

高強度トレーニングを柱とした競泳競技トレーニングシステム

仙石泰雄¹⁾ 角川隆明²⁾ 小林啓介¹⁾ 成田健造¹⁾

1. 競泳競技の特性

水泳は、運動中に水の物理特性（浮力・抵抗・圧力・水温）の影響を受けながら水中を推進する運動である。特に競泳競技において心得ておかねばならない物理現象は、水中で推進する際に泳者が受ける抵抗が泳速度のほぼ二乗に比例して増加し、さらにその抵抗に打ち勝つために消費されるエネルギー量が泳速度のほぼ三乗に比例して増大することである。例として筆者が指導した2016年リオデジャネイロオリンピック代表選手のレースについて考えたい。図1に200m背泳ぎのレース中に消費されるエネルギー量の模式図を示す。泳者の自己ベスト記録は1分56秒30であり、その際に消費したエネルギー量をうすい灰色の四角形と仮定する。対象泳者の目標記録を1分55秒00とすると、レース中の平均泳速度が約1%増加するのに対して、

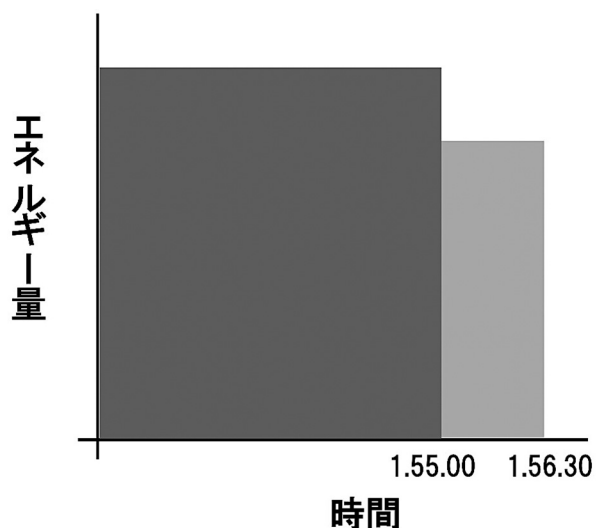


図1 200m背泳ぎレース中に消費されるエネルギー量の模式図

して、レース中に消費されるエネルギー量（図1の濃い灰色の四角）は約3%増大することが想定される。そのため、レースでより速い速度で泳ぐことを目指す場合、身体が受ける抵抗を減らす泳技術の獲得はもとより、レース中に産生できるエネルギー量を増大するための体カトレーニングが重要となる。著者らは、この体カトレーニングの目的を「より大きなEnergy Tankを獲得する」と表現しており、競技者の体カレベルをどこまで向上できるか、競泳競技のコーチングにおいて最も重要視している。

2. レース中におけるエネルギー供給機構の貢献度

競泳競技のレース距離は50mから1,500mに設定されており、その運動時間は20秒から15分程度である。荻田(2002)は、競泳競技における各レース距離に応じたエネルギー供給機構の特徴を有酸素性エネルギーと無酸素性エネルギーの割合で報告している。この報告によると、先に例示した200mの競技におけるエネルギー供給機構の貢献度は、有酸素性と無酸素性が6:4であると示している。また、所謂「スプリンター」が専門とする種目である100m種目においても有酸素性と無酸素性のエネルギー供給の貢献度は5:5であることから、競泳競技のコーチング現場では持久性能の向上を目指した持久性トレーニングに重点がおかれる。

3. 競泳競技における持久性トレーニングの再考

持久性能を向上する方法として故・古橋廣之進氏の「魚になるまで泳ぐ」といった言葉に代表されるように、世界的にみても競泳競技では量的なトレーニン

1) 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba
2) 鹿屋体育大学スポーツ武道実践科学系
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

グに主眼が置かれる傾向にあり, 世界の一流競技者の1週間の平均トレーニング量は約60kmを超えると報告されている (Maglischo, 1993). 同じ運動時間において, 陸上では水中での運動の約4倍長く移動できるため, この一流競泳競技者のトレーニング量は陸上で240km走ることと同程度と言える. このような量的(低・中強度)トレーニングを実施することにより, 持久能力が改善することが認められている (Wakayoshi et al., 1993; Sengoku et al., 2011).

しかしながら, 量的なトレーニングを行わなくても, 高強度インターバルトレーニングを実施することにより, 持久能力を同様に向上することができるというエビデンスも2000年以降から様々な競技種目を対象に報告されている (Laursen, 2010).

高強度インターバルトレーニングの代表格とされ, 今日世界中で実施されているのがTABATA Protocolである (Tabata et al., 1996). TABATA Protocolは, 170% $\dot{V}O_2\max$ 強度の20秒間運動を10秒間の休息をはさみ8セット反復するトレーニングである. この高強度インターバルトレーニングを実施することにより, 無酸素性能力の評価指標である最大酸素借が有意に向上するだけでなく, 1時間の70% $\dot{V}O_2\max$ 強度のトレーニングと同等の最大酸素摂取量の向上が認められると報告されている. さらにOgita et al. (2014) は, 5秒間の最大努力運動を10秒間の休息をはさみ5セット反復するというより短時間のスプリントインターバルプロトコルも, 最大酸素借と最大酸素摂取量の双方を向上する効果が認められると報告しており, 著者らもこのOGITA Protocolを応用したトレーニング法の運動負荷を検証している (Sengoku et al., 2014).

上記のように, 持久能力を高めるためには長時間におよぶ量的トレーニングが積極的に競泳競技では用いられてきたが, 高強度トレーニングを実施してもその目的が達成できることが科学的に証明されている. すなわち, 「持久力」を「スプリントトレーニング」で強化することも可能であるということである.

4. 競泳競技におけるトレーニング期分けの再考

年間のトレーニング計画の立案において持久能力の養成は, 基礎的な体力づくりと称し, シーズン初期に重点的に行われる. 競泳競技においてもMaglischo (1993) は, トレーニングの期分けを「General Endurance Period」 「Specific Endurance Period」 「Competition Period」 「Taper Period」と設定しており, シーズン初

期の「General Endurance Period」において低・中強度の量的なトレーニングを中心に実施することを推奨している. しかしながら, シーズン初期のトレーニング目標が持久能力の向上であるのであれば, 高強度インターバルトレーニングを実施することでもトレーニング目標が達成され, 必ずしもシーズン初期において低・中強度の量的トレーニングを実施しなくても良いと考えることができる.

5. 高強度トレーニングを柱とした競泳競技トレーニングシステム

これまでに紹介してきた先行研究の知見をもとに, 筑波大学水泳部では競泳競技において重要とされる持久能力を高強度トレーニングによって向上させることを目指している. さらに, この高強度トレーニングをシーズン開始時から導入し, 年間を通して高強度トレーニングを実施するトレーニングシステムを採用している.

5.1 トレーニングカテゴリー

年間のトレーニング強度の配分を調節する上で, トレーニングカテゴリーの設定が重要となる. Maglischo (1993) は, 競泳競技のトレーニングカテゴリーとして, 持久性トレーニングを「EN1」 「EN2」 「EN3」の3段階, スプリントトレーニングを「SP1」 「SP2」 「SP3」の3種類設定している. TABATA Protocolをこのカテゴリー分類に当てはめて考えると, トレーニング強度としては20秒の超最大運動を反復するため「SP3」のパワートレーニングに相当するが, 持久能力の向上を目指すトレーニング目標からすると最大酸素摂取量の改善を目指す「EN3」にも該当する. このように, Maglischo (1993) のトレーニングカテゴリーでは, 高強度インターバルトレーニングの分類が困難となる. そこで, 筑波大学水泳部では図2のカテゴリー分類を作成し, 2014年夏季シーズンより採用している.

トレーニングカテゴリーは, 「IntB」から「Int5」まで6段階設定している. 「Int」はIntensityの略であり, Basicな低強度領域である「IntB」から泳中の発揮パワーが増大するごとに, カテゴリーは「Int1」から「Int5」まで上昇する. 「Int1」から「Int4」までのカテゴリーの境目は, 酸素摂取動態の研究によって定義されているLactate Threshold (LT), Critical Powerそして $\dot{V}O_2\max$ を採用した (Burnley and Jones, 2007).

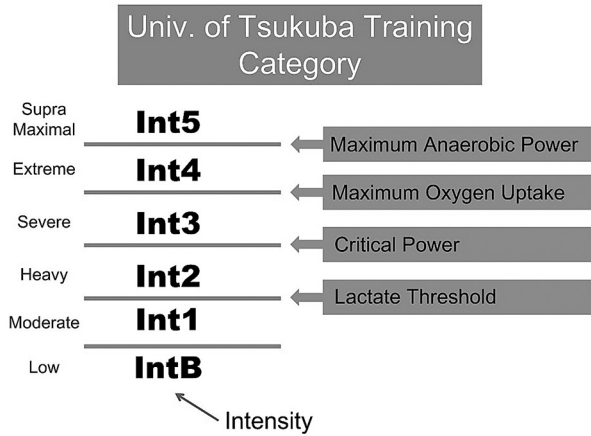


図2 筑波大学水泳部におけるトレーニングカテゴリー

LTより低い「Int1」はModerate強度領域、LTとCritical Powerの間の「Int2」はHeavy強度領域、Critical Powerと $\dot{V}O_{2max}$ の間の「Int3」はSever強度領域と定義されている。この強度領域の区分けは、運動中の発揮パワーが各基準強度を超えるごとにエネルギー供給機構の特徴が変化するという知見に基づいている。これにWingate Testに代表される30秒全力運動における発揮パワーであるMaximum Anaerobic Powerを「Int4」と「Int5」の境目の強度とし、 $\dot{V}O_{2max}$ 以上の強度領域をExtreme強度領域とSupra Maximal強度領

域に分割した。このトレーニングカテゴリーを使用することにより、各トレーニングで発揮するパワー（泳速度）とそのトレーニングで改善を目指すエネルギー供給機構を明確に競技者に指示することができ、高強度トレーニングを実施する上で有用なカテゴリー分類となる。

5.2 期分け

4章で述べたように、Maglischo (1993) はシーズン前半を持続性能力の向上を目的とする期間として低・中強度のトレーニングを中心に行う期分けを用いているが、我々はこの期間を「Energy Tankを増大する期間」と考え、「Energy Tank Enhancement Period-Basic」「Energy Tank Enhancement Period-Specific」と期分けを定義した。シーズン後半は、Maglischo (1993) の定義と同様に「Competition Period」と「Taper Period」を設定した。

5.3 トレーニング計画の実例とその効果

上記の理論に従って立案した、2016年4月に開催されたオリンピック選考会までのトレーニング事例を図3に示す。横軸は2015年10月から開始したシーズンの週数を、縦軸は各週におけるスイムトレーニングの総トレーニング量を示した。さらに各週における「IntB,1」

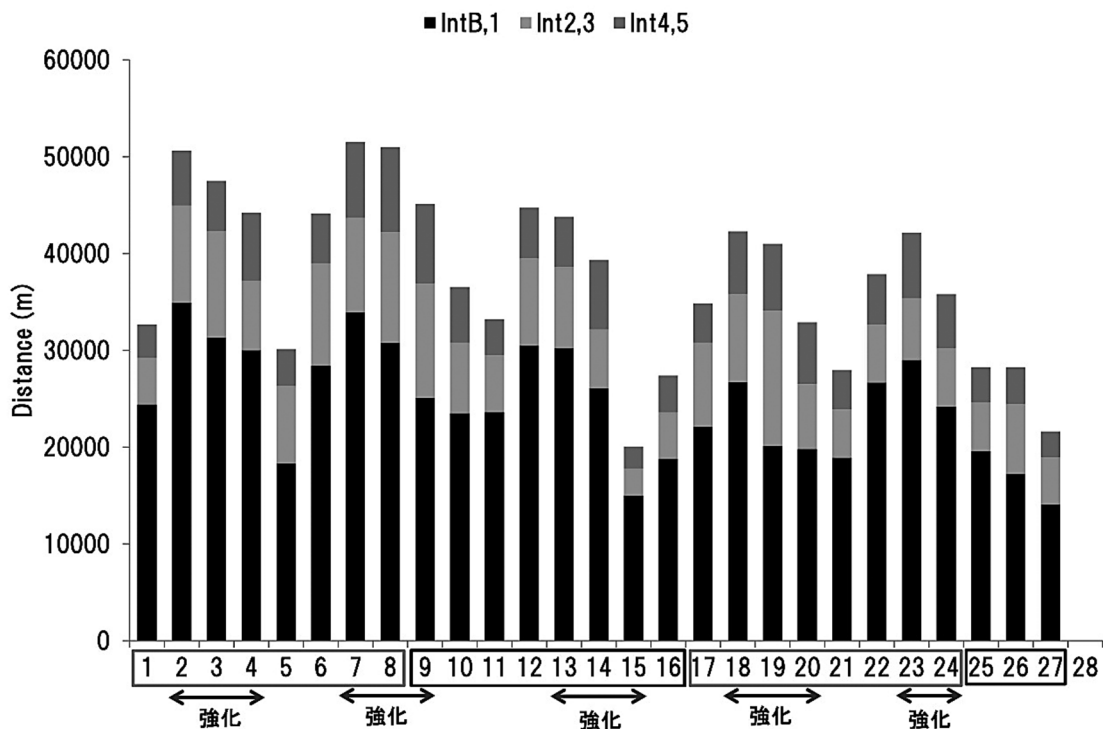


図3 2015-2016年冬季シーズンにおけるトレーニング量の推移

「Int2,3」および「Int4,5」のトレーニング量を色分けして示している。期分けは、オリンピック選考会が実施された第28週の直前3週間を「Taper Period」とし、それまでの24週間を3等分し「Energy Tank Enhancement Period-Basic」「Energy Tank Enhancement Period-Specific」「Competition Period」にそれぞれ充てた。図3に示したスイムトレーニング以外に、週4回のストレングストレーニングおよび週1回のバイクトレーニングを実施している。

高強度トレーニングを立案する目安として、1週間の総トレーニング量の内、「Int4,5」の割合がシーズンを通して10%以上確保できるようにしている。この割合は、競泳競技を対象に高強度トレーニングの効果を検証したFaude et al. (2008)の研究を参考にした。特に、シーズン開始時は10~20秒間の最大強度(Int5に該当)の刺激を積極的に導入している。これは、シーズン開始時は身体が十分に回復しているため、高い泳速度を発揮しやすいコンディションにあり、高い強度を反復して持久性を高める上で最適の時期と考えているからである。トレーニングの進行は、3週間の強化週・1週間の回復週・1週間の適応週の5週間を基本単位としている。3週間の強化週で体力面の強化を目指す。回復週でトレーニング量を減少させ疲労回復を促し、その週末にレースを当てている。回復週においても「Int4,5」の割合を10%以上とすることにより、レースで高い競技パフォーマンスを発揮することを目指す。適応週においては、翌週からの強化に備え、技術トレーニングや低強度のトレーニングで泳技術と泳ぎの感覚のメンテナンスを目指す。また、適応週に持久性を評価するコントロールテストを実施している。

シーズン初期から高強度トレーニングを実施するトレーニングシステムを採用する主要な効果として、シーズン中の競技会から自己ベスト記録の更新が望めることが挙げられる。これは、高強度トレーニングのトレーニング効果は、低強度トレーニングと比較して速く出現することに起因していると考えられる(Sperlich et al., 2010)。シーズンを通して高い競技パフォーマンス(自己ベスト記録の98%以上のパフォーマンス)を発揮できることにより、最終目標の競技会における目標設定の具体化やレース中のペース配分の予行練習に役立てることができる。

また、25m プールで実施される短水路レースで高い競技パフォーマンスを発揮できることも大きな特徴であると考えている。事実、1章で触れたりオデジャネ

イロオリンピックの代表選手は、短水路の200mレースで日本記録を樹立した後に、長水路レースの記録が大幅に改善し日本代表選手に選出されるレベルに成長した。短水路のレースは、ターン局面で壁を蹴って加速する回数が増えるため、レース中の泳速度が向上し、高いパワーを持続して発揮することが求められる。特に大学女子競泳競技者は、高強度トレーニングを実施する中で大きなパワーを出力する能力を獲得することによりスプリント能力が大きく改善し、競技パフォーマンスの向上につながるという実践知を得ている。

一方で、高強度トレーニングを中心にトレーニングを進行していくデメリットも確認している。第一にパワー出力の調節能力への影響である。高強度トレーニングを実施することにより、高いパワーを素早く発揮する能力が獲得され、この能力は先述した通り短水路のレースで有効に働く。一方で、長水路レースにおいてはレース序盤から高いパワーを過度に発揮することにより、レース後半での失速につながる事例が見受けられる。そのため、高強度トレーニングで獲得したパワーをレースでのペース配分に合わせて調節して出力する能力も重要となり、この調節力を「Competition Period」で重点的に取り組む必要がある。

また、ストロークメカニクスへの影響も懸念される。高い強度(泳速度)で泳ぐとストローク頻度が増加する。特に、10~20秒間のスプリント泳を反復する際は、最大ストローク頻度で泳ぎ続けるため、その際に効率的な泳技術を発揮しているか確認することが重要である。低い泳効率のストロークを身につけてレースに出場した場合、先述のレース後半の失速につながるが予想される。高いパワーを効率的に発揮する「High Power Technique」の獲得を目指した取り組みを怠っていけないと言える。

コンディションの管理も重要な課題となる。高強度トレーニングは、総トレーニング量が減少するため、量的トレーニングに適応してきた競技者にとっては「トレーニング負荷が低い」と錯覚する場合がある。そのため、高いパワー発揮を持続してトレーニングしたことによる疲労を過小評価し、十分な回復を促さずにトレーニングを継続してしまい、パフォーマンスレベルを向上できないことがある。3週間の強化週後の回復週と適応週で、競技者自身のコンディションを客観的に評価し、疲労レベルを軽減することが求められる。

高強度トレーニングを実施することにより、シーズ

ンの早い段階から高い競技パフォーマンス発揮が可能となる。そのため、最終目標のレースのみにピーキングする「Tapering」について再考する必要があると考えている。1シーズンを通して高強度トレーニングを実施することは、「絶えず競技パフォーマンスを向上していく」取り組みと考えることができる。「Energy Tank Enhancement Period」で向上したパワー出力能力を、「Competition Period」でレースペース配分に合わせて調節できるようにした後に、コンディショニングして最終レースに臨むという考えに発ち、「Taper Period」を設けない期分けを現在試みている。

6. 競泳競技における高強度トレーニング理論の確立に向けて

筑波大学では、高強度トレーニングに関する先行研究を参考にし、高強度トレーニングを柱とした新しいトレーニングシステムを構築してきた。今後は、このトレーニングシステムを実施した際のトレーニング効果を科学的に検証する必要がある。その上でコーチング現場において重要となる課題は、トレーニング負荷の定量化、客観的コンディション評価、泳効率の評価であると考えている。最新のテクノロジーを応用し、これらの課題に挑戦することが望まれる。

本稿で紹介したトレーニングシステムの構築は、これまで慣例となっているトレーニング理論が真に正しい理論であるのか、疑いを持つことを発端としている。その疑問を解決する上で、最新の科学研究を熟知し、コーチング現場でも先端研究に挑む中で科学研究とコーチング実践の融合を目指してきた。このようなコーチング活動は、1人で行うことは不可能であり、「如何にして競技者のパフォーマンスを最大限に向上できるか」という命題に対して、客観的に探究する視点を持ち、その上で競技者に対して強い情熱をもって指導にあたるコーチングスタッフの存在が不可欠となる。そのような人材が4名集結したことにより、4年の歳月をかけて本稿で紹介したトレーニングシステムにたどり着いたと考えている。今後も、科学と現場を融合できる人材を育成し、新しいトレーニング理論の探求に挑みたい。

参考文献

- Burnley M and Jones AM (2007) Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science*. 7: 63-79.
- Faude O, Meyer T, Scharhag J, Weuns F, Urhausen A, Kindermann W (2008) Volume vs. intensity in the training of competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 29: 906-912.
- Laursen PB (2010) Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 20 (Suppl. 2): 1-10.
- Maglischo EW (1993) *Swimming even faster*. California: Mayfield Publishing Company.
- 荻田 太 (2002) トレーニングによるからだの適応—スポーツ生理学トピックス—: 水泳の代謝特性とトレーニング. 杏林書院, 東京, 164-172.
- Ogita F, Huang Z, Kurobe K, Ozawa G, Nagira A, Yotani K, Taguchi N, Tamaki H (2014) Effects of sprint interval training on metabolic, mechanical characteristics and swimming performance. In: Mason B(eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming XII*. Australian Institute of Sports, 453-457.
- Sengoku Y, Nakamura K, Takeda T, Nabekura Y, Tsubakimoto S (2011) Glucose response after a ten-week training in swimming. *International Journal of Sports Medicine*. 32: 835-838.
- Sengoku Y, Tsunokawa T, Kobayashi K, Tsubakimoto S (2014) Comparison of the training load during High Intensity Interval Resisted Training programed by different exercise duration. In: Mason B(eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming XII*. Australian Institute of Sports, 328-332.
- Sperlich B, Zinner C, Heilemann I, Kjendlie PL, Holmberg HC, Mester J (2010) High-intensity interval training improves VO_{2peak} , maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9-11-year-old swimmers. *European Journal of Applied Physiology*. 110:1029-1036.
- Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, Yamamoto K (1996) Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO_{2max} . *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 28: 1327-1330.
- Wakayoshi K, Yoshida T, Ikuta Y, Mutoh Y, Miyashita M (1993) Adaptations to six months of aerobic swim training. Changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. *International Journal of Sports Medicine*. 14: 368-372.

