

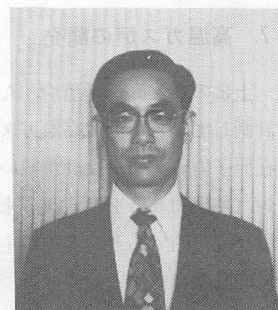
■ 展 望 ■

電気エネルギーの輸送について

The Present Situation and Future Trend
of Electric Bulk Power Supply

勝 矢 寛 雄*

Hiroo Katsuya



1. まえがき

エネルギーの需要先として工場や家庭を念頭におくと、必要とするエネルギー（エネルギー源）の形態は、電気、ガス、重油、灯油、ガソリン、石炭、温冷風、温冷水（含. 蒸気）などが考えられる。これらのエネルギーを輸送する技術は、連続的に供給する技術と不連続的に供給する技術とに分けられる。現在の社会システムにおいては、電気、温風、蒸気は電線ケーブルやパイプラインを使って連続的に供給されている。ガスでは都市ガスについてはパイプラインで連続的な供給であり、プロパンのように液化が簡単に行えるガスではボンベにつめて不連続的な供給も行われている。灯油、重油、ガソリン、石炭については、タンク車やトラックを使って不連続的な供給が行われている。勿論、同じ工場、コンビナートの内や個人住宅内では、重油や石炭がパイプラインやベルトコンベアなどで、連続的な技術を使って輸送されていることもある。これらをさておいて、今回はエネルギー輸送技術として、専門家以外にはなじみの薄い、送電技術と電線ケーブル技術の動向を紹介する。更にレーザーの技術が実用化しつつあるのでこれに関連して注目されてきている光エネルギーガイドについて、2～3の知見を紹介する。

2. 電気エネルギーの位置づけ

送電コストは、エネルギーの単位当りの輸送コストに換算して、石油の大型タンカーによる輸送コストの約20倍、石油のパイプライン輸送コストやトラック輸送の約3倍から約10倍といわれている。電気を送るコストは高価であるが、電気エネルギーは我々の利用できる各種のエネルギーへの変換が容易であり、エネ

ギーとしてクリーンであるので需要は増大している。

1975年の我国のエネルギーフローから計算すると、全エネルギー消費（ 363.7×10^{13} kcal）の内24%（ 86.6×10^{13} kcal）が電気エネルギーとしての消費である。電力需要の伸びの実績と予想を、年平均伸び率で示すと次のようになる。

昭和43～48年	12.8 %
昭和48～53年	4.4 %
昭和53～58年	7.3 %
昭和58～63年	5.7 %

この伸びは、経済の成長率やこれに対するエネルギー消費の弾性値を考慮しても大きく、2000年（昭和75年）には、電気エネルギーとしての消費が全エネルギー消費の40%～50%に及ぶと予想されている。

3. 送電技術の動向

電力需要の増大に対応する為の発電は、主として原子力発電に頼らざるを得ないのが現状である。原子力発電所の立地は、需要地からの遠隔化をまねき、立地地点も偏在している。一方、需要は第3次全国総合開発計画に見られるように、主要産業の地方分散が示唆されているが、環境規制や労働力の供給という面から、地方分散化はなかなか困難であり、主要電力需要地域の電力需要は、地方の電力需要よりも伸びが大きく、2000年頃には需要密度が、現在の3～4倍に達すると予想されている。

経済性や信頼性の向上、保守管理の合理化などへの対応として、発電設備の大容量化が行われている。表1に最近の発電所の容量の推移を示す。

過去・現在・将来を10年程度の間隔で示したもので、現在では発電機の単機容量が80万kwから120万kwで、1発電所の規模が500万kw程度になっている。10年後

* 住友電気工業株式会社研究開発本部開発企画部部長補佐
☎ 554 大阪市此花区島屋1-1-3

表1 発電所の大容量化の状況

項目	過去	現在	将来
最大発電機ユニット容量	MW 250 ~ 600	MW 800 ~ 1200	MW 1500 ~ 2500
1発電所の最大出力規模	MW 2000	MW 5000	MW 10000

には、単機容量が150万kwから250万kwとなり、1発電所の出力が1000万kwになると予測されている。このような発電所規模の拡大からも送電技術の大容量化を必要としてきている。

送電システムについて、社会的要請が長距離、大電力輸送を必要としており、系統が巨大化し又都市近郊において過密供給を行うことを必要としている。これらに伴って、送電ロスの増大、送電ルートの用地取得難や環境面からの送電ルートの制約、電力供給の安定性の減少、短絡容量の増大、上下水道、ガス、交通政策等との調和をとった総合的都市計画との協調の必要性などの問題点が発生している。

電線ケーブルに関連する問題点は次章にゆずり、送電システムに重点をおき、これら問題点に対する動向を述べる。

大電力輸送を達成するには、送電線の高電圧化と大容量化をはかることが必要である。電気が自家用照明として発達した後、1882年にエディソン商会により初めて一般向けに電気エネルギーの供給が始まり、1887年には、フェランティ(1864~1930)により、10kvの送電が試みられている。

高電圧化の最近の推移は図-1に示す如くであり、アメリカでは765kv、カナダでは735kv、ソ連では750kvが実用化されている。我国においても、1970年の初頭に東京電力の房総線で500kvが実用されて以来、国内各所で500kvが使われている。又近々、1000kvも採用される予定で現在検討が進められている。

UHVの採用によるメリットのもう一つは、所要ルート幅が少なくすむことで、鉄塔高さが高くなり鉄塔の根開きが大きくなるが、ルート幅は小さくすむ。

一例として、1000万kw、500kmの大電力長距離送電を行う場合の概念設計を、交流500kvと交流1000kvで行った例から所要ルート幅(所要ルート数×線下幅)を引用するとそれぞれ、182m、96m、となる。

系統の巨大化に伴う安定度の減少や、短絡容量の増大に対処する為には次のような対策がとられている。

安定度を向上させる為には

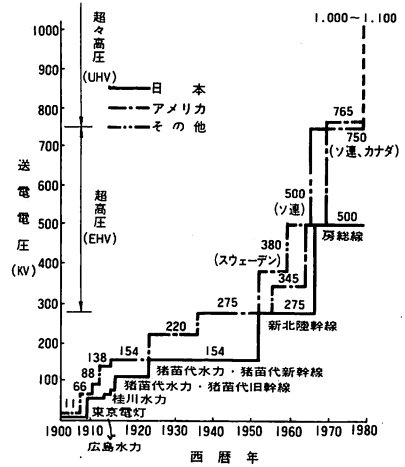


図-1 国内外の交流送電電圧の推移

- 1) 送電線への直列コンデンサーの挿入
- 2) 発電機励磁電圧の高速制御
- 3) タービン高速バルブ制御

などの対策があり、更に送電線中間への調相設備の設置開発が行われている。

短絡容量の増大に対しては、下位系統の分割が有効である。これは、UHVの実用化とも相まって、従来の送電ルートがグリッド化されていたものをUHVで系統の骨格を形成し、下位系統を放射状に分割することが考えられている。このような系統の分割化は、事故の拡大防止や電力輸送のロス軽減にも寄与している。系統の分割化の一方では、供給予備力の確保、発電機容量の巨大化、水力・火力・原子力などの各種発電システムの組合せによる経済的運用、送電システムの信頼性向上などに対応する為、広域連系の強化拡大が行われている。

中央電力協議会が発表した「昭和54年度電力長期計画」によると図-2のようなUHVを基幹として、日本全国にまたがる広域連系の計画がある。

このような電力系統の大電力広域連系に対応して、直流送電システムが、直流の潮流制御特性や安定性の特徴から見直しされ採用されつつある。佐久間及び新信濃で交流の異周波数間の連系、又北海道・本州間の連系の為には直流が用いられている。直流送電システムは、交流のそれに比べて経験が多くないので、碍子の汚損による絶縁特性や地路サージ絶縁特性など、基礎的な研究や、イオン流帯電現象による生物への影響のような環境問題についても開発が進められている。

需要地の都市近郊においては、電力の過密供給を必

要としている。都市近郊では、用地の取得難、安全対策、環境問題などの理由により、送電線を地中化する必要がある。従って、布設工法の開発や、上下水道、ガス、交通政策等を含めて、総合的な都市計画と協調をとって効率的な建設を行う配慮も必要とされる。又、過密供給に対応する新しいケーブル技術として、管路気中送電線が開発実用化されつつある。更に将来の技術ではあるが超電導送電の開発も一部進められている。

4. 電線ケーブル技術の動向

各種の電線ケーブルは、その使用される環境、使用方法、保守維持管理体制等により、これらの手法のどれかを、場合によっては幾つかの手法を組合わせて適用することにより大容量化がはかられる。

ここでは遠隔地の大容量発電所から、需要地近郊までに適用されている架空送電線、都市近郊と都市内の地中送電の為に使われる送電用電力ケーブル、これの大容量化に対応する為の管路気中送電線、自己冷却ケーブル、及び新しい技術として関心の高い超電導ケーブルなど各種ケーブルについて具体的に述べたい。

4.1 架空送電線

送電容量の増大の為、1)高電圧化、2)多導体化、3)大サイズ化、4)耐熱化がはかられている。高電圧化については、UHV化も近いことをすでに述べた。多導体化は、コロナ放電を抑制し、送電ロスの減少とラジオ障害防止の為に必要がある。

500 kv 送電線には6導体が採用されているが、UHV送電線には、8~12導体を使わねばならない。図-3に多導体化の様子を示す。

架空送電線の断面形状は、図-4に示すものが使われている。7本撚りの鋼線の周りにアルミニウム線を撚り合わせたもので、鋼線で力を持たせアルミニウムに電気を通している。これをACSRと称している。従

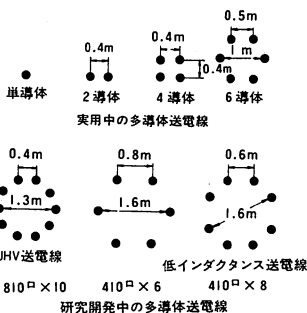


図-3 多導体送電線の導体配列

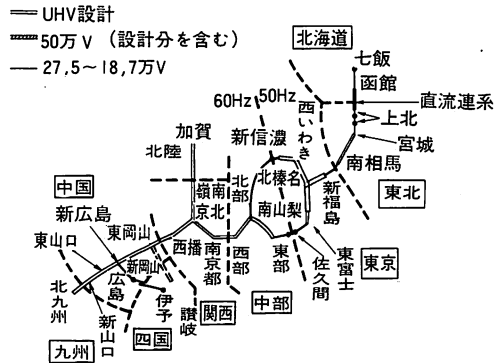


図-2 昭和63年度末における連系系統概要。中央電力協議会「昭和54年度電力長期計画」より抜萃

来220 kv用には、330 mm²や410 mm²が標準的に使用されてきたが、1970年頃から810 mm²、1160 mm²、1520 mm²の大サイズの電線が開発され、使われるようになってきた。このACSRの連続使用温度は、従来90℃であったが、耐熱アルミ合金線の開発により、使用温度は150℃まで高められ、電流容量は約60%増加した。更に最近、200℃まで耐えられる超耐熱アルミ合金線や超々耐熱アルミ合金線と称する連続230℃の耐熱性があり、電流容量が2倍にもなる送電線が開発されている。

4.2 送電用電力ケーブル

送電用電力ケーブルにおいても大容量化は主要なニーズであり、このための高電圧化・大電流化がはかられて来ている。その手法をまとめると表2の如くなる。最近における都市の発展と共に環境、用地、公害問題等で都市周辺部にも架空線を建設することは困難となって来ており、地中電力ケーブルは都市内のみならず、都市周辺の広域にわたって必要とされ、線路の長距離化も必然の結果となって来ている。一般にケーブル線路の建設費は架空線のそれに比して10~数10倍

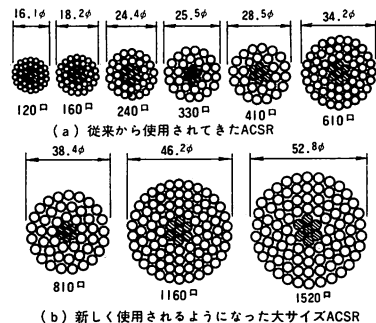
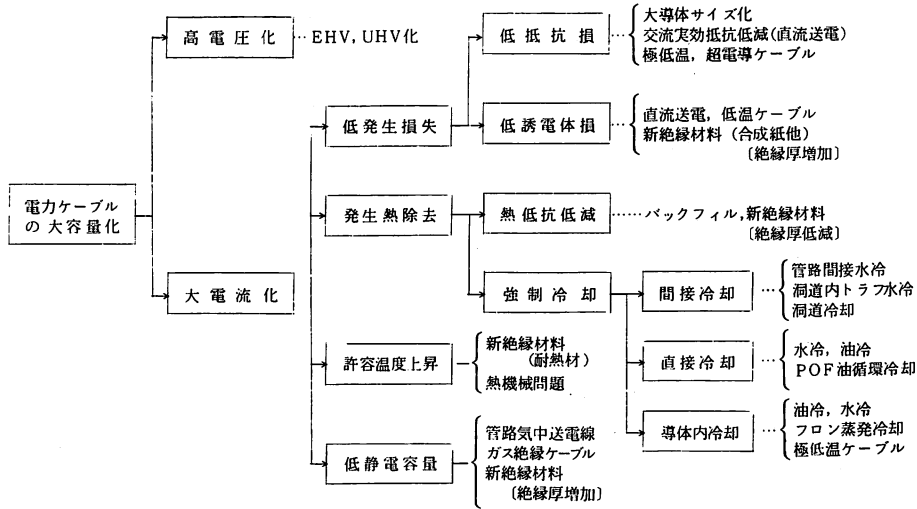


図-4 ACSRの断面図

表2 電力ケーブル大容量化の手法 (電気協同研究: 第33巻第3号より抜粋)



と言われており、ケーブルの単位送電容量を大きくする事が重要である。

表3は地中電力ケーブル線路に要求される送電容量の変化を10年間程度を目途に示したものである。その容量増加が急激であることが良く判る。図-5は、電力ケーブルにおける高電圧化の変遷を示したものである。

従来の油浸紙絶縁ケーブルは良好な電気的性能と高い信頼性を有するものの、油を使用するため、無保守化という点で不利であり、戦後、プラスチック絶縁ケーブルが大きく発展してきた。プラスチック材料としては主として架橋ポリエチレン(XLPE)が用いられているが、これは我が国が世界にさきがけて実用化したものであり、1960年代に66kVに適用されて以来、着実に高電圧化し、1979年実線路に275kVが採用されており、これは現在世界の最高電圧である。

大電流化に対処する方策として、導体の大サイズ化が強力に進められて来た。図-6に各種のOFケーブル

表3 電力ケーブル線路の送電電圧と送電容量の状況

	過去	現在	将来
送電電圧	66~154 K V 275 K V 備か	66~275 K V 500 K V 備か (250 K V 直流)	66~500 K V (1000 K V 級) (500 K V 級直流)
送電容量	300 MVA / 回線 程度迄	500~600 MVA / 回線 程度迄	1000~2000 MVA / 回線 程度迄 (架線直結の場合 5000~10000 MVA / 回線)

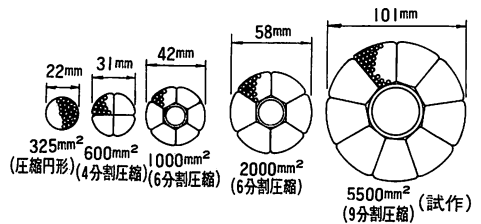


図-6 電力ケーブル用導体の比較

用導体を例示する。現在、汎用サイズは2000~2500mm²であるが、将来は更に大サイズのものも使用されるであろう。

送電用電力ケーブルは、高い信頼度を要求されている。OFケーブルでは、従来の天然絶縁紙に替って、プラスチックフィルムと天然絶縁紙とを複合化した新種絶縁紙の開発や、金属シースとして鉛被に変えてアルミ被を採用したり、金属シースの防食にプラスチック(ポリエチレンやビニル)を採用してきた。これにより金属シースの疲労や腐食による事故は大きく減少した。

4.3 冷却技術と自己冷却ケーブル

一般に電力ケーブル線路の送電容量は温度上昇によって制限を受けるので、熱発生の低減ならびに発生し

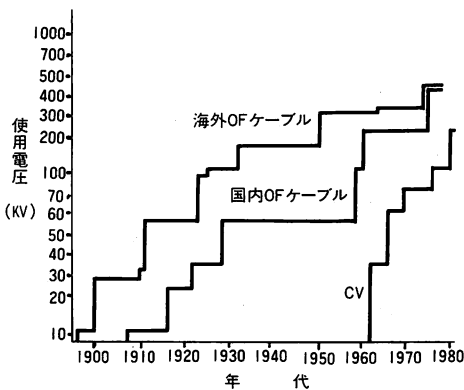


図-5 電力ケーブルの電圧上昇推移

表4 電力ケーブルの主要な各種強制冷却方式

冷却方式	冷媒	特徴	容量増加率	
間接冷却	洞道冷却	空気	洞道内ケーブルを空気で冷却	1.2 ~ 2.0
	管路間接冷却	水	管路布設ケーブルを別布設の水冷パイプで冷却	
	トラフ間接冷却	水	トラフ内布設ケーブルをトラフ内の水冷パイプで冷却	
直接冷却	管路直接冷却	水	管路布設ケーブルの周囲に水を流して冷却	2.0 ~ 2.5
	POF油循環冷却	油	POFケーブルのパイプ内油を循環して冷却	
内部冷却	内部水冷	水	導体内に水を流して冷却	2.0 ~ 10.0
	内部油冷	油	導体内に油を流して冷却	
	蒸発冷却	フロン	導体内にフロンを流して蒸発潜熱を用いて冷却	

た熱の効果的除去が重要となる。強制冷却方式はケーブルを各種の冷媒によって冷却するものであるが、表4に示すような代表的な各種方式がある。現在間接冷却および直接冷却については実線路に多く適用されており、又内部冷却の超高压ケーブルの実用化が進められている。

図-7に強制冷却による送電容量の増大の例を示した。送電容量を飛躍的に増大させるには導体を直接冷却する内部冷却方式の採用が必須であるが、これにより275 kvケーブルでの現在の容量400 ~ 600 MW/回線を、2000MW/回線程度以上に増加することが可能であり、又500 kvの場合、数100 m程度の短距離の条件下では10000 MW/回線にも対応可能となる。

このようにケーブルを冷却することにより、送電容量が増大するが、強制冷却方式ではポンプの保守管理、冷媒の点検・補給などが必要である。そこで、ポンプを使わないで、従来のケーブルの容量より5 ~ 15倍の容量がありシステムが簡単で信頼性が高い自然循環式自己冷却ケーブルシステムが開発されている。

このケーブルの概要は図-8に示すもので、ケーブル本体、終端接続部、冷却装置、冷媒供給管および冷媒回収管によって構成されている。

自己冷却ケーブルの原理は、フロンのような蒸発しやすい液体を冷却媒体としてケーブル導体内部に流し、通電時に導体の発熱によって冷媒が蒸発するとき、導体から熱を奪うことを利用して冷却するもので、冷媒はケーブルの通電に伴って自然に循環し、ケーブルを冷却する。

自己冷却ケーブルを実用化するに当たり、1) 長手方向での上昇温度の不均一、2) 短絡大電流に対する冷却機能の維持、3) 長期的な実用性の実証などの問題点を解決して来ている。

1975年に22 kv用ケーブルでの実証試験が東京電力で

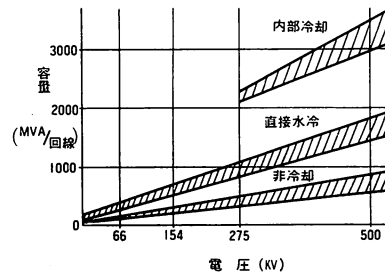


図-7 強制冷却による送電容量の増大

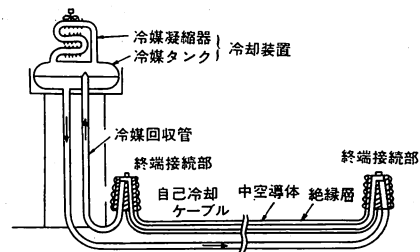


図-8 自己冷却ケーブルシステムの原理

実施され、ケーブルは安定した性能を発揮し、実用性能が検証された。その後66kvcvでの実証テストを経て、最終的には275kv自己冷却絶縁ケーブルの実証試験をも終了している。

4.4 管路気中送電線

飛躍的な容量増大を目的として3000 ~ 10000MVA / 回線級の送電容量を有する新種地中線の実用化開発としては現在管路気中送電線がある。この構造は、エポキシ樹脂製のスペーサによって、導体をシースの中に同軸状に支持し、シース内には高压のSF₆ガスを封入し絶縁性能を高めている。概要を図-9に示す。

ガス絶縁によっている為、次のような特長を有している。

- (1) 導体断面積が大きく、大容量にできる。

- (2) SF₆ ガスの対流により冷却効果が良い。
- (3) 誘電損が無視でき、充電タ流が小さい。

管路気中送電線は、1963年に開発がスタートし1979年我が国初の実用線が東京電力榊江東変電所南小松川線で稼動に入った。これは154 kv, 2000 Aであるが、引き続き荏田開閉所275 kv, 4000 Aも運開に入っている。関西電力榊多奈川第2火力発電所でも275 kv, 4000 Aの計画がある。この管路気中送電線は500kvを次の目標に開発が進められている。

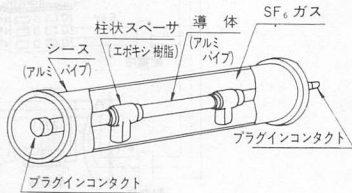


図-9 管路気中送電線 (GSPC) の構造概念図

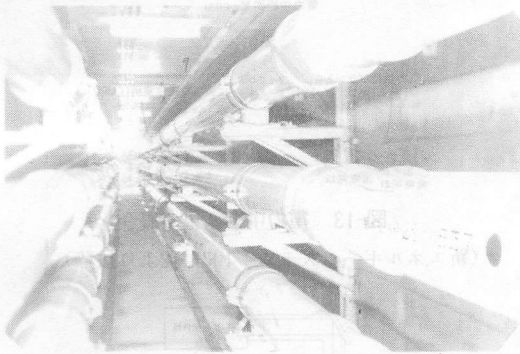


図-10 東京電力榊南小松川線洞道内布設状況

4.5 超電導ケーブル

将来のケーブルとして、超電導現象を利用したケーブルが研究されている。1970年代前半には世界で研究が盛んに行われた。特にアメリカでは、現在138 kv級の実証試験線を建設中である。ケーブルモデルの概要を図-11に示す。我が国でも超電導マグネットの開発に伴い超電導線の研究も進められているが、熱絶縁、冷凍機の信頼性等の問題点も多く存在し超電導ケーブルとしての実用化は可成り先のことと考えられている。

5. 配電システムと配電用ケーブルの動向

送電技術について電力会社では、発電所から消費地域近くの配電用変電所まで、電力を輸送する為の送電システムと電気エネルギーを個々の消費者に分配する為の配電システムとに区別している。

送電システムと同じく、増大する需要に対応する為の配電電圧の昇圧、複雑化する配電システムの合理的な管

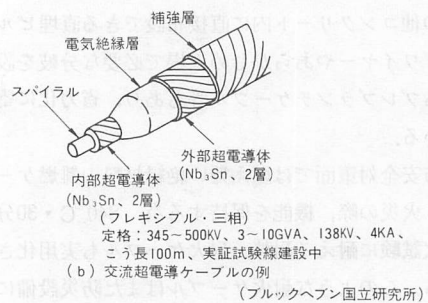
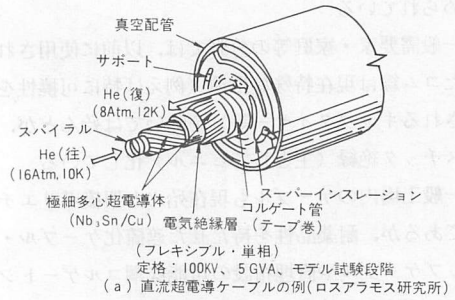


図-11 超電導ケーブル開発例 (アメリカ)

理運用、供給信頼度の向上などが技術的な課題である。配電系統の概念は、図-12に示す如くで、契約電力によって、供給電圧を変えている。

戦後、3 kv から6 kv への昇圧と単相100Vが、単相3線式100v/200vへの移行が計画され、10年前頃に完成しているが、今後6kvは22~33 kvへの昇圧と低圧配電電圧の400Vへの昇圧の計画が実施される予定である。

これには、20kv級受電設備の開発と屋内400V配線の整備、負荷機器の汎用化などが進められなければならない。

1972年、大阪南港や芦屋浜の高層・住宅街で、20kv級/400v配電がすでに実施されており、400V級負荷機器のコストダウンや需要家の負荷増大と相まって、一般化していくものと考えられる。

30kv~6 kvが対象となる配電用ケーブルは、大量の工事をスキルを要さずしかも高信頼度で施工したいというニーズから、以前の油浸紙鉛被ケーブルは架橋ポリエチレンケーブルに変っている。

このようなケーブルには、絶縁体の他に静電シールドの為に設けた半導電体層-外部半導電層が必要である。そこでケーブルの製造時には、半導電体材料を押し出し平常時によく密着しているが、引き剥がしが非常に簡単なフリーストリッピングの半導電層技術が開発されている。6~20kv級の架空配電線の分野では、一般公衆への感電防止の面から高圧裸線の絶縁被覆化が

進められている。

一般需要家・家庭等の分野では、以前に使用されていたゴム線は現在特殊な用途（例えば特に可撓性を要求されるキャブタイヤ等）を除いては殆んどが、プラスチック絶縁（主としてビニル）化している。

一般工場内のケーブルも現在殆んど架橋ポリエチレンであるが、耐薬品性を持たせた遮硫化ケーブル・鉛ラップケーブルや直埋布設の可能な鋼コルゲートシースケーブルなど特殊なものも開発されている。

この他コンクリート内に直接布設できる直埋ビルディングワイヤーやあらかじめ工場に必要な分岐を設けてあるプレブランチケーブル等もあり、省力化に寄与している。

一方安全対策面では燃え難い絶縁材料の難燃ケーブルや、火災の際、機能を保持する為、840℃・30分間の耐火試験に耐える耐熱・耐火ケーブルも実用化されている。このような耐火ケーブルはまだ防災設備にしか使われていないが、延焼の原因や有毒ガスの発生など、電線・ケーブルがビル災害での問題点となってきた為、一般用途の電線・ケーブルにも採用が方向づけられるだろう。

6. マイクロ波電力輸送

電線・ケーブルを使わず、マイクロ波による送電技術の可能性も検討されている。

1968年 Glaser が太陽電池の人工衛星を打ち上げ、太陽エネルギーを集めてマイクロ波で地上に電力を送るという構想を発表している。又、Ehrliche は緯度の低い太陽日照の強い地方の地上で太陽発電を行い、マイクロ波の中継衛星を使って、消費地の高緯度地方へ電力供給することを提言している。図-13 にその概要を示す。

マイクロ波による送電効率、マイクロ波の発振装置、伝送経路での散乱、送受電の為のアンテナ等により決まる。マイクロ波の発振装置について、ボーイング社とヴァリアン社が、高出力クライストロン管の設計研究をしており、最近、50kw ないし 70kw の出力で約 84% 程度の効率を期待出来るとしている。伝送経路、即ち空中では雲は比較的障害とならないが、あられや雪により散乱が起り効率が下がる。しかし太陽発電が雲や天候気候に左右されるに較べれば、マイクロ波送電は殆んど影響がないといえる。

1976年 N A S A での小規模地上実験で、82% の伝達効率が得られたとのことである。実用期における総合

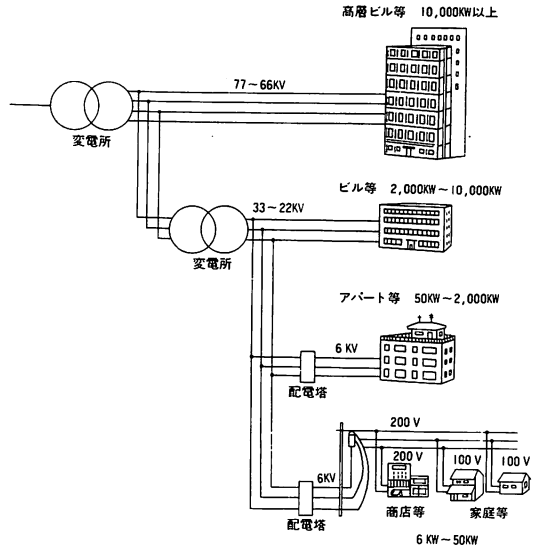


図-12 配電系統の概念

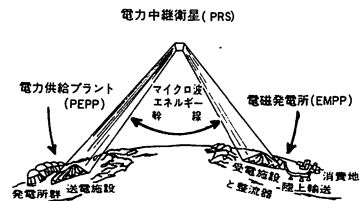


図-13 電力中継衛星の概念

(新エネルギーシステム：1977.12より抜粋)

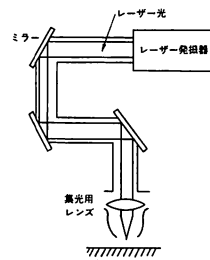


図-14 多関節型ミラーガイド

効率として、60%以上であることが期待されており、発振器、アンテナ等の開発が、主としてアメリカで宇宙開発計画の一環として進められている。

又、このようなマイクロ波による電力輸送を実現する為には、飛行機がこの電波を通過した時の問題やその時の人体への影響、更に受電地域周辺における生物全体に及ぼす影響などの解明と対策が必要となるであろう。

7. 光エネルギーガイドの動向

電線・ケーブルには、電気を送る為のものと通信の分野で使われる通信用電線・ケーブルがある。この通

信用電線・ケーブルの分野で、最近光通信技術が実用期に入り、関連メーカーでは激しい開発競争が繰り広げられている。そして更に、この光にエネルギーを託して使う技術が、特に医学分野で開発されつつある。又、工業用の利用技術を開発する為、工技院大型プロジェクト「超高性能レーザー応用複合生産システム」の開発が1977年より進められている。

これらのシステムには、CO₂レーザー（10.6 μm）、YAGレーザー（1.06 μm）、アルゴンレーザー（0.5145 μm・0.488 μm）等各種のレーザーが使われ、各種レーザーの特徴を活かした用途及び導光路の開発がなされている。

CO₂レーザーは、比較的大パワーを得るのに適しており、医療用ではがん、腫瘍の除去、工業用では穴あけ、切断、溶接などに実用化している。CO₂レーザーの波長が10.6 μmで、現在では導光路に多関節型ミラーガイド（図-14）が実用化されており、中空金属管の利用も検討されている。中空金属管の開発は、寸法、材料、細管の内面研磨、コーティングの方法などの基礎的な問題点をかかえている。光学材料による導光路として、TlBr, TlI, AgCl, AgBr, KClなどによるファイバーの開発も行われている。

これら材料の潮解性、純度、加工性などまだ問題点が多いが、ヒューズエアクラフト社では、TlBr-TlI混晶を使い、4~5 μmの遠赤外光に対して、0.01dB/mの低損失ファイバーの可能性を示唆している。

YAGレーザーは波長1.06 μmで、導光路に石英ファイバーを使うことができる。そこで内視鏡を利用し、非切開で内臓の手術を行ったり、半導体の微細加工に特徴を活かせる。

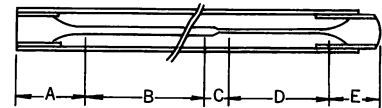
西独のP.Kiefhaber, G.Nathらは、図-15に示すような石英ファイバーを開発している。

アルゴンレーザーは、組織の色による選択吸収の影響を受けやすく、あざ、しみの除去や、眼底出血の処置などに使われる。

YAGレーザーと同じく、石英ファイバーが導光路として使われている。

8. おわりに

以上電気エネルギーの輸送技術について記述した。これに使われている電線・ケーブルと、通信・制御情報技術に使われる電線・ケーブルとは、細くて長いという点を除けば技術的に全く異なる。しかし、人間の身体が血管と神経とから構成されているように、我々



A : Bean entrance cone
 B : Proximal flexible long part of the fiber (300 μmφ×2.7m)
 C : Diameter reducing cone
 D : Distal flexible short part of the fiber (200 μmφ)
 E : Bean exit cone
 Total length L=3m
 Transmission : >90%

図-15 Cross section of triconical quartz fiber (レーザー研究：1979. 07 vol17. No 2 より抜粋)

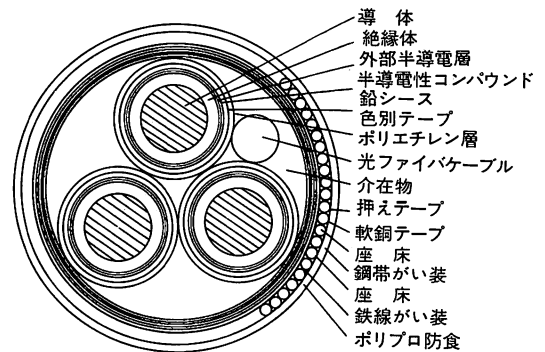


図-16 光電力複合ケーブル例

の社会システムにとって両者とも重要な基盤技術である。そして、電力系統と通信情報系統は血管と神経系統が別々に構成されているのと同じように個別の系統で構成されてきた。

ところが光情報は、電磁誘導の影響を全く受けにくい特性を持っており、この性質を利用してシステムの簡素化や社会的な制約の面から、電力と通信情報を複合化した複合ケーブルの開発が進められ、最近石油コンビナートで実用化された。図-16にその光電力複合ケーブルの例を示す。

このような複合化の方向と技術は今後益々高度化することが、予想される。都市機能に必要なエネルギー・資源は、電気、ガス、温冷水、上下水道などであり、これらは何らかの形で、細くて長い管路により供給されている。これらのエネルギー・資源を集積し複合化した回路で供給する総合的な都市システムについての調査研究が、通産省ではじまっている。電気とガスや電気と水を、どういう形で共存させ複合化させるか、技術的な課題が多々あると考えられるが、将来のエネルギー輸送技術について、非常に興味深い方向を示唆している。