

【世界】世界の原子力発電所における原子燃料リサイクル---MOX 燃料利用

現在世界中で、資源を有効活用することで廃棄物（ごみ）の量を最小限に抑える 3R（リデュース・リユース・リサイクル）の実践を通じた「循環型経済」への転換の取り組みが進められている。

原子力発電の分野では、すでに長きにわたりこうした取り組みが行われてきた。代表的な例が、原子力発電所で発生した使用済燃料を再処理して回収したプルトニウムとウランを混ぜてつくった混合酸化物（MOX）燃料としての再利用であり、これを我が国では、「プルサーマル」と呼んでいる。

我が国は英仏に委託して再処理を行ってきたが、エネルギー安全保障の強化の観点などから、国内再処理と MOX 燃料製造を目指しており、日本原燃株式会社（JNFL）が青森県六ヶ所村で再処理施設（2021 年度上期竣工予定）、MOX 燃料加工施設（2022 年度上期竣工予定）の建設を行っている。

実は MOX 燃料は 1960 年代から利用されており、2019 年 1 月 1 日時点で、世界中の原子力発電所（軽水炉）における MOX 燃料の利用実績は、累計 7,000 体以上にのぼる（図 1）。多くの国と国境を接する中で、限られた自国領土で放射性廃棄物を処分していくことになる欧州大陸の原子力国では、数十年前から、再処理を通じた原子燃料リサイクルによる資源の有効利用と廃棄物発生量の抑制というオプションを検討、採用してきた。例えばフランスは 3,500 体以上の利用実績を持ち、世界で最も MOX 燃料を利用している。これに続くドイツでも約 2,500 体の利用実績がある。両国に加え、スイス、オランダでも 2019 年現在、定常的に MOX 燃料の利用が行われている。オランダでは同国で唯一運転中のボルセウ原子力発電所で、2014 年から新たに MOX 利用が開始された。

世界のMOX利用の現状

2019年1月1日現在

| 国名 | 原子力発電所 | 炉型 | グロス出力 (MW) | 装荷開始 | 累積装荷体数 (2018年末時点) | 国名 | 原子力発電所 | 炉型 | グロス出力 (MW) | 装荷開始 | 累積装荷体数 (2018年末時点) |
|-----------------------------|-------------------------|-------|------------|----------------------------|-------------------|------------|----------------------------|---------------------|--------------|------|-------------------|
| ベルギー | チアンジュ2号機 | PWR | 1,055 | 1995 to 2003 ^{*1} | 0 | インド | カクラバー1号機 | PHWR | 202 | 2003 | 0 |
| | ドール3号機 | PWR | 1,056 | 1995 | 96 | | タラプール1号機 | BWR | 160 | 1994 | |
| フランス | フェニックス | FBR | 140 | 1973 | 3,500 | タラプール2号機 | BWR | 160 | 1995 | | |
| | サンローラン・デゾーB1号機 | PWR | 956 | 1987 | | PFBR | FBR | | | | |
| | サンローラン・デゾーB2号機 | PWR | 956 | 1988 | | オランダ | ホルセラ | PWR | 512 | 2014 | 48 |
| | グラブリース3号機 | PWR | 951 | 1989 | | ロシア | ベロヤルスク3号機 (BN-600) | FBR | 600 | 2003 | |
| | グラブリース4号機 | PWR | 951 | 1989 | | スイス | ベツナウ1号機 | PWR | 380 | 1978 | 124 |
| | ダンビエール1号機 | PWR | 937 | 1990 | | ベツナウ2号機 | PWR | 380 | 1984 | 108 | 232 |
| | ダンビエール2号機 | PWR | 937 | 1993 | | ガスゲン | PWR | 1,060 | 1997 to 2012 | 48 | |
| | ルブレイエ2号機 | PWR | 951 | 1994 | | ライプシュタット | BWR | 1,200 | 装荷認可 | | |
| | トリカスタン2号機 | PWR | 955 | 1996 | | ミュールレルク | BWR | 372 | 装荷認可 | | |
| | トリカスタン3号機 | PWR | 955 | 1996 | | スウェーデン | オスカージヤム1号機 | BWR | 465 | 装荷認可 | |
| | トリカスタン1号機 | PWR | 955 | 1997 | | オスカージヤム2号機 | BWR | 630 | 装荷認可 | | |
| | トリカスタン4号機 | PWR | 955 | 1997 | | オスカージヤム3号機 | BWR | 1,205 | 装荷認可 | | |
| グラブリース1号機 | PWR | 951 | 1997 | 米国 | カトーバ1号機 | PWR | 1,205 | 2005 ^{*5} | 4 | | |
| ルブレイエ1号機 | PWR | 951 | 1997 | ロバート-E-ギネイ | PWR | 602 | 1980 ^{*6} to 1985 | 4 | | | |
| ダンビエール3号機 | PWR | 937 | 1998 | 日本 | ふげん ^{*7} | ATR | 165 | 1981 | 772 | | |
| グラブリース2号機 | PWR | 951 | 1998 | もんじゅ ^{*8} | FBR | 280 | 1993 | | | | |
| ダンビエール4号機 | PWR | 937 | 1998 | 玄海3号機 | PWR | 1,180 | 2009 | 32 | | | |
| シンノB4号機 | PWR | 954 | 1998 | 伊方3号機 | PWR | 890 | 2010 | 16 | | | |
| シンノB2号機 | PWR | 954 | 1999 | 高浜3号機 | PWR | 870 | 2010 | 24 | | | |
| シンノB3号機 | PWR | 954 | 1999 | 高浜4号機 | PWR | 870 | 2016 ^{*9} | 4 | | | |
| シンノB1号機 | PWR | 954 | 2000 | 福島第一3号機 ^{*10} | BWR | 784 | 2010 | 32 | | | |
| グラブリース6号機 | PWR | 951 | 2008 | 柏崎刈羽3号機 | BWR | 1,100 | 装荷認可 ^{*11} | | | | |
| グラブリース5号機 | PWR | 951 | (2010) | 浜岡4号機 | BWR | 1,137 | 装荷認可 ^{*11} | | | | |
| ドイツ | オブリッヒハイム ^{*12} | PWR | 357 | 1972 | 島根2号機 | BWR | 820 | 装荷認可 ^{*11} | | | |
| | ネッカー1号機 ^{*13} | PWR | 840 | 1982 | 女川3号機 | BWR | 825 | 装荷認可 ^{*11} | | | |
| ウンターペーザー ^{*13} | PWR | 1,410 | 1984 | 治3号機 | PWR | 912 | 装荷認可 ^{*11} | | | | |
| グラフェンラインフェルト ^{*14} | PWR | 1,345 | 1985 | 大岡 ^{*10} | ABWR | 1,383 | 装荷認可 ^{*11} | | | | |
| フィリップスブルグ2号機 | PWR | 1,458 | 1989 | | | | | | | | |
| クロンデ | PWR | 1,430 | 1988 | | | | | | | | |
| ブロッドルフ | PWR | 1,440 | 1988 | | | | | | | | |
| グントレミンゲンC号機 | BWR | 1,344 | 1995 | | | | | | | | |
| グントレミンゲンB号機 | BWR | 1,344 | 1996 | | | | | | | | |
| イザール2号機 | PWR | 1,475 | 1998 | | | | | | | | |
| ネッカー2号機 | PWR | 1,400 | 1998 | | | | | | | | |
| エムスラント | PWR | 1,406 | 2004 | | | | | | | | |

7-5-6

出典：世界の原子力発電開発の動向(2019年版)より作成

原子力・エネルギー図面集

図1：世界のMOX利用の現状

(出所) 日本原子力文化財団 原子力・エネルギー図面集「世界のMOX利用の現状」、2019年1月1日

MOX利用の中心地である欧州では、特にMOX燃料の利用に関して安全上の問題も発生しておらず、原子燃料としてごく普通に利用されている。

上に挙げたフランス、ドイツ、スイス、オランダというMOX定常利用国のラインナップを見る限り、原子力発電利用そのものに対する政府の姿勢は、国によってまちまちである。フランスは原子力比率を低減させていく方針であるが、再処理及びMOX燃料利用の燃料サイクル政策は堅持している。またオランダは1基のみとなったボルセラに続く新規建設計画がペンディングとなっているとはいえ、原子力オプションを維持している。一方、ドイツとスイスは原子炉の新規建設・リブレースを行わず原子力発電から撤退する方針である。こうした脱原子力国でも、今ある原子力発電所でのMOX燃料利用は以前と変わらず続いている。ドイツやスイスは我が国と同じく、英仏に委託して再処理を行っていた。今後原子力発電所が閉鎖されていくことから、新規の再処理契約は禁止となり、既契約分の国外輸送もすでに終了しているが、製造済みのMOX燃料については、残った原子炉で着実に利用していくというスタンスである。

1998年に脱原子力政策が開始されたドイツでは、2019年11月現在、運転中の発電炉が残り7基となっているが、これら全てでMOX燃料が使用されている。2017年に脱原子力を盛り込んだ原子力法改正が発効したスイスでは現在、運転中の5基のうち2基でMOX燃料が使用されている。

このレポートは、電気事業連合会の委託により、株式会社三菱総合研究所が作成したものです。レポートの複写、配布等の許諾につきましては電気事業連合会にお問合せください。

図 1 に示す通り、我が国でも 5 基の軽水炉で利用実績がある。今後については、再処理で回収されるプルトニウムを確実に利用していくため、16～18 基の原子炉で順次、MOX 利用を実施する方針である。資源循環の輪は、リサイクルされたものをきちんと使うことで、初めて完成する。エネルギー安全保障の確保、資源の有効利用、廃棄物発生量の抑制を考える上で、MOX 利用は実証済みのオプションのひとつと言えるであろう。

参考文献

- 日本原子力文化財団 原子力・エネルギー図面集「世界の MOX 利用の現状」、2019 年 1 月 1 日現在
<https://www.ene100.jp/zumen/7-5-6>
- 電気事業連合会、電気事業者におけるプルトニウム利用計画等の状況について
- IAEA PRIS

以上