

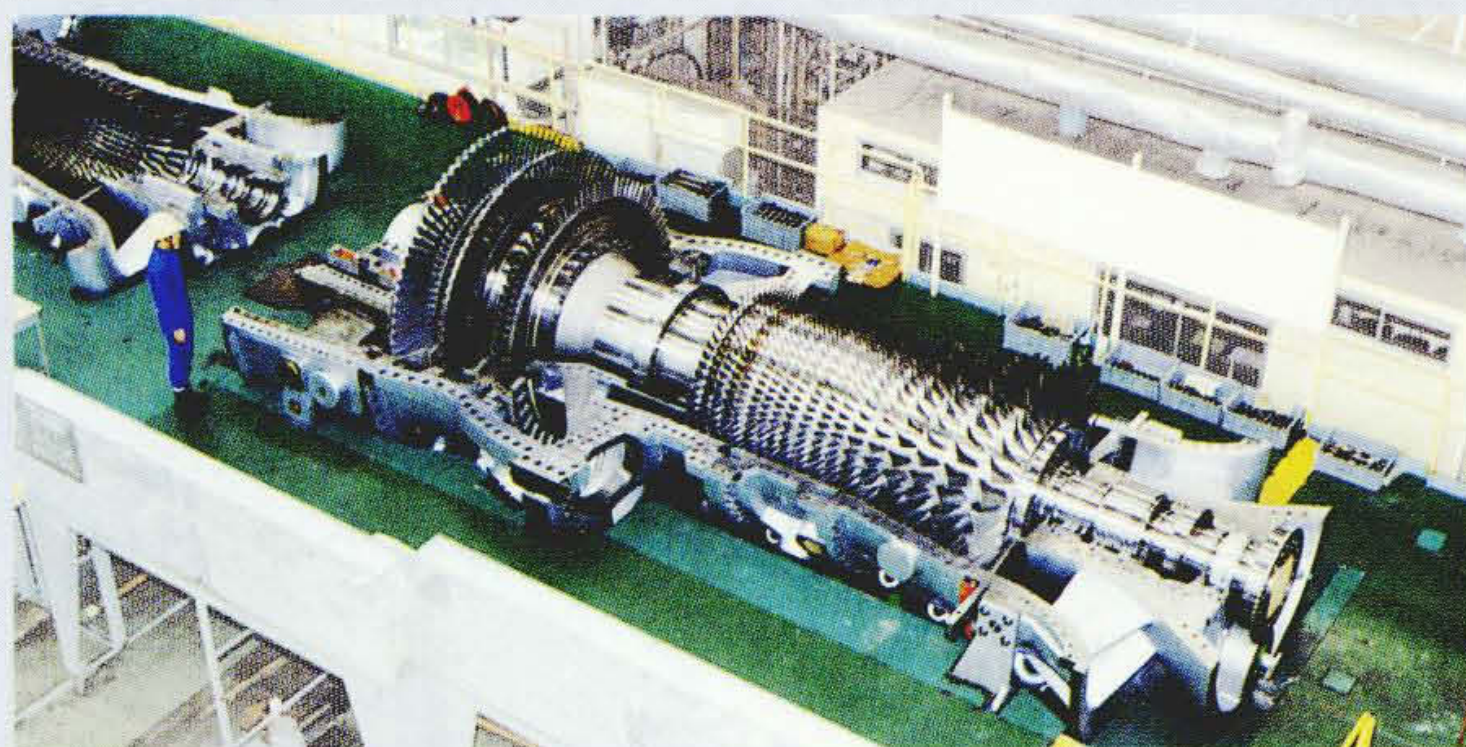
最近の火力・水力発電技術の動向

Current Trends of Thermal and Hydraulic Power Technology

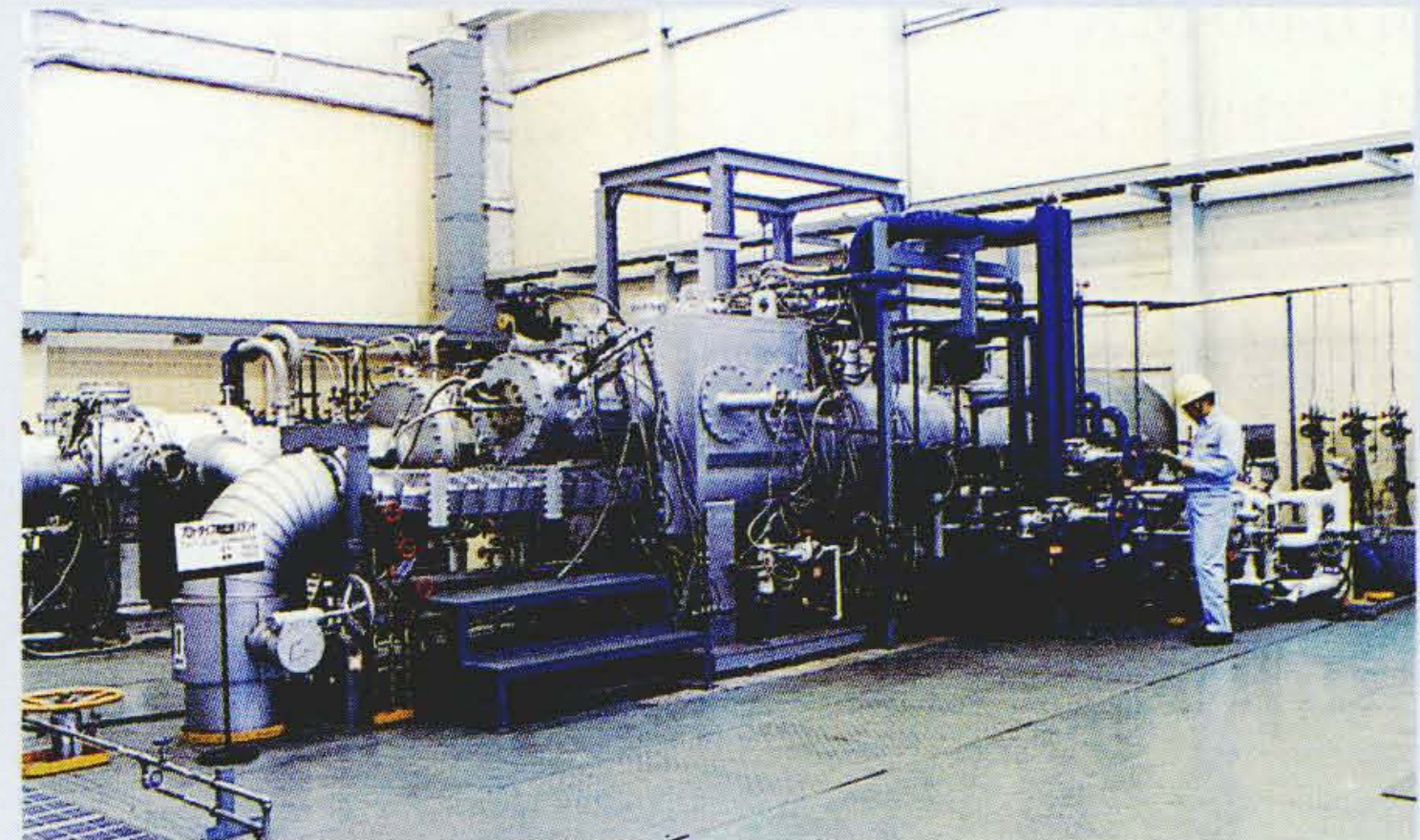
菱沼孝夫* Yukio Hishinuma
星野和貞** Kazusada Hoshino
玉造貞一*** Teiichi Tamatsukuri



ガスタービン
研究開発センタ



(a) 自主開発高温ガスタービンH-25



(b) 低NO_x燃焼器テストスタンド

日立製作所ガスタービン研究開発センタ このセンタは、高温・高効率化、大容量化など将来にわたっての発展が見込まれるガスタービンの研究開発の中心となっている。センタ内の自主開発高温ガスタービンH25を(a)に、低NO_x燃焼器テストスタンドを(b)に示す。

近年、経済・社会活動の発展に伴って環境負荷が飛躍的に増大し、地球温暖化をはじめとする地球環境問題が人々の大きな関心を呼んでいる。従来、指摘されてきた「エネルギー・資源」に加え、「環境」が人類全体の長期的な存続のための重大な制約条件となっており、その解決が急務である。

エネルギー供給の安定性と経済性から、わが国ではエネルギーベストミックスの政策が浸透しつつあり、ベース電源として原子力発電の割合が増加し、火力・水力発電の中間負荷・ピーク負荷対応など、

負荷調整の負担が大きくなっている。また、石油、石炭などの化石燃料は、世界のエネルギー供給の多くを賄っており、将来的にも安定エネルギー源として見込まれ、環境との両立が必須(す)条件である。

日立製作所は、次世代への火力・水力発電の課題を原子力発電との相互補完的な負荷調整能力の向上、化石燃料の環境的制約の克服、特に温暖化防止のための発電効率の向上、および環境対策のいっそうの強化、さらに燃料多様化対応と認識し、その解決のための技術開発に取り組んでいる。

* 日立製作所 電力事業本部 工学博士 ** 日立製作所 火力事業部 *** 日立製作所 電力事業部 技術士(電気部門)

1 はじめに

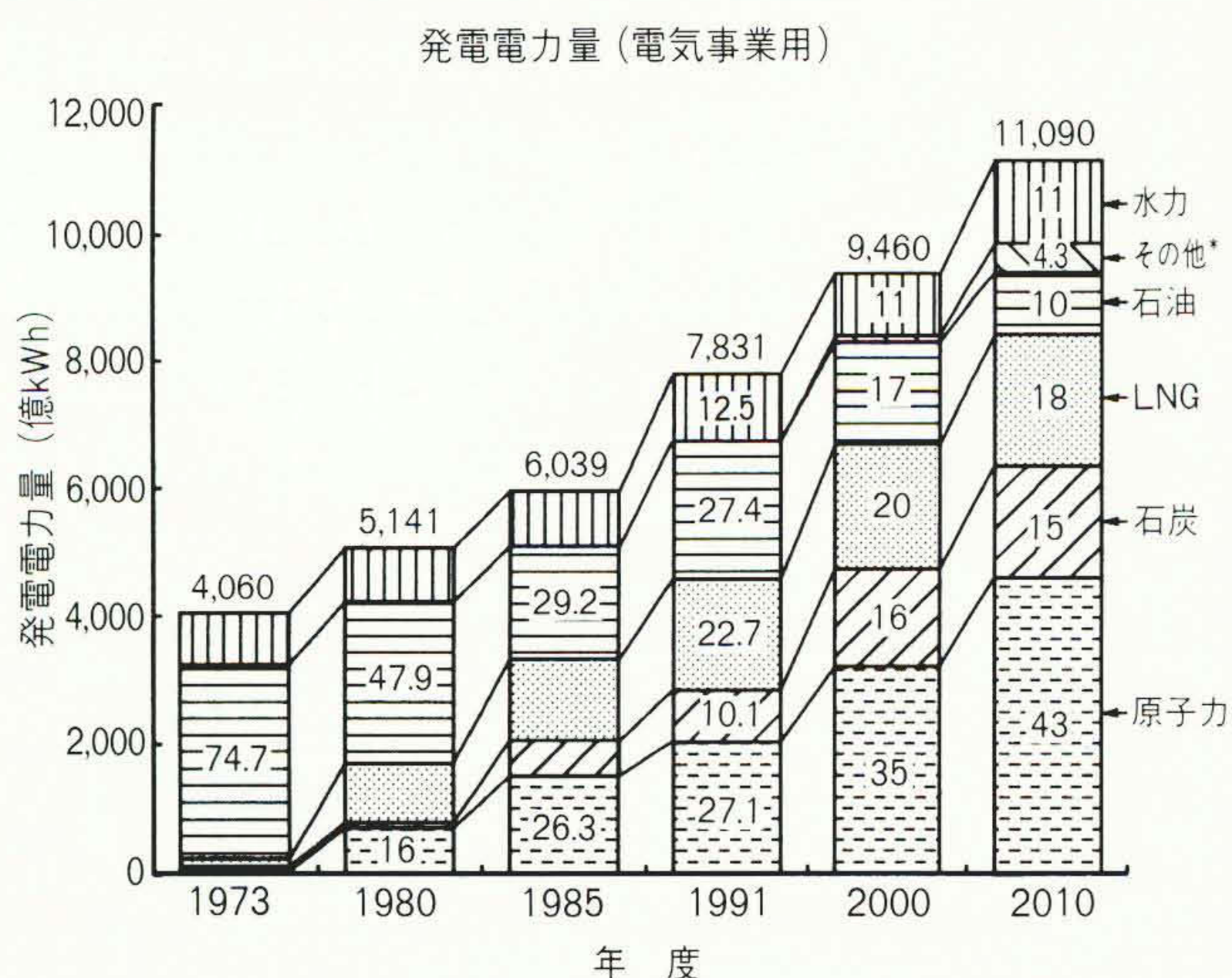
わが国の総エネルギー需要は2回の石油危機を経て現在は1%以下の低い伸び率で推移している。一方、電力需要はその使いやすさ、安全性などにより、総エネルギー需要を上回る伸びで増大している。この結果、電力化率は1970年度に26%であったものが、1991年度には40%に上昇し、さらに2010年には45%にまで上昇することが予想されている。需要の内訳をみると、民生用需要が産業用需要を上回る伸びで推移しており、この結果として電力の季節間あるいは昼夜間の格差を増大する方向に向かっている。

一方、電力供給の面では石油依存率が年々低下し、その分原子力発電が増大している。

ここでは、このような状況を踏まえ、次世代への火力・水力発電の課題を考察し、日立製作所のこの分野での取り組み、開発状況について述べる。

2 火力・水力発電を取り巻く環境と課題

わが国の電力供給は、第一次石油危機以降石油依存率低減に努めた結果、1973年度に発電電力量の74.7%を占めていた石油火力の比率は、1991年度には27.4%にまで低下した(図1参照)。一方、1973年度にはわずか2.4%であった原子力は、1991年度には27.1%と全電源の中で大きな構成比を占めるに至った。



注：出典（資源エネルギー庁）

*（地熱，メタノール，分散型電源）

図1 発電電力量の推移

ベース電源として原子力発電の割合が増加し、火力・水力発電の中間負荷・ピーク負荷対応など負荷調整の負担が大きくなっている。

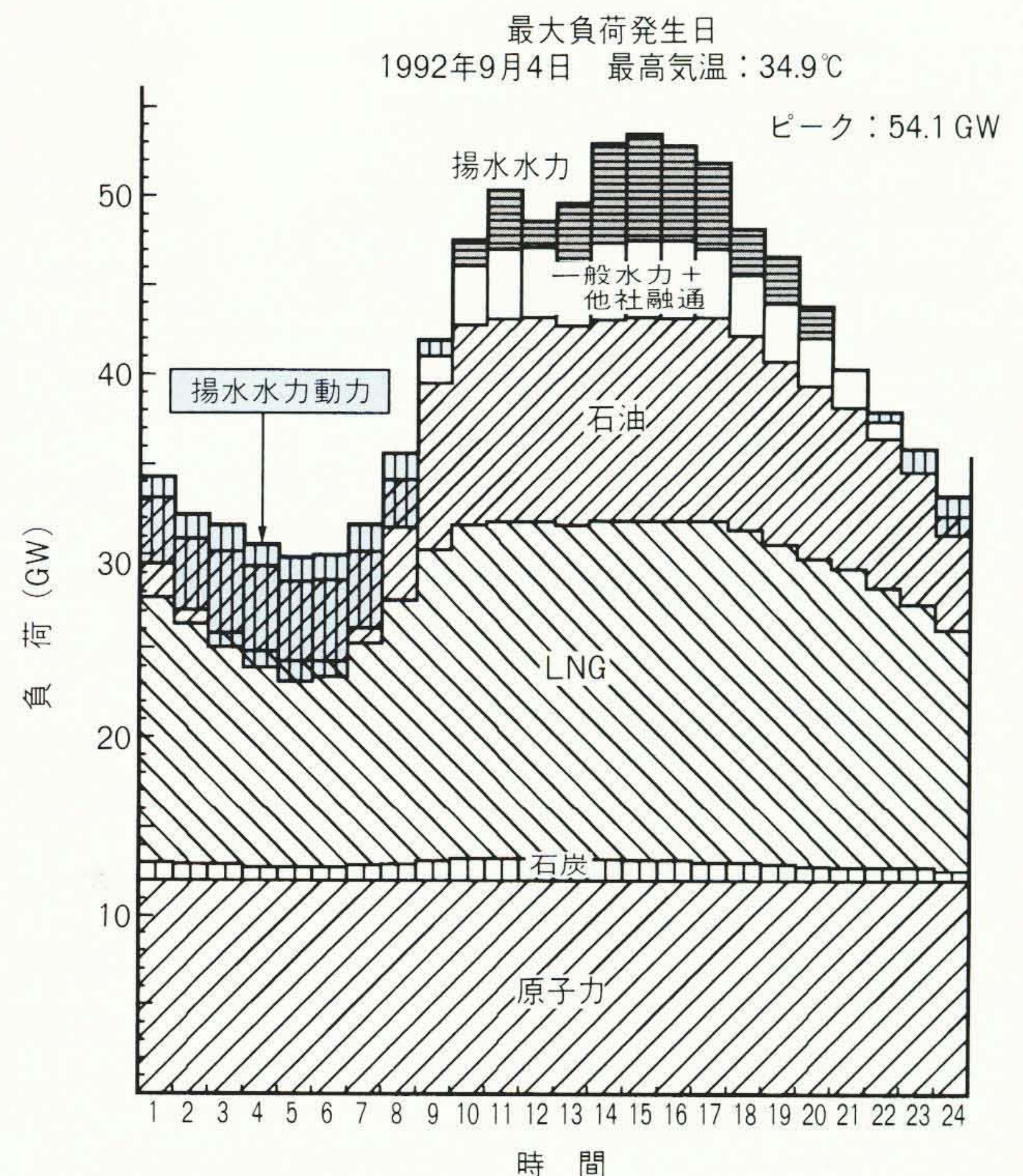


図2 最大電力発生時の日負荷曲線(東京電力株式会社管内)
電力需要面では、夏季冷房需要の急増などにより、季節間および昼夜間の格差が増大している。

東京電力株式会社管内の平成4年最大電力発生時の日負荷曲線を図2に示す。夏季昼間の冷房需要の増加に伴って、格差は年々大きくなっている。原子力発電はベース電源として位置づけられているため、拡大する昼夜間の負荷に対応する負荷調整能力はもっぱら火力・水力発電にゆだねられることとなる。

このような火力・水力発電を取り巻く環境下で、次世代への両発電の技術的開発課題は次のように集約される。

- (1) エネルギー供給の安定性と経済性から電力のベストミックスを目指し、ベース電源である原子力発電の補完的役割として、火力・水力発電の負荷調整能力を向上させること。
- (2) 将来的にも安定的エネルギー源としての役割を担う化石燃料に対しては、環境的制約の克服、特に単位電力量あたりの炭酸ガス発生量を低減するため、発電効率の向上を図ること、および脱硫・脱硝などの環境対策のいっそうの性能向上を図ること。
- (3) 燃料多様化を想定し、メタノール、水素など火力発電として利用サイドの技術開発が不十分な分野について技術開発を急ぐとともに、石炭利用についても、より多様な炭種に対応可能な技術を確立すること。

3 高効率火力発電への取組み

3.1 石炭火力

石炭火力は、原子力に次ぐベース電源として大容量化、高効率化、運用性の向上が不可欠である。すでに大容量化という点では、電源開発株式会社松浦火力発電所納め1号機1,000 MWプラントが1990年から、相馬共同火力発電株式会社新地発電所納め1号機1,000 MWプラントが1994年7月から営業運転を開始している。高効率化や運用の高度化という点では、中部電力株式会社碧南火力発電所納め2号機変圧700 MWプラントが平成4年から営業運転に入っている。

同プラントは中部電力株式会社との共同開発によってチタン合金製の40インチ長翼を開発し、世界で初めて回転数3,600 r/minの700 MWタンデム機に適用することにより、相対値で1.6%の効率向上(同一蒸気条件で)を達成した。タービン入口での主蒸気圧力は246気圧、主蒸気温度、再熱蒸気温度はそれぞれ538℃、566℃である。ボイラは火炉水壁にスパイラル水壁構造を採用したベンソンボイラで、変圧運転による部分負荷での効率向上、運用性の向上を実現した。なお、新地発電所納め1,000 MWボイラは、ベンソンボイラとして世界最大容量のものである。

石炭火力では、微粉炭燃焼火力が今後20年以上にわたって主流技術として発展するが、その間にもPFBC(加圧流動床ボイラ複合発電)、IGCC(石炭ガス化複合発電)、

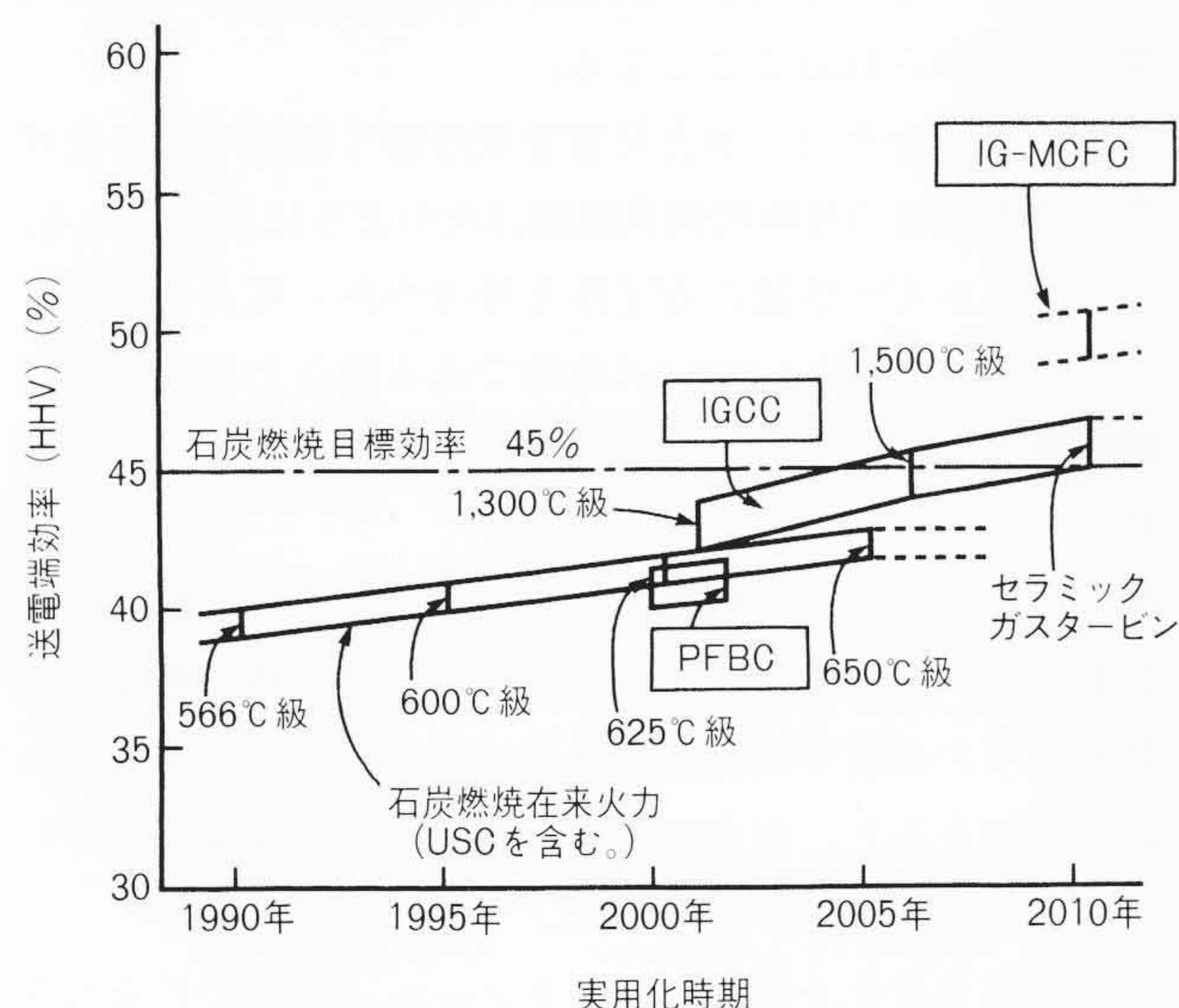


図3 石炭火力の効率向上の見通し

USCは今後20年以上にわたって石炭火力の主流技術として蒸気条件の高温・高圧化が進む。その間、IGCCなどの技術が実用化される。

IG-MCFC(石炭ガス化-溶融炭酸塩型燃料電池発電)の技術が実用化されるものと思われる。新技術の発電効率と実用化時期との関係を図3に示す。

USC(超々臨界圧発電)に関しては高温高強度材、および高温耐腐食材の開発と経済性の評価を行って、コスト的に有利なフェライト系材料の採用範囲拡大により、現状250気圧、600℃級プラントの計画見通しが立っている。さらに625℃級、650℃級の検討も進んでおり、高温・高圧化による高効率化が順次進むものと考えられる。

PFBCについては、日立製作所内に発熱量2 MWのテストプラントを設置し、多炭種について加圧燃焼の基本特性を把握するとともに、制御特性の解析を進めてきた。また、中国電力株式会社火力発電技術センターに設置の4 MW試験装置が1994年5月に完成し、燃焼試験を開始した。現在250 MW級商用プラントの基本設計を進めており、全社をあげてその主要機器である流動床ボイラ、ガスタービン、精密脱じん装置、高温制御弁などの開発に取り組んでいる。

IGCCについては、噴流床石炭ガス化炉とガスタービン、およびプラントを取りまとめるシステムエンジニアリングが開発の重要課題である。日立製作所は、プロセス開発用に設置した1 t/d PDU(Process Development Unit)で高効率ガス化炉の開発に着手し、さらに国家プロジェクトである200 t/d噴流床石炭ガス化発電パイロットプラントの開発に参画し、1,300℃級石炭ガス化用13 MWガスタービン設備、大型ガスタービン燃焼器試験設備、および保安設備を担当した。1992年7月の石炭ガスによる初発電以来、1994年6月までに石炭ガス発電運転累積時間328時間を記録し、わが国初の石炭ガス燃焼ガスタービンの運転実績を得た。また、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)委託によるわが国独自のHYCOL石炭ガス化パイロットプラントの50 t/d 30気圧の酸素吹きプラントを1993年に完成し、1994年4月までに1,000時間以上の連続運転を達成した。これらの実績を踏まえて次期の250～400 MW級実証機の開発を推進していきたい。IGCCの効率はガスタービンの高温化に左右され、タービン入口ガス温度が高ければ高いほど効率が向上する。1,500℃級高温ガスタービンの開発により、発電効率が石炭火力で初めて45%(HHV)を超えることになる。その実用化の時期は21世紀初頭の見込みである。

3.2 LNG火力

LNG火力での新技術の実用化時期と、その発電効率の関係を図4に示す。LNG火力では石炭火力の場合と異

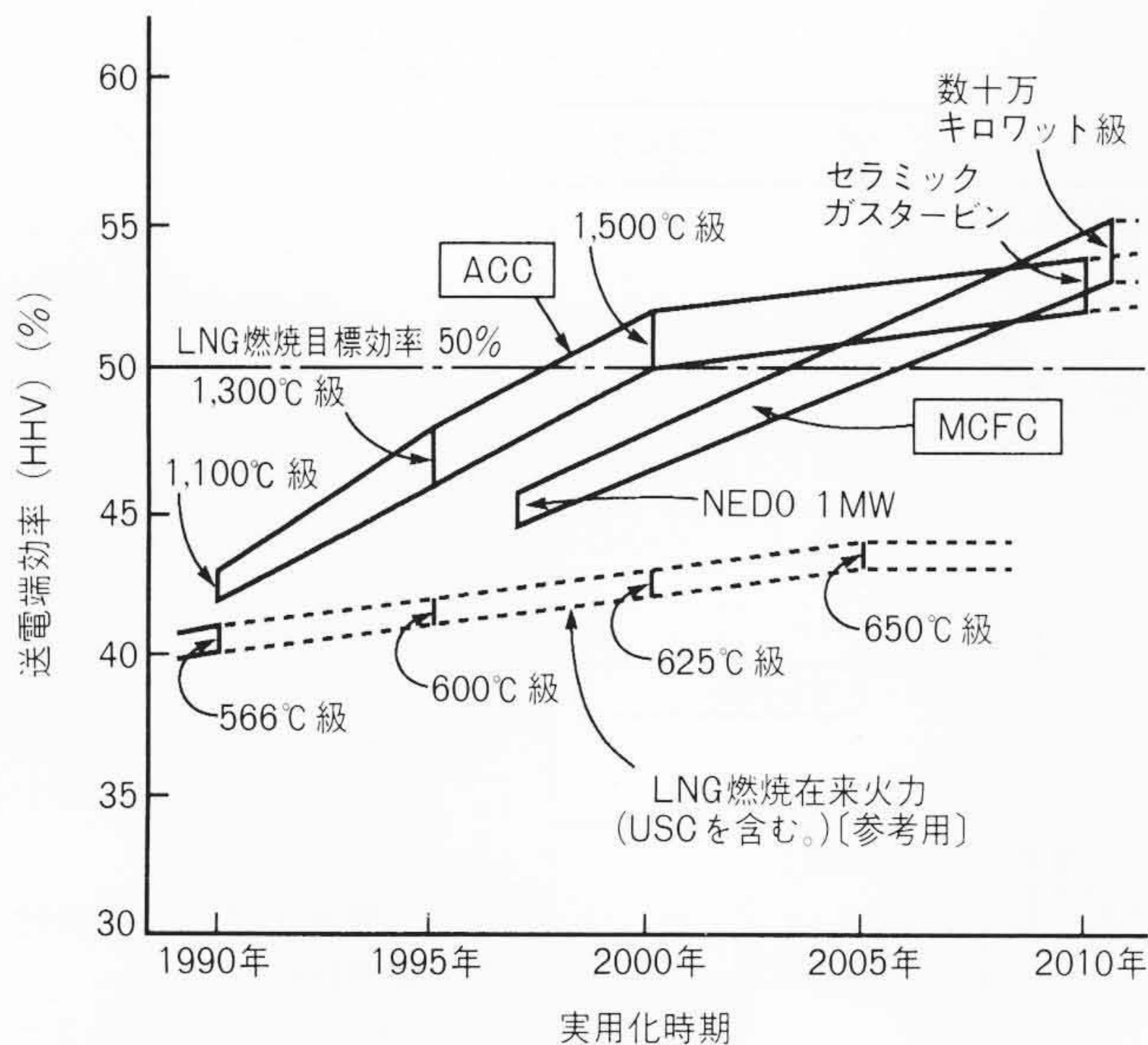


図4 LNG火力の効率向上の見通し
ACCの効率はUSCに対し大幅に高く、かつ環境適合性や運用性にも優れており、現在LNG火力主流技術となっている。

なり、ACC(アドバンスドコンバインドサイクル発電)の効率がUSCに比較して大幅に高いので、現在計画中的LNG火力の大部分はACCが採用されている。ACCではIGCCに比較して燃料が直接ガスで供給されるので、ガス化に伴う熱損失がなく、効率が相対値で約10%高くなる。特にACCは、高効率でかつ環境適合性や運用性に優れており、主流発電方式として国内で数多く計画されている。

日立製作所は、図5に示すようにコンバインドサイクル発電の初期の時代から製作実績を持ち、多くの技術開発を進め、その発展に努めてきた。最近では1,300℃級ガスタービンを用いたコンバインドサイクル発電プラン

トである中国電力株式会社柳井発電所納め2-1系列(350 MW)が1994年3月に営業運転に入り、47.2%(HHV)の高い発電効率を示している。

さらに、将来を目指して開発を進めている1,500℃級ガスタービンが完成すれば、その効率は50%(HHV)を超える。また、既設のボイラ、蒸気タービンを活用したいわゆるリパワリング火力も実用化されており、1994年中に東京電力株式会社五井発電所、中部電力株式会社知多火力発電所および同社知多第二火力発電所で営業運転が開始される。いずれも従来火力に比較して、相対値で4～8%の効率向上が達成されている。

ガスタービンは高温化、高効率化、大容量化など将来にわたっての発展が見込まれるため、日立製作所はガスタービン研究開発センタを設置し、基礎研究設備(GTR)、低NO_x燃焼器などの試験研究を行う実負荷試験設備(GTD)、および実機での運転ができる130 MW大型ガスタービン総合実用化試験設備(GTP)の増強を行い、ガスタービンの研究開発を強化している。

MCFCに関しては、日立製作所はNEDOの委託で研究開発を進めている。21世紀初めには高い発電効率の商用プラントの実現が期待されている。

4 高度化する揚水発電技術

揚水発電の持つ負荷調整能力は、ベース電源である原子力発電、大容量火力発電を補完し電力系統の経済運用に役立つとともに、先鋭化するピーク電力需要への優れた即応性によってますます重要性が高まっている。

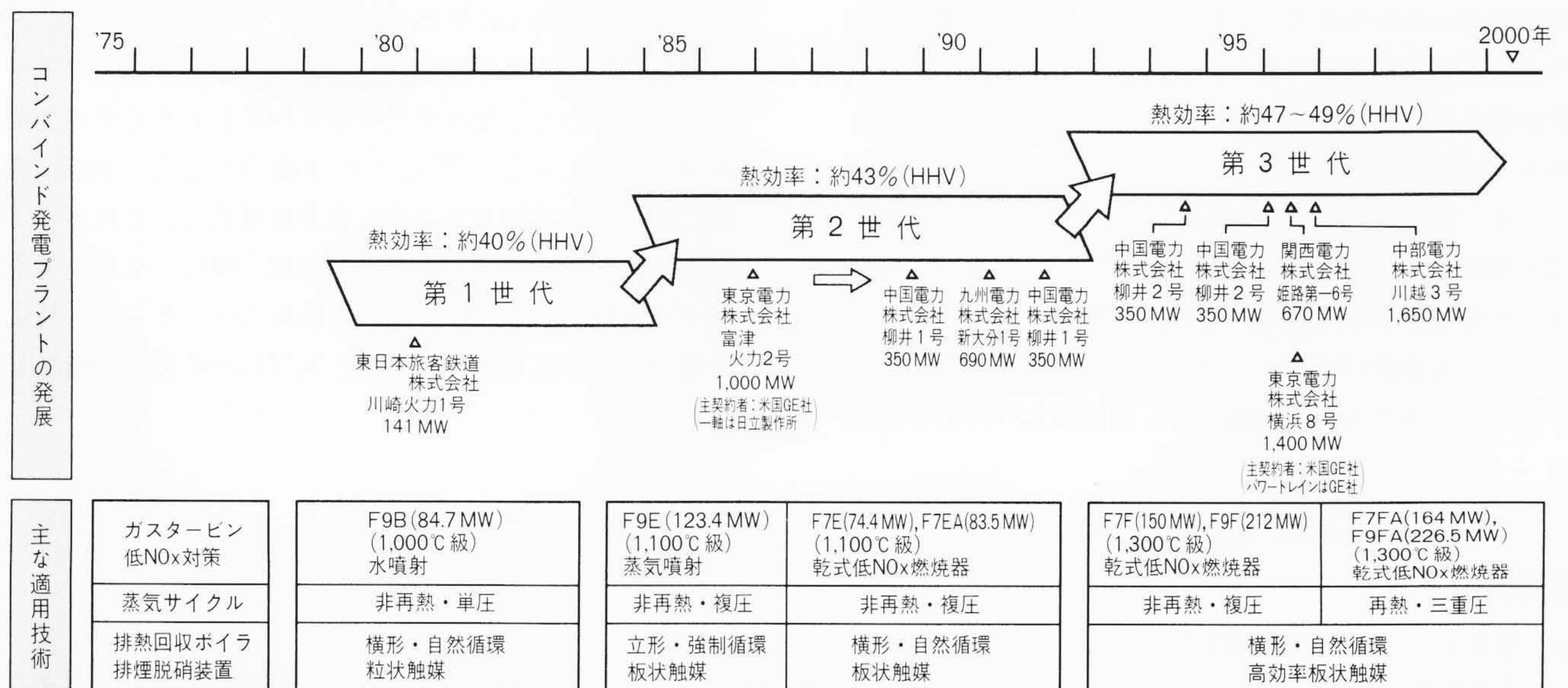


図5 コンバインドサイクル発電の発展
日立製作所のコンバインドサイクル発電プラントは、豊富な実績と多くの技術開発とともに発展を続けている。

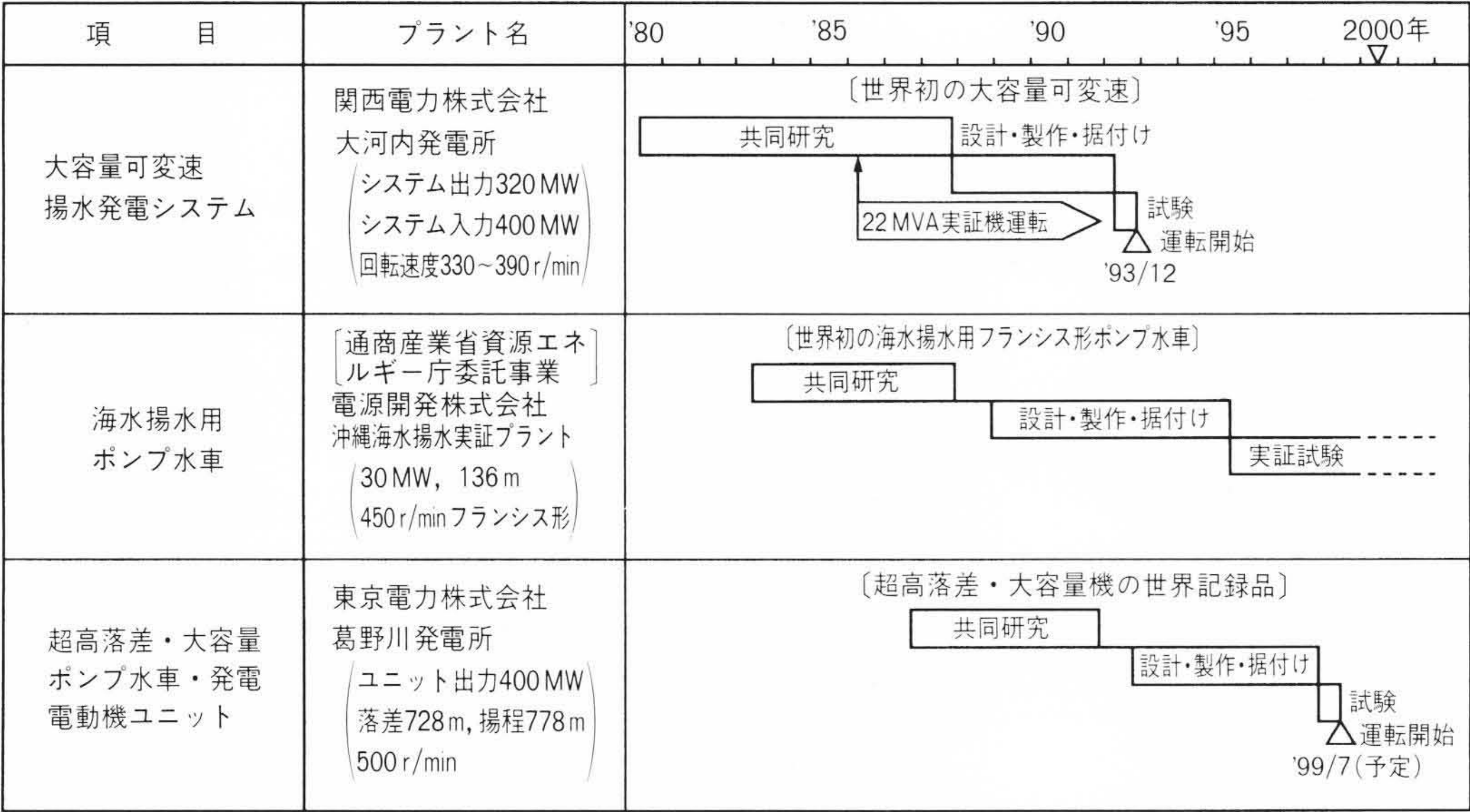


図 6 最近の揚水発電新技術の実用化への歩み
21世紀に向けて世界をリードする揚水発電技術の実用化が図られている。

揚水発電所の機能は、単に夜間需要の減少に対応した揚水運転と昼間の発電運転によるピーク電力供給だけでなく、無効電力供給のための調相運転，昼間の負荷変動に即応できるAFC(Automatic Frequency Control)運転など電力系統運用上有用な機能を備えるようになってきている。さらに，近年可变速揚水発電システムが実用化され，揚水AFCが可能となるとともに，電力優先制御による急速な電力調整能力，および系統事故時の優れた安定性を電力系統の安定度向上などに積極的に役立てることを検討している。

電力系統規模の増大に伴い揚水発電所の大容量化が進みつつあり，単機容量300～500 MW級 4～6 台規模の計画が進められつつある。単位出力当たりの建設費を低減するため，単機出力の増大，高落差化，高速化へのニーズが高まっており，高信頼性の確保と経済性の追求へ向かって技術開発を推進している。

一方，将来の揚水発電所の立地点の拡大のため，海水揚水実証プラントの建設も進められている。また，可变速揚水発電システムについても，大容量・高速化技術とともに，大容量パワーエレクトロニクス素子の開発による発電所建屋スペースの縮小や，高機能化のための技術

開発を加速している。代表的な最近の揚水発電新技術の実用化への歩みを図 6 に示す。

5 おわりに

次世代への火力・水力発電の課題は，帰するところわれわれが直面しているエネルギー問題と地球環境問題の解決策を見いだす努力にほかならない。また，経済性の追求も社会に貢献する方策として不可欠である。

日立製作所は，揚水発電技術や火力発電技術を確立し，ベース電源である原子力発電を補完する負荷調整能力を高めるとともに，化石燃料の環境的制約の克服，特に温暖化防止のための発電効率の向上，および環境対策のいっそうの性能向上に努めている。

特に次世代への主要開発課題であるUSC，高温ガスタービンを中心とした次世代型コンバインドサイクル発電方式，PFBCなどの開発に取り組み，さらにIGCCやMCFCについて国家プロジェクトに参画し，これらの新発電方式が経済的にも従来火力に比べ優位に立ち，エネルギー問題と地球環境問題の解決策の一つとして，社会に受け入れられるよう，開発・実用化への努力を傾注している。

参考文献

1) 資源エネルギー庁公益事業部 発電課長 荒井行雄：火力・原子力発電の課題と方向(平成5年度火力原子力発電大会 基調講演)

2) 通商産業省：ニューサンシャイン計画ハンドブック (1993-3)

3) 高濱：コンバインドサイクル発電の現状と動向，日本ガスタービン学会誌，第21巻，83号(1993-12)