

日米の初等理数教育

1. 理数教育の今日的意義

プラトンが「幾何学を理解しないものは入学を許さず」と言った時代から今日までずっと数学、科学が尊重されてきたが科学、技術が発達した現代では尚更理数教育の重要性が再認識されている。

最近の新聞紙上に遺伝子工学（DNA，クローン動物）IT産業、地球の温暖化、地球の環境問題、宇宙開発などの用語が載らない日はない位である。常識ある社会人としてはこれらの事柄の理解は必須のことである。クローン動物の是非、遺伝子組み換え食品の是非は国民一人一人の判断によって決定されなければならない問題であって一部の科学者の判断で進めてよい問題ではない。地球温暖化や環境問題も国民の理解と支持なしには各種の施策も実行できない。

科学知識の普及は今後ますます重要性が増してくるが、それ以前に学校における理数教育をしっかりしたものにしなければならない。

現代の技術は各種の科学知識の蓄積の上に成り立っているので一つの技術を理解、駆使するには豊富な科学知識が必要である。将来の技術はさらに複雑になる一方、技術の操作はボタンを押すだけで済む簡単な作業に変わっていくものと考えられる。物の生産は自動機械にまかせて余った時間は趣味に費やせばよいというのが現代の主な考え方であるが、それでは人間のプライドに傷がつくのではないだろうか。技術を構成している知識を習得したうえで機械にまかせるのであれば得心がゆくが、何も知らないで機械にまかせるのは不安であるし、生産上の主人は人間ではなく機械であるように思えるのではなからうか。

印刷技術は科学知識と同時に美的感覚、審美眼を必要とする。印刷技術者は科学的知識の上に美的感覚を持ってきれいな印刷物を作り出すことができる。技術者は理数的素養がないと満足に仕事を遂行できない。

近代社会の特徴の一つは論理性である。社会生活を規制する法律は論理で成り立っているから社会生活を円滑にしかも便利に営むためには各人が論理的思考法をみがいておく必要がある。

科学、技術はもともと論理の積み重ねによって出来上がったわけであるから科学、技術を理解するためには論理的思考が必要である。逆に言えば数学、理科の勉強によって論理的思考が訓練できるということになる。数学は単に計算ができる、比較ができる、測定ができるだけでなく、物事を順序立てて解析し結論を導く態度を養う意義も持っている。

2. 理数教育の問題点

将来の日本は技術開発によって立国しなければならないと考えられている。そのためには優秀な人材を理系に向ける必要があるが、現実には優秀な人材は文系に流れているようである。また理数嫌いの子供が増えている事実がある。小学から中学までの理数教育は高校、大学の理数教育への橋渡しの意味があるが、本来は数学理科の基本を教え込む場所である。その場において理数嫌いが多いというのは満足に理数の基本が教育されていないということになる。

アメリカでの調査によると初等理数教育で1/3の生徒が基本を理解できていないということである。さらに理数科目に精通していない学生が2/3に達していて、ハイレベルの理解者は全体の3%程度ということである。

理数嫌いは昔から存在していたが、近年その率が高くなっているのは教育に問題があると思われる。算数とか理科は一回話を聞くと理解できる科目ではなく、くり返し練習して慣れ自ら考えて理解できる。いってみれば面倒臭い科目である。今の風潮はコミックの流行にみるように直観的に理解できるものでないと興味を示してくれないところがある。くりかえしの努力を要する科目、外国語の学習も同様であるが敬遠される。この風潮は教育だけでなく社会生活も同様で家電製品の便利さに象徴されるようにボタン一つで万事解決という大人社会の反映である。さらに都合の悪いことには勉強は楽しくやるものという考え方がはびこって、辛抱、忍耐を要するものは軽視されている。勉強とはしょせん強引に勉めるもので楽しんで成果は上がらないものである。

理数教育の問題点の二つ目は教育行政の迷いである。文部省はついこの間までゆとり教育を押し進めていたのに最近では学力不足を指摘されて方針がぐらつき始めている。理数科目に限らないが世の中が複雑になるにつれ学習項目が増えているのは確実である。そのため学科目の整理が必要であることは確かなことである。理数教育でも基本的事柄の教授に重点をおき、細部については後学年に回すという考えは理解できる。しかし整理して時間内におさまるほどの少量ではなく、整理してもなお時間が不足するのが実情であると思われる。

文部省がゆとり教育を言い出した背景には小中学校の生徒の学習習熟度が予定通りに達していなかったことがある。沢山の教材を用意したが多くの生徒は消化しきれない現実をみて教材を減らす考えに至ったと思われる。しかし生徒が消化しきれなかった理由は教材が多すぎた他に教育の方法、システムにも問題があった筈である。

最近になって能力別クラスを認めるようになったが、教育の効率を考えれば最初から能力別クラスは在っても良い筈である。能力別クラスの反対論は教育の平等性に反し能力の低いクラスに入った生徒の心を傷つけるという点にあると思う。しかし考えてみればおかしなことで能力の有無に関係ないクラスで教育を受けて理解できないことの方が大きな問題ではないだろうか。理解する速度に差があるのは当然で理解の遅い子にはいていねいに教えてよくわかってもらうことの方が大切である。そしてわかってもらえなければ居残りをし

てでも教えることではなからうか。

能力の低いクラスに入った生徒がかわいそうという考え方をするのは教育者らしからぬことではないか。現社会は理解の早い子、物を多く知っている子を認める風潮であるが、その風潮をはじめとばし、低いクラスの生徒達を励まして科目に習熟させることが教育者の仕事の筈である。

教育の方法、システムが悪くて理解出来ない生徒が多数出たからと言って科目内容を削減していたのではこれから次々と内容の削減に追い込まれる恐れがある。これからの学校生活、家庭生活が子供達に甘くなり甘くなる程子供の学習効果が減ってくるためである。これは理数教育の悪循環である。

これも最近になって認められるようになったことであるが飛び級、飛び入学の問題がある。理数系の能力の高い者は少数であるが存在する。そのような特異の学生を育て将来の技術開発を担ってもらおうという考え方は社会全体から考えて当然のことである。将来の日本経済を考えると理数力の高い生徒を育てることは重要なことである。しかし能力の高い生徒を温室で育てることは当の生徒に良くないことである。普通の学生が経験することを同じように経験させることが大事である。そして立派な社会人になるように配慮すべきである。これまでの文部省の考え方は子供のための教育を目指すといいながら真の意味で子供のためにならなかったようである。理数科目（他科目も同様であるが）の基本を教えこむことが子供に対して大切なことであり、そのためには子供達に努力してもらわなければならない。

理数教育の問題点の三つ目は教員の力量の問題である。アメリカでの調査結果であるが小学1年から4年まで教員で理数系を専攻したものが3%しかいないということである。このデータは極端であるにしても、最近の様に科学技術の進歩が早いと学部で学んだ知識だけでは対応出来ない。教職についてからの独学によって補うことになる。学校社会も一般社会と同じで雑用が多く再教育の時間、機会が不足している。

理数科嫌いの生徒が増えている理由の一つに教育の仕方があると言われてある。生徒の興味を引き出すような教育を行うには、教える科目に教師自身が興味を持ち、自信を持つことである。そのためには教師自身の再教育が重要である。

3. 初等理数教育のねらい

初等教育は一般には幼稚園から小学6年までの期間を言うが、ここでは幼稚園から小学8年（中学2年）までとする。それは用いた資料が小学8年までを初等教育としているためである。アメリカの小学校から高等学校を終えるまでのコースに四通りの方法があってその一つは日本と同じ6（小学）- 3（中学）- 3（高校）である。その他6（小学）- 6（中高校）コース、4（小学）- 4（中学）- 4（高校）コースとも一つが8（小学）- 4（高校）である。ここで参考にしたのが最後の小学8年のコースである。どのコースを採用するかは公立の学校では州政府や郡政府が決め、私立の学校ではそれぞれの学

校にまかされている。

算数教育のねらいは算数の基本的技能、計算、比較、分数、順序付けなどがあるがその具体的な例は次章のカリキュラムで見ることにして抽象的な意味でのねらいは次のとおりである。

- 論理的思考の訓練（帰納法、演繹法）
- 注意深い観察
- 適切な情報と不適切な情報の判別
- 物事を分析して考える
- 問題解決の最良手段の選択
- 正確な計算、明解、簡潔な回答
- 抽象的な思考訓練

技術者としては数学を技術に応用する能力が必要とされ、算数は数学の基礎であるから計算、測定、幾何、確率など具体的な算数力の向上が必要である。しかし算数の性質から考えて算数を学ぶことによって上記の能力が獲得できるようにするのが教育の目標である。

理科教育も具体的内容カリキュラムの章で説明することにして理科教育のねらいを次のように定めている。

- 観察、測定、実験を正確に行う
- 仮説の設定と適合性の検定
- 結論を論理的に導く
- 数学利用力を高める
- 自分の考えや実験法を正しく伝える
- 知的正直さを養う
- ねばり強さの涵養

算数のねらいも同様であるが理科教育のねらいの根底にあるのは知的な面において常識ある社会人を育てるということである。

4. 理数教科のカリキュラム

初等理数科のカリキュラムを検討するについて日本とアメリカ両国の分について調査した。日本のカリキュラムについては東京書籍の算数と理科について小学1年から中学2年までを参考資料とした。アメリカのカリキュラムについては基本知識財団（the Core Knowledge Foundation）で出されているカリキュラムからの引用である。幼稚園の分は省略して小学1年から中学2年までカリキュラムである。

表 1 算数のカリキュラムの日米比較

| 日 本 | アメリカ |
|--|--|
| <p>小学1年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1～20以上の数読み書き ● くり上げ、くり下げの加減等 ● 簡単な立体図形 | <p>1 年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1～100の読み、書き ● くり上げ、くり下げの加減等 ● 平面図形（正方形、四辺形、三角形） ● 簡単な分数$1/2$、$1/4$ ● 簡単なグラフが読める ● 長さ、重さ、容積、温度 ● 30分毎の時間 |
| <p>小学2年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 4位数 ● 1位数と2位数の加減 ● 乗算（九九） ● 長さ | <p>2 年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1000までの数 ● 3位数までの加減 ● 1位数の乗算 ● ドルとセント（小数） ● 簡単なグラフを描く ● 簡単な方程式 $-9 = 7$ |
| <p>小学3年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 5位数 ● 長さ、時間 ● 平面図形 （長方形、正方形、直角三角形） ● 2位数の乗算 ● 暗算 ● あまりのある除法 | <p>3 年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 999,999 ● 単位間関係（ヤード、インチ） ● 立体図形（球、立方体、ピラミッド）、多角形 ● 2位数の乗算 ● 暗算と概数 ● 2位数の除法 |
| <p>小学4年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 億、兆の数 ● 概数 ● 立体図形（球） ● 折れ線グラフ ● 小数分数 | <p>4 年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 10億 ● 簡単な平方根 144 ● ローマ数字 ● 面積（四辺形） ● パーセント ● 小数分数 |

表1のつづき

| | |
|--|--|
| 小学5年 | 5 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 小数の計算 ● 面積（四辺形、三角形、円） ● パーセント ● 円周率 | <ul style="list-style-type: none"> ● 小数の計算 ● 面積（三角形、円） ● 体積表面積（直方体） ● 平均 ● 変数を使った方程式 ● 速度の単位 |
| 小学6年 | 6 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 分数の加減乗除 ● 体積（直方体、立方体） ● 速度の単位 ● 平均 ● 比例 | <ul style="list-style-type: none"> ● 分数の加減乗除 ● 回転体、鏡対象 ● 乗数、文字の式 ● 中央値、範囲、モード ● 比例 |
| 中学1年 | 7 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 正数負数 ● 文字の式 ● 方程式 ● 比例反比例 ● 平面図形 | <ul style="list-style-type: none"> ● 負数の加算 ● 基本的幾何の公式 ● 分配、結合則の利用 ● グラフ上から二点間距離 ● 体積、表面積 |
| 中学2年 | 8 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 式の計算 ● 連立方程式 ● 一次関数 ● 図形の調べ方 ● 図形と合同 ● 確率 | <ul style="list-style-type: none"> ● 式の計算、指数 ● 一次関数、不等式 ● コサインの概念 ● 図形と合同 ● チャートを読む、描く |

理科という科目が始まるのは日本では小学3年からである。中学校では1分野（物理化学）と2分野（生物地学）に分かれていて両分野とも1年から3年にまたがって学習するようになっている。

アメリカではScienceという科目で幼稚園から授業が始まっていて系統的な教育がなされている。たとえば幼稚園のカリキュラムを見ると・植物の成長・動物と動物の必要なもの・人間の身体・やさしい磁力の季節と気候・地球の保護・科学者の伝記である。日本との比較の意味で3年から表示する。

表 2 理科のカリキュラムの日米比較

| 日 本 | アメリカ |
|---|---|
| 小学3年 | 3 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 植物 ● 昆虫 ● 光のはたらき | <ul style="list-style-type: none"> ● 人間の身体（筋肉、骨格、脳） ● 光と光学 ● 音 ● 生態 ● 天文 ● 伝記 |
| 小学4年 | 4 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 気候、季節 ● 電気 ● 天文 ● 力と質量 | <ul style="list-style-type: none"> ● 人間の身体（循環、呼吸器） ● 化学（基本用語と概念） ● 電気 ● 地学 ● 地球の歴史 ● 気象 |
| 小学5年 | 5 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 気候（気温、天候） ● 植物（種、発芽成長） ● てこ、おもり | <ul style="list-style-type: none"> ● 生物の分類 ● 細胞 ● 植物の構造 ● ライフサイクル ● 人間の身体（内分泌、生殖） ● 化学（物質と状態変化） |
| 小学6年 | 6 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 燃焼 ● 動物のからだ ● 植物のからだ ● 環境 ● 大地 ● 水溶液 | <ul style="list-style-type: none"> ● 物理、力の概念 ● エネルギー、熱、エネルギー変化 ● 天文（重力、星、銀河） ● 森林 ● 人間の身体（リンパ、免疫） |
| 中学1年 | 7 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 光の世界 ● 音の世界 ● 力の世界 ● 物質と性質 | <ul style="list-style-type: none"> ● 原子の構造 ● 化学結合と反応 ● 細胞分裂と遺伝子 ● 遺伝子と進化 |

表2のつづき

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 水溶液 ● 物質、状態変化 ● 野外観察 ● 植物の生活 ● 植物のなかま ● 火をふく大地 ● けずられる大地 ● ゆれる大地 | <ul style="list-style-type: none"> ● 天候 ● 伝記 |
| 中学2年 | 8 年 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 電流の流れ ● 電流のはたらき ● 物質の変化 ● 物質どおしの化学変化 ● 動物のからだしくみ ● 動物のなかま ● 気象情報と気象観測 ● 空気中の水の変化 ● 前線と天気 | <ul style="list-style-type: none"> ● 電磁気 ● 電磁放射と光 ● 音波 ● 食物と呼吸の化学 ● プレート移動、地震、火山 ● 伝記 |

算数のカリキュラムをみると時間の差はあるものの、同じような学習項目を履修している。全般にわたってアメリカの方が早い時期に学習している。

理科の教育内容を比較するとはっきり差があらわれている。日本の理科は生活定着型であるのに対してアメリカの場合は幼稚園の段階から系統的な教育がなされている。中等、高等教育の内容に合わせて初等教育から積み重ねが始まっている様である。

生活定着型の教育は教材が身近にあるため生徒の興味を引きつける利点がある。その反面、理科教育を一貫して復習しようとする場合、改めて教科内容を編成しなおす必要がある。米国の理科教育は当初生徒密着型であったが、中等、高等教育への橋渡しが効率的でないので初等理科教育で系統的な内容と変わった。

今回の調査では両国の理数教育を比較してみたが、教育の要は生徒、学生の学習意欲である。残念ながら生活が楽になると同時に生徒の意欲が次第に減退してきている。今後の問題は意欲を高めるための制度、システム、教員、カリキュラムを考える時期なのかもしれない。