



原子力委員会
近藤駿介委員長様

お世話になっております。

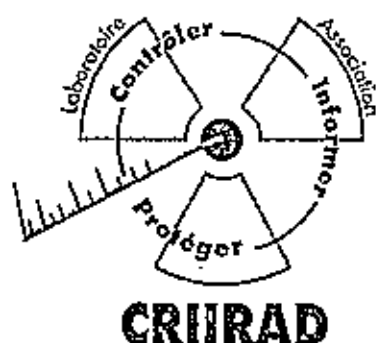
前回の策定会議で配布された資料第2号の中で、グリーンピース・ジャパンより発行した資料を用いた質問に対して、事務局の取り扱いが説明されておりました。その内容の中で不適切と思われる表現がありましたので、ここに参考資料を送信させていただきます。

再処理工場より排出されるクリプトン85の人体への影響については、数多くの研究発表が存在しております。その全てを検討せずに「地表や生物体に濃縮されたり、蓄積されたりすることはありません。」と断言することは、適切ではないと考え、ここに参考資料を添付させていただきます。

なお、11月8日に市民と原子力委員会事務局より森本様、犬塚様が参加して行われた会合の場において、事務局へ「六ヶ所核燃料サイクル施設周辺の環境放射線調査報告：再処理工場運転開始前」4冊1セット（報告書、付属資料、クリプトン85報告、概要）を委員長様宛てに1セット、事務局用に1セットお渡ししております。そちらをご参照の上、早急に取り扱いについての新たな見解を示していただきますよう、要望いたします。

なお、何かご質問等ございましたら、下記までご連絡いただければ有難く存じます。

特定非営利活動法人 グリーンピース・ジャパン
核問題担当 野川温子



報告書 N° 04-28

六ヶ所核燃料サイクル施設周辺の
環境放射線調査報告：再処理工場運転開始前

クリプトン 85

グリーンピース・ジャパン
グリーンピース・インターナショナル委託

CRIIRAD 調査チーム代表：Bruno CHAREYRON (核エンジニア)
コンピューター・モデル作成：Julien SYREN (エンジニア)

日本語版監修：古川路明 (放射化学)

CRIIRAD Laboratory
471, Avenue Victor Hugo, 26000 Valence
FRANCE
☎ 04 75 41 82 55 ☎ 04 75 81 26 48
<http://www.criirad.org>
contact@criirad.org

目次

1 六ヶ所核燃料サイクル施設の概要	2
2 六ヶ所再処理工場から放出される放射性気体廃棄物：クリプトン 85 の重要性	3
3 クリプトン 85 の主な発生源	4
4 地球規模で見る大気中のクリプトン 85 濃度	6
4.1 ダブリン(アイルランド)におけるクリプトン・モニタリング	6
4.2 プラハ(チェコ共和国)におけるクリプトン・モニタリング	6
5 六ヶ所再処理工場周辺の大気中におけるクリプトン 85 濃度のバックグラウンド値の測定	8
6 ラアーク再処理工場周辺の大気中におけるクリプトン 85 濃度	9
6.1 グリーンピースによる測定値	9
6.2 当局による測定値	9
7 クリプトン 85 の環境への影響	11
7.1 健康への影響	11
7.2 環境への影響	13
8 青森県で起こりうるクリプトン 85 汚染予測	15
8.1 モデルについて	15
8.2 HYSPLIT モデル	16
8.2.1 パラメータ	
8.2.2 計算結果	
9 六ヶ所再処理工場におけるクリプトン 85 の拡散モデル	16

これは CRIRAD 報告 N° 03-29 に付随する報告として、
六ヶ所再処理工場によるクリプトン 85 の放出予測をまとめたものである。

1 六ヶ所核燃料サイクル施設の概略

六ヶ所核燃料サイクル施設は本州東北沿岸の青森県上北地方に位置する(付属資料の地図 N° 1 参照)。同施設は太平洋に近い尾駈沼上方の台地に立地している。

地図 N° 2 (付属資料参照) から分かるように、敷地内には核燃料サイクルに関連する諸施設がある。

- ① ウラン濃縮工場
- ② 低レベル放射性廃棄物埋設センター
- ③ 高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター
- ④ 再処理工場(建設中。三基の使用済み核燃料貯蔵プールを含む)

施設の概略を表 1 に示す。

表 1: 六ヶ所核燃料サイクル施設

施設	再処理工場	高レベル放射性廃棄物 貯蔵管理センター	ウラン濃縮工場	低レベル放射性 廃棄物埋設センター
場所	青森県上北郡六ヶ所村			
規模	最大処理能力: 800 トン U/年 使用済み核燃料貯蔵プール容量: 3,000 トン U	返還ガラス固化体: 1,440 本	作業能力(現在): 1,050 トン SWU/年 (最終規模): 1,500 トン SWU/年	許可容量: 200,000 m³ (ドラム缶 100 万本相当) 最終規模: 600,000 m³ (ドラム缶 300 万本相当)
敷地面積	3,800,000 m² (運搬専用道路を含む)		3,600,000 m² (運搬専用道路を含む)	
操業開始 年	2006 年(予定)	1995 年	1992 年	1992 年

東海再処理工場は東京の北方に位置する茨城県東海村の太平洋沿岸に立地し、1977 年に運転を開始した。設計上の年間再処理能力は 210 トンだが、これまでにその量を達成したことはなく、同工場だけでは国内の原子炉が生み出す使用済み核燃料の全量を処理することはできない。

そのため日本は東海再処理工場に加え、英国とフランスと契約し、約 5000 トンの使用済み核燃料の再処理を委託している。日本の原子力研究開発利用長期計画は、これらの再処理工場と六ヶ所村に建設中の新大型再処理工場で抽出されるプルトニウムを再使用するとしている。

六ヶ所再処理工場を建設・運営するため、電気事業連合会に加盟する事業者などによって日本原燃株式会社(JNFL)が設立された。

JNFL は六ヶ所再処理工場の操業開始を 2006 年と予定し、その準備を進めている(2004 年 9 月現在)。

再処理工場の建設は 1993 年に開始された。

高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターは 1995 年より操業している。

2 六ヶ所再処理工場から放出される放射性気体廃棄物：クリプトン 85 の重要性

JNFL は六ヶ所再処理工場が放出する放射性気体廃棄物の年間管理目標値¹を提出している。

下記の表 2 は同再処理工場の放出管理目標値と、フランスのラアーグ再処理工場及び原子力発電所の放出実績（1999 年～2003 年）とを比較したものである。

気体状放射性核種は、六ヶ所再処理工場の排気筒（地上からの高さ 150 メートル）より大気中へ放出される。

表 2：六ヶ所再処理工場の年間放出管理目標値(気体)/他の核施設との比較

主な放射性核種 (半減期)	六ヶ所再処理工場 年間放出管理目標値 (JNFL の推定値： Bq)	COGEMA ラアーグ再 処理工場 1999 年放 出実績 (Bq)	COGEMA ラアーグ再 処理工場 2003 年放 出実績 (Bq)	COGEMA ラ アーグ再処理 工場 年間放出 限度 (Bq)	仏の原発 (2 基 X1300 MW) 2002 年放出 実績(Bq)	仏の原発 (2 基 X1300 MW) 年間放出限 度 (Bq)
クリプトン 85 ¹	3.3E+17	3.0E+17	2.5E+17	4.7E+17	2.7E+12	4.5E+13
トリチウム	1.9E+15	8.0E+13	6.7E+13	1.5E+14	2.8E+12	5.0E+12
その他の希ガス ²	1.9E+14					
炭素 14	5.2E+13	1.9E+13	1.7E+13	2.8E+13	3.7E+11	1.4E+12
その他のヨウ素同位体 ³	1.7E+12				ヨウ素を参照	ヨウ素を参照
ヨウ素 129	1.1E+10	7.4E+09			ヨウ素を参照	ヨウ素を参照
ヨウ素 131	1.7E+10				ヨウ素を参照	ヨウ素を参照
放射性ヨウ素 ⁴	上記参照		5.2E+09	2.0E+10	6.2E+07	8.0E+08
その他の核種(α放射体 を除く) ^{3,4}	9.4E+10		4.3E+07	7.4E+10	3.3E+07	8.0E+08
その他の核種(α放射体)	3.3E+08		1.8E+08	1.0E+07	—	禁止

(1) 六ヶ所再処理工場：クリプトン 90、キセノン 135m-137-138-139 等。

(2) 六ヶ所再処理工場：ヨウ素 134-132-135-133。

(3) 六ヶ所再処理工場：ストロンチウム / イットリウム 90、ルテニウム / ロジウム 106、セシウム / バリウム 137 等。

(4) COGEMA ラアーグ再処理工場とフランスの原子力発電所については全希ガス

表 2 からわかるように、気体で放出される放射性核種の大部分は希ガス(クリプトン 85:ベータ/ガンマ線放出核種)、トリチウム(ベータ線放出核種)、炭素 14(ベータ線放出核種)であり、半減期はそれぞれ 10.7 年、12.3 年、5730 年と長寿命である。

入手可能なデータは限られた種類の放射性核種についてののみなので、六ヶ所再処理工場の推定放出量とラアーグ再処理工場の放出実績とを比較するのは難しい。また、六ヶ所の第一再処理工場の処理能力は年間約 800 トン U であるのに対し、ラアーグ再処理工場のそれは最大で年間 1600 トン U にも達する点に留意されたい(例えば 1999 年の処理量は 1562 トン U、2001 年は 951 トン U だった)。

トリチウムを除き、六ヶ所とラアーグの両再処理工場からの大気放出値は、ほぼ同じようである。トリチウムについては、六ヶ所再処理工場の放出管理目標値は、ラアーグ再処理工場の放出実績と年間放出限度より 10 倍以上高い。

こうした違いを的確に理解するには、さらに詳しい分析が求められよう。

両再処理工場による放射性気体廃棄物の放出値は、原子力発電所のそれより数桁も高い(たとえば表 2 の場合、希ガスは 100 000 倍、トリチウムは 570 倍、炭素 14 は 130 倍)。再処理工場から放出された放射性気体廃棄物は、地球規模で検出される。

¹ JNFL 事業変更許可申請書(2001)

3 クリプトン85の主な発生源

クリプトン85は半減期10.7年の放射性希ガスである。クリプトン85のごく一部は、大気上層で宇宙線がクリプトンの安定同位体に衝突し、天然に生成される。

クリプトン85は核分裂生成物の一つでもある（核分裂収率：0.2%）。クリプトン85は、1940年代後半から、核兵器実験と原子力産業によって人為的にきわめて大量に製造され、環境中に垂れ流されてきた。

大気中におけるクリプトン85の濃度は、1940年代半ばはクリプトン1リットル当たり5dpm（disintegration per minute、1分あたりの崩壊数）を下回っていた。これは空気1立方メートル当たり0.0001ベクレルに相当する。40年代後半になると、1リットル当たり100dpmまで達し（空気1立方メートル当たり0.002ベクレルに相当）、現在は40年代後半の値を数百倍上回っている[Turkevich, 1997]。

この濃度上昇は、軍事目的あるいは民生目的で核燃料を溶解する際に、核分裂生成物であるクリプトン85が環境中に放出された結果である（クリプトンは、再処理されるまでは、使用済み核燃料中に封じ込められている）。

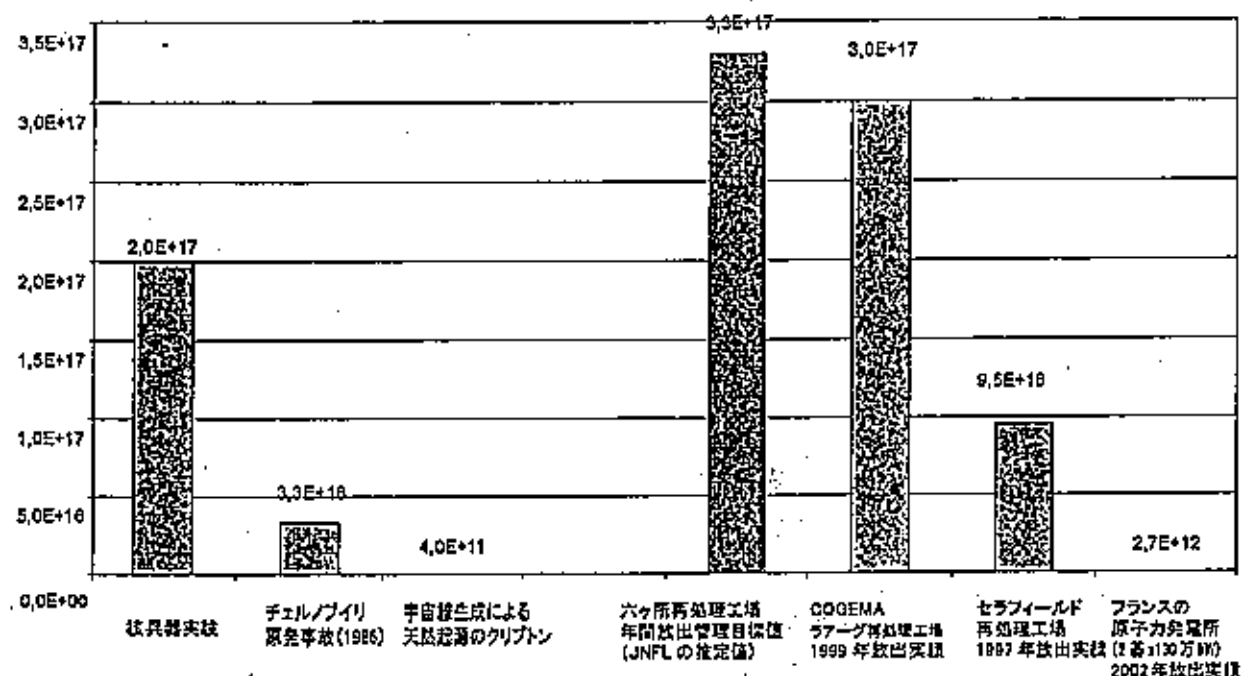
現在、クリプトン85の最大放出源はフランスのアーグ岬にある再処理工場である。再処理は北西イングランド沿岸のセラフィールドにある工場やロシアでもおこなわれている。主要なクリプトン発生源を表3に示す。

表3: クリプトン85の起源

起源	クリプトン85放出量(Bq)
累積放出量	
核兵器実験	2.0E+17
チェルノブイリ事故(1986)	3.3E+16
ウインズケール事故(1957)	5.9E+13
天然起源	
宇宙線生成の自然放射線	4.0E+11
年間放出量	
六ヶ所再処理工場放出管理目標値(JNFLの推定値)	3.3E+17
COGEMA ラアーグ再処理工場放出実績(1999)	3.0E+17
COGEMA ラアーグ再処理工場放出実績(2003)	2.5E+17
COGEMA ラアーグ再処理工場年間放出限度	4.7E+17
BNFL セラフィールド再処理工場放出実績(1997)	9.5E+16
東海再処理工場放出実績(1994)	1.8E+16
フランス原子力発電所(2基x1300MW)年間放出限度	4.5E+13
フランス原子力発電所(2x1300MW)放出実績(2002)	2.7E+12

六ヶ所再処理工場は電力会社が使用した核燃料の中に含まれるクリプトン 85 の全量を放出する。現在の計画では排気筒から放出されるクリプトン 85 の管理目標値は年間 330,000 テラベクレルである。六ヶ所再処理工場から放出されるクリプトン 85 は、1 年間の運転だけで過去の核兵器実験による寄与を上回り、またチェルノブイリ事故による寄与を 10 倍も上回ることになる(下記のグラフ参照)。

グラフ1:クリプトン 85 発生源と放出量(Bq)



六ヶ所再処理工場は、英国核燃料会社のセラフィールド再処理工場や、フランス核燃料会 (COGEMA) のラアーグ再処理工場 (UP2 と UP3) といった、これまでに操業してきた世界のどの再処理工場よりもクリプトン 85 を大量に放出することになる。米国や旧ソ連の軍事用プルトニウム (再処理) 工場も含め、これだけの量のクリプトン 85 を日常的に垂れ流す施設は、人類史上、いまだかつてない。

再処理工場から放出されたクリプトン 85 は、放出後 2-3 年で地球の大気中に均等に分布する。そのために、クリプトン 85 による集団被曝線量が重要となる。

4 地球規模で見る大気中のクリプトン 85 濃度

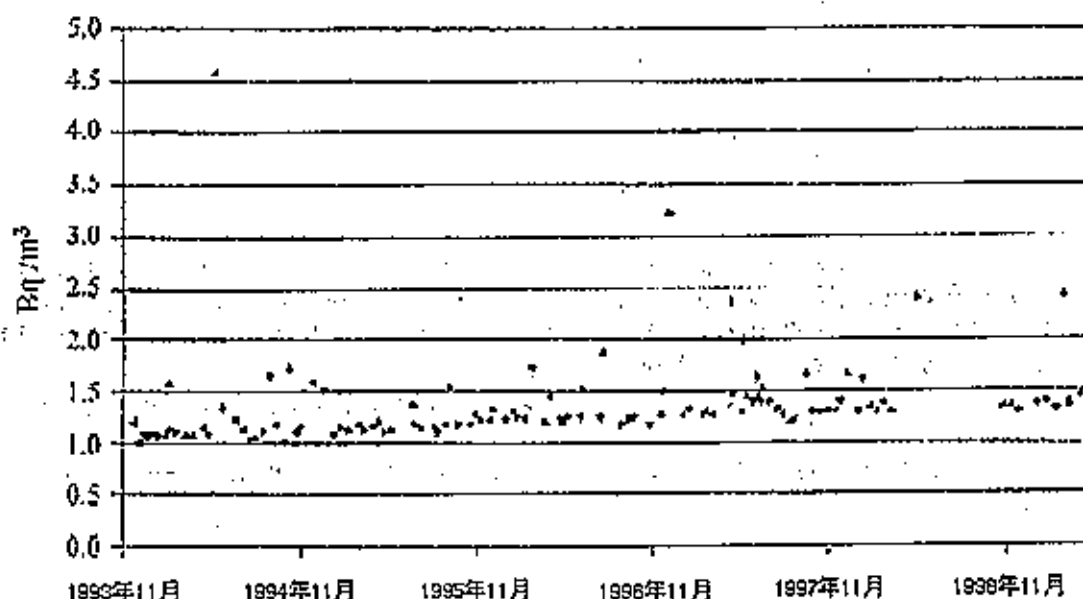
4.1 ダブリン（アイルランド）におけるクリプトン・モニタリング

アイルランド放射線防護研究所 (RP11) は、ダブリンの Clonskeagh における大気中のクリプトン 85 濃度の測定プログラムを 1993 年に開始した [RP11, 1988]。

その目的は、セラフィールドの新しい大型再処理工場 THORP (Thermal Oxide Reprocessing Plant) の運転開始 (1994 年) 前に、クリプトン 85 濃度の測定基線 (測定の基礎となる値) を定めることにあった。サンプリング装置が使用できなかった 1998 年の一部を除き、毎月 2 回、2 時間にわたって大気試料が採取された。

RP11 の測定結果を以下に示す。

グラフ2: Clonskeagh(ダブリン)の大気中におけるクリプトン 85 濃度(1993-1998)



資料出所: アイルランド放射線防護研究所の環境放射線監視プログラム(1997-1998, Fig.2)

RP11 の研究者は以下のように述べている: 「1993 年の測定開始以来、大気中濃度は上昇傾向にあることが観測されている。ときどき期待値より 2~3 倍高い値が測定されている。しかしそれを特定の放出と関連付けることはできない」

4.2 プラハ（チェコ共和国）におけるクリプトン・モニタリング

プラハ（チェコ共和国）において、1983 年から 1993 年にかけて、地表でのクリプトン 85 濃度が測定されている [Wilhelmova, 1994]。

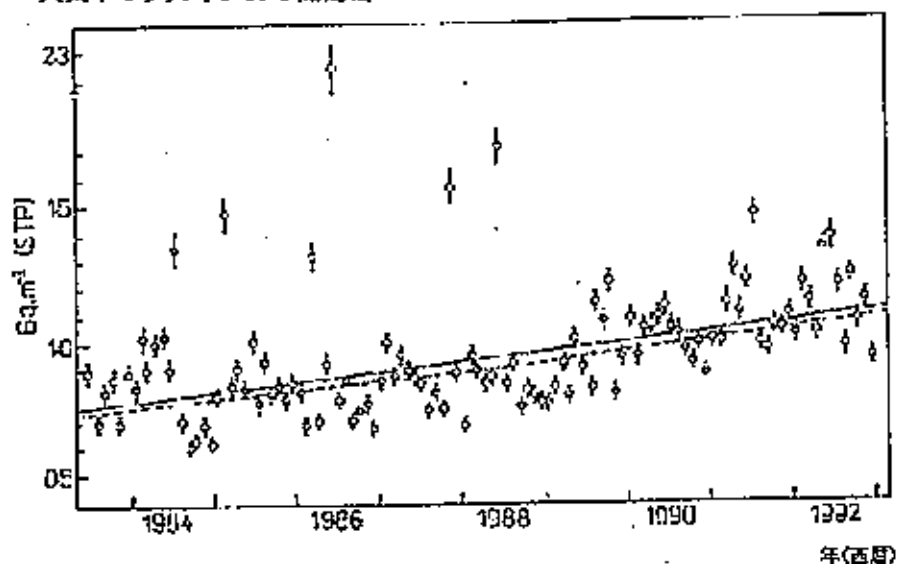
測定期間中、クリプトン 85 濃度は、長期的にみると年 38mBq/m³ (標準状態) の割合で上昇し、1992 年には約 1.2Bq/m³ (標準状態) に達している。この結果から、2000 年には大気中のクリプトン 85 平均濃度は、約 1.39~1.58Bq/m³ (標準状態) になるとの予測が導き出された。

短期的には平均振幅 12%で基線レベル (測定値) の変動があり、季節的な周期性を示している。濃度の最大値は春に観測されている。

測定結果は下記の通りである。

グラフ3：プラハの地表近くの大気中におけるクリプトン 85 濃度

大気中のクリプトン85の測定値



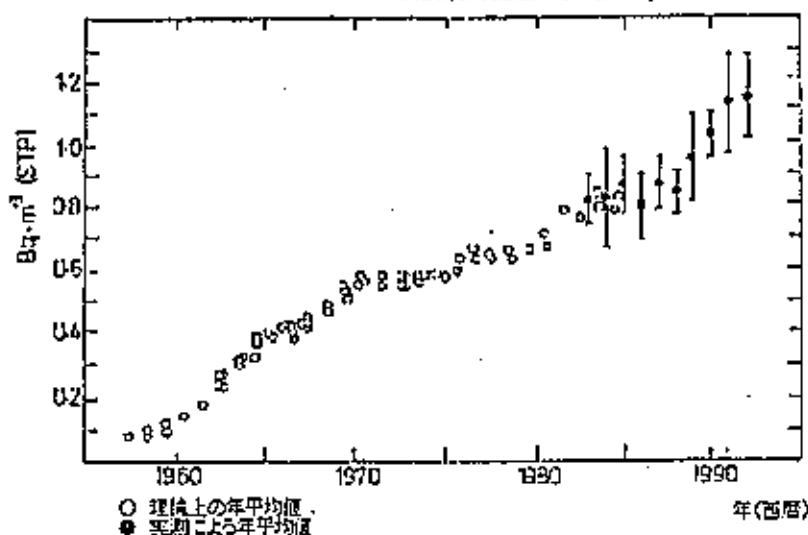
資料出所：「大気試料中の低濃度クリプトン85の測定値」
Ludmila Wilhelmova and col., Institute of Radiation Dosimetry/Prague

時折、2.5 Bq/m³ (標準状態) にも達するきわめて高い値が検出されているが、これは離れた場所にある核燃料再処理工場から放出されたクリプトン 85 が、十分に拡散しなかったためと推測される。この推測は、試料採取開始前 96 時間内での、上空 850 ヘクトパスカルにおける気団の流跡を解析した結果、ほぼ妥当であることが確認されている。

北半球の中緯度における地表大気中のクリプトン 85 平均濃度の経年変化は下記の通りである。

グラフ4：北半球中緯度の地表近くの大気中におけるクリプトン 85 平均濃度の経年変化

Wilhelmová, Tomášek, and Stukheil



資料出所：「大気試料中の低濃度クリプトン85の測定値」
Ludmila Wilhelmova and col., Institute of Radiation Dosimetry/Prague

5 六ヶ所再処理工場周辺の大気中におけるクリプトン 85 濃度のバックグラウンド値の測定

グリーンピースのサンプリングチームは、青森市（2002 年 11 月 22 日）と弘前市（同年 11 月 19 日）において、再処理工場運転開始前の大気中におけるクリプトン 85 濃度のバックグラウンド値を調査した。サンプリングは六ヶ所再処理工場付近の尾駁沼でも実施した（同年 11 月 17 日）。

専門技術者が試料採取チューブをつけた産業用サイズの風を揚げ、上空の大気試料を採取した。試料はクリプトン分析の専門機器があるヨーロッパの研究室（ベルギー、ゲント大学）で分析された。

測定結果を表 4 に示す。

表 4：六ヶ所再処理工場周辺の大気中におけるクリプトン 85 濃度：運転開始前

採取日 2002 年 11 月 測定結果 2003 年 5 月

採取日	採取場所	天候	温度	風	採取タンク数	時間	測定結果と誤差の範囲
11.17	六ヶ所村尾駁沼。再処理工場の西北西 4km	快晴、乾燥、湿度低め	3℃	西風、やや強め。採取開始時は約 8m/秒、その後弱まり採取終了時は約 3.5m/秒	14 本 そのうち 10 本は最終的に放出したので 4 本	開始時間 11:45、 終了時間 13:25、 (150 分間 14 本)	2.38Bq/ml +/-42%
11.19	弘前市弘前公園。再処理工場の西南西 85km	曇り、湿度やや高め	4℃	西風、約 3.4m/秒。風は不使用。チューブを地表面に置き、試料採取。	4 本	開始時間 09:30、 終了時間 09:55 (25 分間 4 本)	1.56Bq/ml +/-5.6%
11.22	青森市青い海公園。再処理工場の西南西 53km	曇り、湿度やや高め	2℃	南西風、無風、約 4m/秒。風は不使用。チューブを地表面に置き、試料を採取	4 本	開始時間 14:50、 終了時間 15:10 (20 分間 4 本)	1.44Bq/ml +/-6.0%

青森市と弘前市の測定結果は、北半球の緯度 30 度から 60° における通常のバックグラウンドと同じレベルである。

尾駁沼の測定結果はそれを上回ったが、測定誤差も大きい。クリプトン回収量が少ないため、クリプトン 85 の計数率は低くなっている。したがって実際の値は他の 2 地点と同じかもしれないことに注意されたい。

6 ラアーグ再処理工場周辺の大気中におけるクリプトン 85 濃度

一般に再処理工場周辺における大気中のクリプトン 85 濃度は非常に高い。ラアーグ再処理工場周辺の状況を知ることは、六ヶ所再処理工場が運転を開始すると同周辺地域がどのように変わるかを考える上で有用である。

6.1 グリーンピースによる測定値

1998 年 11 月、グリーンピースはラアーグ再処理工場の主排気筒から 1 キロメートルの範囲で、上空 60~120 メートルの大気を採取した。

試料中のクリプトン 85 濃度は 90 000 Bq/m³ を越えることがわかった。これは大気中濃度の世界平均である 1~2 Bq/m³ を著しく上回る値である。

グリーンピースは、米国海洋大気庁 (NOAA) の大気資源研究室が開発したコンピューターモデルを用いて、COGEMA の大気放出が西ヨーロッパのほぼ全域の大気を汚染し、最終的にこの汚染された大気が地球規模で移動していくことを示した。

6.2 当局による測定結果

1995 年、CRIIRAD 研究室はラアーグ再処理工場からの放出放射能とその環境への影響について、正確なデータが欠落していると批判した [CRIIRAD, 1995]。

事実、ラアーグ再処理工場周辺における大気中のクリプトン 85 濃度は、COGEMA もフランスの規制当局も測定していなかった。大気汚染について COGEMA が測定していたのは、大気中の浮遊じんのみであった。大気放出の 99.999% は放射性ガス (クリプトン 85、トリチウム、炭素 14、ヨウ素 129) であるが、それらはフィルターに付着する浮遊じん試料の中に留まっていけないので、COGEMA の装置では何も検出されない。したがって地元住民は、呼吸している空気の放射能濃度がどの位なのか知らずにいた。

フランス放射線防護原子力安全研究所 (IRSN) は、ラアーグ再処理工場周辺で、クリプトン 85 をブルームトレーサーに用い、高さ 100 メートルの排気筒から排ガスを放出する野外実験を 1997 年に開始した。この実験は拡散モデルの精度向上を目的としていた。

IRSN によると、ラアーグの排気筒からいくつかの異なる風下距離で、一つのブルームの通過経路における平均濃度 (通過時間を約 30 分として平均) が測定された。測定値は以下の通りである: 400 Bq/m³ (風下距離 400 メートル)、11 300 Bq/m³ (風下距離 500 メートル、ブルームが地表に到達しはじめる時)、26 800 Bq/m³ (風下距離 660 メートル)、25 000 Bq/m³ (風下距離 1 300 メートルと 2 480 メートル) [IRSN, 2004]。

IRSN によると、1997 年から 1998 年にかけて実施された 14 回の実験における大気中のクリプトン 85 濃度は最大 260 000 Bq/m³ である。これは放出率が 1 秒当たり 300 億 Bq の時に地表で測定された値である (下記のグラフ 5、6 参照)。

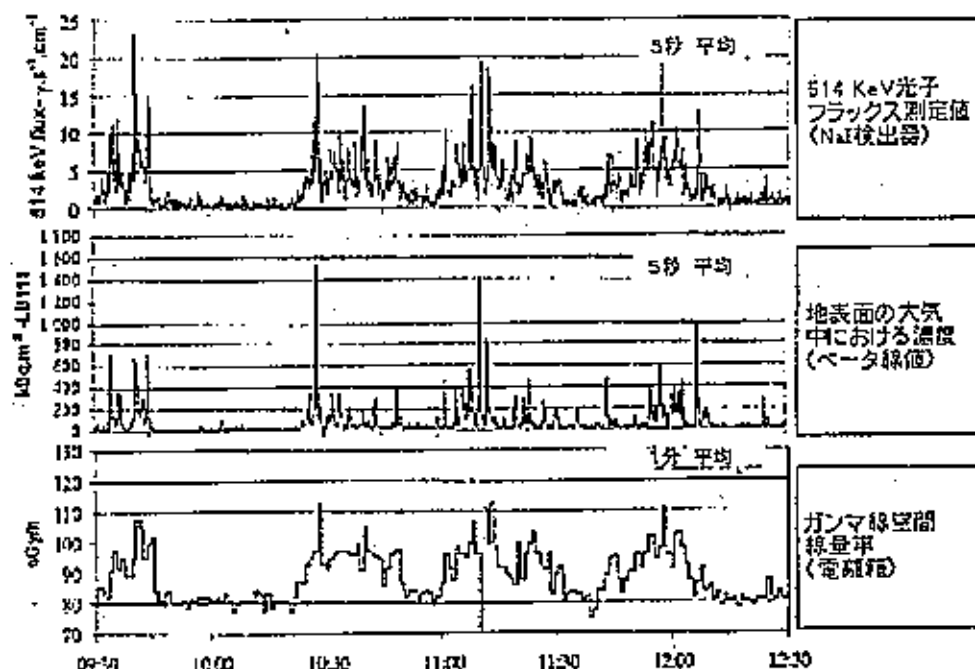
1998 年 4 月 23 日に実施された実験では、地表の大気中のクリプトン 85 濃度は、最大 62 000 Bq/m³ に達した (放出源から 575~2275 メートル、高度 100 メートルでの風速 15.1~16.8 m/秒) [Bouzon, 2002]。

2000 年 6 月 15 日に実施された実験では、地表の大気中のクリプトン 85 濃度は最大 200 000 Bq/m³ に達した (放出源から 1 800 メートル、平均風速 4.1 m/s) [Bouzon, 2002]。

再処理工場周辺では、大気中のクリプトン 85 濃度は非常に高い値 (一つのブルームの通過経路での平均値は 25 000 Bq/m³、ピーク値は 260 000 Bq/m³) に達する。

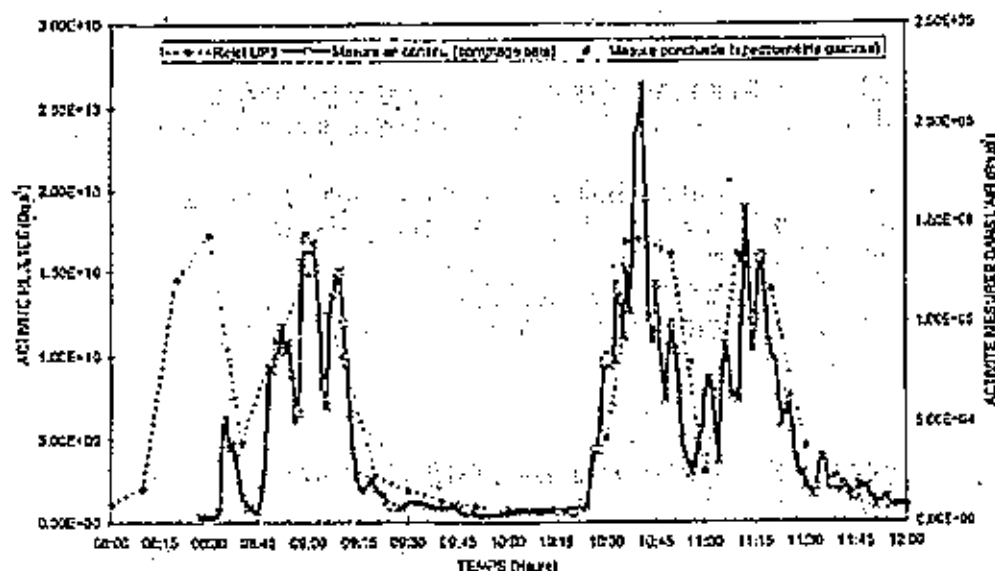
クリプトンは人々が実際に暮らしている集落を汚染する。そのため多くの科学者が、クリプトン汚染が健康と環境へ及ぼす悪影響を問題視している。

グラフ 5: 排気筒から 630m 地点でのリアルタイム測定値



資料出所: COGEMA ラーグ再処理工場から放出された
 クリプトン85 プルームによる野外実験/
 R. Guiraud and col. Journal of Environmental radioactivity 72 (2004) 137-144

グラフ 6: ラーグ再処理工場周辺の環境中におけるクリプトン 85 測定値



(IPSN-20th January 1999 - Harqueville)

資料出所: Comparaison des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique de Doury, de Pasquill et Caire
 avec les résultats des mesures du krypton 85 réalisées autour de l'usine de retraitement des
 combustibles irradiés de La Hague.

Report scientifique/IPSN/Department de protection de l'Environnement/ Rapport
 DPRE/SERNAT/00-21

7 クリプトン85の環境への影響

クリプトン85は際立った存在である。現在、大気中の人工放射性核種の濃度の大半はクリプトン85の寄与によるものであり、地球大気中でずっと増加傾向にある珍しい放射性核種の一つである。

7.1 健康への影響

クリプトン85の一回の壊変による被曝線量は小さいが、放出量がすさまじく大きい。再処理で発生する放射性核種のうち、放出量が最も大きいのがクリプトン85である(表2参照)。

フランスの放射線防護研究センター(CEPN)によると、ラアグ再処理工場周辺住民(100キロメートル圏内)の集団被曝線量のうち、1991年にUP3が放出した気体放射性廃棄物が占める割合は47%である[CEPN, 1995]。

クリプトン85は主にベータ線(最大エネルギーは687keV)を放出し、僅かにガンマ線も放出する核種である。

大気中へ放出されたクリプトン85による被曝線量を計算するとき、一般に事業者が考慮するのは以下の点だけである。

- ベータ線による皮膚の外部被曝
- ガンマ線による均等な全身被曝

皮膚被曝

1983年、英国放射線防護委員会(NRPB)は、クリプトン85を年間400,000テラベクレル放出すると、世界人口全体で5年に1件のガン死が発生し、毎年約50件の皮膚ガン(そのうち2年に1件が致死性)の増加が見込まれると推定した[Sumner, 2000]。

D.Sumnerは、現行のICRPのリスク係数とNRPBの計算式を用いて、ラアグ再処理工場が放出するクリプトン85による皮膚ガンの発生件数を計算し、毎年375件(90年代の放出実績を用いて計算)から600件(放出実績が公表されていなかったため、理論値から算出)の発生が見込まれるとしている[Sumner, 2000]。

全身被曝

クリプトン85のガンマ線エネルギーは514KeVで、大気中における平均自由行程は95メートルである。したがって放射能ブルーム(放射能雲)の下にいる人々は、それが地表まで到達していなくとも被曝する。

クリプトン85は主にベータ線を出して壊変し、ガンマ線の放出割合は0.4%に過ぎないため、(現行のICRPモデルによれば)クリプトン85による全身被曝線量は皮膚の被曝線量の1%に満たない。

例えば、IRSNは、ラアグ再処理工場周辺で、自然環境中の空間放射線率が85nGy/h(時間当たりナノグレイ)のとき、地表でのクリプトン85濃度が約25,000Bq/m³になると、ガンマ線量率が12~13nGy/h上昇するのを測定している[IRSN, 2004]。

現行のモデルは、ラアグ再処理工場付近の決定集団(クリティカル・グループ)が受けた総被曝線量のうち、その25%は大気中に放出されたクリプトン85(1995年の放出実績)による外部被曝であると推定している。

内部被曝

クリプトン85は肺を照射し、その一部は血液や脂肪に溶け込む(表5参照)。この内部被曝は現行の線量評価では計算されない。

Lassenは(クリプトン85の吸入によって)「肺と気管は最も高い放射線被曝を受ける決定器官とみなされるべきだ」としている[Lassen]。

決定器官とみなされるべきだ」としている[Lassen]。

Ellisは個人の被曝線量を実際に測定した結果、次のように述べている：「放射能が減衰するにつれ、その相対的な分布は胸部組織から下腹部、足の上部へと脂肪分が多い部位へと移行していく[Ellis, 1977]」。生殖腺も被曝するだろう。

クリプトン85はヒトの脂肪に溶け込む[Masson, 1967]。ヒトの脂肪に対するクリプトンの溶解度(Massonによると0.42)、あるいはオリーブ・オイルに対する溶解度(0.45)は、蒸留水や塩水(0.048~0.046)における値よりずっと高い[Kitani, 1972]。

したがってクリプトン 85 による健康への影響を問題にするときは、内部器官に対する被曝線量も考慮に入れるべきである。

表5: ヒト体内中におけるクリプトンの溶解度と内部被曝

1) 人体組織中におけるトリチウム、クリプトン 85、キセノン 133 の溶解度[Lassen]

溶解係数 組織: 大気

	トリチウム	クリプトン 85	キセノン 133
脂肪	0.06	0.54	1.7
血液	0.02	0.06	0.18
他の組織	0.02	0.06	0.13

2) クリプトン 85 の溶解係数[Kitani, 1972]

	クリプトン 85
蒸留水	0.0481
塩水(0.9%)	0.0458
レシチン	0.367
オリーブオイル	0.451

3) クリプトン 85 を短時間被曝したときの内部被曝線量[Ellis, 1977]

(肺中 $1\text{mCi}=3.7\text{E7Bq}$)

	被曝線量(μ グレイ)
肺	62
脂肪組織	19
他の組織	8

4) クリプトン 85 に短時間被曝したときの内部被曝線量[Lassen]

($1\mu\text{Ci}/\text{ml}$ のクリプトン 85 を 1 分間吸入)

	被曝線量(μ グレイ)
気管の粘膜	719
肺	273
脂肪組織	42
他の組織	5
生殖腺	5

7.2 環境への影響

多くの科学者が、クリプトン 85 濃度の上昇が気象と環境に悪影響を及ぼすことを懸念している。

大気中の電気組成

1976 年、国際空電会議クリプトン 85 作業部会において同部会の座長 Boeck は、クリプトン 85 の放出が海洋上での電気伝導を高めるだろうと警告した。地表あるいは水表面と電離層の間の電気抵抗が低下するだろう。離れた地域で生じた落雷が電気フィードバックで繋がるかもしれない。これは予期しない気候変動を引き起こすかもしれない[Graeb, 1994]。

チェコ科学アカデミーの研究者は次のように述べている：「この放射性ガスによる大気電離への寄与は、現在のところ約 0.5%と推定されている。しかし低レベル放射線の影響については依然として不確かさが存在し、大気の電離がさらに進めば、その当然の帰結として気候が変動すると予測される。したがって、さらなる放射能汚染は懸念を喚起するものである。クリプトン 85 に関する限り、燃料を再処理する時に回収・貯蔵すれば、状況を安定化できるだろう[Wilhelms, 1994]」。

エアロゾルの核化過程

リトアニアの研究者たちは次のように述べている：「核燃料産業は、環境中に様々な放射性物質を放出してきた。長寿命のものは大気中に蓄積され、直接的に、あるいは地球の気候変動という形で、人類に現実的な脅威を与えている(Styra and Butkus, 1991)。電離放射線が、イオンの帯電と中和によって生じるエアロゾルの核化過程にどのような影響を及ぼすかについては、多くの研究がなされている。しかし放射性物質が大気の電氣的性質と大気のアロゾル生成、そして輸送過程の特性にどう影響するかについては、さらに詳しい研究が必要である[Juozaitis, 1999]。」

別のリトアニアの研究者は以下を明らかにしている：「クリプトン 85 のベータ線による大気の電離は、気相反応と固体表面が関わる化学反応における二酸化硫黄の酸化を促進する。クリプトン 85 を試験用の容器に注入する実験では、きわめて短時間の内に、粒子が一時間あたり 10 ミクロンも成長することが記録されている[Juozaitis, 1999]。

1975 年の IAEA (国際原子力機関) の会議で、インドのトロンベイにある Bhabha (バーバ) 原子力研究センターの K. C. Vohara は、放射線との興味深い関係について報告している。

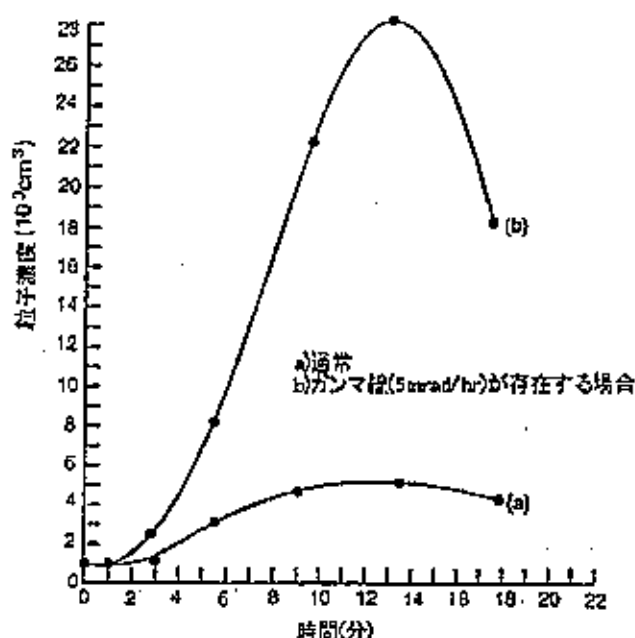
半径 2 キロメートルの範囲に、40MW (出力 4 万キロワット) の研究炉と石炭・石油を用いる火力発電所がある。Vohara は多種類の物質による化学反応によって、いわゆる凝結核が恒常的に形成されると仮定した。彼は実験を通してこの凝結核の形成が、太陽光あるいは宇宙線による影響下で、排ガス中の硫酸濃度を増大させることを確認している。

しかし、原子力発電所から放射性ガスが放出されると、凝結核の形成は促進される。二酸化硫黄はすぐに酸化されて三酸化硫黄に、そして硫酸となる。硫酸は凝結核の形成を速める。

Vohara の測定結果をグラフに示す[Vohara, 1975]。

グラフ 7: 凝結核の形成

Formation of Condensation Nuclei



オゾンの生成

またオゾンは、太陽光の影響がまったくなくとも、放射能によって大気下層で生成されうること
に留意されたい。したがって、すべての核分裂過程においてつくられるクリプトン 85 やキセノン
133 のような放射性不活性ガスは、有効なオゾン発生源である。とりわけ、
クリプトン 85 は長寿命で、地球規模で拡散し蓄積することから、有効な発生源である。

Kollert は、原子力発電所周辺における人工放射能による電離密度は、ある一定の期間、自然レ
ベルの 2 桁から 5 桁も上回るとしている。

放射性核種を含む空気の塊は遠くへと運ばれうる。Metznert によると、そのような汚染ブルー
ムは 50 マイルから 100 マイル以上も広がりうるという。

平方キロメートル当たりのオゾン生成量を比べると、再処理工場周辺のオゾン濃度は自然界よ
り数桁も高いだろう [Graeb, 1994]。

8 青森県で起こりうるクリプトン 85 汚染予測

8.1 モデルについて

クリプトン 85 の大気拡散について一回の測定に基づくケーススタディーによると、ヨーロッパの再処理工場からパルス的に放出されるクリプトン 85 は放出源から何百キロも離れた地点でも検出されうる [Weiss et al., 1986; Sartorius, 1995; Kalinowski, 1997]。したがって、六ヶ所再処理工場が放出するクリプトン 85 は青森市にも影響を及ぼすと考えられるだろう。

このことを広く一般に伝えるため、グリーンピースは GRIRAD にクリプトン 85 の拡散シミュレーションを依頼した。

シミュレーションに入る前に強調しておきたいのは、こうした拡散モデルからは大まかな予測しか得られないという点である。

例えばガウス型ブルーム拡散モデルは、地表の近くに放出源がある時の拡散は推定できるが、放出ガスの吹き上げが高い場合、ブルームは放出源から遠く離れないと地面に到達しないことになる。そのためこのモデルが有効なのは、放出源が低い（一般に 10 メートル以下）場合か、地表レベルでの拡散予測においてである。

放出源が地上から高いときの近距離（<4 キロメートル）での拡散について、その予測精度を向上させるため、フランスの放射線防護原子力安全研究所（IRSN）は、クリプトン 85 をブルームトレーサーにして、高さ 100 メートルの排気筒からガスを放出する野外実験を、1997 年よりラアーグ再処理工場周辺で実施している。

1997 年から 1998 年にかけて 14 回の実験が行われ、異なる風下距離（575～4500 メートル）と異なる気象条件で、地表レベルとブルーム中心軸でのクリプトン 85 濃度が測定された（Maro et al., 2001）。

全ての観測結果は、予想どおりガウス型拡散モデル（Doury, 1976）（Pasquill-Briggs, 1974, 1976）は近距離の予測には不適切であることを示した [IRSN]。

その後、IRSN はフランス気象庁と協力して、ラアーグにおけるクリプトン 85 の測定で得られた大気移行係数（ATC）と、ラグランジュ型拡散モデル（フランス電力庁が開発した DIFPAR モデルと ARIA Technologies が開発した SPRAY モデル）による予測を比較した。

地表レベル（放出源からの風下距離 575～2275 メートル）での測定は 1998 年 4 月 23 日に、標高が高い場所（最大標高 500 メートル）での測定は 2000 年 6 月 15 日に、それぞれ実施された。これらの実験から、風下距離、標高、気象条件に応じた ATC のデータが得られた。

1998 年 4 月の実験によると、地表レベルの予測では、DIFPAR モデルのほうが精度が高く、SPRAY モデルは ATC の値を 2 倍から 50 倍過小評価していた。

2000 年 6 月の実験によると、地表レベルでの予測値は、両モデルとも実測値より 10 倍低かった。

実際のブルームの広がり、モデル予測とは異なることに留意されたい。実測値では濃度が最大となるのは地表であり、これはブルームが地表に達してから反射していることを示している。しかし両モデルとも ATC クラスターの最大値を、実測値が示す地表ではなく、吹き上げ高さ 50 メートルに想定している [Bouzon, 2002]。

8.2 HYSPLIT モデル

HYSPLIT-4 (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory version 4) モデル²を用いて、六ヶ所再処理工場周辺におけるクリプトン 85 の拡散シミュレーションを行った。

モデルは NOAA³ の ARL READY Websites (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>) の READY システムを用いて、インターアクティブな方法で計算した。

大気拡散は風向と風力に影響される。異なる気象状況における拡散を予測するため、対象を 3 期間とし、NOAA の Air Resources Laboratory (大気資源研究所) の気象資料の集積から入手した実際の風のパラメータを使って計算した。

シミュレーション 1 では風は放射能ブルーム (放射能雲) を青森市の方向へ、シミュレーション 2 では太平洋の方向へ、シミュレーション 3 では弘前市の方向へ押し流している。

シミュレーション	計算開始時間	最多風向	風速範囲
1	2004 05 01 00h UTC (協定世界時)	南南西	1 ~ 10 m/秒
2	2003 10 29 00h UTC	西北西	1 ~ 16 m/秒
3	2003 07 11 06h UTC	無	0 ~ 3 m/秒

日付を除き、シミュレーション 1~3 は、同じパラメータを使って計算した。

拡散状況のあらましがわかるように、モデルは 17 キロ X 22 キロ平方の格子ごとの濃度を計算した。したがって濃度はこの領域で平均化されている。放出は 48 時間継続すると想定し、この間における 6 時間ごとの平均濃度を計算した。

8.2.1 パラメータ

1. 放出源

● 放出源の位置

点源：放出源の位置は六ヶ所再処理事業所とした（北緯 40° 55' 東経 141° 19' 60）。

高さ：放出源の高さの最高と最低は同じ位置とした（放出高度は 150 メートル）。

● 放出継続時間

どのシミュレーションも連続計算時間は 48 時間とし、6 時間毎の平均濃度を計算した。

● 放出量

² Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2003. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.

³ NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (USA).

JNFLによると六ヶ所再処理工場のクリプトン 85 の年間放出量（放出管理目標値）は 330 000 テラベクレルである。

シミュレーションでは、放出は継続的と想定した：年間 330 000 テラベクレルは、毎時 37.7 テラベクレルに相当する。シミュレーションでは毎時 37.7 テラベクレル ($3.77 \times 10^{13} \text{Bq}$) の放出が 48 時間継続すると想定した。

2. 濃度

6 時間ごとの濃度変動をみるため、濃度は 6 時間の平均値を求めた。

地表付近（地表から高さ 10 メートル）における濃度を定量するため、濃度計算地点の平均高度の最高は 10 メートル、最低は 0 メートルを選定した。

3. 沈着

クリプトン 85 は気体である。六ヶ所再処理工場からガス状で放出されるクリプトン 85 のほとんどは大気中にとどまり、地表面に沈着しない。

シミュレーションでは、放出されたクリプトン 85 は全て大気中にとどまると想定した（降雨などによらない沈着速度：0 メートル/秒；降雨などによる沈着はないと想定）

8.2.2 計算結果

各シミュレーションのコントロールファイルを本報告書の巻末に示す。

拡散図には各シミュレーション計算の第 4 番目（放出後 18～24 時間）と最終（放出後 42～48 時間）を示す。

クリプトン 85 濃度の単位は大気 1 立方メートル当たりベクレル (Bq/m^3) である。

JNFL/青森県のモニタリング計画の欠落点

これらのシミュレーションによれば、六ヶ所再処理工場周辺地域では、22 キロメートル×17 キロメートル平方における 6 時間ごとのクリプトン 85 の平均濃度は、それぞれの気象パラメータにおいて、約 $62 \sim 1400 \text{Bq/m}^3$ となる（それぞれにおいて、濃度は核燃料サイクル施設に近づくほど高くなる）。

この平均値はバックグラウンドの 40～930 倍である。

JNFL は放射性ガス濃度を測定しているが、その検出限界は高い（約 2000Bq/m^3 、なおベータ線放出核種の測定結果はクリプトン 85 換算で表されている）。

したがって JNFL のモニタリングシステムでは、敷地外の大気中におけるクリプトン 85 濃度がバックグラウンドの 900 倍まで上昇しても検出されない（クリプトン 85 のバックグラウンド値は 2Bq/m^3 以下）。

これらのシミュレーションによれば、青森市でも大気中におけるクリプトン 85 濃度がバックグラウンドの 50 倍になるかもしれない（例えばシミュレーション 1 では 77Bq/m^3 ）。

気象研究所（MRI、茨城県つくば市）によると、1995 年から 2001 年にかけて、同市におけるクリプトン 85 のバックグラウンド値は約 $1.2 \sim 1.3 \text{Bq/m}^3$ だった [Igarashi, 2001]。この数値との比較は興味深い。

MRI は、クリプトン 85 濃度の上昇を頻繁に観測している。その最高値は 15Bq/m^3 である。日本の研究者は次のように述べている：「MRI の北東約 60 km のところに、核燃料サイクル機構（JNC）

が運営する東海再処理工場がある。同工場が放出するガスは、MRI で観測されるクリプトン 85 濃度に影響しうる。しかし東海再処理工場の再処理量は、通常、年間 90 トンと比較的小さい。同工場からのクリプトン 85 の年間放出量は、1995 年は約 12 ペタベクレル (1.2×10^{15} ベクレル)、1996 年は約 9 ペタベクレル (9×10^{14} ベクレル) と報告されている。濃度上昇事象の気象学的分析と簡単なモデル・シミュレーションは、各地で行われている。東海再処理工場は、1997 年にアスファルト固化施設における事故で操業を停止したため、2000 年まで濃度上昇は検出されなかった。

六ヶ所再処理工場が放出するクリプトン 85 の量は、東海再処理工場の 10 倍であることから、青森市の大気中におけるクリプトン 85 濃度は、東海再処理工場から 60 km 離れた MRI での測定値より、ずっと高くなる（たとえば 15 Bq/m^3 ではなく 150 Bq/m^3 ）と予測できるだろう。

JNFL のモニタリング装置では、これらのシミュレーションで予測される放射能ブルーム（放射能雲）の濃度は検出されないだろう。

さらに JNFL と青森県のモニタリングステーション配置図によれば、六ヶ所再処理工場の排気筒直下の風下には測定装置が設置されていない。

シミュレーションの限界

シミュレーションでは、クリプトン 85 の放出率が毎時 3.77×10^{13} ベクレルで、48 時間継続して放出されると想定し、その空気中濃度を計算した。

使用済み核燃料中に閉じ込められていたクリプトン 85 は、燃料のせん断から溶解に至る工程で発生し、施設外へ放出されることに留意されたい。

ラアグ再処理工場のクリプトン 85 の放出ダイナミックスは、30 分ごとの定期放出（第 8 章のグラフ参照）であり、通常の放出率は毎秒 $1 \sim 3 \times 10^{10}$ ベクレルである。せん断/溶解工程中は 1 時間あたり $1.8 \sim 5.4 \times 10^{13}$ ベクレルの割合でクリプトンが放出され、次の燃料のせん断/溶解までは放出量が低下する。

本シミュレーションでは、一定の割合の放出が継続すると想定して計算したが、実際には、放出ピーク時の六ヶ所村及び青森県の上空における濃度は、ずっと高くなるだろう。逆に工場が夜間は運転しないのであれば、平均値を過大評価している可能性がある。

モデル計算における不確実さを考慮すると、実際の値と計算値との誤差は桁違いになることに留意されたい。実際の放出ダイナミックス、ブルームの地表からの反射、同地方の正確な気象データ、地形による影響、気温の逆転層による影響、計算領域の細分化、近距離での有効性……等を考慮に入れた詳しい計算がなされなければならない。

ラアグ再処理工場周辺での測定値にもとづけば、六ヶ所再処理工場周辺住民はクリプトン 85 の濃度が非常に高い空気（ひとつのブルームが通過するときの平均値は $25,000 \text{ Bq/m}^3$ 、ピーク値は $260,000 \text{ Bq/m}^3$ ）を吸入することになると予測していいだろう。

六ヶ所再処理工場周辺におけるクリプトン85の拡散モデル
(48時間連続放出と想定)

シミュレーション1-4 (t+18h~t+24h)

最多風向: 南南東

風速範囲: 1~10m/秒

FNL Archive Wind Rose

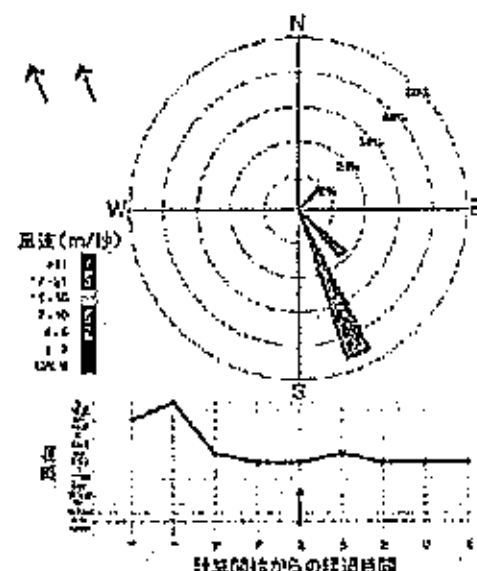
緯度: 40.92 経度: 141.33

地上10m

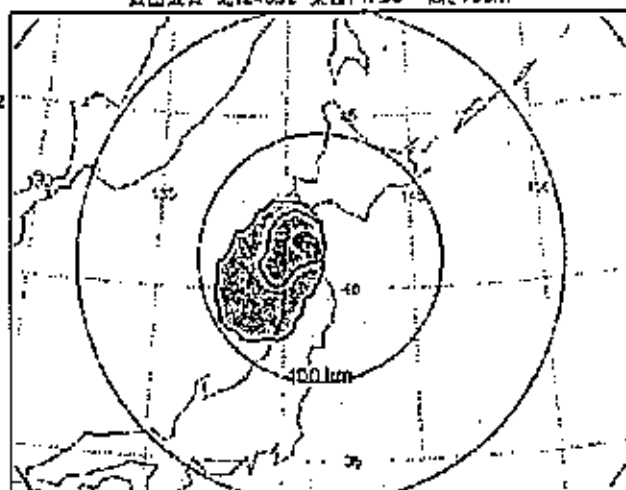
データ開始時間: 2004.05.01 00Z 計算開始時間: 2004.05.01 00Z

NOAA AIR RESOURCES LABORATORY

READY Web Server



NOAA HYSPLITモデル
地上0m~10mの平均濃度(重量/m³)
総和: 2004.05.01 18:00~05.02 00:00 (UTC)
放出開始: 2004.05.01 00:00 (UTC)
放出地点: 北緯40.92 東経141.33 高さ150m



Job ID: 416532 Job Start: Tue May 11 12:22:27 GMT 2004
放出源: 緯度: 40.91666 経度: 141.3333 高さ: 150~150m
Release ID: Rate: 3.77e+13 unit/hr 連続放出時間: 48時間
放出開始(YY MM DD): 04 05 01 00 汚染物質の平均/総和時間: 6時間
拡散速度: 0cm/秒 雨などによる減衰: 無 気象データ: FNL
NOAA ARL (<http://www.arl.noaa.gov/ready/>) のHYSPLITモデルを使用

六ヶ所再処理工場周辺におけるクリプトン85の拡散モデル

シミュレーション1-8 (t+42h to t+48h)

最多風向: 南南東

風速範囲: 1~10m/秒

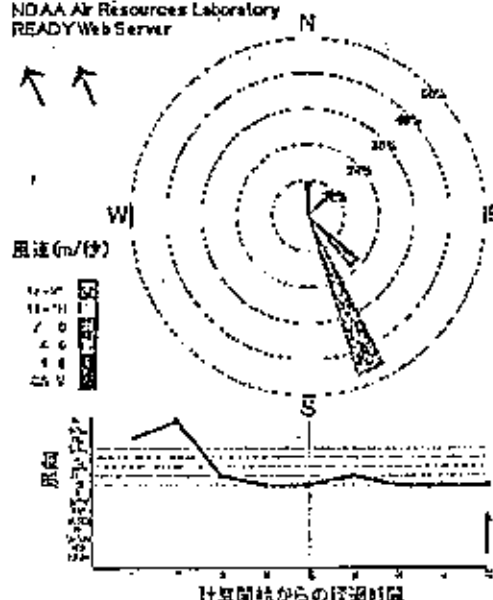
FNL Archive Wind Rose

緯度: 40.92 経度: 141.33

地上10m

データ開始時間: 2004.05.01 00Z

計算開始時間: 2004.05.01 00Z

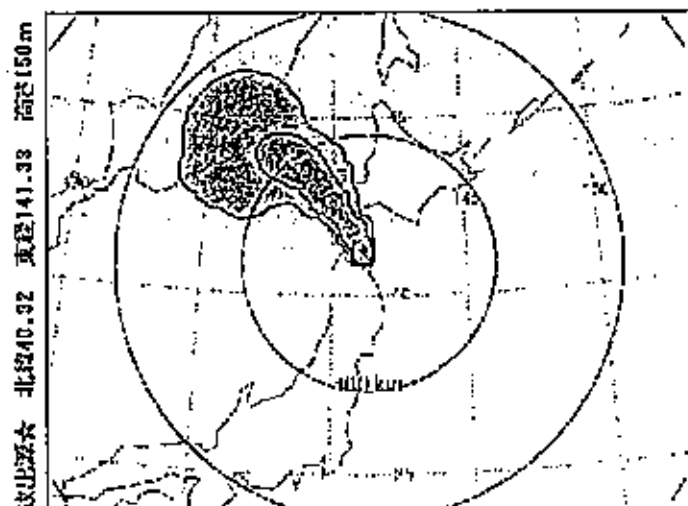
NOAA Air Resources Laboratory
READY Web Server

NOAA HYSPLITモデル

地上0m~10mの平均濃度(重量/m³)

総和: 2004.05.01 18:00~05.02 00:00 (UTC)

放出開始: 2004.05.01 00:00 (UTC)



Job ID: 416532 Job Start: Tue May 11 12:22:27 GMT 2004
放出源: 緯度: 40.91666 経度: 141.3333 高さ: 150~150m
Release ID: Rate: 3.77e+13 unit/hr 連続放出時間: 48時間
放出開始(YY MM DD): 04 05 01 00
汚染物質の平均/総和時間: 6時間 拡散速度: 0cm/秒
雨などによる減衰: 無し
気象データ: FNL
NOAA ARL (<http://www.arl.noaa.gov/ready/>) のHYSPLITモデルを使用

六ヶ所再処理工場周辺におけるクリプトン85の拡散モデル
(48時間連続放出と想定)

シミュレーション2-4 (t+18h ~ t+24h)

最多風向: 西北西

風速範囲: 1~16 m/秒

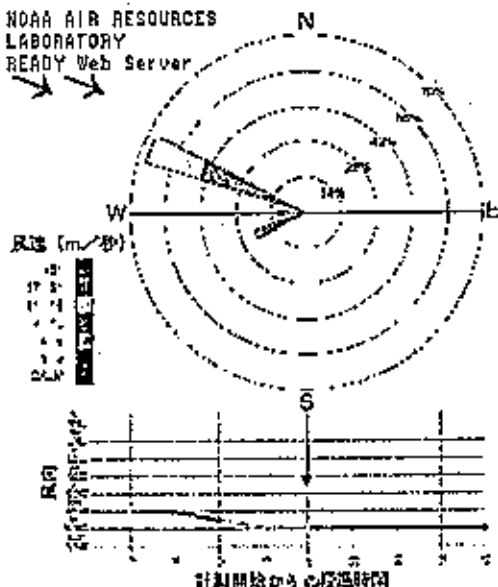
FNL Archive Wind Rose

緯度: 40.92 経度: 141.33

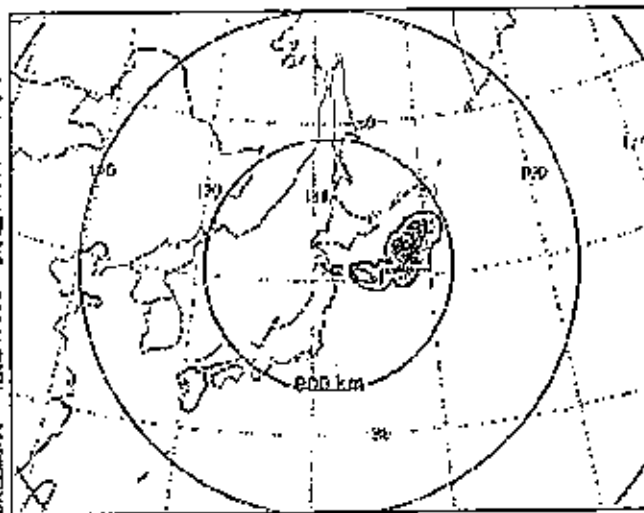
地上: 10m

データ開始時間: 2003.10.16 00Z

計算開始時間: 2003.1

NOAA AIR RESOURCES
LABORATORY
READY Web Server

放出源★ 北緯40.92 東経141.33 高さ150m



Job ID: 4.10724 Job Start: Fri May 14 06:17:00GMT 2004
放出源: 緯度: 40.91000 経度: 141.3333 高さ: 150-150m
Release ID: Rate: 2.77e+13 unit/hr
連続放出時間: 48時間
放出開始時刻: MM DD HH: 03 10 29 00
汚染物質の平均/最大時間: 00707
拡散係数: 0.0 m²/s
地形による反射: なし
気象データ: FNL
NOAA ARL Url: <http://www.arl.noaa.gov/ready/> CHNPRITEモデルを使用

シミュレーション2-8 (t+42h ~ t+48h)

最多風向: 西北西

風速範囲: 1~16 m/秒

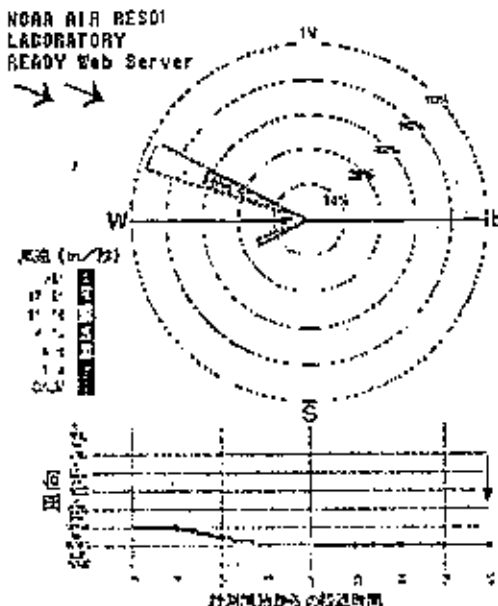
FNL Archive Wind Rose

緯度: 40.92 経度: 141.33

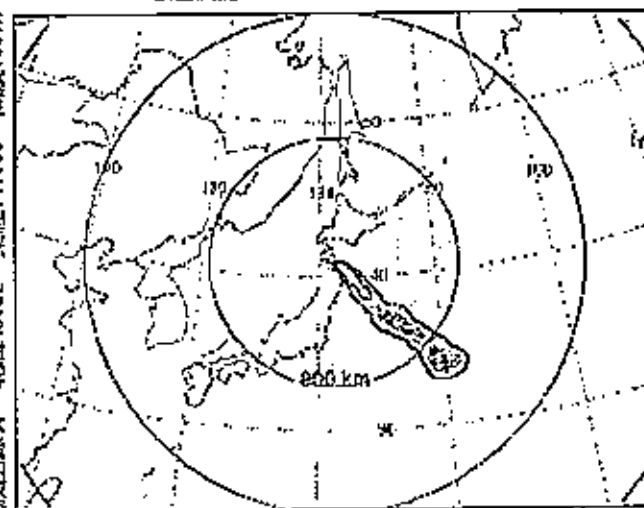
地上: 10m

データ開始時間: 2004.10.16 00Z

計算開始時刻: 2004.10.29 00Z

NOAA AIR RESO
LABORATORY
READY Web Server

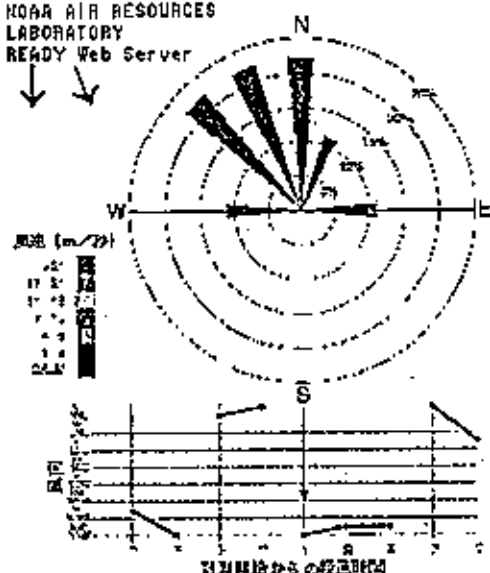
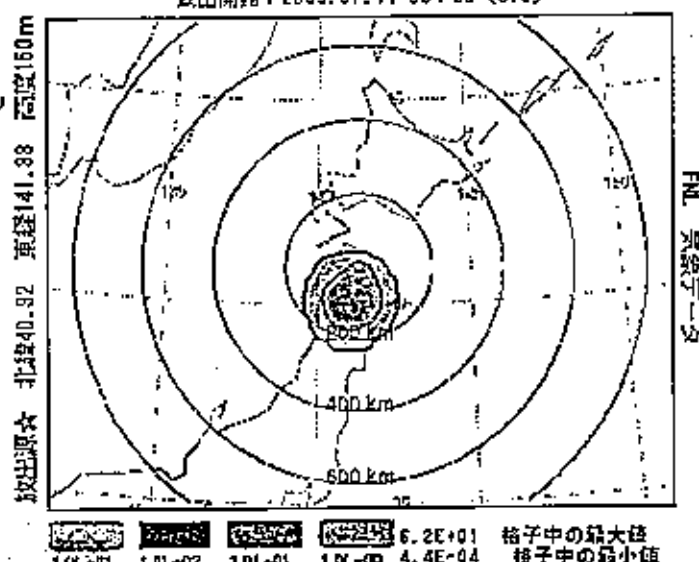
放出源★ 北緯40.92 東経141.33 高さ150m



Job ID: 4.10724 Job Start: Fri May 14 06:17:00GMT 2004
放出源: 緯度: 40.91000 経度: 141.3333 高さ: 150-150m
Release ID: Rate: 2.77e+13 unit/hr
連続放出時間: 48時間
放出開始時刻: MM DD HH: 03 10 29 00
汚染物質の平均/最大時間: 00707
拡散係数: 0.0 m²/s
地形による反射: なし
気象データ: FNL
NOAA ARL Url: <http://www.arl.noaa.gov/ready/> CHNPRITEモデルを使用

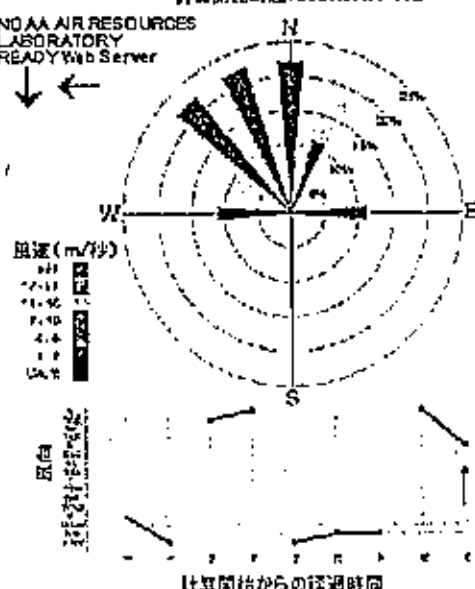
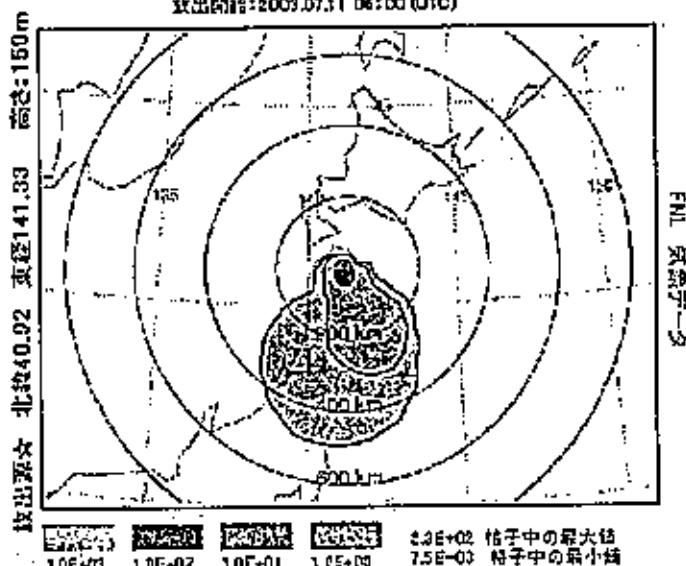
六ヶ所再処理工場周辺におけるクリプトン85の拡散モデル
(48時間連続放出と想定)

シミュレーション3-4 (t+18h~t+24h)

最多風向: 無
風速範囲: 0~3m/秒FNL Archive Wind Rose
緯度: 40.92 経度: 141.38
地上 10mデータ開始時間: 2003.07.11 00Z
計算開始時間: 2003.07.01 06ZNOAA AIR RESOURCES
LABORATORY
READY Web ServerNOAA HYSPLITモデル
地上0m~10mの平均速度(質量/m3)
総和: 2003.07.12 00:00~07.12 06:00 (UTC)
放出開始: 2003.07.11 06:00 (UTC)

Job ID: 416543 Job Start: Tue May 11 12:41:45GMT 2004
放出経: 緯度:40.91666 経度:141.3333 高さ:150-150m
Release ID: Rate: 3.77e+13 unit/hr 連続放出時間: 48時間
放出開始YY MM DD HH:MM:SS 2003 07 11 06
汚染物質の平均/総和時間: 624分
総和時間: 00m/秒
雨などによる減衰: なし
気象データ: FNL
NOAA ARL <http://www.arl.noaa.gov/ready/> のHYSPLITモデルを採用

シミュレーション3-8 (t+42h~t+48h)

最多風向: 無
最多風向: 無FNL Archive Wind Rose
緯度: 40.92 経度: 141.33
地上 10mデータ開始時間: 2003.07.01 00Z
計算開始時間: 2003.07.11 06ZNOAA AIR RESOURCES
LABORATORY
READY Web ServerNOAA HYSPLITモデル
地上0m~10mの平均速度(質量/m3)
総和: 2003.07.13 00:00~07.13 06:00 (UTC)
放出開始: 2003.07.11 06:00 (UTC)

Job ID: 416548 Job Start: Tue May 11 12:41:15GMT 2004
放出経: 緯度:40.91666 経度:141.3333 高さ:150-150m
Release ID: Rate: 3.77e+13 unit/hr 連続放出時間: 48時間
放出開始YY MM DD HH:MM:SS 2003 07 11 06 汚染物質の平均/総和時間: 6時間
総和時間: 00m/秒 雨などによる減衰: なし 気象データ: FNL
NOAA ARL <http://www.arl.noaa.gov/ready/> のHYSPLITモデルを採用

SIMULATION 1 : CONTROL FILE

04 05 01 00	STARTING YEAR MONTH DAY HOUR
2	NUMBER OF SOURCE LOCATIONS
40.91666 141.3333 150	SOURCE LATITUDE LONGITUDE HEIGHT (m-aq)
40.91666 141.3333 150	SOURCE LATITUDE LONGITUDE HEIGHT
48	TOTAL RUN TIME (hours)
0	USE MODEL VERTICAL VELOCITY
10000.0	TOP OF MODEL DOMAIN (m-aq)
1	NUMBER OF INPUT DATA GRIDS
/pub/archives/fmt/ current15days.nh	
1	NUMBER OF DIFFERENT POLLUTANTS
	POLLUTANT IDENTIFICATION
3.77e+13	EMISSION RATE (per hour)
48	HOURS OF EMISSION
04 05 01 00 0	RELEASE START TIME: YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
1	NUMBER OF CONCENTRATION GRIDS
40.91666 141.3333	CONC GRID CENTER LATITUDE LONGITUDE
20 20	CONC GRID SPACING (degrees) LATITUDE LONGITUDE
40 60	CONC GRID SPAN (degrees) LATITUDE LONGITUDE
/pub/ready/trvsolitar/ cdump.416532	
2	NUMBER OF VERTICAL CONCENTRATION LEVELS
0 10	HEIGHT OF EACH CONCENTRATION LEVEL (m-aq)
04 05 01 00 0	SAMPLING START TIME: YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
10 01 31 24 60	SAMPLING STOP TIME: YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
0 6 0	SAMPLING INTERVAL: TYPE HOUR MINUTE
1	NUMBER OF DEPOSITING POLLUTANTS
0 0 0 0 0 0	PARTICLE: DIAMETER (um), DENSITY (g/cc), SHAPE
0 0 0 0 0 0 0 0 0	DEP VEL (m/s), MW (g/mole), SEC REACT. RATIO, DIFFUSIVITY RATIO, HENRY'S CONSTANT
0 0 0 0 0 0	WET REMOVAL: HENRY'S (Molar/atm), IN-CLOUD (1/s), BELOW-CLOUD (1/s)
0	RADIOACTIVE DECAY HALF-LIFE (days)
0 0	POLLUTANT RESUSPENSION (1/m)

ISPECTROGREENPEACE JKrypton 85 reportVent de sud-estCONTROL-416532.xls

SIMULATION 2 : CONTROL FILE

03 10 29 00	STARTING YEAR MONTH DAY HOUR
	2 NUMBER OF SOURCE LOCATIONS
40.91666 141.3333 150	SOURCE LATITUDE LONGITUDE HEIGHT(m-asl)
40.91666 141.3333 150	SOURCE LATITUDE LONGITUDE HEIGHT
	48 TOTAL RUN TIME (hours)
	0 USE MODEL VERTICAL VELOCITY
10000.0	TOP OF MODEL DOMAIN (m-asl)
	2 NUMBER OF INPUT DATA GRIDS
/pub/archives/fnl/	
fnl.nh.oct03.002	
/pub/archives/fnl/	
fnl.nh.nov03.001	
	1 NUMBER OF DIFFERENT POLLUTANTS
	POLLUTANT IDENTIFICATION
3.77e+13	EMISSION RATE (per hour)
	48 HOURS OF EMISSION
03 10 29 00 0	RELEASE START TIME YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
	1 NUMBER OF CONCENTRATION GRIDS
40.91666 141.3333	CONC GRID CENTER LATITUDE LONGITUDE
20 20	CONC GRID SPACING (degrees) LATITUDE LONGITUDE
40 60	CONC GRID SPAN (degrees) LATITUDE LONGITUDE
/pub/ready/invsolitar/	
cdump.416724	
	2 NUMBER OF VERTICAL CONCENTRATION LEVELS
0 10	HEIGHT OF EACH CONCENTRATION LEVEL (m-asl)
03 10 29 00 0	SAMPLING START TIME YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
10 01 31 24 60	SAMPLING STOP TIME YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
0 6 0	SAMPLING INTERVAL TYPE HOUR MINUTE
	1 NUMBER OF DEPOSITING POLLUTANTS
0 0 0 0 0 0	PARTICLE DIAMETER (um), DENSITY (g/cc), SHAPE
0 0 0 0 0 0 0 0	DEP VEL (m/s), MW (g/mole), SEC REACT. RATIO, DIFFUSIVITY RATIO, HENRY'S CONSTANT
0 0 0 0 0 0	WET REMOVAL HENRY'S (Mol/atm), IN-CLOUD (1/s), BELOW-CLOUD (1/s)
	0 RADIOACTIVE DECAY HALF-LIFE (days)
0 0	POLLUTANT RESUSPENSION (1/m)

WSPECTROIGREENPEACE JKrypton 85 report/Vent d'ouest(CONTROL-416724.xls)CONTROL.416724

SIMULATION 3 : CONTROL FILE

03 07 11 06	STARTING YEAR MONTH DAY HOUR
2	NUMBER OF SOURCE LOCATIONS
40.91665 141.3333 150	SOURCE LATITUDE LONGITUDE HEIGHT (m-aql)
40.91665 141.3333 150	SOURCE LATITUDE LONGITUDE HEIGHT
48	TOTAL RUN TIME (hours)
0	USE MODEL VERTICAL VELOCITY
10000.0	TOP OF MODEL DOMAIN (m-aql)
2	NUMBER OF INPUT DATA GRIDS
/pub/archives/fnl/	
fnl.nh.ku03.001	
/pub/archives/fnl/	
fnl.nh.ku03.002	
1	NUMBER OF DIFFERENT POLLUTANTS
	POLLUTANT IDENTIFICATION
3.77e+13	EMISSION RATE (per hour)
48	HOURS OF EMISSION
03 07 11 06 0	RELEASE START TIME: YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
1	NUMBER OF CONCENTRATION GRIDS
40.91665 141.3333	CONC GRID CENTER LATITUDE LONGITUDE
20 20	CONC GRID SPACING (degrees) LATITUDE LONGITUDE
40 60	CONC GRID SPAN (degrees) LATITUDE LONGITUDE
/pub/ready/hysplitarc/	
cdump.416548	
2	NUMBER OF VERTICAL CONCENTRATION LEVELS
0 10	HEIGHT OF EACH CONCENTRATION LEVEL (m-aql)
03 07 11 06 0	SAMPLING START TIME: YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
10 01 31 24 60	SAMPLING STOP TIME: YEAR MONTH DAY HOUR MINUTE
0 6 0	SAMPLING INTERVAL: TYPE HOUR MINUTE
1	NUMBER OF DEPOSITING POLLUTANTS
0.0 0.0 0.0	PARTICLE DIAMETER (um), DENSITY (g/cc), SHAPE
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	DEP VEL (m/s), MW (g/Mole), SFC REACT. RATIO, DIFFUSIVITY RATIO, HENRY'S CONSTANT
0.0 0.0 0.0	WET REMOVAL: HENRY'S (Molar/atm), IN-CLOUD (L/L), BELOW-CLOUD (1/s)
0	RADIOACTIVE DECAY HALF-LIFE (days)
0.0	POLLUTANT RESUSPENSION (1/m)

WSPECTROIGREENPEACE JKrypton 85 report\Vent faibie\CONTROL-416548.xls\CONTROL416548

The authors gratefully acknowledge the NOAA Air Resources Laboratory (ARL) for the provision of the HYSPLIT transport and dispersion model and/or READY website (<http://www.arl.noaa.gov/ready.html>) used in this publication.

謝辞:

本報告書のなかで NOAA の大気資料研究室が開発した HYSPLIT の輸送・拡散モデルと READY ウェブサイトを使用した。NOAA に感謝する。

参考文献

[Boeck, 1976] W.L. Boeck / Meteorological Consequences of Atmospheric Krypton 85 / Science, 193. July 16, 1976, p. 195-197.

[Bouzon, 2002] Comparison of Lagrangian Atmospheric Dispersion Models (DIFPAR, SPRAY) with $^{85}\text{Krypton}$ Measurements taken around La Hague Spent Fuel Reprocessing Plant / Michel Bouzon and col. / 8th Int. Conf. On Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. / The National Institute of Meteorology and Hydrology, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria 14-17 October 2002.

[CEPN, 1995] Centre d'Etude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire. / Report N° 234 Nuclear Fuel Cycle / Estimation of Physical Impacts and monetary valuation for priority pathways. / M. Dralcer et al. / February 1995.

[CRIIRAD, 1995] Chareyron B., Contrôles Radiologiques dans l'environnement des Installations nucléaires de la Hague / Décembre 1995.

[Ellis, 1977] Ellis et al. / Kinetics of inhaled krypton in man / Health Physics / Pergamon Press 1977 Vol. 33 (december), pp 512-522.

[Graeb, 1994] Ralph Graeb, The Petkau Effect/ Four Walls Eight Windows / New York, 1994.

[Igarashi, 2001] Igarashi et al. / ^{85}Kr measurement system for continuous monitoring at the Meteorological Research Institute, Japan / J. Environ. Monit., 2001, 3, 686-696.

[IRSN, 2002] D. Maro and col. / Actes du congrès ECORAD, 3-7 sept 2001, Aix en Provence, France / Radioprotection - Colloques, volume 37, C1-1277 / C1-1282 (2002).

[IRSN, 2004] R. Gurririan and col. / In situ metrology of ^{85}Kr plumes released by the COGEMA la Hague nuclear reprocessing plant / Journal of Environmental Radioactivity 72 (2004) 137-144.

[Juozaitis, 1999] Juozaitis et al. / Effects of Krypton-85 beta radiation on air ionization and aerosol transformation processes. / J. Aerosol Sci. Vol.30, Suppl 1, pp S133-S134, 1999.

[Kitani, 1972] K. Kitani / Solubility Coefficients of $^{85}\text{Krypton}$ and $^{133}\text{Xenon}$ in Water, Saline, Lipids and Blood / Scand. J. clin. Lab. Invest. 29, 167-172, 1972.

[Lassen] N.A. Lassen / Assessment of tissue radiation dose in clinical use of radioactive inert gases, with examples of absorbed doses from $^3\text{H}_2$, ^{85}Kr and ^{133}Xe / Department of Clinical Physiology / Bispebjerg Hospital / Copenhagen.

[Masson, 1967] M.B.R. Masson et al. / Solubility of Krypton-85 in Olive Oil and Human Fat / Phys. Med. Biol. 1967, VOL. 12, NO. 1, 93-98.

[Sumner, 2000] D. Sumner / Rejets radioactifs de la Hague / May 23rd 2000 / GREENPEACE

[Turkevich, 1997] The radioactivity of atmospheric krypton in 1949-1950 / Anthony Turkevich and col. / Proc. Natl. Acad. Sci. USA / Vol 94, pp. 7807-7810, July 1997.

[Vohra, 1975] K.G. Vohra / Combined Effects of Radioactive Chemical and Thermal Releases on the Environment / Symposium held in Stockholm June 2-5, 1975, IAEA, Vienna 1975, p. 209-221.

[Wilhelmova, 1994] The Measurement of Low Concentrations of Kr-85 in Atmospheric Air Samples / Lumila Wilhelmova and col. / Institute of Radiation Dosimetry, Czech Academy of Sciences / in : Biological Trace Element Research / 1994 by Humana Press Inc.

謝辞

本書は、グリーンピースがフランスの研究所 CRIRAD に委託し、先に英文でまとめられた報告書（「RADIOLOGICAL SITUATION OF THE ENVIRONMENT AT ROKKASHO BEFORE START OF THE REPROCESSING PLANT: KRYPTON85」）の日本語版です。本書の翻訳と作成にあたりましては、多くの方々からご協力とご助言を頂戴いたしました。

古川路明氏（名古屋大学名誉教授）には全体の監修をしていただきました。小出裕章氏（京大原子炉実験所）には専門用語の翻訳と解釈の面で多大なご協力とご教示をいただきました。佐々木研一氏（立教大学）には貴重なご助言をいただきました。グリーンピースのボランティアの方々には大切なお時間を本書の作成のために提供していただきました。この場を借りて深くお礼を申し上げます。ありがとうございました。

なお日本語版の文責はグリーンピース・ジャパンにあります。

GREENPEACE

2004 年 10 月

発行: 特定非営利活動法人 グリーンピース・ジャパン
〒160-0023 東京都新宿区西新宿 8-13-11 N・F ビル 2 階
TEL 03-5338-9800 FAX 03-5338-9817
<http://www.greenpeace.or.jp/>

グリーンピースは、1971 年、米国の核実験に反対する学生らがカナダから抗議の船を出したことがきっかけとなり、誕生した国際環境保護 NGO です。現在オランダ・アムステルダムに本部、世界 38 カ国に支部を置き、核問題、地球温暖化、原生林保護、有害物質、海洋生態系問題に取り組んでいます。ぜひ、ご支援ください。
