

システムと構成学を考える

総合科学技術会議の前議員であり、元日立製作所副会長で現日立マクセル名誉相談役の桑原洋氏のもとを、本誌の小野編集長と赤松編集幹事が訪問しました。桑原氏は前号で対談を行った科学技術振興機構（JST）木村英紀上席フェローが主宰したJSTのシステム科学技術委員会の委員でもあり、これまでの多くのシステム開発の実績をもとに、同委員会での提言作りを主導してこられました。そこでシステムと構成学をキーワードとして座談会を行いました。

シンセシオロジー編集委員会



座談会出席者

桑原 洋	株式会社日立製作所名誉顧問、日立マクセル株式会社名誉相談役
小野 晃	産総研副理事長（シンセシオロジー編集委員長）
赤松 幹之	産総研（シンセシオロジー編集幹事）

赤松 産総研では第2種基礎研究を推進しています。それは、分析的な研究だけでは社会に研究成果を十分に生かすことができないのではないかと、"もの"をつくるための科学、つまり構成的研究の方法の確立が必要なのではないかと考えているからです。

桑原さんは、システム構築の重要性を強調されておられます。"もの"をつくるということはシステムアップすることにつながりますし、要素還元に限らずにどのように組み上げていくかという意味で言えば、言葉は若干違うかもしれませんが、シンセシオロジーと同じようなことを目指しているのではないかと考えて、桑原さんにお話をお伺いしたいと考えた次第です。

お二人のご経験を踏まえて、まず小野さんから、産総研のシンセシオロジーについてご紹介いただき、そののち、桑原さんからシステム構築についてお話ししていただきたいと思っています。

構成的研究と分析的研究

小野 私は理学部物理学科の出身なのですが、旧工業技術院計量研究所でプロセス計測の御三家と呼ばれる温度、圧力、流量のうち、温度の計測と標準を研究してきました。10年前に産総研に組織変更したのですが、初代理事長の吉川先生が提唱された第2種基礎研究にとっても感銘を受けました。

私が計量や標準の仕事をする中で、成果が、そのまま研究論文として、学会でなかなか受け入れられないという経験をしました。私達の使命は精度の高い国家標準を作って、世の中にある一番高い精度の計測器を校正することで、校正業務は民間のビジネスにもつながっていきますので、そういうトレーサビリティ体系を社会の中につくるために、標準の精度を上げたり、より簡便に校正作業ができるようにしたり、コストパフォーマンスを考えたりしながらやっているのですが、このような成果が学会で研究論文として受け入れられません。技術のオリジナリティや新規性がどこにあるのか、と言われてしまいます。

私達とすれば、日本の社会に一番フィットするようなトレーサビリティ体系のシナリオを考案します。例えばどういう事業者がどういう技能をもっていて、現にどういう装置をもっていて、何人くらい技術者がいるのかということまで考えながらトレーサビリティ体系を設計します。ところがそういう話は研究論文になじまないと言われてしまいます。国家標準に新しい要素技術を導入したときに、その部分だけを抜き出して研究論文にすることでしのいでいました。

分野毎に多少違うかもしれませんが、日本の学会は「学」の会でして、アメリカのように「エンジニアズ」のソサエティではないものですから、学としての新しさを常に求めます。そのために、かえって社会との接点が見失われがちだと、これは健全でないと思っていました。社会的に

価値のあるものができれば、そのことを研究論文に書きたい、書かせてほしいと思うのですが、学会がそういう仕組みになっていませんでした。

ところが、吉川先生が「第2種基礎研究がある」というわけですね。これまでの要素技術の研究だけでなく、それらを統合してものをつくる過程自身が大事なのであって、それこそ新しい研究なのだと言われました。そういう研究が今までの科学アカデミーの中では軽んじられてきて、レベルの低い研究と思われてきたけれども、そうではないという話を聞きまして、まさにこれだと思いました。社会との接点のところを研究論文にすべきだと思ひまして、シンセシオロジーの編集長をやらせていただいております。

現在の科学は長い歴史の上に成立したもので、自然や存在物を観察し、階層化し、要素に帰着させて分析することによって多くの事実に知識を体系化してきました。その手法はすばらしい成功を収めてきたのですが、今日の地球環境問題や原発事故を見ると、これらの複合した問題を解決するためには、要素還元主義や分析主義を主流にしてきた現在の科学だけでは現実とうまく向き合えないのではないかと。現在の科学アカデミーが細分化された個々の領域の中だけで仕事をしているという弊害が出ているのではないかと思うようになりました。

実際には、企業の方々が「構成」とか「システム」といった行為をたくさんやられているのに、「科学」がそこまで到達していなかったのではないかと、「そこまで含んで」科学だというふうにしたいと思ひました。つまり、システムの設計科学であり、統合や構成の科学であり、これらを第2種基礎研究と呼んでいます。産総研がそこをしっかりとすることによって産業界の方々とコミュニケーションもよりうまくいくのではないかと考えています。研究開発の一つの手法として、分析的研究と対比して構成的研究が認知されるようになればと思っています。

民間企業が主として担う開発や商品化については、構成的行為としては第2種基礎研究と共通していますけれども、産総研等公的研究機関と民間企業では目的が同じでも手法や立ち位置は違うかもしれません。それぞれシステ

ムや製品を作るという過程をしっかりと研究の中に位置付けていければという思いで、試行錯誤しているところです。

目的遂行のためのシステムの思考

桑原 ご意見はおよそ同感です。私は電気の出身なのですが、電気と機械の間をやりたいと入社しました。入社当時は、「システム」という言葉はあまり一般的ではなかったのですが、以来、化学プラント、化学製品や食糧製品等のバッチ制御、シーケンス制御、火力発電プラント、原子力発電プラント、原子力運転訓練用シミュレーター、自動車やタイヤ、建材等の生産管理システムというふうに、システム以外にやったことがないくらい、システムをやってきました。

火力発電所については、システムとしてアメリカが先行しており、日本はアメリカのライセンスとしてやっていました。ところが、運転の自動化をやりたいというお客さまの希望があり、この面でも挑戦的努力をしていたアメリカから技術導入をしようと、1年間、留学して勉強したのですが、思ったほどすばらしいものはありませんでした。ですから、私達が身を入れて学んだのは彼らの「失敗」です。過去にどのような失敗をしているかということを克明に学んで、日本の発電所の自動化に役立て、結果的には日本が火力発電所の自動化で世界一になったのです。

ただ、そのとき困ったのは、プラントが予想外の故障をしたときにどうするか、ということです。コンピュータでは制御できないので、人間に戻さなければいけない。そうすると、その教育というのは自動化ばかりやっているとできないわけです。異常時のプラントの制御については、「止める」ということは基本理念に持っていたのですが、安全に止めなければいけないですから、運転員がそのつど判断するのでは的確な判断ができません。いざというときの教育は別途きちんとやらなければいけないということを学びながら、自動化をやりました。

また、戦後30年余にして日本の鉄鋼技術が世界一になったのは制御のおかげで、制御をいかにやるかという、システムの問題なのですね。アメリカでは膨大なデータをとって



小野 晃氏



桑原 洋氏

解析する手法を用いていましたが、日本では計算機によって理論解を求めるというアプローチによる制御システムの独自開発が発達したわけです。目的は操業効率の向上、製品品質の向上でした。

このように、研究開発におけるシステムの思考やシステム技術の重要性については論を俟ちませんが、企業にとって科学技術の出口は、あらゆる場合において科学技術の複合体としての「システム」です。システムの思考とはシステムや製品を生み出すことではなく、ある目的をもったとき、その解を出すために必要となるものです。企画、計画、仮説形成の先頭にとっても明確に「目的」があるわけですから、その目的から持続的競争力のあるシナリオを作ることができたら、あとは簡単なのです。こここのところに、猛烈に私達チャレンジすべき人間の行為・行動がなければいけないと思っているのですが、今、どうでしょうか。

論文については、私はよくわかりませんが、大河内賞は生産工学や生産技術の研究開発および高度生産方式の実施等の功績に対するものですから、実用化の世界で表彰しているわけです。小野さんもおっしゃるように、これまでの学会の論文は大変重要ですが、いわゆる第2種基礎研究の領域について、研究者の評価も含め、どうやってその市民権を確立するかということがとても大切ですね。

ただ、第2種“基礎研究”と書いたのは、僕に言わせると一種の逃げなのですね。もちろん重要性は100%わかりますが、「基礎研究」というと「応用研究ではない」ということを含蓄するわけです。けれども、第2種基礎研究もあるけれども、応用研究もあるという感覚を持ちたいのです。その両方を含蓄することで市民権を与えなければいけません。今日本では、自然科学だけでも750学会を越えていますから、例えばシステムの大きな会か何かをつくって表彰する等、別の大きな動きをしたほうがいいのではないのでしょうか。

小野 確かに今の細分化された学会では難しいですね。

赤松 これらシステムの思考やシステム構成能力はどのようにして身に付けることができるのか、あるいはどのような資質が必要とお考えですか。

桑原 重要なのは、研究者や設計者の“システムで勝つ”という“負けじ魂”です。日本の国を世界から尊敬される国にしたい、ということはシステムで勝たなければいけないのです。この“負けじ魂”、目的を完遂するために妥協しない、勝たねばという心のもちようが大事だと思うのです。では、そういう気持ちがあればだれでもできるかという、

その人にシステムをつくる能力があるかです。能力のある人は、想像もしないようなことを考えて役に立つシステムを作ります。ですから、「人の教育」ということを、実践も含めて、しばらくは（“しばらくは”という意味は、学問的に体系ができるまでということです）きちんとやっていくということが必要です。そういう人達は、過去の経験や広範な知識がいっぱい頭の中にあって、目的に応じてそれを引っ張り出してシナリオを作っていると思うのです。その思考プロセスがもっと論理体系化できないか、と考えています。

その他には、人の力を借りられる協調性、取りまとめ力、そして適切な妥協力も必要でしょうね。

赤松 研究者にとっても、研究を進める上でゴールをぶれずにもち続けることが大切です。とかく「まあ、いいか」と思うときは、ゴールも緩くなっているし、自分自身の評価が甘くなっているのですね。

桑原 産業の場合、安易な妥協は必ず落第します。負けたら完璧にわかるのも、厳しくもあり、冷徹です。

小野 企業は評価軸がとてもはっきりしているということですね。学のほうがそこははっきりしていないのかもしれませんが。客観的自己評価が大切ですね。

システム構築とシナリオ

赤松 先ほど桑原さんから「目的が明確にあるので、シナリオになったら、あとは簡単」というお話がありましたが、シンセシオロジーでは編集方針として「シナリオをちゃんと書いてください」とお願いしておりまして、ここがなかなか難しいのです。

小野 「なぜその研究をやるのかと思ったか、あなたが過去に考えたことや描いていたシナリオを書いてほしい」ということと、そのために「どういう素材や部品を選んだか」、この二つが揃ってシンセシオロジーの論文ですと言っているのです。ただ、ほとんどの研究者は第1種基礎研究のスペ



赤松 幹之 氏

シャリストですから、書くのには相当苦勞しています。自分がやった研究にもかかわらず、「どうして自分がそのシナリオを考えついたかわからない」というわけです。

桑原 そこがポイントなのです。答えを出してきているわけですから、そこをきちんと考えるべきなのです。これは僕らも経験があるのですが、仕事とは全く関係ない人と付き合ったり、遊びの中からシステムのヒントがパッと思い浮かんだりすることがあるのです。いろんなインプットがシナリオ構築の源流にあると思いますね。

小野 そうだと思います。一種、思いつきのような面があるのですけれども、思いつきも何かベースがないと思いつかないはずなので、そのベースが何かということを書きたいと言っているのです。これがなかなか難しいのですが、それをゆくゆくは体系化したいという思いがあるのです。

桑原 そういう論文になっていたかな(笑)。

小野 その点は今一つピンとこなかったかもしれません。編集者と筆者の間の意思の疎通が未熟であるという言い訳なのですが。

桑原 シナリオにいく前に、「あなたはどのような知識をもって、この目的のためにどういう他の知識も入れましたか」というふうに分解して書くということもいいかもしれませんね。そういう努力は大事ですし、目指していることは大賛成です。

もう一つ感じたのは、研究者の評価が今までずっと論文、論文できていますが、それでは出口論につながらないのではないのでしょうか。第2種基礎研究はこれでいいと思うのですが、システムの財産というのは発明であり、それは結果的に特許になるわけです。そこに価値観をもう一つ置いたほうがいいのではないのでしょうか。

小野 これまでの論文は、分析であり、分解なのですね。時計を分解したら何が出てきたかというところを書く。そうではなくて、この部品を組み合わせると時計になるというのを書く論文がなかったわけです。

桑原 ただ、学者の方々に第2種をやってほしいといったときに、自分のやった第1種からの展開はやってくれます。しかし、他人の第1種からは絶対にやらない。これでは日本は進化しません。ここは私が産総研に期待したい一

番のお願いです。

小野 まさにそこが産総研の第2種基礎研究の真骨頂です。産総研ではたこつぼ的な考え方から脱し、細分化された科学アカデミーの枠組みを超えて、物事をトップダウンで俯瞰的に見ることを奨励しています。

先ほど、桑原さんから「システム思考が出口を生み出すのではなく、目的に対する解を出すためにシステム思考が必須なのだ」というお話がありましたが、まったく同感です。それは共同研究の場合も同じではないかと思います。共同研究をやること自体に価値があるのではなくて、社会的な価値を実現しようと思うと単独ではできないので、共同でやらざるを得ません。システムのシナリオを考えざるを得ないということになります。

企業の方々のシステムの思考や考えているシナリオと、産総研の研究者が考えているシナリオは、ややレベルが違いかもかもしれませんが、共通の部分をシェアすることによって、必ずよい共同研究が生まれるだろうと思っています。私達はこれまで技術の細部にこだわるあまり、シナリオの共有にはあまり熱心でなかったように思っています。企業の方ももう少しシナリオを語っていただけると、私達のシナリオと何が違って、何が同じで、何をどう共有したらいいかという議論がよりかみ合うのかなと期待するのですが、いかがでしょうか。

桑原 一つの例ですが、海水淡水化というシステムがあります。これは現在 RO (逆浸透) 膜という膜を使って海水をろ過していますが、そもそもどういう原理なのかということの説明してもらえると、その原理が分かっていなくてやっていることがいっぱいあって驚いています。そうではなくて、物理的現象等について、こういうことなのだということを知り、これを理解した上で、こういう膜あるいはこういう生物学的処理ではどうか、またはこういう中間処理をしたほうがいいのかとあれこれ考えなくてはなりません。これを今 JST のプロジェクトで真剣にやっているのです。できたら3年、だめでも5年後には日本の海水淡水化は圧倒的強みを持つようにしようということで今取り組んでいます。

私達は原理・原則の整理された考え方をもっていないし、学の方々はシステムやシンセシオロジーをご存じでない方が多いので、お互いのエリアをいい形で詰めていくには、「システムとは何か」というのをみんなで勉強することが重要ではないかと考えています。このために今、科学技術振興機構研究開発戦略センター(CRDS)のプロジェクトで“システム技術”の勉強会がスタートしています。産総研の方

にも参加していただけたらいいですね。基本的には共同作業がベスト解でしょう。

赤松 昭和40年くらいまでは大学の先生と企業の方はすごく密接に同じ問題に取り組んでいろいろな課題を解決するというをやっていたと思うのです。それが昭和40年代、50年代くらいになってくると、企業の力がどんどんついてきて、企業が先に行き、大学の先生方がついていけなくなって、という状況になり、それがまだ続いているのではないのでしょうか。この状態は何とかなければいけないと思っています。

桑原 私は塑性加工学会の会長をやっていたのですが、「こういうものを作りたい」という目的がしっかりとできると、およそ、塑性加工技術だけで検討ができ、答えが出せるのです。ところが、安心・安全社会や環境という、ITも関連するし、警察システムも関連するし、いろいろなサービスも関連します。細分化された、縦割りの学会では対応できませんね。

今、日本がシステムとして海外に出ていくことを国が推進しようとしています。国の予算でここになんぼと言いだしたら動きます。語るだけで予算に反映できなかったら動かないですから、これはチャンスです。日本には、水、環境、食料等高い技術がありますし、輸出産業として考えても、ここで議論されているようなことが集まってくると、いい貢献ができるのではないかと思います。

効果的な産学官連携のために

赤松 産総研は産業界、大学、公的研究機関との連携を推進しようと努力しています。今後、産学官連携がますます重要になると思うのですが。

小野 実は、私は現在日本で産学官連携がとてうまくいっているとは思ってなくて、その理由として予算制度の問題があったり、体制の問題があったりするのですが、それ以前に、それぞれ働いている研究者や技術者の意識の問題というのでしょうか、何を目的にしているか、お互いに違いは違いとして理解して、同じ目標に向かってシェアできるものは何なのかということをもっと少しよく理解していくと、もっと良い産学官連携ができるのではないかと考えています。

産総研側も研究グループリーダーくらいになるとシナリオをそれぞれ持ってやっていますので、それをもっと社会に出して企業の方に理解していただけるようにして、シナリオのレベルでもコミュニケーションできるようにしなければいけ

ないと思っていますが、企業の側からも、そういう努力は期待できませんでしょうか。企業秘密とか、そういうところで障害はございますか。

桑原 そのバリアーは大きいです。秘密保持契約を結んでいただいて、とても端的に言えば、特許を出してから論文を書いて学会発表してほしいとか、今何をやっているかを絶対に言わないでほしいという類の制約はつけざるを得ないですね。研究者は学会で早く発表したいということはあるでしょうから、そこは私もいい答えをまだ持ち切れていません。しばらくは個別論で、プロジェクトごとに答えを出していくことになるのではないのでしょうか。

赤松 小野さんから産学官連携がそれほどうまくいっていないという話がありましたが、実効ある産学官連携のためにどういうことを考えたらいいのでしょうか。

桑原 産学連携を強化し、社会の発展のために科学技術が寄与するためには、この第2種基礎研究を総合科学技術会議が認め、国がこの分野に予算を回すということ、つまり市民権を得るようにしないといけないですね。そのときに、これまでの基礎研究は引き算しないという暗黙の了解も必要です。

小野 最近、産総研では多くの企業と連携したコンソーシアム方式を奨励しておりまして、太陽電池等でやっています。産総研とそれぞれの会社が個別の契約を結びまして、企業から企業へは直接情報は流れないように体制を工夫して、しかし基本的な部分では目的や情報を共有するといったやり方をしています。

産総研にシステムの研究を期待する

赤松 システム的思考の重要性についてお話いただきましたが、システムの形にする前に当然シナリオがあるわけですから、システムをつくるためのシナリオの方法論が私達のシンセシオロジーだと思っています。

桑原 今のご意見には全く異論がありません。20世紀はシステムの時代と言われますが、日本は火力、原子力、化学プラント、ほとんど人真似でしょう。日本で初めてできたシステムは鉄鋼とJRです。

ですから、産総研にはシステムの研究をしてほしいのです。一つの例としては太陽光発電です。第2種基礎研究としてそこをやるというなら、システム化の内容を3分の1くらいやってほしいですね。そうするとシステムの人が

育つのです。

赤松 モノそのものではなくて「システムを考える力」をどうやってつくるかということだと思います。今までの科学技術は「モノ」をやるのが学問だと思っているけれども、そうではなくて、ほんとうはどのように「もの考えるか」ということが大事で、そこをちゃんと学問の一部として位置付けていく必要がありますね。発明力の“力”のところが大事です。

小野 発明力の切磋琢磨を民間の方々と一緒に推進したいと思います。

桑原 いいですね。私の提案は、「実際にはこういうふうにやっている」ということを概観できるように整理して、どういうことがこれからさらにエンハンスされて必要なのか、学術的にはどういう位置付けなのかということを検討する道筋を双方協調してつけていきたいと思っています。

赤松 努力したいと思います。今日はありがとうございました。

(この座談会は、2011年5月9日に東京都千代田区にある日立マクセル株式会社において行われました。)

座談会後の寄稿

座談会で語りきれなかったところを出席者に寄稿をお願いしました。(編集委員会)

桑原 洋:

システム技術の開発を急ぐ

科学技術研究開発成果の社会への還元、出口を見据えた研究開発の推進等、科学技術と社会とのかかわりを重視する基調が日本で急速に芽生えてきたことは誠に喜ばしい。

科学技術と社会の接点は、産業分野においてはすべてがシステムである。それは単純なシステム(家電品等)から大規模・複雑なシステム(原子力プラント、各種スマートシステム等)まで極めて幅が広い。

よって社会との接点を考えるとき当然のことながらシステムこそ重要なのであるが、これまでこの分野での研究開発に力が大きく注がれてこなかったのは残念であるし、これからの日本の発展を考えると、急ぐべき緊急課題である。

さて、ならば“システムとは何か?”、“システム構築技術とは何か?”これらは今後のシステム関連の研究開発にとっ

て欠かすことのできない重要な基本認識事項であるが、この解析活動がほとんど手つかずの状況にあり、急がねばならない。これらが皆でよく理解されて、初めて次のステップにつながっていく。今、初期段階から理論構築を図ろうとするのは、あまりにも無謀と言わざるを得ないであろう。

そこで、少しはシステム構築経験が深いと考えている者として、以下に大胆な仮説を設定してみようと思う。議論を期待したい。

システム構築における典型的手順

第1段:対象となるシステムの目的を明確に定義する。

第2段:システムの中で処理される対象物に対し、物理的、化学的あるいは社会科学のどのような原理のものを、どう処理しようとしているのかを探求し、事の真髄を見極める。

第3段:第2段に基づいて構築に必要となる可能性のある具体的な知見、知識、研究成果を幅広く収集する。

第4段:その中から必要なものを抽出し、あるいは欠けている場合は、欲しい実現可能性のある新技術を仮定し、いくつかのシステム構築案を設計する。

第5段:これらを目的に応じて定量的に評価し、関係者で集まって評価議論をし、追加するところがあれば追加し最終案を定める。この場合、価格、実現可能時限等も重要な評価項目として上る。

いろいろな人達が、研究者も含めて過去に大小似たような経験をされていると思う。これらを持ち寄って議論を重ねていく中で、求める型が浮かび上がってくるのではないかと期待する。実体験から議論を始めないと空理空論になると危惧する。

今回産総研の方々と議論する貴重な機会を得たが、極めて有意義であった。一方このままでは双方とも自我流の考えに固まりながら、異なる方向へと離ればなれの検討をしかねないと感じた。

CRDSでのシステム技術検討、産総研での検討、横断型基幹科学技術研究グループ(連合、協議会)での検討、総合科学技術会議でのシステム重視、産業競争力懇談会(COCN)でのシステム検討等、いくつもの活動が活発化する機運にある。

これらの間での、またこれから出てくる活動との相互連携こそ重要であり、有意義であり、産学連携活動がすばらしい成果を生むことを期待している。

略歴

桑原 洋(くわはら ひろし)

1960年東京大学工学部電気工学科卒業。(株)日立製作所 大みか工場長、電機システム事業本部長、常務、専務、副社長、副会長を歴任。元 内閣府 総合科学技術会議議員。日立マクセル、日立電線、日立国際電気 各社 会長を経て、日立製作所 特別顧問。有限責任事業組合 海外水循環システム協議会 前理事長。日本工学会 前副会長。現 日立製作所 名誉顧問、日立マクセル 名誉相談役。

小野 晃：

システムと構成学の今後に向けて

ずっと官と学の中で過ごしてきた私にとって、総合科学技術会議の議員を務められ、民間における研究開発のオピニオンリーダーたる桑原さんとのくらしい接点を持てるのか、対談前に懸念がなかったわけではない。だが、座談会を終えてみると多くの点で議論がかみ合い、大変有意義な機会をいただいたことに感謝している。

シンセシオロジーが強調する「シナリオ」や「統合的・構成的な研究」のエッセンスは、システム研究やシステムの思考と関係が深いことが改めて理解できた。産総研等の公的研究機関や大学の研究者が、企業の研究者や技術者と今後より良い連携をしていくための、道筋と課題が見えてきた気がする。

科学は17世紀にヨーロッパで「サイエンス」として生まれたが、要素還元主義がととも成功した。いろいろな事象を細かく分解し、階層化して、一番下のレベルまで分かることが重要だとの信念で、分析を主たる手段として研究をやってきた。その研究の手法は300年以上の時間経過の中でよく確立され、現在でも大いに役に立っている。しかし地球環境問題や福島の原子力発電所の事故をみると、システムや複合的な問題を解決するためにはこれまでの要

素還元主義だけでは太刀打ちできないことも見えてきた。そのような社会のニーズに対して、現在の科学がうまくかみ合っていない。また要素還元主義を徹底した結果として、一方で、科学アカデミーが著しく細分化され、それぞれの狭い領域の中で研究することで十分だとする風潮ができてしまったことも弊害ではないだろうか。

図 a は分析的手法と統合的・構成的手法のプロセスを対比して描いたものである。分析的手法を主とした現在の科学(第1種基礎研究)のプロセスを上部に描いた。それに対して、統合的・構成的研究(第2種基礎研究)を下部に描いた。現在の科学は右側にある自然や存在物(人間も存在物の一つである)を出発点として、それらを学問領域ごとにそれぞれ異なる視点から分析する。例えば物理学、化学、生物学、機械工学、電気工学等である。それぞれの視点から自然と存在物を観察して、それを階層化し、要素に分解し、それぞれの学問領域の中で整合的に理解できるように、いろいろな知識要素を体系化する。例えば領域Aでは物理学の法則と公式とデータベースを整備し、領域Bでは機械工学の法則と公式とデータベースを整備する。

一方で科学とは独立に、人類は自然や存在物に手を加えたり、あるいは社会的に意味のある「人工物」を技術により創造してきた。現実の複合的な課題を解決するに当たっては、さまざまな学問領域の科学的成果を使っていかないと、図 a の右側にある「人工物」を作るという最終目的、すなわち社会的な価値のところまで到達しない。それでは統合的・構成的な研究開発はどういうプロセスで進めるのかというのが、図 a の下部である。何か作り上げたいと思う人工物があると、それを実現するためのシナリオを考え

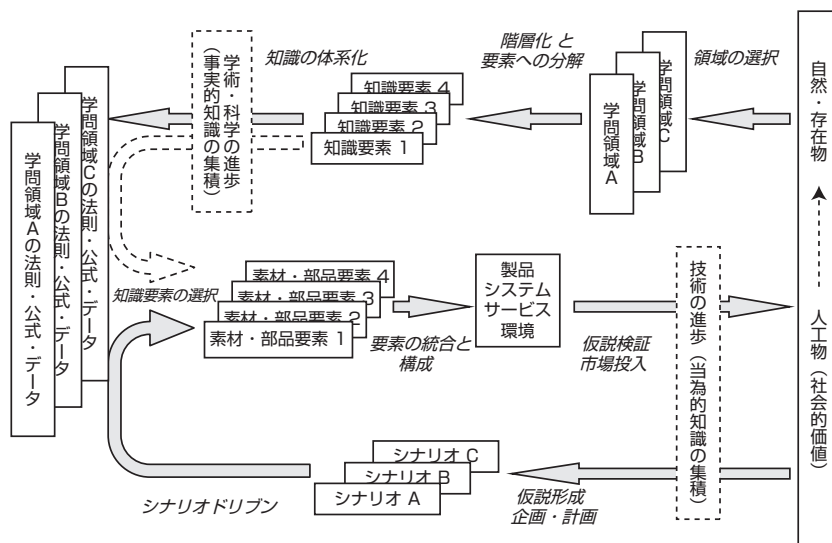


図 a 分析的研究と構成的研究のプロセス

る。それは企業で言えば企画であったり、計画であったりするが、一般的には「仮説形成」と言えるだろう。目的の人工物を作るための仮説を研究者・技術者が自ら考えて、いろいろなシナリオを作る。研究者・技術者は自身が最良と信じるシナリオに基づいて、シナリオドリブンという形で研究開発を進める。そのとき学問領域ごとに蓄えてある知識要素の中から最適なものを用いて、素材要素や部品要素を作り、そして製品やシステム、サービス、あるいは環境を「人工物」として作り上げていく。

作った人工物は市場に問い、批判を受けて、また企画、計画、仮説形成に戻るというループを繰り返して進歩していくと考える。また作られた人工物を改めて「存在物」として認識すれば、科学(第1種基礎研究)の分析の対象となって上部のループにも組み込まれる。

現在の学会の研究論文は図 a の上部のプロセスを記述し

たものがほとんどである。いかに重要な知識要素を発見したか、いかに重要な法則や公式を発見したか等、知識を体系化していくことが学問的に高く評価される。一方、下部のプロセスも人類の高度な知的行為であり、筆者はそれを科学の延長線上にあると理解したい。そのためには下部のプロセスのオリジナリティーや新規性を別途定義する必要がある。それがシンセシオロジーの挑戦である。

桑原さんからは、作りたい人工物が決まったとき、それをいかにシナリオに落とし込むかが重要とのご指摘をいただいた。これもまたシンセシオロジーの挑戦である。ただ筆者は、社会的に価値のある良い研究開発をやった人は、そのとき必ず良いシナリオをもっていたに違いないと考える。そのシナリオを現時点から振り返って再構成し、それを記述してもらいたい。このようにして産学官がシナリオを共有することによって相互理解が進み、連携が一層効果的に進むことを期待する。