

## IX. 討 論

### 1. 長距離走パフォーマンスと無気的エネルギーとの関係

これまで、長距離走パフォーマンスと有気的能力に関する研究は数多くなされている。一方、長距離走者の有気的能力の研究と比較して、無気的能力に関するものは少ない（山崎と青木, 1977 ; Bulbulian et al., 1986 ; Houmard et al., 1991）。また、実際の持久的競技のトレーニングにおいても、無気的トレーニングの位置づけが明確にされていないように思われる。長距離走トレーニングの指導書では、おもにラストスパートに寄与する能力という点で、無気的能力の役割に関する記述が中心である（青木, 1976 ; 有吉, 1987 ; 永井, 1989）。

しかし、長距離走においても血中乳酸の蓄積は大きく、無気的エネルギーの動員の高いことが考えられる。本研究では、研究課題1-1（IV章）において、実験室での漸増負荷走行における最高走速度に強く影響する要因が、試合期前の有気的能力から試合期後には無気的能力へ移行することが認められた。また、試合期をとおして最高走速度を維持、あるいは向上させるためには、有気的能力に加えて、無気的エネルギー供給能力が重要になることが示唆された。さらに、研究課題1-2（V章）では、実際の長距離（5000 m）走パフォーマンスに対しても、無気的エネルギー供給能力が重要になることが示唆された。先行研究でも、 $\dot{V}O_2\max$ が同レベルにある長距離走者では、無気的能力（最大酸素負債量）が高い走者ほど5000 m走パフォーマンスに優れることが報告されている（山崎と青木, 1977）。

したがって、長距離走では、これまで考えられている以上に、無気的

エネルギーの動員の高いことが、優れたパフォーマンスを発揮するために重要であることが考えられる。

## 2. 無氣的・有氣的運動中の無氣的エネルギーの動員が $\dot{V}O_2$ に及ぼす影響

$\dot{V}O_{2max}$ は、一般に約2～10分でexhaustionに達する無氣的・有氣的運動中に一過性に出現するといわれている（Astrand and Saltin, 1961；金原ら, 1973）。そのような運動では、運動後の血中乳酸濃度が10～15 mmol/Lにもなることが示されており（Skinner and Morgan, 1985）、無氣的エネルギーの関与も大きい。このような無氣的エネルギーの動員が高い運動負荷条件で出現する $\dot{V}O_2$ には、無酸素代謝閾値以下の $\dot{V}O_2$ とは異なる限定要因が存在する可能性があると考えられる。したがって、最大酸素摂取能力の限定要因として、呼吸循環系のさまざまな機能だけでなく、無氣的エネルギーの動員の影響についても検討する必要があると考えられる。

運動中の無氣的エネルギーの動員が高まると、血中pHの低下や血中CO<sub>2</sub>の増加が生じることから（Edington and Edgerton, 1983；青木, 1989）、Bohr効果によって、筋における酸素取り込み能が向上している可能性もある（Stringer et al., 1994）。しかし、その一方で、無氣的エネルギーの動員が高まると血中乳酸濃度の蓄積により疲労を生じ、長時間の運動を不可能にしてしまうこともある（Sahlin, 1986；Metzger and Moss, 1990）。

これらのことを考慮すると、相対的に無氣的能力に優れると考えられる短距離型の中距離走者や中距離型の長距離走者などは、運動の前半局

面においてより多くの無氣的エネルギーを動員することによって、その後に出現する $\dot{V}O_2$ を高めるという貢献と、長時間の運動を不可能とする疲労の影響の両方を受けている可能性が推測される。

そこで本研究では、このような可能性を明らかにする手がかりを得るために、無氣的・有氣的運動の前半局面における無氣的エネルギーの動員とその後に出現するPeak  $\dot{V}O_2$ との関係に及ぼす走能力のタイプの影響について検討した（研究課題2：VI章）。その結果、約2～3分および約6分でexhaustionになるような最大走行では、前半局面における無氣的エネルギーの動員が後半局面に出現するPeak  $\dot{V}O_2$ に対して高い割合を示す走者は、短距離型の中距離走者、中距離型の長距離走者、すなわち相対的に無氣的能力に優れるタイプであることが認められた。

Astrand and Saltin (1961) は、100% $\dot{V}O_{2max}$ 強度の運動時よりも150% $\dot{V}O_{2max}$ 強度の運動時において、より早く $\dot{V}O_{2max}$ が出現したことを報告している。このより早い $\dot{V}O_{2max}$ の出現は、高い運動強度による無氣的エネルギーの動員の高いことが、 $\dot{V}O_2$ の立ち上がりを早めた結果である可能性を間接的に示すものであると考えられる。また、Svedenhag and Sjodin (1985) は、インシーズンとオフシーズンにおける一流走者の生理学的特性を明らかにしている。その中でインシーズンにおいて、最も高い $\dot{V}O_{2max}$ および血中乳酸濃度を認めている。このこともまた、無氣的エネルギーの動員の高いことが、より高い $\dot{V}O_{2max}$ を出現させる可能性を間接的に示すものと考えられる。しかし、研究課題2ではこのことについて直接検討していない。

そこで次に、研究課題3（VII章）では、漸増負荷による無氣的・有氣的運動における無氣的エネルギーの動員が $\dot{V}O_{2max}$ に及ぼす影響について検討した。その結果、約9～12分間でexhaustionになるような漸増負

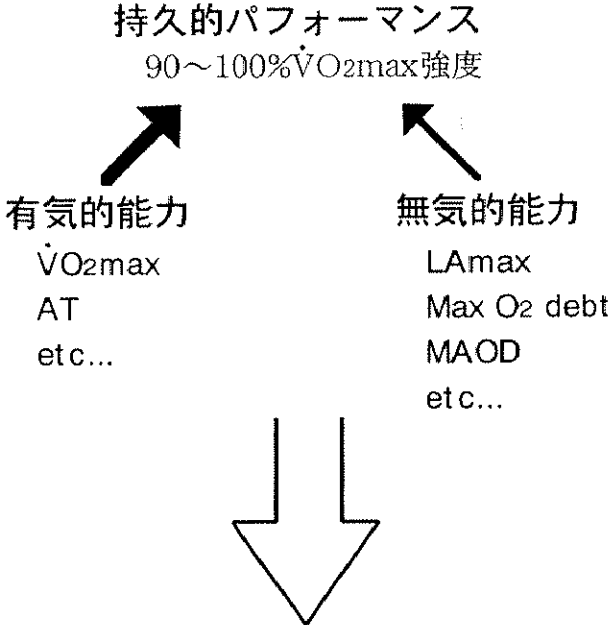
荷による最大走運動において、exhaustion後の血中乳酸濃度が高い者は、より早く $\dot{V}O_2\max$ を出現させ、プラトー現象が認められた。また、研究課題4（Ⅷ章）において、一定負荷による無氣的・有氣的運動の後半局面における無氣的エネルギーと $\dot{V}O_2$ との関係について検討した。その結果、約2～3分および約6分でexhaustionになるような最大走運動の後半局面において、血中乳酸濃度の増加量が大きい者ほど、 $\dot{V}O_2$ の増加量も大きいことが認められた。これらの結果は、 $\dot{V}O_2\max$ が出現するような無氣的・有氣的運動においては、無氣的エネルギーの動員の高いことが酸素摂取能力を最大限に発揮するための一つの条件になることを示唆するものである。したがって、本研究の結果をもとにすると、無氣的能力に優れることは、長距離走パフォーマンスに対して無氣的エネルギーそのものを高めるという直接的な貢献だけでなく、運動中の無氣的エネルギーの動員が $\dot{V}O_2$ を高めるという点で間接的にも貢献していることが考えられる。

### 3. 持久的パフォーマンスにおける無氣的トレーニングの意義

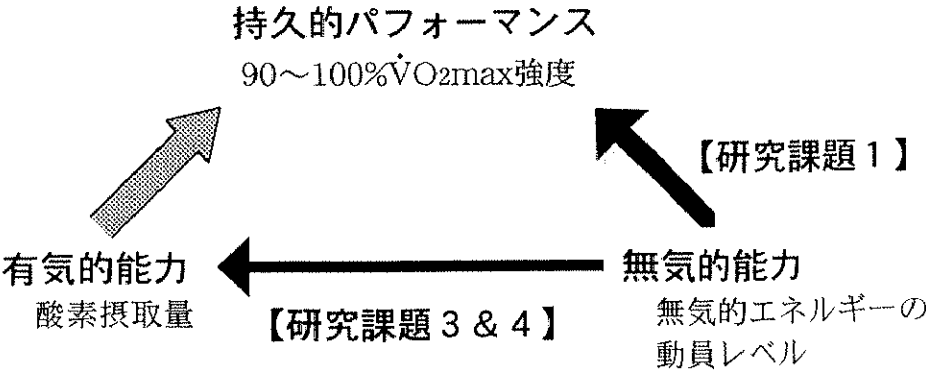
図16は、高強度持久的パフォーマンスと有氣的能力と無氣的能力との関係について、従来の考え方と本研究の考え方との違いをまとめて示したものである。

本研究の結果から、無氣的エネルギーの動員の高いことが直接的に高強度の持久的パフォーマンスに貢献している可能性が認められた（研究課題1）。また、その間接的な貢献の仕方として、無氣的エネルギーの動員の高いことは、 $\dot{V}O_2$ を高めることによって総エネルギー量を増大させる可能性が示唆された（研究課題3、4）。なお、このような可能性

これまでの考え方



本研究の考え方



【研究課題2】

上記のような持久的パフォーマンスに対する無気的エネルギーの貢献は、無気型の走者において大きいことが考えられる。

Fig. 16 Schema of the present study.

は、特に中距離型の持久力を有するものに大きいことが示唆された（研究課題2）。

本研究で得られたこれらの知見は、Noakes（1990）が「short-distance races（800～1500 m）に適した最も良質の筋を持つランナーは、最長距離に至るまでのどのような長距離レースにも最適な筋の持ち主である。したがって、スピードと持久力の両者は、生理学的に別の存在ではなく、密接に関係したものである」と述べているような長距離走者におけるスピード能力の重要性を支持する一つの結果であると考えられる。

これまで持久的トレーニングにおいて、無氣的トレーニングはあまり重視されてこなかった。しかし、本研究の結果を考慮すると、90～100% $\dot{V}O_{2max}$ の高強度持久的パフォーマンスには、これまで考えられている以上に無氣的エネルギー供給能力が関与していること、そしてその関与の仕方としては、無氣的エネルギー量の増大という直接的な貢献だけでなく、 $\dot{V}O_2$ を増大させるという間接的な貢献をしているものと考えられる。なお、このような貢献の仕方は、中距離型、長距離型といった持久力タイプによって異なる可能性がある。これらのことは、長距離走者の無氣的トレーニングの在り方について、新たな意義を提示したものであると考えられる。

なお、本研究の結果を適用することには、以下に示す限界のあることを考慮しなければならない。

①本研究の被検者は、呼吸循環機能に優れ、無氣的能力の優劣に差があると考えられる男子大学生の中距離走者と長距離走者であった。したがって、本研究の知見を、競技レベルの異なる競技者、他のスポーツ種目の競技者、あるいは健康体力づくりやレクリエーションとして中長距

離走を行っている健常者などに適用することには限界がある。

②本研究で得られた結果に対する、被検者のトレーニング状況、コンディションなどの影響は明らかにできなかった。したがって、本研究の知見を、異なるトレーニング状況、異なるコンディションにある走者に適用することには限界がある。

③本研究では、長距離走パフォーマンスと無氣的エネルギーとの関係、および無氣的エネルギーの動員と $\dot{V}O_2$ との関係を明らかにした。しかし、長距離走パフォーマンスやそのトレーニング効果には、本研究の視点以外にもさまざまな要因が関与している。したがって、本研究の知見を長距離走トレーニングに適用する際には、他に関与している要因について考慮しなければならないという限界がある。

本研究で得られた知見をトレーニング実践の場で活かすためには、上述の限界に配慮するとともに、今後さらに、無氣的エネルギー供給能力を高めることによって、高強度の持久的パフォーマンスが高まるか、また、そのパフォーマンスの向上には $\dot{V}O_2$ の向上が寄与しているのか、などについて走能力のタイプと関連づけて検討する必要がある。