



Consequences in Norway of a
hypothetical accident at Sellafield:

Potential release – transport and fallout

セラフィールドの仮想事故によるノルウェーへの影響
放射能放出の可能性-移送と降下



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority

ノルウェー放射線防護局

キーワード:

キーワード：アセスメント結果、放射性降下物、フォールアウト、SNAPモデル
シミュレーション、セラフィールド

概要

このレポートは英国セラフィールド再処理工場の高レベル放射性廃液（HAL）が貯蔵されているB215施設で仮想事故が起こった場合、放射能の移動と降下について“最悪のケース”のシナリオに焦点を合せ調べたものです。シナリオでは貯蔵されている高レベル廃液全量の0.1-10%が大気中へ放出された場合、セシウム137の移送とフォールアウトに限定して影響をシミュレートしたものです。その結果ノルウェーではチェルノブイリ事故の際に最も汚染されたエリアの0.1-50倍のセシウム137による汚染が想定される結果になりました。

プロジェクト代表 インガル・アムンゼン
承認：環境放射能緊急防災部長 Per Strand

20ページ 2009.3.23発行

委託元：ノルウェー放射線防護局 P.O. box 55, No-1332 Østerås, Norge.
Telephone + 47 67 16 25 00, fax +47 67 14 74 07.
E-mail: nrpa@nrpa.no
www.nrpa.no
ISSN 0804-4910

セラフィールド再処理工場の仮想事故によるノルウェーへの影響 ；放射能放出の可能性-移送と降下

調査研究報告者

M. Album Ytre-Eide,	ノルウェー放射線防護局
W. J. F. Standring,	ノルウェー放射線防護局
I. Amundsen,	ノルウェー放射線防護局
M. Sickel,	ノルウェー放射線防護局
A. Liland	ノルウェー放射線防護局
J. Saltbones,	ノルウェー気象研究所
J. Bartnicki,	ノルウェー気象研究所
H. Haakenstad,	ノルウェー気象研究所
B. Salbu,	ノルウェー大学生命科学部

ノルウェー放射線防護局
ウステルオース（地名）、2009

目 次

要 約	5
1. はじめに	6
2. セラフィールド再処理工場	6
3. 放出源（ソースターム）	7
3.1 ロシア、マヤーク再処理工場高レベル廃液タンク事故 1957年	9
4. セラフィールド仮想事故後、ノルウェーへのフォールアウト	10
4.1 SNAPモデルの簡単な説明	10
4.2 シュミレーションの結果	10
4.2.1 セシウム137のフォールアウトについて	11
4.2.2 微粒子径に基づくセシウム137のフォールアウトについて	13
4.3 チェルノブイリ事故時のセシウム137のフォールアウトと比較	15
4.4 シュミレーションの不確かさについて	16
5. 考察と結論	16
参照文献	17
【解説】	18

要 約

ノルウェー放射線防護局 (NRPA) はノルウェー環境省から英国セラフィールド再処理工場
で仮想事故が起こった場合のアセスメントについて委託されました。英国当局による事故シナ
リオに関する公表された関連情報を見つけることは困難でした。この報告書はセラフィールド
で高レベル放射性廃液(HAL)が貯蔵されているB215施設で事故が発生したと仮定し、その最悪
の場合、放射能の移送とフォールアウトに焦点を合わせ調べました。現在B215施設には21の
特別に設計された高レベル廃液タンク (HASTs) に約1000m³の高レベル廃液が小分けし貯蔵
されています。高レベル廃液はB205施設 (マグノックス再処理) とソープ施設の再処理によ
り発生したものです。これらの廃液は常に冷却と放射能の管理をし続けなければなりません。

一般的な気象条件とノルウェーの地理的条件により、セラフィールドで制御できない事故が
起こり放射能の放出があった場合この国は放出放射能にさらされることが予想されます。特に
大気への大量放出はノルウェーに深刻な影響を与える可能性があります。ノルウェー放射線防
護局NRPAのシナリオは、B215施設の貯蔵タンクHASTsが保持する廃液中の放射性核種・セシ
ウム137総量のうち0.1-10%の放出を想定し評価しました。

放出や事故の重要な原因として施設の爆発や火災によること以外にこの報告では考えていま
せん。シナリオではセシウム137だけについて想定しています；実際の事故では廃液中に含ま
れている多種類の核分裂生成核種も考慮しなければなりません。ノルウェー放射線防護局
NRPAプロジェクトのパートナーであるノルウェー気象研究所 (met.no) はSNAPモデル(深刻
な核事故プログラム)を用いてセラフィールドからノルウェーへのセシウム137の移送と降下
について評価しました。気象データは2008年10月に観察された実際のデータと気象研究所が代
表的・典型的な季節の気象として見なしたデータを評価に使用しました。

シミュレーションはセシウム137の放出について、エアロゾルの場合と放射性微粒子 (異なっ
た粒径に分けた) の場合について評価しました。結果は大きな粒子 (半径が最大9 μ mまで)
でさえノルウェーに移送されることが示されました。シナリオ (高レベル廃液貯蔵全量の
0.1-10%が事故により放出) によるとノルウェーは10-5000kBq/m²もの大量のセシウム137のフ
ォールアウトにさらされることとなります。特に西海岸沿いが高い値になります。評価はチェ
ルノブイリ事故時ノルウェーが受けたセシウム137のフォールアウト最大値の0.1-50倍の汚染
を受けます。選択された気象条件の下、仮想放出後わずか9時間でノルウェーに達し放射能が
降下しはじめます。

このプロジェクトはセラフィールドの高レベル廃液貯蔵の潜在的危険性を減少させるため絶
えざる努力の重要性を示唆しています。英国の関係当局は重大な災害の危険を秘めるこのタイ
プの事故を考慮し、セラフィールドで事故のリスクを軽減するため評価監視の継続を指示して
います。

1 はじめに

ノルウェー放射線防護局NRPAはノルウェー環境省の委託を受け英国セラフィールド再処理工場の仮想事故によるノルウェーへの影響の可能性について評価をはじめました。この報告書はセラフィールドで事故が起きたとし“最悪のケース”について大気に放出された放射能がノルウェーに移送され降下する場合に焦点をあて評価しています。

2章ではセラフィールド再処理工場についての簡単に紹介します。3章では放出源の核種の性質や量等を示します。4章ではSNAPシュミレーションモデルについて簡単に触れ、このプロジェクトによる想定フォールアウト結果を示し、チェルノブイリ事故時にノルウェーが受けたフォールアウトと比較します。5章では簡単な考察と結論を示します。

2 セラフィールド再処理工場

セラフィールド再処理工場はイングランドの北西海岸カンブリアにあります。第二次大戦のときここは英当局により管理され弾薬が製造されていました。1945年に英国核武装プログラムを実現するため軍需省管轄になりました。以来所有権者は数回変わりました：1954年英原子力公社UKAEAに。1971年英核燃料会社BNFL(州政府が所有)に。2004年英国の核燃料グループBNGに。そして2005年4月所有者が原子力廃止措置機関NDAに引き継がれました。現在、工場はNDAの核管理パートナーにより管理されています。2005年NDAへと所有者が変わったことは営利事業から解体業務への転換を意味しています。工場敷地は75ヘクタールほどあります。セラフィールドには10000人以上の従業員がおり、工場の50km以内に95%の従業員が住んでいます。セラフィールドの運転は原子力施設検査局/衛生安全執行部(HMNII/HES)、環境省(EA)、市民核安全事務所(OCNS)そして地方公共団体によって規制されています。表2.1はセラフィールドの主な施設です。

表2.1セラフィールドで（運転された/運転中）の主な施設

施設名	簡単な説明	運転期間
ウインズケール・パイル炉 (1号と2号)	核兵器のためのプルトニウム製造、1957年に起きた1号炉の火災により両方の炉を閉鎖することになった。廃炉手続きは現在も継続されている。	1950-1957
コルダーホール炉	4つのマグノックス炉、世界で初めての商業用原子炉、また1995年まで核兵器用のプルトニウム製造に使用された。	1956-2003
WAGR	新型ガス冷却原型炉	1962-1981
B204	ウインズケール黒鉛炉、マグノックス炉、軽水炉（LWR）の使用済み核燃料の再処理のため最初に建設された施設	1952-1973
B205	マグノックス炉用再処理施設-公称処理能力は約500 t/年	1964年以来
THORP	新型ガス冷却炉と軽水炉の使用済み核燃料用再処理施設-公称処理能力は約1200 t/年*、事故により施設は長い間閉鎖されている。	1994年以来
MDF	MOX燃料実証製造施設-データねつ造事件で閉鎖	1993-1999
SMP	セラフィールドMOX製造プラント-公称能力は約120 t/年、だが運転5年でMOX燃料は5.3トン製造したに過ぎない。	2001年以来

*原典は200 t/年になっていたが、訂正した数値を掲載した。

3 放出源（ソースターム）

現在のB215施設には特別に設計されたタンク（高レベル廃液貯蔵タンク-HAST's）21個に高レベル廃液約1000m³が小分けされて貯蔵されています。高レベル廃液はマグノックス炉用B205工場とソープ工場で再処理された放射能が含まれ発熱しており、絶えず冷却し放射能管理が必要です。B215施設の主な役割は高レベル廃液がガラス固化される前に集めて調整保管することです。ガラス固化は高レベル放射能をガラス基盤に融合し、より容易かつ安全に長期間貯蔵するためのものです。

セラフィールドの高レベル廃液タンクに含まれる廃液は仮想最悪事故シナリオの放射能の根源として選択されました。その理由は大量の放射能が液体状態で貯蔵されているからです。長期にわたる大量の高レベル廃液の貯蔵は安全かつ安心できる貯蔵法ではありません。英国の当局もセラフィールドの高レベル廃液タンクでの貯蔵は重要な汚染リスクがあることを認めています。

高レベル廃液を構成する放射能はすでに暫くの間貯蔵されてきており、これは運転中の原子炉事故と比較し短半減期の放射性核種の放出量を減少させています。

2007.4.1現在タンクに貯蔵されている高レベル廃液の全量は1087.7m³と示されています【7】。英原子力施設検査局HMNIは今後守るべき高レベル廃液貯蔵量の最大限度を定めました【7】。この報告書では高レベル廃液が1000m³存在すると仮定し評価します。

高レベル廃液中に含まれる主要な核種の濃度(TBq/m³)*を表3.1に示します。将来の高レベル廃液の発生についてはマグノックス炉や酸化物炉の再処理計画と貯蔵されている液体の濃度の想定に基づき推定されます。英国当局の報告書によると、将来の高レベル廃液量は減少するとしても廃液中の各核種濃度は増加するとされています。これは今までと異なるタイプの使用済み燃料の再処理によるものです。そのため将来における高レベル廃液中の核種濃度については現在と異なり不確かです。しかしセシウム137の濃度は2007.4.1と比較し将来は1.5倍に増加する(増倍率)と報告されています。この不確かさは、ノルウェー放射線防護局NRPAの仮想最悪シナリオで用いる放出源を定義する際には考慮します。

表3.1：高レベル廃液中の主要放射性核種の濃度 2007.4.1現在【7】

放射性核種	TBq/m ³
ストロンチウム-90	4610
ルテニウム-106	194
アンチモン-125	102
セシウム-134	175
セシウム-137	6280
セリウム-144	140
プロメチウム-147	2150
アメリシウム-241	68

事故のシナリオはどのように起こるかの推測をせずとも、事故により高レベル廃液全量の何%が大気中へ放出されるか仮定することは可能です。英国議会の科学・技術部会は以前セラフィールド施設B215について異なる条件下における影響評価をしています；1つのタンクの0.01%から、全てのタンクに含まれる量の10%以上の放出まで【9】。さらに10%レベルの放出では大きな爆発を含む最悪の場合の予測も報告されています。

この報告書は事故による放射能放出の確率を計算することではなくセラフィールドにおける大気へ大量の放射能放出がノルウェーに及ぼす影響を与えるかを調査することに焦点を当てています。それゆえ、高レベルタンクに存在する廃液全体積の0.1-10%の範囲で放出されそれがフォールアウトすることを仮定して考えています。

ストロンチウム90とセシウム137は高レベル廃液に含まれる最重要な核分裂生成物であり、事故で放出されるフォールアウトの影響を支配する核種です。しかし、この予備的研究調査ではセシウム137だけについて着目して考察します。セシウム137は核施設からの事故により放出される主要な部分を担う核種としてまた環境でのその挙動や影響に関してよく研究されてきています。セシウム137は半減期30年のガンマ線放出核種として、また化学的にはカリウムと類似しております。生物学的にカリウムと同様な振る舞いをします。そして動植物に効率的に取り込まれます。

実際の事故による放出の際は多くの異なる放射性核種が、エアロゾル及び異なるサイズ・形・密度・組成の微粒子として含まれるでしょう。セシウム137の放出量は選択されたシナリオのもと 9.4×10^3 TBq から 9.4×10^5 TBqの広範囲のもので、高レベル廃液タンク全量の0.1-10% (すなわち高レベル廃液1-100m³) を示しています。

* 1テラベクレル (TBq) は10の12乗のこと。すなわち 1000.000.000.000Bq。

3.1 ロシア、マヤーク再処理工場の高レベル廃液貯蔵タンク事故 1957年

南ウラルにあるロシアマヤーク再処理工場に高レベル廃液を含むタンクがあります。1957年、タンクの温度と体積をコントロールする設備が故障し一つのタンクの冷却システムが機能を停止しました。このためタンクは高温になり硝酸塩や酢酸塩が濃縮し続いて爆発を誘起し、タンクの構造物を破壊しタンクの内容物を放出しました【5】（1957年9月29日）。大気中に放射能を含む雲を形成し隣接する地域へ広がりました（キシュチム事故として知られている）。放射能の雲は約1 kmの高さまで上昇しました【3】。タンクの中の約740 PBq*の90%はタンクサイトの近辺に降下しました。残りの74PBqは風に乗り移送されタンクサイトから約300kmの遠方までフォールアウトで汚染させ（図3.1参照）、住民や環境に大きな影響を与えました。

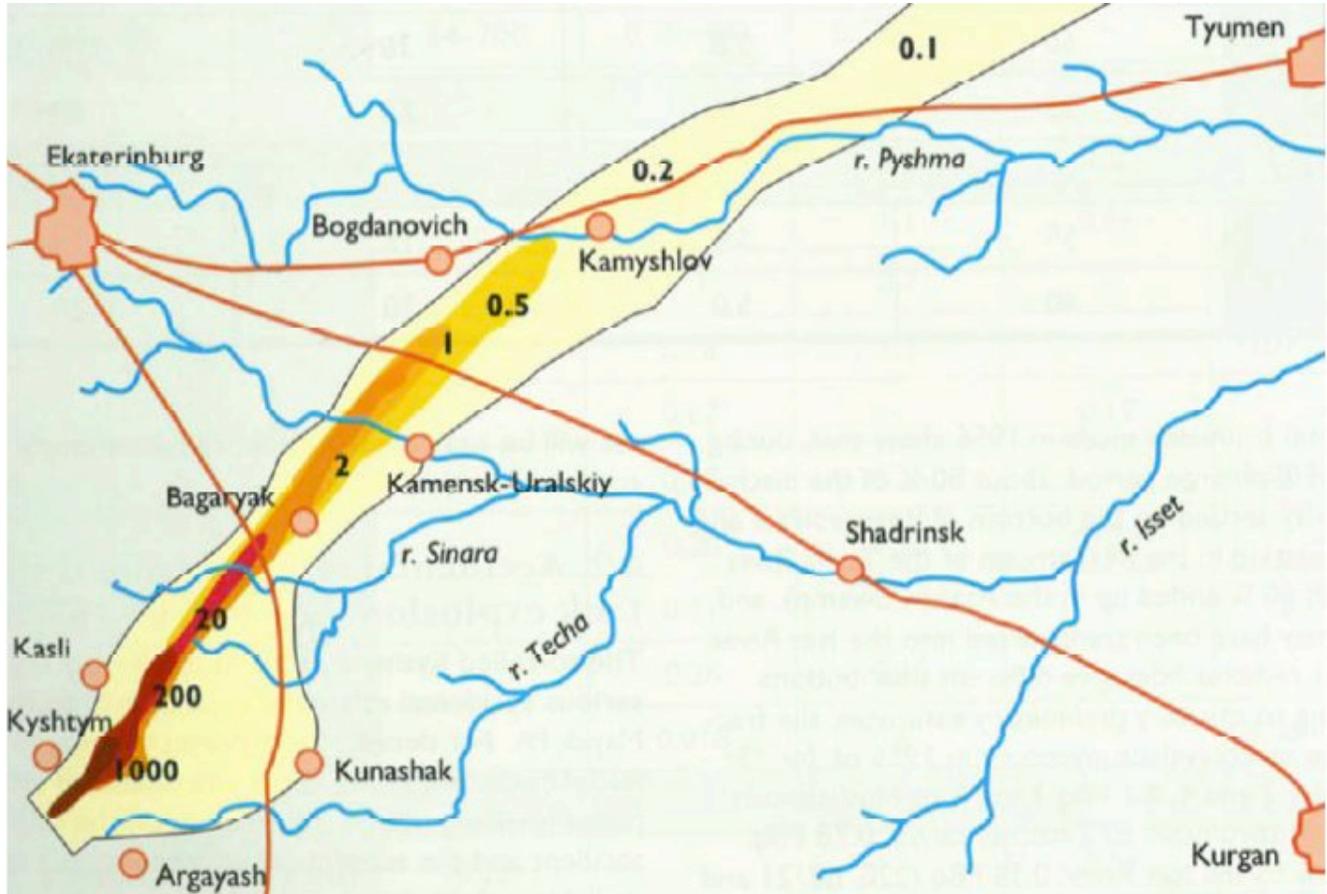


図3.1：“ウラル東部放射能汚染”（EURT）キシュチム事故後のストロンチウム90フォールアウト分布;表土汚染濃度単位はCi/km² (1 Ci/ km² = 3.7×10⁴ Bq/m²).

マヤークにおけるキシュチム事故は高レベル廃液を含むタンクが爆発し放射性物質がかなりの範囲に広がり汚染させた最大の事故です。マヤークのタンクとセラフィールドの高レベル廃液タンクの様子は似ていますがいくつかの重要な違いがあります：たとえば廃液の組成、タ

*1ペタベクレル (PBq) は10の15乗 Bq すなわち 1000,000,000,000,000 Bq

ンクの構造と安全システムなど。しかしながら、キシュチム事故はタンクに貯蔵された高レベル廃液放出事故が相当な影響を与える可能性を示しています。類似のより影響が少ない事故がまたも1993年にロシア・トムスク近辺で起きています。事故による放射能放出は気象条件の違いのためキシュチム事故より小さくて済みました。：風が弱く、少し雪が降っていました。

4 セラフィールド仮想事故後、ノルウェーへのフォールアウト

1986年のチェルノブイリ事故後核事故による放射性核種の大気中での移動とフォールアウトについてコンピュータモデルが考案されました。これらの移送モデルは緊急時の対応を目的に事故後の影響範囲やその広がりについて計算出来るようになっていきます。

核施設の事故のリスク要因として、2001.9.11以降はテロリストによる襲撃も上げられています。ノルウェー気象研究所は過酷核事故SNAPモデルを開発し管理してきました、これはノルウェー放射線防護局で用いられています【2】。このモデルの最新版は異なる粒径と濃度の放射能微粒子の移送モデルについても対応しています【1】。これはノルウェー気象庁とノルウェー大学の生命科学部UMBとの協同で開発され、この報告書ではSNAP2と称しています。

4.1 SNAPモデルの簡単な説明

SNAPモデルは放射能で汚染された大気中のプルーム（煙霧）による放射能の移送とフォールアウトをシミュレートします。モデルはまた過去の短期間のプルームの移送について説明することもできます。使用した気象データはノルウェー気象研究所の高解像度限定エリアモデル（HIRLAM）から採用しました。

SNAPモデルでは放出物は空気の塊に含まれ移送されている大量の微粒子（エアロゾル）としてシミュレートされます。この微粒子は長さの次元を持たず、さらに微少に分割できません。しかし実際の微粒子の質量は分割することができますし微粒子はフォールアウトや放射性崩壊により移送中に質量が失われることもあります【2】。

大気の下層部分では気象条件によりその厚さが異なる比較的乱れた空気混合層（また大気境界層ABLとしても知られている）としてモデルであらわすことができます。大気境界層ABLの厚さは一般に300-2500mの範囲です。SNAPモデルでは、大気混合層内の混合は完全かつ即座に起こると仮定しています。すなわちこの垂直層内の微粒子の分布は均一とみなします。

4.2 シミュレーションの結果

最悪のケースのシナリオは2009.10.19の13：00にスタートします。ノルウェー放射線防護局のシナリオで用いられた気象はアイスランドの南東にある低気圧により支配され、これにより英国から北海を通りスカンジナビアへと南西風が吹き、広範囲に降雨をもたらしました。特にノルウェー南部と西部海岸が顕著な雨になりました。これは気象学者によると、この時期や地理的領域では全く典型的なタイプの気象と見なされるものとのことです。

シナリオ開始後6-12時間における全降雨量は図4.1に示されています。放射能のプルームはこの間にノルウェーの海岸に到達し雨とともに大量に降下します。ノルウェーの海岸や南部のエリアは比較的強い降雨になります。2008.10は降雨が多い月でした；ベルゲン（ノルウェーの南西海岸の中ほどにある海岸都市）ではこの時期の月平均降雨の182%もの降雨がありました。ベルゲンの降雨は10月19、20、21日にそれぞれ20、15、30mmを記録しました。

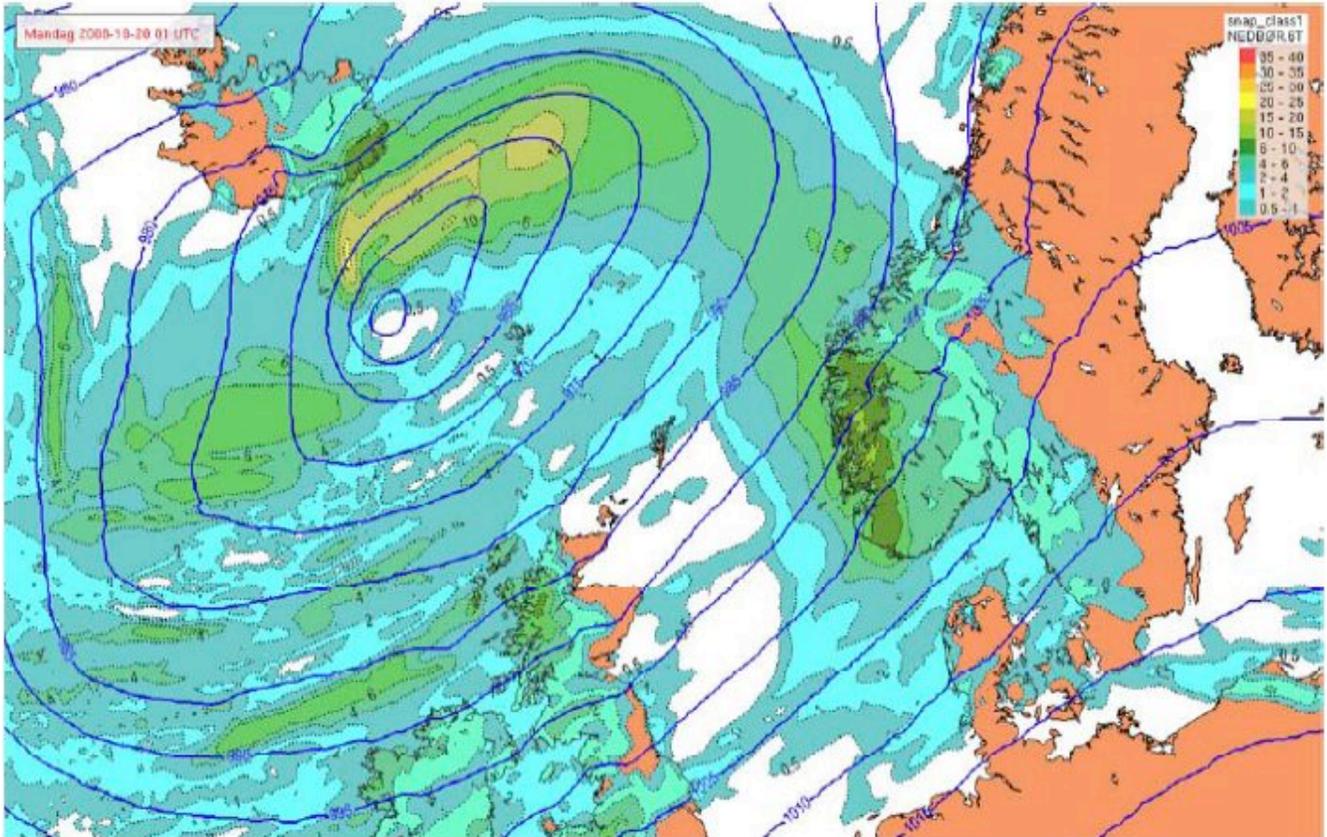


図4.1：最悪のケースのシナリオが開始後6-12時間における全降水量分布（mm）

4.2.1 セシウム137のフォールアウト

シナリオが開始48時間後のセシウム137の全フォールアウト分布は図4.2で現されます。この図は高レベル廃液タンクHAST'sに含まれるセシウム137の全量の1%が事故で大気に出されたときのフォールアウトを示しています。

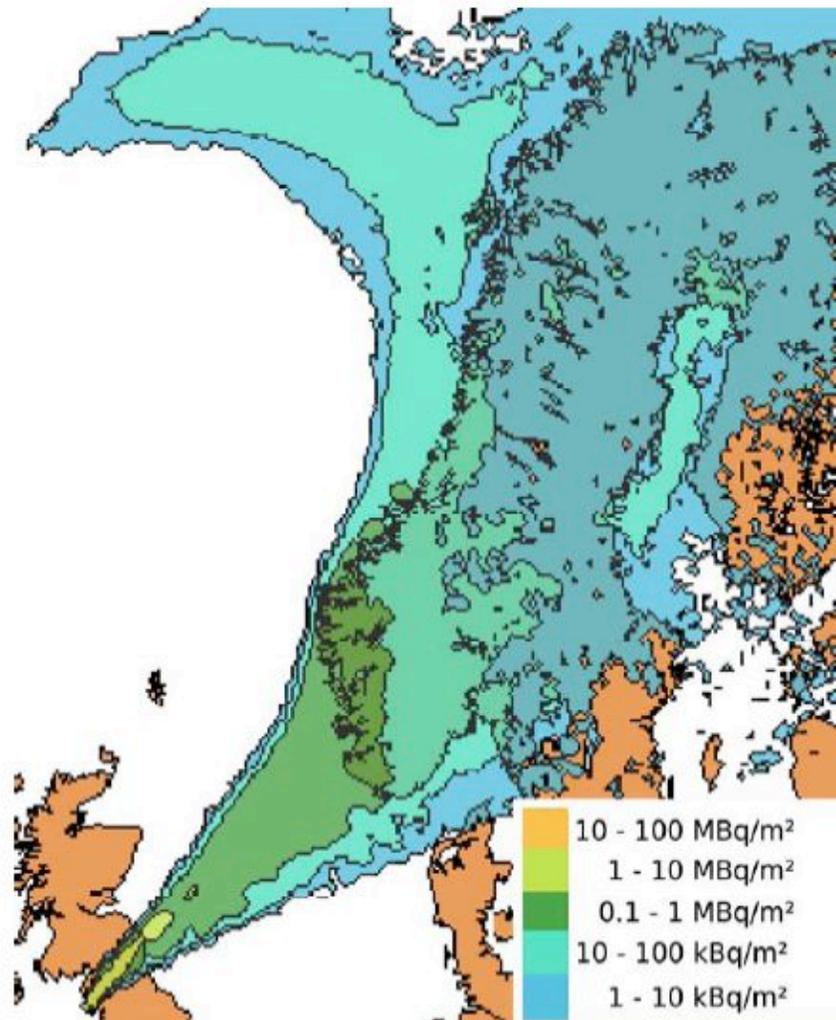


図4.2：セラフィールドの高レベル廃液タンクに貯蔵されているセシウム137全量の1%が事故により放出と仮定、最悪のケースの場合、48時間後のセシウム137のフォールアウト分布*

図4.2は1%放出シナリオの例、48時間後ノルウェー西海岸はセシウム137の沈積が 100 kBq/m²以上 (100 - 500 kBq/m²の範囲) のフォールアウトになることを示しています。ノルウェー南部と中央部の広範囲は10 kBq/m²以上の沈積汚染を被ります。

図4.3は高レベル廃液タンクに含まれるセシウム137の全量の10%が事故で放出された場合のシナリオ開始48時間後のセシウム137の降下分布を示しています。これによりノルウェー西海岸はセシウム137が1000 -5000 kBq/m²の範囲の汚染を被ることがわかります。

SNAPモデルは放出放射能とフォールアウト量が直線関係になることを示しています。; 図4.2と図4.3の降下パターンはセラフィールドの高レベルタンクからセシウム137全量の1%と10%が放出されたという仮定に基づくシミュレーション結果です。各々のフォールアウト分布図形はあまり変わりありません。それゆえ、高レベルタンクからセシウム137全量の仮に0.1%が放出された場合は図4.2の場合の10分の1の値になると予想できます。

*1メガベクレル(MBq) は10⁶ Bq に等しい。すなわち1000 000 Bq; 1 キロベクレル(kBq) は10³ Bq、すなわち1000 Bq.

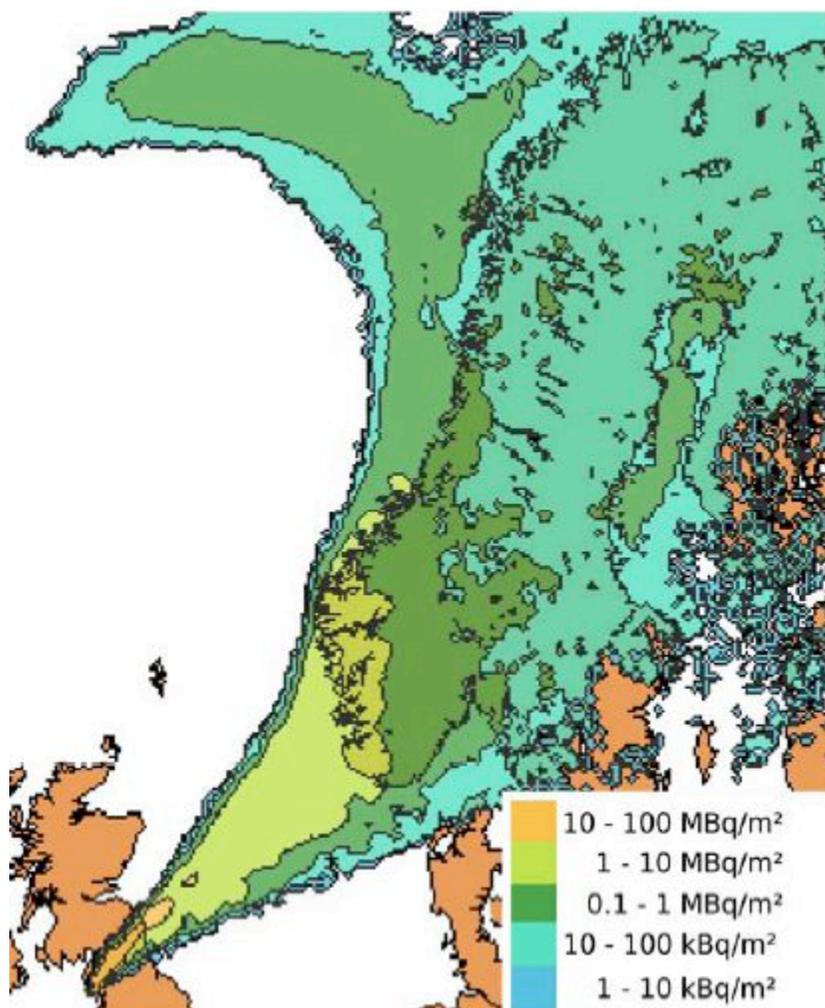


図4.3：セラフィールドの高レベル廃液タンクに貯蔵されているセシウム137全量の10%が事故により放出と仮定、最悪のケースの場合、48時間後セシウム137のフォールアウト分布

4.2.2 粒子径に基づくセシウム137のフォールアウトについて

シミュレーションはまた同じ気象データのもとSNAP2モデルを用いて10%放出についても実施されました。これはエアロゾルの放出とは対照的にセシウム137を含む微粒子状物質の放出の影響に関する評価の試みです。国際原子力機関IAEAによれば核施設の過酷事故は放射性微粒子の放出が想定されるということです【10】。放出微粒子の組成は貯蔵廃液によりますが、粒子の形や濃度は事故の内容により異なります。高レベル廃液を含む過酷事故は放射性微粒子の放出を引き起こし、放出されるセシウム137の大部分はさまざまな粒径と組成の微粒子に付随すると想定することが合理的です。

図4.4は異なる径をもつ微粒子をシミュレートしたもので、異なるフォールアウトパターンを現しています。このフォールアウトパターンの微粒子の半径は2.2 μm と 8.6 μmで評価しています。半径2.2 μmの粒子はエアロゾルを現しています、これは図4.4や図4.3と比較するとわかるようにSNAPモデルのシミュレーションと大変よく似ています。2.2 μm 粒子と比較すると8.6 μmの粒子のほうがノルウェーへのセシウム137の降下はわずかに少なくなっています。しかしながら依然として西海岸沿いの降下セシウム濃度は100 kBq/m²以上になっています。

図4.4は仮想放出粒子半径に基づく影響評価です。；粒子の径が4倍に増えても放射能の降下にはわずかな影響しか与えませんし、依然としてノルウェーは高いレベルの汚染を被ります。

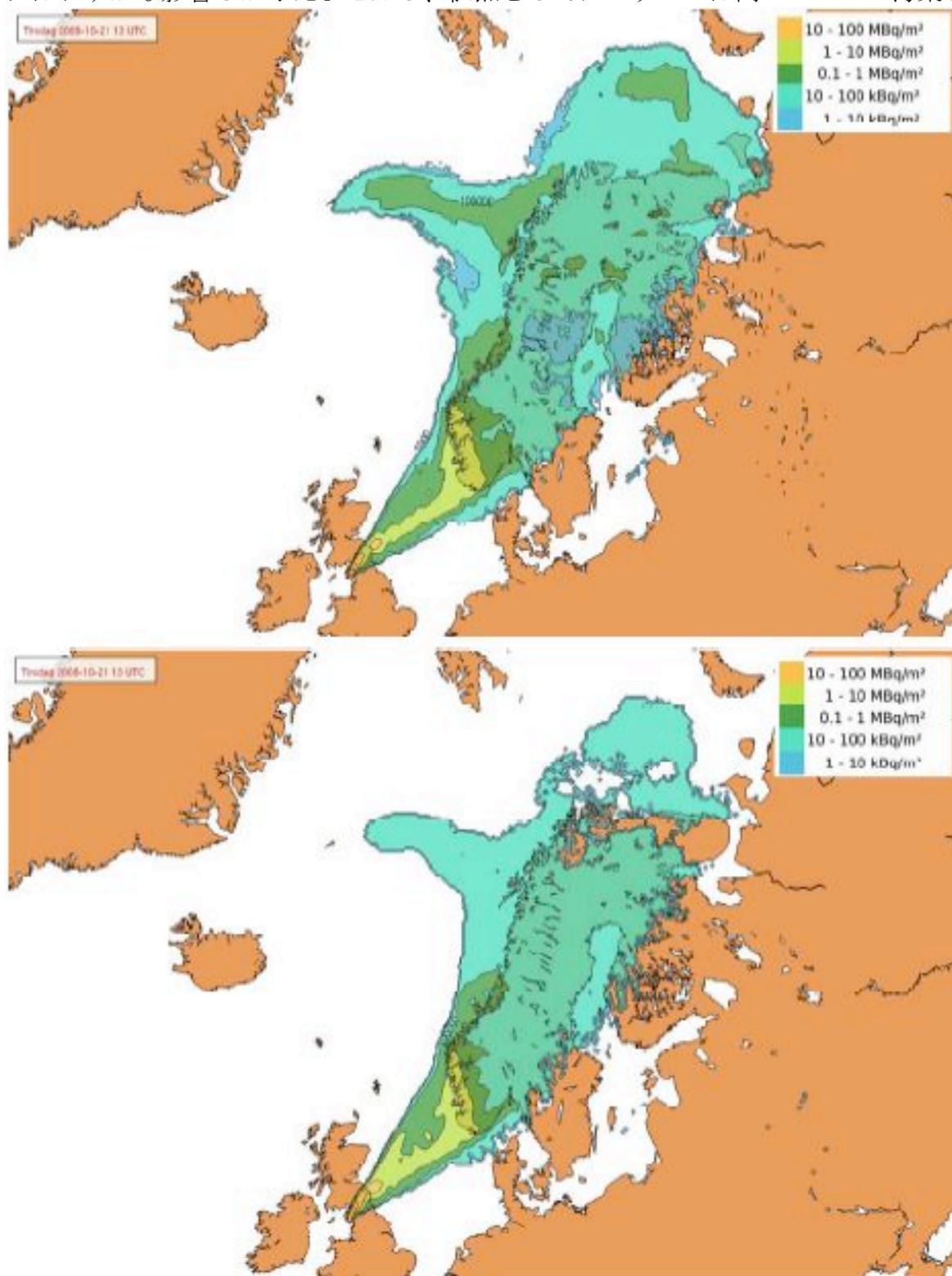


図4.4：セラフィールドの高レベル廃液タンク中に含まれるセシウム137全量の10%が事故により放出と仮定、最悪のケースの場合、フォールアウト沈積状況。
上図は粒子半径2.2 μm、下図は粒子半径8.6 μmの場合

微粒子の降下はホットスポットのように顕著に高い放射能汚染地が発生するように非均質に起こるでしょう。また単独微粒子は大量の放射能を含むものであり、もし吸入や経口摂取により人や動物に取り込まれたなら体内被ばくの放射線源になります【10】。

4.3 チェルノブイリ事故時のセシウム137フォールアウトと比較

図4.5は1986年のチェルノブイリ事故時のノルウェーにおけるセシウム137の降下沈積分布です。

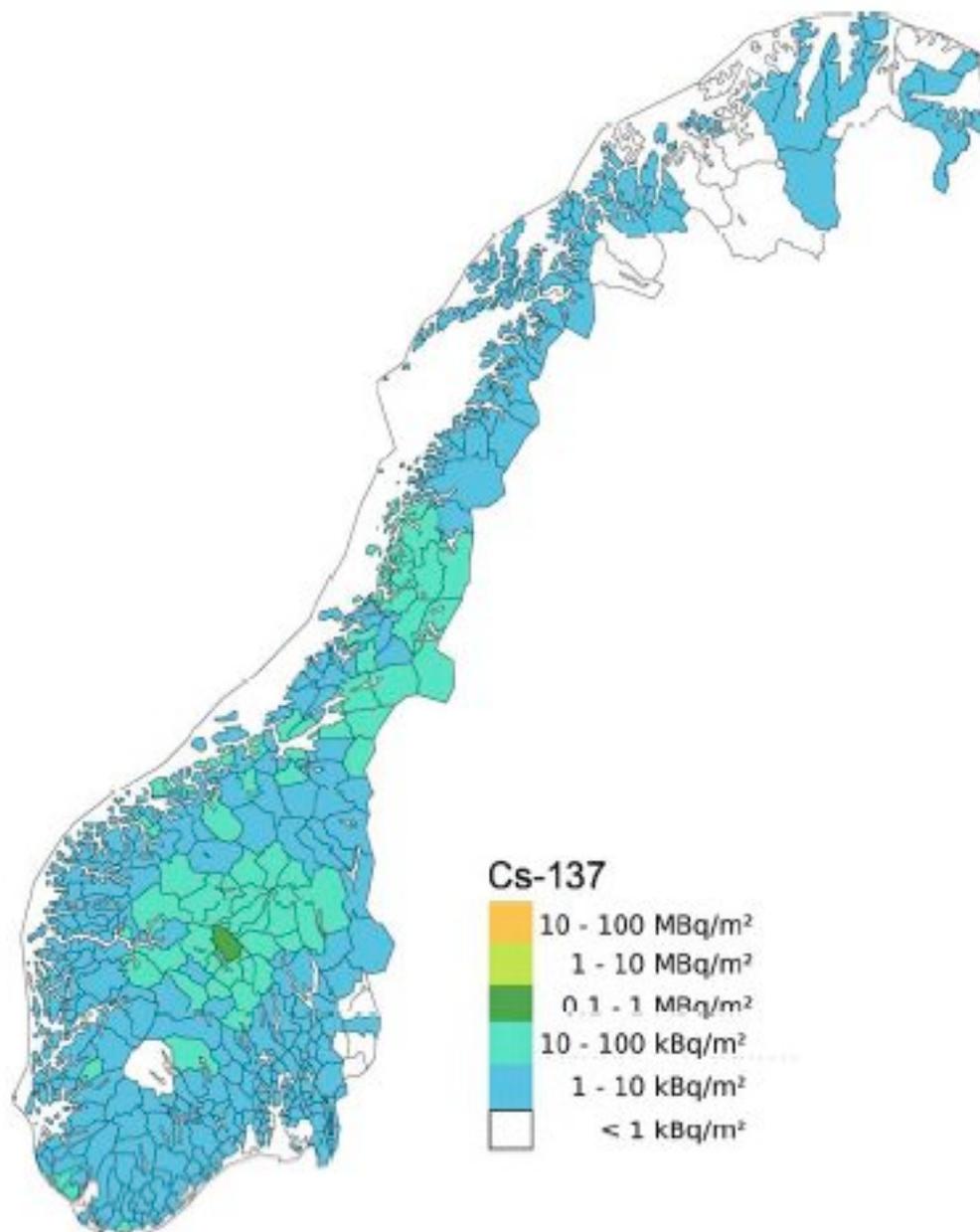


図4.5：チェルノブイリ事故時のセシウム137のフォールアウト分布

チェルノブイリ事故時のノルウェーのセシウム137降下最高濃度は南部の山岳地帯に見られ、汚染濃度は約100kBq/m²であり、一方西海岸の汚染レベルは約5 kBq/m²でした。この報告書で

シミュレーションを行ったセラフィールドでの仮想最悪事故(高レベル廃液タンク中の全セシウム137の0.1-10%までの放出)の場合と比較するとき、このエリアのフォールアウト濃度は10 kBq/m² から 1 MBq/m²の範囲になります。実際の事故の際には他の多くの異なる放射能が移送されて来て降下することに注意しなければなりません、このことはノルウェーにとりさらなる影響とインパクトを与えます。

4.4 シミュレーションの不確かさについて

このシミュレーションにおける、不確かさの最大の要因は選ばれた放出源(ソースターム)と事故シナリオの仮定にあります。放出源は入手可能な情報を元にしてしています。しかしながら放出の原因となる事故や事象のタイプは正確詳細なものではありません。事故の確率は不確かです。ここでは考えていません。移送モデルはかなり確かな条件を用いていますが、しかしシミュレーションモデルに使用された気象条件の可能性については議論の余地があります。異なる気象条件では異なるフォールアウトパターンになるでしょう、ノルウェーの他の地域への影響の可能性についてこの報告書で示しています。高レベル廃液タンクを含む過酷事故による放射能放出の一部は微粒子の形態になるでしょう、この推定は妥当なものでしょう。しかしながら、微粒子の大きさや密度の分布は予測がさらに困難です。微粒子のフォールアウトは不均一の分布が予測されます。如何に高濃度の局地的汚染が起こるかは依然として不確かさが残ります。

5 考察と結論

この報告書はセラフィールドの高レベル廃液貯蔵施設B215における仮想事故に基づく最悪のケースのシナリオについてノルウェーへの放射能の移送とフォールアウトに焦点を当てて評価したものです。事故の原因や確率に焦点を当てたものではありません。セラフィールドの事故やテロリストの襲撃等に起因する高レベル廃液の大気放出の容量と含まれる放射エネルギーを予測することは困難なことです。

アセスメントをするに際して必要な関連情報はセキュリティが考慮されるためか公開が制限され簡単に入手できません。それゆえ、最悪のケースの想定はB215施設で貯蔵されている高レベル廃液全量のうち0.1-10%の範囲の放出を仮定し評価しました。

シミュレーションモデルによると典型的気象条件のもとセラフィールドで事故が起き放射能が大気へ放出された場合ノルウェーに9時間以内に放射能が到達します。セシウム137による高濃度汚染地域は特にノルウェー南西海岸沿いに見られます。計算によると降雨はセシウム137の降下を促し事故シナリオの期間に強い雨があると地域の汚染を増加させます。このことはチェルノブイリ事故時の際にも観察されていました。この報告ではシミュレーションモデルの放射性核種としてセシウム137に限って調べました。 ;セラフィールドの高レベル廃液タンクには多くの異なる放射性核種が含まれており、それは実際の事故時にノルウェーへの影響を増加させるものです。

新シミュレーションモデルはセシウム137について、エアロゾルとしてもしくは異なるサイズの放射性微粒子にセシウムが包含され構成成分として放出された場合の評価も行いました。その結果半径9 μmほどの大きな微粒子でさえノルウェーに到達することがわかりました。ノルウェーはシナリオのもと10-5000 kBq/m²のセシウム137が降下します(高レベル廃液全量の0.1-10%が事故により放出された場合)、特に西海岸沿いが高濃度汚染地になります。シミュレーションモデル結果によるとノルウェーはチェルノブイリ事故で降下したセシウム137の最

大値と比較し0.1-50倍の地表濃度になりました。仮定した気象条件では仮想放出後わずか9時間でノルウェーで放射能の降下が始まります。

もしもこのような事故が起こったなら、ノルウェーへの影響はチェルノブイリ事故時の被害に等しいかもしくはそれ以上のものになるでしょう。このことは社会や農業や環境で数十年に亘る汚染緩和対策が必要になるほどの影響を与えることを結論付けています。

この衝撃的アセスメントは不確かな面があるにかかわらず、セラフィールドのB215貯蔵施設の最悪のケースの事故によりノルウェーに大量な放射性降下物をもたらす影響を与えることを示しています。緊急事態への準備と対応の見通しに立ってノルウェーが異なった起源による放射能汚染のアセスメントをすることも大切です。

ノルウェー緊急対応機構はセラフィールド再処理工場仮想事故のような事例に対応することを目的としています。

この調査結果はB215高レベル廃液貯蔵施設で事故発生リスクを減少させることが重要であることを示しています。セキュリティと安全のためには不断の監視と定期的な評価が必要とされます。そのためにもB215施設にある高レベル廃液を安全な形で閉じ込めるためガラス固化し可能な限り速やかに減少させることが大切です。英国の関係当局はノルウェー当局に高レベル廃液の事故問題の重要性を理解していると認めております。ノルウェー当局は英国政府との二国間緊急対応協力協議が密接になることを歓迎します。特に英国の核施設での全ての事故について迅速かつ効果的報告と同核施設のリスクアセスメントに関する密接な情報交換を歓迎します。特にセラフィールド施設に関する情報を歓迎します。

参考文献

- [1] Jerzy Bartnicki and Jørgen Saltbones. Modelling atmospheric dispersion of radioactive debris released in case of nuclear explosion using the norwegian snap model. *Croatian Meteorological Journal* 43, pages 111–115, 2008.
- [2] Jørgen Saltbones, Anstein Foss, and Jerzy Bartnicki. Severe nuclear accident program (SNAP). A real time dispersion model. In *International aspects of Emergency Management and Environmental Technology*, 1995.
- [3] JNREG. Sources contributing to radioactive contamination of the Techa River and the areas surrounding the "Mayak" production association, Urals, Russia: Programme on investigations of possible impacts of the "Mayak" activities on radioactive contamination of the Barents and Kara Seas. Norwegian Radiation Protection Authority, NRPA., 1997.
- [4] JNREG. Impacts on man and the environment in northern areas from hypothetical accidents at "Mayak" PA, Urals, Russia. Number ISBN 82-996531-2-6. Norwegian Radiation Protection Authority, NRPA., 2004.
- [5] S. A. Kabakchi, A. V. Putilov, and E. R. Nazin. Analysis of data and physiochemical modelling of the radiation accident in the southern urals in 1957. *Atomaya Energiya*, 78(1):46–50, 1995.
- [6] Forwood M. The legacy of reprocessing in the United Kingdom. *International Panel on Fissile Materials Research Report*, <http://www.ipfmlibrary.org/rr05.pdf>, 2008.
- [7] NDA/DEFRA. The 2007 UK radioactive waste inventory. Nuclear Decommissioning Authority and Department for Environment, Food and Rural Affairs. *NDA, Cumbria.*, 2008.
- [8] NRPA. Bulletin 8, 2008. www.nrpa.no
- [9] Parliamentary Office of Science and Technology. Terrorist attacks on Nuclear Facilities POST report Number 222, 2004. <http://www.parliament.uk/documents/upload/POSTpr222.pdf>
- [10] IAEA Coordinated Research Program (CRP) on the "Radiochemical, Chemical and Physical Characterization of Radioactive Particles in the Environment" TECDOC series (in press).

謝辞：本報告書の作成にあたり「美浜・大飯・高浜原発に反対する大阪の会」の

小山英之氏にご協力頂きました。ノルウェー大使館から疑問に答えて頂きました。

(訳：「三陸の海を放射能から守る岩手の会」永田文夫)

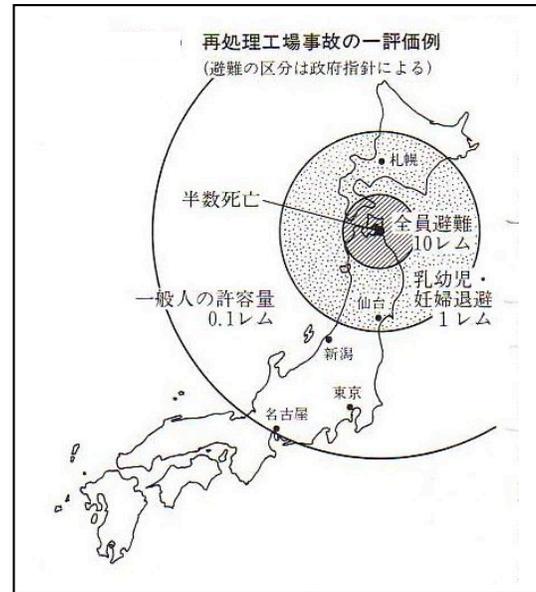
【解説】

4月ノルウェー政府発行の本報告書英文原本を入手しました。、私たちが憂慮している同じ問題を外国の政府が同様に心配していることを知り意を強くしました。これはみなさんにも紹介し再処理問題・高レベル廃液の危険性を知る資料として活用して頂きたく急遽翻訳した次第です。

1 高レベル廃液放出 高木評価

高レベル放射性廃液（以下「高レベル廃液」）の危険性について、故高木仁三郎博士が著書「核燃料サイクル施設批判」で警鐘を鳴らしていました。

(図-1)は六ヶ所再処理工場で高レベル廃液100m³の内1%が地震や航空機墜落などの事故で漏れだしたケースについての評価です。風向きにもよるのですが、青森県全域が全員避難、南は仙台市北は旭川市までが乳幼児や妊婦が避難しなければならない範囲となり、名古屋市までが一般人の年許容量の被ばくが予想されるという悲惨なものであり、本当かと疑うような驚くべきものでした。



(図-1) 高レベル廃液がもし漏れた場合の被害評価「核燃料サイクル施設批判」高木著 1991 七つ森書館より

しかし、放射能汚染による被害のこわさはチェルノブイリ事故による北半球の広域汚染や本報告書(3.1)にある南ウラルのマヤーク再処理工場(キシュチュム施設の高レベル廃液漏えい)の事故による広域汚染の事実を直視するとき、いやでも高木評価は絵空事ではないことを思い知らされます。これらの事故による没収/閉鎖区域は事故後数十年経過した現在でも無人のゾーンになっています。閉鎖区域の解除については全く見通しが立っていません、今後何世紀と続くことでしょう。人類の歴史において、事故の汚染により特定の地域が半永久的に居住ができなくなった例は聞いたことがありません。この事実が放射能汚染の特殊性、とてつもない危険性とその不可逆性を物語っています。放射能は微量でもその強力な放射線により遺伝子DNAを直接攻撃し傷つけます。生殖細胞が傷つくと何世代か先の子孫に遺伝的障害が発現します。このことは種の存続を危うくし滅亡へと導くものであり他の汚染化学物質などと違う放射能汚染の怖さです。

2 高レベル廃液と直下大地震

私たちは、六ヶ所再処理工場に溜まっている“核分裂生成物・死の灰の高濃度溶液”高レベル廃液についてその危険性を訴えてきました。この廃液は2006.3アクティブ試験が始まる前には存在しなかったものです。

2008年5月、渡辺満久東洋大教授他変動地形学者が六ヶ所再処理工場直下に活断層があり、最大でマグニチュード8の大地震を引き起こす可能性を指摘しました。これについて昨年7月31日に再処理工場の事業主体日本原燃(株)に25市民団体に質問状(「大地震による高レベル廃液の環境放出事故防止に関わる質問状」)を提出しました。

【高レベル廃液】はその自己崩壊熱のため常に冷却し攪拌し続けなければならず、もしも停電などで冷却できなくなれば約15時間で沸騰しはじめると言われていました。加えて水などの放射線分解により発生する水素ガスも絶えず除去しなければ一定濃度に達すると水素爆発が起こります。この事故の引き金として一定規模の地震が上げられます。原燃は施設の耐震についてマグニチュード6.5までしか評価していません。2008年岩手・宮城内陸地震M7.2、岩手北部地震M6.8が起こっています。再処理工場は原発と違い1300kmものパイプラインが走る化学工場であり、地震による漏えい等の被害の可能性が大幅に増大します。

回答では、工場直下の活断層の存在や大地震の可能性を否定するという非科学的な姿勢でした。また高レベル廃液の耐震などの安全管理についてはありきたりなもので、この廃液の特性を踏まえ対策を立てようとする姿勢がありませんでした。廃液の量、貯槽の構造、地震対応マニュアルなど肝腎な質問には再度の質問にも答えがありませんでした。

2008年12月「日本原燃（株）六ヶ所再処理工場の安全に関する質問主意書」が下田敦子参議院議員から国に提出されその回答により、国も日本原燃同様高レベル廃液の地震時などを想定した安全対策の配慮をしていないことがわかりました。しかし再処理工場には12月現在、高レベル廃液は約240 m³溜まっていることがわかりました。

3 溜まっている高レベル廃液中の放射エネルギーはチェルノブイリ事故放出の約9倍

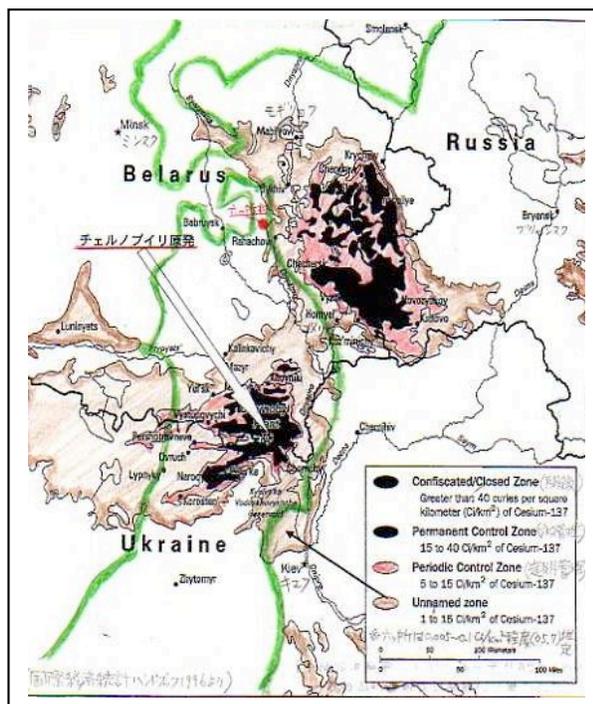
高レベル廃液に含まれる放射エネルギーの量は2009年1月21日発覚したガラス固化建屋セル内高レベル廃液漏れに関する日本原燃報告書「高レベル廃液ガラス固化建屋固化セルにおける高レベル廃液の滴下について（平成21年2月24日）」のデータ表から想定することができました。

ガラス固化溶融炉へ送る廃液混合槽における高レベル廃液のセシウム137の濃度は 3.6×10^9 Bq（ベクレル）/m³になっています。従って廃液全量は240m³（=240×1000000m³）なのでセシウム137の含有量は 8.64×10^{17} Bq（=2.34×10⁷キュリー）になります。チェルノブイリ事故で放出されたセシウム137の量は約250万キュリー（=2.5×10⁶キュリー）とされています。したがって、現在六ヶ所再処理工場に貯蔵されている高レベル廃液に含まれる放射エネルギーはセシウム137で比較するとチェルノブイリ事故で放出された放射エネルギーの約9.4倍になりました。

チェルノブイリ事故による周辺国のセシウム137汚染分布は（図-2）のようになっています。セシウム137濃度が1km²あたり1Ci（キュリー）以上の区域が汚染地としてあげられています。日本の法令では放射性物質を取り扱う施設で「放射線管理区域」とする要件が1cm²あたり4Bq（ベクレル）を超える恐れがある場所となっており、この数値がほぼ1km²あたり1Ciに相当します。すなわち、図示された区域は放射線管理区域ということになります。図ではセシウム137の汚染濃度のランクにより4つに区分されています。

没収/閉鎖区域	40Ci/km ² 以上
永久管理区域	15～40Ci/km ²
定期管理区域	5～15Ci/km ²
汚染区域	1～5Ci/km ²

* 汚染区域（放射線管理区域相当）は本州の約6割の面積に相当するとのことです。



（図-2）チェルノブイリ事故によるセシウム 137 汚染分布（東北図入り） 出典国際経済統計 1996

4 ノルウェー政府の事故評価とチェルノブイリ事故汚染の比較

英国セラフィールド再処理工場の高レベル廃液タンクに含まれるセシウム137全量の10%が

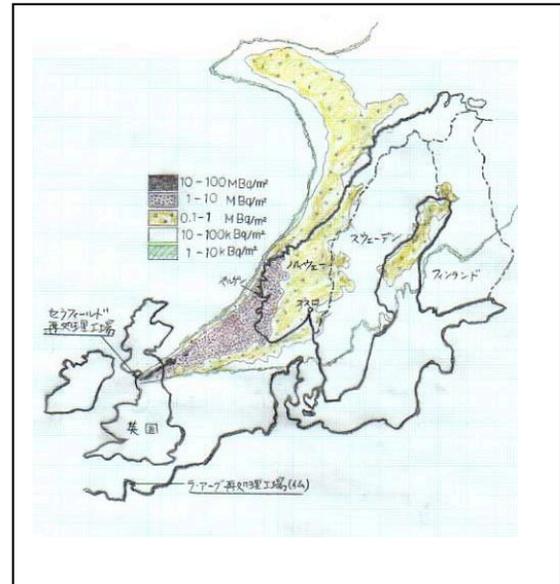
放出された場合のフォールアウト（図4-3）を例にとり比較します。
 報告書（図4-3）は汚染分布と陸域の境界がわかりにくいのでおおまかにトレースしてみました（図-3）。

（図-3）ではセシウム137の汚染濃度のランクにより5区分されています。単位がMBq/m²、kBq/m²となっており、チェルノブイリ事故汚染分布（図-2）の単位Ci/km²と異なっておりランク毎に換算しました。

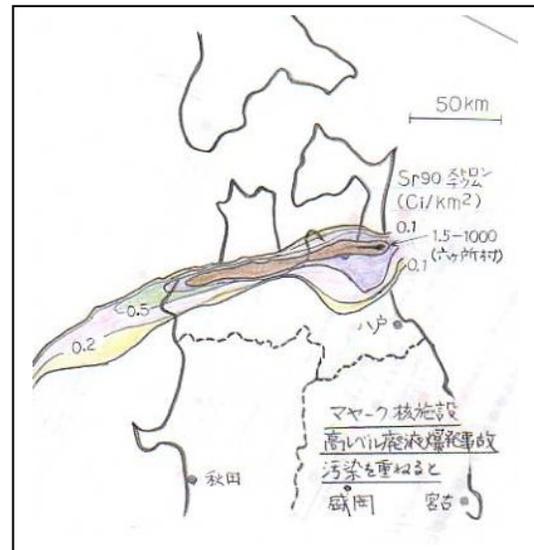
- ① 10-100MBq/m² → 270-2700Ci/km²
- ② 1-10MBq/m² → 27~270Ci/km²
- ③ 0.1-1MBq/m² → 2.7-27Ci/km²
- ④ 10-100kBq/m² → 0.27-2.7 Ci/km²
- ⑤ 1-10kBq/m² → 0.027-0.27Ci/km²

図を見ると汚染ランク①の高濃度区域は英国本土と周辺近海域に限り現れています。汚染ランク②の区域はノルウェーの南部西海岸にかなりかかっています。40Ci/km²以上がチェルノブイリ事故では没収/閉鎖区域に相当しますので西海岸は該当区域が出てくることが予想されます。汚染ランク③の区域はノルウェー国土を広く覆っています。国土の半分弱の区域がチェルノブイリ事故の永久管理区域15-40Ci/km²に該当する可能性があります。④の汚染ランクはノルウェー全土を覆い尽くしています。汚染境界から推定するとチェルノブイリ事故の汚染区域（放射線管理区域）とされる1 Ci/km²以上の区域はおそらくノルウェー国土の全体が含まれるでしょう。

* これは高レベル廃液全量の10%放出の場合であり、1%放出の場合（報告書の図4.2）ではかなり被害は軽減されます。10%放出の例として報告書の（3.1）で紹介されているロシアマヤーク再処理工場における高レベル廃液放出事故では工場近辺に放出放射能の90%が降下し10%が風に流され遠くまで運ばれ降下したとされており、ノルウェー政府の10%放出の仮定は現実的なものといえます。



（図-3）報告書の図 4-3 をトレース見やすくした図
 セシウム 137 のフォールアウト



（図-4）マヤーク再処理工場の高レベル廃液タンク爆発事故による汚染分布を六ヶ所工場に重ねる

5 日本政府はノルウェー政府を見習い、高レベル廃液事故のシミュレーションを行い結果を公表し民意を問うこと、そして至急廃液の安全対策を講ずるべき！

英国セラフィールド再処理工場にある高レベル廃液タンクの事故を想定しシミュレーションを行ったノルウェー政府は、危険な高レベル廃液をガラス固化し極力廃液量を減らすことを英国に求めています。英国は地震がない国です、一方我が国は世界有数の地震大国です。活断層の存在が指摘されている六ヶ所村の地の直上に再処理工場が建設され、高レベル廃液が現に240m³もガラス固化できない

まま溜まっているのです。本格操業になれば常時500m³の廃液が貯蔵されガラス固化される手はずになっています。再処理工場は40年間稼働ということになっていますが、その間に大地震がこないと誰が保証できるのでしょうか。高レベル廃液の事故による放出の可能性について、日本原燃や国は目を向けようとせず、ひたすらエネルギー確保のための核燃サイクル推進という名目で核武装物質プルトニウムを製造し高レベル廃液を溜め続けています。3核種（トリチウム、クリプトン85、炭素14）については除去しようとせず放射能を全量を垂れ流しのまま、自然生態系や未来世代への責任を一顧だにせずその場凌ぎ刹那主義の無責任な政策を進めています。

我が国においてもノルウェー政府報告のように地震事故などにより高レベル廃液が放出した場合の放射能汚染について詳しいシミュレーションを行い結果を公表し、再処理をどうするか国民の判断を仰ぐべきです。このような高濃度放射能の漏えいの可能性という安全上最も重要なことを隠したまま、マスコミを通して日常的に安全神話をふりまいています。仮に大地震が再処理工場を襲い、高レベル廃液が環境に放出されチェルノブイリ事故がこの国で現実のものとなった場合、それは国家の根幹を揺るがす大惨事になるでしょう。

このかけがえのない美しい国で高レベル廃液放出事故は絶対に起こしてはいけません。そのために私たちから声を上げていくことが大切です、地震は待っていてくれません。 (2009.6永田文夫)