

第5回 (化学)工学者の性、化学者の性

まず、最初に断っておくが、「性」は「せい」と読まずに「さが」と読んでもらいたい。さて、化学工学は「化学」をベースとしているが、化学者とは「考え方」「ものの見方」が異なっていることが多く、正反対の場合さえある。そこで、いくつかのエピソードとともに、(化学)工学者と化学者の違いを考えたいと思う。ただし、化学工学者は「化学工学者から見た工学者像」であり、化学者は「工学者から見た化学者像」であるため、偏見があることをお許し願いたい。

1. 実験データの有効数字

化学者の場合、小数点以下コンマいくつかが性能に影響し、製品の差別化につながることもあるため、一般に有効数字の桁数は大きい(その桁数が意味を持っているかは別にして)。一方、化学工学者の場合、データはプロセス設計に使用するため、有効数字は少なくとも十分であり、オーダーだけでもなんとかしてしまうのである。このような測定データに対する有効数字の感覚の差が話を混乱させる。

例えば、反応混合物の粘度測定を化学者に依頼した場合、化学者は「温度を一定にするために恒温槽につけておけば、反応が進行し、正確な粘度は測定できない。」と言う。化学工学者は「反応混合物を取出し、温度を変化させながら(通常は勝手に放冷する)、適当な温度で粘度を読み取り、グラフを描いて外挿すれば、目的温度での概略の粘度が得られる。これは簡単！」と思う。両者の感性の違いである。

プロセス設計においては、物性データが揃うことはめずらしく、乏しいデータと推算値をたよりに、「まあ、こんな感じかな」と「エイ！ヤー！」と設計することもある。この「感じ」を「工学的センス」と言う。また、「感じニアリング」と言っている人もいる。化学工学者が設計のために必要としている物性データはこのように大雑把である(場合により正確なデータが必要な時もあるが)。しかし、この大雑把な物性データが設計には欠かせないのである。

2. データの単位

化学者は単位に無頓着である場合が多い(偏見かもしれないが)。一方、データの数値に関しては大雑把であるが、単位にうるさいのが化学工学者である。単位が不健全な式や、単位ミスは許せないのである。なぜかと言うと、単位を見れば、その物理量がどのように成り立っているかが

一目瞭然だからである。例えば、伝熱計算でおなじみの U (ユー)と言っている総括伝熱係数。この単位は、

$$W/m^2 \cdot ^\circ C \text{ 書き直せば } J/s \cdot m^2 \cdot ^\circ C$$

である。単位面積 $A[m^2]$ 、単位時間 $\theta[s]$ 、単位温度差 $\Delta T[^\circ C]$ あたりの熱 $[J]$ の移動量である。単位時間あたりの伝熱量 $q[W]$ は単位から想像して、

$$q = U \times A \times \Delta T$$

とすぐ想像できる。単位は大切であり、間違えてはいけないのである。

ときどき攪拌の動力と攪拌トルクを混同している研究者もいる。動力の単位は kW (k は小文字、 W は大文字である)であり、トルクは軸にかかる力(モーメント)であり、単位は $N \cdot m$ である。トルク T と仕事率 P の関係は、攪拌回転数を $N[s^{-1}]$ とした場合、

$$T = P/2\pi N [N \cdot m]$$

となる。機械系、電気系の方は常識であるが、化学系の方は意外知らないことが多い。

余談ではあるが、大学時代にグラフの縦軸の単位が ppm だったので、[PPM]と記載したところ、院生に、「君の縦軸は、ピーター・ポール&マリーか！」と言われたことがあり、それ以来、単位には気を付けている。SI 単位派なので、[h]を[hr]と書く人、[s]を[sec]と書く人は少し気になっている。しかし、[ℓ]だけは、[l]だと数字の 1 と区別し難いので、大文字の[L]は個人的に許容している。

3. 実験のデータの取り方とデータ処理

化学者の興味は合成した製品であり、途中のプロセス、状態、副生物は興味の対象外であるように思える。一方、化学工学者の場合は逆であり、製品ができる過程(プロセス)や副生物が興味の対象である。この視点の違いが実験にも反映される。

化学者は、同時に複数のフラスコを操作し、数多くの実験を精力的にこなし、ひとつの実験でひとつのプロットをする。一方、化学工学者はひとつのフラスコを操作し、実験途中で数多くのサンプリング、状態量の経時変化を記録し、ひとつの実験で数枚のグラフを描いてしまう。そして、工学者は実験を数式化し、実験をやっていない系を想像して満足する。

その実験データを処理する場合、化学者は対数グラフを好んで使用する人は少ないように思える。化学工学者の場合、転化率の経時変化は間違いなくセミログ用紙にプロットする(最近はセミロググラフと言っても分からないかもしれないが、縦軸だけが対数目盛となっているグラフ用紙であり、文房具屋さんで購入できた)。

これには理由がある。0 次反応、1 次反応、2 次反応の反応速度 $r[mol/s]$ を数式で表すと、

$$r = k \quad = (k/C) \times C \quad (0 \text{ 次反応})$$

$$r = kC = k \times C \quad (1 \text{ 次反応})$$

$$r = kC^2 = kC \times C \quad (2 \text{ 次反応})$$

となる。0次反応は、反応速度定数が(k/C)の1次反応とみなせ、濃度が1/2となると、反応速度定数は2倍になるとみなせる。2次反応では、反応速度定数が(kC)の1次反応とみなせ、濃度が1/2となると、反応速度定数も1/2となるとみなせる。すなわち、1次反応を基準として、その「ずれ」から反応次数が予測できるのである¹⁾。

1次反応を積分したかたちで表すと、

$$\ln([C]/[C]_0) = -k\theta$$

である。縦軸に反応種の残存無次元濃度([C]/[C]₀)、横軸に反応時間(θ)、すなわちセミログプロットすれば、1次反応であれば直線となり、グラフの傾きより、速度定数(k)が求められるのである。また、0次反応では、下方向にずれ、2次以上の反応では上方向にずれる。対数グラフにより色々な情報が得られるのである。これを仮に普通方眼にプロットすると、0次以外であることは分かるが、1次か2次かは分からない。0次反応を予測するより、1次反応を予測するほうが合理的である。

「化学物質」自身を興味の対象とするのが化学者であり、「化学物質」の変化を興味の対象とするのが化学工学者であるように思える。どちらの視点も間違いではない。リサーチ段階では化学的視点が重要であり、開発段階では化学的・化学工学的の両方の視点が必要となり、工業化段階では化学工学的視点が重要となる。競争力を持つ人材は、「天才的な化学者」、「秀才的な化学工学者」、「マルチキャリアを持つ凡人」なのかもしれない。

参考文献

小宮山宏著：CREATIVE CHEMICAL ENGINEERING COURSE 3 「反応工学」 pp.75～77 (培風館、1995)

※Peter, Paul & Mary(PPM)：1960年代アメリカのフォークグループ

<https://ja.wikipedia.org/wiki/ピーター・ポール%26amp;マリ>

<おまけ>

セミログ方眼紙(片対数方眼紙)が出てきたので、最近使わなくなったなつかしいものをいくつか紹介する。

①タイプライター

学生時代、論文書くときなどに使っていた。会社入り給料をもらったら、**olivetti**のタイプライ

イターを買おうと思っていたが、時代はワープロに。研究室も NEC パソコンがあり、英文ワープロはあったが、プリンターが貧弱だった。タイプライターの上にセットしてパソコンからの出力で、タイプライターのキーを自動的に押す機械がありそれを使っていた。

②ロットリング

学会発表の図表、論文投稿の図表は、製図ペンでトレーシングペーパーに描いていた。描いた図表は写真を撮り現像して、アンモニアガスでブルースライドに。発表前の事前チェックでスペルミス見つかったら、夜遅くまでスライド作り直しなんてことも。

③穿孔カード

4 回生時代の大型コンピュータのプログラムは、穿孔カードにカード穿孔機でタイプ打ちして、1 行のプログラム(80 文字以内)を 1 枚の穿孔カードに。出来上がった穿孔カードの束(プログラム)をカードリーダーに読み込ませてプログラム実行していた。院生になると、研究室のパソコンに電話回線で繋げるようになり、大幅にデバックや計算の速度が向上。回線接続は電話と音響カプラーで、通信速度はいまでは考えられない 300bps。

④Basic 言語パソコン

シャープのポケコン PC-1211(当時で 4 万円ぐらい)で Basic を覚え、NEC のパソコン(8000、8800 シリーズ)で Basic をマスター。会社に入っても、Basic 機は自由に使えたが、日本語ワープロはまだ使えなかったので、Basic の PRINT 命令を駆使して、Basic プログラムの中に日本語を直接書き込みワープロとして使っていた。パソコンも就職したら購入したい物品の 1 つであった。当時、一番良い性能で周辺機器 1 式で 100 万円近くかかったと思う。友人に、「パソコン」か「車」で迷っているが、どっち買ったほうが良いかを尋ねたところ、「パソコンでは女は引かからない」との助言で車を購入することになった。購入した車は、名車 86 レビン(1600cc)の見た目は同じ中身は違う 85 レビン(1500cc)。

※86 レビン : 1983 年にトヨタ自動車が発売したカロラのスポーツモデル

<https://ja.wikipedia.org/wiki/トヨタ・AE86>