

触媒懇談会ニュース

触媒学会シニア懇談会

科学的思考を武器にする（第1報） ～書くことは考えること～

ビック情報 山松節男

1 はじめに

触媒学会のシニア懇談会ニュースの場を借りて、研究人材教育プログラム（「科学的思考を武器にする」／（表1・表2））を7回に分けて紹介したい。既報で断片的に紹介していたものを改めてプログラムに沿って紹介する[2],[3],[5],[6]。

初回は、「書くことは考えること」。言い古された言葉ではあるが、このことの意義をまず考えてみたい。

2 研究開発の成功確率を高める

ノーベル賞受賞の確率は100万分の1。ノーベル化学賞を受賞された吉野さんの言葉である。100万分の1と聞くと凡人には不可能と同義に聞こえる。

さらに続けて吉野さんは、10分の1を6回繰り返せば100万分の1。要は節目ごとに10分の1の確率を確実に当てて外さなければいいと言う。

実は、本教育プログラムの目的は研究開発の成功確率を高めることである。それには武器が必要である。科学的思考が武器になる。プログラム名「科学的思考を武器にする」にはそのような意を込めた。

このような教育の必要性に気付かされたのは触媒学会のキャタリシススクールで「実用触媒の開発」の演題で講義をお引き受けしたことに遡る[7]。この講義では企業の触媒研究初学者を対象に研究開発の成功確率を高めるいくつかの定石並びに科学的思考の「コツ」をお伝えしてきた。

科学的思考を鍛える、あるいは習慣化させることを狙いとした体系的な訓練プログラムの重要性を痛感した次第である。

3 科学的思考

「科学的思考」を論理的思考（論理力）と誤解する向きが多いが、懐疑的・批判的思考（創造力）を併せた力である。決して特別な力ではない。研究開発・ものづくり・ビジネスの世界、あるいは文理の枠を超えてまず身に付けておくべき素養の一つである。

フィンランド・メソッドと呼ばれる小学校のカルタ遊びがある[1]。カルタの絵を見て、なぜ・それで、本当か・他にと自問自答させる。

実は、論理力とはなぜ・それでと問いかける力であり、創造力とは本当か・他にと問いかける力である。フィンランド・メソッドは

表1 科学的思考を武器にする、一日目カリキュラム / 「分かりやすく・論理的な文章」を書く

	カリキュラム	ポイント	演習	頁※
	Lesson 1	「書く」ことの意義 ～いつでも・どこでも・実践的～	・「書く」ことは「考える」こと (「科学的思考」の訓練)	本教育への期待 P9 ～ p38
文章の構造化	Lesson 2-1	「主題文」の工夫 ～流し読みできる～	・視覚化	大型自動回転ドア事故 P39 ～ P60
	Lesson 2-2	「掴み」の工夫 ～結論先出し～	・結論先出し (「問い?」への答え)	スプレー塗装 P61 ～ P90
	Lesson 2-3	「分ける」工夫 ～論理構成～	・論点を分ける	チャレンジャー号爆発事故 P91 ～ P110
思考の構造化	Lesson 3-1	考えを「広げる」 ～フレームワーク～	・多面的に考える ／分解・フロー・比較	HHK提案数減少・マンネリ化 (論点を多面的に整理する) P111 ～ P142
	Lesson 3-2	「重要」な論点に絞る 例えば、優先順位の高い ～アウトライン化～	・考えを絞る	HHK提案数減少・マンネリ化 (論点を絞る、アウトライン化) P143 ～ p158
	Lesson 3-3	主題文をサポート文で補足する ～サポート文～	・解説・根拠・具体例 ／論理的つながりは (どうしたことか)本当かなぜ・他にそれで	HHK提案数減少・マンネリ化 (サポート文で補足) P159 ～ P182

※教材(ver18.3)の頁No.

なぜ・それで・本当か・他にと問いかける習慣を小学校のころから身に付けさせるためのものである。

論理力・創造力。難しそうに聞こえるが、なぜ・それで・本当か・他にとフレキシブルに自問自答する力のことである。

3.1 なぜ・それで(論理力)

なぜ(そう言える)を5回繰り返せとよく言われる。考えが表面的だからである。何が本質的な論点か、なぜなぜと自問自答する。それにはコツがある。要素に分けて、視点を変えて、原理に戻って考えるのがコツである。

では、例えば視点を変える?あるいは本質的かどうか、どう判断する?これらの具体的な方法論までは指導されたことがないのではないか。

それで(何が言える)と問いかける際にも

コツがある。一般化・抽象化して、統合化して、あるいは上位概念で考える。なぜ(そう言える)以上に、より訓練が必要かも知れない。

なぜ・それで、いずれにしても方法論が身に付いていないと空回りする。

3.2 本当か・他に(創造力)

分かっている(思い込み?)ようで分からないこと・曖昧なまま(違和感?)受け入れていることは、実は身の回りにたくさんある。本当か・他にと問いかけることが意外とできない。思考は停止したままである。

これにもコツがある。当たり前のことであるが、本当か・他にと常に意識しそれを口にするのである。例えば、期待と異なる結果が得られた場合、私たちはなぜ・それでと必ず問い返す。では、期待通りの場合はどうか?本当か・他にと一度は問い直さねばな

表2 科学的思考を武器にする、二日目カリキュラム / 考えを「広げる(多面的)」「深める(本質的)」

	カリキュラム	ポイント	演習	頁※
思考の構造化/続	Lesson 3-4 考えを「深める」 ～ロジックツリー～	・ 本質的？ ／例えば、合理的・効果的・feasible	HHK提案数減少・マンネリ化 (表面的 or 本質的)	P9 ～ P30
	Lesson 3-5 「問い？」を外さず論理構成する-1 ～例えば、仮説～	・ 本質を捉える ／なぜを繰り返し併せて本当か・他に・それで	HHK提案数減少・マンネリ化 (現状-課題-方法)	P31 ～ P56
	Lesson 3-6 「問い？」を外さず論理構成する-2 ～例えば、検証～	・ 結果の信憑性・意義を議論する ／本当か・他に・それで・なぜ	HHK提案数減少・マンネリ化 (結果-議論-結論)	P57 ～ P88
応用	Lesson 4 分かりやすく論理的に簡潔に伝える ～例えば、PPT～	・ アウトラインを伝え、サポート文・図・表・グラフで補足 ／階層化	HHK提案数減少・マンネリ化 (PPT一枚もので説明)	P89 ～ P122
	Lesson 5 「仮説」を立て、結果を「検証」 ～例えば、PDCA～	・ キモは「課題」&「議論」 ／本質を捉える、信憑性・意義を議論	論理的で分かりやすいプレゼン (現状-課題-方法)	P123 ～ p140
	Lesson 6 科学技術論文 ～例えば、IMRAD形式～	・ パラグラフライティング作法 ／主題文(メッセージ)・サポート文	アサインされているテーマ… (フォアキャストorバックキャスト) 序論-方法	P141 ～ P166
	Lesson 7 ラップアップ ～科学的思考の習慣化～	・ 「科学的思考」の「型」と「コツ」 ／いつでも・どこでも・実践的	最終課題	P167 ～ P188

※教材(ver18.3)の頁No.

らない、これができない。「前提条件を疑え」とはよく言われる。これも同様である。

あるいはなぜ・なぜと本質を掘り下げる場合でも、なぜだけでなく本当か・他にと問いかけることができれば、思考が分岐され新たな発想につながるのではないか。

なぜ・それで以上に、新たな発想は本当か・他にと問いかけることから産まれることが多い。

4 書くことは考えること

科学的思考(なぜ・それで、本当か・他に)の訓練、思うほど実は難しくはない。

書くことは考えることである。ただ書くのではなく、文章を構造化しなければならない[6]。それが考えることをアクセラレートする。構造化された文章とは、第2報で取り上げる話題であるが、掴み-主題文-サポ

ート文の構造をもつ文章のことである。パラグラフライティングの作法に沿った文章でもある。思考を論理的に組み立て・分かりやすく表現する(伝える)、そのための型である。構造化された文章を書くということは、頭の中では、なぜ・それで、本当か・他にを常に繰り返している。

構造化された文章の型を理解し、

- ①構造化された文章の型を使いこなすコツ
- ②構造化された文章の型に沿って思考を組み立てるコツ
- ③構造化された文章の型に沿って話す・伝えるコツ

これらの型とコツが身に付けば、書くことは考えることであると実感できる。

5 科学的思考の型とコツ

構造化された文章を書くことを前提に、

科学的思考の手順は以下の通り僅かな型とコツにシンプルに体系化できる。これらを本教育では順次訓練する。

【型】

- ・考えを組み立てるための文章の型（掴み-主題文-サポート文）
- ・考えを広げるための思考の型（フレームワーク／分解・フロー・比較）
- ・考えを深めるための思考の型（ロジックツリー／なぜを繰り返し、本当か・他にと思考を分岐させる）

【コツ】

- ・「構造化された文章」を書くコツ（以下、「文章の構造化」）
- ・「構造化された文章」の型に沿って考えを組み立てるコツ（以下、「思考の構造化」）
- ・「構造化された文章」の型に沿って考え（メッセージ）を論理的にサポート文で補足し伝えるコツ（パラグラフライティング）
文章の構造化のコツ（①，②，③）として紹介した通りである。「書く」・「考える」・「伝える」コツとも言い換えられる。

6 科学的思考の習慣化

科学的思考の型とコツが身に付けば、あるいは科学的思考を習慣化できれば思考の組み立て方が一新される。

まずメッセージ（伝えたいこと）、主題文である、これを一義的に最初に言語化できるようになる。普通、これができない。

それには多面的に捉える、本質を捉える、信憑性・意義を議論する、これらの手順を自分のものとする必要がある。

具体的には、以下の手順を習慣化していただきたいということになるが、思考の組み立て方が一新されるのはもちろんのこと、

科学的思考の習慣化が一段と進む。

【まずメッセージ／伝えたいこと】

- 1.多面的に捉える、それには対象を分解・フロー・比較し考える
- 2.本質を捉える、そのためにはなぜを繰り返し併せて本当か・他に・それでと自問自答する
信憑性は、結果が期待通りの場合は本当か・他に、期待と異なる場合はなぜ・それでと自問自答する
意義は、それで・なぜと自問自答する

【ついでサポート文／メッセージを補足】

- 1.メッセージを主題文として言語化する
- 2.主題文をサポート文（解説・根拠・具体例）で論理的に補足する
論理的つながりは（どういうこと・）本当か・なぜ・他に・それで

実はサポート文の論理的つながりを訓練することが科学的思考の習慣化には重要である。このことも強調しておきたい。

パラグラフライティングではこのことを指導してくれない。本教育では科学的思考の習慣化に欠かせないため、サポート文の論理的つながりを重視する。

7 意を砕いたこと・特色

7.1 意を砕いたこと

本プログラムを準備するにあたり、意を砕いたことを3点あげておく。

7.1.1 科学的思考をシンプルに体系化したこと

科学的思考を僅かな型とコツにシンプルに体系化したことは前記した通りである。

同趣旨の教育プログラムでは科学的思考の型とコツがシンプルに体系化されていない嫌いがある。先人の多くがOJTあるいは

独学で身に付けてきた。そのため、成功・失敗体験としてそれぞれに語られ、科学的思考を究めたい私たちにとっては体系的、シンプルさの点では物足らなかった。

一方で、関連する教育、テキストの類は数多くある。例えば、論理思考などと銘打った解説本は多い。しかしながら、研究開発の成功確率を高めるために科学的思考を訓練したい私たちには敷居が高い。事例・演習がどちらかと言えばビジネスマン対象のものが多く、理由の一つである。

7.1.2 習慣化容易でいつでも・どこでも訓練できること

文章を書くことが基本である。

セミナー・教育・研修等で教わったことの多くは大概身に付かないのが常である。しかしながら本プログラムは文章を構造化することから入るため、習慣化容易でしかもいつでも・どこでも訓練できる。

お伝えすることの全ては習慣化できなくとも、文章の書き方、分かりやすく論理的に伝えることなどは習慣化できるはずである。

科学的思考を習慣化していただくことが目的ではあるが、それはそれで意義がある。

7.1.3 実践的であること

科学的思考は実は日々の業務で実践的に鍛えることができる。私たちが日々行う業務を考えてみる。業務のサイクルは、仮説を立て、得られた結果を検証する。ついで報告（技術報告、科学技術論文等）、あるいはプレゼン。この流れである。頭の中で回しているのはやはり、なぜ・それで、本当か・他にである。

本プログラムでは、文章の構造化、思考の構造化の基本をまず訓練した後、その応用としてパワーポイント（以下、パワポ）、

PDCA（仮説と検証）、IMRaD形式の科学技術論文（企業の場合は、技術報告（以下、技報）あるいは職転論文など）の順に実践的に訓練する（表1・2）。

改めて、いつでも・どこでも・実践的に訓練できるプログラムである。

7.2 特色

本教育の特色を3点あげる。

- (1) 演習主体の教育である
- (2) 受講者個別に改善点をフィードバックする

科学的思考の型とコツを訓練するプログラムであるから、型とコツができていようかどうかを○×で判定しやすい。受講者個別にそれぞれコメントを付記してフィードバックする。

プログラムは段階を踏んで難度が高まるため、指摘した改善点をひとつずつつぶしながら、本プログラムを完走すれば確実に科学的思考を習慣化できる。

- (3) 専門性（文理）・職務・経験に関わらずどなたでも取り組める

研究人材教育が主たる狙いではあるが、実は受講者のレベルに合わせてどなたでも取り組めるように工夫している。文理の枠を越えて受講できる。

8 終わりに

研究開発を管掌する大手の化学企業の役員の方とお会いして研究人材教育について意見交換する機会が多々ある。

よく話題になるのがパワポの弊害である。研究人材教育とは一見無関係に聞こえるが、そのせいで技報、提案書が書けない研究者が増えていると嘆かれる。

パワポの弊害の理由を二つ指摘される。

一つは見栄えのいいもっもらしい図が小綺麗にレイアウトされているものの、肝心のメッセージが言語化されていないパワポである。今一つは、根拠が言語化されていないため論理的にフォローできないパワポである。両者ともに何を議論あるいは判断していいか困るのではないか。

amazon が会議の資料としてパワポを禁止していることはよく知られている[4]。パワポに換えて word で、論理的で分かりやすい文章(おそらくは構造化された文章)で簡潔に報告することを求めている。

メッセージ,あるいは根拠不明なパワポ作りに慣れてしまうと、論理的で分かりやすい文章が書けなくなる。そうだろうか?

見栄えだけがいいパワポに始終目を通さざるを得ない立場の方たちが、それをパワポの弊害と誤解されるのも無理はない。

事実はその逆である。パワポの弊害で構造化された文章が書けなくなるのではなく、構造化された文章が書けないから、メッセージ・根拠不明なパワポが乱造される。

研究人材教育に話を戻すと、実は、論理力・創造力を鍛えるのにもっとも重視するのが構造化された文章を書く訓練(パラグラフライティング)である。

書くことは考えることである。

本教育に寄せられる感想は文章が上手になった、パワポのプレゼンが上手になった、職転論文が書けるようになったが実に多い。

プログラム本来の狙いは科学的思考の習慣化であるから苦笑せざるを得ないが、これらも本教育の立派な狙いなのかなと思う。お役に立てていることがうれしい。

第2報以降は不定期になるが以下のように予定している。

第1報:書くことは考えること

第2報:文章の構造化

第3報:思考の構造化,例えば多面的に考える・本質を捉える

第4報:問いを外さず論理構成する

第5報:論理的で分かりやすく伝える,例えばパワーポイント

第6報:PDCA(仮説と検証)

第7報:科学技術論文(IMRaD形式)

(引用・参考文献)

- [1] 北川達夫,フィンランド・メソッド入門,株式会社 経済界 (2005)
- [2] 山松節男:「書く力のコーチング.その狙い-理系企業人を目指す学部学生のための工学倫理教育(第1報)-」,触媒学会,シニア懇談会 NEWS Vol.129 (2019)
- [3] 山松節男:「論理的プレゼンテーション力のコーチング -理系企業人を目指す学部学生のための工学倫理教育(第2報)-」,触媒学会,シニア懇談会 NEWS Vol.132 (2019)
- [4] 佐藤将之:「amazon のすごい会議 ジェフ・ベゾスが生んだマネジメントの技法」,東洋経済新聞社 (2020)
- [5] 山松節男:「人生三毛作 ~人にできないことで,高齢者となった自分にできること~」,触媒学会,シニア懇談会 NEWS Vol.158 (2022) .
- [6] 山松節男:「科学的思考」を武器にする~例えば,PDCA力(仮説と検証)~,触媒学会,シニア懇談会 NEWS Vol.167 (2022) .
- [7] 山松節男:「実用触媒の開発」,触媒学会,キャタリシススクール, pp.94-107 (2023).
(令和6年3月1日)