

「機能性高分子ソリューションのための分析と知恵」 I 社会における分析化学教育

企業内教育と分析化学

—モノづくり企業における次世代ソリューション能力の育成—

梶田 孝二

1 はしめに

科学は道具である 道具は時代に合わなくなれば 改良交換しなければならない 21世紀のソリューションは もはや20世紀型科学の発展の延長線上にはなく 新たな世代の知識 経験則や複数の科学との融合領域に存在する

21世紀はナノ領域の制御技術の時代になると予測されている この複雑系の予測と制御でグローバルリーダーになるには 科学体系自体を各論積み上げ型から 人間の知識 経験則と融合した複雑系の総合体系型に革新して 次世代の活力に引き継がねばならない デンノーの石丸会長のお話を聞く機会に恵まれ 次の言葉が印象深かった 「科学は哲学概念を克服する元で発展してきたが 今 科学は哲学されねばならない時期にきている」

2 企業における分析化学

企業にとって 分析化学は課題解決の道具の一つに過ぎない それも 課題発生に呼応して即座にソリューション提案できねば分析部門自体の存在が危うくなる 換言すれば実績を誇った20世紀の方法論も時代に合わなくなったらすぐに改良 交換せねば 21世紀の課題抽出力と解決能力のない分析部門になって企業体質を弱めてしまう

技術導入に始まった20世紀の化学産業において 分析化学は製造ラインの単なる評価手段として位置づけられたため その価値は「コスト&スピード」に甘んじていた 欧米では 開発や課題解決のハートナーとしての位置を獲得している 現在の日本は このギャップを埋めて ミッションを「創造と変革のナビゲーター」に転換し 分析が産業技術の構造改革の担い手になる絶好の機会といえる

忘れてならないのは その変革には各産業に分散して存在する知識 経験則の統合が必要なことと その変革の担い手は20世紀の原体験を積み上げた部門リーダーの世代ではなく ITを駆使する良くも悪くもハーチャル体験型の次世代であることである

3 米国分析化学の人材重視への様変わり

今年の米国ピッパハーグコノファレンス (PITTCON2001) は 前年のハイオ データヘース LIMS (laboratory information management system) のお祭り騒ぎはなりを潜め 主テ

マは「Real Problems & Real Solutions」(実学のソリューション)であった 本質的に大切なものは IT技術ではなく「People & Context」(人間と知識 経験)であり この視点の議論から 大学での学生の人材育成が最大課題であるとの鋭い指摘がなされていた 以下は 産業が求め 大学教育で養成すべき資質として挙げられた四項目である

- 1 problem solving (課題抽出能力とデータから解決策までの構成能力)
- 2 critical thinking (沢山のデータから有効なものを選択し不要なものを無視する能力)
- 3 co-work (協力 融合してハラノスを取りながら目標を達成する資質)
- 4 communication (相互理解により達成目標と課題を共通認識させる能力)

訳は筆者の解釈であるが 2項は3Mの分析部長の解釈の引用である 一見米国らしくないが 次の時代を熟慮した方門転換を人間中心に進めるといふ意気込みが感しられた

4 分析化学と知識 経験則の融合によるソリューション

図1の横軸を分析化学に置き替えて解釈すると 21世紀の分析の方門性が干渉される 19世紀までは 経験則と試行錯誤が課題解決へのリソースであった 20世紀は右肩上がりの社会経済環境の追い風を受けて 技術の高度化一辺倒で解決策にたどり着いた変則的な時代であった 21世紀は環境 生

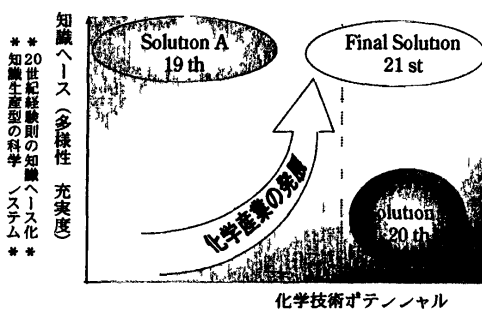


図1 21世紀の化学技術の発展方門

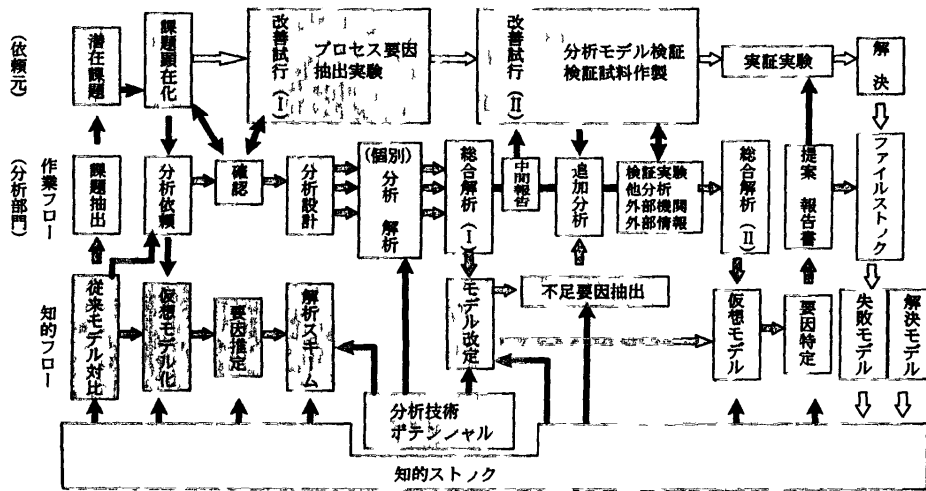


図2 課題解決提案型分析における知的ワークフロー

命 社会 経済等の様々な技術や知識を融合して 全体にリズムハランスのとれた持続性のある社会への解決策を目指す時代である

例えば 大日本印刷の分析部門の職務分掌には リスクマネージメント機能や材料と工程に関する改善提案の項があり 生理学知識に長けた研究者やプロセス技術者を獲得して その知識 経験と分析技術とを融合させたソリューション提案への戦力化をめざしている

図2は課題解決型の分析部門のソリューションフローである 分析課題解決のポイントは初動の分析設計にある 設計時の知的ワークに注目すると 過去の類似経験モデルを無意識に抽出して よりの確かなモデルに仕上げるために必要な要因を分析データで補完する 総合解析では 分析データと経験則を矛盾なく説明しうるモデルを想定しながら 人間の「欠陥抽出能力」を駆使して主要因の把握に至る これを 過去の成功(失敗)体験に照らして改善提案段階に進む 経験が多様多様であればほと 的確な背景像の洞察と迅速なソリューション提案ができる所以である 従って 分析部門では「知識への多様さと豊富さ」が分析データから物質挙動を洞察して知恵に活かす武器(リソース)であることを認識して 多彩な人材獲得と 個性の育成に努めるべきである

### 5 分析部門の若手へのメンタリング

企業の分析部門は常に後継者の育成課題を抱えている 当然のことであるが 現リーダーと同じ人間を育成するのではなく 次世代による次世代の方法を新たに培わねばならない 図1をもう一度見ていたきたい 常日頃 若手には「横軸の分析技術は先輩を早く超えて欲しい ても縦軸 つまりこのデータを活かして 知恵や創造に結び付ける感性 知識や経験則については 決して先輩を見習わなくて欲しい 変革の時代にあって 組織の16人か16色の感性を持っていなければ変化に対応できない 今の時代には 同じ色の人間は二人も抱えて

いられない」という意識教育をしている 結果から見ると 上司の負担は増えるか 独自性や創造性追求への動機付けになっているように思う

さらに 今年のメンタリングの中には「新しい武器で 新しい失敗を積み重ねて 個性あるソリューションモデルを体得する」という一語を掲げている

新しい武器とは現リーダーが原体験を積んだ時代にはなかった 例えばIT ノールである 環境が激変し 同様な原体験を積みなくなった次世代が 次の時代に合わせた試行錯誤をいかに自ら効率的に積んで体得していかけるかが 次世代自身のソリューションモデルを構築できるかどうかの境目である 団塊の世代の一員としては 20世紀の隆盛を次世代に継承するのにもう5年も残っていないのではないかと危惧感がある

### 6 モノづくり産業における分析の役割

分析は 学問や産業を支える知的基盤とも言われ 企業の中では縁の下力持ちとも言われるが 今の時代 企業活動に直接役立っている実感の持てない部門は衰退すると思う 筆者の分析部門で 現場のプロセス技術者を獲得しているのは 分析技術との融合で直接モノづくりの改善に役立つ具体的な施策を提案するためである

プロセス技術者は 知識と経験と実証でノステマティックに課題を突き詰める能力がある では 分析技術者はどのような役割で貢献できるのか? 印刷会社は ハラエティに富んだ材料を組み合わせた加工技術を武器に 出版印刷物 食品包装 建築内装材 半導体 ディスプレイ部品 ハートコピー材料 カート等多彩な製品を提供している

図3は 13年間約6000例以上の分析事例から得た経験則である 欠陥事例を集約すると表面からの各層の役割が浮き彫りにされてくる 接着は1~10nmの ヒートノールは100nmより深い層の状態に依存する しかし この図から製品の

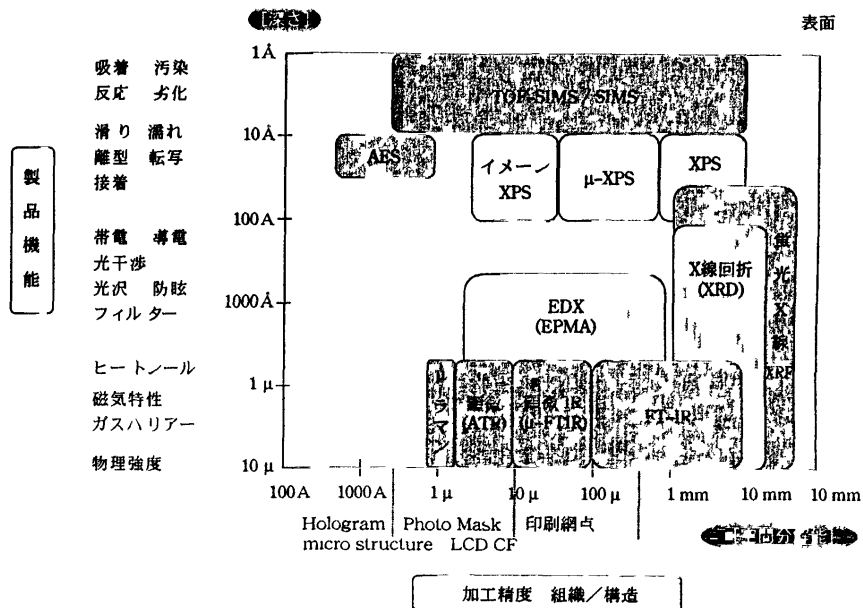


図3 印刷加工製品の機能解析と分析情報採取領域

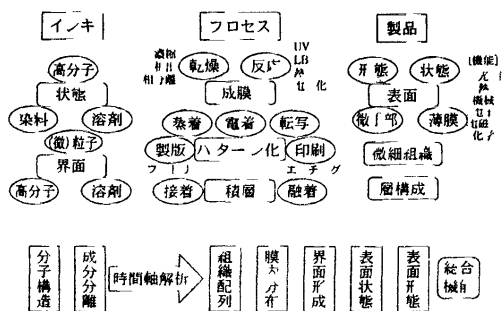


図4 印刷プロセスにおける材料挙動の時間軸解析

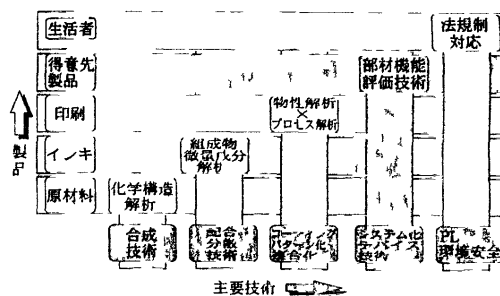


図5 川上川下企業の分析評価技術リソースの交流

断はできて、治療できないものも少しある。そのため、各層が形成される過程を評価できる目(技術)を持たねばならない。すなわち、一連の分析データからモノの姿や流れを洞察するのだからである。

図4は、我々の目指す時間軸解析である。印刷の工程で材料(インキ)は集合体-組織-機能構造体(製品)へと劇的な変身を経る。この変身する材料のあらゆる過程の姿を物質収支、エネルギー収支と相関させて捉えることこそ分析の使命だと考えている。材料は反応して固まるし、相分離するし、それぞれ独自の音色とリズムを持っている。このリズムとプロセスの光熱、機械エネルギーの与えるリズムとが、ノノフォニーを奏しているかを聞き分けて指揮をとるのか。これからの分析技術者であると思う。不協和音の原因を見極めて、ソリューションに至るには材料の発祥から旅立ちまでを幅広く展

望しなければならない。

若手にこの動機付けをするのに最も有効であった施策は川上川下企業の分析部門との交流会への参加である。これまで40社以上の交流実績がある。

この交流会活動では、各々がその企業内のあらゆる材料の姿を把握しているのだから、分析という共通語のもとで相互のコミュニケーションを通して原料素材から最終製品に至る一貫した流れの中に自社工程を位置付けて課題把握する視点が養われ、客観的な課題抽出力、判断力や提案能力が身についた実感がある。

### 7 企業間のソリューションリソースの共有化

図5は、メーカー間の材料の流れを縦軸、各メーカーの基盤技術を横軸、交点に評価技術を示している。化学産業とインキメーカーの評価技術は学会50年の歴史が培った。得着先のデハイス評価技術は国と産業界が一緒に築き上げた。印刷工程

では 分子分散状態のイノキから所期の機能を持った表面 内部組織 界面が孔成される劇的な変化が演じられているか この複雑な材料挙動を解明するのに 今の学門体系では変数が多すぎて解析が期待できない領域である 従って 印刷会社の分析部門の使命は 経験則に支えられてきた印刷プロセスの下での材料挙動を少しでも科学的に解明して次世代に継承するため 川上 川下企業との分析部門が持つ様々な知識 経験則の相互交流を通して 各社の経験則と矛盾のない一貫性を持ったモノの変化する姿を思い描いて 改善提案することである

今の日本の産業は 材料から市場へのつながりをコンハーディング工程が分離して 一貫した材料挙動を追跡する環境に乏しく 欧米と格差のあるところである 分析部門間交流は 即効的にこれを実現できる唯一のルートだと考えている このような 産業を越えた各々の得意技である技術や知識のノリユノリノースの共有化は 持続型社会をめざす日本のモノ作り産業にとって 今後とも極めて重要な役割を持つものと考えている

これを敷衍して考えると 川上から川下までの各企業の知識 経験則を集約した 垂直統合型のノリユノリノースを共有化するグループを編成することか 21世紀の日本の武器として必要である この主役として 分析部門やメーカーは大きな役割を持つものと期待する 米国の事例では 大学が大手化学メーカーや分析機器メーカーの参加を募って プロセス分析化学センター (CPAC Center for Process Analytical Chemistry) を既に作って活動して 米国のモノづくりの強みの一つの源泉になっている

### 8 分析データとモノの変化する姿との間

図6は 印刷工程下での材料挙動の概念図である 前述のように材料は分子分散体 (イノキ) →集合体→組織→構造体 (製品) へと劇的な成長を遂げ 表面 界面 内部構造が孔成される 印刷工程は 多種の物質が様々な時定数で状態を転換する材料挙動の集大成である この挙動解析には 分析 計測 評価技術や実証データを総動員して 各々を時間軸上に整理して分子から製品までの階層間を相関解析する中で対象の実像を追求していく必要がある

モノづくりに大切なことは 市場にに応じて刻々と変化する製品機能ターゲットをキャッチアップする評価技術の選択と 生

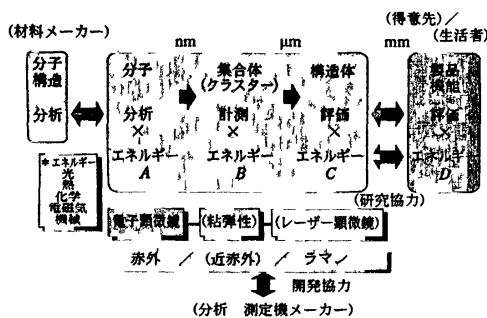


図6 印刷産業における動的挙動解析

ものである原材料の見定めと これを効率的に機能ターゲットに誘導する材料挙動情報である モノづくりの分析に分析 計測 評価は不可分の関係にある所以である

### 9 モノづくりの知識の生産と知識の活用へ

図7は 川上から川下までの材料の流れを相互作用の強さを矢印の太さで 多様性を本数で示している 物質にエネルギーを与えて応答を計測する点では 分析も計測も評価技術も同じ位相で扱える プロセス中の材料挙動を時間軸に整理して分子状態から組織 構造体までの階層を相関させて主要因を把握すれば トータルプロセスソリューションが効率的に達成できる

従来の科学体系は博物学的な分類を前提に 各論の要素解析を積み上げてきた 21世紀には 科学体系自体ファノートし統合されないう複雑系であることを前提として データや知識を取り込む度し体系自体が機能構造を成長させ 成長した体系からデータの新たな意味が見えてくるような 自己発展型の科学体系になるべきではないかと思う

ここで データをなぜ取るのか? という原点に戻ってみよう 答えは「見たい」「知りたい」からである 非破壊分析という言葉がある 裏を返すとモノの「変化する姿」をつまびかに見て その性質を詳しく知りたいからである

「人を知っている」というのは その人の性格を知り挙動を予測できることである 決して 目鼻立ちをしっかりと覚えていることではない その意味で「モノを知っている」だろうか? 分析の真の目的は単に分子構造を特定することではなく モノの性質を多種多様に知ることであり それかモノの扱いの会得に通じる これか分析の究極の目的である 性質を知っていれば 顔 (データ) が怒っているか 冷静な状態かの背景を読んで 行動 (プロセス) する判断がついて 所期の効果 (機能) に誘導できる この対象の挙動の知識を多種多様に持っていることか 他の企業より有利な解決に早期にとり着く決め手になる これを実現するのが 20世紀の原体験を次世代に継承し 創造的な知的ワークを活性化して ITと双方で連動しうる新たな科学体系の姿ではないかと思う

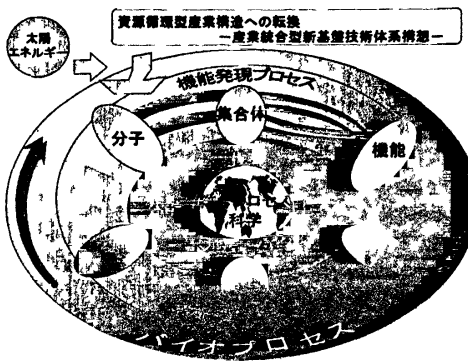


図7 企業間のノリユノリノース共有化

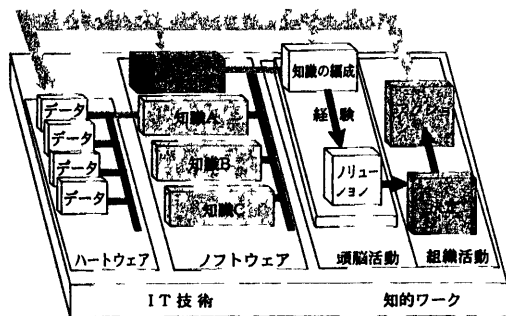


図8 課題解決への情報と知識 経験マネージメント

## 10 データと知識 経験の融合の主役と IT ノール

米国は PITTCON2001で データヘースやIT そのものは ノリューノヲを与えず 大切なのは 人の知識 経験であると気づき始めた。分析部門の存在に大切なのはデータから見通されるモノの姿 挙動の洞察であり それがノリューノヲ提案から解決へのアクションに結びつかねば分析部門の存在の意味が無い。そこには 知識 経験によるノリューノヲへのナビゲーションという人間の知的ワークが行われている(図8) これと双方のインターフェースを取る形でIT技術を駆使して より人間の知的ワークを促進せねばならない。理想的な分析システムは 人が課題を認識したと同時に的確なデータを提供されることである。

## 11 おわりに

モノづくりの分析化学について新たな産学官の相互協力関係を培っていかねばならない。特に産業界の知識経験則に基づく技術は 早期に相互協力の場を築き上げることが急務である。その上で現場では 分析を活かす感性と個性を育む必要がある。これに連動して 真に役立つハラスの取れた科学技術への変革と進化を望む。

次の言葉は 誰のものか記憶しておらず 私自身良い学び手でないことを露呈しているが 現場の実感でもある。

「教育とは 流れに文字を書くような果てしない業である。だが それを岸壁に刻むように真剣に取り組まなくてはならない。」

そして 分析化学で最も大切なことは データそのものの正確さよりもデータを通して見える材料の姿を様々な想像する力を養うことである。このために 若手には「みる」ことを七通りの方法で行って欲しいと常日頃言っている。その「七み」を以下に示す。

「見」「観」「視」「診」「看」→「察」「願」



黒田孝二 (Kouji KURODA)

大日本印刷株式会社技術開発センター物性分析研究所 (〒277-0871 千葉県柏市若葉 250-1) 東京大学工学部工業化学科卒 <現在の研究テーマ>コーティング加工プロセス中の材料挙動解析 <趣味>ゴルフ  
E-mail KURODA-K2@mail.dnp.co.jp



