

A:「先進型電力システム」のために

<A-1> 電力輸送の高効率化

- 長距離大容量送電技術の向上
- 小型・省スペース大容量送電技術の開発

《研究の方向性》

我が国では、経済活動の大半が都市部に集中しており、都市近郊での電源立地が困難な状況にあります。このため、遠隔化する電源から長距離・大容量の電力送電の安定性を確保することが電気事業における重要な課題となっています。

また、既存の電力インフラの経年化が進んでおり、今後、順次リプレースを進めていくこととなりますが、稠密化がさらに進行する都市部の地下空間を有効に使い、かつ、地球環境問題にも貢献できる技術に対するニーズは極めて高いといえます。これを踏まえると、長距離の大電力安定送電技術や都市部の小型・省スペースな電力容量の増加を図る技術など、新しい機器などの導入による革新的技術が非常に期待され、ハードウェアだけでなくソフトの面からの研究の進展が望まれます。

研究項目

- 長距離大容量送電技術の向上
 - ・ パワエレ機器を活用した直流送配電機器, FACTS 機器の開発
 - ・ 発電機制御技術, 系統制御技術の高度化
 - ・ 超電導発電機による安定度向上技術
 - ・ 新しい発電機制御技術 など
 - ・ 電力貯蔵機器の活用による系統安定化制御
- 小型・省スペース大容量送電技術の開発
 - ・ 超電導線材、超電導機器の開発
 - ・ SMES
 - ・ ケーブル
 - ・ 変圧器
 - ・ 限流器
 - ・ 超電導機器冷却システム
 - ・ 高温超電導線材の高性能化
 - ・ 超電導ケーブル・超電導変圧器による地域供給技術

<A-2> 系統運用の複雑化への対応

- 平常時運用・制御の高度化
- 緊急時制御・復旧時制御の高度化

●再生可能電源の大量導入に対応した解析手法の開発

《研究の方向性》

我が国においても電力市場に競争原理が導入され、多くの電気事業者によって電力の取引が行われるようになってきています。ますます大規模化・複雑化する電力システムにおいて、自由化の進展はシステムの運用条件をより過酷にしていくことが予想されます。世界各地で発生する大規模な停電が大きな社会問題となっている中で、平常時や緊急時の電力システム全体の運用や制御を高度化し、供給信頼度を維持していくことが重要です。そのために、システム全体の状態や個々の機器の動きを常に正しく捉え、必要に応じた対策を的確かつ迅速に施すことのできる技術のさらなる研究開発が期待されます。また、分散型電源の挙動がシステム全体に及ぼす影響などを評価・解析できる手法の開発も求められています。

研究項目

●平常時運用・制御の高度化

・ 系統解析の超高速化・高精度化

- ・ 不確定性環境下での系統運用マージンの評価
- ・ 不確実性を考慮した新しい系統解析技術
- ・ 電力系統解析計算の超高速化
- ・ 分散型電源を含む負荷特性同定

・ リアルタイム系統監視・制御システム

- ・ 多地点同時刻計測技術（PMU/WAMS 等）による広域系統監視・制御

・ オンライン状態推定・オンライン予防制御システム

・ より高度な電力品質評価・系統運用技術

- ・ 人工生命型計算手法
- ・ 分散型電源大量導入時の電力品質（電圧、周波数など）への与える影響
- ・ 不確実性を考慮した系統運用計画手法

●緊急時制御・復旧時制御の高度化

・ リアルタイム系統制御システム

・ 事故時の最適系統安定化技術

・ 短時間かつ確実な系統復旧操作技術

●再生可能電源の大量導入に対応した解析手法の開発

- ・ 確率的・統計的処理を用いた系統モデルおよび系統解析手法の高度化

●電力取引増大への対応方策

《研究の方向性》

競争環境下における電力システムの信頼度を将来にわたって確保することは、電力自由化時代における大きな課題となっています。新たな電気事業者の参入による電力融通量の増大、分散型電源の大量導入による不安定要素の増加などが将来の電力系統全体に及ぼす影響を、公正中立な視点から正しく捉える必要があります。

そのため、電力システム工学的および経済学的の両面の視点から、今後の供給信頼度の維持と投じるべきコストとのバランスを正しく評価するための手法の確立が非常に重要となります。

研究項目

- ・ 電力市場取引・価格変動予測手法
 - ・ リアルタイムプライシング／リアルタイム電力取引
- ・ 競争環境下の系統計画・運用計画手法
 - ・ 競争環境下における長期系統計画手法
- ・ 設備投資リスク評価・シミュレーション手法
 - ・ 発電設備等の戦略的投資評価手法

<A-3> 出力変動電源増大への対応

●電力貯蔵技術の高度化

●太陽光・風力発電の出力予測技術の開発

《研究の方向性》

風力や太陽光などの再生可能エネルギーによる発電は、地球温暖化防止に資する貴重なエネルギー源であり、これまで以上に導入量を拡大する技術が求められています。

これらの再生可能エネルギー発電は出力が不安定であり、電力系統に大量に連系した場合には周波数や電圧の維持だけではなく、既存の集中型電源の運用にも支障を及ぼし、電力ネットワーク全体に支障をきたすことが懸念されています。

今後、再生可能エネルギーを大量に導入していくためには、変動する出力の予測技術の開発とともに、再生可能エネルギー発電出力の平滑化や、軽負荷時の発電分を蓄電するシステムなどをより高度に運用していく研究開発が不可欠です。

研究項目

●電力貯蔵技術の高度化

- ・ 出力変動の抑制・平滑化技術
- ・ 電力貯蔵システムの最適設計・最適運用

●太陽光・風力発電の出力予測技術の開発

- ・ 確率的・統計的処理を用いた出力把握・予測手法の開発

●新たなグリッド技術の開発

《研究の方向性》

地球温暖化防止に資するために、風力や太陽光などの再生可能エネルギーによる発電の導入がより促進されることが期待されております。特に、風力発電などは局所的に複数の風車が設置されることが多く、ローカルな系統に与える影響が大きくなる可能性があります。

今後、既存電源に対する再生可能エネルギー発電のシェアが増大した場合、自然エネルギー発電特有の発電出力変動に起因する周波数変動、従来型電源が担っていた電力品質維持や安定度維持能力の低下、系統事故時における再生可能エネルギー発電機の脱落・再起動が系統安定度に及ぼす影響など、さまざまな問題の顕在化が懸念されます。

これらの問題を回避し、系統面での再生可能エネルギー導入に関する制約を最小限とするために、系統潮流制御、安定化制御の最適化技術がますます重要になってきます。さらには、従来型の電源、送電システムと分散型電源、マイクログリッドといった小規模な分散システムとの協調を図ることで、電力システム全体の柔軟性や自由度を飛躍的に向上させる技術のブレイクスルーが期待されます。

研究項目

●新たなグリッド技術の開発

- ・ 再生可能エネルギーと基幹系電源との協調を目指した新たなグリッド技術(日本型先進的スマートグリッド技術)の開発
 - ・ 電力・情報通信融合型ネットワーク
(ユビキタスパワーネットワーク、分権型電力供給システムなど)
- ・ IT 技術、高速通信技術などの基礎技術の高度化・高信頼化
 - ・ 双方向通信技術
- ・ 配電系電圧制御手法の高度化、次世代電圧制御技術の開発

<A-4> 再生可能エネルギー利用の拡大

●再生可能エネルギー利用拡大に向けた最適システムの開発

《研究の方向性》

地球温暖化防止に向け、需要家側における再生可能エネルギーの利用拡大が求められています。しかしながら様々な経済的・技術的・制度的な制約がある中、その需要家に適したシステムを構築し、なおかつそれを適切に運用しなければ、需要家にとっても電気事業者にとってもメリットが得られないこととなります。そこで、需要家のエネルギー使用実態に応じた最適な機器・システムの開発や、最適運用法の検討を進めていくことが望まれます。

研究項目

- ・ 再生可能エネルギー発電の開発
 - ・ 潮流発電、熱電発電, マイクロ水力発電等
- ・ 次世代直流給配電システムの開発
 - ・ DCマイクログリッド
- ・ 水素利用技術(高効率燃料電池)
- ・ その他(自然エネルギー普及啓蒙活動)

B:「更なる高度エネルギー利用」のために

社会環境を踏まえた課題

<B-1> 電気エネルギー利用の新領域への拡大

- 運輸部門の電化拡大に向けた新技術の開発
- 蓄熱式ヒートポンプ高性能化・利用技術の拡大
- 新しい発想による省エネ・リサイクル技術の創出

《研究の方向性》

CO₂ 排出問題の解決に向けては、新領域の電化推進は非常に重要な課題です。特に輸送分野では、昨今の電池技術の進歩を踏まえ、EV や PHEV を始めとする新世代自動車が、環境問題や石油をはじめとするエネルギー問題解決の有力なオプションに成り得るという期待が世界的に高まってきており、わが国においても次世代自動車に関する種々の研究開発が進行しています。また、一方で、高齢社会に対応でき、利便性・安全性が高い都市交通システムとして、次世代電車の導入が重要視されてきているところです。

これら電化を推進していくにあたっては、各々の目的、特徴あるいは地域特性に応じて性能向上、利便性向上につながる技術が求められます。例えば、電気自動車では普及拡大を図る上で、電池性能の向上もさることながら、急速充電インフラ機能向上や利便性の向上が期待されており、充電スピードの高速化や非接触での自動充電などの実現が望まれています。また、次世代の都市交通電車としては、架線レスで高性能な給電方式の開発が求められています。

研究項目

- 運輸部門の電化拡大に向けた新技術の開発
 - ・ 電気自動車の高性能化(航続距離延長等)、充電インフラの高性能化、V2H(ビークル to ホーム)
 - ・ 電気自動車、プラグインハイブリッド車、燃料電池自動車
 - ・ スマートストレージ
 - ・ 電気二重層キャパシタ
 - ・ 次世代の交通システム(架線レス LRT 等)の開発
 - ・ 未来型都市交通システム
 - ・ 非接触充電
 - ・ 充電ステーション
- 蓄熱式ヒートポンプ高性能化・利用技術の拡大
 - ・ COP(効率)改善、寒冷地対応機器の開発、蒸気製造技術の開発等
- 新しい発想による省エネ・リサイクル技術の創出

- ・ レーザ、パルスパワー、誘導加熱等を用いた新しい発想による省エネ・リサイクル技術の開発
 - ・ レアアースレスモータ
- ・ 省エネルギー照明・光源の応用・利用技術の開発
 - ・ LED照明

＜B-2＞ 需要家側のエネルギー管理

●エネルギー管理システムの高度化および省エネ評価手法

《研究の方向性》

地球環境問題に適切に対応していくためには、需要サイドでの省エネも非常に重要な課題です。その一環として、需要サイドでのエネルギー・マネジメントが上げられます。我慢や無理を強いての省エネではなく、快適性や生産性を確保しつつ、同時に省エネを達成していく発想での取り組みが、継続性のある省エネ社会の実現には欠かせません。

一般家庭を対象にした HEMS (Home Energy Management System) や商業ビル・工場ビルを対象とした BEMS (Building Energy Management System)、スマートメーターの開発、さらには DSM (Demand Side Management) がそれにあたりますが、計測技術・遠隔制御技術だけにとどまらず、社会経済面での視点を織り込んだ評価技術も今後、ますます期待されるところです。

研究項目

- ・ 需要家サイドのエネルギー・マネジメント (HEMS、BEMS、地域 EMS)
- ・ スマートメーター
- ・ デマンド・レスポンス

＜B-3＞ 需要家側における電力品質の確保

●オール電化社会における電力品質管理の高度化

《研究の方向性》

近年、コンピュータ導入などの電化シフトが進んでいることから、停電の社会活動に与える影響はより甚大なものとなってきています。一方、パワーエレクトロニクスを応用した高機能機器の導入が進むに伴い、高調波の発生が問題となってきています。このため、これらの電力品質の管理の高度化は電力流通分野における重要な課題です。具体的には、新型機器が発生する高調波特性の把握、フィルター等の高性能化など、様々な視点から協調をとりながら解決策を用意していくことが必要とされています。さらに、落雷等によって発生する瞬低対策としての蓄電池応用技術やキャパシタの高性能化などについても、よりニーズが高まっています。

研究項目

- ・ 電力変換器の低ノイズ化, 高調波電流抑制
- ・ 電力変換器の劣化診断
- ・ 瞬低補償装置の高性能化
- ・ インバータサージ対策

C:「電力インフラの適切な維持」のために

<C-1> 電力供給の信頼性と経済性の両立

●事故未然防止のための設備診断・設備監視技術の高度化

《研究の方向性》

主要な電力設備に事故が発生すると甚大な影響が生じるため、異常の兆候を正確に捉えて事故を未然に防止する診断・監視技術が必要です。また、設備の経済的な運用のためにも、診断結果に基づいた精度の高い余寿命評価手法が必要です。

まず、異常の兆候はその原因に応じて異なる特徴を示すため、異常発生メカニズムの解明といった基礎的な部分の研究は非常に重要です。次に、その兆候を的確に把握するためには、運転中のノイズ環境下においても異常による信号を確実に検出し、高度に信号処理・解析するための技術を開発していかなければなりません。それには、進歩の著しい各種センサ技術や信号処理技術を活用できるものと期待されます。また、余寿命評価の精度を高めるためには、診断結果から劣化状態を精密に推測できるかが一つのポイントであり、そのためにも基礎的な現象の解明は重要となります。

研究項目

- ・ 電気絶縁診断技術の高度化
 - ・ スマートセンシング
 - ・ MEMS 技術
 - ・ テラヘルツ波応用
 - ・ 部分放電診断
- ・ 高精度余寿命評価手法の開発

●信頼性とライフサイクルコストを考慮した設備の構築・保守手法の確立

《研究の方向性》

既存電力流通設備の有効活用が求められる中で、今後、経年設備の増加が見込まれることから、これまで以上に設備保守・管理の重要性、特に合理的な設備保守のあり方が重要になってくるものと考えられます。一方、電力自由化や分散型電源の導入など、流通網にとってリスク要因ともなる不確実性も増大しつつあります。このため、設備管理とリスクを総合的に考慮したうえで、中・長期的に柔軟かつ強靱な（ロバストな）電力システムを実現していくための新しい考え方や評価手法が重要となってきています。

以上を背景に、電力システムのネットワークアセットに対して、系統全体から見た信頼度とコストに基づくリスクベースの合理的管理と形成を支援するため、その基本となる考え方ならびに必要なツールを開発する必要があります。

研究項目

- ・ 電力設備の保守管理業務の高度化
 - ・ IC タグ
 - ・ ユビキタスネットワークキング
- ・ 設備計画手法(アセットマネジメント)

●自然災害対策

《研究の方向性》

電力流通設備はそれぞれ特有の劣化様相を示し、経年などにより電気絶縁性能の低下が生じますが、絶縁破壊を起こして事故に至る直接的な原因の多くは雷（雷サージ過電圧）です。また、設備の絶縁設計は想定される雷サージレベルで決まり、さらに屋外絶縁では想定汚損量も重要な要素となります。従って、電力供給の信頼度を維持する上で自然災害対策は重要なポイントの一つですが、電気絶縁の観点では雷害と塩（雪）害への適切な対応が求められます。これらに対し、メカニズムの解明と予防、また発生した場合の対策を検討しておく必要があります。

研究項目

- ・ 雷現象の解明と雷害対策
 - ・ 雷保護システム
 - ・ 電磁界計測等
- ・ 塩害・雪害への対策技術

<C-2> 低環境負荷技術と高機能絶縁材料の開発

●SF₆ガス削減のための新たな絶縁・消弧方式の開発

《研究の方向性》

SF₆ガスは絶縁性能に優れているため、これまで電力機器に広く用いられてきましたが、地球温暖化係数が非常に高い（CO₂の23,900倍）ため、使用量を削減するための新たな技術が求められています。

そのためSF₆代替ガスの開発が進められており、これまでもCO₂、N₂、CF₃I等の単体ガスや各種混合ガスに着目して絶縁・消弧特性の検証が行われてきました。将来的な代替ガスの実現に向けては、絶縁性能の向上はもちろんのこと、異物・不純物の混入による性能低下に対する信頼性の確保が課題です。また、代替ガス・新方式による大電流の遮断特性の向上も重要です。それらを解決するためには、今後も特性の優れた新たなガスの探索を継続する一方、いまだ不明な点も多い放電・絶縁破壊メカニズムやアークプラズマ消弧メカニズムの解明といった基礎的な研究も必要です。その両面からのアプローチにより、革新的な代替ガスが実現されるものと期待されます。

また、真空遮断器の高電圧化もSF₆の低減につながる技術ですが、高電圧化を実現するためには、電極や固体絶縁物の形状、材料等の最適な設計が求められます。よって、真空

中の放電・絶縁破壊メカニズムの解明といった基礎的な研究により、真空絶縁技術のさらなる向上を図っていく必要があります。

研究項目

- ・ SF₆ 代替ガスの開発(CF₃I、放電解析、プラズマ流体解析 等)
- ・ 放電・絶縁破壊メカニズム、アークプラズマ消弧メカニズムの解明

●環境負荷低減のための電力機器開発

《研究の方向性》

循環型社会の形成が社会的に重要な課題となっていますが、電力機器の中にはリサイクルできずに廃棄されるものもあります。(例えば、ケーブル絶縁材料の架橋ポリエチレン)

したがって今後、環境に優しい新たな絶縁材料を開発・適用していく必要があります。すでに、シリコン油を用いた変圧器（一部分野では採用されている）や生分解性プラスチックを用いたケーブル等に注目して、絶縁特性検証等の研究が行われています。今後、そのような基礎的な研究とともに、進展著しい材料分野の成果を融合しながら新たな材料探索を進めていくことが望まれます。

研究項目

- ・ 環境調和型電力機器の開発
- ・ 環境に優しい絶縁材料(シリコン油, エステル油, バイオプラスチック等)
- ・ マテリアルリサイクル

●高機能絶縁技術の開発

《研究の方向性》

設置場所の制約および設備周囲環境との調和の観点から、電力機器コンパクト化への要求は今後ますます高まると考えられます。コンパクト化についてはこれまでも様々な技術開発がなされてきましたが、今後のさらなるコンパクト化に向けては、絶縁技術の革新が鍵となります。

固体絶縁においては、誘電率傾斜機能材料やナノコンポジット材料といった先端的な材料技術の活用による絶縁技術の大幅な向上が期待されております。よって、そのような材料の作成技術や絶縁特性の研究を進めていく必要があります。

一方、気体絶縁や液体絶縁に関しては、技術的に確立されているように見えますが、プラズマ・放電・絶縁破壊メカニズムといった基礎的な現象には十分解明されていない部分が残されております。それらの基礎的な研究を通じた様々な発見により、絶縁技術に革新をもたらすものと期待されます。

研究項目

- ・ 誘電率傾斜機能材料、ナノコンポジット材料等を用いた絶縁技術の開発

<C-3> 革新的機器の開発

●高効率・高性能・多機能な機器の開発

《研究の方向性》

地球規模の環境破壊，資源枯渇等の社会的背景の変化に対し，電力システムは更なる高度エネルギー利用効率，環境適合性が要求されています。このように，近年の社会的ニーズの多様化，および，その変化の速さに対応するには，技術シーズ型研究の側面を拭えませんが，先駆的に高効率・高性能・多機能等の革新的機能をもつ電力機器の開発を進めていく必要があります。

革新的な電力機器の開発は，電力機器への新しい材料の適用，機器機能の融合・複合化，従来の電気工学の範囲を超えてナノテクノロジー，材料科学等の他分野と電気工学の融合により実現すると期待されています。

研究項目

- ・ 電力変換器の高効率化
 - ・ ソフトスイッチング
 - ・ マトリックスコンバータ等
- ・ 高効率発電機・電動機の開発
 - ・ 超電導発電機
 - ・ 超電導モータ
 - ・ 磁界解析
 - ・ 超音波モータ
 - ・ ベアリングレスモータ等
- ・ 次世代半導体(SiC等)デバイス・機器の開発
- ・ アクチュエータ(ER流体)の開発