HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 科学教育の『基礎』を問う |
| Author(s) | 倉賀野, 志郎 |
| Citation | 北海道大學教育學部紀要, 56, 99-113 |
| Issue Date | 1991-03 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/29368 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 56_P99-113.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 科学教育の『基礎』を問う

倉賀野　志　郎

# Questions of the "Foundations" of Science Education

Shiro KURAGANO

## 序　科学教育の『基礎』を問うという問題意識

最近の子ども向けアニメ番組の主題歌に“どうして，この世はあるんだろう？”というような歌詞があった。これは当然アニメ世界での話である。しかし，最近の宇宙論は，宇宙・世界に対する，これに類する論議を扱い始めている。「物理学者はいまや“自己創造の宇宙”について語る。……いまやすべての創造に対して科学的な説明ができるであろう」と考えられている。そこでは「なぜ自然の法則は現在あるようなものであるのか。なぜ宇宙は現在あるもので作られているのか。これらはどのようにして始まったのか。宇宙はどのようにしてその組織を作り上げたのか」などの疑問が提出される。(1)

「現代科学は物質と宇宙の起源および進化について，また物質像と生命像について……格段の進歩をもたらし」，それらに基づき「統一的自然像と宇宙における人間の占める位置について科学的描像を描きうるところまできている。」そのうえに立って「人類はどう生きるべきかを示す新たな哲学，人生観を築くことが求められている」わけである。(2)

その一例として『人間原理』を挙げることが出来よう。『人間原理』では宇宙を認識しえる人間そのものの存在の必然性を“解釈”しようとしている。(3)これには意味と限界があると考える。“人間”の存在そのものへの問いに着手する段階に科学が達しつつあるという反面，その科学的解答はいまだ困難であるという限界が一方において示されていると考える（“なぜ”という問いの形式にも問題があろう）。このような困難な課題への取組の観念的把握は，解答への“飛躍”（非科学へ）を強いる可能性がある。とりわけ課題の解決の困難度が多ければ多い程，その可能性は高い。(4)

このような状況下にあって，現代における科学技術教育の課題ということが問題とされる時，どちらかというと科学技術の進歩に対応する機器操作等の教育課題に焦点があたりがちであるが，それだけでは不十分であると考える。

そのような新しい科学技術に対応する教育の課題に加えて，“教育”そのものの意味について考察されなければならないと考える。新しい科学技術の進歩は，教育あるいは人間そのものにさらにどれだけ接近しつつあるのか，このことが一方で自覚的に問われなければならないと判断するからである。科学技術の課題を語ることを媒介として，その局面からの“教育”への“問い直し”が行われなければならない，ということである。

これは「子どもたちは“科学を学んで何の役に立つのか”とか“楽しくない勉強をなぜやらなければならないのか”という科学教育の根源にかかわる問題を提起」する状況にある中で，「われわれ自身があらためて自然科学の本質をとらえ直し，……自然の歴史的・階層的発展過程を人間の形成にいたるまで後づけ，その上に立って，人間という高い立場から全自然をとらえ直す

という作業」ともつながることとなる。このことは「人間にとって自然とは何であるかという問いを含むものであり，人間的主体の本質に働きかける自然科学教育の基底をなすもの」ともなろう。(5)

ここから科学教育に提起される問題は

① 統一的自然像（歴史性・系列・階層性）に基づく科学教育の必要性と

② “人間”（及びその歴史）への“問い直し”を含む科学教育の必要性，であろう。

特に後者にかかっては学習する理由・目的が問われることとなる。

最近の教育運動の中では“how：いかにして”としての教育技術が特に強調されることが多くなって来ている。それ自体は具体的なものにまで言及していこうとする姿勢の現れとして積極的に評価できる側面をもっている。しかし，“how”の背後にある“what：何をこそ”を越えて，あえて“why：何故に”という課題に迫ることも一方で必要であろう。

## [1]『認識形成論』という問題意識に基づく情報伝達系の自然進化史の考察

### (A) 『認識形成論』という問題意識

まず，始めに認識という行為そのものの意味について考察することとする。

認識という行為そのものの自然科学的背景を探る分野を，今仮に『認識基礎論』（『基礎論』という表現は「数学基礎論」から転用している(6)とし，とりわけ，認識の自然における生成過程を論ずる分野を『認識形成論』と呼称しておくこととする。認識という行為そのものの自然科学・自然進化史への“埋め込み”を課題とするわけである。

このような課題設定では「認識という行為を，初歩的な生命構造を知ることから人間の意識的な反省行為に至るまでの，あらゆる創造的学習を包括する一つの操作様式として理解すること」：「人間理性の系統発生史的基盤」を探るということにもなる。(7)

進化を「認識の獲得過程」という側面からみた場合，「認識現象は……進化そのものの対象となる」。また「認識能力は，……その系統発生史的発展の延長としてはじめて理解できる」し，「我々自身が，その認識装置のすべてを含めて，進化の産物に他ならない」わけである。このような観点からみた自然科学が立てる「究極的な問いは……比較的大規模な分子システムが，自らを構成する分子について……《考える》ことができるほどに，自己組織化を成し遂げえたのは何故なのかという問いである。」すなわち「いかにして認識がそれ自身の中から発生してきたかを問題とする」わけである。(7)

このような分野の自然科学的基礎づけは，おそらく非線形・非平衡熱力学はもとより，その発展としての“階層間移行一般についての科学”のさらなる発展を待たなければ，その確固とした基礎付けは困難であろうと思われるが，そのような分野を意識せざるをえなくなりつつあると考えるわけである。なお認識等の自然科学的基礎づけを行うということは，人間の高次な神経活動としての認識の特質が物理等の自然科学から接近してすべて分かるということを意味してはいない。ここで意味されていることは認識という行為そのものにも，その基礎としてそれが物理的に可能であるという自然科学的根拠づけが存在しうるはずであるということである。認識という複雑な総体の自然科学的“基礎”への射影された姿を問題とするということである。例えば，人間のわずか，10立方cm程の脳髄のうちにスケールの著しく異なる素粒子から宇宙までの法則性を反映しえるかのように見えるということは，階層間にそのような関係が存在しえることが背景になければ，物理的に可能ではない。このようなことは認識行為そのものを科学のうちに“埋め込む”

ことによってしか課題化することはできない。

品川嘉也氏は，プリゴジーヌの「散逸構造」に対応する「情報構造」という言葉を使用して，「宇宙の膨張」によって「物質・生命・意識」が産まれたとして「意識」も情報構造にほかならないという立場から，その発生を論じている。この立場からするならば「宇宙の進化と生物の進化を一体のものとして理解することができ，人間の意識とそれを担う脳もその進化の一環として理解することができる」ようになる。また，これを突き詰めて行くと「意識そのものが，宇宙の情報構造の一つであり，その情報構造が宇宙を認識している」という意味において「意識とは宇宙の自己認識である」という一面をもっていることも指摘している。(8)認識行為そのものの物理的意味や，その形成過程の自然史的意味が論じられつつあるわけである。

また，田中一氏は「情報概念の生成を自然史の過程」に求めて，その過程に次の「3つの段階」があることを指摘している。(9)

「1．物理化学現象における対応性

2．遺伝情報過程のように，物質的属性から解放された物質的過程としての情報過程の出現，

3．意識作用に基づく多層的区別の契機の著しい『情報化』，すなわち豊かな情報関係に基づく被規定の極度の増大。」

まず「情報は……（自然の階層間の）移行を媒介として生成」し，「自然史の初期の段階における物質変化の過程は，主として物理的変化の過程である。」（主系列）ここでは階層間の“複層システム”（田中一）を媒介として情報が現象していることに着目したい。

次に「自然の史的過程のある段階で，……自然の物質変化の過程に基づく対応より高度の特徴が現れるようになった。この特徴は生物の遺伝情報に生じたのである。」この遺伝情報⟷タンパク質という「一連の物質過程によって現実化している運動の始めと終わりという両局面の区別の契機の対応は，初期の局面における物質的属性に影響されない。したがってこの場合の対応は物質的属性から解放されたものになっているということができる。」（2次系列）

さらに「運動する物質の始めと終わりの両局面の対応が，各局面と移行過程との物質的属性から解放されてくると，これに伴い各局面と移行過程とに存在する一連の多層的区別の契機とその対応が物質的属性から解放されてゆく。」この「多層的区別の契機の対応の物質的属性からの解放」：この「物質過程に基づく対応が，物質的属性から解放されていったとき，対応は情報的関係となる」。

ここで田中氏は情報の自然史における発生において，階層間の多層性がさらに他者媒介になることの重要性を強調している。「他者」を媒介とすることの「区別」が階層性と併せて強調されているわけである。このような視点から見た「情報」は，いわゆる“物質・エネルギー・情報”という現象的区分にとどまらず，階層間移行および階層間移行の群の他者媒介的反応の度合いが情報の質を規定することとなり，情報は系のもつ他からの作用に対する変化性・不安定性の尺度というような意味合いも持つことになる。

《層子・相互作用》と並ぶ，相互作用の他者媒介性や，「一般的運動・変化に解消されるべきではない」ところの秩序形成にかかわる《機能性》にかかわる課題がここには内包されている。(10)また，この他者媒介性として尾関周二氏は，より高次なレベルにおける情報処理・伝達活動にかかわる「われわれの認識活動は一方で，対象・客体にかかわるだけでなく，他方でつねに……相互主観的前提に（批判というような否定的なかかわりも含めて）かかわっているということ」を指摘しており(11)，この他者性は“秩序”のみならず，より高次な“系列”全体にかかわる情

報に本質的な概念である可能性もある。

### (B) 科学教育行為そのものの『基礎論』への“埋め込み”

『認識基礎論』との対応関係をさらに進めて，科学教育行為そのものを「科学」の内に“埋め込む”という課題を考察してみよう。この分野のことを『科学教育学・基礎論』と称しておく。

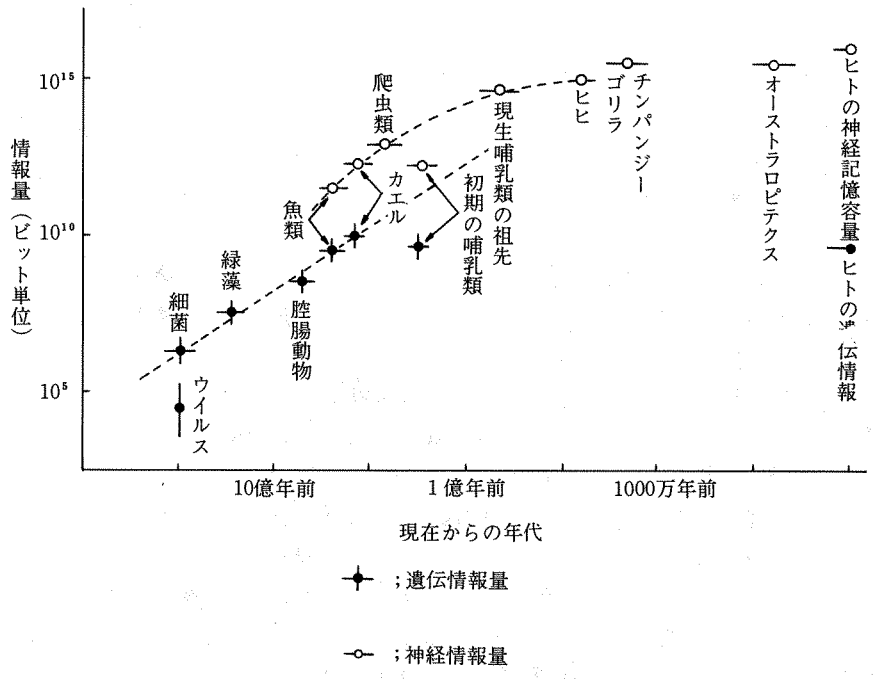
長い進化の過程で生物は遺伝子による情報の蓄積システムを獲得してきた。しかし，やがて遺伝情報で総てを蓄えることには物理的限界が生ずる。(これはハ虫類段階と言われている。資料Ⅰ[8]を参照) ここで“路線”を乗り換える必要が生ずることとなる。そこで登場したのが遺伝子より上位の階層での細胞間連絡組織としての脳の発達だが，しかし，やがて脳の発達そのものにも物理的限界が到達し始めることとなる。このような“路線”変更について品川嘉也氏は「情報革命」と称して次のように述べている。[8]

① 「情報をDNA分子のコードという言語あるいは記号に書き残すというのは偉大な発明であった。これが生物界での第一回目の情報革命であった。」

② 「神経情報の発明（引用者注：脳の発達）は第二回目の情報革命であった。それはちょうど遺伝情報量が両生類において飽和するあとを受けて伸びられるように用意されていたように見える。」この“路線”変更で蓄積限界を回避する手段として採用された方法は，より上位階層での結合組織へと移行するというものである。

③ 「脳容積の増加が停まった数万年前から，人類……は文明を造り出す方向に歩み始めた。」「この間に三回目の情報革命，言語の獲得があった」ことになる。

**資料Ⅰ[8]**




資料Ⅰに基づいて，まず最初に全体の見取り図を表として提示しておこう。

| | 情報革命の段階<br>（A） | 継続発展のシステム<br>（B） | 時代区分<br>（C） |
|---|---|---|---|
| 1 | 遺伝情報システム<br><br>RNA・DNA | 「性」の獲得 | 広義の生命起源<br>（狭義には物質代謝獲得） |
| 2 | 《上位階層へ》<br>神経系・脳の発達 | ？？<br>2の1への還元<br>原初的「教育・学習」の発達<br>インプリント | いわゆる生物進化 |
| 3 | 外部メモリーへの対象化<br>言語獲得・文字対象化<br>3から4への発達の技術的一条件としてのコンピューターの発達<br>（いまだ一面性と疎外的形式を有する） | 教育・学習 | 人間の起源<br>人類進化 |
| 4 | 《上位階層へ》<br>社会性<br>“超言語”？ | 他者媒介・自己への対面 | “系列”としての自己の生成<br>自己進化選択 |

この図表での1項と2項とは2次系列（有機：生物系列），3項と4項とが3次系列（いわゆる人間社会），また1項以前に主系列段階（無機系列），すなわち自然史的に情報活動の背後を追及していくと熱力学的前提があろうが，この表では割愛してある。（「系列」概念は田中一／岩崎允胤・宮原将平に基づく(12)）

この図表は「自然史」とのかかわりで見た教育行為を生物進化の高次なレベルにおける“繰り返し”として，人間社会の生成過程の課題として整理したものである。つまり図表でいうと，第3項の段階が，第2，第1項の段階と対応していると考えるわけである。表の各項目について簡単に解説を加えておこう。

《1》遺伝子情報システム

生命の起源において，タンパク質が先か，核酸が先かという議論があるが，この点については化学進化の過程でポリペプチドの出現はポリヌクレオチドの出現より早かったことが指摘されている。タンパク質としての生命の存在様式には，伝達・改良の手段が欠けている。自己の改良のためには，自己増殖回路が必要である（1C）。ネガに対するポジの関係に対応する特殊タンパク質を形成して，自己との増殖回路として改良を持続化していく必要がある（1A）。

そもそも情報獲得は何のためにあったのか？RNA段階では外部情報をハードシステム変更に直接活用することは困難であった。ハード：ソフト系の著しく階層の異なった構造に基づく外部情報の取り入れが出来上がって，初めて“生命”としてのセットとなる。その情報の持続と発展，歴史的蓄積と変更のためには，バックアップとしてのDNAシステムが必要となる。遺伝子は二重ラセン化し，小さいところに情報の集積をおこなうように改良されていった。やがて原核生物から真核生物へ，遺伝子のシステマチックな改良方法としての「性」の獲得へと進む。「性」の

獲得は，革命的に進化速度を飛躍させた（１Ｂ）。[13]この段階では情報の持続・改良のシステムとして“他者媒介性”が働いていることに着目したい。無機段階における情報の“他者性”の高次な現れであるのだろう。しかし，遺伝情報で総てを蓄えることには物理的限界が生ずるハ虫類段階に達する。ここで“路線”を乗り換える必要があるわけである。

《２》神経系情報システム

やがて「生物は種の維持に必要な先天的情報と，……後天的に獲得する情報とを分けてもつ」ようになる。[14]「遺伝物質の学習の第一段階」：「進化の第一段階における学習は，信じがたいほどゆっくりと行われる」。しかし環境に対する適応能力をより増加させていくために，「進化は学習テンポをより速める必要が生じてくる。」この課題は「十分な潜在能力を持つ脳の発達によって個体学習が発明され，初めて解決可能になった。」[7]

「脳」の発達：遺伝子より上位の階層での，情報蓄積活動，細胞間連絡組織としての脳の発達が始まる。ここでの発展・蓄積システムをどのように評価すべきかどうかということは専門研究の発達に待つしかない。いくつかの可能性がありうるだろう。２段階目の情報の何等かの方法を用いた１段階への還元システムが存在する可能性もありえないことではなかろう。（これは通常，「獲得形質遺伝」の問題として，生物進化論では否定されている。[15]）また，インプリントが主要な役割を果たしている可能性もある。[16]次の段階で意識的な形で現れる以前の原初的な段階ではあろうが，学習経験活動の次世代への伝達（広義の意味での“学習・教育”の原初的形態の発生）が主要な要素という可能性もある。ここでは，これらを列記しておくこととする。情報という側面から見るならば，この段階がいわゆる生物進化となる。

しかし，やがて「脳」の発達そのものにも物理的限界が到達しはじめる。

《３Ａ，Ｃ》外部装置情報システム（言語獲得）

「人間へと移行していく境界で，模倣と言語の拡大……概念言語によって，新しいコードシステムが生まれ，それによって，いったん獲得した経験を再度自分の種のために保存することが可能」となっていく。[7]

ここではRNAは言語獲得，DNAは文字獲得（バックアップ可能性保存可能性）に対応させている。渡植貞一郎氏は「情報伝達系成立」の考察において，「暗号解読機構の成立にとって，暗号の送り手と受け手の双方が同期して活動的になることと，これが繰り返されることの重要性」を指摘し，「神経系の進化は，外界の変化に対する動物個体の反応の整合性を基礎にしている」と述べている。この上で「動物は，決して記号と対象を切り離すことができない」という点で「動物の音声交信と言語とのあいだには質的な転換があった」としている。[17]

《４Ａ》次の段階は有り得るのか？

しかし渡植氏は，これらを以てしても「とうていその可能性をくみつくしたといえる段階ではない」として「人類は自然と社会の動きを感知する方法を次々と開発」し，「その信号に対し，地球上の全人口の規模で積極的に判断をくだせる態勢になって，はじめて言語暗号型の生命は安定的に発達すると考えられる」と述べている。そして「将来，必ず質的な転換がとげる時がくることもまた確実」であるとして「超言語ともいうべき新しい暗号型が出現するに違いない」と主張している。[17]

以上は遺伝子レベルの処理に対応していることになる。遺伝情報システムの，より上位階層での実現としての脳に対応するものとして，その細胞間情報システムのより上位のシステムとしての神経情報システムに対応するものとしての社会の発生が位置づけられよう。この情報装置の発達に対応するものとしては「社会」総体としてのネットワークシステムの確立，「情報」システムとしての持続と発展，その対象化された言語が考えられよう。

今までのことを要約的に述べると次のようになる。

「情報処理機構発展のランドマークは，興奮性細胞の出現，神経回路の形成，意識の成立の三点」となる。(17)この「言語の発生は動物から人間への移行における労働そのものの進化」において，尾関周二氏は「個体間のコミュニケーション活動一般の進化と社会性衝動のかかわりにおいて考察されるべきであることを指摘」した上で，「動物的な前言語的コミュニケーションから，人間の言語的コミュニケーションへの転換において，進化しつつある労働がいかに内的にかかわったかという問題」を設定している。(11)

また学習という行為についても，認識行為と同様に生命誕生の瞬間からの自然進化史が存在していると考えていくことができる。進化の過程を階層と見立てるならば「ある学習層の上に別の学習層が構築されており，一つの学習層の活動が次の学習層の形成のための前提条件を成している」。(7)

これらを主系列も加えて情報という側面から整理すると次のようになる。

主系列における「物理的進化では，メッセンジャーはボソン（光子など）と呼ばれている媒介原子構成粒子」で「そのメッセージは『移動せよ』という単純な命令である。」

2次系列における「生物的進化のメッセンジャーは，メッセンジャーRNAと呼ばれる分子」で，その「メッセージは生物の分子レベルの組み立てを指示する。」

3次系列（生成途上であると考えるが）における「文化的進化のメッセンジャーは，音声言語，文字言語，身振り言語などの符号類」で「人類は，遺伝子とともに，経験の集積を子孫に伝えていく」。(18)

《3B／4B，C》科学教育という行為そのものを「科学」のうちに“埋め込む”ことは可能だろうか。(「情報」という側面に着目して)

これらを，もう少し拡大解釈して，情報という側面からの教育行為をも考察しうるのではないか，と考えている。『認識形成論』の場合と同様な言い方をするならば，「情報」という側面に着目した場合，科学教育という行為そのものを「科学」のうちに“埋め込む”ことは可能なのではないだろうか，ということになる。

認識において“認識する物質”の発生の意味を自然に問うたのであるから，それを延長して考えるならば，“科学教育を行う物質”の発生と，その根拠を自然に問うという課題も論理的に発生することとなる。今までの言い方をするならば，科学教育の行為そのものが「科学」の領域に“埋め込まれる”ことになる。

「性」は他者を媒介とすることによる，生物としての自己の進化を追及した。世界に対する認識内容としての知識の蓄積と，その伝達・発展活動の展開された姿としての教育は，その行為を媒介として自己の進化とかかわりあうと考えられないだろうか。人間は他者を媒介とする広い意味での教育行為によって，自分自身に関係し，自己進化する生命体としての道を歩み始めている

と位置づけるわけである。(4C：『自己家畜化』という課題は，この二次系列上での表現か？[19])しかし学校教育は，未だ限定され過ぎており，社会総体としての教育活動の展開の必要性がある。遺伝子，脳，言語よりもさらに上位階層でのネットワーク組織の確立ということになる。

「人間が作り出した社会化され人間化された自然は，いまだかつて地球上に出現したことのない世界を次々に生む」：「これは新しい過程である。」このような中にあって「人間にとって教育とはなんであったかの問いへの答えが準備されねばならない」。このような課題設定においては「教育の根拠は……自然史すなわち生物学的根拠を持つ」こととなり，「教育の全人類史的意義」を論ずる必要があろう。(ただし，小原秀雄氏は狭義の「教育」が「人間をつくる」ことには否定的である。[20])「人類は，自らのからだを機能まで含めて，そのありかたを，自らの手に握っている。人類は人類自身がつくる。人間は人間自身のすべてを決定づける。生物としての人間，即ちヒトという種のありかた……その自然的性質をも，人類は自ら定めている。生物学的人類学的な見地からは，人類は人類自身を人為淘汰している。自己人為淘汰であり，その結果人類はみずからの形質を変化させてきた。自己発展である。」[20]

この意味で「人類は，進化を修正し始めたのである。」[18]

大田堯氏も「教育というものを……人間という動物種の育児行動，種の持続のためのいとなみとしてとらえ直す」として「日々過去の遺産を受け入れるとともに，それに新しい変容を創り出していくことを通して……種の持続がなしとげられる」ところの「この文化を伝える子育て・教育のいとなみ」を，「生物学的遺伝になぞらえて，『社会的遺伝』というばあいもある」ことを紹介している。結論そのものはごく一般的なこととも言いうるが，“教育”(それ故教育学も？)が一面に於いて“1つの自然史的過程”の内に位置づけられそうであることを示している。[21]

サルからヒトへの人類進化史・氷河期以降の文明史1万年，資本主義300年を経ての現代の科学技術・現代の地球上における人類の生産力水準は，上記のような自己認識・自己進化選択行為の課題を提起しつつある。この課題の克服に成功するか否かという問題は，おそらく知的生命体としての存在意義が問われるものとなろう。

田中一氏は，個別地球人類が，その課題克服が可能であるかどうかについては言及していないし，また宇宙人の存在確率を論議するドレイク方程式では，高度な文明(他の惑星生命体との交信可能技術獲得)が持続する期間については意見の一致はみられていない。[22]化石燃料の急速な消費を含めて「いまほど人間という種の持続と，その地球上での役割と責任とが問われているときはかってなかった。」[21]といわれるほどの，人類史さらには地球史の大変特異な時代を我々人類が過ごしつつあることは確かである。

## [2]『基礎論』からみた，いくつかの課題

前章での認識，学習，さらには教育という行為そのものを自然進化史に“埋め込む”という問題意識から，本章では，とりわけてコンピューター教育の課題(A)と科学観を含む科学教育目的論の課題(B)の2点について触れておこう。

### (A) コンピューターと人間の脳の“あいまいさ”

(1) コンピュータ教育について考える場合，まず情報の自然進化史の考察を行う必要があると考える。前章までのことをまとめると，次のようになる。

《情報革命のいくつかの段階：情報という側面から見た自然進化史》

（本来は，無機系列から情報進化史を論じる必要があろうが割愛。）

① 2次系列の発生，2次系列の情報構造の発生：遺伝情報：性

② 情報構造の発達：脳・神経系の形成：脳の2分割（他者性の一例）

③ 言語文字情報：他者媒介としての教育行為

④ 外部情報記憶装置の発達，その一条件としてのコンピューター

⑤ 地球規模の“超言語・文字”？の獲得による地球規模の判断・自己コントロール

自然進化史の各段階における情報処理の機能・構造は，その段階における物質代謝・生産活動（2次の場合には生と性の活動）の規模に規定されている。同様にして人間の歴史を情報発達史という側面から考察することも可能であろう。人間の歴史の初期においては，その生産力段階に対応する情報システムが発達しており，コンピューターの発達は産業資本主義段階に対応する（この点では19世紀通信手段網の発達に着目する必要があろう）。20世紀後半に至り，情報処理量・速度・伝達手段システムは飛躍的に発達してきている。しかし，その使用形態はより大きな矛盾を反映していまだ疎外状況にある。また超言語・超文字の獲得は3次系列の生成・発展段階に対応するものと思われる。

生物の進化史を情報・脳だけで考察するのは一面性を有しているからであろうが，客体としての外界とかかわる作業器官等と，その情報処理器官との階層をまたがる“関連”は，その生命体の段階における自然との物質代謝の様式と関係している。そのような“関連”を前提とした上で「情報」という側面に着目して発達段階を考察することは，その側面からの1つの指標ということになるだろう。ただし，この場合，産業革命期において「作業労働手段の発達」が他の諸手段に対して先導的な役割を果たしたように，生物進化においても，その“関連”の中身にかかわる分析は行われる必要があろう。これは進化の主要な先導的役割を評価することともつながることとなる。(23)

(2) コンピューター教育は，このような歴史規定に基づいて，その原則を確立すべきであると考える。このような視点からコンピューター教育についての課題を探っていこう。

人間の「脳」の外的に展開された一つの姿が現在のコンピューターにはある。その1つの現れがバイオコンピューター・ニューロコンピューターの研究であろう。人間の脳をまねているといえる水準に達しているかどうかは別としても脳を模倣しての「学習」活動が研究の対象とされつつある。(24)

このような人間の活動の“鏡”としてのコンピューターへの対象化の課題を考えるならば，それは，より高次な系列の，下位の系列を媒介としての“表現”という一般的な問題群の中に埋め込んで考えて行くことができるだろう。自然歴史的な過程では，より高次な系列に属する物質が，より下位のものにより生み出されていった。この意味ではより高次な系列は，その内部に下位の系列を含んでいる。人間も一面においては生物（二次系列）であるとともに，熱力学（主系列）に従うのはこのためである。しかし，その高次なものの活動の表現として下位のものを媒介とせざるを得ない段階においては“矛盾”が生ずる。系列間の他者を媒介としての“表現”の現段階における不十分さは，系列そのものが“自然”であることを考慮するならば，ある意味では“自然”そのものの「自己疎外」（ただし，この場合「疎外」概念は通常の使用法からは拡張されていることになるが）というような言い方も可能かもしれない。人間の思考とコンピューターとの関係も，このような“自然”そのものの「疎外」と，その資本主義的活用の問題点とを区分して

論じていく必要があろう。

このコンピューターを尾関周二氏は,「記号操作（処理）機械」と考え,「人類史観点」から見るならば「人間の諸活動の大きな再編成が実現されていくように思われるが,そのはじまりに関する技術的可能性の象徴的な例のひとつがこのことにみられるのではないか」と指摘している。(11)現在のコンピューターの技術発達をそのまま延長して,考えるのは誤りであろうが,いわゆる『一つの世界』に向けて「コンピューターの導入による情報・通信ネットワークの形成は,人間と自然との物質代謝過程の総体についての社会的で科学的な管理のための強力な技術的手段を与える」可能性を開きつつあることは事実であろう。(25)もちろん,そのコンピューターの資本主義的活用の問題点は別途に分析される必要がある。「人間の言語は……《コミュニケーション》なくしては存在しえない……《社会的・共同的存在》としての人間の本性に根ざすものなのである」が「世界的情報ネットワークのもつ意義はますます重要になってきて」も,その「情報技術の飛躍的発展」が,「今日かならずしもそのまま人間的コミュニケーションの充実・発展につながるどころか,むしろしばしば逆の傾向すらもつ」(11)ことは多々ある。

(3) 脳,知能の対象化としてのコンピューターは,現段階においてどのような活動・局面を対象化するに至っているのだろうか？

現在のノイマン型コンピューターは人間の知能の“表現”としては歴史的な意義はもち得ても,不十分すぎることが指摘されている。まずノイマン型コンピューターには解くことのできない物理的に不可能な問題群と,原理的に不可能な問題群が存在している。

前者では指数関数的に課題が増加する問題は宇宙的な規模での大きさの超高速コンピューターを使用しても現実には解けない。(26)ノイマン型には物理的に解くことが不可能な問題群を,人間の脳が“解ける”ということは,今はやりの“ファジネス”（あいまいさ）などを含ませることによっても解決できるであろうが,後者は困難である。

後者にかかわるものとしてA. チューリングの『計算可能性』に関する議論がある。この議論はゲーデルの『不完全性定理』とつながっており,“閉じた系”ではない,“開いた系”としての人間の認識活動の一面を言い当てている可能性がある。（田中一1990年）また,このことは認識,思考と『数学基礎論』とのかかわりを連想させる。(27)

情報処理・コンピュータ教育というと,現状ではコンピューター機器を用いての教育,コンピューター機器そのものの教育,もしくはプログラムを用いての教育がイメージされがちであるが,まず,脳,知性の媒介的表現一般の問題として,まず教育課題が設定されるべきではないだろうか。(28)

「コンピューターの文明史的意義をつきつめていえば,……道具と言語の新たな関係を踏まえた,相互交通の形態の創造的課題を歴史的に浮かび上がらせることであるといえよう。」(11)このような立場からのコンピューター教育は,コンピューターを媒介として逆に人間そのものの認識等の活動の意味を問うこととなり,普遍的な教育課題となるであろう。

**(B) 「科学教育目的論」,「科学観」そのものの『基礎論』への“埋め込み”**

(1) 「科学教育」の目的をどのようなものとして設定すべきかという課題は,主観的に考察されるべき事柄ではない。目的設定そのものが“科学”として論じられなければならない。「科学教育目的論」を“科学”そのものの内に“埋め込んで”考察していく必要がある。外在的に目的

を論じても主観的願望にしかならず，目的そのものを自然進化史と重ねて考察していく必要があると考えるわけである。

これは認識・学習と同様に「目的の自然史」，「目的の組織化」の自然史が課題として設定しうるということになる。(7)「互いに組み込みあった何千という生命構造の階層性は……同じように複雑な諸目的の階層性」とも考えうるということである。このような観点でみると，進化の「実在世界の層構造」において，「種の維持こそは，一つの目標として，これまでのところ淘汰を免れたあらゆる生物の中に維持されてきたものである」と言うことができる。(7)

「自由は『夢想のうちで自然法則から独立すること』にあるのではなく，『この法則を認識すること』のうちに，そして『この認識とともに』与えられる『この法則の特定の目的のために計画的に作用させる可能性のうちに』ある」として科学教育目的論が論じられることがある。(29)目的の自然史への“埋め込み”という観点からみるならば，目的設定は，このような視点に加えて，その科学の対象としているものの歴史的発展段階の現時点における解決課題，及び，その課題への科学としての接近様式に規定されていることになる。それ故「科学教育目的論」を考察していくためには，「全自然」の構造そのものを空間的・時間的に論じていく必要がある。しかし，このような「目的論」の展開も歴史的に現段階の認識水準に規定されているものであり，歴史的限界も有してはいる。

このような設定から筆者は人間にかかわる「科学教育目的論」の課題として，無機・有機・社会の3つの系列の累層構造をもつ「自然と人間との社会的物質代謝」のとりわけ「3次系列」としての《生成途上の課題》を位置づけている。(30)いわゆる環境教育も自然進化史から考察していく必要があるだろう。田中一氏は2次系列が数十億年にわたって維持され続けた“秘密”として「物質循環」が考察され，主系列ではなく，2次系列物質循環に基づく文明を確立する必要性が，現在の課題を解決する一つの方法として提起されている。(22)このような課題は2次系列の発生時：生命の起源と様相を同じくしていると考えられる。系列としての物質循環の安定的成功（2次の場合，太陽エネルギーの固定化機能の獲得）に失敗するならば「系列」は持続化しえない。

人間の歴史が，《系列としての自己の生成課題》を問いつつあるとするならば，“環境問題”は，人間と自然との社会的物質代謝コントロールという他者問題ではなく，本当は『自己認識問題』（高村泰雄1989年）であろう。

(2) 像に対する世界観（自然観，社会観を含む）教育という問題(31)も目的論同様に世界像にたいして恣意的に論議すればいかほどの“観念”をも対置させることができる。このような恣意性故に，そもそもそのような“観念”そのものの教授を放棄すべきという議論もありえようが，問題は不問に付すことによってはなくならない。その問題を論議すべき手だてがなくなるにすぎず，結果的に“観”そのものが意識化されず，あいまいなままで混入することとなる。

「科学教育目的論」の場合には，目的設定そのものも自然の構造に基づく，自然進化史上における課題に即して吟味されるべきことを述べた。その上で，「系列」の“生成の課題”を提起した。目的論と同様に，科学技術における“観”の問題を論議するためには，まず自身を“科学”そのものの内に一旦“埋め込んで”考察する必要があるのではないだろうか。世界に対する観念的把握の自然史という課題も設定できるのではないかということになる。

ここでは，このようなことを考察していくための課題を列記するにとどめておく。

① 生命体の進化の段階に対応する感覚器官の限られた情報に基づく世界に対する観念的把握

という課題は，個別人類に限定される認識行為ではなく，自然進化史として考察しうるであろう。このような世界把握を広義の意味での世界観にかかわる課題と考える。生命発生の初期の段階においても，その段階に対応する世界像・観の構成が存在したはずである。

② このような進化史的にみた広義の意味での「世界観」は，認識行為の進化史という視点と合わせて考えるならば，認識という行為を成立させる本質的要素である可能性が高い。情報に基づく世界像に対応する行為のみを行う生命体は，発展性を獲得することができなかったのではないだろうか。限定情報に基づく世界像の再構成は，世界を見誤る可能性も一方では含んでいるが，認識内容を進化・発展させる契機を内包している。

③ 世界の観念的把握は，進化過程において修正，深化，発展していく。神経系・脳の発達は，世界に対する観念的把握そのものを体系化させていく。この場合，外界の環境要因そのものが生命体とのかかわりで変化・発展していくので，それに対する像・観には，たえずあらたな課題が提起されることとなる。これは現在でも同じである。人類は系列生成という新たな課題に直面しつつある。

④ 観が，認識内容の進化・発展とのかかわりを持つのだとするならば，学習・教育という自然進化史における行為とも本質的に関係している可能性がある。獲得された情報に基づく世界像に対する対応を，次世代への受け継ぎにおいて配慮することは，未来への課題を先取りすることでもあり，観の本質的機能ではないだろうか。

⑤ このような観にかかわる，科学教育という行為そのものを認識内容としての“科学”の内に“埋め込み”，その“科学”についての教育を語ることは，自己自身の課題を自らに内包することとなる（進化の自己選択）。このように“埋め込まれた”自己そのものの教育を語る時，はじめて科学教育における“観”の問題が論議しうる土台を獲得するのではないだろうか。

科学教育という行為そのものの意味づけがなされたものとしても，現在の人類がかかえる課題に対する自己進化選択において，人類がその方向性を採るか否かは自由であろう。人類の未来は，人類そのものに自己決定権があるわけである。人類は一瞬にして惑星から消滅する自由をも獲得している科学技術段階に達している。

## [3]『基礎論』そのものの自己への“埋め込み”

コンピューター(A)と自己の系列としての生成からみた目的論設定(B)との両者に共通することは，対内と対外という区分はあるが《自己認識》の課題としてくくれることであろう。この《自己認識》という視点に基づき，『科学教育学空間』・『現代科学空間』・『科学的認識過程空間』の3者の関連について模索してみよう。(『空間』という表現：高村泰雄1976年(32))

『科学的認識過程空間』には人類総体としての認識過程と，個の発達過程としての発生的認識過程の二つの側面がある。類／個としての認識過程は，人類総体としての歴史的蓄積過程によって，認識内容（「現代科学」）へと結実していく。これを実現していくのは広義の意味での類としての教育行為である。この3者の内的論理構造を考察する。

(1) まず，『現代科学空間』と，『科学的認識過程空間』との関係を考察しよう。

認識内容の対象は，全自然総体（自然・社会・人間）である。ここで認識という行為そのものを全自然の内に“埋め込む”ことによって，認識過程と，その認識内容の結実としての『現代科

学空間』は統合される。このような統合から見た認識行為は『認識形成論』として論じられる。これは必然的に“認識する自己”そのものを認識の対象とするという意味において《自己言及・自己認識》という課題を内包している。素粒子からつくられている我々が，その素粒子について語ることに代表されるように，そもそも“自然科学”は《自己言及》を含んでいる。「認識論」も，対象を認識する行為そのものを，宇宙において派生した物質の有する機能として科学の対象とする時，“科学についての認識”が“科学”の対象となり《自己言及》となる。認識そのものが対象となりつつあることは，コンピューターの発達にも象徴されている。人間の思考活動の一部の主系列上での表現は，その意義と限界を媒介として人間の自己そのものへの“問い直し”を迫っている。(例えば「認知科学」)

『認識形成論』は，認識行為そのものへの自己反省といえる。ここでは，認識の他者性は克服され，対象としてきた“自然”そのものにおける認識行為成立の根拠を示すことによって，認識内容と認識行為との相互外在性は克服される。ここで自然における“認識形成の自然における歴史”を展開するためには，認識，情報の累層構造的分析が必要となる。「科学教育目的論」は，この視点から論じられるべきである。現代における課題は，自然の構造・自然進化史の現段階に即して論じられるべきである。これは目的論の自然の構造に依拠しての設定ということになる。

このような認識は人類総体として実現される。この自己認識の内容の人類総体としての獲得を，次世代との関係で意識的に伝達・発展すべく組織されたものが，広義の意味での“科学教育”である。情報の伝達は，他者媒介性による自己調整を含んでいる。“教育”はその他者性を次の世代に求めることによって，人類の自己進化選択行為を行おうとしている。

(2) 次に『認識形成論』と，『科学教育空間』との関係を考えてみよう。

認識内容・認識過程の統合としての『認識形成論』／自己認識を前提とするならば，教育行為は自己認識に基づく，認識内容による自己進化方向選択行為としての意味をもつ。3次系列の安定的生成は，この自己進化方向選択の基礎的条件を成すにすぎない。(科学教育目的論) 自己認識が，実践的意味を獲得する時，教育行為との統合が行われる。ここでは主系列・2次系列とは本質的に異なる「3次」は，自己認識に基づく，自己進化方向の意識的展開として特徴づけられる。

自己認識に基づく自己教育として認識内容／認識行為と教育行為との相互外在性は克服される。この段階では，『3面鏡モデル』(高村) の3空間は，本質的に1つに統合される。ここにはただ『1つの科学』しか存在しないこととなる。《自己言及》に基づく，“科学”に対する認識・教育という行為そのものを“科学”の対象とする分野が生成しつつある。“科学”についての教育が“科学”の対象となり，その教育を内包する“科学”についての教育を語る時，教育／科学を巡る“サイクル”は閉じることとなる。自己認識する生命体は，自己の進化方向を意識的にコントロールすることを課題としつつある。このためには当面，自己の「系列」としての安定的生成という課題を克服しておかなければならない。「3次系列」の安定的生成と，発展的展開とは質的に区分される。進化方向を自己選択する物質の生成段階として，人類史における科学教育の“学”の発生の段階を位置づけることができるのであろう。

20世紀後半における科学技術の発展は，科学教育そのものの意味への“問い直し”を含む，このような課題を提起しつつあると考える。

**〈註〉**

(1) P.C.W ディヴィス 『宇宙はなぜあるのか』 岩波書店 1985年

(2) 菅野礼司 “物質観：思想としての科学” 『物質の進化』 三省堂 1988年

(3) 松田卓也 『人間原理の宇宙論』 培風館 1990年／P.C.W ディヴィス 『魔法の数$10^{40}$』 地人書館 1990年

(4) 「科学技術の発達をもたらす重要な要因となった近代合理主義の流れのなかには，人間の心情的なものへの配慮がおろそかにされてきた側面がある」ので，「新しい科学技術の時代に生きる子どもの教育においては，科学技術と人間の心情や感性との調和を図る視点が重要である」というような“科学”と“心情”とを対置することによっては，問題は解決されない。臨時教育審議会・最終答申 1987年

(5) 高村泰雄 『理科教室』 1988年11月臨時増刊号

(6) 拙稿 「『認識形成論』についての覚書」 札幌唯物論研究会編『札幌唯物論』No33 1988年

(7) ルーペルト・リードル 『認識の生物学 —— 理性の系統発生史的基盤』 思索社 1990年

(8) 品川嘉也 『意識と脳』 紀伊国屋書店 1982年

安孫子誠也氏も「認識作用それ自体が自然現象であり，自然現象であるからこそ認識が可能となったのである」として，「生物が外界を認識するとは，自然が自然を，物質が物質を，宇宙が宇宙を認識すること」であると述べている。「ピアジェからプリゴジーヌへ」 『エピステーメ』特集“構造変動” 朝日新聞社 1985年

(9) 田中 一 「情報とは何か」 北海道大学情報処理教育センター広報 7 1987年

(10) 菅野礼司 「現代物理学における弁証法」 前掲『札幌唯物論』No33

(11) 尾関周二 『言語的コミュニケーションと労働の弁証法』 大月書店 1989年

(12) 田中 一 『夜空の星はなぜ見える』 北大図書刊行会 1973年／岩崎允胤・宮原将平 『現代自然科学と唯物弁証法』 大月書店／高村泰雄 “科学と教育”『現代教育学事典』 労働旬報社 1988年

(13) 『数理科学』“生物の進化と性” サイエンス社 1986年10月号，また「少なくともホ乳類に関するかぎり，進化に寄与する突然変異の大部分は雄に由来すると考えてもよさそうに思われる」ことが指摘されている。 宮田 隆 「進化は雄で決まるか」 『科学』 岩波書店 1989年3月

(14) 竹村彰祐 他 『生物の情報システム』 講談社 1990年

(15) 例えば，木村資生 『生物進化を考える』 岩波書店 1988年

(16) 小原秀雄・岩城正夫 『人間どう視るか：自己家畜化論』 群羊社 1984年

(17) 渡植貞一郎 「精神現象の生命科学：神経から意識へ」 『生命の展開』 三省堂 1988年

(18) E. ルーベンスタイン 「進化の階層構造」(松下允彦訳) 『サイエンス』 1989年8月号 日経サイエンス社

(19) ここでは小原氏の『自己家畜化』という表現はとらなかった。氏の使用法には「価値的」な側面が含まれているわけではないが，“家畜化”ということのもつ一般的イメージに引きずられることを避けたい目的からである。前掲『自己家畜化論』，『人［ヒト］に成る』 大月書店 1985年

(20) 小原秀雄 『人間・ヒトにとって教育とは何か』 群羊社 1985年 ／「人間のからだと教育を進化生態学的に考える」 『教育』 国土社 1984年6月号／『だから儀式はなくならない』／『教育は人間をつくれるか』 農文協 1988年・1989年より

(21) 大田 堯 『教育とは何か』 岩波書店 1990年

(22) 田中 一 『未来への仮説：人類再生への提言』 培風館 1985年

(23) F. エンゲルスの「猿が人間になるにあたっての労働の役割」を，さらに生物進化一般について包括する論議に拡大する可能性は吟味に値するだろう。

(24) 例えば神沼二真 『バイオコンピューター』 紀伊国屋書店 1988年

(25) 山口正之 『資本主義はどこまできたか』 大月書店 1989年／資本主義的活用の問題点の分析としては情報問題研究集団編 『コンピューター革命と現代社会』（社会・文化，技術・労働，経済・産業） 大月書店 1986年，戸木田嘉久 『現代資本主義とME化』 新日本出版 1990年等がある。

(26) A.K. チャンドラー「200億年かかっても解けない問題」『別冊サイエンス：コンピューターと数学』日経サイエンス社 1983年／『別冊 数理科学：ファジィ理論への道』サイエンス社 1988年

(27) 『自己言及』は「矛盾」を内包している。自己が自己について語る時，自己内部の無限進行が始まる。ゲーデルの「不完全性定理」は，この数学上での現れとみることもできよう。このように考えると，数学基礎論上での定理は，『認識』というもののもつ性格の一面を言い表している可能性がある。菅野礼司 「自然科学と弁証法」 『特集：弁証法の現代的意義』（唯物論研究年報1986年版） 白石書店 1986年／田中 一 “Turing機械と計算可能性” 『自然科学概論』 北大図書刊行会 1981年

しかし，照応には限界もある。 土屋俊 「ゲーデルから学んではならないもの」『現代思想 ゲーデルの宇宙』 1989年12月号 青土社

(28) コンピューター教育をバラ色に描くことも，否定的に描くことも誤りであろう。また，いわゆる機器・プログラム教育に限定する見方も狭いことがわかる。 佐伯 胖 『コンピューターと教育』 岩波書店 1987年／『理科教室』“コンピューターと理科教育” 1988年8月号 新生出版／佐々木亨「コンピューターの教育利用の有効性をめぐって」 『日本の科学者』 1990年2月

(29) 田中 実 「科学教育目的論」：終わりなき議論への試み 『理科教室』 新生出版 1968年1月号／F. エンゲルス 『自然の弁証法』／遠山 啓・道家達将・真船和夫 「数学・自然科学の教育」『講座 現代民主主義教育』第4巻“学校教育” 青木書店 1969年

(30) 拙稿 「“人間と自然との社会的物質代謝”を科学教育として設定するための見方」 北大教育学部教育方法学研究室編 『教授学の探究』No.6 1988年

(31) 遠山 啓 「能力主義の克服をめざして」 『教育』277号 国土社 1972年6月／田中 一 「科学教育と世界観の教育」 『講座 現代教育学の理論』2巻 “現代教育学の理論” 青木書店 1982年

(32) 高村泰雄 「教授過程の基礎理論」 『講座 日本の教育』第6巻 1976年

（1990年5月）