

<概要>

ブラジルでは現在、米国ウェスチングハウス（WH）社製のアングラ原子力発電所1号機（PWR、64万kW、1985年1月1日運転開始）及びドイツのシーメンス社製の同2号機（PWR、135万kW、2001年2月1日運転開始）が運転中である。また、国営電力会社エトロニュークリア社（ETN）は、建設が中断していたアングラ3号機（PWR、140万5,000kW）の工事を2009年から再開しており、2018年5月の運転開始を目指している。ブラジルでは水力資源が極めて豊富であるため、2014年時点の電力供給の68.6%を水力発電が占めている。その他の電源の供給比率は火力発電が18.6%、原子力が2.5%、バイオマス、風力など再生可能エネルギーが10.3%である。

<更新年月>

2015年03月

<本文>

1. ブラジルのエネルギー・電力需給

ブラジルは、国内産業・経済の急速な成長に合わせて1960年代から急ピッチで電源開発を進めてきており、豊かな水力資源を活用して電力需要の増加に対処することができた。水力発電所は、産業活動が特に集中している電力需要地の同国南東部を中心に建設された。

1980年代に入ると経済成長は頭打ちとなり、新規の電源開発の中断を余儀なくされた。しかし、1995年以降は経済再建政策などが功を奏して産業活動が再び活発化したため、需要増加に対応して年率5%増の電力供給が必要とされる状況となり、それまでになく電力需給が逼迫した。

ブラジルは国内に豊富な水力資源を有するため、依然として水力発電が基幹電源となっているが、南東部の水力資源は実質的にほぼ開発し尽されている。残る水力資源の約50%は消費地から離れた同国北部のアマゾン地域に存在している。そこで、主にピークロード用の電源として火力発電所が建設されてきた。表1にブラジルにおける主要電力会社の概要を示す。

ブラジルの2013年時点の電源別発電設備は、水力8,601万8,000kW（67.9%）、火力3,652万8,000kW（28.8%）、原子力199万kW（1.6%）、風力220万7,000kW（1.7%）で、合計1億2,674万3,000kWである（2012年までの推移については表2参照）。また、2013年時点の電源別発電電力量は、水力3,909億9,200万kWh（68.6%）、火力（バイオマス含む）1,455億8,700万kWh（25.5%）、原子力146億4,000万kWh（2.6%）、風力65億7,900万kWh（1.2%）、その他122億4,100万kWh（2.1%）、合計5,700億2,500万kWhである（2012年までの推移については表3参照）。

ブラジルは水力資源に非常に恵まれ、発電電力量の約69%を水力に頼っている。また、1990年代にリオデジャネイロ沖で、次々と海底油田（カンボス油田など）が発見されたことから、2013年の原油の生産量は日量211万バレルとなっている。天然ガスも1990年代から生産量が徐々に増加し、2013年の生産量は213億m³となった。加えて、サトウキビを原料としたエタノール生産の寄与などもあり、ブラジルの一次エネルギー自給率は9割を超えている（図1参照）。

ブラジル国内では石油・天然ガスの生産が拡大しているものの、電力供給は水力に依存しており、将来に向けて電源の多様化が課題となっている。原子力発電は電源の多様化に役立つとともに、水力に比べて電力需要地に近接して立地できる長所があり、大きな期待が寄せられている。また、ブラジルにはこれまでに蓄積された原子力技術や豊富なウラン資源があり、それらを有効に活用できるのも強みである。さらに、原子力発電によってCO₂排出量を低減することも期待されている。

ブラジルの2013年時点の総発電設備容量は1億2,674万kW、世界でも10位に入る規模を持つ。ただし、国民の階層間での格差や地域間で経済発展の進展が大きく異なるため、国民1人あたりの電力消費量（2012年）は約2,434kWhと中国（約3,308kWh）を下回るなど、先進国とは開きがある。国内の電化率は98%に達するが、農村部では未電化地域もある。ブラジルの電源開発計画は、今後も増加が見込まれる電力需要への対応、電源構成の多様化、未電化地域の解消に主眼が置かれている。

2. アングラ原子力発電所

ブラジルのアングラ原子力発電所は、リオデジャネイロ市から西約150kmの海岸沿いのアングラ・ドス・レイスに立地している。[表4](#)にアングラ原子力発電所の概要を、[図2](#)にアングラ（ANGRA）原子力発電所の外観図を示す。

アングラ1号機は、1971年にWH社が[ターンキー契約](#)で建設を開始し、1982年3月に初臨界を達成した。しかし、多くの技術的トラブルに見舞われ、営業運転開始は1985年1月にずれ込んだ。運転開始後も、緊急時計画をめぐる裁判や財政難、さらに主要機器のトラブルなどから、1986年1月から1987年4月まで約15カ月にわたって運転を停止した。また、1989年10月からの燃料交換停止時に、地元の緑の党が運転再開の禁止を求める訴訟を起こし、上級裁判所の判決で運転再開になった経緯もある（1990年1月）。その後、1号機は補修、改修工事を行い、1995年以降の運転実績は概ね好調で、2014年の同機の[設備利用率](#)は88.2%であった（[表5](#)参照）。

アングラ2号機及び3号機は、1975年から現在に至る旧西独と締結した原子力協定に基づき、シーメンス（KWU）社製モデルが採用されている。アングラ2号機（PWR、135万kW）は1982年にドイツで運転開始したグラーフエンラインフェルト原子力発電所（PWR、134万5,000kW）をモデルとし、1989年に運転開始のネッカー2号機（PWR、136万5,000kW）の仕様も採り入れられた。設計はドイツのシーメンス社が、建設工事はドイツとブラジルの企業が共同で実施しており、所有・運転するのはブラジルの国営電力会社であるエレクトロニュークリア

（ELETRONUCLEAR - Eletrobras Termonuclear S.A.）社である。ブラジルの原子力許認可当局である原子力委員会（CNEN）は、ドイツ原子炉安全協会（GRS）及びドイツ人検査官と密接に協力をしつつ、同機の安全性に関わる機器の品質管理手続に携わった。

アングラ2号機は1976年5月に[着工](#)、1985年の営業運転開始を目標としていたが、1980年代半ばに経済不況があり、それに伴う電力需要の落ち込みから、工事作業は最小限に制約された。しかしながら、1995年にリオデジャネイロ及びサンパウロ地区の電力需要が急速に増加したのを契機に、政府は同機の建設計画の続行を最優先することを決定した。同機の建設工事は1996年に再開され、1998年に完了した。その後、2000年3月に燃料装荷を開始し、7月に初臨界達成、2001年2月に営業運転を開始した。2号機の運転実績も概ね順調であり、2014年の設備利用率は87.4%であった（[表5](#)、[図3](#)参照）。

アングラ1、2号機は、国内の総発電設備容量（2013年）の約1.6%を占め、その発電電力量146億6,000kWhはブラジル国内の2.6%、リオデジャネイロ州（GDPがブラジル第2位の州）の発電量の約27%にあたる。

3. アングラ原子力発電所3号機

ブラジル政府は、1970年代のエネルギー危機を回避するため、アングラ3号機（PWR、130万9,000kW）の建設を予定していたが、その後の経済不況から2号機と同様、1980年代半ばに作業を中断した。3号機の設計もシーメンス社が行った。1980年代の作業中断までにエンジニアリング作業の大半は終了し、機器の約75%が輸入され、倉庫に保管される状態が続いた。

2001年5月、アングラ2号機の営業運転開始を待って、政府は電力会社であるエレクトロニュークリア社に対して、アングラ3号機の工事再開を承認することを決定した。建設再開にあたり、

（1）財務省への健全な資金計画の提示、（2）環境省が規定する環境許可基準への適合、（3）原子力委員会（CNEN）からの[放射性廃棄物管理](#)の承認などの条件がエレクトロニュークリア社に提示された。2007年6月にエネルギー政策諮問委員会（CNPE）の承認を得て、同年7月に大統領によって工事再開の決定が下された。政府の決定を受けて、2009年から工事が再開され、2010年にはブラジル連邦社会経済開発銀行（BNDES）から36億円の融資を受けている。2014年時点で工事の進捗は50%以上進んでいるとされ、2018年5月の運転開始を目指して工事が進められている。

（前回更新：2005年1月）

<関連タイトル>

[ブラジルの原子力開発体制 \(14-08-03-01\)](#)

[ブラジルの核燃料サイクル \(14-08-03-03\)](#)

<参考文献>

- (1) Industrias Nucleares do Brasil (INB) ホームページ
 - (2) 米国エネルギー省ホームページ
(<http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=BR>)
 - (3) 「原子力年鑑」編集委員会：原子力年鑑2015（2014.10）、ブラジル、p.200～202
 - (4) 日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向 2014年次報告（2014年1月）、p.36、49、182
 - (5) 海外電力調査会：海外諸国の電気事業 第1編 2014年版（2014年1月）、p.289～310
 - (6) 海外電力調査会：海外電気事業統計 2014年版、2014年12月、p.465～467
 - (7) IAEA PRIS発電炉情報システムホームページ
 - (8) ブラジル鉱山・エネルギー省（MME）ホームページ
(<http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial>)
 - (9) ブラジル国家電力規制庁（ANEEL）ホームページ
(<http://www.aneel.gov.br/>)
 - (10) Eletrobras Termonuclear S.A.（ELETRONUCLEAR）ホームページ
-

表1 ブラジルにおける主要電力会社の概要

会社名	事業地域	主な事業概要	発電容量	送電線
			(1,000kW)	(km)
国営電力公社エトロプラス傘下主要会社				
Eletronorte	北部	発電(水力)、送電	9,340	10,030
Chesf	北東部	発電(水力、火力)、送電	10,615	18,534
Furnas	南東部、北東部、中西部	発電(水力、火力)、送電	8,137	17,303
Eletrosul	南部	送電	77	8,886
Eletronuclear	南東部	発電(原子力)	1,990	-
CGTEE	南部	発電(火力)	840	-
ITAIPU	ブラジル・パラグアイ	発電(水力)	7,000	-
Amazonas Energia	北部	発電(水力、火力) 送電	2,204	365
主要州営電力公社				
Ceming	南東部(ミナスジェライス州)	発電(水力、火力、風力)、送電、配電	675	7,506
Copel	南部(パラナ州)	発電(水力、火力、風力)、送電、配電	474	2,174
CEEE	南部(リオグランデドスール州)	発電(水力、火力)、送電、配電	1,230	6,056

下記の出典をもとに作成した。

【出典】(一社)海外電力調査会:海外諸国の電気事業 2014(2014年1月)、p.300

表2 ブラジルの電源別発電設備

事業者自家発電別 総発電設備(送電端容量)

(単位:1,000kW)

年	事業者					自家発電				事業者・自家発電合計				
	火力	原子力	水力	風力	計	火力	水力	風力	計	火力	原子力	水力	風力	計
1990	4,170	657	44,934	0	49,761	2,665	624	0	3,289	6,835	657	45,558	0	53,050
1995	4,168	657	50,687	1	55,513	2,900	624	0	3,524	7,068	657	51,311	1	59,037
2000	4,168	2,007	60,095	19	68,669	4,075	968	0	5,043	10,642	2,007	61,063	19	73,712
2005	14,627	2,007	69,471	27	86,132	5,143	1,588	2	6,733	19,770	2,007	71,059	29	92,865
2006	13,866	2,007	72,007	235	88,136	6,486	1,672	2	8,159	20,372	2,007	73,679	237	96,295
2007	14,206	2,007	73,620	245	90,078	7,023	3,249	2	10,274	21,229	2,007	76,869	247	100,352
2008	14,766	2,007	74,235	396	91,404	8,233	3,310	2	11,545	22,999	2,007	77,545	398	102,949
2009	16,276	2,007	74,853	600	93,735	9,074	3,757	2	12,834	25,350	2,007	78,610	602	106,569
2010	17,108	2,007	76,631	926	96,671	11,654	4,072	2	15,728	28,762	2,007	80,703	928	112,400
2011	17,906	2,007	78,023	1,424	99,359	13,337	4,436	2	17,775	31,243	2,007	82,459	1,426	117,135
2012	20,236	2,007	79,439	1,892	103,574	12,542	4,855	2	17,399	32,778	2,007	84,294	1,894	120,973

出典①

出典②

下記の出典をもとに作成した。

[出典] ① (一社)海外電力調査会:海外諸国の電気事業2014(2014年1月)、p.300

② (一社)海外電力調査会:海外電気事業統計2014(2014年12月)、p.465

表3 ブラジルの電源別発電電力量

事業者自家発電別 総発電電力量(発電端)

(単位:100万kWh)

年	事業者					自家発電				事業者・自家発電合計				
	火力	原子力	水力	再エネ	計	火力	水力	再エネ	計	火力	原子力	水力	再エネ	計
1990	5,082	2,237	203,594	0	210,913	8,793	3,114	-	11,907	13,875	2,237	206,708	-	222,820
1995	7,703	2,519	250,456	0	260,678	11,474	3,449	-	14,923	19,177	2,519	253,905	-	275,601
2000	19,290	6,046	298,563	0	323,899	19,170	5,840	-	25,010	38,460	6,046	304,403	-	348,909
2005	28,248	9,855	325,053	93	363,248	9,104	12,404	18,274	39,782	37,352	9,855	337,457	18,367	403,030
2006	27,741	13,754	335,761	389	377,644	10,113	13,044	18,581	41,739	37,854	13,754	348,805	18,970	419,383
2007	25,741	12,350	359,256	663	398,011	9,880	14,759	22,499	47,138	35,621	12,350	374,015	23,162	445,149
2008	42,447	13,969	354,285	1,312	412,012	12,393	15,271	23,210	50,874	54,840	13,969	369,556	24,522	462,886
2009	23,077	12,957	371,670	1,446	409,150	11,724	19,318	25,967	57,008	34,801	12,957	390,988	27,413	466,158
2010	43,372	14,523	382,599	2,309	442,803	17,424	20,690	34,880	72,995	60,796	14,523	403,289	37,189	515,799
2011	30,387	15,659	405,621	3,059	454,726	17,237	22,712	37,083	77,033	47,624	15,659	428,333	40,142	531,758
2012	57,890	16,038	394,879	5,662	474,470	18,080	20,463	39,486	78,028	75,970	16,038	415,342	45,148	552,498

出典①

出典②

下記の出典をもとに作成した。

[出典] ① Ministry of Mines and Energy: Brazilian Energy Balance 2006、p.92,93

② (一社)海外電力調査会:海外電気事業統計2014年版(2014年12月)、p.465

表4 ブラジルの原子力発電所(運転中、建設中および計画中)

状 況	名 称	電気出力 (万kW)	炉型式	発 注	着 工	運 転	所有／ 運転者	主契約者
運転中	ANGRA-1	64.2	PWR	1969	1971.5	1985.1.1	エレクトロニュークリア社	WH
運転中	ANGRA-2	135.0	PWR	1975	1976.5	2001.2.1	エレクトロニュークリア社	KWU
建設中	ANGRA-3	140.5	PWR	1975	2010.6	2018 (予定)	エレクトロニュークリア社	KWU/アレバ

下記の出典をもとに作成した。

【出典】(一社)日本原子力産業協会:世界の原子力発電開発の動向2014年次報告(2014年1月)、ブラジル、p.110

表5 アンガラ原子力発電所の運転状況

年	ANGRA-1(アンガラ)		ANGRA-2(アンガラ)	
	設備利用率 (%)	発電量 (GWh)	設備利用率 (%)	発電量 (GWh)
1985	57.8	3169		
1990	37.5	2055		
1995	42.6	2334		
1996	41.6	2289		
1997	54.5	2990		
1998	56.4	3094		
1999	66.2	3632		
2000	57.6	3165	45.8	2421
2001	65.9	3614	83.8	9905
2002	68.8	3775	82.7	9238
2003	57.2	3137	84.3	9419
2004	70.8	3890	61.8	6920
2005	64.2	3520	50.8	5677
2006	58.4	3205	87.6	9778
2007	56.1	2553	81.4	9097
2008	76.8	3315	88.3	9894
2009	50.9	2669	85.6	9555
2010	76.4	4077	86.8	9697
2011	83.5	4452	92.6	10342
2012	96.0	5135	89.6	10036
2013	70.0	3735	89.9	10045
2014	88.2	4707	87.4	9757

[出所] IAEA PRIS発電炉情報システムホームページ
[\(http://www.iaea.org/dbpage/\)](http://www.iaea.org/dbpage/)

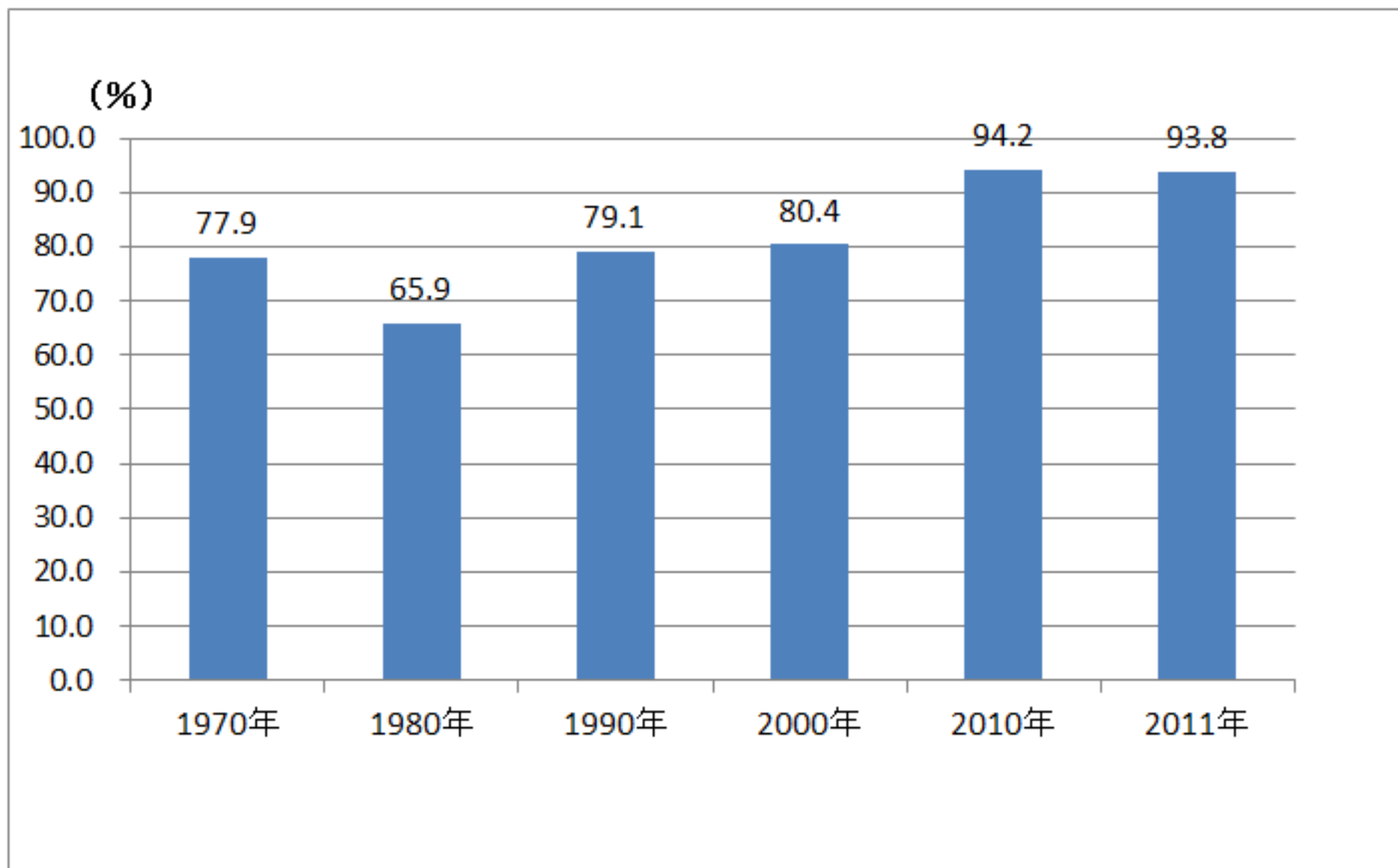


図1 ブラジルにおける一次エネルギー自給率

下記の出典をもとに作成した。

【出典】 (一社)海外電力調査会:海外諸国の電気事業 第一編 2014年、P292



図2 アングラ(ANGRA)原子力発電所外観図

[出所] シーメンス社ホームページ、<http://www.siemens.com/>

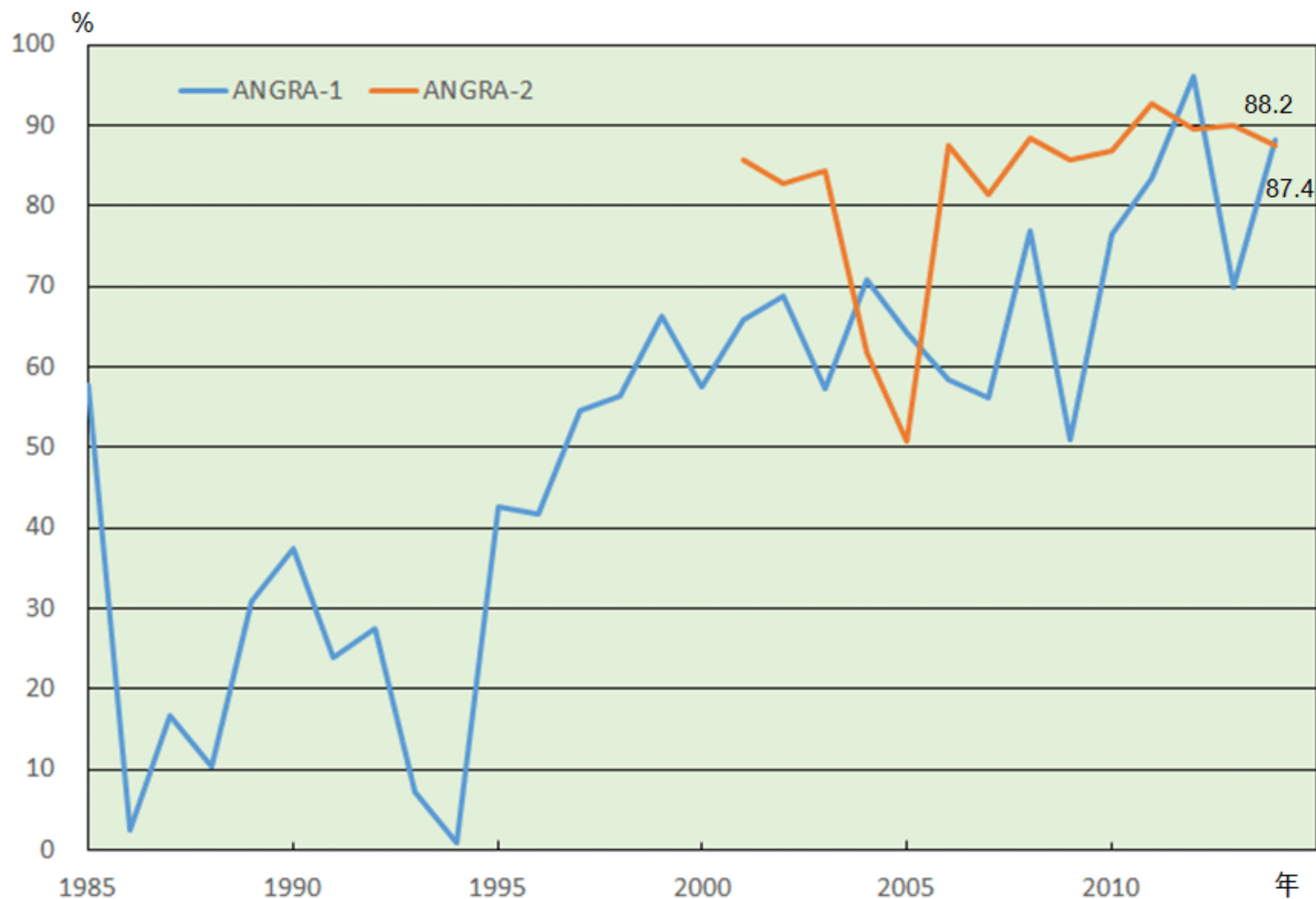


図3 アングラ原子力発電所の運転状況

下記の出所をもとに作成した。

[出所] IAEA PRIS発電炉情報システムホームページ、<http://www.iaea.org/PRIS/>