



前に進もう

8月25日、当塾のHPに、「全ての皆様へ」と題して、以下のような主張を展開しました。

(1) この期に及んで、未だに「公開テスト」「学力診断テスト」などありえない「即興力テスト」を学力診断に用いようとする人たちがいます。多分、彼らの殆どは全く「知的創造的実績」を持ったことのない人達だと予想できます。そうしたテストと現代が主要に要請する「知的創造的能力」との因果関係は全く証明されていません。ローカルな、あるいは即興的な「競争と選抜」の論理の中では勝ち抜けるかもしれませんが、間違いなくそうしたものに対する努力の継続が、現実のこの国の科学技術力、それを象徴する「Top10%・Top1%補正論文数」のランキング、労働の生産性などの著しい低下を誘導してきました。

これは、既にこの国の歴史が証明した真実であり、もはや議論の余地はありません。

(2) この国は、よく知られたように既に「低学力社会」であり、「低学歴社会」でもあります。そこに、少子高齢化が負ぶさり、国際比較での労働の生産性の著しい低下が不可逆的に進行しています。

研究開発投資の倍増が叫ばれていますが、事態の改善の兆しはどこにも見えません。たとえ、研究開発資金を3倍にしても、研究開発をになう人材が育っておらず、「Top10%・Top1%補正論文数」のランキングは低下し、この国の科学技術力と労働の生産性は、依然として後退を続けるでしょう。

(3) 勿論、教育は生産性向上のためだけに行うものではありません。しかし、ICTやAIが著しく発展しつつある現代、人の労働は、日に日にAIやAIを実装したロボットだけでは処理困難な課題、特に人の「知的創造的能力」の発現を不可欠とする労働にシフトし続けています。AIも徐々に知的創造的能力を持ちますが、もしAIが人を超えることが起こるようになったとしても、部分的であり、全面的に人を超える(シンギュラリティ)議論は、将に人知を超えます。

昨日までは人がやらなければならなかったことが、今日から全自動で処理できる、ということが日常的に進行しています。AIは、明確な課題を設定すれば、その遂行のためのコンピュータプログラムさえ書けるようになるでしょう。解が明らかになった課題は、全自動で処理されるようになるでしょう。そして、こうしたことは、日常的なこととなるでしょう。

(4) 人は、ますます人でなければできないこと、人がやってこそ価値があることに限定したことに集中しなければならなくなります。その一つが「知的創造的能力」の発揮です。したがって、間違いなく現在が要請する主要な教育目標は「知的創造的能力」の育成です。それは決して「即興力テスト」で計量できるような能力、あるいは無自覚に獲得できる可能性を持った能力ではありません。

続きは、p.2の「日本の道?」や、p.4の「三平方の定理から」で読んでください。

基本的には、これらに付け加えるものはありません。上の

主張に賛同するのも、否定するのも自由です。しかし、人には多様性があり、しかも多様性は創造性の母体です。既に現在においては、自らが有為で知的実績を持ちたいと思うならば、上記のような決意を持つしか道はありません。結果には誰も責任を取ってくれません。そして、多くの人がいま立ち上がらなければ、従来の延長上にしか事態は進行せず、この国の基礎学力の後退 → 科学技術の後退 → 労働の生産性の後退は不可逆的に進行します。(「不可逆」という語は、p.5で概説します)

現実には、我々の望む方向には動いていません。一例をここに示します。

泉南市と市の教育委員会は、現状のままでは小中学校の教育が現実的に維持できない、という視点でまとめた「泉南市立小中学校再編計画」の説明会を行いました。

一方「泉南市の教育を考える会」はこれを「子どもの学びを壊す小中学校再編計画」として現状維持を主張しています。

当塾は、本来、こうした具体的な政策に賛否を表する立場にはありませんが、筆者は一市民として、この国の全面的な学力後退・科学技術の後退・労働の生産性の後退を前にして、今やるべきは、まず現実が強く要請する主要な教育目標達成のための教育内容の議論ではないのか、と考えています。内容があっても、方法や制度があるはずで。

現代が要請する主要な教育目標は、最大限の多くの人たちが知的創造的能力を獲得することです。民族・地域の多様性は創造性の貴重な源泉の一つです。よって、大学学士課程までは、出来るだけ地域で教育することが望ましい。少なくとも小学生は、徒歩で通える、中学生・高校生は自力、例えば自転車を通えるところにあることが重要です。大学学士課程でも、自宅から通える程度の距離の大学で学習するのが望ましい。そのためには、安全・安心な都市計画の中に、何よりも安全な通学路の整備(通学路には切れ目ない防犯カメラの設置など)を含めておかねばなりません。

現在泉南市の公立中学生は、高校入試という、現在では否定的な役割しか果たさない原始的な「競争と選抜の論理」に引きずられ、創造的な能力の成長が著しく阻害されています。このままでは、良くないところは私立中高一貫校と同じです。全ての中高生が、もっと伸び伸びと個性・意欲・能力に応じた、もっと一貫した高度な基礎科学の修得に全力で集中できる教育環境を整備しなければなりません。

小中学校の再編には、市内あるいはその近くに、それぞれの生徒の多様な個性・意欲・能力に十分対応できる総合的な高校を不可欠としています。小中学校の再編問題を、小中学校だけの再編問題に限定すれば、それは最初から解は存在しません。何を教育するのか、どういう教育をするのか、という内容の議論を先行させなければ、地域と地域文化は空洞化し、少子高齢化はさらに進みます。

市と市の教育委員会は、市在住の全ての多様な能力を持つ児童・生徒が自らが選択し、通える全入の高校へ進学できるよう、全力で取り組んで頂

きたい。生徒それぞれの個性・意欲・能力に適切に応じた最適の中等教育が地域で受けられるよう工夫頂きたい。科学教育に限り、学年制は撤廃する必要がある。近くに私立学校があるのならば、部分的な連携も考えても良い。基礎科学教育は、出来るだけ早期に「知的創造的実績」を持った人が担当するようにしていただきたい。それらが、現代の教育を受ける権利です。

大学学士課程は、地域文化の中核です。意欲と才能がある泉州の高校生にも、大阪大学、大阪公立大学のいくつかの先進的な大学連携講座(科目等履修生)が受けられるようにしていただきたい(文科省は、それを大学の単位と認定し、大学を3年で卒業できるように計画している)。地域の活性化は、地域の創造性の帰結である、と言えるような工夫が存在するはずで

いずれも、府教育委員会との連携・権限の一部委譲を必要とします。「泉南市立小中学校再編計画」は、そうしたことの一部とならなければ意義はありません。

少なくとも現状では、行政に先行して、市民の一貫した「知的創造的能力」を希求する自律的な取り組みが欠かせません。

塾からのお知らせ

1 時代は、一人一人が自律的で知的創造的な存在であることを強く要請していますが、日本は、少子高齢化と人口減少の中で、低学力・低学歴社会となっています。

2 当塾は、それぞれの塾生の学習戦略を、個性を尊重して個別に話し合っ

3 塾を休む時は、必ず保護者からご連絡ください。

授業は(話し合っ

4 塾の月謝は、前納制です。月末に月謝袋をお渡ししますから、当月の月謝は、最初の塾の日に納めてください。必ず、領収書を発行しますから、その日に確認してください。

塾生募集中 募集中のコース

少人数ですが、常時募集しています。詳細は、当塾のHPを見るか、電話でお尋ねください。各学年、現在の学力は問いません。ひたすら、その学習意欲のみを問います。現在、中3は募集停止中です。

募集中のコースと月謝

*公立中学進学コース(小学5, 6年)

英語, 算数, (国語), (理科) 8,000円

独自のカリキュラムで英才を目指します。

*中学1年 英数コース 10,000円

国語は国語ゼミ, 理, 社は演習で学習します。

基礎からの指導を受けられます。

*中学2年 英数理コース 12,000円

社会は演習, 国語は国語ゼミに参加できます。

英・数は4以上の生徒が望ましい。

*中学3年高校受験コース 14,000円

英, 数, 理, 社, 国語ゼミ, 受験指導

カリキュラム構成は、塾生の成長・意欲、学校の状況変化に対応して、随時変化しています。現在は極少数で個人指導となっています。授業は、曜日、時間、授業時間数、さらに月謝についても要望に柔軟に対応することが可能です。ご相談ください。

日本の道?

1 文部科学省 科学技術・学術研究所は2021年8月10日「科学技術指標2021」

を発表した。

概要 「科学技術指標2021」における主要な指標を見ると、日本については研究開発費、研究者数は共に主要国(日米独仏英中韓の7か国)中第3位、論文数(分数カウント法)は世界第4位、特許ファミリー(2か国以上への特許出願)数では世界第1位です。これらは昨年と同じ順位ですが、注目度の高い論文数(Top10%補正論文)では世界第9位から第10位となりました。(1位:中国, 2位:米国, 3位:英国, 4位:ドイツ, 5位:イタリア, 6位:オーストラリア, 7位:カナダ, 8位:フランス, 9位:インド)

同時に、その比較資料集とも言うべき

「科学研究のベンチマーキング2021」

を公表した。

概要 「科学研究のベンチマーキング2021」から明らかとなった日本の状況を見ると、日本の注目度の高い論文数(Top10%・Top1%補正論文数)の世界ランクは2000年代半ばより低下していますが、ここ数年では順位を維持しています。ただし、論文数、注目度の高い論文数ともに、世界シェアは継続して低下傾向にあります。

日本の分野別の状況を詳細に分析すると、臨床医学、環境・地球科学の論文数が増加する一方で、物理学、材料科学、化学の論文数が減少しています。その他に、

○日本の大学部門や公的機関部門の研究開発費の伸びは他の主要国と比べて小さい。 ○日本の大学部門や公的機関部門の研究者数の伸びは他の主要国と比べて小さい。 ○日本の博士号取得者数は減少傾向にある。など重要な多数の指標が示されている。

さらに、英教育専門誌タイムズ・ハイヤー・エデュケーションの「22年度世界大学ランキング」(2021年9月2日発表)の上位200校には東京大(35位)、京都大(61位)の2校しか含まれず、中国10校、韓国6校、香港5校と差がついた。

ついに、ここまで来たか、の感がある。こうした結果は、10年後ぐらいには、あらゆる方面での国力の決定的な後退をもたらす、さらにその後少なくとも10年はその影響が継続すると予想される。日本は、墮ちるとこまで、既に墮ちているのだ。したがって、その復興は、上手くいっても20年かかる。それが歴史の教えるところだ。

2 多くの人たちの分析は、以下の、朝日新聞論説委員 古

谷浩一氏の8月11日のコメントに代表される。

中国の友人によると、中国発で注目度の高い論文数が増えているのには大きく言って3つの理由があるという。

1つ目はお金。重点大学の理工系の研究室ならば、日本とは比べようもないほどの予算をかけて研究ができると話す研究者は多い。中国共産党政権は「科学技術強国」を目指すとの目標を掲げており、多くの国家予算を科学技術研究に投入する流れは今後もさらに強まる見通し。

2つ目は自由。科学技術の分野の研究において、中国では私たちが外から考えている以上に自由な研究が許されるのだとか。後発だからこそしがらみに縛られずに新たな研究にチャレンジできるということもあるし、倫理問題での縛りも分野によっては極めて緩いと言われる（ゲノム研究の話などか）

最後に3つ目は、文系分野の研究の政治的リスクが高まっているため、親たちは子どもが勉強のできる子ならば、なるべく理工系に進ませようとする傾向にあり、理工系の研究者に優秀な若者が集中しているのだとか。まあ、これは以前からあった話だが、最近はより一層その傾向を強めているらしい。若者の就職難の話も微妙に絡んで、優秀な若者が職業研究者になりやすい状況にあるのかもしれない。

さらに、いまの米中対立がさらに進めば、この問題にどのような影響を与えていくか。関連した多くのテーマについて考えさせられるニュースである。

おおよそ当たっているのだろう。中国の科学技術の振興には、膨大な研究開発予算、後発組の自由度の大きさ、現実回避が、大きく貢献していることに間違いはない。即ち、それらは中国の科学技術の躍進の要因であったことに間違いはない。しかし、少なくともここからだけでは何も得られない。なぜなら、この日本には、何一つそれらを伴わないからだ。

「ノーベル賞候補が中国で研究 日本の「頭脳」流出懸念」
共同通信社 9/3

が報じられた。

光を当てるだけで化学反応を促進する「光触媒」を発見し、ノーベル賞候補に名前が挙がる藤嶋昭氏（79）＝東京理科大学学長、東京大特別栄誉教授＝が、中国の上海理工大で研究を進めることが3日、分かった。

勿論、中国にも多くの問題がある。

「塾は非営利に強制転換、

中国政府の「意見」で教育産業が大パニック」

日経ビジネス 2012/8/2 広岡 延隆

7月24日、中国共産党中央弁公庁と国務院（政府）弁公庁は「義務教育段階の児童の課題負担と課外教育負担減少に向けた意見」を発表した。その内容は、「懲罰的」と言っていほど教育産業にとって厳しいものだ。「学科類」と呼ばれる語学や数学などの校外補習を行う学習塾について、既存企業は非営利組織に転換させて登録を義務付ける。新規開業は認可しない。上場も外国資本による買収も禁じる。学校から高い給与を提示して教師を引き抜くことは禁止される。広告を出すことも、海外にいる外国人を雇ってオンライン授業をすることもできなくなる。学科類以外の教育企業についても、定期的に厳しい審査を行うとしている。まずは北京、上海、瀋陽、広州、成都、鄭州、長治、威海、南通の9都市がパイロット地域として指定された。

このニュースの続報が次々と入ってくる。中国では、あらゆるものが極端で、すでに閉鎖・罰金・摘発が強行されている。その背景には、少子化と学卒の就職難がある、と報じら

れている。

日本にも、かつて、「ジャパン アズ ナンバーワン」と言われた時代もあった。その強い相関関係として、21世紀に入ってから日本のノーベル賞受賞者は、米国に次いで多かったのだ。しかし、今は見る影もなくなりつつある。既に、文部科学省が8月10日に発表した「科学技術指標2021」によると、注目度の高い論文数（Top10%補正論文）では、中国が米国を抜いて初めて首位となる一方、日本はインドに抜かれ、2桁台の世界10位に転落していたのだ。今後数年では、間違いなくさらなる低迷が続く。こんな時、他山の石を傍観していても、何一つ自らの展望を開くことはできない。歴史を切り開く合理性ある政策を展開しなければ、この国には、未来はない。既に、金がないから、少子高齢化社会だから、何もできない、では政策とは言えないのだ。

長く、この国の経済や科学技術の発展は「人口ボーナス」と「競争と選抜の論理」が主導した、と説明されてきた。勿論、少子高齢化の現代においては、それを望むべくもない。多くの人は、それに代わる原動力を、研究・開発費の倍増に期待する。しかし、筆者は、それは違うのではないかと考えている。科学技術の担い手、人材の育成の基盤が殆ど崩壊してしまっている、とみているからだ。即ち、日本の復興は、主要には「教育問題」であるとみているからだ。

3 8月25日付けの当塾のHPの引用の続ける。

既に現代社会は、上からの指示に忠実に従う勤勉な労働者を要請しているのではない。無数の、既成の技術やAIなどによる指示だけでは解決困難な課題や「人」の創造的な関与が不可欠な課題に直面しており、総力を挙げてそれらに取り組みねば、この社会は、存続さえ困難となりつつある（パンデミック、地球温暖化、食糧危機、etc、どれ一つとっても、解決は容易ではない）。多くの分野では、既に既成の科学技術や人の働き方の中では、解が存在しなくなっている。

日に日に猛烈な勢いでICTとAIが発展しつつある現代では、人は、当面する課題であれ、将来の持続可能な社会の実現に不可欠な課題であれ、確立したシステムだけでは処理できない人の創造的な関与が欠かせない課題に取り組みねばならなくなっている。殆どの人の訓練によって達成できることは、自動化したシステムによって、より高速で高精度に処理できるようになる。即ち、合理的な訓練と創造性の獲得との間に大きな乖離が存在するようになっているのだ。

人は、ますます人でなければできないこと、人がやってこそ価値があることに限定したことに集中しなければならなくなる。その一つが「知的創造的能力」の発揮だった。したがって、間違いなく現在が要請する主要な教育目標は「知的創造的能力」の育成である。それは決して「即興力テスト」で計量できるような能力、あるいは無自覚に獲得できる可能性を持った能力ではない。

「知的創造的能力」の源泉は、人それぞれの多様性（母語、地域文化を含む）と、過去の発展の契機を踏まえた高度な基礎科学力である。特に中等教育の当面の目標は、大学学士課程で十分高度な基礎科学の修得が可能ないように、基礎科学的な思考力を修得することだ。自覚的に「知的創造的能力」

の獲得をめざして学習しなければ、単なる物知りに終わる。

最も確かな学習法は、科学史が教えてくれる。しかし、科学史自身は複雑でしかも紆余曲折がある。科学の学習にとって、科学史と適切な距離を保ちながら最先端の科学にまで学習を進めなければ、生涯自らが科学の一ページに何らかの記述を残すことさえかなわなくなる。

何らかの研究開発的な課題に取り組み、無数に新しい課題が見えてくる。自分あるいは自分たちがそれらにどう向き合うかは、重要な問題だが、いずれにしても、課題が尽きることなどありえない。既に製薬会社では、5割以上の人々が研究開発部門で働いている。殆どの企業でも、大半の人は研究開発に携わる時代になると予想される。

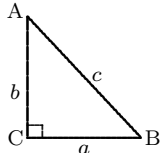
この国の停滞の要因の一つに、時代遅れとなった勤労者のスキルの再教育システムの欠落に求める考え方があるが、これは全く本質を見失った議論だ。もちろん、技能の更新は、人も含めてあらゆるシステムで不可欠だが、新しい確立した技術の修得ならば、AIの方が上手くやれ、人の関与はそれほど必要ではなくなる。人には、むしろ、その技術の発展や改善に働くことが要請される。

既に、自らの学力(知的創造的能力)形成に戦略的に取り組むべき時代になっている。大雑把に言えば、それは基礎科学力だ。科学の発展の特性は、単純な形式論理学の適用ではありえない。新しい事実(現実)に対する認識の飛躍(これの大きなものはコペルニクス転回と言う)がある。現代の教育には、多くの人々がそこに深く関与することが求められているのだ。口を開けて待っているだけでは、何も得られない。

三平方の定理から

1 『中学数学基礎』には、三平方の定理を①ユークリッドの『原論』の方法、②方べきの定理による方法、③トレミーの定理を使う方法、④正方形の分割による方法(これにはいろいろある)、⑤直角三角形の分割による方法(相似を用いる)、などを紹介している。さらに「三平方の定理」の逆の定理も、間接法と直接的な証明法で証明している。

三平方の定理
直角を挟む2辺を a, b , 斜辺を c とすると
 $a^2 + b^2 = c^2$
となる。また逆も成り立つ。



それらの証明には、いずれも等積移動あるいは相似の考えが入っており、さらに相似条件には等積移動の考えが入っている。即ち、三平方の定理は、ユークリッドの『原論』においては、ユークリッド空間の面積(の移動)の考えと深く結びついている。数学史は、中学生はこれをしっかり学ばなければ、中学数学を学んだことにはならない、と主張する。

2 『中学数学基礎』では、続いて、どんな有理数の組が直角三角形の3辺となるかを調べている。こうした議論は全て整数の範囲で行えばよい。なぜなら、分数が関わるとしたら、3数の分母の最小公倍数をかけて、整数の組にしてお

けば、それは元の三角形と相似となるからである。

三平方の定理を満たす 整数の組 をピタゴラス数という。さらに、最大公約数が1であるようなピタゴラス数は素あるいは原始的(primitive)であるという。

m, n は互いに素な自然数とし、

$$a = d(m^2 - n^2), b = d \times 2mn, c = d(m^2 + n^2)$$

とすると、 (a, b, c) はピタゴラス数である。

$$\begin{aligned} a^2 + b^2 &= d^2(m^2 - n^2)^2 + d^2(2mn)^2 \\ &= d^2(m^4 + 2m^2n^2 + n^4) = d^2(m^2 + n^2)^2 = c^2 \end{aligned}$$

表は最も簡単な比となる場合のピタゴラス数の組である。

原始ピタゴラス数

m	n	a	b	c
2	1	3	4	5
3	2	5	12	13
4	1	15	8	17
4	3	7	24	25
5	2	21	20	29
5	4	9	40	41
...

もう少し詳細にピタゴラス数について議論しておく。

全ての原始ピタゴラス数が、 $a = m^2 - n^2, b = 2mn, c = m^2 + n^2$, (m, n は互いに素で、一方が偶数、他方は奇数の自然数)、で求められることは次のように証明できる。

a と b がともに偶数、 a と b がともに奇数、の場合 a, b, c は原始ピタゴラス数にはならない。したがって証明では b を偶数、 a, c は奇数としておく。 $c+a, c-a$ ともに偶数となるから、 $c+a = 2p, c-a = 2q$ (p, q は $p > q$ の自然数) とおく。ところが、 p, q の最大公約数を G とし、 $p = Gp', q = Gq'$, (p', q' は $p' > q'$ の互いに素な自然数) とおくと、

$c = p + q = G(p' + q')$, $a = p - q = G(p' - q')$ となって、 $G = 1$ でなければならない。

$b^2 = c^2 - a^2 = (c+a)(c-a) = 2p \times 2q$ より、 $(b/2)^2 = pq$ となり、 pq は平方数である。ところが、互いに素な2数の積が平方数のときは、それら2数はともに平方数でなければならないから、 $p = m^2, q = n^2$, (m, n は互いに素な自然数) とおける。よって、 $(c+a)/2 = m^2, (c-a)/2 = n^2, b/2 = mn$ である。したがって、 $a = m^2 - n^2, b = 2mn, c = m^2 + n^2$ となる。 m, n がともに奇数の場合、ともに偶数の場合は a, b, c が全て偶数となるので省いて、 m, n は一方が偶数、他方は奇数とする。

原始ピタゴラス数が無数に存在することは次のような場合を考えると簡単にわかる。

正の整数 n にたいして、 $(n+1)^2 = n^2 + 2n + 1$ となるが、

$2n + 1 = k^2$ となる正の整数 k が存在すれば、 $(n+1)^2 = n^2 + k^2$ となり、 $(n+1, n, k)$ はピタゴラス数となる。従って、 $k \geq 3$ の奇数 k を任意に選ぶと、 n が決まり、ピタゴラス数を求めたことになる。各組で k は最小の数だから、これらは全て別の組であり、原始ピタゴラス数は無数に存在することになる。

$$(k \geq 3 \text{ のとき}, n = \frac{1}{2}(k^2 - 1), n - k = \frac{1}{2}\{(k-1)^2 - 2\} > 0)$$

また、上のことを用いると、次のような性質があることがわかる。

a, b, c がピタゴラス数のとき、

- ① a か b は3の倍数である(関西学院大)、② a か b は4の倍数である、③ a か b か c は5の倍数である。

という性質がある。これらは、中学生にとって、「文字を使った説明」の問題の良い練習になる。略解しておく。

①について $\dots a, b$ ともに3の倍数でないときは $a = 3m \pm 1$ (m は

整数), $b = 3n \pm 1$ (n は整数) と表せる。したがって, $a^2 + b^2 = 3(3m^2 + 3n^2 \pm 2m \pm 2n) + 2$ (3 で割ったとき余りが 2) となる。ところが, $c = 3p, 3p \pm 1$ (p は整数) とすると, c^2 はいずれも 3 の倍数か, 3 で割ったとき余りが 1 の場合のみで, 余りが 2 にならない。よって a か b のいずれかは 3 の倍数である。

②について, b は $2mn$ で求められ, m か n は偶数だから, b は 4 の倍数となる。

③について, a, b, c のいずれも 5 の倍数でないとする。 a^2, b^2 をそれぞれ 5 で割った余りは, 1 または 4 である。したがって, $a^2 + b^2$ を 5 で割った余りは, 0 または 2 または 3 となるが, c^2 を 5 で割った余りは 1 または 4 であり, 矛盾する。したがって, a, b, c のうち少なくとも一つは 5 の倍数である。

『中学数学基礎』では, こうした議論はここまでとし, その後は, 無理数の導入に進む。

4 「抽象数学の手ざわり

ピタゴラスの定理から圏論まで 斎藤毅著

岩波科学ライブラリー 305 2021 年 7 月第 1 刷発行
が出版された。第 0 章で, 『中学数学基礎』とは全く違った原始ピタゴラス数の証明を与えている。証明をまじめに読めば, 中学生でも理解できる。

途中, ユークリッドの互除法を用いる。『中学数学基礎』には, ユークリッドの互除法の, 「構成的な証明」と「非構成的証明」の両方を与えている。「非構成的証明」は, この本のテーマに結び付いている。

既に何度も指摘したが, 高校数学の教科書や参考書には, ユークリッドの互除法の原理は書いてあるが, 証明はされていない。「構成的な証明」は, ベズーの等式や $318p + 246q = 2022$ (p, q は整数) の適切な解法へ導く。

それを手掛かりに, 現代の抽象数学への道が開けることを教えている。そして, 第 0 章のまとめには, 「現代数学は線形代数と微積分で支えられています」とあり, 中学数学を一通り学んだあとは, 全力で, 線形代数と微積分を学ばねば, それ以上の前進はないことを教えている。

筆者の経験では, 現状の高校数学のレベルでは, 本来の大学初年度の自然科学系の単位を取得することは, 極めて困難である。したがって, 結局, 大学初年度の教育レベルは, お粗末なものとなる。当塾の HP に示した大学 1 年生用の講義メモは, 一貫した展開を行っているが, 実際の講義では, 多くの部分で, 不完全な形で紹介せざるを得なくなっていた。高校での線形代数と微積分のレベルを上げておかねばならない。

やり方だけ覚えたり, 些末な技巧に目を奪われるのではなく, どの科学の分野でも, 歴史と現実の体系から発展の多様な契機を正確に把握し, 自らもスムーズに科学技術の発展に貢献できるよう備えることが, 極めて重要となってくる。

「抽象数学の手ざわり ピタゴラスの定理から圏論まで」には, 次の極めて興味ある定理が証明されている。

(a, b, c) がピタゴラス数で, 斜辺の長さが c が素数のとき, c をピタゴラス素数と言う。

定理

素数 p について, 次の 3 条件は互いに同値である。

- (1) p はピタゴラス数である。
- (2) $p = n^2 + m^2$ を満たす相異なる自然数 n と m が存在する。
- (3) p を 4 でわるとあまりは 1 である。

しかし, これは, 『中学数学基礎』のレベルでは証明できない。読者の堅実な学習を促している。

つづいてこの本では, 正三角形の対称性で射を, ガロアの理論で関手を, 行列と微分方程式を線形代数で, また複素関数とオイラーの公式を議論している。

著書は, よく知られた個別の理論を“抽象数学”的, 統一的に取り扱っている。無念なことに, 浅学の筆者(専攻は理論物理学)には, 理解不能なところも多数あった。

学習や教育の進め方は, 学習すべき基礎科学自身とその歴史が教えている。それに反し, 非合理的な「即興力」養成を目標とした教育や学習を押し付けることは, 人の最も重要な特性「知的創造的能力」の育成に重大な障害をもたらすことになる。

5 「即興力強化」を志向した学習, 与えられた課題をのんびり消化する取り組みでは, 現代が要請する主要な教育・学習の目標「知的創造的能力」は獲得できない。科学の学習においても, 現代の科学の現実に戦略的にアプローチしなければ, 十分な成果は得られない。そうした現実
に即して, 教師も, 自らの知的創造的活動の経験と実績を踏まえた指導を行わねば, 「知的創造的な能力」を育成することはできない。

当然のことながら, 一時でもコンパスのない状況での中学数学の学習などありえないし, 1 時間前後で一つの課題に答えるなどで数学的能力の片鱗さえ検定することなどできない。逆に, そうしたことに努力を集中すれば, 単純作業を繰り返す旧式のロボット以下の人間が育つだけだ。

頭の体操として, テレビなどで行っているクイズ番組などのクイズに挑戦したり, 難関校の入試問題に挑戦することに何の問題もないが, それらに短時間で正答するという結果は, その人の「知的創造的能力」の何の検定にもならないことを肝に銘じておかねばならない。即興力育成の果実は, 省エネの頭脳である。これは, 「自律的に考える」「創造的に考える」という目標と正反対の指向性を持つ。反省なく「クイズに取り組む」「入試勉強をやる」ことは, 現代の馬鹿になる道に過ぎない。

現代が要請する主要な教育目標「知的創造的能力」の育成・学習は, 目標を明確にした戦略的な取り組みを要請している。この国の学力・科学技術力・労働の生産性の不可逆的な後退をくい止め, 回復軌道に戻すためには, 長期で合理的・戦略的な取り組みが欠かせない。

筆者は, しばしば「不可逆的」という語を用いる。科学の世界で用いる「不可逆的」という言葉は, 「逆行不可能」とは全く違う。即ち, 外的作用によって, 多くの「逆過程」は実現可能である。外的作用には, 系外から当該の系への「有効エネルギー」(自由エネルギー)の注入が必要となる。結果として, 宇宙の有効エネルギーは減少する。宇宙は不可逆に変化しているが, 部分系では, 可逆的な変化は進行する。

こうした認識は, 19 世紀末までにほぼ確立した熱力学に基づく。熱力学の第二法則は「宇宙のエントロピーは非減少である」を主張する(詳しくは, 当塾の HP, 大学 1 年生前期講義用の教材, 「熱学メモ」を是非参照されたい。因みに, 「電磁気学メモ」は, 大学 1 年生後期講義用に書いたも

のである)。近年では、熱力学第二法則は、生命科学、情報科学においても、必要欠くべからざる原理となっている。どんな分野においても、科学者が「不可逆的」という語を用いるときは、そうした意味を念頭に置きながら用いる。

「宇宙を解く唯一の科学 熱力学」ポール・セン著 水谷淳訳

河出書房新社 2021年6月 初版印刷

が出版された。一読に値する名著だ。そのプロローグには、「現代の世界は熱力学の知識が土台となって築かれている」、「歴史の中でも科学史こそが重要であるということだ。知識の限界を押し広げた人たちは、軍人や支配者よりも価値がある」とある。筆者もそう思う。原子の実在さえまだ明らかになっていない時代に、ボルツマンは「宇宙には創造の瞬間があったはずだ」と主張した。ビッグバン宇宙が叫ばれる半世紀も前のことだ。科学史は、創造性の宝庫である。

この国の学力・科学技術力・労働の生産性の不可逆的な後退をくい止め、回復軌道に戻すためには、「教育」の系(世界)を、現代社会という大きな系の要請(力)に基づいて、合理的に改革を進めなければならないのだ。

放射能(トリチウム)汚染水

1 日本政府は、遂に、『春夏秋冬 399号』で触れた放射能(トリチウム)汚染水の海洋放出を決定した。風評被害は、計り知れない。無念なことではあるが、政治的判断であり、それによって福島の人たちの地獄は続く。しかし、別の判断もあったのではないのか、という疑問は残る。

課題をもう一度検討してみよう。トリチウムの半減期は12.3年で、比較的短い。廃炉による高放射性汚染物の処理とは本質的に異なる。トリチウムが $\frac{1}{100}$ になるには、81年あまりで済む。

高校3年生や高校卒業生(大学1年生)も『春夏秋冬』を読んでいくかもしれない。当塾のHPにある「ラプラス変換と常微分方程式」に従って、放射能の減衰について復習しておこう(筆者の大学生への「応用数学」の講義は、ここから始めた)。

放射能 I は、極めて高い精度でその放射能に対する変化の割合が一定($-k$)であることが知られている。

$$\frac{dI}{dt} = -kI, \quad (k > 0), \quad \text{変数分離し, 両辺を積分して}$$
$$\frac{dI}{I} = -kdt, \quad \log I = -kt + c, \quad c \text{ は積分定数, 対数は自然対数}$$

したがって, $I = e^c e^{-kt}$

$$t = 0 \text{ のとき, } I = I_0 \text{ (初期条件) とすると, } e^c = I_0.$$

$$\text{よって, } I = I_0 e^{-kt}$$

放射能の半減期 T は

$$I = \frac{1}{2} I_0 \text{ より, } I_0 e^{-kT} = \frac{1}{2} I_0, \quad e^{-kT} = \frac{1}{2}, \quad e^{kT} = 2$$

$$\text{よって, } T = \frac{1}{k} \log 2 = \frac{0.693}{k}$$

$\frac{1}{100}$ になるまでの時間を T_{100} とすると

$$\left(\frac{I}{I_0} = \frac{1}{100}\right) \frac{1}{100} = e^{-kT_{100}}, \quad kT_{100} = \log 100$$

$$\text{よって, } T_{100} = \frac{\log 100}{k} = \frac{\log 100}{\log 2} T$$

トリチウムの放射能が $\frac{1}{100}$ になるのは、 $T = 12.3$ 年を代入して、

$$T_{100} = 81.7 \text{ 年}$$

人の一生分程度の期間保存した後、必要ならさらに希釈

して放出すれば、コスト的にも大幅な削減となる。問題は、80年ほどどこに保存しておくかだ。起こってしまったことは、取り返しはつかない。東電と国は、全国の全ての現在の実験敷地内に、必要なタンクをどんどん作り、その屋根にはソーラーパネルを張ればよい。いずれ全ての大型の実験敷地は廃炉となる。現在の全ての実験敷地に大型タンクを敷き詰めていけば、順次80年たったものから海洋へ希釈放出する、という方法も可能だろう。正常な廃炉作業では、ずっと少ない放射能(トリチウム)汚染水となるはずだ。

少しデータを示しておく。各自、自分の責任で、この国のやり方が正しいかどうかを判断していただきたい。

原発汚染水から放射能を除去する多核種除去装置(ALPS)は、半減期の長い殆どの放射能を除去できるが、トリチウム(三重水素)だけは、水素と化学的性質が同じため、除去できない。

国の放出基準は1リットルあたり6万ベクレル。

WHOの飲料水ガイドライン 1万ベクレル

海洋放出(東電案) 1500ベクレル

海水や飲料水などに含まれる濃度 0.1~1.0ベクレル

現在、処理済みの水は約125万トンにのぼり、タンク

の水に含まれるトリチウム総量は約900兆ベクレル

2 スリーマイル島、チェルノブイリ、そして、福島と、苛酷原発事故は今後も必ず起こる。早期の休止・廃炉の道しか解はない。

よく知られているように、現在では、原子力潜水艦や原子力空母は、絶大な威力を発揮している。それだけではなく、近年、小型の実用原子炉の開発が進んでいるようだ。離島、極地、遠隔地、宇宙開発などで多用されるようになるかもしれない。

「教育は百年の計」と言われているが、トリチウムだけに限れば、現在の技術では、その処理にやはり百年かかることを覚悟すべきだ。大量のトリチウムを発生しないようにしなければならない。そして、半減期の長い放射性物質は、一度撒き散らせば、その回収は困難である。その動向を注視し続けたい。

地球環境と人類の生存を護る戦いは、放射能だけではない。既に、地球温暖化のスイッチは入っており、極地の氷はどんどん融解し、太陽光はもろに地球表面温度を上昇させている。二酸化炭素やメタンの放出の減少や、単純な人口爆発の抑止だけでは、既に温暖化をくい止めることはできなくなっている。温暖化ガスを回収し、太陽光エネルギーを有効活用し、熱エネルギーの放出を少なくするなど、長期にわたる人知の能動的な働きかけがなければ、人類はかつて経験したことのない壊滅的な打撃を受けると予想されている。

放射能汚染、地球温暖化、パンデミック、食糧危機、etc、どれ一つとっても、容易にその正解は得られない。人類の英知の結集と人類の連帯がなければ、この社会はその存続さえ危ぶまれることになる。