

東京ガス 竹内修 専務取締役问到

95年度日本OR学会実施賞は東京ガス株式会社に贈られた。受賞理由などについては本誌9号に掲載されているが、編集委員会では当事者に直接お話を伺うことにより、読者にとって興味深い情報が得られるのではないかと考え、インタビューを試みた。長時間にわたりインタビューに応じていただいた竹内修専務取締役に心からの感謝をさげたい。

編集委員会（以下H）：日本OR学会実施賞受賞おめでとうございます。

竹内修東京ガス専務（以下T）：ありがとうございます。長年にわたり専門チームをおいて地道にこつこつと実績の蓄積に勤めてきたことにより、会社の企業運営のいろいろな面でOR手法、数理計画手法が根を下ろし成果を上げてきた、ということが評価されたのではないかと理解し、大変喜んでおります。

H：まず会社の沿革をお聞かせください。

T：明治7年に東京府ガス局が東京で都市ガスの供給を始め、明治18年に民間へ払い下げになりました。この時東京ガスが設立されましたので、今年でちょうど110周年ということになります。

ガス事業というのは最初、ガス灯から始まりましたが、需要の多くは民生用という時代が長く続きました。家庭用の厨房、その後暖房やお風呂などです。そのあと、業務用の厨房や産業用等に使われ始め、昭和40年代からガスによるビル冷暖房や地域冷暖房が始まりました。

需要家の数も太平洋戦争前で100万件、空襲で36万件まで減りましたが、昭和30年に戦前の水準に戻り、今年800万件を越しました。ちょうど40年かかって8倍になっているというわけです。現在は家庭用、ビルの冷暖房、業務用、産業用など、さまざまな面で都市ガスが使われており、東京ガスは首都圏の基幹エネルギーの一端を担っているということが言えます。

H：学会として一番興味のある所はORと東京ガスの業務とのかわり合いです。そもそも導入されたきっかけというのを教えてください。

T：日本でORが一般社会で注目を浴びたのは、たぶん1960年代の頃だと思います。東京ガスでも、生産部門や技術研究所、あるいはコンピュータ部門の、この辺に興味のある人間がやや個人的にやり始めておりまし



たが、組織としてやっていたわけではありません。

あの頃は近藤次郎先生をはじめとして、盛んに社会人向けのORの講習会、セミナーで講義されたりしていたと思います。それに参加した人間、私もその1人なのですが、わりと会社の中の身近な問題としてこれは使えそうだね、というようなことで、適用できるものから始めました。

たとえば、非常に多種の原料を使って1つの決まったカロリーや燃焼性のガスに仕上げるために、どうやって一番コストを安くするかという、いわゆる生産計画に線形計画法を適用したり、それから、非常に大きなガス導管のネットワークの末端で、基準以上の圧力を維持しているかどうかという導管網解析や、家庭用の分野では、ガス機器1台の平均的なガス使用量を分析するために、月々のガス使用量の検針データをお持ちのガス機器に回帰したりして、最初いろいろやってみたという時期が黎明期と言えます。

H：それは何人くらいでしたか？

T：実際に関心を持ったのは、それこそ10人もいなかったと思います。ただ1960年代ですから、一生懸命やっていくとコンピュータの処理能力の壁にぶつかる

というような時代でした。

そんな時代が10年近くありまして、1971年にORの専門チームを作ったわけです。作ったきっかけは何かというと、東京ガスが始まって初めての大きな変革である、LNG（液化天然ガス）の導入プロジェクトにあります。これまでとは違う商品（ガス）を送り出すわけで、カロリーも変わるし、燃焼性も変わる。お客様の方も器具を替えなければいけない。しかも、そういう2つの商品をいっぺんに切り替えるわけにはいきません。

その当時でも、400万件くらいのお客様がいらしたと思いますが、大体4000件くらいを1セクターとして3日間でセクター内の全部の器具を調整して新しいガスに切り替えていく。そのためには、パイプラインも全部2通りのものを用意して送らなければいけないので非常に難しいのです。製造部門の方もいきなり変わるのではなく、従来のガスを作っている部分と新しい天然ガスを送り出す部分があり、片方は3日間ごとに減って、片方は増えていく。ですから製造計画といっても、3日毎に作らなければいけない。72年に始まって88年までですから16年間かかってやったことになります。

パイプラインも2通りで、いつも両方のガスがちゃんと送れるということを確認しながらやっていかなければいけません。4000件に区切ったセクター単位で、古いガスを入れるのをやめて、新しいガスで押し出して切り替えるということ、ずっと進めていくわけです。どのようにそういうセクターを分けていくか、どのような順序でやるか、その時にパイプをどう切り替えていくか、こういう一大プロジェクトをやったわけです。

それに並行して、新しい工場を袖ヶ浦に建設し、新たな幹線パイプラインの構築を始めました。東京の外側…袖ヶ浦から北上し、埼玉県の方から西に向かい、多摩地区ぐらゐから南に下り、神奈川県に入り横浜の根岸工場につなぐ。こういった供給ガスの天然ガスへの切り替えと、新工場の建設、新たな幹線パイプラインの施設をいっぺんにやらなければいけなかったわけです。ところが、会社の要員はそう余裕があるわけではないですから、全体的にどうやったら最適化できるかというようなことに結構数理的な手法を使ってやりました。

H：最初のメンバーは何名くらいですか？

T：最初はせいぜい…5名くらいです。そういう計画をやるセクションと一緒に計画を作っていく。

特に、生産計画と天然ガスへの切り替えの計画というのは数理的手法中心に進めました。そういうことをきっかけにして数理計画チームという名前の専門チームを作りました。所属は昔と名前が違いますが、今の情報システム部というコンピュータ部門でした。最初情報システム部に置いたというのはやはりコンピュータを使う仕事が多かったからです。

1990年にインフォメーションテクノロジー研究所（IT研）というハード、ソフト、数理を専門とする情報系の研究所を作りまして、チームごとそちらに移りました。しかし研究所というと10年先の技術を研究しているという感覚でとらえられているということと、場所が幕張で遠くなったせいか現場からの問題が届きにくくなりました。仕事の性質上、コーポレートスタッフに近いところに置くのが良いということで、今年から技術企画部に移りました。やはりニーズに近いし、よくニーズ側の声が聞こえてくるようです。

H：新しい人はどのようにして採用するのですか。

T：毎年平均して1名ですが、特別の枠があるわけではなく、新入社員の中から選びます。計数工学、管理工学、応用物理というような学科の出身者が多く、当社の技術系新入社員ですと3分の2程度はマスター（修士号）を持っていますが、数理計画チームは学部卒がかなりいます。その意味では、入社してから育てるというスタンスが明確です。

もともとORの専門家を作ろうという感じではなく、一種のキャリアパスに近いと思います。数理計画チームで数年仕事をしたあとは、意識的に生産企画とか、産業用の営業のスタッフとかいろいろなところに配属するようにしています。必ずしもORに直接関係するような所に行くわけではなく、たとえば製造工場へ行くとか営業技術スタッフのような仕事をするなど、このチームの卒業生がいろいろな所にいます。その人たちが別に意識してやるわけではないでしょうけれど、OR的なものの考え方というか、目的関数というものはっきりさせておいて最適化を図るとか、感度分析をしてここはいい加減に切ってもいいというような考え方をするとか、あるいはモデリングして物事を考えてみようとか、数理計画チームでの経験を生かして仕事をしているようです。

ORの専門家を多数持っているという形よりも、いろいろなセクションでいろいろな問題に当たった時に、その職場である程度数理的な手法で問題解決をしていけるということが、ある意味ではうちの中でのORの成

果の最大な所なのではないかと感じています。

ふつう、ORという特殊な数学的な知識を駆使するというイメージがあってORの担当部署は別世界の話となりやすいのですが、東京ガスの場合、数理計画チームと現場とのつながりがすごくいいんです。小さな問題ならば自分で考えることはもちろんですが、難しい問題にぶつかったとき、「もしかしたらあそこに頼むと解決できるかもしれないな」と思ってくれている人が、多数いると思います。現在このチームの出身者は約50名ほどですが、まだしばらくは増え続けるものと思います。

H：数理計画チームのモデル解析の結果が、現実にはどのように受け入れられているのでしょうか。またそれらは有効に使われていますか。

T：意思決定をする側が相当深い理解を持たないと難しいと思いますね。幸い、現時点では理解してくれる人がけっこういますし、また今までにかなりの実績を上げていますので信用されていると思います。信用を得るまでが大変でしたけれどね。

最初の頃は理論的にやっても、計算機的能力が不足してしまってアバウトな解しか出てこないというそんな時代も結構あったと思うんです。ただ、最初の頃やっていた生産計画や導管網解析ですと、その業務の担当者が答えを見ればそれで行けるだろうかということが、たぶん直観的に分かるのですね。実際それが実証され、そういうことを積み重ねていくことによってだんだんと考え方の有効性を納得してもらえるようになりました。

H：トップの意思決定というのは、不確実な状況下で行なわれるのですが、そういう視点で見ると、数理チームの分析というのは、経営者にも受け入れられたのですか。

T：不確実な状況ではありますが、不確定要因といっても、たとえば家電とガスでは全く異なるのですね。われわれはフロー産業とストック産業と呼んでいるんですが、たとえばVTRを作られた時に、100万台売れるか、20、30万台で終るか、予測するのは大変だったと思いますし、たぶん今LSIの工場をお作りになる時も同じような問題をお考えだと思います。

ストック産業というのはそういう意味では、わりと当たりやすいといえますか、たとえば、ガスの販売量でいうと、800万件というお客様がすでにあって、それからの変化分の予測を積み上げるわけですから、全体としては、すごく大きなずれはないというような性格

であると思います。そのかわり当たってすぐ儲かるということはありませんが、したがってある程度幅を持たせて、確定的な議論ができるのです。また、数理計画チームで扱っている生産計画やネットワーク解析という問題はトップの意思決定をサポートするというよりはもっとラインに近く、スタッフサポートの色合いが濃いテーマですね。

H：数理計画チームが携わってきた仕事の中で興味深いものをお話してください。

T：一番最初にやったことは、器具が1台売れると、ガスがそれによっていくら出るかという、根本的な分析です。たとえば大型湯沸器の平均的使用量はどれくらいか、暖房のストーブはどれくらいか、供給設備への負荷の問題も含めてどちらがよく売れて、ガス代が回収できているかということを知りたいのです。それが、ガス機器販売政策の基本になります。

現在の機器販売は、ガス会社が小売店のチェーンを持って器具の卸売をやっているのですが、ガス会社としてはガス販売量の増大が目的なので、機器販売の方は経費分がちゃんと回収できればそんなに儲ける必要はないんです。むしろ、販売促進費を多く払ってインセンティブを小売の人にもってもらおうほうが、結果的には利益が出ます。

それをもう1歩進めると、販売戦略としての販売促進費の支払い方をどうするかということにつながってきます。つまり、どういう販売促進費体系にしたらガス機器が売れて、その結果としてガスが一番売れるのかということですね。その投資対効果の検証を始めまして、昨年APORSの会議で発表しました。それは家庭用の分野ですが、需要開発という意味では、むしろいわゆる商業用の方が家庭用の分野よりは効果が大きいだろうという直感があります。今はデータを集め始めた段階です。

H：現場に適用する際に、特に留意されている点がありますか？

T：一般にモデルはあまりマイクロにやってしまうと全部マイクロのデータがないと何もわからなくなってしまいますので、なるべくマクロにわかるようにしようと考えています。また基本的には複雑なアプローチは極力排除しています。ORチームの仕事をする相手がほとんど文科系のスタッフですから、多少当てはまりが悪くてもわかりやすいということが基本です。直感的に理解できないものは使ってもらえないからです。たとえば各家庭が持っているガス器具を説明変数にして、その

月々のガス販売量を線形回帰するというモデルが、一番わかりやすく、実際そのモデルで求めた値が、実データとそこそこ合っているのです、今は年間の計画を作るのもそれでやっています。

H：コージェネが今話題になっていますが、数理計画チームではどのように取り組んでいますか。

T：コージェネレーションとは、熱と電気の両方を、1つのシステムで“ジェネレート”する仕組みです。今は電気を電力会社から買って、蒸気は油かガスでボイラーをたいて使っていらっしゃるお客様に対して、ガスタービンを使ったコージェネのシステムに変えた時に、電気と蒸気の今のコストに対してどのように変わるかということを示して、最適なシステムを提案をします。

コージェネレーション用のガスタービンは、東京ガスがお売りするわけではなく、メーカーさんが売っているわけですが、設備投資が結構かかる話なんです。この、初期投資がネックになって、本質的には省エネルギー型の良いシステムの導入が、進まないことがあります。そうすると、東京ガスとしては、極端に言う、「設備はお買いにならなくても東京ガスがリースしましょう」というやり方だってあるわけです。なんで回収するのかといたら、それをガス代で回収していく話なのです。そうするとリースの代金とガス代とでどんな形でどうもっていけばいいのか、それが果たして販売促進になるのかどうか、そういうレベルを検討しながら今やっていると思います。

H：東京ガスの政策としてコージェネをどういう形でもっていきたいでしょうか？

T：特にリースをやるか、やらないかというのは会社の意思決定として相当大変です。本当はやりたくないのですが、設備からメンテまで全部やらなければならない話になりますし、というのは、ふつう、工場の場合、各工場のエネルギー部門の方が全部メンテや運転などやってくさるので東京ガスとしては手離れがいいんですが、結構熱も使われている大型ビルやホテルの場合には、メンテをやらなければいけません。設備投資に耐えきれないときの対応とか、いろいろなことをやって、とにかく販売・拡大しようとしているわけです。

それから、電気事業法が改正されて、来年から特定電気事業というのが可能になりました。再開発地域などの特定のエリアに限って、電力会社以外の第三者が電気事業を興すことが可能になったわけです。大体熱と一緒にないと成り立たないのですが、地域冷暖房を

やってその地域の一部分などに電気を供給する…。これは電力会社と乗り入れをやるのではなく独立して供給するという、こういう世の中が可能になってきています。これもどんなエネルギー需要、エネルギー負荷パターンだったらどうなるんだろうというあたりが結構大変な課題です。

H：少し話が変わりますが、今年度の関西の大震災で、ガスが止まりました。地震のような災害に備えて、何か数理的な手法が適用されていますか。

T：地震対策にはかなり精力的に取り組んでいます。いろいろな場面で意思決定が必要で、今はほとんど人間が判断していますが、もう少しまい数理的な手法を入れられないかということを考えている段階です。

ガス会社の地震対策としては、起こったとたん被害が出るので情報をどのように早くつかむか、漏れている所を早く止めるか、止めたあとと修理し、いかに早く復旧するか、とこれにつきます。東京ガスの供給ネットワークは、100個の独立したブロックに分割されていて、ある揺れ以上になるとその低圧管網の供給を自動的に停止しますし、90数%のガスメータは地震だと止まるという遮断バルブが入っています。またある程度の震度計の情報や分岐点の流量の変化等が全部供給センターに集まるようになっていきますので、被害状況など全体の状況が割と早く把握できるようになっていますが、そこに数理的な手法をうまく適用して、より精度の高い状況判断に結びつかないものかと思っています。

一方、復旧するときはブロックごとですが、今の単位は8万件と大きすぎますので、さらに4分割あるいは20分割のように小さい単位に分けたいのですが、そこにリスク管理の意味で最適な分け方を、数理的な手法を適用することによって、実現できないかと期待しています。

H：ORあるいはOR学会に対する要望はありますか。

T：ORとか数理計画的な手法は、われわれ実社会人にとってまだまだ適応する分野が結構あるのではないかと思います。どうもいろいろな話を聞いていると、コンピュータ能力が大きくなったぶんだけ、昔より有効に活用されているようですが、手法としては私が習った頃とそんなに変わっていないのかなと思ったりもします。学会の中で産業界から問題を持ち込んで先生方と一緒に問題解決していく中で、先生方も新しい手法を開発していただくというように、産学共同的な動き、サイクルがうまくできるとますます企業の中での手法の適用が進むと思います。

H:どのような形で問題を提起していただくか、ということが問題になると思います。

T:研究部会のような場を設けてはどうでしょうか。そういうものの中に会社の中で起こった生の問題を持ち込み議論する、解決できないまでもヒントが与えられればそういう場が有効であることを認識するきっかけになるのではないかと思います。

H:企業秘密というようなことはないのでしょうか。特に、企業秘密の問題は論文についてもっとも厄介です。産業界の方々には身近な事例を機関誌にお書きいただくようお願いしているのですが、なかなか論文としては公表しにくいようです。

T:それはある程度企業の宿命として仕方がない部分がありますね。たとえば、自然界には原子量が12の炭素の他に13の炭素が1%強存在してしまっていて、この13カーボンを高濃度にしますと、商品として非常に価値があるものになります。東京ガスでは、数年前から、輸入するLNGの中から、13カーボンを蒸留するプロ

ジェクトを遂行していて、そのプラントの設計・運用シミュレーションに数理的な手法を適用して、かなり役に立った経験を持っておりますが、そういう話も、特許でわれわれの技術が保護されるまではとても公表できません。技術開発の一般論として、いつもこういう問題をはらんでいるように思います。

また、OR学会という学会に対して言えば、たとえばエネルギー関連の需要分析をしたとか、コージェネレーションの最適化をやったというきわめてOR的な話も、エネルギー資源学会とか空調学会とかアプリケーションサイドの学会にいけば業界用語を一切説明しなくていきなり本文に入れるから楽ですね。その場合最適化のモデルの部分はブラックボックスで済ませしてしまうのです。しかし、OR学会ではまず問題を理解してもらうために相当のエネルギーを使わないとわかってもらえない。この辺も敷居が高い原因の1つです。

H:どうも長い間ありがとうございました。

伊理正夫・今野 浩・刀根 薫監訳

最適化ハンドブック

A5判 704頁 定価18540円 円450円

I. 無制約最適化の概説/II. 線形計画法/III. 制約付き非線形計画法/IV. ネットワークフロー/V. 多面体の組合せ論/VI. 整数計画/VII. 微分不可能最適化/VIII. 確率計画法/IX. 大域的最適化/X. 多基準意思決定

確率モデルハンドブック

A5判 704頁 定価18540円 円450円

I. 点過程/II. マルコフ過程/III. マルチンゲールとランダムウォーク/IV. 拡散近似/V. 確率論における数値計算法/VI. 統計的方法/VII. シミュレーション/VIII. マルコフ連鎖/IX. 制御連続時間マルコフ過程/X. 待ち行列理論/XI. 待ち行列ネットワーク/XII. 確率的在庫理論/XIII. 信頼性と保全性

数理情報科学事典

大矢雅則・今井秀樹・小嶋 泉・中村八束・廣田正義編

定価29870円

「情報」とは何か?どこまでわかっているのか?その歴史・現在と未来を、基礎から応用まで解説する総合的な大項目事典。情報科学とその関連分野全体を、理学・工学から社会科学まで、学際的なつながりと数理的な基礎を重視して網羅する。

*定価は消費税込みです。

 朝倉書店

〒162 東京都新宿区新小川町6-29/振替00160-9-8673
電話 営業部 (03)3260-7631(代)/FAX (03)3260-0180