



インドの 原子力発電開発と 今後の計画



インド原子力発電公社
(NPCIL) CMD
S K シャルマ

第50回 原産年次大会



Global Energy Statistical Yearbook 2016

電力生産

2000年

Unit: TWh	Highest ten
United States	4,053
China	1,356
Japan	1,059
Russia	878
Canada	606
Germany	577
India	570
France	540
United Kingdom	377
Brazil	349
South Korea	290
Italy	277

2001年

Unit: TWh	Highest ten
United States	3,865
China	1,482
Japan	1,040
Russia	891
Canada	590
India	588
Germany	586
France	550
United Kingdom	385
Brazil	329
South Korea	311
Italy	279

2002年

Unit: TWh	Highest ten
United States	4,051
China	1,655
Japan	1,058
Russia	891
India	611
Canada	601
Germany	587
France	559
United Kingdom	387
Brazil	346
South Korea	332
Italy	285

2011年

Unit: TWh	Highest ten
China	4,716
United States	4,350
India	1,075
Russia	1,055
Japan	1,051
Canada	633
Germany	613
France	561
Brazil	532
South Korea	523
United Kingdom	367
Italy	303

2015年

Unit: TWh	Highest ten
China	5,682
United States	4,324
India	1,368
Russia	1,062
Japan	995
Germany	638
Canada	632
Brazil	586
France	569
South Korea	546
United Kingdom	338
Saudi Arabia	336

電力生産が増加の一途をたどるインド

エネルギー資源

- 全資源の最適な活用が必要
- 原子力：わずかなウランと豊かなトリウム資源

原子力発電計画の目標：
「閉じた燃料サイクル戦略」により
2050年以降にエネルギー自給を
実現する

インドのエネルギー資源基盤

	量	発電ポテンシャル ^α 単位：GWe・年
石炭	53.3 -BT	10,660
炭化水素	12 -BT	5,833
ウラン – 金属	61,000 -T	
- 加圧重水炉		328
- 高速増殖炉		42,231
トリウム – 金属 (高速増殖炉)	2,25,000 -T	155,502
水力	150 -GWe	69 GWe・年/年
非従来型再生可能 エネルギー	100 -GWe	33 GWe・年/年

資源を全て電力生産に使用したと想定

現時点で確認されている資源（炭層メタンを含む）は 3 BT

設備容量 (2017年3月)

燃料	単位(Mwe)
火力全体	215,840
石炭	190,000
ガス	25,000
石油	840
水力	44,000
原子力	6,780
再生可能	50,000
合計	316,620

自家発電 (47,300 Mwe)を除く



सत्यमेव जयते

原子力委員会 (AEC)



供給機関

भाविनि
 BHAVINI
 एनपीसीआईएल
 NPCIL
 UCIL
 IAEA

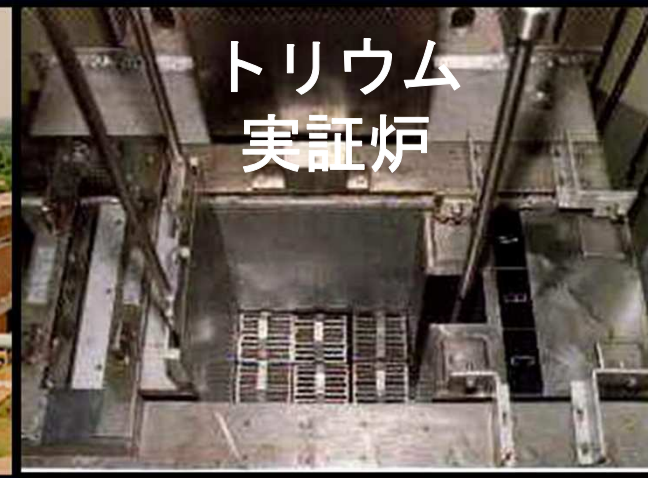
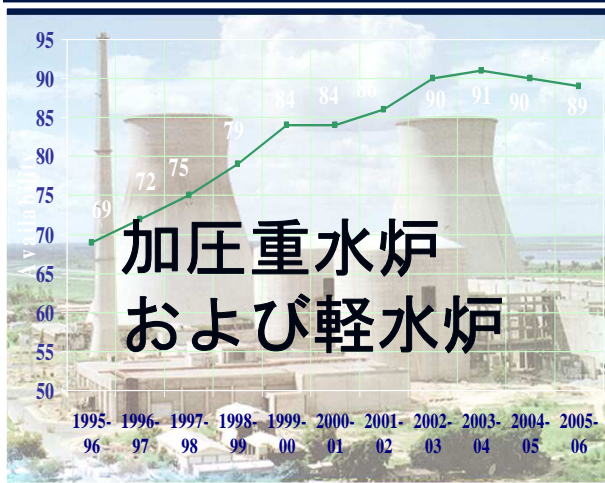
NFC
 ICRH
 HIR

研究機関

研究機関

BARC
 IGCAR
 IAEA
 Variable Energy Cyclotron Centre

三段階の原子力発電計画



第Ⅰ段階 熱中性子炉

- 22基：運転中
- 8基：建設中
- その他数基：計画中

第Ⅱ段階 高速増殖炉

- 40 MWth の高速増殖
実験炉（FBTR）：
1985年より運転
技術目標を達成
- 500 MWe の高速増殖
原型炉（PFBR）：
建設中

第Ⅲ段階 トリウム炉

- 30 kWth の KAMINI炉：
運転中
- 300 MWe の改良型
重水炉（AHWR）：
間もなく建設開始

原子力発電計画の実施

現行の原子力法で原子力発電所の建設が許可されているのは以下の中央公共部門2社のみ

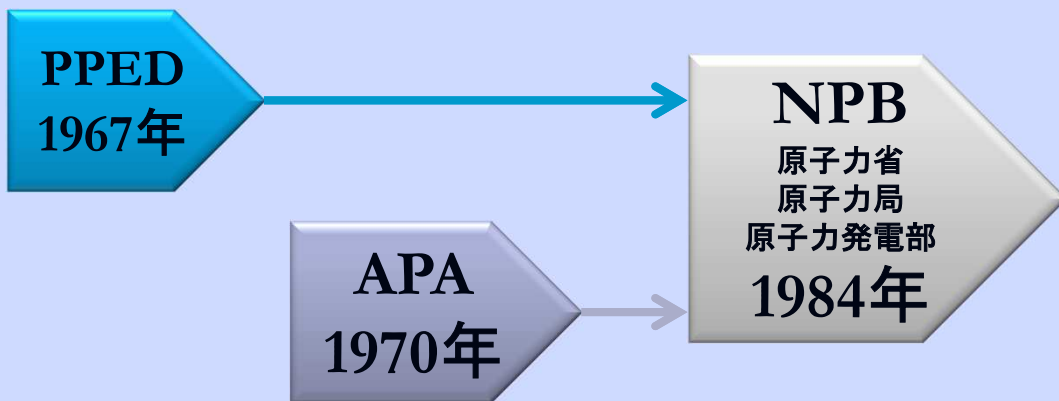
- 熱中性子炉（第一段階）：
インド原子力発電公社（NPCIL）
- 高速増殖炉（第二段階）：
バラティア・ナビキヤ・ビジュット・ニガム社（BHAVINI）



THE JOURNEY OF NPCIL

Over 25 years of safe nuclear power generation

2017年
6780
MW



एनपीसीआईएल
NPCIL

1987年



TAPS
(タラプール)
1969年



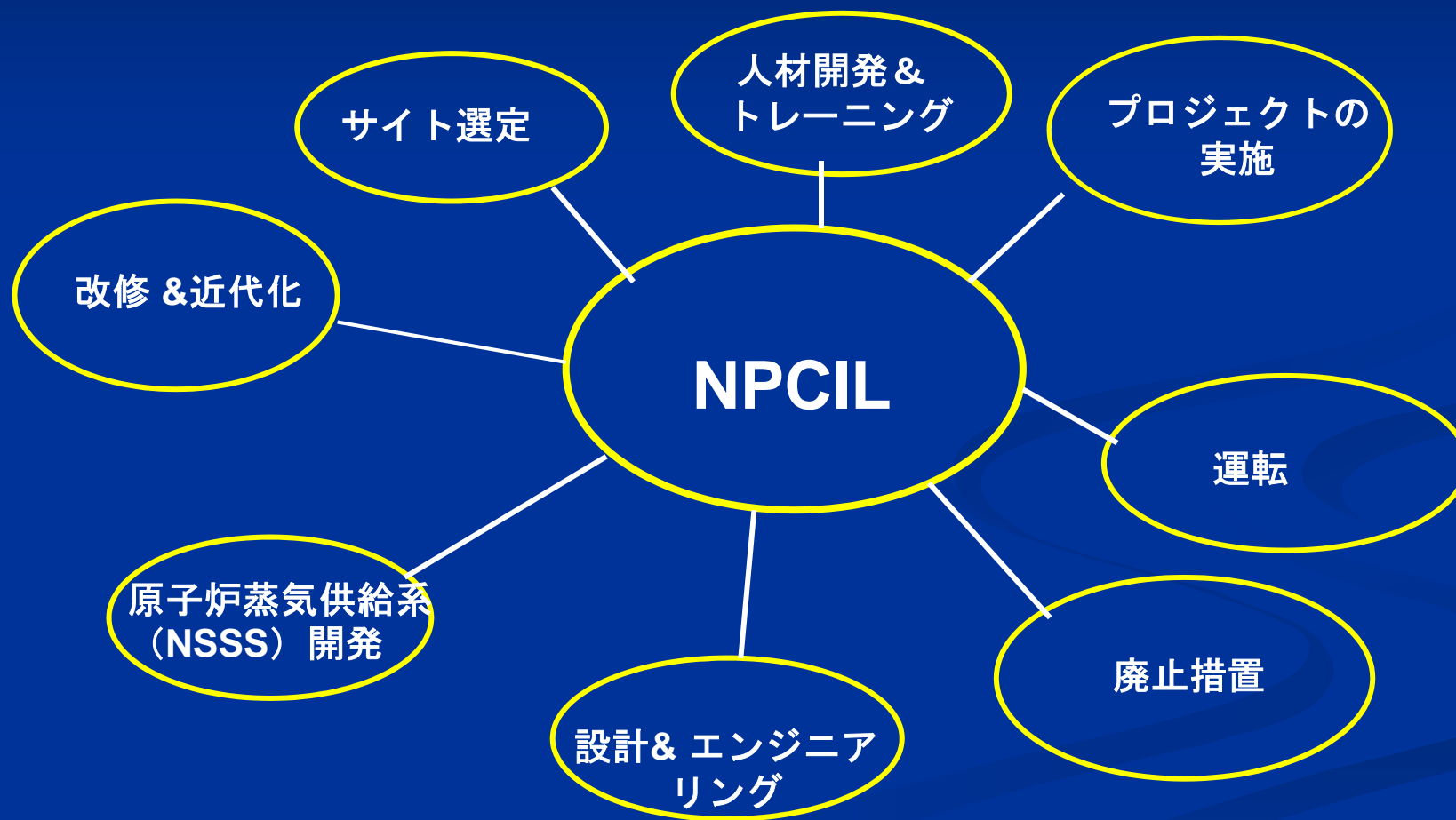
RAPS
(ラジャ
スタン)
1973年
1981年



MAPS
(マドラス)
1984年
1986年
1060
MW



NPCILの専門領域



計画の開始

技術的実証

タラプール 1・ 2号機

1969年 BWR (200Mwe) 2基

米 GECとのターンキー契約



技術の取り入れ

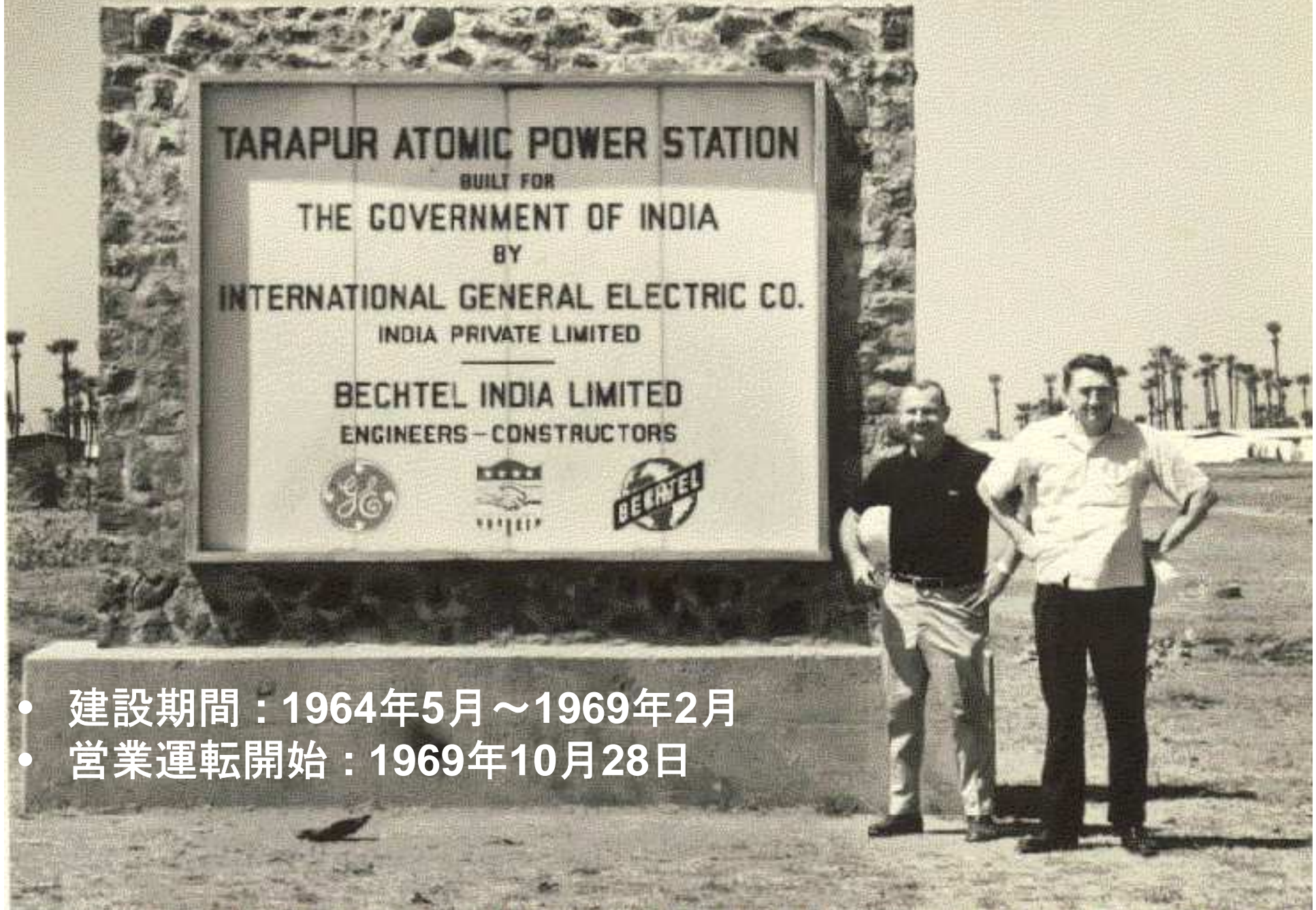
ラジャスタン 1・ 2号機

1971年PHWR (220Mwe) 2基

カナダ原子力公社 (AECL)



タラプールでインド初の原子力発電所が稼働



運転中の原子炉

18 PHWRs = 4460 MW

6780 MW

Rajasthan Atomic Power Station (RAPS) Rajasthan
 • 1x100 MW
 • 1x200 MW
 • 4x220 MW

Narora Atomic Power Station (TAPS) Uttar Pradesh
 • 2x220 MW

Kakrapar Atomic Power Station (KAPS) Gujrat
 • 2x220 MW

Tarapur Atomic Power Station (TAPS) Maharashtra
 • 2x220 MW
 • 2x540 MW

Kaiga Generating Station Karnataka
 • 4x220 MW

Madras Atomic Power Station (MAPS) Kalpakkam, TN
 • 2x220 MW

2 BWRs = 320 MW

TAPS-1	BWR	160 MWe
TAPS-2	BWR	160 MWe

2 VVER = 2000 MW

KKNPP-1	VVER	1000 MWe
KKNPP-2	VVER	1000 MWe

RAPS-1	PHWR	100 MWe
RAPS-2	PHWR	200 MWe
MAPS-1	PHWR	220 MWe
MAPS-2	PHWR	220 MWe
NAPS-1	PHWR	220 MWe
NAPS-2	PHWR	220 MWe
KAPS-1	PHWR	220 MWe
KAPS-2	PHWR	220 MWe
KAIGA-2	PHWR	220 MWe
RAPS-3	PHWR	220 MWe
KAIGA-1	PHWR	220 MWe
RAPS-4	PHWR	220 MWe
TAPS-4	PHWR	540 MWe
TAPS-3	PHWR	540 MWe
KAIGA-3	PHWR	220 MWe
RAPS-5	PHWR	220 MWe
RAPS-6	PHWR	220 MWe
KAIGA-4	PHWR	220 MWe



カルパッカム、タミル・
ナドゥ州サイト(KTS)



ラウトバタ、ラジャスタン州
サイト (RRS)



タラプール、マハラシュ
トラ州サイト (TMS)



NPCIL 本社、ムンバイ、
マハラシュトラ州 (NHQMM)



ナローラ、ウツタル・
プラデシュ州サイト (NUPS)



クダンクラム、タミル・
ナドゥ州サイト (KTNS)



カイガ、カルナタカ州サ
イト (KKS)



カクラパール、
グジャラート州サイト
(KGS)

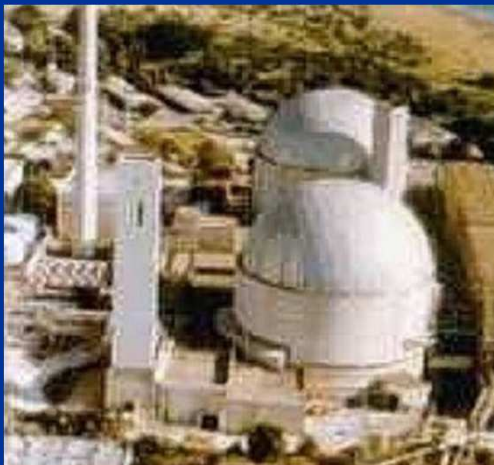
今日までの歩み

1969年
原子力発電所の
初稼働



タラプール (TAPS) 1・2号機

1970年代 ~ 1980年代
220 MW級原子炉の技術的実証と国産化



ラジャスタン (RAPS)
1・2号機

マドラス (MAPS)
1・2号機



今日までの歩み

1990年代～2000年代 220 MW 級原子炉の標準化と確立化



NAPS 1・2号機



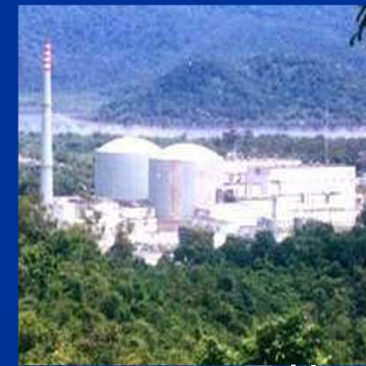
KAPS 1・2号機



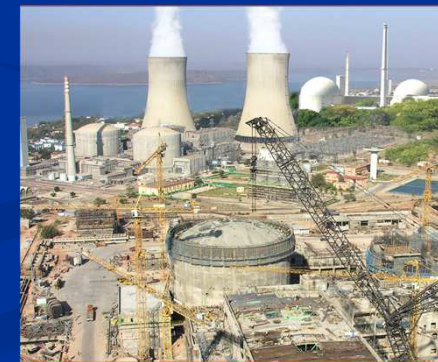
RAPP 3・4号機



KAIGA 3・4号機



KGS 1・2号機



RAPP 5・6号機

今日までの歩み

規模の拡大と連続製造

1000MW 軽水炉 (LWR) KKNPP 1・2号機



急速な成長に伴う
追加建設

700 MWe
KAPP 3・4号機、
RAPP 7・8号機



540 MWe
TAPS 3・4号機



試運転中、建設中、建設着手中の原子炉

建設中

KAPP 3&4 : 2x700 MW PHWR
RAPP 7&8 : 2x700 MW PHWR

建設着手中

GHAVP1&2: 2x700 MW PHWR

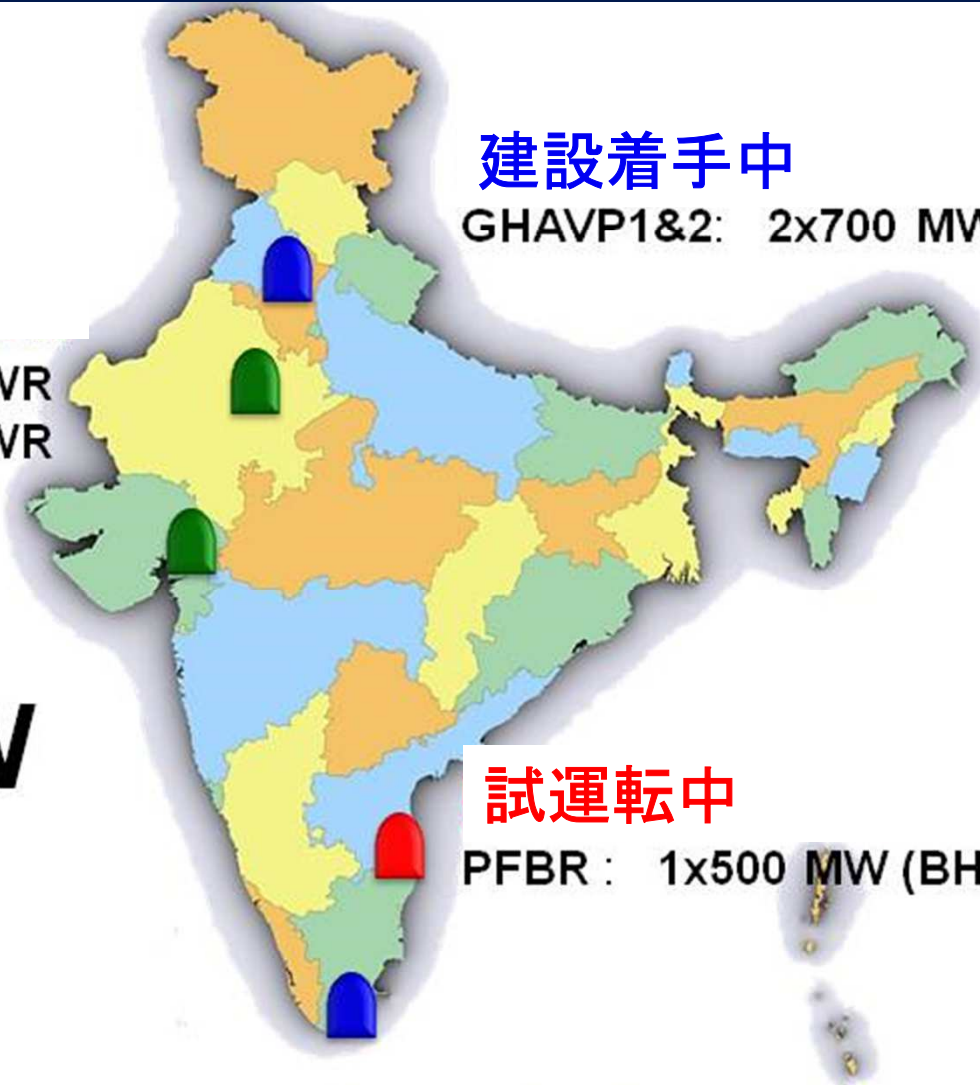
試運転中

PFBR : 1x500 MW (BHAVINI)

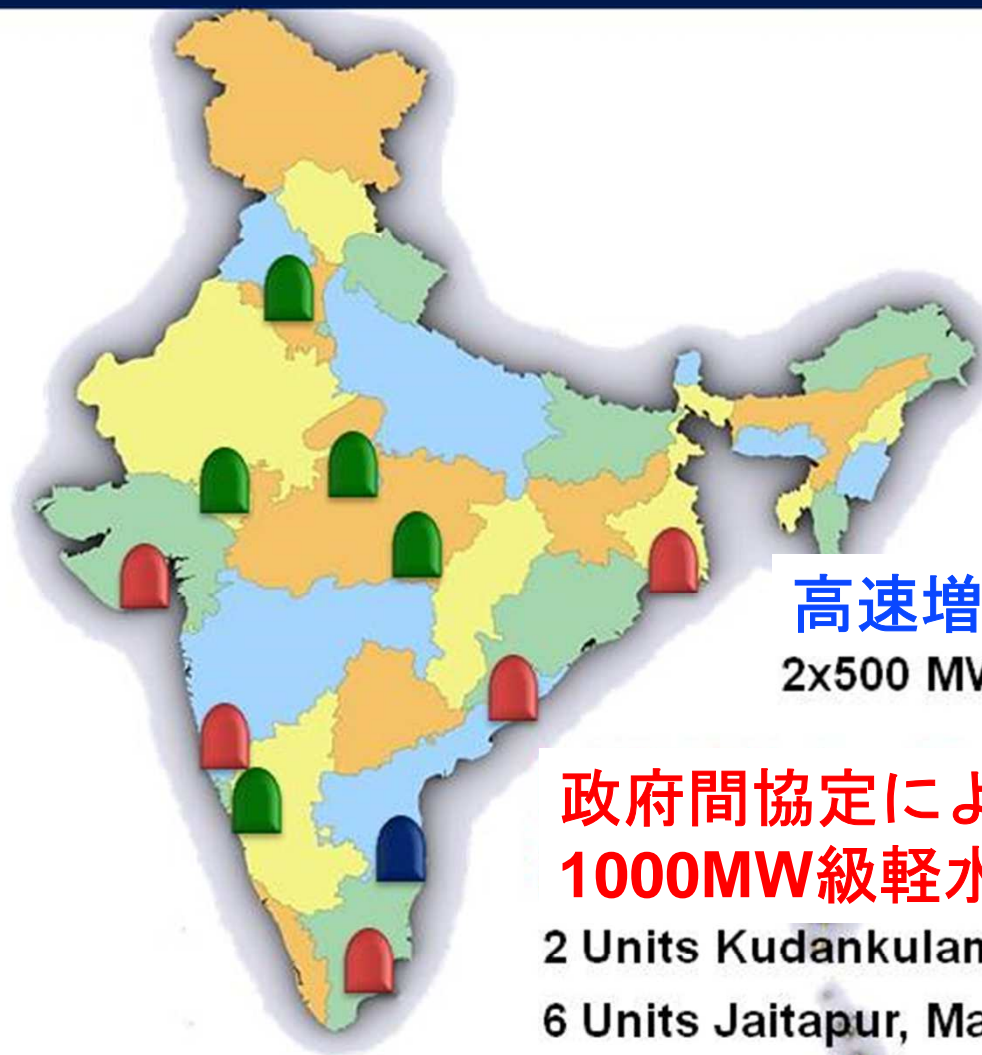
建設着手中

KKNPP 3&4 : 2x1000 MW LWR

6700 MW



計画中の原子炉



国産PHWR

2x700 MW, Chutaka, MP

4x700 MW, Mahi-Banswara, Raj

2x700 MW, Kaiga, Karnataka

2x700 MW, GHAVP, Haryana

高速増殖炉

2x500 MW by Bhavini

政府間協定による 1000MW級軽水炉

2 Units Kudankulam-5&6, Tamil Nadu

6 Units Jaitapur, Maharashtra

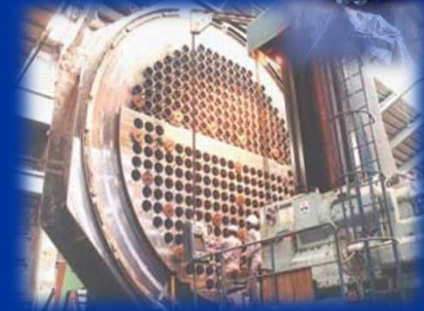
6 Units Kovvada, Andhra Pradesh

6 Units Chhaya-Mithi Viridi, Gujarat.

6 Units Haripur, West Bengal

インドの工業生産能力の確立

インドの工業は、
さまざまな原子力機器
に対する重要な要件を
満たす総合的な能力の
開発に成功



建設方法論の進化

オープントップ建設
メガパッケージ
建設と試運転の並行



今日のインド原子力産業

■ 主要な設備製造業者

ポンプ、バルブ、モーター

タービン発電機

変圧器および開閉装置

計装制御系

熱交換器

今日のインド原子力産業

■ エンジニアリング コンサルタント

土木

計装制御

従来型システム

■ メガパッケージ、EPC事業者

■ 原子炉機器製造業者

原子炉容器

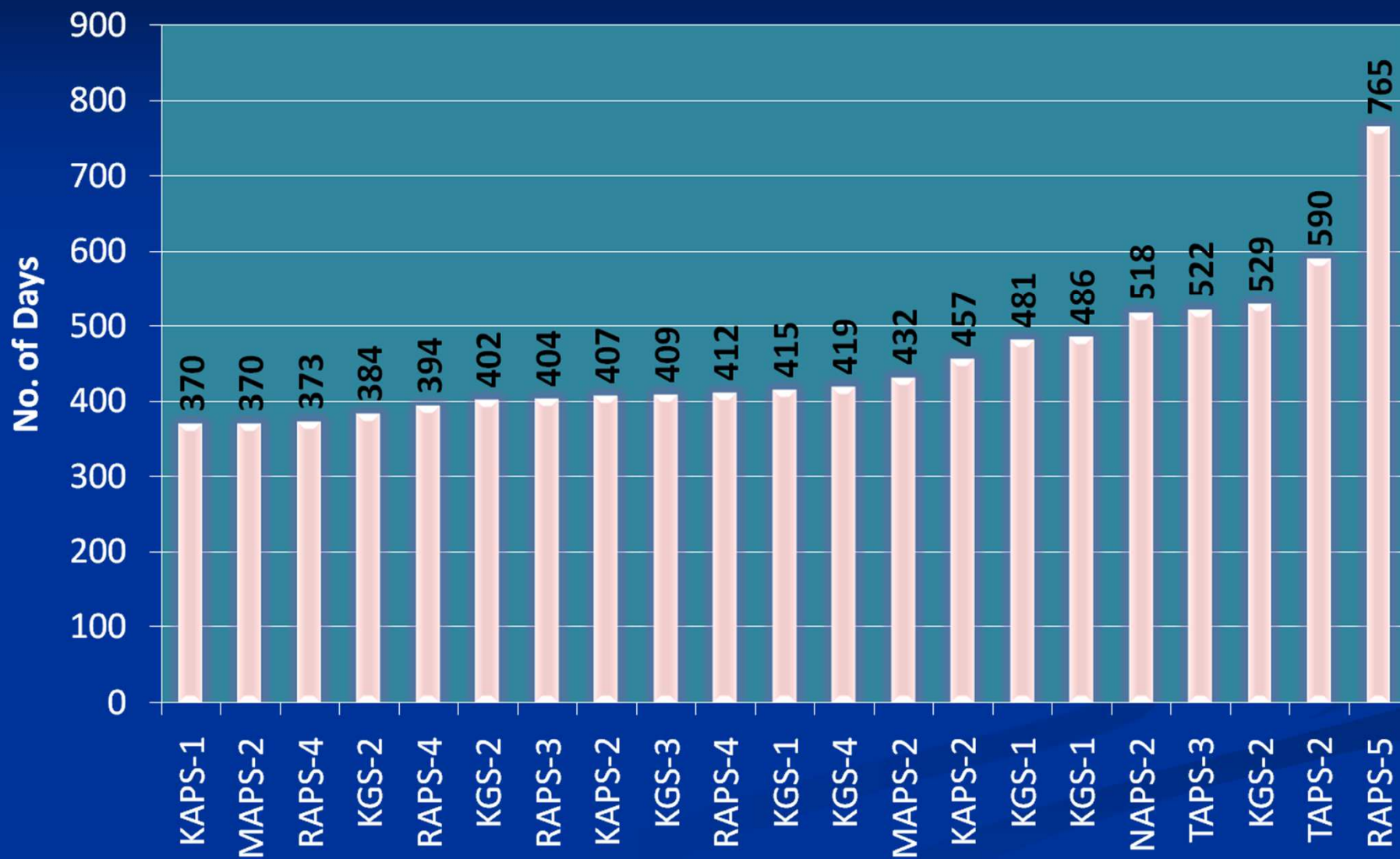
反応度制御

燃料交換機

蒸気発生器

運転実績

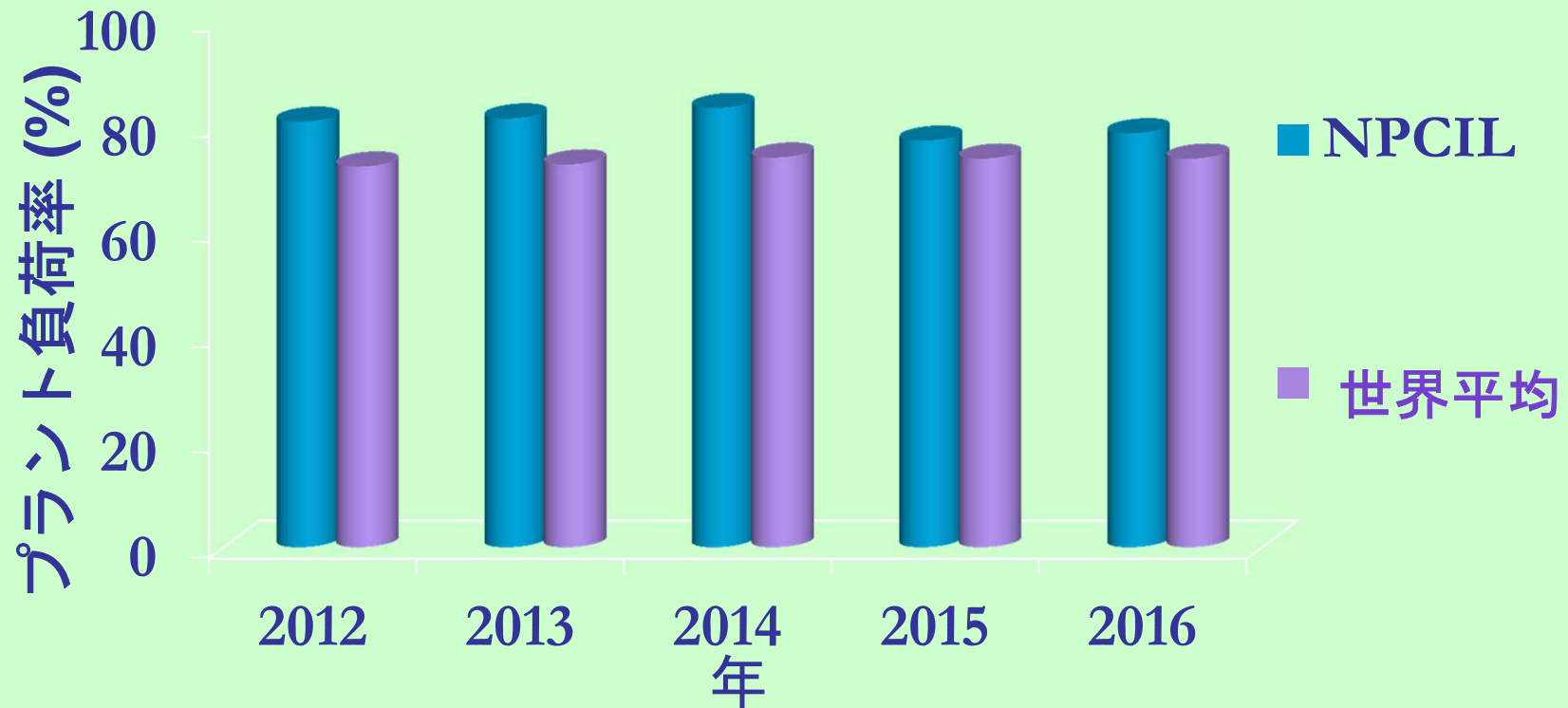
NPCILの原子炉で記録された継続運転（1年以上）（記録回数：21回）



運転実績

寿命延長と安全性向上対策を実施済み
456 原子炉・年の安全運転

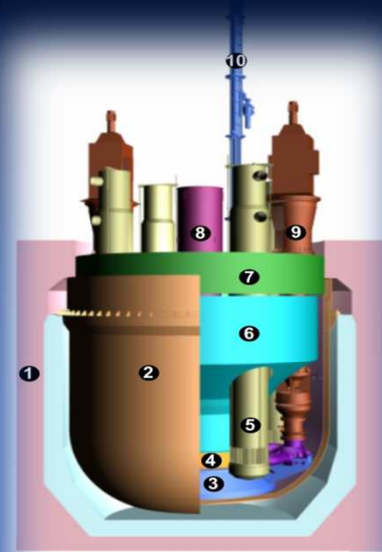
プラント負荷率 (%)



第二段階の 開始

500 MWe 級
高速増殖炉
試運転中

臨界到達：2017年



1. REACTOR VAULT
2. SAFETY VESSEL
3. CORE SUPPORT STRUCTURE
4. GRID PLATE
5. INTERMEDIATE HEAT EXCHANGER
6. INNER VESSEL
7. ROOF SLAB
8. CONTROL PLUG
9. PRIMARY PUMP
10. TRANSFER ARM

PFBR REACTOR ASSEMBLY





日印原子力協定調印
2016年11月

日印協力の可能性

- 日本は主な一次系および二次系機器の鍛造品の主要供給国
- AP 1000 や EPR 用の大型鍛造品も日本から調達
- 東芝をオーナーとするウェスチングハウス社 AP 1000 の導入が容易に
- 技術協力を通じてインド産業界にメリットが期待できる

クリーン&グリーンな原子力発電



ご清聴ありがとうございました