



技術を効果的に生かすために

—— 石田・鈴木研究室～資源化学研究所 ——



(右) 石田 愈 教授

(左) 鈴木 孝弘 助教授

今、システムという言葉がよく使われているがシステムと聞いて何を考えるだろうか。東工大の学科名にも、経営システム工学、機械知能システム学、制御システム工学、開発システム工学とさまざまなところで用いられている。

このシステムという言葉は、いまやあまりに使われていてそのはっきりしたイメージがつかめない。そのようなあいまいにも思えるシステム開発を研究されている石田先生に、システムというのは何か、また、なぜ今システムに注目するのかをうかがった。

自分で考え自ら動く反応器

システムという言葉は、人によってその解釈の仕方が違う。石田先生のいわれるシステムとは、境界をはっきりさせた上で、機能が発現するための内部全体の関係のことを指す。また、内部の関係というのは構成要素があってはじめてわかるものなので、構成要素を明確に決めることからシステムは定義される。したがって、境界をはっきりさせたものとして物質、都市、社会などは、全て一つのシステムとみなすことができる。また、構成要素を電子と原子核とすると、原子が一つのシステムを成すといえる。

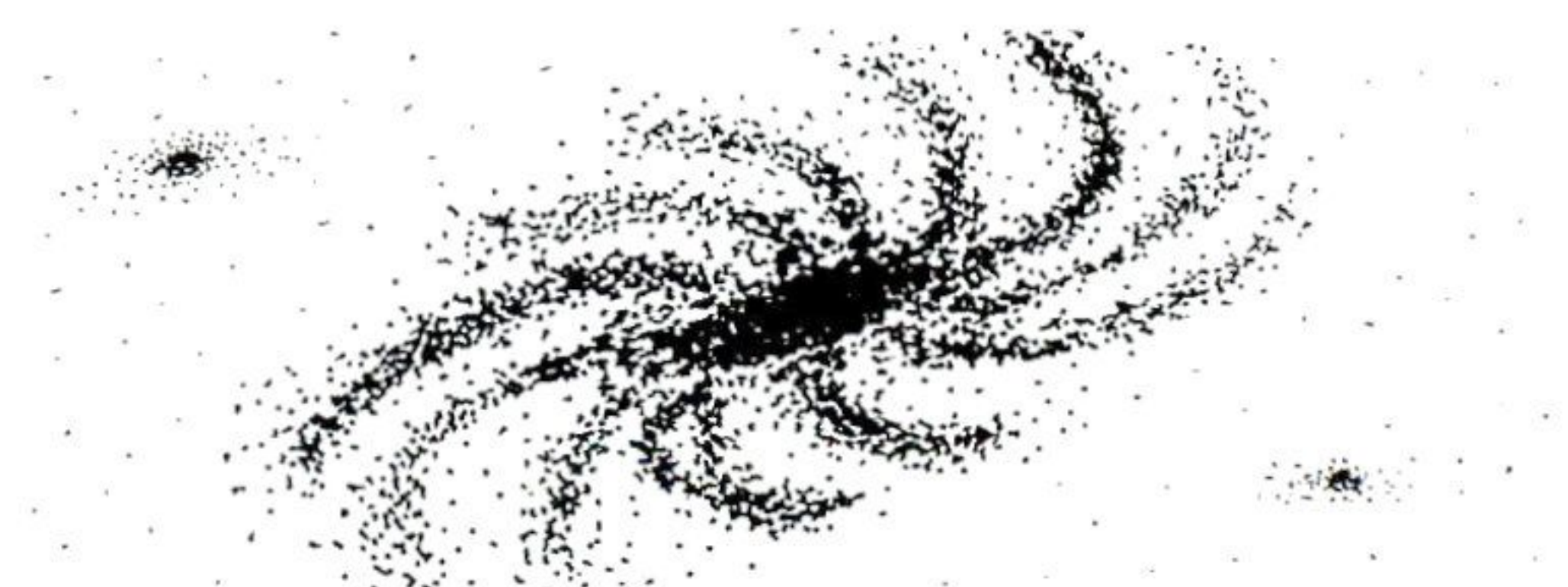
今までの日本は、上の例でいう原子の中の電子や原子核などの構成要素を調べるようなこと、すなわち要素技術の研究を主に行ってきた。なぜなら、要素技術を統合するシステムの手本が既に外国に存在していたため、要素技術を研究すればその技術を活かせるからである。しかし、日本の技術が進歩するにつれて、外国にある既存のシステムでは満足がえられなくなっている。つまり、日本の各要素技術をうまく統合するようなシステムの開発を、日本で自ら行うことが必須になって

きたのである。

そこで、石田・鈴木研究室では新しいシステムの開発を行っている。そのいくつかを紹介しよう。

化学工場というシステムを考えてみる。工場には機械だけでなく人間もいるので、人間もシステムの構成要素だといえる。以前は工場のさまざまな場所に人間がいて、各機器を十分に監視できていた。けれども、最近はオートメーション化や人員削減によって工場内の人間が減り、一人の人が見なければならない対象が増え、十分に監視できなくなってきた。このことがシステムの構成要素の関係を崩すことになり、工場内の事故が増えてきている。

生産設備の面から見てみると、現在の化学工場は、反応器や分離器などの各機器がパイプでつな



がれており、目的の製品をつくるように設定されている。この方式は、一つの製品の大量生産には向いているが、多種多様な製品を少しずつつくるのには向かない。けれども製品に対する要望も複雑化してきているので、しだいに多種類の製品を少量ずつ生産する必要性が増してきている。

従来の方法のままで多品種少量生産をすることを考えてみる。そうすると、ある製品をつくった時にパイプなどに付着した物質が、そのほかの製品をつくる時に不純物として混ざるおそれが充分にある。また原料や製品の種類が増えるため、パイプの数が相当多くなる。あまりにも多くのパイプが工場内にあると、管理が大変になるだけでなく、経済的にも無駄が多くなる。したがって、従来のシステムでは多品種少量生産はできないということになる。

そこで視点を変えて新しいシステムを考える。それは従来のように、原料及び中間生成物だけが床に固定された反応器間を移動するのではなく、反応器をロボット化して、それ自体が工場内を動きまわるようなシステムである。皆さんが授業で行っている化学実験などでは、人間が試験管などの反応器を動かして目的の物質をつくりだしている。新しいシステムは、この化学実験のようなことを工場規模でロボット化した反応器にやらせようというものである。

この新しいシステムを実現するために、反応器とステーションの関係を考える。ステーションとは、反応器を動かすようにした時その反応操作が行われる場所である。そこで反応器内のものを加熱、冷却、混合したり、原料などを供給したりするのだ。新しいシステムでは、さまざまな働きをするステーションを工場内につくる。そして、その間を反応器が移動して、目的にあう経路を通り、製品をつくっていく。例えば、製品Aをつくりたければ、反応器をステーション1と2に通し、製品Bをつくりたければ、反応器をステーション3と2に通すというふうにするのだ。具体的には、図のように工場内にいくつかのステーションを設け、その間を反応器が行き来するようにする。みなさんが行っているような化学実験では、扱う薬品の数は多くても反応操作の数はそれほど多くはないはずだ。したがって、設置するステーションの数をそれほど多くしなくても工場は成り立ち、

多くの反応器が動きまわるようにすると、とても効率が良くなる。

しかし、それぞれが情報交換しなければ、移動の時にぶつかってしまったり、一つのステーションに複数の反応器が一度に来てしまうこともあり得る。それを防ぐためには、ステーションや反応器がそれぞれ頭脳を持つことで互いに情報を送りあい、これからの行動を決定できるようにする必要がある。例えば、図のように反応器1と反応器2がともにステーション2に行こうとしているとき、ステーションと反応器が情報を送りあい、反応器1を先にステーション2に通し、反応器2を待たせることができるようになる。

けれども、一箇所ミスがあると全体が機能しなくなるのでは効率的ではない。このシステムをよ

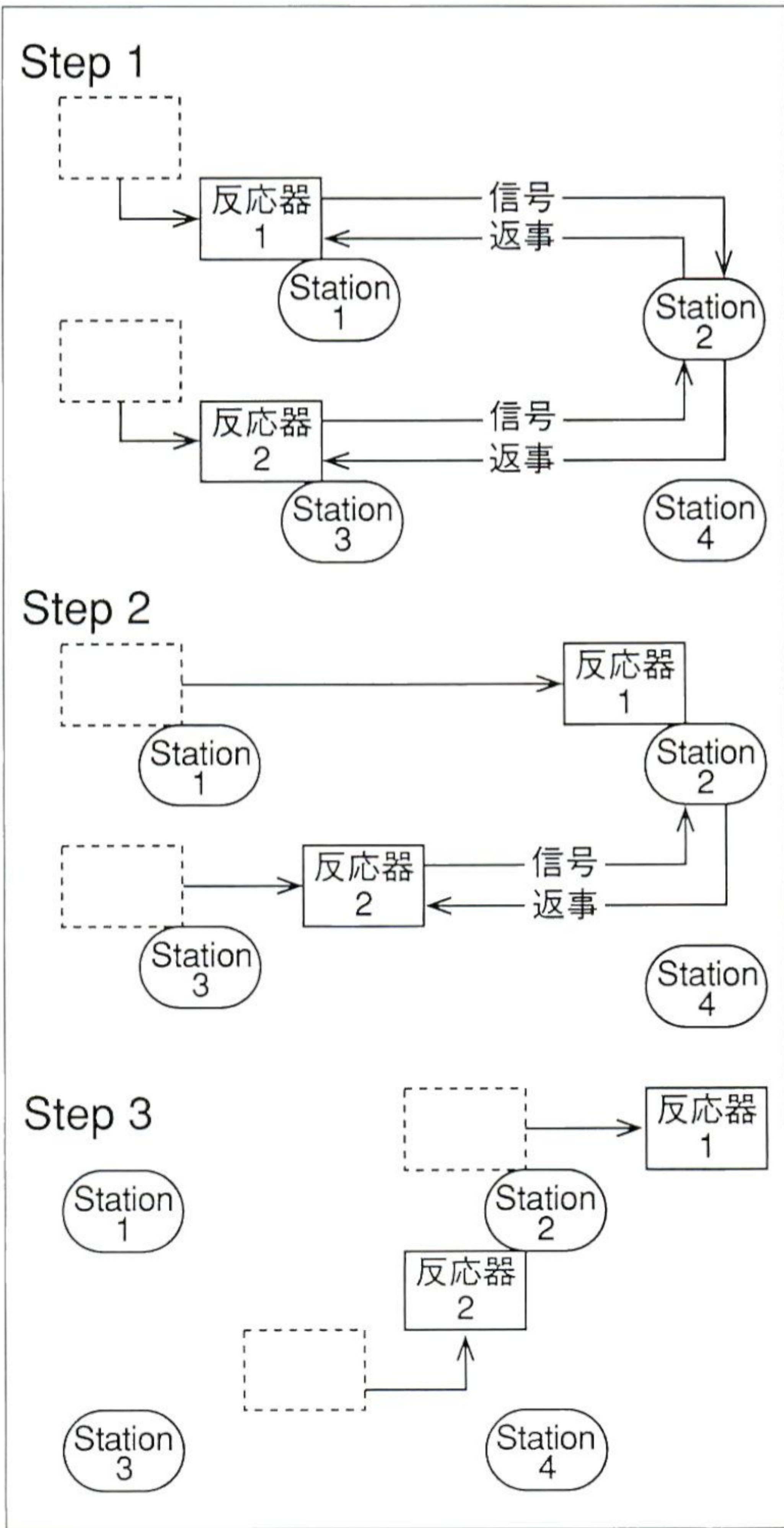


図1 反応器の移動の例

り効率のよいものにするためには、反応器などの頭脳を人間の脳のようにすることが目標である。つまり、壊れた箇所の周りがその壊れた部分を補う自動修復機能や、失敗を学習し、次からの行動にその経験を活かしていく自動学習機能を持たせるということである。そのため石田・鈴木研究室では、コンピュータによるシミュレーションを行いこのシステムを研究している。



廃棄物が出ない発電システム

石田・鈴木研究室において、新しいシステムの開発は一つの対象に限ったわけではなく、実に多彩である。このほかにも、化学工場のシステム開発のなかでも発電に関係したものにも取り組んでいる。

現在の化学工場では一般に、
(原料) + (エネルギー) → (製品) + (廃棄物)
という図式が成り立っているが、問題となるのが廃棄物である。この図式を改善しない限り廃棄物は出続け、処理しきれなくなる可能性もある。処理しきれなくなったら当然困るので、廃棄物を出さないシステム開発が必要になってくる。

そこで石田・鈴木研究室では、廃棄物が出なくて、しかも発電効率が高い燃焼システムの開発に取り組んでいる。そのシステムはニッケルの酸化還元反応を応用したものである。

反応を順にあげていくと、まず酸化ニッケルとメタンを反応させ酸化ニッケルを還元する。酸化ニッケルとメタンの反応を空気などを遮断して行くと、純粋に CO_2 と H_2O だけが生成する。生成した CO_2 と H_2O はこの時20気圧ほどの圧力がある。このガスをタービンに通して発電する。タービンを通った後のガスは、圧力が1気圧ほどにさがっている。そのガスを冷却すると、 H_2O は液体になるので純粋な CO_2 が分離する。また、還元されたニッケルは、空気中の酸素と反応させて再び酸化してはじめる。

このシステムのメリットは、主に3つある。

第一に、ニッケルが繰り返し利用できることである。これによって廃棄物の一つであるニッケルが事実上廃棄物ではなくなる。

第二に、このシステムでは燃料の流れと空気の流れが別なので、燃料から出る硫黄化合物などが空気の流れに入らない。したがって、空気関連の配管が腐食する心配がない。

第三に、 CO_2 を分離するために特別なエネルギーを用いなくてすみ、回収される CO_2 が高濃度であることだ。工場などの排気ガス中の、空気ですめられた CO_2 を分離するには、かなりエネルギーが必要になる。このシステムでは、排気ガス中には H_2O と CO_2 しか含まれていないし、 H_2O は冷却すれば取り出せるので、 CO_2 を分離するためにエネルギーを必要としない。そこで、その分離のためのエネルギーの無駄が減る。

逆に、このシステムの実現にあたって問題もある。まず、ニッケルの酸化である。ニッケルは、そのまま酸化すると表面から酸化が進み、中の方まで酸素が浸透しないので、内部が酸化できない。このシステムの効率をよくするためには、ニッケ

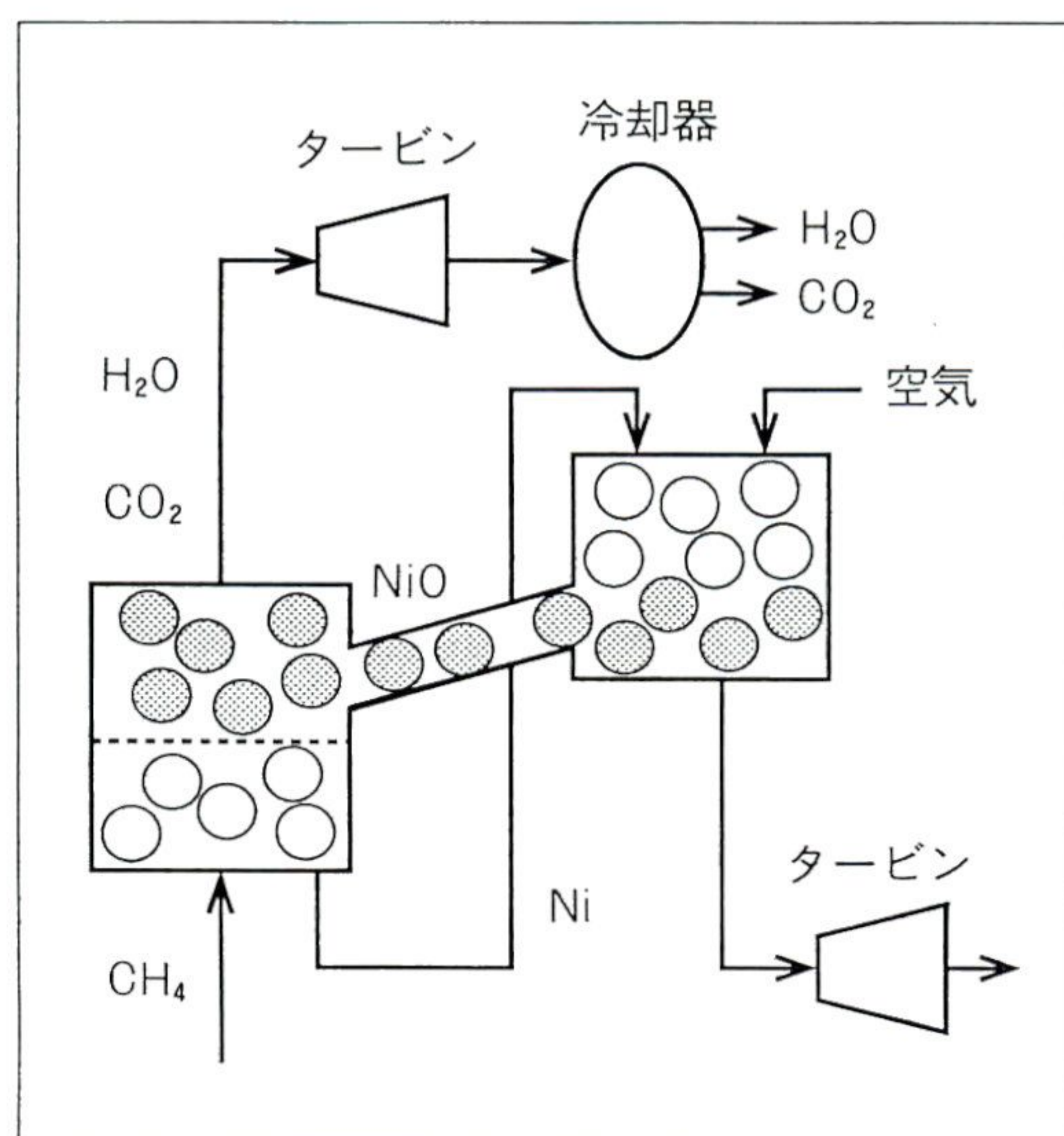


図2 開発された発電システム

ルを完全に酸化する必要がある。そして研究の結果、イットリア安定化ジルコニアという、酸素が固体中を透過する物質をニッケルに混合することで、酸素が内部までいきわたり、完全に酸化できることがわかった。

次に、このシステムの中で唯一の廃棄物といえるCO₂はどのように処理するのだろうか。現在、地球温暖化の一因といわれるCO₂を、効果的に処理する研究がさまざまなところで進められているが、石田・鈴木研究室ではこのシステムを用いた発電所の近くに温室をつくり、無農薬でできる人工の農業をする研究を計画している。この時、温

室を完全に外から遮断された環境にすることで害虫の心配がなくなり、農薬が不必要になる。ただしそのような環境にすると、植物の成長に必要なもの全てを供給しなくてはならない。そのうちの炭素分をCO₂の炭素によって供給しようというのである。そこで高濃度のCO₂の下で育つ植物の研究も行っている。

以上のような研究から、地球温暖化問題を解決するための新しい技術として、また省エネルギー化した新しい発電システムとして、この燃焼システムを実用化するように研究が進められている。



知識が増えれば知恵は増えるか

石田先生は、システム開発に関連して次のような話もしてくださった。

それは知識と知恵の話だ。人は知識が増えた分だけ知恵を獲得できるとよく思い込む。しかし、実際は図のように知識がある点に達するまで知恵は飛躍的には増えないという。

このカーブの位置は、人の好奇心によって大きく左右される。興味のない話などに対してはそのカーブは右に動き、興味のある話などに対してはそのカーブは左に動く。このカーブは情報、つまり知識の確かさが30%位のものが一番左に動き、全く正しく、既知のものに対しては右に動きやすいという。例えば、噂などの不確かな情報ならば、少し聞いただけで人に伝えられるくらいに情報を消化することができる。一方、百科事典を一度読んだだけでは人に説明できるほど理解できるわけではない。このようなことは皆さんにも心当たりがあるだろう。

この話が、どうシステム開発と関係してるのだろうか。知識と知恵との関係は、初めに挙げた要素技術と、工場などの要素技術を統合した成果の発現との関係と非常に似ていると考えられる。なぜならば、知識が増えるだけでは知恵が比例的に増えないように、要素技術が発達することとその要素技術を統合した成果の発現が比例的ではないからだ。そして、そのカーブを移動させるのは、知識と知恵の場合は好奇心であり、要素技術と統合成果の発現の場合はシステム開発である。つまり、その時点での要素技術の統合を促すものがシ

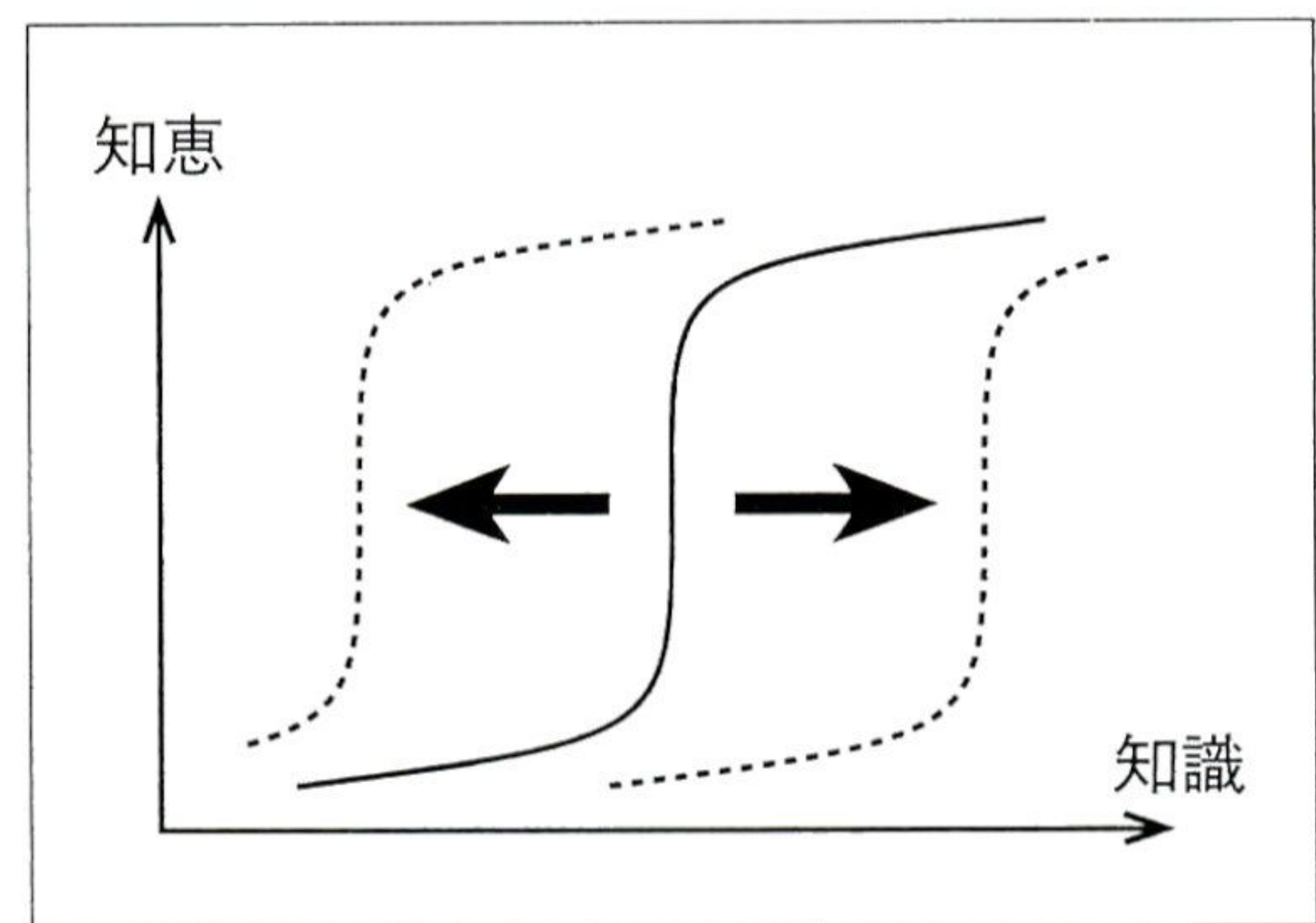


図3 知識と知恵の関係

ステム開発ということだ。したがって、効率よく要素技術を利用するためにはシステム開発が必須になる。

このように、現在行われているさまざまな研究を、画期的な成果が得られるようにうまくまとめあげること、それがシステム開発なのである。

中 中 中

今回の取材で先生は「今自分はカーブの根本にいたのだと考えれば、あと少し努力するだけで一気に知恵が伸びると思える。そうすればやる気もわいてくる」と仰った。この考えを自分も実践していきたい。

最後に、お忙しい中快く取材に応じてくださった先生に感謝するとともに、研究室の発展をお祈り申し上げます。

(持田 健)