11 原子力安全規制
11-02 原子力施設の安全規制
11-02-06 核燃料物質等の輸送の安全規制
11-02-06-14 核燃料物質の船舶運送

＜概要＞

核燃料物質は国際原子力機関（IAEA）が定めた「放射性物質安全輸送規則」に従って国際的な運搬が行われている。この規則の中で、輸送物は収納される放射能量によって「L型輸送物」、「Ａ型輸送物」および「Ｂ型輸送物」に区分される。また放射能の濃度が低いものや、表面のみが汚染されたものを対象とした「IP型輸送物」がある。運搬に当たっては、これらの区分ごとに定められた技術基準を満足することが要求されている。技術基準に合致していることについては、（１）輸送物設計承認、（２）容器承認、（３）車両運搬確認、（４）積載方法承認、（５）運搬届というように、段階的に確認が行われている。ここでは、これらの基準に従って実施している船舶運送の実例を紹介する。核燃料物質の船舶運送の代表的な例としては、六フッ化ウランと使用済燃料の運送がある。これらの運送は、多くの場合、いずれも陸上輸送と海上輸送とが一貫して行われている。

＜更新年月＞

2008年12月

＜本文＞

核燃料物質または核燃料物質によって汚染された物（核燃料物質等）は、図１に示すように核燃料サイクルの大きな流れに従って輸送されている。

核燃料物質の船舶運送の代表的な例として六フッ化ウランと使用済燃料の輸送がある。これらの輸送は、多くの場合、いずれも陸上輸送と海上輸送とが一貫して行われている。

１．安全規制の概要

核燃料物質等の輸送については、国際原子力機関（IAEA:International Atomic Energy Agency）で国際基準となる「放射性物質安全輸送規則」（IAEA輸送規則）が定められている。そのため、各国は、このIAEA輸送規則（2005年版）に従って安全規制を実施している。

わが国においても、このIAEA輸送規則（2005年版）に準じて輸送の安全規制が行われており、図２の「工場又は事業所の外」に示すとおり、陸上、船舶および航空の輸送規制区分ごとに、経済産業省、文部科学省、国土交通省および都道府県公安委員会により実施されている。

このうち核燃料物質等の海上輸送に係る安全規制は、「船舶安全法（昭和8年3月15日法律第11号）」に基づき国土交通省および海上保安庁が実施している。特に、陸上輸送と海上輸送が一貫して実施される場合、核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律（「原子炉等規制法」と略す）に基づき主務大臣の確認を受けた時には、「船舶安全法」に基づく国土交通大臣の確認も受けたものとみなされることになっている。

２．輸送物の安全基準

核燃料輸送物は、収納する放射能の総量により「Ｌ型輸送物」、「Ａ型輸送物」および「Ｂ型輸送物」に区分され、また、これらの区分の他に、放射能濃度が低いものや表面のみが汚染されたものの「IP型輸送物」の４つに区分される。ここで、「核燃料輸送物」とは、核燃料物質等が容器に収納されているものをいう（「事業所外運搬規則」第１条）。さらに、核燃料物質のうちでもウラン235、プルトニウム239およびこれらの化合物等の核分裂性物質は、ある条件を満たすと臨界になる性質をもっているため、上記の区分とは別に「核分裂性輸送物」として分類されている。これらの核燃料物質を輸送する場合には、いずれも区分ごとに定められた技術基準を満足することが必要である。核燃料輸送物の基準を表１-１、表１-２に示す。この表の中で「一般の試験条件」とは、通常の取扱いで生じうる状況を想定した試験条件であり、「特別の試験条件」と

は、万一、思いがけない事故に遭遇した場合を想定した試験条件である。この技術基準を満足しているかどうかの試験条件を表２に、試験条件の概念を図３に示す。

３．輸送船の安全基準

「船舶安全法」および「危険物船舶運送および貯蔵規則」などを満たし、IAEA輸送規則の船舶輸送に関する追加要件を満足していれば、原則として核燃料物質の海上輸送は可能である。

使用済燃料の運搬に関しては、昭和49年の舶査第610号（船舶検査に関する運輸省船舶局長通達）によって輸送船の設計基準が定められていたが、国際海事機関（IMO:International Maritime Organization）が、わが国の基準を参考にして、使用済燃料、プルトニウム（MOX燃料を含む）および高レベル放射性廃棄物（以下「照射済核燃料等」という）を運搬する輸送船の構造および設備等について「照射済核燃料等の国際海上安全輸送規則（INFコード）」を1993年4月に制定した。わが国ではこのINFコードの制定を受けてこれを採り入れ、これまでの基準を統合した新基準を平成7年の海査第520号（運輸省通達：照射済核燃料等運搬船構造及び設備に関する特別基準）で制定している。

新基準では、運搬する照射済核燃料等の総放射能量が4，000TBq未満を「Ａ種船」、4，000TBq以上を「Ｂ種船」と区別し、輸送船の構造及び設備等の設計基準を定めている。

使用済燃料の運搬は、一般に専用船で実施している。この専用船は、運輸省が定めた耐衝突耐座礁構造、二重船殻構造等を採用しており、極めて安全性の高いものである。さらに、輸送容器の移動、転倒を防ぐ固縛装置や、船倉の遮へい設備、冷却設備、放射線監視設備、消火設備、非常用電源、高性能通信設備等を設けており、その安全性は運輸省および海上保安庁の承認を受けたものである。

このほか、核燃料物質の海上輸送に際しては、陸上での車両運搬と同様に核物質防護のための必要な措置を講じておく必要がある。

４．輸送物の概要

核燃料物質等の海上輸送に当たっては、輸送容器は陸上輸送の許可を受けた容器が用いられる（「核燃料物質の車両運搬」参照）。しかし、輸送船には上記のように非常に厳しい設計基準が課せられるため、専用船で実施されている。

わが国で承認を受けた使用済燃料輸送の専用船の代表例を図４に示す。これらの他、パシフィック・スワン号、パシフィック・クレーン号、パシフィック・ティール号、パシフィック・サンドパイパー号、パシフィック・ピンテール号など外国の専用船も使われている。

運搬に当たっては、輸送物について、発送前検査、積付検査、積卸検査、受入検査等を実施し、安全確保に配慮がなされている。

＜関連タイトル＞

核燃料物質の車両運搬 (11-02-06-13)
核燃料物質の輸送に関する技術上の基準 (11-03-05-01)
核物質の車両運搬時の防護措置 (13-05-03-07)
核物質の船舶運送 (13-05-03-08)
国際海事機関（IMO）の活動 (13-01-01-16)

＜参考文献＞

（１）原子力安全委員会（編）：原子力安全白書 平成18年版、佐伯印刷（2007年）
（２）麻岡秀行：高レベル放射性廃棄物輸送物の安全性について、原子力工業、41巻第10号、日刊工業新聞社（1995年10月）p.24−30
（３）科学技術庁原子力安全局核燃料規制課核燃料物質輸送対策室（監修）：パンフレット「核燃料サイクルと輸送−安全輸送をめざして−」、（財）原子力安全技術センター（1999年1月）
（４）科学技術庁原子力安全局核燃料規制課（監修）：パンフレット「核燃料輸送の安全性−使用済燃料輸送容器信頼性実証試験−」、（財）電力中央研究所
（５）（財）電力中央研究所バックエンド研究会（編）：核燃料輸送工学、日刊工業新聞社（1998年3月）
（６）Regulation for Safe Transport of Radioactive Material，2007 Edition，IAEA Safety Standards Series No.TS−R−1，2005
（７）（社）日本電気協会新聞部（編集発行）：原子力ポケットブック2007年版（2007年9月）

表１－１　核燃料輸送物の技術上の基準（核分裂性輸送物を除く）

基　　準	L型輸送物	IP型輸送物			A型輸送物	B型輸送物	
		IP－1型	IP－2型	IP－3型		B(M)型	B(U)型
１．取扱いが容易かつ安全	○	○	○	○	○	○	○
２．運搬中に亀裂、破損等のおそれがない。	○	○	○	○	○	○	○
３．不要な突起物がなく、除染容易	○	○	○	○	○	○	○
４．材料相互間及び材料収納物間で物理・化学的作用がない	○	○	○	○	○	○	○
５．弁が誤操作されない措置	○	○	○	○	○	○	○
６．開封された時に見やすい位置に「放射性」の表示	○	—	—	—	—	—	—
７．表面汚染が表面密度限度以下（注１）	○	○	○	○	○	○	○
８．どの辺の大きさも10cm以上	—	○	○	○	○	○	○
９．シールの貼り付け等の封印	—	—	—	○	○	○	○
10．構成部品が−40℃から70℃で運搬中に亀裂、破損のおそれがない	—	—	—	○	○	○	○
11．周囲圧力25kPaの下で漏えいがない	—	—	—	○	○	○	○
12．液体を収納する場合２倍の吸収材又は二重の密封装置	—	—	—	—	○	—	—
13．液体を収納する場合、注入時の動特性に対応した空間の配慮	—	—	—	○	○	○	○
14．線量当量率が基準値以下							
(1) 表面（mSv/h）	0.005	2（専用積載かつ輸送方法の３条件が満たされ長官の承認で10）	同左	同左	同左	同左	同左
(2) 表面から1m(mSv/h)	—	0.1（専用積載かつ長官の承認で制限なし）（注2）	同左	同左	同左	同左	同左
15．不必要な物品の収納不可	—	—	—	—	○	○	○

（注1）表面密度限度；L型輸送物(0.04Bq/cm^2：α(アルファ)、0.4Bq/cm^2：α(アルファ)以外)、その他の輸送物(0.4Bq/cm^2：α(アルファ)、4Bq/cm^2：α(アルファ)以外)

（注2）コンテナ、タンクを輸送物として使用する場合であって、専用積載としないで運搬する場合は、表面から 1m離れた点の位置における線量当量率（mSv/h）に係数をかけた値が 0.1を超えないこと。

A2：A型輸送物として輸送できる放射能の限度で、収納する放射性物質の種類（核種）により決められている。

○印：基準が適用

mSv（ミリシーベルト）：放射線の人体に対する影響の度合を示す単位で、例えば、胸の×線間接撮影１回当たりでは約 0.3ミリシーベルト程度となる。

[出典] 科学技術庁原子力安全局核燃料規制課核燃料物質輸送対策室（監修）：パンフレット「核燃料サイクルと輸送－安全輸送をめざして－」、（財）原子力安全技術センター（1999年１月）p.11

表１－２　核燃料輸送物の技術上の基準（核分裂性輸送物を除く）

基　　準	L型輸送物	IP型輸送物			A型輸送物	B型輸送物	
		IP－1型	IP－2型	IP－3型		B(M)型	B(U)型
16．一般の試験条件下で							
(1) 表面の線量当量率の著しい増加がない	—	—	○	○	○	○	○
(2) 表面の最大線量当量率（mSv/h）	—	—	2（専用積載かつ輸送方法の３条件が満たされ長官の承認で10）	同左	同左	同左	同左
(3) 放射性物質の許容漏えい量（1時間当たり）	—	—	0	0	0	$A_2\times10^{-6}$	$A_2\times10^{-6}$
(4) 表面の温度が50℃（専用積載の場合85℃）以下	—	—	—	—	—	○	○
(5) 表面汚染が表面密度限度以下	—	—	—	—	—	○	○
17.　特別の試験条件下で							
(1) 表面から1mでの最大線量当量率（mSv/h）	—	—	—	—	—	10	10
(2) 放射性物質の許容漏えい量（１週間当たり）	—	—	—	—	—	A_2（タリフ゜トン85は、100TBq）	A_2（タリフ゜トン85は、100TBq）
18．37PBqを超える使用済燃料を収納する場合、200m浸漬試験	—	—	—	—	—	○	○
19．運搬中に予想できる最低濃度から38℃までの温度で亀裂破損なし	—	—	—	—	—	○	—
20．-40℃から38℃までの温度で亀裂破損なし	—	—	—	—	—	—	○
21．フィルタ、機械的冷却装置の使用不可	—	—	—	—	—	—	○
22．最高使用圧力が700kPa以下	—	—	—	—	—	—	○

（注1）表面密度限度；L型輸送物（0.04Bq/cm^2：α（アルファ）、0.4Bq/cm^2：α（アルファ）以外）、その他の輸送物（0.4Bq/cm^2：α（アルファ）、4Bq/cm^2：α（アルファ）以外）

（注2）コンテナ、タンクを輸送物として使用する場合であって、専用積載としないで運搬する場合は、表面から 1m離れた点の位置における線量当量率（mSv/h）に係数をかけた値が 0.1を超えないこと。

A2：A型輸送物として輸送できる放射能の限度で、収納する放射性物質の種類（核種）により決められている。

○印：基準が適用

mSv（ミリシーベルト）：放射線の人体に対する影響の度合を示す単位で、例えば、胸の×線間接撮影１回当たりでは約 0.3ミリシーベルト程度となる。

［出典］科学技術庁原子力安全局核燃料規制課核燃料物質輸送対策室（監修）：パンフレット「核燃料サイクルと輸送－安全輸送をめざして－」、（財）原子力安全技術センター（1999年１月）p.11

表２　核燃料輸送物の試験条件

試験条件 ＼ 輸送物の種類	L型輸送物	IP型輸送物（注1）			A型輸送物	B型輸送物		核分裂性輸送物（注2）
		IP－1型	IP－2型	IP－3型		B(M)型	B(U)型	
一般の試験条件								
・水の吹きつけ試験	—	—	—	○	○	○	○	○
・落下試験（1.2m等）	—	—	○	○	○	○	○	○
・落下試験（0.3mコーナー）	—	—	軽量の輸送物のみ	同左	同左	同左	同左	○
・積み重ね試験（重量の5倍または13kPa）	—	—	○	○	○	○	○	○
・貫通試験（6kg、直径3.2cmの丸棒を1mの高さから落下）	—	—	—	○	○	○	○	○
・9m落下試験	—	—	—	—	気体、液体のみ	—	—	—
・貫通試験（6kg、直径3.2cmの丸棒を1.7mの高さから落下）	—	—	—	—	気体、液体のみ	—	—	—
・環境試験（38℃で１週間放置）	—	—	—	—	—	○	○	—
特別の試験条件								
・落下試験（9m、軽量のものにあっては、500kgの軟鋼板を輸送物に落下）	—	—	—	—	—	○	○	□
・落下試験（直径15cm、長さ20cmの軟鋼丸棒上に1mの高さから落下）	—	—	—	—	—	○	○	□
・耐火試験（800℃、30分）	—	—	—	—	—	○	○	□
・浸漬試験（深さ15m、8時間）	—	—	—	—	—	○	○	△
・浸漬試験（深さ200m、1時間）	—	—	—	—	—	37PBq以上の使用済核燃料のみ	同左	—
・浸漬試験（深さ0.9m）	—	—	—	—	—	—	—	□（注3）

（注1）コンテナ、タンクを輸送物とするIP型輸送物については、長官が同等と認める基準によることができる。
（注2）試験前及び試験後の輸送物単体について内部を水で満たす等の条件においた場合未臨界であり、かつ、試験前に輸送制限個数の5倍の個数積載したもの及び試験後に輸送制限個数の2倍の個数積載したものについて周囲を水で満たす条件においた場合未臨界であること。
（注3）核分裂性輸送物に係る特別の試験条件については、一般の試験条件後□の試験条件を行うものと、一般の試験条件後△の試験条件を行うもののうち厳しいものを行う。

［出典］科学技術庁原子力安全局核燃料規制課核燃料物質輸送対策室（監修）：パンフレット「核燃料サイクルと輸送－安全輸送をめざして－」、（財）原子力安全技術センター（1999年１月）p.11

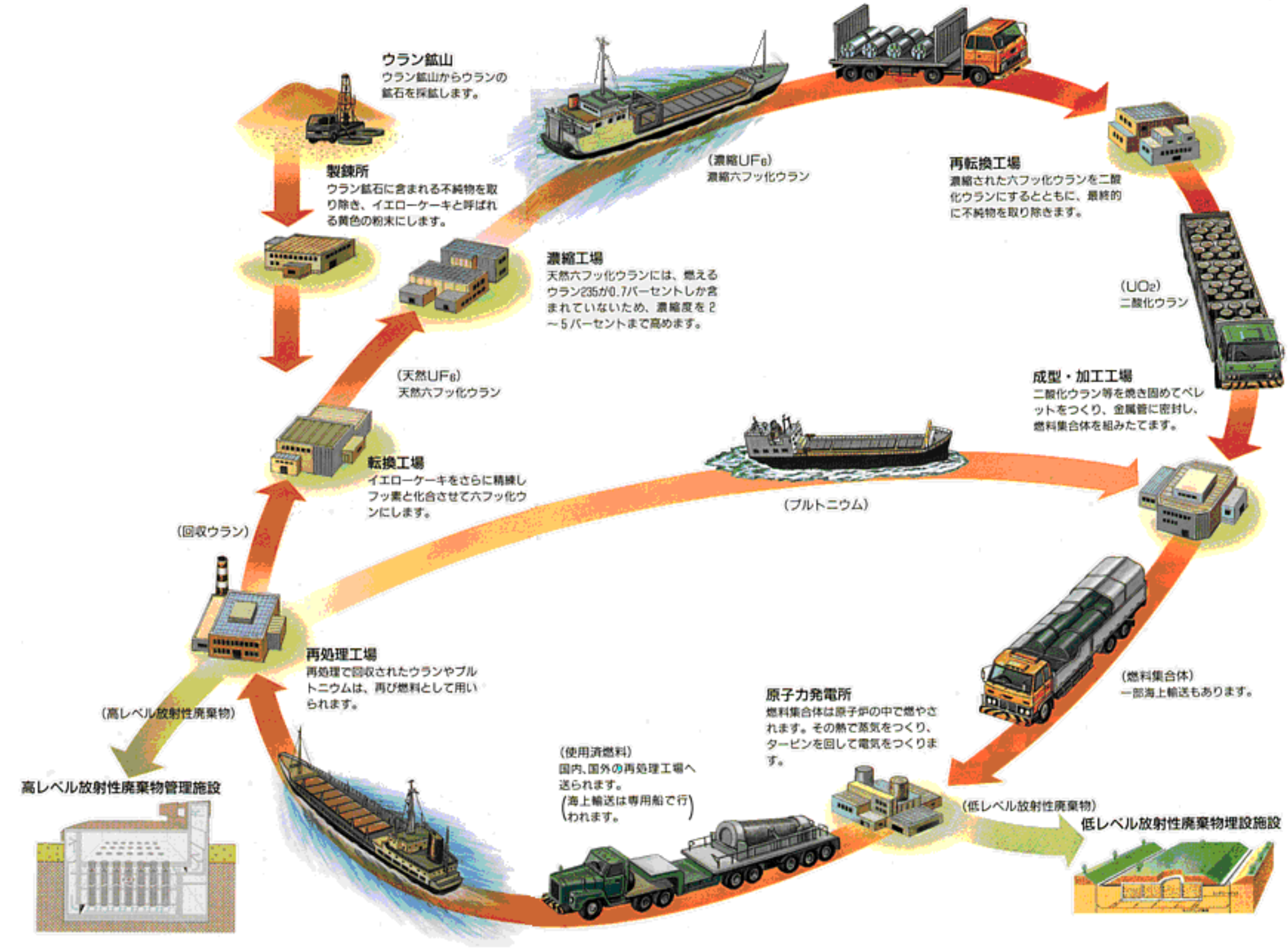


図１　核燃料サイクル

[出典] 科学技術庁原子力安全局核燃料規制課核燃料物質輸送対策室（監修）：パンフレット「核燃料サイクルと輸送－安全輸送をめざして－」、（財）原子力安全技術センター（1999年１月）p. 4, 5

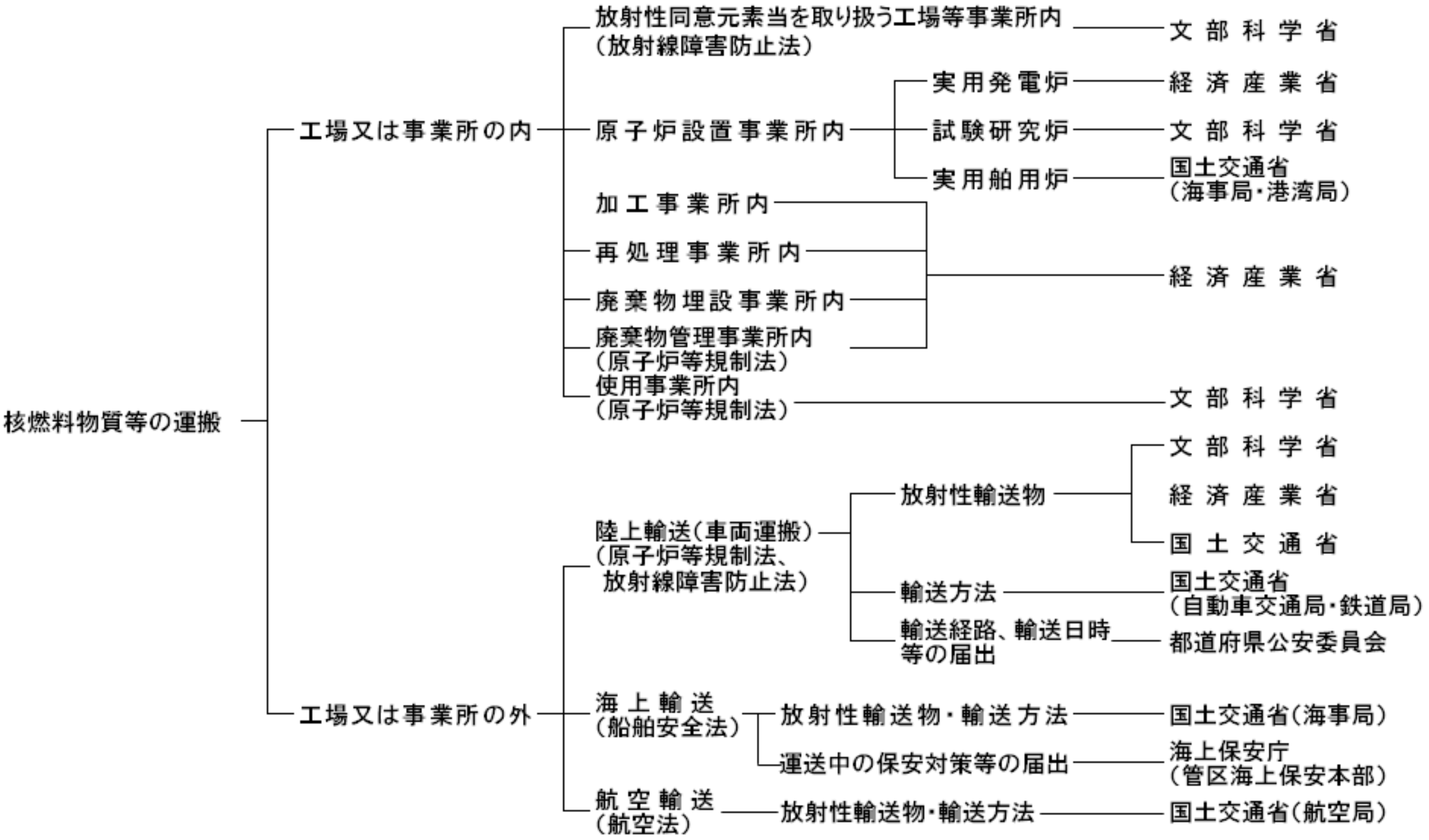
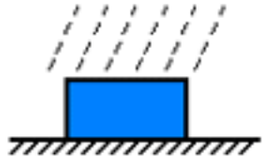


図2　核燃料物質等の輸送規制区分

[出典](社)日本電気協会新聞部(編集発行):原子力ポケットブック2007年版(2007年9月)

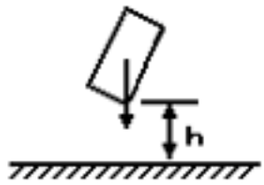
（１）Ａ型輸送物の一般の試験条件

その１



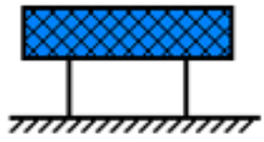
水の吹きつけ試験

輸送中の雨（どしゃ降り）50mm/hの雨量



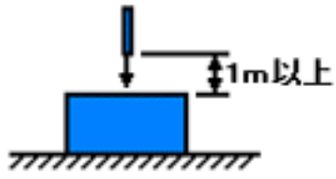
自由落下試験

取扱中の落下、輸送中の耐衝撃性
例）５トン以下は ｈ＝1．2ｍ



圧縮試験

積み重ねた場合の耐圧縮性
例）自重の５倍で24時間



貫通試験

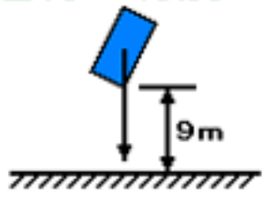
鋼管のような物（重量6kg、直径3．2cm）による耐貫通性

その２

液体状および気体状の放射性物質等を収納したＡ型輸送物の場合は、9m以上の落下試験および1．7ｍ以上からの貫通試験を追加して行うことがある。

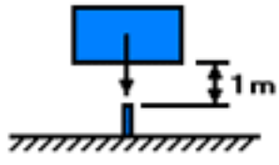
（２）Ｂ型輸送物の特別の試験条件

その１



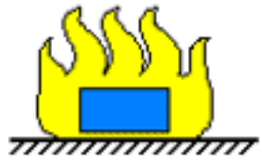
落下試験１

9mの高さから最大の衝撃を受けるように落下



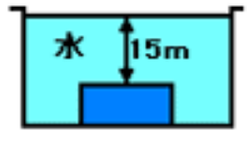
落下試験２

直径15cmの棒上への落下



耐火試験

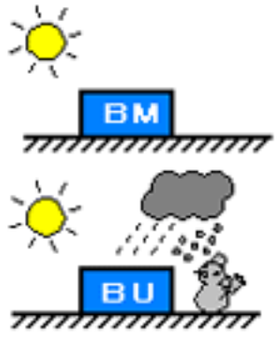
800℃、30分



浸漬試験

水深 15m

その２



環境試験

ＢＭ型輸送物は38℃の環境に１週間放置

ＢＵ型輸送物は38～−40℃の環境に１週間放置

図３　輸送物の試験条件概念図

（注）下記の［出典］をもとに作成した。

［出典］科学技術庁原子力安全局核燃料規制課：核燃料輸送の安全性－使用済燃料輸送容器信頼性試験－、（財）電力中央研究所、p．6-7

六栄丸の主な仕様	
寸　　法	全長　約100メートル 全幅　約16.5メートル
載貨重量	約3,000トン
貨物積載個数	使用済燃料輸送容器　最大20基

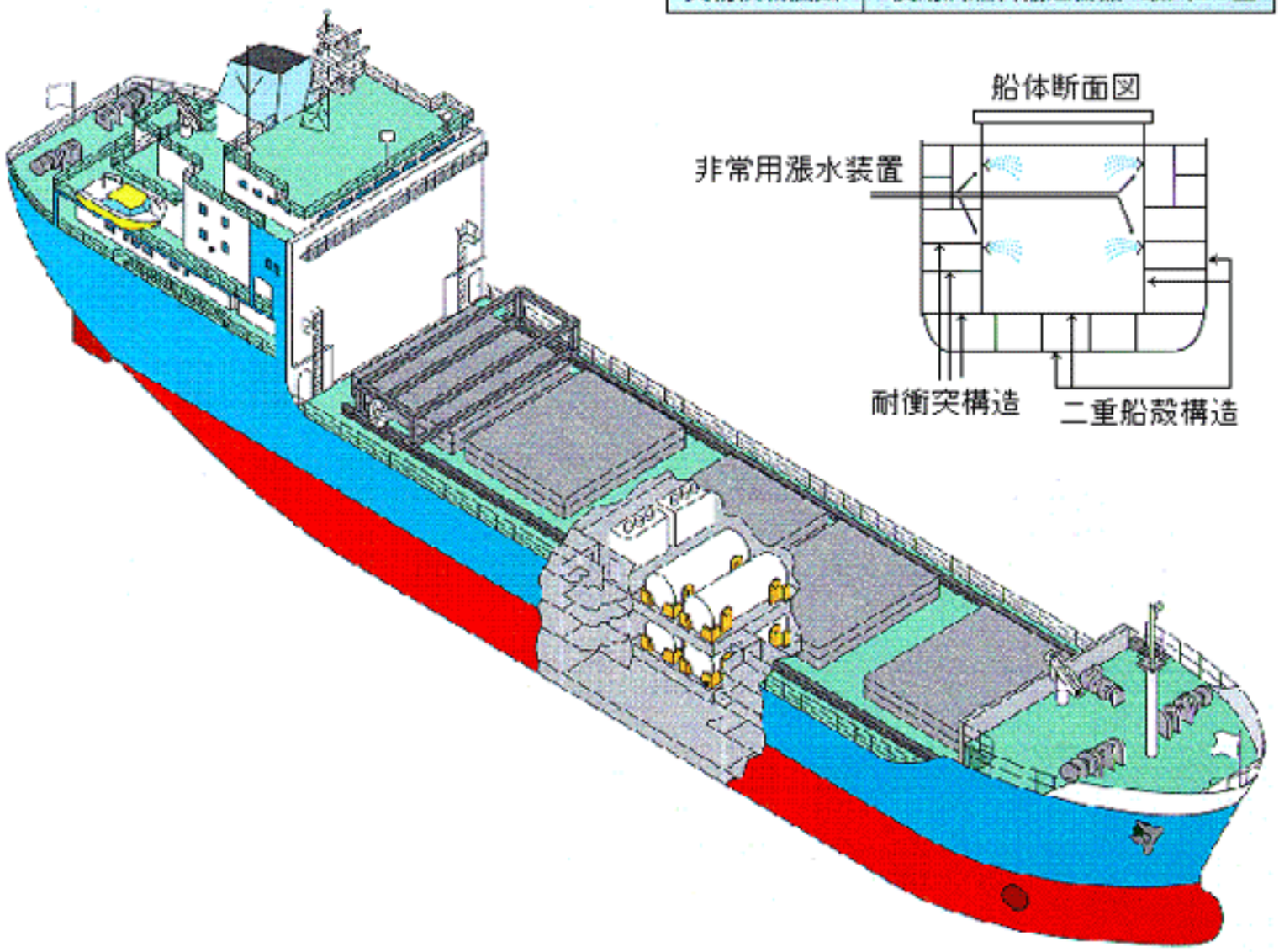


図4　使用済燃料運搬船「六栄丸」

[出典] 原燃輸送: 使用済燃料運搬船パンフレット (1998.3)