

<概要>

ドイツの原子力産業は民間企業を中心に活発な活動が続けていたが、1980年代後半になると原子力反対運動の高まりによる発電所建設の停滞から、[ウラン](#)採掘、転換および商用[再処理](#)の活動が撤退あるいは放棄を余儀なくされている。[使用済燃料](#)処分の方式として、それまで電力会社には再処理が義務づけられ、1989年に連邦政府が国内再処理工場は建設せず、海外委託する方針を発表して以来、イギリス原子燃料会社（[BNFL](#)）およびフランス核燃料公社（COGEMA）の2社に再処理を委託していた。しかし、1994年5月の原子力法改正により、直接処分もオプションとして認められるようになった。1998年の政権交代以降、脱原子力政策として、新規発電所建設および操業の禁止、既存[原子炉](#)の段階的な撤退、2005年7月以降の再処理の禁止、使用済燃料の発電所サイト内貯蔵義務付け等が改正原子力法として2002年4月に施行された。なお、ドイツでは世界に先駆けて1970年代にゴアレーベンが地層処分のサイト候補地として選定され、地上調査および地下探査を含めたサイト適合性調査を行ってきた。しかし、2000年10月以降、新たな探査活動は3～10年の間凍結された。非発熱性原子力廃棄物の処分地に関しては、2007年6月のコンラッド訴訟の結果、ニーダーザクセン州コンラッドが適地とされ、地層処分の情報公開、透明性を確保しながら、2013年から埋設を始める予定である。

<更新年月>

2010年02月

<本文>

1. ドイツの核燃料サイクル

ドイツの原子力産業は民間企業を中心に活発な活動が続けていたが、1980年代後半になると原子力反対運動の高まりによる発電所建設の停滞の中で、撤退あるいは放棄を余儀なくされた部門が多い。特に、1998年9月に社会民主党と緑の党による連立政権が発足した際に原子力政策の大幅な見直しが行われ、新規発電所建設および操業の禁止、総発電規制値を達成した後（許可後最長32年）の既存原子炉の操業停止などの原子力からの段階的撤退、2005年7月以降の再処理の禁止、使用済燃料の発電所サイト内貯蔵義務付け等が政府と電力会社の間で合意された。この方針は、改正原子力法として2002年4月に施行され、影響はドイツの核燃料サイクル全般に及んでいる。

かつて、ドイツの原子力産業は核燃料サイクルのほぼ全般に関与していたが、現在ではウラン採掘、転換、商業規模の再処理は存在しない。[表1](#)にドイツの核燃料サイクル施設の概要を、[図1](#)に配置図を示す。また、1994年に可決されたエネルギー関連一括法により、使用済燃料についてはそれまで義務付けられていた再処理と同等のオプションとして直接処分が認められることとなったが、従来ドイツでは再処理を含む閉じた核燃料サイクルが採用されてきた（[図2](#)参照）。1960年代より[MOX燃料](#)を試験的に[軽水炉](#)に装荷し、1980年代からは本格的に加圧水型炉を中心に[プルサーマル](#)が進められてきたが、1995年以降、ハナウ（Hanau）のMOX燃料製造工場は閉鎖され、燃料をフランスやベルギーから輸入している（[図3](#)参照）。

2. 核燃料サイクル事業の現状

2.1 ウランの採掘

旧ドイツ民主共和国（GDR、東ドイツ）では、国営会社ヴィスムート（WISMUT）社がザクセン州とチェコとの国境近くで、約22万tU（U₃O₈換算26万t）のウランを生産し、ロシアを含む欧

州最大規模の鉱山として運営されていた。しかし、ドイツ統一後は安全面とコスト面から1991年に1207tU、1992年に232tUと生産量が減少して鉱山は閉鎖された。また、旧西独ではエルヴァイラー（Ellweiler）ウラン鉱山でも採掘が行われていたが、1989年に閉鎖されている。1990年以降ウラン採掘事業への政府の助成は中止された。ドイツ統一後1991年から1992年には、ドイツの3つの鉱山企業UG、Uranerz、Interuranが主にカナダなどの国外でのウラン採掘を継続したが、Interuran（1989年）とUG（1992年）はフランスCOGEMAに、Uranerz（1998年）はカナダCAMECOに買収された。現在、カナダ、オーストラリア、ロシアから年間3800tUを輸入している。なお、WISMUTは1992年からKonigstein鉱山の環境浄化作業に伴い、ウランを回収している。2004年の回収量は150tUであった。ウラン鉱山の露天採掘場跡等は溶出防止措置や脱水処理が行われ、埋戻し、覆土、植栽を、製錬所は解体、選別、露天掘り跡への埋設、覆土、植栽などの環境回復措置が行われた。

2.2 濃縮

濃縮事業は、オランダ、英国との共同会社ウレンコ社（URENCO）に、ドイツ・ウラニート社（Uranit、E.ON社、NUKEM社など出資）が参加している。グロナウ工場（Gronau、1800tSWU/年、遠心分離法）がドイツの年間需要量2200tSWUの大部分を供給する。2005年に認可が下り4500tSWUに拡張した。なお、ウレンコは2003年に組織改革を行い、濃縮ウランの生産、販売等を担当するUEC（URENCO Enrichment Company Limited）と遠心分離機の開発、製造、プラントエンジニアリング等を担当するETC（Enrichment Technology Company Limited）の二つの子会社で運営している。

2.3 転換

ウレンコ社グロナウ工場のUF₆をフランスAREVA NC社のピエールラット工場でU₃O₈へ転換する。2009年末までに1700トン分のUF₆が処理されている。

2.4 燃料加工

燃料の成型加工では、シーメンス（Siemens）社がカールシュタインのウラン燃料加工工場（40tHM/年）とハナウのウラン燃料加工工場（750tHM/年）を運転してきたが、1995年までに運転を停止した。また、ハナウのMOX燃料加工工場（30tHM/年）も1992年に運転を停止し、現在**廃止措置**が実施されている。さらに、シーメンス社は1992年運転開始予定でハナウMOX工場（120tHM/年）の建設計画を進めていたが、脱原子力政策を進めていたヘッセン州政府の認可拒否からスケジュールは大幅に遅れ、1995年に計画を断念した（10億マルク、約726億円投入し進捗率95%）。ドイツ国内ではフランスAREVA NP社傘下アドヴァンスト・ニュークリア・フューエル社（ANF：Advanced Nuclear Fuels GmbH）のリンゲン工場（650tHM/年）のみが運転している。

2.5 再処理

ドイツも1971年から1990年にかけて、ドイツ核燃料再処理施設運転会社（DWK）がカールスルーエ（Karlsruhe）で使用済燃料再処理試験施設（WAK、35t/年）を操業した経験を持つ。1986年にはより大型のバックースドルフ再処理工場（WAW、350t/年）が着工されたが、原子力反対運動の高まりなどから、電力業界が計画を放棄し、英仏への再処理委託に政策転換したため、1989年に建設工事は中断された。英仏との再処理契約は合計約8500tUであり、フランスUP3再処理契約の約半分、英国THORP再処理契約の約15%を占めていたが、改正原子力法の施行により、2005年7月以降は再処理禁止となり、国外への再処理委託契約の更新が不可能となった。

2.6 放射性廃棄物の管理

2009年末時点で、ドイツの原子力発電は、設備容量2146万kW、発電電力量約1276億kWhであり、総発電電力量の約26%を占めている。**原子力発電所**は、12のサイトで7社の電力会社により運転されている。加圧水型原子炉（PWR）が11基、沸騰水型原子炉（BWR）が6基の合計17基が運転中であり、他に既に閉鎖されたものが18基ある。連邦放射線防護庁（BfS）の1999年の年報によると、19基の原子炉が発生する使用済燃料は年間約400～500重金属トン（tHM）、原子力発電を継続した場合の処分量は、2080年末時点で27,000～48,000m³と予測されていたが、2002年の改正原子力法で定められた運転期間を前提とすると処分量は24,000m³と見積もられている。ドイツでは、放射性廃棄物の区分として、発熱性放射性廃棄物と非発熱性放射性廃棄物が定義されており、使用済燃料、ガラス固化体、TRU廃棄物等の高レベル放射性廃棄物は発熱性放射性廃棄物に分類される。使用済燃料は発電所サイト内貯蔵施設（AR）で一時的貯蔵され、アハウス（Ahaus）やゴアレーベン（Gorleben）集中**中間貯蔵**施設で長期保管された後に、英仏再処理工場から返還されたガラス固化体とともに直接処分されることになる。**表2**に放射性廃棄物管理施設の概要を示す。

なお、発熱性放射性廃棄物の処分に関しては、1970年代からニーダーザクセン州のゴアレーベンの岩塩ドームにおいてサイト特性調査が行われていたが、全ての放射性廃棄物処分場を1ヶ所

に統一しようとする緑の党の政策で、2000年10月以降、ゴアレーベンにおける新たな探査活動は3～10年の間凍結されることとなった。2002年末にはサイト選定手続委員会（AkEnd）による最終報告書が公表されている。また、非発熱性原子力廃棄物処分地に関しては、2007年6月の司法庁のコンラッド訴訟を経てニーダーザクセン州コンラッドが適地として選定されている。地層処分の情報公開・透明性を確保しながら、2007年から最終処分地としての準備・建設を進め、2013年から実際に埋設を始める予定である。

ドイツでの高レベル放射性廃棄物処分場の設置責任は連邦政府にあり、連邦環境・自然保護・原子炉安全省（BMU）が管轄官庁で、連邦放射線防護庁（BfS）が実施主体、ドイツ廃棄物処分施設建設・運転会社（DBE社）が具体的作業を行う（図4参照）。なお、処分場設置の許認可官庁は州当局である。

また、研究開発は探査活動を行うDBE社により実施されるほか、地層処分の研究は、連邦地球科学・天然資源研究所（BGR）を中心に国立の3研究所（ユーリッヒ、カールスルーエ、ロッセンドルフ）、原子炉安全協会（GRS）、大学研究室等で進められている。

安全基準に関しては、従来1983年4月に原子炉安全委員会（RSK）の勧告で内務省が制定した「鉱山における放射性廃棄物の最終処分に関する安全基準」の放射線防護令で規定された安全基準である0.3mSv/年が適用されていたが、欧州原子力共同体（EURATOM）の基本安全基準等に基づいた2001年の改定放射線防護令等を参考としてBMUを中心に改訂作業を進めている。なお、RSKは1988年に約10,000年にわたる処分場の長期安全評価の定量的な検討を行う特別勧告を出している。

（前回更新：2001年2月）

<関連タイトル>

[外国における高レベル放射性廃棄物の処分（4）-独、スウェーデン、フィンランド編-（05-01-03-17）](#)

[ドイツハナウMOX燃料加工工場の廃止措置（05-02-05-08）](#)

[ドイツWAK再処理施設の解体（05-02-05-06）](#)

[ドイツの原子力発電開発（14-05-03-03）](#)

[ドイツの原子力開発体制（14-05-03-04）](#)

[バックースドルフ再処理工場建設計画の放棄（14-05-03-10）](#)

[高速増殖炉SNR-300の中止決定（14-05-03-11）](#)

[グライフスバルト（通称ノルト）原子力発電所をめぐる動き（14-05-03-12）](#)

[ドイツの1998年総選挙後の脱原子力政策（14-05-03-13）](#)

<参考文献>

（1）（社）海外動力調査会（編）：海外諸国の電気事業 第1編 1998年版（1998年3月）p.143-146、2008年版（2008年10月）、p.153-155

（2）（社）日本原子力産業会議：原子力年鑑 平成8年版（1996年10月）p.299-303、原子力年鑑 2000-2001年版（2000年10月）p.341-345、原子力年鑑 1998-1999年版（1998年12月）p.388-399など

（3）（社）日本原子力産業協会：原子力年鑑 2010年版（2009年11月）、p.228-232

（4）（社）日本電気協会新聞部：原子力ポケットブック2009年版（2009年8月）p.214-256、p.546-551

（5）（財）原子力環境整備促進・資金管理センター：諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について（2009年2月）、p.14-15、p.99-116およびp.166-171

（6）（財）原子力環境整備促進・資金管理センター：諸外国における放射性廃棄物関連の施設：サイトについて（ドイツ）（2009年3月）

（7）（社）日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向 2009年版（2009年4月）

（8）電気事業連合会：原子力2010 [コンセンサス]、p.10

表1 ドイツの主な核燃料サイクル施設

■濃縮施設

プラント名	生産容量 (tSWU/年)	製品	プロセス	運転開始	所有者	運転者	所在地
Gronau (グロナウ)	4,500	UF6	遠心分離	1985 年	URENCO Enrichment Co	Urenco Germany	North Rhine Westphalia州

■燃料成型加工施設

プラント名	状況	生産容量 (tHM/年)	製品	運転開始	所有者	運転者	所在地
Lingen (リンゲン)	運転中	650	BWR、PWR 燃料集合体	1979年～	AREVA NP	Advanced Nuclear Fuels GmbH Lingen Plant	Lower Saxony州
Hanau (ハナウ)	廃止措置 (1999.7-2006.6)	750	BWR、PWR 燃料ペレット	1969年 ～1992年	Siemens AG	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	Hessen 州
Karlstein (カールシュタイン)	廃止措置	30	LWR用 燃料集合体	1966年 ～1995年	Siemens AG	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	Bavaria 州
Hanau (ハナウ)	廃止措置 (2001-2006.9)	120	FBR/LWR用 MOX燃料集合	建設中	Siemens AG	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	Hessen 州

■再処理施設

プラント名	状況	生産容量 (tHM/年)	製品	運転開始	所有者	運転者	所在地
Karlsruhe (カールスルーエ)	廃止措置 (1992-2010)	35	LWR、MOX燃料 再処理	1971年～ ～1990年	Energiewerke Nord GmbH (EWN)	WAK GmbH	Baden- Wuerttemberg
Wackersdorf (バックースドルフ)	廃止措置	350	LWR用燃料 再処理	1989年 建設中止	Deutsche Ges. zur Wiederaufarbeitung von		Bavaria 州

下記資料を参考にして作成した

[出典] (社)電気新聞協会:原子力ポケットブック2009年版 (2009年8月)p.214-256

[出所] 国際原子力機関(IAEA):原子燃料サイクル情報システム(NFCIS)、
<http://www-nfcis.iaea.org/NFCIS/NFCISMain.asp?RPage=1&RightP=List>

表2 ドイツにおける放射性廃棄物管理施設の概要

■高レベル放射性廃棄物の中間貯蔵

設 備	場 所	所有者/運転者	受入廃棄物	廃棄物発生源	貯蔵容量	操業期間	備 考
ゴアレーベン (Gorleben)	ニーダーザクセン州 リュッヒョウ・ダンネン ベルグ郡	ゴアレーベン 燃料貯蔵会社 (BLG)	使用済燃料/ ガラス固化体	原子力発電所	TLG: 3800t(重 金属換算、乾 式)、 ALG: 総放射能 < 5×10^{18} Bq	1984年～	TBL-G: 使用済燃料及びガラス固化体の貯蔵施設(約7,000m ²)、ALG: 原子力発電所や医療・産業・研究利用で発生する放射能レベルの低い廃棄物の貯蔵施設(約4,500m ² ×高さ5m)及びPKA: 使用済燃料を処分形態するための技術開発施設ので構成される。
アーハウス (Ahaus)	ザクセン・アンハルト 州オーレクrais郡	ゲゼルシャフト ニュークリアサービ ス(GNS)社	使用済燃料	原子力発電所	3960t(重金属 換算、乾式)	1997年～ 2036年	1983年10月に建設許可、1984年7月に中間貯蔵施設の着工。1987年に軽水炉燃料の貯蔵許可、1992年6月に高温ガス炉の使用済燃料の搬入を開始。1998年搬入中止。 貯蔵建屋は、全長200m、幅38m、高さ20m。
ノルト(Nord)	メークレンブルク・ フォーアポメルン州 グライフスバルト市	ノルト・エネルギー (ENG)社	使用済燃料/廃止 措置に伴い発生す る廃棄物の貯蔵	原子力発電所 (旧東ドイツ)	585t(重金属換 算、乾式)	1999年～	グライフスバルト原子力発電所の廃止措置に伴って建設。
アッセ研究鉱山 (ASSE)	アッセ研究鉱山ニー ダーザクセン州アッ セ市町村小連合	連邦放射線防護庁 BfS(2009年1月以 降)	低レベル放射性廃 棄体: 124,494本、 中レベル放射性廃 棄体: 1293本	原子力発電所	-	1967年～ 1978年	1965年に放射線・環境協会(GSF)(現在、ミュン ヘン・ヘルムホルツセンター)が最終処分研究施設として岩塩鉱山を取得。低レベル放射性廃棄物 廃棄体: 地下750mと725mの空洞に定置中レベル 放射性廃棄物廃棄体: 地下511mの空洞に定 置。1978年以降、高レベル放射性廃棄物の研究 を行う。
サイト内貯蔵施設	各原子力発電所	各発電所所有者等	使用済燃料	原子力発電所			

■非発熱性放射性廃棄物の処分

設 備	所在地	所有者/運転者	廃棄物発生源	処分施設概要 (方式、深度)	容 量	操業状況	備考
モルスレーベン (Morsleben)	ザクセン・アンハルト 州オーレクrais郡	連邦放射線防護庁(BfS) /ドイツ廃棄物処分施設 建設・運転会社(DBE社)	原子力発電所、 研究所、RI	旧岩塩鉱山: 深度約500m	約54,000 m ³ (約 36,800m ³ の放射性 廃棄物及び約6,600 体の密封線源)	1978年～1998 年。2001年廃 止措置決定。	1970年に旧東ドイツでバルテンス レーベン岩塩鉱山が処分場サイトと して選定。1978年に試験操業。1986 年から長期操業。統一ドイツ後、 1990年DBE社に委託。
コンラッド (Konrad)	ニーダーザクセン州 ザルツギッター市	連邦放射線防護庁(BfS) /ドイツ廃棄物処分施設 建設・運転会社(DBE社)	原子力発電所、 研究所、RI	旧鉄鉱山: 深度 約800～1,300m	約303,000 m ³ (2080年末予測値)	2002年に計画 確定。2013年 操業開始予 定。	1976年に放射線・環境協会(GSF) (現、ミュンヘン・ヘルムホルツセン ター)が最終処分場としての適合性 調査を開始。1982年に連邦物理・技 術研究所(PTB)による許認可申請。 2007年6月コンラッド訴訟に勝訴。最 終処分地として決定される。

■最終処分場サイト特性調査

設 備	場 所	所有者/運転者	処分施設概要 (方式、深度)	処分容量	操業期間	備 考
ゴアレーベン (Gorleben)	ニーダーザクセン州 リュッヒョウ・ダンネン ベルグ郡	連邦放射線防護庁(BfS) /ドイツ廃棄物処分施設 建設・運転会社(DBE社)	岩塩: 深度840m～1,200m	24,000m ³ (2040年末予測値)	1979年～	1986年から二本の立坑の掘削(探査坑深度: 933m、 843m)岩塩ドーム: 長さ約14km、幅が最大約4km、地 下約260m～約3,500mで形成される。

下記の出所をもとに作成した

[出所](財)原子力環境整備促進・資金管理センター：諸外国における放射性廃棄物関連の施設: サイトについて(ドイツ)(2009年3月)、

http://www2.rwmc.or.jp/overseas/pub/RWMIS02/RWMIS02-200903_ger.pdf

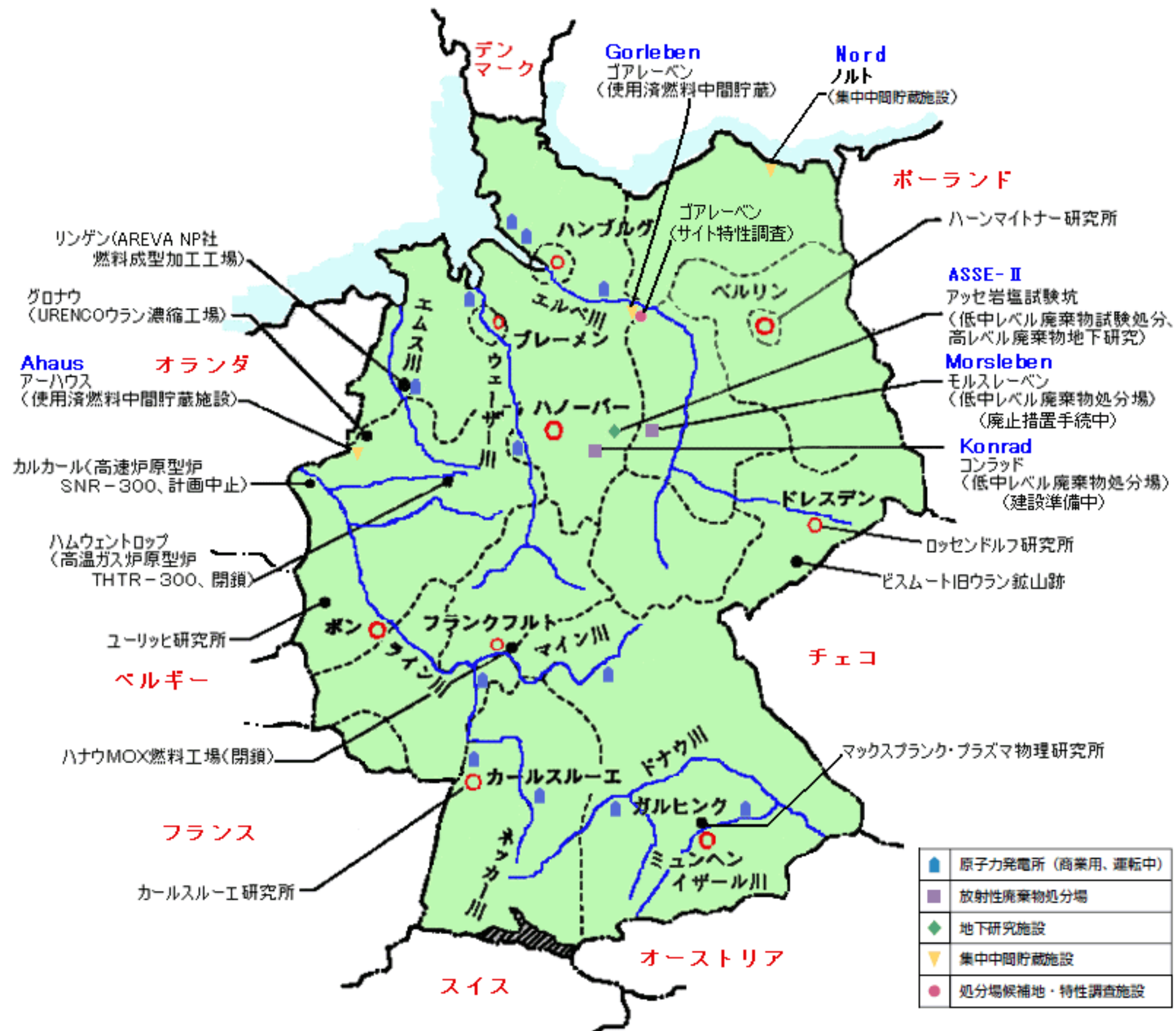
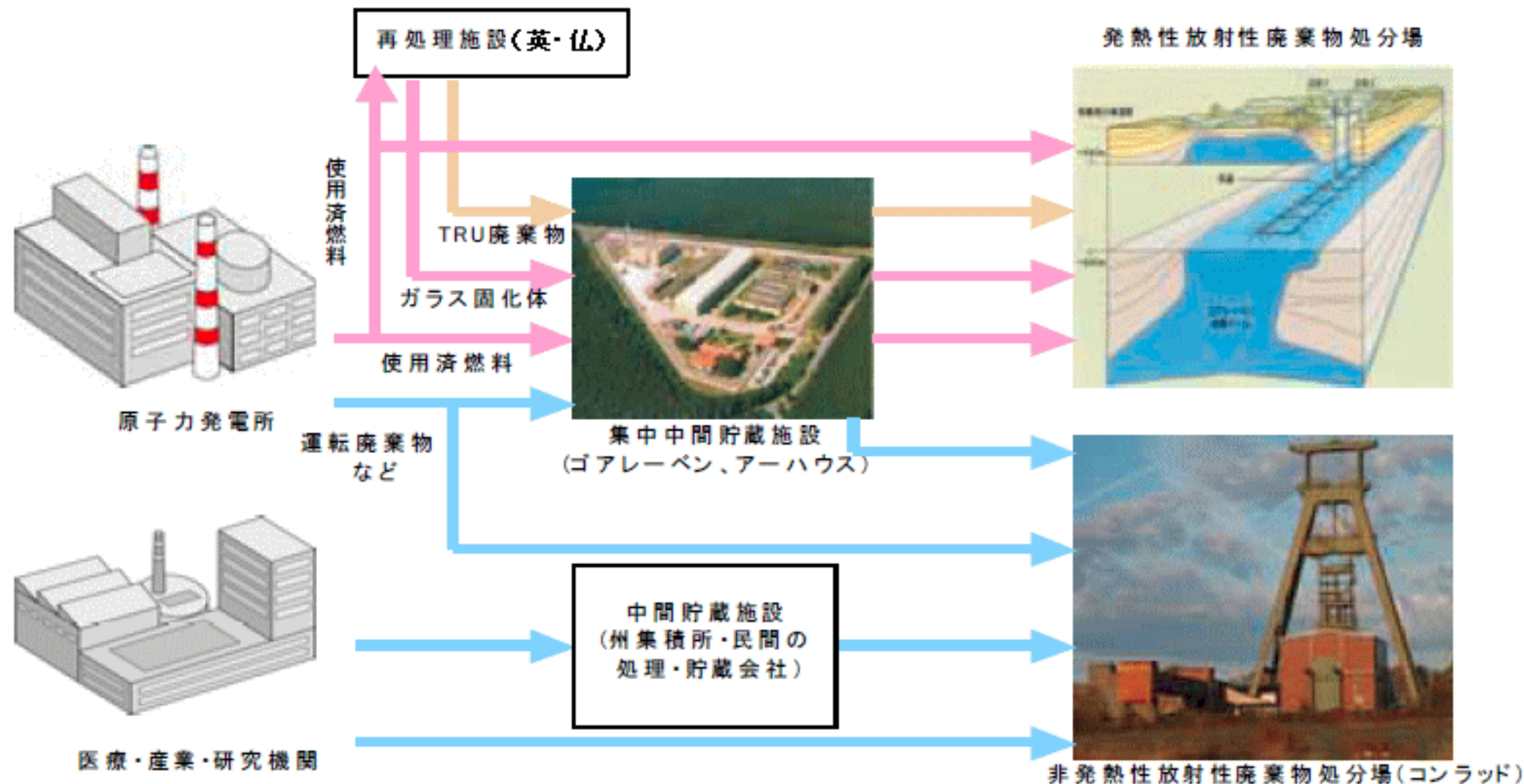


図1 ドイツの核燃料サイクル施設配置図

下記出典を参考にして作成した

【出典】(社) 日本電気協会新聞部：原子力ポケットブック2009年版 (2009年8月)、p.551



ゴアレーベンの立坑

ゴアレーベン中間貯蔵サイト

モルスレーベン処分場

アッセ研究鉱山

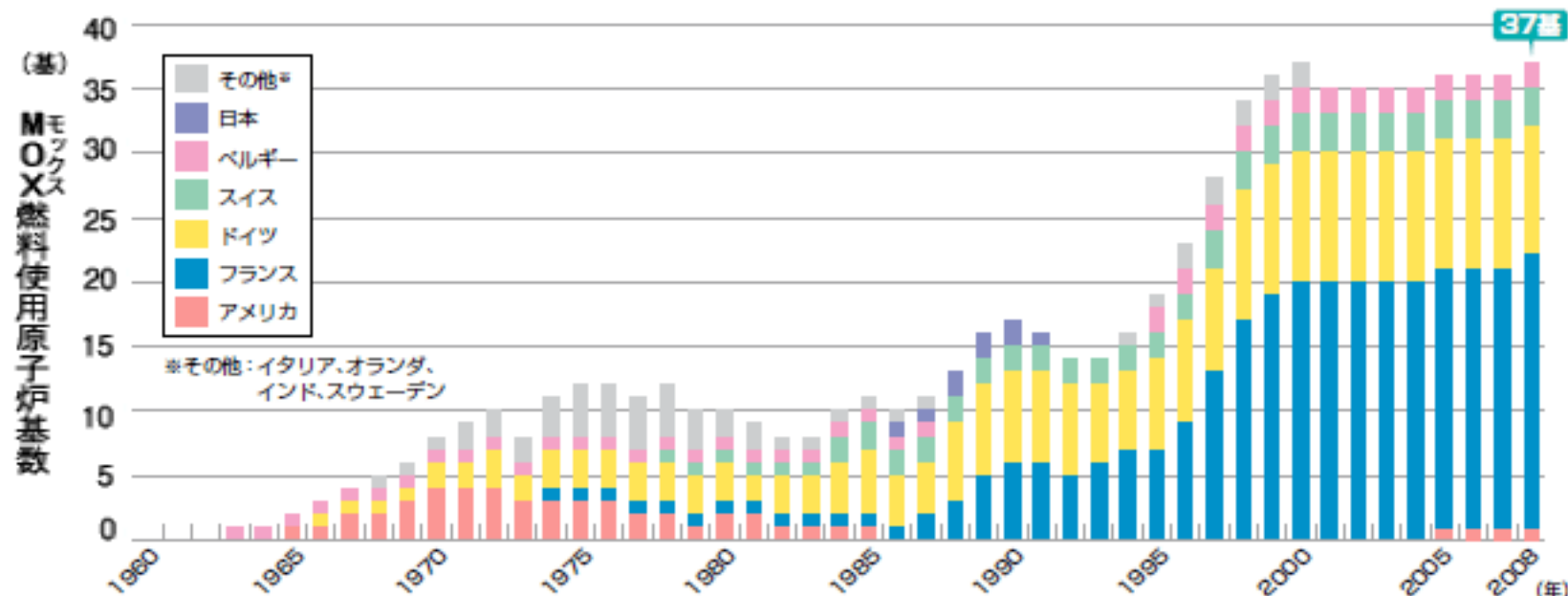
アーハウス中間貯蔵施設

- ① 使用済燃料及びガラス固化体集中中間貯蔵施設(TBL-G)
- ② 放射性廃棄物集中中間貯蔵施設(ALG)
- ③ パイロットコンディショニングプラント(PKA)

図2 ドイツの核燃料サイクルの流れ

下記出所をもとに作成した

[出所](財)原子力環境整備促進・資金管理センター：諸外国における放射性廃棄物関連の施設：サイトについて(ドイツ)(2009年3月)、
http://www2.rwmc.or.jp/overseas/pub/RWMIS02/RWMIS02-200903_ger.pdf



2008年12月末現在

状況	原子力発電所	炉型	グロス電気出力(MWe)	営業運転開始	装荷期間	装荷対数
閉鎖	カールVAK	BWR	16	1961.11	1966～1985	113
閉鎖	リンゲン	BWR	252	1968.10	1970～1972	1
閉鎖	グンドレミンゲン -A	BWR	252	1967.4	1974～1980	64
運転中	グンドレミンゲン -B	BWR	1344	1984.7.19	1996～	504
運転中	グンドレミンゲン -C	BWR	1344	1985.1.18	1995～	360
運転中	エムスラント	PWR	1400	1988.6.20	2004～	64
運転中	ネッカー -1	PWR	840	1976.12.1	1982～1992	32
運転中	ネッカー -2	PWR	1440	1989.4.15	1998～	68
運転中	グラーフラインフェルト	PWR	1345	1982.6.17	1985～	164
運転中	イザール -2	PWR	1475	1988.4.9	1998～	128
閉鎖	オブリッヒハイム	PWR	357	1969.4.1	1972～2003	78
運転中	ブロックドルフ	PWR	1440	1986.12.22	1989～	224
運転中	グローンデ	PWR	1430	1985.2.1	1988～	124
運転中	ウンターベーザー	PWR	1410	1979.9.6	1984～	212
運転中	フィリップスブルク -2	PWR	1458	1985.4.18	1988～	200
合計：2336体(15基)						

下記資料を参考にして作成した

図3 ドイツのMOX燃料利用の状況

[出典] (財)日本原子力文化振興財団：原子力2009、2009年9月、p.132

[出所] 電気事業連合会：原子力2010 [コンセンサス]、

<http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/pdf/consensus2010.pdf>、p.10

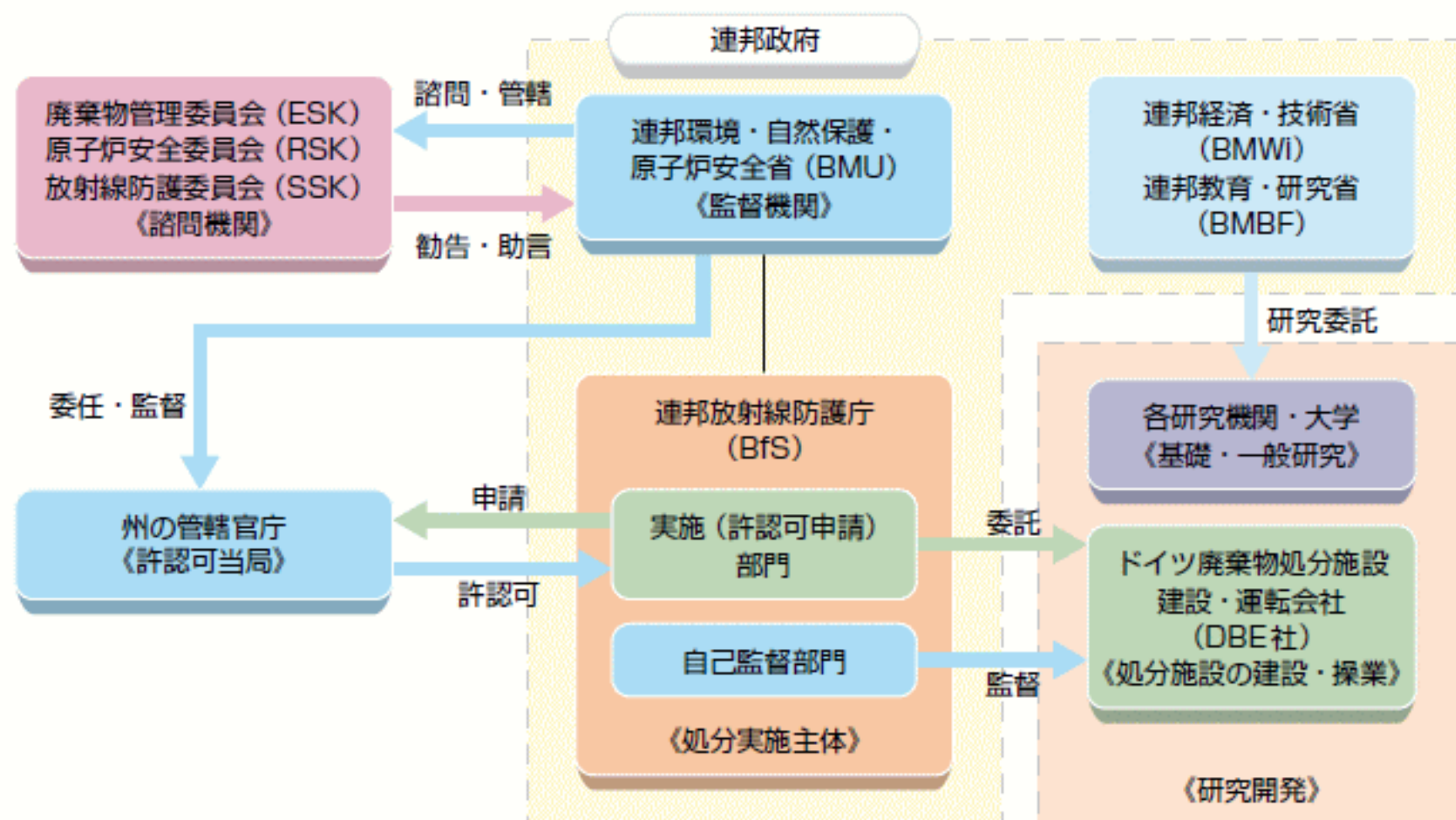


図4 ドイツの放射性廃棄物管理機関

[出所]原子力環境整備促進・資金管理センター：諸外国の高レベル放射性廃棄物処分等の状況、
諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について(2009年2月)、
www2.rwmc.or.jp/overseas/pub/For_web/whole_web.pdf、p.15