

JAERI-M

6 5 1 2

ROSA - II 試験データ報告・3

(Runs 204, 301, 302)

1976年4月

安全工学第一研究室 ROSAグループ

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

JAERI-M 6512

ROSA-II 試験データ報告・3
(Runs 204, 301, 302)

日本原子力研究所東海研究所安全工学部
安全工学第一研究室 ROSA グループ

(1976年3月26日受理)

本報は軽水炉の冷却材喪失事故 (LOCA) の模擬試験である ROSA-II 試験の結果の一部をまとめたものであり、各テスト (Runs 204, 301, 302) の実験条件、実験データおよびその現象の解釈が示されている。

ROSA グループ

研究グループ : 鈴木光弘, 安達公道, 傍島 真

岡崎元昭, 斯波正誼, 故島宗弘治

実験グループ : 松本 巖, 鈴木紀男, 村田秀男

千葉辰男, 伊藤秀雄, 大崎秀機, 山本信夫

Report on ROSA-II Test, 3
(Runs 204,301,302)

Reactor Safety Laboratory 1, ROSA Group
Division of Reactor Safety, Tokai, Jaeri

(Received March 26, 1976)

The report describes part of the results of ROSA-II test (runs 204,301 and 302), which simulates a loss of coolant accident (LOCA) in a light water reactor, including also the experimental conditions and interpretations of the phenomena observed.

ROSA Group

Analysis : Mitsuhiro Suzuki, Hiromichi, Adachi, Makoto Sobajima,
Motoaki Okazaki, Masayoshi Shiba, Hiroji Shimamune
(ex. Section Chief)

Experimental: Iwao Matsumoto, Norio Suzuki, Hideo Murata,
Tatsuo Chiba, Hideo Itoh, Hideki Oosaki, Nobuo Yamamoto

Summary

The present report describes a part of the results of the ROSA-II test, which is a simulated test of blowdown and ECCS performance in the case of Loss-of-Coolant Accident (LOCA) in a pressurized light water reactor. The ROSA-II test facility, which is designed to thermohydraulically simulate the TROJAN reactor in U.S.A., has one operating primary loop and one blowdown primary loop and also has a pressurizer, steam generators, pumps and various ECC injection lines. Normal operating conditions of the facility are at 160 atg and 325°C and ECC injection conditions can be chosen as parameters. The details of the ROSA-II test program and the facility may be referred to previously published reports.

The objective of each run presented in this report is mainly to examine the thermohydraulic effect of ECC water which is forced to pass through the core either downward (Run 204) or upward (Run 302). The following experimental conditions are kept the same for the runs, ie. cold leg single-ended break, break diameter of 30.5 mm ϕ , decay heat simulated power input and initial thermohydraulic conditions. Moreover, Run 301 and 302 can be compared with each other in view of "with" or "without" ECC injection. Other test conditions of Run 204, 301 and 302 are as follows.

Run 204 ; initial pressure--145 atg, fluid temperature difference across core--3°C, cold leg pressure-vessel-side break, ECC (HPCI, ACC, LPCI) injection into hot leg of blowdown loop.

Run 301 ; initial pressure--157 atg, fluid temperature difference across core--3°C, cold leg pump-side break, without ECC injection.

Run 302 ; initial pressure--151 atg, fluid temperature difference across core--3°C, cold leg pump-side break, ECC (HPCI, ACC, LPCI) injection into lower plenum.

These test results yield the following conclusions.

- (1) When the injected ECC water was forced to pass through the electrically heated core simulating decay heat, all the simulated fuel rods were cooled (Run 204, 302). In Run 301 of without ECC injection however, surface temperatures of all rods rose up 75 second after the break and increased during blowdown.
- (2) Reflooding rate in the core was larger in Run 302 than in Run 204, which had a smaller ECC water injection rate and a different discharge flow path comparing with Run 302. In Run 302, system pressure recovered up to 15 atg once after the initiation of LPCI injection.

- (3) Two phase critical flow was believed to occur in Run 301 and 302 not only at the break position, but also at the narrower section of the pump, which is located upstream of the break position.
- (4) Stored heat in the steam generators had an influence on the primary coolant flow in the later part of blowdown process.

目 次

1. はしがき.....	1
2. 実験装置と実験条件.....	2
2.1 装置の概要.....	2
2.2 各実験の条件.....	2
3. 実験結果.....	3
3.1 Run 204の結果.....	3
3.2 Run 301の結果.....	4
3.3 Run 302の結果.....	6
3.4 結 論.....	8
参 考 文 献.....	9

1. はしがき

ROSA-II試験は加圧水型炉(PWR)の1次系配管破断による冷却材喪失事故(LOCA)を模擬した実験で、冷却材の流出過程における1次系内の冷却材の挙動、模擬燃料棒の温度挙動および非常用炉心冷却系(ECCS)の挙動とその有効性を実験的に調べることを目的としている。実験装置は、圧力容器とこれを中心に1対3の容積比率で構成された2つの循環ループをもち、その小さい方を破断ループとするものである。それぞれの循環ループには、蒸気発生器とポンプが組み込まれており、またECCSの水を装置の各所に注入しうようになっている。

実験条件として変化させることができるのは、①破断条件、②流体初期条件、③ポンプ回転、④ループ各部抵抗、⑤炉心加熱条件、⑥2次側流体条件、それに⑦ECCS注入条件である。本報はこれらの条件を種々変えた一連の実験を行い、データと共に各条件の影響を検討した結果を順次、利用者の便宜に供するために報告するものである。また実験データの利用のために編集された磁気テープを別途用意している。

本報における各実験の主要な目的の1つは、注入したECCS水が炉心を流下する場合、及び上昇する場合における模擬燃料棒の表面温度の変化を見ることである。そのために変化させた条件は、①破断条件、⑦ECCS注入条件であり、注入したECCS水が必ず炉心を上昇、又は下降するように設定した。また、注入したECCS水の効果を見るために、ECCSを注入しなかった場合も含めた。

各実験における主要な条件は以下の通りである。

Run 204 ……低温側配管PV側片側破断、破断口径30.5mm ϕ 、ECCS(ACC1, LPCI, HPCI)注入場所、破断ループ高温側配管

Run 301 ……低温側配管ポンプ側片側破断、破断口径30.5mm ϕ 、ECCS注入なし

Run 302 ……低温側配管ポンプ側片側破断、破断口径30.5mm ϕ 、ECCS(ACC2, LPCI, HPCI)注入場所、圧力容器下部プレナム

なお、Run 301とRun 302の破断モードが異っているのは、破断時の圧力波の伝播を解析⁽¹⁾する上で急速シャ断弁(QSV)が開いている場合と閉じている場合の違いを見るために設定されたものである。Run 301ではQSVが2秒間遅れて閉じたが、Run 302では破断と同時にQSVが閉じた。

実験装置の概略と詳しい実験条件については第2章に、実験データとその注釈および大まかな現象の解釈については第3章に記す。なお、参考文献には、ROSA-II計画と実験装置に関するレポート⁽²⁾⁽³⁾及びROSA-II試験データ報告⁽⁴⁾⁽⁵⁾を示す。

2. 実験装置と実験条件

2.1 装置の概要

ROSA-II試験の装置の構成はFig. 2.1およびTable 2-1に示す圧力容器とFig. 2.2に示す1次循環系配管、および2つの循環系にそれぞれ設置された循環ポンプ(P1, P2)と蒸気発生器(SG1, SG2), それに破断ループ側に設けられた破断機構, 健全ループ側に設置された加圧器(PR)から成っている。2つのループ又は圧力容器の名所に注入されるECCSは, 高圧注入系(HPCI), 蓄圧注入系(ACC), 低圧注入系(LPCI)の3系統から成る。圧力容器上部から挿入される模擬燃料集合体は出力分布と計装の開発に応じて数体用意されている。本報の各実験の場合は第1次燃料集合体(Fig. 2.3)であり, その周囲に設置したコア・バレルはFig. 2.4に示してある。第1次燃料集合体の場合, 発熱分布は均一であり, 計測用熱電対の先端の位置は, 発熱燃料棒(Fig. 2.5)では燃料被覆管の内面に, 非発熱棒では外面に設置されている。

模擬燃料棒集合体の構成は, 高熱流束用6本(うち3本は温度計測用), 低熱流束用90本, 非発熱タイロッド13本(うち1本が温度計測用), 合計109本である。これらの配置をFig. 2.6に示す。熱電対は, 上からposition 1~5の順に位置している。

ブローダウン中の計測と計測箇所はFig. 2.7に示す通りで, これらのデータは全て磁気テープに集録され, 電子計算機で処理される。各計装の測定チャンネルと検出法, およびレンジを, それぞれの総合精度とともにTable 2-2に示す。これらのうち, 本報における実験段階では差圧計の一部と流出流量測定の手データをえていない。また低熱流束棒用の電力は磁気テープには記録していない。

2.2 各実験の条件

Run 204, 301, 302の実験条件をそれぞれTable 2-3~2-5に示す。共通していることは, 破断口径が3.05mmの低温側配管片側破断であること, 1次系配管内の抵抗用オリフィス口径, 炉心上下温度差及び2次系を閉にしていることである。炉心出力や1次系冷却材流量, ポンプ条件, 2次系温度と圧力などもほぼ同じである。

ECCS注入条件については, Run 204では破断ループの高温側配管に, Run 302では下部プレナムのみに入っており, Run 301はRun 302との関連でECCS注入なしの場合である。ACCの注入開始圧力は45 atgであり, LPCIをRun 204では上部プレナム圧力が9 atgになった時点で, Run 302では同圧力が12 atgになった時点で注入した。Run 204と302のHPCIを上部プレナム圧力がそれぞれ105 atg, 102 atgの時点で注入した。

炉心出力は, 高熱流束模擬燃料棒の場合, 破断発生後に崩壊熱を模擬するように制御し, 低熱流束模擬燃料棒の場合には各Run毎に一定の熱流束を与えた。

3. 実験結果

本章では実験において測定したデータについて、各Runごとに現象面的な解釈をのべ、関連する他のRunのデータと比較することによってえた結論をのべる。ただし本報告で扱うのは一部のRunであって多くのRunとの比較によってはじめて得られる総合的な結論については、追って漸時他の報告書により紹介することになる。

実験データをすべていったん磁気テープに集録し、実験終了後電子計算機によりプロットさせている。その際明らかに測定器の故障によると判断されるデータを除いた上、それぞれに必要な修正を施したものが本報に掲載されている。時間零はすべて破断発生の時刻である。データのプロット点数は各測定量毎に最大1000点とした。また複数の線を同一のグラフに描く場合は線上の符号によって区別し、2本以上の異なる縦軸を使用する場合は、縦軸につけた番号を図の上部に示した符号の番号と対応させている。

3.1 Run 204の結果

このRunは、低温側配管において圧力容器側からの片側破断を行い、3系統のECCSを破断ループの高温側配管に注入し、それが上部プレナムに入り、炉心に対する下向き流れによる冷却効果を見ることを目的にしたものである。なお、このRunは、比較している他の2つのRunと異なり循環ポンプのトリップ機能を確認するために1.0秒のトリップ遅れを行った。

3.1.1 Run 204の圧力 (Fig. 3.1.1~3.1.4)

1次系の圧力は加圧器内を除いて瞬時に未飽和ブローダウンを経過して飽和ブローダウンになる。

注入したECC水は、両ループに注入されるべき総量の約1/4であり、その注水によるブローダウン後期における系圧力の回復は見られず、圧力は単調に減少している。No 2オリフィス上流で破断前に圧力パルスが出たのは、急速遮断弁を閉じた時の圧力波によるものと思われる。

P12の値が部分的に上部プレナム圧力(P1)より低くなっているのは計器上の誤差であると考えられる。

P11の値が他の1次系圧力より高いのは計器の誤差によるものであり、2次系圧力がやや減少するのは1次系温度がブローダウン過程で低下して1次系へ熱が奪われたこと及び自然放熱の影響である。

3.1.2 Run 204の差圧 (Fig. 3.1.5, 3.1.6)

PV上下差圧は、破断後炉心に逆流がおこるために急速に減少し負になる時期もあるが、ECC水注入後徐々に差圧が増えていることから容器内で水位が回復していくものと思われる。とくにACC1注入時には水位の回復はより速く進行している。但し、HPCIも同時に注入されているが、注入流量が少いためその効果が小さいものと思われる。

SG1入口出口間差圧は、SG1を通しての大きな流れがないためにやや負になっていてその値は小さい。

3.1.3 Run 204の注入流量 (Fig. 3.1.7, 3.1.8)

HPCIは上部プレナム圧力が105atgになった時注入開始されたが、破断初期にはタービン流量計の追従が悪いため非常に低い値になっている。HPCIタンク水位でみると、実際には一定流量

で破断直後から287秒間注入された。注入総量は80.5ℓである。

ACC1は破断後26秒から約37秒間注入されたが、流量計の不感帯以下の流量が流れたため、注入開始後一時的に零流量になっている。注入総量は60ℓである。

LPCIは243秒間、総量196ℓ注入された。

3.1.4 Run 204の電力 (Fig. 3.1.9)

破断後に高熱流束燃料棒の発熱を崩壊熱模擬に制御し、57秒間通電した。低熱流束燃料棒は50秒間234KWに維持した。

3.1.5 Run 204の燃料棒表面温度 (Fig. 3.1.10~3.1.13)

ブローダウン過程の高熱流束燃料棒の表面温度 (ch. 1~15) はいずれも飽和温度になっている。非発熱タイロッドの温度 (ch. 16~22) がしばしば飽和温度以下まで下ったのは、炉心を流下するECC水がサブクール状態にあったためである。なお、タイロッドの上部 (ch. 16) と下部 (ch. 20) とを比べてみると、破断前は上部の温度が高いがECC水注入中の50秒頃には上部の方が20°C位低くなっており、炉心上部に達したサブルール水が下部に致るまでに飽和温度になっていることがわかる。50秒以降も下部の方が上部よりも高い温度になっている。炉心の中央、外周部の燃料棒にACC注入開始後一時的に温度上昇がみられる。これはACC注入により系の減圧が促進してボイドの発生が増え、炉心の流れが一時的に緩やかになり、燃料棒表面が一たん露出したが、すぐにまたECC水を伴った流れが炉心に流下して冷却されたものと考えられる。その時の露出の程度は炉心下部ほど大きくなっている。

3.1.6 Run 204の流体温度 (Fig. 3.1.14~3.1.17)

1次系流体温度は、ブローダウン後期のSG1入口において時々サブクール水がきたことを示す低い温度が出ているが、他の場所は飽和状態か、または過熱蒸気になっている。破断ループでは、SG1を通過して出口から入口側へ流れる流体はSG1等の蓄熱の効果で過熱蒸気になるが、注入されたECC水がSG1入口に時々来るために飽和温度、時にはサブクールの状態まで下った。健全ループでは、SG2を通して入口から出口へ向かう流れの続いたことが入口温度が飽和温度であり、出口は過熱蒸気中にあることからわかる。しかし、破断後170秒位から、SG2を通る流れが逆転していることが、同様にSG2出入口温度の変化から推測される。加圧器内では50秒位から、また上部プレナムでも230秒位から、飽和蒸気が周囲の構造物の壁熱を受けて過熱蒸気になった。下部プレナム温度が破断前から一定時間低い値になっていたのは、測定位置に冷水塊が停滞しやすい構造になっていたためであり、系圧力がその飽和圧まで下った時点からは、他の場所と同様の温度挙動となった。

3.1.7 Run 204のポンプ回転数 (Fig. 3.1.18)

1秒間ポンプ回転を持続させた場合の回転数変化を示す。

3.2 Run 301の結果

このRunは次のRun 302と対になっており、Run 302が低温側配管のポンプ側片側破断でECCSを下部プレナムに入れた場合であるのに対し、Run 301はECCSを全く注入しなかった場合である。これらのRunは前のRun 204とは逆に、炉心を上向きに流れるブローダウン過程を調べる目的をもっている。

3.2.1 Run 301の圧力 (Fig. 3.2.1~3.2.4)

P1ポンプ出口部が口径24.0mmの絞りになっているため、破断口は3.05mmではあるが実質的には破断口径24.0mm ϕ の片側破断と同じような減圧特性になっていると考えられる。圧力容器内や健全ループでは同じ様な圧力挙動になっているが、破断ループではポンプ出口と破断口の2ヶ所で2相臨界流閉そくが発生し、ポンプ出口及び破断口オリフィス前後に数十気圧の圧力差がみられる。破断ループの圧力が破断後10数秒に一時的に急減しているのは、多分上部プレナムの液面がノズル位置に達し高ボイド率の2相流が一時的に流れ、破断ループではそのために大きな流動圧力損失が生じ圧力が下がったものと思われる。そして炉心でも減圧沸騰が激しく生じて炉心の液面を盛り上げ、ノズルから油断ループには再びボイド率の比較的低い流体が流れて減圧は緩やかになったものであろう。圧力容器上部プレナムの圧力が少ししかその減圧の影響を受けていないのは、測定位置が上部の蒸気がちな場所にあり、そこは、流れの生じにくい場所であり、また、上部プレナムから配管に出た蒸気量もそれほど多くはなかったためと考えられる。

PR圧力が上部プレナム圧力よりも低くなっているのは、Run 204と同じで計器の誤差によるものと考えられる。P4で著しく大きい圧力パルスが80秒位に生じているのは計器上のトラブルによるものと考えられ、実際にこのような現象が生じているわけではないと思われる。また、ch. 11 (P2ポンプ出口側)の圧力が健全ループの他の場所の圧力に比べて高いのは、計器の系統誤差によるものである。二次系圧力はRun 204と同じように1次系内の温度低下と自然放熱のためやや減少している。

3.2.2 Run 301の差圧 (Fig. 3.2.5, 3.2.6)

圧力容器上下差圧はECC水が注入されず、かつ炉心に上向き流のある条件下の値であり、ブローダウン後半では圧力容器内がほとんど蒸気のみになり差圧は0に近づいている。但し、破断直後にその差圧が急減しその後一時的に増加しているのは、破断後、QSVバルブを閉じるのに0.7秒間以上かかっており、その間だけ炉心の上向き流れが抑制され、破断口にはP1ポンプ側からと圧力容器側の両方から流れ込み流出したが、その後QSVが閉まって炉心の上向き流れが増加したためと考えられる。一方、SG1入口、出口間差圧は、破断後しばらくの間冷却材の流速が増加するため圧力損失が増えた分だけ初期値より大きくなっている。

3.2.3 Run 301の電力 (Fig. 3.2.7)

高熱流束燃料棒への電力供給は崩壊熱模擬に制御したが、約130秒で燃料棒表面温度の一部が設定温度(450 $^{\circ}$ C)に達したため電力供給を停止した。低熱流束燃料棒には一定電力(183KW)を供給し、48秒間で停止した。

3.2.4 Run 301の燃料棒表面温度 (Fig. 3.2.8~3.2.11)

高熱流束燃料棒上の各計測点(ch. 1~15)はいずれも同じように露出による温度上昇と電力供給を停止した後の蒸気冷却によるゆるやかな温度下降を示している。炉心の同一高さの断面内では外周において露出がやや遅く生じ、また同一燃料棒又はタイロッドでは一般的には下部ほど遅く露出しているがやや不規則な所もある。

Run 301を両端破断でECCS注入なしの場合(Run 202, JAERI-M-report 6240)と比べてみると、Run 202では炉心は、一様に露出し燃料棒温度は上昇し電源を切ったあと蒸気冷却でゆるやかな下降を示しているが、Run 301では片側破断のために蒸気流出経路は唯1つであり、

炉心を上向きに流れる蒸気流が Run 202 に比べて多いため、電源を切ったあとの発熱燃料棒温度の下降速度は Run 202 よりも相対的に早いし、タイロッドの温度は周囲からの輻射熱を受けつつも Run 202 のようには上昇していないことがわかる。

3.2.5 Run 301 の流体温度 (Fig. 3.2.12~3.2.15)

PV 上下プレナムの温度は圧力低下に応じた飽和温度になっている。下部プレナムの流体温度が初期に低いのは計測位置が冷水塊の生じやすい構造になっていたためである。

破断ループでも、破断後 80 秒位までは飽和温度になっているが、その後、炉心が露出し炉心からの過熱蒸気と他の場所からの飽和水とが交互に SG1 入口に来るため SG1 入口温度はその両者の温度の間を振動している。SG1 出口では SG1 の蓄熱によりほぼ 2 次系の温度に高められた蒸気が出てくるが、その下流にある P1 ポンプで 2 相臨界流閉そくが続いていて低い飽和温度にあり、しかもポンプは低い位置にあるためそこに飽和水がたまっていたらしく、SG1 出口に過熱蒸気 came 来たあとポンプ出口の熱電対をその過熱蒸気とたまっていた飽和水とが振動し、熱電対をそれらが交互に通過したものと考えられる。160 秒以後 P1 出口温度が上昇したのはたまっていた飽和水が蒸発し流出してなくなったことを意味している。

一方健全ループの方では、SG2 を通して出口側にある飽和水が入口側へ向って流れつづけ、SG2 入口は飽和温度になるが、とくにブローダウン後半には過熱蒸気のみになっている。SG2 入口温度は計測器のトラブルにより最大 20°C 位低く出ている。

3.2.6 Run 301 のポンプ回転数 (Fig. 3.2.16)

P1 ポンプが遅く停止しているのは、P2 ポンプの方は破断と同時に電源を切っているのに対して P1 ポンプは、QSV バルブを閉めるのに 2 秒間の遅延時間を与えこのちに電源を切ったためである。これは、Run 302 と比べて、QSV バルブの開閉の状態が破断時の圧力波の伝播に及ぼす影響をみる目的で行われたものである。なお、Run 302 では P₁, P₂ ポンプ電源は同時に切れた。

3.3 Run 302 の結果

この Run は Run 301 と同じ破断条件であるが、ECCS を下部プレナムに注入した効果をみる目的をもっている。なお、破断モードが Run 301 と 302 とで異っているため、破断直後の 1 秒間位は圧力容器内の流れに両者のちがいが生じるが、ブローダウン現象全般について両者を比較する上ではほとんど影響はないと考えられる。Run 302 のデータにみられる大きさのそろった鋭いピークはデータ収録段階のノイズである。

3.3.1 Run 302 の圧力 (Fig. 3.3.1~3.3.4)

1 次系の圧力は加圧器内も含めて 120 秒頃から一時的に圧力の回復がみられるが、これは注入した ECC 水が燃料棒や構造材からの熱を受けて流出量よりも多い蒸気が生じたためと考えられる。Run 204 と比べてみると、Run 302 のポンプ出口部口径が 24.0mmφ と狭く、ここで臨界流閉そくが生じるので、100 秒位までの流出流量は Run 302 の方が少くなり従ってブローダウン時間は長びく。またブローダウン時間の長さには Run 204 と 302 の冷却材流出径路のちがいと注入した ECC 水の量も影響している。一方、ECC 水を注入しない Run 301 と 302 とを比べてみると、100 秒位まで両者はほぼ同じ減圧に示しているが、Run 301 ではその後単調に減圧するのに比べ Run 302 では圧力の回復があり系圧力が大気圧に落ちるまでに Run 301 の 2 倍位の時間がかかってい

る。

加圧器圧力が破断後20秒位から上部プレナム圧力より低くなっているのは、Run 204, 301と同様に計器の誤差によるものと考えられる。

2次系圧力が10数気圧まで下ったのはもれがあったことが主な原因である。

3.3.2 Run 302の差圧 (Fig. 3.3.5, 3.3.6)

ECCS注入なしのRun 301と比べてみると、圧力容器内にECC水がかなり蓄積していることが圧力容器上下差圧からわかる。LPCI注入が停止したあとは、圧力容器上下差圧が減少している。

3.3.3 Run 302の注入流量 (Fig. 3.3.7, 3.3.8)

HPCIは約4秒から301秒までの間に236ℓ注入されているが、HPCI流量計におけるトラブルのため4秒から24秒までのデータが得られていない。LPCIは、注入後に系圧力が注入圧力以上になったために一旦注入停止となり、その後圧力が低くなり再び注入された。LPCI注入総量は約440ℓである。ACC2は48秒から88秒まで、計35ℓが注入されたことがACC2タンク水位からわかるが、流量計のトラブルにより注入流量の時間変化は得られていない。

3.3.4 Run 302の電力 (Fig. 3.3.9)

高熱流束燃料棒の電力を破断後崩壊熱模擬に変化させ、低熱流束燃料棒用電力は一定値232KWに保ち48秒間供給した。

3.3.5 Run 302の燃料棒表面温度 (Fig. 3.3.10~3.3.13)

No1からNo3までの高熱流束燃料棒3本の温度挙動は非常によく似ており、いずれも燃料棒の上から下まで十分冷却されている。これは注入されたECC水が炉心を冠水し冷却したもので、Run301と比べてECC水を注入した効果が明瞭に現われている。詳しくみると、ブローダウン初期には燃料棒表面は飽和温度になっているが、LPCIの注入後に各燃料棒は下から順にサブクール水によって冠水され、LPCIの注入が終了した時点から燃料棒の発熱により徐々に表面温度が上った。液体温度もそれにつれて上昇していることがNo4の非加熱棒(タイロッド)の温度挙動からわかる。

3.3.6 Run 302の流体温度 (Fig. 3.3.14~3.3.17)

破断ループ側では、P1ポンプ出口部で2相臨界流閉そくをおこし圧力が低いため、飽和温度も他に比べて低くなっている。SG1を通して入口側より出口側へ向かう流れが見られるが、一時期下部プレナムに注入されたECC水がサブクールのまま炉心を通りSG1入口に、SG1出口にも若干量が達していることが認められる。このこととRun 302のPV上下差圧の時間変化とを関連づけて考えると、130秒位からPV上下差圧が0.4at位に維持されているのはECC水が炉心を冠水し水位が上部プレナムの高温側配管ノズル位置まで達し、冷却水が破断ループの方へ流れ出ていたものと考えられる。LPCIを止めたあと、しばらくPV上下差圧が同じく0.4at位に維持され、その後徐々に減少しているのも水位が高温側配管のノズル位置にあり、ECC水の注入停止後蒸発によって水面が低下したものと考えられる。

健全ループのSG2入口、出口温度をみると、入口側は時々過熱蒸気でおおわれているが出口側が飽和温度になっているのはSG2の蓄熱を吸収しながら出口側から入口側へ向かう流れのあったことを示している。PR内の流体温度が複雑な挙動を示しているのは、PRノズルの上にある熱電対が水面上に露出したあと、ECC水が下部プレナムに注入されて系圧力が回復し変動するに伴い、PR内にも逆流して入った流体が壁の蓄熱を受けて蒸発し、前からもたまっていた過熱蒸気との混合が生じ

たのではないかと考えられる。系圧力が大気圧にほぼおちついた時点では、P R内温度は壁の蓄熱のみの効果で徐々に上っている。他のRunでも似たような挙動がみられる。

SG2次側温度がブローダウン中に下るのは2次系からのもれがあったためであり、ブローダウン後半から温度が上昇するのは流れ出ていく蒸気が蓄熱を受けると、熱電対への周囲の壁面からの熱輻射の両方の効果によるものであろう。またSG1とSG2の2次側の水位と構造に差があるために温度挙動にも差が生じたものである。

3.4 結 論

本報の各テストRunの結果の相互比較で明らかになったROSA-II試験装置での結論をまとめると次下ようになる。

- (1) 崩壊熱模擬の発熱条件下で、注入したECC水が確実に炉心を通ずる片側破断では燃料棒は冷却され、炉心に流れ込む冷却材はサブクールの状態にあった(Run 204, 302)。一方、ECC水を注入しない場合には燃料棒温度はブローダウン途中から上昇した(Run 301)。
- (2) ECC水の注入量の多いRun 302の方が、少ないRun 204よりも炉心への蓄水速度が大きく、またRun 302では系圧力がECC水注入後10数気圧まで回復する現象もみられた。但し、減圧や炉心への蓄水速度などについては、Run 302と204では冷却材の流出経路の違いとP1ポンプ出口部に臨界流閉そく発生の有無の違いが加わっていることに注意する必要がある。
- (3) 破断口径よりも小さな口径の流路が破断口より上流側にある場合、破断口と途中の絞りの両方で2相臨界流閉そくが生じた(Run 301, 302)。
- (4) ブローダウン後期においては、SGが熱源として一次系流体に及ぼす効果は大きい。

参 考 文 献

- (1) 「Subcooled Decompression Analysis of the ROSA and the LOFT Semiscale Blowdown Test Data with the Digital Computer Code DEPCO-MULTI」
K.Namatame and K.kobayashi JAERI-M 6340(Dec. 1975.)
- (2) 「ROSA-II研究計画」 斯波正誼, ROSAグループ, JAERI-M6362(1976年2月)
- (3) 「ROSA-II試験装置の概要」 斯波正誼, ROSAグループ, JAERI-M6247(1975年12月)
- (4) 「ROSA-II試験データ報告・1」 ROSAグループ, JAERI-M 6240 (1975年9月)
- (5) 「ROSA-II試験データ報告・2」 ROSAグループ, JAERI-M 6241 (1975年9月)

Table 2-1 List of Pressure Vessel Nozzles

Symbol	REQ'D No.	Diameter	Nozzle's Connection	Symbol	REQ'D No.	Diameter	Nozzle's Connection
N 1	1	4B	Primary Water Inlet for BWR Simulation	N 19			
N 2	1	4B	Primary Water Inlet for BWR Simulation	N 20	1	1/2B	Thermocouple (Branched from N7)
N 3	1	2 1/2B	Recirculation Water Outlet	N 21	1	1/2B	Thermocouple
N 4	1	2 1/2B	Recirculation Water Outlet	N 22	1	1/2B	Thermocouple
N 5	1	4B	Primary Water Inlet for PWR Simulation	N 23	1	1/2B	Pressure Transducer
N 6	1	4B	Primary Water Outlet for PWR Simulation	N 24	1	1/2B	Pressure Transducer
N 7	1	2 1/2B	Primary Water Inlet for PWR Simulation	N 25	1	1/2B	Pressure Transducer
N 8	1	4B	Primary Water Outlet for PWR Simulation	N 26	1	1/2B	Pressure Transducer
N 9	1	1B	Steam Blow Line	N 27	1	1/2B	Water Level Meter
N 10			Safety Valve (Branched from N9)	N 28	1	1/2B	Water Level Meter
N 11	1	3B	Discharge Line (Spare)	N 29	1	1B	Thermometer
N 12	1	3B	Discharge Line (Spare)	N 30	1	1B	Thermometer
N 13	1	2B	ECCS Water Inlet	N 31	1	3B	Water Outlet for Jet Pump
N 14	1	2B	ECCS Water Inlet	N 32	1	3B	Water Outlet for Jet Pump
N 15	1	2B	ECCS Water Inlet	N 33	1	3B	Spare
N 16	1	1/2B	Drain	N 34	1	3B	Spare
N 17			N ₂ Line (Branched from N9)	N 35	1	2B	Core Spray Water Inlet
N 18	1	1/2B	Thermocouple				

Design Conditions	
Volume (m ³)	0.375
Pressure (Kg/cm ² G)	165
Temperature (°C)	325
Weight (Kg)	5.600

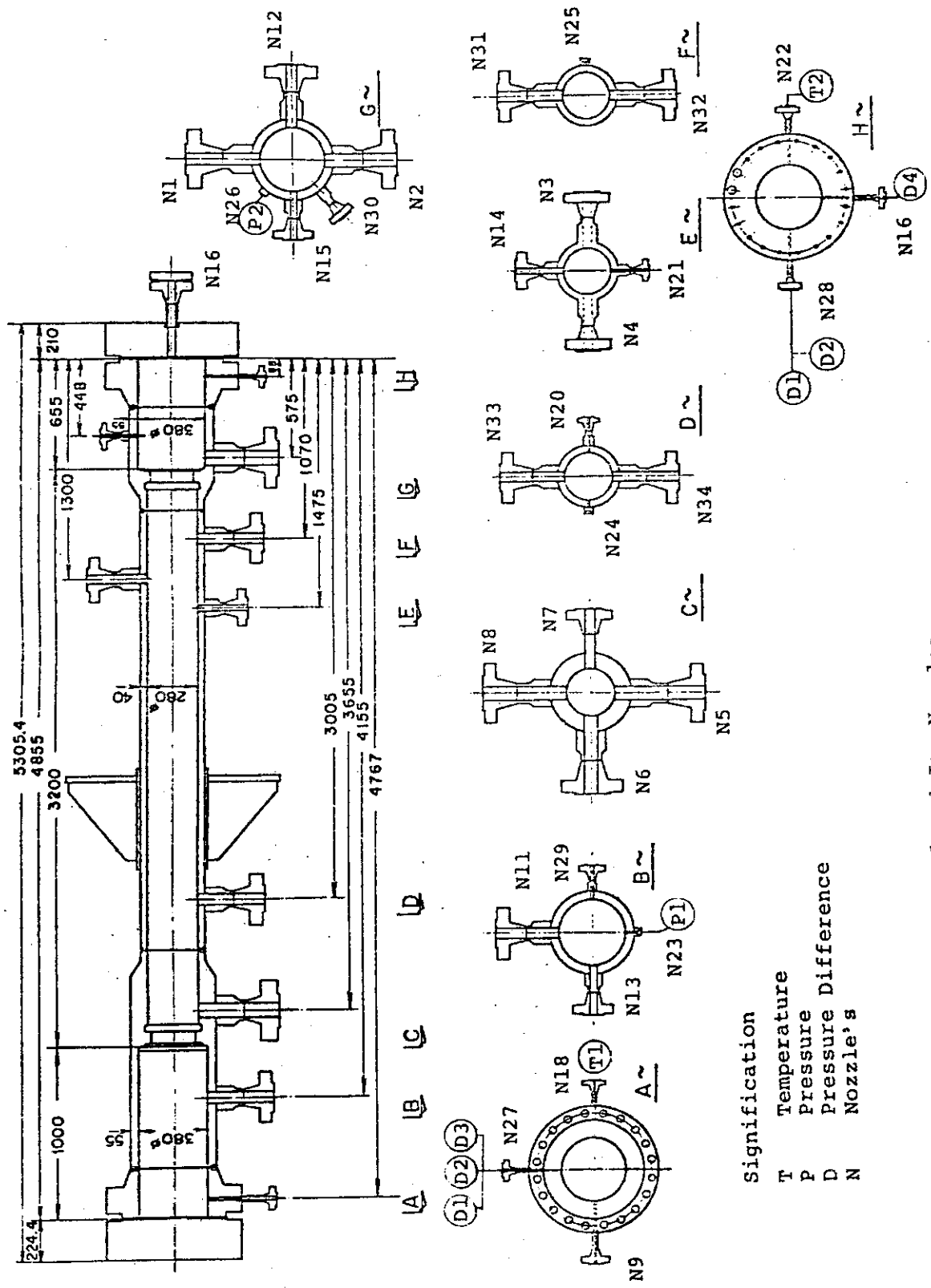


Fig. 2.1 Pressure Vessel and Its Nozzles

Table 2-2 ECCS MEASUREMENT LIST 1

DATA CH. NO.	MEAS. ITEM	SYMBOL	NAME (MEASURING POINT)	SENSOR	SPECIFICATION	MEAS. RANGE & UNIT	ACCURACY
1	PRESSURE	P-1	PV UPPER PLENUM	SEMI CONDUCTIVE PRESSURER TRANSDUCER	PMS-10KTM-200H	0-165 Kg/cm ² 0-±5V	± 2.4 %
2	"	P-2	PV LOWER PLENUM		"	"	"
3	"	P-3	ABOVE NO.1 ORIFICE		"	"	"
4	"	P-4	BELOW NO.1 ORIFICE		"	"	"
5	"	P-5	ABOVE NO.2 ORIFICE		"	"	"
6	"	P-6	BELOW NO.2 ORIFICE		"	"	"
7	"	P-7	SG 1 INLET		"	"	"
8	"	P-8	P 1 PUMP SUCTION		"	"	"
9	"	P-9	SG 2 INLET		"	"	"
10	"	P-10	SG 2 OUTLET		"	"	"
11	"	P-11	P 2 PUMP DELIVERY		"	"	"
12	"	P-12	PRESSURIZER		"	"	"
13	"	P-13	SG SHELL SIDE		"	"	"
14	DIFF. PRESS.	D-1	PV TOP-BOTTOM		HIGH DIFF-PRESSURE TRANSDUCER	PMS-10KTM-100H	0-60 Kg/cm ² 0-±5V
15	"	D-2	PV TOP-BOTTOM	ECH		0-0.6 Kg/cm ² 2-10V	
16	"	D-3	PV TOP-NO.1 ORIFICE	EIDM-SP		0-10 Kg/cm ²	
17	"	D-4	PV BOTTOM-NO.2 ORIFICE	"		"	
18	"	D-5	SG 1 INLET-OUTLET	"		-5-5 Kg/cm ²	
19	"	D-6	SG 2 INLET-OUTLET	"		"	
20	"	D-7	P 1 PUMP DELIVERY-SUCTION	"		"	
21	"	D-8	P 2 PUMP DELIVERY-SUCTION	"		-5-5 Kg/cm ²	
22	FLOW RATE	F-1	CONDENSATE NO.1	ELECTROMAGNETIC FLOW RATE METER 6159		0-250 kg/sec.	± 1.4 %
23	"	F-2	CONDENSATE NO.2			"	
24	"	F-3	COOLING WATER NO.1			"	
25	"	F-4	COOLING WATER NO.2			"	
26	"	F-5	HPCI (1)		TURBINE FLOW RATE METER	0-20 l/min 0-10V	
27	"	F-6	" (2)	"	"	"	
28	"	F-7	" (3)	"	0-50 l/min	"	
29	"	F-8	" (4)	"	"	"	
30	"	F-9	ACC 1	"	0-300 l/min	"	
31	"	F-10	ACC 2 (1)	"	0-4000 l/min	"	
32	"	F-11	ACC 2 (2)	"	"	"	
33	"	F-12	LPCI (1)	"	0-110 l/min	"	
34	"	F-13	" (2)	"	0-300 l/min	"	
35	POWER	W-1	HIGH FLUX RODS	POWER TRANSDUCER 2885		0-600KVA 0-10V	± 1.0 %
36	"	W-2	LOW FLUX RODS			0-1800KVA	
37	TEMP(FUEL)	TF-1	NO.1 POSITION 1	THERMOCOUPLE CA UNSHROUD		0-800°C 0-10V	± 1.4 %
38	"	TF-2	" 2			"	
39	"	TF-3	" 3			"	
40	"	TF-4	" 4			"	
41	"	TF-5	" 5			"	
42	"	TF-6	NO.2 POSITION 1			"	
43	"	TF-7	" 2			"	
44	"	TF-8	" 3			"	
45	"	TF-9	" 4			"	
46	"	TF-10	" 5			"	
47	"	TF-11	NO.3 POSITION 1			"	
48	"	TF-12	" 2			"	
49	"	TF-13	" 3			"	
50	"	TF-14	" 4			"	
51	"	TF-15	" 5			"	
52	"	TF-16	NO.4 POSITION 1			0-400°C 0-10V	
53	"	TF-17	" 2			"	
54	"	TF-18	" 3			"	
55	"	TF-19	" 4			"	
56	"	TF-20	" 5			"	
57	TEMP(WATER)	T-1	PV UPPER PLENUM				± 1.0 %
58	"	T-2	PV LOWER PLENUM				
59	"	T-3	CONDENSATE NO.1				
60	"	T-4	CONDENSATE NO.2				
61	"	T-5	SG 1 INLET				
62	"	T-6	SG 1 OUTLET				
63	"	T-7	P 1 PUMP DELIVERY				
64	"	T-8	PV INLET NOZZLE				
65	"	T-9	SG 2 INLET				
66	"	T-10	SG 2 OUTLET				
67	"	T-11	P 2 PUMP DELIVERY				
68	"	T-12	PRESSURIZER				
69	"	T-13	SG 1 SHELL OUTLET				
70	"	T-14	SG 2 SHELL OUTLET				
71	REVOLUTION	R-1	P 1 PUMP	TACHO GENERATOR		0-5000 RPM 0-10V	± 1.0 %
72	"	R-2	P 2 PUMP			"	"
73	SWITCH SIGNAL	S-1	RUPTURE DISC NO.1	COPPER WIRE VOLTAGE GENERATOR		RUPTURE 0-10V	
74	"	S-2	RUPTURE DISC NO.2			"	
75	"	S-3	QSV VALVE	LIMIT SW CONTACT VOLTAGE GENERATOR		OPEN-CLOSE 0-10V	
76	"	S-4	RCN VALVE NO.1			CLOSE HALF-OPEN 0-10-V	
77	"	S-5	RCN VALVE NO.2	ELECTROMAGNETIC CONTACT		CLOSE-OPEN 0-10V	
78	"	S-6	ACC 1 VALVE			ON-OFF	
79	"	S-7	ACC 2 VALVE	LIMIT SW CONTACT		OPEN-CLOSE 0-10V	
80	"	S-8	SST DISCHARGE VALVE			"	
81	"	S-9	P 1 PUMP POWER SUPPLY	ELECTROMAGNETIC CONTACT		CLOSE-OPEN 0-10V	
82	"	S-10	P 2 PUMP POWER SUPPLY			ON-OFF	
83	"	S-11	HPCI VALVE	LIMIT SW CONTACT		OPEN-CLOSE 0-10V	
84	"	S-12	LPCI VALVE			"	
85	"	S-13	P 1 PUMP REV. DIREC.	RELAY CONTACT		FORWARD REVERSE 0-10V	
86	"	S-14	P 2 PUMP REV. DIREC.			"	

Table 2-3 ROSA-II Test conditions for Run 204

Run No.	204		Date	3,22,74	
Break conditions			ECCS conditions		
Location	C		HPCI inject. location	H	-
Mode	8B		Initiation Press. (atg)	P-1: 105	
Diameter 1,2 (mm)	-	30.5	Injection delay (sec)	0	
Type	S-Ended		Flow rate 1,2 (l/min)	12	-
Fluid conditions			Flow rate PV (l/min)	-	
PR pressure (atg)	145		Water temp. (C)	80	
Hot leg temp.1,2 (C)	295	295	LPCI inject. location	H	-
Cold leg.temp.1,2(C)	292	292	Initiation press. (atg)	P-1: 9	
Flow rate 1,2(l/min)	462	1310	- Injection delay (sec)	52	
Pump conditions			Flow rate 1,2 (l/min)	24	-
Revolution No. (rpm)	2520		Flow rate PV (l/min)	-	
Trip delay 1,2 (sec)	1.0	1.0	Water temp. (C)	64	
Flow resistance			ACC injection location	H	-
PR orifice (mm)	-		Pressure (atg)	45	
SG orifice 1,2 (mm)	57.3	63.0	Temperature 1,2 (C)	64	-
Core thermal conditions			Orifice diam.1,2 (mm)	12.9	-
Assembly No.	1		Orifice diam. PV (mm)	-	
Set power H,L (KW)	124	234	Abbreviations of location H:Hot leg C:Cold leg U:Upper plenum,L:Lower plenum D:Downcomer		
Trip delay H,L (sec)	0	0			
Power Control H,L*	d	c ^{a)}			
Power off temp. (C)	450				
Secondary side conditions			Remarks		
Pressure (atg)	61		a) Power for low flux rods was cut off at 50 seconds after the break.		
Temperature (C)	276				
Flow control valve	close				
Blow valve	close				
Blow orifice (mm)	-				
* Note, d:decay heat simulation,n:decay+delayed neutron,c:constant.					

Table 2-4 ROSA-II Test conditions for Run 301

Run No.	301		Date	4,19,74	
Break conditions			ECCS conditions		
Location	C		HPCI inject. location	-	-
Mode	6A		Initiation Press. (atg)		
Diameter 1,2 (mm)	30.5	-	Injection delay (sec)		
Type	S-Ended		Flow rate 1,2 (l/min)		
Fluid conditions			Flow rate PV (l/min)		
PR pressure (atg)	157		Water temp. (C)		
Hot leg temp.1,2 (C)	310	310	LPCI inject. location	-	-
Cold leg temp.1,2(C)	307	307	Initiation press. (atg)		
Flow rate 1,2(l/min)	456	1320	Injection delay (sec)		
Pump conditions			Flow rate 1,2 (l/min)		
Revolution No. (rpm)	2520		Flow rate PV (l/min)		
Trip delay 1,2 (sec)	0	2.0	Water temp. (C)		
Flow resistance			ACC injection location	-	-
PR orifice (mm)	-		Pressure (atg)		
SG orifice 1,2 (mm)	57.3	63.0	Temperature 1,2 (C)		
Core thermal conditions			Orifice diam.1,2 (mm)		
Assembly No.	1		Orifice diam. PV (mm)		
Set power H,L (KW)	124	183	Abbreviations of location		
Trip delay H,L (sec)	0	0	H:Hot leg C: Cold leg		
Power Control H,L*	d	c ^{a)}	U:Upper plenum,L:Lower plenum		
Power off temp. (C)	450		D:Downcomer		
Secondary side conditions			Remarks		
Pressure (atg)	60		a) Power for low flux rods was cut off at 48 seconds after the break.		
Temperature (C)	275				
Flow control valve	close				
Blow valve	close				
Blow orifice (mm)	-				
* Note, d:decay heat simulation,n:decay+delayed neutron,c:constant.					

Table 2-5 ROSA-II Test conditions for Run 302

Run No.	302		Date	4,30,74	
Break conditions			ECCS conditions		
Location	C		HPCI inject. location	-	L
Mode	2A		Initiation Press. (atg)	P-1: 102	
Diameter 1,2 (mm)	30.5	-	Injection delay (sec)	4	
Type	S-Ended		Flow rate 1,2 (l/min)	-	-
Fluid conditions			Flow rate PV (l/min)	44	
PR pressure (atg)	151		Water temp. (C)	82	
Hot leg temp.1,2 (C)	312	312	LPCI inject. location	-	L
Cold leg temp.1,2(C)	309	309	Initiation press.(atg)	P-1: 12	
Flow rate 1,2(l/min)	450	1280	Injection delay (sec)	114	
Pump conditions			Flow rate 1,2 (l/min)	-	-
Revolution No. (rpm)	2480		Flow rate PV (l/min)	224	
Trip delay 1,2 (sec)	0	0	Water temp. (C)	68	
Flow resistance			ACC injection location	-	L
PR orifice (mm)	-		Pressure (atg)	45	
SG orifice 1,2 (mm)	57.3	63.0	Temperature 1,2 (C)	-	64
Core thermal conditions			Orifice diam.1,2 (mm)	-	-
Assembly No.	1		Orifice diam. PV (mm)	7.0	
Set power H,L (KW)	118	232	Abbreviations of location		
Trip delay H,L (sec)	0	0	H:Hot leg C:Cold leg		
Power Control H,L*	d	c a)	U:Upper plenum,L:Lower plenum		
Power off temp. (C)	450		D:Downcomer		
Secondary side conditions			Remarks		
Pressure (atg)	62		a) Power for low flux rods was cut off		
Temperature (C)	277		at 48 seconds after the break.		
Flow control valve	close				
Blow valve	close				
Blow orifice (mm)	-				
* Note, d:decay heat simulation,n:decay+delayed neutron,c:constant.					

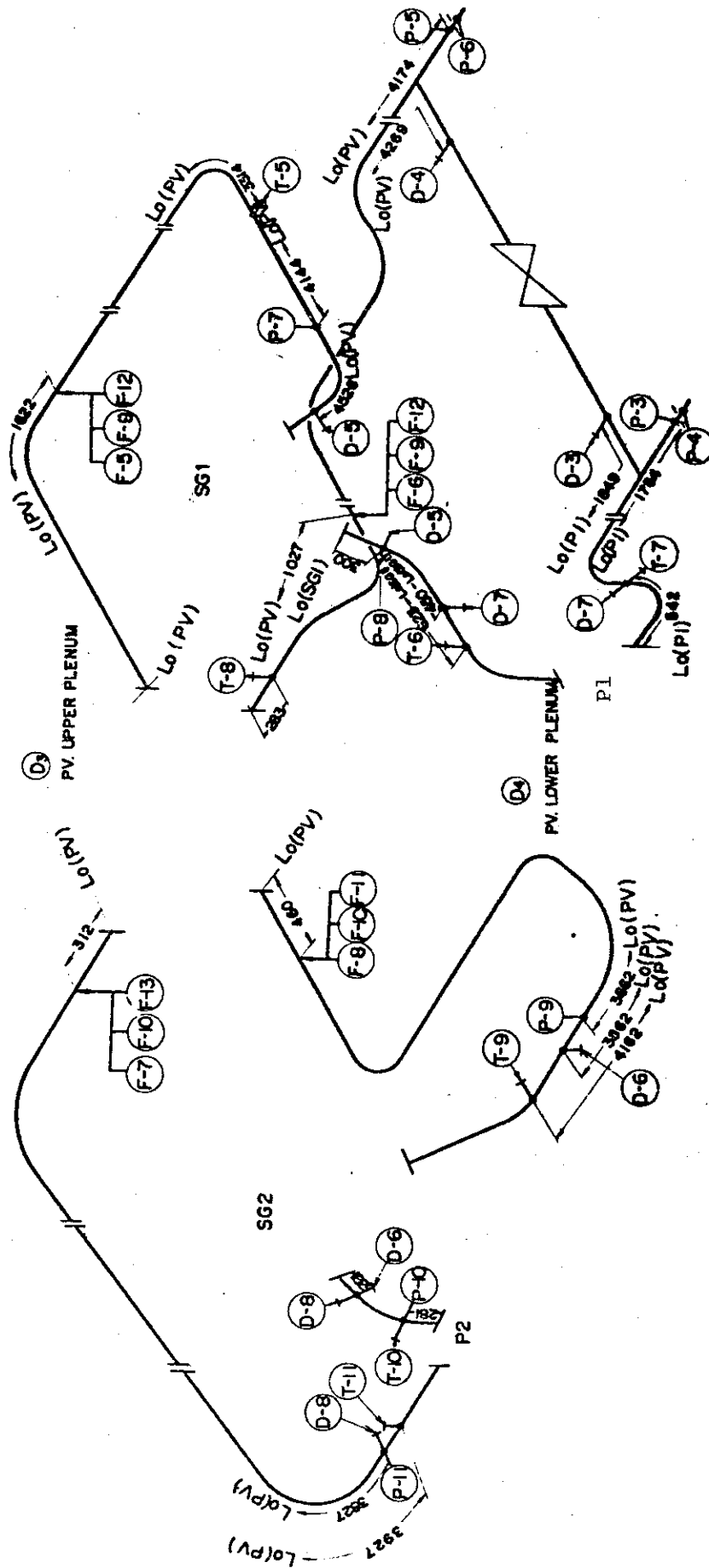


Fig. 2.2 Position of measurement in the primary loop (Cold-leg break)

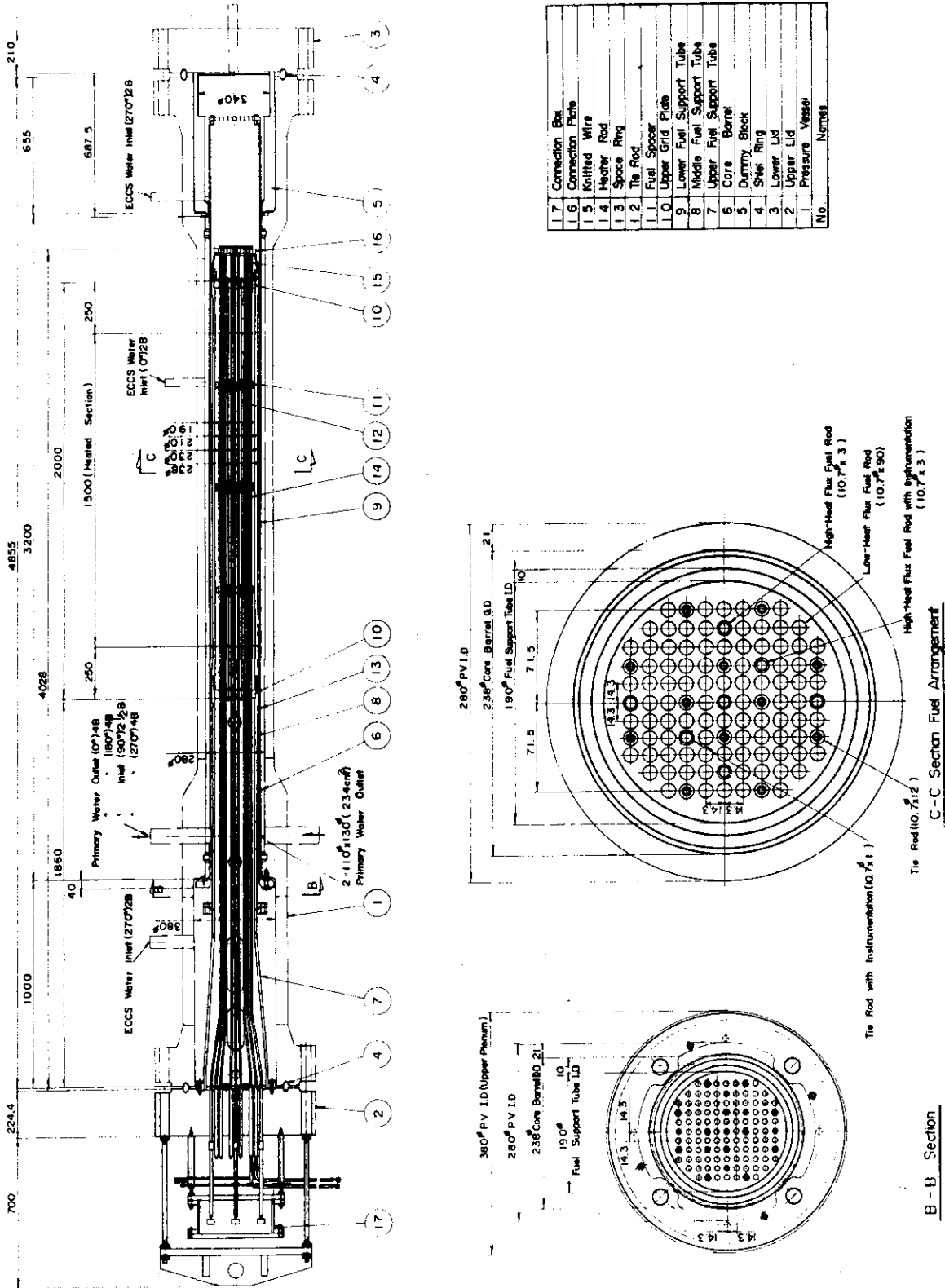


Fig. 2.3 Simulated Fuel Assembly (No.1 and No.2) in Pressure Vessel

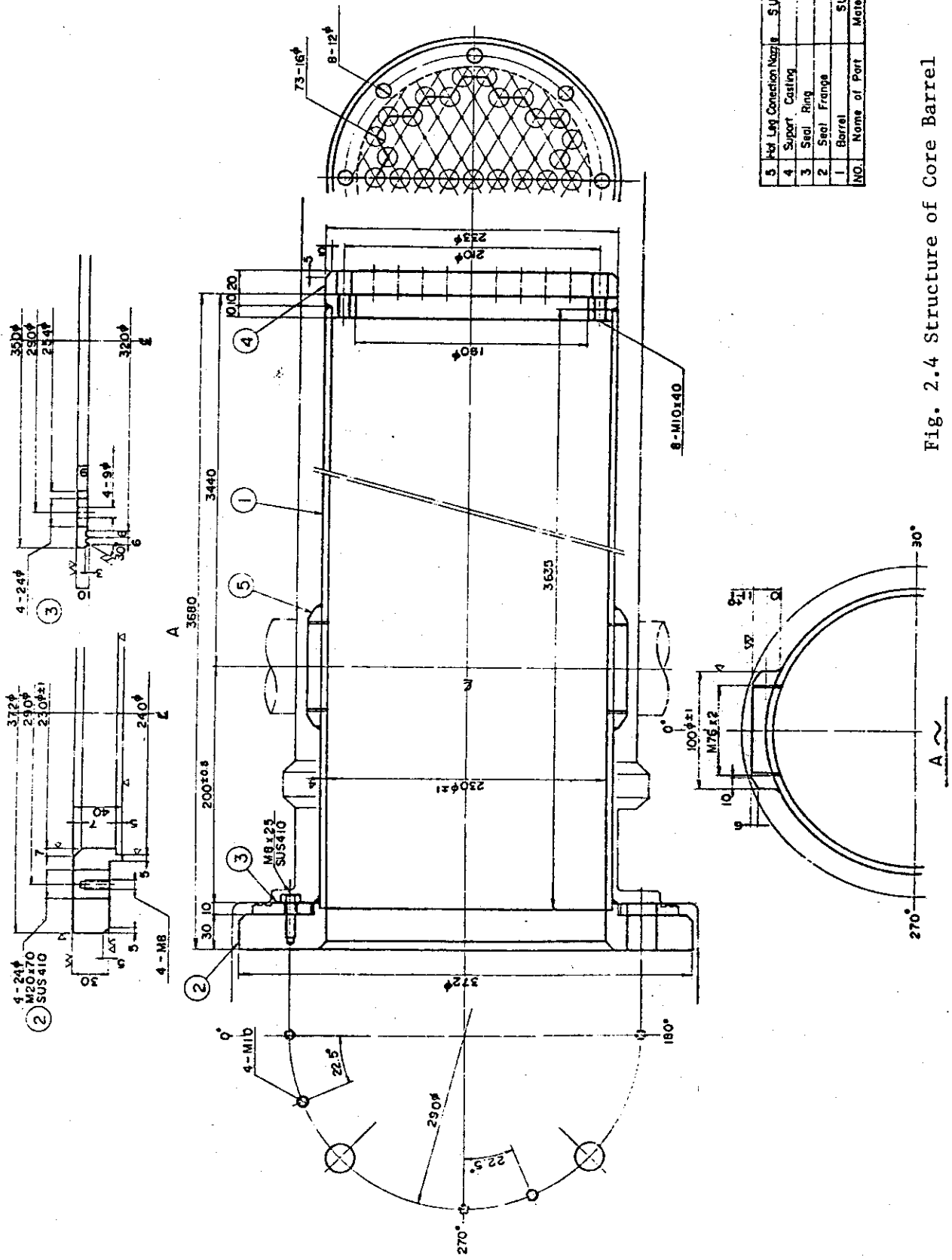


Fig. 2.4 Structure of Core Barrel

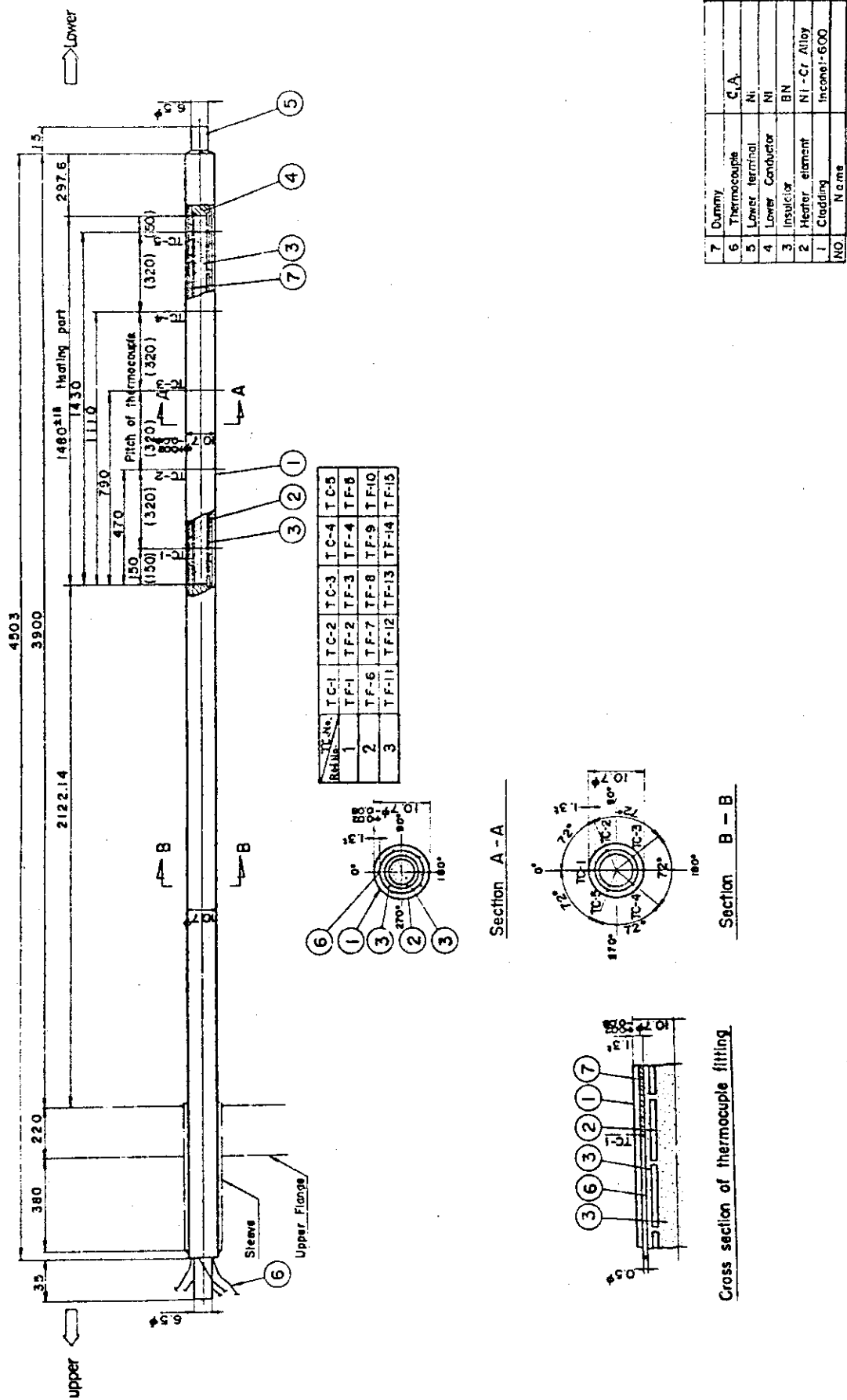


Fig. 2.5 Structure of Instrumented High Heat Flux Rod in No.1 Assembly

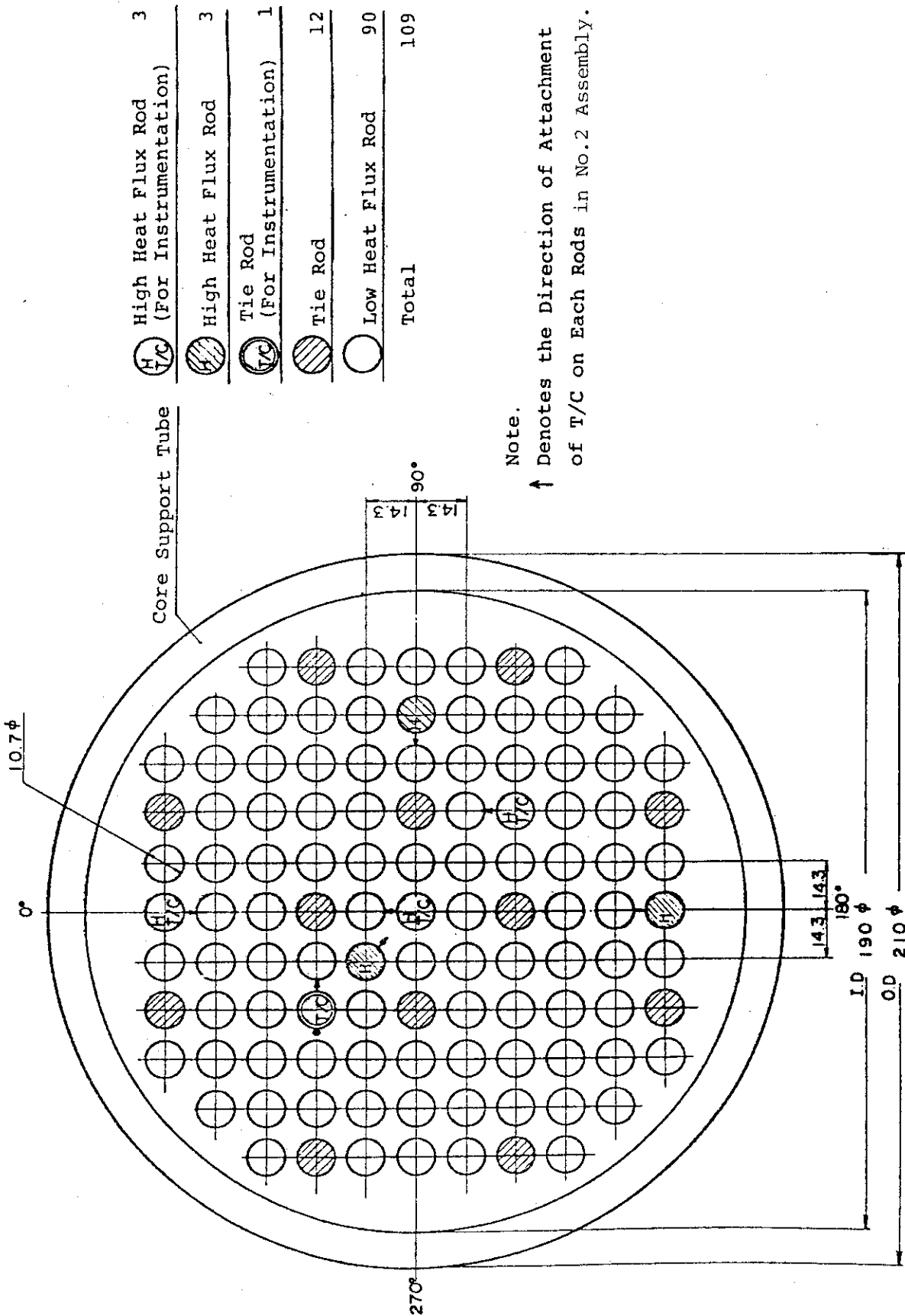


Fig. 2.6 Arrangement of Simulated Fuel Rods in No.1 and No.2 Assemblies.

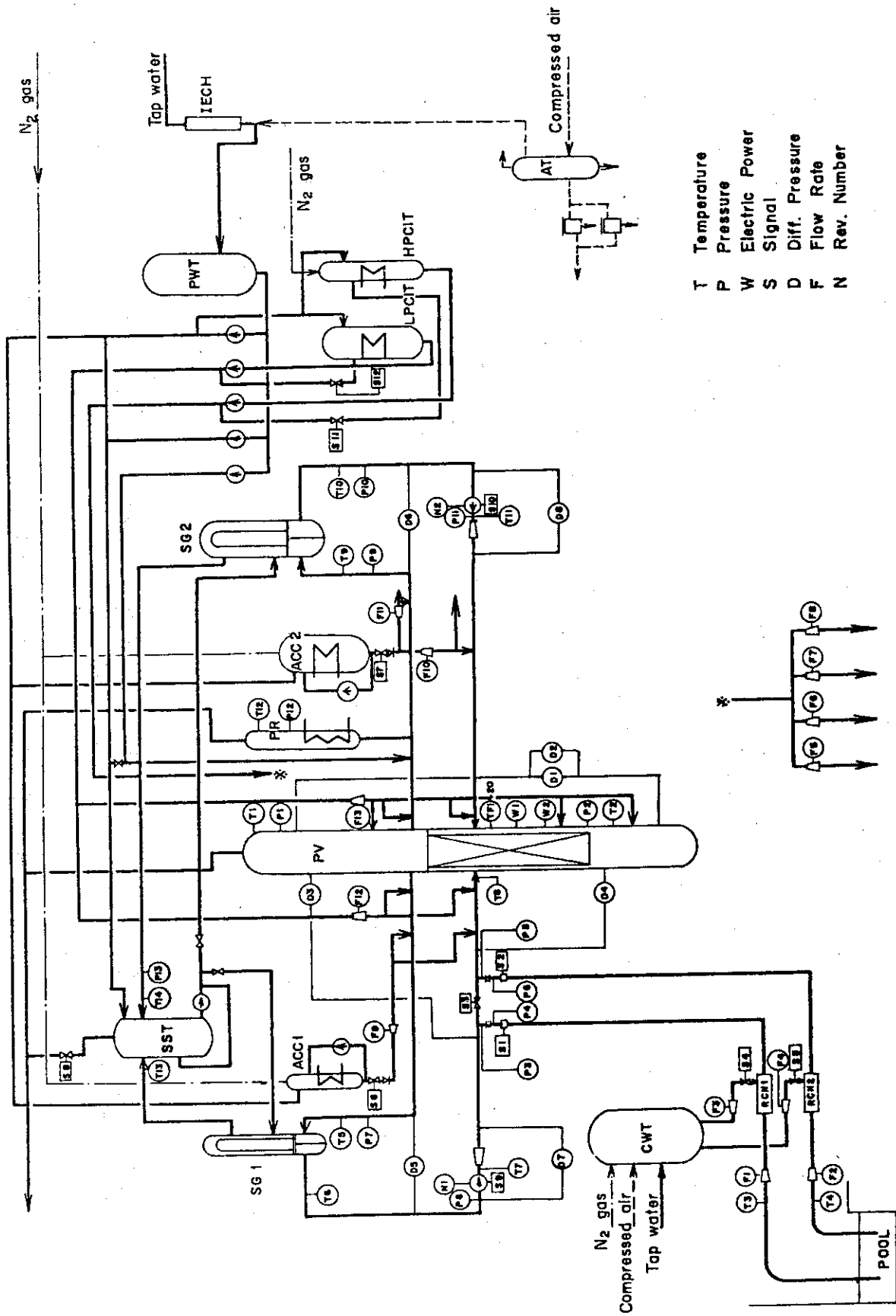


Fig. 2.7 Location of Sensors

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H AC2- LP1-H LP2-
 CH- 1 P- 1 (PV UPPER PLENUM) CH- 12 P- 12 (PRESSURIZER)

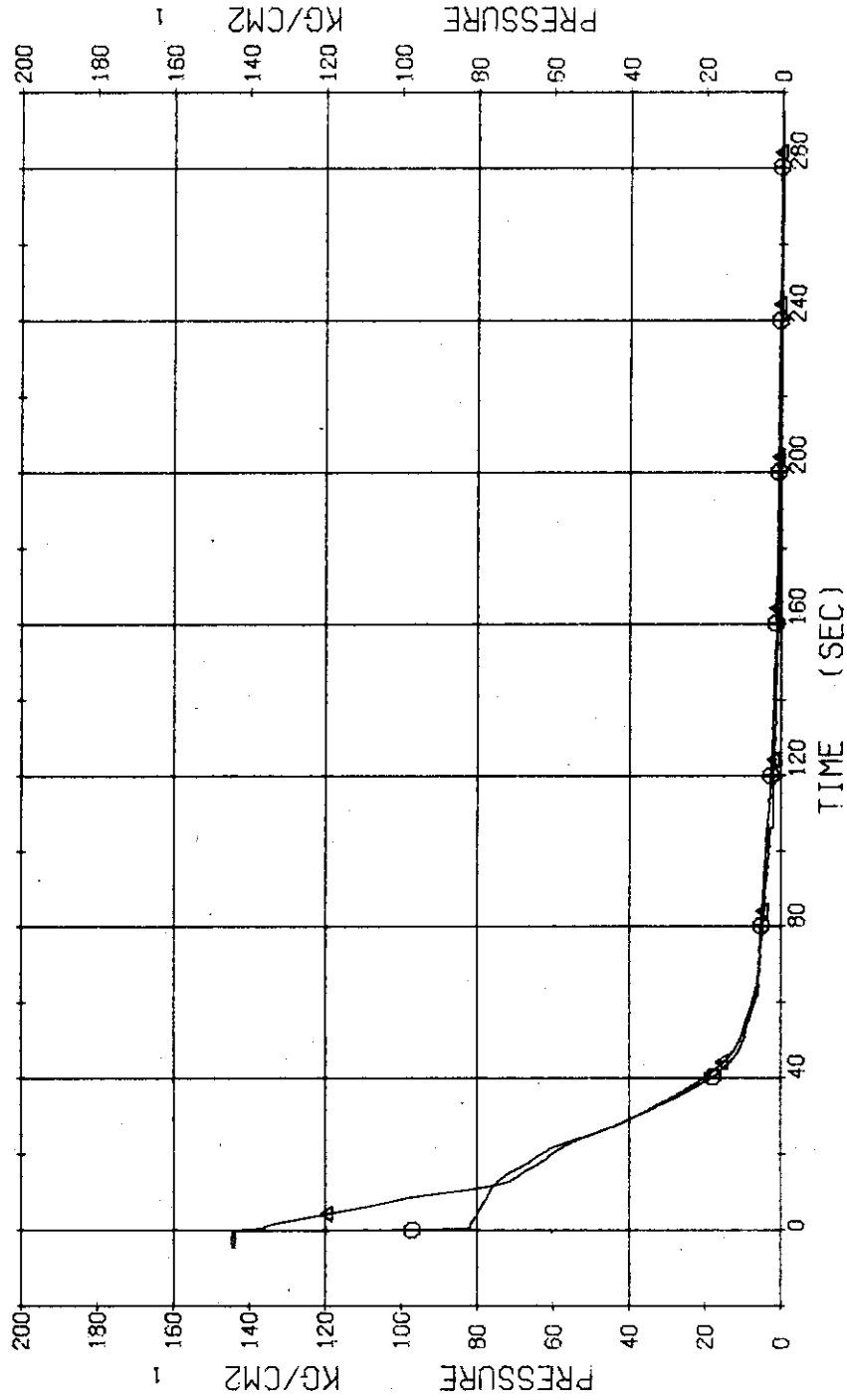


Fig. 3.1.1 Pressure in Pressure Vessel and Pressurizer--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1-H HP2- LP1-H LP2-
 CH- 5 01 P- 5 (ABOVE NO.2 ORIFICE) CH- 9 A1 P- 9 (P 1 PUMP SUCTION)

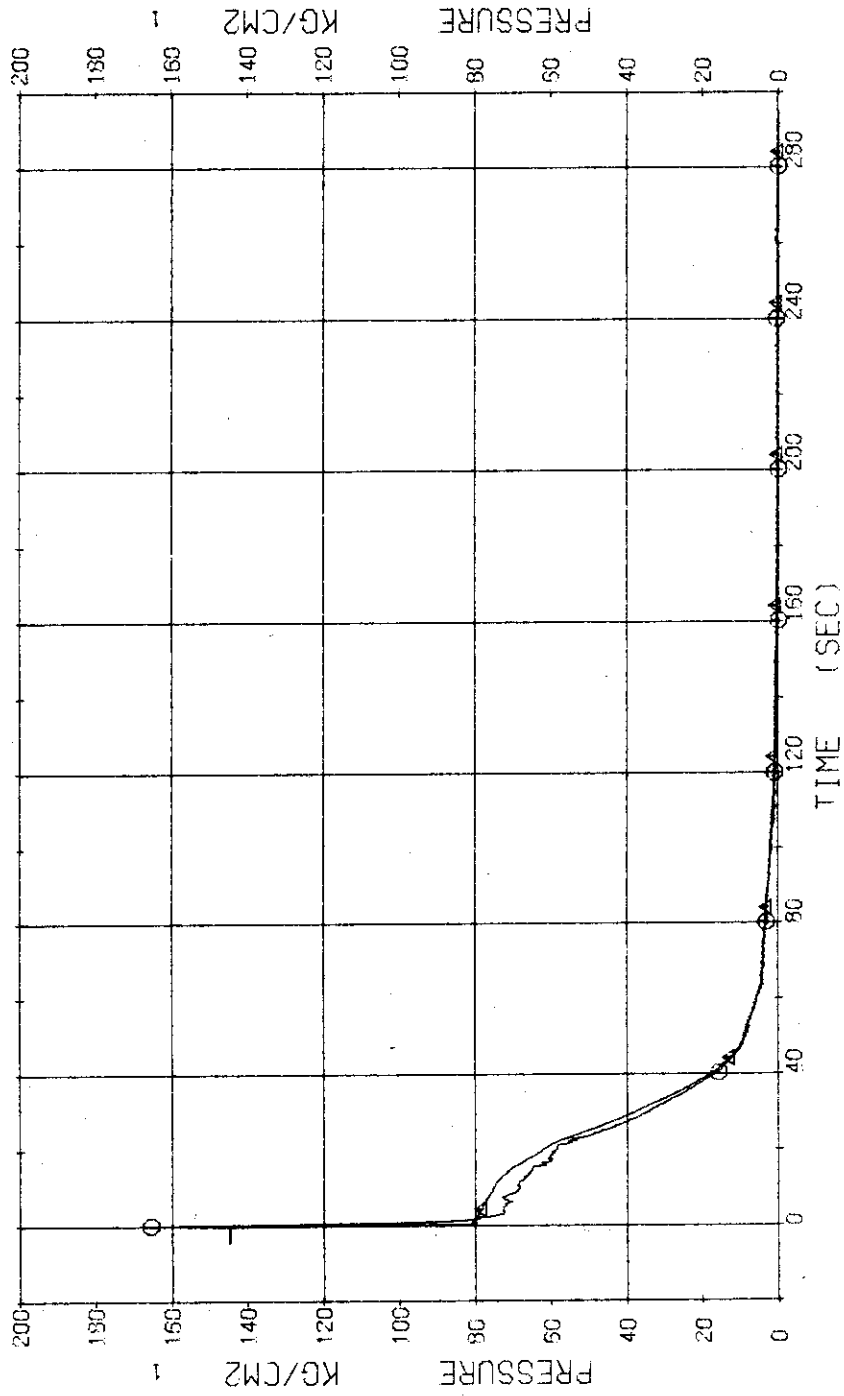


Fig. 3.1.2 Pressure in Blowdown Loop--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H AC2- LP1-H LP2-
 CH- 9 P- 9 (SC 2 INLET)
 CH- 11 P- 11 (P 2 PUMP DELIVERY)
 CH- 10 P- 10 (SC 2 OUTLET)

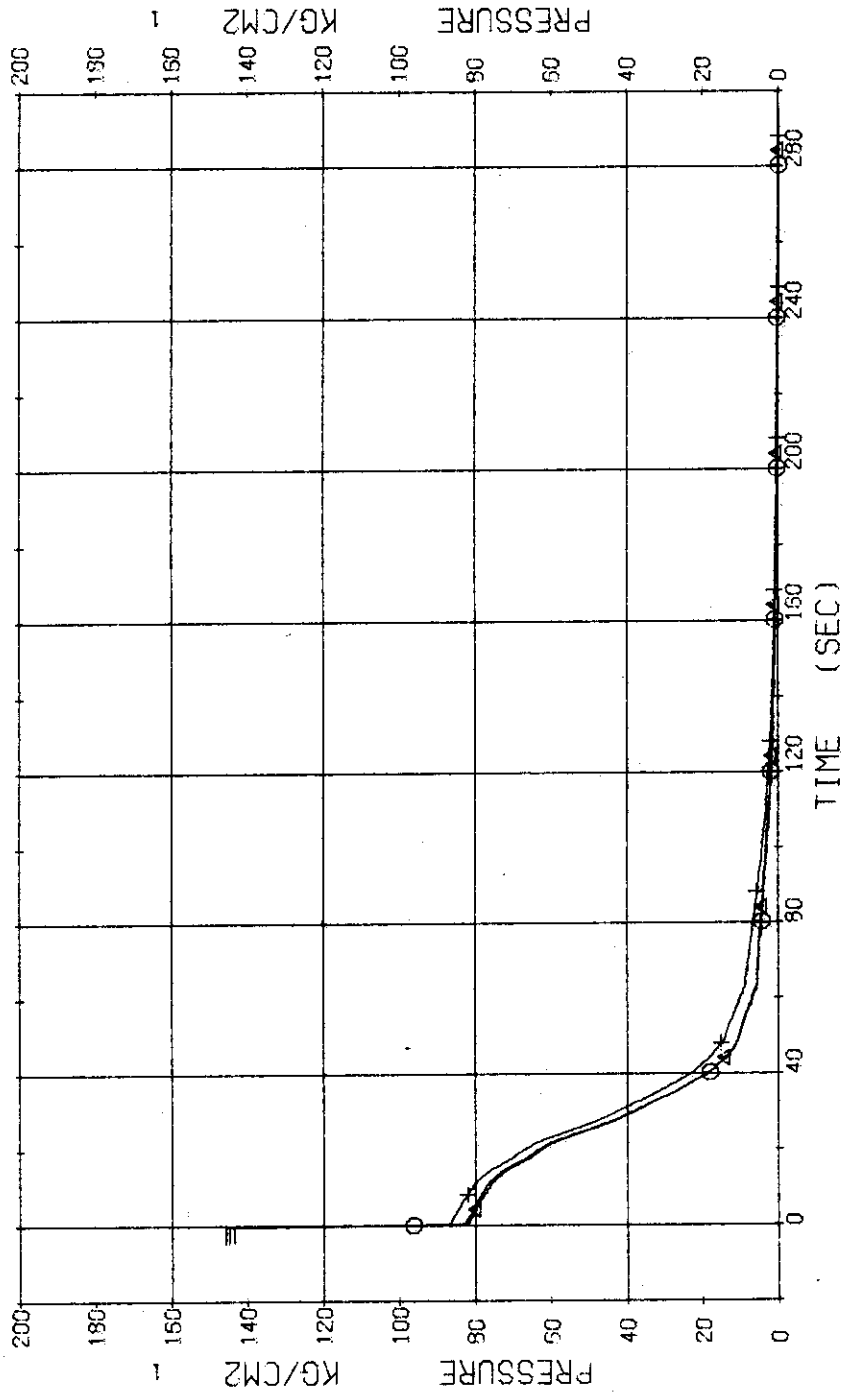


Fig. 3.1.3 Pressure in Operating Loop--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1-H HP2- LP1-H LP2-
 CH-13 C1 P-13 (SG SHELL SIDE)

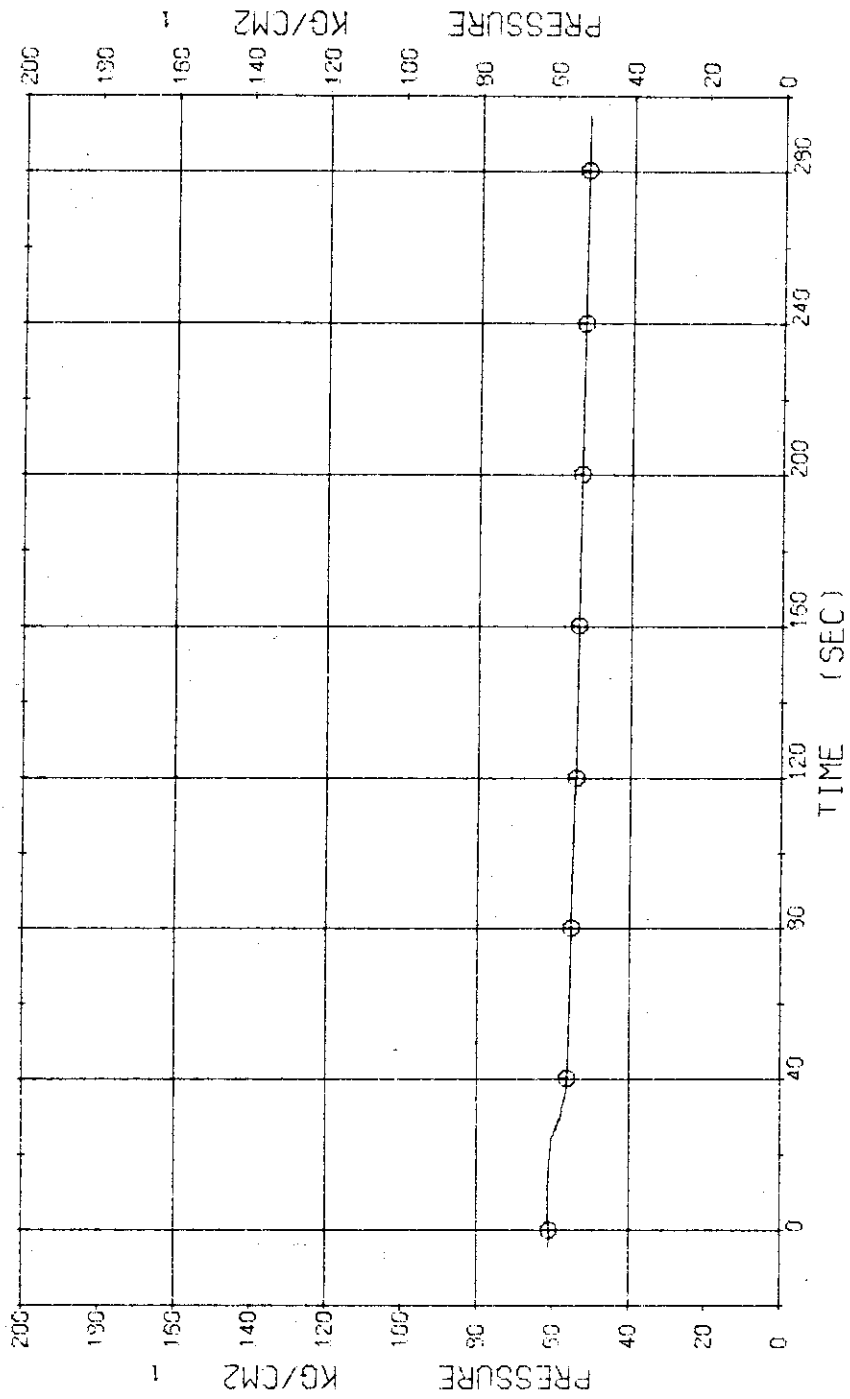


Fig. 3.1.4 Pressure in Secondary System--Run 204

RUN 204 COLD LEC BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H LP1-H LP2-
 CH-14 @ D-1 (PV.TOP-BOTTOM)

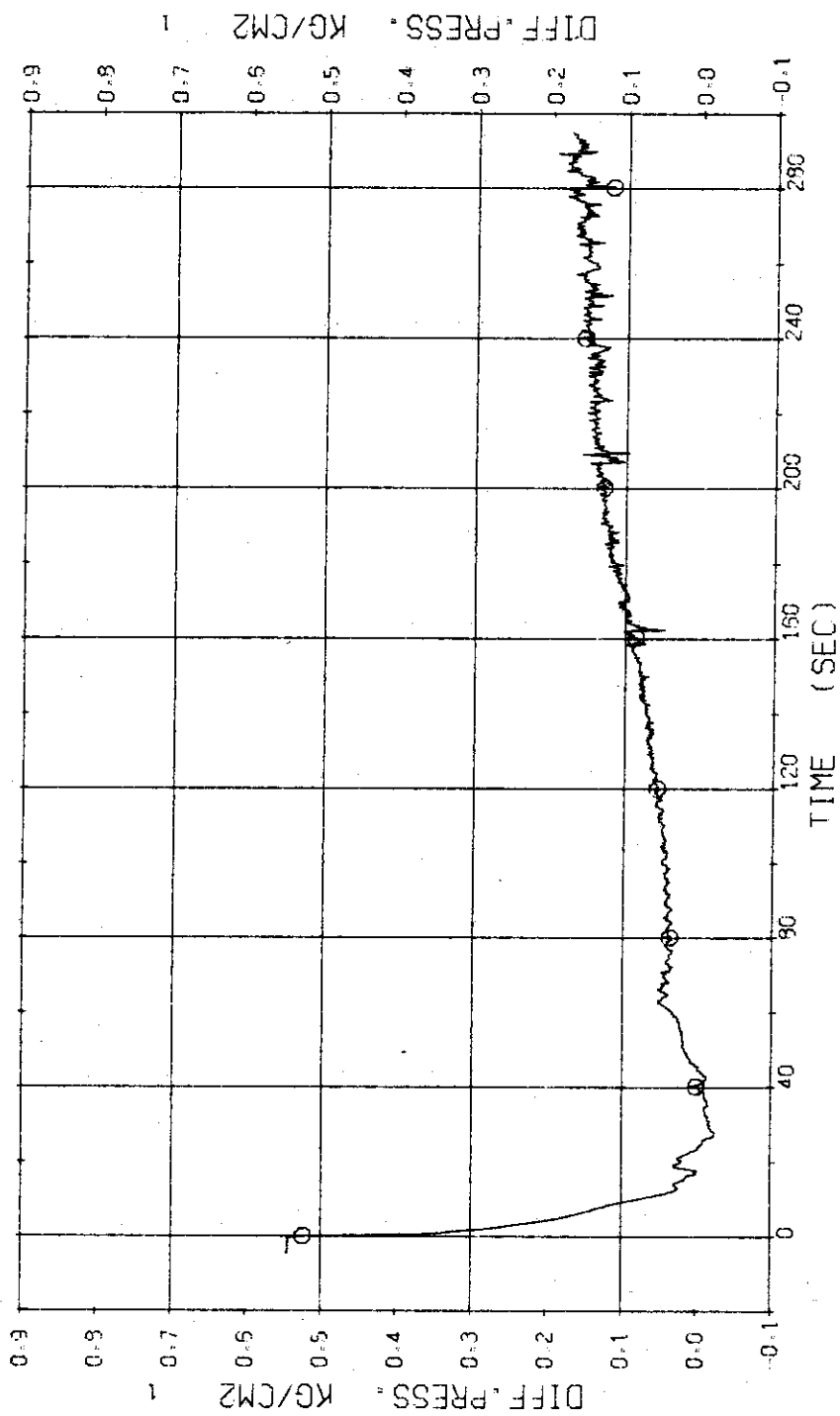


Fig. 3.1.5 Differential Pressure between Top and Bottom of Pressure Vessel--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H AC2- LP1-H LP2-
 CH-19 01 D-5 (SG 1 INLET-OUTLET)

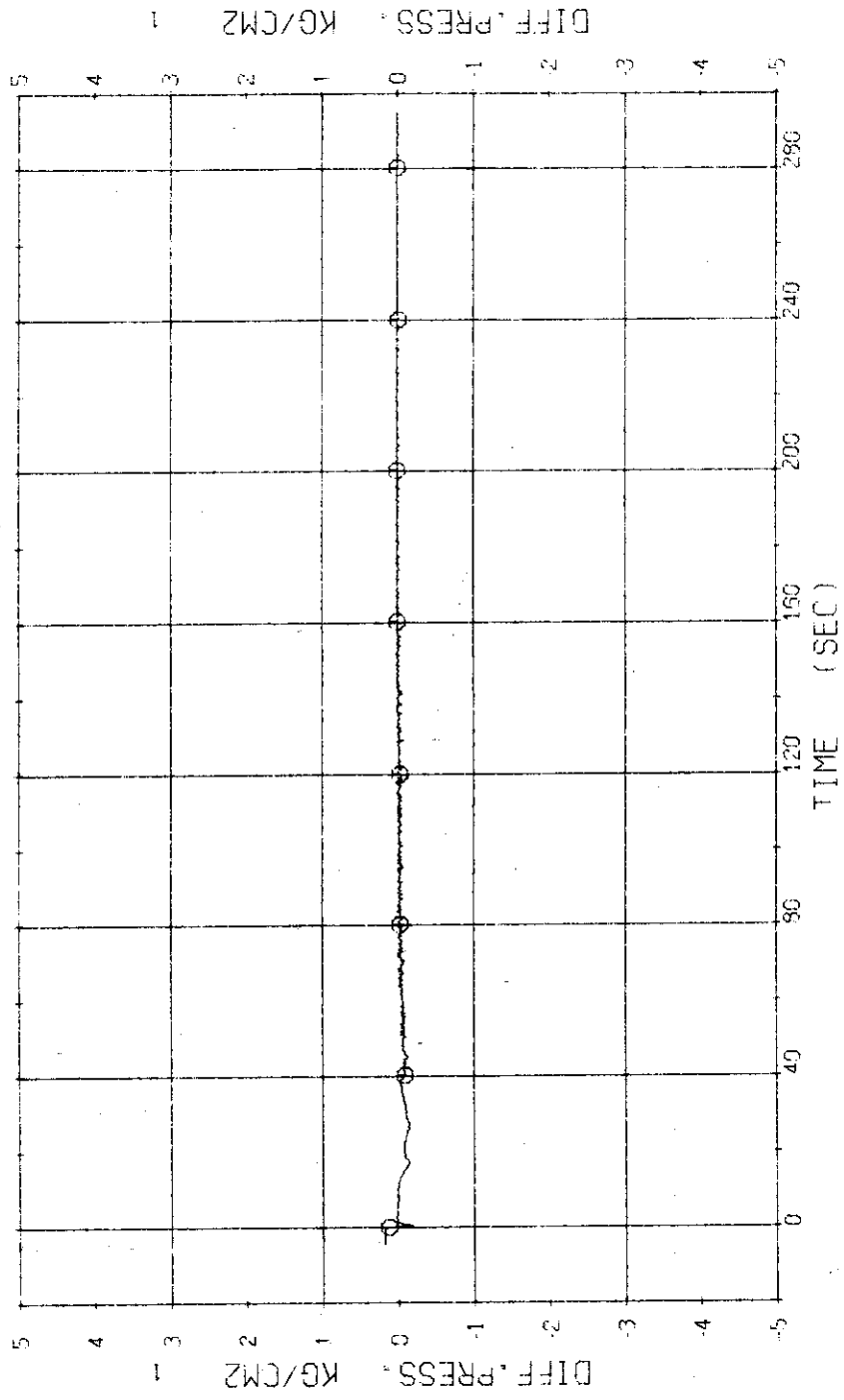


Fig. 3.1.6 Differential Pressure across SG 1--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H AC2- LP1-H LP2-

CH- 25 01 F- 5 (HPCI)

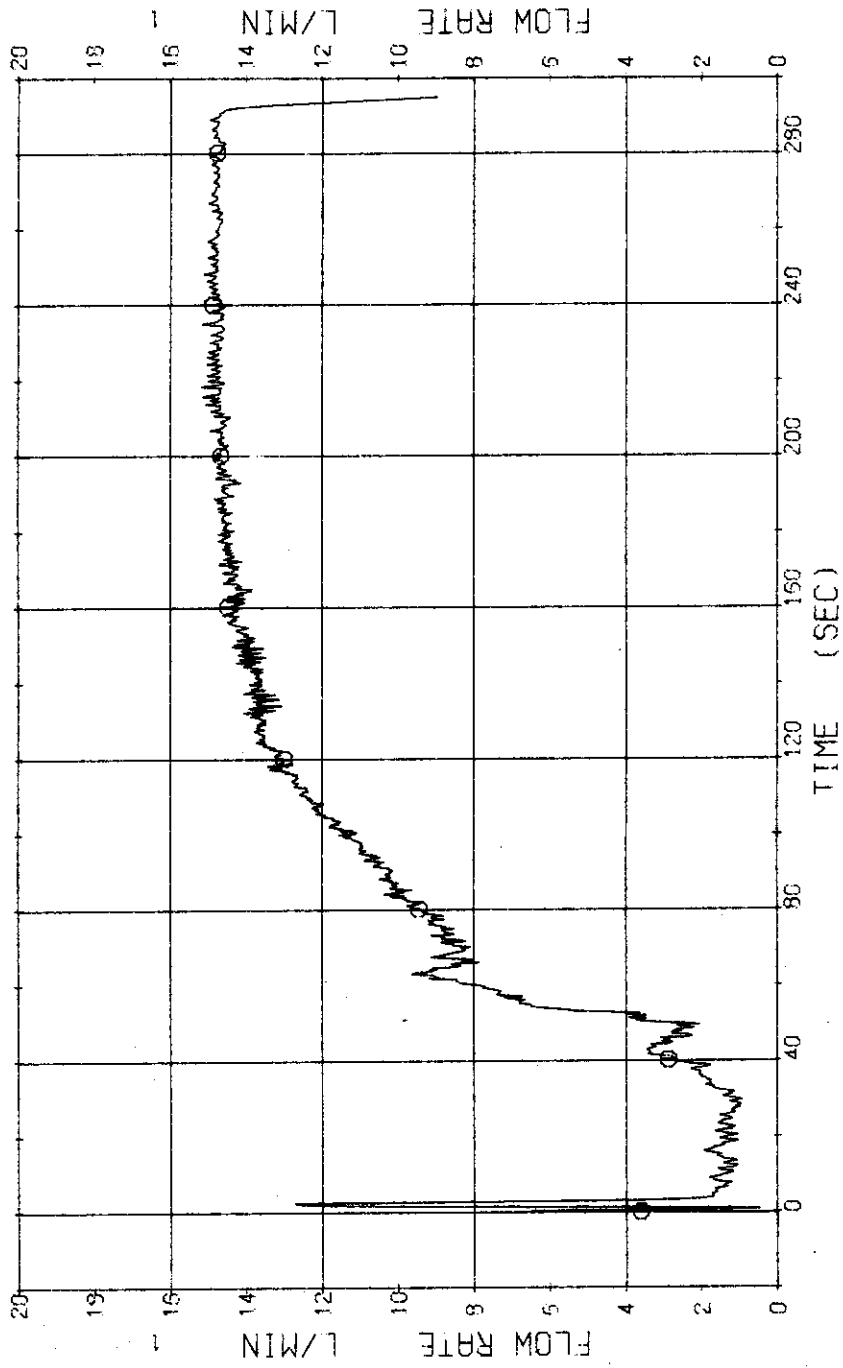


Fig. 3.1.7 Injection Flow Rate of HPCI--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1-H HP2- LP2-
 CH-30 ON F-3 (ACC 1) CH-33 A2 F-12 (LPCI) LP1-H

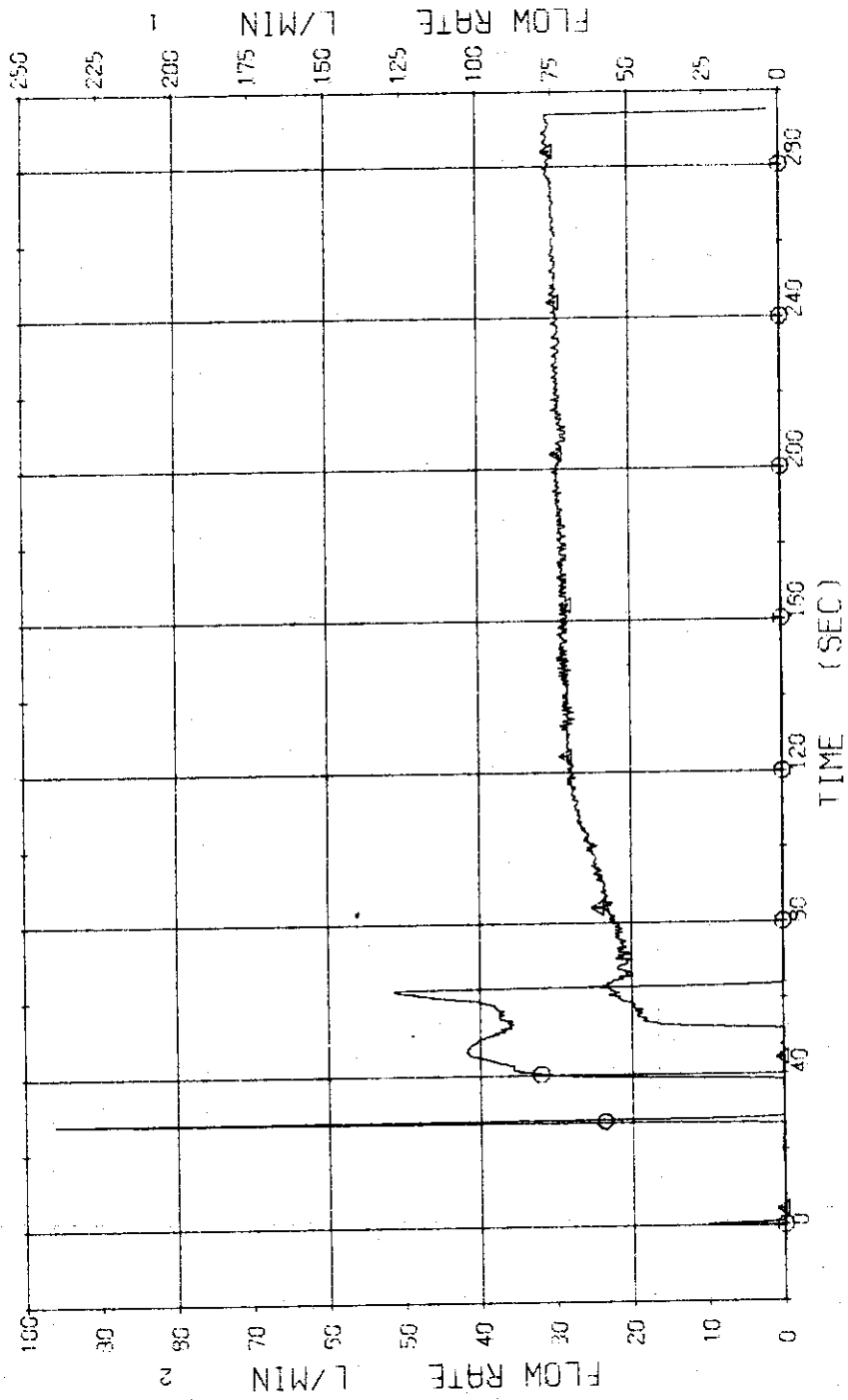


Fig. 3.1.8 Injection Flow Rates of LPCI and ACC 1--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1-H HP2- LP1-H LP2-
 CH- 35 CH- 87 CH- 97 CH- 98 CH- 99 CH- 100 CH- 101 CH- 102 CH- 103 CH- 104 CH- 105 CH- 106 CH- 107 CH- 108 CH- 109 CH- 110 CH- 111 CH- 112 CH- 113 CH- 114 CH- 115 CH- 116 CH- 117 CH- 118 CH- 119 CH- 120 CH- 121 CH- 122 CH- 123 CH- 124 CH- 125 CH- 126 CH- 127 CH- 128 CH- 129 CH- 130 CH- 131 CH- 132 CH- 133 CH- 134 CH- 135 CH- 136 CH- 137 CH- 138 CH- 139 CH- 140 CH- 141 CH- 142 CH- 143 CH- 144 CH- 145 CH- 146 CH- 147 CH- 148 CH- 149 CH- 150 CH- 151 CH- 152 CH- 153 CH- 154 CH- 155 CH- 156 CH- 157 CH- 158 CH- 159 CH- 160 CH- 161 CH- 162 CH- 163 CH- 164 CH- 165 CH- 166 CH- 167 CH- 168 CH- 169 CH- 170 CH- 171 CH- 172 CH- 173 CH- 174 CH- 175 CH- 176 CH- 177 CH- 178 CH- 179 CH- 180 CH- 181 CH- 182 CH- 183 CH- 184 CH- 185 CH- 186 CH- 187 CH- 188 CH- 189 CH- 190 CH- 191 CH- 192 CH- 193 CH- 194 CH- 195 CH- 196 CH- 197 CH- 198 CH- 199 CH- 200

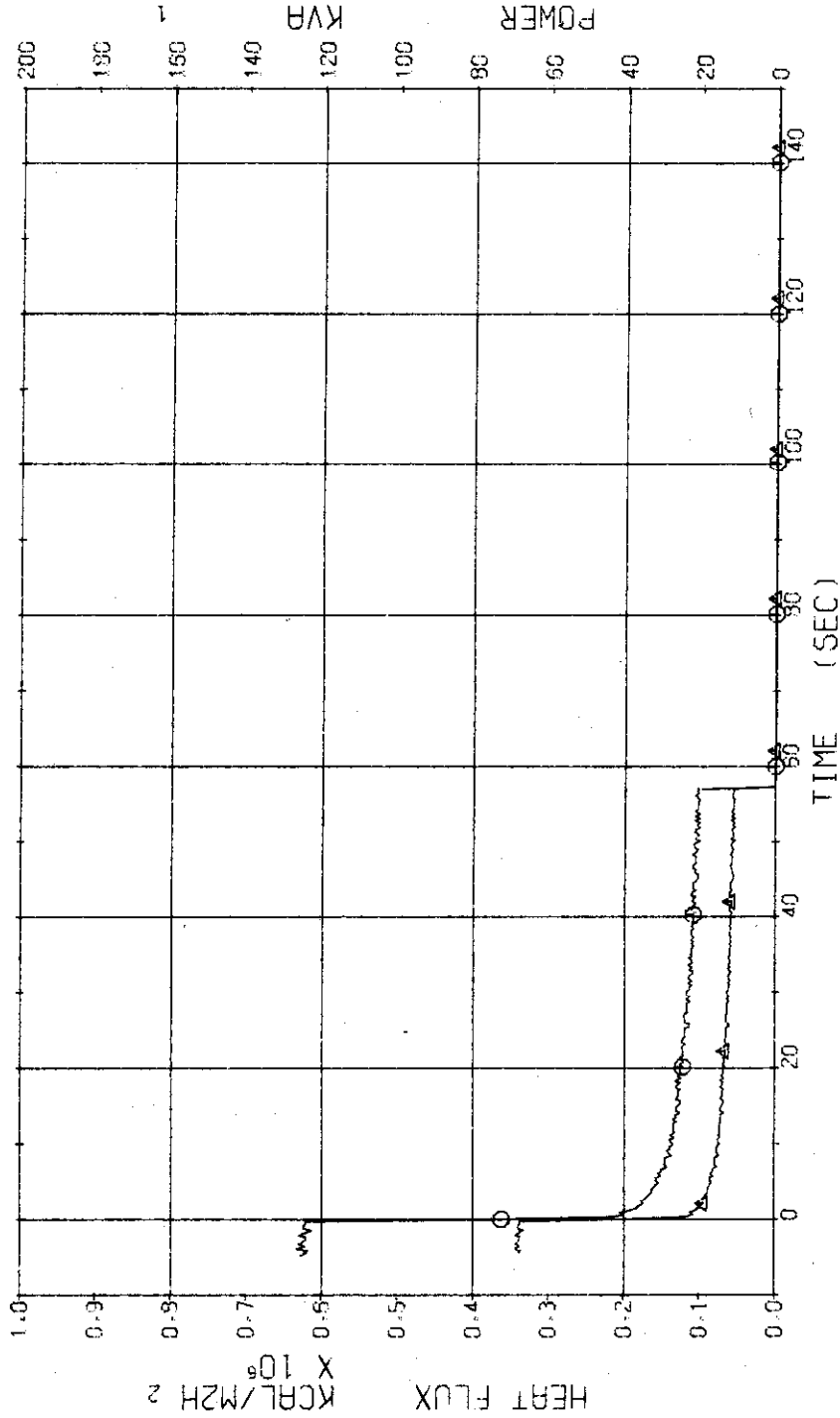


Fig. 3.1.9 Electric Power and Heat Flux for High Heat Flux Rods--Run 204

RUN 204 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1-H HP2- LP1-H LP2-
 CH-37 OI TF-1 (NO.1 POSITION 1) | CH-39 ΔI TF-3 (NO.1 POSITION 3) |
 CH-40 +I TF-4 (NO.1 POSITION 4) | CH-41 XI TF-5 (NO.1 POSITION 5) |

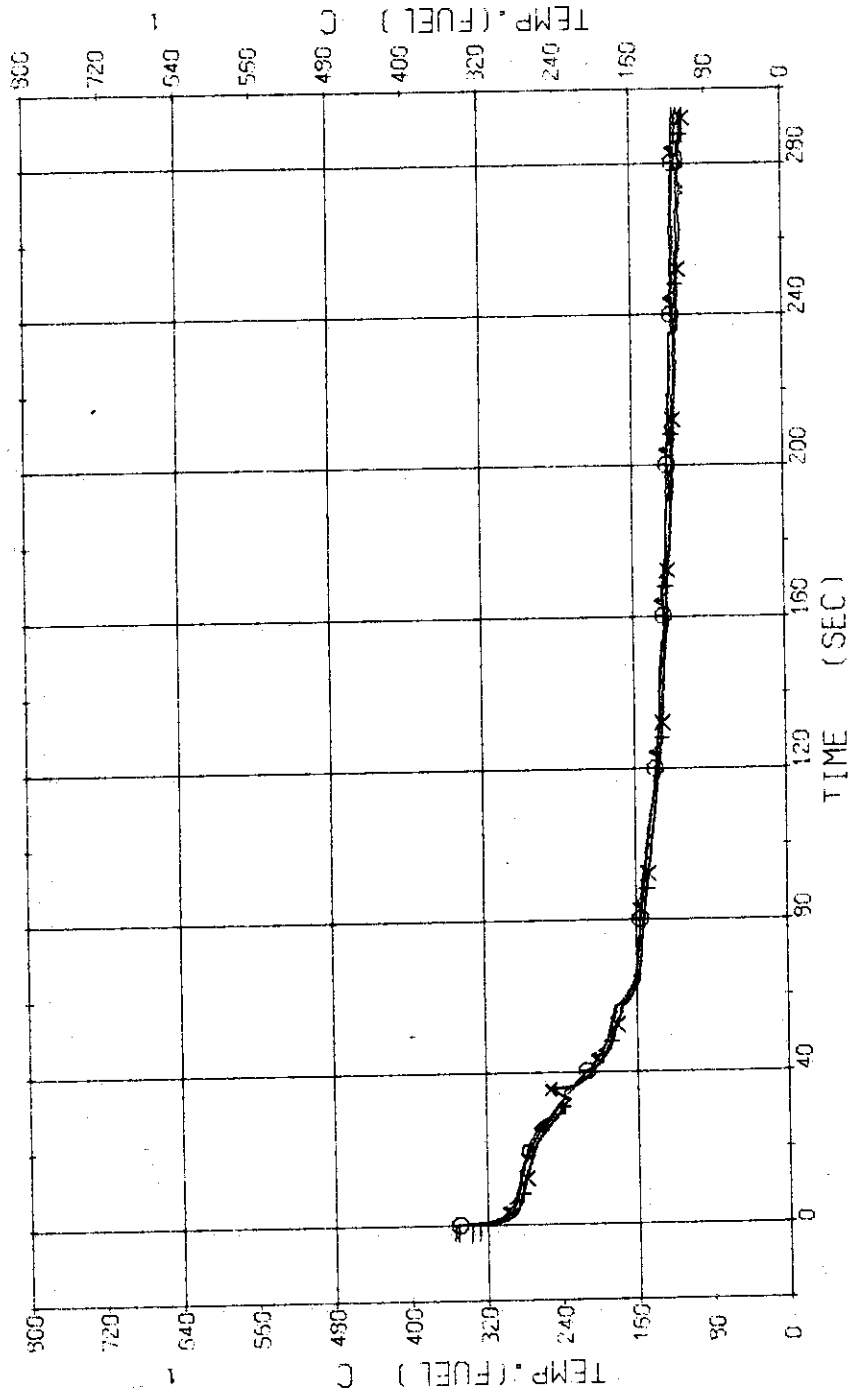


Fig. 3.1.1.10 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod at the Center of Core--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS ---	HP1-H	HP2-	HC1-H	QC2-	LP1-H	LP2-
CH- 42 (O) TF-6 (NO.2 POSITION 1)				CH- 43 (Δ) TF-7 (NO.2 POSITION 2)		
CH- 44 (+) TF-9 (NO.2 POSITION 3)				CH- 45 (X) TF-9 (NO.2 POSITION 4)		
CH- 45 (Δ) TF-10 (NO.2 POSITION 5)						

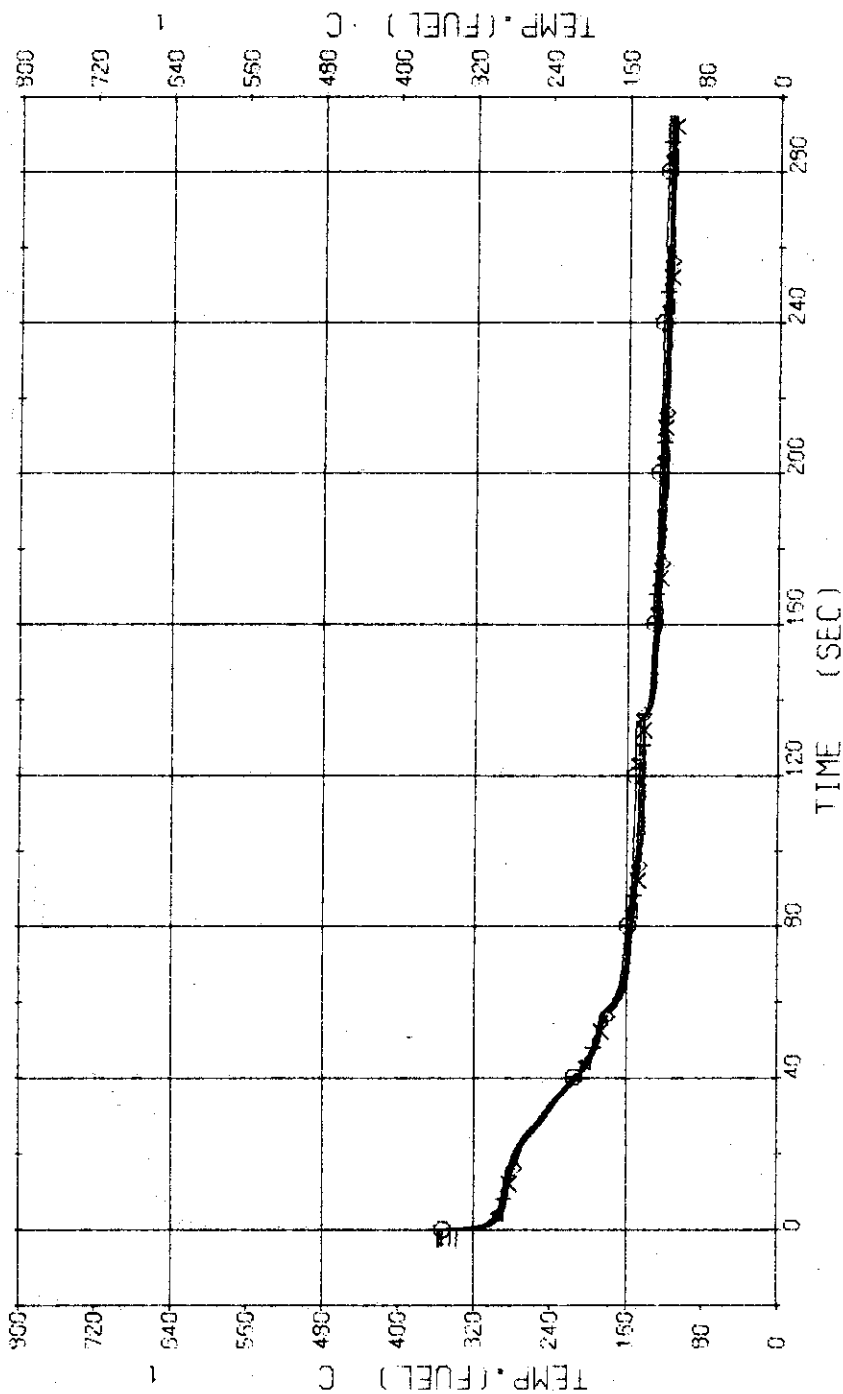


Fig. 3.1.11 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod in the Middle Part of Core--Run 204

RUN 204 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS ---	HP1-H	HP2-	FC1-H	FC2-	LP1-H	LP2-
CH- 47 (O) TF11 (NG-3 POSITION 1)			CH- 48 (Δ) TF12 (NG-3 POSITION 2)			
CH- 49 (+) TF13 (NG-3 POSITION 3)			CH- 50 (X) TF14 (NG-3 POSITION 4)			
CH- 51 (◊) TF15 (NG-3 POSITION 5)						

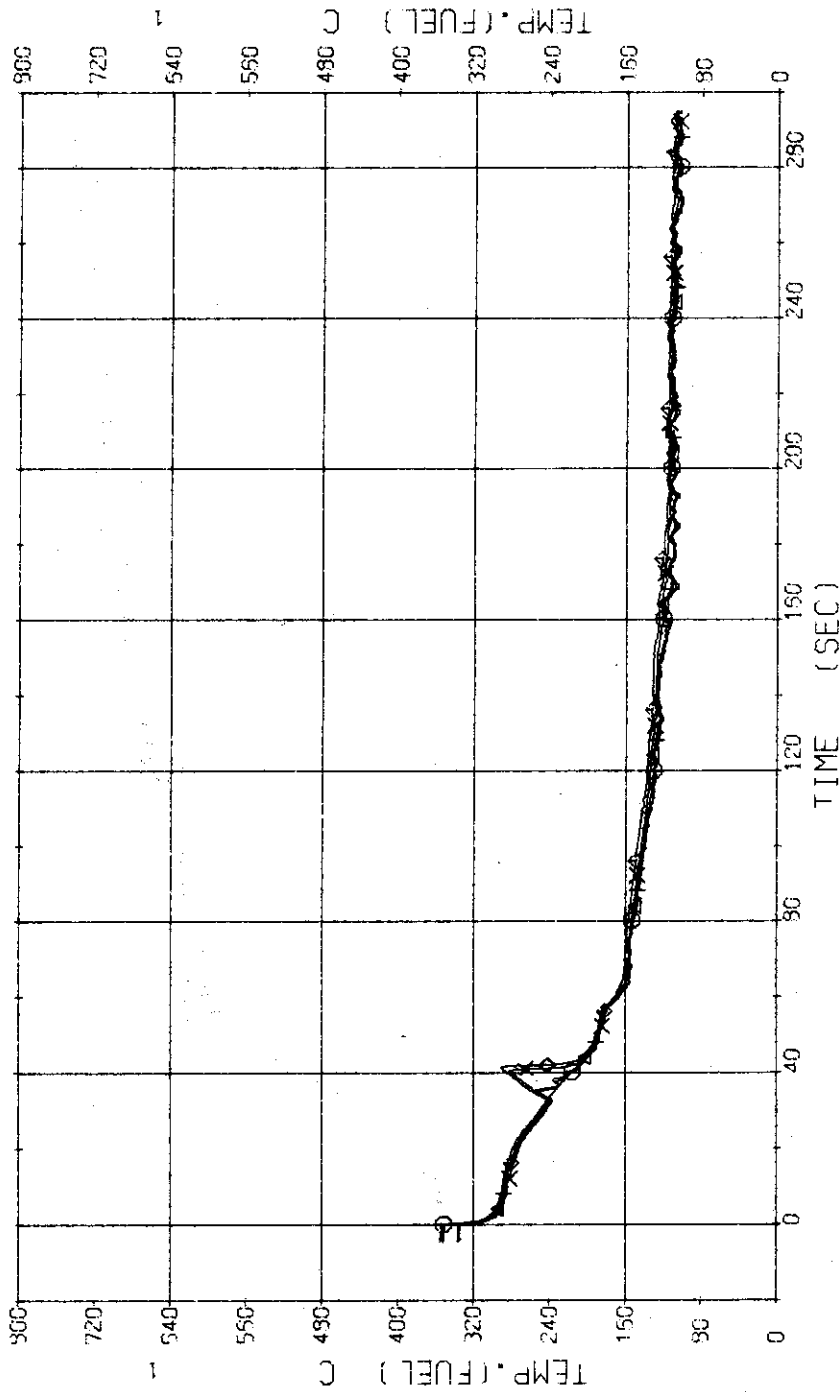


Fig. 3.1.12 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod at the Outer Part of Core--Run 204

RUN 204 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H 5C2- LP1-H LP2-
 CH- 52 01 TF16 (NO.4 POSITION 1))
 CH- 54 01 TF18 (NO.4 POSITION 3))
 CH- 55 01 TF20 (NO.4 POSITION 5))
 CH- 53 01 TF17 (NO.4 POSITION 2))
 CH- 55 01 TF19 (NO.4 POSITION 4))

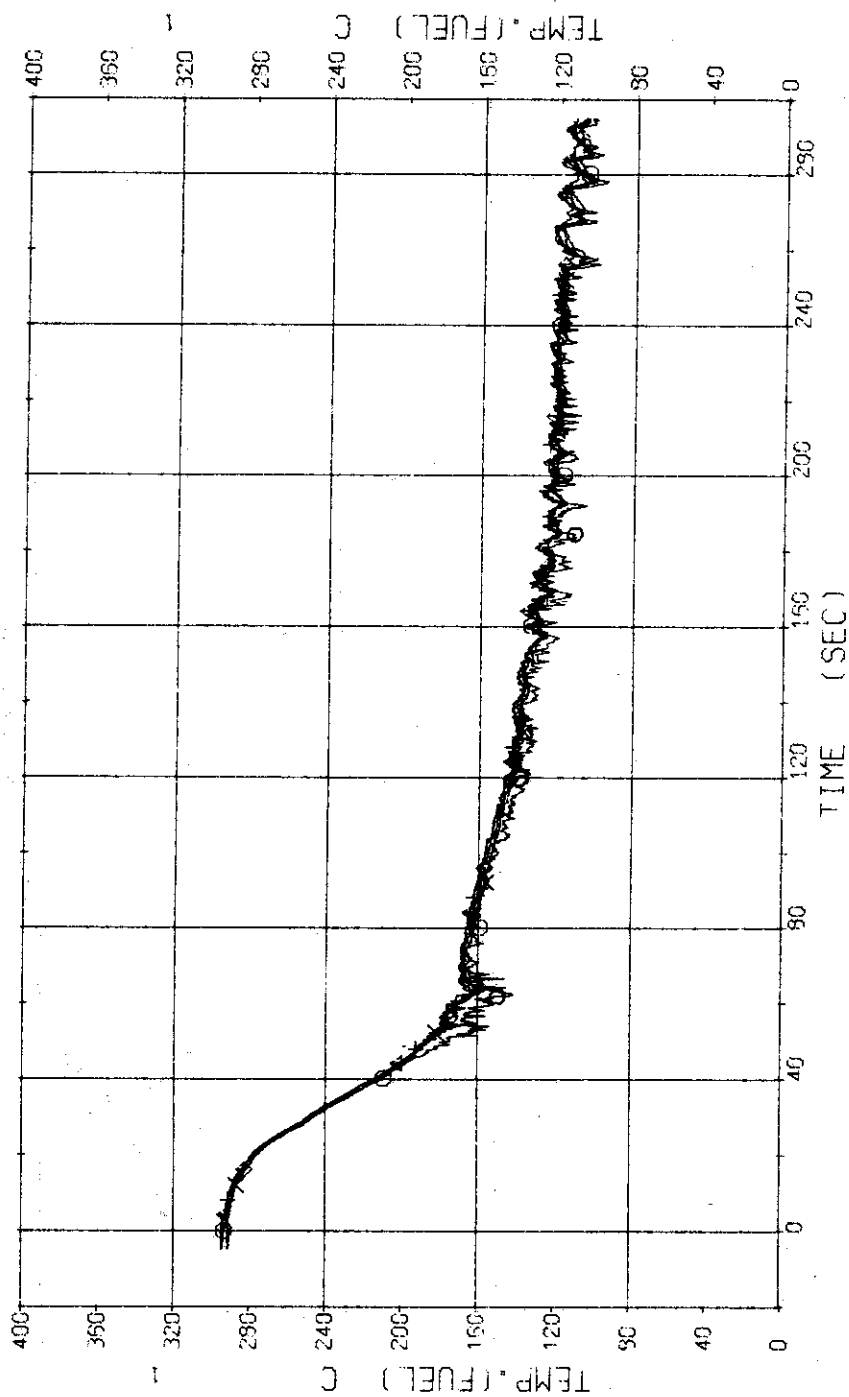


Fig. 3.1.13 Surface Temperatures of Tie-Rod--Run 204

RUN 204 COLD LEC BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H AC2- LP1-H LP2-
 CH-57 O T-1 (PV-UPPER PLENUM)
 CH-58 H T-12 (PRESSURIZER)
 CH-59 Δ T-2 (PV-LOWER PLENUM)

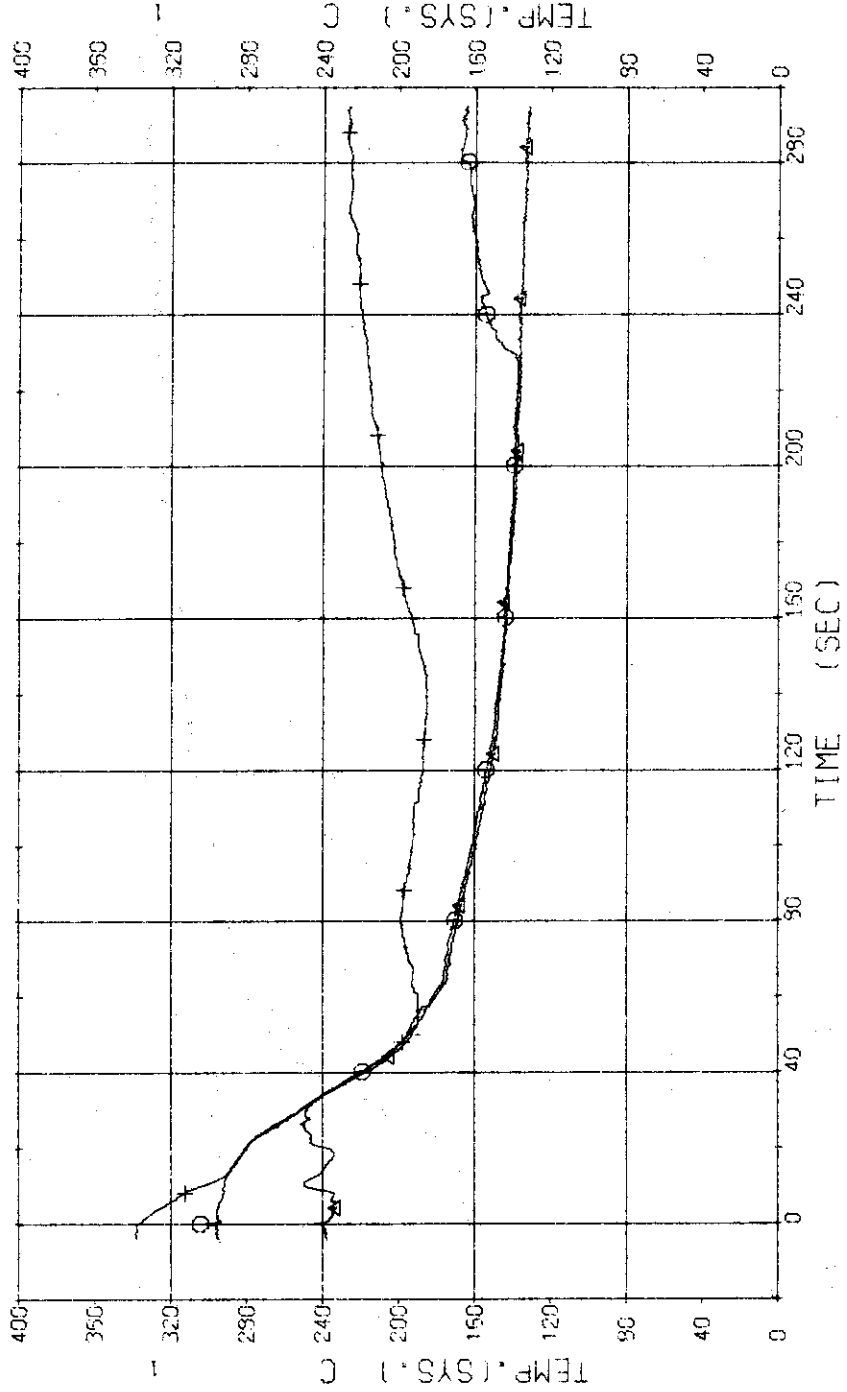


Fig. 3.1.14 Fluid Temperatures in Pressure Vessel and Pressurizer--Run 204

RUN 204 COLD LEC BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1-H HP2- AC1-H AC2- LP1-H LP2-

CH-51 ON T-5 (SG 1 INLET))
 CH-53 HI T-7 (P 1 PUMP DELIVERY))
 CH-52 AI T-5 (SG 1 OUTLET))
 CH-54 XI T-8 (PV INLET NOZZLE))

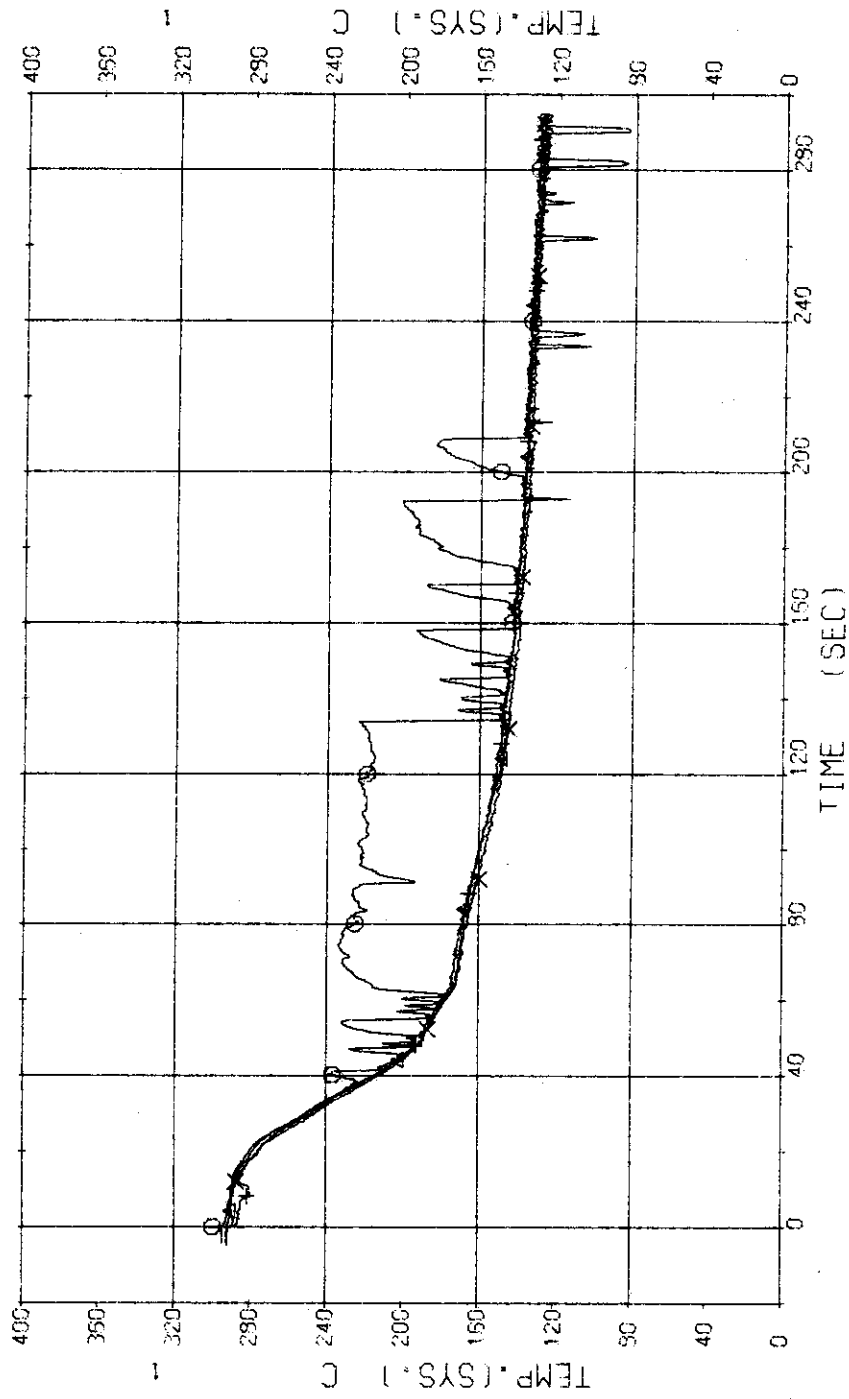


Fig. 3.1.15 Fluid Temperatures in Blowdown Loop--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO.1 ASSEMBLY
 ESCS --- HP1-H HP2- ACC- IP1-H LP2-
 CH- 65 M T- 9 (SG 2 INLET)
 CH- 67 H T-11 (P 2 PUMP DELIVERY)

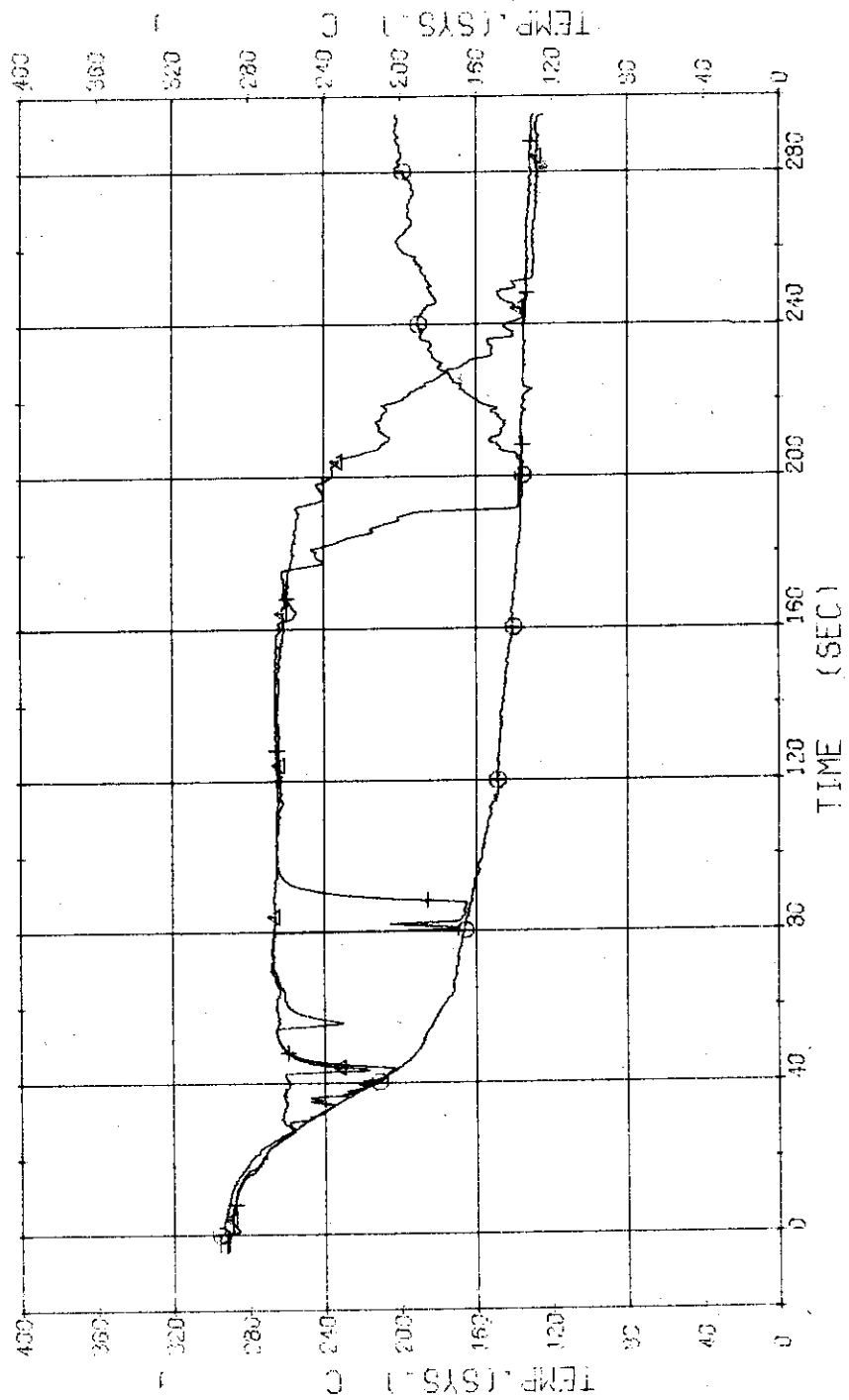


Fig. 3.1.16 Fluid Temperatures in Operating Loop--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECOS --- HP1-H HP2- AC1-H AC2- LP1-H LP2-
 CH- 59 T-13 (SC 1 SHELL OUTLET) CH- 70 T-14 (SC 2 SHELL OUTLET)

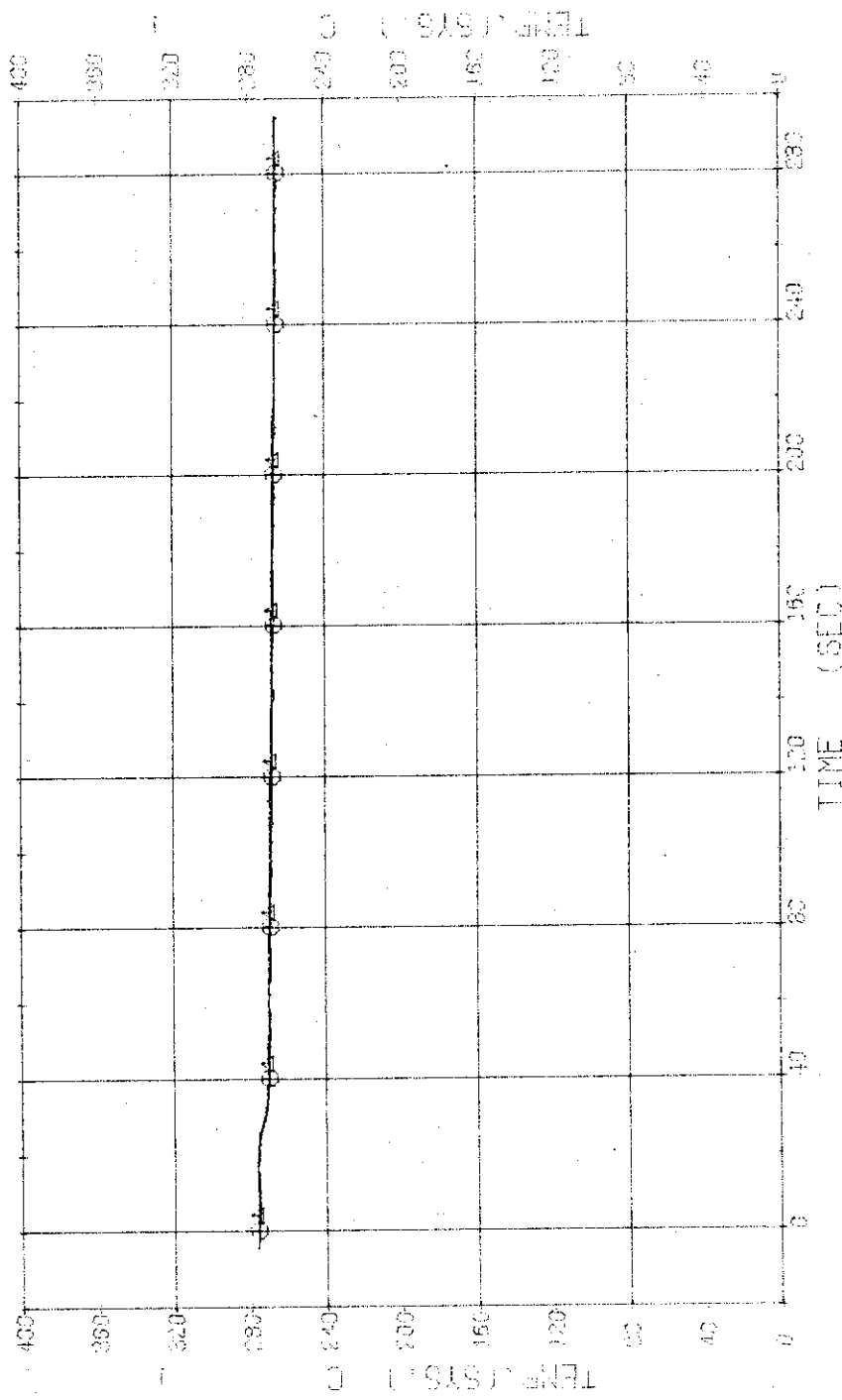


Fig. 3.1.17 Secondary Fluid Temperatures at the Outlet of Steam Generators--Run 204

RUN 204 COLD LEG BREAK NO 1 ASSEMBLY
 BREAK DIAMETER 0.0/30.5 MM
 EDCG --- HP1-H HP2- LP1-H LP2-
 CH- 71 01 N- 1 (P 1 PUMP) CH- 72 01 N- 2 (P 2 PUMP)

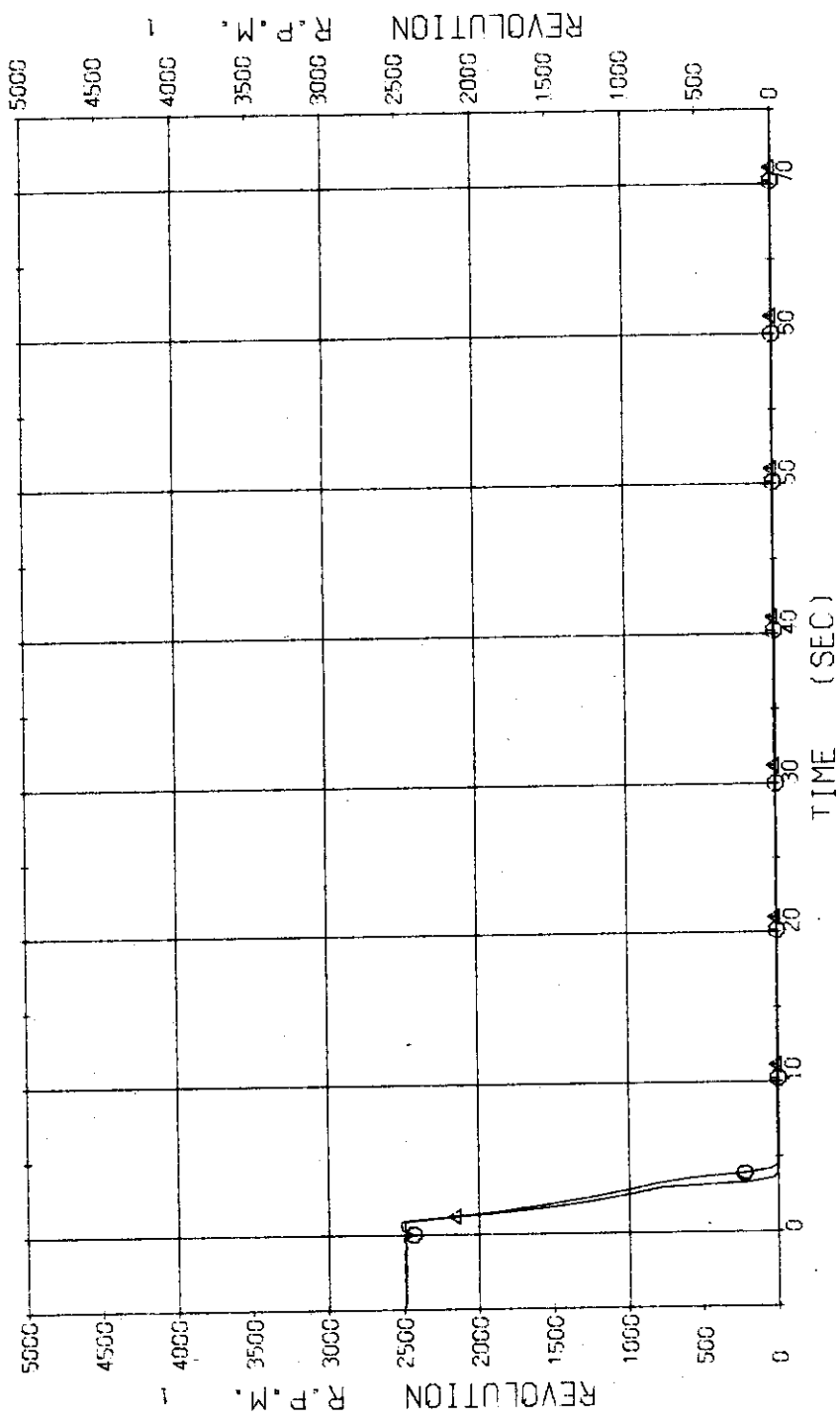


Fig. 3.1.18 Pump Revolution Numbers---Run 204

RUN 301 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 1 CM P- 1 (PV-UPPER PLENUM) CH- 12 M P-12 (PRESSURIZER)

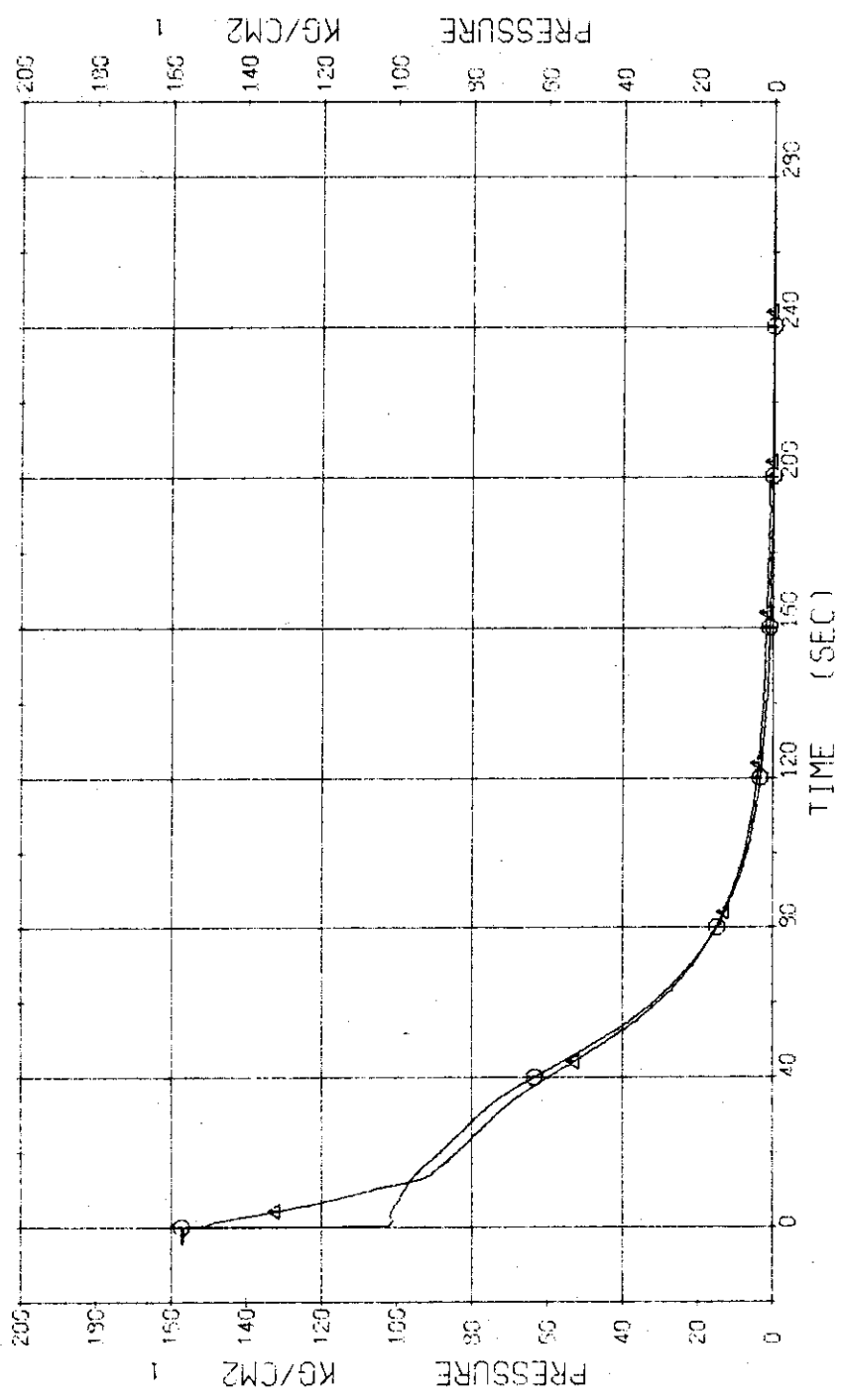


Fig. 3.2.1 Pressure in Pressure Vessel and Pressurizer--Run 301

RUN 301 COLD LEC BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- IP1- IP2-

CH- 3 01 P- 3 (ABOVE NO.1 ORIFICE) CH- 4 Δ P- 4 (BELOW NO.1 ORIFICE)

CH- 7 01 P- 7 (SG 1 INLET) CH- 9 X P- 9 (P 1 PUMP SUCTION)

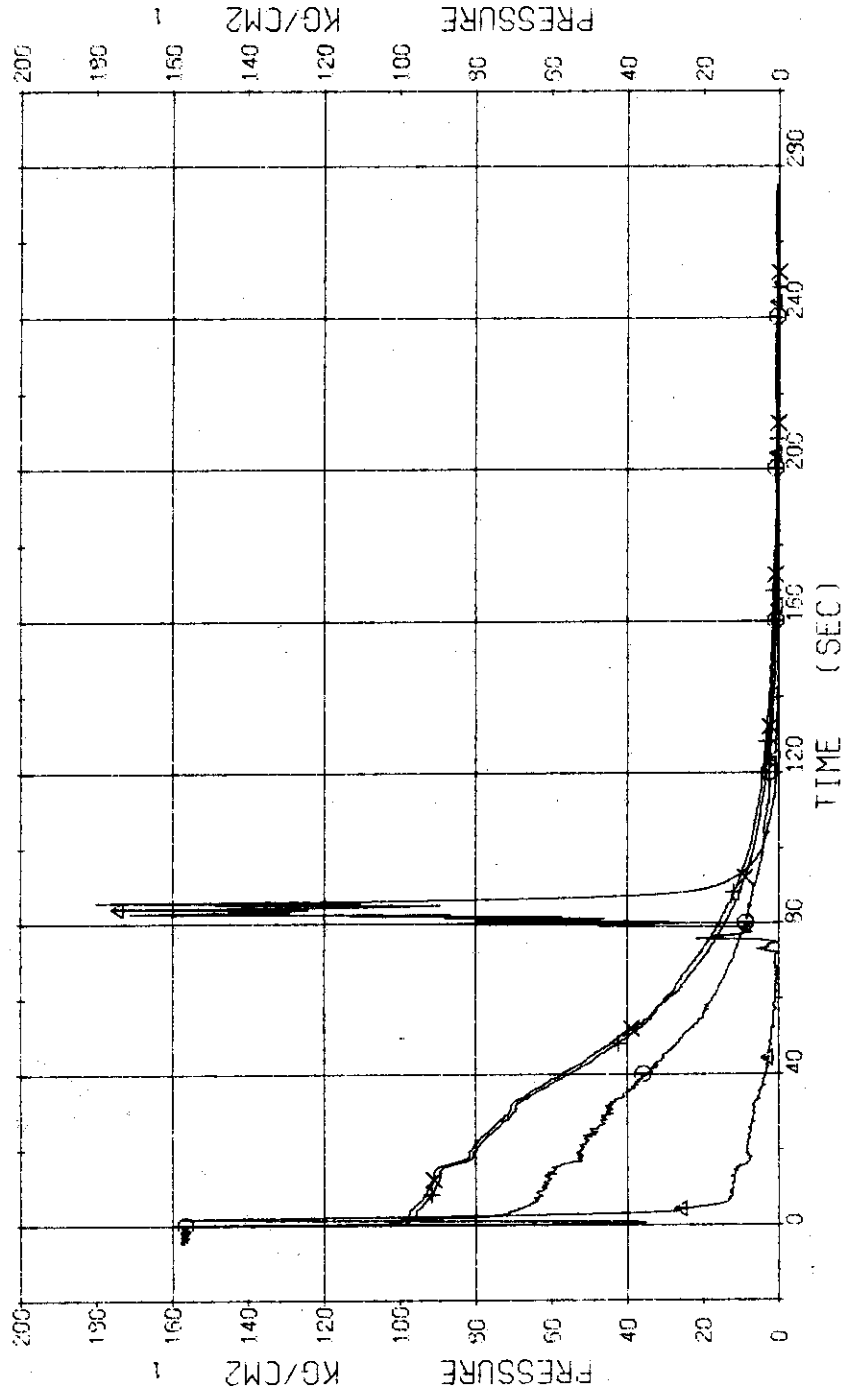


Fig. 3.2.2 Pressure in Blowdown Loop--Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 9 P- 9 (SC 2 INLET) CH- 10 A P- 10 (SC 2 OUTLET)
 CH- 11 P- 11 (P 2 PUMP DELIVERY)

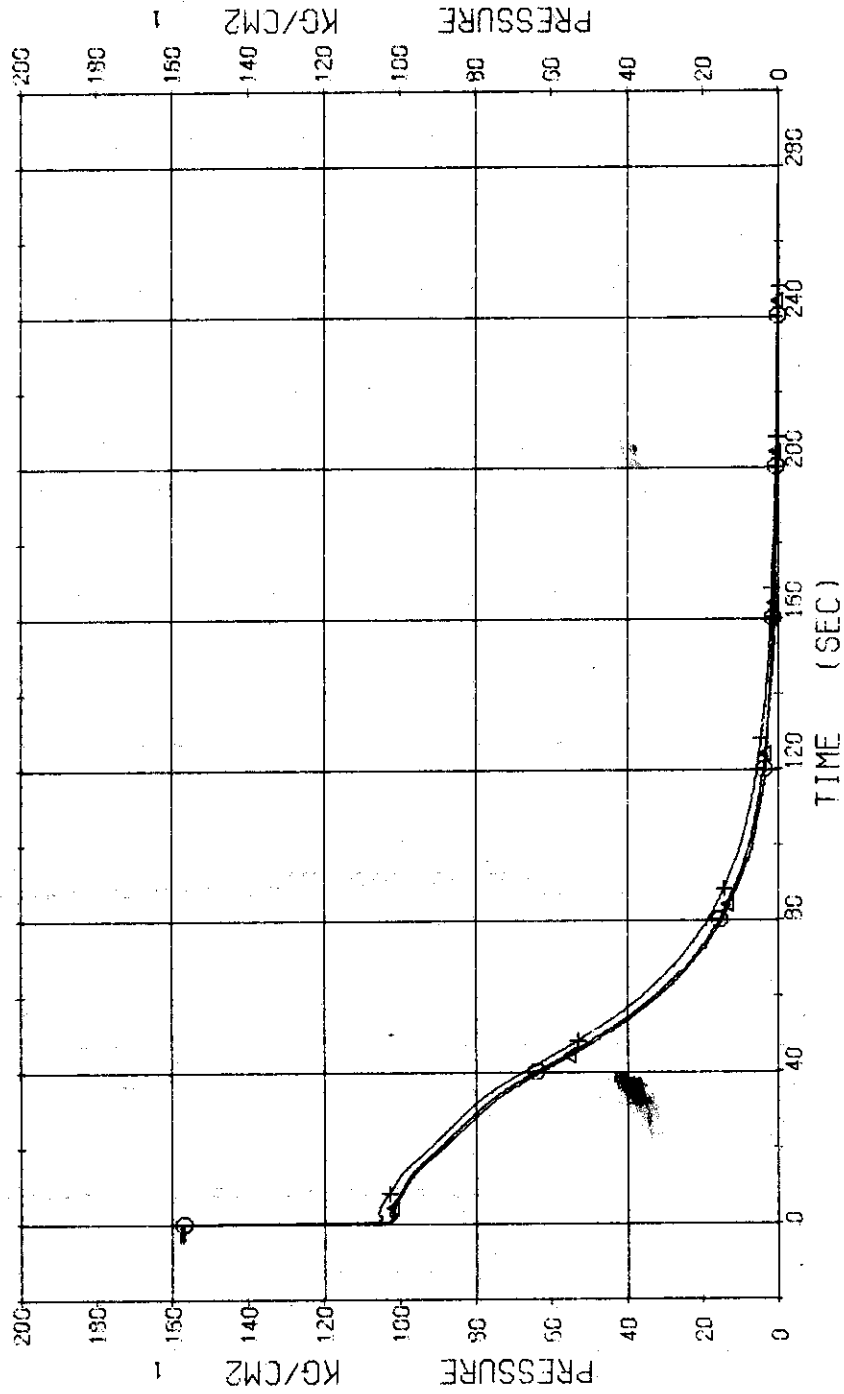


Fig. 3.2.3 Pressure in Operating Loop--Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH-13 OF P-13 (SG SHELL SIDE)

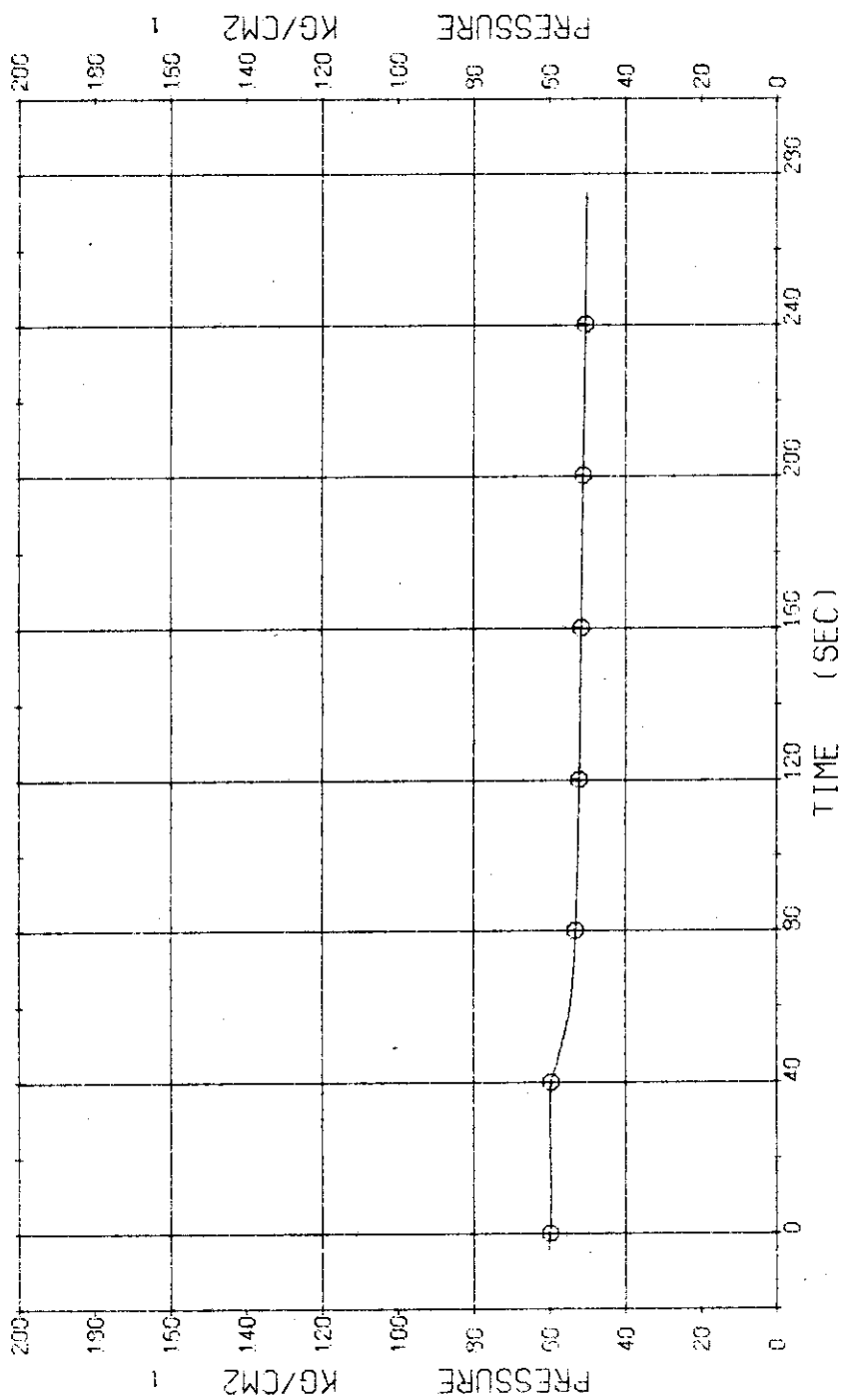


Fig. 3.2.4 Pressure in Secondary System--Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS ---- HP1-- HP2-- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 14 @ 0- 1 (PV.TOP-BOTTOM)

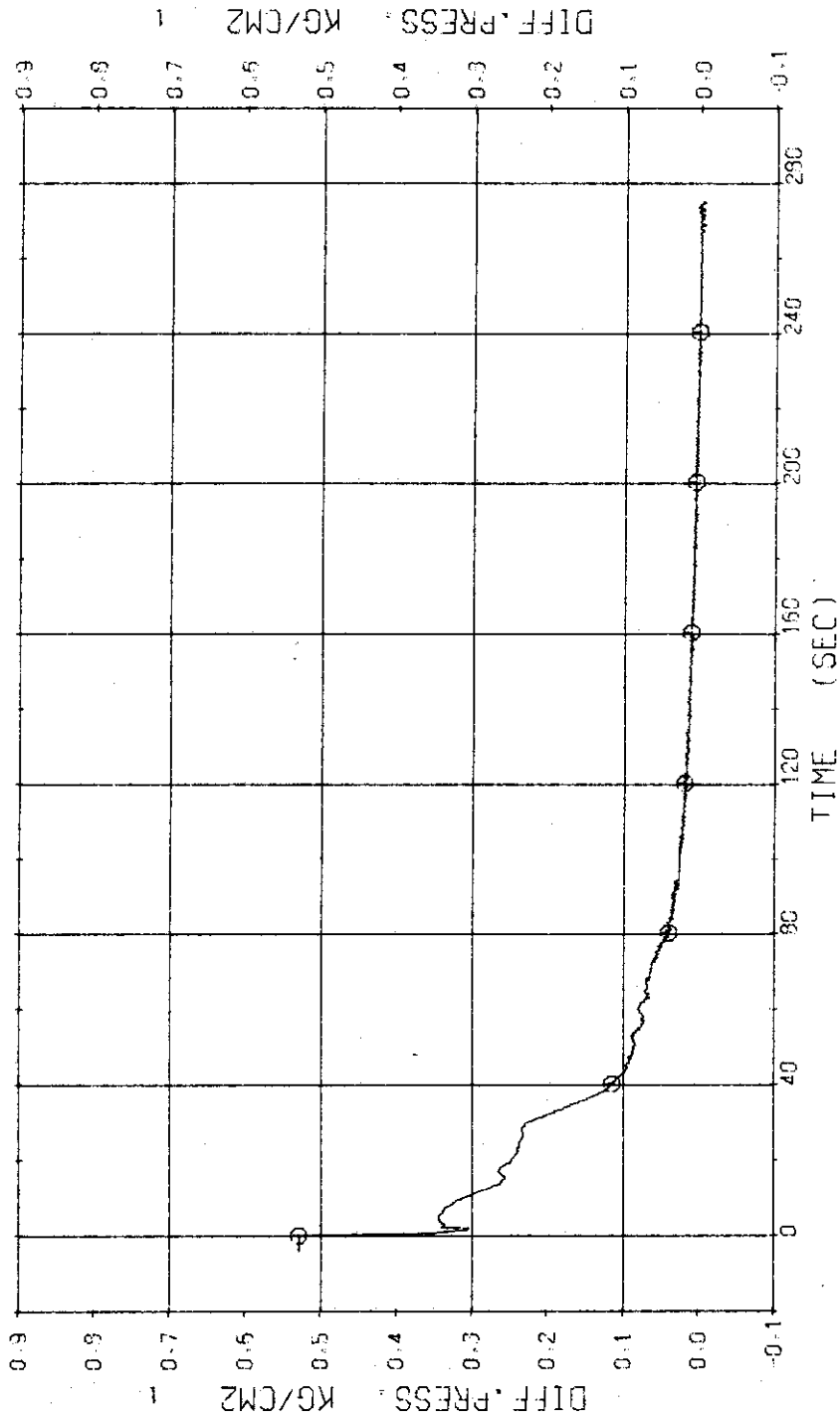


Fig. 3.2.5 Differential Pressure between Top and Bottom of Pressure Vessel--Run 301

RUN 301 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
CH- 19 CH 0- 5 (SG 1 INLET-OUTLET)

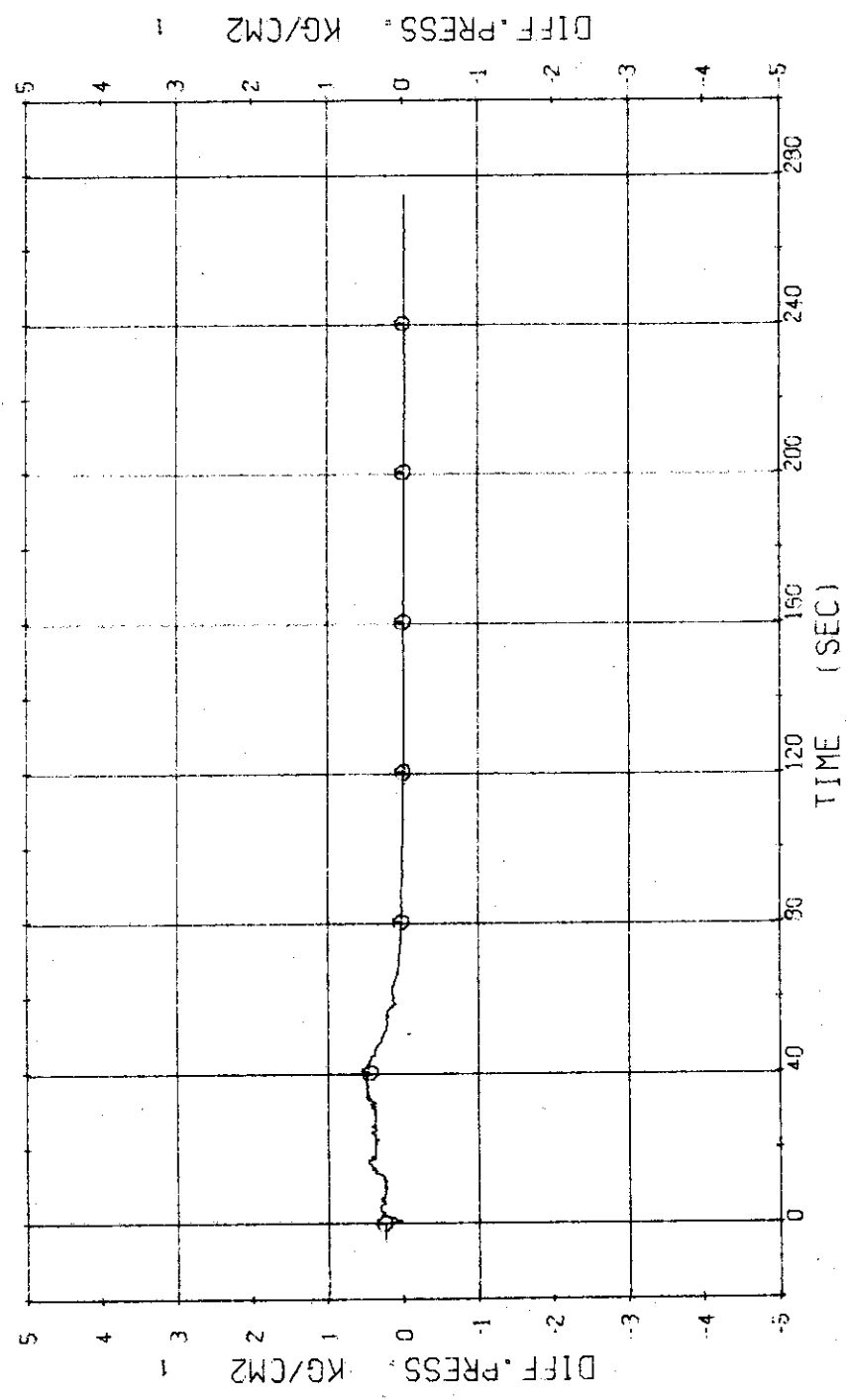


Fig. 3.2.6 Differential Pressure across SG 1--Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 35 01 W- 1 (HIGH FLUX RODS) CH- 97 42 0- 1 (HIGH FLUX RODS)

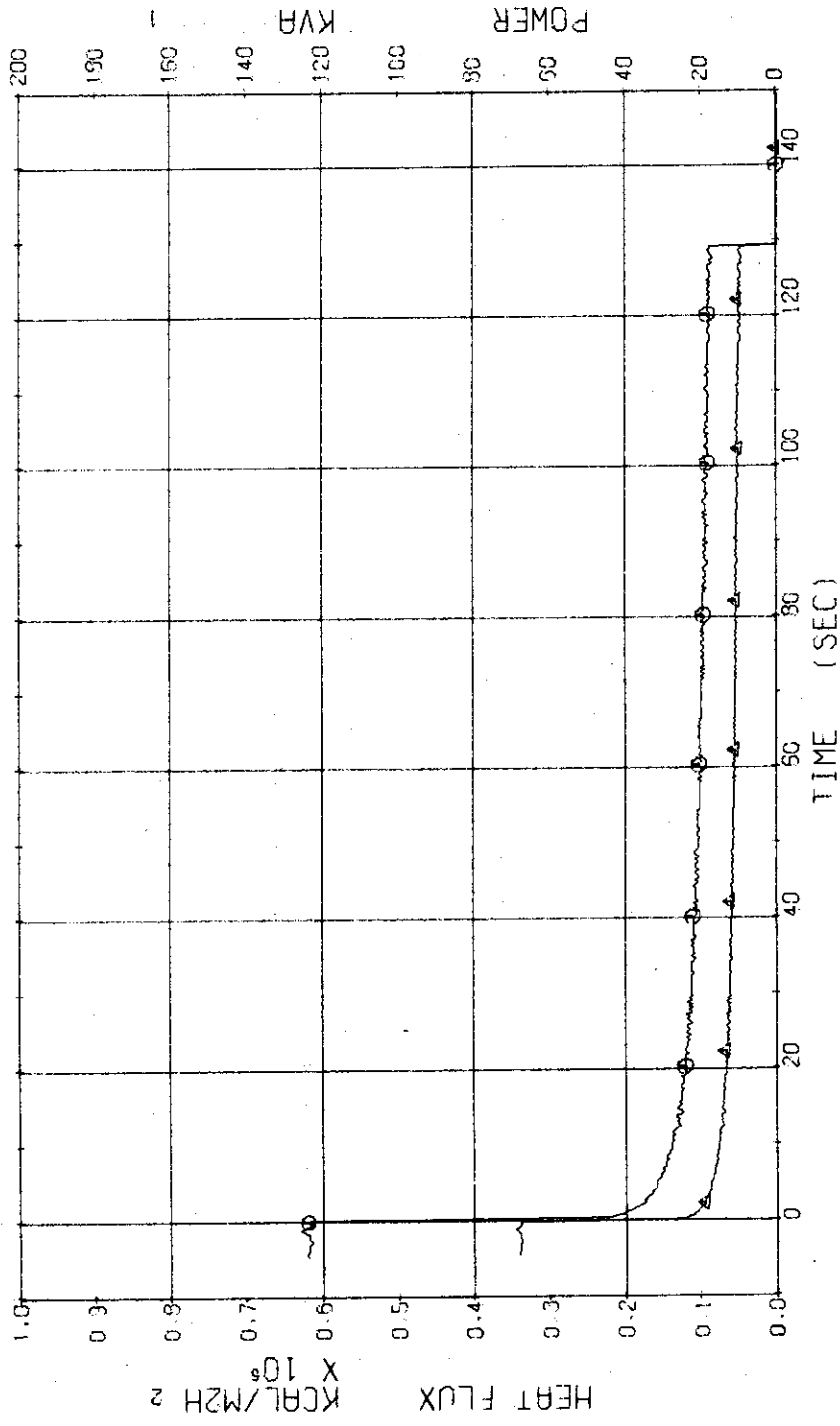


Fig. 3.2.7 Electric Power and Heat Flux for High Heat Flux Rods ---Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 37 (O) TF-1 (NO.1 POSITION 1))
 CH- 39 (+) TF-3 (NO.1 POSITION 3))
 CH- 41 (X) TF-5 (NO.1 POSITION 5))
 CH- 38 (Δ) TF-2 (NO.1 POSITION 2))
 CH- 40 (X) TF-4 (NO.1 POSITION 4))

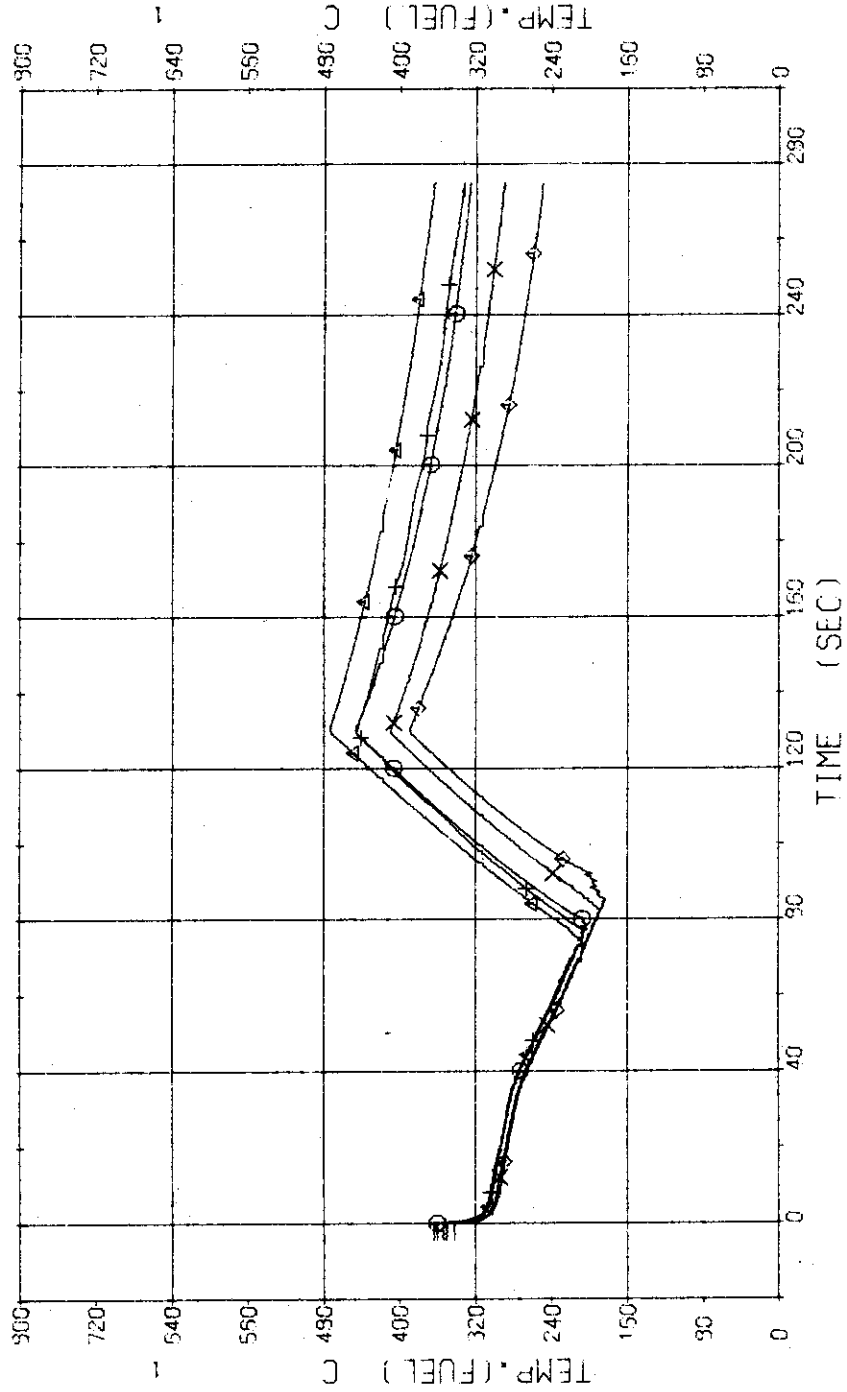


Fig. 3.2.8 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod at the Center of Core---Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- FC1- FC2- LP1- LP2-
 CH- 42 (M) TF-5 (NO-2 POSITION 1) CH- 43 (A) TF-7 (NO-2 POSITION 2)
 CH- 44 (+) TF-9 (NO-2 POSITION 3) CH- 45 (X) TF-9 (NO-2 POSITION 4)
 CH- 45 (Δ) TF-10 (NO-2 POSITION 5)

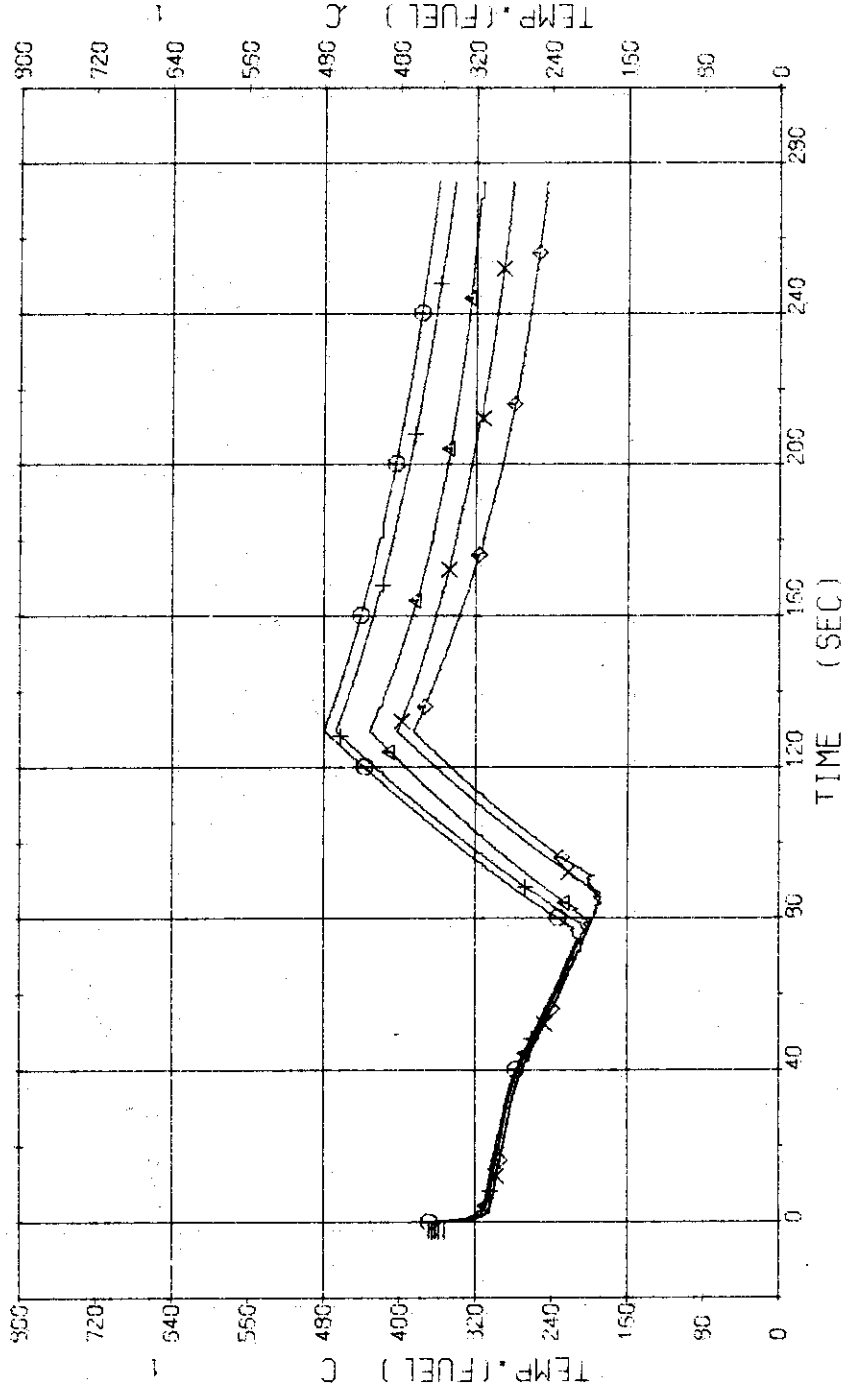


Fig. 3.2.9 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod in the Middle Part of Core---Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- IP1- IP2-
 CH- 47 CH TF11 (NO.3 POSITION 1) CH- 49 XI TF12 (NO.3 POSITION 2)
 CH- 49 TF TF13 (NO.3 POSITION 3) CH- 50 XI TF14 (NO.3 POSITION 4)
 CH- 51 CH TF15 (NO.3 POSITION 5)

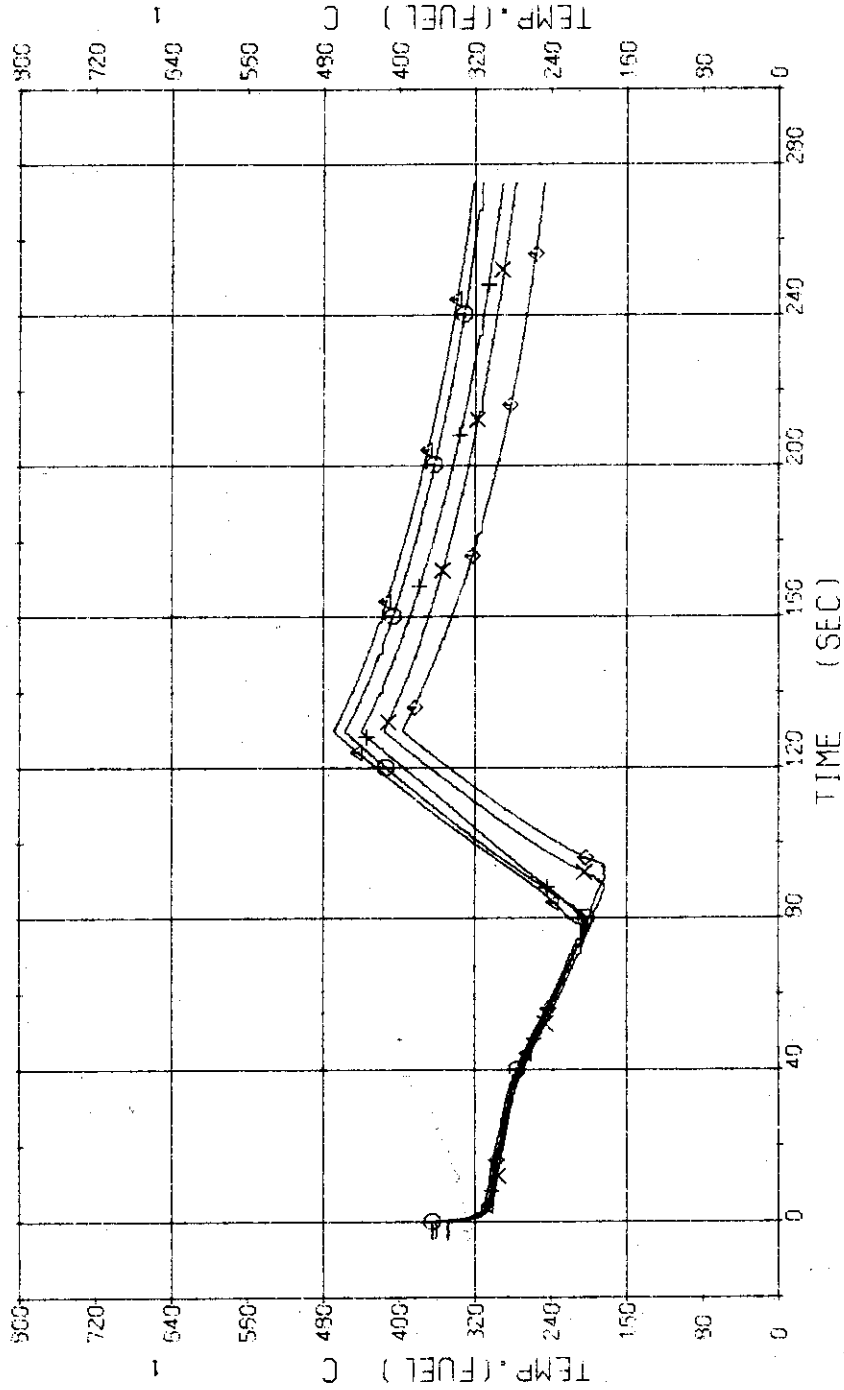


Fig. 3.2.10 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod of the Outer Part of Core---Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- ACT- AC2- LP1- LP2-
 CH- 52 OR TF16 (NO.4 POSITION 1) CH- 53 A1 TF17 (NO.4 POSITION 2)
 CH- 54 H TF18 (NO.4 POSITION 3) CH- 55 X1 TF19 (NO.4 POSITION 4)
 CH- 55 A TF20 (NO.4 POSITION 5)

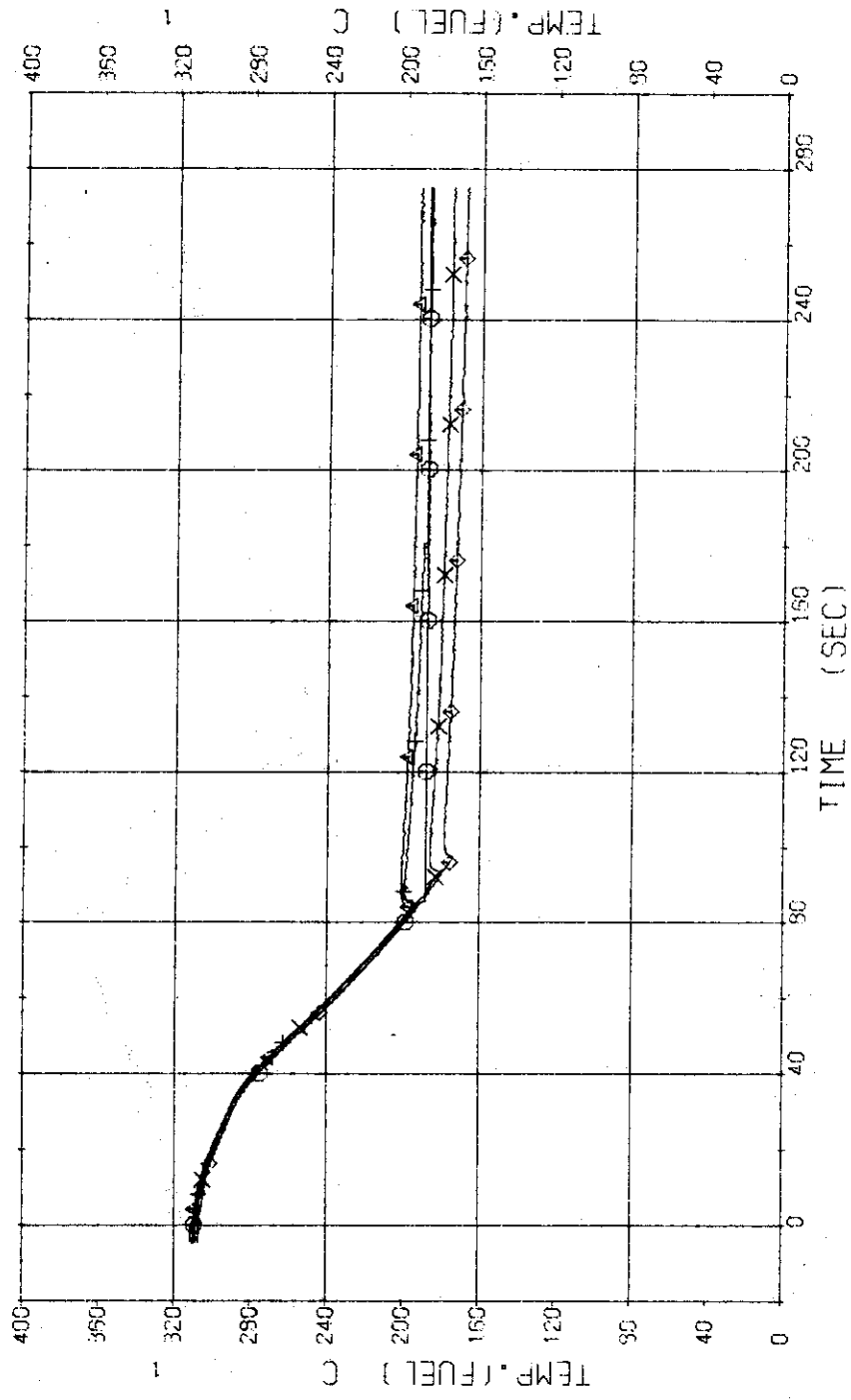


Fig. 3.2.11 Surface Temperatures of Tie-Rod--Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 57 01 T- 1 (PV UPPER PLENUM) T- 2 (PV LOWER PLENUM)

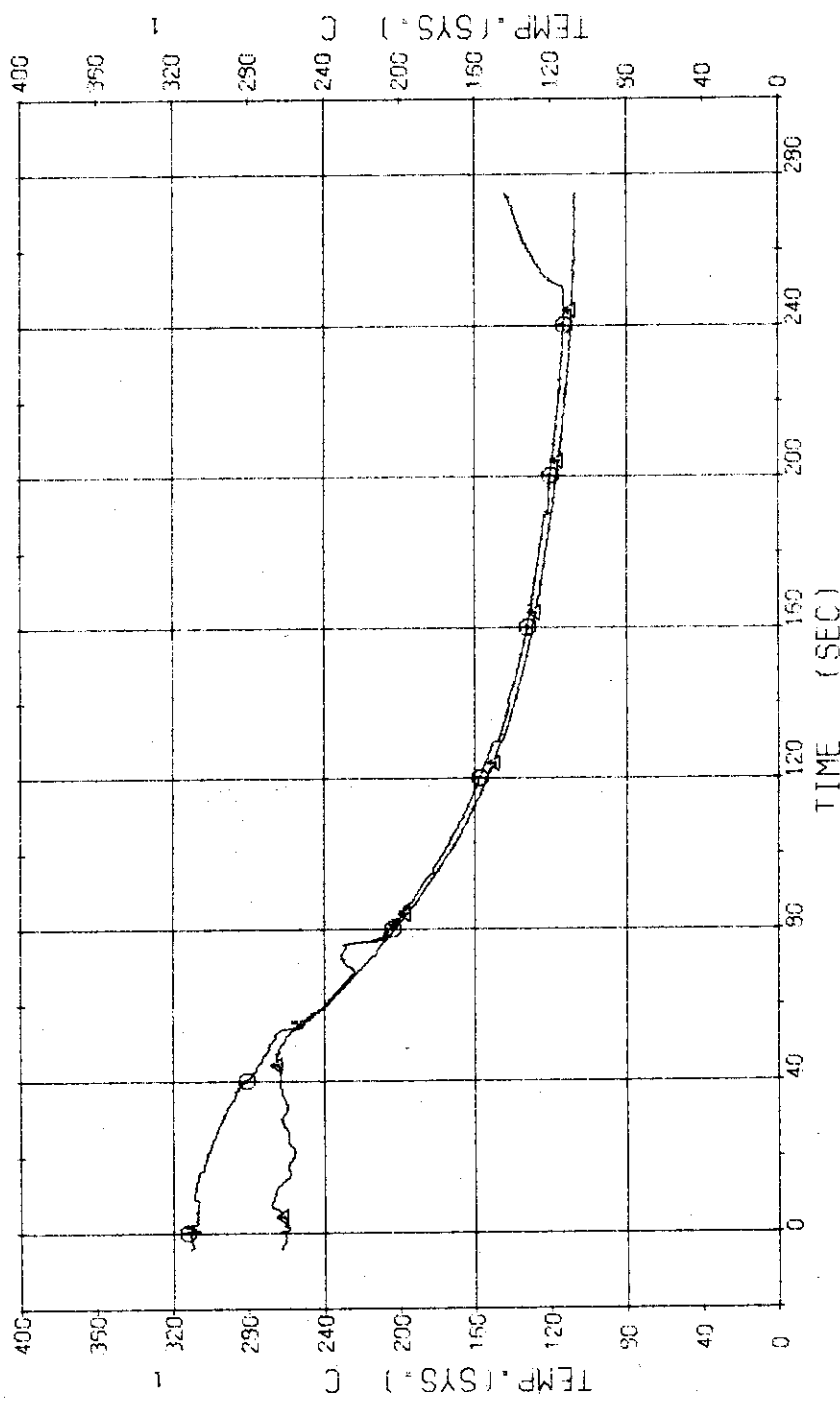


Fig. 3.2.12 Fluid Temperatures in the Pressure Vessel and Pressurizer--Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ESCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 61 01 T- 2 (SC 1 INLET) CH- 62 01 T- 6 (SC 1 OUTLET)
 CH- 63 01 T- 7 (P 1 PUMP DELIVERY) CH- 64 01 T- 8 (PV INLET NOZZLE)

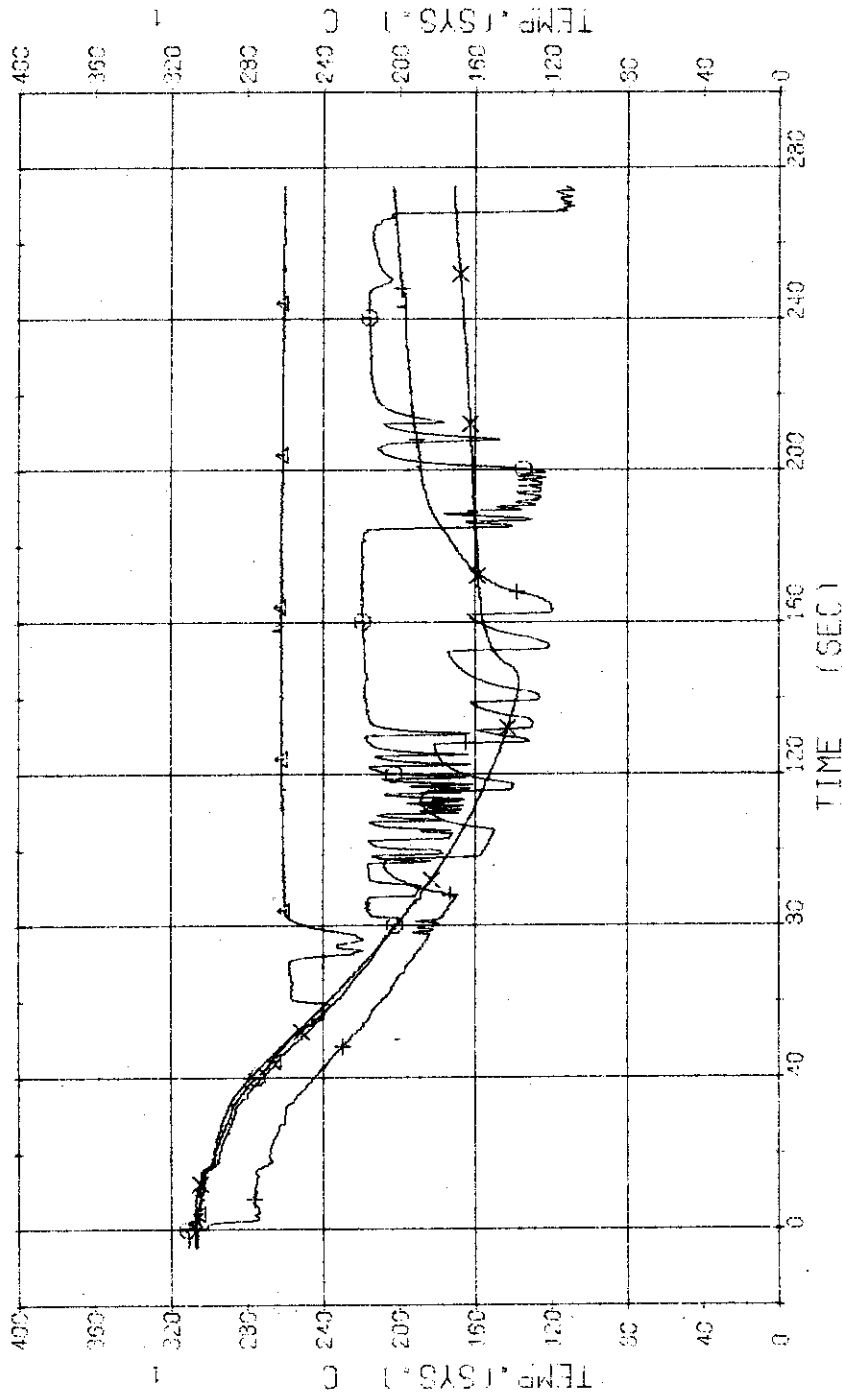


Fig. 3.2.13 Fluid Temperatures in Blowdown Loop--Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1 - HP2 - AC1 - AC2 - LP1 - LP2 -
 CH- 55 OR T- 9 (SG 2 INLET))
 CH- 57 HI T-11 (P 2 PUMP DELIVERY)

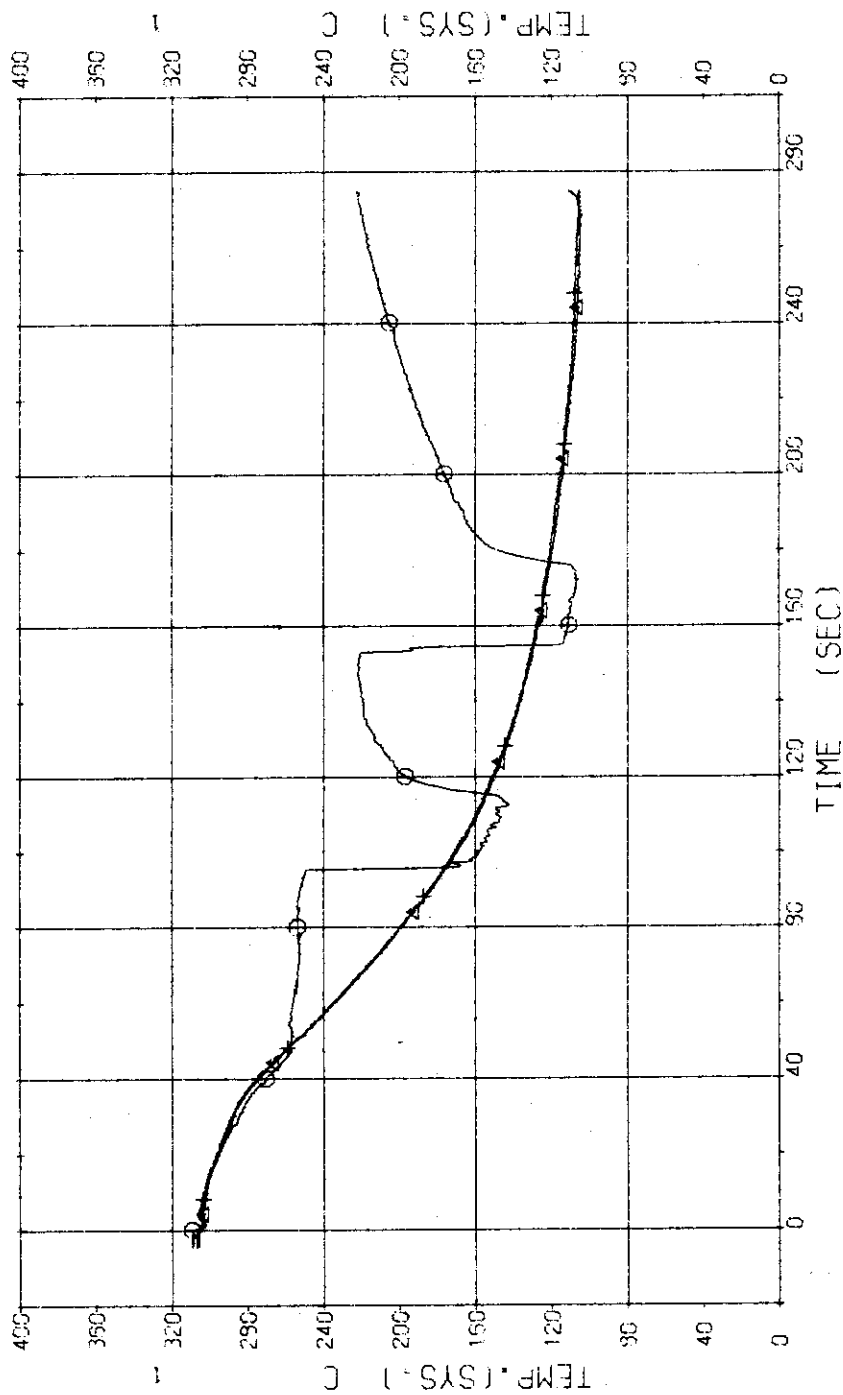


Fig. 3.2.14 Fluid Temperatures in the Operating Loop---Run 301

RUN 301 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

EQS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 69 CH- 70 CH- 71 CH- 72 CH- 73 CH- 74 CH- 75 CH- 76 CH- 77 CH- 78 CH- 79 CH- 80 CH- 81 CH- 82 CH- 83 CH- 84 CH- 85 CH- 86 CH- 87 CH- 88 CH- 89 CH- 90 CH- 91 CH- 92 CH- 93 CH- 94 CH- 95 CH- 96 CH- 97 CH- 98 CH- 99 CH- 100

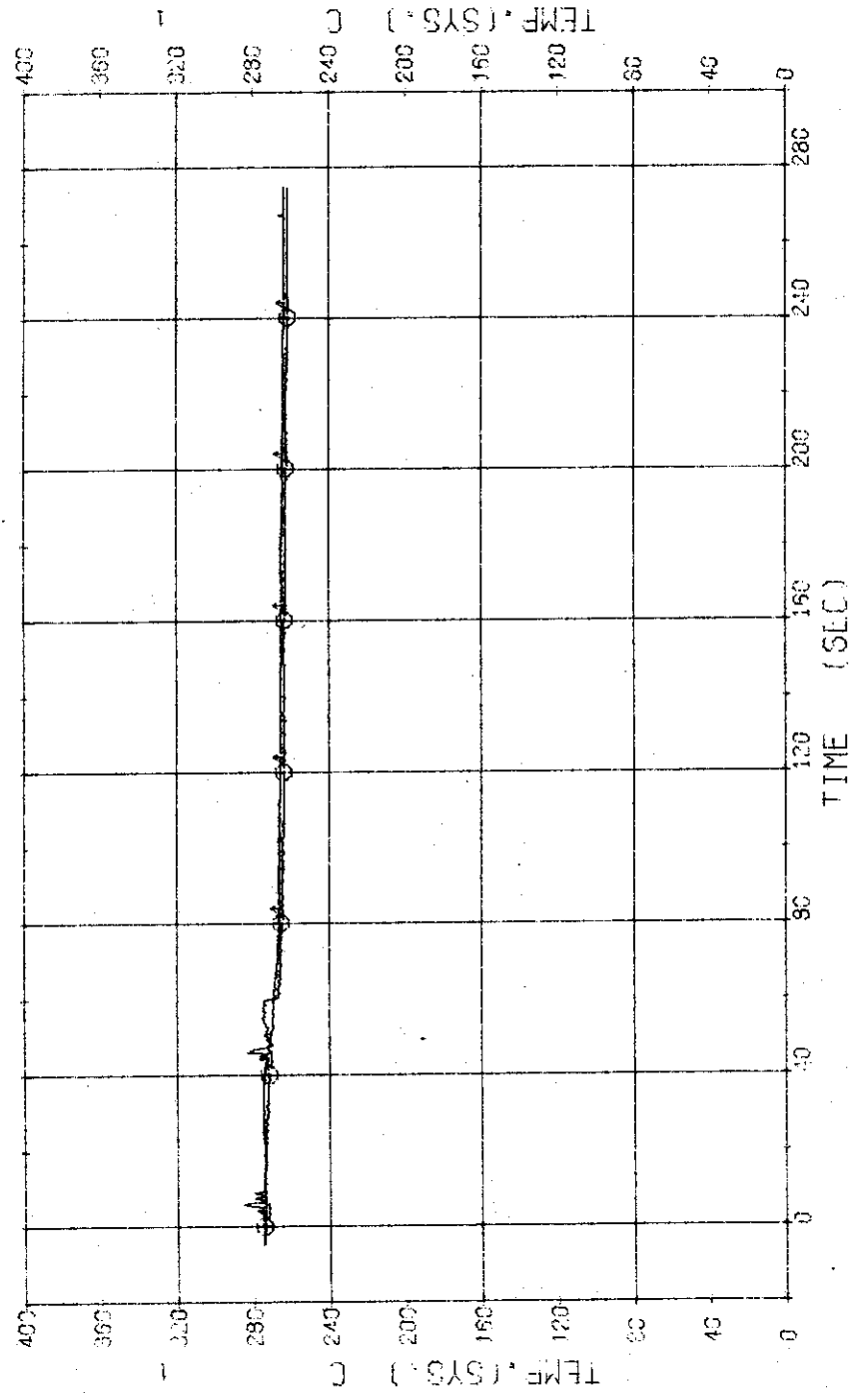


Fig. 3.2.15 Secondary Fluid Temperatures at the Outlets of Steam Generators--Run 301

RUN 301 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1- HP2- AC1- LP1- LP2-
 CH- 71 01 N- 1 (P 1 PUMP) CH- 72 01 N- 2 (P 2 PUMP)

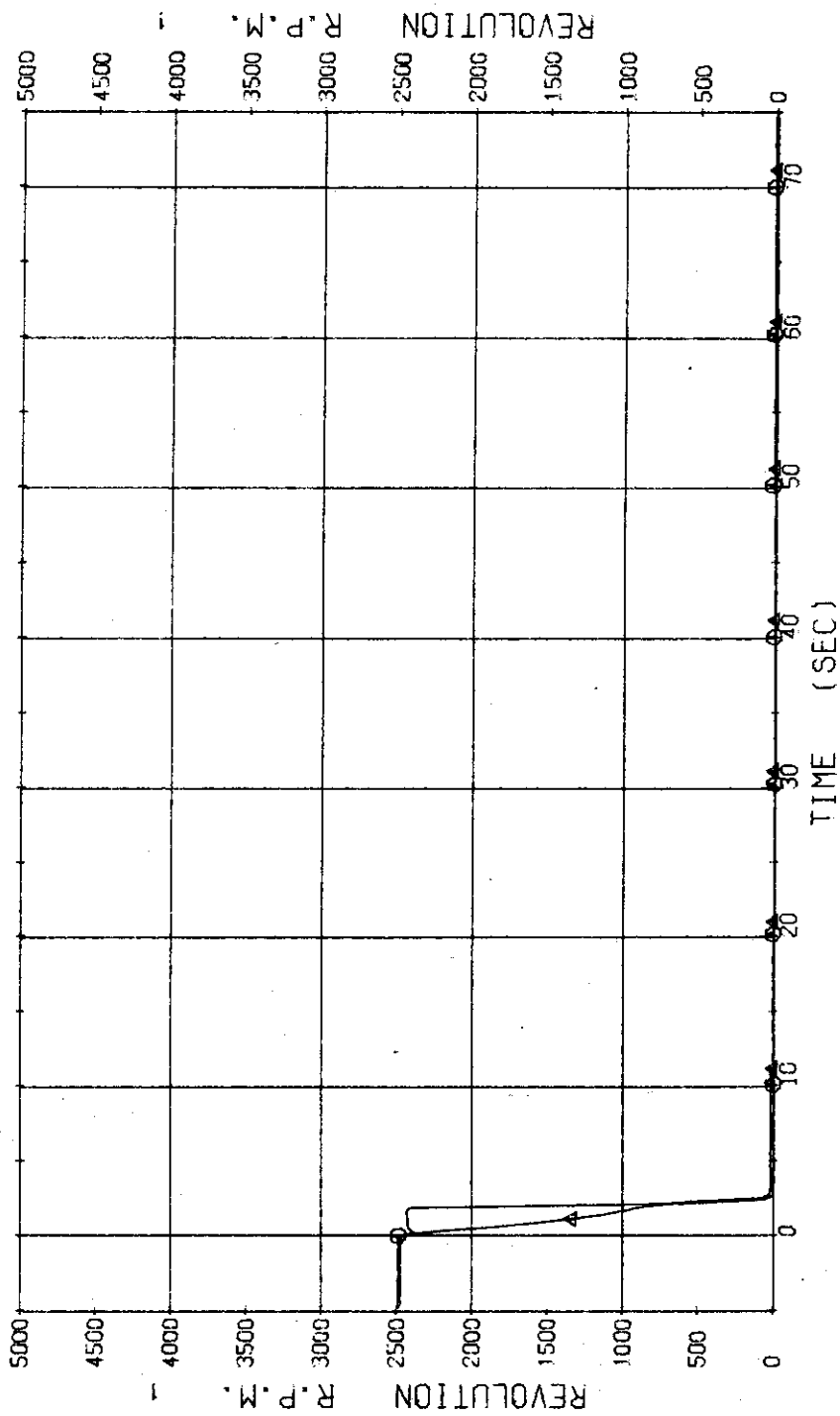


Fig. 3.2.16 Pump Revolution Numbers---Run 301

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

EDCS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH-1 C-1 P-1 (PV-UPPER PLENUM) HP2-
 CH-12 T-1 P-12 (PRESSURIZER) CH-2 A-1 P-2 (PV-LOWER PLENUM)

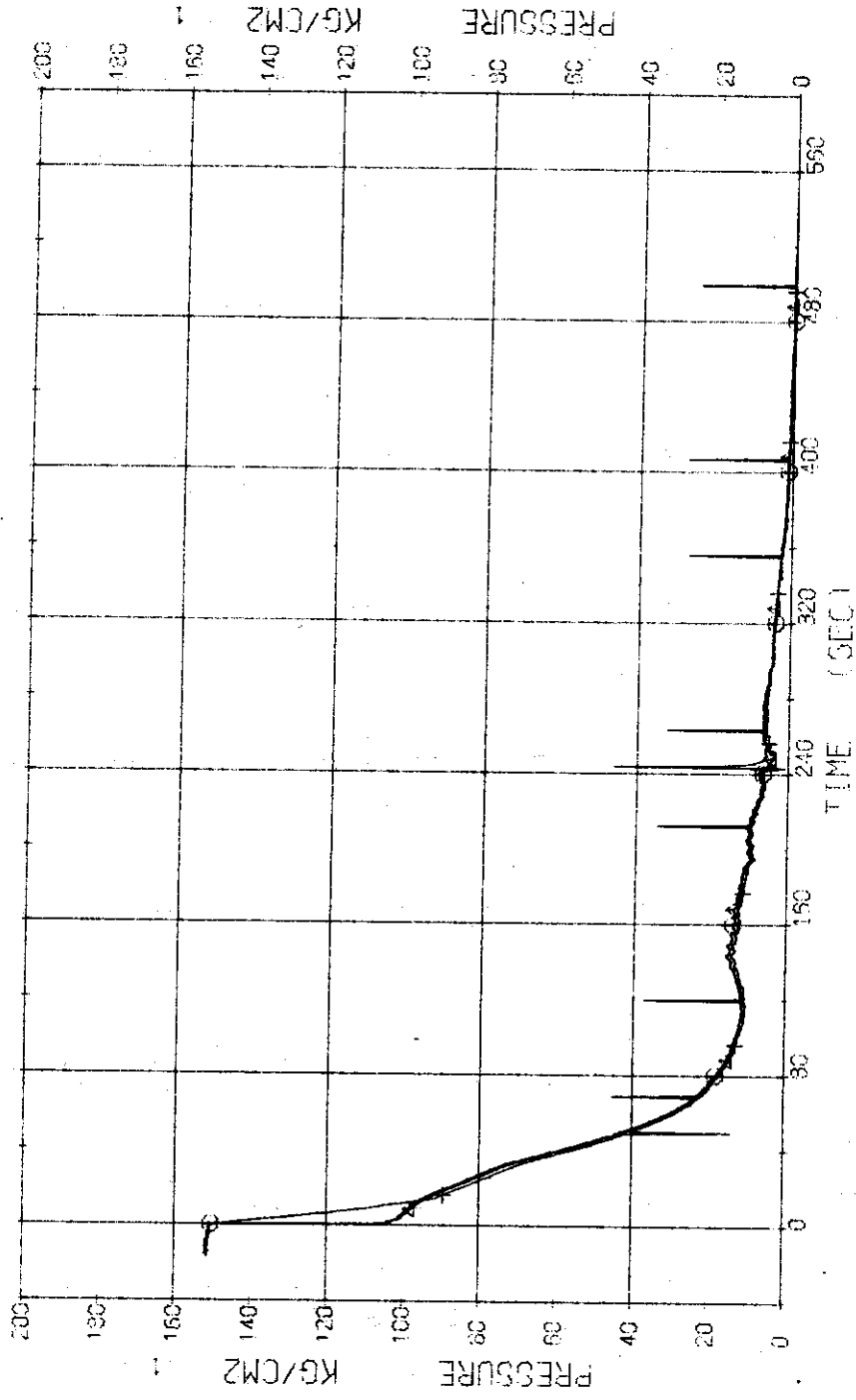


Fig. 3.3.1 Pressure in Pressure Vessel and Pressurizer--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1- HP2-I LC1- LC2-I LP1- LP2-I
 CH- 3 C1 P- 3 (ABOVE NO.1 ORIFICE) CH- 7 A1 P- 7 (SG 1 INLET)
 CH- 8 A1 P- 8 (P 1 PUMP SUCTION)

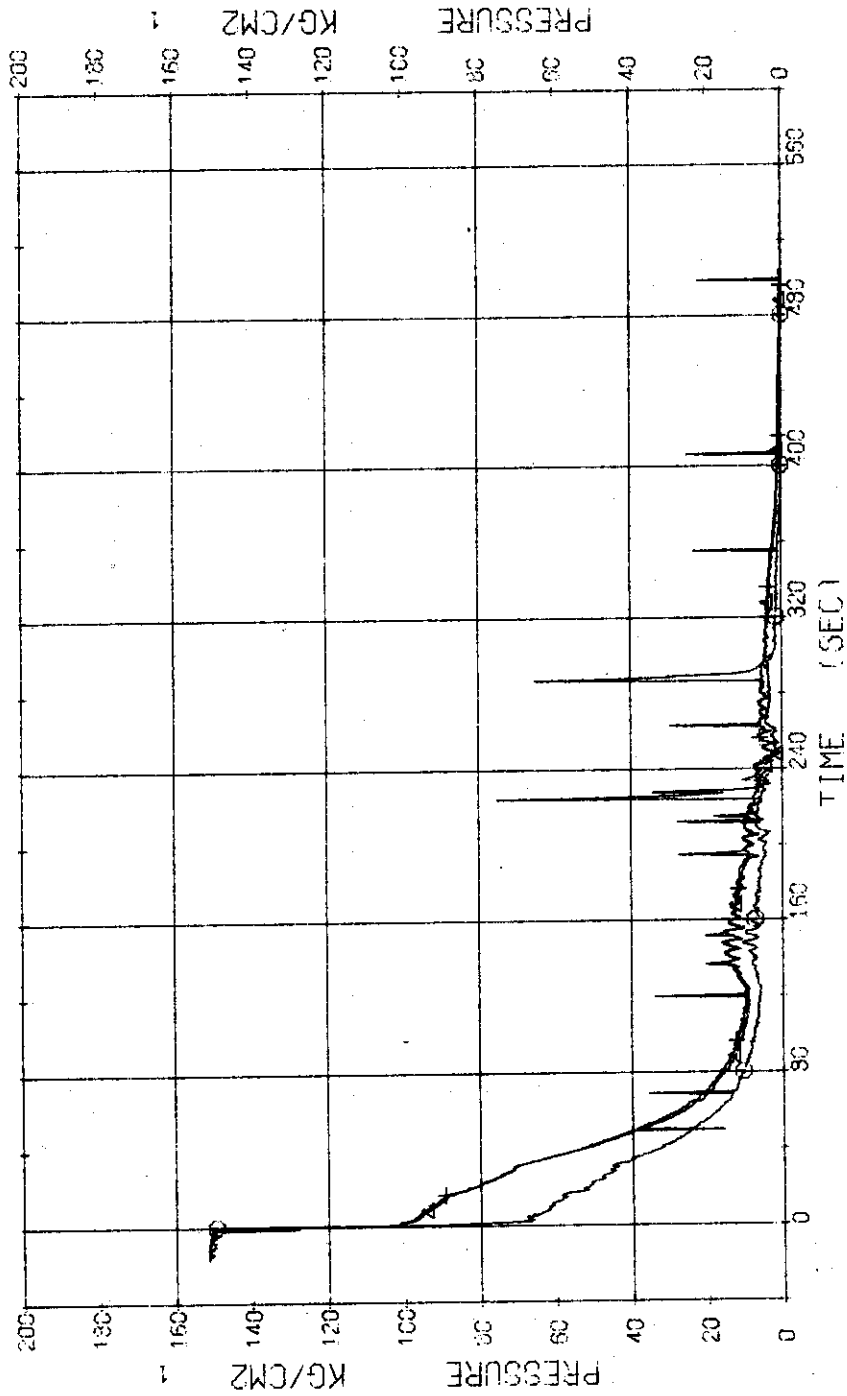


Fig. 3.3.2 Pressure in Blowdown Loop--Run 302

RUN 302 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NG 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2-L AC1- AC2-L LP1- LP2-L
 CH- 9 (P- 9 (SC 2 INLET) CH- 1C 4A P-1C (SC 2 OUTLET)
 CH- 11 (P- 11 (P 2 PUMP DELIVERY)

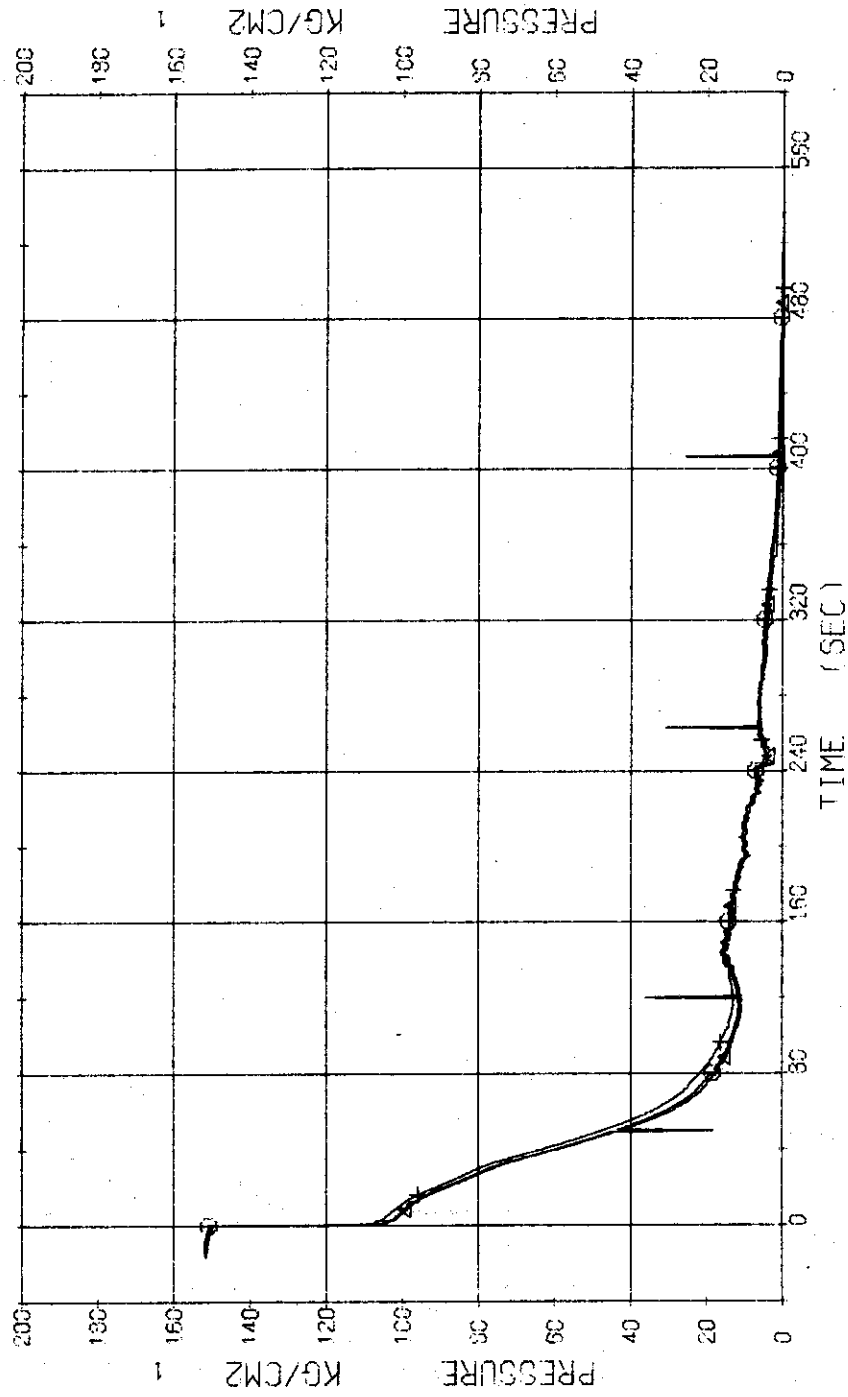


Fig. 3.3.3 Pressure in Operating Loop--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
ECCS --- HP1- HP2-L AC1- LP2-L
CH-13 C1 P-13 (SC SHELL SIDE) LP1-

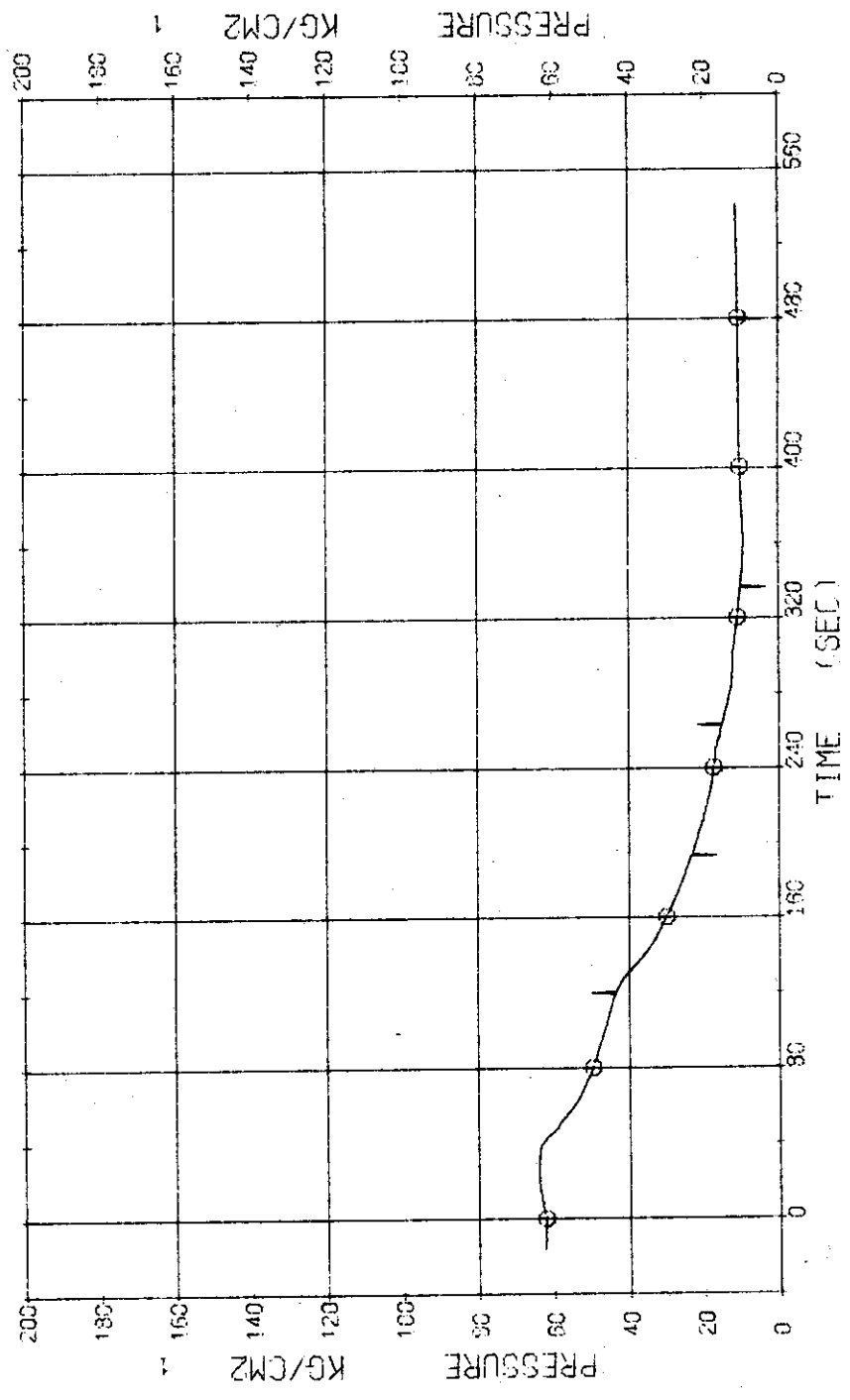


Fig. 3.3.4 Pressure in Secondary System--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- AC1- LP1- IP2-
 CH- 14 C- 0- 1 (PV, TOP, BOTTOM)

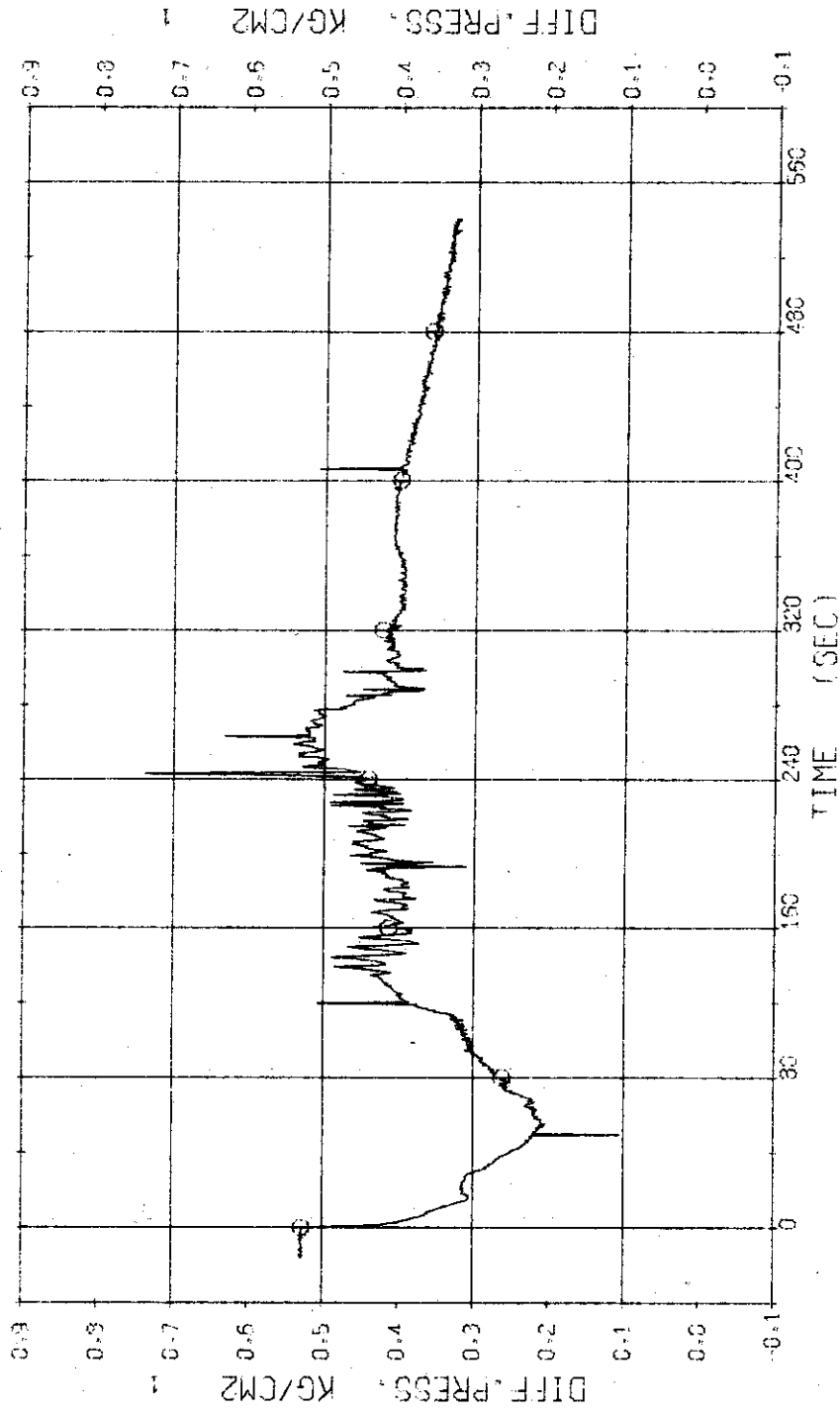


Fig. 3.3.5 Differential Pressure between Top and Bottom of Pressure Vessel--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 EGCS --- HP1- HP2-H FC1- LP2-H
 CH-13 02 0-5 (SC 1 INLET-OUTLET) LP1-

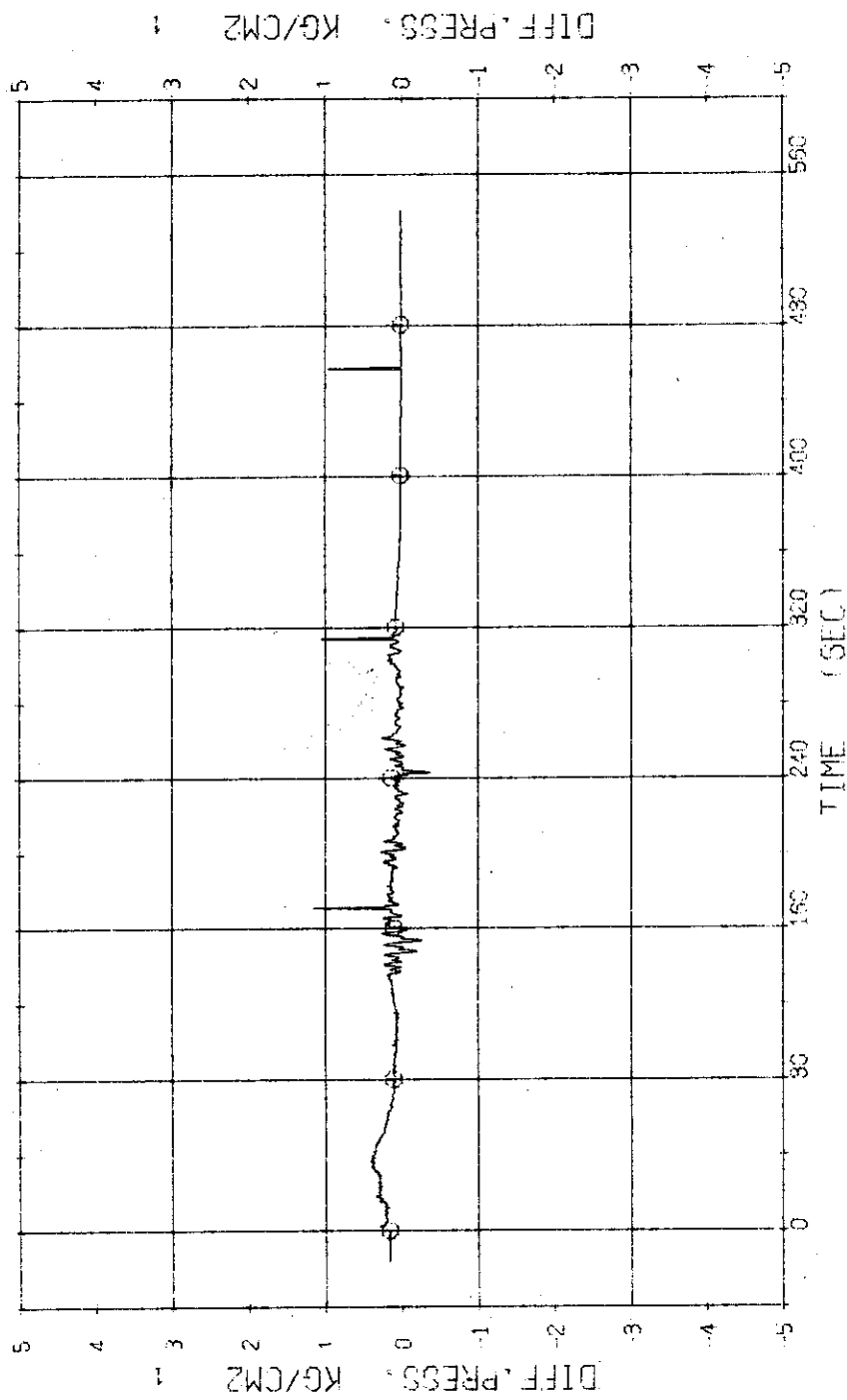


Fig. 3.3.6 Differential Pressure across SC 1--Run 302

RUN 302 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

EDCS --- HP1- HP2-L AC1- AC2-L LP1- LP2-L

CH-28 CH-F-7 (HPCI)

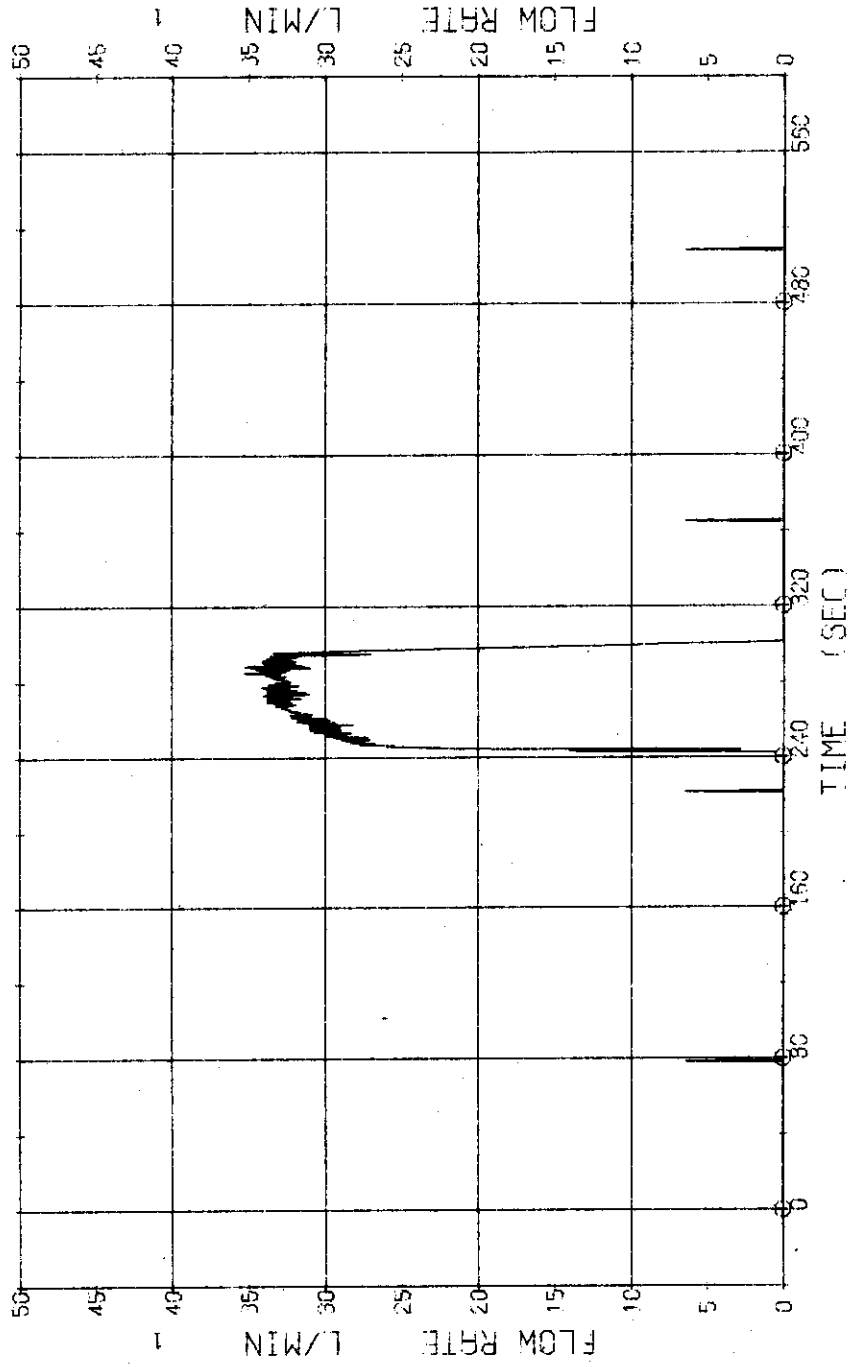


Fig. 3.3.7 Injection Flow Rate of HPCI--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1- HP2-1 RC1- LP1- LP2-1
 CH- 34 ① F-13 (LPCI)

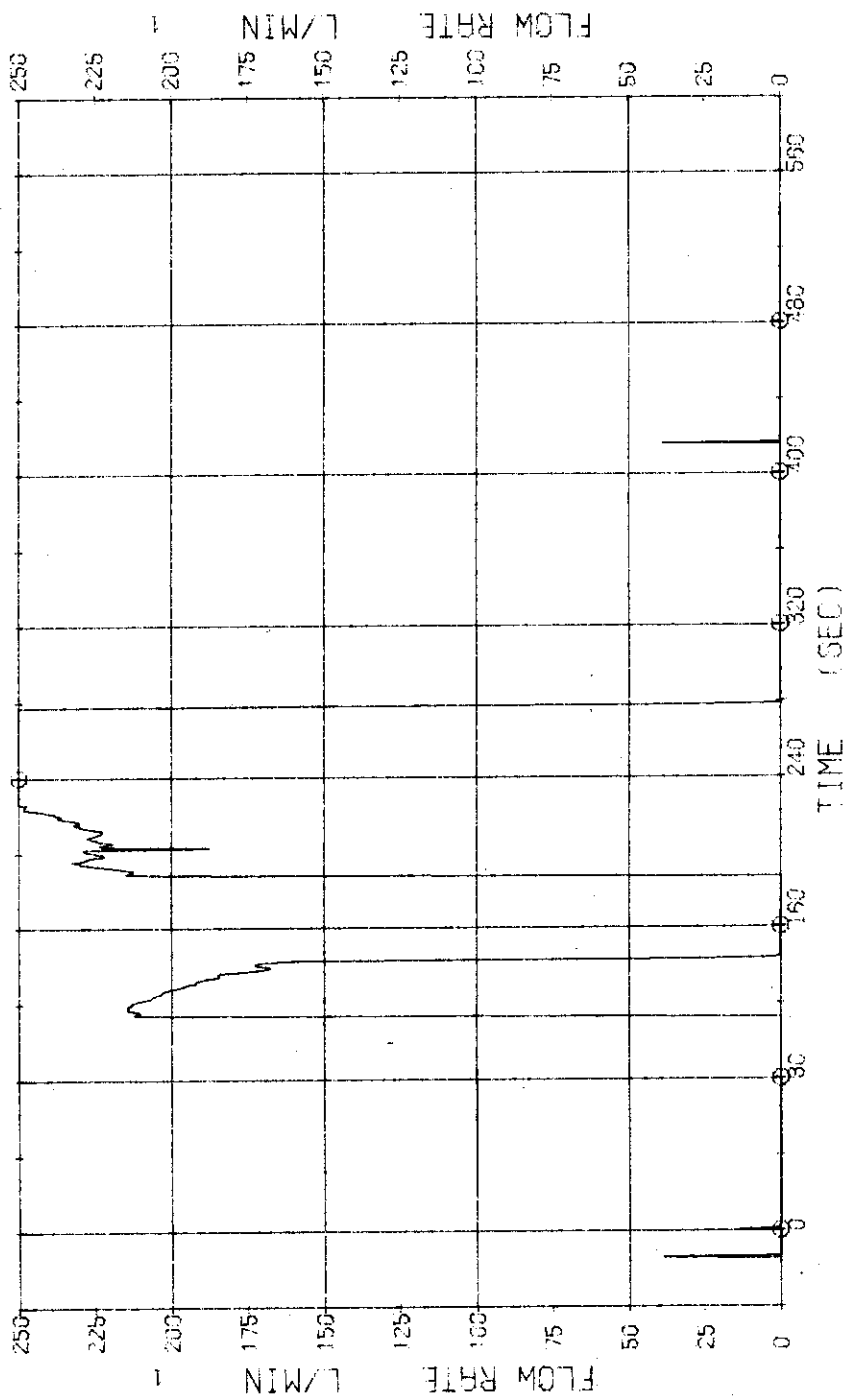


Fig. 3.3.8 Injection Flow Rate of LPCI--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECOS --- HP1- HP2- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH-35 CH-36 CH-37 CH-38 CH-39 CH-40 CH-41 CH-42 CH-43 CH-44 CH-45 CH-46 CH-47 CH-48 CH-49 CH-50 CH-51 CH-52 CH-53 CH-54 CH-55 CH-56 CH-57 CH-58 CH-59 CH-60 CH-61 CH-62 CH-63 CH-64 CH-65 CH-66 CH-67 CH-68 CH-69 CH-70 CH-71 CH-72 CH-73 CH-74 CH-75 CH-76 CH-77 CH-78 CH-79 CH-80 CH-81 CH-82 CH-83 CH-84 CH-85 CH-86 CH-87 CH-88 CH-89 CH-90 CH-91 CH-92 CH-93 CH-94 CH-95 CH-96 CH-97 CH-98 CH-99 CH-100

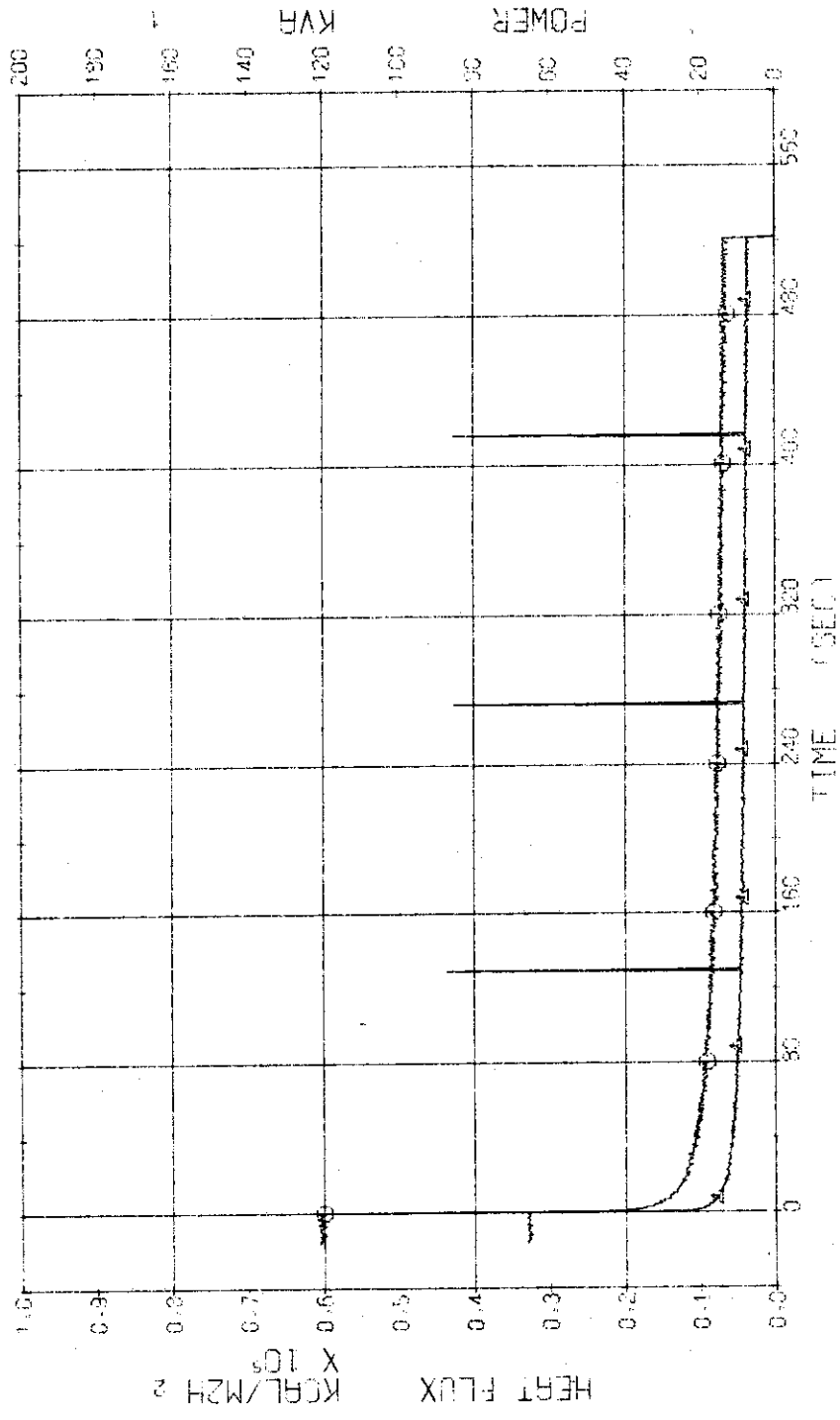


Fig. 3.3.9 Electric Power and Heat Flux of High Heat Flux Rods --Run 302

RUN 302 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECSS --- HP1- HP2- FC1- FC2- LP1- LP2-
 CH- 37 CH TF-1 (NO.1 POSITION 1) CH- 38 CH TF-2 (NO.1 POSITION 2)
 CH- 39 CH TF-3 (NO.1 POSITION 3) CH- 40 CH TF-4 (NO.1 POSITION 4)
 CH- 41 CH TF-5 (NO.1 POSITION 5)

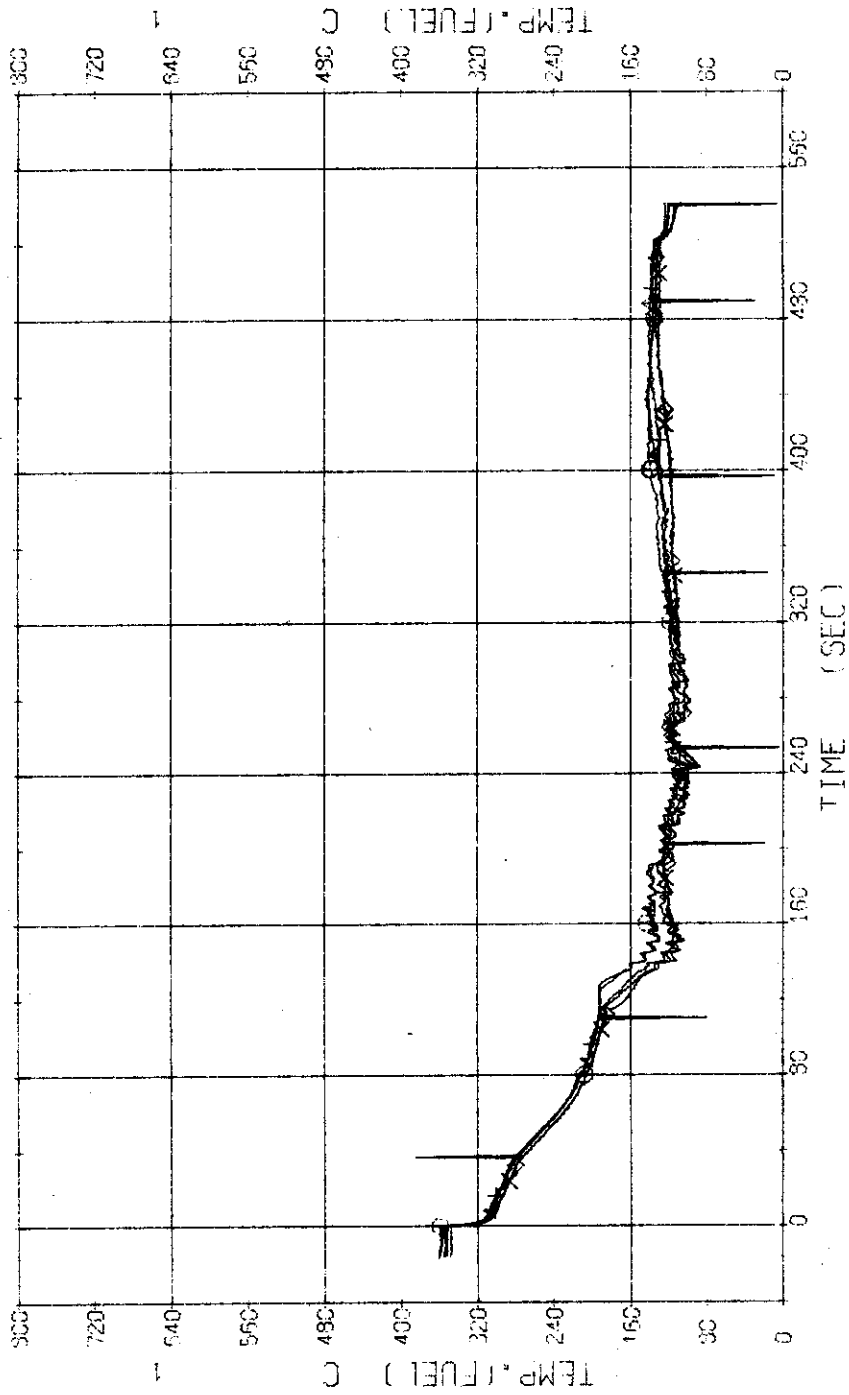


Fig. 3.3.10 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod at the Center of Core--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1 - HP2-H AC1 - AC2-H LP1 - LP2-H
 CH- 42 (1) TF-6 (NO.2 POSITION 1) CH- 43 (X) TF-7 (NO.2 POSITION 2)
 CH- 44 (1) TF-8 (NO.2 POSITION 3) CH- 45 (X) TF-8 (NO.2 POSITION 4)
 CH- 46 (X) TF-10 (NO.2 POSITION 5)

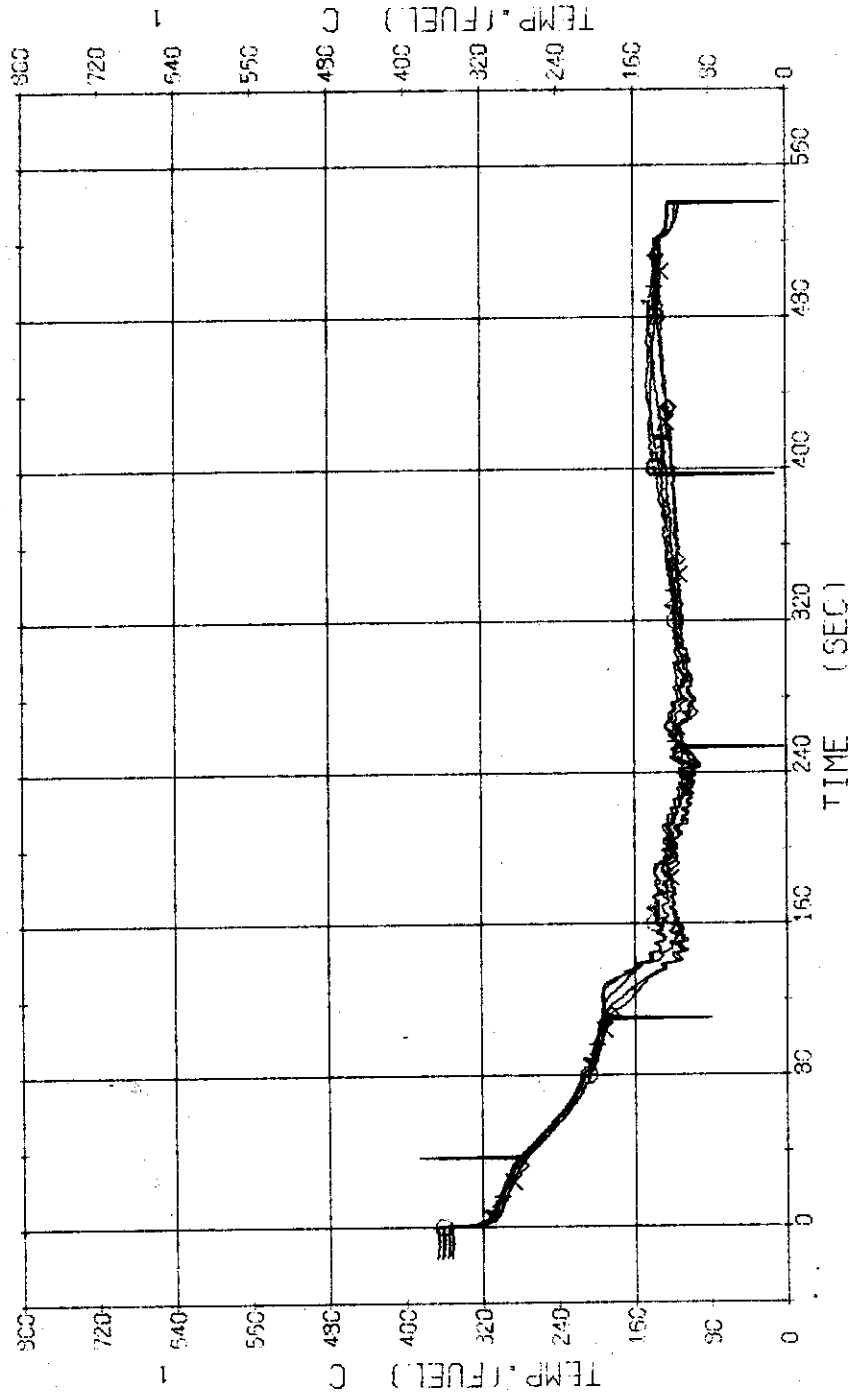


Fig. 3.3.11 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod in the Middle Part of Core--Run 302

RUN 302 COLD LEO BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2-H HP2-H FC1- FC2-H LP1- LP2-H
 CH- 47 01 TF11 (NO.3 POSITION 1) 1 CH- 48 41 TF12 (NO.3 POSITION 2) 1
 CH- 48 41 TF13 (NO.3 POSITION 3) 2 CH- 50 50 TF14 (NO.3 POSITION 4) 1
 CH- 51 02 TF15 (NO.3 POSITION 5) 1

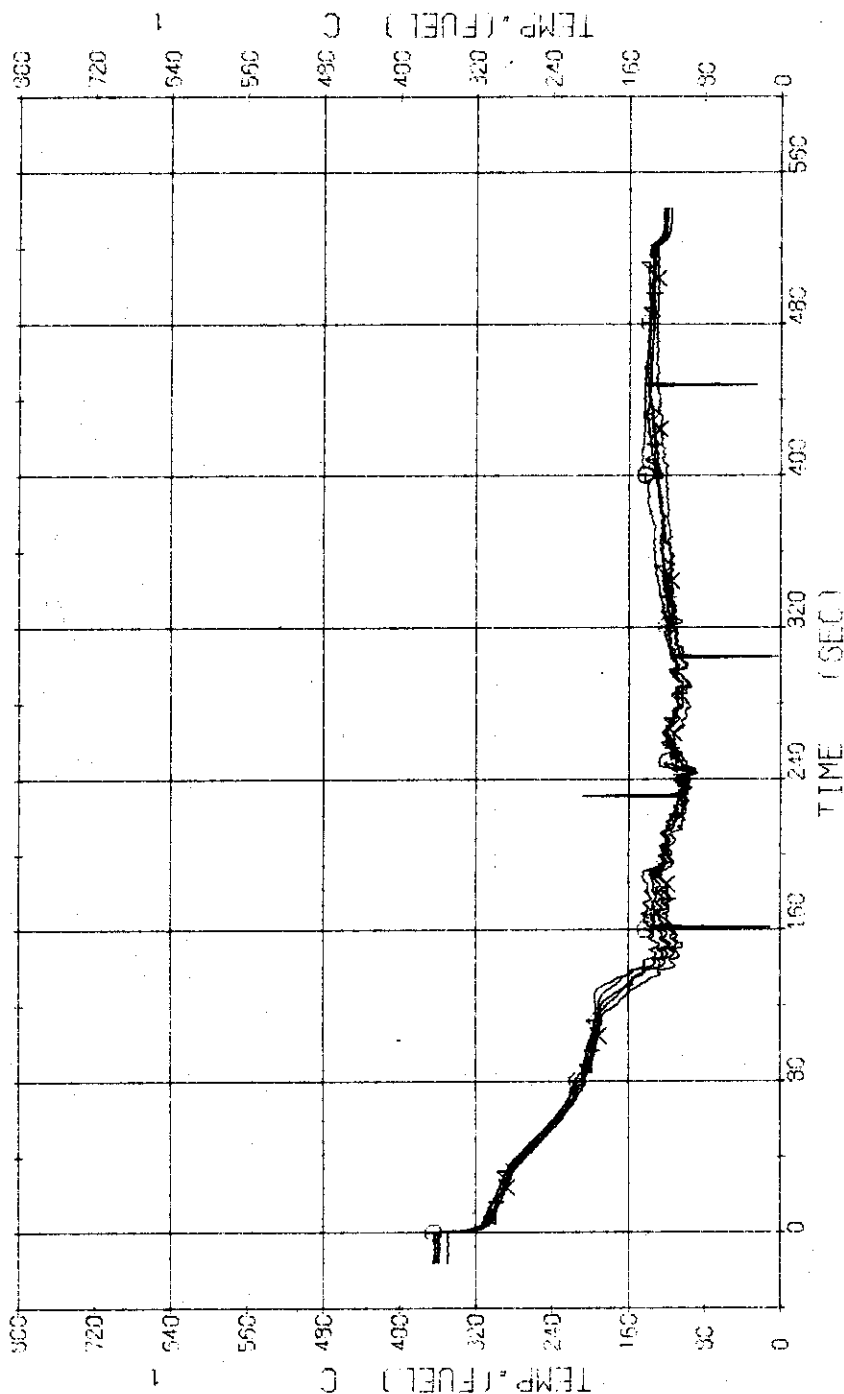


Fig. 3.3.12 Surface Temperatures of High Heat Flux Rod at the Outer Part of Core--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

ECCS --- HP1- HP2- HP3- AC1- AC2- LP1- LP2-
 CH- 52 (1) TF-16 (NO.4 POSITION 1))
 CH- 54 (1) TF-18 (NO.4 POSITION 3))
 CH- 55 (2) TF-20 (NO.4 POSITION 5))
 CH- 53 (2) TF-17 (NO.4 POSITION 2))
 CH- 55 (2) TF-19 (NO.4 POSITION 4))

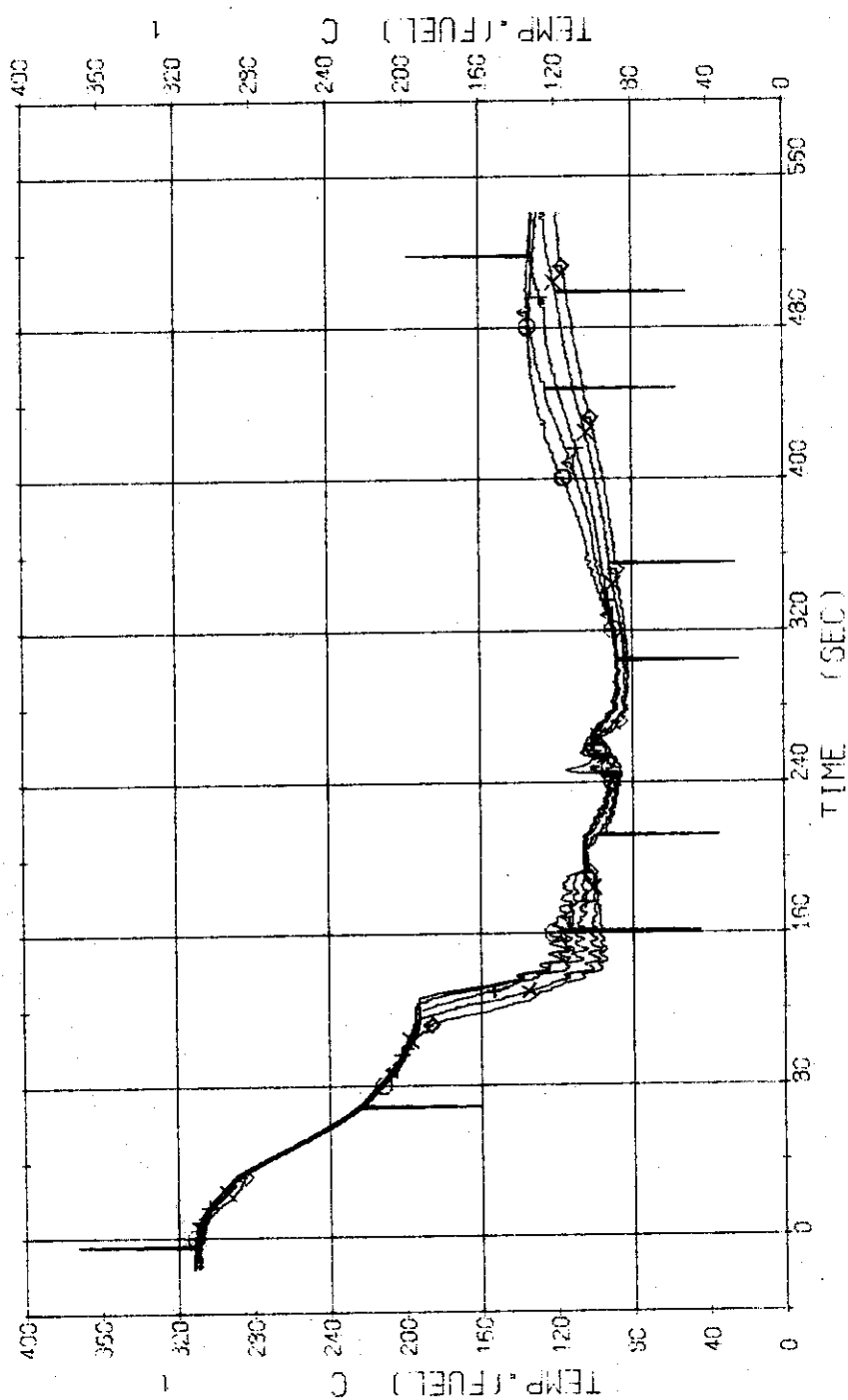


Fig. 3.3.13 Surface Temperatures of Tie Rod--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1- HP2-1 RP2-H LP1- LP2-H
 CH- 69 T-12 (PRESSURIZER) 601- 602-H

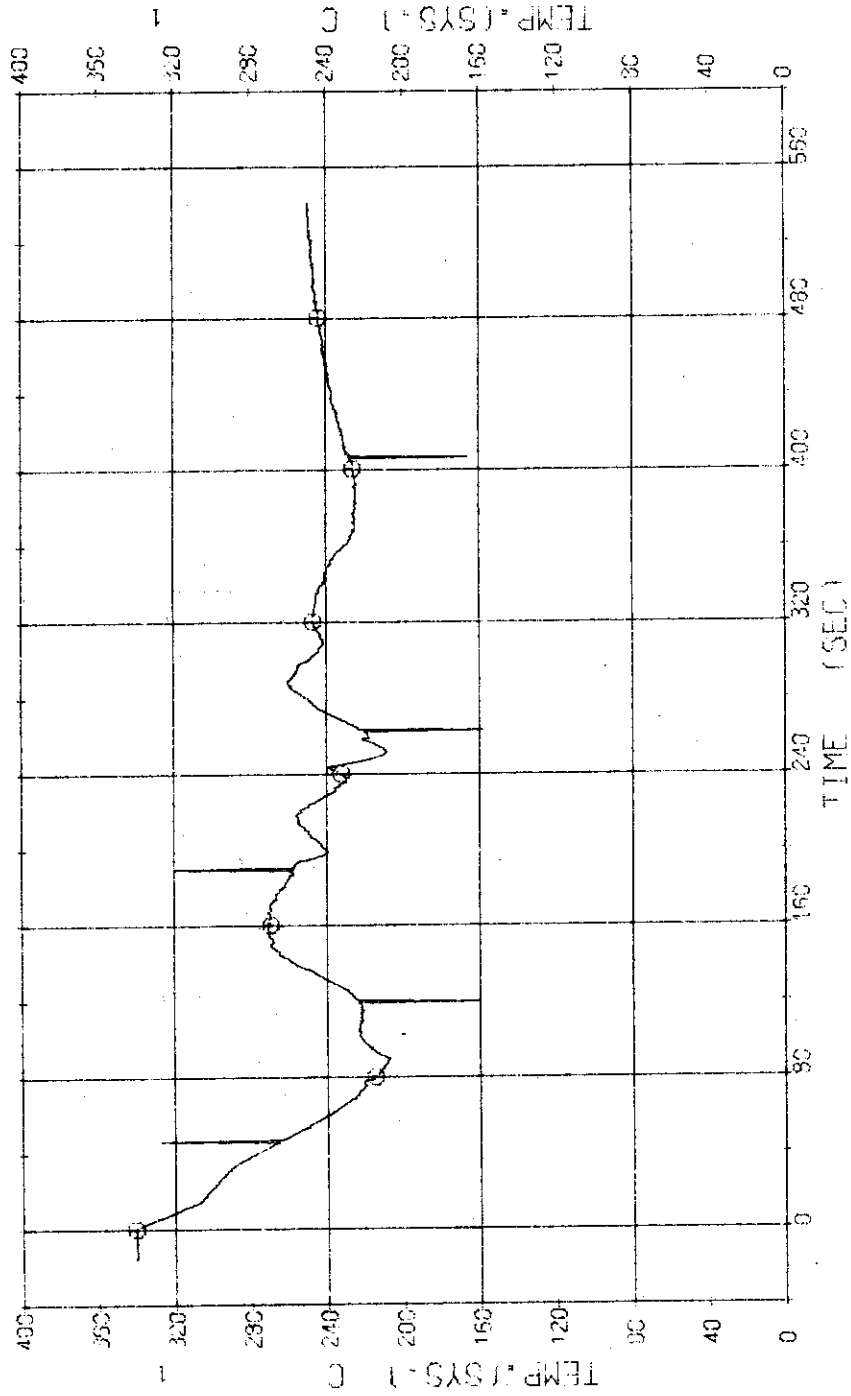


Fig. 3.3.14 Fluid Temperature in Pressurizer--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 CH-61 T-5 (SC 1 INLET) HP1- LP2-4
 CH-63 T-7 (P 1 PUMP DELIVERY) HP2- LP1-
 CH-62 T-6 (SC 1 OUTLET) R22-4
 CH-64 T-8 (PV-INLET NOZZLE)

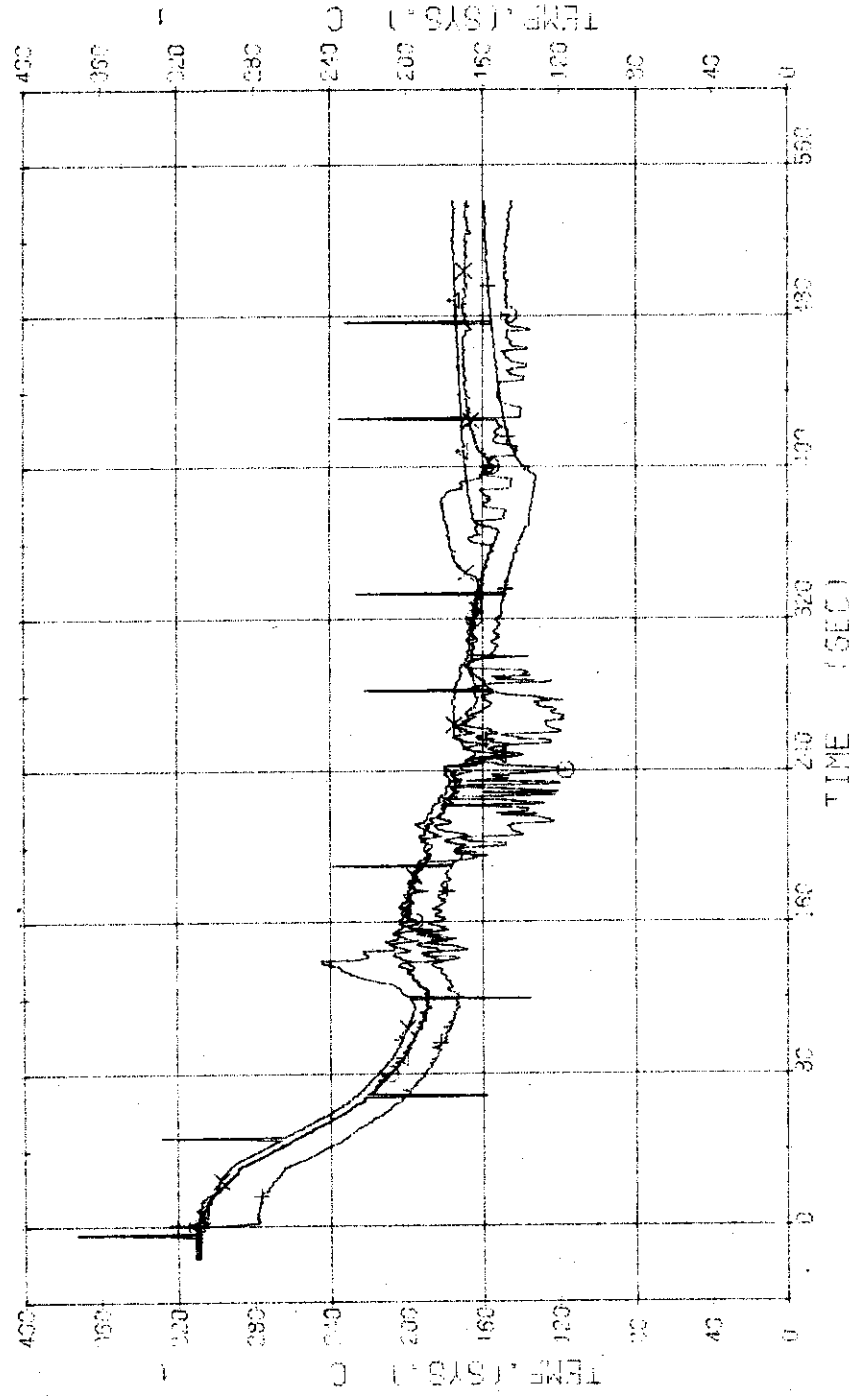


Fig. 3.3.15 Fluid Temperatures in Blowdown Loop--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 EOC5 --- HP1- HP2-I AC1- AC2-I LP1- LP2-I
 CH-55 (T-9 (SC 2 INLET
 CH-57 (T-11 (P 2 PUMP DELIVERY
 CH-56 (T-10 (SC 2 OUTLET

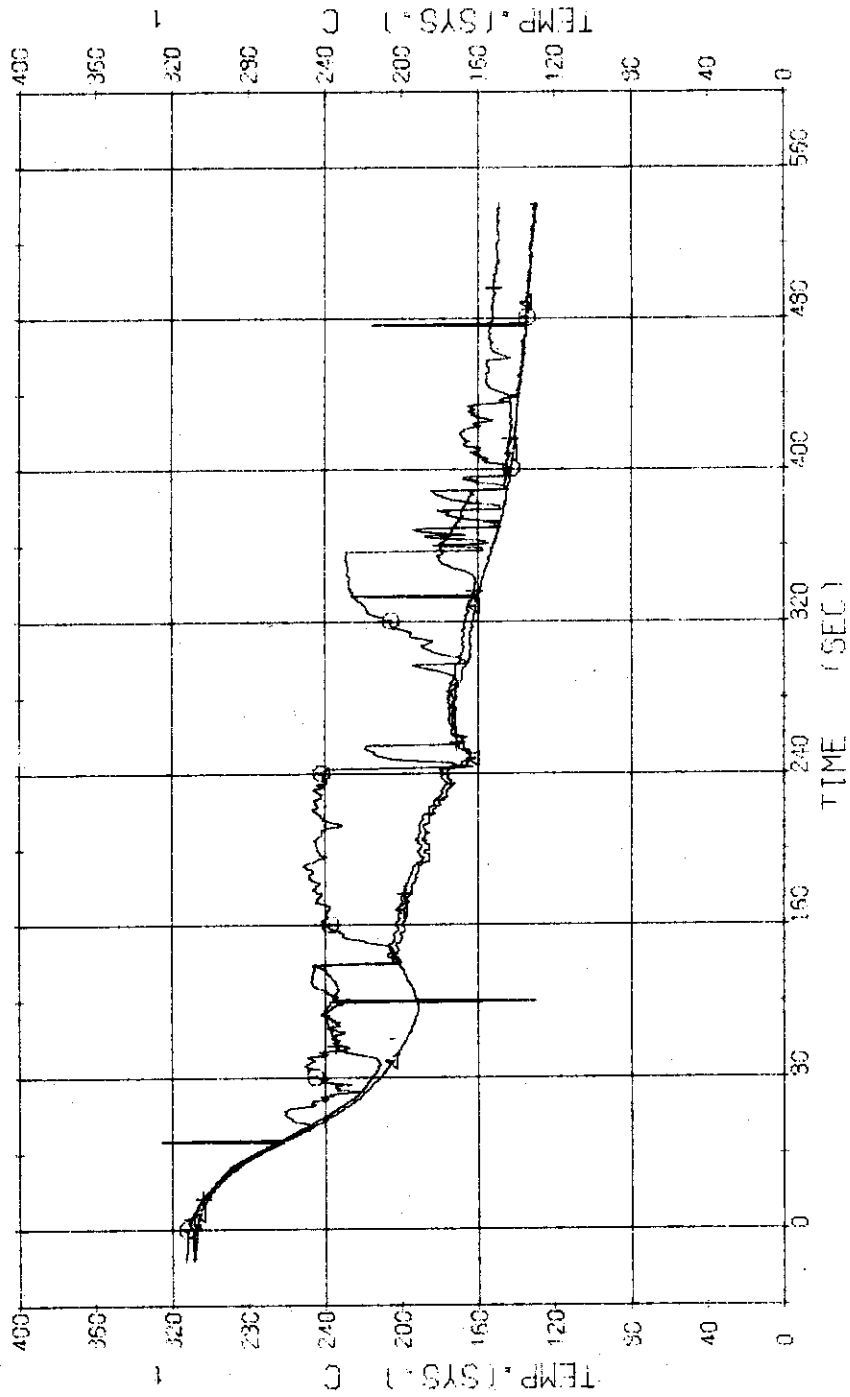


Fig. 3.3.16 Fluid Temperatures in Operating Loop---Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY

EGCS ---- HP1- HP2-1 AC1- AC2-1 LP1- LP2-1

CH-60 @ T-13 (SC 1 SHELL OUTLET) CH-70 @ T-14 (SC 2 SHELL OUTLET)

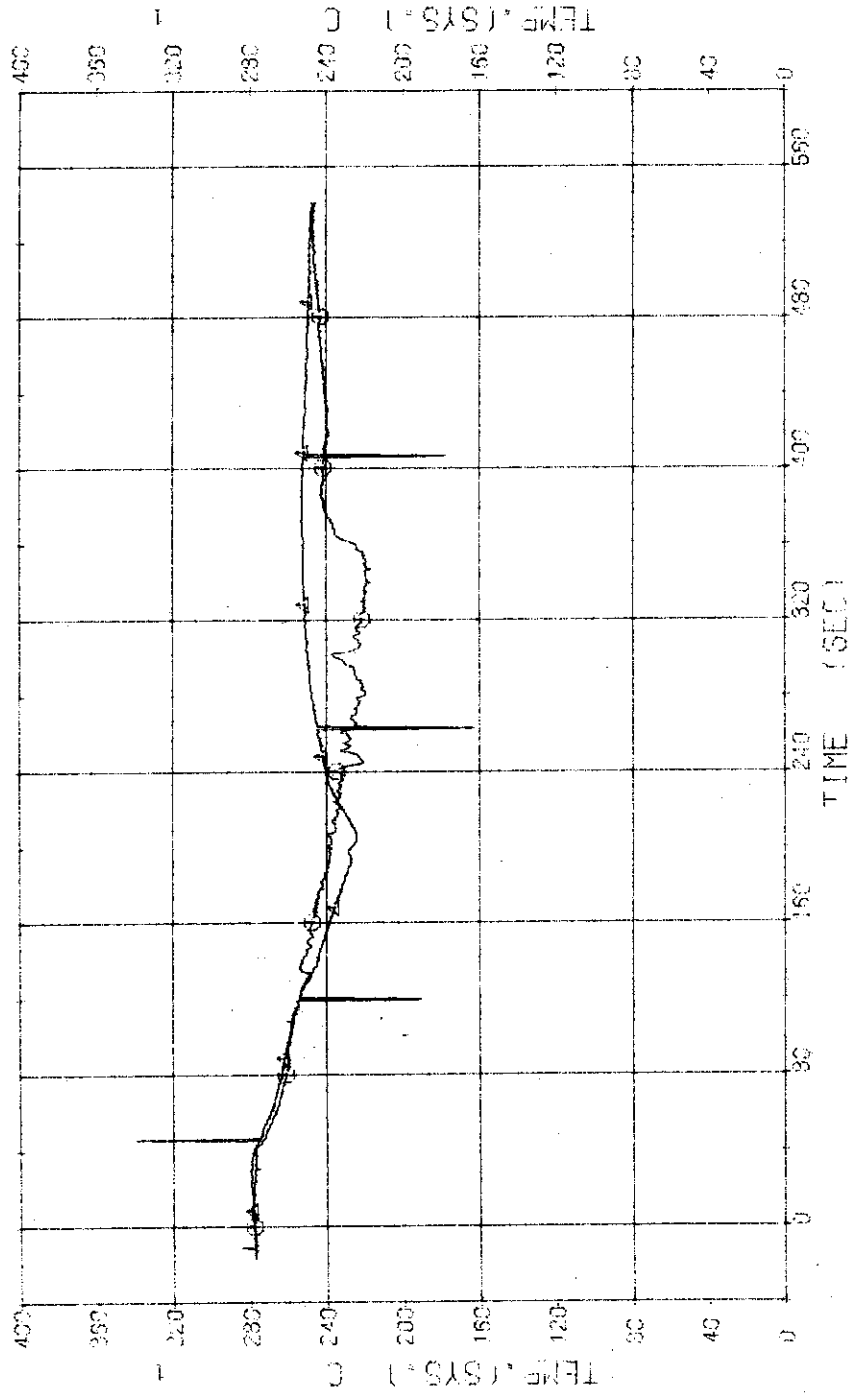


Fig. 3.3.17 Secondary Fluid Temperatures at the Outlets of Steam Generators--Run 302

RUN 302 COLD LEG BREAK BREAK DIAMETER 30.5/0.0 MM NO 1 ASSEMBLY
 ECCS --- HP1 - HP2-L HP2-H LP1 - LP2-H
 CH- 71 ③ N- 1 (P 1 PUMP) CH- 72 ④ N- 2 (P 2 PUMP)

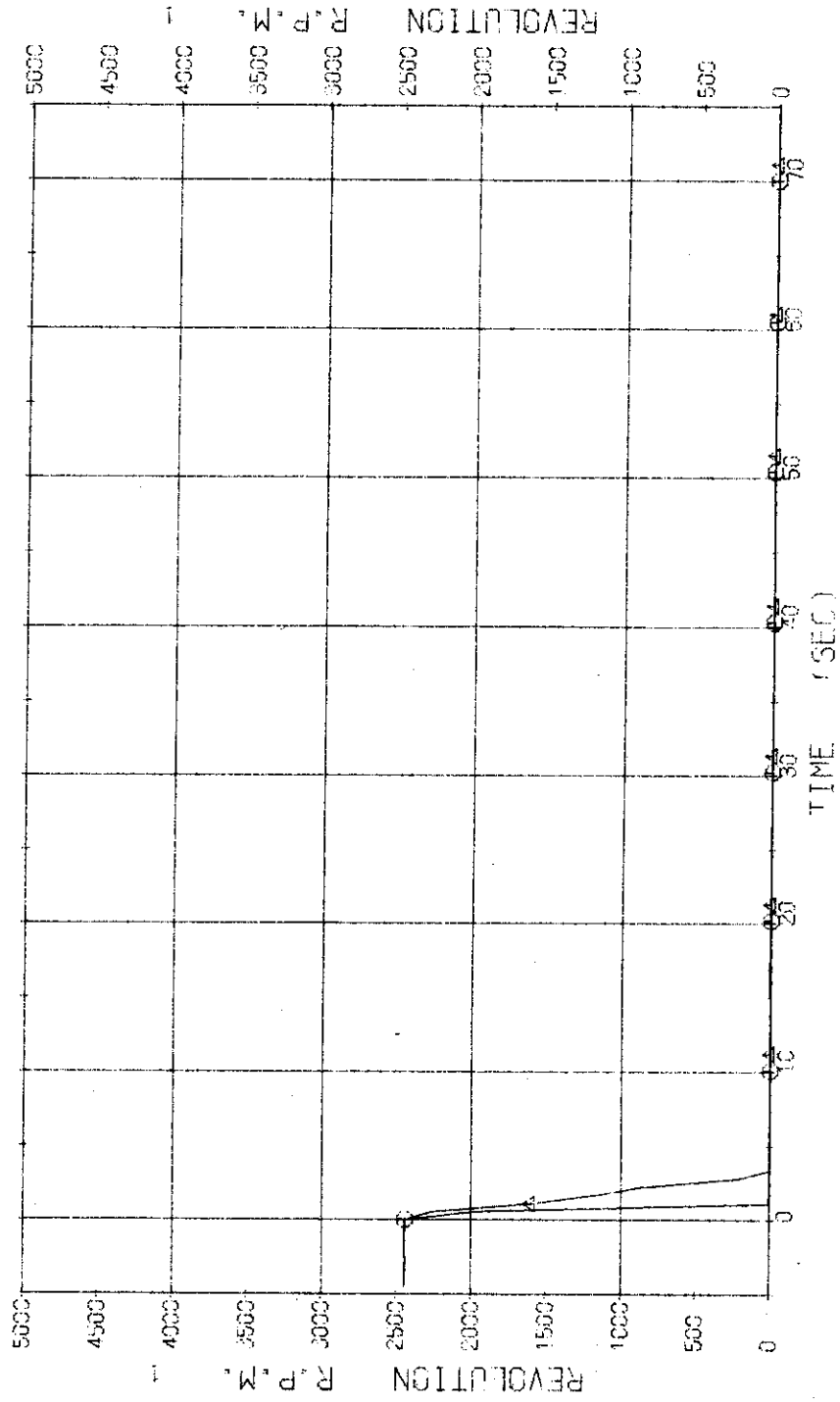


Fig. 3.3.18 Pump Revolution Numbers--Run 302