

電気工学研究連絡委員会報告

—電気工学の研究動向と21世紀への展望—

平成3年6月25日

日本学術会議

電気工学研究連絡委員会

この報告は、第14期日本学術会議電気工学研究連絡委員会の審議結果を
取りまとめて発表するものである。

- 委員長 三井恒夫 (東京電力株式会社常務取締役)
- 幹事 岸田公治 (三菱電気株式会社顧問)
- 福島充男 (電力中央研究所管理部次長)
- 委員 家田正之 (第5部会員、愛知工業大学工学部教授)
- 上之園親佐 (第5部会員、摂南大学工学部教授)
- 平山博 (第5部会員、早稲田大学理工学部教授)
- 岡田隆夫 (京都大学工学部教授)
- 栗田正一 (慶応義塾大学理工学部教授)
- 関根泰次 (東京大学工学部教授)
- 高橋清 (東京工業大学工学部教授)
- 田頭博昭 (北海道大学工学部教授)
- 竹田宏 (東北大学工学部教授)

要旨

電気工学研究連絡委員会においては、先期委員会の成果を受けて、電気工学研究の動向分析と長期展望を行い、その結果を、当委員会の今後の活動ならびに関係各界の参考に資することを目的として取りまとめた。

電気工学は、「電磁現象をエネルギーまたは情報のキャリア(担体)として利用することに係わる工学分野のすべて」を対象とし極めて広範囲にわたる。このうち、電子、通信、情報工学分野については、電子・通信工学ならびに情報工学研究連絡委員会で別途に検討されているので、本報告では、基礎・材料、電力・エネルギー、および、産業応用分野を主対象とした。

1. 研究テーマの動向

最近 10 数年間を顧みると、電気工学をめぐる社会・経済環境は、つぎのように著しい変遷を遂げてきている。

- 高度成長から安定成長へ
- 石油ショックに起因したエネルギー問題の浮上、さらに国際化、グローバル化へ発展
- 産業構造のサービス化・ソフト化への転換
- 都市化・情報化・高齢化

これに対応して、主な研究テーマも以下のものであった。

- 原子力をはじめ代替エネルギーをめざした新エネルギーの探索
- 発電の高効率化、環境対応技術
- 原子力の安全性・信頼性向上をめざした計測・制御・保護システム
- 電力システムの大規模化・大容量化に伴う、UHV、直流、大容量地中ケーブルなどの新送電技術
- 高信頼度化をめざした耐雷・耐汚損・耐雪技術、ガス絶縁技術
- 電力システムの総合自動化、発電電所の計算機制御などシステム化・自動化
- 電力機器・電気利用機器の高効率化・高精度化をめざしたパワーエレクトロニクス、センサー、アクチュエータ
- 電気エネルギー技術を支える基盤としての新材料、プラズマ、レーザー、電磁界解析、高温超電導

また、今後は、21 世紀へ向けて、

- エネルギー・資源の確保
- 地球環境問題
- ゆとり・豊かさ・アメニティーへの欲求

などが、大きくクローズアップされつつあり、つぎのような研究テーマが新たに重要度を増してくると予想される。

- 高速増殖炉、核融合炉、水素エネルギー、自然エネルギーをはじめとする新しいエネルギー源の探究・確立

- エネルギー利用効率の向上、コジェネ、ロードマネジメントなど省エネルギーをはじめとする地球環境対応技術
- 都市化に対応した燃料電池、電力貯蔵など都市型エネルギーシステムや都市型送配電線、コンパクト化を指向した超電導応用機器
- 情報化・インテリジェント化に対応した、電力システムへのAIの導入、ファジー制御、自律分散制御
- 電力システムの高機能化に対応した設備のメンテナンス、設備診断技術
- ゆとり・豊かさ・アメニティーをつくりだす電気利用技術としての、電気自動車、新交通システム、快適照明、医用電気、植物工場
- 基礎分野における、生体機能の応用・模倣、知能材料・ファジー材料、材料設計、高温超電導、プラズマ、レーザー、シンクロトロン放射光、ニューロコンピュータ

2. 研究活動の現状と問題点

(1) 研究者・研究費

「電気・通信」分野の研究者数は年平均8%の割合で増加しており、1990年度には約11万人に達している。研究者の90%が会社等に所属しているのが特徴であり、電気工学が、わが国の産業社会を支える根幹的な学問分野であることを示している。産業部門別では、電気工学研究者が多くを占める「電気機械器具工業」における研究者数は約3.4万人、年平均伸び率は5%である。また、「通信・電子・電気計測器工業」では、約8.5万人、年平均伸び率は8%である。電気工学研究者は、これからも、社会の広い分野でますます必要とされるため、その育成・供給が今後の大きな課題である。

研究費については、1989年度において、「電気機械器具工業」が約9千億円、年平均伸び率は10%である。「通信・電子・電気計測器工業」では約1.9兆円、伸び率は12%にのぼり、今後も増加が続くものと予想される。

(2) 産官学の協力

国立大学においても研究員、研究施設、研究費は十分でなく、また、産学協力については、契約方式に柔軟性が欠けていることや「学から産」への人材派遣、教官の兼業問題などがあり、十分とは言えない。大学における研究のあり方と関連し、検討を要する事項である。また、「産官」においては、国の主導により電気事業、メーカー等からなる技術研究組合などがこれを受託して実施する大型研究が増加しており、長期的な大規模研究開発の促進には有効で、その効果をあげている。一方、文部省、通産省、科学技術庁相互間にわたる研究については、制約が多く、研究助成などが円滑に遂行されていないのが実情である。

3. 電気工学の21世紀への展望

わが国の電気工学研究は100年余りの歴史を持ち、特に、発送電技術等は、今や世界最高のレベルにあって多くの優れた成果を挙げてきたが、近年の電子・通信・情報分野の拡大・進展に伴って、電力・エネルギー分野での研究資源の投資は相対的に低下の方向にある。電気工学の中において、電力・エネルギーの分野は、成熟技術と考えられていることもあって、若手研究者は、電子・通信・情報分野を志向する傾向がある。

しかし、エネルギーは人類の生存、活動にとって必須のものであり、21世紀に向けて、安価で、安全かつ供給安定性の高いものが求められており、エネルギー・資源の確保が極めて重要である。さらに、地球環境問題、ゆとり・豊かさ・アメニティーへの欲求など、人類にとっての重要課題の解決には、広範な方法論と適用対象を有する電気工学が果たすべき役割は極めて大きい。このためには、電気工学が従来の枠組みにとどまることなく、対象を他分野へも積極的に拡大し、絶えず変革を続けていくことが必須である。このようにして、電気工学研究が従来とは違った新しい枠組みを創造し、研究活動も活発化することによって新たな魅力を産みだすことができる。

たとえば、電気工学研究としてめざすべき新しい分野は、次のようである。

① 新たなエネルギー源の探究 「電気エネルギー工学」から「総合エネルギー工学」へと対象を拡大し、高速増殖炉、太陽、水素、核融合など、次世代を担う新たなエネルギー源の探究、さらには、エネルギー利用効率の向上をめざす。

② 地球環境問題への寄与 自然エネルギー、省エネルギーの研究とともに、「電力システム工学」の発展的拡大により、「地球環境と人間活動とを総合して一つのシステムとして捉え、物質循環・エネルギー収支のあるべき姿を定量的に評価できる手法を開発する地球システム工学(第5部報告、1989年11月)」の一角を担っていく。

③ ゆとり・豊かさ・アメニティーの提供 電気利用技術を、生体機能の応用やインテリジェント化、人文社会科学との融合などによって、「産業応用」から「人間中心のテクノロジー」へ移行していく。

4. 研究のあり方・体制・教育

(1) 研究のあり方

① 創造的な基礎研究を促進するための環境づくり 今後の電気工学を変革するためには、独創的なコンセプトを創出したり、非連続的な飛躍をもたらす研究が必要であり、このために特に大学の研究では、知的興味を原動力とする創造的研究が促進できるような環境とし、電気工学を先導していく必要がある。

② 他分野との融合による新しい学問分野の創出 学問分野はこれまで専門化・細分化されて行く傾向であったが、「総合エネルギー工学」、「地球システム工学」は、各工学部門や自然科学、人文社会科学などとの融合によって推進されるべき新しい学問分野である。しかも、これらは21世紀を前にして緊急を要する課題であるので、これに対応できるような学際的共同研究を進めることが重要である。

③ 産業応用部門における業際的研究の拡大 ゆとり・豊かさ・アメニティーを支える根幹のエネルギーとして、あらゆる分野で電気エネルギーへの依存度が増大し、電気の効果的利用法の探究が求められるようになる。したがって、電気工学をベースとした業際的研究の裾野を、積極的に拡大していく必要がある。

(2) 研究体制

- ① 大学における研究の支援 創造的基礎研究を進めるべき大学においては、研究施設・設備の陳腐化、研究費不足が顕在化している。特に、電力・エネルギー分野における研究には大型の実験設備が不可欠であるため、早急な充実・整備を進めることが重要である。
- ② 国際協力 将来の重要課題の多くは、国際協力ベースで方向づけを行なっていく性質のものである。特に、電力・エネルギー分野の研究は、大型化・高度化の傾向にあり、共同研究や情報流通の円滑化など、国境を越えた協力体制によって進めることが望ましい。
- ③ 異分野の協同 他分野との共同研究テーマを進めるため、産業界においても異分野にわたる研究を進めるとともに、国ならびに大学内においても従来の枠を越えた体制を整備すべきである。
- ④ 研究者の交流 学際的・業際的研究が、一層、重要度を増してきた現在、研究者の交流促進は重要な意義を持つ。産官学相互間の研究者の流動化に対する、社会環境の醸成への努力も必要である。

(3) 研究者教育

- ① 基礎教育の強化 創造的な基礎研究を促進するためには、大学教育において、基礎面の教育を強化する必要がある。特に、工学教育においては、自ら手を手くたして体験することにより教育する環境を整備する必要がある。
- ② 広い興味と柔軟に対応する能力 単に電気工学の分野のみでなく、他分野にも興味がつながるよう、また、社会、経済、文化にも関心を持ち、感激をもって研究にあたることのできる人間の形成に努めることが望ましい。
- ③ 動機づけと評価 創造的な基礎研究の促進にあたって、研究者の動機づけをする指導者が大切である。大学研究の将来は憂慮すべき状況にあるため、早急な対応が必要である。また、新人や若手研究者の創造性・独創性が評価されず、折角の研究が成育されない心配もあるため、柔軟な評価ができるよう環境を整備することも重要である。

5. まとめ

当研究連絡委員会において電気工学の研究動向の分析と長期展望を行った結果、電気工学がエネルギー問題、地球環境など人類にとっての重要課題の解決に欠くことのできない工学分野であることがわかり、これを進めるにあたっては、従来と違った新しい枠組みを創りだし、大学における研究施設、研究費を一層充実させる必要があることが明らかになった。したがって、今後、電気工学研究連絡委員会としてその努力を続けるが、日本学術会議としても、文部省をはじめ、通産省、科学技術庁、環境庁などの政府機関へ予算措置、研究交流促進など工学研究の発展を促進するよう働きかけを強力に進めることを要望する。

以上

電気工学の研究動向と 21 世紀への展望

もくじ

1. まえがき
 2. 電気工学の対象
 3. 研究テーマの動向
 - (1) 研究テーマの変遷
 - (2) 今後重要度の増大が予想されるテーマ
 4. 研究活動の現状と問題点
 - (1) 研究者
 - (2) 研究費
 - (3) 研究活動の展開
 - (4) 研究活動の社会環境
 - (5) 国際的位置づけ
 5. 電気工学の 21 世紀への展望
 6. 研究のあり方・体制・教育
 - (1) 研究のあり方
 - (2) 研究体制
 - (3) 研究者教育
 7. むすび
- 文献

1. まえがき

第13期日本学術会議(1985～1988年)においては、人文社会ならびに自然科学の全学問分野にわたり、学術研究動向の分析とその長期展望を先に行った⁽¹⁾。これに際し、電気工学研究連絡委員会では、アンケート調査などにより研究者の意見を収集・検討し、同報告の電気工学編を取りまとめた。

今期の研究連絡委員会(第14期、1988～1991年)においては、これらの成果を受け、電気事業やメーカーの考え、電気工学研究・教育のあり方など、前報では十分に意をつくせなかった事項を補完・充実することとした。このため、シンポジウムを計3回にわたり開催し、「電気工学教育・研究、21世紀の電気エネルギー技術、エネルギー未来技術」について討論を行ってきた⁽²⁾。本報告は、これらをもとに研究連絡委員会における論議を重ね、当委員会の今後の活動、ならびに、関係各界の参考に資することを目的として取りまとめたものである。

なお、電気工学の対象分野は、次章で述べるように広範であり、電子・通信および情報分野をも包含する。しかし、これらについては、電子・通信工学ならびに情報工学研究連絡委員会において別途に検討がなされているので⁽¹⁾、本報告では、基礎・材料、電力・エネルギー、および、産業応用の各部門を主対象とした。

2. 電気工学の対象

電気工学の対象を整理するに当たり、まず、電気工学とは何かを明らかにする。先に、電気学会・強電分野教育調査専門委員会においては、「強電分野」の定義について、「エネルギーのキャリア(担体)としての電気を、発生・輸送・配分・利用することに係わる工学分野のすべて」としている⁽³⁾。

これを参考として、「電気工学とは、電磁現象をエネルギーまたは情報のキャリア(担体)として利用することに係わる工学分野のすべて」とする。

つぎに、対象分野としては以下を考える。

- ① 電気工学において研究対象となっている分野(研究対象)
- ② 電気工学教育の対象となっている分野(教育対象、カリキュラム)
- ③ 電気工学の応用対象となっている技術分野(応用対象)

具体的には、「電気工学ハンドブック」⁽⁴⁾、および、電気学会の各研究会で取り扱う研究分野を参考とし、図2.1～2.3のように分類・整理した。

ただし、電子・情報・システム部門については、「電子・通信工学研究連絡委員会報告」⁽⁵⁾に、すでに、体系的に取りまとめられているので割愛した。

3. 研究テーマの動向

(1) 研究テーマの変遷

最近10数年間を顧みると、電気工学をめぐる社会・経済環境は、つぎのように著しい変遷を遂げてきている。

- 高度成長から安定成長へ
- 石油ショックに起因したエネルギー問題の浮上、さらに国際化・グローバル化へ発展
- 産業構造のサービス化・ソフト化への転換
- 都市化・情報化・高齢化

これに対応して、主な研究テーマも以下のものであった。

① 基礎・材料・共通部門

基礎面では、プラズマ現象の解明と応用は半導体分野の加工技術を中心に精力的な研究が行われた。レーザー、ビーム物理、イオン工学も同様である。また、生体と電気の境界領域の研究が盛んになり、この分野の研究者も急増した。

材料面では、複合材料、アモルファス、太陽電池材料などが電気工学の分野に取り入れられ新しい研究テーマとなった。高温超電導体の出現も電気工学における画期的なできごとであり、材料・物性面でその工学的応用についての研究が盛んになった。

② 電力・エネルギー部門

エネルギー問題の浮上に対応して、原子力をはじめとする代替エネルギーをめざした新エネルギーの探究や発電の高効率化、さらに、環境対応技術が研究テーマとして取り挙げられた。原子力分野では、一層の安全性・信頼性の向上をめざして計測・制御・保護システムの高度化が追求された。また、分散電源の重要性が認められ、太陽光、風力などの自然エネルギーの利用、および、高効率化による省エネルギー技術としての燃料電池の研究に拍車がかかり、電気化学・化学工学との境界領域の研究として新しい動向を示した。核融合は臨界条件をめざして、大規模実験装置の開発が進められ、国際協力も一段と進んだ。

電力流通分野については、電力システムの大規模化・大容量化に伴って、UHV、直流、大容量地中ケーブルなどが、また、高信頼度化をめざして耐雷、耐汚損、耐雪技術などの研究が進められ、社会基盤を支える電気技術として一層の成熟期に入った。さらに、電力系統の総合自動化、発電所の計算機制御など自動化・システム化をめざして、計算機の導入等が盛んに研究された。

③ 電子・情報・システム部門

電子・情報技術、特に、半導体技術の進歩による電子計算機の高速度・大容量化、および、ソフトウェアの発達には著しいものが見られ、これに対応した電力・エネルギーシステムの自動化に関する研究が盛んであった。

また、オプトエレクトロニクスの発達も制御技術を大きく変え、電力・エネルギーシステムへの導入が図られ、新しい技術分野として高効率化・高信頼度化が進んだ。

さらに、センサー、アクチュエータの高感度化・精細化・多機能化をめざす研究によって、あらゆるシステムの高度化が達成された。

④ 産業応用部門

直流機から交流機への転換が代表的である。パワーエレクトロニクス研究の飛躍的な進歩によって、従来、直流機の占めていた動力の発生・伝達システムは、交流機によって高効率化・高信頼度化が進み、産業応用の面においてもその活用範囲が拡大され、多くの研究成果が実用化を促進した。

リニアモーター、磁気浮上による輸送技術の研究も著しい発達を遂げた。超電導に関する研究の進展は、磁気浮上の実用化に大きく貢献し、さらに、将来に向かって第2フェイズに突入している。

レーザーの応用も多くの成果を産みだし、医療および産業分野において極めて多角的に導入された。

(2) 今後重要度の増大が予想されるテーマ

今後は、21世紀へ向けて、

- エネルギー・資源の確保
- 地球環境問題
- ゆとり・豊かさ・アメニティーへの欲求

などが、大きくクローズアップされつつあり、つぎのような研究テーマが新たに重要度を増してくると予想される。

① 基礎・材料・共通部門

プラズマ、レーザー、ビーム物理、イオン工学等の基礎および応用面の研究は、今後も継続されるテーマである。その理論的・実験的研究は高度の設備等を必要とするため、主として、技術研究組合、産業界で実施される場合が多いが、学界との共同研究の円滑化が必須である。シンクロトロン放射光(SR)については、すでに開発・利用の路線が敷かれていると判断されるが、広範囲の学際的・業際的研究である。また、生体機能の解明とその応用・模倣、ニューロコンピュータの研究は、今後に大きな進展が期待され、大学および官民の研究所において積極的に取り組まれつつある。

高温超電導材料の研究は引き続き着実な研究が行われ、臨界温度・磁場の上昇も逐次研究の成果が現れつつあるが、今後の焦点の一つは線材化であろう。まずは、デバイス等への応用研究を促進し、あわせて線材化技術の研究を進めて、電力機器・システムへの適用によって、高効率化・コンパクト化を図ることができると期待される。

知能材料・ファジー材料、材料設計などあたらしいコンセプトのもとでの材料研究も将来のテーマである。

② 電力・エネルギー部門

高速増殖炉、核融合炉、水素エネルギー、自然エネルギーをはじめとする未来エネルギーの探究・確立をめざした研究、および、効率向上、コジェネレーション、ロードマネジメントなど省エネルギーをはじめとする地球環境対応技術に関するテーマが特に重要となる。

また、都市化に対応した燃料電池、電力貯蔵など都市型エネルギーシステムや

都市型送配電線、コンパクト化を指向した超電導応用機器、電力システムの高機能化に対応した設備のメンテナンス・設備診断技術などが主要な研究対象となる。

③ 電子・情報・システム部門

高機能素子の研究、デバイスの高密度化、デジタル・ネットワークの発達、システムの高度化はあらゆる分野において情報化・インテリジェント化をもたらす。そして、これに対応した、電力・エネルギーシステムへのAI、ファジー制御、自律分散制御、第5世代・ニューロコンピュータなどの導入が重要なテーマとなる。

④ 産業応用部門

省エネルギーや地球環境との調和を図りつつ、ゆとり・豊かさ・アメニティーをつくりだす電気利用技術としての、電気自動車、超電導リニアモーターカー、新交通システム、インテリジェント・ビル、人間生理を導入した快適照明、医用電気、植物工場などが重要な課題となる。

4. 研究活動の現状と問題点

(1) 研究者

電気工学研究の大部分を担っている、「電気・通信」分野を専門とする研究者数(本務者数)は、図4.1のように、1990年度には約11万人に達している。これは、1985年度の約1.5倍であり、年平均の伸び率は8%である。また、自然科学系の専門分野別では最多数であり、全体の約23%を占めている。図4.2にみられるように、研究者のほとんど、すなわち、90%が会社等に所属しているのが特徴的であり、電気工学がわが国の産業社会を支える根幹的な学問分野であることを示している。残りは7%が大学等に、3%が研究機関に所属している。

産業部門別では、電気工学研究者が多くを占める「電気機械器具工業」における研究者数は、図4.3のように約3.4万人、年平均伸び率は5%である。また、「通信・電子・電気計測器工業」では約8.5万人、伸び率は8%である。

電気工学研究者は、これからも、社会の広い分野でますます必要とされるので、その育成・供給が今後の大きな課題である。

(2) 研究費

電気工学に関する研究費の多くは、会社等、それも「電気機械器具工業」および「通信・電子・電気計測器工業」で使われているとみられる。図4.4に示すように、1989年度の「電気機械器具工業」における研究費は8,700億円である。これは、全産業の研究費総額の10%に当たり、また、1984年度の1.6倍、年平均の伸び率は10%である。「通信・電子・電気計測器工業」は、さらに大きく、1兆9,400億円にのぼり、全産業の24%、1984年度の1.8倍、年平均12%の伸びとなっている。一方、大学等における研究費は少なく、大型実験施設・設備を必要とする電気工学研究の実施が困難となってきている。

(3) 研究活動の展開

① 創造的・学術的研究

創造的・学術的研究は、本来、大学において進められるべきであるが、研究施設・設備、研究費が不足しているため、特に、純粋基礎研究への取り組みが十分とはいえない。メーカーにおいては、近年は基礎研究所を設立するなど大いに力を注ぎはじめている。また、大学とメーカーとの連携も活発になりつつある。

② 共同研究・グループ研究

共同研究が実施されている分野が比較的多く、同一の専門分野のみならず他の専門分野を交えた研究も行っている。一方、たとえば、核融合研究では大型装置によるグループ研究が先行し、個人研究は困難になっている。また、大学研究者では、学外研究者とも緊密な協力を保っている。

UHV 送電や燃料電池、電力貯蔵用電池など研究の大型化に伴って、電気事業、メーカー間の共同研究が多くなっている。知識工学の応用や高温超電導体など、電気事業と大学との共同研究や国際共同研究も活発になってきている。

③ 学際的・業際的研究

電気自動車やヒートポンプ等の電気利用技術、燃料電池などについて、学際的・業際的研究が展開しつつあるが、電気工学の応用分野の広さを考えると未だ十分とはいえない。

④ 研究評価

国などからの補助金の交付に際し、研究テーマを選定するための評価が行われている。しかし、電気工学の場合その対象分野が非常に広いため、評価者の専門外の課題について評価する場合も多い。

研究成果については、たとえば、電気学会では会誌への論文の掲載に当たって、創意、新規性、有用性などを査読によって評価している。しかし、海外などでも取り組まれていない未開拓分野の研究は、評価されにくい傾向もある。今後は、新人や若手研究者による評価の定めにくいリスクの大きい成果について評価を広く求めるなど、さらに一歩進んだ改善が必要とされる。また、成果の社会へのインパクト、波及効果などの事後評価も重要である。

大学等における研究者の業績評価としては発表論文数などが利用されているが、社会的に活躍している多忙な人が評価されにくいなどの問題点もある。

(4) 研究活動の社会環境

① 国の学術施策への期待

電気工学のみの問題ではないが、大学等における萌芽的研究を育てるためには、研究施設・設備などの研究基盤の充実が必須である。また、研究費は、特定分野・重点分野に配分されているが、研究効率からすぐ役立つことを期待し過ぎず、内容を重視しリスクの大きいテーマへ挑戦することも重要である。

一方、文部省、通産省、科学技術庁の相互間にわたる研究については、制約が

多く、研究助成などが円滑に遂行されていないのが実情であり、役割分担と協調が必要である。

②産官学の協力

「産学」間の共同研究も行われているが、国立大学の場合については、契約方法に柔軟性が欠けていることや、「学から産」への人材派遣、教官の兼業問題、受託研究費の使途範囲、企業秘密保持、共同研究における公共の利益優先などの制約や規制があり十分とはいえない。なお、最近では、大学等における基礎研究・教育の支援策として、電気事業による助成財団の設立や寄付講座の開講が行われるようになってきている。

「産官」においては、燃料電池、レーザー法ウラン濃縮、太陽光発電、超電導など、国が主導的に推進し、電気事業、メーカー等からなる技術研究組合などがこれを受託して実施する大型研究が増加している。これらは、長期的な大規模研究開発の促進には有効であり効果をあげている。

③ 研究成果の社会への還元

電気工学研究の成果は、広い意味では、電力の安定な供給や電気の利用、情報化など、豊かな社会の実現をめざしてさまざまな形で社会へ還元されてきている。また、エネルギーの効率的な利用など、グローバルな環境問題、省資源への貢献も期待されている。

しかし、大学や公的研究機関などによる研究成果の民間への移転については、その周知方法などが必ずしも十分でない。研究情報の交換や入手の的確性・迅速性に欠けるので、関係団体の整備とその活用を図ることが重要である。

(5) 国際的位置づけ

① 国際的水準

わが国の電気工学研究の水準は、電力供給の信頼度、UHV送電、酸化亜鉛避雷器などかなり国際的な位置づけが高く、今後も、ますます高くなるか、あるいは、このままで推移すると考えられる。

国際会議の主催や参加も頻繁であり、米国電気電子学会(IEEE)誌による日本の学術・技術特集号も出版されている⁽⁷⁾。文部省学術国際局の調査によれば、電気・電子工学分野の論文数は米国について第2位(1985年)となっている。

また、図5.1に示すように、電気工学研究の多くが実施されている電気機械産業部門の研究者数と研究費の全産業に占める割合も、欧米に比べて2倍以上であり、相当の力点が置かれている⁽⁸⁾。

② 国際的比較・特色

電力システムの安定度解析などコンピュータに依存している場合でも、物理現象やメカニズムにも注目している。また、高電圧電気絶縁では経験的手法を排除し、材料物性論を積極的に導入している。

電気工学のみではないが、信頼性の向上や既存技術の高度化をめざした研究が多い。また、研究から開発、そして、実用化へのプロセスについては日本は世界

の手本とされており、効果的な研究手法と技術移転のうまさの評価されている。
今後は、リスクの大きい純粋基礎研究への取組が期待されている。

③ 国際協力

超電導、燃料電池、新種電池など国際共同研究も増加しているが、原子力分野などに比べると少ない。また、中国、韓国、台湾などの途上国への研究支援や研究協力が、今後、ますます必要となってくる。

5. 電気工学の 21 世紀への展望

わが国の電気工学研究は 100 年余りの歴史を持ち、特に、送電技術などは、今や世界最高のレベルにあって多くの優れた成果を挙げてきたが、近年の電子・通信・情報分野の拡大・進展に伴って、電力・エネルギー分野の研究資源の投資は相対的に低下の方向にある。また、電気工学の中において、電力・エネルギー分野は成熟技術と考えられていることもあって、若手研究者は、電子・通信・情報分野を志向する傾向がある。

しかし、エネルギーは人類の生存・活動にとって必須であり、21 世紀に向けて、安価で安全かつ安定供給が可能なエネルギー・資源の確保が極めて重要である。さらに、地球環境問題、ゆとり・豊かさ・アメニティーへの欲求など、人類にとっての重要課題の解決には、広範な方法論と適用対象を有する電気工学が果たすべき役割は極めて大きい。このためには、電気工学が従来の枠にとどまることなく、対象を他分野へも積極的に拡大し、絶えず変革を続けることが必須である。このようにして、電気工学研究がこれまでとは違った新しい枠組みを創造し、研究活動も活発化することによって、新たな魅力を産み出すことが重要である。

たとえば、電気工学研究として次のような分野をめざすべきである。

① 新たなエネルギー源の探究

「電気エネルギー工学」から「総合エネルギー工学」へと対象を拡大し、高速増殖炉、太陽、水素、核融合など、次世代を担う新たなエネルギー源の探究、さらには、エネルギー利用効率の向上をめざす。

② 地球環境問題への寄与

自然エネルギー、省エネルギーの研究とともに、「電力システム工学」の発展的拡大により、「地球環境と人間活動とを総合して一つのシステムとして捉え、物質循環・エネルギー収支のあるべき姿を定量的に評価できる手法を開発する地球システム工学⁹⁾」の一角を担っていく。

③ ゆとり・豊かさ・アメニティーの提供

電気利用技術に関し、生体機能の応用やインテリジェント化、人文社会科学との融合などによって、「産業応用」から「人間中心のテクノロジー」へと移行していく。

6. 研究のあり方・体制・教育

21世紀へ向けて電気工学が絶えざる変革を遂げ、人類の重要課題の解決に貢献していくためには、研究のあり方と研究体制、および、研究者教育について、新たな見直しが必要である。

(1) 研究のあり方

① 創造的な基礎研究を促進するための環境づくり

21世紀に向かっの、わが国の科学技術のあり方、ならびに、国際的な貢献の観点から、基礎研究の強化が叫ばれている。電気工学においても、エネルギーや地球環境問題等の今後の課題解決には、独創的なコンセプトを創出したり、非連続的な飛躍をもたらす研究に期待するところが大きい。このためには、特に大学の研究において、知的興味だけを原動力とするような創造的研究を促進する環境をつくり、これまでの、電気工学を基盤として支える基礎研究のみならず、電気工学の変革を先導していく基礎研究を醸成する必要がある。

② 他分野との融合による新しい学問分野の創出

研究の高度化・発展に伴い、学問分野はこれまで専門化・細分化される傾向にあった。しかし、これからは逆に、他の工学や自然科学、さらには、人文社会科学分野との融合によって、魅力ある学問分野を新たに創出していくことが求められている。

エネルギーや地球環境問題に対応するための、「総合エネルギー工学」、「地球システム工学」についても、化学工学、気象学、生物学など関連する学問分野は一段と広がりを見せつつある。しかも、これらは21世紀を前にして緊急を要する課題であるため、これに対応できるような学際的共同研究を進めることが重要である。

③ 産業応用部門における業際的研究の拡大

ゆとり・豊かさ・アメニティーを支える根幹のエネルギーとして、今後は、あらゆる分野で電気エネルギーへの依存度が増大し、電気の効果的利用法の探究が求められるようになる。したがって、電気工学をベースとした業際的研究の裾野を、積極的に拡大していく必要がある。

(2) 研究体制

① 大学における研究の支援

創造的基礎研究を進めるべき大学においては、研究施設・設備の陳腐化、研究費の不足が顕在化している。特に、電力・エネルギー分野における研究には、大型の実験設備が不可欠であるため、早急な充実・整備を進めることが重要であり、産官学の協力体制による支援、対応策等の具体的検討が必要である。

② 国際協力

将来の重要課題の多くはグローバル化の傾向にあり、国際協力ベースで方向づけを行なっていく性質のものである。特に、電力・エネルギー分野の研究は大型化・高度化するため、研究設備などの国際共同利用や情報流通の円滑化など、国境を越えた協力体制によって進めるべきである。

③ 産官学の協調

研究分野・範囲の拡大および研究設備の大型化・高度化の面から、「産官学」の英知を結集できる柔軟な体制が望まれる。運用面・制度面の見直しとともに、それぞれの役割、ニーズについてのコンセンサスを確立したうえで、協力の分野、目的、方法を探究していくことが重要である。

また、地球環境問題への対応など、「産官学」の広い範囲の知見と寄与を積極的に結集する努力が必要となる。

④ 研究者の交流

学際的・業際的研究が、一層、重要度を増してきた現在、研究者の交流促進は重要な意義を持つ。「産官学」相互間の研究者の流動化に対する、社会環境の醸成への努力も必要である。

(3) 研究者教育

電気工学研究の成果は、社会の隅々にまで及んでおり、社会基盤を支える学問分野として、今後も多くの研究者を必要としている。

① 基礎教育の強化

創造的な基礎研究を促進するためには、大学、特に、大学院教育において、かなり高度な基礎面の教育を強化する必要がある。また、他分野との融合によって新しい学問分野を創出するためにも、幅広い基礎教育の充実が望まれる。特に、工学教育においては、自ら手をくだして体験することにより学ぶ環境を整備する必要がある。

② 広い興味と柔軟に対応する能力

業際的研究の拡大に対処していくために、単に、電気工学の分野のみでなく、他分野にも興味がつながるよう、また、社会、経済、文化などにも関心を持ち、感激をもって研究にあたることのできる人間の形成に努めることが望ましい。

しかも、実際の状況に対応して、柔軟に能力を発揮できる研究者が求められる。たとえば、従来のハードウェアに新分野のハードを加え、さらに、ソフトウェアを組み合わせる新しい技術を創出していく能力が要求される。また、エネルギーの分野においても、たびたび、伝熱、流体、化学工学の知識が要求される。原子力プラント、燃料電池などがその例であり、さらに、システムインテグレーションの能力も重要である。

③ 動機づけと評価

創造的な基礎研究の促進にあたって、研究者の動機づけをする指導者が大切である。大学の将来は憂慮すべき状況にあるため、早急な対応が必要である。また、研究成果の評価において、新人や若手研究者の創造性・独創性が評価されず、折角の研究が培養・成育されない心配もある。今後は、評価の定めにくいリスクの大きい成果について、評価を広く求めるなどの改善が必要である。さらに、成果の社会へのインパクト、波及効果などの事後評価も重要である。

7. むすび

電気工学というカテゴリーにおいて、研究動向を分析し21世紀へ向けての展望を行なった。この結果、電気工学は、新たなエネルギー源の探究、地球環境問題への寄与、ゆとり・豊かさ・アメニティーの提供など人類にとっての重要課題の解決に欠くことのできない工学分野であるとの結論を得た。また、電気工学がこの重責を果たすためには、従来 of 枠組みにとどまることなく、絶えず変革を続けていくことが必須である。

このためには、研究のあり方として、創造的な基礎研究を促進するための環境づくり、他分野との融合による新しい学問分野の創出、産業応用部門における業際的研究の拡大が重要である。また、これを推進する研究体制としては、特に、大学における研究施設、研究費を一層充実させる必要がある。さらに、電気工学を担う研究者の教育については、大学における基礎教育の強化、広い興味と柔軟に対応する能力、研究者に対する動機づけと研究成果の的確かつ柔軟な評価が大切である。

電気工学研究連絡委員会としては、以上の検討結果を単なる報告にとどめるのではなく、電気工学研究の変革への努力を続けるが、日本学術会議としても、文部省をはじめ、通産省、科学技術庁、環境庁などの政府機関へ、予算措置、研究交流促進など工学研究の発展を促進するよう、具体的な働きかけを強力に進めることを要望する。

以上

文献

- (1) 日本学術会議、「日本の学術研究動向」、(財)日本学術協力財団、1988年5月。
- (2) パネル討論、
 - a) 「技術史よりみた電気工学の歩み-21世紀に向かう電気工学教育・研究の在り方」、電気学会誌、Vol.109, No.1、p.5~12、1989年1月。
 - b) 「21世紀の電気エネルギー技術への展望」、電気学会誌、Vol.110, No.5、p.395~400、1989年1月。
 - c) 「エネルギー未来技術の可能性を探る」、電気学会誌(掲載予定)。
- (3) 電気学会・強電分野教育調査専門委員会、「強電分野教育の現状と問題点」、電気学会技術報告I部、第145号、1987年8月。
- (4) 電気学会、「新版・電気工学ハンドブック」、1988年2月。
- (5) 日本学術会議 電子・通信工学研究連絡委員会、「通信工学の体系化に向けて」、電子・通信工学研究連絡委員会報告、1988年7月。
- (6) 総務庁統計局、「科学技術研究調査報告」、各年度。
- (7) IEEE, "Transactions on Electrical Insulation - Japan Special Issue", Vol. EI-21, No. 6, 1986年12月。
- (8) 科学技術庁 科学技術製作局、「科学技術要覧(平成2年版)」、1990年5月。
- (9) 日本学術会議、「地球環境問題における工学研究の在り方について」、第5部報告、1989年11月。

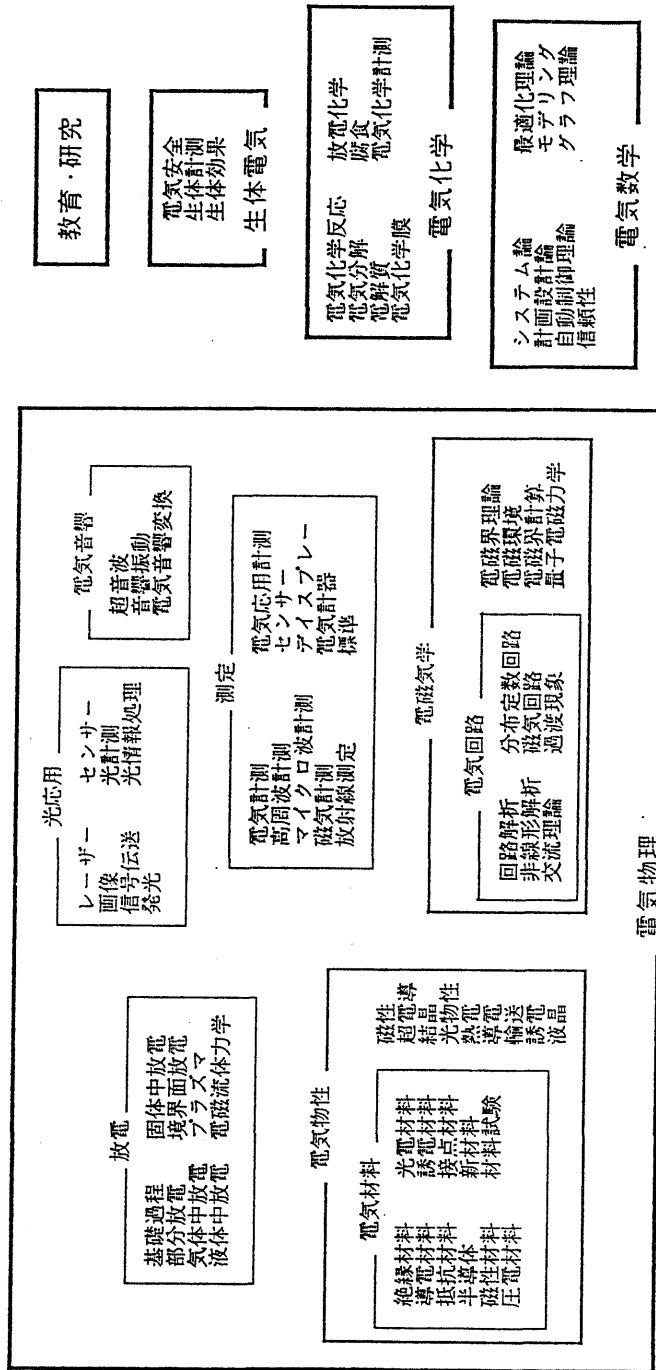


図 2.1 電気工学の対象 (I) 基礎・材料・共通部門

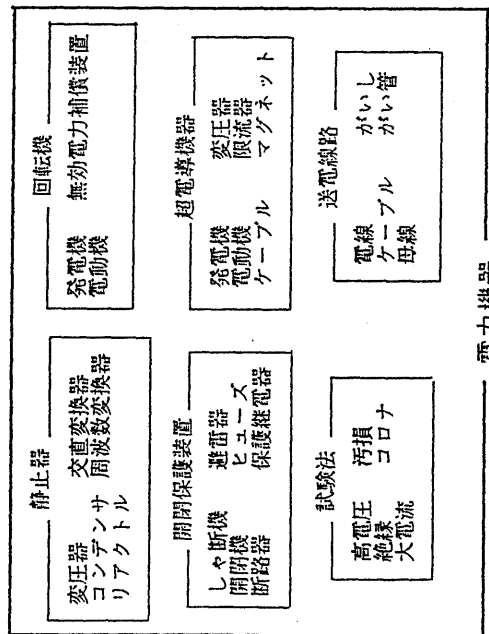
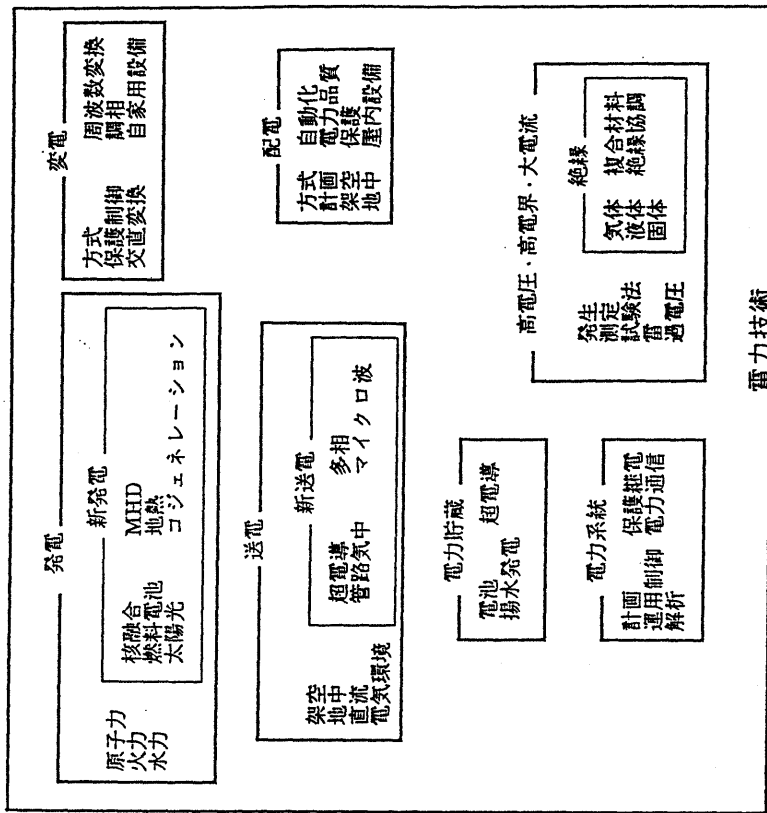


図 2.2 電気工学の対象 (II) 電力・エネルギー部門