

JAERI-M

7483

原研モデル格納容器のスプレイ冷却
試験予備計算

—CONTEMPT—LTコードによる—

1978年1月

田 中 貢

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.

原研モデル格納容器のスプレイ冷却試験予備計算
— CONTEMPT-LTコードによる —

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

田 中 貢

(1977年8月受理)

軽水型発電炉には格納容器スプレイ系が設けられ、冷却材喪失事故時に格納容器内の水蒸気を冷却凝縮させて内圧を減ずるとともに、気相中の放射性物質を水洗除去することによって、原子炉から大気中への放射性物質の放出を極力防止している。

格納容器スプレイ効果に関する実証試験を実施するに際し、原研モデル格納容器試験装置によるスプレイ冷却試験の予備計算を、格納容器圧力、温度挙動計算コード CONTEMPT-LTを用いて行った。

その結果、(1)各蒸気供給速度に対する昇圧、昇温速度、ならびに(2)各スプレイ流量およびスプレイの熱吸収率に対するスプレイ時の降圧、降温速度が得られた。

JAERI-M 7483

Preliminary Calculations with Code CONTEMPT-LT for
Spray Cooling Tests with JAERI Model Containment Vessel

Mitsugu TANAKA
Division of Reactor Safety, Tokai Research
Establishment, JAERI

(Received August, 1977)

LWR plants have a containment spray system to reduce the escape of radioactive material to the environment in a loss-of-coolant accident (LOCA) by washing out fission products, especially radioiodine, and condensing the steam to lower the pressure.

For carrying out the containment spray tests, pressure and temperature behaviour of the JAERI Model Containment Vessel in spray cooling has been calculated with computer program CONTEMPT-LT.

The following could be studied quantitatively : (1) pressure and temperature raise rates for steam addition rate and (2) pressure fall rate for spray flow rate and spray heat transfer efficiency.

Keywords : Light Water Reactor, Reactor Safety, Loss-of-Coolant Accident, Containment Vessel, Spray, Spray Heat Transfer Efficiency, Temperature, Pressure, Computer Program

目 次

1 緒 言	1
2 原研モデル格納容器	2
3 計 算	2
3.1 計算方法	2
3.2 計算条件	3
3.3 主な入力データ	3
4 計算結果および考察	3
5 結 言	4
謝 辞	4
Literature cited	5

Contents

1. Introduction	1
2. JAERI Model Containment Vessel	2
3. Calculation	2
3.1 Calculation Method	2
3.2 Conditions	3
3.3 Principal Input Data	3
4. Calculation Results and Discussions	3
5. Conclusions	4
Acknowledgements	4
Literature cited	5

1. 緒 言

軽水型発電炉の冷却材喪失事故 (LOCA) では、圧力容器から格納容器内への冷却材の噴出、そして崩解熱による燃料の過度の温度上昇による格納容器内への核分裂生成物の放出が想定されている。そこで、軽水型発電炉は格納容器スプレイ設備を備え、LOCA時の格納容器内の圧力、温度上昇を抑えるとともに、核分裂生成物を水洗除去することによって、核分裂生成物の格納容器外への漏洩を防止するよう設計されている。

本報告は、格納容器スプレイ効果に関する実証試験を実施するに際し、原研モデル格納容器試験装置によるスプレイ冷却試験の予備計算結果をまとめたものである。

予備計算には、格納容器圧力温度解析コード CONTEMP T-LT を用いた。CONTEMP T-LT コード⁶⁾ (A Computer Program for Predicting Containment Pressure-Temperature Response to a Loss-of-Coolant Accident) は、CONTEMP-PS コード²⁾ (A Digital Computer Code for Predicting the Pressure-Temperature History within a Pressure-Suppression Containment Vessel in Response to a Loss-of-Coolant Accident) に改良および修正を加えた米国で開発されたコードであり、格納容器の長期にわたる圧力、温度評価手段として、現在のところ最も有力な公開コードであると考えられる。現在 version 026 まで開発されており、⁵⁾ PWR および BWR (Mark I, Mark II, Mark III) の解析が可能である。日本原子力研究所計算センターには version 022¹⁾ が永久ファイルとして整備登録されており、PWR および BWR (Mark I, Mark II) の計算が可能である。

CONTEMP T-LT コードは、サプレッションチェンバの圧力抑制効果を考慮している点を除けば、CONTEMP コード⁴⁾ とほぼ同じ内容である。CONTEMP コードについては、石川ら³⁾ が詳細な検討ならびに紹介を行っているので、本稿では CONTEMP T-LT コードの内容紹介を割愛する。

CONTEMP T-LT コードは軽水炉冷却材喪失事故時の熱移動に関する多くの現象を考慮した計算コードではあるが、個々の現象を時間関数の入力データとして要求している場合が多く、適当な入力データの選択が CONTEMP T-LT コード使用時の重要な作業になっている。

格納容器スプレイ冷却効果の評価に関しても、スプレイ流量とスプレイの熱吸収率^{*}を予め入力データとして与える方式、言い換えれば格納容器内の状態とは独立に、計算開始前にスプレイによる除熱の仕様を決定してしまう方法が用いられている。

そこで本計算では、スプレイの熱吸収率をパラメーターとして、原研モデル格納容器内の圧力、温度変化を求めた。

* スプレイの熱吸収率は、スプレイ液の吸収可能熱量に対する実際の吸収熱量割合で定義され、次式で表わされる。

$$\text{スプレイの熱吸収率} = \frac{h_{sf} - h_s}{h_e - h_s}$$

ここで

h_s = スプレイヘッダーでのスプレイ液のエンタルピー

h_{sf} = 落下終了時のスプレイ液のエンタルピー

h_e = 格納容器気相温度に平衡なスプレイ液のエンタルピー

2. 原研モデル格納容器

格納容器スプレイ効果に関する実証試験を実施するに際し、原研モデル格納容器が製作された。格納容器本体の概略図を、Fig. 1 に示す。

原研モデル格納容器は直径7m、高さ20mの円筒形で、底部にスプレイ液抜き出し用のサンプル、内部にスプレイヘッダー4段を備えている。格納容器壁はステンレス鋼クラッド炭素鋼製で、その外側をケイ酸カルシウムで保温している。(格納容器寸法の詳細は、後述のTable 2を参照のこと。)

なお格納容器には、熱関係測定用端子として下記のものが備えられている。

i) 温 度

格納容器内気相		5 9 点
スプレイ液	{ スプレイヘッダー 格納容器空間部	6 点
		5 8 点
格納容器壁		1 8 点 (3 箇所)
壁落下液		1 2 点
サンプル液		1 点
供給蒸気		1 点

ii) 圧 力

格納容器内気相	3 点
供給蒸気	1 点

iii) 流 量

スプレイ液	4 点
壁落下液	1 2 点
供給蒸気	1 点
サンプル抜き出し液	1 点

3. 計 算

3.1 計算方法

緒言でも述べたように、CONTEMPT-LTコードではスプレイの熱吸収率を時間関数の入力データとして与えなければならない。そこで本計算では、格納容器の昇圧、昇温に使用する蒸気供給速度、ならびにスプレイ流量およびスプレイの熱吸収率を計算パラメーターとして、格納容器内の圧力、温度変化を求めた。そのパラメーター範囲をTable 1 に示す。

なおCONTEMPT-LTコードでは、構造物を平板、(中空)円筒、球(殻)の3種類の形状で模擬しなければならない。本計算では、原研モデル格納容器を3分割し、上部および下部鏡板をそれぞれ半球殻で、直円筒部を中空円筒で模擬した。

2. 原研モデル格納容器

格納容器スプレイ効果に関する実証試験を実施するに際し、原研モデル格納容器が製作された。格納容器本体の概略図を、Fig. 1 に示す。

原研モデル格納容器は直径7m、高さ20mの円筒形で、底部にスプレイ液抜き出し用のサンプル、内部にスプレイヘッダー4段を備えている。格納容器壁はステンレス鋼クラッド炭素鋼製で、その外側をケイ酸カルシウムで保温している。(格納容器寸法の詳細は、後述のTable 2を参照のこと。)

なお格納容器には、熱関係測定用端子として下記のものが備えられている。

i) 温度

格納容器内気相		59点
スプレイ液	{ スプレイヘッダー 格納容器空間部	6点
		58点
格納容器壁		18点(3箇所)
壁落下液		12点
サンプル液		1点
供給蒸気		1点

ii) 圧力

格納容器内気相	3点
供給蒸気	1点

iii) 流量

スプレイ液	4点
壁落下液	12点
供給蒸気	1点
サンプル抜き出し液	1点

3. 計算

3.1 計算方法

緒言でも述べたように、CONTEMPT-LTコードではスプレイの熱吸収率を時間関数の入力データとして与えなければならない。そこで本計算では、格納容器の昇圧、昇温に使用する蒸気供給速度、ならびにスプレイ流量およびスプレイの熱吸収率を計算パラメーターとして、格納容器内の圧力、温度変化を求めた。そのパラメーター範囲をTable 1に示す。

なおCONTEMPT-LTコードでは、構造物を平板、(中空)円筒、球(殻)の3種類の形状で模擬しなければならない。本計算では、原研モデル格納容器を3分割し、上部および下部鏡板をそれぞれ半球殻で、直円筒部を中空円筒で模擬した。

3.2 計算条件

計算条件を次のように想定した。

- i) 3.5 Kg/cm^2 の飽和蒸気を原研モデル格納容器（以下 V-1 と略記する。）へ Table 1 の速度で吹込む。蒸気吹込みは V-1 圧力が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ になるまでとし、これ以降の吹込みは停止する。
- ii) V-1 圧力が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ に達したならば、 40°C のスプレイ水が時間遅れなく Table 1 の一定流量で V-1 内に噴霧される。そのスプレイの熱吸収率は Table 1 の値による。
- iii) スプレイ開始と同時にスプレイ水量と等しい水量を V-1 底部から排出する。
- iv) V-1 からの漏洩は無いものとする。
- v) V-1 壁はステンレス鋼、炭素鋼、ケイ酸カルシウムの3層とする。(Table 2 参照)さらに V-1 壁を上部および下部鏡板、ならびに直円筒部の3分割の構造材としてその熱容量を評価する。
- vi) V-1 内壁面の熱伝達係数は内田の式によるものとする。即ち、V-1 内壁面への熱伝達係数は、格納容器内の空気、水蒸気重量比のみによって決定される。また V-1 外への熱損失も考慮する。

3.3 主な入力データ

計算に用いた主な入力データを Table 2 に示す。

原研モデル格納容器によるスプレイ冷却試験では、実 PWR のスプレイフラックス模擬を基本と考え、 $3.48 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $20.9 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $41.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ のスプレイ流量が予定されている。そこで本計算では、スプレイ流量を $3.5 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $20 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $40 \text{ m}^3/\text{hr}$ とし、スプレイの熱吸収率をパラメータとして計算した。

また、実 PWR の冷却材喪失事故時における格納容器内圧力の最大値は、約 $2.4 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ と考えられる。そこで本計算では、蒸気により原研モデル格納容器が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ に昇圧されたならば、直ちにスプレイ液を噴霧させるものとした。

さらに前述のように、格納容器壁を上部、中部、下部の3構造材として、その熱容量を考慮した。

なお、蒸気供給速度は 1.5 ton/hr および 6.0 ton/hr とした。

4. 計算結果および考察

計算結果を Figs. 2~31 に示す。各図の計算条件を Table 3 に示す。

Figs. 2, 7 には、 6.0 ton/hr の蒸気供給速度で格納容器を昇圧、昇温した場合の圧力、温度変化も併せて図示した。

各蒸気供給速度に対し、格納容器圧力が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ に到達するまでの所要時間を、Table

3.2 計算条件

計算条件を次のように想定した。

- i) 3.5 Kg/cm^2 の飽和蒸気を原研モデル格納容器 (以下 V-1 と略記する。) へ Table 1 の速度で吹込む。蒸気吹込みは V-1 圧力が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ になるまでとし、これ以降の吹込みは停止する。
- ii) V-1 圧力が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ に達したならば、 40°C のスプレイ水が時間遅れなく Table 1 の一定流量で V-1 内に噴霧される。そのスプレイの熱吸収率は Table 1 の値による。
- iii) スプレイ開始と同時にスプレイ水量と等しい水量を V-1 底部から排出する。
- iv) V-1 からの漏洩は無いものとする。
- v) V-1 壁はステンレス鋼、炭素鋼、ケイ酸カルシウムの3層とする。(Table 2 参照)さらに V-1 壁を上部および下部鏡板、ならびに直円筒部の3分割の構造材としてその熱容量を評価する。
- vi) V-1 内壁面の熱伝達係数は内田の式によるものとする。即ち、V-1 内壁面への熱伝達係数は、格納容器内の空気、水蒸気重量比のみによって決定される。また V-1 外への熱損失も考慮する。

3.3 主な入力データ

計算に用いた主な入力データを Table 2 に示す。

原研モデル格納容器によるスプレイ冷却試験では、実 PWR のスプレイフラックス模擬を基本と考え、 $3.48 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $20.9 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $41.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ のスプレイ流量が予定されている。そこで本計算では、スプレイ流量を $3.5 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $20 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $40 \text{ m}^3/\text{hr}$ とし、スプレイの熱吸収率をパラメーターとして計算した。

また、実 PWR の冷却材喪失事故時における格納容器内圧力の最大値は、約 $2.4 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ と考えられる。そこで本計算では、蒸気により原研モデル格納容器が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ に昇圧されたならば、直ちにスプレイ液を噴霧させるものとした。

さらに前述のように、格納容器壁を上部、中部、下部の3構造材として、その熱容量を考慮した。

なお、蒸気供給速度は 1.5 ton/hr および 6.0 ton/hr とした。

4. 計算結果および考察

計算結果を Figs. 2~31 に示す。各図の計算条件を Table 3 に示す。

Figs. 2, 7 には、 6.0 ton/hr の蒸気供給速度で格納容器を昇圧、昇温した場合の圧力、温度変化も併せて図示した。

各蒸気供給速度に対し、格納容器圧力が $2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$ に到達するまでの所要時間を、Table

4に示す。6.0 ton/hrの蒸気供給速度に対し、1.5 ton/hrの蒸気供給速度では、昇圧時間として約4倍を要しており、昇圧速度はほぼ蒸気供給速度に比例している。

本計算では、格納容器内圧力が2.5 Kg/cm² G到達後、直ちに40℃のスプレイ水を噴霧させている。スプレイ開始より格納容器内温度がほぼ40℃（スプレイ液温度）に到達するまでの時間は、当然の事ながらスプレイの熱吸収率により大きく変化している。各条件に対するそれらの時間の概略値をTable 5に示す。

なお、Figs. 7~11, 17~21の温度変化図には、格納容器底部サンプル水の温度変化も併せて図示している。蒸気供給開始前25℃であったサンプル水は、蒸気供給開始とともに凝縮水が流入し、その温度が上昇する。スプレイ開始とともに格納容器気相部の熱を吸収した高温のスプレイ水が多量に流入するため、サンプル水温度は急上昇する。しかし気相部温度低下とともに、低温度のスプレイ水が流入することになり、サンプル水温度はやがて低下し、ついには気相温度と一致することになる。

5. 結 言

格納容器圧力、温度解析コードCONTEMP T-L Tを用いて、原研モデル格納容器によるスプレイ冷却試験の予備計算を行った。その結果、各蒸気供給速度に対する昇圧、昇温速度、ならびに各スプレイ流量およびスプレイの熱吸収率に対するスプレイ時の降圧、降温速度が得られた。これらは、原研モデル格納容器の運転計画に反映される予定である。

謝 辞

本報告をまとめるに際し懇切なる御助言をいただきました安全工学第3研究室長木谷進氏ならびに副主任研究員西尾軍治氏に深く感謝の意を表します。

4に示す。6.0 ton/hrの蒸気供給速度に対し、1.5 ton/hrの蒸気供給速度では、昇圧時間として約4倍を要しており、昇圧速度はほぼ蒸気供給速度に比例している。

本計算では、格納容器内圧力が2.5 kg/cm² G到達後、直ちに40℃のスプレイ水を噴霧させている。スプレイ開始より格納容器内温度がほぼ40℃（スプレイ液温度）に到達するまでの時間は、当然の事ながらスプレイの熱吸収率により大きく変化している。各条件に対するそれらの時間の概略値をTable 5に示す。

なお、Figs. 7~11, 17~21の温度変化図には、格納容器底部サンプル水の温度変化も併せて図示している。蒸気供給開始前25℃であったサンプル水は、蒸気供給開始とともに凝縮水が流入し、その温度が上昇する。スプレイ開始とともに格納容器気相部の熱を吸収した高温のスプレイ水が多量に流入するため、サンプル水温度は急上昇する。しかし気相部温度低下とともに、低温のスプレイ水が流入することになり、サンプル水温度はやがて低下し、ついには気相温度と一致することになる。

5. 結 言

格納容器圧力、温度解析コードCONTEMP T-L Tを用いて、原研モデル格納容器によるスプレイ冷却試験の予備計算を行った。その結果、各蒸気供給速度に対する昇圧、昇温速度、ならびに各スプレイ流量およびスプレイの熱吸収率に対するスプレイ時の降圧、降温速度が得られた。これらは、原研モデル格納容器の運転計画に反映される予定である。

謝 辞

本報告をまとめるに際し懇切なる御助言をいただきました安全工学第3研究室長木谷進氏ならびに副主任研究員西尾軍治氏に深く感謝の意を表します。

4 に示す。6.0 ton/hr の蒸気供給速度に対し、1.5 ton/hr の蒸気供給速度では、昇圧時間として約 4 倍を要しており、昇圧速度はほぼ蒸気供給速度に比例している。

本計算では、格納容器内圧力が 2.5 kg/cm² G 到達後、直ちに 40℃ のスプレイ水を噴霧させている。スプレイ開始より格納容器内温度がほぼ 40℃ (スプレイ液温度) に到達するまでの時間は、当然の事ながらスプレイの熱吸収率により大きく変化している。各条件に対するそれらの時間の概略値を Table 5 に示す。

なお、Figs. 7~11, 17~21 の温度変化図には、格納容器底部サンプル水の温度変化も併せて図示している。蒸気供給開始前 25℃ であったサンプル水は、蒸気供給開始とともに凝縮水が流入し、その温度が上昇する。スプレイ開始とともに格納容器気相部の熱を吸収した高温のスプレイ水が多量に流入するため、サンプル水温度は急上昇する。しかし気相部温度低下とともに、低温のスプレイ水が流入することになり、サンプル水温度はやがて低下し、ついには気相温度と一致することになる。

5. 結 言

格納容器圧力、温度解析コード CONTEMP T-LT を用いて、原研モデル格納容器によるスプレイ冷却試験の予備計算を行った。その結果、各蒸気供給速度に対する昇圧、昇温速度、ならびに各スプレイ流量およびスプレイの熱吸収率に対するスプレイ時の降圧、降温速度が得られた。これらは、原研モデル格納容器の運転計画に反映される予定である。

謝 辞

本報告をまとめるに際し懇切なる御助言をいただきました安全工学第 3 研究室長木谷進氏ならびに副主任研究員西尾軍治氏に深く感謝の意を表します。

Literature cited

- 1) Argonne Code Center : " CONTEMPT-LT Users Manual ", (1973)
- 2) Carmichael, C. F. and S. A. Marko : " CONTEMPT-PS -- A Digital Computer Code for Predicting the Pressure-Temperature History within a Pressure-Suppression Containment Vessel in Response to a Loss-of-Coolant Accident ", IDO-17252 (1969)
- 3) Ishikawa, M. et al. : " Study on the Code CONTEMPT - an Analytical Model for the Containment Temperature and Pressure Behavior ", JAERI-M 5339 (1973)
- 4) Richardson, L. C., L. J. Finnegan, R. J. Wagner and J. M. Waage : " CONTEMPT -- A Computer Program for Predicting the Containment Pressure-Temperature Response to a Loss-of-Coolant Accident ", IDO-17220 (1967)
- 5) Wheat, L. L. : " LOCA Transient in Containments: Current and Advanced Analysis Capability ", Presented at IAEA Specialist Meeting on " Thermo-hydraulic consequences of Loss-of-Coolant Accidents Inside and Outside the Containment ", (1976)
- 6) Wheat, L. L., R. J. Wagner, G. F. Niederauer and C. F. Obenchain : " CONTEMPT-LT -- A Computer Program for Predicting Containment Pressure-Temperature Response to a Loss-of-Coolant Accident ", ANCR-1219 (1975)

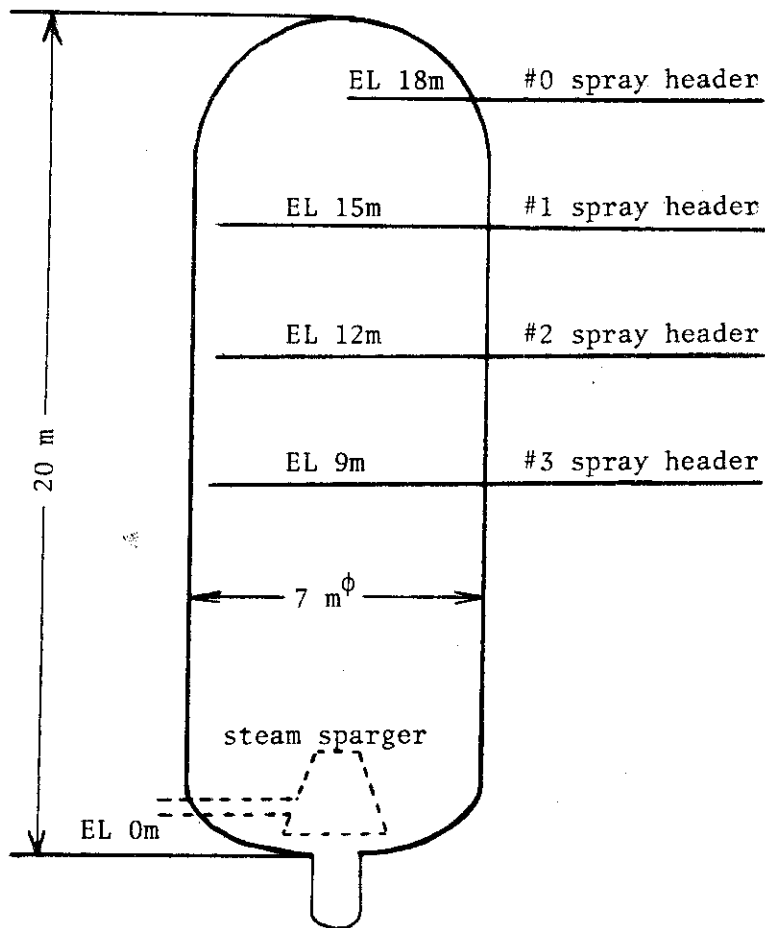


Fig. 1 Schematic Diagram of The JAERI Model Containment Vessel

Table 1 Values of Computation Parameters

Spray Flow Rate	[m ³ /hr]	3.5, 20, 40
Steam Addition Rate	[ton/hr]	1.5, 6.0
Spray Heat Absorption Rate	[-]	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0

Table 2 Principal Input Data for the Computation with the CONTEMP-LT

1. Containment Vessel Geometry	
(1) Gas Phase Volume	702m ³
(2) Sump Volume	0.864m ³
(3) Heat Structure (Containment Vessel Wall)	
Top Head (Hemisphere)	7.0m in diameter
Stainless Steel	3mm in thickness
Carbon Steel	10mm in thickness
Calcium Silicate Board	50mm in thickness
Cylinder	7.0 m in diameter and 14.9 m in height
Stainless Steel	3mm in thickness
Carbon Steel	19mm in thickness
Calcium Silicate Board	50mm in thickness
Bottom Head (Hemisphere Approximated)	3.87 m in diameter
Stainless Steel	3mm in thickness
Carbon Steel	23mm in thickness
Calcium Silicate Board	50mm in thickness
Thermal Properties	
Stainless Steel	14 kcal/m.hr. ^{°C} , 0.118 kcal/kg. ^{°C} , 7820 kg/m ³
Carbon Steel	50 kcal/m.hr. ^{°C} , 0.11 kcal/kg. ^{°C} , 7850 kg/m ³
Calcium Silicate	0.051 kcal/m.hr. ^{°C} , 0.2 kcal/kg. ^{°C} , 440 kg/m ³
2. Initial Conditions of Containment Vessel	
Pressure	1.033 kg/cm ²
Temperature	25 °C
Relative Humidity	0.6
Sump Temperature	25 °C
3. Steam Addition Rate	
(3.5 Kg/cm ² saturated steam 652 kcal/kg)	1.5 ton/hr
4. Spray Water	
(1) Flow Rate	3.5, 20, 40 m ³ /hr
(2) Temperature	40 °C
(3) Spray Heat Absorption Rate	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0
5. Heat Transfer Coefficient at Inner Surface of Containment Vessel Wall air-to-steam ratio of Uchida	
6. Outside Air	
(1) Pressure	1.033 kg/cm ²
(2) Temperature	25 °C
(3) Relative Humidity	0.6

Table 3 List of Figures of Calculated Results

	Spray Flow Rate [m ³ /hr]		
	3.5	20	40
Pressure	Figs. 2 ~ 6	Figs. 12 ~ 16	Figs. 22 ~ 26
Temperature	Figs. 7 ~ 11	Figs. 17 ~ 21	Figs. 27 ~ 31

Table 4 Time Required to Raise the JAERI-Model-Containment-Vessel Pressure to 2.5 [kg/cm²G]

		Time Required
Steam Addition Rate	1.5 ton/hr	87.0 min
	6.0 ton/hr	20.8 min

Table 5 Approximate Time Required for The JAERI Model Containment Vessel to Reach the Steady State from the Spray Start (2.5 [kg/cm²G])

		Spray Heat Absorption Efficiency [-]				
		1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
Spray Flow Rate [m ³ /hr]	3.5	8 hr	9 hr	>10 hr	>10 hr	>10 hr
	20	2 hr	2.5 hr	3.5 hr	4.5 hr	7 hr
	40	1 hr	1.5 hr	2 hr	2.5 hr	4.5 hr

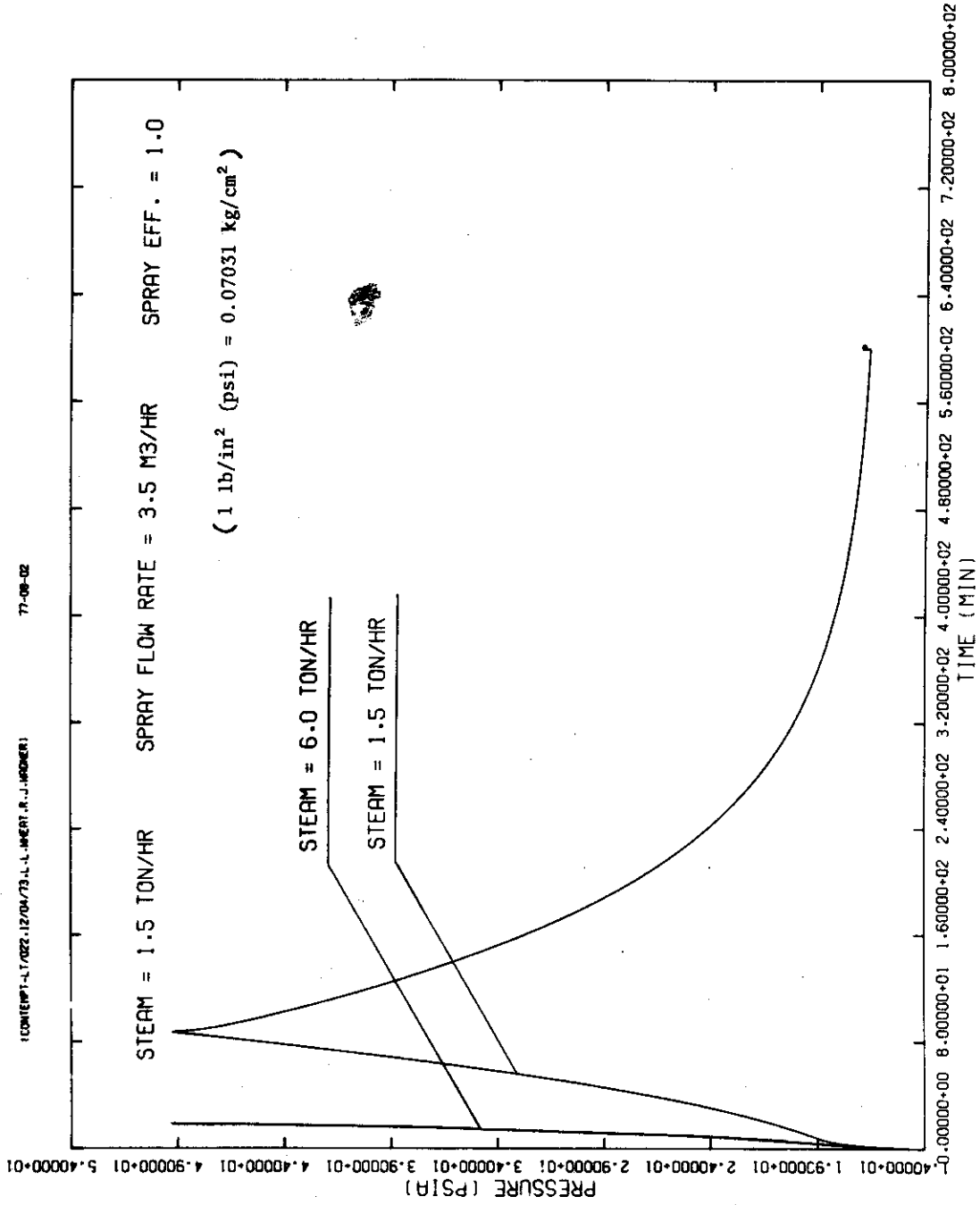


Fig. 2 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 1.0, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

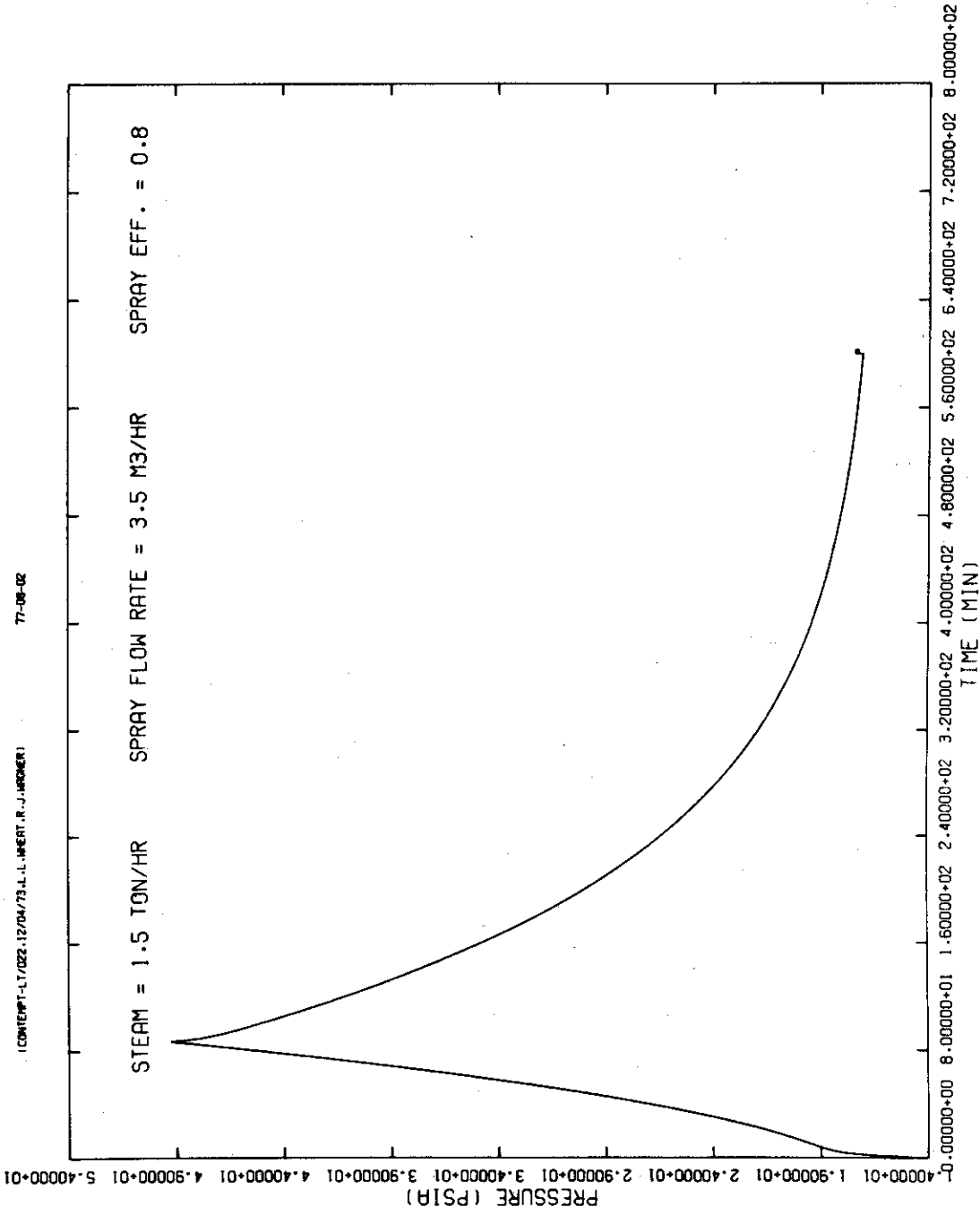


Fig. 3 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.8, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

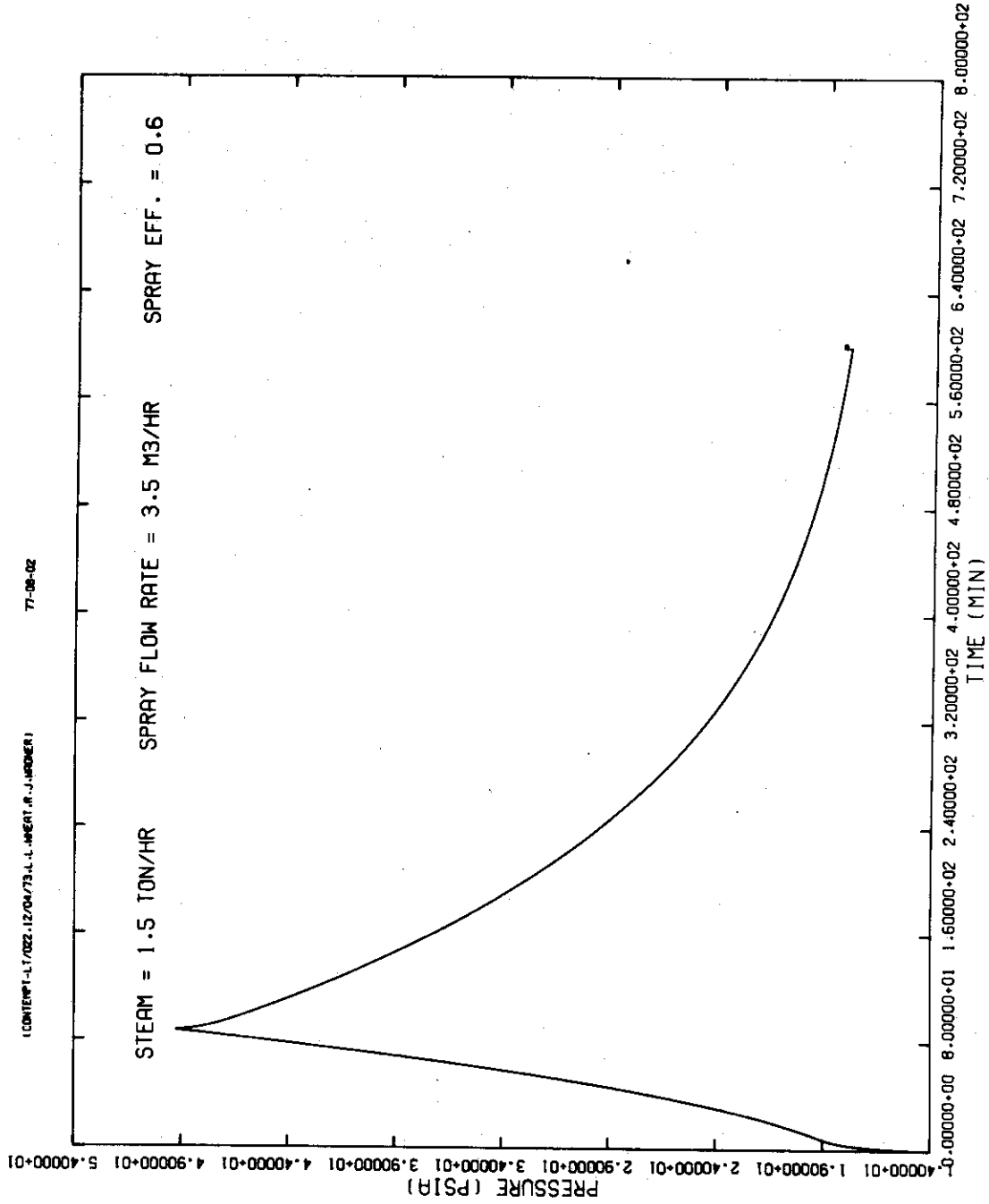


Fig. 4 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
(Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.6, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

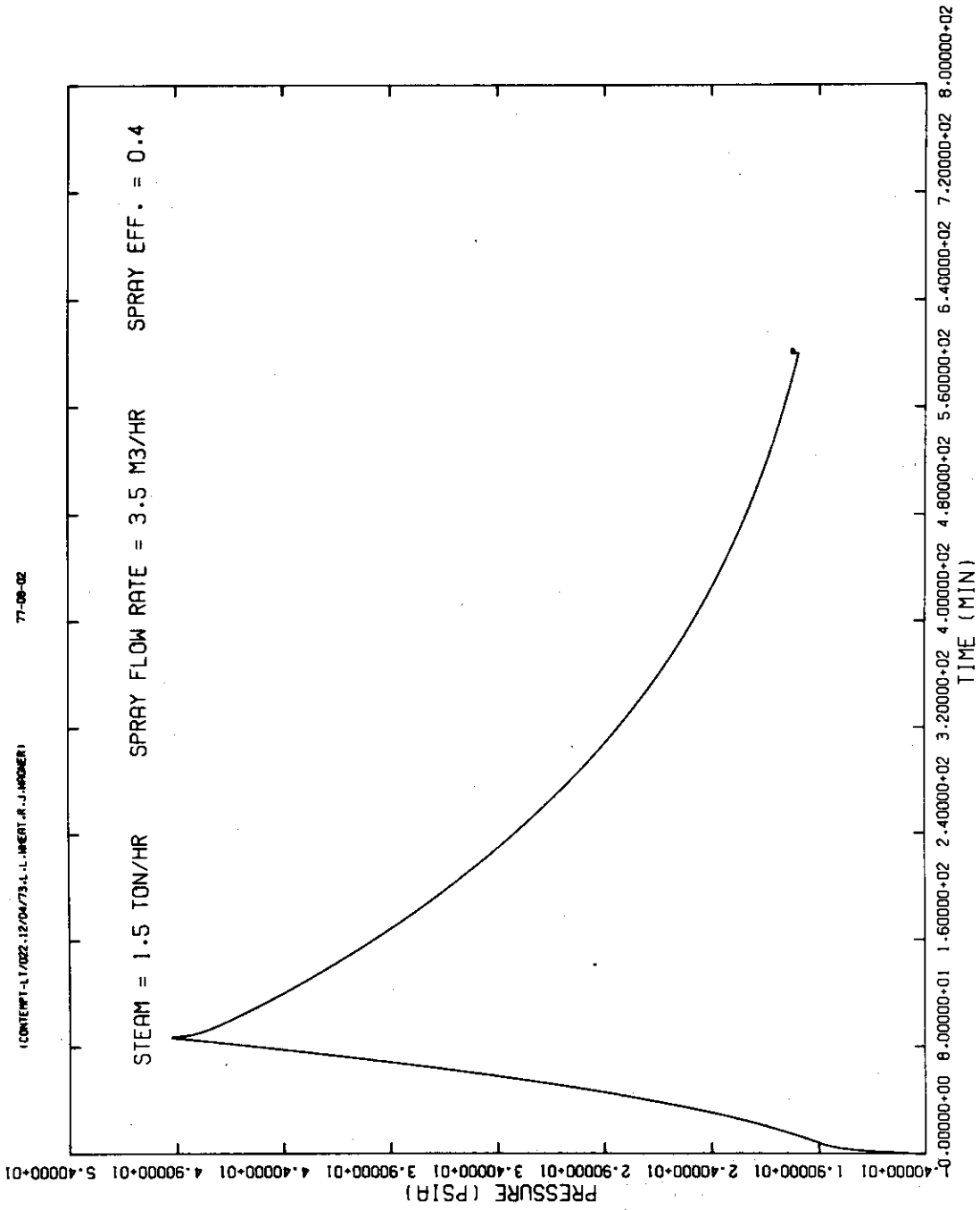


Fig. 5 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.4, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

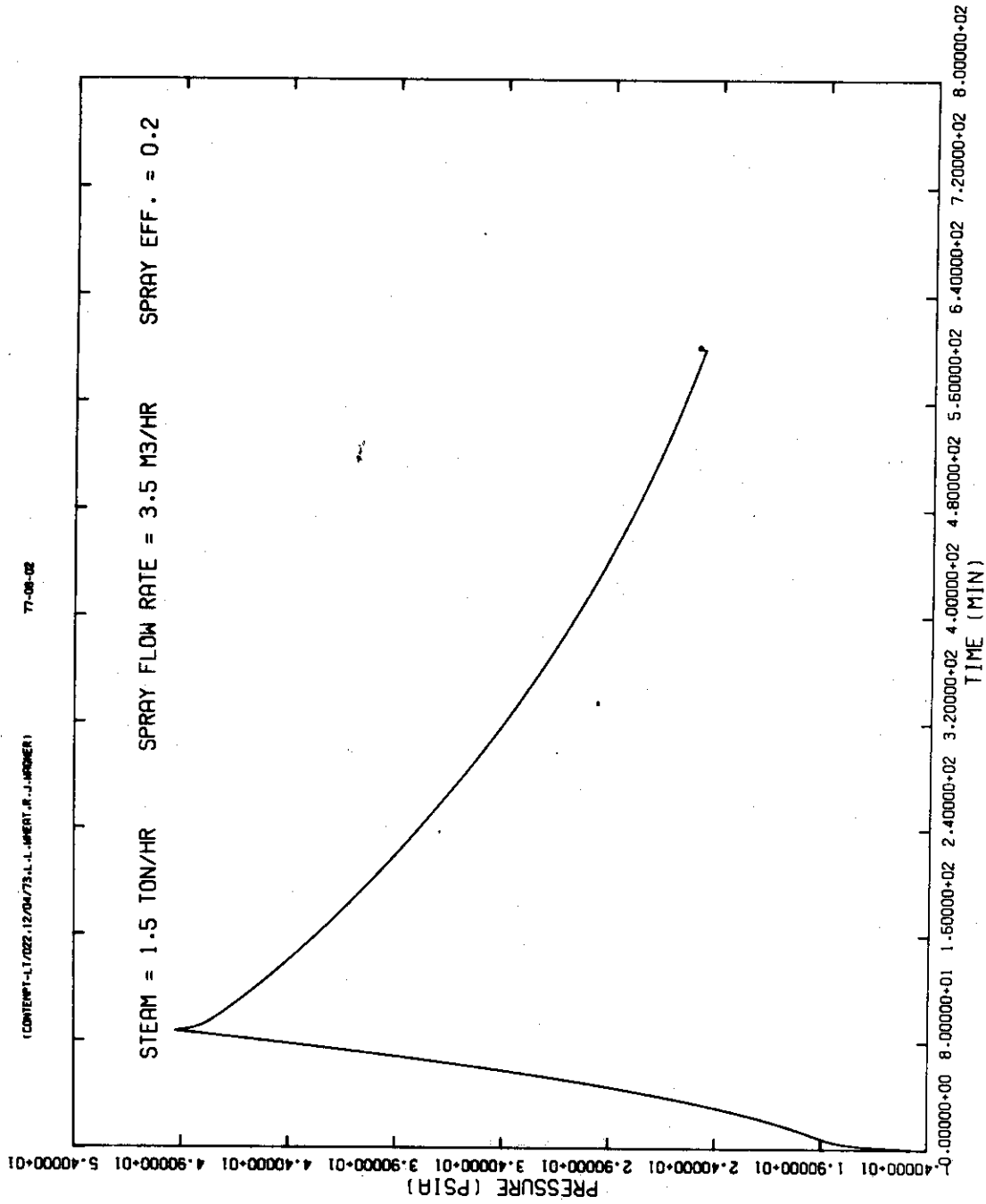


Fig. 6 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.2, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

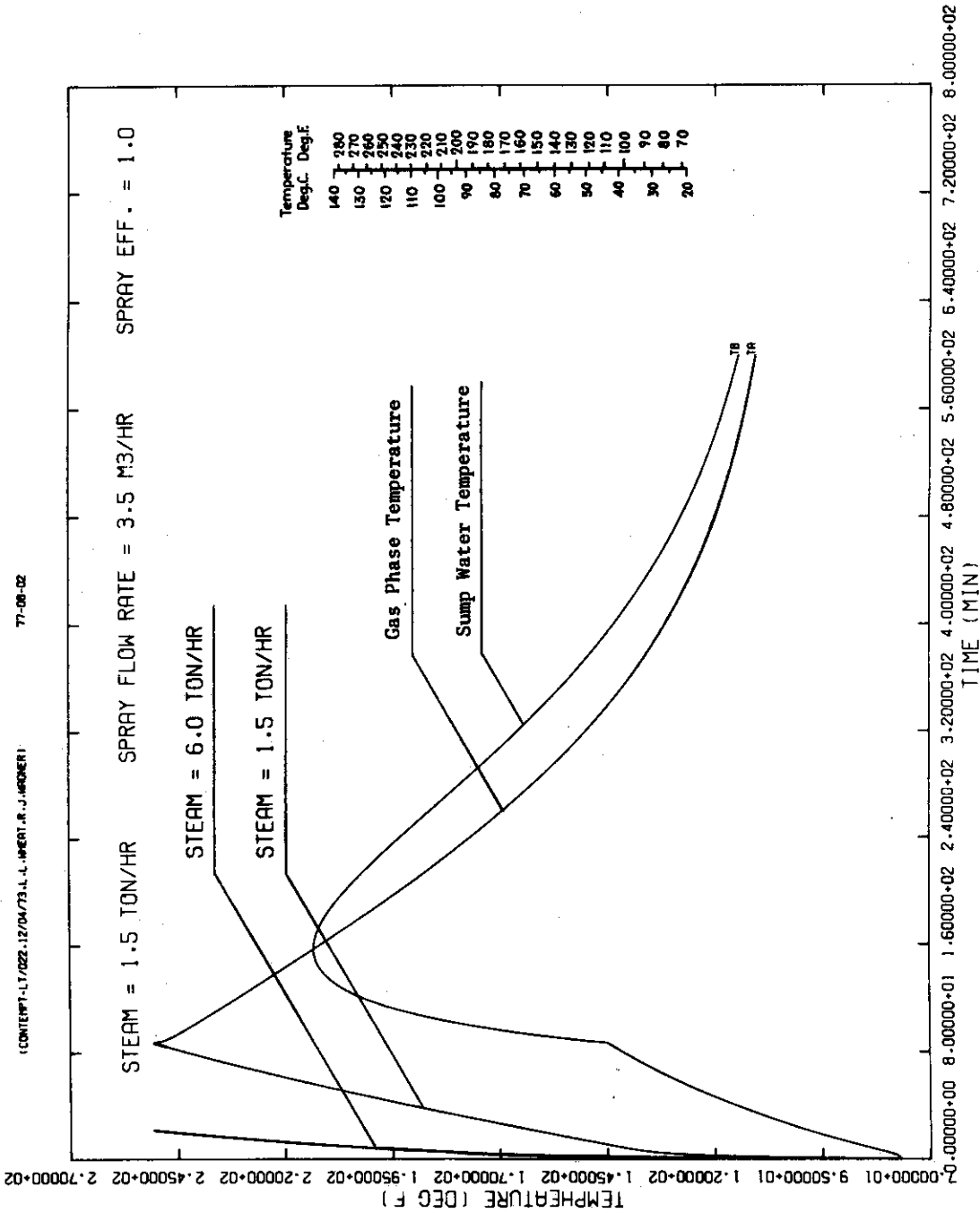


Fig. 7 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 1.0, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

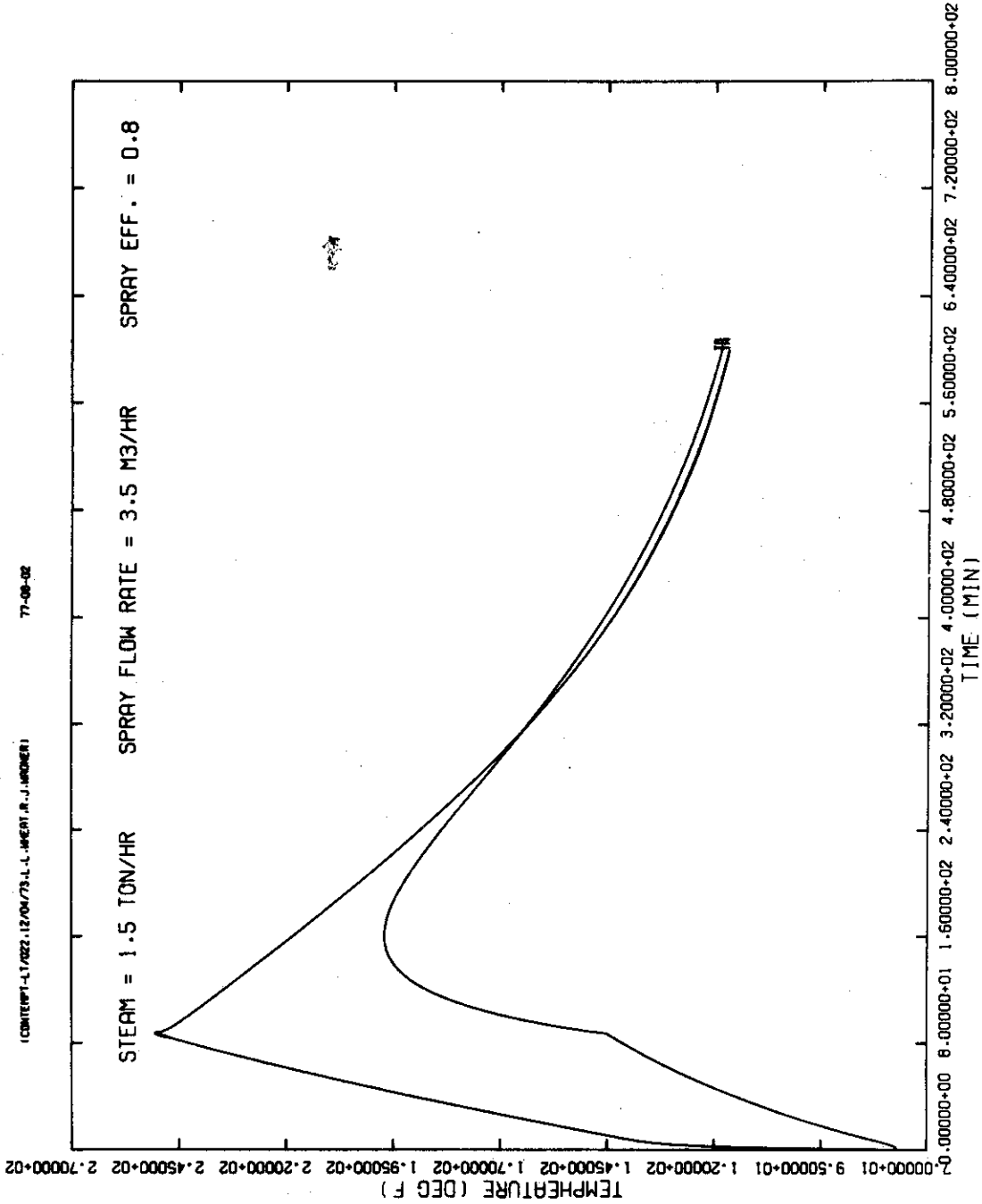


Fig. 8 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.8, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

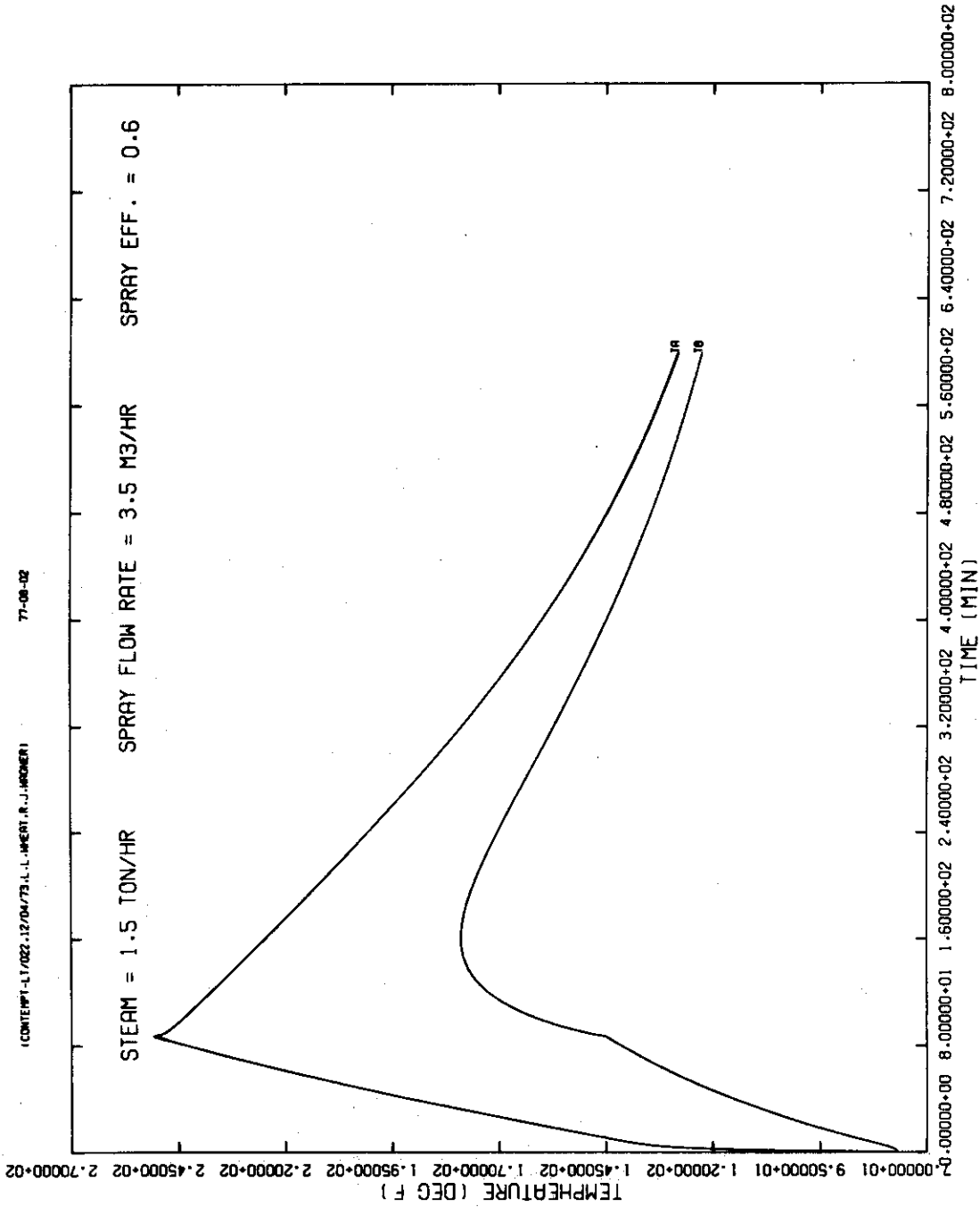


Fig. 9 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.6, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

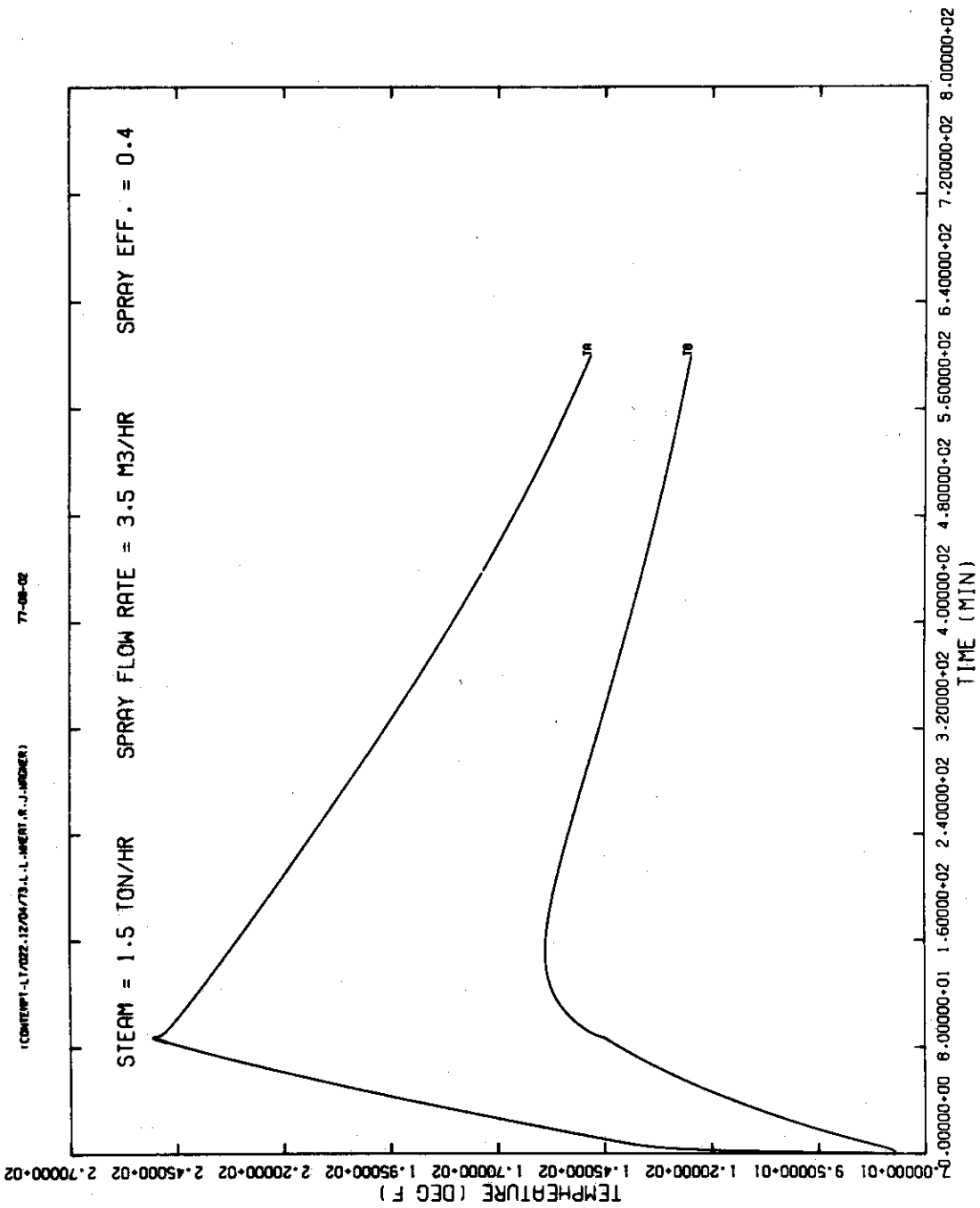


Fig. 10 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.4, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

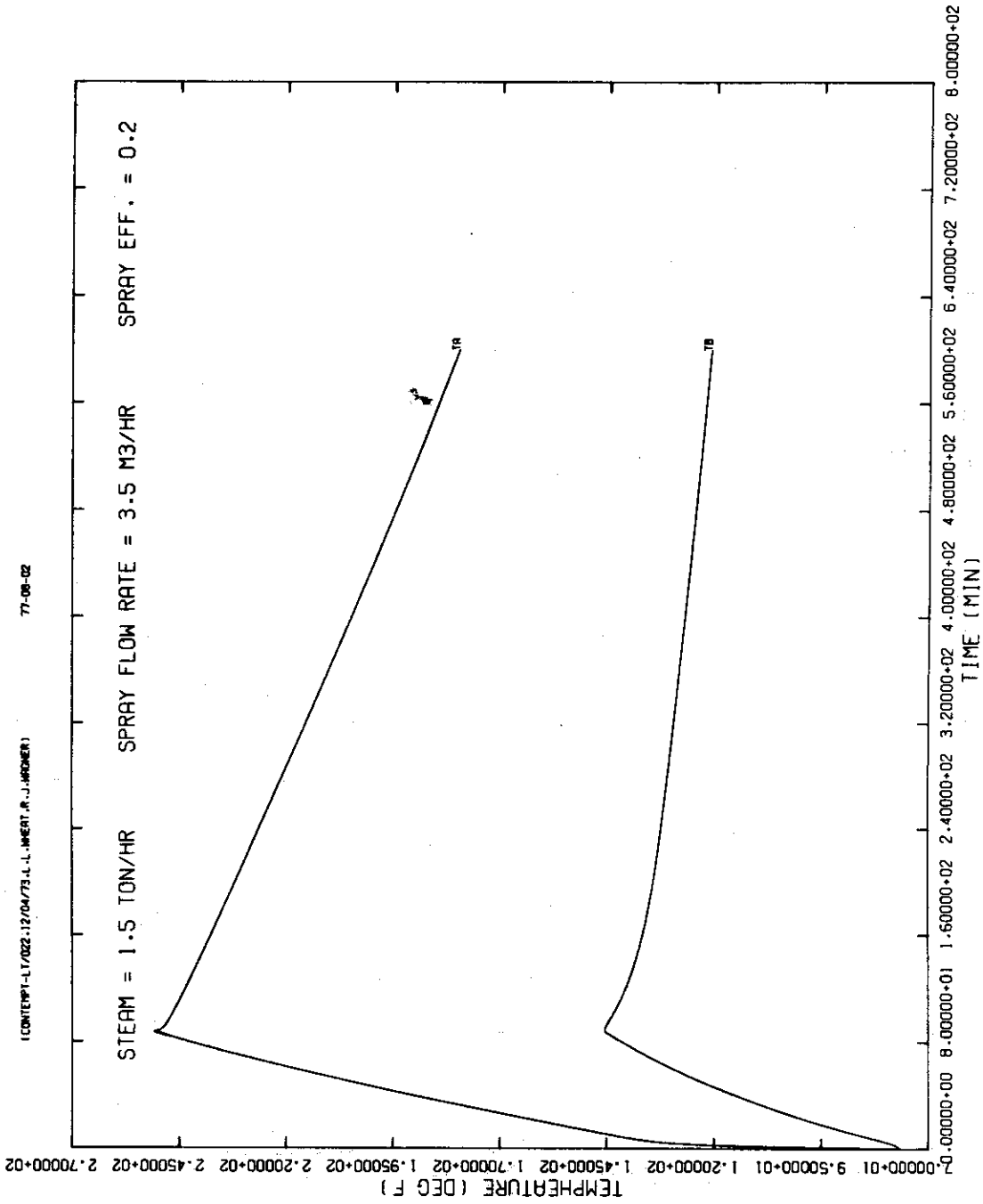


Fig. 11 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 3.5 m³/hr, Spray Eff. = 0.2, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

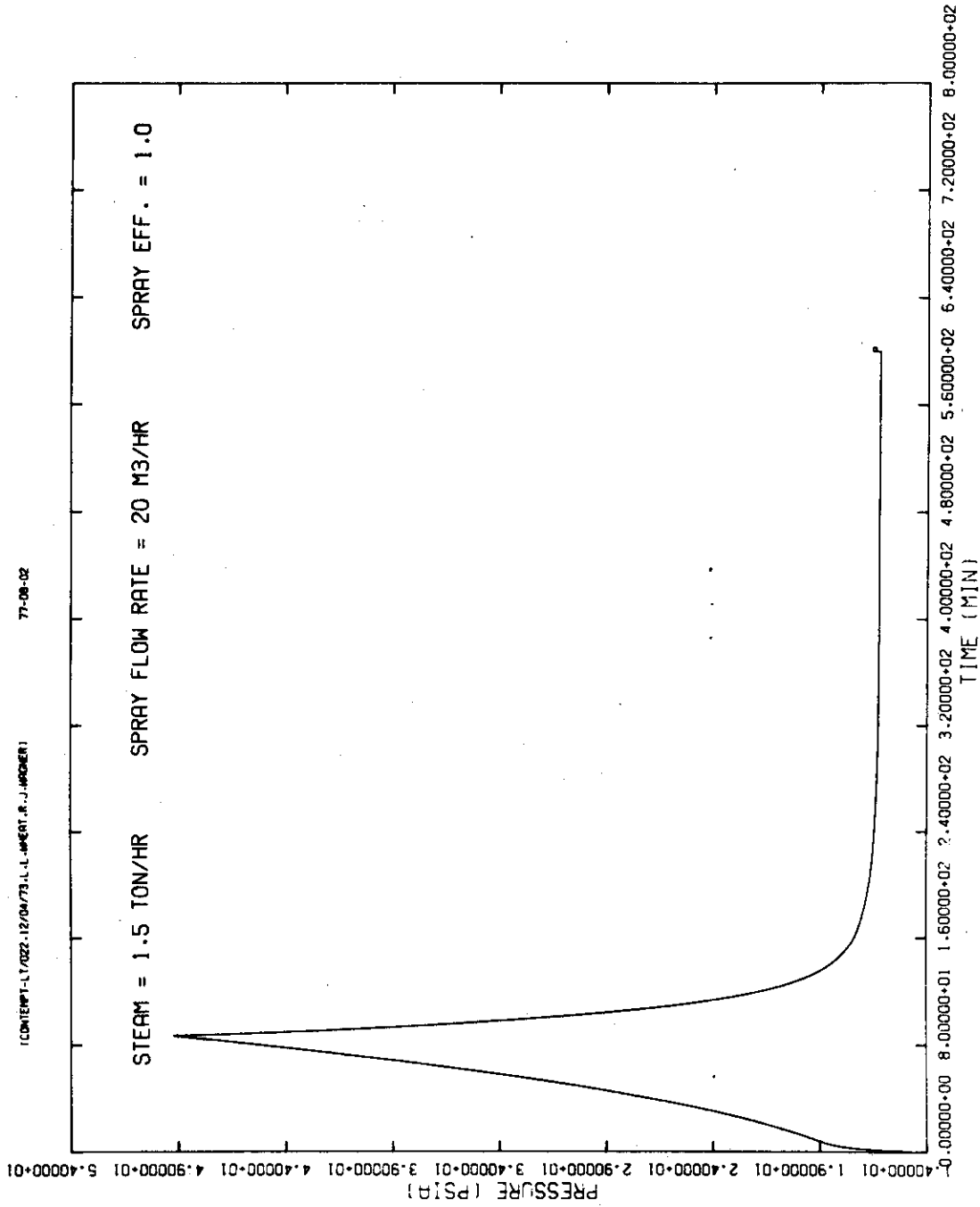


Fig. 12 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 1.0, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

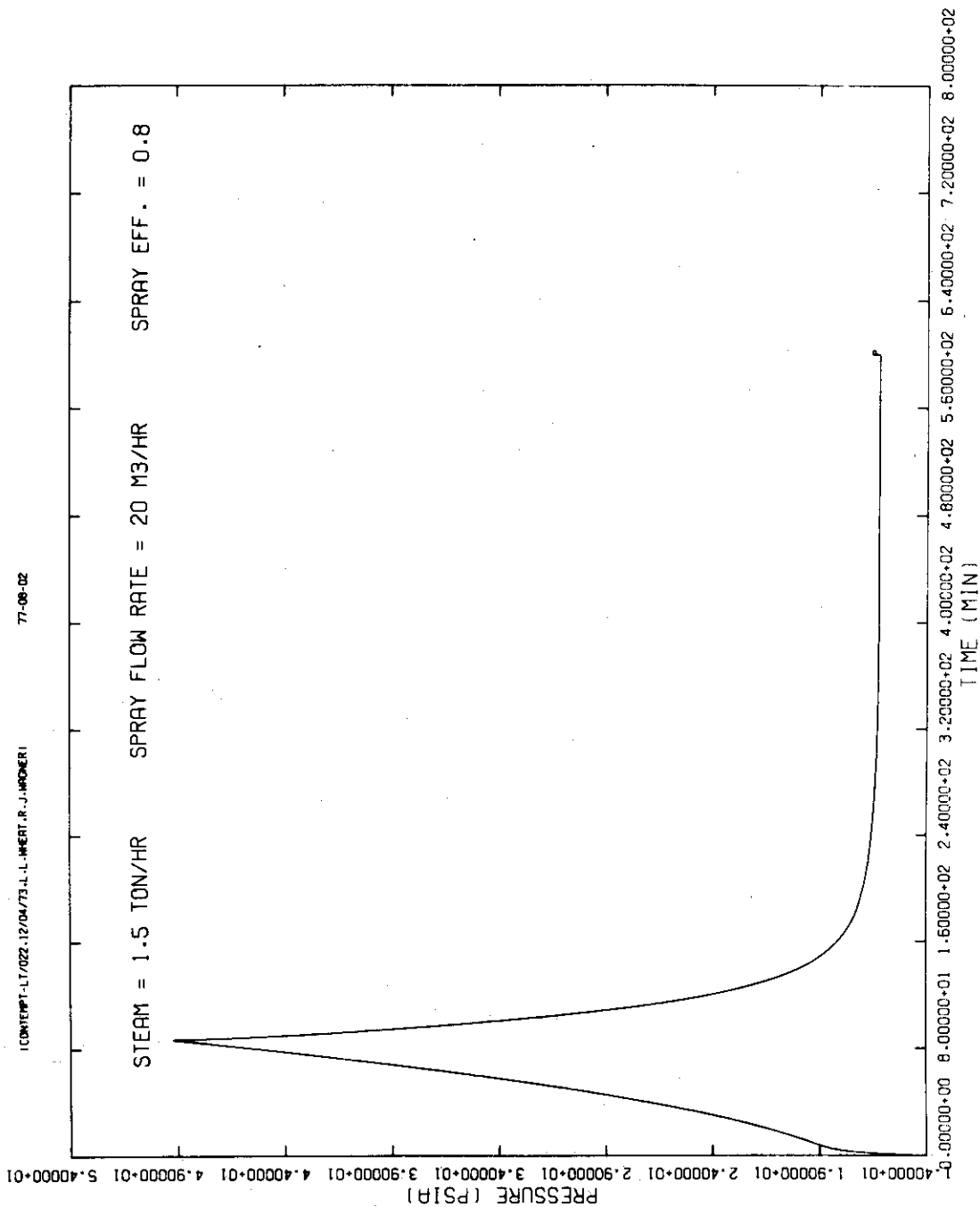


Fig. 13 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
(Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.8, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

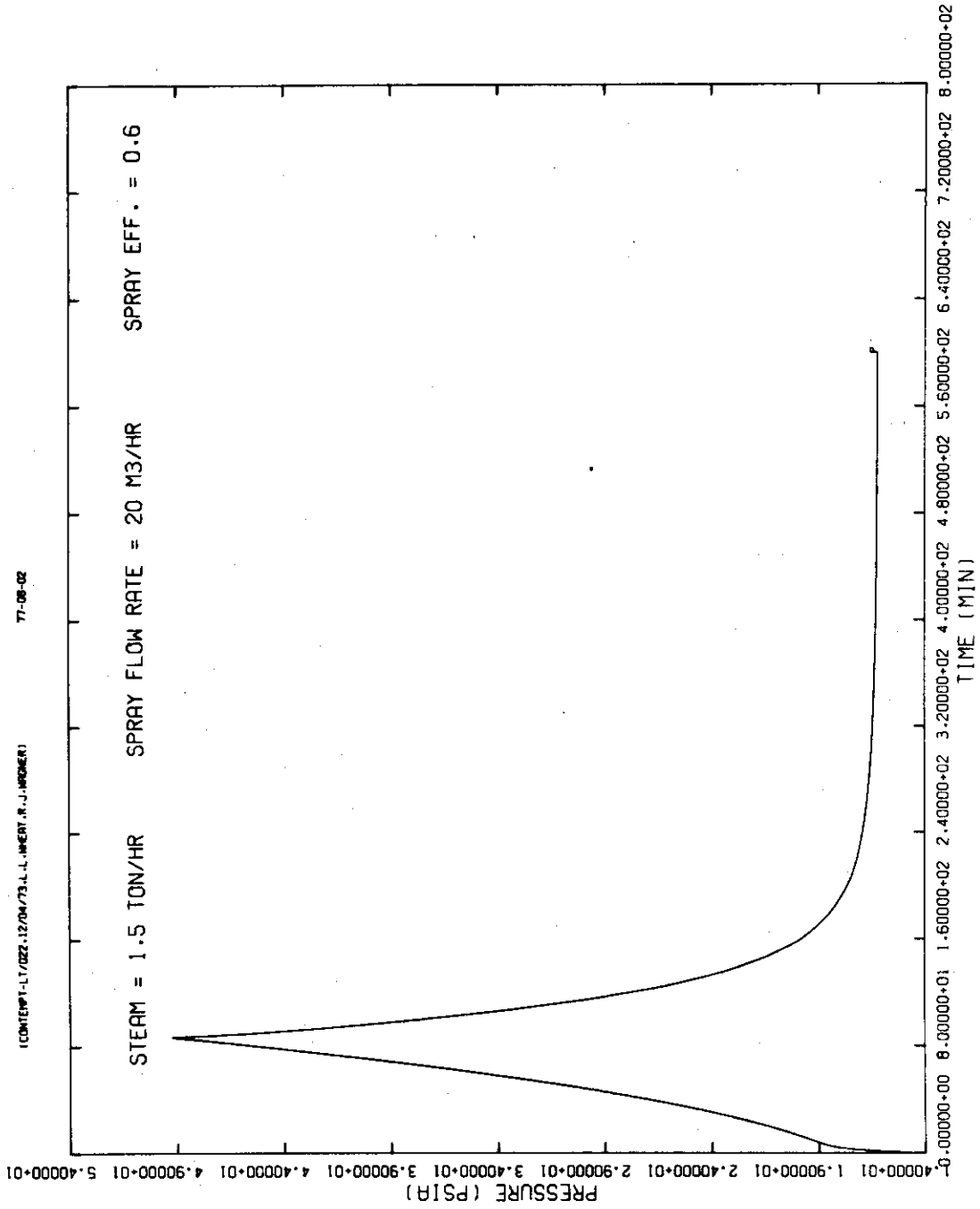


Fig. 14 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
(Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.6, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

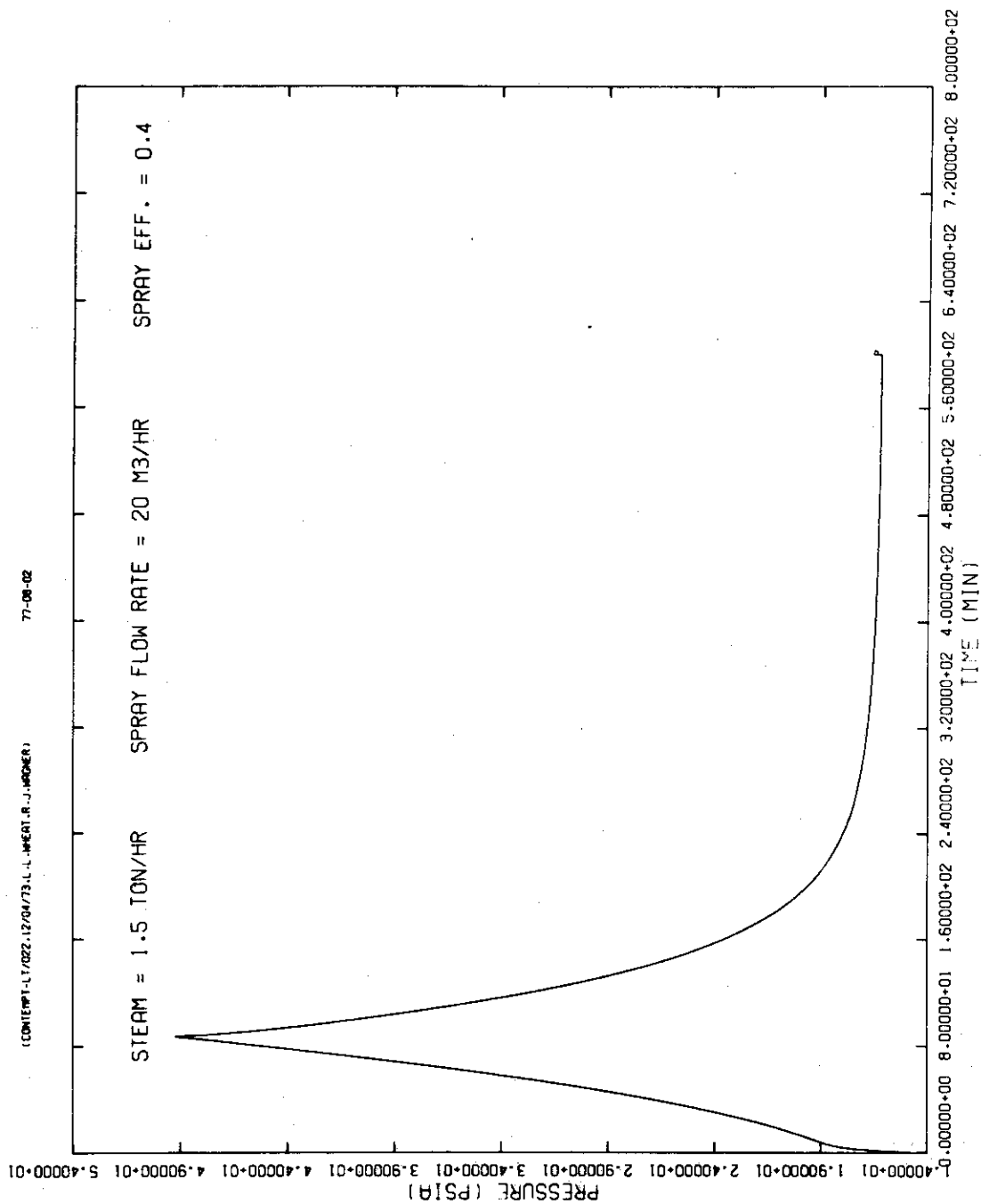


Fig. 15 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.4, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

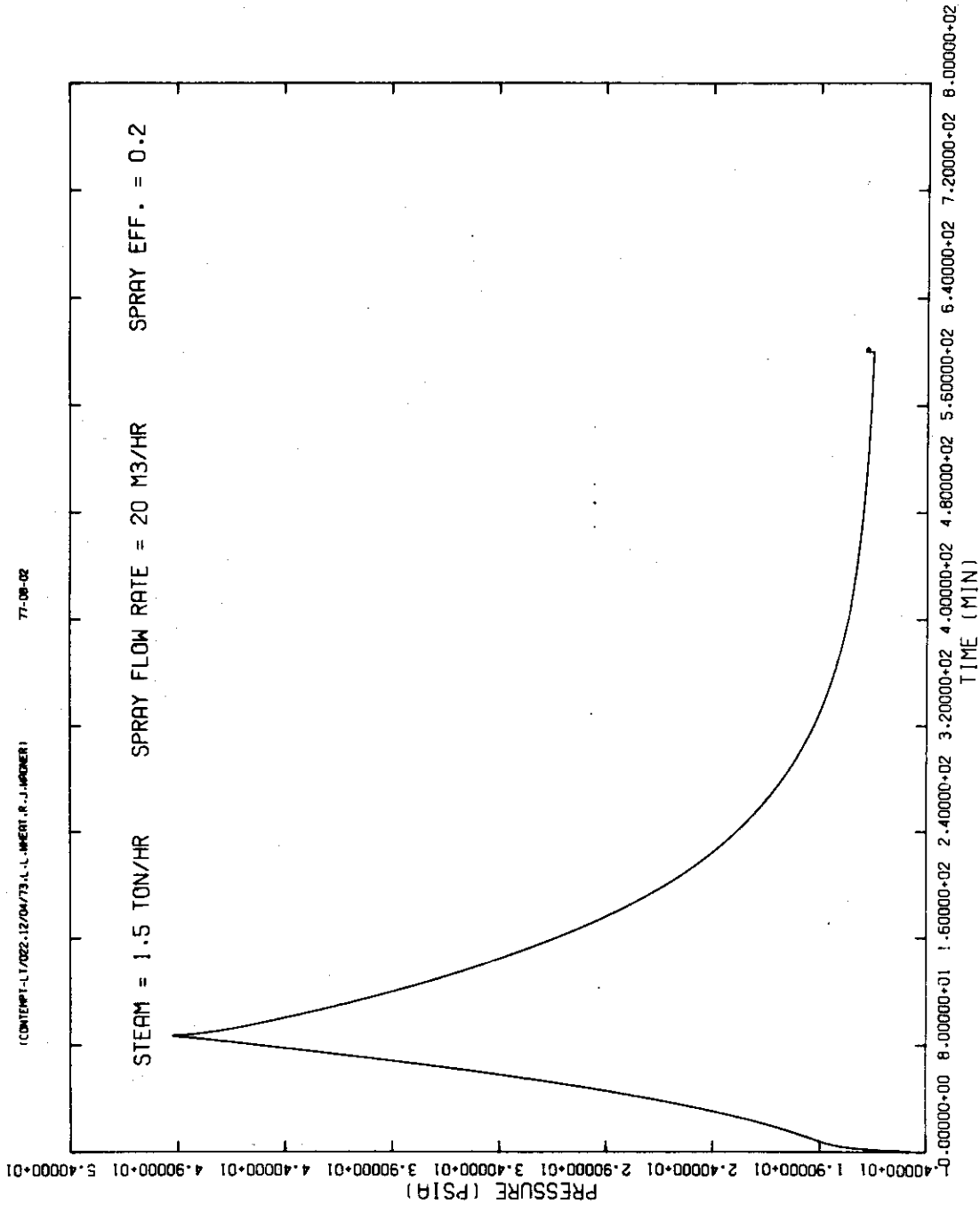


Fig. 16 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.2, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

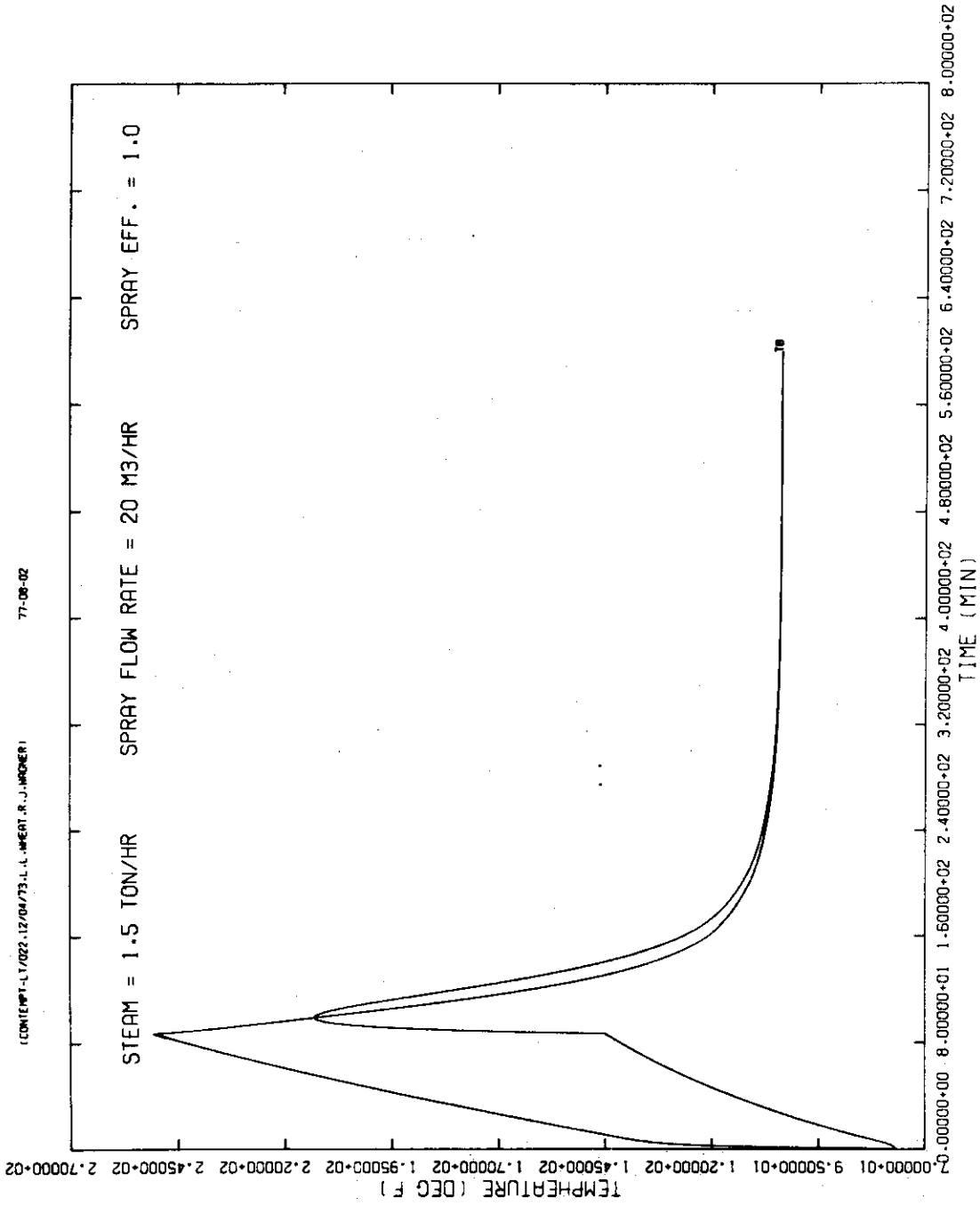


Fig. 17 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 1.0, Spray starts at 2.5 kg/cm²G)

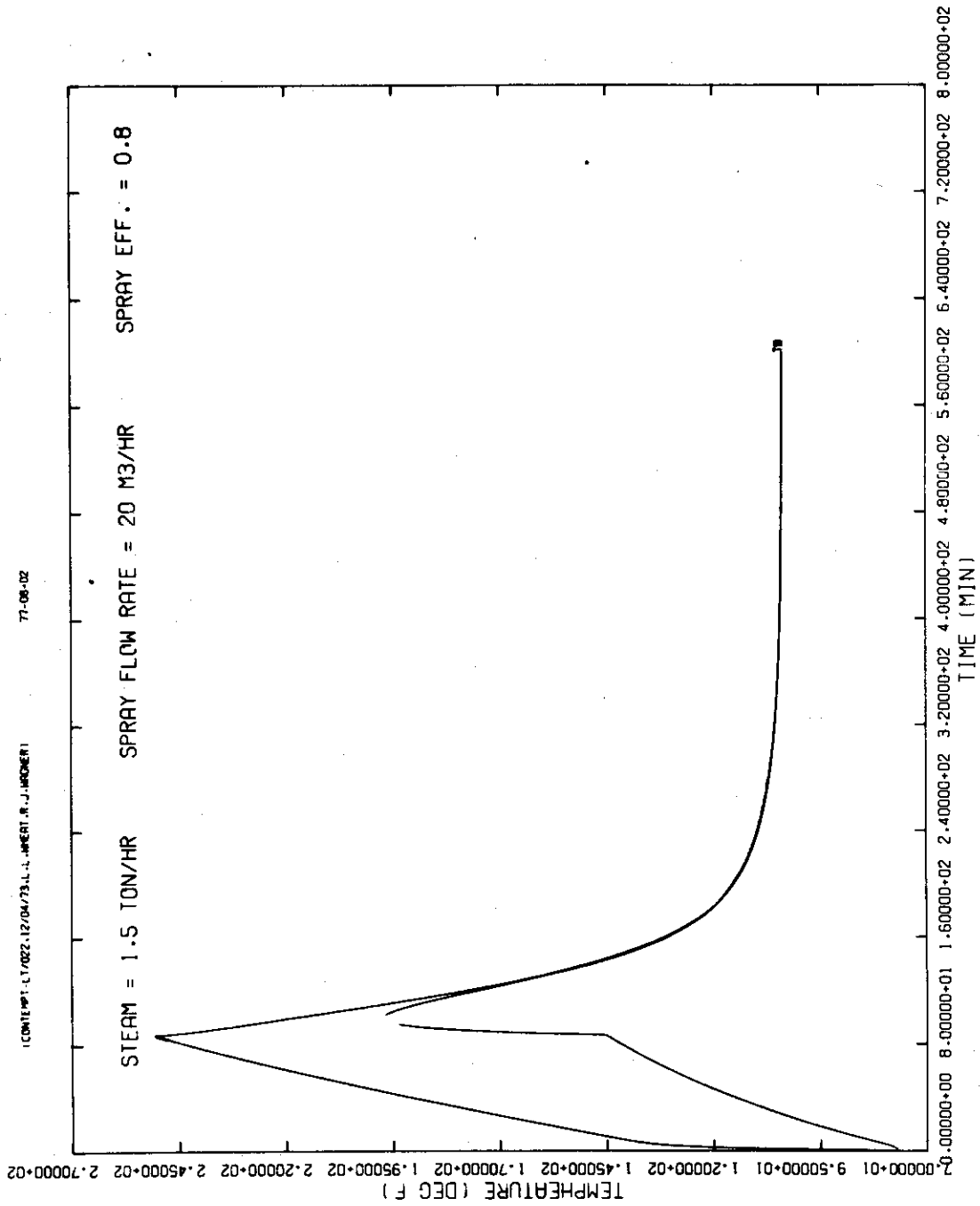


Fig. 18 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.8, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

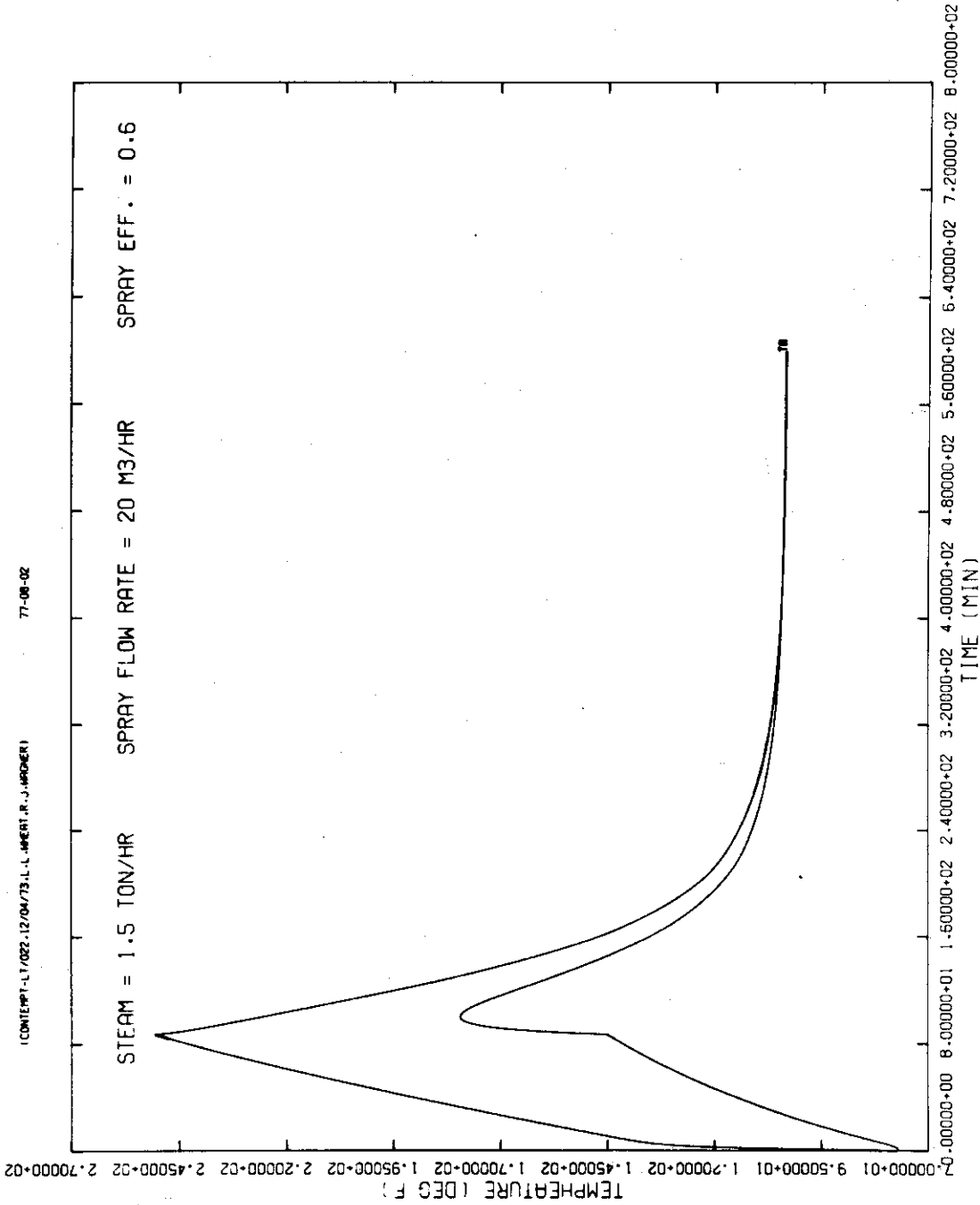


Fig. 19 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.6, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

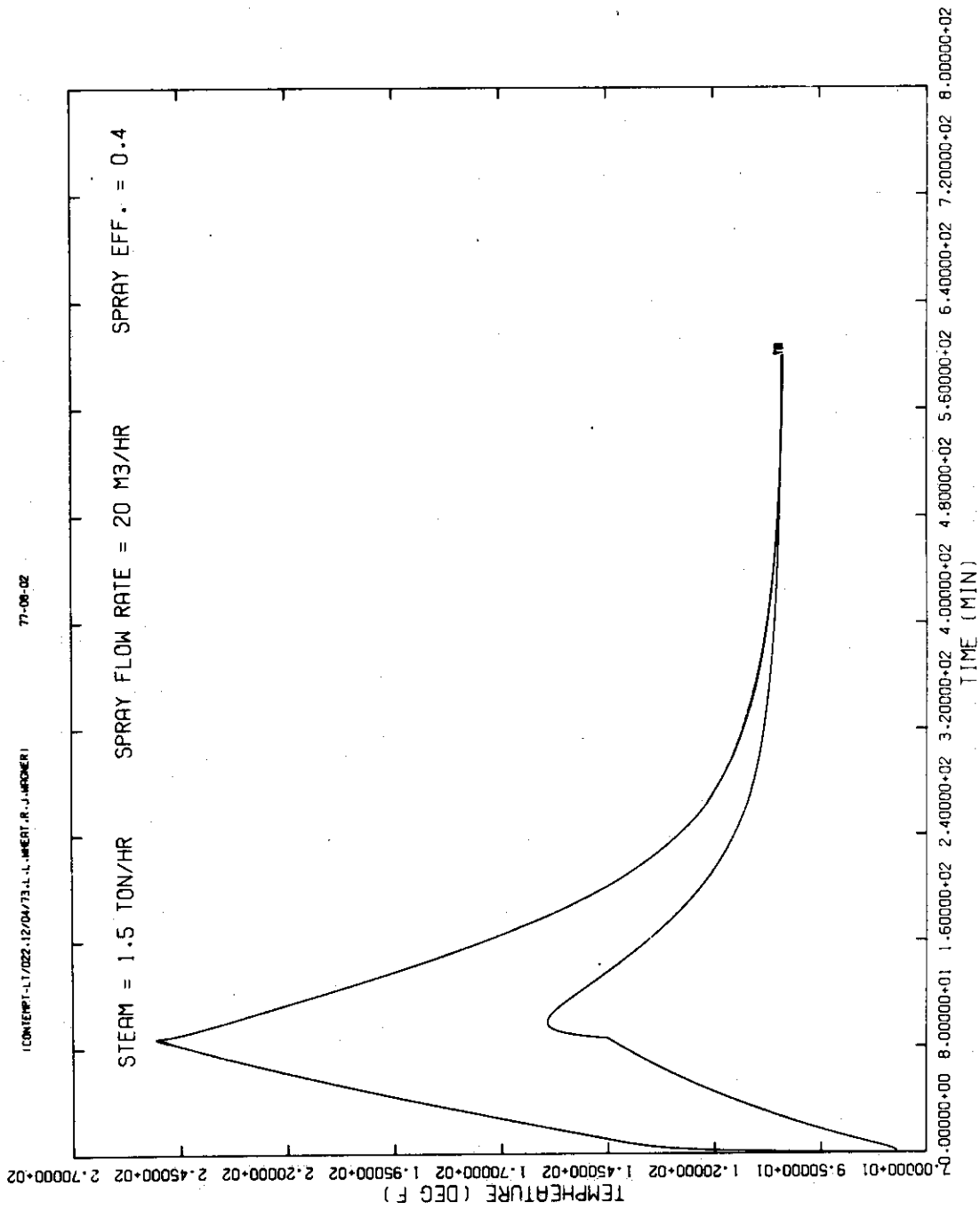


Fig. 20 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.4, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

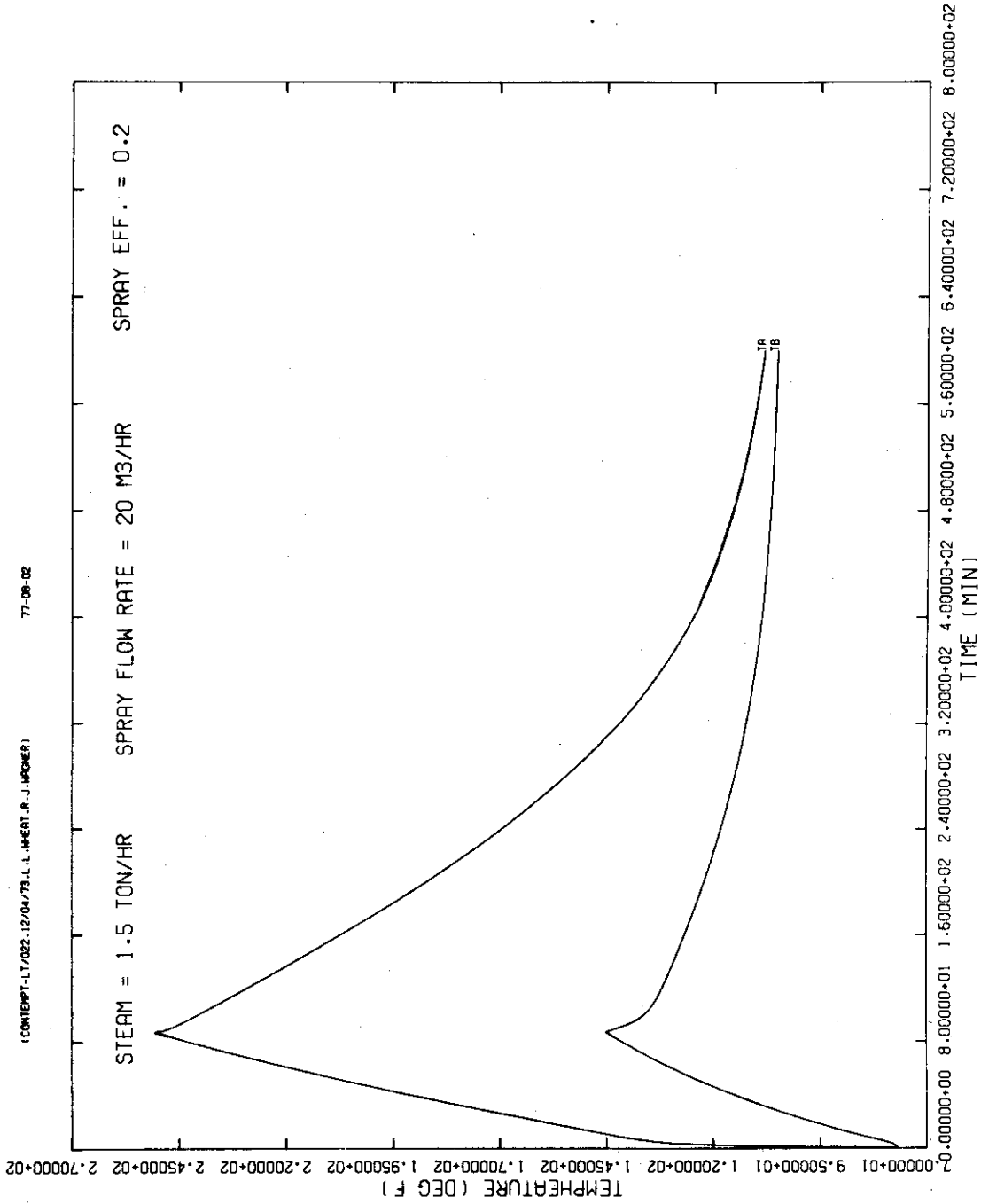


Fig. 21 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 20 m³/hr, Spray Eff. = 0.2, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

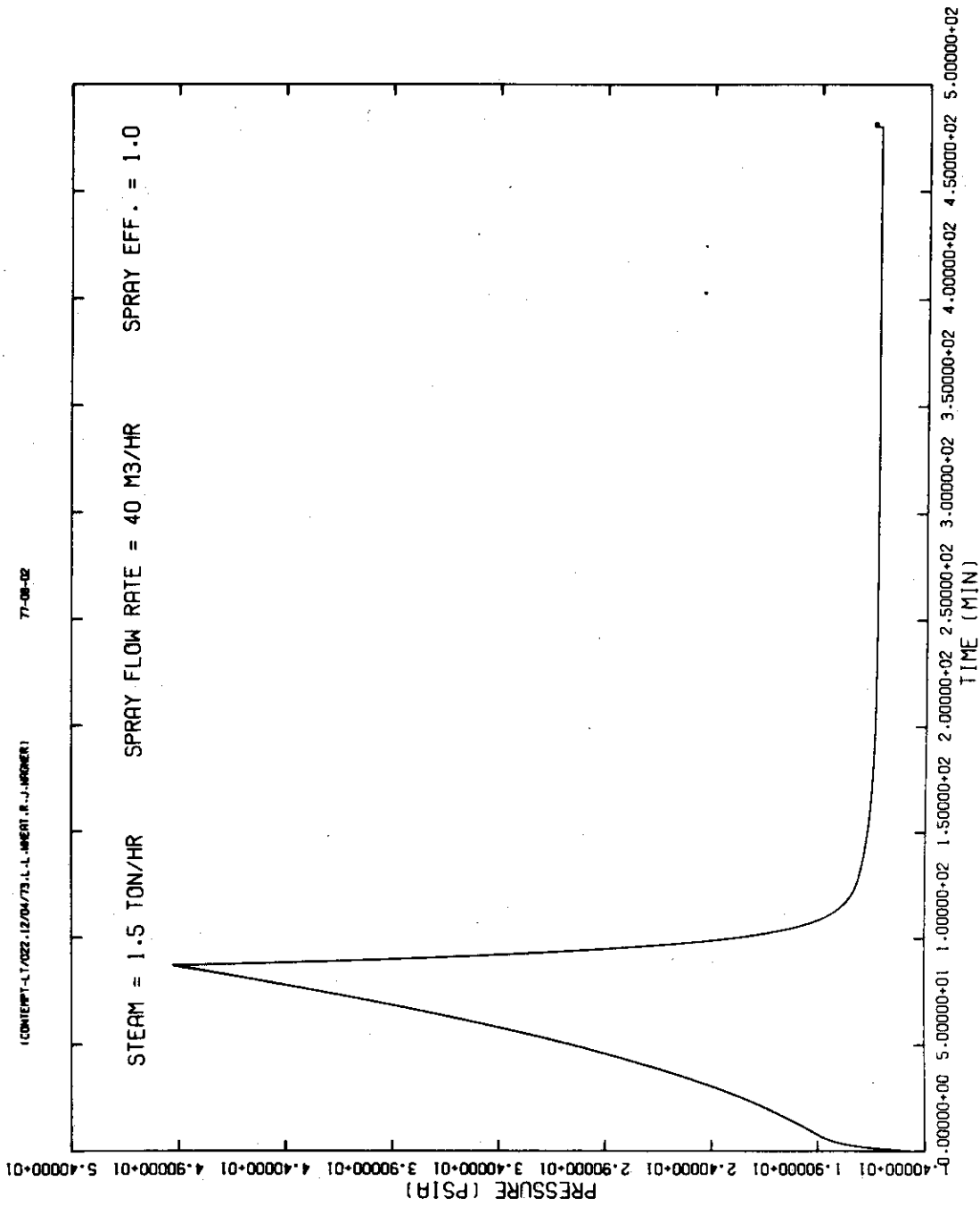


Fig. 22 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
(Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 1.0, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

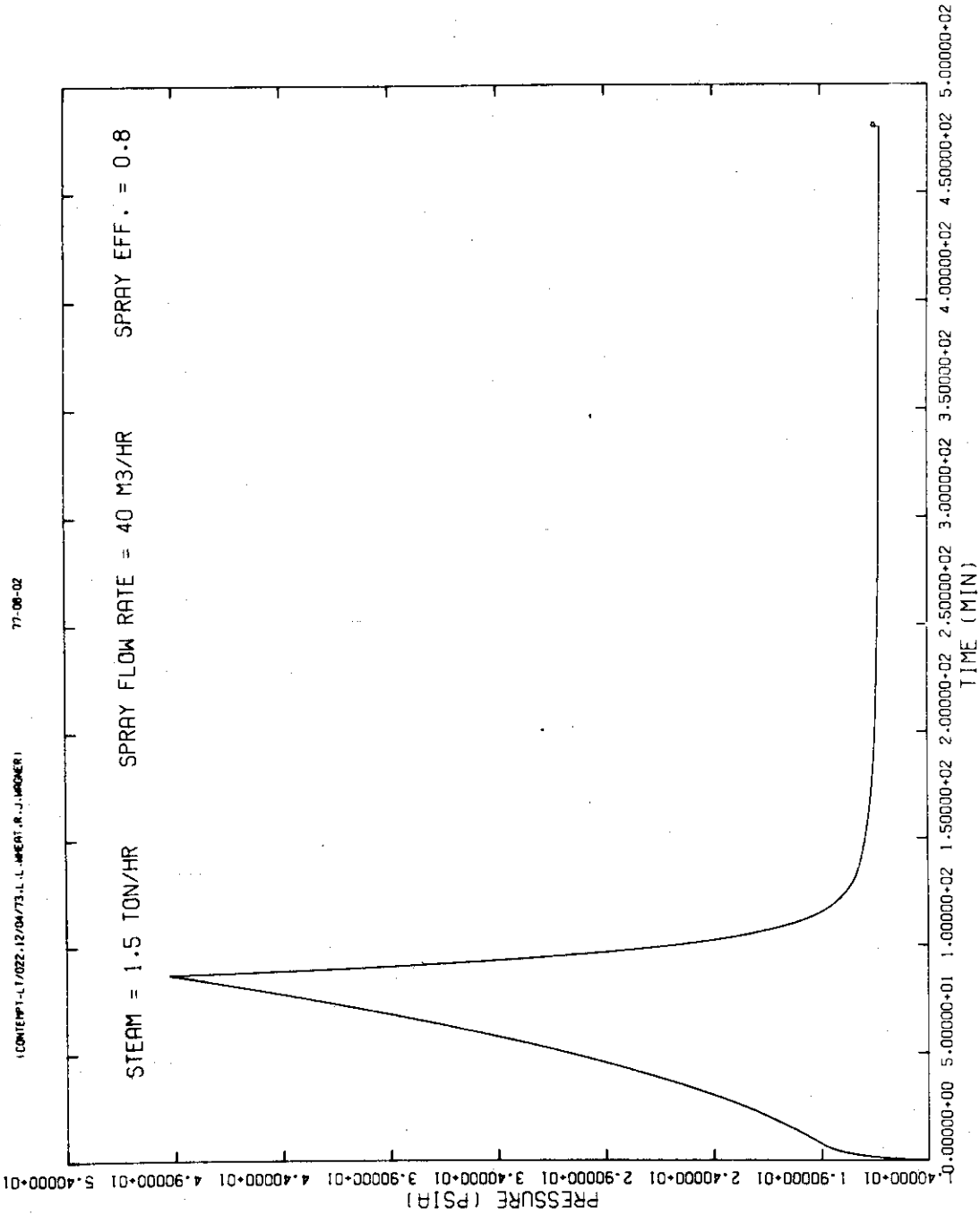


Fig. 23 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 0.8, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

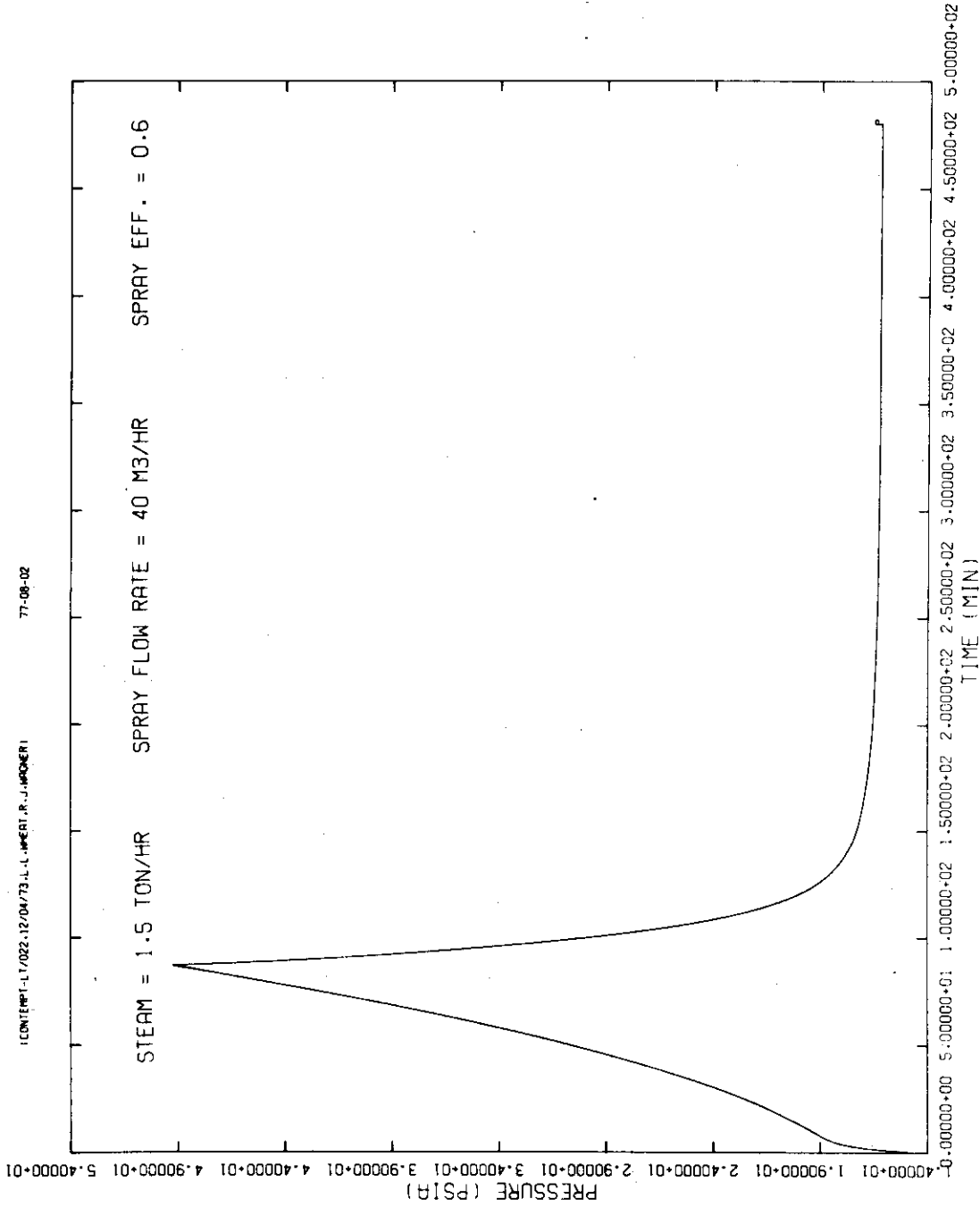


Fig. 24 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 0.6, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

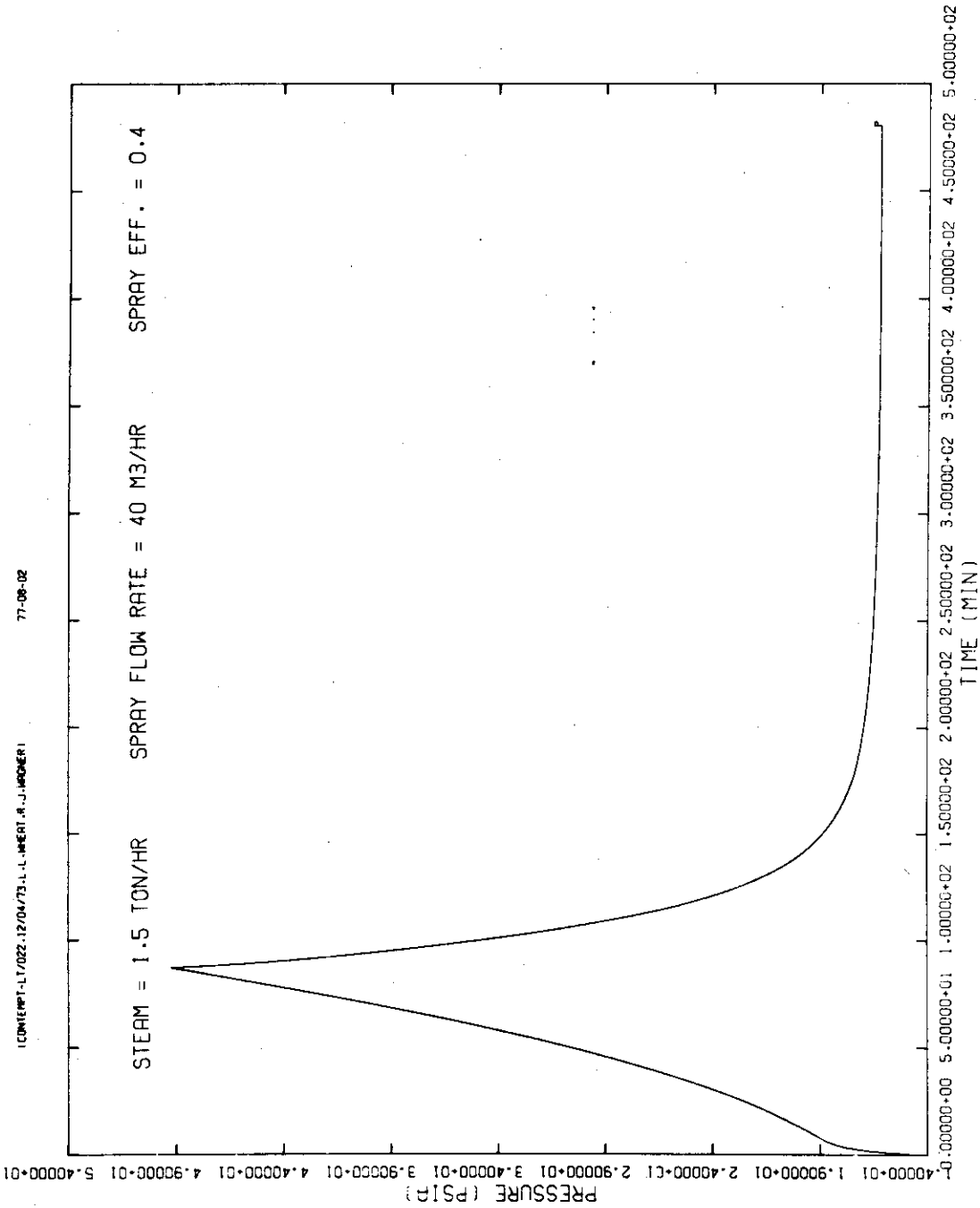


Fig. 25 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40. m³/hr, Spray Eff. = 0.4, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

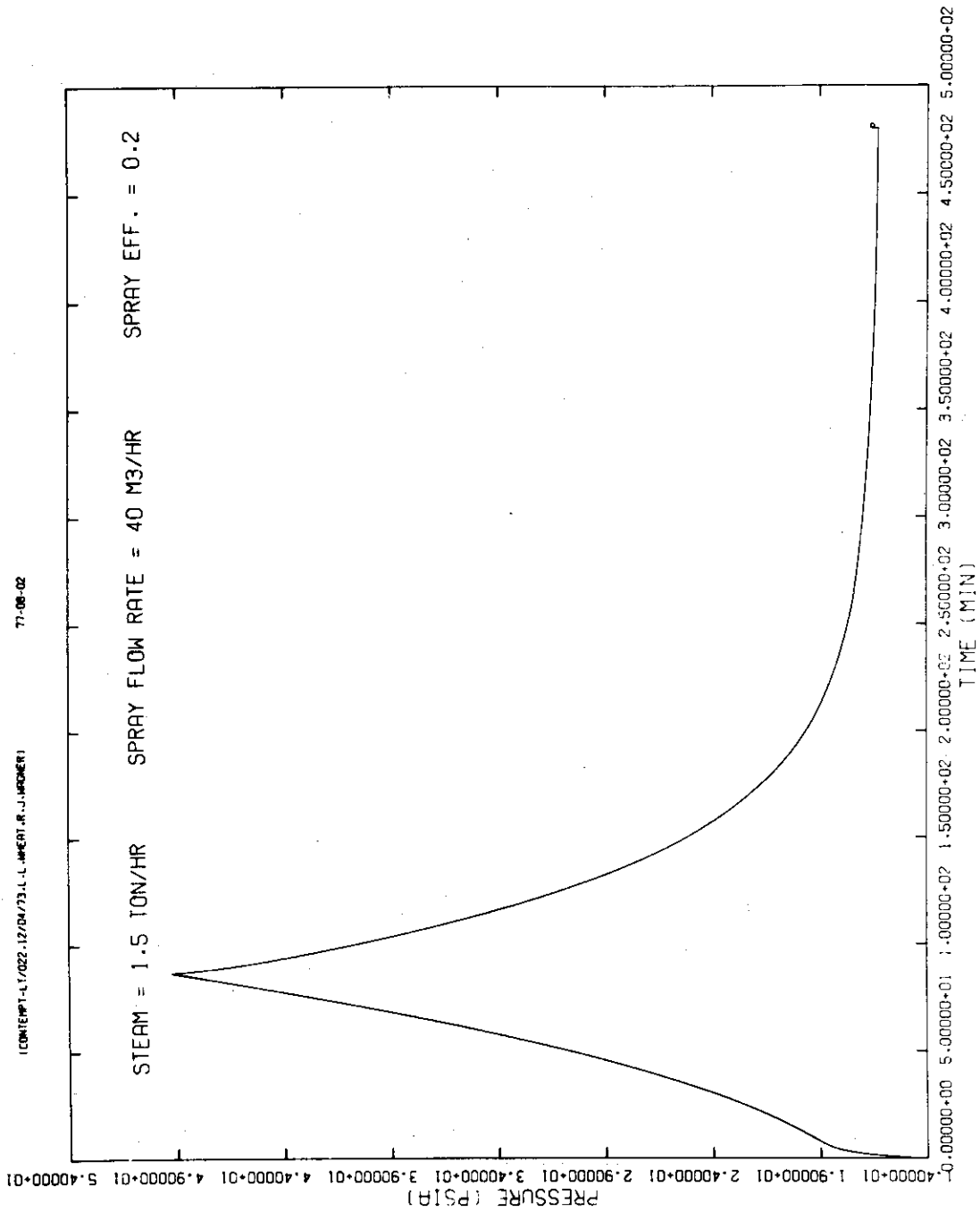


Fig. 26 Pressure Change in The JAERI Model Containment Vessel
(Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 0.2, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

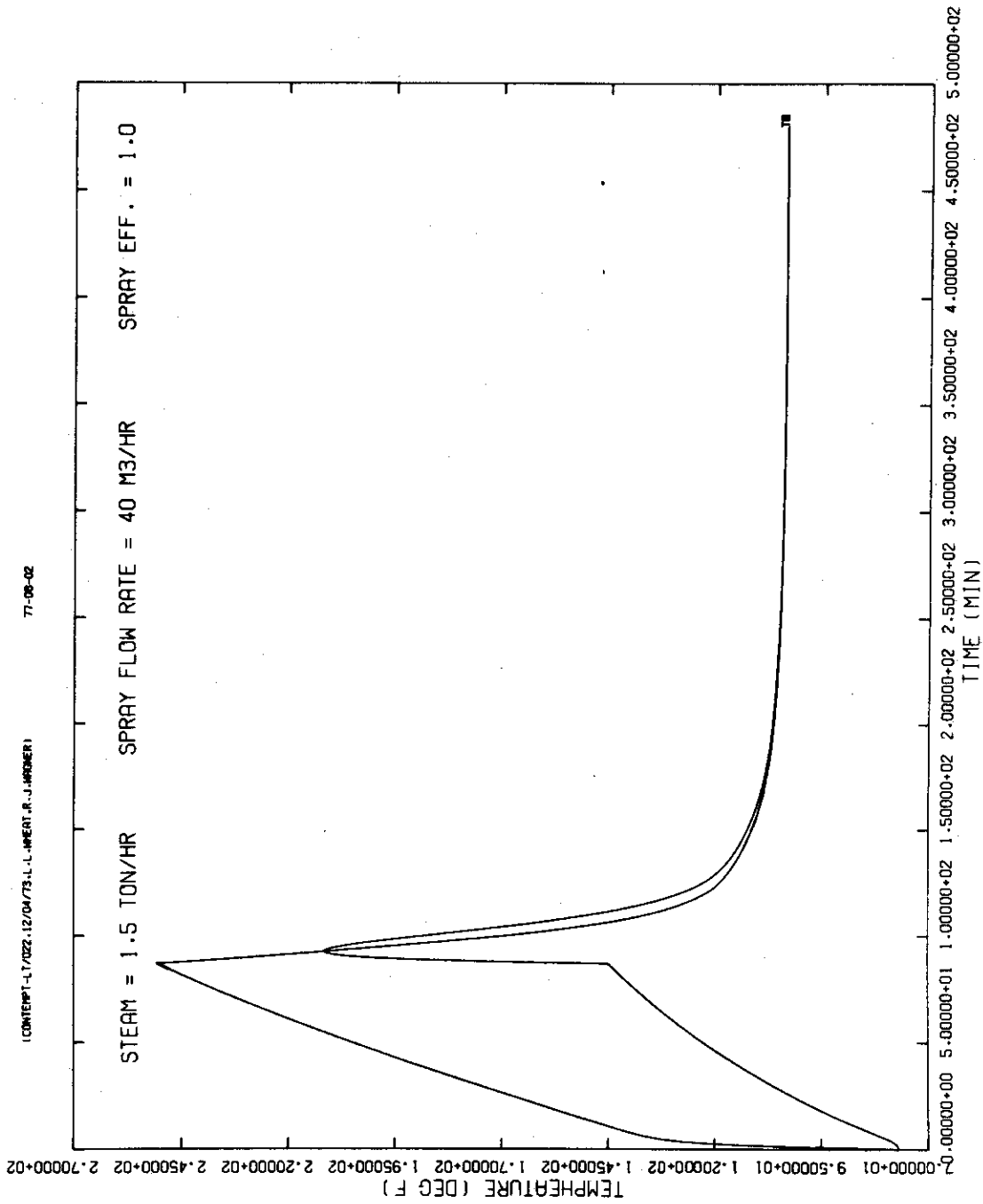


Fig. 27 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 1.0, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

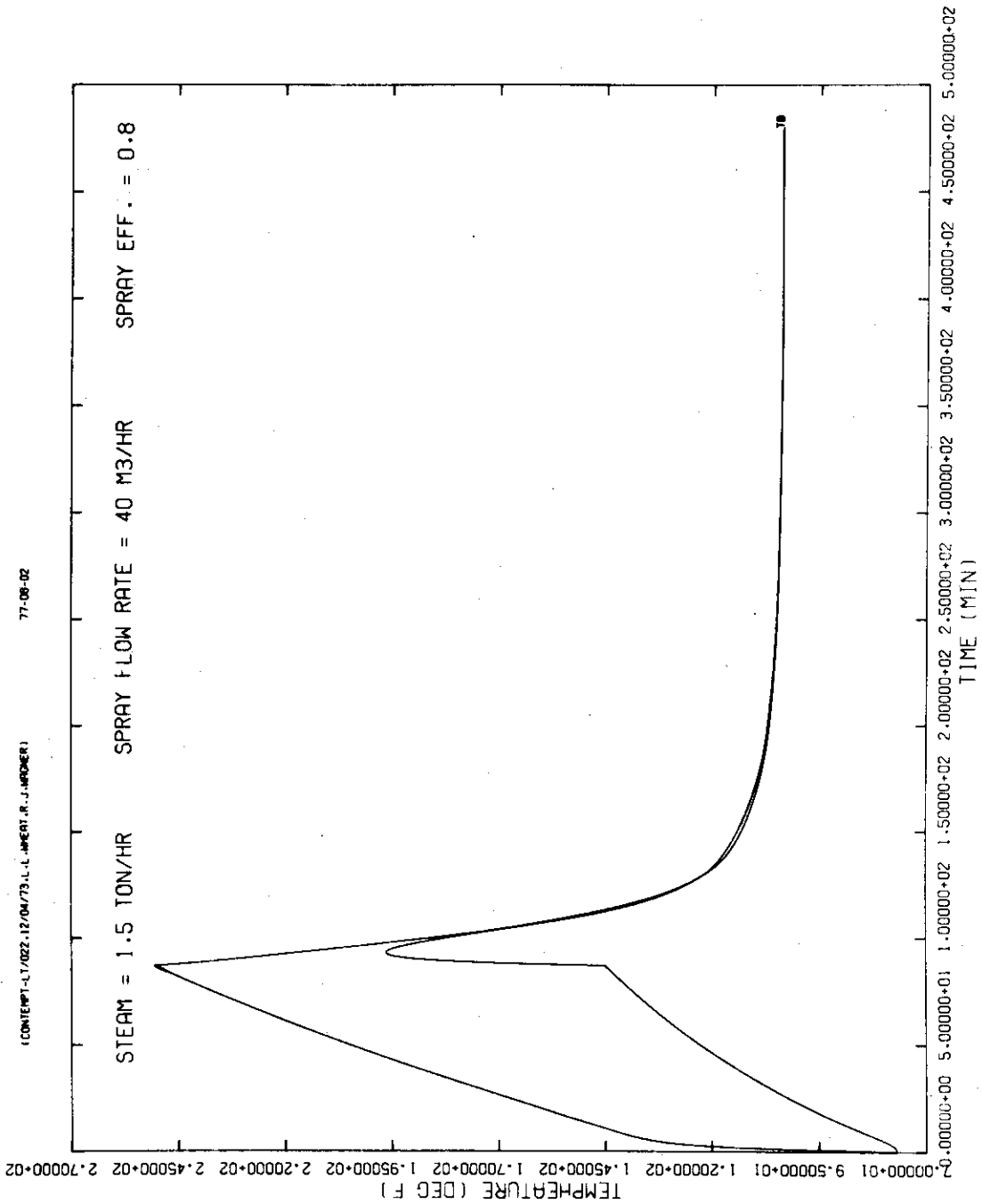


Fig. 28 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 0.8, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

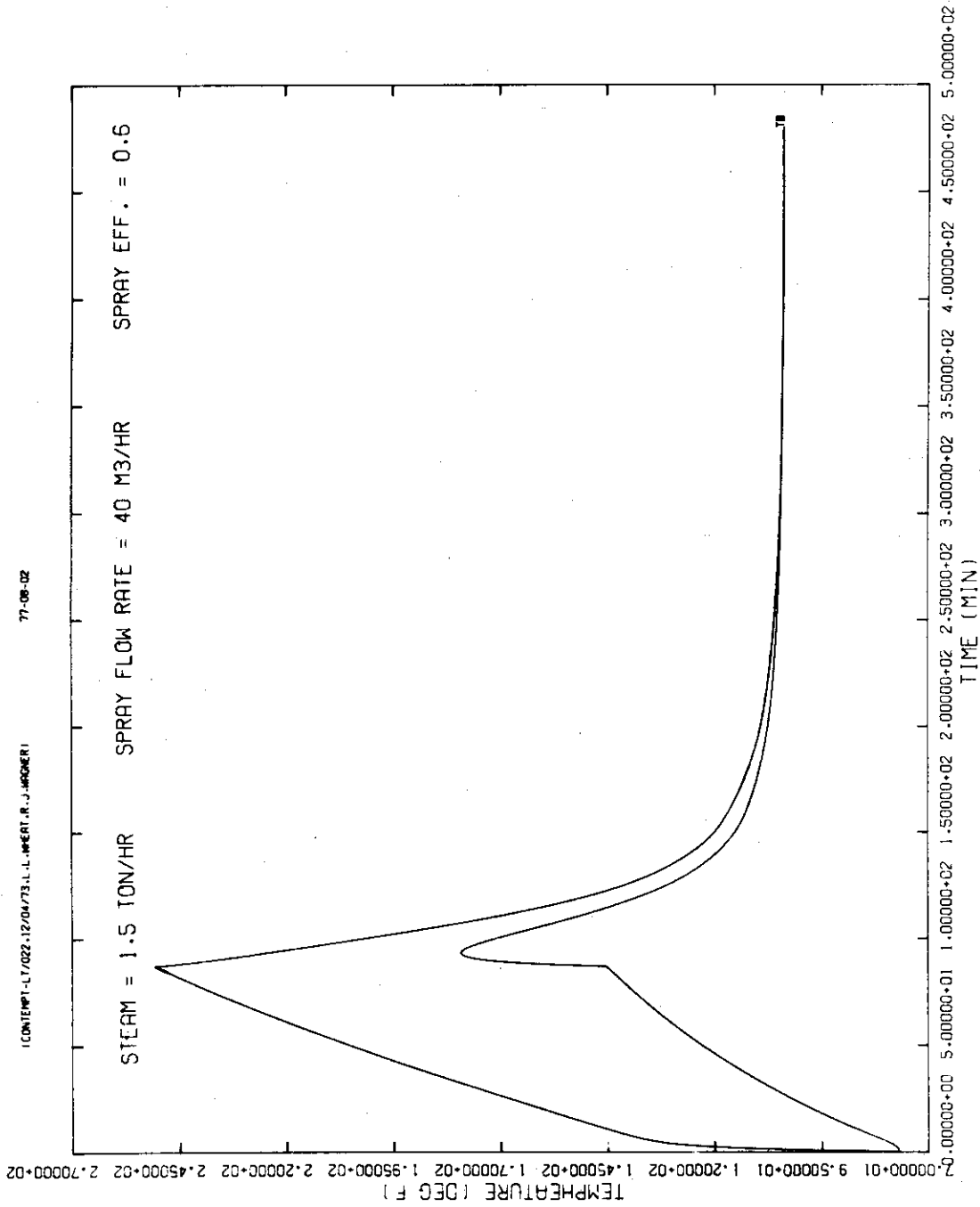


Fig. 29 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 0.6, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

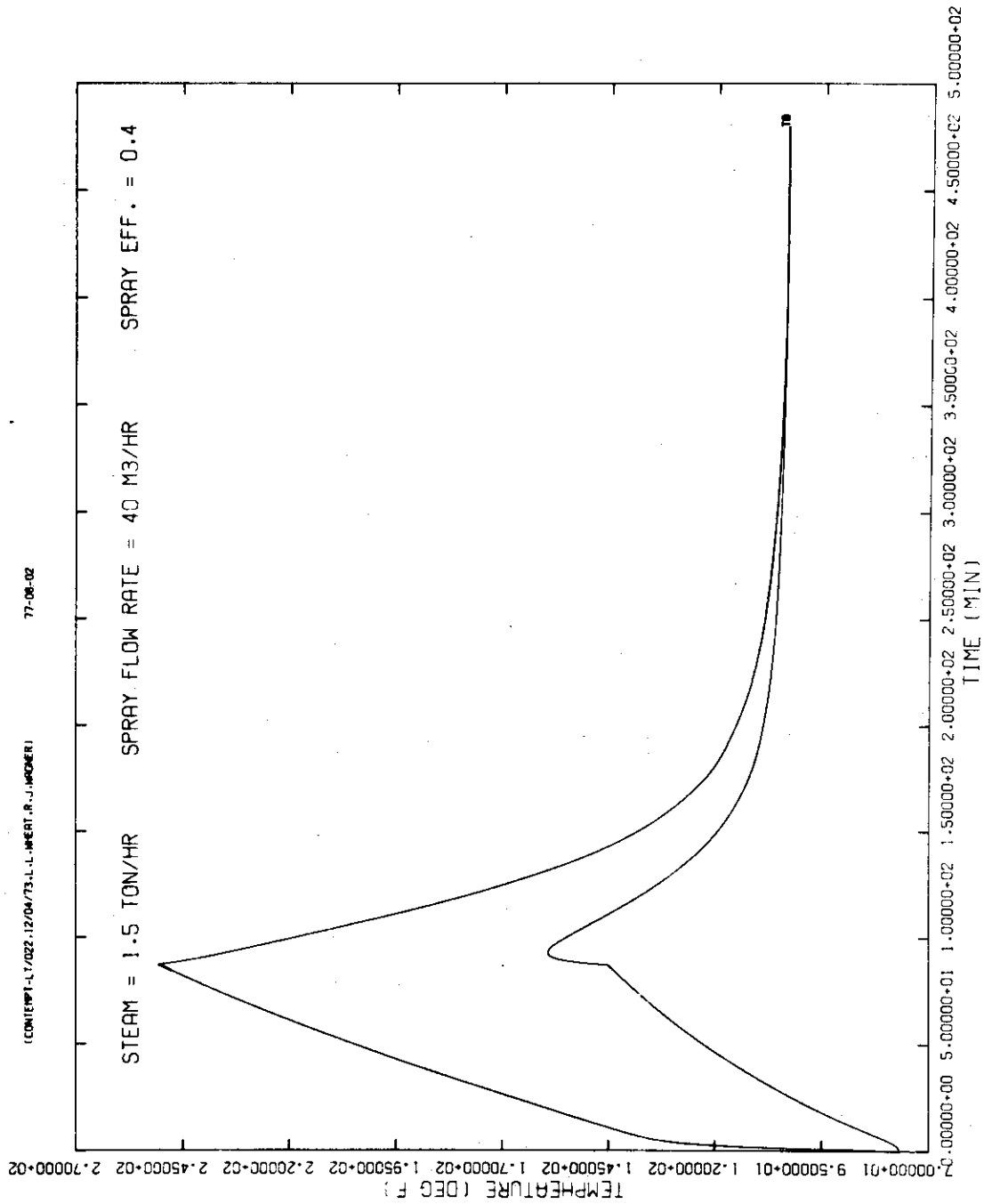


Fig. 30 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
 (Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 0.4, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)

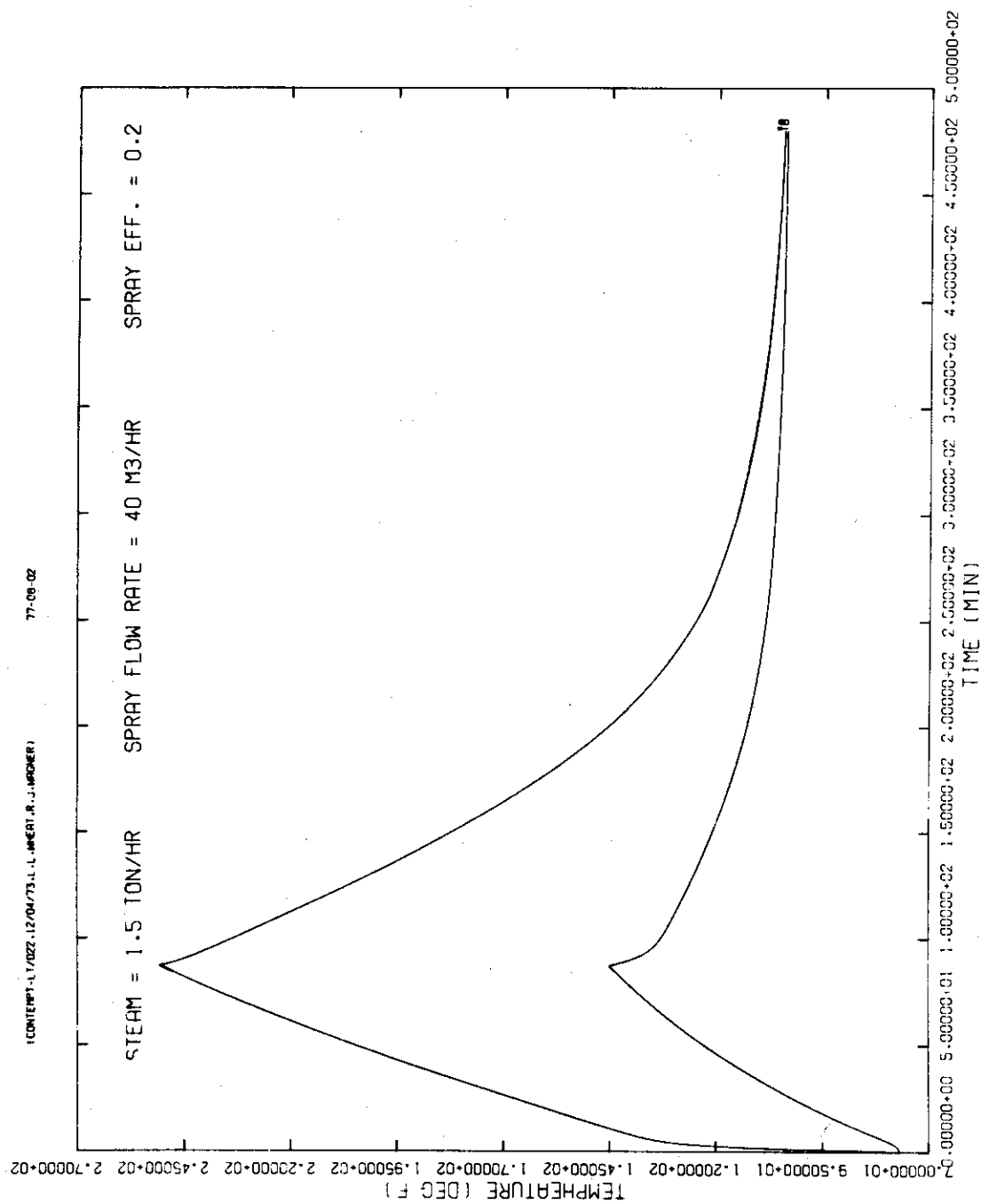


Fig. 31 Temperature Change in The JAERI Model Containment Vessel
(Steam = 1.5 ton/hr, Spray Flow Rate = 40 m³/hr, Spray Eff. = 0.2, Spray starts at 2.5 Kg/cm²G)