

「水泳指導法覚書」

佐 野 裕

「The Note about the Method of Swimming Coach」

Hitoshi SANO*

Abstract

This paper aims to study the method of swimming coach for beginner.

1. About the coach of Breathing Technique. whether or not pre-expiration under water, forcible and explosive expiration through the Mouth in Air and not under water just before inspiration is rational breathing technique for swimming.

Especially, for beginning swimmer not pre-expiration under water is better than expiration through the Nose or Mouth under water.

2. About the coach of Floating Technique. The Body density can be defined as :

$$DB = \frac{MBA}{MBA - MBW / DW - (RV + VCI)}$$

DB = Body density

MBA = Mass of Body in Air

MBW = Mass of Body in Water

DW = Water density

RV = residual volume

VCI = Volume of intestinal canal,

if a person who has the ability to floating, his under water body weight is greater than minass 1.5 kg. and in order for body to float horizontally, it is necessary for the center of buoyancy and the center of Gravity to be in the same point or vertically below one another.

緒 言

本学に50M屋外水泳プールが完成する。一般論として学校体育・スポーツ施設としては、小規模でも室内温水プールをというのが、多くの水泳関係者や研究グループの意見であることは理解している。特に小学校教員養成課程を付置するところでは、基本的な水泳運動能力や水泳指導能力を有する教師養成が重要な課題となっているのであり、通年での「水泳」授業が望まれているところなのである。このことは毎夏の児童生徒の水死事故

* 体育教室 (Dept. of Physical Education)

の実態から、初等教育階梯に於ける「水泳」単元の取扱い方や¹⁾、小・中学校教師の水泳指導能力のその資質が問題視されてきているのに関って、教員養成学部、就中、小学校教員養成課程に於ける水泳授業の位置づけや、その取扱い方が問い直されなければならないことを示しているといえるのである。筆者らは、全国の国公立大学の小学校教員養成課程に於ける水泳授業の取扱い方を概観するために簡単な実態調査を実施したが、具体的内容は別稿に譲るとして²⁾、その現状は決して充分とはいえないのである。このことは各都道府県教育委員会が、現場の教師の水泳運動能力や水泳指導能力の向上のために、現職教育や再教育を実施せざるを得ない理由の一つになっているのであり、多くの水泳関係者から教員養成課程に於ける「水泳」授業の内容や取扱い方、その単位認定の在り方等が問題視され、疑問視される理由にもなっているのである。筆者は先きに「水泳指導法の理論的考察」(野外運動研究第2号, 1976)及び「Research Quarterly に於ける水泳研究の指導法的解釈」(水泳研究紀要, 第1号, 1976)に於て水泳指導法に関する若干の論議を展開したが、ここではそれらの論議を整理する形で二〜三つの理論的考察を試みてみたいと思うのである。

一般に体育・スポーツに於ける運動技術の指導法とは、指導者が長年の運動経験や指導経験を土台に、その指導者なりの体系化を試みたものであり、それは既に完成されたものではなく、常に指導実践の場に於ける試行錯誤を通じて次第に磨きあげられていくものであるといえるだろう。その意味では優れた指導法は、その指導者のもつパーソナリティ特性を反映して、極めて個性的なものであると考えられるのであり、その指導法を真似れば誰れでも同一の結果を期待できるという類のものではないと考えられるのである。しかしこのことは優れた指導法を、なにか神秘のベールで陰蔽してしまうことを意味しているのではない。今日、多くの指導法は体育スポーツ科学の照明の下に、その優れた指導法のもつ合理的根拠が徐々に解明されつつあるといえるのである。成田は「大学の体育教員養成課程の授業科目の中に、なぜはっきりと『指導法』と名付けた授業がないのだろうか、という疑問をもったのは、もうずっと昔のことであり、(中略)指導法などというものは教育や体育においては技業未節であり、指導の方法など現場に出て、そこで苦勞して一人一人が学ぶべきものである、というのであろうか」と疑問を呈している。「体育の歴史の中で、指導法の問題が重視され、その客観性、科学生が著しく進歩する時代というのは、言葉の正しい意味で『児童中心の体育』の時代であったように思われる」とのべ、「体育の領域では、大学こそ実技、理論の授業ともに、指導法の改善が最も無視ないし軽視されているのではないだろうか。そして、このことは、つまるところ、『児童のための体育』というものを無視してきた時代の体育から、はたしてわれわれの体育は脱却しているのだろうかという疑問を、われわれに起させるものではないのだろうか」³⁾と論じているのである。しかし指導法は多様な運動経験や身体的・精神的諸特性をもった生きた個性的な諸個人のこれまた多様で個性的な運動要求、運動技術上達への要求にコレスポンドした様々の段階をもつと同時に、現実的な生きている指導法には活字として定式化された指導法とは異って、指導者の個性や運動観、技術観などが反映したある種の「ふくらみ」が存在するもの

であり、それだけに逆に生きている現実の、それこそ多様な指導法の中から一本の「赤糸」を導き出し、合理的な指導法として定式化することは仲々に困難な作業であるといわなければならないのである。そうした点で成田の論説は正当な主張を含みながらも高踏的であり、現場での体育スポーツ指導者が、より合理的な指導法を求めて創意工夫している現実に無理解であり、いかにも体育スポーツの指導は一般的に非科学的であり、いいかげんになされているかの如き非難を含むものと受取られるのである。われわれもまた、現在多くの各運動種目に即した実践的研究が不充分であるという現実を否定するものではない。しかし現場での教育実践、指導実践の中から問題点を洗い出し研究を進めていく者にとって問題となるのは、成田の所説の如く現場ではなく、むしろ高踏的な論説や指導教本、テキストブックの類にあり、あるいは実技指導法講座等と称する雑誌連載論文という作品群なのである。それらの指導法に関する作品群の多くには「……することが望しい」というような権威主義的論述が目立ち、合理的説明が殆んど見られず、一般的にそれが、

(1)既に科学根拠の明確な指導法の論述なのか

(2)その指導法は現在多くの体育、スポーツ指導者によって唱導されており、未だその因果の必然的連関は不明であるが、一つの経験則として普遍化され得るものなのか

(3)あるいはそれは、既知の理論への新しい角度からの理論や技術を導入した指導法であるのか

(4)あるいはまたそれは、単に論者の個人的経験にとどまる指導法の論述なのか

等々という点での明確な指摘のある論述が少ないということであり、その意味でどの点が現在までのところ理論的実践的に解明されており、また何が未解決の領域で、今後の課題は奈辺にあるのかという様な点を不明確にするという意味で、成田のいう指導法の科学化のためには、あまり生産的な研究、実践資料とはならないということなのである⁴⁾。本稿はそうした点で、水泳指導法の理論上、既に明らかにされている点や論争点となっている点を若干整理し、本学の水泳授業に於て参考としたい指導法上の二～三つの覚え書ともいえるものなのである。

注

- 1) 1976. 7. 30の「赤旗」に興味深いスポーツ時評が載った。例えば時評には現在の水泳指導がもっぱら競泳中心という一般的傾向をもっており、また低いプール設置率の問題点や、更には現行学習指導要領における水泳単元の取扱い方の非教育性などが取上げられていて興味深い論点が見出されるのである。
- 2) 酒井他「水泳授業の取扱い方に関する実態調査」横国大教育紀要、第17集、1977。
- 3) 成田十次郎「体育における指導法をめぐって」学校体育所収、P6—7、1977。
- 4) 研究の生産性を高める上での研究、実践姿勢の在り方の問題と関って、Bibliographyの必要性について触れた。それは、藤野渉「学風あるいは学問研究のモラル」名大文学部研究論集、哲学22、P67—109、1975、その「承前」P111—145、「補遺」哲学23、P9—20、1976、及びそれに反論する竹内良知「欲求と意識—藤野教授にこたえる」哲学23、P21—66、1976に触発されて書いたものであるが、その専門的内容は、筆者の理解及ばざるところであるが、それはplagiarism、剽切や誤訳、不適訳の問題、引用の杜撰さ等に関連して所謂学問の作風、研究者の学問的態度が問われた論争なのであった。研究の積重ねの問題や先行研究の位置づけ、研究

成果の発表の際の叙述的態度や方法の問題等参考になった。

1. 水泳指導の目的及び水泳観

水泳指導法の領域で主として論争点となる諸々の問題の背景には、この水泳指導の目的についてのとらえ方の違い、あるいは水泳観の違いから派生してくる場合が多々あるといえるのである。

それは例えば

- (1)水泳指導では、どのような水泳運動能力を発達させようとするのかという問題として
- (2)あるいは、水泳運動に於けるどのような技術単位を、どのような順序で教えていったらよいのかという、所謂技術指導の系統性、順次性の問題として
- (3)あるいはまた、そうした技術単位の個々について、どのような方法がもっともその段階の運動課題に見合った技術を内包する身体表現であるのか

等々という問題として顕在化してくるといえるのである。ここでは初心者水泳指導法に於ける浮く技術、呼吸の技術の取扱い方の問題として、主として考えてみたいと思うのである¹⁾。

ところで、一般的に水泳指導の目的を一律に規定することにはいくつかの問題点がある。それは前述したように指導者の水泳観、水泳技術観によって異ってくるからであり、champion-ship sports 志向の所謂競泳指導を目的とする場合と、泳力指導を目的とする場合とでは、その具体的指導内容に於ては大きく異ってくるからである。梅田はこの点について「競泳指導とは公式の競技会に用いられる泳法を主とし、競技的トレーニング法によって技能の向上をはかることを主眼とする」価値志向をもつものであり、「泳力指導とは競泳に用いられる泳法を含めた各種の泳法、潜行、飛込み、救助法など広く総合的な技能を養い、単にプールに於てだけでなく流れや波のある自然の水の中でも安全に泳げるだけの力を養成することをねらいとする水泳指導」と区別している²⁾。この規定に従えば、学校での水泳指導の目的はこの後者であると理解されるのであり、そこで小学校教員養成課程に於て養成されるべき教師としての基本的水泳運動能力や水泳指導能力の質が、奈辺にあるのかを理解することができるのである。水泳授業といえば競泳中心という1976. 7. 30の「赤旗スポーツ時評」や杉原の指摘をまつまでもなく³⁾、目的と内容の乖離が問題となるのである。木庭は「学校プールに於ける水泳指導はなにか」⁴⁾の中で「外国では水泳というより水上安全 water safety という言葉で水泳全般を取上げているように、水泳技術は単に泳げるということに留らず、水中で自己を守るための技術であることを徹底させている。たとえば大学の一般体育の水泳にしても、ただ泳ぐのではなくて、耐水時間を5分とか10分要求している」というが、例えば本学のプールの底形をどう設計するか、水深を何M位にするか等という問題も、実はこうした水泳指導の目的と関ってくる問題なのであった。梅田が「指導中の安全であることだけを考えて、浅いプールが多くつくられ、ある程度上達した者が、飛込みや潜水など各種の泳法を練習し、いわゆる泳力の養成には役立ちにくい」⁵⁾のは疑問であるという時、水泳指導に於てプールは単に浅ければ良いというものではないことが理解されるのである。このことは決して安全管理の問題を無視して

良いということではなく、ちなみに水深 16cm のプールでも溺死するが、水泳指導の目的に応じた機能上のキャンパシティを有するプールが必要なのであるということである。水泳指導の目的の問題はまた、水泳指導をプールに限定するのか、あるいは臨海での水泳指導も実施すべきか等という問題とも関連してくるのであり、学校プールの普及率の増加にも拘らず、子ども達の海での事故の増加というこの矛盾にも関って、極めてアクチュアルな問題を現場の教師に提起しているといえるのである。即ち「プールの泳ぎと海や川などの泳ぎの違いは経験なしでは理解できない」（前出「赤旗」スポーツ時評、大沢毅「水の事故をなくす」）また「子ども達は水の深さは一様であるとか、水は動かないものという錯覚をもって」⁶⁾おり、海での水難事故を少なくする上で undertow や runout⁷⁾についての理解が必要とされる以上、水泳指導の目的に「泳力指導」を掲げるのであれば、水泳授業の内容やその実施方法については、競泳指導とはまた異った角度からの努力が必要とされるといえるのである。従って小学校教員養成課程に於ける水泳授業において、臨海での水泳実習を実施するか否かの問題は、その意味で重要な論点の一つとなってくるのであり、本学の水泳授業の内容構成は上記の様な問題点を視野に入れたカリキュラムとして、評価、単位認定の基準も含めて検討されなければならないといえるのである⁸⁾。

ところで水泳の指導上問題となるのは、上記水泳指導の目的のちがいからだけではなく水泳観のちがいからくる問題もあり、仲々に複雑といえるのである。例えば水泳観のちがいは、初心者技術指導の系統性、順次性の問題として、あるいはまた初歩泳としてどの様な泳法の指導から始めるべきか等という問題として顕在化してくるからである。

中村は「技術の思想性」⁹⁾について次の様に論じている。「いったい『泳げる』とはどういう状態をさすのであろうか。『泳げる』という言葉の中に『進む』あるいは『速く進む』という意味合いを強く含ませて考える『立場』にたてば、初心者の指導は、当然、向うの旗まで、あるいは向うの岸までバタ足で早く行けるようにしようという内容にならざるを得ないだろう。したがってその指導の要点は、おおよそのところ、バタ足、ダルマ浮きなどが中心となつてこざるを得ない。しかし私達は『泳げる』ということを『息をして浮いている状態』と考える。進むことはその次の段階と規定するから明らかに初心者指導に対する『立場』がちがうことになり、従つてその指導に対する立場がちがうことになり、従つてその指導の中心に位置づく技術もちがつてこざるを得ない。私たちは『呼吸法』を最初に位置づけ最後までそれを重視する」¹⁰⁾。というのである。つまり「泳げる＝進むという考えからまず教えることはスピードを出す技術ということになり脚の蹴りが先きに位置づく」¹¹⁾面かぶりバタ足の、所謂進む—呼吸—初歩泳という系統性に対して批判的な立場をとる中村らは、呼吸法を最初から最後まで重視する立場をとるというのである。また小俣らは¹²⁾「泳げることについての意識調査」の中で次の様に論議している。「水泳運動を“水に直接に、自由に適応しようとする身体運動”と定義してみると、たとえばさまざまな泳法は“水中で自由な姿勢をとる”という水への適応の仕方と考えられる。また水中で全ゆる方向に進むのは“水中で自由な方向へ移動する水への適応の一つと考えられる”——中略——そうするとどの様な適応の仕方がどの程度できれば泳げると判定するの

か（できるのか）という問題が生じてくる」として、主観的自己評価による質問紙法に基いて、人々のいただく「泳げる」ことについての一般的理解のアウトラインを距離、時間、泳法等について明らかにしようとしている¹³⁾。また高橋は「泳げるとは時間や距離の制限なしに泳ぎ続けられることである」と規定し、「水を意識せず、好きな時に呼吸ができ、動きたいと思うだけで動きだせる状態、陸上で運動を行うのと同じ意識で水中で動作ができる状態、ただ泳ぐだけならただ歩くだけと同じように、いつまでも泳ぎ続けられる状態、これを『泳げる』というのである」としているが、その論拠は次の様である。「ところでこの様な『泳げる』とい技術を獲得できたかどうかの判断はどの様にして行なえるか」というと、まず本人の『いくらでも泳げる』という主観をその基準にすることができる。昭44、武蔵中学2年生144のうち、約半分の50名はいくらでも泳ぎ続けられるだろうと答えている。これらの生徒は3km以上の遠泳に合格しており、50M平泳ぎを1分をきるタイムで泳いでおり、25Mをゆっくり泳いだ時のストローク数は15ストローク以内であり、さらに10分間立泳ぎに合格している。このことは、この種の基準と、いわゆる『泳げる』との間には何らかの関係があることを示している。泳げるとはいくらでも泳ぎ続けられることである。水泳指導の際には、すくなくとも、この『泳げる』ことを最低の目標にすることは現実的なことである」というのである。中村らの「息をして浮いている状態」という考え方とは異なることが理解できるであろう。勿論、高橋は「泳げるという言葉を使う時はある種の条件を必ずつけていわないと不正確になる」とのべ、「その条件というのは、距離であったり、時間であったり、泳法であったりする」と慎重に「泳げる」ことの意味を規定しながらも、「しかしながら、もし条件をつけずに泳げるとはどういうことかと問われれば、それは水泳の技術を身につけたことで、主観的には本人が『泳げる』と判断する時であり、客観的には何キロメートル、何時間も泳ぎ続けられることと判断したい」¹⁴⁾との見解を示している。ドル平は「息をして浮いている」ことを最低の泳げる条件と規定するが、高橋らは、対象者の条件やその水泳レベルに応じて柔軟に考えようということなのである。幼稚園や小学校の子ども達が例えば1回呼吸の面かぶりバタ足で、あるいは2～3回の呼吸で5M～10M進んで「泳げた」と喜ぶその主観をまず大切にしようということなのである。こうしてみると面かぶりバタ足が中村の言う如く一概に生命無視の思想を孕むものと¹⁵⁾断定できるとは思えないのである。子ども達のそうした条件付きの主観的には「泳げる」という意識を、技術的には何キロメートルでも、何時間でも泳げるという客観的な水泳技術の獲得へと高めるところに、各種水泳指導法の技術観、水泳観が反映することは当然であるが、しかし中村の唱導するドル平指導法、「それは体育界—伝統社会を覆う支配的な秩序と結合した『子ども不在』の技術体系への根底的批判であり、科学的な子ども観の確立のはじまりであった」¹⁶⁾というドル平絶対視の指導法観にはいくつかの問題点を指摘することができるであろう。果たしてドル平以前の水泳指導法が、伊藤の言う如く「子ども不在」の技術体系、指導体系で覆われていたか否か、その評価は慎重になされなければならないだろう。こうしたイデオロギー上のボルテージの高い高踏的な態度は、より合理的な水泳指導法を求めている多数の水泳指導者の結集を却って阻害し、共通の土俵

に上ることを困難にしてしまうことにはならないであろうか。例えば荒木はいう。「結論的に述べるならば、弁証唯物論が理解できにくい人々にとっては、ドル平は理解しにくいものであり、仮に模倣的に実践しても、系統の一人歩きという型をたどるしかないものとする」¹⁷⁾と論断しているのである。物事を相互の関連に於て把握する態度は誰れにとっても必要な物の見方、考え方ではあるが、しかしドル平理解のメルクマールに弁証法的唯物論をもちだしてくるのでは、あまりにも機械論的に過ぎ、より合理的な水泳指導法を求めての生産的な論争を困難にするだけであろう。学校体育同志会によれば「初心者指導に於けるドル平泳法の有意性については、この10年近くの実践によって、広く認識されてきつつあるが、ドル平泳法に対し、理解を示そうとしない一部の頑固な非難者もまだ数多く見受けられる」¹⁸⁾という論調に明らかな様に、ドル平絶対視の姿勢は、逆にドル平以外の各種指導法の優れた点に理解を示そうとしないドル平の硬直した姿勢を示しているといえるのである。筆者は呼吸法の取扱い方に関するドル平の科学化への志向、その理論や実践を高く評価するものであるが、問題は松岡¹⁹⁾やドル平の様に性急に指導法の統一をはかることが、現状では必ずしも水泳指導法の科学化につながるものとも思えないのである。むしろ現段階では各種指導法の独自性を明らかにする中で、その交流を広める共通の理論的枠組を整理することが必要であろう。即ち水泳観や水泳指導の目的のちがいを理論的に整理し、その相互理解にたつて、例えば水泳運動におけるどの様な技術単位を、どの様な指導順序で教えていったらよいのか、という様な所謂技術指導の系統性、順次性等についてその合理的根拠を解明して、各種指導法の独自性を明らかにしていく作業である。

注

- 1) 体育専攻の水泳授業のカリキュラムについては、筆者らの構想を参考までに紹介すれば概略次の如くだろう。小学校教員養成課程のそれは別稿（酒井他）横国大教育紀要第17集、1977にて若干触れておいた。しかし、通年での水泳授業に理解を示す体育教室は少ないだろう。

領 域	内 容	時間	領 域	内 容	時間
水泳指導法	(例) ・水泳指導の目的論 ・トレーニング理論 ・技術指導の系統性 ・指導方法論 etc	6		・潜水性徐脈 ・合理的呼吸法 etc	
			水 泳 管 理	・プール事故と法的責任 ・プールの消毒管理 ・効果的な指導学習形態 ・測定、評価法 etc	4
水泳の運動生理	・水泳運動と心肺機能 ・スピードと酸素消費量 ・各種泳法の経済速度 ・遠泳と体温 ・体温の逐時的变化 ・水温の臨界値と遠泳時間の限界 ・水泳と呼吸数、心拍数	8	キネシオロジー	・スタートとターンの動作分析 ・浮漂と浮身のメカニズム ・推進力と抵抗 ・諸泳法に於けるブルとキックの解析 ・姿勢と抵抗 ・初心者の水中動作特性 etc	8

領 域	内 容	時間	領 域	内 容	時間
水泳の運動心理	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Non-Swimmer のパーソナリティ特性 ◦ 練習に対する国民性のちがい etc 	4	水 泳 医 事	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 溺死の発生機序 ◦ 救急法と蘇生法 ◦ その他 etc 	8
水 泳 史	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 泳法の変遷(一般史概説) ◦ 流派史概論 ◦ 競泳記録の変遷 ◦ 海水浴の歴史 etc 	8			

計46+(14)* +14は指導法やキネ等における実験、実習の時間に当てる。

- 2) 梅田利兵衛「プールにおける水泳教育—競泳か泳力か」学校体育所収, P12, 1973. 7, 小林信吾「臨機応変な指導計画で」学校体育所収 P112—116, 1970. 9 には, 「速く泳ぐよりも安全に長く泳げることを指導目標にした実践報告がある」
- 3) 杉原潤之輔「水泳」泰流社, P37, 1975.
- 4) 木庭修一「学校プールにおける水泳指導のねらいは何か」学校体育所収, P16—17, 1976. 7.
- 5) 梅田利兵衛, 前出注2, P18
- 6) 木庭修一, 前出注5, P12
- 7) RAYMOND WELSH「SURF BATHING SAFETY」P52, JOPER-JUNE, 1976, 1976
- 8) 酒井志郎, 佐野裕「小学校教員養成課程における水泳授業の取扱い方に関する実態調査報告」横国大教育紀要第17集, 1977.
- 9) 中村敏雄「ドル平泳法の基盤。息をして、浮いていること」女子体育, P31, 昭45. 6
- 10) 前出注9
- 11) 前出注9, P32
- 12) 小俣充他, 水泳研究会「泳げることについての意識調査」女子体育 P8—12,
- 13) また日高らは「水泳指導に於てしばしば問題になるのは『泳げる』ことについての判定基準であるが, このことについての科学的分析は未だ充分なされていない」として, 可泳距離の実態調査や泳げることの社会的規準, 泳げることの自己認識や浮漂能力との関係等, 様々の角度から研究を進めている。日高他「佐賀県における児童生徒の可泳距離について」佐賀大研究論集第21, P205—224, 1973, 「小学生の可泳距離と浮漂能力の関係について」同第24, P225—231, 1976.
- 14) 高橋伍郎「泳げるとはどういうことか」女子体育。P58—62
- 15) 中村敏雄, 前出注9
- 16) 伊藤高弘「ドル平泳法創出の背景と今日的意義」運動文化, 第6号, P2, 1976, 6
- 17) 荒木豊「ドル平泳法から近代泳法への発展」運動文化6, 第54号, P14, 1976, 6
- 18) 学校体育同志会編「水泳の指導」ベースボールマガジン, P121
- 19) 松岡重信「水泳の初心者指導体系に関する一考察」日本体育学会27回発表抄録, P176

2. 技術指導の順次性について

前節で概観した中村らのように, 泳ぎを「息をして浮いている状態」と規定しようと, あるいはまた小俣らの如く「水に直接に, 自由に適応しようとする身体運動」と規定しようと, 「水泳とは, 水に浮いて呼吸しながら手足を使って進む」¹⁾ という本間, 林らの説明を否定するものではないであろう。本間らは水泳の特質として(1)浮く (2)呼吸する (3)推進力という三要素を挙げているが, 初心者水泳指導法における論点の一つに, 中村らの主張をみれば明らかなように, これらの三つの技術要素を指導体系の中にどの様に位置づ

けて指導するのかということがある。杉山は「泳法指導に入る段階としてどのような指導方法で体系づけられているだろうか。諸文献（文部省：水泳指導の手引，昭30. 6。昭37. 6。「学習指要領」小・中・高各編，昭38. 7。R. キップス，H. バーク，述富士夫訳「基本水泳」大日本雄弁会講談社，昭28。宮畑虎彦「水泳指導」教育実践文庫21，明治書院。吉田勝平他：図解水泳教本，田中書店，昭31年。体育の科学第1巻第6号（1951）～第15巻第7号（1965））を通してみると，我国における主たる体系を示すと次の様である」²⁾と論じている。

- | | | |
|----------------|--|-------|
| 1) 水馴れ=浮き方=バタ足 | $\left\{ \begin{array}{l} \text{膝を曲げる} = \text{犬掻き} \\ \text{膝を伸ばす} = \text{犬掻き} = \text{速泳} \end{array} \right\}$ | 扇足系泳法 |
| | | 蛙足系泳法 |
- 2) 水馴れ=浮き方=背泳（背浮きバタ足）
 - 3) 水馴れ=水中渡渉=蹴り伸び=平泳ぎ
 - 4) 呼吸=浮き方=犬掻き=背面蛙足平泳=初歩背泳
 - 5) 呼吸=呼吸・腕=呼吸・足=ドル平

「即ち，一つは基本的な個々の技術を，その重要性において等質的に取扱い，しかも水馴れ，浮き方，バタ足の段階指導を経て修得させる体系であり，今一つは個々の技術の中でも特に，呼吸法を重視し，呼吸指導中心に段階的に修得させようとする体系」であるという。この5分類が妥当であるか否かは別問題として，筆者は前者を呼吸法指導軽視の指導体系とは一概に規定できないと考えている。問題は，いつ初歩泳の呼吸法として指導するか，ということの取扱い方のちがいに存するのであって，各段階における呼吸法一般の指導を前者がネグレクトしているわけではないといえるだろう。例えば宮畑はいう。「初歩のクロールを練習するとき，初心者多くは，すぐ頭を起こそうとする。頭を起せば，その部分が水面上にでて，浮力が少なくなるばかりか，反作用で胸を前に出し背中をそらせる。その結果，すぐ足の方から沈んでいく³⁾。クロール練習の最初は，この頭を起こそうとする反射的な動作を抑制することが大切である—中略。顔を左（右）に向けて体を左（右）に曲げると左（右）側の腕と脚が伸び，右（左）側の腕と脚が曲がる反射がある。クロールを練習するとき，呼吸のしかたをあまり早く練習すると，これが現われる。—中略。呼吸法を指導する時期をあせらず，顔を水中で正面に向けたまま，息のつづくかぎり泳ぎつづけて，両手が左右同じように水に入るようになり，それがかなり固って後に呼吸法を教えれば，ブラインドサイドの腕を曲げて水に入れることはなくなる⁴⁾というが，所謂非対称性緊張性頸反射を考慮した初歩クロールに於ける呼吸法の取扱い方に関する一つの指導法といえるだろう。勿論，宮畑は初歩泳はクロールからと論じているわけではない。初歩クロールに於ける呼吸法の指導に関する一つの方法を提示しているのにすぎないが，ドル平は「ドル平泳法を基礎泳法として，近代泳法への発展を，ドル平泳法→バタフライ→クロール→平泳→背泳の順に系統化でき，さらにその他の泳ぎは平泳の習熟以降に，泳法の多様化という形で指導することが望ましいと考える」⁵⁾とし，呼吸法に関する論議は宮畑と異って，現在のところ主としてこのドル平に限定しているようである⁶⁾。筆者はド

ドル平指導法は呼吸の習得を主に、それを「浮く」感覚、「進む」技術（腕のかき脚のけり）と有機的に連合させて指導する中で泳ぎを習得させようとするのに対し、他の指導法、勿論それは対象者の浮力（最大吸息時でも水中に没する者もいる）、足首の柔軟性、脊柱の柔軟性や腹筋と背筋の筋力比等、体格、体質のちがいに着目するとその指導する初歩泳は異ってくるのであり⁷⁾、例えばクロールでは面かぶりバタ足、または「浮具」利用、即ち「泳ぐ」という感覚を中心とする指導法は、それによって所謂対水感覚を養い、手足で水をキャッチし推進させる中で初歩泳時の呼吸法を結合させ、泳ぎを習得させようとする方法と考えるのである。勿論ドル平は、このドル平以外の多くの指導法に対して次の様に批判する。「第一に考えられることは、水泳という運動全体を見ずして、その部分部分を積みあげていくと、泳げる（水泳が上手になる）という発想と、要素主義的思想や経験主義が根強く存在しているということである。全体を把握できない場合に、部分や要素から研究に着手していく方法は、科学的研究としては当然のことであるが、要素に分析して物事を捕えるという研究の手法が、直ちに教育（子どもたちに認識させ習得させていく）の手法や論理として置き換えるには、研究と教育の混乱というよりは、教育の過程を飛躍させた考え方であろう。しかし現実にはこのような考え方や、それに基いた指導系統がまかり通っているしそのような教育の見方からは、ドル平を理解することは（部分的な論理を理解することは可能であっても）不可能に近いものと考ええる。ヴィゴツキーはこのような要素主義に対して、教育では『単位』としてその特質を把握して指導すべきだと主張しているが、私達が主張してきた基礎技術の捕え方もその論理と一致するものと考えている」⁸⁾と論じているのである。例えば表 1. 2 にみられる指導段階や指導系統が、あるいはまた呼吸法一般の指導（水中止息、水中呼吸）→浮き→蹴り伸び→面かぶりバタ足、カエル足、バックビート、補助や浮具利用のビート等→各種初歩泳と連続呼吸の指導→初歩泳の系統が、荒木のいう要素主義であるとすれば、水泳指導における指導技術内容として、「なに」が「要素」で「どれ」が所謂「単位」なのかを具体的に指摘する必要があるだろう。

ドル平は「呼吸法」+「呼吸と腕のかき」+「呼吸と腕のかきと脚の蹴り」という積み重ねであるが、この指導内容の夫々のどこが、例えば前述で例示した指導系統、指導段階の内容と異って「単位」であり、前者のそれが何故「要素」なのかを明らかにする必要があるだろう。われわれも「水泳という運動全体」をみて指導することの重要性を否定するものではない。むしろそのことの重要性を強調するものであるが、スポーツ技術は非常に複雑な神経一筋の制禦を伴う身体表現であり、従って最初からトータルな技術を指導するのではなく、易しいものから難しいものへ、単純な動作から複雑な動作へと順次指導すべきと考えている。従ってその身体表現も Grob form から Fine form へとスパイラル状に洗練され、技術も上達していくものと考えている。そうしたスポーツ技術習熟の一般的過程を考えてみても、「部分」の指導は重要であると考えるのであり、「全体」ばかりをみるのではなく、「部分」と「全体」との相互関連を見失ってはならないといえるであろう。荒木のいう「要素主義」とは、水泳技術の「部分」への分節の仕方、分解の仕方が意味のない程、否、技術習得上有害である程、細かすぎるという意味で使用されていると理解さ

表 1. 指導過程

段	支 持 推 進 → 推 進 → 初歩的泳法による推進 → 泳法
階	<p>水に対する心理的な異和感を取り除き、泳ぎの全体的な調子を体得する</p> <p>水面に浮いて推進する 水面に顔を出し呼吸して泳ぐ 全体の泳ぎの中で部分を洗練する</p>
指 導 内 容	<p>長坐バタ足 ↓ 伏臥バタ足 ↓ 伏臥バタ足・推進</p> <p>推進浮き</p> <p>補助による曳行推進 蹴り伸 蹴り伸—バタ足</p> <p>伏せ面・犬かき</p> <p>補助浮袋使用犬かき</p> <p>横泳ぎ 平泳ぎ 犬かき クロール 背泳ぎ</p> <p>1泳法で泳力を高める</p> <p>補助浮袋の浮力を次第に減少する</p>

表 2.

要素	消 極 的 適 応 → 積 極 的 適 応
呼吸支配	<p>水中に立って呼吸する → 浮いた姿勢から立って呼吸する → 呼吸をしながら進む → 泳法</p> <p>長 く → より長く</p>
身体支配	<p>水になれる → 浮 く → 進 む → 泳法</p> <p>速 く → より速く</p>

表 1. 山添鉄弥, 奥田英二「水泳の初心者指導についての研究」⁹⁾表 2. 潮入淳郎「学校における水泳指導の問題とその解決」¹⁰⁾

れるが、ヴィゴツキーによれば、単位とは「要素と異なり、全一体に固有な基本的特質のすべてをそなえた部分、そしてそれらの特質はこの統一体のそれ以上は分解できない生きた部分であるような、分析の産物である」¹¹⁾というのであり、荒木のいう「私達が主張してきた基礎技術の捕え方もその論理と一致する」というドル平指導法におけるその技術「単位」のそれが、他の多くの指導系統の指導段階のそれとは異って「要素」ではなく「単位」であることの理論的根拠を運動学的に明示しない限り、ヴィゴツキーの引用は、単なる ornamentally なレトリックと取られても仕方がないのである。「たとえば『呼吸』の指導で『呼と吸』を別々に指導するなどというのは要素主義と同時に物事の関連を

みない（要素主義は一般に関連を問題にしない）例である」¹²⁾というが、水中止息や水中呼吸の練習はキュアトンもいうように¹³⁾、初心者の水に対する適応巾を広げ、その後の技術習得を容易にする重要なステップである。呼と吸は呼吸機能からいって、一体であるのは当然であるが、水慣れ段階で、水中立位で呼吸を指導する場合、水中止息の状態から顔を水面上にあげて、小森¹⁴⁾や杉原¹⁵⁾のいう様に「ウーン・パッ」と「呼」に焦点をおいて練習をさせることは、決して要素主義でないことは、ドル平の呼吸法の取扱い方が同様であることをみても明らかである。荒木の批判する「呼と吸」を別々に指導する所謂要素主義とはどのような指導例をいうのか、これもまた明示される必要があるのである。要はより合理的な指導法を求めて共通の土俵を整理する必要があるからであり、単なる批判のための批判で終わらせないことが重要なのである。水泳技術の「要素への分解」ではなく「単位への分割」によって積みあげられているというドル平指導系統の有意性に理解を示そうとしない指導法観¹⁶⁾を若干フォローする中で、更に技術指導の順次性について考察を加えてみよう。ドル平は初心者の性、年齢、体格、体質等の多様性にも拘らず、最大の適用範囲をもつ指導法であると主張しているようであるが、例えば宮畑は「泳げるようになるのは泳法種目ではない。本人にやさしい泳ぎからやれば良い。クロールを泳ぐ者の隣りに上向きになって背泳のまねをしている者がいても良い」¹⁷⁾というのである。宮畑は背柱の彎曲度及び背柱（胸椎部）の柔軟度と泳力との関係や腹筋力と背筋力との筋力比と初歩泳時にまず指導する泳法との関係、あるいは足首の伸展度と屈曲度の比較から、足首の柔軟性とその人に適した初歩泳法等を探りだそうと研究し、体格、体質等によって泳法の習得にも差のあることを解明しようとしているのである。一例を挙げれば、「初心者について背柱の彎曲度を測定し、それによって泳法習得の難易を予測して班をつくり、遠泳成績によって結果をみた」とし、表3の如き報告を提示し、「背柱の彎曲度だけからでも、このような差が現われる」¹⁸⁾と紹介しているのである。即ち性、年齢、体格体質、心理的特性や運動経験、ドライブの濃淡等を考慮した、つまり個人差を考慮した指導系統が考えられるということなのである。この様に初歩泳として、どのような泳法を指導するのかという問題に関しても、未だ統一した見解があるわけではない。またこのことは、「浮く」「呼吸する」「推進する」という三要素を指導段階にどのように位置づけて指導するのか、という問題とも関連しているが、技術指導の順次性として、確定的な系統を構想する段階にないのが、現在の水泳指導法の研究段階であるといえるのである。しかし一般的には「呼吸するこ



表3 背柱の彎曲型と遠泳の成績

彎曲型から予測した班別	人 数	遠 泳 合 格 者		
		1 時 間	2 時 格	計
A班（どの泳法も習得容易）	23	8	9	17
B班（平泳習得易、背泳困難）	24	9	0	9
C班（背泳習得易、平泳困難）	24	8	0	8
D班（どの泳法も習得困難）	24	1	0	1

宮畑「水泳」前出 p39より

と」「浮くこと」「進むこと」の順序等が¹⁹⁾、初歩泳としてドル平にするか、その他の泳法にするか等の違いはあっても、一つの段階として考えられるであろう。その際重要な論点は、水慣れ段階から全ての段階に一貫して常に同一の呼吸法を指導するのが良いのか、あるいはまた、水慣れ段階、蹴り伸び等の中間段階、対象者の適性に対応した各種初歩泳時段階の呼吸法と、各段階に於ける取扱い方を柔軟に考えるのが良いのかという点であり、後者のそれが「子ども不在」の、呼吸法を軽視した生命無視の思想を孕む指導法であるのか否か、という点なのであった。この様に初心者指導法に於て「浮く」「呼吸する」「進む」という三つの技術要素の中で、特に「呼吸」の問題が重要な論点となるのは、水泳運動に於ては陸上とは異った呼吸法が必要とされ、特に初心者は呼吸が殆んどできず、それが指導上の一つの大きなネックポイントとなっているからである。また呼吸の仕方は重要な水泳技術の一つである「浮く」こととも関連してくるので、次に呼吸法の指導内容の取扱い方に関して若干の論議を展開してみようと思う。

注

- 1) 本間竹志, 林利八「水泳指導に関する一考察」新潟大教育, 長岡分校研究紀要第13集, p95—98, S.43. 2。第14集, p103—108, S.44. 2。第17集, p75—81, S.46.11。第18集, p35—40, 5, 4, 7, 6。
- 2) 杉山登「水泳における初心者技術指導法に関する研究＝指導法(試案)とその合理性について」日本体育学会北海道支部, 体育学研究1巻, p11, 1965
- 3) 宮畑は「水泳」不昧堂, p26「浮き易い姿勢」の中で浮く形, 沈む形について論じている。筆者らは姿勢の変化によって人間の容積が変化しない限り, 比重は変らないわけであり, どのような姿勢をとってもそれで浮いたり, 沈んだりすることはないと考えているが, しかし姿勢の変化によって浮心と重心の位置関係がずれて, 例えば足の方が沈みだしたり, 沈むはずみがついた時に, 宮畑のいう(A)  (B)  の形では, その形状抵抗値のちがいがから(B), 即ち胸を反らせた姿勢では沈みやすくなるということは考えられる。
- 4) 宮畑虎彦「新しいクロール」不昧堂新書p95—96
- 5) 荒木豊「ドル平泳法から近代泳法への発展」運動文化No.6, 54号, p12—17 (21), 1976, 6 にはドル平からクロールへ進まずバタフライへ発展させる理由として, 位置反射(迷路反射＝主に三半規管, 頸反射)について論じ, 次いで相反神経支配の「対角線の法則」からバタ足の初心者に於ける困難性を説明している。また平泳ぎの蛙足は足蹠反射と逆運動になる意志的運動であるのでクロールの後に指導すべきとし, ドル平, バタフライを初歩泳の導入泳法, 及びその後の発展過程の第一種目として位置づけた理由としては, 宮畑と同様緊張性頸反射に求めている。勿論その指導法上の翻訳は異なるが, それは次の如くである。頭部を頸から背方にそらしたドル平やバタフライの呼吸では, 上下肢とも伸展し, 同時に軀幹は背方に半弓形に彎曲する。呼吸を終えてから腹部側へ頸部から頭部を屈げると, 四肢は屈曲し軀幹は腹方に彎曲し, 揚力を増加させると同時に, いわゆるリラクゼーションの形となり, その繰り返しの泳ぎのリズムをつくりだす(p16)」とのべている。
- 6) 前出注5には, クロールよりもバタフライのほうが, 呼吸のタイミングもつかみやすく, ドル平で習得したリラクゼーションや呼吸リズムが生かし易いという説明があるが, クロールにおける呼吸法の指導に関しては, 宮畑の様な問題意識はない。
- 7) 宮畑, 前出注4参照, その他日本女子体育大学紀要第1巻p1—6, 1967
- 8) 荒木豊, 前出注5, p13
- 9) 山添他「水泳初心者指導についての研究」—指導過程—, 岐阜大研究報告(人文科学)第11号

- p108—124, 1962, 同「浮袋を使用しての指導」第12号, p125—130, 1963, 同13号, p142—149, 1964にS.33年度よりの山添達の研究, 実践の足跡が詳しく報告されている。本表は第13号149からの引用
- 10) 潮入淳郎は「初歩的段階では息をついでとにかく25M泳げるという, がむしゃらな非合理的な泳ぎの段階であるから, 平泳ぎのかえる足が正しくできないからといって, 矯正に長い時間かけるよりも, ばた足ができるのであればクロールを, 息つぎがじゅうぶんできなければ背泳ぎをというように, 指導者の適切な助言によって, どのような泳法が自分に適しているかを判断させ, できるだけ早く水中で完全に泳げるようにすることを重点としている」という。学校体育, p30—36, 1973. 7.
 - 11) 矢川徳光「マルクス主義教育学試論」明治図書 p235—236
 - 12) 荒木豊, 前出注4, p13, 及び「現行学習指導要領と水泳指導の問題」学校体育 p27—28, 1976. 7.
 - 13) cureton「Relationship of Respiration to speed Efficiency in swimming」Res, Quart, Vol.1, p58—60, 1930, 5.
 - 14) 小森栄一「水泳指導と救助法」二宮書店p32—33には「フン」と鼻から息をはかせ, 次いで「プー」と口からはき, それから「ハー」と吸いこませるとある。
 - 15) 杉原潤之輔「水泳—クロールの呼吸の教え方」学校体育p102—107, 1970, 8 には, 吐くことを中心に「(水中では息をとめておいて, 顔をあげた時にホッペをふくらませるようにして, いきおいよく吐く) 吐き方を指導過程の第一段階にすべきだと考える」とある。
 - 16) 前出注5「水泳の指導」p121
 - 17) 宮畑虎彦「プールでの指導体制の確立」学校体育, p15, 1972, 7。「水泳指導三つの問いに答えて」体育の科学, p399, 1976, 6。「水泳」不昧堂p45にみられる考え方。尚, 梅田の「所謂ドル平なるもの—中略, これ以外によい方法がないかのように宣伝されるところに問題がある」—望しい水泳指導—健康と体力所収p6, 1975, 7 という意見や高橋の「ドル平泳法などといって初心者にはこれが一番よい方法等というのは間違いも甚だしい」—水泳の個人指導の技術—学校体育所収, p94等の意見はドル平言うところの一部の頑固な非難ということになるのであろうか。
 - 18) 宮畑虎彦, 前出注3, p38—49
 - 19) 高橋伍郎「水泳のまとめ」新体育p775, 1976, 9

3. 呼吸法について

水泳と呼吸循環機能に関しては, これまでもいくつかの研究の蓄積があるが¹⁾, Aycockらは水泳の呼吸パターンについて分析し, それらを三つのタイプに類型化している²⁾。一ツは Explosive-type であり, 二ツは prolonged-type, 三ツは前二ツのコンビネーションとしての Mixed-type というカテゴリーである。Aycock は概略次の様な研究方法を用いたのである。即ち一方の鼻にフィットした Tube をつけ, 泳者が exhale するとその気流によって kimograph に呼吸気量が記録されるという方法である。それは Cureton や Karpovich も言う如く一般に呼吸法は, 吸息は口から呼息は鼻からという通念を前提として, 口が開けば吸息が起こり, 口が閉じれば呼息が始まると仮定し, 呼吸の各 phase を調べたのである。即ち口の開閉によって電流がカレントまたはブロークンする Electrodes をとりつけ, その結果を signal magnet stylus で記録させたのである。それを図1でみてみると, DとEとの間が吸息期を示し, EとF間は呼息期という事を示している。縦軸は気流量である。

Aycock らは論文中に19例の呼吸パターンを図示しているが, その典型を紹介すると explosive-type とは図2にみられるもので, A—Cで呼吸し, その後一気に呼息するタ

図 1. Aycock, Res, Quart 3—2, p202. 1932. 5 より

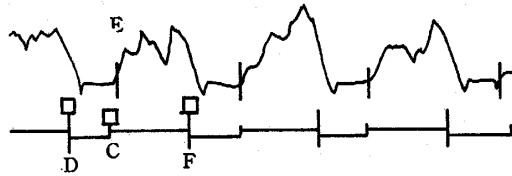


図 2. explosive-type

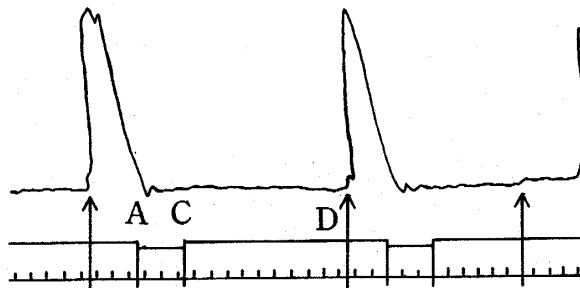


図 3. prolonged-type

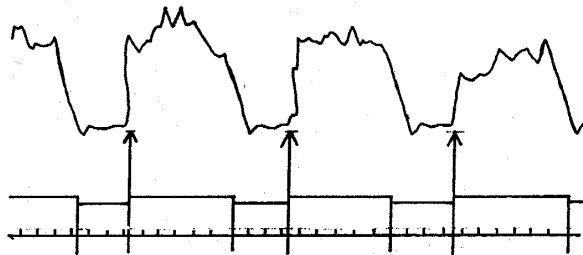
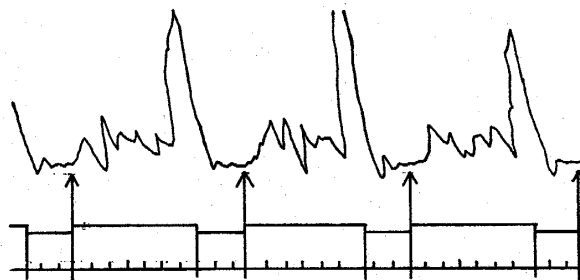


図 4. Mixed-type



イブである。また prolonged-type は図3にみられるもので、吸息の後すぐに呼息するが、その呼息は次の吸息直前まで継続しているタイプである。Mixed-type は図4にみられるように最初は軽く呼息し(前駆的呼息—引用者規定)、呼息の直前に explosive expiration するタイプである。この様な呼吸のリズム、パターンは泳法によっても異なり、またストローク数とも関係して、ストローク数が増加してピッチがあがれば、特に呼気相が影響を受け、一般に呼息時間は短縮する傾向がみられるという。そして呼吸時間は、通

常、吸息時間は呼吸時間よりも短いという様な結果が得られたというのである。勿論 Aycock らはその方法論的限界を熟知しており、考察の結果を一般化しようとはしていないのであるが、例えばそれは杉原のいう「水面を切る瞬間にホップをふくらませるようにして、勢いよく吐く」⁴⁾ とい様な呼吸の方法とリズムを明らかにすることはできないのである。呼吸法の合理性、特に初心者指導に関して、例えば呼息にしても、水中で呼息すべきか、止息すべきか、どちらでもよいのか。鼻からか口からか、また一気に呼出するのか徐々に呼出するのか等々、まだまだ整理すべき点は多いといわなければならないのである。

ところで水温や水圧は Vital Capacity (VC) や Tidal volume (VT) に影響を及ぼすが⁵⁾、初心者にとって呼吸が難しいのは、キュアトンという様に一ツには水温に対する呼吸反射がある。(表 1, 2, 3, 4)

水温の冷さは一般に gasping 反射を瞬間的に導くが、cureton は冷水は止息時間を短縮するという Flack と Hill の報告⁶⁾を引用して、平均止息は warm water で42.5秒、cold water で29.5秒の例を示している。その原因の一ツには心拍数 (HR) が一般に冷水温では減少することが考えられよう。呼吸生理学の知見によれば、肺拡散能力は肺泡毛細管間の酸素分圧較差、肺泡毛細管膜の厚さ、性状、有効拡散面積に加えて、血漿、赤血球膜、赤血球内拡散速度、酸素と Hb との化学反応速度等 (これは Back-pressure 等とも関連する) に関連し、また体温や contact time, あるいは肺泡毛細管血量や身体運動量などにも関係するというのであるが、それは模式的に $\frac{1}{DL} = \frac{1}{DM} + \frac{1}{\theta VC}$ と表現されたりする。即ち DL=pulmonary diffusing capacity であり、肺全体の拡散能力 (ml/min/mmHg), DM=membrane diffusing capacity (肺泡膜拡散能力), θ =赤血球膜内外の圧較差 1mmHg 毎に血液 1ml の赤血球が1分間に摂取するガスの量 (ml), VC=capillary blood volume 肺毛細管血量 (ml) である。即ち HR の減少が VC と有意な相関をもち、従って O₂ intake が減小し、止息時間が短縮するという仮説である。また Harold と B. Halls らは何故 HR が低下するのかという正確な生理学的メカニズムは未だ明らかでないが、しかし次の様な仮説は tenable であるという⁷⁾。一ツは cold receptor of skin からの反射であり、二ツは Paul, W. Hutter のいう Dive reflex response, つまり末梢動脈血管の収縮による活動筋への血流阻止であり (血流配分の変換)⁸⁾、三ツは capacitance vessels の容量減少による Venous return の増加であり、それが stroke volume の増加につながり、もし拍出量を一定に保持しようとするなら HR が減少するという仮説である。ともあれ、一般に冷水は呼吸数を増加させ、上息時間を短くしたり、心拍数を減少させたり、gasping を導いたり、水泳初心者の呼吸コントロールを難しくする種々の反射がある。また鼻や口に冷水刺激が加わると呼吸が抑制されるという protective な反射もあり、choking や溺れるという意識と相俟って、ますます呼吸コントロールを難しくする悪循環が形成され易く、従って Cureton らは Land Drill を充分にとり、次に一般に初心者は水中で息を吐くことが難しいので blowing bubbles や bobbing up & down その他の各種呼吸法の指導が有益であると論じているのである。cureton は吸息は

表 1

Depth of water above the head	Vital capacity
0 ft.	3500 cc.
0	2300
3.5	700
4	250
4.25	0

表 2 TABLE SHOWING TIDAL AIR ON LAND AND IN THE WATER

Type	Place	Subject F.	Subject H
Normal	In water	500 c.c.	600 c.c.
Normal	On land	450 c.c.	500 c.c.
Dyspneic (after four lengths crawl)	In water	1500 c.c.	1500 c.c.

表 3 TABLE SHOWING LOSS OF VITAL CAPACITY

Subject	Vital Capacity on land. (standing)	Vital Capacity in the Water. (standing)	Loss c.c.
K	5000 c.c.	4700 c.c.	300 c.c.
L	5600 c.c.	5300 c.c.	300 c.c.
He	4700 c.c.	4600 c.c.	100 c.c.
Ho	6000 c.c.	5400 c.c.	600 c.c.

表 4 Respiration on Land and in Water of Indifferent Temperature

	Amount of air per min. (cc)	cc of air per inhalation	Oxygen used per min.	Respiratory quotient	Calories per min.	Excess cal. per min.	Excess cal. per inhalation*	Work done per inhalation (mkg.)†	Energy used in one inhalation (mkg.)*	Mechanical efficiency of respiration
Land	8.02	401	258	.78	1.24					
Water	8.46	423	282	.81	1.36	.12	.003	.103	1.2801	8.0
Land	27.0	1.350	266	.79	1.31					
Water	27.4	1.370	323	.79	1.55	.24	.006	.343	2.5602	13.4
Land	42.0	2.100	293	.71	1.37	.29	.0061			
Water	46.1	2.350	352	.73	1.66		.0061	.588	2.6029	22.6

* It was assumed that energy used in inhalation was equal to that of exhalation, the being equal to one-half of the total energy spent on one respiration.

† The second method of Du Bois-Reymond was used. The amount of water displaced was multiplied by an average depth of 25 cm., which value was given by Liljestrand and Stenstrom. The respiratory rate was 20 per minute in each test.

表 1. P.V. Karpovich, Res. Quart. p12, 1939, 10 より

表 4. 同 p6

表 3. curetone, Res, Quart. Vol. 1. p57, 1930. 5 より

表 3. 同上

口から、呼吸は次の様な方法がよりベターな Total ventilation を可能にするとのべている。即ち「the first part of the Air is exhaled in a large explosion through the Mouth」⁹⁾という方法である。後にも論ずるが呼吸についていえば、鼻腔は異物、特に水に対して敏感である。口は舌、喉頭などで suck water を防ぐことができるし、また radii of the openings が鼻より大のため流速が遅く、それだけ吸込む危険が小なく、またより短時間に大量の空気を吸うことができる点で口からが優れている。実際水泳時には呼吸数は早くなり、例えば inspiratory phase は通常陸上で2.5秒(13 times/min)に較べて、forced breathing lying in the water で 0.8秒 (30回/min), Fast breast stroke 0.5秒 (40回/min), Fast crawl stroke は50回/分=0.4秒, Fast back stroke=0.2秒 (75回/min)という報告もある¹⁰⁾。従って如何に素早く一定量の空気を吸息するかということが大切な呼吸技術の一つとなってくるのである。また一般に水中では呼吸数は早くなるが volume は減少し、呼吸が浅くなる傾向がみられるのであり、そこで短時間に大量の吸息をするためにも、吸息は through Mouth が有利となるといえるのである。そこで呼吸回数は小さくとも一回換気量を大にするか、一回換気量は少なくとも呼吸のリズムを早めるかという様な問題がでてくるのである。即ちある一定量の肺胞換気量を維持するのに必要な一回換気量と呼吸回数の様々の組合せが考えられるということなのである。古藤等のいう「走に於ける呼吸法、所謂一スウ・スウ・ハク・ハクを検討する」¹¹⁾等も、そうした領域への関心の一つと考えられるが、では水泳で各種の泳法、スピード、ピッチ数、キック数など、様々の仕事量に応じた最適の呼吸回数となると、そのモデルも含めて未だ明らかとはいえないである。一般に肺胞気分圧 PO_2 の高低は、ある程度までは動脈血 O_2 飽和度に殆んど影響を与えないということなどは、既に酸素解離曲線などによっても知られるところであるが、そこで呼吸にとって大切なのは一定量以上の CO_2 を blow-off することであるという考え方が生れてくるのである¹²⁾。何故なら CO_2 拡散常数は O_2 の25倍もあり¹³⁾ 従って CO_2 の retention を防ぎ、一定度の PO_2 を保つための回数と深さが探求されなければならないのである。ドル平の呼吸の取扱い方、即ち水中止息して、ワン、ツウ、スリー「パッ」と空気中で一気に呼吸して素早く口から吸息する方法の問題意識等も、案外この辺にあるのかも知れないのである。ところで cureton ものべる様に運動時の呼吸はどうしても浅くて早い呼吸となり、換気量は減少し、肺内に大量の空気が残るようになる。それは一面では Maximum Aeration to the blood のための生理的適応といえよう¹⁴⁾。しかし運動時には O_2 は消費され CO_2 が蓄積されてくるので、肺内 PO_2 の低下、 PCO_2 の増加を防ぐためには新鮮なガス交換の回数と深さの増大の必要性があり、そこで口と鼻との radii が関連してくるのである。ドル平は従来の呼吸法の批判的検討の上に、吸息だけではなく、呼息も口から、しかも水中に於てではなく空気中で一気に「パッ」と呼出する方法、Aycock の呼吸類型でいえば explosive expiration に類する呼吸法（呼出を口か鼻か、水中か空気中かという差異はあるが）の合理性を主張しているのである。ドル平によれば、従来の呼吸法は次のようにまとめられている¹⁵⁾。

- (1) 顔を水につけ、目を開き、鼻または口から息をはく（指導要領）

- (2) 静かに鼻または口から水中へ息をはく（宮畑虎彦氏）
- (3) 水面に顔をつけ、そのままプルプルと、まず口からはきださせる。最後に鼻からも少し出す（小森栄一氏）
- (4) 顔を水につけ、鼻から息をはき、顔を横に向けて口の上端から息を吸う（R. キップス）
- (5) 顔を水につけ、上げる時はゆっくりアゴを突き出すようにして、パッと声を出して思いきり息を吐き出す（波多野勲氏）

この時ドル平の独自性は、吸息だけでなく呼息も水面上で、口で行う点とそのリズムにあると主張される。即ち従来の呼吸法は図5の様な理解を前提としてドル平の批判の俎上にのせられていると考えられるのである。

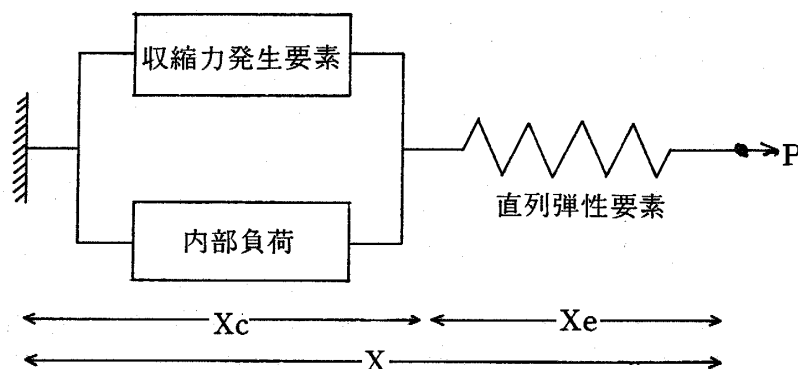
図5 呼吸法

	場 所		方 法	
	ドル平	その他	ドル平	その他
吸 息	In Air	In Air	Mouth	Mouth and Nose
呼 息	In Air	Under Water ↓ In Air	Mouth	Mouth or Nose
リ ズ ム			一度にパッと吐いて素早く吸う	ユックリ吐いて素早く吸う

水泳に於ける呼吸が陸上での日常呼吸と異って口が有利であるのは既述の通りである。それは面積 ds を短い時間 dt に通り抜ける流体の体積は $vn \cdot dt \cdot ds$ (V = 流速) と等しいと表現されることで理解できるが、しかし中島、小西らの報告によると、このことは直ちに Mouth Breathing の呼吸効率の良さを意味するものではないという¹⁶⁾。確かに肺換気量が増大すれば alveolar-arterial oxygen tension difference ($AaDO_2$) が広がり O_2 -transport に有利と考えられるが¹⁷⁾、同時に肺拡散能 $DLO_2 = \frac{VO_2}{PA - Pc}$ ml/min/Hg min (PA : 肺泡気 O_2 分圧, Pc : 毛細管血液 O_2 分圧, VO_2 : 一分間の O_2 摂取量) の理論式にみる様に VO_2 を無視して呼吸効率を語ることはできない。 VO_2 は肺泡気—動脈血 O_2 分圧較差と肺血流量に関連するが、玉木の報告¹⁸⁾ を解釈すれば、HR は口よりも Nose Breathing 時に増大し、従って Oxygen intake は鼻呼吸が大となり、呼吸当量 $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ はより減少して鼻呼吸の呼吸効率の良さを示すのではないかと理解できる。もとより、一般に水中では陸上と異って逆に HR は減少し¹⁹⁾、cooper らの報告するように呼吸数は増加するが²⁰⁾、こうした傾向が水圧による Lung volume の減少²¹⁾と相俟って上記二つのタイプ（ドル平とその他）の呼吸法の呼吸効果にどう影響するかは新しい問題である。しかし、水泳の場合、この効果だけを、Mouth と Nose の優劣を論ずる際のメルクマールにすることができないのは、これまでに論議した通りである。それは Muskrat 等も nostril が水に接すると反射的に鼻孔を閉じるように²²⁾、人間の場合も突然鼻に水がか

ると呼吸を停止するが、これは口呼吸の有利さを示すものであり、また錐体内うっ血、出血による不都合や構造上からいっても suck water の危険が少なく優れているといえるのである²⁴⁾。これまで一般に初心者には To breath through the Mouth and OUT through the Nose UNNDER WATER という方法で教えられてきたといえるだろう²⁵⁾。口からの吸息はドル平に限らず、水泳に於ては全ての呼吸法に共通であり、そこで論議は主としてその呼息の方法に収斂するのである。一つは UNDER WATER か IN AIR かという場所の問題であり、一つは方法として Mouth か Nose か、あるいは Mix かという問題である。ドル平によれば「波多野氏以外は水面下に於て口または鼻から息を吐き、または吐きおえて水面上に鼻または口から吸うことを意味していると思う」²⁶⁾ というが、波多野も正しい呼吸のやり方は「水中で鼻からゆっくり息をはき—中略—口が水面に出る直前に強く息をはいてその反動で一気に吸う」とのべ、「初心者のうちはその最後の段階を先きに練習する」²⁷⁾ とのべている。こうした考え方は既述の杉原らの考え方「水中で息を吐きはじめ(前駆的呼息)、口が水面にでた時は吸うだけの呼吸法を指導するが、初歩の段階ではかなり難題であり、水中では息をとめておいて、顔をあげた時にホッペをふくらませるようにして、いきおいよく吐く」²⁸⁾ と同じ考え方であろう。(1)~(4)の呼吸法が主としてその批判の対象となる理由は、「水中」で鼻または口から呼気することの非合理性にあるという。一つはそれは呼吸のリズムに関係するが、水中では水圧によって一気に呼息できないために、呼吸筋の生理的特性(筋の粘弾性)に合致した合理的呼吸ができにくいと主張される²⁹⁾。即ち水中でゆっくり吐けば、「ほぼそれに見合うだけの時間だけ吸気するのに必要であり、水面上で急激に吸うことはほとんど不可能に近く、呼吸のリズムがとりにくいし、肺の物理的性質に合致するには、一度にまとめてパッと吐くことであり、三ツに水中で息を吐くことによって比重が増大し、呼吸する条件が悪くなるからであるという。第一の点は所謂筋の二要素力学モデルから異った解釈ができる。周知の如く呼吸運動(外呼吸)は肋間筋による ribs の上下降、及び横隔膜による thoracic cavity の容量変化によ

図 6



Bahler のモデル, X_c , 収縮要素の長さ; X_e , 直列弾性要素の長さ; X , 筋の長さ; P , 張力

猪飼他「生体の運動機構とその制御」杏林書院 p83より引用

るのであるが、一般に筋の短縮速度は isotonic contraction では荷重 (P) の関数であり、その関係は直角双曲線を示す。図 6 にみる様に、即ち等張力性急速解放後に X_e の急速な微小短縮があり、その後荷重 P に応じた速度 X_e の短縮がみられるという理論からいっても、ゆっくり伸展させようが、急激に伸展させようが、張力負荷の同一時点で急速解放すれば、その短縮速度は同じであると考えられる。加えて筋運動には速度遅引 velocity Lag という現象もあり、筋の粘弾性の理論から「素早く伸ばせば素早く縮む」かを説明できるかは疑問である。むしろこの現象は筋の viscous-elasticity から説明するよりも、内肋間筋を素早く収縮させ、また腹圧を高めて thoracic cavity の Negative pressure を急激に高める explosive expiration の際には、外肋間筋は素早く伸展させられ、従って伸展反射が成立し³⁰⁾、即ち肋間筋の intrafusal receptor からの Ia spindle discharge の頻度が高まり (筋の伸展速度に比例する)³¹⁾、内肋間筋の first release によって、Ia 発射は α ニューロンを介して外肋間筋を急激に収縮させ、素早い吸息ができるという様に、筋の粘弾性の理論からではなく、むしろ筋の粘弾性による速度遅引を補正する筋の感覚神経支配の理論から説明され得るだろう。(1)~(4)の呼吸は全て水中で吐ききる呼吸法というよりも、前駆的呼息を under water で行ない、水面を切る瞬間に explosive expiration をする呼吸法と理解したほうが事実に近いように思われる。それは水泳激運動中に腹壁を緊張させ、腹圧で diaphragm を押し上げ、呼吸の姿勢をとりながら Breath Hold することは valsalva 試験に明らかなように胸腔内圧を上げ、静脈圧を高めて venous return を阻害し、所謂息苦しさを感ぜさせるものであり、楽に泳ぐベテランスイマーが、一様に呼吸を止めることなく、水中呼息をしながら水面を切る瞬間に力強く呼出し、素早く吸息することの合理性から、経験的に初心者指導に於ける呼吸法として導入されたとも考えられるのである³²⁾。その意味では、水中止息だけの呼吸法を絶対視するドル平よりも、水中止息も含めて、鼻や口からの水中呼息を指導するドル平以外の呼吸法の取扱い方のほうが、適用範囲の広い、発展性のある呼吸法を習得させることになるだろう。第二の論点は「パッ」と一気に呼息することが肺の弾性的性質に合致しているかどうかという点である。通常呼息は肺の弾性的収縮によるものであり、それは胸壁の弾力性と重力による。通常呼息は肺の弾性的収縮によるものであり、それは胸壁の弾力性と重力による thoracic cavity の容量減少による「受動的呼息」³³⁾であるが、問題は腹圧を高め、呼息する状態で一時止息し、一気にパッと呼出する方法と、その様に止息せず一気に素早く呼出する方法とのどちらが、expiratory level の低下の問題も含めて呼息時間や仕事量、即ち肺換気量や O_2 intake, 呼吸効率などに優れていて合理的かという点である。「素早く吐いて素早く吸う呼吸法」³⁴⁾に於ける二つの方法の優劣についてである。いずれも素早く呼出する点では肺の弾性的性質に合致するが、問題は一時止息して呼息するか否かという点である。経験的には、ドル平や波多野、杉原の述べるように呼息する状態で一時止息し、それから一気に呼息する方法を初心者指導に於ては筆者も採用しているが、ベテランスイマーの前駆的呼息の問題も含めて、これまで検討した以上の論議は現在のところ展開できない。ただ UNDER WATER に於ける前駆的呼息の技術的難易度の問題でいえ

ば、吸息も呼息も水面上で実施したほうが、杉原もいう様に易しいのではないかと考えられる。そしてこの問題は第三の論点、浮力、比重と呼吸の問題とも関連するのである。それは次節で論ずるが、一般に浮力は次の式で表現される。

$$\text{Bouyancy}(B) = \frac{\text{MBA} - \text{MBW}}{\text{DW}} - \text{RV}$$

(MBA=空気中体重, MBW=水中体重, DW=液体の密度, RV=, 残気重) 即ち「液体中の物体は、その物体と同体積の液体の重さに等しい大きさの upthrust を受ける」(アルキメデスの原理) が、これを浮力(B)という。あるいは water displacement method によれば、 $B = \text{water displacement volume} \times \text{DW}$ と表現できる。Density は一般に ratio of the mass of the substance to its volume であり、水の密度は 4℃の時最大となり $\text{DW}=1$ 、即ち $1\text{g}=1\text{ml}$ である。そして、 $B > \text{MBA}$, $\text{DW} > \text{DB}$ の時浮き上り、 $B = \text{MBA}$, $\text{DW} = \text{DB}$ の時静止、 $B < \text{MBA}$, $\text{DW} < \text{DB}$ の時沈む。ここで DB とは人体比重であり、厳密には

$$\text{DB} = \frac{\text{MBA}}{\text{MBA} - \text{MBW}/\text{DW} - (\text{RV} + \text{VCI})} \quad \text{と表現される。} (\text{VCI} = \text{消化管内ガス})$$

そこで問題は呼息位と吸息位での DB の変化である。未利や Whiting³⁵⁾の示すように吸息時には殊んど $\text{DB} < \text{DW}$ なり、呼息時には殊んど $\text{DB} > \text{DW}$ となる。そこで水中止息の浮力に及ぼす好影響をみるのできるのである。そしてこの点でいえば、最大吸気時剰余浮力が 1.5kg 重以上あれば、呼吸を継続しながら手足を使わずに浮いていることもできるのである³⁶⁾。その呼吸の方法とリズムは、呼息位はドル平よりも高位と思うが、ドル平同様、素早く呼息し、続いて素早く吸息し、しばらく止息して浮力を活用する呼吸法である。勿論その際、浮心と重心の位置関係から Horizontal Floating position をとるには若干の技術が必要であり、vertical position がより容易である。また吸息時剰余浮力が 1.5kg 以下でも吸息時 $\text{DB} < \text{DW}$ なら、ドル平と同様の呼吸法でしかも手のかき、足のけりなど使わなくても、上下振動を利用した頭部顔面の上げ下げで、ドル平同様「息をして浮している」ことはできるのである³⁷⁾。そこで呼吸法の取扱い方としては次の様にいうことができるだろう。

1. 呼息は口または鼻からの水中に於ける前駆的呼息の有無に拘らず、素早く吸息するためには、吸息の直前に「パッ」と空気中に瞬間的に呼息させることが、呼吸筋の感覚神経支配の仕組みから合理的と考えられる。
2. そして初歩泳時の呼吸法は、その技術の難易度という点では未確定であるが、経験的には水中での前駆的呼吸のないドル平式呼吸法が浮力を十分に活用できるという意味でも有効であろう。
3. しかし初心者指導の呼吸法のメニューとしては、ドル平の如く水中止息だけではなく、水中呼息も含めて各練習、指導段階に於て多様な呼吸の指導を準備すべきであろう。

注

- 1) 拙稿「Res, Quart における水泳研究の指導法的解釈」水泳研究紀要, vol. 1. p7—24, 1977.
水泳研究会(武蔵中学体育研究室室内事務局)に16篇の文献を紹介したので参照されたい。
- 2) Aycock, etal 「An Analysis of the Respiratory Habits of trained swimmers」3—2,
199—217, Res, Quart, 1932. 5
- 3) cureton, 前出注2の13
- 4) 杉原潤之輔, 前出注2の14
- 5) cureton, 前出注2の13
Karpovich 「Respiration in Swimming and Diving」10—3, 3—14, 1939.10
- 6) cureton, 前出注2の13, p59, 他に「潜水時間, 静止時息こらえ, 肺活量の関係について」山
梨大学芸研究報告, 第13号, p226—231, S. 37. 村田栄他「水中静止時に於ける身体の性状
に関する研究(第1報)」徳島大紀要, 教育科学, 第7巻, p27—39, 1961等参照。
- 7) Harold, B. Falls etal 「Effect of Length of cold showers on skin Temperature and
Exercise Heart Rate」Res, Quart, 41—3, 353—360, 1970.10
- 8) W. Hutinger 「The Bradycardia reflex in competitive Swimmers」42—3, 274—279,
Res, Quart. 1971.10.
Laurence 「Bradycardia in human divers」J. Appl, physiol. 489—491. May. 1976
- 9) cureton, 前出注2の13, p65
- 10) 同上 p63
- 11) 古藤高良「走における呼吸法—所謂スウ, スウ, ハク, ハクを検討する」新体育 p48—51,
1976. 8
広橋義敬他「持久的運動における呼吸法が成績に及ぼす影響について」日本体育学会第27回抄
録 p191
- 12) 古藤高良, 前出注11, p51
- 13) 高木他, 生理学体系Ⅱ p558, 容解係数 $\alpha O_2 = 0.024 \text{ ml} O_2 / \text{ml} / 760 \text{ mmHg}$ であり, αCO_2 は
 $0.521 \text{ ml} / \text{ml} / 760 \text{ mmHg}$
- 14) 古藤高良, 前出注11, p51
- 15) 学校体育同志会編「水泳の指導」ベースボールマガジン, p108
- 16) 中島克行他, 「呼吸法に関する実験的研究(2)」日本体育学会27回抄録 p189
- 17) Bondi etal 「closing volumes in man immersed to the neck in water」J. Appl. phsiol,
Vol. 40, No. 5, May. 1976.
- 18) 玉木伸和他「口呼吸及び鼻呼吸のエネルギー消費量について」日本体育学会27回抄録 p190
- 19) W. Tuttle 「The response of the Heart to water of Swimming pool Temperature」
Res, Quart, 6—1, 24—26. 1935. 3. Huttinger, 前出注8
- 20) K.E. Cooper 「Respiratory and other responses in subject immersed in cold Waters
J. Appl. physiol, 40—6, 903—910, 1976.
- 21) Bondi, 前出注17, p738
Karpovich, 前出注5
- 22) cureton, 前出注2の13 p59—60
- 23) 学校体育同志会編, 前出注15, p107
- 24) Vagas Nerve の上咽頭神経や舌咽神経(第9腰神経枝)など人為的に刺激すると呼吸停止が
みられる。cureton, 前出注2の13, p65
- 25) cureton, 前出注2の13, p63
Karpovich, 前出注5, p68, 呼息にはcureton らものべるように Time と Mechanical
interferanceを考えなければならないだろう。一定の空気を呼息するのに要する時間はMouth
よりNose がよりかかるが, 力は少なくすむという点である。注9にも引用したが, the first
part of the air is exhaled in a large explosion through the Month and followed by
finishing through the Nose という呼吸法である。
- 26) 学校体育同志会編, 前出注15, p108

- 27) 波多野勲「水泳教室」大修館, p69
- 28) 杉原潤之輔, 前出注2の15
- 29) 学校体育同志会編, 前出注16, p108—110
- 30) 生理学体系1—2, 一般生理学Ⅱ, 医学書院, p181—189
真島英信他「生体の運動機構とその制御」杏林書院, p257—259
Astrand 著, 浅野訳「運動生理学」大修館 p177—178
- 31) 真島英信他, 前出注30, p172—201
- 32) 競泳選手の中には, 水中呼吸を全然行なわない人もいる。かつてのオリンピック, バタフライ選手の長沢等, (スイミングコーチ会議の口演)
- 33) A. カールソン, 八杉竜一訳「人間のからだ」Ⅱ, パトリア書店 p274—,
- 34) 呼吸がスピードに負の影響をもつことは cureton (注2—13) の示すところであるが, 初心者にとっても素早い呼吸は, 慣性の法則を考慮しても, 比重1.0前後の人体にとっては技術習得上の一つのポイントとなる。
- 35) 未利博「浮身の分析」体育の科学, 10. 5, p285.
R. Rork「The Floating Ability of Women」Res, Quart, 8. 4. 19—27, 1937
Whiting「Variations in Floating Ability with Age in the Male」Res, Quart, in the Femele」Res, Quart, 33.4, 84—90, 1963, 「同 in the Femele」Res, Quart, 36.2, 216—218, 1965
- 36) 内田整子「水泳の Floating の基礎的研究」日本体育学会27回抄録 p304
- 37) 本田稔祐他「水泳における浮力の研究」日本体育学会25回抄録発表資料

4. 浮くこと と 浮身

「あっ、泳げた」という感覚は人によって多様であろう。この感覚の生理学的, 運動学的解明は興味のあるテーマではある。確かにクラゲ浮きや伏せ浮き等で, われわれは沈まないということを経験することはできるのであるが, しかし水中での軽ろやかさを経験することは仲々にできない。それは呼吸法の習得, 手足の動かし方の合理性など, 様々の技術要素の結節点として結果する感覚なのかも知れない。それはある時突然に体感でき, それまでの練習の量的蓄積が一度に開花するといった, 練習成果に質的飛躍の段階があることを示唆するものであるが, ここではしかし, そうした水泳技術習得上の段階的メカニズムについてではなく, 「浮く」ことの基本的知識を整理することにとどめたい²⁾。

一般に水泳に於ける「浮き」(motionless floating) には二つの類型が考えられる。一つはクラゲ浮き, プロンフロート等の呼吸を止めての浮き(float) と二つは所謂浮き身, 呼吸を継続しての浮き(floating) である。D. G. Thomas は「浮身」の習得には次の四つの要素が関連すると論じている²⁾。

1. Buoyancy and Body density
2. Relaxation
3. Balance and Correct Horizontal, vertical position
4. Breath coontrol

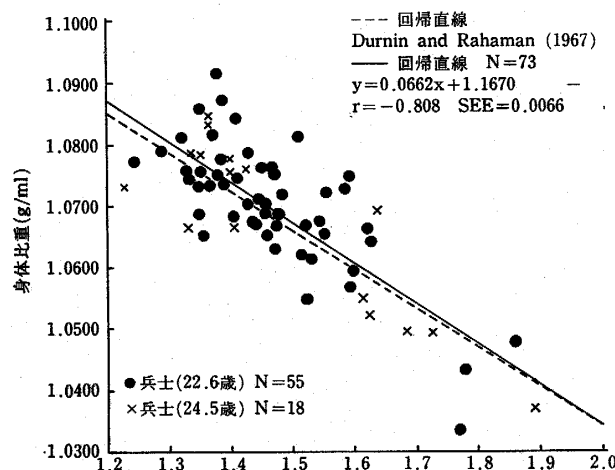
この様な四つの要素をみると, 浮き身の技術習得には, その技術的次元をこえた論議が必要とされることが理解されるのである。浮力(B) = $\frac{MBA - MBW}{DW}$ と表現されることは前節でみた通りであるが, DW は 4℃の時最大となる。通常, 殆んどの物質は, 温度の低下と共に容積が縮小し, 従って密度が濃くなる。ところが水は 4℃までは正確に縮少

するが、4℃を境に膨脹に転ずる。これが4℃のDWが最大となる理由であり、また温水になるほど沈み易い理由でもある。例えば4℃におけるある人間のwater displaced volumeが60lであれば、 $60l \times Dw(=1) = 60kg$ で、この人の浮力は60kgであると表現される。あるいは $\frac{MBA - MBW}{DW(=1)} = 60kg$ であれば、この人の浮力は60kgであると表現する。しかしこの60lも35℃に於ては $60l \times Dw(=0.94) = 59.64kg$ となるのである。勿論この人が水面にNeutralに浮くかどうかの問題は、更に剰余浮力という概念を通してみないと明らかにならない。一般に人体比重は厳密には

$$DB = \frac{MBA}{MBA - MBW/DW - (RV + VCI)} \quad \text{と表現されることは前節でみた通りである}$$

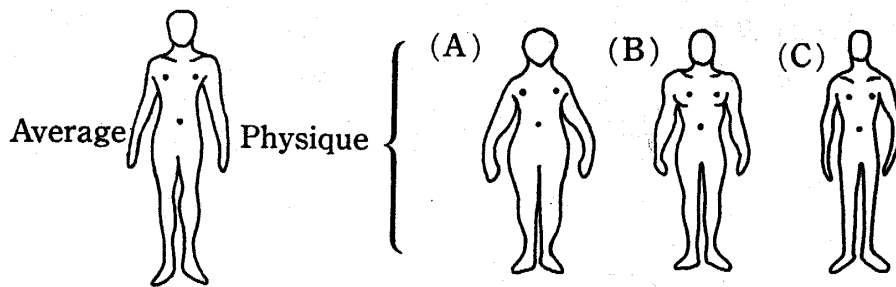
が、 $DB = \frac{MBA}{B}$ で考えたほうが、現場のプールでスプリングバランス等を使って指導する場合には実際的である。さて前述の浮力60kgの人間が水面にNeutralに浮くためには、 $B - MBA \geq 0$ 、即ち、 $\frac{MBA}{MBA - MBW/DW} \leq 1$ の条件が必要となるといえるが、 $0 < \text{剰余浮力}$ の時、その浮きの高さは、浮力と重力が等しくなった点で定まるわけである³⁾。仮りにこの人間のMBAが58kgであるとする、この人のDBは $58/60 = 0.966$ であり、剰余浮力は2kgであると表現できるし、MBWは-2kgであるといえるのである。それでは単にダルマ浮きでなく、口と鼻をだして呼吸を継続し所謂浮身Floatingをするのにはどの程度の剰余浮力があればできるであろうか。内田は最大吸気時1.5kg以上と主張している⁴⁾。こうした剰余浮力、DBは肺容量と密接に関連するが、それは更にAge, sex, Body compositionとも関連するのである。人間の臓器の割合は通常次の通りである。全重量を100とすると、骨(♂20, ♀15)、皮膚組織(♂12, ♀13)、筋肉(♂

*図1 身体比重と皮脂厚(4部位の対数和; 肩甲骨下角, 三頭筋, 腸骨上および二頭筋)



* 注6 大槻文男より転引用

図2 Somatotype-three basic composition



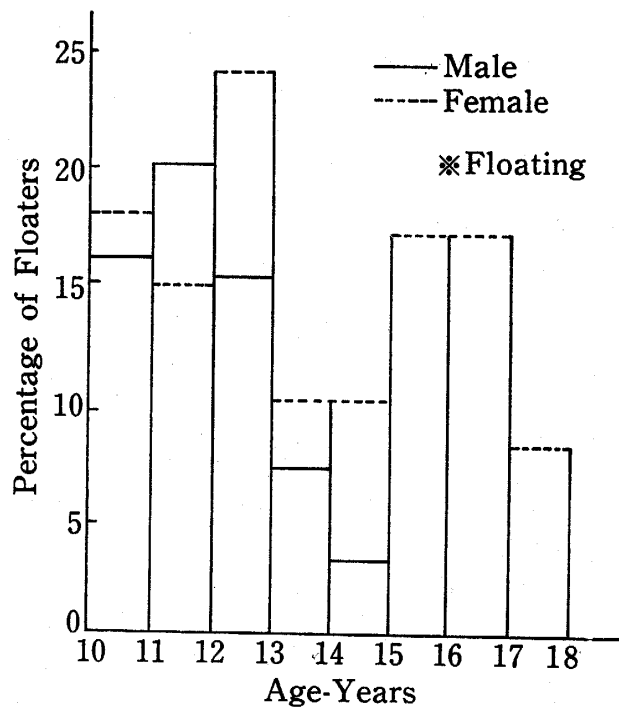
J.G.P. Williams M.B, B. Chir 「Medical Aspect of Sport and Physical Fitness」 London. Constitution and Performance, "Somatotype" より転引用。(sheldon)

(A) : Endomorph

(B) : Mesomorph

(C) : Ectomorph

図3 Whiting より引用



40, ♀36), 脂肪 (♂20, ♀30), 血液 (♂8, ♀7) 等である。勿論これは平均であり, 肥満力士は脂肪層が50%近いといわれている。体重に占める脂肪の割合が40%になると全身の比重はほぼ水と同じになるという報告もある⁵⁾。Behnke らは比重の変化は脂肪組織量に起因することを証明しているというが, 全脂肪組織は皮脂厚から間接的に推定され, また皮脂厚と膀臑部指厚との相関も高いことなどが立証されている⁶⁾。(図1) こうした点か

図4 Whiting より引用

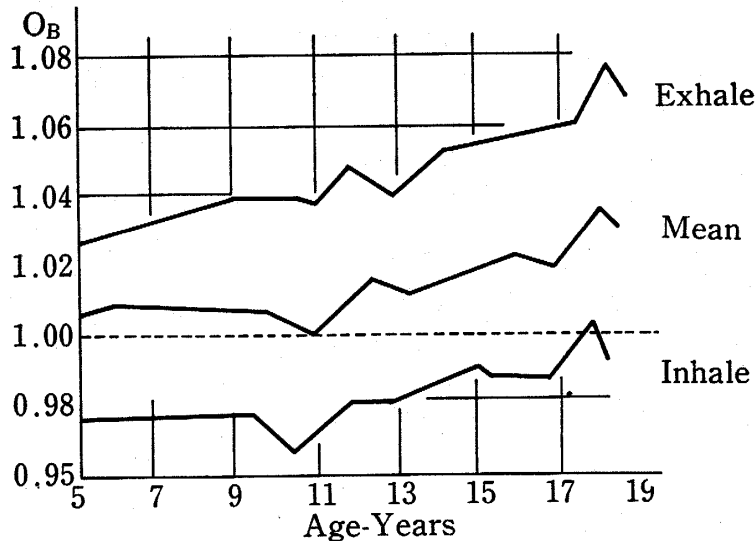
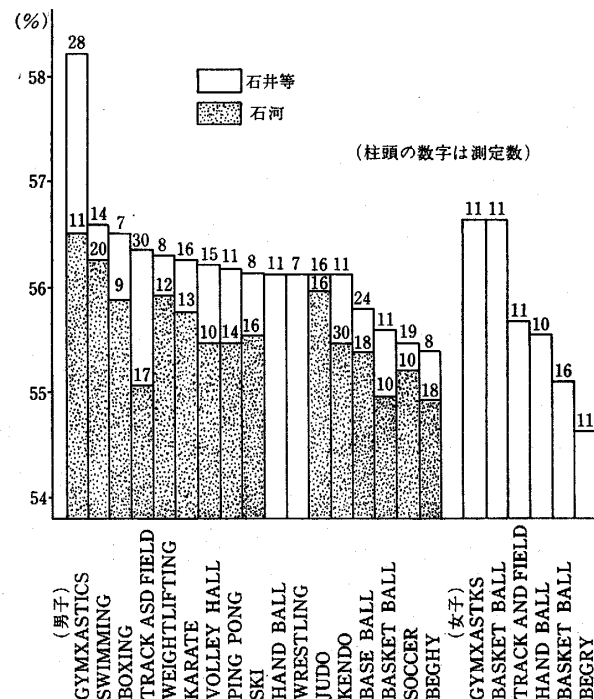


図5 比重心高, 石井らより引用



ら考えると浮き易い人間類型が想像されるのである。即ち somatotype で言えば, sheldom の所謂 Endomorph-type の人間 (図2) が, また性別でいえば, 脂肪沈着作用をもつ女性ホルモン, Estrogen の分泌盛んな女性が (図3, 4)⁷⁾, また老化して Body mass が減少し, 脂肪組織も減少した所謂「枯れた」老人が浮き易く, また密度の高い骨, 筋肉よりも, 成人に比較して相対的に脂肪組織の多い幼若年児が浮き易いといえるだろう, 次に Horizontal floating に於ける Balance, Body position の問題を考えてみたい。一般

図6 whiting より引用

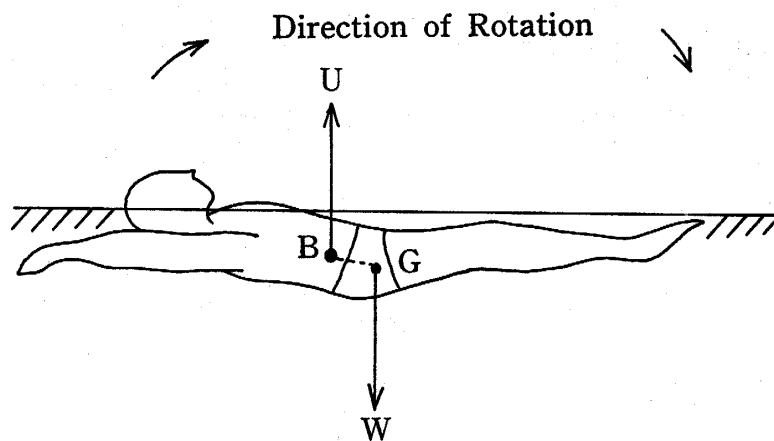
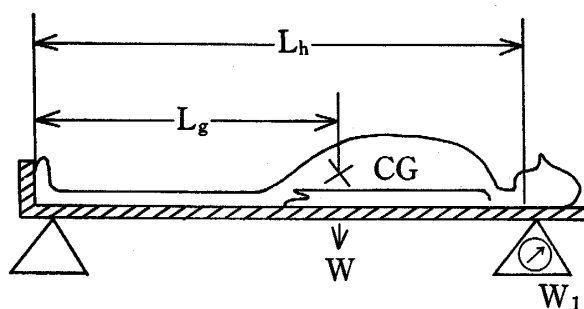


図7 重心高



回転モーメントはいずれの点でも
等しいから、

$$Lg \cdot W = Lh \cdot W_1$$

$$Lg = \frac{Lh \cdot W_1}{W}$$

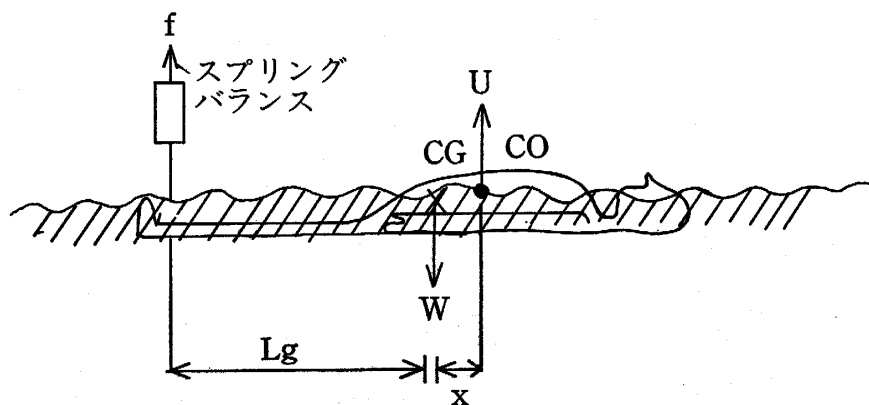
Lg : 重心高

Lh : 重量計器までの距離

W : 直立姿勢での体重

W₁ : 計器の測定値

図8 浮心 page 5 より引用



$$\text{水平位故に } f \cdot Lg = xU \quad \therefore x = \frac{f \cdot Lg}{U}$$

$$\text{ところで } W = U + f \quad \therefore x = \frac{f \cdot Lg}{W - f}$$

U : upthrust (浮力)

f : パネ秤の計量値

に人間に於て重心 (C.G), 即ち「身体各部の質量の総和点, あるいは身体各部の重心の合成点」はその姿勢に於て異なるが, それはまた Somato type によって各人に於て異なるのである。スポーツ体型とはなにか, 難しい問題である。即ちスポーツが体型を選択するのかそのスポーツによってその種目特有の体型が生れるのか, 仲々に確定し難いが, 一般にラグビー, サッカー, バスケット, 柔道などは重心が低いとされており, 体操, 水泳は高いが, それは石井によれば, そのスポーツによる筋肥大の質量配分がトレーニングによって変えられるためであろうとしている。参考までに石井の調査を紹介する (図5)⁹⁾, 一般に浮身の時, 重心と浮力の合成点, 浮心 (C. B) が鉛直線上にある時は, 人体は安定して浮いていることができるが, それが鉛直線上にない時は, 一致するまで, rotate する。(図6)⁹⁾ ここで Horizontal floating の重心 (C.G) と浮心 (C. B) の測定方法の中の一つを記す。(図7, 8)¹⁰⁾

通常, Horizontal position の際, C.B と C.G は鉛直線上にはない。C.G は muscle volume の大なる下肢へ向って, C.B は密度の小なる肺の方向へと互にづれているのである。そこで下肢を曲げたり, 上肢を曲げたり, 上肢を挙上したりして, C.G, C.B を移動させ, unstable equilibrium にある Body position を安定させるのである。ここに浮き身の技術の一つがある。宮畑, 小林は両手の位置変化による C.G, C.B の移動距離を表1, 2の様に報告している。

表1 両手の位置の変化による浮心と重心の移動距離

移動距離		浮 心	重 心
区分			
男 子		4.74cm	5.31cm
女 子		3.94	4.25

宮畑他「浮身のコントロール」p 6 より引用

表2 背浮における両手の位置変化と浮心—重心距離

浮心・重心距離	最 少 最 大 平 均		
	最 少	最 大	平 均
両 手 体 側	0.464cm	1.557cm	1.126cm
頭上に伸ばす	0.196	1.313	0.788
手首を曲げ手を水上	0.027	0.978	0.521

さて, この辺でこれまでの整理をしてみよう。

- (1) 最大吸気剰余浮力 1.5kg 以上
- (2) relaxation ができた
- (3) 浮心と重心を鉛直線上に移動させ, 且つ水平姿勢がとれた。

しかし, これでもまだ浮身に必要且つ十分な条件が整ったとはいえないだろう。即ち, correct Horizontal position, 腰を伸ばした姿勢が必要なのであり, また呼吸調節ができなければならないのである。小林は身体は「比重の等しくないいくつかの分節が関節により連結されており」完全なリラクゼーションは図9の如く T_1 のトルクが作用する。従って「トルク T_1 に抗して, 両端を引きあげるようなトルク T_2 を関節の筋力として発生し」¹²⁾ correct position をとる必要があるとのべている。この relaxation と必要な部分の筋の緊張, ここに技術の一つが存在するといえるのである。腰を曲げを姿勢, それは沈み易い姿勢といえるかも知れない。一つには沈降方向への抵抗面積の差 (その極端は, 立体と横

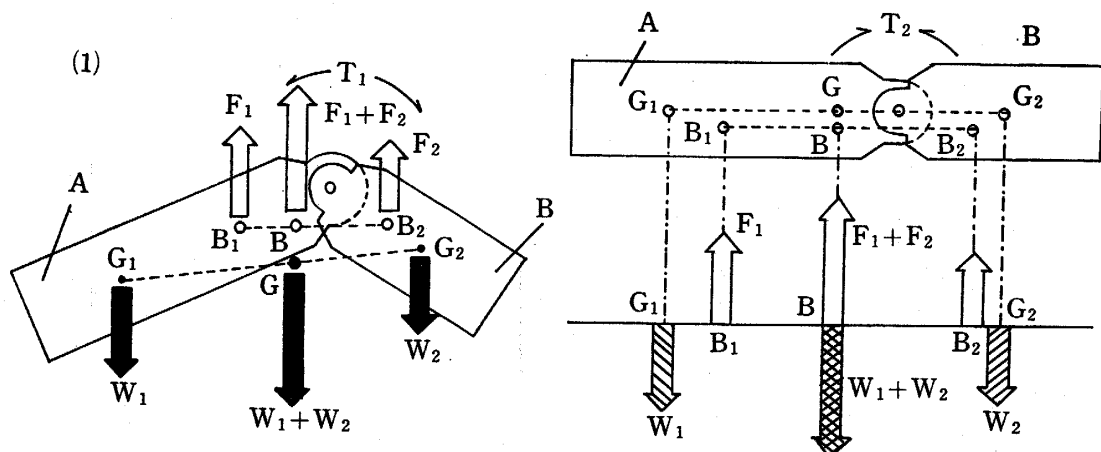
体の例である)であり、二ツには微妙な圧縮性空間気腔の変化、それは水圧の差によって増幅されるかも知れない。例えば、水面下 20cm では大気中より 0.02kg/cm^2 だけ大なる水圧を受けることによって、剛体でない人体の気腔・肺容積が変化し、 $DB \div 1 \pm \frac{2}{100}$ という微妙な人体にとっては $\frac{MBA}{MBA - MBW/DW} \leq 1$ のバランスを崩し易いことが考えられる

からである。また一度沈むはずみがついた場合、腰落ち姿勢は $V^2 = 2 \times \frac{\rho_1 - \rho}{C\rho} \times j \times \frac{V}{S}$, 即ち V = 沈降速度, ρ_1 = 物体の密度, ρ = 流体の密度, C = 抵抗率, g = 重力加速度, V = 物体の体積, S = 物体の横断面積という理論式からもその不利な点が予測されるのである。即ち,

1. $B > MBA$, $DW > DB$ の時 浮く
2. $B = MBA$, $DW = DB$ の時 Neutral に 静止
3. $B < MBA$, $DW < DB$ の時に 沈む

この時、腰落ち姿勢の $DW \leq DB$ に及ぼす微妙な影響が剛体でない人間の身体表現の問題として、技術的・物理学的に問題となるといえるのである。次に呼吸コントロールである

図9 関節で連結された身体の重心と浮心、宮畑前出注1, p4より引用



が、一般に水中肺容量は空気中肺容量より減少することは、既に前出注2の6でみた通りである。水中呼吸基準位は水圧の関係で低位にあり、呼吸位が低下しているために吸息の増加がみられ、浮身の時は呼気時の剰余浮力を一定値以下にならないように一回換気量を調節しなければならない。つまり一般的には頻呼吸、浅い呼吸になるが、時々深く素早く呼吸して、肺内酸素分圧の低下を防ぐ等しなければならない。これも浮身の技術の一つである。勿論、呼吸しても尚、剰余浮力が 1.5kg 以上であれば、普通の呼吸をしても十分に楽に floating していただけるということになる。

注

- 1) 本章は筑波大体育学部水泳実習集中授業に於ける講義ノートの一部である。(1976. 7) まとめるに際しては、宮畑らの「浮き身のコントロール」第3回キネシオロジーセミナー、於、京都

- 大学, 1976. 11. 20. 21 を参考とした。
- 2) Thomas 「Swimming in Easy」 J.O.P.E.R, p 74, 1965. 5
 - 3) 宮畑, 小林, 前出注 1, p 1
 - 4) 内田整子, 前出注 3 の36
 - 5) 1976. 3. 11 「赤旗」 “スポーツ科学の目” から引用
 - 6) 大槻文男, 「体組成」 体育の科学, p 542, 1976. 7
 - 7) A. Whiting 「Teaching the persistent Non-Swimmer」 London, p 6 より図 4 を引用
 - 8) 石井喜八他 「人体重心と運動効果」 大阪体育大学紀要, 第 3 巻, p 1—6
 - 9) Whiting, 前出注 7, p 7—12, 「The Mechanism of Floating」 に詳しい。宮畑ら, 前出注 1 も参照されたい。
 - 10) R. Rork 「The Floating Ability of Woman」 Res, Quart, p 19—27, 1937. Dec,
R. Page 「The Role of Physical Buoyancy in Swimming」 Journal of Human Movement studies, 1975. 1. p 190—198 参照。
 - 11) 宮畑ら, 前出注 1, p 7
 - 12) 同上 p 4 には「体育の科学, 第26巻第 9 号に発表した」資料と断ってある。
 - 13) 宮畑ら, 前出注 1 は, 浮身の力学的メカニズムについて詳しいが, 前出注10, R.L. Page の論文も参考になる。