

回転機の歩みと技術動向

🔗 技術変遷、タービン発電機、電動機、可変速ドライブ、高効率、風力用PMG

* 伊東竹虎 Taketora Ito

1. ま え が き

1885年に国産初の発電機が製作され、当社では1897年の会社創業から回転機の歴史が始まった。回転機の技術変遷をさかのぼると、1980年頃までは大容量化と絶縁技術の進歩に伴う小形軽量化の追求が主に行われ、その後は、高性能化や省エネルギーを目的とした可変速ドライブなどの応用製品が数多く開発されてきた。近年は地球環境を配慮して、自然エネルギーへの転換とエネルギーを有効活用する製品へと移り変わっている。

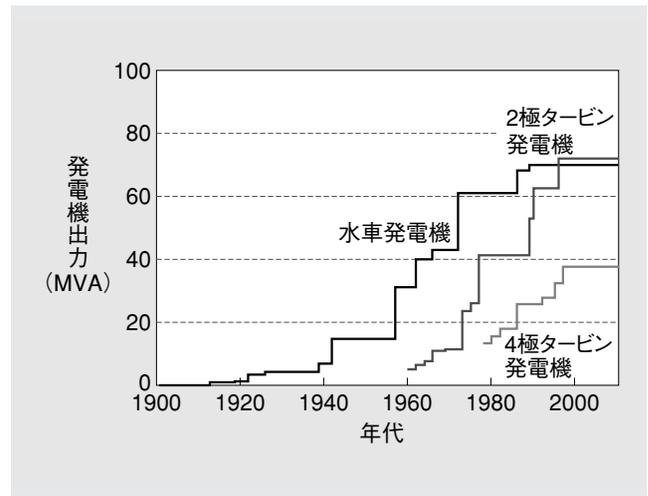
2. 発電機の歩み

当社の水車発電機の歴史は、1901年に当時の日本国内記録品であった100kVAの発電機を製作して以来、設計技術・製造技術・絶縁技術などの進歩により年々大形化の道を歩み、1972年には61,000kVA 56極、総質量610tの水車発電機を製作するまでに至った。当社の水車発電機の容量記録品は1989年に製作された70,000kVAである。

また、現在製作している大形発電機の主要製品であるタービン発電機は、1940年に625kVAを製作した後、スウェーデンのASEA社と技術提携を結んだ1961年から大容量化が一気に進んだ。

その後、生産設備の近代化も進み、1979年には大形真空含浸装置が導入され40,000kVAまで一体真空含浸が適用できるようになり、大形回転機における絶縁の信頼性が飛躍的に向上した。更に1992年に大形自動テーピングマシン、1995年に75,000kVAの大形タービン発電機が含浸可能な横形含浸装置（内径3.8m、奥行き5.5m）が新設された。これらの生産設備により大容量化と共に信頼

*回転機システム工場



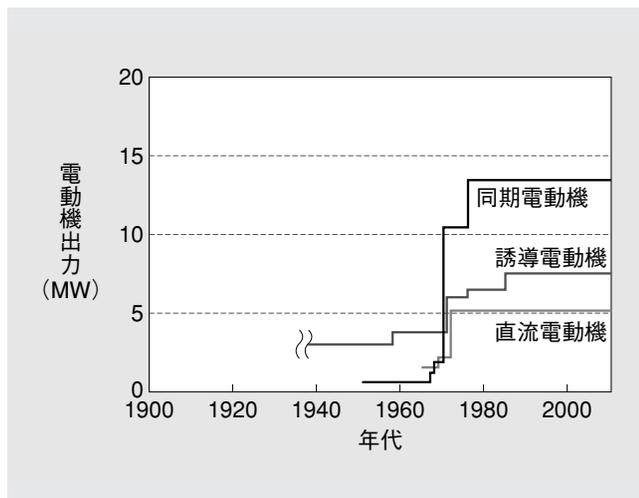
第1図 発電機の最大出力推移
当社で製作した発電機記録品の推移を示す。

性向上、小形軽量化、生産性向上なども図られ、1990年に53,000kVA、1994年に67,500kVA、1996年に72,000kVAとタービン発電機容量の記録が更新されてきた。第1図に発電機の最大出力推移を示す。

3. 電動機の歩み

電動機は1901年に1馬力の三相誘導電動機を製作した後、1905年に5馬力以下の三相誘導電動機を標準化して「明電モートル」として販売を始めた。他社に先駆けて標準化を推進したことで、生産台数では長い期間国内1位であった。絶縁材料は1956年にA種（耐熱温度105℃）、1964年にE種（同120℃）、1970年にB種（同130℃）、1977年にF種（同155℃）と耐熱性の高い絶縁材料が開発されていき、1964年に真空加圧含浸絶縁方式を確立すると小形化は一気に加速された。

電動機も発電機と同様に大容量化と小形化の道



第2図 電動機の最大出力推移
当社で製作した電動機記録品の推移を示す。

を進み、大容量機の歴史では1960年に当時の国内記録品であった3800kW，1971年に6000kW，1985年には当社の記録品である7500kW巻線形誘導電動機を製作した。そのほかの電動機の記録品として、1976年に13,500kW同期電動機，1972年に5200kW直流電動機などを製作している。第2図に電動力の最大出力推移を示す。

4. 可変速ドライブの歩み

速度制御を行う電動機には、直流機や巻線形誘導機が使用されていたが、1980年頃から半導体技術の進歩によりインバータ電源（可変周波数）を使った速度制御が適用され始めた。インバータの普及により構造が簡単で安価なかご形誘導電動機でも可変速運転することが可能となり、省エネルギー化や高性能化が促進された。特にIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）素子が出現したことにより、1985年頃から数百kW以下の低圧電動機を可変速ドライブする需要が急増した。更に1990年頃から高圧インバータの製作も可能となり、2002年に3700kW－6600Vのインバータ駆動電動機を製作した。

回転子に永久磁石を使った同期電動機PMモータも1970年頃から製作が始まった。1983年に磁石性能が格段に向上したネオジム磁石が発明され、その後、数十kW以下の小形電動機を中心に多くの産業用電動機にPMモータが適用されるようになった。また、最近ではエレベータ用電動機や風力発電機などの大形回転機にも、永久磁石を使った

応用製品が使われるようになった。当社で現在製作している風力発電用永久磁石式発電機（PMG：Permanent Magnet Generator）2281kVAは、毎分19回転で風車と直結して回転するギヤレス方式であり、永久磁石を使用した回転機としては世界最大級の大きさである。

5. 高効率化の動き

1997年に京都議定書が議決されてから、地球温暖化を抑えるべく二酸化炭素の排出量が世界的に注目され、自然エネルギーの活用や高効率化の動きが活発になっている。欧米を始めとして電動機に最小エネルギー効率基準（MEPS）を導入する動きがある。IECでは、効率クラスをIE1～IE4の4段階に分類している。米国とカナダでは既にIE2（高効率）を規制し、2011年にはIE3（プレミアム効率）を導入する計画である。また、EU諸国では2011年にIE2，2015年にIE3が、中国でも2011年にIE2が義務付けられる予定である。日本でも同様に検討が進められており、近い将来、高効率電動機が当たり前になる時代が到来するであろう。

6. む す び

回転機として今後注目すべき新技術は、超電導や磁気軸受などが挙げられる。発電分野では、太陽光発電、風力発電、地熱発電、バイオマス発電などの自然エネルギーを活用するシステムと、更にそのエネルギーを蓄電する技術や電力を安定供給する技術が重要となる。高効率な電動機応用技術やリサイクル技術、製造技術や解析技術など、回転機を取り巻く技術の進歩に尽きることはない。今後も回転機の更なる発展を支援し、社会に貢献できる製品づくりを目指して努力する所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



伊東竹虎 Taketora Ito
回転機システム工場 設計部長