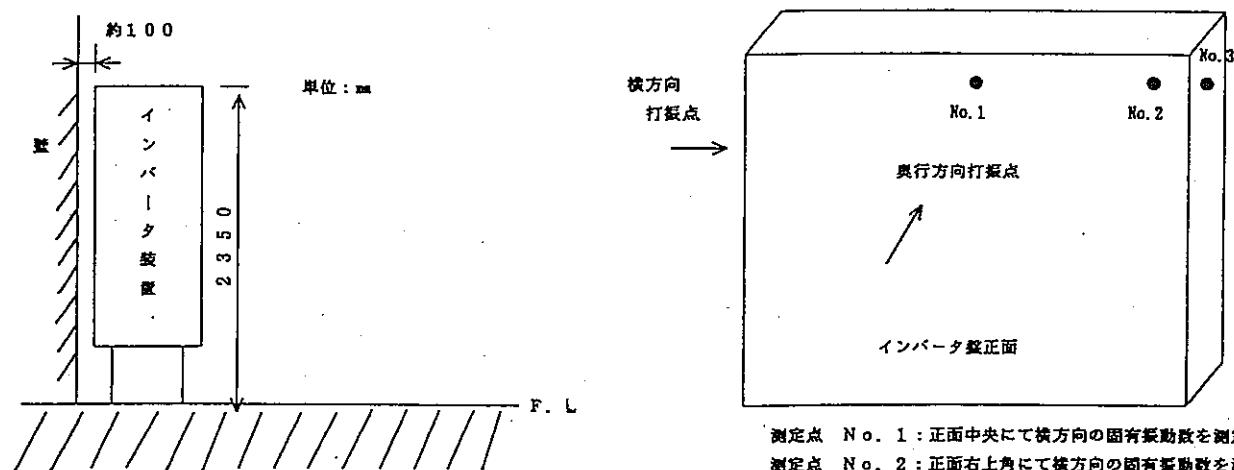
図-16 インバータ温度制御特性試験結果

表-1 インバータ故障項目リスト

故障名称	設定値	ディスプレイ表示	故障発生要因
換気ファン停止	—	CFN T	換気ファン用MCBトリップ又はOFF
ROMサムウェック異常	—	CHK ERR	制御基板内部故障
電流制限	60秒	CL T	125 % (541A)過負荷時
制御基板CPU1異常	—	CPU1	制御基板内部故障
直流主回路不足電圧	70%	DCUV	主回路電圧が70% (420V)以下
主回路開放	—	DC SW	インバータ盤主回路MCCBトリップ又はOFF
主回路ヒューズ溶断	—	FUSE	インバータ盤主回路ヒューズ切れ又はOFF
ゲート電源異常	—	G PSF	電源ひずみ、入力欠相等電源異常
インバータ過電流	300 %	OCA/H	過電流300 % (1299A)
インバータ過熱	90°C	OH T	インバータ素子過熱
	85°C		入力トランジistor過熱
過負荷(20分RMS)	108.7 %	OL20	108.7 % (470A)過負荷
過負荷(5分RMS)	119.6 %	OL5	119.6 % (517A)過負荷
速度オーバー	130 %	OS/S	定格速度の130 % (3861rpm) 超過
直流過電圧	760V	OV/H	主回路電圧が760V以上
電源喪失検出	140V	PSF	制御電源電圧が140V以下
インターロックスイッチ操作	—	PS W	盤面インターロックスイッチを押した場合

表-2 インバータ盤打振試験結果

下図の●印箇所を測定



測定点 No. 1 : 正面中央にて横方向の固有振動数を測定
 測定点 No. 2 : 正面右上角にて横方向の固有振動数を測定
 測定点 No. 3 : 右側面中央にて奥行方向の固有振動数を測定

インバータ盤A

測定点	測定位置	規準値	実測値	結果
No. 1	正面中央	20Hz以上	127.5 Hz	良
No. 2	正面右上角	20Hz以上	127.5 Hz	良
No. 3	右側面中央	20Hz以上	142.5 Hz	良

インバータ盤B

測定点	測定位置	規準値	実測値	結果
No. 1	正面中央	20Hz以上	127.5 Hz	良
No. 2	正面右上角	20Hz以上	126.25 Hz	良
No. 3	右側面中央	20Hz以上	131.25 Hz	良

表-3 窒素ガスプロワ入熱低減計算書

電動機入力の算出

$$\text{入力 (kW)} = \sqrt{3} \times \text{電流値} \times \text{電圧値} \times \text{力率}$$

	風量 m ³ /h	電流値 A	電圧値 V	電動機入力 kW	入力低減分 kW
A系リクトル	24925	332	404 *3	213.8	87.7 (70,160kcal)
A系インバータ	—	193 *1	410 *3	126.1	
B系リクトル	25616	303	416 *3	200.9	66.3 (53,040kcal)
B系インバータ	—	205 *1	412 *3	134.6	

* 1 : インバータ電流値は、入熱低減確認試験時のデータから

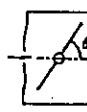
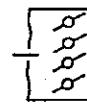
各系統のリクトル時風量に換算した値

* 2 : 電流値は、中制デジタル値

* 3 : 電圧値は、各相の平均値

* 4 : 電動機入力値は、力率 0.92 として計算

表-4 ダンパの損失係数

ダクト形	長 方 形 ¹³⁾						円 形 ¹⁴⁾
	1枚羽根	2枚羽根 (対向翼)	2枚羽根 (平行翼)	4枚羽根 (平行翼)	4枚羽根 (平行翼)	1枚羽根	
羽根角度θ [°]							
—	ζ_R	ζ	ζ_R	ζ	ζ_R	ζ	ζ_R
0	0	0.35	0	0.5	0	0.52	0
10	0.33	0.68	0.22	0.72	0.17	0.69	0.10
15	0.56	0.91	0.46	0.96	0.32	0.84	0.22
20	1.14	1.49	1.09	1.59	0.73	1.25	0.52
30	3.38	3.73	3.4	3.9	2.0	2.52	1.74
40	9.55	9.9	11.11	11.61	4.68	5.2	4.36
45	16.45	16.8	17.0	17.5	6.94	7.46	6.25
50	27.35	27.7	30.1	30.6	10.58	11.1	9.57
60	94.85	95.2	78.6	79.1	24.78	25.3	23.02
70	315.75	316.1	213.3	213.8	67.58	68.1	69.37
75	607.65	608.0	354.5	355.0	119.98	120.5	143.47
	$\zeta_0 = 0.35$	$\zeta_0 = 0.5$			$\zeta_0 = 0.52$		$\zeta_0 = 0.83$

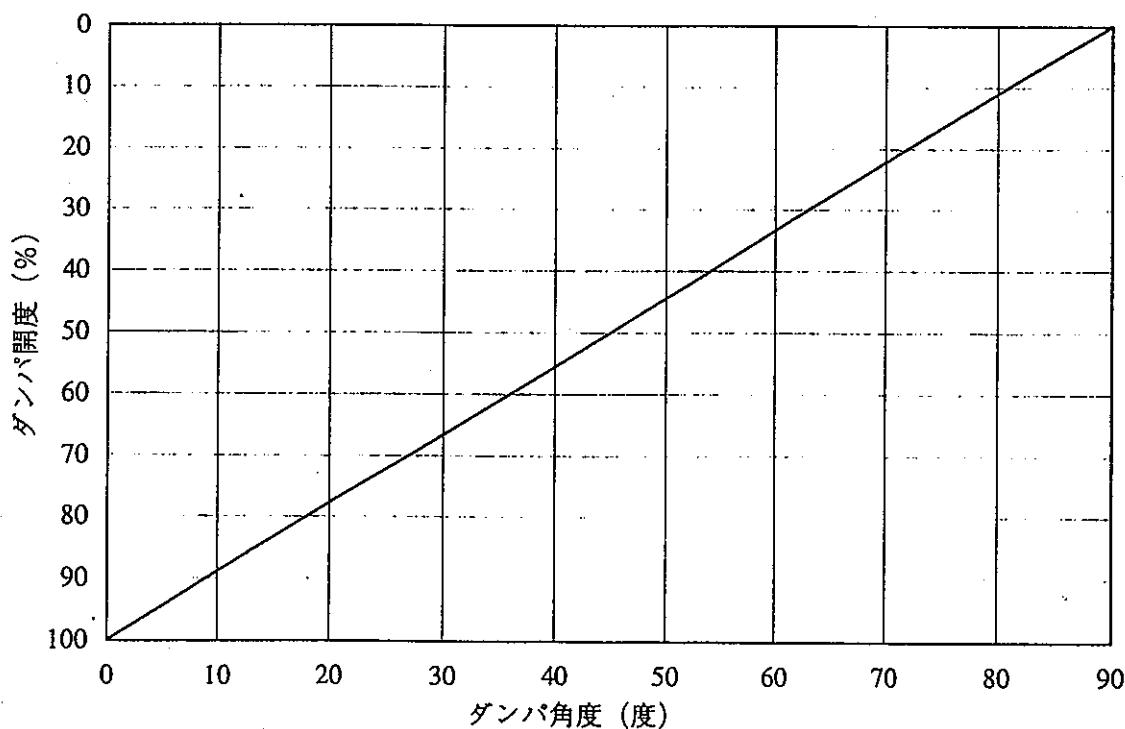
↑
ピット部
ダンパの形状

注) ζ : ダンパの抵抗係数

ζ_0 : $\theta = 0$ の時の抵抗係数

ζ_R : $\theta = 0$ よりの増加分

出典：空気調和衛生工学便覧-II (空気調和衛生工学会編)



添付資料一 1 耐震計算書

1. 概要

1. 1 一般

本耐震計算書は、高速実験炉「常陽」のコンクリート遮へい冷却系窒素ガス冷却プロワ駆動用インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱に関する耐震計算結果（取付ボルト強度計算）を示すものである。

インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱は、ともにA系、B系、それぞれ1台ずつあるが、耐震計算はA系を代表して示す。

尚、インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱の設計寸法・重量は第1-1表に示す。

第1-1表 インバータ盤、入力変圧器収納箱の寸法・重量

名 称	設 計 寸 法 (幅×奥行×高さmm)	設 計 重 量 (kg)
インバータ盤	2600×660×2300	2000
入力変圧器収納箱	1700×1100×2300	500

1. 2 記号の説明

本計算書で用いる記号の説明を第1-2表に示す。

第1-2表 記号の説明

記号	表示内容	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
F	構造等の技術基準 ⁽¹⁾ 第88条第3項第1号イ(イ)に定める値	kg/mm^2
F_b	取付ボルト1本あたりに働く引張力	kg
$f_{s,b}$	取付ボルトの許容せん断応力	kg/mm^2
$f_{t,0}$	取付ボルトの許容引張応力	kg/mm^2
$f_{t,s}$	組合せ許容引張応力	kg/mm^2
h	重心の高さ	mm
l_1	重心と外側取付ボルト中心間距離	mm
l_2	重心と内側取付ボルト中心間距離 ($l_1 \leq l_2$)	mm
n	取付ボルトの全本数	—
n_f	引張力を評価する取付ボルトの本数	—
Q_b	取付ボルト1本あたりに働くせん断力	kg
W	重量	kg
σ_b	取付ボルトの引張応力	kg/mm^2
τ_b	取付ボルトのせん断応力	kg/mm^2

注記(1) 表中、「構造等の技術基準」とは「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準を定める告示」(通算省告示第501号)をいう。

2. 適用規格

「原子力発電所耐震設計指針」
(JEAG 4601-1987 日本電気協会)

3. 構造の説明

インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱はともに自立型であり、チャンネルベースに取付ボルトで固定される。

4. 設計条件

耐震計算は、以下の条件によって行う。

4. 1 インバータ盤

(1) 耐震クラス	A
(2) 設置位置	原子炉附属建物 地下1階
(3) 水平方向設計震度	0. 691
(4) 鉛直方向設計震度	0. 36

4. 2 入力変圧器収納箱

(1) 耐震クラス	C
注) 但し、ボルト強度計算上の条件は、耐震クラスA相当で実施する	
(2) 設置位置	原子炉附属建物 地下1階
(3) 水平方向設計震度	0. 691
(4) 鉛直方向設計震度	0. 36

5. 計算方法

5. 1 固有周波数

インバータ盤は、剛構造に設計し、その固有周波数は 20 Hz 以上である。

一方、入力変圧器収納箱は必ずしも剛構造ではないが、収納される入力変圧器自体は剛構造であり、それ自身、チャンネルベースに強固に据え付けられる。

5. 2 応力計算方法

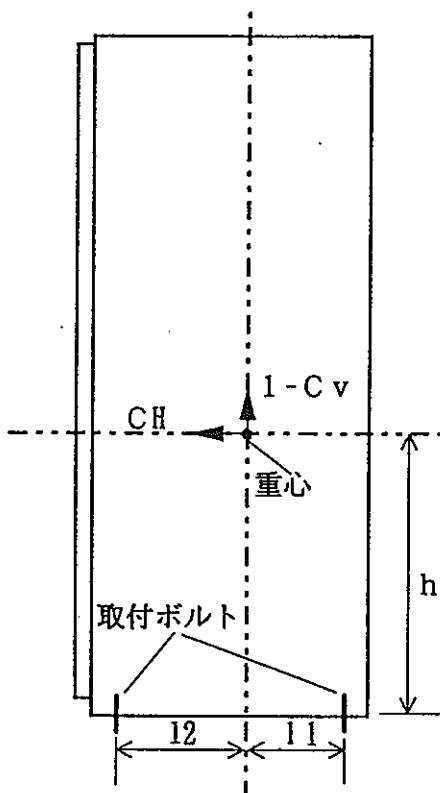
応力計算は、インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱のそれぞれに対する取付ボルトについて行う。

以下にその方法を示す。

(1) 応力計算モデル

1) インバータ盤

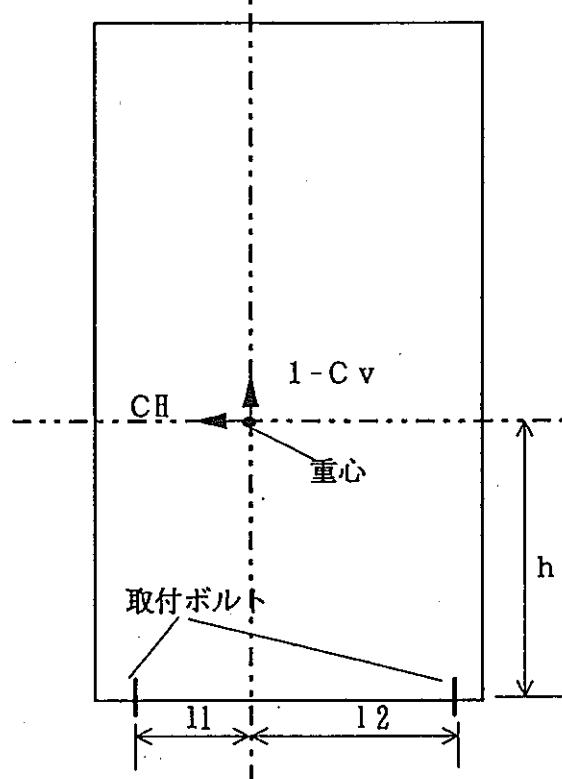
インバータ盤の取付ボルトに働く応力は、第 5-1 図に示したモデルにより行う。



第 5-1 図

2) 入力変圧器収納箱

入力変圧器収納箱の取付ボルトに働く応力は、第5-2図に示した
モデルにより行う。



第5-2図

(2) 取付ボルトに働くせん断応力
1) せん断力

$$Q_b = \frac{W C_H}{n}$$

2) せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b}$$

(3) 取付ボルトに働く引張応力

1) 引張力

$$F_b = W \frac{C_H h - (1 - C_V) l_1}{n_f (l_1 + l_2)}$$

2) 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

5. 3 評価方法

5. 3. 1 基本方針

荷重の組合せと許容応力状態を第5-1表に示す。

第5-1表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	許容応力状態
D + S ₁	III AS

III AS : 「告示501号」の運転状態III相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態

S₁ : 基準地震動S₁により定まる地震力又は静的地震力

5. 3. 2 取付ボルトの応力評価

5. 2項で求めた各部ボルトの引張応力 σ_b は、下記2式より求めた許容引張応力 $f_{t,s}$ 以下であること。

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{s,b}$ 以下であること。

$$f_{t,s} = 1.4 f_{t,0} - 1.6 \tau_b$$

$$f_{t,s} \leq f_{t,0}$$

但し、 $f_{t,0}$ 、 $f_{s,b}$ は、第5-2表による。

第5-2表 ボルトの許容応力

許容応力状態	許容引張応力 $f_{t,0}$	許容せん断応力 $f_{s,b}$
III AS	($\frac{F}{2}$) 1.5	($\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$) 1.5

5. 4 機器要目

機器要目を第5-3表に示す。

第5-3表 機器要目

項目 機器名	W (kg)	h (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	A _b (mm ²)	n	n _t	F (kg/mm ²)
インバータ盤	2000	1033	235	375	201	24	12	25.0
入力変圧器収納箱	500	1280	405	520	201	10	4	25.0

6. 計算結果

インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱の取付ボルトに生じる応力を第6-1表に示す。

第6-1表 計算結果 単位 (kg/mm²)

対象	部材	応力	地震時
インバータ盤	取付ボルト	引張	0.77
		せん断	0.29
入力変圧器収納箱	取付ボルト	引張	0.42
		せん断	0.18

7. 評価結果

インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱の取付ボルトに働く引張応力、及びせん断応力は、それぞれ、第7-1表に示す様に許容応力以下であり、インバータ盤、並びに入力変圧器収納箱の取付ボルトの強度は十分である。

第7-1表 評価結果 単位 (kg/mm²)

対象	部材	材料	応力	地震時	
				算出応力	許容応力
インバータ盤	取付ボルト	SS400	引張	0.77	18.7
			せん断	0.29	14.4
入力変圧器収納箱	取付ボルト	SS400	引張	0.42	18.7
			せん断	0.18	14.4

添付資料 - 2 「常陽」ペデスタル部のコンクリート温度について

「常陽」のペデスタル部コンクリート温度設計条件

- ① 温度 70 °C
- ② 温度勾配 0.8 °C/cm 以下

上記コンクリート温度設計基準は、コンクリートの材料特性（水分の喪失、引張、圧縮強度等の低下）が温度による影響を受けて著しく低下することがない温度として 70 °C が設定されたものである。

原子力用コンクリートに関する温度基準は次のようになっている。

状 態	コンクリート温度	
	一般部分	局部
通常運転時	65 °C	90 °C
事故時	175 °C	350 °C

国内においては、コンクリート温度制限値を示す基準はなく、ASMEに示されている温度制限値の端数をまるめた値を採用している。

ペデスタル部への入熱は、原子炉容器からの熱伝達によるものが支配的であり、右図の左上部のソールプレート、遮蔽リングからコンクリート部へ伝熱される。従って原子炉容器に最も近い位置のコンクリート部の温度が高くなる。

ペデスタル部の温度解析（「常陽」75MW性能試験報告書（ペデスタル部温度分布解析）SN941 80-54）によると最高温度部と計測点位置の温度差は 100 MWにおいて約 5 °C である。また、75 MW時の計測点位置の解析結果と実測値の誤差は最大 7 °C である。現在、100 MWにおいて計測点位置のコンクリート温度が 70 °C に達しており、この 70 °C を基に前述の解析結果からペデスタル部の最高温度部（上図左上部）の温度を保守側に見積ると以下のようになる。

$$70^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C} + 7^\circ\text{C} = 82^\circ\text{C}$$

コンクリート温度 70 °C は機能上シビアな値ではないが、「常陽」において設計温度としていることからこれを厳守する必要がある。また、長期的なコンクリートの強度維持の観点からは、できる限り低い温度に抑えたほうが良いと考える。

