

No.85

August 25, 1999

Information

特別講演

1999年5月18日（火）・第2回通常総会特別講演（東京・虎ノ門パストラル）

講師・演題

熊谷 信昭：「21世紀文明の基礎科学

—情報と通信、エネルギーと環境—」

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

21世紀文明の基礎科学

——情報と通信, エネルギーと環境——



熊谷 信昭 (くまがい のぶあき)

1929年5月生まれ
 1953年3月 大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業
 1956年5月 大阪大学大学院(旧制)研究奨学生修了
 カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員、大阪大学助教授等を経て、
 1971年6月 大阪大学教授
 学生部長、工学部長等を歴任し、
 1985年8月 大阪大学総長
 1992年3月 (株)原子力安全システム研究所代表取締役社長・所長、
 現在に至る。
 1993年12月 科学技術会議議員、現在に至る。

専門は電磁波工学。電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長等を歴任。
 現在、国土審議会委員、郵政省情報通信ブレークスルー基礎研究21推進
 会議会長、原子力長期計画策定会議委員、原子力バックエンド対策専門
 部会長、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、(財)
 地球環境センター理事長、(財)災害科学研究所理事長、他多数。
 米国電気電子学会終身名誉員(Life Fellow)。電子通信学会業績賞、電子
 情報通信学会功績賞、電子情報通信学会著述賞、レーザー学会特別功績
 賞、高柳記念賞、郵政大臣表彰、日本放送協会放送文化賞、
 日本学士院賞等受賞。

司 会(桜井日本工学アカデミー専務理事) 只
 今から、本年度の総会特別講演を大阪大学の元総
 長でいらっしゃいます熊谷信昭先生にお願いした
 いと存じます。

熊谷先生につきましては、今さらご紹介するま
 でもございませんけれども、ちょっと念のために
 申し上げます。現在、日本工学アカデミーの会員
 で、個人の資格で科学技術会議議員をやっておら
 れる唯一の方が熊谷先生でございますので、これ
 から我々の意見を科学技術会議で代弁していただ
 くときには、熊谷先生にお願いしなければいけな
 いということを心にとめておいていただければあ
 りがたいと思います。

先生は、大阪大学工学部通信工学科をご卒業、
 そして大学院を修了後、カリフォルニア大学電子
 工学研究所上級研究員、大阪大学助教授などを経
 て、昭和46年から大阪大学の教授、学生部長、工
 学部長などを歴任されまして、昭和60年から平成
 3年まで大阪大学の総長をなさいました。ご専門
 は電磁波工学で、電子情報通信学会会長などを歴
 任、数々の業績により、米国電気電子学会よりラ
 イフフェローの称号を授けられているほか、電子

通信学会業績賞、レーザー学会特別功績賞、高柳
 記念賞、郵政大臣表彰、日本放送協会放送文化賞
 などをご受賞、平成9年には日本学士院賞も受賞
 されておられます。

現在は、先ほど申し上げました科学技術会議の
 議員のほかに、数々の委員、団体の理事長、会長
 など、いろいろとお務めになっておられます。最
 近は、株式会社原子力安全システム研究所代表取
 締役社長をはじめ、原子力に関する政府の各種審
 議会の委員や、原子力バックエンド対策専門部会
 の部会長を務めるなど原子力関係の分野でも活躍
 していらっしゃるかと承っております。

それでは、熊谷先生、よろしくお願いいたします
 す。(拍手)

熊 谷 ご紹介いただきました熊谷でございま
 す。

大勢の先輩方、ご長老方がご列席の中で特別講
 演をさせていただくというのは、私にとりまして
 は、大変光栄なことというよりは、むしろ僭越な
 ことであると恐縮に存じております。しかし、ご
 下命でございますので、掲げましたような演題で
 しばらくお話し申し上げます。

1. はじめに

まず最初に、このようなテーマを選んだ理由について簡単に申し上げたいと思います。

ただいまご紹介いただきましたように、私は、大学を卒業して以来30年余りにわたり、大阪大学におきまして、一貫して情報・通信工学、特に主として電磁波工学という分野で教育と研究を行ってまいりました。

大阪大学総長の任期満了に伴い大阪大学を退官いたしました後、ご要請がございまして、関西電力が新しく創設されました株式会社原子力安全システム研究所の代表取締役社長兼所長をお引き受けすることになり、総長から社長に出世いたしました。私にとりましては、いずれにしても、それまで全くと言ってもよいほど無縁であった原子力発電を中心とする電力・エネルギーの世界に足を踏み入れることになりました。

また、それとほとんど時を同じくいたしまして、国連の中で、環境問題を専門的に取り扱う唯一の機関であります国連環境計画（United Nations Environment Programme, UNEP）というのがありますが、その支援法人であります（財）地球環境センターの理事長も拝命することになりました。

このような次第で、結局、情報・通信の世界、電力・エネルギーの世界、そして環境問題の世界という、現在の日本及び世界にとりまして最も重要で、かつ非常に大きな関心を持たれております3つの分野すべてにかかわることになりました。

その結果、情報・通信の分野で生きてまいった者から見た電力・エネルギーの世界というものには、情報・通信の世界と基本的に共通する面もございしますが、また、全く相違する面もたくさんあるということ、あるいはまた、それぞれの分野が互いに密接な関連を相互に持ち合っているということ、そして、そのいずれもが、いろいろな形で環境問題と深く関連していること、などを改めて再認識し、私自身にとりましては大変新しい別の世界を見ることができたと同時に、非常に興味深いことであると思っているわけでございます。

そういうわけで、本日は、このような演題を掲

げましたが、21世紀文明の基礎科学といたしましては、情報科学、エネルギー科学、物質科学及び生命科学の4つが柱になろうかと思います。また、一般にもそう言われておりますけれども、本日はただいま申し上げましたような理由から、現在、私が直接かかわっております情報・通信の分野と電力・エネルギーの分野とを比較しながら、それぞれの分野における現在の動向と将来の課題、および環境問題との関連などについて私見を申し述べ、会員の皆様方のご参考にご供したいと思っております。ただ、先ほどの総会後の委員会や専門部会のご報告などを伺っておりますと、情報・通信も、エネルギーも、環境も全部、専門部会があって、さらにその中にワーキンググループができていて、ご専門の方々が一貫して検討していらっしゃるということを知りまして、これはほんとうにまずいテーマを選んでしまったものだと後悔いたしております。

ご専門の方々は何人もいらっしゃることはもちろん承知いたしておりましたが、専門外の方も大勢いらっしゃるわけですので、今日お話しする分野とは普段ご縁の薄い方々にもご理解いただけるようになるべく基礎的なお話しをした方がよいと思っておりましたが、そうすると、それぞれの分野のご専門の方々にはほんとうに幼稚な話を申し上げることになって大変失礼なんですけれども、そういう次第でございますので、その点はなにとぞご容赦を賜りたいと思います。

2. 情報・通信技術の発展とその特徴

20世紀において広く科学技術の基礎として物理学が果たしてきたような役割を、21世紀には「情報学」が果たすことになるであろうと言われております。

「情報学」(インフォマティクス)というのは、まだ、その厳密な定義も、学問体系としての内容も確立されたものではございませんけれども、いずれにしても、その主要な柱を成す情報と通信に関する学問と技術というのは、21世紀におきまして、単に科学技術のみならず、人間社会のあらゆる分野の活動に必要不可欠なものとして、直接的・間接的にかかわりをもってくることになるであ

ろうと考えられております。

そういうような観点から、例えば我が国でも、人文・社会科学系の分野まで包含した新しい「情報学」の構築を目指す「国立情報学研究所」

(National Institute of Informatics)〔仮称〕を創設する動きが具体的に国レベルで進められておりまして、今年はその創設準備室の設置が認められておりますので、順調にいけば、来年度には、この国立情報学研究所〔仮称〕という新しい研究機関が誕生するであろうと思います。

そういうことで、本日はまず、どのような分野の方々にとりましても、今や決して無関係ではあり得なくなった、21世紀文明の基礎科学ともいわれる情報と通信につきまして、その特質と現在の動向、および今後の課題などからお話し申し上げようと思います。

皆様方よくご存じのように、ここ数年来、「ニューメディア」とか、「高度情報社会」とか、あるいは「マルチメディア」というような言葉を見たり、聞いたりしない日はないというような状況が続いております。なぜ、そんなことがかくも盛んに言われるようになったのかということにつきまして、社会評論家や文明批評家はよく次のような説明をなさいます。

すなわち、「それは、人々が最近になって、情報の重要性というものを認識し始め、情報の価値を認めるようになり、また情報がビジネスや金もうけの対象にもなるようになってきたからである」というような解説がよく行われます。そういう解説を聞きますと、一瞬、なるほどという気がいたしますが、実はそうではないのであります。

人間は、太古の昔から情報の重要性というものをよく認識しておりまして、常に情報を求め、情報を記録・蓄積したり、あるいは伝送・伝達したりする手段をいろいろと工夫・改善し続けてきたのでございます。実際、情報を伝える通信手段も、大昔ののろしや、太鼓や、伝令から、伝書鳩を使うようになり、手旗信号や、郵便制度というようなものが考案され、電信が発明され、電話へと進み、ラジオが現れ、テレビへと発展し、というふうに、常に工夫・改善が続けられてきたのであります。

つまり、人間は昔から、おそらく人類が誕生して以来、今日まで、常に情報化社会を目指して進んできたのだと言うことができると思います。そして、その時代、時代に、それぞれの時代のニューメディアというものがあつたのであります。これがまず申し上げておきたい第1の点でございます。

次に、第2に申し上げておきたいことは、これらの通信手段というのは、順次変遷してきたというよりも、さらに高度の通信手段が次々につけ加わって、通信方法の種類が豊富になってきたと見ることができるということでございます。つまり、人間社会における情報化の非常に大きな特徴の1つは、新しいメディアが生まれてきましても、それまでにあつた既存のメディアが消えてなくなってしまったという例がなく、常に新しいメディアが、それまでにあつた既存のメディアにつけ加わって、メディアがマルチ化しながら進んできたということであります。

例えば電話が現れましても、それまでの電信や電報は消えてなくなったわけではございませんで、実際、現在でもそのまま続いております。また、ラジオが普及し始めたときには、「もうこれで新聞はなくなってしまうであろう」というような論評がたくさんありましたけれども、決してそうはなりません。大正時代に、当時の映像情報の画期的なニューメディアであつた活動写真、すなわち映画が登場し、大変な勢いで盛んになっていくのを見て、文藝春秋社長の菊池寛は、「もう小説の時代は終わった。これからは活動写真の時代だ」と言って、行く末を嘆いたというような話もございますけれども、これも決してそうはなりません。

こういうふうに、人間社会における情報化の進展というのは、新しいメディアが生まれるたびに、新しく誕生したニューメディアがそれまでの既存のメディアにつけ加わって、常にメディアがマルチ化しながら、マルチメディアの方向に向かって進んできたのであります。

つまり、マルチメディアというのも、何も最近になって初めて現れてきたものではないのでございまして、むしろ逆に、これまでの情報通信とい

うのは、常にマルチメディアとして発展してきたのであります。これが、これまでの情報化の発展の特徴として申し上げておきたい第2の点でございます。

ところが、最近になって、これまで長く続いてきた情報通信の歴史に画期的とも言える大きな変化が生まれつつございます。

その1つは、「マルチメディア」から「ユニメディア」への動きであります。すなわち、これまでさまざまな情報通信媒体が、それぞれ独立して併存するマルチメディア化の方向に向かって進んできた情報化から、今度は、できるだけ1つのメディアに統合される方向に動いているということでございます。

例えば、これまで電話、ラジオ、テレビ、ファックス、パソコン、データ通信等々と、それぞれに分離し、独立して併存してきたたくさんのメディアを、その伝送も、端末も、できるだけ単一の伝送メディア、単一の情報端末機にまとめて一元化してしまおうというのが現在の動向なのです。

したがって、この動きを、巷間言われておりますようにマルチメディア化と言うのは実は言葉が全く逆なのでして、マルチメディアを統合して一元化しようというわけでございますから、むしろ、「インテグレイテッドメディア」とか、あるいは「ユニファイドメディア」への動き、すなわち「ユニメディア」化というのが実は実態を正しく表現しているということになるわけでございます。これまで全く別個の、分離したメディアであった通信と放送の融合・一体化が進みつつあることなども、全くこの「ユニメディア」化の流れの典型的な例であるわけです。

もう1つの大きな流れは、携帯電話の驚異的な普及に代表される、いわゆるモバイル化への流れでございます。これまでの通信が主として固定端末間の通信であったのに対しまして、送受信端末の双方、または少なくとも一方が移動していても通信可能な移動通信、つまりモバイルコミュニケーションが主流となりつつあるということでございます。

実際、今年(1999年)4月末で、我が国の自動車電話を含む携帯電話の加入台数は4,245万7,000台

(PHSは579万1,000台)ということになっておりまして、今や国民の3人に1人が携帯電話などのモバイル端末機を利用いたしております。このモバイル化の傾向は、過去3年間連続して年間1,000万台以上増え続けている携帯電話の急増と、逆に公衆電話の利用者の減少が予想以上の速さで進みつつあることにも端的に現れております。

それからもう1つの大きな動向は、これも皆様よくご承知のデジタル化への流れでございます。

そもそも通信の歴史を振り返ってみますと、人類が行った初期の通信方式というのは、狼煙やモールスの電信機のように、情報を光の点滅や電流の断続、あるいは煙のある・なしというような断続的な符号に変換して送る、いわゆるデジタル方式であったわけでありまして。それが、ベルの電話の発明以来、信号の強弱や変化、例えば電話で申しますと、音の変化・強弱を、それに比例した、つまりアナログ的な電流や電波の変化に変換して送るという、いわゆるアナログ方式になったのであります。そして、この方式は現在までそのまま引き継がれて、電話はもちろん、ラジオ放送も、テレビジョン放送も、これまではほとんどすべて、このアナログ方式によって行われていたのであります。

ところが最近、それが再びまた昔のデジタル方式に急速に戻りつつあるのです。現在のデジタル方式と申しますのは、例えば電話を例にとりて申しますと、音声の連続的な変化、強弱を表す波形を、そのままそれに比例した電流や電波の連続的な変化に変えて送るのではなくて、音声の変化を表す連続的な波形を適当な間隔で切り出しまして、切り出したところの値だけを送るという方式なのです。

どうして、それで通信が正確にできるのかと申しますと、この方式の基本になるものとして、送ろうとする波形を全部そのまま送らなくても、適当な間隔以下の細かさで切り出して、切り出したところの値さえ送れば、それで、もとの波形が完全にわかるという有名な定理があるのです。この定理を発見したのは、情報理論、通信理論の開拓者として有名なシャノンという人でございまして、「シャノンの定理」ともよばれております。

このシャノンの定理に基づいて、送ろうとする波形をそのまま全部送らずに、シャノンの定理で定められた間隔以下の細かさで切り出して、切り出したところの値だけをはかって、それを2進法によって、つまり0と1とで表して、パルスのある・なしに変換して送るというのが現在のデジタル方式とよばれているものなのであります。

なぜ、今さら、そのようなデジタル方式に変えるのかと申しますと、この方式はアナログ方式と比べまして非常にたくさんの、いろいろないい特徴を持っているからなのでございます。例えば、アナログ方式に比べまして雑音に強いとか、あるいは適当な工夫を加えることによって、チャンネル数を増やすことができるようになるとか、あるいは守秘性に優れているというような、いろいろな特徴がありますが、中でも、デジタル方式の持つ最大の特徴は次の2点であります。

第1は、パルスのある・なしの組み合わせで2進法的に通信を行う方式なので、同じように2進法で動作しております現在のコンピュータとの整合性が非常にいいわけです。ある意味で、デジタル方式とアナログ方式の違いは、コンピュータを使えるか、使えないかの違いであると言ってもよいかわかりません。

高度情報社会というのは、要するに、いろいろな機能をもったたくさんのコンピュータ、つまり広い意味で申しますと情報処理装置が通信ネットワークによって結ばれているシステムであると言うことができますので、2進法で動作しているコンピュータ、すなわちデジタル情報端末装置と、2進法的なデジタル通信回線とのインターフェイスにおける整合性がよいというのは決定的な利点なのであります。

第2は、音声とか、画像とか、文字とか、データというようないろいろな種類の情報を、全部、パルスのある・なしという符号に分解して、1つの伝送路、1つのメディアで一元的に送ることができるようになるということでもあります。その結果、電話も、画像も、データも、文字も、あらゆる種類の情報を全部、1本の伝送路、1つのメディアで一元的に送れるようになり、また受けた情報を1つのデジタル端末機で自由に組み合わせた

り、関連させたりすることも可能になるわけであります。

実は、これが、現在言われておりますところの、いわゆる「マルチメディア」、先ほど私が申し上げました、私が言うところの「ユニメディア」が実現可能になった一番のキーポイントなのであります。

こういうわけで、現在、日本はもちろん、諸外国でもデジタル方式による通信システムへの切りかえが世界的に行われるようになってきたのであります。

このような新しい情報化の急速な発展というのは、社会のあらゆる面に予想をはるかに越えるような大きな影響を与えつつあるわけでございますが、なぜ、このような状況が出現するようになったのか。最初に申し上げましたように、人類はずっと情報化社会を目指して進んできたのだというのに、なぜ最近になって、高度情報社会というようなことが「改めて」言われるようになったのかと申しますと、それは全く技術的要因によるのであります。

つまり、情報を扱う技術、具体的には情報を処理するコンピュータの技術と、情報を伝える通信の技術の2つが歴史上かつてなかったほどの、まさに劇的と言ってもよいような画期的な進歩を遂げたこと、そしてまた、現在も遂げつつあることが、今の驚くべき高度情報化の進展をもたらしているのだと言うことができようかと思えます。このように、情報化の進展というのは、常に技術の進歩によって先導されてきたということができると思えます。これが情報化の特徴として申し上げておきたい3番目の点でございます。

3. 情報・通信技術の現状と今後の課題

最後に、情報・通信分野における今後の課題の二、三について申し上げます。

1つは、人文・社会科学系の分野の人たちとの連携・協力の必要性でございます。例えば自動翻訳電話機の研究・開発というのは、実用的にも、技術的にも大変興味深いテーマでございますが、その実現には言語学者をはじめとする人文・社会科学系の専門家の協力が不可欠でございます。

日本語で「親が草葉の蔭で泣いている」というのを、英語では「親がお墓で寝返りをうつ」(Your parents turn over in their graves) と言うんだそうでございます。これは言葉通り機械的に訳しますと、両方にとって全く意味の通らないことになるわけです。「健全なる精神は健全なる肉体に宿る」というのを機械翻訳させたら、「酒もうまいが、肉もうまい」という訳になったという笑い話もございます。

もう1つは、究極の知的機械であります人間の機能を解明して、それに学ぶということでありま。これが画期的なコンピュータの開発をはじめ、新しい情報科学技術のブレークスルーをもたらす鍵となるであろうと言われております。

例えば、ネットワークなどを通じてパソコンやコンピュータに侵入し、データを破壊したり、改ざんしたりする有害プログラム、すなわち、いわゆるコンピュータウイルスを、生物の免疫機構に範をとった方法で、未知のコンピュータウイルスを自己とは異なる異物として検知して、ウイルスのプログラムを書きかえて無毒化したり、あるいは感染したプログラムを消去して正常なプログラムに自動修復するというようなシステムが、最近、開発されたと学会にも発表されたことなどはその1例でございます。

まさに、人間を含めて生物は、科学技術の新しいテーマやアイデアの宝庫であると言えることができます。

一方、逆に、先ほどのこの工学アカデミーのバイオ専門部会のご報告でも三浦部会長がご紹介になっておりましたが、例えば生命科学の分野では、ゲノムインフォーマティクスという言葉が出てきておりますし、また脳科学の分野では、ニューロインフォーマティクスという言葉が用いられるようになってきております。ゲノムインフォーマティクス(ゲノム情報学)というのは先ほど三浦部会長のお話にあったとおりでございます。また、ニューロインフォーマティクスというのは、脳神経科学のいろいろな知見を共通の情報として整理・統合し、その数理モデルを構築することを目指すものでございまして、いずれも、その意図するところは共通しております。情報学が21世紀

文明の基礎科学と目される所以でございます。

4. 電力およびエネルギー

情報と通信につきましてはまだ他にもいろいろございますが、一応このぐらいにいたしまして、次に、電力及びエネルギーの世界を情報・通信の世界と対比しながらなめてみますと、この2つの分野の間には、最初に申し上げましたように、基本的に共通する点や、全く相違する点があることに改めて気がつきます。

まず第1の大きな相違点は、情報・通信の場合は、できるだけ広域的な、基本的にはグローバルなネットワークの形成が必須の要件であるのに対して、電力・エネルギーの場合は、本質的に個別・分散型でよいということであります。

例えば電話の場合で申しますと、電話というのは、1つの電話機が世界中の他の任意の電話機と接続可能なネットワークが形成されていなければ、ほとんど意味がないのに対して、電力・エネルギーの場合には、「うちは自家発電でやる」と言えば、それはそれで基本的には何の不都合もないわけでございます。三井さんには申しわけありませんが、別に東京電力の電力網につながっていなければ意味がないというような理由は全くないわけでありまして、世界中のあらゆる電力網が互いに接続されていなければ意味がないというような必然性などは全くないわけでありまして。

そのために、情報・通信の世界から見ますと、電力・エネルギーの世界では、グローバルな電力ネットワークの構築というような視点や発想というものが、もともと全く存在しないように見受けられます。これが情報・通信の分野と電力・エネルギーの分野とを、システムとして見た場合の最も大きな、際立った相違点であります。

第2に、その結果だと思いますが、「標準化」とか、「国際化」というような点で、この2つの分野の間には非常に大きな相違が現れております。

情報・通信の場合には、例えば電話を例にとりますと、世界中が全く同じ規格、同じ特性の送受話器、中継機、通信ケーブルなどを使わないとネットワークが組めないのに対し、電力・エネルギー

の場合には、そもそも最初の応用が照明への応用と熱への利用から始まったこともありまして、標準化の必要性が低かったためだと思いますけれども、例えば商用電力の周波数や電圧なども国や地域ごとにばらばらで、日本などでは同じ国の中でも関東と関西とで違いますし、電源のコンセント1つにいたしましても、国ごと、地域ごとに異なっていることは皆様方よくご存じのとおりであります。

第3に感じますことは、取り扱うタイムスケールの著しい相違であります。例えば現在、電力の世界で最も重要な、かつ差し迫った課題となっているものの1つに、原子力発電に伴って発生する高レベル放射性廃棄物の処理・処分問題がございます。我が国でも、国としての最終的な方針を決定するために、政府の原子力委員会の中に「原子力バックエンド対策専門部会」というのが設けられ、検討が行われております。先ほどご紹介いただきましたように、私は今、その部会の部会長を務めておりますが、そういうところで議論いたしております高レベル放射性廃棄物の処理・処分の問題などは、1,000年後、2,000年後はどうなるというような程度の話ではないんです。1万年後、10万年後でも大丈夫かというような話をいたしております。1万年もたつと地球は再び氷河期になるそうですけれども、1万年後ぐらいでは話にならないんですね。10万年後にはどうなるかとか、そういう議論をいたしております。これは、処分すべき高レベル放射性廃棄物に含まれる核種の中には、放射能の強さが半分減るまでの期間（半減期）が100万年とか、長いものでは200万年を超えるようなものがあるからです。

それに対して、現在、情報・通信やエレクトロニクスの分野で取り扱っておりますタイムスケールというのはナノ秒とかピコ秒です。すなわち、10億分の1秒（ 10^{-9} 秒）とか、1兆分の1秒（ 10^{-12} 秒）というようなオーダーはごく普通で、周波数なども、光通信の場合などは、テラヘルツ（ 10^{12} ヘルツ）、あるいはそれ以上の周波数をごく日常的に取り扱っております、電力の場合の50ヘルツや60ヘルツと比べますと、その違いは1兆倍以上でございます。

このように情報・通信の分野と電力・エネルギーの分野とでは、取り扱うタイムスケールが、文字どおり、桁違いに違っております。

第4は、蓄積できる情報量と電力量の桁違いの差であります。例えば電池の場合、電気自動車を例にとりますと、現在使われております、皆様方がお乗りの自動車に積まれております自動車用の電池の平均的な大きさは約8,000cm³です。長さが40cm、幅が20cm、高さが10cmぐらいです。この8,000cm³程度の電池を26個搭載した乗用車が、約8時間を要する1回の充電で実際に走行可能な距離は、たかだか70km程度、同様の電池を36個搭載したバス、トラックでは、1充電当たり、わずか30km程度に過ぎません。実際に、将来の電気自動車が今申し上げましたような電池を積んで走るようになるとは思いませんけれども、今の電池が蓄えられる電力量というものを例として申し上げただけでございまして、いまだに大量のエネルギーを電力の形で蓄える有効な手段というものはなく、実用的なものとしては、夜間の余った電気で水をダムにくみ上げて、電力を水の形で蓄える揚水発電ぐらいしかございません。

それに対して、情報・通信の場合には、例えば64メガビットのダイナミックメモリーの場合、半導体チップ部分の大きさが、わずか10mm×20mm角程度の極めて微小な記憶素子に、仮名・漢字で約400万字、英文字ならば約800万字の情報を記憶・蓄積することができます。電池の大きさと、そのわずかな蓄積電流量と比べてみますと、やはり、その差は桁違いであります。

電力・エネルギーの分野における当面の主たる技術的課題は、電力・エネルギーの需要の増大に対する対応と、CO₂などの温室効果ガスの排出量削減問題との調和を図るということでありまして、

特に日本の場合、欧米諸国と比べて割高であるとされております電気料金の引き下げ要求に関連いたします電力負荷率の平準化ということと、エネルギー資源のセキュリティに関連する核燃料リサイクルの問題が当面の重要な課題となっております。

電力の負荷率（Load Factor）と申しますのは、発電設備の稼働状況を示す指標でございまして、

この負荷率というのが高いほど、設備が効率的に稼働していることを表すことになります。欧米諸国の場合の年負荷率というのが大体60%台から70%程度であるのに対して、近年の日本の場合は50%台と非常に低いわけでありまして、これが日本の電気料金が欧米諸国の電気料金と比べて割高となる主要な要因の1つであるとされております。

電力需要というのは季節や時間帯によって変動し、欧米の場合には、そのピークが比較的期間の長い冬季に現われまして、暖房用の需要が、他のエネルギー源に代替可能であるのに対し、ご承知のように日本の場合には、そのピークが夏の極めて短い期間に集中的に現われますために、電力の供給責任を負う電力会社は、ピーク時の最大電力需要にも対応できるように電力設備を建設しなければならない、結果として年間を平均した年負荷率というのが低下して、発電コストが比較的割高になる原因の1つとなっているわけです。

従って、このような電力負荷を平準化して、年負荷率を向上し、発電設備の効率的な稼働を図るのが電気料金を下げるための1つの鍵になるかと思えます。そのために、いろいろ電力会社の方々は工夫をしていらっしゃるわけですが、例えば今後の長期的な課題の1つとして考えられるのは、グローバルな電力ネットワークの構築の検討ということでもあります。

先ほど申し上げましたように、電力の分野では、これまではグローバルな電力ネットワークの構築というような考え方や具体的な動きというものが、ほとんど感じられませんが、電力連携というのも、ごく近隣の国・地域間に限られているのですが、これを多国間にまたがる、いわば全世界的なグローバルな広域連携に拡大いたしますと、季節の違い、時間の差、昼夜の別などによって電力需要の世界的な平準化が図れる可能性があるわけです。

この場合、周囲を海に囲まれた日本のような場合には、国際間の電力ネットワークを構築するためには、大容量の長距離海底電力ケーブルの開発が不可欠であります。現在、海底送電ケーブルとして世界で最も長いのは、スウェーデンとドイツを結ぶ送電距離250km、送電電圧45万ボルトの海

底送電ケーブルでございます。世界で最大容量のものは、関西電力が現在建設中で、もう完成間近な徳島と和歌山の間の紀伊水道をまたぐ50万ボルト、送電距離約50kmの海底送電ケーブルでございます。いずれも直流送電でございます。

日本から朝鮮半島までの距離は約250km、中国までは約1,000kmございますので、日本の場合は、送電電圧が50万ボルトぐらい、送電距離が1,000km程度の直流海底ケーブルを開発する必要がございます。北アメリカのアラスカから千島列島を通して北海道へというようなルートも考えられますけれども、いずれにいたしましても、できるだけ高電圧で、大容量の長距離海底送電ケーブルと大電力用の交直変換器を実用可能なコストで実現する技術開発が鍵になると思います。

しかし、私などのような電力の世界では素人の人間は、可能性としてこういうことを申し上げますけれども、このようなグローバルな電力ネットワークの構築と運用というのは技術的な問題の解決だけでは済まず、全世界的な規模で、政治的・軍事的に国際関係が安定しているということが基本的な大前提になります。ですから、将来、理想的な世界国家でも実現しない限り、国際紛争が絶えないような現状では、特に我が国のような孤立した島国では、自国の電力は自前で供給可能な方策をとらざるを得ないと思います。そういう意味では、我が国にとりまして電力・エネルギーの問題は、情報化の問題と同様にと申しますか、あるいはそれ以上に重要な国家的課題であると言わねばならないと思います。

特に現在、国内の全発電電力量の約35%に達しております原子力発電を、今後どうするかという問題は、避けて通ることのできない重大な国民的課題でございます。

原子力発電の将来につきましては、大きく分けて次の3つの選択肢が考えられます。

第1は、プルサーマル（プルトニウム・サーマル・リアクター）も含めまして、現在の軽水炉型の原子力発電を今後もずっと続けていくという選択であります。第2は、高速増殖炉の実用化を目指して、核燃料のリサイクル化を図るという選択です。そして第3は、以上のような核分裂型の原

原子力発電は過渡的なものとみなして、近い将来これから脱却して、核融合型の原子力発電—核という言葉を使うとまたいろいろと拒絶反応が出てくる可能性があるのでは、私は人工太陽熱発電と呼んではどうかと思っておりますが—この核融合発電に移行するという選択であります。

原子力発電を全廃するという道は、現状では、これと同程度の発電能力を持つ代替のエネルギー資源を持たない我が国の場合には、現実的な選択肢にはなりません。しかし、今申し上げました3つの選択肢には、いずれもそれぞれになかなかいい長所があると同時に、いろいろな問題点がございます。しかも、いずれも相当深刻な問題点がそれぞれにあるわけです。

ですから、私も原子力発電の将来につきまして、今申し上げましたような幾つかの選択肢の中から、最も賢明な道を選択して、研究開発費も冷静に、できるだけ客観的な将来性の判断をして、有効に研究開発投資を行っていくことが必要だろうと思っております。

実は、この原子力発電の問題については、ほんとうはもうちょっと詳しく突っ込んでお話をしたいのですが、時間が大分たちましたので、電力・エネルギーの話はこれぐらいにさせていただきます。あと、最後に、環境問題との関係について簡単に申し上げたいと思います。

5. 情報・通信および電力・エネルギーと環境問題

電力・エネルギーの分野では、一部でかなり以前から、地電流（アース・カレント）による電蝕の問題などが取り上げられておりましたが、CO₂などの温室効果ガスによる地球温暖化の問題など地球環境問題と関連して盛んに環境問題が議論されるようになったのは、いわば比較的最近のことです。

それに対して、情報・通信の分野で環境問題が取り上げられるようになったのは、それよりもはるかに以前のことなのです。

今から100年以上も前の1895年（明治28年）に、グリエルモ・マルコーニが電波を用いた無線通信の実験に成功して間もない頃から、既に傍受や電波干渉が大きな問題になりまして、これらに対す

る対策の研究の必要性和重要性が指摘されておりました。

世界最大の国際的学会である電気電子学会（IEEE; The Institute of Electrical and Electronics Engineers）に、電磁環境問題を専門的に研究する研究専門部会（Professional Technical Group of Electromagnetic Compatibility）が設けられて、定期的に学会誌（Transaction）が発行されるようになったのも、もう40年も前の1959年からでございまして、電気・電子機器から発生する不要電磁波による電磁障害の問題などがずっと検討されてきております。

また、電磁界と生体、中でも人間の健康との関連につきましては、これまでもたくさんの研究が行われてきておりますが、特に最近の日本の場合、先ほど申し上げましたような携帯電話をはじめといたしまして、各種の放送や通信用の電波などが飛び交う電磁環境の中で、電磁波の人体への影響、特に小児・赤ん坊や子供への影響を懸念する声が出始めておりまして、科学技術庁でも、つい先月でございしますが、科学技術会議の中の政策委員会で、今年度（1999年度）から、この問題を緊急課題として取り上げて、予算をつけて調査・研究を始めることを決定いたしました。

電力・エネルギーに関連する最近の環境問題というのは、例えば大気汚染や地球温暖化、あるいは原子力発電に伴う放射性廃棄物の処理・処分というような、いわば主として物理的・化学的な自然環境にかかわるものが大部分であるのに対して、情報・通信に関連する環境問題というのは、今ちょっと申し上げましたような携帯電話などの電子機器からの漏洩電波による他の電子機器への障害とか、あるいは人体への影響というような物理的な問題の他に、最近の重要な問題として、これも先ほどの委員会報告でいろいろお話がございましたけれども、例えば他人のプライバシーの侵害に関する問題でありますとか、著作権とか知的財産権の問題、情報セキュリティの問題、さらには倫理や教育上の問題など、人間社会的環境にかかわるものが主要な課題として浮上してきております。特に法制度上の新しい問題などは、情報通信技術の進展に伴って派生してきた新しい課題

でございます。

環境問題についてちょっと申し上げたい私見がございます。一般に、環境問題を議論する場合には、少なくとも2つの基本的な視点を持つことが重要であろうと思っております。1つは、常に問題をシステムとしてとらえ、グローバルな視点も含めて、システム全体を総合的な観点から議論することが必要であるということであり、もう1つは、常に技術的な裏づけを伴った科学的な議論でなければならないだろうということでございます。

例えば風力とか、地熱とか、太陽光などを利用する、いわゆる新エネルギーを考える場合も、それぞれ私は大事なことでと思います。例えば太陽光発電は、夜は電気をつくれないうじゃないかとおっしゃる方もいますけれども、夜は電気が余っておりまして、火力発電所なんかはとめているわけですから、夜は別に電力を今より増やす必要はないんです。日本は真夏の真昼のかんかん照りのときに電量需要のピークが来るので、そのときに太陽光発電で少しでも発電してもらえば、ピークカットに非常に有効なわけです。しかし、そういう新エネルギーを考え、議論する場合でも、例えば18,000km²の面積に太陽光発電パネルを敷きつめると現在の日本中の原子力発電所に代わり得る、というような非現実的な議論は意味がありませんし、また、CO₂の排出量の多寡を論ずるだけではなくて、それぞれが生産する電気エネルギーから建設と運用のために投入するエネルギーを差し引いた正味のエネルギー収支、こういうシステム全体についての考察も必要であります。皆様方には釈迦に説法のようなことを申し上げて大変恐縮でございますけれども、実際、各種の発電システムについて、その発電システムが生産するエネルギーから、その発電システムを建設・運用するために要するエネルギーを差し引いた、実際に社会に供給できる正味のエネルギーを比較いたしますと、例えば水力発電は原子力、火力発電の約半分、太陽光発電は約7分の1になると推定されております。こういうことも認識しておかなければいけないと思うわけです。

先ほど、中国の長江のお話がありました。中国

一の大河揚子江（長江）の上流の有名な溪谷三峡に巨大なダムをつくって、水をせき止め、世界最大の水力発電所をつくるという計画が中国政府によって進められておりますが、石川迪夫氏の論説によれば、せき止められた水によって、上流にできる人工貯水池の長さは東京―大阪間をしのぐ600kmという長さで、水没する市町村は1,400、立ち退きを迫られる住民の総数は200万人と言われております。李白の詩などにもよまれた史跡名勝の多くも水没してしまうだろうと言われております。

そして、この壮大な三峡ダムの水力発電所によってつくり出される電力というのは確かに膨大なものではありますけれども、しかし、たかだか1,820万KWに過ぎません。これは、東京電力柏崎刈羽原子力発電所程度の原子力発電所が2つ程あれば、それで三峡ダムに代わり得るのであります。それによって、李白の詩によまれた名勝の地も、600kmに及ぶ自然の溪谷も残るわけでございますので、この大プロジェクトの本来の目的が治水・水運であるというのであれば話は別でございますが、少なくとも発電という点だけからみれば、原子力発電に比べて水力発電のほうがより環境保全に適した方法である、と簡単に言い切れるものではありません。システム全体として総合的に判断する必要があると思うわけであり、

もう1つ、一昨年(1997年)12月に京都で開催されました地球温暖化防止京都会議(COP3)で合意されたCO₂などの温室効果ガスの削減目標というのがございます。1990年度を基準として、2008年から2012年までに、例えば日本はマイナス6%、アメリカはマイナス7%、EUはマイナス8%とするということになっておりますが、このような異なった国・地域の間で、CO₂などの温室効果ガスの排出量の1%の差を有意なものにしようと思えば、少なくともプラスマイナス0.1%程度以下の精度で、客観的かつ定量的に、国別・地域別のCO₂などの排出量を計測する具体的な方法がない限り、意味をなさないわけです。

また、その国や地域の森林がCO₂を吸収する量を差し引くという、いわゆるネット方式を導入するということも合意されておりますが、森林が

CO₂を吸収すると言いましても、樹木の種類、樹木の数、樹木の樹齢などによって吸収量が違うわけですから、ネット方式で何%差し引くといっても、世界の各国・各地域について、プラスマイナス0.1%程度以下の精度で、森林のCO₂吸収量を測定する客観的、具体的な方法がなければやはり意味がありません。環境問題の専門家や、環境庁のお役人に、「実際、どうやってきちんとはかるんですか」と聞いても答は返ってきません。しかし、それができなければ、ほとんど無意味な議論であるということになるのではないかと思うわけでごさいます、現在の環境問題の議論には、例えば今申し上げましたような科学技術的な視点からの議論が極めて不十分であると言わざるを得ません。

前に科学技術会議の席で橋本総理にこのことを話しましたら、「そんなことを今言い出されたら、話がややこしいことになるから言わないでくれ」と言われたので、あまり表では言わないことにいたしておりますけれども、心の中では、いつもそう思っております。

6. おわりに

以上、情報・通信の分野と電力・エネルギーの分野とを対比しながら、その相違点や最近の話題、環境問題との関連などについてお話し申し上げてまいりましたが、しかし一方、電力・エネルギーと情報・通信というのは、互いに他を欠くことのできない極めて重要な相補的補完関係にあるということは、皆様方よくご承知のとおりであります。

電力の分野では系統の保護・運用や設備の監視、制御、保守などに、今や情報・通信の技術は不可欠なものになっていることはもちろんですが、同時に情報・通信の分野でも、電力なくしては何の話も始まらないのであります。実際、いかに光ファイバーを張りめぐらしても、光を送っただけでは電話のベル1つ、鳴らすことができません。

NTTが現在、全国約6,000万台の電話機を働かすために各電話機や交換機などに送っております電力は、国内の全電力会社の総売電量の0.5%に上っております。0.5%というと、わずかなよ

うに思われるかもしれませんが、これは大変な電力量でごさいます、NTTは現在、国内最大の電力ユーザーとなっているのであります。

また、3年前、私もひどい目に遭いましたが、阪神・淡路大震災のとき、兵庫県庁には、せっかく緊急災害時用の衛星通信システムがちゃんと設置されていたにもかかわらず、地震の影響を受けて、電源(自家発電装置)が作動せず、結局、何の役にも立ちませんでした。

要するに電力・エネルギーがなければ、情報・通信も全く役に立たないということでありまして、現在、爆発的な勢いで普及しつつある、携帯電話やノートパソコンなどの、いわゆるモバイルと呼ばれるポータブルな情報通信機器なども、一番最後の主要なキーデバイスの1つは電池ということになってきているわけです。

今の電池は随分進歩してきておりますけれども、先ほどリチウム電池の話がございましたが、一番いいといわれているリチウム電池を使ったノート型パソコンでも大体2時間ぐらいしかもちません。日本からヨーロッパとかアメリカへ行くのに飛行機に乗っている時間は10時間以上ですけれども、最初の2時間程であとは使えなくなるんです。これからのポータブル通信機器の小型軽量化と性能向上の決め手となるのは、電池の開発ということになります。新しい燃料電池のようなものを開発して、燃料はカートリッジ型にして、世界中どこでも買えるというようなデファクトスタンダードをつくって、世界を制覇してはどうだろうかというようなことを思っております。そういう意味では、これからの情報化の決め手は電池の進歩であると言っても、ある意味では過言ではないと思います。

そういう意味も含めまして、情報・通信の技術も、電力・エネルギーの技術も、ともにまだまだ行き着くところまで行き着いた成熟した技術とは言えない発展途上の技術が大部分であると私は思っております。情報・通信の先端技術も、あるいは核燃料のリサイクル技術や核融合の研究などを含む原子力開発でありますとか、新エネルギーをはじめとする電力・エネルギーの先端技術も、これからいよいよ本当の佳境に入っていくところ

だといえるのではないかと考えております。

大変長時間、つまらない話を御清聴くださいまして、ほんとうにありがとうございました。(拍手)

桜井 熊谷先生、どうもありがとうございました。

1999年 8 月30日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1 - 5 - 1

新丸ビル 4 - 007

T E L : (03) 3211-2441

F A X : (03) 3211-2443