

原子力艦の原子力災害対策に係る技術的検討に関する調査報告書

平成15年3月

原子力艦災害技術検討委員会

目 次

	頁
はじめに	
第 1 章 検討課題について	1-1
第 2 章 原子力艦寄港の現状	2-1
第 3 章 応急対応範囲の試算	3-1
第 4 章 判断基準の試案	4-1
第 5 章 周辺住民等及び防災業務関係者の防護対策	5-1
添付資料 1 委員会及びWGの名簿	添資 1-1
添付資料 2 原子力艦について	添資 2-1
添付資料 3 オーストラリアにおける原子力艦災害影響評価事例の紹介	添資 3-1
添付資料 4 海外における原子力艦災害対応体制の紹介	添資 4-1
添付資料 5 原子力艦防災に係る緊急時放射線モニタリング体制の整備について	添資 5-1
添付資料 6 三港の防災体制の現状について	添資 6-1
添付資料 7 外国政府に情報提供を要請する必要がある技術的事項について	添資 7-1
技術資料 1 応急対応範囲試算手順について	技資 1-1
技術資料 2 発災艦の移動時における周辺地域へ事故影響について	技資 2-1
技術資料 3 防災業務関係者の防護具及び線量計及びそれらの要件についての事例	技資 3-1

はじめに

原子力艦の原子力災害については、平成 13 年に中央防災会議防災基本計画専門調査会の下に原子力災害プロジェクトチーム(座長 能澤正雄)が設置され検討が行われた。その検討結果を踏まえ、平成 14 年 4 月 23 日に開催された中央防災会議において、防災基本計画第 10 編に第 4 章「原子力艦の原子力災害」を加えることが承認された。

原子力災害プロジェクトチームは、計画策定後、技術的な観点から検討を行うべき課題として以下の 4 点をとりまとめた。

- (1) 原子力艦による原子力災害発生に関する判断基準について
- (2) 応急対応範囲の設定について
- (3) 緊急時環境放射線モニタリング体制について
- (4) 周辺住民等及び防災業務関係者の防護対策について

原子力災害プロジェクトチームが指摘した技術的課題について検討を行うため、学識経験者及び行政関係者からなる「原子力艦災害技術検討委員会」(委員長 矢川元基 東京大学教授、以下「委員会」と記す)が設置された(添付資料 1 に委員会名簿を示す)。本委員会は、プロジェクトチームがまとめた 4 つの技術的課題のうち、緊急時モニタリング体制については環境放射線モニタリングを担当する文部科学省において既に検討が開始されていたこともあり、応急対応範囲、判断基準及び防護対策の 3 つの課題について検討を行った。

委員会での検討を効率的に進めるため、原子力艦の原子力災害に関する専門家からなる「原子力艦災害技術検討ワーキンググループ」(主査 北野匡四郎、以下「WG」と記す)を設置して技術的な検討を行った(添付資料 1 にWG名簿を示す)。このWGは 7 回にわたって開催された。委員会では、WGから提出された内容についてさらなる検討を行い、その成果をとりまとめたものが本報告書である(委員会は 6 回開催された)。

なお、緊急時環境放射線モニタリング体制の検討状況については、第 4 回委員会で文部科学省から紹介が行われた(添付資料 5 参照)。

今回は、プロジェクトチームが指摘した課題に関して、原子力艦に関する十分な技術情報が得られない状況で検討を行わざるを得なかったため、影響評価においては現実的には有り得ないような状況までを仮定し、安全側に評価を行った。今後、技術情報等入手する努力を重ねるとともに、入手できた場合は今回の評価内容を見直していくことが必要であると考え。それによって、原子力艦による原子力災害への対応を、より現実的で実効的なものとするのが可能となる。

第1章 技術的検討の条件及び検討課題

1. 技術的検討の条件

原子力艦自体の構造、搭載された原子炉システム、原子力艦の運用方法の技術情報に加え、原子力艦による原子力災害発生時の検知や通報がどのように行われるかについても、情報の入手が困難という条件下で、技術的な検討を行わざるを得なかった。このため、事故時の影響評価等を行うに際しては、以下の基本的な考え方で行った。

(1) 原子炉システムについての技術情報が不明である

- ①原子力艦に搭載されている原子炉システムは、基本的には我が国においても十分な運転実績のある、加圧水型原子炉（PWR）であることが、様々な文献で指摘されている。しかし、その原子炉システムが実際にどのような構成になっているかについては公表されていない。従って、PWRとして必要最低限の構成要素の存在を仮定し、事故影響評価のためのモデル化を行った。
- ②事故の影響評価に関連して、もっとも影響を及ぼす要因の一つとして、緊急時対応システムである、格納容器スプレー及び排気システムに連結された放射性物質の除去フィルターの存在が上げられる。何らかの緊急時冷却システム、そして艦内に漏えいした放射性物質の除去フィルターが存在するものと推定されるが、存在するとしてもどの程度の性能を有するか不明であり、応急対応範囲の試算においては放射性物質除去フィルターがないものとして評価を行った。
- ③実際に事故影響を評価するためには、原子炉システムに関する様々なパラメータをどの値にするかの検討が重要である。しかし、それらの値について公表されたものはなく、海外における原子力艦事故影響評価の事例、原子力船「むつ」の安全評価結果、我が国の軽水炉の安全評価で用いられている手法や各パラメータの値も参考にしつつ、十分な安全裕度を考慮して各パラメータの値を決定した。

(2) 想定した事故について

- ①どのような事故を想定するかによって、周辺環境への影響は異なる。搭載されている原子炉が軽水炉であると推定されることから、通常の運転時に冷却材喪失事故が起き、それに伴って燃料損傷が発生したものとして影響評価を行った。このような事故の想定は我が国における軽水炉の安全評価に関する評価指針でも採用されており、実際にはありえないようなレベルの事故を想定し、これによって十分安全側になるように事故影響を評価した。
- ②事故の発生場所や放射性物質の放出形態については、様々なケースが想定される。各寄港地周辺における影響を評価して防護対策の検討に資するという立場から、原子力艦繫留地点において事故が発生し、大気中へ放射性物質が放出された場合

を想定し、周辺地域における影響を安全側に評価した。

(3) 原子力災害発生時の対応

- ①原子力艦による原子力災害発生時にどのような判断基準が用いられているのかが不明である。さらに、原子力災害時に、原子力艦内の状況について、必要な情報を入手できるのかが不確実である。
- ②即ち、原子力災害の進展を予測するために必要な放出源情報を入手できるかどうか不明であり、防護対策の内容に不足やその実施時期に遅れが生ずる可能性も考えられる。従って、外国政府から十分な災害情報を入手できない状況を想定し、そのような状況下でも我が国が独自に実施している環境放射線モニタリング活動で得られた情報に基づいて、周辺住民の適切な防護対策を実施できる体制を構築することが必要である。

なお、我が国から外国政府に対し、原子力艦による原子力災害発生時には事故の状況についての情報提供を積極的に要請することは必要である。従って、どのような項目について情報提供を要請したらよいかについても検討を行った。その検討結果を添付資料7に示す。

2. 委員会の検討課題について

「はじめに」で示した4つの課題のうち、本委員会では以下の3つの課題について技術的な検討を行った。

(1) 応急対応範囲の試算

1. で述べたように、原子力艦による原子力災害発生時において、放出源情報等の発災艦に係る詳細な情報を入手できるかどうかは不確実である。そのような災害環境下において、周辺住民の安全を確保するためには、原子力災害の規模がある程度以上にいたる可能性がある場合、災害の初期段階においてある範囲の周辺住民を対象としてまず避難・屋内退避を実施することが必要であると考え、その範囲を「応急対応範囲」として評価した。

(2) 判断基準の試案

原子力艦で何らかの事故が発生した場合、外国政府から外務省を通じて通報がなされることとなっている。しかしながら、周辺住民の安全をより確実なものとするために、我が国が独自に原子力艦寄港地で実施している環境放射線モニタリングにより、原子力艦による原子力災害の発生を適切な段階で検知し、防護対策の実施を可能にする体制を構築しておくことは不可欠である。そのためには、原子力艦寄港

地で実施されている環境放射線モニタリング体制を、原子力艦による原子力災害に対応しうるものとするとともに、それらのモニタリング体制で放射線が検知された場合に、原子力艦による原子力災害発生の可能性を判断するため、我が国独自の判断基準を検討しておくことが必要である。「原子力災害対策特別措置法」（以下、「原災法」と記す）においては、原子力災害が発生した場合に、その通報基準や原子力緊急事態発生時の判断基準を詳細に示しているため、これを参考に、原子力艦による原子力災害の特殊性も踏まえて、どのような判断基準を設定すべきかについて検討を行った。

(3) 周辺住民等及び防災業務関係者の防護対策について

原子力艦に搭載されている原子炉システムは、我が国においても運転実績が豊富な軽水炉の一つである加圧水型原子炉である。従って、原子力艦による原子力災害が発生した場合、その周辺地域の住民及び一時滞在者（以下、「周辺住民等」と記す）及び国、地方公共団体の担当部局の職員、警察機関、消防機関、海上保安庁、自衛隊等の防災業務関係者（以下、「防災業務関係者」と記す）の防護対策は、原子力施設を対象としたものとそれほど変わるものではなく、基本的には防災指針で示された防護対策の考え方を適用できるものと考え、原子力艦による原子力災害の特殊性を考慮し、特に留意すべき点について検討を行った。

第2章 原子力艦寄港の現状

委員会に与えられた3つの課題を検討するにあたって、我が国への原子力艦寄港の現状を把握することを目的として整理を行った。

1. 原子力艦とは

我が国に寄港する原子力艦としては、原子力空母と原子力潜水艦の2種類がある。これらの原子力艦に搭載された原子炉については、その詳細は公表されていないが、様々な文献から以下の特徴が判明している。

1) 炉型

加圧水型原子炉（PWR）

2) 燃料

濃縮ウラン

3) 熱出力（以下はいずれも推定値）

①原子力空母

Nimitz 級空母：600MW×2 基

Enterprise 級空母：160MW×8 基

②原子力潜水艦

Los Angeles 級潜水艦：160MW×1 基

原子力潜水艦として我が国に寄港する可能性があるものは、この他に Seawolf 級及び Virginia 級の2種類があり、これらはいずれも攻撃型原子力潜水艦と呼ばれる潜水艦である。このうち寄港実績があるのは、Los Angeles 級のみである。

③原子炉以外のエネルギー源

原子力空母は、原子炉以外に4基のディーゼル発電機を搭載しており、原子炉を停止した状態においても自力で航行可能である。また、文献によっては、原子力潜水艦もディーゼル発電機を搭載していることが指摘されており、緊急時の電力源として利用されているようである（バッテリーを経由してモータを駆動させ航行可能）。

原子力艦及びその寄港の現状の詳細を添付資料2に示す。

2. 我が国における寄港の現状

(1) 我が国における原子力艦の寄港回数

1) 艦船種別毎の寄港回数（1964年～2003年3月31日）

寄港地	原子力艦の種別			
	SSN	CGN	CVN	計
	攻撃型原子力潜水艦	原子力巡洋艦	原子力空母	
横須賀港	665	25	4	694
佐世保港	202	8	5	215
金武中城港	189	4	0	193
計	1056	37	9	1102

※これまで我が国に寄港したことのある原子力巡洋艦は、既に退役している。
 ※上表データは、財団法人日本分析センター原子力軍艦放射能調査室からの提供。

2) 寄港日数（1997年度～2002年度の原子力軍艦寄港隻数と寄港日数）

年度	横須賀港		佐世保港		金武中城港		3港の合計	
	隻数	寄港日数	隻数	寄港日数	隻数	寄港日数	隻数	寄港日数
	1997	32	226	21	142	8	16	61
1998	32	178	11	81	8	12	51	271
1999	23	158	10	45	16	46	49	243
2000	24	166	13	47	12	18	49	231
2001	15	98	17	40	9	30	41	167
2002	16	164	25	86	15	32	56	282
1964年度から2002年度までの合計	694	5102	215	1005	193	367	1102	6474
一隻あたりの平均寄港日数		7.4		4.7		1.9		5.9

※これらの原子力軍艦は、攻撃型潜水艦が大部分であるが、空母、巡洋艦も含まれている。
 ※財団法人日本分析センター四半期報を基に、同センター原子力軍艦放射能調査室が編集。

(2) 我が国への寄港の条件

- ①外国政府から我が国に対し、少なくとも入港 24 時間前に通報が行われることになっており、それを受けて文部科学省の放射能調査班が環境放射線モニタリング活動を開始する。
- ②原子力艦は接岸した段階で原子炉を停止させ、出港数時間前に原子炉を起動させることが判明している。なお、横須賀及び佐世保の現地調査を実施した結果、原子力潜水艦の接岸地点の近くに電力の供給設備があることが確認されており、接岸時に原子炉を停止させても艦内の機器類への電力供給が可能である。

3. 原子力艦寄港地の現地調査結果

ここでは、「第3章 応急対応範囲の試算」の検討の基礎資料とするため原子力艦寄港地周辺の地勢や社会状況について現地調査を行った結果等を整理した。各地方自治体における防災対応の現状体制についてはアンケート調査も行い、それらの結果を添付資料6に示した。

(1) 横須賀港周辺概況

- ①原子力空母及び原子力潜水艦が寄港する。
- ②基地敷地内には、軍事施設だけでなく、軍関係者等及びその家族のための居住施設、厚生施設、学校等がある。
- ③敷地の南東から南の方位にかけて、横須賀市の繁華街にあたる地域があり、病院、学校等もある。また、これらの地域は、国道16号を中心にかなり交通量が多いところでもある。
- ④基地敷地境界は、繫留地点から1kmの内側にある。
- ⑤基地周辺の人口分布

接岸地点からの距離	人口	累計
0～1km	7,098人	7,098人
1～3km	78,258人	85,356人
市全体		436,515人

注) 平成14年10月1日現在の数値。

(2) 佐世保港周辺概況

- ①原子力空母及び原子力潜水艦が寄港する。
- ②空母の停泊地点は、佐世保湾の入口に近いところにあり、停泊地点から半径2kmが若干陸地にかかる程度であり、それらの地点も低人口地帯である(半径1kmの範囲内には陸地がない)。
- ③原子力潜水艦が接岸する赤崎岸壁は佐世保湾の奥にあり、半径500m以内の人口は少ないが、1kmまでの範囲で見ると、赤崎地区に住居が集中している。
- ④基地敷地境界付近の概況(原子力潜水艦接岸地点)

赤崎岸壁は佐世保湾の奥にあり、接岸する岸壁になだらかな丘陵地帯が迫っている。その中央付近には赤崎岳(標高251m)があるが、その周囲の丘陵地帯はそれほど高くはない。近いところでは、接岸地点から200mを超えた地点に人家があり、直線距離で約500mの地点に老人ホームがある。ホームの近いところに、民家が散在している。原子力災害発生時における防護対策という観点からは、この赤崎地区での対応が重要となるものと考えられる。

⑤赤崎岸壁の対岸に佐世保市の繁華街があるが、岸壁からの距離は2 kmを超えている。

⑥原子力潜水艦接岸地点周辺の人口分布

接岸地点からの距離	人口	累計
0～1km	3,517 人	3,517 人
1～2km	6,330 人	9,847 人
2～5km	100,961 人	110,808 人

注) 平成 14 年 8 月現在の数値。

(3) 金武中城港（沖縄）

①寄港実績があるのは原子力潜水艦のみで、基地内海岸から延びた棧橋に接岸する。

②基地敷地境界は、接岸地点からほぼ1 kmの地点にあり、接岸地点を囲むように半円形の形をしている。

③基地敷地境界の外側に平敷屋地区があり、コンクリート造の民家が密集している（これは台風対策である）。

④原子力潜水艦接岸地点周辺の人口分布

接岸地点からの距離	人口	累計
0～1km	340 人	340 人
1～2km	5,700 人	6,040 人
2～3km	9,367 人	15,407 人

第3章 応急対応範囲の試算

1. 応急対応範囲の検討について

(1) 原子力艦による原子力災害

1) 対象となる原子力艦について

原子力艦に搭載された原子炉システムは、基本的には我が国でも十分な運転実績がある加圧水型原子炉（PWR）であることが、様々な公開文献で指摘されている。しかし、軍事用と民生用との違いもあり、安全システムを含め、原子炉システムが実際にどのような構成となっているかについては公表されていない。従って、事故影響評価に際しては、我が国における軽水炉からの知見を踏まえつつ、十分な安全裕度を持たせたモデル化を行った。

2) 原子力艦で原子力災害が発生した場合

原子力施設においては、原災法により、環境中へ放射能が放出される前の段階から、原子力事業者には施設内で発生した異常について報告義務が課せられている。さらに、環境への放射性物質漏えい開始後も、国や地元地方自治体に対し逐一状況報告がなされる。原子力艦による原子力災害が発生した場合、外国政府から外務省を通じて通報がなされることになっているが、周辺住民への防護対策を迅速に実施する上から、放出源情報等の必要な情報の入手が不確実な状況下においても、日本側において必要な措置をとれるようにする必要がある。

(2) 応急対応範囲の検討

原子力艦による原子力災害が発生した場合には、迅速にかつ混乱させることなく、計画された避難等の防護対策を実施することが重要である。そのため、原子力艦による原子力災害発生時において、放出源情報等が十分に得られない状況下で行う避難・屋内退避の実施範囲、即ち「応急対応範囲」を検討した。

参考) ここでいう「応急対応範囲」と、「原子力施設等の防災対策について」（昭和56年6月、原子力安全委員会決定、平成14年11月一部改訂、以下、「防災指針」と呼ぶ）で提示されている「防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲（EPZ）」との違いを〔別紙〕に示す。

2. 応急対応範囲の試算について

(1) 応急対応範囲試算の基本方針

応急対応範囲は、十分な安全裕度を考慮した原子力艦による原子力災害の影響評価に基づいて試算した。影響の評価及び応急対応範囲の試算にあたっては、原子力安全委員会が策定した各種の安全評価指針及び防災指針を参考とした。

(2) 応急対応範囲評価の主要条件

1) 運転条件

以下の仮定に基づいて、原子力艦で事故が発生した際に放出される放射能を推定した。

①原子力艦の原子炉

ア) 原子力空母

熱出力 600MW の原子炉を 2 基搭載しているとし、そのうち 1 基で事故が発生すると仮定した。

イ) 原子力潜水艦

熱出力 160MW の原子炉を 1 基搭載しているとし、その 1 基で事故が発生すると仮定した。

②事故発生までの運転条件

原子力艦がどのように運転されるかについては公表されていないが、公開文献等から評価し、以下の運転条件を設定した。

ア) 平均出力 25% で 15 年間運転を継続し、その間、燃料の取替えはないとした。

イ) 事故発生直前の 4 日間は、1 日のうち 18 時間を出力 25% で、残りの 6 時間を出力 100% で運転し、最後の出力 100% での 6 時間運転が終了した時点で事故が発生したと仮定した。この条件は、実際に行われる通常艦船の訓練の事例等を参考に設定した。

③停泊中に事故が発生すると仮定

各港の繋留地点において事故が発生するものと想定し、事故発生後における発災艦の移動はないものとして周辺地域における影響評価を行った。このような仮定により、周辺地域における事故影響を安全側に評価することになるので、この影響評価に基づいて防護対策を検討すれば、十分な対応をとることが可能となる。発災艦の移動時における事故影響については、その評価の一例を技術資料 2 に示す。

2) 想定事故

冷却材喪失事故に伴う燃料損傷。

3) 事故影響を推定するための諸条件の設定について

応急対応範囲を試算することを目的として、技術的には起こり得ないような事態までを仮定することとし、以下の条件を設定した。

①放射性物質除去システム

原子炉格納容器内、あるいは艦内に粒子状物質や放射性ヨウ素等の放射性物質が漏えいした際に、それを除去するシステム（例えば、高性能フィルターやヨウ素除去装置等を備えた排気システム等）が存在するかどうか不明なので、

ここでは無いものとして影響を推定した。

②漏えい率

原子炉圧力容器の周囲に格納容器が存在し、さらにその周囲にある艦内隔壁が格納容器に準ずる閉じ込め機能を有するものと仮定した。それらの二重の格納容器からの漏えい率は、原子炉システムがなんらかの冷却システムを有しているものと想定し、漏えい開始後、3時間経過した時点で半減するものと仮定した。

4) 応急対応範囲の判断基準

防災指針で示された防護対策指標に基づき、以下の判断基準を採用した。

①避難を計画する範囲

小児甲状腺の予測等価線量が 500mSv、あるいは外部被ばく予測線量が 50mSv を超える範囲。

②屋内退避を計画する範囲

小児甲状腺の予測等価線量が 100mSv、あるいは外部被ばく予測線量が 10mSv を超える範囲。

応急対応範囲の試算の詳細な手順については、技術資料 1 に示す。

3. 応急対応範囲の試算結果

対象となる原子力艦	原子力空母	原子力潜水艦
避難を計画する範囲	半径 1km 以内	半径 0.5km 以内
屋内退避を計画する範囲	半径 1km 及び半径 3km で囲まれる範囲	半径 0.5km 及び半径 1.2km で囲まれる範囲

注) 上表は、応急対応範囲のめやすを、原子力艦繫留地点を中心とした円として示している。

1) 原子力艦による原子力災害時における防護対策の実施について

原子力艦による原子力災害発生時には、応急対応範囲内で避難・屋内退避を実施する。避難・屋内退避実施後は、緊急時環境放射線モニタリング結果等に基づき、原子力安全委員会の技術的助言を得て、災害対策本部等により各種の防護対策が実施されることとなる。

2) 防災指針におけるEPZの内容について

- ① EPZは、「防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲」として定義されている。
- ② 原子力施設の原子力災害発生時には、事業者からの放出源情報や環境放射線モニタリング結果等に基づいて被ばく線量を予測し、避難・屋内退避及び安定ヨウ素剤予防服用の実施の必要性やその実施範囲が決定される。

3) 防災指針のEPZと原子力艦における応急対応範囲の相違点の比較。

	EPZ（原子力施設）	応急対応範囲（原子力艦）
目的	予防対策を含めた防災対策を重点的に充実すべき範囲	原子力艦による原子力災害が発生した場合、放出源情報等が十分に得られない状況下で避難・屋内退避を実施する範囲
避難、屋内退避の実施、安定ヨウ素剤服用等の防護対策の実施	事業者からの放出源情報、SPEEDI等によって計算された予測線量及び環境放射線モニタリング結果に基づいて防護対策の実施の必要性及び実施範囲を決定（避難、屋内退避、安定ヨウ素剤予防服用等）	応急対応範囲内で避難・屋内退避を実施後、その時点で入手できた情報、環境放射線モニタリング結果等に基づいて防災指針で示された各種の防護対策を検討する

第4章 判断基準の試案

1. 判断基準検討の主旨

陸上の原子力施設における原子力災害においては、原子力災害にいたる前段階から様々な手段によりその前兆を検知し、原子力事業者はその内容により関係機関へ通報を行うことが義務付けられている。原災法は、環境へ放射能が放出されていない段階でも、そのような事態にいたる可能性がある場合は通報を義務付けており、原子力災害発生に伴う防護対策を早期に実施することが可能となっている。

これに対し原子力艦については、我が国に寄港中にその原子炉システムで何らかの異常が発生した場合、外国政府から外務省を通じて通報されることが定められているが、周辺住民等の安全をより確実なものとするために、我が国が独自に実施できる手段により、それらの異常事象をより早い段階で検知する体制を構築することが必要である。

従って、我が国が独自に実施している環境放射線モニタリングで異常な測定データが得られた際に、原子力艦による原子力災害発生の可能性について判断するための、判断基準の試案について技術的検討を行った。

2. 判断基準検討の基本方針

原子力艦による原子力災害の場合においても、放出された放射性物質等による影響自体は、我が国の原子力施設の原子力災害と本質的に異なるものではないと想定される。従って、我が国における原子力防災体制との整合性を考慮し、原災法を参考にして検討を行った。

3. 検討する判断基準について

以下の2つの判断基準が必要として検討を行った。

(1) 原子力艦に係る異常発生を関係機関に通報する基準

(以下「通報基準」と記す)

我が国が独自に実施している環境放射線モニタリング活動により、原子力艦繫留地の敷地境界（以下「敷地境界」と記す）付近におけるモニタリング値に異常が検知された際に、以下に示す原子力艦緊急事態にいたる可能性があるとして、関係機関に通報するための基準。

(2) 原子力艦による原子力災害に係る緊急事態発生の判断基準

(以下「原子力艦緊急事態」と記す)

放射性物質が異常な水準で敷地境界外へ放出されたとして、応急対応範囲において避難・屋内退避を実施するための判断基準。

4. 判断基準の検討

(1) 通報基準の試案

1) 試案の内容

敷地境界付近の放射線量率として、1地点で10分以上1時間あたり5マイクロシーベルト以上を検出するか、あるいは2地点以上で1時間あたり5マイクロシーベルト以上を検出した場合。

2) 通報基準試案の根拠

陸上の原子力施設における現行の基準である、原災法の第10条通報の基準を適用した。

(2) 原子力艦緊急事態発生判断基準の試案

1) 試案の内容

敷地境界付近の放射線量率として、1地点で10分以上1時間あたり100マイクロシーベルト以上を検出するか、あるいは2地点以上で1時間あたり100マイクロシーベルト以上を検出した場合。

2) 判断基準検討において技術的に考慮した事項

原子力施設による原子力災害の場合よりも、放射性ヨウ素の放出割合が大きい。このため、被ばく線量評価において放射性ヨウ素による内部被ばくの寄与が大きくなるので、小児甲状腺の被ばくを念頭に置きつつ判断基準を検討する必要がある。しかし、空気中の放射性ヨウ素濃度に基づく原子力災害を対象とした判断基準には、その実施上の観点から困難さがあることから、現実的には連続かつ迅速に計測できる、ガンマ線による放射線量率の測定値で判断する基準が必要となる。

3) 判断基準検討における考え方について

①判断基準を検討する基本的考え方

防災指針では、小児甲状腺予測等価線量が500mSvを超える範囲における防護対策として、避難の措置をとることとしている。三港における繋留地点から敷地境界までの距離はその多くが1km付近にあるが、一部には0.3km程度のところもあるので、ここでは、敷地境界までの距離を0.3kmとし、その内側(敷地内)で予測等価線量が500mSvを超えることとなる放射線

のレベルを敷地境界での放射線量率として求め、0.3 kmより外側にある応急対応範囲で避難・屋内退避を実施する判断基準とし、同時に原子力艦緊急事態発生時の判断基準とした。

②避難が必要となる放射線量率のレベル

敷地境界までの距離が0.3 km程度の場合、1時間での小児甲状腺等価線量が500 mSvとなる放射線量率は約100 μ Sv/hである。従って、0.3 kmの距離にある敷地境界付近で放射線量率100 μ Sv/hが検知された時、敷地境界の外側にある応急対応範囲で避難・屋内退避を実施すれば、被ばく線量を低く抑えることが可能となる。

③単一の判断基準の導入

上記において、敷地境界までの距離が0.3 kmの場合について判断基準を放射線量率として示した。繫留地点から敷地境界までの距離は、そのほとんどがこれよりも長く、単一の判断基準100 μ Sv/hを導入することで、他の地域においても、応急対応範囲において避難・屋内退避を実行することにより、さらに被ばく低減の効果を上げ得ると考えられる。

判断基準の試算における小児甲状腺等価線量と放射線量率との関係について

本文中で示した小児甲状腺等価線量と放射線量率との関係は、以下の手順に基づいて評価した。

(1) 放出率の評価

応急対応範囲の試算における放出率ではなく、放出開始後1時間における放出量をもって放出率とした（応急対応範囲の試算の手順については技術資料1参照）。放出開始直後と時間が十分に経過した時点では、放射性ヨウ素と γ 核種との割合が異なる。判断基準の検討という観点からは、放出開始直後における状況を根拠とするのが妥当であるとの判断から、このような措置をとった。

(2) 気象指針*に基づく被ばく影響評価

放出開始後1時間における放出量による放出率を用い、気象指針で示された方法により、発災艦から0.3kmの距離における小児甲状腺等価線量と放射線量率との関係を評価した。

*）気象指針：「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」

(3) 小児甲状腺等価線量と放射線量率との関係について

放射性ヨウ素濃度と放射線量率とは比例関係にあることから、発災艦からの距離が0.3kmの地点において、1時間での小児甲状腺等価線量を500mSvとした場合の空間線量率を計算すると約100 μ Sv/hとなる。距離が0.3km以上の場合、その地点で放射線量率として100 μ Sv/hが検出された時、1時間での小児甲状腺等価線量は500mSvよりも小さな値となり、より安全側となる（距離による減衰は、放射線量率よりも放射性ヨウ素濃度のほうが大きい）。

以上

第5章 周辺住民等及び防災業務関係者の防護対策

1. 想定される原子力災害の特徴

原子力艦による原子力災害に伴う影響評価では、放射性物質除去フィルターの存在が不明であるので、フィルターが無いものとして応急対応範囲の試算を行った。従って、原子力施設による原子力災害の場合よりも、環境中に放出される放射性核種は放射性ヨウ素が支配的であり、被ばく評価上は内部被ばく対策の検討が重要となる。

外部被ばく対策の観点からは、発災艦の極近傍でないかぎりガンマ線による直達放射線の影響を考える必要はなく、放射性プルームによる被ばくを考慮する必要がある。また、事故の状況によっては海域への放射性物質の放出も考えられるが、今回は陸上における周辺住民等の防護対策に重点をおいて検討を行った。

2. 防護対策の基本的考え方

(1) 基本方針

原子力艦による原子力災害に伴う放射線・放射能による被ばく影響は陸上の原子力施設の場合と比べ、放射性ヨウ素による被ばくが支配的であるという特徴はあるものの、大きく異なるものではない。従って、周辺住民等及び防災業務関係者の防護対策については、防災指針等で示された対策の考え方を適用し、被ばく低減を図る。

(2) 周辺住民等の防護対策の基本

原子力艦による原子力災害の初期段階における周辺住民等の防護対策としては、応急対応範囲における避難及び屋内退避を第一とする。避難及び屋内退避実施後は、避難し集合した場所等において専門家の助言を得て安定ヨウ素剤を予防服用する等、防災指針で示された防護対策を実施する。

(3) 防災業務関係者の防護対策の基本

防災業務関係者の防護対策としては、陸上の原子力施設の場合と基本的には異なるものではない。ただし、原子力艦の排気システムにはフィルター等のヨウ素除去系が無いと仮定したことから、活動に際しては放射性ヨウ素に対する防護対策に留意することが望まれる。

防災基本計画では、防災対策の範囲を原子力艦本体及び外国政府管理下にある区域を除くものとしており、その点を考慮して防災業務関係者の防護対策を検討した。

3. 防護対策上の指標

防災指針で示された防護対策指標に基づいて、原子力艦災害への対応という観点から検討を行った結果を別紙に示す。各種の防護対策を実施する際は、別紙に示す防護対策指標に基づいて実施するものとする。

4. 周辺住民等の防護対策

(1) 周辺住民等への情報提供

周辺住民等に対し、原子力艦による原子力災害について、平常時から全般的な情報提供を行いその周知を図る。また、一連の防護対策についても、防災訓練等を通じて周知に努める。

(2) 地域防災計画への応急対応範囲の導入に伴う留意事項

1) 応急対応範囲設定の目的

原子力艦による原子力災害の初期段階においては、放出源情報等の入手が不確実であることから、周辺住民等の防護対策をより確実に実施するため、避難・屋内退避を予防的に実施する「応急対応範囲」を事前に設定しておく。

2) 応急対応範囲のめやす

対象となる原子力艦	原子力空母	原子力潜水艦
避難を計画する範囲	半径 1km 以内	半径 0.5km 以内
屋内退避を計画する範囲	半径 1km 及び半径 3km で囲まれる範囲	半径 0.5km 及び半径 1.2km で囲まれる範囲

注) 上表は、応急対応範囲のめやすを、原子力艦繫留地点を中心とした円として示している。

3) 地形、社会的条件の検討の必要性

上に示した応急対応範囲のめやすを地域防災計画で具体化するにあたっては、行政区画、地勢等の地域に固有の自然的、社会的周辺状況を勘案し、ある程度の増減を考慮して定める必要がある。

4) 応急対応範囲内の周辺住民等への情報提供

- ① 応急対応範囲内の周辺住民等に対しては、緊急時の避難・屋内退避等の実施手順について、防災訓練等を通じて平常時から周知徹底を図る。
- ② 応急対応範囲内の周辺住民等に対しては、緊急時を想定した実効的な情報提供体制を構築する必要がある。
- ③ 応急対応範囲が海域におよび、かつその海域を一般船舶が航行する可能性がある場合、それらの船舶に対する通報連絡体制を構築する必要がある。

5) 安定ヨウ素剤の予防服用

防災指針で定められた考え方に従い、安定ヨウ素剤の予防服用を早期に実施できる体制を検討しておく。

5. 防災業務関係者の防護対策

(1) 防護資機材の整備

原子力艦による原子力災害の特徴を考慮し、それに適した防護マスク、個人線量計、サーベイメータ及び防護服等を整備する。技術資料3に防護資機材の検討事例を示す。

(2) 活動を行うにあたって必要な防護対策についての留意事項

1) 放射線環境の確認

活動に際しては、サーベイメータ等で適宜モニタリングを行い、活動地域における放射線環境の確認を行う。

2) 屋内退避・避難誘導

対象地域住民等への直接的な広報活動及び誘導時には、個人線量計を装着する。

3) 空気汚染が想定される区域での活動

避難・屋内退避を実施した地域や空気汚染が想定される区域における活動に際しては個人線量計を装着し、さらに防護マスクや防護服等の着用及び防災指針で定める考え方による安定ヨウ素剤の予防服用についても検討する。

4) 救助・救急活動

① 避難・屋内退避を実施した地域における救助・救急活動に際しては、防護マスク、防護服及び警報付個人線量計等について事前に着用等について検討する。

② 汚染の可能性がある患者の検査手順や搬送方法について、事前に検討しておくことが必要である。

5) 海上での防災活動について

放射性プルームに対しては、陸上におけると同様の防護対策が必要となる。また、汚染水の海中への放出が危惧される等の場合は、周辺海域での活動に際しては大気及び海水について適宜環境放射線モニタリングを行い、活動海域の放射線環境について確認を行う。

(3) 教育・訓練

原子力艦による原子力災害の特徴に留意しつつ、陸上の原子力施設災害に関連して実施されている事項を参考とし、教育・訓練を実施する。

防護対策指標

(1) 屋内退避及び避難等に関する防護対策指標

予測線量（単位：mSv）		防護対策の内容
外部被ばくによる実効線量	内部被ばくによる等価線量 ・放射性ヨウ素による小児甲状腺の等価線量	
10～50	100～500	住民は、自宅等の屋内へ退避すること。その際、窓等を閉め気密性に配慮すること。ガンマ線の放出に対しては、指示があれば、コンクリート建家に退避するか、又は避難すること。
50 以上	500 以上	住民は、指示に従いコンクリート建家の屋内に退避するか、又は避難すること。

(2) 安定ヨウ素剤の予防服用の指標

1) 放射性ヨウ素による小児甲状腺予測等価線量 100mSv

2) 対象者 40歳未満

注) 防災業務関係者については、災害に発展する事態を防止する措置等の災害応急対策活動を実施する者で、かなりの被ばくが予測される場合は、40歳以上の防災業務関係者に対しても、災害対策本部等において、安定ヨウ素剤の予防服用を検討する。

3) 服用量

対象者	ヨウ素量	ヨウ化カリウム量
新生児	12.5mg	16.3mg
生後1ヶ月以上3歳未満	25mg	32.5mg
3歳以上13歳未満	38mg	50mg
13歳以上40歳未満	76mg	100mg

注) 服用に際しては、防災指針に基づいて実施するものとする。

(3) 飲食物摂取制限に関する防護対策指標

対象	放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種： ¹³¹ I)
飲料水	3 × 10 ² Bq/kg 以上
牛乳・乳製品	
野菜類（根菜、芋類を除く）	2 × 10 ³ Bq/kg 以上

対象	放射性セシウム
飲料水	2 × 10 ² Bq/kg 以上
牛乳・乳製品	
野菜類	5 × 10 ² Bq/kg 以上
穀類	
肉・卵・魚・その他	

(4) 防災業務関係者の防護指標

防災指針で示された以下の指標を適用する。

① 災害応急対策活動及び災害復旧活動

- ・被ばく線量は実効線量で50mSvを限度とする

② 災害の拡大防止及び人命救助等緊急かつやむを得ない作業の実施

- ・被ばく線量は実効線量で100mSvを上限とする
- ・作業内容に応じて、必要があれば眼の水晶体については等価線量で300mSv、皮膚については等価線量で1Svをあわせて上限として用いる

委員会及びWGの名簿

1. 原子力艦災害技術検討委員会 委員名簿

[以下敬称略]

【学識経験者】

- (委員長) 矢川 元基 : 東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻教授
 (委員) 石川 迪夫 : (財)原子力発電技術機構技術顧問
 草間 朋子 : 大分県立看護科学大学学長
 近藤 駿介 : 東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻教授
 能澤 正雄 : (財)高度情報科学技術研究機構顧問
 前川 和彦 : 公立学校共済組合関東中央病院長

【行政関係者】

- 入谷 誠 (内閣官房副長官補(安全保障、危機管理担当)付内閣参事官)
 原 克彦 (内閣府政策統括官(防災担当)付参事官(災害予防担当))
 岩田 知也 (内閣府政策統括官(防災担当)付参事官(災害応急対策担当))
 重政弥寿志 (内閣府原子力安全委員会事務局管理環境課長)
 下平富士雄 (警察庁警備局警備課災害対策官)
 河村 延樹 (防衛庁運用局運用課長)
 森 佳美 (防衛施設庁業務部業務課長)
 北出 正俊 (総務省消防庁特殊災害室長)
 山田 重夫 (外務省北米局日米安全保障条約課日米地位協定室長)
 名雪 哲夫 (文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室長)
 渡延 忠 (厚生労働省医政局指導課長)
 西郷 正道 (農林水産省大臣官房企画評価課環境対策室長)
 中崎 郁夫 (国土交通省総合政策局技術安全課長)
 野中 治彦 (海上保安庁警備救難部環境防災課長)
 板垣 邦厚 (神奈川県防災局災害対策課長)
 浜田 雅昭 (長崎県総務部消防防災課長)
 安村 清正 (沖縄県文化環境部消防防災課長)
 鈴木 金雄 (横須賀市消防局長)
 梅崎 武生 (佐世保市総務部長)
 松野 義勝 (勝連町助役)

以上

2. 原子力艦災害技術検討ワーキンググループ名簿

[以下敬称略]

主査 北野匡四郎 (財団法人原子力安全技術センター防災技術部特任参事)
落合政昭 (財団法人高度情報科学技術研究機構参与、元日本原子力研究所エネルギーシステム研究部長)
須賀新一 (元日本原子力研究所体内放射能課長)
池内嘉宏 (財団法人日本分析センター企画室調査役)
南賢太郎 (財団法人原子力安全技術センター防災技術部特任参事)
森内 茂 (財団法人原子力安全技術センター防災技術部特任参事)
大畑 勉 (財団法人原子力安全技術センター企画調査部参事)

以上

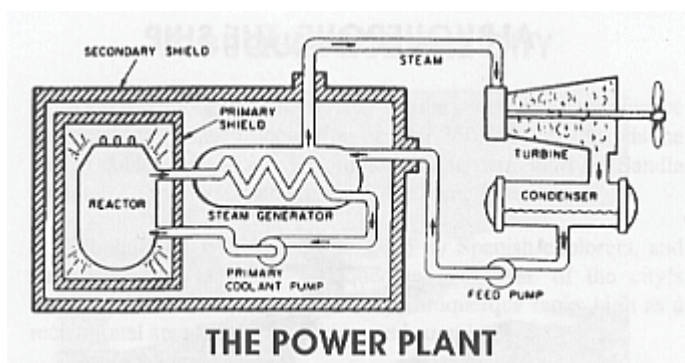
原子力艦について

１．原子力艦に搭載された原子炉について

各国が保有する原子力艦については、ジェーン年鑑等で公開されている。しかし、搭載されている原子炉についてはほとんど記載がない。

(1) 炉型：分離型加圧水型原子炉

船用炉としてこれまで実現されたものは、そのほとんどが加圧水型原子炉（PWR）であり、さらにそれらには一体型と分離型があり、米国の原子力艦は分離型と呼ばれるものとされている（ロシアの砕氷船で半一体型と呼ばれるものを搭載した事例もある）。一体型は蒸気発生器が圧力容器の中にあり、一方、分離型は外にある。即ち、分離型PWRとは、我が国などで使われている通常のPWRである。なお、原子力船「むつ」も分離型PWRであった。原子力潜水艦では、発生した蒸気で直接スクリュープロペラを回す方式をとっている（発電して推進用モーターを回す方式ではない）。



ただし、艦船内で使用するエネルギー源としても利用されており、その負荷が比較的大きいと指摘もある。オーストラリア報告書¹⁾では、原子力空母では原子炉の熱出力の50%が船内で必要となる様々な電力の供給源にあてられていると指摘している。原子力空母の場合は、原子炉の他に、非常用ディーゼル発電機も数基搭載している。なお、文献によっては原子力潜水艦もディーゼル発電機を搭載しており、緊急時には発電してバッテリーを経由した電気モーターで推進可能とされている。

(2) 燃料：二酸化ウラン

初期の原子力艦用原子炉及びその燃料としては様々な型のものが開発されたが、現在は、原子力発電所と同じ濃縮ウランが使用されているとされている。

ただし、燃料取替を極力少なくしかつコンパクトな炉とするため、高濃縮度の燃料が使用され、燃焼度もかなり高いものと推測されているが、濃縮度については推測の域をでない。燃料取替は10～15年との情報もあり、最新のものは、就役期間中に燃料取

替えを行わずに済ますことを目指したのもあるとのことである。

2. 原子力艦に搭載された原子炉の熱出力について

各国が保有する軍艦については、ジェーン年鑑²⁾で紹介されており、その中で原子力艦についてもデータが掲載されている。

(1) 搭載されている原子炉の熱出力について

原子力艦に搭載されている原子炉の出力についてはロシアとフランスについては、軸出力に加え熱出力も記載されているが、米国と英国については軸出力のみしか記載されていない。ロシアとフランスの原子力艦の熱出力から軸出力への変換係数（平均でそれぞれ 17.5%、17.8%）から、「米国及び英国の原子力艦の効率を 17%」として熱出力の推定を行った。その結果、Las Angels 級原潜の原子炉熱出力を約 160MWt と推定した。

注) 変換係数の定義

$$\text{軸出力} = \text{熱出力} \times \text{変換係数}$$

原子炉を単に推進力として利用しているだけでなく、実際には艦内で使用する様々な電力源としても用いているものと思われる。その分も考慮した上で、上式が成立すると仮定した。

(2) 原子力船「むつ」の熱出力について

むつの仕様：

- ・ 熱出力 36MWt
- ・ 原子炉システムを駆動させるための電力源として 20%を利用
- ・ 推進駆動システムでの熱効率 約 30%
- ・ 軸出力 10000 馬力

これらのデータは日本原子力研究所からご提供頂いたものである。これらのデータに基づいて、熱出力と軸出力との関係を以下に確認する。

$$36\text{MWt} \times 0.8 = 28.8\text{MWt} \quad (\text{推進システムで利用可能なエネルギー})$$

$$28.8\text{MWt} \times 0.3 = 8.64\text{MW} \quad (\text{効率を 30\%として})$$

$$8.64 \times 10^6 \div 745.7 = 11586 \text{ 馬力} \quad (1 \text{ 馬力} = 745.7\text{W})$$

上記の計算では推進システムで利用可能なエネルギーを 80%、効率を 30%としたが、これはおおよその値であり、実際はこれより若干小さいとすると、10000 馬力程度となりほぼ一致する。米国の原潜は軸出力が 35000 馬力とされており、熱出力と軸出力はほぼ比例すると考えると、「むつ」の熱出力が 36MWt、原潜の熱出力が 126MWt となり、先に示した推定値約 160MWt はほぼ妥当なものと考えられる。

3. 各国が保有する原子力艦の概要

以下に国別にどのようなタイプの原子力艦を保有しているかを、ジェーン年鑑²⁾に基づいて整理する。そのほとんどが原子力潜水艦であり、隻数は少ないが、原子力空母も存在する。

注) 原潜の種類

原子力潜水艦は、その搭載する兵器により2種類に分類される。

SSN (攻撃型原子力潜水艦) :

核兵器は搭載せず、海域での戦闘を目的としているもの。

SSBN (戦略ミサイル搭載型原子力潜水艦) :

核兵器を搭載し、各国の核兵器配備戦略の一環を担っている。SSNよりもかなり大きく、それに伴い搭載している原子炉も大きい。

我が国に寄港する米国の原子力潜水艦は、上記のうちSSN型原子力潜水艦である。

(1) ロシア

艦 船 級 名	熱出力 (MW)	軸出力 (MW)	排水量 (トン)	備 考
TYPHOON (AKULA) 級原潜	380	60 15.8%	26,500	SSBN 型原潜、2 軸 VM-5 型 PWR 2 基搭載 80 年代後半就役
DELTA IV (DELFIN) 級原潜	180	27.5 15.3%	13,500	SSBN 型原潜、2 軸 VM-4 型 PWR 2 基搭載 80 年代後半～90 年代初め就役
DELTA III (KALMAR) 級原潜	180	27.5 15.3%	13,250	SSBN 型原潜、2 軸 VM-4 型 PWR 2 基搭載 70 年代終り～80 年代初め就役
DELTA I (MURENA) 級原潜	155	27.5 17.7%	10,200	SSBN 型原潜、2 軸 VM-2 型 PWR 2 基搭載 70 年代就役
YASEN 級原潜	195	31.6 16.2%	8,600	SSN 型原潜、1 軸 PWR 1 基搭載 建造中
SIERRA II (KONDOR) 級原潜	190	34.9 18.4%	9,100	SSN 型原潜、1 軸 VM-5 型 PWR 1 基搭載 93 年就役
YANKEE NOTCH (GROSHA) 級原潜	155	38.2 24.6%	10,300	SSN 型原潜 (元 SSBN)、2 軸 VM-4 型 PWR 2 基搭載 69 年就役
VICTOR III (SCHUKA) 級原潜	150	22.7 15.1%	6,300	SSN 型原潜、1 軸 VM-4 型 PWR 2 基搭載 80 年代後半～90 年代初め就役
OSCAR II (ANTEY) 級原潜	380	72 18.9%	98,000	SSGN 型原潜、2 軸 VM-5 型 PWR 2 基搭載 89 年以降就役
AKULA (BARS) 級原潜	190	35 18.4%	9,100	SSN 型原潜、1 軸 VM-5 型 PWR 2 基搭載 89 年以降就役

注) 上表の項目軸出力の下段の%は熱出力に対する変換係数である。

(2) 英国

艦 船 級 名	熱出力 (MW)	軸出力 (MW)	排水量 (トン)	備 考
VANGUARD 級原潜	(130)	20.5	15,900	SSBN 型原潜、1 軸 PWR 1 基搭載 90 年代に就役
TRAFALGAR 級原潜	(70)	11.2	5,208	SSN 型原潜、1 軸 PWR 1 基搭載 80 年代から 91 年にかけて就役
SWIFTSURF 級原潜	(70)	11.2	4,900	SSN 型原潜、1 軸 PWR 1 基搭載 70 年代から 81 年にかけて就役

注) 上表の熱出力は、変換係数を 17%として軸出力から推定した値である。

(3) フランス

艦 船 級 名	熱出力 (MW)	軸出力 (MW)	排水量 (トン)	備 考
L' INFLEXIBLE M4 級原潜		11.76	8,920	SSBN 型原潜、1 軸 PWR 1 基搭載 76 年、85 年に就役
Le TRIOMPHANT 級原潜	150	30.5 20.3%	14,120	SSBN 型原潜、1 軸 Type K15 型 PWR 1 基搭載 97 年、99 年に就役、今後二隻就 役予定
RUBIS (AMETHE) 級原潜	48	7 14.6%	2,670	SSN 型原潜、1 軸 CAS48 型 PWR 1 基搭載 80 年代から 90 年代初めに就役
CHARLES DE GAULLE 級原子力 空母	300	56 18.7%	40,600 (最大)	原子力空母、2 軸 Type K15 型 PWR 2 基搭載 2001 年就役

注) 上表の項目軸出力の下段の%は熱出力に対する変換係数である。

(4) 米国

艦 船 級 名	熱出力 (MW)	軸出力 (MW)	排水量 (トン)	備 考
VIRGINIA 級原潜	(180)	29.84	7,800	SSN 型原潜、1 軸 S9G 型 PWR 1 基搭載 04 年以降就役予定
STURGEON 級原潜	(70)	11.2	7,800	SSN 型原潜、1 軸 S5W 型 PWR 1 基搭載 74 年就役
BENJAMIN FRANKLIN 級原潜	(70)	11.2	8,250	SSN 型原潜、1 軸 S5W 型 PWR 1 基搭載 65 年就役
LOS ANGELS 級原潜	(160)	26	6,927	SSN 型原潜、1 軸 S6G 型 PWR 1 基搭載 70 年代後半から 90 年代に就役
SEA WOLF 級原潜	(200)	33.57	9,142	SSN 型原潜、1 軸 S6W 型 PWR 1 基搭載 97 年、98 年、00 年就役
OHIO 級原潜	(270)	44.8	18,750	SSBN 型原潜、1 軸 S8G 型 PWR 1 基搭載 80 年代から就役
NIMITZ 級原子力空母	(1200)	194	102,000	原子力空母、4 軸 A4W, A1G 型 PWR 2 基搭載 70 年代後半から就役
ENTERPRISE 級原子力空母	(1300)	209	93,970	原子力空母、4 軸 A2W 型 PWR 8 基搭載 61 年就役

注) 上表の熱出力は、変換係数を 17%として軸出力から推定した値である。

4. 米国の原子力艦について

(1) 米国原子力艦の日本への寄港状況

1) 艦船種別毎の寄港回数 (1964年～2003年3月31日)

寄港地	原子力艦の種別			
	SSN 攻撃型原子力潜水艦	CGN 原子力巡洋艦	CVN 原子力空母	計
横須賀港	665	25	4	694
佐世保港	202	8	5	215
金武中城港	189	4	0	193
計	1056	37	9	1102

※これまで我が国に寄港したことがある原子力巡洋艦は、既に退役している。
 ※上表データは、財団法人日本分析センター原子力軍艦放射能調査室からの提供。

2) 寄港日数 (1997年度～2002年度の原子力軍艦寄港隻数と寄港日数)

年度	横須賀港		佐世保港		金武中城港		3港の合計	
	隻数	寄港日数	隻数	寄港日数	隻数	寄港日数	隻数	寄港日数
1997	32	226	21	142	8	16	61	384
1998	32	178	11	81	8	12	51	271
1999	23	158	10	45	16	46	49	243
2000	24	166	13	47	12	18	49	231
2001	15	98	17	40	9	30	41	167
2002	16	164	25	86	15	32	56	282
1964年度から2002年度までの合計	694	5102	215	1005	193	367	1102	6474
一隻あたりの平均寄港日数		7.4		4.7		1.9		5.9

※これらの原子力軍艦は、攻撃型潜水艦が大部分であるが、空母、巡洋艦も含まれている。
 ※財団法人日本分析センター四半期報を基に、同センター原子力軍艦放射能調査室が編集。

3) 入出港時の原子炉運転

我が国に寄港する原子力艦は、原子炉駆動により入港し、停泊中は炉を停止させている。また、出港時には、数時間前から原子炉を起動させているようである³⁾。

(2) 原子力艦の事例

ここでは、ジェーン年鑑²⁾に基づいて、米国海軍が保有する原子力艦について整理する。なお、現在就役している米国の原子力艦は、潜水艦と航空母艦の2種類であり、フリゲート艦や巡洋艦は既に退役している。特に原子力潜水艦については現在も新型が建造中であり、航空母艦は一隻が建造中である。

先に記載したように、原子力艦に搭載されている原子炉は分離型の加圧水型原子炉であり、潜水艦及び航空母艦とも同じである。以下に示す原子力艦の事例では、搭載されている原子炉の型を記号で記載しており、その意味合いは以下のとおりである。

炉型記号	T n M
T =	S : 潜水艦 A : 空母
n =	数値で開発段階を示す (1、2、・・・)
M =	W : Westinghouse 社 G : General Electric 社

1) 原子力潜水艦

① Los Angeles 級 (SSN-*nnn*) : 攻撃型原子力潜水艦



(Salt Lake City)

ア) 推進機関概要

原子炉 S6G、熱出力 160 MWt(変換係数を 17%として軸出力から推定)

軸出力 26MW、タービン2基、スクリュウ 1軸

イ) 艦船のサイズ 全長 119.8m、幅 9.7m、高さ 8.8m、排水量 6,927 トン

ロ) 乗員 133 名

エ) 艦名

艦名	船体番号	所属	艦名	船体番号	所属
Los Angeles	SSN-688	P	Louisville	SSN-724	P
Philadelphia	SSN-690	A	Helena	SSN-725	P
Memphis	SSN-691	A	Newport News	SSN-750	A
Bremerton	SSN-698	A	San Juan	SSN-751	A
Jacksonville	SSN-699	A	Pasadena	SSN-752	P
Dallas	SSN-700	A	Albany	SSN-753	A
La Jolla	SSN-701	P	Topeka	SSN-754	A
City of Corpus Christi	SSN-705	A	Miami	SSN-755	A
Albuquerque	SSN-706	A	Scranton	SSN-756	A
Portsmouth	SSN-707	P	Alexandria	SSN-757	A
Minneapolis-Saint Paul	SSN-708	A	Asheville	SSN-758	P
Hyman G Rickover	SSN-709	A	Jefferson City	SSN-759	P
Augusta	SSN-710	A	Annapolis	SSN-760	A
San Francisco	SSN-711	P	Springfield	SSN-761	P
Houston	SSN-713	P	Columbus	SSN-762	P
Norfolk	SSN-714	A	Santa Fe	SSN-763	A
Buffalo	SSN-715	P	Boise	SSN-764	A
Salt Lake City	SSN-716	P	Montpelier	SSN-765	A
Olympia	SSN-717	P	Charlotte	SSN-766	P
Honolulu	SSN-718	P	Hampton	SSN-767	A
Providence	SSN-719	A	Hartford	SSN-768	A
Pittsburgh	SSN-720	A	Toledo	SSN-769	A
Chicago	SSN-721	P	Tucson	SSN-770	P
Key West	SSN-722	A	Columbia	SSN-771	P
Oklahoma	SSN-723	A	Greenville	SSN-772	P
			Cheyenne	SSN-773	P

注) 所属 P: 太平洋艦隊、A: 大西洋艦隊

太字で記載した艦名の潜水艦は、我が国に寄港実績がある。

② Virginia 級 (SSN-*nnn*) : 攻撃型原子力潜水艦

このクラスの潜水艦はいずれも建造中であり、6年くらいの間に就航予定。NSSNと記載された資料もある（新型攻撃型原子力潜水艦）。

ア) 推進機関概要

原子炉 S9G、熱出力 180 MWt(変換係数を 17%として軸出力から推定)

軸出力 29.84MW、タービン2基、1軸

イ) 艦船のサイズ 全長 114.9m、幅 10.4m、高さ 9.3m、排水量 7,800 トン

ロ) 乗員 134 名

エ) 艦名

艦名	船体番号	所属
Virginia	SSN-774	
Texas	SSN-775	
Hawaii	SSN-776	
North Carolina	SSN-777	

③ Seawolf 級 (SSN-*nn*) : 攻撃型原子力潜水艦

このクラスの潜水艦はかなり高性能を有しているが、あまりに高価なものとなったため3隻目で建造中止となり、上記の Virginia 級があとを継ぐこととなった。



(Connecticut)

ア) 推進機関概要

原子炉 S6G、熱出力 200 MWt(効率を 17%として軸出力から推定)

軸出力 33.57MW、タービン2基、1軸

イ) 艦船のサイズ 全長 107.6m、幅 12.9m、高さ 10.9m、排水量 9,142 トン

ロ) 乗員 134 名

1) 艦名

艦名	船体番号	所属
Seawolf	SSN-21	A
Connecticut	SSN-22	A
Jimmy Carter	SSN-23	P

④ Ohio 級 (SSBN-*nnn*)

戦略ミサイル搭載型原子力潜水艦であり、我が国への寄港はない。



(Alabama)

7) 推進機関概要

原子炉 S8G、熱出力 270 MWt(変換係数を 17%として軸出力から推定)

軸出力 44.8MW、タービン2基、スクリュー1軸

1) 艦船のサイズ 全長 170.7m、幅 12.8m、高さ 11.8m、排水量 18,750 トン

2) 乗員 155 名

1) 艦名

艦名	船体番号	所属	艦名	船体番号	所属
Ohio	SSBN-726	P	West Virginia	SSBN-736	A
Michigan	SSBN-727	P	Kentucky	SSBN-737	A
Florida	SSBN-728	P	Maryland	SSBN-738	A
Georgia	SSBN-729	P	Nebraska	SSBN-739	A
Henry M Jackson	SSBN-730	P	Rhode Island	SSBN-740	A
Alabama	SSBN-731	P	Maine	SSN-741	A
Alaska	SSBN-732	P	Wyoming	SSN-742	A
Nevada	SSBN-733	P	Louisiana	SSN-743	A
Tennessee	SSBN-734	A			
Pennsylvania	SSBN-735	A			

注) 所属 P: 太平洋艦隊、A: 大西洋艦隊

2) 原子力航空母艦

① Nimitz 級 (CVN-*nn*)



(Nimitz)

ア) 推進機関概要

A4W、A1G の 2 基搭載、総熱出力 1200 MWt (変換係数を 17%として軸出力から推定、1 基あたり 600MWt)

軸出力 194MW、スクリュー 4 軸

非常用ディーゼル発電機 4 機搭載

イ) 艦船のサイズ

全長 332.9m、幅 40.8m、吃水 11.3m、

飛行甲板最大幅 76.8m、排水量 102,000 トン

ウ) 乗員 3,360 名

エ) 艦名

艦名	船体番号	所属
Nimitz	CVN-68	A
Dwight D. Eisenhower	CVN-69	A
Carlvinson	CVN-70	P
Theodore Roosevelt	CVN-71	A
Abraham Lincoln	CVN-72	P
George Washington	CVN-73	A
John C Stennis	CVN-74	P
Harry S Truman	CVN-75	A
Ronald Reagan	CVN-76	-

② Enterprise 級 (CVN-xx)



ア) 推進機関概要

A2W を 8 基搭載、総熱出力 1300 MWt (変換係数を 17%として軸出力から推定、
1 基あたり約 160 MWt)

軸出力 209MW、スクリュー 4 軸

非常用ディーゼル 4 機搭載

イ) 艦船のサイズ

全長 342.3m、幅 40.5m、吃水 11.9m、

飛行甲板最大幅 76.8m、排水量 93,970 トン

ウ) 乗員 3,215 名

エ) 艦名

Enterprise CVN-65、所属 A

引用文献

- 1) “The 2000 Reference Accident Used to Assess the Suitability of Australian Ports for Visits by Nuclear Powered Warship” , RB-NPW-66/00, Regulatory Branch, ARPANSA, December 2000
- 2) “Jane’ s Fighting Ships 2000-2001”
- 3) 「米原子力軍艦の日本寄港と防災対策の進展」、放射線科学、Vol. 44, No. 7, 2001
- 4) 本文中に掲載した原子力艦の写真は、米国海軍のホームページからダウンロードした。
(<http://www.navy.mil/>)

オーストラリアにおける原子力艦災害影響評価事例の紹介

[目的]

原子力艦に関しては、軍事目的ということもあり、その事故影響評価についてはほとんど公開されていない。オーストラリアは原子力艦を所有していないが、米国及び英国の原子力艦が寄港するため、以前から様々な形で事故影響評価が行われてきており、その結果は同国のホームページ上で公開されている。ここでは、オーストラリアにおける最新の事故影響評価の事例を、下記の文献から紹介する。

(出典)

“The 2000 Reference Accident Used to Assess the Suitability of Australian Ports for Visits by Nuclear Powered Warship”, RB-NPW-66/00, Regulatory Branch, ARPANSA, December 2000

1. 評価対象

- ① Los Angels 級原子力潜水艦（熱出力 160MWt）
- ② Nimitz 級原子力航空母艦（原子炉 2 基搭載し、熱出力は 1 基あたり 600MWt）

2. 想定事故

- ① 一次冷却系配管の破損による冷却材喪失事故（LOCA）に伴う燃料溶融。
- ② 原子炉格納容器及び船体の構造は維持されるが、放射性物質は環境中へ漏えいする（放出口を仮定できないので地上放出として評価する）。
- ③ 寄港の前提条件として、原子力潜水艦は事故発生後 24 時間以内に、原子力航空母艦は事故発生後 2 時間以内に沖合いへ移動させることになっている。

3. ソースターム評価上の条件

(1) 艦船に搭載された原子炉の運転履歴

- ① 15 年毎に燃料取替を行うとし（全燃料を取り替える）、燃料取替直前に事故が発生すると仮定する。
- ② その間平均出力 25% で運転し、事故発生前の 4 日間は 100% 出力で運転していたと仮定する（短寿命核種の量を安全側に評価するため）。

(2) 溶融した燃料から格納容器内への核種の移行率

核種グループ	移行率 (%)	核種グループ	移行率 (%)
Xe, Kr	100	Ru	2
I*, Br	50	Mo, Tc, Rh	1
Cs, Rb	30	Ce, La, Pr, Y	1
Te, Sb	15	Nb, Zr	1
Ba, Sr	5		

注) I* : 有機ヨウ素 2%、無機ヨウ素 98%

(3) 漏えい率

- ①原子炉格納容器に加え、船体も格納容器の役目を果たすと仮定する。
- ②格納容器から2次格納容器（隔壁あるいは船体壁）内への漏えい率を1%VPD、2次格納容器から環境への漏えい率を1~10%VPDと仮定する（%VPD：体積%/日）。
- ③格納容器内に漏えいした放射性核種は、船体内に沈着して漏えい量を減少させる働きを持つ。

(4) 環境への漏えい

- 1) 船体から漏えいした放射性核種は、ガウス拡散モデルに従って拡散するものとする（日本における「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」と同等）。
 - ①潜水艦の事故影響評価にあつては、風向は12時間は一定で、その後変化するものと仮定する（最初の12時間と次の12時間では風向が全く異なり、風向の変化による放射性プルームの重なりもなく、全く別の地域の集団が被ばくするものとする）。
 - ②最初の12時間は大気安定度Fで風速1m/s、次の12時間は安定度Dで風速3m/sとする。

2) 漏えい量

	放射性ヨウ素 131 (TBq)	γ線放出核種 (TBq・MeV)
原潜 最初の12時間	8.7	232.5
次の12時間	1.87	32.1
空母 2時間	9.4	409

3) 地表面沈着速度

- 希ガス、有機ヨウ素 : 0 m/s
 無機ヨウ素 : 0.01 m/s
 その他核種 : 0.003 m/s

(5) 被ばく経路

1) 被ばく経路は以下の3つとする

- ①漏えいした放射性核種の吸引による内部被ばく
- ②放射性プルームからの γ 線による外部被ばく
- ③地上に堆積した放射性物質による外部被ばく

注) 海中への放出による被ばくは、空气中への放出によるものに比較して小さいので、ここでは評価しない。また、発災艦から200m以上離れた地域では、直接放射線は外部被ばく線量の計算には含めない。

2) 防護対策実施の判断の根拠となるめやす線量

- ① zone 1 でとられる対応策に対する値
 - ・避難 50mSv (内部、外部被ばくを加えた実効線量)
 - 500mGy (甲状腺の等価線量)
- ② zone 2 でとられる対応策に対する値
 - ・屋内退避 10mSv
 - ・安定ヨウ素剤服用 100mGy (甲状腺)

4. 線量評価の基礎データ

(1) 放射性プルームからの線量評価

- ①直接線の線量換算係数 : $5 \times 10^{-14} \text{SvMeV}^{-1} \text{s}^{-1} \text{m}^3$
- ②しゃへい効果係数 : 1 (効果なし)

(2) 吸入による線量評価

- ①呼吸率 : $1.7 \times 10^{-4} \text{m}^3 \text{s}^{-1}$ (小児)
 $2.7 \times 10^{-4} \text{m}^3 \text{s}^{-1}$ (成人)
- ②換算係数 : ICRP Publication 71 を利用

(3) 地表沈着がもたらす線量評価

- ①換算係数 : $9 \times 10^{-16} \text{SvBq}^{-1} \text{MeV}^{-1} \text{s}^{-1} \text{m}^2$
- ②しゃへい効果係数 : 0.6

5. 評価結果

(1) Zone 1 (想定事故発生時にはその範囲内の住民をすぐ避難させる)

- ①原子力潜水艦 600m
- ②原子力航空母艦 800m

実質的には、実効線量よりも、甲状腺の等価線量でこの範囲が決定される (甲状腺

の被ばくが支配的であった)。

(2) Zone 2 (屋内退避あるいは安定ヨウ素剤投与が必要となる区域)

- ①原子力潜水艦 1. 4km (24 時間以内に発災艦を移動)
 1. 2km (4 時間以内に発災艦を移動)
- ②原子力航空母艦 1. 9km (2 時間で発災艦を移動)
 2. 9km (12 時間で発災艦を移動)

ただし、風下軸上に 30 度の範囲で考える。

(3) Zone 3

zone 2 を超す範囲を zone 3 とし、この範囲については長期にわたって環境モニタリングを行い、その結果によって飲食物摂取制限、移住などの対策を講ずる。緊急時の初期対応についてはこの範囲では考慮しない。

以上

海外における原子力艦災害対応体制の紹介

1. オーストラリア

オーストラリアは原子力艦を保有していないが、米国及び英国の原子力艦が寄港することになっている。

(1) 事故影響評価

オーストラリア放射線防護原子力安全庁（ARPANSA）が、米国の艦船を対象として、寄港時における事故影響評価を行ない（1975年、2000年）、応急対応範囲として以下の提案を示している。

1) 発災艦の移動（寄港の条件）

- ①原子力潜水艦：24時間以内に所定の位置に移動させる
- ②原子力空母：2時間以内に所定の位置に移動させる

2) 応急対応範囲の設定

Zone 1：事故発生時にはその範囲内の住民をただちに避難させる。

原潜 600m、航空母艦 800m

Zone 2：屋内退避あるいはヨウ素剤配布を実施。

原潜 1.4km、航空母艦 1.9km

（風下軸上に30度の範囲とする）

Zone 3：長期に渡って環境モニタリングを実施し、その結果によって飲食物摂取制限等を実施する。

(2) 寄港地における地域防災計画（タスマニア州、1999年10月）

“Special Plan for Visits of Nuclear Powered Warships to Hobart”, Nuclear Powered Warships Visits Committee, October 1999

ARPANSA の評価結果を受け、寄港地のあるタスマニア州政府は原子力艦寄港地における防災計画を策定している。なお、既存の計画は ARPANSA の最新の評価結果を受けたものではないので、ここでは既存の計画に基づいて紹介する。

1) 艦船の規模による投錨地点の区別

- ①熱出力によって投錨地点を区別している（投錨地点 A、B 及び災害発生時の艦船移動用の投錨地点）
- ②それらの投錨地点は、避難が求められる Zone 1 に居住者がいないように選定されている（全て沖合いに停泊することになっており、避難する必要があるのは周囲にいる船舶のみ）

2) 応急対応範囲の設定

Zone 1：半径 600m

- ・Nimitz 級空母の場合は風下軸上 60 度で半径 1.3km までの扇形の範囲を含む

- ・災害発生時には原子力艦関係者以外はこの区域から退去が求められる

Zone 2 : 100MWt 未満 半径 2.2km、100MWt 以上 半径 3.5km

- ・投錨地点 A (100MWt 未満用) の場合は、陸地が含まれない

- ・投錨地点 B (100MWt 以上用) の場合は居住地が少し含まれ、避難ルートが定められている

3) 平常時のモニタリング

①ガンマ線モニタリングポストの設置、TLD積算線量計による寄港時のモニタリング

②ARPANSA による海底土及び生物試料の採取及び分析

4) 緊急時のモニタリング

①艦船から直接地元へ災害発生の通報があるか、あるいはモニタリングポストで異常値を検知することで警戒態勢に入る

②移動モニタリングチームによる海域及び陸上でのモニタリング活動を実施

③モニタリング地点や測定データの評価は、国の専門機関の助言を受けて州当局が実施する

5) 防護対策の実施

①発災艦の沖合いへの移動

原潜：オーストラリア海軍のタグボートで 24 時間以内に移動させる（寄港時は待機している）

空母：自力で 2 時間以内に移動させる（Nimitz 級の空母は、非常用ディーゼル発電機を 4 基搭載している）

②周辺住民防護対策

ア) 投錨地点 A (100MWt 未満)：避難が必要となる居住区はなく、周辺海域での船舶の退去が主となる。安定ヨウ素剤の配布は、周辺海域で事故対策にあたる関係者のみに配布され、風下地域の住民への配布は必ずしも必要ではないとされる。屋内退避は、風下地域の一部 (Zone2) で考慮されるが、必ずしも必要ではないとされている。

イ) 投錨地点 B (100MWt 以上)：避難が必要となる可能性があるのは、Zone2 の風下地域の一部に限られる（居住者はほとんどない）。安定ヨウ素剤配布が必要となるのは周辺海域で事故対策にあたる関係者で、避難者への配布は必ずしも必要ないとされる。

ウ) 除染センター：投錨地点近くに除染センターが設置されている。

2. 英国

英国は原子力潜水艦を保有しその基地がスコットランドにあり、原潜の建造及び保守が行われている。それらの港湾施設で原潜事故が発生した場合を想定した緊急時対応計画が、英国海軍により地元自治体の協力のもとに策定され、1997年及び1999年には緊急時計画に基づいた訓練も実施されている。

(1) クライド地域における緊急時計画

スコットランド中西部の都市グラスゴーを流れるクライド川の河口地域は造船業が盛んなところであった。この付近は、大小様々な入り江が多数あり、クライド川が注ぐクライド湾は天然の良港となっている。この地域にある Faslane、Coulport、Loch Goil、Campbeltown、Rothesay、Loch Striven が原子力潜水艦の母港・寄港地となっている。それぞれ埠頭への接岸あるいは沖合いに係留というかたちで、数箇所の停泊地点が指定されており、この地域における共通の緊急時計画として定められたのが CLYDEPUBSAFE である。

“HM Naval Base Clyde Public Safety Scheme (CLYDEPUBSAFE)”, July 1997

(2) 応急対応範囲の設定

事故発生時の対応策としては、避難、屋内退避及び安定ヨウ素剤の服用が基本とされている。これらの対応策を実施する範囲（応急対応範囲）については、以下の区分が設定されており、各地方自治体が実際の地域防災計画に取り込む際に、国防省が支援を行うことになっている。

1) Exclusion Zone : 「立入制限区域」

最も影響が大きくなる区域として設定されており、何らかの防護具類が必要とされ、避難に伴い被ばく医療措置や安定ヨウ素剤服用が必要となることが指定されている。具体的な距離は提示されていないが、原子力艦の極近傍になるものと考えられる。

2) Automatic Countermeasures Zone: 「即時防護対策実施区域」

事故の程度に拘らず、事故発生の通報とともに防災関係者以外は全て避難を想定する範囲。避難実施後、安定ヨウ素剤を服用する。地域によっては、まず屋内退避を実施し、その後に避難を実施する方法もとられる。この区域における住民及び勤務する者には、緊急時にどのような対応をすべきかについて、平常時から説明が行われている。範囲としては、立入制限区域の外側、発災艦から半径 550m の範囲とされている。

3) Pre Planned Countermeasure Zone: 「防護対策事前準備区域」

カテゴリ 2 の事故（燃料から核分裂生成物が漏れ出し、周囲において放射線の影響が出る）が発生した際に、安定ヨウ素剤服用及び屋内退避を実施する範囲。先の「即時防護対策実施区域」の外側から半径 2km までの範囲を対象とし、風下軸を中心とし

たセクターで防護対策を実施する。地域防災計画上は、避難計画についてもその概要を検討しておくことが想定されている。

4) Extendibility Zone: 「拡大対応範囲」

先の「防護対策事前準備区域」の範囲を超して何らかの防護対策が必要となる事故が発生する確率は極めて低いと考えられる。万が一そのような事態が発生した場合に効果的な対応を実施するために、防護対策の実施範囲を拡大するための、応急対応計画の概要を策定することが推奨されている。具体的には半径 10km の範囲までを対象とし、実際に事故が発生した場合は風下方向において防護対策を実施することになる。

(3) 事故発生時の対応

1) 海軍主導による事故対応

原子力艦が寄港、停泊している期間において、海軍が派遣する専門家（保健物理、緊急時モニタリング）が近くに滞在することとなっている。

2) 各地における防災機関

原子力艦事故を対象とした防災機関「原子力事故対応機関（NARO）」が各地に設置されている。その組織の中で海軍として中心的な役割を担うのが、「軍事故対応調整機関（MCA）」である。MCA は、原子力艦事故の際は、国防省の現地組織としての役割を担うことになっており、防災に係る様々な専門家の支援を得ることになっている。また、MCA が地元自治体へアドバイスを行う際の中立性を確保するため、事故時には英国放射線防護庁（NRPB）のスタッフも現地に赴くこととなっている。

3) 軍と地元自治体との連携

軍と寄港地の地元自治体との連携を図るため、「地域連携委員会（LLCs）」が各地に設置されている。この委員会は海軍及び地元自治体の代表で構成され、平常時から原子力艦の運航に伴うリスクについての知識の普及、原子力艦事故に係る地域防災計画の策定とレビューの支援を行うこととなっている。

(4) 防護対策の実施

1) 避難の実施

地方自治体が避難所を設置し、警察の誘導で避難を実施する。

2) 飲食物摂取制限

事故が発生した場合は、スコットランド庁により応急対応範囲における飲食物摂取制限が実施される。

3) 警報システム

(5) その他

1) 訓練の実施

定期的に原子力艦事故を想定した防災訓練を実施することとなっており、1999 年の訓練は、ディーゼル発電機区画で火災が発生し、放射性物質の放出を招いたとするもので、3 日間に渡って実施された。

2) 事故による損害への補償

事故に伴う損害及び訴訟については、国防省が対応することとなっている。

原子力艦防災に係る緊急時放射線モニタリング体制の整備について

平成15年2月
防災環境対策室

1. 予算面

厳しい財政状況の中、原子力艦防災に係る緊急時放射線モニタリングの整備のための平成15年度予算の政府原案として286百万円を計上したところ。

神奈川県、長崎県には既に放射線監視等交付金が措置されているところであり、緊急時モニタリングの資機材は原子力施設において使用するものについては、固定式のモニタリングポストなどを除き、持ち運び可能なものは有効活用できるのではないかとこの観点から、会計区分の制度趣旨に充分注意しつつ、既に整備されたモニタリング資機材の有効活用や次年度の資機材の整備（平成15年度予算185百万円/県）について各県においてもご検討頂きたい。

こうした予算等を基礎として、各地元における個別状況も踏まえつつ、地元地方公共団体、関係省庁などの御協力の下に、順次、緊急時放射線モニタリング資機材等の整備を2. に示すとおり、着実かつ適切に進めていく予定。

2. 資機材等のハード面の整備

各県において、放射能水準調査委託費、放射線監視等交付金などにより保有されている資機材の状況、現地の地理的状況など諸状況を踏まえつつ、下記のとおり整備を進める予定。

この際、資機材等の保管、管理等について地元地方公共団体、国の関係機関のご協力が不可欠。

(1) 陸上放射線モニタリング関係

原子力艦災害の初期情報（通報基準・災害発生の判断基準）を検知し、防護対策の初動体制に必要な情報を提供するため、自動伝送機能を備えた以下の測定資機材等を順次整備する。

- ① 既設ポストに高線量率測定用の電離箱検出器を併設する。
- ② NaIシンチレーション式測定器及び電離箱式測定器の単位は線量率表示（ $\mu\text{Sv/h}$ ）とする。
- ③ 軍艦寄港地周辺市街地の適切な測定地点に可搬型測定機器等を追加配備する。
- ④ 陸上及び海上の移動モニタリングについては、事故発生時の風向等の気象条件に基づき、可搬型測定機器等を搭載したサーベイ車及びモニタリングボートを活用し、既設モニタリングポストを補完する測定を実施する。

(2) 大気中放射性物質濃度の測定

既設モニタリングポストにダスト・ヨウ素サンプラを併設して大気中の放射性ヨウ素濃度を迅速に検知し、原子力艦災害の早期発見に資する。

(3) 海上放射線モニタリングの整備

陸上モニタリングの測定を補完するためモニタリングボートに防災対応型の測定機器を追加する。

(4) SPEED Iによる環境影響予測システムの整備

住民への迅速な防護対策を実施する観点からモニタリングポストで得られる空気吸収線量率を用いた推定が有効であり、SPEED Iにオンラインデータ（気象データも含む）を取り込み、推定計算を行う機

能を整備する。

3. 人材等のソフト面の整備

(1) 地元地方公共団体におけるモニタリング活動の実施

他の原子力施設立地地域においても、緊急時モニタリングについて、地元県、市町村の関係者は、中心的役割を果たして頂いているところであり、本原子力艦防災の緊急時防災においても、地元の地方公共団体の果たすべき役割は極めて大きい。

また、神奈川県、長崎県については、既にある原子力施設に係るモニタリング体制を確立することとなっており、こうした体制や人材の有効活用や発展をお願いする。

沖縄県については、港の構造上原子力空母の入港は想定されないことを踏まえた適切な体制の確立をお願いしたい。

このため、今後、地域防災計画や関連マニュアルを具体的に詰めていく上で相談していくことが必要。

(2) 国の関係機関の協力

地元の国の関係機関の協力は同様に極めて重要であり、今後相談していくことが必要である。

また、東京、茨城県等にある原子力安全技術センター、日本分析センター、日本原子力研究所、核燃料サイクル開発機構、放射線医学総合研究所など国の関係機関、原子力事業者などの協力をより具体的に明確化し、上記(1)と併せて、必要なモニタリング要員の確保について検討する。

(3) 研修教育・訓練

地方公共団体、地元の国の機関の緊急時モニタリングの関係者に対する研修教育・訓練を支援していく。このため、日本分析センター、原子力安全技術センターが毎年行っている研修等の活用について検討する。

三港の防災体制の現状について

	横須賀港	佐世保港	金武中城港
地域防災計画等での対応	<p>1) 神奈川県 (県地域防災計画「原子力災害対策計画」) 「第3編原子力艦に係る事故災害対策」で対応</p> <p>2) 横須賀市 (市地域防災計画「原子力災害対策計画編」) 災害発生時の対応は原子力施設の場合に順ずることが規定されている。 注)「原子力軍艦事故防災マニュアル」は地域防災計画策定を受け廃棄された。</p>	<p>1) 長崎県 (県地域防災計画「原子力災害対策編」) 「第5章原子力艦の原子力災害対策」で対応。</p> <p>2) 佐世保市 ・市地域防災計画「原子力艦災害対策編」(平成14年10月) ・「佐世保市原子力軍艦防災マニュアル」(平成12年11月)</p>	<p>1) 沖縄県 (県地域防災計画「第37節放射能災害対策計画」) 同計画は、原子力軍艦に起因する放射能漏れ及び医療用等に使用される放射性物質管理施設を対象としたものである。</p> <p>2) 勝運町 原子力艦に係る防災計画及びマニュアルは策定されていない。</p>
防災対策を充実すべき地域の範囲	<p>原子力施設等のEPZが半径8~10kmであることを参考とし、「防災対策を充実すべき地域の範囲は横須賀市全域とする」とされている。(市地域防災計画)</p>	<p>着岸地点を中心として半径10kmを、「防災対策を重点的に充実すべき地域」の範囲とする (原子力軍艦防災マニュアル)。</p>	<p>特に指定は無い。</p>
接岸地点周辺の人口分布	<p>(距離は接岸地点からのもの)</p> <p>累計</p> <p>0~1km : 7,098人</p> <p>1~3km : 78,258人</p> <p>横須賀市全体 : 436,515人</p> <p>平成14年10月1日現在</p>	<p>(距離は接岸地点からのもの)</p> <p>累計</p> <p>0~1km : 3,517人 (1423)</p> <p>1~2km : 6,330人 (2755)</p> <p>2~5km : 100,961人 (46,313)</p> <p>110,808人</p> <p>平成14年8月現在、括弧内は世帯数</p>	<p>(距離は接岸地点からのもの)</p> <p>累計</p> <p>0~1km : 340人</p> <p>1~2km : 5,700人</p> <p>2~3km : 9,367人</p> <p>3~4km : 3,698人</p> <p>4~5km : 1,200人</p> <p>5~6km : 3,564人</p> <p>6~7km : 5,907人</p> <p>7~8km : 8,679人</p> <p>38,455人</p>
通報連絡体制	<p>原子力艦の事故による災害発生の覚知</p> <p>1) 原子力軍艦放射能調査の結果により、周辺住民の安全を確保する措置について、国の調査班長と市長との協議が必要となったとき。</p> <p>2) 米海軍からの災害発生の通報 (平成9年3月31日 日米合同委員会合意)</p> <p>3) 県が設置したモニタリングポストの測定結果</p> <p>4) その他の災害に関する通報及び情報</p>	<p>災害発生の覚知</p> <p>1) 原子力軍艦放射能調査指針大綱に基づく調査班長の連絡。</p> <p>2) 米国原子力推進艦等関連緊急連絡網に基づく外務省又は基地司令官からの連絡</p>	<p>原子力軍艦災害対策</p> <p>1) 原子力軍艦放射能調査指針大綱により対処することに基づ本とする。</p> <p>2) 国は、米国より公共の安全又は環境に影響を及ぼす可能性のある事故の発生の通報を受けた場合は、県への速やかな通報に努めることとされている。</p>

防災資機材、モニタリング機器	横須賀港	佐世保港	金武中城港
<p>1)放射能調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングポスト 4箇所 ・モニタリングポイント(積算線量計) 6箇所 <p>2)自治体独自の測定機器(原子力施設事故対応も含む) [測定機器]</p> <ul style="list-style-type: none"> α・β線用サーベイメータ(シンチレーション式) 62台 γ線用サーベイメータ(シンチレーション式) 66台 γ線用サーベイメータ(電離箱式) 15台 γ線用サーベイメータ(GM管式) 6台 中性子用サーベイメータ 9台 可搬式モニタリングポスト 1台 ポータブルダストサンプラ 1台 放射性ヨウ素等用マテリアルカウンタ 1台 α核種等用マテリアルカウンタ 1台 校正用線源 1式 <p>[個人線量計]</p> <ul style="list-style-type: none"> 中性子・γ線用ポケット線量計 388個 β・γ線用ポケット線量計 75個 中性子線用ポケット線量計 15個 簡易測定線量計 370個 パソコン(含測定・環境ソフト) 39式 	<p>1)放射能調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングポスト 4箇所 ・モニタリングポイント(積算線量計) 10箇所 <p>2)自治体独自の測定機器配備計画(長崎県) [固定式]</p> <p>モニタリングポスト、気象観測機器、大気中放射性ヨウ素濃度測定装置 一式</p> <p>[移動式]</p> <ul style="list-style-type: none"> NaIシンチレーション式サーベイメータ 5台 GM計数管式サーベイメータ 5台 電離箱式サーベイメータ 2台 ハイボリュームエアサンプラ 2台 可搬型ダストヨウ素サンプラ 2台 小型水盤 1台 <p>[環境試料測定用]</p> <ul style="list-style-type: none"> 可搬型Ge半導体検出器(付核種分析装置) 1台 ガラス線量計読取装置 1台 ガラス線量計熱処理炉 1台 ガラス線量計 100個 	<p>1)放射能調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングポスト 4箇所 ・モニタリングポスト 4箇所 ・積算線量計 10箇所 ・可搬型計測機器 1台 <p>2)県独自のものはない</p>	<p>1)放射能調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングポスト 4箇所 ・積算線量計 10箇所 ・可搬型計測機器 1台 <p>2)県独自のものはない</p>

外国政府に情報提供を要請する必要がある技術的事項について

1. 情報の必要性

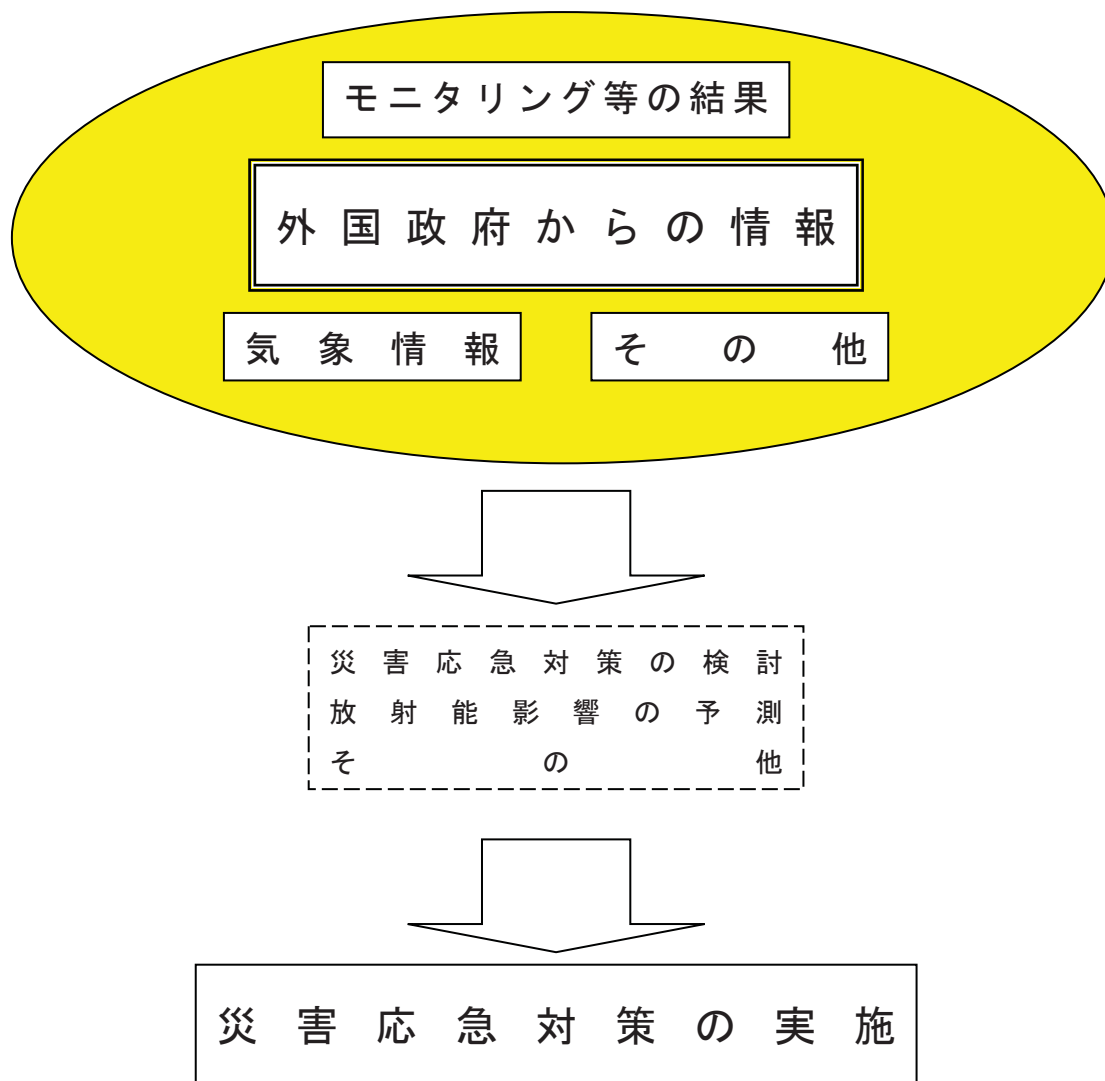
原子力艦の原子力災害においては、通常の原子力災害と異なり原子力事業者が存在しないため、災害応急対策の迅速・的確な実施にあたっては、外国政府に対して外務省を通じて情報提供を要請する必要がある。

2. 原子力施設の場合

原子力災害対策特別措置法により、原子力事業者による通報が義務付けられており、放射性物質等の放出状況、放出見通し等の情報が関係機関へ定期的に連絡される。

3. 情報の活用

得られた情報の活用方法については以下のとおり。



4. 必要とされる情報

外国政府へ提供を要請する情報については、災害応急対策の検討や放射能影響の予測を実施するのにあたって必要とされるものであり、その内容については技術的な検討を要する。以下に外国政府への情報提供を要請する際の、項目案を示す。なお、事故の進展状況によって必要となる情報の内容は異なるので、ここでは、比較的初期の段階に要請することを想定して検討を行った。

事故の初期段階における質問事項について（案）

- (1) 事故の発生場所、発生時刻
- (2) 事故の概要
 - ① 事故の原因
 - ② 放射性物質の艦外への漏えいの有無
 - ・ 空气中、海中への放出の有無
 - ・ 放射性物質の種類及び放出量
 - ③ 原子炉の状態
 - ④ 事故現場の状況
 - ・ 艦内及び艦の周囲
 - ⑤ 傷病者の存在
 - ・ 汚染を伴っているのかどうか
- (3) 事故沈静化対策の現状
 - ① どのような対策を実施しているのか
 - ② 対策の実施体制
- (4) 基地敷地内でどのような防護対策を実施しているのか
 - ① 基地内における防護対策の内容
 - ② 周辺住民に対しどのような防護対策を実施すべきか
- (5) 今後の予測
 - ① 放射性物質の放出状況
 - ② 事故の進展予測
 - ③ 事故沈静化対策の目途
- (6) その他
 - ① 遠隔海域への発生艦の移動の可能性
 - ② 日本側からどのような支援を必要としているのか

以上

応急対応範囲試算手順について

目 次	頁
1. 炉内蓄積放射能の計算過程	1
(1) 基本式の導入	1
(2) 想定する運転条件下での炉内蓄積量の算出	1
2. 放出量の計算過程	5
(1) 原子力艦のモデル化について	5
(2) 原子炉から格納容器内へ移行する割合	6
(3) 減衰に係る定数の扱いについて	6
(4) 放出量の計算	9
(5) 外部被ばく評価のための γ 核種の扱いについて	10
(6) 甲状腺等価線量評価のための放射性ヨウ素の扱い	11
3. 原子力艦事故による放射性物質の放出に伴う応急対応範囲の評価	13
(1) 放出率の計算	13
(2) 気象条件の設定	13
(3) 応急対応範囲の評価	14
[参考文献]	15
[別紙 1] 原子力艦による原子力災害で対象とする核種データ	16
[別紙 2] 事故発生時点における炉内蓄積放射能の計算結果	19
[別紙 3] 原子力艦による原子力災害の放出放射能の評価結果	23
[別紙 4] 同一風向継続時間出現回数	26

1. 炉内蓄積放射能の計算過程

(1) 基本式の導出

① 1 fission あたりに発生する平均エネルギー E MeV/fission

(注: $E \approx 195 \text{ MeV/fission}$)

② 運転条件 : 出力 T MWt で、 t 秒間運転

③ fission 数

熱出力 T MWt の場合の単位時間あたりの fission 数: ϕ 回/秒

$$\phi = T \times 10^6 \text{ J/s} \div (E \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J})$$

④ 単位時間あたりの核種 i の生成率 N_{i0}

$$N_{i0} = \phi \times Y_i \text{ 個/s}$$

Y_i : 核種 i の収率

⑤ 運転開始後 t における核種 i の個数 N_i

$$dN = (N_{i0} - \lambda_i N_i) dt$$

λ_i : 核種 i の崩壊定数

この微分方程式を解くと、

$$\text{核種 } i \text{ の放射能 } \lambda_i N_i = N_{i0} \{1 - \exp(-\lambda_i t)\}$$

基本的には、上式で、核種毎の炉内蓄積量を評価できる。上記のうち、収率 Y_i 及び崩壊定数 λ_i については、別紙 1 に計算で採用した値を示す¹⁾。

(2) 想定する運転条件下での炉内蓄積量の算出

Nimitz 級の原子力空母を対象として計算過程を示すので、熱出力を $T = 600 \text{ MWt}$ とする。同級の空母は、この出力の原子炉を 2 基搭載していることがジェーン年鑑²⁾ で明らかにされている。

1) 評価条件の設定について

① 炉型及び燃料

原子力艦に搭載されている原子炉は加圧水型原子炉 (PWR) とし、燃料としては濃縮二酸化ウランを使用しているものと仮定して評価を行う。この条件は、様々な文献に基づいて推定したものである。

② 運転条件

事故発生時点における炉内蓄積量はそれまでの運転条件に依存するので、事故発生までの平均的な運転条件及び事故直前の運転条件の、2 つの条件によって評価する。

ア) 平均出力 25% で 15 年間運転 (その間は燃料取替えを行わない)

イ) 事故発生直前の 4 日間は、1 日のうち 18 時間を平均出力 25%、6 時間を出力 100% で運転し、最後の出力 100% での 6 時間運転が終了した時点で事

故が発生したと仮定する。

③運転条件設定の理由

- ア) 平均出力 25% で 15 年間運転するという条件は、オーストラリア報告書³⁾ で採用されている条件である。同報告書では、さらに事故発生直前 4 日間を出力 100% で運転した後に事故が発生するとしている。
- イ) しかし、事故直前に 4 日間を出力 100% で運転という条件は、原子力艦としてはかなり厳しい条件ではないかと考えられる。通常の訓練等では、2～3 時間活動して一旦停止し、また活動を開始するというパターンであるが、平常時も含め、実際にどのような運転条件で活動しているかは軍事機密であり明らかにされていない。
- ウ) 空母が出力 100% で運転するような状況としては、搭載機を離陸させるために、風上に向かって全速力で運転する場合等が考えられる。また、原潜の場合では、水中における最高速度は時速 60 km 弱であり、この速度で数日に渡って航海するとする条件は考えにくい。従って、事故直前 4 日の運転条件を上記のように設定した。

2) 平均出力 25% で 15 年間運転した場合の蓄積量

①平均出力 25%

$$T = 600 \times 0.25 = 150 \text{MWh}$$

②炉内蓄積量の計算

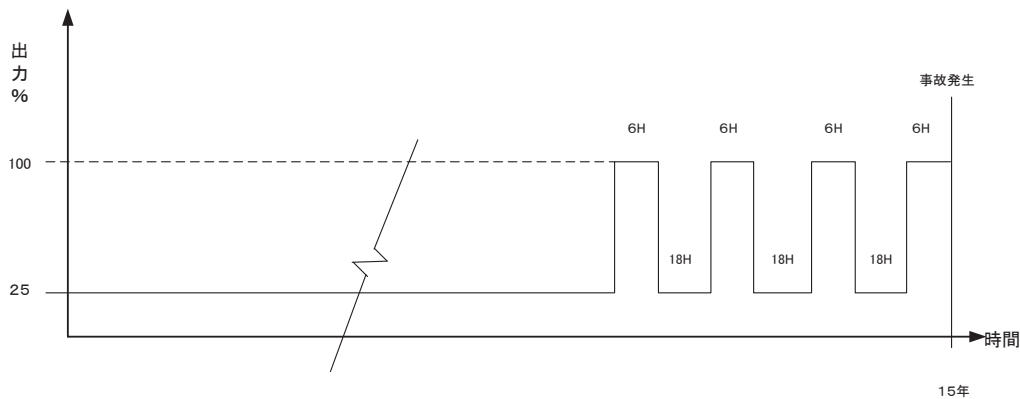
$$\begin{aligned} \text{単位時間あたりの fission 数 } \phi &= 150 \times 10^6 \div (195 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}) \\ &= 4.81 \times 10^{18} \text{ 回/秒} \end{aligned}$$

$$\text{炉内蓄積量 } R_{i0}(15y) = 4.81 \times 10^{18} \times Y_i (1 - \exp(-\lambda_i \times 1.31 \times 10^5 h))$$

(注：上式において、崩壊定数 λ_i の単位を時間 h を用いるとし、それに合わせて 15 年間の時間を時間に変換している)

3) 事故発生直前における運転条件の設定

事故発生直前 4 日間は、1 日のうち出力 25% で 18 時間、出力 100% で 6 時間という運転を続け、最後の 100% 運転が終了した時点で事故が発生するものと仮定する。この条件を付加することにより、放射性ヨウ素の炉内蓄積量が増大し、事故時の放出量の評価に大きな影響を及ぼすことになる。



①追加出力の考慮

ア) 平均出力 25% で 15 年間運転を継続するとしており、事故直前の出力変更は、出力 75% で 6 時間運転した場合の炉内蓄積量を追加することになる。

イ) その後、事故発生までの時間を考慮して減衰を評価し、最終的に事故発生時点における炉内蓄積量とする。

②出力 100% で 6 時間運転が終了した時点における炉内蓄積量の計算

$$\text{追加分の出力} = 600 \times 0.75 = 450 \text{MWt}$$

$$\begin{aligned} \text{単位時間あたりの fission 数 } \phi &= 450 \times 10^6 \div (195 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}) \\ &= 1.44 \times 10^{19} \text{ 回/秒} \end{aligned}$$

$$\text{炉内蓄積量 } R_{i0}(6h) = 1.44 \times 10^{19} \times Y_i (1 - \exp(-\lambda_i \times 6.0h))$$

③事故発生までの減衰の評価

出力 100% での運転は合計 4 回想定しており、それぞれ事故発生までの時間は異なる。先の②で計算した炉内蓄積量をもとに、事故発生までの時間による減衰を考慮し、事故発生時点での炉内蓄積量に修正する。

ア) 一回目の 100% 出力運転分の修正

$$R_{i0}(6h, 72h) = R_{i0}(6h) \times \exp(-\lambda_i \times 72h) \quad : \text{事故発生まで 72 時間}$$

イ) 二回目の 100% 出力運転分の修正

$$R_{i0}(6h, 48h) = R_{i0}(6h) \times \exp(-\lambda_i \times 48h) \quad : \text{事故発生まで 48 時間}$$

ウ) 三回目の 100% 出力運転分の修正

$$R_{i0}(6h, 24h) = R_{i0}(6h) \times \exp(-\lambda_i \times 24h) \quad : \text{事故発生まで 24 時間}$$

エ) 四回目の 100% 出力運転分の修正

$$R_{i0}(6h, 0h) = R_{i0}(6h) \times \exp(-\lambda_i \times 0h) \quad : \text{事故発生まで 0 時間}$$

4) 事故発生時点における炉内蓄積量

15 年間運転分及び出力調整分を考慮した、事故発生時点における炉内蓄積量は、

前記の分を足し合わせたものとなる。

事故時点炉内蓄積量 R_{i0}

$$= R_{i0}(15y) + R_{i0}(6h, 74h) + R_{i0}(6h, 48h) + R_{i0}(6h, 24h) + R_{i0}(6h, 0h)$$

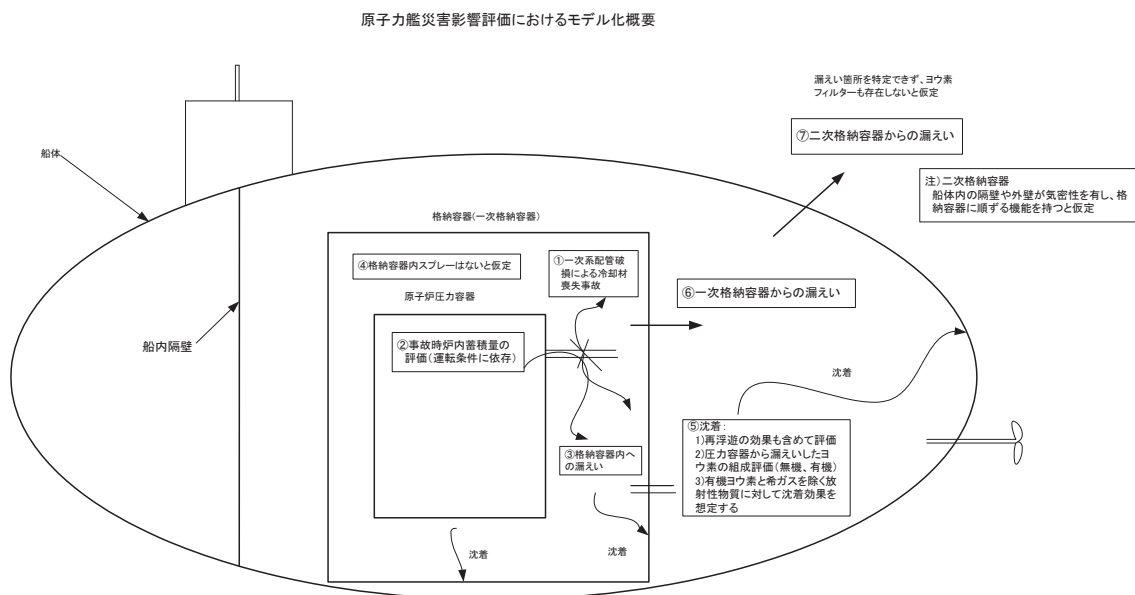
上記の手順で、核種毎に評価した事故時点における炉内蓄積量を、別紙2に示す。なお、どの核種を対象とするかについては、オーストラリア報告書³⁾で用いられているものを採用した。放出量の評価で述べるように、格納容器スプレーによる洗浄効果がないこと及び発災艦から環境中へ放出される際にヨウ素フィルターがないものとして扱うことから、希ガス以外の γ 核種も考慮されている。

2. 放出量の計算過程

事故時点での炉内蓄積量に基づいて、最終的に環境中へ放出される放射能を計算した過程を示す。なお、以下においては、原子力空母の熱出力に基づいて計算手順を示すが、原潜についても熱出力が異なるだけで手順は全く同じである。

(1) 原子力艦のモデル化について

原子力艦に搭載されている原子炉システムは加圧水型原子炉であることが、ジェーン年鑑²⁾等の公開文献から明らかにされているが、実際に原子炉システムがどのような構成となっているかについては不明である。従って、原子力艦及び搭載されている原子炉を下図のようにモデル化し、事故時に環境中へ放出される放射性物質の放出量を評価した。



1) 想定事故

- ①冷却材喪失事故に伴う燃料損傷。
- ②原子炉圧力容器及び原子力艦の全体構造は維持されるとし、一次系配管から格納容器内へ放射性物質が移行する。

2) 一次格納容器、二次格納容器の存在

- ①通常格納容器と呼ばれているものを一次格納容器とし、さらにその周囲にある船体内の隔壁等によりかなり気密性の高い構造が構成されているものとし、これを二次格納容器と呼ぶ。原潜の場合は、一番外側の船体殻そのものが二次格納容器

を構成しているものとする。

- ② 圧力容器から漏れ出した放射性物質は一次格納容器内へ移行し、そこから二次格納容器内へ移行し、二次格納容器から漏れ出した段階で環境中へ漏れ出したものとする。
- ③ 一次及び二次格納容器から次第に漏れいしていく過程を想定するが、両格納容器の寸法に関する情報がないので、実際に漏れい量を計算する際は安全側に評価するため、一次及び二次格納容器が一つの格納容器を構成するものとして処理する。

(2) 原子炉から格納容器内へ移行する割合

事故発生時点の炉内蓄積量のうち下記の割合の放射能が、原子炉圧力容器から格納容器内へ漏れいすると仮定した。

核種	漏れい率%	核種	漏れい率%
X e, K r	100	R u	2
I, B r	50	M o, T c, R h	1
C s, R b	30	C e, L a, P r, Y	1
T e, S b	15	N b, Z r	1
B a, S r	5		

(出典：オーストラリア報告書³⁾)

原子力圧力容器から格納容器内への漏れい量 $Q_i = R_{io} \times L_i \div 100$

R_{io} : 事故時点における核種 i の炉内蓄積量

L_i : 上表の核種毎の割合 (%)

(3) 減衰に係る定数の扱いについて

先にモデル化のところで記載したとおり、一次及び二次格納容器が存在するとしながらも、実際の計算上は一次及び二次格納容器が一つの格納容器を構成するものとして計算を行うが、このような取扱いにより安全側に評価することとなる。以下においては、単に「格納容器」と記載した場合は、一次及び二次格納容器を一つにモデル化したものを指す。

1) 沈着効果

原子炉から一次及び二次格納容器内に漏れいした放射性核種のうち、有機ヨウ素と希ガス以外の核種については、格納容器内の床、壁、配管等に沈着し、環境中へ漏れいする量が減衰する。この沈着効果を以下の形で考慮する。

① 有機ヨウ素の割合

原子炉容器から格納容器内に漏れいした放射性ヨウ素のうち、有機ヨウ素の割合

については、米国NRCの最新の研究報告書⁴⁾等に基づいて、以下の値を採用した。

有機ヨウ素： 2%

注) 米国NRC報告書 NUREG-1465⁴⁾

「原子炉容器から格納容器へ漏えいしたヨウ素のうち5%が元素(elemental iodine)の状態にあり、さらに、そのうちの3%が有機ヨウ素に変換される。従って、格納容器内に漏えいしたヨウ素のうち、0.15%(5%の3%)が有機ヨウ素と推定される。」とあり、実質的には1%で十分と考えられるが、オーストラリア報告書³⁾で有機ヨウ素の割合を2%としていることを受け、上記の割合とした。

②沈着効果

沈着速度 : Rm/s
一次及び二次格納容器の内壁面積 : $Sa\text{m}^2$
一次及び二次格納容器の容積 : $Va\text{m}^3$
格納容器内壁への沈着量 : $R \times Sa \text{ (m}^3/s\text{)}$
沈着率 : $\lambda_2 = R \times Sa/Va \text{ (1/s)}$

上記の沈着率における各パラメータについては、オーストラリア報告書³⁾から、以下の値を採用した。

$$R = 3.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$Sa/Va = 1.2$$

なお、一旦沈着しても再浮遊することが指摘されており、上記の沈着速度は、再浮遊の効果을考慮して安全側にとった値であるとされている。

$$\lambda_2 = 3.0 \times 10^{-5} \times 1.2 = 3.6 \times 10^{-5} \text{ (1/s)} = 0.130\text{h}^{-1}$$

時間 dt における格納容器内の核種 i (有機ヨウ素と希ガスを除く) の、沈着による減衰 dN は以下の通りである。

$$dN = -\lambda_2 N dt$$

$$N = N_0 \exp(-\lambda_2 t)$$

即ち、上式により、沈着効果は放射性崩壊による減衰と同様に扱うことができる。

2) 環境中への漏えい

①漏えい率の変化

- ア) 原子力発電所の冷却材喪失事故等の場合、一旦格納容器内の圧力・温度が上昇して格納容器からの漏えいが開始されると想定される。
- イ) その直後、格納容器スプレーが作動して格納容器内の圧力・温度が急激に下がり、格納容器からの漏えい率も下がる。

ウ) 原子力船「むつ」の安全解析⁵⁾ではほぼ1時間で格納容器内圧力が平圧まで低下し、漏えい率が半減することが示されているが、安全側にとるために24時間後に半減するとしている。また、原子力発電所の立地にかからむ安全解析では、1時間後に漏えい率が半減するとの評価もある。

エ) オーストラリア報告書では一次格納容器の温度、圧力は1~3時間で平常状態になるとされていることもあり、ここでは、漏えい開始後「3時間後に、漏えい率が半減する」ものとして漏えい量を評価する。

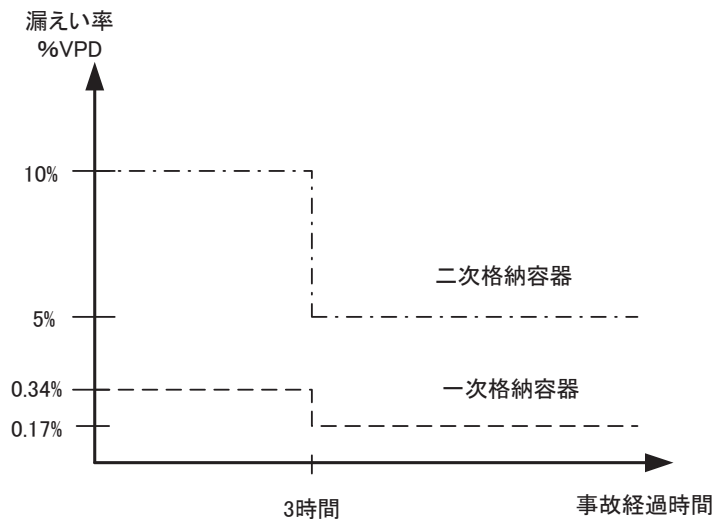
②漏えい率

ア) 一次格納容器からの漏えい率については、原子力船「むつ」の安全解析⁵⁾で用いられた値を使用した。

イ) 二次格納容器からの漏えい率については、オーストラリア報告書³⁾ではこの漏えい率は1%VPDで十分であるとしながらも、事故対策等で船内隔壁のハッチの開け閉めが何度か行われる場合を想定し、安全側に評価するとの立場から一挙に10%VPDとしている。この値を参考に、最初の3時間は10%VPDとし、その後は半減するとした。

	~3時間まで	3時間以降
一次格納容器からの漏えい率	0.34%VPD	0.17%VPD
二次格納容器からの漏えい率	10%VPD	5%VPD

(注:「%VPD」(容積%/日))



③漏えい率の取り込み

ア) 圧力容器から漏えいした放射性物質は、まず一次格納容器から、そして二次格納容器から漏えいするという流れになる。その間、崩壊及び格納容器内(一次、

二次)での沈着により、最終的に環境中へ漏えいする放射性核種の量は減衰する。

- 1) 二段階で漏えいするのであるが、一次及び二次の格納容器の幾何寸法(容積)に関する情報がないので、より安全側にするため計算上の扱いとしては、一つの格納容器から漏えいするとし、漏えい率を一次及び二次格納容器からの漏えい率の積として扱う。

$$3 \text{ 時間までの漏えい率 } \lambda_3 = 0.0034 \times 0.1 \div 24 = 1.42 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$$

$$3 \text{ 時間以降の漏えい率 } \lambda_3 = 0.0017 \times 0.05 \div 24 = 3.54 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$$

(注: 日あたりを時間あたりに変換した)

- 2) 漏えいによる減衰の扱い

漏えい率の定義によると、時間 dt における格納容器内からの核種の漏えい(減衰) dN については以下の式が成り立つ。

$$dN = -\lambda_3 N dt$$

$$N = N_0 \exp(-\lambda_3 t)$$

上式に従って、放射性崩壊と同様な扱いが可能である。

(4) 放出量の計算

事故発生後3時間までと、その後においては漏えい率が異なるので、以下においては3時間で2つに分けて計算手順を示す。

1) 格納容器から環境への放出量(最初の3時間)

① 沈着率、漏えい率

沈着率 $\lambda_2 = 4.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (注: 有機ヨウ素と希ガスでは考慮しない)

$$3 \text{ 時間までの漏えい率 } \lambda_3 = 0.0034 \times 0.1 \div 24 = 1.42 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$$

② 格納容器内の核種 i の残量評価(一次及び二次格納容器内の合計) A_i

$$dA_i = -(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3) A_i dt$$

$$A_i(t) = Q_i \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}$$

λ_i = 核種 i の崩壊定数、 λ_2 = 沈着率、 λ_3 = 漏えい率

Q_i = 炉内蓄積量のうち、格納容器内へ漏えいした核種 i の量 (Bq)

③ 核種 i の放出量の計算 A_{i3}

$$dA_{i3} = \lambda_3 A_i dt \quad : A_i \text{ は格納容器内の核種 } i \text{ の残量}$$

$$= \lambda_3 Q_i \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\} dt$$

この微分方程式を解く。

$$A_{i3}(t) = \frac{\lambda_3}{\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3} Q_i [1 - \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}]$$

(注: 有機ヨウ素及び希ガスに対しては上式において $\lambda_2 = 0.0$ と置くことになる)

3 時間経過時点における核種 i の環境への放出量 $= A_{i3}(3.0h)$

2) 格納容器から環境への放出量 (3 時間経過以降、30 日間まで)

3 時間までとの違いは、漏えい率が異なること、そして放出量を評価するのに 3 時間経過時点での格納容器内の残量 (一次及び二次の合計) を初期量として計算する点にあるが、計算手順は全く同じである。

① 漏えい率

沈着率 $\lambda_2 = 4.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (変化しない)

3 時間以降の漏えい率 $\lambda_3 = 3.54 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$

② 格納容器内の残量

$$B_i(t) = A_i(3.0h) \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}$$

③ 放出量 (29 日 \times 24 時間 + 21 時間 = 717 時間における)

$$B_{i3}(t) = \frac{\lambda_3}{\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3} A_i(3.0h) [1 - \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}]$$

3) 格納容器から環境への総放出量

核種 i の総放出量は上記の 2 段階で分けて計算したものの合計となる。

$$\text{総放出量 } T_i = A_{i3}(3.0h) + B_{i3}(717h)$$

(5) 外部被ばく評価のための γ 核種の扱いについて

基本式は先に示したとおりであるが、内部被ばくについては放射性ヨウ素による甲状腺の被ばく、外部被ばくについては γ 線による被ばくを検討する。ここでは、外部被ばくの評価に必要な、 γ 核種の扱いについて放出量計算の次の手順を示す。

1) 対象核種

① 最初の表に示した全核種を対象とする (ヨウ素も加える)

② ただし、希ガス及び有機ヨウ素については、沈着効果はないものとして扱って放出量を計算する。

2) γ 線エネルギー放出量

核種 i の γ 線エネルギー放出量 $E_{ir} = T_i \times \gamma_i$

γ_i = 核種 i の γ 線実効エネルギー (MeV/dis.)

T_i = 核種 i の放出量 (Bq)

$$\text{総 } \gamma \text{ 線エネルギー放出量 } E_r = \sum_i E_{ir} \quad (\text{MeV} \cdot \text{Bq})$$

(6) 甲状腺等価線量評価のための放射性ヨウ素の扱い

内部被ばくとしては放射性ヨウ素による小児甲状腺等価線量を計算する。

1) 格納容器内の初期量

①有機ヨウ素、無機ヨウ素の組成

先に示したように、格納容器内へ漏えいしたうち、有機と無機ヨウ素の組成は以下のとおりとする。

有機ヨウ素：2%

無機ヨウ素：98%

②初期量

有機ヨウ素 $I_{io} = Q_i \times 0.02$

無機ヨウ素 $I_{ii} = Q_i \times 0.98$

(Q_i = 圧力容器から格納容器内へ漏えいした放射性ヨウ素 i の量)

2) 放出量

放出量の計算は、先に示した一般的な計算手順と同様であるが、初期量の扱い及び有機ヨウ素で沈着効果を考慮しないという点が異なる。

①有機ヨウ素

漏えい率は他の核種と同じ値を用いる。

[最初の3時間の計算式]

$$\text{格納容器内残量 } A_{io}(t) = I_{io} \exp\{-(\lambda_i + \lambda_3)t\}$$

$$\text{放出量 } A_{io3}(t) = \frac{\lambda_3}{\lambda_i + \lambda_3} I_{io} [1 - \exp\{-(\lambda_i + \lambda_3)t\}]$$

[3時間経過から30日間までの計算式：24時間×29日+21時間=771時間]

$$\text{格納容器内残量 } B_{io}(t) = A_{io}(3.0h) \exp\{-(\lambda_i + \lambda_3)t\}$$

$$\text{放出量 } B_{io3}(t) = \frac{\lambda_3}{\lambda_i + \lambda_3} A_{io}(3.0h) [1 - \exp\{-(\lambda_i + \lambda_3)t\}]$$

②無機ヨウ素

漏えい率及び沈着率は他の核種と同じ値を用いる。

[最初の3時間の計算式]

$$\text{格納容器内残量 } A_{ii}(t) = I_{ii} \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}$$

$$\text{放出量 } A_{ii3}(t) = \frac{\lambda_3}{\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3} I_{ii} [1 - \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}]$$

[3時間経過から30日間までの計算式：24時間×29日+21時間=771時間]

$$\text{格納容器内残量 } B_{ii}(t) = A_{ii}(3.0h) \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}$$

$$\text{放出量 } B_{ii3}(t) = \frac{\lambda_3}{\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3} A_{ii}(3.0h) [1 - \exp\{-(\lambda_i + \lambda_2 + \lambda_3)t\}]$$

③放射性ヨウ素 i の総放出量

$$U_i = A_{io3}(3.0h) + B_{io3}(771h) + A_{ii3}(3.0h) + B_{ii3}(771h)$$

3) ヨウ素 I-131 等価量への変換

$$U = \sum_i U_i \times l_i$$

l_i = 放射性ヨウ素 i の甲状腺効果比率 (I-131 基準)

3. 原子力艦事故による放射性物質の放出に伴う応急対応範囲の評価

原子力艦の事故による放射性物質の総放出量に基づいて、応急対応範囲を評価した過程を示す。

(1) 放出率の計算

1) 総放出量

先に 30 日間に渡る総放出量を計算した。

	原子力空母	原潜
放射性ヨウ素総放出量 (I-131 等価)	$1.18 \times 10^{13} \text{Bq}$	$3.15 \times 10^{12} \text{Bq}$
総 γ エネルギー放出量	$1.67 \times 10^{14} \text{MeV} \cdot \text{Bq}$	$4.45 \times 10^{13} \text{MeV} \cdot \text{Bq}$

2) 放出率の計算

実効放出継続時間を 24 時間とし、先の 30 日間にわたって放出されたものが 24 時間で一定の割合で放出されるものとして平均の放出率を計算する。

$$\text{放出率} = \text{総放出量} \div 24 \text{ 時間}$$

	原子力空母	原潜
放射性ヨウ素放出率	$4.93 \times 10^{11} \text{Bq/h}$	$1.31 \times 10^{11} \text{Bq/h}$
γ エネルギー放出率	$6.96 \times 10^{12} \text{MeV} \cdot \text{Bq/h}$	$1.85 \times 10^{12} \text{MeV} \cdot \text{Bq/h}$

(2) 気象条件の設定

①風速 1m/s

②大気安定度 F

③同一風向継続時間 6 時間

原子力艦寄港地における実気象データを入手できなかったため、日本原子力研究所における実測データ⁶⁾を使用した。同一風向の継続時間の出現回数を、年間をとおして累積し、その出現頻度が 97% 以上になる時間として 6 時間が選定された。そのデータを別紙 4 に示す。

④放出点高さ

原子力空母は海水面からかなり高い位置におよんでいるが、事故時にどの箇所から放射性物質が放出されるかについては、艦の構造が不明なために特定することができなかった。原潜の場合は、そもそも海面上に出た部分はそれほど高くはない。従って、原子力空母及び原潜の双方において、放出点の高さは 0m として評価することと

した。高さが低いほど周囲における影響は大きくなり、放出点が高いほど広い範囲に拡散はするものの希釈効果も大きくなり実質的な影響は小さくなるものと考えられるので、0mとすることは安全側に評価することになる。

(3) 応急対応範囲の評価

1) 応急対応範囲評価基準

防災指針で提示されている何らかの防護対策が必要となる指標から、以下の値に基づいて避難を計画する範囲及び屋内退避を想定する範囲を決定した。

	放射性ヨウ素による 小児甲状腺等価線量	外部被ばく線量 (実効線量)
避難を計画するレベル	500mSv 以上	50mSv 以上
屋内退避を計画するレベル	100～500mSv	10～50mSv

2) ガウス拡散モデルによる計算について

① 気象指針におけるガウス拡散モデルの導入

原子力発電所等の事故で放射性物質が放出された場合、放射性プルームがどのように拡散するかについては、気象指針⁷⁾でガウス拡散モデルにより、任意の地点での濃度及びγ線による線量率の計算方法が示されている。ここでは、同指針で示されたガウス拡散モデルにより、風下軸上の放射性ヨウ素の濃度及びγ線による外部被ばく線量を評価する。

② 簡易計算法

風下軸上の地上における濃度及び外部被ばく線量率については、日本原子力研究所が様々なパターンについて計算した結果を図示し⁸⁾、そこから読み取ることで濃度及び被ばく線量率を求めることができるように整備されている (JAERI-M 90-206)。

③ 評価に必要なその他のパラメータ

ア) 小児呼吸率 $0.31 \times 10^6 \text{cm}^3/\text{日}$

イ) I-131 の甲状腺の等価線量係数 $= 3.2 \times 10^{-3} \text{mSv/Bq}$

3) 応急対応範囲の評価結果

先に示した放出率及び気象条件等に基づく、避難を計画する範囲と屋内退避を計画する範囲の評価結果を発災艦係留地点からの距離として下表に示す。

	原子力空母	原子力潜水艦
避難を計画する範囲	半径 1km 以内	半径 0.5km 以内
屋内退避を計画する範囲	半径 1km と 3km で囲まれる範囲	半径 0.5km と 1.2km で囲まれる範囲

[参考文献]

- 1) “Tables and Figures from JNDC Nuclear Data Library of Fission Products, Version 2” , JAERI-M 89-204, November 1989
- 2) ジェーン年鑑
“Jane’ s Fighting Ships 2000-2001”
- 3) オーストラリア報告書
“The 2000 Reference Accident Used to Assess the Suitability of Australian Ports for Visits by Nuclear Powered Warship” ,
RB-NPW-66/00, Regulatory Branch, ARPANSA, December 2000
- 4) 米国NRC報告書
” Accident Source Terms for Light -Water Nuclear Power Plants” , NUREG-1465
- 5) 「むつ」の評価結果
「原子力第1船 原子炉設置許可申請書」(昭和62年、日本原子力研究所)
- 6) 日本原子力研究所実測データ
「日本原子力研究所東海研究所 原子炉設置変更許可申請書(NSRR 原子炉施設の変更)」、
平成14年10月
- 7) 気象指針
「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」(昭和57年1月28日、原子力安全委員会決定)
- 8) 「排気筒から放出される放射性雲の等濃度分布図および放射性雲からの等ガンマ線量分布図(Ⅱ)」、JAERI-M 90206、1990年11月、日本原子力研究所

原子力艦による原子力災害で対象とする核種データ

核 種	収 率	崩壊定数 λ (h^{-1})
I-131	2.84×10^{-2}	3.59×10^{-3}
I-132	4.21×10^{-2}	3.04×10^{-1}
I-133	6.77×10^{-2}	3.33×10^{-2}
I-134	7.61×10^{-2}	7.90×10^{-1}
I-135	6.41×10^{-2}	1.05×10^{-1}
Br-82	6.10×10^{-7}	1.96×10^{-2}
Kr-83m	5.30×10^{-3}	3.79×10^{-1}
Kr-85m	1.31×10^{-2}	1.65×10^{-1}
Kr-85	2.90×10^{-3}	7.37×10^{-6}
Kr-87	2.54×10^{-2}	5.45×10^{-1}
Kr-88	3.58×10^{-2}	2.48×10^{-1}
Xe-131m	4.00×10^{-4}	1.03×10^6
Xe-133m	1.90×10^{-3}	1.94×10^5
Xe-133	6.77×10^{-2}	4.57×10^5
Xe-135m	1.06×10^{-2}	9.40×10^2
Xe-135	6.63×10^{-2}	3.27×10^4
Xe-138	6.28×10^{-2}	8.50×10^2
Cs-134	5.39×10^{-8}	3.85×10^{-5}
Cs-136	5.47×10^{-5}	2.22×10^{-3}
Cs-137	6.27×10^{-2}	2.62×10^{-6}
Cs-138	6.65×10^{-2}	1.29×10^0
Rb-88	3.65×10^{-2}	2.34×10^0
Rb-89	4.85×10^{-2}	2.70×10^0

核 種	收 率	崩壊定数 λ (h^{-1})
Te-127	1.24×10^{-3}	7.41×10^{-2}
Te-129	6.93×10^{-3}	5.98×10^{-1}
Te-129m	7.20×10^{-4}	8.60×10^{-4}
Te-131m	5.11×10^{-3}	2.31×10^{-2}
Te-132	4.28×10^{-2}	9.00×10^{-3}
Te-133m	3.36×10^{-2}	7.52×10^{-1}
Sb-125	2.94×10^{-4}	2.85×10^{-5}
Sb-127	1.25×10^{-3}	7.52×10^{-3}
Sb-129	7.13×10^{-3}	1.61×10^{-1}
Ba-139	6.35×10^{-2}	5.04×10^{-1}
Ba-140	6.29×10^{-2}	2.26×10^{-3}
Sr-89	4.85×10^{-2}	5.72×10^{-4}
Sr-90	5.90×10^{-2}	2.78×10^{-6}
Sr-91	5.92×10^{-2}	7.30×10^{-2}
Sr-92	5.91×10^{-2}	2.56×10^{-1}
Ru-103	3.03×10^{-2}	7.31×10^{-4}
Ru-105	9.64×10^{-3}	1.56×10^{-1}
Ru-106	4.02×10^{-3}	7.78×10^{-5}
Mo-99	6.11×10^{-2}	1.05×10^{-2}
Tc-99m	5.32×10^{-2}	1.15×10^{-9}
Rh-105	9.64×10^{-3}	1.96×10^{-2}
Ce-141	5.80×10^{-2}	8.93×10^{-4}
Ce-143	5.94×10^{-2}	2.10×10^{-2}
Ce-144	5.47×10^{-2}	1.02×10^{-4}
La-140	6.30×10^{-2}	1.72×10^{-2}
La-141	5.80×10^{-2}	1.76×10^{-2}
Pr-143	5.94×10^{-2}	2.13×10^{-3}
Pr-145	3.92×10^{-2}	1.16×10^{-1}
Y-90	5.90×10^{-2}	1.08×10^{-2}
Y-91	5.92×10^{-2}	4.93×10^{-4}
Y-92	5.96×10^{-2}	1.96×10^{-1}
Y-93	6.39×10^{-2}	6.88×10^{-2}

核 種	収 率	崩壊定数 λ (h^{-1})
N b - 9 5	6.49×10^{-2}	8.24×10^{-4}
N b - 9 7	6.01×10^{-2}	5.76×10^{-1}
Z r - 9 5	6.50×10^{-2}	4.50×10^{-4}
Z r - 9 7	6.00×10^{-2}	4.10×10^{-2}

[出典]

“Tables and Figures from JNDC Nuclear Data Library of Fission Products, Version 2” ,
JAERI-M 89-204, November 1989

事故発生時点における炉内蓄積放射能の計算結果

(1) 放射性ヨウ素

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
I-131	1.67×10^{17}	4.46×10^{16}
I-132	7.11×10^{17}	1.90×10^{17}
I-133	6.33×10^{17}	1.68×10^{17}
I-134	1.45×10^{18}	3.87×10^{17}
I-135	7.77×10^{17}	2.07×10^{17}

(2) 希ガス及び γ 核種

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Kr-83m	9.39×10^{16}	2.50×10^{16}
Kr-85m	1.84×10^{17}	4.90×10^{16}
Kr-85	8.63×10^{15}	2.30×10^{15}
Kr-87	4.74×10^{17}	1.26×10^{17}
Kr-88	5.72×10^{17}	1.53×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Xe-131m	7.68×10^{15}	2.05×10^{15}
Xe-133m	3.65×10^{16}	9.73×10^{15}
Xe-133	1.30×10^{18}	3.47×10^{17}
Xe-135m	2.04×10^{17}	5.43×10^{16}
Xe-135	1.27×10^{18}	3.40×10^{17}
Xe-138	1.21×10^{18}	3.22×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Br-82	5.13×10^{12}	1.37×10^{12}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Cs-134	2.58×10^{11}	6.87×10^{10}
Cs-136	3.01×10^{14}	8.03×10^{13}
Cs-137	8.75×10^{16}	2.33×10^{16}
Cs-138	1.28×10^{18}	3.40×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Rb-88	7.01×10^{17}	1.87×10^{17}
Rb-89	9.31×10^{17}	2.48×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Te-127	1.37×10^{16}	3.64×10^{15}
Te-129	1.30×10^{17}	3.48×10^{16}
Te-129m	3.66×10^{15}	9.77×10^{14}
Te-131m	4.45×10^{16}	1.19×10^{16}
Te-132	3.02×10^{17}	8.05×10^{16}
Te-133m	6.40×10^{17}	1.71×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Sb-125	1.38×10^{15}	3.68×10^{14}
Sb-127	8.47×10^{15}	2.26×10^{15}
Sb-129	9.92×10^{16}	2.65×10^{16}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Ba-139	1.17×10^{18}	3.13×10^{17}
Ba-140	3.47×10^{17}	9.25×10^{16}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Sr-89	2.42×10^{17}	6.46×10^{16}
Sr-90	8.65×10^{16}	2.31×10^{16}
Sr-91	6.50×10^{17}	1.73×10^{17}
Sr-92	9.53×10^{17}	2.54×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Ru-103	1.53×10^{17}	4.08×10^{16}
Ru-105	1.33×10^{17}	3.54×10^{16}
Ru-106	1.94×10^{16}	5.17×10^{15}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Mo-99	4.46×10^{17}	1.19×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Tc-99m	3.85×10^{13}	1.03×10^{13}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Rh-105	8.11×10^{16}	2.16×10^{16}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Ce-141	2.96×10^{17}	7.89×10^{16}
Ce-143	5.07×10^{17}	1.35×10^{17}
Ce-144	2.65×10^{17}	7.05×10^{16}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
La-140	5.15×10^{17}	1.37×10^{17}
La-141	4.77×10^{17}	1.27×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Pr-143	3.25×10^{17}	8.68×10^{16}
Pr-145	4.90×10^{17}	1.31×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Y-90	4.34×10^{17}	1.16×10^{17}
Y-91	2.94×10^{17}	7.84×10^{16}
Y-92	8.85×10^{17}	2.36×10^{17}
Y-93	6.91×10^{17}	1.84×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Nb-95	3.29×10^{17}	8.79×10^{16}
Nb-97	1.13×10^{18}	3.00×10^{17}

(単位 : Bq)

核種	原子力空母	原潜
Zr-95	3.22×10^{17}	8.59×10^{16}
Zr-97	5.83×10^{17}	1.55×10^{17}

原子力艦による原子力災害の放出放射能の評価結果

(1) 放射性ヨウ素放出量

先に示した手順による放射性ヨウ素の I-131 等価 30 日間総放出量の計算結果を下表に示す。

1) I-131 等価 30 日間総放出量 (原子力空母)

核種	I-131	I-132	I-133	I-134	I-135
甲状腺効果比率	1.0	3.61×10^{-2}	2.70×10^{-1}	1.69×10^{-2}	8.38×10^{-2}
30 日間放出量 Bq	5.90×10^{12}	9.30×10^{12}	1.54×10^{13}	1.07×10^{13}	1.49×10^{13}
I-131 等価量 Bq	5.90×10^{12}	3.36×10^{11}	4.17×10^{12}	1.81×10^{11}	1.25×10^{12}
I-131 等価 30 日間総放出量 Bq	1.18×10^{13}				

2) I-131 等価 30 日間総放出量 (原潜)

核種	I-131	I-132	I-133	I-134	I-135
甲状腺効果比率	1.0	3.61×10^{-2}	2.70×10^{-1}	1.69×10^{-2}	8.38×10^{-2}
30 日間放出量 Bq	1.58×10^{12}	2.48×10^{12}	4.08×10^{12}	2.85×10^{12}	3.97×10^{12}
I-131 等価量 Bq	1.58×10^{12}	8.96×10^{10}	1.10×10^{12}	4.82×10^{10}	3.33×10^{11}
I-131 等価 30 日間総放出量 Bq	3.15×10^{12}				

(2) γ 線エネルギー放出量

核種別の γ 線エネルギー放出量及び総 γ エネルギー放出量を示す。

(単位 : Mev. Bq)

核種	原子力空母	原潜
I-131	2.22×10^{12}	5.96×10^{11}
I-132	2.12×10^{13}	5.65×10^{12}
I-133	9.41×10^{12}	2.49×10^{12}
I-134	2.76×10^{13}	7.35×10^{12}
I-135	2.34×10^{13}	6.23×10^{12}
Kr-83m	7.38×10^9	1.97×10^9
Kr-85m	1.75×10^{12}	4.66×10^{11}
Kr-85	9.67×10^{10}	2.58×10^{10}
Kr-87	8.83×10^{12}	2.36×10^{12}
Kr-88	4.87×10^{13}	1.30×10^{13}
Xe-131m	2.12×10^3	5.65×10^2
Xe-133m	1.12×10^5	2.98×10^4
Xe-133	1.82×10^6	4.85×10^5
Xe-135m	1.33×10^9	3.54×10^8
Xe-135	1.38×10^8	3.69×10^7
Xe-138	2.38×10^{10}	6.34×10^9
Br-82	4.40×10^8	1.17×10^8
Cs-134	8.65×10^6	2.31×10^6
Cs-136	1.19×10^{10}	3.17×10^9
Cs-137	1.12×10^{12}	2.98×10^{11}
Cs-138	8.86×10^{12}	2.36×10^{12}
Rb-88	7.69×10^{11}	2.05×10^{11}
Rb-89	2.90×10^{12}	7.74×10^{11}
Te-127	5.03×10^8	1.34×10^8
Te-129	1.98×10^{10}	5.29×10^9
Te-129m	1.16×10^9	3.09×10^8
Te-131m	5.92×10^{11}	1.58×10^{11}
Te-132	6.35×10^{11}	1.69×10^{11}
Te-133m	2.62×10^{12}	6.99×10^{11}
Sb-125	6.26×10^9	1.67×10^9
Sb-127	6.02×10^{10}	1.61×10^{10}
Sb-129	8.38×10^{11}	2.23×10^{11}
Ba-139	5.33×10^{10}	1.42×10^{10}
Ba-140	1.80×10^{11}	4.81×10^{10}

核種	原子力空母	原潜
Sr-89	0.0	0.0
Sr-90	0.0	0.0
Sr-91	1.16×10^{12}	3.10×10^{11}
Sr-92	1.98×10^{12}	5.28×10^{11}
Ru-103	2.48×10^{11}	6.62×10^{10}
Ru-105	7.87×10^{10}	2.10×10^{10}
Ru-106	5.51×10^9	1.47×10^9
Mo-99	8.24×10^{10}	2.20×10^{10}
Tc-99m	3.47×10^6	9.26×10^5
Rh-105	4.22×10^9	1.12×10^9
Ce-141	1.51×10^{10}	4.03×10^9
Ce-143	7.83×10^{10}	2.09×10^{10}
Ce-144	3.05×10^9	8.14×10^8
La-140	7.78×10^{11}	2.07×10^{11}
La-141	1.32×10^{10}	3.52×10^9
Pr-143	2.06×10^3	5.50×10^2
Pr-145	3.10×10^9	8.26×10^8
Y-90	0.0	0.0
Y-91	5.63×10^8	1.50×10^8
Y-92	7.76×10^{10}	2.07×10^{10}
Y-93	3.18×10^{10}	8.47×10^9
Nb-95	1.81×10^{11}	4.82×10^{10}
Nb-97	1.42×10^{11}	3.78×10^{10}
Zr-95	1.70×10^{11}	4.53×10^{10}
Zr-97	6.20×10^{10}	1.65×10^{10}

	原子力空母	原潜
希ガスによる γ 線 エネルギー放出量	5.94×10^{13}	1.59×10^{13}
総 γ 線エネルギー 放出量 MeV. Bq	1.67×10^{14}	4.45×10^{13}

同一風向継続時間出現回数

継続時間 風向	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15時間以上
NNE	202	54	26	13	8	6	5	1	2	1			1		1
NE	194	79	43	24	15	13	9	6	7	5	4	3	2	1	10
ENE	196	65	35	13	12	6	3	2	1						
E	145	42	15	6	4	1									
ESE	119	36	11	5	2										
SE	118	37	14	7	2	1									
SSE	87	26	22	11	11	7	4	2	1						
S	82	29	12	6	3										
SSW	102	24	6	2	1										
SW	122	28	13	4	1	1	1								
WSW	147	36	10	3	1										
W	203	50	14	3	1										
WNW	325	94	36	13	5	3	2								
NW	337	140	74	42	26	13	10	8	6	4	2	1	1		1
NNW	320	80	28	11	5	2	1								
N	197	38	10	3	1										
CALM	45	4													
出現頻度合計	2941	862	369	166	98	53	35	19	17	10	6	4	4	1	12
累積出現頻度	2941	3803	4172	4338	4436	4489	4524	4543	4560	4570	4576	4580	4584	4585	4597
頻度総数に対する割合%	64	82.7	90.7	94.4	96.4	97.6	98.4	98.8	99.2	99.4	99.5	99.6	99.7	99.7	100

出典)「日本原子力研究所東海研究所 原子炉設置変更許可申請書 (NSRR 原子炉施設の変更)」、平成 14 年 10 月

注) 測定は地上 40m で行い、1991~1995 年の 5 年平均の値である。

発災艦の移動時における周辺地域への事故影響について

発災艦が事故発生後移動する場合、あるいは移動時において何らかの事故が発生して放射性物質が漏えいしながら移動を継続した場合、移動により放射性プルームの拡散による希釈効果が高まるものと考えられる。さらに、発災艦が移動している場合、陸上あるいは海上の任意の一地点に注目すれば、放射性プルームは艦の通過に伴って比較的短時間に通過してしまうものと考えられる。(別紙参照)

従って、これらの点を考慮すると、発災艦の移動によって発災艦繫留地点周辺への影響は低減され、移動中の航路周辺地域への影響は、どのような地点に対しても避難及び屋内退避の防護対策が必要となるようなレベルには達しないものと考えられる。

なお、オーストラリアでは、原子力艦寄港受け入れの条件として、原子力空母の場合は発災後 2 時間以内に、原子力潜水艦で発災後 2 4 時間以内に指定された離隔地に発災艦を移動させることとなっている。

以上

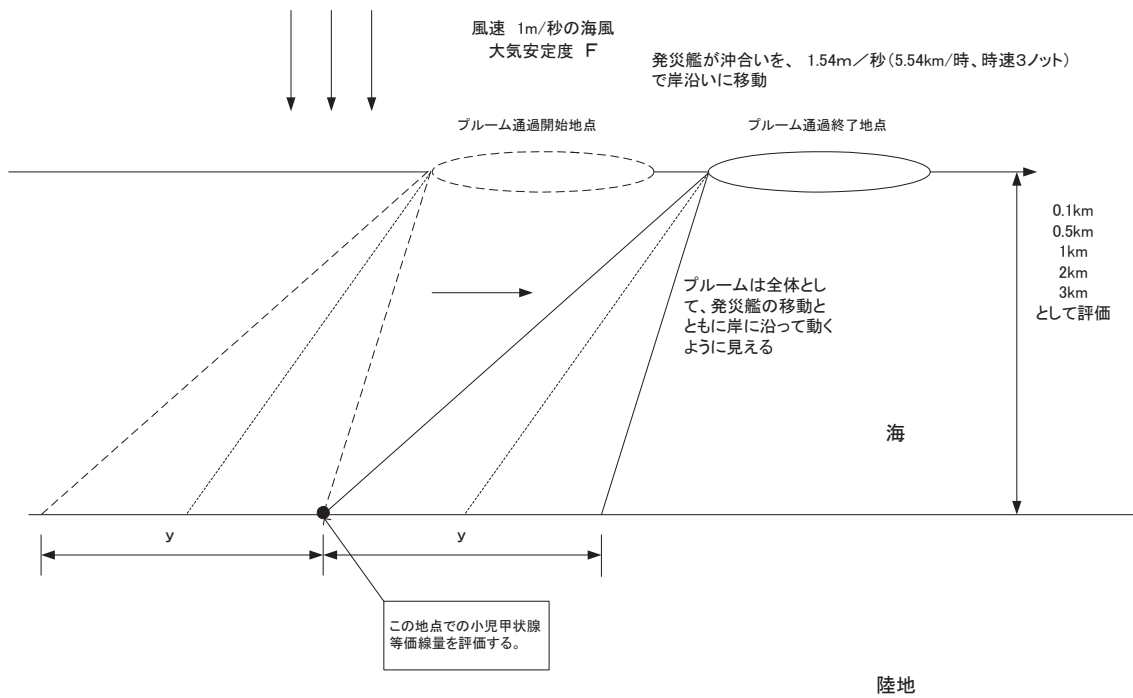
発災艦が移動中の被ばく影響評価事例

発災艦が岸に沿って移動する場合を想定し、岸辺に立っている者の小児甲状腺等価線量を評価すると、下表のとおりとなる。

岸からの距離	0.1km	0.5km	1.0km	2.0km	3.0km
発災艦が岸に沿って移動 小児甲状腺等価線量(mSv/通過)	7.9	2.3	1.4	0.9	0.7
移動しない場合(応急対応範囲と同等) 小児甲状腺等価線量(mSv)			500		100

注) 防災指針によると、小児甲状腺等価線量の予測値が500mSvを越す場合は避難を、100mSvを越す場合は屋内退避の防護対策の措置をとることとされている。

なお、上表の移動時の影響評価は、下図のとおりに原子力空母が移動する場合を想定して実施した。



以上

防災業務関係者の防護具及び線量計及びそれらの要件についての事例

防災対策としては原子力艦本体及び外国政府の管理下にある区域での対策を除くことになっており、そのため防災業務関係者の活動場所もそれらの区域外が活動の中心となる。この点を踏まえ、防災業務関係者の防護のために必要となる防護具及び線量計についての検討結果を以下に示す。なお、実際に導入の検討を行うにあたっては、当該地域での防災計画の内容等を勘案し、以下のなかから必要となる資機材を整備することが重要である。

(1) 防護具

1) 防護具の要件

- ①不織布又は撥水性があり水蒸気が外へ逃げる素材を使用した防護服とする。
- ②粒子状の放射性物質が防護服内に浸入しにくいデザインとする。

2) 防護具の種類

部位	防護具
頭部	作業帽（不織布）及びヘルメット
身体	上下つなぎ服（不織布） フード付上下つなぎ服（不織布）
手	布手袋とゴム手袋
足	作業靴又はゴム長靴
呼吸保護具	半面マスク（チャコールカートリッジ装着） 全面マスク（チャコール缶装着）

(2) 個人線量計

線量計の種類	備考
電子式個人線量計	線量直読型、電池式 保守が容易
電子式警報付線量計	線量直読型、電池式
個人線量計（ガラス、OSL）	定期的に交換する必要がある

(3) サーベイメータ

1) 線量率測定用サーベイメータ

種類	備考
電離箱サーベイメータ	高線量率測定
NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ	低線量率測定
GMサーベイメータ	低線量率測定

2) 表面汚染検査用サーベイメータ

① GMサーベイメータ

② プラスチックシンチレーションサーベイメータ

以上