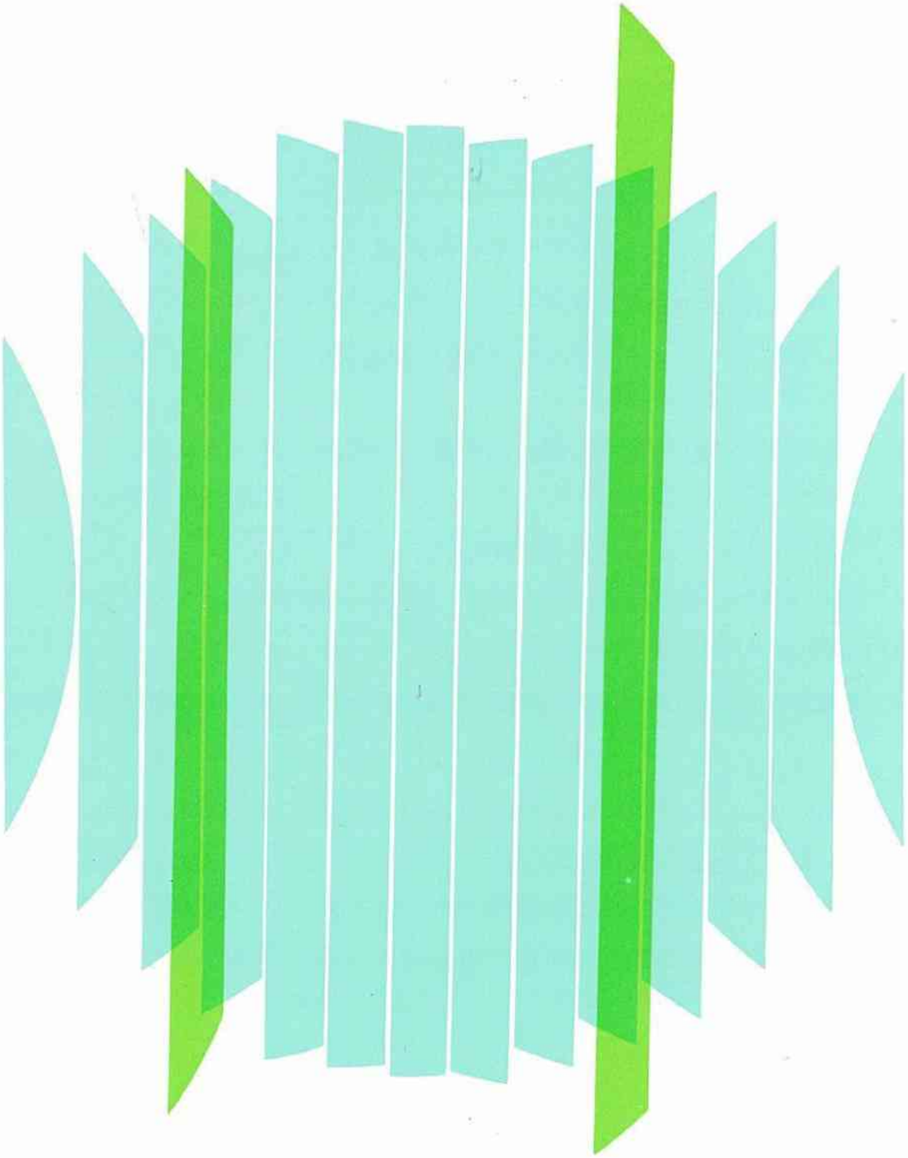
ISSN 0286-3162

季報 エネルギー総合工学

Vol. 10 No. 4 1988. 1.



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

目　次

研究の壁……………………………………………財団法人電力中央研究所理事長　成　田　　浩…… 1

「成長の限界」再考……………………………………………………………………田　中　　努…… 2

意見交換会「深層天然ガスを考える」

——スウェーデン シリヤン・プロジェクトの話題を中心として——

……………………………………………………………………15

分散型電源の系統連系 ………………………………………………………………茂　田　省　吾……41

電力負荷平準化と負荷制御

——諸外国のロードマネジメントの動向と負荷集中制御システムの検討概要について——

……………………………………………野　口　俊　郎……53

研究所のうごき ……………………………………………………………………………………75

研　究　の　壁

財団法人電力中央研究所
理事長　成　田　　　浩

昨年のノーベル物理学賞は，ＩＢＭのベドノルツ，ミュラー両博士に与えられた。

「かれらは従来の限界をはるかに超える酸化銅系セラミック高温超電導物質という新分野の門戸を開いたのである。……………この両人がマネジメントや同僚にも子細は知らせず，チューリッヒ研究所の裏口で，ぼそぼそと３年がかりでやった研究の成果である。……………装備といえば，中古の装置とせいぜいパソコンぐらいであったが，難攻不落と思われた超電導の厚い城壁に，こっそり挑戦しているうちに，だれもが気付かなかった意外な場所に，突破口を見出すのである。」

これは，江崎玲於奈氏が昨年11月に読売新聞に寄稿した文章の一節である。感じたことを述べる。

その１つ，このすばらしい発見は，意外に貧弱な研究装備のなかで成しとげられたらしいということである。

人びとは，とかくモノやカネなど研究の物的条件ばかりを気にするが，立派な研究開発には，やはり研究者の強烈な個性，強靱な精神力がなければダメなのだと思う。

その２つ，上と似て非なことだが，例えば長年の研究活動が，事情の変化で，もはや成果を期待できなくなったにもかかわらず，これまでのいきさつやメンツにこだわって，いつまでも捨てきれないでいることがある。

ときには，さめた目で，決断することが大事なのだと思う。

その３つ，新しい研究開発には，いろいろな壁がある。なかでも大きいのは，既存の権威という壁であろう。例えば従来の理論や技術にとってかわる新しいものの出現は，これまでの分野に安住している専門家や研究者には，必ずしも歓迎できることではないだろう。

このような感情は理解できなくもないが，しかし世の中の進歩と向上のためには，大局に立って，お互いに協力し合うことが大切だと思う。

以上のことは，現実の社会やわれわれの周辺には，しばしば散見できることだと思うがどうであろうか。　（なりた　ひろし）

「成長の限界」再考

田中　努

只今ご紹介にあづかりました田中でございます。今日は「成長の限界」再考ということで，この報告が出ましてから約15年あまり経った今の時点でどういうふうにこれが評価できるかというような点につきまして，私なりの考えを申し述べたいと思っております。

1．「ローマ・クラブ」の成り立ち

そもそもローマ・クラブは，「成長の限界」の作業をやったわけですけれども，1966年頃から活動を始めまして，68年にローマで初会合を行った。そのことに因みまして，ローマ・クラブという名前がついたようでございます。

これを創始いたしましたのは，アウレリオ・ペッツェイという方で，イタリア人でございます。フィヤットとか，オリベッティとか，そういった会社の副社長さん等をやっておられた方でございます。

それからＯＥＣＤの科学局長を当時やっておりましたアレキサンダー・キングというイギリス人の科学者がおりましたが，この人も非常に熱心に，恐らく最初の頃から参加をしておられたのではないかと思います。

日本では，大来佐武郎先生，大島恵一先生，小林宏治社長，植村甲午郎，当時の経団連の会長等々の方が，当初からこのローマ・クラブのメンバーとして参加をしておられまして，その後日本から参加者も若干増えたわけですが，このクラブは全部で70名ぐらいということで，割合こじんまりしたクラブにしようという考え方が最初からあったようで，25カ国で70名ということですから，割合限られたメンバーでやっているということであったようでございます。

世界の将来の問題に取り組むということで，70年に「人類の危機に関するプロジェクト」という構想を計画されまして，いろいろな世界中の学者，大学等とコンタクトをしまして，どういう方にこの作業を委託するかということをいろいろ検討しておられたようですけれども，最終的には，ＭＩＴのフォレスター教授とメドウズという二人の方が率いるチームに委託をしまして，作業が行われて，72年の２月に「成長の限界」という報告書が英文で発表されまして，かなりの国の言葉に訳されたわけでございます。日本語にも当時

（注）本稿は，昭和62年11月18日の当研究所第８回評議員会での講演に手を加えたものである。

比較的早い時期になったのでございます。

当時日本では，70年の10月頃ですが，作業グループを発足させようということで，ＭＩＴの作業と平行しまして，東大の茅陽一先生を主査とするチームができまして，「科学技術と経済の会」が事務局になって，作業を進めておったわけでございます。

私はその当時から越川さんを存じあげておりまして，今日こういう機会を与えていただきましたのも，私として大変光栄に存じている次第でございます。

日本でも作業をいたしまして，その後日本でローマ・クラブの会合が開かれたこともございまして，そこに発表したりいたしておりました。

世界中で，いろんなところで毎年一回ぐらい会合を開いて，その度に新しい報告を出していくというような活動を引き続いてやってきているわけでございます。

こういうふうなチームの誕生また報告書の刊行というようなことが行われるようになりました背景というのをちょっと振り返って考えてみますと，いわゆる1960年代というのが，世界的にみまして，非常に高度成長の時代でございました。この高度成長が続く中で，やはり公害問題を中心に成長の歪みというような面が非常に浮び上ってまいりまして，アメリカでもいろんな公害対策が講じられる。日本でも60年代の後半になりますと，公害問題が非常に激化してまいりまして，1970年の末には，いわゆる「公害国会」というのが開かれまして，14本あまりの公害関連の法律が国会で成立をする。それに引き続いて，日本で環境庁というのが誕生するというようなことで，成長のマイナスの面が，この時期に特に強く出たということがひとつの大きな背景となっていたのではないかと思うわけでございます。

それから60年代の後半というのは，ベトナム戦争が激化した時代でございます。この影響がやはりアメリカに及びまして，人心が荒廃するとか，ヒッピー現象が起るとか，そういうことがございまして，せっかく一生懸命働いて成長しても，戦争に行って，あるいは生きて帰ってこないかも知れないというような青年層の不安感，それに対する反省のようなものが重なって出てまいりまして，なるだけ人に迷惑を掛けないような生活をしようと，これがヒッピーの哲学であったというふうに聞いておるわけでございますけれども，そんなふうな考え方の微妙な変化というのが，この時期に現れたのではないか，と思われます。

私自身は，「成長の限界」が発表されます一年ほど前に，アメリカで環境問題の会議に出席したことがありますけれども，そういった会議の雰囲気というのは，ヒッピーの集まりほどではありませんでしたけれども，インテリの人も会議場の廊下に座り込むとか，階段に居座っちゃうとか，既存の秩序に対する一つの反抗的な雰囲気というものが非常に広がっていたように感じておりました。そんなようなこともあったかと思います。

また，アメリカのアポロ11号の打ち上げが成功したということがありまして，いわゆるグローバルな思考というものが出始めた時期ではないか，というようにも思われるわけでありまして，当時宇宙船地球号という言葉が方々で使われるようになったわけで，宇宙船とのアナロジーにおきまして，地球の資源が有限であるというふうな意識が強く出た時期

であったのではないか，そんな気がいたすわけでございます。

2. 「成長の限界」

そうしたなかで出ました「成長の限界」でございますが，これについては内容等はすでにご案内の通りであると思いますけれども，非常に簡単に要点を要約いたしますと，経済成長というものは，食糧，天然資源，環境といったものに制約をされて，早晩止まらざるを得ないだろう。こういう見方が基本にあるわけでございまして，非常に簡単な世界モデルを作成いたしまして，ごく少数の変数を使いまして，いろいろな前提をおいてシミュレーションをやった結果が，論議の基礎にあるわけでありますが，その概況を申しあげますと，いわゆるシステム・ダイナミック・モデルというのを使いまして，いろいろ走らせてみますと，まず資源の制約というものが最初にくる。この資源の制約を打ち破るために，仮に資源量が2倍あるという仮定に緩めてやって，さらに計算をいたしてみますと，今度は環境の限界，つまり汚染が著しく進むという限界に突き当たる。今度は汚染対策というものが打たれるということを考えまして，生産単位あたりの汚染発生量が4分の1に減少するというような想定を追加いたしまして，さらに計算をいたしますと，今度は食料が足りなくなる。そっちの限界に突き当たるということになりまして，それでは土地生産性をあげてやる。さらに人口の増加率がなんらかの理由で低下をする，というような想定をいたしまして，やり直してみるというような試行錯誤をいろいろと繰り返しまして，総合的に判断をいたしまして，2100年までの間にこの三つの限界のいずれか，あるいはそれらに同時に突き当たるというような形で，経済成長が限界に達するのではないか。これが論理の大雑把な展開であったわけでございます。

さらに限界に突きあたる時の，突きあたり方といたしましては，次第，次第に接近して静かに成長が止まる，ということではございませんで，必ず行き過ぎまして，人口が増え過ぎる，あるいは汚染が気がつかないうちに非常に進行しているというような状況が生じまして，大量死が起こる，飢餓によりまして，人口が急減するとか，あるいは汚染の非常に極端な影響が出まして，人口が急減するとか，そういう行き過ぎた後の破局によって，初めて成長が止まる。こういうようなシステムの行動がみられる，というようなことをグラフを幾つか使いまして，この本の中で紹介しているわけであります。

そういうことで，2100年というのが一つの限界なので，一日も早く今から，成長から均衡への移行を遂げなければならない。そのための政策というのが，今から10年ぐらいのうちに始められなければならない，こういうような政策論を展開したわけであります。

もうちょっと具体的に申しますと，人口と資本の定常状態に移行をするということで，平均的な家庭におきましては，子供2人まででやめるべきだということであったわけであります。

それから工業生産につきましては，工業生産高を現在の水準で横這いにさせる。これが資本の定常状態ということの意味であったわけでありまして，この二つの変更に加えまして，さらに生産という場合に，物的生産より

も，サービスの生産というものに移行していく必要がある。

すでに存在する資本の寿命というものはなるべく長くしていかなければならない。

それから食糧の限界を考えますと，農業生産に高い価値をおいていかなければならないだろう。そのほかにもあったかと思いますが，幾つかの政策変更というものを同時に行っていくことが必要である。こんなふうな政策提言があったわけでございます。

3. 「成長の限界」のインパクト

これが発表されますと，かなりのインパクトがございました。アメリカで，ポトマックというところから出版されました原本はかなり版を重ねたということであります。

日本の「成長の限界」の翻訳も，最近あまりよく注意しておりませんが，四十何版というようなことで，いまだにときたま版を重ねております。本屋の店頭にも大体備えつけられてあるようでございます。

そんなことで，かなり広く受け入れられた書物となったわけでございますけれども，これの持った意義というのは，やはり警鐘を鳴らすということによりまして，一つの衝撃を与えることによって，こうした問題に対する世の中の対応というものを促進する役目があったのではないか，というふうに思われます。

それから，人間のものの見方といたしまして，どうしても短期的なこと，また自分の身のまわりのこと，これに重点をおきやすいのは，人間の常であるわけですが，この点につきまして，もうちょっと広い視野で，また長い期間について考えていくというふうな作用をもたらしたのではないかと思われるわけで，持続可能性という概念であるとか，中長期的な視点とか，世界的な視野，あるいは地球的な視野というようなことを広める効果があったのではないかという感じがいたします。

また，成長一本槍できたといってもいいような時期だったと思うのですけれども，ちょっと考え直して，一体本当にこれでいいのだろうか，というような反省の契機をつくり出すことによって，一種のバランス感覚の回復ということに役立ったのではないか。その頃"Small is beautiful"とか，そんなようなことも言われまして，今までとは違った角度でものを見直してみよう，そんなようなことが出てきたようにも思われます。

若干技術的な面では，世界モデルというふうなことを始めたのは，これが初めてではないでしょうか。あんまり厳密に調べたわけではありませんけれども，私どもは，世界モデルは一体何だろうという感じで受け取った記憶がございまして，恐らく広く世の中に伝えられたという意味では初めての世界モデルであったのではないかという気がするわけです。もちろん非常に原始的な世界モデルではあったのですが。その後もいろいろ世界モデルは出てきたわけでありますが，その嚆矢を成したものではないか。

このモデルでは，システム・ダイナミックスという方法が用いられたわけでございます。私は専門的に十分深い理解はないのですけれども，パラメーターにつきましては，いわゆる私どものやっています計量経済学における過去の実証データによるパラメーターの推定というようなことを離れて，大体これく

らいの比率であろうとか，大体これくらいの弾性値であろうとか，そういうことを判断によりまして，想定をいたしまして，それでモデルを動かすというようなやり方が，そこで採用されておったわけでございまして，当時は経済学者,エコノミストと言われる人達は，そういうやり方に対して大変反発が強かったわけで，これは信頼性に乏しいというふうなことで盛んに批判しておりました。

しかしながら，最近では経済分析の分野におきましても，アシュームド・パラメーター方式というのが一種の流行になっておりまして，比較的小型のモデル，これは一国のモデルもありますし，また世界モデルもありますけれども，そういうふうなものを比較的手軽に作りまして，パラメーター想定方式によりまして，いろいろ計算してみるというようなことを一流の経済学者と言われている人達も盛んにやっているような状況でございますので，そういうところにもある程度の影響力を及ぼしたのではないか，そんなふうな気がするわけであります。

同じ年の10月に，同じ年と申しますのは，「成長の限界」が発表されました翌年になりますが，いわゆる第1次石油ショックが起こったわけでありまして，この石油危機というものも，あるいは「成長の限界」というものの一つの影響の下で生じたのではないか，そのような推測もある程度できるかとも思うわけです。

これはあまり根拠はないのですが，その頃から,人口の成長率も鈍化してきております。これは私事になりますけれども，さっき一家庭に2人しか子供を作ってはいけないという議論を紹介したのですが，私のところは，子供が2人でございまして，3人目を作ろうかどうしようかと思ったときに，この報告を思い出したというような事実もあるわけでございまして，これは一般化することはできないと思いますけれども，なぜか不思議に時期的には一致をしているわけでございます。

4. その後の展開

インパクトが実際にどういうふうに現れたかということにもなるかと思いますが，その後のいろんな展開がどういうふうに行われたかについて申し上げたいと思います。

ローマ・クラブの活動それ自体といたしましては，第2報告，第3報告と順次報告書が続いておりまして，恐らく最近は，あまりよく見ていないのですが，第10次報告以上のものが発表されておると思います。

第2報告として続きましたのが，ミハロヴィッチ・ペステルの「危機に立つ人間社会」というものでございます。これは世界を7地域かそこいらに分割をいたしまして，地域分割型の世界モデルを構築いたしまして，分析をしたわけでございます。

先ほど申しそこなったかと思いますが,「成長の限界」の世界モデルというのは，非常に単純なもので，世界を単一地域としてとらえたモデルであったわけでございまして，第2報告では分割モデルを行った。

その結果といたしまして，たとえば世界的にはまだ危機に達しない場合でも，南アジア等の地域におきまして食糧危機が発生する恐れがある，というふうな新しい観点を打ち出しておりました。

第3報告は，ティンバーゲンのチームで行

いました「国際秩序の再編成」という報告書でありまして，これは南北の所得格差を縮小させるということを一つの目標変数としておきまして，そのためになにが必要かということを，やはりモデルを使いまして分析をいたしたものでございます。その結果といたしまして，ある程度の成長というものは不可欠である，どうしても南北問題というものを考えた場合には成長が必要であると，こういうことで，ある意味では，「成長の限界」の考え方に対して挑戦をするような結果になったわけでございます。

第４報告は，ガボールらが行いました「浪費の時代を超えて」ということで，これも第１報告の欠陥を補うというような意味合いもあったかと思いますが，技術の進歩の役割というのを中心に据えまして，いわゆる省資源技術とか，資源のリサイクルの問題，そういうような問題を取り扱いまして，やはり新しい観点を導入したといったものであったと思います。

その後幾つも報告が出ているわけでありますけれども，私自身その後あまりよくフォローしておりません関係もありまして，この程度にとめたいと思うのですが，２～３年前でございましたか，この主催者であり，かつ創始者であったペッツェイ氏が亡くなりまして，その後，ローマ・クラブの活動につきまして，私もあまり聞いておりませんで，現状はどうなっているか，私からご報告できないのは残念でございます。なお，聞くところによると現在はアレキサンダー・キング氏が会長になっておられるとのことです。

それ以外のところで，いろいろな活動がこの頃から非常に活発になってきております。これは必ずしも「成長の限界」に触発されたものばかりではございません。すでに前からいろいろ行われていたものでございます。

それをご紹介申し上げますと，国連に環境計画という機関が発足いたしました。これはいわゆるストックホルムの国連環境会議というのがこの年初めに開かれておりましたが，そこの決議に基づきまして，国連の機関として発足をした。これはナイロビに本部があるもので，現在活発に活動しております。

それから国連では，一連の国連会議シリーズと言われておるのですが，人口の会議，食糧の会議，水の会議，砂漠化防止会議，その他森林会議等々，毎年のようにいろいろな会議が開催されて，専門家が参加して，議論をしている，こういう活動がございます。

ＯＥＣＤにおきましても，インターフューチャーズという作業計画が，これは日本の提案でございましたが，発足をいたしまして，79年には報告書が出ております。この報告書の見方は，環境とか，資源とかの制約によりまして，成長が停止するということには，少なくとも予見される未来においては，ならないのではないかというふうな，むしろ楽観的なトーンの内容でございました。

それからいわゆるブラント委員会報告が出まして，これは南と北両方からの参加者が作成した報告でございます。どちらかといえば，南北問題，あるいは途上国側の視点というものが強い報告書でありますけれども，この中でもやはり途上国における環境問題なり，資源の問題というものが極めて重要であるという指摘が行われたわけで，いわゆる発展途上国関係の文書としては，非常に目新しい指摘であったわけであります。

5. 「西歴2000年の地球」

少し遅れて1980年7月,「西歴2000年の地球」という報告が,アメリカの環境問題諮問委員会と国務省の合同編集ということで,発表されました。

この当時は大統領がカーター大統領でございまして,こういう問題に非常に熱心であったわけでございますし,国務省が入っているのはやや奇異の感がいたしますが,このときの国務長官がマスキーという方で,いわゆる自動車の排ガスの規制にかかわるマスキー法案の提出者として名高い方でありますけれども,そんなふうな関係もありまして,国務省も非常に熱心だったということがございます。

これは非常に大部の報告書でありまして,いろいろな問題を取り扱っておりまして,今から考えますと,その後問題になってきた事柄は,大体そこで網羅されていたというふうな感じがいたします。

これも翻訳が,実は二種類ほど出ておりますけれども,そこで取り上げております問題をざっと拾って申しあげてみると,人口の問題,これは当然でありますし,それから南北間の所得の格差の問題,食糧の生産の問題,水の不足の問題,森林の問題,特に熱帯雨林の減少問題及び化石燃料の消費にともなって起こる炭酸ガスの増大の問題,動植物の種の絶滅の問題,砂漠化の拡大問題ということでございまして,これは最近もいろいろな報告があい次いで出ておりますけれども,それから勿論フロンガスの問題も入っております。そういうようなことで,大体カバーされておりますし,かなり大がかりで実証的な研究であったわけでございまして,その点「成長の限界」が先ほどから申しておりますような想定パラメーター法によっていたのに対し,いろいろな衛星による観測データというようなものも使いまして,数字をもっと厳密に詰めた報告書であったわけです。逆にそれは世界モデルというふうな統一的なフレームワークを用いた分析ではございませんで,それぞれの個別問題について立入った分析をする,こういう手のものでございまして,その意味で地球の問題に新しい次元を開いたという評価が可能なのではないかと思うわけであります。

ところが1981年にはレーガン大統領が当選されまして,1月に就任された。そのころからどうもアメリカの熱も非常に冷めておりまして,その点はやや残念な点でございます。

しかしながら,国連環境計画では1982年に,ストックホルム会合から10年目にあたるものですから,これを記念をいたしまして,特別会合というのをナイロビで開催いたしたわけです。ここには環境庁長官,当時,原文兵衛先生以下代表団が参加をしたわけでございますが,そこで原長官から提案をしていただきまして,開発と環境に関する世界委員会というものを設置をすべきである。そのために日本は,資金を提供する用意があるというふうなことを提案いただきまして,このＵＮＥＰの理事会等でいろいろ議論もいたしたわけでございます。

これはなかなか難航いたしまして,難産でございましたが,翌年になりまして,大方の賛同を得るところとなりまして,発足をいたしました。その後4年ほどかけまして,今年

になりまして"Our Common Future"という報告書がでております。これは福武書店というところから「地球の未来を守るために」という表題になって刊行されております。

ここでちょっと書き落しましたが，もう一つレスター・ブラウンというアメリカの学者がおりまして，この人が，"World Watch Institute"，"Watch"というのは「監視する」ということですから，地球監視研究所というのでしょうか，ワシントンに本部がございます。研究所を主催をしておられまして，非常に活発な研究活動をしておられます。ペーパーもたくさん出ておりますが，1年に一回"State of the World"，「地球白書」と翻訳されておりまして，これも同じく福武書店から出ておりますけれども，毎年こういう白書を出して，非常に詳しい分析をしております。

そのほかいろいろあるわけですけれども，主なものだけ挙げましても，ざっとこんなふうなことでありまして，1970年代の初め頃からこうした分野での研究が非常に進んだということがいえるわけでありまして，いろいろ今まで分らなかったデータなんかも，最近の報告には詳しく紹介されているという状況になってきております。そのうちのごく僅かかと思いますけれども，「成長の限界」が，ひとつの触媒的な効果を持ったのではないか，そんなような気がするわけです。

6. 批 判 と 反 省

この「成長の限界」に対しましては，いろんな批判がなされておりまして，反省すべき点は，やはりいろいろとあると思いますので，その点につきまして幾つか取りまとめて申し上げてみたいと思います。

まず一番重要な点の一つといたしまして，プライス・メカニズム，市場機構とも申しますが，こういったものの役割が軽視されていたのではないか，という批判がございます。

これは報告書の発表の当時からすでに経済学者等を中心に指摘されていたわけでありますけれども，その後の現実の進展というものをみてまいりますと，やはり「成長の限界」が考えていたよりは，プライス・メカニズムというものは有効に機能しているのではないかという印象がかなり強いわけでございまして，たとえば原油価格の上昇というふうなことにつきましても，次第に供給が不足して価格が上昇してくるというようなことになりますと，新油田の開発が進むとか，省エネ，省石油，代替エネルギーの開発というようなことが進むわけでありまして，これが原油価格の水準というものにかなり敏感に反応しているという状況がうかがわれるわけでありまして，原油価格が高くなってきますと，こういった新しい開発活動に非常に拍車がかかる。原油価格が低下してきますと，そこでコスト割れになってきたりいたしまして，なかなか進まないというような，かなり敏感な反応があるということがいえるのではないかと思うわけであります。

同じようなことが資源についてもいえるわけで，これは足りないということになりますと，値段も上がるわけですけれども，代替材料の開発が進んでくる。

農産物につきましては，エネルギーとか，金属材料ほど敏感に市場における需給あるいは価格の動向に反応しないのではないかというのが，在来型の考えでございますけれども，

これにつきましても，意外と農民というのは，価格あるいは需給に敏感である。こういうふうなことを実証的に研究したものも出てきております。アメリカのシュルツという経済学者，この方はノーベル経済学賞を受けております。彼の主たる研究は，人的能力の問題，これが一つの分野でございましたが，もう一つは農業におけるプライス・メカニズムの問題というのがその研究のテーマでございまして，いろいろな事例から，農産物についてもやはりプライス・メカニズムというのは，ほかの商品とそれほど変りない程度におきまして当てはまる，こういうことを論じているわけであります。さらに農産物が不足ということになりますと，技術の面ではバイオテクノロジーが盛んになる，こういうふうな反応が現われてくるということであるかと思います。

市場メカニズムにつきましては，こういったエネルギー資源の面だけでなく，いわゆる生産された商品につきましても，もう一度見直してみる必要がある。商品のマーケットにつきましても，見直してみるべきだ。あるいは労働力の市場につきましても，硬直性を打破しなければならないというような，市場メカニズムにつきましての見直しの気運がここ10年あまり非常に高まってきておるわけであります。

第2点は，政策的な対応の力，これがやはり過少評価されていたのではないか。これを過少評価したために成長率というものを引き下げなければ問題が解決されないという結論にやや短絡的につながっていった面があるのではないか，という点でございます。

イギリスでいわゆるサッチャーイズムというようなことを言われますけれども，それもまさに市場メカニズムをもっと活用するということで，イギリス経済の活力を取り戻そうという試みで，最近イギリスの経済は非常に活況を呈しておりますけれども，その根本には，やはりこういう点があるというのがおおかたの認めるところとなっておりまして，アメリカのレーガン大統領の政策，日本の中曽根総理の政策もやはりこういった方向に向いてきておりまして，全般的にマーケットの機能というものが高められる方向にある。こういう対応が出てきている。つまり，いろいろな供給面での不足に対してプライス・メカニズムで対応していこうという方向がでてきているということも言えるかと思うわけであります。

価格機構というのは放っておいても働くわけですけれども，その働きが不完全なケース，これは多々あるわけでありますけれども，それにつきましては，政策的に補完をしていく，いろんなインセンティブを与える。あるいはディスインセンティブを与える。インセンティブの例としては，たとえば公害防止機器につきましては，特別償却を認めるというふうな制度が日本で行われたわけでありますけれども，そういうような補完的な政策措置というものがかなり効果を発揮するということがだんだん分かってきた面があると思います。

もっと直接的な規制，これは排出規制とか，環境基準とか，そういう形で，これもかなりの効力を発揮してきたということであると思います。

こういうような規制をやりますと，成長力が弱まる場合もあるわけですが，むしろ逆に成長率が高まる場合もありまして，日本の自

動車の排ガス規制の強化に対しましては，自動車メーカーの側で対応をされまして，それへの対応と同時に達成する，いろいろの性能も同時に良くなるというようなことで，むしろ生産性が高まっていったのではないかというふうなことも言えるわけであります。

日本における環境問題の対応ということから考えますと，どうも政策の力に対する過少評価というのがあったのじゃないか，これが第二の反省点でございます。

この点，さらにここで書き落しておりますが，いわゆる住民運動とか，ＮＧＯと言われております非政府機関，"Non-Governmental Organization"，こういうものもやはりいろいろなレベルにおきまして，一定の役割を果してこられておると思いまして，このへんもやはり十分評価すべきであったのではないか，という反省がございます。

三番目の点は，これは技術の開発力，これにつきましても，やはり過少評価があったのではないかという点でございます。これに関しましてもやはりプライス・メカニズムの技術開発に対する影響力というものの過少評価があった，ということもございますし，それから技術進歩それ自身の持つ自律的な進歩の可能性という点につきましても，過少評価があったのではあるまいか，そういう気がするわけであります。

第４の点といたしましては，南北問題という観点が非常に稀薄であったのではないか，という点でございまして，これはその後の展開を見ましても，地球環境の問題というのは，やはり南北問題との関連におきまして，展開を遂げてきているということでございます。

ストックホルム会議の頃には，むしろ発展途上国側は，自分たちは奇麗な空気よりも，煙突から出る煙が欲しいのだ，ということでございまして，つまり環境より開発が自分らにとっては必要なのだと，こういう見方が強うございました。そういう意味で南北の対立が，そういった国際会議の席でも出たりしたわけでございますけれども，次第にやや変化が生じておりまして，10年後のナイロビの国連環境計画の特別会合の場におきましては，むしろ将来の発展の基盤として，途上国のいろいろな資源，森林であるとか，鉱石であるとか，エネルギー，そういったものをいかにして途上国側として確保していくか，これがやはり環境の保全ということと非常につながりが深いというような観点からの議論がかなり強くなってきていた。そういうふうな変化が見られるように思うわけでございます。

しかしながら，途上国におきましては，非常に人口も増えております。そういったところで経済発展が本格的に開始されていくと，これは非常に大きな，予想もしないような大きな問題につながっていくのではないか，というふうな気もするわけでございます。これは最後にもう一度申しあげてみたいと思います。

途上国側の反応といたしましては，そのような変化はありましたけれども，「成長の限界」の考え方に対する一番端的な反論は，そうした議論というものは，いわば現状凍結論であるということで，先進国側がすでに開発，成長を遂げた上で，もうこれ以上成長しなくていい，こういうことになると，途上国の将来はどうなるのかと，こういう危惧が非常に強まりまして，そうした観点からのいわば反発が強かった時期がございました。

第５点といたしましては，これは今まで申しあげたほどの重要性は，あるいはないかとも思いますけれども，こういうふうな地球環境の危機というようなことは今新たに始まったわけではなくて，過去何回も起ったのだ。そういうときは必ずこの長期的な景気のうねりがありまして，それが非常に高揚した時期において，こういうことはなんどもあったというふうな議論がございます。いわゆるコンドラチエフの波というのですか，50年か60年ぐらいの波があるという説がありまして，循環して何度も起っているのだというふうな考え方。それにやや似通った考え方ですけれども，エネルギー危機というようなものは，産業革命が起こる以前の段階であったじゃないかと。木材を使ってエネルギー源にしていたのが，これが段々と森林等を伐採してしまって，足りなくなった。そこで石炭を燃してエネルギーを得るというような必要が生じたのを切っ掛けとして，一連の技術突破が起った。これが産業革命であるというふうな一つの歴史観みたいなものがございまして，そういう意味からすると，決して今回のようなことは目新しいものじゃない，というような議論もあるわけでございます。

7．「成長の限界」の評価

そこで最後に，今申しあげましたようなことを踏まえて，総合的に考えて，「成長の限界」を現時点でどういうふうに評価するか，ということにつきまして，私自身の考えを申しあげてみたいと思います。

考えてみますと，「成長の限界」の考え方は，非常に新しいタイプのものであったと，ということが言えるのではないかと思うわけであります。

今もちょっとご紹介申し上げましたように，文明の衰退とか，それから一つの文明が限界に達していくというようなことについての一種の議論，歴史観というようなものが，今までにもいろいろと提出されております。トインビーというような人が，そういう文明の興亡を概観いたしまして，考え方を出しておりますけれども，いわゆる応戦と挑戦といいますか，ある社会のシステムに対しまして，外部的なある圧力が加わったときに，それに対してそれを克服する力が社会に働く。そのような時期に経済社会というのが発展を遂げるけれども，それを克服して，一種の定常状態に入ると，国民の団結力のようなものが弛緩をいたしまして，指導者層もその指導性，リーダーシップというものを発揮できなくなる，というようなことで，社会が瓦解をするというような，あるいは間違っているかも知れませんが，私の理解では，そんなふうなことを言っていたように思います。

それから，ある組織が非常に巨大化，複雑化をいたしますと，統制がとれないといいますか，管理能力の限界に達して，それが崩壊をする。こういうふうな議論もあったと思います。それからまたマルクスのような人は，生産力と生産関係との間に矛盾が生じて，そのことによって一つの社会が崩壊して，次の社会を生み出すために革命が起るのだ，というような議論を提出したこともございます。

それから所得が一定以上の段階に達しますと，満足が非常に高まるために，もうこれ以上成長する必要がないのだ，というような成長への意欲が低下をするというようなこと

で，限界が生じてくるというような見方もあったように思いますし，現にあると思います。

こういった議論は，いずれも人間の能力，たとえば社会を組織する能力，あるいは人間の社会の持つ組織力の限界というようなことに着目いたしまして，成長をしたいのだけれども，成長ができなくなるような状態が内在的な理由で生じてくる，こういうような理論構成であったかと思うわけであります。

もう一つの在来型の議論は，これはローカルな議論であります。たとえばローマ帝国はなぜ崩壊したかとか，あるいは西洋文明がなぜ没落するかとか，あるいは資本主義がなぜ崩壊するかとか，そういった類いの議論でございまして，これはいかに地域を広く考えるといたしましても，ローカルな議論で，しかも歴史的な過去についての分析，言わば歴史の解釈論というような形で提出されていたわけであります。

ところが，この「成長の限界」の議論というのは，これとがらっと変りまして，成長というものは今後も続くであろうと，こうみながら，内在的な理由ではなしに，むしろ外的な理由によりまして，これが限界に達し，行き過ぎに続く破局という形で，崩壊をしていく危険がある。こういうふうな指摘を行ったわけでありまして，いわば成功するがゆえに没落をする，こういう議論であるわけであります。従いまして今までポジチブな価値と信じられていたものに対しまして，それは必ずしもポジチブな価値ではない。そういう意味で，言わば価値体系そのものの変更をせまる議論，こういうものを提出したというふうにみることができるのではないかということが一つでございます。

それから，ローカルなものではなしに，地球全体としての議論，こういう点でも極めて新しいものであった。

三番目には，過去の解釈学ではなくして，いわば将来に向かっての実践的なアジェンダを提出した。いうなればアクションプログラムみたいなものです。そこから引き出して問題提起をした，政策論として展開した，というところに大きな意味合いがあったのではないか。そんなふうに考えるわけでありまして，いろいろな限界，つまり成長の限界のもつ限界というものはあるわけですけれども，そうした意味でやはり世の中に対して，一定のインパクトを与えるものであったのではないかというふうに考えるわけであります。具体的ないろいろな問題につきましては，この場ではいちいち申し上げないことにいたしまして，先ほどご紹介いたしましたような新しい研究成果をご参照いただくのが一番よろしいのではないかと思うわけであります。

8. 今後の課題

最後になりますが，本当に重要な問題というのは，実はまだ提出されていないのではないか。「成長の限界」でも提出されていなかったし，その後引き続くいろいろな研究におきましても，まだ提出されていない問題があるのではないか。これは私の私見なのですが，本当の意味でのグローバルな問題というものにまだわれわれは突き当たっていないのじゃないか。それはなぜかと申しますと，我々は南北問題というものを抱えているわけで，これにつきまして，いろんな視点から，一連の研究のなかで取り上げられてきたということ

は先ほど申しあげたとおりでありますけれども，本当に重要な問題というのは，南北間の所得の格差を縮小させる，あるいはなくしていく，こういうことがもし我々の理想であるといたしますと，南側の国というのはこれから本格的な経済発展，経済成長の段階に入ってくるということに等しいわけであります。

そういたしますと，仮に全世界が先進国並の，これはやや荒唐無形な想像であるかもわかりませんが，少なくとも先進国に近いような，少なくとも比較可能な程度の生活水準なり生産水準なりに追いついてくるということを考えますと，そのときに発生するであろう食糧の必要度，そのときに必要であろう資源の必要量，エネルギーの必要量，そういうものはまさに想像を絶するようなスケールになるのではないか，というように思われるわけであります。こういう状況というものを想像することはかなり難しいことではありますけれども，我々はやはりそちらの方向に向かって進んでいくことになっているのではないか。その速度にはいろいろと問題がございますが，方向性というのはそういうことなのではないかと考えました場合に，やはり何時の時点で，急にどうこうということではありませんけれども，ある段階で，我々は真の意味での地球的な規模の問題というものに直面する時期というのがやはりこれからくるのではないか。現在でこそ，いろんな分析の結果まだ当面われわれの発展の余地は十分あるじゃないか，資源の面でも，エネルギーの面でも環境の面でも，先ほど申し上げました批判なり，反省なりというものに立った政策を行っていけばまだ成長の余地があるのじゃないかというのが現在の大方の見方じゃないかと思いますが，将来については必ずしもそういうことは言えないのじゃないか，というのが私のやや懸念をいたしているところでございます。

大変至らぬ話でございましたが，私なりの「成長の限界」の評価というのは以上のようなものでございます。ご静聴をいただきましてありがとうございました。(たなか　つとむ　経済企画庁調整局審議官)

意見交換会「深層天然ガスを考える」

── スウェーデン　シリヤン・プロジェクトの話題を中心として ──

出　席　者（順不同，敬称略）

脇田　宏	東京大学　理学部　地殻化学実験施設　教授
星野　一男	通商産業省　工業技術院　地質調査所　燃料部長
坂田　将	〃　〃　〃　技術部　化学課
町原　勉	石油公団　石油開発技術センター　地質地化学研究室　研究員
浅川　忠	石油資源開発㈱　技術研究所　副所長
藤田　嘉彦	帝国石油㈱　技術研究所長
大橋　忠彦	東京ガス㈱　企画部　調査企画グループ　総括
近藤健比古	〃　〃　技術企画グループ　課長格
有本　雄美	大阪ガス㈱　企画部　部長補佐
嶋田　勝弘	石油鉱業連盟　事務局長
小野寺　博	天然ガス鉱業会　調査課長
小林　和夫	㈳日本ガス協会　技術開発室長
越前谷義博	通商産業省　資源エネルギー庁　石油部　開発課　国内開発係長
田淵　秀乙	〃　〃　公益事業部　ガス保安課　技術班長

＜座　長＞

越川　文雄	㈶エネルギー総合工学研究所　専務理事

1.　はじめに

越川　先般，国において21世紀のエネルギービジョンが取りまとめられましたが，その中で，深層天然ガスの問題その他技術的な問題がいくつか取り上げられております。そういった問題についても，私どもは日頃われわれなりにその具体化についてお役に立てるところは立っていきたいというふうに考えておるわけでございます。このビジョンの中で取り上げられている電気自動車につていも，本年(1987年)初めから電力，自動車業界等のご協力を得て，鋭意勉強をしてまいっております。

深層天然ガスにつきましても，これからご説明いただきますように，脇田先生はじめガス業界の方々がこの9月にスウェーデンで開かれたシンポジウムにご出席になり，同国のシリヤン・プロジェクトについて，いろいろ

貴重な情報資料等も収集してお戻りになりましたが，この機会に，私どもとしても何かお役に立てるところがあれば，と考えておりまして，まずは今回のような意見交換会をやらせていただいて，今後の取り組みのあり方等についてわれわれなりに考えさせていただきたいと思っているわけです。どうぞよろしくお願いいたします。

2. シリヤン・プロジェクトについて

近藤 シリヤン・プロジェクトの内容を簡単に説明しましょう。スウェーデンは，ご存じのように，全発電量の約半分を原子力でまかなっておりますが，1980年に国民投票をやりまして，2010年には原子力を全廃するということを決定したわけです。しかしながら，スウェーデンには現状水力以外に特に自国産のエネルギーがなく，原子力にかわるエネルギーをなんとかしてみつけなければいけないということで検討を始めたわけです。

ゴールド先生(注1)の説に従えば，あの地域に無機性起源の天然ガスが存在する可能性があるということを受けまして，1982年頃からそれを掘るプロジェクトをスタートさせたわけです。ガスを掘るための株式会社を新たに設立しまして，実際には1986年の7月始めから掘り始め，今年（1987年）の9月の第1週目で6,400mまで掘り終わったということになっております。

（注1） Thomas Gold. 1920年ウィーン生まれの高名な天文・宇宙学者。ケンブリッジ大学に学び，その後ハーバード大学およびコーネル大学の天文学教授を歴任した。1980年代に入って地球深層部に非生物起源のメタンが大量に存在しているとする説を提唱し，大きな反響を呼んでいる。

このプロジェクトは当初は30億円以下でやれる予定でしたけれども，最終的には40億円ぐらいかかりまして，その内の15%程度をＧＲＩ（米国ガス研究所）がＤＯＥ（米国エネルギー省）の支援を受けて出しております。掘りはじめたところ，当初非常にスムーズに掘れまして，今年の3月ぐらいまでは予定より早く掘れたのですが，その後4,000m以深のところで困難になり，進み具合が相当遅くなりまして，穴曲り現象のために，2，3回掘り直したりしまして，結局，何回掘っても同じ方向に曲がるということで，予算切れ等の理由もございましょうが，最終的には，9月の始めに6,400mで終わっているという状態でございます。

3. 講演「第3回大陸地殻探索国際シンポジウムについて」東京大学教授　脇田宏

脇田 本日このような機会に私の話を聞いていただけるのを大変うれしく思います。今日お話するのは「第3回大陸地殻探索国際シンポジウムについて」でございます。この会議に出席させていただきまして，大変勉強になりましたものでございますから，知識が浅く，十分把握もしておりませんが，私なりに理解した範囲を皆様にお伝えしたいと存じます。

私は地球化学を専攻しておりまして，以前はマントル物質や月の石ですとか，隕石ですとか，地球物質というか，宇宙物質の主成分元素や微量元素の分析を行っておりました。天然ガスに関しましては，1980年頃から地震予知研究の一環として興味を持って研究に入ったばかりで，非常に知識の浅い段階にあり

ます。

こちらにご出席になっておられる方々にも，かねがねお教えを乞うておりまして，たとえば，帝国石油の藤田先生とか，石油資源開発の方にはサンプリングでいろいろとお世話になったり，町原さんとか，坂田さんとか，天然ガスを専門的に研究してらっしゃる方々にもご意見をいただいております。

前置きがあまり長くなってもいけませんので，9月のシンポジウムの内容を，どうしても一部になりますけれども，お話しさせていただきます。

この深部掘削に関する国際シンポジウムは，今回が第3回目の開催になります。第1回の会議は1984年にアメリカで開かれました。この時の主催者はベリー・ラリーというコロンビア大学の非常に有名な方です。1986年には第2回の会議がドイツで開かれました。これは，1987年の秋からドイツの深部掘削が始まっており，そのために開かれた会議です。第3回が今回で，スウェーデンのムラというところで開かれました。ムラというところはストックホルムからだいたい北西に300kmぐらい離れたところにあります。ここがどうして選ばれたかといいますと，3億6,000万年前に隕石が落ちて，シリヤン・リングと呼ばれるクレーターがつくられているからです。ここでは，隕石の衝突により数十キロの範囲の地表が変形をしています。天然ガスを求めるだけの研究が深部掘削の目的ではないのですけれども，ここでは，7,500mを目指した掘削が行なわれているということもあって，第3回の開催地として選ばれたわけです。

秒速何十キロメートルというような速さで

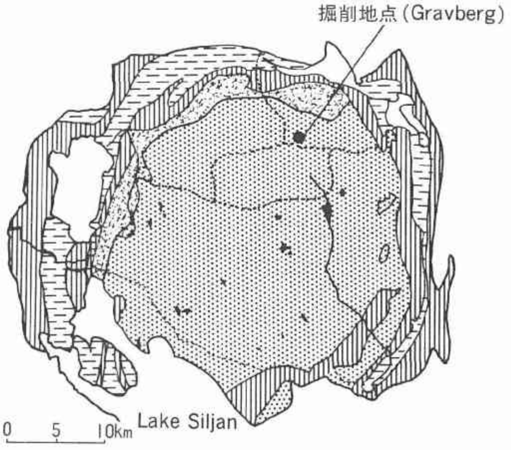


図1 シリヤンリングの概要

隕石が地表にぶつかりますと，すごいショックウェーブが生じます。地表はどういうことになるかといいますと，あまり大きなものがぶつかると地球も壊れてしまうほどの変化をするわけですけれども，せいぜい直経数キロの物体であれば，そのショックウェーブで地表は著しい高温高圧の状態になります。結果的には地表にぶつかって，地表を変形させる，すなわちクレーターがつくられるのですが，地下はどういうことになるかといいますと，破砕を受け，ひびが入ります。このひびは地下の深部，たとえば，マントルまでも達するかもしれません。同時に地下のある層を溶かして，メルトというか，溶液化した層をつくるということになります。結局，下の方に気体の通りやすい領域ができて，上の方に気体を通しにくい非浸透性の層ができるので，もしも地球のマントルにガスがたまっているとすると，隕石孔の地下は非常に良いガスのリザーバーになると考えられます。

1980年頃から，トーマス・ゴールド先生という方が，地球のマントルの中には非常に多量のメタンが存在している，エバイオジェニック，つまり無機起源のメタンが存在する，という仮説を唱えておられます。

この地域一帯は火成岩の地域です。堆積岩に由来する有機物の存在の少ないこうした場所でハイドロカーボンが得られれば無機起源説を実証できることになり，こうした目的にとって格好の地といえます。これにエネルギー資源を得たいというスウェーデン側の事情もあって，この地が選ばれたわけです。

会議のテーマといたしましては，もちろんいま言った掘削が重要なテーマだったわけでございますが，初日には，各国で行われております深部掘削の現状や，今後の計画についての報告がございました。これについて簡単にお話しいたします。いちばん最初に深部掘削に着手したのはソ連です。ソ連ではコラ半島のムルマンスクのそばに15kmの孔を掘っておりまして，現在12.65kmに達しています。掘削は考えていたよりも困難を極めておりまして，15kmまで掘るのは高度な技術と大変な努力が必要であるということが述べられました。どのような目的で掘っているかといいますと，地球の中というのは少しも分からない，少しでもその理解を助けるために掘ろうというのが主な目的になっております。もちろん，資源探査，あるいは地球物理的な事象の解明も含んでおります。現在8kmまで孔を広げる工事をしておりまして，24cmぐらいの口径だということでございます。その他，ソ連にはいくつかの深部掘削の計画がありまして，ウズベク共和国で12kmの孔を掘りつつあるということでございます。

次に，西独のプログラムが紹介されました。西独では14kmの孔をミュンヘンの北に掘ろうとしておりまして，これは石油，ガス，地球物理等，たくさんの分野の人を導入して，1887年の秋から約30億マルクの費用で250人が参加する巨大なプロジェクトで行われております。

各国の中でいちばんはなばなしく深部掘削に取り組んでいるのがアメリカです。アメリカは非常に多様な分野で孔を掘ろうという努力をしております。たとえば，地熱エネルギーを得るための孔とか，サンアンドレアス断層という大断層がございますけれども，その断層の動きを解明するため，断層に孔を掘るとか，アパラチアンに孔を掘るとか，火山に掘るといった様々な計画を立てて，それを実施しております。その他，アメリカが主導するものとしては，Ocean Drilling Projectといいまして，海の中にいくつも孔をあけるというプロジェクトの紹介もございました。

こんなことばかり話しておりますと，時間がなくなりますので，簡単にしますけれども，この他にカナダですとか，英国ですとか，またルーマニアのようにあまり経済的に豊かとは思えない国でも，10km程度の孔を掘ろうという計画が進められています。

日本の現状は，この会議では報告されませんでしたが，この機会に申し上げておきますと，日本でも次第に深部掘削の必要性が認識されてきています。たとえば，防災センターでは2kmの深さの孔を日光の足尾地区に掘ろうという計画があると聞いておりますし，10km程度の学術ボーリングを積極的に行おうという働きかけもございます。この（1987年）12月に東京大学地震研究所で深部掘削のシンポジウムが開かれ，ここで日本のサイトを決

めるという動きになっております。

だいたい各国の現状はそんなところにさせていただきまして，次は，スウェーデンのシリヤン・プロジェクトの経過についてお話ししていきたいと思います。なお，シリヤンという意味はリングという意味だそうです。

ここの地層はどういうふうになっているかといいますと，石灰岩とか，砂岩の層の年代はだいたい４～５億年でございます。それより古い岩石としては花崗岩があり，15～18億年ぐらいです。その間に火成活動もありまして，粗粒玄武岩はだいたい10億年ということでございます。隕石がぶつかったのはおおよそ３億6,000万年前のことです。

掘るにあたって，場所を決めなくてはいけないため，1983年パイロット・サーベイが行なわれました。クレーター内の７箇所で試掘孔が掘られ地質が調べられました。これらはいずれも比較的浅いもので，いちばん深いものでも700ｍぐらいです。合計3.5kmのコアサンプルが回収されました。そのほかパイロット・サーベイとしては，地電流測定ですとか，土壌ガス，即ち地下から出てくるガスの中の揮発性成分の測定（これが多い場所の方が下からの通路があいているのではないかということです），それから，この辺の湧き水だとか，湖水中のガスの分析，水質分析，あるいは重力測定，人工地震観測，低周波波動測定などが行なわれました。また，地磁気，空中磁気の測定ですとか，空中からの調査による亀裂の判別等も行なわれました。

いちばん重きを置かれたのが重力測定と地震観測でした。地震の探査では東西南北60kmぐらいの地域を帯状にサーベイしたと言うことですが，その結果候補地として，中央部と北の地点があげられ，最終的には重力の負の異常から掘削地点が決定されたということでございます。

当初の計画では5,000ｍまで掘ろうとしていました。孔の口径は地表で50cmぐらいです。だんだん深くなるほど細くして4,000ｍを越えますと，だいたい20cm程度です。

掘削の経緯としましては，1986年７月１日に掘り始めて，非常にスムーズに掘削が行なわれまして，わずか３カ月で4,000ｍまで掘ったことになります。しかし，その後地応力の影響で穴曲がり現象を生じたということです。

4,000ｍ近くにある反射面を境に曲ったため，そこをセメンティングしまして，もう一度掘り直しました。掘り直していくんですけれども，どうしても同じ方向に曲がってしまうというようなことが起こりまして，再度セメンティングして，掘ってゆくわけです。6,081ｍにどうやらこうやら達したのが，今年（1987年）２月25日です。それから９月５日までに，6,600ｍですから，ものすごく苦労していることが分かります。

当初，4,000ｍにある反射面を目指して孔を掘り出したわけですが，ここを過ぎても，炭化水素が顕著に検出されないし，掘りやすいこともあって，急きょ，その下の層7,500ｍを目指して計画が変更されて，現在はこの途中にあるわけです。先程，東京ガスの近藤さんが述べられたように，態勢を建て直して，来年の４月から掘り始め，８月までにこの最終目的層を貫こうという計画であります。

このシンポジウムでは，現状分析，主にデータの解析結果が報告されましたけれども，大変分かりにくい話が多く，通り一遍聞いた

のではちょっと理解できない面もございました。それはどういうことかといいますと，たとえば，4,000mをこえると，水素濃度が200,000ppmに達したというようなことをいっております。200,000ppmといいますと20%もの水素が出てきたということです。それと，ヘリウムも非常に高濃度であったので，大変に有望であるという話でした。そのままの報告が会議でも出てくるのです。そうすると，本当にそんなに多量の水素が出るのなら有望かなというように思えてきます。ところが，報告されない内容を聞きますと，この4,000mまでは潤滑剤として普通の水を使っているんですが，4,000mからはベントナイト(注2)を使っていまして，それを使った途端にこういった化学組成に変わってきたということでした。

掘削孔の検層も行われました。シュランベルジャーという会社が担当し，ウラン，トリウム，カリウム，アルミニウム，ナトリウムなどの含有量変化について連続データが示されました。

循環水中より採取した気体の分析結果についても，その一例が報告されました。ガスクロマトグラフィーによる結果ですけれども，ヘリウムと水素のよい相関があることが指摘されていました。炭化水素，メタン濃度はたかだか100ppmぐらいで，非常に低いのです。最初に言いましたように，水素を除いては炭化水素はほとんど出ていないという状態です。

地震波の反射のあるところに達しますと，炭化水素の量が少し増えます。この地震波反射のあるところは，何から出来ているかというと，粗粒玄武岩なんです。粗粒玄武岩というのは，火成作用でマグマが上部の岩石に貫入したものですが，その中の炭化水素がやや高い同位体比をもつという報告でした。

炭素同位体のデータとしましては，その粗粒玄武岩の中の炭化水素の値は－9～－26%(注3)で，花崗岩中の値は－20～－45%でした。

ヘリウムの同位体の値は，0.03～0.08R_Aということです。これは空気のヘリウムの同位体値比（$^3He/^4He$）を基準として，その100分の3から100分の8ということで，マントルヘリウムが非常に少ないことを示しています。即ち，質量数3のヘリウムが地下深部に多く存在するという解釈からしますと，ここではその比が著しく低いので，これは主として地殻からのヘリウムであることを示しています。

こういう結果から見ますと，必ずしも現状ではゴールド先生のおっしゃるような無機起源のメタンが出ている段階にはありません。ただ，あくまでこれは途中経過でございまして，さらに先の層まで貫いた時にどうなるかということは分からない問題であります。もう一つ，マントルにメタンがあるかないかというのは大きな問題で，仮にここまで掘った時になかったとしても，本当にないと片付けられる問題でないことは申し上げるまでもあ

（注2） 粘土の一種。SiO_2とAl_2O_3を主成分とし，SiO_2/Al_2O_3比は4.4～7.7。幅広い用途をもち，石油井掘進用の泥水の主成分としても用いられている。

（注3） PDBスケールによる表示。炭素同位体を測定する場合のスケールで，下式で与えられる。

$$\delta^{13}C_{PDB}=\left\{\frac{(^{13}C/^{12}C)\,\text{sample}-1}{(^{13}C/^{12}C)_{PDB}}\right\}\times 1000(‰)$$

ここで標準試料として用いられるPDBとはPee Dee Belemnite（Pee Dee地層に産出する石灰質の化石）の略。

りません。

4. 自由討論

越川 まず，スウェーデンにおけるシリヤン・プロジェクトについて，取りあえずお一方ずつコメントをいただけたらと思います。

星野 きょうはいろいろな話題が出てくると思いますが，取敢えず今ご紹介いただいたシリヤン・プロジェクトに対する感想を申し上げますと，まず第一は，スウェーデンでは資源的な将来に対する非常に厳しい状況というものがあるにしても，これだけ金のかかる深い孔を掘ったということ，そういったものを国家的な規模で実現させたという意欲，エネルギー，そういうものに対しては，とにかく兜を脱いだということです。

私どもは，ソ連の深層ボーリング計画については前々から聞いていたのですが，スウェーデンで，地質学的にみますと，楯状地と言って非常に古い岩層であり，地質学的な常識から言えば，恐らく油とか，ガスとかとは非常に縁遠い地層である，そういうところに深層ボーリングをするという話は，噂は前々から聞いていたのですが，まさか本当にやるだろうということは予想していませんでした。今のお話によりますと，非常に計画的にされていたということで敬意を払わなければいけないと思います。

中身につきましては，私は本来，地質で言いますと，構造地質学が専門でございまして，地質調査所の燃料部長という職におりますけれども，有機地球化学については，いわば素人ですので，そういう方のご意見をこれから伺いたいと思いますが，いずれにしても，いろんな問題があると思います。資源的なものに結びつけるまでには，もうワンステップが必要な気がしますが，私のところは研究所でございますので，いろんな点で非常に興味あるプロジェクトとして，今後フォローしていきたいと思っています。

坂田 脇田先生にひとつ質問させていただきます。水素の濃度が非常に高い結果が出てきたというのは興味深いのですが，ほかの成分は，いずれもppmレベルであるというお話を伺いました。そうしますと，水素以外にはどういうものが主成分なのでしょうか。そのへんの報告がもしありましたら，教えていただきたいのですが。

脇田 循環水に溶けたガスを脱ガスさせて測っているわけですから，主成分は空気です。

水素がなぜ高くなるかという問題があります。私が考えますには，たとえばベントナイトと金属との摩擦，あるいは地下水とベントナイトの化学作用で水素が出るし，ヘリウムも，ベントナイト中に入っていたものが出ているのではないでしょうか。

坂田 ヘリウムもですか？

脇田 ヘリウムも高くなるというのです。

岩石をメカニカルに破砕しますと，水素が発生します。それは珪酸塩の結合が切れる時に水と作用して，水が分解されて水素が作られるのだと思うのです。そういうような化学反応の際，ベントナイトは有効に作用するのだと思います。これは私の解釈であって，スウェーデンの方がそう思っているかどうかは知りません。

ゴールド先生は，地層が下にいくほど多量の水素が出てくるという解釈に結びつけておられます。そして，炭化水素の含有量も水素

濃度と相関すると言っておられます。

浅川　水素に関しましては，脇田先生のおっしゃる通りだと思います。

私どもが石油の井戸を掘っておりまして，水素が急に増えたりするのは頻繁にございます。これはドリルビットと岩石の摩擦で発生するということになっておりまして，そういう水素はいわば人工的な邪魔ものですから，わざわざ吸着装置を系に入れまして，水素を除くようにしております。そういうわけで，水素が急に発生したりするというのは，深井戸を掘っていますと，珍しいことではないと思います。

ただ，ヘリウムとかメタンと並行して増減するのは，ちょっと分かりかねるのですが。

脇田　ヘリウムやメタンといっても，非常に僅かなものの相関を論じています。メタンがパーセントオーダーで増えるというのではなくて100ppmぐらいのメタンがせいぜい300ppmになるということです。

越川　坂田さん，シリヤン・プロジェクトのコメントとか，感想はございませんか？

坂田　メタンの量がどのくらい出てきたかということが，現実によく分からないので，資源的な価値というのが，今のところは全然分からないのですが，同位体的に非常に重いメタンが出てきたということはとても興味深いことで，特に粗粒玄武岩の方から重いメタンが出てきて，花崗岩の方からは比較的軽いメタンが出てきた。粗粒玄武岩の方が無機起源のメタンであろうというようなコメントがあったと思うのですが，そのへん非常に興味深く伺うことができました。もし粗粒玄武岩から無機起源のメタンが出てくるというような理由をご説明いただければ有難いのですが。

脇田　粗粒玄武岩層の炭化水素の炭素同位体比が－9から－26%ですからずい分重いという感じがします。

坂田　これは炭酸ガスも入っているのですか？

脇田　炭化水素のみです。エタン，プロパンから炭素数5のものまでを含んでいます。

星野　今のことに関連して，先ほどの補足をしたいのですが，先ほどこの地域は，火成岩地帯であるという説明でしたが，ここでちょっと注意しておかなければいけないのは，上の方には堆積岩があったらしいということです。石灰岩と砂岩が存在するようですが，その年代を見ますと，4億ないし5億年という地質学的に言いますと，古生代の堆積岩で，この当時は，もうすでに生物がおりました。従って，そういう点では完全なマグマ地帯ではない。もう少しいろんな分析の報告をチェックしないと分かりませんけれども，まあ生物系の炭化水素が完全に分離されているところではないということを注意する必要があると思います。

ですから，現地地表で油兆があるといわれているところもひょっとしたら，浅いところの堆積岩に関係しているのかも知れないという可能性はやはりあると思います。

町原　私は，天然ガスに関しては，ほとんど知識を持っていません。有機地球化学という分野で，現在，ケロジェン(注4)中の複雑な有機物，あるいはビチューメン(注5)と呼ばれているものの

(注4)　堆積物中に細かく分散して存在する有機溶媒，アルカリ水溶液に不溶な固体有機物の総称。生物起源の石油炭化水素の主要な根源物質と考えられている。

(注5)　堆積物中に細かく分散して存在する有機物で，クロロホルム等の有機溶媒に可溶なもの。抽出性有機物ともいう。

中の生物指標化合物(注6)，そういったものを研究しております。

今年の9月にヨーロッパで，学会がありまして,「国際有機地球化学会」という名前なのですけれども，そこではケロジェンを対象として，石油の有機成因説の立場をとる研究者が集まっているのですが,その学会の途中で,シリヤン計画がうまくいかなかったということがアナウンスされまして，それで会場がワッと沸いた。一部から拍手が起ったということがありました。スウェーデンからも参加者がいましたので，その人たちからすれば面白くなかったかと思うのですが。ただ私としましては，必ずしもケロジェンとか，そういった有機物起源のものばかりではなくて，深層からのガスがあっても面白いのではないかという感じで見ています。

複雑な有機物を研究するのも非常に難しいのですけれども，メタンといいますと，有機物の中で一番簡単なものです。一番簡単なものですので，その起源を知ることもまた非常に難しい。現在同位体を，起源と関係づけていますが，これと言った手段がないわけでして，このあたりどういう方向づけで，今後研究が進められていくのだろう，かなり難しいのじゃないかという印象を受けました。

浅川　脇田先生のご説明大変興味深く聞かせていただきました。噂には聞いておったのですが，実際にお話を承ったのは初めてでございます。

こういういわば原始地球の創生期にかかわるような話でございますので，私どももそういうものは自分でも研究したことはございませんし，理論的に可能かどうかというのは，自分で判断できないのですが，大変興味があるものですから，よく論文とか，本を読ましていただいておりますので，感じることを述べさせていただきます。

まず，原始地球の創生期に，はたして還元状態のガスがあったかどうかという問題。あるいはコンドライト(注7)が持ってきた有機物が長い地球の歴史の中で，徐々に地表に放出されているという，そういう現象というのが，一般的には，専門の学会では認められていないということ。むしろ瞬間的に脱ガスが起ったというふうにいっている人が多いのです。

仮にメタンというような形で，マグマの中に含まれていて，それが非常にゆっくりと地表に向かって放出されてきたということを信じた上での話ですけれども，果して資源としてのメタンをわれわれが捕えられるだろうかということが問題だと思います。地下のガスをどうやって探すかという問題になりますと，20年，30年先になって，科学技術が進歩すれば，あるいは可能かも知れませんが，現在の技術あるいは科学でもって10年先，15年先を想像しましても，こういうガスの溜まっている場所の地質学的な規則性を見い出すのはなかなか難しいのじゃないかと思います。

といいますのは，仮に徐々にメタンが地表に上がってきたにしても，どこかにトラップと言いますか，溜るところが必要であり，そ

（注6）　bio-marker, biological markerともいう。堆積物中に存在する有機化合物の中で，その基本的炭素骨格が生合成化合物と明瞭な類縁関係を示すもの。ポルフィリン，ステラン，ホパンなどが代表的なもの。

（注7）　石質隕石のうち，コンドリュールを含む組織で特徴づけられる一群。特にＣＩコンドライトは始原太陽系物質を最もよく保存しているものと考えられている。

の溜る場所というのが，ある規則性を持っていませんと，探査目標が絞れないということがあるわけです。溜る場所は，地質構造のほかに，溜めておくスペースというのが必要です。その孔隙がどういう形の孔隙かというのが大変気にかかります。いろんなタイプの孔隙がございますけれども，割れ目なのか，粒子と粒子の間の孔隙なのか，こういったことも大変重要なわけです。そうしたことがある程度明らかになってきませんと，どこの場所ということには，なかなかならないと思います。

もう一つは，キャップロック，即ちガスを上に逃がさないための非浸透性の地層というものが，どういうものが考えられるのか。シリヤン・プロジェクトでは，いわばいったん割れ目ができて，それが後から二次的に埋められたというふうな解釈で，非常に地震波の反射の強いところというようなものが，キャップロックになっていると言われておりますけれども，現在我々の扱っている油田で，そういう二次的に割れ目が埋められてできたキャップロックは私の知る限りでは見かけません。従ってガスが地表に向かって放出されてきましても，それを逃さないで溜めておくキャップロックの存在の可能性を十分検討する必要があります。油田はどんどん作られて，どんどん破壊されているのが現実だと思うのです。従って，非常に長い期間かかって，作られたのじゃなくて，わりと短い期間でできて，しかもいい条件のものが保存されている，というのが現在の油田だと思うのです。従いまして，そういうゆっくりとした放出でもって溜まったガスがずうっと保存されているというような地質条件というのは非常に厳しいと思います。しかも，それを探す手立てというのが，今の技術ではほとんどないのじゃないかという感じがしています。

藤田　ちょっと考えがまとまらないのですが，思いつくままに申し上げますと，現在地球上で，マントルといいますか，地球の深部から出てきているに違いないと思われているメタンガスは，海洋底の割れ目の東太平洋海膨からヘリウムと共に出ているメタンが，ヘリウムの同位体からしまして最も確かだろうと，これにつきましては，小野寺さんとか，坂田さんが再三紹介されております。それから質量数3のヘリウムが地球深部にあるという点につきましては，脇田先生が紹介されておりますが，東太平洋海膨のメタンの炭素同位体を測りますと，−15%とか，相当重い値が出ております。ほかにも疑わしいところは幾つかあるわけでございますが，現在の判定の目安というのは，メタンの同位体が−15%ぐらいであれば，地球深部から出てきている可能性はあるよ，ということぐらいじゃないかと思うわけです。

我々が地球資源として天然ガスを考えた場合に，まず一つには根源物質，ソースという問題があります。今一つは，それを蓄えておく容れ物，リザーバーであり，これらの二つの観点からみたいのです。

今スウェーデンの例を伺いましたが，古生代の頁岩（けつがん）が奇麗に成層している様子で，これは多分炭化水素の根源岩，ソースロックになるであろうと思われます。

ガスがどういう経路で，この花崗岩の中まで入ってきたかということにはまだ問題があるかと思いますけれども，100ppmぐらいの量であれば，これは何かの衝撃で割れ目等がで

きれば入ってくる可能性はある，という感じを受けたわけでございます。

それから粗粒玄武岩のところで，メタンの同位体が重くなるというようなお話を伺いまして，これはてっきり粗粒玄武岩のところで高熱が加わって，重くなったのじゃないかと思いましたけれども，この年代がなにしろ隕石がぶつかる前の粗粒玄武岩だということで，これはちょっと具合が悪いなと，この理屈じゃいかないけれど，地層の年代の測定は確かであろうか，というようなところもひとつあろうかと思います。

次に容れ物としてこれをみてみますと，なんと申しましても，隕石の衝突がガスを貯える孔隙をつくった一つのきっかけになったのじゃないかと思うのですが，脇田さんにお伺いしたいのは，重力のデータが井戸の場所を決めるのにずいぶん使われたということですけれども，これは重力の高いところだったのでしょうか,低いところだったのでしょうか？

脇田　重力の負の異常が観測された地点です。

藤田　現在は，一回隕石で深くえぐられたものが浮上してきて，そこのところは，見た目が，丘のようになっているのじゃないかと思うのですけれども。

脇田　リングの中は，凹んでいまして，外側は盛り上がっているのです。

これはちょっと専門的になるから省いたのですけれども，かなり正確な年代測定が行われています。幾つかの測定値を出しています。たとえば隕石のぶつかった年代としては，3つぐらいの報告値があります。岩石についても，かなり多くの年代測定の結果が出されていました。

先程の頁岩は比較的浅い地層で，その下部は花崗岩です。

藤田　この頁岩は石灰岩とか砂岩の仲間じゃないかと思います。

脇田　そうです。

藤田　古生層と同じですね。それで，年代の測定の方は確かだということで，粗粒玄武岩の熱によるものではないということは分りました。また容れ物のほうで，もうあと一言だけおたずねしたいのは，隕石がぶつかることによって，花崗岩の中にかなりの複雑な割れ目が入って，それでまわりの方からガスが移ってきた可能性が，有機説がよく使う手ですけれども，そういうことが起きたのじゃないかと思っているのです。この井戸が掘られた際，孔隙率測定とかいろんな検層がなされておりますけれども，隕石衝突の影響というのが，どのくらいの深さまで及んでいたのかというような見解があるのかということと，ドイツの方のやっぱり隕石がぶつかったところでは，玄武岩のところにぶつかったわけですが,10,000度ぐらいの温度になるでしょうか，輝石がすっかり変質して，ちょうど月で採取された輝石と同じように変質による波状の模様が入っていたというようなことが，前の天然ガス鉱業会の会長をしていた野村さんの話の中に出てくるわけですけれども，ここでは花崗岩がどういうふうな変質をしていたのかというようなことと，割れ目の入り具合とだけをちょっと聞かせていただきたいと思います。

脇田　それは難しい質問で，私も分りませんけれども，最初の方のご質問は？

藤田　隕石がぶつかったことによる花崗岩の割れ目がクレーターの方にどのくらい深く入

っているのですか？

脇田　衝突する隕石の大きさや速度によって異なり，結局分からないことですけれども，溶ける層は地下数キロメートルの辺りで，割れ目はその下にできると考えられています。

藤田　このへんは割目とかというのじゃなくて，溶けてかたまった溶岩ですね。

脇田　そうです。

藤田　実はなんか少し孔隙があったのじゃないかというような説をみたように思ったものですから。

脇田　それから隕石がぶつかったために変成した岩石を沢山見ました。というのは，最終日に行われた地質巡検で砂岩や頁岩，花崗岩などにシャッターコーンができていました。熱変成といいますか，典型的なショック変成の形跡を見ました。シャッターコーンについてどう言って説明すればよいのか表現に困るのですが，例えば花崗岩を割りますと，その表面がゆるくカーブを描いてひだの様に割れるのです。これがシャッターコーンだそうです。

近藤　藤田さんのお答えになるかどうか分かりませんけれども，方解石の酸素の同位体^{18}Oを分析したデータがございまして，その濃度が地表からだんだん下がってきて，3,200mぐらいで最小値となり，それ以深でまた増え始めるということで，隕石からきたものだと判断しますと，3,000mちょっとぐらいまで影響されているんじゃないかと思います。

越川　今のお話ですと，リザーバーについて言えばどういう感じなのですか？

藤田　リザーバーについて言えば，まず貧弱だと，申し上げる以外にないと思うわけです。ソースについて言えば，ここは太平洋海膨のように確固とした無機起源説を言うにはまわりにソースになりそうな有機物を含んだ岩石もありまして，ちょっと問題があるところではないかと思います。

石油関係者の方も，起源については，無機と有機と両方あってかまわないと考えておるわけでして，専らそれがどういうところにまとまって溜まるかということに関心があります。ゴールドさんが来た時にも，前石油公団理事の石和田氏が質問して，「じゃどこを掘るのだ」と言ったならば，やはり堆積盆の中を掘るということで，それならば，リザーバーがガス鉱床になっているところは現在の探鉱法で摘出されるので，それで納得しているわけです。我々が今掘っております長岡の火山岩の中から天然ガスを採っているわけですけれども，そのへんなどは，時々海外からも問い合せがきまして，無機ガスを採っているのかとか，いろいろと言われますので，「そうじゃないのだ」ということを今言っているわけです。

小野寺　専門家がずらりとお揃いですから，私は主にゴールド説への対応とその経緯ですね，特にその問題などをお話したいと思います。結論を先に言えば，日常的な考え方と学術用語とが，同次元で非常に混乱して使われておりまして，バイオジェニックとエバイオジェニック，それと有機，無機が同じ意味で使われているということです。大学の教科書以前の問題というか，そういうような表現が故意か錯覚か誇張か判りませんが，マスコミなどで使われていまして，星間物質なんかですと，古い考え方からは有機化合物がそのなかに存在する筈がないのですが，スペクトル分析によって発見されている訳です。そもそ

も尿素の合成以降，有機という化学が有機体から得られた物質を扱うだけではないということを実際の専門家の方はご存じなわけで，今も脇田先生のおっしゃったように有機と無機が二者択一的に対立するような概念じゃないのだ，ということを良く知らずにジャーナリズムが騒ぐ訳です。それっというんで石油，ガス関係のジャーナリストなんかがうちにも来まして，彼等に油ガス田の断面図なんかを見せますと，ラコリス(注8)ですか，そこに抗の先が入っておりますね，すると，これは火山から天然ガスが出ているんだというふうにはやとちりするわけです。それは結局根源岩と，貯留岩，移動といった考え方が分からないので，採収しているところで，そこで生成されたものであるというふうな，単純な日常的思考から判断しているわけなのです。そういった誤解ですね。天然ガス鉱業会でも前に座談会なんかをやって，こういった短絡した考え方をただそうとしているのですが，なかなか難しくてできませんで，その点で，非常に困っております。退治したかなと思いますと，また出てきまして，結局もぐらたたきをやっているような感じです。ゴールドさん自身は，石油地質学の専門家ではなく，そういった天文学的な地球学的な点からの非常に気の遠くなるような感じの話をしているわけで，すぐさま否定も肯定もできないのですが，気になるのは，最初の学説，最初は，石油もガスも全部が無機成因であるみたいな主張をしておられたのですが，だんだんと主張がかわって行くのですね。そういうなかで，今回スウェーデンがシリヤンで試掘を行なうという挙に出たというのは注目に値します。ＧＲＩが「Oil & Gas Journal」誌などに以前から隕石孔での炭化水素の研究を発表していますが，こういった背景もあってスウェーデンの国営電力会社Vattenfallと組んで今回の試掘が実施されたのでしょう。ソ連での深部掘削とは意味合いがだいぶ異なります。注意すべきことは，学術的な研究ということだけではなく，私が得た情報では，Vattenfallが商業規模の発見を最初から狙っているというお話でしたので，そんなことで，政治的，歴史的，文化的背景がスウェーデンと日本とでは全然違うなというふうな感をもちました。

（注8） 岩体の上面がお供え餅のように上にふくらみ，底は平らな調和的貫入岩体。大陸地域の乱されていない地層に入り，上盤の地層がマグマで押し上げられてできているもの。

越川　これで，一通り御専門の方々のコメントがあったのですが，脇田先生，いかがですか？

脇田　私は非常に複雑な感じで皆様のお話を聞いておりまして，スウェーデン側の取り組みも多少理解しているのと，皆様方のそれに対するご感想というのも分かるものですから，非常に複雑です。

それともうひとつ，まだ確立はしていないし，この席でも否定されておるようですけれども，私は無機起源の炭素によるメタンガス田の可能性というのを提唱しております。スウェーデンの商業規模を目指した取り組みというのは，先ほども言いましたように必要に迫られた条件下で進んでいるのです。これはもう遊びじゃなくて，実際にエネルギー資源が必要だという，日本とは全然ちがった考えからの推進です。

会議に出席して，聞いていると，どのデータも詰めが甘いように感じました。けれども，

こうした7,500mも掘るというような計画には，ある程度は技術が先行しないと駄目なのじゃないでしょうか。非常に細かく学問だけを先行させますと，1,000m掘るのも容易ではないと思います。こう言いますと，誤解されるかもしれないのですが，ある程度夢中になって掘るということに専心をしない限りは，深部掘削というようなプロジェクトはできないのも確かではないでしょうか。しかし，掘るだけで終わってしまってはいけないので，必ず学問的なバックアップが必要で，この両者が両輪相伴って進むのがいいのでしょう。外的な推進要因も必要で，スウェーデンの場合には，天然ガスが欲しいということだったのだろうと思います。

越川　先ほど星野さんが，スウェーデンがかなり計画的な取り組み方をしたことについて言及されましたけれども，その点については，他の専門家の方々は，どういうふうにお感じでしょうか。この点についてコメントをいただけますか？

星野　その前に全般的なコメントと言いますか，感想を述べます。

私は，こういうトピックスに対しては，いろんな方面からの取り組みが必要だと思うのです。たとえばちょっと話が細かくなりますけれども，いわゆる無機ガスに二つのカテゴリーがあると思うのです。一つは，ゴールドさんが言っているような地球創成期，地球の中心ですね，マントルにそういうものが閉じ込められているのか，あるいはないのか，それは分りませんが，いずれにしても，そういった地球的な起源のいわゆる深部ガス，それから浅いところで，火成活動などを通じて，いろんなガス，メタンなどが地表まで上がってくる機会はある。一番端的な例は，今の活火山ですけれども，その二つのカテゴリーをこの際考えなきゃいけないのじゃないかと思います。もう一つは，無機ガスの存在とその経済性ということはこの際一線を画して進んでいかないといけないのじゃないか。

とかくマスコミ等は，極端に走りまして，これが深層ガスかというと，ほとんど大部分が深層ガスでないと承知できない，あるいは逆にそうではない，と言うと，じゃ全然そういうものを否定するのかと，極端から極端に走り過ぎる。多分実態は，中間にあるはずですから，必要なのは，今現に日本で非常に大きなガス層となっている火山岩層のなかで，実際に何割が生物起源で，何割が無機起源なのか，そういう実態をいろんな方法で明らかにすることがまず第一のステップではないだろうか。

それからもう一つは，時間の問題だと思うのです。現在は，石油もガスも買えば幾らでも買うことができる。日本は全然出なくとも，現在の経済力で幾らでも買い得るという状況ですけれども，じゃ21世紀になったらどうなるのか。もっと先の50年先，100年先にはどうなるのか。そういった近い時期の問題と，それから時間をおいた未来の問題と，いろんな尺度から取り組んでいかないと，いけないのじゃないかと言うような気がいたします。

越川　今の星野さんのご意見に対して，もしコメントがあれば，お願いします。

小野寺　全く星野さんのおっしゃるとおりだと思います。ゴールド説の当否を即断するのではなく，彼の提示した諸問題に対し前向きな態度というのは当然とれると思うのです。単純にナンセンスだとして，ゴールド説を全

く無視してしまうのは極めて簡単なことですが，問題は，その中で，いかにして実になるところを拾っていくか，それを検討することは十分に意義のあることだと思います。性急に商業性を議論するのではなく，星野さんがおっしゃったように長期的視野で考えることが必要であると思います。

町原　リザーバーに深層のガスが溜まるなら，有機物起源のものも勿論溜まるだろう。当然混ざってくるわけです。そうすると，深層ガスなのか，それとも有機物起源なのか，どちらがどのくらいの割合で入っているのか，今の技術でどのくらい明らかにできるのかなあというのが，私自身まだ疑問です。

ちょっと話が飛ぶのですけれど，石油の起源ということで，少し前までは，有機物が熟成されて，ある深部にできたという考えと，最近は一部いわゆる未熟成の状態の石油が起源になっているのだという考えもありまして，両者とも同じリザーバーに溜まれば，そこに混在した状態でいるわけです。そうしますと，果たしてこれは，熟成油なのか未熟成油なのかというのをどのように判断したらいいかというと，非常に難しい問題で，これといった指標がないわけです。恐らく一般的に言ってしまえば，下から上がってくれば途中で未熟成なものも取り込んで，リザーバーに溜まって，混在していると思われます。そういう経路も十分考えられるわけです。ただそれをもうちょっと定量的に言おうとしたらどうなんだろうかというと，現在は答えられないのです。先ほど言いましたメタンというのは非常に軽くて，一番単純な化合物ですから，メタンを調べて，生物か，深層ガスかというのは，非常に興味があるのですけれども，どのような方法で攻めていけばいいのかなという感じをもっております。

越川　浅川さん，今の分析の問題はちょっとおくとしまして，ある程度計画的にタイムスパンを取って，多面化したかたちでアプローチしていくべきじゃないかという，星野さんのご意見に対して，どういう感想をお持ちですか？

浅川　先ほど小野寺さんがおっしゃいましたようにゴールド説を無視するのは簡単だし，また幾らでもケチをつけられるのですけれども，21世紀を睨んで，いろんな手を打っておいたほうがいいのじゃないか，という観点に立ちますと，やはり我々もできるだけあの説を積極的に検証するような動きというのがあってもいいのじゃないか。まだまだ成熟した理論ではございませんので，私ども民間会社では，ああいう説に基づいて本気になって探鉱計画を組むということは無理ですが，いわば半分学問的な感じで，あらゆる機会をつかまえて，得られた天然ガスの同位体比を測るとか，随伴してくる水の分析をするとか，あるいは炭酸ガスからメタンができるという反応は，どういう条件で起こるのかなどの基礎データを得ることが大事だと思います。東太平洋海膨とか，東アフリカのリフトバレーで出てくるメタンは，もともとメタンなのか，あるいは炭酸ガスがメタンに変ったということもあり得るわけで，それの実験的な検証と天然ガスの分析なんかをどんどんやっていって，ゴールド説のメタンが本当にあり得るのかどうかということを，無視するのではなくて，積極的に調査することも必要なのではないか。結果としては否定することになるかも知れないけれども，態度としては前向きに機

会ある毎に検証していくということです。しかし，今の段階では具体的に探鉱計画に組み込めるような成熟した仮説ではないということはいえます。

越川　それでは藤田さんいかがですか？

藤田　経済性を離れて何か言うと難しいのですけれども，石油，天然ガスを探査している立場も，今だんだん深くなってきておりますので，生物起源に基づきましても，ある程度深くなると，炭化水素の形態としては，メタンであるということになっております。そういうデータが急速に集まりつつあります。

従来欠けておりました同位体の測定も通常行われるようになりましたので，急速に集まったデータを今検討中で，さらに集めるつもりでおります。つきましては，アメリカあたりの大深度堆積盆地（Deep Basin）というのは，商業的にはあまりそういうことも言えないのですが，8,000m以深のガス田がございますので，そういうところの同位体がどうなっているのかというのはほとんど発表されておりません。

今日ここに出席しておられませんけれど，石油公団の佐藤俊二さんが，今アメリカに出張しているのですが，今回行ったら，そういうガスのサンプルそのものか，あるいはデータでもいいから，分かっているものがあったら知らせてほしい，あるいはデータ交換をしてもいいぞ，というようなことで，調査をお願いしております。各国からそういうデータが集まってくれば，堆積盆地に限れば，深部の方はどうなっているかという情報は自ずと集まってくると思います。それと一方，時々基盤まで達する防災センターの観測井等も掘りますが，今まで正直言って，大事な井戸だということは分かっておりましたが，何等油・ガス田を発見する期待がない限り，石油屋にとっては，掘っている最中全然面白くないわけです。しかし，こういう井戸につきましても，これからは地道にppmか，もっと下の単位でもって含まれているいろんなガスの徴候，組成，同位体とか，そういったものを測っていきたいなと思っております。

越川　そうすると先ほど町原さんの方から，無機，有機の割合を実際測定する方法というのは難しいのじゃないかという話もあったのですけれども，そのへんは，どんなものですか？もしコメントしていただければ……。

星野　私は専門家ではないので，かえって言いやすいかも知れません。今までのいろいろなデータは，メタンに伴う稀ガスについてのデータです。ヘリウムは深部からきたということは分ったとしても，それと一緒に出てくるメタンも深部からなのか。あるいは別々のところからきたのがたまたま一緒になっているのか。ちょっと話が細かくなりますけれども，そういうところもやはり詰めていかなければいけないのじゃないかと思うのです。そういうところで，この際将来的にどうしたらいいのかということを脇田先生にご教示いただいて，今後取り組む方向というようなものをご示唆願えれば，と思います。

脇田　今まさに星野先生がおっしゃたように，天然ガスの中のある成分を測って，単一成分の起源が分かっても，他の成分とどういう関係にあるかというのは大きな問題です。

たとえばヘリウムを例にあげますと，同位体比測定から，ヘリウムはマントル起源であることは確かになっても，大部分の成分であるメタンの起源は何かという大きな問題が残

ります。これは現場をよく知っていらっしゃる方々との意見交換をしないと，適切な判断ができないのですが，そこのところを既成概念にとらわれずになんとか理解しあって，新しい解釈ができると大変よろしいと私は思っているのです。

越川 いずれにしても，今のお話で，幾つかかなり基礎的なところでまだ分からないというか，研究すべきことがあるのじゃないかというご指摘があったように思います。そういう面については，世界的あるいは国内的に，学会その他ではどういう取り組みが現在行われつつあるのか，という点はいかがでしょうか。

脇田 学会では，今の段階では，有機説に基づく考え方というのが圧倒的多数だろうと思います。どんな状態にあっても，大部分は有機物からできた天然ガスであって，それに少量の無機起源のものが含まれても構わないという程度のところなのではないでしょうが。

ですから，それらに対して無機起源の炭素が非常に多いといった時に，やっぱり現場をよく知っていらっしゃる方とよく意見を交換し，理論構築していかなくてはなりません。たとえばヘリウムから得られた知見だけでモデルを作りあげて，突っ走るというのはよくない。ですけど，あるものを破らないと，前に行かないものですから，多少無理をしないと，ことが進まないのもたしかです。学会の現状はそんなところじゃないでしょうか。

藤田 関連した実験でほしいなというのは，非生物起源説の拠り所として，石油はフィッシャートロプシュ反応(注9)というのでできるということが言われておりますので，これを同位体的にフォローすれば，その同位体分布で，どういうような変化でできた石油は生物起源の石油とどういう違いがあるか，というようなことは機会があれば確かめたいなと思っております。

ということは，同じ深部説でも，ゴールド氏のは，地球ができた時にマントルの中に取り込まれるという説であるし，脇田先生のは，もし誤解だったら，これは明らかにしていただきたいのですが，マグマ説だろうと思うのです。マグマとなりますと，火山から出てくるわけですが，あれはマントルが出てくるわけではございませんで，マントルの高熱帯に地殻がもぐり込んでいった時に溶けて，最近よくプレートの絵がテレビなんかにも出ますけれども，地殻がドロドロに溶けて，再び上がってくるとしますと，生物起源の炭素がいったんは取り込まれておるわけで，このへんになると，相当難しくなってくるのじゃないかなと思っておるわけです。

脇田 マグマの源はやっぱりマントル物質だと思います。いろんな推定から，数%ぐらいの地殻物質は沈み込みに伴って入ってくる可能性があるのですけれども，大部分は上部マントルの物質であると考えます。

越川 今までゴールドさんなんかが日本にこられた際に，学術的にしろ，技術的にしろ多少ご議論があったようですけれども，スウェーデンの専門家の方々あるいはアメリカのＧＲＩの専門家の方々，そういう方々と日本の専門家とがじっくり討論するというのは，かつてやられたことがあるのですか？

星野 私が知っている限りではないとは思い

（注9）一酸化炭素の接触水素化による炭化水素合成反応。その主反応は次式のように表わされる。

$$(2n+1)H_2+nCO \rightarrow C_nH_{2n+2}+nH_2O$$
$$2nH_2+nCO \rightarrow C_nH_{2n}+nH_2O$$

ますけれども。脇田先生は以前におありですか？

脇田　この機会を除いてはございません。

星野　実は脇田先生に見せて頂いたスライドの中に，「スカンスカ」という広告がみえたのですけれども，あれはスウェーデンのコンサルタント会社です。今日本で，石油備蓄というのをやっていますが，これを一番先に始めたのがスウェーデンのスカンスカなのです。その点でちょっと懐かしかったのですが，何回かスウェーデンに行ったときにも，このシリヤン・プロジェクトに直接関係するような，そういう人とは会えなかったのです。スウェーデンの地質調査所にも4年ぐらい前に行ったことがあるのですが，その時には全然そういうけぶりがありませんでした。そういう点ではシリヤンのボーリングは唐突な計画だなあという気はしていました。

越川　今のところはどこも，そういう専門機関で，専門的な討論を彼等とやってみようというご計画はないのですか？

大橋　今までご専門の先生のお話を伺って，大変興味深かったのですけれども，今の問題点との関係でいいますと，たとえば東京ガスと大阪ガスの場合には，ＧＲＩとは昭和56年から技術交流の覚書に基づき正式な交流を続けてきております。これまでは非常に実際的なテーマについての交流が多かったわけですが，地球深層ガスについてもＧＲＩは積極的に研究を進めており，日本の都市ガス業界でもこの分野の交流について関心が高まっています。その理由は，東京ガス，大阪ガスの場合，天然ガスが都市ガス原料の80％ないしそれ以上を占めるに至っておりますから，天然ガスをできるだけ幅広く調達できる可能性を探っておきたいという事実が一つあるわけでございます。勿論地球深層ガスが5年後，10年後という短期のうちに実用化できるとは考えないにしても，長期的な課題としてみておきたいというのがひとつあります。

天然ガスの起源について，もしも従来とは違った見通しが出てくるとなりますと，極めて超長期的な意味ですけれども，都市ガス事業の発展可能性が広がってくる。今はドルを出せば天然ガスが輸入できるという状態ではありますけれども，可能性としては日本にも天然ガスが大量に産出し得るということになれば，ガスの輸出国に対して広い意味でのバーゲニングパワーが高まり，交渉上のポジションという点でもいい意味で作用するという点もあるので，関心を持っているわけです。ＧＲＩはこのシリヤン・プロジェクトについても，15％程度出資する程の熱意を持っています。私どもの調べた範囲で言いますと，単にシリヤン・プロジェクトだけに関心を持っているのではなく，むしろ基礎的な研究をずっとやっていて，その中の一つの研究対象として，シリヤン・プロジェクトも入っているということです。今まではＧＲＩと深層ガスについての意見交換をやってなかったのですが，今後はもう少し具体的にやっていくような形が取れたらと考えております。ただその場合でも，都市ガス業界には，率直に申し上げまして，地質学の専門家というのは，一人もいないといったほうがいい状態でございますから，そういうルートができた場合に，勿論ＧＲＩの了解があればの話ですけれども，そこから得られる貴重な資料とか情報について日本の専門家，関係者にもお伝えして，日本における知見をより深めることができたら

とも感じているわけです。

越川　今のお話につきまして，専門家の方々でコメントがございましたら。

星野　地質調査所は，研究所ですから，いろんな面からこういう問題に対処していくつもりです。現在でも研究プロジェクトには，こういったものもはいっておりまして，無機ガスの問題についても火山貯溜岩の天然ガスの起源という研究テーマで，何年か前からやっております。そういうことも含めて，これからも積極的にこういうテーマには取り組んでいきたいとは思っております。

越川　民間の専門家の方，いかがでございますか？

浅川　火山性の噴気は，日本には恐らく何百，何千あろうかと思います。北海道から沖縄まで，そういうガスの中にメタンが少量ずつでも入っているわけですね。このようなガスについて，炭素同位体みたいなものは，必ずしもデータが全部揃っていませんで，まだまだデータが足りないと思うのです。そういったわけで，広い範囲のいろんな徴候について，地質調査所あたりでプロジェクトを組んで，大々的に調査していただければ，かなり有力な状況証拠というのでしょうか，あるいは直接証拠かもしれませんが，いいデータが得られるのじゃないか，あるいは将来に対する見通しが得られるようなデータが取れるのじゃないかという感じがします。例えばメタンの同位体比が非常に軽いという結果でも，そのへんの地質の状況から，生物起源の可能性がないのに，といったデータが揃ってきますと，かなりいろんなことが言えてくるのじゃないか。このような調査を徹底的にやっていただきたいなという気がします。

越川　話がそれるのですけれども，ゴールドの本を見ますと，炭鉱でメタンがたくさん出てくる等の理由から，北海道が深層天然ガスの有望地域じゃないかということを書いているのです。炭鉱のメタンというのは，どういうことなのですか？

星野　これは北海道のどのへんを指しているのか，ちょっと分かりませんが，東の方の釧路から網走にかけては一種の水溶性天然ガスがあります。これは石油とはまたちょっと時代の違った，ごく早い時期，地質的に第4紀の，しかも浅いところにできたものです。これらは明らかに，100%生物系のメタンだと思います。それから旭川の近くでもそういうのがあります。もしそういうものを指しているとしますと，これを無機ガスに結びつけるのはちょっと困難だと思います。中央部の日高山脈の付近には石油系の徴候がたくさんありますし，今採鉱が進められておりますから，そういうところについては今まで議論したのと全く同じ関係で，これから取り組んでいけるとは思いますけれども，浅川さん，どうですか？

浅川　石炭からメタンが出て，一向に不思議じゃないのですね。これは石油の井戸を掘っていましても，石炭層にしばしばぶつかるわけですけれども，そういうところからは，メタンの強烈な徴候が出てきます。ただし，それは石炭に吸着しているガスでございまして，じゃそこから生産性のあるメタンが採れるかというと，これは絶対採れません。ドリルビットでガリガリッとやるものですから，吸着しているメタンが脱着して，徴候として出てくるだけで，フリーのメタンガスが溜っているわけではないのです。僅か50cmぐらい

の石炭層でも，ものすごい徴候がありまして，これを掘り抜くと途端にゼロになります。多分これは石炭から変成によってできたメタンで，一部はどこかへ行ってしまうけれども，一部は吸着されて，石炭にくっついているというものじゃないかなと思います。ただゴールドさんは，そういうものも，深部からきたメタン，ないしは深部からの水素が熱分解の際に関与しているのだということをおっしゃていますけれども，最近の私どもの研究では，石炭を水の共存した状態で加熱しますと，分解して結構飽和炭化水素ができるのです。従って，有機物に対して水素供給でもって，在来型の石油や石炭の生成を助けているというのが，ゴールドさんの説だろうと思うのですが，それも少し怪しくなってきたという感じがしておるわけです。

藤田　年が変りましたら，正式に報告する予定ではいますが，別の目的で，石炭に吸着しているメタンの同位体を測っているのですが，北海道のは石炭質ケロジェンの分解と考えてかまわないぐらいやや重目で，新潟の火山岩なんかから出てくるのと同じぐらいです。

ところが九州の場合は，えらく軽くて，マイナス50などというのも出てまいりますので，頭を悩ましているところであります。どちらも同じくらいの石炭化度の石炭ですから，一体どうして北海道の石炭のメタンが同位体的に重くて，九州の石炭が軽いのだろうかというのが，考察ができるかどうか分かりませんが，来年あたりにはきちんと発表したいと思っております。とてもゴールドさんの言うような，下からきたというほど，重いものではないのですが，マイナス20～30というのが出ております。

星野　九州には火山岩の影響のあるような石炭層がかなり多いですね。

藤田　それをサンプリングした場所がどのへんかということになりますけれども，有名な炭田です。

越川　先ほど大橋さんがご発言になった，今後の都市ガス業界の取り組みですね。そういったようなことについて，民間の専門家の立場としては，どういうようにお感じになりますか？

藤田　とにかく片手間といっては申しわけないのですけれども，だいぶデータを揃えるつもりで集めていますから，もう少し経てば何か言えるようになってくるのじゃないかと思います。

ただ，脇田先生のご活躍で，ヘリウムはようやく地球深部というふうに認知されたわけですけれども，こと炭素に関してどういうものがあれば深部といていいか，ということも，ひとつ実験をやるかなんかして基準を作らないと，うまくないのじゃないかなと思っております。ただなんとなく重い，という点では説明できないものがございますから，なんとなく重いだけだと，またまた近くにソースロックがあるとかないとかということになって分からなくなる。そこらへんの詰めは別途考えなきゃいけないのじゃないか。しかし，深度が深くなればどうなるというデータは，国内では相当集まりますから，あと外国まで手を延ばして収集しているところでございます。

越川　国内の学界の大勢は有機説だということで，無機説の学説というものが非常に厳しい状況下におかれているようですが，一方今日のお話によると，かなり基礎的な面で，い

ろいろ詰めてみる必要があるのじゃないかという問題意識も別途みなさんお持ちのようですね。そういったような基礎的な詰めをするためには，どれだけの規模でどのくらいのペースで取り組むのが必要なのか，そういうこともひとつ問題があろうと思います。

また一方では，スウェーデンみたいに大枚40億円もかけて，こういうことをやってみたりしているわけですけれども，場合によると，日本は少なくともかやの外にいて，ある国際的なグループでは活発な議論が行われているという可能性があるという感じもしないわけでもないのですけれども，そのへんについてのコメントをいただけますか？

星野　そういうものを推進する原動力となりうる可能性をもつものは２つあると思うのです。

一つは，さっき脇田先生がお触れになってましたけれども，いわゆる地学的に基本的な問題，テーマがたくさんあります。今の深層ガスもそうですし，災害予知という問題もあります。脇田先生がおやりになっているヘリウムとか，炭酸ガスとか，そういう深部ガスが地表に出てくる時の挙動が，火山活動とか，地震の予知にどうつながるか，日本の地下構造がどうなっているか，ほかの国と比較してどうなのか。そういうことも含めまして，深部掘削に向かっての動きがだんだん大きくなっていまして，当然そういう計画が進めば，その一環として，今のような深層ガスの問題もその中に含めていこうということは，当然あり得ると思います。

もう一つは，スウェーデンの計画がコマーシャルベースで行われたということで，私は驚いているわけですけれども，都市ガス業界とか，あるいは石油業界で今後そういうような動きになるかどうか，スウェーデンのようなそういう動きが日本に波及するのかという，そういうことが私には分かりませんけれど，恐らく二つの考えられる原動力があるだろうと思います。

越川　ほかの方はいかがですか？

越前谷　いろいろ先生方のご意見を伺わせていただきましたが，一つには深層天然ガスとして無機説か有機説かということの議論がございますけれども，本当に地殻の中にそういったメタンが存在し得るのか，また，それが，はっきり立証されたのか，また，資源というのは均一に存在し採算に乗らないならば，私どもは資源とは言わないと思うのですけれども，そのあたりはどういう感じになるのでしょうか。

もう一つは，むしろ実際現場でやっておられる石油開発関係の方に伺いたいのですが，探鉱開発というのは，どうしたらいいものでしょうか。現在では，有機起源説に基づく探鉱をやっているのだろうと思いますが，もしも無機だったら，どういう手法が考えられますか。

日本のことで申し上げれば，多分日本で一番深い井戸というのは，5,300mぐらいの深井戸を新潟の近くで掘っておりますし，多分来年，再来年ぐらいには，6,000m級の井戸，これは勿論堆積岩の中を掘るわけですが，そのくらいの井戸が計画されております。無機起源でやっているわけではありませんけれども，無機か有機かというのとは別に，探鉱開発をどのようにしたらよいのかいろいろご専門の方にお聞きしたいと思います。

藤田　三番目が一番答えやすいのですが，石

油を探すほうにしますとソースとリザーバーを考えるわけです。深くなっても，どういうところがリザーバーになるかということを踏まえながら，有機説に立つ場合には，ソースロックになったものは何かという条件がつくわけです。もしこれが無機説になりましても，やはりリザーバーは大事だろうと思います。その代りソースロックがなきゃいけないという条件がなくなりますから，あと下に深部に達する大きな構造線がないだろうかというようなことが考えなければいけない部分になるかと思います。無機説でも，どういうところがリザーバーになるか，火山岩にはご承知のようにいろいろ隙間ができますから，蒸気の出た後とか割れ目とかできますけれども，たとえばスウェーデンの花崗岩には，どういう時にリザーバーになるような隙間ができるか，というようなことも考えていかないと，無機説は駄目だろうと思います。

越前谷　基礎的なリザーバーを形成するメカニズムというのをいろいろ詰めていかないと，一般的な探鉱手法というのは確立できないと思います。

藤田　それでリザーバーを常に考えながら，われわれは有機説を取っておりますので，ソースロックとの組み合わせでいくわけです。

星野　100％ソースロックのないところに踏み込むというのは，当分は無理だろうと思います。現在でも掘ってはみたが，多少の徴候はあったけれども，商業的には取るに足りなかったというところはたくさんあります。そういうところで，もしもその周辺で，プラスアルファの無機ガスが期待できるところがあれば，今後はそういうところを積極的に対象にしていく姿勢が多分可能になるだろうと思うのです。

小野寺　有機でも無機でもソースとリザーバーのモデルは基本的に変らないのだと思います。無機の場合には，結局シリヤンでやったように亀裂が上部マントルまでつながっている。だからメタンが母岩のマントルからシリヤンの構造に導びかれたのだというふうに考えたわけです。それで実際掘ってみたら駄目だったということなのですけれども，基本的な構造を探す探鉱法自体は，変らないのじゃないか。有機の場合にはそのまわりの母岩なんかの評価や移動過程の検討がなされる訳で，それは有機になろうが，無機になろうが，結局貯留構造を探すパターンは基本的には同じだと思います。異なるものがあるとすれば，連続的に無機成因のガスが上昇してくる，少量でも良いのですが，そういう採収可能な場所がどこにあるかです。

藤田　結局スウェーデンの量を経済的に評価するならば，貯溜岩になった部分があったかないかということじゃないかと思うのです。それは検層記録を見ないと分かりませんが，マントルまで行く大きな深い割れ目というのは，これはあるかないか分かりませんけれども，掘った限りにおいて，ものが溜る隙間があったかどうかというのは，有機説の場合でも，500m離れれば，ちょっとずれたばっかりに出なかったことがたくさんございます。ですから，その貯溜層になるのが，花崗岩の中にどの程度発達したか……。

小野寺　ですから，やり方としては，構造性ガス鉱床の探鉱と結局は同じことに……。

星野　ああいうやり方になると思うのです。

越前谷　そのポテンシャルというのはいかがですか？

脇田　それは十分考えられるのですけれども，現在メタンとしてマントルに存在しているかどうかということに関しては，疑問が残るのです。実験データがないということもあるのですけれども，メタンという形では存在できないのです。つまり，炭素というのは，いろんな形態，ダイヤモンドから炭酸ガス，メタンといった種々な形態で存在するのですが，そのうちのメタンとして存在できるかどうかということです。

越前谷　深部から上がってくるメタンというのはあまり期待できないのですか？

脇田　というのが定説であって，ゴールドさんは，それにもかかわらずメタンはあるといっておられるわけです。上がってくるのはメタンとしてです。私はメタンとしてではなくて，二酸化炭素として存在するのではないかと考えています。

藤田　カーボンなら何でもいいのですよ。

坂田　カーボンがあるということは確かなんだけれど，それがたまたまうまい条件で，深いところから比較的冷たい状態で直接上ってきた時に，メタンとして存在し得るのだということをゴールドたちは言っているのだと思うのです。温度圧力条件がうまく合致している時にたまたまメタンという格好で出てくるということはあり得ます。

越前谷　要するに炭素が地球の地殻の深くにあり，それがいろいろな条件の下で，上昇中にメタンとして形成されるということですか……。

脇田　上昇してからメタンに変るということであって……。

越前谷　メタンそのものは存在しているわけではないということですか？

脇田　というのが一般的な考え方です。ゴールドさんは，地球の内部にメタンそのものが存在していて，それが地表に上がってくるという説です。

小野寺　要するに海ができたのも結局地球内部の水が水蒸気として脱ガスしたわけで，それと同じで炭素を担う物質が内部から抜け出したということです。

脇田　ですから，何もメタンという格好でなくても，炭素の化合物であればなんでもいい。

藤田　先生はそちらですから，ゴールドさんよりもありそうな説と思います。

脇田　私の考えを知っていただいてない方にここで簡単にご説明するのは難しいのですけれども，私の説はグリーンタフ(注10)という地層そのものの成因に深く結びついています。グリーンタフ層が非常に特殊な条件下で形成された点にあります。グリーンタフの生成条件に基づき考えた時に，そこに大量のガスが溜っているということが，非常なことであります。火山岩層，グリーンタフというのはどういうことかというと，海の底で起った火山活動で，ちょうど今海嶺で起っているような活動が，1400万年前に現在東北日本の西側で起ったのではないかと考えています。海底という特殊な条件下の火山活動によって火山ガスが火山岩層に保持されたのじゃないか。としますと，今伊豆大島や桜島などの火山から出ているような炭酸ガスと水素が結合することができればメタンに変り得るだろうと。陸上の火山ではガスが逃げてしまうので駄目ですが。

(注10)　大規模な海底火山活動によって形成される火山岩。緑色凝灰岩とも呼ばれる。
狭義には，本州中部の大地溝帯（フォッサ・マグナ）から日本海沿岸，北海道西部にかけて分布する，新第三紀層基底を構成する火山岩類をさす。

越前谷　要するに，地球の地殻内にある炭素がたまたま火山活動においてメタンとなって上がってくるということですか？

脇田　上がってくるのじゃなくて，今リザーバーに存在する状態ではメタンとなっているのです。

星野　その場合では，海底火山であったということが重要な要素になっているわけですね。

越川　話は佳境に入ったようですが，残り時間も少なくなってまいりましたので議論はこのへんで切り上げさせていただいて，最後に通産省のほうで何か，今までのお話で……。

田淵　諸説紛々で，なかなか一筋縄ではいかないのだなあというのが率直な感想ですが，ただやはり息の長い話だと思うのです。これが即経済的に結びつくということではなくて，21世紀に向けて資源のない我が国が考えるべき一つの大きな話題ではないかと思っております。

ややもすれば日本は，どこかで見付けられたものをそこへ行って採ってくるというようなことがこれまで多かったのじゃないかと思います。もちろん今ではそういうことはなく，資源開発が行われていると思いますが。

これからはまだ理論的に立証されていない段階からでも参加して，一種の保険をかけるような気持ちで参画していって，それが場合によっては掛け捨てになるかも分かりませんけれども，これからはそういうふうなことでどんどん参加することが重要ではないでしょうか。もちろん民間企業で非常に難しいとなれば，これは私の個人的な見解ですが，国がなんらかの助成を行うことも必要じゃないかと思います。本件は非常に難しい問題も多く，それほど希望的というわけではないかも知れませんが，夢を失わずに，ぜひ日本としては取り組んでいくべきじゃないかというのが印象でございました。

越川　嶋田さん，いかがですか？

嶋田　スウェーデンとしては，莫大な安いガス資源が出るか出ないかというところに非常な興味があったわけで，イチかバチかで40億円出すのは，安い金です。ただ私の心配は，二本目は全然掘りません，もうあれでこりました，というのかどうか。というのは，私どもの方は石油開発業界なものですから，そこが興味のあるところです。もし続けて掘っていくというような世界の情勢ならまた話は別ですけれども，私ども業界としては，こちらの方が必死になってまた別に掘るということにはちょっとならんですね。

ただ，学問の芽をつぶすなんていうことはとんでもない話で，やれることはやはり続けてやったほうがいいと思いますけれども，その場合でも，私どもの業界の方はそれ専属にいろんな角度から研究するというわけにはいかない。そうすると，一年になんべんもこういうシンポジウムをやるというケースではちょっと困るなという，誠に正直なことを申し上げますと，そういうことです。

小野寺　スウェーデン大使館科学部からの情報なのですけれども，来年予算がついたらもう一本やるというような話を聞いていますが。

大橋　私の知る所では，資金的な問題もありますから，一旦中断した，ということでありますけれども，本来ですと，この10月に科学的な分析と商業的な可能性の両面を見て，それで今後どうするかを決める。掘るとなれば，

来年（1988年）の４月から再開するということであるのですけれども，この10月時点では，そのへんのことを問い合わせてみましたら，結論はまだ出していないということです。いわば今掘っているところを6,000数百メートルで，中断している状態なのです。さらに掘り進んで行く可能性は，何％か分りませんけれども，可能性は残しているということでございます。

星野　ちょっと質問があるのですが，今回は商業ベースでやったということですが，スウェーデンの地質調査所だとか，大学などがスウェーデンの国内でこのプロジェクトとどういうかかわりあいがあって，どういった態勢でやっているのか，というようなことを知りたいと思うのです。非常に参考になると思います。できたら，私たちも同じようなレベルで向うの人達と交流はしたいと思っていますけど，そういう情報がありましたら，教えていただければ，と思います。

近藤　通常の株式を発行するというような格好で，新しく探索会社を設立して，プロジェクトが進められています。その中に国営電力会社であるVattenfallが50％以上出資しています。

星野　スウェーデンの場合国は全然関与してなかったでしょうか。

近藤　国の資金は今回直接は入っていませんが，電力会社は国営ですから，国がこのプロジェクトを進めていることになると思います。

越川　日本ガス協会の小林さん，いかがですか？

小林　私はこの問題はあまり分からないので，皆さんのご意見を聞いていたのですけれど，リザーバーとして大きなものがあって，それが今まで考えていたものと全然違う格好で出てくれば，素晴らしいということで，ゴールドさんが新しい仮説を立てて，いってみれば，夢をくれたわけですから，その夢を大事においかけてみるのも必要かなと思っています。

越川　大阪ガスの有本さん，いかがですか？

有本　非常に興味深く聞かせていただいたのですけれども，私どもはゴールド博士の理論には大変興味を持ったわけですが，脇田先生のお説を伺いますと，グリーンタフにガスが出たということは，私もよく分かりませんが，日本も今までの説じゃなくて，もう少し有望な地域になり得る可能性があるのじゃないか。もし無機理論が立証されるならば，日本のガス埋臓量というのは，もう少しましなものになろうかと思います。いずれにしましても，私どもとしても，この問題に真剣に取り組んでいきたいなと，そう思っております。日本というのはどうも国際的にみても，そういう学問的な貢献を積極的にやってきていない。むしろ外国の成果を亨受していくような傾向が強いということを聞きました。私どもも民間会社ですから，純粋学問的なところにむやみとお金を出せないのですけれども，たとえばどこか学術的に掘削するような計画があるならば，それに深層ガスという問題を取り込んでいただいて，それも立証していくような動きをぜひともやっていただきたい。それに対するなにがしかの協力というのも私どもの方でやっていきたいと思います。

越川　お話いただいたように，本日ご出席の方々もこの問題に少なからぬ関心をお持ちのようにおみうけいたしました。本日のご議論をふまえて私どもとしても今後この問題につい

てどのような取り組みをすべきか考えたいと思っております。今後ともよろしくご指導，ご協力いただければありがたいと思います。

（日時：昭和62年11月19日，場所：幸ビル(東京都千代田区内幸町）101号室）

分散型電源の系統連系

茂田省吾

1. はじめに

従来電力会社が開発してきた火力発電プラントや原子力発電プラントなどの大規模集中型の電源に対して，コージェネレーションや燃料電池発電システムなど小規模で電力系統に分散して連系されるものを分散型電源と呼んでいる。このような分散型電源は，どちらかというと従来電力のユーザーであった業務用ビルやホテル，病院などに設置される傾向にあり，電力系統への連系にあたって電力会社との間で技術面での協調が必要となってくる。

昨今のコージェネレーションのブームに伴ってこのような分散型電源の系統連系問題がクローズアップされ，それが引き金となって，電力会社の地域独占体制による電力供給方式の是非も含め，電力供給のあり方について様々な意見が交わされている。そこで主張されているのは分散型電源の積極的導入によるエネルギー利用効率の向上であり，電力供給の自由化によるコスト低減である。また，こういう議論が行われる場合に必ず引き合いにだされるのがウィンドファーム（丘陵地など風況のよい地域に数10kWから300kW程度の風力発電システムを多数設置したもの）に象徴されるアメリカにおける分散型電源の導入状況であり，「アメリカにおいて需要家が発電した電気がかなり高い価格レベルで電力会社に買い取られているのに，我が国ではなかなか需要家が発電した電気を買い取ってもらえないばかりか連系することすら難しい。」という不満もよく耳にするところである。

本稿では，まずアメリカにおける分散型電源の導入状況について紹介し，それと対比しながら我が国における検討状況と今後の見通しについて述べる。

2. アメリカにおける分散型電源の系統連系の現状

本章では，我が国における分散型電源の系統連系に関する検討状況との対比を行うためにアメリカの状況について述べるが，まずアメリカにおける分散型電源導入の背景，導入の現状に触れ，それから検討の状況，電力会社の対応等について述べる。

2.1 PURPAの成立

アメリカでは，オイルショック後の代替エネルギーおよび省エネルギーのための技術開

発を目的として，1978年に公益事業規制政策法（ＰＵＲＰＡ：Public Utility Regulatory Policies Act）および税制優遇措置（tax credit）が制定された。これは，連邦政府から代替エネルギーあるいは省エネルギーのための技術開発に効果があると認定された発電設備（ＱＦ：Qualifying Facility）については，ＰＵＲＰＡにより余剰電力を電力会社に売電することを保証し，さらに tax credit を設けることにより代エネ・省エネ電源開発への民間の投資を誘導しようというもので，それまで地域独占を享受してきた電力会社の経営基盤を揺るがす，かなり大胆な政策として登場した。特に電力会社にとって抵抗があったのは，買い取り価格を州政府が決定することや電力会社が必要であろうとなかろうと常にＱＦの余剰電力を買い取らねばならないことであり，このような処置に不満を感じた電力会社は裁判に訴えたわけであるが，結果的には電力会社が敗訴したという経緯がある。これは，州政府が決定する余剰電力の買い取り価格が，回避原価（avoided cost），すなわちＱＦの余剰電力を買い取ることによって軽減される電力会社の発電コストに基づいており，価格そのものは不当なものではないと判断されたからである。なお買い取り価格については，現在では季節や時間帯別に格差を設けるなど柔軟性を持たせる傾向にある。

2.2 分散型電源導入の現状

ウィンドファームの出現等，アメリカにおいて分散型電源の導入が急速に進んだのがＰＵＲＰＡと tax credit の効果であることは言うまでもないが，導入の進度がアメリカの各州で一様ではないことに注目する必要がある。カリフォルニア州を例にとると，州の事情として環境問題から原子力や石炭火力などの大型プラントを新規に立地することが困難である一方，地理的条件から風力や太陽などの自然エネルギー源が豊富であるということがあって，これらが州政府としても分散型電源の導入に積極的であり，州独自の税制優遇措置を設定していることなどの背景となっている。これが北東部の州になると，電力会社の発電設備容量に十分な余裕があって新規の電源を必要としていないことや自然エネルギー資源が乏しいこともあり，州政府としては消極的である。

(1)　風力発電システムの導入状況

現在世界の風力発電システムの90％がアメリカにあり，その95％がカリフォルニア州で導入されている。カリフォルニア州でこのように風力発電システムの導入が進んだ理由は，西海岸特有の風況のよさと州独自の tax credit があったことである。カリフォルニア州の場合，風力発電システムの導入に投資すると，その投資額に対して連邦と州の双方の tax credit として合計で50％の税額控除を受けることができるため，税金対策に悩む富裕族から資金を集め，その資金でウィンドファームを建設し発生電力を電力会社に売電するというディベロッパーが数多く出現した。

(2)　太陽光発電システムの導入の現状

太陽光発電の場合も法的な環境としては風力発電の場合とまったく同じであるが，設備コストが割高なために民間からの投資の対象とはなっていない。しかし，このようなエネルギー政策が太陽光発電システムの技術開発

にとって刺激となったのは事実であり，実験的システムではあるが数kWから数MWまでの数多くのシステムが導入されている。

(3) コージェネレーションの導入の現状

コージェネレーションの多くは大容量の産業用のもので，ＰＵＲＰＡにより余剰電力を電力会社に売電できるようになったために熱電併給のメリットが出やすくなり導入が進んでいる。一方産業用以外でも，500kW～５MW程度の小型コージェネレーションがホテル，病院，チェーンストアなどに導入され，500kW以下のものについてもパッケージ化したものをガス会社などがオフィスビルなどに売り込んでいる。

2.3 系統連系のガイドラインと電力会社の対応

(1) 分散型電源の系統連系に関するガイドライン

アメリカには3,000社以上に及ぶ電力会社があるが，これらが一律の基準で分散型電源の系統連系に対応しているわけではない。例えば，カリフォルニア州のパシフィック・ガス・アンド・エレクトリック社（ＰＧ＆Ｅ）やサザン・カリフォルニア・エジソン社などのように，厳しい環境規制や将来の電力需要の伸びの不透明さにより，かなり先まで大規模集中型の発電所の建設を予定していない電力会社では，分散型電源からの電力購入を積極的に考えており，このような電力会社ではかなり詳細で完備したガイドラインを制定している。一方，分散型電源の導入にあまり積極的ではなく，ＰＵＲＰＡの成立により対応に迫られてガイドラインを制定した電力会社では，基本的事項にのみ触れ，詳細については定性的な表現に留めているところもある。（**表１**参照）

ガイドラインに盛り込まれている分散型電源の系統連系に対する電気事業者の基本姿勢は，次のように要約できる。

①分散型電源設置者は，他の電力需要家，電気事業者の所有する機器，系統およびその運用に悪影響を及ぼしてはならない。(発生する電力の質，保護装置，システムの維持管理について細かい規定が設けられている。)

②電力会社は，分散型電源が他の電力需要家に悪影響を及ぼすときまたは及ぼしそうであるとき，さらに系統の非常時および保守時に，分散型電源を系統から切り離す権利を有する。(すべての電力会社が，分散型電源と系統の連系点に，電力会社が操作することのできる手動開閉装置を設置することを分散型電源設置者に義務付けている。)

③分散型電源設置者は，公衆および電力会社に損害を与えた場合は補償しなければならない。（保険加入を義務付けている例もある。)

④分散型電源設置者は，連系にかかわるすべての費用を負担しなければならない。

(2) 分散型電源の連系に対する電力会社の対応

分散型電源の連系に対する電力会社の対応としては，ガイドラインに沿ってシステムが設置され運用されれば技術的には問題はないと考えられている。特に太陽光発電システムに関しては，保護の機能として要求が満たさ

表1 電 力 会 社 に よ る

会 社 名	パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック	サザン・カリフォルニア・エジソン	サンディエゴ・ガス・アンド・エレクトリック
電 圧 変 動	・100kW超過の同期発電機には電圧調整装置が必要。(設定範囲：95％～105％)	・適正な電圧制御を行い負荷条件の変化による電圧変動を最小限に押さえなければならない。	・100kW以上の同期発電機には電圧調整能力が必要。
電圧フリッカ	・電力系統に有害な電圧変動を生じさせてはならない。	・他の需要家から電圧過不足，電圧フリッカに関する苦情があってはならない。	・他の需要家から電圧過不足，電圧フリッカに関する苦情があってはならない。
力 率	・誘導発電機には力率改善用コンデンサが必要。 ・場合により力率調整装置が必要。(遅れ90％～進み95％)	・200kVA以上の誘導発電機には力率改善用コンデンサが必要。	・力率を適正な範囲に保つ必要がある。 ・100kW以上の誘導発電機には力率改善用コンデンサが必要。
高 調 波	・すべての高調波問題は苦情に基づいて処理される。	・他の需要家への障害があれば，フィルタ設置を要求されることがある。	・総合電圧ひずみ率5％，各次電圧ひずみ率3％以下に抑制されること。
短 絡 保 護	・400kW超過の発電機に必要。	・200kVA以上の発電機に必要。	・10kW未満の誘導発電機以外に必要。
地 絡 保 護	・40kW超過の発電機に必要。	・200kVA以上の発電機に必要。	・1,000kW超過の発電機に必要。
過 電 圧 保 護	・定格電圧の120％以上で瞬時しゃ断。	・定格電圧110～120％の範囲で整定し，それ以上で瞬時しゃ断。	・1,000kW超過の発電機に必要。
不足電圧保護	・40kW以上の発電機に必要。定格電圧の80％以下で時限しゃ断。	・定格電圧の75％～95％の範囲で整定し，それ以下で瞬時しゃ断。	・10kW未満の誘導発電機以外に必要。
過周波数保護	・100kW以下の場合 62Hz　1秒遅延 ・100kW超過の場合 63Hz　30サイクル遅延	・61～65Hzの範囲で整定する。	・100kW以上の発電機に必要。
不足周波数保護	・発電機の容量，タイプごとに定められた整定値と時限でしゃ断。	・55～59Hzの範囲で整定する。	・10kW未満の誘導発電機以外に必要。

ガ イ ド ラ イ ン の 差 異

ジョージア・パワー	ボストン・エジソン	マサチューセッツ・エレクトリック	バージニア・パワー・アンド・エレクトリック
・他の需要家に悪影響を与えてはならない。	・配電系統の電圧範囲についてはＡＮＳＩ84.1を参照のこと。	・他の需要家に悪影響を与えてはならない。	― （言及されていない）
・絶縁変圧器の１次側で２％以下，変圧器がない場合は６％以下とする。	・電圧フリッカのレベルについては要求による。	・他の需要家に悪影響を与えてはならない。	― （言及されていない）
・負荷と発電機の総合力率を遅れ85％より低下させてはならない。	・発電端の力率は遅れ95％～進み95％の範囲にあること。	・連系前の状態より力率を低下させてはならない。	― （言及されていない）
・総合電圧ひずみ率5％，各次電圧ひずみ率２％以下に抑制されること。	・総合電流ひずみ率５％以下に抑制されること。	・関連機器へ影響を及ぼしてはならない。	― （言及されていない）
・３相発電機に必要。	・必要。	・必要。	・必要。
・３相発電機に必要。	・30kW以上の発電機に必要。	・３相発電機に必要。	・10kW以上の発電機に必要。
・適正範囲逸脱時は１秒の遅延でしゃ断。	・定格電圧の120％以上で瞬時しゃ断。	・同期発電機に必要。遅延をもってしゃ断。	・10kW以上の発電機に推奨。
・適正範囲逸脱時は１秒の遅延でしゃ断。	・30kW以上の発電機に必要。定格電圧の80％以下10秒の遅延でしゃ断。	・30kW超過の発電機に必要。定格電圧の75％以下で遅延をもってしゃ断。	・必要。
・61.5Hz以上0.2秒の遅延でしゃ断。	・62Hz以上１秒の遅延でしゃ断。	・61Hz以上で遅延をもってしゃ断。 （誘導発電機には不要）	・10kW以上の発電機に必要。
・58.5Hz以下0.2秒の遅延でしゃ断。	・58Hz以下１秒の遅延でしゃ断。	・59Hz以下で遅延をもってしゃ断。 （誘導発電機には不要）	・必要。

表2 系統連系技術要件

検討項目	技術的要件	技術 高圧配電系統 逆潮流なし
1. 設備容量	○コジェネレーションの連系により系統の設備構成上の基本に影響を与えないこと	原則として2,000kW
2. 電圧変動	○系統電圧を適正値内に維持すること 配電系統の場合　101±6V等（低圧需要家） 送電系統の場合　変動幅が±1～2%程度	自動負荷遮断装置の設置（左記対策が不可能な場合は配電線の増強等）
	○並列時の瞬時電圧低下を系統の常時電圧の10%以内に抑制すること	同期発電機：自動同期検定装置の設置等 誘導発電機：限流リアクトル等の設置（左記対策が不可能な場合は配電線の増強又は同期発電機の採用等）
3. 保護協調	○事故（コージェネレーション構内事故，配電線事故，上位系統事故）時又は緊急時等の系統操作時にコージェネレーションが確実に解列されること	短絡・地絡・発電機異常検出用継電器，逆電力継電器，周波数低下継電器等の設置
	○事故時の自動再閉路を可能にするためコージェネレーションが確実に解列されていることを確認すること	線路無電圧確認装置の設置
4. 短絡容量	○系統の短絡容量が他の需要家の遮断器の遮断容量を上回らないこと	限流リアクトル等の設置（左記対策が不可能な場合は異なる配電用変電所バンク系統又は特別高圧送電系統への連系）
5. 力率	○連系点における力率を85%以上でかつ進み力率とならないこと	誘導発電機：力率改善用コンデンサの設置（ただし進み力率とならないように制御）
6. 連絡体制	○緊急時に迅速かつ的確な連絡及び復旧が行われること	電力会社とコージェネレーション設置需要家間の保安通信用電話設備の設置並びに連絡体制及び復旧体制の整備

*その他　○上記概要は原則的なものであり，実際の適用に当たっては，系統の実態等に応じ，個別に検討するものとする。
○コージェネレーションの設置，運転，保守，運用に当たっては，設置者と電力会社で十分協議を行い協調を図ること。
○20kV配電は比較的新しい配電方式であり，コージェネレーションの連系については，高圧配電系統の場合に準じつつ個別に検討することが必要である。

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	
(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	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（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	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（逆電力継電器を除く）及び転送遮断装置の設置	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
同左（ただし，コー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）	同　左	同　左	
同　左	限流リアクトル等の設置	同　左	
同　左	同　左	同　左	同期発電機の場合は力率調整が可能
同　左	同　左	同　左	

れていればそれをインバータで行っても構わないと考えられている。一方作業停電時等における分散型電源の解列については,「安全は自分自身で守る」というフィロソフィーがあって,停電区間に連系されるすべての分散型電源の連系用開閉器を作業員自身が手動開放した後に作業にかかるという方法がとられている。

3. 我が国における検討状況

コージェネレーションの系統連系に関しては,昭和60年7月に通商産業省資源エネルギー庁公益事業部内に設置された「コージェネレーション運営基準検討委員会」において技術的側面から検討が加えられ,昭和61年5月に「系統連系技術要件ガイドライン」が取りまとめられた(**表2**参照)。ガイドラインの基本思想は電力会社と同等の保護を行うこと,電力の品質に悪影響を及ぼさないこと,電力系統の保安が確保されることであり,2.3節で紹介したアメリカの電力会社が定めているものと基本的には同じである。ただ,アメリカでは分散型電源の容量によって保護リレーの種類やグレードを具体的に示している例が多いのに対し,我が国のガイドラインでは容量による区分がなく,保護リレーのグレード(アメリカのパシフィック・ガス・アンド・エレクトリック社では1,000kW以下の分散型電源に使用する保護リレーは電力会社グレードよりずっと価格の安い産業用グレードでよいとしている。)についても具体的には触れられていない。

その後昭和62年度には同様の検討委員会で特定供給(電気事業者以外の者が発電した電気を第三者に売電することで,その電気の供給者と需要家が同じ構内にあり,しかも資本関係等の深いつながりがある場合に例外的に認められる。)の緩和に関しても議論され,一応の決着が見られている。

これらの検討により当面の系統連系問題は整理されたとも言えるが,一般の配電線への逆潮流(需要家の余剰電力を配電線に送り込むこと)は認められておらず(需要家が電力会社の変電所まで専用線を布設する場合は可能),アメリカにおいて比較的自由に分散型電源の系統連系が行われ,その余剰電力が電力会社に買い取られている状況からすると,どうしてアメリカと同じようにできないかという疑問が残っているのも事実である。

一方,太陽光発電システムや燃料電池発電システムなどの新発電方式については,昭和60年度から65年度までの6か年計画で「分散型新発電技術実用化実証研究」が実施されており,そこでは一般配電線への逆潮流や低圧配電線への連系についても検討されている。

4. 配電系統の運用と逆潮流問題

現在のコージェネレーションの系統連系に関するガイドラインにおいては,一般配電線への逆潮流は認められていない。これに対しアメリカにおいては分散型電源の余剰電力を電力会社が買い取るのが一般的で,当然ながら一般配電線への逆潮流が行われている。

では,どうして我が国では一般配電線への逆潮流ができないのであろうか。分散型電源の系統連系は,配電系統の運用にいくつかの面で影響を及ぼす。それらの影響が逆潮流とどのような関係にあるのか考え,同じ問題に

対してアメリカではどのように考えているのかということについて述べる。

(1) 電圧運用への影響

現在の配電系統の電圧運用は，変電所から一方向に潮流が流れることを前提にして，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挿入したりすることによって低圧の供給電圧を適正範囲に維持するようにしているが，配電線の潮流が需要家の負荷変動に伴い複雑に変化するため，常に適正電圧を保つにはきめ細かな調整が必要である。ここに分散型電源が連系されその余剰電力が配電系統に送り込まれてくるとすると，場合によっては線路末端の方が電圧が高くなることもありえるため，今以上に配電線の電圧調整は難しいものとなる。我が国では，電気事業法施行規則第25条において，低圧の供給電圧を101±6Vおよび202±20Vの範囲に維持することが義務付けられているが，分散型電源が逆潮流している状態でこの電圧範囲を維持することは，分散型電源に対して何らかの電圧運用のルールを適用させない限り不可能であるものと思われる。現在,「分散型新発電技術実用化実証研究」の中で電圧運用に関してもシミュレーション検討が行われており，逆潮流のある分散型電源が連系された配電系統の電圧運用のあり方について検討されている。

これに対し，アメリカにおいては電力会社が維持すべき供給電圧の範囲に関する法的な規制はない。アメリカ規格協会（ANSI）の電力機器の標準電圧に関する規格として，110～127Vおよび220～254Vが定められているが，これには拘束力はない。また実際の運用では,供給電圧を家電機器の規格である117±5Vの範囲に維持することが電力会社と家電機器メーカの暗黙の了解事項となっており，これを目標として運用がなされている。つまり，電力会社が維持すべき供給電圧の範囲は明確には定められておらず，家電機器の故障が広域的に発生した場合などに裁判で争われるというようにケースバイケースで処理されている。

(2) 故障発生時運用への影響

電力系統において落雷や樹木の接触等何らかの原因で地絡故障や短絡故障が発生した場合は，故障の拡大を防ぐために故障電流を供給している電源を速やかにしゃ断しなければならない。電力系統にはこのような目的のための保護装置が各変電所に設置されており，電力系統における故障を的確に検出し，故障が生じている線路を開放している。このようなときに配電線に連系される分散型電源が配電線の一部の負荷を抱えて単独運転を行うようなことがあると，人身や電気設備に害を及ぼす恐れがあるとともに電力系統の迅速な復旧を阻害することになる。したがって，配電系統に分散型電源を連系するには，電力会社の保護と同レベルの保護を行う必要があり，分散型電源側に設置する保護装置の信頼性と電力系統側との保護協調が重要である。

ここで，保護を行ううえで分散型電源からの逆潮流がどのように影響するか考えてみる。

平常時の電力潮流は電源から負荷機器に向かって流れるが，分散型電源設置者の負荷が分散型電源の発生電力より小さい場合に逆潮

流状態となる。これに対し故障発生時の故障電流は，負荷機器とは無関係に電源から故障箇所に向かって流れる。したがって，逆潮流のあるシステムでもないシステムでも故障発生時の電流の流れ方に差異はなく，故障検出のための保護リレーシステムは同一である。つまり，故障検出に関しては逆潮流は影響を与えないと言える。ただ，万が一故障検出ができなかった場合を考えると，逆潮流させないシステムの場合，故障発生時に電力系統側で電源を停止させた後に生じる分散型電源からの逆潮流を検出することにより分散型電源を解列させることができるというメリットがある。

⑶　停電作業時運用への影響

配電線の停電作業時や緊急保安停電時には，配電線路の引き出し用しゃ断器もしくは線路の途中に配置される区分開閉器を開放して線路を停電させているが，このようなときにその区間に連系される分散型電源が単独運転を行えば，作業員や公衆に危害を及ぼす恐れがある。現状では配電線に電源が連系される例が少なく，個別に対応されているが，小容量の分散型電源が不特定多数に導入された場合には，電話連絡や個別の転送しゃ断では対応が難しくなるものと予想される。

このことをもう少し詳しく説明する。我が国の配電系統は，供給信頼度を高めるためにかなり複雑な構成になっている。僻地を除けばほとんどの配電線はどこかで別の変電所から引き出されている他の配電線とつながっており，故障が発生した場合や作業停電時には供給支障範囲が最小になるように電源の供給系統が切り替えられる。つまり，分散型電源を転送しゃ断しようとしても電源となる変電所を特定できないし，場合によっては配電線の途中にある区分開閉器で線路の一部を停止することもあるので，転送しゃ断のためのシステムは複雑なものになる。これが1箇所の分散型電源に転送しゃ断をかけようとするのであればまだ可能性はあるが，同一系統に複数の分散型電源が連系される場合には，全体の転送しゃ断のためのシステムは極めて複雑なものとなり，現状の電力会社の設備では対応できないのが実情である。

こういう状況に対応する方法として逆電力（逆潮流）検出による解列を考えれば，電力会社側で電源を切り離すと，切り離された系統に連系される分散型電源は逆潮流状態となるので，この状態を検出して分散型電源を解列させることができる。つまり，現状のガイドラインに沿って分散型電源が逆潮流なしの条件で連系されていれば，保安上の問題はあまりないと言える。

5.　分散型電源の系統連系に関する日米の相違

⑴　電気事故に対する考え方

我が国では，公衆が電気事故に遭遇するというのは極めてまれであり，電気事故の発生はあってはならないという姿勢で電力会社の保安体制がとられている。それに対し米国では，電気事故が発生した場合，それが電力会社側の責任かどうかが問題とされる。もし需要家所有の分散型電源が原因で電気事故が発生したとしても，電力会社に落ち度がなければ分散型電源側が賠償の責任を負うことになるので問題はないという考え方がされているようである。つまり，我が国では万が一にも

電気事故があってはならないという基本姿勢から，保護・保安に関する連系の条件がどのように守られるのかということにまで関心が払われるが，米国では，万が一電気事故が発生した場合は裁判で決着をつければよいという割り切りがされており，連系の条件は，裁判になった場合に責任の所在を明確にするための判断基準としての役割も持っている。

(2) 停電作業時の分散型電源の解列に対する考え方

我が国では，長期的視野に立つという観点から，分散型電源というのは不特定で極めて多数の需要家に導入される可能性があるという前提で検討が進められているが，現状のままでは停電作業時や緊急保安停電時に数多くの分散型電源設置者と連絡をとりながら，それらすべてを迅速・確実に解列されるのは困難であると考えられており，新たな保安確保の方法について技術開発が進められているところである。

それに対し米国では，停電作業に先立ちすべての分散型電源の連系用開閉器を手動開放し，開放されていることを目で確認した後に作業にかかることを原則としているが，将来分散型電源の数が増えた場合に停電操作の迅速性に支障が出る可能性のあることについてはあまり問題視されていない。これには，数が増えたときのことはそのとき考えればよいという割り切りがあることや，需要家が停電することをあまり気にしないことなどが背景にあるものと考えられる。

6. おわりに

アメリカにおける分散型電源の導入状況と我が国における検討状況を比較してみると，我が国特有の事情として電圧管理について厳しい法規制があること，電力品質および安全性に細心の注意が払われていること，またそれが当然であるという需要家側の認識があることなどが挙げられる。また，アメリカでは不特定多数の需要家に分散型電源が導入された場合の影響についてはほとんど考慮されていないが，我が国では，長期的視野に立つという観点から，そのような状況を考慮して検討が進められている。

当面，コージェネレーションなどの分散型電源が一つの配電線に数多く連系されるというのは考えにくく，とりあえずは個別に対応すればよいのではないかという意見もあれば，我が国ではたとえ電力会社が分散型電源の余剰電力を自社の発電原価程度で買い取ってくれたとしても，自家消費分以上の発電容量を持つのは経済的ではないという意見もある。どちらもある意味では正論であるが，ここしばらくは逆潮流なしという連系条件で問題は出てこないものと思われる。

現在「分散型新発電技術実用化実証研究」の中で逆潮流問題が検討されているが，研究が終了する昭和65年度以降に何らかの結論が示されるものと思われる。(しげた　しょうご　主任研究員)

参考文献

1. 季報エネルギー総合工学，Vol. 9，No3（第6回エネルギー総合工学シンポジウム特集），昭61。

2．茂田・塚本：「分散型電源の導入と系統連系問題」電気学会雑誌　**107**，９，909，（昭61）。
3．コージェネレーションの系統連系技術要件ガイドライン解説書，日本コージェネレーション研究会，（昭62）。

電力負荷平準化と負荷制御

——諸外国のロードマネジメントの動向と負荷集中制御システムの検討概要について——

野 口 俊 郎

1. はじめに

電力負荷の平準化（ロード・レベリング）は古くて新しい問題である。古くは昭和30年代の後半より導入された深夜電力制度がある。これは夜間への負荷移行と深夜の需要開拓を狙いとしたもので，供給時間帯の原価を反映した低い料金が適用される制度であり，現在では更に深夜のボトムアップあるいは利用範囲拡大の観点から，第2深夜電力制度（従来の深夜帯8時間供給を5時間供給等に拡大）の創設までにいたっている。

一方，昼間に発生する最大電力需要は，高度経済成長・生活水準の高度化を反映し着実な伸びを示してきた。特に近年においては負荷率の低い民生需要の伸びが顕著となり，深夜電力の開拓にも拘らず，ピーク需要が発生する夏季における昼夜間の需要格差は拡大してきており，年間負荷率も低下の傾向にある。

このような需要状況に対し，供給側の電源構成も料金の低位安定化を狙いとし，燃料コストの変化や大容量電源に関する技術革新を背景に，水主火従，火主水従から現在では原子力をベースとする電源多様化の時代を迎えるに至っている。

周知のとおり，電気は社会生活や産業活動の基盤となっている。このため，必要な時に，必要な量だけ使う個々の消費ニーズに対して，その全てに十分かつ安定的に電気を供給するという使命が電力会社に課せられてきた。

従って，電力会社の供給設備は最大電力を的に，これに予備力という裕度を持たせた形で，経済性と安定供給の信頼性を確保しながら形成されてきた。しかしながら，電気は貯蔵が困難なエネルギーであり，昼夜間および季節間の需要格差並びに年間負荷率の低下は設備稼動率の低下につながり，ひいては供給コストへの悪影響が懸念されるなど低成長下での新たな問題となってきている。

勿論このような状況に対し，電力各社は従来に増して負荷の平準化（平準化とは例えて言えば，通勤ラッシュ解消のため出勤時間をシフトする時差出勤のような対策）に努め，諸方策を講じているところである。

この負荷平準化方策には，大別すると料金制度面による間接負荷制御と，需要者の負荷機器を直接制御する直接負荷制御の二通りがある。前者は，深夜電力制度を始めとする種々の料金制度が講じられていることから馴染みも深いが，後者はわが国においては，まだ馴染みが少い。

本稿で紹介する負荷集中制御システムは，この後者にあたるもので，需要家と電力会社間でデータのやりとり等を行い，効率的な平準化を進めようというシステムである。

需要の伸びの鈍化やエネルギー競合時代を迎え，多様化する生活様式にも柔軟に対応するための季時別料金制度など電気料金体系の整備が，今後一層進むものと思われる。このような状況の中で，電気の利便性を損うことなく，かつその制御性を有効に活用し，料金体系にも対応する負荷管理技術の確立が図られれば，効率的な平準化が可能となり，需要家の快適性確保と料金負担の軽減も両立し得ることになる。

2. 負荷平準化の必要性

2.1 昼夜間需要格差の拡大について

電力の消費状況は負荷曲線という形で表わされる。たとえば1日の消費状況を示すものが日負荷曲線である。ここで，夏季における

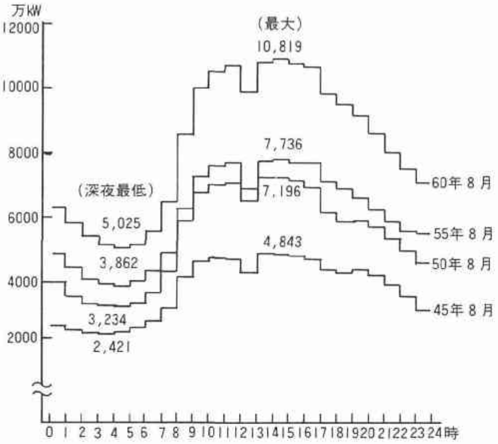


図1　電力需要の昼夜間格差
（9社計発受電端8月最大3日平均ロード・カーブ）
〔出典：電気事業審議会料金制度部会中間報告（62年3月）〕

全国大の最大電力発生時（電力9社合計の最大3日間の平均）の日負荷曲線を経年的にみたものが**図1**である。

図で分かるように最大電力は年々着実に伸びてきており，近年では空調需要の増加を反映し（夏季の空調需要は最大電力の3割程度を占めるといわれている。）その伸びも大きく，昼夜間の需要格差は**表1**のとおり拡大してきている。

表1　電力需要の昼夜間格差　〔万kW〕

電力＼昭和	45年8月	50年8月	55年8月	60年8月
昼間最大 (A)	(100) 4,843	(149) 7,196	(160) 7,736	(223) 10,819
深夜最低 (B)	(100) 2,421	(134) 3,234	(160) 3,862	(208) 5,025
需要格差 (A)−(B)	(100) 2,422	(164) 3,962	(160) 3,874	(239) 5,794

（注）　( )内は45年8月を100とした指標。

これに対し，ピーク時の供給側の電源構成概念は**図2**の例のとおりであり，現在ではベース電源として燃料費のウェイトの低い原子力と石炭火力が用いられている。ベース電源はできるだけ高い利用率で運転した方が供給

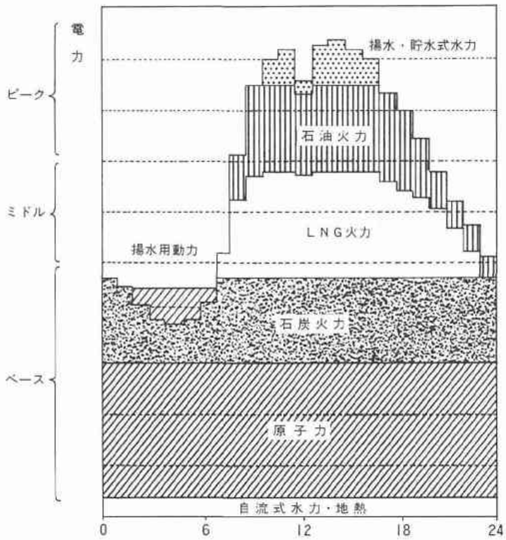


図2　ピーク時の電源構成の概念
〔出典：第25回電事審需給部会「電源開発の課題」（昭和62年6月30日）〕

コストの低位安定化の観点から望ましいが，昼夜間需要格差が大きいと，図の石炭火力のようにベース電源の稼動率まで下げざるを得なくなり，料金の低位安定化維持を難しくすることが懸念されている。

2.2 年間負荷率の低下について

年間の平均電力（年間総需要/8,760時間）を最大電力（一般的には最大3日平均値を用いる）で除したものが年間負荷率といわれるもので，年間ベースでの需要格差を示す指標となる。この値が低ければ低いほど年間ベースでの発電設備の総合稼動率は悪くなる。

この年間負荷率の推移をみたものが**図3**であるが，それは年々低下の傾向となっている。また今後の見通しについても，負荷率の高い素材型産業のウェイト低下や，負荷率の低い民生需要あるいは加工組立型産業のウェイト上昇などにより，緩やかな低下傾向が続くものと予測されている。

間負荷率も低下の傾向が続くものと予想される。

このため供給設備の稼動率の悪化が予想され，ひいては，供給コストへの悪影響が懸念されている。

一方，最大電力需要はルーム・クーラーの普及や情報化の進展等に伴う民生需要の堅調な伸びにより，緩やかな増加を続けることが予想される。

従って，今後も需要増加に見合った新規電源の開発が必要であるが，供給コスト低減の観点から，既存の電源を含め供給設備の効率的運用が今後，増々重要な課題となってくる。

以上の観点から，最大電力需要の抑制あるいはシフト及び深夜需要の創成等を図り，負荷率の向上を計る負荷平準化方策が従来に増して必要となってくる。

負荷集中制御システムはこの方策の一環として，高度化・多様化する生活様式に対応し，家庭を含めた広い範囲での電力機器の直接制

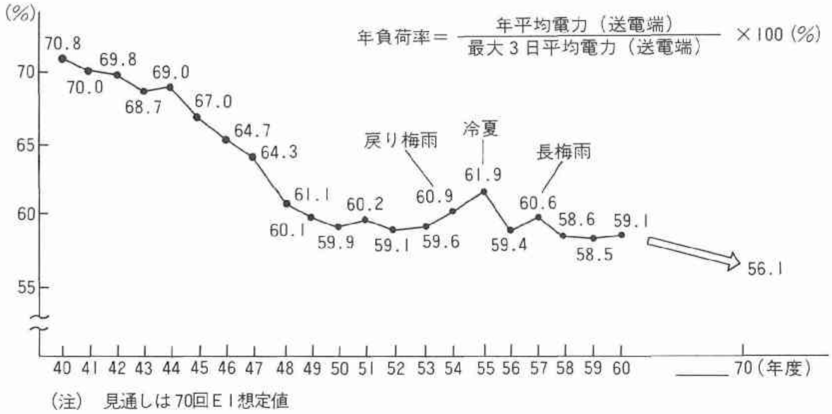


図3 年間負荷率の推移（9電力計）
〔出典：資源エネルギー庁「電力需給の概要」〕

2.3. 負荷平準化の必要性

これまで見てきたように，電力需要の昼・夜間及び季節間格差は増大の傾向にあり，年御を行い，より効率的な負荷平準化を図ろうとするものである。

3. 諸外国における負荷制御の現状と動向

欧州におけるロード・マネジメントの歴史は古く，発端は石炭火力の稼動率向上による供給コストの低減を狙ったものといわれており，深夜帯の電力需要開発とピーク電力の抑制に努力を払ってきている。

このため，各国の日負荷曲線も20年以上の長期に亘り徐々に改善が図られ，西独の例では12月（西独は冬ピーク）の日平均負荷率が1965年には約77％であったものが，1985年には約96％へと20年間で約20ポイント改善されている。

負荷機器制御（主として蓄熱ヒーター，温水器）の手段としては，タイムスイッチの他リップル・コントロール（配電線に信号を重畳して機器制御を行う）方式が用いられている。この方式が発達したのは，多くの国がひしめく大陸で，軍事上の機密を確保する通信手段に適していたためといわれており，その技術を応用して近年では機器制御の分野にも実用化が図られてきている。

一方，米国では発電設備に対する諸規制の強化あるいは，2度のオイルショックを背景として，電力会社は財政上の危機に直面し，その改善を迫られることになった。このため，新規発電プラントの建設中止や延期が目立ちはじめ，電力需給は逼迫する方向に向った。

また，電力コストの高騰に対し，大口の需要家は自ら発電システムを持つことに努力を払い，熱併給発電（コジェネ）等の方法が模索された。このような流れの中で，1978年には，公益事業規制政策法（ＰＵＲＰＡ）が成立し，電力会社は熱併給発電者の余剰電力を自らの電力の回避コスト（電力会社の新たな発電コスト相当）で買電することを余儀なくされた。

このような情勢のもとで，電力会社はより供給コストの低位安定化を求められることになり，かつ，エネルギー選択肢の増えた需要者に対し，サービスオプションを多く提供する必要に迫られた。

このような要因により，ロードマネジメントが注目されることになり，最大電力の抑制あるいは，ロードカーブの谷間の埋め込みによる平準化のための諸対策が採られることになった。

具体的な負荷制御対象機器としては，エアコン，温水器が殆んどを占め，その方法は，ＶＨＦ無線を使った一方向システムの制御が主流となっており，今後もこの傾向が続くものと予想されている。

なお，これらの制御を行う場合は，制度面で種々のインセンティブが与えられている。

以下に各国の概要と具体的実施例を示す。

3.1. 米国におけるロード・マネジメント

米国における負荷制御のプロジェクト数は2度目のオイルショック（1979年）以降増加している。ＥＰＲＩレポート（1986年5月）によればプロジェクト数の推移は**表2**のとおりとなっている。

表2　ロード・コントロールプロジェクト数の推移

年度	1977	1978	1979	1980	1981	1983	1985
プロジェクト数	41	63	93	158	210	218	259

表 3　ロード・コントロールプロジェクト内訳（1985年）

種　別	プロジェクト数	%	内　　　容
ダイレクト コントロール (Direct C.)	225	87	・電力会社からの信号で需要家の負荷機器を直接遠隔制御する方法（無線，配電線，電話線を使用）
ディストリビューテッド コントロール (Distributed C.)	10	4	・電力会社からの信号と，ローカルの条件あるいはプログラムの両者に基づき制御する方法 （電力会社と需要家で機能分担）
ローカル コントロール (Local C.)	24	9	・電力会社からの信号は用いず，ローカル条件あるいはプログラムで制御する方法
計	259	100	

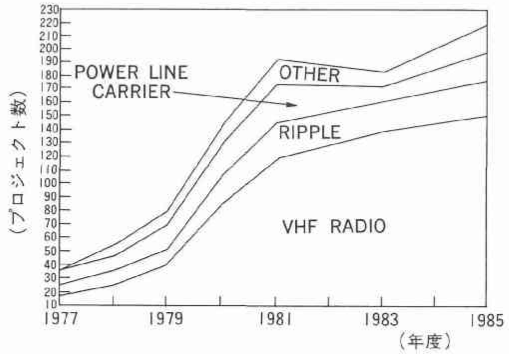


図 4　Direct Load Controlの制御方法別推移

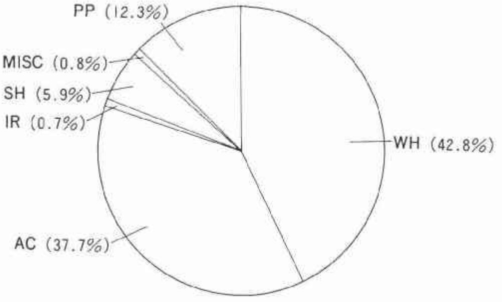


図 5　制御対象機器の内訳

WH：電気温水器（住宅用・産業用）1,078,337台

AC：エアコンディショナー（住宅用・産業用）953,651台

IR：灌漑ポンプ17,064台

SH：スペースヒーター（住宅用・産業用）148,756台

PP：プール用ポンプ（住宅用）311,763台

MISC：その他機器（産業用・工業用・住宅用）20,603台

ここで1985年度の259のプロジェクトを，制御方法別に区分すると**表 3** のとおりであり，殆んどが電力会社からの 1 方向の機器制御となっている。このうち直接制御（ダイレクト・コントロール）の制御方法推移を更に詳しくみると**図 4** で示すとおり，VHF無線による制御が主体となっている。

また，1985年の259のプロジェクトで制御対象となっている機器数は約250万台あり，この内訳は**図 5** のとおり温水器とエアコンで約 8 割を占めている。

一方，このプロジェクト数を目的別に分類すると 9 割がピーク削減を目的としており（**表 4** 参照），前述のように財政上の危機から経営戦略としてピーク抑制が出現してきた米国の負荷制御の特徴を如実に反映していると言える。

表 4　目的別区分

目　　的	プロジェクト数	259 のプロジェクトに対する割合
ピーク削減	243	94%
ロードシフト	32	12%
オフピーク需要創成	31	12%
需要開拓	8	3%
保守	7	3%

表 6　米国におけるロード・マネジメントの具体的実施例（要約）

項目 ＼ 会社名		サンディエイゴ ガス&エレクトリック社	サザンカリフォルニア エジソン社	リンカーン エレクトリックシステム社	フロリダ パワー&ライト社	カロライナ パワー&ライト社
ロードコントロール	エアコン	○ 1980年以降 （住宅用　22,000戸 商業用　500台）	◎ 1983年以降 （住宅用　84,000戸 商工業用 1,800台）	○ 1981年以降 （住宅用　500台）	△ エアコン，温水器， スペースヒーター， プール用ポンプ を対象	◎ エアコン，温水器 （住宅用　38,000戸）
	温水器	○ 1981年以降 （住宅用　3,000戸）	——	1981年以降 （住宅用　100台）		
	制御方法	FM無線によるサイクリングコントロール又は一定時間のカット	FM無線によるサイクリングコントロール	FM無線によるサイクリングコントロール	配電線搬送（位相変調方式）によるサイクリングコントロール	FM無線
	期間と回数	8～10月の3か月を対象に5回／年・戸を上限	5～10月の6か月の夏期ピーク期間中15回まで／戸	7～9月の夏期に6～9分間のカット	——	6～9月を対象
インセンティブ		$10／日	家庭用　50% $ 9／トン年 67%　18／　〃 100%　33／　〃 商工業用　30%　2.52／　〃 40%　7.50／　〃 50% 12.00／　〃	電気温水器のみ $ 6／月を上限	——	・温水器　$ 2以下/日 ・WH＋エアコン　$12以下 ・WH+マルチエアコン　$15 〃 ・他の月はWH　$ 2以下 但し，基本料を下廻らない
評価等		エアコンのサイクルコントロール削減量を増やす方向で再検討している。	1985年で，約155MWの削減（ピークの約1%に相当）	・需要家からの不安はない ・削減量は2～4%台を期待している。 ・1995年までには50%の参加率を見込んでいる。	——	・FM無線は一方向であるため，2000年までには配電線搬送による双方向通信方式に変える予定。
その他		・高圧需要家4戸1グループを対象に80時間／戸を上限として，グループ負荷削減プログラムを実験中（インセンティブ$2.5／月・kW）	・この他に，D.S.S（需要予約サービス）をテスト中（2900戸），これはAM無線により予約サービスレベル超過時にアラームを出し，負荷を削減してもらう方法で1984年から始めている。	・この他市内に普及しているCATV網を用いて双方向通信による機器制御をテスト中（20戸を対象） ・電話回線の使用は使用料が高いのでCATV網を利用	・1987年から社員の家庭を対象に小規模なテストを開始予定（双方向）	・この他，配電線搬送（信号周波数重畳方式）による制御（2,000戸）をテスト中これは双方向であり，自動検針，ロード・サーベイ等も実施している。

（注）　○はテスト中，◎は実用化，△は計画中

表5　インセンティブの内訳

インセンティブの種類	内　容	
払い戻し	温水器	＄1～＄5／月
	エアコンディショナー	＄1.25～＄12／月
	エアコンディショナー	＄0.33～＄5.50／kW／月
	灌漑用	＄1.50～＄29／ＨＰ／月
特別料金	基本料金低減	7％～50％
	電力量料金低減	8％～20％
	kWhあたりディスカント	＄0.003～＄0.061
迷惑料	＄25～＄150／月	

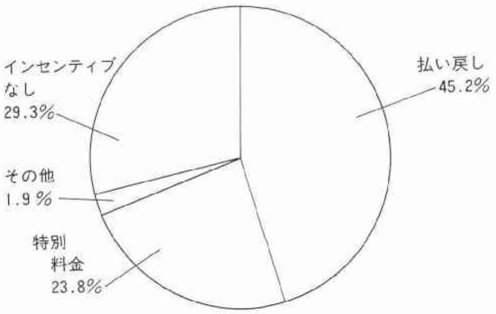


図6　インセンティブの内訳

なお，ピーク抑制のための制御を始めとして，需要家の負荷機器を直接制御することから，何らかのインセンティブを与えているケースが多い。1985年の259のプロジェクトのうち約7割が何らかのインセンティブを与えているが，残りの3割はインセンティブなしとなっている。（**図6**参照）

このうち，インセンティブを与えているケ

表7　ロードマネジメントシステムの概要（英国）

プロジェクト名	一方向 双方向	信号伝送媒体	内　容	備　考
ラジオテレスイッチングシステム	一方向	ＢＢＣラジオ第4放送波（200kHz）	・対象負荷機器のＯＮ，ＯＦＦ制御 ・時間帯別料金の設定変更	・群（グループ）制御方式 ・各配電局に個別アドレスを割当 ・1980～1981年に予備試験 ・試行では，ほぼ100％近い信頼性確保
メインズボーン（Mains-borne）テレコントロールシステム	双方向	低圧配電線〔各バンク～中央間は電話回線〕	・対象負荷機器のＯＮ，ＯＦＦ制御 ・電気・ガス・水道の検針 ・需要家ディスプレイで料金等の情報表示 ・不正使用等の監視	・スペクトル拡散方式（50～150kHz）を採用（耐雑音）
カルム（Gredit And Load Management： CALM）	双方向	電話回線	・対象負荷機器のＯＮ，ＯＦＦ制御 ・電気・ガス・水道の検針 ・需要家ディスプレイで料金等の情報表示	

ースの内容をみると**表5**のとおりとなっており，代表的な温水器とエアコンの年間のインセンティブの平均は，それぞれ＄23と＄27と言われている。

最後に米国における具体的実施例を**表6**に示す。

3.2. 英国におけるロード・マネジメント

英国においては,これまでエコノミー7（日本の深夜電力と同様の制度で，深夜帯の7時間における低料金制度，昼間の料金の1/2以下）を利用した，温水器や蓄熱ヒーター，皿洗器などの普及により，負荷率の改善が図られてきた。近年では，更に一般需要家の負荷機器を直接制御する方式についても検討を始めている。

特に1979年以降，電力供給者は英国電気会議（E.C：Electricity Council）のバックアップを受けて制御方式・制御技術・運用方法などの負荷管理技術試験実証を行っている。その代表的なものを**表7**に示す。

当初のフィールド試験は一方向のラジオテレスイッチングシステムであったが，1984年からは，双方向システムによる付加価値を織り込んだ制御方式を開始しており，電気の他ガス，水道の検針も可能としている。この両システムは1986年には実験をほぼ終え現在その結果を取りまとめ中である。

紙面の都合で詳細は省くが，両双方向システムの概要図だけを以下に示す。

なお，具体的な実施例は**表8**を参照いただきたい。

(1)メインズボーン・テレコントロール・システム（**図7**，**図8**参照）

(2)カルム・システム（**図9**，**図10**参照）

本体は，**図10**のように3つの回路に分割されており，どの回路にどの機器を接続するかは原則的に需要家にまかされているが主として，次のような区分となっている。(配電局が推奨)

回路①：連続回路（電灯回路，コンセント回路，調理器等）

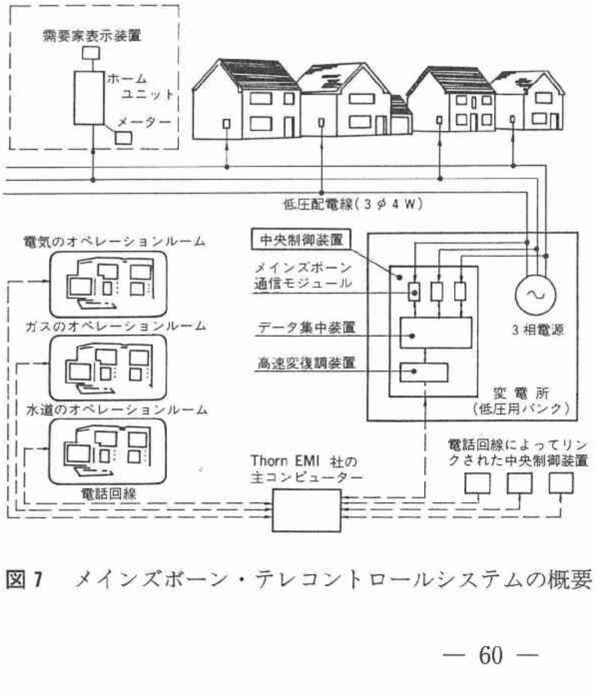


図7　メインズボーン・テレコントロールシステムの概要

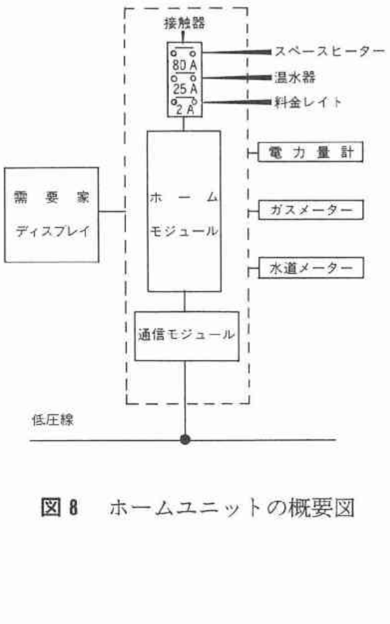


図8　ホームユニットの概要図

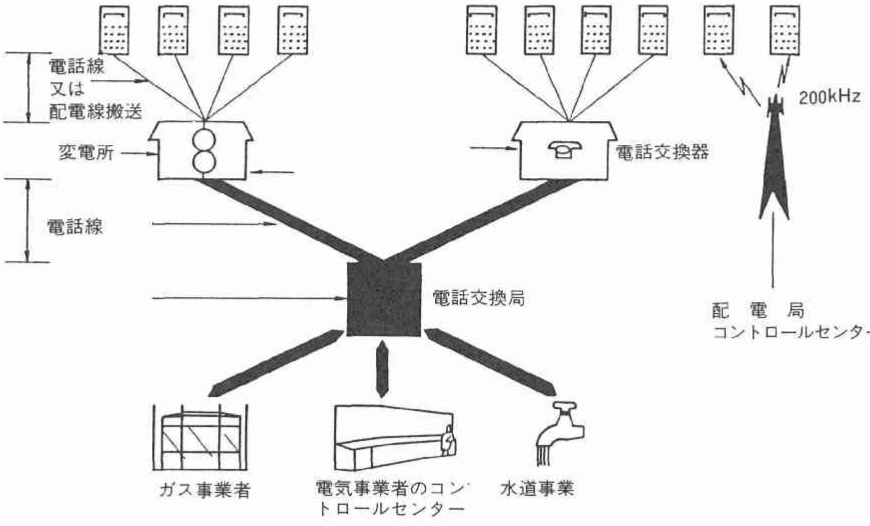


図 9　カルムシステムの概要

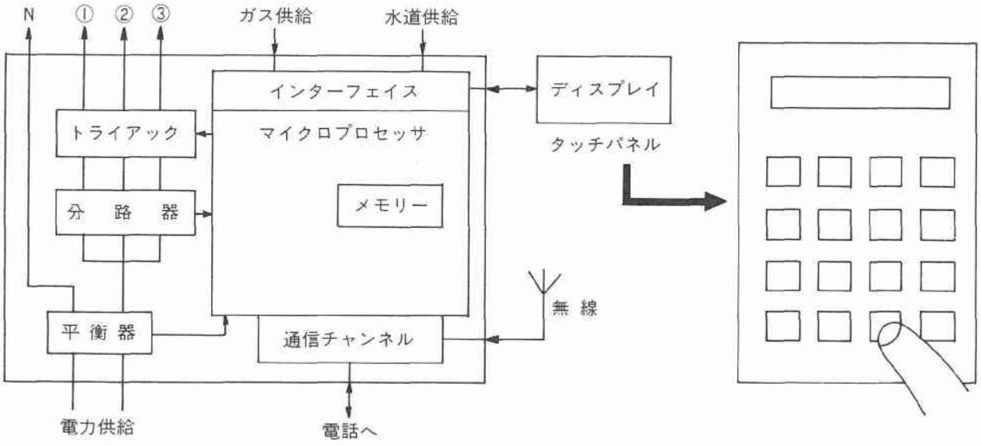


図10　カルムメータの概要

回路②：遮断回路(冷凍庫,湯沸かし電熱器等）電気事業者によって遮断可能

回路③：タイムスイッチ回路（蓄熱式暖房器）

3.3.　フランスおよび西独における負荷平準化

この両国は料金制度面からの負荷平準化に古くから努力してきており，ともに日負荷率は90％程度までに達している。負荷機器の制御に関しては従来よりタイム・スイッチを用いてきたが，近年リップル・コントロールの実用化による制御が増加してきている。この制御方式は特に新しいものでもないことから，ここでは平準化の動向について若干ふれることとする。

両国のロード・マネジメントの具体的実施例は**表 8** を参照されたい。

(1)フランスにおける負荷平準化

Ｅ.Ｄ.Ｆ(フランス電力公社)においては，料金制度面からの負荷平準化が積極的に進め

表8　欧州におけるロード・マネジメントの具体的実施例（要約）

	英国		フランス （E.D.F）	西独 バーデン電力
	ロンドン配電局	東中部配電局		
ロード・コントロール：対象機器	メインズボーン・テレコントロールシステム（1984～1986年） 温水器 蓄熱ヒーター（400戸で実験）	カルムシステム（1984～1986年） 温水器 蓄熱ヒーター	ピーク日抑制料金（E.J.P料金）適用需要家に対し，18時間（午前7時～翌日午前1時）×22日間抑制（予告により需要家選択可能）	蓄熱ヒーター （1985年以降，　6,000台）
ロード・コントロール：制御方法	低圧配電線 ［・スペクトル拡散方式（50～150kHz）で信号注入 ・低圧用変圧器～センター間は電話回線利用］	電話回線利用 ［しゃ断可能回路（温水器など）とタイムスイッチ回路（スペース・ヒーターなど）を入切制御］	配電線搬送 ［リップルコントロールによりメーターのレジスターを切替え］	配電線搬送 ［リップルコントロールによる機器制御］
インセンティブ	——	——	ピーク日とピーク日以外日の電力料比は10：1にも及ぶ(E.J.P料金)。	夜間割引時間帯で平準化のためのロード・コントロールを行っている。 （比較的短時間のカットにより，ボトルネック解消）
評価等	・現在とりまとめ中 ［需要家に表示器を設置し使用量・料金表示等を行ったので好評であった。］	同左	・1985年で小口需要24,000戸大口需要72戸で計880MWを削減（ピークの1.5%に相当） ・1995年にはピーク需要の約6%,5,000MWの削減を見込んでいる。	・中央のコントロール・センターによる管理は，良好である。
その他	・EC（英国電気会議）の支援を受けて実施 電気の他，ガス，水道の検針も実施し，良好であった。 ・ラジオテレスイッチおよび配電線搬送方式（サイクル・コントロール）も一部実験中	・ECの支援を受けて実施 電気の他，ガス，水道の検針も実施し良好であった。 ・ラジオテレスイッチング（BBCの第4放送200kHzを利用）も実験しており，今後この方向へ移行する計画である。	・フランスでは1958年から中，高圧需要家を対象に季節別料金が開始され1965年には，低圧需要家にも時間帯別料金が実施された。 現在低圧需要2,500万戸の約26%にこの料金が適用され，日負荷率も90%に達している。	・この他タイムスイッチによる制御台数6万台 （これには，温水器も含む） ［1983年までは，夜間8時間，昼間2時間に対し，50%の料金割引，これ以降は割引率低減］

られてきており，年負荷率の改善はこの制度の導入に伴う蓄熱ヒーターや温水器の普及およびピーク電力の抑制に依るところが大きい。

この国の季時別料金制度の実施は30年前に溯り，1958年には中・高圧需要家を対象に季時別料金を導入し，更に1965年からは低圧需要家にも時間帯別料金を適用して着実な平準化を進めている。

この結果日負荷曲線は**図11**のように平準化されてきており，ここ10年で日負荷率は85%から95%へと改善されてきており，ほぼ平準化が成熟してきたと言える。

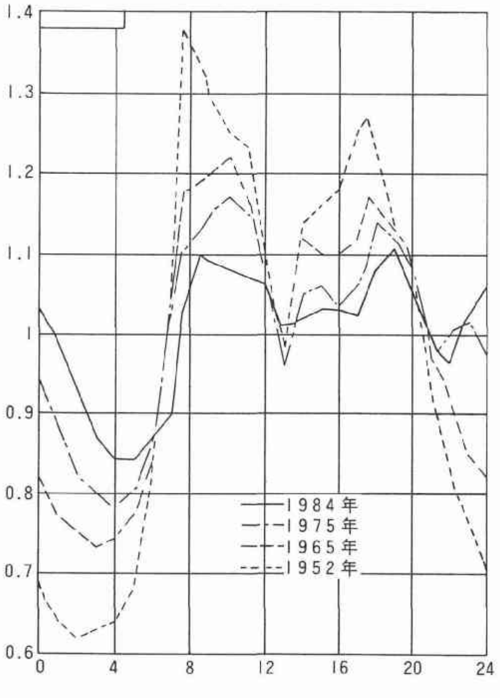


図11　日負荷曲線のプロフィールの変化
（1日の平均電力を1とした場合の比率）

(2)西独における負荷平準化

西独の平準化も1960年代から始まっている。この国では配電会社に対する卸電気料金がピーク電力を基準に定められることから，冬季ピーク時の電力のうち暖房や給湯を深夜電力利用へ移行（蓄熱ヒーター，温水器の普及）し，料金低減へ向けて積極的な努力を払ってきた。この結果日平均負荷率も1965年12月の77%から1985年12月には96%へと改善され，フランス同様ここでもほぼ平準化が成熟してきたと言える。

4．負荷集中制御システムの概念設計について

負荷集中制御をおこなうためには，その対象となる機器の選定とその通信・制御方式の検討が必要である。

まず，被制御機器については，制御による昼・夜間需要格差の是正あるいは負荷率の向上効果と需要家に与える影響について総合的に評価し,対象機器の選定を行う必要がある。

次に，通信・制御方式については，営業所等に設置された制御装置と需要家の負荷機器との間を通信線等により結び遠隔制御を合理的かつ経済的に行う必要がある。

また，本システムを検討する場合①各需要家にアクセスを持つこと，②電力供給信頼度の向上等の観点から導入が進んでいる配電自動化システムとの設備共有が数多く考えられることなどの理由から，経済性等も考慮しこれらのシステムと組み合せた形で検討を行うこととした。

更に，この検討に際しては配電自動化システムの将来の拡張性（自動検針や需要家対応業務の向上などで,双方向の信号授受が考えられること等）を考慮するのみにとどまらず,今後の情報高度化時代の本格的到来も考慮し,さまざまなサービス提供の技術的可能性につい

ても検討を加え，将来的なシステムのコストダウンの方法も模索することとした。

紙面の都合から詳細は割愛することとし，ここではその結果の概要を簡単に述べる。

4.1. 個別機器の制御概念

需要家の負荷機器を電力側から直接制御する場合，リップルコントロールによる温水器制御にみられるような，従来の一方向による制御では，結果としてのロード・カーブの改善にしかならず，より効果的な平準化はあまり期待できない。

このため，本負荷集中制御システムにおいては，双方向通信システムを用いて，制御対象機器の必要通電時間等の予測データなどを把握し，電力側のロード・カーブの合理的かつ計画的な平準化を可能にするようなシステムを構築することで検討した。

(1)温水器制御によるボトムアップ

日本でも昭和30年代後半より深夜電力制度が導入され，その代表的な対象機器として電気温水器がある。現在では第2深夜電力の創設により，更に効果的なボトムアップが図られるようになってきているが，いずれも個々

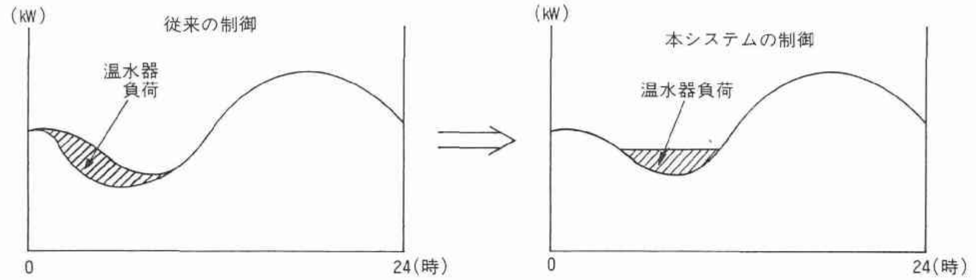


図12 本システムにおけるボトムアップ制御概念

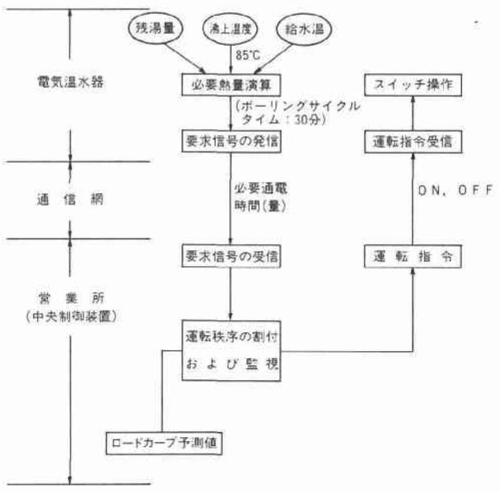


図13 個別制御フロー図例

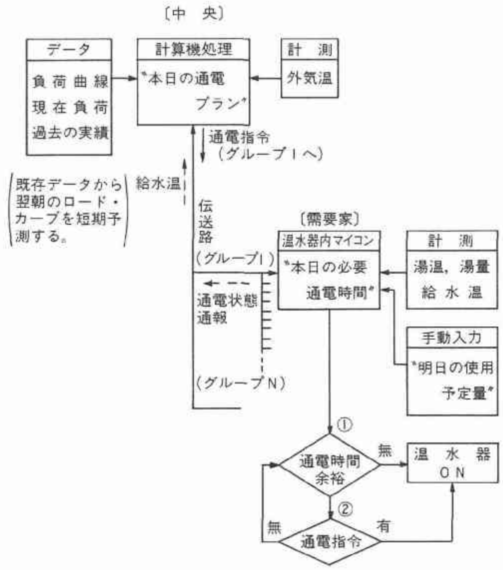


図14 群制御の場合のフロー図例

の機器でタイムスイッチまたは一部でリップルコントロールやマイコンによるスイッチ制御（深夜帯でのオン・オフ制御）される方式となっている。

本システムでは，前述のように双方向通信システムを使って，効果的な制御を行うこととしたが，その概要は以下のとおりである。（**図12**，**図13**，**図14**参照）

なお，ここで言う個別制御方式は各需要家毎の温水器制御を意味し，群制御方式は需要家をいくつかのグループに分け，グループ単位の制御を行うことを意味する。

(2)エアコンの制御によるピーク電力抑制

次に最大電力の抑制に関してであるが，ピークカットあるいはシフトそのものがわが国では馴染みが薄く，夏季のピーク需要を構成する空調機器の制御には抱える課題が多い。

例えば，エアコンの制御を行う場合，サイクリングコントロールあるいは，カットを行うにしても，その実績がほとんどなく，湿気の多い日本の気象条件からみても，その受け入れには困難さが予測される。

また最近は，エアコンそのものにマイコンが搭載されているものが多く，需要者の意志による温度設定により，任意のコントロールが可能であり，外部からの直接制御との協調は難しい点もある。

しかしながら民生需要の増大，なかでも空調機による最大電力の増大は今後も続くものと予想されており，ピークも尖鋭化し，年間負荷率低下の大きな要因にもなっているため，ピーク電力の抑制ニーズは今後増してくることが考えられる。

このため本システムでは，家庭を中心としたエアコンのサイクリング・コントロールおよびピーク電力の削減と深夜需要創成の両面から期待の大きい，ヒートポンプを利用した蓄熱式冷暖房機の制御についてその概念を検討した。

エアコンのサイクリング・コントロールは既に米国で実施されている方法と同様，所要削減量に応じてエアコンの一定時間のスイッチ入切の繰り返し（あるいは，パワーセーブ）運転を行い，全体のピーク電力を抑制する方法である。（**図15**参照）ただし，この制御方式は，需要家との何らかの合意に基づいて行なうことが不可欠と考えられ，ここでも双方向通信システムを活用した意志の伝達授受が必要となる。

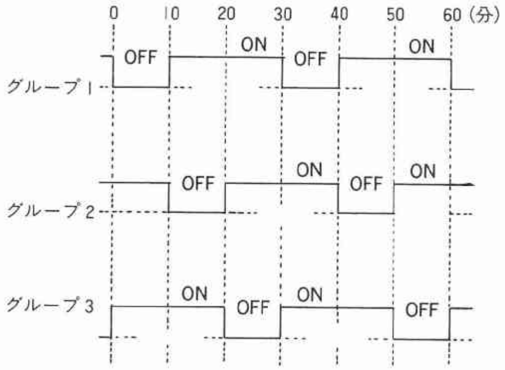


図15　30％サイクリング・コントロールの概念
ここでは各グループとも30分につき10分のカットで概念を描いている。

また，業務用のビル等におけるヒートポンプを応用した蓄熱冷暖房装置については，外気温との関係でピーク時の電力需要予測と調整に基づく事前の電力抑制制御等を，双方向通信システムを用いて可能とする方法が考えられる。

(3)家庭内ロード・マネジメント・システム

ここで考える家庭内ロード・マネジメント・システムとは，今後導入拡大が考えられる季時別料金制度下で，需要者の利便性と経

済性を確保しながら家庭内負荷機器の使用時間の移行を選択制御し，併せて電力側の平準化ニーズにも対応しようというシステムである。

家庭内の負荷機器の制御には，今後普及が進むものと予測されるＨＡ（ホーム・オートメーション）を利用し，電力側との信号授受用の機器を経由して，（信号授受の概念は**図16，図17**参照）両者間で効率的な平準化を狙うものである。

一方家庭内の信号伝送路としては，電灯線とホームバスの２方式がある。ここでは，電灯線方式を例にとって，本システムの概念を**図18**に示す。

負荷のシフトが可能な機器は，先づ家庭内で利便性と経済性を考慮したプログラムによって自律的に制御され，更に全体のロードカーブ平準化の観点から電力側との信号授受によって制御の可否を探るシステムと言える。

なお，このシステムには自動検針や停電周知等の電力ユースの機能も組み込むことで考えている。

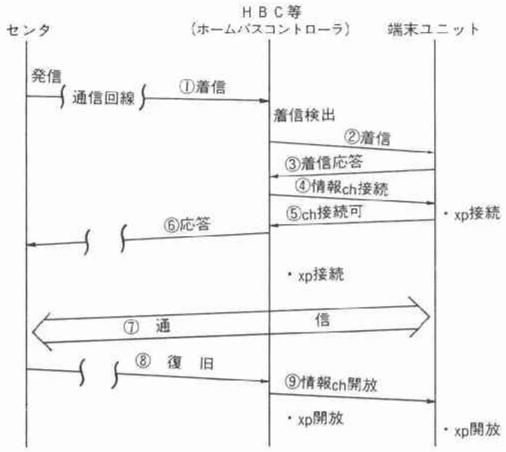


図16　センターと端末ユニット間接続，開放シーケンス例

（注）　・〇内の番号は，**図17**の番号と一致する。
・ｘｐは通信回線と情報ｃｈとの接続を行うスイッチを示す。

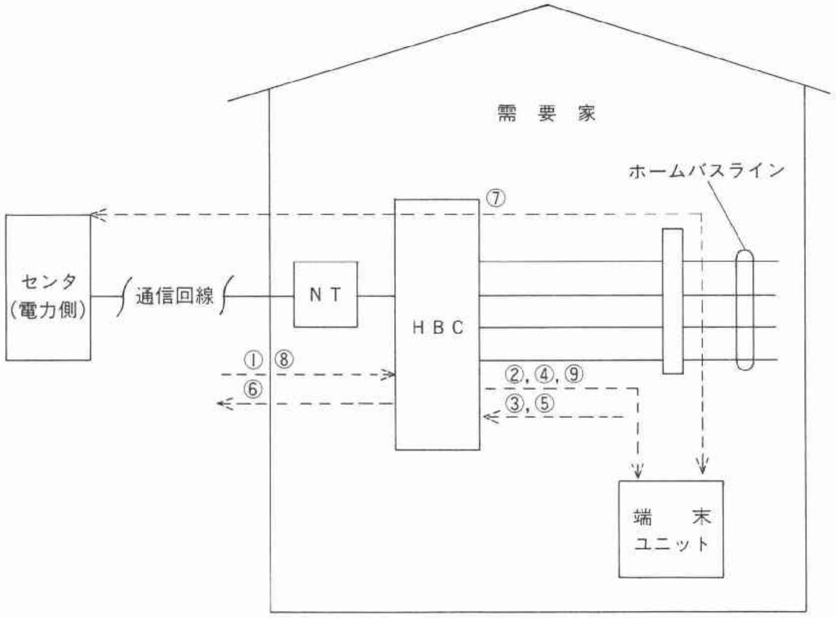


図17　電力側と需要家間の信号の流れの例
（注）・〇内の番号は**図16**の番号と一致する。

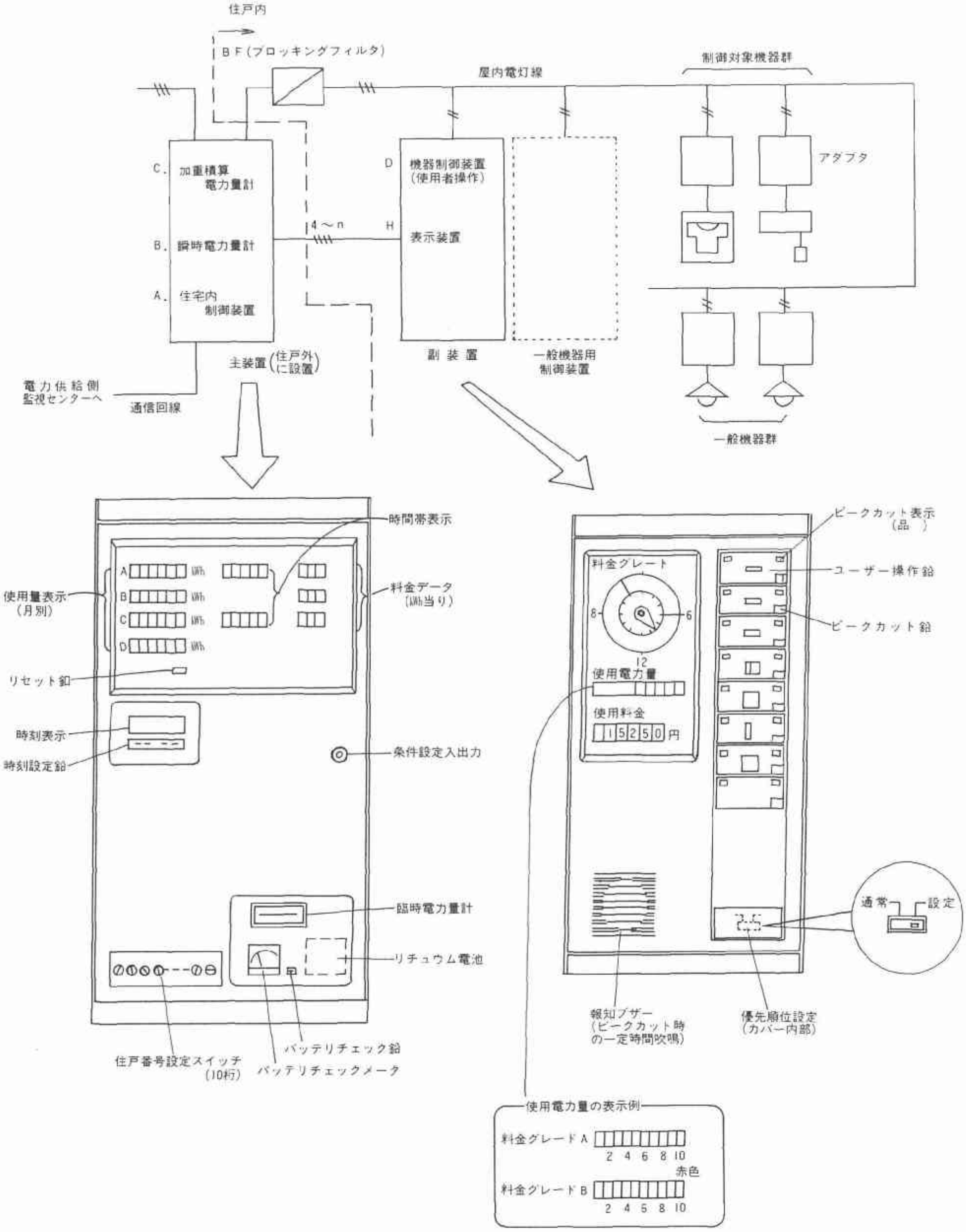


図18　電灯線を用いた家庭内ロード・マネジメントシステムの構成図例

4.2.　トータル・システムについて

既に述べてきたとおり，今後季時別料金制度の拡大が考えられることから，自動検針や需要家対応業務の向上を中心として，双方向通信システム構築のニーズが電力ユースのみでも高まってくると思われる。

このため，本負荷集中制御システムと配電自動化システムの融和を図り，かつ将来予測される情報ニーズの高度化（多目的利用）にも対応し得るシステムとし，そのコスト低減

を模索する方向でトータルシステムを検討した。

その結果の概要を以下に簡単に述べる。

(1)所要情報項目と量

トータルシステムに要求される情報項目と量を示すと次表のとおりとなる。なおここでは扱う情報の性質，応答性等の違いから配電線系と需要家系の２つに区分することとし，それぞれの項目に必要と考えられるビット数の案を検討したので，その結果を，**表９**および**表10**にまとめた。

(2)所要伝送速度の検討事例

ここでは所要伝送速度の検討例として，需要家が負荷制御対象機器の制御時間等を問合わせた場合を考える。

今，6 kV配電線１回線に需要家が2,000戸あるとし，このうち１割の200戸が同時に問合わせを行ったとする。また問合わせに対する電力会社からの応答は早い方が望しいが，問合わせ者の待ち時間の限度を５秒と考えると所

表９　配電線の監視・計測・制御系の情報項目と所要量

	監視・計測・制御					備考
	情報名	内容	所要ビット	用途	更新周期例	
開閉器	入一切	開閉器状態	(SV) 1	運転状況	状変時	
	適用モード	遠一直 常開・常閉	(SV) 2	〃	〃	
	ロック状態	ロック・ロック解除	(SV) 1	〃	〃	
電圧・電流監視・計測	欠相検出	欠相有無	(SV) 1	〃	発生時	
	電圧差	規定値内外	(SV) 1	ループ可否	15分	〔配電線アドレスコード〕……下記４ワードとする。
	位相差	〃	(SV) 1	〃	〃	〔配電線アドレスコード〕……下記４ワードとする。
	フィーダ電流	実効値	(TM) 8	運転状況	〃	ＳＳコード　8bit　：１ワード
	間欠地絡		(TM) 8	〃	発生時	バンクコード　4bit＋4bit　：１ワード
	事故電流Io	実効値	(TM) 8	事故状況	〃	配電線コード
	事故電流Is	〃	(TM) 8	〃	〃	Ｔｒコード　8bit　：１ワード
	自己診断	装置異常	(SV) 1	装置状況	〃	区間コード 4bit＋4bit　：１ワード
	アドレス		32	個体認識	ポーリング時	測定点コード
	Tr負荷電流	実効値	(TM) 8	運転状況	15分	
	ロードサーベイ	〃	(TM) 8	負荷推定		
	機器異常アドレス	発生時	(SV) 1 16	異常監視	発生時	上記配電線コードに更に16bit（２ワード）追加
	需要家電圧アドレス	実効値	(TM) 8 16	法定	15分	上記配電線アドレスコードに更に16bit（２ワード）追加
	予備		(SV) 5＋8×5			
計	ＳＶ：14bit（２ワード） ＴＭ：96bit（12ワード） アドレス：176bit（８ワード）					

表10　需要家の監視・計測・制御系の情報項目と所要量

	端			末		備　　　考
	情報名	内　　容	所要ビット	用　　途	更新周期例	
需要家対応業務	漏電監視	漏電監視	—	(現地表示)	発生時	
	Q	高圧需要家無効電力	(TM) 8		30分	
	P f	高圧需要家力率	(TM) 8		〃	
	アドレス		32	個体認識		配電線アドレスコード4ワード（需要家アドレスは下記2ワード）
	検針	WHM指示値	(TM) 32	自動検針	〃	
	メータ切替	時間帯別切替	(SV) 2	WHM多段切替	要求時	
	停止・再送		(SV) 1	送電停止再送	〃	
	多定格制御		(SV) 2	多定格アンペアブレーカ制御	〃	
	負荷機器制御	10種/戸と仮定	(SV) 1×10	負荷機器制御	ピーク時 ボトム時	分散型のON・OFF制御を含む
	指針復帰	復帰指令	(SV) 1	デマンドメータ指針復帰	30分	
	契約変更	契約容量変更	(SV) 3	契約容量変更制御	変更時	
	変更通知	〃	(SV) 2	契約容量変更通知	〃	
	停電周知	周知時間 約5分きざみ (282,29=512)	(c h)320		必要時	文字伝送込で40ワード(320bit)とする。(1文字1ワードで40文字)
	料金周知	周知料金 1円きざみ (2^{17}=131072)	(TM) 24		〃	
	振込通知		(TM) 24		〃	
	自己診断	端末ユニット異常	(SV) 1	装置状況	発生時	
	アドレス	(2^{16}=65536)	16			需要家アドレスとする(2ワード)
	予備		5+8×5			
負荷予測	電力→需要家 温水器，電池 蓄熱式冷暖房機器	機器種別　：4 bit 応答要求　：4 bit				
	需要家→電力 温水器，電池 蓄熱式冷暖房機器	機器種別　：4 bit 使用量予測値：10種類×16bit=160bit				
分散型電源	電力→需要家 太陽光，風力等	機器種別　：4 bit 応答要求　：4 bit　}……機器アドレス込みで1ワード 配電線状況：4 bit　……作業・事故，停電等の信号種別				
	需要家→電力 太陽光，風力等	機器種別　：4 bit 連系状況等：5種類×16bit……連系状況，送受電電力量，応答データ				

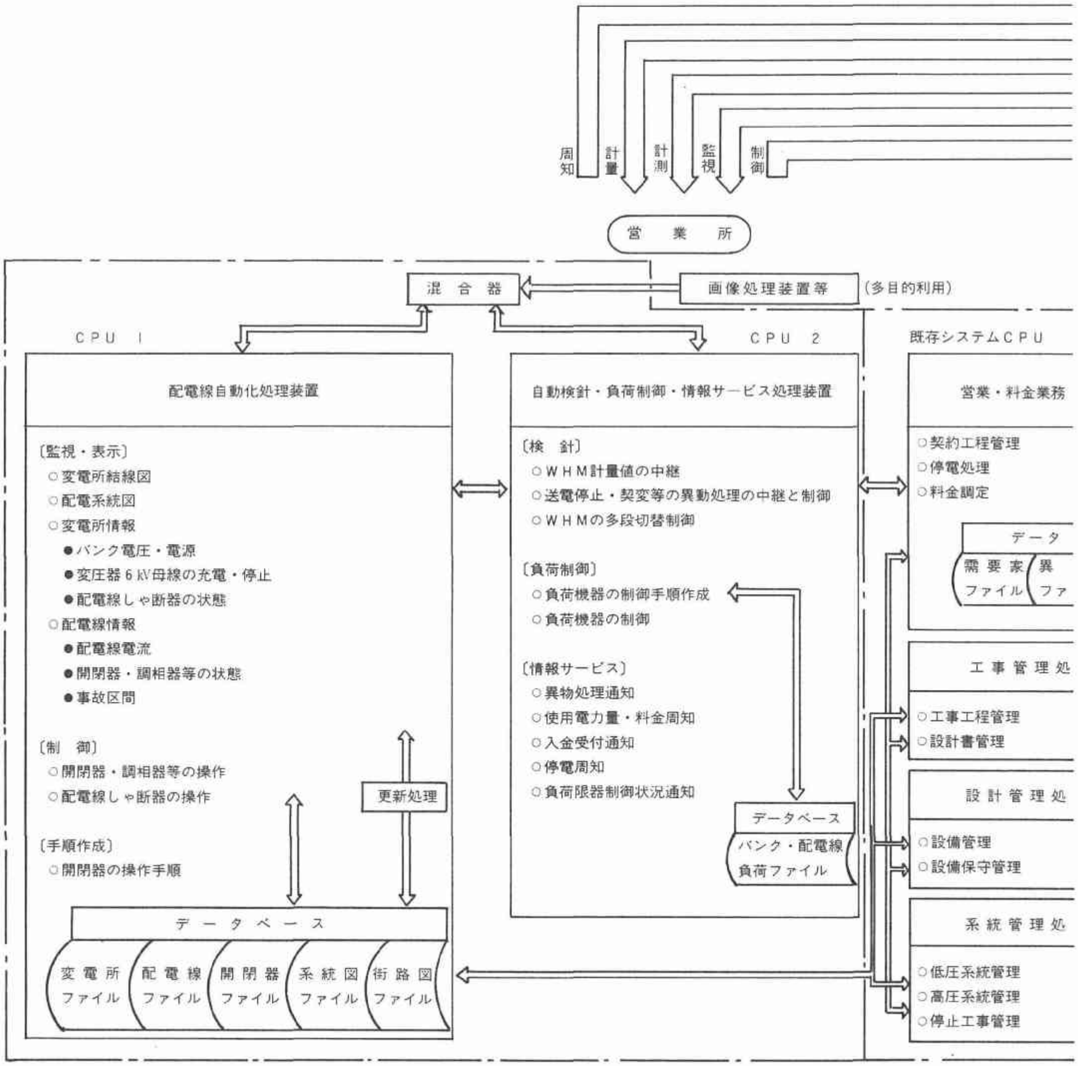
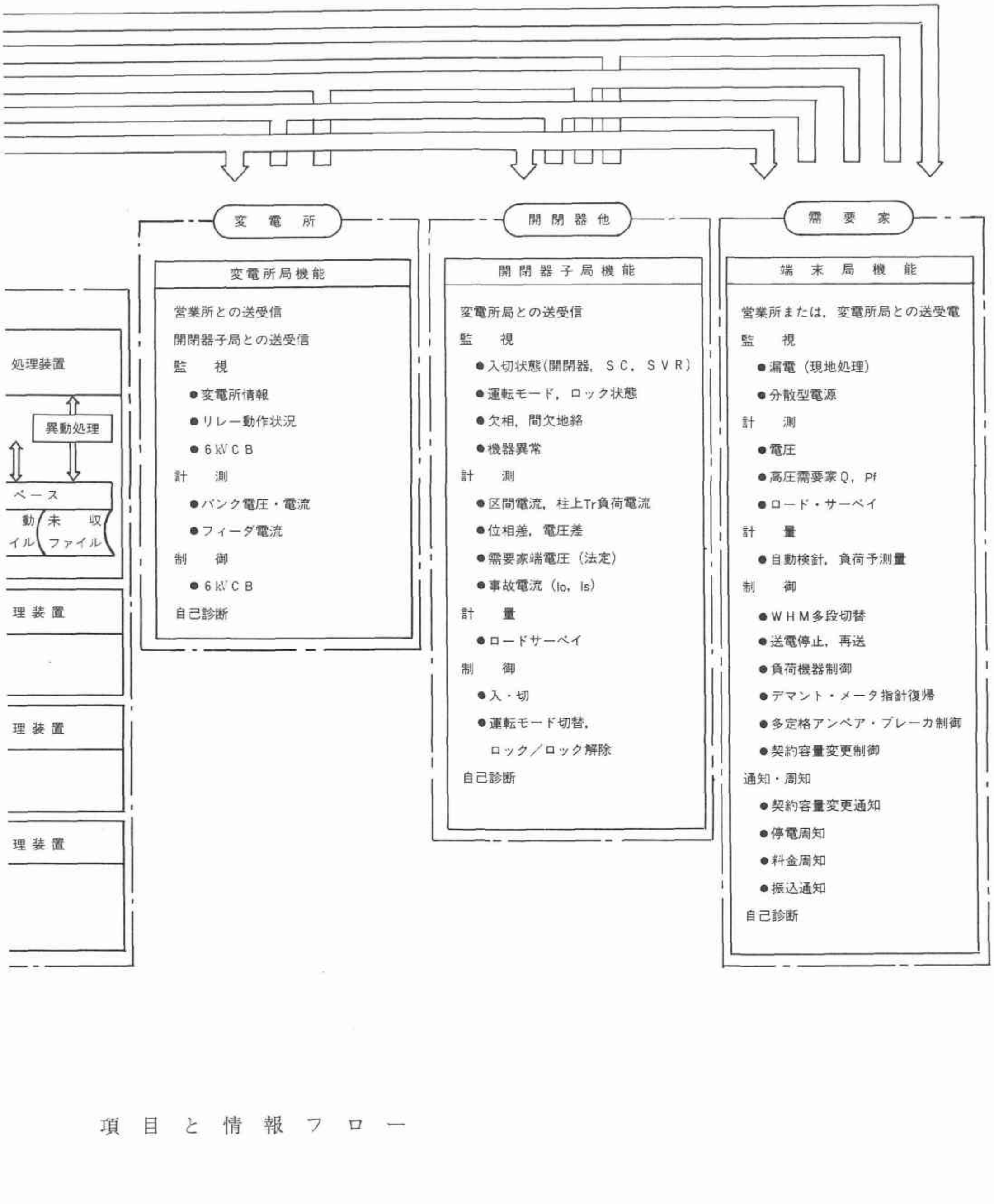


図19 トータルシステムの機能



処理装置
異動処理
ベース
動
イル
未 収
ファイル
理装置
理装置
理装置
変電所
変電所局機能
営業所との送受信
開閉器子局との送受信
監 視
●変電所情報
●リレー動作状況
●6kVCB
計 測
●バンク電圧・電流
●フィーダ電流
制 御
●6kVCB
自己診断
開閉器他
開閉器子局機能
変電所局との送受信
監 視
●入切状態(開閉器，SC，SVR)
●運転モード，ロック状態
●欠相，間欠地絡
●機器異常
計 測
●区間電流，柱上Tr負荷電流
●位相差，電圧差
●需要家端電圧（法定）
●事故電流（Io，Is）
計 量
●ロードサーベイ
制 御
●入・切
●運転モード切替，
ロック／ロック解除
自己診断
需要家
端末局機能
営業所または，変電所局との送受電
監 視
●漏電（現地処理）
●分散型電源
計 測
●電圧
●高圧需要家Q，Pf
●ロード・サーベイ
計 量
●自動検針，負荷予測量
制 御
●WHM多段切替
●送電停止，再送
●負荷機器制御
●デマント・メータ指針復帰
●多定格アンペア・ブレーカ制御
●契約容量変更制御
通知・周知
●契約容量変更通知
●停電周知
●料金周知
●振込通知
自己診断

項 目 と 情 報 フ ロ ー

要伝送速度は以下のとおりとなる。

$$\frac{10(W)\times 22bit+61(W)\times 22bit+54(W)\times 22bit}{\chi b/s}\times$$

$$2,000\leqq 5\,sec\times -0.005\times 2\times 2,000$$

$$\therefore\quad \chi\geqq\frac{(10+61+54)\times 22\times 2,200}{5-0.005\times 2\times 2,000}$$

$$=183,333\fallingdotseq 184Kb/s$$

となり伝送媒体として同軸ケーブル以上のものが望ましくなる。(但し，5％程度の同時間合せとすると$\chi\fallingdotseq 70Kb/s$)

但し，1ワード(W)は11bit反転2連送とした。

(3)トータル・システムの機能項目概要と情報フロー

前述までの検討結果を電算機システムを考慮して，全体のフローをみると**図19**に示すとおりとなる。

(4)トータル・システムの構成について

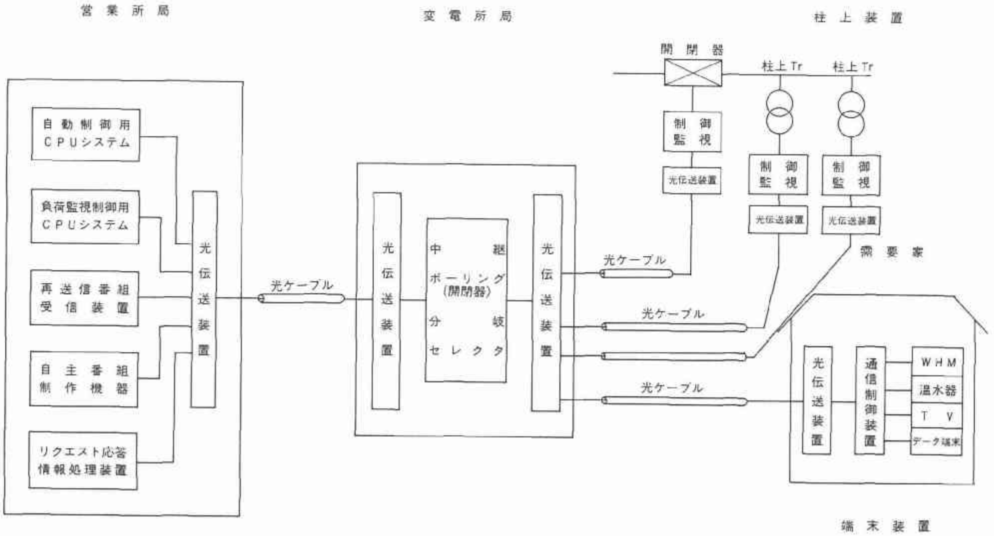


図20　光－光システム構成概念図

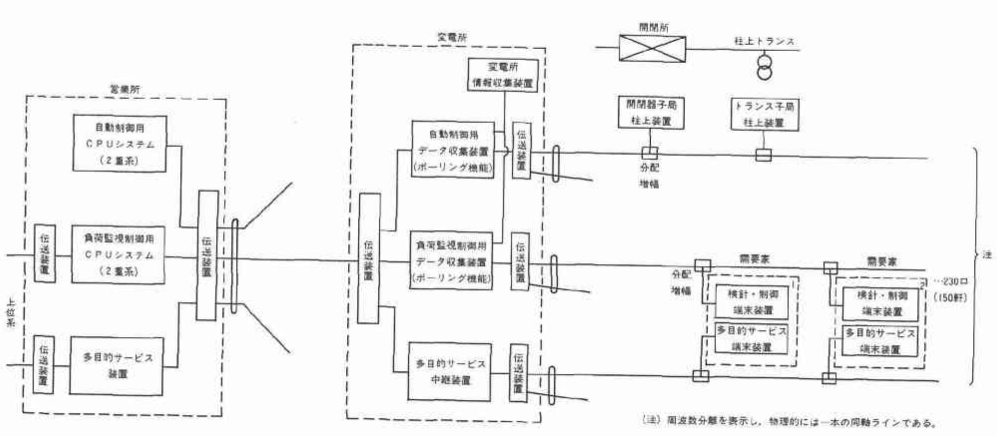


図21　同軸－同軸システム構成概念図

以上検討結果を反映して，トータル・システムの構成を検討した。ここではその結果だけを，伝送系を光ファイバーおよび同軸ケーブルとした２つのシステムについて**図20**および**図21**に示す。

(5)今後の課題

以上述べてきたとおり，昭和61年度は負荷集中制御システムの概念設計を中心とする検討を行った。今日の検討からみた今後の主な課題としては以下のような事柄が考えられる。

ａ．需要家ロード・カーブと個別機器の使用状況データの把握

ｂ．所要機器の基本仕様のブレークダウン（特に需要家側はＨＡに係る標準化の動向と整合をとる）

ｃ．需要家の利便性・経済性にかなった制御ソフトの開発

ｄ．需要家に受け入れられる制御方策（特にエアコン制御の場合）とその実証

ｅ．需要創成（特に深夜帯）につながる新たな機器の開発

ｆ．投資効果（負荷率低下による損失と負荷平準化に伴う受益）の評価

ｇ．負荷制御システムのコスト・ダウンにつながる技術開発の推進

今後この分野の着実な発展のためにも，これらの諸問題を順次詰めてゆくこととしたい。

5．あとがき

低下傾向にある負荷率の改善の必要性等については既に述べてきたとおりであり，電力各社においても制度面の見直しなど諸方策を講じている。本検討においては，今後電気料金の体系整備が一層進むであろうことを踏まえ，需要家の快適性・経済性を損わず負荷の平準化を図る方策について，負荷機器制御の観点から検討を行ってきた。

今後は前項に述べたような課題を更に詰めてゆくこととしているが，本システムの経済性をより追求することを考えれば，システムの多目的利用を進めることが望ましい。

負荷機器制御や電力ユース以外の多目的利用については，高度情報化時代を迎えたとはいえ，それが過渡期にある現在，各需要家にアクセスを持つ本システムの双方向通信システムを有効に活用し，需要家へのさまざまな情報サービスができる方法を模索することは，またとない有意義な機会でもある。

エネルギーの競合のみならず，セキュリティーを始めとした種々のサービス分野においても，いずれ競合の時代の到来が予測されるが，それが受益者である国民に，安くて良質な情報を提供できるならば，喜ばしいことである。

周知のとおり，既に一部の民間ＣＡＴＶ事業では，防災・防犯のセキュリティはもとより，電気・ガス・水道の自動検針やパソコン等を利用したデータ伝送の可能性まで検討している。

基礎的な技術検証は，一朝一夕にできるものではなく，手をこまねいていたらこの分野でも遅れることになり，高齢化社会・女性の社会進出等に伴う知的・文化的・質的向上を目指した新しいライフスタイルへの柔軟な対応もおぼつかなくなる。

このような観点から，本システムは，将来の情報インフラとしての役割の可能性も高い

ものと考えられる。

特にシステムの伝送系へのインパクトとしては，多目的利用の１つである映像サービスの有無，およびその双方向性の有無が最も大きいことが分かったが，将来の情報化ニーズの慎重な見極めと共に，着実な技術対応力の蓄積を重ね，インフラとしてのネットワーク構築への係わり方を慎重に検討する必要があると思われる。(のぐち　としろう　主任研究員)

研究所のうごき

（昭和62年10月１日～12月31日）

◇　月例研究会開催

第47回月例研究会

日　時：10月30日㈮　14：00～16：00

場　所：東海大学校友会館　東海の間（霞が関ビル33Ｆ）

議　題：

(1)　長期エネルギー需給見通しについて
（資源エネルギー庁長官官房企画調査課課長補佐　山田英司氏）

(2)　ヒューマンファクター研究の現状
（プロジェクト試験研究部主任研究員　谷口武俊）

第48回月例研究会

日　時：11月27日㈮　14：00～16：00

場　所：大和生命ビル(22F)　スカイホールＢ

議　題：

(1)　コージェネをめぐる行政的対応について（排出ガス規制および運用通達）
（資源エネルギー庁公益事業部計画課課長補佐　古賀洋一氏）

(2)　原子炉廃止措置について
（プロジェクト試験研究部副主席研究員　三井英彦）

第49回月例研究会

日　時：12月18日㈮　14：00～16：00

場　所：幸ビル(13Ｆ)　1303会議室

議　題：

(1)　リサーチフロンティアとしてのエネルギー有効利用
（プリンストン大学エネルギー環境研究センター所長　Prof. Robert H. Socolow）

◇　評議員会議開催

第８回評議員会議

日　時：11月18日㈬　15：00～17：30

場　所：経団連会館（９Ｆ）クリスタル・ルーム

議事次第

○昭和61年度事業報告および収支決算

○昭和62年度事業計画および収支予算

○講演：「成長の限界」再考（講師　経済企画庁調整局審議官　田中　努氏）

○懇談

◇　研究所事務所移転

研究所事務所の移転を12月12日に行い，12月14日から新事務所で業務を開始した。

新事務所：

〒105 東京都港区西新橋１丁目14番２号
（新橋ＳＹビル６階）

（旧事務所：〒105 東京都港区新橋１丁目１番13号（東新ビル７階））

◇　主なできごと

10月２日㈮		分散型新発電技術実用化実証研究調査委員会（第１回）開催
	６日㈫	エネルギー・フロンティア計画調査委員会第一・第二分科会（第２回）開催
	９日㈮	ＦＢＲ安全設計検討委員会（第４回）開催
	13日㈫	無停電電源装置信頼性等評価委員会（第１回）開催
	15日㈭	産業用エンジンメタノール利用可能性調査委員会（第１回）開催
	26日㈪	新シーズ地殻熱利用委員会（第２回）開催
	30日㈮	第47回月例研究会開催
11月４日㈬		シミュレーション技術部会（第９回）開催
	10日㈫	原子力プラント運転信頼性研究会（第56回）開催
	11日㈬	電源計画手法検討委員会（第４回）開催
		高度負荷集中制御システム検討委員会（第１回）開催
	12日㈭	原子力安全懇談会（第６回）開催
	13日㈮	新エネルギー電源等の量産最適化調査委員会（第１回）開催
	17日㈫	小型コージェネレーションシステム調査委員会（第２回）開催
	18日㈬	第８回評議員会開催
	19日㈭	深層天然ガスに関する意見交換会

開催

11月27日㈮　第48回月例研究会開催

12月2日㈬　シミュレーション技術部会（第10回）開催

中小型軽水炉検討委員会（第1回）開催

ＦＢＲ新技術Ｆ／Ｓ検討委員会（第1回）開催

3日㈭　石油ＴＥＳ導入利用調査委員会（第2回）開催

8日㈫　地熱新探査技術調査検討委員会（第5回）開催

14日㈪　エネルギー・フロンティア計画調査委員会（第2回）開催

二次電池の電気自動車適合可能性調査委員会（第1回）開催

15日㈫　実用発電用原子炉廃炉技術調査委員会（第2回）開催

17日㈭　ＬＮＧ貯蔵管理システム調査研究会（第2回）開催

18日㈮　第49回月例研究会開催

23日㈬　環境評価コード検討委員会（第9会）開催

運転支援システム技術調査委員会（第1回）開催

◇ 人事異動

○10月1日付

（採用）　大原敏昭　主管研究員に任命
プロジェクト試験研究部配属

○12月14日付

（採用）　岸　孝雄　主任研究員に任命
プロジェクト試験研究部配属

主任研究員　橋詰正三　退職（出向解除）

◇ その他

ＰＳＡ国内シンポジウムの開催

日　時：12月14日～16日（3日間）

場　所：虎ノ門　発明会館ホール

概　要：Ｓ－1　原子炉施設のＰＳＡパネル討論会

Ｓ－2　ＰＳＡ手法とデータベース特別講演会

Ｓ－3　地震リスク

Ｓ－4　ヒューマンファクタと人間信頼性

Ｓ－5　構造信頼性

外国出張

(1)　三井英彦副主席研究員は，「原子炉廃炉措置に関する調査」のため，10月3日から10月18日の間，アメリカ，西ドイツ，オーストリアに出張した。

(2)　栗原利夫主任研究員は，「無停電電源装置及び原子力発電プラント計装用電源に関する調査」のため，11月5日から11月21日の間，アメリカ，西ドイツ，ベルギー，フランスに出張した。

(3)　金子稔主任研究員は，「電力貯蔵に関する調査」のため，11月7日から11月21日の間，西ドイツ，イタリアに出張した。

(4)　橋詰正三主任研究員は，「ＤＯＥ－ＥＨＶ CONTRACTORS MEETINGへの出席及び電気自動車等開発状況調査」のため，11月29日から12月10日の間，アメリカに出張した。

季報エネルギー総合工学　第10巻第４号

昭和63年１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　東京都港区西新橋１－14－２
新橋ＳＹビル（６Ｆ）
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