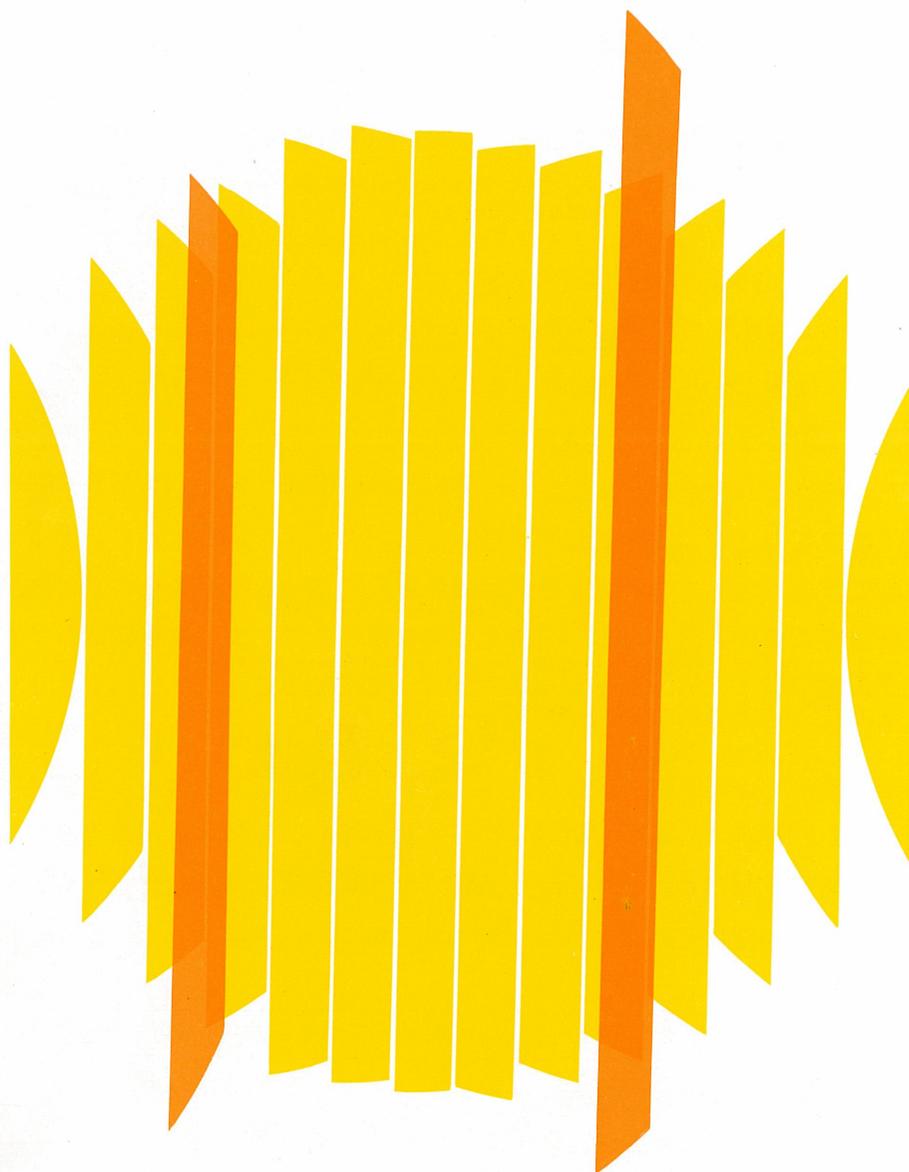


季報 エネルギー総合工学

Vol. 9 No. 3

1986. 10.



財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

第6回 エネルギー総合工学シンポジウム (特集)

21世紀をめざす電源ベストミックスと分散型電源

— 議 事 録 —

目 次

開会のあいさつ	1
..... 所 長 山 本 寛 1
来賓のあいさつ	3
..... 通商産業省資源エネルギー庁官房審議官 逢 坂 国 一 3
〔基調講演一〕 21世紀をめざす電源ベストミックス	
— 今後の電源計画と研究開発のために —	
..... 南カリフォルニア・エジソン社 副社長 ロバート・ディーチ 5
〔基調講演二〕 我が国における電源構成と分散型電源の展望	27
..... (財)電力中央研究所 理事 上之 菌 博 27
〔報告一〕 分散型電源の現状等について	38
..... 通商産業省資源エネルギー庁 公益事業部技術課総括班長 薦 田 康 久
〔報告二〕 分散型新発電技術の研究開発の現状と実用化への展望	
その1：新発電技術の研究開発の現状	49
..... 新エネルギー総合開発機構 燃料・貯蔵技術開発室室長代理 伊 藤 登
その2：系統連系に関する諸問題と解決への見通し	62
..... 主任研究員 茂 田 省 吾 62
閉会のあいさつ	75
..... 専務理事 越 川 文 雄 75
研究所のうごき	76

と き：昭和61年7月16日（水） 10：00～16：20

と ころ：日本工業倶楽部2階大会議室（東京）

開会のあいさつ

所長 山 本 寛

所長の山本でございます。開会にあたりまして、一言ご挨拶を申し上げたいと思います。

本日は、「21世紀をめざす電源ベストミックスと分散型電源」というテーマで、当エネルギー総合工学研究所の第6回のシンポジウムをご案内申しあげましたところ、かくも多数の皆様方のご参集を得ることができまして、誠にありがとうございます。

エネルギー供給におきます電力の比重は、21世紀を展望いたしますと、着実に増大していくことが予想されております。このような背景のもとで国内エネルギー資源に極めて乏しいわが国におきましては、経済性とセキュリティを考慮した電源ベストミックスを求めていくことが極めて必要なことでございます。このため、官民におきまして、コジェネレーションに関する技術開発や導入、あるいは太陽光発電や風力発電などの中小規模の分散型電源の技術開発が進められておりますことは、皆様方すでにご高承のとおりでございます。またこのような中小の分散型電源の導入によりまして、いろいろ生ずると思われまます系統連系にかかわる諸問題につきましても検討がなされているところでございます。

私共の研究所といたしましては、今日までにNEDOの新エネルギー導入ビジョン調査のうちの燃料電池関係の一部の調査、あるいは資源エネルギー庁、NEDOの行なわれました分散型新発電技術実用化実証研究、あるいは石油トータルエネルギーシステムというようなテーマにつきまして、いろいろ調査研究の一端に関与させていただいてまいっております。

そのような、私どもの研究所がいろいろやっけてまいりましたことを踏まえまして、一昨年のシンポジウムにおきましては、「熱・電力併給システムの開発と課題」というテーマでシンポジウムを開いている次第でございます。

本日は、皆様ご承知のクールウォータ・プロジェクトに関しいろいろ技術開発にあたっておられ、また、分散型電源の開発につきましても、先駆的な仕事をしておられます、アメリカの南カリフォルニア・エディソン社のエンジニアリングと建設

担当の副社長でありますディーチさんをお迎えいたしまして、アメリカの状況につきましてのご講演をいただきますとともに、わが国のこの方面の技術開発の展望につきまして(財)電力中央研究所の上之蘭理事からお話を承ることになっております。さらに、お手許に差しあげてございますプログラムに従いまして、資源エネルギー庁の薦田さん、新エネルギー総合開発機構の伊藤さん、それから私どもの研究所の茂田、以上の3人の方からの三つの報告をご披露いたすことになっております。終りまでご静聴いただければ、大変幸せに存する次第でございます。

一言ご挨拶を申しあげました。(やまもと ゆたか)

来賓のあいさつ

資源エネルギー庁 官房審議官 逢坂 国 一

おはようございます。ただいまご紹介いただきました資源エネルギー庁の逢坂でございます。

「21世紀をめざす電源ベストミックスと分散型電源」のシンポジウム開催にあたり、ご招待いただきました者を代表いたしまして、一言ご挨拶させていただきたいと思っております。

ご承知の通りわが国はエネルギーの石油依存度及び輸入依存度が諸外国に比べて大変高いということで、脆弱なエネルギー供給構造といわれております。これを克服するために、官民をあげて原子力、石炭、自然エネルギー等石油代替エネルギーの開発導入について、これまで熱心に進めてまいりました。このような努力は、最近の統計が示しますように、大変効果をあげてきており、その成果は着実に上がってきていると私どもはみております。

一つの例として、石油依存度はオイルショック前は75%でしたが、昨年の統計では60%で、昭和40年頃まで回復した、つまり依存度が下がってきたということでございます。最近の状況は、ご承知の通り、石油価格の低下もありますし、エネルギー需要の伸びも比較的緩慢ということで、全体としてエネルギー供給の安定性という問題も重要ですが、それよりはもっと経済性という面を強調する、また併せて安定性と経済性のミックスといたしますか、そういう観点から検討して、エネルギー相互間のベストミックスという、まさにこのシンポジウムで取り上げたテーマが中心になって、エネルギー競合の時代に入ってきているのではないかと、そういう認識をしているところでございます。

このように考えますと、今後どのように新しいエネルギーの導入をもっていくかということが重要な課題であると考えられます。一方、需要面でございますが、今後高度情報化社会へと進展するでしょうし、また省エネルギーに適した産業構造、軽薄短小という言葉に代表されるような産業構造に転換していくでしょう。このように社会が変化していくことになると、どうしても便利で使い易い電力のウェイトが高くなっていくことにならうかと思っております。国内的には以上のような傾向

ですが、転じて、国際社会における日本の位置づけの観点に立ちますと、世界経済の1割は日本が担っている、こういうことになります。また、世界有数のエネルギー輸入国であり、多消費国でもあります。したがって、国際的な責務もだんだんと大きくなっていく、こういう状況でございます。

こんなことを考えますと、これから迎える21世紀には、エネルギーの面からどういふことをわれわれは考えなければならないのか、どういふ政策をとらなければならないのか、官民それぞれがどういふ役割で協力して、努力していかなければならないのか、といった問題につきまして、やはり一つの考え方を出示してみたい、こういうことが方々でいわれているわけでございます。資源エネルギー庁といたしましては、今年末をめざしまして、21世紀のエネルギービジョンというものを作成すべく、民間のご意見を拝聴しながら、作業を進めているところでございます。このような状況の下で、このシンポジウムのテーマが、「21世紀をめざす……」ということで、誠に時宜を得たものだと思いますし、ここで議論され、得られた成果というものは、私どもの検討の役に立つ、示唆を含んだようなものになるのではないかと期待しているところでございます。

本シンポジウムの焦点は、コジェネレーション・システム、燃料電池、太陽電池等の小型分散型電源に当てられていると聞いております。この種の分散型電源というものは、私が申し上げるまでもなく、色々な利点がございます。しかし、同時に既設電力システムとの調整という問題がここにあるわけございまして、先般、資源エネルギー庁におきまして、コジェネレーションの運営に関するガイドラインというものを作ったところでございます。今後、資源エネルギー庁の施策としては、この線に沿った方向で進むことになると思いますが、このシンポジウムでもこのガイドラインあるいはこれに伴いますいろいろな問題について議論されるというように聞いております。これから21世紀に向けて、コジェネレーションあるいは独立分散型電源の導入ということがきつと重要な問題となりますし、この導入が促進されることによって、経済面も向上すると思っております。同時にまた技術開発もそれに伴いまして進展するのではないかと期待しております。

そういう意味で、このシンポジウムでの議論によって分散型電源についての関係者の理解が進むと同時に、多大の進展のあらんことを期待いたします。

以上期待を込めまして、簡単ではございますが、私の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。(あいさか くにかず)

21世紀をめざす電源ベストミックス

—今後の電源計画と研究開発のために—

南カリフォルニア・エジソン社

副社長 ロバート・ディーチ

はじめに

おはようございます。今日、このシンポジウムにおきまして素晴らしい日本の皆様方前でお話できますことを大変光栄に思っております。南カリフォルニアのビジネス環境というものは日本とは異なる面もあると思いますが、互いに学び合うことも多いかと思えます。何故ならば、ご承知のように他のアメリカの会社と共に日本はクールウォーター・プロジェクトの私どものパートナーになっておりまして、石炭ガス化複合発電技術開発における日本のパートナーぶりは大変素晴らしいものでございます。

さて、今日私は四つの相補い合う分野についてお話し申し上げたいと思います。

まず最初にアメリカの電気事業の歴史的な展開をお話し申し上げたいと思います。まず

最初に1970年以前にどうであったかをお話し申し上げた上で、第二に、この10年間の展開をお話し申し上げたいと思います。その最初が1973年の石油輸出禁止でございまして、その後どのような付加的な要素が見られたか、そして現在も我々電気事業者がどのような影響を受けているかについてお話し申し上げたいと思います。第三に、私ども南カリフォルニア・エジソン社（以下エジソン社と略称）が非常に大胆に積極的に行なっております電源の多様化についてお話し申し上げたいと思います。そして第四に、再生可能、代替エネルギーの開発戦略についてお話し申し上げたいと思います。最後に私の結言といたしまして、経験に基づいた将来の展望についてお話し申し上げ、そして質問がございましたら、是非受けさせていただきたいと思えます。

(注) 1. 原題は、"Generation Options for the 21st Century: Implication for Planning and Research"

2. Robert Dietch 氏の略歴

1938年ミシガン州に生まれる。

サンディエゴ州立大及び南カリフォルニア大で電気工学を学び、南カリフォルニア・エジソン社に入社。

以後22年間同社に勤務、現在、技術及び建設部門担当の副社長。

3. 和訳掲載は著者の了承をえて行うもので、和訳は茂田省吾と大森栄一が当たった。

1. 南カリフォルニア・エジソン社の概要

まず、エジソン社についてご紹介したいと思いますが、供給エリアは日本の三分の一に相当する5万平方マイルでございます。そこ

に住む人口は950万人でして、1985年の会社の総資産は125億ドルでした。そして総発電設備容量は17,776MWで、収入517億ドルを計上しております。アメリカにおきまして、いわゆる私営電力会社の中では売上げ、発電能力とも第一位でございます。また需要家数におきましても私どもの会社が第一位でございます。またカリフォルニア州及び全米の電力会社のなかで、研究開発への支出の点でも私どもがトップをいってございまして、これは私どもの会社の伝統になっております。私どもの会社は研究開発、そして先進技術の応用の分野でアメリカにおいてペースセッターの役割を果たしてきたと自負しております。

2. 歴史をふり返って

歴史的な転換を見るにつきましては、まず1970年代後半について考えることが必要だろうと思います。当時の業界がどのような期待を持っていたのかについてまずお話し申し上げたいと思います。そうした上で始めて過去数年間の動きというものがよく理解できると思います。

図1及び図2は全米の発電々力量ないし発電設備容量の成長率の推移を示したものです。

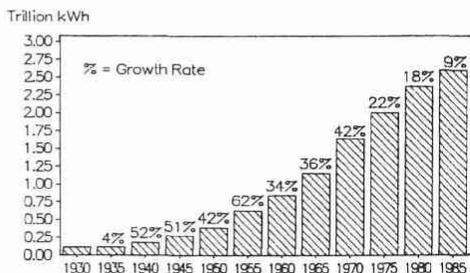


図1 ELECTRICITY GENERATION (10¹²kWh)

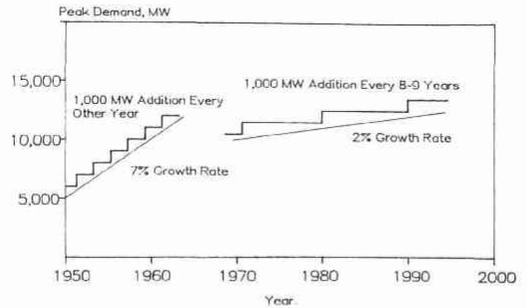


図2 7% VS. 2%GROWTHRATE

アメリカの電気事業は50年代と60年代には驚異的な成長を享受してきました。当初の成長率は平均7%でございました。ということは、すなわち10年ごとに発電設備容量を倍増させなければならなかったわけです。こういった環境にありまして、電力業界では非常に野心的かつ積極的に建設を行ない、そうすることによって顧客の需要をみだしサービスの信頼性を維持しようとしたわけでございます。当初の技術の進展、あるいはスケールメリットを考えますと、大型の発電所に大変メリットがあると考えられておりました。当時の電力業界は限界費用もどんどん下がっており、エネルギーの供給は十分でコストも安いという状態でした。したがって、将来について不安を持つ者はなく、理想的な状況であったわけです。電源計画では専ら供給の適切性にその主点がございました。典型的な5百万kWの電力システムでございますと、1年間に7%の成長ですから、2年ごとに新たに100万kWの発電設備を増設することが必要でございました。しかし、当時の7%の成長率対しまして、今日の成長率は2%になってございまして、以前のような増加傾向はなくなっております。

図3は発電々力量のエネルギー供給源別構成を示したものでございます。

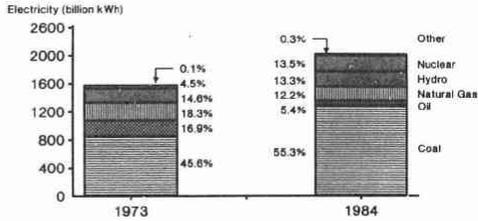


図3 NET ELECTRICITY GENERATION BY ENERGY RESOURCE

73年以前のことで、エネルギーの供給は十分でコストも安く、その結果、アメリカ電力業界はエネルギーの供給源を余りにも石油に依存し過ぎていました。他の電力会社と同じように、私どものエジソン社も、石油火力あるいはガス火力に大きく依存していたわけでごさいます。73年にエジソン社のそれらへの依存率は67%でごさいます、当時の業界平均の35%よりもはるかに大きかったわけでごさいます。現在、アメリカの電力業界の石油及びガスへの依存率は17%まで下がっております。

3. 前例のないほどに不確定で激変した10年

60年代後半になりますと、電力業界の経営環境が変わってまいりました。限界費用も従来は下がっていたものが上がってまいりました。これは70年代の石油危機以前にすでに始まっていたことであります。こうした変化を研究していた人たちはこの転換の理由を二つ挙げております。

まず第一に、大型の集中型発電所がもたらしたスケールメリットに限界が見えてきたということだと思います。1960年代に入りますと、それまでの趨勢というものとは逆転いたしまして、小規模のプラントのほうが有利であるということが言われるようになりました。

このような状況におきまして、経営状態の良い会社でさえも複雑な建設プロジェクトを維持するということが大変大きな負担になってきたわけでありまして。

第二に環境保全ということで環境対策費が急増してまいりまして、それが発電コストに大きな影響を与えるようになりました。以前は環境対策費はほとんど無視できるようなコストでございましたが、それが70年代には5%になり、そしてさらに35%になったわけでありまして。同じようなコスト増加というものがメンテナンス、あるいは運転コストについてもみられたわけでありまして。

しかし、変化はこれにとどまりませんでした。1973年にアラブ諸国が石油の輸出を禁止いたしました。その結果産業界は目を覚まされたわけでありまして。すなわち輸入石油に過度に依存することはあまりにも危険であるということに気づいたわけでありまして。短期間の後に、そして多くの石油業者が驚嘆する中で、石油価格は4倍にも暴騰いたしました。

(図4) それに対し石油消費量の方は一向に下がることはなく、その後5年間にわたってさらに増え続けてきたわけでありまして。1977年春のアメリカの1日当たりの輸入量は

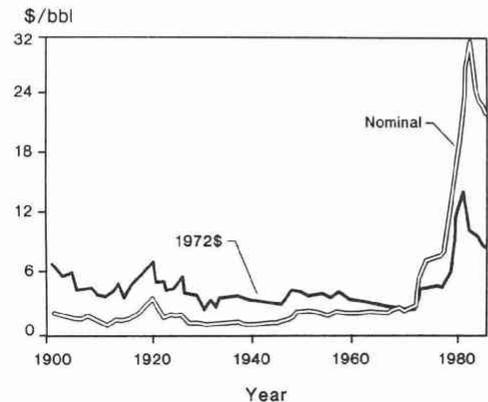


図4 PRICE OF U.S. OIL

850万バレルにも達しました。エネルギー需要の46%をそれで賄っておりまして、この850万バレルの大半はペルシャ湾岸からきていたわけでありまして。そういった警告的な状況に大統領が気づきまして、エネルギー自立計画を始めたわけでありまして。大統領はエネルギー自立のための追及というものは戦争と精神的には同じくらい大変なものであると我々に働きかけたわけでございます。その当時のプログラムの目標は85年までに石油輸入量を半分にするということでした。業界に対しても国内のエネルギー生産を増やし、石油輸入は減らすように強く要請されたわけでありまして。

当初この目標は大変難しいものであると考えられておりましたが、予想に反しまして、このゴールは達成されました。昨年でございますが、1日当たりの輸入量は420万バレルになっております。そしてその大半は信頼できる外国の供給者によって提供されております。しかし、一方で安い石油がまだ手に入る、そして供給が重要であるということで、自立計画というものの目標はまだ曖昧であったわけでありまして。エネルギー自立計画はいくつかの補足プログラムを伴いました。まず第一に燃料使用法(Fuel Use Act)によりまして、天然ガスと石油の消費量を抑制しようとしたわけでありまして。これはとくに電力業界に向けられたものでした。その後1978年にPURPAといわれます公益事業規制政策法が議会を通りました。それによりましてコジェネレーションあるいは再生可能、代替エネルギー技術の開発のための刺激策が与えられたわけでありまして。これにつきましては後ほど詳細に申し上げたいと思いますが、この法律だけでもかなりの影響が出たということを申

上げられると思います。

省エネルギーあるいは石油に代わる代替エネルギーの開発に大きな刺激となりましたのは、やはりオイルショックだったと思います。1979～80年に価格が大幅に高騰いたしました。スポット価格は80年には42ドルになりました。その後業界はパニックに陥り、そしてアナリストたちは80年代にさらにこの価格は高騰するということを予想したわけでありまして。(図5参照)

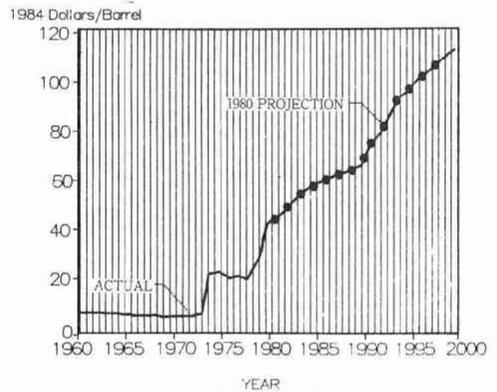


図5 Actual & 1980 Projections of Oil Prices

このようにエネルギー価格はどんどん高くなることによりまして、多くの力が作用し、様相が若干変わってまいりました。エネルギー利用効率というのはGNP 1単位を生産するのに必要なエネルギーでございますが、このエネルギー利用効率が70年代以降大変な向上を見せております(図6参照)。例えば73年

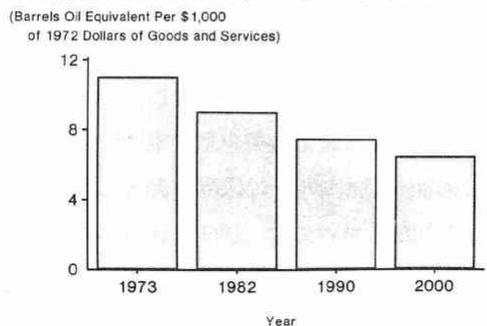


図6 IMPROVEMENTS IN U.S. ENERGY UTILIZATION EFFICIENCY

には1,000ドル相当の財貨やサービスを生産するためには11バレルの石油が必要だったわけですが、82年にはそれが9バレルに下がっております。そして2000年にはそれがさらに下がって、6.5バレルになるだろうと予想されております。

この間ソフトエネルギーパスの提唱者により、小容量のモジュール型の技術というものが大きく推進されました。そして、80年代ないし90年代初期には、石油価格の高騰によって、多くの再生可能エネルギー技術や石炭をベースとした技術がコスト競争力を持つようになることが予想されておりましたが、このような市場浸透率の推定は余りにも楽観的であったと思います。

図7に示しているのは1980年に作成された石油の予想価格でございます。立竊で示した帯状の部分が、開発される新エネルギーのコストの目標であります。

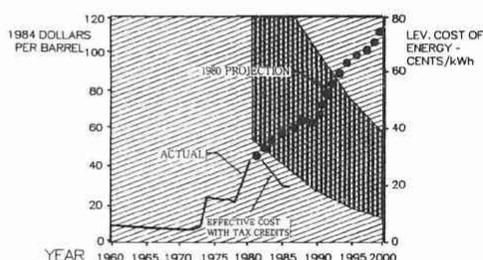


図7 1980 OIL PRICE PROJECTIONS AND COST GOALS FOR NEW TECHNOLOGIES

こういった再生可能、代替エネルギーのコストの目標というものは、平均コストという形で示されております。エジソン社のシステムに対して平均コストがどうあるべきかということを出されているわけでありますから、そのためには発電容量、発電所の寿命、生産率、そのほかの要素がかかわってまいります。

このバンド(帯)がいわゆる cost-envelope というものでして、さまざまな検討中の新しい技術がここに入っております。上のほうがエキゾチックな、あまり開発の進んでいない技術によって占められまして、下のほうにはかなり開発の進んだ、成熟された技術が入っているわけであります。実線が下のほうに平行に書いてございますが、これが成熟技術の effective cost を表わしているものでありまして、これには連邦あるいは州のレベルで税制上の優遇措置が与えられております。そのほかにも財政的なインセンティブというものが与えられておまして、そうすることによって再生可能代替エネルギーの開発を促進しているわけでございます。このようにコストの目標帯というものは時と共に大幅に低落しております。これは新しい技術が今後さらに開発されるであろうという期待と、さらに大型の商業化あるいはそのコンポーネンツの大量生産化によりさらにコストを低減できるであろうという予想があったからであります。

さて、石油の代替エネルギーを探して、その技術を開発するに当たりましたは、いわゆるショット・ガン法を採用しました。そしてさまざまな代替エネルギーをさまざまな段階で開発しようということになったわけであります。今になって振り返ってみますと、総じていわゆる無差別的なアプローチというものはまずかったと思います。1980年代にはすべての技術が有望に見えたものですから、どれが商業的にベースに乗り得るかということが分からず、いわゆる無差別に行なったという気がいたします。

燃料使用法あるいは PURPA が議会を通過すると同時期にエネルギー省が設立されま

した。そしてそれによりまして国内の再生可能エネルギーの開発がさらに促進されたわけであります。連邦の研究開発援助資金は、75年から80年にかけて急増しました。(図8参照)80年には合成燃料公社が設立されまして、国内の合成燃料の開発に当たったわけであります。

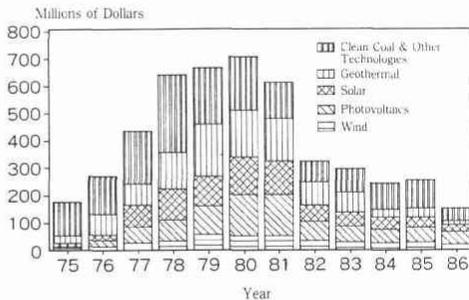


図8 Federal R&D Funds in Support of Emerging Technologies

4. 公益事業規制政策法(PURPA)

ここまでまいりましたところで、“PURPA”すなわち公益事業規制政策法の電力業界に与えたインパクトについて考察してみたいと思います。

公益事業規制政策法(以後、PURPAと略称)が制定されましたのは1978年で、国家エネルギー法の一部として制定されました。この法律の目的は、全体的な電力生産効率の向上及び従来型の集中型発電所の環境に対する悪影響の軽減のための手段として、コジェネレーションと小規模発電とを促進することにあります。議会は連邦エネルギー規制委員会(FERC)にPURPAの施行に関する監督を依頼しました。また、連邦電力法を改正しまして認可されたコジェネレーション施設と小容量発電施設とを電気事業に対する規制から外すことにいたしました。

適格施設(QF)と申しますのは、電気エネルギーと熱エネルギーをシームレスな利用によって発生させるシステム(コジェネレーション)、または既製の技術や燃料源を用いずに発電を行う小容量の発電システム、と定義されております。コジェネレーション・システムでは多種多様な燃料を燃やすことができますが、石油あるいは天然ガスを使用している場合には、一定の効率基準を満たさなければQFと認められません。しかし、その規模に対する制約はありません。小容量電力業者は、再生可能エネルギー、例えば、太陽熱、風力、地熱、バイオマス、水力等を電源としております。認可された小容量電力施設には、発電容量8万kW以下という規制があります。さらに、FERCでは、QFを電力会社によって所有されていないものと定義しまして、電力会社に対してQFの余剰電力を購入電力会社の回避原価(avoided cost)に基づいて買取り、そしてこのQFの予備電力を公正かつ合理的な料金で売るよう要請いたしました。このような条件のガイドラインは、各州の電力委員会にゆだねられました。PURPAが分散電源の普及にもたらした効果は、FERCの当初の予想を大巾に上回るものでした。

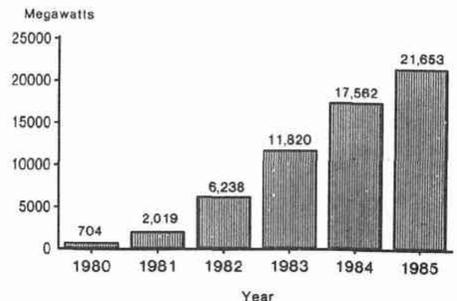


図9 COGENERATION AND SMALL POWER APPLICATIONS (UNITED STATES)

図9は、分散型電源の潜在的な市場占有の伸びを示すものです。これはFERCへの認可申請件数を基に計算したもので、85年には21,653MWとなっております。この中で商業及び産業用コジェネレーションが76%実数にして16,462MWとなっております。しかしながら、申請をされたすべてが系統に連系をされるというわけではございません。

5. 現在のPURPA問題

PURPAの実施に関連していくつかの重要な課題がございます。買戻し料金、連系の条件、QFに対する電力会社の資本参加、電力融通、そしてQFによる直接販売でございます。以下順を追って説明いたします。

買戻し料金 購入料金あるいは買戻し料金 (buy-back rate) というのがPURPAの実施のなかでも最も物議を醸したものでございます。FERCの規定の中では、購入側である電力会社が支払うべき価格というのは、その購入する電力会社の全回避原価に相当すべきであるとされております。この回避原価というのはなにかと言いますと、仮にQFあるいはそのほかのソースから買っていたり、あるいは自己発電をした場合に必要とされる経費、原価というものを回避原価と呼んでいるわけですが、この回避原価というものをある電力会社について求める場合に二つのファクターがございます。エネルギー価値とそして容量価値と言われるものです。このエネルギー価値というのは、QFの発生電力によって置き換えられるエネルギーの価値でございます。さらに容量価値と言いますは、QFから供給された電力によって置き換えられた既

存または計画中の発電所の実質発電容量の増加分の価値のことを言っております。勿論、州によりましては、買戻し料金について異なるアプローチを採っております、中には全面的に電力会社が計算した回避原価を用いるものもありますし、また細かく電力会社の回避原価計算を規定する場合があります。さらにこのプロセスを簡単にするために、全州共通のレートを取り入れたり、あるいはカリフォルニア州のようにスタンダード・コントラクトと呼ばれる標準契約を持っている場合もあります。

連系と送電容量 ここで連系と言いますのは、QFを電力会社の送電系統に物理的に接続することを言っております。FERCの規制の中では、連系に係る実費以上に料金を請求してはならないとされています。

カリフォルニア州やテキサス州のように、QFの伸びが予想以上に大きくなった州では、送電容量の不足が大きな問題となっております。したがって、ある程度の容量以上のPURPAに基づく施設を統合するとか、一カ所に所在する多数の小容量発電施設を集積するといった場合のネットコストを、連系コストの要因に組み入れる必要がでてくるものと考えられます。

電力会社の資本参加 FERCでは電力会社によるQFへの資本参加については、50%以下としております。ニューヨーク州では、電力会社の子会社がQFとして操業することを認める条例を通過させておりますし、他にもこういった措置を検討している州があります。しかし、全体的には、資本参加は50%以下とFERCの規制で決められています。

電力融通と直接販売 電力融通と言います

のは、ある電力会社のサービスエリアから別の電力会社のサービスエリアへ電力を転送することです。QFが増えすぎて電力過剰に面している電力会社では、QFが生産した余分な電力を隣接した電力会社に融通できるような法規制を今求めているところがございます。別のケースとして、回避原価が非常に低い地域で稼働しているQFの事業者がより高い回避原価のサービスエリアに融通することを要求している場合もあります。

PURPA がもともと意図しておりましたのは、分散型電源の設置者が、その余剰電力をその地方の電力会社に販売することにあります。ところが、電力会社が設定する回避原価と商業あるいは産業の需要家に売る小売料金との間の格差が広がるに従って、現在では、QFのデベロッパーや潜在的な消費者から直接販売を求める声が広がっております。州の中には、こういった問題を解決するため、PURPAの縮小版を作ることを考えているところもあります。

6. PURPA から何を学んだか？

ではこのPURPAの経験からなにを学び取ったでしょうか。これ以上細かく説明することは避けまして、PURPAから得られた結論についてちょっとお話ししたいと思います。

こういった教訓が日本などの諸外国において予期せぬ不測の落とし穴を避けるのに役立つかも知れません。

QFの容量価値とエネルギー価値、この二つをはっきりと区別することが最も重要な教訓でございます。PURPAのインパクトが十分にカリフォルニア州内で感じられていた時

期には、ベースロードが大きすぎるなどという問題はまだ持ち上がっておりませんでした。しかし、エジソン社の場合、最小負荷状態と呼ばれる先例のない問題に直面しました。つまり、低コストで経済的なベースロード供給用の電源を停止させるという状況がでてまいりました。なぜなら、QFの発電した電力を買わねばならないという規制があったからです。

表1に示すように、74年から84年の間にエジソン社のベースロード容量は大幅に伸び、

表1 CHANGING SYSTEM CHARACTERISTICS

	1974	1984	1995
BASE LOAD	19%	28%	38%
MINIMUM LOAD HOURS	1,000	2,000	2,000-4,000
LOAD FACTOR	63%	53%	50-54%

一方では最小負荷時間も同じ期間に2倍に増えております。何故このような問題が起こったかといいますと、スタンダード・オフア第4号という型式のPURPAの契約が多数締結されたことによっています。カリフォルニアの電力会社はカリフォルニアの公益事業委員会に以下のような訴えをおこしました。つまり、この契約を中断し、電力系統の特定なニーズに基づいたQFの真の容量及びエネルギー価値に基づいたものにとって替えて欲しいと。これはQFの生産した電力の送電にかかわる重要な問題かと思えます。

同じくこの問題にかかわるものとして、例えば送電容量でありますとか、あるいは電力の品質、それから電力系統に対するQF発電の累積効果これらもまた重要な問題でありまして、今後PURPAを適切に実行する上で解

決されるべきかと思えます。もう一つ重要な点として、非常に小容量の発電施設を連系する場合、電力の品質と保安面に問題がでてくる、つまり、小容量の発電施設の連系箇所がどこであるか分からないといった問題があります。

7. 電力業界の反応

このような環境下で、米国内の電力会社は石油依存からの脱却を求めて多数の戦略を採択し、電源のベストミックスを追求してきました。エジソン社にとりましても石油脱却というのは賢明な長期戦略でございまして、1980年10月に会社の方針変更を発表しました。その結果、1980年から90年の間に新しく発電容量を増加する場合、少なくとも三分の一は再生可能、代替エネルギーにすることを目標として設定いたしました。初めの試みにはいくつかの重要な目的がありました。まず、エジソン社の非常に高い石油及びガスへの依存度を下げる、つまり、一次エネルギー源を多様化させる。その結果、必要資本量を節減し、将来の資源計画に柔軟性を与えました。

エジソン社は、この野心的な目標を成功裏

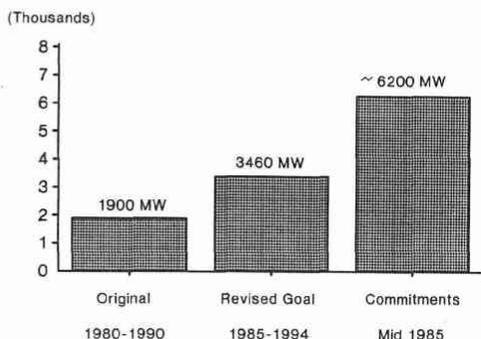


図10 EDISON'S RENEWABLE & ALTERNATIVE GOAL

に達成してきました。当初の1980~90年の、再生可能、代替エネルギーによる発電能力1,900MWという目標は、毎年上方修正されております。(図10参照) 85年末現在での再生可能、代替エネルギーによる発電能力のうち、契約中のものが4,000MW以上で、その外に稼働しているものが800MWございます。こういったものの大半は、コジェネレーションのプロジェクトに由来するものですが、風力、地熱、廃棄物/バイオマスを利用するものもかなり貢献しております。(図11参照)

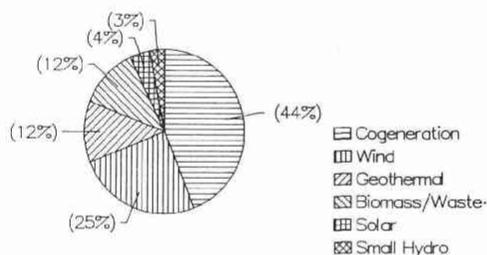


図11 Breakdown of Alternate and Renewable Energy Resources by Type, 1985

当然のこととして、エジソン社の石油、ガスの使用量は大幅に減少し、それらへの依存度は、73年に67%であったものが、84年には30%にまで下がっております。さらに94年までには19%にまで下がるということが予想さ

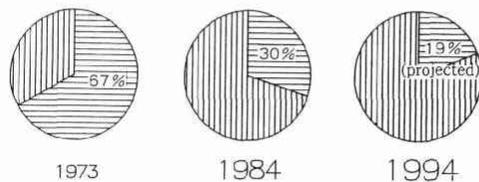


図12 Southern California Edison's Reduced Dependence on Oil & Gas

れています。(図12参照) このようにエジソン社の一次エネルギー源は、大変多様化しております。従来の異常とも言える石油、ガス依存度から非常にバランスされたミックスに変

わっているわけでございます。現在発電は、9種の一次エネルギー資源により行なわれております。石油、天然ガス、石炭、原子力、水力、地熱、太陽熱、風力、バイオマスでございます。これはほかのどの電力会社に比べてもトップをいっていると自負しております。

それまでの10年間にわたって研究開発組織によって行なわれた研究、えられた経験が、1980年のエジソン社の大胆な公約作成に役立ちました。新政策を実施するのに必要な技術的な専門知識を提供し、新しい目標に到達するためには、資源を追加する必要があったし、R&D計画の拡充を必要としました。

図13は、R&Dへの支出の推移を示したものです。新しい技術の技術的及び財政的な生育力を確立するための資本集約的なデモン

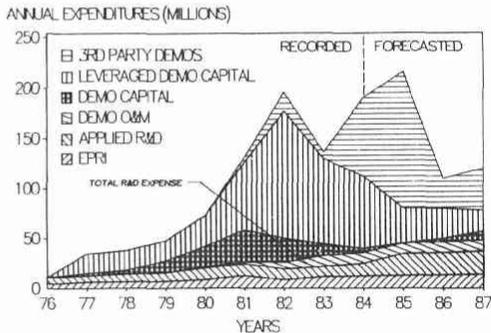


図13 HISTORY OF R&D EXPENDITURES

ストレーション・プロジェクトも含まれております。1980年代初期のエジソン社のデモンストレーション・プロジェクトの成功例としては、10MW中央集熱型太陽熱発電所—ソーラー1プロジェクト、それから100MWの石炭ガス化複合発電—クールウォーター・プロジェクトでは、日本の企業がコンソーシアムとしてエジソン社、そのほかのアメリカの企業と共に参加しておりまして、先ほど申し上げましたように大変順調に進んでおります。クー

ルウォーター計画はカリフォルニア州で石炭を発電に使うことが許された火力発電所としては第一号のものでございます。この発電所は大変に排ガスの放出も少く、アメリカのNSPSの規準も十分に満足しております。窒素化合物、硫黄酸化物、粒子、そのほかの全米規格の10分の1という大変に素晴らしいレベルを維持しております。このプロジェクトによりまして、クリーンコール技術というものはもはや学問上のテーマではなく十分にビジネスとして成り立つものであるということが実証されたと思っております。もう一つの例としては、南カリフォルニアのインペリアル・バレーに10MW地熱発電のパイロットプラントがございまして、また、カリフォルニアのパームスプリングス近郊にはテストセンターがありますし、このほかにもデモンストレーション・プロジェクトをいろいろ行っておりまして、風力の技術開発を行っております。

しかし、どんな研究開発のプロジェクトでもその最初に成果がどうなるかということにははっきり分かりません。そういった不安定な要素に配慮しエジソン社は、複数のプロジェクトを同時進行させることにしております。そうすることによって成功の可能性を高めようというわけでございます。すなわち、一つの研究プログラムの中でも複数の技術上のオプションを指向し、さまざまなアプローチが同時進行するというのであります。日本でも同じような考え方があろうかと思っております。例えば、太陽エネルギーの変換では、中央集熱型、光電池、曲面集光型、などが並行的に実証され、評価されております。このような様々なオプションの中から優れたもの、あるいは一つのオプションの中でも優れた要

素というものを抽出しまして、最終的なデザインに反映させるわけでございます。こういったアプローチというものは最大限のフレキシビリティを約束するものでございまして、それによって非常に成果を収めていると思えます。すなわち、最後の段階まで最も有望な技術というものを温存することができるわけでございます。

8. 新たな環境

さて新たな環境でございしますが、80年代初期以降二つの劇的とも言える進展がエネルギーの分野でみられたと思えます。これは予想だにされなかったものでございまして、70年代の変化と同じように私どもの政策に大きな影響を与えました。最も重要な転換点は80年から始まりました石油価格の低落でござい

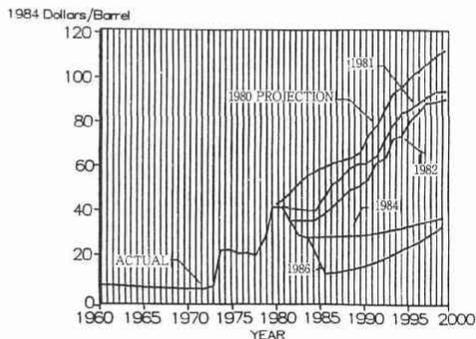


図14 Projections of Oil Prices 1980, 1981, 1982 and 1984 and 1986 Projections

まして、図14に示されるように、将来の石油価格は、80年代末まで平らなカーブを描くということが期待されております。そして90年代に入りますと、若干上がってくると思えます。しかし20世紀末まではもとのような高いレベルに戻ることはないと考えられております。これは70年代のことを考えますと大きな変化

でございまして。こういった転換というものを次の二つの理由から過小評価してはならないと思えます。

まず第一に、石油価格というものはほかのエネルギー価格を測定する一つの尺度になっているということでございまして、石油価格が低落いたしますと、そのほかの代替エネルギー、例えば天然ガスの価格も当然下がってくるわけでありまして。そしてそのコストというものも下がるわけでありまして。それから第二といたしまして、石油価格というものは回避コストに直接影響を与えるものでございまして、石油火力発電所を持っている電力会社にとりましては、石油価格の低落というものは回避コストが下がるということになりまして、代替エネルギーの魅力というものがさらに減るわけでありまして。

この石油価格の低落の与えたもう一つの重要な要素というのは、再生可能、代替エネルギーのコスト上の目標あるいは市場浸透率に影響を与えたということでございまして。70年代にはこれが現実的であろうかと言われていたものが、実は楽観的に見過ぎていたのだと次第に分かってきたということでございまして。

石油価格の低落と新技術実用化ペースの

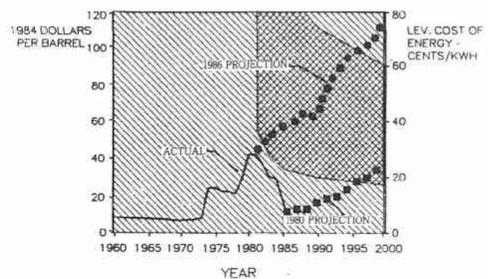


図15 1986 OIL PRICE PROJECTIONS AND COST GOALS FOR NEW TECHNOLOGIES

ローダウンの相乗効果を図15に示しました。図中に、80年のコスト予想目標の上に、最新の石油価格の見込みを添書きして示しました。こういった展開の実質的な効果というものとは明らかだろうと思います。つまり、80年代の10年及び90年代初期の石油予想価格で、競争力があると期待されていた技術が、石油の将来価格の下落により、90年代後半ないしはそれ以降にならないとコスト競争力が生じて来ないだろうというわけです。現在の石油価格の見通しからすると、21世紀になるまでは、なじみの薄い開発度の低い技術が経済的に可能とされる期待はなくなっております。代替エネルギーの価格競争力の見方が大きく変わってきたわけでございます。

図16は、現在の見通しをベースにして、現実の市場でのコスト競争力を、いくつかの新技術について示したものであります。現在の市場の動向を見ると、技術的に競争力を持っているものが大変少なくなっております。ということで、エジソン社の研究開発の優先順位もそれに合わせて変わってまいりました。

Levelized Costs (cents/kWh)

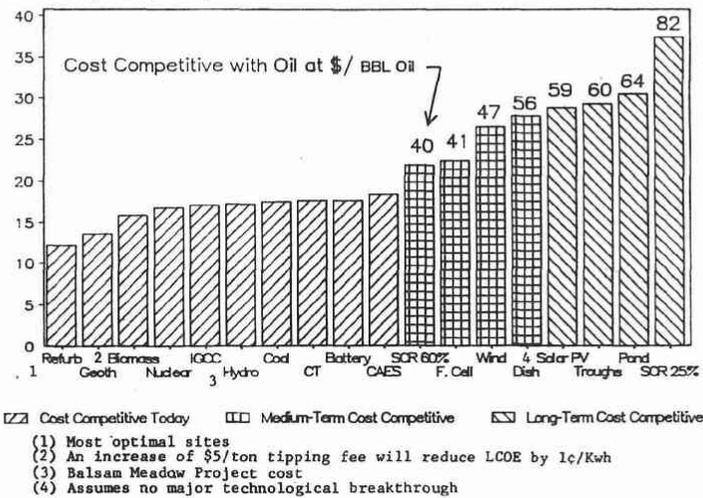


図16 LIFECYCLE POWER COST GOALS
1986 Price Level Estimates

さらにもうひとつ、現状をまずくしたことがございます。エネルギー省の関心が薄らいだということがございます。すなわち、エネルギー関連研究開発に国から与えられる資金が80年以降大幅に減少したことであります。

(図8参照)つまり、再生可能エネルギーあるいはその技術の開発においていた重点が他のものに移ってしまったというわけがございます。このことは新エネルギー技術の開発にとって大変残念なことだと思います。商業化するためにはデモンストレーション・プロジェクトが必要ですが、現在の米国の民間企業のみではそれができないということがございます。ということで、米国の経済は70年代のオイルショック当時と同様脆弱であると言えるかと思えます。

9. 不確定なエネルギー見通し

現在、石油価格は安く、供給過剰であるからと言って、私どもは盲目になってはいけないと思います。やはり長期的な判断力という

ものは失ってはならないと思います。歴史から私どもは学びました。すなわち、石油価格が高騰するということは当然市場の調整力が働いて、そのあとには石油価格が下がるんだ、また逆も然りでございます。いったん下がった価格というものは当然その反発として上がります。(図17参照) そういったことを考えま

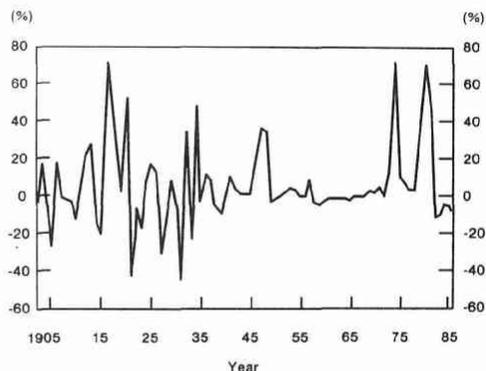


図17 YEAR TO YEAR PERCENTAGE CHANGE IN PRICE OF U.S. CRUDE OIL, 1901-1985

すと、この安い価格というものがいつまでも続くと考えてはならないと思います。アナリストたちも現在の石油価格というものはこのまま続かないで必ず上がると言っております。

もう一つ非常に重要な要素は、全体的なエネルギー消費の増加、その中でもとくに石油消費の増加でございます。世界の石油の需要は1980年以来漸次減少傾向にありましたが、これが逆転しまして、そして今後また増加に転じると言われております。(図18参照) この様な消費の増加と生産レベルの低下とにより、長期的には価格上昇傾向は避けられないものとなっております。最近、野村総合研究所が、いわゆるエネルギーの専門家74人—その中にはエジソン社の者も含まれていましたが一—に対し、将来の石油価格予測の調査を行いました。(図19参照) 彼等の回答には、将来

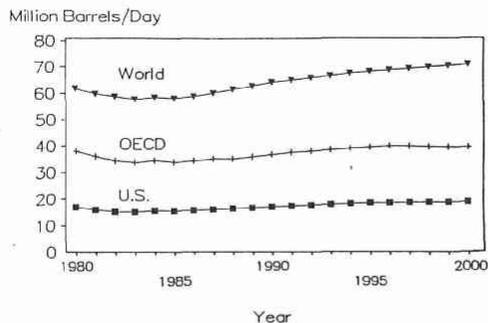


図18 U.S., OECD and World Oil Consumptions 1980-2000

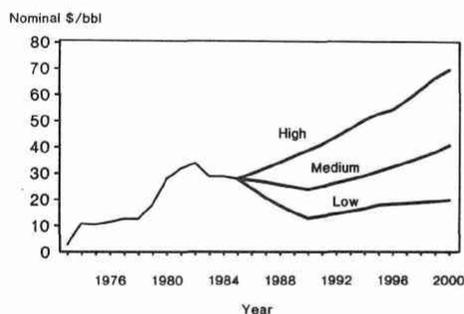


図19 WORLD OIL PRICE PROJECTIONS SOURCE: NOMURA RES. INST.

の不確実性について大変大きなバラツキが見られました。長期戦略の立案にあたる人々は、多分、現在の石油価格の下落は長期的な傾向からの一時的な狂いなくずれである、というように見ていると思います。

電力業界のもう一つの特徴として、資本設備、例えば発電所とか、送電、配電システム

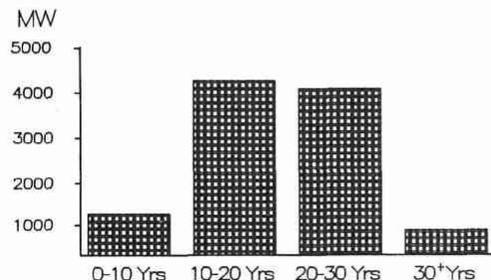


図20 EDISON OIL/GAS PLANT AGE DISTRIBUTION

等が老朽化しているということがあります。

(図20参照) 需要の伸びが鈍いとか、財政上の配慮等から、こういった設備の更新あるいは新設ということはあまり魅力あるオプションではありませんでした。その結果、現在では発電所の改修、耐用年数の延長そして近代化というオプションが最も採算のとれる短、中期の目標として考えられております。

さらに、負荷率の低下からくるものですが、負荷パターンにだんだんと強い周期性が見られるようになってきました。そして、地域間の融通電力が増大したため、送電容量が国のいたるところで逼迫してきております。これらのファクターによりオフピーク時のエネルギー貯蔵と送配電システムの効率改善が大変重要なものとなってきております。

最後に環境対策についてですが、健康、安全、有害廃棄物の管理、それから大気及び水質の改善等に関する環境対策は、電力業界にとって悩みの種であることには変わりはありません。

10. 研究開発戦略

現在の流動的なエネルギー見通しの中で、そして産業のシステム特性が変化している中で、エジソン社のR&D戦略も、その焦点と指向方向とはずいぶん変わってきました。しかし、わが社の多様でかつバランスのとれたR&Dを維持するための実証済みのポートフォリオ的なアプローチはいまだに変えておりません。エジソン社のシステムを運用し、電力を供給するという使命にも、また、変化はございません。

数年前、エジソン社の研究開発部門は、二次元のマトリックス概念を考案し、これを用いてR&D計画を立案し、プロジェクトの優先順位付けを行うことにしました。表2に示すように、プログラムが優先順位の高い順に、上から下に書かれておりまして、そしてさらにこれを三つのグループに分けます。つまり最も優先度が高いものと低いものというふうに分けるわけです。各プログラムごとに細か

表2 SCE's Two Dimensional RD&D Matrix

→ Descending Order of Priority Within Each Program Area

Program Area	Level of Effort							
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
A	■	■	■	■	■	■	■	■
B	■	■	■	■	■			
C	■	■	■	■	■	■	■	■
D	■	■	■	■	■	■	■	
E	■	■	■	■	■			
F	■	■	■	■	■	■		
G	■	■	■	■				
H	■	■	■	■	■	■	■	
I	■	■	■	■	■			
J	■	■	■	■	■	■		

Grouped By
Descending Order of Priority to Overall RD&D Objectives

Group 1: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J

Group 2: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J

Group 3: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J

■ Program Sub-elements Included Under Level of Effort L₁

■ Program Sub-elements Included Under Level of Effort L₂ < L₁

いプロジェクトによる内訳がリストアップされておりまして、これも左から右へと優先順位の高い順に並んでおります。最も重要なプロジェクトがAの1でございまして、最も低いのがJの5でございます。

表3は、エジソン社の1986年のR&Dマトリックスです。この表により当社のR&Dの優先度の概略について説明いたします。現在、プラントの寿命延長と改造プログラムが最も優先度が高いものとして並べられています。同時に大気質の改善、エネルギー貯蔵技術、送配電等電気システムの改良、さらに有害廃棄物管理、エネルギーシステムのモジュール化等が優先順位が高いものとされております。こういったプロジェクトのほとんどは現在急を要するニーズに対処するものであり、短期間で投資が回収できるような、技術的にも、商業的にも成功の確率が高いものと性格付けされております。また、これらの大部分のものは、エジソン社の既存のシステムにそのまま適用できるものであるという意味での戦術的な理由から、まず第一に追究されるプロジェクトとなっております。そして、第二、第三の優先順位の 카테고리には、再生可能エネルギー及び改良技術及び環境対策の分野での短期～中期に資金回収が可能と認められるプログラムが含まれています。これらのプログラムは戦術的な理由だけでなく、戦略的な理由からも取りあげられているものです。再生エネルギープログラムの中には、例えば、将来石油価格が高騰した場合あるいは供給が停止した場合の防護壁として取り上げているものがあります。つまり、不確実性に対する保険というものでございます。そのほか、将来さらにきびしい規制が義務付けられる場合

に備えて、最もコスト効率のよい環境管理のオプションを追究するプログラムもあります。

11. ま と め

電力の十分な供給、サービスの質そして電気料金、これらが将来の米国経済の繁栄と競争力に大きく係わり合っているため、電気事業者は、そのための計画を立て、工夫をこらす大きな責任を負っているわけでありまして。研究開発というのは、将来有望なオプションを確認し、評価する際に非常に重要な役割を果たすこととなります。R&Dにより将来の代替シナリオやオプションに関する洞察力を持っていないければ、計画を改善することはできないでしょう。

電力業界の戦略的なR&Dでは、短、中、長期の目標を確認すべきものであり、必要とされる時期に計画目標に適合した方向付けのされている、多様化されてはいるが良くバランスのとれた、プロジェクトを取り上げるべきであります。エジソン社のR&Dプログラムは、まさにこのような戦術的及び戦略的な目標をエジソン社の資源計画のニーズに合わせることで達成することにあります。

先程申し上げましたように、現在必要なことは目標と優先度とを、改良ないし新技術及び将来に向けてのR&D戦略の選び方と関連させて、厳しい目で再評価することだと思っております。今日必要なものは、よりフレキシブルな戦略でありまして、それには四つの方法が挙げられます。

まず第一に、再生可能エネルギー及び改良技術についての優先順位を調整しなければなりません。その方法には、コスト上の競争力、

表3 SOUTHERN CALIFORNIA EDISON RESEARCH &

PRIORITY	PROGRAMS			
I	1	Plant Refurbishment	Emissions Reduction	Heat Rate Improvements
	2	Air Quality Enhancement	Acid Deposition Sources	Atmospheric Deposition Assessment
	3	Energy Storage	Compressed Air Energy Storage	Battery Storage
	4	Advanced Electrical Systems	Dynamic Protection & Control	Loss Reduction
	5	Hazardous Waste Management	Risk Assessment	Chemical Characterization
	6	Modular Energy Systems	IGCC Phased Construction	Advanced Repowering Cycles
II	7	Geothermal Energy Conversion	Pilot Plant Performance	High Efficiency Binary/Flash Systems
	8	Alternate Fuels	Fuels from Municipal Waste	Non-conventional Fuel Utilization
	9	Wind Energy Conversion	Capacity Value Improvements	Wind Park Performans
	10	Inland Natural Resource Management	Hydro Resource Protection	Resource Enhancement & Management
	11	Community & Occupational Health & Safety	Risk Management	Characterization of Exposure Limitations
III	12	Coastal & Marine Resource Management	Resource Assessment and Protection	Environmental Control Technologies
	13	Solar Energy Conversion	Central Receivers	Parabolic Dishes
	14	Optimal Resource Utilization	Direct Waste Heat Applications	Water Conservation

タイミング、システムの特定のニーズに対する潜在的な寄与といった要素も含まれます。その結果、短、中期に価格競争力のハードルを越える可能性が大きな技術に最優先してR&Dの資金を割り当てるべきだということになると思います。そして第二に、多くの再生可能エネルギー、特に太陽エネルギーや風力エネルギーは断続的で安定していないから、エネルギー貯蔵についてのニーズが増大すると考えられますので、すぐにもそしてもっと注意を払わねばならないと思います。さらに第三として、クールウォータ石炭ガス化プロ

ジェクトの経験から、電力会社、エンジニアリング企業、などがお互いに協力し合い、現在の新技術のなかでも最新で優れたものを促進していく必要があると思います。このように業界がイニシアティブをとり、第一歩を踏みだしたら、政府からの支援も自ずからついてくるでしょう。最後に、過去15年間の最大の教訓は、ある一つの予想にあまりも頼りすぎるのは危い、ということでございます。これからの当然の結論としまして将来の計画をたてる際には、数多くのオプションを持ち、中途での軌道修正が可能な時間的余裕をもつ

DEVELOPMENT 1986 PROGRAM MATRIX

PROJECTS			
Load Following Optimization	Advanced Diagnostics	Fuel Supply Enhancements	Hydro Efficiency Improvements
Emission Control Strategy	Aerosol Dynamics	Emissions Transport and Conversion	
High-Head Pumped Hydro	Thermal Storage	Liquid Air Storage	Advanced Storage Concepts
Increase Load Carrying Capability	Compact Facility Development	Integration of Distributed Resources	Solid State Devices & Automation
Toxicity Evaluation	Waste Reuse	Safe Disposal	
High Efficiency Peakers	Advanced Modular Concepts		
Performance of Prototype Facilities	Heber Binary Cycle Demonstration		
Methanol	Enhanced Fossil Fuels		
System Interface & Improved Utilization			
Regional Sensitivity Assessment			
Work Force Exposure	Atmospheric Health Effects Assessment		
Resource Optimization			
Performance of Prototype Facilities	Photovoltaics		
Energy Integrated Industrial Parks	Alternate Use of Retired Units		

てするべきだと思います。

おわりに

こういった10年間の経験から習得されたものは何かと言いますと、ピータ・ドラッカーの次の金言が挙げられると思います。

「激動の時代の最大の危険というのは、激動そのものではなくて、昨日の論理で行動することである。」

素晴らしい金言でございます。

質 疑 応 答

問 NEDOの伊藤です。代替エネルギーの間欠性に伴う電力貯蔵の必要性ということをおっしゃっていましたが、PURPAからなにを学んだかという項目で、最小負荷状態における問題として、負荷率が下がってくれば、貯蔵装置の必要性は当然出てくると思います。ところが最近のアメリカのDOEの支出等をみますと、電力貯蔵に対してあまり熱心

に研究開発が行なわれてないようにも見受けられますが、その傾向とエジソン社の動向についてお願いいたします。

答 先ほども申し上げましたように、DOEは予算を多くの分野で削減しております。それで一番打撃を被りましたのは、デモプロジェクトに対する資金援助の削減でございます。やはりDOEは非常に深刻なミスを個々に起こしていると思います。石油価格があまりにも大きく変わってしまったがために、その優先順位の変化というものがあまりにも急激に変わってしまったということだろうと思います。先ほど申し上げましたように石油価格は当然今後いずれは上がってくるわけであり、DOEは再生可能、代替エネルギーの開発、及びその貯蔵のための技術開発の援助を大幅に削減しております。例えば、合成燃料公社も政府によって解体されてしまいました。これも偏に石油価格が低落して、合成燃料はもはやエコノミカルでないという判断をしたということだろうと思います。どうも政府は、判断を早まり過ぎているという気がいたします。

さて、エジソン社についてでございますが、最小負荷問題がございます。日中のピークには経済性のある電力を使い、そして夜は経済性のあるエネルギーを貯蔵してそれを日中使用したいわけでございます。圧縮空気貯蔵は一つのオプションだろうと思ひ、推進しております。そのほかにも10MW電池プロジェクトも推進しております。これにはEPRIからの協力を一部受けており、施設の建設が近々始まることになっております。ということで、ソルトキャバンを圧縮空気貯蔵の研究に使いたいということで、その土地を所有している

会社と交渉しておりましたが、それが駄目なので南カリフォルニアに戻りまして、石油会社が持っているリザーバーを使って、貯蔵の研究をしたいと思っております。それからオルゾン・メドウという名称ですが、200MWの水力施設をシエラの地区に建設しております、そして現在ライセンスによるアプリケーションを使って、ポンプバックの機能を付与しようと思っております。ということで私も貯蔵については大変深い関心を持って積極的に動いていることを申しあげたいと思います。

問 横浜国立大学の塚本です。二つばかり質問をさせていただきます。

その一つは、小規模の発電所、これは多分独立の業者によって、将来的には運用されると思いますが、そのような小さな発電所がかなりの部分の電気を供給するようになった場合、いわゆる大きな電力会社の果たす役割というのはどういうことになるのでしょうか。

それからPURPAは1978年にできたのですが、その後だいたい事情が変わってきていると思います。すでにいくつかの経験を積まれたと思うのですが、もしPURPA法を変えることができるならば、どういうところを変えたいのかということをお尋ねいたします。

答 まず小規模の発電所についてですが、これらのオーナーは独立した第三者でございます。現在こういった小規模の発電所ですでに系統に連系しているのが多くなってきております。それによりまして、産業地帯が塗り変えられている。大きな電力会社に対しまして非常に大きな競争性の高い市場となつてきているわけですから、大きな電力会社といたしましては、これを受け入れていかなければなら

ないかと思ひます。ただいくつか経験をいたしまして、こういった小規模発電とも共存できるようなシステムができてきたと思ひます。エクソンは300MWのコジェネレーション・プラントを、そしてテキサコでは180MWのものをそれぞれ建設を検討しております。テキサコはすでに300MWのプラントを稼動しております。ですから、小規模発電といつても大きなものから小さいものまで幅が広いわけです。一つ非常にポジティブなプラスの面の動きといたしまして、発電所を作るための投資の必要性というものがかなり少なくなったということなんです。ですからオペレーティング・システムとしましては、これは一つの利点ですけれども、別の意味ではオペレートがむづかしくなつてきているという点があります。

それから運用権 (dispatchability right) というのがありますが、第三者の小規模発電に対する運用権の施行を今求めているところなんです。つまり、こういった小規模発電から供給される電力をストップできない場合に、我々の最小負荷状態はもっと悪くなる。その結果、もしかしたら我々の原子力発電所の発電量を抑えなければならない、あるいは水力発電所の発電量を抑えなければならないということになるかも知れません。まだこうはなつていませんけれども、将来こういった問題が起こらないように今から手を打つていきたいと思ひます。これが運用権に関する問題なんです。

それから PURPA についてですけれども、PURPA が今後も継続され、そして小規模発電が我々のシステムに則つた形で発電することが今後も続き、収益性がある場合に、いろい

ろなシナリオがあると思ひます。例えば、電力会社が全体的に電力供給事業から手を引き、全面的に送配電事業に転換するというこゝとも考えられるかも知れません。そういったシナリオもあり得ると思ひます。こういった小規模発電が全く無規制で、今後も事業を継続することになりますと、我々にとって非常に不利になり、不公平になると思ひます。複数の小規模発電がある系統に多数連系するということは、その電力会社にとって非常に大きな恐怖でございます。電力会社は自分の稼動の仕方、自分の施設の設備の維持の仕方については十分知識があるわけですが、その系統に多数の独立電力会社が連系することになりますと、その連系の仕方、稼動の仕方についての知識がないわけですから、全く新しい未体験の経験になってしまうわけなんです。まだ我々は学習期間が必要だと申し上げていいのではないかと思ひます。

もう一つの質問はなんでございましてか？
問 PURPA のなにを変えるかということなんです。

答 PURPA そのものは悪い法律ではないでしょう。ただカリフォルニア州あるいはテキサス州で問題になつたのは、州レベルでの実施施行にあるわけなんです。つまりいわゆる標準契約とカリフォルニアでは呼んでいるものを設定いたしまして、いわゆるスタンダードオファ―No.4 契約というものがカリフォルニアで制定されました。これでは石油価格は1981年の見通しをベースとしております。その当時というのは石油価格がちょうど上り調子になつた時でした。その後に小規模発電が入つてきて、そして彼等と契約を交わさなければならなかつたのですが、彼等と交わした回避原

価の契約というのが1982年の石油価格に基づいておりまして、ある保証価格を10年間にわたって、この契約の中で彼等に与えてしまったわけです。電力会社は、この契約の破棄を訴えて、破棄はしたのですけれども、その前に独立会社と4,000MWの電力供給契約が実際に行なわれてしまいまして、その結果、我々電力会社が発電できる電力料金よりもっと高い電力料金を消費者が払わなければならないことになったのです。法律というのは制定した時点では良い意図をもっていても、その後の状況変化によっては悪法になってしまうという可能性があります。

問 最初の質問に関連してですが、もしおっしゃられるように、電力会社が送配電しか扱わないとすると、会社としての運営が難しくなるのではないかと思います、いかがでしょうか。

答 全体的な経済性についてはまだ考えてございませんが、アメリカの会社で送配電だけをやっている会社はすでにございます。市町村が所有する電力会社がその例でございまして、例えば私どもの会社から電力を買っているわけでありまして。そのほかにも市営会社で同じようなことをやる、あるいはやれる会社はあろうと思います。うまくいくと思いますが、どうしたらうまくいくかというノウハウは私もまだ分かりません。

問 電源開発の荒川でございます。大変素晴らしい講演ありがとうございました。大変にうまく研究開発の戦略を纏められたと思っております。まず第一に伺いますが、電源の6つのソースということについてお話がありましたね。ベストミックスについてお話した場合に、水力発電をお入れになっていなかった

ような気がいたしますが、水力発電を入れないということにとくに理由がございましたか。水力ということで、水資源が若干不足しているということは聞いておりますが、しかしアメリカではかん漑施設というものも大変に優れているということで、ミニあるいはマイクロの水力の開発ということでは十分なポテンシャルがあると思います。水力もぜひお入れになるべきだと思いますが、いかがでしょうか。

それから第二に、貴社の研究開発戦略についてでございますが、いまだにエジソン社がペースセッターであることの如何について伺います。とくに新エネルギー開発はリスクが高まるというときにペースセッターとしてエジソン社がやっていくところにベネフィットがあるということでございます。

それから研究開発の戦略にはフレキシビリティということをおっしゃいましたが、具体的な措置としてはどういうことをやっていますか。フレキシビリティを維持するということで具体的にどんな方策をとっておられるか、それをお聞かせいただきたいと思ひます。

答 大変良いご質問ありがとうございました。確かに話はしておりませんが、しかし小規模のミニハイドロパワーをやっております。さまざまなプロジェクトにも入れておりますが、しかしただ研究開発としてさほど大規模のものをやっていないということで、その程度の意味で外したわけでございます。額としてはあまり大きいものではないと思ひます。

それから次にペースセッターとしての役割を今後果たしていくことの成否ということ

あります。確かにリスクは高いのですが、私どもの立場としてはやはりペースセッターとしての役割は今後とも続けていきたいと思っております。長期的には結局それが我々のためになる、我々を救ってくれるのだと思います。そして長期的にはそれによって金銭的な節約もできますし、よりよいシステムを作り上げることができると思います。長期的にはベネフィットがあると思っております。

若干方向を変えたというだけでございまして、再生可能、代替エネルギーの分野ではアメリカの電力会社の中で私どもが最も進んでいると思います。なぜならば、それに全力を投入したからであります。今日も同じような努力をしたいと思いますが、どういうふうに申し上げていいのかわかりませんが、今のやり方はリファーマービッシュ、改造を重視しているわけでありまして、すなわちより内化をしているわけでありまして、メンテナンスの人たちともよく協力して、そして新しい施設をつくることなく、既存の施設の寿命をどのように伸ばしたらいいかということに注目しているわけでありまして。

それから再生可能、代替エネルギーにつきましても、その経済性を最大に増やす、それから送電、配電、あるいはエネルギー変換ということについても燃料電池とはまた違う問題があるかと思っております。過去におきまして、電気のコストはいつも低かったわけでありまして。当時は送配電システムは今日とは違う形でできておりました。しかし、現在はシステムを最大限に利用しなければならない制御システムを確立して、ロスを最小限にしなければなりません。

このように、我々に課された課題はより多

くなっております。

次にフレキシビリティをどのように測定するのかというご質問ですか。

問 フレキシビリティを維持するにはどのような措置を取っていらっしゃるのでしょうか。

答 若干言葉が足りなかったと思いますが、研究開発のマトリックスをみていただけますでしょうか。その上から下、左から右へと優先順位がはっきりと決まっていたわけでありまして。そして会長から一般社員までこれがしっかり浸透してございまして、会社としてのフレキシビリティを維持しようというのがテーマになっているわけでありまして。そのためには企画が必要だろうと思っております。石油価格の今までの動向、それから州あるいは連邦政府の動向をみてみますと、アメリカでは会社がフレキシビリティを持たない限り生存できないのです。例え生存できてもフレキシビリティに欠けておると、下位の地位に甘んじなければならないということで、アメリカではフレキシビリティが会社存続のための大変重要な要件になっております。

問 日立の川上と申します。先ほど PURPA 法というのは非常にクリエイティブであった。買い戻しルール、これが最も重要なクリエイティブな規定だと思うのですが、私この買い戻しというのはあまりよく知らないのです。とくに回避原価、これにつきましてあまり知識がないわけなんです。この買い戻し政策についてご存じでいらっしゃいますし、また再生可能、代替エネルギーの開発の仕方につきましてよくご存じでいらっしゃるかと思っております。ですから、これにつきましてのデーチさんの考え方というものを教えていただけますか。

答 カリフォルニア州ではいわゆるスタンダードコントラクト、標準契約というものを制定いたしました。これを PURPA の施行のための一つの道具といたしました。つまり小規模発電設置者が電力会社に、FERC によって適格施設として認められたが、このような施設を作り余剰電力をあなた方に売りたいと話をもちかけてきます。こういった契約の交渉を円滑に進めるためカリフォルニア州には、公益事業委員会というのがありまして、この委員会は電力会社に対しあなた方の回避原価はどうなっているか教えてくれと言ってきます。そこで電力会社は規制当局と交渉をしまして、ある回避原価に合意するわけです。この回避原価と言いますのは、きかれるたびにいつも説明が難しいと思いません。例えば、小規模発電からある電力量を買い取った場合に、若しそれと同量を自らが発電して供給する場合に必要な費用を回避原価といいます。つまり、自らの施設を使って発電しないでその分を小規模発電から買い取るわけです。

から、自分で作った場合に必要となる経費を回避原価として払えというわけです。その電力が増加した分というのは、ピークロードとして計算されるわけです。例えば、火力発電所で発電する分が節約できたので、それが回避原価として払われることになるわけです。買い戻しというのは、例えば、コジェネレーション施設からその余剰電力を買い取ることです。その場合に、エネルギーと容量の価値に基づいて、あるいは容量価値なしで、エネルギー価値だけで買い取ることもできます。カリフォルニア州ではこのような回避原価という政策をまず打ち出しました。買い戻しというのは我々が必要であっても、必要でなくても、買い取らなければならなかったという問題でありました。ですから、最小負荷状態の時にこういった独立会社から買い取らなければならぬという意味で、買い戻し政策というのは我々に取って非常に大きな負担となってしまったわけです。それが一つの問題でした。

我が国における電源構成と 分散型電源の展望

(財)電力中央研究所

理事 上之菌 博

はじめに

このような基調講演を私がいたしますことが適切であるかどうか分かりませんが、ご指名でございましたので、お受けさせていただきます。

題は「我が国における電源構成と分散型電源の展望」ということで、なかなか具体的な答をズバツと言うのは現状では難しいと思いますが、電力中央研究所の中で現在いろいろ検討を行っておりますので、その内容をご紹介させていただきます。責を果したいと思えます。

ご存じのように、石油危機を契機といたしまして、エネルギー・セキュリティ確保のためのいろいろなエネルギー源の多様化、さらには脱石油あるいはエネルギー・コスト低減のための新省エネルギーの開発研究が開始され、今日まで多くの努力が各機関で払われてきております。まず昭和49年にはサンシャイン計画が発足いたしました。また53年にはムーンライト計画の発足、55年の石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律の制定、それに伴う新エネルギー総合開発機

構(NEDO)の設立など、国の施策が次々と実行に移されまして、官民協力の下に着実に成果が得られつつあります。とくに、燃料電池発電、太陽光発電、風力発電に関しましては後程いろいろご紹介があると思えますけれども、技術的にパイロットプラント研究の段階に入っており、いよいよこれをいかに導入していくかということの検討を開始する時期にきていると皆様が考えておられるわけでございます。そういう意味で通産省の資源エネルギー庁では昭和59年10月に新エネルギー導入ビジョン研究会を庁内に設置されまして、当面は導入が間近いと考えられます新エネルギーの検討を実施されたわけでございます。その結果が60年6月に報告されております。また、これと相前後しまして、NEDOにおきましても新エネルギー導入ビジョン調査委員会を設置されまして、58年から3カ年にわたって詳細な検討が行われ、本年3月にその結果が報告されております。このような、報告の中でそれぞれの新エネルギーについて導入ステップというものはこういうふうにと考えたらいいのではないかというのが比較的具体的に示されておりますし、また導入す

る際のいろんな諸課題についても明示されております。またこれと併行いたしまして、近年、コジェネレーションの導入についての論議も活発化してきておりますが、これも新エネルギー技術と同様、分散電源ということで位置づけられるものであると考えます。これから分散電源を既存電力システムへ導入するためには、後で他の講師の方が詳細に説明されると思いますので、私は説明を省略させていただきますけれども、大きな環境整備の課題を抱えているわけがございます。しかしながら、関係機関でこの方面の検討も着実に進んできております。具体的には資源エネルギー庁が60年7月からコジェネレーション運営基準検討委員会というのを発足させておりますし、民間におきましても、60年4月から日本コジェネレーション研究会がスタートしているわけがございます。また、太陽光発電、燃料電池、風力発電というものの技術そのものに対する技術基準の策定整備、既存系統への連系にかかわる諸問題について関係機関の熱心な討議と作業が進められておりますので、近い将来その結論が出されるものと考えております。このように分散電源が世の中にこれから導入される段階が近づいていると考えられますので、きょうは将来の電源構成の中で分散電源がどういう形でどの程度の量が期待されるのだろうかということについてお話し申し上げたいと思います。

まず最初に導入を考えます場合には将来の電力需要想定を行う必要があります。最近、21世紀のエネルギービジョンに関する検討が官民ともに一生懸命やられていますが、これと並行して将来の経済成長がどうなるかということにつきましても、いろんなシンクタン

クが調査をされておりますし、またその結果も発表されております。ところが最近の石油価格にみられますように、この変化が具体的にどうなっていくのか。将来は石油価格が上がるであろうということについての予測は変わらないわけでございますけれども、いつまでこのような状態が続くのであろうかということにつきましては極めて不透明であります。そういうことで、これからお話し上げる予測というようなものの妥当性がどれだけあるのだろうかということについてなかなか確信が持てないというのが実情であろうかと思うのですが、一応のご説明をさせていただきます。

電力中央研究所では昭和52年から将来のエネルギー事情の進展あるいは研究開発がどういうふうに進むのか、どういう課題があるのだろうかということをいろいろ調べまして、昭和58年に西暦2000年を目標として、2030年を補助目標とした長期予測を取り纏め、それを公表いたしました。その後諸般の事情がいろいろ変わってまいりましたので、さらに分析を進めまして、その結果を極く最近取り纏めたわけでございます。本日はその分析結果を用いまして、電力の需要想定ならびに電源構成の見通しについてご説明をしてみたいと存じます。

1. 電力の需要想定

今世紀から21世紀初頭にかけて日本の経済は成熟した先進国というものへ着実に歩み続けるというふうと考えられるわけでございます。電研でやりました予測では図1に見られますように、実質成長率は2000年まで4%、その後の10年間は3%というふうに見ており

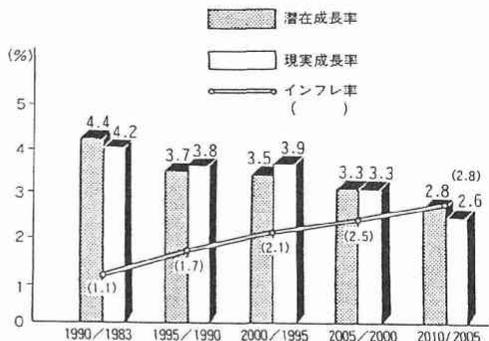


図1 経済成長と物価

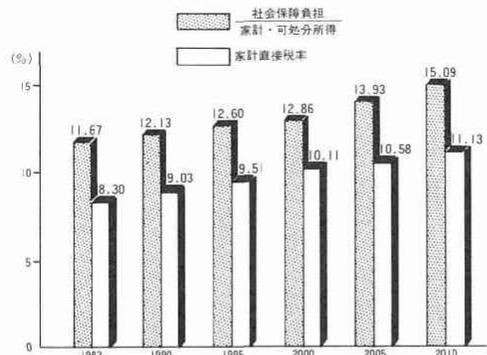


図2 成熟経済への道
—高まる税・社会保障負担—

ます。1960年代の成長率が10%，70年代の5%という成長率に比べますと、伸び率自体は相当低くなっていくわけですが、我が国の1人当たりのGNPが1万ドルという状態になっている中での4%成長というのは現在の欧米の実績を凌駕するものがございます。この結果、日本経済の規模は実質2000年までに1983年の2倍弱、2010年には2.6倍、さらに2030年までには4倍強まで拡大するというふうに見込まれます。加えて、物価の安定ぶりも注目すべきもので、この図に見られますように、今後25年間のインフレ率は2ないし3%前後に留まるというふうに我々は予測しているわけですが、将来の高齢化社会における高い社会保障負担というものが仮にあるとしても、このような所得の増大は着実に消費を高め、これと並んで企業の投資活動も実質成長率をやや上回るテンポで拡大してまいります。内需主導型の成長過程を経まして、我が国は順次成熟化への足取りを着実に進めるものと考えているわけですが。(図2参照)

次に産業構造の変化についての予測であり

ますが、成熟した先進国への発展は我が国の産業構造というものも変えずにはおきません。変化の方向は知識集約型産業構造への脱皮でありまして、それはニーズの多様化と技術革新のうねりによって引き起こされます。このうちニーズの多様化は選択的消費の拡大という形で現われます。すなわち、図3に示しますように、1次産業の伸び率及び構成比は相対的に低下いたします。一方第3次産業が大きく進展するということが予測されます。衣食住の基礎的消費が一応の充足をみております今日、教育、教養、レクリエーション、娯楽というものなど人々の自己実現のための比重が来世紀にかけて急速に増大するというふうに考えられるわけですが、実質的にはこの図にありますけれども、1次産業は比率で2.9ぐらいのものが1.3ぐらいまで下がってしまう。そういうことがございます。

他方、技術革新のうねりは伝統的産業の変身と新産業の台頭というものに結び付くと考えられます。すなわち、代表的な産業の今後の変化は電気機械などの加工組立産業及び教育、医療、金融などの3次産業が大きく伸び、農林水産業及び鉄鋼等の素材産業の伸びは鈍

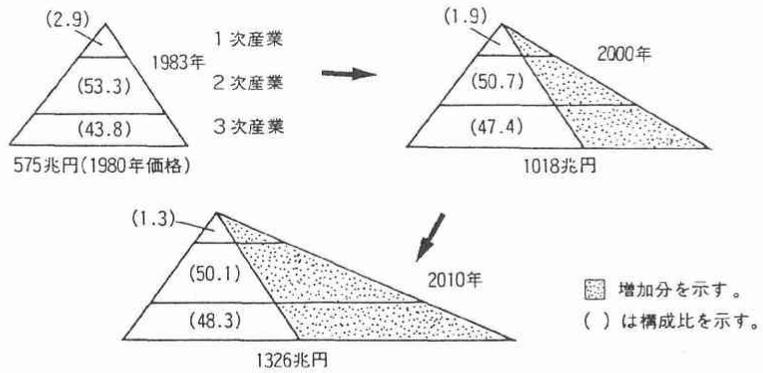


図3 ソフト化進む産業構造

化すると予想されます。技術革新の内容は半導体を中核としたマイクロエレクトロニクス、コンピュータや光ファイバーを軸とした情報処理、醗酵技術や遺伝子操作などをてこととするバイオテクノロジー、ファインセラミックスやエンジニアリング・プラスチックなどの新素材であります。中でもマイクロエレクトロニクスはあらゆる産業に共通する基盤技術の提供者といたしまして、産業全体の知識集約化を促進いたします。また、素材の発達は鉄鋼、非鉄、化学など戦後の日本経済を支えてきた基盤素材産業に対し新たなビジネスチャンスを提供することになるでありましょうし、産業の知識集約化または社会の情報化にも結びつきます。研究所で開発いたしました情報化経済モデルの試算結果によりますと、情報産業の生み出す付加価値は1983年のGNP全体の18%から2000年には30%を占めるようになると考えられます。

次はエネルギー需給に関してであります。我が国のエネルギー需要は最近の原油価格の下落を反映して、短期的には増加する傾向を示すものと思われれますが、表1に示されますように、中・長期的には比較的低い水準

表1 エネルギー需給バランス

		1983年	2000年	2010年	2030年
需 要	需要量(億kl)	3.9	5.9	6.4	7.4
	増加率(%/年)	—	2.5	0.9	0.7
	対GNP弾性値	—	0.6	0.3	0.3
	エネルギー/GNP比指数	1986=1.0	0.78	0.63	0.40
エ ネ ル ギ ー 供 給	一般水力・地熱(万kW)	1,800 (6.2)	2,400 (4.9)	2,600 (4.5)	2,900 (4.2)
	原子力(万kW)	1,800 (7.3)	5,600 (16.3)	8,500 (22.0)	15,000 (34.7)
	石炭(億t)	1.0 (17.5)	1.3 (14.6)	1.6 (16.4)	2.6 (23.2)
	LNGその他(億kl)	0.29 (7.4)	0.6 (10.2)	0.7 (10.9)	0.7 (9.5)
	石油(億kl)	2.38 (61.6)	3.2 (54.2)	2.9 (45.0)	2.1 (28.4)
	供給合計(億kl)	3.87 (100)	5.86 (100)	6.44 (100)	7.41 (100)

- 注) 1. 1983年値はエネルギーバランス表(暦年)による。
 2. 石油の項は石炭液化燃料を含む。
 3. LNGその他の項の値は石油換算値。
 4. エネルギー供給の()は構成比を示す。

に留まるであろうと考えております。1983年から2000年にかけて年平均2.5%、対GNP弾性値は0.6程度で推移するものと考えています。2000年以降は化石燃料価格の高騰、経済成長の鈍化、省エネルギーの一層の進展などを反映して、伸び率は1%以下に低下し、エ

表2 電力需要の展望

	1984年	2000年	2010年	2030年
総電力需要 (含自家発, 億kWh)	5,808	9,215	11,523	—
増加率 (%/年)	—	3.0	2.3	—
対G N P弾性値	—	0.75	0.77	—
エネルギーに占める 電力の割合 (%)	38	43	51	62

注) エネルギーに占める電力の割合は一次エネルギーベース。

エネルギー対G N P弾性値は0.3程度まで低下するものと考えられます。

一方、エネルギー供給政策のめざすべき目標は経済成長とセキュリティの調和にあります。この目標の下では原子力を柱とした政策をかなり長期的に継続することが現実的だろうと考えます。当研究所の試算では日本のエネルギーの自給率が現在の20%程度から2030年には40%以上にまで引き上げることが可能であるというふうに考えます。

次に電力需要であります(表2参照)、2000年まで年率3%、2000年以降2030年までは2%の伸びとなり、対G N P弾性値は0.75程度で推移するものと見込まれます。これは2000年以降も産業構造は全般として電力消費の少ない形に変化し続けますが、民生部門の電力需要が堅調であることに加え、原子力発電の進展に伴い、他のエネルギーに比べて相対的に電力価格は安くなるといった需要増加要因があるためであります。とくに民生の部門のうちでも業務用の電力需要は、第三次産業の新しい展開や、質的に高く多様なサービスを求める社会の要求に伴いまして、今後25年にわたって4ないし5%程度の高い伸びに

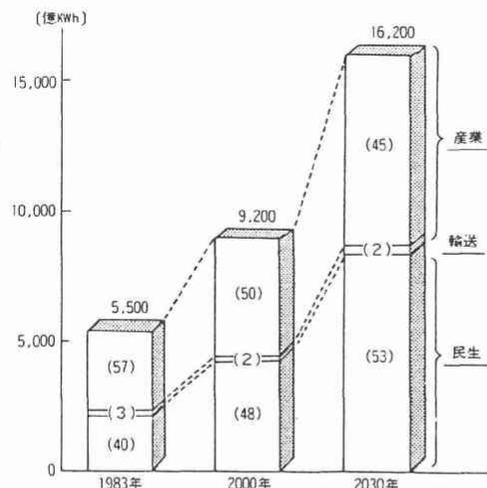


図4 電力需要構造の変化

なると考えます。(図4参照)

その結果、図5に見られますように、エネルギー全体に占める電力の比率は持続的に上昇いたしまして、現在38%の電力比率は2000年には43%、2030年には62%というふうに着実に上昇していくと考えられます。このように、21世紀中頃までには情報、エレクトロニクス技術を核として、本格的な新電気文明社会が実現しているであろうと予測されます。

2. 電源構成

次に電源の最適構成についてでございますが、我が国の最適電源構成を考えるにあたりまして、経済性は勿論、我が国のエネルギーセキュリティのみならず、エネルギー経済大国としての国際的責務を考慮して、決定しなければなりません。当所では西暦2000年から2030年に至る最適電源構成について分析いたしまして、次のような結果を得ました。

表3は、資源エネルギー庁で60年の10月に各電源別の発電原価を計算された例でござい

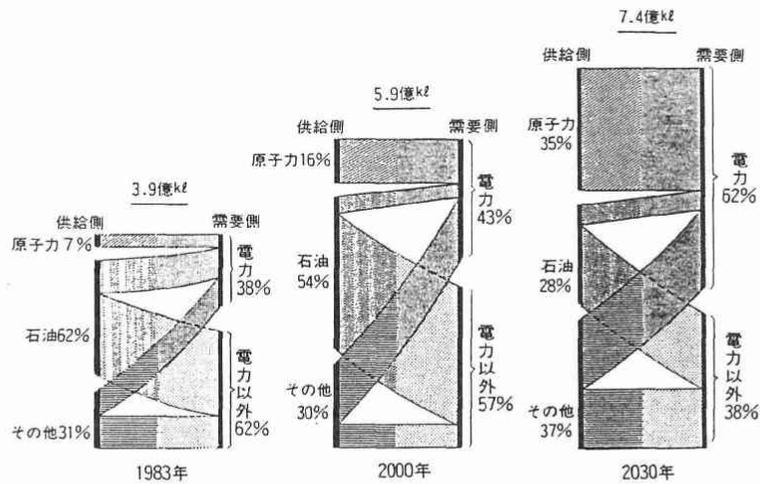


図5 エネルギー需給構造の推移 (需要は石油換算)

表3 電源別発電原価

(単位: 円/kWh)

電 源	原 価	送 電 端 発 電 原 価	内 訳	
			固 定 費	燃 料 費 (比 率)
一 般 水 力		21円程度	21円程度	—
石 油 火 力		17円程度	5 円程度	12円程度 (7 割程度)
石 炭 火 力		14円程度	9 円程度	5 円程度 (3.5割程度)
L N G 火 力		17円程度	7 円程度	10円程度 (6 割程度)
原 子 力		13円程度	10円程度	3 円程度 (2.5割程度)

初年度原価を示す。

出典: 資源エネルギー庁 (昭和60年10月)

ますが、これで見られますように、原子力発電及び石炭火力の発電原価が非常に低いということがご理解いただけると思います。現在は石油価格が下がっておりますので、これほどの差はないかも知れませんが、やはり原子力、石炭火力の有利性というのは、長い目で見た場合には変わらないと思います。

そういう意味で原子力は経済性、供給の安定性という両面で共に優れておりますために、図6に示しますように、ベース電源とし

て他の電源に優先して開発することが必要であります。近年の電源開発の動向等を考慮いたしまして、現実的な目標として2000年の原子力容量を5,600万KW、設備比率で約30%、電力量比率で40%程度というふうに予想いたしました。また2010年で8,500万KW、2030年で1億5,000万KW、設備比率で40%、電力量比率で60%程度とするのが適当と考えられます。

因みに立地事情などの現実的な制約条件を

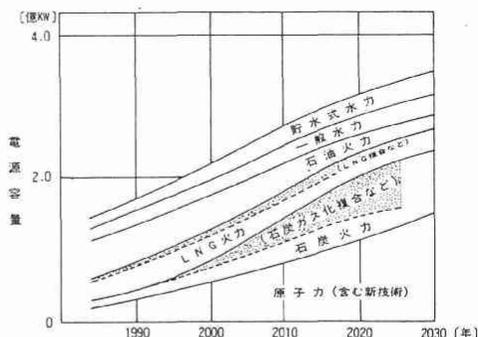


図6 電源構成の推移

ある程度外し、かつ今後予想される燃料価格の推移を前提条件といたしまして、理想的な電源構成を試算いたしますと、2000年で6,000万から8,000万KWというかなり幅広い範囲が最も経済的な原子力発電の容量ということになります。また2000年以降の理想的な原子力発電容量は、前述の現実的な目標よりも約1割がた大きい値が望ましいというふうな結果を得ております。

次に石炭火力は、原子力を補完するベース電源として位置づけられます。(図6参照) またLNG火力では経済性及び燃料契約の硬直性などにより今後の増設については控え目に対処することが適切であると考えます。

さらに、石油価格は1990年頃から上昇に転ずるものと予想されますので、既設の石油火力は貴重なピーク用供給力として有効に活用すべきであり、その設備利用率は2000年で10ないし20%程度となるものと予想されます。

以上の結果、図6に見られますように、1985年から2030年にわたる電源構成の推移は新技術のLNG複合、石炭ガス化複合発電方式などの導入を含めまして、その様相が展望されてまいります。

この図では、石炭ガス化複合、LNG複合

などが入っておりますけれども、これは技術開発の進展との関係で決まってくるわけでございます。きょう話題になります新型電源は、原子力というパターンの中に一応含めて、量的に示してございます。

このような基本的な電源構成の見通しの中で分散電源をいかに位置づけるかということとはなかなか難しい問題でございます。

3. 分散電源の必要性

電力供給という立場からは、今後、分散電源と申しますか、需要密着型と申しますか、需要地に近接した電源の確保が重要であります。その理由の第一が電源立地の遠隔化と電力輸送コストの高騰であります。先に説明いたしました電源構成中の主要電源であります原子力及び石炭火力の立地は当面地域的に遠隔化せざるを得ない状況にあります。これがためこれら主要大容量電源からの電力を移送する送電線も漸次長距離化、大容量化し、その用地の確保も電源と同様困難さを増しております。

一つの送電線で送り得る電力の大きさは、図7に示しましたように、電線の最大電流、

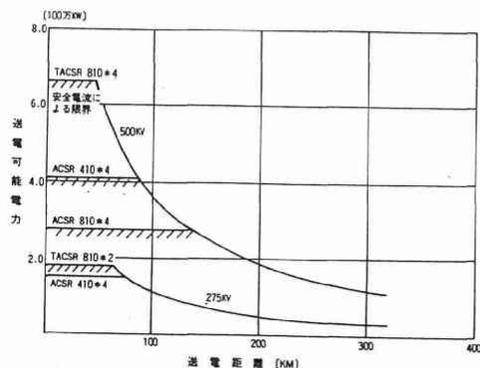


図7 送電距離と送電可能電力

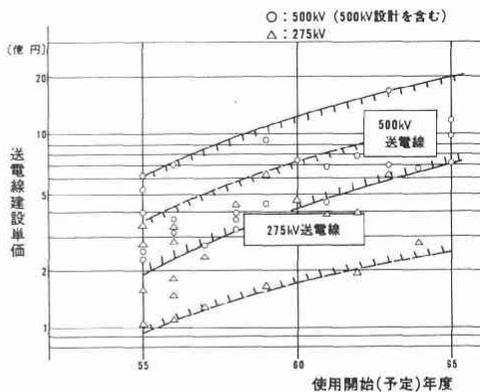


図8 架空送電線1kmあたりの建設費

それに安定度という現象によって制限されます。最大電流は電線の太さで決まりますが、安定度と言いますのは、送電線の距離とそこに流れる送電電力によって決まります。送電距離が100km以上になりますと、送電電力は図のように距離に逆比例して減少いたしますので、距離が長くなればなるほど同一の電力を送るのに数多くの送電線を必要としたり、送電電圧を高くしたりしなければなりません。また送電線はどんな場所でも通せるわけではありませんので、場合によっては自然条件の厳しい1,000m以上の山岳地帯を通過せざるを得なかったり、また国立公園、史跡、その他各種の制約を受ける場合も非常に多くなってきております。

このように、送電線が高電圧になったり、長距離化したり、かつ工事が難しくなったり、制約を受けたりする場所が増加していることを背景といたしまして、送電コストは年々上昇の傾向にあります。

図8に示しましたように、送電線の建設費は相当のばらつきがありますが、この10年間に約2倍になっております。また、大都市圏はますます拡大しておりますが、これと共に

送電線や配電線の地中化に対する社会的な要請が一段と強まっております。架空線を地中化するための工事費は非常に高く、一般に架空線の10倍以上というふうになりますので、電力輸送コストをさらに上昇させることになります。

理由の第二は、現在稼働中の都市近接火力の再配置問題であります。今後大幅な負荷率の改善が予測されない以上、地域負荷用、あるいは中間負荷用電源の確保が重要でありますけれども、ここ当分の間火力発電がその役割を果たすことになります。

現在、需要地近傍にある既設石油火力、LNG火力がこの目的のために用いられていますが、図9に示しますように、こちらに発電機の単機容量、向こう側に運開年が示されておりますが、だんだんとその老朽化が進んでまいりまして、スクラップ・アンド・ビルドについて検討する時期が近づきつつあります。石油火力によって更新することが事実上不可能である現況下で、代替電源として、パブリック・アクセプタンスを得ながら、なにを選択するかは極めて重要であります。この場合、都市部及びその近郊における小スペースを電源立地に活用でき、対環境汚染に優れた分散電源が確保できれば、電力流通設備の節減にもつながり、電力コスト低減にも役立つこととなります。

理由の第三は、コジェネレーションに代表されるエネルギーの複合利用であります。生活水準の向上と共に民生熱需要が増加してきておりますけれども、ホテル、病院、事務所ビルなどその適用により省エネルギー化、低コスト化が図れる可能性が相当あると考えられます。熱需要を主対象とする分散電源、オ

10機

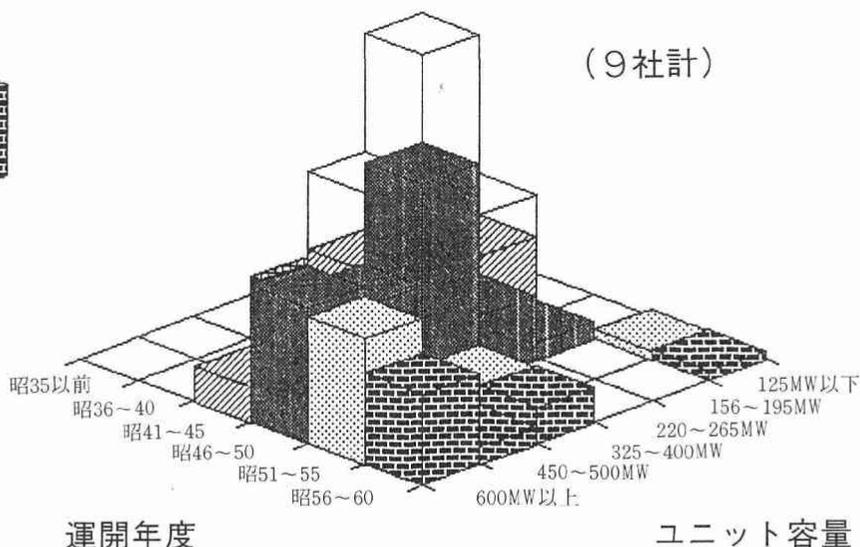


図9 運開年度とユニット数

ンサイト電源が最も早く導入されると思います。

4. 分散型電源導入の問題点

次に分散電源の開発状況でございますが、これに関しましては、のちほど伊藤さんその他の方々から詳細に説明されると思いますので、その要点だけに簡単に触れさせていただきます。

ガスエンジン、ジーゼル・エンジン、ガスタービンなどを用いますコジェネレーションは、すでに実用化の域に達しており、その導入はいかに経済的に効率的にシステムを構成するかが問題でございます。また導入に当たっての環境整備が必要条件ということになりますけれども、この点につきましても他の講師から詳細な説明があるはずでございます。このへんの整備のいかんでは分散電源の導入というのがいろんな形に変わってくると考えら

れるわけでございます。

燃料電池、太陽光発電、風力発電などはそれ自体の開発研究は相当進んでおりまして、実証的研究も開始されております。またそれによって実用化の見通しも徐々に明らかになりつつあります。一方、これら新エネルギー技術が商用化される際の最終的なシステムを考えてみますと、周辺技術、関連技術の開発研究が必ずしも本体の開発と協調が取れているかどうか、不安を感じる部分がないわけではございません。

例えば燃料電池の導入可能分野は、火力発電所代替用、変電所設置用など大・中容量のものはともかくといたしまして、工場設置用、地域設置用、業務用などオンサイト発電型はコジェネレーションとしての熱利用が重要な意味を持つわけでございますけれども、この部分のシステムをどのようにするのか、あるいはこのために必要となる構成要素の開発研究はどうするのか、導入時期までにすべてが間

に合う状況にあるのか否かというような点が問題点でございます。

太陽光発電におきましても、太陽電池そのものの変換効率化、低コスト化の努力は極めて積極的に行われておりますけれども、インバータの低コスト化、太陽電池用バッテリーの開発につきましては、既存のもので十分であるといったような安易な考え方でまされていないかどうか、さらには太陽電池の導入場所ごとに最も適切な、経済的な設置方法が研究されているかどうか、導入時期までにそれらが仕上がるか否かが不安でございます。

確かに新しい技術開発でございますので、そのもの自体が市場に参入し得る性能を実現できるか否かを見極めるといことが最優先であるということには十二分に分かりませんが、商用化ということになりますと、システム全体がユーザーの希望に沿ったもの、諸々の要件を満足し、導入のメリットが十分得られるということが重要でございます。本体そのものの開発が進み、かつ導入の形態が提案されている現在、その目的に合ったシステムを実現する諸技術の開発を本体以上に力を入れて進めるべきだと考えます。周辺要素開発の遅れが導入時期を左右するようでは問題でございます。太陽電池とか、風力発電のように再生可能な自然エネルギーの利用の場合は、問題とはなりませんけれども、燃料電池やコジェネレーションの場合、その1次エネルギーがいつまで利用可能なのか、それと十分整合が取れた姿で開発が完了するののかという点が重要でございます。エネルギー関連の設備はご存知のように産業設備とは異なりまして、極めて長い耐用年数が必要でございます。

このため将来の1次エネルギーの動向を慎重に予測しておきませんと、市場性の薄い技術開発となる可能性があります。例えば、天然ガスの場合、現在の計画あるいは予想では2000年頃が最大の使用量となるはずでございます。先ほど説明いたしました火力発電所の耐用年数と同じように、天然ガスの経済的な入手がいつ頃まで期待できるのか、また仮に減少するとすれば、代替エネルギーをなにに求めるのか、その場合現在開発中の技術が継続して利用可能かどうかということなど、技術導入時期にタイムリミットを与える要因が存在すると考えます。

新技術の導入は、技術的な完成度、環境整備等によることは勿論でございますけれども、最も支配的な要因は当然のことながら経済性でございます。資源エネルギー庁の新エネルギー導入ビジョンの中で詳細なコスト評価が行われております。例えば、太陽光発電の場合、家庭用、業務用あるいは工業用として広く普及するためにはシステム価格を1ワット当たり200ないし300円とする必要がありますけれども、現状は1ワット当たり2,000円から3,000円でございます。1990年頃には1ワット当たり800ないし1,200円になると予想されておりますし、またそうするための開発計画というのがたてられて、その通りのスケジュールで進んでおるわけでございます。しかも、その対象とする太陽電池は結晶型でございます。これの最終的なコストはワット当たり5～600円と予想されているわけでございます。しかし、太陽光発電を導入するためにはさらに大幅なコスト低減を図る必要があります。これにはアモルファス型の太陽電池にならざるを得ないと考えられているわけでござ

います。これがためにはさらに技術開発を進める必要がございますし、この完成が電力供給用として太陽電池の導入量を決定することになります。燃料電池は、リン酸型が最も実用に近いところまで開発が進んでおりまして、ガス会社が実施しております40KW/基のフィールド試験も順調に行われております。しかしながら、その価格は約375万円/KWであり、現在試運転に入っておりますムーンライト計画の1,000KW/基は、約320万円/KWの建設費がかかっております。燃料電池が市場に参入する場合には、熱供給メリットを加味したといたしましても、33万円から49万円/KW、すなわち現在の10分の1以下にする必要があります。しかも、前述いたしましたように、熱供給システムを加える必要がありますので、この実現には格段の努力が必要と考えます。

おわりに

このように考えてまいりますと、今世紀中の新エネルギーの導入はなかなか厳しいものがあります。しかも、導入されてもたかだか1%以下であろうというふうに考えるのが常識的ではないかと考えます。しかしながら、現在でも離島や僻地等電力コストの高いところが存在しますので、まず当面は、そのようなところから普及が進んでくるであろうと考えます。また、長期的には電力輸送コストの増大、あるいは電力供給システム確立の困難性などのために分散電源の必要性は増すことはあっても減ることはないと考えられます。その時の分散電源はなんであるか、またその導入形態はどうなるのかなど今一度慎重に検討して論議を重ねるべきではないかというふうに考えております。

ご静聴どうもありがとうございました。

(かみのその ひろし)

分散型電源の現状等について

通商産業省資源エネルギー庁

公益事業部技術課総括班長 薦 田 康 久

1. はじめに

ただ今、上之菌先生から今後の電源構成におけます分散型電源の展望ということでお話があったように、分散型電源と申しましていろいろな種類がございます。技術レベルの面からみますと、今すでに実用化の域に達しておりますのは、恐らくコジェネレーションあるいは小水力といったようなものがございます。それから開発段階にありますのは、先ほどございましたように、太陽光発電とかあるいは燃料電池、風力発電といったようなもの、こういうような仕分けができるわけがございます。

それからもう一つ電源の性格について分類してみますと、一つはコジェネレーション始めいわゆる人為的にその出力が変えられるものと、それから風力発電あるいは太陽光発電のように自然に依存するものというように分けられるわけがございますが、今日の私の話といたしましては、主として今技術的に確立しているとともに人為的に出力が変えられるコジェネレーションの普及について少し議論してみたいと考えております。

まず分散型電源のなかでは、今申しました

ように、コジェネレーションがすでに実用化の域に達しておるわけでございますが、これが一般に普及するためにはどういう問題があるだろうかと考えてみますと、以下の四つの問題があるかと思われまます。

すなわち、コジェネレーションについて言いますと、当然技術的課題というのはもうないわけでございますが、むしろ法制問題といえますか、實際上その運用に関します問題が若干あるわけがございます。従来言われておりますのが、一つは電力系統への連系の問題でございます。電力系統への連系と申しますと、各需要家が例えばコジェネレーション設備を自分で設置される、その場合にそのコジェネレーションの発電機が壊れることも当然ございまいしょうし、あるいは検査のために止めている時もある。そういう時に電力会社の系統に連系しておきますと、その時に電力を買えるということございまして、常に安定した電気が得られるということで、コジェネレーションにはこの連系が不可欠であると従来から言われております。

もう一つは、不足電力の供給の問題でございます。これは連系いたしますと、今申しましたように、コジェネレーションが壊れた時

とか、あるいは検査の時に電力会社から電気を買うわけですが、この買う機会と申しますと、1年に何回あるか、という程度のものでございますが、そのために1年間のトータルの契約を電力会社といたしますと、非常に固定費が高くつくということから、この不足電力に対します電気料金制度を作ってもらえないかというのがこの問題でございます。簡単に言いますと、不足電力を安く売ってくださいということでございます。

それから三つ目が余剰電力の問題でございます。コジェネレーションと申しますと、大体熱需要と電力需要がマッチングした需要家に適している、このように一般的に言われておりますが、そういう需要家でありまして、ある時には電気が余るということがございます。仮に余った電気を電力系統に編入いたしまして、電力会社にある程度のコストで買っていただきますと、コジェネレーションの資本回収にも役立つということで、従来からこれも希望があったものでございます。なお、アメリカでは、この余剰電力の購入につきまして、法律でこれを買う価格とか、あるいはその買取義務等を定めております。

最後は、特定供給の問題でございます。これは例えば私がコジェネレーションを自分の家につける、例えば私の家ですと、1kWのコジェネレーションがあればいいわけですが、コジェネレーションにつきましてもやはりスケールメリットというのがございます。例えば100kWにするということになりますと、kW当たりの単価が相当安くなります。ただ電気が余ってしまいますので、これを隣近所に配りたい、電力会社に売ってもよろしいのですが、余り高いお金で買ってくれない。隣近所です

と、もうちょっと高いコストで買ってくれるだろうということから、隣近所に配れないか、これが一般に特定供給と言われている問題でございます。こういう大きく四つの問題がございます。そのほかに先ほど話がありました環境の問題、あるいは保守・保安の問題がこれに加わってくるということでございます。

コジェネレーションという問題はここ3～4年議論されてきた問題でございます。一時は電力とガスの熱い戦いとかいう非常にマスコミにセンセーショナルにとらえられたこともございますが、それ以降当省あるいは当省と電気事業者、ガス事業者といったような間で話し合いが持たれてまいりまして、この法制定の問題のうちの余剰電力売電コストと特定供給の問題につきましては、昨年4月、それから系統連系と予備電力料金の問題につきましては今年の5月の末にほぼ方向性が固まった段階でございます。これからこの方向性についてお話をしたいと思っております。

2. コジェネレーションに対する基本的考え方

まずこういう問題を考えます際に、コジェネレーションというのは我が国にとって損か得か、国としてどう考えるかという基本ポジションの問題があります。これにつきまして、当省といたしましては、コジェネレーションというのは、熱と電気の需要バランスがマッチした時には非常に効率も高いし、我が国全体としてみた場合、省エネルギーという点で非常に効果があるのではないかとということで高く評価しております。ただし、先ほど申しましたように、電力系統に結び付けること

が、他の需要家に迷惑をかけてはいけないということで、この点を十分に注意しないといけないというのが結論でございます。

3. 余剰電力の売電コスト

そこで個別問題に入っていくわけですが、まず余剰電力の売電の問題でございます。今電力会社に電気を売っている形態といたしまして、一般にございますのは、卸売電気事業者と言われるものでございます。電源開発株式会社あるいは日本原電、そのほか各公営電力というのがこれに相当しております。これらにつきましては、いわゆる原価で電力会社に売るように義務づけられておりますので、例えば発電原価が20円ですと20円で電力会社を買っていただく、こういう形をとっているわけでございます。ただし、自家発電からの余剰電力につきましては、話が若干異なっております。すなわち、卸売電気事業者の場合につきましては、まず売る相手が電力会社だけということでございますので、出てくる電気のコントロールといえますか、例えば、8月何日の何時頃何万kWの出力を出すということが確実に予想できるわけでございます。自家発電の場合になりますと、まずどのくらい電力を出すかというのは、対電力会社の問題ではなく、自分の問題でございまして、電力会社のサイドからみますと非常に不安定な電気でございます。簡単に申しますと、kWとして自分の供給力として期待できない電気ということが一つ上げられます。次に卸売電気事業者につきましても、いわゆる電気事業者と言われる方は専門の保安要員を多数抱えておられるということで、保守も非常にちゃ

んとやっておられるわけでございます。これに対しまして自家発電設置者は、主任技術者の専任義務等もございまして、保安をやっていただけではおりますが、やはり効果的にみますと、組織だっでの保守というふうには必ずしもなっておりませんで、事故率がどうしても高くなる。そういう点でも電力会社のほうからしてみますと、自家発電の余剰電力というのは非常に不安定なものだということがございますので、この買取価格につきましては国として干渉しない、卸売の場合につきましては原価で買ってくださいということになっておりますが、自家発電については干渉しない。電力会社とその自家発電の設置者の間で個別契約をやっていただきたいというのが基本でございます。ただ、その際にもやはりこれを買うことによって電力会社がどの程度コストが低減できるか、あるいはコジェネレーターの発電コストはどの位のものかというようなことはやはり考慮していただきたいというふう考えております。これが余剰電力の売電の問題でございます。

4. 特定供給

次に特定供給の問題でございます。これにつきましては、もともと出てきました理由と言いますのは、最近雑居ビルが非常に増えておりまして、その雑居ビルのオーナーがコジェネレーションを自分のビルに置いて、そこから電力を店子に配れませんかというのが根源的な発想でございます。これは一見、非常に理に適っており、当然ビルの中の人ぐらいいいじゃないかという議論が出るわけでございますが、現在の我が国の電気事

業法の体系から申しますと、不特定多数の方に電気を売るというのは、一般電気事業者に限られています。非常に制限をしておるわけでございます。現に今日本は九電力体制と言いまして、9つのブロックごとに地域独占を認めているわけでございますが、これを認めている理由というのは、かつて電力会社が乱立していた際に電力料金のダンピングが生じ、その中で、各社が投資的資金も確保できず、結果的に全体の供給力が落ち込んでいったという苦い歴史を踏まえたものでございます。こういう歴史の中で、むしろ一般の方に売るのは、一般電気事業者といわれる九電力に限定しようじゃないかという考え方が生まれているのでございます。ただ電力会社に対しましては今のような恩典を与える一方、供給義務という厳しい義務を課しているわけでございます。ここで知っていただきたいのは、一般電気事業者には電気を売ることと裏腹に供給義務が課せられているということでございます。

店子に電気を売ってもいいじゃないかという話があった際には、そのコジェネレーションの設置者というのは、供給義務を確保できるのだろうかということが甚だ疑問であります。例えばそのコジェネレーション設備が壊れた時にはもう一台予備をつけますかと言うと、つけられないわけです。その時には結果的に電力会社から不足電力を買いますから、最終的には電力におんぶせざるをえない、こういうような構造になっております。従いまして我々としましては、現時点におきましては、やはり他人に電気を売るというのは電力会社にまず限定したほうが望ましいであろうということから、特定供給の問題につきまし

ては、従来の運用を変えないということで結論づけられているということでございます。ただ将来的にこの考え方をずうっと取っていくのですかという疑問も当然あると思いますが、これにつきましては、コジェネレーション導入の普及の状況というのがそうたくさん出てきているわけでございませぬので、むしろ今後の長期的な検討課題ではないか考えております。

5. 電力系統への連系

次に一番問題となりました電力系統への連系の問題、それから不足電力の供給の問題について若干ご説明したいと思います。

表1は今年5月にコジェネレーションのための委員会を役所に設置いたしまして、そこで決まりました系統連系の技術要件のガイドラインを示したものでございます。ガイドラインは、先ほどから申しておりますように、あくまでもコジェネレーション、現在ある技術、それから人為的にその出力を変えられるといいますか、制御できる発電機に關します技術的ガイドラインというふうにご理解いただきたいと思ひます。

この時に議論になりましたことは、表の左のほうに検討項目と書いてございます。まずコジェネレーション需要家と申しますと、大体1,000kW、2,000kWあるいは大きくても4～5,000kW程度でございますが、一般的に電力会社の系統につなげるといった場合どういうふうにつなげるかと考えますと、通常できれば6,000ボルトの配電線につなげたらどうかという考えができるわけでございます。それより非常に大きいものになりますと、20,000ボ

的 対 応			備 考
(6 kV)	特別高圧送電系統		
逆潮流あり	逆潮流なし	逆潮流あり	
同 左	系統の各電圧別の契約電力の上限の範囲内	同 左	高圧配電系統で逆潮流がある場合は、連系容量が配電用変電所のバンク負荷を上回らないよう制限
(専用線連系とするため不要)	必要に応じ自動電圧調整装置等の設置	同 左	
同 左 同左 (左記対策が不可能な場合は同期発電機の採用)	同 左 同 左	同 左 同 左	
同左 (逆電力継電器を除く) 及び転送遮断装置の設置並びに専用線連系 同左 (ただし、コジェネレーション設置需要家が自動再閉路を必要とするときのみ)	高圧配電系統 (逆潮流なし) と同様及び周波数上昇継電器の設置 同 左	同左 (逆電力継電器を除く) 及び転送遮断装置の設置 同 左	
同 左	限流リアクトル等の設置	同 左	
同 左	同 左	同 左	
同 左	同 左	同 左	同期発電機の場合は力率調整が可能

るものとする。
 協調を図ること。
 統の場合に準じつつ個別に検討することが必要である。

時にはどの程度に抑えるべきかというのが電圧変動の問題に続いてまいります。このような二つの観点から電圧変動については検討しております。

三番目は保護協調の問題でございます。保護協調と申しますと、どういうことかと申しますと、コジェネレーションが系統にぶら下がりますと、コジェネレーションにおけます事故も考えられます。それからそれがぶら下がっている配電線の事故も考えられます。さ

らにその上位系統での事故も考えられるわけでございますが、その際にコジェネレーションが適切な保護ができるかということが必要でございます。このような観点から調査したものでございます。

四番目は短絡容量の問題でございます。一般に配電線につながります需要設備、とくに自家用の需要家につきましては、すべて遮断器がついております。大体6,000ボルトの需要家の遮断器でございますと、150MVAの定格

のものがついているかと思いますが、この配電線にコジェネレーションを結び付けますと、短絡容量が増加するということとなります。その結果、例えば当該系統の短絡容量が150MVAを超えてしまったという場合につきましては、その自家用の需要家で事故が起きた時に自分で遮断器を切ろうと思ったけれども、全体の短絡容量が超えておりますので、切れないということで、波及事故につながる。あるいはその中の設備の事故の増加につながるというようなこともございまして、こういうことから短絡容量の問題を取り上げたということでございます。

五番目には力率の問題がございます。一般に誘導機をつけると力率が下がると言われておりますが、当然コジェネレーションを誘導発電機で行う場合には、力率が低下していく、こういう問題があるわけでございます。力率の低下につきましては、現在85%ぐらいの力率以下に下げないように全体を運用しているということもございまして、コジェネレーションをつけましても、85%を下回らないようにということが基本となっております。

最後は事故時の連絡体制の問題でございます。コジェネレーションといえども発電所でございます。いざ事故があった時には、とくにそこと連系しております電力会社と適切な連系を取らないといけないということがございます。よくありますのは、火事の時でございます。ビルで火事が起こりますと、そこにハシゴ車がかかるということで、ハシゴ車が配電線を切ってしまうというのが通常でございますが、電力会社のほうで配電線を切りましても、コジェネレーションのほうで切っておりませんと、電圧がかかっていて、感

電死することもございます。このようなことから、連絡体制を密にしないといけないということで、この項目が上がっているわけでございます。

以上の6点から連系の要件を考慮したというものでございます。なお考慮に当たりましての分類でございますけれども、この表に書いてございますように、一つは技術的対応のところを見ていただきたいのですが、6,000ボルトの配電線につながる場合と、特別高圧につながる、つまり、それ以上の電圧につながる場合によって分けております。

それからもう一つの細分類でございますが、逆潮流なしとありという形で分けております。これはどういう意味かと申しますと、逆潮流なしと言いますのは、いわゆるコジェネレーションから発生した電気を自分の中だけで使いまして、電力会社に売電しないというケースでございます。この場合電力系統からみますと、発電所ではございますけれども、一面需要設備としての性格を持つ。電力会社に売りませんので、電力会社からみたら、電気が全然こないわけですから、発電所とはみられないということで、だいたい電力会社に電力を売る場合と対応が異なっております。

こういうように、6,000ボルト、それ以上、それから逆潮流なし、ありというような形で今の6点から検討を加えた結果がこの表1でございます。

5.1 コジェネレーションの設備容量と連系する系統の電圧

これについて若干ご説明いたしますと、まず最初の設備容量の問題でございます。6,000ボルトにつなげられるコジェネレーションの

大きさというのはどの程度かということでございますけれども、現在電力会社におきましては、基本的には2,000kW未満の需要家につきましては、6,000ボルトにつなげようということになっております。そういうことからコジェネレーターの需要につきましても、2,000kW未満であれば、一般の配電線につなげていいのではないかとというのがこの結論になっております。なおこれ以上の場合につきましては、特別高圧につなげていただくということでございます。

5. 2 電圧変動に対するコジェネレーション側の対策

次に電圧変動の問題でございます。先ほど申しましたように、常時電圧につきましては、101±6ボルト、それから202±20ボルトに維持するというのが決まっております。コジェネレーションが一般系統に並列された場合、その全体の軽負荷時にコジェネレーションがボンと入ってきますと、電圧が上昇したり、あるいは重負荷時、全体の系統が非常に需要が増えている時にコジェネレーションがボンと落ちますと、電力会社のほうから今度不足電力を供給いたしますので、全体の電圧が下がるということがございまして、この場合にも今申しました電圧を維持できるかどうかということを検討いたしました。その結果、対策といたしましては、ここに書いてございますように、101±6ボルトあるいは202±20ボルトを逸脱するような場合につきましては、自動負荷遮断装置を設置してほしいということがガイドラインとして挙がっております。すなわちコジェネレーションとして1,000kWのものをつけておりまして、このコジェネ

レーションがボンと落ちますと、1,000kW電力から買うわけでありましてけれども、この場合、今申しました101±6ボルトを逸脱するという可能性がございますと、1,000kWのコジェネレーションが落ちた時に、例えば自分の負荷を500kW落とし、電力会社からの講入を、500kW以下に抑えますと、101±6ボルトに収まるというようなケースが考えられるわけでございます。こういうようなことを必要な場合についてはやってくださいということでございます。

次は瞬時電圧変動の問題であります。ご存じのように、同期発電機につきましては、同期速度付近で並列を行いませんと、非常に大きな突入電流が流れます。それから誘導機の場合につきましても、最初瞬時的に定格電流の5～6倍の電流が流れるということで、系統の電圧が下がるわけでございます。一般に瞬時電圧変動に対して今は非常に普及しておりますコンピュータとか、OA機器とか、産業用ロボットがどの程度耐えられるかということでございますが、これにつきましては最近のこれまでの経験則では大体10%程度であろうと言われております。そういうことから、ただいまの同期機器の併入の時、あるいは誘導機の併入の際に定格電流の10%以上電圧が瞬時に低下しないようにして欲しいというのが当方からのお願いでございます。そのための具体的な方策といたしましては、ここに書いてございますように、同期機器につきましては、自動同期の検定装置をつけて欲しいということがガイドラインとして上がっております。それから誘導機につきましては、限流リアクトルを基本的につけて欲しいということでございます。

5.3 保護協調対策

それから保護協調でございます。保護協調でとくに考える必要のあるケースといたしましては、先ほど言いましたように、上位系統での事故、それからそれにつながっています配電線での事故、それからコジェネレーションの構内事故という三つの事故があるわけでございます。当方の検討した結果によりますと、いずれの場合についてもコジェネレーションを速やかに系統から切り離して欲しいということが基本でございます。このための対策といたしましては、この表に記してありますように、短絡・地絡あるいは異常検出あるいは逆電力継電器等々をつけて欲しいというのが一つでございます。これが基本でございますけれども、現在、我が国自家用設備の年間の波及事故件数をみますと、約1,100件になっておりまして、必ずしもコジェネレーションの側で事故の時に、切れない場合がございます。これにはいろいろな理由があると思えますけれども、一般に自家用にはよく見られるケースでございますので、こういう場合にはどうしたらいいかということでございます。そのために電力会社の配電線を出す配電用変電所の出口に無電圧確認装置をつけよというのがこのガイドラインのもう一つの結論になっております。これは今申しましたように需要家が事故時に発電機を系統から解列するわけでありまして、本当に彼等は系統から切り離れたかどうかというのを電力会社から見られるようにしようというのがこの思想でございます。

5.4 短絡容量対策、力率対策

次に短絡容量でございますが、これは先ほ

ど申しましたように、いわゆる一般の配電系統ですと、150MVAを上回るか、下回るかということで、対応が異なってくるわけでございます。上回るような場合については限流リアクトルをつけてくれというのが結論になっております。それから力率につきましては、先ほど申し上げましたように、やはり85%を基準といたしまして、それを下回らないように、例えば力率改善用のコンデンサをつけて欲しいというのがガイドラインの骨子になっております。これがガイドラインの基本でございます。

5.5 その他の対策

今申しましたのは、大体配電線につなげて逆潮流なしの場合でございますが、それ以外にありの場合についてどう変るかということでございますが、基本的に異なりますのは、一般用の配電線につなげるというのは現在の技術ではなかなか難しいということで、むしろ専用線を引いて欲しいというのが基本になっております。この専用線を敷くこと、それからコジェネレーションにおけます遮断器と電力会社の配電用変電所の出口の遮断器、これを転送遮断できるようにして欲しいということが逆潮流なしの場合と大きく異なっている点でございます。それ以上特別高圧になりますと、ほぼ普通の発電所と同様の対策を取って欲しいというのが骨子になっております。以上が連系技術ガイドラインの概要でございます。

補足的に申し上げますと、今申しましたように、いろんな設備をつけていかなければならないわけでございますが、これ等については原因者負担ということで、費用については

コジェネレーターの負担とするというのが基本となっております。これが連系規準でございます。

6. 予備電力料金

最後に業務用の予備電力の問題について少し言及したいと思います。先ほど申しましたようにコジェネレーションが壊れた際に電力会社から電気を買うわけでございますが、実はこの制度というのは、大口需要家についてはもうすでにできております。これは現行の予備電力甲という銘柄でもう認められていますが、この内容は電力会社から電気を買わなかった月につきましては、基本料金は通常の5分の1でよろしい、それから電力利用料金、これは何kWアワー使ったか、こういう料金でございますけれども、定期検査とか、定期補修といったような電力会社からある時期に必ず彼等とはまるなあと思っている時については普通の料金、突発的な事故で壊れてしまった、予定していない時に電力を売った、こういう場合については25%増しの割増料金で予備電力を売りますというのが現在の予備電力の甲の内容でございます。こういうものを業務用につけてくれというのが今回の要求だったわけでありまして。すなわちコジェネレーションが入る需要家はどのような需要家かなとみていますと、一番可能性が高いのはビルあるいは店舗といったようないわゆる業務用電力と言われております。これについての予備電力を作って欲しいということだったわけでございます。

今申し上げましたような大口電力、これは工場が主でございますが、これと同じものを

使ったらいけないかという議論もあるわけでございますが、実は大口の場合と業務用の場合で若干予備電力の使い方が異なっております。すなわち業務用需要増加にコジェネレーションをつけた場合の予備電力の買い方をみてみますと、ある時期にどれほど予備電力がいるのかという計算、見込みというのは非常に立ちにくうございます。それからまた各々が非常に小さい需要家でもございますし、電力からすると、なかなか何時どのくらい予備電力が流れるのか把握できないような、こういう性格のところが大口の予備電力と異なっているところでございます。そういうことから今回業務用予備電力を設定するに当たりましては、大口の場合については電気を買わなかった月は通常の月の基本料金の5分の1と申し上げましたが、これを若干高めて3割ぐらいの料金を取ろうかということではほぼ考え方が纏まっております。kWh料金につきましては、これは大口と同じでよろしいのではないかとございまして。こういう今申しましたことで大体コジェネレーションの四つの問題については、ほぼ方向性が出たわけございまして、今後これに従ってコジェネレーションを進めていただくということになっております。

7. その他の分散電源開発の進め方

では、この先の分散型電源の導入はどうするのかということでございますが、これにつきましては、電源の開発、先ほど申しましたような太陽光発電とか燃料電池といったものは現在工業技術院のほうで一生懸命研究している最中でございます。ただし、こういう問

題はコジェネレーションの時にも起こったように、一般系統にやはり並列する必要がございます。この並列の際の技術的問題というのを今から検討しておかなければいけないということがございます。そういうことで現在資源エネルギー庁では60年度から分散型電源、これは新しい分散型電源でございまして、風力とか、太陽光とか、燃料電池とかいったものでございますが、こういう新しいタイプの分散型電源を一般系統に入れた時に電気的問題はあるのか、ないのかといったことをやはり調べる必要があるということで、60年度からNEDOに補助金を出しまして、研究を始めていただいております。私のあとの講師から具体的な話があると思います。やり方といったしましては、理論的なところはNEDOからエネルギー総合工学研究所に再委託されて

おりまして、この中で調査委員会を作りまして、検討をさせていただいておるという状況でございます。委員長には茅先生になっていただいております、電力、ガスメーカーといった関係者が集まりまして、どういうことを検討したらいいか、どういうシステムを組んで実験すれば、今言ったようなことが分るのか、どこでやるのか、どういうスケジュールでやるのかといったようなことを現在検討させていただいております。新しい電源につきましてもこういう試験結果を踏まえまして、今後我々としましては、それに素早く対応していったって、分散型電源が我が国の電源に補完的にうまく機能していくように推進していきたいと考えております。(こもだ やすひさ)

分散型新発電技術の研究開発の 現状と実用化への展望

その1：新発電技術の研究開発の現状

新エネルギー総合開発機構

燃料・貯蔵技術開発室室長代理 伊 藤 登

1. は し が き

本日私に与えられた題は、分散型新発電技術の現状というテーマでございます。

実はそのねらいというのはやはり実用化への展望をどう図っていくかということにございますので、その前座としまして、実際にその新発電技術の開発がどのくらいまできているのかということをご報告をするということにございます。実用化導入にかかる問題点については、次の講演でお話いただくことになろうかと思えます。

開発の現状でございますが、先ほど上之菌先生からいろいろ開発に対する注文がございました。したがって、その問題も若干含めて開発の現状を話していこうと考えております。ただ、ここで断わりしておきますのは、新発電技術の現状を燃料電池、太陽電池ならびに風力発電、この三つにとりあえず限定させていただくということと、我が国の現状が中心であるということをお断わりしておきます。諸外国の状況等もお話すべきかも知れませんが、時間の都合で我が国としてどのように導入を図っていくかということが中心

ということでお断わりしておきます。したがって、燃料電池並びに太陽電池、風力発電という順序でシーケンシャルにお話していくつもりでございます。

2. 燃料電池発電

我が国の燃料電池の開発は、ムーンライト計画が昭和56年発足してから急速に発展を遂げたと言っても言い過ぎではないと思えます。現在どういう状況にあるかというのを結論的に申し上げますと、1,000KW級の発電プラントが実際のサイトにおかれて、調整運転をする段階にまで辿りついたということにございます。これは技術的レベルから言いますと、アメリカが開発しました1,000KW—いわゆるPC-18—のその後の4,500KWのもの後追いということではなくて、やはり自主技術等の確立ということから、それぞれ性能的にはかなり高度のものをねらったものです。ただ、開発が56年から始まってかなり短期間に進めたので、かなりキャッチアップを中心にしてきたということも否めない事実であります。さらにそれを日本的な技術とし

で盛り上げていくというところにねらいがあったかと思ひます。

先ほどの講演の中で今後は周辺技術の開発も併せてやっていかなければいけないという話がありましたので、そのことも最後にちょっとふれたいと思ひます。

図1は我が国のナショナルプロジェクトとしてのムーンライト計画による研究開発スケジュールを示してあります。

現在、導入促進あるいは導入ビジョンということでもとりあげられているものは、リン酸型燃料電池ということに当面は限らせていただいております。つまり我々の導入時期における目標というものは、リン酸型においては1980年代の後半から導入が始まり、90年代においてそれがかなり花開くであろうという展望を描いております。因みに熔融炭酸塩型につきましては1990年から2000年にかけて、その次の固体電解質につきましては2000年以降を目途にというような形を取っております。ただ、これは技術開発の進捗によってかなり

変わってくることになろうかと思ひます。これらの目標に向って努力していく積りでありますが、ここではそのうちリン酸型を中心に考えております。したがって、現在、昭和56年から59年の要素技術の開発、すなわち高性能セルの開発、あるいは燃料電池に適した信頼性のあるクイックレスポンスの燃料改質装置の開発等の研究を経まして、58年から1,000KW発電プラントの設計に入り、59、60の2年間で1,000KW、分散配置用(オンサイト型)及び火力発電所代替用の2基の発電プラント開発に着手したわけでございます。分散配置用につきましては、関西電力堺港発電所に、それから火力発電所代替用につきましては、中部電力知多第二発電所にそれぞれ設置して、現在鋭意調整試験中でありまして、今年の晩秋から本格的な運転研究に入る予定であります。

次に、オンサイト型発電プラント(200KWプラント)について言及したいと思ひます。このタイプは資源エネルギー庁の導入ビジョ

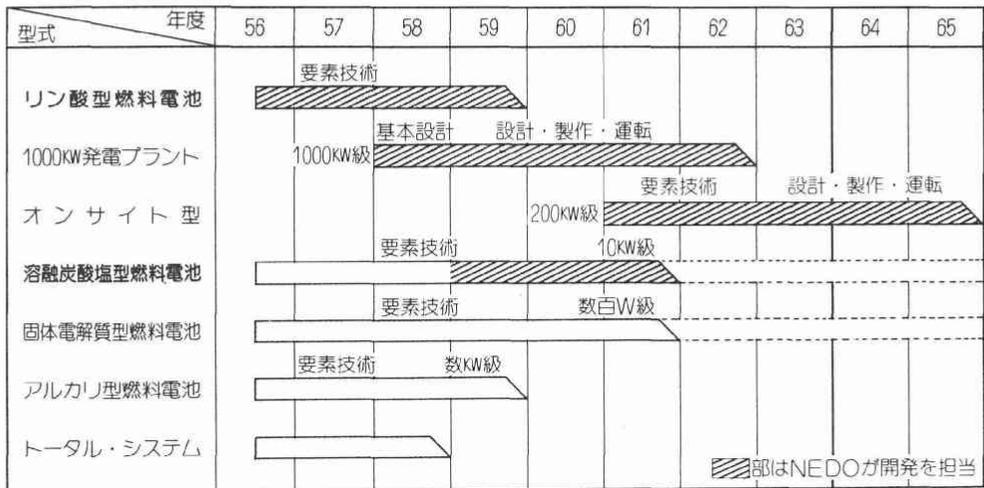


図1 ムーンライト計画による研究開発スケジュール

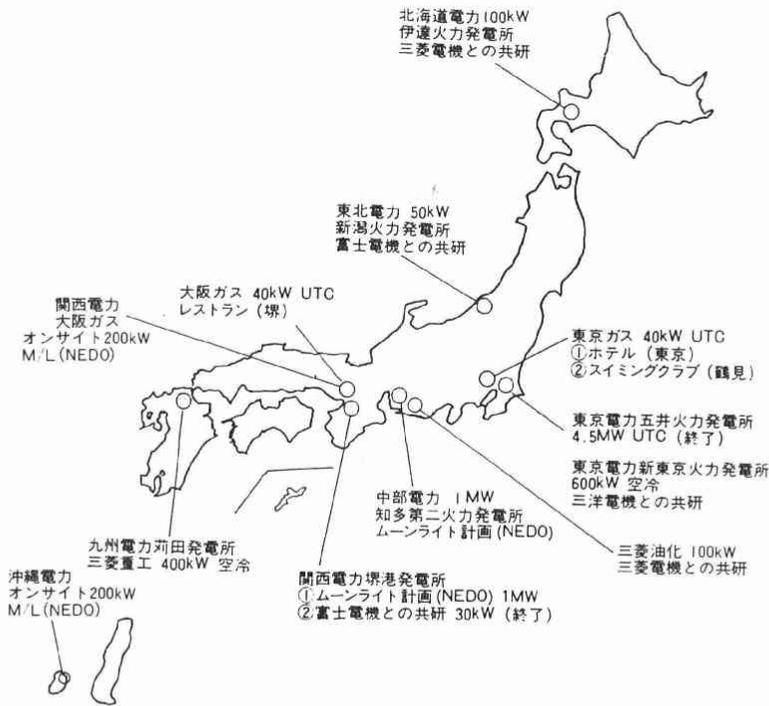


図2 日本の燃料電池発電実験箇所 (電力, ガス; 予定も含む)

ン等から実際に80年代後半に導入を図れるものは、オンサイト、いわゆる小容量の、50あるいは100KW級から数千KW級までのオンサイト型、例えばホテルであるとか、ビルあるいは病院等の需要に対応できるものでしょう。これは発電所タイプのものとは若干要求性能が異なるということで、導入促進をするために、オンサイト型に見合った要素開発が必要になってきたわけです。これを早期に解決する、つまり62年までに2年間かけて実際にそのコンパクト化を図るとか、あるいは先ほどご指摘がありましたKW当たり、建設コスト三百数十万円を、在来の電源と競合しうる程度にコストダウンを図る、少なくともこの研究開発によって実用化への見通しが立てられる段階に到達できるよう思い切った技術改革をやっていこうということで始めたわけでありました。

したがって、先程、ご指摘がありましたマ

ッチングの取れた開発と言いますか、周辺技術の開発というものも含めまして、つまり要素技術、例えばターボコンプレッサーの高効率化を図るとか、あるいはコンパクトリフォーマーであるとか、そういうものを含めまして、高効率のコンパクトオンサイト型の燃料電池の開発を行なっていこうということで実際に着手したわけです。

今述べたナショナルプロジェクト以外に、60年代に入りまして次々といろんなプロジェクトが民間サイドでも発表され、研究開発あるいは利用されてきております。

図2は日本の燃料電池発電プラント実験箇所(計画、建設中を含む)を示しております。この図で我々がナショナルプロジェクトとして研究開発を行っているところはムーンライト計画(NEDO)と書いてあるのがそうです。図の真中へんの知多第二火力と、それから堺港、このメガワットプラント二カ所、そ

のほか過去の経緯等すべて網羅してあります。日本の燃料電池発電の実験場所ということで、先ほど申し上げましたようにアメリカに比べて約10年ぐらい遅く着手したものの、このように数多くの実験をする段階にまで至っているということを図は示しているわけです。北から北海道電力を始め、東北電力が現在計画中でございます。このほか東京ガスならびに大阪ガス、両ガスユーティリティーにおける40KW、PC-18の実証試験というのがございますし、東京電力の4.5MW、これは一応昨年暮で終了いたしました、そういう実証研究等がございます。

そのほか、これは東京電力の新東京火力で200KW空冷式のオンサイトタイプといったほうがよろしいでしょうか、3基の実証試験を行うという計画、それから三菱電機ならびに三菱油化と、これは工場用というように位置づけられるかも知れませんが、100KWのいわゆるオフガスを利用した燃料電池の運転研究、それから南端はオンサイト型NEDOプロジェクトといたしまして、沖縄電力にお願いすることになりました、200KWの離島用プロジェクトがあります。また、関西電力ならびに大阪ガスに共同委託しましたオンサイト発電、これはホテル等で使用される業務用の燃料電池の開発ということであり、これは、実際には昭和61~62年要素開発、63年に製作設置し、64、65年に運転研究を行って、その後この様な分野へ導入促進を図っていくというもので、そのレベルにきておるわけでございます。

図3はサイトの例でございます。図は関西電力の1MWの発電プラントの鳥瞰図です。実際のサイトは中がごたごた込み入った配管

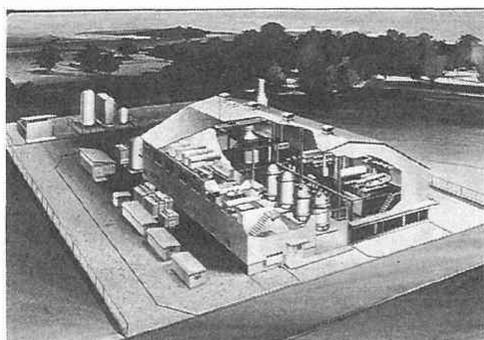


図3 1MW発電プラント鳥瞰図

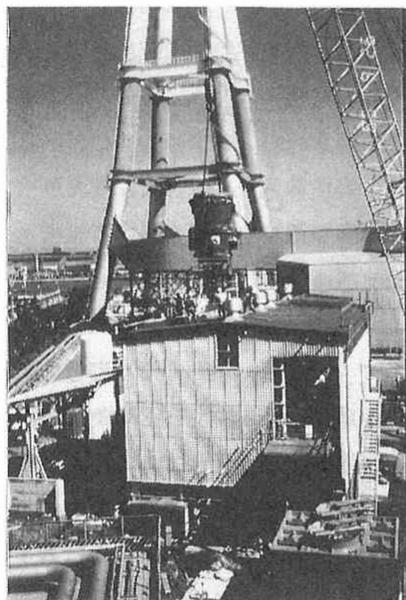


図4 1MW発電プラント建設現場(中部電力)

等がありまして見にくいものですから、鳥瞰図を示しましたが、これが実際の1MWのプラント構成でございます。

図4は同じく中部電力に設置しております発電プラントの現場でございます。図3の鳥瞰図で四つ並んでおりました燃料電池スタックは1MW用4基で、つまり250KWスタック4基で賄かなうものですが、図5はそのうちのひとつでございます。

図6は東京電力から拝借したもので、すでに昨年暮に実証試験を終了いたしました

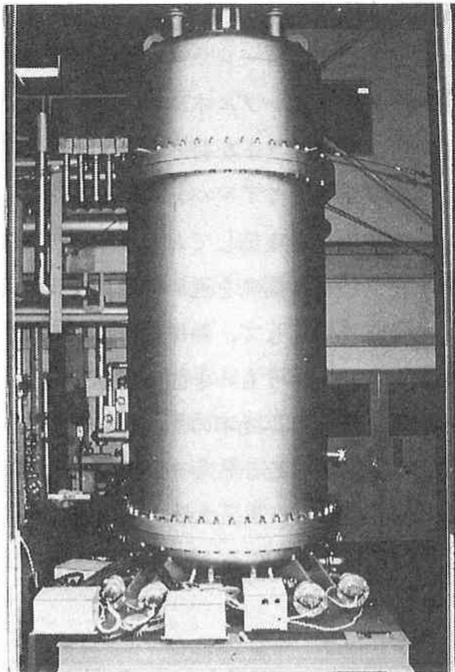


図5 1 MW発電プラント用電池スタック
(250KW容量)

4.5MW発電プラントのサイトです。これは屋外式の構造になっております。わがNEDOのプラントは両方とも屋内に置いてあります。我々としては、実証プラントということで、運転研究を実施するよう考えていますので、雨が降っても実験し易いように屋根があったほうが良いということで発電プラントを構成したのですが、将来の実プラントでは屋外式にもっていく方がよいと考えております。

図7は、大阪ガスから拝借したもので、図2の真中へんに表示しています大阪ガスの40KWオンサイトプラントのサイトです。このようにオンサイトプラントを含めまして、我が国では10個所以上の実験プラントが既に設置され、実験中または終了、あるいは設置さ

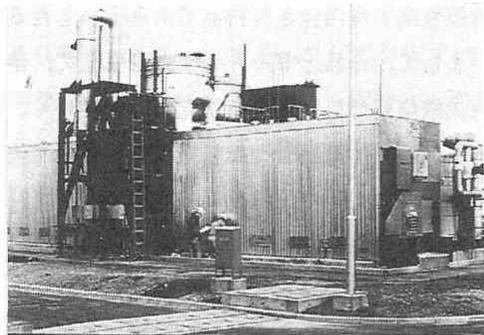


図6 東電4.5MW発電プラント(五井)



図7 大阪ガス40KWオンサイトプラント

れようとしております。それによって多くの実験的知見が得られ、さらに導入促進のためにどういう問題をやっていかなければならないかということが展望されるわけでありませう。

したがいまして、先ほどの宿題として、まず一つは燃料供給とのマッチングを考えた開発計画になっているかという命題に対しましては、1990年代初頭の導入ということでありまして、一応それに合わせて以降約10年、少なくともピークになるまで約10年間市場導入への馴染みを作り、さらにその信頼性を十分確かめた上で、2000年以降の電源としての大きな役割を担って貰うべく、つまり天然ガスの供給のピークをさらにあとあとまで伸ばすということを考えております。併せて2000年

以降になりますと、石炭ガス化技術がかなり信頼性高く実用化され得るであろう。したがいまして、それとドッキングさせまして、熔融炭酸塩型燃料電池を実用化に向けていく。あるいは固体電解質型燃料電池を手がけて実用化に向けていく、そういう戦略を考えて、先ほどお見せしました開発計画に則ってやっていこう、このように考えているわけです。したがいまして、当面は熔融炭酸塩型燃料電池を62年から強力に立ち上げていくことが必要ではなからうかということで、関係者間で官民揃ってこの開発に向かっていこうというように現在考えておる次第であります。

それと、もう一つは、燃料電池の大きな特徴の一つにご承知のように熱併給ということ

がございます。そのために実際にどういう開発があるのだと言いますと、直接的には燃料電池に附随したものは現在まだありませんが、NEDOではムーンライト計画の下で、スーパーヒートポンプエネルギー集積システムというプロジェクトを行っておりまして、そのプロジェクトでアドバンスドタイプヒートポンプの開発を実施しております。そこで、高効率熱交換器の開発を進めております。そこでの成果を活用して、熱併給における熱供給の高効率化というものを図っていけば、システムとしてより高効率の熱電併給ができあがっていくのではなからうかと考えております。

表1 太陽光発電システムの開発状況

研究施設	場所	主	
		規模(kW)	蓄電池
(1) 個人住宅用	神奈川県横須賀市	3 kW	14 kWh
(2) 集合住宅用	奈良県天理市	20 kW	114 kWh
(3) 学校用	茨城県(筑波大学)	200 kW	576 kWh
(4) 工場用	静岡県湖西市	100 kW	500 kWh
(5) 独立分散型等	① 山間僻地用	富山県立山山麓(大山町)	5 kW 125 kWh
	② 離島用電力供給	沖縄県座間味村(座間味島)	50 kW 305 kWh
	③ 離島用海水淡水化	長崎県福江市(黄島)	25 kW 115 kWh
	④ 洋上用	大分県佐伯湾(海洋牧場)	10 kW 153 kWh
	⑤ メタンガスハイブリッド	鹿児島県隼人町	30 kW 240 kWh
	⑥ 木材発電ハイブリッド	静岡県水窪町	5 kW 173 kWh
(6) 分散配置型	千葉県市原市	200 kW (25kW × 4) (50kW × 2)	400 kWh
(7) 集中配置用	愛媛県西条市	1,000 kW	1,800 kWh
(8) 光熱ハイブリッド(集光型)	広島県坂町(中国電力資材センター)	電気 5 kW 熱 25 kW	37 kWh

3. 太陽光発電

次に、太陽電池について触れたいと思います。

表1は、現在行っている太陽光発電システムの開発状況を示したものであり、表2は我が国の太陽光発電システムの設置状況を示したものです。

先ほど上之菌さんのお話の中で、いろいろ問題点が指摘されました。それに対応して太陽光発電では一体なにが問題なのかと言いますと、やはり結論的には二つの要因つまり低コスト、高効率の太陽電池製造技術の開発ということと、太陽光発電のシステム化技術開発を各種行っていく必要があるということ

で、それに基づいた開発計画が進められています。前者について言えば、実際には単結晶シリコンあるいはアモルファスシリコンの開発をしているということと、同時にその利用システムとしまして、表1、2に示すような住宅用あるいは学校用、工場用というような開発がいろいろ行われております。すなわち利用システムに基づいて、それぞれ最適なシステム、設置場所とかあるいはシステムというものが最適化されているのかどうかというような命題に対しまして、一応各設置場所に適した開発というものを行うこととしています。これが現状の開発時点において最適かどうかと言われますと、まだ答が完全に出ていないわけではございませんので、常に最適な

要 仕 様		開 発 ス ケ ジ ュ ー ル							
電力系統との関係	そ の 他	55	56	57	58	59	60	61	
常 時 連 系	逆潮流防止		■	■	■				
	瞬間切換		■	■	■				
	逆潮流防止		■	■	■	■			
	直流側で連系		■	■	■	■			
非 連 系	バックアップ用電源 (小型燃料電池 4kW)						■	■	
							■	■	
							■	■	
							■	■	
							■	■	
							■	■	
							■	■	
	メタン発電 20 kW						■	■	
	木材発電 1.4 kW						■	■	
常 時 連 系	模擬配電線連系		■	■	■	■			
	変電所母線へ		■	■	■	■	■		
	無瞬断切替		■	■	■	■			

設計 建設 運転研究


表 2 国内における太陽光発電システム設置状況の概略

システム名	規模	実施主体 (委託先など)	設置場所
1. 系統連系 (逆潮流有り)			
(1) 東北電力研究用システム	1.2 kW	東北電力	宮城県仙台市
(2) 中部電力研究用システム	500W×2	中部電力	名古屋市
(3) 関西電力集光型 I	50 kW	関西電力	兵庫県山崎町
(4) 関西電力集光型 II	10 kW	関西電力	兵庫県尼崎市
(5) 分散配置型システム	200 kW	NEDO (東電, 電中研)	千葉県市原市
(6) 集中配置型システム	1,000 kW	NEDO (四国電力)	愛媛県西条市
(7) 水上立地研究システム	1 kW	NEDO (電源開発)	大阪市住之江区
(8) 電中研・狛江	3 kW×2	工技院, NEDO (電中研)	東京都狛江市
(9) 電中研・赤城	21 kW	NEDO (電中研)	群馬県宮城村
2. 系統連系 (逆潮流無し)			
(10) 東京電力研究用システム	1 kW×2	東京電力	東京都調布市
(11) 中国電力システム	1 kW	中国電力	広島市
(12) 九州電力クリーンハウス	3 kW	九州電力	福岡市
(13) 九州電力離島用システム	100 kW	九州電力	福岡県京都郡
(14) 個人住宅用システム	3 kW	NEDO	神奈川県横須賀市
(15) 学校用システム	200 kW	NEDO	茨城県筑波大学
(16) 集合住宅用システム	20 kW	NEDO	奈良県天理市
(17) 光・熱ハイブリッド	5 kW	NEDO	広島県坂町
3. 切替型システム			
(18) 東北電力中断所システム	0.2 kW	東北電力	新潟県佐渡ヶ島
(19) ソーラーハウス I	1.15 kW		奈良県天理市
(20) ソーラーハウス II	2 kW		大阪府守口市
(21) 第一家電システム	3.5 kW	第一家電	東京都秋葉原
(22) ソーラーセンター	4.3 kW		千葉県佐倉市
4. 独立型システム			
(23) 九州電力 (風力補完)	2 kW	九州電力	福岡市
(24) 工場用システム	100 kW	NEDO	静岡県湖西市
(25) メタンガスハイブリッド	30 kW		鹿児島県隼人町
(26) 独立分散 (山間僻地用)	5 kW	NEDO (北陸電力)	富山県上新川郡
(27) 独立分散型 (離島用)	45 kW	NEDO	沖縄県座間味村

ものをねらうという心構えで、やっていくというスタンスであります。勿論、それが最終的なソリューションとして最適であったというようにもっていくために、その開発の過程においていろいろ実証的検討も含めて考えているということであります。ナショナルプロジェクトのほかに民間における初期導入ということに関して言えば、太陽光発電については、若干燃料電池技術と異なるところがあるかと思えます。つまり、ソーラー電卓であるとか、あるいはソーラーゴルフカートであ

るとか、あるいはソーラーボートというように発電ということ以外に若干の付加価値のあるものがあるため、かなりコストが高い時点でも市場に入り得るという背景があると思います。したがって、そういう製品からどんどん需要開拓をしていって、さらに最終的には電力用という方向へ拡大していくという必要があるかと思えます。ただ、そのためにはやはり低コスト、高効率の太陽電池の製造技術を開発しなければいけないし、そのためにソーラーグレード、つまりセブンナインクラ

完成(予定)年月	備	考
60. 完成 57. 3 完成 59. 8 完成 60. 1 完成 60. 3 完成 61. 3 予定 60. 完成 55. 3 完成 60. 3 完成	個人住宅向け、直交磁心型およびS I Tインバータ試験 系統連系技術研究用、固定式と集光追尾式の比較検討 集光型（シリコン） 集光型（ガリウムヒ素） 発電所タイプ、25～50kW、6システム 発電所タイプ 遊休湖面を利用した集中型光発電システムの適用研究 系統連系技術研究用 系統連系技術研究用、2～5kW、7システム	
54. 9 完成 56. 9 完成 60. 予定 61. 予定 57. 9 完成 60. 3 完成 58. 3 完成 58. 3 完成	系統連系技術研究用 系統連系技術研究用 個人住宅向け、逆潮流防止系統連系 離島電力事業研究用、ディーゼルとのハイブリッド 屋根一体形アレイ、常時並列、Tr インバータ 常時並列、G T Oインバータ 逆流防止系統連系、バッテリー付 熱出力25kWとのハイブリッド、給湯、冷暖房・照明	
56. 完成 55. 3 完成 56. 5 完成 59. 3 完成 59. 10完成	1kWサボニウス型風車とのハイブリッド、中継所電源 切替型、ソーラーハウス組込デモ用 アモルファス太陽電池デモ用 風力（5kW）とのハイブリッド、照明 ビル照明	
57. 9 完成 60. 3 完成 61. 3 予定 59. 完成 60. 完成	風力（1kW）とのハイブリッド、山頂無線局用 直流負荷（自動車用バッテリー初期充電） メタンガス発電装置とのハイブリッド、バッテリー付 山間地適用研究、バッテリー、補助用燃料電池付 ディーゼル発電機とのハイブリッド、バッテリー付	

スの電池の開発というのが必要になってこようかと思われるわけでありませう。

先ほど開発のコスト目標の話がありましたので、若干ふれてみます。サンシャイン計画推進本部でまとめました新エネルギー技術開発ビジョンによりますと、サンシャイン計画が始まる当時は確かにKWH当り2,000円とか、それ以上の2,000ないし4,000円というようなオーダーであったかに聞いております。しかしNEDOが55年から手がけて、現在ようやく1桁下がった200から250円/KWHの

レベルにまで達してきたということで、今後これがさらに1桁下のレベルに本当に下がり得るのかどうかという厳しい局面に立ち向かって開発を推進していかなければならないと考えるわけでありませう。したがって至近のターゲットとしては、昭和65年頃に結晶形でKWH当り100円ないし150円ぐらいをねらっていく。それから70年代には、中規模の電源容量のものに対しては20～30円/KWHをねらう。これは薄膜結晶あるいはアモルファス電池で達成する展望があります。

それでは実際色々書いてある中で、どんなことをやっているかと申しますと、まず、製造技術の開発として、セブンナインの太陽電池グレードのシリコン製造技術として皆さんよくご存じだと思いますが、金属シリコンを原料としたトリクロロシランを製造して、流動床で水素還元をする、こういうやり方を現在行っております。これと併用しまして、さらに、我が国に豊富にあります硅石を原料とする急冷法によるクロロシランの製造技術の開発を行っておりますし、そのほか高純度シリカを製造して得られたシリカを高純度に還元して、シリコンを製造する技術の開発を平行して行っております。最終的にどういうものがいいかということはこれらの表では出ておりませんが、実際には昭和63年頃行う中間評価を目途に鋭意開発を進めているというのが実情でございます。そのほか基盤を製造する技術開発であるとか、あるいはPN接合の技術開発、パネル組立の技術開発を平行して進めております。

先ほどアモルファスに向いていかなければいけないというご指摘もございましたが、必ずしも全部アモルファスに向かなければコストダウンが図れないということではないと思います。やはりフレキシビリティをもたせた開発研究をやって、その中でやはり一番いい、あるいは電力用に適した製造法というものを指向していくのがよろしいと思っております。

そのための課題として、今までにいろんなシステムで、例えば個人用住宅であるとか、学校用とか、そういうことで、システム化によって太陽電池グレードのシリコンが適用可能であるということもほぼ実際に示したわけ

でございます。しかし、今後コストダウンを進めるために、一体どういうことをしなければならぬかを先ほど一例で示しましたが、そういう方法で低コストシリコンの製造技術開発を進めると同時に、併せて基盤製造技術の開発も行うというようにしております。

それから、太陽電池の周辺技術の開発も進めていく必要があります。周辺技術の開発としてインバーターあるいはバッテリー・システムの開発が進められています。少なくとも、燃料電池あるいは太陽電池という新発電技術については大体は直流出力が出てくる。したがって、交流系統に連系する場合には、インバーターによって直流、交流に変換しなければならないわけでありまして、インバーター技術につきましては、我が国はかなり昔から直流送電等、あるいはCVCF等でかなり実用になっておるわけですが、やはり太陽電池にあるいは燃料電池に適した小容量で高効率のもので且つ安価なという欲張った要求にマッチしたものを提供しなければならないわけですから。そのためには信頼性を落すことなく、アクセサリをどんどん省いてコストダウンを図る。それから標準化を図っていくということが必要になってくるのではないかと思っております。

当然燃料電池では不要と思われませんが、太陽電池あるいは風力発電につきまして、間欠的なソースであることから、電力貯蔵システム（バッテリー・システム）が必要になります。現在、バッテリー・システムそのものを見ても太陽電池に負けず劣らず高いという好ましからざる現実があるわけですが、したがって、これもやはりコストダウンをしなければならぬわけですが、バッテリーの歴史

というのは、例えば、鉛蓄電池につきますと、既に100年の歴史があるわけで、ほぼ成熟した技術です。これをさらにコストダウンを図ると言う、もうやることのないのではないかとと思われるくらい鉛蓄電池にはその希望が湧いてこないわけです。したがって、新型電池の開発ということにならざるを得ないと思われれます。新型電池による電力貯蔵システムということで新型電池を開発しておりますので、将来その技術をベースに太陽電池、風力発電等の間欠型電源に対して、マッチングがとれた低コストで提供できるような電池システムの開発が必要になってくるのではなからうかと思われれます。このようにトータルシステムとして、コストダウンを図っていくという開発がやはり必要ではなからうかと思われれます。

図8は国内における太陽電池システムの設置状況の一例で、集合用住宅に設置した太陽電池のアレイの取付け状況を示したものです。また、図9は山小屋の屋上に設置した太陽電池のアレイを示したものです。付加価値がある一つの利用法あるいはKWH単価がかなり高くても独立として需要があるというような状況下における初期導入形態の一つであ

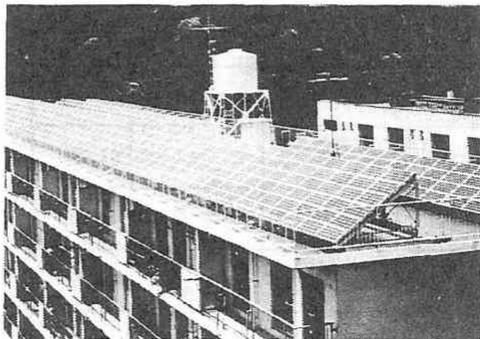


図8 集合住宅屋上に設置した太陽電池アレイ (22.2kWp)

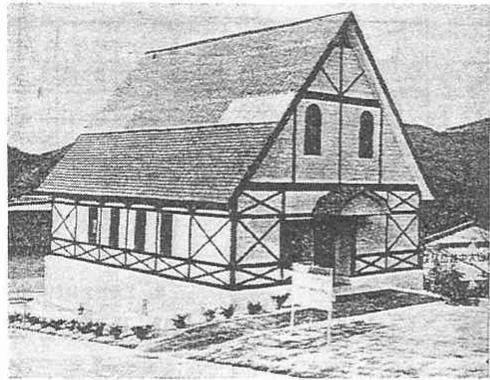


図9 山小屋屋上に設置した太陽電池アレイ

らうかと思われれます。

4. 風力発電

最後に風力発電の話若干しておく必要があろうかと思われれます。

風力発電につきましては、サンシャイン計画で昭和52年からスタートいたしましたが、NEDOが設立された翌年の56年から風力発電の100KW級の実証試験を行っているということで、図10がスケジュールでございます。60年で一応研究が終わったわけです。この実証試験は東京電力に委託しまして、三宅島において100KWの発電実験を行いました。風車はブレードが2枚あるものでございます。風力発電は、新発電と言いましても、かなり小規模では古くから行われておりました。これを既存のジーゼル発電とか、あるいは比較的孤立したような地域に置いた時にそれが実用性を勝ち得るものかということを実証するのが目的でありました。この研究によりまして、本格的な運転を60年4月から61年3月まで1年間行いました。その結果、最大月間稼働率は当初予測していた49%よりは若干低いデー

項目	年 度											
	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	
1. フィージビリティ・スタディ	■											
2. 風洞実験・システム設計	■	■	■	■								
3. プラント建設					■	■	■	■	■	■		
4. 実証運転							■	■	■	■	■	
5. 解体研究・撤去											■	■

■ は、工業技術院が実施 ■ は、NEDOが実施

図10 研究開発スケジュール (100kW実験機)

タでしたが44%、それから最大月間利用率33%を予測しておりましたが、実績は26%強の結果を得て、一応100KW級のような長尺ブレードによってもこういう技術が確立できることが分かりました。また、風車の機械的特性を十分把握することができたこと、電力系統及びその周辺における影響、音とか、風況も含めてでございますが、それらのことを明らかにしたわけです。この実験においては、実験機という特殊な理由がありますが、発電コストは200円/KWHと割高になっておりますけれども、これらの研究成果を踏まえて、あるいは将来さらにブレード等の量産化であ

るとか、あるいはシステムの簡素化等を図ることによって、ほぼ5分の1程度、40円/KWH程度にまで低減し得るという見通しが得られました。さらに大型化によって実際離島あるいは系統連系等の電力へなんらかの役に立ちたい、そういうような開発計画を持っております。

表3は我が国の風力発電の現状ということで、7つばかり示しております。ここにはナショナルプロジェクトについてはすでに終わったということもありまして、省いてありますが、このように民間、とくに電力会社での離島用電源が多いわけです。つまり、現状で

表3 わが国の風力発電の現状

	施工主	目的	設置場所	設置台数	出力(kW)	コンサル	メーカー	実施時期
1	九州電力	離島用電源	沖永良部島	1	300	三菱重工	三菱重工	58. 2. 1
2	九州電力	離島・系統用	九州各島	3	100	未定	未定	計画中
3	三菱重工	実験用(発電)	長崎造船所	1	250	三菱重工	三菱重工	60. 秋
4	機振協	揚水用	岩手県(衣川村)	1	相当50	(財)施設農業ヤマハ	ヤマハ	61. 春
5	三井造船	揚水用	ビルマ	2	5	日の丸プロ	三井造船	59.10
6	東京電力	離島・系統用	三宅島	1	80(150)	東電設計	H M Z(ベルギー)	60. 秋
7	科学技術庁	実証プラント	秋田県(大潟村)	1	20	川崎重工	川崎重工 住友精密	60.11

はジーゼル発電の需要分野に風力発電がそれ
にいかにか代替して進出していくかという形で
初期導入が行われているというのが主流かと思
います。このようになり我が国でも実証的
な研究が行われている実情にございまして、
今後風況調査等の結果を踏まえて、さら

に大きなシステムへと発展していくのではな
かろうかと思っております。

大体時間になりましたので、新発電方式三
種類につきまして、その現状の報告を終了致
します。どうもご静聴ありがとうございました。
(いとう のぼる)

分散型新発電技術の研究開発の現状と実用化への展望

その2：系統連系に関する諸問題と解決への見通し

主任研究員 茂 田 省 吾

はじめに

本日のシンポジウムも私の発表で最後となりましたが、分散型電源の普及促進のためには避けては通れない、系統連系問題につきまして、私どもがNEDOからの委託を受けて調査しましたものの、現在までの検討状況についてお話し申し上げます。

系統連系問題に対する見方というのは、連系する方と、される方とでは、随分認識に差がございまして、連系される電力会社にとってみれば、苦勞して築き上げてきた電力系統運用の信頼性と安全性に悪影響があるようでは、お客様に申し訳ないという気持ちがあるでしょうし、逆に連系しようとする側にすれば、米国ではあんなに実績があるのに、日本ではどうしてだめなのか、という疑問もあるに違いないと思います。

実は、これは両方とも正論でありまして、間に立つ人間にとりましては辛いところでございます。

私自身、米国の電力会社は、分散型電源の系統連系に不安はなかったのだろうかという疑問もあったわけですが、この春米

国に調査にまいりまして、いろいろ話を聞いているうちに、日本と米国とでは状況が違うぞと思うようになったわけでございます。

彼等は、「我々は系統連系問題についてPURPAが成立する前後に随分検討を行ったけれども、現在ではもう解決済みだと考えている。」と言っておりました。まあ『実際に連系されているわけですから、それが当然かもしれませんが、私が状況が違いと申しましたのは、連系の形態でございます。日本では分散型電源という捉え方をしておりますのに対し、米国ではそのような見方というのは余り一般的ではございません。

確かに、米国では風力発電などかなり普及しておりますが、こまかに分散して連系されているかというところではなくて、複数のディベロッパが共同出資して変圧器や連系装置を設置し、数万kW単位で送電線に連系しているというようなものも多くございます。全体の容量としては大きくても、連系箇所数はむやみやたらと多いのではないし、連系装置にしても電力会社と同レベルのものが設置されていて、電力会社が立ち入り検査を行えるようにもなっております。

要するに、そのような形態というのは、我が国における公営の小水力発電やゴミ発電の形態に似ておまして、そういうものに限れば、我が国においても解決済みと言えないこともないわけでございます。

我々が今考えておりますのは、米国のように投資家が売電を目的として電源を設置するような形態ではなく、エネルギー有効利用のために、広く一般の方々が、自家消費することを主目的として設置する形態を考えているわけでございます。極端に言えば、10軒に1軒程度は太陽電池瓦を屋根に並べて発電をしているというような形態でございます。このような形態でも電力品質や保護保安上問題がないかといいますと、米国が持っております技術をもってしても解決することは不可能でありまして、案外日本の方が検討は進んでいるのかもしれない。

大変前置きが長くなってしまいましたが、現在検討されております分散型電源の系統連系問題というのが、そう簡単な問題ではないということ、また一方では、だからといって新発電技術というのは、そう扱いにくいものではなく、技術的にはかなり進んできているということをご認識いただいた上で、話を進めてまいりたいと思います。

1. 分散型電源の技術的特徴

まず、分散型電源の技術的特徴につきまして整理してみたいと思います。表1に分散型電源の技術的特徴につきまして、簡単にまとめてございます。一般的な話につきましてはNEDOの伊藤さんにお話をいただきましたので、ここでは運転性能につきまして、若干ご

説明したいと思います。

表1に運転性能として六つの項目を上げてありますが、従来と大きく異なる点が二つございます。

ひとつは、太陽光発電及び風力発電の場合、出力が天候任せで任意に調整することができない上に出力変動が大きいということです。これは電力系統全体から見れば周波数調整や需要調整に影響しますし、ローカル的に見れば電圧調整に影響します。もうひとつは、燃料電池及び太陽光発電の場合インバータを使用するわけで、これに伴って従来とは違う特徴が出てまいります。これには、無効電力の調整が任意にできること、並列時の突入電流をなくせること、高調波対策が必要であることなどがございます。

このほかに電源そのものの特性として、燃料電池は起動に時間を要することとか、太陽光発電の場合、短絡電流が流れない、正確に言えば、流れたとしても高々常時電流の1.5倍程度であることなどが特徴として挙げられます。

2. 系統連系に関する研究開発の現状

次に系統連系に関する研究開発の現状についてお話ししたいと思います。新発電技術の一般的な研究開発状況につきましては、NEDOの伊藤さんにご紹介いただいたわけですが、ここではその中で系統連系にかかわるものについてご紹介したいと思います。

2.1 高圧連系

まずは高圧連系のケースですが、ここでは、太陽光発電及び風力発電について2例ずつご紹介いたします。

第 1 分散型電源の技術的特徴

分散型電源		燃料電池	太陽光発電	風力発電
項目				
エネルギー源 (燃料)		LNG, LPG メタノール等	太陽エネルギー	風力エネルギー
主要構成機器		燃料電池スタック 改質装置 インバータ	太陽電池 インバータ (蓄電池)	風車 発電機
システム構成		複雑	簡単	比較的簡単
所要面積		小	大	中
運 転 性 能	出力調整	任意可	・任意不可 ・出力変動大	同左
	無効電力調整	任意可 (自励式インバータの場合)	同左	任意不可 (誘導発電機の場合)
	起動時間	2～5時間程度	瞬時	1～3分程度
	並列時突入電流	なし	なし	5～10倍程度
	短絡電流	2～5倍 (対策可)	定格電流程度以下	5～10倍 (対策可)
	高調波対策	対策必要	対策必要	対策不要

a. 太陽光発電

まず、太陽光発電プラントの例ですが、高圧連系を行っている代表的なプラントとして西条と市原のプラントについてご紹介します。

(1) NEDO 1,000kWp (西条市)

西条のプラントは6キロボルトの高圧配電線に連系されておまして、連系に関する研究としましては、電圧変動や高調波への影響についても検討されております。

電圧変動の抑制対策としましては、蓄電池を利用して発電所の出力自体を安定にすることと、インバータの電圧調整能力をいかしてインバータに積極的に電圧調整をさせることが試みられております。

発電所の出力制御の基本的な考え方は、その日の天候によって決まる一日の発生電力量を一日の運転時間で割った平均電力でフラット運転をするということをございまして、天候に合わせて自動的に運転パター

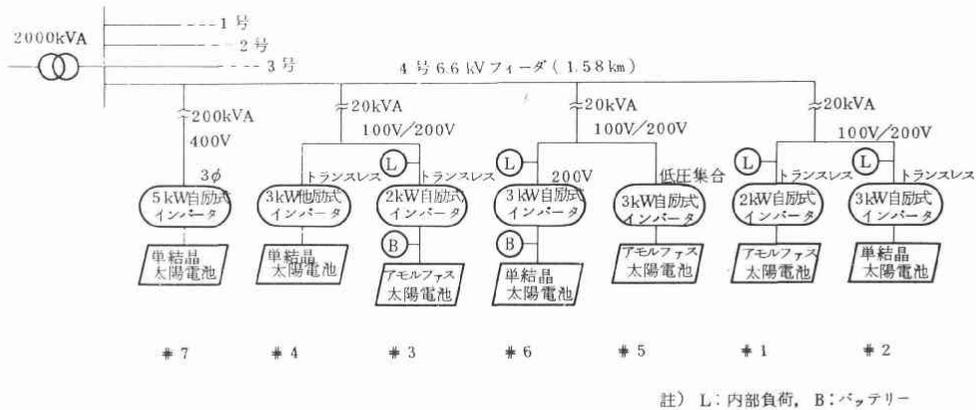


図 1 電中研赤城試験センターの実験システム系統図

ンを変更するシステムが開発されております。

インバータによる電圧調整というのは、従来型発電所のAVRと全く同じでありまして、発電所内の母線電圧を一定にするようにインバータが発生する無効電力を調整する方法でございます。

一方、インバータから発生する高調波の抑制対策につきましては、多重変圧器とフィルターの使用により、総合電圧歪率が1%以下という好結果が得られております。

(2) NEDO 200kWp (市原市)

市原のプラントは富士電機の千葉工場内にありますが、工場内の3箇所の空き地に50キロワット及び25キロワットのシステムが6つ配置されております。各々システムに模擬負荷が接続されておりまして、システム相互間は1km相当の高圧配電線を模擬した抵抗とリアクタンスでつながれております。つまり、このプラントは高圧配電線に1km間隔で太陽光発電システムが連系されている状態を想定しているわけでありまして、負荷の変化、太陽電池の出力の

変化で配電系統の電圧がどのように変化するか、また、高調波の分布はどのように変わるかというようなことが研究されております。

ここで得られております研究の結果でも注目すべきことは、配電線路の電圧変動でありまして、日射量の変化に伴う太陽光発電システムの出力行によって配電線の電圧傾斜が大きく左右されるということでございます。

b. 風力発電

次に風力発電に関する研究開発ですが、百キロワット級の代表的なプラントとしまして、NEDOが三宅島に設置しております100キロワットのプラントと九州電力が沖永良部島に設置しております300キロワットのプラントについてご紹介いたします。

(1) NEDO 100kW (三宅島)

NEDOの三宅島のプラントは、系統連系方式としてDCリンクという凝った方式が採られておりまして、これがひとつの特徴になろうかと思っておりますが、これは同期発電機で発電した交流の電気を一旦直流に変

換しまして、これをインバータで再度交流に変換して系統に連系するというものでございます。これは、発電機の方で何か支障があったとしても系統に極力影響を与えないようにという配慮から採用されたものでございます。しかし、今まで運転されてきた実績からしますと、今後は誘導発電機を系統に直結する方式が主流になっていくものと思われま

(2) 九州電力 300kW (沖永良部島)

九州電力の沖永良部島のプラントの方は、誘導発電機を系統に直結するという方式が採用されております。

離島で最も問題になるのは周波数変動でございます。同島の場合、深夜最小負荷が1,600キロワット程度でありまして、こういう状態でも周波数変動を $\pm 0.3\text{Hz}$ 以下にしようということで、許容出力変動幅から逆にプラントの容量が決められております。

一方、配電線の電圧運用につきましては、風力発電プラントの導入によって電圧変動が大きくなったということはないようでございます。

このように、離島における風力発電の場合、周波数変動面から制約される容量限度内であれば、電圧変動面は余り問題はないということができそうでございます。

2.2 低圧連系

次に低圧連系について2例ご紹介したいと思います。

a. 太陽光発電

低圧連系に関する研究というのは主に太陽光発電に関するものでありまして、燃料電池

や風力発電で低圧連系されるものはあまりないだろうというのが、大方の見方でございます。

太陽光発電の低圧連系問題につきましては、逆潮流ありの場合となしの場合の二つに分けられますが、ここでは、逆潮流ありの場合の例として電中研赤城試験センターにおける研究、逆潮流なしの場合の例として三洋電機中央研究所における研究について概要をご紹介します。

(1) NEDO 21kWp (電力中央研究所 赤城試験センター) (図1)

では、電中研赤城の例からご紹介いたします。図1は、赤城の実験システムの概略図でございます。電中研の赤城試験センター構内には、実際の配電設備と全く同じ作りの高圧線路が設置されております。図にありますように、約1.6kmの線路に7つの太陽光発電システムが連系されておりますが、その内4つのシステムにはクーラー、冷蔵庫、洗濯機などの家電負荷が付属してありましてプログラム運転されております。

現在までに数々の成果が得られておりますが、高調波に関しましては、自励式パルス幅変調方式のインバータで変調周波数を数 kHz 以上とすることにより、高調波の影響をほとんど無視できる程に低減できることが分かっております。

また、電圧変動に関しましては、配電線の負荷が軽く太陽光発電システムの出力が大きい場合には、連系点の電圧が電圧管理値の上限を越える可能性があるということが分かっております。

電力の品質同様重要なのが保護保安です

が、赤城のシステムでは、インバータのソフトウェアによって保護保安を行うことが試みられておまして、配電線事故時の保護につきましては、ほとんどの場合系統過電圧と不足電圧検出機能の組合わせにより事故を検出できることが、実験により確認されております。

問題は、停電作業時等事故以外で系統電源がなくなった場合の太陽光発電システムの応動でありまして、たまたま太陽光発電システムの出力と系統負荷とがバランスした場合には、太陽光発電システムが系統の負荷を背負って単独運転を行う恐れがあります。これをいかに排除するかというのが重要なテーマであります。赤城では、他制式インバータを用いてこれを解決することが試みられております。

一般にCVCFなどにおきましては、系統に連系している場合は系統の周波数に同期させ、系統から独立して運転する場合は自分自身で持っている標準時計をよりどころとして運転しております。他制式というのは、このような標準時計を持たない方式のことで、常に系統の周波数に合わせて運転しようとするので、このようなシステムが単独運転を行えば、自分自身が作り出している周波数に合わせようとするものですから、たとえ標準周波数からずれたとしてもインバータ自身はその事に気付かず、系の切れたたこのように周波数がドリフト

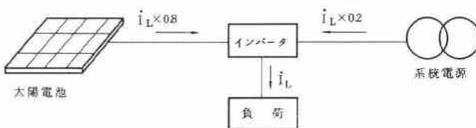


図 2 三洋電機中央研究所システムの概念図

することになります。

この周波数のドリフトを検出することにより、かなりの確率で系統停電を検出できることが分かっておりますが、まれに単独運転状態が継続することがありますし、ひとつの配電線にもっとたくさんの太陽光発電システムが連系された場合にはどうかということも問題点として指摘されております。

(2) 三洋電機 2 kWp (三洋電機中央研究所)

つづきまして、逆潮流のない低圧連系の研究例としまして、三洋電機中央研究所における研究の例をご紹介します。

図 2 はそのシステムの概念図であります。三洋のシステムでは負荷に供給する電力を太陽光発電システムと系統とで分担しております。分担の比率としましては、太陽光発電システムが 8 割、系統が 2 割というのが適当な値と考えられておりますが、太陽光発電システムの出力が負荷の 8 割に満たない場合には、当然ながら不足分は系統から補充されます。

このシステムの面白さは、停電検出と負荷急減の検出のアルゴリズムにあります。

系統が停電いたしますと、当然系統からの電力補充がなくなりますので、負荷電力はすべて太陽光発電システムが供給いたします。したがって、負荷電力の負担を 8 割以下にするというルールが崩れますので、負荷電流とインバータ電流を見ていれば異常は検出できるわけです。ただ、負荷が急減した時にも、一時的に太陽光発電システムの出力が負荷電力を上回って停電の時と同じような現象がおきますので、これ

をどのようにして区別するかが問題となってきます。

三洋のシステムでは、このような異常を検出した場合、すぐには解列せず、インバータの出力電圧を少しずつ下げるような制御を行います。停電の場合は負荷電圧が低下しますが、負荷急減の場合は系統に連系されており、負荷の電圧は下がらず、インバータ電流が小さくなっていきます。したがって、負荷電圧がある値より低下した場合には、系統が停電していると判断してシステムを解列するようになっております。解列までの所要時間は最大で20サイクルでございます。

以上系統連系に関する研究開発の現状ということで、六つの研究の例をご紹介いたしましたが、ここで検討されている事項が、まさに連系のために解決すべき問題点でございます。では、ここで連系のために解決すべき問題点について項目ごとに整理してみたいと思います。

3. 連系のための解決すべき問題点

表2に、連系のために解決すべき課題として8項目書いてございますが、これらは、基本的にはコジェネの連系に関するガイドと同じ思想に基づいております。

ただ、現状のコジェネのガイドラインというのが、一般線路における逆潮流を認めていないのに対し、分散型電源のプロジェクトでは、一般線路で逆潮流ありというケースを想定しております。また低圧連系についても、現在電力各社が定めている供給規定では低圧連系は認められていないのに対し、本プロジ

ェクトでは低圧連系も考えておりますし、低圧連系で逆潮流ありの場合についても検討いたしております。

ただ、検討しているということと、連系できるということとは別問題でありまして、特に低圧連系で逆潮流ありのケースなどは、現状の技術ではいろいろと問題がございます。では、項目ごとに、何が問題なのか、また解決への見通しはどうかということについて整理していきたいと思っております。

まず、配電線連系の前提条件でございますが、これは、系統停電時に配電系統の負荷と分散型電源の容量とがバランスしておりますと、単独運転継続の原因になりますので、いかなる場合にも分散型電源の容量より負荷の方が大きい状態にしておきまして、系統停電時に周波数低下により分散型電源を解列させることをねらったものでございます。

これは技術的には余り問題はありませんが、分散型電源の総容量をどのように規制していくのかという制度面での問題になろうかと思っております。

(1) 常時電圧変動

次に常時電圧変動についてお話しします。

現在の配電系統の電圧運用方法と申しますのは、変電所から一方向に潮流が流れることを前提にしまして、電流が流れることによって電圧が低下するのを、柱上変圧器のタップを変えたり、配電線の途中に電圧調整器を入れたりすることによって低圧の供給電圧を適正範囲に持っていくようにしているわけでございます。しかし配電線の潮流というのは、時間帯によって変化しておりまして、線路の電圧降下もそれに伴って変化いたします。したがって、配電

表 2 連系のための課題

	連系のための課題
配電線連系の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 配電バンク単位に連系される逆潮流のある分散型電源の総容量が、いかなる場合でもバンク負荷を上回らないこと。
常時電圧変動	<ul style="list-style-type: none"> 分散型電源のいかなる運転状態においても低圧適正電圧(101±6V, 202±20V)を維持し得ること。 電圧フリッカによる影響を他の需要家に及ぼさないこと。
系統並列時等における瞬時電圧低下	<ul style="list-style-type: none"> 分散型電源のいかなる運転状態においても瞬時電圧低下は、10%を上回らないこと。
保護協調	<ul style="list-style-type: none"> 電力系統の短絡、地絡、電圧、周波数異常に対して、電力会社と同等のレベルで発電機を解列すること。 分散型電源設置者構内の短絡、地絡故障等により、電力系統に影響を与えないこと。 分散型電源設置者の連系に係わる継電器等は、電力会社と同等レベルの機能を維持すること。
保安確保	<ul style="list-style-type: none"> 配電系統における線路用開閉器操作による線路停止時等いかなる状況でも、電力系統に連系した状態で単独運転にならないこと。
高調波対策	<ul style="list-style-type: none"> 高調波による影響を他の電気機器に及ぼさないこと。
配電系統の短絡容量	<ul style="list-style-type: none"> 分散型電源連系時の短絡容量が、線路に接続されるしゃ断容量をこえないこと。 (高圧：150MVA, 低圧：1000A)
その他	<ul style="list-style-type: none"> 分散型電源連系点の力率は、原則として85%以上100%以下とすること。 同期発電機を使用する分散型電源にあっては、乱調が発生しないようにすること。

線各部の低圧供給電圧というのは複雑に変動するわけでありまして、これらのすべてを適正範囲に収めるといのは大変難しゅうございます。

ここに分散型電源が連系されて逆潮流

なんかやりますと、従来は配電線の末端に向けて電圧が下がるだけだったのが、部分的には逆向きに潮流が流れることもありますので、配電線の電圧が途中で持ち上がったりますわけです。しかも、従来だと負荷

の変動というのはある程度予測ができていたのが、太陽光発電や風力発電がぶらさがりますと、それらの出力の変化は予測がつきませんので、かなりの余裕を見込んで電圧運用を行う必要が出てまいります。

しかし一方では、余裕を見込んで運用すると申しまして、現状の配電系統の電圧運用におきましては、低圧供給電圧というのは部分的には適正範囲ぎりぎりになっている場合もあるわけでありまして、分散型電源が連系された状態で低圧供給電圧の適正維持を行うというのは極めて難しい問題でございます。

(2) 系統並列時の瞬時電圧低下

系統並列時の瞬時電圧低下につきましては分散型電源の中では風力発電だけが、系統並列時に瞬時電圧低下を引き起こしますが、これは従来の小水力やゴミ発電の場合とまったく同じでありまして、必要に応じ系統並列時の突入電流を制限する限流リアクトルを設置すれば特に問題はございません。

燃料電池と太陽光発電につきましては、インバータを使用します関係上系統並列時の瞬時電圧低下というのはございません。

(3) 保護協調

次に保護協調についてお話いたします。

保護の基本は事故箇所と電源とを電氣的に切り離すことでありまして、配電線路で事故が起きた場合は、配電用変電所のフィーダ用しゃ断器を開放することにより事故を除去しております。

分散型電源を配電系統に連系する場合は、事故時に分散型電源をスムーズに解列させる必要がありまして、分散型電源側に

設置する保護装置の信頼性が重要でありませす。保護協調の必要性は、コジェネレーションの場合とまったく同じであります。分散型電源とコジェネレーションとでは様相が若干違います。ひとつには燃料電池や太陽光発電では事故時の挙動が従来型の発電機と違うということがございます。また、小規模のものが多数連系されるであろうということも予想されますが、そのすべてについて保護の信頼性が得られるかというとなかなか難しゅうございます。特に低圧連系につきましては、電力会社内部でもそのような形態はなかったわけですし、新たな保護システムを開発したとしても、信頼性はどうかという問題もございます。

(4) 保安確保

次に保安確保についてお話いたします。

配電線の停電作業時には、作業員が直接線路に触れて作業を行っている可能性が強いわけでありまして、この時に分散型電源が連系された状態で運転を行えば、人命にかかわる重大な事故につながる恐れがあります。したがって、このような場合には、配電線に連系されているすべての分散型電源が確実に解列されている必要がありまして、コジェネレーションの場合は逆電力しゃ断によって解列させることが考えられております。

コジェネレーションの場合のように一般線路においては逆潮流をさせない、つまりコジェネレーションで発生する電力はすべて需要家構内で消費し、決して配電系統には送り込まないというシステムですと、逆電力の検出によって確実に発電機を解列させることができるわけですが、分散型電

源の場合、逆潮流を許すという前提で考えておりますので新たな方法が必要となってくるわけです。

また、現行の技術基準では、発電機を有する需要家に対して電力会社との間に保安通信設備、つまり専用電話を設置するよう義務付けておりますので、線路を停止する場合は、電話連絡により各需要家に発電機の解列を要請することが可能であります。これに対しまして、現在検討を進めております分散型電源の場合は、容量の小さなものが不特定多数に普及することを想定しておりますので、低圧連系のものも含め、すべての電源について保安通信回路を設置し、24時間体制で運転員が対応するというのは、現実的に不可能と思われる。

また、需要家がそのような対応を採ったとしても、ひとつのフィーダに数百の分散型電源が連系されるような場合には、電力会社の対応に問題が生じてまいります。

したがって、分散型電源が一般に広く普及するためには、極力運転の自動化を図るべきで、停電作業時の対応にしても、需要家側の人間が介在することなく自動的にしかも確実に並解列させることができれば、その方が望ましいわけでございます。

(5) 高調波対策

次に高調波対策についてお話しいたします。

昨今のCVCF等サイリスタ応用機器の急速な普及に伴い、高調波問題がクローズアップされておりますが、障害の発生状況を定量的に扱うことが難しいことありまして、高調波の許容限度や規制に関する検討は余り進んでおりません。

しかし、一方では高調波抑制のための技

術開発は順調に進んでおりまして、小容量のインバータの場合、自励式パルス幅変調方式で変調周波数を高くしたものにつきましては、高調波の発生そのものを非常に小さくできるという研究成果も出ておりますし、容量の大きなものでも、自励式のインバータであれば、適切に設計されたフィルタを設置することにより、高調波発生量はかなり低減できることが分かっております。このように高調波対策につきましては、現状の技術レベルで十分に対応可能であります。高調波の発生をどのように規制すべきかということにつきましては、単に分散型電源の連系問題のみならず、電力の中で一般の問題として扱われるべきでありまして、電事連等における検討結果との整合を取る必要があるかと思われま

(6) 配電系統の短絡容量

短絡容量につきましては、基本的にコジェネレーションと一緒にございますが、燃料電池や太陽光発電の場合は、コジェネよりはるかに短絡電流は小さいですし、風力にしても、限流リアクトルによって対策ができますので、特に問題はございません。

低圧につきましても、対象を太陽光発電に限れば、短絡電流というのは高々数十アンペアですので問題ないものと思われま

4. 系統連系検討モデル

以上が連系に関する問題点でございますが、実フィールドにおける実証試験を行うまでに、これらの問題点をすべてクリアしておく必要がありますので、61年度より、シミュレーションによりまして詳細検討を実施する

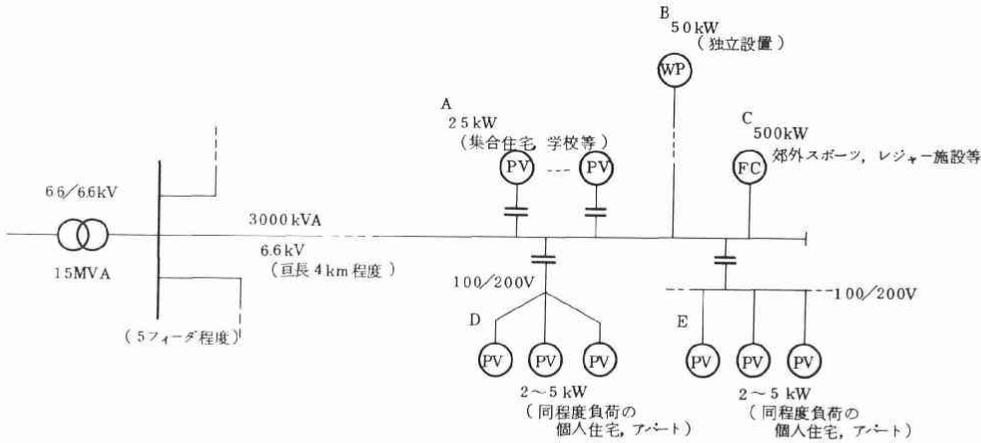


図 3 郊外住宅地区モデルの概念図

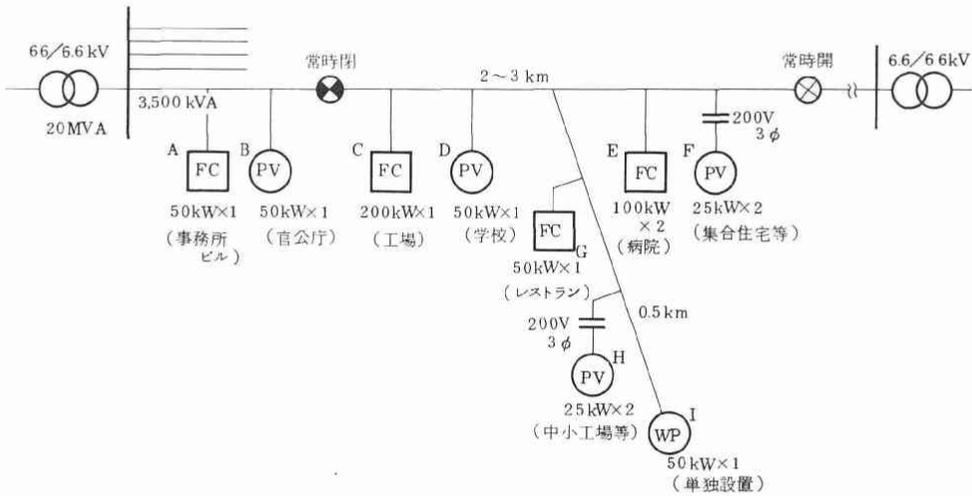


図 4 周辺都市商工業地区モデルの概念図

予定となっております、60年度はその基本検討を行うためのベーシックなモデルを作成いたしました。図 3 及び図 4 が、郊外住宅地区と周辺都市商工業地区について作成したモデルでございます。このモデルは図 5 の左上の系統連系問題検討モデルに相当するものでございまして、61年度には真ん中の系統連系問題解析モデルというものを作成いたしました。

て、シミュレーション検討を行っていく予定でございます。

5. 実証研究における実証内容

実証研究における実証内容、つまり実証研究でなにをやっていくのかということにつきましては、以下に挙げるようなことがござい

ます。

(1) 分散型電源運転の安定性

電源そのものの安定性につきましては、サンシャイン計画やムーンライト計画でかなりの実績が積まれています。ここでは、さらに系統連系した状態でも安定に運転できることを実証いたします。

(2) 配電系統運用への影響

次に配電系統運用への影響ですが、実フィールドで実証する時には、問題がないということを確認するというスタンスであるべきでして、前段のシミュレーション検討とハード面での要素技術の検討が極めて重要でございます。

(3) 分散型電源の有効性

次に分散型電源の有効性ということですが、これは分散型電源が電力系統の運用に与えるメリットについて実証しようというのがねらいでございます。考えられるメリ

ットとしましては、昼間ピークの抑制効果とかインバータの電圧調整能力の有効活用などが考えられます。

6. 実証研究の実施に当たっての留意事項

最後になりましたが、実証研究の実施に当たっての留意事項についてお話ししたいと思います。

(1) 実証研究の進め方

図5に実証研究の進め方を書いてございますが、研究を進めるに当たりましては、一方向にのみ進行するのではなく、適宜フィードバックすることが、必要であると考えております。

(2) 他のプロジェクトとの連携の必要性
また、実証研究を進めるに当たりましては、サンシャイン計画やムーンライト計画

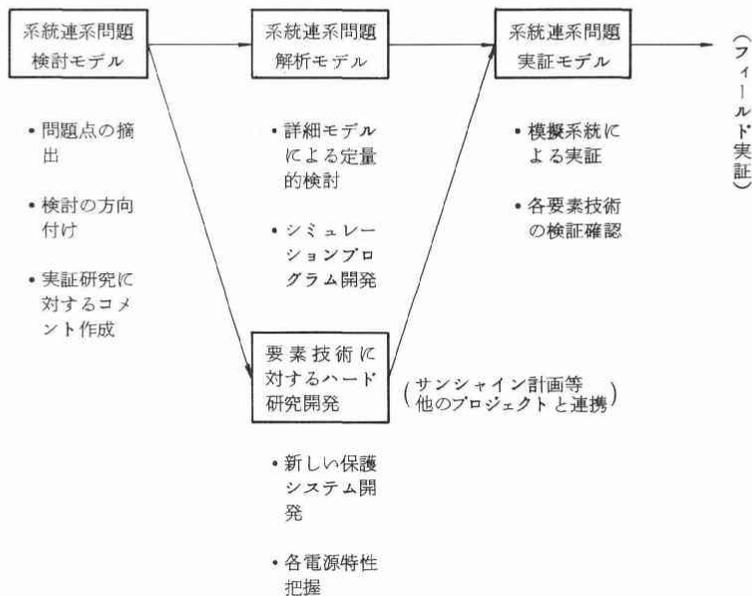


図5 実証試験の進め方

との連携が必要でありまして、本実証研究と並行して進められている他のプロジェクトに織り込めるものは極力織り込んでいくなど、幅広くかつ効率良く検討を進めていくべきであろうと考えております。

(3) 実フィールドにおける実証試験

実フィールドにおける実証試験に関しましては、一般負荷が接続されている系統で実施されるものでありますので、万が一にも一般需要家に対して悪影響を与えるようなものであってはならず、前段での検討に万全を期

すということが極めて重要でございます。

以上、「分散型電源の系統連系に関する諸問題と解決への見通し」と題しまして、私どもが行いました調査結果につきまして、概要をご報告申し上げます。

大変不慣れで、分かりずらい点多々あつかと思いますが、これにて私の発表を終わらせていただきます。どうもご静聴有難うございました。

(しげた しょうご)

閉会のあいさつ

専務理事 越川文雄

本日は、多数しかも長時間にわたりましてご参加いただき、本当にありがとうございました。

ところで、私どもの研究所では、本年1月国際電池技術総合シンポジウムを開催いたしました。外国からの30人を超す参加、それに300人を超す国内の参加者というように非常に盛況なシンポジウムを開催いたしましたけれども、本日も当初予想いたしました数をはるかに上回るご参加をえて、私ども大変うれしく思っているところでございます。本日のシンポジウムは「エネルギー総合工学シンポジウム」ということで、毎年この時期に恒例行事として開催しているものでございます。従来は一般公開方式で運営してまいりましたが、今回は、従来と方式を変えまして、賛助会員会社及び私どもの研究所が日頃お世話になっております官庁、NEDO等の方々に限定してお招きをいたしましたわけでございます。

日頃なにかと当研究所につきまして、ご指導、ご鞭撻をいただきまして本当にありがとうございます。お陰様をもちまして、再来年には研究所創立10周年を迎えることになっております。職員数も40人を超し、シンクタンクとしても中堅どころに成長することができました。この4月にはエネルギー技術情報センターという組織も作りまして、トピカルな情報収集にも力を入れてまいろうということにしております。まだまだ何かと至らぬ面が多いと思っておりますけれども、今後ともよろしく願います。

なお、従来から毎月賛助会員の方々を対象としまして、50人程度の規模ですが、「月例研究会」というものを開催しております。そこにおきましては、私どもが日頃調査研究活動をいたしておりますことに関連したトピカルな話題、あるいはハイテクの一般動向等を取りあげまして、ご紹介し、質疑討論をさせていただいております。とくに賛助会員の方々におかれましては、こういった機会をも積極的にご活用いただくようお願いいたしまして、私の本日の締め括りのご挨拶とさせていただきます。本日は長時間ご協力いただき本当にありがとうございました。これにて閉会させていただきます。(こしかわ ふみお)

研究所のうごき

(昭和61年7月1日～9月30日)

◇ 月例研究会開催

第37回月例研究会

日 時：8月29日(金)14:00～16:00

場 所：幸ビル(13F)1303会議室

議 題：

- (1) ユーレカ計画について
(工業技術院技術調査課 元島直樹氏)
- (2) メタノールの環境影響について
(主管研究員 高倉 毅)

第38回月例研究会

日 時：9月26日(金)14:00～16:00

場 所：幸ビル(13F)1301会議室

議 題：

- (1) 昭和62年度エネルギー関係予算について
(資源エネルギー庁長官事務局総務課 湯本登氏)
- (2) 海外における高レベル放射性廃棄物処理処分の研究開発の現状について
(主管研究員 松井一秋)

◇ 主なできごと

- 7月8日(火) 「FAST」第1回委員会開催
 11日(金) 「システム評価手法検討」第1回委員会開催
 16日(水) 第6回エネルギー総合工学シンポジウム開催
 21日(月) 「システム評価手法検討」第2回委員会開催
 23日(水) 「原子力プラント運転の信頼性」第48回研究会開催
 8月1日(金) 「社会的安全目標検討」第1回委員会開催
 11日(月) 「新シリーズ(火山発電方式)」第1回委員会開催
 22日(金) 「実用発電用原子炉廃炉技術調査」第1回委員会
 「原子力長期構想」第7回懇談会開催
 29日(金) 「プルサーマル」第1回委員会開催

催

- 8月29日(金) 第37回月例研究会開催
 9月1日(月) 「エネルギーフロンティア」第1回委員会開催
 10日(火) 「分散型新発電技術実用化実証研究に関する調査」第1回委員会開催
 12日(金) 「社会的安全目標検討」第2回委員会開催
 17日(水) 「石油TES導入利用調査」第1回委員会開催
 18日(木) 「SPS(新シリーズ)」第1回委員会開催
 「TES用ガスタービン調査」第1回委員会開催
 「システム評価手法検討」第3回委員会開催
 19日(金) 「FAST」第2回委員会開催
 26日(金) 第38回月例研究会開催
 30日(火) 「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催(第49回)

◇ 人事異動

- 7月1日付
 (採用) 小沢美雄 業務部長に任命
 ○7月7日付
 (採用) 加藤俊明 研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属
 ○8月1日付
 (採用) 野口俊郎 主任研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属
 ○9月30日付
 主任研究員 渋谷紳一 退職(出向解除)
 ○7月1日付
 副主席研究員調査部長 大森栄一 常勤嘱託(期間は62年6月30日まで)

◇ その他

外国出張

- (1) 松井一秋主管研究員は、「米、加及び欧州諸国における高レベル放射性廃棄物処理処分の技術開発動向並びに安全論議への対応状況等に関する現状調査」のため、8月23日より9月7日までの間、スウェーデン、ベルギー、ス

イス、フランス並びに米国に出張した。

- (2) 渋谷紳一主任研究員は、「米、加及び欧州諸国「における高レベル放射性廃棄物処理処分の技術開発動向並びに安全論議への対応状況等に関する現状調査」のため、8月23日より9月20日までの間、スエーデン、ベルギー、スイス、フランス、アメリカ並びにカナダに

出張した。

- (3) 谷口武俊研究員は、「原子力発電所の平常時・事故環境下での運転性・信頼性並びに放射線に関する規制等の安全問題に関する国際会議に出席」のため、9月27日より10月11日の間、米国に出張した。

季報エネルギー総合工学 第9巻第3号

昭和61年10月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105 東京都港区新橋1-1-13

東新ビル(7F)

電話 (03) 508-8891

無断転載を禁じます。(印刷)和光堂印刷株式会社