

JAERI-M
92-152

J M T R 低濃縮燃料炉心の安全解析(3)
—安全評価及び立地評価における事故時の線量評価—

1992年10月

土田 昇・北野匡四郎・白石 忠男・高橋 豊
稲田 征二・斎藤 実・二村 嘉明

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

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）
あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1992

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 日立高速印刷株式会社

JMTR 低濃縮燃料炉心の安全解析（3）
－安全評価及び立地評価における事故時の線量評価－

日本原子力研究所大洗研究所材料試験炉部
土田 昇・北野匡四郎⁺・白石 忠男・高橋 豊⁺⁺
稻田 征二・斎藤 実・二村 嘉明

(1992年9月17日受理)

JMTR 燃料の低濃縮 (LEU) 化に係る安全評価及び立地評価において事故時の敷地周辺の公衆に対する線量の評価を行った。安全評価では、放射性核分裂生成物の環境への放出を伴う事象として燃料取扱事故及び炉心流路閉塞事故について敷地周辺の公衆の実効線量当量を評価した。立地評価では、放射性物質の放出の拡大の可能性のある炉心流路閉塞事故を立地評価事象に選定し、多量の放射性核分裂生成物の環境への放出を仮定し、敷地周辺公衆の最大線量を評価した。評価の結果、事故時における公衆に対する放射線被ばくのリスクは十分に小さいこと、立地条件が適切であることが確認された。

大洗研究所：〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町字新堀3607

+ 東海研究所保健物理部

++ 管理部

Safety Analysis of JMTR LEU Fuel Core (3)

- Dose Analysis at Accidents in Safety and Site Evaluation -

Noboru TSUCHIDA, Kyoshiro KITANO⁺, Tadao SHIRAISHI
Yutaka TAKAHASHI⁺⁺, Seiji INADA, Minoru SAITO
and Yoshiaki FUTAMURA

Department of JMTR Project
Oarai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received September 17, 1992)

Dose analyses in the safety evaluation and the site evaluation were performed for the JMTR core conversion from MEU fuel to LEU fuel. In the safety evaluation, the effective dose equivalents for the public surrounding the site were estimated in fuel handling accident and flow blockage to coolant channel which were selected as the design basis accidents with release of radioactive fission products to the environment. In the site evaluation, the flow blockage to coolant channel was selected as siting basis events, since this accident had the possibility of spreading radioactive release. Maximum exposure doses for the public were estimated assuming large amounts of fission products to release. It was confirmed that risk of radiation exposure of the public is negligible and the siting is appropriate.

Keywords : Dose Analysis, Safety Evaluation, Site Evaluation, JMTR, LEU Fuel, Design Basis Accident, Siting Basis Event

+ Department of Health Physics, Tokai Research Establishment

++ Department of Administrative Services

目 次

1. まえがき	1
2. 評価事象	1
2. 1 炉心流路閉塞事故	1
2. 2 燃料取扱事故	2
2. 3 重大事故・仮想事故	2
3. 放射性物質の炉心内蓄積量	3
3. 1 評価核種	3
3. 2 炉心内蓄積量	3
4. 炉心流路閉塞事故	5
4. 1 放出経路及び放出条件	5
4. 2 FP量の計算	6
4. 2. 1 大気放出量	8
4. 2. 2 原子炉建家内のFP量	9
5. 燃料取扱事故	10
5. 1 放出条件及び放出経路	10
5. 2 大気放出量	11
6. 相対濃度、相対線量	11
6. 1 放出モードと実効放出継続時間	11
6. 2 相対濃度、相対線量の計算	13
7. 線量評価	13
7. 1 線量評価方法	13
7. 2 線量評価式	14
7. 2. 1 大気中に放出されたFPによる線量	14
7. 2. 2 原子炉建家内のFPによる線量	16
7. 2. 3 全身線量の積算値	18
7. 3 線量評価結果	19
7. 3. 1 事故時の実効線量当量	19
7. 3. 2 立地評価における線量	19
8. まとめ	21
謝 辞	22
参考文献	23
付録1 線量評価における大気中に放出される核種	43
付録2 JMTR施設に関する概要図	45
付録3 「FPJMTR」プログラム	51

付録4 相対線量 (D/Q)、相対濃度 (χ/Q)	78
付録5 単位照射線量あたりの実効線量当量	86
付録6 線量評価に用いる呼吸率	87
参考資料1 照射設備の事故時線量評価	88
参考資料2 EPZ の評価	91

Contents

1.	Introduction	1
2.	Evaluating Events	1
2.1	Flow Blockage to a Coolant Channel	1
2.2	Fuel Handling Accident	2
2.3	Major Accident and Hypothetical Accident	2
3.	Core Inventory of Radioactive Materials	3
3.1	Evaluating Radionuclides	3
3.2	Core Inventory	3
4.	Flow Blockage to Coolant Channel	5
4.1	Release Paths and Release Conditions	5
4.2	Calculation of FP amount	6
4.2.1	Amount of Released FP to Atmosphere	8
4.2.2	Amount of Released FP in Reactor Building	9
5.	Fuel Handling Accident	10
5.1	Release Paths and Release Conditions	10
5.2	Amount of Released FP to Atmosphere	11
6.	Diffusion Factor for Air Radioactive Concentration and Diffusion Factor for Radiation Dose	11
6.1	Release Mode and Effective Release Continuous Time	11
6.2	Calculation of Diffusion Factor for Air Radioactive Concentration and Diffusion Factor for Radiation Dose	13
7.	Dose Analysis	13
7.1	Method of Dose Analysis	13
7.2	Formulas in Dose Analysis	14
7.2.1	Dose by Released FP to Atmosphere	14
7.2.2	Dose by Released FP in Reactor Building	16
7.2.3	Sum of Whole Body Dose	18
7.3	Results of Dose Analysis	19
7.3.1	Effective Dose Equivalents in Accidents	19
7.3.2	Doses in Siting Evaluation	19
8.	Conclusion	21
	Acknowledgement	22
	Reference	23
	Appendix 1 Radionuclides Released to Atmosphere in Dose Analysis	43
	Appendix 2 Outline of JMTR Facilities	45

Appendix 3 「FPJMTR」 program	51
Appendix 4 Diffusion Factor for Radiation Dose (D/Q) and Diffusion Factor for Air Radioactive Concentration (χ/Q)	78
Appendix 5 Effective Dose Equivalents per Unit Radiation Dose	86
Appendix 6 Breathing Rate Using Dose Analysis	87
Reference data 1 Dose Analysis in Accident of Irradiation Facilities ...	88
Reference data 2 Evaluation of EPZ	91

1. まえがき

J M T R (Japan Materials Testing Reactor) では、燃料の低濃縮化 [Low Enriched Uranium(L E U)] に係る原子炉設置変更許可申請の際に、安全評価の見直しを行い、炉心流路閉塞事故と燃料取扱事故において燃料の損傷を想定し、周辺公衆の線量評価を実施した。立地評価では、評価事象として炉心流路閉塞事故を選定し重大事故、仮想事故の評価を実施した。評価は、「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾に基づいている。

炉心流路閉塞事故では、炉心燃料の冷却水流路が異物により閉塞し、一流路を構成する2枚の燃料板が冷却不足により損傷して、その燃料板内部の全核分裂生成物（以下F Pという）が一次冷却水中への放出に寄与することを想定した。燃料取扱事故では、原子炉停止後1日経過後に燃料要素を炉心から取り出す際に、何らかの原因で燃料要素が落下し、燃料板1枚の片面が損傷して5%のF Pが炉プール水中への放出に寄与することを想定した。

燃料取扱事故に関しては、大気中に放出されるF Pの希ガス及びよう素からの外部 γ 線による実効線量当量、よう素の吸入摂取による実効線量当量を評価した。炉心流路閉塞事故の場合はさらに原子炉建家内のF Pからの直接 γ 線及びスカイシャイン γ 線による実効線量当量を評価した。

原子炉立地評価では評価事象として炉心流路閉塞事故を選定し、より多くのF Pの放出を仮定した重大事故及び仮想事故の評価を行った。

2. 評価事象

事故解析においては、炉心流路閉塞事故と燃料取扱事故について燃料板の損傷を想定し、敷地周辺公衆に対する放射線の影響を評価した。立地評価においては、重大事故・仮想事故として炉心流路閉塞事故を評価事象に選定し、その評価を行った。事故時の被ばく評価の流れを図1に示す。

2.1 炉心流路閉塞事故

炉心流路閉塞事故では、炉心燃料の一冷却水流路が異物により完全閉塞し、流路を構成する2枚の燃料板が冷却不足により損傷して、その燃料板内部の全F Pが一次冷却水中への放出に寄与することを想定した。線量評価にあたっては、F Pの放出量を低減化するための対策もあわせて検討した。従来の炉心流路閉塞事故の評価では事故後30日間にわたり精製系の計装用配管から一定量の一次冷却水が原子炉建家内の排水貯槽に排出されるとしていたが、今回周辺公衆の被ばくを出来るだけ低減化させる目的で作動弁を新設してこの排出を止めることとした。但し、評価上は作動弁の閉止後も一次冷却水が原子炉建家内に微量であるが漏洩し続けるもの

1. まえがき

J M T R (Japan Materials Testing Reactor) では、燃料の低濃縮化 [Low Enriched Uranium(L E U)] に係る原子炉設置変更許可申請の際に、安全評価の見直しを行い、炉心流路閉塞事故と燃料取扱事故において燃料の損傷を想定し、周辺公衆の線量評価を実施した。立地評価では、評価事象として炉心流路閉塞事故を選定し重大事故、仮想事故の評価を実施した。評価は、「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾に基づいている。

炉心流路閉塞事故では、炉心燃料の冷却水流路が異物により閉塞し、一流路を構成する2枚の燃料板が冷却不足により損傷して、その燃料板内部の全核分裂生成物（以下F Pという）が一次冷却水中への放出に寄与することを想定した。燃料取扱事故では、原子炉停止後1日経過後に燃料要素を炉心から取り出す際に、何らかの原因で燃料要素が落下し、燃料板1枚の片面が損傷して5%のF Pが炉プール水中への放出に寄与することを想定した。

燃料取扱事故に関しては、大気中に放出されるF Pの希ガス及びよう素からの外部 γ 線による実効線量当量、よう素の吸入摂取による実効線量当量を評価した。炉心流路閉塞事故の場合はさらに原子炉建家内のF Pからの直接 γ 線及びスカイシャイン γ 線による実効線量当量を評価した。

原子炉立地評価では評価事象として炉心流路閉塞事故を選定し、より多くのF Pの放出を仮定した重大事故及び仮想事故の評価を行った。

2. 評価事象

事故解析においては、炉心流路閉塞事故と燃料取扱事故について燃料板の損傷を想定し、敷地周辺公衆に対する放射線の影響を評価した。立地評価においては、重大事故・仮想事故として炉心流路閉塞事故を評価事象に選定し、その評価を行った。事故時の被ばく評価の流れを図1に示す。

2.1 炉心流路閉塞事故

炉心流路閉塞事故では、炉心燃料の一冷却水流路が異物により完全閉塞し、流路を構成する2枚の燃料板が冷却不足により損傷して、その燃料板内部の全F Pが一次冷却水中への放出に寄与することを想定した。線量評価にあたっては、F Pの放出量を低減化するための対策もあわせて検討した。従来の炉心流路閉塞事故の評価では事故後30日間にわたり精製系の計装用配管から一定量の一次冷却水が原子炉建家内の排水貯槽に排出されるとしていたが、今回周辺公衆の被ばくを出来るだけ低減化させる目的で作動弁を新設してこの排出を止めることとした。但し、評価上は作動弁の閉止後も一次冷却水が原子炉建家内に微量であるが漏洩し続けるもの

とした。J M T Rでは、運転中にF Pが一次冷却水中に放出されると燃料破損検出系によりF Pが検出され、スクラム信号「燃料破損」が発信し、原子炉は緊急停止し、また一次冷却系統は同信号による作動弁の閉止により隔離される。同時に通常排気設備が停止し、非常用排気設備のみの運転となる。燃料の損傷から作動弁が閉止されるまでの時間としては安全余裕を見込んで5分間とし、この間は通常排気設備及び照射実験用排気設備の両方からF Pが大気中に放出されるものとした。さらに評価上は一次冷却系統の隔離後も、一次冷却系統の弁等から微量の一次冷却水が原子炉建家内に漏洩し続け、冷却水に含まれるF Pが非常用排気設備を経て大気中に放出し続けるものとした。F Pの大気への放出量は、精製系統の脱気タンク経由（経路①）と原子炉建家経由（経路②）の2つの経路について計算し、事故発生後5分間及びその後の長期間にわたるF Pの放出量を求めた。さらに原子炉建家内に浮遊するF P量の積算値を求めた。これらを基に敷地周辺の公衆の実効線量当量の評価を実施した。

2.2 燃料取扱事故

燃料取扱事故では、原子炉停止後1日経過後に燃料要素を炉心から取り出す際に、何らかの原因で燃料要素が落下し、燃料板1枚の片面が損傷して、燃料板1枚に内蔵するF Pの5%が炉プール水中への放出に寄与し、このF Pが原子炉建家内の空気中に移行し、通常排気設備から大気中へ瞬時に放出されると想定した。この大気中に放出されたF Pによる敷地周辺公衆の実効線量当量の評価を実施した。

2.3 重大事故・仮想事故

原子炉立地評価の重大事故としては、評価すべき事象として事故の中から放射性物質の放出の拡大の可能性のある炉心流路閉塞事故を選定し、技術的に最大と考えられる放射性物質の放出量として燃料要素一体相当に含まれるF Pが放出に寄与するものと想定した。仮想事故においては、重大事故として取り上げた炉心流路閉塞事故について、より多くの放射性物質の放出量として、全燃料要素に含まれるF Pが放出に寄与するものと想定した。重大事故、仮想事故では、敷地境界外における全身に対しての線量及び甲状腺に対しての線量を評価した。また参考として β 線による皮膚への線量を評価した。さらに仮想事故では、原子炉敷地が人口密集地帯からある距離だけ離れていることを判断するため、集団線量の見地から、全身線量の積算値を求めて評価した。

3. 放射性物質の炉心内蓄積量

3.1 評価核種

(1) 大気中に放出される核種

線量評価で考慮する大気中に放出される核種は、表1のNo.1からNo.20に示す希ガス及びよう素の20核種とした。これは、希ガス及びよう素は、他の固体FP等に比較して空気中に移行し易く、かつフィルタを透過し易く大気中に放出される可能性が大きいため、環境に放出された場合、公衆に与える放射線の影響が大きいからである。希ガス及びよう素の核種のうち、半減期が短くて核分裂収率が小さい、又は放射線のエネルギーが小さい等の理由により線量への寄与が小さいものは除いた。なお、従来の評価では粒子状核種を含む46核種を考慮していたため、20核種としても線量評価上有意な差がないことを確認した。（〔付録1 線量評価における大気中に放出される核種〕参照）

(2) 原子炉建家内に放出される核種

原子炉建家内に放出されて、 γ 線による直接線量及びスカイシャイン線量に寄与する核種としては、大気中に放出される核種を含む表1に示す41核種のFPを考慮した。これらの核種は全FPのうち半減期が短くて核分裂収率が小さい、又は放射線のエネルギーが小さい等の理由により線量への寄与が小さいものを除いたもので、原子力安全委員会安全審査指針集⁽²⁾（以下指針集という）の「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」及び「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」に示されている核種のうちFP以外の核種を除いたものである。

3.2 炉心内蓄積量

(1) 計算条件

事故発生時のFPの蓄積量は、十分に保守的な評価となるよう、原子炉の運転時間を5サイクル相当の125日間として計算した。LEU化に伴い原子炉の1運転サイクルは従来の前半サイクル12日、後半サイクル12日の合計24日から連続正味25日となる。原子炉の熱出力は定格の50MWとした。

FPの炉心内蓄積量 A_T (Bq) は次式で表される。

$$A_T = 3.20 \times 10^{16} \cdot P_0 \cdot Y \cdot (1 - e^{-\lambda T_0}) \quad \dots \dots \dots \quad (3-1)$$

ここで、

P_0 : 原子炉熱出力 (MW)

Y : FPの核分裂収率 (-)

T_0 : 原子炉の運転時間 (s)

λ : FPの崩壊定数 (s^{-1})

〔式の導出〕

核分裂により生成するFP量は、次式で表される。

$$N \text{ (個)} = [\text{核分裂率 (fission/s)}] \times \frac{[\text{核分裂収率 (-)}]}{[\text{崩壊定数 (s}^{-1})]} \cdot (1 - e^{-\lambda T_0})$$

FP量をBqで表すと

$$A_T = \lambda N = [\text{核分裂率 (fission/s)}] \times [\text{核分裂収率 (-)}] \times (1 - e^{-\lambda T_0})$$

ここで、

$$\begin{aligned} [\text{核分裂率 (fission/s)}] &= P_0 \text{ (MW)} \times \frac{10^6 \text{ (Joule/(MW · s))}}{E_R \text{ (MeV/fission)}} \\ &\times \frac{1}{1.60210 \times 10^{-13} \text{ (Joule/MeV)}} \\ &= \frac{10^{19}}{1.60210} \cdot \frac{P_0}{E_R} \end{aligned}$$

ここで、核分裂当たり発生する熱量 E_R を195MeV/fission とすると

$$\begin{aligned} A_T &= \frac{10^{19}}{1.60210} \cdot \frac{P_0}{195} \cdot Y \cdot (1 - e^{-\lambda T_0}) \\ &= 3.20 \times 10^{16} \cdot P_0 \cdot Y \cdot (1 - e^{-\lambda T_0}) \end{aligned}$$

(2) 計算結果

熱出力50MWで125日間連続運転した場合のFPの炉心内蓄積量の計算結果を表2に示す。なお希ガス及びハロゲン以外の核種の核分裂収率が指針集⁽²⁾の「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」及び「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」に記載されておらず、FPの炉心内蓄積量は式(3-1)で計算できなかっため「ORIGEN-JR」コード⁽³⁾により求めた。

4. 炉心流路閉塞事故

4.1 放出経路及び放出条件

炉心流路閉塞事故時のFPの放出経路及び放出条件を以下に示す。

- (1) 燃料損傷の起こる可能性は少ないが、ここでは標準燃料要素の閉塞している流路に接している2枚の燃料板(FPの量は炉心内蓄積量の0.5%相当)が損傷するものと仮定する。
- (2) 保守的な評価とするため、事故発生前まで原子炉は定格出力50MWで長期間連続運転されていたものとする。連続運転日数は、5サイクル相当の125日とする。
- (3) 商用電源は喪失しないものとする(商用電源の喪失により通常排気設備は停止する)。
- (4) 燃料損傷の結果、燃料芯材中に含まれるFPのうち、希ガス100%及びよう素60%が一次冷却水に放出されるものとする。
- (5) 放出されたよう素のうち10%は有機よう素、残り90%は無機よう素の形態をとるものとする。
- (6) 損傷した燃料から大気中へのFPの放出経路は次のとおりとする。

経路① (事故発生後5分間)

燃料⇒一次冷却水⇒精製系統の脱気タンク⇒照射実験用排気設備⇒排気筒

経路②

(事故発生後5分間)

燃料⇒一次冷却水 → 計装用配管 → 原子炉建家⇒通常排気設備⇒排気筒

(事故発生の5分後以降)

燃料⇒一次冷却水⇒原子炉建家⇒非常用排気設備⇒排気筒

「燃料破損」の信号によって精製系統は隔離され、燃料損傷の5分後に経路①からの放出は停止する。また経路②は通常排気設備が停止して非常用排気設備のみの運転となる。一次冷却水が炉心から計装用配管の出口に到達する時間は10分以上要するので、計装用配管を経由しての通常排気設備からのFPの放出はない。しかし、評価結果が厳しくなるように経路②において、非常用排気設備のみの運転となるまでの5分間は計装用配管を経由してFPが通常排気設備から放出されるものとする。

- 「燃料破損」の信号によって主循環系統、精製系統がそれぞれ隔離され、系内にFPが封じ込められるが、微量の一次冷却水が弁等から原子炉建家内へ漏洩するものと仮定する。
- (7) 燃料損傷後の5分間に一次冷却水が原子炉建家へ移行する割合を1.61%/d、5分以降については、0.60%/dとする。

- (8) 経路①において、脱気タンクで空気にさらされる一次冷却水の割合は、35.0%/hとする。
- (9) 冷却水中のFPの気相部への移行割合は、希ガス、有機よう素が100%，無機よう素が1%とする。
- (10) 原子炉建家内の換気率は、通常排気設備の場合が240%/h、非常用排気設備の場合が

15%/hとする。

- (1) 脱気タンクの換気率は667%/hとする。
- (2) 無機よう素はプレートアウトするものとし、その割合を経路①の場合 0 %, 経路②の場合 50%とする。
- (3) 評価期間中のFPの放射性崩壊を考慮する。
- (4) 照射実験用排気設備及び非常用排気設備のフィルタ除去効率は、有機よう素50%, 無機よう素90%及び希ガス0%とする。
- (5) 排気筒からの大気中への放出時間を、経路①の場合は5分間、経路②の場合は70日以上で線量の増加は無視できるが保守的な評価とするため無限期間とする。

炉心流路閉塞事故時の大気中へのFP放出経路と放出条件を図2に、FP放出経路の系統図を図3に示す。J M T Rの場合、FPが大気中に放出される経路は、一次冷却水の精製系の脱気タンクを経由する経路(経路①)と原子炉建家を経由する経路(経路②)の2つ(図4及び図5参照)が考えられる。またJ M T R施設に関連する概要図を付録2に示す。表2に以後のFP量評価で用いる記号の意味を示す。

4.2 FP量の計算

(基本式)

燃料損傷時に一次冷却水中に放出されるFP量 :

$$A_{w0} = R_a \cdot \ell \cdot A_T \quad \dots \dots \dots \quad (4-1)$$

一次冷却水中のFP量の時間変化 :

$$\frac{dA}{dt} = -\lambda A - g_1 \frac{q_1}{V} A - \frac{q_2}{V} A \quad \dots \dots \dots \quad (4-2)$$

脱気タンク気相部のFP量の時間変化 :

$$\frac{dA_g}{dt} = (1-p_1) g_1 \frac{q_1}{V} A - \lambda A_g - \frac{q_g}{V_g} A_g \quad \dots \dots \dots \quad (4-3)$$

原子炉建家気相部のFP量の時間変化 :

$$\frac{dA_b}{dt} = (1-p_2) g_2 \frac{q_2}{V} A - \lambda A_b - \frac{q_b}{V_b} A_b \quad \dots \dots \dots \quad (4-4)$$

原子炉建家内にプレートアウトするFP量の時間変化 :

$$\frac{dA_p}{dt} = p_2 \cdot g_2 \frac{q_2}{V} A - \lambda A_p \quad \dots \dots \dots \quad (4-5)$$

脱気タンクから大気中への時間tにおけるFPの放出率 s_g (Bq/s)は、濃度(Bq/cm³)と換気量(cm³/s)の積で表される。

$$s_g = \frac{A_g}{V_g} \cdot q_g \cdot f \quad \dots \dots \dots \quad (4-6)$$

同様に原子炉建家から大気中へのFPの放出率 s_b は、濃度と換気量の積で表される。

$$s_b = \frac{A_b}{V_b} \cdot q_b + f \quad \dots \dots \dots \quad (4-7)$$

経路①(脱気タンク経由)から大気中に燃料損傷後の時間 T_0 から T_1 の間に放出されるFPの量 Q_s は、次式で表される。

$$Q_g = \int_{T_0}^{T_1} \frac{A_g}{V_g} \cdot q_g + f \, dt \quad \dots \quad (4-8)$$

経路②(原子炉建家経由)から大気中に燃料損傷後の時間 T_0 から T_1 の間に放出されるFPの量 Q_{T_0} は、次式で表される。

$$Q_b = \int_{T_0}^{T_1} \frac{A_b}{V_b} \cdot q_b + f \, dt \quad \dots \quad (4-9)$$

[式の解法]

上述の式を初期条件を用いて解くことにより、FP放出量を表す式が求まる。

一次冷却水中の時間 t における FP 量 A は

$$L_1 = q_1/V, \quad L_2 = q_2/V, \quad \alpha = \lambda + g_1 L_1 + L_2$$

とおき、 $t=0$ で $A=A_0$ とすると

$$A = A_0 + e^{-\alpha t} \quad \dots \dots \dots \quad (4-10)$$

で表される。

脱気タンク気相部の時間 t における FP 量 A_g は

$$R_g = q_g / V_g \quad , \quad \gamma_1 = \lambda + R_g$$

とおき、 $t=0$ で $A_g = A_{g0}$ とすると

$$A_g = A_0 \frac{(1-p_1)g_1 L_1}{\gamma_1 - \alpha} \left\{ e^{-\alpha t} - e^{-\gamma_1 t} \right\} + A_{g0} e^{-\gamma_1 t}$$

で表される。

したがって、経路①(脱気タンク経由)からの時間 T_0 から T_1 の間の F P 放出量 Q_s は

$$Q_g = f R_g \left[A_0 \frac{(1-p_1) g_1 L_1}{\gamma_1 - \alpha} \left\{ \frac{1}{\alpha} (e^{-\alpha T_0} - e^{-\alpha T_1}) - \frac{1}{\gamma_1} (e^{-\gamma_1 T_0} - e^{-\gamma_1 T_1}) \right\} + A_{g0} \frac{1}{\gamma_1} (e^{-\gamma_1 T_0} - e^{-\gamma_1 T_1}) \right] \quad \dots \quad (4-12)$$

で表される。

原子炉建家内の時間 t における気相部 FP 量 A_b は

$$R_b = q_b / V_b, \quad \gamma_2 = \lambda + R_b$$

とおき、 $t = 0$ で $A_b = A_{b0}$ とすると

$$A_b = A_0 \frac{(1-p_2)g_2 L_2}{\gamma_2 - \alpha} \left\{ e^{-\alpha t} - e^{-\gamma_2 t} \right\} + A_{b0} e^{-\gamma_2 t} \quad \dots \quad (4-13)$$

で表される。

したがって、経路②(原子炉建家経由)からの時間 T_0 から T_1 の間の F P 放出量 Q_b は

$$Q_b = f R_b \left[A_0 \frac{(1-p_2)g_2 L_2}{\gamma_2 - \alpha} \left\{ \frac{1}{\alpha} (e^{-\alpha T_0} - e^{-\alpha T_1}) - \frac{1}{\gamma_2} (e^{-\gamma_2 T_0} - e^{-\gamma_2 T_1}) \right\} \right]$$

$$+ A_{b0} \frac{1}{\gamma_2} (e^{-\gamma_2 T_0} - e^{-\gamma_2 T_1}) \quad \dots \quad (4-14)$$

で表される。

また、時間 t における原子炉建家内にプレートアウトする FP 量 A_p は

$t = 0$ で $A_p = A_{p0}$ とすると

$$A_p = A_0 - \frac{p_2 g_2 L_2}{\lambda - \alpha} \{ e^{-\alpha t} - e^{-\lambda t} \} + A_{p0} e^{-\lambda t} \quad \dots \quad (4-15)$$

で表される。

よって、時間 t における原子炉建家内の FP 量 A_{bp} は

$$A_{bp} = A_b + A_p \quad \dots \quad (4-16)$$

で表される。

したがって、時間 T_0 から T_1 の間の原子炉建家内の FP 量の時間積算値 W_{bp} は次式で表される。

$$\begin{aligned} W_{bp} &= \int_{T_0}^{T_1} A_{bp} dt = \int_{T_0}^{T_1} A_b dt + \int_{T_0}^{T_1} A_p dt \\ &= \left[A_0 \frac{(1-p_2)g_2L_2}{\gamma_2 - \alpha} \left\{ \frac{1}{\alpha} (e^{-\alpha T_0} - e^{-\alpha T_1}) - \frac{1}{\gamma_2} (e^{-\gamma_2 T_0} - e^{-\gamma_2 T_1}) \right\} \right. \\ &\quad \left. + A_{b0} \frac{1}{\gamma_2} (e^{-\gamma_2 T_0} - e^{-\gamma_2 T_1}) \right] \\ &\quad + \left(A_0 \frac{p_2 g_2 L_2}{\lambda - \alpha} \left\{ \frac{1}{\alpha} (e^{-\alpha T_0} - e^{-\alpha T_1}) - \frac{1}{\lambda} (e^{-\lambda T_0} - e^{-\lambda T_1}) \right\} \right. \\ &\quad \left. + A_{p0} \frac{1}{\lambda} (e^{-\lambda T_0} - e^{-\lambda T_1}) \right] \quad \dots \quad (4-17) \end{aligned}$$

以上で述べた評価式を用いた FP 量の計算コード「FPJMT」を作成し、これを用いて FP 量の計算を行った。「FPJMT」プログラムを付録 3 に示す。

4.2.1 大気放出量

(1) 計算条件

炉心流路閉塞事故時の FP の大気中への放出量の計算に用いる条件を以下に示す。図 6 に炉心流路閉塞事故時の核分裂生成物の大気放出過程を示す。

1) 放出条件

炉心流路閉塞事故では事故発生の 5 分後に安全保護系の動作により、放出条件である運転パラメータが変わる。放出経路別の放出条件を表 3 に示す。

炉心流路閉塞事故時の燃料の損傷割合を表 4 に示す。炉心流路閉塞事故では、流路閉塞を起こした流路を形成する 2 枚の燃料板が損傷した場合の FP の放出量を評価する。これは炉心内蓄積量の 0.5% に相当する。重大事故では炉心流路閉塞事故が拡大し、燃料要素 1 体相当に含まれる FP が放出に寄与することを想定する。これは炉心内蓄積量の 5% に相当する。仮想事故では、炉心の全燃料要素に含まれる FP が放出に寄与することを想定する。これは炉心内蓄積量の 100% に相当する。

2) 核種の移行パラメータ

希ガス、よう素の大気中への放出量を計算する場合の各核種の移行パラメータを表5から表8に示す。燃料板から冷却水中へ放出されるFPの割合は、希ガス100%、よう素60%とし、よう素のうち有機よう素は10%とし、残りの90%は無機よう素とした(「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾参照)。よう素の放出割合はアルミナイト燃料についてのG.W.Parkerらの実験データ⁽⁴⁾を参考したので、シリサイド燃料についても安全余裕を持った値であることをJMTTRの実験で確認している。表6で脱気タンクでの無機よう素の気相部移行割合〔g_{1,2}〕は従来100%で評価していたが、「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾を参考して1%とした。表7で無機よう素が原子炉建家でプレートアウトする割合〔p_{1,2}〕は「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾を参考して50%とした。表8の非常用排気設備及び照射実験用排気設備のフィルタ除去効率〔f〕は、有機よう素に対しては50%、無機よう素に対しては90%とした。通常排気設備の除去効率は0%とした。

(2) 計算結果

炉心流路閉塞事故時の大気中に放送出するFP量を(4-12)式及び(4-14)式に基づき計算し、その結果を表9に示す。燃料損傷割合の違いから重大事故はこの値の10倍、仮想事故は200倍となる。

4.2.2 原子炉建家内のFP量

(1) 計算条件

以下に示す計算条件を用い、(4-17)式に基づき「FP JMTTR」により原子炉建家内のFP量の計算を行った。

1) 放出条件

原子炉建家内のFP量の計算に用いる放出条件となる運転パラメータは、FPの大気放出量の計算に用いた値と同じとした。

2) 核種の移行パラメータ

原子炉建家内のFP量を計算する場合の希ガス、よう素以外の核種の移行パラメータを表10に示す。希ガス、よう素の移行パラメータは大気放出量の計算で用いる値と同様とした。希ガス、よう素以外の核種の燃料からの放出割合は、従来の評価で用いられている値とした。出典はG.W.Parkerらの実験データ⁽⁴⁾である。但し、プロムの放出割合はよう素の値、その他の粒子状核種の放出割合はルテニウムの値を引用している。気相部移行割合は保守的に100%として評価した。原子炉建家一階の壁面にプレートアウトする割合は、一次冷却水が原子炉建家内に排水又は漏洩により移行する箇所が地下の施設内であり、現実的に原子炉建家一階の壁面にFPが付着して放射線源となることは考えられないで0%として評価した。

(2) 計算結果

炉心流路閉塞事故時の原子炉建家内のFP量及びそのFPによるγ線の線源強度の計算結果を以下に示す。重大事故及び仮想事故の計算結果は、燃料損傷割合の違いからそれぞれ10倍及び200倍となる。

1) 原子炉建家内のFP量

直接 γ 線、スカイシャイン γ 線の線源となる原子炉建家内のFP量の評価期間にわたる時間積分値を表11に示す。

2) 原子炉建家内の積算FPによる γ 線の線源強度

原子炉建家内のFPによる γ 線の線源強度の計算結果を表12に示す。線源強度の算出に用いたFPの放出する γ 線のエネルギーとその放出割合は、希ガス及びハロゲンについては、指針集⁽²⁾のそれぞれ「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」の「付 第1表 γ 線エネルギー範囲別計算値(希ガス核種)」及び「付 第2表 γ 線エネルギー範囲別計算値(7 ロゲン核種)」を参照し、その他の粒子状FPについては、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」の「第4表 粒子状放射性物質の γ 線実効エネルギー等」を参照した。これらFPの放出する γ 線のエネルギーとその放出割合をデータファイルに格納し、このファイルのデータを参照して、原子炉建家内のFP量から、エネルギー群(18群)別の γ 線の線源強度を計算した。

上記の18群の γ 線エネルギーとその線源強度を用いて、敷地境界における直接線量を「QA D-C GGP 2」コード及びスカイシャイン線量を「G 3 3-G P 2」コードを使用して求めた。

5. 燃料取扱事故

5.1 放出条件及び放出経路

- (1) 損傷する燃料要素(燃料板19枚)は一体とし、燃料板1枚に含まれるFPの5%が水中に放出されるものとする。ここで燃料板の損傷は片側面とし、燃料芯材の片側全表面について芯材表面からFPの飛程に相当する約 $15\mu\text{m}$ 深さ内で生成されたFPが燃料から一次冷却水又はプール・カナル水中に放出されるものとして計算すると、燃料板1枚に内蔵されるFPの約3%となるが、保守的評価とするため5%〔炉心内蓄積量の5%(燃料要素相当)の19分の1(燃料板相当)の5%〕とした。
- (2) 原子炉停止時の燃料板内のFP量は、原子炉が定格出力50MWで5サイクル相当の125日連続運転した直後のものとする。
- (3) 原子炉停止後1日を経て損傷が発生するものとする。
- (4) 放出に寄与するFPのうち希ガス100%、よう素60%が水中に放出されるものとする。
- (5) 水中に放出された希ガスの水中への溶解は無視して、全量が水中外に放出されるものとする。
- (6) 水中に放出されたよう素は水に溶けやすいため、ほとんど水中にとどまると考えられるが水中での除染係数は500とする(指針集⁽²⁾の「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の「付録I」参照)。
- (7) 水中から炉室内の空気中に移行した希ガス及びよう素は通常排気設備を経て排気筒(高さ80m)から放出される。

直接 γ 線、スカイシャイン γ 線の線源となる原子炉建家内のFP量の評価期間にわたる時間積分値を表11に示す。

2) 原子炉建家内の積算FPによる γ 線の線源強度

原子炉建家内のFPによる γ 線の線源強度の計算結果を表12に示す。線源強度の算出に用いたFPの放出する γ 線のエネルギーとその放出割合は、希ガス及びハロゲンについては、指針集⁽²⁾のそれぞれ「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」の「付 第1表 γ 線エネルギー範囲別計算値(希ガス核種)」及び「付 第2表 γ 線エネルギー範囲別計算値(7 ロゲン核種)」を参照し、その他の粒子状FPについては、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」の「第4表 粒子状放射性物質の γ 線実効エネルギー等」を参照した。これらFPの放出する γ 線のエネルギーとその放出割合をデータファイルに格納し、このファイルのデータを参照して、原子炉建家内のFP量から、エネルギー群(18群)別の γ 線の線源強度を計算した。

上記の18群の γ 線エネルギーとその線源強度を用いて、敷地境界における直接線量を「QAD-CGGP2」コード及びスカイシャイン線量を「G33-GP2」コードを使用して求めた。

5. 燃料取扱事故

5.1 放出条件及び放出経路

- (1) 損傷する燃料要素(燃料板19枚)は一体とし、燃料板1枚に含まれるFPの5%が水中に放出されるものとする。ここで燃料板の損傷は片側面とし、燃料芯材の片側全表面について芯材表面からFPの飛程に相当する約 $15\mu\text{m}$ 深さ内で生成されたFPが燃料から一次冷却水又はプール・カナル水中に放出されるものとして計算すると、燃料板1枚に内蔵されるFPの約3%となるが、保守的評価とするため5%〔炉心内蓄積量の5%(燃料要素相当)の19分の1(燃料板相当)の5%〕とした。
- (2) 原子炉停止時の燃料板内のFP量は、原子炉が定格出力50MWで5サイクル相当の125日連続運転した直後のものとする。
- (3) 原子炉停止後1日を経て損傷が発生するものとする。
- (4) 放出に寄与するFPのうち希ガス100%、よう素60%が水中に放出されるものとする。
- (5) 水中に放出された希ガスの水中への溶解は無視して、全量が水中外に放出されるものとする。
- (6) 水中に放出されたよう素は水に溶けやすいため、ほとんど水中にとどまると考えられるが水中での除染係数は500とする(指針集⁽²⁾の「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の「付録I」参照)。
- (7) 水中から炉室内の空気中に移行した希ガス及びよう素は通常排気設備を経て排気筒(高さ80m)から放出される。

- (8) 通常排気設備の希ガス及びよう素除去効率は 0 %とする。
 - (9) FP は瞬時に大気へ放出されるものとする。
- 燃料取扱事故時の FP 放出条件と放出経路の概略を図 7 に示す。

5.2 大気放出量

燃料取扱事故によって大気中に放出される FP の量は、瞬時放出で評価するため、炉心内蓄積量のうち放出に寄与する量と水中への放出割合、気相部への移行割合、プレートアウトしない割合及びフィルタで除去されない割合の積で表され、原子炉停止後 1 日の減衰を考慮すると次式で表される。

$$[\text{大気放出量}] = [50\text{MW} \text{ で } 125\text{日} \text{ 連続運転した直後の炉心内蓄積量の } 5\% \text{ の } 19\text{分の } 1 \text{ の } 5\%] \times \exp(-\lambda T) \times [\text{水中への放出割合}] \times [\text{気相部への移行割合}] \times [1 - (\text{プレートアウトする割合})] \times [1 - (\text{フィルタの除去効率})]$$

ここで、 λ は崩壊定数、T は冷却時間(1 日)である。なおプレートアウトする割合及びフィルタの除去効率は 0 として評価した。計算結果を表13に示す。

6. 相対濃度、相対線量

想定事故時の線量当量計算に用いる放射性物質の地表空气中濃度は、単位放出率当たりの風下濃度(相対濃度)に事故期間中の放射性物質の放出率を乗じて算出する。線量当量計算に用いる相対濃度は、指針集⁽²⁾の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」を参照し、以下の方法で求めた。

(1) 相対濃度は、毎時刻の気象資料と実効的な放出継続時間(放射性物質の放出率の時間変化を考慮して定めるもので、以下実効放出継続時間という)をもとに方位別の着目地点について求める。

(2) 着目地点の相対濃度は、毎時刻の相対濃度を 5 年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が 97% に当たる相対濃度とする。

(3) 線量当量計算に用いる相対濃度は、上記(2)で求めた相対濃度のうち最大の値を使用する。

放射性雲からの γ 線量は、地表空气中濃度を用いずに、放射性物質の空間濃度分布を算出しこれを γ 線量計算モデルに適用して求めた。想定事故時の γ 線量については、相対濃度の代わりに、空間濃度分布と γ 線量計算モデルを組み合わせた相対線量を使用して相対濃度と同様な考え方により求めた。

6.1 放出モードと実効放出継続時間

気象データを統計処理して線量の算定に用いる相対濃度(χ/Q)、相対線量(D/Q)を求めるためには、事故時の FP の大気中への放出モードから実効放出継続時間を求める必要がある。

- (8) 通常排気設備の希ガス及びよう素除去効率は 0 %とする。
 - (9) F P は瞬時に大気へ放出されるものとする。
- 燃料取扱事故時の F P 放出条件と放出経路の概略を図 7 に示す。

5.2 大気放出量

燃料取扱事故によって大気中に放出される F P の量は、瞬時放出で評価するため、炉心内蓄積量のうち放出に寄与する量と水中への放出割合、気相部への移行割合、プレートアウトしない割合及びフィルタで除去されない割合の積で表され、原子炉停止後 1 日の減衰を考慮すると次式で表される。

$$[\text{大気放出量}] = [50\text{MW} \text{で} 125\text{日連続運転した直後の炉心内蓄積量の} 5\% \text{の} 19\text{分の} 1 \text{の} 5\%] \times \exp(-\lambda T) \times [\text{水中への放出割合}] \times [\text{気相部への移行割合}] \times [1 - (\text{プレートアウトする割合})] \times [1 - (\text{フィルタの除去効率})]$$

ここで、 λ は崩壊定数、T は冷却時間(1 日)である。なおプレートアウトする割合及びフィルタの除去効率は 0 として評価した。計算結果を表 13 に示す。

6. 相対濃度、相対線量

想定事故時の線量当量計算に用いる放射性物質の地表空気中濃度は、単位放出率当たりの風下濃度(相対濃度)に事故期間中の放射性物質の放出率を乗じて算出する。線量当量計算に用いる相対濃度は、指針集⁽²⁾の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」を参照し、以下の方法で求めた。

(1) 相対濃度は、毎時刻の気象資料と実効的な放出継続時間(放射性物質の放出率の時間変化を考慮して定めるもので、以下実効放出継続時間という)をもとに方位別の着目地点について求める。

(2) 着目地点の相対濃度は、毎時刻の相対濃度を 5 年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が 97 % に当たる相対濃度とする。

(3) 線量当量計算に用いる相対濃度は、上記(2)で求めた相対濃度のうち最大の値を使用する。

放射性雲からの γ 線量は、地表空気中濃度を用いずに、放射性物質の空間濃度分布を算出しこれを γ 線量計算モデルに適用して求めた。想定事故時の γ 線量については、相対濃度の代わりに、空間濃度分布と γ 線量計算モデルを組み合わせた相対線量を使用して相対濃度と同様な考え方により求めた。

6.1 放出モードと実効放出継続時間

気象データを統計処理して線量の算定に用いる相対濃度(χ / Q)、相対線量(D / Q)を求めるためには、事故時の F P の大気中への放出モードから実効放出継続時間を求める必要が

ある。

実効放出継続時間は、指針集⁽²⁾の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」を参考し、次式より求めた。

$$\text{「実効放出継続時間」} = \frac{\text{「全放出量」}}{\text{「1時間の放出量の最大値」}}$$

炉心流路閉塞事故では、放出モードが事故発生から5分後に著しく変化するため、実効放出継続時間は事故発生から5分間と事故発生の5分後以降に分けて、それぞれについて求めた。なお事故発生後の5分間放出の場合は、放出時間が評価上短時間で、気象データの最小観測間隔の1時間より小さいので、実効放出継続時間は1時間とした。

燃料取扱事故では、FPの放出は瞬時として評価するため、気象データの最小観測間隔である1時間を実効放出継続時間とした。

放出モードであるFPの大気中への放出率の時間変化は、(4-6)式及び(4-7)式に基づき「FP J M T R」を用いて計算した。炉心流路閉塞事故時の放出モードであるFPの放出率(Bq/s)の時間変化を図8に示す。放出モードから1時間の放出量が最大となる時間を求め、事故発生5分後以降の長時間放出の場合の実効放出継続時間を、以下のとおり評価する線量の被ばく経路毎に求めた。

(1) 外部γ線による線量を評価するための実効放出継続時間

よう素及び希ガスのγ線実効エネルギー換算の放出モードから1時間の放出量の最大値は3時間後からの1時間になり、γ線による線量の算定に用いる相対線量(D/Q)を求めるための実効放出継続時間は、次式より41時間とした。

$$\text{「実効放出継続時間」} = \frac{3.646 \times 10^{14} \text{ MeV} \cdot \text{Bq}}{8.896 \times 10^{12} \text{ MeV} \cdot \text{Bq/h}} = 40.9 \text{ h}$$

(2) よう素の吸入による線量を評価するための実効放出継続時間

よう素の実効線量当量換算の放出モードから1時間の放出量の最大値は18時間後からの1時間になり、よう素の吸入による線量の算定に用いる相対濃度(x/Q)を求めるための実効放出継続時間は、次式より243時間とした。

$$\text{「実効放出継続時間」} = \frac{7.850 \times 10^5 \text{ (Sv/Bq)} \cdot \text{Bq}}{3.230 \times 10^3 \text{ (Sv/Bq)} \cdot \text{Bq/h}} = 243.0 \text{ h}$$

なお参考として組織線量換算による実効放出継続時間は以下のとおりである。

$$\text{「実効放出継続時間」} = \frac{2.585 \times 10^7 \text{ (Sv/Bq)} \cdot \text{Bq}}{1.061 \times 10^5 \text{ (Sv/Bq)} \cdot \text{Bq/h}} = 243.6 \text{ h}$$

(3) β線による皮膚の線量を評価するための実効放出継続時間

よう素及び希ガスの放出モードから1時間の放出量の最大値は10時間後からの1時間になりβ線による線量の算定に用いる相対濃度(x/Q)を求めるための実効放出継続時間は、次式より156時間とした。

$$\text{「実効放出継続時間」} = \frac{5.065 \times 10^5 \text{ Bq}}{3.242 \times 10^{13} \text{ Bq/h}} = 156.2 \text{ h}$$

6.2 相対濃度、相対線量の計算

線量評価で使用する相対濃度(χ/Q)、相対線量(D/Q)は、実効放出継続時間と1982年1月から1986年12月までの5年間の気象データを用い、指針集⁽²⁾の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」の「想定事故時の大気拡散の解析方法」に従い、「安全審査用被ばく線量評価コード」⁽⁵⁾を使用して計算した。計算では16方位についてそれぞれ放出源からの距離をパラメータにとり、相対濃度、相対線量がそれぞれ最大となる地点をサーベイした。線量算定に用いる相対濃度、相対線量は、16方位中の最大となる値を採用した。線量算定に用いた相対濃度、相対線量の値を表14に示す。相対濃度、相対線量の計算結果を付録4に示す。

7. 線量評価

7.1 線量評価方法

安全設計評価としての「事故」並びに立地評価としての「重大事故」及び「仮想事故」について線量評価上参考とすべき事項は、指針集⁽²⁾の「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の「付録II(平成2年8月30日)」を参考とした。

想定事故時の敷地境界外での公衆の線量は、大気中に放出されるFPによるものと原子炉建家のFPによるものとの2つに分けて評価した。

(1) 「事故」における線量評価

- 1) 原子炉施設の排気筒から大気に放出されたFPによる実効線量当量
 - ①希ガス、よう素からの γ 線の外部被ばくによる実効線量当量
 - ②よう素の吸入による実効線量当量
- 2) 原子炉建室内に放出されたFPからの γ 線による実効線量当量
 - ①原子炉建家の屋根を透過する γ 線が空気により散乱する結果生ずるスカイシャイン γ 線による実効線量当量
 - ②原子炉建家の壁を透過する直接 γ 線による実効線量当量

(2) 「重大事故」及び「仮想事故」における線量評価

- 1) 原子炉施設の排気筒から大気に放出されたFPによる線量
 - ①希ガス、よう素からの γ 線の外部被ばくによる全身に対しての線量
 - ②よう素の吸入による甲状腺に対しての線量(重大事故は小児、仮想事故は成人)
 - ③希ガス及びよう素の β 線による皮膚への線量(指針には規定されていないが参考として評価する)
 - ④全身線量の積算値(仮想事故)
- 2) 原子炉建室内に放出されたFPからの γ 線による線量
 - ①原子炉建家の屋根を透過する γ 線が空気により散乱する結果生ずるスカイシャイン γ 線による全身に対しての線量

6.2 相対濃度、相対線量の計算

線量評価で使用する相対濃度(χ/Q)、相対線量(D/Q)は、実効放出継続時間と1982年1月から1986年12月までの5年間の気象データを用い、指針集⁽²⁾の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」の「想定事故時の大気拡散の解析方法」に従い、「安全審査用被ばく線量評価コード」⁽³⁾を使用して計算した。計算では16方位についてそれぞれ放出源からの距離をパラメータにとり、相対濃度、相対線量がそれぞれ最大となる地点をサーベイした。線量算定に用いる相対濃度、相対線量は、16方位中の最大となる値を採用した。線量算定に用いた相対濃度、相対線量の値を表14に示す。相対濃度、相対線量の計算結果を付録4に示す。

7. 線量評価

7.1 線量評価方法

安全設計評価としての「事故」並びに立地評価としての「重大事故」及び「仮想事故」について線量評価上参考とすべき事項は、指針集⁽²⁾の「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の「付録II(平成2年8月30日)」を参考とした。

想定事故時の敷地境界外での公衆の線量は、大気中に放出されるFPによるものと原子炉建家内のFPによるものとの2つに分けて評価した。

(1) 「事故」における線量評価

- 1) 原子炉施設の排気筒から大気に放出されたFPによる実効線量当量
 - ①希ガス、よう素からの γ 線の外部被ばくによる実効線量当量
 - ②よう素の吸入による実効線量当量
- 2) 原子炉建家内に放出されたFPからの γ 線による実効線量当量
 - ①原子炉建家の屋根を透過する γ 線が空気により散乱する結果生ずるスカイシャイン γ 線による実効線量当量
 - ②原子炉建家の壁を透過する直接 γ 線による実効線量当量

(2) 「重大事故」及び「仮想事故」における線量評価

- 1) 原子炉施設の排気筒から大気に放出されたFPによる線量
 - ①希ガス、よう素からの γ 線の外部被ばくによる全身に対しての線量
 - ②よう素の吸入による甲状腺に対しての線量(重大事故は小児、仮想事故は成人)
 - ③希ガス及びよう素の β 線による皮膚への線量(指針には規定されていないが参考として評価する)
 - ④全身線量の積算値(仮想事故)
- 2) 原子炉建家内に放出されたFPからの γ 線による線量
 - ①原子炉建家の屋根を透過する γ 線が空気により散乱する結果生ずるスカイシャイン γ 線による全身に対しての線量

②原子炉建家の壁を透過する直接 γ 線による全身に対しての線量

7.2 線量評価式

7.2.1 大気中に放出されたFPによる線量

(1) 外部被ばくによる実効線量当量又は全身に対しての線量

$$H_r = K_1 \cdot Q_r \cdot (D/Q) \quad \dots \quad (7-1)$$

ここに、

H_r : γ 線の外部被ばくによる実効線量当量又は全身に対しての線量(Sv)

K_1 : 空気吸収線量から実効線量当量又は全身に対しての線量への換算係数(Sv/Gy)

[1 Sv/Gy]

実効線量当量への換算係数としては、ICRP Publication 51⁽⁶⁾に示されている単位照射線量あたりの実効線量当量を参照して、1 Sv/Gyを用いている(付録5参照)。

全身に対しての線量への換算係数としては、「全身に対しての線量のめやすが癌の発生確率の増加といった確率的影響を念頭において定めたものではなく個体の組織又は臓器の放射線損傷という非確率的影響を念頭においたものであるため、確率的影響に対応する実効線量当量で評価することは妥当でないとして非確率的影響に対応する線量で評価すること」という考え方から、すなわち〔線量当量 H (Sv)=吸収線量 D (Gy)×線質係数 Q ×その他の修正係数 N 〕を用い、 γ 線に対して $Q=1$ 、 $N=1$ とする。したがって全身に対しての線量への換算係数は1 Sv/Gyとなる。

Q_r : 希ガス及びよう素の γ 線エネルギー換算放出量(MeV・Bq)

核種毎の〔放出量(Bq)× γ 線実効エネルギー(MeV)〕の総和

γ 線実効エネルギーは指針集⁽²⁾の「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」を参照した(表13参照)。

(D/Q) : 相対線量(Gy/(MeV・Bq))

実効放出継続時間が1時間の場合 4.3×10^{-19} Gy/(MeV・Bq)

実効放出継続時間が41時間の場合 2.1×10^{-19} Gy/(MeV・Bq)

(2) よう素の吸入による小児の実効線量当量

$$H_i^E = \sum_i H_{50, E, i} \cdot M_A \cdot Q_i \cdot (\chi/Q) \cdot f_i \quad \dots \quad (7-2)$$

ここに、

H_i^E : よう素の吸入による小児の実効線量当量(Sv)

$H_{50, E, i}$: よう素の核種*i*を吸入した場合の成人の実効線量当量への換算係数^(2, 7)

(Sv/Bq) (表15参照)

M_A : 成人呼吸率(m³/h)

呼吸率は、ICRP Publication 23⁽⁸⁾に示されるreference manに対する値を使用する。FPの放出が短時間の場合には昼間活動時の呼吸率を用い、長時間放出の場合には1日の平均呼吸率を用いる。

ICRP Publication 23によれば、標準人(成人男子)の1日の呼吸量は、 $2.3 \times 10^4 \ell$ であり、実効放出継続時間が24時間を超える場合、呼吸率 M_A としては1日間の平均値 $0.96 \text{ m}^3/\text{h}$ を用いる。また、実効放出継続時間が24時間以内の場合呼吸率 M_A としては、軽作業時(8時間)の呼吸量(9600ℓ)の平均値 $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ を用いる。(付録6参照)

Q_i : 事故期間中のよう素の核種*i*の大気中への放出量(Bq)

(χ/Q) : 相対濃度(h/m^3)

実効放出継続時間が1時間の場合 $8.7 \times 10^{-10} \text{ h}/\text{m}^3$

実効放出継続時間が243時間の場合 $2.0 \times 10^{-10} \text{ h}/\text{m}^3$

f_i : よう素の核種*i*の小児の年令補正係数で次式により計算する。

$$f_i = (H_{ci}^E/H_{Ai}^E) \cdot (M_c/M_A) \quad \dots \quad (7-3)$$

ここに、

(H_{ci}^E/H_{Ai}^E) : よう素の核種*i*の吸入による小児(5才)の実効線量当量への換算係数⁽⁹⁾と成人の実効線量当量への換算係数⁽⁹⁾の比(表16参照)

M_c : 小児呼吸率(付録6参照)

$0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ [実効放出継続時間が24時間以内の場合]

$0.33 \text{ m}^3/\text{h}$ [実効放出継続時間が24時間を超える場合]

(3) よう素の吸入による小児の甲状腺に対しての線量

$$H_i^T = \sum_i H_{50, T, i} \cdot M_A \cdot Q_i \cdot (\chi/Q) \cdot f_i \quad \dots \quad (7-4)$$

ここに、

$H_{50, T, i}^T$: よう素の吸入による小児の甲状腺に対しての線量(Sv)

$H_{50, T, i}^T$: よう素の核種*i*を吸入した場合の成人の甲状腺に対しての線量への換算係数^(2, 7)(Sv/Bq)(表17参照)

f_i : よう素の核種*i*の年令補正係数で次式により計算する。

$$f_i = (H_{ci}^T/H_{Ai}^T) \cdot (M_c/M_A) \quad \dots \quad (7-5)$$

ここに、

(H_{ci}^T/H_{Ai}^T) : よう素の核種*i*の吸入による小児(5才)甲状腺に対しての線量への換算係数⁽⁹⁾と成人甲状腺に対しての線量当量への換算係数⁽⁹⁾の比(表18参照)

(4) よう素の吸入による成人の甲状腺に対しての線量

$$H_i^T = \sum_i H_{50, T, i} \cdot M_A \cdot Q_i \cdot (\chi/Q) \quad \dots \quad (7-6)$$

ここに、

H_i^T : よう素の吸入による成人の甲状腺に対しての線量(Sv)

(5) β 線による皮膚への線量

参考として評価する β 線による皮膚への線量は、 β 線の空气中での飛程が極めて短いことを

考慮して、サブマージョンモデルに基づく次式で計算する。

$$H_{\beta} = \sum_i k_i \cdot E_{\beta i} \cdot (\chi/Q) \cdot Q_i \quad \dots \dots \dots \quad (7-7)$$

ここに、

H_{β} : β 線による皮膚への線量(Sv)

k_i : 核種 i の線量換算係数

$$k_i = \frac{k_{\beta i}}{2} \cdot \frac{3600 \text{ (dis/(Bq \cdot h))} \times 1.60210 \times 10^{-6} \text{ (erg/MeV)}}{10^4 \text{ (erg/(Gy \cdot g))} \times 1.293 \times 10^3 \text{ (g/m³)}}$$

$$= 2.23 \times 10^{-10} \cdot k_{\beta i} \quad [\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Gy}/(\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{h})]$$

ここで、 $k_{\beta i}$ は β 線の空気吸収線量から皮膚($70 \mu\text{m}$)線量当量への換算係数(Sv/Gy)である(指針集⁽²⁾の「発電用軽水型原子炉の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」参照)。

$E_{\beta i}$: 核種 i の β 線の実効エネルギー(指針集⁽²⁾の「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」参照)

Q_i : 核種 i の放出量(Bq)

(χ/Q) : 相対濃度(h/m³)

実効放出継続時間が 1 時間の場合 $8.7 \times 10^{-10} \text{ h/m}^3$

実効放出継続時間が 156 時間の場合 $2.3 \times 10^{-10} \text{ h/m}^3$

以上で述べた線量評価式を、炉心流路閉塞事故時の大気中へのFP放出量、原子炉建家内のFP量、放出モード等を計算するプログラム「FPJMTTR」に組み込み、線量の計算を行った。「FPJMTTR」は、相対線量、相対濃度、呼吸率を入力することにより、線量評価に用いる各核種のパラメタを格納したデータファイルを参照して線量の計算までを行うことができる。図9に「FPJMTTR」の計算の流れ図を示す。

7.2.2 原子炉建家内のFPによる線量

(1) スカイシャイン γ 線による線量

原子炉建家内の γ 線源を原子炉建家1階上方の中央に置いた等方性点状線源で近似し、そこからの第1散乱束を計算し、それにビルドアップ係数を乗じて評価点(炉心から敷地境界までの最短距離170m)におけるスカイシャイン γ 線による線量を求めた。原子炉建家の屋根の存在は無視した。

計算では「G33-GP2」コード^(10, 11)で評価点における照射線量(mR)を計算し、この値に換算係数[0.00873Gy/R]を乗じて空気吸収線量を求めた。空気吸収線量から実効線量当量又は全身に対しての線量への換算係数は1Sv/Gyとした。評価に用いた計算モデルを図10に示す。

「G33-GP2」コードは、「G33」コードにGP法によるビルドアップ係数を取り入れ、さらに照射線量を新法令に対応する1cm線量当量、3mm線量当量、 $70 \mu\text{m}$ 線量当量及びANSI/ANS 6.1.1-1977に基づく最大線量当量に換算するように改良されたコードである⁽¹⁰⁾。

計算の基本式⁽¹²⁾は次のとおりである。

$$D_1(E) = B(E, x) \frac{4\pi S(E) K(E') N K_s}{(4\pi\rho^2)(4\pi\rho_s^2)} \frac{d\sigma}{d\Omega} \cdot \\ \exp \left[- \left(\sum_{m_0} \mu_{m_0} \rho_{m_0} \right) - \left(\sum_{m_0} \mu'_{m_0} \rho'_{s'm_0} \right) \right] \quad \dots \quad (7-8)$$

ここに、

$D_1(E)$: スカイシャイン γ 線による線量(Sv)

$S(E)$: 積算線源強度(photons)

$K(E')$: γ 線束から線量への換算係数(Sv/(photons/cm²))

N : 散乱点における電子数(electrons)

K_s : 対称形状の場合の倍率(-)

ρ : 線源から散乱点までの距離(cm)

μ_{m_0} : 線源から散乱点までに通過する物質の線減衰係数(cm⁻¹)

ρ_{m_0} : 散乱前に物質 m_0 を通過する距離(cm)

ρ_s : 散乱点から評価点までの距離(cm)

μ'_{m_0} : 散乱点から評価点までに通過する物質の線減衰係数(cm⁻¹)

$\rho_{s'm_0}$: 散乱後物質 m_0 を通過する距離(cm)

$\frac{d\sigma}{d\Omega}$: Klein-Nishina の微分散乱断面積(cm²/electron)

$B(E, x)$: ビルドアップ係数(-)

E : 散乱前の γ 線のエネルギー(MeV)

E' : 散乱後の γ 線のエネルギー(MeV)

x : 線源と検出器の距離(mfp)

(2) 直接 γ 線による線量

原子炉建家内に放出されたFPによる γ 線が原子炉建家の壁(コンクリート40cm)を透過して評価点に至る直接 γ 線による線量の計算は、原子炉建家内1階の上方の空間を円筒状線源とみなして行った。なお計算点はスカイシャイン γ 線による線量の計算点と同一とした。

計算では「QAD-CGGP2」コード^(10, 13)で評価点における照射線量(mR)を計算し、この値に換算係数[0.00873Gy/R]を乗じて空気吸収線量を求めた。空気吸収線量から実効線量当量又は全身に対しての線量への換算係数は1Sv/Gyとした。評価に用いた計算モデルを図11に示す。

「QAD-CGGP2」コードは、「QAD」コードを、幾何学的形状をCG法で記述し、ビルドアップ係数にGP法を取り入れ、さらに照射線量を新法令に対応する1cm線量当量、3mm線量当量、70μm線量当量及びANSI/ANS 6.1.1-1977に基づく最大線量当量に換算するよう改良されたコードである⁽¹⁰⁾。

計算の基本式⁽¹⁴⁾は、次のとおりである。

$$D_j = \sum_i K_j \frac{S_{ij}}{4\pi R_i^2} \exp \left[- \sum_k (\mu_j t)_k \right] B_{jk} \quad \dots \quad (7-9)$$

ここに、

D_j : 直接 γ 線による線量(Sv)

K_j : γ 線束から線量への換算係数(Sv/(photons/cm²))

S_{ij} : 積算線源強度(photons)

R_i : 線源点から評価点までの距離(cm)

μ_j : 全減衰係数(cm⁻¹)

t : 領域通過距離(cm)

B_{jk} : ビルドアップ係数(-)

ここで、添字 j はエネルギー群、 i は線源点、 k は領域を示す。

7.2.3 全身線量の積算値

仮想事故の場合、集団線量の見地から、大気中に放出された希ガス及びよう素による全身線量の積算値の評価を行った。全身線量は実効線量当量とした。計算方法を以下に示す。

- 1) 人口密集地からの隔離のめやすを得るために、仮想事故時に放出される放射性雲中の希ガスとよう素からの γ 線及びよう素の吸入による全身線量の積算値を計算する。
- 2) γ 線の外部被ばくによる全身線量の計算は、放射性雲からの照射モデル及び放射性雲が半無限空間に一様に分布すると仮定したサブマージョンからの照射モデルを用いて計算し、値の大きい方で評価する。
- 3) 大気中の拡散条件は、縦の拡がりは英國気象局方式の大気安定度F型、横の拡がりは30度一定と仮定する。
- 4) 対象地点が遠方に及ぶため、平均風速は1.5m/s、放出点は地上高80m(排気筒高さ)と仮定して計算する。
- 5) 対象とする方位は敷地からみて最も全身線量の積算値の大きいほぼ西南西方向(方位239度)を中心とした30度扇形とし、敷地からの距離10kmまでは1, 2, 3, 5, 7 kmに、10kmから100kmまでは10, 20, 30, 50, 70kmに、100kmから1000kmについては100, 200, 300, 500, 700kmに、1000km以遠については1000km間隔に区分し、各区域内の人口を求める。
- 6) 現時点での人口集計は、「昭和60年度国勢調査報告」⁽¹⁵⁾により行い、全身線量の積算値を計算する。
- 7) 参考として将来人口が増加することを仮定して厚生省人口問題研究所で行った推計法⁽¹⁶⁾に基づき、2035年での人口推計を行い、将来の全身線量の積算値を推定する。

全身線量の積算値は「安全審査用被ばく線量評価コード」⁽⁵⁾を用いて計算した。

7.3 線量評価結果

7.3.1 事故時の実効線量当量

(1) 炉心流路閉塞事故

実効線量当量 1.5×10^{-5} Sv

希ガス及びよう素からの γ 線による外部被ばく	事故発生後 の5分間	経路①からの放出	6.1×10^{-6} Sv
		経路②からの放出	4.8×10^{-9} Sv
	5分後以降 (経路②からの放出)	3.8 $\times 10^{-7}$ Sv	
スカイシティ γ 線による外部被ばく (経路②からの放出)		5.4 $\times 10^{-6}$ Sv	
直接 γ 線による外部被ばく (経路②からの放出)		2.6 $\times 10^{-7}$ Sv	
よう素の吸入による小児の内部被ばく	事故発生後 の5分間	経路①からの放出	1.2×10^{-6} Sv
		経路②からの放出	1.9×10^{-9} Sv
	5分後以降 (経路②からの放出)	1.2 $\times 10^{-6}$ Sv	
合計		1.45×10^{-5} Sv	

(2) 燃料取扱事故

実効線量当量 6.5×10^{-7} Sv

希ガス及びよう素からの γ 線による外部被ばく	5.2×10^{-7} Sv
よう素の吸入による小児の内部被ばく	1.3×10^{-7} Sv
合計	6.5×10^{-7} Sv

7.3.2 立地評価における線量

(1) 重大事故 (炉心流路閉塞事故)

全身に対しての線量 1.3×10^{-4} Sv

希ガス及びよう素からの γ 線による外部被ばく	事故発生後 の5分間	経路①からの放出	6.1×10^{-5} Sv
		経路②からの放出	4.8×10^{-8} Sv
	5分後以降 (経路②からの放出)	3.8 $\times 10^{-6}$ Sv	
スカイシティ γ 線による外部被ばく (経路②からの放出)		5.4 $\times 10^{-5}$ Sv	
直接 γ 線による外部被ばく (経路②からの放出)		2.6 $\times 10^{-6}$ Sv	
合計		1.21×10^{-4} Sv	

甲状腺（小児）に対しての線量 7.9×10^{-4} Sv

よう素の吸入による甲状腺（小児）の被ばく	事故発生後 の 5 分間	経路①からの放出	4.0×10^{-4} Sv
		経路②からの放出	6.4×10^{-7} Sv
	5 分後以降（経路②からの放出）		3.8×10^{-4} Sv
	合計		7.81×10^{-4} Sv

β 線による皮膚への線量 3.0×10^{-5} Sv

β 線による皮膚の被ばく	事故発生後 の 5 分間	経路①からの放出	2.8×10^{-5} Sv
		経路②からの放出	2.2×10^{-8} Sv
	5 分後以降（経路②からの放出）		1.8×10^{-6} Sv
	合計		2.98×10^{-5} Sv

(2) 仮想事故（炉心流路閉塞事故）

全身に対しての線量 2.5×10^{-3} Sv

希ガス及びよ う素からの γ 線による外部 被ばく	事故発生後 の 5 分間	経路①からの放出	1.2×10^{-3} Sv
		経路②からの放出	9.5×10^{-7} Sv
	5 分後以降（経路②からの放出）		7.8×10^{-5} Sv
	スカイチャイン γ 線による外部被ばく（経路②からの放出）		1.1×10^{-3} Sv

直接 γ 線による外部被ばく（経路②からの放出）			5.1×10^{-5} Sv
	合計		2.43×10^{-3} Sv

甲状腺（成人）に対しての線量 9.3×10^{-3} Sv

よう素の吸入 による甲状腺 (成人) の被 ばく	事故発生後 の 5 分間	経路①からの放出	4.2×10^{-3} Sv
		経路②からの放出	6.7×10^{-6} Sv
	5 分後以降（経路②からの放出）		5.0×10^{-3} Sv
	合計		9.21×10^{-3} Sv

β 線による皮膚への線量 6.0×10^{-4} Sv

β 線による皮膚の被ばく	事故発生後 の 5 分間	経路①からの放出	5.6×10^{-4} Sv
		経路②からの放出	4.4×10^{-7} Sv
	5 分後以降（経路②からの放出）		3.6×10^{-5} Sv
	合計		5.96×10^{-4} Sv

全身線量の積算値

現在人口(1985年)による積算値	0.26 万人Sv
将来人口(2035年)による積算値	0.29 万人Sv

8.まとめ

(1) 事故時の線量評価

事故時において放射性物質の放散を伴う可能性のある施設に対する事故解析の判断基準として「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾では、「周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと」を定めている。

「著しい放射線被ばくのリスク」についての具体的な運用は以下によることとする。ICRPによれば、公衆に対する年間の実効線量当量の主たる限度として1mSvを勧告しているが、生涯にわたる平均の年実効線量当量が1mSvを超えない限り、年間5mSvという補助的線量限度を数年間にわたって用いることが許されるとしている。これは、平常時の放射線被ばくについての考え方であるが、これを発生頻度が小さい「事故」の場合にも適用することとし、周辺公衆の実効線量当量の評価値が発生事故当たり5mSvを越えなければ、「リスク」は小さいと判断する。

以上で述べた事故評価の判断基準と評価結果を表19に示す。評価結果はいずれも判断基準を十分下回り、周辺公衆の「リスク」は小さいと判断された。

(2) 立地評価

「原子炉立地審査指針」⁽²⁾の基本的目標は次の三つである。

- (a) 重大事故の発生を仮定しても、周辺の公衆に放射線障害を与えないこと。
- (b) 仮想事故の発生を仮定しても、周辺の公衆に著しい放射線災害を与えないこと。
- (c) 仮想事故の場合には、集団線量に対する影響が十分に小さいこと。

立地条件の適否を判断する際には、上記の基本的目標を達成するため、少なくとも次の三条件が満たされていることを確認しなければならない。

- (1) 原子炉の周囲は、原子炉からある距離の範囲内は非居住区域であること。(重大事故の場合)
 - (2) 原子炉からある距離の範囲内であって、非居住区域の外側の地帯は、低人口地帯であること。(仮想事故の場合)
 - (3) 原子炉敷地は、人口密集地帯からある距離だけ離れていること。(仮想事故の場合)
- これらに対する判断のめやすとして、次の線量を用いることが定められている。
- (1)でいう「ある距離の範囲」を判断するためのめやすとして、次の線量を用いること。

甲状腺(小児)に対して	1.5 Sv
全身に対して	0.25 Sv

全身線量の積算値

現在人口(1985年)による積算値	0.26 万人Sv
将来人口(2035年)による積算値	0.29 万人Sv

8.まとめ

(1) 事故時の線量評価

事故時において放射性物質の放散を伴う可能性のある施設に対する事故解析の判断基準として「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾では、「周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと」を定めている。

「著しい放射線被ばくのリスク」についての具体的な運用は以下によることとする。ICRPによれば、公衆に対する年間の実効線量当量の主たる限度として1mSvを勧告しているが、生涯にわたる平均の年実効線量当量が1mSvを超えない限り、年間5mSvという補助的線量限度を数年間にわたって用いることが許されるとしている。これは、平常時の放射線被ばくについての考え方であるが、これを発生頻度が小さい「事故」の場合にも適用することとし、周辺公衆の実効線量当量の評価値が発生事故当たり5mSvを越えなければ、「リスク」は小さいと判断する。

以上で述べた事故評価の判断基準と評価結果を表19に示す。評価結果はいずれも判断基準を十分下回り、周辺公衆の「リスク」は小さいと判断された。

(2) 立地評価

「原子炉立地審査指針」⁽²⁾の基本的目標は次の三つである。

- (a) 重大事故の発生を仮定しても、周辺の公衆に放射線障害を与えないこと。
- (b) 仮想事故の発生を仮定しても、周辺の公衆に著しい放射線災害を与えないこと。
- (c) 仮想事故の場合には、集団線量に対する影響が十分に小さいこと。

立地条件の適否を判断する際には、上記の基本的目標を達成するため、少なくとも次の三条件が満たされていることを確認しなければならない。

- (1) 原子炉の周囲は、原子炉からある距離の範囲内は非居住区域であること。(重大事故の場合)
 - (2) 原子炉からある距離の範囲内であって、非居住区域の外側の地帯は、低人口地帯であること。(仮想事故の場合)
 - (3) 原子炉敷地は、人口密集地帯からある距離だけ離れていること。(仮想事故の場合)
- これらに対する判断のめやすとして、次の線量を用いることが定められている。
- (1)でいう「ある距離の範囲」を判断するためのめやすとして、次の線量を用いること。

甲状腺(小児)に対して	1.5 Sv
全身に対して	0.25 Sv

(2)でいう「ある距離の範囲」を判断するためのおよそのめやすとして、次の線量を考えること。

甲状腺(成人)に対して	3 Sv
全身に対して	0.25 Sv

(3)でいう「ある距離だけ離れていること」を判断するためのめやすとして、外国の例(例えば2万人Sv)を参考とすること。

「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾では、立地評価の判断基準は、「原子炉立地審査指針」でいう判断のめやすを用いることとしている。判断基準と評価結果を表19に示す。評価結果はいずれも判断基準を十分下回り、立地上の妥当性が確認された。

謝 辞

本検討は、J M T R燃料の低濃縮化の安全審査を通して行ってきたもので、安藤弘栄照射第1課長、桜井文雄計画課長代理には多大な御指導を頂いた。線量計算については山本峯澄大洗研究所管理部次長、東海研究所保健物理部放射線管理第1課の小林秀雄氏及び清水勇氏に御指導頂いた。以上の方々に深く感謝します。

(2)でいう「ある距離の範囲」を判断するためのおよそのめやすとして、次の線量を考えること。

甲状腺(成人)に対して	3 Sv
全身に対して	0.25 Sv

(3)でいう「ある距離だけ離れていること」を判断するためのめやすとして、外国の例(例えば2万人Sv)を参考とすること。

「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」⁽¹⁾では、立地評価の判断基準は、「原子炉立地審査指針」でいう判断のめやすを用いることとしている。判断基準と評価結果を表19に示す。評価結果はいずれも判断基準を十分下回り、立地上の妥当性が確認された。

謝 辞

本検討は、J M T R燃料の低濃縮化の安全審査を通して行ってきたもので、安藤弘栄照射第1課長、桜井文雄計画課長代理には多大な御指導を頂いた。線量計算については山本峯澄大洗研究所管理部次長、東海研究所保健物理部放射線管理第1課の小林秀雄氏及び清水勇氏に御指導頂いた。以上の方々に深く感謝します。

参 考 文 献

- (1) 「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」，原子力安全委員会，1991年
- (2) 改訂6版「原子力安全委員会安全審査指針集」，監修 科学技術庁原子力安全局原子力安全調査室，大成出版，1991年1月
- (3) Kinji Koyama, Naoki Yamano and Shun-ichi Miyasaka, "ORIGEN-JR : Computer Code for Calculating Radiation Sources and Analyzing Nuclide Transmutations", JAERI-M 8299 (1979).
- (4) G. W. Parker, W. J. Martin, G. E. Creek, R. A. Lorenz, "Release of Fission Products on Out-of-Pile Melting of Reactor Fuel", ORNL-3483, 1963.
- (5) 「安全審査用被ばく線量評価コードの整備－使用マニュアルー」，（財）原子力データセンター，平成2年3月
- (6) ICRP Publication 51 「体外放射線に対する防護のためのデータ」，日本アイソトープ協会(1987).
- (7) 河合勝雄，橘晴夫，服部隆充，須賀新一，「ICRP Publication 30に基づく単位摂取量当たりの預託実効線量当量等の一覧表」JAERI-M 87-172, 1987年10月
- (8) 「Report of the Task Group on Reference Man」ICRP Publication 23, October 1974.
- (9) Klaus Henrichs, et al., "Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion Von Radio-nuklidverbindungen", ISH - Heft 63. 78. 79 (1985).
- (10) 坂本幸夫，田中俊一，「QAD-CGGP2 and G33-GP2 : Revised versions of QAD-CGGP and G33-GP ; Codes with the conversion factors from exposure to ambient and maximum dose equivalents」JAERI-M 90-110, Jul. 1990.
- (11) RSIC COMPUTER CODE COLLECTION, "G33-GP Kernel Integration Code System -- Multi-group Gamma-Ray Scattering Using GP Buildup Factor", CCC-494.
- (12) Richard E. Malenfant, "G³:A General Purpose Gamma-Ray Scattering Program", LA-5176, June 1973.
- (13) RSIC COMPUTER CODE COLLECTION, "QAD-CGGP A Combinatorial Geometry Version of QAD-P5A, A Point Kernel Code System for Neutron and Gamma-Ray Shielding Calculations Using the GP Buildup Factor", CCC-493.
- (14) V. R. CAIN, "A USERS MANUAL FOR QAD-CG, THE COMBINATORIAL GEOMETRY VERSION OF THE QAD-P5A POINT KERNEL SHIELDING CODE", BECHTEL COMPUTER CODE-NE007, July 1977.
- (15) 「昭和60年度国勢調査報告」，総理府統計局
- (16) 「日本の将来推計人口」，厚生省人口問題研究所，昭和57年4月

表1 50MWで125日連続運転した場合のF Pの炉心内蓄積量

No.	核種	半減期	収率(%)	炉心内蓄積量(Bq)	No.	核種	半減期	収率(%)	炉心内蓄積量(Bq)
1	^{83m}Kr	1.83 h	0.53	8.480×10^{15}	21	^{129}I	15.7 My	0.66	1.597×10^8
2	^{85m}Kr	4.48 h	1.31	2.096×10^{16}	22	^{134m}I	3.70 m	0.43	6.880×10^{15}
3	^{85}Kr	10.73y	0.29	9.751×10^{13}	23	^{136m}I	46.0 s	2.11	3.376×10^{16}
4	^{87}Kr	76.3 m	2.53	4.064×10^{16}	24	^{136}I	83.0 s	2.93	4.688×10^{16}
5	^{88}Kr	2.8 h	3.58	5.728×10^{16}	25	^{83}Br	2.39 h	0.53	8.480×10^{15}
6	^{89}Kr	3.18 m	4.68	7.488×10^{16}	26	^{84m}Br	6.00 m	.019	3.040×10^{14}
7	^{90}Kr	32.32s	4.69	7.504×10^{16}	27	^{84}Br	31.8 m	0.97	1.552×10^{16}
8	^{131m}Xe	11.9 d	0.04	6.394×10^{14}	28	^{85}Br	2.87 m	1.30	2.080×10^{16}
9	^{133m}Xe	2.25 d	0.19	3.040×10^{15}	29	^{86}Br	59.0 s	1.56	2.496×10^{16}
10	^{133}Xe	5.29 d	6.77	1.083×10^{17}	30	^{87}Br	55.7 s	2.20	3.520×10^{16}
11	^{135m}Xe	15.65m	1.06	1.696×10^{16}	31	^{95}Zr	65.5 d	—	7.000×10^{16}
12	^{135}Xe	9.083h	6.63	1.061×10^{17}	32	^{95}Nb	35.1 d	—	4.991×10^{16}
13	^{137}Xe	3.83 m	6.13	9.808×10^{16}	33	^{89}Sr	50.5 d	—	5.924×10^{16}
14	^{138}Xe	14.17m	6.28	1.005×10^{17}	34	^{90}Sr	28.5 y	—	7.448×10^{14}
15	^{139}Xe	39.5 s	5.16	8.256×10^{16}	35	^{124}Sb	60.2 d	—	1.016×10^{12}
16	^{131}I	8.06 d	2.84	4.544×10^{16}	36	^{134}Cs	2.06 y	—	2.099×10^{15}
17	^{132}I	2.28 h	4.21	6.736×10^{16}	37	^{136}Cs	13.1 d	—	1.648×10^{15}
18	^{133}I	20.8 h	6.77	1.083×10^{17}	38	^{137}Cs	30.0 y	—	7.492×10^{14}
19	^{134}I	52.6 m	7.61	1.218×10^{17}	39	^{140}Ba	12.8 d	—	9.143×10^{16}
20	^{135}I	6.61 h	6.41	1.026×10^{17}	40	^{140}La	40.27h	—	1.261×10^{17}
					41	^{141}Ce	32.5 d	—	8.388×10^{16}

注) No.1～No.30の核種は、式(3-1)により計算。

No.31～No.41の核種は、「ORIGIN-JR」で計算。

表2 FP量の評価に用いる記号

A_T	: FP炉心内蓄積量 (Bq)	
P_0	: 原子炉熱出力 (MW)	50MW
Y	: FPの核分裂収率 (-)	
T_0	: 原子炉の運転時間 (s)	125 日
λ	: FPの崩壊定数 (s^{-1})	
A_{w0}	: 燃料損傷時 ($t = 0$) の一次冷却水中のFP量 (Bq)	
R_a	: 燃料損傷割合 (-)	
ℓ	: FPの燃料から一次冷却水中への放出割合 (-)	
V	: 一次冷却水量 (cm^3)	143 m^3
V_g	: 脱気タンク気相部の容積 (cm^3)	6 m^3
V_b	: 原子炉建家の容積 (cm^3)	40000 m^3
A_g	: 一次冷却水中のFP量 (Bq)	
A_g	: 脱気タンク気相部のFP量 (Bq)	
A_b	: 原子炉建家気相部のFP量 (Bq)	
A_p	: 原子炉建家内にプレートアウトするFP量 (Bq)	
q_1	: 脱気タンク気相部を通過する一次冷却水の流量 (cm^3/s)	
q_2	: 原子炉建家に流出する一次冷却水の流量 (cm^3/s)	
q_s	: 脱気タンク気相部から排気筒に排気する空気の流量 (cm^3/s)	
q_b	: 原子炉建家から排気筒に排気する空気の流量 (cm^3/s)	
g	: FPの気相部への移行割合 (-)	
p	: FPのプレートアウトする割合 (-)	
f	: FPのフィルタ透過率 (-)	
T	: FPの放出時間 (s)	
s	: 時間 t における排気筒からのFPの放出率 (Bq/s)	
Q	: 時間 T の間に排気筒から放出するFPの量 (Bq)	
$L_{1,2} = q_{1,2} / V$: 気曝率 (s^{-1})	
$R_{g,b} = q_{g,b} / V_{g,b}$: 換気率 (s^{-1})	
W	: 原子炉建家内のFP量の時間積分値 (Bq)	

表3 炉心流路閉塞事故の経路別の放出条件

	事故発生後 5 分間	事故発生後 5 分以降
経路① 一次系冷却水 ↓ 脱気タンク ↓ 排気筒	脱気タンクへの一次系冷却水の流入量 $q_1 = 50 \text{ m}^3/\text{h}$	脱気タンクへの一次系冷却水の流入停止
	脱気タンクからフィルタバンク(照射実験用排気設備)への排気流量 $q_s = 40 \text{ m}^3/\text{h}$	脱気タンクからフィルタバンクへの排気停止
経路② 一次系冷却水 ↓ 原子炉建家 ↓ 排気筒	精製系の計装用配管(5本)からの一次冷却水の排水及び一次冷却系統からの漏洩 排水流量 $1.0 \ell/\text{min}$ 漏洩流量 $0.6 \ell/\text{min}$ $q_2 = 1.6 \ell/\text{min}$	精製系の計装用配管からの一次冷却水の排水は停止 一次冷却系統からの漏洩 漏洩流量 $0.6 \ell/\text{min}$ $q_2 = 0.6 \ell/\text{min}$
	原子炉建家からフィルタバンク(通常用排気設備)への排気流量 $q_b = 1600 \text{ m}^3/\text{min}$	原子炉建家からフィルタバンク(非常用排気設備)への排気流量 $q_b = 100 \text{ m}^3/\text{min}$

表4 燃料損傷割合 [R_a]

事象	損傷する燃料	炉心内蓄積量に対する放出に寄与するFPの割合
炉心流路閉塞事故	燃料板 2枚相当	0.5 %
重大事故	燃料要素 1体相当	5 %
仮想事故	全燃料要素相当	100 %

表5 燃料からの放出割合 [ℓ]

希ガス	100 %
よう素	60 %

燃料板から冷却材中へ放出されるF Pの割合は、希ガス 100%，よう素60%とし、よう素のうち、有機よう素は10%とし、残りの90%は無機よう素とする(水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針)。

表6 気相部移行割合 [g_{1,2}]

	脱気タンク (経路①)	原子炉建家 (経路②)
希ガス	100 %	100 %
有機よう素	100 %	100 %
無機よう素	1 % *	1 %

* : 従来 100%で評価していたが、「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参照して1%とした。

表7 プレートアウトする割合 [p_{1,2}]

	脱気タンク (経路①)	原子炉建家 (経路②)
希ガス	0 %	0 %
有機よう素	0 %	0 %
無機よう素	0 %	50 % *

* : 「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」参照。

表8 フィルタ除去効率 [f]

	非常用排気設備(経路②) 照射実験用排気設備(経路①)	通常排気設備 (経路②)
希ガス	0 %	0 %
有機よう素	50 %	0 %
無機よう素	90 %	0 %

表9 炉心流路閉塞事故時のF P大気放出量

核種	事故発生後の5分間		事故発生後の5分間の放出量の合計(Bq)	5分後以降の放出量(経路②)(Bq)	合計(Bq)
	経路①からの放出量(Bq)	経路②からの放出量(Bq)			
^{83m}Kr	2.789×10^{11}	2.154×10^8	2.791×10^{11}	8.100×10^9	2.872×10^{11}
^{85m}Kr	6.977×10^{11}	5.391×10^8	6.982×10^{11}	8.289×10^{10}	7.811×10^{11}
^{85}Kr	3.408×10^9	2.633×10^6	3.410×10^9	4.790×10^{11}	4.824×10^{11}
^{87}Kr	1.325×10^{12}	1.023×10^9	1.326×10^{12}	2.088×10^{10}	1.346×10^{12}
^{88}Kr	1.897×10^{12}	1.466×10^9	1.898×10^{12}	1.097×10^{11}	2.008×10^{12}
^{89}Kr	1.281×10^{12}	9.793×10^8	1.281×10^{12}	9.799×10^7	1.282×10^{12}
^{90}Kr	1.332×10^{11}	9.685×10^7	1.332×10^{11}	6.207×10^4	1.332×10^{11}
^{131m}Xe	2.147×10^{10}	1.659×10^7	2.148×10^{10}	2.873×10^{11}	3.087×10^{11}
^{133m}Xe	1.020×10^{11}	7.880×10^7	1.020×10^{11}	2.620×10^{11}	3.640×10^{11}
^{133}Xe	3.635×10^{12}	2.809×10^9	3.637×10^{12}	2.239×10^{13}	2.602×10^{13}
^{135m}Xe	4.936×10^{11}	3.806×10^8	4.939×10^{11}	5.154×10^8	4.944×10^{11}
^{135}Xe	3.546×10^{12}	2.740×10^9	3.548×10^{12}	1.133×10^{12}	4.681×10^{12}
^{137}Xe	1.872×10^{12}	1.434×10^9	1.873×10^{12}	1.959×10^8	1.873×10^{12}
^{138}Xe	2.881×10^{12}	2.221×10^9	2.883×10^{12}	2.549×10^9	2.885×10^{12}
^{139}Xe	2.113×10^{11}	1.550×10^8	2.114×10^{11}	2.722×10^5	2.114×10^{11}
^{131}I	4.658×10^{10}	7.392×10^7	4.665×10^{10}	4.268×10^{11}	4.734×10^{11}
^{132}I	6.794×10^{10}	1.078×10^8	6.804×10^{10}	2.804×10^9	7.085×10^{10}
^{133}I	1.109×10^{11}	1.759×10^8	1.110×10^{11}	9.811×10^{10}	2.091×10^{11}
^{134}I	1.196×10^{11}	1.897×10^8	1.197×10^{11}	9.882×10^8	1.207×10^{11}
^{135}I	1.046×10^{11}	1.659×10^8	1.047×10^{11}	2.152×10^{10}	1.262×10^{11}
合計 (Bq) (MeV・Bq)	1.883×10^{13} 1.362×10^{13}	1.487×10^{10} 1.108×10^{10}	1.884×10^{13} 1.363×10^{13}	2.533×10^{13} 1.823×10^{12}	4.417×10^{13} 1.545×10^{13}
よう素(Bq) (MeV・Bq)	4.496×10^{11} 7.392×10^{11}	7.132×10^8 1.173×10^9	4.503×10^{11} 7.403×10^{11}	5.520×10^{11} 2.674×10^{11}	1.002×10^{12} 1.007×10^{12}
希ガス(Bq) (MeV・Bq)	1.838×10^{13} 1.288×10^{13}	1.416×10^{10} 9.907×10^9	1.839×10^{13} 1.288×10^{13}	2.477×10^{13} 1.556×10^{12}	4.316×10^{13} 1.444×10^{13}

重大事故の場合はこの値の10倍、仮想事故の場合は200倍となる。

表10 原子炉建家内の時間積算FP量評価時の希ガス、
よう素以外の核種の移行パラメータ

	燃料からの放出割合	気相部移行割合	ブレートアウトする割合	
プロム	60 %	100 % *	0 %	+
セシウム	3.5 %	100 % *	0 %	+
その他の粒子状核種	0.02 %	100 % *	0 %	+

* : 気相部にはほとんど移行しないと考えられるが保守的に100%として評価した。
+ : 実際に原子炉建家一階の壁面に付着することは考えられないので0%とした。

表11 炉心流路閉塞事故時の原子炉建家内の時間積算FP量

核種	時間積算量 (Bq)	核種	時間積算量 (Bq)
^{83m}Kr	1.947×10^{14}	^{129}I	6.766×10^{12}
^{85m}Kr	1.990×10^{15}	^{134m}I	2.979×10^{10}
^{85}Kr	1.150×10^{16}	^{136m}I	8.607×10^9
^{87}Kr	5.027×10^{14}	^{136}I	3.640×10^{10}
^{88}Kr	2.636×10^{15}	^{83}Br	1.815×10^{14}
^{89}Kr	3.821×10^{12}	^{84m}Br	2.707×10^{10}
^{90}Kr	1.468×10^{11}	^{84}Br	2.476×10^{13}
^{131m}Xe	6.896×10^{15}	^{85}Br	5.348×10^{11}
^{133m}Xe	6.288×10^{15}	^{86}Br	9.379×10^{10}
^{133}Xe	5.373×10^{17}	^{87}Br	1.186×10^{11}
^{135m}Xe	1.294×10^{13}	^{95}Zr	5.914×10^{14}
^{135}Xe	2.720×10^{16}	^{95}Nb	2.711×10^{14}
^{137}Xe	6.852×10^{12}	^{89}Sr	4.205×10^{14}
^{138}Xe	6.450×10^{13}	^{90}Sr	1.717×10^{13}
^{139}Xe	2.390×10^{11}	^{124}Sb	8.122×10^9
^{131}I	6.179×10^{16}	^{134}Cs	7.426×10^{15}
^{132}I	1.490×10^{14}	^{136}Cs	6.792×10^{14}
^{133}I	6.072×10^{15}	^{137}Cs	3.025×10^{15}
^{134}I	5.209×10^{13}	^{140}Ba	2.108×10^{14}
^{135}I	1.187×10^{15}	^{140}La	3.808×10^{13}
		^{141}Ce	4.291×10^{14}

重大事故の場合はこの値の10倍、仮想事故の場合は200倍となる。

表12 炉心流路閉塞事故時の原子炉建家内の時間積算線源強度

	エネルギー範囲 (MeV)	代表エネルギー (MeV)	積算線源強度 (photons)
1	0.0 ~ 0.05	0.02	2.985×10^{17}
2	0.05 ~ 0.1	0.075	1.999×10^{17}
3	0.1 ~ 0.2	0.15	2.209×10^{15}
4	0.2 ~ 0.3	0.25	2.658×10^{16}
5	0.3 ~ 0.4	0.35	5.681×10^{16}
6	0.4 ~ 0.6	0.5	6.543×10^{15}
7	0.6 ~ 0.8	0.7	2.746×10^{16}
8	0.8 ~ 1.0	0.9	1.529×10^{14}
9	1.0 ~ 1.33	1.165	1.713×10^{15}
10	1.33 ~ 1.66	1.495	2.605×10^{11}
11	1.66 ~ 2.0	1.83	2.842×10^{15}
12	2.0 ~ 2.5	2.25	0.0
13	2.5 ~ 3.0	2.75	0.0
14	3.0 ~ 4.0	3.5	2.461×10^{12}
15	4.0 ~ 5.0	4.5	9.011×10^9
16	5.0 ~ 6.5	5.75	7.315×10^9
17	6.5 ~ 8.0	7.25	0.0
18	8.0 ~ 10.0	9.0	0.0

重大事故の場合はこの値の10倍、仮想事故の場合は200倍となる。

表13 燃料取扱事故時のF P 大気放出量

核種	γ 線実効エネルギー(MeV)	大気放出量(Bq)
^{83m}Kr	0.0025	1.26×10^8
^{85m}Kr	0.159	6.73×10^{10}
^{85}Kr	0.0022	1.28×10^{10}
^{87}Kr	0.793	1.11×10^7
^{88}Kr	1.95	1.98×10^{10}
^{89}Kr	2.067	0
^{90}Kr	1.325	0
^{131m}Xe	0.02	7.94×10^{10}
^{133m}Xe	0.042	2.94×10^{11}
^{133}Xe	0.045	1.25×10^{13}
^{135m}Xe	0.432	0
^{135}Xe	0.25	2.24×10^{12}
^{137}Xe	0.181	0
^{138}Xe	1.183	0
^{139}Xe	0.85	0
^{131}I	0.381	6.58×10^9
^{132}I	2.253	7.21×10^6
^{133}I	0.608	7.69×10^9
^{134}I	2.75	1.10×10^2
^{135}I	1.645	1.31×10^9
合計		1.52×10^{13}
γ 線実効エネルギー換算量		$1.20 \times 10^{12} \text{ MeV} \cdot \text{Bq}$

表14 線量算定に用いる相対濃度、相対線量の値

実効放出 継続時間	相対濃度 (χ/Q) [h/m ³]	相対線量 (D/Q) [Gy/(MeV · Bq)]	備考
1 時間	8.7×10^{-10}	4.3×10^{-10}	炉心流路閉塞事故（事故発生後の 5分間の放出） 燃料取扱事故
41時間	——	2.1×10^{-10}	ガンマ線
156時間	2.3×10^{-10}	——	ベータ線
243時間	2.0×10^{-10}	——	よう素

表15 よう素の核種 i を吸入した場合の成人の実効線量当量への換算係数(Sv/Bq)

よう素	I-131	I-132	I-133	I-134	I-135
H_{50, E_i}	8.8×10^{-9}	9.1×10^{-11}	1.5×10^{-9}	3.0×10^{-11}	3.0×10^{-10}

表16 I SH - H e f t の線量換算係数（実効線量当量）

よう素	I-131	I-132	I-133	I-134	I-135
H_{ci}^E (Sv/Bq)	3.5×10^{-8}	4.1×10^{-10}	6.6×10^{-9}	1.3×10^{-10}	1.4×10^{-9}
H_{Ai}^E (Sv/Bq)	8.1×10^{-9}	9.7×10^{-11}	1.5×10^{-9}	3.5×10^{-11}	3.1×10^{-10}
(H_{ci}^E / H_{Ai}^E)	4.3	4.2	4.4	3.7	4.5

表17 よう素の核種 i を吸入した場合の成人の甲状腺に対する線量への換算係数 (Sv/Bq)

よう素	I-131	I-132	I-133	I-134	I-135
H_{50, T_i}	2.9×10^{-7}	1.7×10^{-9}	4.9×10^{-8}	2.9×10^{-10}	8.5×10^{-9}

表18 I S H - H e f t の線量換算係数 (甲状腺に対する線量)

よう素	I-131	I-132	I-133	I-134	I-135
H_{ci}^T (Sv/Bq)	1.2×10^{-6}	7.5×10^{-9}	2.2×10^{-7}	1.2×10^{-9}	3.6×10^{-8}
H_{Ai}^T (Sv/Bq)	2.7×10^{-7}	1.6×10^{-9}	4.4×10^{-8}	2.6×10^{-10}	7.6×10^{-9}
(H_{ci}^T / H_{Ai}^T)	4.4	4.7	5.0	4.6	4.7

表19 線量評価の判断基準と評価結果

事故評価	判断基準	評価値	比率
炉心流路閉塞事故	実効線量当量 5×10^{-3} Sv	1.5×10^{-5} Sv	1/333
		6.5×10^{-7} Sv	1/7692

立地評価	判断基準	評価値	比率
重大事故	甲状腺 (小児) に対しての線量 1.5 Sv	7.9×10^{-4} Sv	1/1899
	全身に対しての線量 0.25Sv	1.3×10^{-4} Sv	1/1923
仮想事故	甲状腺 (成人) に対しての線量 3 Sv	9.3×10^{-3} Sv	1/323
	全身に対しての線量 0.25Sv	2.5×10^{-3} Sv	1/100
	全身線量の積算値 2 万人Sv (1985年) 0.29 万人Sv (2035年)	0.26 万人Sv (1985年) 0.29 万人Sv (2035年)	1/7.7 1/6.9

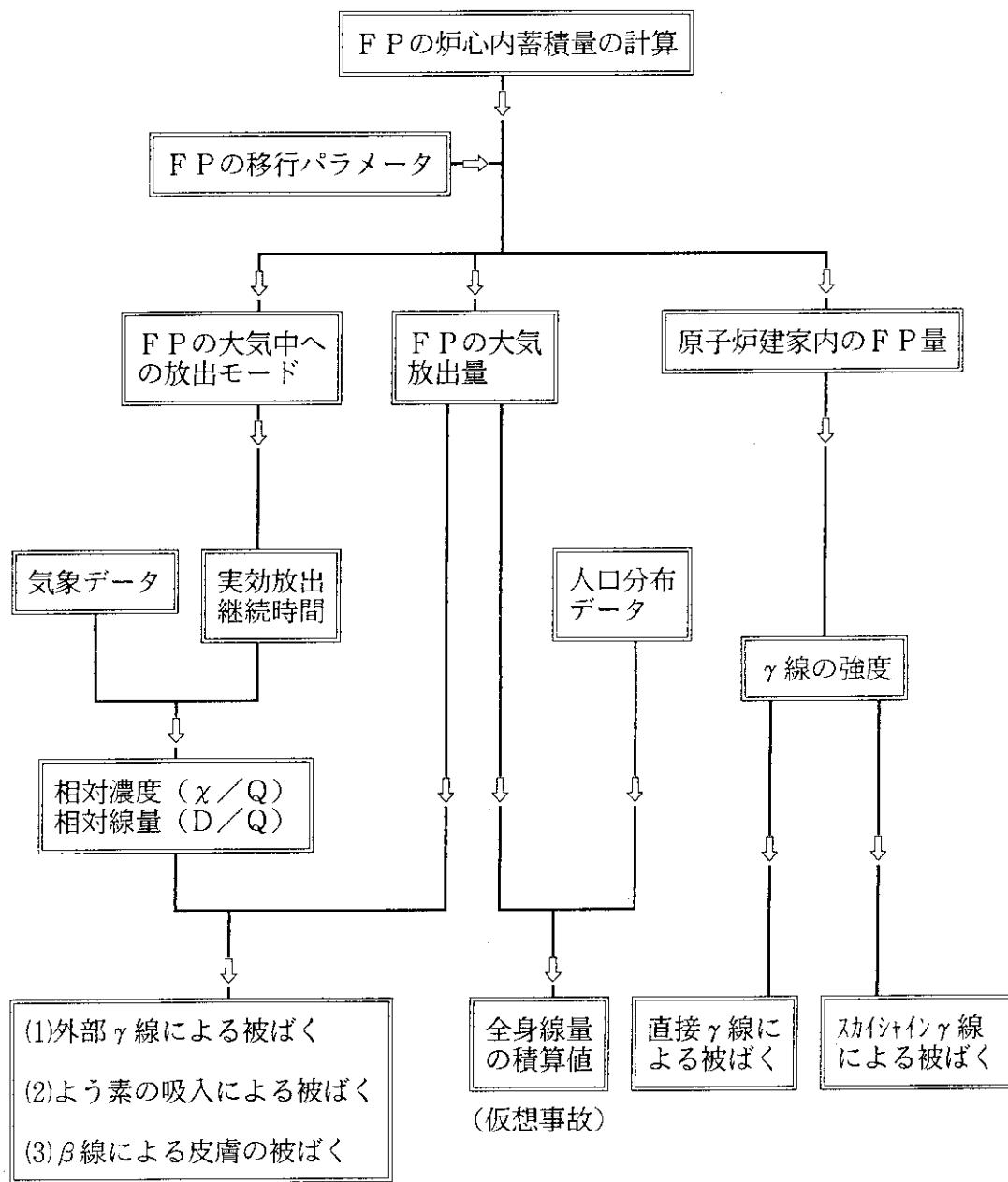


図1 事故時被ばく評価の流れ図

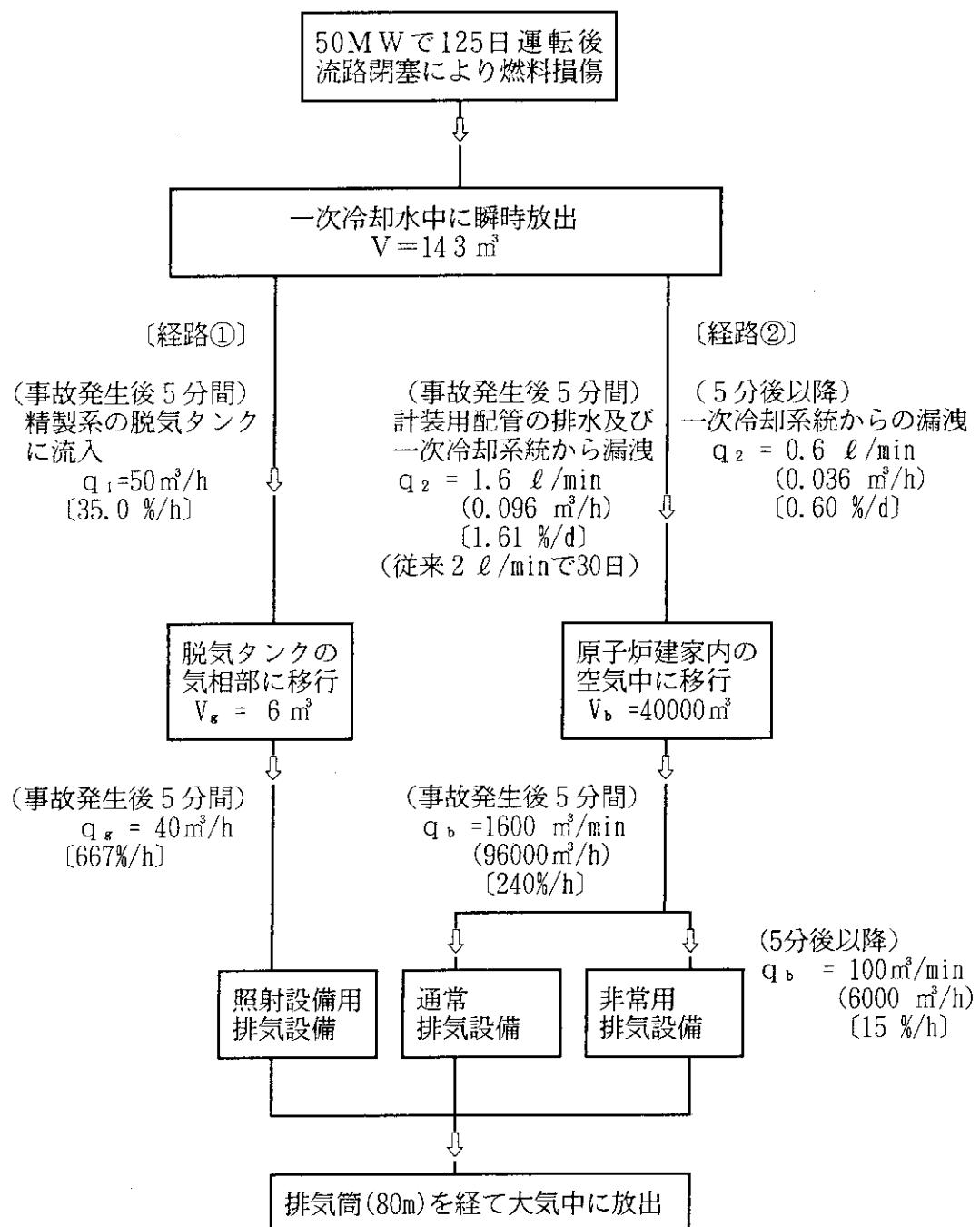
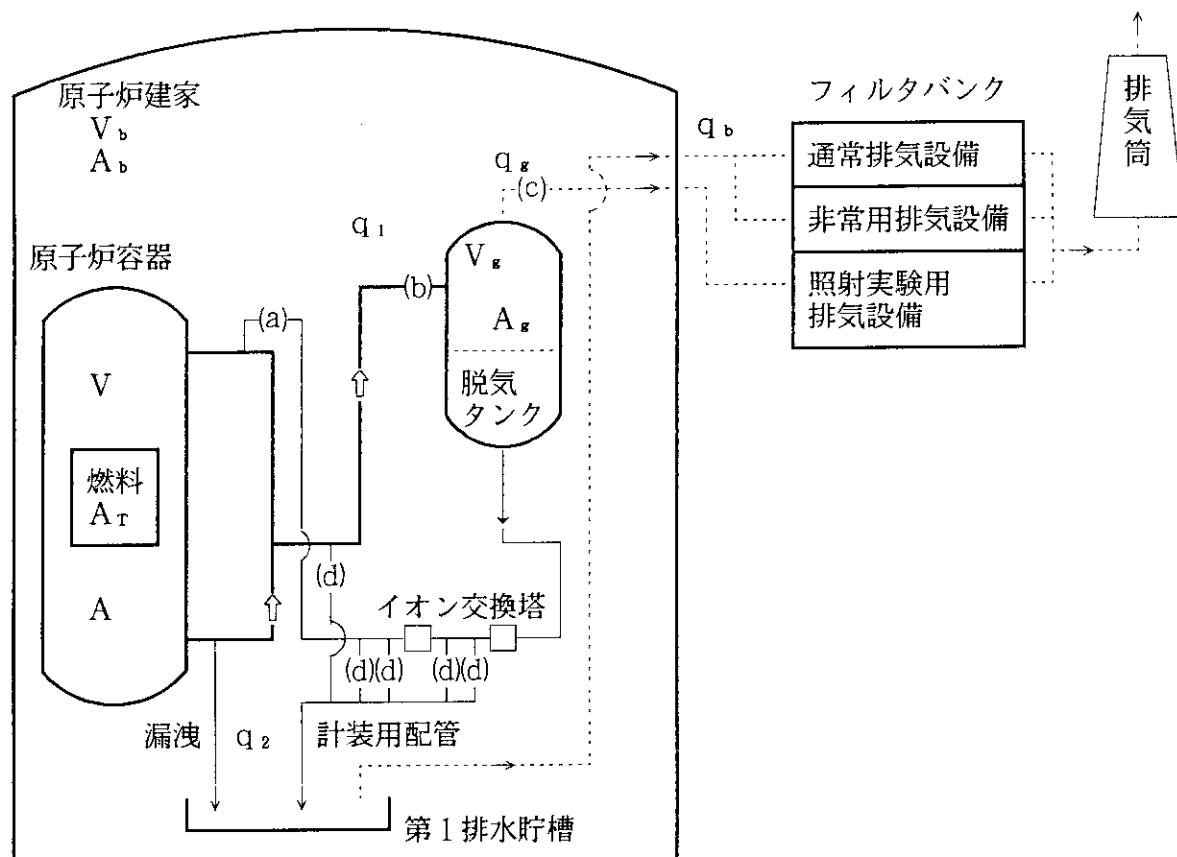


図2 炉心流路閉塞事故時のF P放出経路と放出条件



放出条件

- (1) 新たに電磁弁(d)を設置するものとする。
- (2) 「燃料破損」が検出されると作動弁(a)(b)(c)(d)が閉じ、脱気タンク及び計装用配管(5チャンネル) [$0.2 \ell/\text{min} \times 5 = 1.0 \ell/\text{min}$] からの放出は停止する。
- (3) 「燃料破損」の信号により一次冷却系統が隔離されるのは、事故発生後5分以内であり、評価では5分後とする。
- (4) 事故発生の5分後以降も、一次冷却系統から原子炉建家への冷却水の漏洩によりFPの大気放出が続くものとする。漏洩量は $35 \ell/\text{h}$ ($0.6 \ell/\text{min}$)と仮定する。

図3 炉心流路閉塞事故時のFP放出経路の系統図

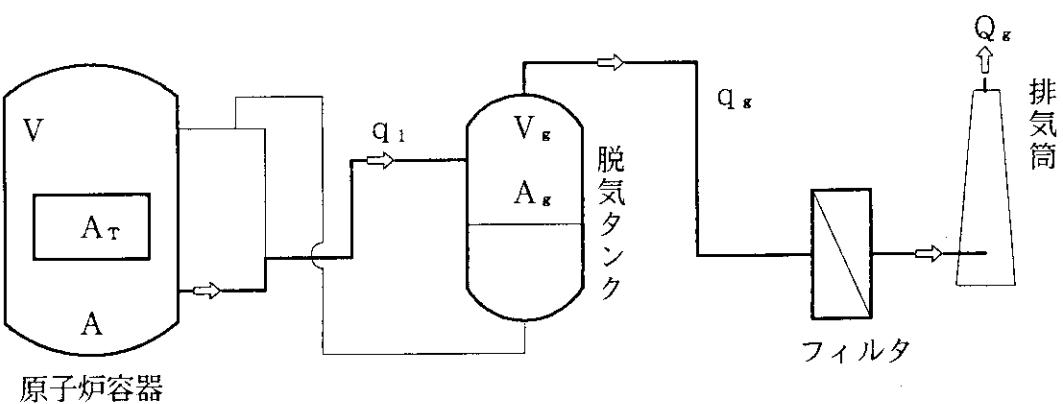


図4 経路①(精製系の脱気タンク経由)からの放出経路

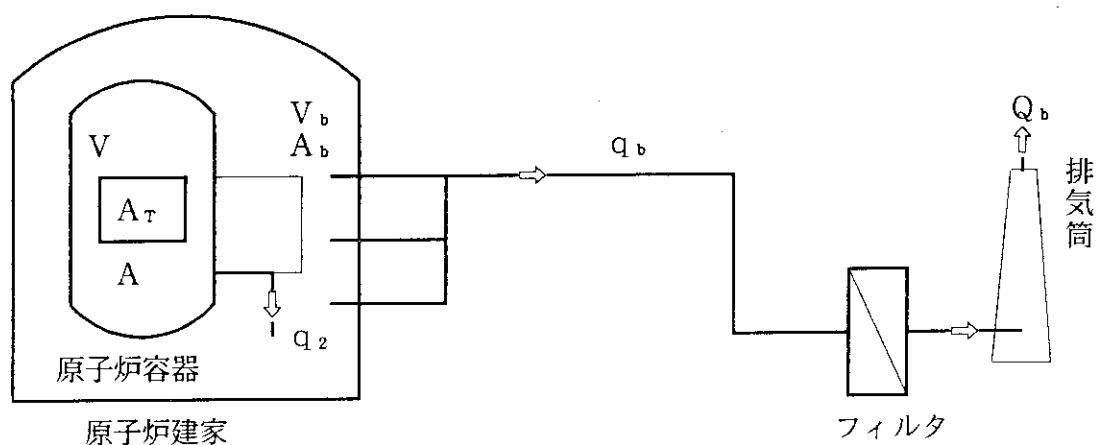


図5 経路②(一次系からの漏洩及び計装用配管からの排水による原子炉建家経由)からの放出経路

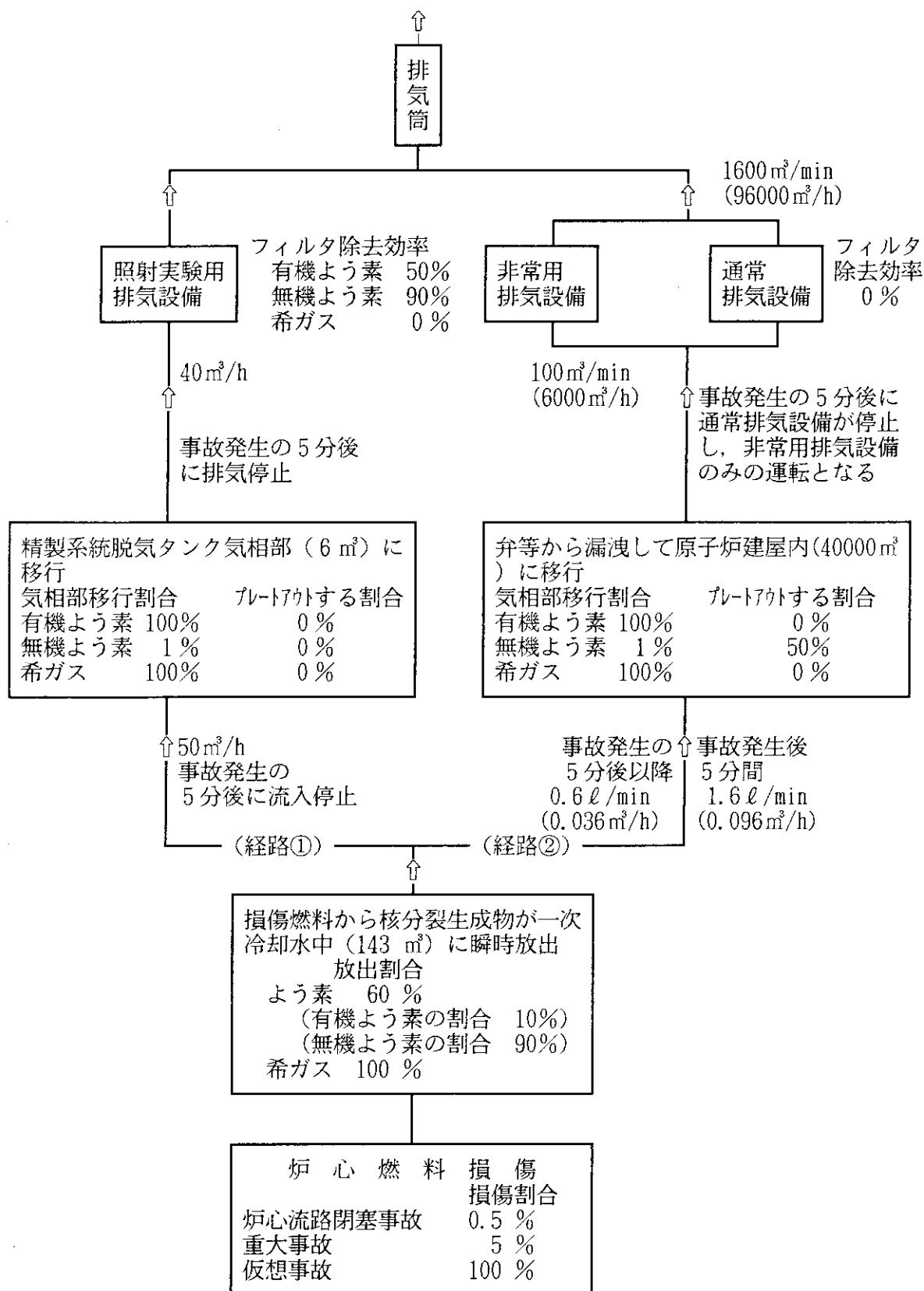
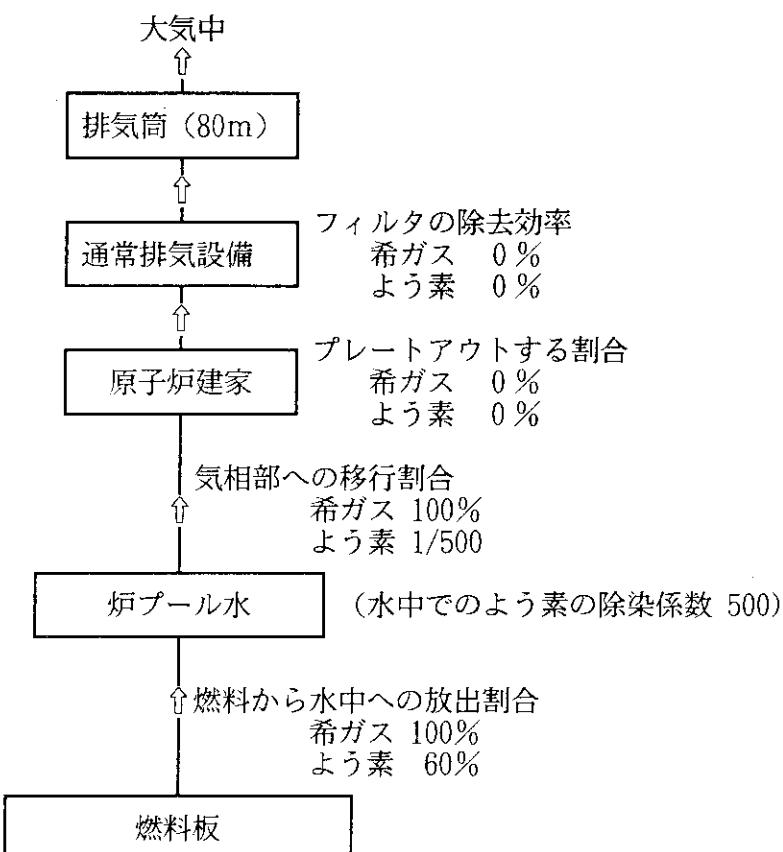


図6 炉心流路閉塞事故時の核分裂生成物の大気放出過程



50MWで125日連続運転後、1日冷却した燃料要素を
炉プール水中で取扱時に落下し、燃料板1枚の片側面が
損傷し、燃料板1枚に含まれるF Pの5% [炉心内蓄積
量の5%(燃料要素相当)の19分の1(燃料板相当)の
5%] が放出に寄与。

図7 燃料取扱事故時のF P放出条件及び放出経路

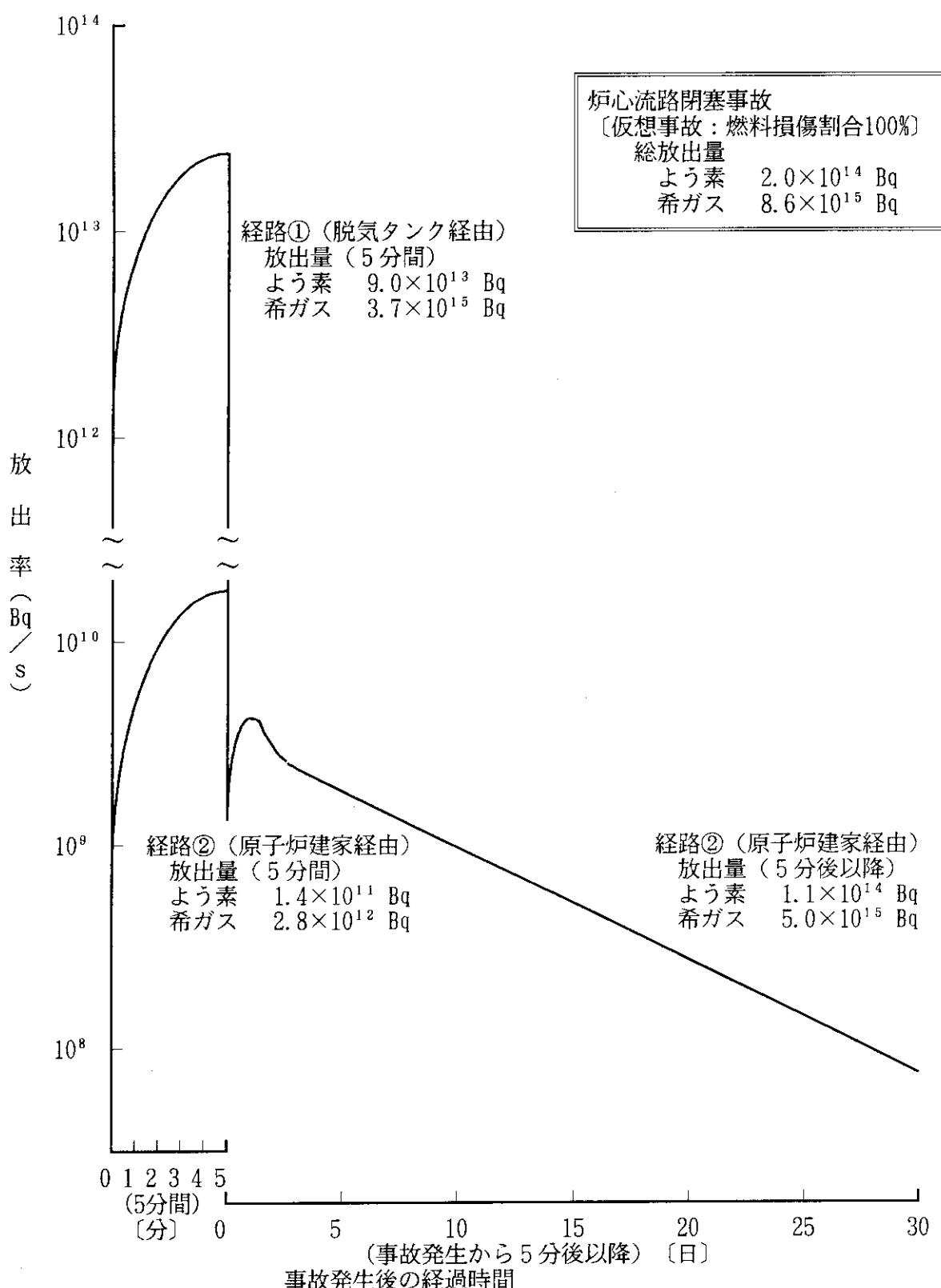


図8 炉心流路閉塞事故時の大気中へのF Pの放出率の時間変化
(放出モード)

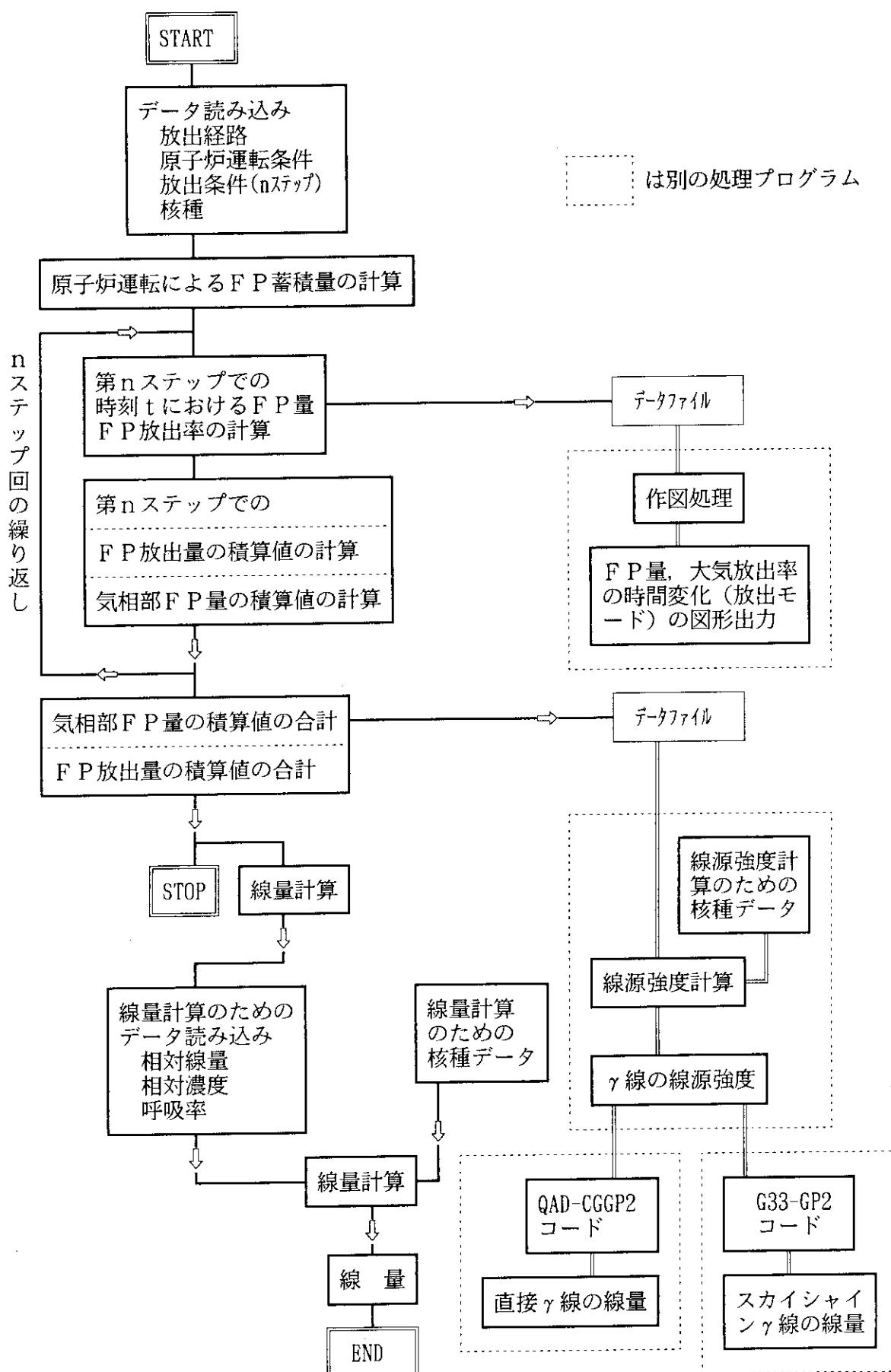


図9 「F P J M T R」の計算の流れ図

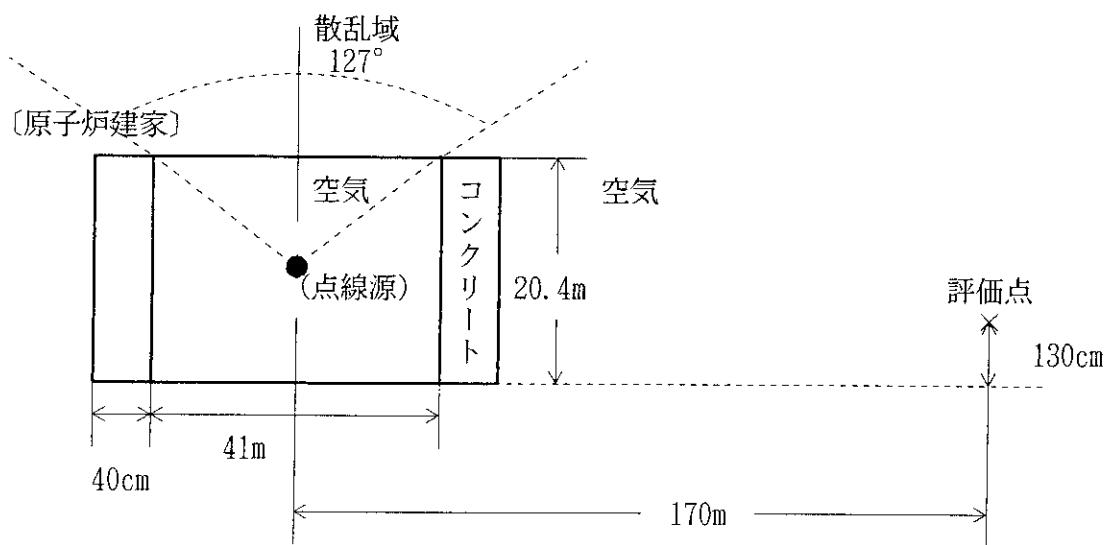


図10 スカイシャイン線量計算モデル(G33-GP2)
〔円筒モデル〕

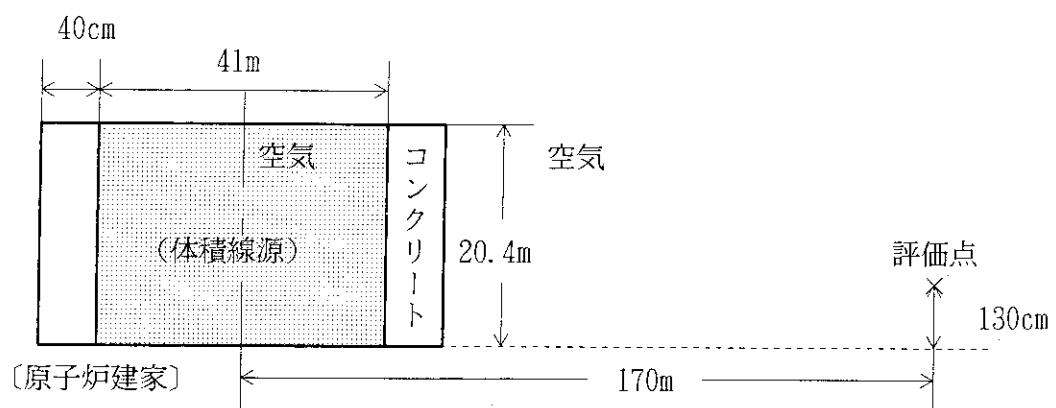


図11 直接 γ 線による線量計算モデル(QAD-CGGP2)
〔円筒モデル〕

付録 1 線量評価における大気中に放出される核種

研究炉、発電炉の原子炉設置（変更）許可申請書に記載されている事故時の線量評価で対象とする大気中に放出される核種を表に示す。

J M T R の線量評価において、従来の46核種の場合と、20核種とした場合の仮想事故の計算結果は以下にとおりで、有意な差は認められない。

仮想事故		46核種	20核種
γ 線の外部被ばく (Sv)	5 分間（経路①）	1.161×10^{-3}	1.161×10^{-3}
	5 分間（経路②）	9.460×10^{-7}	9.460×10^{-7}
	5 分後以降（経路②）	7.770×10^{-5}	7.770×10^{-5}
β 線の皮膚被ばく (Sv)	5 分間（経路①）	5.563×10^{-4}	5.551×10^{-4}
	5 分間（経路②）	4.374×10^{-7}	4.355×10^{-7}
	5 分後以降（経路②）	3.559×10^{-5}	3.559×10^{-5}
F P の吸入による 内部被ばく (小児) (Sv)	5 分間（経路①）	2.321×10^{-4}	2.321×10^{-4}
	5 分間（経路②）	3.723×10^{-7}	3.723×10^{-7}
	5 分後以降（経路②）	2.240×10^{-4}	2.239×10^{-4}
F P の吸入による 内部被ばく (成人) (Sv)	5 分間（経路①）	1.292×10^{-4}	1.286×10^{-4}
	5 分間（経路②）	2.064×10^{-7}	2.062×10^{-7}
	5 分後以降（経路②）	1.518×10^{-4}	1.513×10^{-4}
甲状腺（小児）に 対しての線量 (Sv)	5 分間（経路①）	7.934×10^{-3}	7.934×10^{-3}
	5 分間（経路②）	1.273×10^{-5}	1.273×10^{-5}
	5 分後以降（経路②）	7.578×10^{-3}	7.578×10^{-3}
甲状腺（成人）に 対しての線量 (Sv)	5 分間（経路①）	4.160×10^{-3}	4.160×10^{-3}
	5 分間（経路②）	6.675×10^{-6}	6.675×10^{-6}
	5 分後以降（経路②）	4.984×10^{-3}	4.984×10^{-3}

表 事故時の評価対象核種の比較（申請書に明記されているもの）

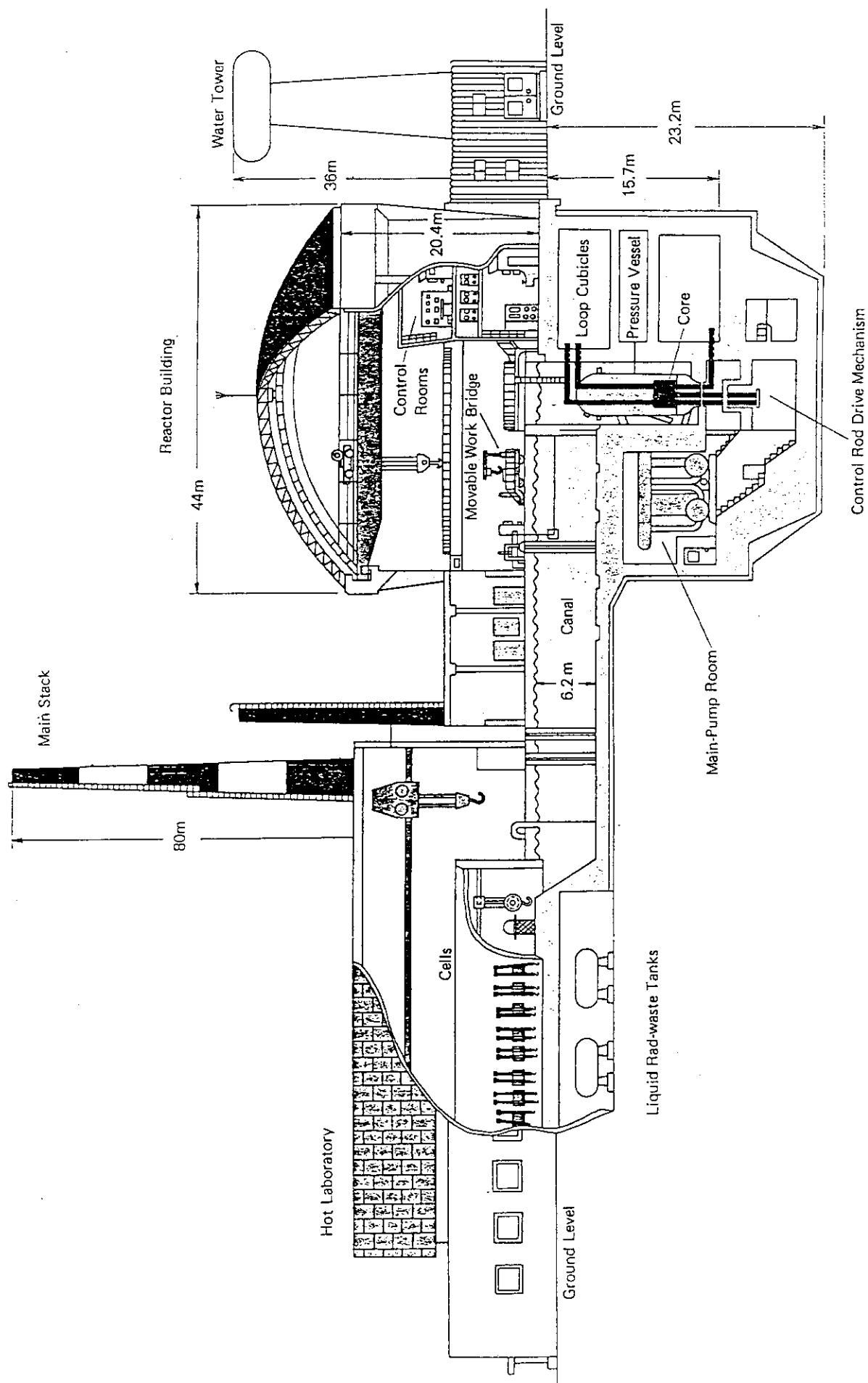
核種	JMTR	JRR-2 S61.5	JRR-3 S59.10	HTTR H1.2	NUCEF	玄海炉 敦賀炉	OGL-1	OSF-1	JMTRC
	46	28 16	16	20	30	16	19	18	18
Kr-83m	●	□○ □○	○	○	○	○	○	○	○
Kr-85m	●	□○ □○	○	△○ △○	○○	○○	○○	○○	○○
Kr-85	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○	○○	○○	○○	○○
kr-87	●	□○ □○	○	△○ △○	○○	○○	○○	○○	○○
Kr-88	●	□○ □○	○	△○ △○	○○	○○	○○	○○	○○
Kr-89	●	□○ □○	○	△○ △○	○○	○○	○○	○○	○○
kr-90	●	□○ □○	○	△○ △○	○○	○○	○○	○○	○○
Xe-131m	●	□○ □○	○	○	○○	○○	○○	○○	○○
Xe-133m	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
Xe-133	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
Xe-135m	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
Xe-135	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
Xe-137	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
Xe-138	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
Xe-139	●	○○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -129	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -131	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -132	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -133	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -134m	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -134	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -135	●	□○ □○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -136m	●	○○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
I -136	●	○○	○○	△○ △○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○
Br-83	○○			△△					
Br-84m	○○			△△					
Br-84	○○			△△					
Br-85	○○			△△					
Br-86	○○			△△					
Br-87	○○			△△					
Cs-134	○○○○								
Cs-136	○○○○								
Cs-137	○○○○								
Te-125m	○○○○	□							
Te-127m	○○○○								
Te-127	○○○○								
Te-129m	○○○○								
Te-131m	○○○○								
Te-131	○○○○								
Te-132	○○○○	Ce-141							
Te-133	○○○○	Ce-143							
Te-134	○○○○	Pr-143							
Ru-103	○○○○	Nb-95							
Rh-106	○○○○	Zr-95							
Tc-99m	○○○○	Y -91							
Mo-99	○○○○	Sr-89	□						
Sr-90	○○○○								
Sr-91	○○○○								
Ba-140	○○○○								
Sb-125	○○○○								

(△印はβ線による皮膚
線量当量計算に用いた
核種)

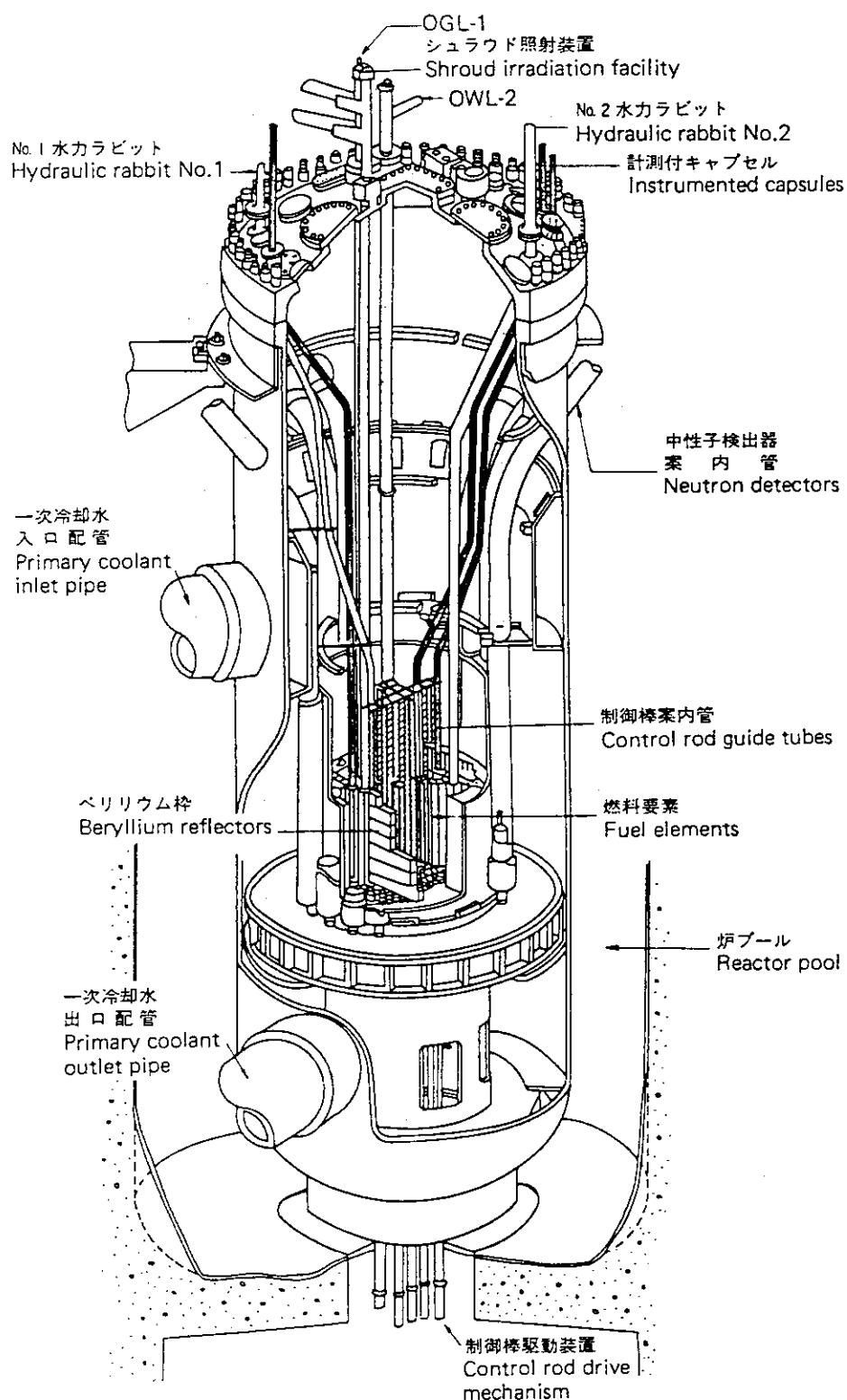
□ (□印と記入核種は旧申請書)

● : 今回の線量評価で対象とする大気中へ放出される核種 (20核種)

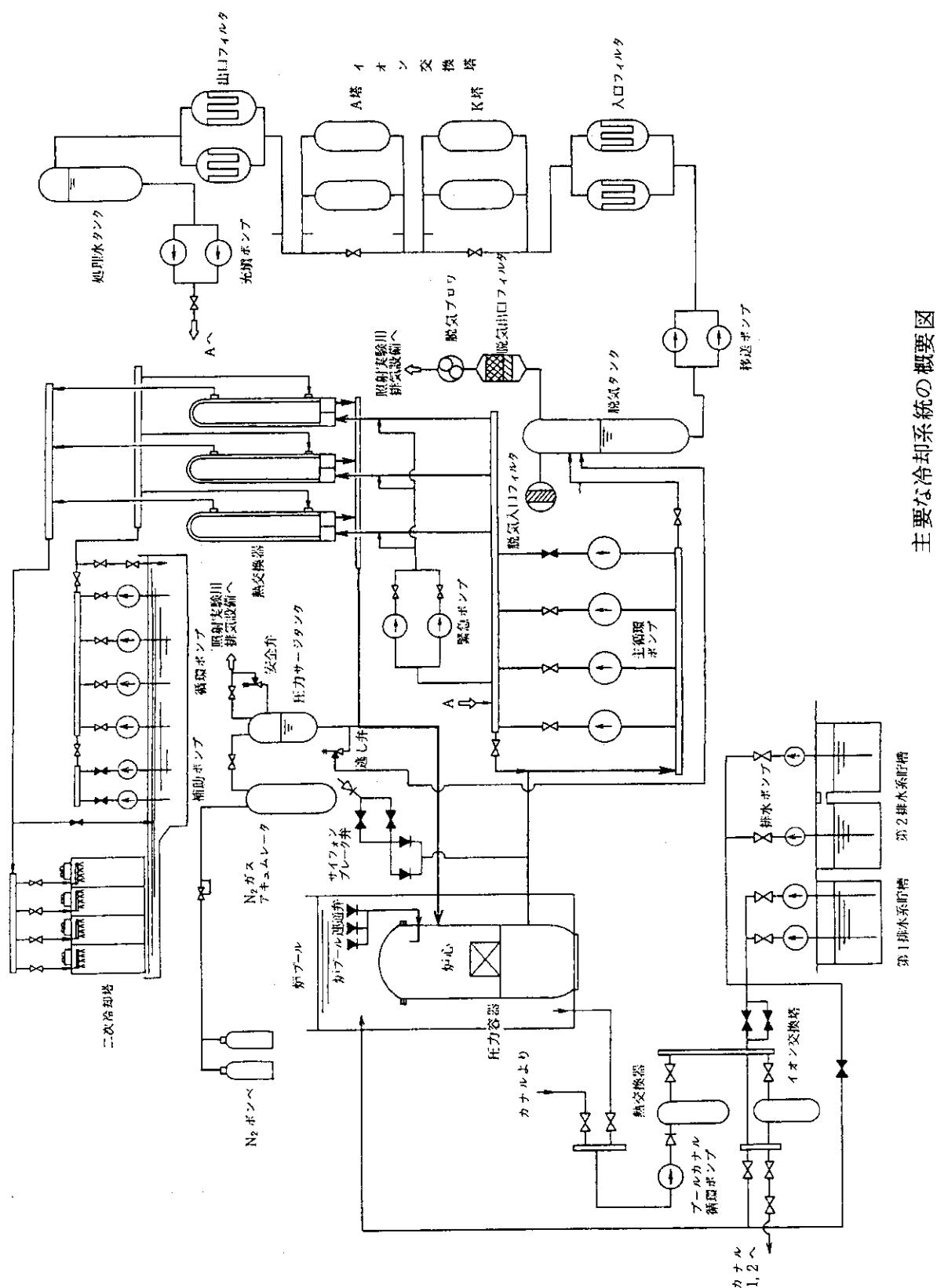
付録 2 J M T R 施設に関する概要図

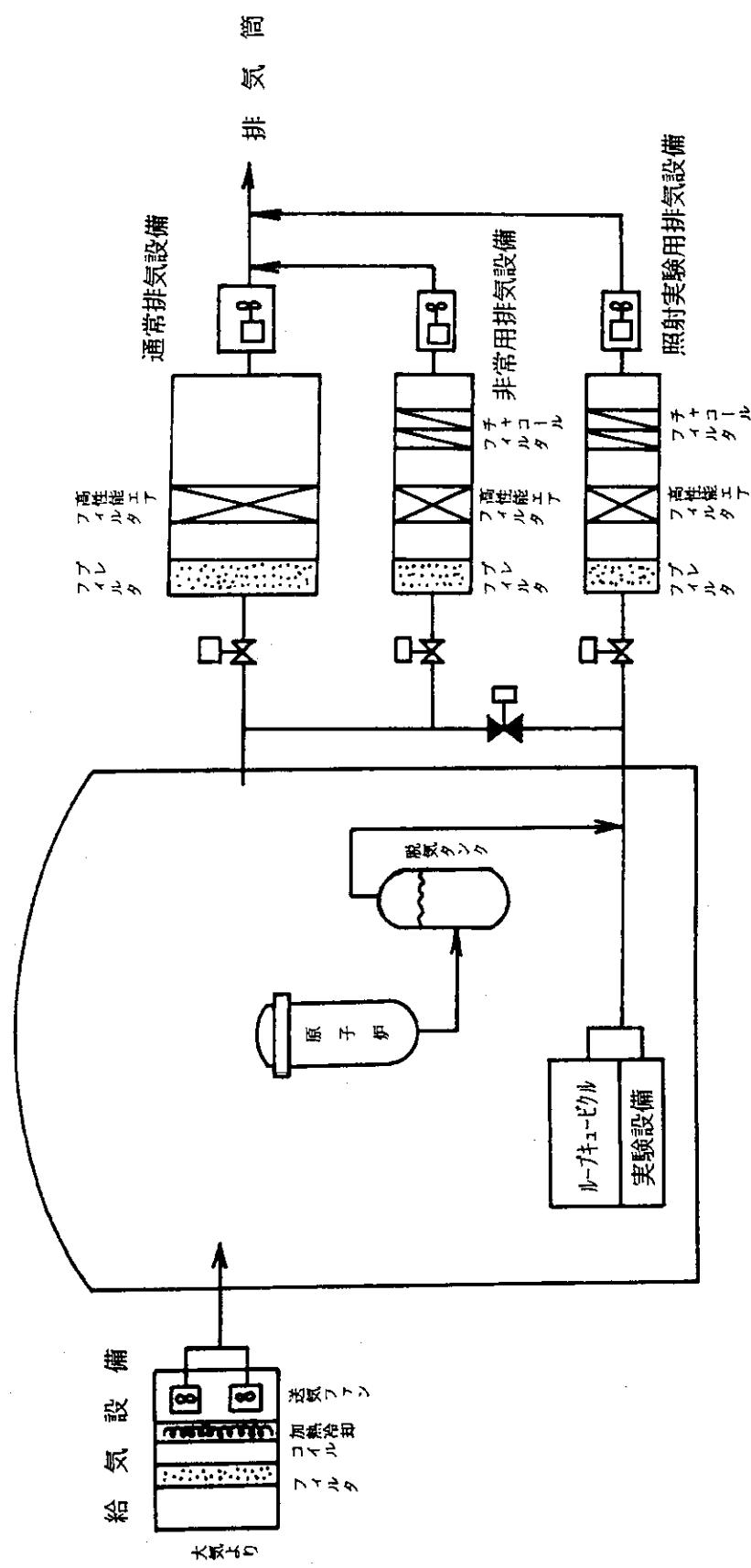


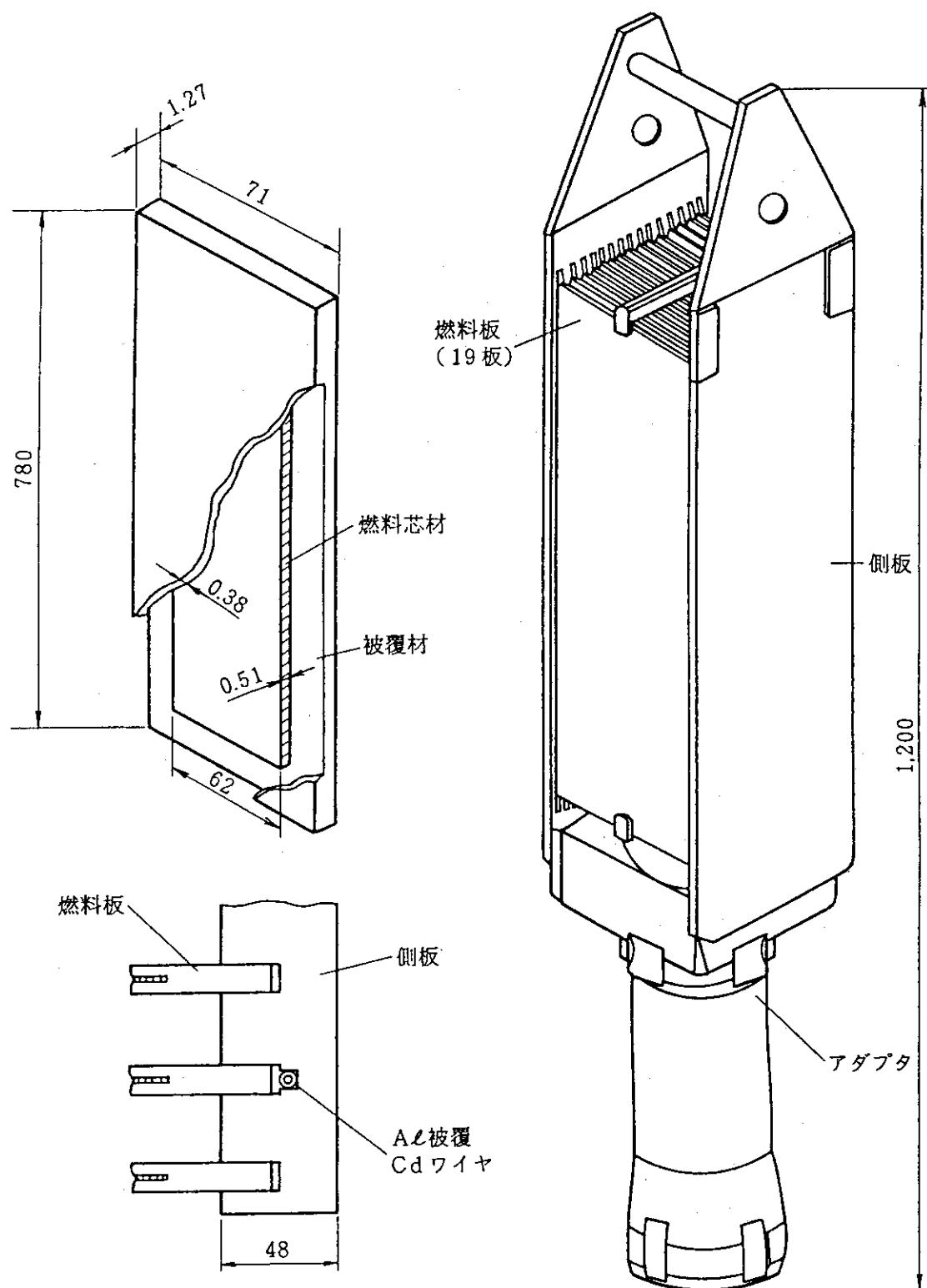
JMT-Rとその関連施設



原子炉の構造図







LEU標準燃料要素

付録3 「F P J M T R」 プログラム

```

FORTRAN 77      V10L31      DATE 92.07.13   TIME 15.35.53

C   FP TRANSFER BY JMTR FUEL FAILURE          1989.11/6   NOBORU TSUCHIDA 00010000
C   PROGRAM FPJMTR                           00020015
C   FPJMTR-V1      1990 1/11                  00030000
C   FPJMTR-V2      1990 1/31                  00040000
C   FPJMTR-V3      1990 2/ 2                  00050000
C   FPJMTR-V4      1990 2/ 7                  00060000
C   FPJMTR-V5      1990 2/14                  00070000
C   +OGL          1990 3/ 8                  00080001
C   FPJMTR-V6      1990 3/16                  PRINT TOTAL FP 00090014
C   FPJMTR-V7      1990 4/ 7                  UPDATE INITIAL VALUE OF STEP-2 00100014
C   V8             6/ 6 RECORCT 00110014
C   V9             6/11 ROOT-2 STEP-1 FILTER EFFICIENCY=0.0 00120014
C   V10            6/20 ADDED DOSE CALCULATION SUBROUTINE 00130014
C   V11            8/20 ADDED RELEASE RATE(MEV·Bq/SEC) 00140014
C   V12            8/22 ADDED EQUIVALENT FP SUBROUTINE EQUIVA 00150001
C   V13            9/14 DELETE SUBROUTINE EQUIVA 00160042
C   N=1           ORGANIC 00170000
C   N=2           INORGANIC 00180000
C   NN= MAX. NUMBERS OF NUCLIDES 00190000
C   NPASS = ROOT NO. 1--DEGAS TANK 2--REACTOR BUILDING 3--OGL 00200014
C   NSTP = NO. OF TIME STEP 00210014
C   NS = MAX NO. OF TIME STEP 00220014
C   INTEGER NN, NPASS, NSTP, NS 00230014
C   PARAMETER(NN=70,NS=5) 00240014
C   DOUBLE PRECISION TT,TO,SUM,GSI,C1,C2,C3 ,V1,V2 00250000
C   DOUBLE PRECISION Y(CNN),EEFE(CNN),HALFLD(CNN),RAMDA(CNN),SLI(CNN) 00260000
C   DOUBLE PRECISION ORGD(CNN,2),GSII1(CNN,2),GSII2(CNN,2),FSID(CNN,2) 00270000
C   DOUBLE PRECISION POD(CNN,2) 00280000
C   DOUBLE PRECISION PXIN(CNN,2),SGIN(CNN,2),SPIN(CNN,2),SOUCE(CNN) 00290000
C   DOUBLE PRECISION PW(CNN,2),PP(CNN,2),PB(CNN,2),PRAT(CNN,2) 00300000
C   DOUBLE PRECISION PW(CNN,2),POU(CNN),PBU(CNN),PBP(CNN),PRAE(CNN) 00310000
C   DOUBLE PRECISION PRATEM(CNN) 00320014
C   DOUBLE PRECISION POUJ(CNN,NS,2),POUJ(CNN,NS,2),PBUJ(CNN,NS,2) 00330014
C   DOUBLE PRECISION PPP0,PPP1,PPP2,PLR,PWATE ,PLRM 00340014
C   DOUBLE PRECISION PXEJ(CNN), SPIJ(CNN),SGPJ(CNN), 00350014
C   -      PXE(NS,NN), SGI(NS,NN), SPI(NS,NN), SGIP(NS,NN) 00360014
C   -      DOUBLE PRECISION ADI(CNN),ALOI(CNN),EALOI(CNN) 00370014
C   -      DOUBLE PRECISION QG(NS,2),Q1(NS),Q2(NS),TX(NS) 00380026
C   -      DOUBLE PRECISION QVG(NS,2),QV1(NS),QV2(NS), A(NS),B(NS),C(NS) 00390001
C   -      CHARACTER*72 TITL 00400014
C   -      CHARACTER*7 ATOM 00410014
C   -      CHARACTER*6 Q1D(NS),Q2D(NS),QGD(NS,2), TXD(NS),TYD(NS) 00420000
C   -      CHARACTER*2 FF(NS) 00430045
C   -      READ(5,502) NPASS,TITL 00440014
C   -      FORMAT(11,A72) 00450014
C   -      CHARACTER TIMED(CNN),BQQ*2,EQ*2 00460004
C   -      COMMON /ATT1/ ATOM(CNN) 00470015
C   -      COMMON /ATT2/ PXI(JNN),PXI(NS,NN) 00480026
C   -      CALL DTLLIST 00490000
C   -      READ(5,502) NPASS,TITL 00500000
C   -      FORMAT(11,A72) 00510000
C   -      WRITE(6,700) NPASS,TITL 00520000
C   -      700 FORMAT(1H1//12,A72/) 00530000
C   -      READ(5,501) NK, NGASB, NGASE, NIB, NIE, NETCB, NETCE 00540000
C   -      501 FORMAT(715) 00550000
C   -      READ(5,503) POWER, TODAY, RELEAS 00560057
C   -      502 FORMAT(3F10.0) 00570000
C   -      000027 WRITE(6,701) POWER, TODAY, RELEAS 'F9.3', MW 00580057
C   -      000028 FORMAT(1H1//12,A72/) 00590000
C   -      000029 READ(5,501) NK, NGASB, NGASE, NIB, NIE, NETCB, NETCE 00600000
C   -      501 FORMAT(715) 00600000
C   -      READ(5,503) POWER, TODAY, RELEAS
C   -      000032 FORMAT(3F10.0)
C   -      000033 WRITE(6,701) POWER, TODAY, RELEAS 'F9.3', MW
C   -      000034 READ(5,503) POWER, TODAY, RELEAS 'F9.3', DAYS //,
C   -      701 FORMAT(1H1//12,A72/) 00600000

```

```

000610000
000620000
000630000
000640000
000650000
000660000
000670000
000680000
000690000
000700000
000710000
000720000
000730000
000740000
000750000
000760014
000770014
000780000
000790000
000800000
000810000
000820000
000830000
000840000
000850000
000860000
000870000
000880000
000890000
000900000
000910000
000920000
000930000
000940000
000950000
000960000
000970000
000980000
000990000
001000000
001010000
001020005
001030005
001040005
001050005
001060005
001070005
001080006
001090006
001100005
001110005
001120005
001130014
001140014
001150014
001160014
001170005
001180005
001190000
012100000
012110000
012200039
012200059
012200060
012200061
012200062
012200063
012200064
012200065
012200066
012200067
0000035
0000036
0000037
0000038
0000039
0000040
0000041
0000042
0000043
0000044
0000045
0000046
0000047
0000048
0000049
0000050
0000051
0000052
0000053
0000054
0000055
0000056
0000057
0000058
0000059
0000060
0000061
0000062
0000063
0000064
0000065
0000066
0000067
C----- DO 4804 J = 1,NSTP
C----- READCS,505) TX(J),TXD(J),TY(J),TYD(J)
C----- Q1(J),Q1D(J),QG(J,1),QGD(J,1),
C----- Q2(J),Q2D(J),QG(J,2),QGD(J,2),
C----- FF(J)
C----- F9,O,A6,F9,O,A6,F9,O,A6,F9,O,A3,F12,O,A6,2X,A2)
C----- WRITE(6,703)J,TX(J),TXD(J),TY(J),TYD(J)
C----- Q1(J),Q1D(J),QG(J,1),QGD(J,1),
C----- Q2(J),Q2D(J),QG(J,2),QGD(J,2)
C----- 703 FORMAT('
C----- STEP J= ',I1,' START TIME ',F11.1,1X,A1,'/
C----- STOP TIME ',F11.1,1X,A1,'/
C----- WATER FLOW RATE TO DEGAS-TANK Q1(J)',F15.6,1X,A6,'/
C----- GAS FLOW RATE FROM DEGAS-TANK TO STACK QG(J,1)',F15.6,1X,A6,'/
C----- WATER FLOW RATE TO REACTOR BUILDING Q2(J)',F15.6,1X,A6,'/
C----- GAS FLOW RATE FROM REACTOR BUILDING TO STACK QG(J,2)',F15.6,1X,A6,'/
C----- 4.804 CONTINUE
C----- IF (NPASS.EQ.3) GO TO 4011
C----- DO 4004 J = 1,NSTP
C----- CALL FLOWD(Q1(J,J),Q1(J,J),Q1D(J,J))
C----- CALL FLOWD(Q2(J,J),Q2(J,J),Q2D(J,J))
C----- CALL FLOWD(QG(J,1),QG(J,1),QGD(J,1))
C----- CALL FLOWD(QG(J,2),QG(J,2),QGD(J,2))
C----- QV1(J,J) = Q1(J,J) / V
C----- QV2(J,J) = Q2(J,J) / V
C----- QVG(J,1) = QG(J,1) / V1
C----- QVG(J,2) = QG(J,2) / V2
C----- WRITE(6,84) J,
C----- -QV1(J)*100.,QV1(J)*6000.,QV1(J)*360000.,QV1(J)*360000.*24.,
C----- -QV2(J)*100.,QV2(J)*6000.,QV2(J)*360000.*24.,
C----- -QVG(J,1)*100.,QVG(J,1)*6000.,QVG(J,1)*360000.,QVG(J,1)*8640000.,
C----- -QVG(J,2)*100.,QVG(J,2)*6000.,QVG(J,2)*360000.,QVG(J,2)*8640000.
B4 FORMAT(1H ,/, TIME STEP, I2,/,'
C----- * TRANSFER RATE (%/SEC.) *, (%/MIN.) *, (%/HR.) *, (%/DAY) *, //,
C----- * Q1/V = ,1PE11.3,3E11.3//,
C----- * Q2/V = , E11.3,3E11.3//,
C----- * QG1/V1 = , E11.3,3E11.3//,
C----- * QG2/V2 = , E11.3,3E11.3//,
C----- 1 IF (FFF(J).EQ.'NF') THEN
C-----   WRITE(6,75) FF(J)
C----- 75 FORMAT('4X,A2, ' = NO FILTER EFFECT ')
C----- END IF
C----- CONTINUE
C----- CONTINUE
C----- DO 1111 I=1,NK
C----- READS,500)L,ATOMC(L),HALFLD(L),TIMEDD(I),YI(I),EEFE(I),SLI(I),
C----- SLI(I),

```

```

* ORGD(I,1),GS11(I,1),GS12(I,1),GS12(I,2),POD(I,1),
* POD(I,2),FSID(I,1),FSID(I,2)  SOURCE(I)
C 500 FORMAT(12/A8,E7.0,1X,A1,F6.0,F7.0,F3.0,F4.0,F5.0,F3.0,F4.0,
C 500 FORMAT(12/A8,22X,F2.0,F4.0,F4.0,F4.0,E8.0)
C 500 FORMAT(12,1X,A7,10F6.0,E10.0)
C- - - - - CALL FPREAD(CQ,ATOM(I),HALFLD(I),TIMEDD(I),Y1(I),EEFE(I),*9933)
C- - - - - 1=YUUKI 2=MUKI
C C ORGD(I,2)=1.0 - ORGD(I,1)
000068 000069 000070 000071 000072 000073 000074 000075 000076 000077 000078 000079 000080 000081 000082 000083 000084 000085 000086 000087 000088 000089 000090 000091 000092 000093 000094 000095 000096 000097 000098 000099 000100 000101 000102
      ORGD(I,1) CONTINUE
      WRITE(6,82)
      82 FORMAT(1H1,'INPUT DATA CHECK',
     - //13X,'HALF LIFE Y(*), EQUIVA. R(-)  ORG. G1-O G1-INO
     - G2-O G2-INO P-O P-INO F-O F-INO CURIE',/,)
      DO 2222 I=1,NK
      C- - - - - ORGANIC ONLY
      C- - - - - ORGD(I,2)=0.0
      C- - - - - IN-ORGANIC ONLY
      C- - - - - ORGD(I,1)=0.0
      C- - - - - WRITE(6,81) ATOM(I),HALFLD(I),TIMEDD(I),Y1(I),EEFE(I),SLI(I),
      * ORGD(I,1),GS11(I,1),GS12(I,1),FSID(I,1),FSID(I,2),POD(I,1),
      * POD(I,2),FSID(I,1),FSID(I,2),SOURCE(I)
      B1 FORMAT(1H ,I2,2X,A7,1PE10.3,1X,A1,OPF7.4, F7.4,
     * F5.1,   FS.1,   F6.2,   F6.1,
     * F6.1,   F6.1,   1PE10.3)
      2222 CONTINUE
      C----- IF (EQ.EQ.'EB') THEN
      WRITE(6,*), EQUIVA.=BETA*KBI
      ELSE IF (EQ.EQ.'EE') THEN
      WRITE(6,*), EQUIVA.=HSOE
      ELSE IF (EQ.EQ.'ET') THEN
      WRITE(6,*), EQUIVA.=H50T
      ELSE
      WRITE(6,*), EQUIVA.= EFFECTIVE GAMMA ENERGY*
      END IF
      C----- DO 6000 I=1,NK
      CALL TIMED(HALFLD(I),TIMEDD(I))
      RAMDA(I)=ALOG(2.0)/HALF
      TO=TDAY*24.*60.*60.
      C AO1(I)=3.20E+16*POWER*(Y1(I)/100.)* (1.-EXP(-RAMDA(I)*TO))
      C----- IF (SOURCE(I).GT.0.-OR. POWER.LT.0.) THEN
      AO1(I)= SOURCE(I)*3.7E+10
      END IF
      IF (BQ.EQ.'CI') AO1(I)=AO1(I)/3.7E+10
      ALD1(I)= RELEASES* SLI(I)* AO1(I)
      6000 CONTINUE
      IF (BQ.NE.'CI') BQ='BQ'
      C***** ****
      WRITE(6,83) RELEASES,BQ,BQ
      83 FORMAT(1H1,'INITIAL FP',/,
     - /'14X, HALF LIFE Y(*), FP IN FUEL(.,AZ,,)
     - RELEASE RATIO(-) FP IN WATER('A2,')
      DO 3333 I=1,NK
      WRITE(6,80) I,ATOM(I),HALFLD(I),TIMEDD(I),Y1(I),AO1(I),SLI(I),
      01230000
      01240000
      01250040
      01260045
      01270045
      01280045
      01290039
      01300039
      01310039
      01320014
      01330014
      01340000
      01350000
      01360000
      01370000
      01380048
      01390000
      01400000
      01410014
      01420014
      01430014
      01440014
      01450014
      01460000
      01470000
      01480000
      01490048
      0150004
      01510000
      01520000
      01530044
      01540044
      01550044
      01560044
      01570044
      01580044
      01590044
      01600044
      01610044
      01620044
      01630000
      01640000
      01650000
      01660000
      01670000
      01680000
      01690057
      01700000
      01710057
      01730000
      01740000
      01750000
      01760000
      01770000
      01780000
      01790000
      01800000
      01810000
      01820000
      01830000
      01840000
      01850000

```



```

DO 5000 N=1,2
  IF (J.EQ.1) THEN
    C1 = ORGD(I,N) * EALOI(I)
    C2 = 0.0
    C3 = 0.0
  ELSE IF (J.GE.2) THEN
    PWWJ(CI,J-1,N)
    PBuj(CI,J-1,N)
    POUj(CI,J-1,N)
  END IF
  GS1 = GS11(CI,N)
  GS2 = GS12(CI,N)
  PN = 1. - POD(CI,N)
C*****IF (FFF<J) .NE. 'NFO' THEN
  IF (FFF<J) .NE. 'NFO' THEN
    F = 1. - FSID(CI,N)
  ELSE IF (FFF<J).EQ.'NFO' THEN
    F=1.0
  END IF
C*****RA = RAMDA(I)
  RA = RAMDA(I)
C - - - - - IF (NPASS.EQ.1) THEN
  IF (NPASS.EQ.1) THEN
    GSI = GS1
    XI = QV1(J)
    ELSE IF (NPASS.EQ.2) THEN
      GSI = GS2
      XI = QV2(J)
    ELSE IF (NPASS.EQ.3) THEN
      XI = QV3(J)
    ELSE IF (J.EQ.1) THEN
      C1 = ORGD(I,N) * EALOI(I)
      C3 = 0.0
    ELSE IF (J.GE.2) THEN
      C1 = PBUJ(CI,J-1,N)
      C3 = POUJ(CI,J-1,N)
    END IF
    GO TO 9525
  ELSE IF (NPASS.EQ.4) THEN
    CALL OGIGAS(PB(CI,N),PRAT(CI,N),PP(CI,N),C3,C1,RA,F,TT,POD(CI,N))
    GO TO 9525
  ELSE IF (NPASS.EQ.5) THEN
    CALL TATEYA(PB(CI,N),PP(CI,N),WW(CI,N),PRAT(CI,N),C3,C1,RA,F,TT,POD(CI,N))
    CCCCCCCC
  END IF
  GO TO 9525
END IF
C - - - - - FP IN WATER
CALL WATER(WW(CI,N),QV1(J),QV2(J),RA,GS1,TT,C1)
C GAS PHASE
CALL GASPH(PB(CI,N),QVG(J,NPASS),
            QV1(CJ),QV2(CJ),XI,RA,GS1,TT,POD(CI,N))
C PLATE-OUT
PT = 1.0-PN
CALL GASPH(PP(CI,N),O.,QV1(J),QV2(J),XI,RA,GS1,GS1,PT,C1,TT,C3)
C RELEASE RATE
PRAT(CI,N) = PB(CI,N) * F
* PRAT(CI,N) = PB(CI,N) * (1.-FSID(CI,N)) * QVG(CJ,NPASS)
C FP IN GAS-PHASE
9525 CONTINUE
PBB(CI,N) = PB(CI,N) + PP(CI,N)
C*****5000 CONTINUE
C ----- 1= YUUKI 2= MUKI -----
  000143          02480014
  000144          02490000
  000145          02500001
  000146          02510000
  000147          02520000
  000148          02530003
  000149          02540014
  000150          02550014
  000151          02560014
  000152          02570000
  000153          02580000
  000154          02590000
  000155          02600001
  000156          02610014
  000157          02620014
  000158          02630014
  000159          02640014
  000160          02650014
  000161          02660014
  000162          02670014
  000163          02680000
  000164          02690000
  000165          02700000
  000166          02710000
  000167          02720000
  000168          02730000
  000169          02740000
  000170          02750000
  000171          02760000
  000172          02770000
  000173          02780001
  000174          02790000
  000175          02800000
  000176          02810014
  000177          02820014
  000178          02830000
  000179          02840002
  000180          02850000
  000181          02861058
  000182          02861262
  000183          02862058
  000184          02863058
  000185          02870000
  000186          02880000
  000187          02890000
  000188          02900000
  000189          02910000
  ***** 03020000
  ***** 03030000
  ***** 03040000
  ***** 03050014
  
```

```

000190      PWW(I) = WW(I,1) + WW(I,2)
000191      POU(I) = PPC(I,1) + PPC(I,2)
000192      PB(I)   = PBC(I,1) + PBC(I,2)
000193      PBP(I)  = PBB(I,1) + PBB(I,2)
000194      PRATE(I) = PRAT(I,1) + PRAT(I,2)
000195      PRATEM(I) = PRATE(I) * EEEF(I)
000196      CONTINUE
000197      PPP0 = 0.
000198      PPP1 = 0.
000199      PPP2 = 0.
000200      PWATE= 0.
000201      PLR = 0.
000202      PLRM= 0.
000203      DO 2121 L= 1,NK
          PWATE= PWW(CL) + PWATE
          PPP2 = PBU(CL) + PPP2
          PPP1 = POU(CL) + PPP1
          PPP0 = PBP(CL) + PPP0
          PLR = PRATE(CL) + PLR
          PLRM = PRATEM(CL) + PLRM
000204      2121 CONTINUE
000205      WRITE(6,699) M,TYD(J),PPP0, PPP1, PPP2, PLR, PLRM, PWATE
000206      FORMAT(1H ', TIME ', 14, 'A1,1P3E14.3,2E17.3,E20.-3)
000207      WRITE(1,689) M,TYD(J),PPP0, PPP1, PPP2, PLR, PLRM, PWATE
000208      FORMAT(1H ,14, 'A1,1PE10.3,5E10.3)
000209      8800 CONTINUE
000210      000211      DO 321 K= 1,2
          WRITE(6,699) M,TYD(J),TX(J),TY(J),TYD(J),BQ,BQ,BQ
000212      699      FORMAT(1H1,1X,'RELEASE FP FROM STACK TO ATOMOSPHERE',//,
000213      000214      WRITE(1,689) M,TYD(J),TX(J),TX(J),TYD(J),BQ,BQ,BQ
000214      689      FORMAT(1H ,14, 'A1,1PE10.3,5E10.3)
000215      8800 CONTINUE
000216      000217      DO 321 L= 1,NK
          PWJ(CL,J,K) = WW(L,K)
          POUJ(CL,J,K) = PP(L,K)
          PBUJ(CL,J,K) = PB(L,K)
000218      000219      321 CONTINUE
000220      000221      C
          CONTINUE
          C*****FP RELEASE *****FP RELEASE ****
          C*****FORMAT(1H1,1X,'RELEASE FP FROM STACK TO ATOMOSPHERE',//,
          C*****5X,'TIME ',F6.2,1X,A1, 'TO ',F6.2,1X,A1,/,/
          C*****-15X, '(A2,') * (EQUIVA.',A2,') '
          C*****10X,PLATE OUT + IN GAS = TOTAL FP IN GAS-PHASE(' ,A2,') ')
          C*****CALL TIMED(T1,TX(J),TXD(J))
          C*****CALL TIMED(T2,TY(J),TYD(J))
          SUM = 0.
          SUME = 0.
          SSGI = 0.
          SSP1 = 0.
          SSGP = 0.
          SUMGA = 0.
          SUMGAE = 0.
          SUMLI = 0.
          SUMIE = 0.
          SUMEX = 0.
          SUMEY = 0.
          000226      000227      000228      000229      000230      000231      000232      000233      000234      000235      000236      000237      C-----
          DO 1000 I=1,NK
          DO 2000 N=1,2
          GS1 = GSI1(I,N)
          GS2 = GS12(I,N)
          C*****IF (FF(J).NE.'NF') THEN
          F = 1. - FSID(I,N)
000238      000239      000240      000241      000242      000243

```

```

000244      ELSE IF(FF(J).EQ.'NF') THEN
000245          F=1.0
000246      END IF
000247      C*****PS = 1.* POD(I,N)
000248          RA = RAMDA(I)
000249          IF (J-EQ-1) THEN
000250              A(J) = ORGD(I,N) * EALOI(I)
000251              B(J) = 0.0
000252          C(J) = 0.0
000253      ELSE IF(J.GE.2) THEN
000254          A(J) = PWW(I,J-1,N)
000255          B(J) = PBW(I,J-1,N)
000256          C(J) = PQU(I,J-1,N)
000257      END IF
000258      IF(NPASS.EQ.1) THEN
000259          GSI = GS1
000260          XI = QV1(J)
000261      ELSE IF(NPASS.EQ.2) THEN
000262          GSI = GS2
000263          XI = QV2(J)
000264      ELSE IF(NPASS.EQ.3) THEN
000265          IF (J.EQ.1) THEN
000266              A(J) = ORGD(I,N) * EALOI(I)
000267          ELSE IF(J.GE.2) THEN
000268              A(J) =
000269      END IF
000270      CALL OGL(PXIN(I,N),F,A(J),RA,T1,T2,POD(I,N))
000271      GO TO 9999
000272      END IF
000273      -- RELEASED FP TO ATMOSPHERE
000274      CALL FPCUM(PXIN(I,N),QVG(J,NPASS),QV1(J),QV2(J),XI,
000275          RA,GS1,A(J),PS,F,T1,T2,B(J))
000276      -- FP IN GAS-PHASE
000277      CALL FPGS(SGIN(I,N),QVG(U,I),QV1(J),QV2(J),XI,
000278          RA,GS1,A(J),PS,T1,T2,B(J))
000279      -- PLATE-OUT
000280      CALL FPGS(SPIN(I,N),QV1(J),QV2(J),XI,
000281          RA,GS1,A(J),1.-PS,T1,T2,C(J))
000282      -- OGL-1
000283      PX1(J,I)=PX1(I-1)*EEFE(I)
000284          SGP(J,I)=SGI(J,I)+SPI(J,I)
000285          SUM = SUM + PX1(J,I)
000286          SSGI = SSGI + SGI(J,I)
000287          SSP1 = SSP1 + SPI(J,I)
000288          SSGP = SSGP + SGP(J,I)
000289          IF (I.GE.NGASB.AND.I.LE.NGASE) THEN
000290              SUMGAS= SUMGAS+ PX1(J,I)
000291              SUMGAE= SUMGAE+ PXE(J,I)
000292      END IF
03680014
03690014
03700014
03710014
03720001
03730000
03740000
03750000
03760001
03770000
03780000
03790000
03800014
03810014
03820014
03830000
03840000
03850000
03860000
03870000
03880000
03890000
03900000
03910000
03920000
03930001
03940000
03950014
03960000
03970056
03980000
03990000
04000000
04010000
04020000
04030000
04040000
04050000
04060000
04070000
04080000
04090000
04100000
04110000
04120000
04130014
04140014
04150014
04160014
04170014
04180014
04190014
04200014
04210014
04220014
04230014
04240014
04250014
04260014
04270014
04280014
04290014

```

```

0000292 IF CI-GE-NIB-AND-I.LE-NIE) THEN
0000293 SUMII = SUMII + PXI(J,I)
0000294 SUMIE = SUMIE + PXE(J,I)
0000295 END IF
0000296 IF CI-GE-NETCB-AND-I.LE-NETCE) THEN
0000297 SUMEX = SUMEX + PXI(J,I)
0000298 SUMEY = SUMEY + PXE(J,I)
0000299 END IF
0000300 1000 CONTINUE
C*****DO 55 I=1,NK
0000301 WRITE(6,600)I,ATOM(I),PXI(J,I),EEFE(I),PXE(J,I),
0000302 WRITE(6,600)I,ATOM(I),SPI(J,I),SGI(J,I),SGP(J,I)
0000303 600 FORMAT(1H ,I3,2X,A7,1PE10.3,OPF10.4,
0000304 WRITE(10+J,670)I,ATOM(I),PXI(J,I),
0000305 670 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000306 55 CONTINUE
0000307 WRITE(6,601) SUM, SUM,
0000308 601 FORMAT(1H ,7X, TOTAL ,1PE10.3,12X,E10.3,
0000309 WRITE(6,602) SUMII, SUMIE
0000310 602 FORMAT(1H ,7X, 1 ,1PE10.3,12X,E10.3)
0000311 WRITE(6,603) SUMGAS, SUMGAE
0000312 603 FORMAT(1H ,7X, XE+KR ,1PE10.3,12X,E10.3)
0000313 WRITE(6,604) SUMEX , SUMEY
0000314 604 FORMAT(1H ,7X, ETC ,1PE10.3,12X,E10.3)
0000315 7070 CONTINUE
C*****TOTAL OF RELEASED FP
0000316 72 FORMAT(1H1,1X,A72,'/,
0000317 - 2X,'TOTAL OF RELEASED FP TO ATMOSPHERE'//,
0000318 - 15X,'(''A2,'') * (EQUIVALENT)=(EQUIVA.*''A2,''),'
0000319 - 10X,'PLATE OUT + IN GAS = TOTAL FP IN GAS-PHASE(''A2,''),'
0000320 DO 77 I=1,NK
0000321 DO 66 M=1,NSTP
0000322 PXIJ(I) = PXIJ(I) + PXI(M,I)
0000323 PXE(I) = PXE(I) + PXE(M,I)
0000324 SGIJ(I) = SGIJ(I) + SGI(M,I)
0000325 SPIJ(I) = SPIJ(I) + SPI(M,I)
0000326 SGPIJ(I) = SGPIJ(I) + SGPM(I,I)
0000327 66 CONTINUE
0000328 WRITE(6,633)I,ATOM(I),PXIJ(CI),EEFE(CI),PXE(CI),
0000329 - SUMIJ(CI),SGI(CI),SGP(CI)
0000330 633 FORMAT(1H ,I3,2X,A7,1PE10.4,OPF10.3,10X,2E11.3,E14.3)
0000331 ***** WRITE TO FILE FT02(FP IN GAS PHASE)
0000332 WRITE(2,605)I,ATOM(I),SGP(CI)
0000333 605 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.4)
0000334 ***** WRITE TO FILE FT03(CRELEASED FP)
0000335 IF CI-EQ-1) THEN
0000336 WRITE(3,607) TITL
0000337 END IF
0000338 WRITE(3,606)I,ATOM(CI),PXIJ(CI),
0000339 - WRITE(3,607) TITL
0000340 606 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000341 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000342 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000343 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000344 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000345 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000346 607 FORMAT(1H ,A72)
0000347 ***** WRITE(3,607) TITL
0000348 ***** WRITE(3,606)I,ATOM(CI),PXIJ(CI),
0000349 - WRITE(3,607) TITL
0000350 608 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000351 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000352 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000353 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000354 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000355 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000356 609 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000357 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000358 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000359 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000360 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000361 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000362 610 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000363 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000364 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000365 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000366 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000367 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000368 611 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000369 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000370 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000371 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000372 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000373 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000374 612 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000375 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000376 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000377 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000378 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000379 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000380 613 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000381 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000382 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000383 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000384 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000385 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000386 614 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000387 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000388 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000389 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000390 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000391 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000392 615 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000393 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000394 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000395 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000396 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000397 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000398 616 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000399 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000400 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000401 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000402 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000403 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000404 617 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000405 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000406 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000407 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000408 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000409 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000410 618 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000411 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000412 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000413 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000414 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000415 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000416 619 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000417 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000418 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000419 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000420 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000421 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000422 620 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000423 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000424 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000425 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000426 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000427 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000428 621 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000429 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000430 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000431 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000432 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000433 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000434 622 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000435 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000436 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000437 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000438 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000439 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000440 623 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000441 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000442 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000443 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000444 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000445 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000446 624 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000447 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000448 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000449 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000450 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000451 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000452 625 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000453 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000454 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000455 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000456 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000457 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000458 626 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000459 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000460 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000461 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000462 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000463 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000464 627 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000465 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000466 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000467 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000468 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000469 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000470 628 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000471 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000472 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000473 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000474 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000475 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000476 629 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000477 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000478 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000479 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000480 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000481 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000482 630 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000483 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000484 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000485 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000486 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000487 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)
0000488 631 FORMAT(1H ,I5,8X,A7,1PE12.1)
0000489 **** SUMJ = SUMJ + PXIJ(CI)
0000490 SUMEJ = SUMEJ + PXE(CI)
0000491 SSIGIJ = SSIGIJ + SGI(CI)
0000492 SSPIJ = SSPIJ + SPI(CI)
0000493 SSGPJ = SSGPJ + SGPM(CI)

```

```

000341      IF (I.GE.NGASB.AND.I.LE.NGASE) THEN
000342          PUMGAS= PUMGAS+ PXIJ(I)
000343          PUMGAE= PUMGAE+ PXEJ(I)
000344      END IF
000345      IF (I.GE.NIB.AND.I.LE.NIE) THEN
000346          PUMII = PUMII + PXIJ(I)
000347          PUMIE = PUMIE + PXEJ(I)
000348      END IF
000349      IF (I.GE.NETCB.AND.I.LE.NETCE) THEN
000350          PUMEX = PUMEX + PXIJ(I)
000351          PUMEY = PUMEY + PXEJ(I)
000352      END IF
000353      77 CONTINUE
000354          WRITE(6,611) SUMJ, SUMEJ,
000355          FORMAT('7X, ', TOTAL', 1PE10.3,12X,E10.3, 10X,
000356          WRITE(6,612) PUMII, PUMIE, 1PE10.3,E14.3)
000357          FORMAT('7X, ', I, '1PE10.3,12X,E10.3)
000358          WRITE(6,613) PUMGAS, PUMGAE
000359          FORMAT('7X, ', XE+KR', 1PE10.3,12X,E10.3)
000360          WRITE(6,614) PUMEX, PUMEY
000361          FORMAT('7X, ', ETC, '1PE10.3,12X,E10.3)
000362 C*****END OF MAIN PROGRAM ****
C*****END OF DOSE CALCULATION ****
000363      DO 3030 N = 1,NSTP
000364      STOP
000365      9933 WRITE(6,*)
000366      3040 WRITE(6,*)
000367      END
000368      CALL DOSE(*3040)
000369
000001      SUBROUTINE FLOWD(QQ,QZ,Z)
000002      DOUBLE PRECISION QQ,QZ
000003      CHARACTER Z*6
000004      IF (Z.EQ.'L/M') THEN
000005          QQ = QZ * 1.E+3/60.
000006      ELSE IF (Z.EQ.'M**3/H') THEN
000007          QQ = QZ * 1.E+6/(60.*60.)
000008      ELSE IF (Z.EQ.'M**3/M') THEN
000009          QQ = QZ * 1.E+6/60.
000010      END IF
000011      RETURN
000012      END
000001      SUBROUTINE TIMED(TT,TZ,Y)
000002      DOUBLE PRECISION TT,TZ
000003      CHARACTER Y*1
000004      IF (Y.EQ.'S') THEN
000005          TT = TZ * 1.0
000006      ELSE IF (Y.EQ.'M') THEN
000007          TT = TZ * 60.
000008      ELSE IF (Y.EQ.'H') THEN
000009          TT = TZ * 3600.
000010      ELSE IF (Y.EQ.'D') THEN
000011          TT = TZ * 3600.*24.
000012      ELSE IF (Y.EQ.'Y') THEN
000013          TT = TZ * 3600.*24.*365.
000014      END IF
000015      RETURN
000016      END

```

```

000001      SUBROUTINE WATER(AO,X1,X2,RA,GS1,T,AOO)
000002      C----- DOUBLE PRECISION OF COOLANT FP -----
000003          AL = RA + GS1 * X1 + X2
000004          AO = AOO * EXP(-AL*T)
000005          RETURN
000006      END

000007      SUBROUTINE GASPH(CAB,R,X1,X2,X1,
000008          RA,GS1,GS1,PS,AO,TS,CB)
000009          C----- DOUBLE PRECISION OF GAS-PHASE FP -----
000010          AL = RA + GS1 * X1,AL,RA,GS1,G,AB,AQ,
000011          G,=,RA+,R
000012          IF ((G-AL).EQ.0.) THEN
000013              AB = 0.
000014          ELSE
000015              AB=AO*(PS*GS1*X1/(G-AL)) * (EXP(-AL*TS)-EXP(-G*TS))+CB*EXP(-G*TS)
000016          END IF
000017          RETURN
000018      END

000019      SUBROUTINE FPCUM(P,R,X1,X2,X1,
000020          RA,GS1,GS1,A,PS,F,TO,T1,C)
000021          C----- DOUBLE PRECISION OF INTEGRATION FOR RELEASED FP -----
000022          AL = RA + GS1 * X1 + X2
000023          G = RA + R
000024          IF ((G-AL).EQ.0.) THEN
000025              P = 0.
000026          ELSE
000027              P=F*R*(A*PS*GS1*X1/(G-AL) * (((EXP(-AL*TO) - EXP(-AL*T1))/AL
000028                  -(EXP(-G*TO) - EXP(-G*T1))/G)
000029                  +(EXP(-G*TO) - EXP(-G*T1))*C/G),
000030                  END IF
000031          END

000032      SUBROUTINE FPSGS(S,R,X1,X2,X1,RA,GS1,GS1,A,PS,TO,T1,C)
000033          C----- DOUBLE PRECISION OF FP IN GAS-PHASE OR PLATE-OUT -----
000034          AL = RA + GS1 * X1 + X2
000035          G = RA + R
000036          IF ((G-AL).EQ.0.) THEN
000037              S = 0.
000038          ELSE
000039              S = A*PS*GS1*X1/(G-AL) * (((EXP(-AL*TO) - EXP(-AL*T1))/AL
000040                  -(EXP(-G*TO) - EXP(-G*T1))/G)
000041                  +(EXP(-G*TO) - EXP(-G*T1))*C/G),
000042                  END IF
000043          END

000044      SUBROUTINE OGL(X,F,A,RA,TO,T1,PO)
000045          C----- DOUBLE PRECISION OF INTEGRATION FOR RELEASED FP -----
000046          AL = 5./3600.
000047          IF (PO.EQ.0.) THEN
000048              BE = 0.
000049          ELSE

```

```

000007      BE = ALOG(2.0)/(PO*3600.)
000008      * X=F* AL   *A/(AL+BE+RA) * (1.- EXP(-(AL+BE+RA)*T))
000009      * X=F* AL   *A/(AL+BE+RA) * (EXP(-CAL+BE+RA)*T0)-EXP(-(AL+BE+RA)*T1)
000010      RETURN
000011      END

000001      C----- SUBROUTINE OGLGAS(Y,Z,P,AP,A,RA,F,T, PO)
000002      DOUBLE PRECISION Y,Z,P,AP,A,RA,F,T, PO
000003      AL = 5./3600.
000004      IF(PO.EQ.0.) THEN
000005      BE = 0.
000006      ELSE IF(PO.NE.0.) THEN
000007      BE = ALOG(2.0)/(PO*3600.)
000008      ENDIF
000009      Y= A* EXP(-(AL+BE+RA)*T)
000010      Z= F*AL*Y
000011      P=BE*A*(EXP(-RA*T))*(1.-EXP(-(AL+BE)*T))/(AL+BE)+AP*EXP(-RA*T)
000012      RETURN
000013      END

000001      SUBROUTINE DOSE(*)
000002      PARAMETER(NN=70,NS=5)
000003      * ADDED AS SUBROUTINE
000004      * CALCULATION CODE ON DOSE EVALUATION
000005      REAL MA,MC
000006      INTEGER KI, NDST
000007      CHARACTER*72 TITLE
000008      CHARACTER*7 FP, ATOM, ATOMX
000009      COMMON /ATT1/ ATOM(NN)
000010      COMMON /ATT2/ PXIJ(NN), PXI(NS,NN)
000011      READ(5,501,END=999) DOSEX, KI, NDST, TITLE
000012      FORMATT(A4,I2,I1,A72)
000013      IF(DOSEX.NE.'DOSE.') THEN
000014      RETURN 1
000015      END IF
000016      WRITE(6,61) TITLE
000017      61 FORMAT(1H1,3OX,A72)
000018      READ(5,502) DBYQ
000019      FORMAT(1OX,E10.2)
000020      WRITE(6,62) DBYQ
000021      62 FORMAT(1H ,10X,- D/Q=
000022      READ(5,503) XBYQI
000023      503 FORMAT(1OX,E10.2)
000024      READ(5,573) XBYQB
000025      FORMAT(1OX,E10.2)
000026      WRITE(6,63) XBYQI
000027      63 FORMAT(' ',10X,
000028      X/Q(I)= ',1PE10.3)
000029      69 FORMAT(' ',10X, ' X/Q(BETA)= ',1PE10.3)
000030      READ(5,504) MA
000031      FORMAT(1OX,E10.2)
000032      WRITE(6,64) MA
000033      64 FORMAT(' ',10X, ' MA= ',F10.3)
000034      000034 READ(5,505) MC
000035      FORMAT(1OX,E10.2)
000036      WRITE(6,65) MC
000037      65 FORMAT(' ',10X, ' MC= ',F10.3)

```



```

      * HBEITA ='/1PE10.3,   SV', //'
      * HEI(CHILD)='E10.3,   SV', //
      * HTI(CHILD)='E10.3,   SV', //
      * HEI(ADULT)='E10.3,   SV', //
      * HTI(ADULT)='E10.3,   SV', //

000090      999 RETURN
000091      333 WRITE(6),    NUCLIDE NOT FOUND IN DATA ,ATOMX
000092      RETURN 1
000093      END

000001      SUBROUTINE FPREAD(EQ,ATOM,HALF,TIME,YI, X,*)
C--- READ FP DATA & CALCULATION OF EQUIVALENT FOR RELEASED FP-(1990.9/14)07500039
000002      REAL KBI
000003      CHARACTER ATOM*7, EQ*2, FP*7, TIME*1
000004      REWIND 4
000005      READ(4)
000006      READ(4,400,END=333) FP, HALF, TIME, YI, EEE,
000007      400 FORMAT( 3X,A7,E7.0,1X,A1,F6.0,F6.0,F5.0,E8.1,F4.0)
000008      IF (ATOM.EQ.FP) THEN
000009      IF (EQ.EQ.'EB1') THEN
000010      X = BETA * KBI
000011      ELSE IF (EQ.EQ.'EE') THEN
000012      X = H5OEI
000013      ELSE IF (EQ.EQ.'ET') THEN
000014      X = H5OTI
000015      ELSE
000016      X = EEE
000017      END IF
000018      RETURN
000019      ELSE IF (ATOM.NE.FP) THEN
000020      GO TO 4444
000021      END IF
000022      333 WRITE(6),    NOT FOUND FP IN DATA ,ATOM
000023      RETURN 1
000024      END

000001      SUBROUTINE XEFFE(X,Y)
C - - - - - (EFFECTIVE NUMERICAL VALUE -->2 ) - - - - -
000002      REWIND 10
000003      WRITE(10,888) X
000004      REWIND 10
000005      READ(10,888) Y
000006      888 FORMAT(1PE15.1)
000007      RETURN
000008      END

000001      SUBROUTINE TATEYA(Y1,Y2,Y3,Y4, QB,VB, Y10,Y20,Y30,
C - - - - - CALCULATION OF FP ON TATEYA EX. FUEL HANDLING ACCIDENT
000002      DOUBLE PRECISION Y1,Y2,Y3,Y4,Y10,Y20,Y30, RA, QV, T, F, QB, VB
C      Y1= AIR Y2= PLATED OUT Y3=WATER Y4=RELEASE RATE
000003      QV = QB/VB
000004      Y1= Y10* EXP(-(RA+QV)*T)
000005      Y4 = QV* F * Y1
000006      Y2 = Y20 * EXP(-RA*T)
000007      Y3 = Y30 * EXP(-RA*T)
000008      RETURN
000009      END

```

* INPUT DATA LIST *

*****1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
2 ROOT-2 FP RELEASE (41NUCLIDES)
1 41 1 15 20 21 41
3 +50. 125. 0.005
4 143. 6.0 4000. 2
5 0. M 5. M 50. M**3/H 40. BQ EQ
6 0. D 100. Y 0. M**3/H 0. M**3/H 1.6 L/M
7 1 KR-83M 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
8 2 KR-85M 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
9 3 KR-85 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
10 4 KR-87 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
11 5 KR-88 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
12 6 KR-89 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
13 7 KR-90 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
14 8 XE-131M1 0. 0. 0. 1. 0. 0. 0.
15 9 XE-133M1 0. 0. 0. 1. 0. 0. 0.
16 10 XE-133 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
17 11 XE-135M1 0. 0. 0. 1. 0. 0. 0.
18 12 XE-135 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
19 13 XE-137 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
20 14 XE-138 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
21 15 XE-139 1.0 0. 0. 1. 0. 0. 0.
22 16 I-131 0.600 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 0.9
23 17 I-132 0.600 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 0.9
24 18 I-133 0.600 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 0.9
25 19 I-134 0.600 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 0.9
26 20 I-135 0.600 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 0.9
27 21 I-129 0.6 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 1.
28 22 I-134M 0.6 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 1.
29 23 I-136M 0.6 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 1.
30 24 I-136 0.6 0.1 1.0 0.01 1. 0.01 0.5 1.
31 25 BR-83 0.6 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
32 26 BR-84M 0.6 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
33 27 BR-84 0.6 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
34 28 BR-85 0.6 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
35 29 BR-86 0.6 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
36 30 BR-87 0.6 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
37 31 2R-95 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
38 32 NB-95 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
39 33 SR-89 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
40 34 SR-90 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
41 35 SB-124 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
42 36 CS-134 0.035 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
43 37 CS-136 0.035 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
44 38 CS-137 0.035 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
45 39 BA-140 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
46 40 LA-140 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
47 41 CE-141 0.0002 0 0 1.0 0 1.0 0 0 1.
48 DOSE20 1 ROOT-2 FOR 5 MIN. FLOW BLOCKAGE ACCIDENT
49 D/Q = 4.300E-19 GY/MEV·BQ
50 X/Q(1) = 8.700E-10 H/M**3
.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

*** CONTINUE ***

PAGE-0002

```

***** INPUT DATA LIST *****
*   INPUT DATA END *****

```

2 ROOT-2 FP RELEASE (41NUCLIDES)

REACTOR POWER	50.000 MW
IRRADIATION TIME	125.000 DAYS
FAILURE RATE OF FUEL	0.005 (-)
PRIMARY COOLANT VOL. (V)	143.00 M**3
GAS PHASE VOL. (V1)	6.00 M**3
GAS PHASE VOL. (V2)	40000.00 M**3
STEP J=1 START TIME	0.0 M
STOP TIME	5.0 M
WATER FLOW RATE TO DEGAS-TANK	Q1(J)
GAS FLOW RATE FROM DEGAS-TANK TO STACK	QG(J-1)
WATER FLOW RATE TO REACTOR BUILDING	Q2(J)
GAS FLOW RATE FROM REACTOR BUILDING TO STACK	QG(J-2)
	50.000000 M**3/H
	40.000000 M**3/H
	1.600000 L/M
	1600.000000 M**3/M
STEP J=2 START TIME	0.0 D
STOP TIME	100.0 Y
WATER FLOW RATE TO DEGAS-TANK	Q1(J)
GAS FLOW RATE FROM DEGAS-TANK TO STACK	QG(J-1)
WATER FLOW RATE TO REACTOR BUILDING	Q2(J)
GAS FLOW RATE FROM REACTOR BUILDING TO STACK	QG(J-2)
	0.0 M**3/H
	0.0 M**3/H
	0.600000 L/M
	100.000000 M**3/M

TIME STEP 1
TRANSFER RATE (X/SEC.) (X/MIN.) (X/HR) (X/DAY)

Q1/V = 9.713D-03	5.828D-01	3.497D+01	8.392D+02
Q2/V = 1.865D-05	1.119D-03	6.713D-02	1.611D+00
QG1/V1 = 1.852D-01	1.111D+01	6.667D+02	1.600D+04
QG2/V2 = 6.667D-02	4.000D+00	2.400D+02	5.760D+03

TIME STEP 2
TRANSFER RATE (X/SEC.) (X/MIN.) (X/HR) (X/DAY)

Q1/V = 0.0	0.0	0.0	0.0
Q2/V = 6.993D-06	4.196D-04	2.517D-02	6.042D-01
QG1/V1 = 0.0	0.0	0.0	0.0
QG2/V2 = 4.167D-03	2.500D-01	1.500D+01	3.600D+02

NF = NO FILTER EFFECT

	INPUT	DATA	CHECK	HALF	LIFE	Y (%)	EQUIVA.	R (-)	ORG.	G1-0	G1-INO	G2-0	G2-INO	P-0	P-INO	F-0	F-INO	CURIE
1	KR-83M	1.8300+00	H	0.5300	0.0025	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	KR-85M	4.4800+00	H	1.3100	0.1590	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	KR-85	1.073D+01	Y	0.2900	0.0022	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	KR-87	7.630D+01	M	2.5400	0.7930	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	KR-88	2.800D+00	H	3.5800	1.9500	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
6	KR-89	3.180D+00	M	4.6800	2.0670	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
7	KR-90	3.232D+01	S	4.6900	1.3250	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	XE-131M	1.190D+01	D	0.0400	0.0200	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	XE-133M	2.250D+00	D	0.1900	0.0420	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	XE-133	5.290D+00	D	6.7700	2.0450	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	XE-135M	1.565D+01	M	1.0600	0.4320	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
12	XE-135	9.083D+00	H	6.6300	0.2500	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
13	XE-137	3.830D+00	M	6.1300	0.1810	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	XE-138	1.417D+01	M	6.2800	1.1830	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	XE-139	3.950D+01	S	5.1600	0.8500	1.0000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
16	I-131	8.060D+00	D	2.8400	0.3810	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
17	I-132	2.280D+00	H	4.2100	2.2530	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
18	I-133	2.080D+01	H	6.7700	0.6080	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
19	I-134	5.260D+01	M	7.6100	2.7500	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
20	I-135	6.610D+00	H	6.4100	1.6450	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
21	I-129	1.570D+07	Y	0.6600	0.0240	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
22	I-134M	3.700D+00	M	0.4300	0.2280	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
23	I-136M	4.600D+01	S	2.1100	1.9010	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
24	I-136	8.300D+01	S	2.9300	2.1680	0.6000	0.1	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.5	0.5	0.0	
25	BR-83	2.390D+00	H	0.5300	0.0075	0.6000	0.0	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	
26	BR-84M	6.000D+00	M	0.0190	2.7690	0.6000	0.0	1.0	0.01	1.0	0.01	1.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	BR-84	3.180D+01	M	0.9700	1.7420	0.6000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
28	BR-85	2.870D+00	M	1.3000	0.0650	0.6000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
29	BR-86	5.900D+01	S	1.5600	3.3790	0.6000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
30	BR-87	5.570D+01	S	2.2000	1.5280	0.6000	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
31	BR-95	6.550D+01	D	0.0	0.7270	0.0002	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
32	NB-95	3.510D+01	D	0.0	0.7640	0.0002	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
33	SR-89	5.050D+01	D	0.0	0.0002	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
34	SR-90	2.850D+01	Y	0.0	0.0002	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
35	SB-124	6.020D+01	D	0.0	1.8430	0.0002	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
36	CS-134	2.060D+00	Y	6.5900	1.5550	0.0350	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
37	CS-136	1.310D+01	D	0.0003	2.1650	0.0350	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
38	CS-137	3.000D+01	Y	6.0500	0.5970	0.0350	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
39	BA-140	1.280D+01	D	6.7500	0.1950	0.0002	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
40	LA-140	4.027D+01	H	0.0	2.3060	0.0002	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
41	CE-141	3.250D+01	D	0.0	0.0760	0.0002	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	

EQUIVA. = EFFECTIVE GAMMA ENERGY

INITIAL FP FAILURE RATIO=	0.005 (-)	HALF LIFE Y(X)	FP IN FUEL(BQ)	RELEASE RATIO(-)	FP IN WATER(BQ)
1 KR-83M	1.830	H 0.5300	8.480D+15	1.0000	6.240D+13
2 KR-85M	4.480	H 1.3100	2.096D+16	1.0000	1.048D+14
3 KR-85	10.730	Y 0.2900	1.015D+14	1.0000	5.076D+11
4 KR-87	76.300	M 2.5400	4.064D+16	1.0000	2.032D+14
5 KR-88	2.800	H 3.5800	5.728D+16	1.0000	2.864D+14
6 KR-89	3.180	M 4.6800	7.488D+16	1.0000	3.744D+14
7 KR-90	32.320	S 4.6900	7.504D+16	1.0000	3.752D+14
8 XE-131M	11.900	D 0.0400	6.396D+14	1.0000	3.198D+12
9 XE-133M	2.250	D 0.1900	3.040D+15	1.0000	1.520D+13
10 XE-133	5.290	D 6.7700	1.083D+17	1.0000	5.416D+14
11 XE-135M	15.650	M 1.0600	1.696D+16	1.0000	8.480D+13
12 XE-135	9.083	H 6.6300	1.061D+17	1.0000	5.304D+14
13 XE-137	3.830	M 6.1300	9.808D+16	1.0000	4.904D+14
14 XE-138	14.170	M 6.2800	1.005D+17	1.0000	5.024D+14
15 XE-139	39.500	S 5.1600	8.256D+16	1.0000	4.128D+14
16 I-131	8.060	D 2.8400	4.544D+16	0.6000	1.363D+14
17 I-132	4.280	H 6.2100	6.736D+16	0.6000	2.021D+14
18 I-133	20.800	H 6.7700	1.083D+17	0.6000	3.250D+14
19 I-134	52.600	M 7.6100	1.218D+17	0.6000	3.653D+14
20 I-135	6.610	H 6.4100	1.026D+17	0.6000	3.077D+14
21 I-129	15700000	Y 0.000	0.6600	0.6000	4.790D+05
22 I-134M	3.700	M 0.4300	1.597D+08	0.6000	2.064D+13
23 I-136M	46.000	S 2.1100	6.880D+15	0.6000	1.013D+14
24 I-136	83.000	S 2.9300	3.376D+16	0.6000	1.406D+14
25 BR-83	2.390	H 0.5300	4.688D+16	0.6000	2.544D+13
26 BR-84M	6.000	M 0.0190	8.480D+15	0.6000	9.120D+11
27 BR-84	31.800	M 0.9700	3.040D+14	0.6000	4.656D+13
28 BR-85	2.870	M 1.3000	1.552D+16	0.6000	6.240D+13
29 BR-86	59.000	S 1.5600	2.496D+16	0.6000	7.488D+08
30 BR-87	55.700	S 2.2000	3.520D+16	0.6000	1.056D+14
31 ZR-95	65.500	D 0.0	7.000D+16	0.0002	7.000D+10
32 NB-95	35.100	D 0.0	4.991D+16	0.0002	4.991D+10
33 SR-89	50.500	D 0.0	5.924D+16	0.0002	5.924D+10
34 SR-90	28.500	Y 0.0	7.448D+14	0.0002	7.448D+08
35 SB-124	60.200	D 0.0	1.016D+12	0.0002	1.016D+06
36 CS-134	2.060	Y 6.5900	2.099D+15	0.0350	3.673D+11
37 CS-136	13.100	D 0.0003	1.648D+15	0.0350	2.884D+11
38 CS-137	30.000	Y 6.0500	7.492D+14	0.0350	1.311D+11
39 BA-140	12.800	D 6.7500	9.143D+16	0.0002	9.143D+10
40 LA-140	40.270	H 0.0	1.261D+17	0.0002	1.261D+11
41 CE-141	32.500	D 0.0	8.388D+16	0.0002	8.388D+10
TOTAL			1.918E+18		5.884E+15
XE+KR			7.935E+17		3.968E+15
I			4.454E+17		1.336E+15
ETC			6.785E+17		5.796E+14

RELEASE MODE	TIME INTERVAL	5.0 M	FP IN GAS-PHASE(Bq)	RELEASE RATE(Bq/S)	(EQUIV.*Bq/S)	FP IN WATER(Bq)
			TOTAL = PLATE OUT + IN-GAS			
TIME	0M	0.0	0.0	0.0	0.0	5.884D+15
TIME	1M	3.949D+10	7.417D+07	2.627D+07	2.00	4.902D+15
TIME	2M	6.885D+10	1.415D+08	4.581D+07	3.602D+07	4.435D+15
TIME	3M	9.401D+10	2.064D+08	6.253D+07	4.747D+07	4.164D+15
TIME	4M	1.164D+11	2.702D+08	1.161D+11	5.740D+07	3.977D+15
TIME	5M	1.365D+11	3.355D+08	1.361D+11	9.075D+07	3.833D+15

RELEASE FP FROM STACK TO ATMOSPHERE
TIME 0.0 M TO 5.00 M
(BQ) * (EQUIVALENT) = (EQUIVA.*BQ)

		PLATE OUT + IN GAS	= TOTAL FP IN GAS-PHASE(BQ)
1	KR-83M	2.154E+08	0.0025
2	KR-85M	5.391E+08	0.0025
3	KR-85	2.633E+08	0.0022
4	KR-87	1.023E+09	0.0022
5	KR-88	1.466E+09	0.0022
6	KR-89	9.793E+08	0.0022
7	KR-90	9.685E+07	0.0022
8	XE-131M	1.659E+07	0.0020
9	XE-133M	7.880E+07	0.0020
10	XE-133	2.809E+09	0.00450
11	XE-135M	3.806E+08	0.00450
12	XE-135	2.740E+09	0.00450
13	XE-137	1.434E+09	0.00450
14	XE-138	2.221E+09	0.00450
15	XE-139	1.550E+08	0.00450
16	I-131	7.392E+07	0.00450
17	I-132	1.078E+08	0.00450
18	I-133	1.759E+08	0.00480
19	I-134	1.897E+08	0.00480
20	I-135	2.598E+08	0.00480
21	I-129	2.598E+01	0.00240
22	I-134M	6.187E+06	0.00280
23	I-136M	5.213E+06	0.0010
24	I-136	1.766E+07	0.0010
25	BR-83	1.299E+08	0.0075
26	BR-84M	3.262E+06	0.0075
27	BR-84	2.249E+08	0.0075
28	BR-85	1.522E+08	0.00650
29	BR-86	5.557E+07	0.003790
30	BR-87	7.157E+07	0.00280
31	ZR-95	3.632E+05	0.00270
32	NB-95	2.589E+05	0.002640
33	SR-89	3.073E+05	0.0020
34	SR-90	3.864E+03	0.0000
35	SB-124	5.269E+00	0.0000
36	CS-134	1.905E+06	1.5550
37	CS-136	1.496E+06	2.1650
38	CS-137	6.802E+05	0.5970
39	BA-140	4.743E+05	0.1950
40	LA-140	6.534E+05	2.3060
41	CE-141	4.351E+05	0.0760
	TOTAL	1.554D+10	1.185E+10
	I	7.132E+08	1.173E+09
	XE+KR	1.416E+10	9.907E+09
	ETC	6.730E+08	7.670E+08
			5.163E+10
			2.332E+13
			2.337E+13

RELEASE MODE	TIME INTERVAL	100.0 Y	FP IN GASS-PHASE (BQ/S)	= PLATE OUT + IN-GAS	RELEASE RATE (BQ/S)	(EQUIV.-*BQ/Q)	FP IN WATER (BQ/Q)
	TOTAL						
TIME	0Y	1.365D+1.1	1.335D+0.8	1.361D+1.1	5.329D+0.6	3.695D+0.6	3.833D+1.5
TIME	1Y	1.564D+0.8	1.917D+0.3	1.564D+0.8	3.568D+0.3	7.850D+0.0	9.302D+1.0
TIME	2Y	1.506D+0.7	2.129D+0.3	1.506D+0.7	3.687D+0.2	8.111D+0.1	8.960D+0.9
TIME	3Y	1.478D+0.6	2.152D+0.3	1.476D+0.6	3.809D+0.1	8.380D+0.2	8.778D+0.8
TIME	4Y	1.486D+0.5	2.155D+0.3	1.465D+0.5	3.936D+0.0	8.658D+0.3	8.771D+0.7
TIME	5Y	1.685D+0.4	2.155D+0.3	1.469D+0.4	4.066D+0.1	8.946D+0.4	8.739D+0.6
TIME	6Y	3.642D+0.3	2.155D+0.3	1.487D+0.3	4.201D+0.2	9.243D+0.5	8.845D+0.5
TIME	7Y	2.306D+0.3	2.155D+0.3	1.516D+0.2	4.341D+0.3	9.550D+0.6	9.018D+0.4
TIME	8Y	2.170D+0.3	2.155D+0.3	1.555D+0.1	4.485D+0.4	9.867D+0.7	9.247D+0.3
TIME	9Y	2.156D+0.3	2.155D+0.3	1.601D+0.0	4.634D+0.5	1.019D+0.7	9.526D+0.2
TIME	10Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.656D+0.1	4.788D+0.6	1.053D+0.8	9.850D+0.1
TIME	11Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.717D+0.2	4.947D+0.7	1.088D+0.9	1.021D+0.1
TIME	12Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.785D+0.3	5.111D+0.8	1.124D+1.0	1.062D+0.0
TIME	13Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.859D+0.4	5.281D+0.9	1.162D+1.1	1.106D+0.1
TIME	14Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.939D+0.5	5.456D+1.0	1.200D+1.2	1.153D+0.2
TIME	15Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.024D+0.6	5.637D+1.1	1.240D+1.3	1.204D+0.3
TIME	16Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.116D+0.7	5.825D+1.2	1.281D+1.4	1.259D+0.4
TIME	17Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.214D+0.8	6.018D+1.3	1.324D+1.5	1.317D+0.5
TIME	18Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.318D+0.9	6.218D+1.4	1.368D+1.6	1.379D+0.6
TIME	19Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.429D+1.0	6.425D+1.5	1.413D+1.7	1.445D+0.7
TIME	20Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.547D+1.1	6.638D+1.6	1.460D+1.8	1.515D+0.8
TIME	21Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.672D+1.2	6.858D+1.7	1.509D+1.9	1.589D+0.9
TIME	22Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.804D+1.3	7.086D+1.8	1.559D+2.0	1.662D+1.0
TIME	23Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	2.945D+1.4	7.321D+1.9	1.521D+2.1	1.752D+1.1
TIME	24Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	3.094D+1.5	7.565D+2.0	1.664D+2.2	1.840D+1.2
TIME	25Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	3.252D+1.6	7.816D+2.1	1.719D+2.3	1.934D+1.3
TIME	26Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	3.420D+1.7	8.075D+2.2	1.777D+2.4	2.140D+1.4
TIME	27Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	3.598D+1.8	8.344D+2.3	1.836D+2.5	2.140D+1.5
TIME	28Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	3.787D+1.9	8.621D+2.4	1.897D+2.6	2.253D+1.6
TIME	29Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	3.988D+2.0	8.907D+2.5	1.960D+2.7	2.372D+1.7
TIME	30Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	4.201D+2.1	9.203D+2.6	2.025D+2.8	2.499D+1.8
TIME	31Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	4.428D+2.2	9.508D+2.7	2.092D+2.9	2.634D+1.9
TIME	32Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	4.668D+2.3	9.824D+2.8	2.161D+3.0	2.777D+2.0
TIME	33Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	4.924D+2.4	1.015D+2.8	2.233D+3.1	2.929D+2.1
TIME	34Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	5.197D+2.5	1.049D+2.9	2.307D+3.2	3.091D+2.2
TIME	35Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	5.487D+2.6	1.084D+3.0	2.384D+3.3	3.264D+2.3
TIME	36Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	5.795D+2.7	1.120D+3.1	2.463D+3.4	3.447D+2.4
TIME	37Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	6.124D+2.8	1.195D+3.2	2.545D+3.5	3.643D+2.5
TIME	38Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	6.474D+2.9	1.219D+3.3	2.629D+3.6	3.851D+2.6
TIME	39Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	6.846D+3.0	1.235D+3.4	2.717D+3.7	4.072D+2.7
TIME	40Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	7.244D+3.1	1.276D+3.5	2.807D+3.8	4.309D+2.8
TIME	41Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	7.667D+3.2	1.327D+3.6	2.900D+3.9	4.561D+2.9
TIME	42Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	8.119D+3.3	1.362D+3.7	2.996D+4.0	4.829D+3.0
TIME	43Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	8.601D+3.4	1.407D+3.8	3.096D+4.1	5.116D+3.1
TIME	44Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	9.115D+3.5	1.454D+3.9	3.199D+4.2	5.422D+3.2
TIME	45Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	9.664D+3.6	1.502D+4.0	3.305D+4.3	5.748D+3.3
TIME	46Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.025D+3.6	1.552D+4.1	3.415D+4.4	6.097D+3.4
TIME	47Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.088D+3.7	1.604D+4.2	3.528D+4.5	6.469D+3.5
TIME	48Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.154D+3.8	1.657D+4.3	3.645D+4.6	6.867D+3.6
TIME	49Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.226D+3.9	1.712D+4.4	3.766D+4.7	7.922D+3.7
TIME	50Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.302D+4.0	1.769D+4.5	3.892D+4.8	7.477D+3.8
TIME	51Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.384D+4.1	1.828D+4.6	4.021D+4.9	8.233D+3.9
TIME	52Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.471D+4.2	1.951D+4.7	4.154D+5.0	8.52D+4.0
TIME	53Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.665D+4.3	2.088D+4.8	4.292D+5.1	9.308D+4.1
TIME	54Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.665D+4.4	2.016D+4.9	4.435D+5.2	9.902D+4.2
TIME	55Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.772D+4.5	2.083D+5.0	4.582D+5.3	1.054D+4.2
TIME	56Y	2.155D+0.3	2.155D+0.3	1.886D+4.6	2.152D+5.1	4.734D+5.4	1.122D+4.3

RELEASE FP FROM STACK TO ATMOSPHERE		TOTAL FP IN GAS-PHASE(BQ)	
TIME	Y	PLATE OUT + IN GAS	
1	KR-83M	8.100E+09	0.0025
2	KR-85M	8.289E+10	0.1590
3	KR-85	4.790E+11	0.0022
4	KR-87	2.088E+10	0.7930
5	KR-88	1.097E+11	1.9500
6	KR-89	9.799E+07	2.0670
7	KR-90	6.207E+04	2.0250
8	XE-131M	2.873E+11	0.0200
9	XE-133M	2.620E+11	0.0420
10	XE-133	2.239E+13	0.0450
11	XE-135M	5.154E+08	0.4320
12	XE-135	1.133E+12	0.2500
13	XE-137	1.959E+08	0.1810
14	XE-138	2.542E+09	1.1830
15	XE-139	2.722E+05	0.8500
16	I-131	4.286E+11	0.3810
17	I-132	2.804E+09	2.2530
18	I-133	9.811E+10	0.6080
19	I-134	9.882E+08	2.7500
20	I-135	2.152E+10	1.6450
21	I-129	0.0	0.0240
22	I-134M	0.0	0.2280
23	I-136M	0.0	1.9010
24	I-136	0.0	2.1680
25	BR-83	0.0	0.0075
26	BR-84M	0.0	2.7690
27	BR-84	0.0	1.7420
28	BR-85	0.0	0.0650
29	BR-86	0.0	3.3790
30	BR-87	0.0	1.5280
31	ZR-95	0.0	0.7270
32	NB-95	0.0	0.7640
33	SR-89	0.0	0.0
34	SR-90	0.0	0.0
35	SB-124	0.0	1.8430
36	CS-134	0.0	1.5550
37	CS-136	0.0	2.1650
38	CS-137	0.0	0.5970
39	BA-140	0.0	0.1950
40	LA-140	0.0	2.3060
41	CE-141	0.0	0.0760
	TOTAL	2.5330E+13	1.823E+12
	I	5.520E+11	2.674E+11
	XE+KR	2.477E+13	1.556E+12
	ETC	0.0	0.0

4.179E+16 6.354E+17

6.771E+17 6.354E+17

1.823E+12
 2.674E+11
 1.556E+12
 0.0

ROOT-2 FP RELEASE <41NUCLIDES>
TOTAL OF RELEASED FP TO ATMOSPHERE

(Bq) * (EQUIVALENT) = (EQUIVA.*Bq)

				PLATE OUT + IN GAS	TOTAL FP IN GAS-PHASE(Bq)
1	KR-83M	8.316E+09	0.0025	2.079D+07	1.947D+14
2	KR-85M	8.343E+10	0.1590	1.327D+10	1.990D+15
3	KR-85	4.790E+11	0.0022	1.054D+09	1.150D+16
4	KR-87	2.190E+10	0.7930	1.737D+10	5.027D+14
5	KR-88	1.112E+11	1.9500	2.168D+11	2.636D+15
6	KR-89	1.077E+09	0.0670	2.227D+09	3.821D+12
7	KR-90	9.691E+07	1.3250	1.284D+08	1.468D+11
8	XE-131M	2.874E+11	0.0200	5.747D+09	6.896D+15
9	XE-133M	2.621E+11	0.0420	1.101D+10	6.288D+15
10	XE-133	2.239E+13	0.0450	1.008D+12	5.373D+17
11	XE-135M	8.960E+08	0.4320	3.871D+08	1.294D+13
12	XE-135	1.136E+12	0.2500	2.839D+11	2.720D+16
13	XE-137	1.629E+09	0.1810	2.949D+08	6.852D+12
14	XE-138	4.770E+09	1.1830	5.643D+09	6.450D+13
15	XE-139	1.552E+08	0.8500	1.320D+08	2.390D+11
16	I-131	4.286E+11	0.3810	1.633D+11	2.133D+16
17	I-132	2.912E+09	2.2530	6.560D+09	9.279D+12
18	I-133	9.828E+10	0.6080	5.976D+10	1.190D+15
19	I-134	1.178E+09	2.7500	3.239D+09	2.635D+12
20	I-135	2.169E+10	1.6450	3.568D+10	4.946D+13
21	I-129	2.598E-01	0.0240	6.235D+03	1.071D+14
22	I-134M	6.187E+06	0.2280	1.411D+06	6.766D+12
23	I-136M	5.213E+06	1.9010	9.910D+06	1.391D+14
24	I-136	1.766E+07	2.1680	3.828D+07	6.072D+15
25	BR-83	1.299E+08	0.0075	9.742D+05	5.209D+13
26	BR-84M	3.262E+06	2.7690	9.033D+06	1.187D+15
27	BR-84	2.249E+08	1.7420	3.917D+08	6.766D+12
28	BR-85	1.522E+08	0.0650	9.896D+05	2.845D+10
29	BR-86	5.557E+07	3.3790	1.878D+08	2.355D+09
30	BR-87	7.157E+07	1.5280	1.094D+08	3.479D+10
31	2R-95	3.632E+05	0.7270	2.640D+05	1.815D+14
32	NB-95	2.589E+05	0.7640	0.00	2.707D+10
33	SR-89	3.073E+05	0.0	0.0	2.476D+13
34	SR-90	3.864E+03	0.0	0.0	5.348D+11
35	SB-124	5.269E+00	1.8430	9.711D+00	9.379D+10
36	CS-134	1.905E+06	1.5550	2.963D+06	8.122D+09
37	CS-136	1.496E+06	2.1650	3.239D+06	7.426D+15
38	CS-137	6.802E+05	0.5970	4.061D+05	6.792D+14
39	BA-140	4.743E+05	0.1950	9.248D+04	3.025D+15
40	LA-140	6.534E+05	2.3060	1.507D+06	2.108D+14
41	CE-141	4.351E+05	0.0760	3.307D+04	3.808D+13
	TOTAL	2.534E+13		4.179E+12	6.354E+17
	1	5.527E+11		2.685E+11	
	XE+KR	2.479E+13		1.566E+12	
	ETC	6.730E+08		7.670E+08	

ROOT-2 FOR 5 MIN. FLOW BLOCKAGE ACCIDENT

D/Q = 4.300E-19
 X/Q(C1) = 8.700E-10
 X/Q(BETA) = 8.700E-10
 MA = 1.200
 MC = 0.500

NO	Q	GAMMAE	BETA	K-BE	H50T	C/A	H50E	C/A	HGAMMA	HBETA	HE(CHILD)	HE(ADULT)	HT(CHILD)	HT(ADULT)
1 KR-83M	2.200E+08	0.0025	0.037	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.365E-13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 KR-85M	5.400E+08	0.1590	0.253	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	3.692E-11	3.313E-11	0.0	0.0	0.0	0.0
3 KR-85	2.600E+06	0.0022	0.251	1.24	0.0	0.0	0.0	0.0	2.460E-15	1.570E-13	0.0	0.0	0.0	0.0
4 KR-87	1.000E+09	0.7930	1.323	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	3.410E-10	3.208E-10	0.0	0.0	0.0	0.0
5 KR-88	1.500E+09	1.9500	0.377	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	1.258E-09	1.371E-10	0.0	0.0	0.0	0.0
6 KR-89	9.800E+08	2.0670	1.225	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	8.710E-10	2.911E-10	0.0	0.0	0.0	0.0
7 KR-90	9.700E+07	1.3250	1.289	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	5.527E-11	3.032E-11	0.0	0.0	0.0	0.0
8 KE-131M	1.700E+07	0.0200	0.143	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.462E-13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9 KE-133M	7.900E+07	0.0420	0.190	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.427E-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10 KE-133	2.800E+09	0.0450	0.135	0.85	0.0	0.0	0.0	0.0	5.418E-11	6.234E-11	0.0	0.0	0.0	0.0
11 KE-135M	3.800E+08	0.4320	0.095	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.059E-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 KE-135	2.700E+09	0.2500	0.316	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	2.902E-10	2.069E-10	0.0	0.0	0.0	0.0
13 KE-137	1.400E+09	0.1810	1.766	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	1.090E-10	5.996E-10	0.0	0.0	0.0	0.0
14 KE-138	2.200E+09	1.1830	0.611	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	1.119E-09	3.260E-10	0.0	0.0	0.0	0.0
15 KE-139	1.500E+08	0.8500	1.750	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	5.482E-11	6.366E-11	0.0	0.0	0.0	0.0
16 I-131	7.400E+07	0.3810	0.195	1.23	2.29E-07	4.4	8.8E-09	4.3	1.212E-11	3.443E-12	6.799E-10	1.218E-09	2.240E-08	4.107E-08
17 I-132	1.100E+08	2.2530	0.498	1.25	1.7E-09	4.7	9.1E-11	4.2	1.066E-10	1.328E-11	1.045E-11	1.829E-11	1.952E-10	3.823E-10
18 I-133	1.800E+08	0.6080	0.416	1.25	6.9E-08	5.0	1.5E-09	4.4	4.706E-11	1.816E-11	2.819E-10	5.168E-10	9.208E-09	1.918E-08
19 I-134	1.900E+08	2.7500	0.599	1.25	2.9E-10	4.6	3.0E-11	3.7	2.247E-10	2.760E-11	5.951E-12	9.174E-12	5.752E-11	1.103E-10
20 I-135	1.700E+08	1.6450	0.382	1.25	8.5E-09	4.7	3.0E-10	4.5	1.202E-10	1.575E-11	5.324E-11	9.983E-11	1.509E-09	2.954E-09
TOTAL	1.110E+10								4.772E-09	2.149E-09	1.031E-09	1.862E-09	3.337E-08	6.370E-08

$$\text{HGAMMA} = 4.730E-09 \text{ SV} = 1.100E+10 \text{ (MEV.BQ)} * 4.300E-19 \text{ (D/Q)}$$

$$\text{HBETA} = 2.149E-09 \text{ SV}$$

$$\text{HEI(CHILD)} = 1.862E-09 \text{ SV}$$

$$\text{HTI(CHILD)} = 6.370E-08 \text{ SV}$$

$$\text{HEI(ADULT)} = 1.031E-09 \text{ SV}$$

$$\text{HTI(ADULT)} = 3.337E-08 \text{ SV}$$

ROOT-2 AFTER 5 MIN. FLOW BLOCKAGE ACCIDENT

D/Q = 2.100E-19
 X/Q(CI) = 2.000E-10
 X/Q(BETA) = 2.300E-10
 MA= 0.960
 MC= 0.330

NO	Q	GAMMAE	BETAE	K-BE	H50T	C/A	H50E	C/A	HGAMMA	HBETA	HE(ADULT)	HE(CHILD)	HT(CHILD)	HT(ADULT)
1 KR-83M	8.100E+09	0.0025	0.037	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.252E-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 KR-85M	8.300E+10	0.1590	0.253	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	2.771E-09	1.346E-09	0.0	0.0	0.0	0.0
3 KR-85	4.800E+11	0.0022	0.251	1.24	0.0	0.0	0.0	0.0	2.218E-10	7.662E-09	0.0	0.0	0.0	0.0
4 KR-87	2.100E+10	0.7930	1.323	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	3.497E-09	1.781E-09	0.0	0.0	0.0	0.0
5 KR-88	1.100E+11	1.9500	0.377	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	4.504E-08	2.659E-09	0.0	0.0	0.0	0.0
6 KR-89	9.800E+07	2.0670	1.225	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	4.254E-11	7.697E-12	0.0	0.0	0.0	0.0
7 KR-90	6.200E+04	1.3250	1.289	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	1.725E-14	5.124E-15	0.0	0.0	0.0	0.0
8 XE-131M	2.900E+11	0.0200	0.143	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.21BE-09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9 XE-133M	2.600E+11	0.0420	0.190	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.293E-09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10 XE-133	2.200E+13	0.0450	0.135	0.85	0.0	0.0	0.0	0.0	2.079E-07	1.295E-07	0.0	0.0	0.0	0.0
11 XE-135M	5.200E+08	0.4320	0.093	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.717E-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 XE-135	1.100E+12	0.2500	0.316	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	5.775E-08	2.229E-08	0.0	0.0	0.0	0.0
13 XE-137	2.000E+08	0.1810	1.766	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	7.602E-12	2.264E-11	0.0	0.0	0.0	0.0
14 XE-138	2.500E+09	1.1830	0.611	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	6.211E-10	9.793E-11	0.0	0.0	0.0	0.0
15 XE-139	2.700E+05	0.8500	1.750	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	4.820E-14	3.029E-14	0.0	0.0	0.0	0.0
16 I-131	4.300E+11	0.3810	0.195	1.23	2.9E-07	4.4	8.8E-09	4.3	3.440E-08	5.290E-09	7.265E-07	1.074E-06	2.394E-05	3.621E-05
17 I-132	2.800E+09	2.2530	0.498	1.25	1.7E-09	4.7	9.1E-11	4.2	1.325E-09	8.940E-11	4.892E-11	7.063E-11	9.139E-10	1.477E-09
18 I-133	9.800E+10	0.6080	0.416	1.25	4.9E-08	5.0	1.5E-09	4.4	1.251E-08	2.614E-09	2.822E-08	4.269E-08	9.220E-07	1.585E-06
19 I-134	9.900E+08	2.7500	0.599	1.25	2.9E-10	4.6	3.0E-11	3.7	5.717E-10	3.802E-11	5.702E-12	7.253E-12	5.512E-11	8.716E-11
20 I-135	2.200E+10	1.6450	0.382	1.25	8.5E-09	4.7	3.0E-10	4.5	7.600E-09	5.388E-10	1.267E-09	1.960E-09	3.590E-08	5.801E-08
TOTAL	1.799E+12								3.778E-07	1.739E-07	1.119E-06	2.490E-05	3.786E-05	

$$HGAMMA = 3.780E-07 \text{ SV} = 1.800E+12 (\text{MEV}\cdot\text{Bq}) * 2.100E-19 (\text{D}/\text{Q})$$

HBETA = 1.739E-07 SV

HEI(CHILD) = 1.119E-06 SV

HTI(CHILD) = 3.786E-05 SV

HEI(ADULT) = 7.561E-07 SV

HTI(ADULT) = 2.490E-05 SV

付録 4 相対線量 (D/Q) , 相対濃度 (χ/Q)

表 事故時の方位別 χ/Q 、 D/Q の97% 値

(J M T R)				
	χ/Q [h/m ³]		D/Q [Gy/(MeV · Bq)]	
実効放出 継続時間	1 時 間		1 時 間	
有効高さ	80 m		80 m	
建家投影面積	0 m ²		0 m ²	
着目方位	計算地點 までの距離 (m)	97 %値	計算地點 までの距離 (m)	97 %値
S	1,620	6.5×10^{-10}	620	2.5×10^{-19}
SSW	1,960	6.9×10^{-10}	390	2.7×10^{-19}
SW	1,540	8.2×10^{-10}	320	3.4×10^{-19}
WSW	690	<u>8.7×10^{-10}</u>	170	<u>4.3×10^{-19}</u>
W	1,270	4.5×10^{-10}	150	4.0×10^{-19}
WNW	2,690	8.5×10^{-11}	150	3.9×10^{-19}
NW	1,000	6.6×10^{-10}	130	3.8×10^{-19}
NNW	1,140	4.7×10^{-10}	130	3.4×10^{-19}
N	4,050	1.0×10^{-10}	140	3.1×10^{-19}
NNE	1,500	2.9×10^{-10}	590	1.9×10^{-19}
NE	1,480	2.7×10^{-10}	730	1.7×10^{-19}
ENE	4,400	1.3×10^{-10}	890	1.5×10^{-19}
E	3,060	1.2×10^{-10}	880	1.8×10^{-19}
ESE	3,080	9.5×10^{-11}	910	1.4×10^{-19}
SE	4,100	2.4×10^{-10}	1,060	2.4×10^{-19}
SSE	1,620	5.1×10^{-10}	970	2.4×10^{-19}

気象データ：1982年1月～1986年12月までの測定データ

注 記：下線は被ばく評価に用いる値

表 事故時の方位別 χ/Q 、 D/Q の97%値

(J M T R)

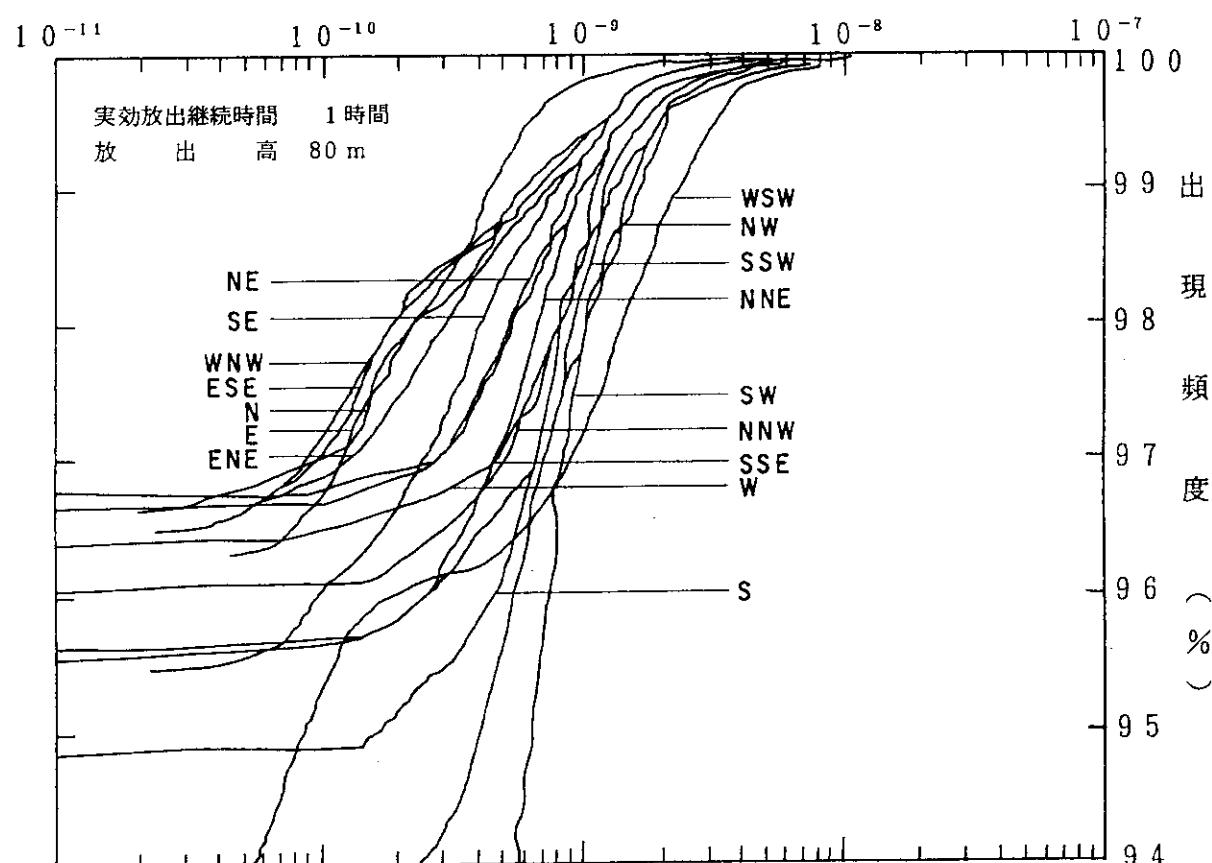
	χ/Q [h/m ³] (よう素)	χ/Q [h/m ³] (β 線)	D/Q [Gy/(MeV · Bq)]			
実効放出 継続時間	243 時間	156 時間	41 時間			
有効高さ	80 m	80 m	80 m			
建家投影 面積	0 m ²	0 m ²	0 m ²			
着目方位	計算地点 までの 距離 (m)	97%値	計算地点 までの 距離 (m)	97%値	計算地点 までの 距離 (m)	97%値
S	620	7.4×10^{-11}	620	8.7×10^{-11}	620	9.5×10^{-20}
SSW	580	8.6×10^{-11}	460	9.8×10^{-11}	390	1.3×10^{-19}
SW	600	1.2×10^{-10}	580	1.6×10^{-10}	320	1.7×10^{-19}
WSW	550	2.0×10^{-10}	560	2.3×10^{-10}	170	2.1×10^{-19}
W	530	1.4×10^{-10}	540	1.7×10^{-10}	150	2.0×10^{-19}
WNW	590	1.4×10^{-10}	530	1.6×10^{-10}	150	1.8×10^{-19}
NW	570	1.6×10^{-10}	520	1.9×10^{-10}	130	1.7×10^{-19}
NNW	590	1.3×10^{-10}	550	1.6×10^{-10}	130	1.7×10^{-19}
N	650	5.2×10^{-11}	580	5.9×10^{-11}	140	1.6×10^{-19}
NNE	590	1.0×10^{-10}	590	1.3×10^{-10}	590	1.2×10^{-19}
NE	730	9.9×10^{-11}	730	1.2×10^{-10}	730	9.3×10^{-20}
ENE	890	1.0×10^{-10}	890	1.1×10^{-10}	890	9.5×10^{-20}
E	880	8.9×10^{-11}	880	1.2×10^{-10}	880	8.5×10^{-20}
ESE	910	7.4×10^{-11}	910	8.9×10^{-11}	910	6.9×10^{-20}
SE	1,060	7.6×10^{-11}	1,060	9.6×10^{-11}	1,060	7.6×10^{-20}
SSE	970	5.7×10^{-11}	970	7.2×10^{-11}	970	8.0×10^{-20}

気象データ：1982年1月～1986年12月までの測定データ

注 記：下線は被ばく評価に用いる値

χ / Q (h/m³)

放出源 : JMTR

図 方位別相対濃度 (χ / Q) の累積出現頻度

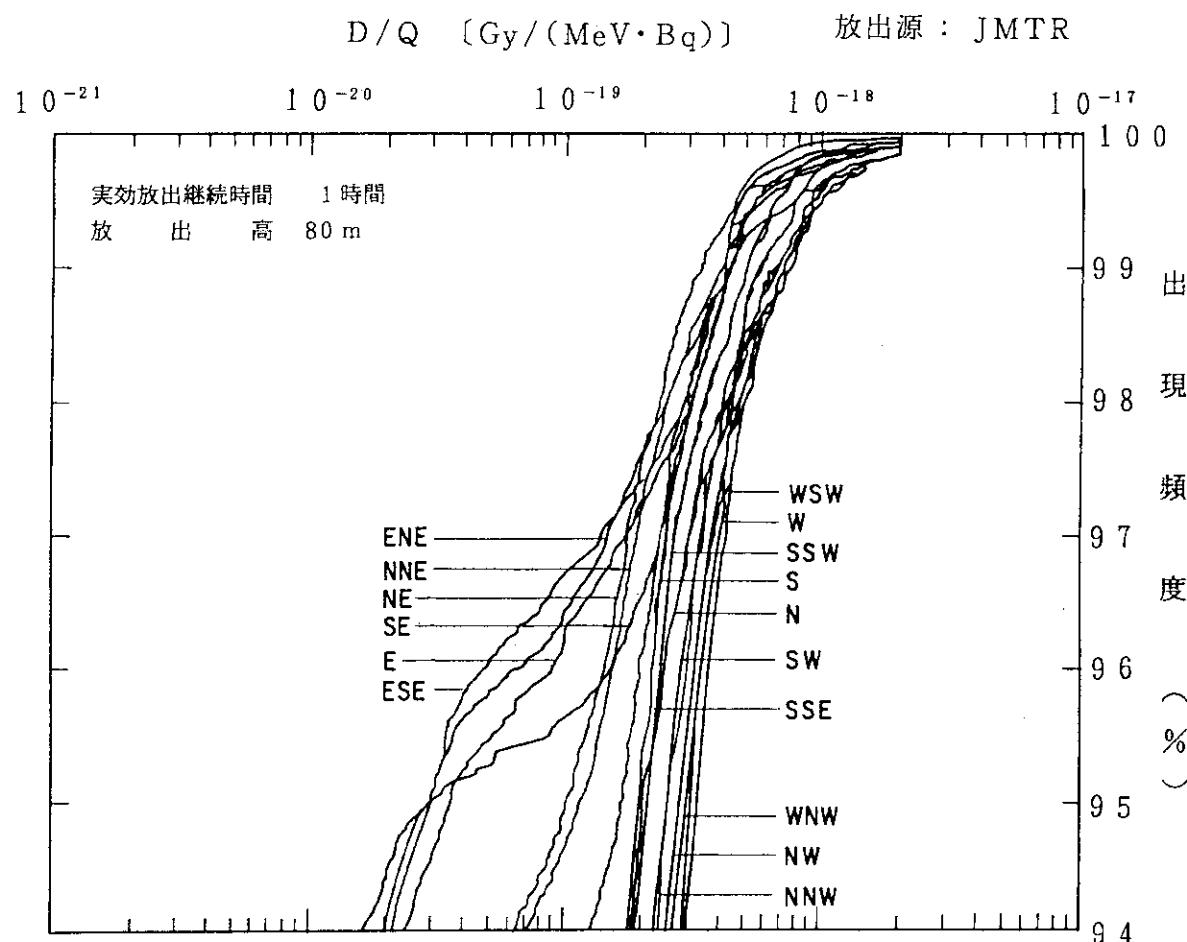
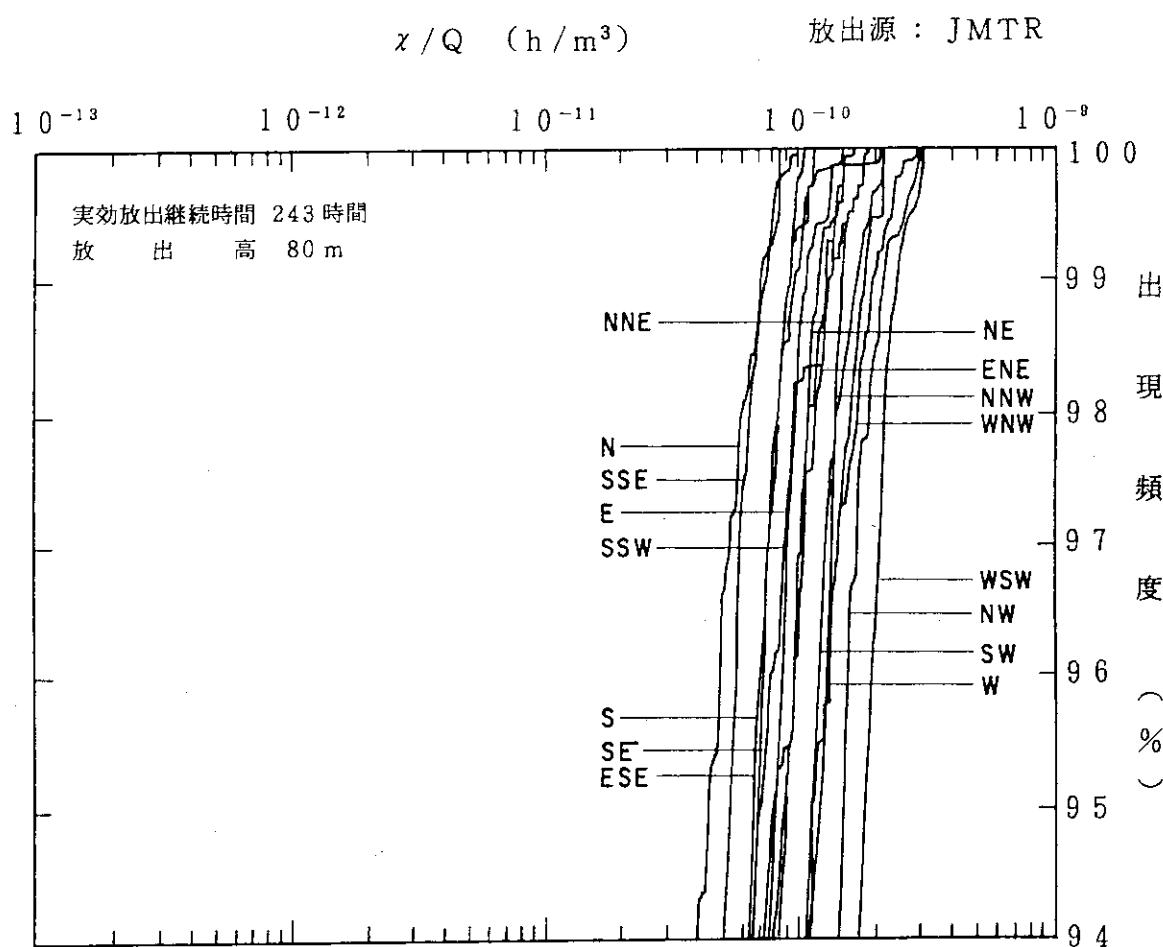
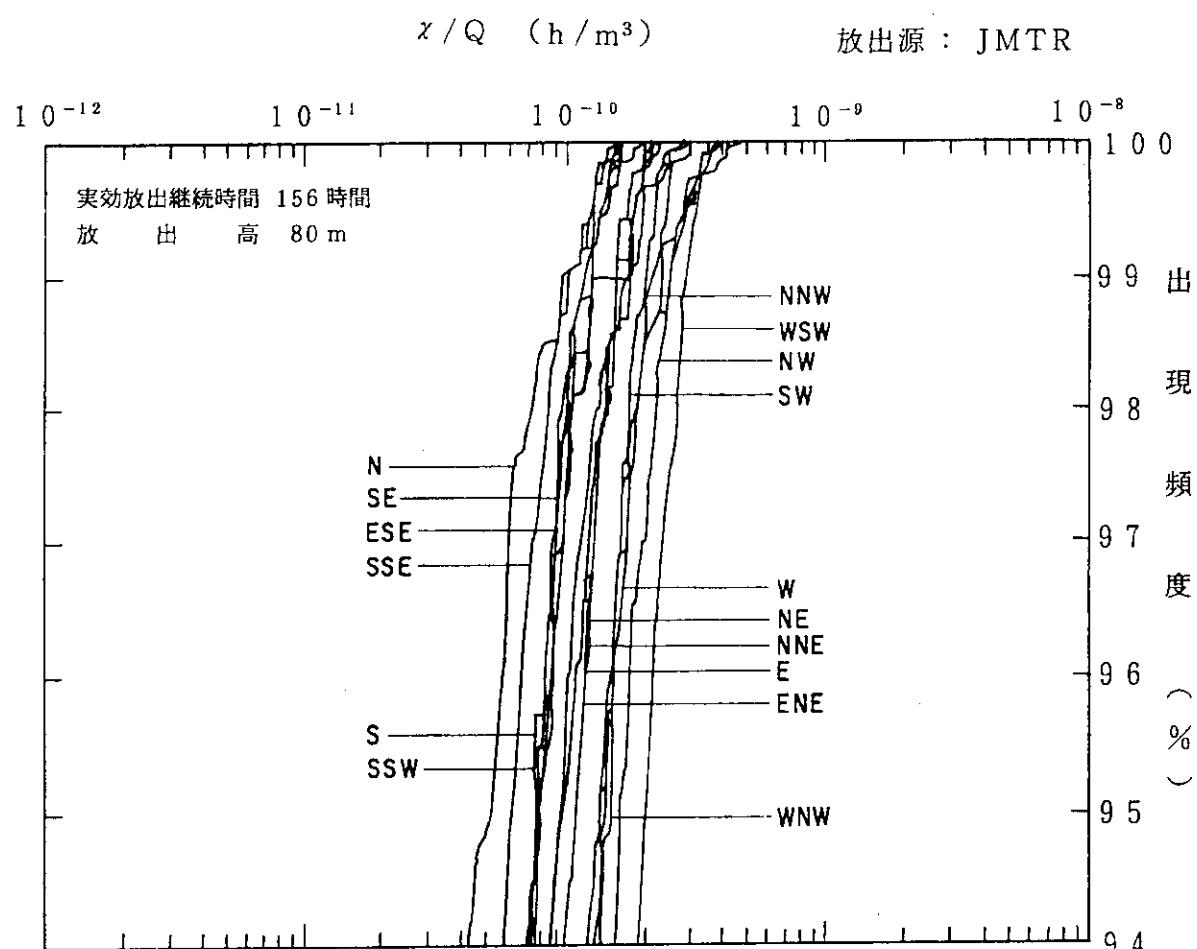


図 方位別相対線量 (D / Q) の累積出現頻度

図 方位別相対濃度 (χ / Q) の累積出現頻度

図 方位別相対濃度 (χ / Q) の累積出現頻度

D / Q [Gy / (MeV · Bq)] 放出源 : JMTR

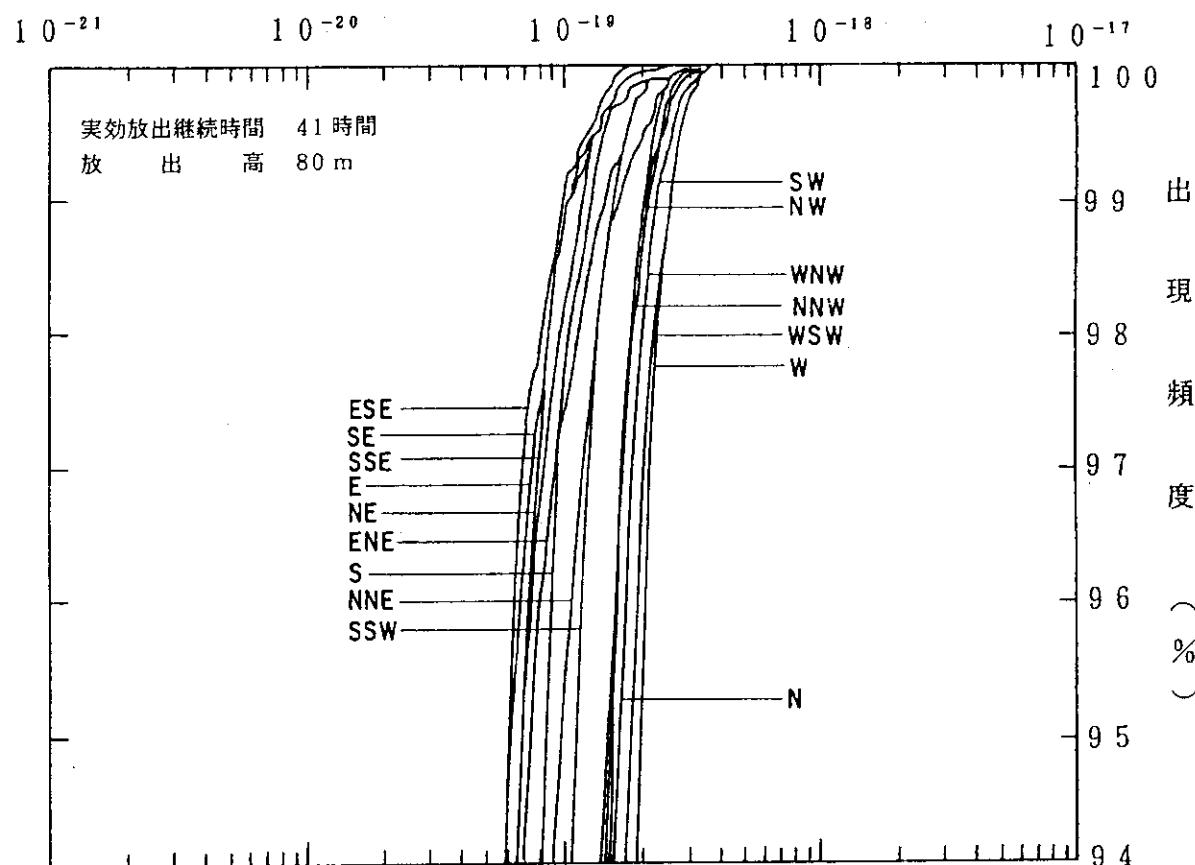


図 方位別相対線量 (D / Q) の累積出現頻度

付録 5 単位照射線量あたりの実効線量当量

空気吸収線量から実効線量当量への換算係数は ICRP Publication 51に示されている等方照射（ISO）における単位照射線量あたりの実効線量当量の最大値 $0.822 \times 10^{-2} \text{ Sv/R}$ を用いて

$$K_1 = 0.822 \times 10^{-2} (\text{Sv/R}) \times \frac{1}{0.00873(\text{Gy/R})} = 0.942 (\text{Sv/Gy}) \\ \approx 1 (\text{Sv/Gy})$$

を採用する。

表 3 a 人体形状ファントムにさまざまなジオメトリーで入射する光子についての、自由空間中における単位照射線量当たりの実効線量当量

光子エネルギー (MeV)	換算係数 ($10^{-2} \text{ Sv R}^{-1}$)				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
1.0 10^{-2}	0.0070	0.0000	0.0020	0.0030	0.0030
1.5 10^{-2}	0.0440	0.0900	0.0900	0.0200	0.0160
2.0 10^{-2}	0.131	0.0392	0.0234	0.0587	0.0495
3.0 10^{-2}	0.440	0.232	0.131	0.228	0.187
4.0 10^{-2}	0.784	0.490	0.281	0.434	0.352
5.0 10^{-2}	1.04	0.703	0.410	0.601	0.488
6.0 10^{-2}	1.21	0.865	0.513	0.726	0.592
8.0 10^{-2}	1.28	0.980	0.602	0.833	0.675
1.0 10^{-1}	1.25	0.982	0.608	0.840	0.668
1.5 10^{-1}	1.13	0.909	0.577	0.778	0.635
2.0 10^{-1}	1.06	0.861	0.569	0.746	0.614
3.0 10^{-1}	0.984	0.823	0.563	0.720	0.600
4.0 10^{-1}	0.951	0.811	0.570	0.715	0.599
5.0 10^{-1}	0.932	0.808	0.581	0.717	0.602
6.0 10^{-1}	0.919	0.807	0.592	0.719	0.609
8.0 10^{-1}	0.904	0.810	0.613	0.725	0.623
1.0 10^0	0.896	0.815	0.632	0.732	0.638
1.5 10^0	0.888	0.827	0.670	0.748	0.666
2.0 10^0	0.888	0.837	0.698	0.762	0.688
3.0 10^0	0.895	0.855	0.739	0.783	0.720
4.0 10^0	0.905	0.868	0.765	0.797	0.739
5.0 10^0	0.914	0.879	0.785	0.810	0.755
6.0 10^0	0.921	0.889	0.802	0.822	0.770
8.0 10^0	0.932	0.905	0.828	0.846	0.797
1.0 10^1	0.939	0.918	0.849	0.869	0.822

照射ジオメトリーについては3.6節参照。

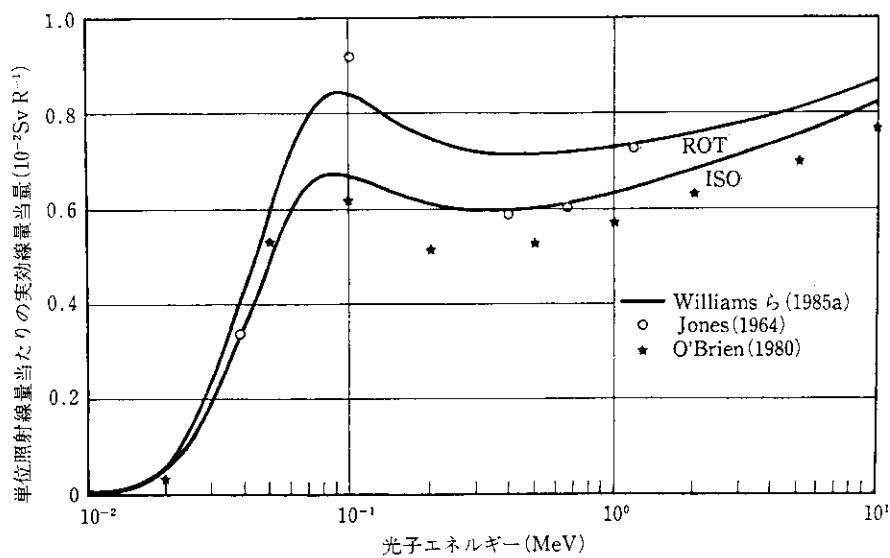


図 3 b 人体形状ファントムにさまざまなジオメトリーで入射する光子についての、自由空間中における単位照射線量当たりの実効線量当量。表 3 の脚注も参照。

付録 6 線量評価に用いる呼吸率

線量評価で用いる呼吸率は、ICRP Publication 23 “Report of the Task Group on Reference Man” 及び「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針について」を参考して定める。

	Liters of air breathed for Reference Man (ICRP Publication 23)			
	Adult man	Adult woman	Child (10y)	Infant (1y) Newborn
8 h working “light activity”	9,600	9,100	6,240	2,500 (10h) 90 (1h)
8 h nonoccupational activity	9,600	9,100	6,240	
8 h resting	3,600	2,900	2,300	1,300 (14h) 690 (23h)
Total	2.3×10^4	2.1×10^4	1.5×10^4	0.38×10^4 0.08×10^4

小児（5才）の呼吸率は、10才児と1才児の呼吸率から内挿して求める。

[活動時]

$$\text{呼吸率} = \frac{\frac{6240}{8} - \frac{2500}{10}}{\frac{10}{1}} \times (5 - 1) + 2500/10 \\ = 485.55 \text{ } \ell/\text{h} \quad [0.5 \text{ } \text{m}^3/\text{h}]$$

[1日平均]

$$\text{呼吸率} = \frac{\frac{1.5 \times 10^4}{10} - \frac{0.38 \times 10^4}{1}}{\frac{10}{1}} \times (5 - 1) + 0.38 \times 10^4 \\ = 0.8777 \times 10^4 \text{ } \ell/\text{d} \quad [0.366 \text{ m}^3/\text{h}]$$

表 呼吸率 (m³/h)

		1日の平均	活動時
ICRP Publication 23	成人	$(2.3 \times 10^4 \text{ } \ell/\text{d})$ $0.96 \text{ m}^3/\text{h}$	$(9600 \text{ } \ell/8\text{h})$ $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ *
	5才児	[内挿式] $0.366 \text{ m}^3/\text{h}$	[内挿式] $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ *
	4才児	[内挿式] $7.533 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{d}$	
評価指針	成人	$(2.3 \times 10^7 \text{ cm}^3/\text{d})$ $0.96 \text{ m}^3/\text{h}$ *	
	幼児 (~4才)	$(8 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{d})$ $0.33 \text{ m}^3/\text{h}$ *	
	乳児 (~1才)	$(4 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{d})$	

* : 線量評価では、評価期間が短い場合には ICRP の活動時の値を使用し、評価期間が長い場合には「評価指針」の値を使用する。

参考資料 1 照射設備の事故時線量評価

1. OGL-1 の最大想定事故

従来の原子炉設置変更許可申請書では、OGL-1 の最大想定事故において「原子炉立地審査指針」に基づき「仮想事故」相当の解析を行っていた。今回、放射能単位の見直しに伴い、LEU化による原子炉設置変更許可申請書の立地評価で用いた線量の算定方法を用い、線量を評価した。

- (1) 大気中に放出される放射性物質の量は従来の申請書にキューリー単位で記載されていた値をベクレル単位に変換して用いた。(表1-1 参照)
- (2) 線量の算定に用いる相対線量、相対濃度は、LEU化における線量評価で用いた実効放出継続時間1時間の値を用いた。

$$\text{相対線量 } (D/Q) : 4.3 \times 10^{-9} \text{ Gy/(MeV} \cdot \text{Bq})$$

$$\text{相対濃度 } (\chi/Q) : 8.7 \times 10^{-10} \text{ h/m}^3$$

- (3) 「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に基づき、「仮想事故」と同様の評価を行った。

- (4) 全身線量の積算値の計算に用いる拡散条件の風速は、1.5 m/sとした。

(5) 評価結果

全身に対しての線量	2.1×10^{-4} Sv
-----------	-------------------------

甲状腺及び皮膚への線量	
-------------	--

よう素の吸入による成人甲状腺に対しての線量	3.9×10^{-3} Sv
-----------------------	-------------------------

ベータ線による皮膚への線量	7.0×10^{-5} Sv
---------------	-------------------------

全身線量の積算値(1985年)	0.035 万人Sv
-----------------	------------

以上の結果は立地上の線量のめやすに比べて十分小さい。

2. OSF-1 事故解析

キャプセル破損事故

従来の原子炉設置変更許可申請書では、OSF-1 のキャプセル破損事故において「原子炉立地審査指針」に基づく「重大事故」相当の解析を行っていた。今回、放射能単位の見直しに伴い、LEU化における安全評価で用いた線量の算定方法を用い、「事故」時の実効線量当量を評価した。

- (1) 大気中に放出される放射性物質の量は従来の申請書にキューリー単位で記載されていた値をベクレル単位に変換して用いた。(表1-2 参照)
- (2) 線量の算定に用いる相対線量、相対濃度は、LEU化における評価で採用した気象データを用い、実効放出継続時間6時間の場合の値を新たに計算した。
- (3) 「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に基づき、「事故」と同様の評価を行った。
- (4) 事故評価

① 核分裂生成物の大気放出量

希ガス及びよう素 (ガンマ線実効エネルギー換算)	6.9×10^{11} MeV · Bq
よう素	9.3×10^9 Bq

② 線量評価に使用する相対線量及び相対濃度

この事故による線量評価に使用する相対線量(D/Q) 及び相対濃度(χ/Q)は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づいて算出した。計算に使用する気象データは異常年でないことが確認されている1982年1月から1986年12月までの5年間の大洗研究所における観測データを使用した。実効放出継続期間は従来の評価で用いていた6時間とした。算出された値を次に示す。

相対線量 (D/Q)	: 3.3×10^{-9} Gy/(MeV · Bq)
相対濃度 (χ/Q)	: 8.6×10^{-10} h/m ³

③ 実効線量当量計算結果

敷地境界外における最大の実効線量当量は、次の値となる。

外部ガンマ線による実効線量当量 : 約 2.3×10^{-7} Sv

よう素の吸入による小児の実効線量当量 : 約 1.2×10^{-7} Sv

(5) 結論

OSF-1のキャプセル破損事故による敷地境界外の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。

表1-1 最大想定事故時災害評価に寄与する核分裂生成物崩壊数
(OGL-1)

核種	大気放出量(Bq)	核種	大気放出量(Bq)
^{83m} Kr	1.565×10^{13}	¹³¹ I	8.732×10^{12}
^{85m} Kr	4.644×10^{13}	¹³² I	1.055×10^{13}
⁸⁵ Kr	1.258×10^{12}	¹³³ I	2.054×10^{13}
⁸⁷ Kr	7.108×10^{13}	¹³⁴ I	1.421×10^{13}
⁸⁸ Kr	1.174×10^{14}	¹³⁵ I	1.783×10^{13}
^{131m} Xe	9.620×10^{11}	⁹⁹ Mo	2.590×10^{11}
^{133m} Xe	6.623×10^{12}	^{99m} Tc	2.220×10^{11}
¹³³ Xe	2.777×10^{14}		
^{135m} Xe	1.876×10^{13}		
¹³⁵ Xe	2.437×10^{14}		
¹³⁸ Xe	1.887×10^{12}		

表1-2 放射性物質の大気放出量 (OSF-1)

核種	大気放出量(Bq)	核種	大気放出量(Bq)
^{83m}Kr	1.480×10^{10}	^{131}I	6.845×10^9
^{85m}Kr	6.283×10^{10}	^{132}I	~ 0
^{85}Kr	8.325×10^{11}	^{133}I	2.056×10^9
^{87}Kr	3.616×10^{10}	^{134}I	~ 0
^{88}Kr	1.124×10^{11}	^{135}I	4.415×10^8
^{89}Kr	2.685×10^9		
^{131m}Xe	4.717×10^{10}	小計	9.342×10^9
^{133m}Xe	5.286×10^{11}		
^{133}Xe	8.091×10^{12}		
^{135m}Xe	3.126×10^9		
^{135}Xe	3.034×10^{10}		
^{137}Xe	4.191×10^9		
^{138}Xe	1.642×10^{10}		
小計	9.782×10^{12}		

参考資料 2 E P Z の評価

1. はじめに

放射性物質の周辺環境への大量の放出があった場合に、周辺住民に対して緊急に応急対策をとらねばならないのは、施設から風下方向に拡散する放射性ブルームによる被ばくに対してである。施設において異常事態の様相、気象条件、居住区域までの距離等により異なり、あらかじめ特定することはできない。いずれにしても限られた時間を有効に利用し、周辺住民の被ばくを低減するための応急対策を適切に行うためには、あらかじめある地域の範囲を選定し、そこに重点を置いた原子力防災に特有な対策を講じておく必要がある。そのため、E P Z (Emergency Planning Zone)の概念¹⁾が導入された。

2. E P Z の計算方法

1) 事故時の希ガス及びよう素の放出量

仮想事故想定時の放出量の10倍が放出されたとする。

2) 防護対策指標の下限値

外部全身線量当量 10mSv

小児甲状腺線量当量 100mSv

3) 1)および2)の計算条件のもとで、仮想事故想定時のシナリオにもとづき、実気象データ、放出高さおよび希ガス及びよう素の放出量を用い、方位および距離ごとに外部全身線量当量と小児甲状腺線量当量を求め、防護対策指標の下限値が現れる距離を計算する。

3. 計算に用いたパラメータ

1) γ 線及びよう素核種の放出量と実効放出継続時間

① γ 線核種の放出量

1) 継続時間が1時間の場合 2.726×10^{16} (MeV · Bq)

2) 継続時間が41時間の場合 3.646×10^{15} (MeV · Bq)

② よう素核種の放出量

単位: Bq

核種名	実効放出継続時間	
	1時間	243時間
I ¹³¹	9.316×10^{13}	8.571×10^{14}
I ¹³²	1.359×10^{14}	5.608×10^{12}
I ¹³³	2.217×10^{14}	1.962×10^{14}
I ¹³⁴	2.392×10^{14}	1.976×10^{12}
I ¹³⁵	2.091×10^{14}	4.305×10^{13}

2) J M T R サイトの中心位置

J M T R スタック

3) 使用した実気象データ

大洗研究所気象観測塔で得られた1982年1月1日から1986年12月31日までの5年間の実気象データであり、事故時の安全評価で使用されたものと同一である。

4. 計算結果

上記の計算条件のもとで、EPZを求めた。その結果、防護対策指標の下限値の外部全身線量のEPZは420m（方位WSW）で、小児甲状腺線量当量のEPZは8600m（方位SW）となった。この値は『原子力発電所等周辺の防災対策について』（原子力安全委員会、昭和55年6月、平成元年3月一部改訂）でめやすとしている原子力発電所等を中心として8～10kmの範囲内にある。

5. 参考文献

- 1) 『原子力発電所等周辺の防災対策について』、原子力安全委員会、昭和55年6月、平成元年3月一部改訂