

核燃料物質輸送の実務

2022年2月1日

原燃輸送株式会社



原燃輸送

NUCLEAR FUEL TRANSPORT CO., LTD.



説明内容

- I 放射性輸送物の概要
- II 輸送容器、運搬車両、運搬船
- III 輸送に係わる手続き
- IV 安全輸送への取り組み



I 放射性輸送物の概要



核燃料輸送物とは

「核燃料物質等の工場又は事業所の外における
運搬に関する規則」(所外運搬規則)

第1条(定義)

核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物
が容器に収納されているものをいう。

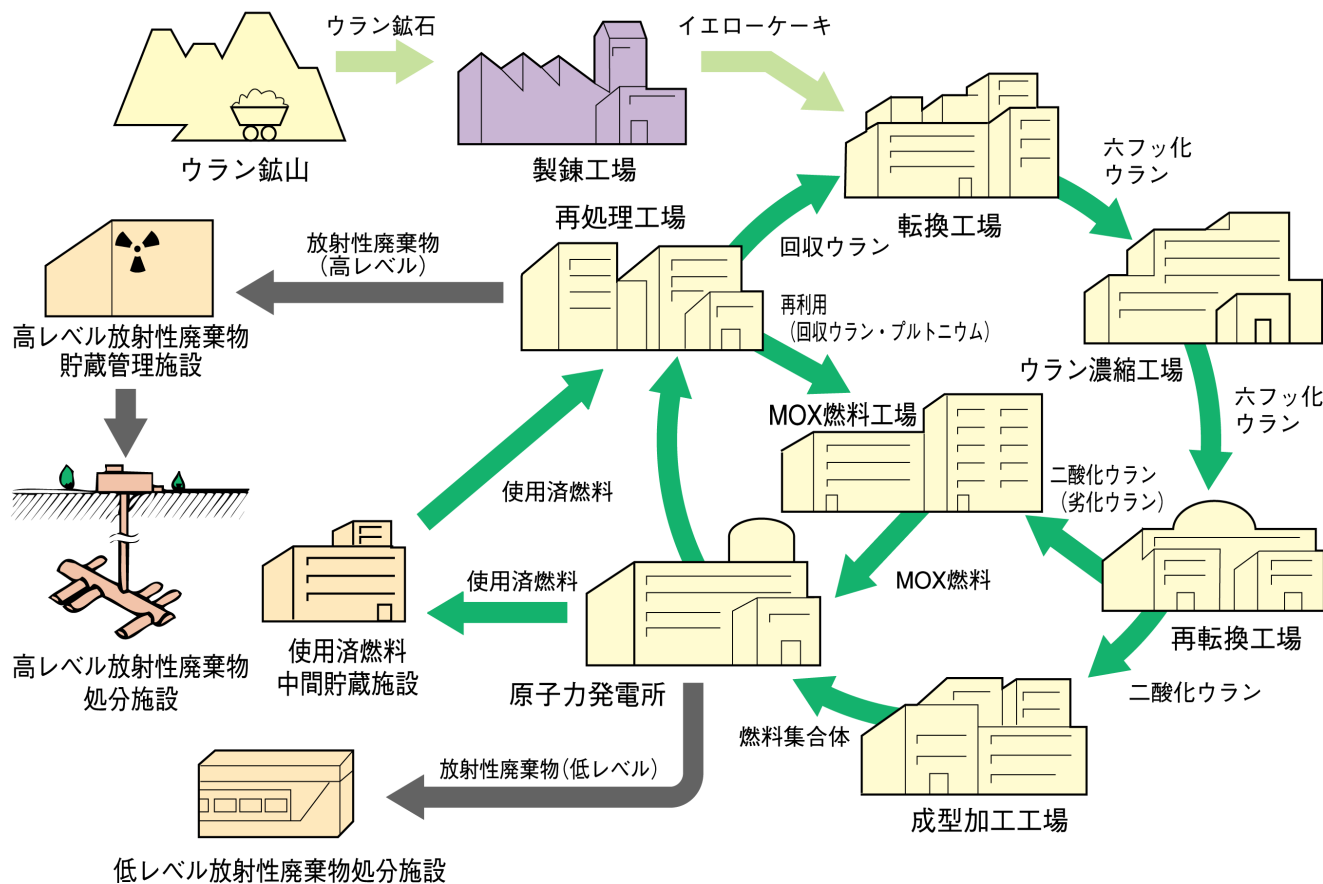
「危険物船舶運送及び貯蔵規則」(危規則)

第71条(用語等)

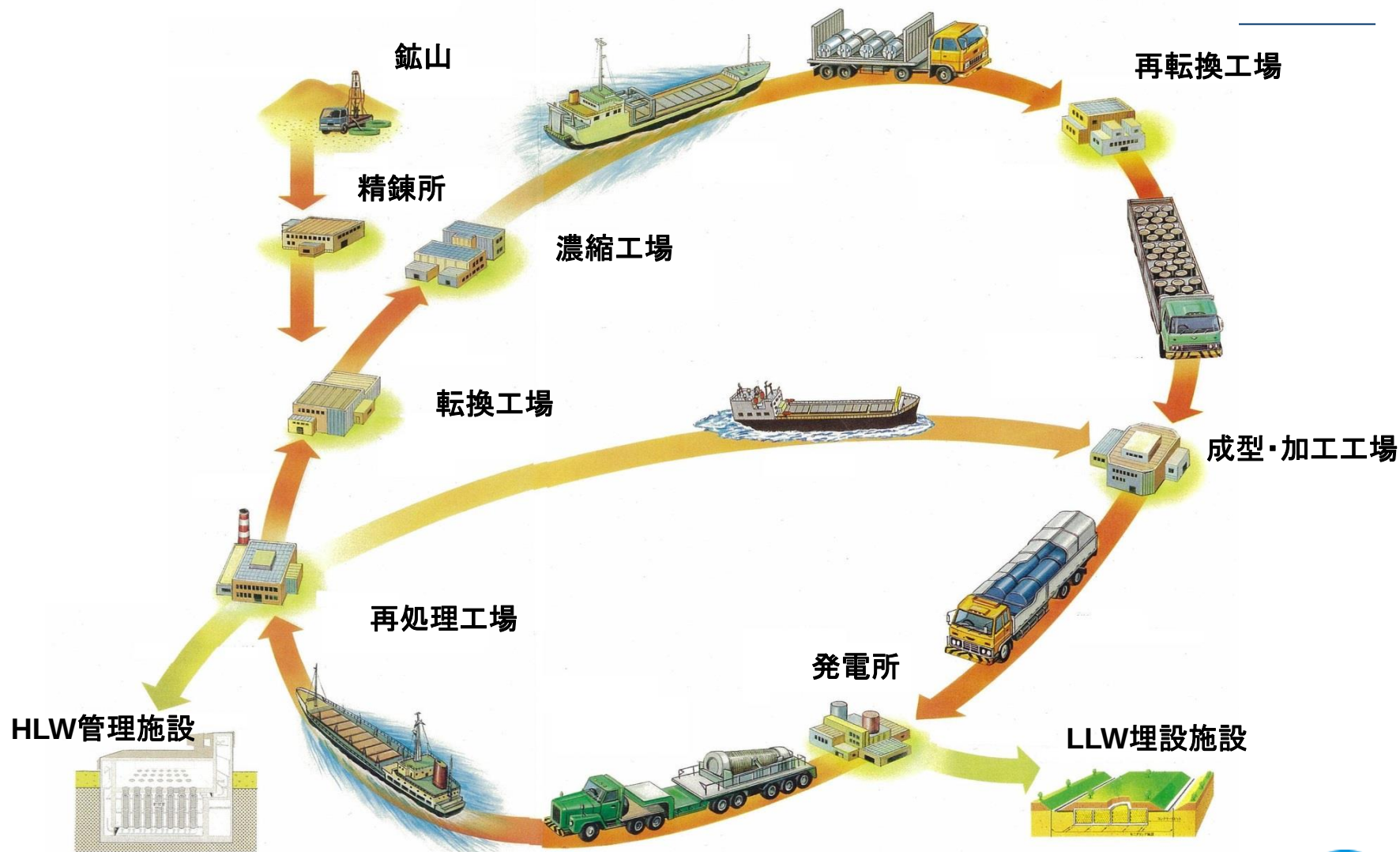
放射性物質等が容器に収納され、又は包装されて
いるものをいう。



原子燃料サイクル



原子燃料サイクルにおける輸送



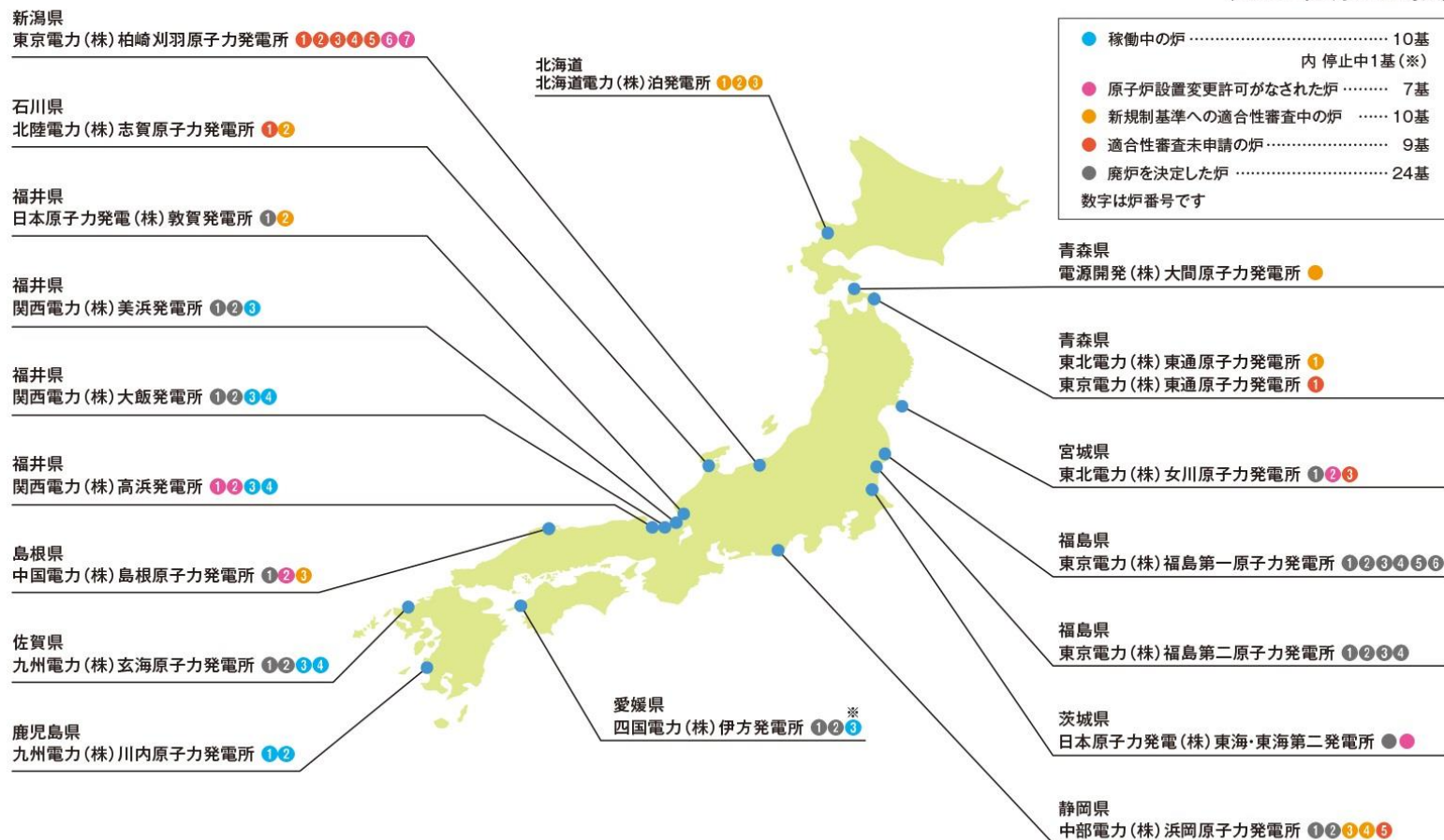
原子燃料サイクルにおける輸送物と輸送方法

輸送区間	核燃料物質名	輸送方法	輸送容器(例)
転換工場 ↓ ウラン濃縮工場 ↓ 再転換工場 ↓ 成型加工工場 ↓ 原子力発電所 ↓ 再処理工場	(天然)六フッ化ウラン (濃縮)六フッ化ウラン 二酸化ウラン 新燃料集合体 使用済燃料	海上・陸上輸送 海上・陸上輸送 海上・陸上輸送 海上・陸上輸送 海上・陸上輸送	48Yシリンダ 30Bシリンタ RAJ- II 型(BWR用) NFT型キャスク
	低レベル放射性廃棄物 高レベル放射性廃棄物	海上・陸上輸送 海上・陸上輸送	輸送容器(コンテナ形状) TN28VT型キャスク

原子燃料とは —原子燃料はどこにある？—

日本の原子力発電所の運転・建設状況

(2021年9月28日時点)



放射性輸送物の輸送(例)

原子燃料物質等

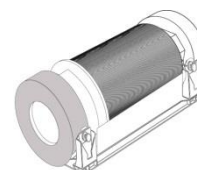
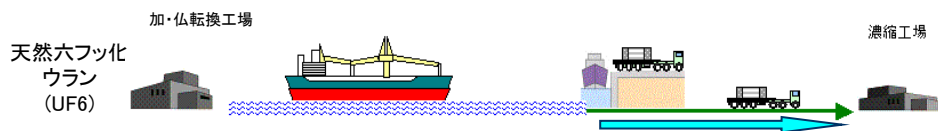
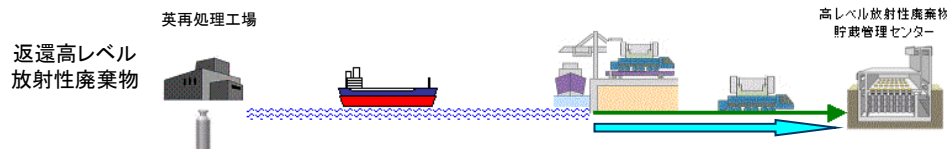
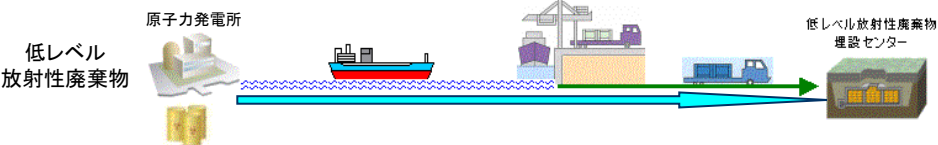
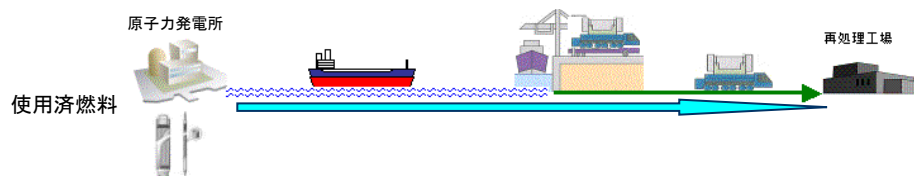
輸送モード

輸送容器

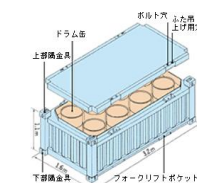
運搬船

岸壁荷役クレーン

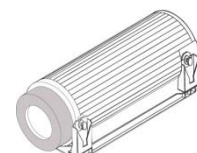
輸送車両



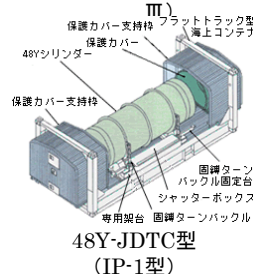
NFT型
(B型/核分裂性, 区分Ⅱ)



LLW-1型
(IP-2型)



TN-28VT型
(B型/核分裂性, 区分Ⅲ)



48Y-JDTC型
(IP-1型)



SF運搬船
全長: 約100m
全幅: 約16.5m
総トン数: 約5,000t



多目的運搬船
全長: 約100m
全幅: 約16.5m
総トン数: 約5,000t



LLW運搬船
全長: 約100m
全幅: 約16.5m
総トン数: 約4,500t



PNTL船
全長: 約100m
全幅: 約16m
総トン数: 約5,000t



外航船(例)
全長: 約130m
全幅: 約22m
総トン数: 約10,000t



150t 橋形クレーン



50t 橋形クレーン



150t 橋形クレーン



トラック・クレーン



輸送車両
車両重量: 約33.7t
最大積載量: 約135t



輸送トラック
車両重量: 約9.7t
最大積載量: 約15.2t



輸送車両
車両重量: 約33.7t
最大積載量: 約135t



セミ・トレーラー

原燃輸送

NUCLEAR FUEL TRANSPORT CO., LTD.



Ⅱ 輸送容器、運搬車両、運搬船

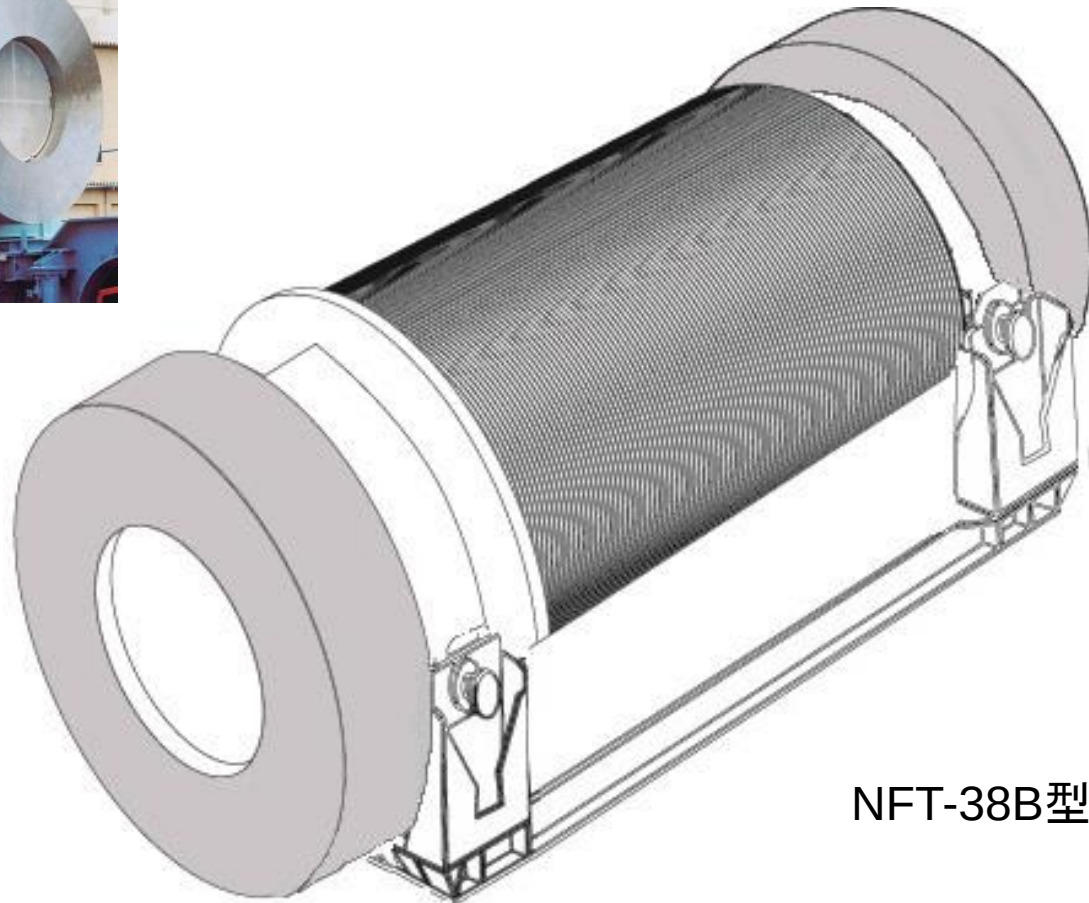


使用済燃料輸送物



NFT-22B型

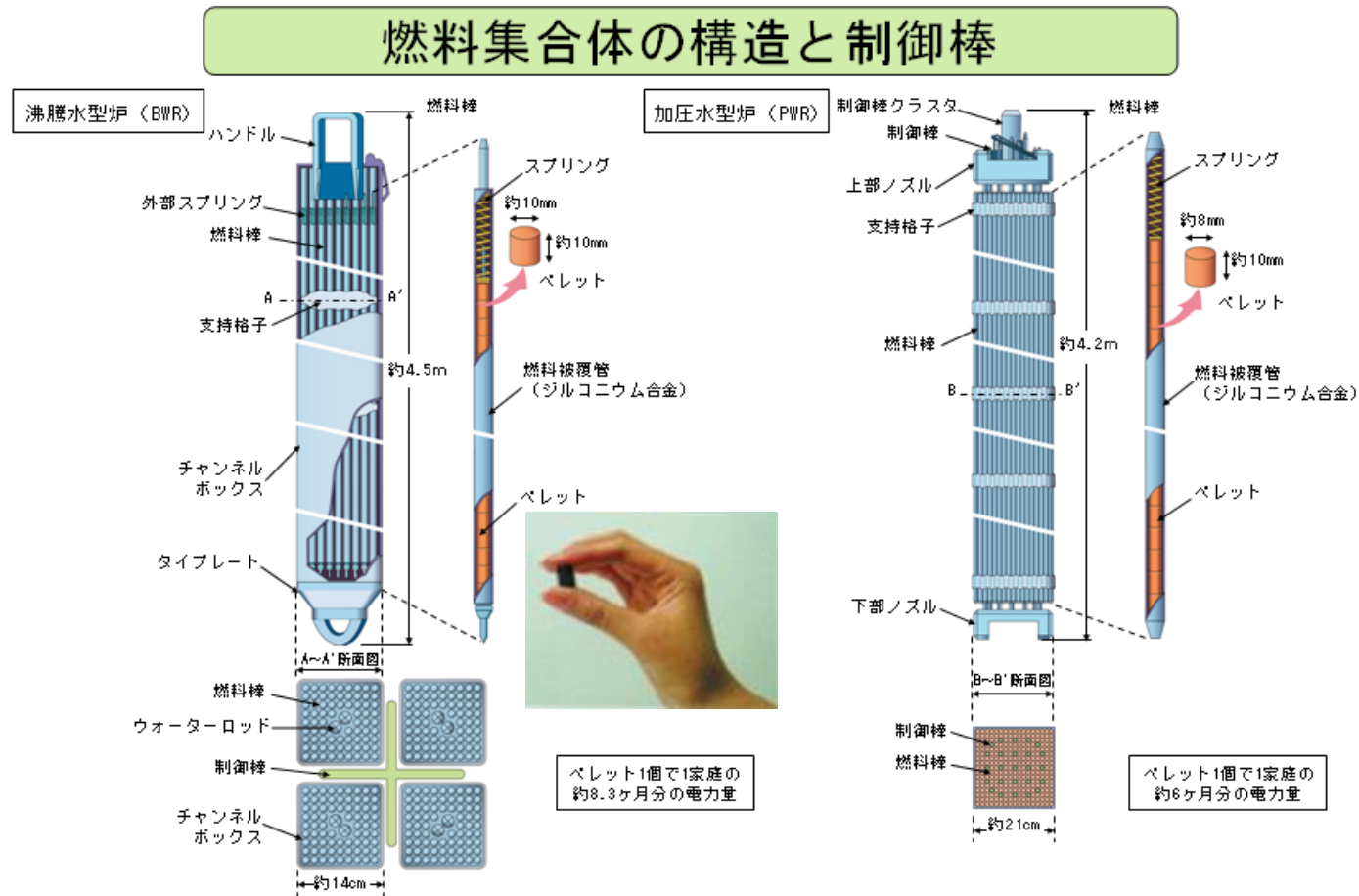
(B(M)型輸送物)



NFT-38B型



収納する放射性物質（例）



出典：「原子力・エネルギー図面集2010」



輸送容器の機能と主な構造 (例: 使用済燃料輸送容器)

閉じ込め

遮へい

放熱

臨界防止

3. ガンマ線遮へい体

鉛を使用してガンマ線を遮へいしている。

4. 中性子遮へい体

レジンを使用して中性子を遮へいしている。

2. 内筒

輸送容器の一番内側の構造材でこの中に燃料バスケットが収納される。

6. フィン

使用済燃料から発生する熱を放射しやすくする働きをしている

5. 外筒

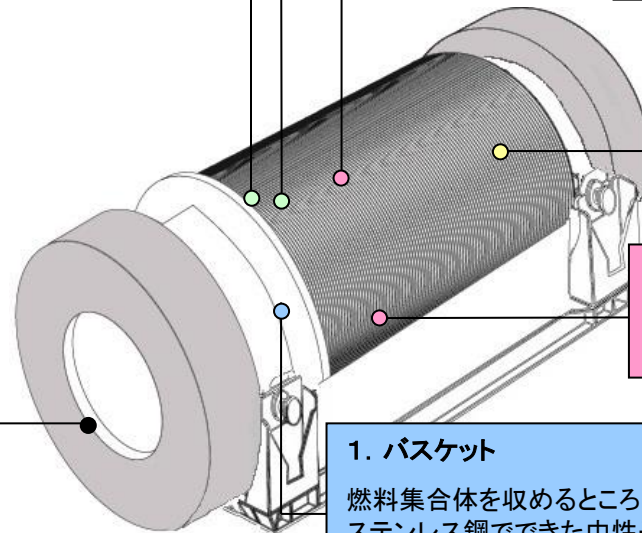
輸送容器の一番外側の構造材で外側にフィンが取り付けられている。

1. バスケット

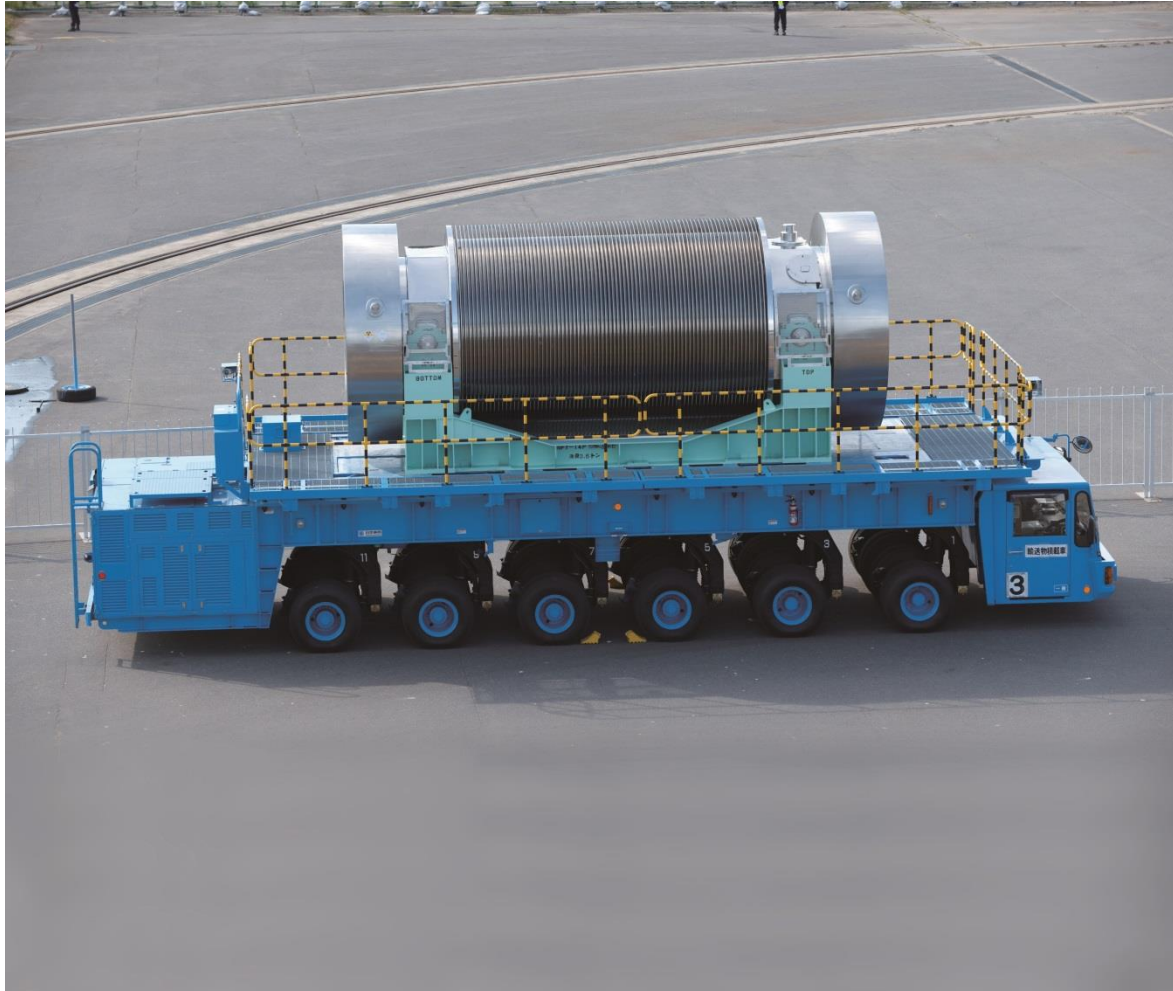
燃料集合体を収めるところで、ボロン入りステンレス鋼でできた中性子吸収材を用いて、核分裂の連鎖反応が起こるのを防いでいる(臨界の防止)。

7. 緩衝体

容器の両端につけられており、もし落下してもその衝撃をやわらげる。

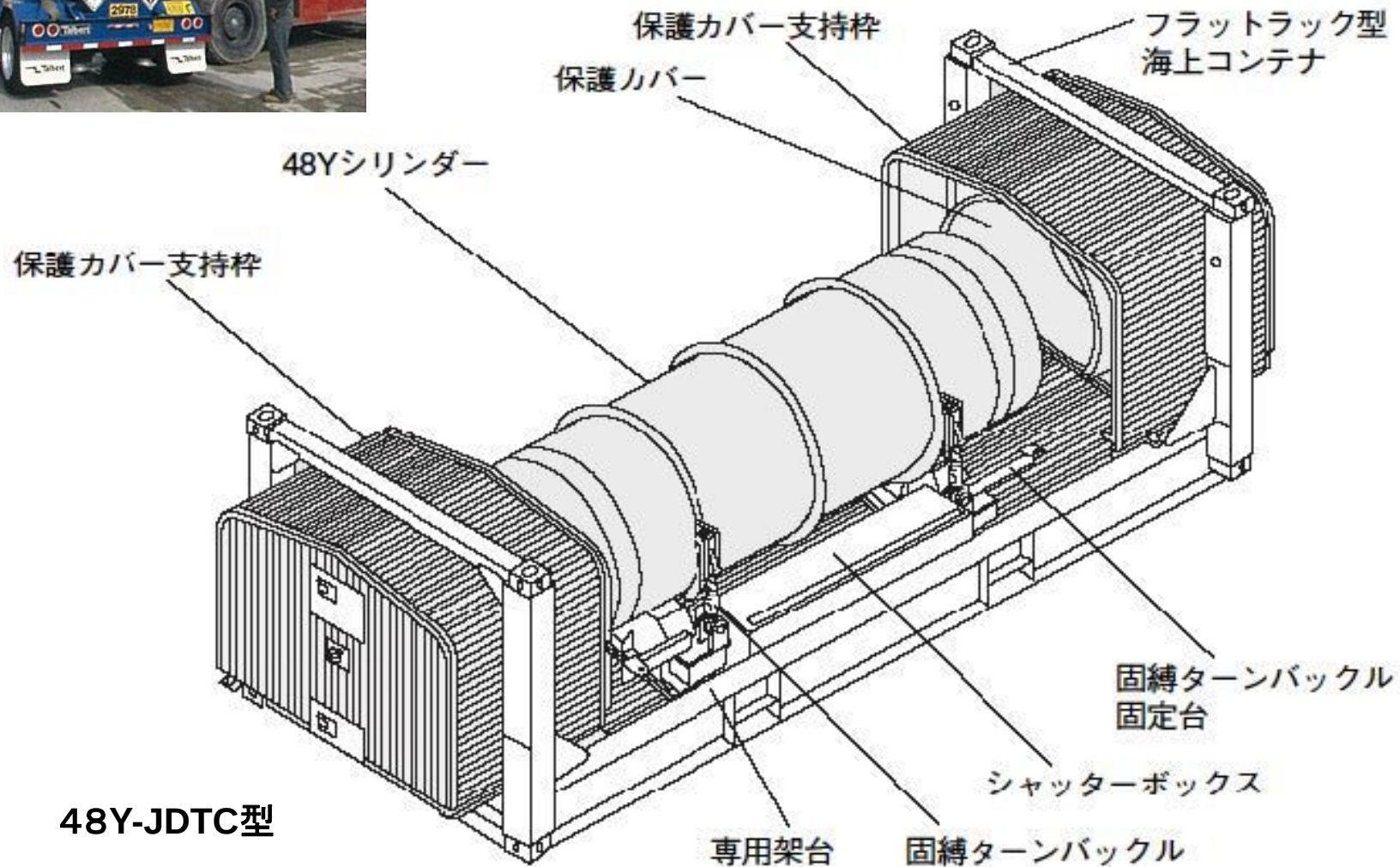


輸送容器と輸送車両の例（使用済燃料）



天然六ふっ化ウラン輸送物

(IP-1型輸送物)



48Y-JDTC型

輸送容器(天然六ふっ化ウラン)

(IP-1型輸送物：48Yシリンダ)



本資料の内容を当社の許可なく複製・転載すること、本来の目的以外に使用することを禁止します。

原燃輸送

NUCLEAR FUEL TRANSPORT CO., LTD.



輸送容器と輸送車両の例(天然UF₆)



本資料の内容を当社の許可なく複製・転載すること、本来の目的以外に使用することを禁止します。

原燃輸送

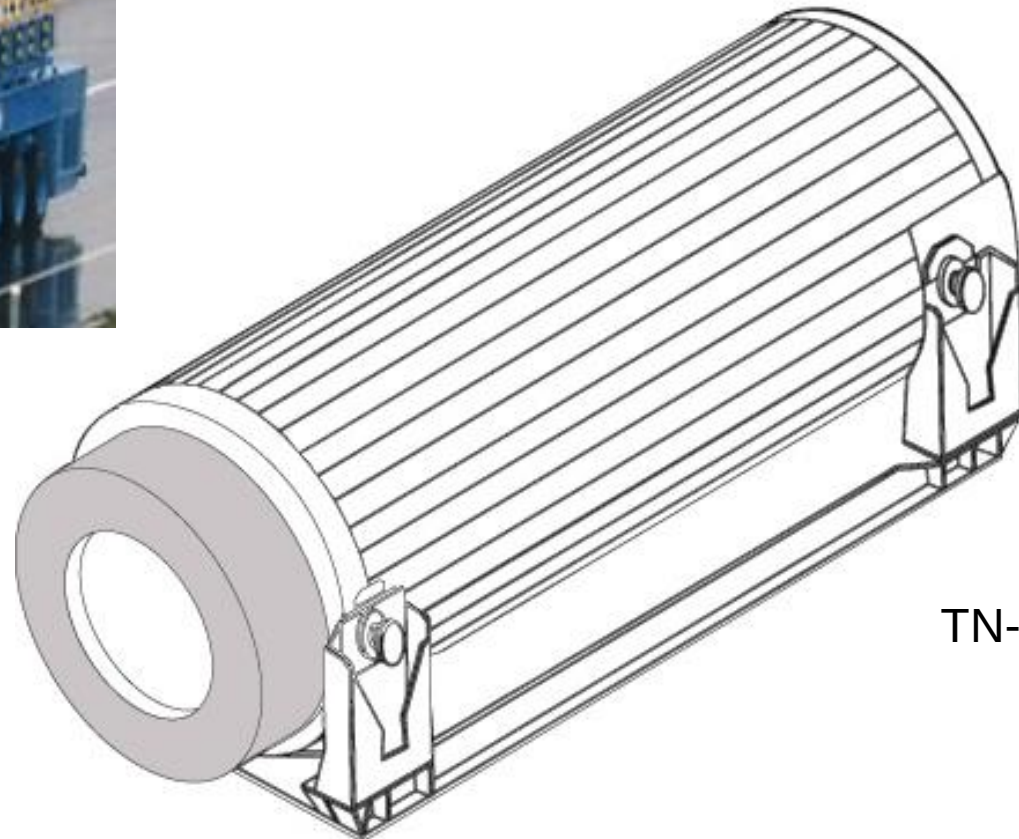
NUCLEAR FUEL TRANSPORT CO., LTD.



ガラス固化体（高レベル廃棄物）輸送容器



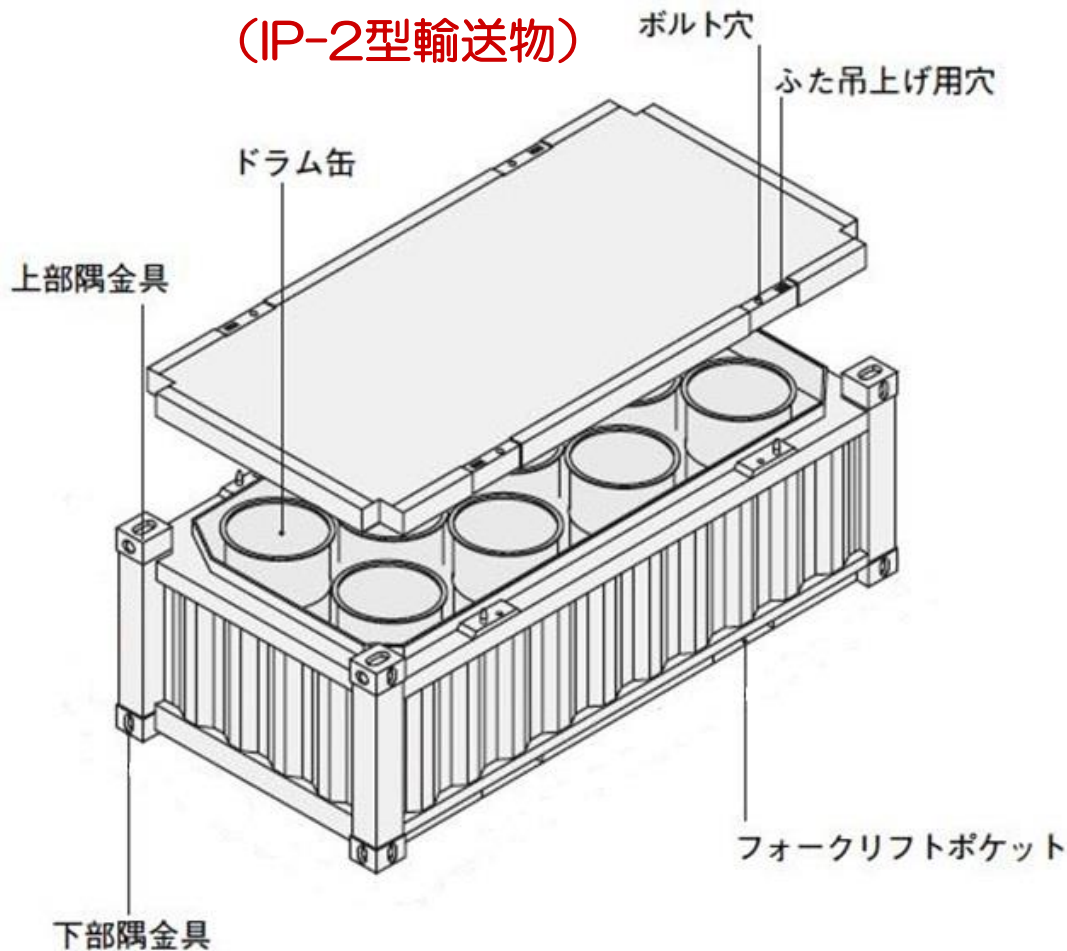
(B(M)型輸送物)



TN-28VT型



低レベル放射性廃棄物(LLW)輸送物



輸送容器と輸送車両の例（低レベル放射性廃棄物）



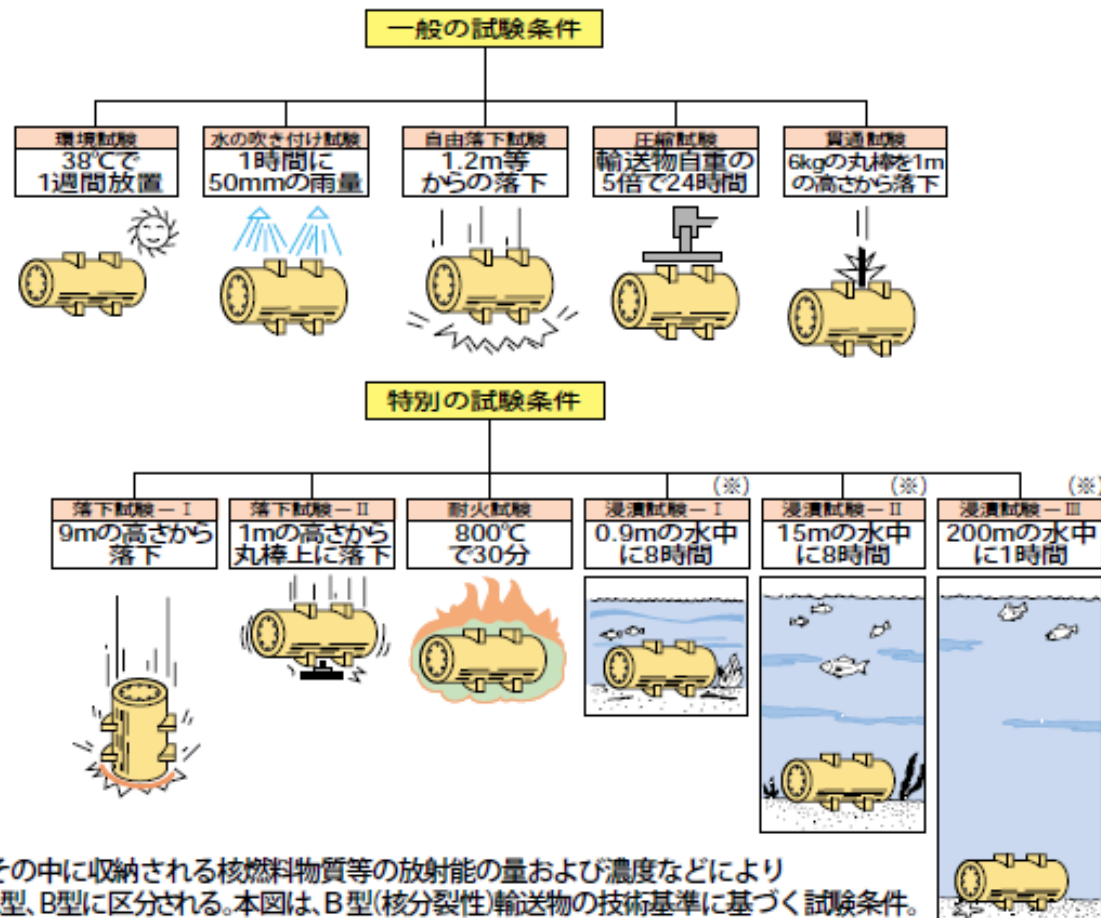
本資料の内容を当社の許可なく複製・転載すること、本来の目的以外に使用することを禁止します。

原燃輸送

NUCLEAR FUEL TRANSPORT CO., LTD.



輸送容器に対する試験（例：B型輸送物）



(注) 輸送容器は、その中に収納される核燃料物質等の放射能の量および濃度などによりIP型、L型、A型、B型に区分される。本図は、B型(核分裂性)輸送物の技術基準に基づく試験条件。

(※) 浸漬試験－Ⅰ：核分裂輸送物

浸漬試験－Ⅱ：収納物の放射能量 $10^5 A_2$ 値以下

浸漬試験－Ⅲ：収納物の放射能量 $10^5 A_2$ 値以上



輸送容器の安全性試験(1)

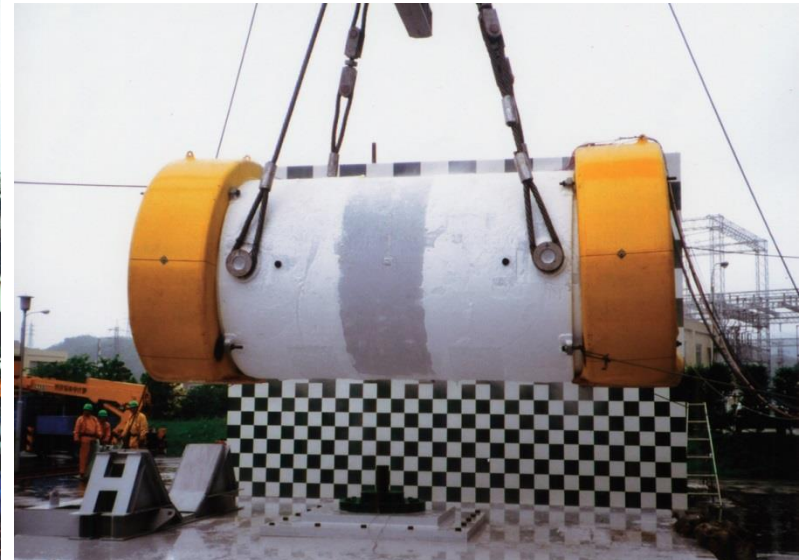
落下試験Ⅰ

キャスクを9mの高さに吊り上げ、落とします。



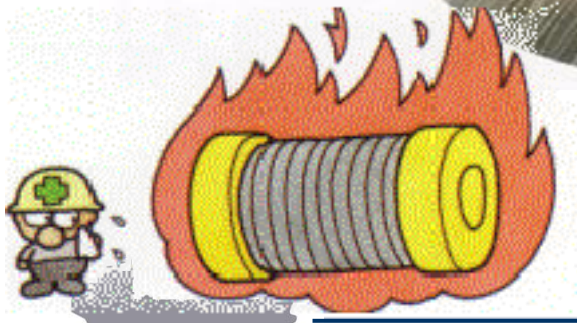
落下試験Ⅱ

キャスクを1mの高さから直径15cmの軟鋼棒上に落とします。

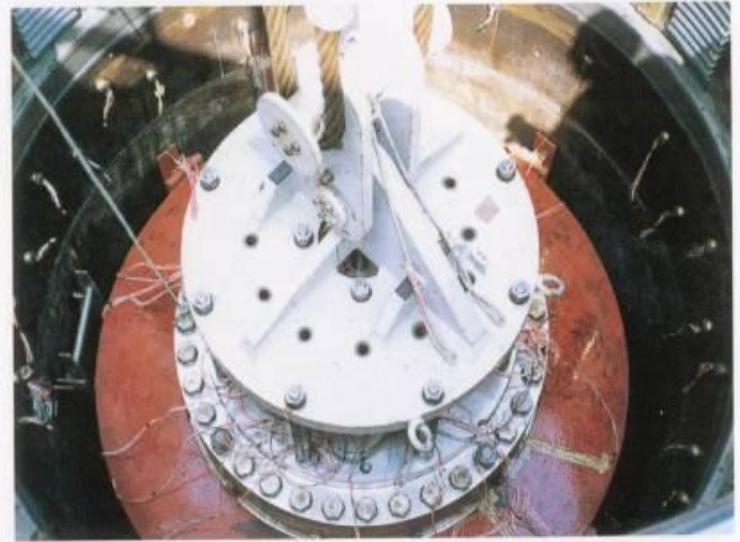


輸送容器の安全性試験(2)

耐火試験 800℃の環境に30分間、
キャスクを放置します。



浸漬試験 深さ200mの水中の環境に 1 時間、
キャスクを沈めます。



原燃輸送

NUCLEAR FUEL TRANSPORT CO., LTD.



輸送容器の保守（例：使用済燃料輸送容器）

輸送容器の定期検査は、
以下の項目を一定の頻度にて実施する。

- ① 外観検査
- ② 耐圧検査
- ③ 気密漏洩検査
- ④ 遮蔽検査
- ⑤ 未臨界検査
- ⑥ 熱検査
- ⑦ 吊上検査
- ⑧ 作動確認検査



輸送容器の保守風景



蓋取外し作業実施状況



気密漏えい検査作業実施状況



ボルト穴補強作業実施状況



トラニオン取外し作業実施状況



使用済燃料運搬船



使用済燃料運搬船 【平成8年竣工】

主要寸法	全長約100m、全幅約16.5m
載貨重量	約3,000トン
総トン数	約5,000トン
貨物積載個数	使用済燃料輸送容器 最大20基

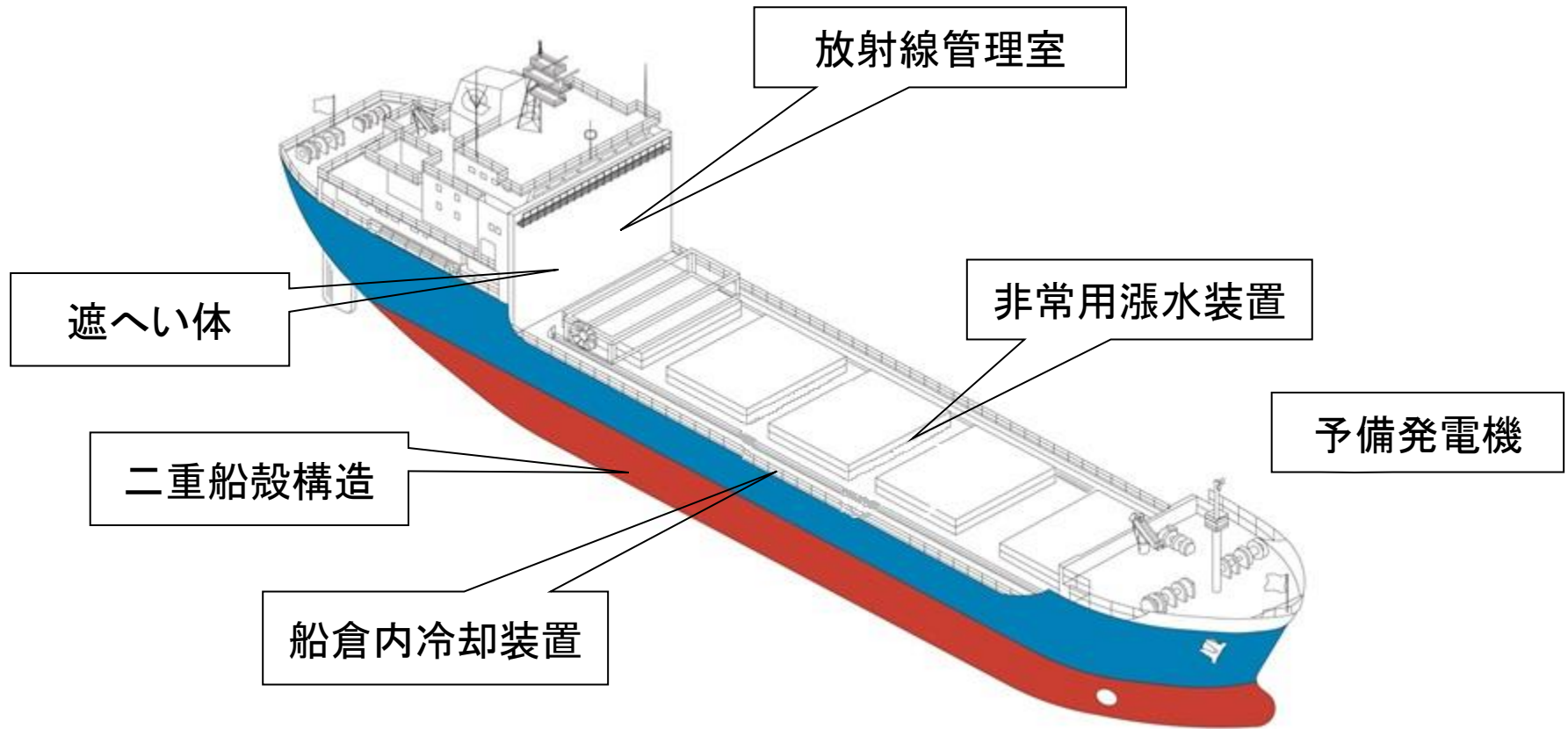


多目的運搬船 【平成18年竣工】

主要寸法	全長約100m、全幅約16.5m
載貨重量	約3,000トン
総トン数	約5,000トン
貨物積載個数	使用済燃料輸送容器 最大12基



使用済燃料運搬船の主な構造



低レベル放射性廃棄物運搬船

竣工 : 平成31年
寸法 全長: 約 100 m
全幅 : 約 16.5 m
載荷重量 : 約 3,000 t
総トン数 : 約 4,500 t
貨物積載個数:
LLW輸送容器最大432基



放射性輸送物運搬船の種別

(第45条＜防災並びに放射線の測定及び災害対策のための措置＞関係)

甲種貨物: 照射済核燃料、プルトニウム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、一般船に積載する照射済燃料等の放射能の量の合計が4ベ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

	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)航海設備の備付け	○		
(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)損傷時の復元性	○		
(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	○	○	○



その他の機器例（岸壁クレーン）



150トン橋形クレーン：
使用済燃料輸送容器
ガラス固化体用輸送容器

50トン橋形クレーン：
低レベル放射性廃棄物輸送容器
天然六ふっ化ウラン用輸送容器



Ⅲ 輸送に係わる手続き



モーダル規則とIAEA輸送規則

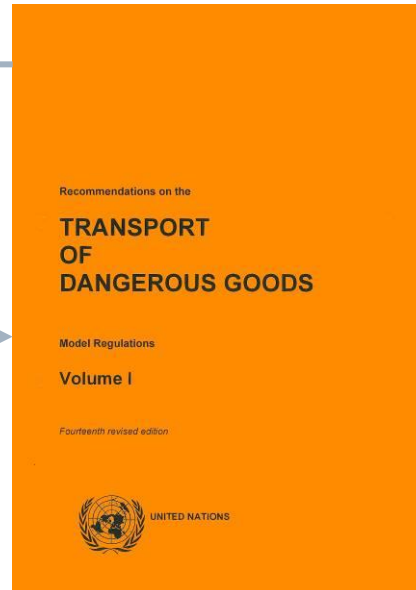
IAEA : TS-R-1 国連勧告・モデル規則 (Orange Book)

Class 7の策定をIAEAに委託

IAEA Safety Standards
for protecting people and the environment

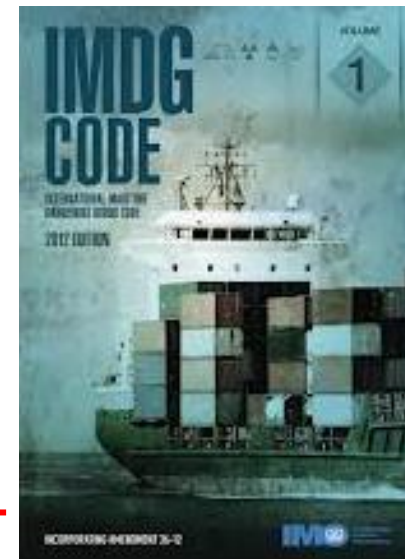
Regulations for the
Safe Transport of
Radioactive Material
2012 Edition

Specific Safety Requirements
No. SSR-6



輸送モーダル機関が取入れ

IMO、ICAO、EC等



ICAO-TI



IMDG
Code

(日本の例)

- ・海上輸送: 危規則
- ・航空輸送: 航空法施行規則

条約等に基づき加盟国は
国内規則に
強制取入れ

(参考)

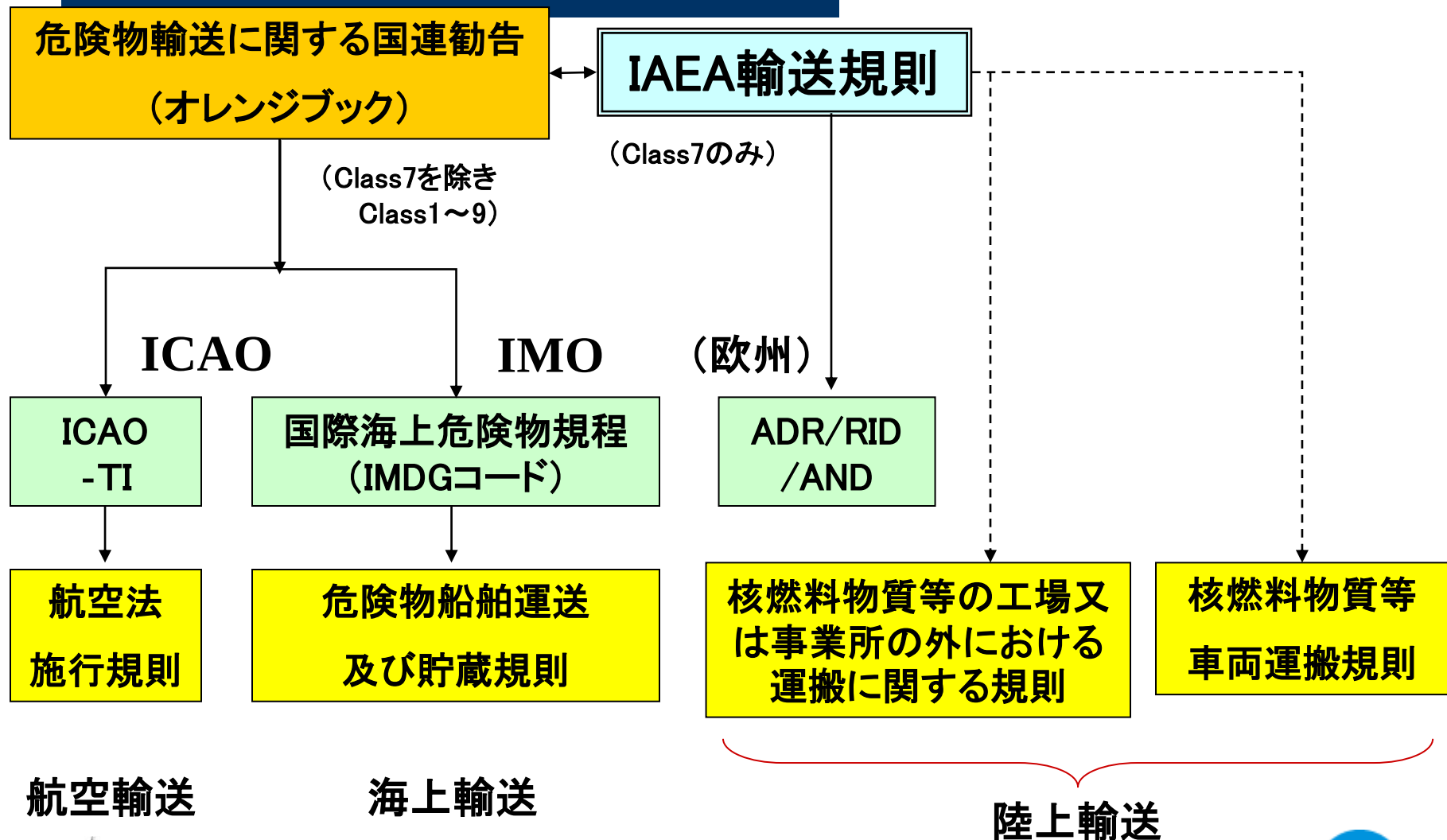
(整合要)

- ・陸上輸送: 事業所外運搬規則等

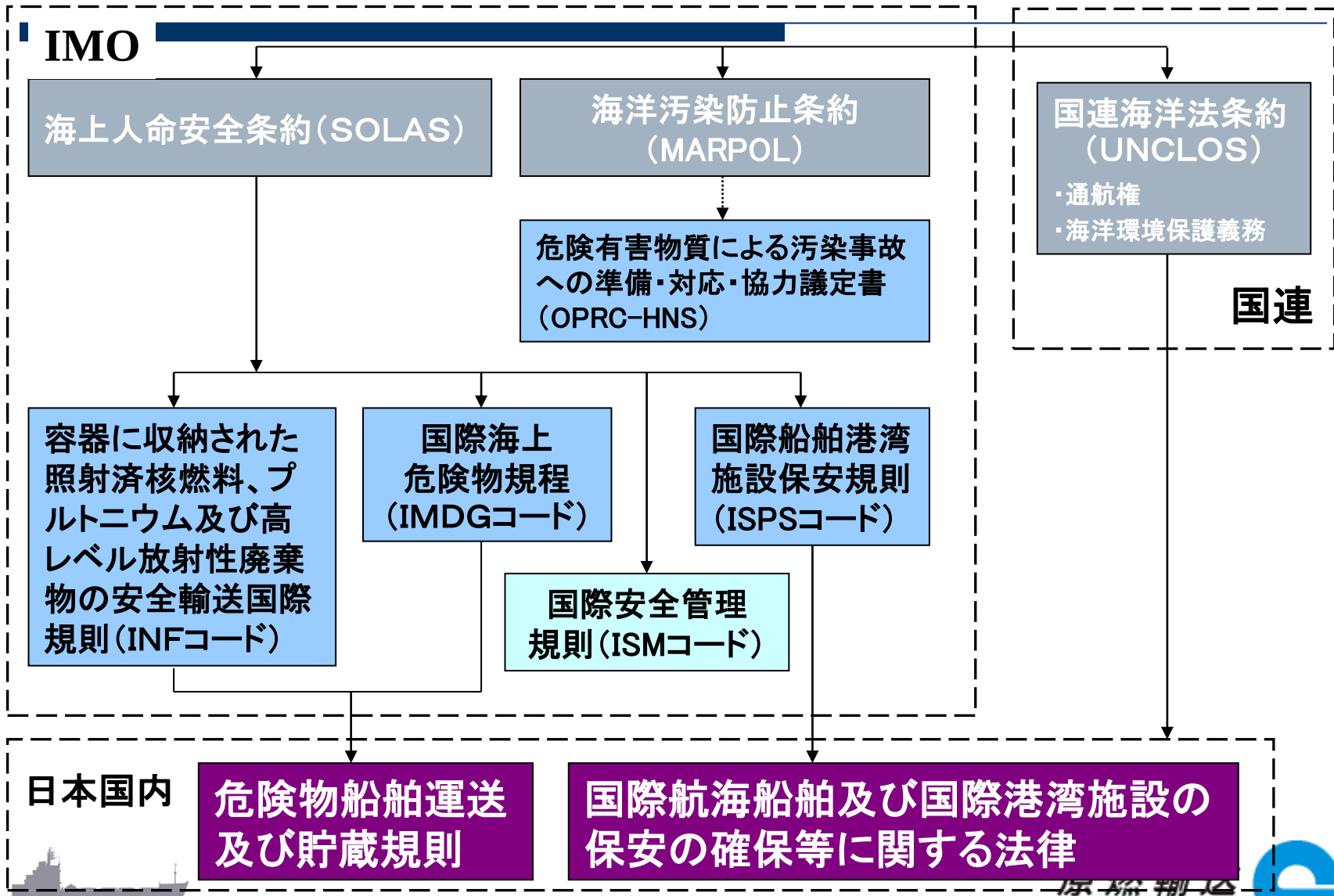


本資料の内容を当社の許可なく複製・転載すること、本来の目的以外に使用することを禁止します。

IAEA輸送規則と国内規則の関係



海上輸送関係の国際規則と国内規則の関係



日本の法令体系

物質・事業・輸送モードによって適用法令等が異なる。



他に、放射性医薬品は薬事法(厚労省)、郵便は郵便法(総務省)による。



輸送計画の調整（例：使用済燃料輸送）

1. 当該年度の輸送計画作成

電力会社、再処理事業者、関係各所と調整し年間の輸送を計画する。
輸送を実施する際には各種の制約条件を考慮する必要がある。

（例）

- ・ 冬季入港制限、施設定期検査、年末年始等の払出、受入側の制約
- ・ 国際会議開催、お祭り等の警備上の制約

2. 個別の輸送ごとの計画作成

各輸送ごとに具体的なスケジュールを荷主、受入先、関係各所と協議する。

制約条件（例）

- ・ 警備当局の対応
- ・ 荷役時間の制限（日の出、日没）



海上輸送時の主な許認可（例：使用済燃料輸送）

申請書名	申請先	提出期限	
放射性輸送物運送計画書 安全確認申請書	地方運輸局長	原則として 1ヶ月前	危規則第86条、 第87条、第99条
放射性物質等運送届	海上保安本部長	運送開始 4週間前	危規則第106条
危険物積付検査申請	地方運輸局長	2週間前	危規則第111条の3項

申請は発航港を管轄する地方運輸局、海上保安本部宛提出



陸上輸送時の主な許認可（例：使用済燃料輸送）

申請書名	申請先	提出期限	
核燃料輸送物運搬確認申請	国土交通大臣	原則として 3週間前	核燃料物質等車両運搬規則 第20条
核燃料物質等運搬届出書	公安委員会	運搬開始 1週間前 (例外あり)	核燃料物質等の運搬の届出 等に関する内閣府令

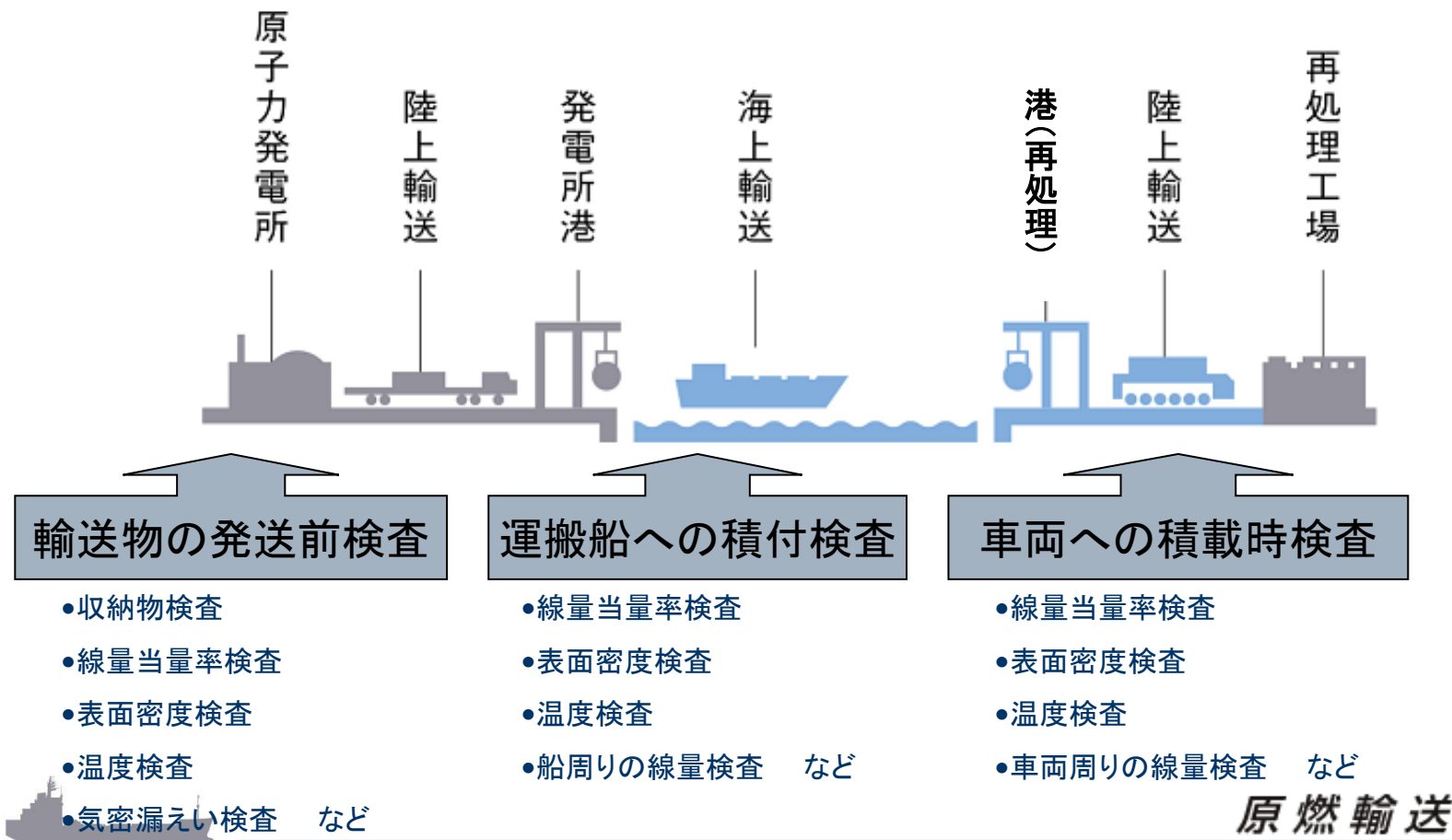


輸送の手続き（例：使用済燃料輸送）

六ヶ所向け使用済燃料輸送の輸送方法（輸送体制・許認可・検査）

		発電所側（発地）				六ヶ所側（着地）			
輸送の流れ		原子炉等規制法				船舶安全法 原子力災害対策特別措置法			
		原子力発電所	陸上輸送	発電所港	海上輸送	港（再処理）	陸上輸送	再処理工場	
運搬の範囲	担当事業者	電力会社				海上国縛渡し （海運会社）	原燃輸送 （荷役会社）	車上渡し （陸送会社）	日本原燃
	契約関係				海上輸送契約 緊急時対応業務委託契約（原電事業）	荷役契約	陸送契約		
		設計・製造	輸送物の作成	陸上輸送	船積み作業	海上輸送	陸揚げ作業	陸上輸送	輸送物の受入れ
各社の業務範囲（主な許認可手続き等）	電力会社 原子炉設置者 原子力防災管理者	・自動車運搬に係る 固縛強度検討報告書 （国土交通省）	・車両運搬確認申請	・取決めの締結確認申請 （原子力規制委員会） ※公道輸送を伴う発電所 ・核燃料輸送物運搬確認 申請（国土交通省） ・核燃料物質等運搬届出書 （公安委員会）	輸送物作成者			・核燃料輸送物運搬確認 申請（国土交通省）	
	日本原燃 再処理事業者 安全協定当事者		発送前検査	車両積載時検査			・安全協定に基づく 輸送計画等連絡書 県・村立入調査		受入検査
	原燃輸送 運搬を委託された者	・核燃料輸送物設計承認 申請（経済産業省） ・容器承認申請 （経済産業省） 製造時検査 ・自動車運搬に係る 固縛強度検討報告書 （国土交通省）	・車両運搬確認申請		荷送人		・使用済燃料岸壁荷役等 安全対策要領 （むつ小川原港長） ・核燃料輸送物運搬確認 申請（国土交通省） ・核燃料物質等運搬届出書 （青森県公安委員会） 車両積載時検査		
	海運会社			・危険物積付検査申請 （地方運輸局） 危険物積付検査	船舶運航者 ・放射性輸送物運送計画書 ・安全確認申請書（国土交通省） ・放射性物質等運送届 （管区海上保安本部）	・危険物荷役許可申請 ・入出港届 （むつ小川原港長）			

輸送時の検査例（例：使用済燃料輸送）



海上輸送における積付検査の検査内容 (例: 使用済燃料輸送)

○放射性輸送物の確認

- ・輸送容器の型式、名称
- ・輸送個数
- ・線量当量率
- ・放射能面密度
- ・表面温度
- ・亀裂、損傷等の有無

○積付方法の確認

- ・表示
- ・積載場所
- ・固縛方法
- ・外板、船倉、区画等の表面、2メートル離れた位置の線量当量率
- ・船内の居住区域の線量当量率

○盗取等による災害を防止するために必要な措置の確認



海上輸送中の管理（例：使用済燃料輸送）

○運航管理

運航体制の整備、規程類の制定

○運搬船の対応

航海体制、設備、航路

○連絡体制の策定

通常時、緊急時（海上輸送時、荷役時）

○定時連絡

定期的に関係箇所へ連絡

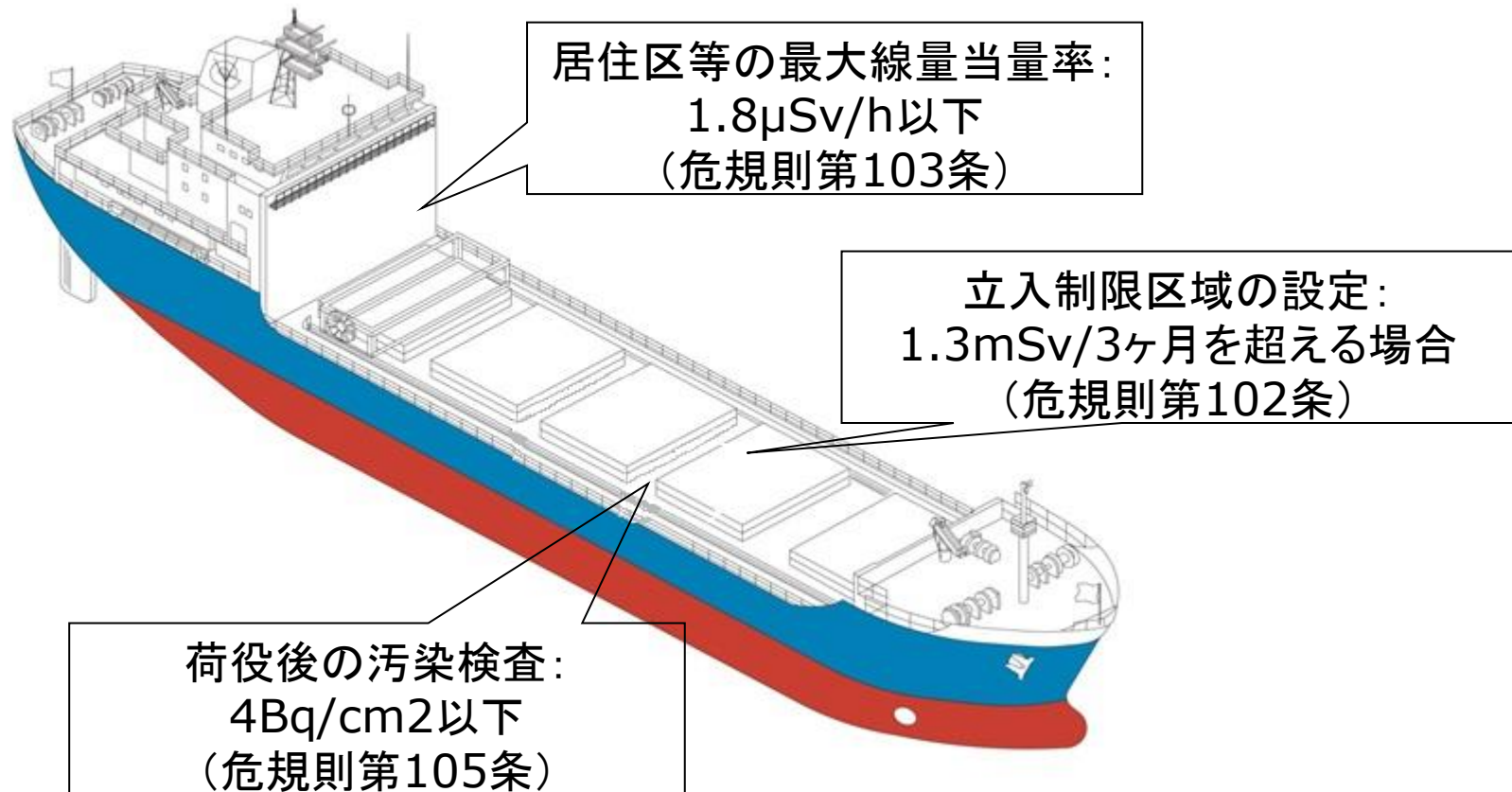
○気象海象の確認

事前、輸送中に情報を入手し対応



運搬船の放射線管理(1)

□ 運搬船に係る基準



運搬船の放射線管理(2) (例:使用済燃料輸送)

運搬船の放射線管理については、危規則第5条の8に基づいて制定している「危険物取扱規程」にて定めている。

- 船舶放射線管理者の乗船
- 輸送物の監視
 - エリアモニタによる放射線の連続監視
 - 輸送物・船倉内温度の連続監視
- 立入制限区域への出入管理
 - ポケット線量計の着用
- 本船内の被ばく管理
 - ガラスバッジの着用
 - 船内にある者の線量当量:1mSv/年以下
- 荷役後の汚染検査
- 放射線測定機器の設置と維持・管理



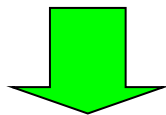
IV 安全輸送への取り組み

(事故への備え<NFT>)

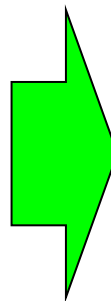


通報体制整備に向けた当局との対応

- 平成14年(2002年)1月21日、濃縮ウランを積載した輸送船が、米国から東京へ向け航海中、神奈川県沖にてエンジン不具合が発生、荒天により1日余り漂流する。
- 事業者より海事当局へ本事象に関する通報が実施されず、海事当局の現地対策本部立ち上げ準備が遅れた。



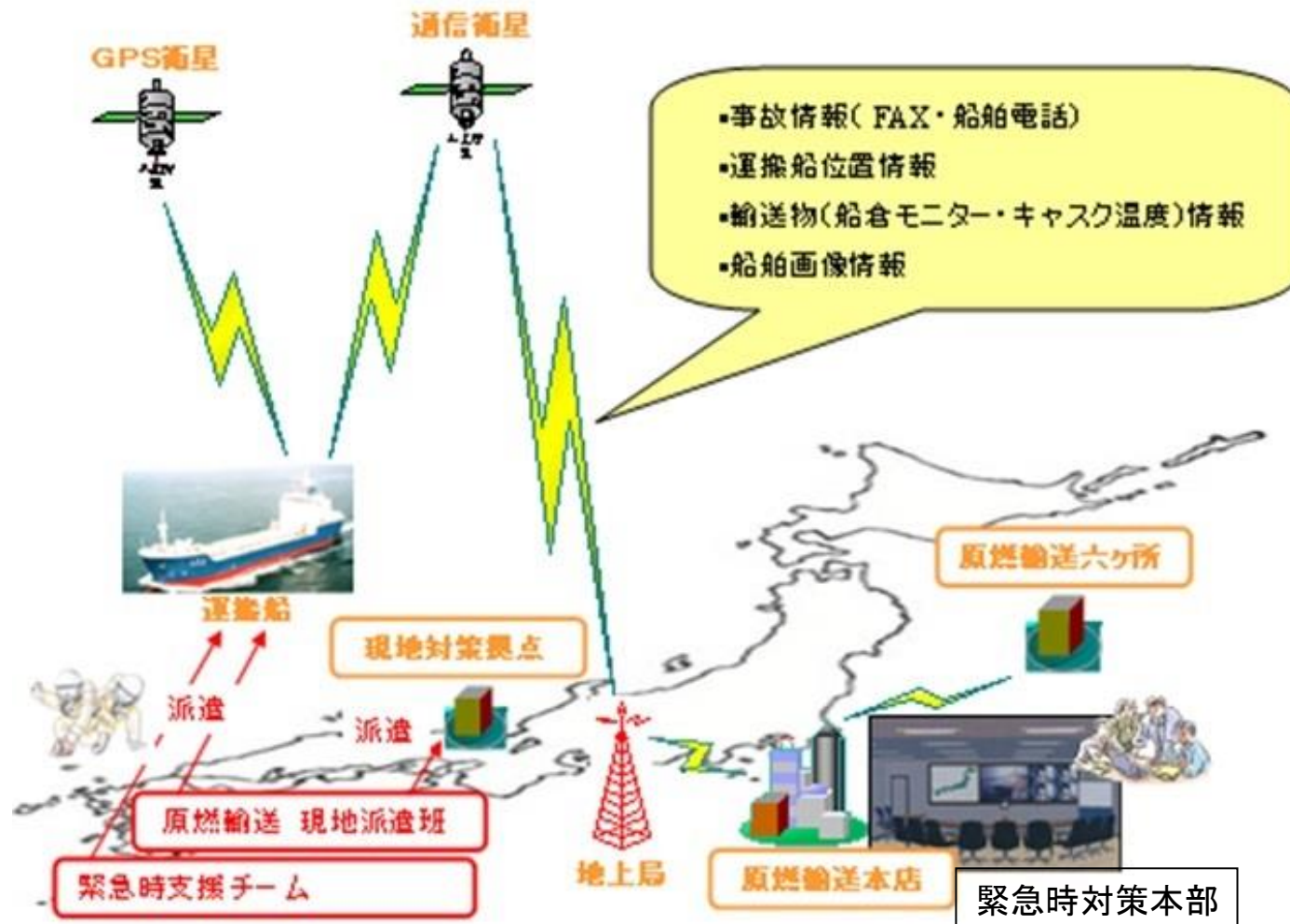
- 海事当局の指導
 - 非常時事象の定義づけ
 - 教育・訓練
 - 当局による確認



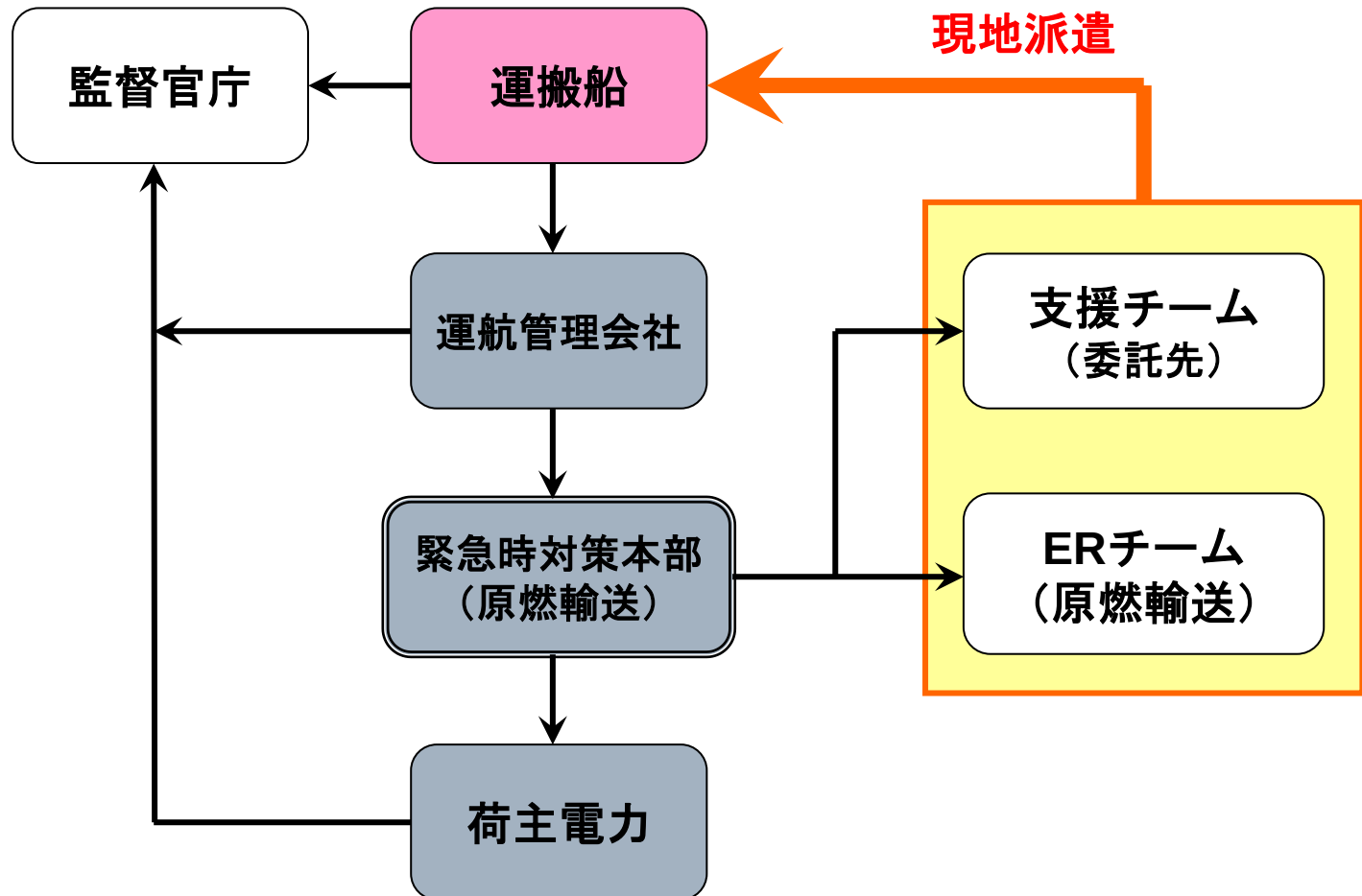
- 事業者は通報訓練の強化、充実を図った。
 - マニュアルの制定、改訂
事故の発生情報、経過情報、関係者の初動情報及び対応情報等の確実な伝達
 - 関係者全員参加による通報訓練の実施
通報連絡に関する練度向上
 - 通報システムの整備
緊急時対策室の整備、通信機器の更新



緊急時対応の全体像



緊急時対応体制(海上輸送)



事故発生時に備えるための訓練

訓練内容	訓練種別				訓練対象		
	海上	陸上	原子力災害	一般	現場	本部	規制当局
通 報 訓 練	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
要 員 呼 集 訓 練	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
広 報 活 動 訓 練	☐	☐	☐	☐		☐	
船 内 活 動 訓 練	☐		☐		☐	☐	
洋 上 救 護 訓 練	☐		☐		☐		☐
緊 急 離 岸 訓 練	☐			☐	☐		
クレーン故障訓練	☐			☐	☐		
オイルフェンス展張訓練	☐			☐	☐		



通報連絡訓練

- 目的
 - 関係者間における迅速、正確な情報共有
- 訓練内容
 - 海上輸送中に事故が発生し、キャスクより放射性物質の漏洩の恐れがあると想定し、関係先へ通報する。
- 参加者
 - 当社
 - 緊急時対応委託先
 - 電力会社
 - 船舶運航会社、荷役・運送会社
 - 規制当局、地元行政
- 実施時期等
 - 当該年度輸送前までに実施
(運搬船毎)



船内活動訓練

- 目的
 - 現場への支援要員の派遣および現場処置の能力向上
- 訓練内容
 - 海上輸送中の船倉内でキャスクに異常が発生する事象を想定し、E Rチーム、緊急時支援チームによるその事象を回避する措置を実施する。
- 参加者
 - 当社／E Rチーム
 - 緊急時対応委託先／緊急時支援チーム
 - 船舶運航会社／船長、船舶放射線管理者
- 実施頻度
 - 年2回
- 実施場所
 - 係留港



船内活動訓練(風景)



【タグボートからの移乗】



【携行資機材】



【キャスクの状況確認等】 原燃輸送



洋上救急訓練

□ 目的

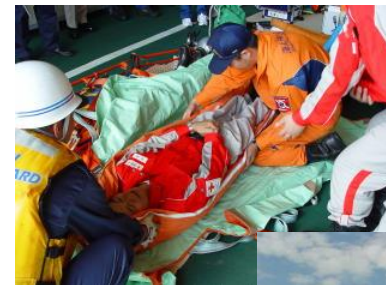
- 関係機関との連携強化

□ 訓練概要

- 運搬船が船体損傷事故に遭遇し、乗組員が負傷と共に微量の放射能を浴び、専門医による受診が必要との判断のもと、海上保安部へ救助要請が行われ、運搬船より救護者を搬送する。

□ 参加機関等

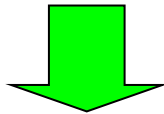
- 当社
- 船舶運航会社／運搬船
- 海上保安部



緊急離岸訓練

平成23年(2011年)3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波災害を受けて、輸送(陸上・海上輸送)の更なる安全対策について検討

- ・緊急離岸のためのマニュアルの整備
- ・輸送車両の移動に関するマニュアルの整備
- ・スキル維持・向上を図るため緊急時対応訓練を実施
- ・荷役時におけるクレーンの予備電源の確保



<訓練>

- ・SF運搬船 港(再処理) 電力港
- ・多目的船 係留港
- ・LLW運搬船 港(再処理) 電力港



◎緊急離岸訓練を通じて

- ・緊急離岸マニュアルの実効性⇒ 確認
- ・船員のスキルの維持 ⇒ 定期的に訓練を実施



緊急離岸訓練(風景)



【輸送物荷役作業中】

地震／津波 の発生



【クレーンboom格納】



【運搬船緊急離岸】



【輸送物の移動(陸側)】



【車両への輸送物固縛】



【車両退避】



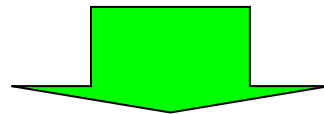
輸送車両のけん引訓練

輸送車両が故障して走行できない状況を想定し、待機している輸送用の車両を用いてけん引を行う。



安全輸送への取り組み

- 事故発生時に迅速かつ確実な対応
 - ・対応体制の整備
 - ハード面 ⇒ 緊急時対策室、通信設備の設備
 - ソフト面 ⇒ マニュアルの整備
 - ・対応訓練の実施
 - 通報連絡、船内活動、洋上救急、緊急離岸訓練等



より安全で信頼性の高い
輸送サービス提供への弛まない努力





ご清聴ありがとうございました

資料中の参考文献

- ・原子力・エネルギー図面集
- ・経済産業省・資源エネルギー庁パンフレット:貯蔵容器



本資料の内容を当社の許可なく複製・転載すること、本来の目的以外に使用することを禁止します。