

使用済燃料輸送容器のデータ問題について

平成 10 年 12 月 3 日

使用済燃料輸送容器調査検討委員会

《 目 次 》

1. はじめに	1
2. 輸送容器のデータ問題の経緯	2
3. 輸送容器の製造とそれに対する安全規制	4
3-1 輸送容器	4
3-1-1 輸送容器の現状	4
3-1-2 輸送容器の発注関係	4
3-1-3 中性子遮へい材充てん工事の実施状況	4
3-2 中性子遮へい材の製造工程	5
3-3 中性子遮へい材の材料仕様値	5
3-4 輸送容器の安全規制	6
3-4-1 輸送容器の安全規制体系	6
3-4-2 輸送容器の審査等	7
4. データ改ざんの事実関係と背景	9
4-1 データ改ざんの事実関係	9
4-1-1 データに改ざんのある中性子遮へい材	9
4-1-2 データに改ざんのある輸送容器	9
4-1-3 データ改ざん発生時の状況	9
4-2 データ改ざんの背景	12
4-2-1 分析精度等と材料仕様値の検討	12
4-2-2 技術的能力及び技術的内容の検討	17
4-2-3 品質管理	18

<u>5. 輸送容器の安全性評価</u>	23
5-1 使用された輸送容器の線量当量率測定結果	23
5-2 輸送容器の遮へい安全性評価	23
5-2-1 遮へい安全性評価における解析条件	23
5-2-2 第三者機関による遮へい解析結果	24
5-2-3 事業者による遮へい解析結果	26
5-2-4 遮へい安全性評価のまとめ	26
<u>6. 今後の取組み</u>	28
6-1 企業及び技術者のモラル	28
6-2 再発防止策	30
6-2-1 事業者の再発防止策	30
6-2-2 国の再発防止策	33
<u>7. おわりに</u>	35

1. はじめに

平成10年10月9日に、原燃輸送船は、使用済燃料輸送容器に使用されている中性子遮へい材のデータに一部改ざんがあることを公表した。科学技術庁は、使用済燃料輸送の安全確保の重要性に鑑み、科学技術庁長官の指示により、10月12日、専門的・技術的見地から調査検討を行う第三者からなる「使用済燃料輸送容器調査検討委員会」（以下「調査検討委員会」という。）を設置した。当調査検討委員会には、通商産業省及び運輸省の参画を得ている。

当調査検討委員会においては、12月3日までの間、8回に及ぶ会合を通じて、事業者による調査結果のみならず、国による現地調査結果及び関係企業の担当者等からの聴取結果の報告を受けるとともに、モラル及び品質管理について外部の専門家から意見を聴取し、自らも現地調査、解析を進め、事実関係の整理と確認、輸送容器の安全性評価及び今後の取組み等のとりまとめを行った。

2. 輸送容器のデータ問題の経緯

原燃輸送船は、原子力発電所で発生した使用済燃料の日本原燃船六ヶ所再処理施設への輸送を目的とし、また、東京電力船、関西電力船、四国電力船及び九州電力船の各電力会社（以下「関連電気事業者」という。）は、原子力発電所構内における輸送等を目的として、NFT型使用済燃料輸送容器を使用している。

原燃輸送船及び原電工事船は、平成10年10月6日、輸送容器の製造のための試験段階で用いられる、輸送容器の大型試験用模型（モックアップ）の内部に使用された中性子遮へい材のデータについて、一部改ざんがあったことを確認し、科学技術庁へ報告を行うとともに、10月7日にその事実を公表した。関連電気事業者も同様の事実を通商産業省に報告するとともに、公表した。

科学技術庁は、報告後直ちに、原燃輸送船に対し、実際の輸送に用いられているすべての輸送容器について、中性子遮へい材のデータを確認するよう指示するとともに、10月8日から原燃輸送船、原電工事船及び日本油脂船に対して現地調査を開始した。通商産業省も、10月7日、関連電気事業者に対し同様の指示を行った。

原燃輸送船及び原電工事船は、10月9日、実際に使用される使用済燃料輸送容器についても、その中性子遮へい材のデータに問題があることを確認した旨の公表を行った。通商産業省は、10月12日、原子力発電所の構内輸送に関する現地調査を実施した。さらに、運輸省は、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の海上輸送に係る輸送容器（以下「MOX燃料輸送容器」という。）に関して、原電工事船に対して現地調査を実施した。

原燃輸送船及び原電工事船は、10月13日、実際に使用される輸送容器に関する調査結果を科学技術庁に報告するとともに公表した（使用済燃料輸送容器調査検討委員会資料（以下「委員会資料」という。）1－4）。関連電気事業者は、構内輸送用の輸送容器について同様の内容を確認し、通商産業省に報告するとともに公表した（委員会資料1－5）。運輸省は、審査中のMOX燃料輸送容器について同様の内容を確認し、公表し

た（委員会資料 1－6）。

さらに、原燃輸送機は、原材料の発注から中性子遮へい材が輸送容器に充てんされるまでの全工程の材料証明書を含む関係書類を調査し、11月12日の調査検討委員会第6回会合において、その結果を公表した（別添－14、15参照）（委員会資料 6－3）。

3. 輸送容器の製造とそれに対する安全規制

3-1 輸送容器

3-1-1 輸送容器の現状

データ改ざんが発生した中性子遮へい材に関係する輸送容器は、以下のとおりである。

原燃輸送船のNFT型使用済燃料輸送容器は、6タイプあり、合計52基が製造されている（別添-5、6参照）。

このうち、国内の原子力発電所から日本原燃船六ヶ所再処理施設へ使用済燃料を輸送するための輸送容器は6タイプ40基あり、国内の輸送容器メーカーが31基を製造し、海外の輸送容器メーカーが9基を製造している。

また、主として原子力発電所の構内輸送に使用される輸送容器（事業所外運搬の承認も得ている）は、5タイプ12基あり、国内の輸送容器メーカーが8基を製造し、海外の輸送容器メーカーが4基を製造している。

この他、MOX燃料輸送容器について、海外の輸送容器メーカーが1基を製造している。

3-1-2 輸送容器の発注関係

NFT型使用済燃料輸送容器及びMOX燃料輸送容器は、中性子遮へい材としてレジン（合成樹脂）を使用している。

原燃輸送船等から輸送容器の製造を受注した輸送容器メーカーは、中性子遮へい材（レジン）の充てん工事又はレジン材料の供給を原電工事船に発注している。

原電工事船は、レジンの原材料の小分け作業及び分析を日本油脂船に発注している。

日本油脂船は、ホウ素及び水素の化学分析を分析会社に発注している。（別添-7参照）

3-1-3 中性子遮へい材充てん工事の実施状況

原電工事船は、国内で製造される事業所外運搬用の輸送容器（31基）及び構内輸送用の輸送容器（8基）のレジン充てん工事を受注している。

また、海外で製造された構内輸送用の輸送容器（4基）のレジンについては、原電工事幹が材料の供給を行い、海外メーカーが充てん工事を行っている。さらに、MOX燃料輸送容器（1基）については、原電工事幹が材料の供給を行い、海外メーカーが充てん工事を行っている。

なお、海外で製造された事業所外運搬用の輸送容器（9基）のレジンについては、海外メーカーが製造及び充てん工事を行っている。（別添－5参照）

3-2 中性子遮へい材の製造工程

レジンは、原材料であるエポキシ樹脂系の主材、硬化材、三水和アルミナ及び炭化ホウ素（B₄C）の4つを混合することにより製造される。これらの原材料は、いずれも海外の材料メーカーから原電工事幹が購入し、日本油脂幹に搬入、保管される。

日本油脂幹では、この4つの原材料それぞれが同一の製造の由来であるものを組み合わせたひとかたまりのものを、ロットとして管理している。

ロットをそれぞれ所定の配合比率で小分けしたものをキットという。

各ロットから作られる最初のキットが出荷される前に、キットと同じ配合比率でサンプルが作製され、レジンの硬化後密度（以下単に「密度」という。）については日本油脂幹が、ホウ素及び水素については分析会社が分析を行う。この分析結果をもとにレジンの材料証明書が作成されている。（別添－8参照）

日本油脂幹で製造されたキットは、輸送容器メーカーの工場に搬入され、原電工事幹によって充てん工事が行われる。（別添－9参照）（委員会資料2-3）

3-3 中性子遮へい材の材料仕様値

今回の輸送容器については、中性子遮へい材としてレジンを使用しており、このレジンは、含有する水素で中性子を減速させることにより、中性子線量の低減を図るとともに、添加されたホウ素で熱中性子を吸収

することにより、二次ガンマ線（熱中性子が水素に捕獲された際に発生するガンマ線）の発生を低減させるものである。

レジンの材料仕様値としては、原燃輸送時は、将来の高燃焼度燃料の収納も考慮し、遮へい計算に使用するレジンの密度、炭化ホウ素（B₄C）濃度（以下単に「ホウ素濃度」という。）及び水素濃度について以下の数値を設定している（委員会資料4～6）。

- ・密度： $1.67 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$
- ・ホウ素濃度： 0.0194 g/cm^3 以上
- ・水素濃度： 0.096 g/cm^3 以上

3-4 輸送容器の安全規制

3-4-1 輸送容器の安全規制体系

使用済燃料等の輸送容器の安全規制体系は、以下のとおりである（別添-10参照）。

①事業所外運搬

使用済燃料等を事業所外で運搬する場合は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下「原子炉等規制法」という。）又は船舶安全法に基づき、使用済燃料等を輸送容器に収納した状態（輸送物）で、実際に輸送が行われる前に、輸送物の線量当量率等が法令に基づく基準（表面で 2 mSv/h 、表面から 1 m で $100 \mu\text{Sv/h}$ を超えないこと等）に適合することの確認（輸送物確認）を規制担当省庁が行っている。

輸送物確認においては、1)輸送物の設計が妥当であること、2)輸送容器が設計どおりに製作されていること、3)実際の使用済燃料等を収納した状態で、輸送物が法令に基づく基準に適合することが確認されるが、同じ輸送容器を用いて繰り返し輸送を行う場合には、事前に容器承認を受けていると、次回以降の輸送物確認において上記の1)及び2)が省略されることとなる。（別添-11参照）

②構内輸送

使用済燃料を原子力発電所構内で輸送する輸送容器については、国は電気工作物として、1)工事の計画における遮へい性能が法令上の技術基準に適合しないものでないことを確認し、また、2)工事がこの計画に従って行われ、かつ、遮へい性能が技術基準に適合しないものでないことを確認する検査を行っている。さらに、原子炉等規制法に基づき、電気事業者に対し、3)実際に輸送を行う場合は、線量当量率等が法令に基づく基準に適合することを確認することを義務づけている。

3-4-2 輸送容器の審査等

(1) 審査

輸送容器の遮へい性能に関する審査は、以下のとおりである。

①事業所外運搬

申請者が輸送容器を設計、製作する場合においては、収納量、燃焼度など収納する使用済燃料等の仕様、レジンのホウ素濃度等の材料仕様を設定した上で、遮へい設計を行うこととなっている。

設計の審査においては、その遮へい性能が原子炉等規制法又は船舶安全法で定める線量当量率の基準を満たしているかを審査している（別添-12参照）。

②構内輸送

申請者が、収納量、燃焼度など収納する使用済燃料の仕様を設定した上で、電気事業法で定める必要な遮へい性能を有しているかどうかを確認するために遮へい計算を行うこととしている。審査においては、かかる計算による遮へい性能が法令の基準を満たしているかを確認している。

(2) 検査

輸送容器の遮へい性能に関する検査は、以下のとおりである。

①事業所外運搬

個々の輸送容器の審査に当たっては、輸送容器が設計に従って製作

されていることを示す説明書を提出しなければならないこととされており、この説明書において、申請者は、材料、外觀、寸法、溶接等の検査を行い、その結果を添付することとされている。

今回のレジンについては、申請者は、材料証明書により材料仕様値を満足することを確認するとともに、レジンが入る箇所の寸法検査及び充てん工事の際の密度の立会確認等を行っている。また、規制担当省庁はこれらの結果について確認を行っている（別添—13参照）。

②構内輸送

個々の輸送容器の検査は、輸送容器が工事の計画に従い製作されており、また技術基準に適合しないものでないことを確認するものである。

今回のレジンについては、申請者が材料証明書による記録確認及び充てんする箇所の寸法検査の立会確認を行った結果について規制担当省庁が確認を行っている。

4. データ改ざんの事実関係と背景

4-1. データ改ざんの事実関係

4-1-1 データに改ざんのある中性子遮へい材

原電工事側が充てん工事又は材料の供給を行ったレジンとは、45ロットである。このうち、架空の数値を設定したもの、数値の書換えを行ったもの、又は硬化材に炭酸カルシウムが混入していたため硬化材を取り替えたにもかかわらず取り替え前の材料証明書をそのまま使用していたもののいずれかの改ざんに係るものは28ロットとなる（別添-14参照）（委員会資料1-4、6-3）。

4-1-2 データに改ざんのある輸送容器

輸送容器の中性子遮へい部には、複数のロットから製造されたレジンが充てんされるため、材料証明書に改ざんが行われたレジンを使用した輸送容器は多数に及ぶ結果となっている（別添-15参照）（委員会資料1-4、6-3）。

事業所外運搬に用いられる輸送容器31基のうち29基にデータ改ざんがあったロットが用いられており、主として原子力発電所の構内輸送に用いられる輸送容器12基のうちの10基についても同様であることから、これらを合わせると合計43基の輸送容器のうち39基の輸送容器にデータ改ざんがあったロットが用いられたこととなる。

また、MOX燃料輸送容器1基にもデータ改ざんがあったロットが用いられていた。

この他、モックアップに使用されたレジンについてもデータ改ざんがあったロットが用いられていた。さらに、モックアップから切り出されたサンプルの分析結果についてもデータ改ざんがあった。

4-1-3 データ改ざん発生時の状況

輸送容器のデータ問題に関し、再発防止の観点から、科学技術庁が、原電工事側及び日本油脂側の担当者等から材料証明書の分析データの改ざんが発生した事実関係について聴取した内容は以下のとおり（委員会

資料6-5)。

なお、両者の認識に食い違いがあるところがあるが、そのまま記載した。

(1) モックアップ試験（ロットA、B）について

- ① 平成7年10月からの輸送容器メーカーのモックアップ試験を行う際、材料証明書用のサンプルを分析したかどうか原電工事側の担当課長が、日本油脂側に確認したところ、まだ分析していなかったため、早急に分析を行うよう指示した。

その後、日本油脂側から原電工事側に対し、分析結果がモックアップ試験に間に合わないとの連絡があったので、両者で打合せを行った結果、日本油脂側がロットA及びBの材料証明書の数値を記入し、原電工事側に提出した。

- ② 上記①の数値に関し、原電工事側の担当課長は、日本油脂側から、それ以前に実施した社内での試験結果があるのでそれを利用できるとの提案を受けたとしている。この際、担当課長は、モックアップ試験のロットは、社内試験のロットと同じものであるとの認識していた。

一方、日本油脂側は、原電工事側にそれまでの試験結果を提出しているものの、ロットA及びBの材料証明書に記載すべき数値については、原電工事側より指示があったとしている。

- ③ さらに、モックアップから切り出したサンプルの分析値のうち、ホウ素濃度又は水素濃度が材料仕様値を下回っているとの連絡及びその処置についての問合せが日本油脂側から原電工事側にあり、両者で打合せを行った。

原電工事側の担当課長は、分析方法が悪いと思い、輸送容器メーカーの工程に間に合わないとの連絡があったので、日本油脂側に具体的な数値を示して数値の書き換えを指示し、原電工事側は輸送容器メーカーに書き換えられた数値が記載された分析結果報告書を提出した。

(2) ロットCからYについて

- ① 日本油脂㈱は、原電工事㈱から、材料証明書がなければ充てん工事が開始できず、また、材料仕様値に入るように何とかしてくれと依頼されたことから、数値の書換え等をしてほしいとの指示と理解し、材料証明書の数値書換え等を行ったとしている。
- ② 原電工事㈱は、平成8年9月初旬、日本油脂㈱に対し、ロットTの材料証明書のボロン含有率の値について、0.0194で合格だが四捨五入されて合格していると輸送容器メーカーに思われることから、切り上げて0.0195にしてくれと口頭で伝え、日本油脂㈱に数値を書き換えてもらった。

その後、原電工事㈱は、同年9月中旬に、日本油脂㈱からの依頼に基づき、「0.0195で合格になります。注意して下さい。」との趣旨の文書を日本油脂㈱へ提出した。

- ③ 原電工事㈱の担当課長は、日本油脂㈱に対し、ロットIからWまでのデータについて、検査日時等の日付の訂正は指示したが、分析結果についての指示はしていないとしている。
- ④ 原電工事㈱の担当課長は、平成8年11月頃、日本油脂㈱から材料仕様値を下回る材料証明書が出てくる旨の連絡を受け、日本油脂㈱がこれまでの材料証明書のデータを改ざんしていると初めて認識し、分析会社の分析結果を取り寄せ、データ改ざんの事実を確認したとしている。

(3) ロットAAからADについて

上記連絡の後、平成8年12月に、ロットAAからADについて、日本油脂㈱は原電工事㈱からの書換えの指示を拒絶し、材料仕様値を下回る材料証明書を原電工事㈱に提出した。このため、原電工事㈱の担当課長自らが材料証明書の数値の書換えを行った。

(4) ロットAMからAQについて

日本油脂㈱は、ロットAAからADについて、数値の書換えをせずに

原電工事㈱に材料証明書を出していたものの、ロットAMからAQの材料証明書については、日本油脂㈱が自ら数値の書換えを行った。

(5) 動機等

- ① 原電工事㈱の担当課長は、データ改ざんの動機について、レジン充てん工事の準備に時間もかかり、工事を遅らせられないという意識が前提になっていたとしている。また、充てん工事が重なると、ますます工事を優先することになったとしている。

なお、原電工事㈱の担当課長は、データの改ざんについて、担当部長と相談を行っていないとしている。

- ② 日本油脂㈱の担当課長は、データ改ざんの動機について、材料仕様値に対する認識の甘さがあり、材料仕様値の値を下回った場合の対応策を考えておらず、発注元からの指示に従うこととなったとしている。

なお、日本油脂㈱の担当課長は、データの改ざんについて、担当部長と相談を行っていないとしている。

4-2 データ改ざんの背景

今回のデータ改ざんが行われるに至った背景として、レジンの分析方法及び材料仕様値の設定方法、レジンの製造に当たっての技術的な検討状況並びに輸送容器製造が適切に行われるためのチェックシステムである品質管理の状況について整理する。

4-2-1 分析精度等と材料仕様値の検討

(1) ロットサンプルの分析等

1) ロットサンプルの作製方法

日本油脂㈱が行うキットの製造・供給に際し、日本油脂㈱は、原電工事㈱から指定された配合比率によりキットを製造する前に、ロットサンプルとして、キットと同じ配合比率の試料原料(500g)を小型攪拌機で5～10分混合した後、真空乾燥機に移し替えて減圧・脱泡を行って円柱状の試料を作製する(別添-16参照)(委員会資料3-2)。

2) 化学分析と密度測定

ロットサンプルは、直径28mm、厚さ10mmの円盤状に切断され、ホウ素及び水素の分析のため、日本油脂㈱から分析会社へ送付される。分析会社は、切断された円盤状試料からドリルによって切削された分析用の粉末試料を2g採取した後、これを0.1gずつ分取し、ホウ素については、誘導結合高周波プラズマ発光分析法により、水素については、赤外吸光分析法により分析を行っている。これらの分析結果は日本油脂㈱に報告され、日本油脂㈱で測定されたロットサンプルの密度とともに、分析結果から算出したホウ素濃度及び水素濃度として材料証明書に記載されることとなっていた（委員会資料3-2）。

(2) 分析精度等

分析データには、36個のロットサンプルデータ、モックアップ試験後に切り出した17個のサンプル（以下「モックアップサンプル」という。）データ及び実際の輸送容器にレジンを充てんする際に採取し保管されていたものを今回新たに分析した111個のサンプル（以下「保管サンプル」という。）データがある。

これらの分析データのバラツキを見ると、ホウ素濃度については、ロットサンプルのバラツキが標準偏差で約8%であり、モックアップサンプルのバラツキが標準偏差で約6%、保管サンプルのバラツキが標準偏差で約4%となっている。また、水素濃度については、ロットサンプル、モックアップサンプル、保管サンプルのいずれもバラツキが標準偏差で約2%となっている（委員会資料6-4-1）。

これら各サンプルのホウ素濃度及び水素濃度の分析データに生じたバラツキの要因としては、原材料の品質、計量、混合、充てん及び試料採取・分析において各々生じる誤差が考えられるので、原材料の輸入から分析までの全工程において生じる誤差について検討を行った（別添-17参照）。

1) 原材料仕様及びキット計量

レジンの原材料である主材、硬化材、三水和アルミナ及び炭化ホウ素について、原料輸入先の海外メーカーが発行した品質証明書（ミルシート）を確認した結果、いずれも基準値を満たすものであること、炭化ホウ素は理論値に近いホウ素純度であること、また、主材、硬化材及び三水和アルミナに含まれる水素量について化学組成から計算した結果が、レジンに関する技術を保有していたBISCO社で実施した元素分析結果とほぼ一致すること等から、原材料は品質の安定したものであることを、科学技術庁が確認している。

また、キット製造の際の計量誤差について、日本油脂㈱が保管している実際の計量データ（計量器のプリントアウトシート）を確認した結果、いずれの原材料も精度良く計量されており、主材、硬化材及び三水和アルミナの計量平均値に対するバラツキは標準偏差で0.1%以下、炭化ホウ素のバラツキは標準偏差で1%以下であることを、科学技術庁が確認している。（委員会資料6-5）

2) 化学分析

ホウ素及び水素を分析した分析会社において、当調査検討委員会の委員が、試料採取を含む分析方法の調査を行った結果、それぞれ以下のことを確認している。なお、分析機器の校正等は適切に行われていた。（委員会資料6-5）

①ホウ素濃度

ホウ素濃度は各ロット毎に3～5試料を分取して分析しており、これに係る分析誤差は、分析用の粉末試料（0.1g）の採取から分析終了までで、大きく見積もって標準偏差で4%程度とされている。

この誤差の要因としては、レジン中の炭化ホウ素の含有率が1.2%と少ないこと及び分析用の粉末試料が0.1gと少量であることによるものとみられる。

②水素濃度

水素濃度は、各ロット毎に3試料を分取して分析しており、これに

係る分析誤差は、レジン中の水素の存在量が炭化ホウ素に比べて多いこと及び分析に係るプロセスが少ないことから、ホウ素濃度の分析誤差より小さく標準偏差で2%以下とされている。

3) 混合・充てん

①ホウ素濃度

ロットサンプルと保管サンプルの作製における工程上の違いは材料の混合工程であり、ロットサンプル作製時に、実機と異なり小型攪拌機を使用したことや混合後に脱泡したことなどにより、ロットサンプルデータに保管サンプルデータより大きなバラツキが生じたものと考えられる。

モックアップサンプルデータのバラツキが、保管サンプルデータに比べて大きいのは、サンプルデータが17個と少ないことから、これに伴うバラツキがあるためと考えられる。

保管サンプルデータのバラツキは、分析誤差及び計量誤差を合計したバラツキとほぼ同等となることから、実機のレジン充てん前の混合による誤差は少ないと考えられる（委員会資料7-3-1）。

②水素濃度

水素濃度のバラツキは、それほど大きくないが、これは水素を含有している主材、硬化材及び三水和アルミナの原材料全量に占める割合が多いためと考えられる（委員会資料7-3-1）。

なお、モックアップサンプルデータを輸送容器の上下方向で見た場合のホウ素濃度及び水素濃度には、上下方向の偏在はなく、沈降等の影響はなかったと推定される（委員会資料7-6）。

4) 原材料の計量データに基づく濃度の計算

レジン中のホウ素濃度及び水素濃度は、原材料中のホウ素及び水素の含有率、キット計量データ並びにレジン密度から算出することができる（別添-18参照）。

信頼性のあるデータとして

- ①ミルシート等から妥当性が確認されている各原材料中のホウ素含有率及び水素含有率
- ②キット製造時の各原材料の計量データに基づく充てん量
- ③保管サンプルの密度の測定結果

から、実機に充てんされたレジンのホウ素濃度及び水素濃度について、キットの混合作業毎に計算した値（以下「計量データに基づく計算値」という。）は、すべて材料仕様値を上回っている（委員会資料6-4-2）。

また、ロットサンプル、モックアップサンプル及び保管サンプルデータのそれぞれの平均値は、材料仕様値を上回っており、また、それらの最頻値は、計量データに基づく計算値とほぼ等しいことから、計量データに基づく計算値を中心として、各種の誤差要因によって、これらの濃度のバラツキが生じているものと考えられる。（別添-19参照）

（3）材料仕様値の考え方

1) 今回の材料仕様値の設定

安全解析書記載の材料仕様値は、BISCO社資料に基づき、レジン中の炭化ホウ素の含有率1.2%、水素の元素組成比及びレジンの最小密度から求めたもので、この配合比率であれば材料仕様値を満足するとのBISCO社からの回答を踏まえ、原燃輸送課が設定したものである。

その際、レジン製造の技術を導入した原電工事課は、ホウ素濃度及び水素濃度の仕様値を満足するための技術的検討を十分に行っておらず、上記(2)に記載しているような、

- ・計量に伴う誤差
- ・分析試料の代表性に起因する誤差と分析精度に係る誤差
- ・各原材料の混合時の不均一性
- ・充てん時のバラツキ

等のバラツキに対する検討も十分行っていなかった。

また、両者を通じて、有効数字に対する考え方の検討が十分でなかつ

た。

2) 安全性確保のための材料仕様値の考え方

上記1)のような観点から、安全性の確保のため材料仕様値の考え方は次のとおりである。

- ① 各原材料の成分及び配合比率が明らかにされる場合は、信頼性の高い計量データを用いて、材料仕様値を満足していることを確認する方法が最も確実な方法である。
- ② しかしながら、今回のように原材料の成分及び配合比率が明らかにされず、化学分析によって、材料仕様値を満足していることを確認する方法では、上記1)の誤差を考慮して材料仕様値を設定（誤差を考慮して幅を持たせるか、又は誤差を見込んだ厳しめの値とする。）し、製作受注者は材料仕様値を十分満足する値を製作に当たっての目標値として定めて製作を行うとともに、遮へい安全解析では、厳しめに材料仕様値の下限值以下の値を用いて行い、安全性を確認する必要があった。

4-2-2 技術的能力及び技術的内容の検討

(1) 技術的能力

原電工事船においては、レジンに関する技術を保有していた米国のBISCO社からその技術を一括購入したため、BISCO社の技術資料どおりに施工すれば原燃輸送船及び輸送容器メーカーの求める材料仕様値を満足できると考えていた。

原電工事船においては、材料仕様値の決定に際し、新しい技術が十分咀嚼されず、レジンの製造、分析等に係る技術的検討を行うための十分な人材が配置されていなかった。また、原電工事船の技術的能力について、原燃輸送船及び輸送容器メーカーは十分把握していなかった。

さらに、材料仕様値は、4-2-3(1)で述べるように、契約等の上で形式的には伝達されていたものの、数値の意味と重要性についての理解が関係事業者において十分徹底されていなかった。

(2) 材料仕様値等についての技術的検討

原電工事㈱は、BISCO社からの技術導入後、BISCO社の技術資料をもとに、社内で施工に係る各種試験・研究を行い、自社で技術確立ができたと考えていた。しかし、同社は、ホウ素濃度及び水素濃度に対する仕様値に余裕がないことは認識しつつも、自社試験の結果としては仕様値を満足していたため、かかる仕様が確保できると考えており、仕様を逸脱する可能性の検討を十分行っていなかった。

また、4-2-1で述べたように、ホウ素及び水素の分析を行う際のサンプルの作製方法を含む分析方法についても検討が十分になされていなかった。

さらに、原電工事㈱は、実際の輸送容器へのレジン充てん工事に先立ち、輸送容器メーカー各社において、モックアップ試験を行い、レジン充てんの施工方法の確認を行うとともに、充てんされたレジンの切り出しサンプルを採取し、その密度、ホウ素濃度及び水素濃度の確認を行うこととしていた。しかしながら、このモックアップ試験の結果、ホウ素濃度及び水素濃度の分析結果の一部に材料仕様値を下回っていたものがあったにもかかわらず、データ改ざんが行われたため、原材料の配合比率の見直し等の技術的検討が行われなかった。

以上のように、原電工事㈱は、新しい技術に対する技術的な検討を行うための人材を適切に配置していなかった。また、材料仕様値は形式的には各事業者に伝達されていたものの、改ざんの実態があったことからみると、数値の意味とその重要性についての理解が関係事業者において十分に徹底されていなかったとみられる。

さらに、原電工事㈱においては、社内試験等の結果を十分反映できず、レジンの製造に係る施工方法及び分析方法等についての検討が十分になされていなかった。

4-2-3 品質管理

(1) 契約内容と実態上の責任関係

①契約等における材料仕様値の設定

レジンの密度、ホウ素濃度及び水素濃度の材料仕様値については、原燃輸送罐の製造・検査仕様書において、法令上の申請に必要な輸送容器の設計及び核燃料輸送物の安全性に関する説明書（以下「安全解析書」という。）で使用されている値と同じものが記載されている（委員会資料4-2-1）。

また、輸送容器メーカーから原電工事罐への発注仕様書等においても、同じ数値が記載されている（委員会資料4-2-2）。

原電工事罐が契約に基づき承認した日本油脂罐の品質管理要領書の材料証明書の様式において同じ数値が記載され、さらに、日本油脂罐の製品検査規格においても同じ数値が記載されている（別添-20参照）（委員会資料4-2-3、4-2-4）。

②材料証明書

材料証明書については、原電工事罐と日本油脂罐の間の契約書と日本油脂罐の品質管理要領書において記載されている。また、同要領書に添付されている材料証明書の様式では、日本油脂罐の押印欄とともに原電工事罐の承認印欄がある。

材料証明書の発行の第一義的な責任については、原電工事罐にあるか日本油脂罐にあるかが必ずしも明確な形となっていなかった。

(2) 工程管理

①レジン充てん工事

輸送容器の製造は、材料手配を含め完成までに約2年が必要とされており、この後半（1年6ヶ月頃）の工程中の1～2ヶ月間でレジンが充てんされる。

各輸送容器メーカーは、レジン充てん工事の見積依頼（引合）の時点で、原電工事罐に対して工事の予定時期を記載した輸送容器の製造工程表を提示しており、原電工事罐は、その時点から概ね1年後に予定されるレジン充てんの時期を知り得ていた。

その後、各輸送容器メーカーは、輸送容器の製造工程の進捗状況を踏ま

えながら、レジン充てん工事の約1ヶ月前には、原電工事㈱との間でレジン充てん工事の予定時期の調整を行っていた。（別添-21参照）（委員会資料4-3-1）

各輸送容器メーカーは、原電工事㈱から準備作業等の遅れによりレジン充てん工事時期の変更の通知があれば両者が協議することとなっているため、製造工程の見直しは可能であったが、そのような通知は原電工事㈱からなされなかったとしている。

②キットの製造工程

キット製造の指示は、原電工事㈱と日本油脂㈱との間の契約書上では、納期、数量、納入場所等を指定した原電工事㈱から日本油脂㈱あての発注書により、少なくとも納入希望日の30日前になされるものと規定されているが、この規定は遵守されていなかった。

日本油脂㈱からの委託を受けた分析会社が分析に要する期間は、標準で2～4週間であり、日本油脂㈱からの依頼により短縮できることとなっていた。

また、材料証明書発行のためのロットサンプルの分析をどの時点で行うかについて原電工事㈱と日本油脂㈱との間で具体的な取り決めがなされていなかった。（委員会資料4-3-2、4-3-3）

一方、硬化材は品質保持の観点から開封後保管期間が短い方が好ましいことから、充てん日の間近になってキット製造の指示が行われていたとの見方もあるが、硬化材は開封後1年間を使用期限としており、必ずしもこのような工程をとる必要はなかったとみられる。

(3) 事業者の品質管理体制

①品質管理

原電工事㈱は、通常は、品質保証規定に基づき品質保証に係る組織、文書管理、不具合処理等を定める品質保証計画書を定めることとしていたが、レジン充てん工事についてはこれを定めていなかった。また、同社には、安全・品質保証部が置かれていたが、同部は2名のみで、レジンの製造及び施工に係る社内の品質監査は行っておらず、実際の品質管

理活動は作業実施部門自身により行われていた。（委員会資料４－４－３）

日本油脂㈱は、キットの製造については、原電工事㈱との委託製造契約書に基づき品質管理要領書を定め、試験、検査、不具合処理等の方法を定めるとともに、製品検査規格により、レジンの材料仕様値に対する検査規格も定めていた。さらに、品質保証課を置いてはいたが、本件について十分な機能を果たしていなかった。（委員会資料４－４－４）

②関係企業間の品質監査

原燃輸送㈱は、輸送容器メーカー各社の製作開始時及び製作中に品質監査を実施し、輸送容器メーカーとともに原電工事㈱が行うレジン充てん工事に立ち会っていた。しかしながら、原電工事㈱のキット製造に関する輸送容器メーカーによる監査状況については十分把握していなかった。

輸送容器メーカーにおいては、レジン充てん工事の発注先として適格性を重要視しており、今回の場合は、発注に先立って行われた原電工事㈱におけるレジン充てんのデモンストレーションへの立会等をもとに、同社を本件工事の発注先として認定していた。

原電工事㈱は、日本油脂㈱に対する品質監査を実施していなかった。

③不具合品発生処理

原燃輸送㈱のNFT型輸送容器品質保証基準においては、輸送容器メーカーに対し、不具合品が発見された場合は直ちに作業を中断し処置することを要求している。

輸送容器メーカーにおいては、不具合処理等を定める品質保証計画書を策定していた。

原電工事㈱においては、前述のようにレジン充てん工事について不具合処理等を定める品質保証計画書を策定していなかった。

日本油脂㈱においては、原電工事㈱から承認を受けている品質管理要領書に基づき、不具合品が生じた場合は、不具合発生票により連絡することとなっていたが、分析結果が間に合わなかった場合も、得られたデータが材料仕様値を満たしていなかった場合も、口頭等による連絡を行ったのみであり、同発生票は発出されていなかった。

以上のように、輸送容器メーカーから原電工事側に対してレジン充てん工事の工期の予定は1年以上前に伝えられ、約1ヶ月前には具体的な日程調整が行われていることから、原電工事側と日本油脂側の契約上の発注日の関係や分析に要する日数を考えると、輸送容器メーカーと原電工事側の間での納期のひっ迫が大きな改ざんの要因ではなかったとみられる。ちなみに、納期が最もひっ迫している時期においても、改ざんはなされていないこともあった。

むしろ、分析を始める時期に関する原電工事側と日本油脂側との間の具体的な取決めが必ずしも明確でなかったため、分析の時期が遅れることとなり、このことにより正規の分析作業を行うと納期までに材料証明書が発行が間に合わない結果となっているなど、原電工事側と日本油脂側の間の工程管理が不適切であった。

さらに、データ改ざんに関係した上記二社においては、品質管理の体制は一部整備されていたものもあったが、十分機能しておらず、また、各事業者間の品質監査も不十分であった。

これらがデータ改ざんの大きな要因となったと考えられる。

5. 輸送容器の安全性評価

現行の輸送容器について、これまでに使用された輸送容器の線量当量率の測定結果、並びに、当調査検討委員会の調査で信頼に足ると考えられる濃度等の測定値に基づき、分析誤差等を考慮し、NFT型使用済燃料輸送容器全体についての遮へい性能について、概括して検討した結果は次のとおりである。

5-1 使用された輸送容器の線量当量率測定結果

これまでに使用された輸送容器の線量当量率については、以下のとおりである。

10月2日に東京電力株式会社福島第二原子力発電所から青森県の日本原燃料六ヶ所再処理施設に搬入された使用済燃料輸送物については、搬出前に行われた輸送物確認の際の実際の計測により法令に定める線量当量率を十分に下回っていることが確認された（別添-22参照）（委員会資料2-4、2-5）。

また、輸送容器を用いてこれまでに行った原子力発電所の構内輸送についても、法令に定める線量当量率を十分に下回っていることが確認された（別添-23参照）（委員会資料1-5）。

5-2 輸送容器の遮へい安全性評価

5-2-1 遮へい安全性評価における解析条件

現行の輸送容器の遮へい性能に関する安全性評価を行うため、ロットサンプル、保管サンプル及びモックアップサンプルの各データに基づき最も厳しい条件として、レジンの密度、ホウ素濃度及び水素濃度の値（以下「解析用入力値」という。）を以下のように設定した（別添-24参照）（委員会資料6-2-1）。

①密度

ロットサンプル、保管サンプル及びモックアップサンプルの密度は、材料仕様値（ $1.67 \pm 0.05 \text{g/cm}^3$ ）の幅の中に包含されていることから、安全解析書の材料仕様値の下限值（ 1.62g/cm^3 ）を解析用入力値とし

た。

②ホウ素濃度

ホウ素濃度の全実測データ中の最小値は、ロットサンプルの 0.0176 g/cm^3 である。この値は、安全解析書の材料仕様値に対し、 90.7% ($0.0176 \div 0.0194 \times 100$) で約 10% 少ない値である。

安全性評価のための解析用入力値は、測定誤差及び工程中の誤差要因等を考慮して十分厳しめのものとするため、2倍の安全裕度を取り、安全解析書の材料仕様値から $10\% \times 2 = 20\%$ を減じた 0.0155 g/cm^3 とした。

③水素濃度

水素濃度の全実測データ中の最小値は、ロットサンプルの 0.092 g/cm^3 である。この値は、安全解析書の材料仕様値に対し、 95.8% ($0.092 \div 0.096 \times 100$) で約 5% 少ない値である。

安全性評価のための解析用入力値は、ホウ素濃度と同様に、測定誤差及び工程中の誤差要因等を考慮して十分厳しめのものとするため、2倍の安全裕度を取り、安全解析書の材料仕様値から $5\% \times 2 = 10\%$ を減じた 0.086 g/cm^3 とした。

なお、保管サンプルの分析結果によれば、統計的なバラツキを考慮した「平均値 -3σ (σ :標準偏差)」の値は、ホウ素濃度で 0.0182 g/cm^3 、水素濃度で 0.093 g/cm^3 であり(委員会資料6-4-1)、この点からも上記解析用入力値は十分厳しめであると判断する。

5-2-2 第三者機関による遠へい解析結果

当調査検討委員会による解析のため、第三者機関として日本原子力研究所を選定し、上記の解析用入力値を用い、NFT型使用済燃料輸送容器6タイプの遠へい解析(通常輸送時)を輸送容器側部方向について実施した。また、解析結果の数値については、運輸省船舶技術研究所においても、その妥当性を確認した。

(1) 解析条件

上記の解析用入力値を用い、その他の条件は安全解析書に記載されている値を使用した解析モデルとした。各輸送容器に収納する使用済燃料の線源強度計算における燃焼度及び冷却期間を表25-1に示す（別添-25参照）。また、遮へい評価に用いる燃料有効部の中性子線及びガンマ線の線源強度を表25-2及び表25-3に示す（別添-25参照）。安全解析書の遮へい解析では、使用済燃料の線源強度は軸方向に分布をもたせているが、本解析では結果を厳しくするように中央部の線源強度が軸方向に一様に分布しているとしている。

(2) 解析方法

ガンマ線及び中性子線の線量当量率の評価には、ともに1次元輸送計算コードANISN（無限円柱体系）を用いている。なお、評価に当たっては、使用済燃料集合体上下の構造材の放射化によるガンマ線を除いている。

(3) 解析結果

安全解析書に記載されているレジンの材料仕様値を用いた輸送容器側部中央部表面におけるANISNコードによる計算値は、無限円柱近似を用いたことにより、安全解析書に記載されているDOT3.5コードによる計算値に比べて大きくなっているが、ガンマ線及び中性子線を合計した表面線量当量率の増加は最大でも24%であり、両者間での大きな差はみられない。

上記の解析用入力値を用いた場合のANISNコードによる輸送容器側部中央部表面の線量当量率は、6タイプの輸送容器のうち最大のもので、ガンマ線では1%、中性子線では30%増加している。これらを含めた表面線量当量率は、安全解析書記載の材料仕様値を用いた解析結果に比べて最大で4%の増加である。（委員会資料6-2-2）

5-2-3 事業者による遮へい解析結果

事業者（原燃輸送船及び関連電気事業者）が、上記の解析用入力値を用い、NFT型使用済燃料輸送容器6タイプの遮へい解析（通常輸送時）を実施した。

なお、事業者による解析については、当調査検討委員会の委員の立会の下に、解析のための条件及び数値入力状況並びにその結果の妥当性についての確認を行った。

(1) 解析条件

上記の解析用入力値を用い、その他の条件は安全解析書に記載されている値を使用した解析モデルとした。

(2) 解析方法

ガンマ線及び中性子線の線量当量率の評価には、ともに2次元輸送計算コードDOT3.5を用いている。

(3) 解析結果

上記の解析用入力値を用いた場合の各輸送容器の最大線量当量率は、別添-26のとおりである。

また、輸送容器側部中央部表面の線量当量率は、6タイプの輸送容器のうち最大のもので、ガンマ線では3%、中性子線では38%増加している。法令の基準に対応するガンマ線及び中性子線を合計した全線量当量率は、安全解析書に記載されている材料仕様値を用いた場合に比べて最大で6%の増加である。（委員会資料6-2-3）

5-2-4 遮へい安全性評価のまとめ

輸送容器のレジンの厚さが厚く、レジン組成の影響を最も受けやすい輸送容器側部中央部表面における線量当量率について、第三者機関と事業者による遮へい計算の結果を別添-27に示す。

輸送容器側部中央部表面の線量当量率の増加は、第三者機関の解析によれば、安全解析書記載の材料仕様値を用いた場合に比べて各輸送容器

で2～4％である。同様に、事業者の解析結果でも、線量当量率の増加は4～6％である。

また、事業者による、解析用入力値を用いたDOT3.5コードの解析では、別添－28に示すとおり、6タイプの輸送容器のうち輸送容器表面での最大線量当量率は、NFT-14P型輸送容器底部径方向（トランニオン方向）の0.855mSv/h、輸送容器表面から1m離れた点での最大線量当量率は、NFT-10P型輸送容器底部径方向（トランニオン方向）の76.0μSv/hであり、安全解析書の解析値に比べて、それぞれ3％及び5％の増加を示しているが、これらの最大線量当量率は法令に定められた基準値2mSv/h及び100μSv/hを十分下回っている。

このように、NFT型使用済燃料輸送容器（6タイプ）について、濃度等の測定誤差及び工程中の誤差要因等を考慮して、十分厳しめな解析用入力値を設定した上で、設計仕様上最も厳しい線源条件の使用済燃料を収納した場合についての遮へい性能に関する安全性評価（通常輸送時）を実施した結果、ホウ素濃度を20％減、水素濃度を10％減とした場合でも輸送容器側部中央部表面の線量当量率の増加は最大でも6％であり、レジンの成分の変化による線量当量率への影響は少ないとの結論が得られた。

すなわち、当調査検討委員会の調査で信頼に足ると考えられる濃度等の測定値に基づき、分析誤差等を考慮して実際の輸送容器全体について遮へい性能を概括してみた結果、その線量当量率は法令に定める基準を十分満たすものであるとの評価が得られた。

ただし、個別の輸送容器の取扱いについては、各省庁において、データの信頼性に留意しつつ、遮へい性能の妥当性について改めて審査を行うべきである。

6. 今後の取組み

今回の事態は、輸送容器の製造及びその検査に不可欠な材料証明書が改ざんされたという点において、原子力に対する信頼を著しく損なうものであり、極めて重く受け止めなければならない。

当調査検討委員会としては、企業及び技術者のモラル（倫理）の確立を図るとともに、事業者及び国において再発防止策を講ずることが必要と考えており、以下のように、具体化を図ることが是非とも必要である。

6-1 企業及び技術者のモラル

今回のデータ改ざんは、企業及び技術者のモラルの問題にも大きくかわるものである。このため、当調査検討委員会においては、モラルに関する有識者からの意見聴取を行った（委員会資料5-3-1、5-3-2）。

有識者からは概略以下のとおり示唆に富む提言を得たところである。

- ① 一般的に、意図的に悪意を持った行動をとることは技術者の倫理以前の一般的な規範に触れるものである。技術者の倫理が必要となる場面はそのような自明なものではない。様々な価値基準が存在している中で一般社会への悪影響を未然に防ぐことによって一般社会へ貢献することを最優先にするという価値基準を選ぶことが技術者の倫理として求められている。すなわち、他からの強制によらず自分自身の基準に基づいて、倫理面から見て適切な技術判断を下せる素養を身につける必要がある。

このため、再教育を含む技術者の倫理教育を行う必要がある。技術者のための倫理教育の本質は、特定の価値観を教え込むことではなく、技術の専門家として物事の選択や判断をする能力を個々の技術者の中に形成することである。

この際、優れた講師の採用とともに、実践的なテキストの選択が重要であり、「科学技術者の倫理—その考え方と事例」等は、現在出版されている日本語の代表的な文献であり、このような文献を技術者の必読書とすべきである。

- ② 原子力安全の意識について、各層の技術者まで十分に啓蒙する必要がある。また、個人の倫理ばかりでなく、企業の倫理も重要である。今後、国による規制強化の方向ではなく、企業側が自主的にモラルを向上させるために努力することが重要である。
- ③ 今回のような、故意によるデータ改ざんは、たとえいかなる理由があったとしても容認されるべきではない。

このため、企業として守るべき価値ないし倫理基準を明確にすべきである。それは、組織全体レベルとしてだけでなく、個々の部署や、個々の技術者が守るべき価値・基準であり、行動規範である。社会に開かれた企業として、それを企業内部で徹底するだけでなく、外部に向かって宣言し、公表すべきである。

また、技術者に対する教育の在り方を見直すべきである。教育に関しては、体系的で理念的な教育の場としての職場外集合教育（OFFJT：Off the Job Training）の徹底と並んで日常業務を通じた職場内業務教育（OJT：On the Job Training）が重要である。これらは、綿密な計画に基づいて実施され、継続的にその効果について測定され改善されなければならない。

さらに、技術者の評価システムの改革が求められる。組織としては、一定の成果を上げることと同時にどのような方法によってそれを達成したか、評価に組み込むべきである。通常的能力を持った技術者が通常の注意を払うことによって達成できるような組織的な仕組みを構築することが、技術者のモラルの確立に不可欠である。

当調査検討委員会としては、原子力の分野においては、安全確保の重要性に鑑み、高いモラルの確保が期待されているにもかかわらず、今回のようなデータ改ざんが発生したことは重大なことと受け止めている。高いモラルの保持なくしては、社会からの信頼を損ない、自らの存在基盤にも影響を与えることとなることを十分自覚すべきである。

ついては、これら有識者の提言を踏まえつつ、原子力にかかわる全ての事業者は、企業及び技術者のモラルの向上のため、以下の項目につい

て最大限の努力を払うべきである。

- ① 関係企業にあっては、社員のモラルの向上を図るため、社員教育に倫理に係る項目を加えるなど、体系的な措置を講ずる。
- ② 技術者個人にあっては、自らの技術は社会に対し影響を及ぼしていることを自覚しつつ、適切な自己啓発に努める。
- ③ 原子力にかかわる事業者において、企業や技術者のモラルを向上するための活動を、組織的かつ継続的に行う。

6-2 再発防止策

使用済燃料等の輸送の安全は、事業者が法令に定められた安全基準を遵守することを含め自ら必要な安全対策に取り組むとともに、国がこれを確認することにより確保されるべきものである。

また、これまでの調査検討から、事実関係やその背景となる問題点などが明らかになったが、データ改ざんが発生した特徴や原因を十分に分析し、再発防止策につなげていくことが重要である。

以上のような観点から、実施すべき再発防止策をとりまとめた。

6-2-1 事業者の再発防止策

事業者は、次に述べるような輸送容器の製造に係る品質管理、技術的能力、技術的内容の検討及びデータの確認についての再発防止を図るべきである。

(1) 品質管理

安全基準を遵守して輸送容器を製造するためには、設計の際に設定した仕様に従って、確実に製作される必要がある。一方、輸送容器の製造には、発注者から外注先まで多段階の構造となっているため、このような構造のなかで、設計仕様に従って正しく製作されるためには組織的なチェックシステムが十分に機能することが不可欠である。

今般のデータ問題については、一部の事業者の品質管理の組織が整っていなかったり、品質監査が行われていなかったことにより、分析結果が材料仕様値を満足していないという不具合について組織的なチェック

システムが機能せず、改ざんされたデータによる材料証明書が発出され続けたことが問題点としてあげられる。

さらに、製造の契約で一部の事業者間の責任関係が明確になっていなかったり、事業者間にまたがる工程管理の取り決めが明確でなかったことも特徴的である。

当調査検討委員会においては、組織的なチェックシステムなどに関して、品質管理に関する有識者に対して意見を求め、以下のとおり示唆に富む提言を得たところである（委員会資料5-5）。

品質保証の国際規格であるISO 9000は提供される製品やサービスそのものを品質保証するものではなく、契約から納入及び納入後のサービスに至るまでの品質マネジメントシステムを保証するものである。

今回のように顧客要求に合致しない製品が製造された場合は、それらの取扱いとして「不適合品の管理」や「是正措置」というISO 9000の要求事項で処置することが要求されるとともに、その実施方法も手順化され周知徹底され、処置されることになる。ただし、不適合品（又は不合格品）を、合格品にするために所要の手順を踏まず、故意に測定値や検査結果の改ざんを実施することは、ISO 9000では想定していないが、工程の各種チェックポイントや内部品質監査で見え隠れする可能性は高い。

上記を勘案して、原燃輸送船のような発注者は、自らが組織的な品質管理を行うとともに、各事業者が適切な品質管理に取り組むという品質管理体制を構築していくべきである。このような品質管理体制の構築に当たっては、事業者は次のような点について適切に措置すべきである。

- ① 事業者間の責任関係を契約等により明確にすること。
- ② 事業者間にまたがる工程では、作業指示や納期などの取り決めを明確にし、緊密な連携を図ること。
- ③ 発注者は輸送容器メーカーに品質監査を行うとともに、外注先への輸送容器メーカーの監査状況を把握し、さらに必要に応じ外注先に対

しても直接監査を行うこと。

また、事業者は、事業者内及び事業者間で組織的なチェックシステムを有効に機能させるために、製品を供給する側が第三者機関の審査を受け、外部から品質管理システムが確認できるISO 9000等の品質管理システムの実現に積極的に取り組むべきである。

(2) 技術的能力

輸送容器の製造に当たっては、輸送容器メーカーや外注先などが参画するが、これらの各事業者が製造や施工に関して適切な技術的能力を持ち、適切に業務を遂行できなければならない。

今般のデータ問題については、海外から導入した新技術でありながら、レジン製造に関して化学的知識を有する要員が不十分で、また、技術的な検討にも甘さがあったことから、分析結果が材料仕様値を満足しない結果となってしまったということが問題点としてあげられる。

このようなことから、発注者は新技術を導入するような場合は、輸送容器メーカーを通じ外注先がその技術を十分に理解し、事業の実施に対応する組織及び人材を適切に整備していることを確認する必要があり、技術的能力を含めた外注先審査等の充実を図るべきである。

また、安全上重要な材料仕様値については、発注者は、輸送容器メーカーや同メーカーを通じ外注先に形式的に伝達されるようにするだけでなく、その数値の意味と重要性について理解されるようにすべきである。

(3) 技術的内容の検討

今般のデータ問題について、分析結果が材料仕様値を満足しない結果となってしまった原因をみると、原電工事部は社内試験等の分析結果について、仕様を逸脱する可能性の検討及び仕様を確保するための対策を行っていなかったことがあげられる。

このようなことから、輸送容器の設計、製造に当たって、中性子遮へい材として使用されるレジンのように安全上の重要度が高く、特殊な材料を採用する場合は、あらかじめ製造に係る施工方法、分析方法及び検

査方法について各事業者間における情報交換や技術的検討を十分に行うべきである。

(4) 輸送容器製造時のデータの確認

製造時のチェックの充実を図るため、発注者は、安全上の重要性などを考慮しつつ、JIS等の公的規格や公的資格制度の有無、品質管理についてのISO 9000等への取組み状況などを勘案し、元データの確認や立会確認等の充実を図っていくべきである。

6-2-2 国の再発防止策

再発防止に当たっては、まず、事業者が自ら企業や技術者のモラルの向上に取り組むことが必要であり、また、事業者が品質管理体制の構築等を図っていく中で、国がこれを適切に確認する仕組みを充実し、全体として再発防止策が有効に機能するようにしていくことが重要である。

なお、法令の基準を遵守するために事業者が自主的に定める技術的な仕様値を法令に定めるなど、国が細部にまで関与するのは、過度の規制となり、適当ではない。むしろ、事業者の行う品質管理体制の確認などによって改ざんを組織的に防止するための方策を採ることが有効と考えられる。

このような観点から、国の審査のあり方についても、その実態を踏まえつつ、見直し改善を図るべきであり、再発防止のため以下のような対応を図っていくべきである。

①輸送容器製造に係る品質管理体制の審査

事業者の内部及び外部からの組織的なチェックシステムを機能させるという観点から、事業者の品質管理体制や事業者間の品質監査の実施方法について審査していくべきである。

②輸送容器製造に係る技術的能力の審査

各事業者が業務遂行を的確に行うに足る技術的能力を有していることを確認するという観点から、外注先審査の方法等について審査していくべきである。

③輸送容器の製造・施工方法に関する審査

個々の製品についての不具合の発生を防止するという観点から、新しい技術が導入されるなどの場合は、製造方法や施工方法について、審査の充実を図っていくべきである。

④検査

製造過程におけるチェックの充実を図るという観点から、事業者による製造時の確認を充実させるとともに、事業者の品質管理の実態等を考慮して検査の充実を図っていくべきである。

7. おわりに

使用済燃料等の輸送は、我が国の核燃料サイクルの確立に当たって欠かすことのできないものである。その輸送容器の製造に際して、データ改ざんという許容しがたい行為が行われたことは、原子力施設の所在する地元の方々をはじめ国民に対し、原子力への信頼や安心感を損なうものであり、誠に残念なことである。

原子力は、そのエネルギー利用に伴って、多くの恩恵をもたらすと同時に、その安全確保に最大限の努力を傾注しなければならないという特質を持っている。今回の調査検討の中で、輸送容器全体としては、厳しめにみても適へい性能が安全の基準を満たすことが確認されてはいるものの、上述のような原子力の特質から考えると、今回のようなデータ改ざんはあってはならないことである。

このため、関係者は今回の事態から得られた教訓についてしっかり学び、今回の事態から得られた提言には真摯に耳を傾けるとともに、再発防止に全力を挙げ、国民の信頼回復に努めなければならない。こうした努力の継続こそが、国民の安心につながっていくことを、関係者は強く認識すべきである。

《 別 添 資 料 》

別添-1	使用済燃料輸送容器調査検討委員会 構成員名簿	39
別添-2	使用済燃料輸送容器調査検討委員会 審議経過	40
別添-3	使用済燃料輸送容器調査検討委員会 有識者からの意見聴取	41
別添-4	使用済燃料輸送容器調査検討委員会 配付資料一覧	42
別添-5	データ改ざんが発生した中性子遮へい材に関係する輸送容器	46
別添-6	NFT型使用済燃料輸送容器の概要	47
別添-7	NFT型使用済燃料輸送容器に関する原電工事側の関わり方 (事業所外運搬の場合)	49
別添-8	中性子遮へい材(レジン)の製造及び充てん工事の流れ図	50
別添-9	中性子遮へい材の充てん	51
別添-10	輸送の安全規制の概要	52
別添-11	核燃料物質等の輸送に係る手続きの流れ	53
別添-12	輸送物の線量当量率の基準と材料仕様との関係	54
別添-13	使用済燃料輸送容器の検査記録の確認と立会検査	55
別添-14	中性子しゃへい材成分の計算値と報告値(対比表)	57
別添-15	使用済燃料輸送容器中性子しゃへい材充填ロット一覧	58
別添-16	分析試料作製	60
別添-17	しゃへい材中のホウ素及び水素濃度誤差要因	61
別添-18	計量データによるしゃへい材中ホウ素及び水素濃度の計算	63
別添-19	ホウ素濃度及び水素濃度のバラツキ	64
別添-20	レジンの材料仕様の値について	66
別添-21	中性子しゃへい材製造工程実績表	67

別添－22	NFT-22B型輸送物における積量当量率の測定結果について	68
別添－23	原子力発電所構内輸送実績調査結果について	69
別添－24	遮へい安全性評価における解析条件	71
別添－25	遮へい安全解析に用いる使用済燃料の仕様	72
別添－26	事業者による遮へい解析結果	73
別添－27	遮へい安全性評価結果 (第三者機関と事業者による計算結果の比較)	74
別添－28	輸送容器の最大積量当量率の比較 (DOT3.5コード)	76

使用済燃料輸送容器調査検討委員会 構成員名簿

(平成10年12月3日現在)

(主査)中澤 正治 東京大学工学部教授

秋葉 健一 東北大学素材工学研究所教授

安達 武雄 日本原子力研究所物質科学研究部分析センター室長

有富 正憲 東京工業大学原子炉工学研究所教授

坂本 幸夫 日本原子力研究所東海研究所中性子科学研究センター
副主任研究員

中込 良廣 京都大学原子炉実験所助教授

中島 健 神戸大学工学部教授

中村 尚司 東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター
教授

横田佐登志 (財)電力中央研究所理事

山路 昭雄 運輸省船舶技術研究所原子力技術部長

(敬称 略)

使用済燃料輸送容器調査検討委員会 審議経過

第1回会合：平成10年10月13日(火) 16:30～18:50

第2回会合：平成10年10月16日(金) 10:00～12:00

第3回会合：平成10年10月22日(木) 10:00～11:40

第4回会合：平成10年10月28日(水) 10:00～14:50

第5回会合：平成10年11月4日(水) 10:00～13:45

第6回会合：平成10年11月12日(木) 10:00～14:20

第7回会合：平成10年11月20日(金) 10:00～12:10

第8回会合：平成10年12月3日(木) 13:00～

使用済燃料輸送容器調査検討委員会
有識者からの意見聴取

１．モラルに関する有識者

西野 文雄 埼玉大学大学院政策科学研究科教授・研究科長

榊原 清則 科学技術政策研究所総括主任研究官

（書面参加）

寺本 義也 北陸先端科学技術大学院大学教授

２．品質管理に関する有識者

廣田 隆夫 財団法人日本品質保証機構ＩＳＯ審査本部副本部長

使用済燃料輸送容器調査検討委員会 配付資料一覧

第1回

- 1-1 「使用済燃料輸送容器調査検討委員会」の設置について [科学技術庁]
- 1-2 原燃輸送船における使用済燃料輸送容器のデータ問題について
[科学技術庁]
- 1-3 使用済燃料の輸送に係る安全規制について [科学技術庁]
- 1-4 N F T型輸送容器における中性子しゃへい材関連データの書換えに関する調査報告 [原燃輸送株式会社]
- 1-5 使用済燃料構内輸送容器に関する調査報告について [東京電力株式会社、関西電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社]
- 1-6 原電工事船への立入り調査の結果について [運輸省海上技術安全局]

第2回

- 2-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第1回会合議事概要(案)
- 2-2 N F T型使用済燃料輸送容器について [原燃輸送株式会社]
- 2-3 中性子しゃへい材の施工について [原電工事株式会社]
- 2-4 N F T型輸送物における線量当量率測定結果について
[科学技術庁原子力安全局]
- 2-5 六ヶ所再処理工場のN F T-22B型輸送容器の線量当量率測定結果について [東京電力株式会社]

第3回

- 3-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第2回会合議事概要(案)
- 3-2 中性子遮蔽材キットの密度測定、ホウ素・水素分析方法について
[日本油脂株式会社コティング・カンパニー]
- 3-3 中性子しゃへい材の製造工程について [原電工事株式会社]
- 3-4 N F T型使用済燃料輸送容器遮へい安全性評価のための解析作業
[山路委員、坂本委員]
- 3-5 指摘事項 [科学技術庁原子力安全局]

第4回

- 4-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第3回会合議事概要(案)
[原燃輸送株式会社]
- 4-2-1 N F T型輸送容器レジン工事に係る発注仕様について
[原燃輸送株式会社]
- 4-2-2 N F T型輸送容器レジン充填メーカーへの発注仕様について [株式会社神戸製鋼所、日立造船株式会社、三井造船株式会社、三菱重工業株式会社]
- 4-2-3 N F T型輸送容器中性子しゃへい材に係る技術仕様について
[原電工事株式会社]
- 4-2-4 N S - 4 - F R性状基準値の設定経過について
[日本油脂株式会社コーティングス部門]
- 4-3-1 N F T型輸送容器製造実績工程表(レジン充填工事) [株式会社神戸製鋼所、日立造船株式会社、三井造船株式会社、三菱重工業株式会社]
- 4-3-2 N F T型輸送容器中性子しゃへい材の製造工程について
[原電工事株式会社]
- 4-3-3 中性子遮蔽材の製造工程実績表について
[日本油脂株式会社コーティングス部門]
- 4-4-1 N F T型輸送容器製作に係る品質保証について [原燃輸送株式会社]
- 4-4-2 N F T型輸送容器キャスクメーカーの品質保証体制について [株式会社神戸製鋼所、日立造船株式会社、三井造船株式会社、三菱重工業株式会社]
- 4-4-3 N F T型輸送容器中性子しゃへい材に係る品質保証について
[原電工事株式会社]
- 4-4-4 中性子遮蔽材の品質管理体制について
[日本油脂株式会社コーティングス部門]
- 4-5 使用済燃料輸送容器の審査制度(事業所外運搬の場合)
[科学技術庁原子力安全局]
- 4-6 基準値の設定根拠及びP C C製輸送容器の実績について
[原燃輸送株式会社]
- 4-7 N F T型輸送容器レジン充填モックアップ試験の目的と実施結果 [原燃輸送株式会社、株式会社神戸製鋼所、日立造船株式会社、三井造船株式会社、三菱重工業株式会社]

第5回

- 5-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第4回会合議事概要(案)
- 5-2 使用済燃料輸送容器のデータ問題に関する調査状況
[科学技術庁原子力安全局]
- 5-3-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第5回会合説明用資料 [西野文雄氏]
- 5-3-2 「核燃料容器データ書き換え」に関する所見 [寺本義也氏]
- 5-4-1 中性子遮へい材に係るデータ書き換えの発生原因(社内の問題点)について
[原電工事株式会社]
- 5-4-2 遮蔽材の品質保証に関する原電工事と日本油脂の関係
[日本油脂株式会社コーティングスカンパニー]
- 5-4-3 服務規則と教育訓練規則 [日本油脂株式会社コーティングスカンパニー]
- 5-5 ISO9000を中心とした品質管理のありかた [廣田隆夫氏]
- 5-6-1 既提出資料の修正について [原燃輸送株式会社]
- 5-6-2 既提出資料の修正について [株式会社神戸製鋼所、日立造船株式会社、三井造船株式会社、三菱重工業株式会社]
- 5-6-3 既提出資料の修正について [原電工事株式会社]
- 5-6-4 既提出資料の修正について [日本油脂株式会社コーティングスカンパニー]
- 5-6-5 既提出資料の修正について [東京電力株式会社]

第6回

- 6-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第5回会合議事概要(案)
- 6-2-1 N F T型使用済燃料輸送容器中性子しゃへい材の密度、ホウ素濃度及び水素濃度の設定について [橋田委員]
- 6-2-2 N F T型使用済燃料輸送容器遮へい安全性評価の解析作業結果について
[山路委員、坂本委員]
- 6-2-3 N F T型使用済燃料輸送容器のしゃへい安全性評価 [原燃輸送株式会社、東京電力株式会社、関西電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社]
- 6-2-4 N F T型使用済燃料輸送容器遮へい安全性の評価のための解析作業結果のまとめ [山路委員、坂本委員]

- 6-3 使用済燃料輸送容器の中性子しゃへい材データの書き換えに関する調査結果(追加分) [原燃輸送株式会社]
- 6-4-1 ホウ素濃度及び水素濃度ばらつきの要因について [原燃輸送株式会社、東京電力株式会社、関西電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社]
- 6-4-2 実機しゃへい材の品質評価について [原燃輸送株式会社、東京電力株式会社、関西電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社]
- 6-5 使用済燃料輸送容器のデータ問題に関する追加調査結果について
[科学技術庁原子力安全局]
- 6-6-1 中性子しゃへい材データ書き換えに関する問題点について
[原燃輸送株式会社]
- 6-6-2 中性子しゃへい材データ書き換えに関する問題点について [東京電力株式会社、関西電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社]
- 6-7 使用済燃料輸送容器の安全審査(事業所外運搬の場合)について
[科学技術庁原子力安全局]
- 6-8 論点整理について

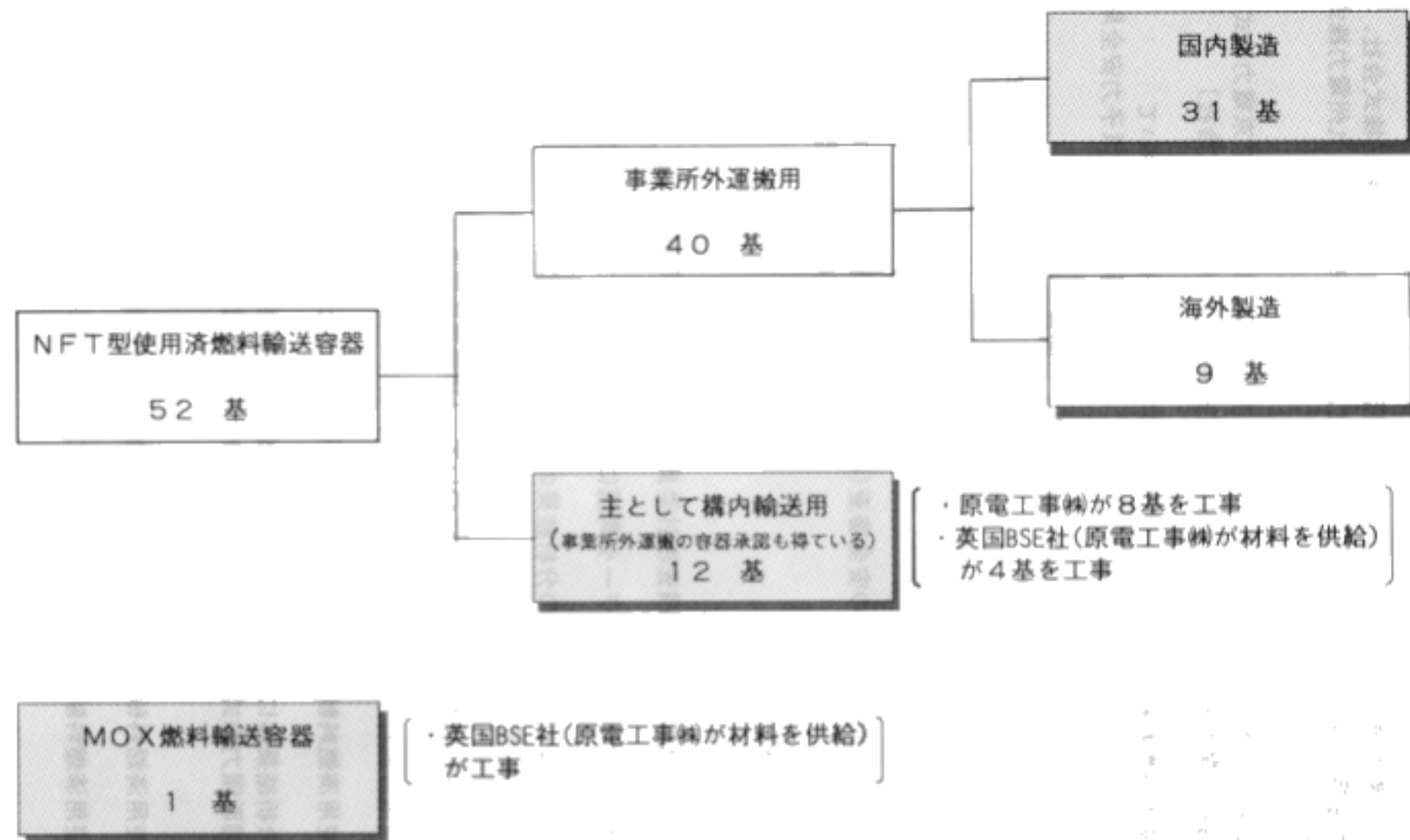
第7回

- 7-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第6回会合議事概要(案)
- 7-2 使用済燃料輸送容器データ問題に係る事実関係について(検討用資料)
- 7-3-1 ホウ素及び水素濃度の分析結果のバラツキの要因について
[科学技術庁原子力安全局]
- 7-3-2 レジンの材料仕様値の設定について [科学技術庁原子力安全局]
- 7-4 使用済燃料輸送容器データの安全性評価について(検討用資料)
- 7-5 使用済燃料輸送容器データ問題に係る再発防止対策について(検討用資料)
- 7-6 分析結果等に係わる補足説明 [原燃輸送株式会社、東京電力株式会社、関西電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社]

第8回

- 8-1 使用済燃料輸送容器調査検討委員会第7回会合議事概要(案)
- 8-2 使用済燃料輸送容器のデータ問題について(案)

データ改ざんが発生した中性子遮へい材に関する輸送容器



■ は原電工事㈱がレジンを充てん工事を実施、又はレジン材料を供給した輸送容器

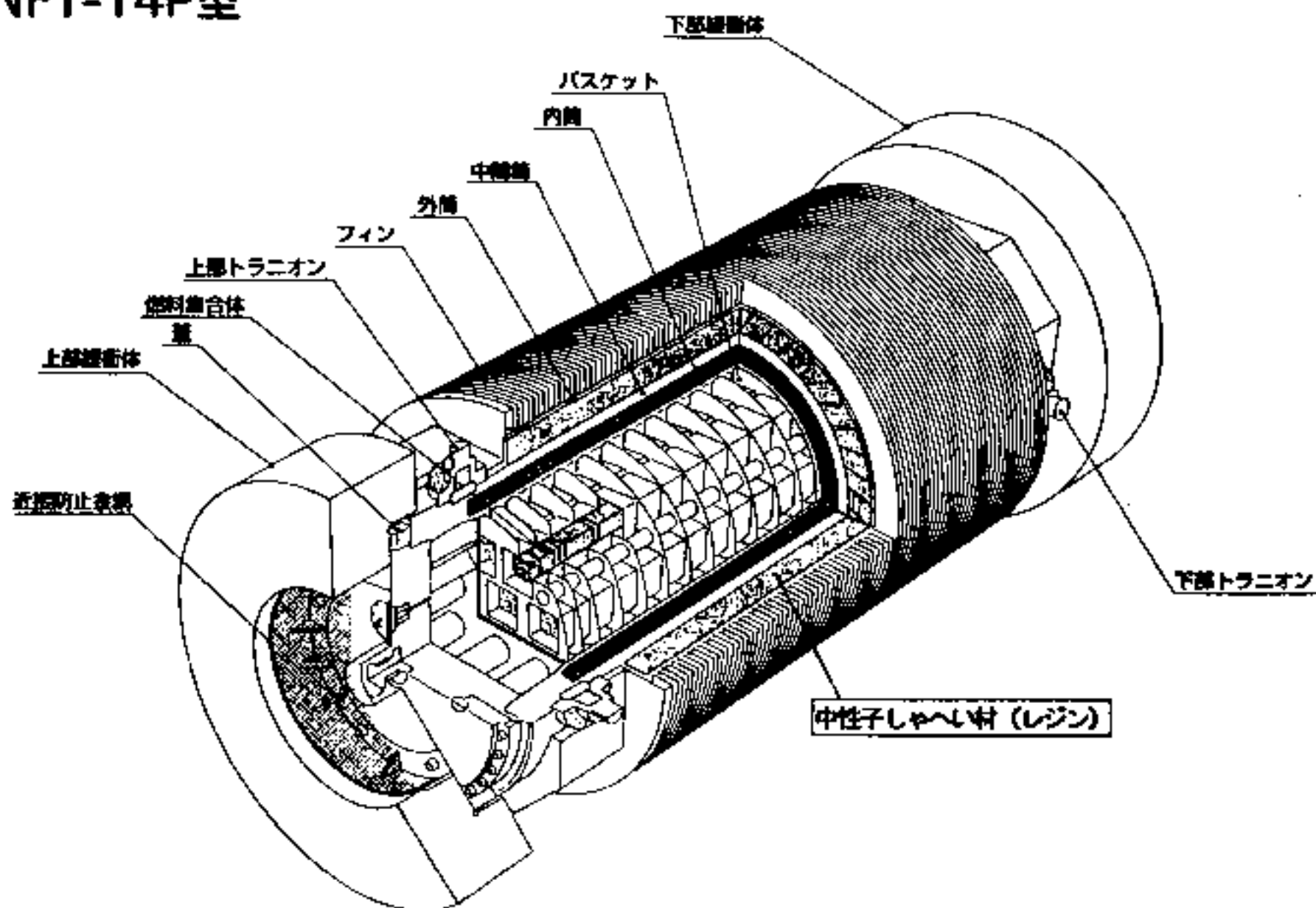
NFT型使用済燃料輸送容器の概要

型 別		NFT-14P型	NFT-10P型	NFT-38B型	NFT-32B型	NFT-22B型	NFT-12B型
項 目		NFT-14P型	NFT-10P型	NFT-38B型	NFT-32B型	NFT-22B型	NFT-12B型
(1) 輸送容器の型名		NFT-14P型	NFT-10P型	NFT-38B型	NFT-32B型	NFT-22B型	NFT-12B型
(2) 輸送物の種類		B M型核分裂性輸送物					
(3) 輸送物の総重量 (輸送容器+収納物)		約115トン	約83トン	約119トン	約106トン	約97トン	約73トン
(4) 輸送容器の外形寸法		外径約2.6m 長さ約6.3m (上下積高体を含む)	外径約2.6m 長さ約6.2m (上下積高体を含む)	外径約2.6m 長さ約6.4m (上下積高体を含む)	外径約2.4m 長さ約6.4m (上下積高体を含む)	外径約2.6m 長さ約6.3m (上下積高体を含む)	外径約2.3m 長さ約6.4m (上下積高体を含む)
(5) 輸送容器本体に 使用されている 主なしゃへい材 料	ガンマ線	鉛		鍛造炭素鋼			
	中性子線	レジン		レジン			
(6) 輸送容器に収納する 核燃料物質の仕様		PWR型使用済燃料		BWR型使用済燃料			
(7) 燃料集合体数		14体以下	10体以下	38体以下	32体以下	22体以下	12体以下
(8) 発 熱 量		54kW以下	25kW以下	26kW以下	22kW以下	25kW以下	15kW以下
(9) 輸 送 形 態		車両による陸上輸送あるいは船による海上輸送					
(10) 冷 却 方 法		自然空気冷却 (キャビティ内湿式)					

NFT型輸送容器の例

委員会資料2-2「NFT型使用済燃料輸送容器について」より

■NFT-14P型



■NFT-38B型

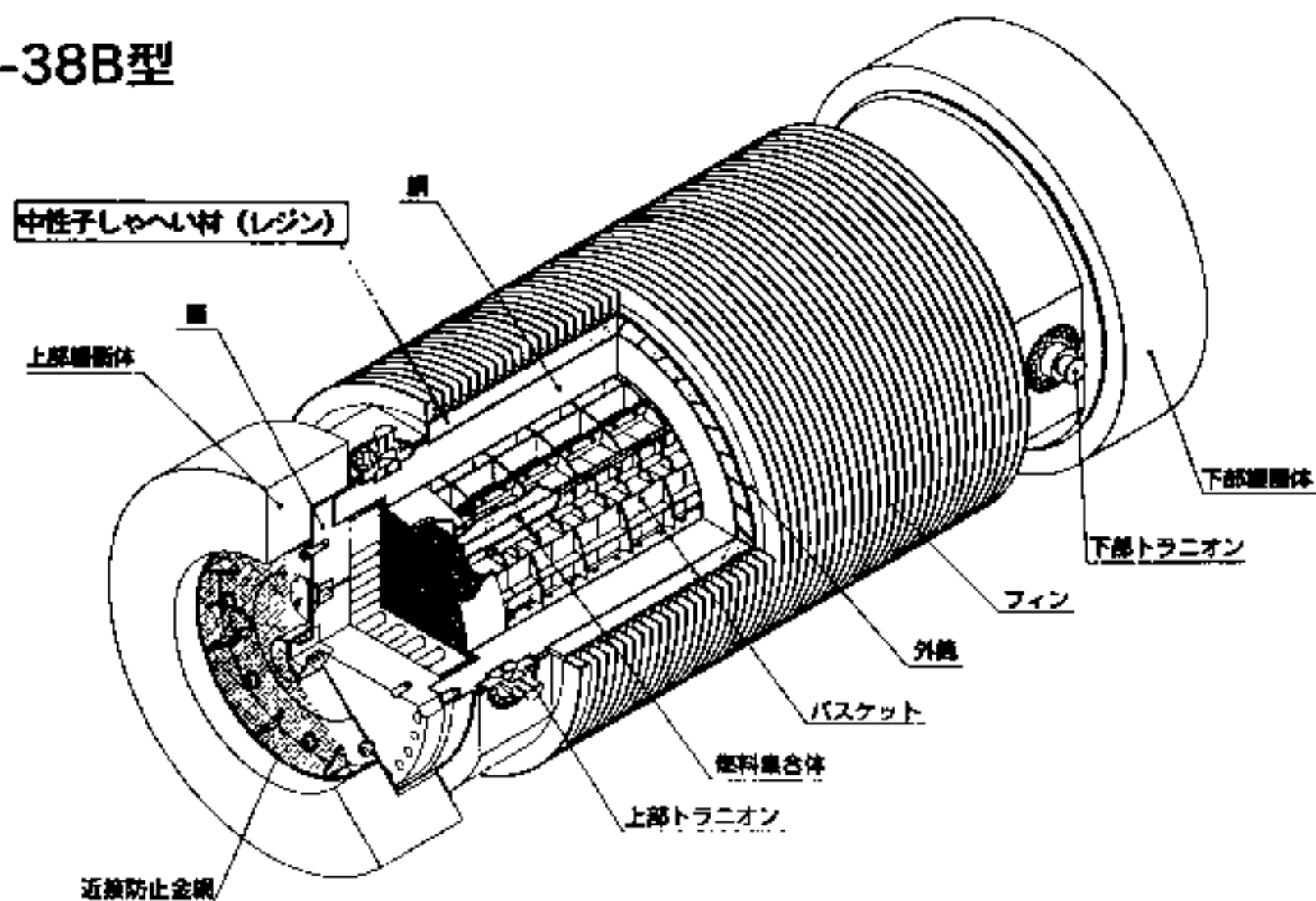
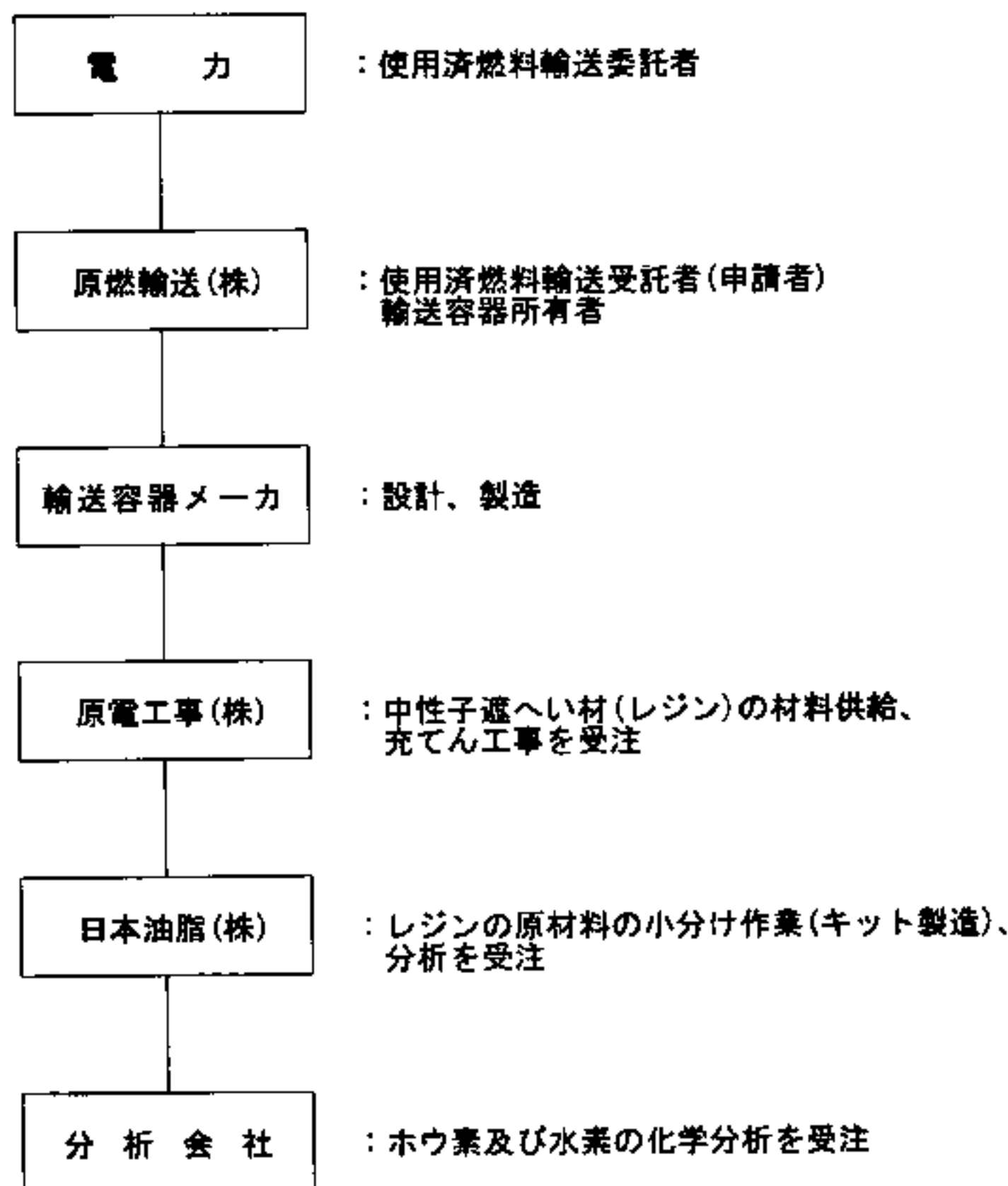


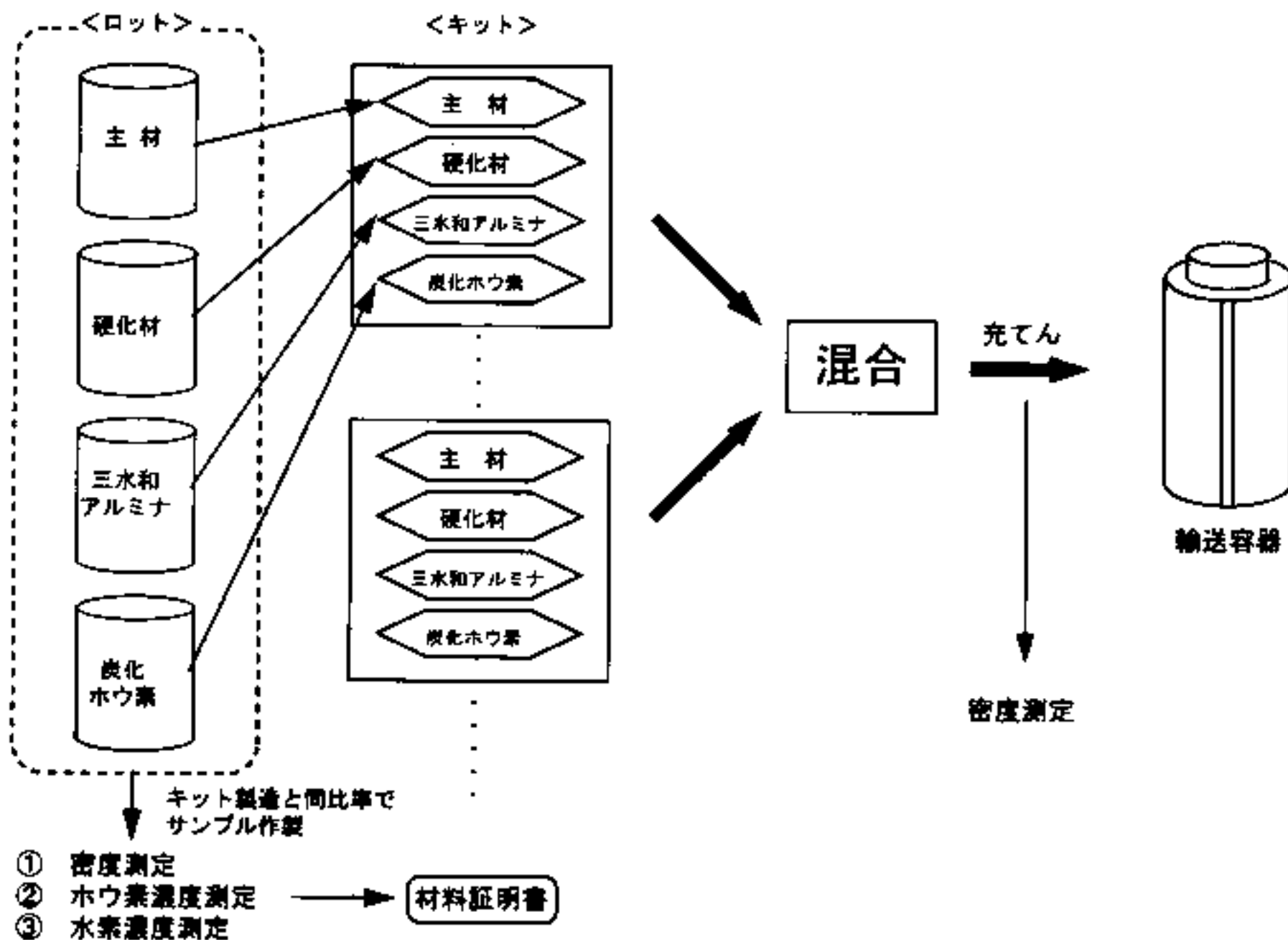
図 NFT型輸送容器の全体図

NFT型使用済燃料輸送容器に関する原電工事(株)の関わり方
(事業所外運搬の場合)

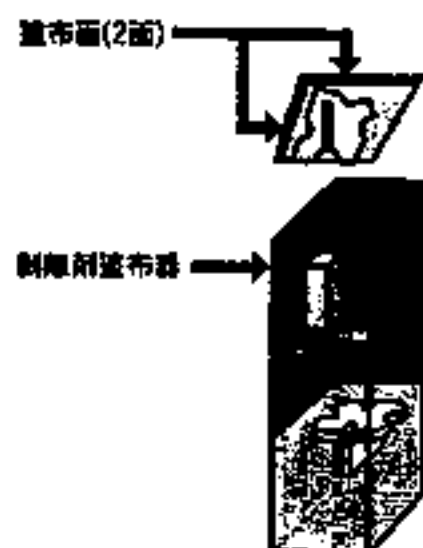


注) レジン: 主材、硬化材、三水和アルミナ及び炭化ホウ素の4つを
混合して製造

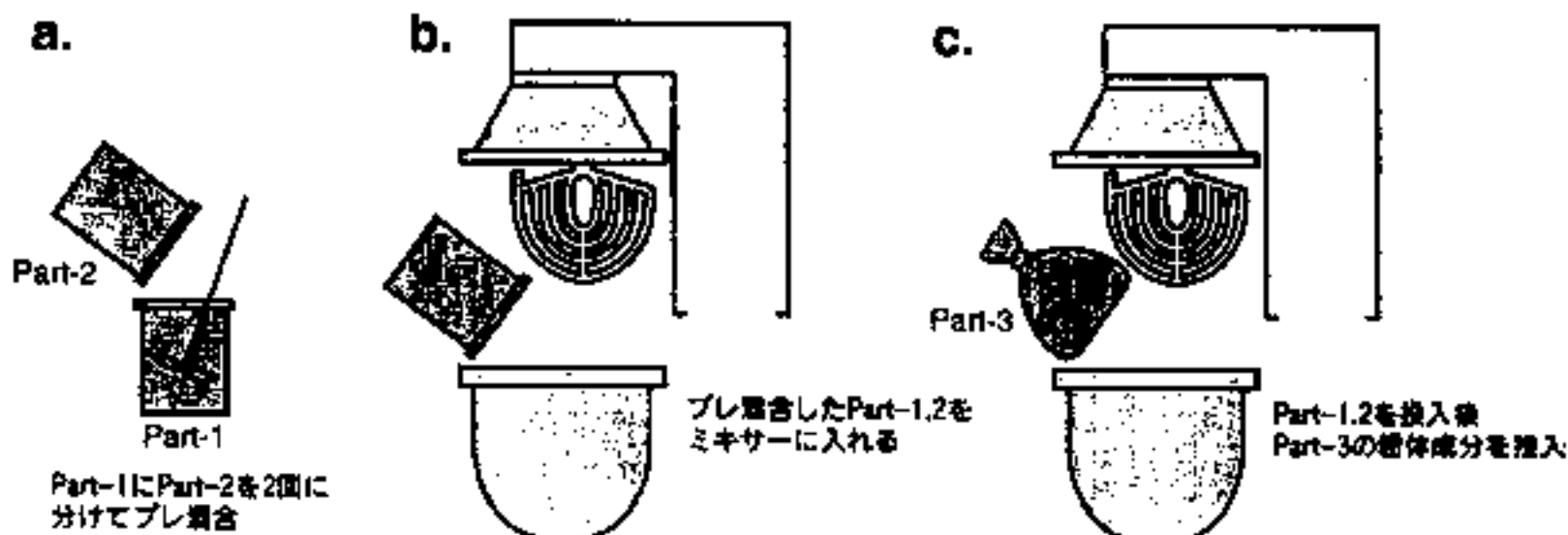
中性子遮へい材(レジン)の製造及び充てん工事の流れ図



1.剥離剤塗布



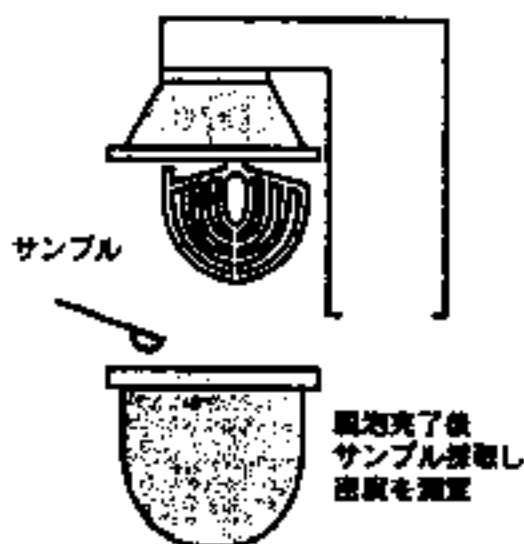
2.レジンの混合攪拌(a-c)



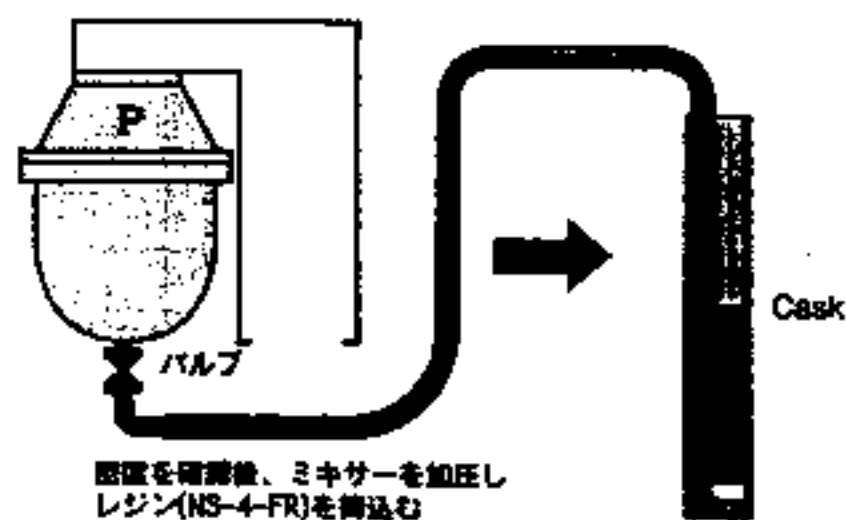
3.レジンの真空脱泡



4.鑄込み前密度の測定



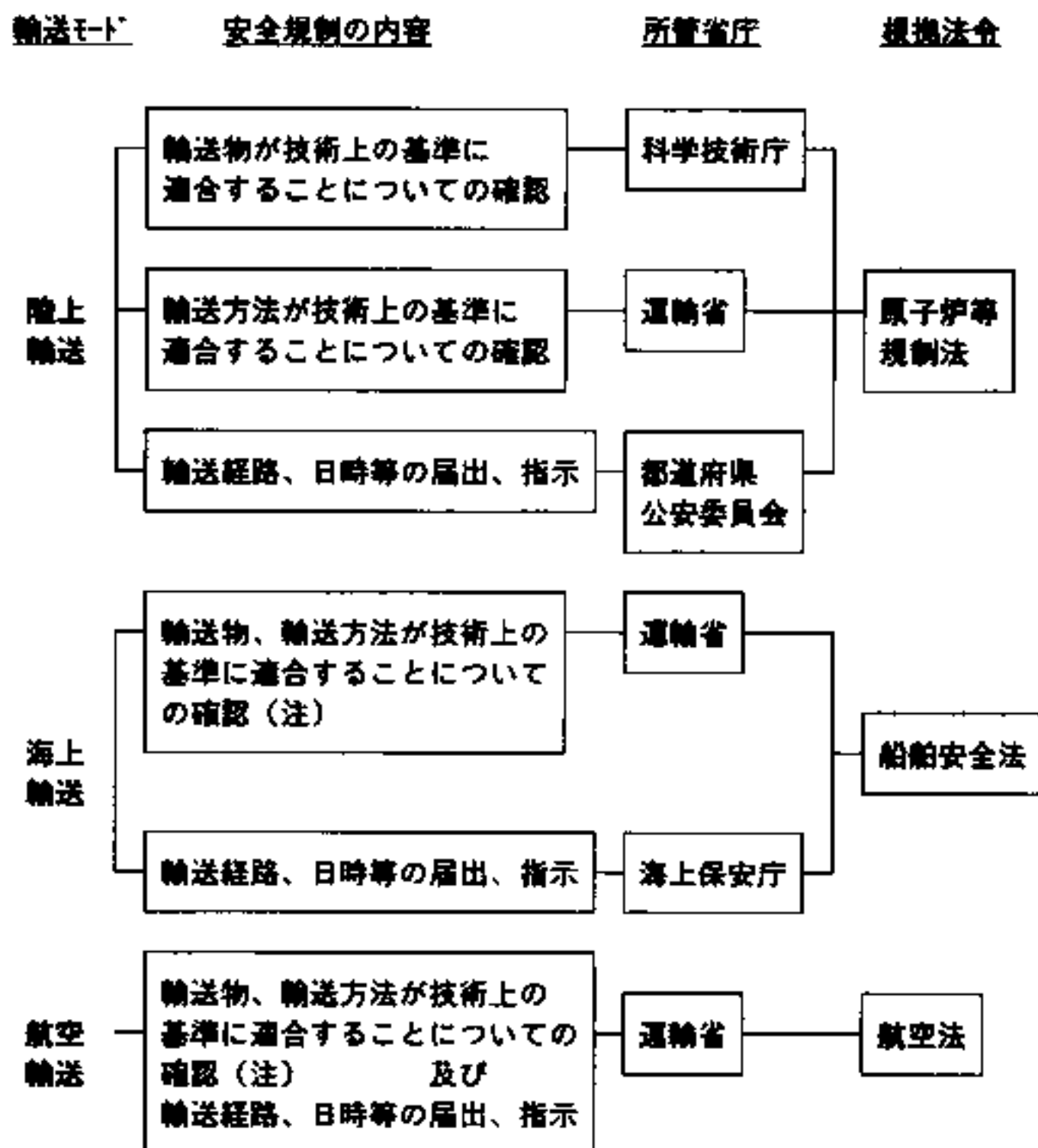
5.レジンの鑄込み



中性子遮へい材の充てん

輸送の安全規制の概要

(核燃料物質の輸送全般に関する安全規制体系について)

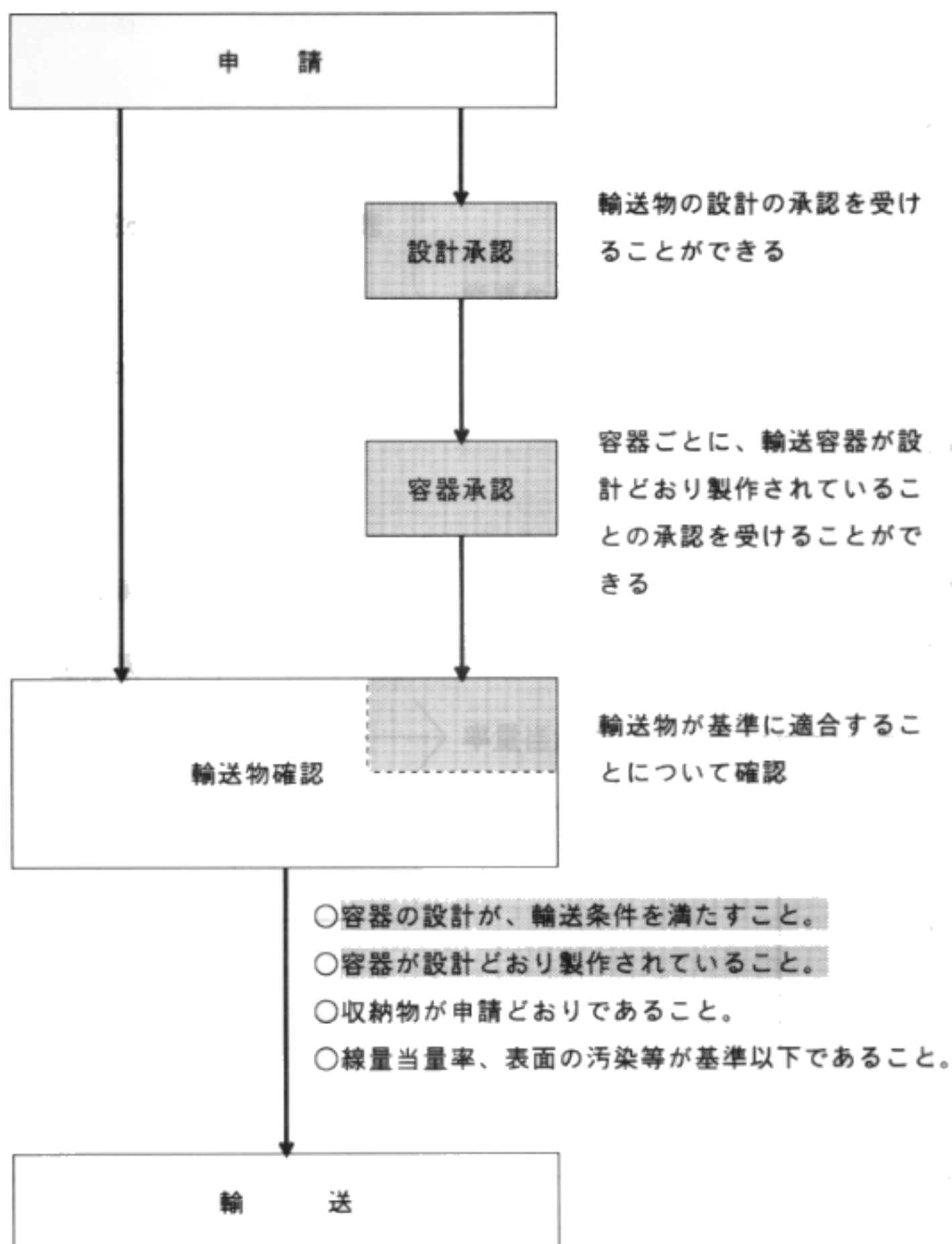


(注)

海上輸送又は航空輸送により核燃料輸送物を運搬する場合においても、当該核燃料輸送物が陸上輸送を伴う場合については、当該核燃料輸送物が原子炉等規制法に基づき技術上の基準に適合することについて科学技術庁長官又は指定運搬物確認機関の確認を受けた場合、運輸大臣の確認を受けたものとみなすこととされている。(危険物船舶運送及び貯蔵規則第91条の9第7項及び航空法施行規則第194条第4項)

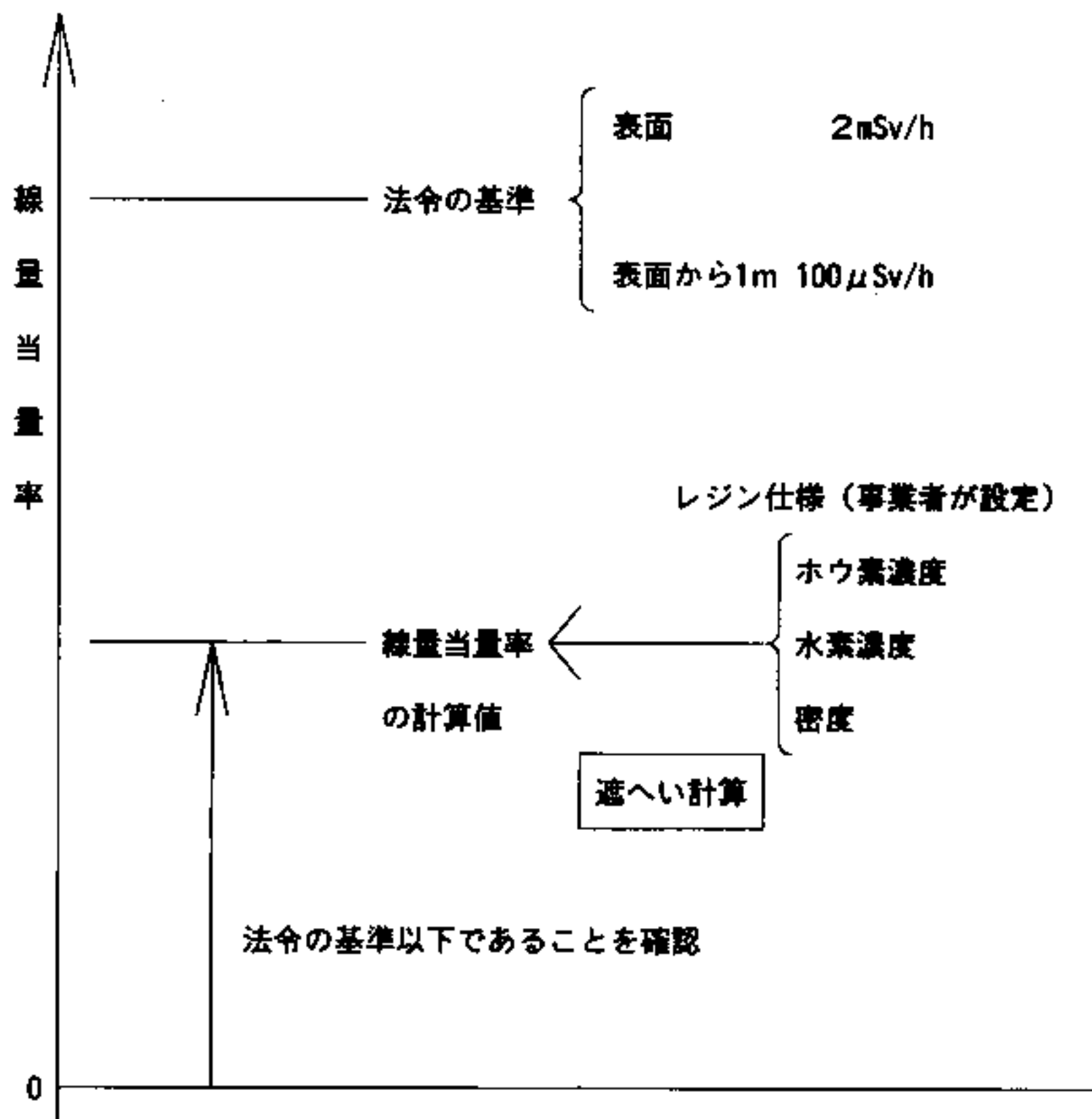
なお、原子力施設の構内輸送については、当該施設の規制担当省庁が規制する。
(例：実用発電炉は通産省が規制)

核燃料物質等の輸送に係る手続きの流れ



輸送事業者による先導車、警備車等の
伴走車が付き輸送を実施

輸送物の線量当量率の基準と材料仕様の関係



使用済燃料輸送容器の検査記録の確認と立会検査 (NFT-14P 8号機)

検査項目、号機番号、	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回
NFT-14P 8号機	H7.10.25	H7.10.31	H8.9.4	H9.5.19	H9.9.10	H9.9.24
材料検査(記録確認)	○		○	○	○	
寸法検査(記録確認)					○	
溶接検査(記録確認、立会)						
開先検査		○	○	○		
外観検査		●	●	●		●
浸透探傷試験		○	○	○	○	
磁粉探傷試験			○	○		
放射線透過試験		○	○	○		
外観検査(記録確認)						○
耐圧検査(立会検査)		●		●		
気密漏洩検査(立会検査)	●					●
遮へい性能検査(立会検査)			●	○		
遮へい寸法検査(記録確認)			○	○		
伝熱検査(立会検査)					●	
つり上げ荷重検査(記録確認)				○		
重量検査(記録確認)					○	
未臨界検査(立会検査)						●
作動確認検査(記録確認)					○	
取扱い検査(記録確認)					○	

注) 各検査項目に対する確認については、○：現地での記録確認を、

●：現地での立会検査を示す。

委員会資料4-5 「使用済燃料輸送容器の審査制度(事業所外運搬の場合)」より

図 輸送物の確認項目

輸送物の安全確認の際に検査する項目は以下のとおり。

検査項目	検査方法
外観検査	目視により確認
つり上げ検査	輸送物をつり上げ、異常がないことを目視で確認
重量検査	容器及び収納物の合計量を目視で確認
表面密度検査	表面汚染密度を測定
線量当量率検査	線量当量率（ γ 線、中性子線の合計値）を測定
収納物検査	収納物に異常がないことを確認
温度測定検査	温度を測定
気密漏洩検査	容器からの漏洩率を測定
圧力測定検査	容器内部に充てんする気体の初期圧力を測定

中性子しゃへい材成分の計算値と報告値(対比表)

H10.11.12

ロット名	硬化後 密度 (基準1.67±0.05) g/cm ³	水素素(B ₂ C)含有量				水素素(H)含有量				分析値と材料 証明書検査年 月日に1週間 以上の逆転が あるもの	調査結果		
		分析値 総水素素量 (平均質量%)	分析値から の計算値 (基準0.0194) g/cm ³	材料証明書 記載値 (基準0.0194) g/cm ³	差 g/cm ³	分析値 総水素素量 (平均質量%)	分析値から の計算値 (基準0.098) g/cm ³	材料証明書 記載値 (基準0.098) g/cm ³	差 g/cm ³		水素素(B ₂ C)含有量	水素素(H)含有量	原料取替前の 材料証明書の 使用
A	1.65 (1.67) ^{*1}	1.01	0.0213	0.0198	-0.0017	8.01	0.099	0.097	-0.002	○	架空数値設定	架空数値設定	
B	1.66 (1.67) ^{*1}	0.96	0.0204	0.0195	-0.0009	5.79	0.098	0.097	-0.001	○	架空数値設定	架空数値設定	
C	1.66	0.98	0.0208	0.0207	-0.0001	5.86	0.098	0.097	-0.001		*2	*2	
C1	1.65 ^{*5}	0.97 ^{*5}	0.0204 ^{*5}	[0.0207]	-	5.54 ^{*5}	0.091 ^{*5}	[0.097]	-	-	-	-	○
D	1.65	1.20	0.0253	0.0253	-	5.93	0.098	0.098	-	-	-	-	*4
D1	1.66 ^{*5}	0.96 ^{*5}	0.0204 ^{*5}	[0.0253]	-	5.63 ^{*5}	0.094 ^{*5}	[0.098]	-	-	-	-	○
D2	1.67 ^{*5}	1.15 ^{*5}	0.0245 ^{*5}	[0.0253]	-	5.80 ^{*5}	0.097 ^{*5}	[0.098]	-	-	-	-	○
D3	1.67 ^{*5}	0.97 ^{*5}	0.0207 ^{*5}	[0.0253]	-	5.68 ^{*5}	0.094 ^{*5}	[0.098]	-	-	-	-	○
E	1.66	1.15	0.0244	0.0244	-	6.00	0.100	0.099	-0.001			*2	
E1	1.66 ^{*5}	1.03 ^{*5}	0.0218 ^{*5}	[0.0244]	-	5.90 ^{*5}	0.096 ^{*5}	[0.099]	-	-	-	-	○
E2	1.67 ^{*5}	1.02 ^{*5}	0.0218 ^{*5}	[0.0244]	-	6.75 ^{*5}	0.096 ^{*5}	[0.099]	-	-	-	-	○
F	1.65	0.98	0.0207	0.0207	-	5.90	0.097	0.098	0.001			*2	
F1	1.66 ^{*5}	1.09 ^{*5}	0.0231 ^{*5}	[0.0207]	-	5.86 ^{*5}	0.097 ^{*5}	[0.098]	-	-	-	-	○
F2	1.65 ^{*5}	1.00 ^{*5}	0.0211 ^{*5}	[0.0207]	-	5.86 ^{*5}	0.097 ^{*5}	[0.098]	-	-	-	-	○
F3	1.65 ^{*5}	0.98 ^{*5}	0.0207 ^{*5}	[0.0207]	-	5.84 ^{*5}	0.098 ^{*5}	[0.098]	-	-	-	-	○
G	1.65	0.98	0.0207	0.0207	-	5.84	0.098	0.097	0.001			*2	
H	1.66	1.09	0.0231	0.0231	-	5.86	0.097	0.097	-				
I	1.66	0.98	0.0208	0.0240	0.0032	5.88	0.098	0.097	-0.001	○	架空数値設定	架空数値設定	
J	1.65	1.00	0.0211	0.0243	0.0032	5.84	0.096	0.098	0.002	○	架空数値設定	架空数値設定	
K	1.65	1.00	0.0211	0.0210	-0.0001	5.91	0.098	0.0975	-0.001		*2	*2	
Q	1.67	0.95	0.0203	0.0212	0.0009	5.74	0.096	0.096	-	○	架空数値設定	架空数値設定	
R	1.67	0.99	0.0190	0.0211	0.0021	5.81	0.097	0.098	0.001	○	架空数値設定	架空数値設定	
S	1.65	0.91	0.0192	0.0211	0.0019	5.86	0.097	0.097	-	○	架空数値設定	架空数値設定	
T	1.65	0.91	0.0192	0.0195	0.0003	5.83	0.096	0.097	0.001		数値修正	*2	
V	1.67	0.92	0.0196	0.0195	-0.0001	5.87	0.098	0.097	-0.001	○	架空数値設定	架空数値設定	
W	1.67	0.92	0.0196	0.0197	0.0001	6.00	0.100	0.098	-0.002	○	架空数値設定	架空数値設定	
X	1.66	0.94	0.0199	0.0199	-	5.94	0.099	0.099	-				
Y	1.67	0.93	0.0198	0.0198	-	6.06	0.101	0.101	-				
AA	1.66	0.89	0.0189	0.0195	0.0006	5.68	0.094	0.097	0.003		数値修正	数値修正	
AB	1.66	0.93	0.0197	0.0197	-	5.54	0.092	0.095	0.004			数値修正	
AC	1.65	0.95	0.0200	0.0200	-	5.71	0.094	0.097	0.003			数値修正	
AD	1.64 (1.66) ^{*1}	0.94	0.0197	0.0198	0.0002	5.68	0.093	0.096	0.003		数値修正	数値修正	
AE	1.70	1.03	0.0224	0.0224	-	5.72	0.097	0.097	-				
AF	1.66	0.99	0.0210	0.0210	-	5.85	0.097	0.097	-				
AG	1.67	1.02	0.0218	0.0218	-	5.84	0.098	0.098	-				
AH	1.67	1.04	0.0222	0.0222	-	5.82	0.097	0.097	-				
AI	1.69	0.99	0.0214	0.0214	-	5.74	0.097	0.097	-				
AJ	1.69	0.92	0.0199	0.0199	-	5.82	0.098	0.098	-				
AK	1.70	0.92	0.0200	0.0200	-	5.79	0.098	0.098	-				
AL	1.70	0.93	0.0202	0.0202	-	5.74	0.098	0.098	-				
AM	1.66	0.93	0.0197	0.0197	-	5.72	0.095	0.097	0.002			数値修正	
AN	1.69	0.93	0.0201	0.0201	-	5.51	0.093	0.097	0.004			数値修正	
AO	1.66	0.9	0.0191	0.0198	0.0005	5.79	0.096	0.097	0.001		数値修正	*2	
AP	1.66	0.87	0.0185	0.0198	0.0011	5.82	0.097	0.097	-		数値修正		
AQ	1.66	0.83	0.0178	0.0187	0.0021	5.65	0.094	0.097	0.003		数値修正	数値修正	

凡例
○ : 基準を満たさないため上げている
△ : 基準を満たしているが上げている
▽ : 基準を満たしているが下げている

*1 : ()内は数値修正後の値
 *2 : 増減地漏違い
 *3 : 今回、保管してあった原料よりサンプルを作成して分析したもの
 *4 : 実機使用なし
 *5 : 平成8年に分析されていたもの
 *6 : 材料証明書として平成8年に発行済みのもの(G、H)

架空数値設定 : 分析結果が出ていない時点で数値を設定
 数値修正 : 不合格値を合格値に修正
 []内は、材料証明書に記載されていた値

使用済燃料輸送容器中性子しゃへい材充填ロット一覧(構外輸送分)

メーカー	容 器	数 量	ロット記号	架空数値設定、数値修正あるいは原料取替前の材料証明書使用のあったロットを用いている輸送容器
三井造船	12B-1	1基	A, B	○
	12B-2	1基	B, E2, I, R, S, T, V, X	○
	12B-3	1基	C, R, T, V, X	○
	22B-1	1基	B, E	○
	22B-2	1基	B, D2, E	○
	22B-3	1基	B, E, E1, E2, I	○
	22B-4	1基	B, D2, E, E2, I	○
	22B-6	1基	B, D2, E, E1, E2, I	○
小 計		8基		
三菱重工	14P-2	1基	C1, D3, E2, F2, H, I	○
	14P-3	1基	C1, F2, G, H, I, J, K, Q	○
	14P-4	1基	C1, F2, G, H, I, Q	○
	14P-11	1基	G, R, X, Y, AA, AB, AC, AG, AF, AI	○
	14P-12	1基	AA, AC, AE, AF, AG, AI	○
小 計		5基		
神戸製鋼	32B-1	1基	C1, G, I, K, Q, S	○
	32B-2	1基	C1, F2, G, I, K, R, S, V	○
	32B-3	1基	C1, F2, G, Q, R, W	○
	32B-4	1基	C1, G, Q, R, S, V	○
	38B-1	1基	G, R, S, V, W, Y	○
	38B-2	1基	R, V, W, Y	○
	38B-3	1基	R, V, X, Y	○
	38B-4	1基	R, Y, AA, AG	○
小 計		8基		
日立造船	10P-1	1基	B, C, D1, F, F3	○
	10P-2	1基	C1, R, W, X, Y, AA	○
	10P-3	1基	AF, AJ, AK	
	14P-1	1基	B, C, E, F	○
	14P-5	1基	C, D1, F3, S, T	○
	14P-6	1基	C, C1, F3, G, R, T, W, Y	○
	14P-7	1基	C1, R, X, Y, AA, AG, AH	○
	14P-8	1基	R, AA, AC, AD, AI	○
	14P-9	1基	AA, AE, AF, AG, AH, AI, AJ	○
	14P-10	1基	AF, AI, AJ, AK	○
小 計		10基		
合 計		31基		

架空値設定：分析結果が出ていない時点で数値を設定
数値修正：不合格値を合格値に修正

使用済燃料輸送容器中性子しゃへい材充填ロット一覧(構内輸送分)

メーカー	容 器	数量	ロット記号	架空数値設定、数値修正あるいは原料取替前の材料証明書使用のあったロットを用いている輸送容器
三菱重工	14P-13	1基	AF, AK, AL	
	14P-14	1基	AF, AK, AL	
	14P-15	1基	AF, AK, AL, AM	○
	14P-16	1基	AN, AO, AP, AQ	○
小 計		4基		
神戸製鋼	12B-4*	1基	F1, F2, I	○
	12B-5*	1基	F1, F2, I, AA	○
	22B-6*	1基	C, F1, F2	○
	22B-7*	1基	C, F1, F2	○
	32B-7	1基	R, Y, AA, AF, AG	○
	32B-8	1基	Y, AA, AB, AE, AF, AG	○
	38B-12	1基	AF, AK, AL, AM, AN	○
	38B-13	1基	AF, AM, AN, AO	○
小 計		8基		
合 計		12基		
総 計		43基		

架空値設定：分析結果が出ていない時点で数値を設定
 数値修正：不合格値を合格値に修正

*：当該4基については、英国 BSE においてレジンを充填を行った

委員会資料6-3「使用済燃料輸送容器の中性子しゃへい材データの書き換えに関する調査結果(追加分)」より

分析試料作製

原料 Part1:主剤(液体)、Part2:硬化剤(液体)
Part3:アミン(Al_2O_3 :粉)、Part4:ホウ酸エステル(粉)

混合(羽根付きホウキ) 500g

ホウキ 1500~2000rpm
5~10分

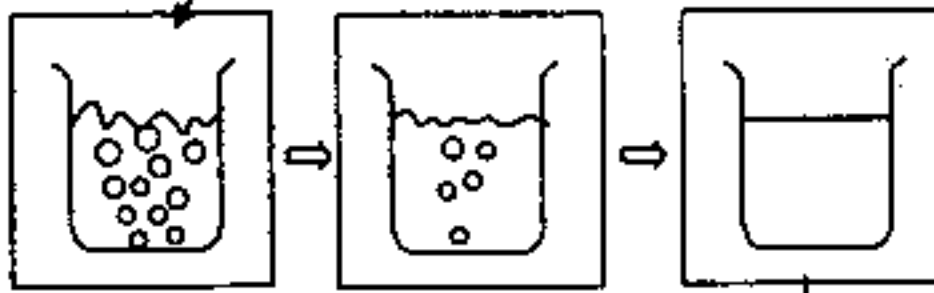
混合物

移し替え

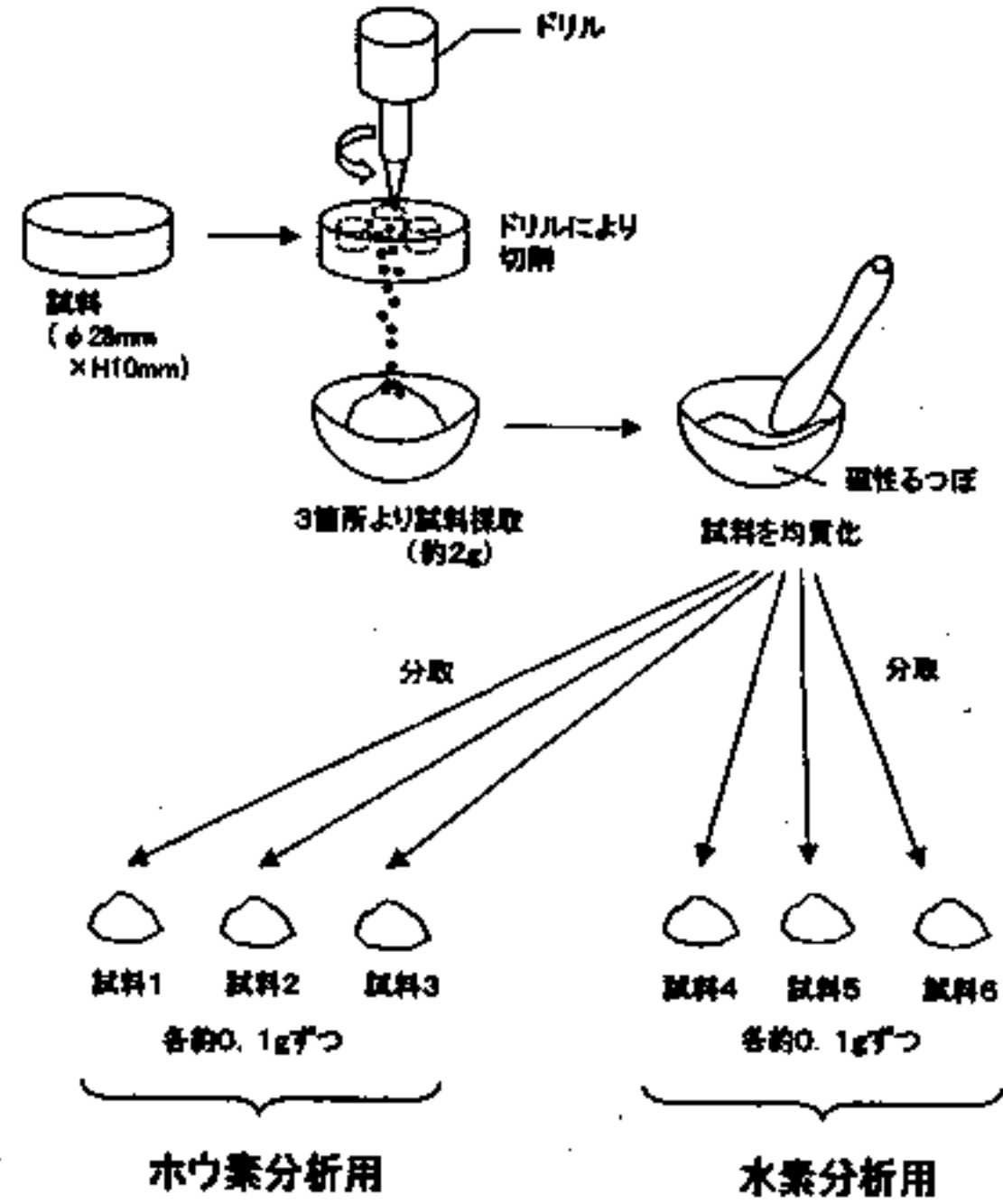
減圧、脱泡(真空乾燥機)

1. 泡の状態を見ながら徐々に減圧(5~10分)
2. 泡が収まってから、0.05mmHgで1分保持

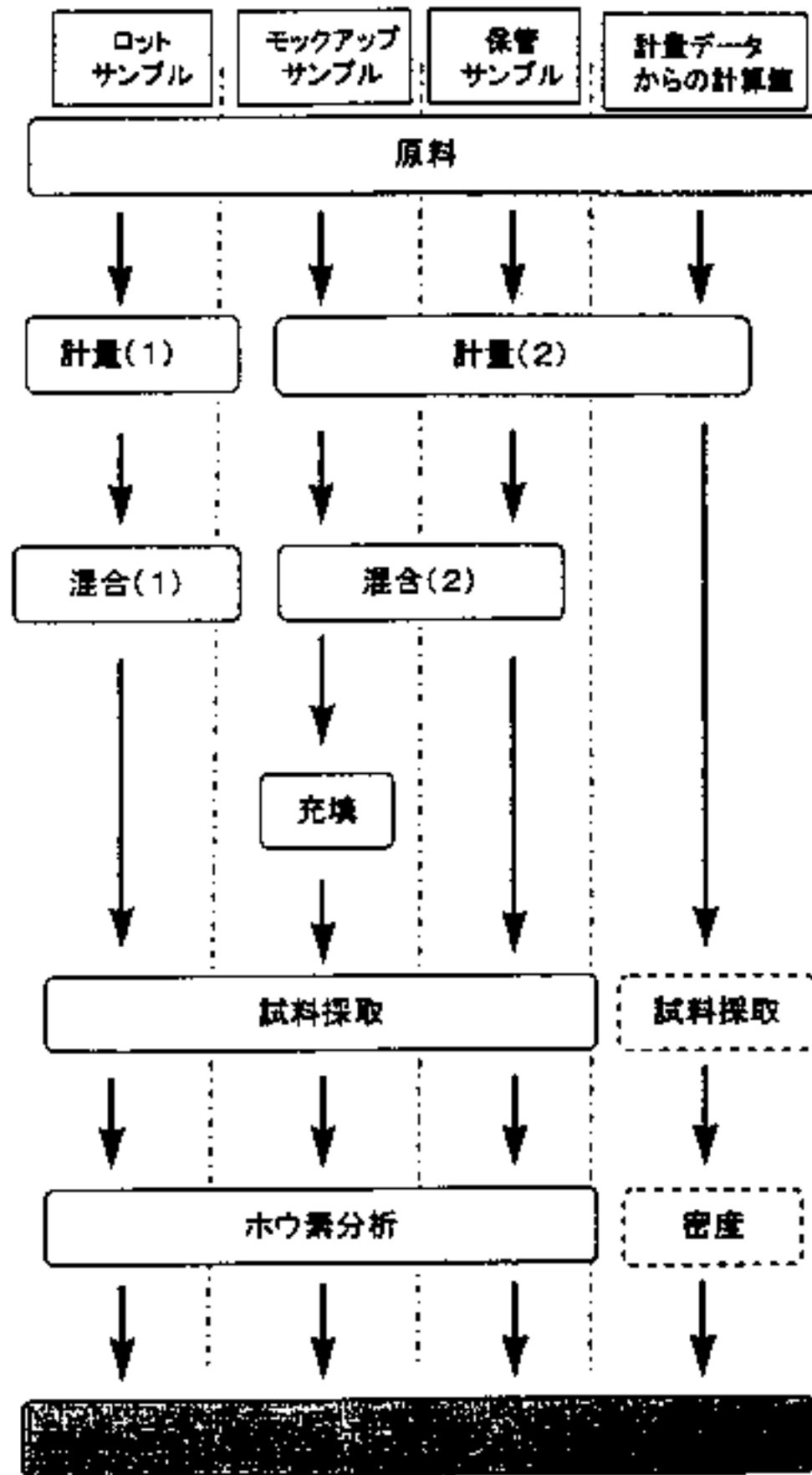
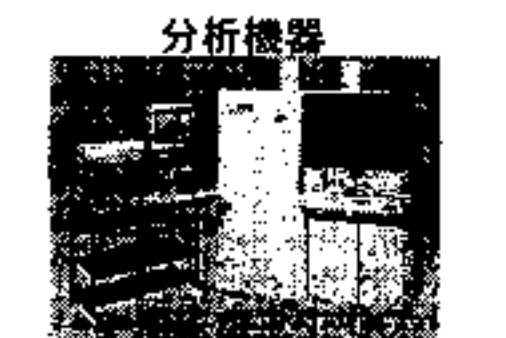
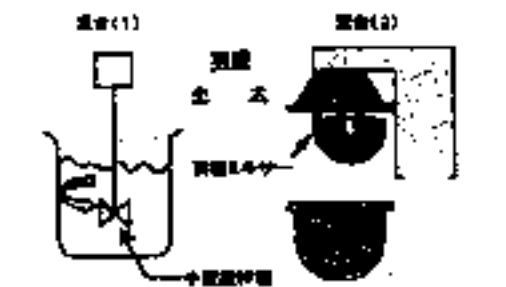
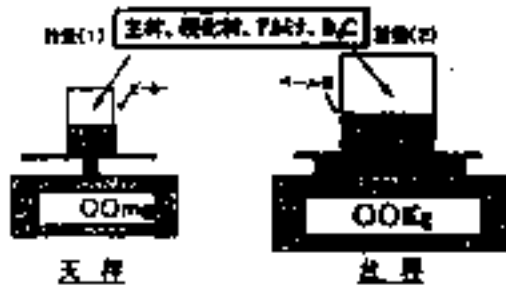
減圧装置 760mmHg → 0.05mmHg



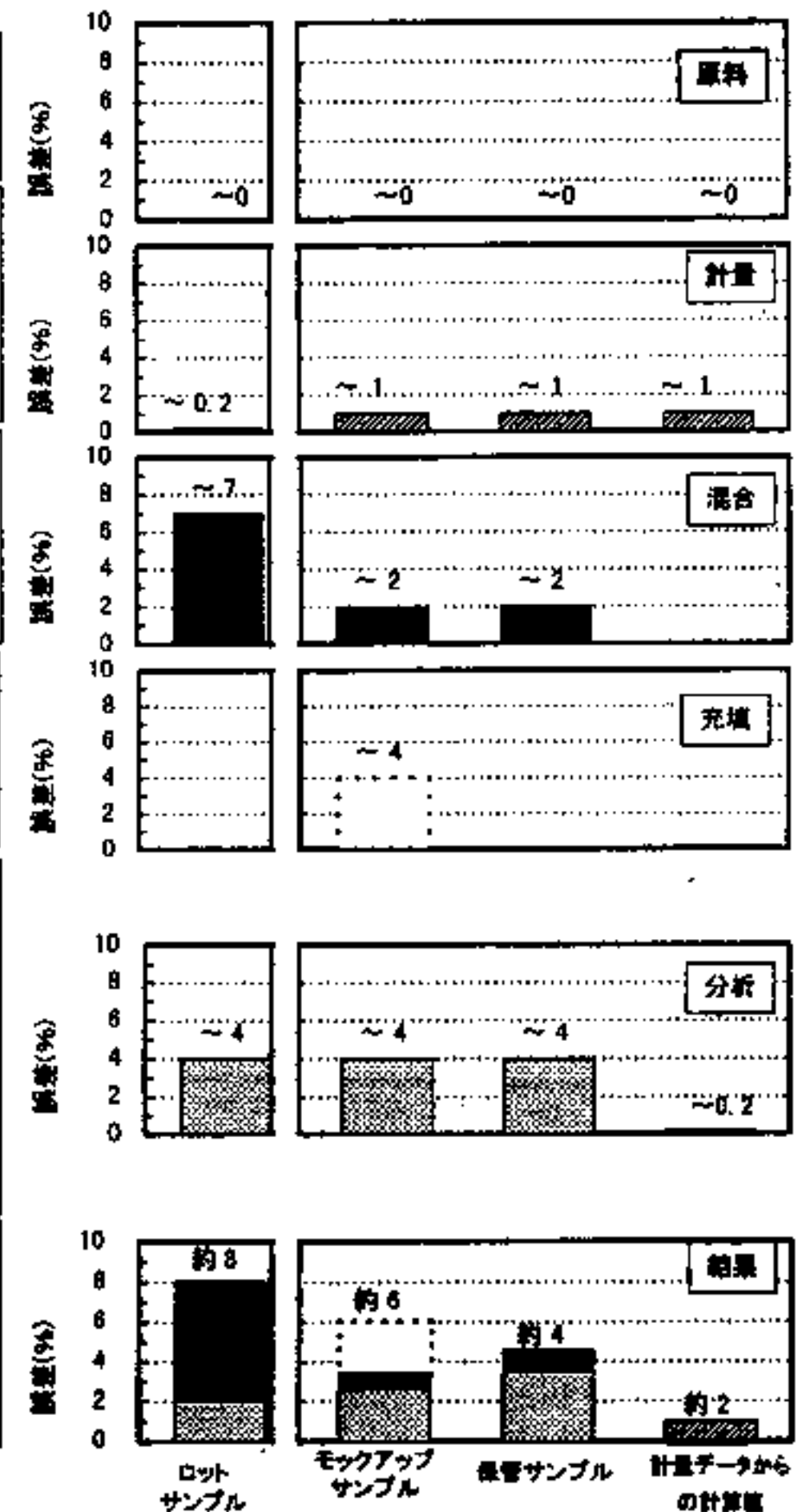
脱泡体



しゃへい材中のホウ素濃度誤差要因

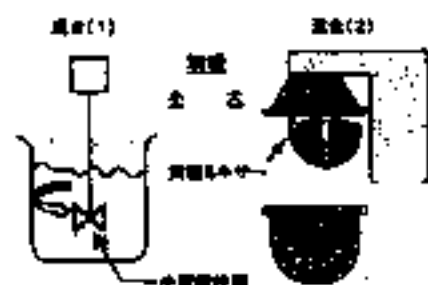
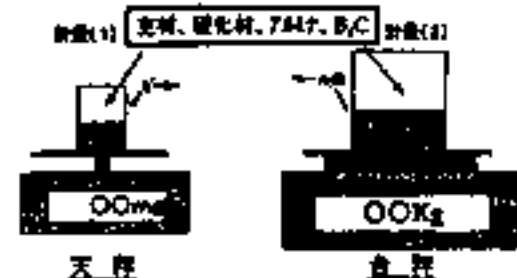


原材料ミルシートに記載されているホウ素含有量のバラツキは少ない	
計量(1): 精密な天秤で計量されるため、計量誤差は0.2% 計量(2): 台秤を用いた計量であるが、精度良く計量されており、計量平均値に対するバラツキは1%以下	σ_w
混合(1): 小型攪拌機による混合が不十分であり約7%の誤差と推定される 混合(2): 実験混合機による混合誤差は少なく約2%程度	σ_m
充填に伴う誤差又は、サンプルデータが少ないことによるバラツキ(モックアップについて約4%)	σ_f
・B4Cの含有量が少ない(1.2%)ことによる偏在が、分析用試料が少ないため表面化し、バラツキが生じる。分析誤差は4%以内。 ・計量データに基づく計算値の誤差は密度の分析誤差のみ(0.2%)	σ_d
上記すべての誤差を考慮 ・保管サンプル(約4%) ・モックアップサンプル(約6%) ・ロットサンプル(約5%)	σ_r

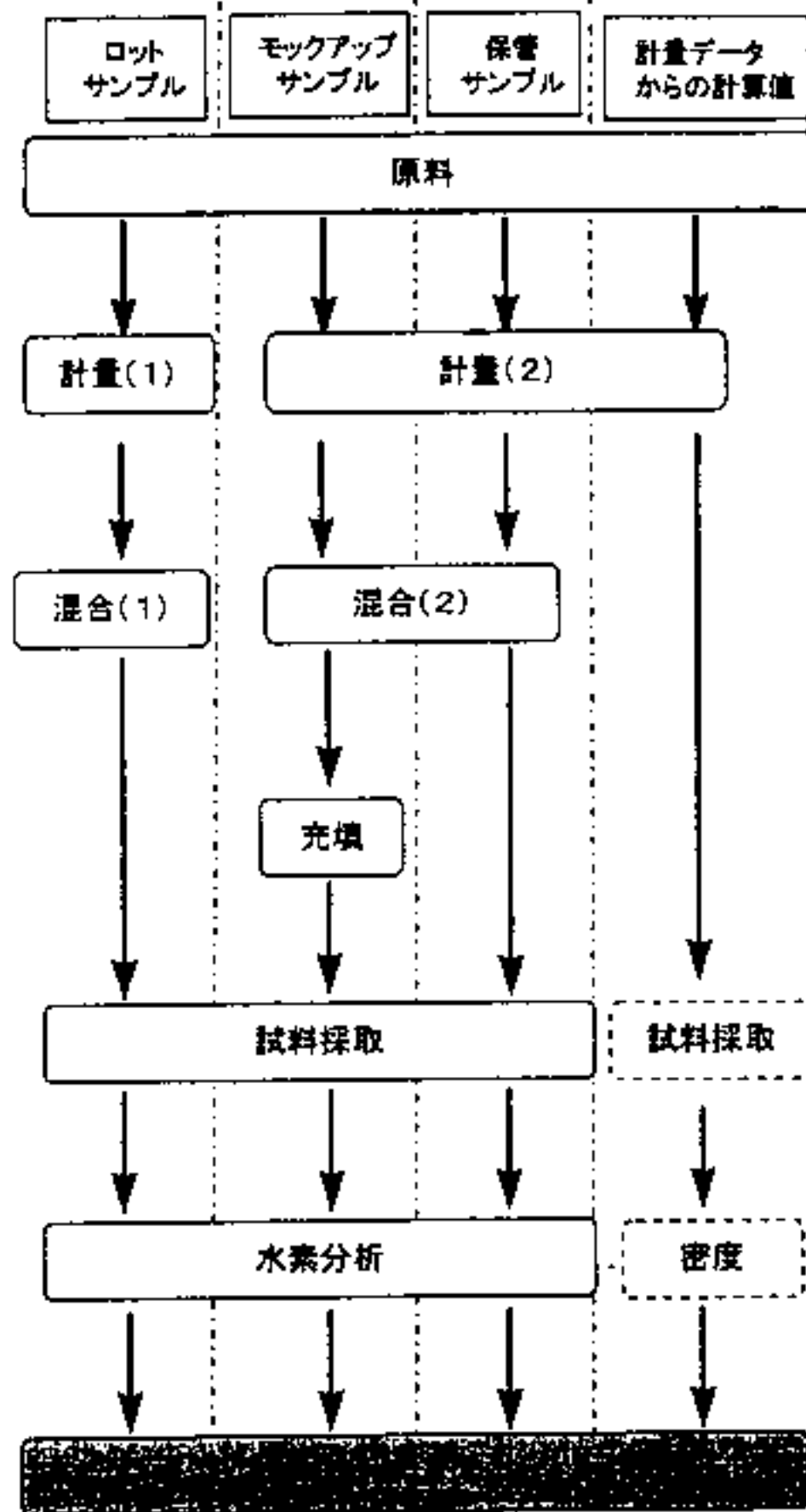


$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_m^2 + \sigma_f^2 + \sigma_d^2}$$

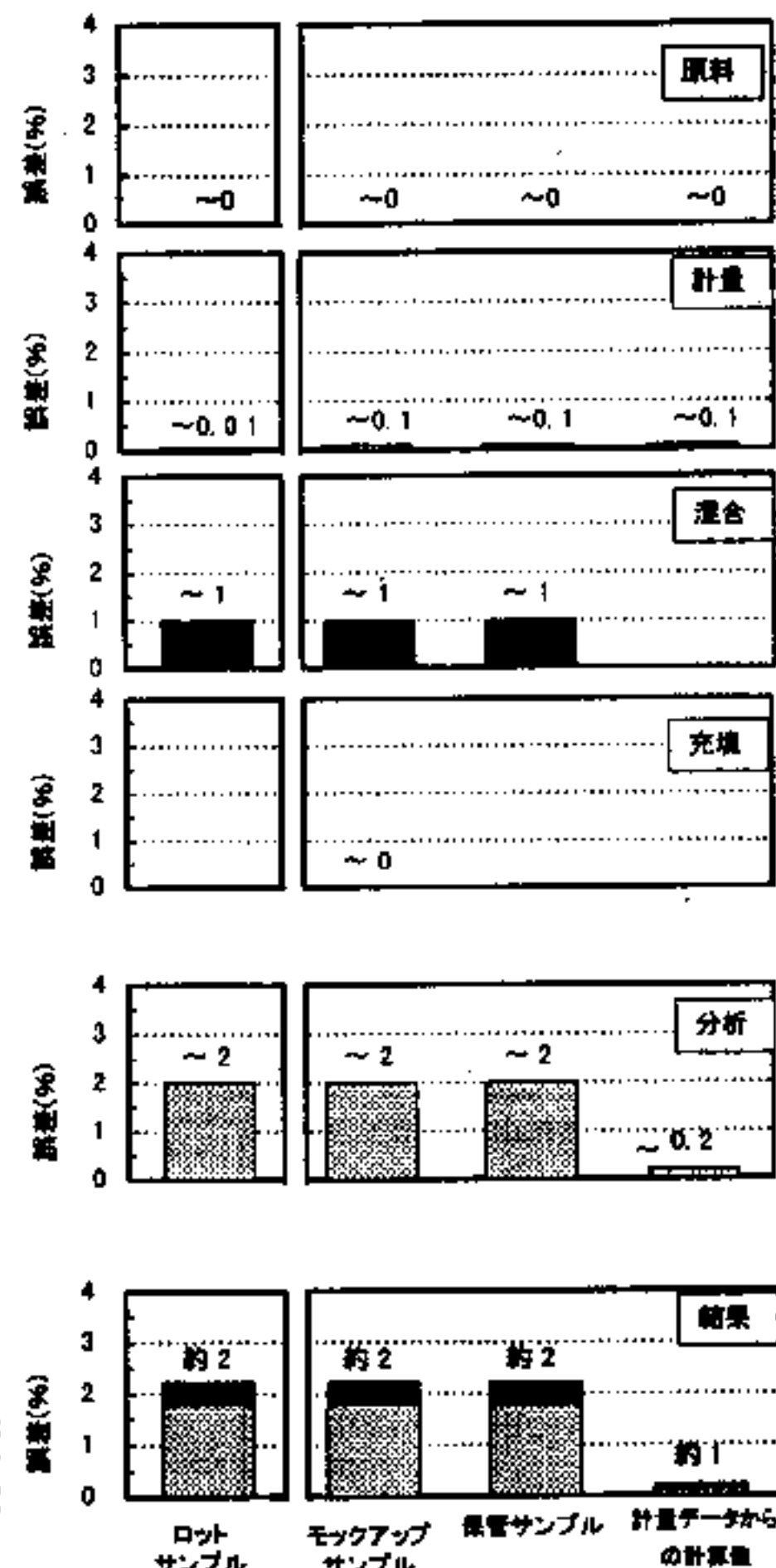
しゃへい材中の水素濃度誤差要因



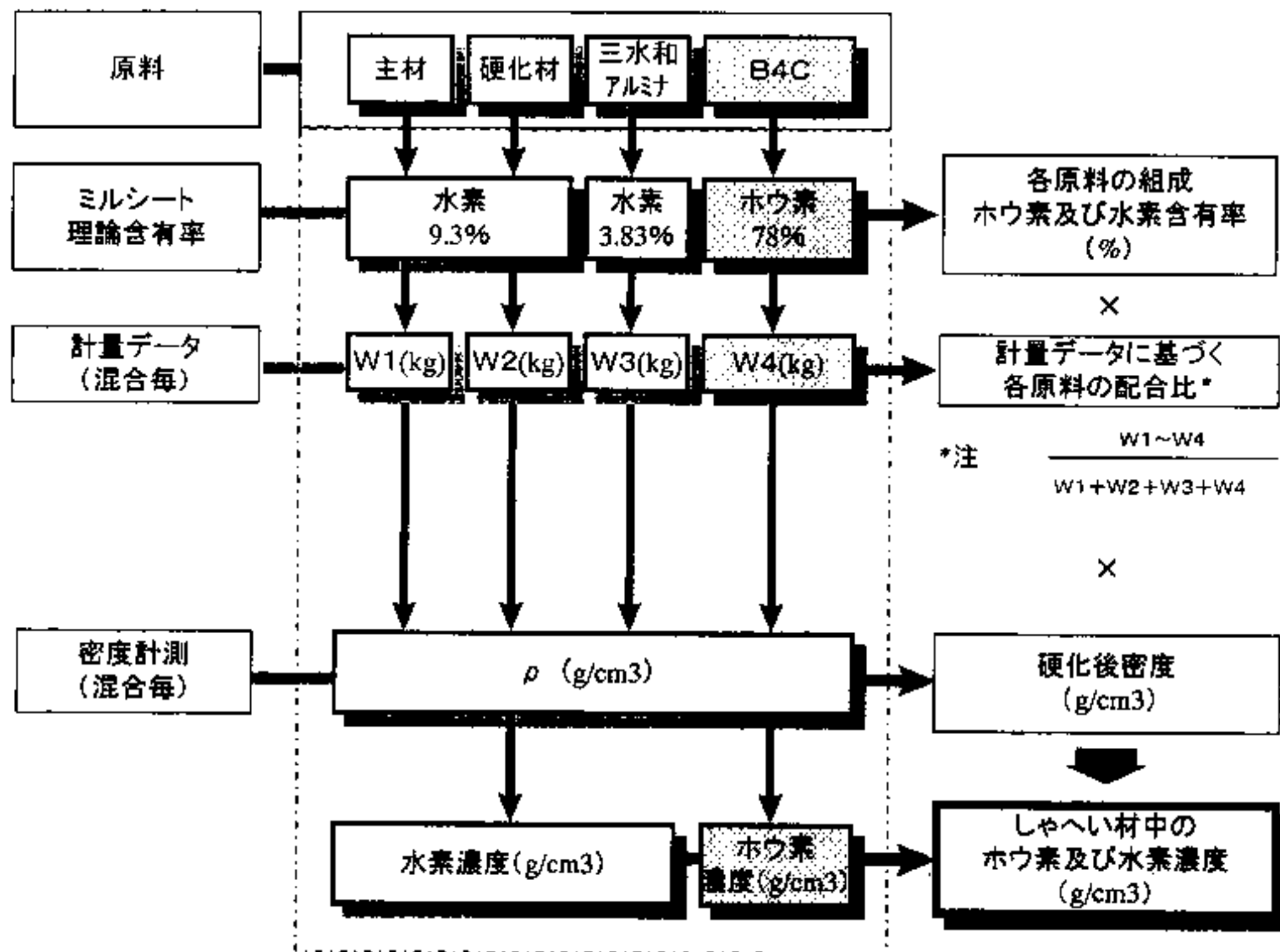
分析機器



原材料の水素含有量は各ロットにおいて一定している	
計量(1): 精密な天秤で計量されるため、計量誤差は0.01% 計量(2): 台秤を用いた計量であるが、精度良く計量されており、計量平均値に対するバラツキは0.1%以下	σ_w
原料の大部分を占める主材・硬化材・アルミナに水素が含まれるため、ホウ素に比べて混合誤差の影響は小さい(～1%)	σ_M
原料の大部分を占める主材・硬化材・アルミナに水素が含まれるため、充填誤差は殆どない。(～0%)	σ_F
原料の大部分を占める主材・硬化材・アルミナに水素が含まれるため試料採取誤差は小さく、分析誤差も少ない。(～2%) 計量データに基づく計算値の分析誤差は密度の分析誤差のみ(0.2%)	σ_D
上記すべての誤差を考慮 ・保管サンプル(約2%) ・モックアップサンプル(約2%) ・ロットサンプル(約2%)	σ_T

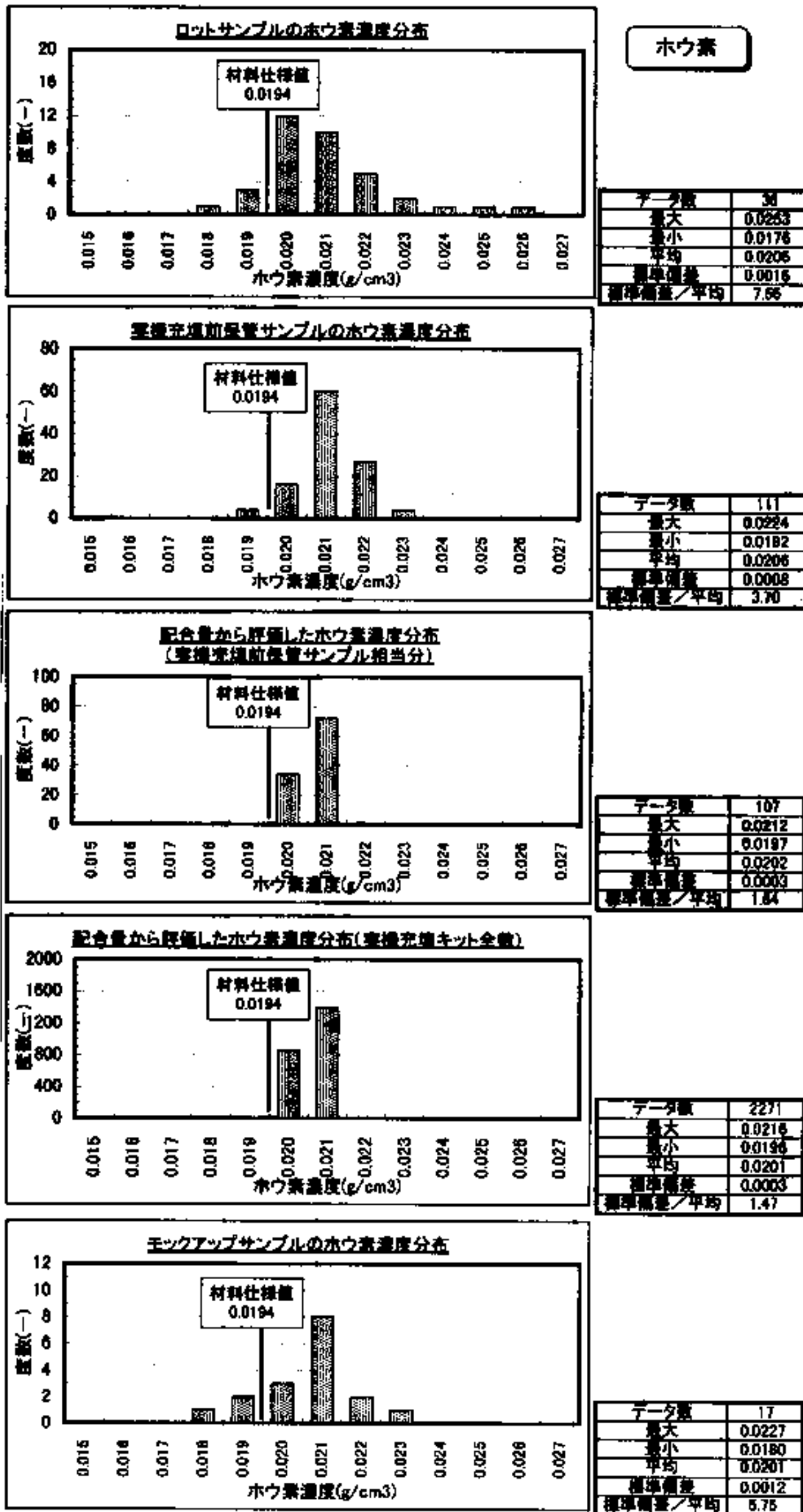


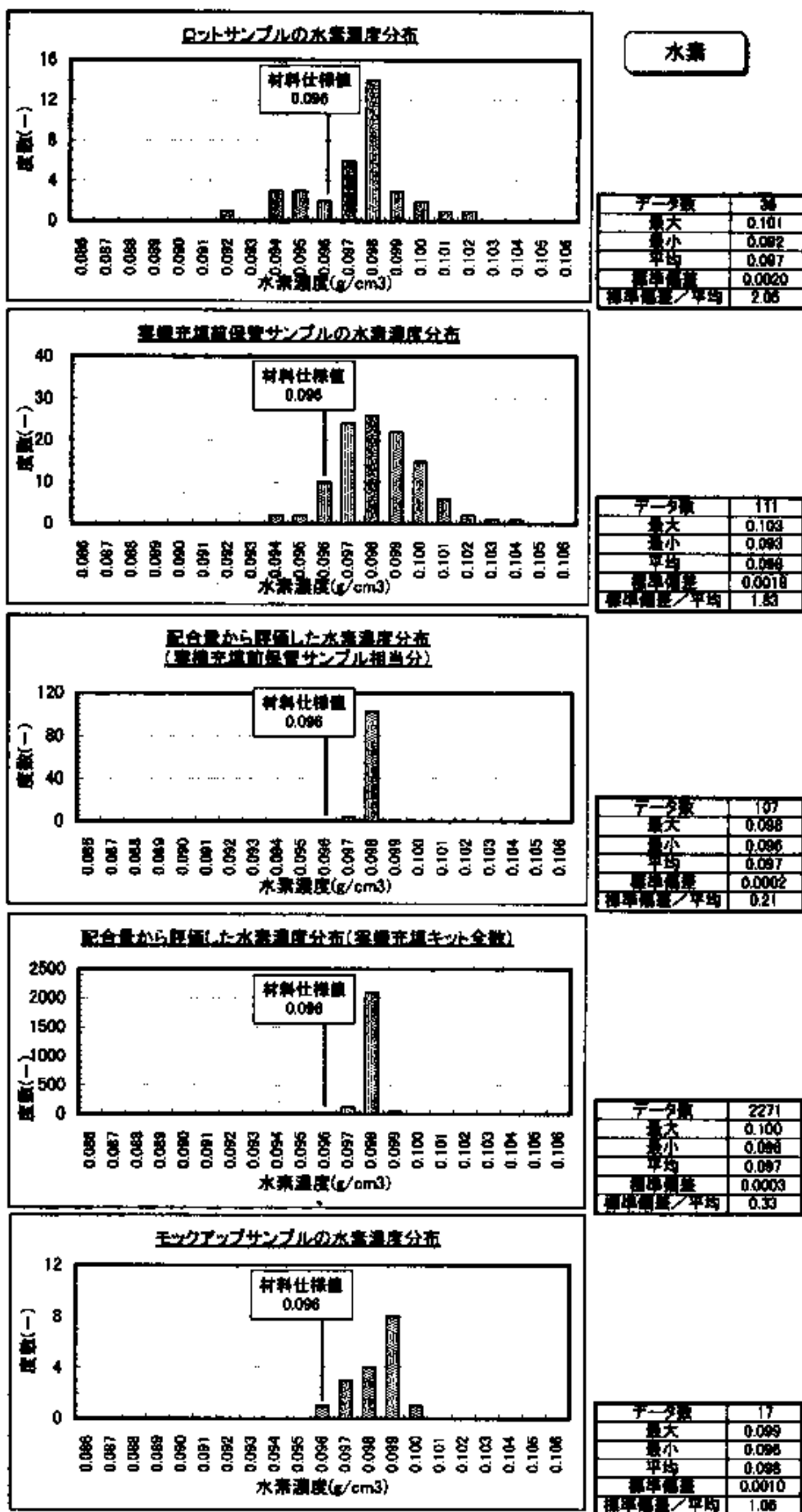
$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_M^2 + \sigma_F^2 + \sigma_D^2}$$



計量データによるしゃへい材中ホウ素及び水素濃度の計算

ホウ素濃度及び水素濃度のバラツキ



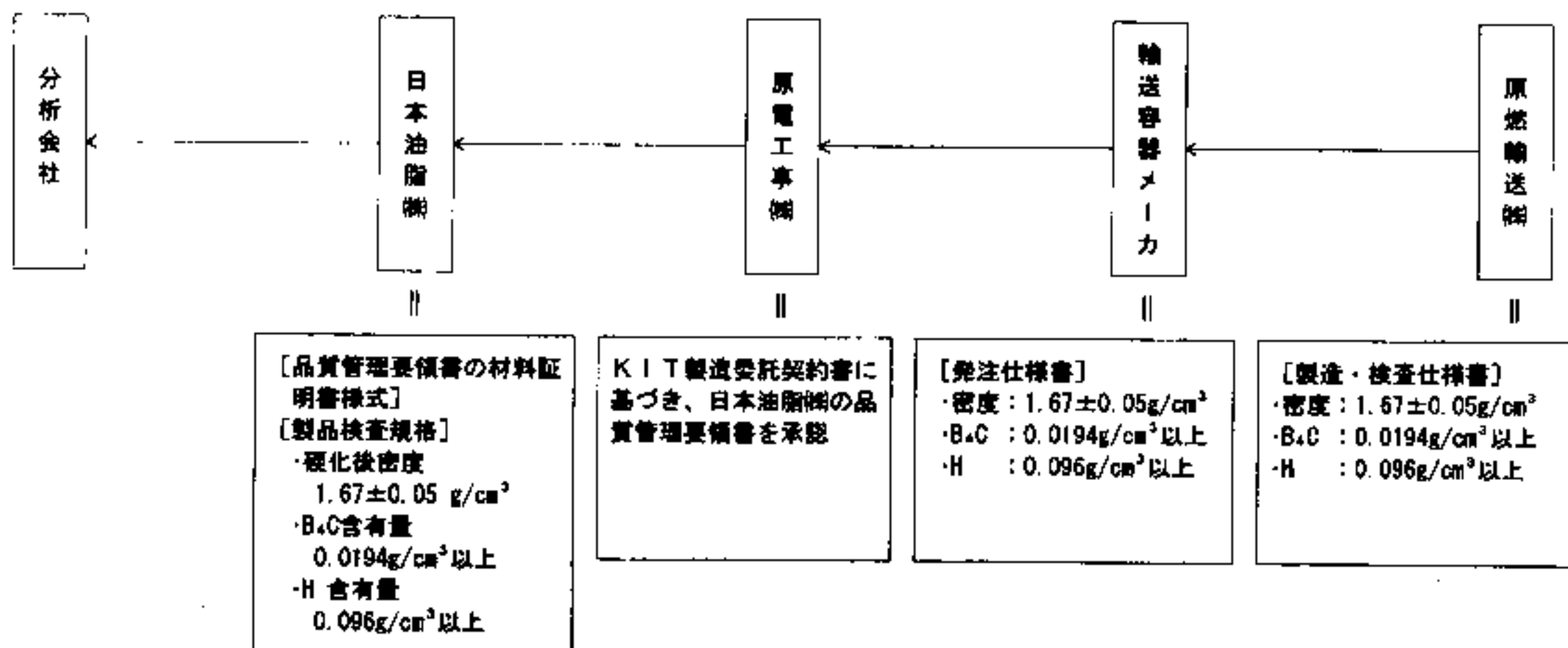


レジンの材料仕様の値について

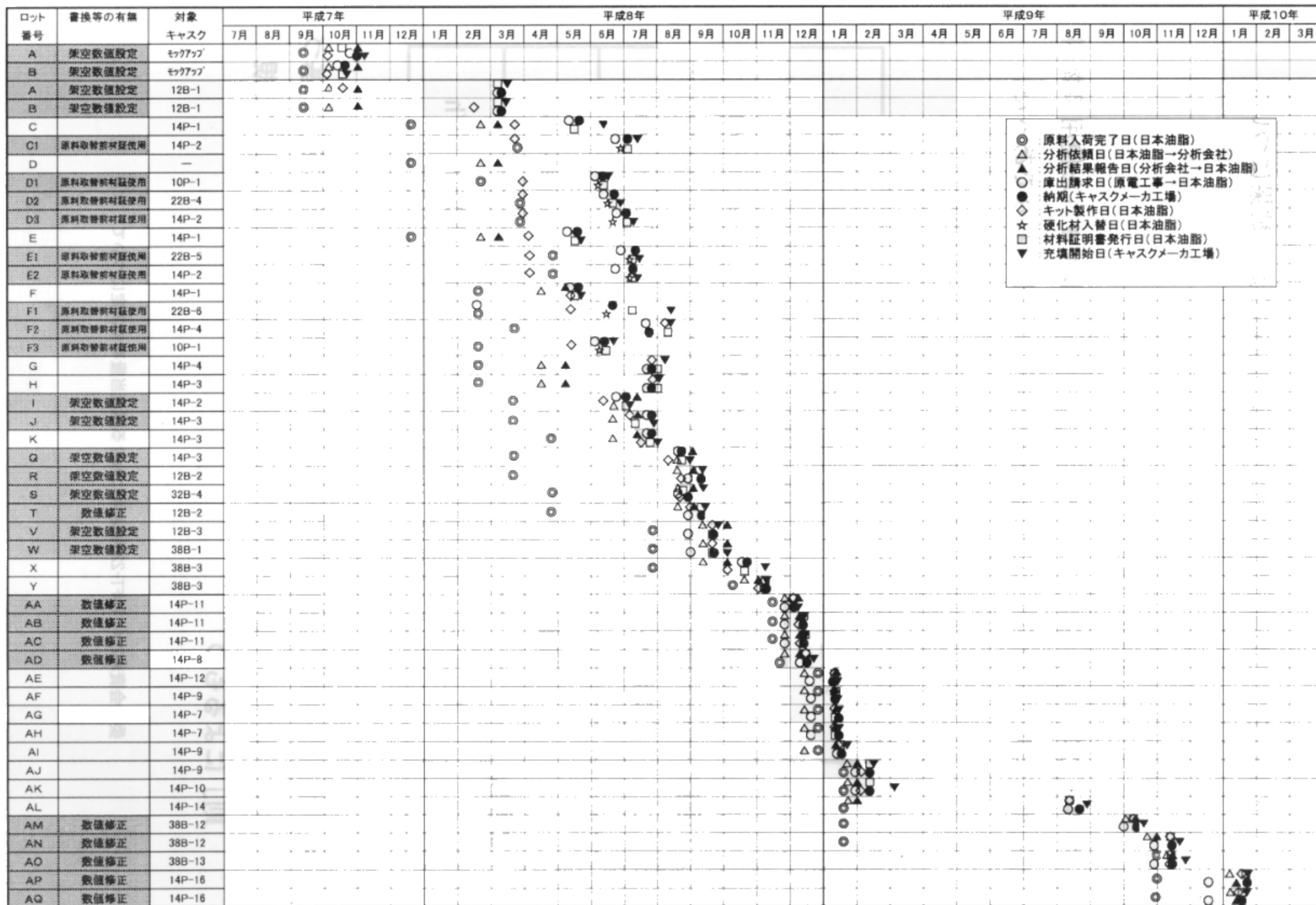
レジン（中性子しゃへい材）の発注の流れ及び仕様の値については、下図のとおり。

設計承認申請書

密度： $1.67 \pm 0.05 \text{g/cm}^3$
 B_4C ： 0.0194g/cm^3 以上
 H ： 0.096g/cm^3 以上



中性子しゃへい材製造工程実績表



(注1) 各ロットに対し充填開始が最も早いキャスクに着目した。
 (注2) モックアップはA、Bロットを使用してメーカー毎に施工されているが、ここでは最も早いモックアップに着目した

NFT-22B型輸送物における線量当量率の測定結果について

平成10年10月2日に、六ヶ所再処理施設に搬入された使用済燃料輸送物（NFT-22B型）の線量当量率は以下のとおりであった。

	測定場所	測定値（最大値）	基準値*
1号機	表面	0.0128 mSv/h	2 mSv/h
	表面から1 m	2.4 μSv/h	100 μSv/h
2号機	表面	0.0132 mSv/h	2 mSv/h
	表面から1 m	2.2 μSv/h	100 μSv/h

* 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく、「核燃料物質等の工場又は事業所外における運搬に関する規則」によるもの

原子力発電所構内輸送実績調査結果について

発電所	輸送日	測定場所	キ+スクNo.	測定結果(μSv/h)	
				表面	1 m
福島第一 原子力発 電所 (1/2)	H9.10.8	6 R/B	NFT-32B-7	17.1	2.8
	H9.10.14	6 R/B	NFT-32B-8	14.1	3.1
	H9.10.18	6 R/B	NFT-32B-7	12.1	3.1
	H9.10.23	6 R/B	NFT-32B-8	15.1	2.6
	H9.10.28	6 R/B	NFT-32B-7	13.1	2.3
	H9.11.17	1 R/B	NFT-12B-4	11.3	2.0
	H9.11.21	1 R/B	NFT-12B-5	24.9	2.0
	H9.12.1	1 R/B	NFT-12B-4	21.4	8.7
	H9.12.19	2 R/B	NFT-12B-4	7.7	2.2
	H9.12.25	2 R/B	NFT-12B-5	14.3	1.7
	H10.1.9	2 R/B	NFT-12B-4	7.3	2.0
	H10.1.14	2 R/B	NFT-12B-5	8.8	1.8
	H10.1.20	2 R/B	NFT-12B-4	11.3	2.2
	H10.1.24	2 R/B	NFT-12B-5	7.2	2.2
	H10.1.29	2 R/B	NFT-12B-4	11.4	2.3
	H10.2.3	2 R/B	NFT-12B-5	15.3	2.6
	H10.2.7	2 R/B	NFT-12B-4	12.3	2.7
	H10.2.13	2 R/B	NFT-12B-5	12.2	2.2
	H10.2.18	2 R/B	NFT-12B-4	10.3	2.5
	H10.3.3	5 R/B	NFT-22B-6	5.6	1.4
	H10.3.7	5 R/B	NFT-22B-7	5.2	0.9
	H10.3.12	5 R/B	NFT-22B-6	5.2	1.1
	H10.3.17	5 R/B	NFT-22B-7	9.0	2.0
	H10.3.23	5 R/B	NFT-22B-6	3.7	1.4
	H10.3.27	5 R/B	NFT-22B-7	5.7	1.0
	H10.5.27	4 R/B	NFT-22B-6	4.9	1.9
	H10.6.1	4 R/B	NFT-22B-7	6.7	2.4
	H10.6.5	4 R/B	NFT-22B-6	16.3	4.7
	H10.6.10	4 R/B	NFT-22B-7	7.9	4.1
	H10.6.16	4 R/B	NFT-22B-6	6.7	3.0
	H10.6.22	4 R/B	NFT-22B-7	8.5	2.3
	H10.7.13	1R/B	NFT-12B-4	18.4	5.2
	H10.7.17	1R/B	NFT-12B-5	22.4	3.1
	H10.7.24	1R/B	NFT-12B-4	11.3	2.3
	H10.7.29	1R/B	NFT-12B-5	15.2	2.7

発電所	輸送日	測定場所	キャスクNo.	測定結果(μSv/h)	
				表面	1 m
福島第一 原子力発 電所 (2/2)	H10.8.3	1R/B	NFT-12B-4	18.4	3.1
	H10.8.7	1R/B	NFT-12B-5	9.4	1.9
	H10.8.12	1R/B	NFT-12B-4	17.3	3.0
	H10.8.20	1R/B	NFT-12B-5	13.8	2.5
	H10.8.28	1R/B	NFT-12B-4	15.6	4.7
	H10.9.17	6 R/B	NFT-32B-7	8.7	2.7
	H10.9.22	6 R/B	NFT-32B-8	8.6	3.1
	H10.9.29	6 R/B	NFT-32B-7	13.2	2.7
	H10.10.5	6 R/B	NFT-32B-8	17.2	5.2
柏崎刈羽 原子力発 電所	H10.8.11	1R/B	NFT-38B-12	4.6	1.5
	H10.6.19	1R/B	NFT-38B-13	5.4	1.8
	H10.6.29	1R/B	NFT-38B-12	8.2	2.5
	H10.7.9	1R/B	NFT-38B-13	7.2	1.7
大飯発電 所	H10.3.10	1,2A/B	NFT-14P-14	17.5	3.0
	H10.3.17	1,2A/B	NFT-14P-15	26.0	5.5
	H10.3.23	1,2A/B	NFT-14P-14	17.0	4.0
	H10.3.27	1,2A/B	NFT-14P-15	28.0	4.5
	H10.4.2	1,2A/B	NFT-14P-14	28.0	8.5
	H10.4.7	1,2A/B	NFT-14P-15	28.5	7.0
	H10.5.11	1,2A/B	NFT-14P-14	42.0	11.0
	H10.5.15	1,2A/B	NFT-14P-15	37.0	9.0
	H10.5.21	1,2A/B	NFT-14P-14	49.0	10.0
	H10.5.26	1,2A/B	NFT-14P-15	30.0	5.5
	H10.6.1	1,2A/B	NFT-14P-14	28.0	5.5
	H10.6.5	1,2A/B	NFT-14P-15	24.0	5.5
	H10.6.11	1,2A/B	NFT-14P-14	34.0	5.0
	H10.6.16	1,2A/B	NFT-14P-15	26.0	7.0
玄海原子 力発電所	H10.1.26	1A/B・屋外	NFT-14P-13	2.8	2.1
	H10.2.9	1A/B・屋外	NFT-14P-13	4.0	3.0
	H10.5.25	2A/B・屋外	NFT-14P-13	3.5	2.0
	H10.8.8	2A/B・屋外	NFT-14P-13	5.0	2.2
	H10.8.22	2A/B・屋外	NFT-14P-13	4.0	2.3

※小数点第2位は四捨五入

(注1) 測定結果は、各ポイント毎の値の最大値を記載している。

NFTキャスク線量当量率 : 判定基準 表面: 2mSv/h (2000μSv/h) 以下
 1m: 100μSv/h以下

遮へい安全性評価における解析条件

表-1 実測データ調査結果

対象	分析項目	材料仕様値 (g/cm ³)	分析値(g/cm ³)			分析 サンプル数
			平均	最大	最小	
ロットサンプル	密度	1.67±0.05	1.66	1.70	1.64	36
	ホウ素濃度	B4C: 0.0194以上	0.0205	0.0253	0.0176	36
	水素濃度	0.096 以上	0.097	0.101	0.092	36
実機充填時 サンプル	密度	1.67±0.05	1.68	1.68	1.64	1944
モックアップ サンプル	密度	1.67±0.05	1.68	1.70	1.63	17
	ホウ素濃度	B4C: 0.0194以上	0.0201	0.0227	0.0180	17
	水素濃度	0.096 以上	0.098	0.099	0.096	17

表-2 解析用入力値(下限値)の設定

	①材料仕様値 (g/cm ³)	②実測データの最小値 (g/cm ³)			設定の考え方	解析用 入力値
		ロット	実機充填時	モックアップ		
密度	1.67±0.05	1.64	1.64	1.63	実測データは全て材料仕様値の範囲内にあるため材料仕様値の下限を採用。	1.62
ホウ素濃度	B4C: 0.0194 以上	0.0176	—	0.0180	② / ①×100=90.7% 実測データは材料仕様値の10%減。 測定誤差等を考慮し2倍の安全係数を取り、材料仕様値に対し 10%×2=20%を減ずる。	0.0155
水素濃度	0.096 以上	0.092	—	0.096	② / ①×100=95.8% 実測データは材料仕様値の5%減。 測定誤差等を考慮し2倍の安全係数を取り、材料仕様値に対し 5%×2=10%を減ずる。	0.086

遮へい安全解析に用いる使用済燃料の仕様

表25-1 使用済燃料の燃焼度及び冷却期間

輸送容器の型式	収納使用済燃料	収納物平均燃焼度 (MWD/MTU)	冷却期間 (B)
NFT-38B	BWR 使用済燃料	40,000	1,050
NFT-32B		40,000	1,050
NFT-22B		40,000	630
NFT-12B		40,000	570
NFT-14P	PWR	44,000	630
NFT-10P	使用済燃料	44,000	810

表25-2 使用済燃料有効部の中性子線源強度（未臨界増倍効果を含む）

輸送容器の型式	単位長さ当たりの線源強度		全線源強度 (n/s)
	中央部(n/s/cm)	端部(n/s/cm)	
NFT-38B	5.425×10^7	2.806×10^7	1.817×10^{10}
NFT-32B	4.301×10^7	2.224×10^7	1.440×10^{10}
NFT-22B	3.009×10^7	1.581×10^7	1.010×10^{10}
NFT-12B	1.643×10^7	8.684×10^6	5.519×10^9
NFT-14P	5.952×10^7	3.369×10^7	2.015×10^{10}
NFT-10P	3.422×10^7	1.927×10^7	1.155×10^{10}

表25-3 使用済燃料有効部のガンマ線源強度

輸送容器の型式	単位長さ当たりの線源強度		全線源強度 (γ /s)
	中央部(γ /s/cm)	端部(γ /s/cm)	
NFT-38B	6.038×10^{14}	5.020×10^{14}	2.163×10^{17}
NFT-32B	5.084×10^{14}	4.227×10^{14}	1.822×10^{17}
NFT-22B	5.949×10^{14}	4.946×10^{14}	2.132×10^{17}
NFT-12B	3.548×10^{14}	2.951×10^{14}	1.271×10^{17}
NFT-14P	1.313×10^{16}	1.112×10^{16}	4.668×10^{17}
NFT-10P	5.986×10^{14}	5.060×10^{14}	2.124×10^{17}

事業者による遮へい解析結果

表 輸送容器の最大線量当量率（ホウ素、水素濃度下限値）

輸送容器	表 面		表 面 よ り 1 m	
	位 置	線量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	位 置	線量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
NFT-300型	頭部径方向	279.0	頭部軸方向	56.9
NFT-320型	頭部径方向	393.4	側 部	60.3
NFT-220型	底部径方向 (トランニオン方向)	452.7	側 部	65.8
NFT-120型	底部径方向 (トランニオン方向)	634.2	側 部	62.2
NFT-140型	底部径方向 (トランニオン方向)	855.0	側 部	63.7
NFT-100型	底部径方向 (トランニオン方向)	673.3	底部径方向 (トランニオン方向)	76.0
法令上の基準値	2000以下		100以下	

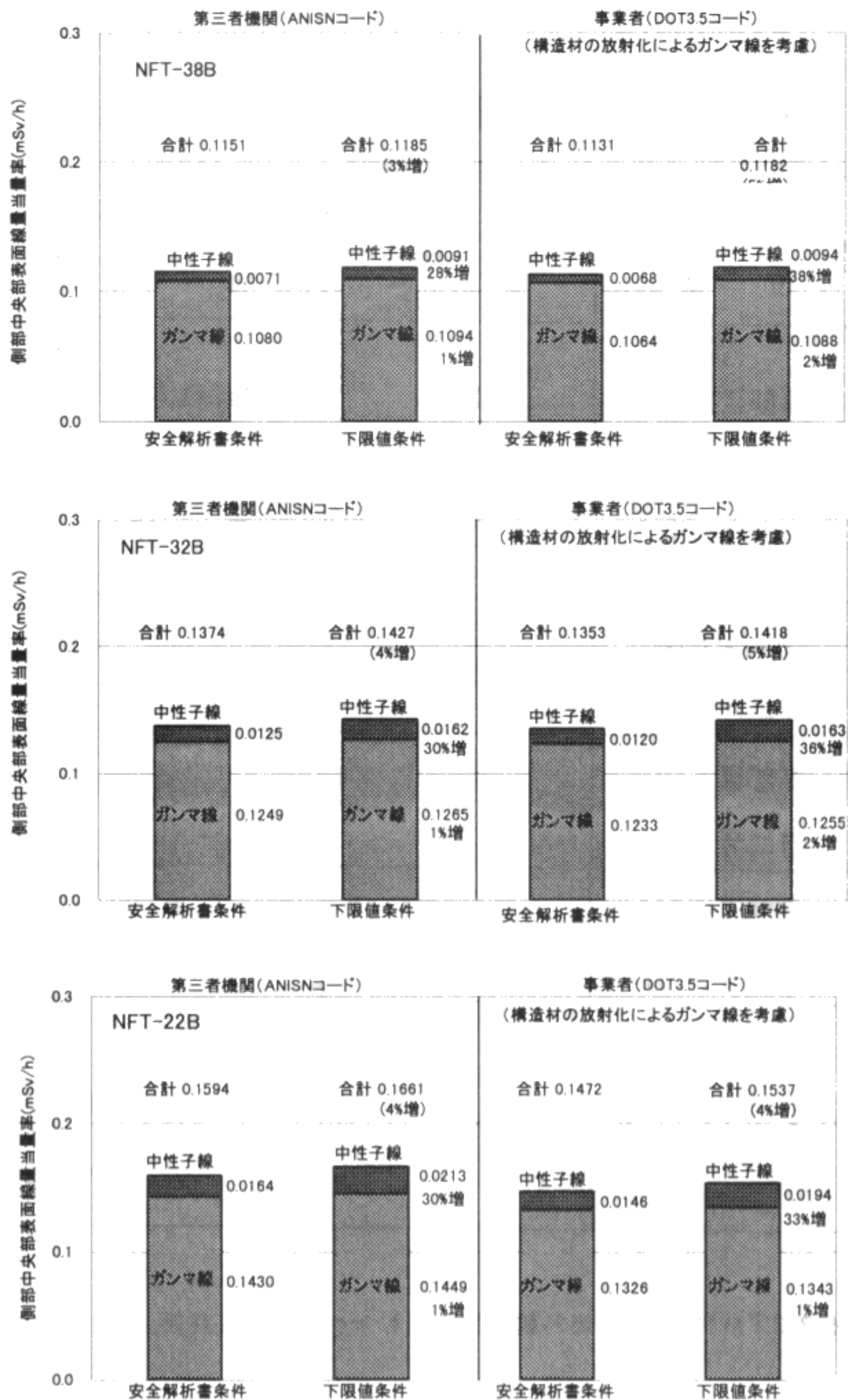
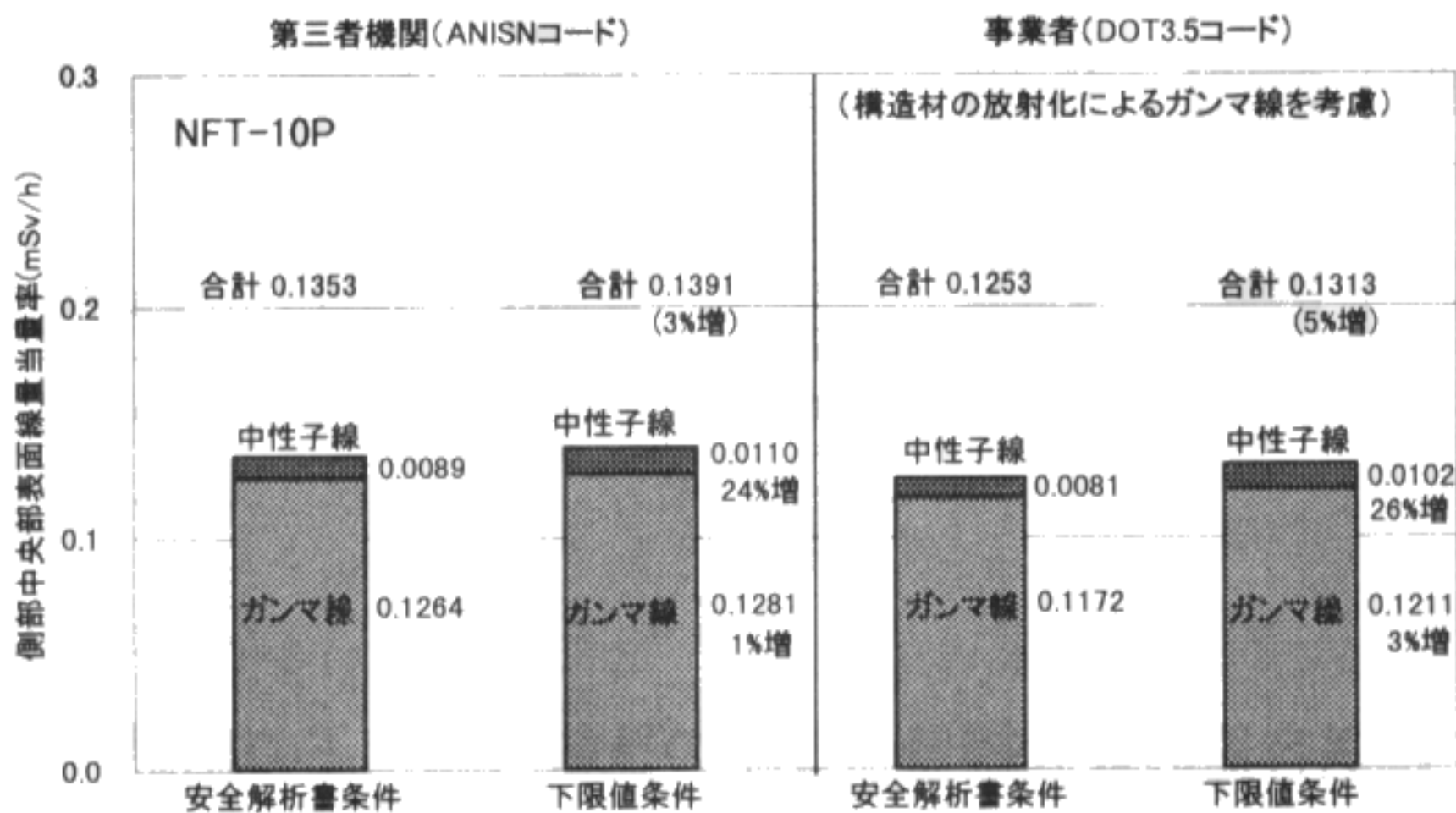
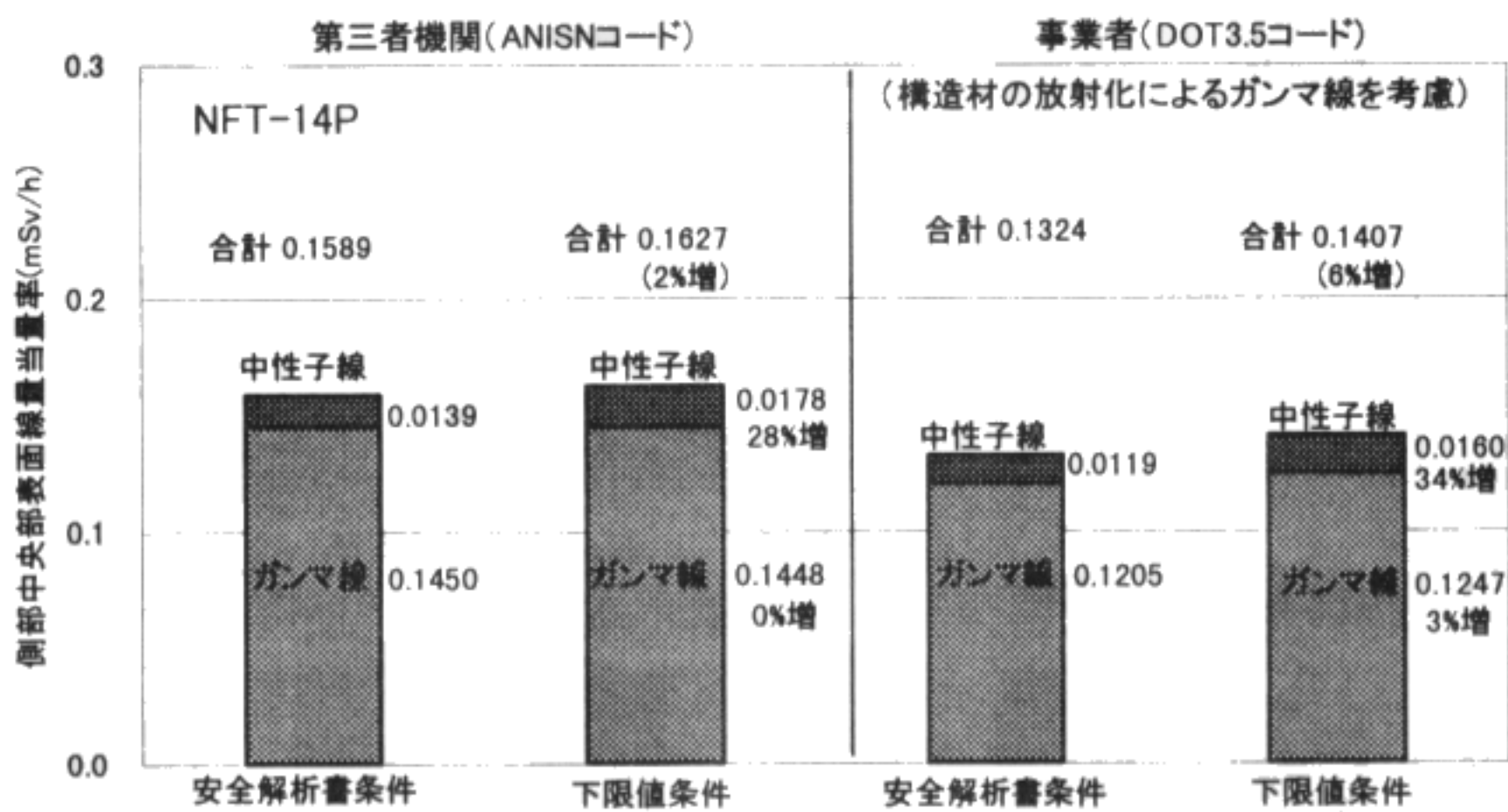
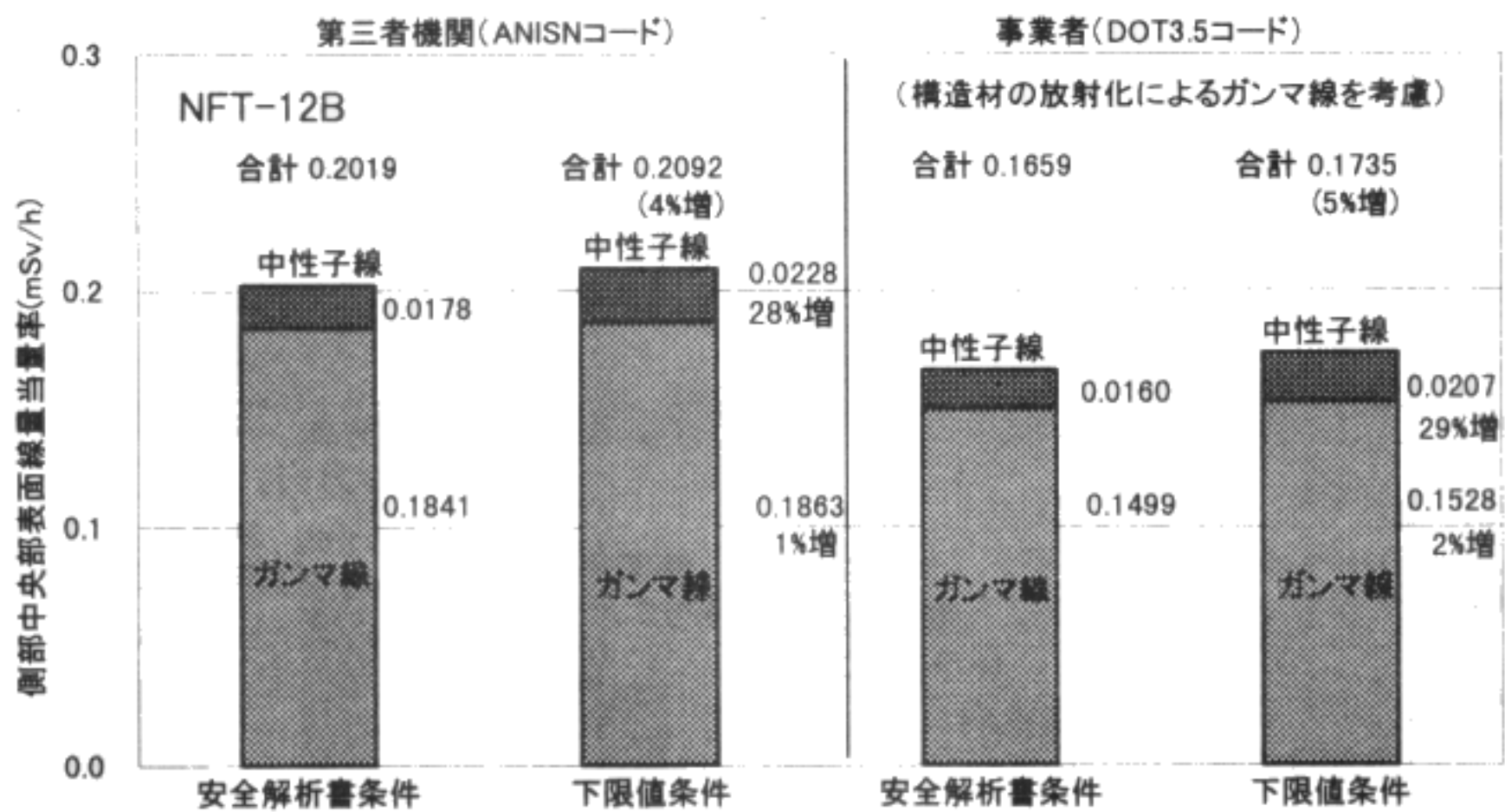


図 遮へい安全性評価結果(1)
(第三者機関と事業者による計算結果の比較)



遮へい安全性評価結果(2)

(第三者機関と事業者による計算結果の比較)

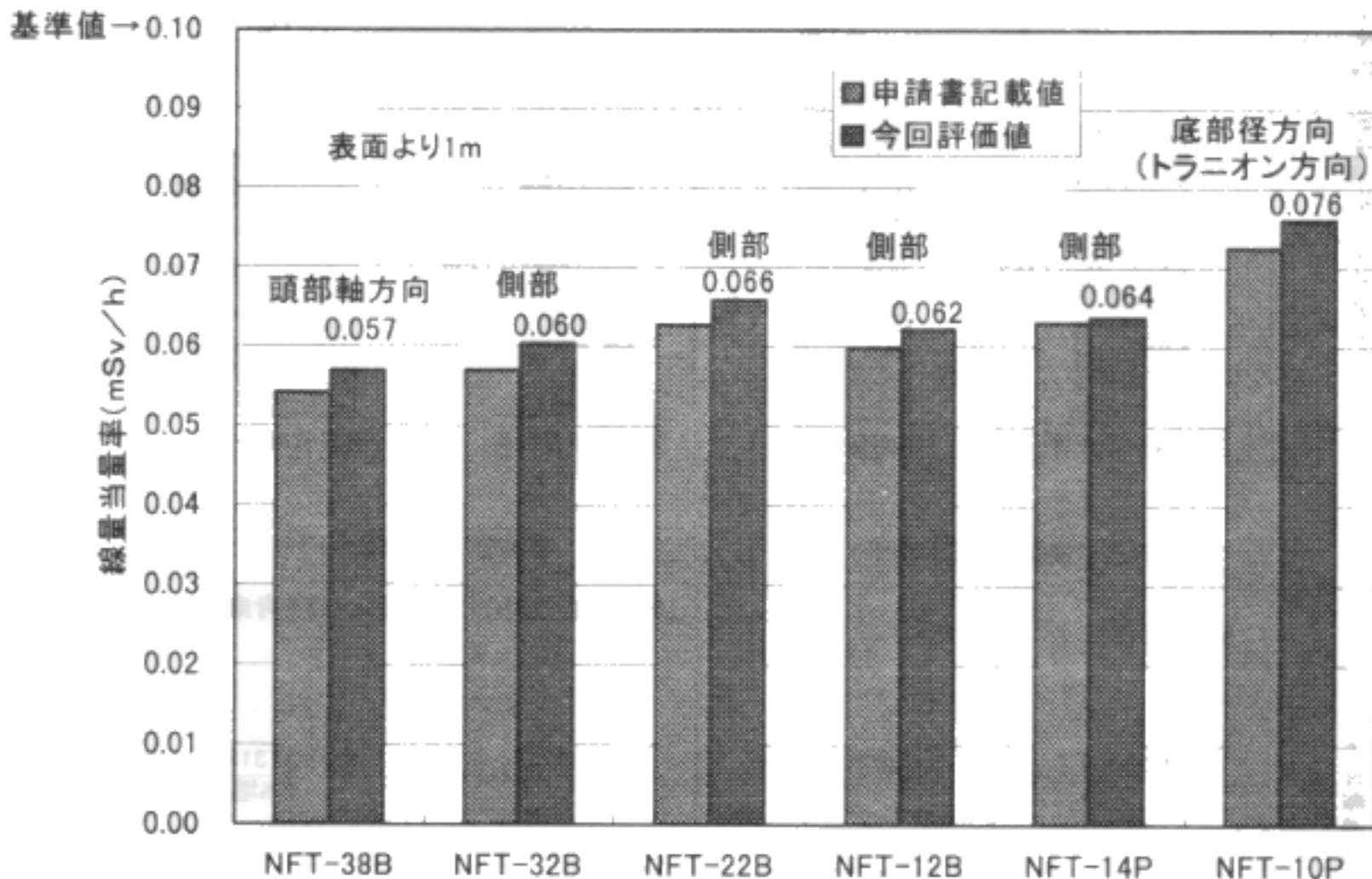
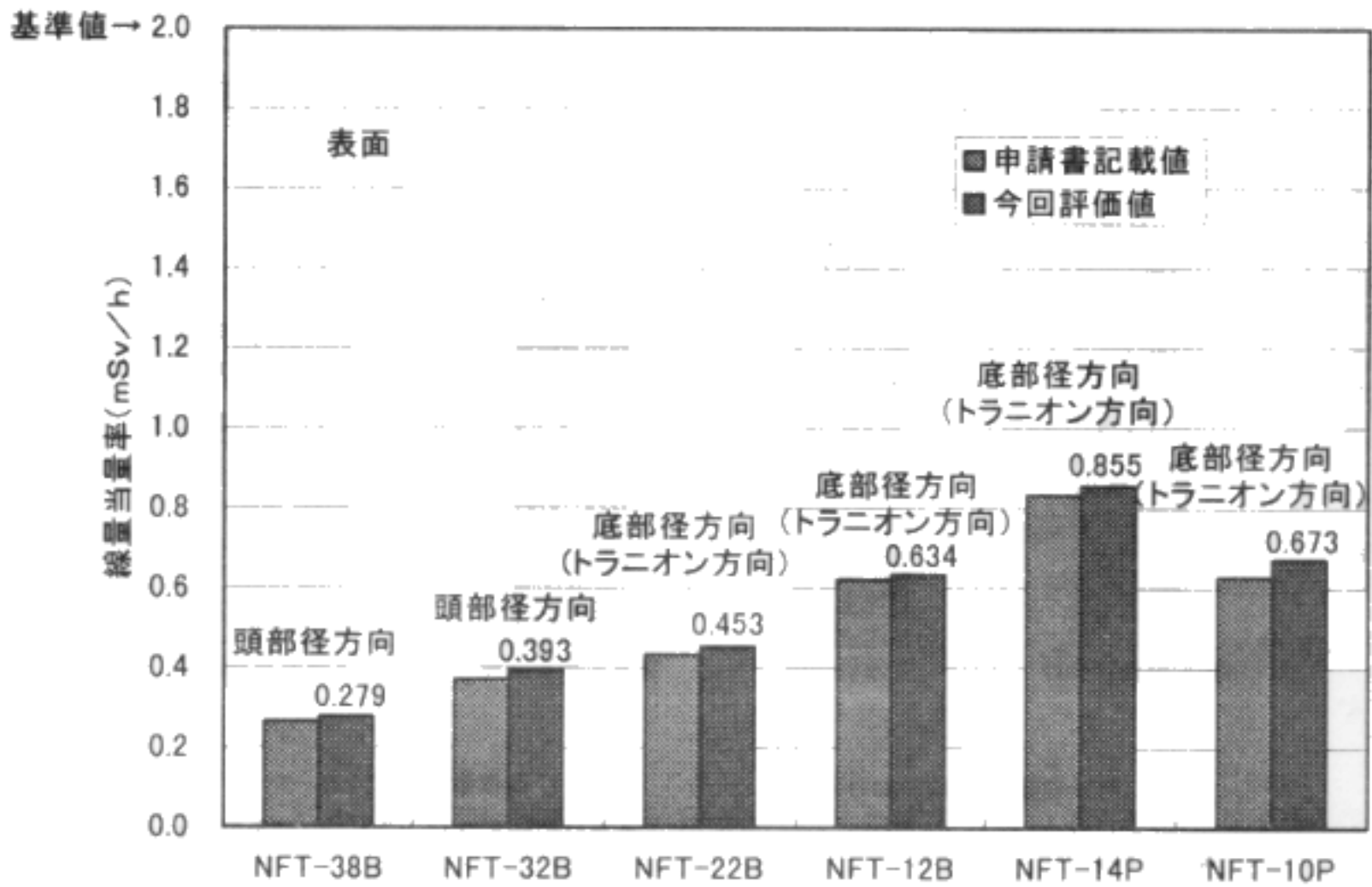


図 輸送容器の最大線量当量率の比較 (DOT3.5の結果)