



2018年度箱根駅伝強化プロジェクト報告書

両角 速 (体育学部競技スポーツ学科) 西出仁明 (体育学部競技スポーツ学科)
廣瀬泰輔 (大学院体育学研究科) 山下泰裕 (体育学部武道学科)
宮崎誠司 (スポーツ医科学研究所) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

The Reports on the Project of Hakone Ekiden in 2018

Hayashi MOROZUMI, Noriaki NISHIDE, Taisuke HIROSE, Yasuhiro YAMASHITA,
Seiji MIYAZAKI and Tamotsu TERAOKA



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of build-up running in a hypobaric hypoxic environment on the autonomic nervous system in long-distance runners. The subjects exercised for 50-60 minutes on a treadmill in a hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude (30HE). The following parameters were measured during exercise ; arterial oxygen saturation (SpO_2), HR, the autonomic nervous system (HF normalized unit ; HFnu) and RPE.

The results are as follow:

- 1) the SpO_2 during exercise in 30HE showed 61.40-69.00 %.
- 2) the HR during exercise in 30HE showed 170-196 b/min.
- 3) the HFnu during exercise in 30HE showed 34.97-48.01 %.
- 4) the RPE during exercise in 30HE showed 15-17.
- 5) the HFnu at rising for a conditioning period showed 42.92-70.49%.

These results suggest that build-up running in a hypobaric hypoxic environment at 3000 m simulated altitude may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system in long-distance runners.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 31, 71-77, 2019)

2018年度は、箱根駅伝の総合優勝を目標に、人工的高地環境システム（低圧室）を利用した高地トレーニング（標高3000m）および自然環境を利用した高地トレーニング（夏期高地合宿約8週間）を加えた相乗効果による競技力向上について医科学データを基に検討した。

本研究では、低圧室におけるトレーニング中から、選手一人ひとりの心拍数（心拍変動解析）と動脈血酸素飽和度（ SpO_2 ）を計測した。 SpO_2 は、選手ごとの生体負担度、さらにはトレーニング効果などを判断した。さらに、本研究では、箱根駅

伝前の調整期における起床時の自律神経活動（自律神経活動量、交感神経と副交感神経のバランス）および低圧低酸素環境下のランニング効果（ SpO_2 、HR、HFnu および自覚的運動強度の変化）と競技成績にどのような影響を及ぼすかについても検討した。

1. 2018年夏期第2次高峰高原合宿（強化組、日本インカレ組）

2018年夏期全体第1次白樺高原合宿（9泊10日）に続いて、長期合宿によるリビングハイ・ト

レーニングローの実践と、駅伝に向けての心身ともに鍛錬することを目的とトラックシーズンで顕著に見受けられた、レース終盤に脱落する傾向の克服を課題として、夏期第2次高峰高原合宿が高峰マウンテンロッジ（標高1900m）を拠点に、高峰高原林道コース（標高2000m、標高1000m）および天池競技場（標高1000m）を利用してトレーニングを実施した（18泊19日）。

睡眠時の SpO_2 （箱根駅伝出場選手3名）は、各選手別に平均値；93.59%（最低値；80.90%）、平均値；94.53%（最低値；84.60%）、平均値；95.30%（最低値87.30%）であった。3名とも最低値が80%台まで低下した。

初日の午後は、標高1000mコースを利用して、距離走24km（4分/km～3分50秒/km）＋1000mのランニングを行った。距離走17km以降、馬が牧場から脱出したため、安全のために天池競技場を使用してのランニングに変更した。

2日目の早朝練習は、標高2000m林道を利用して各自12kmのトレイル走と坂ダッシュ×4を行った（日本インカレ組はトレイル走のみ）。トレイル走後の SpO_2 は、85～90%、ダッシュ後が83～91%の範囲であった。午後の練習は、天池競技場（標高1000m）を使用しての8×（1000m-1000m）＋1000m＋80×4（設定；3分05秒-3分10秒）のランニング（日本インカレ組4名）を行った。その結果、終了直後の SpO_2 が84～93%（3名が84%、1名が93%）の範囲でそれぞれ低下した。

3日目も早朝に標高2000m林道を利用して各自20kmトレイル走（日本インカレ組5名）、各自12kmトレイル走＋坂ダッシュ100m×4（強化組2名）を行った。午後の天池競技場における（400m×10）×2、R=70秒、SR=3分（強化組5名）のランニングでは、1セット目が85～90%、2セット目が89～92%の範囲でそれぞれ低下した。2セット目の方が1セット目より増加傾向がみられた。日本インカレ組は、治療、またはウエイトトレーニングをそれぞれ行った。

4日目は、早朝から標高1000m林道を利用して、

22km走（日本インカレ組；1500m、3000mSC）と30km走（日本インカレ組；5000m、10000m）をそれぞれ行った。平均走行時間は、22km走が3分35秒～4分02秒/km、30km走が3分27秒～3分55秒/kmであった。午前中は、強化組がウエイトトレーニング、午後からは自由（Active Rest）とした。

5日目の早朝練習では、各自14kmトレイル走＋坂ダッシュ100m×4（強化組）、12kmトレイル走（日本インカレ組；1500m、3000mSC）および16kmトレイル走（日本インカレ組；5000m、10000m）をそれぞれ行った。14km走では、ランニング終了直後の SpO_2 が82～91%、12kmトレイル走の SpO_2 が81～90%、16kmトレイル走が83～90%の範囲でそれぞれ低下した。午後からは強化組（10名）を対象に菅平高原・峰の原クロカン（全天候25km＋1000m）を使用したランニングを行った。その結果（9名）、25km（平均3分49秒/km）終了直後の SpO_2 が87～91%、1000m（2分48秒～3分03秒）終了直後の SpO_2 が82～90%とそれぞれ低下した。25km走後、1000m走のペースアップによって、 SpO_2 の低下度が大きくなる傾向がみられた。

6日目の早朝に標高2000m林道を利用して各自12kmのトレイル走と坂ダッシュ100m×4（強化組）、各自8kmのトレイル走（日本インカレ組）をそれぞれ行った。午前の練習は、日本インカレ組を対象に、天池競技場を使用しての600m＋2×（400m＋300m＋200m）＋600m（1500m選手3名）、1000m×6（3000mSC選手1名）、1000m×8（5000m、10000m選手4名）のランニングをそれぞれ行った。その結果、1500m選手では600m終了直後の SpO_2 が73～90%、1回目の400m終了後が85～90%、300m終了後が73～90%、200m終了後が85～88%、2回目の400m終了後が73～89%、300m終了後が83～88%、200m終了後が77～88%、最後の600m終了後が82～93%とそれぞれ低下した。3000mSC選手では、1回目終了直後の SpO_2 が92%、6回目には75%まで低下した。5000mおよび10000m選手では、

1回目終了直後の SpO_2 が88～90%、最後の8回目には70～86%まで低下した。これらの方式のトレーニングでは、トップでゴールした選手が70%台を示した。

7日目の早朝練習も標高2000m 林道を利用して各自12km トレイル走+坂ダッシュ100m×4 (強化組)、12km トレイル走 (日本インカレ組; 1500m、3000mSC) および16km トレイル走 (日本インカレ組; 5000m、10000m) をそれぞれ行った。強化組の12km 走では、ランニング終了直後の SpO_2 が85～88%、日本インカレ組の12km トレイル走が83～88%、16km トレイル走が76～90%の範囲でそれぞれ低下した。午後 (悪天候のため林道30km 走から変更) の天池競技場における30000m 走+1000m (強化組7名) の練習では、30000走 (3分45秒/km) 終了直後の SpO_2 が86～91%、1000m 終了直後が81～90%の範囲でそれぞれ低下した。1000m 走では、トップでゴールした選手が81%を示した。

8日目の早朝は、強化組が各自トレイル歩行 (60分間)、各自8km トレイル走 (日本インカレ組; 1500m、3000mSC) および12km トレイル走 (日本インカレ組; 5000m、10000m) をそれぞれ行った。強化組のトレイル歩行終了直後の SpO_2 は、87～93%、日本インカレ組の8km トレイル走が82～89%、12km トレイル走が85～92%の範囲でそれぞれ低下した (なお、強化組1名の86%を含む)。午後練習は、Active Rest、疲労回復の促進を目的に小諸高原ゴルフクラブの芝生を利用した12km、又は16km ジョギングを行った。終了直後の SpO_2 は、86～95%を示した。

9日目の早朝は、各自8km トレイル走+坂ダッシュ100m×4 (強化組) および12km トレイル走 (日本インカレ組) をそれぞれ行った。強化組のトレイル歩行終了直後の SpO_2 は、82～92%、日本インカレ組の12km トレイル走が80～89%の範囲でそれぞれ低下した。午前練習は、強化組を対象に天池競技場を使用しての (800m×5)×3 (R=70秒 SR=3:00 設定2:24) ランニングを行った。1セット目終了直後の SpO_2 が87～

92%、2セット目終了直後の SpO_2 が85～94%、3セット目終了直後の SpO_2 が82～88%の範囲でそれぞれに低下した。3セット目の方が1セット目よりも低下度が大きくなった。午後練習は、日本インカレ組を対象に、天池競技場を使用して1500m および3000mSR 選手 (4名) が1000m×8+300m×4 (R=90.0-1:00 設定3:00)、5000m および10000m 選手 (3名) が3000m×4 (R=4:00 設定9:00-8:55-8:50-8:45) のランニングをそれぞれ行った。その結果、5000m および10000m 選手 (3名) では、1回目終了後の SpO_2 が84～93%、2回目終了後が86～92%、3回目終了後が84～86%、4回目終了後が85～90%とそれぞれ低下した。

10日目の早朝練習は、標高2000m 林道を利用して各自16km トレイル走+坂ダッシュ100m×4 (強化組)、12km トレイル走 (日本インカレ組; 1500m、3000mSC) および16km トレイル走 (日本インカレ組; 5000m、10000m) をそれぞれ行った。強化組の12km 走では、ランニング終了直後の SpO_2 が86～92%、日本インカレ組の12km トレイル走が83～91%、16km トレイル走が87～88%の範囲でそれぞれ低下した。午後は、トレーナーによる治療 (強化組)、ウエイトトレーニング (日本インカレ組) をそれぞれ行った。

11日目の早朝練習は、強化組が標高2000m 林道を利用して各自14km トレイル走+坂ダッシュ100m×4、日本インカレ組が標高1000m 林道を利用して、20km 走 (1500m、3000mSC 選手) と26km 走 (5000m および10000m 選手の1名が30km 走) をそれぞれ行った。20km 走の終了直後が86～94%、30km 走が91%に低下した。午後練習は、強化組が小諸高原ゴルフクラブを利用した12km ジョギングを行った。終了直後の SpO_2 が93～97%を示した。日本インカレ組は、トレーナーによる治療を行った。

12日目の早朝練習も標高2000m 林道を利用して各自12km トレイル走+坂ダッシュ100m×4 (強化組)、12km トレイル走 (日本インカレ組; 1500m、3000mSC) および16km トレイル走 (日

本インカレ組：5000m、10000m）をそれぞれ行った。強化組の12km 走では、ランニング終了直後の SpO_2 が83～87%、日本インカレ組の12km トレイル走が83～91%、16km トレイル走が84～91%の範囲でそれぞれ低下した。午後の練習では、強化組（7名）を対象に菅平高原・峰の原クロカン（全天候）を使用した25km + 1200m のランニングを行った。その結果、25km（平均3分58秒/km）終了直後の SpO_2 が79～88%、1200m（2分55秒～3分09秒）終了直後の SpO_2 が80～89%とそれぞれ低下した。25km 走後、1200m 走のペースアップによって、 SpO_2 の低下度が大きくなる選手とほぼ変わらない選手がみられた。なお、日本インカレ組は、トレーナーによる治療を行った。

13日目の早朝は、各自12km トレイル走 + 坂ダッシュ100m × 4（強化組）および12km トレイル走（日本インカレ組）をそれぞれ行った。強化組のトレイル歩行終了直後の SpO_2 は、82～91%、日本インカレ組の12km トレイル走が82～90%の範囲でそれぞれ低下した。午後の練習は、日本インカレ組を対象に天池競技場を使用しての1600m × 5（5000m および3000mSC 選手、但し、3000mSC 選手：1、3、5本目の3本のみ実施）、1200m + 600m + 300m（1500m 選手）のランニングをそれぞれ行った。5000m および3000mSC 選手の1回目終了直後の SpO_2 が80～85%に対して、5回目終了直後では71～82%に低下度が大きくなった。1500m 選手の SpO_2 は、1200m 終了直後が79～82%、600m 終了直後が84～85%、300m 終了直後が81～82%の値を示した。

14日目の早朝は、各自12km トレイル走 + 坂ダッシュ100m × 4（強化組）および10km トレイル走（日本インカレ組）をそれぞれ行った。強化組のトレイル歩行終了直後の SpO_2 は、84～88%、日本インカレ組の10km トレイル走が84～86%の範囲でそれぞれ低下した。午後の練習は、強化組を対象に標高1000m 林道を利用して、30km 走を行った。

早朝安静時の SpO_2 は、合宿の前半（92～98%）と後半（93～97%）を比較すると、各個人

ごとにみると極端に低下する選手はみられず、合宿の後半に2～3%程度の増加傾向を示すなど、高地順化がみられた。

最終結果、菅平高原の距離走 + 1km のペースアップ走のトレーニングでは、同一速度での動脈血酸素飽和度の増加傾向と全力走（1km）での動脈血酸素飽和度の低下傾向がみられた。高峰高原の標高1000m の林道30km 走および天池競技場の練習では、後半のペースアップにもかかわらず、動脈血酸素飽和度の低下度が少なる傾向がみられた。タイムトライアル（ラストスパート導入）終了直後の動脈血酸素飽和度は、最大70台の値を示すなど、低酸素耐性の向上もみられた。今回の高地合宿では、初期の目的である“駅伝に向けての心身ともに鍛錬すること、トラックや駅伝で顕著に見受けられた、レース終盤に脱落する傾向の克服に関する課題の強化”は動脈血酸素飽和度の値から図られたと考える。

2. 長距離選手の競技力向上を目的とした高地（低圧）トレーニング

人工的高地トレーニングシステムを利用した低圧（高地）トレーニング（スポーツ医科学研究所・低圧室）：対象は、箱根駅伝候補選手とした。

（1）年間のトレーニング時間



写真1 人工的高地トレーニングシステムを利用した低圧（高地）トレーニング（標高3000m）

Photo 1 The training in a hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude.

東海大学湘南キャンパス15号館のスポーツ医科学研究所に設置されている低圧室を利用し、高地トレーニングと同じ効果を得るために気圧、温度、湿度などの環境を調整し、低圧トレーニングを行った（標高：3000m）。低圧トレーニングは、2018年4月1日から2018年12月31日までに計57回実施した（1回2時間、運動時間50～60分間）。各選手の年間利用時間は、最も多い選手で40時間であった。

（2）トレーニング内容と SpO₂、HR、HFnu および自覚的運動強度（RPE）の変化

2018年度の低圧トレーニング内容は、各選手のレース日程およびコンディションを考慮し、全身持久力は基より、ラストスパート時に必要な無気的能力、トップスピードの持続力の強化などをそれぞれ図った。図1には、ビルドアップ方式におけるランニング中に計測した各選手の SpO₂ の平均値（最低値）が72.91%（61.40%）、78.39%（63.90%）、80.44%（68.40%）、76.92%（69.00%）、72.62%（64.20%）、77.40%（68.90%）であった。特に、最低値において低くなる選手が多くみられた。HR の平均値（最高値）は、151拍/分（173拍/分）、166拍/分（196拍/分）、168拍/分（185拍/分）、157拍/分（181拍/分）、142拍/分（170拍/分）、153拍/分（173拍/分）であった。HFnu が41.91%、36.62%、30.31%、34.97%、48.01%、37.24%であった。RPE は、17、16、15、15、17、16であった。

2018年度も寮での睡眠時に「低酸素テント」を使用した。テント内の酸素濃度を標高3000mと同じ環境に調節し、体調や試合日程を考慮して指名された選手が睡眠をとった。睡眠中の SpO₂ の平均値は、87%程度（最低値：80%前後）であった。

夏期高地合宿、日常、低圧室を利用したトレーニング及び低酸素テントを利用した睡眠等で高地における適応能力が向上していたことが示唆される。

3. 出雲駅伝および全日本大学駅伝

出雲駅伝では、陸上競技部駅伝チームが目標としていた「優勝」、「2連覇」に届かなかったが、6区間中3区間で区間3位以内となり良い収穫のあるレースとなった。出雲駅伝では、大会前に現地で最終ポイント練習（1000m × 2回）を実施した。2回目終了直後の SpO₂ は、84～91%の範囲であった。好成績を収めた選手は、80%台であった。

全日本大学駅伝では、優勝を目指したが、あと一歩健闘及ばず、昨年同様に準優勝でフィニッシュした。第3区を走った選手が3年連続同区間において区間賞を獲得したことに加え、2・3年生の粘り強い走りがみられた。競技大会前の調整合宿中には、5000m ビルドアップおよび1000m × 1回のポイント練習を実施した。5000m ビルドアップ終了直後の SpO₂ は、83～93%、1000m × 1回終了直後の SpO₂ が81～93%の範囲でそれぞれ低下がみられた。1000m × 1本のポイント練習では、SpO₂ が86～88%の値であった。SpO₂ の低下度が大きい選手の方が区間賞、又は区間2～3位と好成績を収める傾向がみられた。

4. 調整期における起床時の CVRR および HFnu の変化

12月27日から1月1日までの調整期に、箱根駅伝出場予定の6名を対象に起床時の CVRR（自律神経活動の指標）および HFnu（副交感神経活動の指標）の変化を測定した。その結果、6日間の CVRR は、4.51～10.42%、HFnu が42.92～70.49%の範囲であった。いずれの選手も個人差はあるが起床時 CVRR および HFnu の数値が高く、極端に低い値を示した選手はみられなかった。仮に、HFnu の値が大きく変化して、低い値を維持するようであれば、自律神経のバランスとして、交感神経活動優位の状態を意味することになる。これは、生体にかかる負担度が大きく、睡眠の質や疲労の回復力が下がり、コンディションにも悪影響を及ぼすことが考えられる。特に、1名の選手は、

6日間の CVRR は、6.66～9.12%、HFnu が53.61～70.49%の範囲で高値を示していたことから、調整期に良好なコンディションを維持することができたと考えられる（8区で22年ぶりの区間新記録を獲得）。

5. 調整期における低圧低酸素環境下のランニング中の SpO₂、HR、HFnu および自覚的運動強度（RPE）の変化

本研究では、競技大会前の調整期に、低酸素刺激を与えるため、標高3000mに調整してトレッドミルを用い、ビルドアップ走、または二段階走（一定のペース後、速度を上昇）により、生体負担度の指標である SpO₂の変化とランニング速度を調整した（対象：4名）。なお、ランニング時間に関しては、各選手の自主的な判断に委ねた（30～40分程度）。各選手の SpO₂の平均値（最低値）は、81.42%（71.70%）、77.40%（68.69%）、75.64（62.80%）、76.12%（68.90%）であった。HRの平均値（最高値）は、137拍/分（163拍/分）、153拍/分（173拍/分）、142拍/分（158拍/分）、131拍/分（149拍/分）、HFnu が49.32%、37.24%、42.64%、26.1%であった。RPE は、17、15、17、16であった。さらに、1名の選手は、12月29日にも低酸素刺激を得るために、標高1500mに調整してトレッドミル走を実施した（走行距離：8km、最高速度：21km/h）。その結果は、SpO₂の平均値が90.82%（最低値：76.00%）、HRの平均値が147拍/分（最高値：181拍/分）、RPE が17であった。

6. 調整期（レース前日まで）におけるポイント練習終了直後の SpO₂および RPE の変化

8000m ビルドアップ走（3分10秒～2分50秒、最後の400mは自由）では、SpO₂が86～92%、自覚的運動強度 RPE が13～15の範囲であった（往路候補選手のみデータ）。最終ポイント練習（2000m × 1回）は、往路候補選手の SpO₂が79～88%および RPE が12～16、復路候補選手の SpO₂が79～89%および RPE が14～17の範囲であった。SpO₂

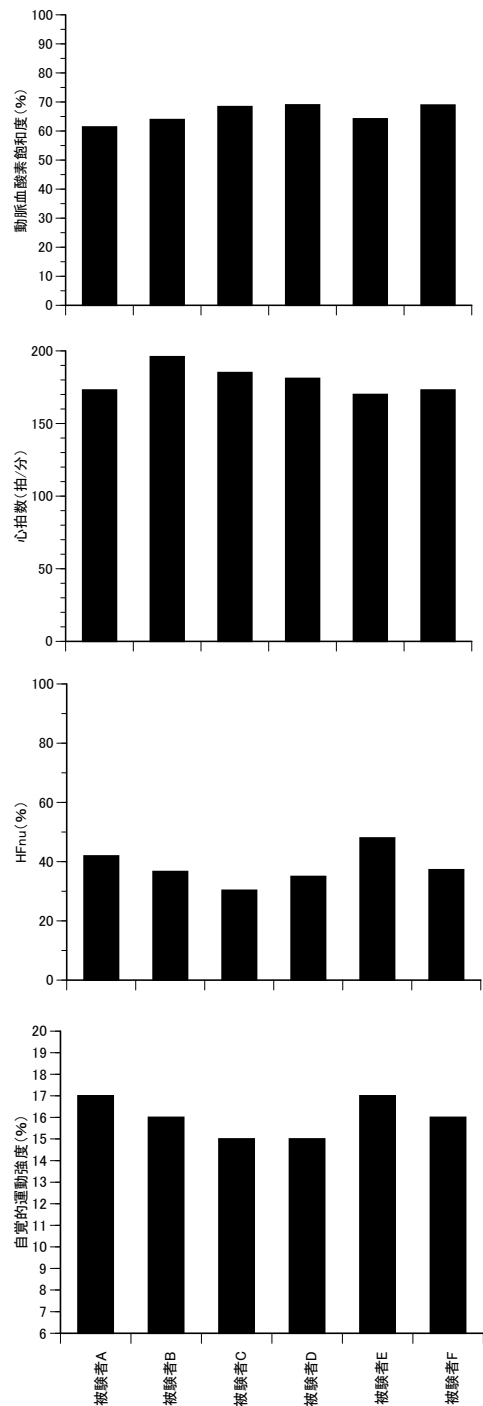


図1 低圧低酸素環境下におけるランニング中の SpO₂（最低値）、HR（最高値）、HFnu および RPE の変化
Fig.1 Changes of SpO₂, HR, HFnu and RPE during running in a hypobaric hypoxic environment.

は、選手ごとの生体負担度、つまり一つの練習でどれだけ自分を追い込むことができたのかを判定できる。さらに、各選手がそれぞれの状況で感じる「19 非常にきつい」、「15 きつい」、「11 楽」などの RPE も貴重なデータとなる。そこで、昨年の箱根駅伝出場選手のデータでは、SpO₂：92%および RPE：19、すなわち、自分を追い込むことができなくて、自覚的には“非常にきつい”と感じていた選手がみられたが、今回は各個人差があるものの SpO₂の適度な低下と自覚的運動強度の値からも、出場選手全員が調整期のコンディションが良好であったと考えられる。

スアッに関する生理機能の向上をトレーニングに取り入れてきた。その結果、全区間において後半に脱落する傾向の克服が成果として現れたと考えられる。

7. 箱根駅伝の競技成績

陸上競技部駅伝チームは、創部初となる総合優勝を達成した。往路の1区では、トップと8秒差（区間6位）で襷を繋ぎ、2区では5位（区間8位）、3区で4位（区間7位）へと順位を上げ、4区では遂に2位（区間2位）まで上げ、5区へと襷を繋いだ。5区では、快調な走りでトップと1分14秒差まで詰め（区間2位、区間新記録）、往路を5時間27分45秒の往路新記録の2位で終えた。2日目の復路の6区では、3年連続で山を下る選手がトップに6秒詰め（区間2位、チーム史上最高タイム）、7区へ襷を繋ぐと、トップとの差を4秒差まで詰めた（区間2位）。8区では、襷を受けすぐにトップに追い付くとそのまま併走を続け15km過ぎにトップとなり、そのままトップで9区に襷を渡した（22年ぶりの区間新記録）。トップで襷を受け取った9区では、後続との差をさらに広げ10区に襷を繋げた（区間2位）。10区では、沿道のたくさんの人々の応援を力に変え、徐々にペースを上げ笑顔でゴールテープを切った（区間3位）。復路は、5時間24分24秒の復路新記録の2位で終えた。創部59年目で初の総合優勝となった。

今年度は、「速さを強さに」をテーマに、1年間、種々のトレーニングを積み重ねてきた。さらに、本大会に向けて、各区间で粘り強く、次の区间につなぐことを1つの課題として、後半のペー