

原子燃料物質の海上輸送の安全性 に関する調査研究 (R3)

(2005 年度報告書)

2006 年 3 月

財団法人 日本船舶技術研究協会

はしがき

本報告書は、日本財団の平成 17 年度助成事業「船舶関係諸基準に関する調査研究」の一環として、原子燃料物質輸送プロジェクト (R3) において実施した「原子燃料物質の海上輸送の安全性に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。なお、本調査研究は、平成 16 年度末に解散した (社) 日本造船研究協会が実施した「原子燃料物質の海上輸送の安全性に関する調査研究」に引き続き、本会が実施したものである。

原子燃料物質輸送プロジェクト (R3) ステアリング・グループ委員名簿 (順不同、敬称略)

プロジェクト・マネージャー	有富 正憲	東京工業大学
委員	木倉 宏成	東京工業大学
	遠藤 久芳	(独) 海上技術安全研究所
	小田野直光	(独) 海上技術安全研究所
	時繁 哲治	(財) 日本海事協会
	尾崎 幸男	(財) 電力中央研究所
	三宅 庸雅 [本庄 三郎]	(社) 日本海事検定協会
	藤原 秀介 [林 昭宏]	電気事業連合会
	石倉 武	(財) 原子力発電技術機構
	田所 昇 [柴田 寛]	(独) 日本原子力研究開発機構
	横田 浩明	三井造船 (株)
	丸岡 邦男	三菱重工業 (株)
	北村 欧	三菱重工業 (株)
	鈴木 浩	(株) 三菱総合研究所
	広瀬 誠	原燃輸送 (株)
	河井 健次	(株) 辰巳商会
	青木 健作	原燃船舶 (株)
	宮澤 徹	日本海運 (株)
	志村 重孝	(株) オ・シー・エル
	三浦 広志	(株) 上 組
	苅込 敏 [石井 光雄]	日本原子力発電 (株)
	石川 真澄 [林 俊明]	東京電力 (株)
	白井 茂明 [藤原 啓司]	東京電力 (株)
	須田 昭一	中部電力 (株)
	森本 恵次	関西電力 (株)
関係官庁	神谷 和也	検査測度課
	高橋 治	検査測度課
	小柳 康一	検査測度課
	後野 和彦	検査測度課
	臼井 謙彰 [斉藤 敏夫]	経済産業省 原子力保安院
事務局	甲斐健太郎	総合政策局 技術安全課
	中川 直人	(財) 日本船舶技術研究協会 (IMO 担当)
	前中 浩	(財) 日本船舶技術研究協会
	山下 優一	(財) 日本船舶技術研究協会

: []内は前任者を示す

目 次

1. はじめに	1
1.1 調査研究の目的	1
1.2 調査研究の概要	1
1.3 調査研究の実施スケジュール	2
2. 新しい基準策定の必要性	3
2.1 海査第 450 号の制定の背景	3
2.2 新しい基準策定の必要性	5
3. 欧米における解体廃棄物輸送に関する調査	8
3.1 欧米における廃棄物輸送の状況	8
3.2 国際輸送規則改訂に関する対応	23
4. 実用発電用原子炉施設の廃止措置に伴う解体放射性物質とその輸送物の調査	25
4.1 廃止措置に伴う解体廃棄物の分類と仕様	25
4.2 廃止措置に伴う解体廃棄物の発生量と輸送時期	27
4.3 解体廃棄物の輸送物形態	29
5. 解体廃棄物の海上輸送における確率論的安全評価（再評価）	30
5.1 解体廃棄物の潜在的危険性の評価	30
5.2 確率論的安全評価（再評価）	42
6. 解体廃棄物の海上輸送における事故時環境影響評価	50
6.1 解体廃棄物輸送事故時の環境影響評価（軽水炉）	50
6.2 解体廃棄物輸送事故時の環境影響評価（ガス炉の見直し）	65
7. 解体廃棄物運搬船の構造設備要件及びその他の技術要件の検討	74
7.1 新燃料運搬船－三種貨物運搬適合船の現状	74
7.2 放射性物質以外の危険物運搬船の構造・設備要件等の調査	81
8. 解体廃棄物運搬船の運航管理で考慮すべき事項の検討	94
8.1 放射線管理で考慮すべき事項	94
8.2 運航規定で考慮すべき事項	96
8.3 緊急時対応で考慮すべき事項	98
8.4 その他考慮すべき事項（積付検査等）	99
9. 次年度の検討項目	101
10. あとがき	102
11. 添付資料リスト	103
資料 1 IAEA 輸送規則改訂提案に関する対応	
資料 2 内航海運業法の運航管理制度	
資料 3 ISM CODE の概要	
資料 4 INF コード物質を運搬する船舶のための船上緊急時計画作成のためのガイドライン	

1. はじめに

1.1 調査研究の目的

国際原子力機関（IAEA）で策定された放射性物質安全輸送規則（TS-R-1）は、危険物輸送のモデル規則である「危険物輸送に関する国連勧告」（オレンジブック）に取り入れられ、さらに輸送モードごとに国際海事機関（IMO）、国際民間航空機関（ICAO）等による検討を経て、国際機関別の輸送規則として発行されている。海上輸送の場合は SOLAS 条約に定められた国際海上危険物規定（IMDG コード）がその役割を担っている他、輸送船の要件については、必要に応じ IMO で検討が行われることとなる。

我が国は、使用済燃料、高レベル放射性廃棄物を含む原子燃料物質等を船舶により輸送する「輸送国」であるが、危険物船舶運送及び貯蔵規則（以下、「危規則」という。）に IMDG コード、「容器に収納した照射済核燃料、プルトニウム及び高レベルの放射性廃棄物の船舶による安全な運送のための国際規則」（INF コード）等を取り入れることにより国際整合を図りつつ、海上輸送の安全確保を図っている。

現在、英国、米国、仏国及び独国において原子炉施設の解体に伴い発生する放射性廃棄物の安全輸送に係る法規制のあり方について検討が進められており、IAEA の場で輸送規則の改定案が提示される可能性が高い。一方、我が国では、これまで原子炉施設の解体に伴い発生する放射性廃棄物の海上輸送の安全性に係る法規制や技術基準のあり方について議論されていない。

このような背景の下に、(社)日本造船研究協会は平成16年度から「原子燃料物質の海上輸送の安全性に関する調査検討会（RR-R3）」を組織し、将来実施することが計画されている原子炉施設の解体に伴い発生する放射性廃棄物の海上輸送の安全性に関する技術調査研究を実施してきたが、平成17年度からは(財)日本船舶技術研究協会に引き継がれ、平成19年度に技術基準案を策定する目標で、プロジェクトを継続している。

本プロジェクトの目的は、原子炉施設の運転及び解体廃棄物輸送の安全性を確立することであり、放射性廃棄物（高レベル放射性廃棄物を除く。）を専用で運送するための船舶に適用される海査第450号を踏まえ、原子炉施設の解体廃棄物の特性等を考慮した低レベル放射性廃棄物運搬船の技術基準のあり方を検討するものである。

その際、原子燃料物質の海上輸送の安全性は、ハードウェア（構造設備要件）に加えて、ソフトウェアを含めた輸送システム全体で確保することを目指す。

1.2 調査研究の概要

本報告書は、下記の5つの課題から構成されている。

a. 欧米における解体放射性廃棄物輸送に対する法規制の調査

国外における原子炉施設等解体放射性廃棄物の輸送の実態と法規制について調査し、我が国における原子炉施設解体放射性廃棄物の法規制のあり方の検討に資する。本年度は欧州を中心にこれら廃棄物輸送の実態に関する調査を行う。

b. 実用発電用原子炉施設の廃止措置に伴う解体放射性廃棄物とその輸送物の調査

我が国の実用発電用原子炉施設の解体で生じる放射性廃棄物について、余裕深度処分の対象となる廃棄物の放射能濃度の整理と発生量の予測を行う。その結果に基づき輸送物当たり、運搬船当たりの放射エネルギー等について他の主要放射性輸送物と比較評価するとともに、その他の非原子力危険物輸送物との潜在的危険性についても比較する。

2. 新しい基準策定の必要性

2.1 海査第 450 号の制定の背景

六ヶ所村にある低レベル放射性廃棄物埋設センター向けの低レベル放射性廃棄物は、昭和 63 年の海査第 450 号「低レベル放射性廃棄物運搬船の取扱いについて」に準拠して建造された専用運搬船により輸送されている。

当時は、使用済燃料、新燃料集合体及び六フッ化ウラン等の原子燃料の原料物質等が海上輸送されていたが、専用運搬船による大量の輸送は使用済燃料に限られていた。このため、大量に反復的に輸送される発電所からの低レベル放射性廃棄物の専用運搬船の建造に合わせて局長通達である海査第 450 号「低レベル放射性廃棄物運搬船の取扱いについて」が制定された。

「危険物船舶運送及び貯蔵規則」では、放射性物質等を輸送する船舶の要件について、第 45 条で次のように規定している。

第四十五条 放射性物質等のうち核燃料物質（原子力基本法（昭和三十年法律第百八十六号）第三条第二号に規定する核燃料物質をいう。以下同じ。）又は核燃料物質によって汚染された物を第七十一条第一項第一号に規定する放射性輸送物（次の各号に掲げるものに該当するものに限る。）とすることにより、又は告示で定める方法により運送する船舶には、別表第四に定める貨物の種類に応じ、同表に定める防災並びに放射線の測定及び災害対策のための措置（以下「防災等の措置」という。）を講じなければならない。ただし、国土交通大臣が安全上差し支えないと認める場合は、この限りでない。

（以下、略）

別表第四（表 2.1 参照）に示されている貨物の種類は以下のとおりである。

- 1) 甲種貨物 照射済燃料、プルトニウム（プルトニウム化合物を含む）、又は、高レベル放射性廃棄物（以下「照射済燃料等」という。）であって、一船舶に積載する照射済燃料等の放射能の量の合計が 4PBq 以上のもの
- 2) 乙種貨物 照射済燃料等であって、甲種貨物以外のもの
- 3) 丙種貨物 その他のもの

上述のように危規則では、照射済燃料等以外の原子燃料物質等は丙種貨物に分類され、防災等の措置としては、

(11) 災害対策緊急措置手引書の備付け

(13) 船内にある者が災害発生時の措置を行うために必要な資材又は機材の備付け

のみが課されている。しかし、表 2.2 に示すように海査第 450 号では乙種貨物より、多くの特別な構造設備要件が課されている。

表 2.1 危規則で要求される構造・設備要件（別表第四）

防災等の措置	甲種貨物	乙種貨物	丙種貨物
(1) 船体構造の強化	○		
(2) 貨物区域の配置	○	○	
(3) 貨物区域の排水設備の備付け	○		
(4) 救命設備の備付け	○		
(5) 消防設備の備付け	○	○	
(6) 航海用具の備付け	○		
(7) 貨物区域の温度制御装置の備付け	○	○	
(8) 給電設備の備付け	○	○	
(9) 損傷時の復原性	○		
(10) 固縛装置の備付け	○	○	
(11) 災害対策緊急措置手引書の備付け	○	○	○
(12) 固定式放射線測定装置の備付け	○		
(13) 船内にある者が災害発生時の措置を行うために必要な資材又は機材の備付け	○	○	○

表 2.2 国土交通省の通達（海査第 520 号と海査第 450 号）

防災等の措置	海査第 520 号	海査第 450 号
(1) 船体構造の強化	○	○※1
(2) 貨物区域の配置	○	○
(3) 貨物区域の排水設備の備付け	○	○
(4) 救命設備の備付け	○	○
(5) 消防設備の備付け	○	※2
(6) 航海用具の備付け	○	○
(7) 貨物区域の温度制御装置の備付け	○	※3
(8) 給電設備の備付け	○	○
(9) 損傷時の復原性	○	○※4
(10) 固縛装置の備付け	○	○※5
(11) 災害対策緊急措置手引書の備付け	○	○
(12) 固定式放射線測定装置の備付け	○	○
(13) 船内にある者が災害発生時の措置を行なうために必要な資材又は機材の備付け	○	○

注) 海査第 520 号：A 種船(乙種貨物を運搬する船舶)と B 種船(甲種貨物を運搬する船舶)

海査第 450 号：低レベル放射性廃棄物を専用に運送する船舶

※1：耐衝突構造は要求されていない。

※2：船舶消防設備規則は適用される。

※3：火災発生に対する防火・断熱等の措置が要求されている。

※4：貨物区域への考慮する必要はない。

※5：付加加速度は航行区域の動揺を考慮すればよい。

ここでは、まず海査第 450 号の位置付けについて調査した結果をまとめる。危規則第九十九条に次の規定がある。

第九十九条 船長は、BM 型輸送物若しくは BU 型輸送物、核分裂性輸送物又は放射性輸送物（第八十七条第一項の告示で定めまる放射性物質等が収納され、又は包装されているものに限る。）を運送する場合その他告示で定める場合は、船積み前に、運送計画書を国土交通大臣に提出し、当該運送計画に記載された運送の方法がこの省令に規定する基準に適合することについて国土交通大臣の確認を受けなければならない。

2 国土交通大臣は、前項の確認を行うに当たって当該放射性輸送物の運送の安全を確保するために特に必要があると認める場合は、船舶所有者又は船長に対し、使用する船舶の構造設備、荷役方法等に関し必要な指示を行うことができる。

ここで、「告示で定める」とは、「船舶による放射性物質等の運送基準の細目等を定める告示」において、次のように定められている。

第十八の三 規則第九十九条第一項の告示で定める場合は、次の各号に定める場合とする。

一 放射性輸送物、オーバーパック、放射性輸送物が収納されているコンテナ、規則第百条第一項各号に掲げる放射性輸送物としない運送できる低比放射性物質等又は当該低比放射性物質等が収納されているタンク若しくはコンテナを船内の数箇所に集貨（低比放射性物質等、低比放射性物質が収納されているタンク若しくはコンテナ、放射性輸送物、オーバーパック又は放射性輸送物が収納されているコンテナであって、他の低比放射性物質等、他の低比放射性物質が収納されているタンク若しくはコンテナ、他の放射性輸送物、他のオーバーパック又は他の放射性輸送物が収納されているコンテナとの間の距離が、隔壁又は甲板の有無にかかわらず、六メートル未満であるものの集合をいう。以下にこの条において同じ。）として積載する場合におけるそれらの輸送指数の合計又は臨界安全指数の合計のうち、いずれか大きい値が、一集貨について五〇を超える場合

二 船内に積載する各集貨の輸送指数の合計又は臨界安全指数の合計のうち、いずれか大きい値が、一船舶について二〇〇（湖川港内のみを航行する船舶に積載する場合にあっては五〇）を超える場合

告示第 18 条の 3 各号に該当する場合として、危規則の「第九十九条第二項」の「国土交通大臣は、～(略)～船舶所有者又は船長に対し、使用する船舶の構造設備、荷役方法等に関し必要な指示を行うことができる。」という規定に海査第 450 号の根拠がある。

2.2 新しい基準策定の必要性

a. 損傷時復原性

海査第 450 号が引用している損傷時復原性の基準については、IMO においてばら積み液体危険物の運送に関して「危険物化学品のばら積み運送のための船舶の構造及び設備に関する規則」（IBC コード）が制定され、危規則の中に「第三章 ばら積み液体危険物の運送、第三節 液体化学薬品、第十三款 損傷時の復原性等」として国内に取り入れられたものである。

ケミカルタンカー（液体化学品を運ぶタンカー）については、運搬する貨物により損傷時の復原性に対する構造要件を以下に示すように分類している（詳細は第 7 章参照）。

解体廃棄物を含む低レベル放射性廃棄物運搬船の損傷時復原性の基準を検討するに当たって

は、これらを参考とする案もある。

1) タイプ一船

環境及び安全に対して非常に重大な危険性を有するため、貨物の流出を防止する最高の予防措置が要求される貨物を運送することを目的としたケミカルタンカーをいう。

2) タイプ二船

環境及び安全に対してかなり重大な危険性を有するため、貨物の流出を防止する高度の予防措置が要求される貨物を運送することを目的としたケミカルタンカーをいう。

3) タイプ三船

環境及び安全に対して重大な危険性を有するため、損傷時の残存能力を増大させるある程度の防護が要求される貨物を運送することを目的としたケミカルタンカーをいう。

b. 解体廃棄物の特性

現在、六ヶ所村にある低レベル放射性廃棄物埋設センター向けの低レベル放射性廃棄物は、IP-2 型輸送物として輸送されているものだけである。近い将来、原子力発電所の解体廃棄物（以下解体廃棄物という。）が発生すると種々の型式の輸送物が生まれる。発生する解体廃棄物の特性について昨年度と本年度に調査した。実用発電用原子炉施設から発生する解体廃棄物は核原料物質、核燃料物質及び原子炉等の規制に関する法律施行令第十三条第九項に基づき、

1) 余裕深度処分対象廃棄物：L1 廃棄物

（概念としては、放射能レベルの比較的高い低レベル放射性廃棄物）

2) 浅地中ピット処分対象廃棄物：L2 廃棄物

（概念としては、放射能レベルの比較的低い低レベル放射性廃棄物）

3) 浅地中トレンチ処分対象廃棄物：L3 廃棄物

（概念としては、放射能レベルの極めて低い低レベル放射性廃棄物）

に区分される。L1 廃棄物と L2 廃棄物の中には、核燃料物質等事業所外運搬規則上、IP 型輸送物の他に B 型輸送物に該当する放射性廃棄物が発生する。言い換えれば、危規則でいう三種貨物にも IP 型輸送物と B 型輸送物が存在することとなる。

c. 検討の方向

昭和 63 年に海査第 450 号が制定された当時は、使用済燃料、新燃料集合体及び六フッ化ウラン等の原子燃料の原料物質等が海上輸送されていたが、専用運搬船による大量の輸送は使用済燃料に限られていた。その後、低レベル放射性廃棄物も専用運搬船で輸送されるようになり、現在までに、これら専用船による海上輸送はもちろん、その他の船舶により輸送されている原子燃料物質等の国内輸送においても、長年の安全輸送の実績がある。

一方、これまでの一般的な船の主な事故例をみると、船舶が輻輳する日本近海においてレーダーなどの航海機器が整備されていない小型船や、甲板員の居眠り等により接近してくる船舶に気づかずに衝突事故が発生した事例や、機関の整備不良により燃料油が漏えいして引火した火災事故が発生した事例等が報じられている。

今後の原子燃料物質の海上輸送の安全性を確立するためには、

1) 多岐にわたる解体廃棄物についての潜在的な危険性

2) 解体廃棄物の輸送物が損傷して放射性物質が環境に放出される事故の発生頻度

3) 放射性物質が環境に放出された場合の公衆被ばく線量

等の安全性に関する評価を実施し、その結果に基づき、専用運搬船に課す構造・設備要件のみならず、

- 1) 運搬船の管理
- 2) 放射線管理
- 3) 乗組員体制
- 4) 積載限度
- 5) 輸送スケジュール
- 6) 輸送全体の品質保証

等のソフトウェアを整備し、原子燃料物質等の海上輸送の安全性を確立するのが適切であると考えられる。

また、今後の解体廃棄物の大量輸送を考えると、低レベル放射性廃棄物運搬船に課すべき一定の要件を体系的に整備することが重要であると考えられる。

3. 欧米における解体廃棄物輸送に関する調査

3.1 欧州における解体廃棄物輸送の状況

欧州における危険物輸送では、海上輸送が IMDG コード、道路輸送が欧州危険物国際道路輸送協定 (ADR)、鉄道輸送が欧州危険物国際鉄道輸送規則 (RID) 及び航空輸送が ICAO 危険物規則に基づき、実施されている。放射性物質輸送については、IAEA の放射性物質安全輸送規則 (TS-R-1) がこれらの法規制でそのまま取り入れられている。

欧州において原子炉解体廃棄物輸送はまだ本格化されていないが、各国は輸送の本格化に向けた計画を検討しており、一部の輸送は既に開始されている。また、多くの国で陸上輸送を実施しているが、一部の国で水上輸送（河川又は海上）を実施した例もある。今年度は、経過報告として、ドイツ及び英国の解体廃棄物の輸送物等の実態に関する調査結果を報告する。なお、本調査結果は、電力共通研究「余裕深度処分における輸送容器の最適化に関する研究」を引用したものである。

3.1.1 ドイツ

3.1.1.1 体制（図 3.1 参照のこと）

a. 通商監督室 (The Trade Supervision Office)

廃棄物埋設施設の規制官庁

b. GNS

電力会社の関連会社である GNS (Gesellschaft für Nuklear-Service mbH) が、廃棄物の処理及びゴアレーベン中間貯蔵施設での管理を実施している。処理としては、脱水 (dehydrated)、乾燥(dried)、焼却 (burnt)、裁断 (cut up) 及び減量 (compressed to reduce) を実施している。

c. BLG (Brennelementlager Gorleben GmbH)

GNS の子会社であり、ゴアレーベン燃料中間貯蔵施設を管理している。

d. Bahn AG

ドイツの鉄道会社である Bahn AG が廃棄物の輸送を担当している。

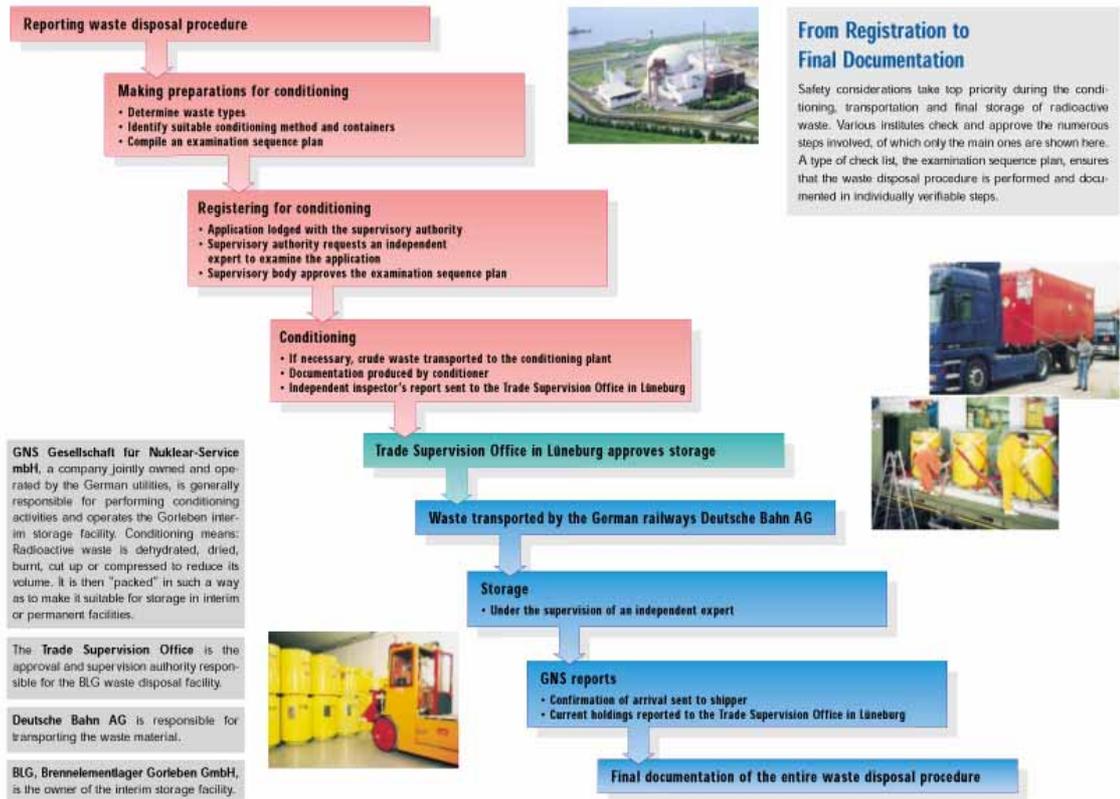


図 3.1 ドイツにおける廃止措置の手順

(出典) GNS

3.1.1.2 輸送容器

a. MOSAIK I (図 3.2 及び図 3.3 参照のこと)

- 水中で裁断した炉心構成品を装荷するために開発された輸送容器である。
- ダクタイル鋳鉄を用い、板厚は 150mm である。
- 同じ大きさの蓋、及び装荷中と貯蔵中における遮へいのための防護蓋を追加している。
- 遮へい性能対応として、60-120mm の鉛ライナーを使用している。
- 装荷の手順は以下のとおりである。
 - 鉄製のケーブルを用いてキャスクをプールに置く。
 - バスケットに挿入済の放射化物質をキャスクに装荷する。又は、トンクを用いて、キャスクの中にカットピースを装荷する。
 - 蓋を置いた上、MOSAIK をプールから取り出す。
 - ボルト締めした後、脱水、乾燥を行う。
 - 保護板が追加され、表面の除染が実施し、貯蔵の準備は完了する。
- 1980 年代半ばから、68 回輸送を実施。36 回は PWR の炉内構成品 (core absorber element) であり、32 回は、中性子線源や測定装置のような他の物質である。
- 装荷量は、平均 $1.0 \times 10^{13} \text{Bq}$ である。

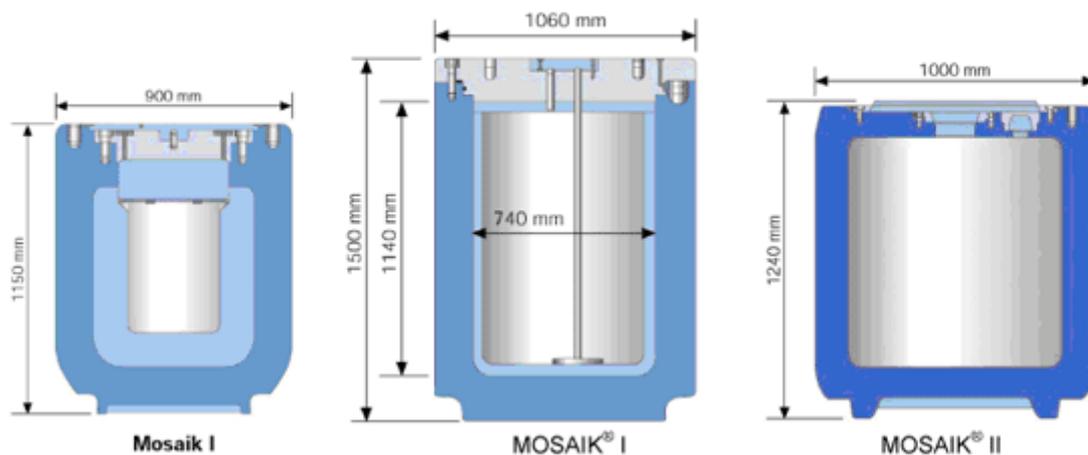


図 3.2 Mosaik の概要図

(出典) PATRAM2004



図 3.3 Mosaik を用いた輸送の状況

(出典) GNS

b. Mosaik II (図 3.4 及び表 3.1 参照のこと)

- Mosaik II は、多目的用途に利用できる輸送容器である。
- M II-15 PU は、放射化された炉内構成品を装荷するものであり、蓋は脱水及び乾燥のための小さいものであり、重い鉛遮へい材を組み込んでいる。
- M II-15 は、イオン交換樹脂の脱水のためのフィルタを装備している。また比較的薄い鉛遮へい (20-40mm) を組み込んでいる。
- M II-15 KKI 1 及び M II-15 ISAR は、濃縮物や樹脂の輸送に用いる。これらのキャスクは、真空乾燥装置 (FAVORIT、図 3.5 参照のこと) を用いることができる。また、通常、追加の遮へい材は必要ない。
- Mosaik II は、B 型の承認を取っている。輸送時には、緩衝体を装着し、密封性能試験を実施している。
- Mosaik II は、クレーンやフォークリフトでの運搬を考慮し、総質量 5800kg から 9800kg としている。
- 2003 年までの 20 年間において、4216 基の廃棄物を輸送した実績がある。(表 3.2 参照のこと)

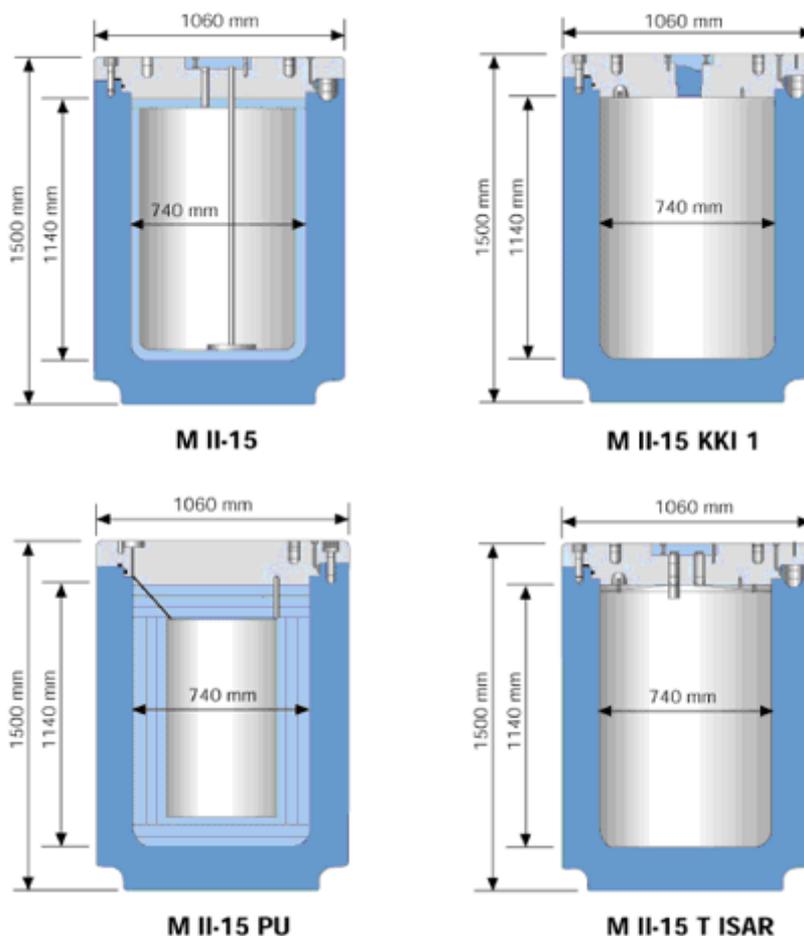


図 3.4 MOSAIK II の概要図（用途別）

（出典）PATRAM2004

表 3.1 MOSAIK II-15 の主なデータ

サイズ	φ 1060mm, 1500mm
板厚	本体：160mm 蓋・底：180mm
材質	鋳鉄（cast iron with nodular graphite）
追加できる遮へい材	140mm までの鉛のライナー
収納物	炉内構成品、燃料、線源、炉内測定器具、汚染金属、樹脂、濃縮物
収納物質量	最大 1340 kg
放射能量：(Co-60)	最大 9.0×10^{14} Bq
重要核種	Co-60, Co-58, Mn-95, Nb-95, Zr-95, Ag-110m, Sb-125, Cs-134, Cs-137/Ba-137m
輸送物質量	12650 kg
コンテナへ収納させる輸送物の数	2 基
装荷方法	気中、ホットセル、水中
キャスクのタイプ	輸送、中間及び最終貯蔵キャスク

（出典）PATRAM2004



図 3.5 真空乾燥装置 (FAVORIT)

(出典) GNS

表 3.2 2003 年までの MOSAIK による廃棄物輸送の実績

	放射化金属 Activated Metals	樹脂 Ion exchange Resins	汚染物質 Evaporator concentrates	混合物 Mixed MAM	計
MOSAIK I	68	-	-	-	68
MOSAIK II	473	944	1713	238	3368
MOSAIK III	-	-	780	-	780
合計					4216

(出典) PATRAM2004

c. MOSAIK 80T (図 3.6 参照のこと)

- MOSAIK 80T は、BWR 及び PWR の炉内構成品を外部の処理施設へ運搬するための輸送容器である。
- MOSAIK 80T/66 は、総質量 80 t であり、主に BWR の 66 のチャンネル・ボックス (water channel) の貯蔵・運搬に用いられている。
- 792 のチャンネル・ボックスが Karlsruhe にある MAW スクラップ工場に輸送されている。
- 2004 年から BWR のレギュレータ (regulator element) も運搬する予定である。



図 3.6 MOSAIK 80T を用いた輸送状況

(出典) PATRAM2004

3.1.1.3 MOSAIK 80T/SWR-SE を用いた制御棒取扱い実施事例

a. 発電所での装荷方法

- MOSAIK 80T/SWR-SE の取扱いは、CASTOR への燃料装荷と全く同じである。
- 発電所での所要時間は表 3.1.1-3 のとおりである。

表 3.3 制御棒装荷に必要な工程

	時間
必要機材の原子力発電所への搬入	1.5 日
キャスクの準備	0.75 日
30 の制御棒のキャスクへの装荷	1.5 日
輸送準備 (脱水、乾燥、密封試験、除染、線量測定)	2.0 日
輸送物の搬出	0.75 日
必要機材の除染及び搬出	1.5 日
合計	8 日

(出典) WM'02 Conference, February 24-28, 2002, Tucson, AZ

b. 制御棒の放射エネルギーの同定

- 制御棒は、最低 5 年間燃料プールに貯蔵しておく必要がある。その後、30 の制御棒を MOSAIK 80T/SWR-SE に装荷する。
- ORIGEN コードを用いて制御棒の放射エネルギーは事前計算しておく。すべての制御棒について放射エネルギー及び線量率を計算する。キャスクに装荷する前に、計算結果は、水中で測定した線量率と比較する。この比較により、放射能総量及び表面線量が基準を満足できることが確認できる。

3.1.1.4 蒸気タービン発電高温ガス実験炉 AVR における実施事例

a. 制御棒の放射エネルギーの同定

- AVR の廃止措置において固型廃棄物は 33,314 トンであり、その内訳は図 3.7 のとおりである。
- 最終処分は、KONRAD の最終処分規則に基づき、実施される予定である。
- 黒鉛の最終処分容器の大きさは、表 3.4 のとおりである。

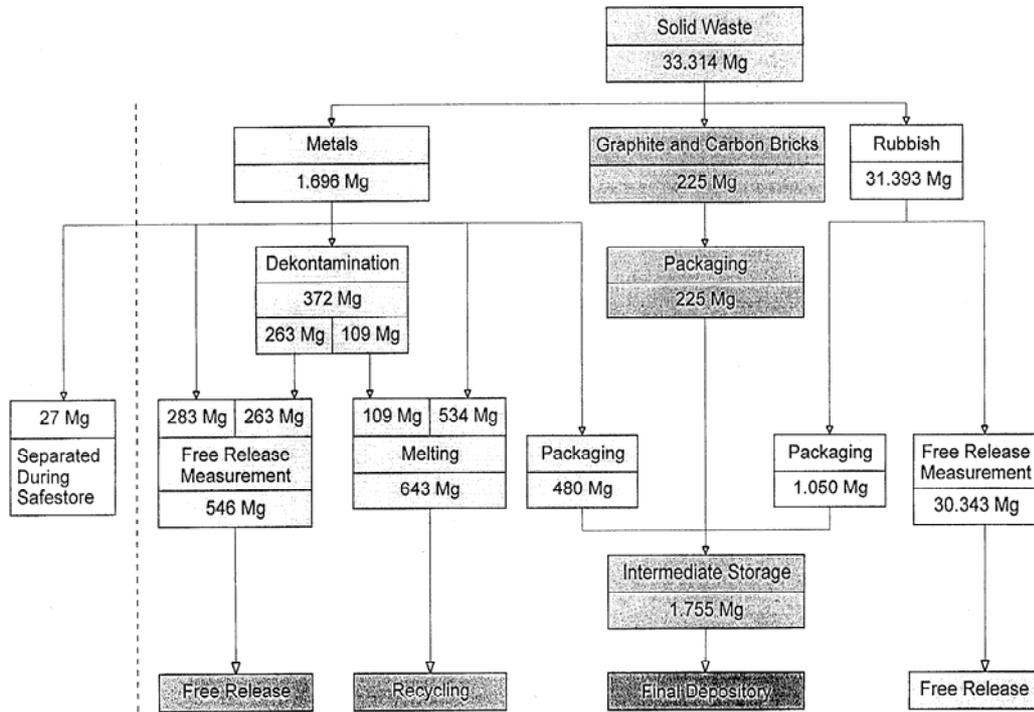


図 3.7 AVR の固体廃棄物処理の内訳

(出典) “Packaging Requirements for Graphite and Carbon from the Decommissioning of the AVR in Consideration of the German Final Disposal Regulations“

表 3.4 KONRAD 処分場で受入れ可能な容器の大きさ

	容器の種類	外寸			
		長さ/直径(mm)	幅(mm)	高さ(mm)	容積 (m ³)
1	コンクリート容器 (I)	φ 1060		1370	1.2
2	コンクリート容器 (II)	φ 1060		1510	1.3
3	鋳鉄容器 (I)	φ 900		1150	0.7
4	鋳鉄容器 (II)	φ 1060		1500	1.3
5	鋳鉄容器 (III)	φ 1000		1240	1.0
6	コンテナ (I)	1060	1700	1450	3.9
7	コンテナ (II)	1000	1700	1700	4.6
8	コンテナ (III)	3000	1700	1700	8.7
9	コンテナ (IV)	3000	1700	1450	7.4
10	コンテナ (V)	3200	2000	1700	10.9
11	コンテナ (VI)	1600	2000	1700	5.4

(出典) “Packaging Requirements for Graphite and Carbon from the Decommissioning of the AVR in Consideration of the German Final Disposal Regulations“

b. AVR の黒鉛の輸送 (図 3.8 参照)

- KONRAD の受入れ条件及び輸送規則 (GGVS/ADR) の線量率限度に合致させるためのダクタイル鋳鉄製の容器を用いている。これらのうち三つのタイプは表 3.4の鋳鉄容器 (I) ~ (III) のものである。
- MOSAIK II-15 は、AVR の黒鉛の貯蔵に使われている。ただし、MOSAIK II-15 は、レンガ形状の黒鉛には適さない。
- 最適な輸送容器として、CDI コンテナ (VII) が開発された。この容器は、燃料再処理における高レベル廃棄物の輸送貯蔵用の許認可を得た輸送容器であり、黒鉛への利用拡張も可能だと思われる。
- 364 基の CDI コンテナ (VII) の板厚は 16cm であり、299 の容器に追加の鉛遮へい材が必要である。解体現場では、黒鉛ブロックは、内容器 (internal box) に収納した上、遮へいコンテナで移送される。

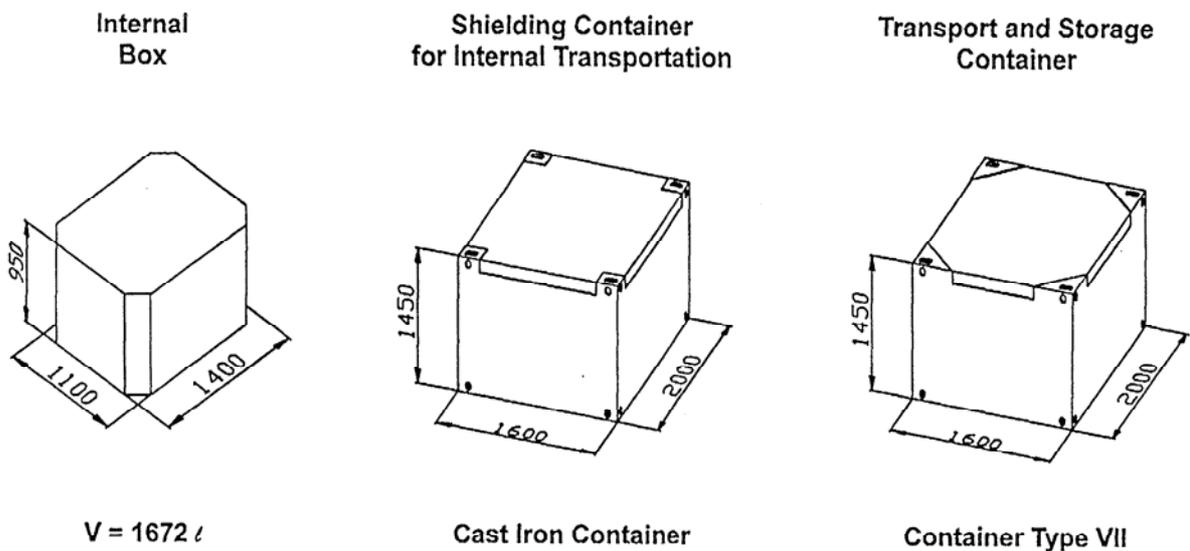


図 3.8 AVR の黒鉛の輸送・貯蔵コンテナ

3.1.2 英国

3.1.2.1 MAGNOX の解体計画

- 英国には、26 基の MAGNOX 炉（11 発電所、図 3.9 参照のこと）があり、2010 年までに停止する予定である。（表 3.5 参照のこと）
- 解体計画検討においては、戦略的行動立案プロセス（SAP, Strategic Action Planning Process）が用いられている。（図 3.10 参照のこと）

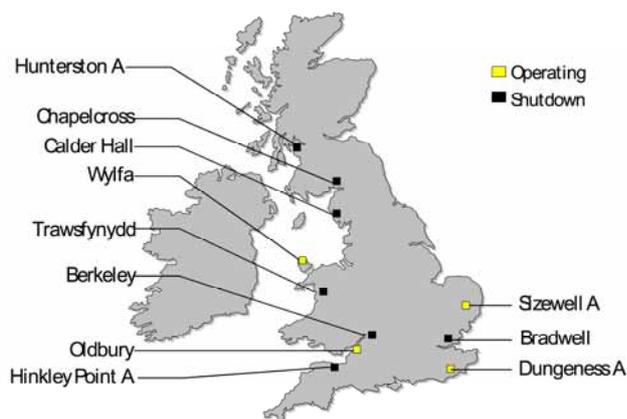


図 3.9 英国の MAGNOX 発電所の場所

表 3.5 英国の MAGNOX 発電所の解体予定等

Site	No. of Reactors	Start of Operation	End of Operation (Shutdown)	Site Electrical Output
Berkeley	2	1962	1989	276 MW
Bradwell	2	1962	2002	242 MW
Calder Hall	4	1956	2003	192 MW
Chapelcross	4	1959	2004	196 MW
Dungeness A	2	1965	2006	432 MW
Hinkley Point A	2	1965	2000	470 MW
Hunterston A	2	1964	1990	360 MW
Oldbury	2	1967	2008	460 MW
Sizewell	2	1966	2006	430 MW
Tranwsfynydd	2	1965	1993	390 MW
Wylfa	2	1971	2010	980 MW

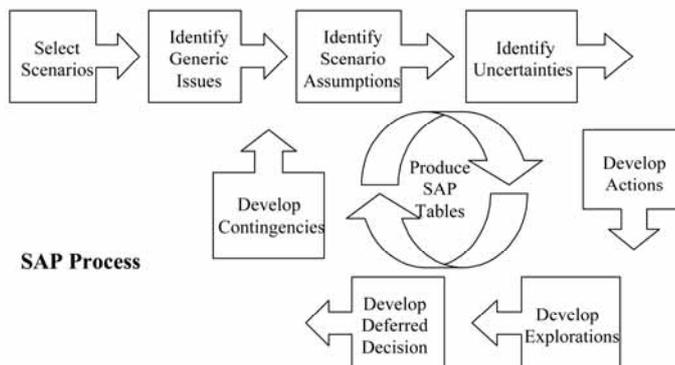


図 3.10 英国の戦略的行動立案プロセス

3.1.2.2 Trawsfynydd における廃棄の方針

a. ILW¹

- Trawsfynydd では、原則、4つの ILW（①燃料破損物、②樹脂、③雑廃棄物及び④スラッジ）が存在する。ILW の貯蔵施設がないため、輸送容器で保管しておく必要がある。

(a) 燃料破損物（FED、Fuel Element Debris）

- 燃料輸送の量を増やすため、Sellafield に発送する前に使用済燃料から取り除いた破損燃料がある。
- また、燃料棒から分解したスプリングもある。スプリングは、照射されたことにより、高いコバルトを有している。
- 燃料破損物は、二つのボールドに貯蔵されている。
- 新しいプラントが、FED を Nirex のコンテナに入れセメント固化するために、導入されている。

(b) 樹脂（Ion Exchange Material）

- 内陸の発電所であるため、Trawsfynydd は他の Magnox 炉と比較して多くの樹脂を使用している。
- 1980 年代半ばまでに、貯蔵施設を導入し、追加のボールドを作った。
- さらに追加のボールドを作成する代わりに、樹脂固化施設を建造し、ポリマー固化を実施した。
- 廃棄物は海洋投棄に適した形状に装荷したが、施設が操業できる時点で利用できなくなった。
- 他の廃棄方法がないので、装荷された廃棄物はサイト内に残されている。

(c) 雑多な放射化構造物（MAC、Miscellaneous Activated Components）

- 操業中、制御棒等は原子炉建屋内のボールドに貯蔵されていた。Trawsfynydd では、保守準備の段階において搬出する予定である。
- 新しいプラントが、FED を Nirex のコンテナに入れセメント固化するために、導入されている。

(d) スラッジ（Sludges）

- Trawsfynydd では、燃料プールに腐食物質等からのスラッジを蓄積している。
- このタイプの廃棄物を扱っている会社が、搬入可能な設備を開発した。
- セメント固化する設備は、Trawsfynydd に導入されている。²

b. LLW（Low Level Wastes）

- 二次廃棄物の最小化は、放射化廃棄物の管理において、重要事項の一つである。
- 固体廃棄物は、年間 300~400m³ がある。West Cumbria の Drigg にある国の埋設施設へ、直接又は Dorset の Winfrith 経由で、搬出されている。

¹ UKAEA の資料によれば、ILW は、12GBq/t（βγ）以上の放射エネルギーの固体で発熱しない廃棄物のことであり、LLW は 12GBq/t（βγ）未満の放射エネルギーの固体で発熱しない廃棄物のことである。

² UKAEA の資料によれば、ILW は、12GBq/t（βγ）以上の放射エネルギーの固体で発熱しない廃棄物のことであり、LLW は 12GBq/t（βγ）未満の放射エネルギーの固体で発熱しない廃棄物のことである。

c. 原子炉施設 (Reactor Building and Plant)

- ガス循環系統は搬出され、そのスペースは ILW の中間貯蔵場所になった。
- 4つの燃料機械 (fuelling machines) は取り外された。これらのほとんどは除染した上、リサイクルされた。その他は、LLW として廃棄された。

3.1.2.3 Drigg における LLW の処分 (図 3.11~図 3.14 参照のこと)

- Drigg では、Sellafield 廃棄物モニタリング及び圧縮プラント (WAMAC) 施設等からの LLW を受け入れている。その輸送には、ISO コンテナを用いている。
- また、埋設基準に適合していない輸送物 (Backlog ISO container) も受け入れている。

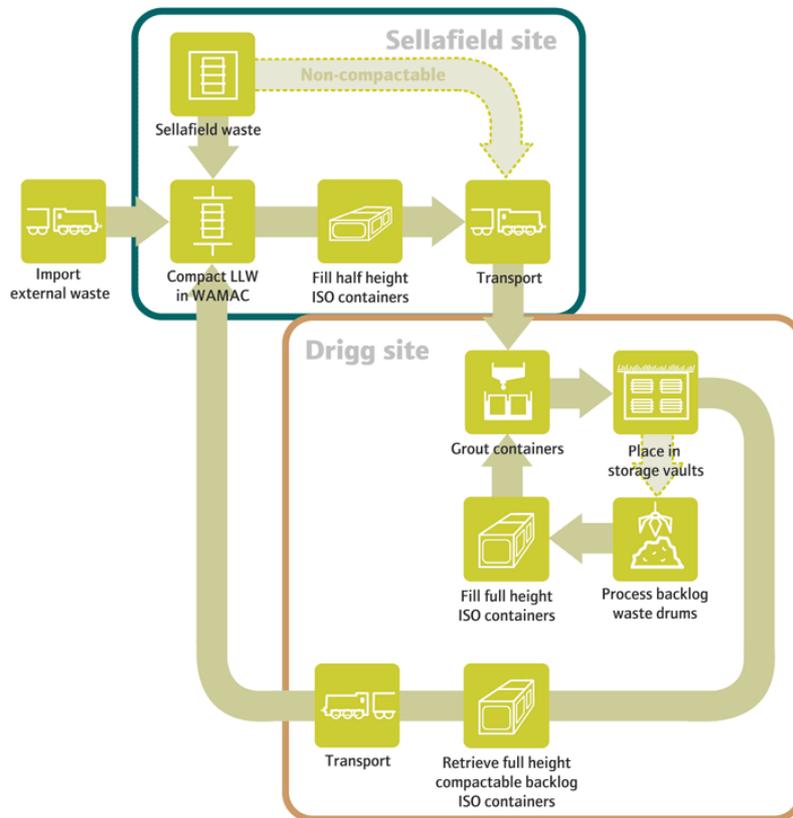


図 3.11 Drigg における廃棄物取り扱いのフロー

(出典) Sellafield, Drigg - Waste and Nuclear Materials Management Category Summary



Drigg receives waste by rail on a daily basis. Rail transport is a safer option and minimises impact to the local community.

図 3.12 鉄道輸送の状況

(出典) Sellafeld, Drigg - Waste and Nuclear Materials Management Category Summary

FY 2004/05

- Return 35 backlog containers to Sellafeld for compaction
- Grout 500 half height containers
- Grout 60 full height containers
- Grout 40 overweight containers in situ
- Grout nine large items in situ
- Perform 1,404 maintenance activities
- Complete Drigg Grouting Facility refurbishment by 12/10/04
- Complete trench cap by July 2004

LLW delivery to WAMAC.



Drigg Grouting Facility.



Novapak container.



Container stacking.



FY 2005/06

- Return 35 backlog containers to Sellafeld for compaction
- Grout 500 half height containers
- Grout 120 full height containers
- Grout 40 overweight containers in situ
- Perform 1,404 maintenance activities
- Complete installation of trench cap monitoring by February 2006

図 3.13 Drigg における LLW の取り扱い状況

(出典) Sellafeld, Drigg - Waste and Nuclear Materials Management Category Summary



図 3.14 プルトニウム汚染物質が含まれる LLW の取り扱い状況

(出典) Sellafield, Drigg - Waste and Nuclear Materials Management Category Summary

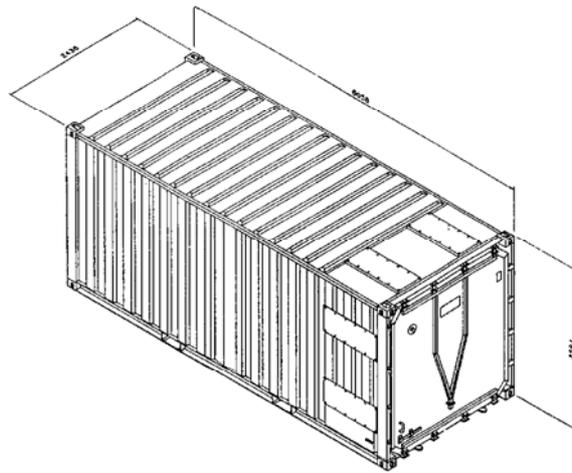
3.1.2.4 ISO コンテナ (図 3.15 及び図 3.16 参照のこと)

- AEA テクノロジーの ISO コンテナ (DN2896) は、IP-2 型の設計承認を受けた容器である。
- 大きさは、6m×2.4m×2.6m であり、最大積載質量は 20 トンである。



図 3.15 ISO コンテナ (IP-II) の概観

(出典) AEA Technology



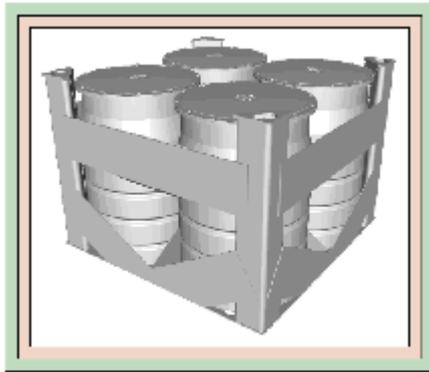
輸送容器の ID	概寸 (m)	容器質量 (t)	積載質量 (t)	最大質量 (t)
DN2896	2.6×6.0×2.4	4.4	20	25

図 3.16 ISO コンテナの概寸

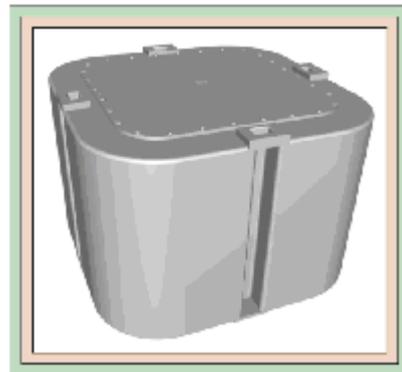
(出典) AEA Technology

3.1.2.5 ILW 用輸送容器

- 英国 NIREX 社が、遮へい厚 285mm の標準廃棄物輸送キャニスタ (SWTC, Standard Waste Transport container) を開発している。
- 収納物は、5000 ドラム、3m³ ボックス及び 3m³ ドラムである。(図 3.17 参照)
- 輸送容器は B 型であり、その概要を図 3.18 及び図 3.19 に示す。



(5000 ドラム)



(3m³ ボックス)

図 3.17 収納容器

(出典) PATRAM2004

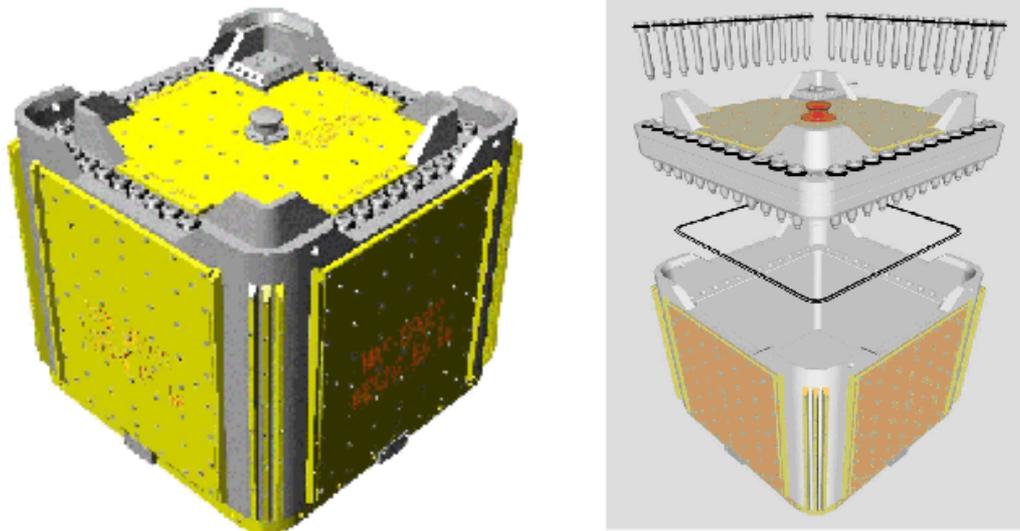


図 3.18 ILW 用輸送容器 (SWTC-285)

(出典) PATRAM2004

表 3.6 ILW 用輸送容器 (SWTC-285)

外部寸法 (mm)	2450×2450×2320
内部寸法 (mm)	1780×1780 (角の面取り半径 75mm) ×1254
遮へい厚さ (mm 鉄)	285
最大輸送容器質量 (t)	53 (蓋 : 12、本体 : 41)
最大収納量 (t)	12
収納時最大質量 (t)	65
収納物	500ℓ ドラム 4 基、3m ³ ボックス又は 3m ³ ドラム
輸送物の型式	B(U)F
主な材質	本体: マルテンサイト・ステンレス鋼 (number 1.6982 to BS EN 10213-3, GX3 CrNi 13-4) 蓋: 鍛造ステンレス鋼 (number 1.4307 to BS EN 10222-5) O-リング: EPDM 30H
蓋の締め付け方法	M86 ボルト、2 重の O-リング

(出典) PATRAM2004

3.2 国際輸送規則改訂に関する対応

3.2.1 IAEA 輸送規則

IAEA 放射性物質安全輸送規則 (TS-R-1) 及びその助言文書 (TS-G-1.1) は 2 年ごとに見直し・改訂が行われており、平成 17 年度は輸送規則 2007 年版を策定するための 2004/2005 年サイクルの 2 年目に当たる。

このサイクルでは、2004 年 1 月～6 月に募集された加盟国からの規則等改訂提案について 2004 年 9 月の規則見直し会合 (RPM2003) で加盟国 120 日レビューに付託すべき提案を選別し、2005 年 3 月の第 10 回輸送安全基準委員会 (TRANSSC X) でそれを承認して、選別された提案が 4 月～7 月にかけて加盟国レビューに付された。2005 年 9 月の TRANSSC XI では寄せられた加盟国コメントへの対応が審議され、その結果を反映した 2007 年版輸送規則及び助言文書の草案が作成された。これら草案が 2006 年 2 月 27 日～3 月 2 日の TRANSSC XII で承認され、2007 年版規則及び助言文書が確定したが、早急に出版を必要とする安全上十分に重要な変更がないとして、改訂及び出版されないこととなった。助言文書は 2005 年版輸送規則対応のものが発行、出版される。

解体廃棄物に関する日本からの改訂提案の状況は次のとおりである。

a. Japan/04/03 : 核分裂性輸送物適用除外規定のベリリウム制限の緩和 (規則 672 項)

運搬物に含まれる特別な減速材であるベリリウムの量が核分裂性物質制限質量の 1% を超える場合には核分裂性輸送物となる、との現行規定について、天然濃度のベリリウムは除外しようとする提案であり、2004 年 9 月の見直し会合で日本で実施したパラメータ解析結果を示して説明した結果、「天然濃度」は不明確であるので「0.1% 以下」とすることで合意され、加盟国 120 日レビューに付託されることとなった。

120 日レビューではフランスからの反対コメントがあったが、2005 年 9 月の TRANSSC XI においてフランスと協議し、ベリリウムが「均一に分布」していることを条件として盛り込むことで合意した。さらに英国から記載をより明確化する助言があり、ベリリウムと重水素を分けて規定する文案で 2007 年版規則草案に取り入れられた。

日本の提案が受け入れられるとともに、規定内容が明確化され、好ましい結果となった。

b. Japan/02/01 : LSA 物質均一性 (10 倍以下) の除外事項 (助言文書 226.14 項)

当該提案は前回の規則改訂サイクルで助言文書に取り入れることが承認されていたが、今回サイクルでの改訂対象となる助言文書に記載されていないことが判明し、2007 年版助言文書に確実に取り入れられるよう対応したものである。

この対応において当初の日本提案は LSA-Ⅱ に適用するものであったが、英国より LSA-Ⅲ にも適用できるとの指摘があり、適用範囲を拡張した記載に自己修正した提案で TRANSSC XI において 2007 年版助言文書草案に取り入れられた。

なお、解体廃棄物に関する他国からの提案として核分裂性輸送物適用除外規定に関する共同提案があったが、TRANSSC XI にて関係者間で精力的に検討されたものの合意に至らず、ごくマイナーな変更にと終わった。本件に関しては次回規則見直し、改訂サイクル (2011 年版を検討) に向けて今後のフォローが必要である。

以上の IAEA 輸送規則改訂提案の対応経緯の詳細を資料 1 に示す。

3.2.2 IMO 輸送規則

IMO においては、放射性物質輸送に関わるものとして、保安対策（セキュリティ）、船舶のロングレンジ識別及びトラッキング(LRIT)、運搬拒否の問題が議論されてきている。

保安対策については既に ISPS コードが制定され（2002 年 10 月 SOLAS 条約附属書改正）、我が国でも平成 16 年 7 月に「国際航海船舶及び国際港湾施設の保安の確保等に関する法律」が施行されている。LRIT については識別距離やスイッチ・オフ機能について議論が継続されており、その経過を把握し、場合によっては放射性物質の輸送に過剰な要件が課されないよう対応する必要がある。運搬拒否問題については、その解決に向けての国際的な努力がなされている。

これらはいずれも国際海上輸送に関するものであり、本プロジェクトで調査研究対象としている原子炉解体廃棄物輸送物及びその運搬船の要件、規制に直接影響を与えるものではない。

4. 実用発電用原子炉施設の廃止措置に伴う解体放射性物質とその輸送物の調査

4.1 廃止措置に伴う解体廃棄物の分類と仕様

原子炉施設から発生する放射性廃棄物には、様々な濃度の放射性物質が含まれる。埋設事業においては、表 4.1 に示す区分をおき、それぞれの特性に応じた処分を実施することとしている。

日本原燃（株）が青森県六ヶ所村にて操業中の低レベル放射性廃棄物埋設センターは、このうち、L2 廃棄物以下の廃棄物を対象とした埋設施設である。現在埋設されている廃棄物は、実用発電用原子炉（軽水炉及びガス炉：以下「原子炉」とは実用発電用原子炉を指す）の操業中に発生したもの（運転廃棄物）であり、各原子炉施設にてドラム缶に安定化処理した廃棄物を専用運搬船でむつ小川原港まで海上輸送している。

原子炉施設の廃止措置において発生する放射性廃棄物（解体廃棄物）についても、発生する部位により放射能濃度に大きな差異があり、L1～L3 の各レベルに相当する廃棄物が発生する。これらの廃棄物は、海上・陸上輸送により、原子炉施設から埋設施設へ輸送されることになることから、L2 廃棄物のみならず、L1 廃棄物の輸送に適した輸送船の構造基準の検討が必要となっている。図 4.1 に、原子炉施設から発生する廃棄物の例を示す。このうち、L1 廃棄物には、炉心付近に設置された炉内構造物などの放射化金属や、原子炉水の浄化に用いた樹脂等の廃棄物が含まれる。原子炉から発生する L1 廃棄物の放射能濃度を表 4.2 に示す。ここでは、対象廃棄物に含まれる推定総放射エネルギーと物量から、単位廃棄物質量当たりの放射能濃度を求めた。この際、軽水炉から発生する廃棄物については、安全評価上保守側の設定とするため、60 年間の原子炉運転期間を想定して放射エネルギー及び物量を算定している。なお、原子炉運転期間が 60 年より短く、例えば 40 年となった場合には、解体廃棄物の放射能濃度は表の値の 2/3～1 倍になるが、輸送時の安全上影響の大きい Co-60 については、40 年運転の場合と 60 年運転の場合で、対象廃棄物の放射能濃度の差はほとんどない。

表 4.1 低レベル放射性廃棄物の区分

区分	略称	政令 ^(*) に定める Co-60 の濃度上限値 (Bq/t)
放射能レベルの比較的高い低レベル放射性廃棄物 (余裕深度処分対象廃棄物)	L1 廃棄物	—
放射能レベルの比較的低い低レベル放射性廃棄物 (浅地中ピット処分対象廃棄物)	L2 廃棄物	1.11×10^{13}
放射能レベルの極めて低い低レベル放射性廃棄物 (浅地中トレンチ処分対象廃棄物)	L3 廃棄物	8.1×10^9

(*) 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令 第十三条の 9

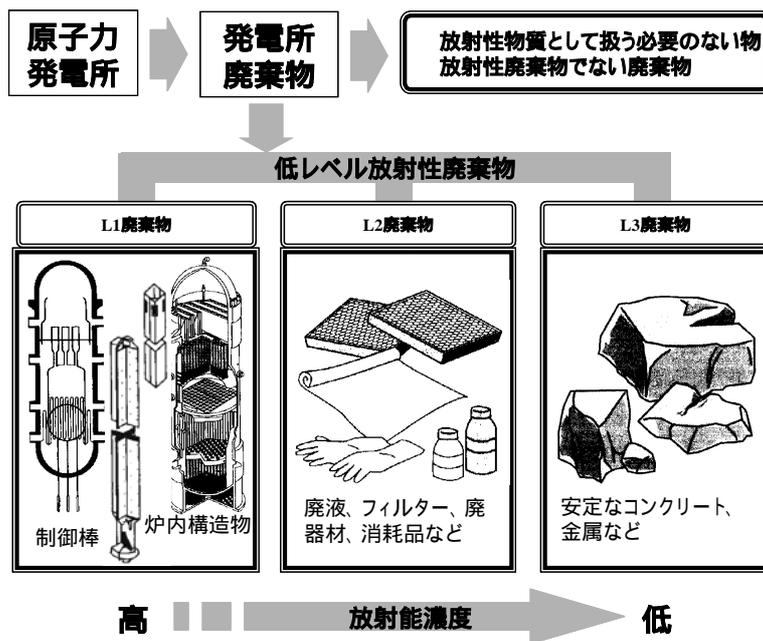


図 4.1 原子炉施設から発生する放射性廃棄物

表 4.2 L1 廃棄物の放射能濃度

【単位：Bq/t】

種類 核種	運転廃棄物		解体廃棄物	全廃棄物平均
	放射化金属	使用済樹脂		
H-3	2.8×10^{11}	2.0×10^8	1.4×10^{12}	7.2×10^{11}
C-14	2.0×10^{11}	2.8×10^9	4.2×10^{11}	2.4×10^{11}
Cl-36	1.7×10^9	-	6.1×10^9	3.2×10^9
Ca-41	9.9×10^7	-	8.0×10^8	4.0×10^8
Co-60	4.3×10^{14}	3.6×10^{12}	2.9×10^{14}	2.2×10^{14}
Ni-59	9.3×10^{11}	1.1×10^{10}	2.5×10^{12}	1.4×10^{12}
Ni-63	1.3×10^{14}	1.4×10^{12}	2.9×10^{14}	1.6×10^{14}
Sr-90	1.2×10^9	1.9×10^{10}	1.5×10^9	7.1×10^9
Nb-94	5.2×10^9	2.4×10^8	6.5×10^9	4.2×10^9
Tc-99	1.1×10^9	2.9×10^8	4.4×10^8	5.2×10^8
Ag-108m	3.2×10^{11}	-	-	6.3×10^{10}
I-129	1.1×10^3	2.4×10^5	5.0×10^3	8.2×10^4
Cs-137	1.8×10^9	4.9×10^{10}	2.0×10^9	1.7×10^{10}
Eu-152	2.3×10^9	-	8.4×10^{10}	4.0×10^{10}
Eu-154	3.5×10^{10}	-	2.3×10^{10}	1.8×10^{10}
Pu-239	1.8×10^8	3.3×10^8	4.2×10^7	1.6×10^8
Am-241	6.3×10^7	1.2×10^8	1.5×10^7	5.8×10^7

【出典】原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会
低レベル放射性廃棄物埋設分科会資料（平成 17 年 10 月）

4.2 廃止措置に伴う解体廃棄物の発生量と輸送時期

原子炉の廃止措置に伴い発生する低レベル放射性廃棄物の発生量を表 4.3 に示す。本表では、軽水炉 (BWR, PWR) については、110 万 kW 級原子炉一基当たり発生する廃棄物量を示している。また、ガス炉 (GCR) の物量は、原子炉解体届に記載された廃棄物質量を廃棄体換算し、容積に変換したものである。

我が国では現在、31 基の BWR と 23 基の PWR が操業中であり、1 基の GCR が廃止措置中である。また、2006 年 3 月までには、さらに 1 基 (BWR) が商業運転を開始する予定である。これらの原子炉施設から発生する解体廃棄物の発生量の予測を図 4.2 及び図 4.3 に示す。なお、解体廃棄物の発生時期は、原子炉施設の廃止措置計画と大きく関連するが、大半の原子炉施設の廃止措置計画は定まっていないことから、以下に示す前提のもとで、発生量の予測を行った。

予測にあたっては、原子炉の運転期間は最短 40 年程度と想定されることから、40 年の運転期間後に標準工程に沿って解体が実施され、解体期間中に順次廃棄物が搬出されるとした。

<解体廃棄物 (L1・L2) の搬出量の予測方法>

- 対象とする原子炉施設数： 56 基 (BWR32 基、PWR23 基、GCR 1 基)
- 解体廃棄物の発生時期： 運転開始より 50 年後 (運転期間 40 年 + 安全貯蔵期間 10 年) に搬出を開始し、以後 5 年間で均等に搬出。GCR のみ、東海発電所の安全貯蔵期間が終了する 2011 年度から 5 年間で均等に搬出と想定。
- 解体廃棄物の発生量： 原子炉 1 基当たり表 4.3 に示す値の搬出を想定 (発電規模、個体差は考慮しない)。

なお、図 4.2 及び図 4.3 には、廃止措置に伴い発生する解体廃棄物に加え、操業期間中に恒常的に発生する運転廃棄物の物量も記載している。このうち、運転 L2 廃棄物については、前述の低レベル放射性廃棄物埋設センターでのドラム缶受入れ実績 (平成 4 年度～平成 16 年度: 累積 175,507 本) より、将来予測として、年間 14,000 本 (2,800m³) 程度の発生を見込んだ。また、運転 L1 廃棄物 (使用済制御棒、チャンネルボックス等) については、前述の原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会 低レベル放射性廃棄物埋設分科会 (平成 17 年 10 月) にて報告された物量より、年間の発生量を想定した。

<運転廃棄物 (L1・L2) の搬出量の予測方法>

- L1 廃棄物： 原子力安全委員会に報告された運転廃棄物量が 60 年間で平均的に搬出されると想定。
- L2 廃棄物： 低レベル放射性廃棄物埋設センターでの累積ドラム缶受入れ本数をこれまでの操業期間 13 年間で平均した本数が、今後も継続して搬出されると想定。

運転 L1 廃棄物は現状では発電所に保管されており搬出されていないが、図 4.2 では上記の想定年間発生量を搬出するものとして点線で記載した。したがって、図 4.2 の点線及び実線は現状の低レベル廃棄物輸送量に追加される量であり、図 4.3 は実線のみが追加される量である。

本図より、原子炉施設の廃止措置が本格化すると、多数の解体廃棄物が発生し、年間発生物量は、ピーク時には L1 廃棄物がドラム缶 3,500 本程度、L2 廃棄物がドラム缶 40,000 本程度に達することが見込まれる。

表 4.3 解体放射性廃棄物の発生量

炉型及び出力	L1 廃棄物(m ³)	L2 廃棄物(m ³)
沸騰水型原子炉 (BWR) 110 万 kW 級	100	1640
加圧水型原子炉 (PWR) 110 万 kW 級	260	2390
黒鉛減速・炭酸ガス冷却型原子炉 (GCR) 16.6 万 kW	2500	4700

【出典】 BWR、PWR：総合エネルギー調査会原子力部会中間報告 平成 11 年 5 月
 GCR：東海発電所 原子炉解体届 平成 17 年 10 月

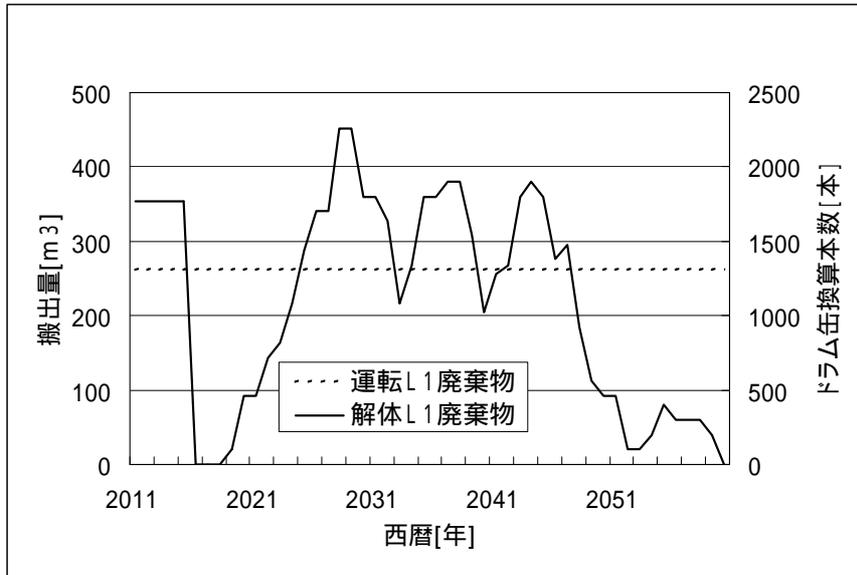


図 4.2 L1 廃棄物の搬出予想量の推移

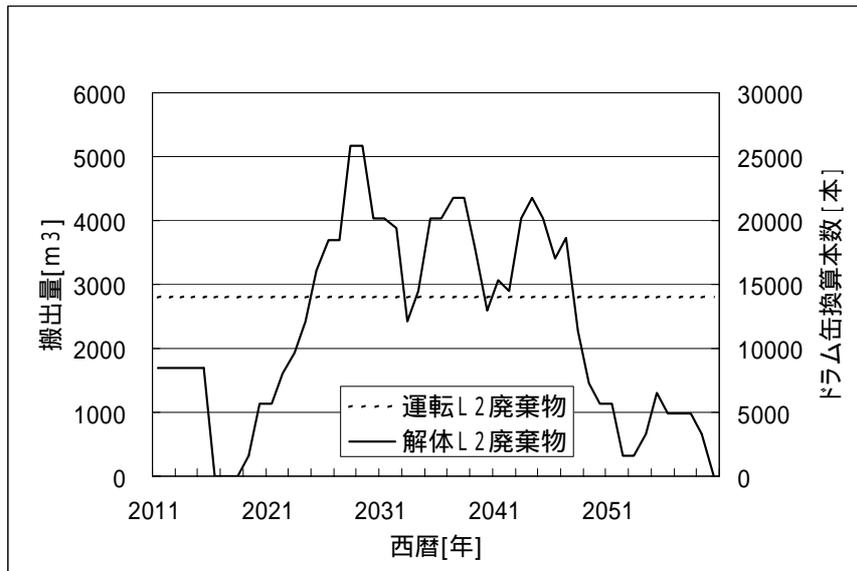


図 4.3 L2 廃棄物の搬出予想量の推移

4.3 解体廃棄物の輸送物形態

ここまで廃棄物の特徴を埋設区分ごとに議論してきたが、埋設区分と輸送体系上の輸送物区分の比較を表 4.4 に示す。

解体廃棄物を IP 型と B 型輸送物に分類する際には、平均放射能濃度が 1 グラム当たり A₂ 値の 10,000 分の 1 を超えるかどうかの一つの判断基準となる。加えて、この要件を満たす輸送物を IP 型輸送物 (LSA 物質) として輸送するには、当該放射性物質等を集積した場合において、その表面から 3m 離れた位置における最大線量当量率が毎時 10 ミリシーベルトを超えない必要がある。

L2 廃棄物を上記の輸送物分類に当てはめると、前者の要件については、すべての L2 廃棄物が要件を満足し、IP 型に分類できる可能性がある。しかし、後者の要件において、Co-60 の濃度が高い一部の L2 廃棄物は満足しないため、B 型輸送物に分類される。一方、L1 廃棄物は、大半が B 型輸送物に分類されるが、GCR から発生する L1 廃棄物の中には、埋設区分 (L1/L2/L3) においては、C-14 等の長寿命核種の濃度が政令濃度上限値を上回り、L1 廃棄物に分類されるが、輸送区分上は Co-60 濃度が低いために IP 型輸送物に分類可能となるものがある。

また、表 4.4 には、輸送容器の形状例を合わせて図示した。B 型輸送物は、輸送容器の設計要件として 9m 落下試験等の要件が課せられるため、輸送容器端部に大型の緩衝体をつける必要があり、その場合、輸送物の荷姿は使用済燃料輸送物等に類似のものとなると考えられる。一方、IP 型輸送物については、現行の廃棄物輸送に使用している LLW-1 型輸送容器のような、コンテナ状の輸送容器等が考えられる。

表 4.4 埋設区分と輸送物区分の関係

輸送物	廃棄物	輸送容器の形状・特徴の例	対象廃棄物の例	Co 濃度範囲 (概略)
B 型	L 1	使用済燃料輸送キャスクに類似の重量級輸送物	解体廃棄物 (上部格子板)・ 運転廃棄物	
	L 2	使用済燃料輸送キャスクに類似の重量級輸送物	解体廃棄物 (シュラウド)	
IP 型	L 1	コンテナ状輸送容器等	黒鉛ブロック	
	L 2	コンテナ状輸送容器等	解体廃棄物 (原子炉压力容器)・ 運転廃棄物	
	L 3	コンテナ状輸送容器等	解体廃棄物 (原子炉格納容器)・ 運転廃棄物	

5. 解体廃棄物の海上輸送における確率論的安全評価（再評価）

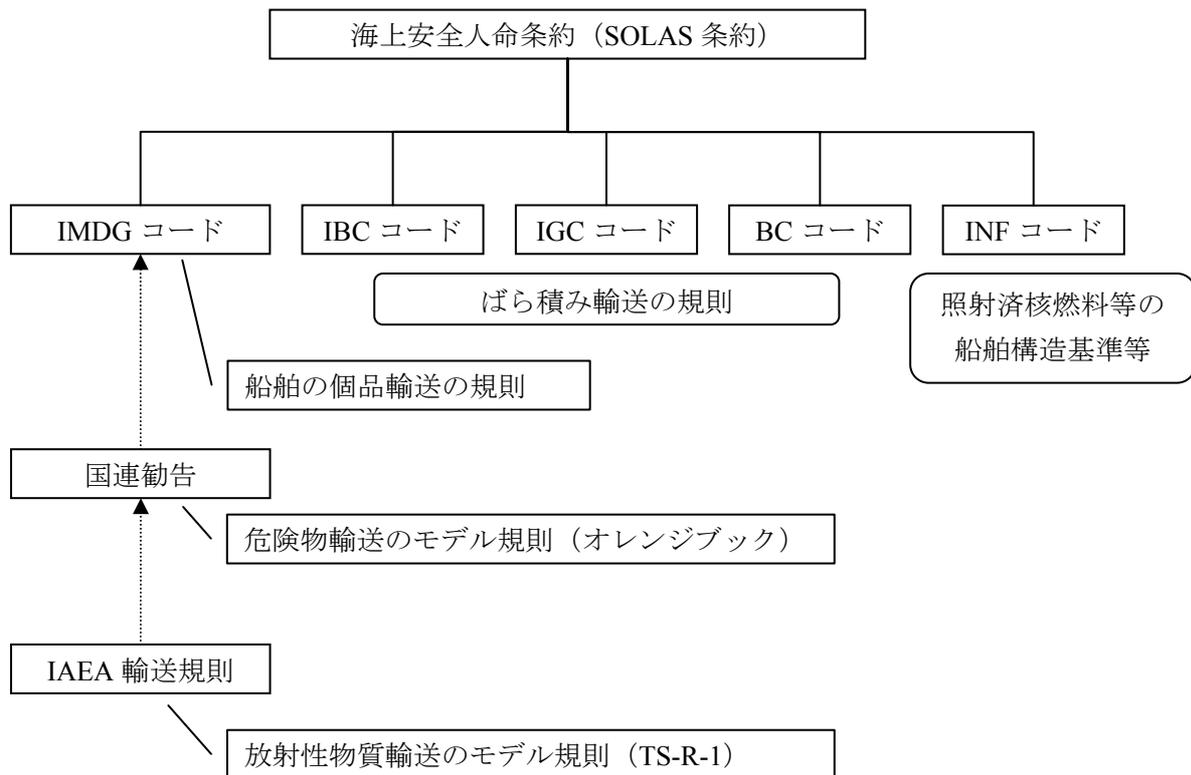
5.1 解体廃棄物の潜在的危険性の評価

5.1.1 評価を実施するに当たって

海上人命安全条約（SOLAS 条約）における危険物輸送に関する規定を図 5.1.1 及び表 5.1.1 に、各規定の構造・設備要件等の項目を表 5.1.2 に示す。輸送容器に収納された危険物は IMDG コードより安全が担保されており、ばら積みの危険物は IBC コード等で安全性が確保されている。放射性物質輸送物については、IAEA で定めた放射性物質安全輸送規則（TS-R-1）（以下、「IAEA 輸送規則」という。）がそのまま国連勧告を経て IMDG コードに取り入れられているので、IAEA で協議し定められた輸送要件で安全性が確保されている。

INF コードにおいて IBC コードを引用しているのは、船舶の構造として適当であったためであり、IBC コードの安全指標に基づき核燃料物質等を評価したためではない。これまで放射性物質は他の危険物との比較が行われていない。

そこで、構造要件のあり方を検討するため、まず、IAEA 輸送規則の考え方に基づき他の核燃料輸送物の潜在的危険性の比較を行う。また、潜在的危険性について化学物質との比較を目標とし、今年度は、化学物質の輸送容器の要件等を整理し、放射性物質の輸送容器と比較した。



注：表中のコード名については、表 5.1.1 参照

図 5.1.1 危険物輸送に関する規定等の相関図

表 5.1.1 SOLAS 条約における危険物輸送に関する規定

<p>IMDG コード (国際海上危険物規程、 International Maritime Dangerous Goods Code)</p>	<p>国連勧告の基本要件に船舶輸送特有の要件を加えたものであり、船舶による危険物の国際個品輸送に関する規則である。放射性物質については、クラス7として、IAEA 輸送規則に基づいた国連勧告の要件が記載されている。</p>
<p>IBC コード (危険物化学品のばら積み運送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則、 International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in bulk)</p>	<p>液体危険物を輸送する船舶の構造や設備要件を定めたものである。本規則は、人命の安全に係わる SOLAS 条約及び海洋汚染に係わる MARPOL 条約*の規定に従っている。</p>
<p>IGC コード (液化ガスのばら積み運送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則、 International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in bulk)</p>	<p>液化石油ガスや液化天然ガスを輸送する船舶や設備要件を定めたものである。</p>
<p>BC コード (固体ばら積み貨物に関する安全実施規則、 Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes)</p>	<p>輸送中に移動しやすい貨物、固体危険物（硫黄、魚粉等）、大量に集積することにより発熱や発火を起こすおそれのある貨物及び固体危険物のばら積み輸送要件を規程したものである。</p>
<p>INF コード (容器に収納した照射済核燃料、プルトニウム及び高レベルの放射性廃棄物の船舶による安全な運送のための国際規則、 International Code for the safe carriage of packaged irradiated nuclear fuel, plutonium and high-level radioactive wastes on board ships)</p>	<p>容器に収納した照射済核燃料、プルトニウム及び高レベルの放射性廃棄物を輸送するための船舶の構造、設備等の規則である。</p>

*MARPOL 条約：船舶による汚染の防止のための国際条約 (International Convention for the Prevention of Pollution from Ship)

(資料)大島他、最新の危険物輸送ハンドブック

表 5.1.2 危険物運搬船関連コードに記載されている構造・設備要件等

関連コード	要件
<p>IBC コード 危険物化学品のばら積み運送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 船舶の残存能力及び貨物タンクの配置 ● 船舶の配置 ● 貨物の格納 ● 貨物の移送 ● 構造材料 ● 貨物温度制御 ● 貨物タンク通風及びガスフリー装置 ● 環境制御 ● 電気設備 ● 防火及び消火
<p>IGC コード 液化ガスのばら積み運送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 船舶の残存能力及び貨物タンクの配置 ● 船舶の配置 ● 貨物格納設備 ● プロセス用圧力容器、並びに液、ガス、及び圧力管装置 ● 構造材料 ● 貨物圧力・温度制御 ● 貨物タンク通風装置 ● 環境制御 ● 電気設備 ● 防火及び消火 ● 計器 ● 人身保護 ● 貨物タンクの積み付け制限
<p>BC コード 固体ばら積み貨物に関する安全実施規則</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 貨物の積載方法
<p>INF コード 容器に収納した照射済核燃料、プルトニウム及び高レベルの放射性廃棄物の船舶による安全な運送のための国際規則</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 損傷時復原性 ● 防火措置 ● 貨物区域の温度管理 ● 構造 ● 貨物固縛装置 ● 電力供給 ● 放射線防護装置 ● 管理と訓練 ● 船上緊急時計画 ● I N F 貨物に係わる事故後の通報

IBC コード： International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk

IGC コード： International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk

BC コード： Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes

INF コード： International Code for the Safe Carriage of Packaged Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-Level Radioactive Wastes on Board Ships

(資料)大島他、最新の危険物輸送ハンドブック

5.1.2 放射性物質としての危険性

5.1.2.1 評価指標

IAEA 輸送規則によれば、放射性物質の危険性は、①臨界、②被ばく影響、及び③発熱による影響である。各輸送物において考慮すべき危険性を表 5.1.3 に示す。INF コードの対象物質である使用済燃料等が臨界及び被ばく影響の危険性がある B(M)F 型輸送物であるのに対し、L1 廃棄物の危険性は、被ばく影響に限定される。次節以降では、IAEA の被ばく評価方法に基づき、L1 廃棄物の被ばく影響について述べる。

表 5.1.3 各輸送物において考慮すべき危険性

	臨界	被ばく影響	発熱による影響
低レベル放射性廃棄物 (L1 廃棄物等)	—	○	—
濃縮六フッ化ウラン (濃縮 UF ₆)	○	○	—
新燃料	○	○	—
照射済核燃料 (SF)	○	○	○
高レベル放射性廃棄物 (HLW)	※	○	○
プルトニウム化合物 (MOX 燃料)	○	○	—

※ 高レベル放射性廃棄物中の核分裂性物質は実際には極めて少なく、高レベル放射性廃棄物には臨界の危険性がない。高レベル放射性廃棄物は、申請上保守側のインベントリーを設定しているため、B(M)F 型輸送物として取り扱っている。

5.1.2.2 IAEA の被ばく評価方法 (Q システム)

IAEA では、非核分裂性の放射性物質の輸送に伴う潜在的危険性は、①放射性物質の単位摂取量当たりの被ばく線量、②輸送物内に含まれる放射エネルギー、③放射性核種の性状及び④潜在的放射線レベルの 4 つのパラメータに依存するという前提に基づいており、被ばく影響評価手法として、Q システムが開発されている。Q システムでは、光子による外部被ばく線量 (Q_A)、ベータ放射体による外部被ばく線量 (Q_B)、吸入による内部被ばく線量 (Q_C)、皮膚汚染による被ばく線量 (Q_D) 及びガスアイソトープによるサブマージョン被ばく線量³ (Q_E) について、被ばく線量限度値になる放射エネルギーを核種ごとに算定している。なお、被ばく線量限度値は、以下の放射線基準に基づいている。

- ・ 事故後に輸送物の近傍で被ばくした人に対する実効線量または預託実効線量は 50mSv を超えてはならない。
- ・ 事故に巻き込まれた人の皮膚を含めた個々の器官が受ける線量ないし預託当量線量は 0.5Sv をこえてはならず、また眼の水晶体の場合には 0.15Sv を超えないこと。
- ・ 人が被害を受けた輸送物から 1メートルのところにとどまることはまず考えられないことである。

³ 放射性プルームに包まれ、漬かった状態 (サブマージョン) になり、ガンマ線やベータ線による外部被ばくのこと。
(資料: ATOMICA)

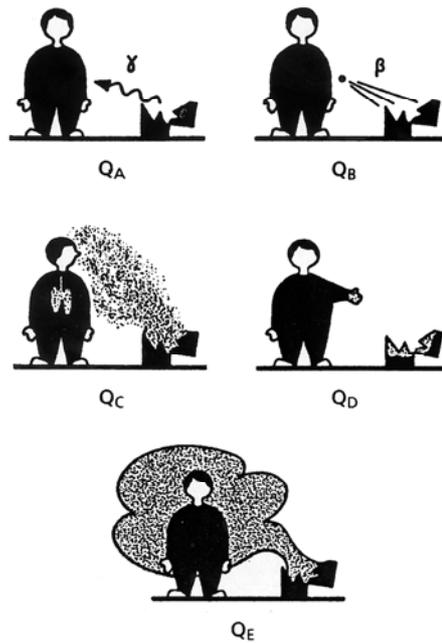


図 5.1.2 Q システムの被ばくシナリオ

(出典) IAEA-TS-G-1.1

a. 光子による外部線量 (Q_A)

各核種の Q_A 値は、事故後損傷した A 型輸送物の近傍での全身へのガンマ線または X 線による外部被ばく線量であり、次式で与えられる。輸送容器による遮蔽性能は考慮せず、遮へいされていない放射性物質の端縁部（ないし表面）から 1m の距離における外部放射線レベルは 0.1Sv/h に限定されるものと仮定する。

$$Q_A = \frac{D/t}{DRC_\gamma} \times C \quad (5.1.1)$$

ここで D は目安線量 (0.05Sv)、t は被ばく時間 (0.5h)、 DRC_γ はその放射性核種の実効線量率係数 ($\text{SvBq}^{-1}\text{h}^{-1}$)、C は Q_A の単位を決定する換算係数 (10^{-12}TBq/Bq) である。

また、低比放射性物質 (LSA 物質) 及び表面汚染物 (SCO) の輸送に使用される産業用輸送物 (IP 型輸送物) は輸送事故に耐えることを要求されないことから、輸送物の収納物を、遮へいされていない物質又は物体から 3 m での外部放射線レベルが 10mSv/h に制限されている。このことは LSA 物質及び SCO の事故時影響を A 型輸送物と同等のレベルに制限するものであり、1 m の距離で 0.1Sv/h の放射線レベルに限定させる考え方に基づいている。

b. ベータ放射体による外部被ばく線量 (Q_B)

各核種の Q_B 値は、ヒトの皮膚に対するベータ線量を考慮して決定されるもので、次式で与えられる。輸送物の遮へいについても事故によって完全に失われたものと仮定する。

$$Q_B = \frac{D/t}{DRC_\beta} \times C \quad (5.1.2)$$

ここで D は目安線量 (0.5Sv)、 t は被ばく時間 (0.5h)、 DRC_β はその放射性核種の実効線量率係数 ($\text{SvBq}^{-1}\text{h}^{-1}$)、 C は Q_B の単位を決定する換算係数 (10^{-12}TBq/Bq) である。

c. 吸入による内部被ばく線量 (Q_C)

各核種の Q_C 値は、事故時に被害を受けた A 型輸送物から放出された放射性物質に被ばくした人の吸入線量を考察することによって決定される。

1973 年度版 IAEA 輸送規則において、想定事故 (メディアン事故) として「0.1%の放射エネルギーが放出し、そのうちの 0.1%が事故に遭遇した一人のヒトの人体に摂取される」可能性を仮定した。つまり全放射エネルギーの 10^{-6} を吸入した場合を想定し、 Q_C 値は以下の式で与えられる。

$$Q_C = \frac{D}{1 \times 10^{-6} \text{DC}_{inh}} \times C \quad (5.1.3)$$

ここで D は目安線量 (0.05Sv)、 1×10^{-6} は吸入された輸送物の収納物分、 DC_{inh} は吸入の線量係数 (Sv/Bq)、 C は Q_C の単位を決定する換算係数 (10^{-12}TBq/Bq) である。

1×10^{-6} と設定した「吸入された輸送物の収納物分」は、現在、一定範囲の可能的放出分と摂取因子で表すものとして認識されており、これらの二つのパラメータで個別に摂取因子を考察することが望ましい。

一般に事故条件下で発生するエアロゾルについてのデータが乏しく、可能的放出分は、限られた範囲の物質についてのデータでしかない。例えば、「空气中及び二酸化炭素中の強化酸素率条件下でのウランとプルトニウム試料の場合、呼吸できる大きさのエアロゾルは最大 1% 程度である。」と報告されている。しかし、エアロゾル発生量は温度や局所的大気流の条件により大きくことなる。液体の場合、放出分が高くなることは明らかであるが、吸収材と二重格納システムを含めた A 型輸送物質による多重隔離は重大な衝撃や衝突事故の後でもその効力を失わない。I-131 線源が高速道路で完全に破砕された事例では、輸送物の散乱物を撤去したあとの道路上の残量は輸送物全体の 2% 未満であった。以上の考察に基づき、IAEA では、A 型輸送物収納物限度の決定に際し、可能的放出分は $10^3 \sim 10^2$ の範囲が適当であるものと仮定している。

また、摂取因子は、屋内屋外の事故状況の範囲についての考察に基づき、 $10^4 \sim 10^3$ の範囲と設定している。屋内の事故状況としては、まず、「毎時 4 回室内空気を入れ替え、容積にして 300m^3 の貯蔵室等での被ばく」を想定している。成人の呼吸率を毎秒 $3.3 \times 10^{-4}\text{m}^3$ とすると、被ばく時間 30 分間に約 10^3 の摂取因子となる。また別な事故シナリオとして「毎時 10 回の空気入れ替えを伴う容積 50m^3 の輸送車での被ばく」も想定している。この想定では摂取因子が 2.4×10^3 となり上述の値と同じ程度になる。

屋外での事故の場合、地上レベルの点源からの放出が、最も保守側のシナリオである。風下 100 メートルの地点での希釈因子は $7 \times 10^{-4} \sim 1.7 \times 10^{-2}\text{s/m}^3$ であり、上述の成人の呼吸率を設定した場合、「吸入された輸送物の収納物分」は $2.3 \times 10^{-7} \sim 5.6 \times 10^{-6}$ になる。これは短期的な放出を仮定しており、気象条件により「ばらつき」がある。平均的な気象条件の場合、「吸入された輸送物の収納物分」は 3.3×10^{-7} である。

また、LSA 物質についても、上述の考え方に基づいた濃度設定が行われている。ヒトが長時間埃っぽい雰囲気中に止まることはまずないと仮定するモデルに基づいて、 10mg を呼吸摂取量の上限值に設定している。もし 10mg を呼吸摂取した場合の被ばく量が、A 型輸送物の想定事故に巻き込まれたヒトに生じることが想定される放射能の摂取量 (10^6A_2) と同等である

ような物質の比放射能であれば、この物質は A 型輸送物がもたらすものよりも大きい危険を輸送中にもたらすことはない。このことから LSA 物質の限度 $10^4 A_2/g (=10^6 A_2/10mg)$ が導かれている。

d. 皮膚汚染による被ばく線量 (Q_D)

各核種の Q_D 値は、被害を受けた A 型輸送物荷役の結果として汚染したヒトの皮膚へのベータ線量を考慮することによって決定されるもので、次式で与えられる。Q システムで提案しているモデルは輸送収納物の 1%が $1m^2$ の面積に均等に散逸すると仮定している。また、散逸した廃石を取り扱った結果このレベルでの 10%まで両手が汚染されるとも仮定し、「 $10^{-3}/m^2$ 」という係数を設定している。さらに、被ばくしたヒトは手袋をしておらず、5 時間以内に汚染の可能性を認識して両手を洗うことも仮定している。

$$Q_D = \frac{D}{10^{-3} \times DRC_{skin} \times t} \times C \quad (5.1.4)$$

ここで D は目安線量(0.5Sv)、 10^{-3} は汚染度の係数 ($/m^2$)、 DRC_{skin} は皮膚汚染の場合の線量率係数 ($Sv m^2 TBq^{-1} s^{-1}$)、t は被ばく時間($1.8 \times 10^4 s (=5 \text{ 時間})$)、C は Q_D の単位を決定する換算係数 (1) である。

e. ガスアイソトープによるサブマージョン被ばく線量 (Q_E)

体内に取り込まれないガスアイソトープの Q_E 値は、事故で放出された後のサブマージョン被ばく線量を考慮することによって決定される。毎時 4 回の空気入れ替えて $3m \times 10m \times 10m$ の貯蔵室ないし荷役ベイに急速に 100%が放出されるものと仮定する。これにより最初の気中濃度は $Q_E/300m^3$ となり、これはその後 30 分間の被ばく時間にわたって換気した結果、平均濃度レベルが $1.44 \times 10^{-3} \times Q_E(m^{-3})$ となる。

$$Q_E = \frac{D}{d_f \times DRC_{subm}} \times C \quad (5.1.5)$$

ここで D は目安線量 (0.05Sv)、 d_f は時間積分空気中濃度 ($2.6 Bq.s.m^{-3}/Bq$)、 DRC_{subm} は浸漬実効線量係数 ($Sv.Bq^{-1}.s^{-1}.m^3$)、C は Q_E の単位を決定する換算係数 ($10^{-12}TBq/Bq$) である。

f. 代表的な核種の Q 値

以上の考え方のもと、各核種の Q 値が「IAEA 放射性物質安全輸送規則の助言文書 (IAEA-TS-G-1.1)」の附録 I に記載されている。代表的な核種の Q 値は表 5.1.4 のとおりである。なお、 A_2 値は Q 値のうち最も小さい値であり、A 型輸送物収納物の上限値の設定に用いられている。

表 5.1.4 代表的な核種の Q 値

(単位 : TB_q)

	Q _A 又は Q _F	Q _B	Q _C	Q _D 又は Q _E	A ₂ 値
H-3	-	-	-	-	-
C-14	-	1.0×10 ⁺⁰³	8.6×10 ⁺⁰¹	3.2×10 ⁺⁰⁰	3.0×10 ⁺⁰⁰
Cl-36	1.0×10 ⁺⁰³	1.0×10 ⁺⁰¹	7.2×10 ⁺⁰⁰	6.3×10 ⁻⁰¹	6.0×10 ⁻⁰¹
Ca-41	1.0×10 ⁺⁰³	1.0×10 ⁺⁰³	-	-	-
Co-60	4.5×10 ⁻⁰¹	7.3×10 ⁺⁰²	1.7×10 ⁺⁰⁰	9.7×10 ⁻⁰¹	4.0×10 ⁻⁰¹
Ni-59	1.0×10 ⁺⁰³	1.0×10 ⁺⁰³	-	-	-
Ni-63	-	1.0×10 ⁺⁰³	2.9×10 ⁺⁰¹	1.0×10 ⁺⁰³	3.0×10 ⁺⁰¹
Sr-90	1.0×10 ⁺⁰³	3.2×10 ⁻⁰¹	3.3×10 ⁻⁰¹	3.1×10 ⁻⁰¹	3.0×10 ⁻⁰¹
Nb-94	6.8×10 ⁻⁰¹	1.0×10 ⁺⁰³	1.1×10 ⁺⁰⁰	7.0×10 ⁻⁰¹	7.0×10 ⁻⁰¹
Tc-99	-	1.0×10 ⁺⁰³	-	8.8×10 ⁻⁰¹	9.0×10 ⁻⁰¹
Ag-108m	6.5×10 ⁻⁰¹	5.9×10 ⁺⁰⁰	1.4×10 ⁺⁰⁰	6.0×10 ⁺⁰⁰	7.0×10 ⁻⁰¹
I-129	2.9×10 ⁺⁰¹	1.0×10 ⁺⁰³	-	-	-
Cs-137	1.8×10 ⁺⁰⁰	8.2×10 ⁺⁰⁰	1.0×10 ⁺⁰¹	6.3×10 ⁻⁰¹	6.0×10 ⁻⁰¹
Eu-152	9.6×10 ⁻⁰¹	1.7×10 ⁺⁰²	1.3×10 ⁺⁰⁰	1.3×10 ⁺⁰⁰	1.0×10 ⁺⁰⁰
Eu-154	9.0×10 ⁻⁰¹	1.6×10 ⁺⁰⁰	1.0×10 ⁺⁰⁰	5.5×10 ⁻⁰¹	6.0×10 ⁻⁰¹
Pu-239	1.1×10 ⁺⁰¹	1.0×10 ⁺⁰³	1.1×10 ⁻⁰³	-	1.0×10 ⁻⁰³
Am-241	1.3×10 ⁺⁰¹	1.0×10 ⁺⁰³	1.1×10 ⁻⁰³	3.8×10 ⁺⁰²	1.0×10 ⁻⁰³

(出典) IAEA-TS-G-1.1

5.1.2.3 解体廃棄物と他の核燃料物質等との比較

実用発電用原子炉施設から発生する L1 廃棄物の放射能濃度（表 4.2 参照）をもとに、輸送物 1 基当たりの放射エネルギーを算出した結果を表 5.1.5 に示す。ここで、B 型輸送物については、廃棄物を内寸 1.3m 角の処分容器に収納した上で、B 型輸送容器に収納することを想定した。また、IP 型輸送物については、JIS Z 1600 相当のドラム缶 8 体を一つの IP 型輸送容器に収納することを想定し、放射エネルギーの算定を行った。

表 5.1.5 解体廃棄物等の輸送物 1 基当たりの放射エネルギー (単位: Bq)

核種	B 型輸送物			IP 型輸送物*
	運転廃棄物		解体廃棄物*	
	放射化金属*	使用済樹脂**		
H-3	$5.28 \times 10^{+11}$	$4.39 \times 10^{+08}$	$5.28 \times 10^{+11}$	$4.39 \times 10^{+08}$
C-14	$3.77 \times 10^{+11}$	$6.15 \times 10^{+09}$	$3.77 \times 10^{+11}$	$6.15 \times 10^{+09}$
Cl-36	$3.20 \times 10^{+09}$	-	$3.20 \times 10^{+09}$	-
Ca-41	$1.87 \times 10^{+08}$	-	$1.87 \times 10^{+08}$	-
Co-60	$8.11 \times 10^{+14}$	$7.91 \times 10^{+12}$	$8.11 \times 10^{+14}$	$7.91 \times 10^{+12}$
Ni-59	$1.75 \times 10^{+12}$	$2.42 \times 10^{+10}$	$1.75 \times 10^{+12}$	$2.42 \times 10^{+10}$
Ni-63	$2.45 \times 10^{+14}$	$3.08 \times 10^{+12}$	$2.45 \times 10^{+14}$	$3.08 \times 10^{+12}$
Sr-90	$2.26 \times 10^{+09}$	$4.17 \times 10^{+10}$	$2.26 \times 10^{+09}$	$4.17 \times 10^{+10}$
Nb-94	$9.80 \times 10^{+09}$	$5.27 \times 10^{+08}$	$9.80 \times 10^{+09}$	$5.27 \times 10^{+08}$
Tc-99	$2.07 \times 10^{+09}$	$6.37 \times 10^{+08}$	$2.07 \times 10^{+09}$	$6.37 \times 10^{+08}$
Ag-108m	$6.03 \times 10^{+11}$	-	$6.03 \times 10^{+11}$	-
I-129	$2.07 \times 10^{+03}$	$5.27 \times 10^{+05}$	$2.07 \times 10^{+03}$	$5.27 \times 10^{+05}$
Cs-137	$3.39 \times 10^{+09}$	$1.08 \times 10^{+11}$	$3.39 \times 10^{+09}$	$1.08 \times 10^{+11}$
Eu-152	$4.34 \times 10^{+09}$	-	$4.34 \times 10^{+09}$	-
Eu-154	$6.60 \times 10^{+10}$	-	$6.60 \times 10^{+10}$	-
Pu-239	$3.39 \times 10^{+08}$	$7.25 \times 10^{+08}$	$3.39 \times 10^{+08}$	$7.25 \times 10^{+08}$
Am-241	$1.19 \times 10^{+08}$	$2.64 \times 10^{+08}$	$1.19 \times 10^{+08}$	$2.64 \times 10^{+08}$

* 放射化金属、解体廃棄物及び IP 型輸送物は充填率 11%、密度 7.8 t/m³ と設定した。

** 使用済樹脂は 1m³=1t と設定した。

表 5.1.6 他の核燃料物質等の放射エネルギー (単位: Bq)

丙種貨物				甲種貨物					
濃縮 UF ₆ *		新燃料*		SF**		HLW***			
U-234	$1.90 \times 10^{+10}$	U-234	$1.10 \times 10^{+11}$	Sr-90	$1.76 \times 10^{+16}$	Co-60	$7.49 \times 10^{+12}$	U-234	$2.47 \times 10^{+08}$
U-235	$6.20 \times 10^{+09}$	U-235	$3.80 \times 10^{+09}$	Y-90	$1.76 \times 10^{+16}$	Ni-63	$5.98 \times 10^{+11}$	Pu-241	$8.78 \times 10^{+14}$
U-238	$1.80 \times 10^{+10}$	U-238	$1.10 \times 10^{+10}$	Ru-106	$4.67 \times 10^{+16}$	Se-79	$8.11 \times 10^{+11}$	Am-241	$1.28 \times 10^{+15}$
				Cs-134	$3.14 \times 10^{+16}$	Sr-90	$1.37 \times 10^{+17}$	Np-237	$5.35 \times 10^{+11}$
				Cs-137	$2.64 \times 10^{+16}$	Tc-99	$2.57 \times 10^{+13}$	Am-243	$3.00 \times 10^{+13}$
				Eu-154	$3.07 \times 10^{+15}$	Sn-126	$1.46 \times 10^{+12}$	Pu-239	$1.84 \times 10^{+12}$
				Pu-238	$9.84 \times 10^{+14}$	Cs-135	$8.45 \times 10^{+11}$	Cm-244	$3.50 \times 10^{+15}$
				Pu-239	$6.35 \times 10^{+13}$	Cs-137	$1.90 \times 10^{+17}$	Pu-240	$2.90 \times 10^{+12}$
				Pu-240	$1.08 \times 10^{+14}$	Sm-151	$6.19 \times 10^{+14}$	U-236	$1.47 \times 10^{+09}$
				Pu-241	$2.96 \times 10^{+16}$	Pu-242	$1.23 \times 10^{+10}$		
				Am-241	$1.14 \times 10^{+14}$				
				Cm-244	$1.40 \times 10^{+15}$				

*: 「新燃料の海上輸送における安全性評価に関する調査研究 (平成 13 年度報告書、RR46-13)」

** : H.Asano, et al, "An Environmental Impact Assessment for Sea Transport of Spent Fuel", PATRAM98

*** : 松岡理著、「核燃料輸送の安全性評価」、日刊工業新聞

解体廃棄物及び他の核燃料物質等について、Qシステムに基づき被ばく影響を試算した結果を表 5.1.7 に示す。この結果により、解体廃棄物の潜在的危険性は、表 5.1.8 のように評価できる。

表 5.1.7 Qシステムに基づく換算結果

		$\Sigma (Q_i/Q_{Ai})$ * γ線の影響	$\Sigma (Q_i/Q_{Bi})$ β放射体の影響	$\Sigma (Q_i/Q_{Ci})$ 吸入による影響	$\Sigma (Q_i/Q_{Di})$ 皮膚汚染	$\Sigma (Q_i/A_{2i})$ A ₂ 値**
B型輸送物	運転廃棄物 (放射化金属)	$1.8 \times 10^{+03}$	$1.5 \times 10^{+00}$	$4.9 \times 10^{+02}$	$2.0 \times 10^{+03}$	$2.0 \times 10^{+03}$
	運転廃棄物 (使用済樹脂)	$1.8 \times 10^{+01}$	1.6×10^{-01}	$5.8 \times 10^{+00}$	$2.1 \times 10^{+01}$	$2.0 \times 10^{+01}$
	解体廃棄物	$1.2 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+00}$	$3.4 \times 10^{+02}$	$1.4 \times 10^{+03}$	$1.4 \times 10^{+03}$
IP型輸送物		$3.5 \times 10^{+00}$	4.4×10^{-01}	$1.1 \times 10^{+00}$	$1.8 \times 10^{+00}$	$4.3 \times 10^{+00}$ ***
丙種貨物	濃縮 UF ₆	1.0×10^{-03}	4.3×10^{-05}	2.1×10^{-01}	2.1×10^{-01}	2.1×10^{-01}
	新燃料	7.9×10^{-04}	1.2×10^{-04}	$1.2 \times 10^{+00}$	$1.2 \times 10^{+00}$	$1.2 \times 10^{+00}$
甲種貨物	SF	$7.3 \times 10^{+04}$	$1.7 \times 10^{+06}$	$2.6 \times 10^{+06}$	$2.9 \times 10^{+06}$	$2.9 \times 10^{+06}$
	HLW	$1.1 \times 10^{+05}$	$1.7 \times 10^{+06}$	$3.7 \times 10^{+06}$	$3.9 \times 10^{+06}$	$3.9 \times 10^{+06}$

* $\Sigma (Q_i/Q_{Ai})$ とは、核種ごとの放射エネルギー Q_i を Q_{Ai} で割った値を合計した値である。

** A₂値は A 型輸送物の収納量設定に用いられており、収納放射エネルギーの判断指標になる。

*** IP 型輸送物は、放射エネルギーは A₂ 値を超えるが、放射能濃度が $3.1 \times 10^{-6} A_2/g$ であり、LSA-II に分類される。

表 5.1.8 Qシステムに基づく解体廃棄物の潜在的危険性の評価結果

B 型輸送物	<ul style="list-style-type: none"> ● 臨界及び発熱の危険性がない。 ● A₂ 値は、甲種貨物の 1000 分の 1 程度であり、被ばくに対する潜在的危険性も甲種貨物より低い。 ● Q システムの被ばく経路のうち、「γ線の影響」および「皮膚汚染」が高い。
IP 型輸送物	<ul style="list-style-type: none"> ● 臨界及び発熱の危険性がない。 ● A₂ 値は 10 以下である。* ● Q システムの被ばく経路のうち、「γ線の影響」が最も高い。

* 放射能濃度は $10^{-4} A_2/g$ 以下であり、低比放射性物質 (LSA) である。ただし、低比放射性物質 (LSA) を IP 型輸送物とするためには、「遮へいされていない物質又は物体から 3m での外部放射線レベルが 10mSv/h を超えない」要件があるので、再確認が必要である。

5.1.3 化学物質との比較

化学物質の輸送に課せられた要件を整理し、解体廃棄物輸送の潜在的危険性を把握のための参考とする。

5.1.3.1 化学物質の危険性の指標

海上輸送における化学物質の危険性は、海上人命条約（SOLAS 条約）に基づく「船上の人命への危険性（短期的な影響）」と船舶による汚染の防止のための国際条約（MARPOL 条約）に基づく「海洋汚染の危険性（長期的な影響）」がある。短期的な影響の指標は、爆発性、発火性、有毒性及び腐食性であり（表 5.1.9 及び図 5.1.3 参照のこと）、IMDG コードでは、危険物を①火薬類、②ガス、③引火性液体、④可燃性固体、⑤酸化性物質及び有機過酸化物、⑥毒物及び感染性病原物質、⑦放射性物質、⑧腐食性物質及び⑨有害性物質の 9 つに区分している。

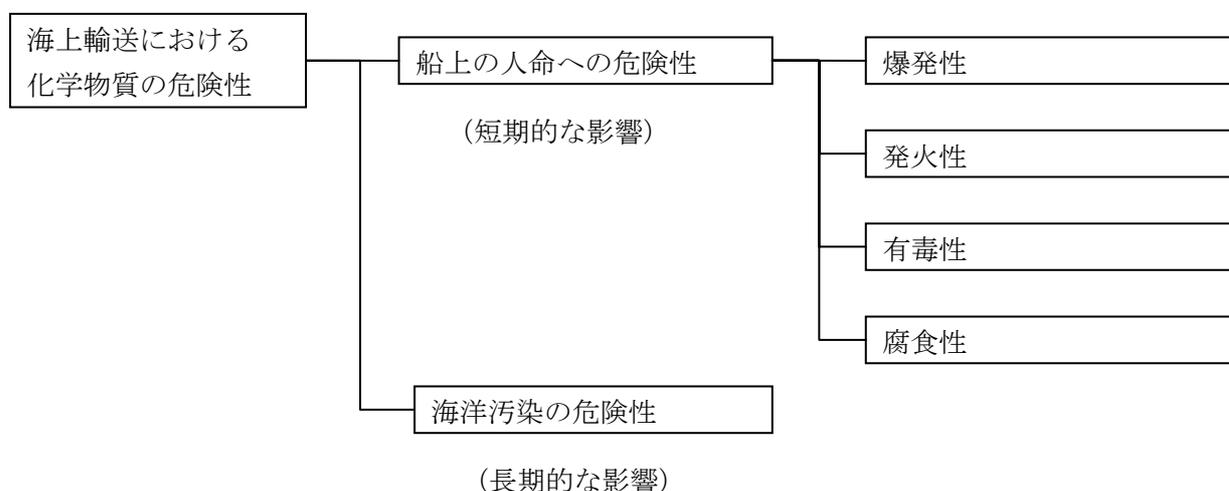


図 5.1.3 海上輸送における化学物質の危険性の指標

表 5.1.9 IMDG コードにおける危険物の分類

クラス 1	火薬類
クラス 2	ガス
クラス 3	引火性液体
クラス 4	可燃性固体、自然発火性物質、水と接して引火性ガスを発生する物質
クラス 5	酸化性物質及び有機過酸化物
クラス 6	毒物及び感染性病原物質
クラス 7	放射性物質
クラス 8	腐食性物質
クラス 9	その他の危険性物質（有害性物質）

5.1.3.2 輸送容器の試験要件 (IMDG コード)

IMDG コードでは、国連勧告に基づき輸送容器の等級を定め、試験要件を定めている。例えば、クラス3及びクラス6の容器等級基準は、表5.1.10及び表5.1.11に示すとおりである。危険物輸送に用いる大型容器は、一部の適用除外物質を除き、表5.1.12に示す試験要件が課せられ、容器等級により落下試験の落下高さが違ってくる。

つまり、放射性物質の輸送容器には、800℃30分や9m落下のような「事故時を考慮した特別要件」が課せられているのに対し、化学物質の輸送容器には、通常時の取り扱いでの安全性を担保する要件のみが課せられている。

表 5.1.10 クラス3 (引火性液体) の容器等級基準

容器等級	引火点 (密閉式)	初留点
I	-	≤35℃
II	<23℃	>35℃
III	≥23℃ ≤60.5℃	>35℃

(資料)大島他、最新の危険物輸送ハンドブック

表 5.1.11 クラス6 (毒物) の容器等級基準

容器等級	経口毒性 LD50(mg/kg)	経皮毒性 LD50(mg/kg)	吸入毒性 (粉塵及びミスト) LC50(mg/L)
I	≤5	≤40	≤0.5
II	>5~50	>40~200	>0.5~2
III	固体: >50~200 液体: >50~500	>200~1000	>2~10

LD50: 半数致死量のこと。化学物質をラット、モルモットなどの実験動物に投与した場合に、その実験動物の半数が試験期間内に死亡する用量のことで、投与した動物の50%が死亡する用量を体重当たりの量 (mg/kg) として表したもの。化学物質の急性毒性の強さを表す代表的指標として利用される。50%値が用いられる理由は、統計学的に最もばらつきが小さいからである。(出典: <http://www.eic.or.jp/>)

LC50: 半数致死濃度のこと。ガス体または水に溶解した状態の化学物質に曝露された生物の半数 (50%) が試験期間内に死亡する濃度のことで、化学物質の急性毒性の強さを示す代表的指標として利用される。実際には、実験データから濃度-死亡率のグラフを描き、死亡率50%の濃度 (LC50) を求める。(出典: <http://www.eic.or.jp/>)

(資料)大島他、最新の危険物輸送ハンドブック

表 5.1.12 国連勧告で定められた大型容器の試験要件*

試験	概要
底部持ち上げ試験	すべての底部持ち上げ手段を有する大型容器について行う。底部をフォークリフトにより持ち上げる試験。
頂部吊り下げ	頂部から吊り下げるように設計され、吊り下げ手段のある大型容器について行う。設計された吊り下げ方法により大型容器を吊り下げる試験。
積み重ね試験	積み重ねるように設計されたすべての大型容器について行う。大型容器の最大許容質量をその上面に加える荷重試験。
落下試験	すべての大型容器について行う。収納する物質の容器等級に応じた落下高さ (容器等級 I : 1.8m、II : 1.2m、III : 0.8m) からの自由落下試験。

*対象は、クラス2、クラス6及びクラス7を除く危険物質

(資料)大島他、最新の危険物輸送ハンドブック

5.2 確率論的安全評価（再評価）

5.2.1 検討の方針

旧日本造船協会 RR-46「放射性物質の海上輸送の安全に関する調査研究(海上火災)」(平成10年度)においては、海面火災に伴う輸送物損傷事故発生頻度をイベントツリー手法による確率論的安全評価を実施している。本検討においては、RR-46の検討をベースに、最新の船舶登録データを活用し、確率データを見直し、衝突による重大事故発生頻度を導出する。以下及び図 5.2.1 に RR-46 における評価結果の概要を示す。

なお、ここでいう重大事故とは、RR-46 で設定した輸送物損傷に至る可能性のある事故であり、放射性物質運搬船が油タンカーと衝突してタンカーの油タンクが破損し、流出した油に着火して海面火災が発生し、かつ、その火災から放射性物質運搬船が脱出できないという事象をいう。

5.2.1.1 油タンカーの構造による分類

RR-46 における衝突時の油タンクの破損状況解析においては、被衝突船としてシングルハルかダブルハルかという区分に加え、大型船か中・小型船（10 万トン以下）かという区分の 4 種のタンカーを設定した。平成9年当時のNK登録船データに基づき、シングルハルとダブルハルの割合として、シングルハルは85%（960隻）、ダブルハルは15%（171隻）とし、船のサイズについては、シングルハル船の大型船と中・小型船の割合を90%：10%、ダブルハル船の大型船と中・小型船の割合を98%：2%とした。

5.2.1.2 衝突時減速確率

RR-46 においては、衝突時に減速して衝撃を和らげタンク損傷範囲を限定する対応がとられることを考慮に入れている。油タンク破損解析によるとシングルハル船と中・小型船の衝突時に船速を10ノット以下に落とすと外槽のみの破損で済むことが分かっている。その他の船種についての解析では、10ノット以下に自船速度を落とす効果は、破損タンク槽の数には影響しない。

代表的な照射済核燃料運搬船の場合、満載状態で13ノット航行中に、10ノットまで減速するのに要する時間は約55秒であり、ベクツイン舵を用いる場合には約25秒で減速可能である。航行時には3人当直で運航しており、そのうちの一人は、自動衝突予防援助装置（ARPA）により他船の状況を監視していることから、万が一の衝突事故時においても高い確率で速やかに10ノット以下に減速することが可能と考えられるので、減速成功確率を90%とした。

5.2.1.3 油流出の確率

RR-46 の検討においては、被衝突船と衝突船の破損状況をミノルスキー法により解析しており、その解析結果に基づき、衝突時に油タンクが破損し油が海洋に流出する確率を算出している。

シングルハルで大型船の場合、衝突船の船速が13.2ノットの場合、被衝突船の最大損傷長さは12.8mであり、船速10ノットの場合は、同じシングルハル・大型船に対しても最大損傷長さは8.85mである。シングルハルで大型船の場合、外槽油タンクは片舷3箇所があり、衝突部位が船長方向に一様に分布すると仮定すると、外槽油タンクが直接破損する確率は、全長310.0mに対する外槽油タンクの長さの合計142.8m（=35.7+59.5+47.6）の割合として、

$$142.8 \div 310.0 = 0.46 \quad (5.2.1)$$

となる。さらに、外槽油タンクに隣接したバラストタンク部に衝突した場合でも、最大損傷長の

半分以上の長さに衝突箇所がある場合は損傷が油タンクまで及び油流出をもたらす。この発生確率を計算すると、

$$(12.8 \div 2 \times 6 \text{ヶ所}) \div 310.0 (\text{全長}) = 0.124 \text{ (船速 13.2 ノット)} \quad (5.2.2)$$

$$(8.85 \div 2 \times 6 \text{ヶ所}) \div 310.0 (\text{全長}) = 0.086 \text{ (船速 10 ノット)} \quad (5.2.3)$$

となる。それぞれの和を取ることで、油タンク破損確率は $0.46+0.12=0.584$ (船速 13.2 ノット)、 $0.46+0.086=0.552$ (船速 10.0 ノット)となる。

船速 13.2 ノットで衝突する割合を 10%、10.0 ノットで衝突する割合を 90%と設定しているので、結局、油タンク損傷確率は $0.9 \times 0.552 + 0.1 \times 0.584 = 0.555$ となる。

同様にして、シングルハルで中・小型船の場合、衝突時に 10 ノット以下に減速した場合は、最大損傷長 6.4 m より計算すると、

$$\{(6.4 \div 2 \times 6 \text{ヶ所}) + (15.0 + 25.075 + 25.075)\} \div 222.0 (\text{全長}) = 0.380 \quad (5.2.4)$$

となる。

シングルハルで中・小型船の場合に、減速せずに 13.2 ノットで衝突した場合は、衝突箇所により破損タンク数が異なり(外槽と内槽合わせて 3 槽のケースと外槽と内槽合わせて 5 槽のケース)、最大損傷長さが 8.85 m の場合と 6.40 m の場合がある。これらについて、同様の考え方で、油タンク損傷確率を算出すると、

外槽と内槽合わせて 3 槽の損傷確率 : 0.221

外槽と内槽合わせて 5 槽の損傷確率 : 0.159

となる。

以下同様に、ダブルハル船で大型船との衝突を考えた場合、

1 槽の損傷確率 : 0.647

2 槽の損傷確率 : 0.102

となり、ダブルハル船で中・小型船との衝突を考えた場合、

1 槽の損傷確率 : 0.587

2 槽の損傷確率 : 0.212

である。

ここで、ダブルハルの油タンク損傷確率(対大型船で $0.647+0.102=0.749$ 、対中・小型船で $0.587+0.212=0.799$)がシングルハルの損傷確率(対大型船で 0.555、対中・小型船で 0.380)より大きくなったのは、ミノルスキー法では衝突船の船首構造と被衝突船の船側構造の強度差を積極的に考慮しないで損傷範囲を推定すること、また、被衝突船の船側外板及び縦通隔壁の引張抵抗性能を無視した非常に粗い近似手法であることによる。ミノルスキー法によれば油タンクの損傷確率は近似的には船側に面している油タンクの合計長さに比例するので、千鳥状にバラスタタンクと油タンクが交互に配置されているシングルハルの方が損傷確率が低く算定されることとなる。実際にはダブルハル船では耐衝突性能を改善するために船側構造が強化されており、この効果はミノルスキー法では考慮できず、より詳細な衝突時構造解析手法によらなければ評価できない。

この報告書では、ダブルハルタンカーの油タンク破損確率を過大評価することになるものの、それにより全体としては安全側の結果が得られることから、ミノルスキー法による算定結果に基づいて以降の評価を行うこととするが、実際にはダブルハルタンカーの油タンク損傷確率がシングルハルタンカーの確率より高くなるものではないことを注記しておく。

5.2.1.4 確率データの見直し方針

今回の検討では、最新の船舶登録データを利用して、船殻構造による分岐比と船舶のサイズによる分岐比を見直すこととする。また、タンクの損傷確率見直しの必要性について、検討することとする。

5.2.2 油タンカーの船殻構造による分岐比

RR-46 の検討においては、NK の登録船データより、シングルハル（以下 SH）960 隻、ダブルハル（以下 DH）171 隻であることから、SH 85%、DH 15%という分岐比となった。

今回の検討に当たっては、

- ・ 造研 RR-SP12「老朽タンカー対策の策定に関する調査研究」（平成 16 年度）で実施された、現存タンカーの実態調査結果
- ・ NK Register of Ships のデータ

を用いることとした。

RR-SP12 においては、Lloyd's Maritime Intelligence Unit の 2003 年タンカー動静データを利用し、現存タンカーのうち VLCC を船殻のタイプ別（SH、Double Bottom（DB）、Double Side（DS）、DH）に分類し、それぞれの隻数を集計している。その結果は、

SH 196 隻（42%）、DB 7 隻（2%）、DS 4 隻（1%）、DH 259 隻（55%）

となっている。

一方、NK Register of Ships のデータは、小型船も含むデータを検索することが可能であり、原油タンカーでは、船殻タイプ別の分類では

SH 610 隻（76%）、DH 190 隻（24%）

となる。これらの結果を表 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 船殻構造による分岐比のまとめ

	DH（隻数）	SH（隻数）
RR-46（ClassNK）	171（15%）	960（85%）
ClassNK Register of Ships 2005	190（24%）	610（76%）
RR-SP12（Lloyd2003 年タンカー動静データ）	207（45%）	259（55%）

5.2.3 船舶のサイズによる分岐比

RR46 の検討においては、10 万トン以下を中・小型船舶とし、10 万トンを超えるものを大型船舶として分類し、NK 登録データより、

SH 船：大型船 90%、中・小型船 10%

DH 船：大型船 98%、中・小型船 2%

という結果を得た。

ClassNK Register of Ships の 2005 年のデータの評価結果は、以下のとおりである。

SH 船：大型船 15%、中・小型船 85%

DH 船：大型船 45%、中・小型船 55%

油タンカーの二重船殻化については、MARPOL73/78 同附属書第 13F で規定されており、2003 年 12

月 4 に改正案が採択され、2005 年 4 月 5 日に改正案が発効した。改正の概要は、次のとおりである。

- ① 分離バラストタンクを持たない老齢シングルハルタンカーは 2005 年中に使用禁止。
- ② 分離バラストタンクを有するシングルハルタンカーは、2010 年に原則使用禁止。
- ③ しかし、2010 年時点で船齢が 25 年未満のシングルハルタンカーについては、船齢 25 年から 2015 年の早い時期までは、締約政府が Condition Assessment Scheme (CAS) と呼ばれるタンカーの状態を判断する検査手法を用いて、当該シングルハルタンカーを経過措置的に使用することが認められる。

このような背景のもと、5000 トン以上の油タンカーのダブルハル化が進み、大型船のダブルハル化が進んだことから、上記に示すように、ダブルハル船については、10 万トン以下の中・小型船の割合が増加し、シングルハル船の大型船の占める割合が小さくなっている。

5.2.4 タンクの損傷確率

タンクの損傷確率については、被衝突船、衝突船の破損状況をミノルスキー法により解析し、貫通量を評価し、その解析結果を用いて衝突時に油タンクが破損し油が海洋に放出する確率を算出する。

RR-46 の検討では、衝突船として、INF コードを満足する照射済核燃料等運搬船を想定しており、以下の主要目の船舶を想定した。

$$L_{pp} \times B_{mld} \times D_{mld} \times d_{scant} = 99.0 \text{ m} \times 16.5 \text{ m} \times 10.0 \text{ m} \times 6.0 \text{ m}$$

$$\text{衝突時排水量} = 7,085 \text{ t}$$

また、衝突時船速として、本船航海速力 13.2 ノットを想定した。さらに、衝突時に相応（約 75%）の減速を行う可能性を考え、10 ノットで衝突した場合の検討も行っている。

本検討においては、新燃料運搬船の主要目と上記想定船舶の主要目を比較し、貫通量の評価結果に及ぼす影響を勘案し、見直し計算の要否を検討することとする。

新燃料運搬船の主要目は以下のとおりである。

GT496 :

$$L_{pp} \times B_{mld} \times D_{mld} \times d_{scant} = 70.0 \text{ m} \times 12.0 \text{ m} \times 7.1 \text{ m} \times 4.06 \text{ m}$$

$$\text{衝突時排水量} = 1,351 \text{ ton}$$

GT745 :

$$L_{pp} \times B_{mld} \times D_{mld} \times d_{scant} = 78.0 \text{ m} \times 13.0 \text{ m} \times 7.7 \text{ m} \times 4.41 \text{ m}$$

$$\text{衝突時排水量} = 2,100 \text{ ton}$$

GT745 については、RR46 の衝突船と比較して排水量が小さくなることから、衝突によって失われる運動エネルギー K_E を

$$K_E = \frac{\Delta_B}{2 + \frac{1.43 \cdot \Delta_B}{\Delta_A}} \cdot V_B^2 \quad (\text{ton} - \text{knot}^2) \quad (5.2.5)$$

Δ_A : 被衝突船の排水量 (ton)

Δ_B : 衝突船の排水量 (ton)

V_B : 衝突船の船速

により評価すると、RR-46 の想定衝突船と比較して 31%になる。

ミノルスキー方の考え方では、エネルギー吸収は、衝突で船首が船側に貫入し交差する仮想体積に比例すると仮定しており、

$$\text{吸収エネルギー} = (\text{降伏応力} \times \text{断面積}) \times \text{圧壊距離} = \text{圧壊力} \times \text{圧壊距離} \quad (5.2.6)$$

の関係となる。したがって、船首形状（平面断面が三角形）を考慮すると、近似的には失われる運動エネルギーは損傷深さの2乗に比例する関係にあるので、衝突時の損傷深さは約56%となる。このことを考慮して、タンク損傷確率への影響を検討した結果、SH 大型船の外側の油タンク損傷確率は多少低下するものの重大事故発生頻度の評価結果にはあまり大きな影響はないことが分かった。したがって、タンクの損傷確率については、RR-46 の計算結果を代表的なものとして使用することが可能であると考えられる。

5.2.5 その他の確率データの見直し

5.2.5.1 航行中の衝突事故頻度

RR-46 の検討においては、航行中の衝突事故頻度を 1.13×10^{-3} /航海としているが、本検討においては、同検討において用いられた解析モデルに基づき、平成16年度に実施された「原子燃料物質の海上輸送の安全性に関する調査検討会（RR-R3）」で報告された海没事故発生頻度の評価結果を、IAEA-TECDOC-1231 に報告されている海難事故のデータベースを用いて再評価した。その結果、航行中の衝突事故頻度は 5.7×10^{-4} /航海となり、本検討では、そのデータを使用した。

5.2.5.2 被衝突船がタンカーである確率

RR-46 においては、被衝突船がタンカーである確率を当時の NK 登録船から導出し、0.173 という確率を得ている。本検討においても同様に、NK Register of Ships 2005 のデータに基づき、確率を導出した。NK Register of Ships 2005 に登録されている船舶は6307隻であり、そのうち油タンカーは800隻であるので、被衝突船がタンカーである確率は0.127となる。

5.2.5.3 タンカーに油が積載されている確率

従来の検討においては、タンカーに油が積載されている確率については、考慮していなかったが、タンカーに油が積載されている場合とそうでない場合とでは、油流出の被害が明らかに異なるので、タンカーに油が積載されている場合についてのみ、重大事故発生を考慮することが合理的である。従って、本検討では、タンカーの運用を考慮し、タンカーに油が積載されている確率として0.5を考慮する。

5.2.6 評価結果

これらのデータを用いて、重大事故発生頻度を評価すると、図5.2.2に示すように重大事故発生頻度は 7.2×10^{-7} となり、RR-46 の検討結果である 2.2×10^{-6} より小さな発生頻度となった。

この大きな要因は、イベントツリーのヘッディング事象である航行中の衝突事故頻度が小さくなったことその他、タンカーのダブルハル化の強化に伴い、シングルハルで大型船である確率が減少するとともに、中・小型船がダブルハルである確率が増加したことである。

図5.2.2の検討結果を、シングルハルとダブルハルで分けて考えると、シングルハルによる重大事故発生頻度は 4.5×10^{-7} 、ダブルハルによる重大事故発生頻度は 2.7×10^{-7} となり、ダブルハルタンカーの油タンク損傷確率を極めて安全側に見積ったにもかかわらず、シングルハルの方が約2倍程度大きくなっている。

国土交通省のタンカーのダブルハル化促進に関する検討会（第1回会合平成16年5月7日）での資料「タンカーに関するデータ」では、5000トン以上のタンカーの油流出事故について、1978年から2002年までの25年間のLRFP（Lloyd's Register/Fairplay's）Casualty Data 1978-2002に基づき、以下のようなデー

タを示している。

- ・ 衝突事故件数：310 件
 - － シングルハル：272 件
 - － ダブルハル：38 件
- ・ 上記のうち、油流出が発生した件数
 - － シングルハル：89 件
 - － ダブルハル：7 件
- ・ 衝突事故が起こった場合の油流出事故発生比率
 - － シングルハル：33% (89 件／272 件)
 - － ダブルハル：18% (7 件／38 件)

このデータではシングルハルの油流出事故発生比率がダブルハルの約 2 倍程度大きいという今回の確率評価結果とたまたま一致するが、シングルハルに比較してダブルハルのデータ数が一桁少なく、今後ダブルハルのデータが増えてくればその油流出事故発生比率はさらに低下するものと予想される。

6. 解体廃棄物の海上輸送における事故時環境影響評価

6.1 解体廃棄物輸送事故時の環境影響評価（軽水炉）

6.1.1 はじめに

これまで 30 年間のわが国における放射性物質海上輸送において、海没事故は皆無である。万が一海没した場合でも、海没海域の水深が 200m 以内ではサルベージが可能である。しかし、輸送航路においては、水深が 200m 以上の海域も多数存在するため、サルベージが困難な場合を想定した評価を実施した。

軽水炉における解体廃棄物は、放射能濃度の範囲が広く、B 型輸送物もあれば、IP 型輸送物もある。本資料では、水深 200m において輸送容器がない状態で収納物が置かれた場合について環境への影響を評価し、対象輸送物の安全性を確認した。

なお、平成 16 年度報告書に東海発電所（ガス炉）の環境影響評価結果を実施している。

6.1.2 環境影響評価手法

a. 環境影響評価シナリオ

IAEA 輸送規則の要件を満足した放射性物質輸送容器は、深海へ海没した場合にも耐えられる程、強固なものである。しかし、長期間放置された場合の輸送容器の密封性能の健全性は担保できないので、200m 水深にキャスクが海没した場合の環境影響評価が、使用済燃料、高レベル放射性廃棄物、MOX 燃料などで実施されている。

環境影響評価シナリオのイメージ図を図 6.1.1 に示す。海産物摂取等による内部被ばく評価では、「施設の基本的設計段階における平常運転時の施設周辺の線量を評価するための標準的な計算モデルを定めた指針（原子力安全委員会、発電用軽水炉周辺の線量目標値に対する評価指針、1976、一部改定、1989）に基づいた設定を実施している。

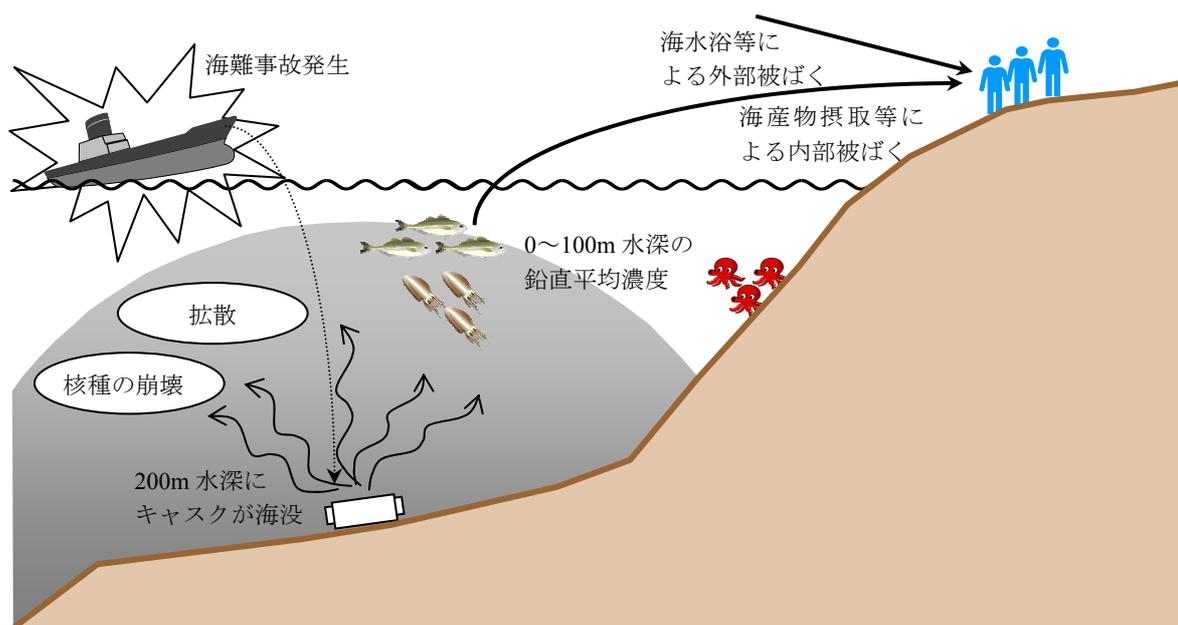


図 6.1.1 環境影響評価シナリオのイメージ図

b. 既存評価で用いられている手法

既存評価の海洋拡散計算で用いられている手法は、表 6.1.1 に示すとおりである。本研究では、以下の二つの理由により理論解モデルを用いることとした。

- ① 他のモデルは海域を特定した評価であるのに対し、理論解モデルは海域を特定しなくて良い。現段階の評価においては、海域を特定することは適当でないため、理論解モデルが適当であると考えられる。
- ② 理論解モデルを用いた評価において、「新燃料の海上輸送における安全性評価に関する調査研究（平成 13 年度報告書）」などの結果と比較し、同様の結果を算定することができることを確認している。

表 6.1.1 既存評価で用いられている手法

手法	概要
理論解モデル	拡散方程式において、海流を考慮せず、拡散の項のみの理論解により、水深ごとの核種濃度を算出させる方法。 本手法は、原子力船むつの安全性評価等に用いられている。
観測データに基づく 差分モデル 対象海域：浅海域 (水深 200m 程度)	日本海洋データセンターの 30 年間の統計値を用い、連続の式を満足するように海流を設定した上、拡散方程式を差分法により計算し、核種濃度分布を算出させる方法。 本手法は、PuO ₂ 、第 1 回 HLW 輸送などの安全性説明資料等で浅海域（水深 200m 程度）への海没時環境影響評価に用いられている。
コンパートメントモデル 対象海域：深海域 (水深 2000m 程度)	従来の知見による水塊分布データより各海域間での海水交換を求め、海洋の物質循環を求めるコンパートメントモデルを用い、核種濃度分布を算出される方法。 本手法は、PuO ₂ 、第 1 回 HLW 輸送などの安全性説明資料等で深海域（水深 2500m 程度）への海没時環境影響評価に用いられている。
海洋大循環モデル	全海洋を対象（緯度×経度を約 2° × 2° の分割）として、海洋流動を再現させた海流モデルを用い、核種濃度分布を算出される方法。 本手法は、MOX 輸送に対する国の安全性説明資料等の深海域（水深 2500m 程度）への海没時環境影響評価に用いられている。

c. 本研究で用いる手法

1) 海洋拡散

科学技術庁の「核燃料物質輸送における輸送物海没時の緊急時対策に関する調査（昭和 59 年度）」に基づき、式 6.1.1 の海洋拡散の方程式を対象とした理論解を求める。なお本方程式は、拡散及び核種の崩壊のみを考慮している。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = Dx \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + Dy \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + Dz \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \lambda \cdot C \quad (6.1.1)$$

ここで、

- C : 放射性核種の濃度
- t : 輸送容器が海没した時点からの経過時刻
- x, y, z : 直交座標系における海岸線に直角な沖合方向、平行な方向、及び鉛直方

向である。

D_x, D_y : 水平渦動拡散係数 (1000 m²/sec)

D_z : 鉛直渦動拡散係数 (0.02 m²/sec)

λ : 核種の壊変定数

また、海洋拡散の方程式を対象とした理論解は、式 6.1.2 のとおり表される。

$$C(t, z) = \int_0^t |Q(\tau) \cdot e^{-\lambda(t-\tau)} \cdot C_1(\tau, z)| d\tau \quad (6.1.2)$$

ここで、

$C(t, z)$: 輸送容器海没の経過時刻 t での水深 z における核種の濃度 (Bq/m³)

$Q(t)$: 放射性物質の単位時間当たりの放出量 (Bq/day)

$C_1(\tau, z)$: 式 6.1.3 のとおり。ただし、 z_0 は、海中における輸送容器の海没水深である。

τ : 積分中の時間 (day)

$$C_1(z, \tau) = \frac{1}{(\sqrt{(4\pi\tau)^3 \cdot D_x \cdot D_y \cdot D_z})} \left| \exp\left(-\frac{(z-z_0)^2}{4D_z\tau}\right) + \exp\left(-\frac{(z+z_0)^2}{4D_z\tau}\right) \right| \quad (6.1.3)$$

2) 被ばく線量評価

海洋中の放射性核種濃度をもとに、評価領域で漁獲された海産物の摂取による内部被ばく線量を以下の手法 (ICRP による実効線量当量計算モデルなどを引用) により算出する。

内部被ばく線量評価は、施設の基本的設計段階における平常運転時の施設周辺の線量を評価するための標準的な計算モデルを定めた指針 (原子力安全委員会、発電用軽水炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針、1976、一部改定、1989) の被ばく経路に従い、海産物の経口摂取を考慮して、日本の標準人 (Reference man) に対し行った。計算モデル及び食物連鎖により放射性核種が濃縮された海産物の摂取量は、上記の指針で示された値を使用した (表 6.1.2 参照のこと)。

表 6.1.2 個人線量の計算条件

項目	条件		
モデル	ICRP Pub.72		
計算する線量	個人に対する実効線量		
海産物の摂取	消費量 (g/d)	魚類	200
		無脊椎動物	20
		海草	40

6.1.3 設定条件

- a. 炉内構造物（BWR）、炉内構造物（PWR）及び運転廃棄物（バーナブルポイズン）
設定条件は、以下のとおりである。

- ① 放出シナリオ：水深 200mにおいて、輸送容器による放出抑制効果を見せず、核種が侵食により海洋中に放出することを想定した。
- ② 被ばく評価シナリオ：水深 0～100mの平均濃度の核種が、海産物に濃縮し、その海産物を摂取することにより被ばくすることを想定した。
- ③ 放射エネルギー：収納物質を 1.89t ($= (1.3\text{m})^3 \times 11\% \times 7.8 \text{ t/m}^3$) と設定し、放射エネルギーを算定した。
- ④ 腐食速度：三原らの研究により、ステンレス鋼の腐食速度は、炭素鋼の 10 分の 1 であると仮定し、「材料環境学入門」に記載されている炭素鋼の腐食速度に基づき、0.01mm/y と設定した。
- ⑤ 放出率：比表面積 0.024m²/kg（事業者調べ）及び腐食速度 0.01mm/y と設定し、放出率を算定した。
- ⑥ 被ばく線量：「IAEA-TRS-247 の濃縮係数 ((Bq/g)/(Bq/cm³))」、「線量評価指針で定められた標準人の摂取量」及び「ICRP Pub.72 の線量係数 (Sv/Bq)」に基づき、被ばく線量を算定した。

表 6.1.3 炉内構造物と運転廃棄物の溶出率（ステンレス鋼）

廃棄体収納量 t	比表面積 m ² /kg	腐食速度* mm/y	溶出率/y
1.89	0.024	0.01	4.52E-04

* 資料：腐食防食協会編、「材料環境学入門」、丸善株式会社 及び三原他、「低酸素かつアルカリ条件における炭素鋼、ステンレス鋼及びジルコイからのガス発生率及び腐食速度の評価」、サイクル機構技法 No.15, 2002.6

- b. 放射化汚染コンクリート（PWR）

設定条件は、以下のとおりである。

- ① 放出シナリオ：水深 200mにおいて、輸送容器による放出抑制効果を見せず、核種全量が瞬時に海洋中に放出することを想定した。なお、コンクリートの溶出率はばらつきが大きく、適当な溶出率がなかったため、保守側の設定として、瞬時放出を設定した。また参考として、10 年間ですべてが溶出すると仮定した計算も行った。
- ② 被ばく評価シナリオ：水深 0～100mの平均濃度の核種が、海産物に濃縮し、その海産物を摂取することにより被ばくすることを想定した。
- ③ 放射エネルギー：収納物質を 4.2t ($= (1.3\text{m})^3 \times 77\% \times 2.5 \text{ t/m}^3$) と設定し、放射エネルギーを算定した。
- ④ 被ばく線量：「IAEA-TRS-247 の濃縮係数 ((Bq/g)/(Bq/cm³))」、「線量評価指針で定められた標準人の摂取量」及び「ICRP Pub.72 の線量係数 (Sv/Bq)」に基づき、被ばく線量を算定した。

c. 樹脂A

設定条件は、以下のとおりである。

- ① 放出シナリオ：水深 200mにおいて、輸送容器による放出抑制効果を見逃し、核種が侵食により海洋中に放出することを想定した。
- ② 被ばく評価シナリオ：水深 0～100mの平均濃度の核種が、海産物に濃縮し、その海産物を摂取することにより被ばくすることを想定した。
- ③ 放射エネルギー：内寸 1.3m³で 1m³=1t と設定し、放射エネルギーを算定した。
- ④ 被ばく線量：「IAEA-TRS-247 の濃縮係数 ((Bq/g)/(Bq/cm³))」、「線量評価指針で定められた標準人の摂取量」及び「ICRP Pub.72 の線量係数 (Sv/Bq)」に基づき、被ばく線量を算定した。

6.1.4 軽水炉解体に伴う輸送物のインベントリー

a. 炉内構造物 (BWR)

炉内構造物 (BWR) の輸送物 1 基当たりのインベントリーを表 6.1.4 に示す。

表 6.1.4 炉内構造物 (BWR) の輸送物 1 基当たりのインベントリー

核種名	原廃棄物の放射能濃度* [Bq/ t]	放射エネルギー** [Bq]
H-3	2.42E+13	4.56E+13
C-14	1.23E+13	2.32E+13
Cl-36	1.23E+09	2.32E+09
Ca-41	8.68E+08	1.64E+09
Mn-54	5.88E+12	1.11E+13
Fe-55	1.04E+16	1.96E+16
Ni-59	6.15E+13	1.16E+14
Co-60	1.11E+16	2.09E+16
Ni-63	6.15E+15	1.16E+16
Sr-90	2.33E+10	4.40E+10
Nb-94	1.85E+12	3.48E+12
Tc-99	1.23E+11	2.32E+11
I-129	2.20E+04	4.15E+04
Cs-134	9.54E+08	1.80E+09
Cs-137	3.83E+10	7.21E+10
Eu-152	3.66E+08	6.90E+08
Eu-154	2.80E+11	5.28E+11
全 α	3.08E+09	5.80E+09
計		5.23E+16

* 「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分に関する基準値について (第3次中間報告、原子力安全委員会、平成 12 年 9 月 14 日)」の最大濃度に基づき設定した。

** 収納量：内寸 1.3m³、充填率 11%

b. 炉内構造物（PWR）

炉内構造物（PWR）の輸送物1基当たりのインベントリーを表6.1.5に示す。

表 6.1.5 炉内構造物（PWR）の輸送物1基当たりのインベントリー

核種名	原廃棄物の 放射能濃度* [Bq/ t]	放射エネルギー** [Bq]
H-3	7.42E+13	1.40E+14
C-14	1.23E+13	2.32E+13
Cl-36	1.23E+09	2.32E+09
Ca-41	4.37E+09	8.24E+09
Mn-54	1.09E+14	2.06E+14
Fe-55	3.01E+16	5.67E+16
Ni-59	6.15E+13	1.16E+14
Co-60	1.85E+16	3.48E+16
Ni-63	6.15E+15	1.16E+16
Sr-90	2.77E+10	5.22E+10
Nb-94	7.29E+11	1.37E+12
Tc-99	1.86E+10	3.50E+10
I-129	6.18E+04	1.16E+05
Cs-134	3.50E+12	6.60E+12
Cs-137	1.30E+11	2.45E+11
Eu-152	9.20E+12	1.73E+13
Eu-154	3.10E+12	5.85E+12
全 α	3.08E+09	5.80E+09
計		1.04E+17

* 「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第3次中間報告、原子力安全委員会、平成12年9月14日）」の最大濃度に基づき設定した。

** 収納量：内寸1.3m³、充填率11%

c. 放射化汚染コンクリート（PWR）

放射化汚染コンクリート(PWR)の輸送物1基当たりのインベントリーを表6.1.6に示す。

表6.1.6 放射化汚染コンクリート(PWR)の輸送物1基当たりのインベントリー

核種名	原廃棄物の 放射能濃度* [Bq/ t]	放射能量** [Bq]
H-3	4.70E+12	1.99E+13
C-14	2.12E+09	8.96E+09
Cl-36	1.21E+08	5.10E+08
Ca-41	3.54E+09	1.50E+10
Mn-54	1.58E+07	6.67E+07
Fe-55	5.76E+11	2.44E+12
Ni-59	6.46E+07	2.73E+08
Co-60	2.04E+11	8.64E+11
Ni-63	8.21E+09	3.47E+10
Sr-90	9.20E+06	3.89E+07
Nb-94	2.77E+06	1.17E+07
Tc-99	3.17E+03	1.34E+04
I-129	1.28E+04	5.39E+04
Cs-134	1.44E+09	6.08E+09
Cs-137	9.66E+06	4.09E+07
Eu-152	3.10E+11	1.31E+12
Eu-154	1.45E+10	6.13E+10
全 α	1.97E+05	8.35E+05
計		2.46E+13

* 「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第3次中間報告、原子力安全委員会、平成12年9月14日）」の最大濃度に基づき設定した。

** 収納量：内寸1.3m³、充填率77%

d. 運転廃棄物（バーナブルポイズン）

運転廃棄物（バーナブルポイズン）の輸送物 1 基当たりのインベントリーを表 6.1.7 に示す。

表 6.1.7 運転廃棄物（バーナブルポイズン）の輸送物 1 基当たりのインベントリー

核種名	原廃棄物の 放射能濃度* [Bq/ t]	放射能量** [Bq]
H-3	9.23E+13	1.74E+14
C-14	1.23E+13	2.32E+13
Cl-36	1.23E+09	2.32E+09
Ca-41	4.34E+09	8.19E+09
Mn-54	9.37E+15	1.77E+16
Fe-55	1.30E+17	2.45E+17
Ni-59	6.15E+13	1.16E+14
Co-60	1.85E+16	3.48E+16
Ni-63	6.15E+15	1.16E+16
Sr-90	2.77E+10	5.22E+10
Nb-94	1.85E+12	3.48E+12
Tc-99	1.23E+11	2.32E+11
I-129	4.63E+04	8.72E+04
Cs-134	2.25E+13	4.25E+13
Cs-137	1.11E+11	2.09E+11
Eu-152	3.56E+13	6.71E+13
Eu-154	4.32E+12	8.15E+12
全 α	3.08E+09	5.80E+09
計		3.09E+17

* 「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第 3 次中間報告、原子力安全委員会、平成 12 年 9 月 14 日）」の最大濃度に基づき設定した。

** 収納量：内寸 1.3m³、充填率 11%

e. 樹脂A

樹脂Aの輸送物1基当たりのインベントリーを表6.1.8に示す。

表 6.1.8 樹脂Aの輸送物1基当たりのインベントリー

核種名	放射エネルギー [Bq]
H-3	3.95E+07
C-14	3.08E+11
Co-60	1.85E+13
Ni-59	4.17E+10
Ni-63	5.27E+12
Sr-90	3.95E+10
Nb-94	2.86E+09
Tc-99	2.20E+09
I-129	8.79E+05
Cs-137	1.32E+12
全 α	4.39E+09
計	2.54E+13

* 「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第3次中間報告、原子力安全委員会、平成12年9月14日）」の最大濃度に基づき設定した。

収納量：内寸1.3m³、1m³=1tと設定した。

6.1.5 環境影響評価結果

各物質を収納した輸送物が海没した場合を想定して行った公衆の被ばく線量評価結果の時間的な最大値とその時の海洋中核種濃度を核種ごとに整理した。この海洋中核種濃度は、海洋拡散計算で求めた 0-100m 水深の平均値である。各物質を収納した輸送物に対する環境影響評価結果は、以下のとおりである。

a. 炉内構造物 (BWR)

炉内構造物 (BWR) の評価結果を表 6.1.9 に示す。

表 6.1.9 環境影響評価結果 (炉内構造物 (BWR))

核種名	半減期 (y)	放射エネルギー [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	4.56E+13	5.65E+07	6.95E-04	1.19E-12
C-14	5.73E+03	2.32E+13	2.88E+07	3.59E-04	3.65E-07
Cl-36	3.01E+05	2.32E+09	2.88E+03	3.59E-08	1.58E-16
Ca-41	1.40E+05	1.64E+09	2.03E+03	2.53E-08	1.16E-15
Mn-54	8.55E-01	1.11E+13	1.37E+07	1.51E-04	1.64E-08
Fe-55	2.70E+00	1.96E+16	2.43E+10	2.86E-01	8.27E-05
Ni-59	7.50E+04	1.16E+14	1.44E+08	1.80E-03	1.32E-08
Co-60	5.27E+00	2.09E+16	2.59E+10	3.13E-01	2.72E-04
Ni-63	9.60E+01	1.16E+16	1.44E+10	1.79E-01	3.14E-06
Sr-90	2.91E+01	4.40E+10	5.45E+04	6.76E-07	4.28E-12
Nb-94	2.03E+04	3.48E+12	4.31E+06	5.39E-05	4.88E-09
Tc-99	2.13E+05	2.32E+11	2.88E+05	3.59E-06	5.54E-11
I-129	1.57E+07	4.15E+04	5.15E-02	6.43E-13	1.09E-15
Cs-134	2.06E+00	1.80E+09	2.23E+03	2.59E-08	4.06E-12
Cs-137	3.00E+01	7.21E+10	8.94E+04	1.11E-06	1.19E-10
Eu-152	1.33E+01	6.90E+08	8.55E+02	1.05E-08	1.72E-12
Eu-154	8.80E+00	5.28E+11	6.54E+05	7.99E-06	1.87E-09
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	5.80E+09	7.19E+03	8.98E-08	1.21E-09
合計(輸送物 1 基当たり)					4E-04
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					7E-03

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキヤベジングによる沈降」を考慮していない。

b. 炉内構造物（PWR）

炉内構造物（PWR）の評価結果を表 6.1.10 に示す。

表 6.1.10 環境影響評価結果（炉内構造物（PWR））

核種名	半減期 (y)	放射エネルギー [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	1.40E+14	1.73E+08	2.13E-03	3.64E-12
C-14	5.73E+03	2.32E+13	2.88E+07	3.59E-04	3.65E-07
Cl-36	3.01E+05	2.32E+09	2.88E+03	3.59E-08	1.58E-16
Ca-41	1.40E+05	8.24E+09	1.02E+04	1.27E-07	5.83E-15
Mn-54	8.55E-01	2.06E+14	2.55E+08	2.80E-03	3.05E-07
Fe-55	2.70E+00	5.67E+16	7.03E+10	8.28E-01	2.39E-04
Ni-59	7.50E+04	1.16E+14	1.44E+08	1.80E-03	1.32E-08
Co-60	5.27E+00	3.48E+16	4.31E+10	5.20E-01	4.52E-04
Ni-63	9.60E+01	1.16E+16	1.44E+10	1.79E-01	3.14E-06
Sr-90	2.91E+01	5.22E+10	6.47E+04	8.02E-07	5.08E-12
Nb-94	2.03E+04	1.37E+12	1.70E+06	2.13E-05	1.93E-09
Tc-99	2.13E+05	3.50E+10	4.34E+04	5.42E-07	8.36E-12
I-129	1.57E+07	1.16E+05	1.44E-01	1.80E-12	3.05E-15
Cs-134	2.06E+00	6.60E+12	8.18E+06	9.52E-05	1.49E-08
Cs-137	3.00E+01	2.45E+11	3.04E+05	3.77E-06	4.04E-10
Eu-152	1.33E+01	1.73E+13	2.15E+07	2.64E-04	4.32E-08
Eu-154	8.80E+00	5.85E+12	7.25E+06	8.85E-05	2.07E-08
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	5.80E+09	7.19E+03	8.98E-08	1.21E-09
合計(輸送物 1 基当たり)					7E-04
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					1E-02

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキャベジングによる沈降」を考慮していない。

c. 放射化汚染コンクリート（PWR）

放射化汚染コンクリート（PWR）の評価結果を表 6.1.11 に示す。

表 6.1.11 環境影響評価結果（放射化汚染コンクリート（PWR））

核種名	半減期 (y)	放射エネルギー [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	1.99E+13	1.99E+13	2.51E+01	4.29E-08
C-14	5.73E+03	8.96E+09	8.96E+09	1.13E-02	1.15E-05
Cl-36	3.01E+05	5.10E+08	5.10E+08	6.44E-04	2.84E-12
Ca-41	1.40E+05	1.50E+10	1.50E+10	1.89E-02	8.66E-10
Mn-54	8.55E-01	6.67E+07	6.67E+07	8.40E-05	9.15E-09
Fe-55	2.70E+00	2.44E+12	2.44E+12	3.08E+00	8.89E-04
Ni-59	7.50E+04	2.73E+08	2.73E+08	3.45E-04	2.54E-09
Co-60	5.27E+00	8.64E+11	8.64E+11	1.09E+00	9.48E-04
Ni-63	9.60E+01	3.47E+10	3.47E+10	4.39E-02	7.69E-07
Sr-90	2.91E+01	3.89E+07	3.89E+07	4.92E-05	3.11E-10
Nb-94	2.03E+04	1.17E+07	1.17E+07	1.48E-05	1.34E-09
Tc-99	2.13E+05	1.34E+04	1.34E+04	1.70E-08	2.61E-13
I-129	1.57E+07	5.39E+04	5.39E+04	6.81E-08	1.15E-10
Cs-134	2.06E+00	6.08E+09	6.08E+09	7.67E-03	1.20E-06
Cs-137	3.00E+01	4.09E+07	4.09E+07	5.16E-05	5.54E-09
Eu-152	1.33E+01	1.31E+12	1.31E+12	1.66E+00	2.71E-04
Eu-154	8.80E+00	6.13E+10	6.13E+10	7.75E-02	1.81E-05
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	8.35E+05	8.35E+05	1.06E-06	1.42E-08
合計(輸送物 1 基当たり)					2E-03 (瞬時放出) 参考： 6E-06 (10 年で全溶)
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					4E-02 (瞬時放出) 参考： 1E-04 (10 年で全溶)

※ 全量が瞬時に溶解することを想定した結果である。

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキャベジングによる沈降」を考慮していない。

d. 運転廃棄物（バーナブルポイズン）

運転廃棄物（バーナブルポイズン）の評価結果を表 6.1.12 に示す。

表 6.1.12 環境影響評価結果（運転廃棄物（バーナブルポイズン））

核種名	半減期 (y)	放射エネルギー [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	1.74E+14	2.16E+08	2.65E-03	4.53E-12
C-14	5.73E+03	2.32E+13	2.88E+07	3.59E-04	3.65E-07
Cl-36	3.01E+05	2.32E+09	2.88E+03	3.59E-08	1.58E-16
Ca-41	1.40E+05	8.19E+09	1.01E+04	1.27E-07	5.80E-15
Mn-54	8.55E-01	1.77E+16	2.19E+10	2.41E-01	2.62E-05
Fe-55	2.70E+00	2.45E+17	3.03E+11	3.57E+00	1.03E-03
Ni-59	7.50E+04	1.16E+14	1.44E+08	1.80E-03	1.32E-08
Co-60	5.27E+00	3.48E+16	4.31E+10	5.20E-01	4.52E-04
Ni-63	9.60E+01	1.16E+16	1.44E+10	1.79E-01	3.14E-06
Sr-90	2.91E+01	5.22E+10	6.47E+04	8.02E-07	5.08E-12
Nb-94	2.03E+04	3.48E+12	4.31E+06	5.39E-05	4.88E-09
Tc-99	2.13E+05	2.32E+11	2.88E+05	3.59E-06	5.54E-11
I-129	1.57E+07	8.72E+04	1.08E-01	1.35E-12	2.29E-15
Cs-134	2.06E+00	4.25E+13	5.26E+07	6.12E-04	9.59E-08
Cs-137	3.00E+01	2.09E+11	2.59E+05	3.22E-06	3.45E-10
Eu-152	1.33E+01	6.71E+13	8.32E+07	1.02E-03	1.67E-07
Eu-154	8.80E+00	8.15E+12	1.01E+07	1.23E-04	2.88E-08
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	5.80E+09	7.19E+03	8.98E-08	1.21E-09
合計(輸送物 1 基当たり)					2E-03
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					3E-02

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキャベジングによる沈降」を考慮していない。

e. 樹脂 A

樹脂 A の評価結果を表 6.1.13 に示す。

表 6.1.13 環境影響評価結果 (樹脂 A)

核種名	半減期 (y)	放射エネルギー [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	3.95E+07	3.95E+07	1.25E-06	2.14E-15
C-14	5.73E+03	3.08E+11	3.08E+11	9.79E-03	9.95E-06
Co-60	5.27E+00	1.85E+13	1.85E+13	5.80E-01	5.04E-04
Ni-59	7.50E+04	4.17E+10	4.17E+10	1.33E-03	9.78E-09
Ni-63	9.60E+01	5.27E+12	5.27E+12	1.68E-01	2.94E-06
Sr-90	2.91E+01	3.95E+10	3.95E+10	1.26E-03	7.96E-09
Nb-94	2.03E+04	2.86E+09	2.86E+09	9.09E-05	8.24E-09
Tc-99	2.13E+05	2.20E+09	2.20E+09	6.99E-05	1.08E-09
I-129	1.57E+07	8.79E+05	8.79E+05	2.80E-08	4.74E-11
Cs-137	3.00E+01	1.32E+12	1.32E+12	4.19E-02	4.49E-06
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	4.39E+09	4.39E+09	1.21E-04	1.64E-06
合計(輸送物 1 基当たり)					5E-04
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					1E-02

※ 全量が瞬時に溶解することを想定した結果である。

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキャベジングによる沈降」を考慮していない。

6.1.6 結論

軽水炉型原子力発電所解体に伴う輸送物中の主な収納物は、炉内構造物（BWR）、炉内構造物（PWR）、放射化汚染コンクリート（PWR）、運転廃棄物（バーナブルポイズン）及び樹脂Aであり、水深 200mにおける海没時環境影響評価において、いずれの輸送物 1 基に対しても、個人被ばく線量は、ICRP 勧告による公衆被ばくの実効線量限度（1 mSv/年）を十分に下回ることが分かった。また 1 隻当たり輸送物 20 基を運送するとした場合、その全量に対して評価を行っても最大値は放射化汚染コンクリート（瞬時放出の場合）の $4E-02\text{mSv/年}$ であり、個人被ばく線量は、ICRP 勧告による公衆被ばくの実効線量限度（1 mSv/年）を十分に下回る。なお、本評価は、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキヤベジングによる沈降」を考慮していないこと等、既存の環境影響評価よりも保守側の設定である。

<参考文献>

- (1) 財団法人日本造船研究協会、「新燃料の海上輸送における安全性評価に関する調査研究(平成 13 年度報告書)」
- (2) 財団法人電力中央研究所、「放射性廃棄物の安全輸送基準に関する調査研究(船舶が最悪状態に至った場合に想定される危険性の評価について) その 2 放射性廃棄物の海上輸送時の安全評価」、平成 63 年 2 月
- (3) 科学技術庁、「核燃料物質輸送における輸送物海没時の緊急時対策に関する調査」、昭和 59 年度
- (4) IAEA Technical Reports Series No.247, “Sediment K and concentration factors for radionuclides in the marine environment”, IAEA-TRS-247,1985
- (5) ICRP, “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients”, ICRP Pub.72, 1996
- (6) 原子力安全委員会、「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について(第 3 次中間報告)」、平成 12 年 9 月 14 日
- (7) 腐食防食協会編、「材料環境学入門」、丸善株式会社
- (8) 三原他、「低酸素かつアルカリ条件における炭素鋼、ステンレス鋼及びジルカロイからのガス発生率及び腐食速度の評価」、サイクル機構技法 No.15, 2002.6

6.2 解体廃棄物輸送事故時の環境影響評価（ガス炉の見直し）

6.2.1 はじめに

L1 廃棄物の処分容器は、現在のところ 1.6m 角型処分容器で検討されている。平成 16 年度報告書に記載された「解体廃棄物輸送事故時の環境影響評価」（東海発電所一ガス炉）の中で L1 廃棄物に該当する対象廃棄物は、放射化汚染炭素鋼、放射化汚染ステンレス鋼及び黒鉛であり、前者二つは 1m³ 処分容器、黒鉛は 3.6m³ 処分容器で評価されていた。よって、1.6m 角型処分容器による環境影響評価を実施した。

なお、平成 16 年度報告書の評価実施対象廃棄物のうちで残りの放射化汚染コンクリート及び廃液系汚染金属は、解体 L2 廃棄物なので処分容器に関する検討の変更はないため再評価を実施していない。

6.2.2 環境影響評価手法

環境影響評価手法は、「6.1.2 環境影響評価手法」の理論解モデル（平成 16 年度報告書の東海発電所（ガス炉）の環境影響評価と同じ手法）を用いる。

6.2.3 設定条件

a. 放射化汚染炭素鋼

設定条件は、以下のとおりである。

- ① 放出シナリオ：水深 200m において、輸送容器による放出抑制効果を見せず、核種が侵食により海洋中に放出することを想定した。
- ② 被ばく評価シナリオ：水深 0～100m の平均濃度の核種が、海産物に濃縮し、その海産物を摂取することにより被ばくすることを想定した。
- ③ 放射エネルギー：収納物質を 1.89t (=2.2m³×11%×7.8 t/m³) と設定し、放射エネルギーを算定した。
- ④ 腐食速度：「材料環境学入門」に記載されている炭素鋼の腐食速度に基づき、0.1mm/y と設定した。
- ⑤ 放出率：比表面積 0.024m²/kg（事業者調べ）及び腐食速度 0.1mm/y と設定し、放出率を算定した。
- ⑥ 被ばく線量：「IAEA-TRS-247 の濃縮係数 ((Bq/g)/(Bq/cm³))」、「線量評価指針で定められた標準人の摂取量」及び「ICRP Pub.72 の線量係数 (Sv/Bq)」に基づき、被ばく線量を算定した。

表 6.2.1 放射化汚染炭素鋼の溶出率

廃棄体収納量 (t)	比表面積 (m ² /kg)	腐食速度* (mm/y)	溶出率 (/y)
1.89	0.024	0.1	4.53E-03

* 出典：腐食防食協会編、「材料環境学入門」、丸善株式会社

b. 放射化汚染ステンレス鋼

設定条件は、以下のとおりである。

- ① 放出シナリオ：水深 200m において、輸送容器による放出抑制効果を見せず、核種が

侵食により海洋中に放出することを想定した。

- ② 被ばく評価シナリオ：水深 0～100mの平均濃度の核種が、海産物に濃縮し、その海産物を摂取することにより被ばくすることを想定した。
- ③ 放射エネルギー：収納物質量を 1.89t (=2.2m³×11%×7.8 t/m³) と設定し、放射エネルギーを算定した。
- ④ 腐食速度：三原らの研究により、ステンレス鋼の腐食速度は、炭素鋼の 10 分の 1 であると仮定し、「材料環境学入門」に記載されている炭素鋼の腐食速度に基づき、0.01mm/y と設定した。
- ⑤ 放出率：比表面積 0.024m²/kg（事業者調べ）及び腐食速度 0.01mm/y と設定し、放出率を算定した。
- ⑥ 被ばく線量：「IAEA-TRS-247 の濃縮係数 ((Bq/g)/(Bq/cm³))」、「線量評価指針で定められた標準人の摂取量」及び「ICRP Pub.72 の線量係数 (Sv/Bq)」に基づき、被ばく線量を算定した。

表 6.2.2 放射化汚染ステンレス鋼の溶出率

廃棄体収納量 (t)	比表面積 (m ² /kg)	腐食速度* (mm/y)	溶出率 (/y)
1.89	0.024	0.01	4.53E-04

* 資料：腐食防食協会編、「材料環境学入門」、丸善株式会社 及び三原他、「低酸素かつアルカリ条件における炭素鋼、ステンレス鋼及びジルカロイからのガス発生率及び腐食速度の評価」、サイクル機構技法 No.15, 2002.6

c. 黒鉛

設定条件は、以下のとおりである。

- ① 放出シナリオ：水深 200mにおいて、輸送容器による放出抑制効果を見せず、核種が侵食により海洋中に放出することを想定した。
- ② 被ばく評価シナリオ：水深 0～100mの平均濃度の核種が、海産物に濃縮し、その海産物を摂取することにより被ばくすることを想定した。
- ③ 放射エネルギー：収納物質量を 2.8t (= 2.2m³×70%×1.8 t/m³) と設定し、放射エネルギーを算定した。
- ④ 放出率：720 日の溶出試験における C-14 の溶出率から年間の放出率を算定した。
- ⑤ 被ばく線量：「IAEA-TRS-247 の濃縮係数 ((Bq/g)/(Bq/cm³))」、「線量評価指針で定められた標準人の摂取量」及び「ICRP Pub.72 の線量係数 (Sv/Bq)」に基づき、被ばく線量を算定した。

表 6.2.3 黒鉛の溶出率

対象期間 (day)	溶出率* (Arel/Aova)	溶出率 (/y)
720	0.0001	5.07E-05

*出典：R. Takahashi, et. Al., “Investigation of morphology and impurity of nucleargrade graphite, and leaching mechanism of Carbon-14”

6.2.4 東海発電所（ガス炉）解体に伴う輸送物のインベントリー

1.6m角型処分容器について、内寸は 1.3m×1.3m×1.3m、容器内容積は 2.2m³とし、廃棄物の充填率は前回の評価時に用いた数値とする。

表 6.2.4 東海発電所における輸送物 1 基当たりの最大放射エネルギー（事業者調べ）

	放射化汚染炭素鋼	放射化汚染ステンレス鋼	黒鉛
容器内容積(m ³)	2.2	2.2	2.2
廃棄物充填率(%)	11	11	70
廃棄物比重(t/m ³)	7.8	7.8	1.8
廃棄物収納量(t)	1.89	1.89	2.8
最大放射エネルギー(Bq)	2.48E+15	8.86E+14	1.62E+12

a. 放射化汚染炭素鋼

放射化汚染炭素鋼の輸送物 1 基当たりのインベントリーを表 6.2.5 に示す。

表 6.2.5 放射化汚染炭素鋼の輸送物 1 基当たりのインベントリー

核種名	核種組成*	放射エネルギー [Bq]
H-3	2.26E-03	5.59E+12
C-14	2.79E-04	6.90E+11
Cl-36	6.90E-06	1.71E+10
Ca-41	7.70E-10	1.91E+06
Mn-54	9.82E-07	2.43E+09
Fe-55	7.96E-01	1.97E+15
Ni-59	2.39E-04	5.92E+11
Co-60	1.73E-01	4.27E+14
Ni-63	2.79E-02	6.90E+13
Sr-90	8.10E-08	2.00E+08
Nb-94	2.26E-08	5.59E+07
Tc-99	7.30E-08	1.81E+08
I-129	4.51E-14	1.12E+02
Cs-134	5.31E-07	1.31E+09
Cs-137	9.56E-08	2.37E+08
Eu-152	3.85E-04	9.53E+11
Eu-154	4.91E-05	1.22E+11
全 α	1.73E-08	4.27E+07
計	1.00E+00	2.48E+15

* 出典：日本原子力発電「東海発電所 原子炉解体届」

b. 放射化汚染ステンレス鋼

放射化汚染ステンレス鋼の輸送物 1 基当たりのインベントリーを表 6.2.6 に示す。

表 6.2.6 放射化汚染ステンレス鋼の輸送物 1 基当たりのインベントリー

核種名	核種組成*	放射エネルギー [Bq]
H-3	5.72E-04	5.07E+11
C-14	2.92E-03	2.59E+12
Cl-36	4.44E-06	3.93E+09
Ca-41	8.88E-09	7.87E+06
Mn-54	1.52E-07	1.35E+08
Fe-55	1.29E-01	1.14E+14
Ni-59	3.27E-03	2.90E+12
Co-60	4.79E-01	4.25E+14
Ni-63	3.86E-01	3.42E+14
Sr-90	1.99E-08	1.76E+07
Nb-94	8.18E-06	7.25E+09
Tc-99	6.66E-08	5.90E+07
I-129	3.15E-14	2.80E+01
Cs-134	3.50E-07	3.11E+08
Cs-137	4.56E-08	4.04E+07
Eu-152	1.75E-04	1.55E+11
Eu-154	2.10E-05	1.86E+10
全 α	1.75E-08	1.55E+07
計	1.00E+00	8.86E+14

* 出典：日本原子力発電「東海発電所 原子炉解体届」

c. 黒鉛

黒鉛の輸送物 1 基当たりのインベントリーを表 6.2.7 に示す。

表 6.2.7 黒鉛の輸送物 1 基当たりのインベントリー

核種名	核種組成*	放射エネルギー [Bq]
H-3	1.78E-01	2.89E+11
C-14	4.79E-01	7.77E+11
Cl-36	2.43E-03	3.94E+09
Ca-41	8.20E-04	1.33E+09
Mn-54	2.94E-07	4.78E+05
Fe-55	5.47E-02	8.88E+10
Ni-59	1.09E-03	1.78E+09
Co-60	1.13E-01	1.83E+11
Ni-63	1.71E-01	2.78E+11
Sr-90	4.44E-05	7.22E+07
Nb-94	2.43E-06	3.94E+06
Tc-99	7.52E-08	1.22E+05
I-129	7.86E-11	1.28E+02
Cs-134	1.44E-05	2.33E+07
Cs-137	1.37E-04	2.22E+08
Eu-152	2.91E-07	4.72E+05
Eu-154	8.20E-04	1.33E+09
全 α	3.11E-05	5.05E+07
計	1.00E+00	1.62E+12

* 出典：日本原子力発電「東海発電所 原子炉解体届」

6.2.5 環境影響評価結果

各物質を収納した輸送物が海没した場合を想定して行った公衆の被ばく線量評価結果の時間的最大値とその時の海洋中核種濃度を核種ごとに整理した。この海洋中核種濃度は、海洋拡散計算で求めた0-100m水深の平均値である。各物質を収納した輸送物に対する環境影響評価結果は、以下のとおりである。

a. 放射化汚染炭素鋼

放射化汚染炭素鋼の環境影響評価結果を表 6.2.8 に示す。

表 6.2.8 環境影響評価結果（放射化汚染炭素鋼）

核種名	半減期 (y)	放射エネルギー [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	5.59E+12	3.16E+07	3.88E-04	6.63E-13
C-14	5.73E+03	6.90E+11	3.90E+06	4.87E-05	4.95E-08
Cl-36	3.01E+05	1.71E+10	9.66E+04	1.21E-06	5.32E-15
Ca-41	1.40E+05	1.91E+06	1.08E+01	1.35E-10	6.16E-18
Mn-54	8.55E-01	2.43E+09	1.38E+04	1.51E-07	1.65E-11
Fe-55	2.70E+00	1.97E+15	1.12E+10	1.31E-01	3.80E-05
Ni-59	7.50E+04	5.92E+11	3.35E+06	4.18E-05	3.07E-10
Co-60	5.27E+00	4.27E+14	2.42E+09	2.92E-02	2.53E-05
Ni-63	9.60E+01	6.90E+13	3.90E+08	4.86E-03	8.52E-08
Sr-90	2.91E+01	2.00E+08	1.13E+03	1.41E-08	8.90E-14
Nb-94	2.03E+04	5.59E+07	3.16E+02	3.94E-09	3.57E-13
Tc-99	2.13E+05	1.81E+08	1.02E+03	1.28E-08	1.97E-13
I-129	1.57E+07	1.12E+02	6.32E-04	7.89E-15	1.34E-17
Cs-134	2.06E+00	1.31E+09	7.43E+03	8.65E-08	1.36E-11
Cs-137	3.00E+01	2.37E+08	1.34E+03	1.66E-08	1.78E-12
Eu-152	1.33E+01	9.53E+11	5.39E+06	6.63E-05	1.08E-08
Eu-154	8.80E+00	1.22E+11	6.88E+05	8.40E-06	1.96E-09
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	4.27E+07	2.42E+02	3.02E-09	4.07E-11
合計(輸送物 1 基当たり)					6E-05
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					1E-03

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキャベジングによる沈降」を考慮していない。

b. 放射化汚染ステンレス鋼

放射化汚染ステンレス鋼の環境影響評価結果を表 6.2.9 に示す。

表 6.2.9 環境影響評価結果 (放射化汚染ステンレス鋼)

核種名	半減期 (y)	放射能量 [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	5.07E+11	2.87E+05	3.52E-06	6.02E-15
C-14	5.73E+03	2.59E+12	1.46E+06	1.83E-05	1.86E-08
Cl-36	3.01E+05	3.93E+09	2.22E+03	2.78E-08	1.23E-16
Ca-41	1.40E+05	7.87E+06	4.45E+00	5.56E-11	2.54E-18
Mn-54	8.55E-01	1.35E+08	7.61E+01	8.37E-10	9.11E-14
Fe-55	2.70E+00	1.14E+14	6.44E+07	7.59E-04	2.19E-07
Ni-59	7.50E+04	2.90E+12	1.64E+06	2.05E-05	1.51E-10
Co-60	5.27E+00	4.25E+14	2.40E+08	2.90E-03	2.52E-06
Ni-63	9.60E+01	3.42E+14	1.93E+08	2.41E-03	4.22E-08
Sr-90	2.91E+01	1.76E+07	9.95E+00	1.23E-10	7.82E-16
Nb-94	2.03E+04	7.25E+09	4.10E+03	5.12E-08	4.64E-12
Tc-99	2.13E+05	5.90E+07	3.34E+01	4.17E-10	6.42E-15
I-129	1.57E+07	2.80E+01	1.58E-05	1.97E-16	3.34E-19
Cs-134	2.06E+00	3.11E+08	1.76E+02	2.04E-09	3.20E-13
Cs-137	3.00E+01	4.04E+07	2.28E+01	2.83E-10	3.04E-14
Eu-152	1.33E+01	1.55E+11	8.78E+04	1.08E-06	1.77E-10
Eu-154	8.80E+00	1.86E+10	1.05E+04	1.29E-07	3.01E-11
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	1.55E+07	8.78E+00	1.10E-10	1.48E-12
合計(輸送物 1 基当たり)					3E-06
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					6E-05

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキヤベジングによる沈降」を考慮していない。

c. 黒鉛

黒鉛の環境影響評価結果を表 6.2.10 に示す。

表 6.2.10 環境影響評価結果（黒鉛）

核種名	半減期 (y)	放射エネルギー [Bq]	放出率 [Bq/day]	海洋中濃度 Bq/m ³	被ばく線量 mSv/y
H-3	1.23E+01	2.89E+11	4.01E+04	4.93E-07	8.42E-16
C-14	5.73E+03	7.77E+11	1.08E+05	1.35E-06	1.37E-09
Cl-36	3.01E+05	3.94E+09	5.48E+02	6.84E-09	3.02E-17
Ca-41	1.40E+05	1.33E+09	1.85E+02	2.31E-09	1.06E-16
Mn-54	8.55E-01	4.78E+05	6.63E-02	7.29E-13	7.94E-17
Fe-55	2.70E+00	8.88E+10	1.23E+04	1.45E-07	4.20E-11
Ni-59	7.50E+04	1.78E+09	2.47E+02	3.08E-09	2.27E-14
Co-60	5.27E+00	1.83E+11	2.54E+04	3.07E-07	2.67E-10
Ni-63	9.60E+01	2.78E+11	3.86E+04	4.80E-07	8.42E-12
Sr-90	2.91E+01	7.22E+07	1.00E+01	1.24E-10	7.88E-16
Nb-94	2.03E+04	3.94E+06	5.48E-01	6.84E-12	6.19E-16
Tc-99	2.13E+05	1.22E+05	1.70E-02	2.12E-13	3.27E-18
I-129	1.57E+07	1.28E+02	1.77E-05	2.21E-16	3.75E-19
Cs-134	2.06E+00	2.33E+07	3.24E+00	3.77E-11	5.90E-15
Cs-137	3.00E+01	2.22E+08	3.08E+01	3.83E-10	4.10E-14
Eu-152	1.33E+01	4.72E+05	6.56E-02	8.06E-13	1.32E-16
Eu-154	8.80E+00	1.33E+09	1.85E+02	2.26E-09	5.28E-13
全 α (Pu-239 と 設定した。)	2.41E+04	5.05E+07	7.02E+00	8.76E-11	1.18E-12
合計(輸送物 1 基当たり)					2E-09
合計(輸送物 20 基を積載した運搬船 1 隻当たり)					3E-08

※ 本評価では、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキャベジングによる沈降」を考慮していない。

6.2.6 結論

東海原子力発電所解体に伴う輸送物中で今回再評価を実施した収納物は、放射化汚染炭素鋼、放射化汚染ステンレス鋼及び黒鉛であり、いずれの輸送物1基に対しても、個人被ばく線量は、ICRP勧告による公衆被ばくの実効線量限度（1 mSv/年）を十分に下回ることが分かった。また1隻当たり輸送物20基を運送するとした場合でも、その全量に対して評価を行っても最大値は放射化汚染炭素鋼の1E-03mSv/年であり、平成16年度報告書の評価結果より大きな値となるが、個人被ばく線量は、ICRP勧告による公衆被ばくの実効線量限度（1 mSv/年）を十分に下回る。なお、本評価は、「輸送容器によるバリア効果」、「海流による拡散」及び「スキヤベジングによる沈降」を考慮していないことなど、既存の環境影響評価よりも保守側の設定である。

<参照文献>

- (1) 財団法人日本造船研究協会、「新燃料の海上輸送における安全性評価に関する調査研究(平成13年度報告書)」
- (2) 財団法人電力中央研究所、「放射性廃棄物の安全輸送基準に関する調査研究(船舶が最悪状態に至った場合に想定される危険性の評価について) その2 放射性廃棄物の海上輸送時の安全評価」、平成63年2月
- (3) 科学技術庁、「核燃料物質輸送における輸送物海没時の緊急時対策に関する調査」、昭和59年度
- (4) IAEA Technical Reports Series No.247, “Sediment K and concentration factors for radionuclides in the marine environment”, IAEA-TRS-247,1985
- (5) ICRP, “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients”, ICRP Pub.72, 1996
- (6) 腐食防食協会編、「材料環境学入門」、丸善株式会社
- (7) 三原他、「低酸素かつアルカリ条件における炭素鋼、ステンレス鋼及びジルカロイからのガス発生率及び腐食速度の評価」、サイクル機構技法 No.15, 2002.6

7. 解体廃棄物運搬船の構造設備要件及びその他の技術要件の検討

7.1 新燃料運搬船—丙種貨物運搬適合船の現状

放射性物質を輸送する船舶の構造設備等の要件については、危規則第二編第二章に原則が定められている。特に、第三節第45条の規定に基づいた別表第四において、貨物として輸送される放射性物質を、甲種貨物、乙種貨物、丙種貨物の3種に区分した上で、それぞれの貨物を輸送する船舶に講じなければならない構造設備等の要件を船舶に講じるべき防災等の措置として規定している。

甲種貨物：照射済核燃料、プルトニウム（プルトニウムの化合物を含む。）又は高レベル廃棄物（以下「照射済核燃料等」という。）であって、一船舶に積載する照射済核燃料等の放射能の量の合計が4ペタベクレル以上のもの

乙種貨物：照射済核燃料等であって、甲種貨物以外のもの

丙種貨物：その他のもの

この規定に従うと、廃止措置廃棄物は、丙種貨物に該当する。現在、この丙種貨物運搬船としての基準に適合する船舶の例としては、新燃料運搬船の例がある。また、前述のように、丙種貨物であっても、一船舶で輸送する貨物の輸送指数の合計が200を超える場合などでは、危規則第99条の規定を受けて海査第450号の基準が適用になることから、新燃料運搬船の構造設備の現況と海査第450号の基準との比較、航海機器及び船員配乗に係る関連法規等を整理した。

7.1.1 海査450号の要件と新燃料運搬船の比較（表7.1参照）

a. 海査第450号により求められる低レベル放射性廃棄物運搬船の構造設備の特別要件について

この特別要件が適用されない新燃料運搬船（丙種貨物運搬適合船）についての構造設備の現状がどのような状況にあるか確認した。その結果、船舶の構造配置に関わる、損傷時の復原性及び貨物倉の配置、並びに、船舶の設備に関わる貨物倉の排水設備、防火設備及び非常電源設備については、基準を満たさない。現状では基準を満たさないことが確認はされたが、このうち船舶の設備に関する項目のうち排水設備及び非常電源設備については、基準との差異は比較的小さく、仮に、これらの船舶を海査第450号の基準に適合するように所要の改造を行うことは、比較的容易である。

しかし、船舶の構造配置に関わる、損傷時の復原性及び貨物倉の配置については、既存の船舶を改造等により基準に適合させることは一般的には極めて困難である。

また、防火設備について、平成3年に建造された専用運搬船の場合、油タンカーとの衝突による海面火災を想定し、ダブルハルによる断熱効果と専用ポンプによるデッキ散水により保護する方式を採用している。同様の前提を置いた場合に既存船改造では相当大きな改造が必要となる。

b. 損傷時の復原性

「損傷時の復原性」とは、船舶が、衝突、座礁等によって損傷して船体内の一定範囲に海水が流入した状態を仮定し、その状態においても船舶が一定の範囲以上に傾くことなく浮力を保ち、かつ、その状態に対して更なる傾斜偶力が発生しても転覆することのない復原力を有するとした基準である。海査第450号は、損傷時の復原性について、危規則において液体化学薬品をばら積運送する船舶のうちの、タイプ一船に分類される船舶に適用される基準に適合することとしている。液体化学薬品をばら積運送する船舶は、輸送する液体化学薬品の有

害性の区分によって、タイプ一船、タイプ二船、タイプ三船と区分されていて、タイプ一船は、最も有害度の高い物質を輸送する船舶に対する基準となっている。液体化学薬品をばら積で運送する船舶の衝突、座礁等による船体貨物艙の損傷事故では、事故そのものが、積荷である液体化学薬品の海洋環境への直接の流出となり、船舶の水没は、最悪の場合に搭載している化学薬品の全量流出にも発展するものであることから、輸送する液体化学薬品の有害性の区分に応じて段階的に、非常に厳しい安全基準に適合させることが求められていると考えられる。

c. 貨物艙の配置

「貨物艙の配置」とは、比較的船体損傷の小さい衝突、座礁等の事故の場合にはできる限り液体化学薬品の流出事故とはならないように、貨物艙の船体外板からの最小距離を規定しているもので、液体化学薬品をばら積運送する船舶に対しては、タイプ一船及びタイプ二船についてのみ規定されていて、海査第 450 号では、低レベル放射性廃棄物運搬船について、タイプ一船と同様の基準に適合することとしている。

参考) 液体化学薬品をばら積運送する船舶の貨物艙の配置基準

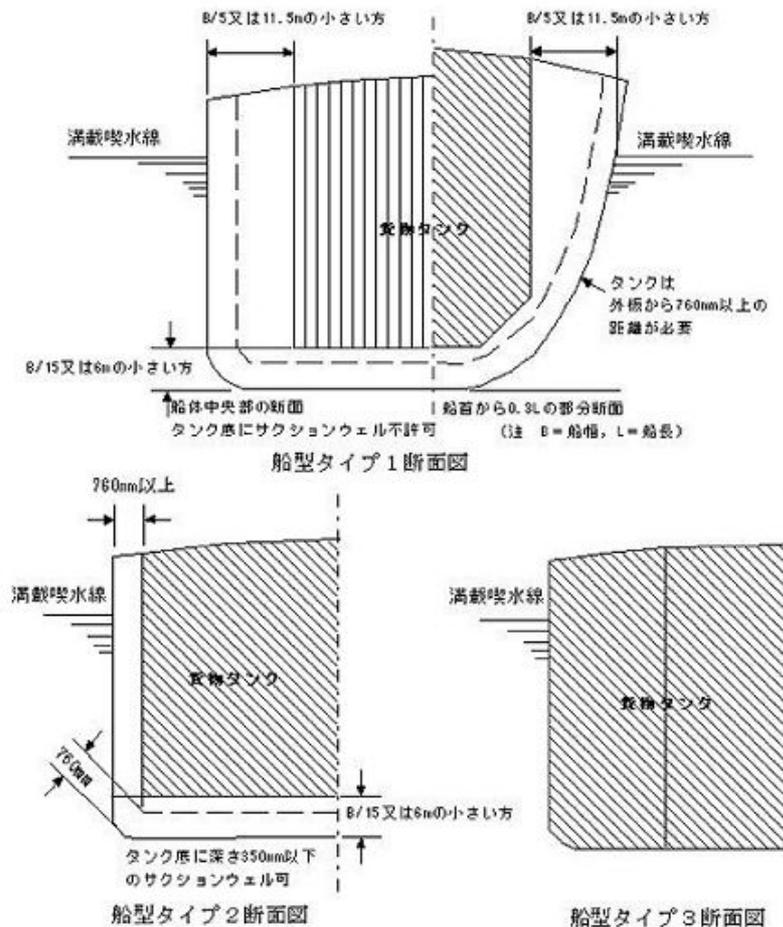


表 7.1 「低レベル放射性廃棄物運搬船に対する構造設備要件（海査 450 号）と新燃料運搬船の現況（1/2）」

項目	低レベル放射性廃棄物運搬船に対する 構造設備要件(海査 450 号)	新燃料運搬船A (G/T 496)		新燃料運搬船B (G/T 745)		関連法規	備考	
		現況	対比	現況	対比			
1. 損傷時復原性	(1) 衝突による損傷範囲 ①長さ方向： $1/3L^{2/3}$ 又は 14.5m の小さい方 ②横方向：B/5 又は 11.5m の小さい方 ③垂直方向：基線上方全部		考慮せず		考慮せず	船舶構造規則		
	(2) 座礁による損傷範囲 (()内はFP から 0.3 L間) ①長さ方向： $1/3L^{2/3}$ 又は 5m の小さい方(14.5m) ②横方向：5m 又は B/6 の小さい方(10m) ③垂直方向：B/15 又は 6m の小さい方(同)							
	(3) 残存能力 ①最終浸水状態における復原性 ア. 残余復原範囲 20° 以上 イ. 最大残余復原性 100mm 以上 ②最終浸水における横傾斜角度 25° 以内 又は 30° 以内(甲板が浸水しない場合) ただし、長さ 150m 未満の船舶は 25° まで							
2. 貨物格納	(1) 側部縦面隔壁：船側から B/5 以上	B/5=2.40m	1.25m	考慮せず	B/5=2.60m	1.50m	考慮せず	船側（中甲板下）2重構造で一般の船に比し堅固である。
	(2) 二重底高さ：B/15 又は 2m の小さい方以上	B/15=0.80m	1.20m	満足	B/15=0.86m	1.50m	満足	
	(3) 貨物倉境界：いかなる場所においても船側又は船底から 760mm 以上離れていること			考慮せず			考慮せず	
3. 固縛設備等	(貨物の固縛) 航行区域での船の動揺から生ずる加速度を考慮した場合、貨物の移動、転倒を防止すること		前後、左右、下各 1 G	満足		前後、左右、下各 1 G	満足	
4. 放射線測定器具等	外部放射線の線量多量放射性物質によって汚染された物の表面の密度等を計測するため必要な装置又は用具並びに放射線障害を防止するため必要な防護具等を備えること	丙種貨物運搬船の資機材（危規則第 45 条）	満足	丙種貨物運搬船の資機材（危規則第 45 条）	満足	IMDG コード 危規則		

表 7.1 「低レベル放射性廃棄物運搬船に対する構造設備要件（海査 450 号）と新燃料運搬船の現況（2/2）」

項目	海査 450 号要件	新燃料運搬 A(G/T4966)	対比	新燃料運搬 B(G/T745)	対比	関連法規	備考
		現況		現況			
5.船倉排水設備	(1) 排水に異常が認められた場合、船倉の適当な場所に貯蔵できること (2) 他の用途のものと別系統にすること	放射能汚染ビールドが生じた場合の専用のビールドタンクを備えていない	考慮せず	放射能汚染ビールドが生じた場合の専用のビールドタンクを備えていない	考慮せず		放射能汚染ビールドは船倉外のクックに貯蔵できるが、独立の系統ではない。UO2は焼結され、被覆管、輸送容器で二重に密閉されているため容器外に放出のケースは考えにくい。
6.貨物倉の防火設備等	火災発生時においても貨物の健全性が確保できるよう防火断熱等の適当な措置を施すこと	船倉内2ヶ所に火災警報装置を設置	考慮せず	船倉内2ヶ所に火災警報装置を設置	考慮せず	船舶消防設備規則	輸送物積載部分に可燃物はなく、火災の可能性はない。輸送物は通常火災によって健全性を損なわれない。万一火災が生じても通常消防設備で対応可能。
7.救命設備	沿岸区域航行の第4種船で最終浸水状態の横傾斜角が20°又は船舶が満載状態で舷端が水面に達する角度のうち、いずれか小さい角度を超えるものは、各舷に最大搭載人員を収容可能な救命艇又は救命筏を備える	膨張式救命筏 (定員15名×2)	満足	膨張式救命筏 (定員15名×2)	満足	船舶救命設備規則	
8.非常電源装置	船舶設備規程第299条第1項の非常電源を最上層連続甲板の上方で機関室囲壁の外部の適当な場所に設けること 当該電源は18時間以上、以下の電源設備に給電可能なこと ①航海灯 ②信号灯 ③通信設備他	なし	考慮せず	なし	考慮せず	船舶設備規程	上甲板部の非常電源にて18時間以上給電可能、ただし、規程第299条第1項に定めるものでない。
9.航海設備	①レーダ(2台)		満足		満足	SOLAS 条約 第V章	狭水道、濃霧、荒天時の運航においては、見張り人の増員にて対処し安全運航を行なっている。また、荒天時は航行基準に従い早めの避難により多船との衝突回避。 最近竣工した船はレーダーに簡易な自動予防支援装置が組み込みあり。
	②音響測深機(1台)		満足		満足		
	③自動衝突予防援助装置及びこれに必要な付属設備		考慮せず		考慮せず	船舶設備規程	
10.通信装置	船舶安全法第4条の無線装置又は無線電話の他に代替えの通信設備を設けること	設けている 船舶電話	満足	設けている 船舶電話	満足	電波法	
11.機関	船舶の推進に関係のある機関は、事故時においても手動によって始動が出来るように措置されていること	措置されている	満足	措置されている	満足		始動はコンプレッサーでエアを供給しており、コンプレッサーの動力源である発電機が故障しても、手動によりエアの供給が可能ないように措置されている。

7.1.2 航海機器（表 7.2 参照）

船舶の安全のための航海設備は、2002年7月1日に発効した海上人命安全(SOLAS)条約第V章の規定を取り入れた国内法令に基づき、船舶の種類、大きさ、航行区域等の区分を勘案して備え付けるべき設備の最低基準が定められている。新燃料運搬船及び低レベル放射性廃棄物専用運搬船については、法令により設置義務のある設備は勿論、航行の安全を確実なものとするため、航海設備等をさらに充実させて装備している。それぞれの船舶が実装している航海機器を表 7.2 に示した。

7.1.3 船員配乗（表 7.3 参照）

船員の配乗は、その最低要件が、「船舶職員及び小型船舶操縦者法（船舶職員法）」及び「船員法」により定められているが、船舶ごとに船上作業の内容が異なり、また、乗組員内での作業分担も異なることから、規則に従った最低乗組員数は同じ規模の船舶でも必ずしも一様ではない。しかし、これらの法規に基づき、標準的な船舶についての最小の船員配乗の目安を表 7.3 に整理した。

新燃料運搬船及び低レベル放射性廃棄物専用運搬船では、双方とも、甲板部は法定の最小の船員配乗の目安（表 7.3）に比し、増強措置を取っている。いずれの場合も船長は当直に入っていない。さらに、放射性輸送物輸送時には、輸送物の放射線その他の管理のための要員を乗船させている。

表 7.2 航海設備に関する要件とその現況

SOLAS 条約	船舶設備 規程	設備名	新燃料 運搬船 A G/T 496	新燃料 運搬船 B G/T 745	低レベル放射 性廃棄物専用 運搬船	備考
第 19 規則						
2.1.1	146-18	操舵用標準磁気コンパス	○	○	○	
2.1.2	146-18	方位盤等(物標方位測定用)(電源不要のもの)	○	○	○	
2.1.3	146-19	真方位への改正手段	○	○	○	
2.1.4	146-10	海図及び航海用刊物 (ECDIS でも可)	○	○	○	
2.1.5		2.1.4 項が電子的な場合のバックアップ	○	○	○	
2.1.6	146-24	全世界的衛星航法装置又は地上無線航行装置	○	○	○	
2.1.7	146-17	レーダー反射器	-	-	-	150GT 未満
2.1.8	146-28	音響受信装置 (船橋が完全閉鎖の場合)	○	○	○	
2.1.9	146-42	非常操舵場所への船首方位連絡電話	○	○	○	
2.2.1	146-18	予備の磁気コンパス(2.1.1 と交換可能なもの)	○	○	○	
2.2.2	9 号表	昼間信号灯	○	○	○	
2.3.1	146-23	音響測深機	○	○	○	
2.3.2	146-12	レーダー (9 GHz)	○	○	○	
2.3.3	146-14	電子プロット装置 (EPA)	○	-	-	300~500GT の貨物船
2.3.4	146-25	船速距離計(速力航程計)(対水の速力及び航程)	○	○	○	
2.3.5	146-21	船首方位伝達装置 (THD)	○	-	-	300~500GT の貨物船
2.4	146-29	船舶自動識別装置 (AIS)	-	◎	◎	300~500GT の貨物船 は国際航海船のみ
2.5.1	146-20	ジャイロコンパス	★	○	○	500GT 以上の船舶
2.5.2		非常操舵用ジャイロレピータ	★	○	○	500GT 以上の船舶
2.5.3	146-20	ジャイロレピータ (方位測定用)	★	○	○	500GT 以上の船舶 (2002.7 以降建造船) 1600GT 以上の船舶 (2002.7 以前の建造船)
2.5.4	146-43	舵角、回転数、推力及びその方向表示装置 (可能ならば、横方向の推力及びその方向、ピッチ、操作モード等)	-	○	○	500GT 以上の船舶
2.5.5	146-15	自動物標追跡装置 (ATA)	-	○	○	500GT 以上の船舶
2.6	146-18	2.1.1、2.1.2 及び 2.1.4 のバックアップ	-	○	○	500GT 以上の船舶
2.7.1	146-12	第 2 のレーダー (3GHz) 主管庁が認める場合には 9GHz	★	★	○	3000GT 以上の船舶
2.7.2	146-15-2	第 2 の自動物標追跡装置(ATA)	-	-	○	3000~10000GT の船舶
2.8.1		自動衝突予防援助装置 (ARPA)	(★)	(★)	★	10000GT 以上の船舶
2.8.2		自動操舵装置(HCS)又は自動航路保持装置 (TCS)	(★)	(★)	★	10000GT 以上の船舶
2.9.1	146-27	回頭角速度計	-	-	-	10000GT 以上の船舶
2.9.2	146-25	船速距離計 (速力航程計) (船首尾及び正横方向の対地の速力及び航程)	-	-	-	50000GT 以上の船舶
第 20 規則						
1	146-30	航海情報記録装置 (VDR)	-	-	-	3000GT 以上の国際航海船

○ : 法定要件

◎ : 規則改正(H14.7.1)時の現存船には、H20.7.2.から適用

★ : 法定要件ではないが搭載している

(★) : 法定要件ではないが搭載 (ただし、要件を満たさないものの機能的に満足)

表 7.3 船舶の法令等に準拠した最小の船員配乗例

G/T 499 type			G/T 699 type			G/T 4900 type			
主機 (749KW)			主機 (1499KW)			主機 (2999KW)			(5999KW)
沿海区域	限定近海区域	近海区域	沿海区域	限定近海区域	近海区域	沿海区域	限定近海区域	近海区域	近海区域
甲板部 ★船長 ★一等航海士 ●甲板長	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ●甲板長	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ●甲板長	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ●甲板長	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ★二等航海士	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ★二等航海士	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ●甲板長 ●甲板員 ●甲板員	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ★二等航海士 ●甲板長 ●甲板員 ●甲板員	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ★二等航海士 ★三等航海士 ●甲板長 ●甲板員	甲板部 ★船長 ★一等航海士 ★二等航海士 ★三等航海士 ●甲板長 ●甲板員
機関部 ★機関長	機関部 ★機関長	機関部 ★機関長	機関部 ★機関長 ★一等機関士	機関部 ★機関長 ★一等機関士	機関部 ★機関長 ★一等機関士	機関部 ★機関長 ★一等機関士	機関部 ★機関長 ★一等機関士 ★二等機関士	機関部 ★機関長 ★一等機関士 ★二等機関士	機関部 ★機関長 ★一等機関士 ★二等機関士 ★三等機関士
その他 ▲司厨長	その他 ▲司厨長	その他 ▲司厨長	その他 ▲司厨長	その他 ▲司厨長	その他 ▲司厨長	機関部 ★機関長 ★一等機関士 その他 ▲司厨長	機関部 ★機関長 ★一等機関士 ★二等機関士 その他 ▲司厨長	機関部 ★機関長 ★一等機関士 ★二等機関士 その他 ▲司厨長	機関部 ★機関長 ★一等機関士 ★二等機関士 ★三等機関士 その他 ▲司厨長
5名	5名	5名	6名	6名	6名	9名	10名	10名	11名

★印は船舶職員法に基づく法定職員 ●印は船員法に基づく当直基準遵守に必要な追加船員（16時間以上航海、自動操舵装置装備、機関区域無人化仕様、船長も航海当直に入っているが大型船では必ずしも一般的ではない）

▲印は司厨長（通信長兼務）、甲板部機関部の者が兼務することは実質困難で、通常1名配乗されている。乗組員を必要最小限とするため、499GT 沿海船などでは、省略される場合も多い。

7.2 放射性物質以外の危険物運搬船の構造・設備要件等の調査

7.2.1 はじめに

解体廃棄物運搬船における輸送物の容器又はその収納、積載方法等に適用される国際規則としては、I A E A 輸送規則、I M D G コードがある。

一方、放射性物質又は放射性物質に汚染された物（両者を合わせて「放射性物質」）を海上輸送するために使用される船舶の構造設備に関する国際的な要件としては、照射済核燃料、プルトニウム及び高レベル放射性廃棄物を運搬する船舶の国際規則の I N F コードがあるものの、現時点では解体廃棄物運搬船の構造設備に関する国際的な要件はない。

そこで、放射性物質以外の危険物を運搬する船舶の構造設備に関する国際的な要件を以下のとおり調査した。

7.2.2 I B C コード

放射性物質以外の危険物を運搬する船舶の構造設備に関する国際規則として次の二つがある。

① 危険化学品ばら積船に関する規則

危険化学品のばら積み運送のために使用する貨物船を対象として、**International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk**（I B C コード）が規定されている。

貨物の危険性には、健康に対する危険性、水質汚染の危険性、大気汚染の危険性、反応の危険性、火災の危険性、海洋汚染に係る有害性（海産物に有害を生じる生体内蓄積など）が含まれる。

② 液化ガスばら積船に関する規則

液化ガスのばら積み運送のために使用する貨物船を対象として、**International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk**（I G C コード）が規定されている。

貨物の危険性には、火災、毒性、腐食性、反応性、低温及び圧力が含まれる。

これら二つの規則のうち、I B C コードの対象となる貨物には、人体に対する毒性、自然環境汚染そして海洋汚染に係る有害性といった放射性物質と類似した危険性を含んでいる。

そこで、以下ではI B C コードを取り上げる。

I B C コードでは、貨物の危険性を考慮して、衝突又は座礁による貨物の海洋や大気中への流出を予防するために、貨物倉の配置及び船舶の損傷時復原性に関して次の3つのグレードを指定している。

① タイプ一船

環境及び安全に対して非常に重大な危険性を有するため、貨物の流出を防止する最高の予防措置が要求される貨物を運送することを目的とした危険化学品ばら積船。

② タイプ二船

環境及び安全に対してかなり重大な危険性を有するため、貨物の流出を防止する高度の予防措置が要求される貨物を運送することを目的とした危険化学品ばら積船。

③ タイプ三船

環境及び安全に対して重大な危険性を有するため、損傷時の残存能力を増大させるある程度の防護が要求される貨物を運送することを目的とした危険化学品ばら積船。

上記のように3つのグレードを指定しているIBCコードと原子炉運転廃棄物運搬船に適用されている海査第450号の比較を表7.4のように行った。なお、海査第450号よりも厳しいグレードの照射済核燃料等運搬船に適用されている海査第520号（B種船）を参考のために併せて記載した。

7.2.3 IBCコードと海査第450号との比較

IBCコードと海査第450号そして参考に海査第520号（B種船）の比較を表7.4に示す。

なお、IBCコード、海査第450号、海査第520号では、要件の項目の種類が異なるため、海査第450号で規定されている項目について比較を行った。

また、各要件の発効時期は、海査第450号、海査第520号の参考とされた舶査第610号と舶査第400号、さらに関連するINFコード、危規則、SOLAS条約改正も含めるとは次のとおりであり、IBCコードの要件は、海査第450号、海査第520号の内容に影響を与えている。

- ・ 1972年： IBCコードの原型であるIMCO（現IMO）決議A212（VII）「危険物ばら積船設備規則」発効
- ・ 1974年： 舶査第610号「使用済核燃料運搬船の取扱いについて」発効
- ・ 1979年： INFコードの検討開始。舶査第610号をIMCOに紹介
- ・ 1980年： 舶査第400号「放射性廃棄物投棄船の構造設備の特別要件」発効
- ・ 1983年： SOLAS条約 乾貨物船の損傷時復原性要件（確率論的手法）の実質審議が開始
- ・ 1986年： SOLAS条約に基づきIBCコードが強制化
- ・ 1988年： 海査第450号「低レベル放射性廃棄物の構造設備の特別要件」発効
- ・ 1992年： SOLAS条約 乾貨物船の損傷時復原性要件（確率論的手法）が強制化
- ・ 1993年： IMO総会にてINFコードの決議案が勧告として採択
- ・ 1995年： INFコードの採択を受け、海査第520号「照射済核燃料等運搬船の取扱いについて」発効
- ・ 1999年： SOLAS条約に基づきINFコードが強制化
- ・ 2000年： 上記INFコード強制化に伴う危規則の改正。甲種貨物、乙種貨物、丙種貨物の防災等の措置が発効

そして、表7.4にみられるように、IBCコードと海査第450号、海査第520号には、次のような共通点がある。

① 損傷時の復原性

船舶は、座礁又は衝突に対して残存能力をもつこと。そのために、座礁又は衝突で損傷した個所から浸水が発生しても転覆、沈没を免れることが要求されている。

② 貨物倉の配置

座礁又は衝突に対して貨物倉を物理的に保護して貨物の船外への流出を防ぐこと。そのために、船底部又は船側部から離れた場所に貨物倉を配置することが要求され、二重船底や縦通水密隔壁などを設けて貨物を保護する必要がある。

なお、IBCコードでは、タイプ別に、つまり貨物の危険度に応じて、貨物倉の配置に関する要件の厳しさが違っており、貨物の危険度が増すほど、船底部又は船側部からより離れた場所に配置することが要求されている。一方、前述の①損傷時の復原性は、IBCコードで

は、全タイプにほぼ同様の厳しさの要件が規定されている。

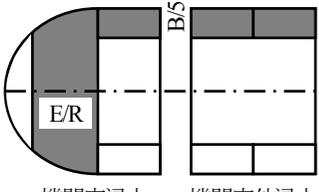
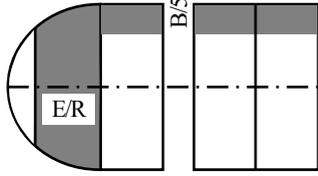
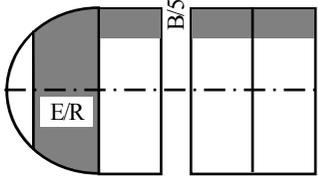
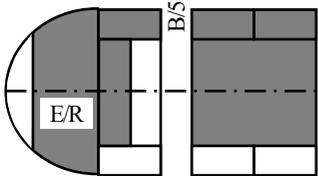
つまり、IBCコードにおいて、損傷時の復原性は、全タイプにほぼ同様の厳しさが求められ、縦通水密隔壁などの設置による貨物倉の配置は、タイプ別に厳しさが異なっている。

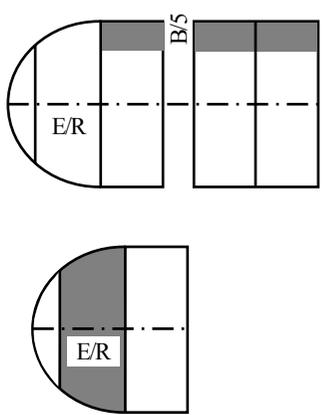
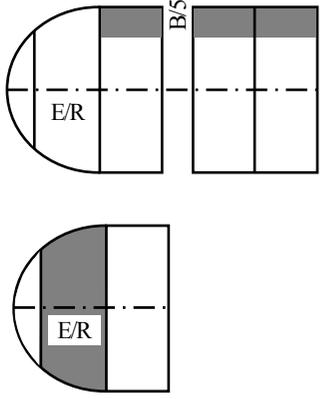
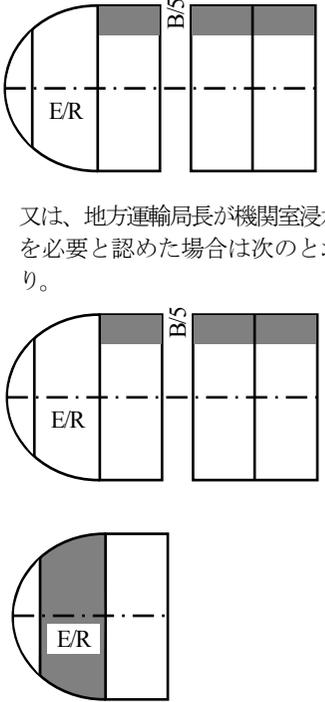
③ 貨物の固縛

貨物に作用する外力として、船体の動揺による動的付加荷重又は加速度を想定すること。

上記のとおりIBCコードと海査第450号、海査第520号には共通する考え方があり、また、いずれの貨物も、人体に対する毒性、自然環境汚染、海洋汚染に係る有害性といった類似した危険性を含んでいることから、IBCコードは解体廃棄物の構造設備要件のあり方を検討する際の参考規則の一つと成り得ると考えられる。

表 7.4 「IBCコード」と「海査第 450 号」、「海査第 520 号」の比較

項目	危険物船舶運送及び貯蔵規則			海査第 520 号 (照射済核燃料等運搬船の構造及び設備等に関する特別基準) B種船	海査第 450 号 (低レベル放射性廃棄物運搬船の構造設備の特別要件)
	タイプ一船	タイプ二船	タイプ三船		
1. 損傷時の復原性等	<p>(1) 衝突による損傷範囲 (イ) 長さ方向：$1/3 L^{2/3}$ 又は 14.5m の小さい方。 [Lは船の長さ (m)。以下同様。] (ロ) 横方向：$B/5$ 又は 11.5m の小さい方。 [Bは船の幅 (m)。以下同様。] (ハ) 垂直方向：基線上方全部</p> <p>(2) 座礁による損傷範囲 (下記 () 内はFP から 0.3L 間) (イ) 長さ方向：$1/3 L^{2/3}$ 又は 5m の小さい方 (14.5m) (ロ) 横方向：$B/6$ 又は 5m の小さい方 (10m) (ハ) 垂直方向：$B/15$ 又は 6m の小さい方 (同)</p>	<p>(1) 衝突による損傷範囲及び (2) 座礁による損傷範囲 タイプ一船と同様。</p> <p>ただし、 $L \leq 150m$ の場合、後部にある機関室区域を仕切る前後の横置隔壁の損傷は想定しないものとする。</p> <p>150m < L の場合</p>	<p>(1) 衝突による損傷範囲及び (2) 座礁による損傷範囲 タイプ一船と同様。</p> <p>ただし、 ・ $125m \leq L < 225m$ の場合、後部にある機関室区域を仕切る前後の横置隔壁の損傷は想定しないものとする。 ・ $L < 125m$ の場合、機関室区域の損傷は想定しないものとする。(船舶の所属地を管轄する地方運輸局長が浸水を考慮する必要があると認めるものを除く。)</p> <p>225m \leq L の場合</p>	<p>(1) 衝突による損傷範囲 (イ) 長さ方向：$1/3 L^{2/3}$ 又は 14.5m の小さい方。(内設は当該損傷範囲において前記数値の 1/2) (ロ) 横方向：$B/5$ 又は 11.5m の小さい方。また $B/5$ 以上に配置された船倉又はその他の場所への同時浸水も考慮。 (ハ) 垂直方向： タイプ一船と同様。</p> <p>(2) 座礁による損傷範囲 (下記 () 内はFP から 0.3L 間) (イ) 長さ方向：$L/10$ 又は 5m の小さい方 ($L/10m$) (ロ) 横方向：$5m$ ($B/6$ 又は 10m の小さい方) (ハ) 垂直方向： タイプ一船と同様。</p>	<p>(1) 衝突による損傷範囲及び (2) 座礁による損傷範囲 タイプ一船と同様。</p> <p>タイプ一船と同様。</p>
	 <p>機関室浸水 機関室外浸水</p>				

		<p>$L \leq 150\text{m}$の場合</p>  <p>The diagrams show a semi-circular structure divided into two halves by a vertical dashed line. The left half is labeled 'E/R' and the right half is labeled 'B/S'. In the top diagram, the top portion of the B/S half is shaded. In the bottom diagram, the top portion of the E/R half is shaded.</p>	<p>$125\text{m} \leq L < 225\text{m}$の場合</p>  <p>The diagrams show a semi-circular structure divided into two halves by a vertical dashed line. The left half is labeled 'E/R' and the right half is labeled 'B/S'. In the top diagram, the top portion of the B/S half is shaded. In the bottom diagram, the top portion of the E/R half is shaded.</p> <p>$L < 125\text{m}$の場合</p>  <p>The diagrams show a semi-circular structure divided into two halves by a vertical dashed line. The left half is labeled 'E/R' and the right half is labeled 'B/S'. In the top diagram, the top portion of the B/S half is shaded. In the bottom diagram, the top portion of the E/R half is shaded.</p> <p>又は、地方運輸局長が機関室浸水を必要と認めた場合は次のとおり。</p>		
--	--	--	--	--	--

	<p>(3) 残存能力 (イ) 最終浸水状態における復原性 ・残余復原範囲 20° 以上 平衡位置から 20 度の範囲内で ・最大残余復原艇 0.1m 以上 ・GZ 面積 0.0175m rad 以上</p> <p>(ロ) 最終浸水状態における横傾斜 角度 25° 以内又は 30° 以内 (甲板が水没しない場合) なお、非対称の浸水による大角度の横傾斜を修正するために、クロスフラッディング設備を備え付けることを認めない。</p> <p>(ハ) 非常用動力源の作動ができること。</p>	<p>(3) 残存能力 タイプ一船と同様。</p>	<p>(3) 残存能力 タイプ一船と同様。</p> <p>ただし、L < 70m の船舶は、機関室区域の浸水を考慮する場合を除き、次の要件に適合すればよい。</p> <p>(イ) 最終浸水状態における復原性 ・航行区域が遠洋区域又は近海区域の船舶： 平衡位置から 20 度の範囲内で GZ 面積 0.0175m rad 以上 ・航行区域が沿海区域又は平水区域の船舶： 平衡位置を超えて GZ 面積 0.01 なお航行区域にかかわらず、残余復原範囲と最大残余復原艇の要件は特記せず。</p> <p>(ロ) 最終浸水状態における横傾斜 角度 タイプ一船と同様。</p> <p>(ハ) 非常用動力源作動の要件は特記せず。</p> <p>また、航行区域が沿海区域又は平水区域の船舶であって、機関室区域の浸水を考慮する場合の残存要件は次のとおり。</p>	<p>(3) 残存能力 (イ) 最終浸水状態における復原性 ・残余復原範囲 20° 以上 ・最大残余復原艇 0.1m 以上</p> <p>(ロ) 最終浸水状態における横傾斜 角度 15° 以内又は 17° 以内 (甲板が水没しない場合) ただし、L < 150m の船舶は 25° まで。 なお、非対称の浸水による大角度の横傾斜を修正するために、クロスフラッディング設備を備え付けてよい。</p> <p>(ハ) 非常用動力源の作動ができること。</p>	<p>(3) 残存能力 タイプ一船と同様。</p>
--	---	--	---	---	--

			<p>(イ)最終浸水状態における復原性 平衡位置から 20 度度の範囲内 で</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ $70\text{m} \leq L < 125\text{m}$ の場合： GZ 面積 0.0175m rad 以上 ・ $L < 70\text{m}$ の場合： GZ 面積 0.0088m rad 以上 <p>なお航行区域にかかわらず、残余復原範囲と最大残余復原艇の要件は特記せず。</p> <p>(ロ) 最終浸水状態における横傾斜 角度 タイプ一船と同様。</p> <p>(ハ)非常用動力源作動の要件は特記 せず。</p>		
2. 貨物格納	<p>(1) 側部縦通隔壁：夏期満載喫水線の水平面において船側から $B/5$ 以上又は 11.5m のうちいずれか小さい値以上の位置に縦通水密隔壁</p> <p>(2) 二重底高さ：$B/15$ 又は 6m のうち小なる値</p> <p>(3) 貨物船倉境界：いかなる場所においても船側又は船底から 760mm 以上離れていること。</p> <p>(4) 船倉最前端隔壁：特記せず。</p>	<p>(1) 側部縦通隔壁： 特記せず。</p> <p>(2) 二重底高さ： タイプ一船と同様。</p> <p>(3) 貨物船倉境界： タイプ一船と同様。</p> <p>(4) 船倉最前端隔壁：特記せず。</p>	特記せず。	<p>(1) 側部縦通隔壁：船側から $B/5$ 以上の位置に縦通水密隔壁。</p> <p>(2) 二重底高さ：$468+4.1L\text{mm}$ 又は $b/8\text{mm}$ のうち大なる値以上。 b は船倉の幅(mm)</p> <p>(3) 貨物船倉境界：タイプ一船と同様</p> <p>(4) 船倉最前端隔壁：FP から 0.15L m 以上後方。なお、この隔壁は衝突隔壁と兼用しないこと。</p>	<p>(1) 側部縦通隔壁：海査第 520 号と同様。</p> <p>(2) 二重底高さ：$B/15$ 又は 2 m のうち小なる値</p> <p>(3) 貨物船倉境界：タイプ一船と同様。</p> <p>(4) 船倉最前端隔壁：特記せず。</p>
(ウェル)	<p>貨物タンクに設けるウェルは、次の範囲内に突出させてはならない。 型基線から $B/15$ 又は 6m のうちいずれか小さい値</p>	<p>貨物タンクに設けるウェルは次の範囲内の突出させることができる。</p> <p>(1)できる限り浅いこと。</p> <p>(2)底面の位置</p> <p>(イ)二重底がある場合は、その深さの $1/4$ 又は 350mm のいずれか小さい位置</p> <p>(ロ)二重底がない場合は、タイプ一船の要件の上端位置から下方へ 350mm の位置</p>	タイプ二船と同様。	<p>特記せず。 (ただし、通常、貨物船に適用される規則において次のような要件がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NK 鋼船規則 C 編 6.1.3 及び CS 編 6.1.3： 二重底の上面の汚水を排除するビルジのためは、軸路後端に設けるものを除き、なるべくその深さの $1/2$ 以内とし、その底板は船底外板から 460mm 以上離す。) 	海査第 520 号と同様。

3.貨物の固縛	<p>貨物タンクに作用する想定外力</p> <ul style="list-style-type: none"> ・貨物タンク試験時にかかる荷重 ・貨物による静荷重 ・船体の運動による動的付加荷重 ・必要に応じて、貨物タンク圧力逃がし弁の設定圧力 ・必要に応じて、船体構造に作用する荷重 ・必要に応じて、熱荷重 	タイプ一船と同様。	タイプ一船と同様。	<p>想定外力</p> <ul style="list-style-type: none"> 船首尾方向 1.5G 船体横方向 1.5G 垂直上方向 1.0G 垂直下方向 2.0G 	航行海域での船の動揺から生じる加速度を考慮のうえ、貨物が移動、転倒しないための措置を行う。
4.放射線測定器具等	貨物の種類に応じた計測装置又はガス検知装置を設ける。	タイプ一船と同様。	タイプ一船と同様。	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線測定器具と放射線障害を防止する防護具を備えること。 ・貨物倉から離れた場所に固定式のモニタリング装置を設ける。 	放射線測定器具と放射線障害を防止する防護具を備えること。
5.貨物区域の排水設備	貨物ポンプ室、ポンプ室、ボイドスペース、スロップタンク、二重底タンク及びこれらと類似のビルジ排水設備は、貨物又は貨物残留物を積載しているタンクから二重の隔壁で分離されているボイドスペース、二重底タンク及びバラスタタンクを除き、完全に貨物エリア内に設置すること。	タイプ一船と同様。	タイプ一船と同様。	<ul style="list-style-type: none"> ・ビルジを貯蔵できること。 ・他の用途とは別系統とする。 	海査第 520 号と同様。
6.貨物倉の防火設備	タンカーの防火要件を適用する。	タイプ一船と同様。	タイプ一船と同様。	特記せず	火災発生時においても、貨物の健全性が確保できるよう防火・断熱等の措置を施すこと。
7.救命設備	IBCコードには記載されておらず、一般の貨物船の要件に従う。	タイプ一船と同様。	タイプ一船と同様。	沿海区域を航行区域とする第 4 種船で、最終浸水状態の横傾斜が 20° を超えるものは、各舷に最大搭載人員を収容可能な救命艇又は救命筏を備えること。	沿海区域を航行区域とする第 4 種船で、最終浸水状態の横傾斜が 20° 又は船舶が満載状態で舷端が水面に達する角度のうち、いずれか小さい角度を超えるものは、各舷に最大搭載人員を収容可能な救命艇又は救命筏を備えること。

<p>8.電源設備</p>	<p>I B Cコードには記載されておらず、一般の貨物船の要件に従う。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>次の要件を満足する非常電源及び代替電源を備えること、 (1) 船舶設備規程第 299 条第 1 項各号のいずれかの非常電源を最上層連続甲板の上方で機関室囲壁の外部の適当な場所に設けること。この場合、当該非常電源は、少なくとも同規程第 300 条第 2 項に定める電気設備及び通信設備に対して 36 時間以上給電可能なものとする。ただし、非常電源を代替電源とする操舵装置については同規程 299 条第 3 項に定める時間とする。 (2) キャスク冷却装置及び非常時ちよう水装置の電気設備に対して次の要件を満足する代替電源を設けること。この場合、当該電源は 36 時間以上給電可能なものとする。 ・機関室囲壁外で主電源を配置する区画と代替電源を配置する区画は、損傷時復原性要件の損傷範囲に基づいて想定される同一船体損傷範囲内に配置してはならない。 ・主電源から独立した給油装置を有する原動機によって駆動される発電機 ・主電源からの給電が停止した時、自動的に始動し、給電できること。</p>	<p>(1) 船舶設備規程第 299 条第 1 項各号のいずれかを満足する非常電源を最上層連続甲板の上方で機関室囲壁の外部の適当な場所に設けること。 (2) 非常用電源は、次の電気設備に 18 時間以上給電可能なこと。 ・航海灯 ・主電源からの給電により作動する信号灯 ・汽笛 ・非常時の船内通信装置 ・航海用レーダー ・音響測深機 ・自動衝突予防援助装置及びこれに必要な付属設備</p>
<p>9.航海設備</p>	<p>I B Cコードには記載されておらず、一般の貨物船の要件に従う。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>・航海レーダー (2 台) ・自動衝突予防援助装置及びこれに必要な付属設備 ・船位測定装置 (1 式) ・音響測深機 (1 式)</p>	<p>・航海レーダー (2 台) ・音響測深機 (1 式) ・自動衝突予防援助装置及びこれに必要な付属設備 (1 式)</p>

<p>10.通信設備</p>	<p>I B Cコードには記載されておらず、一般の貨物船の要件に従う。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>船舶安全法第4条の無線電信又は無線電話の他に船舶の航行範囲に対し十分な有効到達距離を有する代替の通信装置を備えること。 ただし、船舶安全法施行規則第60条の5の規定に基づき、無線の二重化の措置をとる船舶にあつてはこのかぎりではない。</p>	<p>船舶安全法第4条の無線電信又は無線電話の他に船舶の航行範囲に対し十分な有効到達距離を有する代替の通信装置を備えること。</p>
<p>11.機関</p>	<p>I B Cコードには記載されておらず、一般の貨物船の要件に従う。 なお、一般の貨物船の規則は次のとおり。 「機関は船外からの援助を受けることなく、デッドシップ状態から運転に入ることができるものでなければならない。また、これに係る始動装置及び関連機器は、デッドシップ状態から船舶の推進を復帰するまでブラックアウト後30分以上を要するものであつてはならない」 なお、「デッドシップ状態」の定義は、次のとおり。 「動力を含むすべての機関が停止し、かつ、それらを復帰するための動力供給源（圧縮空気、始動用蓄電池など）が損失している状態をいう。ただし、デッドシップ状態からの復帰に非常発電機を用いる場合にあつては、デッドシップ状態において、非常発電機の始動動力源（始動エネルギー源）は確保されているものとみなしてよい。」 なお、平水区域、沿海区域を航行区域とする船舶場合には、この要件を適用しなくてもよいという斟酌がある。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>タイプ一船と同様。</p>	<p>船舶の推進に係る機関は、事故時においても、手動によって始動することができるように措置されていること。 補足： 上記“事故時”の解釈は、I B Cコードの欄に記載の“デッドシップ状態”とは異なり、次のようなより厳しい状態をさす。 “事故時”の解釈は、非常発電機を用いる場合にあつては、非常発電機の始動動力源（始動エネルギー源）も喪失している状態とみなされている。</p>	<p>海査第520号と同様。</p>
<p>注記： ・ ルールの違いをわかりやすくするため、ルール本文ではなく、要約を記述している。 ・ I B Cコードに関する要件は、日本海事協会 鋼船規則、「危険物船舶運送及び貯蔵規則、第三章ばら積み液体危険物の運送、第三節 液体化学薬品、第十三款 損傷時の復原性等」を参照して記載している。</p>					

7.2.4 IBCコード以外の国際規則に関して

解体廃棄物運搬船の構造設備要件の検討の参考に、IBCコード以外の国際規則について次に述べる。

a. INFコード

INFコードは、照射済核燃料、プルトニウム及び高レベル放射性廃棄物を運搬する船舶の国際規則であり、解体廃棄物運搬船に適用される規則ではない。しかし、放射性物質を運搬する船舶に対する国際規則であることから、解体廃棄物運搬船の構造設備要件のあり方を検討する際の参考になると考えられる。

ここで、INFコードと前述のIBCコードの要件の考え方の共通点及び異なる点に関して次のとおり示す。

① 共通点

- ・ 損傷時復原性の要件がある。
- ・ 貨物の危険度に応じて要件をグレード分けしている。

このような共通点から、解体廃棄物運搬船の構造設備要件に関しても、一つの要件ですべての解体廃棄物を網羅するのではなく、貨物の危険度に応じて要件をグレード分けする案も考えられる。

② 異なる点

- ・ 損傷時復原性に対する考え方が異なる。
IBCコードでは、想定された一つの区画の浸水でも転覆、沈没してはならないが（決定論的手法）、INFコードでは、ある区画の浸水において転覆、沈没という計算結果であっても、船全体としての生存確率が規則要求値以上であればよい（確率論的手法）。
この確率論的手法は、後述の1992年から実施されているSOLAS条約における貨物船の区画及び復原性の規則で取り入れられたものである。
なお、INFコードにおいて、最も厳しい要件が課せられるINFクラス3船では、確率論的手法と決定論的手法のいずれかを選択できる。
- ・ INFコードには、座礁又は衝突に対して貨物倉を物理的に保護して貨物の船外への流出を防ぐための要件（縦通水密隔壁の設置など）がない。
ただし、INFクラス3船においては、損傷時復原性の要件として決定論的手法を選択した場合に限り、縦通水密隔壁の設置などの要件が要求される。

b. SOLAS条約 第II-1章 B-1部 貨物船の区画及び損傷時復原性

この規則は、国際総トン数500トン以上で、船の長さ80m以上（実施開始の1992年当時は100m以上だったが、1998年から80m以上に変更）の国際航海に従事する貨物船に対して適用される損傷時復原性の国際規則である。対象となる貨物船は、鉄鉱石、石炭、鋼材、穀物、木材などを運搬するばら積船、コンテナ船、自動車運搬船などの乾貨物を運搬する船舶（乾貨物船）である。

この規則に関連して解体廃棄物運搬船の構造設備要件のあり方で検討に際して考慮すべきことを次にあげる。

① 内航の乾貨物船へ規則が適用された場合の影響の想定

この規則は、2009年1月1日以降に起工する船舶からは、より厳しい要件に変

更された規則が適用される。この規則変更に伴い、現在は規則が適用されていない内航の乾貨物船への適用の可能性も考えられ、そのようになった場合の影響を考慮して解体廃棄物運搬船の構造設備要件のあり方を検討することが望ましいと考えられる。

② 確率論的手法と決定論的手法の考え方の整理

現在は、確率論的手法と決定論的手法が混在する過渡期の様相を呈しているが、損傷という現象は、船舶が損傷を受ける確率、損傷の位置と大きさによる浸水の程度に関する確率、その浸水から生き残る確率が関係する確率的なものだけに、今後は確率論的手法に統一されていく可能性がある。

しかし、少なくとも 2009 年においても、両手法が混在する状況が続くことから、そのような国際的な状況をまとめると次のようになる。

- ・貨物船において、従来は損傷時復原性の要件が要求されていなかった船種において、初めて損傷時復原性の要件を規定する場合は、確率論的手法が取り入れられている。（例：INFコード、SOLAS条約 第II-1章 B-1部貨物船の区画及び損傷時復原性）
- ・貨物船において、従来から損傷時復原性の要件が要求されていた船種においては、決定論的手法が依然として用いられる。（IBCコード、IGCコード、そして油タンカーなどを対象としたMARPOL73/78条約）

このような国際状況も考慮しつつ、確率論的手法と決定論的手法の考え方を整理の上、解体廃棄物運搬船の構造設備要件を検討することが望ましいと考えられる。

c. MARPOL73/78条約附属書I改正

この規則は、MARPOL73/78条約（海洋汚染防止国際条約）附属書Iの改正による新しい国際規則で、燃料油タンクを二重船殻構造にすることによって衝突などによる損傷から防護し、燃料油の船外流出による海洋汚染を防止するための規則である。適用対象は、燃料油タンク総容積 600m^3 以上の新造船（全船種）で、2007年8月1日以降の契約、2008年2月1日以降の起工（建造契約がない場合）又は2010年8月1日以降に引渡される船舶である。

仮に燃料油タンク総容積が 600m^3 よりも大きな解体廃棄物運搬船では、燃料油タンクを二重船殻構造にする必要性が生じる可能性があり、燃料油タンクスペースの拡張による貨物倉容積の見直しなど、船舶の基本計画に影響を及ぼすこともあり得る。

しかし、解体廃棄物運搬船として考えられる最大クラスのものでも、燃料油タンク総容積は 600m^3 よりも小さいことから、解体廃棄物運搬船が規則の対象になることはないと推察される。

7.2.5 今後の検討に関して

以上のことから、解体廃棄物運搬船の構造設備要件の検討に関して、今後、特に重点をおいて検討すべき項目を以下にまとめた。

a. 参考となる国際規則

対象貨物の危険性が、解体廃棄物の危険性と類似性していることなどから、IBCコード、INFコードが参考になると考えられる。

b. 要件のグレード分けの検討

IBCコード、INFコードともに、貨物の危険度に応じて要件のグレード分けがなされており、解体廃棄物運搬船の構造設備要件においても貨物の危険度に応じて要件のグレード分けを行う案が考えられる。

c. 貨物倉の配置に関する要件の検討

IBCコード（除くタイプ三船）、海査第450号、海査第520号では、座礁又は衝突に対して貨物倉を物理的に保護して貨物の船外への流出を防ぐための貨物倉の配置（縦通水密隔壁の設置など）の要件がある。一方、INFコードにおいては、そのような貨物倉の配置の要件がない（ただし、INFクラス3船では、貨物倉の配置の要件を適用するかどうかを選択できる）。このような差異を整理の上、解体廃棄物運搬船の貨物倉の配置の要件のあり方を検討する必要がある。

d. 損傷時復原性に関する要件の検討

IBCコード、海査第450号、海査第520号で使われている決定論的手法と、INFコードで使われている確率論的手法の考え方を整理しつつ、解体廃棄物運搬船の損傷時復原性の要件のあり方を検討する必要がある。

e. 一般の内航船に損傷時復原性規則が適用された場合の想定

一般の内航船に損傷時復原性規則が適用される可能性があり、そのようなケースも想定しつつ解体廃棄物運搬船の損傷時復原性の要件のあり方を検討する必要がある。

f. 貨物の固縛

貨物の固縛における想定外力を検討する必要がある。

8. 解体廃棄物運搬船の運航管理で考慮すべき事項の検討

8.1 放射線管理で考慮すべき事項

放射性物質等を船舶で運送する場合、放射線管理について危険物船舶運送及び貯蔵規則（以下「危規則」という。）並びに海査第 450 号において以下のことを規定している。

8.1.1 危規則で規定されている放射線管理の要件

a. 船体外板等に係わる線量当量率の管理(危規則第 101 条)

外板、船倉、区画又は甲板の表面(放射性物質等を積載する船倉又は区画の表面及び甲板の一定区域の上表面並びに運送中人が容易に近づくことができない表面を除く。)の最大線量当量率が表面において毎時 2 ミリシーベルトを超えず、かつ表面から 2 メートル離れた位置において、毎時 100 マイクロシーベルトを超えてはならないこと。

b. 船内立入制限区域の設定(危規則第 102 条)

放射性物質等を積載した場所の周囲に立入制限区域を設け、関係者以外の立入りを制限しなければならないこと。(3月間で 1.3 ミリシーベルトを超えて被ばくするおそれがない場合は除く)

c. 被ばく管理(危規則第 103 条)

船内の居住区その他人が通常使用する場所における最大線量当量率が毎時 1.8 マイクロシーベルトを超えないようにしなければならず、また、船内にある者(乗組員、荷役業者、訪船者等)が受ける放射線の線量が年間 1 ミリシーベルト（国土交通大臣が適当と認めた場合には年間 5 ミリシーベルト）を超えないようにしなければならない。さらに船舶所有者は船長が適切に被ばく管理を行うことができるように、告示で定める事項について記載した放射線防護計画を作成し、これを船長に供与し、船長は同計画を船内に備え置くこと。

d. 荷役後の汚染検査(第 105 条)

放射性物質等の荷役終了後、当該放射性物質等を取り扱った場所の汚染検査を実施し、汚染の程度が告示で定める基準（アルファ線を放出する低危険性の放射性物質以外のアルファ線を放出する放射性物質の場合は $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、アルファ線を放出しない放射性物質及びアルファ線を放出する低危険性の放射性物質の場合は $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）を超えないようにしなければならないこと。

8.1.2 海査第 450 号で規定されている船舶の設備基準

a. 放射線測定器具等

外部放射線の線量当量、放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度を計測するため必要な装置又は用具並びに放射線障害を防止するために必要な防護具を備えること。

b. 排水設備

貨物倉の排水設備は放射能汚染ビルジが生じた場合、これを船内の適当な場所に貯蔵できるものとする。なお、このための排水設備は他の用途のものとは別系統にすること。

8.1.3 低レベル放射性廃棄物運搬船における放射線管理の現状

危規則第 5 条の 8 に基づき、船舶の航行と放射性物質等の作業時の放射線管理に関する必要項目を危険物取扱規程として定めている。この危険物取扱規程において、放射線管理の体制・組織、放射線の測定と評価の基準、船内立入制限区域、被ばく管理、汚染検査並びに除染等について定めている。これらの放射線管理業務を遂行する者を本船乗組員に追加して乗船させている。

8.1.4 放射線測定器具等

放射線管理には乗組員並びに荷役業者、訪船者等のその他乗船者の個人被ばく測定器から放射線の空間線量測定器、表面汚染測定器、水中及び空気中の放射能測定装置、防護器材、除染器材等、可搬式測定機器から固定された専用の設備として配備しているものまで広範囲に及んでいる。

<低レベル放射性廃棄物運搬船の放射線測定器具等の例>

- 個人被ばく線量測定具：ガラスバッジ、ポケット線量計
- 空間線量測定器：エリアモニタ、各種可搬式サーベイメータ(γ 線シンチレーション、電離箱)等
- 表面汚染測定器：各種可搬式サーベイメータ(α 線シンチレーション、GM 管)、スミヤ自動測定装置等

8.2 運航規定で考慮すべき事項

8.2.1 国内間輸送を行う放射性廃棄物の輸送船（以下、「放射性物質等運搬船」という。）の運航規程に係る法的な枠組み

現行の国内間輸送を行う放射性物質等運搬船の運航或いは運航規程に関する法的な枠組みは次のとおりである。

a. 運航管理制度（内航海運業法）

従来、旅客船を対象に船舶の運航会社に適用されていた運行管理制度が平成 16 年の内航海運業法の改正により、一般貨物船の運航にも適用されることとなり、平成 17 年 4 月 1 日より施行された。

その枠組みは以下のとおりである。

- 1) 船舶を運航する海運業者に対して、当該事業所の主たる営業所の所在地を管轄する国土交通省地方運輸局長への①運航管理規程・運航基準・事故処理基準の届出を義務付ける。
- 2) 運航管理規程には運航管理者の選任・解任及び措置すべき事項が明記されている。運航管理規程に定めるべきこと及び概要を資料 2 に示す。

運航会社や船舶の乗組員が行う運航業務そのものについては、船員法、船員法施行規則、航海当直基準等により、運航会社がなすべき適切な当直体制を維持するための措置、乗組員が行う航海の安全確保措置、甲板部・機関部・無線部それぞれの当直基準が定められている。これらは、IMO SOLAS（Safety of Life at Sea 海上人命安全条約）や STCW（Standard of Training, Certification & Watchkeeping for Seafarers 船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約）に定める運航要領を反映したものである。

b. 放射性物質等運搬船の運航要領

放射性物質等の輸送に当たっては、積載する貨物に応じて運航要領が適切か、所轄官庁の許認可行為を通じて検証される。

1) 運航要領の内容

- ① 乗組み体制
- ② 航行基準
- ③ 運航管理体制
 - － 航路の設定
 - － 積付/固縛強度計算
 - － 放射線防護/遮へい計算
 - － 緊急時措置 : 連絡体制
救助体制
船体、乗組員、積荷と復旧

2) 備えるべき書面

- ① 危険物取扱規程（危険物輸送要件）
- ② 災害対策緊急措置手引書（原子燃料物質等輸送船の船舶要件/国土交通省検査）
- ③ 放射線防護計画（放射性輸送物輸送要件）

3) 許認可行為

- ① 運送方法の安全確認：国土交通大臣
- ② 放射性物質等運送届：所轄海上保安本部長

8.2.2 運航規程で考慮すべき事項

発電所解体廃棄物運搬船の運航規程の策定に当たっては、一般貨物の場合と異なりより厳格な運航管理体制の下に策定することが必要で、特別な配慮が必要と考えられる。

(特別な配慮の例)

- 1) 海峡、狭水道など船舶の輻輳する海域を回避する航路の設定
- 2) 適正な距岸距離を保った航路の設定
- 3) 原則として発電所解体廃棄物運搬船の入出港が日没後となるような航行計画設定を回避
- 4) 輸送する季節と発電所解体廃棄物運搬船が入出港する港湾の固有の気象海象に配慮した航行計画設定

これらの実効性を担保するために、運航規程の策定と運用に当たっては、8.2.1 の枠組み以外に、以下の事項を発電所解体廃棄物運搬船の要件として検討すべきであろう。

* IMO/SOLAS の ISM CODE (International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention) に基づく International Safety Management System の認証取得

発電所解体廃棄物運搬船の運航規程は、ISM に基づいて作成し、同運搬船に特有の事項を反映した厳格な運航基準を採用したものとする。ISM CODE の概要については、資料3を参照。

【ISM 認証取得を要件とする理由】

- ① 内航海運業法による運航管理制度では、運航船会社の運航管理システムの構築が規定されている。一方、輸送に当たる船舶ごとの船舶側のシステム確立が確認されるようにはなっていない。すなわち、運航会社として運航船団全体に対する全船に共通的な船舶運航管理規程の適否が対象になっているのである。
ISM 認証では個々の船ごとに運航船会社並びに当該船舶が対でシステム確立が確認されるようになっており、個別船舶の輸送の実際に応じた確認がなされる。
- ② IMO/ISM CODE として国際航海に従事する船には安全保証の観点から、強制的に認証取得が義務付けられており、海上版の ISO 9000 品質保証シリーズに代わるものとして評価されている。発電所解体廃棄物運搬船についても、その運航規程が安全保証システムとして実効あるものとなっていることの裏付けとなる。

8.3 緊急時対応で考慮すべき事項

放射性物質を海上輸送する際の緊急時の対応については、国際海事機関（IMO）が、放射性物質を輸送する船舶が船上での緊急時計画を予め準備して、事故に備えておくためのガイドラインとして取りまとめたものがある。このガイドラインは、「INF コードに従う物質を運搬する船舶のための船上緊急時計画策定のためのガイドライン」として 1997 年に採択されたものである（資料 4）。使用済核燃料、プルトニウム又は高レベル廃棄物を運送する船舶の構造及び設備の要件を定めた INF コードは、SOLAS 条約に基づくものとして、第 18 回 IMO 総会（1993 年 11 月）で採択された規則であり、上記ガイドラインは、この規則に付属する国際ガイドラインである。

一方、我が国の海上危険物輸送を規制する「危険物船舶運送及び貯蔵規則」では、それまで、危険物を運送するすべての船舶については「危険物取扱規程」を備えることとして緊急時対策も含めた全般的なソフト要件の規制を実施して来たが、この SOLAS 条約に基づいた国際ガイドラインを国内規則に採り入れるに際して、新たに、「災害対策緊急措置手引書」として丙種貨物運搬船も含めた関係する船舶に幅広く備え付けが義務付けられることとなった。（平成 12 年 11 月 28 日運輸省令第 38 号）

この規則改正に際して、危規則上丙種貨物に区分される低レベル放射性廃棄物や新燃料を運搬する船舶についても、規則改正前にそれぞれの船舶の「危険物取扱規程」として承認を受けたマニュアルの内容の見直しを行い、上記国際ガイドラインに準拠した内容の「災害対策緊急措置手引書」として新たに国の承認を受けて、これを当該船舶はもとより関係部署に備え付けて緊急時に備えている。

すなわち、緊急時に対する備えという観点からは、丙種貨物を輸送する船舶といえども、甲種貨物を輸送する船舶の場合と同様の枠組みで緊急時に備えているといえる。

また、国際原子力機関（IAEA）は、2002 年、輸送事故での緊急時対応に際して配慮すべき事項、その他の関連事項を「放射性物質を伴う輸送事故の緊急時対応計画策定と準備」（TS-G-1.2）として取りまとめている。

こうした情報を幅広く取り入れながら、継続して緊急時対応計画を策定し、訓練を実施することにより実効性を確認し、必要に応じて見直していくことが必要である。

なお、平成 17 年 12 月 1 日施行の原子炉等規制法改正により、IAEA の INFCIRC/225/Rev.4 に対応するよう核物質防護措置の強化がなされた（経過措置により、平成 18 年 6 月 1 日以降の輸送に適用される）。この中で、防護対象特定核燃料物質の輸送における緊急時対応計画は恒常的に厳重管理を要する文書（核物質防護秘密として管理されるべき情報）に該当する。

原子炉解体廃棄物は防護対象特定核燃料物質には該当しないと考えられるが、その輸送における緊急時対応計画は、防護対象特定核燃料物質の輸送における緊急時対応計画を類推させる可能性があり、その取扱いには留意しなければならない。

8.4 その他考慮すべき事項（積付検査等）

8.4.1 積付検査(危規則第 111 条)

放射性物質等を船舶で運送しようとする場合は、積載方法その他積付けについて、船積地を管轄する地方運輸局長又は登録検査機関の検査を受けなければならない。運送終了まで危険物積付検査証を船内に備えておかなければならない。

8.4.2 測定証明検査

地方自治体等の協定等により、当該自治体等の管理する港に放射性物質等を運送後、空船で船舶が入港する前に放射線測定を実施して船内に放射性物質等による汚染がないことを第三者登録検査機関の立会いの下で確認し、その検査機関の発行した測定証明書の提出を求められる可能性もある。

8.4.3 防災措置等

危規則第 45 条によれば、船舶で運送する放射性物質の種類に応じた防災並びに放射線の測定及び災害対策のための措置(防災等の措置)を講じることとなっている。これら防災等の措置に関し、災害対策緊急措置手引書として策定して船内に備えおくことが必要である。放射線管理についてもこの手引書において放射線管理の基準、船上における緊急時の対応措置の中で規定しておく必要がある。

8.4.4 入出港及び荷役時間

従来、むつ小川原港、敦賀港等の特定港においては、港則法第六条において「(危険物を運搬する船舶は) やむを得ない事由のある場合を除いて、日没から日の出までの間は、同項に規定する港【特定港】に入港してはならない」との規定があったが、現行港則法では第六条が削除されており、夜間入港の制限がなくなった。現行での入出港に関しての制限としては、第四条に「国土交通省令の定めるところにより、港長に届け出なければならない」とあり、港長への届出が受理されれば、夜間入出港は可能である。

一方、荷役については、海上保安庁交通部長通達（保交安第 49 号、平成 17 年 10 月 11 日）「危険物積載船舶の停泊場所指定及び危険物荷役許可の基準について」に次のように規定されている。別紙 1 の放射性物質等の類別を表 8.1 に示す。

第 2 危険物荷役許可

1 危険物荷役許可に係る一般的注意事項について

(2) 港長は、危険物荷役を許可する場合は、次に掲げる措置を講じるものとする。

へ 荷役許容量を超える数量の荷役を特別に許可する場合、火薬類の……場合、別紙 1 の類別欄第 1 種の放射性物質等（核分裂性物質）及び専用積載する場合の別紙 1 の類別欄第 2 種の放射性物質等（以下「核分裂性物質等」という。）の荷役が行われる場合その他特に必要があると認める場合は、あらかじめ荷主、荷役業者及び船舶関係者と事前に協議（協議する際の検討に項については、別紙 4 参照）し、原則として現場確認を行う。また、必要に応じ港湾管理者、警察、消防等と打ち合わせを行う。

なお、当該火薬類又は核分裂性物質等の荷役が行われる場合は、次の（3）に掲げる安全基準を遵守するよう指導する。

ここで、放射性物質に関する許容荷役量は 0 である。

また、荷役に当たって遵守すべき安全基準には、次のように規定されている。

<p>(3) 安全基準</p> <p>イ 核分裂性物質等</p> <p>(イ) 原則として夜間荷役を行わないこと。ただし、コンテナ船の荷役であって、荷役安全管理体制、緊急時の対応体制、荷役設備、照明設備等について所要の安全対策が講じられる場合はこの限りではない。</p>

これらの規定により、発電所解体放射性廃棄物の専用船による運搬についての夜間荷役は現状では実施できない。これを緩和するには、発電所解体放射性廃棄物の輸送物の安全性を説明するとともに、講ずることのできる安全対策を検討して当局と折衝する必要がある。

表 8.1 海上保安庁交通部長通達（保交安第 49 号）別紙 1 抜粋

種類	類別	品名	
その他の危険物	放射性物質等	第 1 種	核分裂性物質（核分裂性輸送物に係わるもの）
			核燃料集合体
			使用済核燃料
			二酸化ウラン
			六フッ化ウラン
			その他
		第 2 種	核分裂性輸送物を除く BM 型輸送物、BU 型輸送物、A 型輸送物、IP-1 型輸送物、IP-2 型輸送物及び IP-3 型輸送物に係わるもの並びに輸送物の適用を免除されるもの（表面汚染物に限る。）
			医療用照射線源（Co-60 など）
			非破壊検査用線源（Ir-192 など）
			表面汚染物
			その他
		第 3 種	核分裂性輸送物を除く L 型輸送物に係わるもの及び輸送物の適用を免除されるもの（低比放射性物質に限る。）
			PCB 測定用線源（Ni-63 など）
			空の容器
			ウラン鉱石
			トリウム鉱石
			その他

9. 次年度の検討項目

本年度までに近い将来廃止措置による原子力発電所の解体が想定される東海ガス炉、沸騰水型軽水炉及び加圧水型軽水炉の解体廃棄物の特性と発生量、解体廃棄物の海上輸送時の潜在的な危険性、現行の原子燃料物質等も含む危険物の海上輸送の安全性確保のための規則類により規定されている技術要件等について調査してきた。次年度は、新型転換炉「ふげん」の廃止措置に伴い発生する解体廃棄物の特性と発生量について調査を行うことを計画している。

原子力発電所の解体廃棄物は、多様な輸送物を生み出す可能性が高い。そこで、東海ガス炉、沸騰水型軽水炉、加圧水型軽水炉及び新型転換炉からの輸送物としての解体廃棄物を三種貨物としてB型輸送物、A型輸送物及びIP型輸送物に分類し、海上輸送時の潜在的な危険性を評価し、体系的に構造設備要件を検討する。

B型輸送物は、危規則の第九十九条に規定されており、構造設備要件を策定すべきであろう。一方、A型輸送物及びIP型輸送物に関しては、現行の混載あるいは専用運搬の安全輸送の実態を考慮すれば、危規則の第九十九条の「その他告示で定める場合」に該当し、「船舶による放射性物質等の運送基準の細目等を定める告示」で規定されている一船舶当たりの輸送指数あるいは臨界安全指数が200を超える場合に対して、「ばら積み液体危険物の運送」に関する「損傷時の復原性等」に課される要件と比較して構造設備要件を策定することが考えられる。

以上の結果を踏まえ、解体廃棄物の安全輸送を確立するため、例えば、以下の構成による民間基準案を策定する。

- 1) 適用範囲
 - 2) 定義
 - 3) 解体廃棄物
 - 4) 運搬船の管理
 - 5) 構造設備要件
 - 6) その他の技術基準
 - 7) 放射線管理
 - 8) 運航規定
 - 9) 緊急時対応
 - 10) その他
- 付属書
- A 1) 解体廃棄物と輸送物の仕様
 - A 2) 解体廃棄物の海上輸送の安全性
 - (1) 解体廃棄物の潜在的危険性の評価
 - (2) 解体廃棄物の海上輸送の安全性評価
 - (3) 解体廃棄物の海没事故時の環境影響評価
 - B 1) 解説

10. あとがき

「原子燃料物質の海上輸送の安全性に関する調査検討会（RR-R3）」は、東京工業大学原子炉工学研究所が主催する「未処理・大型解体廃棄物の安全輸送に関する研究会」において実施した研究の成果を基に調査研究を実施した。

本年度は、はじめに解体廃棄物の輸送とその法規制について、

- a. 欧州における解体放射性廃棄物の実態及び法規制の調査
- b. 実用発電用原子炉施設の廃止措置により発生する解体放射性廃棄物と輸送物の仕様及びその潜在的危険性の評価

の調査研究を実施した。次に、次年度実施する運搬船の構造・設備要件の基準策定の基盤として、解体廃棄物輸送時の安全評価について、

- c. 解体廃棄物の海上輸送における衝突、火災時の確率論的な安全評価
- d. 解体廃棄物の海上輸送における仮想的事故時の環境影響評価

の調査研究を実施した。最後に、次年度以降に実施する運搬船の構造・設備要件を含む海上輸送システムの技術基準策定に必要なハードウェア及びソフトウェアの要件のあり方について、

- e. 放射性物質を含む危険物運搬船の構造・設備要件
- f. 更なる海上輸送の安全性を確保するための運搬船の運用方策

の調査研究を実施した。

本報告書は、平成16年度に引き続き平成17年度に実施した上記の調査研究成果をまとめたものであり、最終的には平成19年度に原子炉解体廃棄物運搬船の海上輸送システムに係る技術要件及び協会技術基準を策定するための基盤を整備したものである。

本報告書をまとめるに当たり、執筆いただいた各委員及び積極的に討議に参加された各委員に感謝の意を表す次第である。併せて、「未処理・大型解体廃棄物の安全輸送に関する研究会」に参画していただき、検討資料を作成し、また討議へ参画していただいた各委員に感謝の意を表す次第である。

添 付 資 料

- 資料 1 IAEA 輸送規則改訂提案に関する対応
- 資料 2 内航海運業法の運航管理制度
- 資料 3 ISM CODE の概要
- 資料 4 INF コード物質を運搬する船舶のための船上緊急時計画作成のためのガイドライン

資料1 IAEA 輸送規則改訂提案に関する対応

IAEA 輸送規則 (TS-R-1) 及び助言文書 (TS-G-1.1) の 2007 年版を策定する 2004/2005 年見直し・改訂サイクルにおいて、解体廃棄物の輸送に関連するものとして日本から 1 件の提案 (Japan/04/03) を行った。また、他の加盟国から核分裂性物質・輸送物に関する多数の提案があったが、そのうちの核分裂性輸送物適用除外規定に関するものは 2004 年の規則見直し会合 (RPM2004) でまとめられて共同提案となった。

さらに、前回の 2002/2003 年サイクルで承認されたはずの日本の助言文書に関する提案 (Japan/02/01) が取り込まれていないことが判明し、今回サイクルでの取入れを図った。

これら改訂提案に関する対応の経緯は、以下のとおりである。

1. 核分裂性輸送物適用除外規定でのベリリウムの除外について【日本提案 Japan/04/03】

1.1 RPM2004【2004年9月】及び TRANSSC X【2005年3月】

我が国の改定提案は添付1に示すとおりであり、RPM2004における経緯は平成16年度報告書の資料2にて次のように報告済みである。この結果はTRANSSC Xでそのまま承認され、加盟国120日レビューに付託された。

- ・ Fissile WG で提案内容を説明し、趣旨はすぐに理解されたが「天然濃度」表現が規則になじまないので数値を特定する必要ありとの議論となった。このため、用意していた数値解析結果を配布・説明し、数値としては0.1%で問題ないとの合意が得られた(同解析結果は、WG 報告書に添付された)。

結論1. 規則改訂案は、修正後承認(「天然濃度」→「0.1%」)

結論2. 助言文書は、新規作成

[① 現行規則 (2005年版) para.672(a)]

Neither beryllium nor deuterium shall be present in quantities exceeding 1% of the applicable consignment mass limits provided in Table XII, except for deuterium in natural concentration in hydrogen.

[② 日本改訂提案 Japan/04/03 : add "beryllium" in para.672(a)]

Neither beryllium nor deuterium shall be present in quantities exceeding 1% of the applicable consignment mass limits provided in Table XII, except for **beryllium in natural concentration in material** or deuterium in natural concentration in hydrogen.

[③ 見直し会合修正後承認 : add in para.672(a)]

Neither beryllium nor deuterium shall be present in quantities exceeding 1% of the applicable consignment mass limits provided in Table XII, except for **material with beryllium mass concentration not exceeding 1g beryllium per 1000g material** or deuterium in natural concentration in hydrogen.

[④ 新規作成助言文書 : 672.4 Delete text from WP08 of TM-26615 and replace with:]

The quantity of beryllium and deuterium are limited in a consignment that uses the fissile exceptions of para 672(a). The limits are 1% of the mass of the consignment limit for fissile nuclides as provided in Table XII. However, only material with an enriched concentration of deuterium are of concern, thus deuterium occurring in natural concentrations in hydrogenous materials is excluded from consideration in this limit. Calculational results provided by Japan demonstrated that beryllium will have no impact on increasing the risk for criticality when the beryllium mass is less than 0.1% of the material mass that makes up the consignment.

1.2 加盟国120日コメント及びTRANSSC XI【2005年9月】

加盟国 120 日レビューにおいて、本提案に対してはフランスから次の反対コメントと英国からマイナーな英語訂正（冠詞の追加）の修正コメントがあった。我が国の対応としては、フランスの解析条件を確認して、その上で対応を検討することとした。

フランス：反対（reject）

例えば、1.3ton 以上の運搬物の場合、1.3kg のベリリウムが許容されるが、この場合は臨界につながり得る。

フランスでは以下の結果が得られている。

- ・ 1.3kg のベリリウムに対する許容最大質量は Pu-239 で 350g、U-235 で 550 g。このため、Table XII で許容される Pu-239：250g 又は U-235：400 g の二つの運搬物が集まると許容値を超える。
- ・ 無制限のベリリウムに対する許容最大質量は Pu-239 で 100g、U-235 で 170 g であり、Table XII で許容される量はこの臨界質量を超える。

TRANSSC XI においては、規則及び助言文書の改訂検討作業は WG1 を設けて実施され、その中で核分裂性物質・輸送物関係は関係国専門家による小グループを結成して検討を行った。そこでフランスの臨界解析担当者と双方の解析結果に基づき協議したところ、フランスが懸念しているのはベリリウムが局所的に集合した場合のことであり、これは日本のパラメータ解析でも核分裂性物質を純粋ベリリウムの層で包んだ場合に一定量以上では中性子実効増倍率が 1 を超えるとの結果と符合することが確認された。これについて、我が国の提案はそもそも「天然濃度」のベリリウム、すなわち均一に分布するものを想定したものと説明し、「均一分布」を追記することでフランスの合意を得た（1 gram beryllium in 1000 grams ⇒ 1 gram beryllium in **any** 1000 grams）。

合意内容を WG1 及び全体会合で説明したところ、英国より提案文章は規定したいことが正確に表されていないとのコメントがあり、英国と協議してベリリウムと重水素の規定を分けて記載することとし、それにて全体会合の承認を得た。

TRANSSC XI の結果として 2007 年版輸送規則草案に採用された記載は次のとおりである。2006 年 2 月 27 日～3 月 3 日の TRANSSC XII で草案が承認されれば、2007 年版輸送規則として確定する。また、助言文書 672.4 項は、RPM2004 での改訂案（上記④）のまま承認された。

【現行：2005 年版】

Neither beryllium nor deuterium in hydrogenous material enriched in deuterium shall not be present in quantities exceeding 1% of the applicable consignment mass limits provided in Table XII.

【改訂後：2007 年版草案】

Beryllium shall not be present in quantities exceeding 1% of the applicable consignment mass limits provided in Table XIII except where the concentration of beryllium in the material does not exceed 1 gram beryllium in any 1000 grams

Deuterium shall also not be present in quantities exceeding 1% of the applicable consignment mass limits provided in Table XIII except where deuterium occurs up to natural concentrations in hydrogen.

（ベリリウムの規定文章と重水素の規定文章の間は 1 行あける。）

2. LSA 物質均一性（10 倍以下）の除外事項【日本提案 Japan/02/01】

2.1 平成 16 年度までの経緯

IAEA 輸送規則で定める低比放射性物質（Low Specific Activity, LSA）について、LSA-II では放射性物質が全体に分布していること、LSA-III では放射性物質が全体に均一に分布していることが要件となっており、1 m³ 以上の輸送物では 10 分割した各部の放射能濃度のバラツキが 10 倍以内とされている。しかし、解体廃棄物の場合、生体遮へいコンクリートや黒鉛ブロック等のよ

うにその配置などから放射化傾向に一定の法則があるので、解体部分の推定平均比放射能の最大値が LSA-Ⅱ の比放射能限度である $10^{-4}A_2/g$ を超えないならば、バラツキが 10 倍以上であっても安全上はなんら問題ない。このように、その廃棄物の履歴や条件により安全性が十分合理的に説明できる場合は、バラツキが 10 倍以内であることの確認は不要であり、前回の輸送規則改訂サイクル (2002/2003 年サイクル) で我が国はこの点を IAEA 安全輸送規則の解説として助言文書の 226.14 項に明記することを Japan/02/01 として提案した。当該提案を添付 2 に示す。

この提案は 2002 年 9 月の見直し会合 (RPM2002) で問題なく受け入れられたので 2005 年版助言文書に取り入れられていると理解していたが、2004 年 2 月時点での助言文書の最新版ドラフト (2003 年改訂及び 2005 年改訂の両方を加えたもの) の 226.14 項には反映されていないことは平成 16 年度報告書で報告した。

2.2 平成 17 年度の対応結果

2.1 項の経緯を受けて、2005 年 3 月の TRANSSC X における輸送規則等改訂の審議において我が国から Japan/02/01 が取り入れられていない旨を記載した文書 (WP04a) を提出し、今回改訂サイクルにおいて確実に助言文書に取り入れるよう要請し、認められた。しかし、加盟国 120 日レビューに付託された助言文書改訂案にも反映されておらず、以降、次のような対応を行った。

- ・ 2005 年 3 月 7-10 日 : TRANSSC X の WP-04a にて Japan/02/04 (助言文書 226.14 項) の取入れを要請し承認される。
- ・ 4 月 9 日 : IAEA より、加盟国 120 日レビュー開始の連絡。ただし、レビュー対象文書に 226.14 項の取入れなし。
- ・ 4 月 12 日 : 日本より IAEA に WP04a も考慮するよう要請
- ・ 4 月 15 日 : IAEA より加盟各国に WP04a もレビュー対象とする旨連絡
- ・ 7 月 15 日 : 日本より IAEA に 120 日レビューのコメント提出
- ・ 7 月 26 日 : 英国より、「日本提案の 226.4 項は LSA 全般に適用されるので、比放射能限度値を $10^{-4}A_2/g$ とするのは不適切」との指摘あり。IAEA が 226.14 項に追記すべきところを 226.4 項 (LSA 全般に関する規定) に追記したことが判明。
- ・ 7 月 29 日 : 英国の指摘及び英語記載に関する助言を受けて、Japan/02/01 に対して以下の自己修正を 120 日コメントとして IAEA に送付。
 - ① 現行の 226.4 項の追記は誤記であり、削除し、226.14 項に移す。
 - ② 移した 226.14 項追記について、比放射能限度の値 $10^{-4}A_2/g$ を削除し、「限度値」のみとする (LSA-Ⅱ と LSA-Ⅲ の両方の限度値を包絡できるよう記載にする)。
 - ③ さらに、226.14 項の追記分が 226.17 項 (LSA-Ⅲ に関する規定) にも適用できることを追記する。
- ・ 8 月 2 日 : 上記コメントの記載ミス等修正【添付 3 参照】
- ・ 9 月 5-9 日 : TRANSSC XI において日本の自己修正コメントが問題なく承認され、助言文書草案 226.14 項に取入れられた。

このような経過により、IAEA 事務局の処理ミスが幸いして、日本提案 Japan/02/01 はより広い適用範囲を得て採用されることとなった。226.14 項の改訂草案は次のとおりである。

【改訂後 (下線部追加) : 2007 年版草案】

226.14. A simple method for assessing the average activity is to divide the volume occupied by the LSA material into defined portions and then to assess and compare the specific activity of each of these portions. It is suggested that the differences in specific activity between portions of a factor of less than 10 would cause no concern. However, there is no need to assess and compare the specific activity of each of these portions, provided that the estimated maximum average specific activity in any of these portions does not exceed the specific activity limit for solids. This is also applicable to para 226.17

3. その他の核分裂性輸送物適用除外規定の改訂案

前回（2002/2003 年）見直しサイクルで持ち越しとなった核分裂性輸送物適用除外規定の改訂については、RPM2004 において Fissile WG で更なる検討が行なわれ、数ヶ国の関連提案をまとめた共同提案（提案のオーナーは米国）として承認されたことは平成 16 年度に報告した。

改訂提案内容の詳細は平成 16 年度報告書に記載したが、その主な趣旨は以下のとおり、低濃度の核分裂性核種を含む輸送物の除外であり、将来の解体廃棄物等の輸送において核分裂性輸送物適用緩和につながるものと考えられ、我が国も支持している。

- ① 固体核分裂性核種の低濃度物質（1/2000）（無制限）
 - ② 固体核分裂性核種の低濃度物質（1/300）、ただし輸送物当たり 15g 以下
 - ③ 運搬物当たりの核分裂性核種 15g 以下
 - ④ 濃縮度 5%以下の U-235 で 900g 以下、ただし輸送物当たり 15g 以下、かつ、水素密度が水以下
 - ⑤ 輸送物当たり 2g（運搬物当たりの制限なし）
 - ⑥ Pu < 1 kg については、専用積載に限定
- * また、これらに関してラベルを貼る規定が追加された（ただし、専用積載では不要）

しかしながら、加盟国 120 日レビューにおいてフランス等の欧州国から反対コメントがあり、TRANSSC XI では臨界関係者による小グループにて集中的に議論、検討したが、賛成側（米国等）と反対側（フランス等）の合意には至らず、本提案は一旦、全面取下げとなった。しかし、WG1 議長よりの「長年検討してきているのだから、双方合意できる項目だけでも提案せよ」との指示にて再検討した結果、上記⑥のみが合意され、改訂提案として承認された。

2. 項の日本提案以外の輸送規則 672 項の改訂草案は次のとおりである。(a) 項は 1996 年版策定時に編集ミスで脱落した項目の取入れである。

【改訂後：2007 年版草案】

- | |
|--|
| <p>(a) A mass limit per <i>consignment</i> , provided that the smallest external dimension of each package is not less than 10 cm, such that:</p> <p>(d) Plutonium containing no more than 20% of fissile nuclides by mass up to a maximum of 1kg of plutonium per consignment. Shipments under this exception shall be under <i>exclusive use</i></p> |
|--|

核分裂性輸送物適用除外規定については、次回サイクルに向けて双方が合意できる提案の検討が継続されることから、我が国も参加、貢献し動向を把握する必要がある。

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
 Safety of Transport of Radioactive Materials Unit
 Division of Radiation, Transport and Waste Safety

2004-2005 Review Cycle of the IAEA Transport Regulations

FORM FOR SUBMITTING A PROPOSAL FOR CHANGE

Proposal Submitted by:

NAME (SURNAME, Given)	
Position / Title	
ORGANIZATION	
MAILING ADDRESS	
Telephone	Country Code (+), City code() number
Facsimile:	Country Code (+), City code() number
E-mail address:	

Principal objective of proposed change: (Delete objectives that are not applicable)

- ~~Necessary to provide adequate protection to health and safety of public and occupational workers~~
- ~~Involves defining or redefining level of protection to health and safety of public and occupational workers~~
- ~~Required for consistency within the Transport Regulations~~
- ~~Required as a result of advances in technology~~
- Needed to improve implementation of the Transport Regulations
- ~~**Other (specify):**~~

Topic of proposed change:

Consideration of beryllium in natural concentration in assessing the mass in a consignment
 (Fissile exemption)

Justification for proposed change:

In the 2003 version of the Regulation deuterium in natural concentration was excluded in assessing the mass in a consignment for fissile exemption, and this idea is now adopted in para.672(a) the 2005 version of the Regulation.

As the same manner for deuterium, beryllium in natural concentration, which is as low as a few p.p.m., can be excluded in assessing the mass in a consignment.

Paragraphs affected and proposed text change to regulatory text in TS-R-1:

[add "beryllium exception" in para.672(a)]

Neither beryllium nor deuterium shall be present in quantities exceeding 1% of the applicable consignment mass limits provided in Table XII, except for **beryllium in natural concentration in material** or deuterium in natural concentration in hydrogen.

Paragraphs affected and proposed text change to advisory material in TS-G-1.1:

[delete current 672.4, since it has been taken into the Regulation]

~~672.4—In assessing the mass of deuterium in a consignment, deuterium contained in hydrogenous material in natural concentrations should not be considered.~~

Proposal for transitional arrangements, if needed:

No

Applicable reference documents (if needed):

No

No. of additional sheets of supporting documentation attached (in electronic form please):

None

Description of problem to be addressed:

In assessing the mass of beryllium for fissile exemption, beryllium in natural concentration should not be considered.

Summary of proposed solution to the problem:

Add beryllium exception phrase in the Regulation para.672(a).

FORM FOR SUBMITTING PROPOSAL FOR CHANGE

Proposal Submitted by:

NAME (SURNAME, Given)	
Position / Title	
ORGANIZATION	
MAILING ADDRESS	
Telephone	Country Code (+), City code() number
Facsimile:	Country Code (+), City code() number
E-mail address:	

<p>Principal objective of proposed change: (Delete what does not apply)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necessary to provide adequate protection to health and safety of public and occupational workers • Involves defining or redefining level of protection to health and safety of public and occupational workers • Required for consistency within the Regulations • Required as a result of advances in technology • Needed to improve implementation of the Regulations • Other (specify) _____
<p>Topic of proposed change:</p> <p style="text-align: center;">Condition for LSA-II</p>
<p>Justification for proposed change:</p> <p>A simple method for assessing the average activity by dividing the volume occupied by the LSA material into defined portions and confirming that the difference in specific activity of each of these portions are less than a factor of ten is shown in ST-2 para. 226.14, which states the specific activity distribution of the LSA material.</p> <p>In the decommissioning of commercial nuclear power plant, it is considered that the primary biological shielding concrete wall, being cut into blocks and packed in containers later, is transported as LSA material. However, when the average specific activity is estimated based upon the simple assessing method, there may be a possibility that the differences in specific activity are more than a factor of ten, although the specific activity is lower than limitation $10^{-4} A_2/g$ for solids. (See Figure 1.) In order to transport these decommissioning wastes as LSA material under the current regulation, it is necessary to break these wastes into pieces that unfavorably could cause the increase of workers' dose.</p> <p>The transportation of these wastes would be safe regardless of the differences in specific activity, provided that the estimated maximum specific activity of the portions does not exceed $10^{-4} A_2/g$. However, it is not clearly described in ST-2 so far. Therefore, we would like to propose adding the following underlined sentence in ST-2. This would be no need for estimation and comparison of the specific activities of each of portions, when the estimated maximum specific activity of the portions does not exceed $10^{-4} A_2/g$.</p>

<p>Paragraphs affected and proposed text change to regulatory text in TS-R-1 (ST-1, Rev.)</p>	<p>Paragraphs affected and proposed text change to advisory material in TS-G-1.1</p> <p>Adding the following underlined sentence to the current advisory material (ST-2 para.226.14).</p> <p>A simple method for assessing the average activity is to divide the volume occupied by the LSA material into defined portions and then to assess and compare the specific activity of each of these portions. It is suggested that the differences in specific activity between portions of a factor of less than ten would cause no concern.</p> <p><u>However, it does not need to assess and compare the specific activity of each of these portions, provided that the estimated maximum specific activity in any of these portions does not exceed 10^{-4} A₂/g for solids.</u></p>
<p>Proposal for transitional arrangements, if needed:</p>	
<p>Applicable reference documents (if needed):</p>	
<p>No. of additional sheets of supporting documentation attached (in electronic form please): 1</p>	

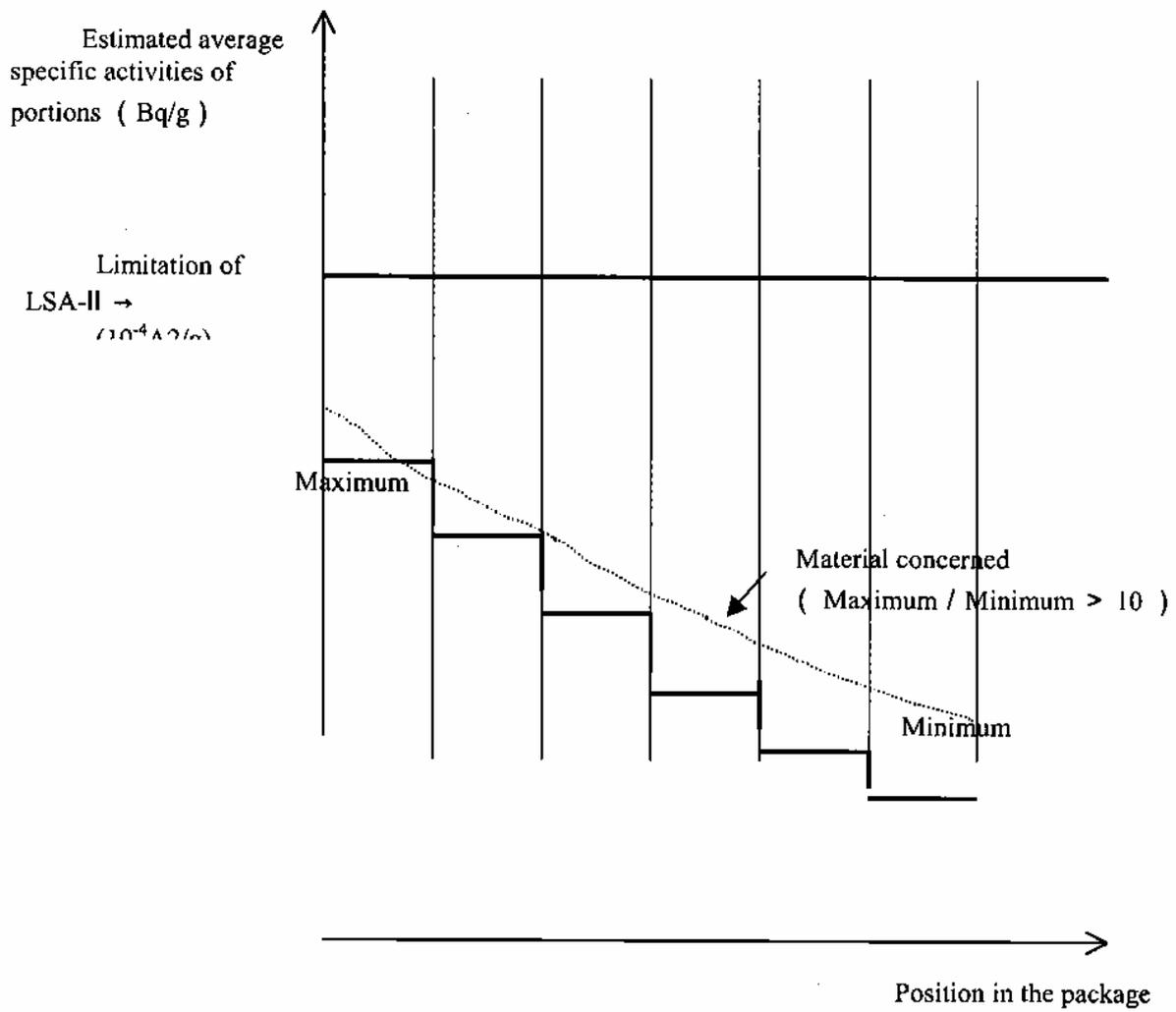


Figure 1 Distribution of the estimated average specific activities of portions

**2004-2005 Review/Revision Cycle
Comments on Proposed Change to TS-G-1.1 “Advisory Material for the
IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material”**

NOTES:

1. Please, do not submit comments to indicate agreement with any Proposed Change;
2. Please, complete one Comment Form for each Proposed Change on which comment is provided;
3. For all submissions please provide the rationale for response to the Proposed Change (item 5 below);
4. The Change Number (item 1 below) for a Proposed Change is found in column 1 of the document entitled, “Proposed changes for 120 day review”.

1. Change Number (See Note 4):	(Japan/02/01) para.226.4
2. Comment submitted by:	Name: TOSHIO SAITO Organization: Nuclear and Industrial Safety Agency, Government of Japan Address: 1-3-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8986 Japan Tel.: +81 3 3580 6158 Fax: +81 3 3501 8427 E-mail: saito-toshio@meti.go.jp
3. Date of comment:	15 July 2005
4. Response to the Proposed Change (mark appropriate box) (see Note 1):	<input checked="" type="checkbox"/> Agree subject to the amended Proposed Change in item 6 below: <input type="checkbox"/> Reject
5. Rationale for response to the Proposed Change:	<p>(1) The original proposal is to add to 226.14 in stead of 226.4 ‘However, it does not need to assess and compare the specific activity of each of these portions, provided that the estimated maximum average specific activity in any of these portions does not exceed 10^{-4} A₂/g for solids.’</p> <p>(2) The reason behind the proposal is that the proposed text is applicable not only to LSA-II but also to LSA-III provided in 226.14.</p> <p>(3) Finding out that the text of 226.4 as well as 226.14 on the table for review contains the aforementioned proposed text and recognizing also the need to clarify that the 10^{-4} 2×10^{-3} A₂/g criterion as provided in 226.4 is also applicable to 226.17, Japan proposes the following text, with slight modifications on the original proposal.</p>

6. Amended Proposed Change, if any:

(1) Delete the text in 226.4 that was proposed for addition thereto.

(2) The text of para.226.14 should be amended to read 'However, there is no need to assess and compare the specific activity of each of these portions, provided that the estimated maximum average specific activity in any of these portions does not exceed the ~~10⁻⁴A2/g~~ specific activity limits for solids. This is also applicable to para.226.17.' to para.226.14.

Note: The underlined wordings were added as modifications, striking out "~~10⁻⁴A2/g~~".

資料2 内航海運業法の運航管理制度

内航海運業法の運航管理制度は、平成16年6月改正により一般貨物船にも適用されるようになった。平成17年4月から施行されている。その概要は次のとおり。

1) スキーム

- ・ 船舶を運航する海運業者に①運航管理規程の作成・届出②運航管理者の選任・届出、を義務付け
- ・ 要件に適合していないと認められる時は、運航管理規程を変更すべきことの命令

2) 運航管理規程概要（ガイドラインによる）

I. 運航管理規程

1. 組織

- ・ 運航管理者の配置

2. 運航管理者の選任

3. 運航管理者の勤務体制

- ・ 常に連絡のとれる体制
- ・ 緊急時に迅速に対応を講じることができる体制

4. 運航管理者の職務及び権限

5. 運航管理規程の変更

6. 運航計画、配船計画、配乗計画の策定

- ・ 安全性の検討、確認

7. 運航の中止

- ・ 運航基準
- ・ 運用

③ 船長の判断

④ 運航管理者との協議、連絡

8. 情報収集、連絡

- ・ 運航管理者/船長の緊密な連絡

9. 輸送に伴う作業の安全の確保

- ・ 発航前点検
- ・ 船内巡視
- ・ 正常な当直業務の維持（飲酒、傷病等）

10. 輸送施設の点検整備

- ・ 法定検査
- ・ 日次点検と異常発見時の運航管理者への報告

11. 事故処理

- ・ 事故処理基準

II. 運航基準

1. 運航中止条件（風速、波高等）

- ・ 発航、入港中止条件
- ・ 航行中の貨物移動等を配慮した運航中止条件
- ・ 航行継続中止、反転、避泊、臨時寄港等の措置を行う条件
- ・ 狭視界航行措置実施条件（視程等）

2. 船舶の航行

- ・ 各配置の決定（出入港、通常航海当直、狭視界航海当直、荒天航海当直、狭水道航行）

- ・ 速力基準

- ・ 操縦性能表の備え付け（旋回性能、惰力等）

- ・ 日次報告（船長／運航管理者）

- ・連絡手段の規定（通常時、緊急時）

Ⅲ. 事故処理基準

1. 事故処理発生時の通報
2. 事故の処理等
 - ・ 運航管理者による船舶動静の把握と連絡途絶等異常事態の早期発見体制の整備
 - ・ 船長の取るべき措置
 - ① 損傷状況の把握、事故局限可否検討、連絡
 - ② 人身事故者救護
 - ③ 二次災害防止
 - ④ 不法行為者監視
 - ・ 運航管理者の取るべき措置
 - ① 事故の把握、救難必要情報収集分析
 - ② 海上保安官署救助要請
 - ③ 行方不明者捜策
 - ④ 救助人員、物資の調達補給
 - ⑤ 船長への連絡、助言
 - ⑥ 医師、病院の手配
 - ・ 事故処理組織の設置
 - ・ 事故調査委員会設置、原因究明

【注】 STCW に対応する国内法規

STCW	国内法
付属書第 8 章	A. 船員法第 117 条の 2、3、第 118 条、118 条の 2 B. 船員法 14 条の 4（航海の安全の確保） <ul style="list-style-type: none"> ・ 船員法施行規則第 3 条の 5（航海当直の実施） ・ 航海当直基準

資料3 ISM CODE (International Code for the Safe Operation of Ship and for Pollution Prevention)の概要

1) 経緯

- 1987.3 に発生した Herald of Free Enterprise の転覆事故（188 人死亡）を契機に、英国が中心となって制定された船舶管理のための規則
- 1993.11.4 I M O（国際海事機関）総会において採択された決議
- 1994.5 SOLAS 条約付属書に第IX章を設け、ISM CODE を強制化
- 1998.7.1 より国際航海に従事する旅客船、タンカー、ばら積貨物船、高速貨物船等に適用（強制）
- 2002.7.1 より国際航海に従事するその他の貨物船等に適用（強制）

2) 目的

- 海上における安全、障害、又は人命の損失並びに環境、特に海洋環境及び財産の損害回避を確実にする。

3) スキーム

- ① 会社の検査：安全管理システム（SMS）を確立
- ② 船舶の検査：安全管理システム（SMS）を確立
- ③ P S C : 寄港港による監督（Port State Control）を受ける

4) 概要

1. 一般

1.1 定義

- I S M C O D E
- 会社
- 主管庁

1.2 目的

- 会社の安全管理
- 安全管理システムは、①強制規則の遵守、②機関、主管庁、船級協会、その他海事機関の勧告、指針、基準に配慮

1.3 適用

1.4 安全管理システム（SMS）の機能的要件

2. 安全及び環境保護の方針

3. 会社の責任及び権限

4. 管理責任者

5. 船長の責任及び権限

- 会社は船長の責任の明確化、文書化
- 会社は安全管理システムの中に船長の権限を強調、明確な記述（船長が安全及び汚染防止に関し、決定を下す際の最大の責任と権限を有す）

6. 経営資源及び要員配置

7. 船内業務計画の策定

- 会社は、船舶の安全及び汚染防止に関する主要な船内業務の計画、指示作成の手順を確立
- 計画する業務を明確にし、適切な資格を有する要員に割り当て
 - ① 安全運航
 - ② 環境保護
 - ③ 貨物

(1) 港内業務

積荷、揚荷、機器の保守

- (2) 出港準備業務
喫水、復原性の確認、気象の評価、貨物の固縛、閉鎖装置の確認、航海用機器のテスト、stand by 配置、海図及び刊行物の確認
- (3) 航海中業務
操船、機関の当直配置、荒天航海、無線通信、船内ビルジ及び廃棄物の処理
- (4) 入港準備業務
指揮官及び補機のテスト、甲板機械テスト、入出港部署配置、水先人対応、バラストニング
- 重要業務
 - 手順書、指示書、計画書作成
 - 手順書、指示書、計画書作成指示書とおりの行動
 - チェックリストによる業務遂行
 - ー 重要業務の例
 - ① 規制水域、船舶輻輳海域での航行
 - ② 船舶輻輳海域にて、機器の突然の機能喪失（電源喪失含む）が即、船舶の操縦不能に繋がるような機器の操作
 - ③ 狭視界航行
 - ④ 荒天時の航行
 - ⑤ 危険貨物及び有害貨物の取扱
 - ⑥ 極めて危険な機器、設備の操作
- 8. 緊急事態への準備
 - 緊急事態の予知と対応手順確立
 - 訓練と演習
 - 会社の組織的対応手段の確立
- 9. 船舶及び設備の保守
- 10. 文書管理
- 11. 会社による検証、見直し、評価
- 12. 証書、検証及び監督

【参考】 関連重要条約：S T C W

Standards of Training, Certification & Watchkeeping for Seafarers,1978

(船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約)

付属書第 1 章	会社の責任	
付属書第 8 章	A.任務への適合	
	当直体制	
	休息	
	疲労と休養/任務遂行	
付属書第 8 章	B.直体制及び遵守すべき原則	
	会社が適切な当直体制維持を確保	
	航海当直者の部署離脱禁止	
	機関当直者の業務	
	危険物積載線の錨泊、係留中の当直体制	
	適切な資格者の配乗	} (詳細 別紙参照)
	航海計画	
	海上における当直	
	航海当直	
	機関当直	
	無線当直	

別紙：STCW 第8章 当直に関する基準

A-8-2 節

第1部 資格証明

第2部 航海計画

一般要件

航海前の計画

予定航路の確認と表示

予定航路からの離脱

第3部 海上における当直

一般的に当直に適用する原則

海洋環境の保護

第3-1部 航海当直の維持に当り遵守すべき原則

見張り

当直体制

当直の引継ぎ

航海当直の実施

特殊な状況及び特殊な海域における当直

清澄な天気

視界制限状態

夜間

沿岸の輻輳する水域

水先人が乗船している場合の航行

錨泊中の船舶

第3-2部 機関当直の維持に当り遵守すべき原則

当直体制

当直の引継ぎ

機関当直の実施

特殊な状況及び特殊な海域における機関当直

視界制限状態

沿岸の輻輳する水域

錨泊中の船舶

第3-3部 無線当直の維持に当り遵守すべき原則

総則

当直体制

無線当直の実施

第4部 港における当直

すべての当直に適用する原則

総則

当直体制

当直の引継ぎ

第4-1部 甲板当直の引継ぎ

第4-2部 機関当直の引継ぎ

第4-3部 甲板当直の実施

第4-4部 機関当直の実施

第4-5部 危険貨物を運送する船舶の港における当直

資料4 INFコード物質を運搬する船舶のための船上緊急時計画作成のためのガイドライン

総則

IMOのMEPCにより用意された本ガイドラインは、INFコード物質を運搬する船舶のための船上緊急時計画の準備のための情報を含んでいる。ガイドラインは、INFコードの見直し及び改正に関して総会から各委員会に命じられた作業の一部として作成された。

ガイドラインの主要な目的は

- INFコード物質を運搬する船舶の所有者が、包括的な船上緊急時計画を準備する際の支援となること。
- INFコード物質を伴う船上緊急時への対応、及び、INFコード物質を伴う海上事故時の援助及び処理に当たる当局に対して、国際法に従い情報提供を支援すること。

画一化を図るために、各政府は、当該の国内法を用意する際、ガイドラインを参照することを要請される。INFコード物質を運搬する船舶は、港内又は沖棧橋にいる間に、船上緊急時計画の携行について、正当に権限のある官憲による検査に従うこと。

INFコード物質による輸送事故への対応のために必要な緊急時の計画及び準備の形式は、ある程度、非放射性的の危険物又は有害物質を伴う輸送事故への対応のために求められるものに類似する。したがって、緊急時対応の組織及び人員は、INFコード物質を伴う事故により起こりうる幅広い影響を効果的に抑えるための専門知識、技術及び装置を利用し、他の種類の危険物又は有害物質を伴う事故への対応に用いられる考えを適用することができる。

他の国際規則により船舶が船上緊急時計画の所持を求められる場合は、ガイドライン中に規定される計画は、他の計画と統合できる。この場合、統合された計画の表題は「船上用海上緊急計画」とすること。

1 序

1.1 ガイドラインは、INFコード物質を運搬する船舶のための船上緊急時計画（「計画」）を準備する際の支援とするために作成された。ガイドラインは、INFコードの見直し及び改正に関し総会が命じた作業の一部として特に新たに「コード」に追加された27項を考慮して作成された。「計画」は、「コード」に従って承認される。

1.2 ガイドラインの目的のための定義

1.2.1 事故とは、輸送容器の健全性の喪失をはじめとし、原因は同様であってもINFコード物質の放出又は同物質を収納した貨物の放出の可能性のあるすべての事象又は一連の事象を意味する。

1.2.2 船上緊急時計画又は「計画」とは、INFコード物質を運搬する特定の船舶のために作成され、緊急時対応のための船上での準備を確実にするための手順を含む文書を意味する。

1.2.3 放出とは、INFコード物質の密封装置からの漏出又はINFコード物質の輸送物の喪失を意味する。

1.3. ガイドラインは、三つの節より成る。

- .1 序：この節は、主要事項の概要を示し、また、読者に対して、ガイドライン及びこれをもとに作成されるであろう「計画」の基本的な概念を紹介する。

- 2 必須規定：この節は、「計画」に最低限含めるべき要素を規定する。
- 3 追加規定：この節は、「計画」に含めるその他の情報に関するガイダンスを規定する。そのような情報は、船舶が立ち寄る際の地方当局により求められるか、又は、緊急時に対応する際の船長への追加的な支援を既定するために加えられる。この節は、計画の更新及び計画を試験するための訓練と演習についてのガイダンスも規定する。
- 1.4 ガイドラインの概念：ガイドラインは、INF コード物質の運搬に従事するそれぞれの船舶のための特別な船上緊急時計画を準備するための出発点を提供しようとするものである。「計画」の作成者は、彼らの船舶に適用される多くの変数を「計画」の中で考慮すること。これらの変数とは、次のようなものである。即ち、船舶の種類及び大きさ、INF コード物質の分類及びその物理的性状、航路、及び陸側の管理体制である。ガイドラインは、「計画」の作成者が、実際の「計画」を作成するために選択するメニューの編集を意図したものでなく、むしろ、緊急時対応のための準備を確実にするための手順である。「計画」を効果的なものとするため、対象とする船舶毎に注意深く作成されること。「計画」の作成に当たって、ガイドラインを適切に用いることによって、すべての固有の問題が確実に考慮される。
- 1.5 「計画」の概念：「計画」は、事故の拡大を防止し、INF コード物質の実際の又は有り得る放出に対処する担当者を支援するために利用可能なものである。その主要な目的は、放出を防止又は最小にし、また、その影響を低減するために必要な行動を開始することである。事故の大きさにかかわらず、効果的な計画を作成すれば、組織的で、論理的で、安全で、時宜を得た方法により必要な行動をとることを確実にならしめる。
 - 1.5.1 「計画」は、小さな又は日常的な緊急時について規定する。しかしながら、船舶も巻き込まれるような大規模な事故に遭遇した際に船長が必要とする支援のガイダンスも含めること。
 - 1.5.2 前もって決定され適切に構成された「計画」の必要性は、緊急の状況に直面する人員が直面する圧力及び多数の仕事の考えると明白である。緊急事態の最中に適切な計画がないことは、しばしば混乱、誤り及び重要人物への助言を損なう結果となるだろう。遅延を招き、時間が浪費され、そうしている間に状況は悪化するだろう。結果として、船舶、乗船者更には公衆が増大する危険にさらされ、より大きな環境損害をもたらすことになるだろう。
 - 1.5.3 船上緊急時計画は、現実的、実践的で、利用が容易であること。それらは、船上でも陸上でも船舶を扱う担当者に理解されるとともに、常に評価され、見直され、更新されること。
 - 1.5.4 計画される「計画」は、簡潔な文書とする。船長をガイドするために事故対応中に求められる様々な行動及び決定を要約しフローチャートとチェックリストは強く推奨する。情報が一目でわかり、論理的な流れを提供することによって緊急事態における誤り及び見落としを除去できる。一般的に他で得られるような船舶又は貨物に関する広範な背景情報を含めることは、避けるべきである。もし、そのような情報が必要ならば、船員が「計画」の実行に当たる力を減じないように付属書に納めること。
 - 1.5.5 1.5.4 項に言及される要約したフローチャートの一例は付録 I に含まれる。
 - 1.5.6 さらに、「計画」は、船舶の船長及び士官が船上で用いる文書として意図されているものであるから、英語のコピーと同様に、「計画」に責任ある乗組員により理解された言語による写しが船上に携行されることが必須である。船長及び士官の交代で業務言語が変わ

る場合、新しい言語での「計画」の発行を要請される。

- 1.6 行動のための責任：INF コード物質を伴う海上輸送事故への準備及びこれを扱う責任は、一般的に幾つかの者に分けられる：政府、機関及び担当者である。事故の重大度または重大である可能性にあつて、これらの者の責任及び関与の程度が決められる。
 - 1.6.1 荷送人又は荷主は、INF コード物質の輸送前に、運送人が、そのような物質を伴う事故の際に、船上及び陸上の機関に従うべき手順について十分に認識させることを確実にする責任を有する。INF コード物質の輸送に関係する、適用されるすべての国際的、国内的、州の又は地域の規則又はガイドラインを知り、適合させること。更には海上輸送時に予想される可能性のあるすべての困難への対処方法をわかまえていることは、荷送人又は荷主の責任である。加えるに、荷主は、運送人に対して、適切な技術的情報、緊急時の指示及び通報情報について利用可能とすること。一般的に、荷送人は、輸送に係る詳細で時宜を得た情報を提供することにより、INF コード物質を伴う事故への緊急時対応を支援し、必要ならば直ちに資材を事故現場に送れるよう準備すること。そのような支援のための計画は、「計画」に補足すること。
 - 1.6.2 運送人も、また、輸送中及び事故時の双方の安全について責任を有する。一般的に、運送人及び荷主の双方とも、INF コード物質を伴う事故に対して迅速に対応するよう準備すること。運送人も、また、INF コード物質の輸送に係るすべての適用される規則を知り、かつ、従わなければならない。これは、次のようなものが含まれる。即ち、航路沿いのすべての地域での異なる対応手順について知らされること、事故が起こった際に、INF コード物質を伴う事故への対応について知識を有する者により適正に、かつ直ちに評価されることを確実にすること、事故の際、荷送人／荷主及び乗組員による迅速なる対応を容易ならしめること、すべての必要な通報が迅速に成し遂げられることを確実にすること。つまり、運送人の担当者は、直ちにもっとも近い沿岸国、荷送人及び他の適当な当局に通報し、かつ、「計画」に従って行動することを確実にすること。
 - 1.6.3 「計画」は次のように配布されること
船主及び運後航者は、「計画」の写しを保管し、その写しの一部を船上に備えること。
 - 1.6.4 「計画」は、次についてはっきりと強調すべきである。
いくつかの沿岸国は、船主の責任への干渉を避けながらも、海洋汚染事故に対してとるべき技術及び手段を明らかにすること並びに更なる汚染の原因となるような運行について判断を下すことは船主の責任だと考えている。各国は、一般的に、1969年の油による汚染を伴う事故の場合における公海上の措置に関する国際条約及び1973年の油以外の物質による汚染を伴う事故の場合における公海上の措置に関する議定書に基づきそのようにする権利を有する。
- 1.7 INF コード物質を伴う事故のために計画する際には、地域の当局及び機関の緊急時対応計画も含む手順の一部として取り込まれること。上記1.6.1項に記されているように、運送人は、INF コード物質の輸送に関係する国際規則、国内規則、州規則、地方規則及び海上輸送する際に荷送人又は荷主に予測された潜在的な問題を十分認識しなければならない。
 - 1.7.1 それぞれの「計画」の内容は、INF コード物質の輸送に使用される船舶の型、輸送に使用される容器及び関連する輸送事故の潜在的な結末を考慮して決定すること。付録のⅡは、「計画」の作成に便利であろう追加の情報源を提供している。
- 1.8 多数の船舶を扱う船主又は運航者は、「計画」がカバーする船舶ごとの別々の船舶特有の付属書及び、船舶が航行する沿岸国ごとの別々の地理的な特有の付属書を伴う一つの計画を準備してもよい。

2. INF コード物質を運搬する船舶のための船上緊急時計画の必須規定

2.1 コードの第 27 項に従って、「計画」は最低限次を含む。

- 1 29 項に規定の通り、INF コード物質を伴う事故を通報するための、船長又は船舶に責任を有する他の者が従うべき基準
- 2 INF コード物質を伴う事故の際に連絡をとるべき当局又は担当者リスト
- 3 事故後の INF コード物質の放出を防止し、減少し又は制限し、喪失の影響を軽減するために船上で担当者が直ちに取るべき行動の詳細なる説明
- 4 国及び地域の当局と連絡しつつ行う船上行動のための連絡手段と要点

2.2 「計画」は次のように当該船舶特有の情報を規定すること。

- 1 船名、船籍国、コールサイン、適用されるならば IMO 識別番号
- 2 24 時間ベースで、連絡のとれる荷送人、荷受人、荷主、船主又は運航者の名称、住所及び手順
- 3 船上通信設備の識別

2.3 沿岸国通報：INF コードの第 27 項は、最寄りの沿岸国は、実際の又は起こり得る放出について通報されるべきことを規定している。この目的は、適切な行動がとれるように、海洋環境の汚染又は汚染の恐れがあるいかなる事故、又は INF コード物質を輸送する船舶の損傷、欠陥又は故障の場合について、遅滞なく沿岸国に知らせることを確実にすることである。

2.3.1 いつ必要か：「計画」は、沿岸国への通報がいつ求められるかを船長が決定することを可能とする、明確で、簡潔なガイダンスを規定すること。

2.3.1.1 実際の放出：最寄りの沿岸国への通報は、INF コード物質の如何なる放出があるときも要請される。その通報は、接触、衝突、座礁、火災、爆発、構造欠陥、浸水及び貨物の移動を含み、船舶の安全性に影響を及ぼし、結果として、操舵装置、推進装置、発電設備及び重要な船舶航法援助装置の欠陥又は故障を含み、航行の安全性を損なうような INF コード物質運搬船の損傷、欠陥又は故障の場合に行われること。

2.3.1.2 起こり得る放出：「計画」は、実際の放出がなくても、放出の危険を示し、また、そのための通報を要請するような状況を判断するための手引きを船長に与えること。そのような危険があるか否か、また、通報をなすべきか否かを判断するに当たっては、最低限、次のことを考慮すること。

- 1 船舶、機関、機器の損傷、欠陥若しくは故障の状況又は輸送物の健全性の喪失
- 2 船位及び、陸岸又は他の航海上の危険との接近
- 3 気象、潮汐、潮流及び海象
- 4 交通密度

2.3.1.3 通報の義務を正当とするような危険を伴うすべての状況の適切な定義を定めることは実際的ではない。一般的なガイドラインとしては、船長は、次の場合に通報すること。

- 1 衝突、座礁、火災、爆発、構造欠陥、浸水又は貨物の移動等、船舶の安全性に影響する損傷、欠陥又は故障
- 2 操舵装置、推進装置、発電装置及び必須の船舶航法援助装置の欠陥又は故障のような、航海の安全を損なう結果となる機器又は装置の欠陥又は故障
- 3 INF コード物質の放出又は放出の可能性のある輸送物の健全性の喪失

2.3.2 必要な情報：「計画」は、沿岸国への初期の通報を行うための手順を適宜詳細に明示しなければならない。IMO の決議 A.648(16)中の通報に関する IMO のガイドラインは、「計画」作成者に必要な事項を詳細にしている。「計画」は、例えばこのガイドラインの付録書に含まれるような、準備された通報様式を含むこと。沿岸国は、この付録様式に記載され

た情報に注意しつつ、これを十分な情報として受け入れることが推奨される。補足の、又は引き続いての通報には、可能な限り同じ書式を用いること。

2.3.2.1 船上の担当者による初期の通報は、次の質問に対する回答を含むこと。

- 1 船上に怪我人はいるか
- 2 INF コード物質の近くに火災はあるか（又はあったか）。
- 3 いかなる種類の放射性又は科学的な危険性が存在するか。
- 4 風向を含む気象状況はどうか。

2.4 連絡を受けるべき担当者、当局及び機関のリスト

2.4.1 INF コード物質を伴う事故に巻き込まれた船舶は、沿岸国又は港湾当局及び船舶関係者双方の連絡先と連絡を取らなければならないだろう。「計画」は、通報のための初期の及び補足の連絡方法の説明を含むこと。

2.4.2 連絡先リストを編集する際には、24 時間の情報提供できる連絡先を明示するとともに代替の連絡先も当然考慮されなければならない。具体的には、担当者の変更及び電話、ファックス、e-mail、及びテレックスの番号の変更を考慮して、日常的に更新されなければならない。優先する連絡手段（電話、ファックス、e-mail、テレックス等）に関する明確なガイダンスもまた規定すること。

2.4.3 沿岸国連絡先

2.4.3.1 対応をはかどらせ、INF コード物質を伴う事故の損害を最小にするため、最寄の沿岸国が遅滞なく通報を受け取ることが重要である。

2.4.3.2 「計画」は、INF コード物質を伴う事故の通報を受け取り、処理する責任を有する当局又は官吏のリストを付録として含むこと。リストに掲げられた連絡先が不在又は直接の手段による責任当局への連絡が遅延される場合には、船長は、可能なもっとも早急なる手段により、最寄りの救助支援センター、沿岸の無線局又は指定された船舶動静通報局と連絡するように助言されること。

National Operational Contact Points の IMO リストを参照

2.4.4 港の連絡先

2.4.4.1 港にいる船舶では、地域の当局への通報はすばやい対応をするようにする。定期的に訪れる港に係る情報は「計画」の付録として含むこと。これが出来ない場合は、「計画」に従って船長は、港への到着に関する地域の通報手順に係る詳細を入手することを要請すること。

2.4.5 船舶関連の連絡先

2.4.5.1 「計画」は事故の際に連絡すべきすべての船舶関係者の詳細を規定しておくこと。この情報は、連絡先リストの形に編集されること。そのようなリストを編集する際には、重大な事故の際には船上の担当者は人命救助に専念し、また、事故の影響を最小限とするための処置をとっていることをすべきである。わずらわしい連絡要件を課すことによって作業の邪魔をしてはならない。

2.4.5.2 手順は、会社によって一様でないだろうが、「計画」が、貨物の所有者、保険業者及びサルベージ関係者といった様々な関係者への連絡に誰が責任を有するのかはっきりと明示することが重要である。さらに、船舶の「計画」とその会社の陸側の「計画」が関係するすべての関係者が連絡を受け、報告の重複が避けられるように調整されていることも

重要である。

- 2.4.5.3 乗組員の放射線の専門家に加えて、特別なモニタリングチームを派遣することにより放射線モニタリング及び評価が出来る。「計画」は、そのようなチームの支援が必要なときに彼らが迅速に通報されるように、24時間体制の連絡先を明確にしておくこと。

2.5 船上の緊急時手順

- 2.5.1 船上の担当者は、常時、船舶からの INF コード物質の放出を防ぎ、減少し又は制限するために迅速な行動をとるための最良の配置にいるようにする。「計画」は、船長に対して、様々な状況に対するそのような行動をどう為し遂げるかに関するはっきりしたガイダンスを規定すること。「計画」は、標準の実行手段又は詳細なるガイダンスが、緊急時対応が迅速で、調整が取れており、かつ十分であることを確実にするだろう状況を明確にすること。「計画」は、とるべき行動を示すばかりではなく、緊急時の混乱を避けるため、船上で誰が責任を有するのか、また乗組員の役割は何かも明らかにすること。

- 2.5.2 「計画」のこの節は、船舶毎に大きく異なる。船舶の大きさ、構造、装置、配乗さらには航路の違いによって、この節での重点の置き方が変わってくる。最低でも「計画」は、船長に対して、以下に示すように船舶の安全な運行に影響する緊急時に対処するガイダンス及び INF コード物質を伴う実際の又は潜在的な緊急時に対処するための手順を提供すること。

- .1 「計画」は、荷積み又は荷下ろしの間に損傷したであろう INF コード物質又は輸送物を船舶から安全に取り除くための手順を示すこと。
- .2 「計画」は、船長が特定の事故に対処する際すべての要員を適切に検討することができるように種々のチェックリスト又はその他の手段を含むこと。以下、検討されるべき海難の例を示す。
 - .1 乗り上げ又は座礁
 - .2 火災／爆発
 - .3 衝突
 - .4 船殻欠陥、重大な構造欠陥、浸水又は天候による重大な損傷又は着氷
 - .5 過度の傾斜
 - .6 装置の欠陥（例えば、主推進装置、操舵装置等）
 - .7 閉じ込め機能の欠陥（例えば、INF コード物質の放出、危険な状況を生む貨物の汚染又は貨物の喪失）
 - .8 安全の脅威
 - .9 水没又は浸水沈没
 - .10 難破

- 2.5.3 INF コード物質の放出の防止、軽減又は制限するための乗組員の手順。船舶の喪失又は損傷は、輸送物の喪失につながる可能性がある。しかしながら、船舶の事故には起因しない輸送物の事故について貨物の漏れがあったとしても、それが適宜検出され適切に処理される場合には、必ずしも乗組員又は船舶の安全な運行に対する差し迫った脅威とはならないだろう。しかしながら、次の事故を想定して手順を作成し、訓練すること。

- .1 遠隔監視装置により発見される異常な放射線レベル
- .2 衣服、靴又は貨物倉の外の場所における異常な放出汚染の発見
- .3 輸送容器の冷却材の喪失又は漏れ
- .4 輸送容器の輸送位置からの移動又はずれ
- .5 輸送容器表面の予期しない温度上昇
- .6 荷積み又は荷下ろしの最中の輸送容器の落下

2.5.4 チェックリスト及び担当者の業務分担に加え、「計画」は、船長に対して、優先的行動、復原性及び応力への配慮及び貨物の移動に関するガイダンスを規定すること

2.5.4.1 優先的行動：この節は、事故の広い範囲に適用するいくつかの一般的な考慮を規定する。「計画」は、これらの広範囲の論点に関する船舶特有のガイダンスを船長に対して提供すること。

- 1 事故に対応して、船長が優先させるべきことは、担当者及び船舶の安全を確実にし、事故の拡大を防ぐ行動を取ることである。INF コード物質の放出を伴う事故においては、放出した又は喪失した貨物の風上に船舶を向けるための進路の変更、不必要な空気取り入れ口の閉鎖、防護服の使用等といった担当者の汚染の防止のための手段が迅速に考慮されること。操縦が可能な場合は、船長は、陸側の適当な当局と連絡しつつ、緊急の修繕作業、貨物の移動作業を容易にするため、又は特に神経質な海洋若しくは海岸線域に対する脅威を減じるために、船舶をより適切な場所に移動させることを考えてもよい。そのような移動については、沿岸国と調整すること。
- 2 改修方法を検討する前に、船長は、船舶及び INF コード物質の輸送容器が被った損傷に係る詳細な情報を入手する必要がある。安全に行える場合には、目視による検査が行われること。更にどのような行動が必要かの適切な判断を可能とするように標準的な装置及び放射線評価手順によって状況を評価するために、訓練された適切な数の乗組員が船上にいること。場合によっては、放射線モニタリング及び評価チームの派遣が要請され、INF コード物質の放出による事故の結末を適切に評価する。初期評価としては、次の三つの基本的な事項が考慮されること。
 - INF コード物質の量及び種類の確認
 - 輸送コンテナ又は輸送物の健全性が破られていないかどうかの確認
 - 適当な機器を利用したモニタリングによる存在する放射線の危険性の評価(もしあれば)
- 3 初期の測定の結果に基づいて、船長は、放射線専門家による助言を受ける必要性を評価すること。測定結果を記録として残すために測定の情報、事故の地域の地図又は略図上に記録すること。
- 4 被った損傷を評価した後、船長は、更なる又はより重大な放出を避け、又は最小限とするために如何なる行動がとられるべきか、そして、そのような行動を支援するための十分な数の適切に訓練された乗組員が船上にあるべきかを決定する立場にあるだろう。適当な場合、「計画」は、損傷時復原性及び損傷を受けた縦強度の評価を行うためにもとめられる情報のリストを提供すること。
- 5 消化及び放射線モニタリングチームはもとより、船舶の乗組員は、防護服及び呼吸防護装置を必要とする。放射線汚染及び空中の放射性物質の吸入に対する防護のために、事前に装置の選定をしておくこと。

2.5.4.2 貨物の移動。貨物の移動が実行可能である場合、そのような INF コード物質のために、「計画」は、貨物の船舶対船舶の移動のために従うべき手順に関するガイダンスを提供すること。既存の企業が持っている手順を「計画」の中で参照できるようにする。船舶対船舶の移動作業のための企業の手順書の写しは「計画」とともに保管されること。そのような作業は沿岸国の管轄権に従うであろうことから、「計画」は、この活動は沿岸国と協調する必要があることを記述しておくこと。

2.5.4.3 軽減行動。船舶及び担当者の双方の安全が措置された後、船長は、「計画」により与えられるガイダンスに従った軽減行動を開始できる。「計画」は、次のような面に言及する。

- 1 関係する INF コード物質の物理的、化学的及び放射線学的性質

- 2 封じ込め及びその他の対応技術
 - 3 隔離手順
 - 4 担当者の除染
 - 5 すべての汚染物質の安全な貯蔵
- 2.5.5 2.5.2 項及び 2.5.3 項中に言及される状況への対応のために必要な情報を得るために、一般配置図のような一定の図面、スケッチ、及び船舶固有の詳細情報が船上で利用可能であること。「計画」は、現在の貨物、バンカー、及びバラストの情報（量及び明細を含む。）がどこで利用可能かを示すこと。
- 2.5.6 安全。船舶は、爆弾の脅威にさらされたり、妨害行為や許可されない訪問者を受けることがある。もし適切に扱わなければ、これらの出来事は、船舶の安全航行に危険をもたらす。標準的な手順は、人への危害につながりかねない一部の乗組員の過度な反応もまた防止するようにする。手順は、次のために作成されること。
- 1 爆弾の脅威と結果としての搜索。
 - 2 脅威が増大する最中の訪問者、手荷物、車両及び積み荷の調査
 - 3 無許可の乗船者があった場合の行動を含む舷門手続き。
- 2.6 国及び地方との協調。船舶と沿岸国又はその他の関係者との迅速で、能率的な協調は、INF コード物質を伴う事故の影響を軽減する際にきわめて重要となる。「計画」は、適当な場合には、軽減行動に関する協議及び／又は許可のために沿岸国に連絡をとる必要性について記述すること。上記 1.6.1 項も参照。
- 2.6.1 様々な国及び地方の関係当局の独自性及び役割は国により、港により大きく異なる。放出の対応への責任への取り組みもまた異なる。ある沿岸国は、迅速なる対応の責任を有する機関があり、後で所有者に費用に対する請求書を送付する。他の沿岸国では、対応を開始する責任を船主に置いている。
3. 追加規定
- 3.1 中核規定として特定された規定に加えるに、「計画」に追加的なガイダンスが規定されてもよい。そのようなガイダンスに含まれるものは、図表及び線図、放射線モニタリング装置を含む船上の緊急時装置、広報、記録の保管、物品の対応の情報、及び関連資料に関するものである。
- 3.2 図面及び一覧図：上記 2.5.5 項で求められる図面に加えて、船舶の設計及び構造に係るその他の詳細が「計画」に添付されるか、又はそれらの所在場所が記述されてもよい。
- 3.3 緊急時対応措置：船舶は、緊急時対応の装置を船上に携行する。この装置の種類及び量は、輸送される INF 物質の種類により異なる。「計画」は、そのような装置の目録を示すこと。更に、安全な使用のための説明及び、そのような使用がいつ適切かを船長が決定するのを支援するためのガイダンスを規定すること。乗組員による装置の使用が实际的で、かつ、安全性が配慮されていることを確かめることに留意すること。「計画」は、装置の配置、その監視及び保守のための担当者の責任を明確にしなければならない。その安全で効率的な使用を確実にするため、「計画」は、その使用に係る乗組員の訓練についても規定すること。
- 3.4 陸側の対応の調整者又は有資格者：「計画」は、船長が出来る限り、陸側の対応担当者及び装置を手配する責任者との間で初期的行動を要請し、調整するためのガイダンスを規定すること。
- 3.5 計画の基準：要請されるべき対応方策の内容の検討を容易ならしめるため、可能性のあるシナリオが分析され、それによって計画されること。

- 3.6 公開情報：船主は、「計画」中に、船長がニュースメディアへの情報の配給を扱うためのガイドランスを含めることを欲するかもしれない。そのようなガイドランスは、差し迫った緊急事態のために既に多忙である船舶の担当者の負担を減じるように作成されること。
- 3.7 記録の保持：結果的に責任、賠償及び返済問題を含むだろう他の事故と同様に、所有者は、「計画」が INF コードの物質の事故の適当な記録の保持のためのガイドランスを含めることを欲するかもしれない。船上でとられたすべての行動を詳述することとは別に、記録は、外部の当局、所有者及び他の関係者との連絡並びに発し、受け取った決定及び情報を含むかもしれない。放射線モニタリングに関する実施詳細もまた記録されること。
- 3.8 「計画」の見直し：所有者、運航者又は船長による定期的な「計画」の見直しは、それに含まれる固有の情報が現行のものであることを確実にすることが勧告される。変更した情報を迅速にとらえ、それを「計画」に編入するようなフィードバックシステムが採用されること。そのフィードバックシステムは、次の二つの方法を組み込むこと。
- 1 定期的見直し：「計画」は、所有者又は運航者により、地域の法律又は政策、連絡先の名称及び番号、船舶の特徴、又は企業の政策の変更をとらえるために、最低でも年ごとに見直されること。
 - 2 事象見直し：事故に対応での「計画」が使用された後には、その有効性が所有者又は運航者により評価され、それに応じて変更が行われること。
- 3.9 「計画」の演習：「計画」は、もしそれを用いる担当者が熟知していなければ価値が小さい。訓練及び日頃の演習が、意図されたとおりの「計画」の機能並びに示された通信及び連絡が正確であることを確実にする。そのような訓練及び演習は、他の船上の訓練及び演習とともに行われ、かつ、適切に記録される。船舶が緊急時装置を携行していれば、乗組員による実地の経験は、緊急事態での安全性及び効果を大きく高める。そのような演習の実施後、「計画」は部分修正される必要があるだろう。
- 3.9.1 教育の手順：「計画」は、教育手順及びに船主又は運行者が乗組員の知識及び専門性をあるレベルに維持するための計画について扱ってもよい。INF 物質の輸送に関係する荷送人及び運送人は、彼らの緊急時命令及び関係物質の種類の種類潜在的危険性に関連する訓練をすること。教育計画は、事故に対応する際に担当者が演じなければならない役割に合致すべきである。緊急時対応組織のすべての担当者の熟練度を保持するために定期的で簡単な再教育を、並びに事件の経験及び実際の問題の見直しを促進すべきことが規定されること。船上に持ち込まれた船内に備え付けられた放射線モニタリング設備の使用に関するガイドランスもまた規定されること。
- 3.9.1.1 教育の目的は、船舶の乗組員に基礎的な情報を提供することである。教育は、そのような出来事に明らかに運用できる科目を手短かにカバーしていること。情報としては、救急、放射性物質の危険性、防護措置及び輸送に係る規則（特に、輸送に関する文書、標札、表示及び標識並びに防火面に関すること）の基本事項を含むべきである。放射線被ばく及び放射能汚染から人々を守り、汚染の拡大を制限するための基礎的な原則が訓練に含まれること。教育の企画を成功に導くためには、標準的な教育の準備が望ましい。
- 3.9.1.2 技術的教育：船長及び船舶の士官の技能を保持するためには、より広範な訓練計画が必要である。これらの者のための教育は、最低でも、放射線モニタリング装置を用いた事象評価技術、防護服及び装置を用いた防護措置の実地、基礎的な気象学、輸送に関する規則及び放射性物質の輸送物に関するさらに詳細な教育が含まれること。
- 3.9.2 演習及び訓練の手順：「計画」は、準備の適切な程度を維持するために、船主又は運航者

によって実施される演習及び訓練の計画も扱ってよい。船長及び乗組員の対応能力及び技能を試験するためのシナリオを作成し、用いることができる。演習は、計画のすべての主要な面を試験するために作成された現実的なシナリオを作成し、用いることができる。演習は、計画のすべての主要な面を試験するために作成された現実的な事故演習シナリオを基礎とすることができる。演習は、通信網の有効性、緊急用資源及び専門家チームの動員、及び関連の機関と役務の協力を試してみることが目的とする。また、演習の目的の一つは、担当者が事故を十分に扱える信頼を強めることである。緊急時計画に示される装置及び機器が演習に用いられることができる。演習は、連絡又はそれに関連する通信の中で、演習である旨を明確に特定されること。

- 3.9.2.1 訓練は演習より限定されるもので、個々人の特殊な技能を伸ばし、試験し、維持するために企画される。例えば、連絡及び通報の訓練は、事件の通報、様々な機関への警告、及び通信装置の操作担当者の熟練度を試験する。消化訓練は、消火装置の操作に限定されてもよい。このため、訓練は、演習の部分的なものと考えてもよく、調整されて同時に実施される各訓練は、一つの演習を構成する。
- 3.9.2.2 規定は、資格のある監査人による訓練及び演習の批評に使われてもよい。訓練及び演習の結果は、適切に緊急時計画の改善の基礎として用いられること。通信の記録及び演習のビデオ撮影は、参加者の学習にとっての貴重な助けとなる。現実の緊急時の報告と批評もまた、訓練の助けとして用いられること。
- 3.9.3 規定は、放射線機器、通信及びその他の装置の試験に役立つものであること。装置の状態は、訓練又は演習と共に定期的に、その他のときに許可を得て検査されること。すべての訓練及び演習の記録は、日付及び出来事の結果を示し、船上に保持されること。加えるに、確認された如何なる欠点又は不足も、迅速に文書で示され、正されること。
- 3.10 サルベージ：「計画」は、船舶が部分的に又は全面的に不具合となるような事故の際の乗組員の責任及び、何が危険な状況を構成するのかに係る情報を含むこと。船長がサルベージの援助をいつ得るべきかを決定する際に助けとなる手順が「計画」中に概説されること。決定手順は、次を含むべきであるが、これに限定されない。
 - 1 最寄りの陸地又は航行上の危険
 - 2 船舶の姿勢及び漂流
 - 3 船舶の姿勢及び漂流に基づく危険を伴う影響の場所及び時刻
 - 4 事故復旧予想時刻
 - 5 最寄りの可能な支援及び対応時間（即ち、タグ支援で言えば、現場に到着し、策を固定するのにかかる時間）の決定。操縦性が低下するような事故が航行中の船舶に生じた場合、船長は、復旧予想時間に関わらず、支援の対応時間を考慮しながら、問題解決までの時間を決定する必要がある。何かを復旧するのに必要な時間が船上での問題解決の時間を超えるようなときは、支援を求めることを躊躇すべきではない。
- 3.10.1 「計画」は、サルベージの支援との連絡及び確保のリスト及び方法を含むこと。

執筆担当者

有富 正憲
時繁 哲治
石倉 武
北村 欧
青木 健作
苅込 敏
森本 恵次
後野 和彦
前中 浩

木倉 宏成
尾崎 幸男
田所 昇
鈴木 浩
宮澤 徹
石川 真澄
神谷 和也
臼井 謙彰
山下 優一

遠藤 久芳
三宅 庸雅
横田 浩明
広瀬 誠
志村 重孝
白井 茂明
高橋 治
甲斐健太郎

小田野直光
藤原 秀介
丸岡 邦男
河井 健次
三浦 広志
須田 昭一
小柳 康一
中川 直人

発行者 財団法人 日本船舶技術研究協会
東京都港区西新橋 一丁目 7 番 2 号 (〒105-0003)
虎ノ門高木ビル 5 階
電話 : 03-3502-2132 (総務部)
03-3502-2134 (基準部)
ファックス : 03-3504-2350
ホームページ : <http://www.jstra.jp/>

本書は、日本財団の助成金を受けて作製したものです。
本書の無断転載・複写・複製を禁じます。