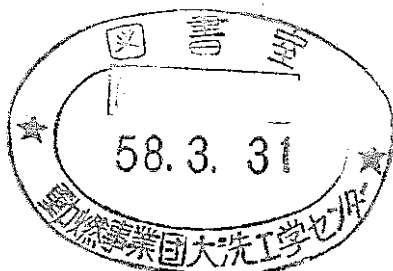


分置

「もんじゅ」1次主循環ポンプ(モックアップ)の試験(X)

低速駆動装置性能試験



1982年9月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
	N941 8Z-216
<p>この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です</p> <p>動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室</p>	

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

「もんじゅ」1次主循環ポンプ(モックアップ)の試験(X)

低速駆動装置性能試験

荒 邦章* 小池 茂* 竹内 香****
青木忠雄** 津沢泰行*** 山本 研*

要 旨

本報告は、高速増殖原型炉「もんじゅ」1次主循環ポンプ(モックアップ)の低速駆動装置に関するもので、通常および緊急時のモードで性能試験、作動試験を実施し、以下の結果を得た。

- (1) 主モータとポニーモータの引継ぎは円滑に行なわれる。
- (2) 減速機、クラッチは効率よく動力伝達をし、ポニーモータの回転数およびトルクの変動はほとんどない。
- (3) ポニーモータによる主循環ポンプ起動において、異常現象はない。
- (4) ポニーモータ駆動時の負荷電流は、定格の約63～65%であった。
- (5) 異常雰囲気温度でも、ポニーモータ、減速ギヤ、クラッチの性能は通常温度の性能と同一で、差異は認められなかった。
- (6) ポニーモータ駆動時におけるポニーモータ軸受部振動は、小さい。

* 大洗工学センター高速炉機器開発部，機器開発室

** 大洗工学センター高速炉機器開発部，構造物強度試験室

*** 大洗工学センター高速炉機器開発部

**** 現在：東京芝浦電気株式会社

MONJU Primary Prototype Pump Test

Pony Motor System Performance Test

K. Ara*, S. Koike*, K. Takeuchi****
T. Aoki**, Y. Tsuzawa*** and K. Yamamoto*

Abstract

This report describes the performance test of pony motor system mounted on the MONJU primary prototype pump. The test was conducted under various operation modes, and the following results were obtained:

- (1) The transition from the main motor to the pony motor was achieved very smoothly.
- (2) The transmission of the pony motor system worked well with its speed and torque kept constant.
- (3) Start-up of a pump with a pony motor was accomplished very smoothly.
- (4) A pony motor current was about 63~65% of its rated operation.
- (5) A characteristics of pony motor system in high temperature atmosphere remained as same as that in the room temperature.
- (6) The amplitude of pony motor bearing vibration during operation was a little.

* Components Development Section, FBR Components Development Division, Oarai-Engineering Center, PNC
** Structural Engineering Section.
*** FBR Components Development Division, Oarai-Engineering Center PNC.
**** Present Address : Tokyo Shibaura Electric Co.

目 次

1. 緒 言	1
2. 試験装置の概要	2
2.1 試験ループ	2
2.2 ポンプの構造	2
2.3 低速駆動装置の概要	3
3. 試験方法	11
3.1 試験条件	11
3.2 測定項目及び計測方法	11
4. 定常時のポンプ特性	14
5. 実プラントにおいて必要とされる低速駆動装置の特性	18
6. 試験結果	21
6.1 コーストダウン引継ぎ試験結果	21
(1) 通常炉停止時模擬試験結果	21
(2) 原子炉スクラム時模擬試験結果	21
(3) 電源喪失時模擬試験結果	21
6.2 出力移行時模擬試験結果	22
6.3 低速駆動装置によるポンプ起動試験結果	23
6.4 異常雰囲気温度での耐久試験結果	23
7. 検 討	47
7.1 低速駆動装置の特性	47
7.2 引継ぎ時のポンプ特性の変化	49
7.3 低速駆動装置軸受部の振動について	51
7.4 異常雰囲気温度での低速駆動装置の特性と耐久性	52
8. 実機の予想	56
9. 結 論	60
10. 謝 辞	61
11. 参考文献	62

List of Figure and Tables

<u>Figure</u>		Page
2-1	Flow Diagram of Sodium Pump Test Loop	4
2-2	Cross Section of MONJU Primary Prototype Pump	5
2-3	Cross Section of Pony Motor System	7
2-4	Sprag Cam Construction	8
2-5	Main Motor and Pony Motor System	9
3-1	Data Acquisition System	13
4-1	Q-H Characteristics	16
4-2	Q-H Characteristics at 10% Speed	17
6-1	Pony Motor Characteristics (Transition from Main Motor to Pony Motor)	24
6-2	Pump Characteristics (Transition from Main Motor to Pony Motor)	25
6-3	Pony Motor Characteristics (Scram Mode) (40% Speed)	26
6-4	Pony Motor Characteristics (Scram Mode) (50% Speed)	27
6-5	Pony Motor Characteristics (Scram Mode) (60% Speed)	28
6-6	Pony Motor Characteristics (Scram Mode) (70% Speed)	29
6-7	Pump Characteristics (Scram Mode) (40% Speed)	30
6-8	Pump Characteristics (Scram Mode) (50% Speed)	31
6-9	Pump Characteristics (Scram Mode) (60% Speed)	32
6-10	Pump Characteristics (Scram Mode) (70% Speed)	33
6-11	Pony Motor Characteristics (Electric Power Loss) (40% Speed)	34
6-12	Pony Motor Characteristics (Electric Power Loss) (50% Speed)	35

<u>Figure</u>	Page
6-13 Pony Motor Characteristics (Electoric Power Loss) (60% Speed)	36
6-14 Pony Motor Characteristics (Electoric Power Loss) (70% Speed)	37
6-15 Pump Characteristics (Electoric Power Loss) (40% Speed)	38
6-16 Pump Characteristics (Electoric Power Loss) (50% Speed)	39
6-17 Pump Characteristics (Electoric Power Loss) (60% Speed)	40
6-18 Pump Characteristics (Electoric Power Loss) (70% Speed)	41
6-19 Pony Motor Characteristics (Transition from Pony Motor to Main Motor)	42
6-20 Pump Characteristics (Transition from Pony Motor to Main Motor)	43
6-21 Pony Motor Characteristics (Start-up by Pony Motor) ..	44
6-22 Pump Characteristics (Start-up by Pony Motor)	45
6-23 Emergency Temperature Characteristics	46
7-1 Comparison of Coupling Times	54
8-1 Predictive Coast-down Curve	59

<u>Table</u>	<u>Page</u>
2-1 Specification of Pump and Drive Motor	6
2-2 Specification of Pony Motor System	10
5-1 Operation Sequence of Main Motor, Pony Motor and Oil lifter	19
5-2 Pony Motor Test-Modes and Test Number	20
7-1 Pony Motor Characteristics	53
7-2 Coupling Time	53
7-3 Pony Motor Bearing Vibration	55

1. 緒 言

昭和52年に「もんじゅ」1次主循環ポンプ（モックアップ）試験装置が設置されて以来、耐久試験を主体に性能試験，起動停止試験，コーストダウン試験，低温運転試験及び低速駆動装置性能試験が実施された。本報告書は上記試験のうち，低速駆動装置性能試験についてまとめたものである。

低速駆動装置性能試験は，1次主循環ポンプの各運転事象における主電動機と低速駆動装置との引継ぎ時の特性を明らかにしようとするものである。

実プラントにおいて，1次主循環ポンプ低速駆動装置は，通常出力移行系及び通常炉停止系としてはかりでなく，電源喪失，原子炉スクラム時，さらには，配管破断時の崩壊熱除去のため作動しなくてはならない重要な装置である。したがって低速駆動装置の性能及びプラント緊急時のモードで作動試験を実施し，実プラントの安全性を確証する必要がある。

2. 試験装置の概要

本「大型ポンプ試験装置」は「常陽」1次主循環ポンプのナトリウム実流試験装置を改造したもので、「もんじゅ」実機の1次主循環ポンプの設計流量を循環させるだけの配管径を有していない。そのためポンプ本体は、軸長、軸径など基本的には「もんじゅ」1次主循環ポンプの寸法及び性能を満足するフル・モックアップ試験体として設計・製作されているが、本試験装置の許容流量に合わせた特殊インペラが製作され装着されている。この特殊インペラによる揚程は実機相当(90m)であるが、流量は実機の約 $\frac{1}{4}$ ($21\text{m}^3/\text{min}$)におさえられている。なお、実機インペラを装着した場合の性能試験として製作メーカーにおいて水中試験が実施されており、設計性能を満足することが確認されている。

2.1 試験ループ

本試験装置のループは次の5つの系統より構成されている。

- (a) ナトリウム供給系
- (b) ナトリウム注入系
- (c) 主循環系
- (d) カバーガス系
- (e) ドレン系

Fig.2-1に試験装置の系統図を示す。なお、試験ループの構成、系統機器の仕様等については既報⁽¹⁾で詳細に記述されており、ここでは省略する。

2.2 ポンプの構造

1次主循環ポンプモックアップ(以下「モックアップポンプ」という。)の構造は、基本的には「常陽」1次主循環ポンプを踏襲した機械式縦軸型自由液面式遠心ポンプである。Fig.2-2にモックアップポンプの構造断面図を示す。

モックアップポンプの構造の説明は既報⁽²⁾に詳細に記述されており、ここでは省略し、新規に設置した低速駆動装置について、2.3で記述する。

また、Table 2-1にモックアップポンプ及び駆動用主電動機(以下「主モータ」という。)の概略仕様を示す。

2.3 低速駆動装置の概要

低速駆動装置は、主循環ポンプの駆動源としてのポニーモータと、その回転数を減速する減速機及び主モータとポンプ駆動装置とを機械的に切離すオーバーランニングクラッチにより構成され、主モータの上部に設置されている。また、ポニーモータ及び加熱器の周囲には、加熱装置が取り付けられ、ポニーモータの周囲の温度が制御できる。Fig.2-3に低速駆動装置の断面図を示す。

低速駆動装置は、定速で回転するポニーモータの動力を、歯車二段減速式減速機で回転数を減速し、オーバーランニングクラッチを介して主循環ポンプ駆動軸に伝達する装置である。ここで、オーバーランニングクラッチは、外輪、内輪及び両輪間の環状空隙に精密な輪郭を形成したカム（スプラグ）が一定量充填配置された構造から成っており、外輪は高速側、すなわち主モータ軸に連結され、内輪は低速側、すなわちポニーモータ減速機軸に連結される。主モータが定速で高速回転している時は、スプラグは浮き上がり、低速側すなわちポニーモータとは動力伝達の無い状態となる。主モータが定速状態で電源が断されると、降速しスプラグが内輪と摺動する。その後さらに降速するが、ポニーモータはすでに全速で駆動状態、すなわち減速端にて10%回転であるので、主モータがこの回転数まで降速すると低速、高速軸回転数が一致し、両軸間に動力伝達が行なわれる。Fig.2-4に動力伝達の図を示す。オーバーランニングクラッチには、給油装置があり、潤滑を行なっている。また、加熱装置は、ポニーモータの周囲の温度を室温から80℃まで制御できるように設計されており、実プラントで想定される異常時の雰囲気温度が模擬できる。

Table 2-2に低速駆動装置の仕様を、Fig.2-5に主循環ポンプ駆動装置の構成図を示す。

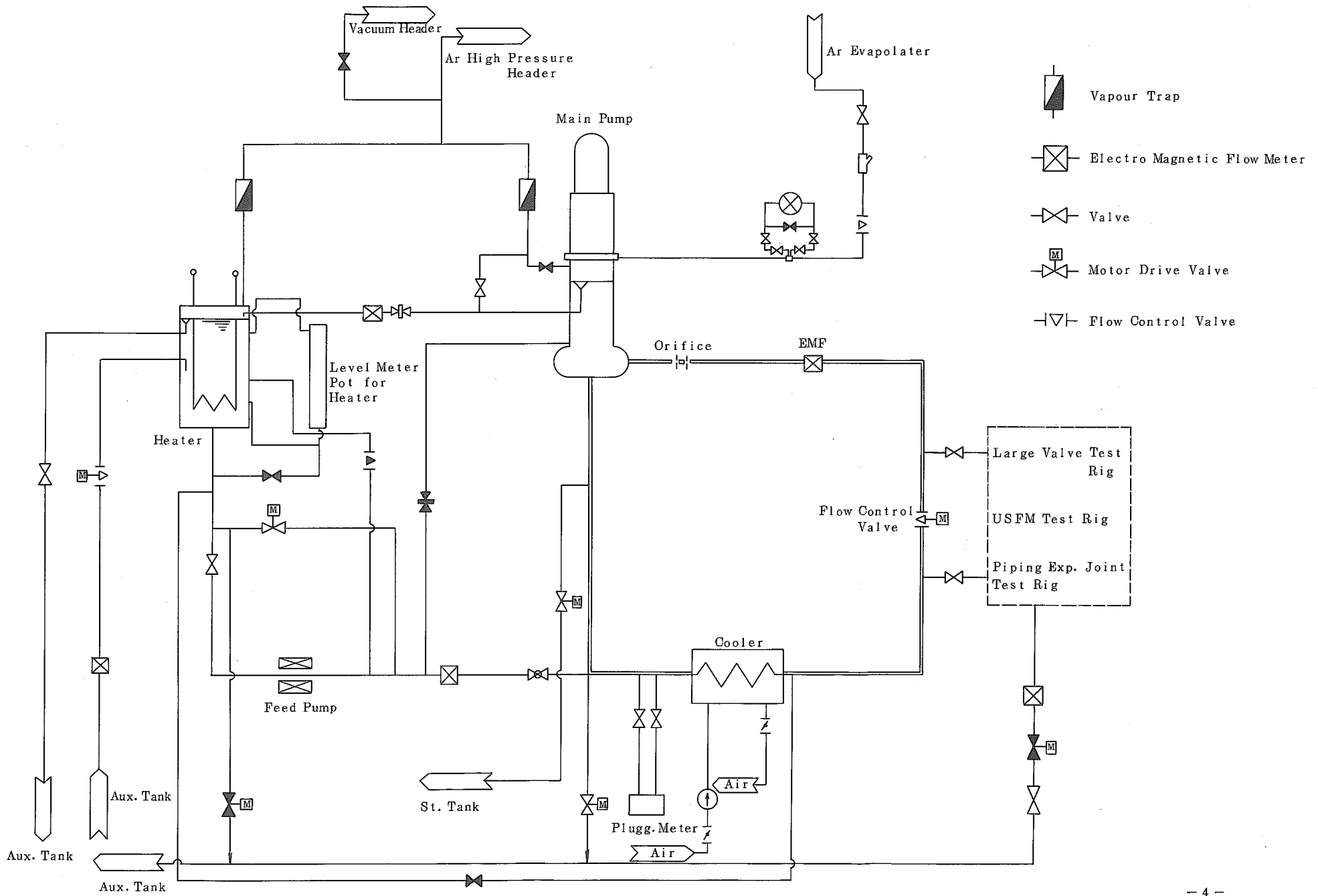


Fig.2-1 Flow Diagram of Sodium Pump Test Loop

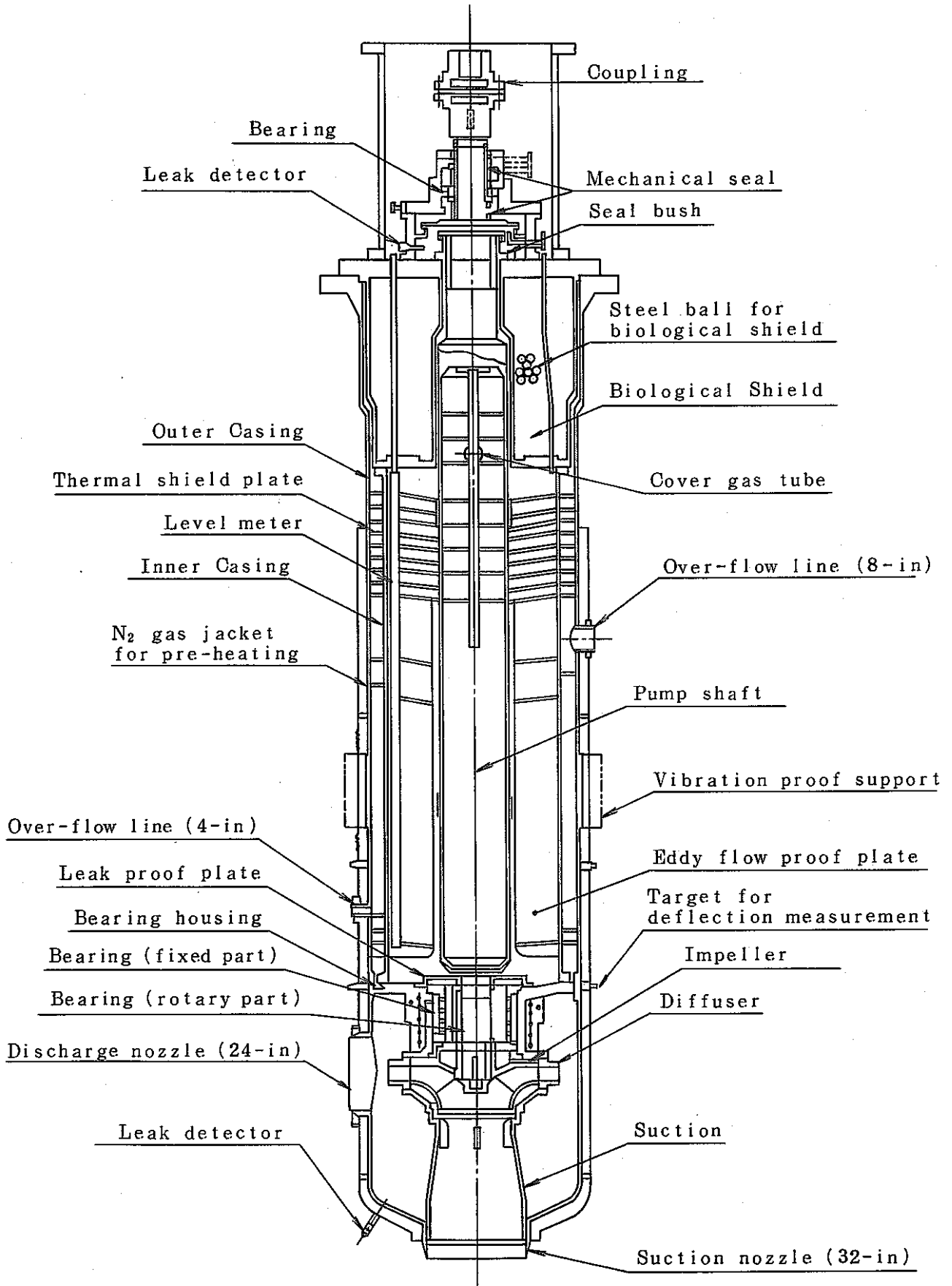


Fig.2-2 Cross Section of MONJU Primary Prototype Pump

Table 2-1 Specification of Pump and Drive Motor

ポンプの仕様

型 式	縦て型自由液面式遠心ポンプ (Hallam型)
口 径	32B×24B, (オーバーフロー8B, 4B)
定 格 流 量	21m ³ /min at 850rpm (実機定格流量87.6m ³ /min)
定 格 揚 程	90mNa
設 計 温 度	410℃
予 熱 温 度	200℃ (N ₂ ガス予熱)
軸 封 方 式	油循環複式メカニカルシール
潤 滑 油 圧 力	2~3kg/cm ²
潤 滑 油	J I S 添加タービン油#90
軸 封 ガ ス	アルゴンガス
軸封ガス循環量	1.7ℓ/min
定 格 回 転 数	850rpm
回 転 方 向	時計方向 (電動機側から見て)
回 転 数 制 御 範 囲	85~850rpm
流 量 制 御 方 式	回転数制御
液 面 制 御 方 式	オーバーフローライン溢流式
ポ ン プ サ イ ズ	9.25m(H)×1.8m(φ)
シャフトサイズ	7.8m(L)×550mm(φ)
使 用 材 質	主に SUS 304

駆動電動機の仕様

型 式	開放縦て軸他力通風防滴凸極式非可逆回転型ACサイリスタモータ
定 格 出 力	550kW at 850rpm
回 転 数 制 御 方 式	サイリスタ方式
電 源	サイリスタ3相交流 50Hz 510V
極 数	6 極
絶 縁 種 別	F 種

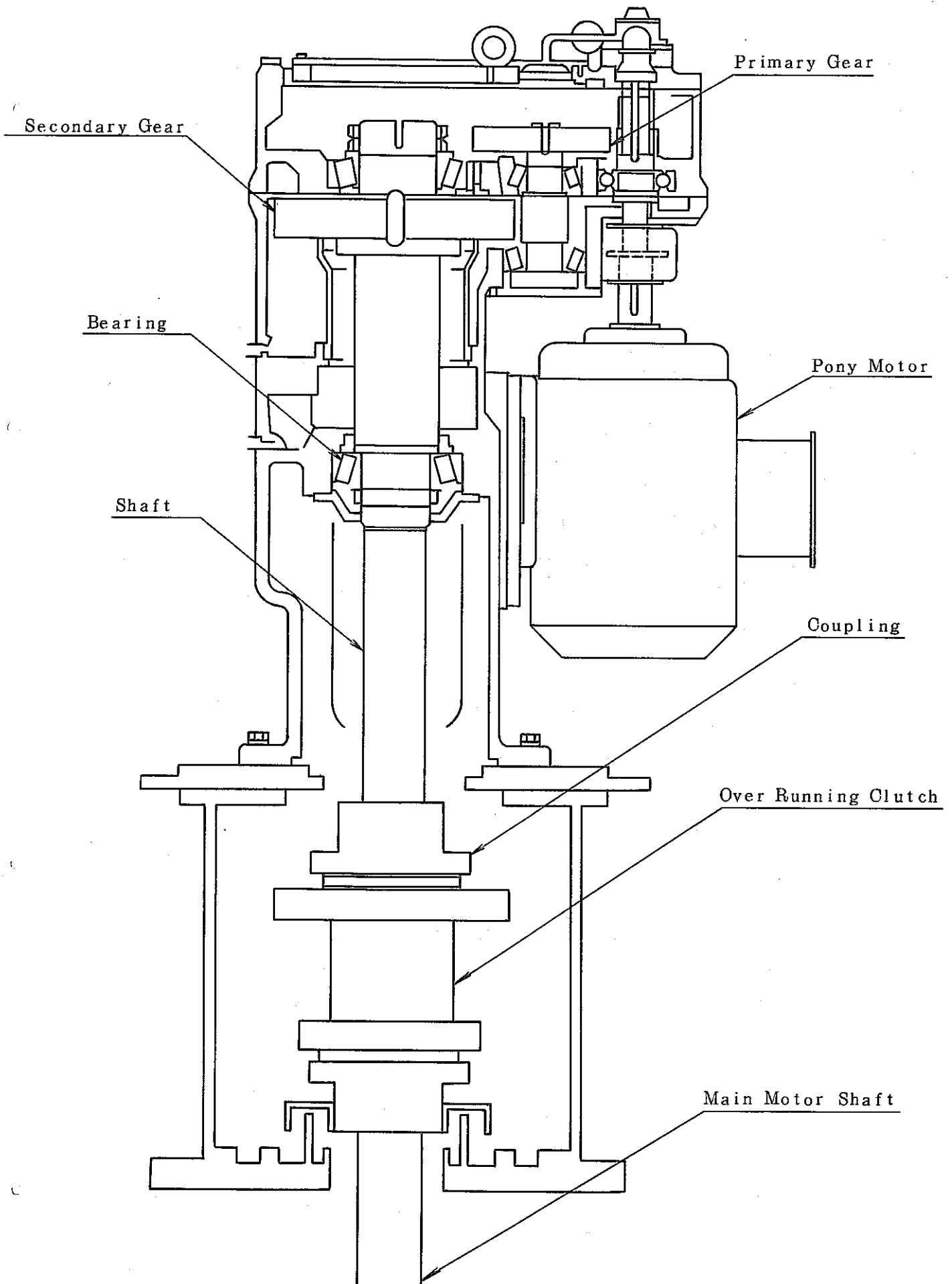


Fig.2-3 Cross Section of Pony Motor System

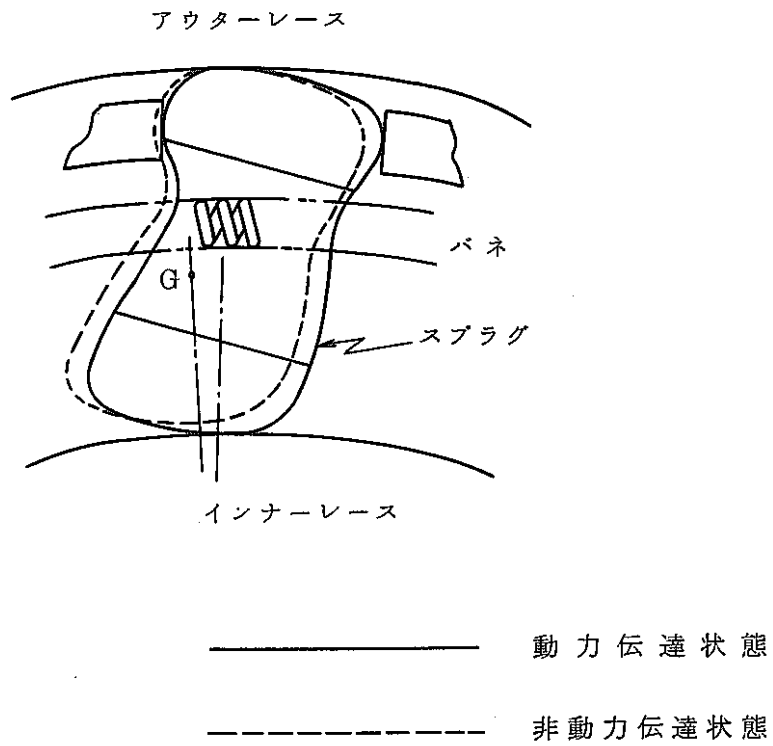


Fig.2-4 Sprag Cam Construction

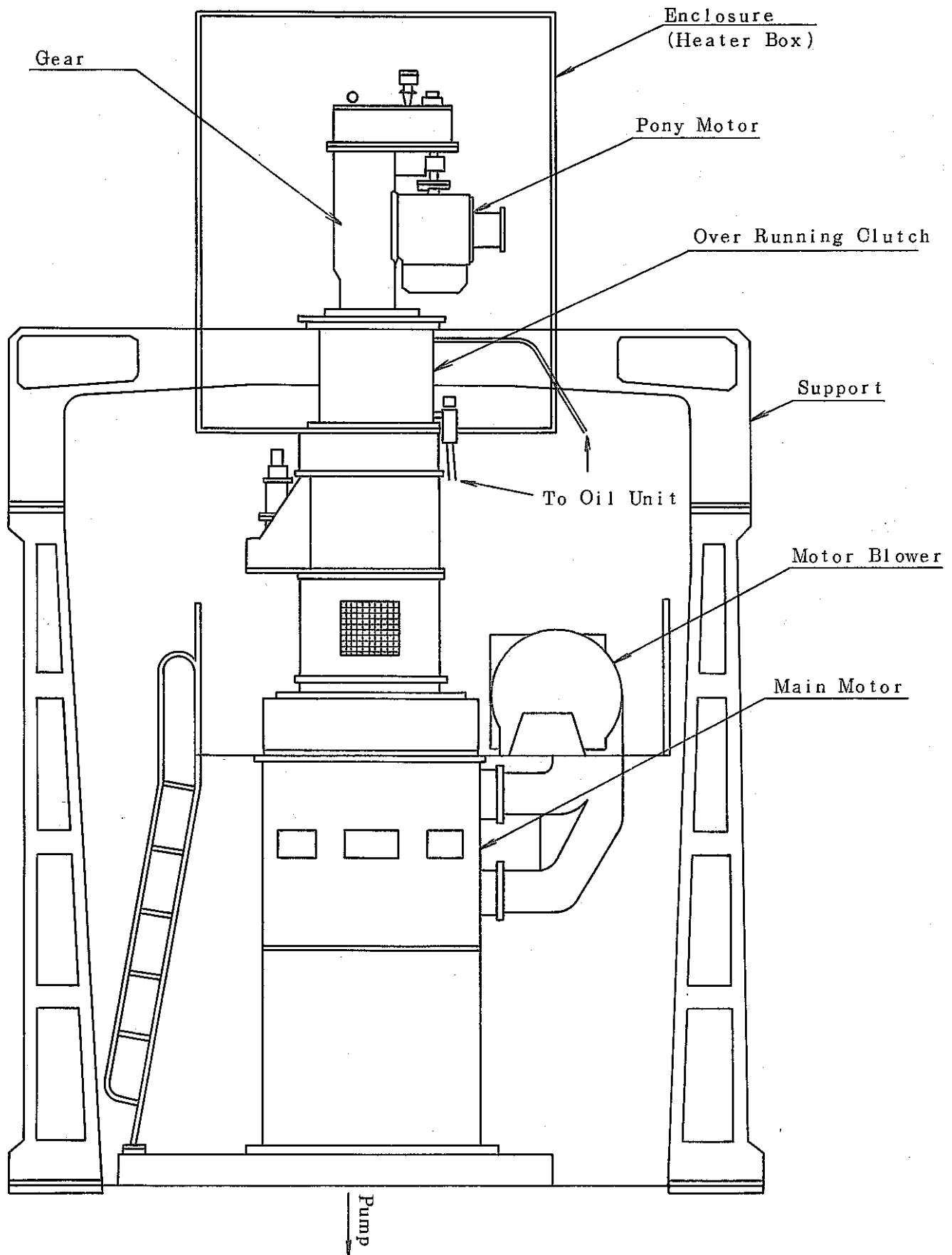


Fig.2-5 Main Motor and Pony Motor System

Table 2-2 Specification of Pony Motor System

ポニーモータの仕様

型 式	三相誘導電動機（特殊かご形）VTFO-KK
定 格 出 力	22kW
電 源	三相交流 50Hz 400V
極 数	4P
絶 縁 種 別	F 種

減速機の仕様

型 式	縦軸，ポニーモータ取付形
減 速 比	17.48（二段減速）

オーバーランニングクラッチの仕様

型 式	クラッチカップリング900($\frac{C}{T}$)
伝 達 ト ル ク	2278kg·m
給 油 方 式	給油装置による常時給油

3. 試験方法

3.1 試験条件

低速駆動装置は、循環ナトリウム温度を 200℃にし、所定の回転数で主モータとポニーモータの引継ぎを実施した。各運転事象における試験条件を以下に記す。

(1) コーストダウン試験

主循環ポンプを主モータ運転よりポニーモータ運転に引継ぐ。引継ぎ事象は次のとおりである。

(i) 通常炉停止時模擬試験

主循環流量が定格の 40% の状態から、主モータを停止し、ポニーモータに引継ぐ。

(ii) 原子炉スクラム時模擬試験

原子炉トリップ模擬信号を入力し、主モータからポニーモータに引継ぐ。

(iii) 電源喪失時模擬試験

電源喪失模擬信号を入力し、非常系電源復帰までコーストダウンさせ、ポニーモータに引継ぐ。

(2) 出力運転移行試験

主循環ポンプが定格の 10% 流量運転状態（ポニーモータ運転）から、40% 流量運転（主モータ運転 40% 回転数）へ移行する。

(3) 低速駆動装置によるポンプ起動試験

主循環ポンプ停止状態で、ポニーモータにより主循環ポンプを起動する。

(4) 異常雰囲気温度での耐久試験

低速駆動装置の雰囲気温度を 70℃ に設定し、ポニーモータにより主循環ポンプを運転する。

なお、カバーガス圧力は、実機の運転モードにあわせ、緊急モードで 5500mmAq それ以外では 100mmAq とした。

3.2 測定項目及び計測方法

(1) 測定項目

測定項目と測定計器は、以下のとおりである。

- | | | |
|------------------|------------|-----------|
| (i) 主循環流量 | 電磁流量計 | (Fx 9-6) |
| (ii) ポンプ出口圧力 | Nak置換圧力計 | (Dx 9-4) |
| (iii) ポンプ入口圧力 | " | (Dx 9-2) |
| (iv) ポンプ回転数 | ポンプ直結タコメータ | |
| (v) オーバーフロー流量 | 電磁流量計 | (Fx 9-2) |
| (vi) ポンプ Na レベル | 誘導式液面計 | (Lx 9-11) |
| (vii) 加熱器 Na レベル | " | (Lx 9-13) |
| (viii) 主電動機電流 | | |
| (ix) ボニーモータ電流 | | |
| (x) ボニーモータ電圧 | | |
| (xi) ボニーモータ軸受部振動 | | |
| (xii) ボニーモータ回転数 | | |

これらのデータは、Fig.3-1 に示すように各出力を信号処理して記録計及び計算機(システム45YHP製)に入力した。

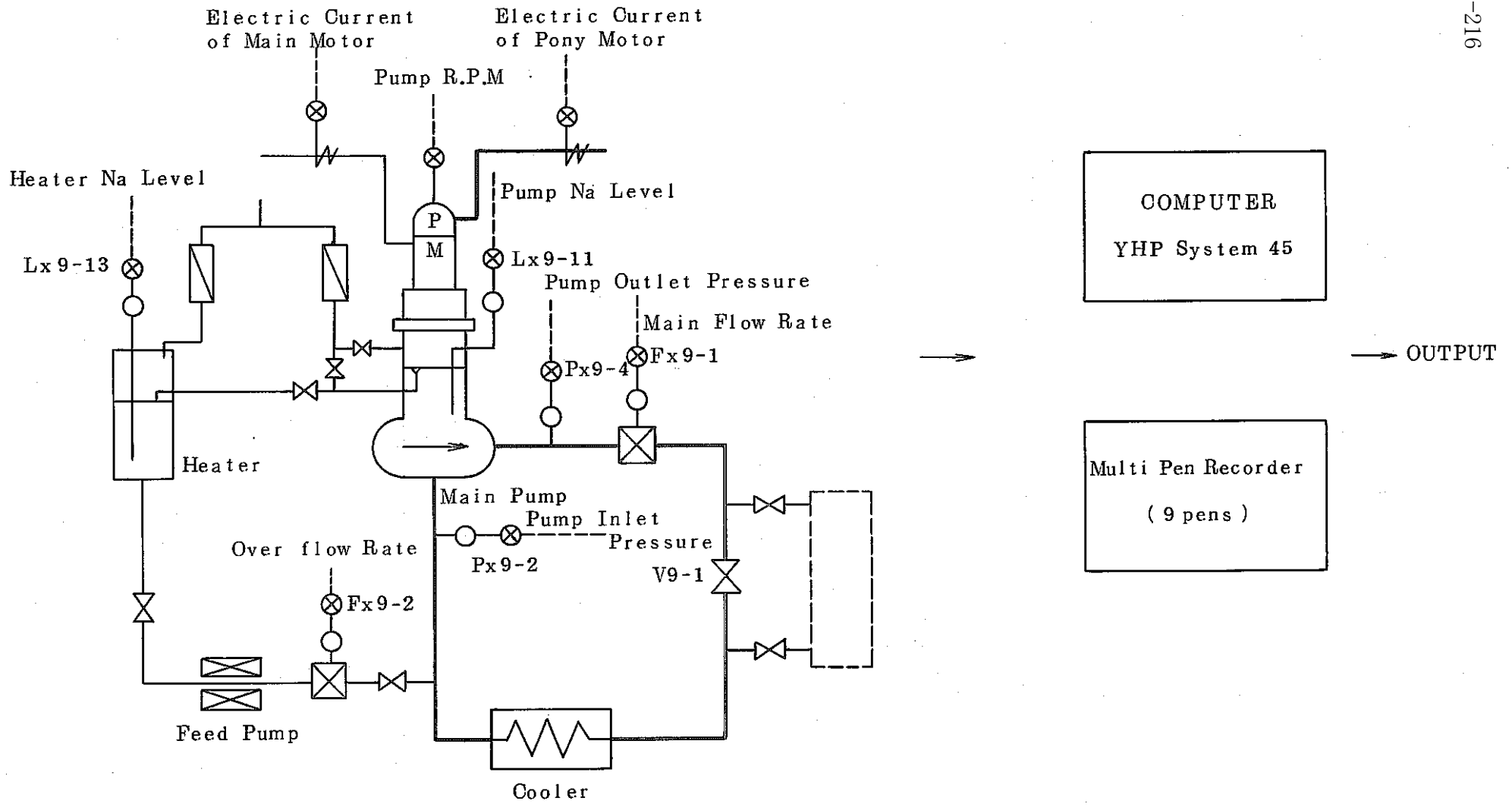


Fig.3-1 Data Acquisition System

4. 定常時のポンプ特性

低速駆動装置による主循環ポンプ運転時のポンプ特性を検討するために、定常時及び低速回転時のQ-H特性を明らかにする。

4.1 Q-H特性

ポンプの揚程HはBernoulliのエネルギー式から次のようにして求まる。

$$H = \frac{P_d - P_s}{\gamma} \times 10^4 + \Delta h_m + \Delta h_f \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

ここで、

H : 揚程 (m)

P_d : 吐出圧力 (kg/cm²)

P_s : 吸込圧力 (kg/cm²)

γ : ナトリウム比重量 (kg/m³)

Q : 循環ナトリウム流量 (m³/min)

Δh_m : 圧力測定点高差 (m)

[= 4.75]

Δh_f : 圧力測定点間の流量摩擦損失 (m)

[= 1.12 ($\frac{Q}{21}$)²]

Fig.4-1に、主循環ポンプのQ-H特性を示す。(既報⁽²⁾より)

4.2 低速時(低速駆動装置による運転時)のQ-H特性

Fig.4-2に、ポニーモータ運転による主循環ポンプQ-H特性を示す。揚程の算出は、(4-1)式による。

4.3 引継ぎ事象について

主モータとポニーモータとで引継ぎが行なわれると、主循環ポンプの特性も変化する。本試験では、主循環ポンプ定格回転数の40~70%回転数からポニーモータ回転数及びポニーモータ回転数から40%回転数への引継ぎを実施したが、Fig.4-1において①~④から⑤への移行及び⑤から④への移行となる。実プラントでは原子炉

スクラム時、電源喪失時には、主循環ポンプは、コーストダウンし、確実に10%流量を確保しなければならない使命がある。そのため、主モータからポニーモータへの引継ぎに際しては、主循環ポンプ回転数及び主循環ポンプ特性の変化が円滑になされる必要があり、本試験では、引継ぎ時の主循環ポンプ特性も調べた。

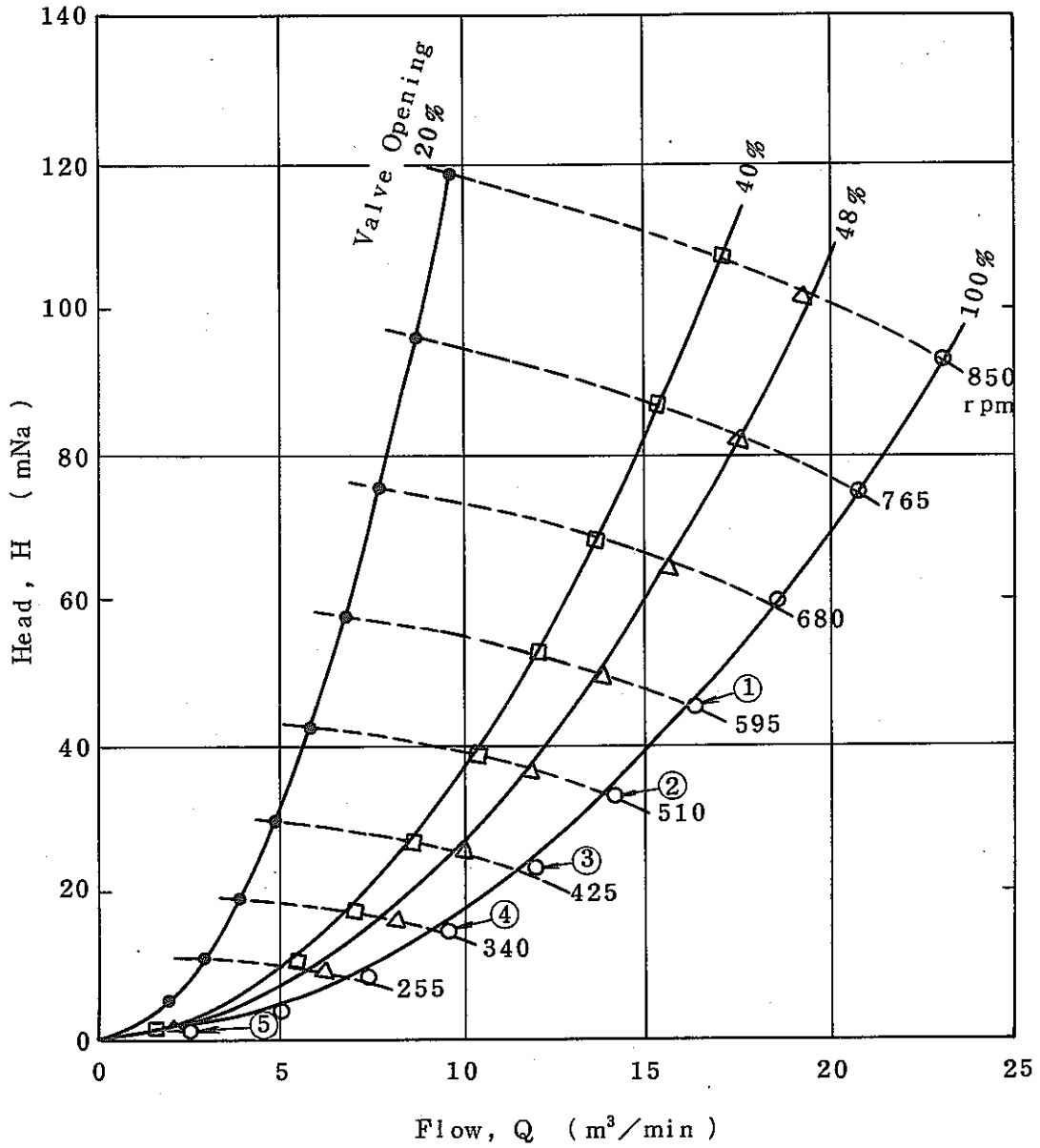


Fig.4-1 Q-H Characteristics

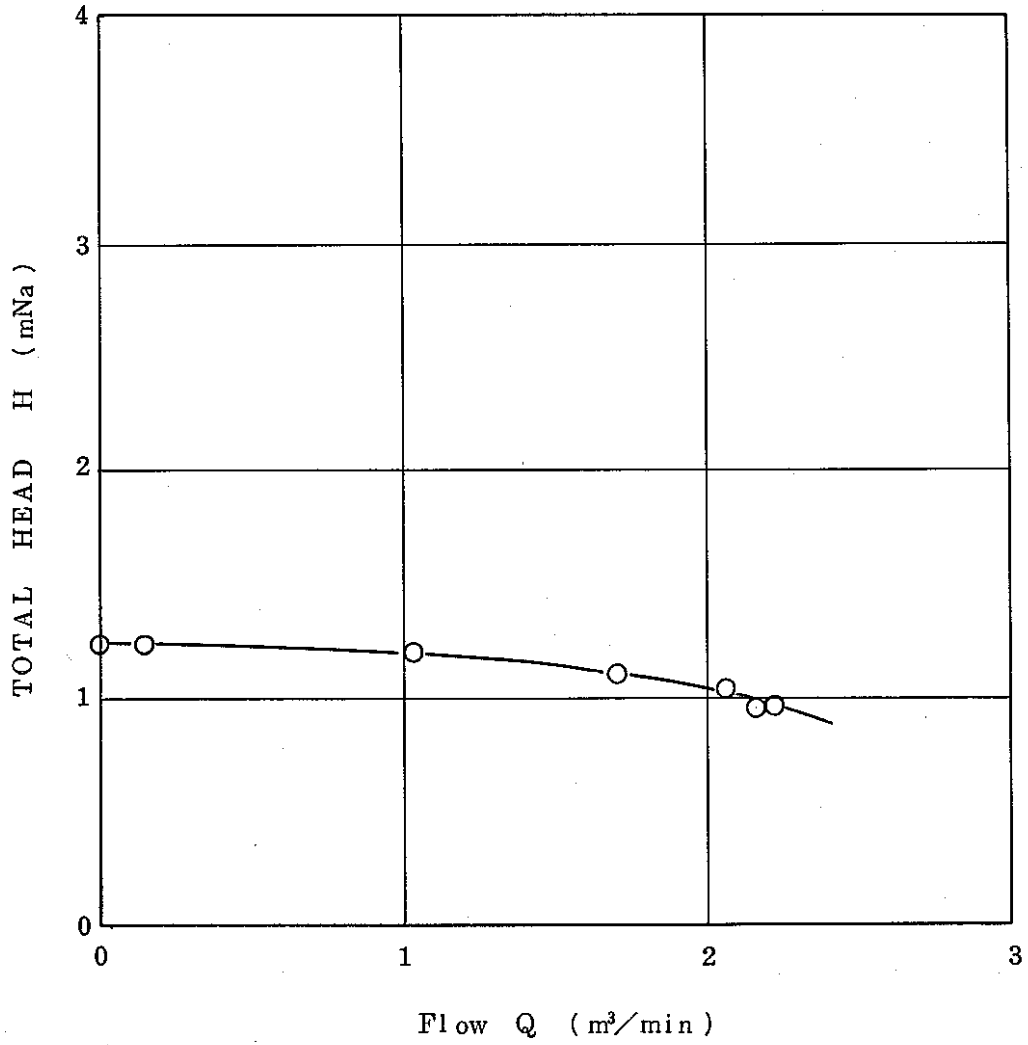


Fig.4-2 Q-H Characteristic at 10% Speed .

5. 実プラントにおいて必要とされる低速駆動装置の特性

実プラントにおいて、1次主循環ポンプが低速駆動装置によって運転されるのは、次の事象である。

(1) コーストダウン引継ぎ事象

主モータによる主循環ポンプ定常運転状態より、主循環ポンプをコーストダウンさせ、低速駆動装置による運転に引継ぐ。コーストダウン引継ぎが実施されるのは、以下の時である。

(i) 通常炉停止時

低温停止等の通常炉停止時に、主モータからポニーモータ運転へ引継ぐ。1次主循環ポンプは、40%流量から10%流量へ移行する。その際、1次冷却系Na温度は、200℃近傍にある。

(ii) 原子炉トリップ時

原子炉トリップ時に、1次主循環ポンプは、主モータによる定常運転からポニーモータによる低速運転に移行する。

(iii) 電源喪失時

実プラントにおいて、外部電源喪失の場合、1次主循環ポンプは、主モータが停止し、コーストダウンする。外部電源喪失後15秒以内にディーゼル発電機が立ち上がり、非常用電源を確立し、ポニーモータ運転に引継がれる。また、外部電源喪失後15秒以内に非常用電源が活きない場合は、1次系、2次系主循環ポンプは停止する。

(2) 通常起動運転

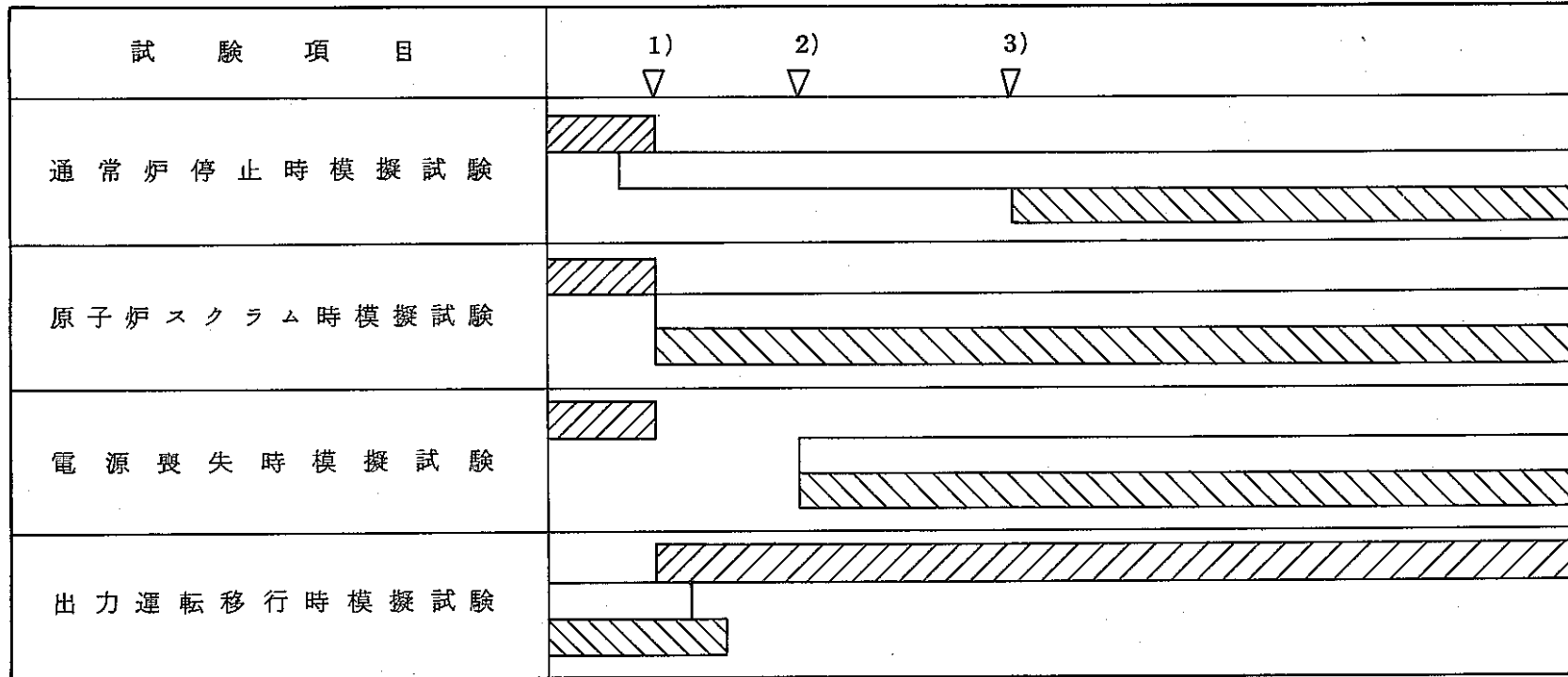
プラント停止時より、1次冷却系は、ポニーモータ運転となり、その後、主モータ運転に引継ぎ、40%流量運転状態に移行する。その際、1次冷却系Na温度は200℃近傍にある。

以上の各事象を模擬した試験を実施し、低速駆動装置の性能、特性を把握し、健全性を確認すると共に、実機へ反映する必要がある。

Table 5-1に、引継ぎ時の主モータとポニーモータの関係を示す。

なお、実プラントにおける各事象の作動回数は、通常炉停止引継ぎモード1500回、出力移行引継ぎモード1000回であり、本試験では、試験期間上、それらの5%回数を実施した。また、緊急モード時の試験についても、それに準じた。Table 5-2に試験回数を示す。

Table 5-1 Operation Sequence Main Motor, Pony Motor and Oil Lifter Starting



1) 試験開始条件投入

2) 1より15秒後

3) 主循環ポンプ回転数 $N \approx 150 \text{ rpm}$

 主モータ  ポニーモータ


 オイルリフター

Table 5-2 Pony Motor Test - Modes and Test Number

運 転 モ ー ド	実機作動想定回数 (回)	試 験 回 数 (回)
ポニーモータ→主モータ	1000	50
主モータ→ポニーモータ	1500	75
ポニーモータによる ポンプ起動	—	25
ポンプトリップ (原子炉スクラムモード)	457 ※	25
ポンプトリップ (電源喪失モード)	—	25
ポニーモータ停止	500	25

※ 通常炉停止モードは含まない。

6. 試験結果

6.1 コーストダウン引継ぎ試験結果

(1) 通常炉停止時模擬試験結果

Fig. 6-1 にポニーモータの特性, Fig. 6-2 にポンプの特性を示す。これらの図から次の事がいえる。

- (i) ポンプ回転数の変化からみて, 主モータからポニーモータへの引継ぎがスムーズであり, 引継ぎに要する時間は, 21.09 秒程度である。
- (ii) ポニーモータ回転数は, 無負荷, 負荷時に変化がなく一定である。
- (iii) ポニーモータ軸受部振動は, 引継ぎ後減少し, 約 $\frac{1}{2}$ 程度になっている。
- (iv) 引継ぎ時, 循環流量は, 流体慣性により, ポンプ回転数が 10% 回転数になった後に静定する。オーバーフロー流量も同様である。

(2) 原子炉スクラム時模擬試験結果

Fig. 6-3 ~ 6-6 にポニーモータ特性, Fig. 6-7 ~ 6-10 にポンプ特性を示す。これらの図より次の事がいえる。

- (i) トリップ信号の入力直後に, ポンプ回転数がわずかに落ち込んで, 以後スムーズに引継いでいる。
- (ii) トリップ信号の入力でポニーモータが起動し, 約 0.55 秒でポニーモータの回転数が静定している。その際ポニーモータの起動電流は, 144 ~ 147A であり, 約 29 A 程度の負荷電流に落ちつく。
- (iii) ポニーモータ軸受部振動は, 引継ぎ前には, ポンプ回転数が高いほど大きく, 引継ぎ後は, ほぼ 7.5 ~ 10 μ 程度になっている。
- (iv) 引継ぎに要した時間は, 40, 50, 60, 70% 回転数の時, それぞれ 21.82, 24.52, 26.76, 28.3 秒であった。このうち 40% 回転数からの引継ぎを通常引継ぎと比較すると, 引継ぎに要する時間が, 約 1 秒程長い。
- (v) ポンプの特性については, カバーガス圧が異なるため, ポンプ入口圧, 出口圧に差がある以外, ほぼ通常引継ぎと同様の結果が得られた。

(3) 電源喪失時模擬試験結果

Fig. 6-11 ~ 6-14 にポニーモータ特性, Fig. 6-15 ~ 6-18 にポンプ特性を示す。これらの図より次のことがいえる。

- (i) 電源喪失後、ポンプはコーストダウンし、約15秒後の非常系電源起動時に、ポンプ回転数がわずかに落ち込んでいる。また、その時のボニーモータの起動電流は143～147Aで、ボニーモータ回転数は、約0.55秒で静定している。
- (ii) ボニーモータ軸受部振動は、原子炉スクラム時模擬試験結果と同様に引継ぎ前は、ポンプ回転数が高いほど大きく、引継ぎ後は、ほぼ5～10 μ 程度になっている。
- (iii) ポンプの特性については、流量、圧力、液位のいずれも原子炉トリップ時模擬試験結果と差異が認められない。
- (iv) 引継ぎに要した時間は、40、50、60、70%回転数の時それぞれ、21.21、24.18、26.42、27.85秒であった。

6.2 出力移行時模擬試験結果

Fig.6-19にボニーモータ特性、Fig.6-20にポンプ特性を示す。これらの図より次のことがいえる。

- (1) ポンプ回転数の変化から、ボニーモータから主モータへの引継ぎがスムーズに行なわれ、引継ぎに要する時間は、約201.8秒であった。
- (2) 引継ぎの際、ボニーモータの回転数に変化がなく一定であり、引継ぎ開始時及び終了時以外はほぼ直線的に変化している。
- (3) 主モータ起動時にボニーモータの電流が、わずかに増加し、徐々に復帰し安定している。
- (4) ボニーモータ軸受部振動は、引継ぎ前のボニーモータによる主循環ポンプ運転時に4.5 μ 程度でほぼ安定しているが、主モータへ引継ぎ後は、7.5～22.5 μ と脈動している。
- (5) 循環流量は、ポンプ回転数にほぼ追従するように増加しており、コーストダウン引継ぎ時にみられた程の時間的ずれはない。オーバーフロー流量、ポンプ出口圧についても同様のことがいえる。
- (6) ポンプナトリウム液位は、変動が少なく2cm程度の上昇であり、ポンプ加熱器のNa液位は、ポンプナトリウム液位にくらべて若干大きく約5cm低下している。これは運転上特に問題になるような変動ではない。

6.3 低速駆動装置によるポンプ起動試験結果

Fig.6-21にポニーモータの特性, Fig.6-22にポンプ特性を示す。これらの図より次のことがいえる。

- (1) ポンプ回転数は, 約1.21秒で85.7 rpmまでほぼ直線的に昇速され, 起動より約1.91秒で静定している。
- (2) ポニーモータ回転数は, 約1.12秒で定回転となり, その際の始動電流は, 150 Aである。
- (3) ポニーモータが起動してからポンプが起動するまでのタイムラグは約0.09秒である。
- (4) ポニーモータ軸受部振動は, 起動直後25 μ 前後で落ちつき, さらにポンプ回転数が静定する直後に最大50.3 μ まで増加している。これは, コーストダウン引継ぎ及び出力移行引継ぎとくらべて2.5~3.0倍の振動であった。以後, 軸受部振動は徐々に低下し, ポニーモータ起動より約7.3秒後には3.0 μ に安定している。
- (5) 循環流量は, ポンプ起動後約3.9秒後に安定しており, ポンプ回転数静定時間より約2.7秒の遅れがあった。オーバーフロー流量についても同様である。
- (6) ポンプナトリウム液位は, 変動が少なく約3 cmの上昇であり, ポンプ加熱器は約3 cm低下している。これも出力移行試験結果と同様運転上特に問題とはならない。

6.4 異常雰囲気温度での耐久試験について

本試験では, 40℃以下の通常雰囲気温度で265.6時間, 50~70℃の異常雰囲気温度で1978.5時間, 計2244.1時間低速駆動装置による主循環ポンプの運転を実施した。その結果, 通常雰囲気温度と異常雰囲気温度での低速駆動装置の性能, 特性に差異, 変化は認められなかった。ここでFig.6-23に経過時間とポンプ回転数, ポニーモータ電圧, ポニーモータ電流, ポニーモータ回転数, ポニーモータ雰囲気温度, オーバーランニングクラッチ給油温度の関係を示す。Fig.6-23からポニーモータの雰囲気温度が70℃に上昇しても, ポニーモータの特性には変化が認められない。Fig.6-23は, ポニーモータ雰囲気温度昇温後14時間まで示してあるが, そのまま運転を継続しても同じ結果であった。また, 本試験では, Table 5-2に示す試験回数を実施したが, 所定の引継ぎ回数を実施した後も, 低速駆動装置に特性の変化は認められなかった。

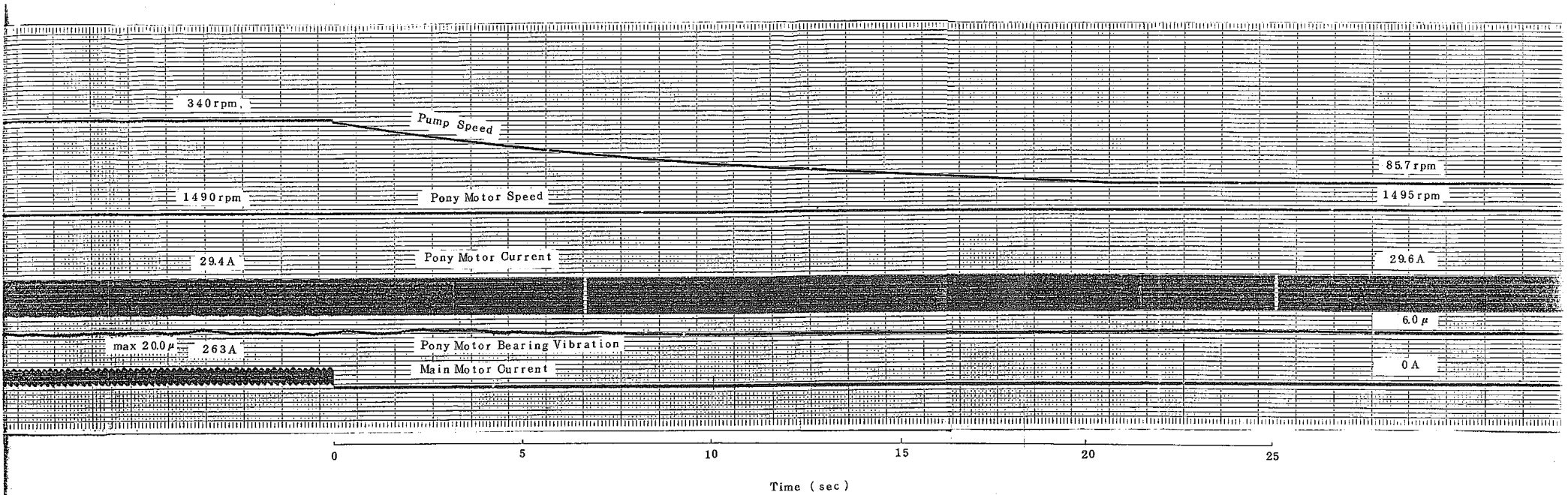


Fig.6-1 Pony Motor Characteristics (Transition from Main Motor to Pony Motor)

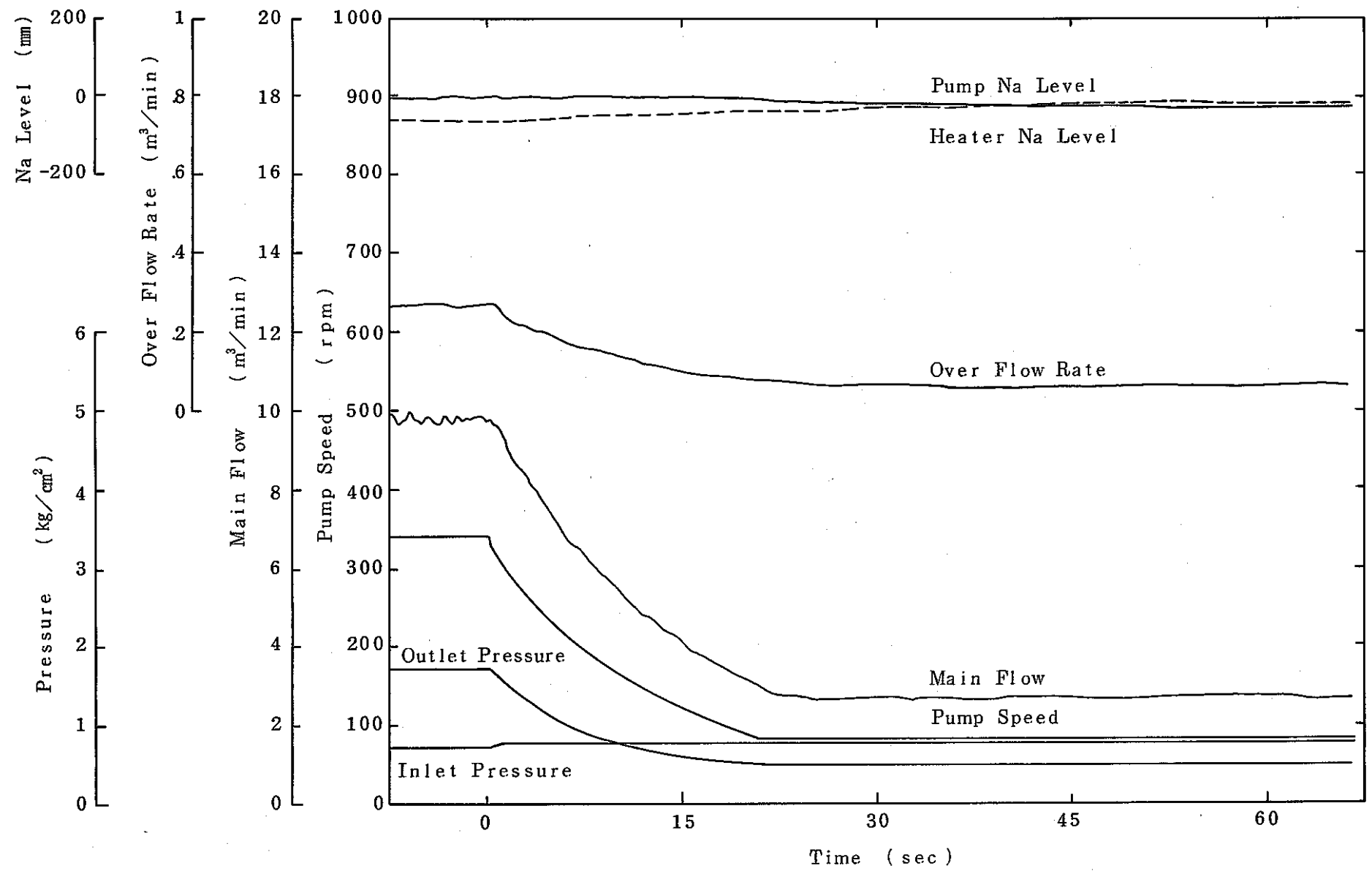


Fig.6-2 Pump Characteristics (Transition from Main-Motor to Pony-Motor)

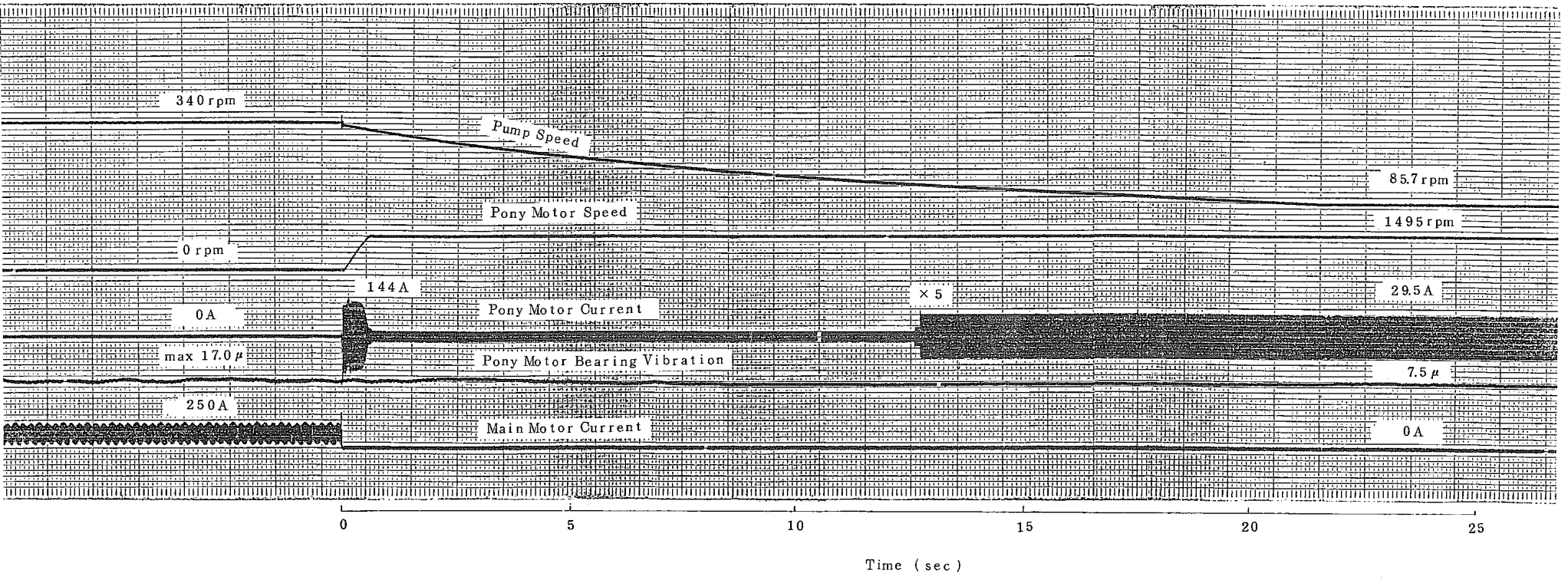


Fig.6-3 Pony Motor Characteristics (Scram Mode)

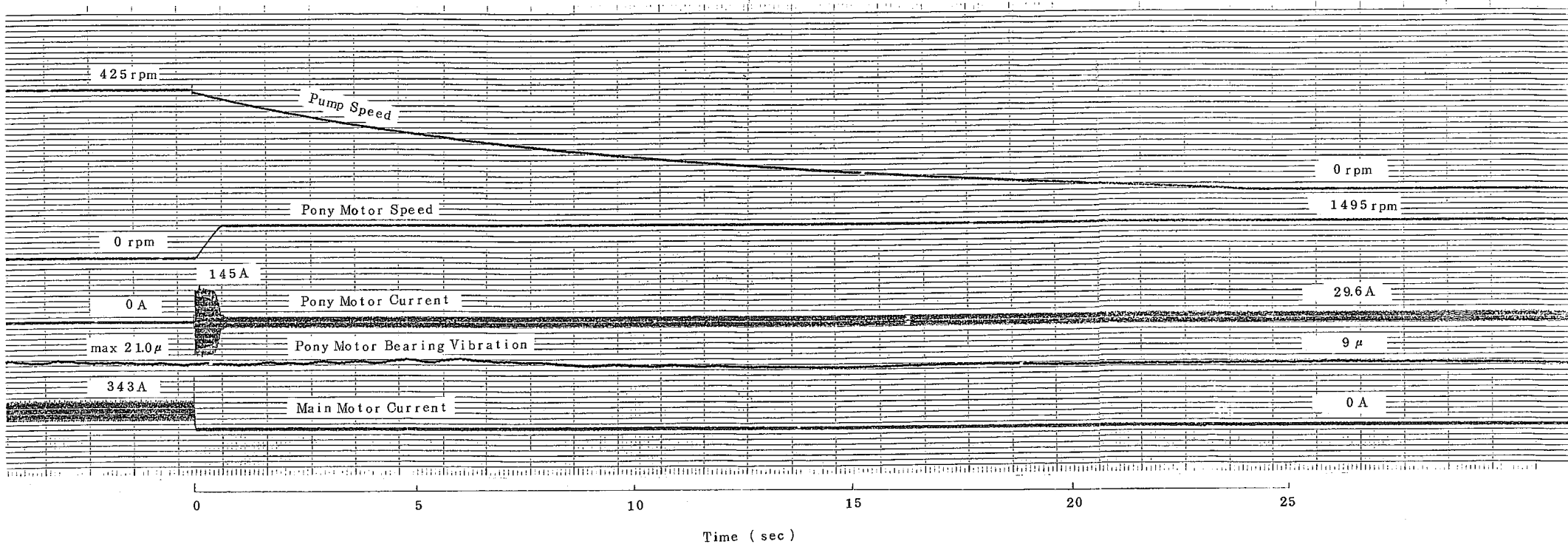


Fig.6-4 Pony Motor Characteristics (Scram Mode)

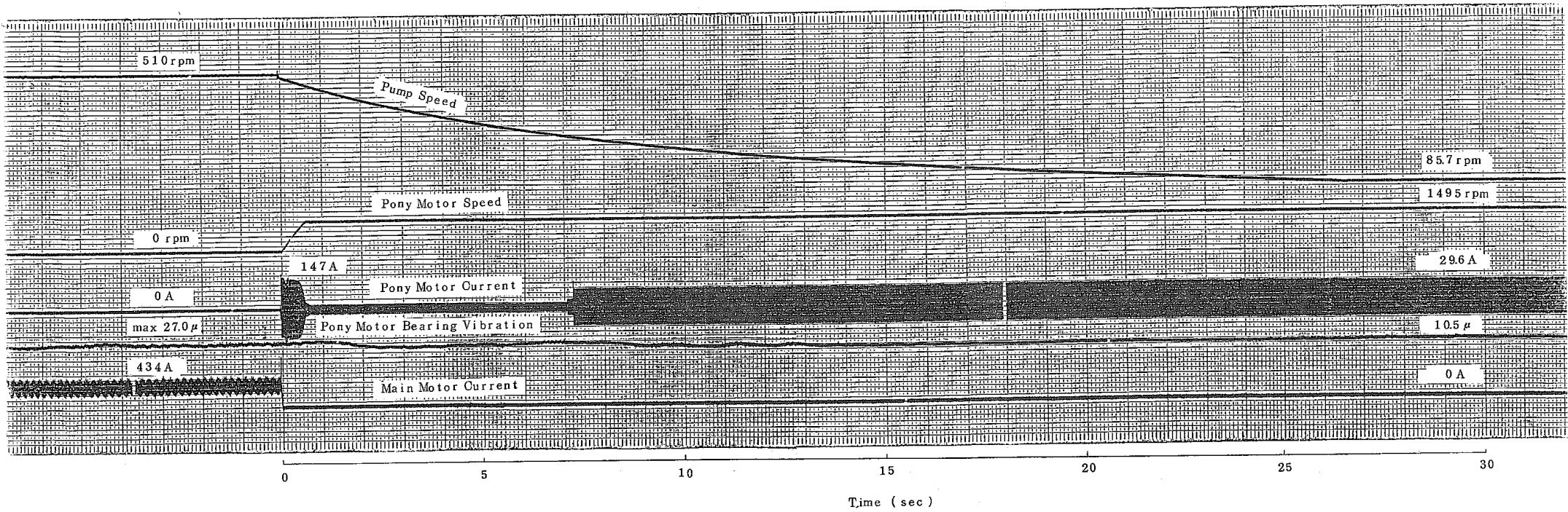


Fig.6-5 Pony Motor Characteristics (Scram Mode)

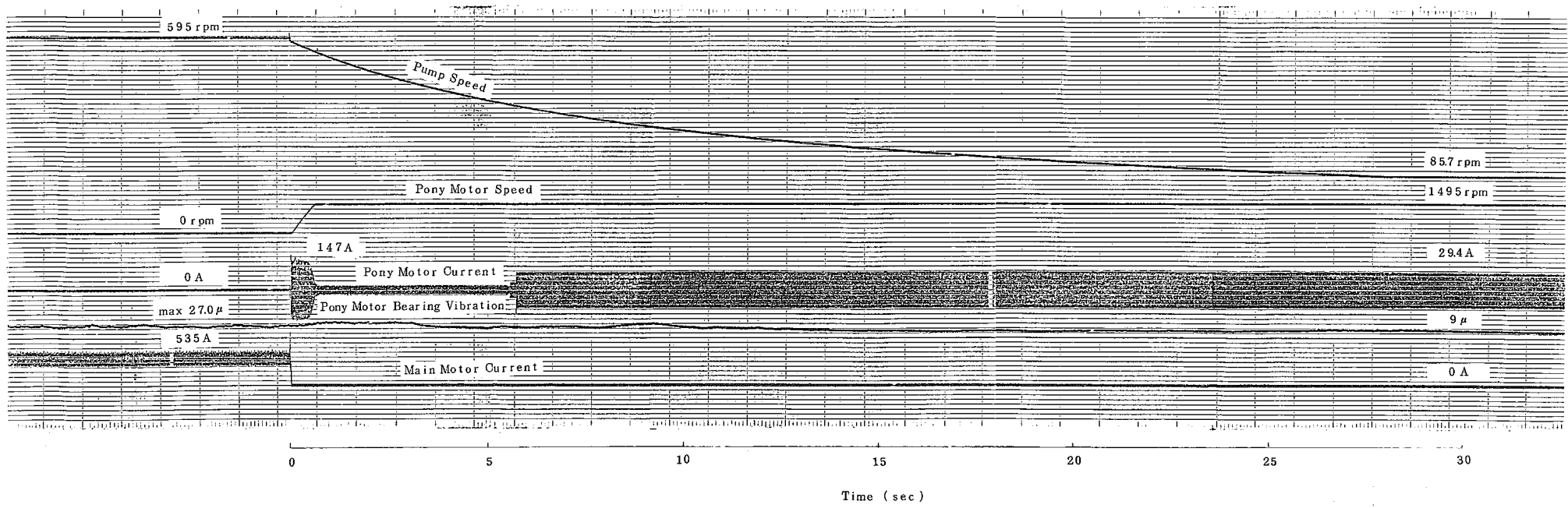


Fig.6-6 Pony Motor Characteristics (Scram Mode)

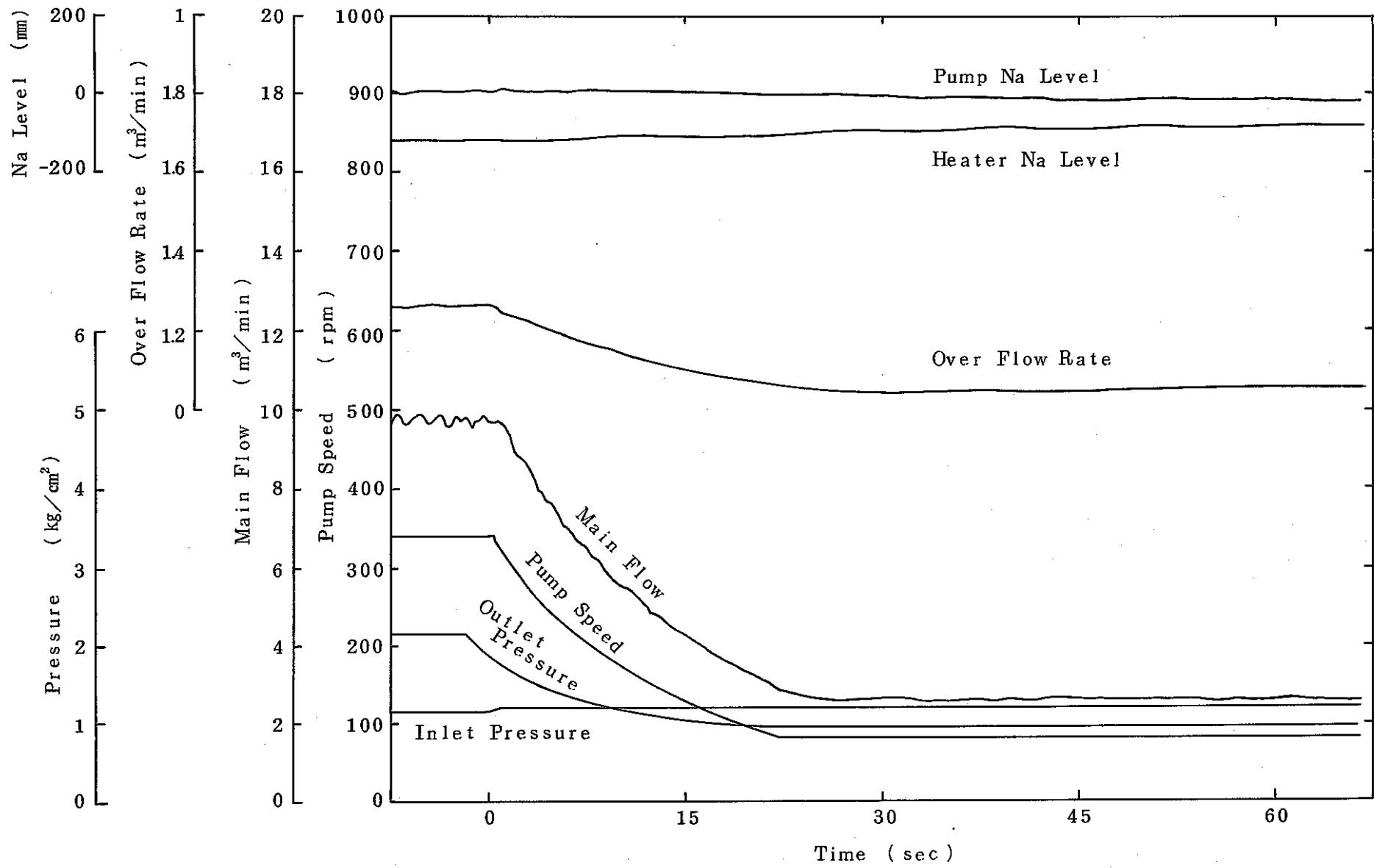


Fig.6-7 Pump Characteristics (Scram Mode)

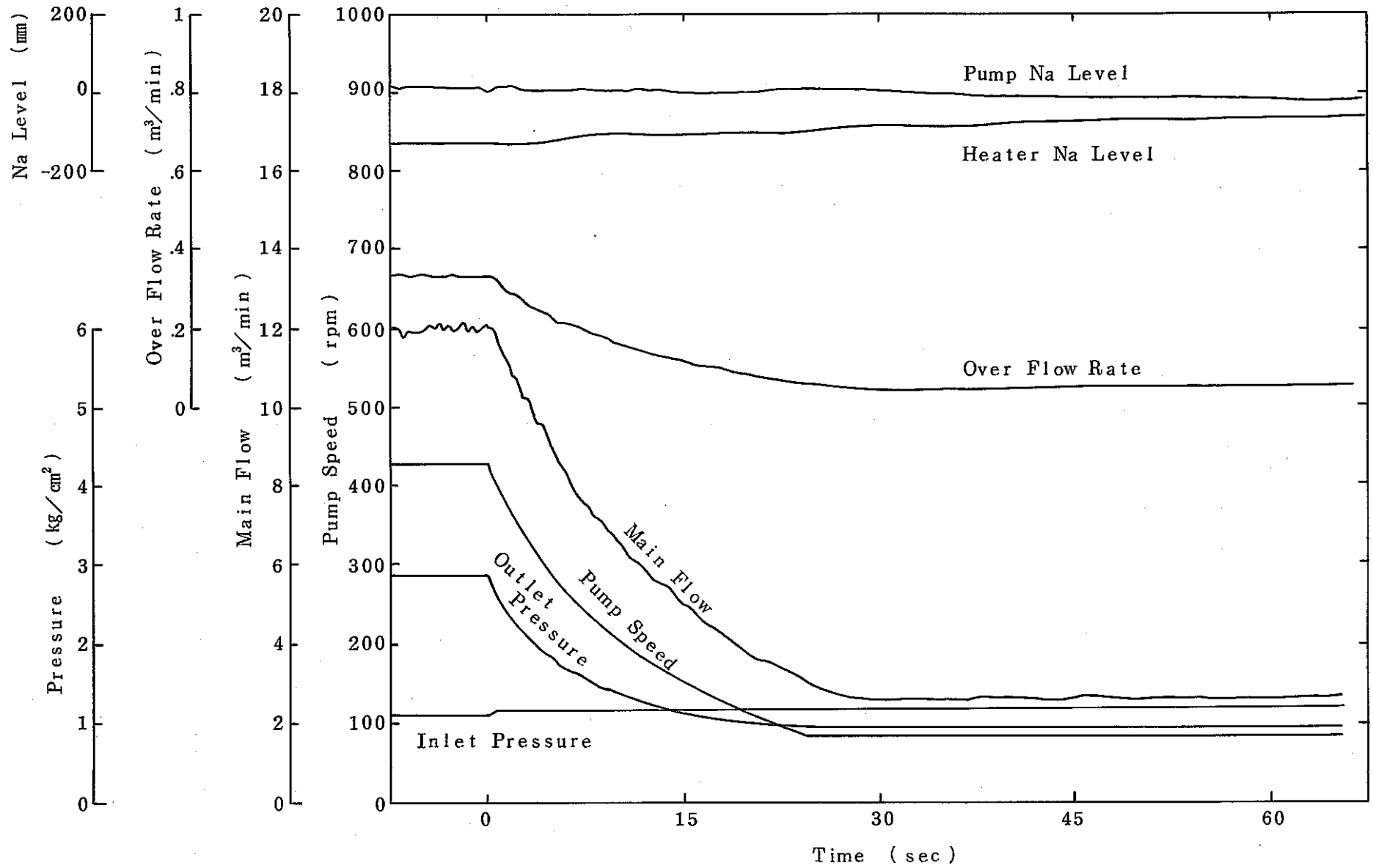


Fig.6-8 Pump Characteristics (Scram Mode)

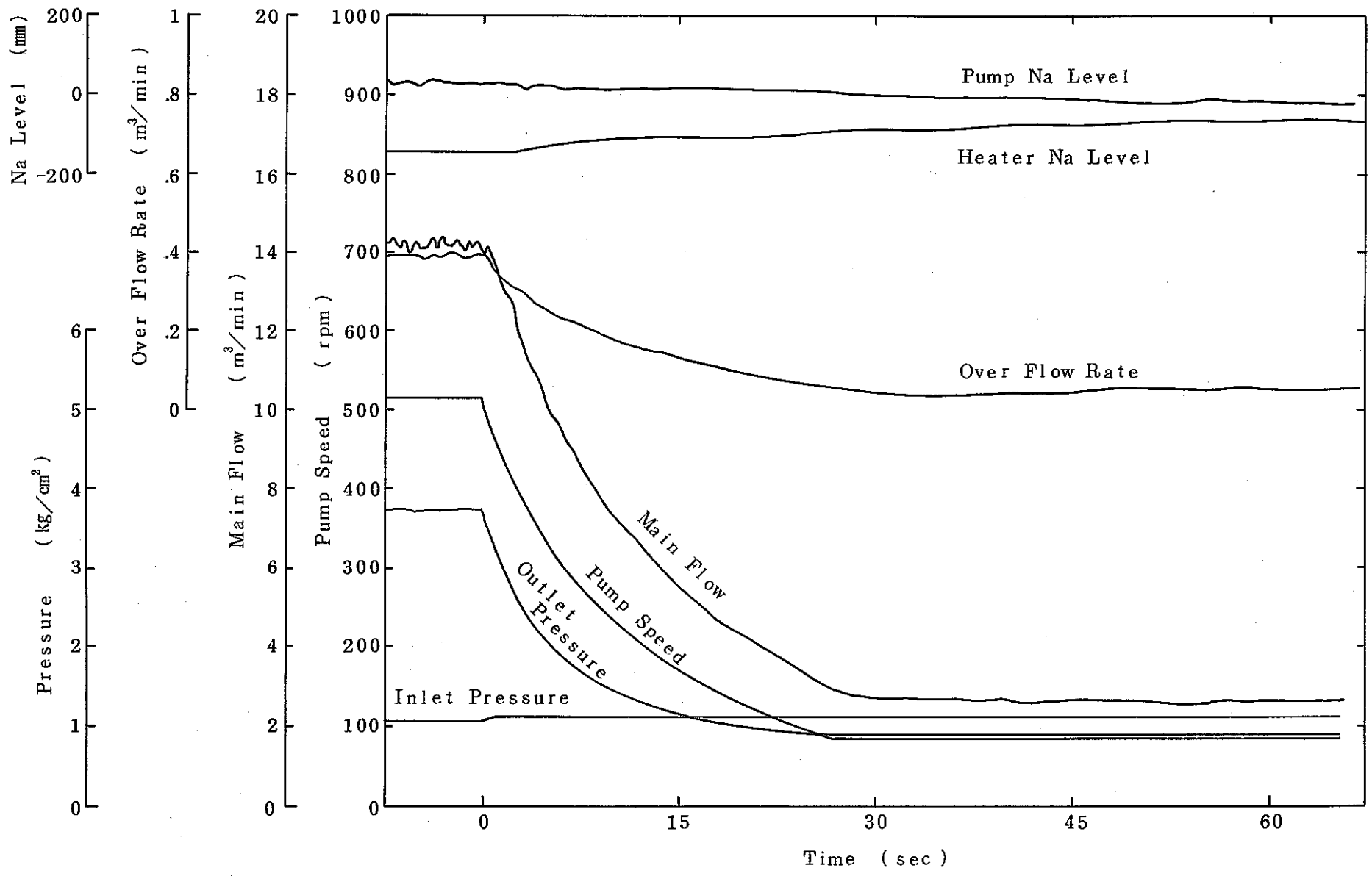


Fig.6-9 Pump Characteristics (Scrum Mode)

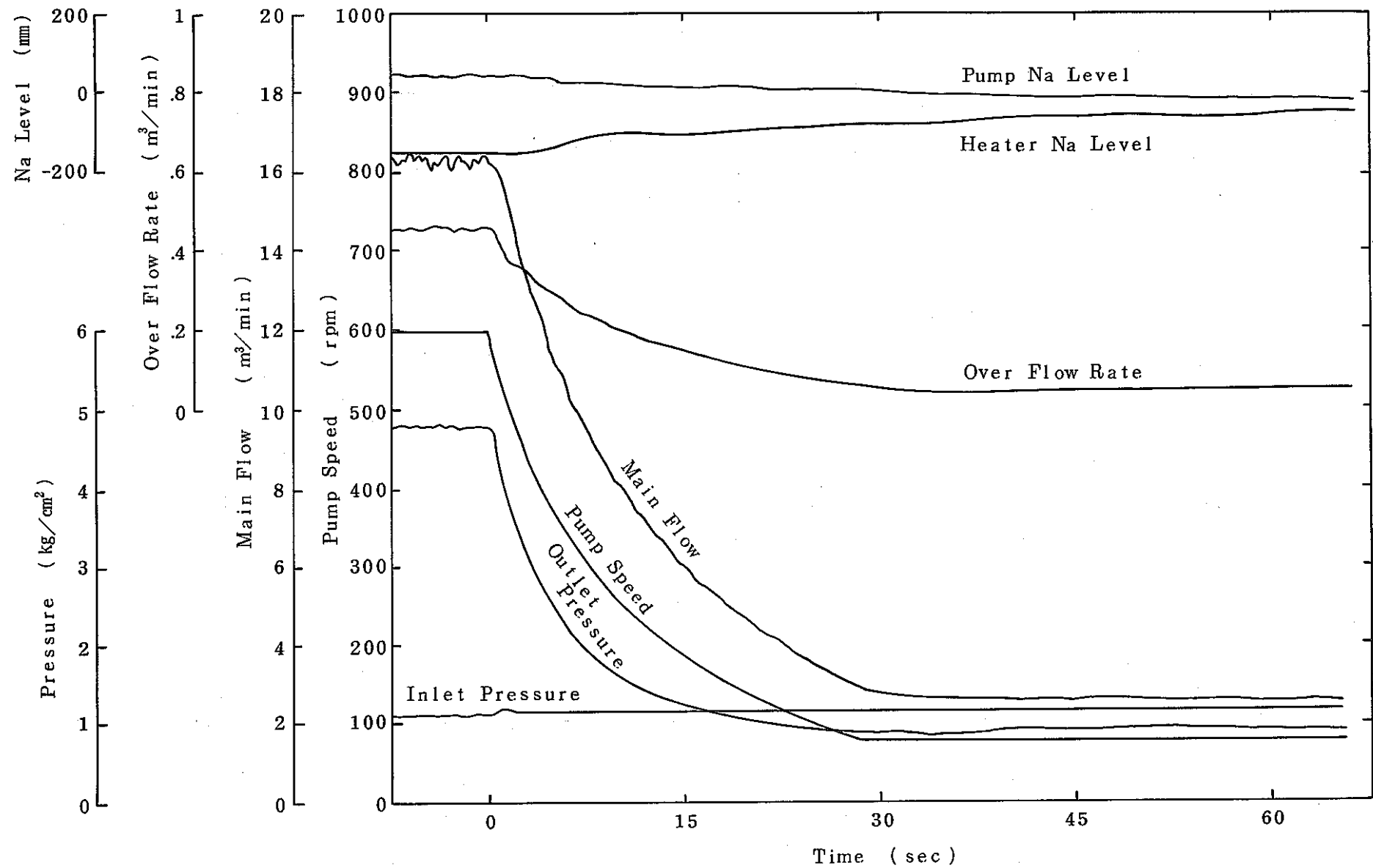


Fig.6-10 Pump Characteristics (Scrum Mode)

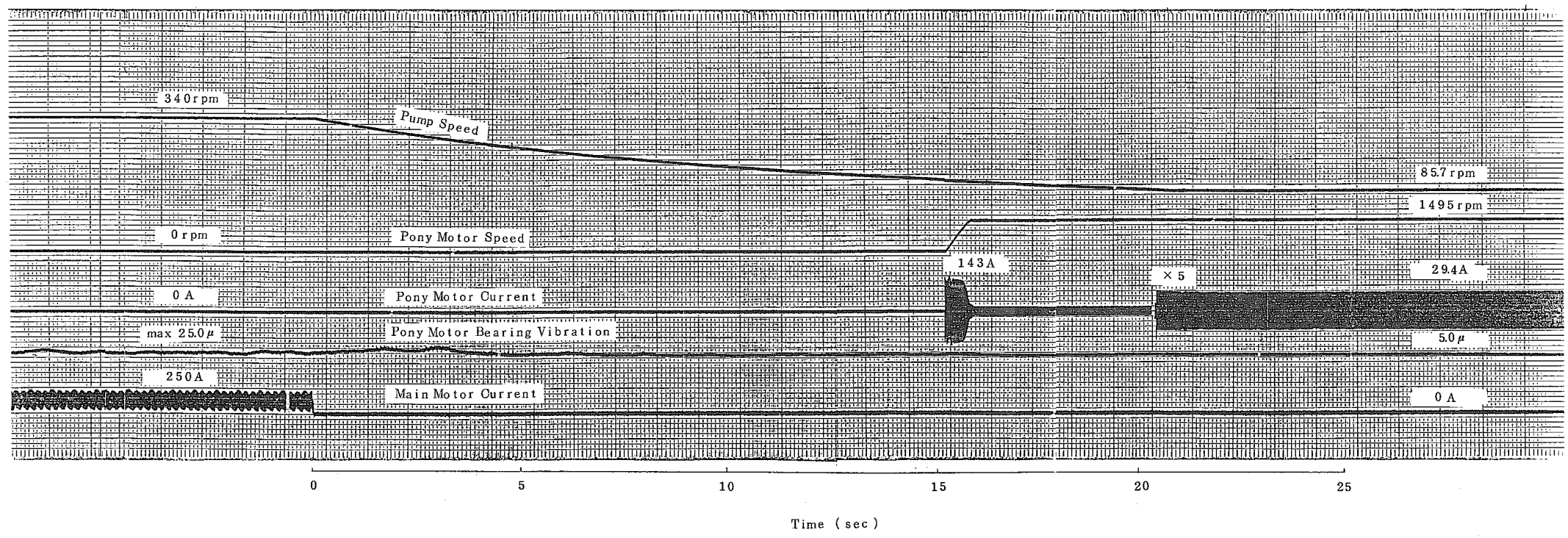


Fig.6-11 Pony Motor Characteristics (Electric Power Loss)

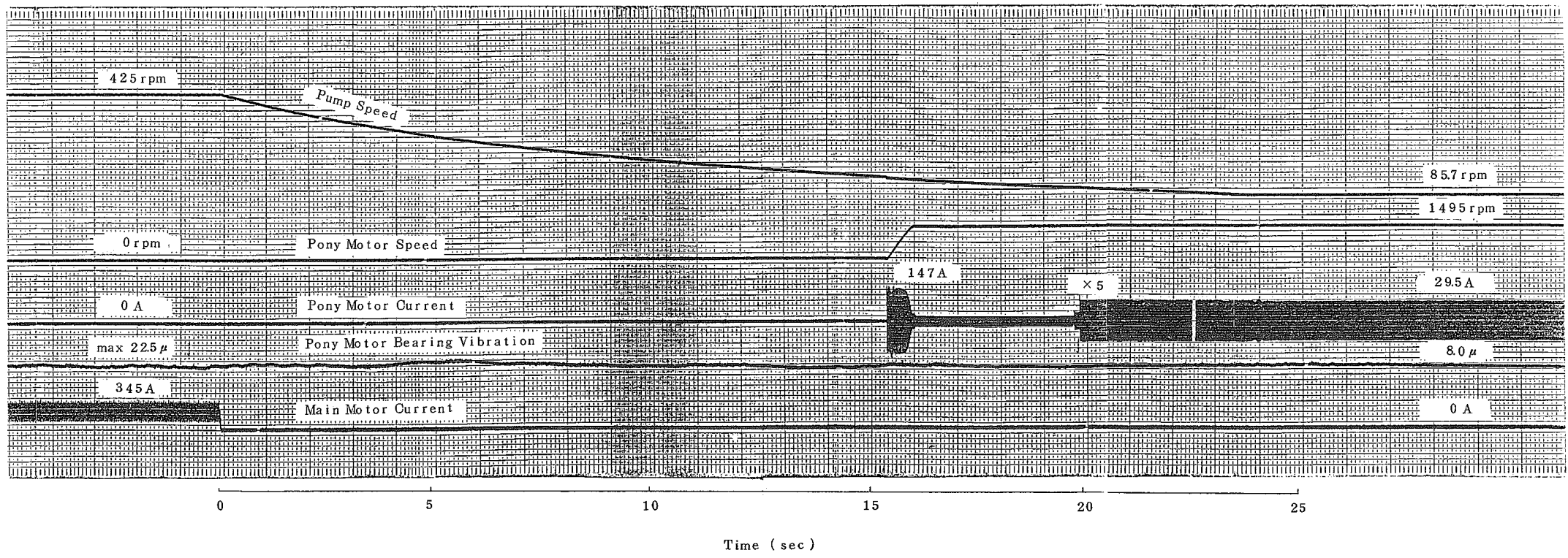


Fig.6-12 Pony Motor Characteristics (Electric Power Loss)

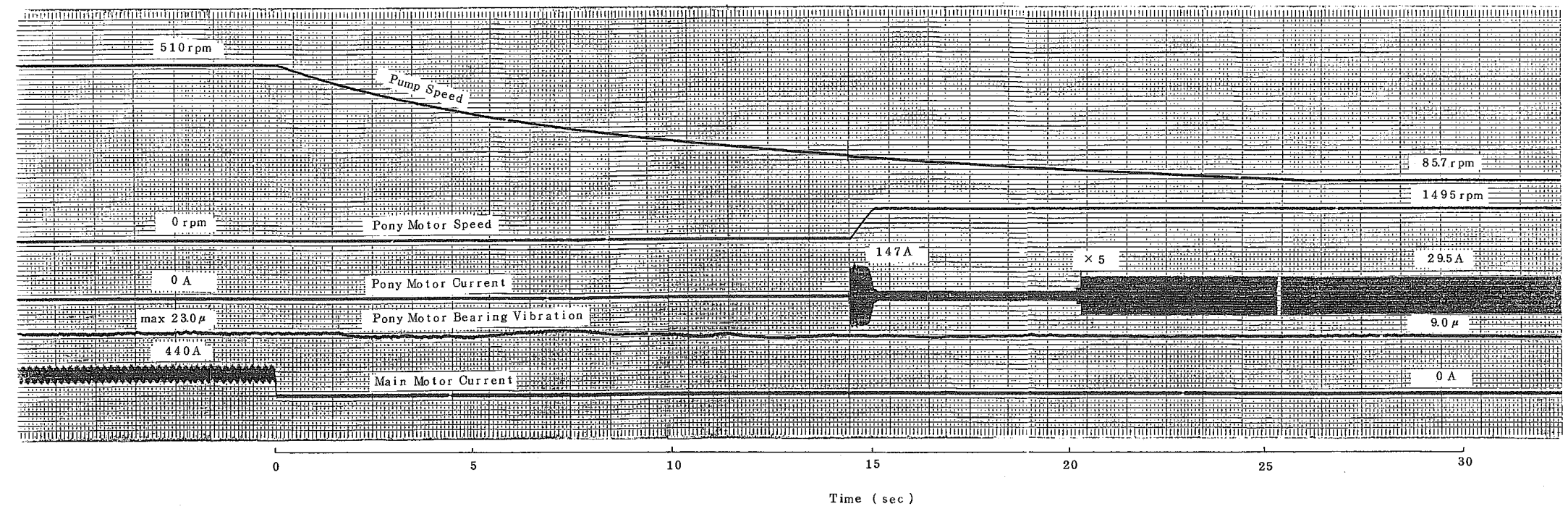


Fig.6-13 Pony Motor Characteristics (Electric Power Loss)

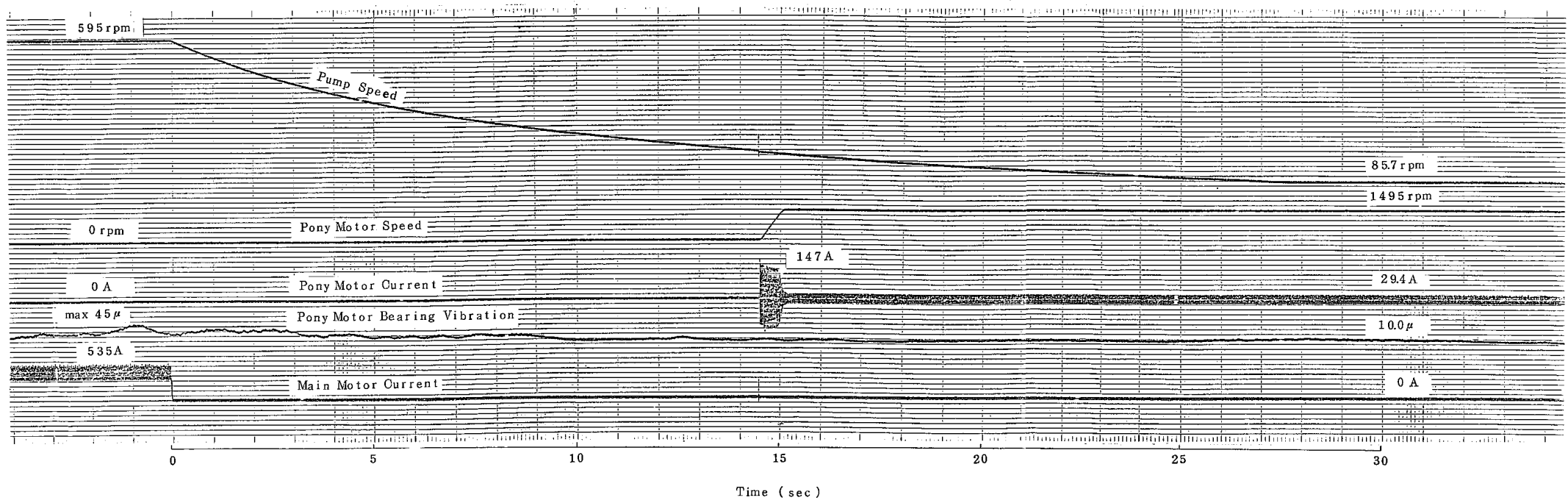


Fig.6-14 Pony Motor Characteristics (Electric Power Loss)

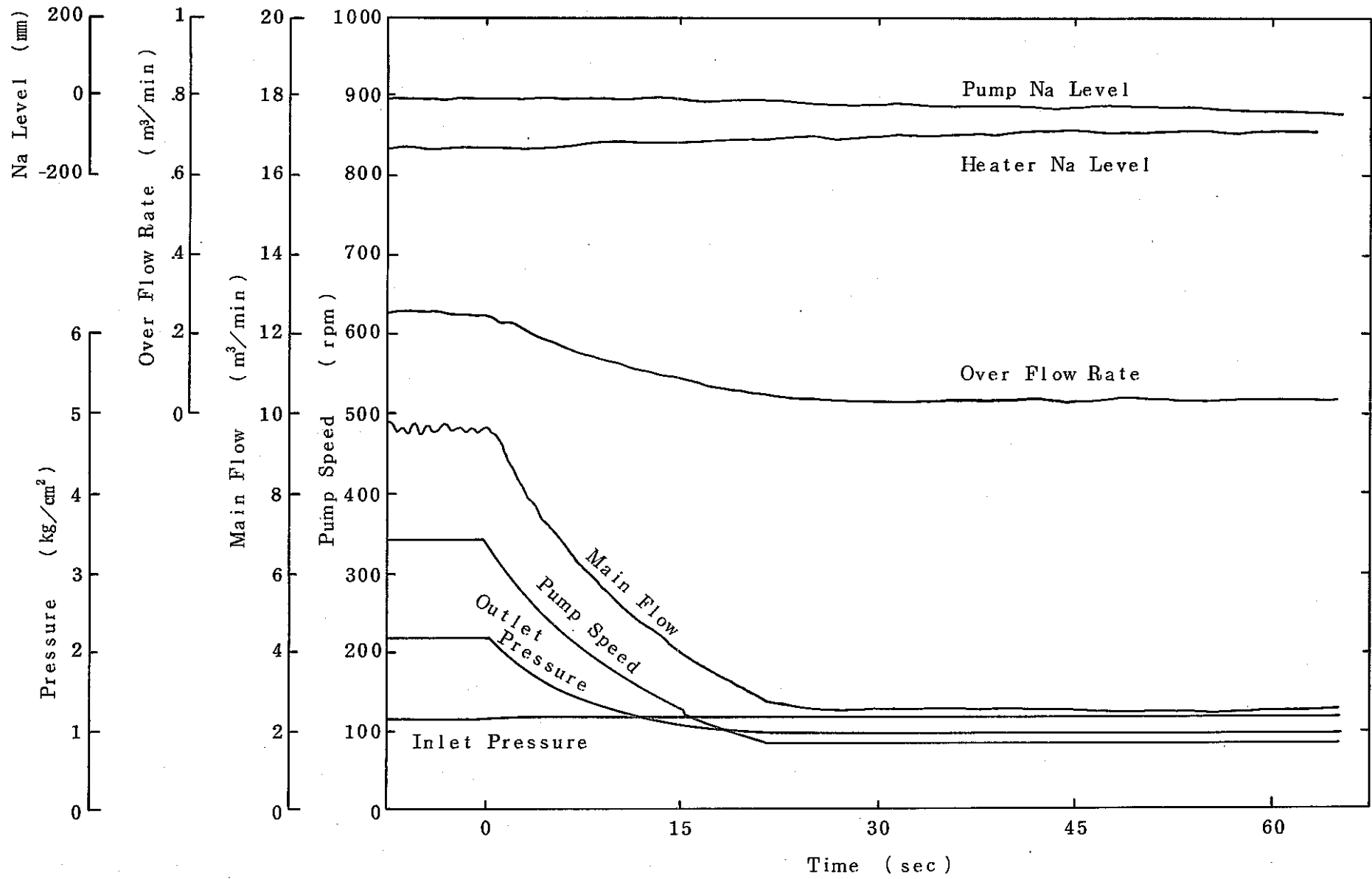


Fig.6-15 Pump Characteristics (Electric Power Loss)

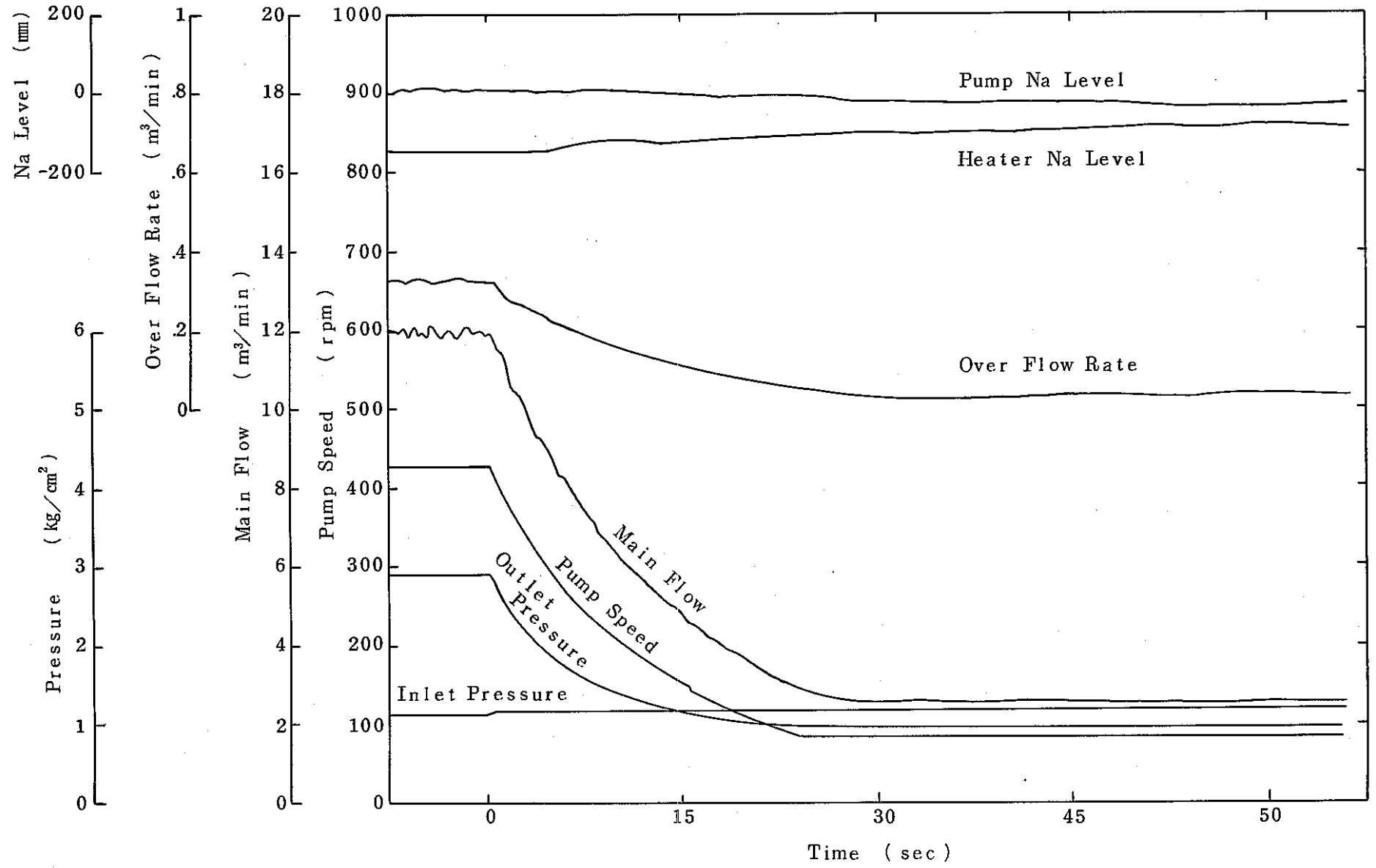


Fig.6-16 Pump Characteristics (Electric Power Loss)

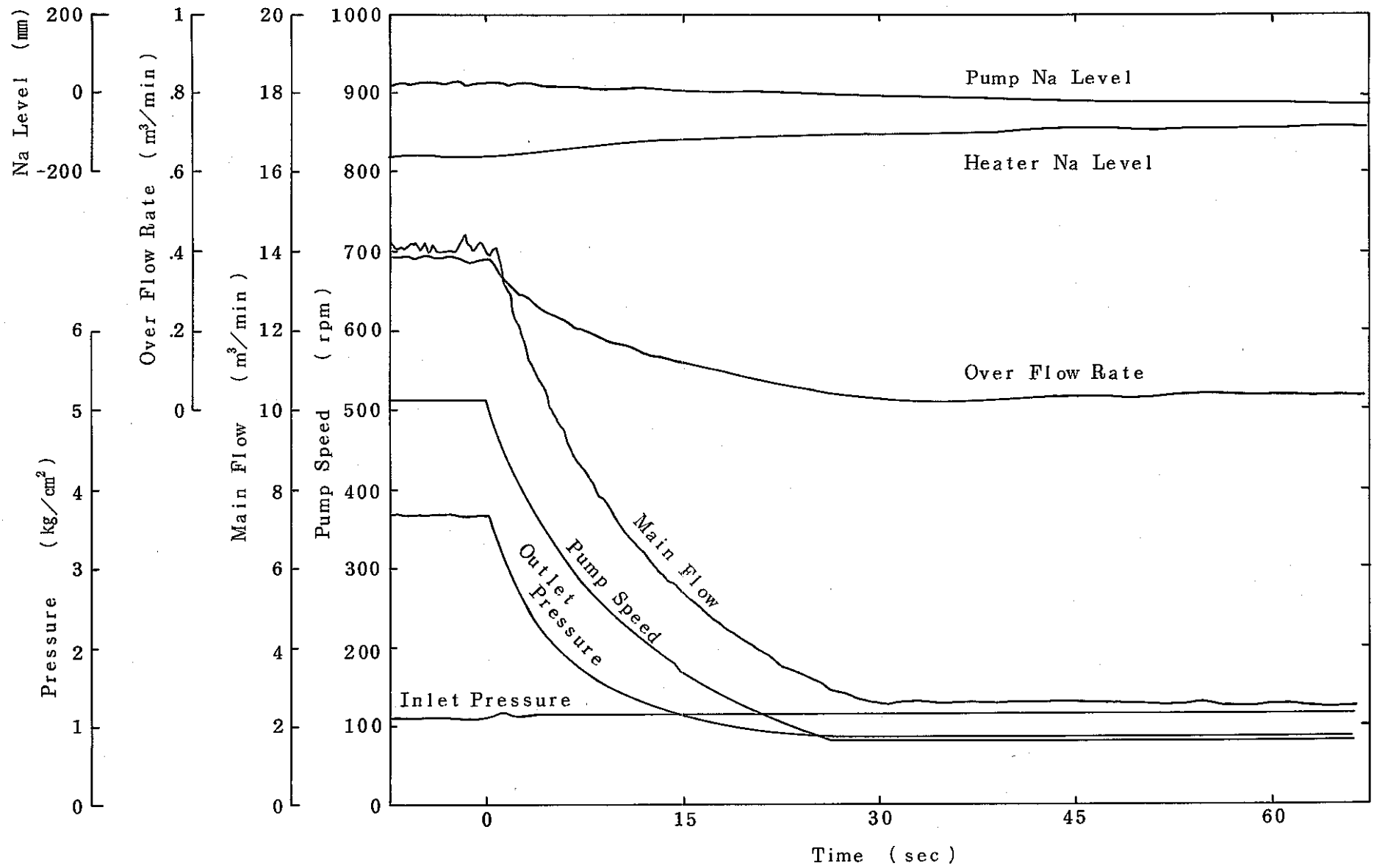


Fig.6-17 Pump Characteristics (Electric Power Loss)

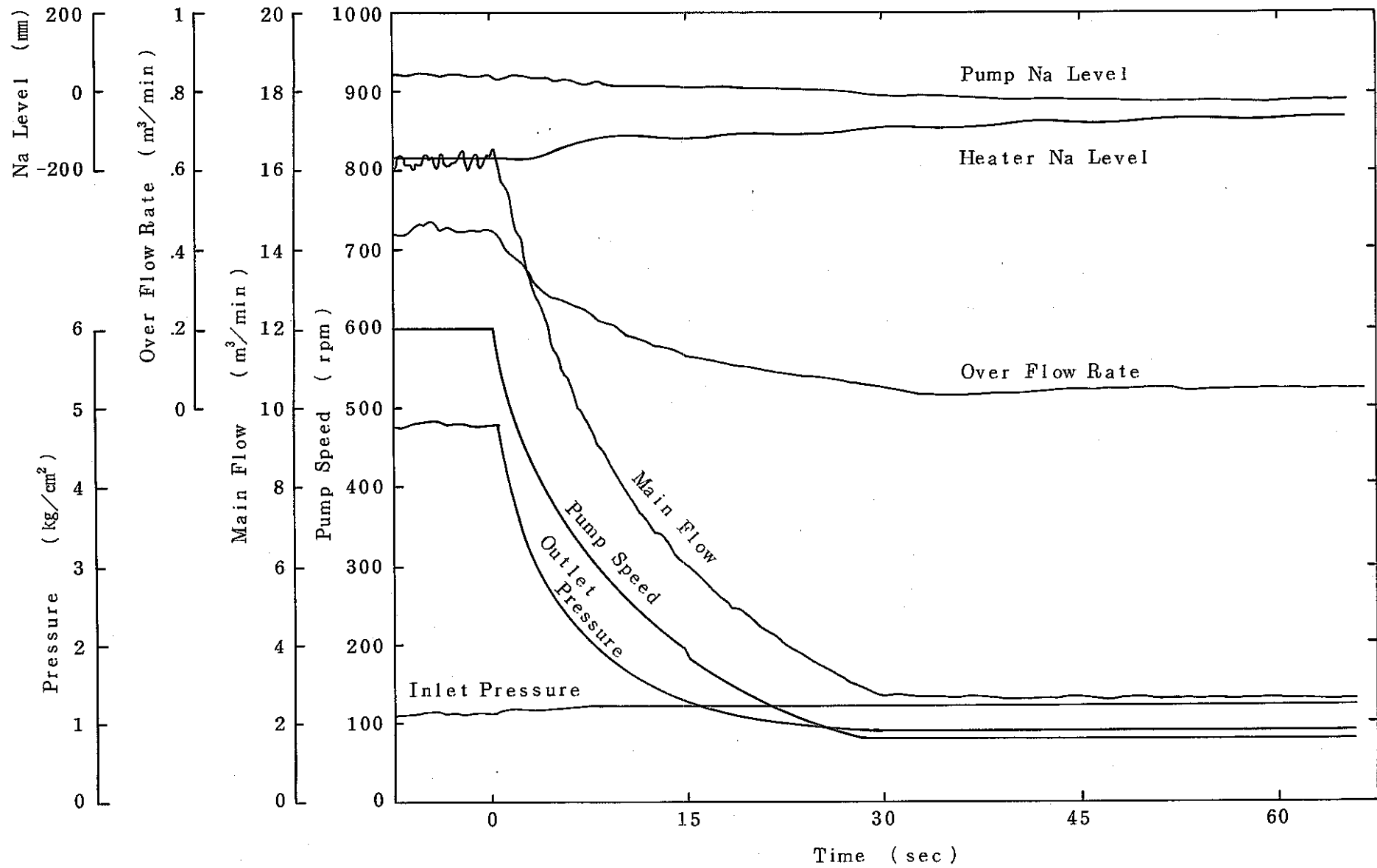


Fig.6-18 Pump Characteristics (Electric Power Loss)

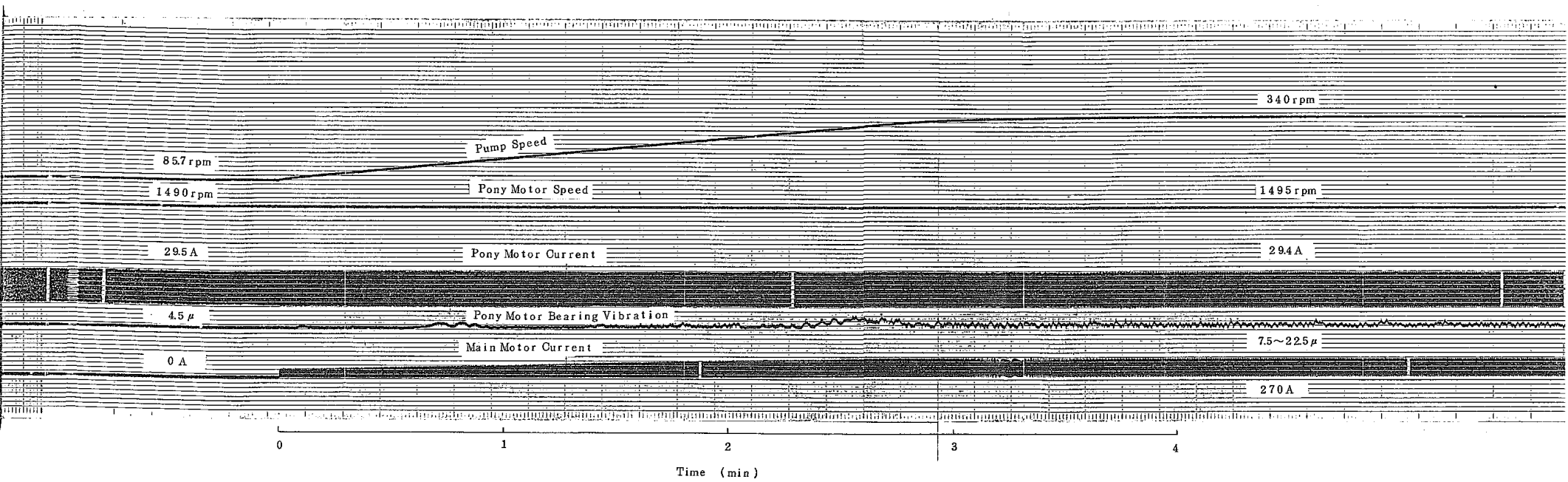


Fig.6-19 Pony Motor Characteristics (Transition from Pony Motor to Main Motor)

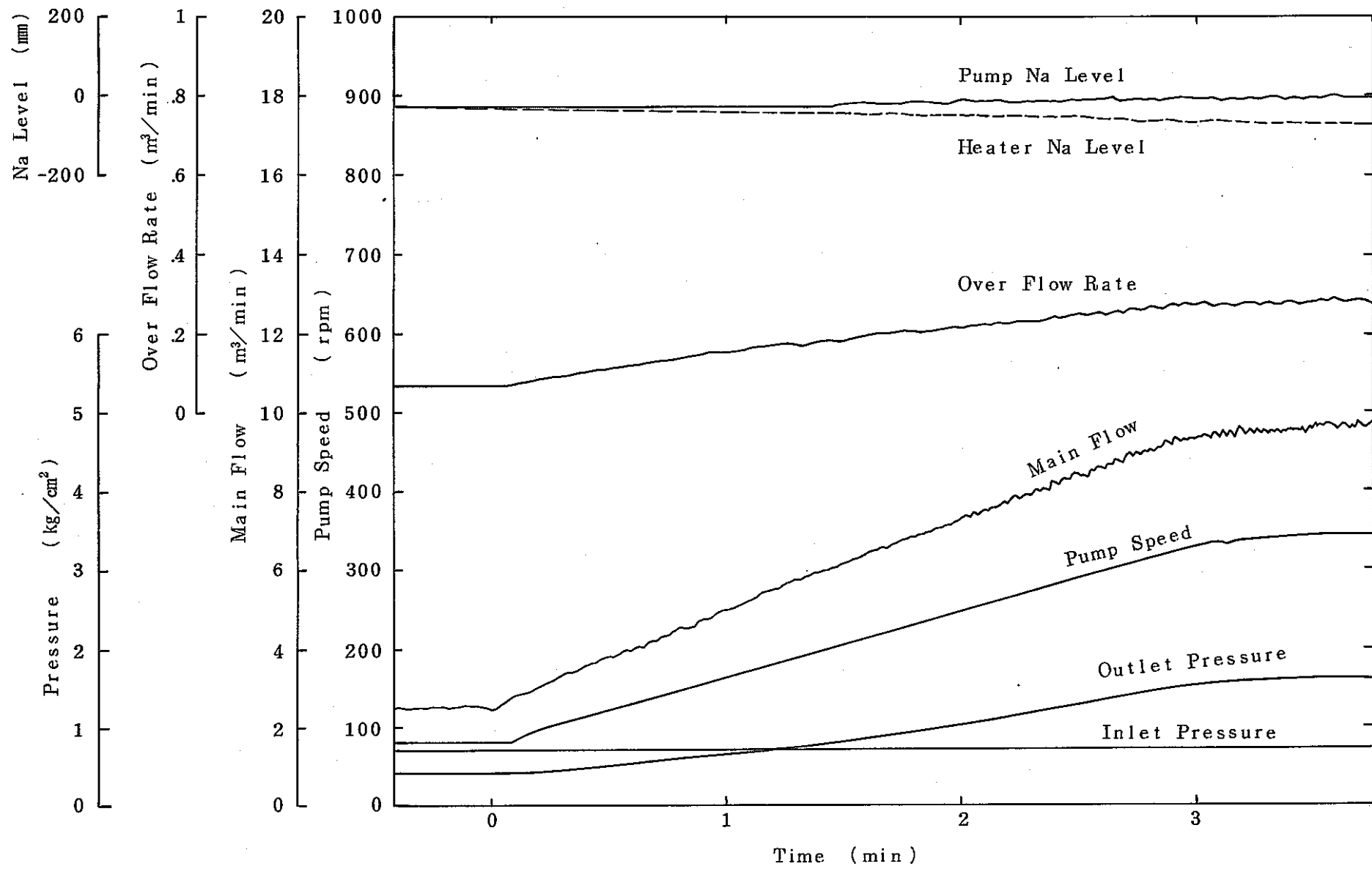


Fig.6-20 Pump Characteristics (Transition from Pony-Motor to Main-Motor)

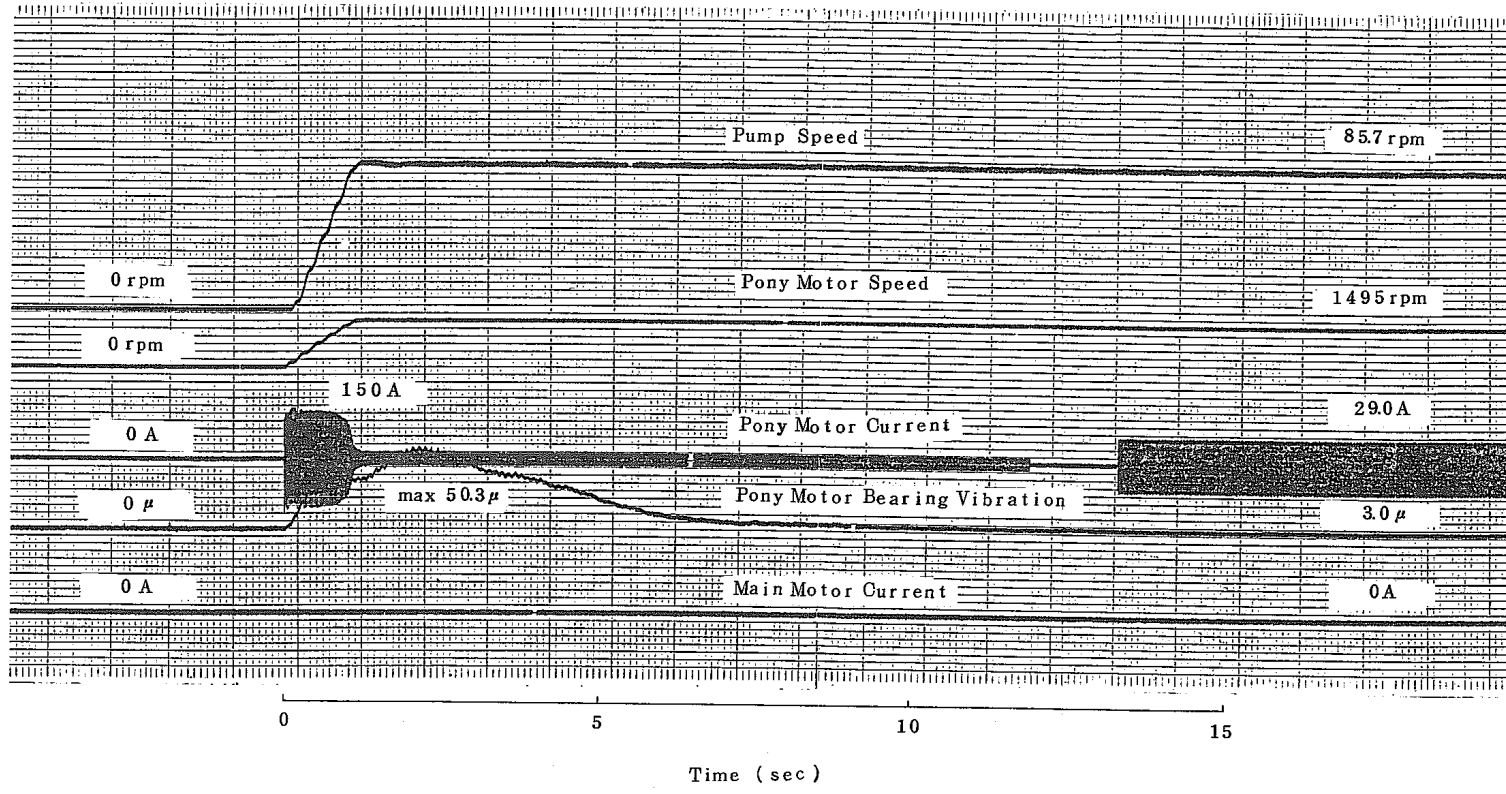


Fig.6-21 Pony Motor Characteristics (Start-up by Pony Motor)

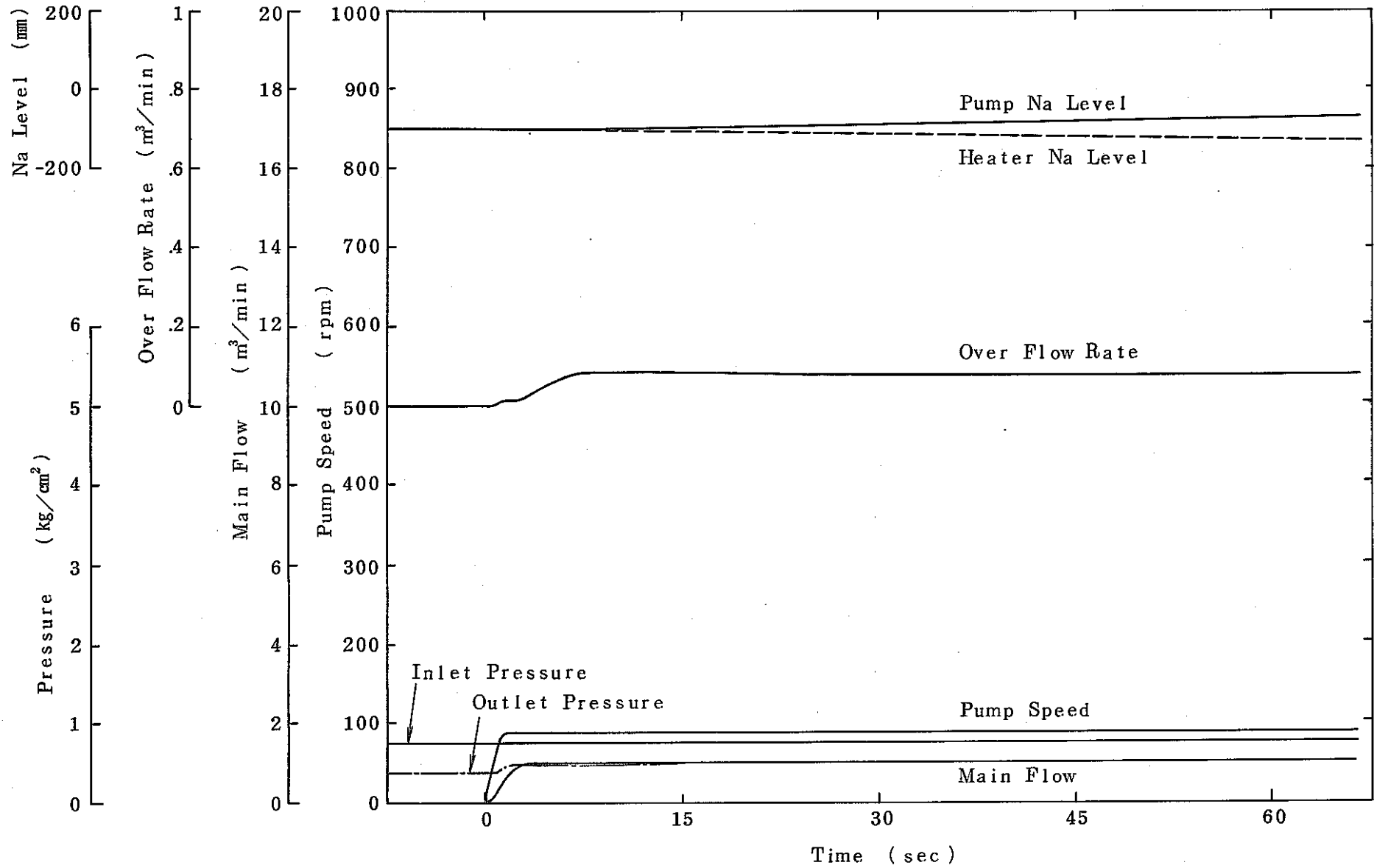


Fig.6-22 Pump Characteristics (Start-up by Pony-Motor)

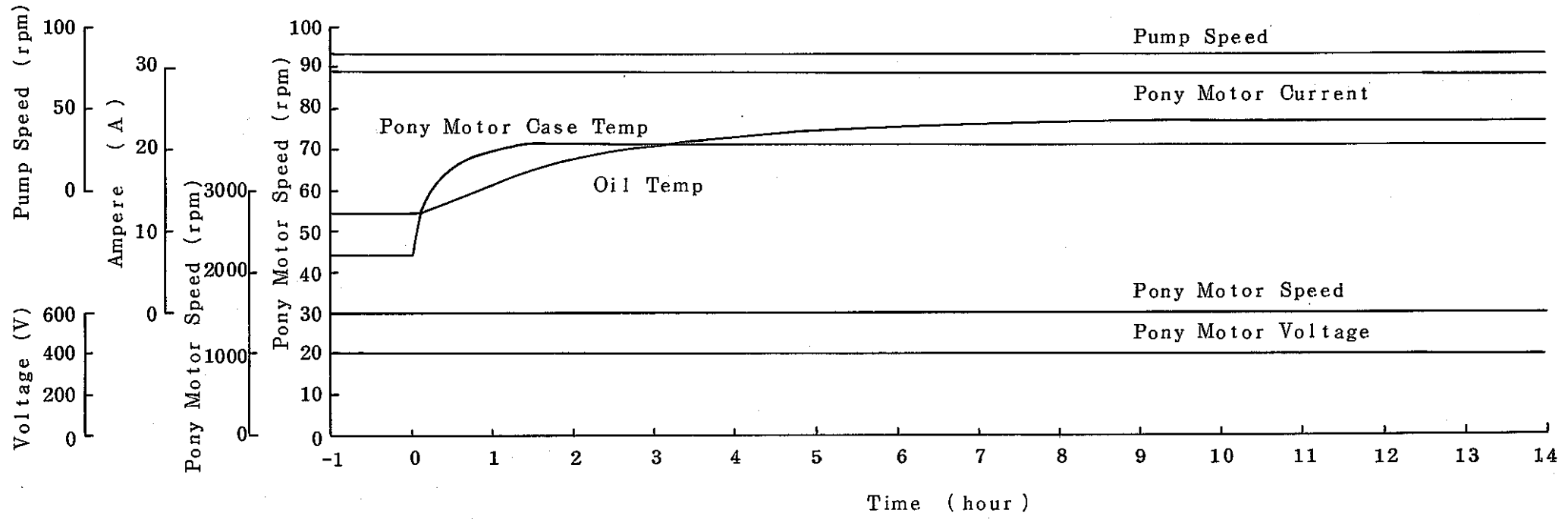


Fig.6-23 Emergency Temperature Characteristics

7. 検 討

本試験の結果より，低速駆動装置の性能，特性及び問題点等を考察，検討する。

7.1 低速駆動装置の特性

6章の結果より，低速駆動装置の特性をTable 7-1に示す。Table 7-1から，ポニーモータは，無負荷時，負荷時共，電圧及び回転数に差異が認められず，始動電流で2%程度，始動時間で0.5秒程度の違いが認められた。ポニーモータの定格容量は22kWであり，定格電流，電圧は，それぞれ46A，400Vである。円線図法により，本試験で得られた電流29.0A，電圧400Vを例としてポニーモータ出力を算出すると，24.9%となる。このことは，主循環ポンプモックアップにおいては，ポニーモータの容量は十分であり，試験でも，負荷時の回転数変動がほとんど認められず，問題点は見い出せない。

次に，減速機について考察する。減速機では，ポニーモータで発生するトルク T_{PM}

$$T_{PM} = \frac{(101.97) \times P}{2\pi / N} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}) \quad \dots\dots\dots (7-1)$$

P：ポニーモータ出力 (kW)

N：ポニーモータ回転数 (rpm)

101.97：単位換算係数 (kg·m/s/kW)

を，オーバーランニングクラッチを介して，主モータ軸に伝達するが，減速ギヤ出力端でのトルク T_G は，

$$T_G = T_{PM} \times R_G \times E_G \quad \dots\dots\dots (7-2)$$

T_{PM} ：ポニーモータトルク (kg·m)

R_G ：ギア比

E_G ：減速機効率

となる。本試験では，主循環ポンプポニーモータ駆動時に，6章の結果からわかるとおり，主循環ポンプ及びポニーモータの回転数に変動がなく，引継ぎもスムーズに行なわれており，ポニーモータによる主循環ポンプ起動時でも主循環ポンプ回転数の上昇過程に異常は認められない。また，ポニーモータの無負荷始動時，負荷始動時共に，ポニーモータの電流，回転数にほとんど差がなく，(7-1)式より，ポニーモータの

トルク T_{PM} は、無負荷始動、負荷始動で大きな違いはないと考えられる。主循環ポンプでは、静止時と回転時では、摩擦トルクが異なり、もし減速機のトルク伝達効率に変動があるとすれば、負荷トルクの大きい主循環ポンプ起動時に、(7-2)式の T_{PM} が大きくなるはずである。ところが前述のように、ポニーモータの無負荷と負荷時の出力トルクに大きな差はなく、主循環ポンプの静止摩擦トルク程度の違いしかみられない。従って減速機のトルク伝達は、効率よく行なわれていると考えられる。また、本試験でのくり返し引継ぎ後も、減速機に異常は認められなかった。

オーバーランニングクラッチのトルク伝達については減速機での考察同様、特に問題点はないと思われる。これは、オーバーランニングクラッチの許容伝達トルクが $2278 \text{ kg} \cdot \text{m}$ であるのに比べて、主循環ポンプの負荷トルクが定格でも $620 \text{ kg} \cdot \text{m}$ (既報⁽²⁾ Fig.6-15より算出)程度であり、容量が十分であることを意味している。また、コストダウン引継ぎの場合、主循環ポンプがポニーモータ駆動になるまでの間、主モータとポニーモータは独立に回転しており、本試験では、ポニーモータ回転数の変動、異常な振動等がなかったことにより、トルク伝達、切り離しが確実に行なわれ、ひっかかり等の異常も認められない。

次に、引継ぎ時間について検討する。Table 7-2に、各モードでの引継ぎ時間の関係を示す。Table 7-2より原子炉スクラム時と電源喪失時を比較すると、同じ回転数からのコストダウン引継ぎでも引継ぎ時間が異なり、原子炉トリップ時よりわずかではあるが電源喪失時の方が引継ぎ時間が長い。さらによく比較、検討するために Fig. 7-1に比較のグラフを示す。Fig. 7-1より、主循環ポンプが40~70%回転数では、両者に明確な関係は認められないが、0.3~0.5秒程度の差がある。この原因については、6章の結果より、原子炉スクラム時では主モータ停止直後、電源喪失時では、主モータ停止より約15秒後に主循環ポンプ回転数に若干の落ち込み現象がある。これは、Table 5-1をみると、オイルリフターの作動時に起きていることがわかる。オイルリフターの作動は、スラスト軸受部の摩擦損失を減少させ、回転持続時間を長くする効果がある。本試験では、前述のように原子炉スクラム時は、主モータ停止直後に、電源喪失時は、主モータ停止後約15秒でオイルリフターが作動しており、各回転数において、オイルリフターが早く作動した方が、引継ぎ時間が長いといえる。しかし、これらは、0.3~0.5秒程度の時間であり、コストダウン特性に大きな影響を与えているとは考え難い。いずれにしても引継ぎ時間には、試験モ

ードによる大きな差異は認められず、オイルリフターの効果は既報⁽²⁾の記載のように、ポンプモータ駆動時のポンプ回転数 8 5.7 rpm 以下で作動した場合に影響が現われると考えられる。

7.2 引継ぎ時のポンプ特性の変化

コーストダウン引継ぎ時の循環流量は、6章の結果より、主循環ポンプ回転数静定よりおくれで定常状態になることがわかった。ここで、配管内を循環するナトリウム流体のもつ運動エネルギーと、回転体の流体に与えるエネルギーの関係から、その原因を考察する。

引継ぎ時の流体の運動エネルギー E_f と回転体のもつエネルギー E_m は、次式で表わされる。

$$E_f = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{\gamma}{2g} FQ^2 \quad \dots\dots\dots (7-3)$$

$$E_m = \frac{1}{2} I\omega^2 \quad \dots\dots\dots (7-4)$$

ここで、

E_f : 流体のもつ運動エネルギー (kg・m)

E_m : 回転体のもつ運動エネルギー (kg・m)

m : 流体の質量 (kg・sec²/m)

V : 流体の速度 (m/sec)

F : 管路係数 ($= \int \frac{d\ell}{a}$) (m⁻¹)

ℓ : 管路の長さ (m) a : 管路断面積 (m²)

Q : 循環流量 (m³/sec)

I : 回転体の慣性能率 ($= \frac{GD^2}{4g}$) (kg・m/sec²)

ω : 回転体の角速度 ($= \frac{2\pi}{60} N$) (rad/sec)

である。

また、回転体が流体に与えるエネルギー E_g は、

$$E_g = \eta_p \cdot E_m \quad \dots\dots\dots (7-5)$$

η_p : ポンプ効率

となる。

従って、 E_f と E_g との比率を求めることにより、流体慣性がコーストダウン引継ぎ特性に与える影響を知ることができる。既報⁽²⁾の計算例では、 E_g/E_m は、定格時で約 0.5 であり、本試験の場合は、管路口径を 12 B、管路全長を 50 m とし、通常炉停止モードでの引継ぎを例にとり計算すると、

$$\rho = 903.5 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{at Na Temp. } 200^\circ\text{C})$$

$$F = \frac{50}{\pi \times \frac{0.3^2}{4}} = 708 \text{ m}^{-1}$$

$$Q = 9.4 \text{ m}^3/\text{min} = 0.157 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$E_f = \frac{903.5}{2 \times 9.8} \times 708 \times 0.157^2 = 0.804 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$E_m = \frac{1}{2} \times \frac{1805}{4 \times 9.8} \times \left(\frac{2\pi}{60} \times 340 \right)^2 = 2.918 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\therefore \frac{E_f}{E_g} = \frac{0.804 \times 10^3}{0.45 \times 2.918 \times 10^4} \approx 0.061$$

(ただし、この場合の GD^2 は、クラッチの GD^2 がポンプの GD^2 に比べて非常に小さいので、ポンプ、主モータのものとした。)

以上より、本試験のコーストダウン引継ぎでは、ナトリウム流体の慣性効果は、回転体の流体に与える効果に比べ約 6% であり、流体慣性がコーストダウン特性に及ぼす影響は小さく、コーストダウン引継ぎ時間も流体慣性には、ほとんど依存していない。

次に、出力移行時のポニーモータから主モータへの引継ぎでは、流体のもつ運動エネルギーは、回転体から伝達されたエネルギーであり、引継ぎ時における流体の挙動は回転体のもつエネルギーに依存している。従って、回転体と流体間のエネルギー伝達効率が過渡的に変化する引継ぎ時や引継ぎ完了時を除いては、流体は回転体の運動

に追従する。

液面変動については、引継ぎ時の流体慣性によるものであることが既報⁽²⁾で説明されているゆえ参照されたい。

7.3 低速駆動装置軸受部の振動について

低速駆動装置軸受部の振動測定箇所は、ポニーモータ軸受部である。6章の結果より、ポニーモータ軸受部振動を4つのケースに分けて考えてみる。第1に、主モータによる主循環ポンプ運転時、第2に、主モータとポニーモータの引継ぎ時、第3に、ポニーモータによる主循環ポンプ運転時、第4に、ポニーモータによるポンプ起動時であり、それぞれをケース1、ケース2、ケース3、ケース4とする。6章の結果を表にまとめ、Table 7-3に示す。Table 7-3から、ケース1では、 $10.0 \sim 45.0 \mu$ 、ケース2では、 $5.0 \sim 35.0 \mu$ 、ケース3では $3.0 \sim 10.5 \mu$ 、ケース4では、 $3.0 \sim 50.3 \mu$ となっている。ここでケース1について各試験モード及び主循環ポンプ回転数ごとに、平均をとれば、ほぼ主循環ポンプの回転数の上昇に伴って振動が大きくなっている。ケース1は、引継ぎ前であり、ポニーモータが起動していない状態であるので、主モータの振動及びそれに伴うポンプの振動と考えられ、低速駆動装置に起因するものではない。次に、ケース2についても同様にまとめると、同じような結果が得られる。ケース3については、コストダウン引継ぎにおいて、 $5.0 \sim 10.0 \mu$ であり、振動は、ほとんど一定になっている。これは、ケース1での振動が脈動して、かなりの幅をもっていたのに比べると、振動が小さく、一定しているといえる。ケース3では、主循環ポンプの駆動源は、ポニーモータであり、主モータは停止した状態にある。このことをケース1の振動についての推測をあてはめれば、

1. 振動が小さいのは、主循環ポンプの回転数が低いから。
2. 主モータが停止しているので、主モータからの振動が小さく、脈動がない。

以上2つの理由で説明がつくと思われる。また、コストダウンとは逆に、ポニーモータから主モータへの引継ぎの場合を考えても、Table 7-3より同様のことが言える。ケース4では、振動の大きさは最大 50.3μ であり、他の試験モードとは異なる。

Fig. 6-21 をみると、振動の変化は2段階になっており、初めは、ポニーモータ起動時、すなわちポンプ起動時に生じており、次のピークは、主循環ポンプ回転数静定後にみられる。最初の振動は、ポニーモータの始動電流が流れている時間と一致する

ことから、負荷が大きいためのポニーモータの振動と考えられる。第2の振動は、主循環ポンプ回転数静定よりおくれでピークが現われること、最初の振動の立ち上がり比べて、鈍い立ち上がりを見せていること、また、ゆっくり減少していくこと等を考慮すれば、ポンプ側からの振動ではなく、ポニーモータあるいは減速ギヤに起因するものと推測される。この場合の振動は、運転上特に問題とはならないが、経年変化、使用回数によるガタの発生を考えれば、低減させる必要があろう。

7.4 異常雰囲気温度での低速駆動装置の特性と耐久性

本試験では、6章の結果のとおり、異常雰囲気温度でのポニーモータによる主循環ポンプ運転を実施したが、6章の結果にも述べたように、通常の雰囲気温度との差異は認められず、70℃程度の雰囲気温度では、低速駆動装置には特性の変化はなく、ポニーモータによる主循環ポンプの運転は可能であると推測できる。又、長期間（6ヶ月程度）の異常雰囲気温度での連続運転については、試験期間が限定されているため、確認するには至らなかったが、今回の試験で、雰囲気温度を40～70℃に設定し、2187.1時間運転して、低速駆動装置の特性に変化が現われなかったことから考えて、さらに試験運転を継続した場合に、急に異常事項が発現するとは考え難い。長期間の異常雰囲気温度での耐久性を実証するためには、今後連続運転し、異常のないことを確認したい。

Table 7-1 Pony Motor Characteristics

	無負荷始動時	全負荷始動時
始動電流 (A)	143~147	149~150
電流 (A)	29.0~29.5	29.4~29.8
電圧 (V)	400	400
ポニーモータ始動時間 (sec)	0.70	1.24
ポニーモータ回転数 (rpm)	1495	1495
ポンプ回転数 (rpm)	85.7	85.7

Table 7-2 Coupling Time

試験モード	引継ぎ前回転数 (rpm)	引継ぎ後回転数 (rpm)	引継ぎ時間 (sec)
通常炉停止	340	85.7	21.09
原子炉トリップ	340	85.7	21.82
"	425	85.7	24.52
"	510	85.7	26.76
"	595	85.7	28.30
外部電源喪失	340	85.7	21.21
"	425	85.7	24.18
"	510	85.7	26.42
"	595	85.7	27.85
出力運転移行	85.7	340	19.27
ポニーモータ0起動	0	85.7	1.91

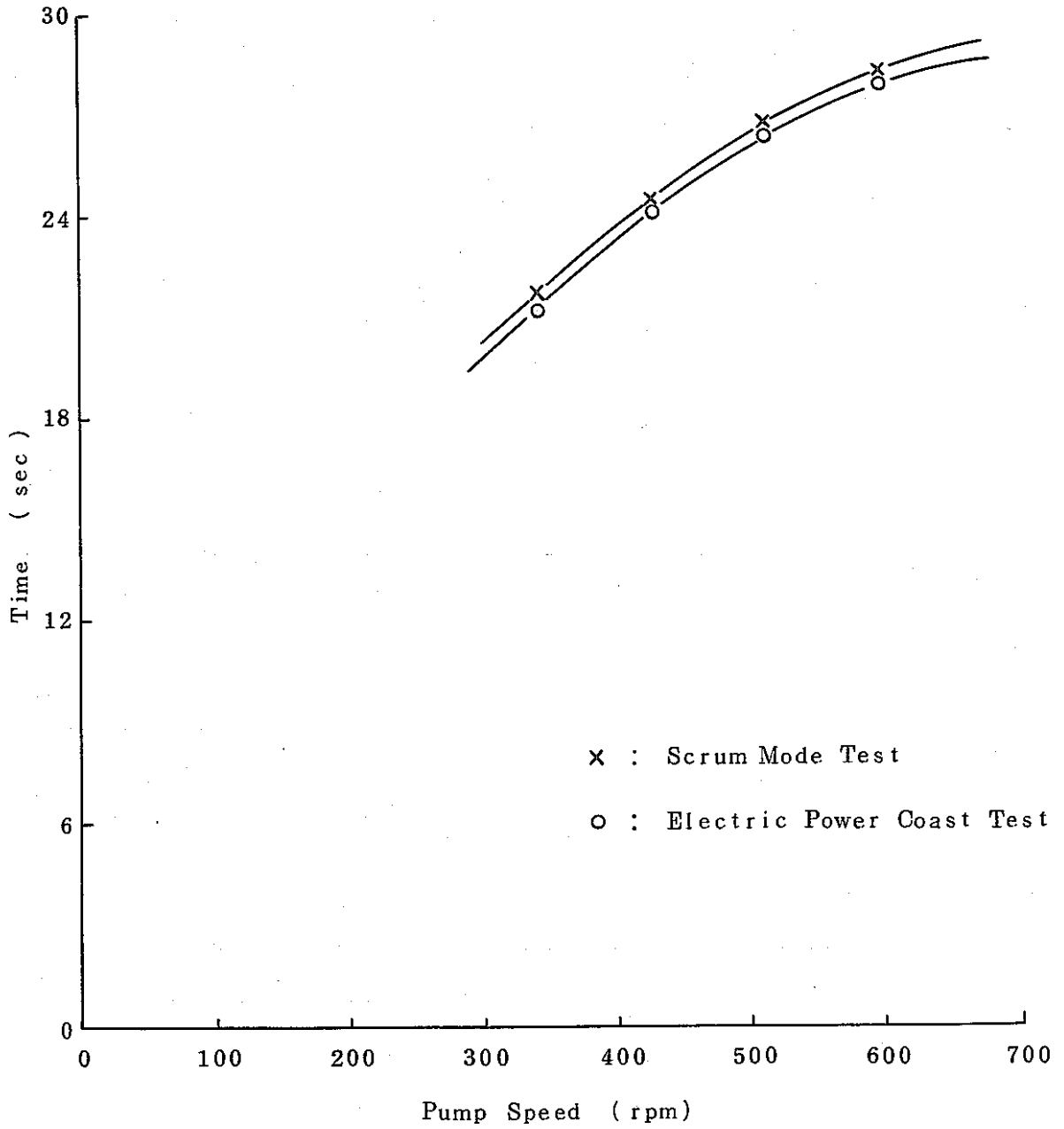


Fig.7-1 Comparison of Coupling Times

Table 7-3 Pony Motor Bearing Vibration

試験モード	引継ぎ前 ポンプ回転数(rpm)	引継ぎ前振動 (μ)	引継ぎ中振動 (μ)	引継ぎ後 ポンプ回転数(rpm)	引継ぎ後振動 (μ)
通常炉停止	340	15.0 ~ 20.0	10.0 ~ 15.0	85.7	6.0
原子炉トリップ	340	10.0 ~ 17.0	10.0 ~ 15.0	85.7	7.5
＃	425	15.0 ~ 21.0	10.0 ~ 22.0	85.7	9.0
＃	510	15.0 ~ 27.0	12.0 ~ 27.0	85.7	10.5
＃	595	15.0 ~ 27.0	10.0 ~ 27.0	85.7	9.0
電源喪失	340	10.0 ~ 25.0	10.0 ~ 27.0	85.7	5.0
＃	425	15.0 ~ 17.0	8.0 ~ 22.5	85.7	8.0
＃	510	20.0 ~ 23.0	10.0 ~ 23.0	85.7	9.0
＃	595	18.0 ~ 45.0	10.0 ~ 35.0	85.7	10.0
出力移行	85.7	4.5	5.0 ~ 30.0	340	7.5 ~ 22.5
ポニーモータによる ポンプ0起動	0	0	3.0 ~ 50.3	85.7	3.0

8. 実機の予想

「もんじゅ」1次主循環ポンプの主要設計仕様をもとに、実機ポンプ低速駆動装置の性能を予想する。実機設計仕様は以下のとおり。

ポンプ

流 量 : $5.12 \times 10^6 \text{ kg/h} \cdot \text{基}$
 揚 程 : 94 m Na
 回 転 数 : 837 rpm
 軸 動 力 : 1715 kW
 ナトリウム温度 : 397 °C
 入 口 圧 力 : 1.2 kg/cm² G
 出 口 圧 力 : 9.1 kg/cm² G
 GD² : 5000 kg・m

主モータ

出 力 : 2000 kW
 回 転 数 : 837 rpm

ポニーモータ

出 力 : 22 kW

以上から、実機ポンプでの10%回転数時の負荷トルクを求める。10%回転数のときの流量を $Q_{10\%}$ 、揚程を $H_{10\%}$ とすると、必要な軸トルク $T_{S10\%}$ は

$$T_{S10\%} = \frac{\gamma Q_{10\%} H_{10\%}}{2\pi N_{10\%} \eta_{10\%}} + T_l \quad (\text{kg}\cdot\text{m}) \quad \dots\dots\dots (8-1)$$

$\eta_{10\%}$: 10%回転数でのポンプ効率

γ : ナトリウム比重 (kg/m³)

T_l : 機械的摩擦損失トルク (kg・m)

また、ここで $Q_{10\%}$ と $H_{10\%}$ は、定格時の流量を Q 、揚程を H とし、それらが各々、回転数及び回転数の2乗と比例関係にあるとすれば、

$$Q_{10\%} = \frac{N_{10\%}}{N_{100\%}} Q \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad \dots\dots\dots (8-2)$$

$$H_{10\%} = \left(\frac{N_{10\%}}{N_{100\%}} \right)^2 H \quad (\text{m})$$

$N_{100\%}$: ポンプ定格回転数

となり、値を代入して、求めると、

$$Q_{10\%} = \frac{83.7}{837} \times \frac{5.12 \times 10^6}{8 \times 60} = \frac{8.533 \times 10^3}{r} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

$$H_{10\%} = \left(\frac{83.7}{837} \right)^2 \times 94 = 0.94 \quad (\text{m})$$

である。依って、これらを(8-1)式へ代入し、 $T_{S10\%}$ を算出する。ここで、 $\eta_{10\%}$ を8%、 T_e を30 kg・mとすると、

$$T_{S10\%} = \frac{r \times \frac{8.533 \times 10^3}{r} \times 0.94}{2\pi \times 83.7 \times 0.08} + 30 = 130.32 + 30 \doteq 161 \quad (\text{kg}\cdot\text{m})$$

(ただし、 T_e : 30 kg・mについては、既報⁽³⁾のモックアップでの結果)
約20 kg・mに実機の重量増を考慮した値

となる。次に10%回転数時の必要軸トルク $T_{S10\%}$ を、ポニーモータ軸トルクに換算する。ここでは、実機低速駆動装置の減速比を17.56、ポニーモータ回転数を1470として計算する。まず、 $T_{S10\%}$ とポニーモータ軸トルク T_{PM} との関係は次式で表わされる。

$$T_{S10\%} = T_{PM} \times R_G \times E_G \quad (\text{kg}\cdot\text{m}) \quad \dots\dots\dots (8-3)$$

R_G : 減速機ギヤ比

E_G : 減速機効率 (0.9)

$$\therefore T_{PM} = \frac{T_{S10\%}}{R_G \times E_G} = \frac{161}{17.56 \times 0.9} = 10.187 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

また、このときのポニーモータ出力 P_{PM} は、

$$T_{PM} = \frac{974 \times P_{PM}}{N} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}) \quad \dots\dots\dots (8-4)$$

974 : 単位換算係数

N : ポニーモータ回転数 (rpm)

$$\therefore P_{PM} = \frac{T_{PM} \times N}{974} = \frac{5.125 \times 1470}{974} = 15.38 \quad (\text{kW})$$

従って、主循環ポンプポニーモータ駆動時のポニーモータ出力は、約7.73kW程度と予想される。この値は、ポニーモータの定格出力の約69.1%であり、モックアップでの計算値約26.0%と比較して、約43%の増加である。実際には、機械的摩擦損失トルク、効率が予想値と異なるため、ポニーモータ出力は、ここでの算出値と若干ずれると推測される。

次に、既報⁽²⁾のコストダウン予測式を用いて、実機において、定格運転時からのコストダウン曲線をFig.8-1に示す。

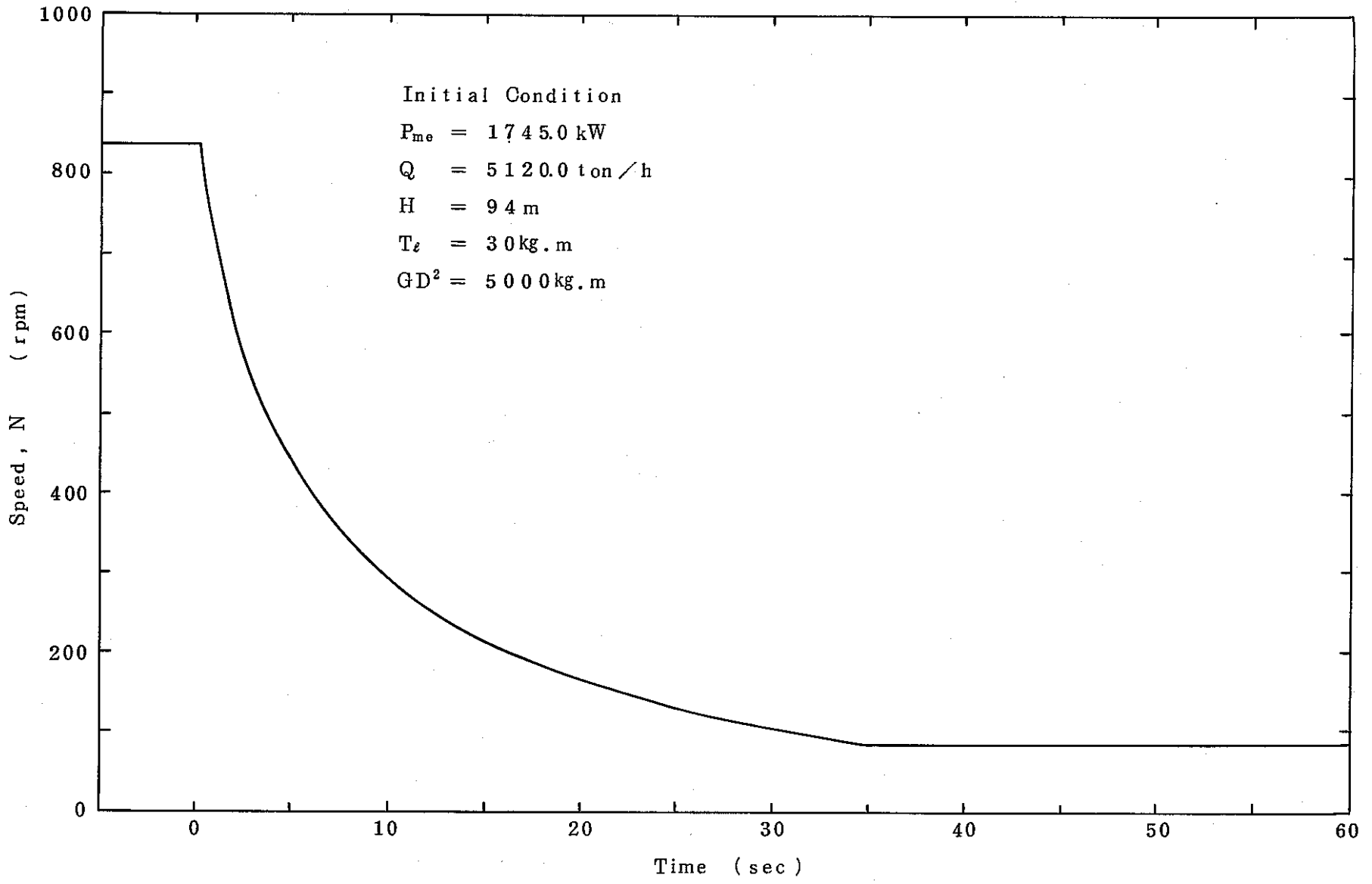


Fig.8-1 Predictive Coast-down Curve

9. 結 論

「もんじゅ」1次主循環ポンプ(モックアップ)に低速駆動装置を設置し、性能試験を行ない、以下の結果を得た。

- (1) 主モータとボニーモータの引継ぎは円滑に行なわれ、異常は認められなかった。
- (2) コーストダウン引継ぎ時のボニーモータの始動電流は約147Aで、負荷電流は約29A、電圧は400Vで変動はなかった。また、ボニーモータによる主循環ポンプ起動時のボニーモータの始動電流は約150Aであった。
- (3) ボニーモータ軸受部振動は、ボニーモータ駆動時には、ほとんど脈動がなく一定であり、約3~10 μ 程度であった。
- (4) 原子炉スクラム、電源喪失時等の緊急モードでオイルリフターの作動によって、わずかながら主循環ポンプ回転数に落ち込みがみられた。
- (5) 引継ぎにおいて、ポンプ内ナトリウム液位の変動は数センチメートル程度で少なく、運転上、特に問題となる現象は認められなかった。加熱器ナトリウム液位についても同様である。
- (6) コーストダウン引継ぎ時の流量は、回転数と直線関時の特性からはずれて、流体慣性により、引継ぎ完了よりおくれで静定する。
- (7) 引継ぎ時において、オーバーランニングクラッチの引きづり等の現象は見られず、減速機、オーバーランニングクラッチ共に、効率よくトルク伝達を行なう。
- (8) 70℃の異常雰囲気温度でのボニーモータには、異常は認められず、連続運転時にも同様であった。
- (9) 以上より、主循環ポンプモックアップでは、ボニーモータ、減速機、オーバーランニングクラッチの容量は十分であり、特に問題となる現象は認められなかった。

10. 謝 辞

最後に、本試験の実施およびとりまとめに際し、御指導頂いた旧ナトリウム技術部三本保秀部長ならびに本試験の立案、実施、結果の検討に助言を頂いたFBR本部機器グループの深田富啓リーダー、天田健一研究員、また試験実施に協力していただいた旧ナトリウム機器構造試験室室員の皆様に感謝の意を表します。

1 1. 参 考 文 献

- (1) 矢吹知治, 他 : 「もんじゅ」1次主循環ポンプ(モックアップ)の試験(I)
水中試験結果およびナトリウム中試験計画の概要, PNC SN941 79-25 1979
- (2) 岩田宇一, 他 : 「もんじゅ」1次主循環ポンプ(モックアップ)の試験(IV)
コーストダウン特性試験 PNC SN941 80-109 1980
- (3) 竹内香, 他 : 「もんじゅ」1次主循環ポンプ(モックアップ)の試験(V)
ポンプ起動・停止試験 PNC SN941 80-178