

高速増殖原型炉「もんじゅ」における水素・トリチウム挙動

—性能試験データによる解析コード（TTT9）の検証と定格運転予測評価—

平成11年3月

核燃料サイクル開発機構

敦賀本部 国際技術開発センター

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

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194

Japan.

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

1999

高速増殖原型炉「もんじゅ」における水素・トリチウム挙動 —性能試験データによる解析コード（TTT9）の検証と定格運転予測評価—

飯沢克幸*、鳥居建男**

要 旨

高速増殖炉におけるトリチウム挙動解析評価手法と負荷低減対策の開発整備を目的として、「もんじゅ」出力上昇試験データを用いて高速炉トリチウム挙動解析コード "TTT" の検証と定格運転長期予測評価を実施した。この際、既に長期運転経過により飽和挙動に達している「常陽」及びPhenix 解析結果との比較検討も実施した。 "TTT" コードは R.Kumar のトリチウム・水素挙動モデルに基づき作成され、当初「もんじゅ」設計段階の評価に用いられて来たが、その後「常陽」Mk-II データに基づき改良整備し、更に今回「もんじゅ」性能試験データによる検証精度の向上を図り、実力ベースにおける長期予測評価と低減対策検討への適用に到っている。本研究において得られた結果と結論は以下のとおりである。 (1) 「常陽」、Phenix、「もんじゅ」性能試験におけるトリチウム濃度実測分布への解析コード炉心放出率適合値の検討により、制御棒からの放出寄与の優位性が推測された。 (2) 「もんじゅ」性能試験時の Na と水・蒸気中トリチウム濃度分布に対して、解析コード検証精度 $C/E=1.1$ が得られた。 (3) カバーガス中トリチウム濃度実測分布を再現するうえでトリチウム/水素同位体存在比均一化モデルの妥当性が確認された。 (4) 「もんじゅ」2 次系 Na 中トリチウム濃度は 1 次系の約 1/50 で、蒸発器 (EV) 透過水素によるコールドトラップ (CT) 捕獲促進効果が確認された。捕獲効率は水素との共沈捕獲に対して 1、同位体交換捕獲に対して 0.3 と推定された。 (5) TTT コードを用い「もんじゅ」定格運転長期挙動評価を行った。この評価には最大余裕度 4 までを期待出来る。Na と水・蒸気中濃度は定格運転開始後ほぼ 10 年で実質的に飽和レベルに達し、夫々性能試験時濃度の 20 倍前後と約 10 倍と推定された。また、30 年運転期間中の炉心トリチウム放出累積量は約 7,400 TBq (20 万 Ci) で、このうち 98% が CT に捕獲され、気体廃棄物や蒸気発生器 (SG) ブロー排水として環境中に放出されるのは 1 % 以下と推定された。 (6) 2 次系 CT の水素化物蓄積による運転寿命は約 5 年で、交換時期におけるトリチウム蓄積量は 185 TBq (5,000 Ci) 程度と予測された。 (7) 「もんじゅ」長期運転トリチウム負荷削減のため、先行炉経験も踏まえ次の目標を立てることが出来る。①発生源対策として制御棒インパクトの削減。②2 次系 CT の長寿命化と廃棄物処理対策。③放出トリチウムの気体廃棄物化と活性炭吸着床ホールドと希釈放出。以上、本研究により "TTT" コードの実力ベースでの妥当性及び「もんじゅ」トリチウム管理と低減対策における見通しを明かとすることが出来た。

* 敦賀本部国際技術開発センター プラント機器技術開発Gr.

** 現 同技術企画部 環境監視課（前もんじゅ建設所 安全管理課）

Hydrogen and tritium behaviour in Monju

Validation of an analysis code for tritium transport in fast reactor system, TTT,
and estimation for Monju full power operation in future

Katsuyuki Iizawa and Tateo Torii

Abstract

The tritium transport analysis code, TTT, has been validated using data from the low power test of Monju, and then its behaviour at a long term full power operation of Monju in future has been estimated, when the estimated transport and distribution of tritium in the reactor system has been also compared with the result in Joyo and Phenix, which had been already experienced long term operations. The TTT code had been developed using the tritium and hydrogen transport model proposed by R. Kumar, ANL, and had been applied to the evaluation in Monju design work. After then, furthermore, the code has been improved using the data from long term operation of Joyo with Mk-II core, and in this work the code has been validated for the first time for Monju data.

The results from this work are as follows;

(1) Comparison of the best fitted tritium source rates from cores in Joyo, Phenix and Monju makes an estimation of the major source from control rods, (2) The calculated tritium concentration in each medium for cooling and its change is a reasonable agreement to the measured, C/E= 1.1, (3) The cover gas transport model considering isotopic exchange of H and H³ can reproduce reasonably the measured concentration distribution of tritium in sodium and cover gas, (4) The tritium concentration in secondary sodium of Monju was about 1/50 times as much as the primary one, which shows the acceleration effect on cold trapping of tritium due to coprecipitation with permeated hydrogen through Evaporator (EV) heat conduction tube walls. The tritium cold trapping efficiency was estimated to be 1 for coprecipitation with hydrogen and 0.3 for isotopic exchange, respectively, (5) Tritium transport and distribution for a long term full power operation of Monju in future was estimated, which could involve a excess factor to 4 at the maximum. The tritium concentration in sodium and Steam Generator (SG) water will be substantially saturated after something like 10 years full power operation, each of which will reach about 20 or 10 times of that at the low power test, respectively. The tritium release from core will be amounted to about 7,400TBq (200,000 Ci) during 30 years operation, the 98% amounts of which will be captured in the primary and secondary cold trap, and the 1% or less of which will be released to environment in gaseous radwaste and drainage water from SG. (6) The operating life time for secondary cold trap is estimated to be something like 5 years, with the captured tritium amounted to about 185TBq (5,000 Ci), and (7) Strategy for reduction of tritium burden for Monju could be the following; reduction of tritium release from CRs, release of tritium gas to cover gas and capturing in charcoal bed within cover gas circulation loop, and long lived operation of secondary cold trap and development for its radwaste treatment.

From this work, as the mentioned above, it is concluded that the TTT code could give reasonable estimates for tritium transport and distribution in Monju and the perspective for controlling and reducing tritium in Monju has been made clear.

高速増殖原型炉「もんじゅ」における水素・トリチウム挙動
—性能試験時データによる解析コード（TTT9）の検証と定格運転時の予測評価—
目 次

1. 緒言	1
2. 高速炉トリチウム挙動解析コード"TTT"	3
2.1 開発経緯と現状	3
2.2 トリチウムソーススターク	4
2.3 トリチウム・水素移行モデル	7
2.4 トリチウム・水素マスバランス方程式	8
3. 「もんじゅ」性能試験時水素・トリチウム挙動データ解析とコード検証	27
3.1 プラント運転データと水素・トリチウム濃度分布測定データ	27
3.2 解析コードにおける IHX、EV、SH 伝熱管管束部温度設定	27
3.3 性能試験データから見られるプラント初期における挙動の特徴	30
3.4 水素挙動解析	31
3.5 トリチウム挙動解析とコード検証	38
4. Monju/Phenix トリチウム挙動解析コードベンチマークテスト	89
4.1 ベンチマークテスト計画	89
4.2 「もんじゅ」と Phenix データの比較	89
4.3 TTT コードによる Phenix データの解析	93
5. 「もんじゅ」定格運転時トリチウム挙動長期評価	105
5.1 定格運転時挙動予測解析	105
5.2 先行炉経験との比較	108
5.3 低減対策の検討	111
6. 今後の課題	124
7. 結論	125
謝辞	127
参考文献	128
付録	
A 1 TTT9 コードマニュアル	129
A 2 「もんじゅ」計算入力データ例	147
A 3 「もんじゅ」計算結果出力例	185

表リスト

(第2章)		
表2.1	「もんじゅ」性能試験時のトリチウムソースター···	15
表2.2(a)	「もんじゅ」定格運転時のトリチウムソースター··· (Heボンド型制御棒使用時) ···	16
表2.2(b)	「もんじゅ」定格運転時のトリチウムソースター··· (Naボンド型制御棒使用時) ···	17
Table 2.3(a)	Tritium source term in Japanese FBR ···	18
Table 2.3(b)	Tritium source term in European FBR ···	18
表2.4	トリチウムの被覆管管壁透過時間 ···	19
(第3章)		
Table 3.1(1)	Operating condition at 3rd. cycle in low power test of Monju ···	43
Table 3.1(2)	Operating condition at 4th. cycle in low power test of Monju ···	44
Table 3.1(3)	Operating condition at 5th. cycle in low power test of Monju ···	45
Table 3.1(4)	Operating condition at 6th. cycle in low power test of Monju ···	46
Table 3.1(5)	Operating condition at 7th. cycle in low power test of Monju ···	47
Table 3.2(1)	Sodium and cover gas impurities at 3rd. cycle in low power test of Monju ···	48
Table 3.2(2)	Sodium and cover gas impurities at 4th. cycle in low power test of Monju ···	49
Table 3.2(3)	Sodium and cover gas impurities at 5th. cycle in low power test of Monju ···	50
Table 3.2(4)	Sodium and cover gas impurities at 6th. cycle in low power test of Monju ···	51
Table 3.2(5)	Sodium and cover gas impurities at 7th. cycle in low power test of Monju ···	52
表3.3	水素・トリチウム挙動解析モデル設定基準値 (「もんじゅ」性能試験時) ···	53
Table 3.4	Estimation of hydrogen evolution in sodium and cover gas system at low power test of Monju ···	54
表3.5	「もんじゅ」出力上昇試験時トリチウム分布量変化の比較 ···	55
表3.6	「もんじゅ」出力上昇試験時トリチウム分布の推定 ···	56
Table 3.7	Calculated to measured values (C/E) for evaluation of tritium behaviour at 40% low power test of Monju ···	57
Table 3.8	Calculated to measured values (C/E) for evaluation of tritium behaviour at 45% low power test of Monju ···	58
(第4章)		
Table 4.1	Cooling system data for hydrogen and tritium transport analysis in Monju and Phenix ···	95
Table 4.2	Material constant for hydrogen and tritium transport model ···	101
Table 4.3	Comparison of calculated and measured results of tritium behaviour in Phenix ···	103

(第5章)

表5.1	「もんじゅ」定格運転(100%炉出力)スケジュール	117
表5.2(a)	「もんじゅ」定格運転時トリチウム分布(累積量推移) 長期評価(Heボンド型制御棒使用時)	118
表5.2(b)	「もんじゅ」トリチウム分布性能試験時推定と長期評価 (Heボンド型制御棒使用時)	119
表5.3	先行炉トリチウム飽和データとの比較	120

図リスト

(第2章)

Fig.2.1	Comparison of measured vs. calculated tritium and hydrogen concentration in sodium of Joyo	2 0
Fig.2.2	Estimation method of tritium release rate from control rod in Joyo	2 1
Fig.2.3	Estimation for release rate from core in Monju	2 2
図2.4	N a ボンド型吸収ピンの候補構造	2 3
Fig.2.5	Tritium and hydrogen transport model in TTT code	2 4
Fig.2.6	Diagram of tritium transport model for an LMFBR in TTT code	2 5

(第3章)

Fig.3.1	Change of reactor output in low power test of Monju	5 9
図3.2	I H X管東部温度分布検証結果	6 0
図3.3	I H X管東部トリチウム透過率検証結果	6 1
図3.4	E Vヘリカルコイル部温度分布	6 2
図3.5	E Vヘリカルコイル部トリチウム透過率	6 3
図3.6	S Hヘリカルコイル部温度分布	6 4
Fig.3.7	Permeability of tritium through heat conduction tube walls of EV and SH	6 5
図3.8	起動試験時の1次系カバーガス中水素濃度とプラグ温度	6 6
Fig.3.9	Cold trap and plugging indicator temperatures in primary sodium system at low power test of Monju	6 7
Fig.3.10	Comparison of hydrogen partial pressure in primary and secondary sodium	6 8
Fig.3.11	Comparison of hydrogen concentration in primary cover gas and primary plugging indicator temperature	6 9
Fig.3.12	Comparison of measured to calculated hydrogen concentration	7 0
	in primary cover gas at low power test of Monju	
Fig.3.13(a)	Estimation of hydrogen evolution rate in primary cover gas system (3rd cycle)	7 1
Fig.3.13(b)	Estimation of hydrogen evolution rate in primary cover gas system (4th cycle)	7 2
Fig.3.14	Comparison of measured to calculated hydrogen concentration in primary sodium at low power test of Monju	7 3
Fig.3.15	P-T diagram for Na-Na ₂ O-NaH-NaOH equilibrium	7 4
Fig.3.16	Evaporater and superheater outlet steam temperature at low power test of Monju	7 5
Fig.3.17	Comparison of measured to calculated hydrogen concentration in secondary sodium system at low power test of Monju	7 6
Fig.3.18	Evaporater outlet steam temperature and estimation for hydrogen permeation rate through heat conduction tube walls	7 7

Fig.3.19	Comparison of measured to calculated hydrogen concentration in EV cover gas at low power test of Monju	7 8
Fig.3.20(a)	Estimation of corrosion rate of herical coil tube walls in EV at 40% low power test of Monju	7 9
Fig.3.20(b)	Estimation of corrosion rate of herical coil tube walls in EV at 45% low power test of Monju	8 0
Fig.3.21	Hydrogen concentration in 2ndary sodium and hydrazine concentration in supply water into SG, and steam temperature in SG	8 1
Fig.3.22	Comparison of hydrogen permeation rate through EV heat conduction tube wall and hydrazine concentration in supply water into SG	8 2
Fig.3.23	Correlation of hydrazine concentration in supply water into SG and hydrogen permeation rate through EV heat conduction tube walls	8 3
Fig.3.24	Estimation of hydrazine control effect on tritium concentration	8 4
Fig.3.25	Comparison of measured to calculated tritium concentration in sodium and SG water and steam	8 5
図 3.26	1/2 次系 N a 中 T/H 同位体アトム組成比	8 6
Fig.3.27	Comparison of measured to calculated tritium concentration in primary and EV cover gas	8 7
図 3.28 (第 4 章)	「もんじゅ」出力上昇試験時トリチウム分布量変化の推定	8 8
Fig.4.1 (第 5 章)	Reactor system description for Phenix in KUTIM code	10 4
図 5.1	「もんじゅ」定格運転時トリチウム累積分布量長期評価 (Heボンド制御棒使用時)	12 1
図 5.2	「もんじゅ」トリチウム分布推移比較	12 2
図 5.3	液面排気熱分解 C T 再生システムの概念図	12 3

1. 緒言

原子炉施設の放射能閉込めは通常運転時、事故時を問わず、当初より最重要の課題であるが、近年では通常運転時の環境移行放射能は、CPやFPは検出されずほとんどトリチウムのみを残すまでに低減されて来た。因みに、高速増殖原型炉「もんじゅ」の立地する福井県でも原子力発電所から建物外に放出されるトリチウム量（気体廃棄物）は 10^{10} Bq/月オーダと評価されている（福井県環境放射能測定技術会議編、「平成8年度原子力発電所周辺の環境放射能調査報告書」）。トリチウムは半減期が12.3yの低エネルギー β 放射体核種で、環境中ではトリチウム水（HTO）の形態が主であるため生体に取込まれ易い。しかし同時に代謝により体外排出もされ易く生体半減期は10d程度であり生体内に蓄積することはないといわれる。高速増殖炉（FBR）炉心におけるトリチウム生成量は軽水炉や重水炉に比べ特に多いと言うことはないが、FBRと水炉とではそれぞれ冷却材が液体金属ナトリウムと水で異なる化学的環境にあること、燃料被覆管材料にステンレス鋼とジルコニウム合金が用いられていること、また運転温度が500°C程度と300°C程度と異なることにより、トリチウムの系統内での化学種や配管機器管壁透過性などその挙動に特徴的な違いを生ずる。トリチウムはいずれの場合も、主として燃料の核3分裂（ternary fission）と称するマイナーな軽粒子放出確率と、中性子吸収材として用いられる ^{10}B の高速中性子反応 $^{10}\text{B}(n,2\alpha)^{3}\text{H}$ により生成されるが、これらが燃料棒や制御棒の被覆管内部でガス体（T₂ or HT）であると、ガスマタルシステムに対するシーベルト則（註）により金属中に溶込み、拡散し、管壁中を透過し冷却材中に移行する。但し、水炉の場合被覆管材に用いられるジルコニウム合金は水素（同位体）と安定な金属水素化物を形成するため、トリチウムは被覆管材中に止まる。冷却材中に移行したトリチウムは水炉の場合同位体交換反応により直ちにトリチウム水（THO）の形に転換し、シーベルト則に基づく鋼材管壁透過性を失い、外部への移行経路は設備や取扱いにおける"隙間"のみとなる。一方、FBRの場合はNa-H系におけるシーベルト則のため、トリチウムの管壁透過性は失われず、一部のものが1次冷却系統から IHX伝熱管壁を透過し2次冷却系統へ、更にSG伝熱管壁を透過し水・蒸気系へも移行する。更に、若干のものがナトリウム中から液面で解離しカバーガス中に移行する。但し、炉心発生源から1次冷却材に移行した大部分のものは1次系CTに水素化物（NaH）と同様にNaTとして捕獲される。更にまた同様に2次系CTにもある程度のものが移行し捕獲される。外部環境への放出はナトリウム冷却系統配管壁透過による冷却系室雰囲気や気排系からの気体廃棄物、及びSGブロー水などの液体廃棄物を考慮しなければならない。このようにFBRにおけるトリチウムは概して拡散性が高くなるポテンシャルを考えておかなければならぬ。

そのため開発初期段階からFBRにおけるトリチウム挙動について、評価手法の開発と実プラントにおける測定試験が国内外で進められて来た[1]-[4]。サイクル機構においても動燃時代より高速炉トリチウム挙動解析コード"TTT"（tripple T: Tritium Transport and Trap）を開発し、「常陽」データによる検証や「もんじゅ」予測評価が

実施されて来た[6],[7]。本研究ではこのTTTコードを用いて、1995年（H7）に実施された「もんじゅ」性能試験の40%及び45%出力上昇試験における水素、トリチウム濃度分布測定データの解析を行い、コードの検証を行った。なお、水素挙動解析も行ったのはナトリウム系統内でのトリチウム挙動は水素と密接に関連するためである。更に、この検証結果を踏まえて「もんじゅ」定格運転におけるトリチウム挙動の飽和近接時の長期予測評価を実施し、中長期的なトリチウム対策として解決を図るべき課題を明確化した。また、Monju/Phenix トリチウム挙動解析コードベンチマークテスト（1997.6の第2回EJCCナトリウム技術専門家会議にて合意）としてTTTコードによるPhenixデータの解析を行い、海外炉データによてもコードの妥当性を確認するとともに、先行炉運転経験から「もんじゅ」トリチウム負荷低減対策に関しヒントを得るべく検討を行った。

(註) 1920年代に A.Sieverts により、水素—メタル系の平衡状態で金属中固溶（溶解）水素濃度 (C_H) と水素分圧 (P_{H_2}) の間に $K_s = \frac{C_H}{\sqrt{P_{H_2}}}$ の関係が成立し、ここで K_s はシーベルト定数と呼ばれ、温度、濃度に依らずほぼ一定となることが示された。因みに、Na-H系では $K_s=5$ wppm Torr^{-1/2} である。

2. 高速炉トリチウム挙動解析コード "TTT"

2.1 開発経緯と現状

TTTコードは大きく2つの段階を経て開発されて来た。第1段階においてはANLのR.Kumarが1974年に提案したトリチウム挙動モデル[1]を参考にして、1977年度より「もんじゅ」より日立製作所に委託し解析コード開発に着手され[5]、1988年度までにこれを用いて米国のEBR-IIデータ解析評価によるコード検証と「もんじゅ」設計段階における評価、及び「常陽」Mk-Iデータ解析評価が行なわれ、TTT88としてコードのまとめが行われた[6]。これらの結果に基づき安全審査時に「もんじゅ」からのトリチウム放出量（年間放水口放出及び排気筒放出）、これらによる年間公衆被ばく線量、トリチウム年間生成量、水系トリチウム分布予測、及び「常陽」(Mk-I) トリチウムに係るデータについて審査会資料が作成され科学技術庁に提出された[7]。次いで、第2段階では「常陽」Mk-IIデータ並びに「もんじゅ」性能試験時データの解析評価と、それを基にコード改良整備を進め検証精度の向上を図り、実力ベースの「もんじゅ」長期予測評価と低減化対策検討に着手した。また、Monju/Phenixトリチウム挙動解析コードベンチマークテストに着手した。本段階ではまず、「常陽」Mk-I, II 炉心期運転において得られた系統内水素・トリチウム濃度分布実測データ (Mk-II 第23 cyまで) を整理、分析し、実機体系の挙動に見られる幾つかの特徴（濃度変動パターン、水素-トリチウム濃度相関、雰囲気移行における保温材透過影響など）を解明した。これらの分析結果に基づき挙動モデルを改良し、1992年度にTTT92（「常陽」体系適用）として、また1993年度にTTT5（「もんじゅ」体系適用）として整備した[8]。これ等はTTTのオリジナルであるTTT88の移行解析式をシーベルト則に基づく道筋に沿い全面的に整理し直し、またCT捕獲モデル、カバーガス移行モデル、配管壁・保温構造物透過モデル、カバーガス系壁面ナトリウム化合物不純物水素源導入など、水素・トリチウム挙動モデル改良と物性値（管壁透過率、カバーガス移行係数等）の見直しを行い、「常陽」及び「もんじゅ」体系に適用したものである。この際、解析モデルのCT捕獲効率(H/Tの共沈捕獲と同位体交換捕獲)、1次系／2次系CT温度バランスCG系移行率、不純物水素源放出率、トリチウム炉心放出率などによる、「常陽」、「もんじゅ」体系における水素・トリチウム挙動に対する感度評価を行い、モデル改良の妥当性の確認と「常陽」体系におけるパラメタの最適化を行った。その結果、図2.1に「常陽」でのナトリウム中濃度の実測値と計算値の比較を例示したが、Mk-II第13-23 cy期間でのナトリウム及びカバーガス中トリチウム、水素実測データによる解析コードの検証精度はC/E=1~1.5が得られた。但し、この結果は第16 cy以降の1次ナトリウム中トリチウム濃度に対するC/Eを除いたものである。第16cy以降では1次ナトリウム中トリチウム濃度実測値はそれまでの約1/30にまで急減した。この現象はTTT92を用いた計算で、第12 cy運転終了後の第6回定期検査時に実施された1次系CT交換（捕獲効率増加）によっては再現出来ないことが分った。これに対してMk-II炉心から採用されたHeボンドベント型制御棒からのトリチウム放出経路変化（ベント孔位置によるナトリウム中放出からカバーガス中放出への変化）による、トリチウムソーススターの変動を考えることも出来るが、現在までに原因を特定出来て

いない。以上述べた TTT5 整備後、「もんじゅ」性能試験時データが得られた段階で、濃度実測値と計算値の比較によりモデルと現実の間のずれについて情報を定量化し、挙動機構を更に究明してゆくため、コードの微修正を行い TTT9 を整備した[9][10]。この微修正はカバーガス系水素・トリチウム移行のシーベルト則によるバルク移行機構と同位体交換移行機構の設定因子及び I H X と E V 伝熱管壁透過係数補正因子の導入からなっている。本研究は最新バージョンのTTT9を用いて実施した。なお本解析に当り、1次系から2次系及び水・蒸気系への移行評価において重要な I H X 及び E V 伝熱管温度分布設計値とコード入力データでの設定に関し確認を行った。その結果、I H X では従来からの方法を継承するが、E V と S H では水素（トリチウム）透過率を重みとした平均温度で設定することに改良した。また、TTT9 の整備では、Monju/Phenix ベンチマークテスト計画における TTT9 による Phenix データの解析のため、タンク型炉である Phenix 体系へコードの適用化を図った。次に TTT コードにおけるトリチウムと水素源の取扱い及び移行モデルについて述べる。

2.2 トリチウムソーススター

TTT コードではトリチウムと水素のソーススター（放出源と速度）は入力値として取扱われる。従って、予め設計評価モデル計算あるいはモックアップ試験や実機試験などの手法で、これらの値を求めておく必要がある。トリチウムソーススターは従来までは設計時の評価モデル計算値が使用されてきた[11][12]。これらのデータは10年以上も経過し、その後核データがリニューアルされたものがあったり、制御棒の運転状態や放出モデルの考慮に詳細化の余地が残されていた。「もんじゅ」では平成9年度にこれらデータの更新を行い、また現行の He 封入型制御棒と制御棒長寿命化を目的とする Na ボンド型制御棒について、性能試験時及び今後の定格運転時に対して、燃料、制御棒、不純物（B,Li）からのトリチウム生成量と冷却材中への放出量の再評価が行なわれた（評価97）[13]。本節において性能試験時のナトリウム冷却材中トリチウム濃度分析値への TTT コード計算値の適合により、炉心からのバルクのトリチウム放出速度を求め、これと評価97の性能試験時原子炉運転データに基づく再評価値（起動試験1-7cy：3.4-39-45% 出力 40efpd）との比較検討を行った。また、定格運転時（高燃平衡炉心）に対する評価97の結果を用いて、トリチウム飽和近接時であるプラント設計寿命の30年運転経過時の分布量評価を実施した。更に、以上の結果を「常陽」や Phenix 等日欧先行炉の評価値と比べ検討した。これらの結果を表2.1～2.4と図2.3に示した。

評価97の詳細は報告書[13]に述べられているが、概略次のようなものである。まず、燃料の核3分裂によるトリチウム収率データが、設計時の ENDF/B-IV ライブライデータのものから最新のものと考えられる ORIGEN コード2 (-86) ライブライデータのものへ更新された。次表にこれら主な燃料核種の核3分裂収率を仏国（CEA）で使用されているものも含め比較し示す。これらはいずれも高速中性子スペクトルに対するものと考えられるが、それぞれの間にいく違ひが認められ、仏国で使用されている値は評価97に比して小さく ^{235}U 、 ^{239}Pu に対しては 20～30% 減である。また、仏

核3分裂によるトリチウム収率 (T/fission)

	設計	評価 9.7	仏国 *
^{235}U	1.2×10^{-4}	2.00×10^{-4}	1.43×10^{-4}
^{238}U	1.4×10^{-4}	2.30×10^{-4}	1.06×10^{-4}
^{239}Pu	2.5×10^{-4}	1.75×10^{-4}	1.45×10^{-4}

* 相対誤差を50%としている。

国の評価では±50%の誤差が考えられており、これらの値自身現状ではかなりの不確実さを免れ難いようである。ところで、燃料棒内部で生成したトリチウムは被覆管壁を拡散により透過し冷却材中に放出されるが、その放出率はこれまで行なわれたいずれの評価でもペレット温度が高温であることを考慮し100%とされている。評価9.7でも100%放出を仮定しており、本研究でもその結果を使用し評価を行う。しかし、トリチウムが燃料棒内部でT2やHTなどのガス体以外のFPなどとの化合物（例えばヨウ化トリチウム TIなど）として存在する割合があるならば、それらの分はシーベルト則の支配を受けず管壁透過により冷却材中に移行することはなくなり、被覆管破損のみにより全量放出されることに留意しておかなければならぬ。この点に関する知見は今のところほとんど得られていない。

さて、評価9.7では制御棒長寿命化と関連して、制御棒からのトリチウム放出評価モデルをこれまでに行なわれた基礎研究に基づき提案し、「もんじゅ」について評価することが中心テーマとされた。まず、B₄Cペレットでの $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)^3\text{H}$ 及び $^{10}\text{B}(\text{n},\alpha)^7\text{Li}(\text{n},\text{n}'\alpha)^3\text{H}$ 反応などによる生成量について、最新核データであるJENDL-3.2に基づく100群の無限希釈断面積を用い（設計時はENDF/B-IV及びCCRとFCRの8.75cm均等挿入を想定）、またより現実に近い制御棒運転状態（炉心挿入量）を考慮に入れた計算が行なわれた。設計時の評価値と比べると主に1MeV以下の高速中性子反応断面積の相違により、表2.1と2.2に示すように再評価時の値は性能試験時では1.2倍、定格運転時では1.8倍となっている。次に、B₄Cペレットからの制御棒ガスプレナム部等ガスギャップへの放出は、従来の評価では100%放出[6]あるいは0%放出[8]のいずれかを仮定して計算されて来た。これに対して評価9.7では幾つかの基礎研究から提案されていたBoothの熱拡散等価球モデルに基づき計算評価された。このモデルは焼結体における拡散モデルにおいて、ガスギャップへの放出はB₄C粒内の拡散による粒界への放出が律速段階となるとするもので、「もんじゅ」制御棒ペレットに対して等価球半径を400μmとして計算された。熱拡散に影響する幾つかの因子のうち重要なペレット温度は、運転状態を考慮に入れた核熱計算により評価された。最高温度はいずれの場合も吸収体下端部で生ずるが、性能試験時は微調整棒（FCR）の約900°C、平衡炉心では粗調整棒（CCR）でHeボンド型の場合は約1500°C、Naボンド型の場合は約900°Cと評価された。これらの温度は、EBR-IIの照射試験で示され広く影響力を持った生成トリチウムのほとんどはB₄Cペレット内に何等かの機構によりよく保持されると言う観察結果[14]にも拘らず、熱拡散によるガスギャップへの移行を無視出来ないことを示すものである。次に、制御棒内部のガスギャップに放出されたトリチウムはシーベルト則によりステンレス鋼被覆材管壁を拡散により透過し冷却材中

に移行する。TTTコードでは現状ではこの過程に対して瞬時放出の取扱いをしている。しかし、表2.4に示すように拡散による管壁透過時間は数100分以上と考えられるため、「常陽」Mk-IIの場合のようなH eボンドベント型制御棒で管外へのガスの流れがある場合は、ベント孔を通過し管外へ移行するものと考えられる（Naボンド型の場合はペレットから放出されたトリチウムはまずボンドNa中に溶解し、気相への解離は緩やかに進むためこの限りではない）。ところで、この点からすると図2.1に示した「常陽」1次冷却材中濃度がMk-II 16cy以降急減した原因を、図2.2に示すH eボンドベント型制御棒のベント孔位置がナトリウム中からカバーガス中に移動したとすることで説明する可能性が考えられる。即ち、「常陽」のソースタームは燃料と言うよりは制御棒であり、Mk-II途中からベント孔からの放出がナトリウム中からカバーガス中に変化した結果と解釈する可能性が考えられるのである。これが正しいとするならばトリチウムのナトリウム系統内移行を発生源で対策する方途が開けて来る。即ち、ベント型制御棒のベント孔を液面上部に設け、トリチウムをナトリウムを経由せずカバーガス系に直接放出し、1次系循環ガスに乗せ活性炭吸着床に集め保持しつつ、最終的にはスタックよりゆっくりと気体廃棄物として放出する方法が考えられる。このように発生源でトリチウムを出来るだけ気体廃棄物化し、ナトリウム中に溶解・移行する分を低減すれば、2次系や水・蒸気系への移行軽減を相当程度進める展望が開けて来るように考えられる。この他、密封型制御棒の場合、H eボンドガス中の微量酸素成分による材料的な影響を無視し得るならば、例えば酸化銅（CuO）ペレットなどを装填し微少酸素分圧の注入を行い、生成トリチウムを制御棒内部でT₂OあるいはHTOに転換し、管壁透過を抑制する方法も考えられる。

図2.3に上述の方法により評価した「もんじゅ」における炉心からの1次ナトリウム冷却材中へのトリチウム放出率（Ci/efpd）をまとめて示した。まず、出力上昇試験時の1次ナトリウム中トリチウム濃度の分析値に、TTTコードの計算値を適合することにより決定された炉心からの放出率推定値（バルク値：E）と評価97のモデル計算値（合計値：C）を比較するとC/E=1.5が得られ、その合致度は概ね満足のゆくものである。TTT推定値はバルク値で内訳は分らないが、モデル計算値では燃料からの放出が主で制御棒からの放出は少ない。これは、40～45%の低出力試験ではB₄Cペレット温度が約700～900°Cと未だ低めであったためである。従って、性能試験時の放出源は燃料が主であったと推定される。しかし、これはこの段階では燃焼度が低くFPの蓄積が充分でなく、既に論じたトリチウムとFPの化合物形成の効果が進んでいなかつたとも考えられ、この結果をそのまま高燃焼度平衡炉心の場合にも当てはめるのは時期尚早と思われる。即ち、燃料放出源の完全な評価にはまだまだ知見の不足が考えられる。さて、平衡炉心に対してはH eボンド制御棒使用時とNaボンド制御棒使用時のモデル計算評価値を比較して示した。後者からの放出率は前者の約2/7で合計値は半減する。従って、Naボンド制御棒の適用は発生源におけるトリチウム低減のための有望な方法となる。これまでに開発が進められて来た構造方式を図2.4に示した[15]。このためには使用後の廃棄処理方法の確立がなされなければならず、ダイビングベル型（「常陽」、露）のナトリウムドレンしない方式の場合は特に高濃度トリチ

ウムを含むナトリウム廃棄処理方法を確立しておかなければならぬ。但し、ここで示されたダイビングベル型はガス（He、トリチウム）放出口が液面上部のカバーガス中に設けられており、トリチウムの気体廃棄物化を進める構造となっている。ポーラスプラグダブルベント型（仮）の場合は廃棄処理問題は緩和に向うが、系統内へ還流されるB₄Cに曝されたNaの構造材料への影響の有無につき、先行炉運転経験を踏まえた評価が必要と思われる。この点につき、B₄CのNa中への溶解は基礎データを入手出来ていがないが、BとCは近縁化学種で（周期律や電気陰性度など）共に半金属元素であるので、B₄Cは一種の高融点"規則性合金（ordered alloy）"に似ており、低酸素濃度のNa中への溶解は単体元素溶出と考えられる。因にCの800°Cと500°CのNa中への溶解度は100と1ppm程度である。B、Cとも似た傾向を示すとすると、吸収体下端の高温部から上部の低温部へ溶解度差に基づきギャップNa中を拡散あるいは輸送され質量移行し、被覆材の部分的ボロナイゼーション（侵食）と侵炭を起し強度に影響する可能性もある。なお、ダイビングベル型の場合Na充填を炉内で行う現行方式ではなく、予めE V S Tも含め炉外設備において真空吸上げなどのガス圧操作や毛管現象の利用によりギャップへの充填を確実に行えるものとし、また使用後の取扱についても炉外設備でNa抜取りや洗浄を行う方式へと「もんじゅ」条件も取入れて改良することも考えられる。なお、抜き取られた汚染Naは別途に処理、あるいは炉内に戻し1次系CTにより精製を行うことも出来る。

表2.3には日欧FBRプラントにおけるトリチウムソースレート評価結果を比較して示した。制御棒方式は「常陽」がHeボンドベント型、「もんじゅ」は現行のHe封入型とNaボンド型の両者、欧洲プラントはいずれもNaボンド型である。単位原子炉出力当たりの炉心からのトリチウム放出率合計値で比較すると、「もんじゅ」のHe封入型とPhenixの値を除き、 $2 \sim 4 \times 10^{-2}$ Ci/efpd/MWthの範囲で概ね同程度の値となっている。Phenixの値は例外的に小さく「もんじゅ」のNaボンド型制御棒適用のケースに比べても約1/6である。この違いをもたらした主な原因として今後更に詳細調査の余地を残すものの、両プラントにおける制御棒の本数の相違が推測される。即ち、両者の原子炉出力は30%程度の相違でしかないのにも拘らず、「もんじゅ」では粗調整棒（CCR）10体、微調整棒（FCR）3体、後備炉停止棒（BCR）6体の合計19体が装備されているのに対し、Phenixでは合計6体であり「常陽」と同数である。炉物理と炉心管理及び炉心安全上の評価を待たなければならないが、トリチウム発生源の主なものが制御棒となる可能性がある以上、トリチウム負荷削減の一般的観点から言ってB₄C制御棒本数の制限は検討に値する課題と思われる。

2.3 トリチウム・水素移行モデル

図2.5にTTT9コードにおける水素・トリチウム移行モデル模式図を示した。制御棒と燃料で生成されたトリチウムはステンレス鋼被覆管壁を透過し1次ナトリウム中へ溶解する。炉心材料や冷却材中不純物（¹⁰B, ⁶Li）から生ずるトリチウムも全量冷却材中に溶解する。それらの幾らかはIH X伝熱管壁を透過し2次ナトリウム中へ移行し、更にその一部はEVとSHの伝熱管壁を透過しSG水回路に移行する。1次、2

次ナトリウム中に移行したトリチウムの大半はCTに捕獲される。CTでの捕獲機構は水素に対してはCT制御温度に対する過飽和分の析出であり、トリチウムに対しては水素との放射性同位体としての共沈と同位体交換の2つの機構による。これらは20年前に既にANLのC.C.McPheeters等により実験的に明らかにされている[16]。また、ナトリウム中に溶解したトリチウムの極く1部のものがカバーガス中へ解離し移行する。更に、ナトリウム配管・機器管壁を透過し冷却系室に移行するものもある。これら部屋雰囲気や気排系に移行したトリチウムは、1次系はスタックより2次系は換気系より環境中に気体廃棄物として放出される。また、SG水回路中に移行したトリチウムは運転／停止中のブロー水あるいは停止時のドレン水として海中に放出される。一方、水素はEV水側腐食や水質管理に使用されるヒドラジンの熱分解により発生した水素が、水側より伝熱管壁を透過し2次ナトリウム中に移行する。これらのほとんどは2次系CTに捕獲され、通常の運転では1次系への移行は極く少ない。この他、ナトリウム管壁やカバーガス容器壁上の不純物汚れ（水分、NaOH、NaHなど）からの放出源もある。水素のナトリウムとカバーガス間の移行はナトリウム中からのカバーガスへの解離に限られるわけではなく、カバーガス容器表面不純物からの放出率が優る場合は、これは稀にしか起こらないと思われるが、むしろカバーガスからナトリウム中へ溶解する。ところで、「もんじゅ」プラントでは1次系カバーガスは活性炭吸着床を通じてループを循環運転されており、トリチウムの活性炭吸着床による保持効果が期待出来る。また、Heポンドベント型制御棒を使用する場合は、トリチウムがHeと一緒にベント孔からカバーガス系へナトリウムを経由せず直接放出されることも考えられる。次の機会にはこれらの効果を評価するための改良を行う予定である。

図2.6に上に述べた水素・トリチウム移行モデルの移行式を「もんじゅ」の場合について示した。移行式の定式化においては各々の系統内における濃度分布は一様と仮定している。TTT5以降[08]の微修正について述べると、ナトリウムからカバーガス系へのトリチウム移行式は、従来からのシーベルト則とJ.R.Gwyther等の実験[17]に基づく解離移行（第1項）に同位体交換移行（第2項）が追加された。同位体交換移行はナトリウム中とカバーガス中でトリチウムと水素の同位体比が均一にならうとする傾向を考慮するモデルで、全ての元素の同位体存在比はあらゆる物質相で均一であると言う概ね普遍的に認められる経験則を根拠としており、本研究で初めて提案したものである。それぞれの項にはチューニングファクタ(f_1, f_2)が付けられており、考慮の有無により1 or 0あるいは実測結果との適合を行うものである。IHX、EV伝熱管透過式にも実測結果とのチューニングファクタ(f_3, f_4)が導入されている。コードではこれら移行式を用いて各系統での水素とトリチウムの夫々に対してマスバランス微分方程式を連立させ数値解析により解き、各系統領域と任意の時刻における濃度、インベントリ、透過フラックス、環境放出量等を求めている。

2.4 トリチウム・水素マスバランス方程式

1次、2次ナトリウム冷却系、及び水・蒸気系のトリチウムと水素量のマスバランス微分方程式を以下に示す。濃度とCT捕獲量のそれぞれ9ヶと4ヶ計13ヶの未知数に対して13ヶの連立微分方程式が与えられている。

① 1次ナトリウム系トリチウム

1次ナトリウム系のトリチウム量のマスバランスは次のように表わされる。

[1次N a 中増加率] = [炉心放出率]

- [1次コールドトラップ捕獲率]
- [IHX伝熱管透過率]
- [原子炉容器壁透過率]
- [1次冷却系機器、配管壁透過率]
- [1次カーバガス系移行率]
- [1次N a 中崩壊率]

$$V_{N,1} \frac{dC_{N,1}^T}{dt} = [S^T] \\ - \left[-\lambda W^T + \varepsilon^H Q_{CT,1} \left(1 - \frac{C_{N,1}^{H,sat}}{C_{N,1}^H} \right) C_{N,1}^T + \varepsilon^T Q_{CT,1} \left(C_{N,1}^T - \frac{W^T}{W^H} C_{N,1}^{H,sat} \right) \right] \\ - \left[\frac{A_{IHX} \kappa^T}{d_{IHX}} \left(\frac{C_{N,1}^T}{K_{N,1}^T} - \frac{C_{N,2}^T}{K_{N,2}^T} \right) f_3 \right] \\ - \left[\frac{A_{RV} \kappa^T}{d_{RV}} \frac{C_{N,1}^T}{K_{N,1}^T} \right] \\ - \left[\frac{A_{Pri} \kappa^T}{d_{Pri}} \frac{C_{N,1}^T}{K_{N,1}^T} \right] \\ - \left[A_{N,1} \alpha^T \left\{ f_1 \left(K_P^{1/2} \frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} \frac{C_{N,1}^T}{K_{N,1}^T} \frac{N_A}{RT} - C_{G,1}^T \right) \right\} + f_2 \left(\frac{C_{G,1}^H}{K_{N,1}^H} C_{N,1}^T - C_{G,1}^T \right) \right] \\ - [\lambda V_{N,1} C_{N,1}^T]$$

② 1次カバーガス系トリチウム

1次カバーガス系のトリチウム量のマスバランスは次のように表わされる。

[1次カバーガス中増加率] = [1次カーバガス系移行率]

- [1次気排系放出率]
- [1次カバーガス中崩壊率]

$$V_{G,1} \frac{dC_{G,1}^T}{dt} = \left[A_{N,1} \alpha^T \left\{ f_1 \left(K_P^{1/2} \frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} \frac{C_{N,1}^T}{K_{N,1}^T} \frac{N_A}{RT} - C_{G,1}^T \right) \right\} + f_2 \left(\frac{C_{G,1}^H}{K_{N,1}^H} C_{N,1}^T - C_{G,1}^T \right) \right] \\ - E_{G,1} C_{G,1}^T \\ - [\lambda V_{G,1} C_{G,1}^T]$$

③2次ナトリウム系トリチウム

2次ナトリウム系のトリチウム量のマスバランスは次のように表わされる。

[2次Na中増加率] = [IHX伝熱管透過率]

- [2次コールドトラップ捕獲率]
- [SG伝熱管透過率]
- [2次冷却系機器、配管壁透過率]
- [2次カーバガス系移行率]
- [2次Na中崩壊率]

$$V_{N,2} \frac{dC_{N,2}^T}{dt} = \left[\frac{A_{IHX}\kappa^T}{d_{IHX}} \left(\frac{C_{N,1}^T}{K_{N,1}^T} - \frac{C_{N,2}^T}{K_{N,2}^T} \right) f_3 \right] \\ - \left[-\lambda W^T + \varepsilon^H Q_{CT,2} \left(1 - \frac{C_{N,2}^{H,sat}}{C_{N,2}^H} \right) C_{N,2}^T + \varepsilon^T Q_{CT,2} \left(C_{N,2}^T - \frac{W^T}{W^H} C_{N,2}^{H,sat} \right) \right] \\ - \left[\frac{A_{SG}\kappa^T}{d_{SG}} \frac{C_{N,2}^T}{K_{N,2}^T} f_4 \right] \\ - \left[\frac{A_{Sec}\kappa^T}{d_{Sec}} \frac{C_{N,2}^T}{K_{N,2}^T} \right] \\ - \left[A_{N,2} \alpha^T \left\{ f_1 \left(K_P^{1/2} \frac{C_{N,2}^H}{K_{N,2}^H} \frac{C_{N,2}^T}{K_{N,2}^T} \frac{N_A}{RT} - C_{G,2}^T \right) \right\} + f_2 \left(\frac{C_{G,2}^H}{K_{N,2}^H} C_{N,2}^T - C_{G,2}^T \right) \right] \\ - [\lambda V_{N,2} C_{N,2}^T]$$

④2次カバーガス系トリチウム

2次カバーガス系のトリチウム量のマスバランスは次のように表わされる。

[2次カバーガス中増加率] = [2次カバーガス系移行率]

- [2次気排系放出率]
- [2次カバーガス中崩壊率]

$$V_{G,2} \frac{dC_{G,2}^T}{dt} = \left[A_{N,2} \alpha^T \left\{ f_1 \left(K_P^{1/2} \frac{C_{N,2}^H}{K_{N,2}^H} \frac{C_{N,2}^T}{K_{N,2}^T} \frac{N_A}{RT} - C_{G,2}^T \right) \right\} + f_2 \left(\frac{C_{G,2}^H}{K_{N,2}^H} C_{N,2}^T - C_{G,2}^T \right) \right] \\ - E_{G,2} C_{G,2}^T \\ - [\lambda V_{G,2} C_{G,2}^T]$$

⑤水・蒸気系トリチウム

水・蒸気系のトリチウム量のマスバランスは次のように表わされる。

[水・蒸気中増加率]= [SG伝熱管透過率]

- [プローフ放出率]

- [水・蒸気中崩壊率]

$$V_{W,3} \frac{dC_{W,3}^T}{dt} = \left[\frac{A_{SG} K^T}{d_{SG}} \frac{C_{N,2}^T}{K_{N,2}^T} f_4 \right] \\ - E_{W,3} C_{W,3}^T \\ - [\lambda V_{W,3} C_{W,3}^T]$$

⑥1次ナトリウム系水素

1次ナトリウム系の水素量のマスバランスは次のように表わされる。

[1次Na中増加率]= [IHX伝熱管透過率] (正: 1次→2次)

- [1次コールドトラップ捕獲率]

- [原子炉容器壁透過率]

- [1次冷却系機器、配管壁透過率]

- [1次カーバガス系移行率] (正: Na→カバーガス)

$$V_{N,1} \frac{dC_{N,1}^H}{dt} = - \left[\frac{A_{IHX} K^H}{d_{IHX}} \left(\frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} - \frac{C_{N,2}^H}{K_{N,2}^H} \right) f_3 \right] \\ - \left[\varepsilon^H Q_{CT,1} \left(1 - \frac{C_{N,1}^{H,sat}}{C_{N,1}^H} \right) C_{N,1}^H \right] \\ - \left[\frac{A_{RV} K^H}{d_{RV}} \frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} \right] \\ - \left[\frac{A_{Pr_i} K^H}{d_{Pr_i}} \frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} \right] \\ - \left[A_{N,1} \alpha^H f_1 \left(2 \left(\frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} \right)^2 \frac{N_A}{RT} - C_{G,1}^H \right) \right]$$

⑦1次カバーガス系水素

1次カバーガス系の水素量のマスバランスは次のように表わされる。

[1次カバーガス中増加率]= [1次カバーガス系移行率] (正: Na→カバーガス)

+ [1次カバーガス系放出率]

$$V_{G,1} \frac{dC_{G,1}^H}{dt} = \left[A_{N,1} \alpha^H f_1 \left(2 \left(\frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} \right)^2 \frac{N_A}{RT} - C_{G,1}^H \right) \right] \\ + [S_{G,1}^H] \\ - E_{G,1} C_{G,1}^H$$

⑧ 2次ナトリウム系水素

2次ナトリウム系の水素量のマスバランスは次のように表わされる。

[2次Na中增加率]= [SG伝熱管透過率]

+ [IHX伝熱管透過率] (正: 1次→2次)

- [2次コールドトラップ捕獲率]

- [2次冷却系機器、配管壁透過率]

- [2次カーバガス系移行率]

$$V_{N,2} \frac{dC_{N,2}^H}{dt} = [S_{SG}^H]$$

$$+ \left[\frac{A_{HX}\kappa^H}{d_{HX}} \left(\frac{C_{N,1}^H}{K_{N,1}^H} - \frac{C_{N,2}^H}{K_{N,2}^H} \right) f_3 \right]$$

$$- \left[\epsilon^H Q_{CT,2} \left(1 - \frac{C_{N,2}^{H,sat}}{C_{N,2}^H} \right) C_{N,2}^H \right]$$

$$- \left[\frac{A_{Sec}\kappa^H}{d_{Sec}} \frac{C_{N,2}^H}{K_{N,2}^H} \right]$$

$$- \left[A_{N,2} \alpha^H f_1 \left(2 \left(\frac{C_{N,2}^H}{K_{N,2}^H} \right)^2 \frac{N_A}{RT} - C_{G,2}^H \right) \right]$$

⑨ 2次カバーガス系水素

2次カバーガス系の水素量のマスバランスは次のように表わされる。

[2次カバーガス中増加率]= [2次カバーガス系移行率] (正: Na→カバーガス)

+ [2次カバーガス系放出率]

- [2次気排系放出率]

$$V_{G,2} \frac{dC_{G,2}^H}{dt} = \left[A_{N,2} \alpha^H f_1 \left(2 \left(\frac{C_{N,2}^H}{K_{N,2}^H} \right)^2 \frac{N_A}{RT} - C_{G,2}^H \right) \right]$$

$$+ [S_{G,2}^H]$$

$$- E_{G,2} C_{G,2}^H$$

⑩ 1次系CTトリチウム捕獲

1次系CTトリチウム捕獲量のマスバランスは次のように表わされる。

[1次系CTトリチウム捕獲率]= [共沈捕獲率] + [同位体交換捕獲率] - [CT内崩壊率]

$$\frac{dW_{CT,1}^T}{dt} = \left[\epsilon^H Q_{CT,1} \left(1 - \frac{C_{N,1}^{H,sat}}{C_{N,1}^H} \right) C_{N,1}^T + \epsilon^T Q_{CT,1} \left(C_{N,1}^T - \frac{W_{CT,1}^T}{W_{CT,1}^H} C_{N,1}^{H,sat} \right) - \lambda W_{CT,1}^T \right]$$

⑪ 2次系CTトリチウム捕獲

2次系CTトリチウム捕獲量のマスバランスは次のように表わされる。

$$[2\text{次系CTトリチウム捕獲率}] = [\text{共沈捕獲率}] + [\text{同位体交換捕獲率}] - [\text{CT内崩壊率}]$$

$$\frac{dW_{CT,2}^T}{dt} = \left[\epsilon^H Q_{CT,2} \left(1 - \frac{C_{N,2}^{H,sat}}{C_{N,2}^H} \right) C_{N,2}^T + \epsilon^T Q_{CT,2} \left(C_{N,2}^T - \frac{W_{CT,2}^T}{W_{CT,2}^H} C_{N,2}^{H,sat} \right) - \lambda W_{CT,2}^T \right]$$

⑫ 1次系CT水素捕獲

1次系CT水素捕獲量のマスバランスは次のように表わされる。

$$[1\text{次系CT水素捕獲率}] = [\text{析出捕獲率}]$$

$$\frac{dW_{CT,1}^H}{dt} = \left[\epsilon^H Q_{CT,1} \left(1 - \frac{C_{N,1}^{H,sat}}{C_{N,1}^H} \right) C_{N,1}^H \right]$$

⑬ 2次系CT水素捕獲

2次系CT水素捕獲量のマスバランスは次のように表わされる。

$$[2\text{次系CT水素捕獲率}] = [\text{析出捕獲率}]$$

$$\frac{dW_{CT,2}^H}{dt} = \left[\epsilon^H Q_{CT,2} \left(1 - \frac{C_{N,2}^{H,sat}}{C_{N,2}^H} \right) C_{N,2}^H \right]$$

<記号の説明>

[未知量変数] (初期値は与える)

C : 濃度 (9つ)

W : CT捕獲量 (4つ)

[物理定数]

N_A : アボガドロ定数

R : 気体定数

λ : トリチウム崩壊定数

[プラント定数]

S : ソースレート (適合評価値 or モデル評価値)

V : 体積

A : 表面積

d : 管壁厚み

Q : CT流量

ϵ : CT捕獲効率 (実験評価値)

E : 環境放出流量

[物性値] (カッコ内が入力変数) [8]

$C_N^{H,\text{sat}}$: Na中水素溶解度 Vissers式 (Na温度)

K : シーベルト定数 (Na温度)

K_P : $1/2H_2 + 1/2T_2 \rightleftharpoons HT$ 平衡定数 Jones式 (Na温度)

α : Arガス系移行係数 Gwyther式 (Na液面温度)

κ : 管壁透過係数 (機器材質, 温度)

SUS304 : Webb式

2.25Cr-1Mo : Chang式

[上付添字]

H : 水素

T : トリチウム

sat : 飽和状態

[下付添字]

N : ナトリウム系

G : アルゴンガス系

w : 水系

Pri : 1次ナトリウム系統配管

IHX : 中間熱交換器伝熱管

Sec : 2次ナトリウム系統配管

CT : ナトリウム純化系

SG : 蒸気発生器伝熱管

1 : 1次系

2 : 2次系

3 : 水蒸気系

[その他]

f : チューニングファクタ (適合評価値)

表2.1 「もんじゅ」性能試験時のトリチウムソーススターク
(Heボンド型制御棒使用)

(Ci/efpd)

トリチウム発生源		生成反応	生成率		放出率		
			設計*	評価97**	設計*	評価97**	TTT9適合***
炉心	炉心燃料	ternary fission	21.60	16.92	21.60	16.92	
制御	粗調整棒 10体	主に	調整棒合わせて	13.42	調整棒合わせて	0.25	
	微調整棒 3体	10B($n,2\alpha$)T	25.14	15.96	25.14	3.23	
	後備棒 6体		1.13	2.39	1.13	0.00	
	小計 19体		26.27	31.77	26.27	3.48	
不純物	ナトリウム	$6Li(n,\alpha)T$		3.02E-03		3.02E-03	
		$7Li(n,n'\alpha)T$	3.49	3.14E-05	3.49	3.14E-05	
		$10B(n,2\alpha)T$		9.79E-04		9.79E-04	
	炉心燃料集合体	$10B(n,2\alpha)T$		4.47E-01		4.47E-01	
	ブランケット燃料集合体	$10B(n,2\alpha)T$		3.26E-02		3.26E-02	
	小計		3.49	0.48	3.49	0.48	
合計			51.36	49.17	51.36	20.89	13.71

* E13-972S-A080M01/R0, 「しゃへい線源計算書 トリチウム生成量」

** PNC ZJ2678 98-001, 「トリチウムの生成・移行量評価」, 新型炉技術開発(株), 1998.3

*** 性能試験時系統内トリチウム濃度分布測定データに適合しCT捕獲分を補正し得られた解析評価値

表2.2(a) 「もんじゅ」定格運転時のトリチウムソーススターク
(Heボンド型制御棒使用時)

トリチウム発生源		生成反応	生成率		放出率	
			設計*	評価97**	設計*	評価97**
炉心	炉心燃料	ternary fission	21.60	16.33	21.60	16.33
制御棒	粗調整棒 10体	主に	調整棒合わせて	41.49	調整棒合わせて	34.95
	微調整棒 3体	$10B(n,2\alpha)T$	25.14	6.86	25.14	6.27
	後備棒 6体		1.13	2.84	1.13	0.28
小計 19体			26.27	48.35	26.27	41.22
不純物	ナトリウム	$6Li(n,\alpha)T$		2.94E-03		2.94E-03
		$7Li(n,n'\alpha)T$	3.49	3.10E-05	3.49	3.10E-05
		$10B(n,2\alpha)T$		9.80E-04		9.80E-04
	炉心燃料集合体	$10B(n,2\alpha)T$		4.57E-01		4.57E-01
	ブランケット燃料集合体	$10B(n,2\alpha)T$		3.20E-02		3.20E-02
	小計		3.49	0.49	3.49	0.49
合計			51.36	65.17	51.36	58.04

* E13-972S-A080M01/R0, 「しゃへい線源計算書 トリチウム生成量」

** PNC ZJ2678 98-001, 「トリチウムの生成・移行量評価」, 新型炉技術開発(株), 1998.3

表2.2(b) 「もんじゅ」定格運転時のトリチウムソーススターク
(Naボンド型制御棒使用時)

トリチウム発生源		生成反応	生成率		放出率	
炉心	制御棒		設計*	評価97**	設計*	評価97**
炉心燃料	粗調整棒 10体 微調整棒 3体 後備棒 6体 小 計 19体	ternary fission 主に $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)^{7}\text{Li}$	21.60 25.14 1.13 26.27	16.33 6.86 2.84 48.35	21.60 調整棒合わせて 25.14 1.13 26.27	16.33 10.03 2.25 0.03 12.31
不純物	ナトリウム	$^{6}\text{Li}(\text{n},\alpha)^{3}\text{H}$ $^{7}\text{Li}(\text{n},\text{n}'\alpha)^{4}\text{He}$ $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)^{7}\text{Li}$	3.49	2.94E-03 3.10E-05 9.80E-04	3.49	2.94E-03 3.10E-05 9.80E-04
	炉心燃料集合体 ブランケット燃料集合体	$^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)^{7}\text{Li}$ $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)^{7}\text{Li}$		4.57E-01 3.20E-02		4.57E-01 3.20E-02
	小 計		3.49	0.49	3.49	0.49
	合 計		51.36	65.17	51.36	29.13

* E13-972S-A080M01/R0, 「しゃへい線源計算書 トリチウム生成量」

** PNC ZJ2678 98-001, 「トリチウムの生成・移行量評価」, 新型炉技術開発(株), 1998.3

Table 2.3(a) Tritium source term in Japanese FBR

upper value: Ci/efpd
lower value: Ci/efpd/MW

Tritium source	Production reaction	Joyo (100 MW _{th})			Monju (714 MW _{th}) **			
		Mk-II core with He-bond vent type CR		Equilibrium core with He-bond CR		Equilibrium core with Na-bond CR		
		Production rate	Release rate	Production rate	Release rate	Production rate	Release rate	
Fuel	ternary fission	3.36 3.36E-02		16.33 2.29E-02	16.33 2.29E-02 (100%)	16.33 2.29E-02	16.33 2.29E-02 (100%)	
CR	Mainly $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)\text{T}$	6.34 6.34E-02		48.35 6.77E-02	41.22 5.77E-02 (85%)	48.35 6.77E-02	12.31 1.72E-02 (25%)	
Impurity	$^{6}\text{Li}(\text{n},\alpha)\text{T}$ $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)\text{T}$	5.10E-03 5.10E-05		0.49 6.90E-04	0.49 6.90E-04 (100%)	0.49 6.90E-04	0.49 6.90E-04 (100%)	
Total		9.71 9.71E-02	3.37* 3.37E-02 (34.7%)	65.17 9.13E-02	58.04 8.13E-02 (89%)	65.17 9.13E-02	29.13 4.08E-02 (45%)	

* The TTT estimation from best fitting to the measured tritium concentration in sodium

** The model calculation

Table 2.3(b) Tritium source term in European FBR

upper value: Ci/efpd
lower value: Ci/efpd/MW

Tritium source	Production reaction	Superphenix (3000 MW _{th})			Phenix (563 MW _{th}) **		PFR (600 MW _{th}) **		
		Core with Na-bond CR		Core with Na-bond CR					
		Production rate	Release rate	Production rate	Release rate	Production rate	Release rate		
Fuel	ternary fission	57.50 1.92E-02	57.50 1.92E-02 (100%)						
CR	Mainly $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)\text{T}$	106.28 3.54E-02	10.45 3.48E-03 (10%)					0.60 1.00E-03 (10-13%)	
Impurity	$^{6}\text{Li}(\text{n},\alpha)\text{T}$ $^{10}\text{B}(\text{n},2\alpha)\text{T}$	2.61E-01 8.70E-05	2.61E-01 8.70E-05 (100%)						
Total		164.04 5.47E-02	68.21 2.27E-02 (42%)		4.00 7.10E-03			11~13.5 1.83E-2~2.25E-2	

* EJCC exchange report, STML/LEPE 97/364

** M.Carminati et al, Hydrogen and tritium behaviour in Phenix and PFR, Proceeding of the 4th LIMET, Avignon, pp620-1~13,1988

表2.4 トリチウムの被覆管管壁透過時間

$$\text{評価式} \quad t = \frac{L^2}{D}$$

拡散係数

SUS304

$$D_T = \frac{4.7 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} \exp\left(-\frac{12900}{RT}\right)$$

透過時間

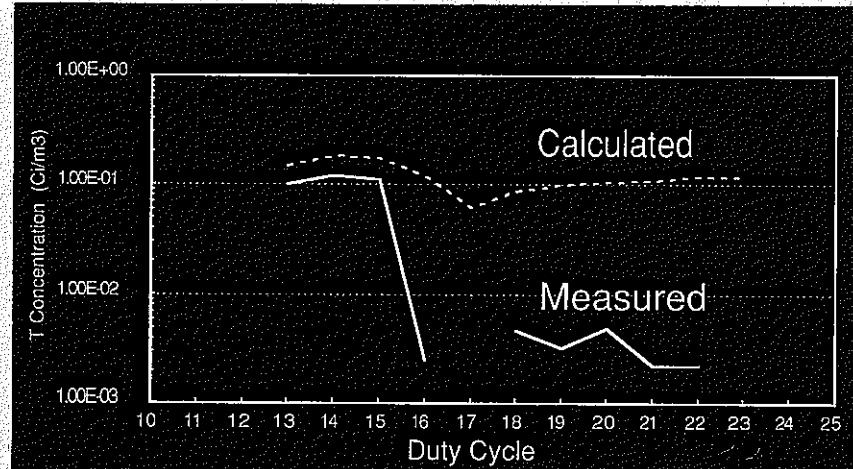
温度 (°C)	燃料 (SUS304, 0.035cm)		制御棒 (SUS304, 0.2cm)	
	拡散係数 (cm ² /s)	透過時間 (min)	拡散係数 (cm ² /s)	透過時間 (min)
400	1.75E-07	116	1.75E-07	3,801
500	6.11E-07	33	6.11E-07	1,091
600	1.60E-06	13	1.60E-06	417
700	3.43E-06	6	3.43E-06	194

結論

被覆管透過に意外と時間がかかるので、ベント型の場合冷却材中への主な放出経路はベント孔からになるものと考えられる。

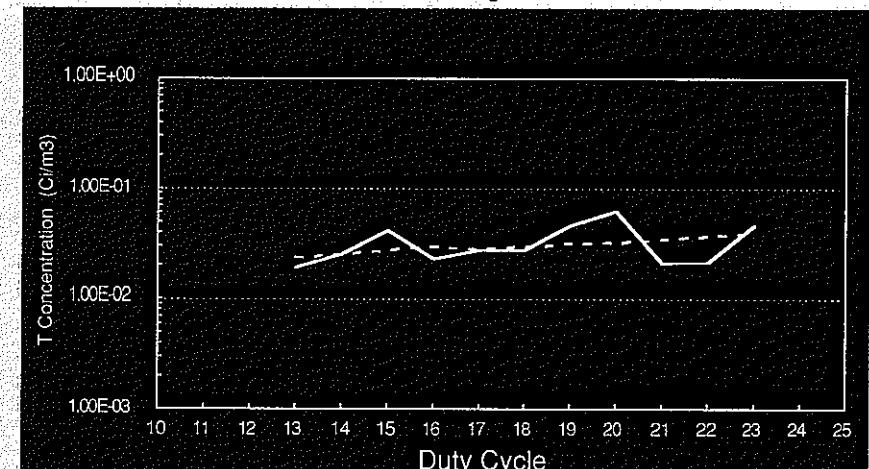
Fig.2.1
Comparison of Measured vs. Calculated T and H Concentration in Na of JOYO
Primary Sodium

Tritium



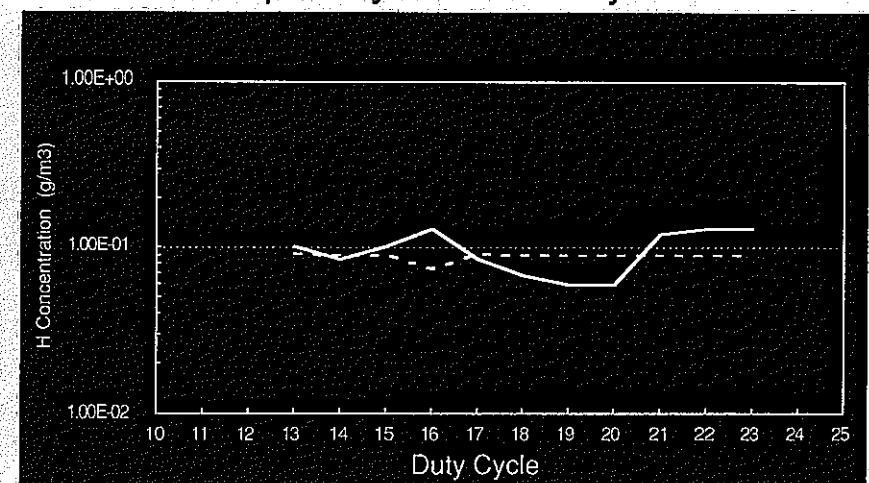
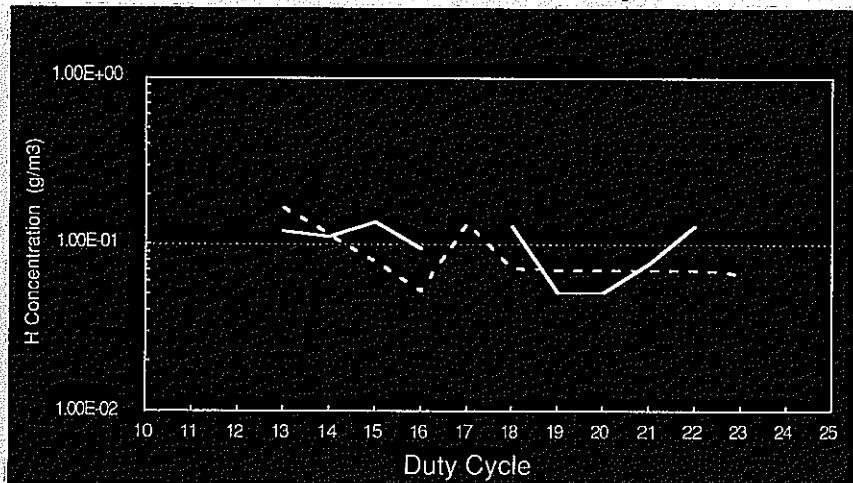
The unexpected drop of measured primary con. after the 16cy !

Secondary Sodium



The measured 2ndary con. is higher than primary after the 16cy !

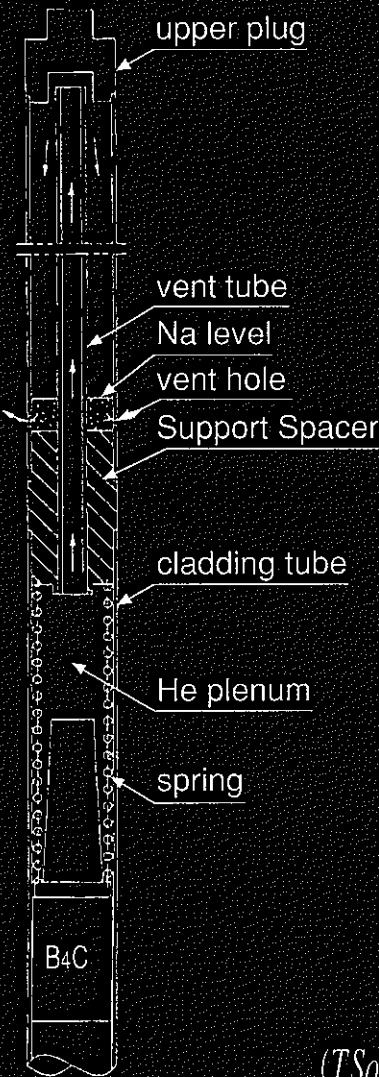
Hydrogen



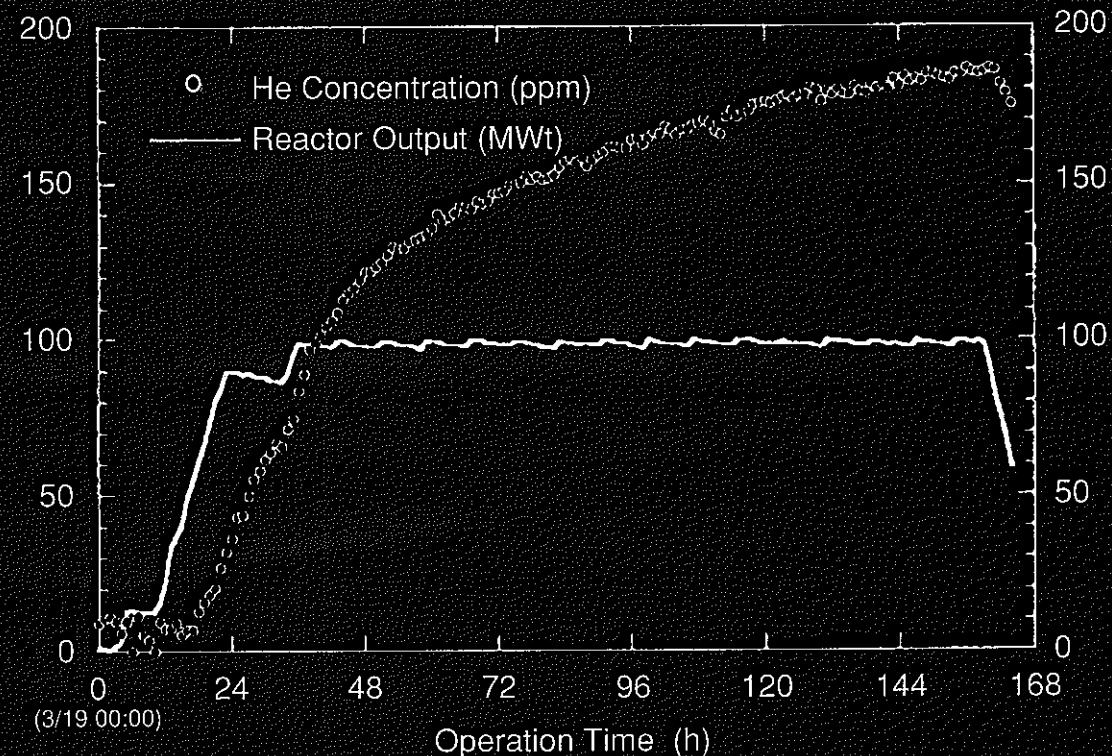
Cold Trapping Efficiency: Coprecipitation $\epsilon_H = 0.6$, Isotopic Exchange $\epsilon_T = 1$
 Transfer Coefficient from Na to CG: α , Release Rate of H_2 from CG Wall: $3 \mu\text{g-H/s}$

Fig. 2.2
Estimation of T Production Rate in JOYO CR

-21-



Vent Type CR



Change of He Concentration in Primary Cover Gas (28th Duty Cycle)

$$(T_{Source\ Rate}) = (He\ Transfer\ Rate\ to\ CG) \times \frac{(T\ Reaction\ Rate\ in B_4C)}{(He\ Reaction\ Rate\ in B_4C)} \times (T\ Release\ Rate\ from\ B_4C\ Pellets\ to\ Plenum\ in\ CR)$$

(measurement)

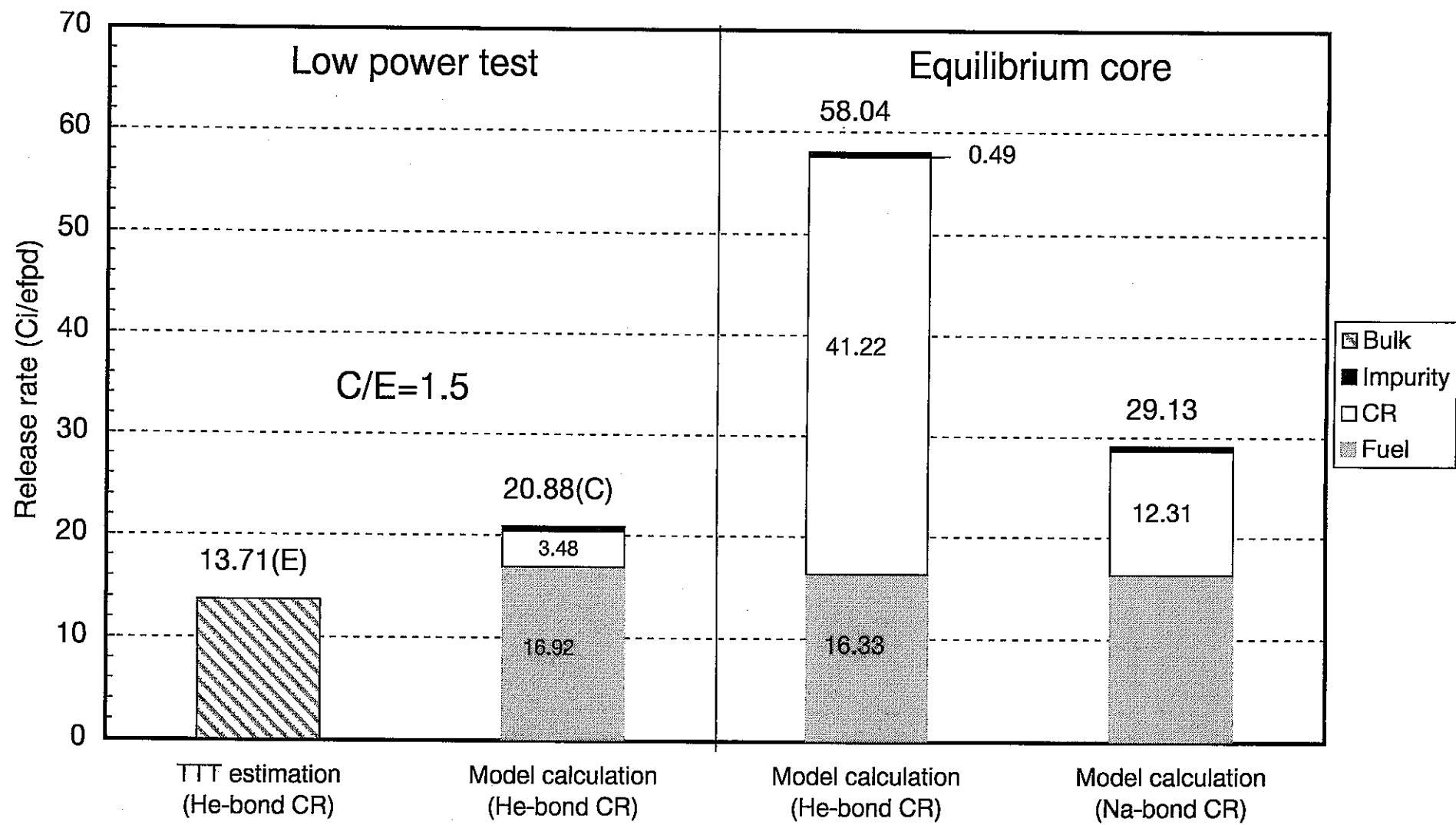
(calculation)

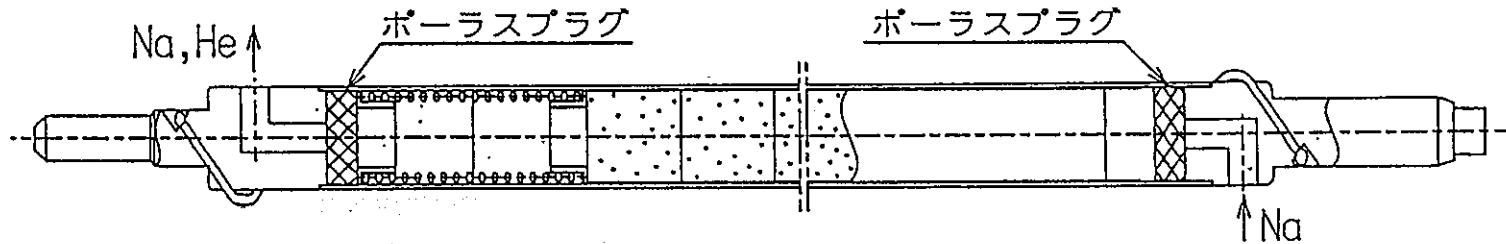
(parameter)

[Production Rate]

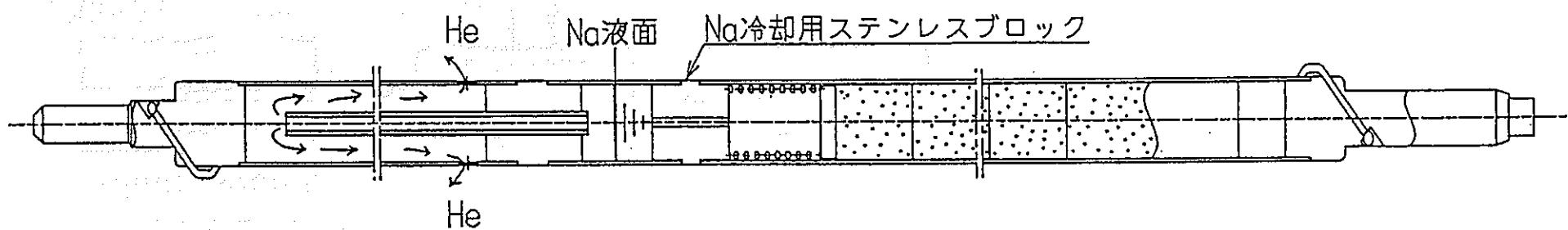
[Release Rate]

Fig. 2.3 Estimation for tritium release rate from core in Monju

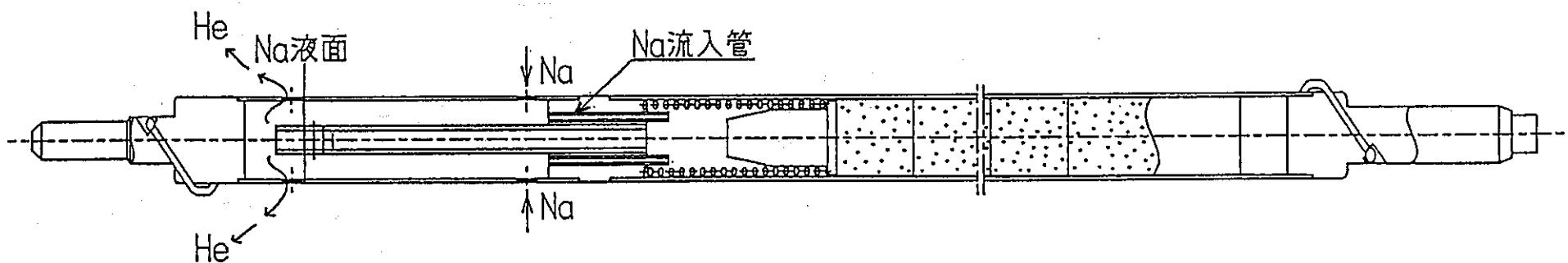




Type-1 ポーラスプラグダブルベント型（フランス型）



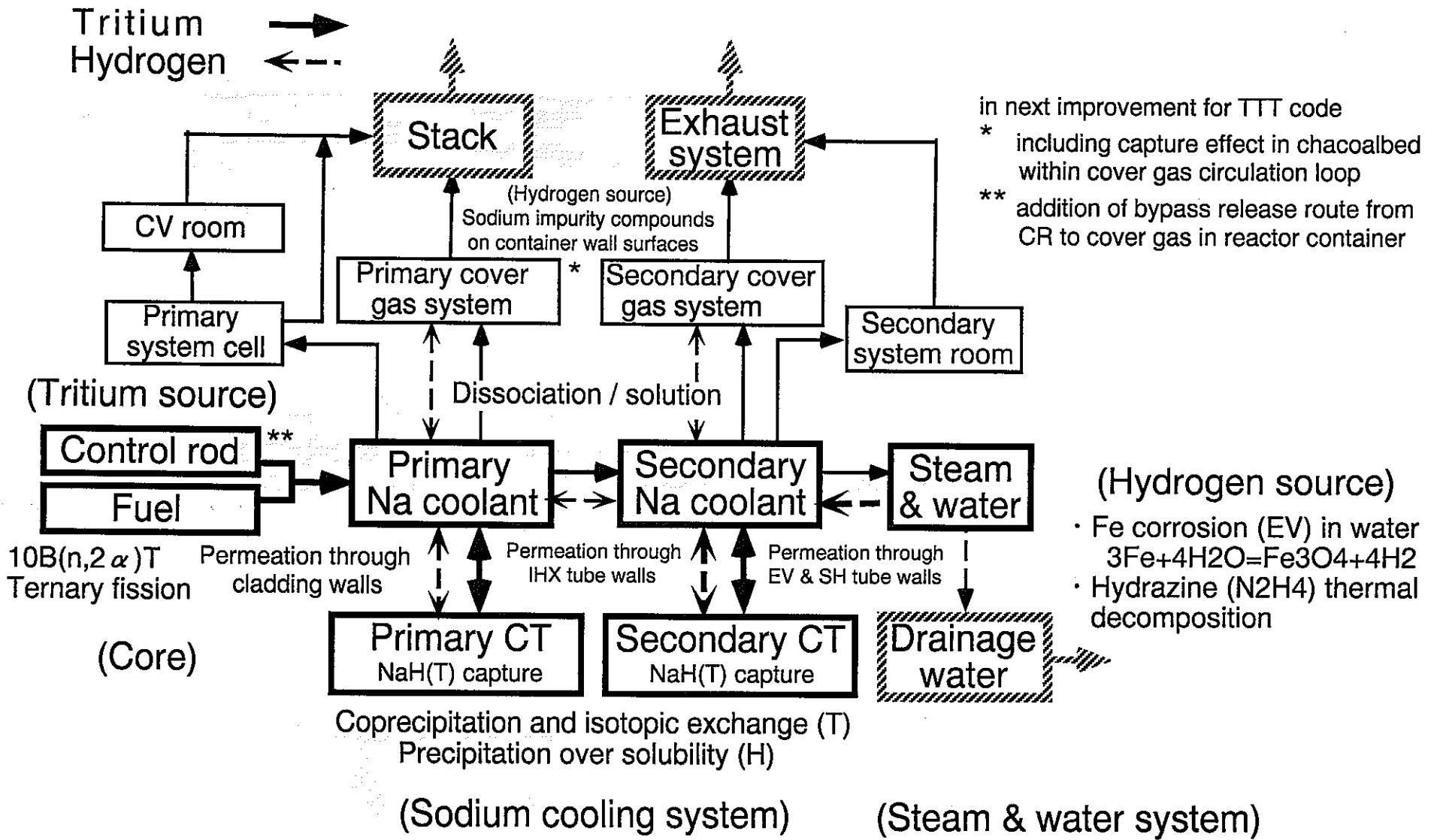
Type-2 ダイビングベルNa封入型（ロシア型）



Type-3 Na流入管付ダイビングベル改良型（「常陽」型）

図 2.4 Na ボンド型吸収ピンの候補構造

Fig.2.5 Tritium and hydrogen transport model in TTT-code



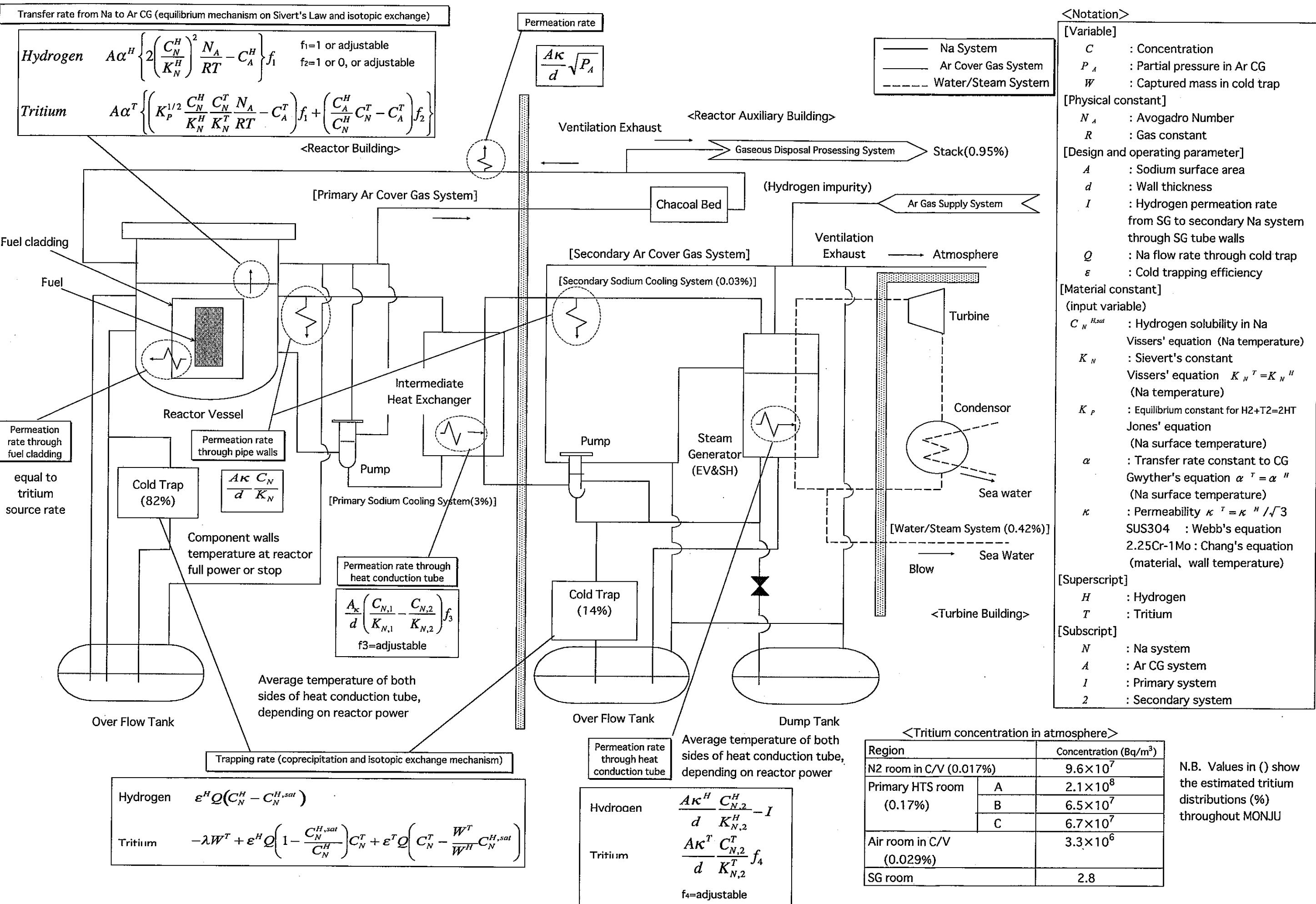


Fig.2.6 Diagram of Tritium Transport Model for an LMFBR in TTT Code

3. 「もんじゅ」性能試験時水素・トリチウム挙動データ解析とコード検証

3.1 プラント運転データと水素・トリチウム濃度分布測定データ

性能試験運転スケジュール（起動試験-3～7サイクル:31～44%出力）、出力、冷却材温度、流量、CT及びプラグ計指示温度等のプラント運転データは、MVNETデータ及びMIDAS収録データより得られた。図3.1に本試験期間内の原子炉出力経過を示した。出力上昇試験全期間内の実効全出力運転日は40.26 efpdである。また、系統内での水素とトリチウム濃度分布実測値は、プラントに設置されている拡散式水素計及びガスクロマトグラフによる測定、並びに冷却材（1次、2次ナトリウム及びSG水）及びナトリウム冷却系アルゴンカバーガスのサンプリングと分析により得られた。これらの測定、分析値はMIDAS及び「もんじゅ」建設所プラント1課及び安全管理課により取得され、本解析に提供されたものである。これらの結果を表3.1(1)～(5)及び表3.2(1)～(5)に示した。なお、挙動解析には1次系ナトリウム中水素濃度はサンプリング分析値だけではなく、プラグ計指示温度からVissersの溶解度データ[18]を用い濃度に換算して得られた値も（2次系のように水素計を設置していないので）吟味しながら用いることとした。この他、トリチウム分布測定は系統外部においても放射線管理と放出管理のため、1次冷却系室やCV床上空気雰囲気などの室内雰囲気及びスタックや換気口など管理ポイントで採取した試料により行われているが、本解析の対象とはしなかった。

3.2 解析コードにおけるIHX、EV、SH伝熱管管束部温度設定

TTTコードではIHX、EV、SH伝熱管管束部温度を与え、系統内における水素、トリチウム移行を計算するが、これら管束部温度分布は管壁透過程に対する強い影響因子となる。コードではIHXに対して1次及び2次ナトリウム出入口温度を与え管束部温度分布を設定し、EVとSHに対しては管束部平均ナトリウム温度を与える形になっている。そこで、今回の解析に先立ってTTT9におけるIHX管束部温度分布設定の検証とEV、SH管束部平均温度の見直しを実施した。

(1) IHX伝熱管管束部温度分布

(a) 解析コードにおける管束部温度分布設定

コードではIHXの1次及び2次ナトリウム出入口温度と管束部軸方向のノード分割数を入力し、伝熱管軸方向のノード分割数に対応した温度分布（管束部径方向の温度分布は均一であるとする）を対数分布に近似することにより以下により計算する。

$$TF_i = 0.5 \times (C_1 \cdot F_i + C_2 + C_3 \cdot F_i + C_2)$$

$$C_1 = (T_{11} - T_{22}) \cdot (T_{11} - T_{12}) / DET$$

$$C_2 = (T_{11} \cdot T_{21}) - (T_{12} \cdot T_{22}) / DET$$

$$C_3 = (T_{11} - T_{22}) \cdot (T_{22} - T_{21}) / DET$$

$$DET = T_{11} - T_{12} - T_{22} + T_{21}$$

$$F_i = eALP (M_i - 0.5) / M$$

$$ALP = \ln ((T_{12} - T_{21}) / T_{11} - T_{22})$$

ここで、

- T F i : IHX 伝熱管の軸方向ノード分割 i 番目の温度 (°C)
T 1 1 : IHX の 1 次ナトリウム入口温度 (°C)
T 1 2 : IHX の 1 次ナトリウム出口温度 (°C)
T 2 1 : IHX の 2 次ナトリウム入口温度 (°C)
T 2 2 : IHX の 2 次ナトリウム出口温度 (°C)
M i : IHX 伝熱管の軸方向ノード分割 i 番目
M : IHX 伝熱管の軸方向ノード分割数

(b) 機器解析評価データに基づく管束部温度分布

上記 (a) で示したコードの温度分布設定の妥当性を検証するため、定格運転時の 1 次ナトリウム側に対する機器解析評価データに基づき管束部温度分布の検討を実施した。機器解析評価データは (株) 日立製作所が 2 次元軸対象伝熱流動解析コード "THERVIS" を用いて解析したもので、17 領域の等温マップ図で提示された。これを軸方向に 8 領域分割し各々の領域における等温領域面積を重みとして平均し、各軸方向領域での平均温度分布を算出した。これを 3 次の多項式で近似すると、

$$T^*(x) = -0.3627x^3 - 0.8232x^2 - 12.712x + 522.15 \quad R^2=0.9996$$

T*(x): 機器解析評価管束部温度分布 (°C)

x: 入口からの軸方向距離 (m)

が得られた。ところで、この解析評価値の管束部入口/出口窓領域温度は 521/392°C となり定格温度公称値 529/397°C から若干ずれる。これは、等温領域メッシュが有限であるため生じたものである。そこで、これまでの取扱である公称値との整合を図るため、次式により解析評価温度分布(*)と補正温度分布(i)の入口/出口温度差比による圧縮と入口温度適合を行い補正温度分布近似式(i)を設定し、これを機器解析評価値に替わるものとして取扱うこととした。さて、2 次側温度分布の機器解析評価データ入手出

$$T^i(x) = \left\{ T^*(x) - T_{inlet}^* \right\} \times \frac{\Delta^i}{\Delta^*} + T_{inlet}^*$$
$$T^*(x) = -0.3627x^3 - 0.8232x^2 - 12.712x + 522.15$$
$$\frac{\Delta^i}{\Delta^*} = \frac{T_{inlet}^i - T_{outlet}^i}{129.48}$$

Tⁱ(x): 機器解析評価管束部補正温度分布 (°C)

来なかったので、上述の方法により出口/入口温度を公称値の 505/325°C に規格化して機器解析評価補正值として扱うこととした。これと先に述べた 1 次側機器解析評価補正值の平均値を (a) のコード内温度分布近似値と比較した。

(c) 検証結果

図 3.2 に定格出力運転時管束部軸方向温度分布の検証結果を示した。機器解析評価値とコード内近似値は近接している。この場合の管壁透過率の比較を図 3.3 に示した。管束部全域の透過率の積分値（透過量に相当）は機器解析評価の方がコード内近似の場合に比べ 15% 大きいが、合致の範囲にあると考えて善いだろう。以上により、コード内管束部温度分布近似式は従来とおりとし修正は行わなかった。

(2) E Vヘリカルコイル部平均温度

E V機器解析評価データに基づきヘリカルコイル部平均温度の見直しを行った。機器解析評価データは出力40%、70%、100%の各々について三菱重工(株)より提供され、これらを図3.4に示すように3次の多項式で近似し(*)、更に入口/出口温度の公称値に合致させるためにIHXの場合と同様の次式による補正を行った(i)。以下に40%出力運転時の場合について示す。

$$T^i(x) = \left\{ T^*(x) - T^*_{inlet} \right\} \times \frac{\Delta^i}{\Delta^*} + T^*_{inlet}$$

$$\frac{\Delta^i}{\Delta^*} = \frac{T^*_{inlet} - T^*_{outlet}}{174.15}$$

$$T^*(x) = -3.291x^3 + 31.614x^2 - 102.16x + 438.48$$

平均温度は次式により求めた。図3.5にヘリカルコイル部トリチウム透過率を示した。出力上昇試験各サイクル運転時の平均温度結果は表3.1(1)~(5)に示した。

$$\kappa(T_m) = \frac{1}{L} \int_0^L \kappa\{T^i(x)\} dx$$

$$\kappa\{T^i(x)\} = 4.74 \times 10^{-3} \exp\left(-\frac{5140}{T^i(x)+273}\right) / \sqrt{3}$$

κ	トリチウム透過率	$\frac{(Ncc)(cm)}{(sec)(cm^2)(atm^{1/2})}$
x	入口からのヘリカルコイル部軸方向距離	m
$T^i(x)$	ヘリカルコイル部機器解析評価補正温度分布	°C
T_m	ヘリカルコイル部平均温度	°C
L	ヘリカルコイル部軸方向高さ	m

(3) S Hヘリカルコイル部平均温度

S Hヘリカルコイル部平均温度をE Vの場合と同様にして見直した。機器解析評価データは(株)日立製作所より提供された。但し、40%出力運転時の場合に対して、

$$\kappa\{T^i(x)\} = 2.65 \times 10^{-2} \exp\left(-\frac{8189}{T^i(x)+273}\right) / \sqrt{3}$$

$$T^i(x) = \left\{ T^*(x) - T^*_{inlet} \right\} \times \frac{\Delta^i}{\Delta^*} + T^*_{inlet}$$

$$\frac{\Delta^i}{\Delta^*} = \frac{T^*_{inlet} - T^*_{outlet}}{32.7}$$

$$T^*(x) = -2.8547x^3 + 4.31x^2 - 4.9857x + 489.12$$

である。図3.6、3.7にヘリカルコイル部温度分布と透過率を示した。出力上昇試験各サイクル運転時の平均温度結果は表3.1(1)~(5)に示した。

3.3 性能試験データから見られるプラント初期における挙動の特徴

「もんじゅ」性能試験時のデータは、トリチウム・水素挙動解析でこれまで関心を持たれることができ少なかったプラント初期に関するものであるが、運転が充分進んだ段階とはまた違った特徴も見られたため、まずここでそれらにつき若干述べておく。トリチウムは最初の出力上昇運転サイクルである第3サイクルより系統内サンプリング試料より検出され始め、出力上昇期間内での系統内濃度分布は1次Na : 2次Na : 水・蒸気=1:1/100:1/5,000~1/10,000であった。また、出力上昇試験期間内における不純物挙動に関連して最も特徴的と思われたのは、出力上昇試験-3で顕著であったのだが、1次冷却系カバーガス中水素濃度とナトリウム中のプラグ計指示温度の上昇であった。これを図3.8に示した。1次カバーガス中水素濃度は原子炉出口温度が初めて400°Cを越えて上昇した出力上昇試験-3のスタート段階で、通常では観測されることのない高いレベルの約600vppmにまで上昇した後低下し、その後の第4~7サイクルでは運転中の若干の上昇はあるものの50~20vppmのレベルで推移した。一方、ナトリウムプラグ計温度は第3サイクルでは180°C台に達し、その後の運転サイクルでも直ちに定格目標温度の150°C近傍（管理目標酸素濃度3 ppmに対応）にまで低下することではなく、第4~5サイクルを通じて徐々に低下し、第6、7サイクルに到りようやく145~160°Cのレベルで推移した。図3.9にPL指示温度とCT運転温度を比較し示した。「もんじゅ」運転ではCT温度は不純物による閉塞防止の観点から"プラグ計指示温度-10°C"での運転を基準としているため、プラグ計温度の推移に沿って第3サイクルでの約170°Cを最高として、その後のサイクルで徐々に段階的に下げ第6、7サイクルで約140°Cで安定運転された。この第6、7サイクルでのコールドトラップ運転は先に述べたプラグ計指示温度とコールドトラップ温度の差を10°C以内に維持すると言うよりは、定格目標温度の140°Cにまで低下させキープすると言う考え方の重視によるものである。

一方、2次ナトリウム冷却系では水漏えい検出のバックグラウンドを抑制するためCT温度は120°Cにキープされ、ナトリウム中水素濃度はSGからの拡散のためCT温度溶解度よりは高めの0.14ppm程度（PL指示温度にして140°C前半）で推移したが、概ね予測された範囲内にあったと考えられる。トリチウムに関しては上述のように出力上昇試験期間内においては1次系CT温度が2次系CT温度に比べ高く推移したので、トリチウムは通常予想されるよりは1次系から2次系に移行し易い傾向にあったと考えられる。また、水素については1次系濃度が2次系濃度を上まわり、水素分圧表示で図3.10に示す傾向にあった。従って、本図より水素のIHX伝熱管拡散・透過は第3~5サイクルでは、通常予測される方向とは逆に1次系→2次系に進み、第6~7サイクルでようやく1次系と2次系でのバランス状態に到り通常予測される2次系→1次系への透過の状態に近接したと考えられる。そこで、本解析ではまず次節においてこのようなプラント初期で生じた特殊な水素分布データをTTTコードの水素挙動オプションにより再現を図り、そのうえでトリチウム挙動計算を行うこととする。これはトリチウム挙動は水素により影響を受けるので必要なことである。また、この水素挙動解析により既に述べた1次カバーガス系水素濃度とプラグ計指示温度の推移

には関連があるか否か、これらの高い濃度や指示温度をもたらした原因としてどのような機構が考えられるかを検討し、プラント全般における不純物水素源について評価する。

3.4 水素挙動解析

3.4.1 解析目的

トリチウムは水素の同位体であるためその挙動は水素の挙動と密接に関連し合い、影響されることは実験的に確認されて来たし、また充分予想出来ることもある。特にトリチウムのコールドトラッピングについては C.C.McPheeters ら [16] の実験的的研究により、水素との共沈捕獲と同位体交換機構の存在が確認されており、またカバーガス中における $H_2 + T_2 \rightleftharpoons 2HT$ の同位体交換反応は周知の事実である。更に、同位体自己拡散による全物質相に亘るトリチウムと水素の同位体組成の均一化の傾向も理論的にはあり得る。従って、一般的に言ってもトリチウムの挙動解析は水素挙動を充分把握し解明したうえで進める必要がある。特に、今回のようなプラント初期でのナトリウム中不純物が多くなる時期はそうである。そこでトリチウム挙動解析の本来目的を達成するためにも、まず水素挙動を明らかにしておく必要があり本節に述べる解析評価作業を実施した。

また、発電用に水蒸気系を有するFBRナトリウム冷却系においては、EV伝熱管水側腐食による発生期水素の管壁拡散によるナトリウム系への移行があるため、不純物水素挙動が水漏れ検出、トリチウム挙動影響、CT負荷等いくつかの観点から従来より注目されて来た。更に、最初の原子炉出力上昇段階では、先行して模擬燃料から初装荷燃料へのおおがかりな交換作業があることや、系統温度上昇に伴いプラントとしては初めての高温領域へ踏込む等のことから、ナトリウムクリーニング等により管壁表面からの不純物（酸素、水素、ケイ素や他の腐食生成物等）の放出により、不純物濃度の上昇期を経由することが予測されて来た。実際、前節で述べたように最初の出力上昇運転である出力上昇試験-3において、概ね上述の予測に沿った事象を経験したのであるが、高速炉運転の初期段階と言う定格段階とはまた幾分違ったフェーズにおけるナトリウム冷却系での貴重な経験を整理し、解析評価を加え有意義な知見を得るべく本作業を実施した。

3.4.2 解析方法

TTTコードの挙動解析モデルについては 2.3 節で既に述べたが、水素源はナトリウム系では EV からの水素拡散や管壁付着不純物（水分やNaOH、NaH等）からの放出、その他に「常陽」データの解析に基づき導入されたカバーガス系における生成・放出源である。これはカバーガス系容器壁面汚れやミスト中のNaOH、NaH等の不純物分解から放出されると考えられ、これまで海外炉運転経験からの事例報告は見当らないがデータの再現上導入せざるを得なかったものである。ナトリウム系での移行は、まず CT での溶解度からのずれに基づく移行（過飽和析出と未飽和溶解）、Na/C/G 系間でのシーベルツ平衡則からのずれに基づく移行（分圧差に基づく解離と溶解）、管壁

拡散を取扱っている。モデルに用いられる物性値は D.R.Vissers の溶解度、シーベルツ定数、J.R.Gwyther のカバーガス系移行定数、R.Webb の管壁透過係数等である。また、評価体系は 1 次、2 次ナトリウム冷却系統から構成されている。

前節で述べたように 1 次カバーガス中濃度がナトリウム中水素の平衡分圧を越える高い濃度を示したことから、以下の手順により解析を行った。まず、1 次系カバーガス中水素濃度測定値への計算値の適合によるカバーガス系不純物からの水素生成速度 (Hydrogen evolution rate: コード入力変数は HING0) の決定→成行きによる 1 次ナトリウム中水素濃度推移の確認 (Vissers の溶解度式を用いプラグ計指示温度を換算して推定された濃度との比較) → 2 次ナトリウム水素濃度への適合による EV ヘリカルコイル部管壁水素透過速度の決定 (HXIN) → 2 次系カバーガス中水素濃度測定値への計算値の適合によるカバーガス系不純物からの水素放出速度 (HING0) の決定の手順である。以上により設定された本解析におけるモデルパラメータ基準値を表 3.3 に示した。

3.4.3 解析結果と考察

(1) 1 次系水素挙動解析

(a) カバーガス系水素濃度と PL 計指示温度上昇の相関性

既に述べたように、「もんじゅ」性能試験では 1 次系ナトリウム及びカバーガス系ともプラント初期に予想される典型的な不純物濃度上昇を経験した。まず、図 3.8 に示したカバーガス水素濃度とナトリウム PL 計指示温度上昇データの相関性を、最も顕著であった第 3 サイクルデータについて調べた。図 3.11 に示すように PL 計の上昇に対してカバーガスからナトリウム系への水素移行に対応する時間遅れを想定した場合相関性が見出され、対数式による相関係数 (R^2) として 0.84 が得られた。この適合の PL 計指示温度応答の遅れは 9 日である。なお、この想定遅れはカバーガス空間から原子炉容器ナトリウム中への溶解、及び流量比 0.3% のオーバフロー系とタンク内混合を経て流量比 0.07% の純化系に設置された PL 計への移行も含めてのものである。同様の相関性は第 4、5 サイクルでも、PL 計応答の時間遅れは短縮され、第 3 サイクルの場合よりは劣るが確認される。次に、TTT の水素挙動解析オプションを用いて、カバーガス系の不純物から放出された水素のナトリウム系への溶解と移行を想定することにより、どの程度まで PL 計指示温度上昇が説明可能かについて検討する。

(b) カバーガス系における水素発生源の推定

図 3.12 に第 3 ~ 7 サイクルまでの出力上昇試験期間での、1 次カバーガス系水素濃度のガスクロ測定値 (○) と計算値 (実線) が合致するように、カバーガス系における水素発生速度 (1GH) を適合し得られた結果を示した。この他比較のため、カバーガス系における水素生成が全く存在せず、分圧差によるナトリウム中からの解離移行のみが進行する場合の計算結果 (点線)、及びナトリウム中の PL 計指示温度から換算して得られたナトリウム中水素濃度とのカバーガス中平衡濃度 (△) も併せて示した。図に示すとおりこれらはガスクロによる水素濃度測定値をかなり下回り一致

が得られない。特に、ナトリウム中実測濃度に対するカバーガス中平衡濃度推定値に比べカバーガス中実測濃度が高くなることは、ナトリウム中からの移行によるものでないカバーガス系自体における水素発生を示唆するものである。このように、PL計指示温度の上昇をナトリウムループ管壁の汚れに起因せしめる従来からの解釈だけでは、カバーガス中水素濃度の上昇を再現出来ない。図3.13(a),(b)にカバーガス中水素濃度が最も高かった第3サイクルと、その他のサイクルの代表例となる第4サイクルでのカバーガス系における水素発生速度のTTTによる推定結果を示した。また、図13(a)に出力上昇試験で初めて高温域に踏込んだ第3サイクルにおいて、約400℃を越えたところで水素の急速な発生が起ったことが示される。以上の解析結果からカバーガス系管壁上やミスト中の不純物NaOHやNaHが昇温時に水素発生源となっていると考えられる。

(c) PL計指示温度上昇に対するカバーガス系水素発生源の影響

図3.14に1次ナトリウム中水素濃度のプラグ計指示温度から換算して得られる測定値（Vissersの溶解度式による）とカバーガス系水素発生速度（1GH）=最適値の場合の計算値を比較して示した。但し、測定値に見られる周期の短い鋭い変動成分はPL計指示温度のシャープな変動成分に対応したものであるが、これをそのまま水素濃度に換算することにはいささか無理があるようと思われる。図にはまた、サンプリングナトリウム分析値、CT温度換算濃度及びカバーガス系水素発生速度（1GH）=0の場合の計算値も示しておいた。さて、図からPL換算値の短周期変動分を除けば濃度が高く注目すべき第3～5サイクルでの値は、カバーガス系不純物発生モデルに基づく計算値（実線）により善く再現されていると思われる。ところで、CT換算濃度とカバーガス系不純物発生を考慮しない計算値も比較的善く一致している。しかし、これはナトリウム中不純物源のみの場合冷却材濃度はCT温度に支配されると言う当然の帰結を示しているに過ぎない。サンプリング分析値は全て最も高めではあるが、CTよりはPL計指示温度換算値に近いこと、また既に述べたようにカバーガス系発生を考慮しない計算値はカバーガス濃度測定値を全く再現出来ないことを考えると、結局やはりカバーガス系不純物発生モデルに基づく計算が妥当であると考えられる。但し、第6、7サイクルではPL計指示温度変動成分が著しくこのモデルでも再現は困難である。ところで、ここでカバーガス系不純物発生モデル（1GH=optimum）に基づく計算値と考慮しないモデル（1GH=0）による計算値を比較してみると、カバーガス濃度が極端に高かった第3サイクルを除けば善く合致している。これはカバーガス系水素発生量が800g台であった第3サイクルでは、冷却材濃度に対してCT温度律速を越える影響があったが、発生量がその1/10程度であったその他のサイクルでは影響が少なく、概ねCT温度により律速されたことを推定させる。従って、図3.9における第6、7サイクルをはじめとして他のサイクルでも見られるPL計指示温度の短周期の揺らぎは、これまでに論じたカバーガス系発生水素の溶込みによる冷却材中水素濃度変動によるものではなく、それ以外の要因によるものと考えられる。まず、PL指示温度上昇に対処して高い頻度で行われたオリフィス部Naフラッシング操作の影響が考えられる。その他、既に「常陽」PL計運転経験において指示温度の不安

定現象として検討されたことのある、ナトリウムループで発生した腐食生成物粒子（酸化ケイ素や金属等）のPL計オリフィス流に対する影響の可能性もある。最後に性能試験以前のナトリウム純度管理データも含めて振り返り見ると、プラグ計指示温度の大きな上昇は今回の他にナトリウム充填・初期純化運転時（1992年度第1四半期）と総合機能試験時（1993年度末前後）にも2度経験されている。これらのPL計指示温度上昇と今回の事象を比較検討することは、実プラントにおける不純物挙動を解明する上で意味あることと思われる。

(d) カバーガス系水素発生源化学モデル

本項ではこれまでに明かとなつて来たカバーガス系不純物からの水素発生の化学モデルについて若干の検討を行う。図3.1.5にNa-Na₂O-NaH-NaOH系の平衡状態図を示した。カバーガス系不純物は建設時の含水性物質の残留（鋼材の表面研磨材などに該当物ありとの情報もある）や、運転時の湿分混入によるものが考えられる。後者は、燃料交換時の湿分持込みや炉容器上部バウンダリ操作時の空気（湿分）混入による炉容器カバーガス系管壁付着ナトリウムの酸化や湿分反応からのナトリウム酸化物やNaOHが考えられる。主な水素発生源化合物として注目されるNaOHは、原子炉停止時の比較的低温の壁面で湿分との反応で生成され、Na-NaOH非平衡相として存在していると考えられる。これは原子炉運転時にはナトリウム蒸気や残存ナトリウムに曝されると考えられるが、低温、低圧（例えば1000vppmで10⁻³atm）下では状態図より(d), (a)が熱力学的安定相であるため、

$2\text{Na}(\ell) + \text{NaOH}(s, \ell) \rightarrow \text{Na}_2\text{O}(s) + \text{NaH}(s)$, $\text{NaH}(s) \rightleftharpoons \text{H}^- \text{ in } \text{Na}(\text{soln}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$ 遅い反応によりゆるやかに水素を放出するものと考えられる。温度上昇とともに水素化物の熱分解反応



による水素放出も進む。更に、412°Cを越えると水素ポテンシャルが高く、液相で反応性の高いNa(ℓ)-NaOH(ℓ)相(b)が約 $P_{\text{H}_2} > 0.2 \text{ atm}$ で熱力学的安定相となる。即ち、Na(ℓ)-NaOH(ℓ)相が低圧下におかれ未だ非平衡相として存在したとしても、



の発現領域に入ったことにより急速な水素発生を起すことになる。これは図3.1.3(a)に示した第3サイクルでの水素発生挙動の推定結果とも合致する。

(2) 2次系水素挙動解析

(a) ナトリウム中水素濃度とEVヘリカルコイル部水素透過速度推定

2次系における水素挙動で注目されるのはSG伝熱管壁透過水素の影響である。これはEVクロモリ鋼伝熱管の水側腐食 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ により発生する発生期水素、及びSG水・蒸気の水質管理に使用されているヒドラジン（N₂H₄）の熱分解により発生した水素がナトリウム系へ拡散したものである。性能試験においてSGは第3サイクルから5サイクルのほとんどまでSHバイパスモードで運転され、SHの併入運転は第5サイクルの終盤での短期間と第6～7サイクルで行なわれた。図3.1.6にEVとSHの水・蒸気出口温度を示した。図3.1.7に水素計による2次ナトリウム

中水素濃度測定値にTTTコードの計算値を適合した結果を示した。これはEV伝熱管水素透過速度のTTTコード入力値(HXIN)を水素濃度測定値を再現するように適合して得られたものである。図3.18にその結果を示した。水素透過速度とEV水蒸気出口温度が比較して示されている。ここで、結果に影響が考えられるCTの水素捕獲効率は1とした。ところで、総合機能試験における不純物捕獲効率測定値は0.6と報告されている。しかし、この場合の主要不純物は酸素と考えられ、0.6の値は酸素の捕獲効率と考えられる。また、これまでにPL計の温度-流量カーブの多重ブレーク現象の解析などから水素の析出速度は酸素に比べて速いことが知られている。捕獲効率を1と設定したのはこれらの理由による。図3.18において透過速度に第5、6、7サイクルでピーク状の変動(*印)が見られるのは、後節で更に検討するがSG給水中のヒドログン濃度を操作した結果である。これと最初の出力上昇試験の第3サイクルを除くと、性能試験時の水素透過速度は概ね15g-H/d at a SGU前後である。この値は大洗の50MWSGでのモックアップ試験により得られた値の13.8g/d at a SGUを幾分上回る程度である。また、SHバイパス運転の最初の第3サイクル運転を除く第4、5サイクル運転とSH併入の第6、7サイクル運転時の透過速度を比較した場合、ほとんど影響は認められないでEVからの寄与がほとんどであると考えられる。更に、透過速度はEV出口蒸気温度によってもそれほど影響を受けておらず(定格条件への外挿のためにはクロモリ鋼水側腐食の流速依存性とヒドログン影響の流量依存性を知らなければならないが)、出力上昇試験期間中の透過速度は若干の出入りはあるものの第3～7サイクルの運転経過とともに緩やかに減少しつつあるように思われる。なお、定格運転時でのSG水素透過フラックスを「もんじゅ」とPhenixプラントで比較すると、それぞれ0.017g/d/m²と0.0073g/d/m²でPhenixでは「もんじゅ」の約1/2となっている。伝熱管材料は両者ともクロモリ鋼で肉厚もほぼ同等(3.8と4mm)であり、温度も30°C程度Phenixの方が低いだけであるので、この差はEV運転経過による伝熱管水側管壁表面のFe₃O₄マグネタイト不動態被膜形成の度合、あるいは水・蒸気ブロー条件や水質管理などの違いに基づく可能性が考えられる。

(b) カバーガス系水素濃度

図3.19にEVカバーガス系水素濃度の検討結果を示す。図には水素計による測定値とTTTコード計算値の適合結果、及びナトリウム中濃度測定値に対する平衡濃度推定値を示した。まず、平衡濃度推定値は測定値を1桁以上下回り、ナトリウムからカバーガスへの解離だけでは測定結果を再現出来ない。そこで、1次系の場合と同様EVカバーガス系における水素発生を想定し、TTTコードの計算値による再現を図った。図3.12と3.19により1次系と2次系の濃度推移を比較すると、濃度レベルは第3サイクル以外は10vppmオーダで概ね同等である。しかし、1次系では運転中で上昇し停止中で低下するのに対して、2次系では程度の差はあるが各サイクルのEV起動時に上昇し、その後急速に減少し運転中も停止中も概ね同等の一定レベルで推移する。1次系と2次系カバーガス系濃度挙動にこうした差異を生ずる要因を現在未だ特定出来ていないが、EVでは起動時(原子炉出力上昇開始による温度上昇を伴う)の液面近傍の流況によりそこでの不純物のカバーガス系壁面への付着やミストの

発生とともに水素放出が起り易いのかもしれない。

(3) 出力上昇試験時における系統内水素源発生・移行量のまとめ

これまで述べたところにより表3.4に出力上昇試験時水素発生源の推定結果をまとめて示した。2次系は3ループ合計分で示している。あらかじめ予想されていた通りEVからの透過水素が最大の水素源であり、カバーガス系では今回の出力上昇試験では第3サイクルでの特殊な状況から炉容器カバーガス系での水素発生の比重が相対的に増えているが、通常では炉容器はEVに比べ数倍、両者合わせてプラント全体の水素発生のうち数%程度と思われる。また、EVでの水素はほとんどが2次系CTに捕獲されると考えられるが、今回の出力上昇試験データからはEV出力運転日当たり17g-H/d程度の水素のCT捕獲が推定される(EV出力運転日数=107d)。なお、原子炉出力からの影響はEV水素透過速度に対する水・蒸気の流速あるいは流量依存性を知らなければならないが、それほど影響がないとすれば水素のCT設計捕獲容量は18Kg-Hであるので、CT運転寿命は1000余EV出力運転日程度と予想される。但し、ここで述べたEVデータ評価結果は、あくまでも100日余の極く短期間の運転経過からのものであることに留意しておかなければならない。

(4) その他の検討

(a) EVヘリカルコイル部水素透過速度からのクロモリ鋼腐食速度の推定

既に述べたように図3.18に示したEVヘリカルコイル部水素透過速度はN₂H₄の熱分解からの寄与を除けばEVクロモリ鋼伝熱管水側腐食による発生期水素の拡散と考えられる。この結果から腐食反応を既に述べたように3Fe+4H₂O=Fe₃O₄+4H₂とすれば、どの程度の肉減り速度となるかを検討した。なお、推定に当ってはヒドラジンについては通常運転時の<20ppbの濃度では影響が無いとし、また高添加時の過渡的水素濃度上昇データは除いて、更に伝熱管内側の水側で発生した水素については水中への溶込みを無視し全量ナトリウム側に拡散すると仮定した。評価結果を図3.20(a),(b)に示した。これによりEV伝熱管の水側(内側)肉減り速度は20~25μm/yrと推定された。今後、Fe₃O₄の表面酸化層成長による抑制効果と定格運転時の水・蒸気流れ条件による効果がどのように現れ、どの程度になるか注目される。

(b) SG給水ヒドラジン濃度の影響

「もんじゅ」SG水・蒸気は弱アルカリ側(pH=9)でのFe-H₂O系腐食電位の制御とN₂H₄注入(<20ppb)による溶存酸素濃度抑制により水質管理されている。但し、出力上昇試験時の第5サイクル終盤及び第6、7CyにおいてSH併入時に短期間の20ppbを上回るN₂H₄の注入が行なわれた。なお、第7Cy運転中の注入はN₂H₄注入によるトリチウム濃度への影響を確認するため予備試験として行なわれたものである。図3.21に注入試験が行なわれた6Cyと7CyでのEV及びSH出口蒸気温度、SG給水中のヒドラジン濃度、2次Na中の水素濃度の水素計測定値とTTT計算値を示した。ヒドラジン注入試験は6Cyの立上げ段階と7cyの途中で実施されたが、前者ではSH併入操作途次であったと思われる原因のため、2次Na中水素応答と言う点では純粹

なデータとはならなかった。Na中水素濃度測定値は両サイクルともヒドラジン注入影響と考えられる盛上り部分も含め計算に善く適合されているが、ヒドラジン注入影響に関しては6 Cyでは上述理由により2日程度の遅れが見られた。一方、7 Cyではシステムの定常化に到達した後であったためヒドラジン注入と水素濃度上昇は善く対応している。

図3.2.2に給水ヒドラジン濃度とTTTによるナトリウム系水素挙動解析から得られたEV&SHヘリカルコイル部水素透過速度(EV透過率が主と考えられる)との比較を示した。ヒドラジン濃度と水素透過速度の経過は6 Cyでのピーク位置のずれはあるが善く対応しており、水素透過速度に対しヒドラジン制御が重要な因子となることが確認された。図3.2.3に高濃度ヒドラジンのデータ数が比較的多かった6 Cyについて例示した、ヒドラジン濃度と水素透過速度の相関性の調査結果である。但し、ピーク位置のずれを補正するため水素透過速度 $J(t+2)$ をヒドラジン濃度 $C(t)$ に対応させている。その結果は図に示すとおり相関係数(R^2)は0.74程度となり相関性を確認出来たと思われる。7 Cyの場合は図3.2.2での明かな相関にも拘らず、この種の解析のためにはデータ不足で相関係数は0.56程度となった。しかし、いずれの場合からも $C=0$ での外挿値即ちクロモリ鋼の腐食 ($3\text{Fe}+4\text{H}_2\text{O}=\text{Fe}_3\text{O}_4+4\text{H}_2$) に起因する水素透过速度は15g/d/SG程度であったことが推定される。

図3.2.4に2次Na及び水・蒸気中トリチウム濃度実測値と計算値及びヒドラジン濃度の経過を比較して示した。結果は6 Cyと7 Cyのヒドラジン注入時期に2次Naトリチウム濃度にわずかな低減が認められるものの、水・蒸気中濃度には極くわずかしか低減効果は現れない結果となった。以上述べたところからSG給水ヒドラジン注入は2次Na水素濃度上昇の重要因子であることが確認されたが、これによるトリチウムの低減効果(CT共沈捕獲促進)の確認と評価は今回の予備試験程度の短時間試験では困難であると考えられる。しかし、この水素注入による2次系CT捕獲促進によるSG移行低減の方法は、CT水素蓄積量増大による運転寿命短縮をもたらすことを考えると、次善の策と思われる。従って、トリチウム低減の基本戦略は炉心のソースターム(生成と放出)の低減におくべきと考えられる。既に、2.2で述べたように「もんじゅ」トリチウムソースターム評価の結果から、トリチウム発生源としての制御棒の重要性がクローズアップされつつある。制御棒照射健全性向上と長寿命化を目的としたNaボンド制御棒の採用は、B4Cペレット温度低減によるトリチウム放出の低減効果ももたらすことが期待出来る。更に、「常陽」のHeボンドペント型制御棒データの示唆するところにより、制御棒生成トリチウムをガス系に放出することにすれば、Na中への移行の低減(従って2次系以降の移行も)を図れる可能性もある。この場合、カバーガス中に放出されたトリチウムは性能試験データの解析により示唆されるように「もんじゅ」の場合活性炭吸着床に捕集されるものと考えられる。そこで、SG給水ヒドラジンのパラメータテストと管理は、今後はむしろ2次系コールドトラップ寿命延長(廃棄物負荷軽減)と伝熱管破損とNa・水反応予防保全の観点から注目してゆくべきものと考えられる。

3.4.4 まとめ

本解析検討から得られた結論は次のとおりである。

- (1) 最初の出力上昇試験である第3サイクルで特に顕著であったが、1次カバーガス系における不純物によると考えられるカバーガス中における水素発生があり、それがナトリウム中に溶解することによりPL計指示温度の上昇を引起した主因であると考えられる。
- (2) その結果今回の出力上昇試験期間中では1次系CTの方が2次系CTを50～20℃上回って運転され、トリチウムは1次系から2次系へ通常よりは移行しやすい傾向にあったと考えられる。
- (3) 水素発生源としてEVヘリカルコイル部管壁透過及びナトリウムクリーニングによるナトリウム中への水素放出の他に、カバーガス系における不純物からの水素発生を導入すると、1次、2次ナトリウムとカバーガス中水素濃度分布実測値を計算により善く再現出来る。
- (4) 出力上昇試験第3～7サイクルの期間でのEVヘリカルコイル部水素透過量は5447g、1次カバーガス系における水素発生量は1162g、2次カバーガス系における水素発生量は78g、全体で6687gと推定される。
- (5) 高速炉トリチウム挙動解析コードとして開発されたTTTコードは水素挙動解析に対しても有効である。

3.5 トリチウム挙動解析とコード検証

3.5.1 解析目的

高速炉トリチウム挙動解析コード（TTT9）を用い「もんじゅ」性能試験データを解析しトリチウム挙動解明とコード検証を行い、更に「もんじゅ」定格運転長期評価を行うことを目的とし本解析を実施した。

3.5.2 解析方法

3.4節に述べた水素濃度実測データのTTTコード計算による解析と再現後トリチウム挙動計算を行った。ここで、計算結果を系統内トリチウム濃度分布実測値に適合することにより、炉心からのトリチウム放出率及びIHX及びEV伝熱管管束部透過率補正係数(OFI,OFE)を決定した。なお、これらトリチウム放出率(放出源を特定しないバルク値)と管壁透過補正係数(透過率に乗ずるファクタ)は第3から第7サイクルまでの全期間で共通であることを目標とした。また、カバーガス系移行係数補正係数はシーベルト則による第1項に対しては $f_1=1$ とし、同位体組成均一化傾向による第2項に対しては $f_2=1$ or 0(効果の考慮の有無に相当)の両ケースについて検討した。本解析で用いられたプラント初期値と運転値、モデルパラメタ値を表3.3に示した。同時に「もんじゅ」長期評価時のこれらの基準値についても言及した。

3.5.3 解析結果と考察

(1) 冷却材中濃度分布解析と炉心からの放出率推定

図3.25に冷却材（1次、2次ナトリウム及び水・蒸気）中トリチウム濃度の実測値と計算値の比較を示した。計算値と実測値の一致は40%（第3～5サイクル）、45%（第6、7サイクル）出力試験の全期間に亘って満足のゆくものである。この結果は全期間において、炉心からのトリチウム放出率（バルク値）を $507\text{GBq}/\text{efpd}$ = $13.7\text{Ci}/\text{efpd}$ とし、また IHX 及び EV 伝熱管管束部透過補正係数を 2.5 及び 0.6 として得られたものである。表2.1にトリチウムソースレートの本解析により得られた適合値（実測濃度とCT捕獲の補正に基づく値に近い）を設計時（およそ15年前のもの）と評価97における計算評価値と比較して示した。今回得られた適合値の $13.7\text{Ci}/\text{efpd}$ の内訳を決定することは出来ないが、この値は評価97の燃料からの放出率である $16.9\text{Ci}/\text{efpd}$ の値に比較的近い。また、合計値である $20.9\text{Ci}/\text{efpd}$ のほぼ $2/3$ である。こうして適合値が設計モデル計算評価値より小さくなる傾向は「常陽」の場合でも認められた。次に、伝熱管管束部透過率補正係数 (f_3, f_4) についてであるが、EV におけるクロモリ鋼の場合のファクタ (f_4) 0.6 は、良く知られている表面酸化被膜による拡散障壁の効果と考えられる。一方、IHX のファクタ (f_3) 2.5 の説明は今のところ特定出来ない。個々の材料による特性があるのかも知れない。また、可能性の一つとして次項のカバーガス濃度解析で詳しく述べるが、図3.26に示すように1次及び2次Na中でのトリチウムと水素の同位体アトム組成が相当異なるため（相対比率で 1:1/50 程度）同位体交換の傾向が強くなり拡散が促進されることも考えられる。この他、水素が大量にある場合のトリチウム拡散に現れると ANL の研究者達から主張されたことのある、"hydrogen swamping effect" が働いているのかも知れない。これはトリチウムの拡散に水素との相関が現れ前者は後者に引っ張られるとするもので、本事例での IHX を透過した水素とトリチウムのアトム数比は 10^4 程度で、定格時に予想される場合とは異なりいずれも 1 次系から 2 次系への流れであったと推定される。なお、透過率補正係数の水素濃度分布に与える影響は極く少なく無視出来る。また、「もんじゅ」1次、2次ナトリウム及び水・蒸気トリチウム濃度分布比はおよそ 1:1/100:1/5000～1/10,000 程度となっており、水・蒸気系を持たない「常陽」の場合の 1:1/2 (Fig.2.1) と全く異なる。これにより水・蒸気系を有する場合の2次系における CT での水素との共沈によるトリチウムの濃度低減効果が確認された。

(2) カバーガス中濃度分布解析と同位体比均一化傾向の検討

図3.27のカバーガス中濃度分布については、計算値はトリチウムと水素の同位体アトム組成が Na とカバーガス中で同位体交換により均一化する傾向を考慮する場合（全ての物質相で同位体存在比が等しくなるとする傾向を経験則として認める立場、点線： $f_2=\text{FFAL2}=1$ ）と、均一化の傾向を考慮しない場合（実線： $f_2=\text{FFAL2}=0$ ）について、実測値と比較して示した。1次系カバーガスでは実測値は計算値を下回り運転経過と共に T/H 比不均一の場合の計算値に近接している。一方、2次系カバーガスでは実測値は T/H 比均一化の場合の計算値に比較的合致している。この相違をもた

らした原因として、1次系と2次系のカバーガス運転方法が異なっていることが考えられる。即ち、2次系カバーガスは運転中は呼吸分程度の流れがあるだけで、ほとんど封じ込めの平衡系に近いと考えられるのに対して、1次系はナトリウム蒸気トラップや活性炭吸着塔を通して常時循環しているため、トリチウムはこれらにより除去され、濃度の実測値は平衡値より低めになると考えられる。計算ではこれら除去効果を取り入れていないため不一致が生じたと考えられる。従って、カバーガス移行モデルとしては、T/H比の均一化を考慮する場合(FFAL2=1)が妥当性に優れると思われる。因みに「常陽」の1次系カバーガスの場合も同様の傾向が認められた。なお、これらのモデルの相違はナトリウム中濃度計算値にはわずかな影響しか与えない。

(3) 出力上昇試験時におけるトリチウム分布量の推定

表3.5と図3.28に性能試験時のTTTによるトリチウム分布量計算結果をナトリウム冷却材濃度の実測値から得られた冷却材溶存量と比較して示した。この場合1次、2次冷却材体積はそれぞれ870及び876m³である。図より確認出来るように冷却材溶存量の計算と実測の一一致は満足のゆくものである。この時の炉心からの放出、1次系CT捕獲、2次系CT捕獲の各推定量、及び各運転-停止サイクル終了時における気体廃棄物、SGからの液体廃棄物累積量の推定結果が図に示されている。カーブの変動パターンより各サイクルの停止期間中に1次系ではコールドトラッピングが進行するが、2次系では水・蒸気系からの水素透過がなくなるためコールドトラッピングは進まず、EVヘリカルコイル部透過により水・蒸気系への移行の方が継続するものと推定される。また、運転の極く初期には炉心より放出されたトリチウムはほぼ全量1次ナトリウム中に溶存することが示される。これは図には初めのサイクルでだけ明示されるが各運転サイクルでも成り立っているものと考えられる。従って、今後の運転再開時にプラントでの炉心からの放出率の検討を行うためには、サイクル定常出力に達した早い時期にサンプリング・濃度分析がなされるべきである。

表3.6に出力上昇試験第3～第7サイクルまでのトリチウム分布推定量の結果を示した。分布量の大半は1次及び2次系統内(冷却材とCT中)に存在するのであるが、時間経過に従って分布割合はゆっくりと1次系から2次系へ移ってゆくことが示される。性能試験の最後の運転となった第7サイクルでの分布は、炉心からの放出累積量は516Ci、その11%が1次ナトリウム中に残存し、1次CTには79%捕獲され、1次系統内には90%のものが分布した。2次系統内には冷却材中に0.1%存在し、2次CTには8%のもの(39Ci)が捕獲されたと推定される。また、7サイクル終了時点(1995.12.10)での気体廃棄物累積量は炉心放出量の0.53%(1次系から0.52%、2次系から0.01%)で3Ciである。但し、1次系からの分には気廻系の活性炭吸着床にホールドされたものも含まれている。一方、SGからの液体廃棄物累積量は0.2Ciと推定される。

3.5.4 解析コード評価精度

表3.7と3.8に40%及び45%出力試験時の冷却材及びカバーガストリチウム濃度分布のC/Eを、T/H同位体存在比の均一化傾向を考慮する場合と考慮しない場合に分けて示した。ナトリウムと水・蒸気の冷却材中濃度はいずれの場合もほぼC/E=1前後である。カバーガス中濃度は前者の場合で1次系でC/E=8前後、後者の場合はC/E=5~0.7で変動が大きい。2次系では前者の場合がC/E=2前後、後者の場合は0.2前後である。1次カバーガス系における活性炭吸着塔による捕獲効果を考慮すれば、前者のモデルが妥当と考えられる。カバーガス系の検証結果を改善するためには今後1次カバーガス循環回路におけるベーパトラップや活性炭吸着塔における捕獲効果をモデルに組込む必要がある。なお、45%出力試験時（第7~第6サイクル）の2次系冷却材濃度のC/Eは1を若干下回るものがあるが、計算値に余裕を持たせる場合（C/E>1）はIHX透過補正係数をOFI=3.5とすると改善される（OFE=0.6はそのままでよい）。

3.5.5 まとめ

本解析検討から得られた結論は次のとおりである。

- (1) 高速炉トリチウム挙動解析コードTTT9の計算値は「もんじゅ」出力上昇試験時に得られたNa中濃度分布実測結果をよく再現出来る。
- (2) 本解析による炉心からのトリチウム放出率の適合値は、燃料と制御棒からの放出率の最新のモデル評価計算値のほぼ2/3、また設計当初の計算評価値のほぼ1/4で、設計計算評価値に余裕が含まれることが確認された。
- (3) ナトリウムからカバーガス系への移行はシーベルト則に基づく解離機構の他に同位体交換機構による移行があると推定される。また、「もんじゅ」1次系カバーガス中トリチウムはカバーガス循環回路のベーパトラップや活性炭吸着塔に捕獲されていると推定される。

Table 3.1 (1). Operating Condition at 3rd. cycle in Low Power Test of MONJU

Date	Elapsed Days (d)	Reactor Output Percentage (%)	Primary Sodium System				Secondary Sodium System*						Steam Water System*										
			IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	Over Flow Tank Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	Super-heater Inlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Outlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Outlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Steam Temperature (°C)	Evaporator Outlet Steam Temperature (°C)	Evaporator Average Steam Temperature (°C)	Super-heater Inlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Outlet Steam Temperature (°C)	
1995																							
6/12	1	0.20	200	200	140	11.5	200	200	200	120	11	200	200	(100)	200	200	200	200	200	200	179	232	
6/13	2	11.20	311	295	140	12	273	311	276	120	11	311	311	(100)	311	273	285				214	271	
6/14	3	11.60	323	295	140	12	273	323	290	120	11	323	323	(100)	323	273	289				214	297	
6/15	4	14.00	333	301	140	12	280	333	290	120	11	333	333	(100)	333	280	297				214	300	
6/16	5	18.60	369	317	140	12	280	369	301	120	11	369	369	(100)	369	280	310				214	321	
6/17	6	20.60	369	317	143	12	280	369	301	120	11	369	369	(100)	369	280	310				214	332	
6/18	7	22.50	369	317	143	12	280	369	301	120	11	369	369	(100)	369	280	310				214	332	
6/19	8	28.30	411	334	153	12	283	411	306	120	11	411	411	(100)	411	283	327				214	357	
6/20	9	31.10	423	342	153	12	288	423	315	120	11	423	423	(100)	423	288	335				214	376	
6/21	10	31.10	423	342	159	12	288	423	315	120	11	423	423	(100)	423	288	335	195	330	214	376		
6/22	11	31.10	423	342	165	12	288	423	315	120	11	423	423	(100)	423	288	335	195	330	214	376		
6/23	12	31.10	423	342	165	12	288	423	315	120	11	423	423	(100)	423	288	335	195	330	214	376		
6/24	13	31.10	423	342	165	12	288	423	315	120	11	423	423	(100)	423	288	335	195	330	214	376		
6/25	14	31.40	423	342	165	11.5	288	423	315	120	11	423	423	(100)	423	288	335	195	330	214	376		
6/26	15	34.50	436	347	168	11.5	288	436	315	120	11	436	436	(100)	436	288	339	195	345	214	381		
6/27	16	36.70	444	347	168	11.5	285	444	320	120	11	444	444	(100)	444	285	341	195	345	214	391		
6/28	17	36.60	444	347	168	11	285	444	320	120	11	444	444	(100)	444	285	341	195	345	214	391		
6/29	18	36.70	444	347	168	11	285	444	320	120	11	444	444	(100)	444	285	341	195	345	214	391		
6/30	19	37.70	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	364	214	391		
7/1	20	38.70	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/2	21	38.70	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/3	22	38.70	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/4	23	38.80	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/5	24	38.80	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/6	25	38.80	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/7	26	38.80	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/8	27	39.10	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/9	28	39.10	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/10	29	39.10	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/11	30	39.10	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/12	31	36.10	453	350	168	11	285	453	320	120	11	453	453	(100)	453	285	344	195	370	214	400		
7/13	32	25.60	404	308	168	11	285	404	314	120	11	406	406	(100)	406	285	326	195	326	191	214		
7/14	33	6.00	308	200	168	11	285	308	292	120	11	308	308	(100)	308	285	292	195	305	139	139		
7/15	34	0.00	200	200	168	11	200	200	218	120	11	200	200	(100)	200	200	200	200	136	195	131	132	
7/16	35	0.00	200	200	168	11	200	200	200	120	11	200	200	(100)	200	200	200	200	61	91	112	112	
7/17	36	0.00	200	200	168	11	200	200	200	120	11	200	200	(100)	200	200	200	200					
7/18	37	0.00	200	200	168	11	200	200															

Table 3.1 (2). Operating Condition at 4th. cycle in Low Power Test of MONJU

Date	Elapsed Days (d)	Reactor Output Percentage (%)	Primary Sodium System				Secondary Sodium System*				Steam Water System*											
			IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	Over Flow Tank Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	Super-heater Inlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Outlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Average Sodium Temperature** (°C)	Evaporator Inlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Outlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Steam Temperature (°C)	Evaporator Outlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Inlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Outlet Steam Temperature** (°C)	
1995																						
7/24	1	8.10	299	292	165	11.5	285	298	239	122	11	298	298	(100)	298	288	291	195	295	192	178	
7/25	2	34.50	441	345	165	11.5	285	441	311	122	11	441	441	(100)	441	288	341	195	346	211	369	
7/26	3	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	122	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
7/27	4	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	120	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
7/28	5	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	120	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
7/29	6	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	120	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
7/30	7	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	120	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
7/31	8	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	123	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
8/1	9	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	118	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
8/2	10	38.50	452	351	165	11.5	285	452	317	118	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
8/3	11	38.50	452	351	161	11.5	285	452	317	118	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
8/4	12	38.50	452	351	161	11.5	285	452	317	118	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
8/5	13	38.50	452	351	161	11.5	285	452	317	118	11	452	452	(100)	452	288	345	195	368	211	397	
8/6	14	32.00	441	346	161	11.5	285	441	317	118	11	441	441	(100)	441	288	341	195	345	211	397	
8/7	15	1.40	225	225	161	10.2	224	225	251	118	11	225	225	(100)	225	225	225	195	225	165	258	
8/8	16	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	118	11	200	200	(100)	200	200	200	101	130	165	121	
8/9	17	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	118	11	200	200	(100)	200	200	55	86	137	76		
8/10	18	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	118	11	200	200	(100)	200	200	40	64	126	57		
8/11	19	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	119	11	200	200	(100)	200	200	35	50	115	45		
8/12	20	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	119	11	200	200	(100)	200	200	32	42	115	38		
8/13	21	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	119	11	200	200	(100)	200	200	32	42	115	34		
8/14	22	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	119	11	200	200	(100)	200	200	32	33	108	34		
8/15	23	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	119	11	200	200	(100)	200	200	32	33	108	31		
8/16	24	0.00	200	200	161	10.2	200	200	202	119	11	200	200	(100)	200	200	32	33	108	31		
8/17	25	0.00	200	200	158	10.2	200	200	202	120	11	200	200	(100)	200	200	32	33	108	31		
8/18	26	0.00	200	200	158	10.2	200	200	202	120	11	200	200	(100)	200	200	32	33	108	31		
8/19	27	0.00	200	200	158	10.2	200	200	202	120	11	200	200	(100)	200	200	20	20	101	31		
8/20	28	0.00	210	210	158	10.2	200	210	208	120	11	210	210	(100)	210	200	200	20	20	101	35	
8/21	29	0.00	200	200	158	10.2	200	200	202	120	11	200	200	(100)	200	200	20	20	200	35		
8/22	30	0.00	200	200	158	10.2	200	200	202	120	11	200	200	(100)	200	200	20	20	200	35		

Primary Main Circuit Sodium Flowrate
49% in operation, 10% in suspensive

Primary CT Sodium Flowrate
10 t/h

Secondary Main Circuit Sodium Flowrate
38% in operation, 7% in suspensive

Secondary CT Sodium Flowrate
10 t/h

Primary Hot-leg Temperature=Primary IHX Inlet Temperature
Primary Cold-leg Temperature=Primary IHX Outlet Temperature
Secondary Hot-leg Temperature=Secondary IHX Outlet Temperature
Secondary Cold-leg Temperature=Secondary IHX Inlet Temperature

** Super-heater by-pass mode

Super-heater inlet and outlet steam temperatures are affected by heat conduction from the sodium temperature or steam from the auxiliary steam boiler.

Super-heater average sodium temperature values in () are temporary put for tritium transport calculation in by-pass operation mode.

total
efpd
5.00
8 2.74
10 3.51
12 4.28

Table 3.1 (3). Operating Condition at 5th cycle in Low Power Test of MONJU

Date	Elapsed Days (d)	Reactor Output Percentage (%)	Primary Sodium System				Secondary Sodium System				Steam Water System										
			IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	Over Flow Tank Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	Super-heater Inlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Outlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Outlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Steam Temperature (°C)	Evaporator Outlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Inlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Outlet Steam Temperature (°C)
1995																					
8/23	1	1.10	250	246	158	10.6	243	250	202	120	11	250	250	(100)	250	245	242	195	246	200	33
8/24	2	30.30	425	343	158	12.1	284	425	302	120	11	425	425	(100)	425	285	333	195	330	208	342
8/25	3	38.70	455	351	158	12.1	284	455	317	120	11	455	455	(100)	455	285	345	195	368	215	402
8/26	4	38.70	455	351	158	12.1	284	455	317	120	11	455	455	(100)	455	285	345	195	368	215	402
8/27	5	38.70	455	351	158	12.1	284	455	317	120	11	455	455	(100)	455	285	345	195	368	215	402
8/28	6	38.70	455	351	158	11.8	284	455	317	120	11	455	455	(100)	455	285	345	195	368	215	402
8/29	7	38.70	455	351	158	11.8	284	455	317	120	11	455	455	(100)	455	285	345	195	368	215	402
8/30	8	38.70	455	351	158	11.8	285	455	317	120	11	455	455	(100)	455	285	345	195	368	215	402
8/31	9	38.70	455	351	158	11.8	285	455	317	120	11	455	455	(100)	455	285	345	195	368	215	402
9/1	10	38.50	455	351	158	11.8	285	455	317	120	11	455	454	(100)	455	285	345	195	368	367	333
9/2	11	38.20	455	351	158	11.8	285	455	317	120	11	455	449		455	289	347	195	368	367	451
9/3	12	38.50	455	351	158	11.8	285	455	317	120	11	455	452		455	289	347	195	368	366	451
9/4	13	31.50	434	345	158	11.8	285	434	317	120	11	434	433	(100)	434	289	339	195	339	213	251
9/5	14	1.30	225	225	158	11.3	225	225	248	120	11	226	225	(100)	225	225	225	195	225	155	143
9/6	15	0.00	215	209	158	10.7	205	215	211	120	11	215	215	(100)	215	215	215	100	145	155	97
9/7	16	0.00	200	200	156	10.3	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	51	85	135	63
9/8	17	0.00	200	200	156	10.3	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	36	56	139	46
9/9	18	0.00	200	200	154	10.3	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	31	48	118	37
9/10	19	0.00	200	200	152	10.3	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	29	40	98	33
9/11	20	0.00	200	200	152	8.75	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	28	35	98	31
9/12	21	0.00	200	200	152	8.55	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	27	31	94	28
9/13	22	0.00	200	200	152	9.22	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	26	29	104	26
9/14	23	0.00	200	200	152	10.1	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	26	28	94	26
9/15	24	0.00	200	200	152	10.1	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	25	27	100	24
9/16	25	0.00	200	200	152	10.1	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	25	27	100	24
9/17	26	0.00	200	200	152	10.1	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	25	25	100	24
9/18	27	0.00	200	200	149	10.1	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200	23	24	95	22
9/19	28	0.00	200	200	149	10.1	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/20	29	0.00	200	200	149	10.1	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/21	30	0.00	200	200	147	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/22	31	0.00	200	200	147	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/23	32	0.00	200	200	147	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/24	33	0.00	200	200	147	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/25	34	0.00	200	200	145	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/26	35	0.00	200	200	145	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/27	36	0.00	200	200	145	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/28	37	0.00	200	200	145	9.8	200	200	203	120	11	200	200	(100)	200	200	200				
9/29	38	0.00	200	200	145	9.8	200	200	203	120	11										

Table 3.1 (4). Operating Condition at 6th cycle in Low Power Test of MONJU (small modification for calculation)

Date	Elaps Time (d)	Reactor Output Percentag (%)	Primary Sodium System				Secondary Sodium System				Steam Water System										
			IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	Over Flow Tank Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	Super-heater Inlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Outlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Outlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Steam Temperature (°C)	Evaporator Outlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Inlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Outlet Steam Temperature (°C)
1995																					
10/7	1	9.70	288	281	140	11.2	275	287	235	120	11	287	286	100	286	279	281	194	282	184	198
10/8	2	37.10	453	350	141	11.7	285	452	317	120	11	452	452	100	452	287	345	195	369	320	310
10/9	3	39.10	453	350	141	11.7	285	452	317	120	11	452	450	451	450	287	344	195	370	370	450
10/10	4	40.50	469	354	141	11.7	285	468	317	120	11	468	458	465	458	287	347	196	371	371	464
10/11	5	40.20	455	350	141	11.7	285	454	317	120	11	454	454	454	454	287	345	195	371	371	450
10/12	6	42.40	489	357	141	11.7	285	468	317	120	11	468	454	464	454	287	345	195	369	369	466
10/13	7	41.00	454	351	141	11.7	285	453	317	120	11	453	449	452	449	287	344	192	370	370	452
10/14	8	45.50	485	364	141	11.4	285	484	317	120	11	484	461	478	461	287	348	196	370	370	481
10/15	9	44.50	485	364	141	11.4	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	371	371	481
10/16	10	45.50	485	364	141	11.4	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	368	368	481
10/17	11	45.40	485	364	148	12.3	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	369	369	481
10/18	12	45.40	485	364	142	11.7	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	369	369	481
10/19	13	45.50	485	364	142	10.5	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	369	369	481
10/20	14	45.80	485	364	142	10.5	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	369	369	481
10/21	15	45.50	485	364	142	10.2	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	369	369	481
10/22	16	45.50	485	364	142	10.2	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	368	368	481
10/23	17	45.50	485	364	142	10.2	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	369	369	481
10/24	18	45.40	485	364	142	10.2	285	484	317	120	11	484	459	464	459	287	347	195	370	370	481
10/25	19	40.40	458	354	142	10.2	285	457	317	120	11	457	454	456	456	287	345	192	369	369	456
10/26	20	8.10	285	282	142	9.42	278	284	296	140	11	284	280	100	280	280	280	191	286	194	276
10/27	21	0.00	202	201	142	9.42	200	201	203	140	11	200	200	100	200	200	200	115	163	201	140
10/28	22	0.00	202	201	142	9.42	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	52.8	88.4	157	80.1
10/29	23	0.00	202	201	142	9.42	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	32.7	52.7	141	51.2
10/30	24	0.00	202	201	142	9.12	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	26.4	37.7	136	37.2
10/31	25	0.00	202	201	142	9.12	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	23.9	30.4	132	30.2
11/1	26	0.00	202	201	142	11	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	21.6	25.8	126	25.7
11/2	27	0.00	202	201	142	11	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	18	20.4	103	20.8
11/3	28	0.00	202	201	142	11	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	18	19.7	106	19.4
11/4	29	0.00	202	201	142	9.75	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	22	23.3	98.9	19.4
11/5	30	0.00	202	201	142	9.75	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	15.8	16.1	65.7	22.1
11/6	31	0.00	202	201	142	9.75	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	19.2	20.7	56.8	25.2
11/7	32	0.00	202	201	142	10.5	200	201	203	120	11	200	200	100	200	200	200	19.2	41.4	24.2	

Primary Main Circuit Sodium Flowrate
49% in operation, 10% in suspensive

Primary CT Sodium Flowrate
10 t/h

efpd
7.98
4.31
3.86

Secondary Main Circuit Sodium Flowrate
38% in operation, 7% in suspensive

Secondary CT Sodium Flowrate
10 t/h

Primary Hot-leg Temperature=Primary IHX Inlet Temperature
Primary Cold-leg Temperature=Primary IHX Outlet Temperature
Secondary Hot-leg Temperature=Secondary IHX Outlet Temperature
Secondary Cold-leg Temperature=Secondary IHX Inlet Temperature
Primary IHX Inlet Temperature > Primary IHX Outlet Temperature
Secondary IHX Outlet Temperature > Secondary IHX Inlet Temperature
Primary IHX Inlet Temperature > Secondary IHX Outlet Temperature
Primary IHX Outlet Temperature > Secondary IHX Inlet Temperature

Table 3.1 (5). Operating Condition at 7th cycle in Low Power Test of MONJU (Small Modification for Calculation)

Date	Elaps Time (d)	Reactor Output Percentage (%)	Primary Sodium System				Secondary Sodium System					Steam Water System									
			IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	IHX Inlet Sodium Temperature (°C)	IHX Outlet Sodium Temperature (°C)	Over Flow Tank Temperature (°C)	CT Temperature (°C)	CT Flowrate (m³/h)	Super-heater Inlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Outlet Sodium Temperature (°C)	Super-heater Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Outlet Sodium Temperature (°C)	Evaporator Average Sodium Temperature (°C)	Evaporator Inlet Steam Temperature (°C)	Evaporator Outlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Inlet Steam Temperature (°C)	Super-heater Outlet Steam Temperature (°C)
1995																					
11/8	1	8.30	300	291	142	10.7	285	299	242	120	11	299	298	100	298	288	291	196	295	202	230
11/9	2	36.30	459	351	142	10.7	285	458	310	120	11	458	458	100	458	288	348	196	369	210	384
11/10	3	45.20	486	364	142	11	285	485	315	117	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/11	4	45.00	486	364	142	11	285	485	315	117	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/12	5	45.10	486	364	142	11	285	485	318	120	11	485	458	478	458	288	348	196	368	369	481
11/13	6	45.10	486	364	142	11	285	485	318	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/14	7	45.10	486	364	142	11	285	485	318	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/15	8	45.20	486	364	142	11	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/16	9	45.10	486	364	142	10.5	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/17	10	45.20	486	364	142	10.5	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/18	11	45.40	486	364	142	10.5	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/19	12	45.50	486	364	142	10.5	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/20	13	46.50	486	364	142	10.5	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/21	14	45.50	486	364	142	10	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/22	15	45.80	486	364	142	10	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/23	16	47.20	486	364	142	10	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/24	17	46.90	486	364	142	10	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/25	18	45.50	486	364	142	10	285	485	315	118	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/26	19	45.50	486	364	142	10	285	485	315	118	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/27	20	45.70	486	364	142	10	285	485	315	118	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/28	21	45.70	486	364	142	10	285	485	315	118	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/29	22	44.10	486	364	142	10	285	485	315	118	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
11/30	23	45.50	486	364	142	10	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
12/1	24	24.60	486	364	142	10	285	485	315	120	11	485	458	478	458	288	348	196	369	369	481
12/2	25	0.00	202	201	142	10	200	201	278	120	11	293	292	100	292	288	289	155	245	192	271
12/3	26	0.00	202	201	142	8.5	200	201	209	120	11	205	205	100	205	205	205	173	208	177	136
12/4	27	0.00	202	201	142	8.5	200	201	203	120	11	205	205	100	205	205	205	173	176	164	75.8
12/5	28	0.00	202	201	142	8.5	200	201	212	120	11	218	218	100	218	218	218	193	218	174	45.1
12/6	29	0.00	202	201	142	8	200	201	204	120	11	201	201	100	201	201	201	193	201	179	30.2
12/7	30	13.20	326	293	142	9	272	325	256	125	11	324	323	100	323	275	291	193	319	182	234
12/8	31	32.80	460	352	142	10	283	459	313	116	11	459	457	100	457	284	345	193	369	199	380
12/9	32	0.00	202	201	142	10	200	201	281	121	11	293	293	100	293	293	293	88.1	242	243	316
12/10	33	0.00	202	201	142	8.5	200	201	206	118	11	205	205	100	205	205	205	37	125	192	159

Primary Main Circuit Sodium Flowrate
49% in operation, 10% in suspensive

Primary CT Sodium Flowrate
10 t/h

efpd
total
18
10
13
15

Secondary Main Circuit Sodium Flowrate
38% in operation, 7% in suspensive

Secondary CT Sodium Flowrate
10 t/h

Primary Hot-leg Temperature=Primary IHX Inlet Temperature
Primary Cold-leg Temperature=Primary IHX Outlet Temperature
Secondary Hot-leg Temperature=Secondary IHX Outlet Temperature
Secondary Cold-leg Temperature=Secondary IHX Inlet Temperature
Primary IHX Inlet Temperature>Primary IHX Outlet Temperature
Secondary IHX Outlet Temperature

Table 3.2 (1). Sodium and Cover Gas Impurities at 3rd. cycle Operation in Low Power Test of MONJU

* The B-loop is representative

Date	Elapsed Days (d)	Primary Sodium				Primary Cover Gas			Secondary Sodium*			Secondary Cover Gas (EV)*			SG Water*	
		Plugging Indicator Temperature	Hydrogen Concentration Reduced from PL Temperature (°C)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Gas Chromatograph (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter in PP Inlet (wppb)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)	
6/12	1	140	124.83			8			85			H-meter	7.42			
6/13	2	141	129.77			8			100				41.3			
6/14	3	141	129.77			25			118				37.7			
6/15	4	142	134.87			42			120				41.1			
6/16	5	146	157.08			70			130				41.4			
6/17	6	146	157.08			130			135				37.7			
6/18	7	147	163.11			200			140				37.8			
6/19	8	154	211.25						148				33			
6/20	9	157	235.41			480			150				25.4			
6/21	10	161	271.33			600	549		150				21.4			
6/22	11	168	345.75			600			145				19			
6/23	12	168	345.75			520			140				18.4			
6/24	13	169	357.70	550	862	440			140				15.9			
6/25	14	176	451.89			360			140				16.4			
6/26	15	174	423.01			320			145				16.6			
6/27	16	174	423.01			280			145				15.9			
6/28	17	178	482.45			280			142				15.6			
6/29	18	177	466.95			280			145				14.9			
6/30	19	179	498.39			240			145				17.7			
7/1	20	179	498.39			220			149				20.7			
7/2	21	178	482.45			200			150				22.1			
7/3	22	182	548.98			190			150				22.6			
7/4	23	180	514.79	650	1667	180			148				22.6			
7/5	24	180	514.79			160			145				22.3			
7/6	25	179	498.39			140			145	170	16.9 (B) 23 (A) 20 (C)		22.3	17.7	0.058 (B) 0.13 (A) 0.055 (C)	0.31 (B) 0.29 (A) 0.28 (C)
7/7	26	179	498.39			130			145				19.8			
7/8	27	179	498.39			120			140				21			
7/9	28	180	514.79			120			138				20.7			
7/10	29	179	498.39			120			138				20.2			
7/11	30	174	423.01			90			138				22.7			
7/12	31	174	423.01			80			135				20.1			
7/13	32	174	423.01			80			126				13.4			
7/14	33	174	423.01			80			117				13.4			
7/15	34	174	423.01			50			78				35.9			
7/16	35	174	423.01			30			60				29.4			
7/17	36	174	423.01			20			57				19.5			
7/18	37	173	409.18			10			55				18.3			
7/19	38	171	382.69										18		0.063	
7/20	39	170	370.01										16.4			
7/21	40	171	382.69										11.3			
7/22	41	170	370.01										7.89			
7/23	42	169	357.70										7.19			

Table 3.2 (2). Sodium and Cover Gas Impurities at 4th cycle Operation in Low Power Test of MONJU

* The B-loop is representative

Date	Elapsed Days (d)	Primary Sodium				Primary Cover Gas			Secondary Sodium*			Secondary Cover Gas (EV)*			SG Water*
		Plugging Indicator Temperature	Hydrogen Concentration Reduced from PL Temperature (°C)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Gas Chromatograph (vpmm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter in PP Inlet (wppb)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)
1995															
7/24	1	169	357.70				10		71.9			91.8			
7/25	2	172	395.75				15		113			33.4			
7/26	3	173	409.18				20		123			27.1			
7/27	4	167	334.14				20		125			24			
7/28	5	171	382.69				30	29.9	0.9	126		20.2			
7/29	6	167	334.14				35		125			20.1			
7/30	7	170	370.01				40		124			19.9			
7/31	8	172	395.75				40		124		19.0 (A)	20.5			
8/1	9	182	548.98				50		130			16.7			
8/2	10	170	370.01				50	42.2		126	180	22.9 (B)	19		
8/3	11	176	451.89				50		125			17.6			
8/4	12	166	322.87				50			118		26.0 (C)	16	0.14 (B)	
8/5	13	168	345.75				50			118			13.4	0.067 (A)	
8/6	14	173	409.18				45			123				0.13 (C)	
8/7	15	170	370.01				45			92.8				16.7	
8/8	16	167	334.14				40			69.5				6.64	
8/9	17	166	322.87				25			59.8				16.2	
8/10	18	166	322.87				15	11.1	1.27	58.6				16.9	
8/11	19	166	322.87				10			56.9				17.5	
8/12	20	166	322.87				10			56.7				17.3	
8/13	21	165	311.93				8			55.9				16	
8/14	22	164	301.32				8			53.7				18	
8/15	23	165	311.93				5			54				17.6	
8/16	24	164	301.32				8			52.1				20.1	
8/17	25	165	311.93							55.9				16.4	
8/18	26	163	291.02							55.6				15.7	
8/19	27	161	271.33							56.5				15.5	
8/20	28	161	271.33							55.9				14.9	
8/21	29	162	281.02							56				6.48	
8/22	30	161	271.33							61				11.5	

Table 3.2 (3). Sodium and Cover Gas Impurities at 5th cycle Operation in Low Power Test of MONJU

* The B-loop is representative

Date	Elapsed Days (d)	Primary Sodium				Primary Cover Gas			Secondary Sodium*			Secondary Cover Gas (EV)*			SG Water*
		Plugging Indicator Temperature	Hydrogen Concentration Reduced from PL Temperature (°C)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Gas Chromatograph (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter in PP Inlet (wppb)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)
1995															
8/23	1	161	271.33						55.4			7.97			
8/24	2	163	291.02						105			25.2			
8/25	3	170	370.01			8			115			21.5			
8/26	4	158	243.97			10			119			18.5			
8/27	5	166	322.87			15			121			16.1			
8/28	6	160	261.93			15			121			15.9			
8/29	7	168	345.75			20			124			15.7			
8/30	8	154	211.25			25			123			14.7			
8/31	9	162	281.02			30	28	2.07	124			15.1			
9/1	10	163	291.02			30			125			14.8			
9/2	11	163	291.02	450	2467	35			145			14.8			
9/3	12	167	334.14			30			159			15.1			
9/4	13	161	271.33			30			154			12.2			
9/5	14	164	301.32			40			102			8.91			
9/6	15	162	281.02			30			73			15.7			
9/7	16	162	281.02			120			59.7			15.7			
9/8	17	163	291.02			30			58.4			14.7			
9/9	18	158	243.97			25			59.1			14.4			
9/10	19	160	261.93			15			57.3			15			
9/11	20	158	243.97			10			56.7			15.6			
9/12	21	159	252.81			5			55.8			14.3			
9/13	22	157	235.41			20			55.5			17.6			
9/14	23	157	235.41			15			55.5			15.2			
9/15	24	158	243.97			12			55.9			15.9			
9/16	25	157	235.41			5			55.8			12.7			
9/17	26	156	227.10			5			56.1			14.9			
9/18	27	155	219.05						57			13.9			
9/19	28	155	219.05						55.7			12.6			
9/20	29	153	203.69						51.1			16			
9/21	30	154	211.25						55.9			14.3			
9/22	31	153	203.69						53.6			15.2			
9/23	32	153	203.69						54.9			15.2			
9/24	33	152	196.37						53.3			14.8			
9/25	34	151	189.28						54			14.7			
9/26	35	149	175.77						53.5			15			
9/27	36	149	175.77						55.2			15.8			
9/28	37	149	175.77						56.9			15.1			
9/29	38	148	169.33						57.1			14.2			
9/30	39	149	175.77						55.4			15.9			
10/1	40	148	169.33						53.6			15.7			
10/2	41	148	169.33						53.8			13.1			
10/3	42	147	163.11						53.1			22.8			
10/4	43	146	157.08			5			45.7			12.7			
10/5	44	146	157.08						57.8			8.98			
10/6	45	145	151.25						54.2			8.05			

Table 3.2 (4). Sodium and Cover Gas Impurities at 6th cycle Operation in Low Power Test of MONJU

* The B-loop is representative

Date	Elaps Time (d)	Primary Sodium				Primary Cover Gas			Secondary Sodium*			Secondary Cover Gas (EV)*			Secondary Cover Gas (SH)*			SG Water*
		Plugging Indicator Temperature	Hydrogen Concentration Reduced from PL Temperature (°C)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Gas Chromatograph (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter in PP Inlet (wppb)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppb)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	
1995																		
10/7	1	142	134.87						62.9			11.8			4.53			
10/8	2	146	157.08						103			26.9			2.97			
10/9	3	149	175.77			10			118			22			6.41			
10/10	4	149	175.77			15			143			19.6			8.76			
10/11	5	150	182.42			15			150			18.9			7.34			
10/12	6	144	145.60			12			176			18.3			8.98			
10/13	7	149	175.77			20			184			17.8			11.6			
10/14	8	154	211.25			25			186			16.4			10.4			
10/15	9	146	157.08			30			191			14.1			9.14			
10/16	10	169	357.70			35			190		(A)37	15.5			7.27			
10/17	11	157	235.41			35		47.8	2.81		159			14.8			7.27	
10/18	12	155	219.05			35			146			12.4			6.8			
10/19	13	160	261.93			35		38.3	2.94		140			12.6			7.03	
10/20	14	154	211.25			32			137			12.2	8.52	(A) 0.045 (B) 0.122 (C) 0.075	7.5			
10/21	15	158	243.97			32			132			12.3			7.34			
10/22	16	162	281.02	310	2544	30			132			11.6			9.22			
10/23	17	156	227.10			30	33.3		131			9.92			6.09			
10/24	18	163	291.02			30			138			9.37			6.09			
10/25	19	155	219.05			25			131			11.7			6.56			
10/26	20	155	219.05			35			120			12			11.4			
10/27	21	153	203.69						127			12			9.69			
10/28	22	152	196.37						88.4			15.9			8.2			
10/29	23	152	196.37						70.1			16.2			8.52			
10/30	24	151	189.28			15			61.2			15.2			7.27			
10/31	25	155	219.05			15			60.3			15.3			4.06			
11/1	26	148	169.33			10			58.7			15.2			4.69			
11/2	27	147	163.11			5			56.7			15.9			4.37			
11/3	28	147	163.11			5			57.5			15.2			3.59			
11/4	29	147	163.11			5			57.2			14.8			3.36			
11/5	30	147	163.11			7			56.8			11.4			3.83			
11/6	31	144	145.60			4			56			10.7			4.84			
11/7	32	146	157.08			6			61.5			6.41			4.92			

Table 3.2 (5). Sodium and Cover Gas Impurities at 7th cycle Operation in Low Power Test of MONJU

Date	Elaps Time (d)	Primary Sodium				Primary Cover Gas			Secondary Sodium*			Secondary Cover Gas (EV)*			Secondary Cover Gas (SH)*			SG Water*
		Plugging Indicator Temperature (°C)	Hydrogen Concentration Estimated from PL Temperature (wppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Gas Chromatograph (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/cc)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter in PP Inlet (wppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (wppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	Hydrogen Concentration by Hydrogen Meter (vppm)	Hydrogen Concentration by Sampling and Analysis (vppm)	Tritium Concentration by Sampling and Analysis (Bq/g-Na)	
1995																		
11/8	1	145	0.15			5			0.07			70.9						
11/9	2	147	0.16			6			0.0983			24.9						
11/10	3	147	0.16			6			0.109			18						
11/11	4	146	0.16			7			0.119			16.4						
11/12	5	154	0.21			10			0.126			15.3						
11/13	6	155	0.22			12			0.127			14.7						
11/14	7	148	0.17			14			0.123			12.3						
11/15	8	150	0.18			18	20.1	0.42	0.126			11.9						
11/16	9	163	0.29			20			0.124			13.3						
11/17	10	157	0.24			20			0.125		(A) 47	12.2						
11/18	11	145	0.15			22			0.126			12.8						
11/19	12	151	0.19			22			0.132			14.1						
11/20	13	152	0.20			20	17.9	3.17	0.134	0.15	(B) 63	11.2						
11/21	14	168	0.35			20			0.155			13.7						
11/22	15	150	0.18			20			0.174		(C) 70	15.1	9.22	(A) 0.084	(B) 0.170	(C) 0.140		
11/23	16	165	0.31			20			0.155			13.7						
11/24	17	170	0.37			20			0.141			12.4						
11/25	18	183	0.57	0.25	3472	20			0.131			11.2						
11/26	19	154	0.21			20			0.126			14.1						
11/27	20	164	0.30			20			0.123			12.8						
11/28	21	158	0.24			20			0.123			12.2						
11/29	22	149	0.18			20			0.123			12.2						
11/30	23	166	0.32			18			0.122			12.3						
12/1	24	157	0.24			16			0.124			12.6						
12/2	25	151	0.19			30			0.0984			11.2						
12/3	26	151	0.19			22			0.0695			47.8						
12/4	27	151	0.19			18	7.7	2.25	0.0604			18.6						
12/5	28	151	0.19			10			0.0632			14.7						
12/6	29	150	0.18			8			0.0602			6.87						
12/7	30	147	0.16			6			0.074			29.5						
12/8	31	189	0.68			6			0.0934			24.1						
12/9	32	146	0.16			6			0.0866			95.4						
12/10	33	149	0.18			6			0.0616			49						

* The B-loop is representative

表3.3 水素・トリチウム挙動解析モデル設定基準値（もんじゅ性能試験時）

項目	単位	設定値	備考
炉心燃料トリチウム発生率（生成と放出）	g·atom/efps	5.45E-09	Na濃度適合によるソースーム合計値、もんじゅ長期評価にはORIGEN-IIライブラリ3体核分裂収率による見直しを（6.49E-9） もんじゅ長期評価にはペレット温度を考慮した放出モデルと制御棒運転条件を考慮した見直し（1.64E-8）、及びNaポンド型導入も考慮した見直し（4.89E-9）が望まれる
制御棒トリチウム発生率（生成と放出）			
不純物 B & Li トリチウム発生率			もんじゅ長期評価には冷却材、燃料、構造材中の合計不純物量による見直しを（1.96E-10）
Na中初期水素濃度(1)	g·atom/m3	7.66E-02	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(1.26E-1)を使用するのが望ましい
Na中初期水素濃度(2-4)		7.66E-02	もんじゅ評価にはSST-7終了時の値(6.29E-2)を使用するのが望ましい
Na中初期トリチウム濃度(1)	g·atom/m3	0	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(2.00E-6)を使用するのが望ましい
Na中初期トリチウム濃度(2-4)		0	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(9.22E-9)を使用するのが望ましい
CT初期水素捕獲量(1)	g·atom	400	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(1330)を使用するのが望ましい
CT初期水素捕獲量(2-4)		146	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(1960)を使用するのが望ましい
CT初期トリチウム捕獲量(1)	g·atom	0	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(1.41E-2)を使用するのが望ましい
CT初期トリチウム捕獲量(2-4)		0	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(4.47E-4)を使用するのが望ましい
燃料付着水素放出率	g·atom/s	1.52E-05	表面付着水分等は早期に洗浄されると考えられるため、開始直後ののみの'0-1日に対し設定。もんじゅ長期評価には運転中0、停止中1.516E-5(設計値)を使用。
SG拡散水素透過率	g·atom/s/SG	適合値	SST適合値は初期効果のためか1.6E-4(R&D)値より上回り、EV=1.7～2.3E-4(SH ⁺ イバメント)、及びEV&SH=2.0～3.8E-4。もんじゅ長期評価にはR&D値(1.6E-4)を基準とするのが望ましい。但し、Phenixではもんじゅでの2.0E-7 g·atom/m ² に対して8.4E-8 g·atom/m ² であることに留意。
CTトリチウム捕獲効率		0.3	ANL McPheefer 提案値。但し、Phenixでは同位体交換捕獲を無視していることにも留意。
CT水素捕獲効率		1	SKS不純物捕獲効率測定値は0.6であるが、これは酸素の効率と考えられ、水素析出は酸素に比べ速いと言う知見による推定。但し、Phenixでは0.5が使用されていることにも留意。
供給Ar不純物水素濃度(1)	g·atom/m3	5.16E-06	
供給Ar不純物水素濃度(2-6)		9.78E-06	
CG中初期水素濃度(1)	g·atom/m3	5.16E-04	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(5.41E-4)を使用するのが望ましい
CG中初期水素濃度(2-6)		2.93E-04	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(O/T=2.10E-5, EV=2.71E-5, SH=5.62E-4)を使用するのが望ましい
VT初期水素捕獲量(1)	g·atom	0	
VT初期水素捕獲量(2-6)		0	
CG中初期トリチウム濃度(1)	g·atom/m3	0	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(5.16E-9)を使用するのが望ましい
CG中初期トリチウム濃度(2-6)		0	もんじゅ長期評価にはSST-7終了時の値(O/T=4.31E-12, EV=5.22E-12, SH=8.42E-11)を使用するのが望ましい
VT初期トリチウム捕獲量(1)	g·atom	0	
VT初期トリチウム捕獲量(2-6)		0	
CG系への水素放出率(1)	g·atom/s	適合値	「常陽」では-3E-6 (インレーの扱い)で、これに比べSST3はかなり高く以降も1桁程度高い。「もんじゅ」長期評価には「常陽」より若干高めの-1E-5を基準とするのが望ましい。
CG系への水素放出率(2-6)		適合値	「もんじゅ」長期評価には-1E-6とするのが望ましい。
CG系移行率補正係数(FFAL)		1	J.R.Gwyther の式に対する補正
CG系移行率補正係数(FFAL2)		0 or 1	同位体交換機構考慮の有無、FFAL2=1を推奨（但し1次系実測濃度は活性炭吸着塔により1桁程度下がると推定）
水・蒸気中初期トリチウム濃度(1-3)	g·atom/m3	0	運転直後 (トレン交換)
IHX伝熱管透過補正係数(OFI)		2.5	SST3～7で妥当（但し、余裕を見る場合3.5）
EV伝熱管透過補正係数(OFE)		0.6	SST3～7で妥当

Table 3.4 Estimation of hydrogen evolution in sodium and cover gas system at low power test of Monju

cycle	3	4	5	6	7	(H-g) total
evolution in primary cover gas system	865	82	70	77	68	1162
evolution in EV cover gas system	24	15	15	12	12	78
permeation through EV heat conductin tube walls	1719	663	656	1191	1218	5447
total	2608	760	742	1280	1298	6687

表3.5 「もんじゅ」出力上昇試験時トリチウム分布量変化の比較

実効全出力 運転日 (efpd)	炉心からの放出 推定量 (Bq)	1次冷却材溶存 推定量 (Bq)	1次冷却材溶存 実測量 (Bq)	1次CT捕獲 推定量 (Bq)	2次冷却材溶存 推定量 (3ループ) (Bq)	2次冷却材溶存 実測量 (3ループ) (Bq)	2次CT捕獲 推定量 (3基) (Bq)	気体廃棄物 推定量 (Bq)	液体廃棄物 推定量 (Bq)
4.73	1.42E+12	7.52E+11	6.36E+11	7.52E+11	5.04E+09				
8.41	3.29E+12	1.30E+12	1.26E+12	1.29E+12	1.37E+10				
9.19	3.69E+12	1.31E+12		2.17E+12	1.46E+10	1.27E+10			
11.82	5.01E+12	1.11E+12		3.62E+12	3.56E+09		1.96E+11	2.84E+10	5.38E+08
14.55					2.10E+10	1.41E+10			
15.32					2.29E+10	1.71E+10			
16.09					2.37E+10	1.94E+10			
16.81	7.52E+12	1.14E+12		5.87E+12	5.73E+09		3.79E+11	3.94E+10	1.08E+09
20.6		2.16E+12	1.82E+12						
21.31	9.72E+12	6.82E+11		8.29E+12	7.12E+09		5.60E+11	5.39E+10	1.63E+09
25.62		2.08E+12	1.88E+12		2.46E+10	2.76E+10			
25.17									
29.29	1.37E+13	1.19E+12		1.13E+13	3.63E+09		8.72E+11	7.35E+10	2.72E+09
33.35					3.60E+10	3.50E+10			
34.72					3.87E+10	4.69E+10			
35.64					3.71E+10	5.21E+10			
37.03		2.54E+12	2.57E+12						
40	1.91E+13	2.04E+12		1.50E+13	1.99E+10		1.44E+12	1.02E+11	4.77E+09

表3.6 「もんじゅ」出力上昇試験時トリチウム分布の推定

運転サイクル	3サイクル	4サイクル	5サイクル	6サイクル	7サイクル
計算No.	H10T-MT1-8	H10T-MT3-4	H10T-MT6-6	H10T-MT9-3	H10T-MT12-5
評価時点(サイクル終了時)	1995.7.23 24:00	1995.8.22 24:00	1995.10.6 24:00	1995.11.7 24:00	1995.12.8 24:00
実効100%出力運転日(efpd)	11.82	16.81	21.31	29.29	40.00
項目	分布量(Bq)	分布割合(%)	分布量(Bq)	分布割合(%)	分布量(Bq)
				分布割合(%)	分布割合(%)
炉心からの放出量	5.01E+12		7.52E+12		9.72E+12
1次冷却材溶存量	1.11E+12	22.16	1.14E+12	15.16	6.82E+11
1次コールドトラップ捕獲量	3.62E+12	72.26	5.87E+12	78.06	8.29E+12
1次カバーガス残存量	4.16E+06	0.00	2.71E+09	0.04	1.20E+09
小計	4.73E+12	94.41	7.01E+12	93.25	8.97E+12
2次冷却材溶存量(A,B,C)	3.56E+09	0.07	5.73E+09	0.08	7.12E+09
2次コールドトラップ捕獲量(A,B,C)	1.96E+11	3.90	3.79E+11	5.04	5.60E+11
2次カバーガス残存量(A,B,C)	1.36E+05	0.00	6.16E+06	0.00	7.03E+06
小計	1.99E+11	3.98	3.85E+11	5.12	5.67E+11
SG水・蒸気溶存量(A,B,C)	1.46E+06	0.00	4.40E+06	0.00	5.76E+06
1次冷却系部屋雰囲気放出量	9.74E+09	0.19	1.83E+10	0.24	2.77E+10
1次カバーガス系部屋雰囲気放出量	5.38E+08	0.01	8.22E+08	0.01	1.12E+09
1次気廃系放出量	1.78E+10	0.36	1.97E+10	0.26	2.42E+10
小計	2.81E+10	0.56	3.88E+10	0.52	5.30E+10
2次冷却系部屋雰囲気放出量(A,B,C)	1.40E+08	0.00	2.80E+08	0.00	4.32E+08
2次カバーガス系部屋雰囲気放出量(A,B,C)	0.00E+00	0.00	0.00E+00	0.00	0.00E+00
2次気廃系放出量(A,B,C-OF/T)	9.13E+04	0.00	3.30E+05	0.00	8.80E+05
IRACS大気系への放出量(A,B,C)	1.35E+08	0.00	2.69E+08	0.00	4.14E+08
小計	2.74E+08	0.01	5.49E+08	0.01	8.46E+08
SGブロー排水(A,B,C)	4.40E+08	0.01	9.06E+08	0.01	1.39E+09
SGドレン排水(A,B,C)	9.83E+07	0.00	1.71E+08	0.00	2.48E+08
小計	5.38E+08	0.01	1.08E+09	0.01	1.63E+09
分布量合計	4.96E+12	98.96	7.44E+12	98.91	9.60E+12
気体廃棄物量	2.84E+10	0.57	3.94E+10	0.52	5.39E+10
SG液体廃棄物量	5.38E+08	0.01	1.08E+09	0.01	1.63E+09

Table 3.7 Calculated to measured values (C/E) for evaluation of tritium behaviour at 40% low power test of MONJU

Calculational optimum tritium source rate from core=5.87MBq/s at 100% reactor output

Calculational adjustable factors for tritium permeation through heat conduction tubes: OFI=2.5 for IHX, OFE=0.6 for EV

(a) Calculation case under assumption of homogeneous T/H distribution between sodium and cover gas (FFAL2=1)

Operation cycle Calculation No.	3rd cycle				4th cycle				5th cycle				Average C/E	
	H9T-MT1-6		H10T-MT3-2		H10T-MT6-4									
	System and medium	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	
Primary sodium			Calculation	Measurement			Calculation	Measurement			Calculation	Measurement		
Primary sodium	13	8.64E+08	7.31E+08	1.18						126	2.48E+09	2.10E+09	1.18	1.13
	23	1.49E+09	1.45E+09	1.03										8.32
Primary cover gas	38	5.06E+06	4.50E+05	11.24	48	8.40E+06	9.00E+05	9.33	124	1.32E+07	2.07E+06	6.38		1.30
					61	8.05E+06	1.27E+06	6.34						1.90
2ndary sodium (A)					51	2.40E+07	1.62E+07	1.49						
2ndary sodium (B)	25	1.67E+07	1.45E+07	1.16	53	2.61E+07	1.95E+07	1.34						
2ndary sodium (C)					55	2.70E+07	2.21E+07	1.22						
EV(A) cover gas					55	1.74E+05	6.70E+04	2.60						
EV(B) cover gas	25	1.37E+05	5.80E+04	2.36	55	1.78E+05	1.40E+05	1.27						
EV(C) cover gas					55	1.77E+05	1.30E+05	1.36						
SG(A) water and steam					53	3.48E+05	2.50E+05	1.39	121	2.61E+05	1.60E+05	1.63		
SG(B) water and steam	25	3.60E+05	3.10E+05	1.16	53	3.01E+05	2.60E+05	1.16	121	2.11E+05	1.90E+05	1.11		
SG(C) water and steam					53	3.01E+05	2.40E+05	1.25	121	2.11E+05	1.60E+05	1.32		1.29

(b) Calculation case under no assumption of homogeneous T/H distribution between sodium and cover gas (FFAL2=0)

Operation cycle Calculation No.	3rd cycle				4th cycle				5th cycle				Average C/E	
	H9T-MT1-6B		H10T-MT3-1		H10T-MT6-3									
	System and medium	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	
Primary sodium			Calculation	Measurement			Calculation	Measurement			Calculation	Measurement		
Primary sodium	13	8.85E+08	7.31E+08	1.21						126	2.49E+09	2.10E+09	1.19	1.14
	23	1.49E+09	1.45E+09	1.03										4.53
Primary cover gas	38	4.70E+06	4.50E+05	10.44	48	2.50E+06	9.00E+05	2.78	124	2.49E+06	2.07E+06	1.20		1.32
					61	4.67E+06	1.27E+06	3.68						0.16
2ndary sodium (A)					51	2.43E+07	1.62E+07	1.50						
2ndary sodium (B)	25	1.70E+07	1.45E+07	1.18	53	2.64E+07	1.95E+07	1.36						1.30
2ndary sodium (C)					55	2.74E+07	2.21E+07	1.24						
EV(A) cover gas					55	1.43E+04	6.70E+04	0.21						
EV(B) cover gas	25	1.36E+04	5.80E+04	0.23	55	1.41E+04	1.40E+05	0.10						
EV(C) cover gas					55	1.41E+04	1.30E+05	0.11						
SG(A) water and steam					53	3.53E+05	2.50E+05	1.41	121	2.61E+05	1.60E+05	1.63		
SG(B) water and steam	25	3.65E+05	3.10E+05	1.18	53	3.04E+05	2.60E+05	1.17	121	2.11E+05	1.90E+05	1.11		
SG(C) water and steam					53	3.05E+05	2.40E+05	1.27	121	2.11E+05	1.60E+05	1.32		

Table 3.8 Calculated to measured values (C/E) for evaluation of tritium behaviour in 45% low power test of M

Calculational optimum tritium source rate from core=5.87MBq/s at 100% reactor output

Calculational adjustable factors for tritium permeation through heat conduction tubes: OFI=2.5 for IHX, OFE=0.6 for EV

(a) Calculation case under assumption of homogeneous T/H distribution between sodium and cover gas (FFAL2=

Operation cycle Calculation No.	6th cycle				7th cycle				Average C/E	
	System and medium	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)			
			Calculation	Measurement			Calculation	Measurement		
Primary sodium	11	2.39E+09	2.16E+09	1.11		18	2.92E+09	2.95E+09	0.99	
Primary cover gas	11	2.24E+07	2.81E+06	7.97		8	1.32E+07	4.20E+05	31.43	
	13	2.34E+07	2.94E+06	7.96		13	1.78E+07	3.17E+06	5.62	
2ndary sodium (A) 2ndary sodium (B) 2ndary sodium (C)	10	2.81E+07	3.15E+07	0.89		10	4.11E+07	4.00E+07	1.03	
						13	4.42E+07	5.36E+07	0.83	
						15	4.24E+07	5.95E+07	0.71	
EV(A) cover gas EV(B) cover gas EV(C) cover gas	14	1.71E+05	4.50E+04	3.80		15	1.80E+05	8.40E+04	2.14	
		1.75E+05	1.22E+05	1.43			1.82E+05	1.70E+05	1.07	
		1.72E+05	7.50E+04	2.29			1.81E+05	1.40E+05	1.29	
SG(A) water and steam SG(B) water and steam SG(C) water and steam	10	6.44E+05	5.90E+05	1.09		20	1.80E+06	2.10E+06	0.86	
		6.43E+05	6.00E+05	1.07			1.81E+06	2.10E+06	0.86	
		6.42E+05	5.90E+05	1.09			1.80E+06	2.10E+06	0.86	

(b) Calculation case under no assumption of homogeneous T/H distribution between sodium and cover gas (FFAL2=

Operation cycle Calculation No.	6th cycle				7th cycle				Average C/E	
	System and medium	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)		C/E	Elaps time (d)	Concentration (Bq/m3)			
			Calculation	Measurement			Calculation	Measurement		
Primary sodium	11	2.10E+09	2.16E+09	0.97		18	2.93E+09	2.95E+09	0.99	
Primary cover gas	11	1.25E+06	2.81E+06	0.44		8	1.35E+06	4.20E+05	3.21	
	13	1.49E+06	2.94E+06	0.51		13	1.62E+06	3.17E+06	0.51	
2ndary sodium (A) 2ndary sodium (B) 2ndary sodium (C)	10	2.83E+07	3.15E+07	0.90		10	4.19E+07	4.00E+07	1.05	
						13	4.51E+07	5.36E+07	0.84	
						15	4.31E+07	5.95E+07	0.72	
EV(A) cover gas EV(B) cover gas EV(C) cover gas	14	2.10E+04	4.50E+04	0.47		15	3.22E+04	8.40E+04	0.38	
		2.08E+04	1.22E+05	0.17			3.22E+04	1.70E+05	0.19	
		2.10E+04	7.50E+04	0.28			3.23E+04	1.40E+05	0.23	
SG(A) water and steam SG(B) water and steam SG(C) water and steam	10	6.45E+05	5.90E+05	1.09		20	1.83E+06	2.10E+06	0.87	
		6.47E+05	6.00E+05	1.08			1.84E+06	2.10E+06	0.88	
		6.46E+05	5.90E+05	1.09			1.82E+06	2.10E+06	0.87	

Fig. 3.1 Change of reactor output in low power test of Monju

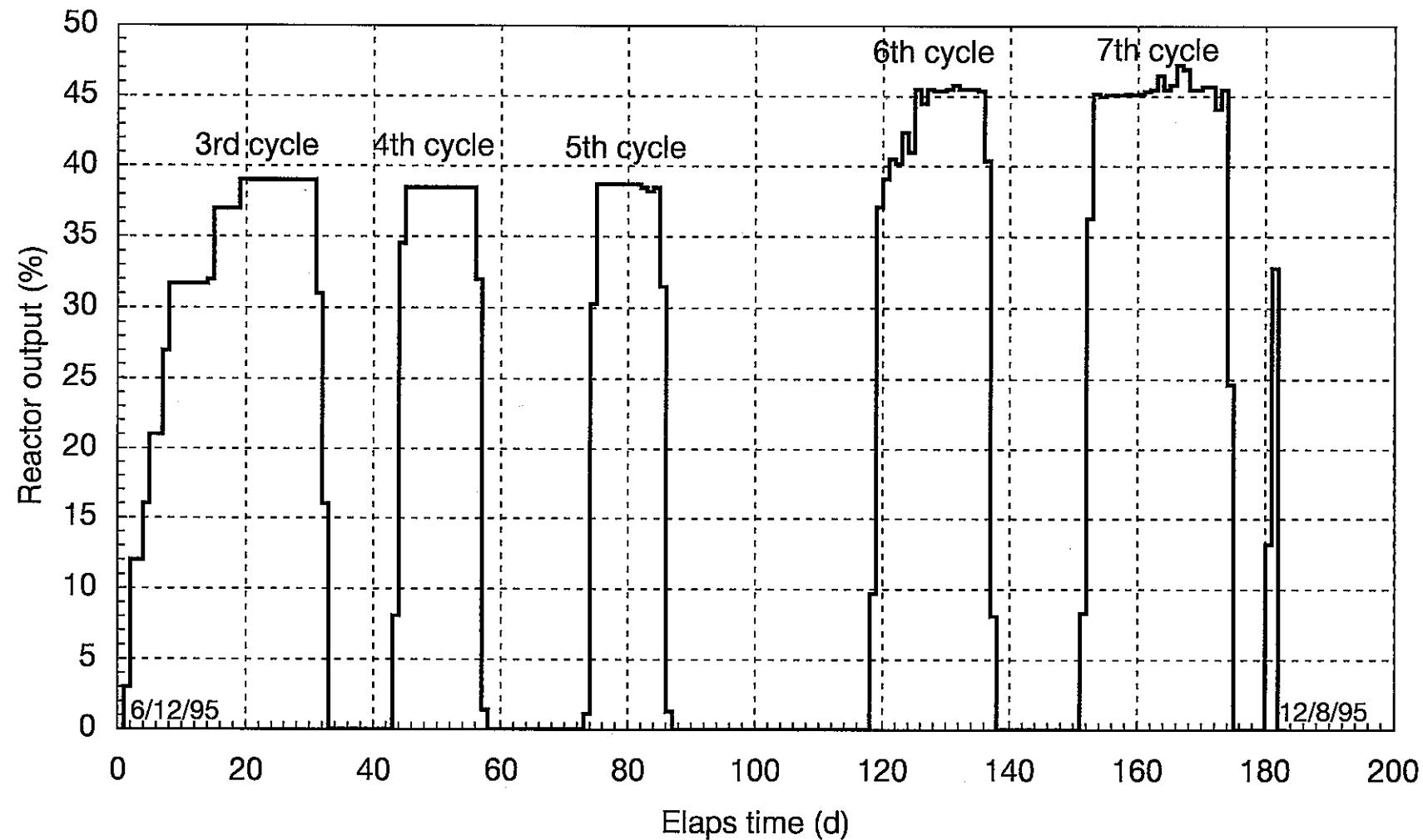


図 3.2 IHX 管束部温度分布検証結果

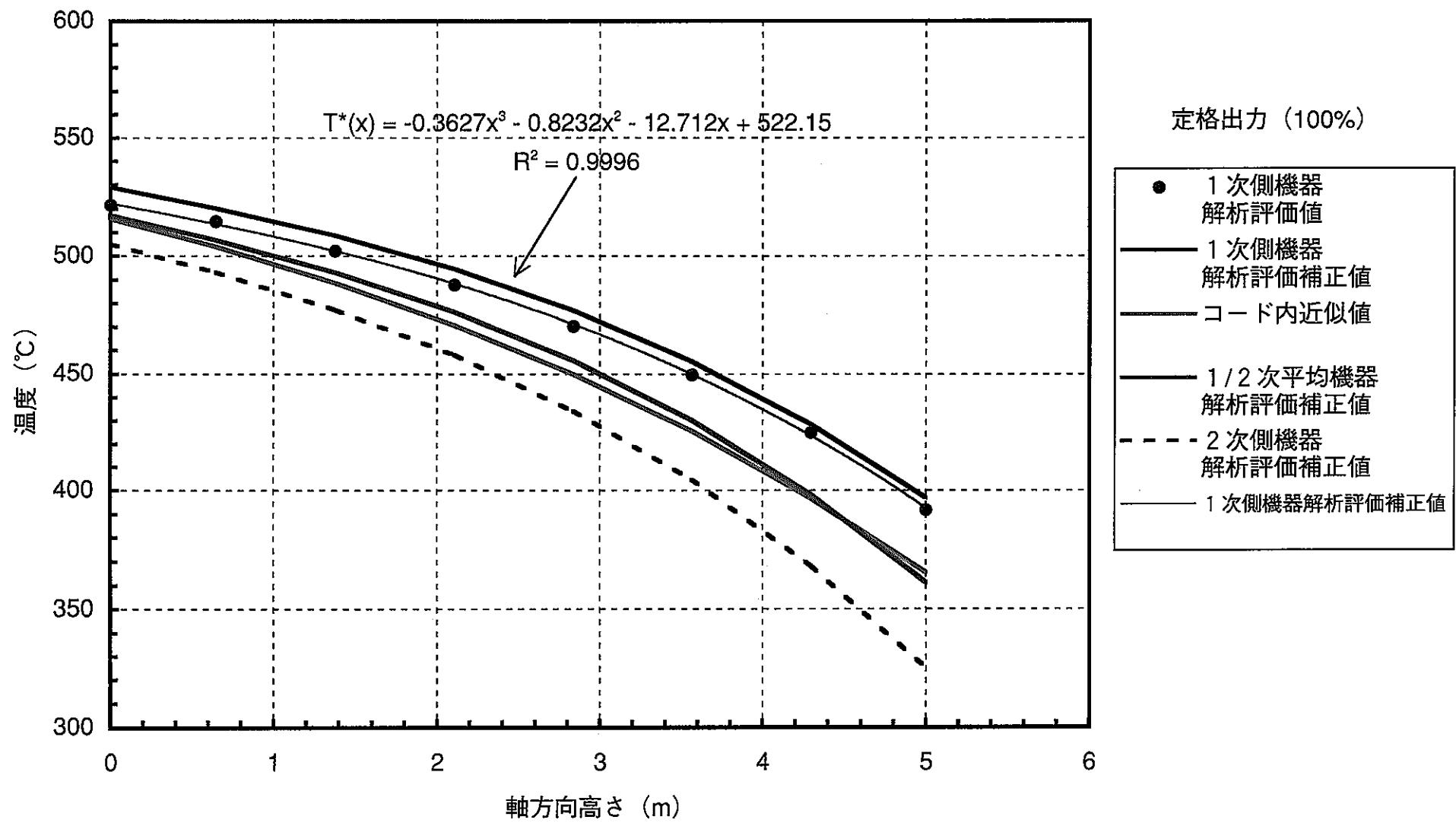


図 3.3 IHX 管束部トリチウム透過率検証結果

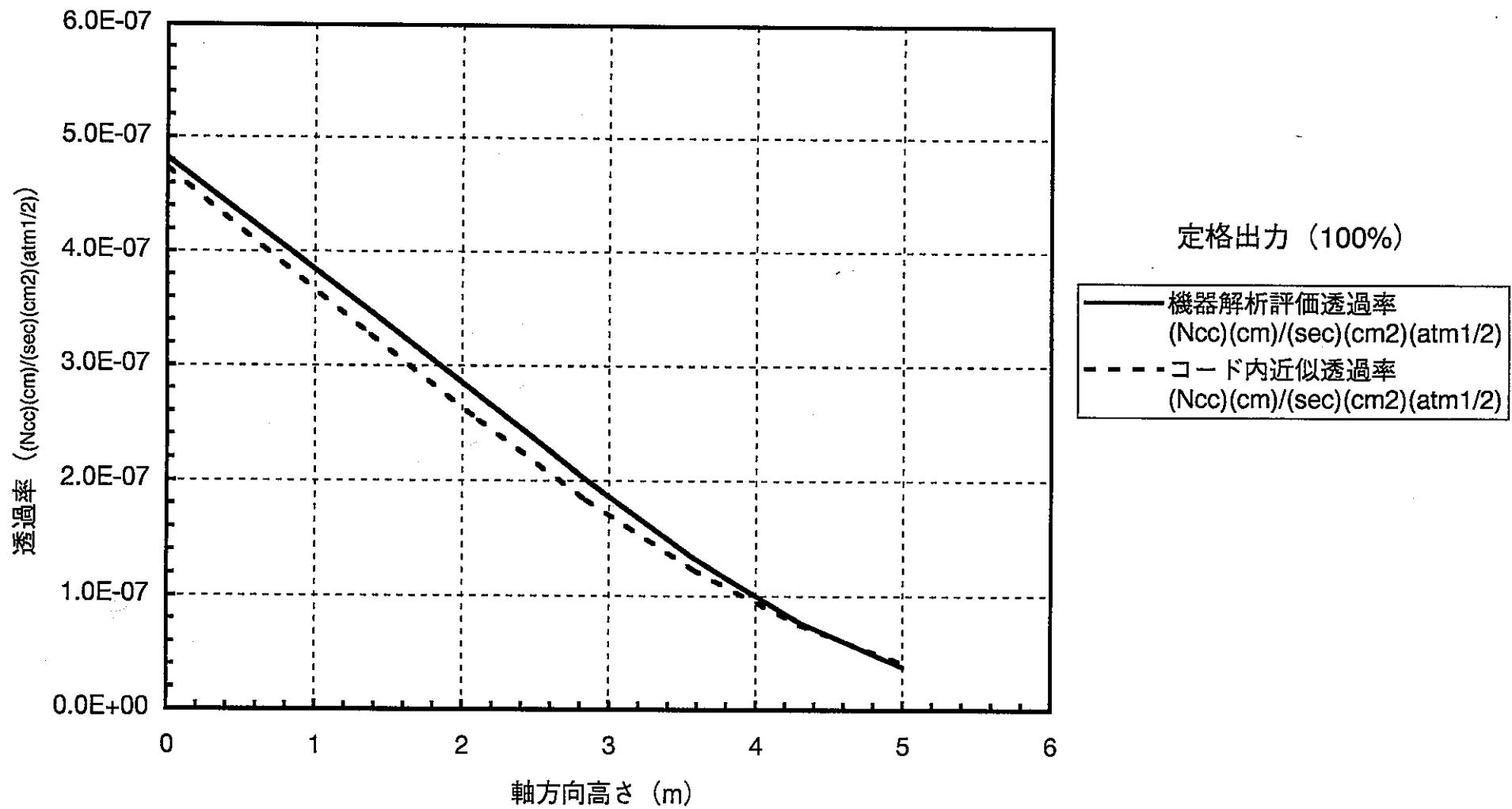


図 3.4 EV ヘリカルコイル部温度分布

三菱重工(株) 解析評価データによる

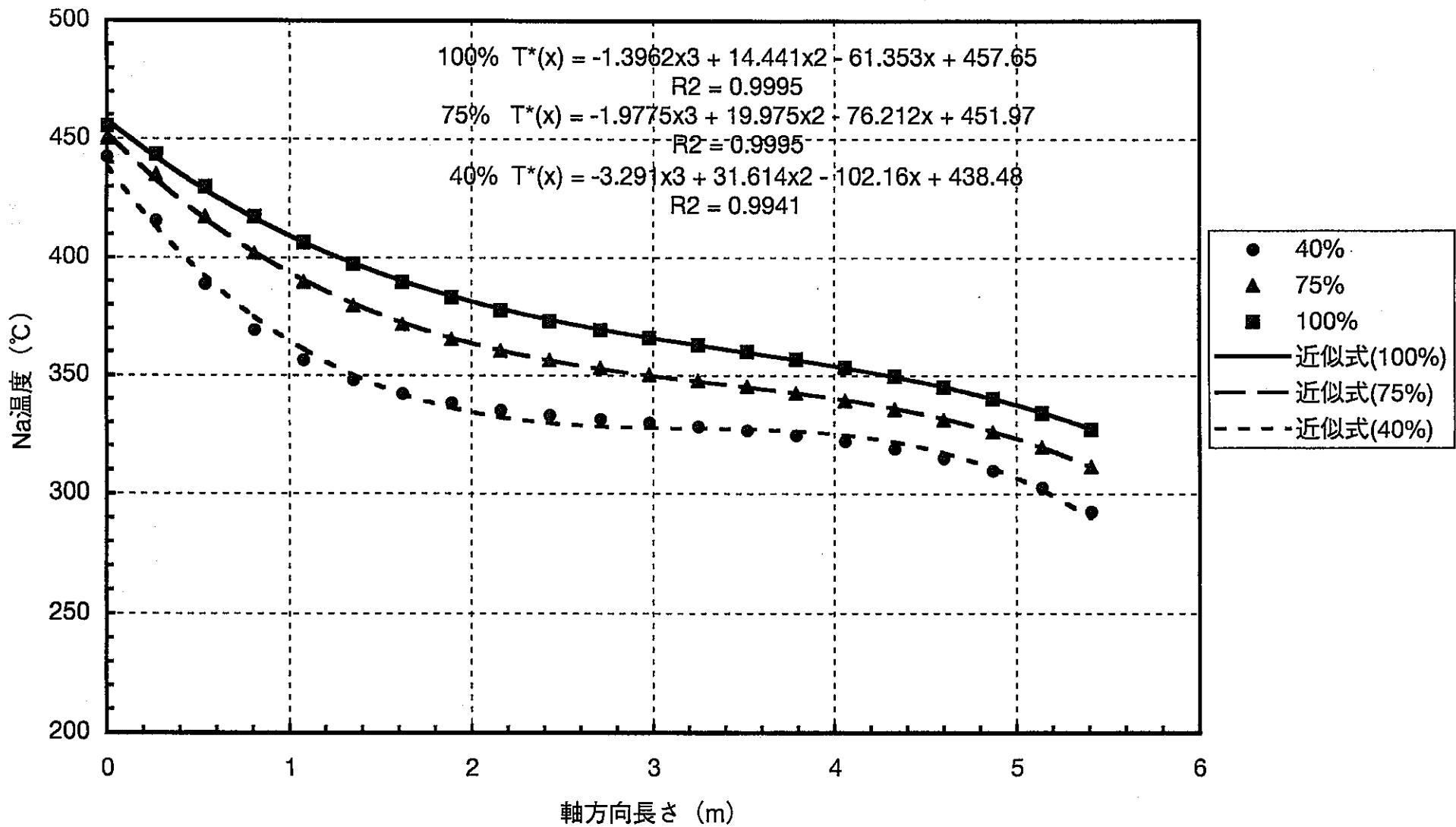


図 3.5 EVヘリカルコイル部トリチウム透過率

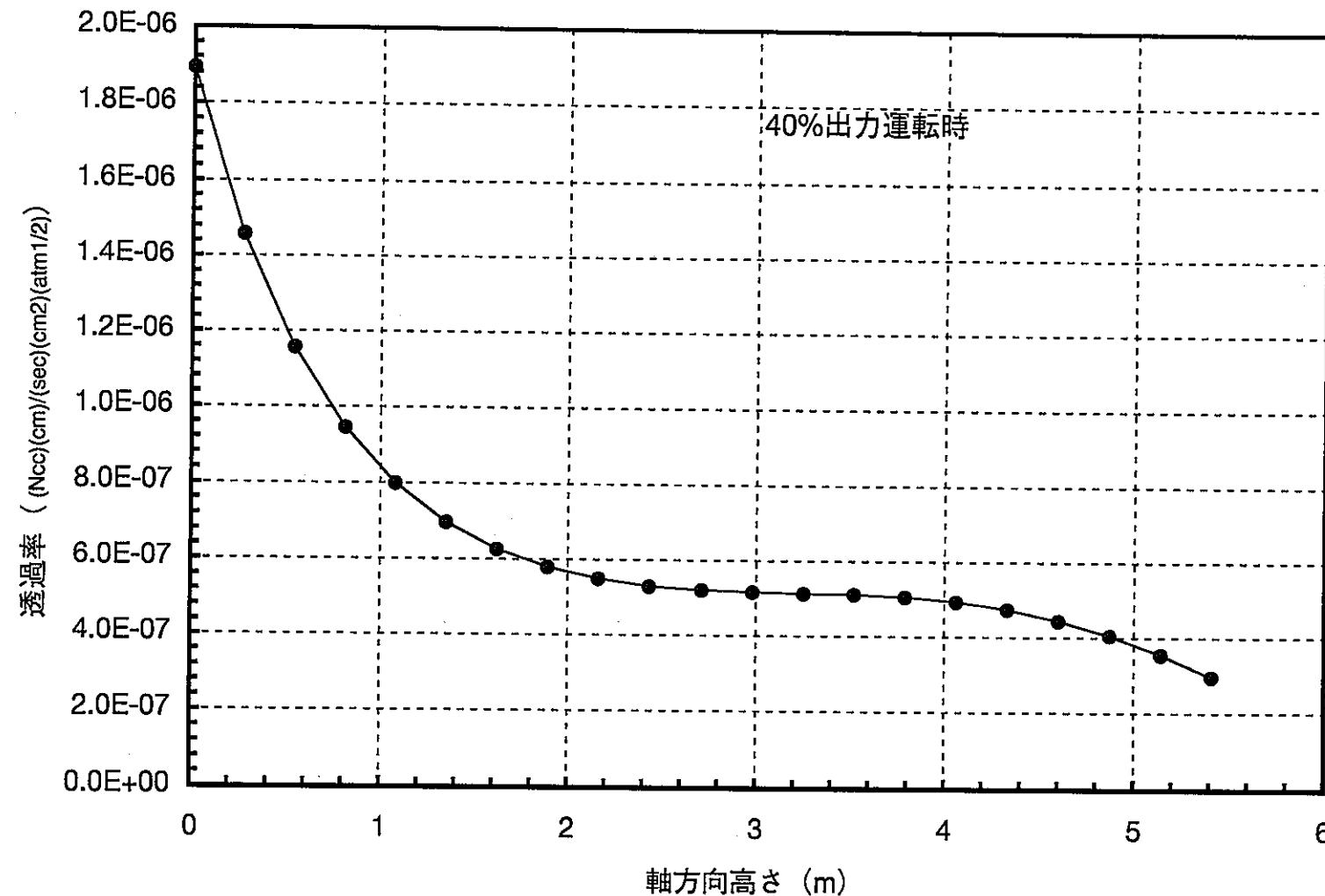


図 3.6 SHヘリカルコイル部温度分布

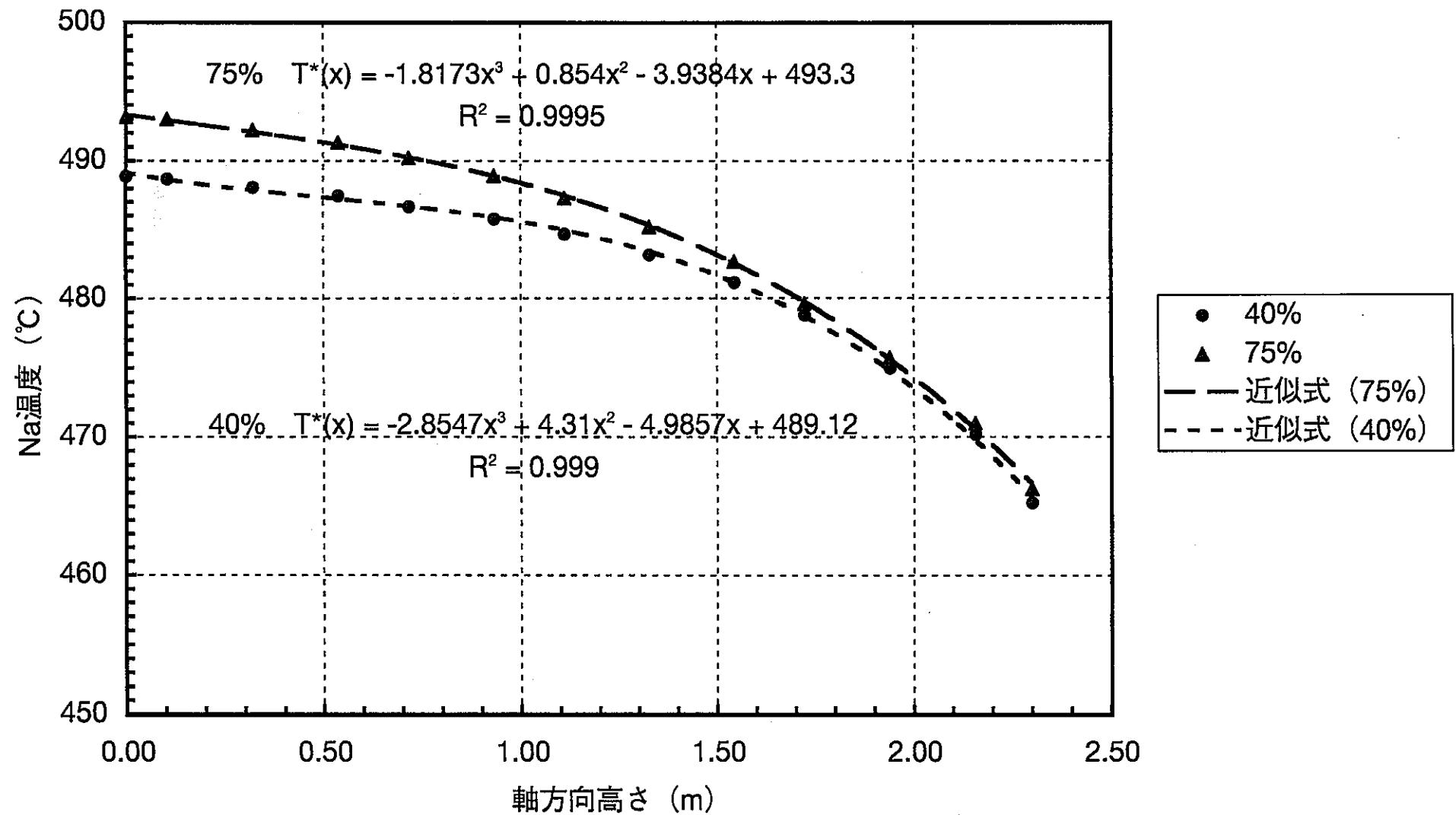


Fig.3.7 Permeability of Tritium through heat conduction tube walls
of EV and SH

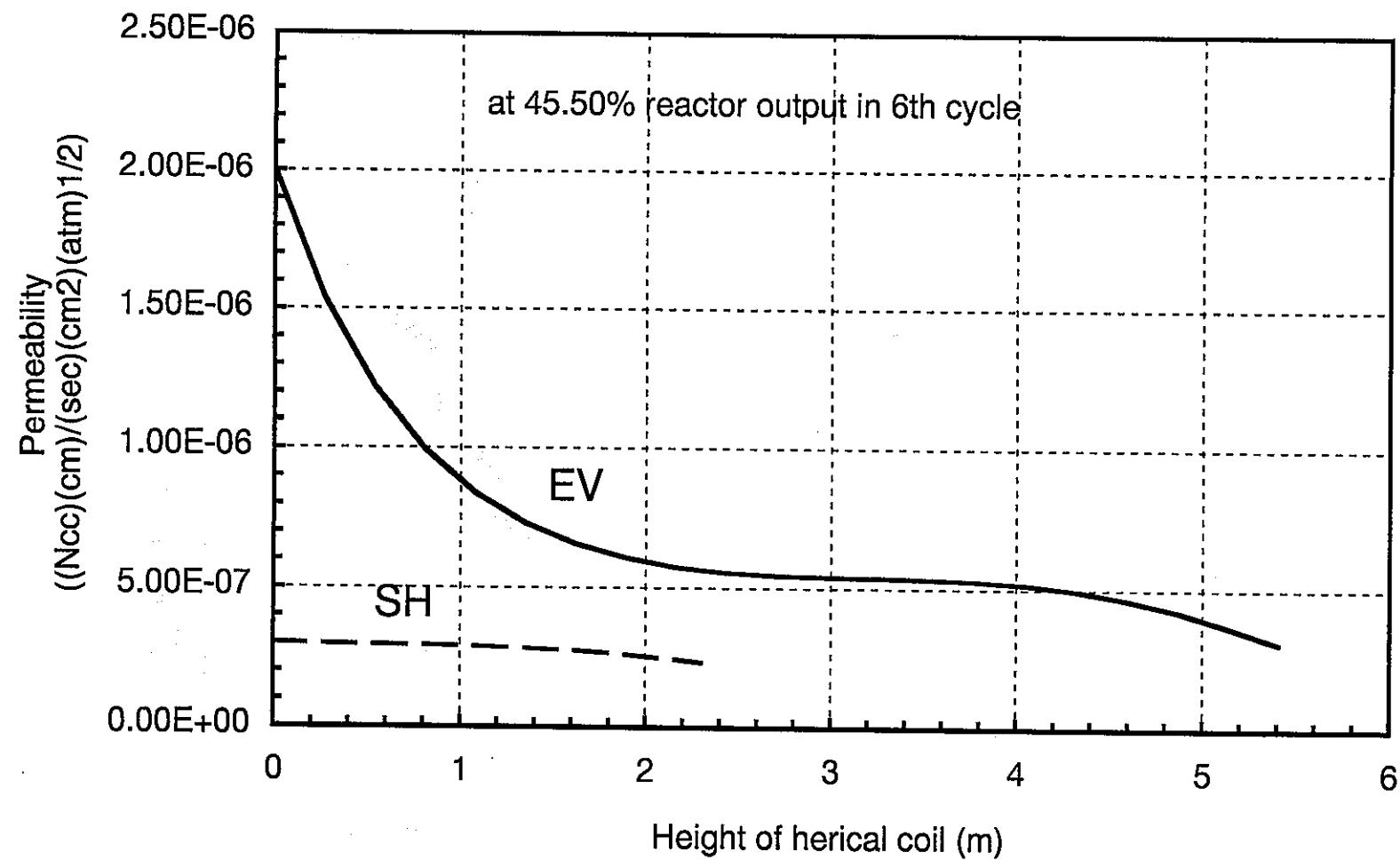


図 3.8

起動試験時の 1 次系ガーバーガス中水素濃度とプラグ温度
(出力上昇試験- 3 ~ 7 cy)

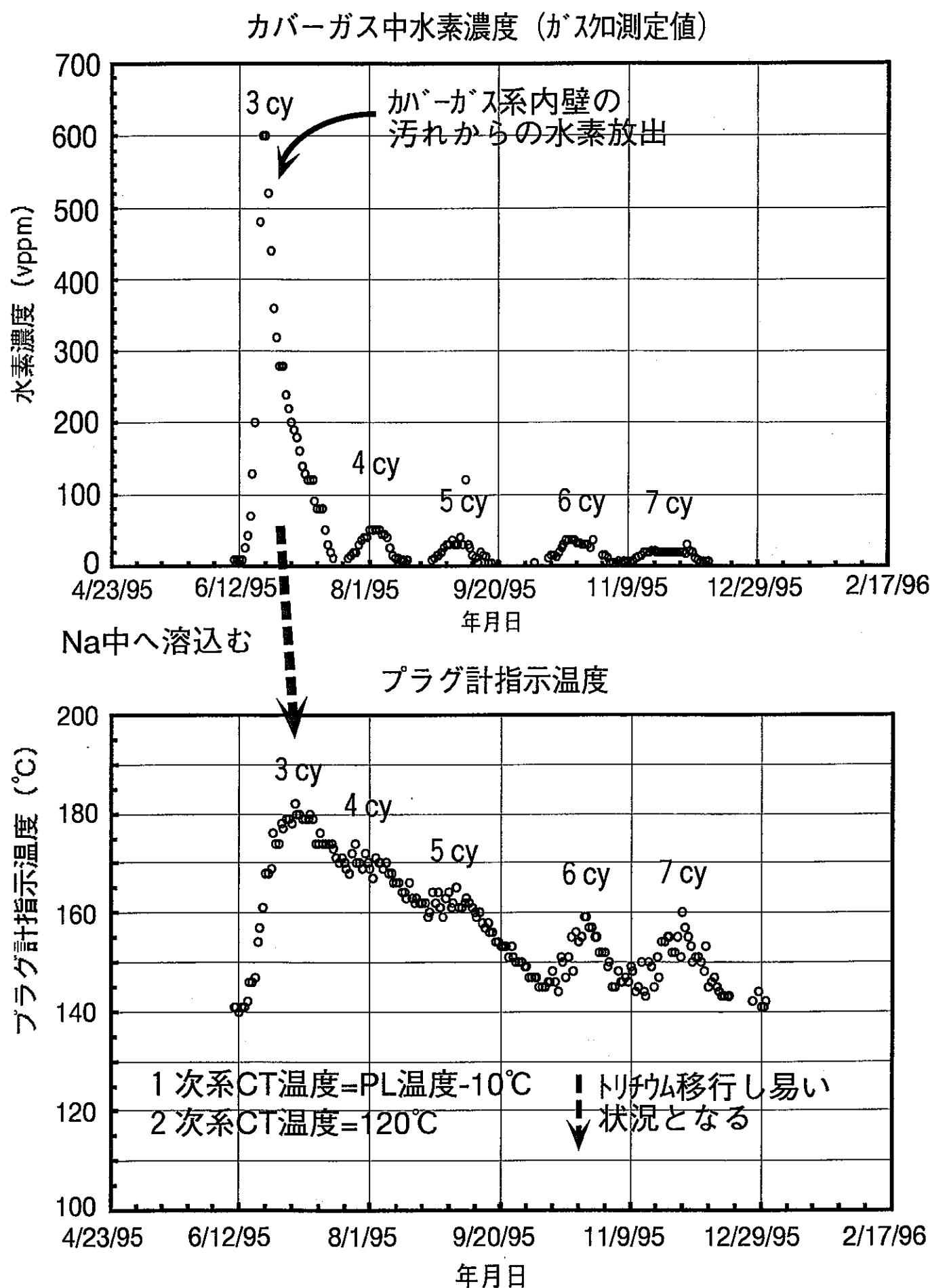


Fig. 3.9 Cold trap and plugging indicator temperatures in primary sodium system at low power test of Monju

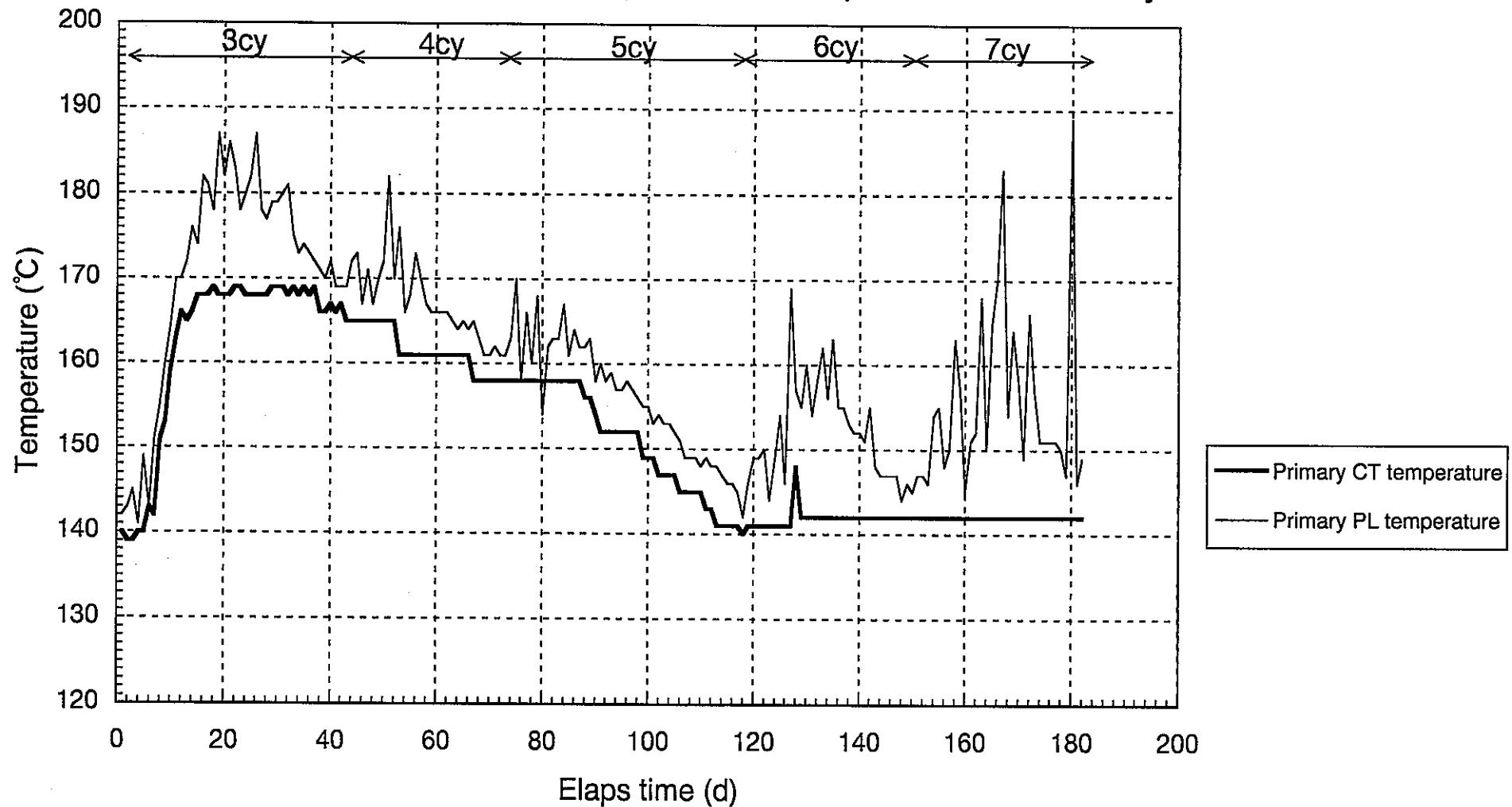


Fig. 3.10 Comparison of hydrogen partial pressure in primary and secondary sodium

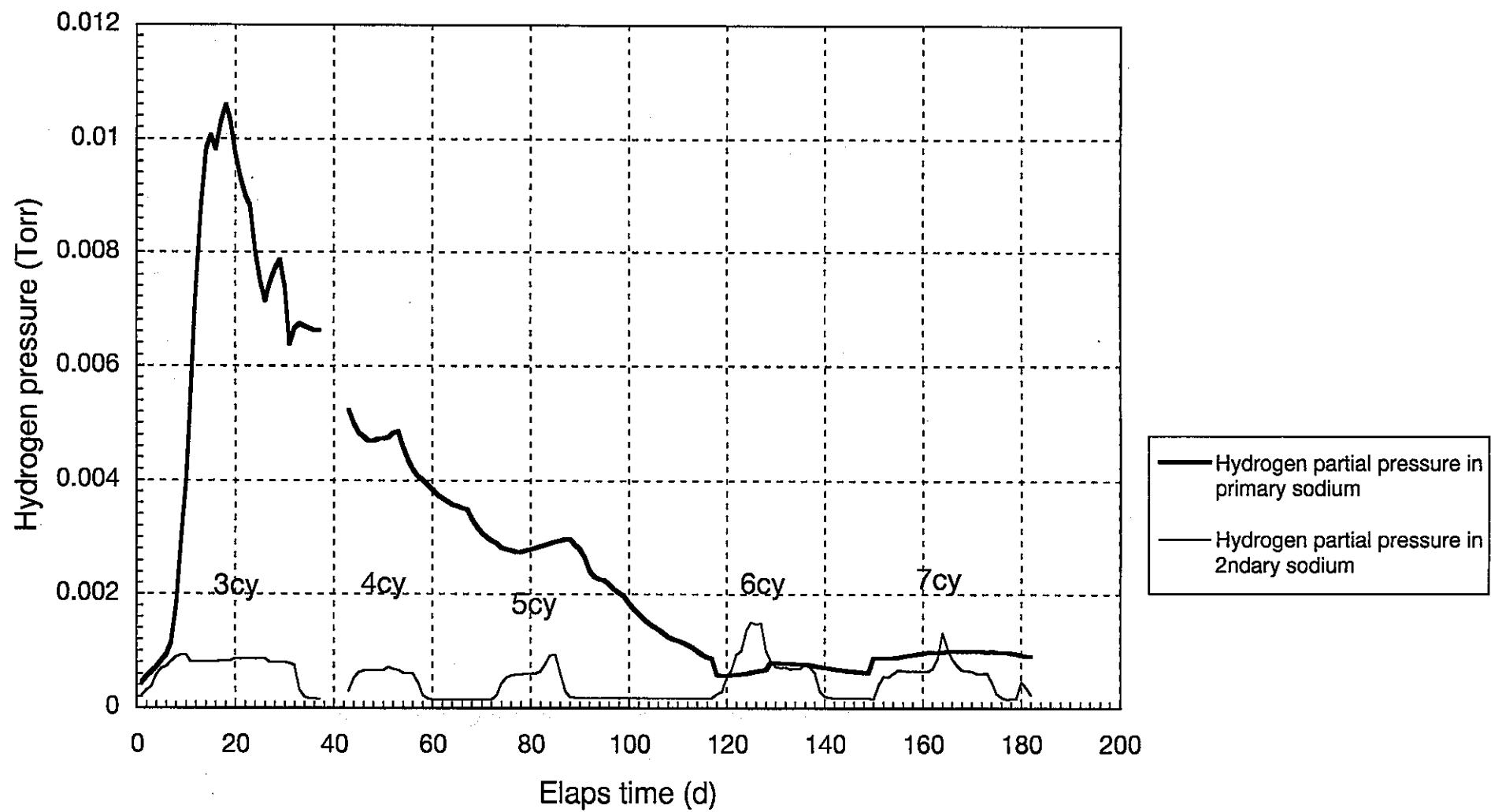


Fig. 3.11 Correlation of hydrogen concentration in primary cover gas and primary plugging indicator temperature

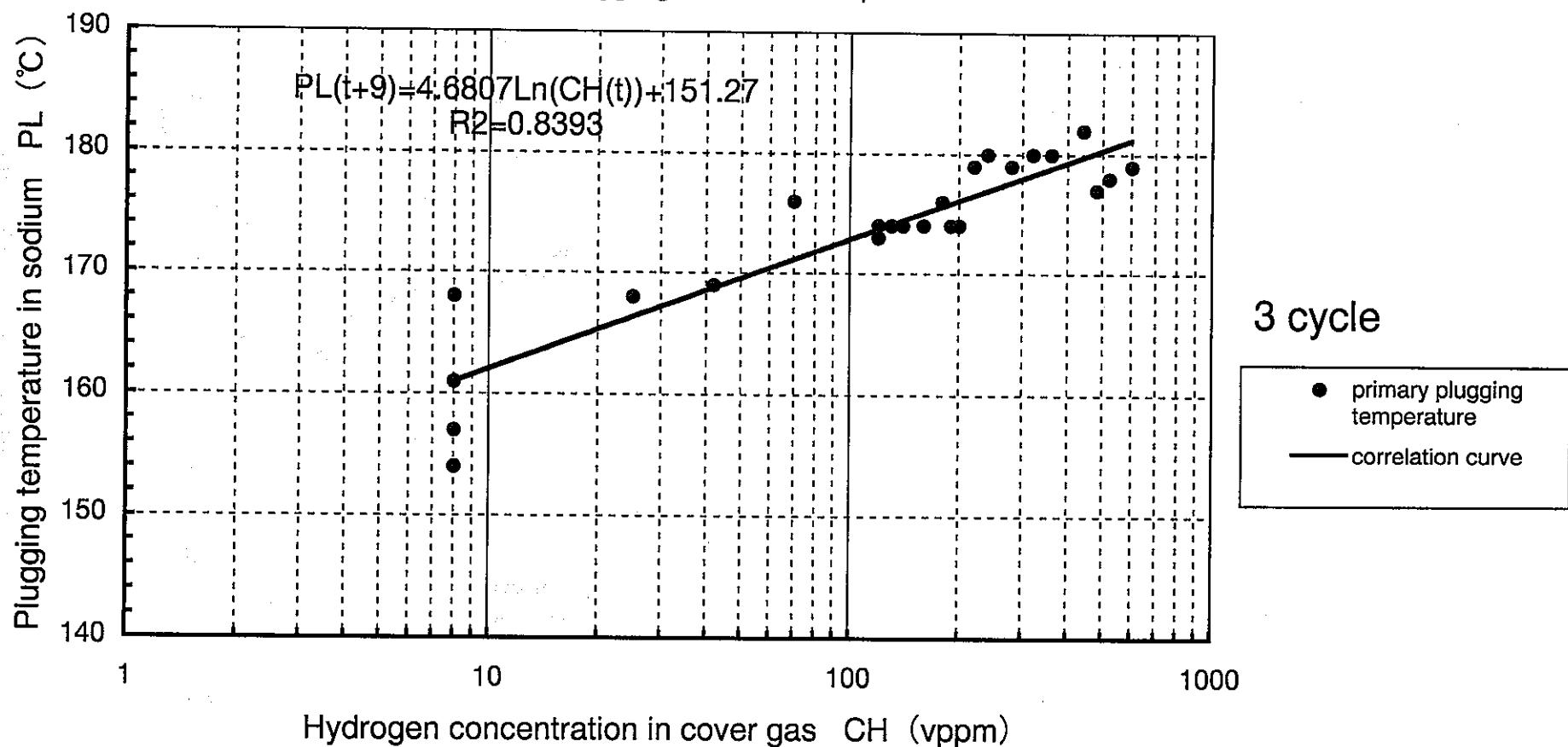


Fig. 3.12 Comparison of measured to calculated hydrogen concentration in primary cover gas at low power test of Monju

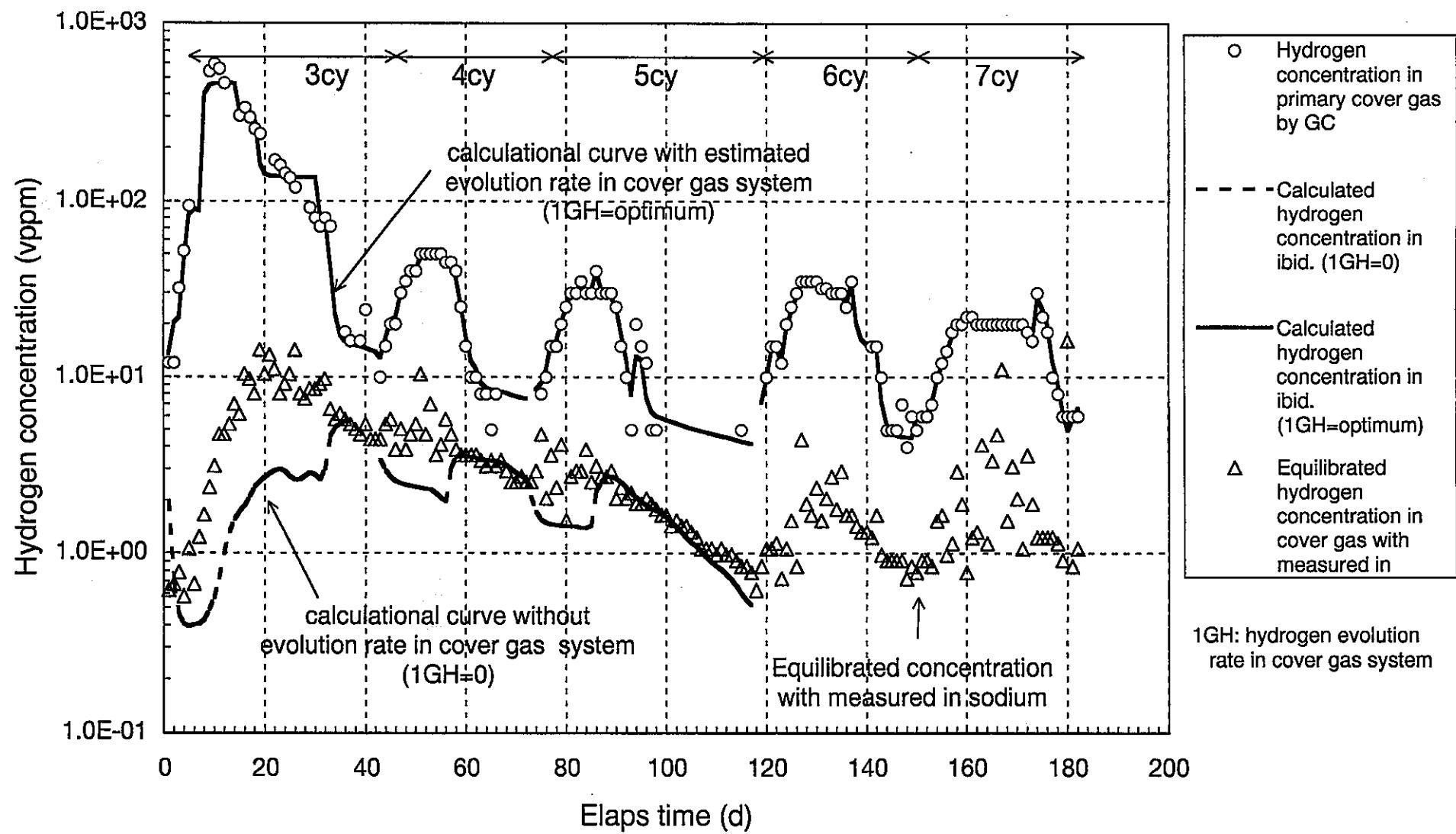


Fig. 3.13(a) Estimation of hydrogen evolution rate in primary cover gas system (3rd cycle)

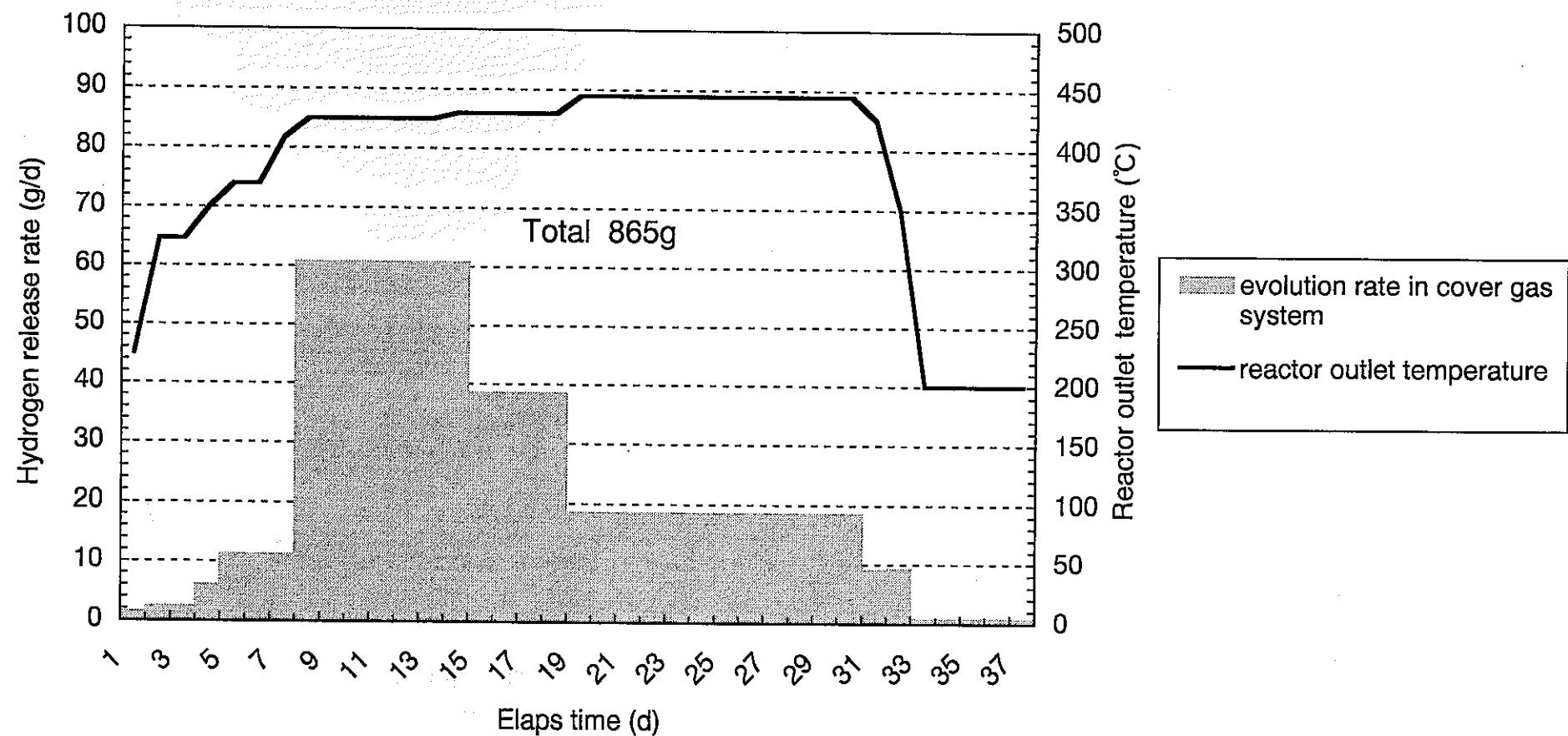


Fig.3.13(b) Estimation of hydrogen evolution rate in primary cover gas system (4th cycle)

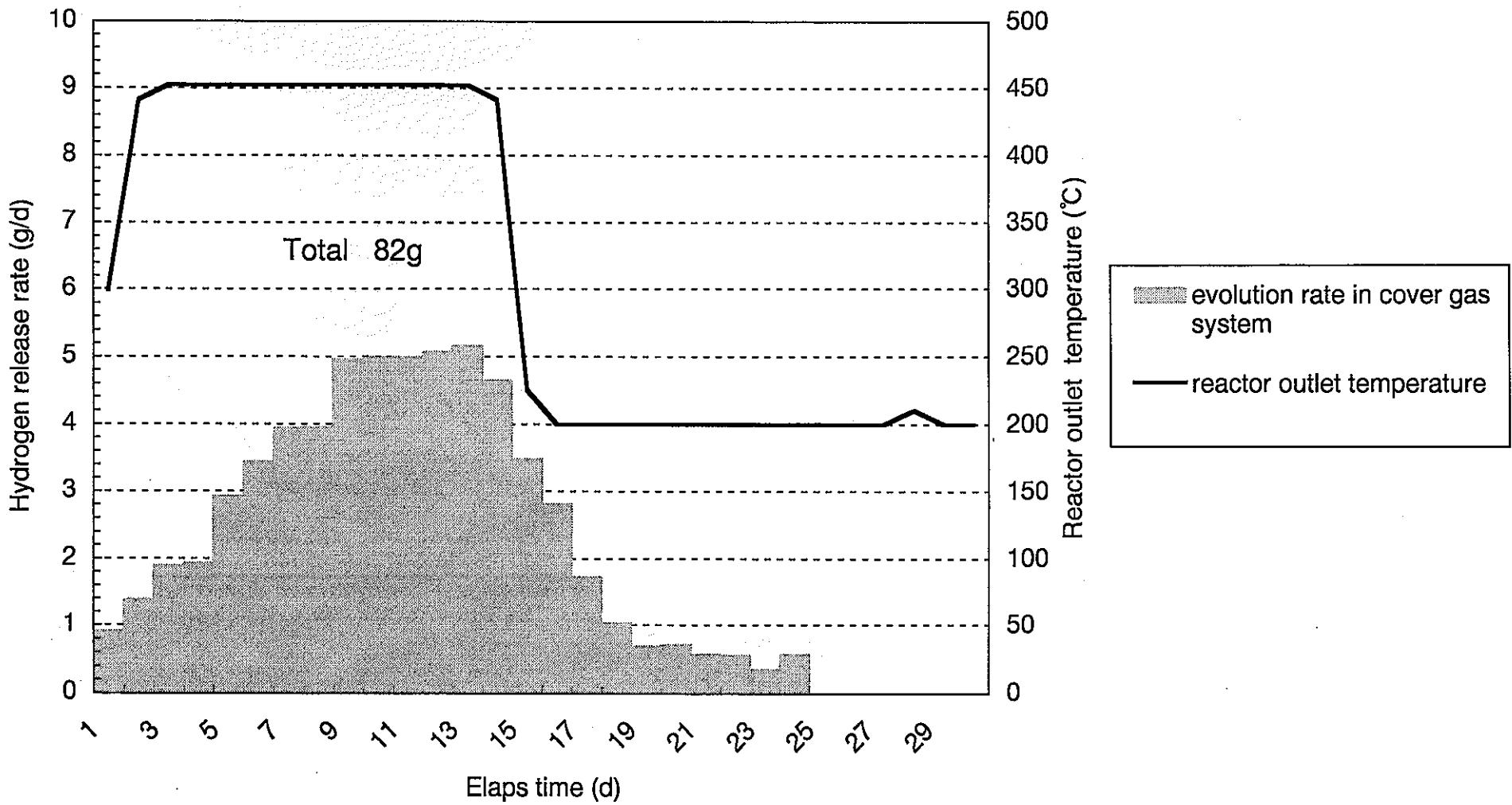


Fig. 3.14 Comparison of measured to calculated hydrogen concentration in primary sodium at low power test of Monju

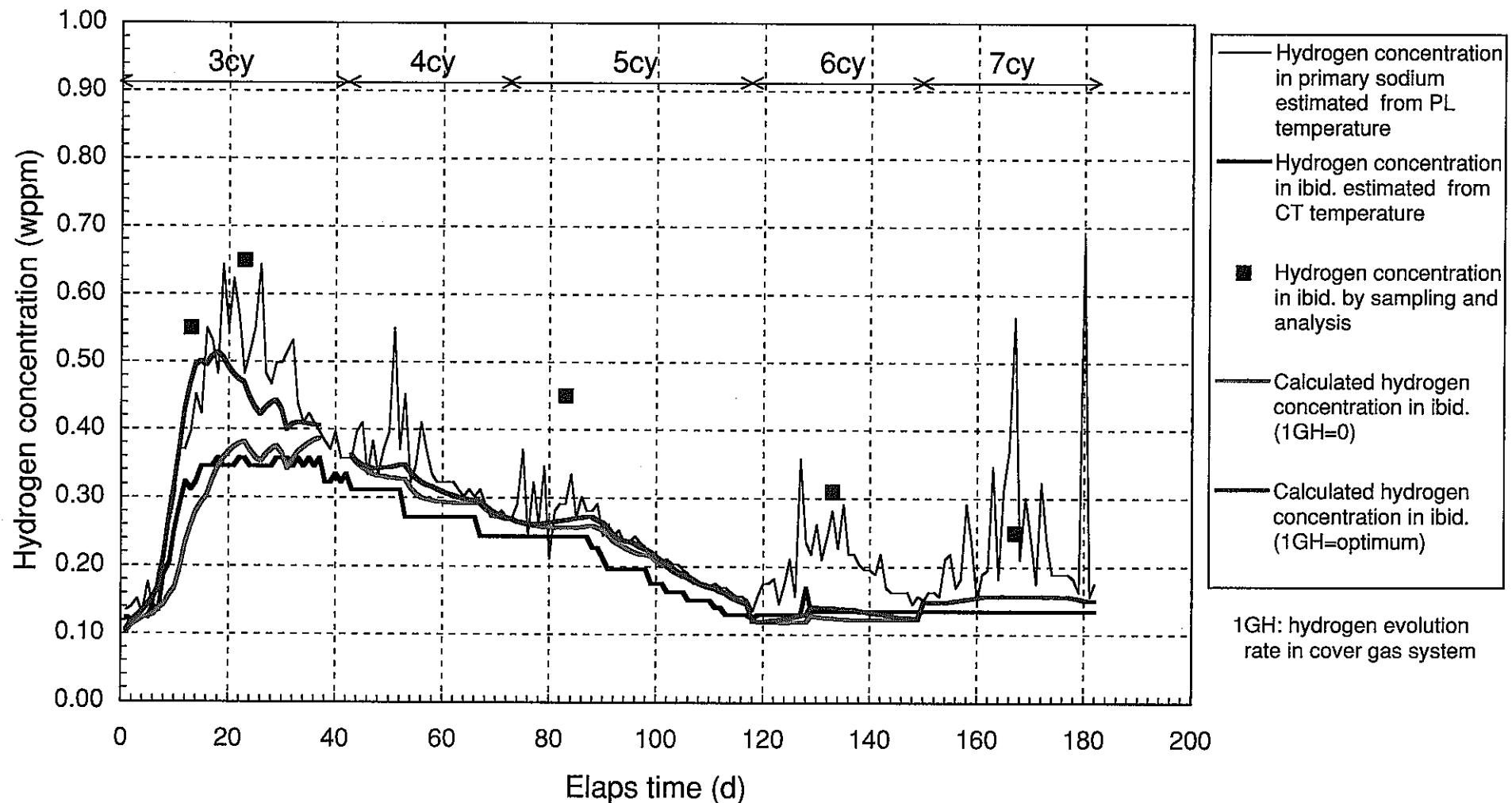


Fig.3.15
P-T diagram for Na-Na₂O-NaH-NaOH equilibrium

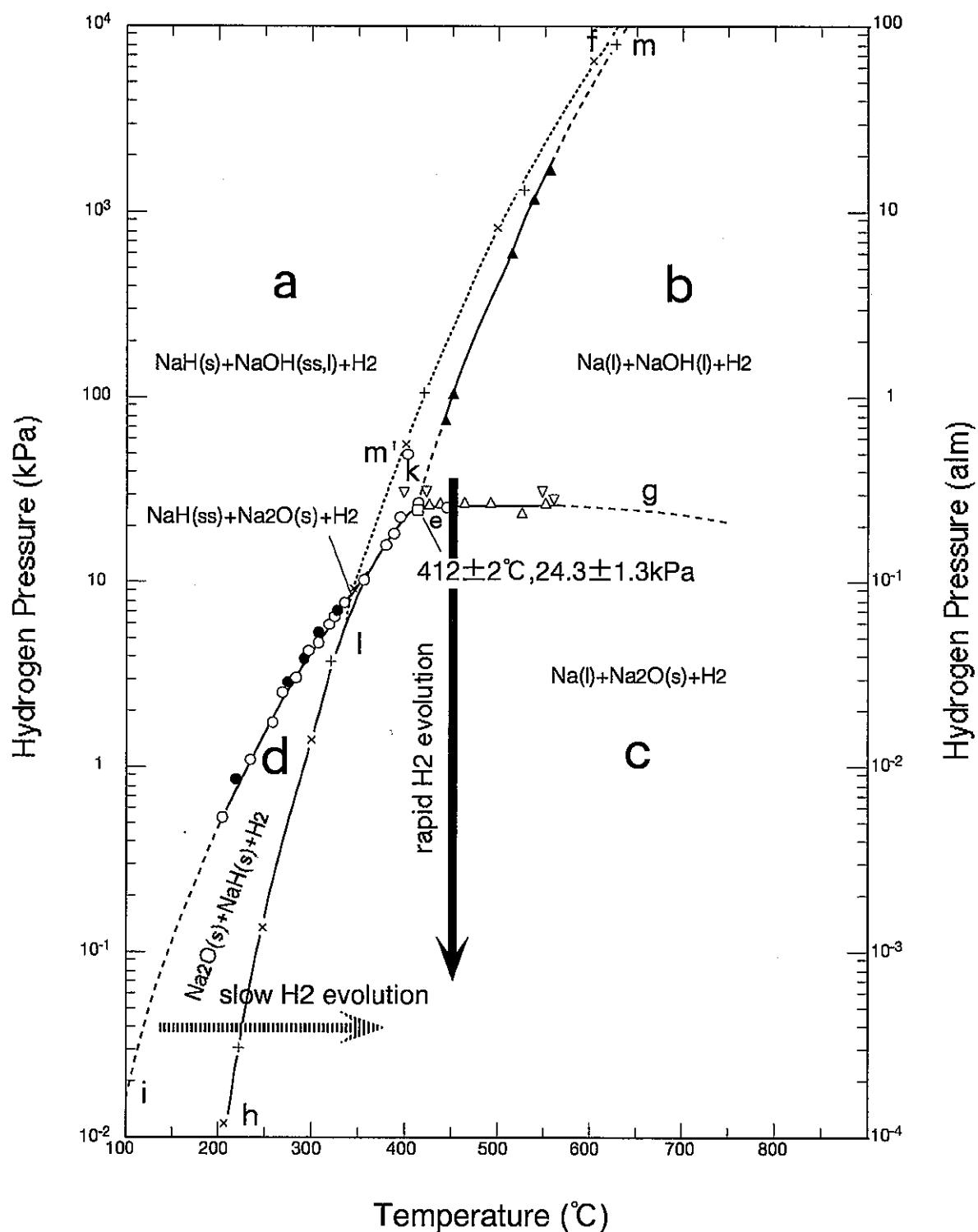


Fig. 3.16 Evaporater and superheater outlet steam temperature at low power test of Monju

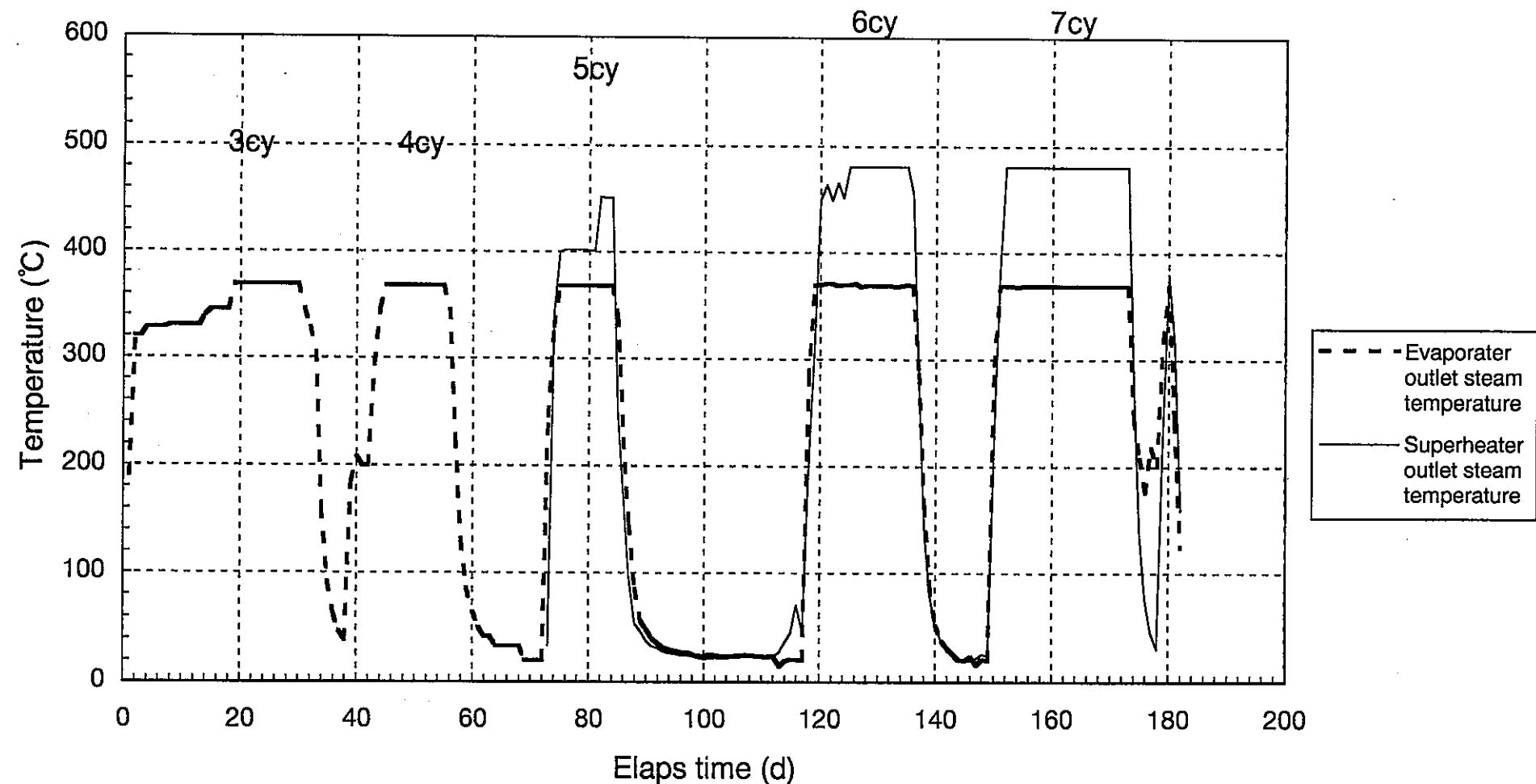


Fig. 3.17
 Comparison of measured to calculated hydrogen concentration
 in secondary sodium at low power test of Mpnju

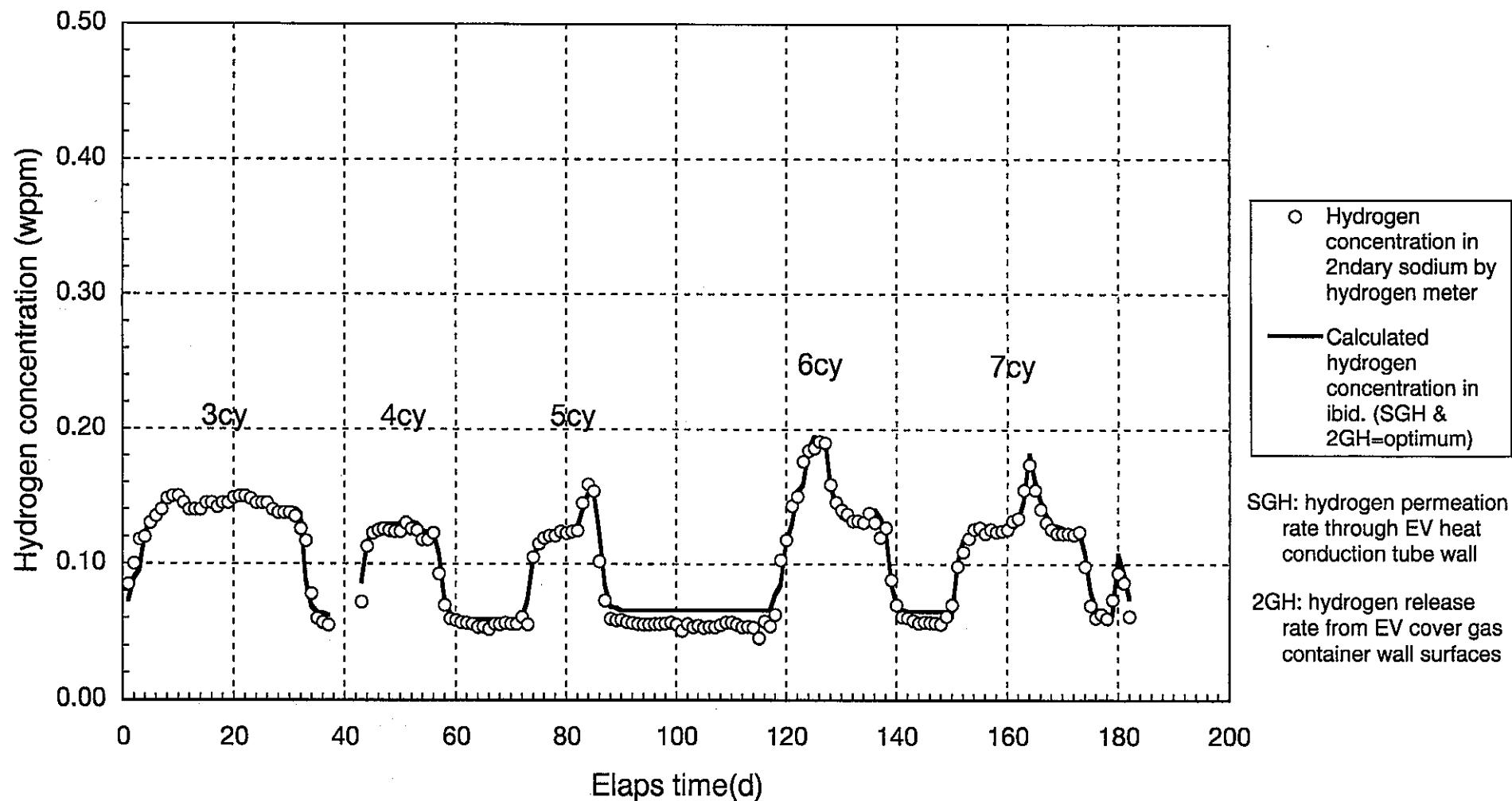


Fig.3.18
Evaporator outlet steam temperature and estimation
for hydrogen permeation rate through heat conduction tube walls

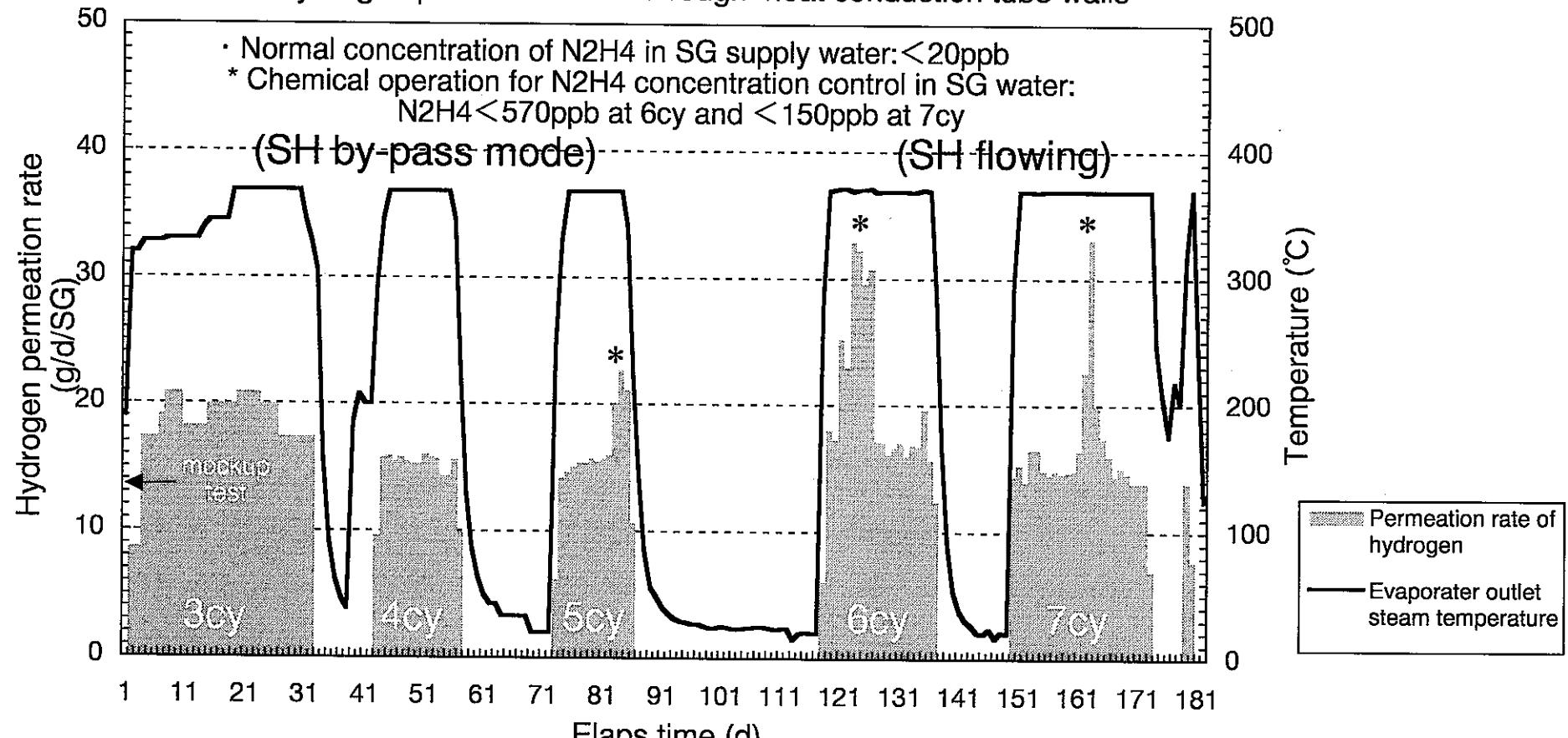


Fig. 3.19 Comparison of measured to calculated hydrogen concentration in EV(B) cover gas at low power test of Monju

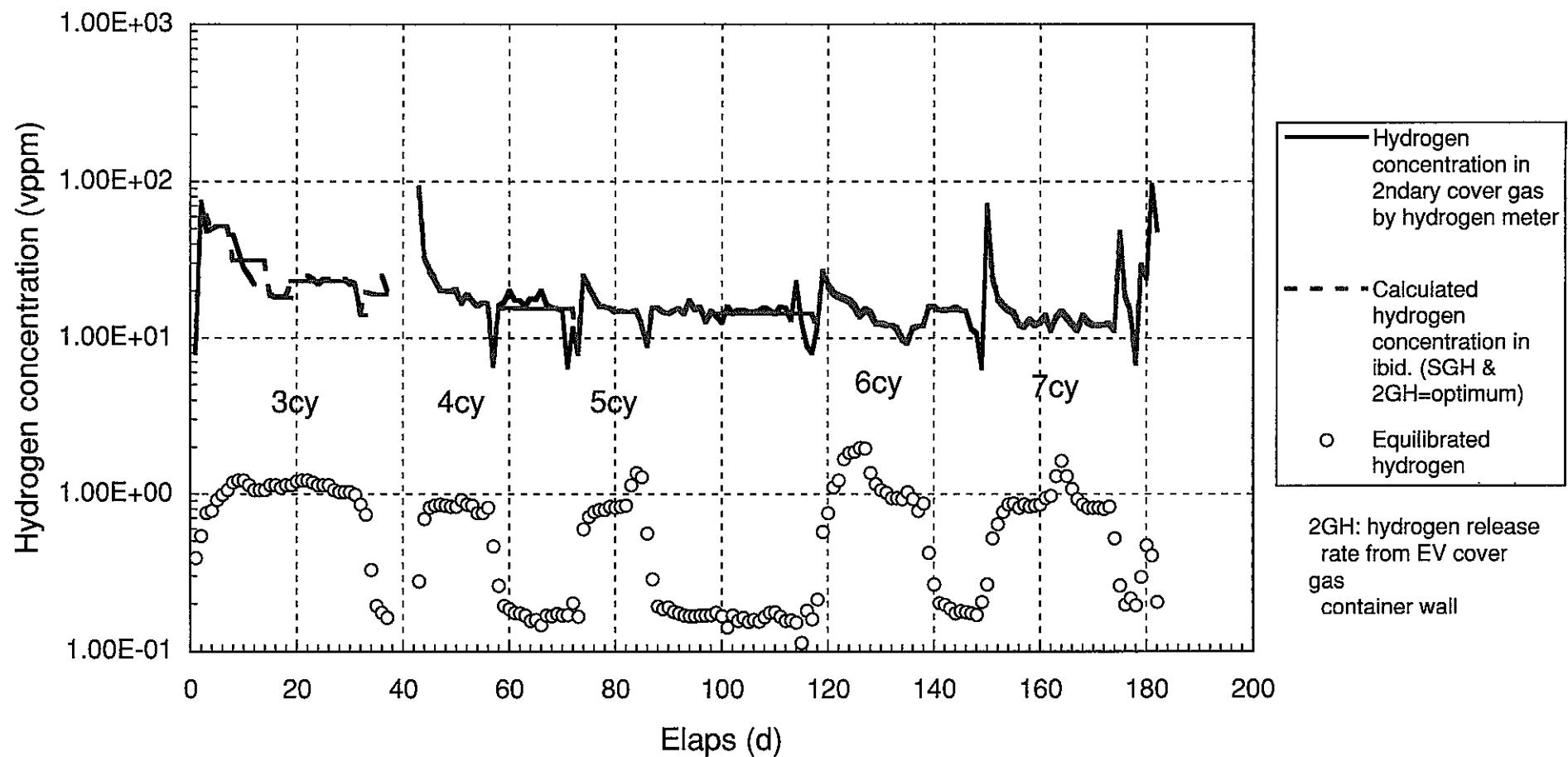


Fig. 3.20(a)
Estimation of corrosion rate of herical coil tube walls in EV(B)
at 40% low power tests of MONJU

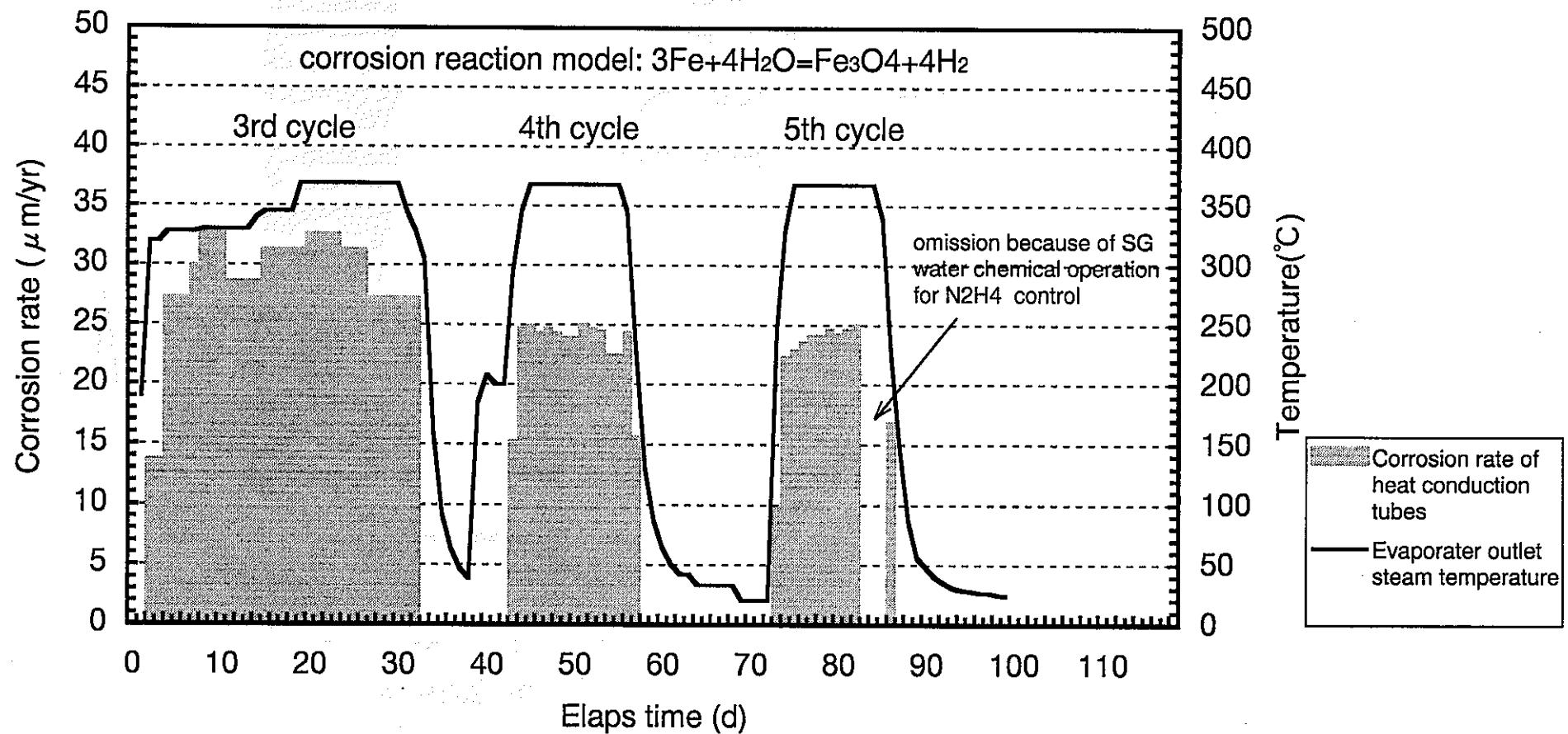


Fig. 3.20(b)
 Estimation of corrosion rate of helical coil tube wall in EV(B)
 at 45% low power test of Monju

NB: evaluation for operation period under normal control for hydrazine concentration
 in SG supply water (<20ppb)

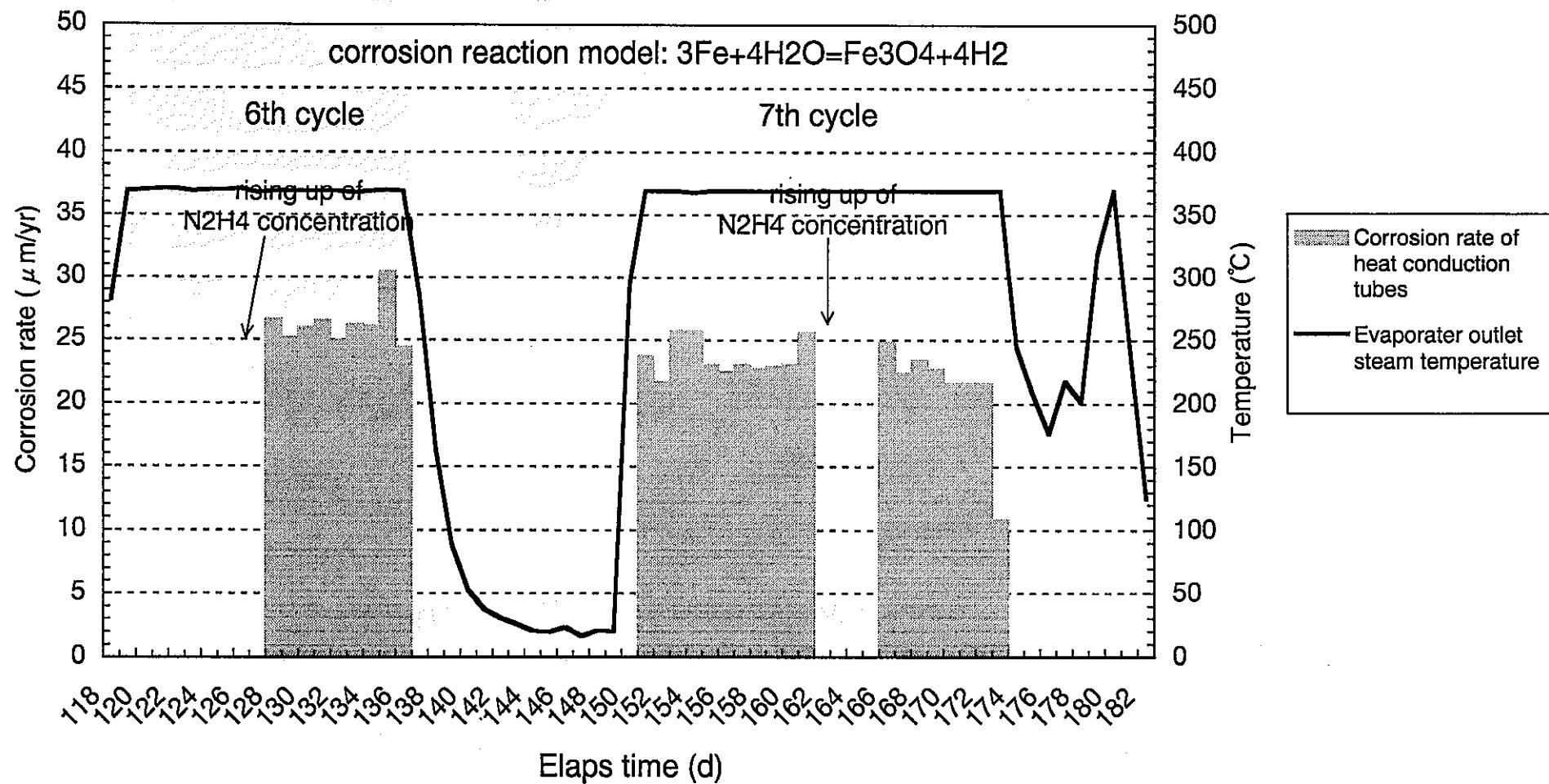


Fig. 3.21 Hydrogen concentration in 2ndary Na and hydrazine concentration in supply water into SG, and steam temperature in SG

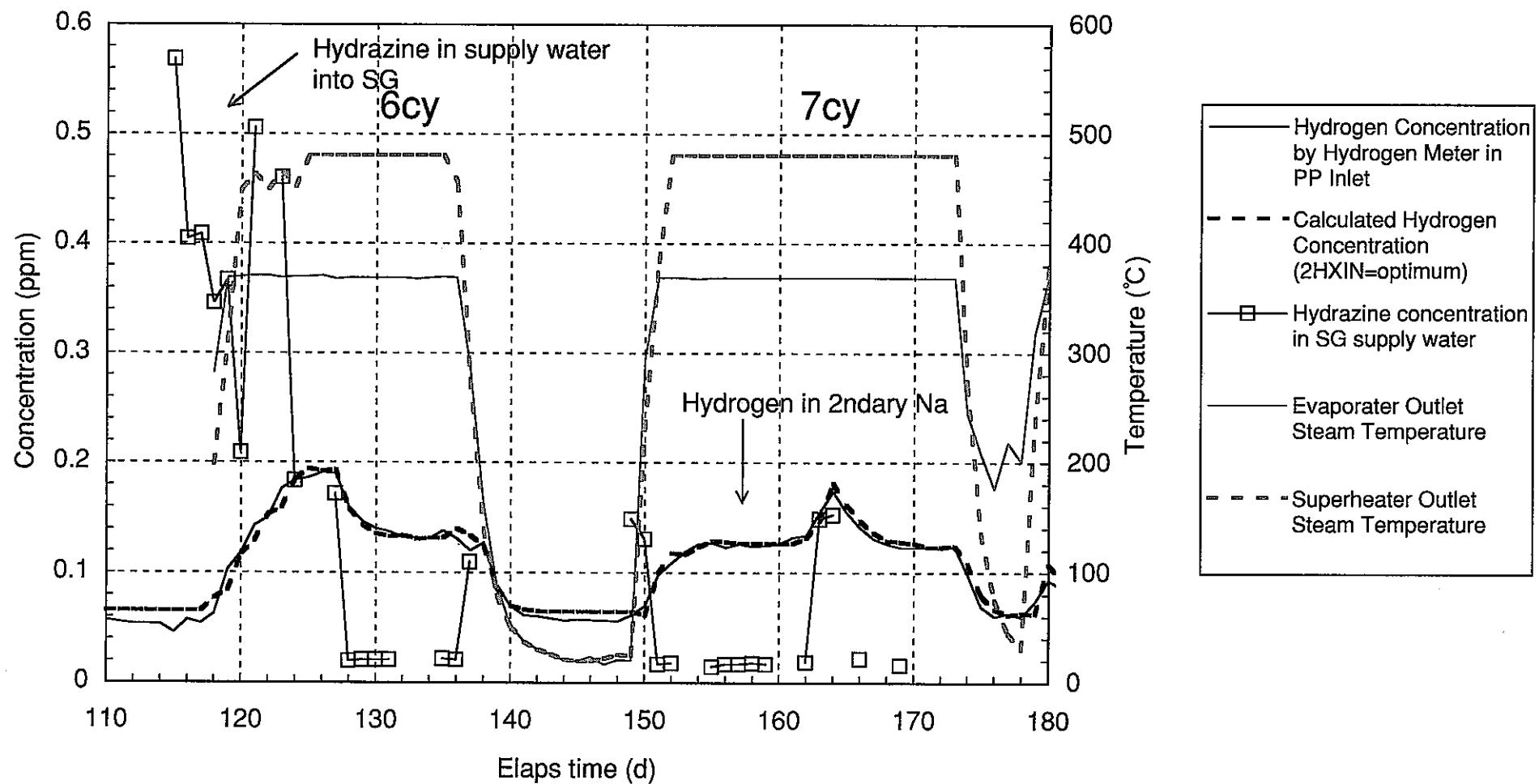


Fig.3.22 Comparison of hydrogen permeation rate through EV heat conduction tube wall and hydrazine concentration in supply water into SG

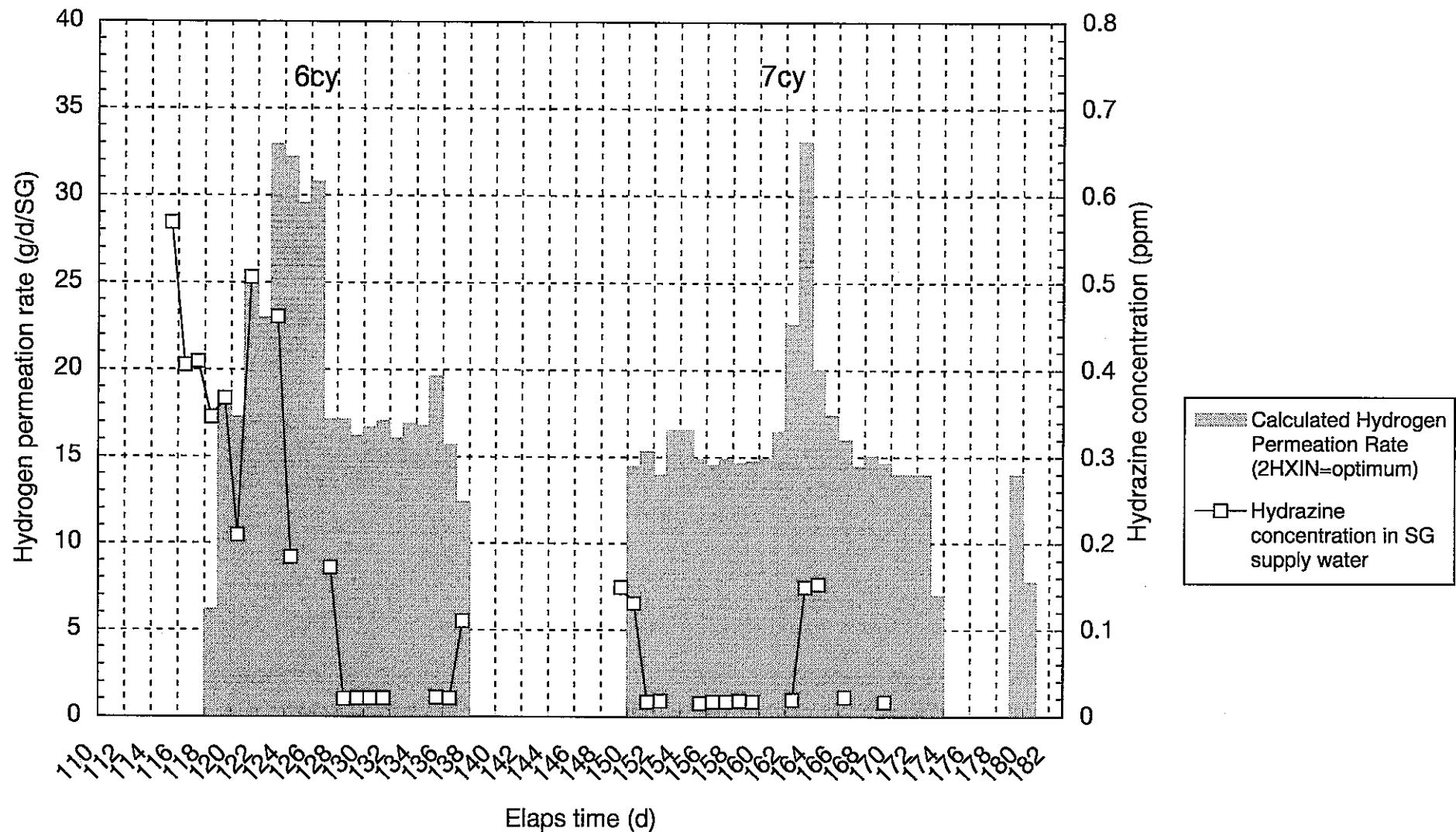


Fig. 3.23
Correlation of hydrazine concentration in supply water into SG
and hydrogen permeation rate through EV heat conduction tube walls

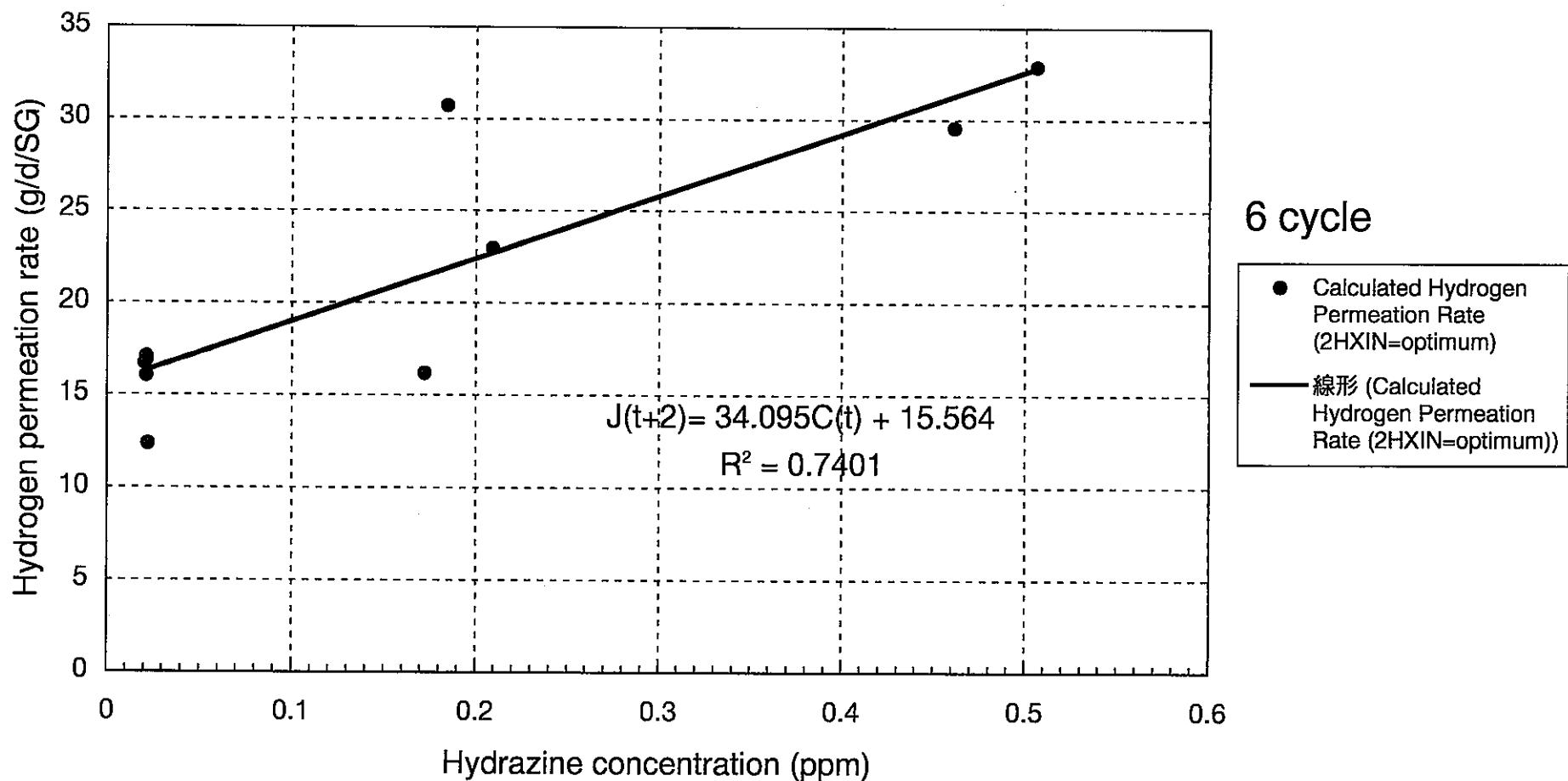


Fig.3.24 Estimation of hydrazine control effect on tritium concentration

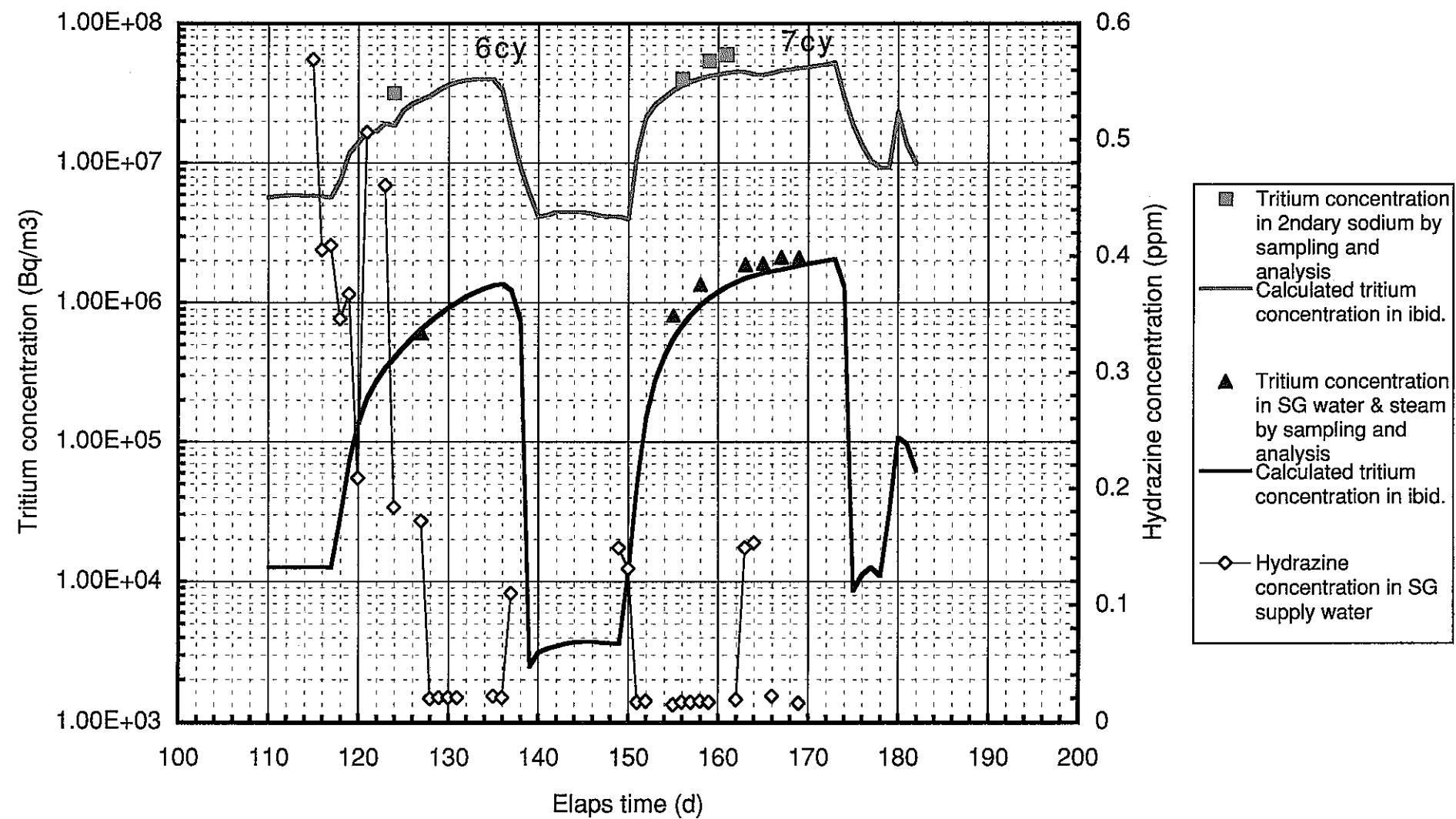


Fig. 3.25 Comparison of measured to calculated tritium concentrations in sodium and SG water & steam

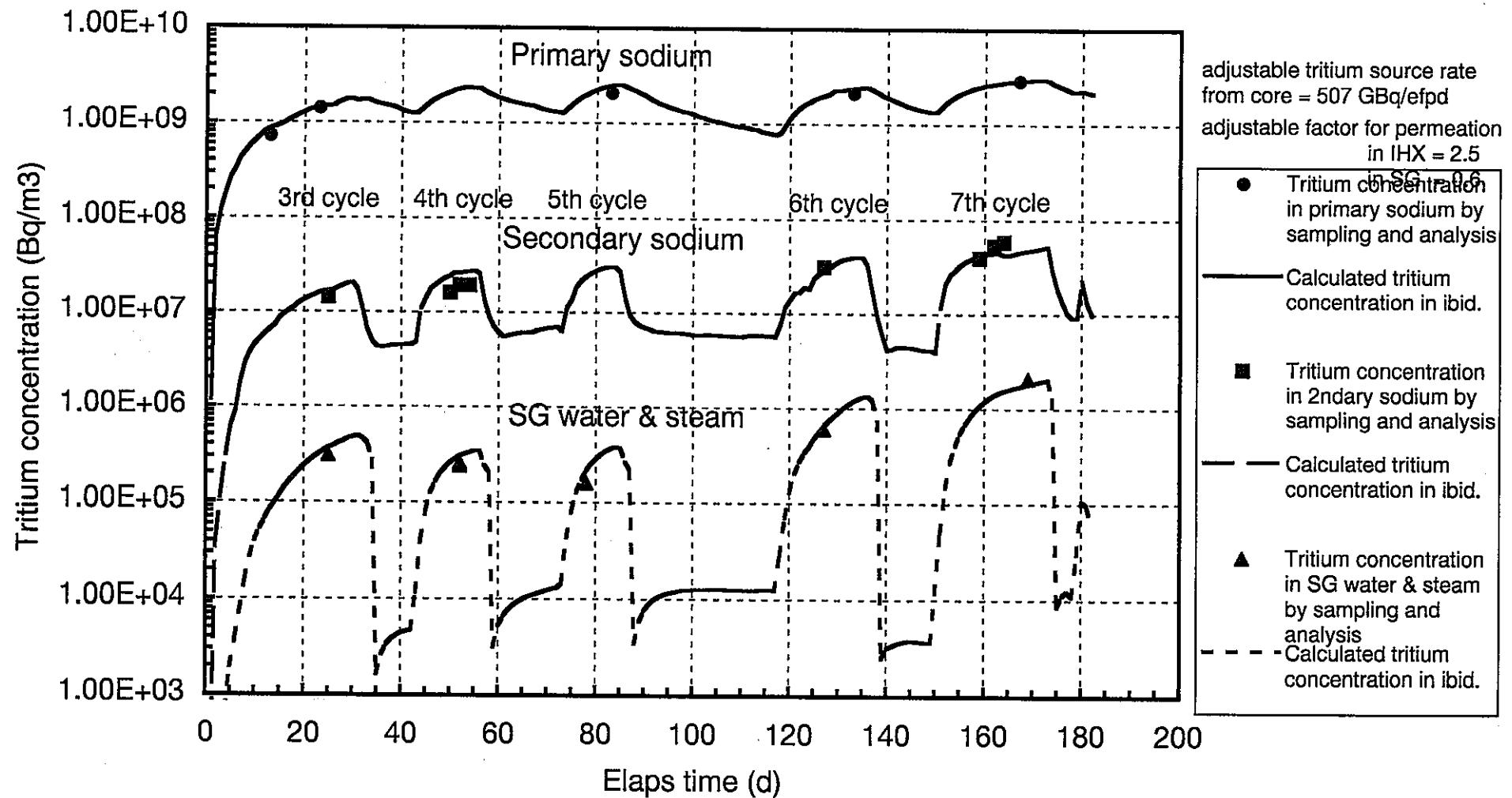
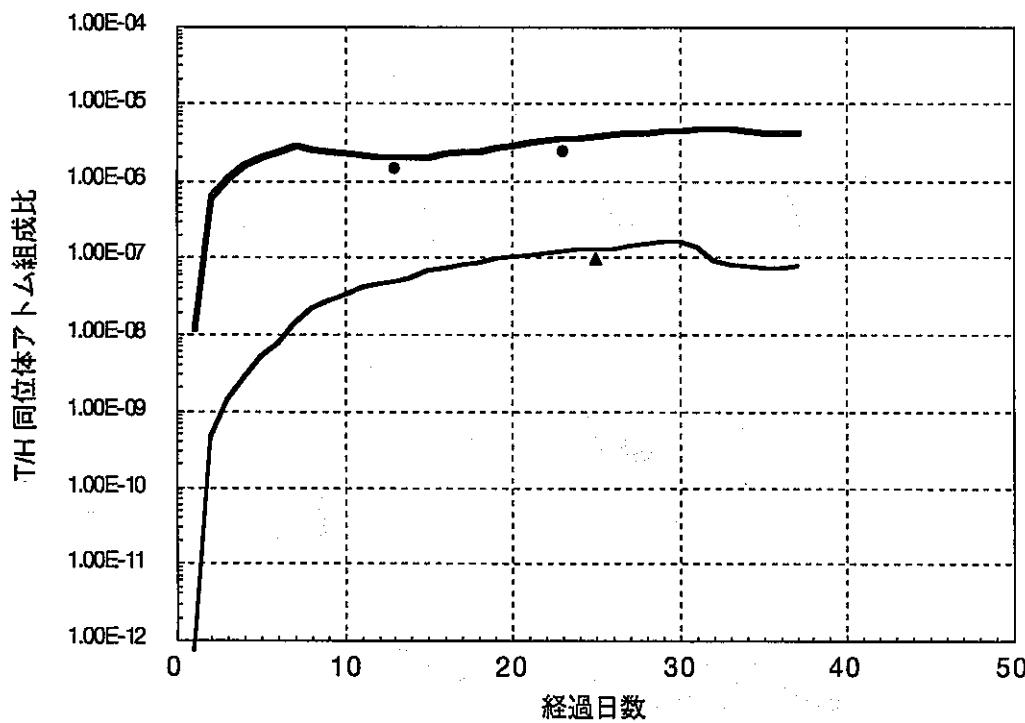
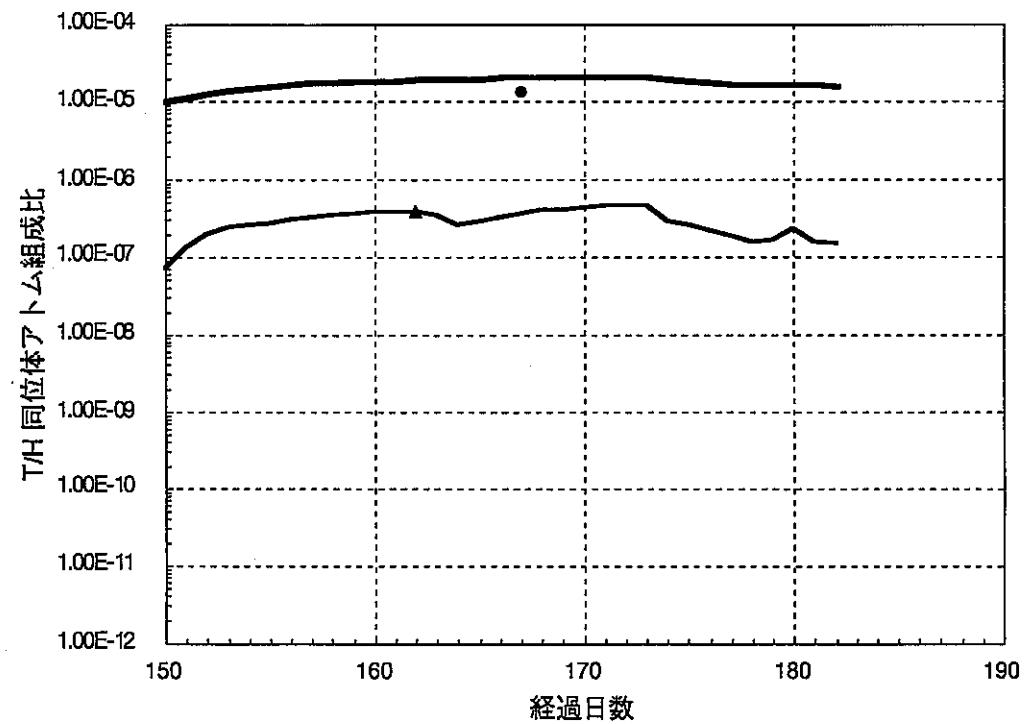


図 3.26 1 / 2 次系Na 中 T/H 同位体アトム組成比

(第3サイクル)



(第7サイクル)



- 1次Na中T/H比SP分析値
- 1次Na中T/H比計算値
- ▲ 2次Na中T/H比SP分析値
- 2次Na中T/H比計算値

Fig. 3.27 Comparison of measured to calculated tritium concentrations in primary and EV(B) cover gases

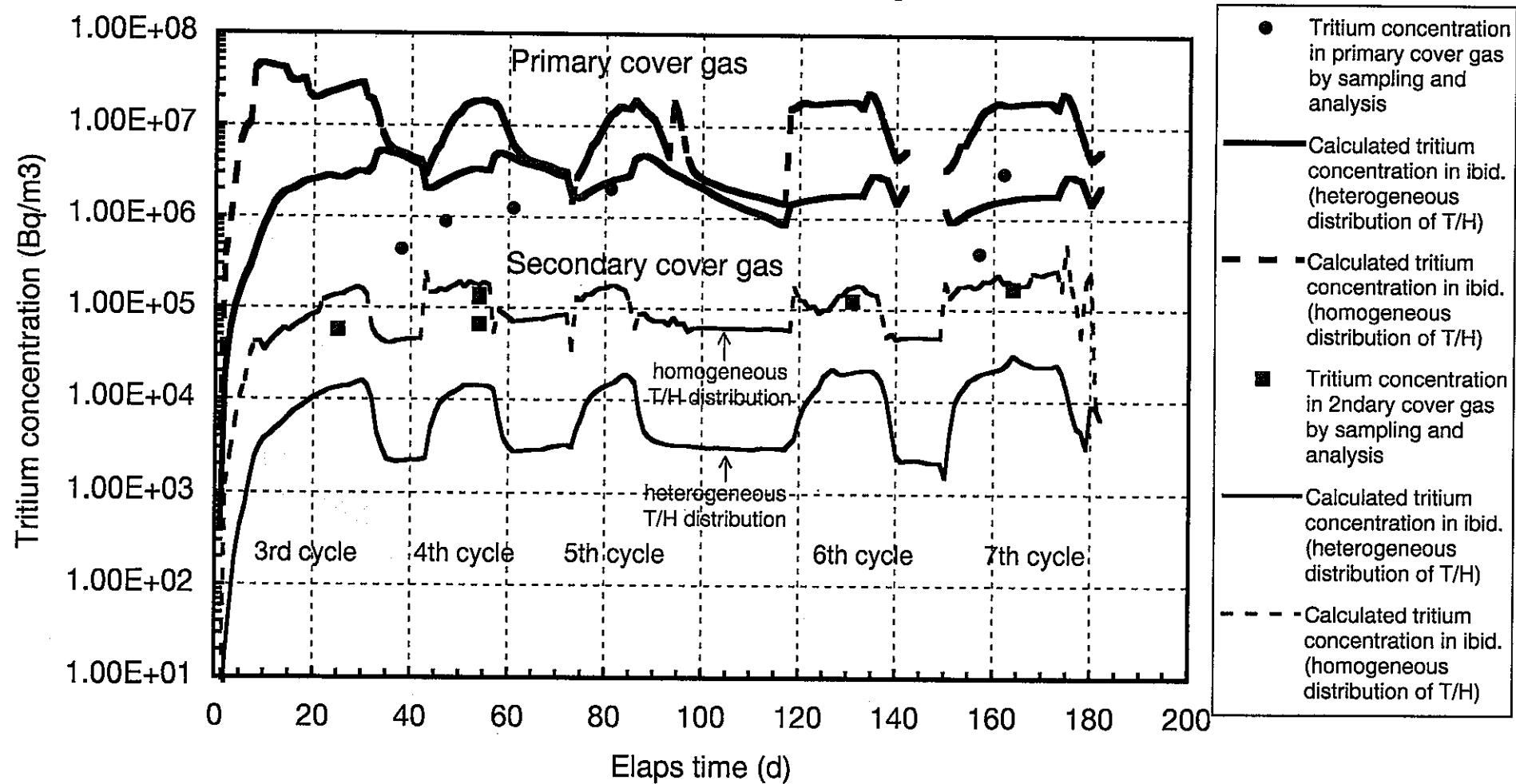
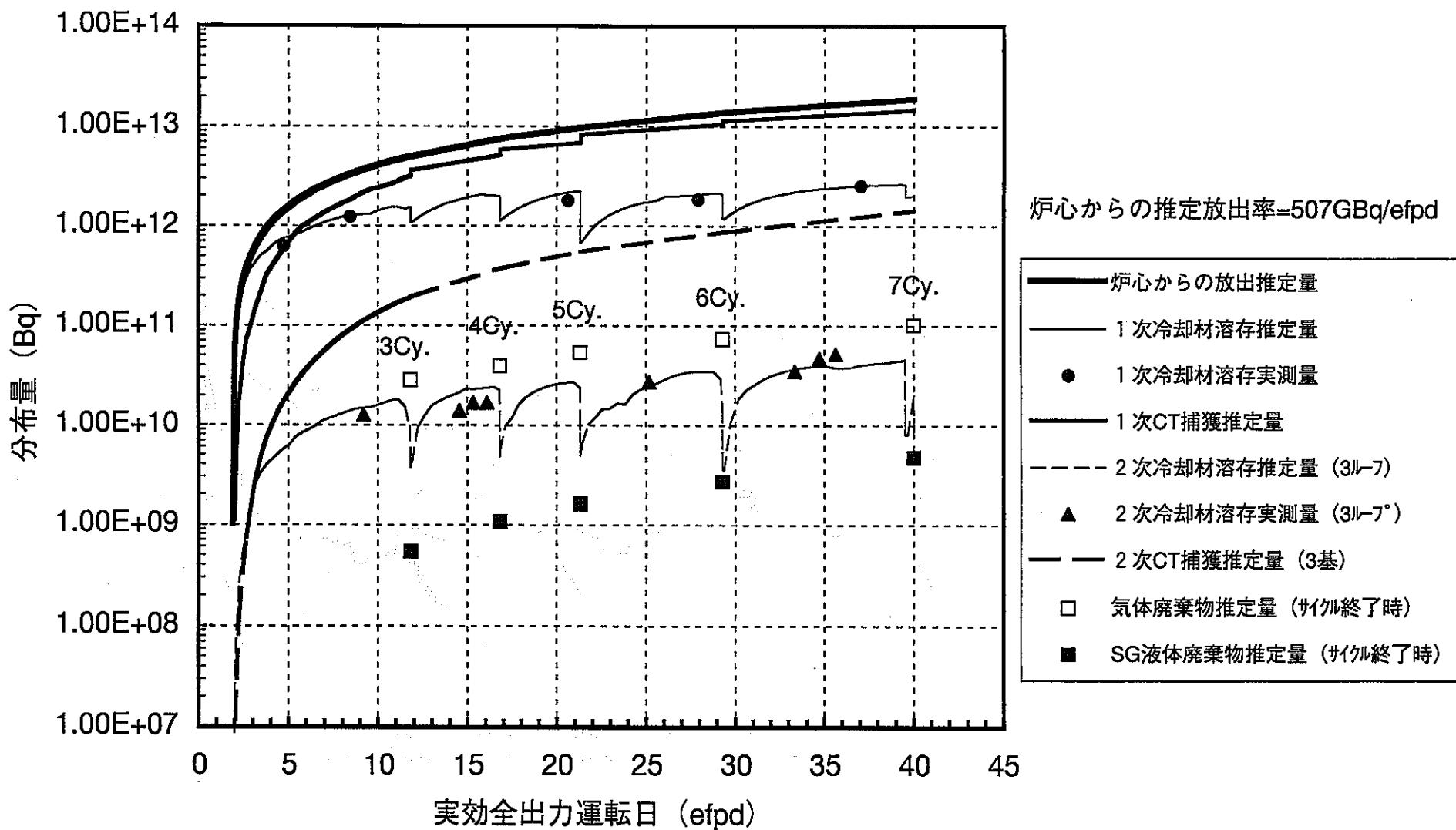


図 3.2.8 「もんじゅ」出力上昇試験時トリチウム分布量変化の推定



4. Monju/Phenix トリチウム挙動解析コードベンチマークテスト

4.1 ベンチマークテスト計画

E J C C 第2回ナトリウム技術専門家会議（1997.6）において「もんじゅ」と Phenix のデータを用いて、日仏両国で開発された高速炉トリチウム挙動解析コードのベンチマークテストを実施することが合意された[19]。コードはそれぞれ"TTT"（日）と"KUTIM"（仏）と称するものである。これらのコードはいずれも Kummar のモデルをベースにしたものであるが、幾つか違う点もある。まず考えられる相違点は評価体系がループ型とタンク型炉と違う点であるが、これは本質的なことではなく入力データの構成により対応可能である。注目すべきは移行モデルにおける溶解度、透過率等の物性値や CT 捕獲効率等のプラント定数とそれらの取扱いの相違である。また、プラントデータの観点からは、炉型の相違はあるものの両者とも発電炉で SG システムを有し、出力も 714 と 563MWth でそれほど大きな違いはなく、物理現象の点でも運転法に係る点でも挙動比較を行い易いと言える。このように現象を捉える視点や取扱方法に共通点のみならず相違も含みながら、共有データにつき夫々において解析を行うことは、コードの優劣を論ずると言うよりは現象と経験のより深い理解と共有化に取って有効な方法と思われる。ところで、運転履歴に関しては両プラントで大きく異り「もんじゅ」データが約 40efpd のプラントの極く初期のものであるのに対し、Phenix データは 1974 年の運開以来の 20 数年の経過がある。今回仏側より提供されたデータは 1980 年代後半に実施された KUTIM コード検証測定キャンペーンにおける 2 千数百efpd（公称稼働率: 60%）経過時のものと思われ、冷却材中濃度は飽和レベルに達していたと考えられる。これは、トリチウムの冷却材中濃度は放出源からの供給及び放射性崩壊と CT 除去による減少の兼合で決まり、飽和到達は放射性崩壊のみの場合に比して早まり、「もんじゅ」長期評価結果を参考とすれば 2,000efpd 程度の経過で見掛け上の飽和に達すると考えられることによる。そこで、Phenix データによる TTT コードの検証は飽和段階での検証の 1 例として位置づけることが出来る。

4.2 「もんじゅ」と Phenix データの比較

表4.1 と表4.2 に「もんじゅ」（TTT）と Phenix（KUTIM）におけるプラントデータと物性値あるいはその取扱いを比較して示した。また、TTT と KUTIM コードにおけるプラントシステム構成は図2.6 と 図4.1 に示されている。以下において幾つかの項目につき比較検討する。

（1）トリチウム発生源

炉心からのトリチウム放出率は「もんじゅ」の He ボンド封入型制御棒使用高燃焼度平衡炉心条件での 2.31E-8 と Phenix の 1.66E-9 g-atom/efps であり、比率は 1: 0.072 で出力比の 1: 0.789 に比べると 1 衍程度も開きがある。なお、これらの値は「もんじゅ」はモデル評価値（評価97）、Phenix は測定濃度に対する KUTIM による適合評価値である。ところで、E J C C の仏側発表 [19] では Phenix の設計モデル評価値に対する KUTIM の適合評価値の比率（C/E）は 1.5~4 であったとしている。この場合、主な放出源は燃料の 3 核分裂からと推定しているが、²³⁹Pu からの収率（1.45E-4 ± 45%

atom/f) の不確かさの大きいことも指摘している。なお、制御棒からの寄与は 10% 以下でおそらく 1 ~ 3 % 程度と推定している。そこで、仮に「もんじゅ」の場合も燃料からの放出のみとすると 6.49×10^{-9} g-atom/efps となり、Phenix に対する比率は 3.91: 1 で出力比の 1.27: 1 に比べると約 3 倍の開きがある。これは、KUTIM で表明されている C/E の範囲内に収まる倍率であり、「もんじゅ」での ^{239}Pu の 3 体核分裂収率が 1.75×10^{-4} atom/f (仮値の 2 割増) であることを考慮しても事情は変わらない。そこで、長期評価における「もんじゅ」燃料からの放出率は実際には Phenix の値を出力比補正した値 (2.11×10^{-9} g-atom/efps) に近いことも可能性としては考えられる。また、Phenix では 2.2 節で既に述べたようにポーラスプラグダブルベント Na ボンド型制御棒が使用されており、しかも制御棒の本数も 6 体で「もんじゅ」の 13 体 (BCR を除く) に比べ半数であり、制御棒からのトリチウム放出率の削減根拠が既に実現されていることに留意しておかなければならない。従って、「もんじゅ」長期評価では制御棒からの放出率の取扱が鍵となることが Phenix の経験から推し量ることが出来る。ところで、解析コードの適合評価値同士で比較すると、既に 3.5.3(1) に示した「もんじゅ」性能試験時の 5.404×10^{-9} に対する Phenix の適合値の比率は 1: 0.304 となり、出力比の 1: 0.789 に比べて 1/2 程度* である。適合評価値についてこうした結果をもたらしている要因は何か、また「もんじゅ」長期評価に適用可能か否かと言うことについては、既に 2.2 で提起した FBR 炉心からのトリチウム放出源の同定問題（燃料なのか制御棒なのか）と関連しており、データが不充分な現状では決着をつけることは出来ない。以上により、今後の研究開発の進展により充分に余裕を有した評価となってゆくであろうことを意識したうえで、本解析の「もんじゅ」長期評価では現行の He ボンド封入型制御棒で評価 97 のソースタームを参照例として作業を進めることとする。

* この比率が両プラントの稼働制御棒本数の比率と合致することは、将来得られるデータからトリチウムソースタームについてメインは燃料か制御棒かを同定する際に、単なる偶然以上の意味を有することになるかもしれない。

(2) 水素発生源

次に、両プラントの水素発生源について検討する。1 次冷却系水素発生源は TTT, KUTIM とも取替新燃料集合体表面に付着して持込まれる湿分を考慮しており、Na 洗い出しによるものとして、夫々 1.52×10^{-5} と 3.27×10^{-6} g-atom/s が示されている。なお、「もんじゅ」の値は設計評価値、Phenix の値はコード検証測定キャンペーン（1 次系 CT を切離し運転し拡散式水素計により Na 中濃度を連続測定）で得られた評価値と考えられる。カバーガス系湿分に起因した水素発生については両プラントとも注目あるいは言及されている。「もんじゅ」での状況は 3.4.3(1) で既に論じたが、Phenix の状況に関する結果は示されていない。その他、Phenix では 3 核分裂による水素発生にも言及している。総じて、1 次冷却系では「もんじゅ」での出力上昇初期運転で経験されたように、大掛かりな燃料交換作業が行われた後などの特殊なフェーズを除けば、メジャーな水素発生源は生じないと考えられる。2 次冷却系では、プラント全体における最大の水素発生源でもあるのだが、SG 伝熱管壁透過水素源が最も重要である。

透過速度は「もんじゅ」とPhenixで夫々 1.60×10^{-4} と 2.68×10^{-5} g-atom/s at a SGU である。EV伝熱管表面積で除し透過フラックスで比較すると 2.05×10^{-7} と 8.36×10^{-8} g-atom/s·m² at an EVとなり、比率は 1: 0.408 で Phenix は「もんじゅ」のほぼ 1/2 である。伝熱管鋼種はいずれも 2 1/4 Cr - 1 Mo 鋼と同種であり、Phenix の温度分布は「もんじゅ」に比べ約 30 °C 程度低いだけであるから温度以外に違ひの原因を求めなければならない。後述するようにこの差は評価値における経時効果の反映と考えられる。さて、水素生成はいずれのプラントでも主として EV 伝熱管水側腐食 ($3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$) とヒドラジンの熱分解によるが、Phenix では SG 水中に溶解した水素（分子性）にも言及している。「もんじゅ」の評価値は大洗工学センターでのモックアップ試験結果であり、これは 3.4.3(2) に示した性能試験での適合評価値 1.97×10^{-4} g-atom/s at a SGU に比べ 20 % 程度少ない。一方、Phenix の値は 1980 年代初期に経験された伝熱管損傷事故から修復後 2 万時間程度の EV 運転経過後の測定値（CT バイパス運転下での水素モニタリング）と考えられる。PFR の測定結果では、SGU (EV-SH-RH) 伝熱管壁水素透過速度は運転開始から放物線型の減衰曲線に沿って低下し、2 ~ 3 万時間程度でほぼ定常値に達することが示されている。これは、水側伝熱管表面のマグネタイト層 (Fe_3O_4) の成長によると解釈され、定常値に到るまでの間の検査時にマグネタイト層の剥脱を生じて、透過速度にスパイク状の上昇が観測されたこともあると報告されている[2]。因みに、PFR と「もんじゅ」とでは RH 設置の有無の相違はあるが、SG 伝熱管鋼種はほぼ同じくされている。こうしたデータも参考にすると上記の「もんじゅ」評価値は 1 万時間以内の試験結果であるから、今後長期運転を達成出来るとすれば更に減衰してゆくであろうことを期待出来る。従って、この評価値を用いた本解析における「もんじゅ」長期評価は、むしろある程度の余裕含みとなっており、過少評価とはならないと思われる。2 次系カバーガス中水素発生源は「もんじゅ」については 3.4.3 (2) (b) で論じたとおりであるが、Phenix では特に言及されてはいない。「もんじゅ」で観察された EV 運転開始時の濃度上昇だけが実際上から注目すべき点と思われるが、Phenix でも同様の事象を経験したかの報告は得られていない。

(3) CT 捕獲効率

TTT、KUTIM コードとも水素捕獲を析出捕獲、トリチウム捕獲を共沈捕獲と同位体交換捕獲とすることにおいて、更に CT モデル化についても捕獲効率の表し方は違うが同等である。TTT では水素の析出捕獲及びトリチウムの共沈捕獲に対して捕獲方程式は次のように記述される（メインループからの見方）。

$$-V \frac{dC}{dt} = \frac{dW_{CT}}{dt} = \varepsilon Q(C - C^{sat})$$

V : Na容積

C : メインループ濃度 (CT入口濃度と同等)

Q_{CT} : CTナトリウム流量

C^{sat} : 溶解度

W : CT捕獲量

ε : 捕獲効率

トリチウムの同位体交換捕獲に対しても同様に次式で表される。

$$-V \frac{dC^T}{dt} = \frac{dW_{CT}^T}{dt} = \varepsilon^T Q_{CT} \left(C^T - \frac{W_{CT}^T}{W_{CT}^H} C^{H,sat} \right)$$

なお、「もんじゅ」でのNaサンプリング装置は純化系のCT入口側に設置されており、上記式の濃度に対応している。一方、KUTIMでの水素、トリチウムの析出あるいは共沈捕獲効率は次式で定義されている。これはワансスルー捕獲効率そのものを表

$$\varepsilon = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in} - C^{sat}}$$

している。捕獲速度は

$$Q_{CT}(C_{in}-C_{out}) = \varepsilon Q_{CT} (C_{in}-C^{sat})$$

C_{in} : CT入口濃度 C_{out} : CT出口濃度

であるから、TTTと同等であることが分る。即ち、両コードともワансスルー効率を扱っていることになる。捕獲効率の値はTTTではMcPheeters等[16]の炉外実験結果より示された析出及び共沈捕獲効率として1、同位体交換捕獲効率として0.3が参考例とされている。一方、KUTIMではプラント実験により0.5の値が提示されている。捕獲効率が低めであるのは欧州プラントの2次系CT設計には水素化物捕獲に対してNa・水反応発生時への対応として水素化物捕獲に対するメッシュレスの思想が底流していることによると思われる。また、同位体交換捕獲は共沈捕獲の10~20%としているが、定式化については不明で機器設計解析評価への反映にも慎重な姿勢が見られ、今後独自の試験を行い結論を出すとしている。TTTコードを用いたPhenixについての解析では $\varepsilon=0.5$ と $\varepsilon^T=0$ を参考例とする。比較のため「もんじゅ」解析に用いた $\varepsilon=1$ と $\varepsilon^T=0.3$ の場合についても評価する。

(4) 管壁透過率

表4.2に示したようにTTTとKUTIMコードで用いられているIHX及びEV等の伝熱管材料の透過率はいずれも文献値より取られているが、夫々異ったものから取られている。いずれの場合もプラントでの実測分布を再現するためには文献値をファクタ補正する必要があった。3.5.3(1)に示したようにTTTによる「もんじゅ」解析ではIHXとEV透過に対して補正因子は水素とトリチウムを区別せず夫々2.5と0.6となった。なお、水素とトリチウムの透過率は物理的推論から支持される同位体質量による $1/\sqrt{3}$ の因子だけ異なる取扱である。KUTIMによるPhenix解析ではIHXの水素透過に対して0.9、7.3、2.1の補正因子（文献値により異なり夫々表記載の[6],[7],[8]に対応）が用いられ、トリチウムに対しては補正因子が0.9（[6]に対応）で水素と同一の値が用いられている。本解析では補正因子=1を参考例とするが、Phenixに対する最適値の決定も行うこととする。なお、補正因子の物理的意義については3.5.3(1)で試論的検討を行ったが、今後まず文献値自体の信頼性検討を進める必要があると思われる。更に、運転経過によるEVクロモリ鋼伝熱管における水側酸化層形成の影響については既に述べたが、IHX等その他のものについても腐食生成物の付着影響など

もあり得るので、実際的にはプラント経験値の性格を残さざるを得ないと思われる。

(5) SG水ブロー流量（環境放水流量）

SG水のブロー条件はトリチウムを含む液体廃棄物管理評価の観点から「もんじゅ」、Phenixとも関心のもたれるところである。更に、挙動解析上でも水・蒸気回路中のトリチウム濃度に影響を与える重要なファクタである。TTTによる「もんじゅ」解析では性能試験時のSG運転実績データにより、運転中 6.61E-4、停止中 1.35E-3 m³/s の値が適用されている。KUTIMのPhenix 解析においては 3.90E-3 m³/s の値が提示されている。運転中と停止中について明示されていないが、ここでは両期間とも上記の流量であるとして解析評価する。なお、停止中ブロー流量は次サイクル運転時の濃度には殆ど影響しない。「もんじゅ」の運転期間中のブロー流量はPhenix 運転の数分の1であり、これは環境放出量を抑えるため低めの条件に設定していることによると考えられるがその効果は確定と言うわけではない。また、ブロー流量は補給水流量と同等で希釈を意味するので、水・蒸気回路中のトリチウム濃度を低下させ水素分圧（従って SG 透過水素）を下げる効果の可能性も考えられる。因みに、ブロー流量が 1·4 ('80年代後期のトリチウム測定キャンペーン時) と 5 m³/h ('98の運転) の場合について、SG水素透過速度は夫々 2.3 と 18.25 g-H/d at a SGU であったとしている。

4.3 TTT コードによる Phenix データの解析

表4.3に解析結果のまとめを示す。表にはトリチウムと水素濃度分布のPhenixにおける実測結果及びPhenixと「もんじゅ」両プラントにおけるTTTを用いた計算結果が比較し示されている。計算結果の冷却材中濃度は飽和レベルに達しており約2,400～2,500 efpd 経過時点（「もんじゅ」では定格17cy運転終了時）のものである。さて、Phenix 実測データに見られる特徴はトリチウム濃度分布が2次系が1次系の1/4程度で予想されるほど差が無いことである。これは「もんじゅ」計算推定結果における約1/50に比べても明らかで、むしろ水・蒸気系を有しない「常陽」の場合の比率(1/2)に近い。こうした状況を普通の方法で再現することは困難が予想される。実際、表中に示した参考例(H10T-PT1-1)による計算結果は水素については測定値を能く再現するが、トリチウムについては2次系の1次系に対する濃度分布比は1/30となり測定結果との合致性は改善の余地を残している。因みに、Phenixにおける実測結果の水・蒸気系濃度は2次系の1/200であるが、「もんじゅ」推定結果の1/50と比較した場合でも SG 放水流量の相違を考慮すれば格別の問題は見出されないとと思われる。そこで、Phenixにおける1次系と2次系濃度分布再現のため、トリチウム測定キャンペーン時にCTバイパス運転を行ったと報告されていることを考慮し、濃度飽和時期に100日程度の2次系CTバイパス運転を行ったとした場合の計算評価を試みた。その結果はトリチウム濃度分布は改善を期待出来るが、水素濃度分布は再現が難しくなる方向であることが示された。そこで、2次系CTバイパス運転時はNa中の水素分圧が上昇し水・蒸気回路中の水素分圧とのバランスに近接することにより、SG伝

熱管水素透過が減少すると仮定し評価を試みた（H11T-PT1-3: 水素透過速度を1/10とした）。しかし、トリチウム濃度分布の不一致が過大側に大きくなり、これだけでは未だ不十分で同位体交換捕獲（CEPT）を考慮すべきことが明かとなった。今後更に詳細情報を得て解析を進める。さて、本解析における最良の評価精度（C/E）は I H X と E V の透過率の補正因子に 1.0 と 2 を用いた場合に得られた（H10T-PT1-4）。しかし、「もんじゅ」性能試験時の場合の 2.5 と 0.6 と比べて両プラントで伝熱管材料は同鋼種であるにも拘らず食違がある。ここで何か物理的意義やコード検証の達成について結論を導くことには慎重でなければならない。従って、今回のベンチマークテストからの結論は TTT コードによる Phenix データの解析の見通しが得られ、今後更に詳細なデータを用いて検証作業を進めることにより成果を期待出来ると言ふに止めるべきものと思われる。

Table 4.1. Cooling system data for hydrogen and tritium transport analysis in Monju and Phenix

Assumption: All circuits operate in identical conditions.

Refer to Table 3 & 4 for operating conditions and measured distributions of hydrogen and tritium in the low power test of MONJU.

Symbol	Name	Units	MONJU	PHENIX	Remarks for PX data (Questions)
	Number of loops and main units:				
	Number of primary loops		3		
	Number of secondary loops		3	3	
	Number of stem water loops		3	3	
	Number of intermediate heat exchangers per loop		1	2	
	Number of steam generator units per loop		1	1	
	Number of sodium air coolers in normal operating conditions (ACS)		3	none	
	Reactor data:				
	Maximum thermal power (nominal power NP)	MW	714	563	
	Percentage range of nominal power	%	4-100	10-100	
	Hydrogen and tritium sources at maximum NP:				
	Tritium source (total)	g-atom/s	2.31E-08	1.66E-09	unit conversion 1.66E-09, contents ? adjustable value for Monju: 5.404E-09
	from fuel rods	g-atom/s	6.49E-09		
	from control rods	g-atom/s	1.64E-08		He bond type CR
	from sodium impurities (10B & 6Li)	g-atom/s	1.95E-10		
	Primary hydrogen source on flowing sodium walls	g-atom/s	temporary 1.516E-05	3.27E-06	unit conversion 3.274E-06
	Primary hydrogen source on cover gas walls	g-atom/s	adjustable		
	Secondary hydrogen source through SG tube walls	g-atom/s	adjustable around 1.59E-04/SG unit	2.68E-05	for 3 SG units ? 2.679E-05
	Secondary hydrogen source on cover gas walls	g-atom/s	adjustable		
	Volume of the different fluids involved:				
	Primary sodium volume	m ³	870	988	unit conversion 988.23529
	Secondary sodium volume	m ³	876	452	unit conversion 451.76471
	Water volume for the whole SG unit	m ³	350	450	unit conversion 450
	Primary argon cover gas volume	m ³	870		
	Secondary argon cover gas volume				
	Superheater	m ³	63 /3loop		
	Evaporator	m ³	60 /3loop		
	Overflow tank	m ³	390.6 /3loop		
	Dump tank	m ³	304 /A,C-loop		
	Primary vessel interspace nitrogen gas volume	m ³	1610 4180 (A-loop) 6430 (B-loop) 3960 (C-loop)	849	unit conversion under N2,350C,1atm
	Primary cells nitrogen gas volume	m ³		175-1120	unit conversion under N2, 25C,1atm 174.652 1119.519414
	Water and gas renewal flow rate:				
	Water renewal flowrate for the whole SG circuit				
	Operating	m ³ /s	6.61E-04	3.90E-03	
	Shut-down	m ³ /s	1.35E-03		at shut -down?
	Primary argon cover gas renewal flowrate				
	Operating	m ³ /s	2.56E-04	2.00E-03	
	Shut-down	m ³ /s	1.15E-04		at shut -down?
	Secondary argon cover gas renewal flowrate				
	Superheater				
	Operating	m ³ /s	0		
	Shut-down	m ³ /s	0		
	Evaporator				
	Operating	m ³ /s	0		
	Shut-down	m ³ /s	0		
	Overflow tank				
	Operating	m ³ /s	0		
	Shut-down	m ³ /s	2.43E-05		
	Dump tank				
	Operating	m ³ /s	0		
	Shut-down	m ³ /s	2.43E-05		
	Primary vessel interspace nitrogen gas renewal flowrate				
	Operating	m ³ /s	0	9.86E-03	unit conversion under N2 350C,1atm
	Shut-down	m ³ /s	0		at shut-down ?
	Primary cells nitrogen gas renewal flowrate				
	Operating	m ³ /s	0	3.62E-03	unit conversion under N2,25C,1atm. operating or shut-down ?
	Shut-down	m ³ /s	19.2 (A-loop) 19.3 (B-loop) 10.8 (C-loop)		at shut-down ?
	Surface area and temperature of sodium contacted with cover gas:				necessary for analysis by TTT-code !!
	Primary cover gas surface area	m ²	36		
	Secondary cover gas surface area				
	Superheater	m ²	2.5 /3loop		
	Evaporator	m ²	8 /3loop		
	Overflow tank	m ²	141 /3loop		
	Dump tank	m ²	78 /3loop		
	Primary cover gas temperature	°C	529		
	Operating	°C	240		

(continued)

Symbol	Name	Units	MONJU	PHENIX	Remarks for PX data (Questions)
	Secondary cover gas temperature				
	Superheater	°C	505		
	Operating	°C	205		
	Shut-down	°C			
	Evaporator	°C	469		
	Operating	°C	190		
	Shut-down	°C			
	Overflow tank	°C	360.5		
	Operating	°C	210		
	Shut-down	°C			
	Dump tank	°C	220		
	Operating	°C	220		
	Shut-down	°C			
	Primary cold trap units:				
	Number of primary cold traps in operation		1	2	
	Installation method		external	external	
	Operation mode		continuous	continuous	
	Temperature under normal operating condition	°C	140	120	
	Sodium flow rate per cold trap	t/h	10/CT adjustable	4/CT	unit conversion
	Cold trap efficiency	%	60-100*	50	4
			* present using		
	Isotopic exchange efficiency	%	adjustable 30*-100		
			* present using		
	Secondary cold trap units:				
	Number of secondary cold traps in operation per loop		1 /loop	1 /loop	
	Operation mode		continuous	continuous	
	Temperature under normal operating condition		120	120	
	Sodium flow rate per cold trap	t/h	10/CT adjustable	16.34/CT	unit conversion
	Cold trap efficiency	%	60-100*	50	16.344
			* present using		
	Isotopic exchange efficiency	%	adjustable 30*-100		
			* present using		
	Intermediate heat exchanger unit data:				
	Materials		SUS304TB for heat transfer tube	SS316L for heat transfer tube	
			SUS304 SUSF304	Z2CND18-12	
	Exchange area	m ²	3600 /3loop	2742 /3loop	457/IHX ? × 6=
	Tube thickness	m	0.0012	0.002	2742
	Primary sodium in & out temperatures at NP				
	Operating	°C	529-397	560-400	
	Shut-down	°C	240-210		
	Secondary sodium in & out temperatures at NP				
	Operating	°C	325-505	350-554	
	Shut-down	°C	200-205		
	Re-heater module for each SG unit:		none		
	Materials			SS321 for heat conduction	
				Z6CNT18-10	
	Exchange area	m ²	664.2 /3loop	221.4/RH ? × 3=	664.2
	Tube thickness	m	0.002		
	Sodium in & out temperatures at NP	°C	542-455		
	Water in & out temperatures at NP	°C	x-512		
	Super-heater module for each SG unit:				
	Materials		SUS321 for heat transfer tube	SS321 for heat transfer tube	
			SUS304	Z6CNT18-10	
	Exchange area	m ²	1270 /3loop	523.44 /3loop	174.48/SH ? × 3=
	Tube thickness	m	0.0035	0.0036	523.44
	Sodium in & out temperatures at NP				
	Operating	°C	505-about 469	535-435	
	Shut-down	°C	200-200		
	Water in & out temperatures at NP				
	Operating	°C	about 367-487	x-512	
	Shut-down	°C			
	Evaporator module for each SG unit:				
	Material		2.25 Cr-1 Mo	2.25 Cr-1 Mo	
	Exchange area	m ²	2400 /3loop	962.28 /3loop	320.76/EV × 3=
	Tube thickness	m	0.0038	0.004	962.28
	Sodium in & out temperatures at NP				
	Operating	°C	469-about 325	435-303	
	Shut-down	°C	150-150		
	Water in & out temperatures at NP				
	Operating	°C	about 240-367	246-x	
	Shut-down	°C			
	Air cooler module for each SG unit:			none	
	Material		SUS316		
	Exchange area	m ²	420 /3loop		
	Tube thickness	m	0.0026		

(continued)

Symbol	Name	Units	MONJU	PHENIX	Remarks for PX data (Questions)
	Maximum tube temperatures at NP				
	Operating	°C	505		
	Shut-down	°C	205		
	Reactor vessel:				
	Material (under)		SUS303	SS315L	
	Area	m ²	71	215 & 202	under or upper ?
	Thickness	m	0.05	0.015 & 0.025	under or upper ?
	Wall temperature operating-shutdown	°C	397-200		
	Vessel interspace nitrogen mean temperature (upper)	°C		350	for MONJU ?
	Area	m ²	174	215 & 202	under or upper ?
	Thickness	m	0.05	0.015 & 0.025	
	Wall temperature operating-shutdown	°C	529-200		
	Vessel interspace nitrogen mean temperature	°C		350	for MONJU ?
	Primary sodium loop: Hot-leg section			none	
	Material		SUS304		
(1)	Main piping (32B)				
	Area	m ²	86.7 /loop		
	Thickness	m	0.0111		
	Temperature operating-shutdown	°C	529-200		
(2)	Intermediate heat exchanger				
	Area	m ²	110 /loop		
	Thickness	m	0.03		
	Temperature operating-shutdown	°C	463-200		
(3)	Overflow system piping (8B)				
	Area	m ²	40		
	Thickness	m	0.0065		
	Temperature operating-shutdown	°C	529-200		
(4)	Overflow piping (4B)				
	Area	m ²	80		
	Thickness	m	0.004		
	Temperature operating-shutdown	°C	529-200		
(5)	Overflow tank				
	Area	m ²	110		
	Thickness	m	0.003		
	Temperature operating-shutdown	°C	529-200		
	Primary sodium loop: Cold-leg section			none	
	Material		SUS304		
(1)	Main piping (32B)				
	Area	m ²	76.7 /loop		
	Thickness	m	0.0111		
	Temperature operating-shutdown	°C	397-200		
(2)	Main piping (24B)				
	Area	m ²	70 /loop		
	Thickness	m	0.0095		
	Temperature operating-shutdown	°C	397-200		
(3)	Primary pump				
	Area	m ²	36.7 /loop		
	Thickness	m	0.04		
	Temperature operating-shutdown	°C	397-200		
(4)	Pump overflow column				
	Area	m ²	13.3 /loop		
	Thickness	m	0.016		
	Temperature operating-shutdown	°C	397-200		
(5)	Pump overflow piping (8B)				
	Area	m ²	10 /loop		
	Thickness	m	0.0065		
	Temperature operating-shutdown	°C	397-200		
(6)	Pump overflow piping (6B)				
	Area	m ²	6.7 /loop		
	Thickness	m	0.005		
	Temperature operating-shutdown	°C	397-200		
	Primary sodium purification loop:				
	Material		SUS304		
(1)	Purification system piping (3B)				
	Area	m ²	30		
	Thickness	m	0.004		
	Temperature operating-shutdown	°C	529-200		
(2)	Cold trap economizer				
	Area	m ²	5		
	Thickness	m	0.009		
	Temperature operating-shutdown	°C	355-200		
(3)	Cold trap				
	Area	m ²	15		
	Thickness	m	0.016		
	Temperature operating-shutdown	°C	140-140		
(4)	Cold trap coolant tube				
	Area	m ²	31.1		
	Thickness	m	0.0023		
	Temperature operating-shutdown	°C	150-150		

(continued)

Symbol	Name	Units	MONJU	PHENIX	Remarks for PX data (Questions)
	Secondary sodium loop: Hot-leg section				
	Material for evaporator		2.25 Cr - 1 Mo		
	Material for others		SUS304	SS304 & SS321	
	(loop A)				
	(1) Main piping (hot-leg section 1 &2)				
	Area	m ²	259.9	600 & 113	300, 300 and 113 for each loop ?
	Thickness	m	0.0095	0.007	
	Temperature	°C	505-200	542	
	(2) Superheater				
	Area	m ²	66.7		
	Thickness	m	0.03		
	Temperature	°C	487-200		
	(3) Main piping (middle-leg section)				
	Area	m ²	84.8		
	Thickness	m	0.0095		
	Temperature	°C	469.3-200		
	(4) Evaporator				
	Area	m ²	133.3		
	Thickness	m	0.03		
	Temperature	°C	280-200		
	(loop B)				
	(1) Main piping				
	Area	m ²	164	600 & 113	300, 300 and 113 for each loop ?
	Thickness	m	0.0095	0.007	
	Temperature	°C	505-200	542	
	(2),(3),(4)			same to loop A	
	(loop C)				
	(1) Main piping (hot-leg section 1 &2)				
	Area	m ²	286	600 & 113	300, 300 and 113 for each loop ?
	Thickness	m	0.0095	0.007	
	Temperature	°C	505-200	542	
	(2),(3),(4)			same to loop A	
	Secondary sodium loop: Cold-leg section				
	Material for overflow tank		2.25 Cr - 1 Mo		
	Material for others		SUS304	Z6CN18-10, SS304	
	(loop A)				
	(1) Main piping (cold-leg section 1)				
	Area	m ²	158		
	Thickness	m	0.0095		
	Temperature	°C	325-200		
	(2) Main piping (cold-leg section 2)				
	Area	m ²	3.45	671	
	Thickness	m	0.025	0.007	
	Temperature	°C	325-200	303	
	(3) Main piping (cold-leg section 3)				
	Area	m ²	111		
	Thickness	m	0.0095		
	Temperature	°C	325-200		
	(4) Pump				
	Area	m ²	12		
	Thickness	m	0.027		
	Temperature	°C	325-200		
	(5) Pump overflow column				
	Area	m ²	13		
	Thickness	m	0.0095		
	Temperature	°C	325-200		
	(6) Pump overflow column piping 1				
	Area	m ²	17		
	Thickness	m	0.0064		
	Temperature	°C	325-200		
	(7) Pump overflow column piping 2				
	Area	m ²	11.7		
	Thickness	m	0.015		
	Temperature	°C	325-200		
	(8) Overflow tank				
	Area	m ²	101		
	Thickness	m	0.03		
	Temperature	°C	361-200		
	(loop B)				
	(1) Main piping (cold-leg section 1)				
	Area	m ²	150	671	for 3 loops ?
	Thickness	m	0.0095	0.007	
	Temperature	°C	325-200	303	
	(2) Main piping (cold-leg section 2)				
	Area	m ²	3.45		
	Thickness	m	0.025		
	Temperature	°C	325-200		
	(3) Main piping (cold-leg section 3)			none	
	(4), (5), (6), (7), (8)			same to loop B	

(continued)

Symbol	Name	Units	MONJU	PHENIX	Remarks for PX data (Questions)
(loop C)					
(1) Main piping (cold-leg section 1)					
Area		m ²	141		
Thickness		m	0.0095		
Temperature	operating-shutdown	°C	325-200		
(2) Main piping (cold-leg section 2)					
Area		m ²	3.45	671	
Thickness		m	0.025	0.007	
Temperature	operating-shutdown	°C	325-200	303	
(3) Main piping (cold-leg section 3)					
Area		m ²	102		
Thickness		m	0.0095		
Temperature	operating-shutdown	°C	325-200		
(4), (5), (6), (7), (8)			same to loop B		
Secondary sodium purification loop:					
Material			SUS 304		
(loop A)					
(1) Cold trap					
Area		m ²	28		
Thickness		m	0.015		
Temperature	operating-shutdown	°C	141-200		
(2) Purification system piping (section 1)					
Area		m ²	8.09		
Thickness		m	0.0045		
Temperature	operating-shutdown	°C	397-200		
(3) Purification system piping (section 2)					
Area		m ²	2.27		
Thickness		m	0.0045		
Temperature	operating-shutdown	°C	361-200		
(4) Purification system piping (section 3)					
Area		m ²	1.55		
Thickness		m	0.0032		
Temperature	operating-shutdown	°C	361-200		
(5) Purification system piping (section 4)					
Area		m ²	1.45		
Thickness		m	0.0051		
Temperature	operating-shutdown	°C	254-200		
(6) Purification system piping (section 5)					
Area		m ²	1.9		
Thickness		m	0.0032		
Temperature	operating-shutdown	°C	177-200		
(7) Purification system piping (section 6)					
Area		m ²	1.67		
Thickness		m	0.0032		
Temperature	operating-shutdown	°C	148-200		
(8) Purification system piping (section 7)					
Area		m ²	2.29		
Thickness		m	0.0032		
Temperature	operating-shutdown	°C	331-200		
(loop B)					
(1),(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)			same to loopA		
(loop C)					
(1),(2),(3),(4),(5)			same to loopA		
(6) Purification system piping (section 5)					
Area		m ²	1.9		
Thickness		m	0.0032		
Temperature	operating-shutdown	°C	177-200		
(7) Purification system piping (section 6)					
Area		m ²	1.67		
Thickness		m	0.0032		
Temperature	operating-shutdown	°C	148-200		
(8) Purification system piping (section 7)					
Area		m ²	2.29		
Thickness		m	0.0032		
Temperature	operating-shutdown	°C	331-200		
Intermediate parameters					
Permeation coefficient:					
Through 2 intermediate heat exchangers for H		Kg/s	*permeability	0.14	
Through 2 intermediate heat exchangers for T		Kg/s	*permeability	0.14	
Through 1 SG for H		Kg/s	*permeability	8.00E-03	
Through 1 SG for T		Kg/s	*permeability	8.00E-03	
Through the primary vessel for H		Kg/s	*permeability	1.50E-04	
Through the primary vessel for T		Kg/s	*permeability	1.50E-04	
Through primary pipes and capacities for H		Kg/s	*permeability	1.50E-04	
Through primary pipes and capacities for T		Kg/s	*permeability	1.50E-04	
Through secondary pipes and capacities for H		Kg/s	*permeability	3.00E-04	
Through secondary pipes and capacities for T		Kg/s	*permeability	3.00E-04	
			* refer to Table 2		
Na-Ar equilibrium constant		Kg ² /atom/m ³	* refer to Table 2	3.00E-21	

measured or calculated ?
big ! impossible to understand

(continued)

Symbol	Name	Units	MONJU	PHENIX	Remarks for PX data (Questions)
	Hydrogen content in air	vppm	0.5	0.5	
	Hydrogen content in nitrogen	vppm	3		
	Hydrogen content in renewal argon	vppm	0.1	1.5	
	Initial concentration of hydrogen in sodium				
	Primary sodium	g-atom/m ³	7.66E-02		
	Secondary sodium	g-atom/m ³	7.66E-02		
	Initial concentration of hydrogen in argon cover gas				
	Primary cover gas	g-atom/m ³	5.16E-04		
	Secondary cover gas	g-atom/m ³	2.93E-04		
	Initial content of hydrogen in sodium hydride form in primary cold trap	g-atom	400 /CT		
	Initial content of hydrogen in sodium hydride form in secondary cold trap	g-atom	146 /CT		
	Tritium radioactive constant	1/s	1.79E-09	1.79E-09	
	Primary cover gas equilibrium H-T constant		*cover gas transfer coefficient	1.94	experimental ?
	Secondary cover gas equilibrium H-T constant		*cover gas transfer coefficient * refer to Table 2	1.89	experimental ?
	Interspace vessel nitrogen equilibrium H-T constant			1.89	experimental ?
	Primary cell nitrogen equilibrium H-T constant			1.9	experimental ?
	Hydrogen Sievert constant	ppm/torr1/2	* Sievert constant	5	
	Tritium Sievert constant	ppm/torr1/3	* Sievert constant * refer to Table 2	5	
	Hydrogen concentrations in				
	Primary sodium	wppb	* refer to Table 4 for low power test	65	measured saturation values in PX ?
	Secondary sodium	wppb	* refer to Table 5 for low power test	71	measured saturation values in PX ?
	Primary argon cover gas	vppm	* refer to Table 6 for low power test		
	Secondary argon cover gas	vppm	* refer to Table 7 for low power test		
	Interspace vessel	vppm		13	measured saturation values in PX ?
	Primary pipes and capacities nitrogen	vppm			
	Number of hydrogen atoms in sodium hydride form in primary cold trap	at			
	Number of hydrogen atoms in sodium hydride form in secondary cold trap	at			
	Tritium concentrations in				
	Primary sodium	Bq/g-Na	* refer to Table 4 for low power test	4442	measured saturation values in PX ?
	Secondary sodium	Bq/g-Na	* refer to Table 5 for low power test	1202	measured saturation values in PX ?
	Primary argon cover gas	Bq/m ³	* refer to Table 6 for low power test		
	Secondary argon cover gas	Bq/m ³	* refer to Table 7 for low power test		
	SG water circuit	Bq/m ³	* refer to Table 8 for low power test	5.00E+06	measured saturation values in PX ?
	Interspace vessel	Bq/m ³			
	Primary pipes and capacities nitrogen	Bq/m ³			
	Tritium equilibrium concentration for isotopic exchange for primary cold trap	at/Kg		870	measured saturation values in PX ?
	Tritium equilibrium concentration for isotopic exchange for secondary cold trap	at/Kg			
	Number of hydrogen atoms under sodium hydride form in primary cold trap	at			
	Number of hydrogen atoms under sodium hydride form in secondary cold trap	at			
	Hydrogen solubility values at cold trap temperature				
	Primary cold trap	ppb	* refer to Table 2&4	60	
	Secondary cold trap	ppb	* refer to Table 2&4	60	
	Operation schedule:		for future duty operation cycles		
	operation-shutdown	day	123-45		
	operation-shutdown		123-45		
	operation-shutdown		123-45		
	operation-shutdown		123-45		
	operation-shutdown		123-45		
	operation-shutdown		148--120		
	operation-shutdown		148-45		
			repeated in twin cycles		

Table 4.2 Material constant for hydrogen and tritium transport model

Symbol	Name	Units	MONJU (TTT)		PHENIX (KUTIM)
S_H	Hydrogen solubility in sodium	wppm	$\log S_H = 6.067 - \frac{2880}{T^{\circ}K}$	[1]	$\log S_H = 6.467 - \frac{3023}{T^{\circ}K}$
S_T	Tritium solubility in sodium	wppm	assumption $S_T = S_H$		ditto
K_H	Sievert constant for Na-H ₂	wppm/Torr ^{1/2}	$\log K_H = 0.860 - \frac{122}{T^{\circ}K}$	[1]	no information (near 5, maybe)
K_T	Sievert constant for Na-T ₂	wppm/Torr ^{1/2}	assumption $K_T = K_H$		no information (ditto)
K_{P1}	Equilibrium constant for H ₂ +T ₂ =2HT		$K_{P1} = \exp\left(1.46966 - \frac{133}{T^{\circ}K}\right)$	[2]	no information (similar to TTT, maybe)
α_H	Cover gas transfer coefficient for hydrogen	cm/s mm ³ [STP]/s/mm ²	$\alpha_H = \frac{v_d}{2\left(\frac{S_H}{K_H}\right)^2 \frac{N_A}{RT}}$ $v_d = \exp\left(15.71 - \frac{12630}{T^{\circ}K}\right)$	[3]	no information
α_T	Cover gas transfer coefficient for tritium	cm/s	assumption $\alpha_T = \alpha_H$		no information
κ_H	Permeability through steel walls of hydrogen	$\frac{(Ncc)(cm)}{(sec)(cm^2)(atm)^{1/2}}$	SUS 304 $\kappa_H = 2.65 \times 10^{-2} \exp\left(-\frac{8189}{T^{\circ}K}\right)$ 2.25Cr-1Mo $\kappa_H = 4.74 \times 10^{-3} \exp\left(-\frac{5140}{T^{\circ}K}\right)$	[4] [5]	correction for estimated value from next reference by experiment with CT bypass operation AISI 316: [6] AISI 321:[7],[8] 2.25Cr-1Mo: [7]
κ_T	Permeability through steel walls of tritium	$\frac{(Ncc)(cm)}{(sec)(cm^2)(atm)^{1/2}}$	$\kappa_T = \kappa_H / \sqrt{3}$		ditto

Gas constant: R=6.24×10⁴ (Torr)(cc)/(°K)/(mol)

References

- [1] D.R.Vissers et al.; "A hydrogen-activity meter for liquid sodium and its application to hydrogen solubility measurements", Nucl. Technol., 21(1974)p235
- [2] R.Kumar; "Tritium transport in an LMFBR", ANL-8089, (1974)
- [3] J.R.Gwyther et al.; "The kinetics of hydrogen removal from liquid sodium", Material behaviour and physical chemistry in liquid system (edited by H.U.Borgstedt), Plenum Press, (1982)
- [4] R.W.Webb; "Permeation of hydrogen through materials", NAA-SR-10462, (1965)
- [5] P.L.Chang et al.; "Diffusion of hydrogen in iron and iron alloys at elevated temperatures", Journal of the iron and steel institute, 170(1952)p205
- [6] N.Kishimoto et al., J.N.Mat.,127 (1985) pp1-9
- [7] P.Tison et al., 2nd Int. conf. on hydrogen in metals, Paris, June 1977
- [8] T.Tanabe et al., Proc. JIMIS 2: Hydrogen in metals, pp109-112

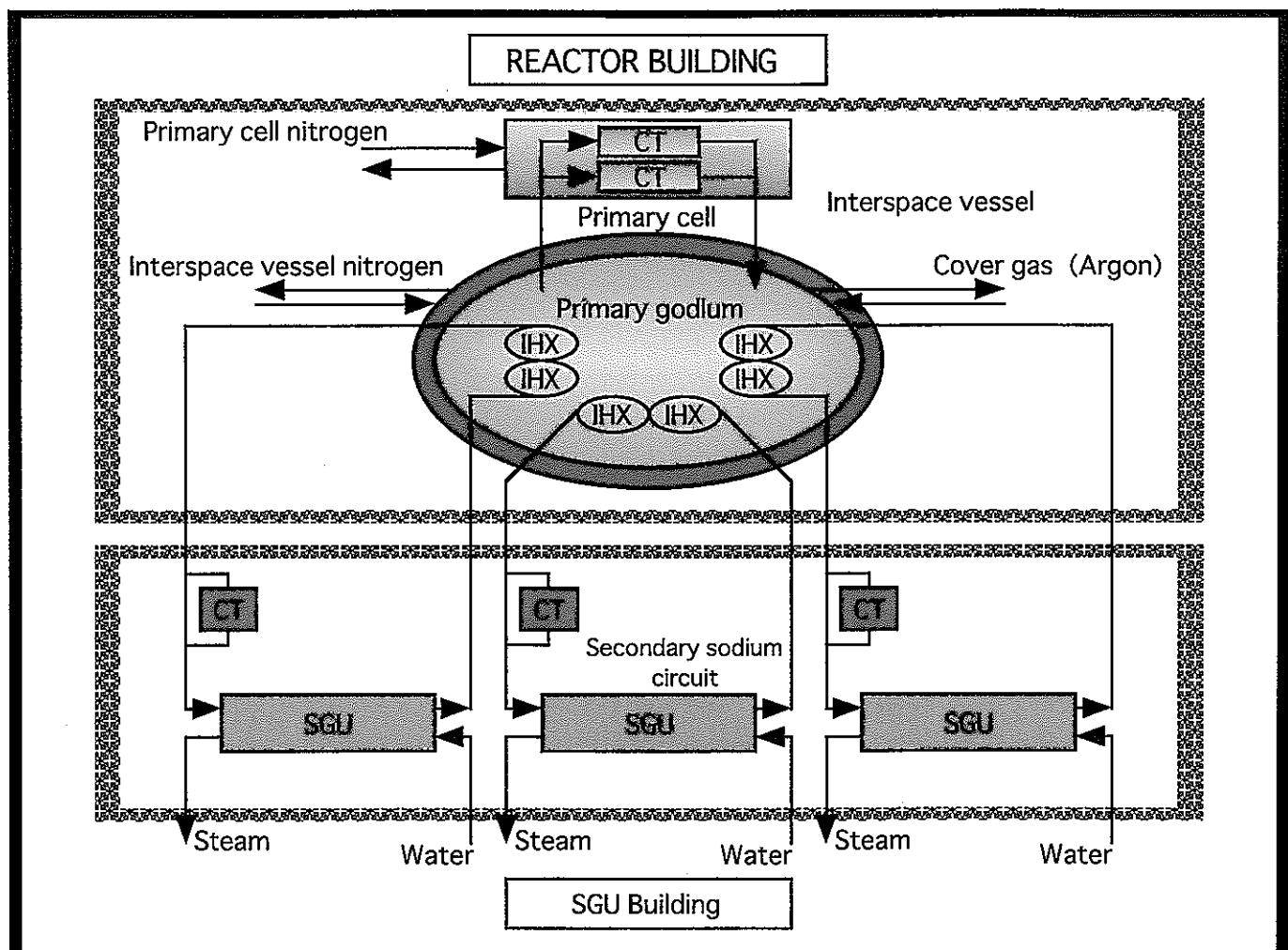
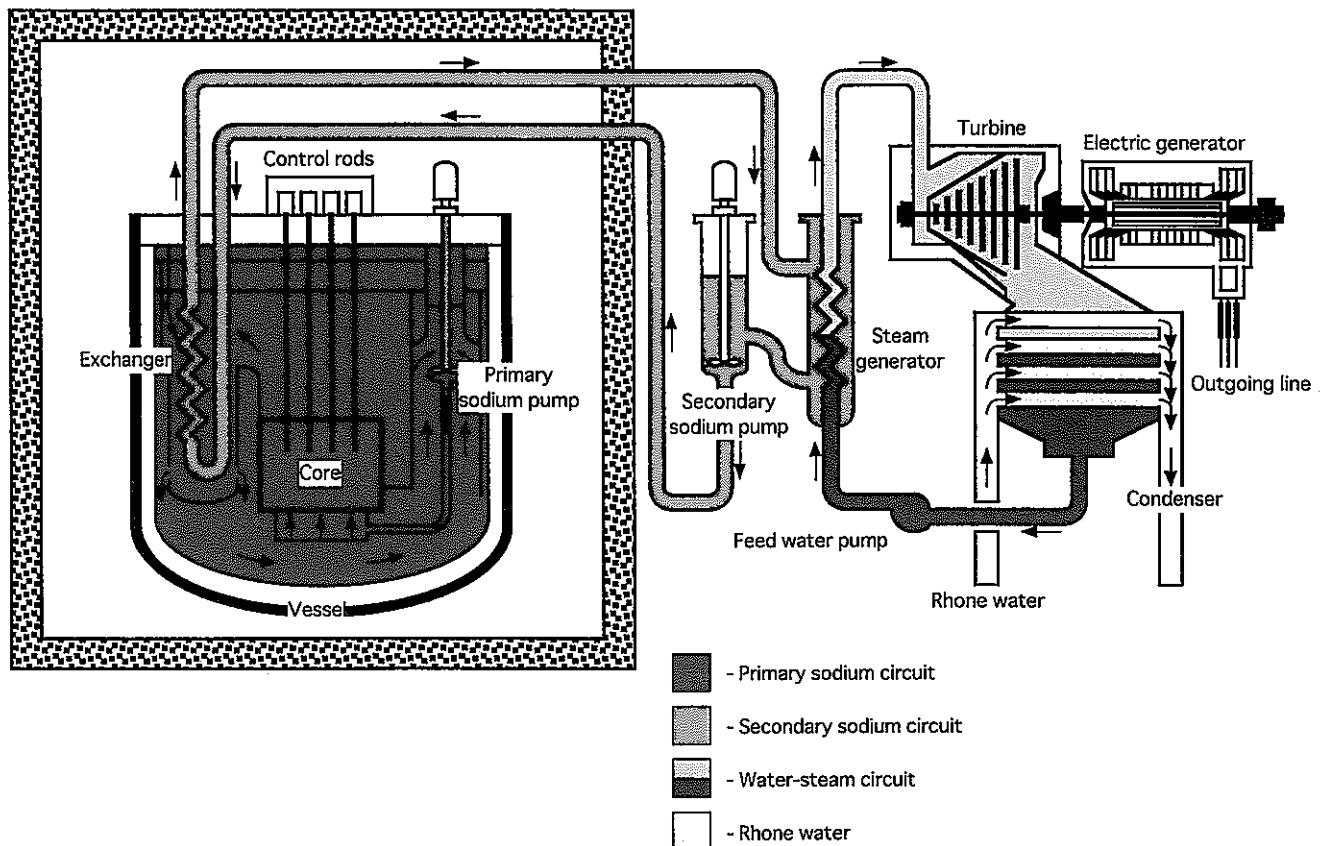
Table 4.3 Comparison of calculated and measured results of tritium behaviour in Phenix
 (at about 2400 efpd)

Name	Unit	Monju		Phenix						
		calculational (17cy) H10T-MT20-5		mesured (saturation)	calculational H10T-PT1-1		calculational H10T-PT1-4		calculational H11T-PT1-3*	
		value	C/E		value	C/E	value	C/E	value	C/E
Model parameter for calculation										
Tritium source rate from core	g-atom/efps	2.31E-08			1.66E-09		1.66E-09		1.66E-09	
Primary hydrogen source on flowing sodium wall	g-atom/s	1.52E-05			3.27E-06		3.27E-06		3.27E-06	
Secondary hydrogen source through SG tube wall	g-atom/s/SG	1.60E-04			2.68E-05		2.68E-05		2.68E-06	
Water renewal flowrate for the whole SG circuit (operation) (shut down)	m3/s	6.61E-04			3.90E-03		3.90E-03		3.90E-03	
Isotopic exchange efficiency		1.35E-03			3.90E-03		3.90E-03		3.90E-03	
Cold trap efficoency		0.3			0		0		0	
Correction factor for IHX permeation		1			0.5		0.5		0.5	
Correction factor for EV permeation		2.5			1		10		1	
		0.6			1		2		1	
Result										
Hydrogen concentrations in										
Primary sodium	wppm	0.10		0.065	0.06	0.93	0.06	0.99	0.06	0.95
Secondary sodium	wppm	0.12		0.071	0.07	1.01	0.07	0.99	0.09	1.24
Primary argon cover gas	vppm	5.62			0.04		0.04		0.04	
Secondary argon cover gas (EV)	vppm	0.75			0.10		0.10		0.15	
Interspace vessel	vppm			13						
Primary pipes and capacities nitrogen	vppm									
Hydrogen amounts in										
primary cold trap	H-Kg	5.97			0.474		1.24		0.495	
secondary cold trap	H-Kg	18.2			5.12		4.65		5.13	
Released tritium inventory from core										
	Bq	1.95E+15			2.80E+14		2.80E+14		2.89E+14	
Tritium concentrations in										
Primary sodium	Bq/m3	2.38E+10		3.78E+09	1.38E+10	3.65	4.26E+09	1.13	1.67E+10	4.42
Secondary sodium	Bq/m3	5.24E+08		1.02E+09	4.78E+08	0.47	1.17E+09	1.15	6.20E+09	6.07
Primary argon cover gas	Bq/m3	7.06E+07			1.71E+06		5.67E+05		2.08E+06	
Secondary argon cover gas (EV)	Bq/m3	1.86E+06			9.65E+04		2.32E+05		1.54E+06	
SG water circuit	Bq/m3	1.06E+07		5.00E+06	1.27E+06	0.25	6.18E+06	1.24	1.64E+07	
Interspace vessel	Bq/m3	8.37E+07			5.40E+08		1.22E+08		9.22E+08	3.28
Primary pipes and capacities nitrogen	Bq/m3	A:1.14E+08 B:3.44E+07 C:3.66E+07		8.70E+02						
Tritium amounts in										
Primary cold trap	Bq	1.47E+15			9.90E+13		6.72E+13		1.02E+14	
Secondary cold trap	Bq	9.99E+13			3.36E+13		6.53E+13		3.29E+13	

* 2CT bypass operation for a while in the tritium measurements campaign

Fig.4.1 Reactor system description for Phenix in KUTIM code

REACTOR



5. 「もんじゅ」定格運転時トリチウム挙動長期評価

5.1 定格運転時挙動予測解析

5.1.1 解析目的

「もんじゅ」定格運転時におけるトリチウム管理計画と対策検討のための基礎的資料を整備する目的で、前章までに述べた「もんじゅ」及びPhenixデータによる挙動現象解析評価とコード検証結果により支持されたTTT9を用いて、「もんじゅ」定格運転時のトリチウム挙動予測解析評価を行う。

5.1.2 解析方法

解析対象とするのは設計時に構想されている表5.1に示す低燃焼度炉心と高燃焼度炉心による定格運転第53サイクル頃（30年余の運転経過時）までとし、トリチウム分布とCT蓄積の推移を中心に環境放出の概略も含め予測評価する。表3.3に長期評価における解析モデル設定値の参考例を性能試験時のものと比較して示した。炉心からのトリチウム放出率は評価97によるHeポンド封入型制御棒を用いた高燃平衡炉心における評価値である、燃料: 6.49E-9、制御棒: 1.64E-8、不純物: 1.96E-10 g·atom/efpsを参考例とする。水素発生源としてSG伝熱管透過速度にはモックアップ試験値である1.6E-4 g·atom-H/s at a SGUを参考例とし、カバーガス中水素発生率は1次系に対しては「常陽」でのバックグラウンド値(3E-6 g·atom-H/s)と「もんじゅ」性能試験時に見られた傾向を参考にして若干高めの1E-5、2次系に対してはそれよりは低めの1E-6 g·atom-H/sを設定する。IH X及びEV伝熱管の透過率補正因子には夫々性能試験データ解析による2.5と0.6を適用する。こうして得られる結果は前章の4.2において長期運転を経過しているPhenixデータとの比較検討において既に論じたように、余裕を持った評価となっていると考えられる。

5.1.3 解析結果と考察

表5.2(a)と図5.1に定格運転時のトリチウム分布とCT蓄積推移の予測結果を示す。予測分布結果は何れも2次系CT水素蓄積量が設計容量の18 kg-H in a CT程度に達した時点のものである。53サイクルまでに炉心から放出されるトリチウム累積量は7.48E15 Bq(約20万Ci)に達すると予想される。どの時点でも冷却材中に移行したトリチウムのほぼ98%のものが1次系と2次系CTに捕獲され、気体廃棄物やSG排水として環境中に放出されるものは1%以下である。他は系統内Na冷却材やArカバーガス中及び水・蒸気回路内に残留する。CT蓄積分のうち概ね1次系CTに76%、2次系CTに22%のものが蓄積すると予想される。水素化物蓄積が2次系CT設計容量に達し交換をむかえる時期は第8, 17, 26, 35, 44, 53サイクルが目処と予測された。従って、「もんじゅ」30年間運転に亘り必要とされる2次系CT機器数を延べ20基程度(3ループ分)までと予想しておくべきものと考えられる。その場合、交換時点でのトリチウム蓄積は最大で2.0E14 Bq in a CT(5,400 Ci)程度と予測された。このことからも廃棄物発生量削減と技術の完結性を図る観点から、出来得ればCT再生利用を含めた、少なくとも廃棄物処理の方途を検討しておくべきものと思われる。また、各時点における気体廃棄物トリチウム放射能累積量はSG排水の約5倍に達するが、気体廃棄物のうち10数%を占める1次系気排系放出分のほとんどは1

次カバーガス系循環回路中の活性炭吸着塔に捕獲されるものと考えられる。気体廃棄物の主なものは1次冷却系部屋雰囲気のトリチウムで、気体廃棄物の約75%を占め床下開放時にスタッフより放出されるものである。さて、分布推移について言えば、トリチウム炉心放出やCT捕獲の累積量は放射能飽和則に沿っており30年経過後も完全な飽和には到らないが、気体廃棄物及び液体廃棄物はその時点までにはほぼ飽和に達している。一方、ナトリウム冷却材中溶存量は2,000 efpd(10年前後)程度の経過時点までに実質的な飽和に到る。これは冷却材中溶存量については放出源からの供給に対して放射性崩壊に加えCTによる除去の相殺効果も働くからである。

表5.2(b)と図5.2にトリチウム分布長期予想結果を性能試験時推定結果と比較して示した。表5.2(b)には30年余運転経過後におけるほぼ年間(461日)分布生成量に相当する結果も示しておいた。1次系と2次系Na冷却材中の運転期間中におけるトリチウムレベル(分布量or濃度)について見ると、長期評価における飽和レベルは性能試験時に比べて夫々ほぼ16と20倍程度と予想される。また、運転期間中の水・蒸気回路中濃度についてはほぼ10倍程度と予想される。なお、表中の値はいずれもサイクル終了時点(停止時)のものである。さて、以下において「もんじゅ」設計段階における許認可に係るトリチウム報告数量(規制数量に準ずるものと考えられる)との比較を、30年余運転経過後の予測結果(第54-55サイクル期間内)を用いて行う。結果は次のとおりである。

(a) 安全審査時に科学技術庁へ報告した情報(審査会資料)との比較[7]

(1) 「もんじゅ」からのトリチウム放出量

- ① 放水口放出・・・ 250 Ci/y (報告数量) $> 38 \text{ Ci/y}$ (予測数量) [6.6]
- ② 排気筒放出・・・ $1,000 \text{ Ci/y}$ (同上) $> 121 \text{ Ci/y}$ (同上) [8.3]

(2) 「もんじゅ」から放出したトリチウムによる年間被ばく線量当量

- ① 放水口放出・・・ 0.0075 mrem (同上) $> 0.0011 \text{ nrem}$ (同上) [6.6]
- ② 排気筒放出・・・ 0.025 mrem (同上) $> 0.0030 \text{ mrem}$ (同上) [8.3]

(3) 「もんじゅ」トリチウム年間生成量(註)

- ① $2.2 \times 10^4 \text{ Ci/y}$ (同上) $> 1.6 \times 10^4 \text{ Ci/y}$ (同上) [1.4]

(4) 「常陽」におけるトリチウムに係るデータ等

省略

(5) 「もんじゅ」水系トリチウム分布予測

- ① 濃度・・・ $1 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$ 以下(報告数量) $< 5.7 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$ (最大予測数量) [0.18]

[] 内数値は報告数量に含まれる余裕度

(註) 厳密には炉心から1次冷却材中に移行するトリチウム年間放出量

上記により現状では総量の報告数量に対してはいずれも余裕度のある予測結果となつたが、(5)のSG水・蒸気回路内におけるトリチウム濃度は報告数量を超えるおそれがあり、ブローフロー流量を増加させ希釈するなどの低減対策を求められる可能性があることが判明した。因みに、SG水・蒸気回路内におけるトリチウム濃

度とブロー流量は逆比例関係にあるので、ブロー流量を Phenix 並の $1.4 \text{ m}^3/\text{h}$ (現状の約 6 倍) とすれば規制濃度レベルに低減出来ると予測される。この場合放水口放出総量には影響はない。なお、本審査会資料提出当時における法的規制を与える科技庁告示（以下告示と略）第 21 号は昭和 64 年 3 月 31 日限りで廃止され、告示第 20 号（昭和 63 年 7 月 26 日）となった。同告示では管理区域水中濃度限度はなくなり周辺監視区域外についてのみ 6.0 Bq/cc ($1.62 \times 10^{-3} \mu\text{Ci/cc}$) とされている。上述の水・蒸気回路中最大予想濃度はこの濃度限度の約 1/3 である。

(b) 科学技術庁原子炉規制課へ提出した資料との比較 [7]

(1) 昭和 59 年 2 月 29 日提出資料

① 水・蒸気水中トリチウム濃度は $1 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$ 以下であり、告示 21 号に示す管理区域に係る値*以下である。

[参照例による予測値 : $5.7 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$; ブロー流量増大により対応可能である]。

② タービン建屋内空気中トリチウム濃度は $1 \times 10^{-9} \mu\text{Ci/cc}$ 以下であり、告示 21 号に示す管理区域に係る値を充分下回る。

[参照例による予測値 : $1.38 \times 10^{-9} \mu\text{Ci/cc}$; 換気率増大により対応可能である]。

③ 1 次ナトリウム中トリチウム濃度 ··· $1 \times 10^{-1} \sim 1 \mu\text{Ci/cc}$

[参照例による予測値（飽和） : $1.28 \mu\text{Ci/cc}$; 炉心放出率低減により対応可能である]。

④ 2 次ナトリウム中トリチウム濃度 ··· $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \mu\text{Ci/cc}$

[参照例による予測値（飽和） : $2.84 \times 10^{-2} \mu\text{Ci/cc}$; 炉心放出率低減により対応可能である]。

[] 内は本予測解析による結果

* 告示 21 号における濃度限度 管理区域: $3 \times 10^{-2} \mu\text{Ci/cc}$, 周辺監視区域外: $1 \times 10^{-3} \mu\text{Ci/cc}$

上記により参考例による予測結果は本資料に示された数値をいずれも幾分超える結果となった。ここに示した参考例による計算結果はいずれも定格運転第 53 サイクルまでの期間内での最大値であるので、運転再開時に得られるデータにより本解析に含まれる余裕度の確認が必要ではあるが、今から低減対策を検討しておくべきものと思われる*。特に、①については性能試験段階で既に $5.7 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/cc}$ (実測値) に達しており、対策の緊急度は高い。低減対策として考えられるのはナトリウムボンド型制御棒導入による炉心からのトリチウム放出率の低減、SG ブロー流量や室内換気率の増加などである。この他、告示 20 号による法的規制が行われている今日段階で、科技庁提出の本資料における数値そのものの見直しも課題として考えられる。

* 参照例による定格第 1 サイクル運転時点での上記①~④の予測濃度は次のようになる。

① 2.9×10^{-4} 、② 7.0×10^{-10} 、③ 7.2×10^{-1} 、④ $1.4 \times 10^{-2} \mu\text{Ci/cc}$

(2) 昭和 59 年 3 月 3 日提出資料（第 47 項目のトリチウム関連対応内容）[20]

① 計算コードを用いて水・蒸気系中トリチウム濃度がこれまでの予測値を超えた

いことを示す。

[設計予測値： $2.27 \times 10^{-3} \mu\text{Ci/cc}$ > 今回予測値： $5.7 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$ (余裕度: 4)]

② 運転結果開始後評価結果の妥当性を水・蒸気系のサンプルを分析することにより実証する。

[解析コード(TTT9)の性能試験時実測データによる検証結果：C/E=1.2]

③ 水・蒸気系のトリチウム管理のあり方等については、保安規定等において適切に対応する。

[文献[7]及び以降の検討において対応が実施されている]

[] 内は本解析及び関連検討作業による結果

以上述べたところにより本予測結果は総量報告値（過去に監督官庁に報告されている数量）や設計値との整合性及び解析コードの評価精度については妥当性が確保されている。しかし、濃度については本予測参照例計算結果は報告値を超える場合があり、本計算に含まれる余裕度を今後得られるデータにより確認しつつも、低減対策の検討を進めるべきものと考えられる。なお、本計算結果は過少評価と言うことはなく余裕度が含まれると思われ、それは主にトリチウムソースターム評価から期待され最大でファクター4程度までと考えられる。

5.2 先行炉経験との比較

(1) 「常陽」1次ナトリウム中トリチウム濃度の急変現象

表5.3にトリチウム飽和データについて「常陽」及びPhenixの実測結果と今回の「もんじゅ」予測計算結果を比較して示した。各プラントにおいて夫々2乃至3種類の結果が示されている。「常陽」は1次Na中濃度の急変を挟む2つの時期(Mk-II 13th - 15th cy. と 16th - 23'th cy)のもの、Phenixは'97~'98トリチウムキャンペーン時と出力を2/3に落とした直近第50サイクル運転時のもの、「もんじゅ」は2つの制御棒方式(Heボンド封入型とNaボンドペント型制御棒)並びにトリチウム炉心放出率のモデル評価値(評価9.7)と性能試験データ適合値に対する3種類の結果を示している。「常陽」のデータで注目されるのは1次Na中濃度が第16サイクル以後において、第15サイクルまでのレベルの約1/30にまで急減したことである。一方、2次Naやカバーガス中濃度にはそのような急激な変動は見られず概ね同等レベルで推移した。こうした動向を第12サイクル運転終了後の第6回定期検査期間における1次系新型CT(「もんじゅ」と同型の内側メッシュ広流入域型)への交換とその第16サイクルよりの定格運転(第13~15サイクル:150~130°C、第16サイクル以後:130°C)の結果として、TTTコードを用いた解析により再現することは残念ながら困難であったことは既に示した[8]。こうしたことから、この急変現象は炉心からのトリチウム放出源自体の変動として説明するのが最も妥当なように思われる。そうだとすれば、変動因子を考え得るのは制御棒だけである。ところで、Heボンドペント型制御棒の場合は既に検討したようにトリチウム放出ルートはペント孔が主であると考えられるので、ここからNa中への溶解の経路に何か大きな変化が起ったとしなけ

ればならない。最も明白な説明法はベント孔からの放出が、それまでのNa中への放出・溶解から、カバーガス中への直接放出とそれに引続くNa中への一部溶解へと過程が変わったとするものである。これをベント孔とNa液面の位置関係で説明することは構造的に無理があるようなので、濃度急減後のカバーガス中濃度偏差がその前よりも大きくなる傾向を考慮して、もっとダイナミックな過程を構想すべきかもしれない。なお、この説明においてはトリチウム放出源はほとんどが制御棒で負担されており、燃料からはその1/3以下であるとする前提があることに留意しておかなければならぬ。また、第16サイクル以降は2次Na中濃度が1次Na中濃度より高くなっているが、これは2次系CTより溶出が起つたためと考えられる。

(2) 「常陽」とPhenixデータ比較によるトリチウムソースターム検討

Phenixデータについては既に述べたようにトリチウムキャンペーン期間中2次系CTがバイパス運転されていたと考えられ、1次、2次Na中濃度分布はSG設置の有無があるにも拘らず「常陽」の濃度分布とほぼ同等である。また、1次Na中濃度は「常陽」とPhenixの2つのケースで原子炉出力比が1:5.63:3.48であるにも拘らずほぼ同等レベルにある。トリチウム炉心放出率についてもコード適合値同士を比較すればそうである。これらの結果は両プラントでの主なトリチウム放出源は原子炉出力に比例的な燃料核3分裂ではない可能性を強く示唆していると思われる。更に、こうした状況を両プラントでの制御棒には方式の違いはあるが同数の6体であることと併せ考えると、まさに興味深い結果と言わねばならない。さて、表には両プラントにおけるトリチウム放出率のモデル計算値も示しておいた。いずれのプラントも燃料核3分裂と不純物により生成されたものは100%放出とし、制御棒は「常陽」では100%、Phenixでは10%としたものである。内訳で見ると燃料核3分裂生成率は両プラントにおいて夫々1.44及び4.51 MBq/efps(1:3.1)、制御棒生成率は2.72及び4.17 MBq/efps(1:1.5)である。これらと両プラントにおける放出率の適合値を比較すると、放出源を燃料とする場合「常陽」では100%、Phenixでは42%放出されたことになる。このPhenixでの食違いのためか仮側では核3分裂収率の誤差が大きいこと(±45%)を強調している。しかし、これらの評価に使用された²³⁹Puに対するトリチウム核3分裂収率は夫々 2.5×10^{-4} と 1.45×10^{-4} T/fであり、Phenixの燃料生成率の方が「常陽」に比べて過大側にずれる要因はない。ところで、「常陽」に対しても「もんじゅ」評価97で用いた 1.75×10^{-4} T/fを適用すれば燃料生成率は1MBq/efps程度と考えられ、この100%放出を仮定しても放出適合値の方が大きくなり制御棒からも放出(0.44 MBq/efps=16%放出)されるとしなければならない。一方、制御棒を放出源とする場合は夫々53%と46%放出となり、燃料の場合のような大きな食違いは見られない。以上を勘案すれば、燃料からの放出率を100%とすることには無理があり、両プラントで制御棒方式の違いによる放出率の相違はあるであろうが制御棒からの放出も考慮すべきものと考えられる。今仮に、Phenixでのソースタームを制御棒からはNaボンド効果(B₄Cペレット低温化)により仮側担当者が推定するように極くわずか(1~3%)とし、燃料放出割合を上記の約40%(0.4 MBq/efps)とし、これを「常陽」

に当てはめると最新の核3分裂収率を用いて制御棒から 1.04 MBq/efps 程度放出されることになり、放出割合38%である。因みに、ベント型と封入型の相違はあるが（それによるペレット温度の相違はないだろう）、「もんじゅ」評価97におけるHeボンド型制御棒からの推定放出率は85%である。更に、(1)項に述べた「常陽」1次Na中濃度急変現象の解釈が正しいとすると、トリチウム放出源に対する制御棒からの寄与は更に高まり、燃料からの寄与は取るに足らない可能性も考えらる。

(3) 「もんじゅ」長期評価におけるトリチウムソーススターと濃度分布予測結果

表5.3には3ケースの「もんじゅ」飽和濃度分布予測結果が示されているが、参考例に対する他ケースの比率は炉心放出率の比率とほとんど合致している。そこで、長期評価の妥当性を確認するためにも炉心放出率の先行炉経験（適合値）との比較検討を行っておく。トリチウム炉心放出率の「もんじゅ」性能試験適合値を「常陽」と Phenix における結果と比較するとほぼ4倍と3倍となっており、夫々のプラントにおける燃料核3分裂からの計算値 (1.01, 4.51, 7.25 MBq/efps) での倍率7.2倍と1.6倍からずれている。前項(2)での検討結果に加えこの結果からもトリチウム放出には制御棒からの寄与がかなりの割合を占めているとするのが整合的と思われる。そこで、前項における場合と同様 (PhenixではNaボンド型制御棒使用によりB4Cペレット低温化のためトリチウム放出率は極く少ないとする)、仮に燃料からの放出率を40% (2.90 MBq/efps) とすると、制御棒から2.97 MBq/efps 放出（放出率22%、評価97では11%）されることになり、「常陽」の約3倍と言うことになる。実際には制御棒からの寄与はもっと多いかもしれない。こうした状況は「常陽」、Phenix の制御棒本数が共に6体であるのに対し、「もんじゅ」では全部で19体 (CCR:10, FCR:3, BCR:6) 設置されており、本数がかなり多いことにより対応していると考えるのが自然と思われる。このように先行炉経験と比較して見ると「もんじゅ」長期予測における炉心放出率として、評価97のようなモデル計算値が設計評価のうえで有効なことはもちろんのだが、適合評価値もまた性能試験時のものとは言えリアリティーを主張しても良さそうである。そこで、トリチウム炉心放出率として評価97のHeボンド型制御棒による参考例に対し性能試験適合値*による計算結果を比較し示した。この場合のトリチウム濃度分布レベルは参考例の約1/4となる。また、評価97のNaボンド型制御棒のケースについても示したが、この場合は参考例の約1/2となる。以上により参考例による長期予測結果には最大でファクター4までの余裕度を期待出来、飽和濃度分布レベルは性能試験時の数倍から10倍程度の範囲内と考えられる。この他、冷却材中濃度を「もんじゅ」と「常陽」で比べると、1次系では数倍から1桁程度高くなると予測されるが、2次系ではCTにおけるSG透過水素との共沈捕獲の有無により同程度かむしろ低めとなることが予測される。水・蒸気回路中濃度は Phenix に比べ数倍乃至同程度と予測される。但し、この濃度はブローフローの増加により希釈し低減することは充分可能である。

* 制御棒からの寄与分については性能試験と高燃平衡炉心で制御棒運転パターンが異なるため、トリチウム生成と放出にも違いがあると考えられ、例えば評価97における生成量評価値は夫々31.8と48.4Ci/efpdで1.5倍の開きがあるが、ここではその点までは考慮に入れていない。

5.3 低減対策の検討

5.1.1 基本的考え方と課題

本節においてトリチウム負荷削減のため今後進めるべき方策について考察する。これまでに述べたところにより「もんじゅ」プラントに対しあるいは活用して、設備と運転手法に関し次のように目標を設定することが出来る。

- (1) 発生源対策として制御棒のインパクトを限りなく削減する。
- (2) トリチウムの蓄積する2次系CT運転の長寿命化と廃棄物処理対策。
- (3) 放出トリチウムの限りない気体廃棄物化と活性炭吸着床捕集。

①は制御棒での生成量が最も多いこと、燃料と比べてもメジャーなトリチウム放出源となる見通しのあること、使用後の廃棄物対策が必要であることを考慮している。さて、負荷低減のためには制御棒本数削減が最も直截で効果的な方策である。更に、放出量低減にはHeボンド方式で封入型の場合は、CuOペレット等の封入によりステンレス鋼透過性のHTやT₂を不透過性のHTOあるいはT₂Oに転換すれば、被覆管内に閉じ込めることができ理論的には可能である。「常陽」Mk-IIのようなベント型の場合はベント孔を液面上部に設置し、カバーガス中にガスを直接放出すればNa中への溶解を抑制出来、2次系や水・蒸気系への移行を削減することが考えられる。これは③と関連しており、1次系カバーガス中トリチウムは「もんじゅ」ではカバーガス循環回路中に設置された活性炭吸着床で捕集・除去出来る。一方、Naボンド方式の場合はB₄Cペレットの低温化により、ペレット内部保持が高まりNa中への移行を抑制出来ると期待される。但し、使用後のNa洗浄方法や洗浄廃液処理の課題がある。②についてはまず運転方法からのアプローチが考えられる。確実に言えることはEVの長期運転を達成しクロモリ鋼伝熱管壁表面におけるマグネタイト不動態層形成を進行、完成させ、水側腐食と水素透過に対する障壁能を高めることである。また、ヒドラジン濃度の適切な管理も必要である。この他、SGブロー流量増加と2次系CTバイパス運転の可能性と効果の検討がある。SGブロー流量増加は水・蒸気回路中のトリチウム濃度の希釈だけではなく、水素分圧低減効果も期待され2次Na中への水素透過削減の可能性もある。2次系CTバイパス運転はPhenixでの事例もあることから、系統内のトリチウムと水素の濃度分布バランスを解明しつつ試みるだけの価値はあると思われる。2次系CTの水素化物(NaH)蓄積運転寿命到達時取扱方法については次節で検討することとする。

5.1.2 2次系CT対策技術の検討

(1) プロセス候補

SG側で発生する水素のEV伝熱管透過とCT蓄積により「もんじゅ」2次系CTの運転寿命は5年程度と見込まれる。更に、CTには1次系からIHX伝熱管を透過し移行して来たトリチウムも蓄積しており、5,000Ci程度に達するものと予測される。このCTの取扱については現在までのところでは交換・保管するシナリオになっているが、プラント運転の全期間内で20基程度にもなることも併せ考えると、廃棄物量削減や技術の完結性の観点から満足出来るものとは思われない。そのため、CT再生あるいは廃棄処理技術開発として有効性や実現性の観点から根拠があり期待のも

てる次のような幾つかの方法について概略検討する。

- (a) 液面排気熱分解 C T 再生法
- (b) 拡散膜分離 C T 再生法
- (c) N a OH 洗浄 C T 再生法
- (d) N A S プロセス法
- (e) その他

このうち①は国内外でR&Dと海外炉で適用経験のある既存の方法と考えられる。②は高度化法として仏国で現在研究開発が進められているものであり、③はバルク N a 分解に用いられる方法の機器洗浄への適用化であり、④は N a 技術の F B R 冷却材分野以外のもう一つの有力分野である N A S 電力貯蔵技術の応用を企図するものである。

(2) 処理 C T の基本仕様

「もんじゅ」 2 次系 C T 圧損制限到達時の所与条件は次のようになる。

C T 容器幾何容積 : 11 m³

不純物蓄積量 :

NaH: 432Kg (H: 18 Kg, Na: 414 Kg), NaT: 5,000 Ci

Na₂O: 未定, Na: 10 t 以下 (充填条件)

処理温度: 420°C (最高使用温度) 以下

(3) プロセス検討

(a) 液面排気熱分解 C T 再生法 [21],[22]

図 5.3 に東京芝浦電気(株)に委託して実施された「もんじゅ」 2 次系 C T 再生システム設計検討の概念図の 1 例を示す[21]。ナトリウム系統は処理対象の C T 、液面排気熱分解のためのガス抜きポット、電磁ポンプによる強制循環ナトリウムループ配管、加熱・冷却器、及びドレンタンクなどからなる。カバーガス系統は、ガス抜きポットカバーガス加熱・掃気装置、ミストトラップ(還流型)、ガス循環と供給・廃棄系配管、及び水素・トリチウム回収装置などからなる。更に、N a とカバーガス中の水素、酸素、トリチウム濃度測定のため N a 及びカバーガスサンプリング装置、水素計、ガスクロマトグラフなどのオンライン不純物計を設置しておくことが望まれる。また、再使用機器に対する再品質保証の確認のため、腐食試験サーベイランス部も設けておくことが望まれる。本プロセスにおける水素・トリチウムの放出速度(evolution rate) は住ら(三菱重工(株))の試験研究結果[22]から、ガス抜きポット液面からカバーガス中への解離速度により律速され、これに比べ C T から N a 中への溶解速度やループ中でのミクシング速度は充分速い。液面解離速度は次式により表され、これは基

$$-w \frac{dC_{NH}}{dt} = k_g \cdot A_s \cdot C_{NH}$$

C_{NH}: N a 中水素濃度

k_g: カバーガス水素移行係数

w: N a インベントリ

A_s: N a 液面表面積

本的には N a 中とカバーガス中の水素分圧差により決定されるので、カバーガス移行係数(k_g) はシーベルト定数($K_s = C_{NH}/\sqrt{P_{H_2}}$) が温度によらずほぼ一定となることか

ら、温度依存性はほとんど現れないものと考えられる。住らの試験からは350~450°Cの温度範囲において、 $\sim 10^{-9} \text{ g-H}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{ppm}$ が提案されている。但し、この移行速度はカバーガス中ミスト濃度（水素ゲッターとして働く）により強く影響を受けることが観察されており、カバーガス温度をNa温度より高く加熱すると抑制される。上記の移行係数はカバーガス加熱、ミスト抑制条件下で決定されたものと考えられる。これを用いてCT再生時間の検討を行ってみる。

[検討条件]

Naインベントリ	20 t
水素蓄積量	18 Kg
液面表面積	5 m ²
CT溶解と熱分解温度	350 & 420 °C
水素溶解度	27.8 & 81.5 ppm (水素溶解量: 0.56 & 1.63 Kg in 20t Na)
酸素溶解度	205 & 510 ppm (酸素溶解量: 4.1 & 10.2 Kg in 20t Na)

[評価結果]

温度	分離速度	所要時間
350°C	120 g-H ₂ /d	150 d
420°C	350 g-H ₂ /d	50 d

評価結果に示すとおりCT再生に必要な日数は相当に長くなる。また、CTステンレス鋼メッシュは200~500ppm程度の高酸素濃度のNaに月オーダの長期間曝されることになるので、腐食などに対する健全性保持の確認が必要である。その他、再生装置配管・機器管壁透過トリチウムに対する建屋雰囲気濃度と放出の管理が必要である。

(b) 拡散膜分離CT再生法 [19]

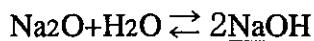
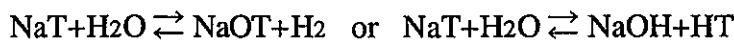
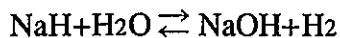
本方法は(a)における水素・トリチウムの熱分解分離を拡散膜透過分離に置き換えたもので、現在仏国 Cadarache 研究所において Phenix (NaH:200Kg, NaT:200~300Ci) と Superphenix (NaH:220Kg, NaT:4000~10000Ci) の2次系CT再生への適用を目的として開発中の技術である。仏国では過去に Phenix において(a)が実施されたにも拘らず本方法の開発が進められていることは、おそらく熱分解法では処理時間が長くかかり過ぎることやNa蒸気の取扱いを含むプロセスであるため分離効率が安定しないなどの課題を克服するためと推察される。仏国での状況は概略次のとおりである。

CT溶解温度	360°C
拡散膜材質	Ni, 100 μm 厚 (管)
拡散膜表面積	10 m ² (5 modules of 15 cells)
拡散膜温度	550°C
処理所要時間	40 日
水素・トリチウム捕獲材	Mg ₂ Ni, Ti, Zr-Co alloy, La-Ni-Mn alloy

但し、高温ナトリウム系であることに伴う課題は(a)と同様である。

(c) NaOH洗浄CT再生法

本方法は10モル程度乃至飽和NaOH水溶液によるCT洗浄法である。洗浄反応は次のとおりである。基本的には水による洗浄法であるが、苛性ソーダ溶液を使用する



ことにより質量作用則により反応速度が抑制されることを利用している。この方法の利点は、まず(a)、(b)法が共にNa浴を用いる高温系であるのに対し、Naドレンして室温の水溶液を用いて低温処理出来ること、また(a)、(b)法では水素・トリチウム分離だけで酸素は分離されないのでに対して本法では両者とも分離されること、更に処理時間は極く短時間で済み作業効率は優れていることである。しかし、(a)、(b)法はインラインでも実施可能であるが本法はCTをラインより取出してのみ実施可能である。ところで、トリチウムはNaOTとして廃液中に残るが一部はHTとしてガス分離するので回収等の対策が必要である。課題は機器洗浄時に必要となる場合のトリチウムガス回収法（金属化合物化、水溶液化等）の確立及び再利用における 10 m^3 以上のトリチウムを含むNaOH廃液の処理と機器再利用時における苛性ワレに対する再品質保証である。廃液処理に関しては最終的には仏国で実施されている燃料再処理工場硝酸廃液の中和剤として利用する方法が参考になると思われる。なお、機器洗浄時は液粘性影響によるNa微小片等の浮上り界面反応活性に対する抑制につき配慮する必要がある。

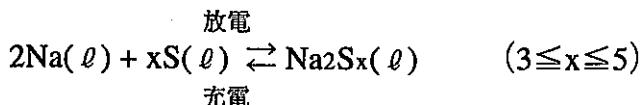
(d) NASプロセス法

(i) システム概念 [23][24]

本項では2次系CT対策技術としてCT再生または廃棄処理のため、Na⁺イオンに対し選択的透過性を有しNAS（ナトリウム-硫黄）電池材料として実用化レベルに達していると言われる、 β'' アルミナ固体電解質の適用によるNAS電力貯蔵・CT処理システムの概念について検討する。本案はもんじゅ発電所に小規模のNAS電力貯蔵設備を併設し通常時は事業所の運用（充放電負荷平滑化）に供しながら、CT処理時にNaドレン後機器ごとサイトに運びこみ、①NAS電池正極材料である液体硫黄（S）によるCT蓄積不純物Na化合物洗浄を行い、②洗浄“廃液”に当たる液体ナトリウム硫化物のNAS電力貯蔵設備を用いて正（S）、負（Na）極材料を回収し（充電）、③ β'' アルミナ固体電解質透過により負極側に回収されたNaを2次系ループヘリサイクルするシステム概念である。CTに蓄積した水素・トリチウムや酸素などの不純物化合物は液体Sによる洗浄時にガス化し分離回収され、更にNAS電池充電によるNa回収時にS側に分離される。液体S洗浄後のCTは健全性保持の有無によりもんじゅで再利用または廃棄処理される。システム工程を化学反応系で表すと下記のようになる。

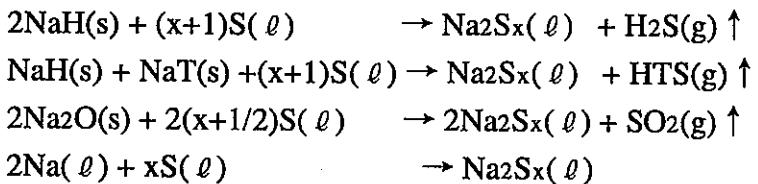
(通常運用時)

N A S 電力貯蔵運転 (充放電負荷平滑化) :

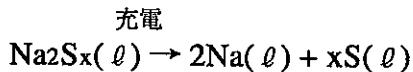


(C T 处理時)

C T 蓄積N a 化合物洗浄 (液体Sによる硫化N a 生成とガス化分離) :



N a 回収 (N A S 電力貯蔵設備による) :



以上により本システムは今日実用化レベルに達したと言われる N A S 電力貯蔵技術に C T 处理機能を付加する方法と見なせる。これは C T に限らず F B R プラントから発生する N a 化合物 "廃棄物" のほとんどのものから、金属 N a を取り出しリサイクルを可能とし再資源化する概念と位置づけられる。

(ii) 成立性検討

(1) 液体SによるC T 蓄積N a 化合物洗浄

前項のシステム概念に基づき液体SによるC T 蓄積N a 化合物洗浄技術の成立性につき検討する。(2)により以下の検討では処理N a 量を 1~10 t と設定する。Sの基礎物性は次のとおりである。

融点	119.25°C (单斜S), 112.8°C (斜方S)
沸点	444.6°C
密度	2.07 g/cm³

1~10 t のN a を含む化合物を硫化N a に変換するために必要なS量は3.5~35 tと見込まれる。N a - S 反応は典型的な酸化還元反応の1つで大きな発熱量を持つが、液体Sによる洗浄が可能のためには、まず(i)に示したナトリウム化合物との反応が熱化学的に進み得ることが確認されなければならない。また、発熱対策と同時に実際上の問題が、この液体の粘度は融点から温度が高くなるに従って増加すると言う(Sには幾つかの同素体があり液体のS₈分子構造が環状から鎖状に変化する:S_λ→S_μ)通常の液体とは逆の"異常性"から生ずると考えられる(160°Cから高温側に粘性を増し230°C近傍で流動性が事実上消失するとされる)。従って、融点近傍の粘性の低い流動性のある温度範囲でのNa化合物との反応性及びガス分離(気泡として液中に残留しない等)の成立性が鍵となると思われる。反応特性と条件解明、発生ガス捕集法、容器腐食対策や"廃液"ドレン後の残留反応生成物の洗浄法などが研究開発課題と考えられる。

(d) N A S電力貯蔵設備によるN a回収

液体S "廃液" (S-Na₂S_x溶液) をN A S電池正極材料として用い、充電過程でN a⁺イオンのβ"アルミナ固体電解質の選択透過によりN aを回収するための成立条件を検討する。N A S電池データより運転温度は300~350℃で、処理能力は0.8g/cm²/h/A程度と見積られ、N A S電池β"アルミナ管(約1,000cm²)では0.8Kg/h本程度までの処理が可能である(日立製作所のN A S電池システムパンフレットによる)。"廃液"中に含まれる1~10tのN a処理の成立条件は次のようになる。

処理時間 1週間に設定

処理率 6~60 Kg/h

充電量 260~2,600 F/h (処理Na含有量で決まる)

電力容量 15~150KW (NAS電池の理論起電力を2.08Vとする)

上記検討での電力容量からしてその規模は100KW級N A S電力貯蔵設備となり、今日までに東京電力などで負荷平滑用として実証されて来ている50~500KWパイロットプラント級となり充分実現可能と思われる。但し、リサイクル正極材料(Na₂S_x)を使用するのでその品質(不純物等)の影響と対策について検討しなければならないと考えられる。

(iii) 結論

2次系C Tの廃棄処理または再生をN A S電力貯蔵設備とリンクさせ行う本案は、リサイクル型の廃棄物処理として魅力ある技術と言える。その成立性の鍵は液体SによるN a化合物の洗浄処理技術開発の成否にかかっている。本システムの開発に成功するならば、C Tに限らずLMFBRから発生するN a廃棄物全般に適用可能で、N a工学電力施設における金属N aと電力のリサイクルが可能となるだろう。

(e) その他

最後に、考えられる方法のうち最も簡単なC Tドレン再生法について検討してみる。即ち、C T圧損制限到達時にC T内に蓄積した不純物化合物を充填N aに溶解しタンクへドレンしC T再生を行い、タンクに移送された汚染N aをβ"アルミナ固体電解質を用いてN aと水素、トリチウム、酸素などの不純物と分離する方法である。

(2) の処理C Tの基本仕様に対して、再生のための基礎条件は次のとおりである。

C T容器幾何容積 11 m³

水素蓄積量 18 Kg

溶解温度 350~420℃

水素溶解度 27.8~81.5 ppm

水素化物溶解に必要なN a量 650~220 t

上記検討結果より不純物溶解のためにはかなり大量のN aが必要で、C T 1基分程度のN a(<11m³)で蓄積不純物をドレンタンクに移送するシステムと運転方法の確立のためには相当のR&Dが必要と思われる。なお、10m³程度のN aに18kgの水素を全量溶解(溶解度=2,250 ppm)するには、溶解度データより790℃の高温が必要である。これは機器の設計温度(最高使用温度=420℃)からしても、またメッシュ健全性保持からも非現実的な温度である。

表5.1 もんじゅ定格運転（100% 炉出力）スケジュール

サイクル	状 態		積算日数		実効全出力 運転日(efpd)
	運転	停止	(運転終了)	(サイクル終了)	
1	123	45	123	168	163
2	123	120	291	411	286
3	123	45	534	579	409
4	123	120	702	822	532
5	123	45	945	990	655
6	148	120	1138	1258	803
7	148	45	1406	1451	951
8	148	120	1599	1719	1099
9	148	45	1867	1912	1247
10	148	120	2060	2180	1395
11	148	45	2328	2373	1543
12	148	120	2521	2641	1691
13	148	45	2789	2834	1839
14	148	120	2982	3102	1987
15	148	45	3250	3295	2135
16	148	120	3443	3563	2283
17	148	45	3711	3766	2431
18	148	120	3904	4024	2579
19	148	45	4172	4217	2727
20	148	120	4365	4485	2875
21	148	45	4633	4678	3023
22	148	120	4826	4946	3171
23	148	45	5094	5139	3319
24	148	120	5287	5407	3467
25	148	45	5555	5600	3615
26	148	120	5748	5868	3763
27	148	45	6016	6061	3911
28	148	120	6209	6329	4059
29	148	45	6477	6522	4207
30	148	120	6670	6790	4355
31	148	45	6938	6983	4503
32	148	120	7131	7251	4651
33	148	45	7399	7444	4799
34	148	120	7592	7712	4947
35	148	45	7860	7905	5095
36	148	120	8053	8173	5243
37	148	45	8321	8366	5391
38	148	120	8514	8634	5539
39	148	45	8782	8827	5687
40	148	120	8975	9095	5835
41	148	45	9243	9288	5983
42	148	120	9436	9556	6131
43	148	45	9704	9749	6279
44	148	120	9897	10017	6427
45	148	45	10165	10210	6575
46	148	120	10358	10478	6723
47	148	45	10626	10671	6871
48	148	120	10819	10939	7019
49	148	45	11087	11132	7167
50	148	120	11280	11400	7315
51	148	45	11548	11593	7463
52	148	120	11741	11861	7611
53	148	45	12009	12054	7759
54	148	120	12202	12322	7907
55	148	45	12470	12515	8055
56	148	120	12663	12783	8203
57	148	45	12931	12976	8351

2CT交換サイクル（約18Kg-H/CTの水素捕獲量到達時期）

表5.2(a) もんじゅ定格運転時トリチウム分布(累積量推移)長期評価(Heボンド型制御棒使用時)

サイクル*		8	17		26		35		44		53		57	
状態	運転(d)	148	148		148		148		148		148		76	
	停止(d)	120		45		120		45		120		45		45
積算日数	運転終了(d)	1599		3711		5748		7860		9897		12009		12931
	計外終了(d)	1719		3756		5868		7905		10017		12054		12976
実効全出力運転日(elpd)		1099		2431		3763		5095		6427		7759		8351
	分布量(Bq)	分布割合(%)												
炉心からの放出量	1.97E+15		3.87E+15		5.20E+15		6.23E+15		6.91E+15		7.48E+15		7.66E+15	
1次系冷却材溶存量	2.47E+13	1.25	2.73E+13	0.71	2.55E+13	0.49	2.39E+13	0.38	2.16E+13	0.31	2.02E+13	0.27	1.94E+13	0.25
1次系CT捕獲量	1.55E+15	78.68	2.92E+15	75.45	3.89E+15	74.81	4.67E+15	74.96	5.20E+15	75.25	5.68E+15	75.94	5.84E+15	76.24
1次系ガス残存量	1.15E+10	0.00	1.13E+10	0.00	9.47E+09	0.00	7.99E+09	0.00	6.51E+09	0.00	5.48E+09	0.00	5.05E+09	0.00
小計	1.57E+15	79.93	2.95E+15	76.16	3.92E+15	75.30	4.69E+15	75.34	5.22E+15	75.57	5.70E+15	76.21	5.86E+15	76.49
2次系冷却材溶存量(3loop)	3.48E+11	0.02	4.81E+11	0.01	4.75E+11	0.01	4.59E+11	0.01	4.36E+11	0.01	4.20E+11	0.01	4.44E+11	0.01
2次系CT捕獲量(3loop)	3.87E+14	19.64	8.76E+14	22.64	1.22E+15	23.48	1.46E+15	23.45	1.60E+15	23.10	1.69E+15	22.54	1.71E+15	22.28
2次系ガス残存量(3loop)	6.60E+07	0.00	9.11E+07	0.00	9.01E+07	0.00	8.72E+07	0.00	8.28E+07	0.00	7.97E+07	0.00	8.40E+07	0.00
小計	3.87E+14	19.66	8.76E+14	22.65	1.22E+15	23.49	1.46E+15	23.46	1.60E+15	23.10	1.69E+15	22.55	1.71E+15	22.29
SG水・蒸気溶存量(3loop)	1.84E+07	0.00	2.54E+07	0.00	2.51E+07	0.00	2.43E+07	0.00	2.31E+07	0.00	2.22E+07	0.00	2.34E+07	0.00
気体廃棄物量(1&2次系)	1.33E+13	0.68	3.01E+13	0.78	4.19E+13	0.81	4.99E+13	0.80	5.43E+13	0.79	5.70E+13	0.76	5.76E+13	0.75
SG液体廃棄物量(3loop)	2.44E+12	0.12	5.85E+12	0.15	8.28E+12	0.16	9.98E+12	0.16	1.10E+13	0.16	1.16E+13	0.16	1.18E+13	0.15
小計	1.58E+13	0.80	3.60E+13	0.93	5.02E+13	0.97	5.99E+13	0.96	6.53E+13	0.94	6.86E+13	0.92	6.94E+13	0.91
合計	1.98E+15	100	3.86E+15	100	5.19E+15	100	6.22E+15	100	6.88E+15	100	7.46E+15	100	7.64E+15	100

* 2次系CT交換見込サイクル：約18Kg-H/CTの水素蓄積量到達時期(57サイクルは除く)

(1次系コールドトラップ不純物蓄積量**)

水素捕獲量(Kg/基)	3.53	6.03	8.57	11.00	13.40	15.80	16.80
トリチウム捕獲量(Bq/基)	1.55E+15	2.92E+15	3.89E+15	4.67E+15	5.20E+15	5.68E+15	5.84E+15

** 1次系CT水素捕獲設計容量：約12Kg-H/基

(2次系コールドトラップ交換時期不純物蓄積量***)

水素捕獲量(Kg/基)	16.40	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	8.09
トリチウム捕獲量(Bq/基)	1.29E+14	1.98E+14	1.96E+14	1.90E+14	1.90E+14	1.80E+14	1.73E+14

*** 2次系CT水素捕獲設計容量：約18Kg-H/基

表5.2(b) 「もんじゅ」トリチウム分布性能試験時推定と長期評価 (Heボンド型制御棒使用時)

サイクル*	性能試験終了時までの累積		53cyまでの累積		54-55cy期間内	
	分布量 (Bq)	分布割合 (%)	分布量 (Bq)	分布割合 (%)	分布量 (Bq)	分布割合 (%)
実効全出力運転日 (efpd)	40		7759		296	
炉心からの放出量	1.91E+13		7.48E+15		6.08E+14	
1次系冷却材溶存量	2.04E+12	10.68	2.02E+13	0.27	2.38E+13	3.91
1次系CT捕獲量	1.50E+13	78.53	5.68E+15	75.94	4.56E+14	75.06
1次系かーがス残存量	3.86E+09	0.02	5.48E+09	0.00	1.12E+10	0.00
小計	1.70E+13	89.23	5.70E+15	76.21	4.80E+14	78.97
2次系冷却材溶存量 (3loop)	1.99E+10	0.10	4.20E+11	0.01	1.65E+11	0.03
2次系CT捕獲量 (3loop)	1.44E+12	7.52	1.69E+15*	22.54	1.22E+14	20.03
2次系かーがス残存量 (3loop)	6.63E+07	0.00	7.97E+07	0.00	6.35E+07	0.00
小計	1.46E+12	7.63	1.69E+15	22.55	1.22E+14	20.06
SG水・蒸気溶存量 (3loop)	3.68E+07	0.00	2.22E+07	0.00	8.73E+06	0.00
気体廃棄物量(1&2次系)	1.02E+11	0.53	5.70E+13	0.76	4.47E+12	0.73
SG液体廃棄物量 (3loop)	4.77E+09	0.02	1.16E+13	0.16	1.41E+12	0.23
小計	1.07E+11	0.56	6.86E+13	0.92	5.88E+12	0.97
合計	1.86E+13	97.42	7.46E+15	100	6.08E+14	100

* 2次系CT交換見込サイクル：約18Kg-H/CTの水素蓄積量到達時期 (8,17,26,35,44,53 cy)

2次系CT交換時のトリチウム捕獲量：1.29～1.98E14Bq/基

表5.3 先行炉トリチウム飽和データとの比較

プラント		「常陽」		Phenix		「もんじゅ」		
制御棒		Heポンド・ヘント型		Naポンド・ポーラス・ラグ・ダブルヘント型		Heポンド封入型		Naポンド・ヘント型
最集段冷却		空気冷却器		蒸気発生器		蒸気発生器		
時期		MkII 13th~15th cy.	MkII 16th~22th cy.	'97~'98 トリチウムキャプーン	'98.3~'98.11 (the 50th cy.)	定格第17cy. (2431efpd)		
出力	MWth	100		563	348	714		
炉心放出率	Bq/efps	1.44E+06*		1.80E+06~1.91E+06*		(評価97)	5.87E+06*	(評価97)
		4.16E+06**		4.86E+06**		2.49E+07**	1.25E+07**	
濃度分布データ区分		実測		実測		計算	計算[実測]	計算
1次系	Na中濃度	Bq/m3	4.07E+09	1.21E+08	3.78E+09	1.23E+09~3.32E+09	4.74E+10	1.13E+10
			±2.22E08	±3.53E07			[2.95E+09]	2.38E+10
カバーガス中濃度	Bq/m3	1.78E+07	6.85E+06	—	—	1.41E+08	3.35E+07	7.06E+07
			±4.89E06	±3.14E06			[3.17E+06]	
2次系	Na中濃度	Bq/m3	1.06E+09	1.27E+09	1.02E+09	—	1.05E+09	2.49E+08
			±3.12E08	±4.70E08			[5.95E+07]	5.24E+08
カバーガス中濃度	Bq/m3	7.98E+05	6.27E+05	—	—	3.70E+06	8.81E+05	1.86E+06
			±1.07E05	±2.24E05			[1.75E+05]	
水・蒸気系	水・蒸気中濃度	Bq/m3	—	—	5.00E+06	1.00E+06~1.23E+06	2.12E+07	5.04E+06
							[2.10E+06]	1.06E+07

* 実測濃度分布適合値

** モデル計算評価値

[]内データは「もんじゅ」性能試験実測値（最大）

図 5.1 「もんじゅ」定格運転時トリチウム累積分布量長期評価
(Heポンプ制御棒使用時)

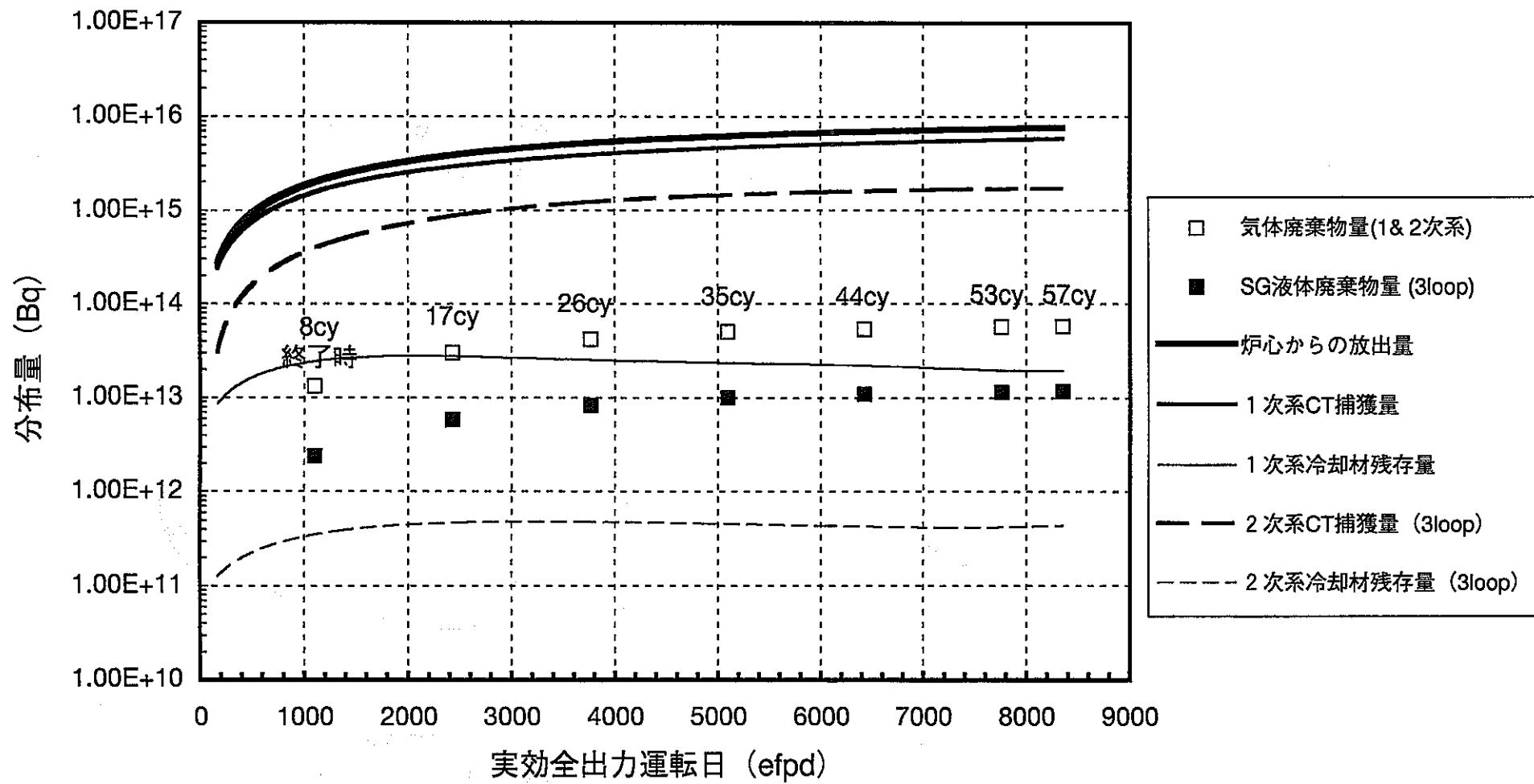
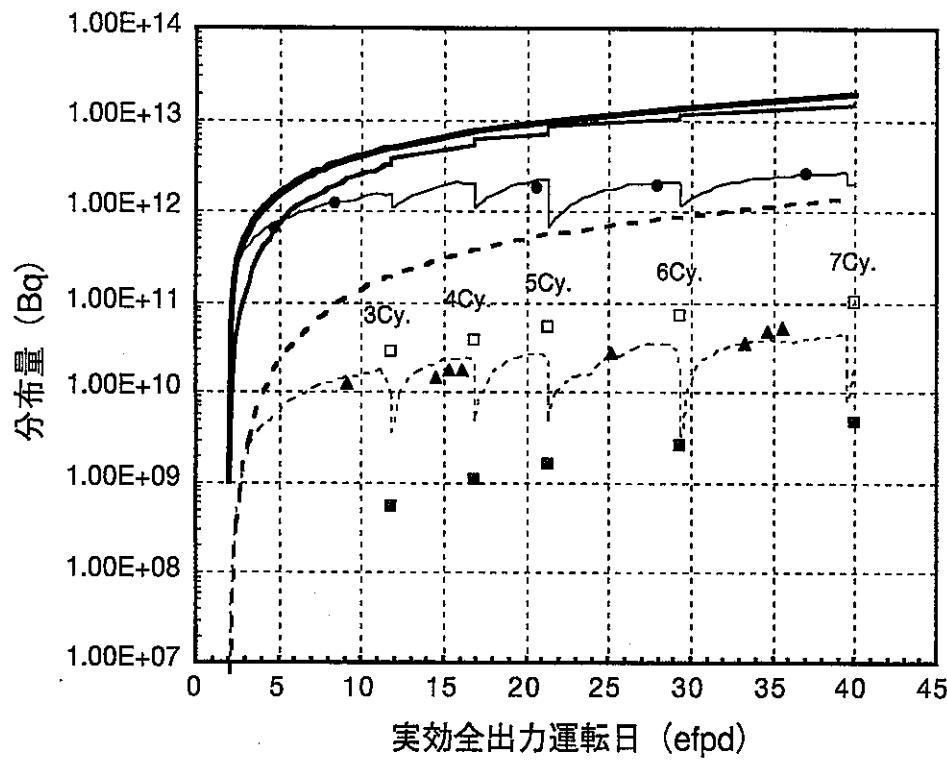
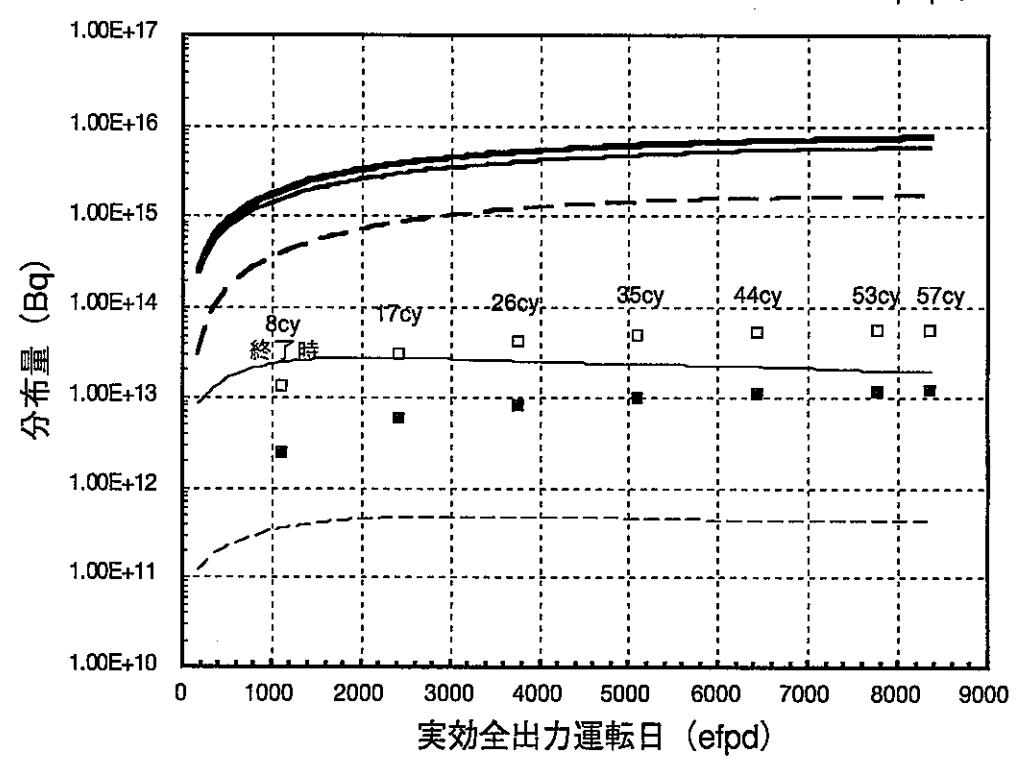


図5.2 「もんじゅ」トリチウム分布推移比較

「もんじゅ」性能試験時分布量（累積）変化の推定
(炉心からの推定放出率=507GBq/efpd)



「もんじゅ」定格運転時分布量（累積）変化の長期予測
(Heボンド制御棒使用時：炉心からの予測放出率=2148GBq/efpd)



- 炉心からの放出推定量
- 1次冷却材溶存推定量
- 1次冷却材溶存実測量
- 1次CT捕獲推定量
- - - 2次冷却材溶存推定量 (3-7)
- ▲ 2次冷却材溶存実測量 (3-7)
- - - 2次CT捕獲推定量 (3基)
- 気体廃棄物推定量 (サイクル終了時)
- SG液体廃棄物推定量 (サイクル終了時)

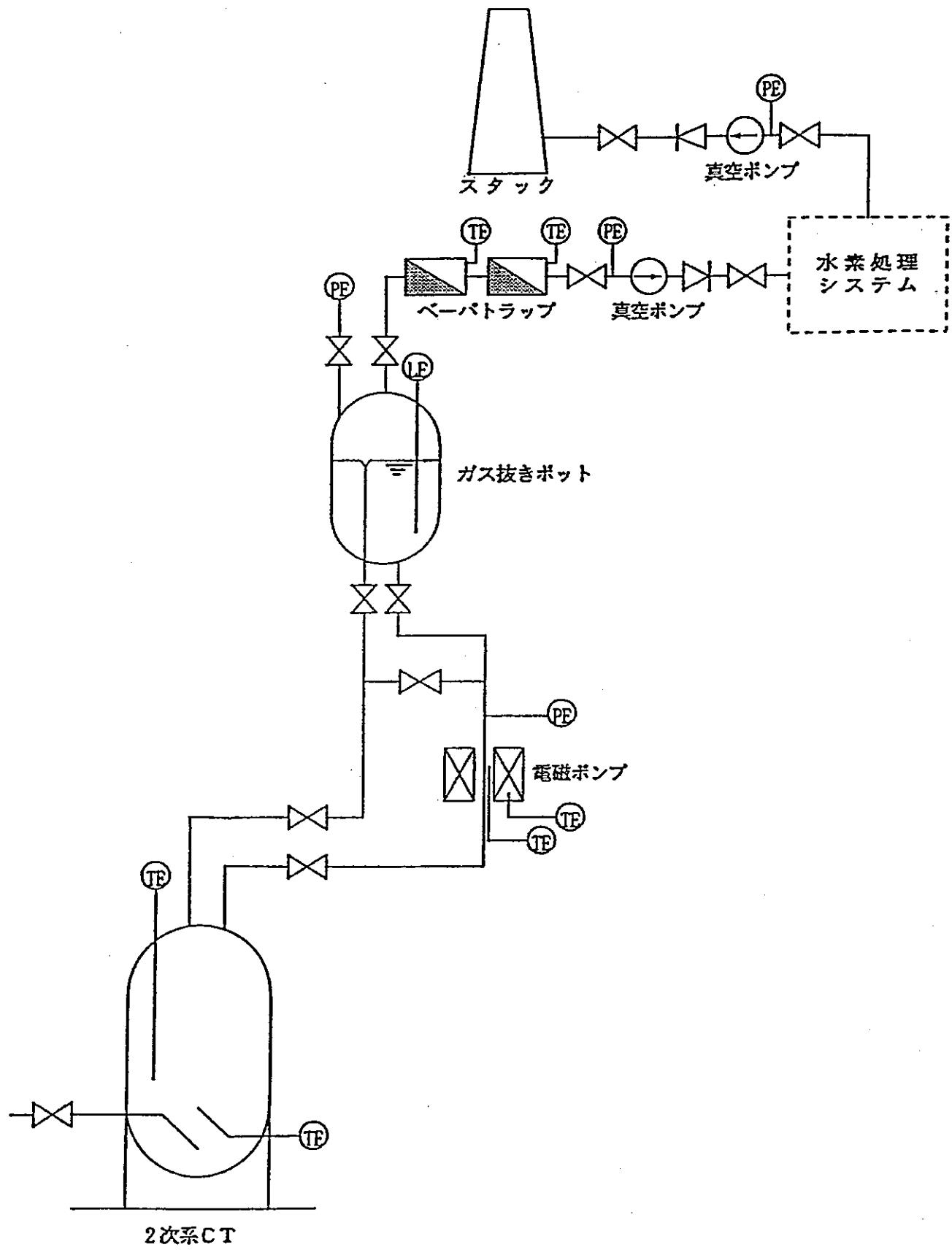


図5.3 液面排気熱分解CT再生システムの概念図

6. 今後の課題

トリチウム挙動解析評価手法改良整備、実プラントデータ解析評価、及び低減対策技術開発に関する今後の課題について以下にまとめる。

(解析評価手法改良整備)

- (1) FBR炉心トリチウム放出源の究明。本研究において推測された制御棒からの放出の優位性のプラントデータ解析評価の積重ねによる検証及び燃料の核3分裂からの放出が劣勢になることの要因究明。
- (2) 解析コード(TTT)における「もんじゅ」体系モデルに1次系カバーガス循環と活性炭吸着塔による捕集機能を組み入れ、カバーガス中トリチウム濃度分布に対しコード検証精度の向上を図ること。
- (3) Phenixトリチウム測定試験キャンペーン時のCTとSG運転パターンに対する挙動の解析評価を進めコード解析精度の向上を図ること。
- (4) 水素、トリチウムのステンレス鋼伝熱管壁透過率(permeability)データの信頼性検証及び補正係数に対する物理的解釈の明確化。
- (5) プラント建屋内雰囲気濃度及び環境放出量評価手法(モデルとコード等)との連携整備。

(データ解析評価)

- (6) 「もんじゅ」運転再開から飽和に到るトリチウム・水素濃度分布データによる挙動解析評価及びコード検証のためのトリチウム測定試験(CT捕獲及び伝熱管透過等)キャンペーン計画立案。
- (7) 「常陽」データ解析評価との連携及び解析コードに関する Monju / Phenix ベンチマークテストの推進による、プラント経験の共有化及び解析評価手法と低減対策技術における達成の相互反映。

(低減対策技術開発)

- (8) 「もんじゅ」制御棒開発(長寿命化、物量見直し)に対するトリチウム放出量削減の観点からのデータ反映。
- (9) 2次系CT運転長寿命化によるトリチウム負荷削減の観点から、「もんじゅ」プラント運転手法整備(CT運転パターン、SGブロー流量及び水質管理等)へのデータ反映。
- (10) 2次系CT再生・処理技術開発計画立案(概念検討と手法選定、試験計画策定、「もんじゅ」実用化推進等)。

7. 結論

本研究における結論は以下のとおりである。

- (1) FBR炉心からのトリチウム放出源に関し、「常陽」、Phenix、「もんじゅ」性能試験トリチウムバルク放出速度適合値の比較検討において、これらの値は従来からの放出源評価モデル（燃料: 100%、制御棒: 評価により 0~100% の範囲で様々）による値を下回り、また原子炉熱出力ノミナル値に比例的ではなかった。このことから制御棒からの放出寄与の優位性、He あるいはNaボンド方式によるB4Cペレット温度及び本数、物量影響の大きいことが推測された。
- (2) 「もんじゅ」出力上昇試験時のプラント及び純度管理データを用い、高速炉トリチウム挙動解析コード "TTT" の検証を行った結果、プラント初期における系統内水素濃度実測分布を計算値により再現出来ることが確認され、またNa及び水・蒸気回路中トリチウム濃度分布に対して C/E=1.1 が得られ、コードの妥当性が確認された。また、Arカバーガス中濃度実測分布を解釈するうえで、トリチウムのNaとカバーガス系間移行において、シーベルトの分圧差による移行に加え、全ての物質相での同位体存在比均一化傾向を駆動力とする両相間での水素とトリチウムの同位体交換を考慮するモデルが、考慮しない場合に比べより整合的なことが確認された。
- (3) 「もんじゅ」出力上昇試験時の水素濃度実測分布解析から、運転初期において 1 次系カバーガス中での水素発生による濃度上昇が生じ、これがNa中に溶解し PL 計指示温度上昇をもたらし、これに伴い 1 次系 CT 温度が高温設定となり、トリチウムの 2 次系移行促進条件に到る場合のあることが推定された。この水素発生は、炉心移行の如き大規模燃料交換作業等において、カバーガスに混入した湿分により管壁表面に生じた NaOH が Na 蒸気に曝され、412 °C を越えた時進行可能となる $\text{NaOH}(\ell) + \text{Na}(\ell) \rightarrow \text{Na}_2\text{O}(s) + 1/2\text{H}_2(g)$ 反応により放出されたと考えられる。
- (4) 「常陽」と「もんじゅ」におけるトリチウム・水素濃度分布測定データと挙動解析から、トリチウム挙動に対する水素効果が確認された。「もんじゅ」では EV クロモリ鋼伝熱管水側腐食とヒドラジン熱分解により生成した水素の 2 次系ナトリウム中への管壁透過による移行があり、これによりトリチウムの 2 次系 CT 捕獲が促進され、トリチウム濃度分布が 1 次系に比べ 1/50 程度となるのに対し、「常陽」では 1/5 程度までである。トリチウム CT 捕獲効率は水素との共沈捕獲に対し 1、同位体交換捕獲に対し 0.3 と推定された。
- (5) EJCC ナトリウム技術専門家会議での合意により、トリチウム挙動解析コードに関する Monju / Phenix ベンチマークテストに着手した。解析コードは "TTT" (日) と "KUTIM" (仏) と称する。Phenix プラントは既に 20 数年の運転を経過しており、FBR のトリチウムに関する長期に亘る挙動現象とプラント経験を評価するうえで格好の事例となる。入手されたプラントデータと 2 千数百 efpd 運転後に行われた解析コード検証のためのトリチウム測定試験キャンペーンデータを用いて、"TTT" コードのタンク型プラントへの適用化のための入力データ整備と予備解析を行い、Na と水・蒸気中濃度に対し最大 C/E=3~6 までとなつたが、今後 CT と SG

運転パターンに対する挙動の解析評価を進めコード検証精度の向上を図る。

- (6) "TTT" コードを用い「もんじゅ」性能試験データによる検証結果を踏まえ約 30 年間に亘り定格運転長期予測を行った。冷却材中濃度は定格運転開始後10年前後 (2,000 efpd) までに実質的な飽和に到り、出力上昇試験時に比べNa 中で 20倍前後、水・蒸気中で 10 倍程度と予測された。30 年間に炉心からNa 中に放出されるトリチウム累積総量は約20万Ciで、そのうち98%がCTに捕獲され、気体廃棄物や SG排水として環境中に放出されるのは1% 以下であり、残余は冷却材中に溶存すると予測された。2 次系CTの水素化物蓄積による運転寿命は 5年程度で、交換時点におけるトリチウム蓄積量は約 5,000Ciと予測された。トリチウム炉心放出率適合値の先行炉経験との比較検討から、この予測結果は過少評価と言うことはなく最大 4までの余裕度が含まれると評価された。
- (7) 30 年運転経過時点での年間環境放出量と公衆被ばく線量当量の予測結果は、放水口、排気筒とも官庁報告値の数分の 1 以下で充分な余裕度を有している。濃度については現状では越える予測のものもあるが、2 次Na及び水・蒸気中濃度以外は余裕度の範囲に収まっている。そうでない場合については今後放出源低減対策やSGプローフlow流量増加による希釈により対応を進めるべきものと考えられる。特に、水・蒸気中については定格運転開始までには対策の確立を図るべきものと考えられる。
- (8) 「もんじゅ」長期定格運転におけるトリチウム負荷削減のため、先行炉経験も踏まえ次の目標を立てることが出来る。①発生源対策としての制御棒のインパクトの限りない削減。②トリチウムの蓄積する 2 次系CT運転の長寿命化と廃棄物処理対策。③放出トリチウムの限りない気体廃棄物化と活性炭吸着床捕集。Naポンド型制御棒開発はトリチウム放出低減を期待させる。2万時間程度までのEV長期安定運転達成により、クロモリ鋼伝熱管内壁面のマグネタイト不動態層形成を完成させ、水素、トリチウムの透過抑制を進めることが出来る。2 次系CT再生・処理対策として、NaOH水溶液洗浄を始めとし熱分解法、拡散法、NASプロセスにつき検討し、手法選定を行い、開発試験と「もんじゅ」実用化を進めることが望まれる。

以上、本研究により "TTT" コードの実力ベースでの妥当性及び「もんじゅ」トリチウム管理と低減対策における見通しを明かとすることが出来た。

謝辞

本研究の実施にあたり指導と助言を頂いた井上達也国際技術センター長、遠藤昭同センター次長、渡士克己同プラント機器技術開発GL.、中本香一郎前もんじゅ技術開発部長（現検査開発(株)）、舟田敏雄元同部担当役（現海洋科学技術センター）、及び「もんじゅ」建設所安全管理課二之宮和重課長に謝意を表します。並びに、「もんじゅ」データ整備に御助力頂いたもんじゅ建設所元プラント1課大戸敏弘課長代理（現大洗工学センター実験炉部技術課長）、安全管理課富永恭主査（現（財）若狭湾エネルギー研究センター）、河原正則研究員、鈴木実主査（現東海事業所環境保全部環境保全課）、及びPhenixデータと解析手法に関し情報交換頂いた Cadarache 研究所 Dr. Christian Latge, Dr. Francoise Maase, Jlouis Courouau の各氏に感謝致します。また、「もんじゅ」炉心トリチウムソーススター評価について情報を提供頂いたもんじゅ建設所技術課佐々木研治主査、TTT コード整備に協力頂いた日立エンジニアリング（株）竹内純氏に感謝致します。

参考文献

- [01] R.Kumar, "Tritium transport in an LMFBR", ANL8089, (1974)
- [02] M.Carmenati et al, Hydrogen and tritium behaviour in Phenix and PFR, Proceedings of the 4th international conference on liquid metal engineering and technology, Avignon, pp620-1~620-13 (1988)
- [03] P.R.Prevo, Control of tritium at the Fast Flux Test Facility, WHC-SA-0503, (1989)
- [04] H.D.Hanke et al, Tritium im tertiarkreis der kompakten natriumgekühlten Kernreaktoranlage Karlsruhe (KNKII), KfK 4972, (1991)
- [05] PNC SJ202 77-09, 高速増殖炉プラントにおけるトリチウム挙動解析コード, (株)日立製作所, (1977)
- [06] PNC SJ2124 88-001 & 2, 高速増殖炉もんじゅ発電所 放射性物質挙動評価, (株)日立製作所, (1988)
- [07] TRIM 委員会調査検討資料：高速増殖原型炉もんじゅにおけるトリチウム管理について, 平成9年3月31日
- [08] PNC ZN 2410 94-053, 高速増殖炉におけるトリチウム挙動評価手法の整備—解析コード(TTT5) の検証と「もんじゅ」事前評価, (1994)
- [09] PNC ZJ2124 96-007, 高速増殖原型炉もんじゅ放射性物質挙動解析コードの改良整備, (株)日立製作所, (1996)
- [10] PNC PJ2124 98-007, 高速増殖原型炉もんじゅ高速炉トリチウム挙動解析コード(TTT9) の整備, (株)日立製作所, (1998)
- [11] PNC SN9410 90-178, 高速炉におけるトリチウム挙動の評価—「常陽」におけるトリチウム分布の測定と挙動解析, (1990)
- [12] 設計図書資料 : E13-972S-A080M01/R0, 遮蔽線源計算書 トリチウム生成量
- [13] PNC ZJ 2678 98-001, トリチウムの生成・移行量評価, 新型炉技術開発(株), (1998)
- [14] C.C.Miles, Tritium retention in EBR-II irradiated boron carbide, ANL-8107, (1974)
- [15] 第7回「常陽」技術専門委員会資料 J-7-3, 炉心構成要素の開発—「常陽」における制御棒の開発経験, (1998)
- [16] C.C.McPheeers et al, Control of tritium in LMFBR sodium by cold trapping, International conference on liquid metal technology in energy production, 1980
- [17] J.R.Gwyther et al, The kinetics of hydrogen removal from liquid sodium, Material behaviour and physical chemistry in liquid system (edited by B.U.Borgstedt), Plenum press, pp335-343 (1982)
- [18] D.R.Vissers et al, A hydrogen activity meter for liquid sodium and its application to hydrogen solubility measurements, Nucl. technol., 21, p235 (1974)
- [19] PNC PE 0063 97-002, PNC PE 0064 97-002, EJCC 第2回ナトリウム技術専門家会議報告, (1997)
- [20] FBEC 委託報告書, 「2次ナトリウム漏えい対策作業 平成9年度(その2)
Ⅲ 運転管理の検討(3) トリチウム管理の検討」, 平成10年6月
- [21] PNC ZJ 1164 93-001, 2次系コールドトラップ再生システムのもんじゅへの適用性検討, (株)東芝, (1993)
- [22] M. Sumi et al, Experimental study on cold trap regeneration using sweep gas method, Proc. 4th LIMET, Avignon, pp614-1~7 (1988)
- [23] H.U.Borgstedt and C.K.Mathews, Applied chemistry of the alkali metals, pp272-276 (1987), Plenum Press, ISBN 0-306-42326-X
- [24] 立花慶治, N A S電池-東京電力における電力負荷平準化用N A S電池の開発, 化学と工業, 第49巻, 第12号, pp1639-1642 (1996)

付 錄

A 1 T T T 9 コードマニュアル

TTT 9 コードの入力データ説明マニュアル

TTT 9 コードの入力形式はDORE（高速炉線源挙動予測・線量当量率分布可視化システム）上では NameList方式*であるが、以下に説明する機能を追加し、使いやすい入力方式とした。

*メインフレーム上では相対番地方式となっている。

(1) 制御レコードの機能

本コードは、1回の計算で複数の計算ケースを実行することができる。

そこで、計算ケースの区切りとして、*STARTCASEと*ENDCASEの2つのレコードを追加した。

具体的には、計算ケースの先頭に*STARTCASEレコードを指定し、その後に、一般的のデータ（改良型NameList形式のデータ）を指定し、その後に*ENDCASEレコードを指定する。また、複数の計算ケースを指定するときは、続けて*STARTCASEと*ENDCASEのレコードを組で必要は計算ケース分指定する。

TTT入力データの記述例

```
*STARTCASE 計算ケース-1
$INP0
.
.
$END
$INP1
.
.
$END
$INP2
.
.
$END
.
.
$INP9
.
.
$END
*ENDCASE
*STARTCASE 計算ケース- 2
$INP0
.
.
$END
.
.
$INP9
.
.
$END
*ENDCASE
*STARTCASE 計算ケース-n
.
.
```

The diagram illustrates the structure of the input data for TTT 9. It shows a sequence of input lines enclosed in a large rectangular frame. The lines are grouped into three distinct calculation cases by vertical braces on the right side. The first case, labeled '計算ケース-1', starts with '*STARTCASE' and ends with '*ENDCASE'. The second case, labeled '計算ケース-2', starts with '*STARTCASE' and ends with '*ENDCASE'. The third case, labeled '計算ケース-n', starts with '*STARTCASE' and ends with '*ENDCASE'. Within each case, there are input lines such as '\$INP0', '\$INP1', '\$INP2', '\$INP9', and '\$END'. The lines are separated by dots indicating continuation.

図1 改良型Namelist方式による計算ケースの指定方法

(2) 注釈行の指定機能

一般的なNameListの入力方法は、実データのみの指定しかできないが、本コードでは、コメントも任意に指定できるように改良した。

具体的には、1カラムに"C"の英字を書き、それ以降のカラムに任意なコメントを記入する。

この機能により、実データの意味付けや注記が表現でき、分かりやすい入力データファイルが作成できる。

(3) データブロックのオーバーレイ機能

一般的なNameListの入力方法は、プログラムで指定されたブロックの順序でしか入力できないが、本コードでは、ブロックの順序は任意に指定してもよく、また、何回も同じブロック名を指定できる。そして、最後に指定したブロックのデータが有効となる。

この機能により、データのオーバーレイが可能となり、データの階層的管理ができるようになった。

なお、NameList型式のデータ記述は、

```
$ ブロック名  
[変数名=値 [変数名=値] . . . ]  
$ [END]
```

(4) Includeの機能

TTTコードの入力データは、ナトリウム系の外部からの進入率変更時刻や部屋間の排気風量変更時刻等の比較的大量データを入力データ列から取り除くことにより、データの透過性を良くすることができる。

具体的には、別ファイルから挿入(Include機能)出来るようにした。

この機能を追加したことにより、共通データのライブラリ化が可能になった。その具体的な入力方法を図2に示した。

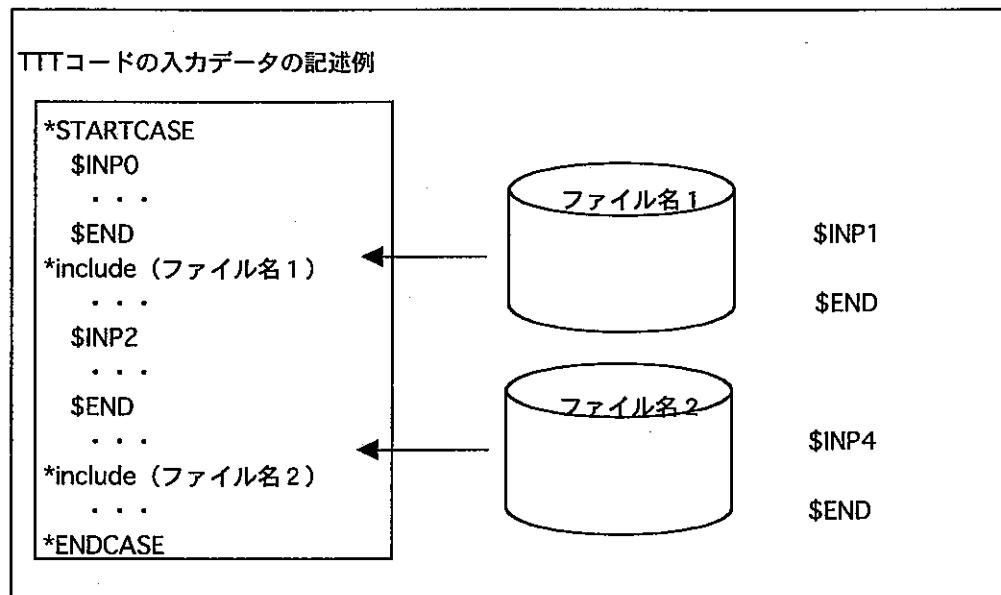


図2 Include機能による改良型Namelist方式の入力データ方法

(5) TTTコードの入力データの説明

入力データ作成の為のマニュアルを作成し、次頁以降に記載した。

*STARTCASEカード

変 数 名	タ イ プ	デー タ の 意 味
ITITLE	A70	計算タイトル カラム11からカラム80までに指定する。

\$INPOデータブロック

変 数 名	タ イ プ	デー タ の 意 味
INCD(2) (i)	I4	核種別プロッタ出力オプション =0; 核種iを出力しない。 =1; 核種iを出力する。 (i=1 水素, i=2 トリウム)
IRN(10,6) (i,j)	I4	プロッタ出力オプション (リニア) =0; 出力しない。 =1; 出力する。 j=1; ナトリウム系iの濃度経時変化 j=2; ナトリウム系iのC/T捕獲量経時変化 j=3; 循環型アルゴンガス系iの濃度経時変化 j=4; 循環型アルゴンガス系iのV/T捕獲量経時変化 j=5; 水・蒸気系iの濃度経時変化 j=6; 空き
IRM(20) (i)	I4	プロッタ出力オプション 部屋iのトリチウム濃度経時変化 =0; 出力しない。 =1; 出力する。
PTMX(10,6) (i,j)	R4	
PHMX(10,6) (i,j)	R4	

\$INP1データブロック

変数名	タイプ	データの意味
DT0	R4	タイムステップ幅 [日]
TEND	R4	計算終了時刻 [日]
THEATA	R4	微係数 ($0.0 \leq \text{THEATA} \leq 1.0$)
IUNIT(2) (i)	I4	出力単位オプション i=1の時、水素の単位 =1 ; g =2 ; g・atom =3 ; atom i=2の時、トリチウムの単位 =1 ; atom =2 ; Ci =3 ; Bq
MLOT(3) (i)	I4	結果出力図指定オプション =0; 出力しない。 =1; 出力する。 (なお、計算終了時刻における計算結果は オプションによらず全て出力される。) i=1の時、出力図1 (図4参照) i=2の時、出力図2 (図5参照) i=3の時、出力図3 (図6参照)
NPRINT	I4	出力指定時刻数 ($1 \leq \text{NPRINT} \leq 100$)
TPRT(100) (i)	R4	出力指定時刻 [日] ($1 \leq i \leq \text{NPRINT}$)
EQS6(2) (i)	R4	SUS316に対する水素の溶解度 [$\text{cc}/\text{cm}^3\cdot\text{atom}$] $K=A \cdot \exp(-B/T)$ i=1の時、係数A i=2の時、係数B (但し、入力しない場合、SUS304溶解度を使用する。)
ADSWN(2) (i)	R4	ナトリウム中の構造材表面への水素の吸着定数 [-] $K_{wn}=A \cdot \exp(-B/T)$ i=1の時、係数A i=2の時、係数B
ADSWA(2) (i)	R4	カバ-ガス管壁への水素の吸着定数 [-] $K_{wa}=A \cdot \exp(-B/T)$ i=1の時、係数A i=2の時、係数B
DMHTI(2,3) (i,j)	R4	保温材jの水素透過係数 [m^3/s] $D=A \cdot \exp(-B/T)$ i=1の時、係数A i=2の時、係数B j=1; ファインフレックス j=2; ロックウェル j=3; カポサイト
DMTTI(2,3) (i,j)	R4	保温材jのナトリウム透過係数 [m^3/s] $D=A \cdot \exp(-B/T)$ i=1の時、係数A i=2の時、係数B j=1; ファインフレックス j=2; ロックウェル j=3; カポサイト

ADSCTI(2,3) (i,j)	R4	保温材jの水素吸着係数 [-] $\alpha = A \cdot \exp(-B/T)$ i=1の時、係数A i=2の時、係数B j=1; ファインフレックス j=2; ロックウェル j=3; カボサイト
ADSTTI(2,3) (i,j)	R4	保温材jのトリチウム吸着係数 [-] $\alpha = A \cdot \exp(-B/T)$ i=1の時、係数A i=2の時、係数B j=1; ファインフレックス j=2; ロックウェル j=3; カボサイト
MLOTHO	I4	

\$INP2データブロック

変 数 名	タ イ プ	デ タ の 意 味
NCYCLE	I4	運転サイクル数 (1≤NCYCLE≤200)
DCYCLE(2,200) (i,j)	R4	サイクルjの出力時間/停止時間 [日] i=1; 出力時間 [日] i=2; 停止時間 [日]

\$INP3データブロック

変 数 名	タ イ プ	デ タ の 意 味
PRFL(2) (i)	R4	炉心燃料からのトリチウム生成率 [g · atom/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
PRCR(2) (i)	R4	制御棒からのトリチウム生成率 [g · atom/s] (NTCR=0の時、値を設定する。 但し、NTCR≠0の時は、0を設定する。) i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
PRBN(2) (i)	R4	冷却材のホウ素からのトリチウム生成率 [g · atom/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
PRLI(2) (i)	R4	冷却材中のリチウムからのトリチウム生成率 [g · atom/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
POWER(200) (i)	R4	各出力運転パターンの出力比率(NCYCLE個指定) (100%出力に対する比)
NTCR	I4	制御棒トリチウム生成率変更数 (0≤NTCR≤50)
CTCR(50)	R4	制御棒トリチウム生成率変更時間 [日]
TDCR(50) (i)	R4	制御棒トリチウム生成率 [g · atom/s] (POWER(i)とは無関係で処理される。)

\$INP4データブロック

変数名	タイプ	データの意味
NLOOP	I4	ナトリウム系の数 (1≤NLOOP≤10)
NMLOOP(10) (j)	A20	ナトリウム系jの名称
NEL(10) (j)	I4	ナトリウム系jの機器・配管分割数 (0≤NEL(j)≤40) (0入力の場合,分割領域kに関するデータ入力不要)
VN(10) (j)	R4	ナトリウム系jの体積 [m ³]
XH1(10) (j)	R4	ナトリウム系jの冷却材中初期水素濃度 [g · atom/m ³]
XT1(10) (j)	R4	ナトリウム系jの冷却材中初期トリチウム濃度 [g · atom/m ³]
NICT(10) (j)	I4	ナトリウム系jのコールドトラップ中捕獲量変更数 (1≤NICT(j)≤200)
NTCT(10) (j)	I4	ナトリウム系jのコールドトラップ温度変更数 (1≤NTCT(j)≤200)
NWCT(10) (j)	I4	ナトリウム系jのコールドトラップ流量変更数 (1≤NWCT(j)≤200)
NHXI(10) (j)	I4	ナトリウム系jの外部からの進入率変更数 (1≤NHXI(j)≤200)
CTI(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jのコールドトラップ中捕獲量変更時刻 [日] (CTI(1,j)=0.0とする。)
XH2(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jの変更時刻に対するコールドトラップ中水素量 [g · atom]
XT2(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jの変更時刻に対するコールドトラップ中トリチウム量 [g · atom]
CTT(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jのコールドトラップ温度変更時刻 [日] (CTT(1,j)=0.0とする。)
TCT(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jの変更時刻に対するコールドトラップ温度 [℃]
CTW(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jのコールドトラップ流量変更時刻 [日] (CTW(1,j)=0.0とする。)
WCT1(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jの変更時刻に対するコールドトラップ流量 [m ³ /s]
CTH(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jの外部からの進入率変更時刻 [日] (CTH(1,j)=0.0とする。)
HXIN1(200,10) (i,j)	R4	ナトリウム系jの変更時刻に対する外部からの水素進入率 [g · atom/s]
NAMEL(40,10) (k,j)	A20	機器・配管分割領域kの名称 (jはナトリウム系)

IFND(40,10) (k,j)	I4	分割領域kの1重／2重管オプション =1; 1重管 =2; 2重管 (1重管の場合、2重管に関するデータ不要。)
IFNF(40,10) (k,j)	I4	分割領域kの保温材有無オプション =0; 保温材なし =1; 保温材あり (保温材なしの場合、保温材に関するデータ不要。)
NRTI(40,10) (k,j)	I4	分割領域kの保温材厚さ方向分割数 (1≤NRTI(k,j)≤10)
IMTN(40,10) (k,j)	I4	分割領域kのある雰囲気の部屋番号 (INP9で指定した番号を入力)
MATEL(40,2,10) (k,i,j)	I4	分割領域kの材質 i=1; 1重管材質 i=2; 2重管材質 =1; sus304 =2; sus316 =3; 炭素鋼 =6; 2・1/4Cr-1Mo =7; Ni鋼
SEL(40,2,10) (k,i,j)	R4	分割領域kの表面積 [m ²] i=1; 1重管材質 i=2; 2重管材質
DEL(40,2,10) (k,i,j)	R4	分割領域kの肉厚 [m] i=1; 1重管材質 i=2; 2重管材質
TEL(40,2,2,10) (k,i,l,j)	R4	分割領域kの温度 [°C] i=1; 1重管材質 i=2; 2重管材質 l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
VMG(40,10) (k,j)	R4	分割領域kの2重管内空間体積 [m ³]
MTLTI(10,40,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの材質 (ここで、kは、機器・配管分割領域) =1; ファインフレックス =2; ロックウェル =3; カボサイト
SLTI(10,40,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの表面積 [m ²]
DLTI(10,40,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの肉厚 [m]
TLTI(10,40,2,10) (m,k,i,j)	R4	保温材分割領域mの温度 [°C] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
YH1(40,10) (k,j)	R4	分割領域kの2重管内初期水素濃度 [g·atom/m ³]
YT1(40,10) (k,j)	R4	分割領域kの2重管内初期トリチウム濃度 [g·atom/m ³]

YHTI(10,40,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期水素濃度 [g·atom/m ³]
YTII(10,40,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期トリチウム濃度 [g·atom/m ³]
TIH(10,40,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期水素量 [g·atom]
TIT(10,40,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期トリチウム量 [g·atom]
NCT	I4	コールドトラップ数 (ケミカルトラップも含む)
IDCT(10) (i)	I4	コールドトラップの設置されているNaループ番号
MNCT(10) (i)	I4	コールドトラップ設置のオプション (Noループ毎入力) =0; 設置しない =1; 設置する
IMCT(10) (i)	I4	ケミカルトラップ設置のオプション =0; 設置しない =1; 設置する
NMCT(10) (i)	A20	コールドトラップの名称
CEPT(2,200) (i,i)	R4	原子炉運転サイクルiでのコールドトラップ・トリチウム捕獲効率 [-] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
CEPH(2,200) (i,i)	R4	原子炉運転サイクルiでのコールドトラップ水素捕獲率 [-] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
DHTO(2) (i)	R4	保温材中H TOの拡散係数 [m ² /s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中

\$INP5データブロック

変数名	タイプ	データの意味
NLOOPA	I4	循環型アルゴンガス系の数 (0≤NLOOPA≤10) (0の場合、以下のINP5のデータ不要。)
NMLOPA(10) (j)	A20	循環型アルゴンガス系jの名称
IDNA(10) (j)	I4	接しているナトリウム系番号 (j: 循環型アルゴンガス系番号)
NELA(10) (j)	I4	機器・配管分割数 (0≤NELA(j)≤20) (0の場合、分割領域kに関するデータ不要。)
ISVA(10) (j)	I4	Sievertsの定数選択オプション =0; Vissers の式 =1; 「常陽」の式 (0.76ppm·Torr ^{1/2})
VA(10) (j)	R4	循環型アルゴンガス系jの体積 [m ³]
ALN(2,10) (i,j)	R4	ナトリウム系からカバーガスへの移行速度を与える定数 [1/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
WPURE(2,10) (i,j)	R4	カバーガス循環流量 [m ³ /s] (ベーパトラップでの捕獲量計算用) i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
TLA(2,10) (i,j)	R4	カバーガス液面温度 [°C] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
IMTP(10) (j)	I4	カバーガスを放出する部屋番号 (大気へ放出する場合は0を入力)
WPURG(2,10) (i,j)	R4	カバーガス放出流量 [m ³ /s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
SATV(2,10) (i,j)	R4	ベーパトラップ出口水素飽和溶解度 [g·atom/m ³] (注) バイパスする時は、大きな値(10 ¹⁰)を入れる i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
HIMPT(2,10) (i,j)	R4	供給ガス中の不純物水素濃度 [g·atom/m ³] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
XH3(10) (j)	R4	カバーガス中の初期水素濃度 [g·atom/m ³]
XH4(10) (j)	R4	ベーパトラップ中初期水素量 [g·atom/m ³]
XT3(10) (j)	R4	ガバーガス中の初期トリチウム濃度 [g·atom/m ³]
XT4(10) (j)	R4	ベーパトラップ中初期トリチウム量 [g·atom/m ³]

NEMELA(20,10) (k,j)	A20	機器・配管分割領域kの名称
IFNAD(20,10) (k,j)	I4	分割領域kの1重／2重管オプション =1; 1重管 =2; 2重管 (1重管の場合、2重管に関するデータ不要。)
IFNAF(20,10) (k,j)	I4	分割領域kの保温材有無オプション =0; 保温材なし =1; 保温材あり (保温材なしの場合、保温材に関するデータ不要。)
NRATI(20,10) (k,j)	I4	分割領域kの保温材厚さ方向分割数 ($1 \leq NRATI(k,j) \leq 10$)
IMTA(20,10) (k,j)	I4	分割領域kのある雰囲気の部屋番号 (INP9で指定した番号を入力)
MATELA(20,2,10) (k,i,j)	I4	分割領域kの材質 i=1; 1重管 i=2; 2重管 (材質番号はINP4のMATELと同様)
SELA(20,2,10) (k,i,j)	R4	分割領域kの表面積 [m^2] i=1; 1重管 i=2; 2重管
DELA(20,2,10) (k,i,j)	R4	分割領域kの肉厚 [m] i=1; 1重管 i=2; 2重管
TELA(20,2,2,10) (k,i,j,j)	R4	分割領域kの温度 [$^{\circ}C$] i=1; 1重管 i=2; 2重管 l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
VMAC(20,10) (k,j)	R4	分割領域kの2重管内空間体積 [m^3]
MTLATI(10,20,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの材質 (ここで、kは、分割領域) =1; フайнフレックス =2; ロックウェル =3; カポサイト
SLATI(10,20,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの表面 [m^2]
DLATI(10,20,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの肉厚 [m]
TLATI(10,20,2,10) (m,k,i,j)	R4	保温材分割領域mの温度 [$^{\circ}C$] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
YHA1(20,10) (k,j)	R4	分割領域kの2重管内初期水素濃度 [$g \cdot atom/m^3$]
YTA1(20,10) (k,j)	R4	分割領域kの2重管内初期トリチウム濃度 [$g \cdot atom/m^3$]

YHATI(10,20,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期水素濃度 [g·atom/m ³]
YTATI(10,20,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期トリチウム濃度 [g·atom/m ³]
TIHA(10,20,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期水素量 [g·atom]
TITA(10,20,10) (m,k,j)	R4	保温材分割領域mの内表面初期トリチウム量 [g·atom]
SAR(10) (j)	R4	アルゴンガス系jのNa液面面積 [m ²]
AJBN(T10) (j)	R4	
AJBNH(10) (j)	R4	
NTLA(10) (j)	I4	変更サイクル数 (最大30)
ITLA(30,10) (k,j)	I4	変更サイクル
TLA0(30,2,10) (k,l,j)	R4	サイクルkのNa液面温度 [°C] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
NWPG(10) (j)	I4	アルゴンガス系jのカバーガス放出流量変更サイクル数 (最大30)
IWPG(30,10) (k,j)	I4	変更サイクル
WPURGO(30,2,10) (k,l,j)	R4	サイクルkでのカバーガス放出 l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
NHNG(10) (j)	I4	アルゴンガス系jのインリ-グ変更サイクル数(線量)
IHING(30,10) (k,j)	I4	アルゴンガス系jのインリ-グ変更サイクル
HINGO(30,2,10) (k,l,j)	R4	サイクルkでのインリ-グ率 [g·atom/s] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
FFAL(10) (j)	R4	カバーガスへの移行率 α (m/s) 振幅係数 [-]
FFAL2(10) (j)	R4	

\$INP6データブロック

変数名	タイプ	データの意味
NCV	I4	貫流型アルゴンガス系の数 (1≤NCV≤10) (0の場合、以下のINP6のデータ入力不要)
NMCV(10) (j)	A20	貫流型アルゴンガス系jの名称
IDCV(10) (j)	I4	接しているナトリウム系の番号
ISVCV(10) (j)	I4	Sievertsの定数選択オプション =0; Vissers の式 =1; 「常陽」の式
ALNCV(2,10) (i,j)	R4	ナトリウム系からカバーガス系への移行速度を与える定数 [1/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
WPCV(2,10) (i,j)	R4	カバーガス放出流量 [m^3/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
TCV(2,10) (i,j)	R4	カバーガス液面温度 [°C] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
HIMCV(2,10) (i,j)	R4	供給ガス中の不純物水素濃度 [g·atom/m3] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
IMTV(10) (j)	I4	カバーガスを放出する部屋番号 (INP9で指定した番号を入力。 なお、大気へ放出する場合は、0を入力する)
NTCV(10) (j)	I4	
ITCV(30,10) (k,j)	I4	
TCV0(30,2,10) (k,i,j)	R4	
NWPCV(10) (j)	I4	
IWPCV(30,10) (k,j)	I4	
WPCV0(30,2,10) (k,i,j)	R4	

\$INP7データブロック

変数名	タイプ	データの意味
NIHX	I4	中間熱交換器の数 ($0 \leq NIHX \leq 10$) (0の場合、以下のINP7のデータ入力不要。)
NMIHX(10) (j)	A20	中間熱交換器jの名称
IIHX(10) (j)	I4	中間熱交換器jの接するナトリウム系番号
JIIHX(10) (j)	I4	中間熱交換器jの接するもう一つのナトリウム系番号
MIHX(10) (j)	I4	中間熱交換器jの伝熱管ノード分割数 ($1 \leq MITHX(j) \leq 10$)
MATIHX(10) (j)	I4	伝熱管の材質 (材質番号はINP4のMATELと同様)
SIHX(10) (j)	R4	中間熱交換器jの伝熱面積 [m^2]
DIHX(10) (j)	R4	中間熱交換器jの伝熱管肉厚 [m]
TIHXI1(2,10) (i,j)	R4	I-IHX側の入口ナトリウム温度 [$^{\circ}C$] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
TIHXI2(2,10) (i,j)	R4	I-IHX側の出口ナトリウム温度 [$^{\circ}C$] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
TIHXJ1(2,10) (i,j)	R4	J-IHX側の入口ナトリウム温度 [$^{\circ}C$] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
TIHXJ2(2,10) (i,j)	R4	J-IHX側の出口ナトリウム温度 [$^{\circ}C$] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
NTIHX(10) (j)	I4	中間効交換器jの出入口Na温度変更サイクル数(伝熱部の温度)
ITIHX(30,10) (k,j)	I4	中間効交換器 j の出入口Na温度変更サイクル
TIHI10(30,2,10) (k,l,j)	R4	I-IHX側の入口Na温度 [$^{\circ}C$] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
TIHI20(30,2,10) (k,l,j)	R4	I-IHX側の出口Na温度 [$^{\circ}C$] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
TIHJ10(30,2,10) (k,l,j)	R4	J-IHX側の入口Na温度 [$^{\circ}C$] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
TIHJ20(30,2,10) (k,l,j)	R4	J-IHX側の出口Na温度 [$^{\circ}C$] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
OFL	R4	I-IHX伝熱管のナトリウム水素の透過数補正係数 [-]

\$INP8データブロック

変 数 名	タ イ プ	デ ー タ の 意 味
NSG	I4	水・蒸気系の数 ($0 \leq NSG \leq 10$) (0の場合、水・蒸気系関連データ入力不要。)
NMSG(10) (j)	A20	水・蒸気系jの名称
IDSG(10) (j)	I4	水・蒸気系jの接するナトリウム系番号
NELSG(10) (j)	I4	蒸気発生器の数 ($1 \leq NELSG(j) \leq 10$)
VSG(10) (j)	R4	水・蒸気系jの水・蒸気体積 [m^3]
QWV(2,10) (i,j)	R4	水・蒸気系jの水・蒸気排出流量 [m^3/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
NOSW(10) (j)	I4	水・蒸気jの水・蒸気中濃度変更数 ($1 \leq NOSV(j) \leq 200$)
CTS(200,10) (i,j)	R4	水・蒸気jの水・蒸気中濃度変更時刻 [日] (CTS(1,j)=0.0)
XT5(200,10) (i,j)	R4	水・蒸気jの変更時刻に対する水・蒸気中気中トリチウム濃度 [$g \cdot atom/m^3$]
NAMESG(10,10) (k,j)	A20	蒸気発生器kの名称
MATSG(10,10) (k,j)	I4	蒸気発生器kの伝熱管材質 (材質番号はINP4のMATELと同様)
SELSG(10,10) (k,j)	R4	蒸気発生器kの伝熱面積 [m^2]
DELSG(10,10) (k,j)	R4	蒸気発生器kの伝熱管肉厚 [m]
TELSG(10,2,10) (k,i,j)	R4	蒸気発生器kの温度 [°C] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
PELSG(10,2,10) (k,i,j)	R4	蒸気発生器kの水・蒸気側圧力 [ata] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
NDHX	I4	空気冷却系の数 ($0 \leq NDHX \leq 10$) (0の場合、空気冷却系関連データ入力不要。)
NMDHX(10) (j)	A20	空気冷却系jの名称
IDDHX(10) (j)	I4	空気冷却系jの接するナトリウム系番号
NELDHX(10) (j)	I4	空気冷却器の数 ($1 \leq NELDHX(j) \leq 10$)

QDHX(2,10) (i,j)	R4	空気冷却系jの排気流量 [m^3/s] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
IMTD(10) (j)	I4	空気冷却系jの空気を放出する部屋番号 (INP9で指定した番号を入力。大気へ放出する場合は0)
NAMDHX(10,10) (k,j)	A20	空気冷却器kの名称
MATDHX(10,10) (k,j)	I4	空気冷却器kの伝熱管材質 (材質番号はINP4のMATELと同様)
SELDHX(10,10) (k,j)	R4	空気冷却器kの伝熱面積 [m^2]
DELDHX(10,10) (k,j)	R4	空気冷却器kの伝熱管肉厚 [m]
TELDHX(10,2,10) (k,i,j)	R4	空気冷却器kの温度 [°C] i=1; 炉運転中 i=2; 炉停止中
BKAI	R4	H T Oのモル分率
BJHSG(10,10) (k,j)	R4	$\exp(A-B/T)$ のA、Bのことか？
NTSG(10) (j)	I4	水蒸気系jの蒸気発生器の変更サイクル数 (最大30)
ITSG(30,10) (k,j)	I4	水蒸気系jの蒸気発生器の変更サイクル
TELSGO(30,2,10,10) (k,l,m,j)	R4	サイクルkでの蒸気発生器mの温度 [°C] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
NQWV(10) (j)	I4	水・蒸気系排出流量変更サイクル数 (最大30)
IQWV(30,10) (k,j)	I4	水・蒸気系排出流量変更サイクル
QWVO(30,2,10) (k,l,j)	R4	サイクルkでの水・蒸気排出流量 [m^3/s] l=1; 炉運転中 l=2; 炉停止中
OFE	R4	トリチウム透過係数 (0.2)

\$INP9データブロック

変 数 名	タ イ プ	デー タ の 意 味
NROM	I4	部屋の数 (1≤NROM≤20)
NMROM(20) (j)	A20	部屋jの名称
IRF(5,20) (k,j)	I4	部屋jから排気する部屋の番号 (最大5部屋、部屋jからの排気がない場合0を入力、直接スタックへの排気の場合21を入力。)
JRL(5,20) (k,j)	I4	部屋jからリークする部屋の番号 (最大5部屋、部屋jからのリークがない場合、0を入力。)
BERM(20) (j)	R4	部屋jの排気搅拌率 [-]
VRM(20) (j)	R4	部屋jの空気体積 [m ³]
NSFR(5,20) (k,j)	I4	部屋jから部屋IRF(k,j)への排気風量の変更数 (1≤NSFR(k,j)≤200)
NSLR(5,20) (k,j)	I4	部屋jから部屋IRF(k,j)へのリーク率の変更数 (1≤NSLR(k,j)≤200)
CTF(200,5,20) (i,k,j)	R4	部屋jから部屋IRF(k,j)への排気風量変更時刻 [日]
SFRO(200,5,20) (i,k,j)	R4	部屋jから部屋IRF(k,j)への変更時刻に対する排気風量 [m ³ /s]
CTL(200,5,20) (i,k,j)	R4	部屋jから部屋IRF(k,j)へのリーグ率の変更時刻 [日]
SALKO(200,5,20) (i,k,j)	R4	部屋jから部屋IRF(k,j)への変更時刻に対するリーグ率 [1/s]
TROM(20) (j)	R4	部屋jの初期トリチウム濃度 [g·atom/m ³]

A 2 「もんじゅ」計算入力データ例
(定格運転長期評価)

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CC
 CC MONJU DATA FOR TTT9
 CC H10.07.15
 CC CYCLE 57 CASE NO. 2
 CCC
 CC / TITLE /
 CC
 TITLE=20A4
 H10MJ02 MONJU 57 CYCLE OFI=2.5 OFE=0.6 REF.CASE(R1)
 CC / INPO /
 CC
 0000 1 INCD(1) 0 0
 0000 3 IRN(1,1) 0 *4
 0000 13 IRN(1,2) 0 *4
 0000 23 IRN(1,3) 0 *10
 0000 33 IRN(1,4) 0 *3
 0000 43 IRN(1,5) 0 *3
 0000 53 IRN(1,6) 0 *3
 C
 0000 63 IRM (1) 1*12
 CC
 CC / INP1 /
 CC
 1000 1 DTO 1.0
 1000 2 TEND 12976.0
 C1000 2 TEND 148.0
 1000 3 THEATA 0.0
 1000 4 IUNIT(1) 1 3
 1000 6 MLOT(3) 1 0 1
 1000 9 NPRINT 14
 C
 1000 10 TPRT(1) 123.0 168.0 1599.0 1718.0 3711.0 3755.0
 1000 16 TPRT(7) 5748.0 5867.0 7860.0 7904.0 9897.0 10017.0
 1000 22 TPRT(13) 12009.0 12054.0
 1000 110 EQS6(1) 0.0 0.0
 1000 112 ADSWN(1) 0.0 0.0
 1000 114 ADSWA(1) 0.0 0.0
 C DMHTI
 1000 116 (1,1) 1.0E-5 100.0
 1000 118 (1,2) 1.0E-5 100.0
 1000 120 (1,3) 1.0E-5 100.0
 C DMTTI
 1000 122 (1,1) 1.0E-5 100.0
 1000 124 (1,2) 1.0E-5 100.0
 1000 126 (1,3) 1.0E-5 100.0
 C ADSCH
 1000 128 (1,1) 1.0E-5 100.0
 1000 130 (1,2) 1.0E-5 100.0
 1000 132 (1,3) 1.0E-5 100.0
 C ADSCT

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

```

CARD NO. = 51      1000 134 (1,1)    1.0E-5    100.0
CARD NO. = 52      1000 136 (1,2)    1.0E-5    100.0
CARD NO. = 53      1000 138 (1,3)    1.0E-5    100.0
CARD NO. = 54      C
CARD NO. = 55      1000 140 MOLTHO   0
CARD NO. = 56      CC
CARD NO. = 57      CC      / INP2   /
CARD NO. = 58      CC
CARD NO. = 59      2000 1 NCYCLE   57
CARD NO. = 60      C      DCYCLE
CARD NO. = 61      C      NUMBER OF DATES AFTER SST MUST BE CHANGED!
CARD NO. = 62      2000 2 (1,1) 123.0 45.0 123.0 120.0 123.0
CARD NO. = 63      2000 7 (2,3) 45.0 123.0 120.0 123.0 45.0
CARD NO. = 64      2000 12 (1,6) 148.0 120.0 148.0 45.0 148.0
CARD NO. = 65      2000 17 (2,8) 120.0 148.0 45.0 148.0 120.0
CARD NO. = 66      2000 22 (1,11) 148.0 45.0 148.0 120.0 148.0
CARD NO. = 67      2000 27 (2,13) 45.0 148.0 120.0 148.0 45.0
CARD NO. = 68      2000 32 (1,16) 148.0 120.0 148.0 45.0 148.0
CARD NO. = 69      2000 37 (2,18) 120.0 148.0 45.0 148.0 120.0
CARD NO. = 70      2000 42 (1,21) 148.0 45.0 148.0 120.0 148.0
CARD NO. = 71      2000 47 (2,23) 45.0 148.0 120.0 148.0 45.0
CARD NO. = 72      2000 52 (1,26) 148.0 120.0 148.0 45.0 148.0
CARD NO. = 73      2000 57 (2,28) 120.0 148.0 45.0 148.0 120.0
CARD NO. = 74      2000 62 (1,31) 148.0 45.0 148.0 120.0 148.0
CARD NO. = 75      2000 67 (2,33) 45.0 148.0 120.0 148.0 45.0
CARD NO. = 76      2000 72 (1,36) 148.0 120.0 148.0 45.0 148.0
CARD NO. = 77      2000 77 (2,38) 120.0 148.0 45.0 148.0 120.0
CARD NO. = 78      2000 82 (1,41) 148.0 45.0 148.0 120.0 148.0
CARD NO. = 79      2000 87 (2,43) 45.0 148.0 120.0 148.0 45.0
CARD NO. = 80      2000 92 (1,46) 148.0 120.0 148.0 45.0 148.0
CARD NO. = 81      2000 97 (2,48) 120.0 148.0 45.0 148.0 120.0
CARD NO. = 82      2000 102 (1,51) 148.0 45.0 148.0 120.0 148.0
CARD NO. = 83      2000 107 (2,53) 45.0 148.0 120.0 148.0 45.0
CARD NO. = 84      2000 112 (1,56) 148.0 120.0 148.0 50.0
CARD NO. = 85      CC
CARD NO. = 86      CC      / INP3   /
CARD NO. = 87      CC
CARD NO. = 88      C      ウンテン  テイシ
CARD NO. = 89      3000 1 PRFL(1)  6.49-9  0.0
CARD NO. = 90      3000 3 PRCR(1)  1.64-8  0.0
CARD NO. = 91      3000 5 PRBN(1)  1.95-10 0.0
CARD NO. = 92      3000 7 RPLI(1)  1.18-12 0.0
CARD NO. = 93      3000 9POWER(1) 1.0 *57
CARD NO. = 94      CC
CARD NO. = 95      CC      / INP4   /
CARD NO. = 96      CC
CARD NO. = 97      4000 1 NLOOP    4
LITERAL=5A4,NCARD=4
CARD NO. = 98      4000 2 (1,1) PRIMARY NA LOOP
CARD NO. = 99      4000 7 (1,2) SECONDARY NA LOOP(A)
CARD NO. = 100

```

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

```

CARD NO. = 101      4000 12 (1,3)    SECONDARY NA LOOP(B)
CARD NO. = 102      4000 17 (1,4)    SECONDARY NA LOOP(C)
CARD NO. = 103      C          PRI     SEC
CARD NO. = 104      4000 52 NEL(1)   33     23   21   23
CARD NO. = 105      4000 62 VN(1)    870.0   292.0 *3
CARD NO. = 106      4000 72 XH1(1)  1.26E-1  6.29E-2 *3
CARD NO. = 107      4000 82 XT1(1)  2.00E-6  9.22E-9 *3
CARD NO. = 108
CARD NO. = 109      4000 92 NICT(1)  1      7   *3
CARD NO. = 110      4000 102 NTCT(1) 1      *4
CARD NO. = 111      C          112 NWCT(1) 1      *4
CARD NO. = 112      C          122 NHXI(1) 1      *4
CARD NO. = 113      C          132 CTI(1,1) 0.0
CARD NO. = 114      4000 332 CTI(1,3) 0.0 1719.0 3756.0 5868.0 7905.0 10017.0 12054.0
CARD NO. = 115      4000 532 CTI(1,3) 0.0 1719.0 3756.0 5868.0 7905.0 10017.0 12054.0
CARD NO. = 116      4000 732 CTI(1,4) 0.0 1719.0 3756.0 5868.0 7905.0 10017.0 12054.0
CARD NO. = 117      C          HYDROGEN MASS MUST BE CHECK AGAIN!
CARD NO. = 118      4000 2132 XH2(1,1) 1330.0
CARD NO. = 119      4000 2332 XH2(1,2) 1960.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
CARD NO. = 120      4000 2532 XH2(1,3) 1960.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
CARD NO. = 121      4000 2732 XH2(1,4) 1960.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
CARD NO. = 122
CARD NO. = 123
CARD NO. = 124
CARD NO. = 125
CARD NO. = 126      4000 4132 XT2    1.41E-2
CARD NO. = 127      4000 4332 XT2(1,2) 4.47E-4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
CARD NO. = 128      4000 4532 XT2(1,3) 4.47E-4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
CARD NO. = 129      4000 4732 XT2(1,4) 4.47E-4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
CARD NO. = 130      C          6132 CTT(1,1) 0.0
CARD NO. = 131      4000 6332 CTT(1,2) 0.0
CARD NO. = 132      4000 6532 CTT(1,3) 0.0
CARD NO. = 133      4000 6732 CTT(1,4) 0.0
CARD NO. = 134      C          8132 TCT(1,1) 130.0
CARD NO. = 135      4000 8332 TCT(1,2) 120.0
CARD NO. = 136      4000 8532 TCT(1,3) 120.0
CARD NO. = 137      4000 8732 TCT(1,4) 120.0
CARD NO. = 138
CARD NO. = 139
CARD NO. = 140      C          10132 CTW(1,1) 0.0
CARD NO. = 141      400010332 CTW(1,2) 0.0
CARD NO. = 142      400010532 CTW(1,3) 0.0
CARD NO. = 143      400010732 CTW(1,4) 0.0
CARD NO. = 144      C          12132 WCT1(1,1) 3.33E-3
CARD NO. = 145      400012332 WCT1(1,2) 3.06E-3
CARD NO. = 146      400012532 WCT1(1,3) 3.06E-3
CARD NO. = 147      400012732 WCT1(1,4) 3.06E-3
CARD NO. = 148
CARD NO. = 149
CARD NO. = 150      C          CTH

```

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

.....

CARD NO. = 151	400014132	(1,1)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 152	400014137	(3,2)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 153	400014142	(6,1)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 154	400014147	(8,2)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 155	400014152	(11,1)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 156	400014157	(13,2)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 157	400014162	(16,1)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 158	400014167	(18,2)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 159	400014172	(21,1)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 160	400014177	(23,2)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 161	400014182	(26,1)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 162	400014187	(28,2)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 163	400014192	(31,1)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 164	400014197	(33,2)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 165	400014202	(36,1)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 166	400014207	(38,2)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 167	400014212	(41,1)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 168	400014217	(43,2)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 169	400014222	(46,1)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 170	400014227	(48,2)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 171	400014232	(51,1)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 172	400014237	(53,2)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 173	400014242	(56,1)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 174							
CARD NO. = 175	400014332	(1,1)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 176	400014337	(3,2)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 177	400014342	(6,1)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 178	400014347	(8,2)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 179	400014352	(11,1)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 180	400014357	(13,2)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 181	400014362	(16,1)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 182	400014367	(18,2)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 183	400014372	(21,1)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 184	400014377	(23,2)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 185	400014382	(26,1)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 186	400014387	(28,2)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 187	400014392	(31,1)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 188	400014397	(33,2)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 189	400014402	(36,1)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 190	400014407	(38,2)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 191	400014412	(41,1)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 192	400014417	(43,2)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 193	400014422	(46,1)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 194	400014427	(48,2)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 195	400014432	(51,1)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 196	400014437	(53,2)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 197	400014442	(56,1)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 198							
CARD NO. = 199	400014532	(1,1)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 200	400014537	(3,2)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

CARD NO. = 201	400014542	(6,1)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 202	400014547	(8,2)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 203	400014552	(11,1)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 204	400014557	(13,2)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 205	400014562	(16,1)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 206	400014567	(18,2)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 207	400014572	(21,1)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 208	400014577	(23,2)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 209	400014582	(26,1)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 210	400014587	(28,2)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 211	400014592	(31,1)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 212	400014597	(33,2)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 213	400014602	(36,1)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 214	400014607	(38,2)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 215	400014612	(41,1)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 216	400014617	(43,2)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 217	400014622	(46,1)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 218	400014627	(48,2)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 219	400014632	(51,1)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 220	400014637	(53,2)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 221	400014642	(56,1)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
C	400014732	(1,1)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 224	400014737	(3,2)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 225	400014742	(6,1)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 226	400014747	(8,2)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 227	400014752	(11,1)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 228	400014757	(13,2)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 229	400014762	(16,1)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 230	400014767	(18,2)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 231	400014772	(21,1)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 232	400014777	(23,2)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 233	400014782	(26,1)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 234	400014787	(28,2)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 235	400014792	(31,1)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 236	400014797	(33,2)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 237	400014802	(36,1)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 238	400014807	(38,2)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 239	400014812	(41,1)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 240	400014817	(43,2)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 241	400014822	(46,1)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 242	400014827	(48,2)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 243	400014832	(51,1)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 244	400014837	(53,2)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 245	400014842	(56,1)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 246	HXIN						
CARD NO. = 247	400016132	(1,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00
CARD NO. = 248	400016138	(7,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00
CARD NO. = 249	400016144	(13,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00
CARD NO. = 250	400016150	(19,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

CARD NO. = 251	400016156	(25,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 252	400016162	(31,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 253	400016168	(37,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 254	400016174	(43,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 255	400016180	(49,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 256	400016186	(55,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 257	400016192	(61,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 258	400016198	(67,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 259	400016204	(73,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 260	400016210	(79,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 261	400016216	(85,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 262	400016222	(91,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 263	400016228	(97,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 264	400016234	(103,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 265	400016240	(109,1)	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5	0.00	1.516-5
CARD NO. = 266								
CARD NO. = 267	400016332	(1,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 268	400016338	(7,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 269	400016344	(13,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 270	400016350	(19,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 271	400016356	(25,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 272	400016362	(31,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 273	400016368	(37,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 274	400016374	(43,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 275	400016380	(49,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 276	400016386	(55,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 277	400016392	(61,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 278	400016398	(67,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 279	400016404	(73,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 280	400016410	(79,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 281	400016416	(85,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 282	400016422	(91,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 283	400016428	(97,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 284	400016434	(103,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 285	400016440	(109,2)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 286								
CARD NO. = 287	400016532	(1,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 288	400016538	(7,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 289	400016544	(13,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 290	400016550	(19,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 291	400016556	(25,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 292	400016562	(31,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 293	400016568	(37,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 294	400016574	(43,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 295	400016580	(49,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 296	400016586	(55,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 297	400016592	(61,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 298	400016598	(67,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 299	400016604	(73,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 300	400016610	(79,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

CARD NO. = 301	400016616	(85,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 302	400016622	(91,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 303	400016628	(97,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 304	400016634	(103,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 305	400016640	(109,3)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 306								
CARD NO. = 307	400016732	(1,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 308	400016738	(7,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 309	400016744	(13,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 310	400016750	(19,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 311	400016756	(25,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 312	400016762	(31,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 313	400016768	(37,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 314	400016774	(43,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 315	400016780	(49,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 316	400016786	(55,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 317	400016792	(61,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 318	400016798	(67,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 319	400016804	(73,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 320	400016810	(79,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 321	400016816	(85,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 322	400016822	(91,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 323	400016828	(97,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 324	400016834	(103,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 325	400016840	(109,4)	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00	1.6-4	0.00
CARD NO. = 326								
CARD NO. = 327								
CARD NO. = 328								
CARD NO. = 329	400018132	(1,1,1)	R/V - IHX(A)					
CARD NO. = 330	400018137	(1,2,1)	IHX(A)					
CARD NO. = 331	400018142	(1,3,1)	IHX - PUMP(A)					
CARD NO. = 332	400018147	(1,4,1)	PUMP(A)					
CARD NO. = 333	400018152	(1,5,1)	PUMP - OFC(A)					
CARD NO. = 334	400018157	(1,6,1)	OFC - PUMP(A)					
CARD NO. = 335	400018162	(1,7,1)	OFC(A)					
CARD NO. = 336	400018167	(1,8,1)	OFC - R/V(A)					
CARD NO. = 337	400018172	(1,9,1)	R/V - OFT					
CARD NO. = 338	400018177	(1,10,1)	OFT - R/V					
CARD NO. = 339	400018182	(1,11,1)	OFT					
CARD NO. = 340	400018187	(1,12,1)	OFT - CT ECON.					
CARD NO. = 341	400018192	(1,13,1)	CT ECON.					
CARD NO. = 342	400018197	(1,14,1)	COLD TRAP					
CARD NO. = 343	400018202	(1,15,1)	R/V - IHX(B)					
CARD NO. = 344	400018207	(1,16,1)	IHX(B)					
CARD NO. = 345	400018212	(1,17,1)	IHX - PUMP(B)					
CARD NO. = 346	400018217	(1,18,1)	PUMP(B)					
CARD NO. = 347	400018222	(1,19,1)	PUMP - OFC(B)					
CARD NO. = 348	400018227	(1,20,1)	OFC - PUMP(B)					
CARD NO. = 349	400018232	(1,21,1)	OFC(B)					
CARD NO. = 350	400018237	(1,22,1)	OFC - R/V(B)					
	400018242	(1,23,1)	R/V - IHX(C)					

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE). ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 351 400018247 (1,24,1) IHX(C)
 CARD NO. = 352 400018252 (1,25,1) IHX - PUMP(C)
 CARD NO. = 353 400018257 (1,26,1) PUMP(C)
 CARD NO. = 354 400018262 (1,27,1) PUMP - OFC(C)
 CARD NO. = 355 400018267 (1,28,1) OFC - PUMP(C)
 CARD NO. = 356 400018272 (1,29,1) OFC(C)
 CARD NO. = 357 400018277 (1,30,1) OFC - R/V(C)
 CARD NO. = 358 400018282 (1,31,1) R/V UN
 CARD NO. = 359 400018287 (1,32,1) R/V UP
 CARD NO. = 360 400018292 (1,33,1) C/T N2 COOL
 CARD NO. = 361 400018332 (1, 1,2) IHX - SH(A)1
 CARD NO. = 362 400018337 (1, 2,2) IHX - SH(A)2
 CARD NO. = 363 400018342 (1, 3,2) SH(A)
 CARD NO. = 364 400018347 (1, 4,2) SH - EV(A)
 CARD NO. = 365 400018352 (1, 5,2) EV(A)
 CARD NO. = 366 400018357 (1, 6,2) EV - IHX(A)1
 CARD NO. = 367 400018362 (1, 7,2) EV - IHX(A)2
 CARD NO. = 368 400018367 (1, 8,2) EV - IHX(A)3
 CARD NO. = 369 400018372 (1, 9,2) PUMP(A)
 CARD NO. = 370 400018377 (1,10,2) POFC(A)
 CARD NO. = 371 400018382 (1,11,2) POFC(CONNECT)(A)1
 CARD NO. = 372 400018387 (1,12,2) POFC(CONNECT)(A)2
 CARD NO. = 373 400018392 (1,13,2) CT(A)
 CARD NO. = 374 400018397 (1,14,2) OFT(A)
 CARD NO. = 375 400018402 (1,15,2) EV - OFT(A)
 CARD NO. = 376 400018407 (1,16,2) OFT - CT ECON.(A)1
 CARD NO. = 377 400018412 (1,17,2) OFT - CT ECON.(A)2
 CARD NO. = 378 400018417 (1,18,2) CT ECON.(A)
 CARD NO. = 379 400018422 (1,19,2) CT ECON. - CT(A)
 CARD NO. = 380 400018427 (1,20,2) CT - CT ECON.(A)
 CARD NO. = 381 400018432 (1,21,2) CT ECON. - CL(A)
 CARD NO. = 382 400018437 (1,22,2) HL - AC - CL(A)1
 CARD NO. = 383 400018442 (1,23,2) HL - AC - CL(A)2
 CARD NO. = 384 400018532 (1, 1,3) IHX - SH(B)1
 CARD NO. = 385 400018537 (1, 2,3) SH(B)
 CARD NO. = 386 400018542 (1, 3,3) SH - EV(B)
 CARD NO. = 387 400018547 (1, 4,3) EV(B)
 CARD NO. = 388 400018552 (1, 5,3) EV - IHX(B)1
 CARD NO. = 389 400018557 (1, 6,3) EV - IHX(B)2
 CARD NO. = 390 400018562 (1, 7,3) PUMP(B)
 CARD NO. = 391 400018567 (1, 8,3) POFC(B)
 CARD NO. = 392 400018572 (1, 9,3) POFC(CONNECT)(B)1
 CARD NO. = 393 400018577 (1,10,3) POFC(CONNECT)(B)2
 CARD NO. = 394 400018582 (1,11,3) CT(B)
 CARD NO. = 395 400018587 (1,12,3) OFT(B)
 CARD NO. = 396 400018592 (1,13,3) EV - DFT(B)
 CARD NO. = 397 400018597 (1,14,3) DFT - CT ECON.(B)1
 CARD NO. = 398 400018602 (1,15,3) DFT - CT ECON.(B)2
 CARD NO. = 399 400018607 (1,16,3) CT ECON.(B)
 CARD NO. = 400 400018612 (1,17,3) CT ECON. - CT(B)

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

CARD NO. = 401	400018617	(1,18,3)	CT - CT ECON.(B)				
CARD NO. = 402	400018622	(1,19,3)	CT ECON. - CL(B)				
CARD NO. = 403	400018627	(1,20,3)	HL - AC - CL(B)1				
CARD NO. = 404	400018632	(1,21,3)	HL - AC - CL(B)2				
CARD NO. = 405	400018732	(1, 1,4)	IHX - SH(C)1				
CARD NO. = 406	400018737	(1, 2,4)	IHX - SH(C)2				
CARD NO. = 407	400018742	(1, 3,4)	SH(C)				
CARD NO. = 408	400018747	(1, 4,4)	SH - EV(C)				
CARD NO. = 409	400018752	(1, 5,4)	EV(C)				
CARD NO. = 410	400018757	(1, 6,4)	EV - IHX(C)1				
CARD NO. = 411	400018762	(1, 7,4)	EV - IHX(C)2				
CARD NO. = 412	400018767	(1, 8,4)	EV - IHX(C)3				
CARD NO. = 413	400018772	(1, 9,4)	PUMP(C)				
CARD NO. = 414	400018777	(1,10,4)	POFC(C)				
CARD NO. = 415	400018782	(1,11,4)	POFC(CONNECT)(C)1				
CARD NO. = 416	400018787	(1,12,4)	POFC(CONNECT)(C)2				
CARD NO. = 417	400018792	(1,13,4)	CT(C)				
CARD NO. = 418	400018797	(1,14,4)	OFT(C)				
CARD NO. = 419	400018802	(1,15,4)	EV - OFT(C)				
CARD NO. = 420	400018807	(1,16,4)	OFT - CT ECON.(C)1				
CARD NO. = 421	400018812	(1,17,4)	OFT - CT ECON.(C)2				
CARD NO. = 422	400018817	(1,18,4)	CT ECON.(C)				
CARD NO. = 423	400018822	(1,19,4)	CT ECON. - CT(B)				
CARD NO. = 424	400018827	(1,20,4)	CT - CT ECON.(B)				
CARD NO. = 425	400018832	(1,21,4)	CT ECON. - CL(B)				
CARD NO. = 426	400018837	(1,22,4)	HL - AC - CL(B)1				
CARD NO. = 427	400018842	(1,23,4)	HL - AC - CL(B)2				
CARD NO. = 428	C IFND ; J26!SL_-!						
CARD NO. = 429	400020132	IFND(1,1)	1*33				
CARD NO. = 430	400020172	IFND(1,2)	1*23				
CARD NO. = 431	400020212	IFND(1,3)	1*21				
CARD NO. = 432	400020252	IFND(1,4)	1*23				
CARD NO. = 433	C IFNF ; N5!J-25L_<!						
CARD NO. = 434	C400020532	IFNF(1,1)	1*32				
CARD NO. = 435	C400020572	IFNF(1,2)	1*3 0 1 0*3				
CARD NO. = 436	400020532	IFNF(1,1)	0*33				
CARD NO. = 437	400020572	IFNF(1,2)	0*23				
CARD NO. = 438	400020612	IFNF(1,3)	0*21				
CARD NO. = 439	400020652	IFNF(1,4)	0*23				
CARD NO. = 440	C NRTI ; N5!J-2 L-!6B=3						
CARD NO. = 441	400020932	NRTI(1,1)	2 *32				
CARD NO. = 442	400020972	NRTI(1,2)	2 *8				
CARD NO. = 443	400021012	NRTI(1,3)	2 *8				
CARD NO. = 444	400021052	NRTI(1,4)	2 *8				
CARD NO. = 445	C IMTN ; J26!I1Y M1J-!:-3						
CARD NO. = 446	400021332	IMTN(1,1)	2 2 2 2 2 2 2 2				
CARD NO. = 447	400021340	IMTN(9,1)	2 2 2 3 3 3 3 3				
CARD NO. = 448	400021348	IMTN(7,1)	3 3 3 3 3 3 3 3				
CARD NO. = 449	400021356	IMTN(5,1)	4 4 4 4 4 4 4 4				
CARD NO. = 450	400021364	IMTN(3,1)	5				

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 451 400021372 IMTN(1,2) 8 10*6 8 10*15
 CARD NO. = 452 400021412 IMTN(1,3) 11*21
 CARD NO. = 453 400021452 IMTN(1,4) 9 12*6 9 12*15
 CARD NO. = 454 C MATEL
 CARD NO. = 455 400021732 (1,1,1) 1*33
 CARD NO. = 456 C400021772 (1,2,1) 1*32
 CARD NO. = 457 400021812 (1,1,2) 1*4 6 1*8 6 1*9
 CARD NO. = 458 C400021852 (1,2,2) 1*8
 CARD NO. = 459 400021892 (1,1,3) 1*3 6 1*7 6 1*9
 CARD NO. = 460 C400021932 (1,2,3) 1*8
 CARD NO. = 461 400021972 (1,1,4) 1*4 6 1*8 6 1*9
 CARD NO. = 462 C400022012 (1,2,4) 1*8
 CARD NO. = 463 C SEL
 CARD NO. = 464 400022532 (1,1,1) 86.7 110.0 76.7 36.7 10.0
 CARD NO. = 465 400022537 (6,1,1) 6.7 13.3 70.0 40.0 80.0
 CARD NO. = 466 400022542 (11,1,1) 110.0 30.0 5.0 15.0
 CARD NO. = 467 400022546 (15,1,1) 86.7 110.0 76.7 36.7 10.0
 CARD NO. = 468 400022551 (20,1,1) 6.7 13.3 70.0 86.7 110.0
 CARD NO. = 469 400022556 (25,1,1) 76.7 36.7 10.0 6.7 13.3
 CARD NO. = 470 400022561 (30,1,1) 70.0 71.0 174.0 31.1
 CARD NO. = 471 C
 CARD NO. = 472 400022612 (1,1,2) 94.9 165.0 66.7 84.8 133.3
 CARD NO. = 473 400022617 (6,1,2) 158.0 3.45 111.0 12.0 13.0
 CARD NO. = 474 400022622 (11,1,2) 17.0 11.7 28.0 101.0 8.09
 CARD NO. = 475 400022627 (16,1,2) 2.27 1.55 1.45 1.90 1.67
 CARD NO. = 476 400022632 (21,1,2) 2.29 59.6 20.6
 CARD NO. = 477 C
 CARD NO. = 478 400022692 (1,1,3) 164.0 66.7 84.8 133.3 150.0
 CARD NO. = 479 400022697 (6,1,3) 3.45 12.0 13.0 17.0 11.7
 CARD NO. = 480 400022702 (11,1,3) 28.0 101.0 8.09 2.27 1.55
 CARD NO. = 481 400022707 (16,1,3) 1.45 1.53 1.50 2.29 59.6
 CARD NO. = 482 400022712 (21,1,3) 20.6
 CARD NO. = 483 C
 CARD NO. = 484 400022772 (1,1,4) 112.0 174.0 66.7 84.8 133.3
 CARD NO. = 485 400022777 (6,1,4) 141.0 3.45 102.0 12.0 13.0
 CARD NO. = 486 400022782 (11,1,4) 17.0 11.7 28.0 101.0 8.09
 CARD NO. = 487 400022787 (16,1,4) 2.27 1.55 1.45 1.90 1.67
 CARD NO. = 488 400022792 (21,1,4) 2.29 59.6 20.6
 CARD NO. = 489 C DEL
 CARD NO. = 490 400023332 (1,1,1) 1.11-2 3.00-2 1.11-2 4.00-2 6.50-3
 CARD NO. = 491 400023337 (6,1,1) 5.00-3 1.60-2 0.95-2 6.50-3 4.00-3
 CARD NO. = 492 400023342 (11,1,1) 3.00-2 4.00-3 0.90-2 1.60-2 1.11-2
 CARD NO. = 493 400023347 (16,1,1) 3.00-2 1.11-2 4.00-2 6.50-3 5.00-3
 CARD NO. = 494 400023352 (21,1,1) 1.60-2 0.95-2 1.11-2 3.00-2 1.11-2
 CARD NO. = 495 400023357 (26,1,1) 4.00-2 6.50-3 5.00-3 1.60-2 0.95-2
 CARD NO. = 496 400023362 (31,1,1) 5.00-2 5.00-2 2.30-3
 CARD NO. = 497 C
 CARD NO. = 498 400023412 (1,1,2) 9.50-3 9.50-3 3.00-2 9.50-3 3.00-2
 CARD NO. = 499 400023417 (6,1,2) 9.50-3 2.50-2 9.50-3 2.70-2 9.50-3
 CARD NO. = 500 400023422 (11,1,2) 6.40-3 1.50-2 1.50-2 3.00-2 4.50-3

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

CARD NO. = 501	400023427 (16,1,2)	4.50-3	3.20-3	5.10-3	3.20-3	3.20-3	
CARD NO. = 502	400023432 (21,1,2)	3.20-3	6.40-3	7.90-3			
CARD NO. = 503							
CARD NO. = 504	400023492 (1,1,3)	9.50-3	3.00-2	9.50-3	3.00-2	9.50-3	
CARD NO. = 505	400023497 (6,1,3)	2.50-2	2.70-2	9.50-3	6.40-3	1.50-2	
CARD NO. = 506	400023502 (11,1,3)	1.50-2	3.00-2	4.50-3	4.50-3	3.20-3	
CARD NO. = 507	400023507 (16,1,3)	5.10-3	3.20-3	3.20-3	3.20-3	6.40-3	
CARD NO. = 508	400023512 (21,1,3)	7.90-3					
CARD NO. = 509							
CARD NO. = 510	400023572 (1,1,4)	9.50-3	9.50-3	3.00-2	9.50-3	3.00-2	
CARD NO. = 511	400023577 (6,1,4)	9.50-3	2.50-2	9.50-3	2.70-2	9.50-3	
CARD NO. = 512	400023582 (11,1,4)	6.40-3	1.50-2	1.50-2	3.00-2	4.50-3	
CARD NO. = 513	400023587 (16,1,4)	4.50-3	3.20-3	5.10-3	3.20-3	3.20-3	
CARD NO. = 514	400023592 (21,1,4)	3.20-3	6.40-3	7.90-3			
CARD NO. = 515							
CARD NO. = 516	400024132 (1,1,1,1)	529.0	463.0	397.0	397.0	397.0	
CARD NO. = 517	400024137 (6,1,1,1)	397.0	397.0	397.0	529.0	529.0	
CARD NO. = 518	400024142 (11,1,1,1)	529.0	529.0	355.0	140.0	529.0	
CARD NO. = 519	400024147 (16,1,1,1)	463.0	397.0	397.0	397.0	397.0	
CARD NO. = 520	400024152 (21,1,1,1)	397.0	397.0	529.0	463.0	397.0	
CARD NO. = 521	400024157 (26,1,1,1)	397.0	397.0	397.0	397.0	397.0	
CARD NO. = 522	400024162 (31,1,1,1)	397.0	529.0	150.0			
CARD NO. = 523	400024212 (1,1,2,1)	200.0 *13	140.0	200.0 *18	150.0		
CARD NO. = 524							
CARD NO. = 525	400024292 (1,1,1,2)	505.0	505.0	487.0	469.3	280.0	
CARD NO. = 526	400024297 (6,1,1,2)	325.0	325.0	325.0	325.0	325.0	
CARD NO. = 527	400024302 (11,1,1,2)	325.0	325.0	141.0	361.0	397.0	
CARD NO. = 528	400024307 (16,1,1,2)	361.0	361.0	254.0	177.0	148.0	
CARD NO. = 529	400024312 (21,1,1,2)	331.0	505.0	505.0			
CARD NO. = 530	400024372 (1,1,2,2)	200.0 *23					
CARD NO. = 531							
CARD NO. = 532	400024452 (1,1,1,3)	505.0	487.0	469.3	280.0	325.0	
CARD NO. = 533	400024457 (6,1,1,3)	325.0	325.0	325.0	325.0	325.0	
CARD NO. = 534	400024462 (11,1,1,3)	141.0	361.0	397.0	361.0	361.0	
CARD NO. = 535	400024467 (16,1,1,3)	254.0	177.0	148.0	331.0	505.0	
CARD NO. = 536	400024472 (21,1,1,3)	505.0					
CARD NO. = 537	400024532 (1,1,2,3)	200.0 *21					
CARD NO. = 538							
CARD NO. = 539	400024612 (1,1,1,4)	505.0	505.0	487.0	469.3	280.0	
CARD NO. = 540	400024617 (6,1,1,4)	325.0	325.0	325.0	325.0	325.0	
CARD NO. = 541	400024622 (11,1,1,4)	325.0	325.0	141.0	361.0	397.0	
CARD NO. = 542	400024627 (16,1,1,4)	361.0	361.0	254.0	177.0	148.0	
CARD NO. = 543	400024632 (21,1,1,4)	331.0	505.0	505.0			
CARD NO. = 544	400024692 (1,1,2,4)	200.0 *23					
CARD NO. = 545							
CARD NO. = 546							
CARD NO. = 547	400026132 (1, 1,1)	1	2				
CARD NO. = 548	400026142 (1, 2,1)	1	2				
CARD NO. = 549	400026152 (1, 3,1)	1	2				
CARD NO. = 550	400026162 (1, 4,1)	1	2				

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

.....

CARD NO. = 551	400026172(1, 5,1)	1	2
CARD NO. = 552	400026182(1, 6,1)	1	2
CARD NO. = 553	400026192(1, 7,1)	1	2
CARD NO. = 554	400026202(1, 8,1)	1	2
CARD NO. = 555	400026212(1, 9,1)	1	2
CARD NO. = 556	400026222(1,10,1)	1	2
CARD NO. = 557	400026232(1,11,1)	1	2
CARD NO. = 558	400026242(1,12,1)	1	2
CARD NO. = 559	400026252(1,13,1)	1	2
CARD NO. = 560	400026262(1,14,1)	1	2
CARD NO. = 561	400026272(1,15,1)	1	2
CARD NO. = 562	400026282(1,16,1)	1	2
CARD NO. = 563	400026292(1,17,1)	1	2
CARD NO. = 564	400026302(1,18,1)	1	2
CARD NO. = 565	400026312(1,19,1)	1	2
CARD NO. = 566	400026322(1,20,1)	1	2
CARD NO. = 567	400026332(1,21,1)	1	2
CARD NO. = 568	400026342(1,22,1)	1	2
CARD NO. = 569	400026352(1,23,1)	1	2
CARD NO. = 570	400026362(1,24,1)	1	2
CARD NO. = 571	400026372(1,25,1)	1	2
CARD NO. = 572	400026382(1,26,1)	1	2
CARD NO. = 573	400026392(1,27,1)	1	2
CARD NO. = 574	400026402(1,28,1)	1	2
CARD NO. = 575	400026412(1,29,1)	1	2
CARD NO. = 576	400026422(1,30,1)	1	2
CARD NO. = 577	400026432(1,31,1)	1	2
CARD NO. = 578	400026442(1,32,1)	1	2
CARD NO. = 579	400026532(1, 1,2)	2	*2
CARD NO. = 580	400026542(1, 2,2)	2	*2
CARD NO. = 581	400026552(1, 3,2)	2	*2
CARD NO. = 582	400026572(1, 5,2)	2	*2
CARD NO. = 583	400026932(1, 1,3)	2	*2
CARD NO. = 584	400026942(1, 2,3)	2	*2
CARD NO. = 585	400026952(1, 3,3)	2	*2
CARD NO. = 586	400026972(1, 5,3)	2	*2
CARD NO. = 587	400027332(1, 1,4)	2	*2
CARD NO. = 588	400027342(1, 2,4)	2	*2
CARD NO. = 589	400027352(1, 3,4)	2	*2
CARD NO. = 590	400027372(1, 5,4)	2	*2
CARD NO. = 591	YHTI		
CARD NO. = 592	400046932 (1, 1,1)	0.0	*2
CARD NO. = 593	400046942 (1, 2,1)	0.0	*2
CARD NO. = 594	400046952 (1, 3,1)	0.0	*2
CARD NO. = 595	400046962 (1, 4,1)	0.0	*2
CARD NO. = 596	400046972 (1, 5,1)	0.0	*2
CARD NO. = 597	400046982 (1, 6,1)	0.0	*2
CARD NO. = 598	400046992 (1, 7,1)	0.0	*2
CARD NO. = 599	400047002 (1, 8,1)	0.0	*2
CARD NO. = 600	400047012 (1, 9,1)	0.0	*2

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

```

CARD NO. = 601      400047022 ( 1,10,1)  0.0 *2
CARD NO. = 602      400047032 ( 1,11,1)  0.0 *2
CARD NO. = 603      400047042 ( 1,12,1)  0.0 *2
CARD NO. = 604      400047052 ( 1,13,1)  0.0 *2
CARD NO. = 605      400047062 ( 1,14,1)  0.0 *2
CARD NO. = 606      400047072 ( 1,15,1)  0.0 *2
CARD NO. = 607      400047082 ( 1,16,1)  0.0 *2
CARD NO. = 608      400047092 ( 1,17,1)  0.0 *2
CARD NO. = 609      400047102 ( 1,18,1)  0.0 *2
CARD NO. = 610      400047112 ( 1,19,1)  0.0 *2
CARD NO. = 611      400047122 ( 1,20,1)  0.0 *2
CARD NO. = 612      400047132 ( 1,21,1)  0.0 *2
CARD NO. = 613      400047142 ( 1,22,1)  0.0 *2
CARD NO. = 614      400047152 ( 1,23,1)  0.0 *2
CARD NO. = 615      400047162 ( 1,24,1)  0.0 *2
CARD NO. = 616      400047172 ( 1,25,1)  0.0 *2
CARD NO. = 617      400047182 ( 1,26,1)  0.0 *2
CARD NO. = 618      400047192 ( 1,27,1)  0.0 *2
CARD NO. = 619      400047202 ( 1,28,1)  0.0 *2
CARD NO. = 620      400047212 ( 1,29,1)  0.0 *2
CARD NO. = 621      400047222 ( 1,30,1)  0.0 *2
CARD NO. = 622      400047232 ( 1,31,1)  0.0 *2
CARD NO. = 623      400047242 ( 1,32,1)  0.0 *2
CARD NO. = 624
CARD NO. = 625      400047332 ( 1, 1,2)  0.0 *2
CARD NO. = 626      400047342 ( 1, 2,2)  0.0 *2
CARD NO. = 627      400047352 ( 1, 3,2)  0.0 *2
CARD NO. = 628      400047372 ( 1, 5,2)  0.0 *2
CARD NO. = 629
CARD NO. = 630      400047732 ( 1, 1,3)  0.0 *2
CARD NO. = 631      400047742 ( 1, 2,3)  0.0 *2
CARD NO. = 632      400047752 ( 1, 3,3)  0.0 *2
CARD NO. = 633      400047772 ( 1, 5,3)  0.0 *2
CARD NO. = 634
CARD NO. = 635      400048132 ( 1, 1,4)  0.0 *2
CARD NO. = 636      400048142 ( 1, 2,4)  0.0 *2
CARD NO. = 637      400048152 ( 1, 3,4)  0.0 *2
CARD NO. = 638      400048172 ( 1, 5,4)  0.0 *2
CARD NO. = 639      C YTTI
CARD NO. = 640      400050932 ( 1, 1,1)  0.0 *2
CARD NO. = 641      400050942 ( 1, 2,1)  0.0 *2
CARD NO. = 642      400050952 ( 1, 3,1)  0.0 *2
CARD NO. = 643      400050962 ( 1, 4,1)  0.0 *2
CARD NO. = 644      400050972 ( 1, 5,1)  0.0 *2
CARD NO. = 645      400050982 ( 1, 6,1)  0.0 *2
CARD NO. = 646      400050992 ( 1, 7,1)  0.0 *2
CARD NO. = 647      400051002 ( 1, 8,1)  0.0 *2
CARD NO. = 648      400051012 ( 1, 9,1)  0.0 *2
CARD NO. = 649      400051022 ( 1,10,1)  0.0 *2
CARD NO. = 650      400051032 ( 1,11,1)  0.0 *2

```

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 651 400051042 (1,12,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 652 400051052 (1,13,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 653 400051062 (1,14,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 654 400051072 (1,15,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 655 400051082 (1,16,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 656 400051092 (1,17,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 657 400051102 (1,18,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 658 400051112 (1,19,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 659 400051122 (1,20,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 660 400051132 (1,21,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 661 400051142 (1,22,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 662 400051152 (1,23,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 663 400051162 (1,24,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 664 400051172 (1,25,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 665 400051182 (1,26,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 666 400051192 (1,27,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 667 400051202 (1,28,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 668 400051212 (1,29,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 669 400051222 (1,30,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 670 400051232 (1,31,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 671 400051242 (1,32,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 672
 CARD NO. = 673 400051332 (1, 1,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 674 400051342 (1, 2,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 675 400051352 (1, 3,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 676 400051372 (1, 5,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 677
 CARD NO. = 678 400051732 (1, 1,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 679 400051742 (1, 2,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 680 400051752 (1, 3,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 681 400051772 (1, 5,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 682
 CARD NO. = 683 400052132 (1, 1,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 684 400052142 (1, 2,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 685 400052152 (1, 3,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 686 400052172 (1, 5,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 687 C TIH
 CARD NO. = 688 400054932 (1, 1,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 689 400054942 (1, 2,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 690 400054952 (1, 3,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 691 400054962 (1, 4,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 692 400054972 (1, 5,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 693 400054982 (1, 6,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 694 400054992 (1, 7,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 695 400055002 (1, 8,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 696 400055012 (1, 9,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 697 400055022 (1,10,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 698 400055032 (1,11,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 699 400055042 (1,12,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 700 400055052 (1,13,1) 0.0 *2

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 701	400055062	(1,14,1)	0.0	*2
CARD NO. = 702	400055072	(1,15,1)	0.0	*2
CARD NO. = 703	400055082	(1,16,1)	0.0	*2
CARD NO. = 704	400055092	(1,17,1)	0.0	*2
CARD NO. = 705	400055102	(1,18,1)	0.0	*2
CARD NO. = 706	400055112	(1,19,1)	0.0	*2
CARD NO. = 707	400055122	(1,20,1)	0.0	*2
CARD NO. = 708	400055132	(1,21,1)	0.0	*2
CARD NO. = 709	400055142	(1,22,1)	0.0	*2
CARD NO. = 710	400055152	(1,23,1)	0.0	*2
CARD NO. = 711	400055162	(1,24,1)	0.0	*2
CARD NO. = 712	400055172	(1,25,1)	0.0	*2
CARD NO. = 713	400055182	(1,26,1)	0.0	*2
CARD NO. = 714	400055192	(1,27,1)	0.0	*2
CARD NO. = 715	400055202	(1,28,1)	0.0	*2
CARD NO. = 716	400055212	(1,29,1)	0.0	*2
CARD NO. = 717	400055222	(1,30,1)	0.0	*2
CARD NO. = 718	400055232	(1,31,1)	0.0	*2
CARD NO. = 719	400055242	(1,32,1)	0.0	*2
CARD NO. = 720				
CARD NO. = 721	400055332	(1, 1,2)	0.0	*2
CARD NO. = 722	400055342	(1, 2,2)	0.0	*2
CARD NO. = 723	400055352	(1, 3,2)	0.0	*2
CARD NO. = 724	400055372	(1, 5,2)	0.0	*2
CARD NO. = 725				
CARD NO. = 726	400055732	(1, 1,3)	0.0	*2
CARD NO. = 727	400055742	(1, 2,3)	0.0	*2
CARD NO. = 728	400055752	(1, 3,3)	0.0	*2
CARD NO. = 729	400055772	(1, 5,3)	0.0	*2
CARD NO. = 730				
CARD NO. = 731	400056132	(1, 1,4)	0.0	*2
CARD NO. = 732	400056142	(1, 2,4)	0.0	*2
CARD NO. = 733	400056152	(1, 3,4)	0.0	*2
CARD NO. = 734	400056172	(1, 5,4)	0.0	*2
CARD NO. = 735	TIT			
CARD NO. = 736	400058932	(1, 1,1)	0.0	*2
CARD NO. = 737	400058942	(1, 2,1)	0.0	*2
CARD NO. = 738	400058952	(1, 3,1)	0.0	*2
CARD NO. = 739	400058962	(1, 4,1)	0.0	*2
CARD NO. = 740	400058972	(1, 5,1)	0.0	*2
CARD NO. = 741	400058982	(1, 6,1)	0.0	*2
CARD NO. = 742	400058992	(1, 7,1)	0.0	*2
CARD NO. = 743	400059002	(1, 8,1)	0.0	*2
CARD NO. = 744	400059012	(1, 9,1)	0.0	*2
CARD NO. = 745	400059022	(1,10,1)	0.0	*2
CARD NO. = 746	400059032	(1,11,1)	0.0	*2
CARD NO. = 747	400059042	(1,12,1)	0.0	*2
CARD NO. = 748	400059052	(1,13,1)	0.0	*2
CARD NO. = 749	400059062	(1,14,1)	0.0	*2
CARD NO. = 750	400059072	(1,15,1)	0.0	*2

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 751 400059082 (1,16,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 752 400059092 (1,17,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 753 400059102 (1,18,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 754 400059112 (1,19,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 755 400059122 (1,20,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 756 400059132 (1,21,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 757 400059142 (1,22,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 758 400059152 (1,23,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 759 400059162 (1,24,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 760 400059172 (1,25,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 761 400059182 (1,26,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 762 400059192 (1,27,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 763 400059202 (1,28,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 764 400059212 (1,29,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 765 400059222 (1,30,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 766 400059232 (1,31,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 767 400059242 (1,32,1) 0.0 *2
 CARD NO. = 768 C
 CARD NO. = 769 400059332 (1, 1,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 770 400059342 (1, 2,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 771 400059352 (1, 3,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 772 400059372 (1, 5,2) 0.0 *2
 CARD NO. = 773 C
 CARD NO. = 774 400059732 (1, 1,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 775 400059742 (1, 2,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 776 400059752 (1, 3,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 777 400059772 (1, 5,3) 0.0 *2
 CARD NO. = 778 C
 CARD NO. = 779 400060132 (1, 1,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 780 400060142 (1, 2,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 781 400060152 (1, 3,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 782 400060172 (1, 5,4) 0.0 *2
 CARD NO. = 783 C
 CARD NO. = 784 400062932 NCT 4
 CARD NO. = 785 C
 CARD NO. = 786 400062933 IDCT 1 2 3 4
 CARD NO. = 787 C
 CARD NO. = 788 400062943 MNCT 1 *4
 CARD NO. = 789 C
 CARD NO. = 790 C400062953 IMCT 0 *4
 CARD NO. = 791 C
 CARD NO. = 792 LITERAL=5A4,NCARD=4
 CARD NO. = 793 400062963 PRIMARY COLD TRAP
 CARD NO. = 794 400062968 SEC. COLD TRAP(A)
 CARD NO. = 795 400062973 SEC. COLD TRAP(B)
 CARD NO. = 796 400062978 SEC. COLD TRAP(C)
 CARD NO. = 797 C
 CARD NO. = 798 400063013 <1, 1> 0.3*128
 CARD NO. = 799 C
 CARD NO. = 800 400063413 (1, 1) 1.0*128

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

```

CARD NO. = 801
CARD NO. = 802
CARD NO. = 803
CARD NO. = 804
CARD NO. = 805
CARD NO. = 806
CARD NO. = 807
CARD NO. = 808
CARD NO. = 809
CARD NO. = 810
CARD NO. = 811
CARD NO. = 812
CARD NO. = 813
CARD NO. = 814
CARD NO. = 815
CARD NO. = 816
CARD NO. = 817
CARD NO. = 818
CARD NO. = 819
CARD NO. = 820
CARD NO. = 821
CARD NO. = 822
CARD NO. = 823
CARD NO. = 824
CARD NO. = 825
CARD NO. = 826
CARD NO. = 827
CARD NO. = 828
CARD NO. = 829
CARD NO. = 830
CARD NO. = 831
CARD NO. = 832
CARD NO. = 833
CARD NO. = 834
CARD NO. = 835
CARD NO. = 836
CARD NO. = 837
CARD NO. = 838
CARD NO. = 839
CARD NO. = 840
CARD NO. = 841
CARD NO. = 842
CARD NO. = 843
CARD NO. = 844
CARD NO. = 845
CARD NO. = 846
CARD NO. = 847
CARD NO. = 848
CARD NO. = 849
CARD NO. = 850

C
C400063813 DHTO(1) 2.2E-10 3.5E-10 SUGESTION FROM PNC
        400063813 DHTO(1) 3.0E-10 3.0E-10
CC
CC      / INP5   /
CC
      5000    1 NLOOPA   10
LITERAL=5A4,NCARD=10
      5000    2 (1, 1) PRIMARY AR GAS
      5000    7 (1, 2) SEC. OF TANK(A)
      5000   12 (1, 3) SEC. OF TANK(B)
      5000   17 (1, 4) SEC. OF TANK(C)
      5000   22 (1, 5) EV(A)
      5000   27 (1, 6) SH(A)
      5000   32 (1, 7) EV(B)
      5000   37 (1, 8) SH(B)
      5000   42 (1, 9) EV(C)
      5000   47 (1,10) SH(C)
      5000   52 IDNA(1)   1 2 3 4 2 2 3 3 4 4
      5000   62 NELA(1)   18 0 *9
C
      5000   72 ISVA(1)   0 *10
C
      5000   82 VA(1)   870.0 130.2 *3
      5000   86 VA(5)   20.0 21.0 20.0 21.0 20.0 21.0
C
      5000 112WPURE(1,1) 1.94-3   1.11-3 0.0 *10
      5000 152 IMTP(1)   21 0 *9
      5000 182HSATV(1,1) 1.00+20 *20
      5000 202HIMPT(1,1) 5.16-6   5.16-6
      5000 204HIMPT(1,2) 0.00     9.78-6
      5000 206HIMPT(1,3) 0.00     9.78-6
      5000 208HIMPT(1,4) 0.00     9.78-6
      5000 210HIMPT(1,5) 0.00     1.66-4
      5000 212HIMPT(1,6) 0.00     1.66-4
      5000 214HIMPT(1,7) 0.00     1.66-4
      5000 216HIMPT(1,8) 0.00     1.66-4
      5000 218HIMPT(1,9) 0.00     1.66-4
      5000 220HIMPT(1,0) 0.00     1.66-4
C  HYDROGEN CONCENTRATIONS IN EACH AR COVER GAS MUST BE CHANGED !
      5000 222 XH3(1)   5.41-4 2.10-5 *3 2.71-5 5.62-4 2.71-5 5.62-4
      5000 230 XH3(10)  2.71-5 5.62-4
      5000 232 XH4(1)   0.00 *10
      5000 242 XT3(1)   5.16-9 4.31-12 *3 5.22-12 8.42-11 5.22-12
      5000 249 XT3(9)   8.42-11 5.22-12 8.42-11
      5000 252 XT4(1)   0.00 *10
LITERAL=5A4,NCARD=18
      5000 262 (1,1,1) R/V-R/V MT(R/V)
      5000 267 (1,2,1) R/V MT
      5000 272 (1,3,1) R/V MT-R/V VT

```

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 851 5000 277 (1,4,1) R/V VT
 CARD NO. = 852 5000 282 (1,5,1) R/V VT-V/T VALVE
 CARD NO. = 853 5000 287 (1,6,1) CHA-PS TANK
 CARD NO. = 854 5000 292 (1,7,1) PS TANK
 CARD NO. = 855 5000 297 (1,8,1) PS TANK-HPS TANK
 CARD NO. = 856 5000 302 (1,9,1) HPS TANK
 CARD NO. = 857 5000 307 (1,0,1) HPS TANK-DECAY
 CARD NO. = 858 5000 312 (1,1,1) DECAY TANK
 CARD NO. = 859 5000 317 (1,2,1) DECAY-CG TANK
 CARD NO. = 860 5000 322 (1,3,1) CG TANK
 CARD NO. = 861 5000 327 (1,4,1) R/V-R/V MT(CC LOOP)
 CARD NO. = 862 5000 332 (1,5,1) R/V-R/V MT(CR LOOP)
 CARD NO. = 863 5000 337 (1,6,1) V/T VALVE-REDUCER
 CARD NO. = 864 5000 342 (1,7,1) REDUCER-C/V VALVE
 CARD NO. = 865 5000 347 (1,8,1) C/V VALVE-C/B
 CARD NO. = 866 5000 1262 IFNAD 1*18
 CARD NO. = 867 5000 1462 IFNAF 0*18
 CARD NO. = 868 5000 1862 IMTA(1,1) 1 7 7 7 7 0 0 0 0
 CARD NO. = 869 5000 1872 IMTA(1,1) 0 0 0 4 7 7 0
 CARD NO. = 870 5000 2062 MATELA(1) 1 *18
 CARD NO. = 871 C5000 2082 MATELA(2) S17 1
 CARD NO. = 872 C SELA
 CARD NO. = 873 5000 2462 (1,1,1) 4.0 5.0 2.0 5.0 24.0
 CARD NO. = 874 5000 2467 (6,1,1) 16.0 5.0 4.0 7.0 5.0
 CARD NO. = 875 5000 2472 (11,1,1) 110.0 9.0 7.0 7.5 4.5
 CARD NO. = 876 5000 2477 (16,1,1) 5.5 2.5 14.5
 CARD NO. = 877 C
 CARD NO. = 878 C5000 2482 (1,2,1) S17 16.6
 CARD NO. = 879 C DELA
 CARD NO. = 880 5000 2862 (1,1,1) 5.00-3 1.90-2 6.00-3 1.90-2 6.00-3
 CARD NO. = 881 5000 2867 (6,1,1) 3.40-3 3.00-3 3.40-3 9.00-3 3.40-3
 CARD NO. = 882 5000 2872 (11,1,1) 2.50-2 3.40-3 9.00-3 5.00-3 5.00-3
 CARD NO. = 883 5000 2877 (16,1,1) 6.00-3 3.90-3 3.90-3
 CARD NO. = 884 C
 CARD NO. = 885 C5000 2882 (1,2,1) S17 5.50-3
 CARD NO. = 886 C TELA
 CARD NO. = 887 5000 3262 (1,1,1) 460.0*2 200.0*3 30.0*5 20.0*3 460.0*2 30.0*3
 CARD NO. = 888 C5000 3282 (1,2,1,1) S17 30.0
 CARD NO. = 889 5000 3302 (1,1,2,1) 200.0*5 30.0*5 20.0*3 200.0*2 30.0*3
 CARD NO. = 890 C5000 3322 (1,2,2,1) S17 30.0
 CARD NO. = 891 C VMAG
 CARD NO. = 892 C5000 4062 (1,1) S17 8.60-2
 CARD NO. = 893 C
 CARD NO. = 894 C
 CARD NO. = 895 500022662 SAR(1) 36.0 47.0 *3
 CARD NO. = 896 500022666 SAR(5) 2.67 8.33-1 2.67 8.33-1 2.67 8.33-1
 CARD NO. = 897 C
 CARD NO. = 898 500022672 AJBNT 0.0 *10
 CARD NO. = 899 500022682 AJBNH 0.0 *10
 CARD NO. = 900 C

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 901	500022692	NTLA	1 *10
CARD NO. = 902	C	ITLA	
CARD NO. = 903	500022702	(1,1)	1
CARD NO. = 904	500022732	(1,2)	1
CARD NO. = 905	500022762	(1,3)	1
CARD NO. = 906	500022792	(1,4)	1
CARD NO. = 907	500022822	(1,5)	1
CARD NO. = 908	500022852	(1,6)	1
CARD NO. = 909	500022882	(1,7)	1
CARD NO. = 910	500022912	(1,8)	1
CARD NO. = 911	500022942	(1,9)	1
CARD NO. = 912	500022972	(1,10)	1
CARD NO. = 913	C	TLAO	
CARD NO. = 914	C	TLAOS FOR OFT AND DUMP TANK MUST BE CHANGED !!	
CARD NO. = 915	500023002	(1,1,1)	529.0
CARD NO. = 916	500023032	(1,2,1)	240.0
CARD NO. = 917	500023062	(1,1,2)	529.0
CARD NO. = 918	500023092	(1,2,2)	240.0
CARD NO. = 919	500023122	(1,1,3)	529.0
CARD NO. = 920	500023152	(1,2,3)	240.0
CARD NO. = 921	500023182	(1,1,4)	529.0
CARD NO. = 922	500023212	(1,2,4)	240.0
CARD NO. = 923	500023242	(1,1,5)	529.0
CARD NO. = 924	500023272	(1,2,5)	240.0
CARD NO. = 925	500023302	(1,1,6)	529.0
CARD NO. = 926	500023332	(1,2,6)	240.0
CARD NO. = 927	500023362	(1,1,7)	529.0
CARD NO. = 928	500023392	(1,2,7)	240.0
CARD NO. = 929	500023422	(1,1,8)	529.0
CARD NO. = 930	500023452	(1,2,8)	240.0
CARD NO. = 931	500023482	(1,1,9)	529.0
CARD NO. = 932	500023512	(1,2,9)	240.0
CARD NO. = 933	500023542	(1,1,10)	529.0
CARD NO. = 934	500023572	(1,2,10)	240.0
CARD NO. = 935	C		
CARD NO. = 936	500023602	NWPG	1 *10
CARD NO. = 937	C	IWPG	
CARD NO. = 938	500023612	(1,1)	1
CARD NO. = 939	500023642	(1,2)	1
CARD NO. = 940	500023672	(1,3)	1
CARD NO. = 941	500023702	(1,4)	1
CARD NO. = 942	500023732	(1,5)	1
CARD NO. = 943	500023762	(1,6)	1
CARD NO. = 944	500023792	(1,7)	1
CARD NO. = 945	500023822	(1,8)	1
CARD NO. = 946	500023852	(1,9)	1
CARD NO. = 947	500023882	(1,10)	1
CARD NO. = 948	C	WPURGO	
CARD NO. = 949	500023912	(1,1,1)	2.56-4
CARD NO. = 950	500023942	(1,2,1)	1.15-4

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 951	500023972 (1,1,2)	0.0
CARD NO. = 952	500024002 (1,2,2)	2.43-5
CARD NO. = 953	500024032 (1,1,3)	0.0
CARD NO. = 954	500024062 (1,2,3)	2.43-5
CARD NO. = 955	500024092 (1,1,4)	0.0
CARD NO. = 956	500024122 (1,2,4)	2.43-5
CARD NO. = 957	500024152 (1,1,5)	0.0
CARD NO. = 958	500024182 (1,2,5)	0.0
CARD NO. = 959	500024212 (1,1,6)	0.0
CARD NO. = 960	500024242 (1,2,6)	0.0
CARD NO. = 961	500024272 (1,1,7)	0.0
CARD NO. = 962	500024302 (1,2,7)	0.0
CARD NO. = 963	500024332 (1,1,8)	0.0
CARD NO. = 964	500024362 (1,2,8)	0.0
CARD NO. = 965	500024392 (1,1,9)	0.0
CARD NO. = 966	500024422 (1,2,9)	0.0
CARD NO. = 967	500024452 (1,1,10)	0.0
CARD NO. = 968	500024482 (1,2,10)	0.0
CARD NO. = 969		
CARD NO. = 970	500024512 NHING	1 *10
CARD NO. = 971	C IHING	
CARD NO. = 972	500024522 (1,1)	1
CARD NO. = 973	500024552 (1,2)	1
CARD NO. = 974	500024582 (1,3)	1
CARD NO. = 975	500024612 (1,4)	1
CARD NO. = 976	500024642 (1,5)	1
CARD NO. = 977	500024672 (1,6)	1
CARD NO. = 978	500024702 (1,7)	1
CARD NO. = 979	500024732 (1,8)	1
CARD NO. = 980	500024762 (1,9)	1
CARD NO. = 981	500024792 (1,10)	1
CARD NO. = 982	C HINGO	
CARD NO. = 983	500024822 (1,1,1)	-1.00-5
CARD NO. = 984	500024852 (1,2,1)	0.00
CARD NO. = 985	500024882 (1,1,2)	-1.00-6
CARD NO. = 986	500024912 (1,2,2)	0.00
CARD NO. = 987	500024942 (1,1,3)	-1.00-6
CARD NO. = 988	500024972 (1,2,3)	0.00
CARD NO. = 989	500025002 (1,1,4)	-1.00-6
CARD NO. = 990	500025032 (1,2,4)	0.00
CARD NO. = 991	500025062 (1,1,5)	-1.00-6
CARD NO. = 992	500025092 (1,2,5)	0.00
CARD NO. = 993	500025122 (1,1,6)	-1.00-6
CARD NO. = 994	500025152 (1,2,6)	0.00
CARD NO. = 995	500025182 (1,1,7)	-1.00-6
CARD NO. = 996	500025212 (1,2,7)	0.00
CARD NO. = 997	500025242 (1,1,8)	-1.00-6
CARD NO. = 998	500025272 (1,2,8)	0.00
CARD NO. = 999	500025302 (1,1,9)	-1.00-6
CARD NO. = 1000	500025332 (1,2,9)	0.00

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

.....

CARD NO. = 1001 500025362 (1,1,10) -1.00-6
 CARD NO. = 1002 500025392 (1,2,10) 0.00
 CARD NO. = 1003 C FFAL
 CARD NO. = 1004 500025422 (1) 1.0 *10
 CARD NO. = 1005 C FFAL2
 CARD NO. = 1006 500025432 (1) 1.0 *10
 CARD NO. = 1007 C
 CARD NO. = 1008 CC / INP6 /
 CARD NO. = 1009 CC
 CARD NO. = 1010 6000 1 NCV 0
 CARD NO. = 1011 CC
 CARD NO. = 1012 CC / INP7 /
 CARD NO. = 1013 C
 CARD NO. = 1014 .7000 1 NIHX 3
 CARD NO. = 1015 LITERAL=5A4,NCARD=3
 CARD NO. = 1016 7000 2 (1,1) IHX(A)
 CARD NO. = 1017 7000 7 (1,2) IHX(B)
 CARD NO. = 1018 7000 12 (1,3) IHX(C)
 CARD NO. = 1019 7000 52 IIHX(1) 1 *3
 CARD NO. = 1020 7000 62 JIHX(1) 2 3 4
 CARD NO. = 1021 7000 72 MIHX(1) 30 *3
 CARD NO. = 1022 7000 82 MATIHX(1) 1 *3
 CARD NO. = 1023 7000 92 SIHX(1) 1200.0 *3
 CARD NO. = 1024 7000 102 DIHX(1) 1.20-3 *3
 CARD NO. = 1025 C
 CARD NO. = 1026 7000 192 NTIHX 1 *3
 CARD NO. = 1027 C ITIHX
 CARD NO. = 1028 7000 202 (1,1) 1
 CARD NO. = 1029 7000 232 (1,2) 1
 CARD NO. = 1030 7000 262 (1,3) 1
 CARD NO. = 1031 C TIHI10
 CARD NO. = 1032 7000 502 (1,1,1) 529.0
 CARD NO. = 1033 7000 532 (1,2,1) 240.0
 CARD NO. = 1034 7000 562 (1,1,2) 529.0
 CARD NO. = 1035 7000 592 (1,2,2) 240.0
 CARD NO. = 1036 7000 622 (1,1,3) 529.0
 CARD NO. = 1037 7000 652 (1,2,3) 240.0
 CARD NO. = 1038 C TIHI20
 CARD NO. = 1039 7000 1102 (1,1,1) 397.0
 CARD NO. = 1040 7000 1132 (1,2,1) 210.0
 CARD NO. = 1041 7000 1162 (1,1,2) 397.0
 CARD NO. = 1042 7000 1192 (1,2,2) 210.0
 CARD NO. = 1043 7000 1222 (1,1,3) 397.0
 CARD NO. = 1044 7000 1252 (1,2,3) 210.0
 CARD NO. = 1045 C TIHJ10
 CARD NO. = 1046 7000 1702 (1,1,1) 325.0
 CARD NO. = 1047 7000 1732 (1,2,1) 200.0
 CARD NO. = 1048 7000 1762 (1,1,2) 325.0
 CARD NO. = 1049 7000 1792 (1,2,2) 200.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

.....

CARD NO. = 1051 7000 1822 (1,1,3) 325.0
 CARD NO. = 1052 7000 1852 (1,2,3) 200.0
 CARD NO. = 1053 C TIHJ20
 CARD NO. = 1054 7000 2302 (1,1,1) 505.0
 CARD NO. = 1055 7000 2332 (1,2,1) 205.0
 CARD NO. = 1056 7000 2362 (1,1,2) 505.0
 CARD NO. = 1057 7000 2392 (1,2,2) 205.0
 CARD NO. = 1058 7000 2422 (1,1,3) 505.0
 CARD NO. = 1059 7000 2452 (1,2,3) 205.0
 CARD NO. = 1060 CC
 CARD NO. = 1061 CC IHXの伝熱管の透過係数の補正係数 OFI
 CARD NO. = 1062 CC
 CARD NO. = 1063 7000 2902 OFI 2.5
 CARD NO. = 1064 CC
 CARD NO. = 1065 CC / INP8 /
 CARD NO. = 1066 CC
 CARD NO. = 1067 8000 1 NSG 3
 CARD NO. = 1068 LITERAL=5A4,NCARD=3
 CARD NO. = 1069 8000 2 NMSG(1,1)STEAM WATER SYSTEM(A)
 CARD NO. = 1070 8000 7 NMSG(1,2)STEAM WATER SYSTEM(B)
 CARD NO. = 1071 8000 12 NMSG(1,3)STEAM WATER SYSTEM(C)
 CARD NO. = 1072 8000 52 IDSG(1) 2 3 4
 CARD NO. = 1073 8000 62 NELSG(1) 2 *3
 CARD NO. = 1074 8000 72 VSG(1) 116.7 *3
 CARD NO. = 1075 C
 CARD NO. = 1076 8000 102 NQSW(1) 114 *3
 CARD NO. = 1077 8000 112 CTS(1,1) 0.0 123.0 168.0 291.0 411.0
 CARD NO. = 1078 8000 117 CTS(1,1) 534.0 579.0 702.0 822.0 945.0
 CARD NO. = 1079 8000 122 CTS(1,1) 990.0 1138.0 1258.0 1406.0 1451.0
 CARD NO. = 1080 8000 127 CTS(1,1) 1599.0 1719.0 1867.0 1912.0 2060.0
 CARD NO. = 1081 8000 132 CTS(1,1) 2180.0 2328.0 2373.0 2521.0 2641.0
 CARD NO. = 1082 8000 137 CTS(1,1) 2789.0 2834.0 2982.0 3102.0 3250.0
 CARD NO. = 1083 8000 142 CTS(1,1) 3295.0 3443.0 3563.0 3711.0 3756.0
 CARD NO. = 1084 8000 147 CTS(1,1) 3904.0 4024.0 4172.0 4217.0 4365.0
 CARD NO. = 1085 8000 152 CTS(1,1) 4485.0 4633.0 4678.0 4826.0 4946.0
 CARD NO. = 1086 8000 157 CTS(1,1) 5094.0 5139.0 5287.0 5407.0 5555.0
 CARD NO. = 1087 8000 162 CTS(1,1) 5600.0 5748.0 5868.0 6016.0 6061.0
 CARD NO. = 1088 8000 167 CTS(1,1) 6209.0 6329.0 6477.0 6522.0 6670.0
 CARD NO. = 1089 8000 172 CTS(1,1) 6790.0 6938.0 6983.0 7131.0 7251.0
 CARD NO. = 1090 8000 177 CTS(1,1) 7399.0 7444.0 7592.0 7712.0 7860.0
 CARD NO. = 1091 8000 182 CTS(1,1) 7905.0 8053.0 8173.0 8321.0 8366.0
 CARD NO. = 1092 8000 187 CTS(1,1) 8514.0 8634.0 8782.0 8827.0 8975.0
 CARD NO. = 1093 8000 192 CTS(1,1) 9095.0 9243.0 9288.0 9436.0 9556.0
 CARD NO. = 1094 8000 197 CTS(1,1) 9704.0 9749.0 9897.0 10017.0 10165.0
 CARD NO. = 1095 8000 202 CTS(1,1) 10210.0 10358.0 10478.0 10626.0 10671.0
 CARD NO. = 1096 8000 207 CTS(1,1) 10819.0 10939.0 11087.0 11132.0 11280.0
 CARD NO. = 1097 8000 212 CTS(1,1) 11400.0 11548.0 11593.0 11741.0 11861.0
 CARD NO. = 1098 8000 217 CTS(1,1) 12009.0 12054.0 12202.0 12322.0 12470.0
 CARD NO. = 1099 8000 222 CTS(1,1) 12515.0 12663.0 12783.0 12931.0 12981.0
 CARD NO. = 1100 8000 312 CTS(1,1) 0.0 123.0 168.0 291.0 411.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

.....

CARD NO. = 1101	8000	317	CTS(1,1)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 1102	8000	322	CTS(1,1)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 1103	8000	327	CTS(1,1)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 1104	8000	332	CTS(1,1)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 1105	8000	337	CTS(1,1)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 1106	8000	342	CTS(1,1)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 1107	8000	347	CTS(1,1)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 1108	8000	352	CTS(1,1)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 1109	8000	357	CTS(1,1)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 1110	8000	362	CTS(1,1)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 1111	8000	367	CTS(1,1)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 1112	8000	372	CTS(1,1)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 1113	8000	377	CTS(1,1)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 1114	8000	382	CTS(1,1)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 1115	8000	387	CTS(1,1)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 1116	8000	392	CTS(1,1)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 1117	8000	397	CTS(1,1)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 1118	8000	402	CTS(1,1)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 1119	8000	407	CTS(1,1)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 1120	8000	412	CTS(1,1)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 1121	8000	417	CTS(1,1)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 1122	8000	422	CTS(1,1)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 1123	8000	512	CTS(1,1)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 1124	8000	517	CTS(1,1)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 1125	8000	522	CTS(1,1)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 1126	8000	527	CTS(1,1)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 1127	8000	532	CTS(1,1)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 1128	8000	537	CTS(1,1)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 1129	8000	542	CTS(1,1)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 1130	8000	547	CTS(1,1)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 1131	8000	552	CTS(1,1)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 1132	8000	557	CTS(1,1)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 1133	8000	562	CTS(1,1)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 1134	8000	567	CTS(1,1)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 1135	8000	572	CTS(1,1)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 1136	8000	577	CTS(1,1)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 1137	8000	582	CTS(1,1)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 1138	8000	587	CTS(1,1)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 1139	8000	592	CTS(1,1)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 1140	8000	597	CTS(1,1)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 1141	8000	602	CTS(1,1)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 1142	8000	607	CTS(1,1)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 1143	8000	612	CTS(1,1)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 1144	8000	617	CTS(1,1)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 1145	8000	622	CTS(1,1)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 1146	8000	2112	XT5(1,1)	0.00	*114			
CARD NO. = 1147	8000	2312	XT5(1,2)	0.00	*114			
CARD NO. = 1148	8000	2512	XT5(1,3)	0.00	*114			
CARD NO. = 1149				LITERAL=5A4,NCARD=6				
CARD NO. = 1150				8000	4112	NAMESG	EVCA)	

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1151 8000 4117 NAMESG SH(A)
 CARD NO. = 1152 8000 4162 NAMESG EV(B)
 CARD NO. = 1153 8000 4167 NAMESG SH(B)
 CARD NO. = 1154 8000 4212 NAMESG EV(C)
 CARD NO. = 1155 8000 4217 NAMESG SH(C)
 CARD NO. = 1156 8000 4612MATSG(1,1) 6 1
 CARD NO. = 1157 8000 4622MATSG(1,2) 6 1
 CARD NO. = 1158 8000 4632MATSG(1,3) 6 1
 CARD NO. = 1159 8000 4712SELSG(1,1) 8.00+2 4.23+2
 CARD NO. = 1160 8000 4722SELSG(1,2) 8.00+2 4.23+2
 CARD NO. = 1161 8000 4732SELSG(1,3) 8.00+2 4.23+2
 CARD NO. = 1162 8000 4812DELSG(1,1) 3.80-3 3.50-3
 CARD NO. = 1163 8000 4822DELSG(1,2) 3.80-3 3.50-3
 CARD NO. = 1164 8000 4832DELSG(1,3) 3.80-3 3.50-3
 CARD NO. = 1165 C
 CARD NO. = 1166 8000 5312 NDHX 3
 CARD NO. = 1167 LITERAL=5A4,NCARD=3
 CARD NO. = 1168 8000 5313NMDHX(1,1) IRACS(A)
 CARD NO. = 1169 8000 5318NMDHX(1,2) IRACS(B)
 CARD NO. = 1170 8000 5323NMDHX(1,3) IRACS(C)
 CARD NO. = 1171 C
 CARD NO. = 1172 8000 5363IDDHX(1) 2 3 4
 CARD NO. = 1173 C
 CARD NO. = 1174 8000 5373NELDHX(1) 1 1 1
 CARD NO. = 1175 C QDHX
 CARD NO. = 1176 8000 5383 (1,1) 27.6 *6
 CARD NO. = 1177 C
 CARD NO. = 1178 8000 5403 IMTD(1) 0 0 0
 CARD NO. = 1179 C
 CARD NO. = 1180 NAMDHX
 CARD NO. = 1181 LITERAL=5A4,NCARD=3
 CARD NO. = 1182 8000 5413 (1,1,1) A/C(A)
 CARD NO. = 1183 8000 5463 (1,1,2) A/C(B)
 CARD NO. = 1184 8000 5513 (1,1,3) A/C(C)
 CARD NO. = 1185 C MATDHX
 CARD NO. = 1186 8000 5913 (1,1) 1
 CARD NO. = 1187 8000 5923 (1,2) 1
 CARD NO. = 1188 8000 5933 (1,3) 1
 CARD NO. = 1189 C SELDHX
 CARD NO. = 1190 8000 6013 (1,1) 140.0
 CARD NO. = 1191 8000 6023 (1,2) 140.0
 CARD NO. = 1192 8000 6033 (1,3) 140.0
 CARD NO. = 1193 C DELDHX
 CARD NO. = 1194 8000 6113 (1,1) 2.6-3
 CARD NO. = 1195 8000 6123 (1,2) 2.6-3
 CARD NO. = 1196 8000 6133 (1,3) 2.6-3
 CARD NO. = 1197 C TELDHX
 CARD NO. = 1198 8000 6213 (1,1,1) 505.0
 CARD NO. = 1199 8000 6223 (1,2,1) 205.0
 CARD NO. = 1200 8000 6233 (1,1,2) 505.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1201 8000 6243 (1,2,2) 205.0
 CARD NO. = 1202 8000 6253 (1,1,3) 505.0
 CARD NO. = 1203 8000 6263 (1,2,3) 205.0
 CARD NO. = 1204 C
 CARD NO. = 1205 8000 6413 BKAI 0.0
 CARD NO. = 1206 8000 6414BJHSG(1,1) 0.0 0.0
 CARD NO. = 1207 8000 6424BJHSG(1,2) 0.0 0.0
 CARD NO. = 1208 8000 6434BJHSG(1,3) 0.0 0.0
 CARD NO. = 1209 C
 CARD NO. = 1210 8000 6514 NTSG 1 *3
 CARD NO. = 1211 C ITSG
 CARD NO. = 1212 8000 6524 (1,1) 1
 CARD NO. = 1213 8000 6554 (1,1) 1
 CARD NO. = 1214 8000 6584 (1,1) 1
 CARD NO. = 1215 C
 CARD NO. = 1216 C TELSG
 CARD NO. = 1217 8000 6824 (1,1,1,1) 386.0
 CARD NO. = 1218 8000 6854 (1,2,1,1) 150.0
 CARD NO. = 1219 8000 6884 (1,1,2,1) 494.0
 CARD NO. = 1220 8000 6914 (1,2,2,1) 200.0
 CARD NO. = 1221 8000 7424 (1,1,1,2) 386.0
 CARD NO. = 1222 8000 7454 (1,2,1,2) 150.0
 CARD NO. = 1223 8000 7484 (1,1,2,2) 494.0
 CARD NO. = 1224 8000 7514 (1,2,2,2) 200.0
 CARD NO. = 1225 8000 8024 (1,1,1,3) 386.0
 CARD NO. = 1226 8000 8054 (1,2,1,3) 150.0
 CARD NO. = 1227 8000 8084 (1,1,2,3) 494.0
 CARD NO. = 1228 8000 8114 (1,2,2,3) 200.0
 CARD NO. = 1229 C
 CARD NO. = 1230 800012824 NQWV 1 *3
 CARD NO. = 1231 C IQWV
 CARD NO. = 1232 800012834 (1,1) 1
 CARD NO. = 1233 800012864 (1,2) 1
 CARD NO. = 1234 800012894 (1,3) 1
 CARD NO. = 1235 C
 CARD NO. = 1236 C QWVO
 CARD NO. = 1237 800013134 (1,1,1) 6.61-4
 CARD NO. = 1238 800013164 (1,2,1) 1.35-3
 CARD NO. = 1239 800013194 (1,1,2) 6.61-4
 CARD NO. = 1240 800013224 (1,2,2) 1.35-3
 CARD NO. = 1241 800013254 (1,1,3) 6.61-4
 CARD NO. = 1242 800013284 (1,2,3) 1.35-3
 CARD NO. = 1243 C O FILM EFFECT
 CARD NO. = 1244 800013734 OFE 0.6
 CARD NO. = 1245 CC
 CARD NO. = 1246 CC / INP9 /
 CARD NO. = 1247 CC
 CARD NO. = 1248 9000 1 NRDM 12
 CARD NO. = 1249 LITERAL=5A4,NCARD=12
 CARD NO. = 1250 9000 2 (1,1) R/V ROOM

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1251 9000 7 (1,2) PRIMARY NA LOOP(A)
 CARD NO. = 1252 9000 12 (1,3) PRIMARY NA LOOP(B)
 CARD NO. = 1253 9000 17 (1,4) PRIMARY NA LOOP(C)
 CARD NO. = 1254 9000 22 (1,5) 1CTN2
 CARD NO. = 1255 9000 27 (1,6) C/V AIR ROOM 1
 CARD NO. = 1256 9000 32 (1,7) PRIMARY AR ROOM 1
 CARD NO. = 1257 9000 37 (1,8) ZHAIKAN ROOM(A)
 CARD NO. = 1258 9000 42 (1,9) ZHAIKAN ROOM(C)
 CARD NO. = 1259 9000 47 (1,10) SG ROOM(A)
 CARD NO. = 1260 9000 52 (1,11) SG ROOM(B)
 CARD NO. = 1261 9000 57 (1,12) SG ROOM(C)

C C PERGE PLAN AND FLOW RATE MUST BE CHECKED !!
 C LEAKAGE RATE AND PLAN MUST BE CHECKED !!

CARD NO. = 1262 9000 102 IRF(1,1) 0
 CARD NO. = 1263 9000 107 IRF(1,2) 21
 CARD NO. = 1264 9000 112 IRF(1,3) 21
 CARD NO. = 1265 9000 117 IRF(1,4) 21
 CARD NO. = 1266 9000 122 IRF(1,5) 0
 CARD NO. = 1267 9000 127 IRF(1,6) 7 21
 CARD NO. = 1268 9000 132 IRF(1,7) 6
 CARD NO. = 1269 9000 137 IRF(1,8) 0
 CARD NO. = 1270 9000 142 IRF(1,9) 0
 CARD NO. = 1271 9000 147 IRF(1,10) 0
 CARD NO. = 1272 9000 152 IRF(1,11) 0
 CARD NO. = 1273 9000 157 IRF(1,12) 0

CARD NO. = 1274 9000 202 IRL(1,1) 6
 CARD NO. = 1275 9000 207 IRL(1,2) 6
 CARD NO. = 1276 9000 212 IRL(1,3) 6
 CARD NO. = 1277 9000 217 IRL(1,4) 6
 CARD NO. = 1278 9000 222 IRL(1,5) 0
 CARD NO. = 1279 9000 227 IRL(1,6) 0
 CARD NO. = 1280 9000 232 IRL(1,7) 0
 CARD NO. = 1281 9000 237 IRL(1,8) 0
 CARD NO. = 1282 9000 242 IRL(1,9) 0
 CARD NO. = 1283 9000 247 IRL(1,10) 0
 CARD NO. = 1284 9000 252 IRL(1,11) 0
 CARD NO. = 1285 9000 257 IRL(1,12) 0

CARD NO. = 1286 9000 302 BERM(1) 0.8 *12
 CARD NO. = 1287 9000 322 VRM(1) 1.61E3 4.18E3 6.43E3 3.96E3 10.8
 CARD NO. = 1288 9000 327 VRM(6) 8.0E4 6.0E2 2.18E3 2.26E3 1.05E4
 CARD NO. = 1289 9000 332 VRM(11) 9.96E3 1.05E4

CARD NO. = 1290 9000 342 NSFR(1,1) 1
 CARD NO. = 1291 9000 347 NSFR(1,2) 114
 CARD NO. = 1292 9000 352 NSFR(1,3) 114
 CARD NO. = 1293 9000 357 NSFR(1,4) 114

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1301
 CARD NO. = 1302
 CARD NO. = 1303
 CARD NO. = 1304
 CARD NO. = 1305
 CARD NO. = 1306
 CARD NO. = 1307
 CARD NO. = 1308
 CARD NO. = 1309
 CARD NO. = 1310
 CARD NO. = 1311
 CARD NO. = 1312
 CARD NO. = 1313
 CARD NO. = 1314
 CARD NO. = 1315
 CARD NO. = 1316
 CARD NO. = 1317
 CARD NO. = 1318
 CARD NO. = 1319
 CARD NO. = 1320
 CARD NO. = 1321
 CARD NO. = 1322
 CARD NO. = 1323
 CARD NO. = 1324
 CARD NO. = 1325
 CARD NO. = 1326
 CARD NO. = 1327
 CARD NO. = 1328
 CARD NO. = 1329
 CARD NO. = 1330
 CARD NO. = 1331
 CARD NO. = 1332
 CARD NO. = 1333
 CARD NO. = 1334
 CARD NO. = 1335
 CARD NO. = 1336
 CARD NO. = 1337
 CARD NO. = 1338
 CARD NO. = 1339
 CARD NO. = 1340
 CARD NO. = 1341
 CARD NO. = 1342
 CARD NO. = 1343
 CARD NO. = 1344
 CARD NO. = 1345
 CARD NO. = 1346
 CARD NO. = 1347
 CARD NO. = 1348
 CARD NO. = 1349
 CARD NO. = 1350

9000	362	NSFR(1,5)	1				
9000	367	NSFR(1,6)	114	114			
9000	372	NSFR(1,7)	1				
9000	377	NSFR(1,8)	1				
9000	382	NSFR(1,9)	1				
9000	387	NSFR(1,0)	1				
9000	392	NSFR(1,1)	1				
9000	397	NSFR(1,2)	1				
 C							
9000	442	NSLR(1,1)	1				
9000	447	NSLR(1,2)	114				
9000	452	NSLR(1,3)	114				
9000	457	NSLR(1,4)	114				
9000	462	NSLR(1,5)	1				
9000	467	NSLR(1,6)	1				
9000	472	NSLR(1,7)	1				
9000	477	NSLR(1,8)	1				
9000	482	NSLR(1,9)	1				
9000	487	NSLR(1,0)	1				
9000	492	NSLR(1,1)	1				
9000	497	NSLR(1,2)	1				
 C							
CTF							
9000	542	(1,1,1)	0.0				
 C							
9000	1542	(1,1,2)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
9000	1547	(6,1,2)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
9000	1552	(11,1,2)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
9000	1557	(16,1,2)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
9000	1562	(21,1,2)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
9000	1567	(26,1,2)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
9000	1572	(31,1,2)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
9000	1577	(36,1,2)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
9000	1582	(41,1,2)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
9000	1587	(46,1,2)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
9000	1592	(51,1,2)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
9000	1597	(56,1,2)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
9000	1602	(61,1,2)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
9000	1607	(66,1,2)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
9000	1612	(71,1,2)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
9000	1617	(76,1,2)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
9000	1622	(81,1,2)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
9000	1627	(86,1,2)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
9000	1632	(91,1,2)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
9000	1637	(96,1,2)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
9000	1642	(101,1,2)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
9000	1647	(106,1,2)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
9000	1652	(111,1,2)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
 C							
9000	2542	(1,1,3)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1351 9000 2547 (6,1,3) 534.0 579.0 702.0 822.0 945.0
 CARD NO. = 1352 9000 2552 (11,1,3) 990.0 1138.0 1258.0 1406.0 1451.0
 CARD NO. = 1353 9000 2557 (16,1,3) 1599.0 1719.0 1867.0 1912.0 2060.0
 CARD NO. = 1354 9000 2562 (21,1,3) 2180.0 2328.0 2373.0 2521.0 2641.0
 CARD NO. = 1355 9000 2567 (26,1,3) 2789.0 2834.0 2982.0 3102.0 3250.0
 CARD NO. = 1356 9000 2572 (31,1,3) 3295.0 3443.0 3563.0 3711.0 3756.0
 CARD NO. = 1357 9000 2577 (36,1,3) 3904.0 4024.0 4172.0 4217.0 4365.0
 CARD NO. = 1358 9000 2582 (41,1,3) 4485.0 4633.0 4678.0 4826.0 4946.0
 CARD NO. = 1359 9000 2587 (46,1,3) 5094.0 5139.0 5287.0 5407.0 5555.0
 CARD NO. = 1360 9000 2592 (51,1,3) 5600.0 5748.0 5868.0 6016.0 6061.0
 CARD NO. = 1361 9000 2597 (56,1,3) 6209.0 6329.0 6477.0 6522.0 6670.0
 CARD NO. = 1362 9000 2602 (61,1,3) 6790.0 6938.0 6983.0 7131.0 7251.0
 CARD NO. = 1363 9000 2607 (66,1,3) 7399.0 7444.0 7592.0 7712.0 7860.0
 CARD NO. = 1364 9000 2612 (71,1,3) 7905.0 8053.0 8173.0 8321.0 8366.0
 CARD NO. = 1365 9000 2617 (76,1,3) 8514.0 8634.0 8782.0 8827.0 8975.0
 CARD NO. = 1366 9000 2622 (81,1,3) 9095.0 9243.0 9288.0 9436.0 9556.0
 CARD NO. = 1367 9000 2627 (86,1,3) 9704.0 9749.0 9897.0 10017.0 10165.0
 CARD NO. = 1368 9000 2632 (91,1,3) 10210.0 10358.0 10478.0 10626.0 10671.0
 CARD NO. = 1369 9000 2637 (96,1,3) 10819.0 10939.0 11087.0 11132.0 11280.0
 CARD NO. = 1370 9000 2642 (101,1,3) 11400.0 11548.0 11593.0 11741.0 11861.0
 CARD NO. = 1371 9000 2647 (106,1,3) 12009.0 12054.0 12202.0 12322.0 12470.0
 CARD NO. = 1372 9000 2652 (111,1,3) 12515.0 12663.0 12783.0 12931.0 12981.0
 C 9000 3542 (1,1,4) 0.0 123.0 168.0 291.0 411.0
 CARD NO. = 1374 9000 3547 (6,1,4) 534.0 579.0 702.0 822.0 945.0
 CARD NO. = 1375 9000 3552 (11,1,4) 990.0 1138.0 1258.0 1406.0 1451.0
 CARD NO. = 1376 9000 3557 (16,1,4) 1599.0 1719.0 1867.0 1912.0 2060.0
 CARD NO. = 1377 9000 3562 (21,1,4) 2180.0 2328.0 2373.0 2521.0 2641.0
 CARD NO. = 1378 9000 3567 (26,1,4) 2789.0 2834.0 2982.0 3102.0 3250.0
 CARD NO. = 1379 9000 3572 (31,1,4) 3295.0 3443.0 3563.0 3711.0 3756.0
 CARD NO. = 1380 9000 3577 (36,1,4) 3904.0 4024.0 4172.0 4217.0 4365.0
 CARD NO. = 1381 9000 3582 (41,1,4) 4485.0 4633.0 4678.0 4826.0 4946.0
 CARD NO. = 1382 9000 3587 (46,1,4) 5094.0 5139.0 5287.0 5407.0 5555.0
 CARD NO. = 1383 9000 3592 (51,1,4) 5600.0 5748.0 5868.0 6016.0 6061.0
 CARD NO. = 1384 9000 3597 (56,1,4) 6209.0 6329.0 6477.0 6522.0 6670.0
 CARD NO. = 1385 9000 3602 (61,1,4) 6790.0 6938.0 6983.0 7131.0 7251.0
 CARD NO. = 1386 9000 3607 (66,1,4) 7399.0 7444.0 7592.0 7712.0 7860.0
 CARD NO. = 1387 9000 3612 (71,1,4) 7905.0 8053.0 8173.0 8321.0 8366.0
 CARD NO. = 1388 9000 3617 (76,1,4) 8514.0 8634.0 8782.0 8827.0 8975.0
 CARD NO. = 1389 9000 3622 (81,1,4) 9095.0 9243.0 9288.0 9436.0 9556.0
 CARD NO. = 1390 9000 3627 (86,1,4) 9704.0 9749.0 9897.0 10017.0 10165.0
 CARD NO. = 1391 9000 3632 (91,1,4) 10210.0 10358.0 10478.0 10626.0 10671.0
 CARD NO. = 1392 9000 3637 (96,1,4) 10819.0 10939.0 11087.0 11132.0 11280.0
 CARD NO. = 1393 9000 3642 (101,1,4) 11400.0 11548.0 11593.0 11741.0 11861.0
 CARD NO. = 1394 9000 3647 (106,1,4) 12009.0 12054.0 12202.0 12322.0 12470.0
 CARD NO. = 1395 9000 3652 (111,1,4) 12515.0 12663.0 12783.0 12931.0 12981.0
 C 9000 4542 (1,1,5) 0.0
 C 9000 5542 (1,1,6) 0.0 123.0 168.0 291.0 411.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

CARD NO. = 1401	9000 5547 (6,1,6)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 1402	9000 5552 (11,1,6)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 1403	9000 5557 (16,1,6)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 1404	9000 5562 (21,1,6)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 1405	9000 5567 (26,1,6)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 1406	9000 5572 (31,1,6)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 1407	9000 5577 (36,1,6)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 1408	9000 5582 (41,1,4)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 1409	9000 5587 (46,1,4)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 1410	9000 5592 (51,1,6)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 1411	9000 5597 (56,1,6)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 1412	9000 5602 (61,1,6)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 1413	9000 5607 (66,1,6)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 1414	9000 5612 (71,1,4)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 1415	9000 5617 (76,1,6)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 1416	9000 5622 (81,1,6)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 1417	9000 5627 (86,1,6)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 1418	9000 5632 (91,1,6)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 1419	9000 5637 (96,1,6)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 1420	9000 5642 (101,1,6)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 1421	9000 5647 (106,1,6)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 1422	9000 5652 (111,1,6)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
C						
CARD NO. = 1424	9000 5742 (1,1,7)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 1425	9000 5747 (6,1,7)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 1426	9000 5752 (11,1,7)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 1427	9000 5757 (16,1,7)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 1428	9000 5762 (21,1,7)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 1429	9000 5767 (26,1,7)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 1430	9000 5772 (31,1,7)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 1431	9000 5777 (36,1,7)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 1432	9000 5782 (41,1,7)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 1433	9000 5787 (46,1,7)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 1434	9000 5792 (51,1,7)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 1435	9000 5797 (56,1,7)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 1436	9000 5802 (61,1,7)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 1437	9000 5807 (66,1,7)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 1438	9000 5812 (71,1,7)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 1439	9000 5817 (76,1,7)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 1440	9000 5822 (81,1,7)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 1441	9000 5827 (86,1,7)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 1442	9000 5832 (91,1,7)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 1443	9000 5837 (96,1,7)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 1444	9000 5842 (101,1,7)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 1445	9000 5847 (106,1,7)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 1446	9000 5852 (111,1,7)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
C						
CARD NO. = 1448	9000 6542 (1,1,7)	0.0				
CARD NO. = 1449	9000 7542 (1,1,8)	0.0				
CARD NO. = 1450	9000 8542 (1,1,9)	0.0				

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1451 9000 9542 (1,1,0) 0.0
 CARD NO. = 1452 900010542 (1,1,1) 0.0
 CARD NO. = 1453 900011542 (1,1,2) 0.0
 CARD NO. = 1454 C
 CARD NO. = 1455 C
 CARD NO. = 1456 C SFR
 CARD NO. = 1457 900020542 (1,1,1) 0.0
 CARD NO. = 1458 C
 CARD NO. = 1459 900021542 (1,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1460 900021547 (6,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1461 900021552 (11,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1462 900021557 (16,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1463 900021562 (21,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1464 900021567 (26,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1465 900021572 (31,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1466 900021577 (36,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1467 900021582 (41,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1468 900021587 (46,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1469 900021592 (51,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1470 900021597 (56,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1471 900021602 (61,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1472 900021607 (66,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1473 900021612 (71,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1474 900021617 (76,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1475 900021622 (81,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1476 900021627 (86,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1477 900021632 (91,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1478 900021637 (96,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1479 900021642 (101,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2 0.0
 CARD NO. = 1480 900021647 (106,1,2) 19.2 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1481 900021652 (111,1,2) 0.0 19.2 0.0 19.2
 CARD NO. = 1482 C
 CARD NO. = 1483 900022542 (1,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1484 900022547 (6,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1485 900022552 (11,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1486 900022557 (16,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1487 900022562 (21,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1488 900022567 (26,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1489 900022572 (31,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1490 900022577 (36,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1491 900022582 (41,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1492 900022587 (46,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1493 900022592 (51,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1494 900022597 (56,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1495 900022602 (61,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1496 900022607 (66,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1497 900022612 (71,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1498 900022617 (76,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1499 900022622 (81,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1500 900022627 (86,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1501 900022632 (91,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1502 900022637 (96,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1503 900022642 (101,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3 0.0
 CARD NO. = 1504 900022647 (106,1,3) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1505 900022652 (111,1,3) 0.0 19.3 0.0 19.3
 CARD NO. = 1506
 CARD NO. = 1507 900023542 (1,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1508 900023547 (6,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1509 900023552 (11,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1510 900023557 (16,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1511 900023562 (21,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1512 900023567 (26,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1513 900023572 (31,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1514 900023577 (36,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1515 900023582 (41,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1516 900023587 (46,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1517 900023592 (51,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1518 900023597 (56,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1519 900023602 (61,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1520 900023607 (66,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1521 900023612 (71,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1522 900023617 (76,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1523 900023622 (81,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1524 900023627 (86,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1525 900023632 (91,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1526 900023637 (96,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1527 900023642 (101,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8 0.0
 CARD NO. = 1528 900023647 (106,1,4) 10.8 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1529 900023652 (111,1,4) 0.0 10.8 0.0 10.8
 CARD NO. = 1530
 CARD NO. = 1531 900024542 (1,1,5) 0.0
 CARD NO. = 1532
 CARD NO. = 1533 900025542 (1,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1534 900025547 (6,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1535 900025552 (11,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1536 900025557 (16,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1537 900025562 (21,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1538 900025567 (26,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1539 900025572 (31,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1540 900025577 (36,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1541 900025582 (41,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1542 900025587 (46,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1543 900025592 (51,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1544 900025597 (56,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1545 900025602 (61,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1546 900025607 (66,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1547 900025612 (71,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1548 900025617 (76,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1549 900025622 (81,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1550 900025627 (86,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1551 900025632 (91,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1552 900025637 (96,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1553 900025642 (101,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0 1.7
 CARD NO. = 1554 900025647 (106,1,6) 0.0 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1555 900025652 (111,1,6) 1.7 0.0 1.7 0.0
 CARD NO. = 1556 C
 CARD NO. = 1557 900025742 (1,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1558 900025747 (6,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1559 900025752 (11,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1560 900025757 (16,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1561 900025762 (21,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1562 900025767 (26,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1563 900025772 (31,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1564 900025777 (36,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1565 900025782 (41,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1566 900025787 (46,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1567 900025792 (51,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1568 900025797 (56,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1569 900025802 (61,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1570 900025807 (66,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1571 900025812 (71,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1572 900025817 (76,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1573 900025822 (81,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1574 900025827 (86,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1575 900025832 (91,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1576 900025837 (96,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1577 900025842 (101,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3 0.18
 CARD NO. = 1578 900025847 (106,2,6) 15.3 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1579 900025852 (111,2,6) 0.18 15.3 0.18 15.3
 CARD NO. = 1580 900026542 (1,1,7) 1.7
 CARD NO. = 1581 900027542 (1,1,8) 6.17
 CARD NO. = 1582 900028542 (1,1,9) 5.50
 CARD NO. = 1583 900029542 (1,1,0) 42.2
 CARD NO. = 1584 900030542 (1,1,1) 39.0
 CARD NO. = 1585 900031542 (1,1,2) 41.8
 C
 C CTL
 CARD NO. = 1588 900040542 (1,1,1) 0.0
 C
 CARD NO. = 1589 900041542 (1,1,2) 0.0 123.0 168.0 291.0 411.0
 CARD NO. = 1590 900041547 (6,1,2) 534.0 579.0 702.0 822.0 945.0
 CARD NO. = 1591 900041552 (11,1,2) 990.0 1138.0 1258.0 1406.0 1451.0
 CARD NO. = 1592 900041557 (16,1,2) 1599.0 1719.0 1867.0 1912.0 2060.0
 CARD NO. = 1593 900041562 (21,1,2) 2180.0 2328.0 2373.0 2521.0 2641.0
 CARD NO. = 1594 900041567 (26,1,2) 2789.0 2834.0 2982.0 3102.0 3250.0
 CARD NO. = 1595 900041572 (31,1,2) 3295.0 3443.0 3563.0 3711.0 3756.0
 CARD NO. = 1596 900041577 (36,1,2) 3904.0 4024.0 4172.0 4217.0 4365.0
 CARD NO. = 1597 900041582 (41,1,2) 4485.0 4633.0 4678.0 4826.0 4946.0
 CARD NO. = 1598 900041587 (46,1,2) 5094.0 5139.0 5287.0 5407.0 5555.0
 CARD NO. = 1599 900041592 (51,1,2) 5600.0 5748.0 5868.0 6016.0 6061.0

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

CARD NO. = 1601	900041597 (56,1,2)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 1602	900041602 (61,1,2)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 1603	900041607 (66,1,2)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 1604	900041612 (71,1,2)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 1605	900041617 (76,1,2)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 1606	900041622 (81,1,2)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 1607	900041627 (86,1,2)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 1608	900041632 (91,1,2)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 1609	900041637 (96,1,2)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 1610	900041642 (101,1,2)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 1611	900041647 (106,1,2)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 1612	900041652 (111,1,2)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 1613						
CARD NO. = 1614	900042542 (1,1,3)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 1615	900042547 (6,1,3)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 1616	900042552 (11,1,3)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 1617	900042557 (16,1,3)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 1618	900042562 (21,1,3)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 1619	900042567 (26,1,3)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 1620	900042572 (31,1,3)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 1621	900042577 (36,1,3)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 1622	900042582 (41,1,3)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 1623	900042587 (46,1,3)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 1624	900042592 (51,1,3)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 1625	900042597 (56,1,3)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 1626	900042602 (61,1,3)	6790.0	6938.0	6983.0	7131.0	7251.0
CARD NO. = 1627	900042607 (66,1,3)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 1628	900042612 (71,1,3)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 1629	900042617 (76,1,3)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 1630	900042622 (81,1,3)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 1631	900042627 (86,1,3)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 1632	900042632 (91,1,3)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 1633	900042637 (96,1,3)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 1634	900042642 (101,1,3)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 1635	900042647 (106,1,3)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 1636	900042652 (111,1,3)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 1637						
CARD NO. = 1638	900043542 (1,1,4)	0.0	123.0	168.0	291.0	411.0
CARD NO. = 1639	900043547 (6,1,4)	534.0	579.0	702.0	822.0	945.0
CARD NO. = 1640	900043552 (11,1,4)	990.0	1138.0	1258.0	1406.0	1451.0
CARD NO. = 1641	900043557 (16,1,4)	1599.0	1719.0	1867.0	1912.0	2060.0
CARD NO. = 1642	900043562 (21,1,4)	2180.0	2328.0	2373.0	2521.0	2641.0
CARD NO. = 1643	900043567 (26,1,4)	2789.0	2834.0	2982.0	3102.0	3250.0
CARD NO. = 1644	900043572 (31,1,4)	3295.0	3443.0	3563.0	3711.0	3756.0
CARD NO. = 1645	900043577 (36,1,4)	3904.0	4024.0	4172.0	4217.0	4365.0
CARD NO. = 1646	900043582 (41,1,4)	4485.0	4633.0	4678.0	4826.0	4946.0
CARD NO. = 1647	900043587 (46,1,4)	5094.0	5139.0	5287.0	5407.0	5555.0
CARD NO. = 1648	900043592 (51,1,4)	5600.0	5748.0	5868.0	6016.0	6061.0
CARD NO. = 1649	900043597 (56,1,4)	6209.0	6329.0	6477.0	6522.0	6670.0
CARD NO. = 1650	900043602 (61,1,4)	6790.0	6938.0	7131.0	7251.0	

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1651	900043607 (66,1,4)	7399.0	7444.0	7592.0	7712.0	7860.0
CARD NO. = 1652	900043612 (71,1,4)	7905.0	8053.0	8173.0	8321.0	8366.0
CARD NO. = 1653	900043617 (76,1,4)	8514.0	8634.0	8782.0	8827.0	8975.0
CARD NO. = 1654	900043622 (81,1,4)	9095.0	9243.0	9288.0	9436.0	9556.0
CARD NO. = 1655	900043627 (86,1,4)	9704.0	9749.0	9897.0	10017.0	10165.0
CARD NO. = 1656	900043632 (91,1,4)	10210.0	10358.0	10478.0	10626.0	10671.0
CARD NO. = 1657	900043637 (96,1,4)	10819.0	10939.0	11087.0	11132.0	11280.0
CARD NO. = 1658	900043642 (101,1,4)	11400.0	11548.0	11593.0	11741.0	11861.0
CARD NO. = 1659	900043647 (106,1,4)	12009.0	12054.0	12202.0	12322.0	12470.0
CARD NO. = 1660	900043652 (111,1,4)	12515.0	12663.0	12783.0	12931.0	12981.0
CARD NO. = 1661						
CARD NO. = 1662	900044542 (1,1,5)	0.0				
CARD NO. = 1663	900045542 (1,1,6)	0.0				
CARD NO. = 1664	900046542 (1,1,7)	0.0				
CARD NO. = 1665	900047542 (1,1,8)	0.0				
CARD NO. = 1666	900048542 (1,1,9)	0.0				
CARD NO. = 1667	900049542 (1,1,0)	0.0				
CARD NO. = 1668	900050542 (1,1,1)	0.0				
CARD NO. = 1669	900051542 (1,1,2)	0.0				
CARD NO. = 1670						
CARD NO. = 1671						
CARD NO. = 1672	900060542 (1,1,1)	1.90-8				
CARD NO. = 1673						
CARD NO. = 1674	900061542 (1,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1675	900061547 (6,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1676	900061552 (11,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1677	900061557 (16,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1678	900061562 (21,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1679	900061567 (26,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1680	900061572 (31,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1681	900061577 (36,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1682	900061582 (41,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1683	900061587 (46,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1684	900061592 (51,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1685	900061597 (56,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1686	900061602 (61,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1687	900061607 (66,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1688	900061612 (71,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1689	900061617 (76,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1690	900061622 (81,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1691	900061627 (86,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1692	900061632 (91,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1693	900061637 (96,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1694	900061642 (101,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1695	900061647 (106,1,2)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1696	900061652 (111,1,2)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1697						
CARD NO. = 1698	900062542 (1,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8
CARD NO. = 1699	900062547 (6,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0
CARD NO. = 1700	900062552 (11,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

CARD NO. = 1701	900062557 (16,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1702	900062562 (21,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1703	900062567 (26,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1704	900062572 (31,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1705	900062577 (36,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1706	900062582 (41,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1707	900062587 (46,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1708	900062592 (51,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1709	900062597 (56,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1710	900062602 (61,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1711	900062607 (66,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1712	900062612 (71,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1713	900062617 (76,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1714	900062622 (81,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1715	900062627 (86,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1716	900062632 (91,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1717	900062637 (96,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1718	900062642 (101,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1719	900062647 (106,1,3)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1720	900062652 (111,1,3)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0		
CARD NO. = 1721							
CARD NO. = 1722	900063542 (1,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1723	900063547 (6,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1724	900063552 (11,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1725	900063557 (16,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1726	900063562 (21,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1727	900063567 (26,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1728	900063572 (31,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1729	900063577 (36,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1730	900063582 (41,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1731	900063587 (46,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1732	900063592 (51,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1733	900063597 (56,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1734	900063602 (61,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1735	900063607 (66,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1736	900063612 (71,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1737	900063617 (76,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1738	900063622 (81,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1739	900063627 (86,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1740	900063632 (91,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1741	900063637 (96,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1742	900063642 (101,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	
CARD NO. = 1743	900063647 (106,1,4)	0.0	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0	
CARD NO. = 1744	900063652 (111,1,4)	1.90-8	0.0	1.90-8	0.0		
CARD NO. = 1745							
CARD NO. = 1746	900064542 (1,1,5)	0.0					
CARD NO. = 1747	900065542 (1,1,6)	0.0					
CARD NO. = 1748	900066542 (1,1,7)	0.0					
CARD NO. = 1749	900067542 (1,1,8)	0.0					
CARD NO. = 1750	900068542 (1,1,9)	0.0					

*** READIN-INPUT CARD LIST (CARD IMAGE) ***

1 2 3 4 5 6 7 8

.....
CARD NO. = 1751 900069542 (1,1,0) 0.0
CARD NO. = 1752 900070542 (1,1,1) 0.0
CARD NO. = 1753 900071542 (1,1,2) 0.0
CARD NO. = 1754 C
CARD NO. = 1755 C TROM
CARD NO. = 1756 900080542 (1) 0.0 *12
CARD NO. = 1757 C CASE END
CARD NO. = 1758 C
CARD NO. = 1759 LAST
CARD NO. = 1760

----- CASE END ----- THERE IS NO ERROR AND RETURN TO MAIN PROGRAM (SUB. READIN)

A 3
「もんじゅ」計算結果出力例
(定格運転長期評価：17サイクル終了時点)

***** H10MJ02 MONJU 57 CYCLE OFI=2.5 OFE=0.6 REF.CASE(R1)

***** TIME= 3711.0 (DAYS)

** PRODUCTION OF TRITIUM **

	FUEL	CONT. ROD	B IN NA	LI IN NA	TOTAL
PRODUCTION RATE(BQ /S)	6.94E+06	1.75E+07	2.09E+05	1.26E+03	2.47E+07
INTEGRAL(BQ)	1.10E+15	2.77E+15	3.29E+13	1.99E+11	3.89E+15
RATIO(%)	28.123	71.027	0.845	0.005	100.000

出力時点 11cy運転終了時

** OUTPUT OF SODIUM LOOP (T) **

REGION	CONCENTRATION		MASS ON WALL		ENVIR. FROM WALL		管壁透過量
	(BQ /M3)	(BQ) (%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	
PRIMARY NA LOOP	4.74E+10	4.12E+13	1.059	0.00E+00	0.000	2.25E+13	0.578
SECONDARY NA LOOP(A)	1.04E+09	3.05E+11	0.008	0.00E+00	0.000	2.75E+11	0.007
SECONDARY NA LOOP(B)	1.05E+09	3.05E+11	0.008	0.00E+00	0.000	2.25E+11	0.006
SECONDARY NA LOOP(C)	1.04E+09	3.05E+11	0.008	0.00E+00	0.000	2.87E+11	0.007

** OUTPUT OF PURIFICATION SYSTEM (T) **

REGION	MASS (NOW)		MASS (BEFORE)		MASS (TOTAL)		管壁透過量
	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	
PRIMARY COLD TRAP	2.93E+15	75.230	0.00E+00	0.000	2.93E+15	75.230	
SEC. COLD TRAP(A)	1.99E+14	5.105	9.49E+13	2.436	2.94E+14	7.541	
SEC. COLD TRAP(B)	1.99E+14	5.106	9.49E+13	2.437	2.94E+14	7.543	
SEC. COLD TRAP(C)	1.99E+14	5.105	9.49E+13	2.436	2.94E+14	7.541	

** OUTPUT OF COVER GAS SYSTEM (T) **

REGION	CONCENTRATION		MASS IN VAPER TRAP		MASS ON WALL		ENVIR. FROM WALL		MASS IN WASTE		
	(BQ /M3)	(BQ) (%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	
PRIMARY AR GAS	1.41E+08	1.22E+11	0.003	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	9.59E+11	0.025	5.38E+12	0.138
SEC. OF TANK(A)	5.47E+05	7.12E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	3.30E+08	0.000
SEC. OF TANK(B)	5.47E+05	7.13E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	3.30E+08	0.000
SEC. OF TANK(C)	5.47E+05	7.13E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	3.30E+08	0.000
EV(A)	3.70E+06	7.40E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	3.30E+08	0.000
SH(A)	1.11E+07	2.33E+08	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
EV(B)	3.70E+06	7.40E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
SH(B)	1.11E+07	2.33E+08	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
EV(C)	3.70E+06	7.40E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
SH(C)	1.11E+07	2.33E+08	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000

気排系放出量

** TRANSFER THROUGH IHX **

RATE(BQ /S)	INVENTORY(BQ)
2.09E+06	2.96E+14
2.09E+06	2.96E+14
2.09E+06	2.96E+14

運転中排水量

停止中排水量

(運転直後、冷却水交換)

** OUTPUT OF STEAM WATER SYSTEM (T) **

REGION	CONCENTRATION		ENVIR. FROM S/W		MASS IN DRAIN		
	(BQ /M3)	(BQ) (%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	
STEAM WATER SYSTEM(A	2.12E+07	2.47E+09	0.000	1.93E+12	0.050	2.70E+10	0.001
STEAM WATER SYSTEM(B	2.12E+07	2.47E+09	0.000	1.93E+12	0.050	2.70E+10	0.001
STEAM WATER SYSTEM(C	2.12E+07	2.47E+09	0.000	1.93E+12	0.050	2.70E+10	0.001

** OUTPUT OF AIR COOLER (T) **

REGION	CONCENTRATION		ENVIR. FROM A/C		管壁透過量
	(BQ /S)	(BQ /M3)	(BQ)	(%)	
IRACS(A)	1.80E+03	6.52E+01	2.52E+11	0.006	
IRACS(B)	1.80E+03	6.53E+01	2.52E+11	0.006	
IRACS(C)	1.80E+03	6.52E+01	2.52E+11	0.006	

***** H10MJ02 MONJU 57 CYCLE OFI=2.5 OFE=0.6 REF.CASE(R1)

***** TIME= 3711.0 (DAYS)

** OUTPUT OF SODIUM LOOP (H) **

REGION	CONCENTRATION (G /M3)(G)	MASS ON WALL (G)	ENVIR. FROM WALL (G)
PRIMARY NA LOOP	8.06E-02 7.01E+01	0.00E+00	9.69E+01
SECONDARY NA LOOP(A)	1.02E-01 2.98E+01	0.00E+00	6.85E+01
SECONDARY NA LOOP(B)	1.02E-01 2.98E+01	0.00E+00	5.61E+01
SECONDARY NA LOOP(C)	1.02E-01 2.98E+01	0.00E+00	7.16E+01

** OUTPUT OF PURIFICATION SYSTEM (H) **

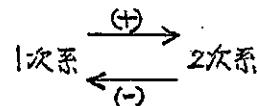
REGION	MASS (NOW) (G) (%)	MASS (BEFORE) (G) (%)	MASS (TOTAL) (G) (%)
PRIMARY COLD TRAP	5.97E+03	0.00E+00	5.97E+03
SEC. COLD TRAP(A)	1.82E+04	1.64E+04	3.46E+04
SEC. COLD TRAP(B)	1.82E+04	1.64E+04	3.47E+04
SEC. COLD TRAP(C)	1.82E+04	1.64E+04	3.46E+04

** OUTPUT OF COVER GAS SYSTEM (H) **

REGION	CONCENTRATION (G /M3)(G)	MASS IN VAPER TRAP (G)	MASS ON WALL (G)	ENVIR. FROM WALL (G)
PRIMARY AR GAS	4.59E-04 3.99E-01	0.00E+00	0.00E+00	7.91E+00
SEC. OF TANK(A)	6.11E-05 7.95E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SEC. OF TANK(B)	6.11E-05 7.95E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SEC. OF TANK(C)	6.11E-05 7.95E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
EV(A)	6.78E-04 1.36E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SH(A)	2.12E-03 4.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
EV(B)	6.78E-04 1.36E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SH(B)	2.12E-03 4.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
EV(C)	6.78E-04 1.36E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SH(C)	2.12E-03 4.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

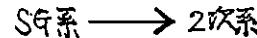
** TRANSFER THROUGH IHX **

RATE(G /S)	INVENTORY(G)
-1.69E-06	-3.39E+02
-1.69E-06	-3.39E+02
-1.69E-06	-3.39E+02



** TRANSFER THROUGH SG **

RATE(G /S)	INVENTORY(G)
1.60E-04	3.30E+04
1.60E-04	3.30E+04
1.60E-04	3.30E+04



** OUTPUT OF AIR COOLER (H) **

	CONCENTRATION (G /S)(G /M3)	ENVIR. FROM A/C (G)
IRACS(A)	3.05E-07 1.11E-08	6.27E+01
IRACS(B)	3.05E-07 1.11E-08	6.27E+01
IRACS(C)	3.05E-07 1.11E-08	6.27E+01

***** H10MJ02 MONJU 57 CYCLE OFI=2.5 OFE=0.6 REF.CASE(R1)

***** TIME= 3711.0 (DAYS)

** TRITIUM CONCENTRATION IN EACH ROOM **

NO.	REGION	CONCENTRATION (BQ /S)	CONCENTRATION (BQ /M3)
1	R/V ROOM	8.53E+03	1.67E+08
2	PRIMARY NA LOOP(A)	8.64E+04	2.27E+08
3	PRIMARY NA LOOP(B)	4.03E+04	6.87E+07
4	PRIMARY NA LOOP(C)	2.64E+04	7.31E+07
5	1CTN2	3.69E+00	6.68E+07
6	C/V AIR ROOM 1	0.00E+00	2.57E+05
7	PRIMARY AR ROOM 1	1.35E+03	2.58E+05
8	ZHAIKAN ROOM(A)	3.51E+02	7.12E+01
9	ZHAIKAN ROOM(C)	4.10E+02	9.33E+01
10	SG ROOM(A)	1.60E+03	4.75E+01
11	SG ROOM(B)	1.60E+03	5.12E+01
12	SG ROOM(C)	1.63E+03	4.88E+01

STACK
(BQ /M3) (BQ)
4.05E+05 2.65E+13

***** .H10MJ02 MONJU 57 CYCLE OFI=2.5 OFE=0.6 REF.CASE(R1)

***** TIME= 3755.0 (DAYS)

出力時点 17cy停止終了時

** PRODUCTION OF TRITIUM **

	FUEL	CONT. ROD	B IN NA	LI IN NA	TOTAL
PRODUCTION RATE(BQ /S)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
INTEGRAL(BQ)	1.09E+15	2.75E+15	3.27E+13	1.98E+11	3.87E+15
RATIO(%)	28.123	71.027	0.845	0.005	100.000

** OUTPUT OF SODIUM LOOP (T) **

REGION	CONCENTRATION		MASS ON WALL		ENVIR. FROM WALL		
	(BQ /M3)	(BQ) (%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	
PRIMARY NA LOOP	3.14E+10	2.73E+13	0.705	0.00E+00	0.000	2.23E+13	0.578
SECONDARY NA LOOP(A)	5.53E+08	1.61E+11	0.004	0.00E+00	0.000	2.73E+11	0.007
SECONDARY NA LOOP(B)	5.47E+08	1.60E+11	0.004	0.00E+00	0.000	2.24E+11	0.006
SECONDARY NA LOOP(C)	5.47E+08	1.60E+11	0.004	0.00E+00	0.000	2.85E+11	0.007

** OUTPUT OF PURIFICATION SYSTEM (T) **

REGION	MASS (NOW)		MASS (BEFORE)		MASS (TOTAL)	
	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)
PRIMARY COLD TRAP	2.92E+15	75.579	0.00E+00	0.000	2.92E+15	75.579
SEC. COLD TRAP(A)	1.98E+14	5.109	9.42E+13	2.436	2.92E+14	7.546
SEC. COLD TRAP(B)	1.98E+14	5.110	9.42E+13	2.437	2.92E+14	7.547
SEC. COLD TRAP(C)	1.98E+14	5.109	9.42E+13	2.436	2.92E+14	7.545

** OUTPUT OF COVER GAS SYSTEM (T) **

REGION	CONCENTRATION		MASS IN VAPER TRAP		MASS ON WALL		ENVIR. FROM WALL		MASS IN WASTE		
	(BQ /M3)	(BQ) (%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	
PRIMARY AR GAS	1.30E+07	1.13E+10	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	9.53E+11	0.025	5.35E+12	0.138
SEC. OF TANK(A)	1.79E+05	2.32E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	3.45E+08	0.000
SEC. OF TANK(B)	1.77E+05	2.30E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	3.45E+08	0.000
SEC. OF TANK(C)	1.77E+05	2.31E+07	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	3.45E+08	0.000
EV(A)	1.78E+05	3.57E+06	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
SH(A)	1.79E+05	3.75E+06	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
EV(B)	1.77E+05	3.54E+06	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
SH(B)	1.77E+05	3.72E+06	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
EV(C)	1.77E+05	3.54E+06	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000
SH(C)	1.77E+05	3.72E+06	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.000

** TRANSFER THROUGH IHX **

RATE(BQ /S)	INVENTORY(BQ)
4.97E+03	2.94E+14
4.97E+03	2.94E+14
4.97E+03	2.94E+14

** OUTPUT OF STEAM WATER SYSTEM (T) **

REGION	CONCENTRATION		ENVIR. FROM S/W		MASS IN DRAIN		
	(BQ /M3)	(BQ) (%)	(BQ)	(%)	(BQ)	(%)	
STEAM WATER SYSTEM(A)	7.28E+04	8.50E+06	0.000	1.92E+12	0.050	2.92E+10	0.001
STEAM WATER SYSTEM(B)	7.24E+04	8.44E+06	0.000	1.92E+12	0.050	2.92E+10	0.001
STEAM WATER SYSTEM(C)	7.24E+04	8.45E+06	0.000	1.92E+12	0.050	2.92E+10	0.001

** OUTPUT OF AIR COOLER (T) **

REGION	CONCENTRATION		ENVIR. FROM A/C	
	(BQ /S)	(BQ /M3)	(BQ)	(%)
IRACS(A)	1.49E+00	5.41E-02	2.50E+11	0.006
IRACS(B)	1.48E+00	5.35E-02	2.50E+11	0.006
IRACS(C)	1.48E+00	5.36E-02	2.50E+11	0.006

***** H10MJ02 MONJU 57 CYCLE OFI=2.5 OFE=0.6 REF.CASE(R1)

***** TIME= 3755.0 (DAYS)

** OUTPUT OF SODIUM LOOP (H) **

REGION	CONCENTRATION (G /M3)(G)	MASS ON WALL (G)	ENVIR. FROM WALL (G)
PRIMARY NA LOOP	8.09E-02 7.04E+01	0.00E+00	9.69E+01
SECONDARY NA LOOP(A)	5.05E-02 1.47E+01	0.00E+00	6.85E+01
SECONDARY NA LOOP(B)	5.05E-02 1.47E+01	0.00E+00	5.61E+01
SECONDARY NA LOOP(C)	5.05E-02 1.47E+01	0.00E+00	7.16E+01

** OUTPUT OF PURIFICATION SYSTEM (H) **

REGION	MASS (NOW) (G) < % >	MASS (BEFORE) (G) < % >	MASS (TOTAL) (G) < % >
PRIMARY COLD TRAP	6.03E+03	0.00E+00	6.03E+03
SEC. COLD TRAP(A)	1.82E+04	1.64E+04	3.47E+04
SEC. COLD TRAP(B)	1.82E+04	1.64E+04	3.47E+04
SEC. COLD TRAP(C)	1.82E+04	1.64E+04	3.47E+04

** OUTPUT OF COVER GAS SYSTEM (H) **

REGION	CONCENTRATION (G /M3)(G)	MASS IN VAPER TRAP (G)	MASS ON WALL (G)	ENVIR. FROM WALL (G)
PRIMARY AR GAS	1.88E-05 1.64E-02	0.00E+00	0.00E+00	7.92E+00
SEC. OF TANK(A)	1.15E-05 1.50E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SEC. OF TANK(B)	1.15E-05 1.50E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SEC. OF TANK(C)	1.15E-05 1.50E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
EV(A)	1.15E-05 2.30E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SH(A)	1.15E-05 2.42E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
EV(B)	1.15E-05 2.31E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SH(B)	1.15E-05 2.42E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
EV(C)	1.15E-05 2.30E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SH(C)	1.15E-05 2.42E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

** TRANSFER THROUGH IHX **

RATE(G /S)	INVENTORY(G)
8.52E-09	-3.39E+02
8.52E-09	-3.39E+02
8.52E-09	-3.39E+02

** TRANSFER THROUGH SG **

RATE(G /S)	INVENTORY(G)
0.00E+00	3.30E+04
0.00E+00	3.30E+04
0.00E+00	3.30E+04

** OUTPUT OF AIR COOLER (H) **

	CONCENTRATION (G /S)(G /M3)	ENVIR. FROM A/C (G)
IRACS(A)	2.36E-10 8.55E-12	6.28E+01
IRACS(B)	2.36E-10 8.55E-12	6.28E+01
IRACS(C)	2.36E-10 8.55E-12	6.28E+01

***** H10MJ02 MONJU 57 CYCLE OFI=2.5 OFE=0.6 REF.CASE(R1)

***** TIME= 3755.0 (DAYS)

** TRITIUM CONCENTRATION IN EACH ROOM **

NO.	REGION	CONCENTRATION (BQ /S)	CONCENTRATION (BQ /M3)
1	R/V ROOM	7.23E+00	1.54E+08
2	PRIMARY NA LOOP(A)	7.94E+01	5.17E+00
3	PRIMARY NA LOOP(B)	5.08E+01	3.29E+00
4	PRIMARY NA LOOP(C)	4.15E+01	4.80E+00
5	1CTN2	2.44E+00	6.73E+07
6	C/V AIR ROOM 1	0.00E+00	3.86E+02
7	PRIMARY AR ROOM 1	5.52E+00	4.06E+00
8	ZHAIKAN ROOM(A)	5.04E-01	1.02E-01
9	ZHAIKAN ROOM(C)	5.19E-01	1.18E-01
10	SG ROOM(A)	2.20E+01	6.53E-01
11	SG ROOM(B)	2.18E+01	6.98E-01
12	SG ROOM(C)	2.18E+01	6.52E-01

STACK
(BQ /M3) (BQ)
9.89E+01 2.80E+13