

燃料サイクルに含まれない 小規模施設の デコミッショニング戦略と 関心事

小規模原子力施設のデコミッショニングに関わる 政策立案者、運転者、廃棄物管理者、 および他の関係者にとっての重要点

ミシェル・ラライア (Michele Laraia)

デコミッショニングに関する既存のほとんどの技術文献は、原子力発電所、再処理工場、および比較的大きな原型炉、研究炉、試験炉などの、大型原子力施設の除染と解体に関する技術および他の問題を対象にしている。しかし、大多数の原子力施設は、より小型かつ単純であり、そのデコミッショニングにおける放射線リスクは比較的小さいかもしれない。臨界集合体、病院や研究所の放射線診断・療科、および放射性物質を使用する工場などの、燃料サイクルに含まれない施設は、デコミッショニング、廃棄物管理、および施設の運転寿命後の関連する安全問題について、訓練を受けていないまたは不慣れた使用者が運転していることが多い。実際、そのような使用者は、デコミッショニングは瑣末で優先度の低い活動であるという誤った認識をしばしば持っていた。また、小線源の使用者の多くにとって、放射線利用は業務またはプロセス全体において副次的である。そのような使用者は、運転安全要件に従ったとしても、彼らの関心や責任はそのレベルにとどまるかもしれない。

このような状況下で、デコミッショニングにおける最低限の要件と戦略さえも無視され、その結果不十分なコストと遅延がもたらされ、線源喪失などの

安全問題が起きる可能性が大いにある。実際に、罪のない人が負傷したり、リスクにさらされたりする出来事が起きている。

包括的な記録が存在しないため、世界中にある小規模施設の数を確定するのは難しい。国際原子力機関 (IAEA) による最近の調査に基づく推定結果を、表 1 に示す。この表に示されるように、小規模原子力施設の数是非常に多い。このことから、特に規制手段が限られる国において、高放射能物質が放棄され、やがて散乱して公衆に危害を与えるリスクが示唆される。残念ながら、この傾向は何年かにわたって見られている。

一部の加盟国での経験を活用して、政策立案者、運転者、廃棄物管理者、および他の関係者は、小規模原子力施設のデコミッショニングにおける重要点を知っておくべきである^[1]。

施設の種類

本記事では、放射性物質と線源を製造、操作、または使用する医療、工業、および研究施設に関するあらゆる問題について論じる。下記の種類の施設を対象とする。

表 1：世界の小規模原子力施設の推定数

地 域	アフリカ			東アジア			欧 州			南米	北米	西アジア	全 世 界		
	先進国	発 展 途上国	合 計	先進国	発 展 途上国	合 計	先進国	発 展 途上国	合 計	発 展 途上国	先進国	発 展 途上国	先進国	発 展 途上国	合 計
国数	1	37	38	4	21	25	19	30	49	29	2	14	26	127	153
人口（百万人）	43	689	733	154	3214	3368	513	314	826	511	313	211	1023	4940	5963
GNP（十億ドル）	369	1221	1590	3349	9942	13291	10596	2376	12973	3560	10738	732	25052	17796	42848
GNP/人口（ドル）	8500	1771	2170	21758	3093	3946	20665	7576	15697	6962	34296	3467	24487	3603	7186
面積（km ² ）	1220	23362	24582	645	20326	20971	20352	2651	23002	19727	18380	8282	40596	74347	114943
施 設															
医 療															
核医学科	19	76	95	596	1067	1663	1016	859	1875	1016	1909	157	3540	3167	6707
放射線診断法	0	0	0	0	4913	4913	0	0	0	0	13855	11500	13855	16413	30268
ガンマ線カメラ	0	87	87	3005	874	3879	3740	605	4345	953	8940	166	15685	2685	18370
サイクロトロン	1	1	2	39	18	57	86	9	95	6	76	6	202	40	242
遠隔療法 (Co-60、Cs-137)	20	75	95	21	711	732	251	313	564	368	199	140	491	1602	2093
小線源照射療法	14	72	86	13	391	404	561	152	713	248	1074	28	1662	888	2550
工 業															
工業用照射装置	1	7	8	3	42	45	17	11	28	14	29	7	50	81	131
工業用 ラジオグラフィ	0	146	146	401	1191	1593	11438	386	11824	547	12470	528	24309	2757	27066
発光用途	0	0	0	0	0	0	267	0	267	0	291	0	558	0	558
計器など	0	394	394	1081	3209	4289	57191	878	58069	3138	62350	541	120621	8108	128729
研 究															
医療、工業、 教育施設	23	271	294	743	2207	2950	77526	506	78032	153516	84518	0	162810	156499	319310

放射線療法科を持つ医療施設と、診断と治療のために放射性同位元素を使用する医療施設。

照射（照射装置）やラジオグラフィなどを用いる工業施設。放射性核種の利用には、化合物の生産と標識化、殺菌、水処理、食品照射、放射性物質（おもに密封線源）を利用した測定と校正、石油探鉱、非破壊試験と品質管理、および特殊製品（煙探知機、静電気防止棒など）の製造が含まれる。

原子力産業（低出力およびゼロ出力炉、臨界および未臨界集合体など）、医薬学、医療法の開発、および調製された化合物の応用などに関連する研究施設。

教育、研究、分析のための研究所、大学施設、および物理学、化学、工学などの基礎研究学部。

放射性核種生産のために小型のサイクロトロンと粒子加速器を使用する施設。

デコミッシング戦略

1940年代より前は、放射性物質、特にラジウムは健康に恩恵があると考えられ、管理対象にならなかった。1950年代以降、放射性核種がさまざまな用途で使用され、そのような活動がすべて適切な規制管理下で行われたかどうか、決して確かではない。このことは、デコミッシング、処分、および廃棄物管理活動にもあてはまる。また、状況が悪化する要因として、少量物質が多数あること、さまざまな程度の危険があること、および放射性物質が不要になった後にデコミッシングと処分のために適切な財務、組織、技術上の準備をしない使用者がいることが挙げられる。また線源が、放射性物質の管理について訓練・経験のない別の所有者の手に渡ることがある。

デコミッションングの目的と時間尺度

デコミッションングの目的の1つは、作業員と公衆が放射線による危害を受けるリスクを、許容レベルまで低減することである。この目的を達成するには、計画を立案する必要がある。デコミッションングに従事する職員のリスクを最小限にし、適切な戦略を策定することは、立案における重要点である。デコミッションングは、調整、必要であれば中間貯蔵、および処分という流れの廃棄物管理も伴う。

デコミッションングを完了するための時間尺度は、施設の種類、放射性物質インベントリー、放射性核種の半減期、選択されたデコミッションング戦略、および使用する技術に依存する。デコミッションングは、放射性物質（密封線源など）の除去とその後の放射線サーベイのみで済む場合、数日で達成できることもある。あとは、必要に応じて除染し、施設を規制管理対象から外すよう申請するだけである。しかし、一部の小規模な研究炉と研究所の場合、何週間または何ヶ月にも及ぶ大がかりな解体・除染作業が必要になるかもしれない。

即時解体は、放射能インベントリーが少ない小規模施設にとって一般に最適な戦略と思われる。また、迅速な措置をとることによって、施設に詳しい重要な運転職員を最大限に活用できる。初めから延期・保留するのは、多くの問題や望ましくない状況につながりうるので、容認または推奨されない（次のセクションを参照）。燃料サイクルに含まれない原子力施設のデコミッションングに関する米国原子力規制委員会（NRC）の出版物は、これらの施設のデコミッションング選択案について論じた^[2]。

放置戦略

原子力施設の永久停止後に、放置という戦略をとると、いずれは危険な状況に至る可能性がある。残念ながらこれは、閉鎖された小規模施設の多くでよくとられている方策である。小規模施設の性格として、不使用期間や保守期間に一時閉鎖するのが容易であり、その後、商業的理由や旧式化などのために二度と運転されないことがよくある。放置は往々にして、閉鎖された施設に関連するリスクが瑣末で無視できる、という誤った認識によってなされる。また、デコミッションング資金の不足によって放置される場合もある。放置は、いずれプラントの放棄につながる可能性がある。（注記：放置戦略は、適切に管理された条件下で短寿命同位元素を崩壊させるための保留と混同してはならない。）

放置戦略に伴うリスクはさまざまである。例えば、プラントの建造と運転に関する知識は消失しがちで

ある。これは、プラントに詳しい職員が分散し、文書が失われるためである。デコミッションングにおいて、主職員の記憶が重要な役割を果たす。特に、1960年代と70年代に建設・運転された施設では、記録が適切に保管されていることはまれである。しかし、旧職員はすぐに解散して新しい職に就いたり退職したりするので、プラント停止の数年後に適任者のチームを再編成するのは、ほとんど不可能かもしれない。情報不足の新規チームにとって、デコミッションングの計画立案と実施が複雑になり、特に規制当局や他の利害関係者を満足させるのが難しくなる。長期にわたって放置されると、最終的にデコミッションングを行うときのコストが高くなる。

放置方針によって生じる他のリスクとして、例えば適切な保守の欠如がある。それによってシステムと構成機器が荒廃し、汚染液が漏洩し、排水ポンプと排水だめが機能しなくなる可能性がある。例えば、雨水や地下水が施設に出入りする流路が形成されると、いずれ汚染が広がり、作業員と一般公衆にリスクを及ぼす恐れがある。また、監視が不適切であることによって、さらに深刻なリスクが生じるかもしれない。すわなち、物質の汚染や、回収価値があると考えられる放射線源の盗難につながることも考えられる。

個別の施設のための デコミッションング戦略の策定

小規模施設は、発電炉や燃料サイクル施設に比べて、適切な戦略を選択するのが一般に容易である。医療、研究、および工業施設間で、また各グループ内で、戦略の詳細に多様性があるかもしれないが、ここで論じる一般的な方式に比べるとその多様性はあまり重要ではない。

本記事では、デコミッションング戦略に関連する類似性から施設を下記のように分類する。

- 携帯式小型密封線源を持つ施設
- 照射装置などの高放射能線源を持つ施設
- 粒子加速器を持つ施設
- 研究施設、ホットセル、放射化学実験室、医療施設
- 小型研究炉と臨界集合体
- 多種多様な施設を包有する大規模サイト
- 製造施設

携帯式小線源を持つ施設のための戦略。対象となるのは、下記のような医療、研究、および工業目的で密封線源を使用する施設である。

- 放射線療法、特に小線源照射療法（図1参照）
- ガンマ・ラジオグラフィー



図1：ドミニカ共和国の小線源照射療法科における汚染された流し台の解体

厚さ、密度、液位、湿度などの測定
携帯式小線源による較正（大学施設）

これらの密封線源は、小型で、一見無害で、時にはスクラップ値が高いことから、いろいろな形式で直接的な危険をもたらさう。これらの線源の総インベントリーを求めるのは通常非常に難しく、多くの場合、正確な定量評価は不可能である（例えば古いラジウム線源の場合）。

線源が所期の目的で使用されなくなった場合、次のような管理オプションが考えられる^[3]。

別の場所で使用されるように他の利用者に譲渡する。

製造者または供給者に返還する。

線源を保管して短寿命放射性核種を崩壊させ、その後非放射性物質として処分する。

調整施設ができるまでの間、集中方式の中間貯蔵施設に輸送する。

集中方式の調整施設に輸送してから、中間貯蔵する。

線源をオンサイトで調整してから、集中方式の貯蔵・処分施設を利用できるようになるまでの間、中間貯蔵を行う。

調整された線源を、利用可能な処分施設に輸送する。

認可された処分場で最終処分する。

使用済み密封線源のための望ましい戦略は、製造者に返還することであるが、これは往々にして不可能である。その場合、適切な第三者施設での中間貯蔵が妥当な戦略であろう。その第三者機関は、使用済み線源の取り扱いと処理を専門とし、国営企業ということもありうる。中間貯蔵施設は、特に多量の線源が蓄積されている場合に遮へい要件を考慮し、起こりうるあらゆる漏洩や放出を制御する必要があ

る。デコミッション計画立案のために、施設運転者が密封線源について最新の記録を持っていることが重要である。

密封線源を使用する施設について停止・デコミッション戦略を採用すると、下記の活動が促される。

適切な所管当局に意図を伝える。

デコミッションの担当者を任命する。

職員に助言する。

必要に応じて広報活動を行う。

施設における密封線源使用歴をできる限り明らかにする。

線源の性質を含めた線源の記録を入手または更新する。

施設建屋の、使用済み線源が保管・使用された場所や、使用済み線源が漏洩した恐れのある場所のすべてにおいて、徹底した放射線サーベイを行う。これには、特別の機器と専門技術が必要かもしれない。

使用されなくなった線源や見捨てられた線源を、処分または貯蔵する手だてを確立する。

必要となる特殊遮へい装置の輸送、設計、建設を含めた提案される措置を、適切な所管当局に伝え、許可を得る。

すべての線源を、中間貯蔵施設またはオフサイトに搬出する。

除染および解体作業を開始し、完了する。

必要に応じて、特に除染を行った場合に、最終放射線サーベイを行い、規制管理対象から外すことについて承認を得る。

現在の状況を反映するように、線源の記録を更新する。

計画段階で簡単な措置と思われても、実施の際に特定の困難が生じることがよくある。それには下記が含まれる。

必要な資金と職員を確保する。

特に記録が存在しない場合、過去に保管・使用された線源の所在を特定する。

離れた場所で使用された線源を追跡記録する。

照射装置などの高放射能線源を持つ施設のための戦略。対象となる線源は、高放射能の、ベータ・ガンマ線を放出する放射性核種である。この線源は、厚い金属またはコンクリート遮へいで囲われている。不使用時の防護遮へいのために、プール中に保管されるものもある。このため、適切な機器と訓練がなければ、線源の取り扱い、輸送、および処分は非常に難しい。

もっとも適切で一般的な戦略は、主要な原子力研究センターまたは適切な機器を備えた集中管理施設への輸送に適した承認された特殊容器に、線源全体を封入することである。別の施設での再利用の可能性も考えられる。この種の線源は、喪失や盗難が比較的起こりにくいので、適切な処分経路と処分契約が確立されるまで、線源を保管できるかもしれない。一部の施設は、線源の内部漏洩によって汚染されるかもしれないので、代案となるデコミッシング戦略が必要かもしれない。



図2：ベルギーのモル研究所における換気配管の解体。

引き続き運転する照射装置の線源のみを交換する場合、販売者または製造者に返還する戦略が望ましい。このオプションが実際のできず、承認された貯蔵サイトを利用できない場合は、中間貯蔵が妥当な戦略である。特に、施設に事前計画、情報、専門技術、および適切な機器が欠けていると、状況は非常に深刻になりうる。

中間貯蔵は、オンサイトで、または離れた場所の集中管理施設で行える。線源を長期間サイトに残す場合、劣化、漏洩、および安全貯蔵の問題に言及した安全論拠を用意する必要がある。例えば、一部の施設には、線源が漏洩した場合に汚染されるプールが存在する。文献^[4]は、ニュージャージー州でCo-60照射装置のデコミッシングが無事に行われ、NRCの汚染サイト・リストから外された例を示す。

線源の取り扱いと、承認された輸送容器の確保にも取り組む必要がある。例えば、線源が供給されたときに使われた当初の輸送コンテナは、輸送法規の変更により、線源をサイトから除去するための容器としてもはや適切ではないかもしれない。この目的のために、所管当局からタイプBコンテナの承認を得る必要がある場合、サイトにある線源の処分が遅れる可能性がある。

粒子加速器のための戦略。ファンデグラフ加速器、線形加速器、サイクロトロン、およびシンクロトロンは、物理的特性が類似するので、同じグループにまとめられる。加速器は、放射線遮へいのために厚壁の大きなコンクリート構造物に入れられていることがあり、建材中の微量元素の放射化によって多量の低放射能廃棄物（おそらく何千立方メートル）が発生する。この場合、段階的なデコミッシング計画が必要になることが多い。大型加速器施設は、中性子によって放射化され、許容放出基準より何倍も高い放射能レベルになる（最大300Bq/gが報告されている）^[5]。また、デコミッシングに影響を

与えるような、内部システムの汚染の問題があるかもしれない（ターゲットからのトリチウムの放出など）^[6]。

一般に、資金と訓練された職員を擁し、承認された廃棄物処分の手だてがあれば、施設のデコミッシングはすぐにできるであろう。例外的に、規制当局と公衆の要求を満たす適切な安全閉じ込め条件が確立されていれば、デコミッシングの延期は可能である。貯蔵期間中の保守コストも考慮する必要がある。

医療サイクロトロンのようなより小型の装置の場合、多くの構成機器を無傷のまま除去できるので、デコミッシングは比較的容易である。このような施設は、即時のデコミッシングがおそらく最善の戦略であろう。一般に、小規模施設のデコミッシング計画は、大規模施設に比べてずっと単純である。

研究施設、ホットセル、放射化学実験室、医療施設のための戦略。このグループに該当する施設には、以下が含まれる。

核医学、獣医学、製薬学の実験室
大学および研究機関の実験室
工業的な研究開発用実験室
ホットセル、グローブボックス、換気フード（図2を参照）

これらの施設はいずれも、同様のデコミッシング戦略の適用を検討できる共通の特徴を持つ。例えば、いずれの施設も、多岐にわたる放射性物質によって汚染されやすい。これらの物質は、溶解性と空気輸送性に影響するさまざまな化学形態を持つ。一部の物質は、バクテリアや伝染性病原体にも汚染されている。また、これらの施設は、広い敷地や多数の建屋を持つことが多い。

特に非常に古い施設の場合、サイトの土壌汚染の

可能性もある。古い施設の多くは、1950年代または60年代に始まった何十年にもわたる原子力および医学研究の遺物であり、デコミッショニングのための適切な準備や検討がなされておらず、荒廃の程度がさまざまである。また、さらに古い施設として、小線源照射療法の針や計器用の発光塗料^[7, 8]など、特にラジウムを含む装置の使用と製造に関連する施設が多数ある。

IAEA に加盟する先進国は現在、汚染された施設のデコミッショニングを、より緊急を要する問題として取り組むようになっていく。この傾向は、施設閉鎖後すぐに、または施設が長年休止状態にある場合はできるだけ早期に、デコミッショニングを行う戦略を示唆する。規制の強化と批判的世論の圧力により、デコミッショニング戦略に取り組まざるを得なくなっている。適切な廃棄物処分の手だてが存在しないことは、通常、遅れの理由として認められない。適切な処分サイトを利用できない場合でも、デコミッショニングが進行し、調整された廃棄物が中間貯蔵施設に入れられた事例が多くある^[9]。ベルギーの原子力研究センター（SCK CEN）が、高度に汚染されたホットセルと研究開発用実験室を解体した成功プロジェクトは、文献^[10]で報告された（図2を参照）。

臨界集合体と小型研究炉。臨界集合体と小型研究炉のためのデコミッショニング戦略は、同様の多くの原子炉で近年行われたデコミッショニングでの経験と教訓を活用できるかもしれない^[11]。臨界集合体の放射能インベントリは、一般に低い。したがって、デコミッショニング戦略は単純明快である。燃料を取り外した後、通常運転のための放射線管理手順に基づいて、解体と廃棄物管理を行うことができる（図3を参照）。

研究炉は、放射能インベントリがより高いのが普通であり、最適戦略を選択するのはより難しい作業となる。燃料除去後のほとんどの放射能は、高度に照射された部品および構成機器（炉内構造物、原子炉容器など）か、または高放射能のガンマ・アルファ放射体に汚染された構成機器に関連する。実際、これらの物質を取り扱う場合、遠隔操作と遮へいのために必要な道具と機器を用意する必要がある（図4を参照）。物質、廃棄物、および職員の出入りも考慮する必要がある。

臨界集合体と小型研究炉の場合、運転安全論拠に基づいて施設からの最終的な核燃料の取り外しを計画・実施すれば、デコミッショニング戦略は大幅に簡易化できる。次に、デコミッショニングの安全論



図3：ドイツのゼロ出力炉 SUR100の解体前と解体後

拠では、施設の除染と解体に重点が置かれる。ほとんどの廃棄物は、短寿命低・中レベル廃棄物（LLW/ILW）か、放射線規制を受けない再利用される非放射性廃棄物に分類される。経験的に、破損燃料の問題がないかぎり、小型研究炉と臨界集合体から長寿命 LLW/ILW はほとんど発生しない。

製造施設のための戦略。製品の一部に放射性核種を使用する製造施設は、非常に多岐にわたる。そのような製品として、煙探知機、計器、種々の較正・測定装置、および照明、蛍光、静電気除去、さく井検層のために放射線源を使用する装置が挙げられる。製造工程で使用される物質には、2つの形態が考えられる。1つは、線源が完全に密閉された漏洩確率の低いものであり、もう1つは、非密封線源が使用された顕著な汚染リスクがありうるものである。これらの状況に対処するために、異なる戦略が採用される可能性が高い。



図4：英国のジェイソン小型研究炉の解体

放射性物質管理が確立される前に 運転された施設のための戦略

管理されなかった施設や管理が放棄された施設のデコミッションングを計画する場合、現存する放射線および非放射線関連の危険を特徴づけることが、第一段階として不可欠である。この作業には、以下のように多くの方法がある。

施設配置、施設活動、廃棄物輸送などの変遷記録と、構造物、コンテナ、配管系などの現状を見直す。

可能であれば、過去の職員への聞き取り調査を行う。

特徴づけと保健・安全計画にとって重要な基本データを得るために、概要調査を行う（直接被ばく線量率、酸素濃度、有害ガスや可燃性ガスの存在など）。

分析試料を採取する。

初期の特徴づけのための計画立案では、往々にして作業員の安全を最重視する必要がある。活動を停止した施設や放棄された施設に最初に入るにあたって、高水準の個人防護が必要かもしれない（防護マ

スクや防護服など）。極端な場合、供給設備（電灯、電力、換気、通信）も用意する必要があるかもしれない。

施設について十分な情報が得られたら、前述のようなデコミッションング計画立案のための通常の手法を用いることができるかもしれない。ただし計画では、除染を支援するうえでの既存施設の妥当性を評価する必要がある（着替え設備、除染された区域、管理事務所など）。

計画立案は、デコミッションング活動を支援する資金の不足によって難しくなることもある。プロジェクトを成功させるうえで、施設の現所有者（場合によっては過去の所有者も）、所管規制当局、および地方政府機関と密接に協力することが重要である。公衆も、施設の状況と除染計画に強い関心を持つ場合が多い。

経験が重要

小規模施設の解体と除染は、適切な機器・設備とともに熟練操作員を起用し、確立された計画に従って行えば、大きな技術的問題はない。場合によって

は、施設について経験を持つ人がデコミッショニングを行うのが最善であるが、動機と訓練が重要である。デコミッショニングを成功させる前提条件として、放射線源を元の製造者または他の正規機関に返還するのは良い慣行である。

引用文献

1. “Decommissioning of Small Medical, Research and Industrial Facilities,” TRS 414, International Atomic Energy Agency, Vienna (2003).
2. U.S. Nuclear Regulatory Commission, “Technology, Safety and Costs of Decommissioning Reference Non-Fuel-Cycle Nuclear Facilities,” NUREG/CR-1754, Pacific Northwest Laboratory (1981); Supplement 1 (1989).
3. “Handling of Spent Sources for Storage,” IAEA-TECDOC-1145, International Atomic Energy Agency, Vienna (2000).
4. “New Jersey Site Removed from NRC Contaminated Site List,” Nuclear Waste News (Feb. 1997).
5. N. Buls et al., “Prospective Analysis of Activation and Decommissioning of a University Cyclotron,” Proc. Int. Conf. Dismantling of Nuclear Facilities, Avignon, France, March 15–18, 1998, French Nuclear Energy Society (1998).
6. “Nuclear Safety and the Environment, Evaluation of the Radiological and Economic Consequences of Decommissioning Particle Accelerators,” EUR 19151, European Commission (1999).
7. W. Gaul, “Decontamination and Recovery of the Radium Chemical Company in Queens, New York City,” Health Physics Society 1999 Summer School, Decommissioning and Restoration of Nuclear Facilities, Chap. 29, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin (1999).
8. “Characterization of Radioactively Contaminated Sites for Remediation Purposes,” IAEA-TECDOC-1017, International Atomic Energy Agency, Vienna, (1998). (Annex B: Radium Contamination from a Radium Production Plant in an Urban Setting in Belgium.)
9. “Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Large Irradiator and Reference Sealed Sources,” NUREG/CR-6280, U.S. Nuclear Regulatory Commission, PNL-10167, Pacific Northwest Laboratory (1996).
10. V. Massaut et al., “Decommissioning of Nuclear Laboratories and Other Facilities Supporting Operation of Research Reactors,” International Atomic Energy Agency, Mol, Belgium, Lecture 13.1, Regional training course, Bucharest, Romania, June 1997 (available c/o IAEA).
11. “Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities,” Safety Guide No. WS-G-2.2, International Atomic Energy Agency, Vienna (1999).

ミシェル・ラライア氏は、オーストリア、ウィーンにあるIAEAの核燃料サイクル・廃棄物技術部、デコミッショニング課の上級職員である。