

<概要>

旧ユーゴスラビア連邦は、スロベニアの首都リュブリャナの東方90km、隣国クロアチアの国境近くのサバ川沿いに位置するクルスコ原子力発電所（WH社製 PWR、64万kW）の営業運転を1983年1月に開始した。ユーゴスラビア連邦は、民族紛争のため1990年1月に多くの共和国に分裂した。そのため、発電所の帰属をめぐり、スロベニア・クロアチア両国間で争われたが、2010年12月に発電所は両共和国の共同所有体制（50%：50%）とし、発電電力量も双方で半分ずつ供給することが合意された。

電力需要が高まるにつれ、クルスコ原子力発電所の出力増強や寿命延長計画が実施され、2001年には蒸気発生器を交換し、電気出力は66.4万kWから70.7万kWに増加。また、設計寿命も延長され、2023年までの営業運転が可能になっている。

使用済燃料は発電所内で中間貯蔵する方針であるが、低・中レベル放射性廃棄物は埋設処分場を建設することを、2014年7月にスロベニア放射性廃棄物管理局（ARAO）が発表している。処分場サイトはクルスコ原子力発電所に隣接したエリアで、2017年に建設を開始し、2020年には試験操業にこぎ着ける予定である。

<更新年月>

2015年10月

<本文>

1. クルスコ原子力発電所の概要

スロベニアには、米国ウェスチングハウス（WH）社製のPWRであるクルスコ原子力発電所（KRSKO）が1基稼動している（図1参照）。発電所はスロベニアの首都リュブリャナの東方90km、隣国クロアチアの国境近いサバ川沿いで、クロアチアの首都ザグレブの西北西36kmにある（図2参照）。クルスコ原子力発電所は、建設から運転にわたり、中東欧諸国で初めて一貫した欧米型の方針で運営されてきた原子力発電所である。

なお、建設は旧ユーゴスラビア連邦時代の1974年8月で、1981年9月に臨界を達成、1983年1月から商業運転を始めている。ユーゴスラビア連邦はマケドニア、セルビア、ボスニア・ヘルツェゴビナ、クロアチア、スロベニア、モンテネグロから構成される連邦国家で、当時ユーゴスラビアのチトー大統領はクロアチアとスロベニアの電力需要を鑑み、国内で賄われるウラニウムを利用して原子力発電開発を試みたものであった。しかし、ユーゴスラビアは民族紛争のため、1990年1月に多くの共和国に分裂。スロベニアは1991年6月に独立を宣言し、1992年にはEU各国等から承認され、独立国家となった。クルスコ原子力発電所の建設に際しては、スロベニア電力とクロアチア電力両者が発注者としてWHと建設契約を結んだことから、両国間で発電所の帰属が争われた。

現在、クルスコ原子力発電所は2001年12月の合意に従い、スロベニア電力（2006年にEles-GenからGen Energijaに社名変更）とクロアチア電力（HEP）両者が50%ずつ株式を保有する共同所有体制にあり、発電した電力は両国に半分ずつ供給されている。クルスコ原子力発電所に続く発電所に関しては、旧ユーゴスラビア連邦時代にクロアチアのプレブラカ（ザグレブの東南東約30km）での建設が計画されたが、1989年に中断されている。

ちなみに、スロベニアは古くから先進工業地域であり、独立後、経済の市場化と西欧諸国との経済関係強化に力を注ぎ、2004年5月にEUへ加盟した。2007年1月にはユーロを導入、2010年7月にOECDに加盟している。面積は四国とほぼ同程度の2万273km²で、人口は約206.3万人であ

る。2014年時点のGDPは371.1億ユーロ、経済成長率は2.6%、失業率は9.7%で、中・東欧諸国の中では高水準にある。

一方、クロアチアは面積5万6594km²（九州とほぼ同じ）、人口約428.5万人を擁する。エネルギー・鉱物資源の自給率は天然ガスが60-70%、原油が20-25%である。2014年時点のGDPは572億ドル、経済成長率は-0.4%、失業率は17.3%で、2013年からEUへ加盟している。

2. クルスコ原子力発電所の帰属を巡るスロベニアとクロアチアとの関係

1983年に営業運転を開始したクルスコ発電所はスロベニアとクロアチアとの国境付近に立地していることから、1991年6月のユーゴスラビア連邦崩壊後、発電所の帰属を巡り両国間で争いが続いた。1998年7月にはEU加盟を目指したスロベニア側が電力の自由化（公共事業への転換）とクロアチアへの送電停止を決定したことから、クロアチアの投資資金の回収訴訟に発展するなど、関係は一時非常に悪化した。その後両政府は、クルスコ発電所を共同所有することで合意し、2001年12月に正式に文書が交わされた。この文書により、（1）同発電所の所有権は両国にある、（2）同発電所で発電された電力の半分はクロアチアに供給される、（3）同発電所の運転会社はクロアチア国民も雇用する義務がある、（4）デコミッションング基金は両国で手当てする、（5）放射性廃棄物の処分方法は同発電所を閉鎖してから決定する、（6）運転会社の民営化を行う、等が正式に確認された。

3. クルスコ原子力発電所の出力増強、寿命延長および安全性の強化対策

クルスコ発電所の2014年の発電電力量は60億kWh、スロベニアの総電力に占める原子力の割合は37.2%で、順調に稼働している。なお、2012年のスロベニア総発電電力量は157億kWh（そのうち原子力は55億kWh）、9億から21億kWhの電力がクロアチアとイタリアに送電された。これはクロアチア総発電電力量の15%に相当した。スロベニアのその他の主な発電構成は、石炭が51億kWhと水力が41億kWhであった（2012年、表1参照）。

1996年1月、クルスコ原子力発電は短期的な電力需要の伸びに対応するため、蒸気発生器の交換による出力増強と運転寿命延長プログラムが計画された。発電所の所有者であるNEK

（Nuklerana elektrarna Krsko）はドイツ・シーメンス社とフランス・フラマトム社によるコンソーシアムに蒸気発生器を発注し、工事は2001年に終了した。これにより、クルスコ原子力発電所の電気出力は6%増加して、66.4万kWから70.7万kWに、その後3%アップして72.7万kWに増加、運転寿命も40年の設計寿命である2023年までの運転が可能になった。図3にクルスコ発電所の発電電力量の推移を示す。さらに、2009年にはGEN Energija社とHEP社との間で運転延長の合意がなされ、2015年に政府は20年運転を延長する計画を発表している。また、廃止措置計画も1995年から基金を設立するなどスロベニア原子力安全委員会（SNSA：Slovenian Nuclear Safety Administration）の法規制のもとで進められている。

ただし、クルスコ発電所が地震多発地帯にあり、かつ近くのサバ川の氾濫による冷却水取水口のトラブルがあること、発電所の経年劣化などが確認されることから、隣国オーストラリアは安全性に疑問をなげかけている。発電所側もシビアアクシデント対策として、ドライフィルター方式の通気システムや水素制御システムを採用し、2012年11月にはWH社の受動的安全性機能の導入が図られている。

4. 新規原子力建設計画

2007年5月、スロベニア政府は2025年までのエネルギー計画を発表し、クルスコ原子力発電所2号機の建設を示唆した。総出力は110~160万kW、スロベニア独自の所有となる見込みで、GEN Energija社は2010年1月に経済省にJEK2計画案を提出、2011年にスロベニア議会で承認を得た。一方クロアチア側も国内供給電力の約20%をクルスコ原子力発電所に頼っていることから、自国での原子力発電所建設計画も浮上している。

5. 放射性廃棄物の処理・処分

5.1 クルスコ原子力発電所で発生した放射性廃棄物

クルスコ原子力発電所の運転に伴い発生した使用済燃料と低・中レベル放射性廃棄物については、発電所内で中間貯蔵している（図4および図5参照）。低・中レベル放射性廃棄物は圧縮、乾燥、焼却などの減容対策がとられ、固体廃棄物はドラム缶に収容されている。使用済燃料を保管するプールはリラッキング（貯蔵場所の再配置）により収容能力を拡大したが、ドライキャスクに保管する方針である。

5.2 発電所以外で発生した放射性廃棄物

スロベニアは、研究炉や非原子力ユーザーからの低・中レベル固体放射性廃棄物のための中央貯蔵施設、デコミッションング中のウラン鉱山や製錬所などを有している。これらで発生する低・中レベル放射性廃棄物は、ジョセフ・ステファン原子炉研究センター（Josef Stefan Institute Reactor Centre；IJS Reactor Centre）の敷地内にある中間貯蔵施設に保管されている。この施設は1984年に建設を開始し、1986年から稼働している。施設は1999年にIJS原子炉研究センターから放射性廃棄物管理局（ARAO）に移管されている。

IJS原子炉研究センターはスロベニアの首都リュブリャナ（Ljubjana）近郊に位置し（図2参照）、1966年から原子炉研究・放射性同位体の製造・教育・運転訓練等に使用されるTRIGAマークII型研究炉（熱出力250kW）を有している（図6参照）。また、ジロブスキブ・ラウラン鉱山（Zirovski Vrh）と製錬所（図2参照）は、1985年から1990年まで操業され、452.5トンのイエローケーキを生産した。鉱山は1992年に経済的な理由から閉鎖され、政府決定をうけ、デコミッショニング工事とサイト修復工事が進められている。

5.3 低・中レベル放射性廃棄物の最終処分サイト

スロベニアの放射性廃棄物に関しては放射性廃棄物管理局（ARAO）が全ての責任を負っている。図7にARAOの組織構成図を示す。低・中レベル放射性廃棄物（LILW）の貯蔵量は、貯蔵容量の90%まで達しており、2017年には満杯となる見込みであることから、ARAOはクロアチアのパートナー機関と協力して新たに処分サイトの選定を進め、2014年7月にLILW埋設処分場の建設計画に対する投資プログラムを承認した。LILW処分サイトはクルスコ原子力発電所に隣接したエリアで、処分能力9400m³を擁し、建設許可はARAOが2017年までに取得し、2年間の建設期間を経て、2020年には試験操業にこぎ着ける方針である。なお、処分場周囲半径1.5km以内の住民に対しては毎年500ユーロ（約65,000円/年）を支払うこと、毎年800万ユーロ（約10億円/年）程度を福祉関連事業や社会問題に支出することとなっている。

また、法令規則に関しては、2002年7月に「電離放射線防護と原子力安全にかかわる法令」を制定したことで、EU規則や国際基準と同等の水準を維持できるようになっている。また、この法令によりスロベニア原子力安全機構（SNSA：Slovenian Nuclear Safety Administration）が設置され、原子力安全と放射線防護に関する全ての責務が委ねられることになった。

（前回更新：2005年1月）

<関連タイトル>

[世界の原子力発電の動向・東欧州（2005年）（01-07-05-10）](#)

[世界の原子力発電の動向・東欧州（2011年）（01-07-05-21）](#)

<参考文献>

- (1) (社)日本原子力産業協会：原子力年鑑2015年版、（1998年10月）、スロベニア
- (2) (社)日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向2015年版、（2015年4月）
- (3) 藤井 晴雄、森島 淳好（編著）：詳細原子力発電プラントデータブック
1994年版、日本原子力情報センター、（1994年8月）p. 94、746、772
- (4) 国際エネルギー機関（IEA）：スロベニアおよびクロアチア、<http://www.iea.org/statistics/>
- (5) 米国エネルギー情報局（EIA）
- (6) クルスコ原子力発電会社（NEK）：<http://www.nek.si/en/>
- (7) スロベニア環境・空間計画省・スロベニア原子力安全管理局：
http://www.ursjv.gov.si/en/nuclear_and_radiation_facilities/、
http://www.ursjv.gov.si/en/nuclear_and_radiation_facilities/nuclear_power_plant/
- (8) スロベニア環境・空間計画省・スロベニア原子力安全管理局報告書：Fifth Slovenian Report under the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management、2014年10月、
http://www.ursjv.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/Porocila/NacionalnaPorocila/5_NP_SKRAO.pdf
- (9) スロベニア環境・空間計画省・スロベニア原子力安全管理局HP：RESEARCH REACTOR TRIGA MARK II WITH HOT、CELL、
http://www.ursjv.gov.si/en/nuclear_and_radiation_facilities/research_reactor_triga_mark_ii_with_hot_cell/
- (10) 放射性廃棄物管理機関（ARAO）：Annual Report 2013（pdf）、
<http://www.arao.si/uploads/datoteke/ARAO%20celo%20ANNUAL%202014.pdf>
- (11) 放射性廃棄物管理機関（ARAO）：LILWデータ、<http://www.arao.si/lilw-data>
- (12) 放射性廃棄物管理機関（ARAO）：
http://www.ursjv.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/Porocila/LetnaPorocila/2014/Annual_report.pdf
- (13) IAEA：PRIS発電炉情報HP

表1 スロベニアとクロアチアにおける電力需給バランスと設備容量の推移

| | スロベニア | | | | | | | クロアチア | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1991 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 1991 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 発電電力量 (百万kWh) | 12,744 | 12,913 | 13,624 | 15,117 | 16,433 | 16,157 | 15,729 | 8,414 | 10,702 | 12,459 | 14,105 | 10,831 | 10,557 |
| 石炭 | 3,622 | 4,604 | 4,611 | 5,271 | 5,288 | 5,307 | 5,145 | 422 | 1,551 | 2,328 | 2,385 | 2,582 | 2,238 |
| 石油 | 560 | 263 | 55 | 42 | 8 | 16 | 9 | 1,890 | 1,687 | 1,855 | 560 | 752 | 582 |
| 天然ガス | 2 | 15 | 293 | 339 | 548 | 489 | 531 | 738 | 1,571 | 1,814 | 2,553 | 2,621 | 2,511 |
| 原子力 | 4,952 | 4,779 | 4,761 | 5,884 | 5,657 | 6,215 | 5,528 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 水力 | 3,608 | 3,252 | 3,834 | 3,461 | 4,697 | 3,703 | 4,080 | 5,354 | 5,892 | 6,438 | 8,435 | 4,620 | 4,801 |
| バイオ燃料 | 0 | 0 | 70 | 120 | 222 | 362 | 273 | 10 | 1 | 14 | 33 | 55 | 94 |
| 再生可能 エネルギー | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 65 | 163 | 0 | 0 | 10 | 139 | 201 | 331 |
| 消費電力量 (百万kWh) | 8,869 | 9,343 | 10,621 | 12,742 | 11,966 | 12,607 | 12,549 | 13,303 | 11,833 | 14,417 | 15,862 | 15,735 | 15,350 |
| 輸入 | 1,138 | 740 | 4,232 | 9,342 | 8,625 | 7,036 | 7,452 | 6,068 | 4,386 | 8,746 | 12,415 | 13,985 | 13,174 |
| 輸出 | 3,157 | 2,392 | -5,553 | 9,667 | 10,717 | 8,298 | 8,363 | 768 | 386 | 3,634 | 7,650 | 6,288 | 5,545 |
| 設備容量 (万KW) | 253.1 | 247.4 | 263.7 | 299.2 | 319.3 | 331.1 | 335.3 | 349.4 | 340.7 | 387.1 | 413.2 | 417 | 422 |
| 火力 | 114.4 | 109.7 | 109.8 | 133.7 | 121.2 | 121.2 | 120.6 | 143.4 | 133.1 | 180 | 189.7 | 189.3 | 189.3 |
| 水力 | 75.5 | 75.7 | 84.6 | 97.9 | 107.4 | 107.3 | 107.4 | 176.9 | 178.5 | 180.4 | 184.6 | 184.8 | 184.8 |
| 原子力 | 63.2 | 62.0 | 67.6 | 65.6 | 66.6 | 68.8 | 68.8 | | 0 | | 0 | 0 | 0.0 |

下記の出所をもとに作成した。

[出所] 国際エネルギー機関(IEA): Electricity and Heat 1991-2012、

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=CROATIA&product=electricityandheat&year=1991-2012> (クロアチア)、

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=SLOVENIA&product=electricityandheat&year=1991-2012> (スロベニア)、

米国エネルギー情報局(EIA): <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=7>



| 発電所 | 電気出力 (万kWe) | | 熱出力 (万kWt) | 炉型 | 着工 | 営業運転 | 閉鎖 (予定) | 所有者 運転者 | 備考 |
|-----------------|----------------|------|---------------|---------------------|---------|------------|------------|----------------|---|
| | ネット | グロス | | | | | | | |
| クルスコ (KRSKO) | 68.8 | 72.7 | 199.4 | PWR WE 2-loop | 1974/12 | 1983/01/01 | 2023年 | GEN/HEP NEK | 設備利用率: 100.56%(2014年) 運転サイクル: 18カ月 |

NEK: Nuklerana elektrarna Krško

図1 クルスコ原子力発電所の概要

下記の出典等をもとに作成した。

[出典]日本原子力産業協会:世界の原子力発電開発の動向 2015年版、2015年4月、p.144-145

[出所]クルスコ原子力発電会社(NEK)HP: <http://www.nek.si/index.html>

IAEA:PRIS発電炉情報HP、<https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=542>

スロベニア環境・空間計画省・スロベニア原子力安全管理局:

http://www.ursjv.gov.si/en/nuclear_and_radiation_facilities/nuclear_power_plant/

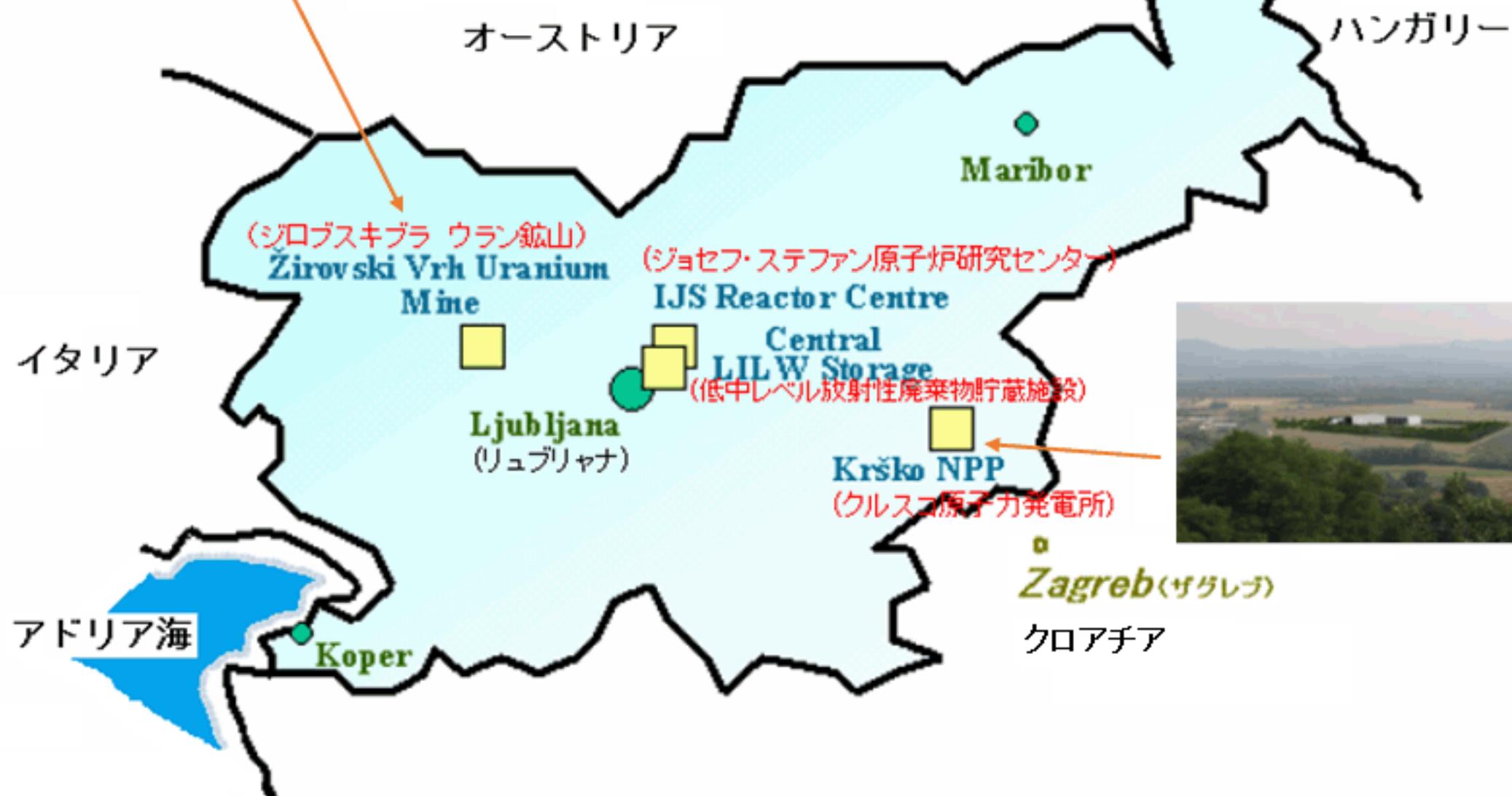


図2 スロベニアの原子力施設関連マップ

下記の出所をもとに作成した。

[出所]スロベニア環境・空間計画省・スロベニア原子力安全管理局:

Fifth Slovenian Report under the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, 2014年10月、http://www.ursjv.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/Porocila/NacionalnaPorocila/5_NP_SKRAO.pdf, p.7

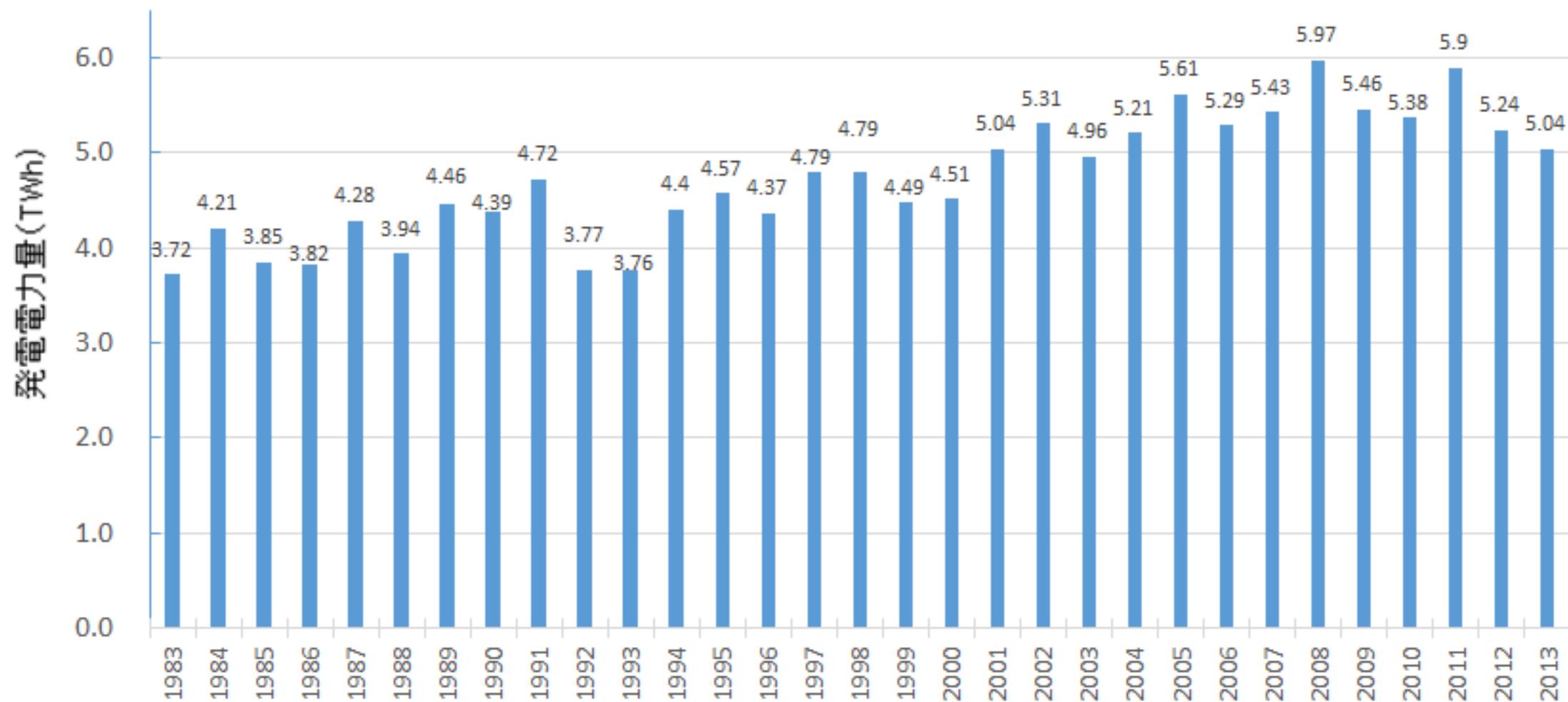
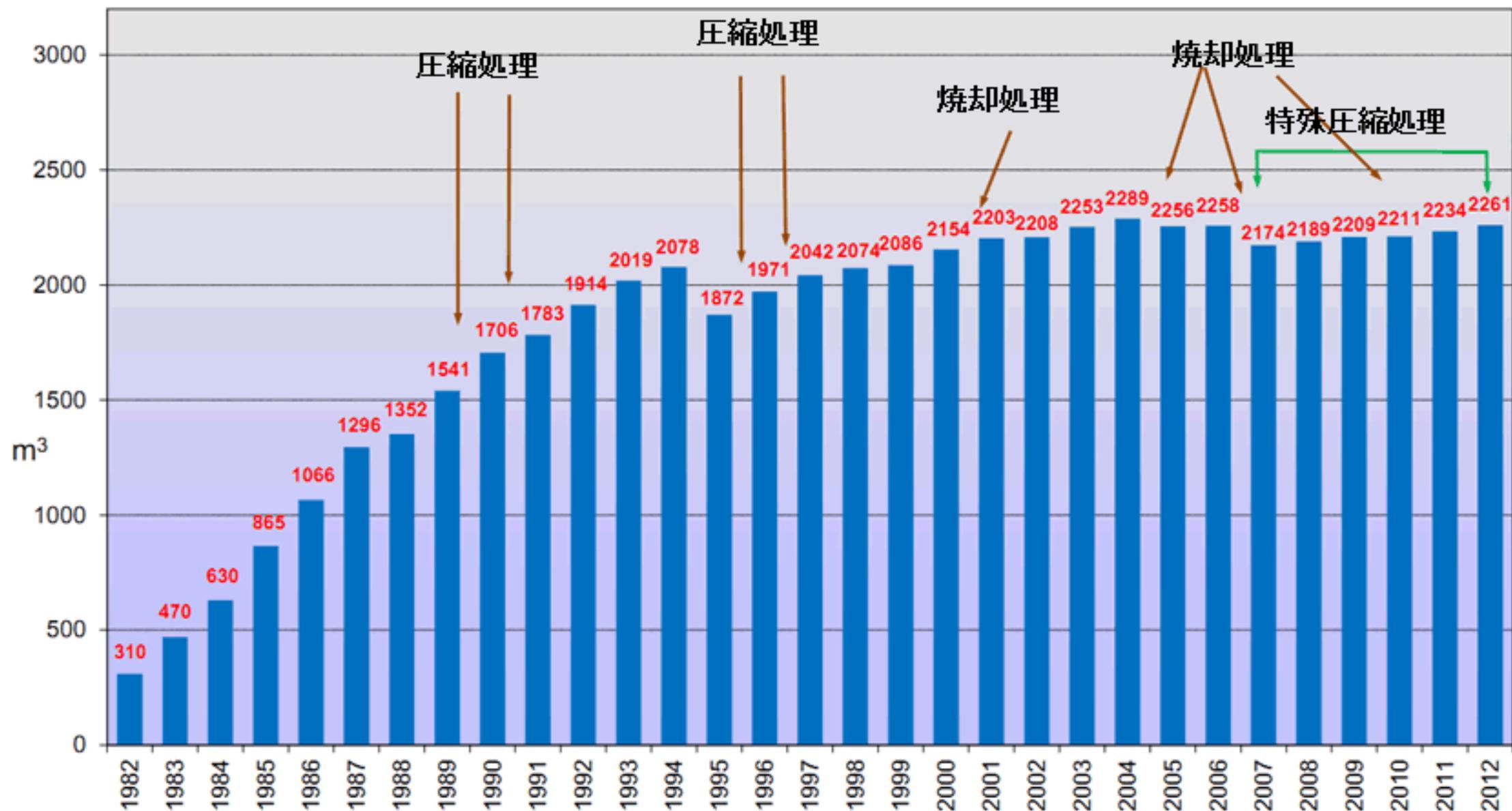


図3 クルスコ原子力発電所の年間発電電力量の推移

[出所]クルスコ原子力発電所(NEK):About NEK Production、http://www.nek.si/en/about_nek/production/

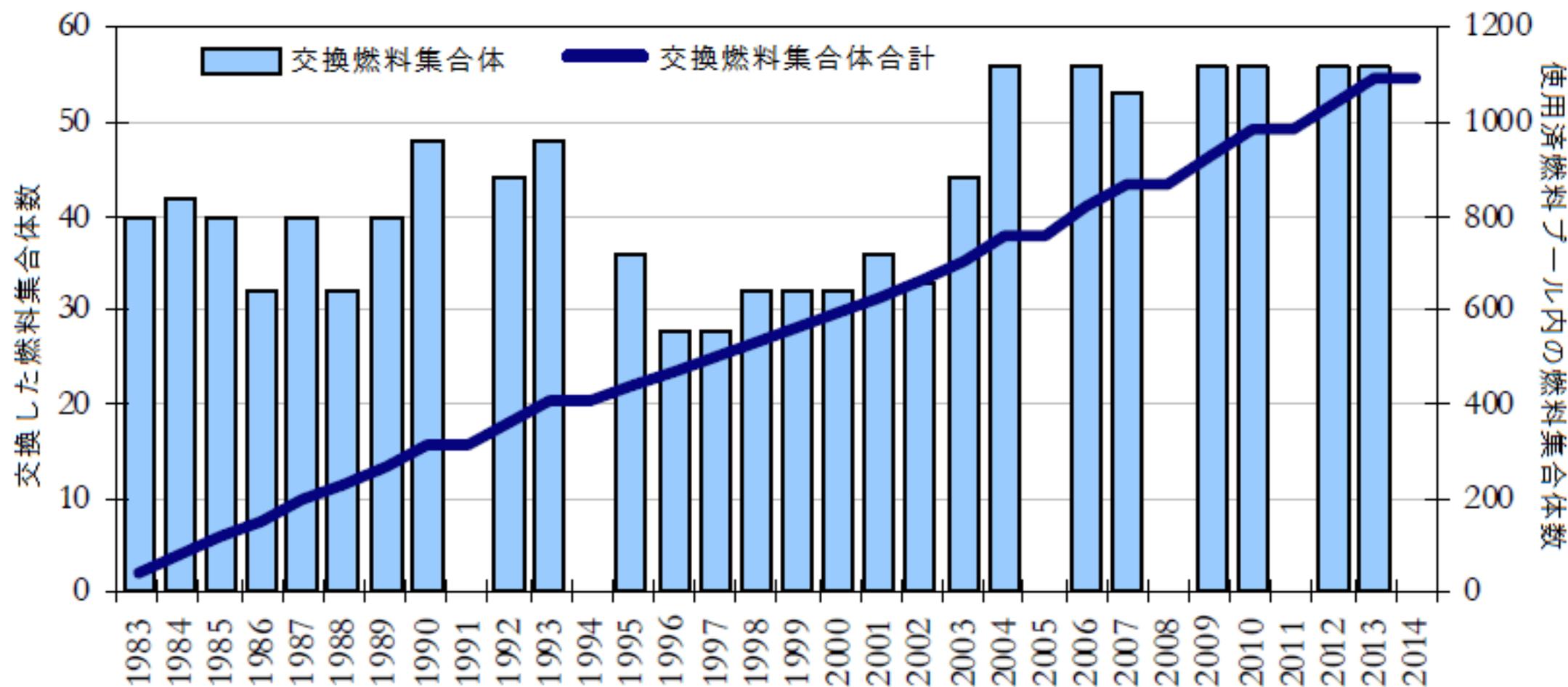


● 2013年時点の合計LILW発生量は2251m³

図4 クルスコ発電所の低・中レベル放射性廃棄物発生量の推移

下記の出所をもとに作成した。

[出所]放射性廃棄物管理機関(ARAO):LILWデータ、<http://www.arao.si/lilw-data>



- 2004年から燃料交換サイクルが12か月から18か月に変更
- 2013年の燃料装荷体数は56体、合計は1098体

図5 クルスコ発電所の使用済燃料発生量の推移

下記の出所をもとに作成した。

[出所]放射性廃棄物管理機関(ARAO):

http://www.ursjv.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/Porocila/LetnaPorocila/2014/Annual_report.pdf、p.49



| 型式 | TRIGA-II型 |
|---------|--|
| 最高熱出力 | 250 [kW] |
| 冷却の方法 | 軽水の自然対流 |
| 燃料装荷量 | ^{235}U 55.4 [g] |
| 燃料要素 | 直径: 3.8 [cm] |
| | 長さ: 72.1 [cm] |
| | 材料: ウランと水素化ジルコニウムの均質合金 |
| | (U in U-ZrH: 11.9 [wt.%], H: 1.6 w/o) |
| ウランの濃縮度 | 19.9 % ^{235}U |
| 被覆材 | ステンレススチール (SS-304) |
| 炉心 | 円柱型で有効直径、高さとも6.25 [m]、直径約 2 [m]、軽水を満たしたアルミニウム製タンクの底部にある。 |
| 反射体 | 黒鉛 |
| 利用 | 調査研究、クルスク従業員のためのトレーニング、医学や産業用等の放射性同位体の製造 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> ・1966年に米国からの援助を受けて建設 ・1992年に修復・改造、定常運転とパルス運転の認可を再取得 |

図6 IJS原子炉研究センターのTRIGA-II型炉の概要

下記の出所をもとに作成した。

[出所]スロベニア環境・空間計画省・スロベニア原子力安全管理局:

RESEARCH REACTOR TRIGA MARK II WITH HOT、CELL、http://www.ursjv.gov.si/en/nuclear_and_radiation_facilities/research_reactor_triga_mark_ii_with_hot_cell/

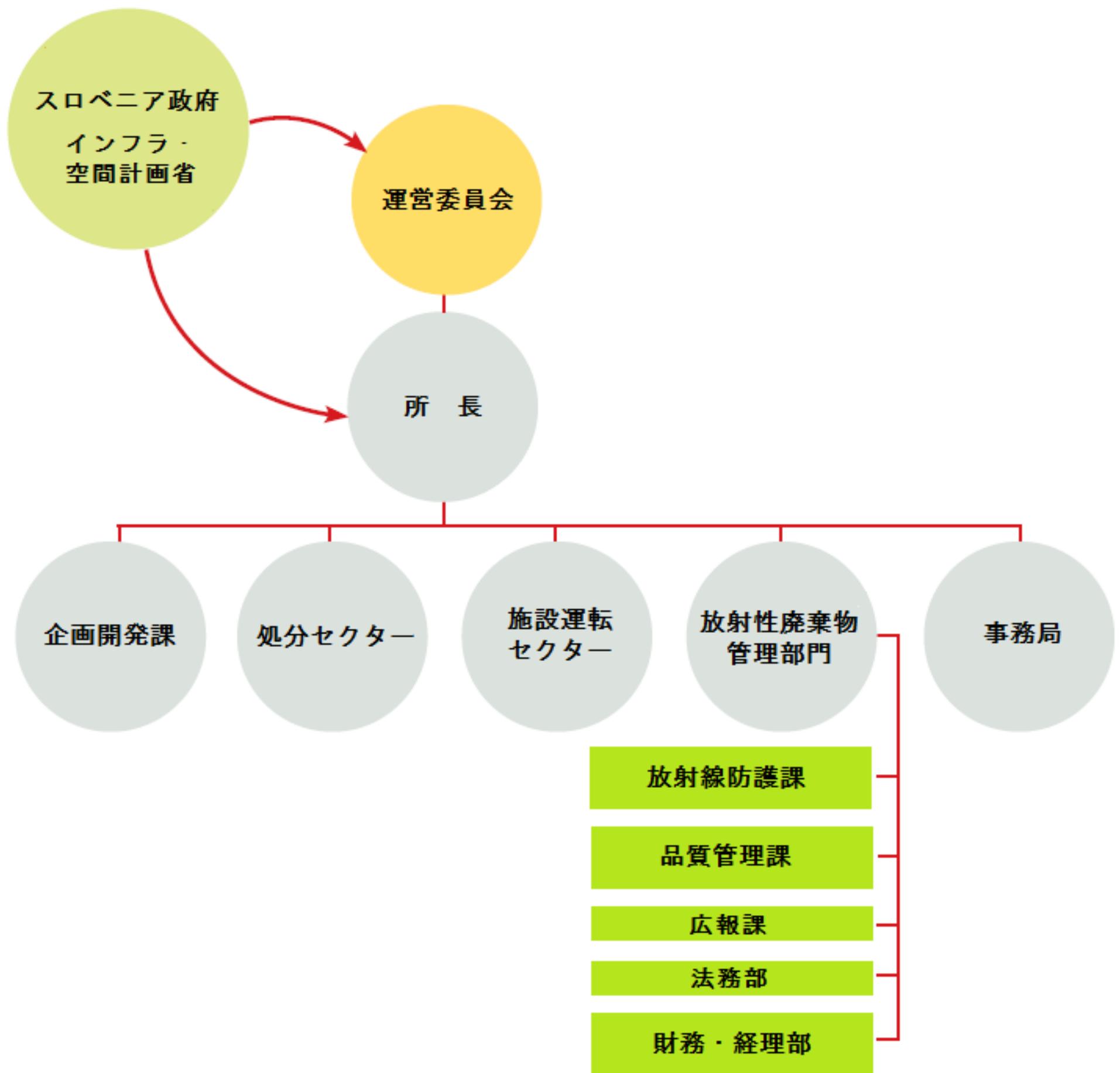


図7 放射性廃棄物管理機関(ARAO)組織図

下記の出所をもとに作成した。

[出所]放射性廃棄物管理機関(ARAO): Annual Report 2013、

<http://www.arao.si/uploads/datoteke/ARAO%20celo%20ANNUAL%202014.pdf>、 p.10