

# 高校生女子中長距離（陸上競技）選手の体力発展と競技力形成に関する研究

## （3年継続研究の3年次）

スポーツ科学研究室 田所克哉 小野文生  
研究アドバイザー 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 木下訓光

キーワード：体脂肪率、最大酸素摂取量、OBLA スピード、3000m 走

### 【緒論】

競技力の向上には、ジュニア期の指導が最も重要であるが、我が国においては、ジュニア期からの長期的・継続的な指導（一貫指導）が行われにくい状況にある。

このような課題を踏まえ、神奈川県においても一貫指導マニュアルの作成等、長期的な展望を視野に入れた取り組みが始まっている。そして効果的な一貫指導を行うには、体力等の縦断的な把握やその正しい解釈、そしてそれらをもとにした個別のトレーニング計画の作成など、きめの細かい指導が必要になってくる。

また、平成12年9月に文部科学省（当時文部省）が打ち出したスポーツ振興基本計画において、競技力向上のためにはスポーツ医・科学の活用が必要であるとうたわれているように、これからの競技力向上を考える場合、スポーツ医・科学の実践的な研究を行い、研究成果を指導現場に還元することが必要不可欠であると考えられる。

陸上競技は、体力がパフォーマンスに大きな影響を与える種目であり<sup>14)</sup>、我が国においても体力とパフォーマンスの関係を扱った研究が、今までに数多く報告されてきた。

しかしながら、ジュニアの陸上競技選手に関して、縦断的に行われた研究報告<sup>1~4,16)</sup>はまだ少なく、その中でも高校生女子中長距離選手に関して、縦断的に行われた事例は、まだないようである。

そのような中で、高校生女子中長距離選手は、どのように体力が発展していくのか、また体力と競技成績は、どのような関係にあるのかなどを縦断的に研究し、発表することは、一貫指導を考えるにあたっても有用であり、指導現場のニーズとも一致するのではないかと考えた。

そこで平成13年度に高校1年生になった、女子中長距離選手の体力測定を3年間継続して行い、どのような体力発展が見られるか、また、競技力がどのように形成されていくか、追跡することにした。

すでに1・2年次の研究について、途中経過を報告<sup>8,9)</sup>してきた。それによると体脂肪率に関しては、16%前後まで体脂肪率を無理なく減少させていく過程では、体脂肪率の減少が競技成績の向上に結びついている可能性が示唆され、また1年次までのデータでは、4名の選手は同じような変化を示していたが、2年次になり、選手毎に違った変化を示すようになってきたとある。

以上のことから、本報告はこの研究のまとめとして3年間の測定結果（体脂肪率、最大酸素摂取量、乳酸値等の変化）と競技成績について検討しようとするものである。

### 【目的】

高校生女子中長距離（陸上競技）選手の体脂肪率、最大酸素摂取量、血中乳酸値、競技力（成績）等の変動過程及び相互の関係を明らかにし、指導の参考資料を得る。

【方法】

1 実験方法

(1) 被験者

神奈川県内でトップレベルにある高校女子駅伝チームの選手4名

(内1名は、2年次(4回目の測定)まで)

4名は中学校時代に1500mを4分57秒前後(3000mは10分50秒前後)で走り、県内では下位入賞を果たしている。

(2) 実験時期

ほぼ半年おきに、計6回の測定を実施した(図1-1)。

H13年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
試合	第1試合期				第2試合期				ロードレース期			
練習	調整期(シーズン)			強化期(シーズン)		調整期(シーズン)			充電・強化期(オフシーズン)			
期	春期				秋期				冬期			
測定	1回目測定						2回目測定				3回目測定	
H14年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
試合	第1試合期				第2試合期				ロードレース期			
練習	調整期(シーズン)			強化期(シーズン)		調整期(シーズン)			充電・強化期(オフシーズン)			
期	春期				秋期				冬期			
測定					4回目測定						5回目測定	
H15年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
試合	第1試合期				第2試合期				ロードレース期			
練習	調整期(シーズン)			強化期(シーズン)		調整期(シーズン)			充電・強化期(オフシーズン)			
期	春期				秋期				冬期			
測定							6回目測定					

試合や練習についての指導者談をもとに作成

図1-1 期分け(1年を試合や練習の内容や量などから3つの期に分類)及び測定の時期

(3) 測定内容及び方法

一般的に中長距離走のパフォーマンスと関連が強いといわれている最大酸素摂取量<sup>6, 10, 15</sup>、体脂肪率<sup>11</sup>、血中乳酸値(以下乳酸値)<sup>12</sup>の測定を行った。

ア 体脂肪率(%)

A & D社製の水中体重計で測定した。

イ 最大酸素摂取量(ml/kg/min)

埋め込み式のトレッドミルでランニングを行い、ダグラスバッグ法によって測定した。その際のプロトコルは、多段階漸増負荷法で、走力に応じて10分前後でオールアウトするよう負荷を設定した。表1-1はプロトコルの一例である。

呼気ガスは、T型五方活栓を用いて連続採気し、ウエストロン製の質量分析機でガス分析を行った。その際、走力等によりオールアウトするステージを予測し、そのステージの1つ前のステージよりオールアウトまで1分毎に呼気ガスを連続採気した。

表1-1 最大酸素摂取量測定におけるトレッドミル走のプロトコル

stage	勾配(%)	speed(m/min)	speed(min/km)	走行時間	走行距離(m)
1	3	200	5.0	3'00	600
2	3	240	4.2	3'00	720
3	3	270	3.7	3'00	810
4	3	300	3.3	3'00	900

ウ 乳酸値 (mmol/l)・・・春期にのみ(1年次は5月、2・3年次は3月)、計3回の測定を実施した(図1-1)。

屋外トラックにおいて、ステージ毎にスピードを徐々に上げていく600m走のペース走を行い、全員が7～8本以上走ることができ、最終ステージまでには、ほぼオールアウトできるようなプロトコルを設定した。またその際、各ステージのインターバルは1分間とし、走行時間が平均して2分前後になるよう考慮した。

測定では、各ステージを表1-2のスピードで走り、各ステージ直後の1分間のインターバルにアークレイ(株)製のラクテート・プロで乳酸値を測定した。

表1-2 乳酸測定におけるペース走(600m走)のプロトコル

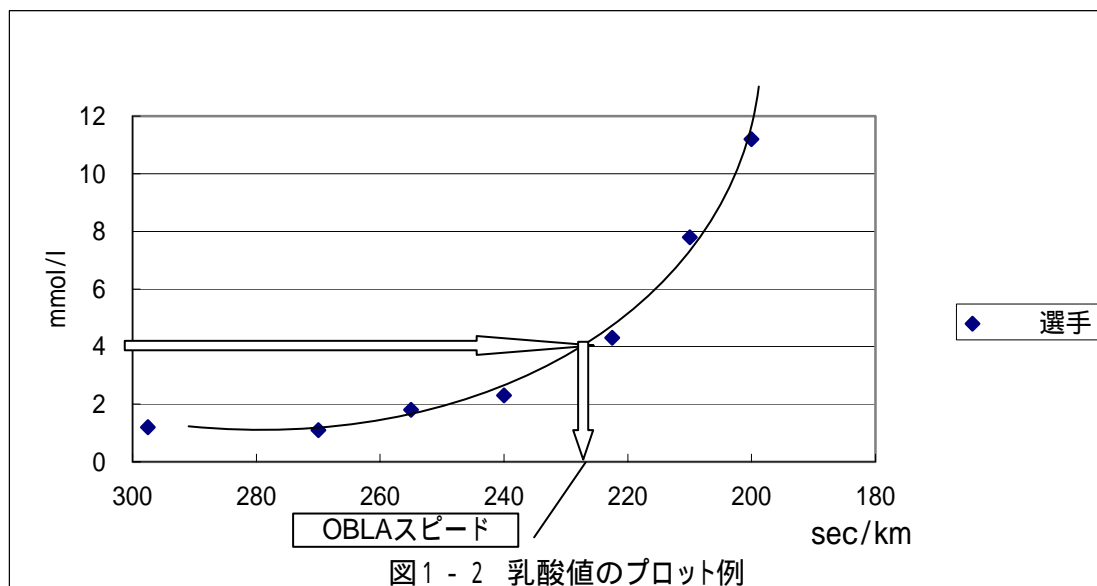
stage	speed(m/min)	speed(min/km)	走行時間
1	182	5.50	3'18
2	200	5.00	3'00
3	222	4.50	2'42
4	235	4.25	2'33
5	250	4.00	2'24
6	267	3.75	2'15
7	286	3.50	2'06
8	308	3.25	1'57
9	333	3.00	1'48
10	343	2.92	1'45

## 2 解析データ及び競技力の算出方法等

### (1) OBLA スピードの決定

乳酸値をスピード毎にプロットし、図1-2のように曲線を当てはめ、OBLAにおけるスピードを求めた。

OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation) とは、一般的には、乳酸蓄積開始点のことであり、運動強度を徐々に上げていく中で、乳酸の定常状態を保つことができる最も強い運動強度を指す。そして本研究においては、OBLA を 4 mmol/l と定義した。



### (2) 競技力の決定

高校生女子の中長距離種目には、800m走、1500m走、3000m走、5000m走などがあるが、高校女子駅伝における最短区間の距離でもあり、一番出場回数が多い種目である3000m走の記録を競技力の指標とし、高校生の試合期に合わせ、図1-1をもとに、以下の6つの期間(測定時期にも対応)に分け、それぞれの期間内の最高成績(以下T3000)を用いて分析した。(表1-3)。

表1-3 3000m走の成績を評価するための6つの期間

1年春	1年秋	2年春	2年秋	3年春	3年秋
4~7月	8~11月	4~7月	8~11月	4~7月	8~11月
最高成績	最高成績	最高成績	最高成績	最高成績	最高成績

3年次12月(1試合のみ)の成績は秋の成績として扱った。

### (3) 体力・競技力の変動の指標

上記6つの期間(表1-3)における直前の期間からの5つの差(例:1年秋の体脂肪率 - 1年春の体脂肪率、3年春のT3000 - 2年秋のT3000)を<sup>デルタ</sup>体脂肪率、<sup>デルタ</sup>T3000などとして、変動の指標とした。また、選手毎の変動を見る際、1年春のデータを1とした比率を用いた。

### (4) 練習・コンディションの把握

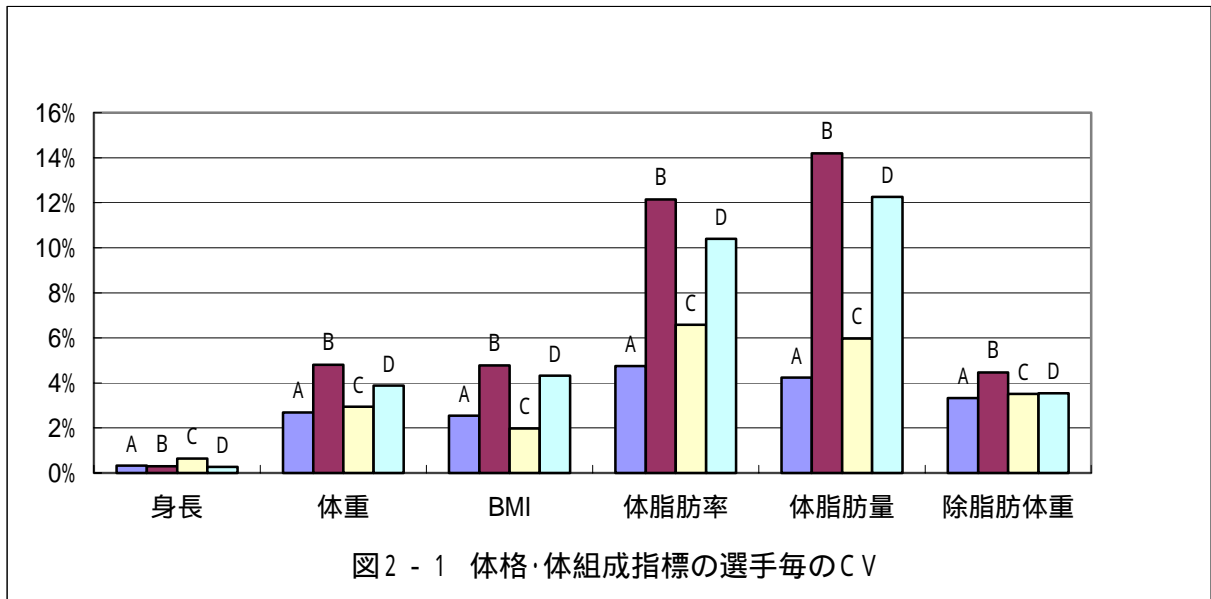
全てではないが、おおよその走行距離・コンディション等を参考データとして指導者から収集した。

### (5) 統計処理

T3000や体脂肪率等の相関係数の検定には、ピアソンの相関分析を用いた。また統計的有意性は、5%水準とした。有意水準1%を\*\*、有意水準5%を\*で表記した。

【結果と考察】

1 体格・体組成の変動



CV : 標準偏差 ÷ 平均 × 100 (資料参照)

図2 - 1より3年間で比較の変動が大きかった体格・体組成の指標は、体脂肪率及び体脂肪量である。またB・DはA・Cよりも変動が大ききようである。

(1) 身長について

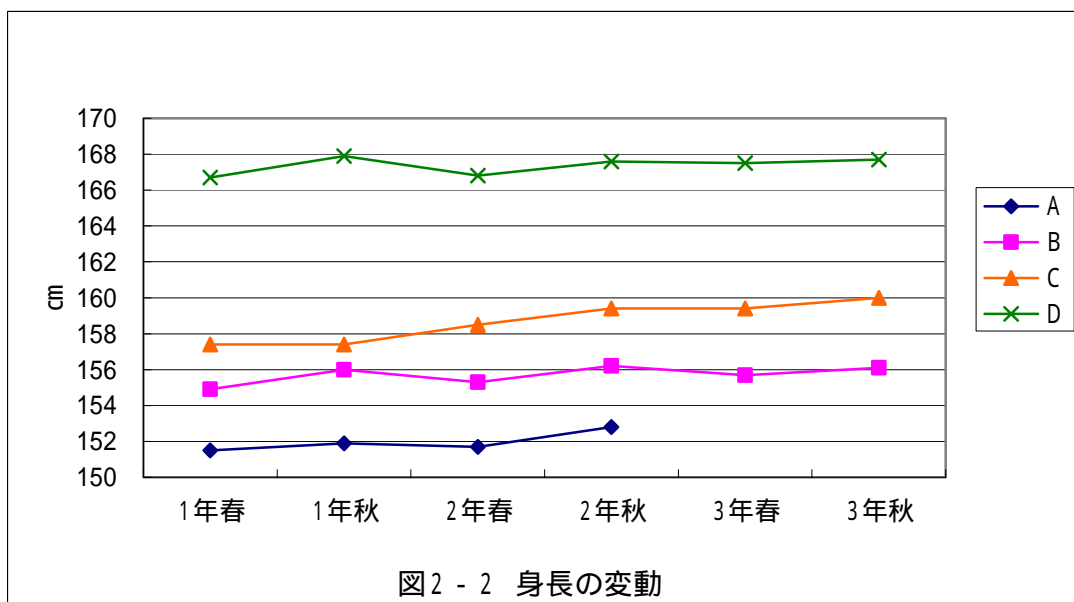


図2 - 2よりC選手は2.6 cm伸びているが、他の選手は1 cm前後の伸びであり、全体として身長の大きな伸びは見られない。

( 2 ) 体重について

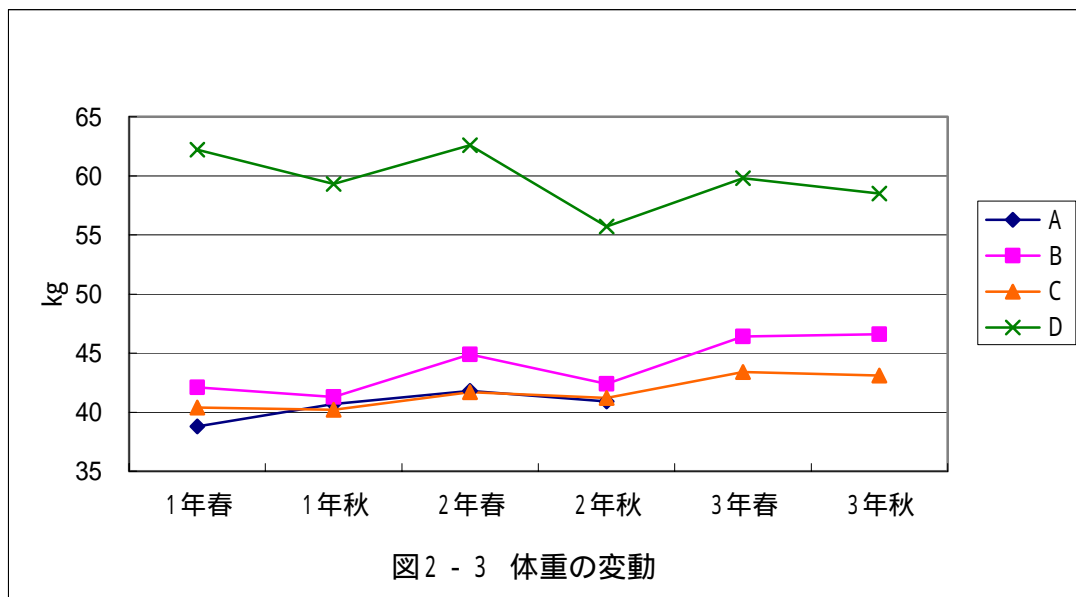
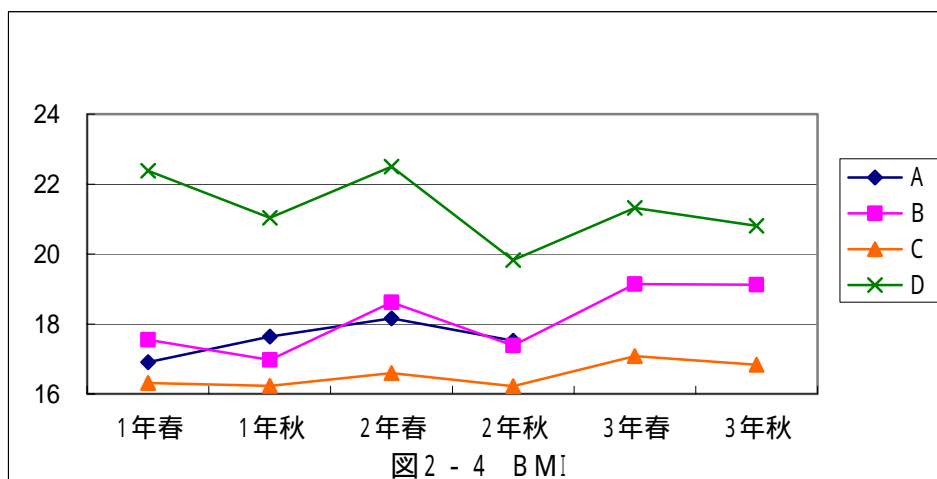


図2 - 3 より体重は、A・B・Cにおいては増加傾向、Dは減少傾向にある。またB・Dにはリバウンド（季節変動）の傾向が見られた。

( 3 ) BMIについて



BMI : 体重 ( kg ) ÷ 身長 ( m )<sup>2</sup>

図2 - 4 は、ほぼ体重 ( 図2 - 3 ) と同じような変動を表しており、3年間の体格の変動は、身長よりも体重による影響が大きいようである。

(4) 除脂肪体重、体脂肪量、体脂肪率について

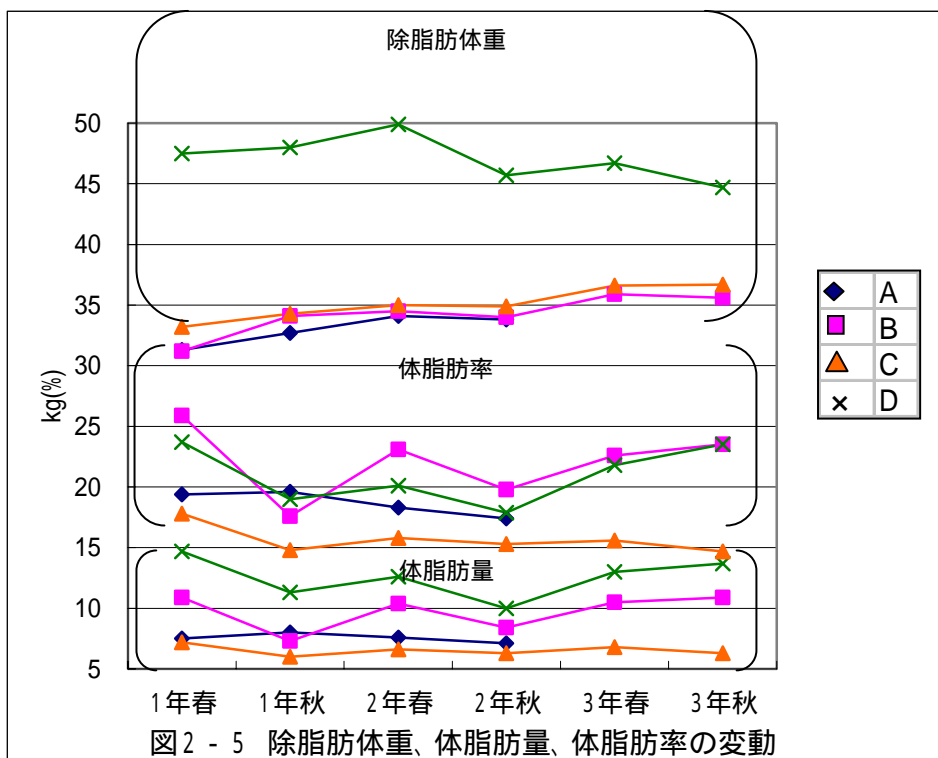


図2 - 5 除脂肪体重、体脂肪量、体脂肪率の変動

図2 - 5より、春から秋にかけて体脂肪率が減少し、秋から春にかけて体脂肪率が増加するという季節変動の傾向が多く見られるようである。その中でも1年春から1年秋にかけての変動が大きく、Bが-8.3%、Cが-3.0%、Dが-4.7%それぞれ変動している。

これは高校入学後、練習量を増やせた(4月200km弱 8月300km弱)ことが影響していると推察できる。また春から秋への変動には、夏休みの充実した練習(合宿等)も影響しているであろう。

また秋から春にかけて体脂肪率が増加することも、冬に練習量が若干落ちる(図1 - 1)ことと関係がありそうである。

そして中でもB・Dは体脂肪率の季節変動が大きく、他の選手とは違った変化を見せている。

またAは、1年次はあまり変化がなかったが、2年次には減少傾向に転じた。

除脂肪体重においては、A・B・Cは増加傾向にあり、発展途上の高校生にとって望ましい傾向にあるが、Dにおいては、2年春以降、減少傾向にあり、2年春から秋にかけては、体脂肪量の-2.6kgに対し、除脂肪体重は-4.2kg、3年春から秋にかけては、体脂肪量の+0.7kgに対し、除脂肪体重は-2.0kgなど、体脂肪量以上に除脂肪体重が減少してしまう、あるいは体脂肪量が増加して除脂肪体重が減少するといった望ましくないケースがあった。そのうち2年次のケースは、夏休みの走り込みの時期に、急激に体重を落としたことによるものであり、運動によるエネルギー消費と食事によるエネルギー供給がうまくいかなかったと考えられる。

体脂肪量の変化においても、B・DはA・Dより季節変動が大きい。また4名の体脂肪量の変動は、体脂肪率とほぼ同様の変化を示し、体脂肪率の変化と関係しているのは、除脂肪体重よりも、体脂肪量であると考えられる。

## 2 最大酸素摂取量の変動

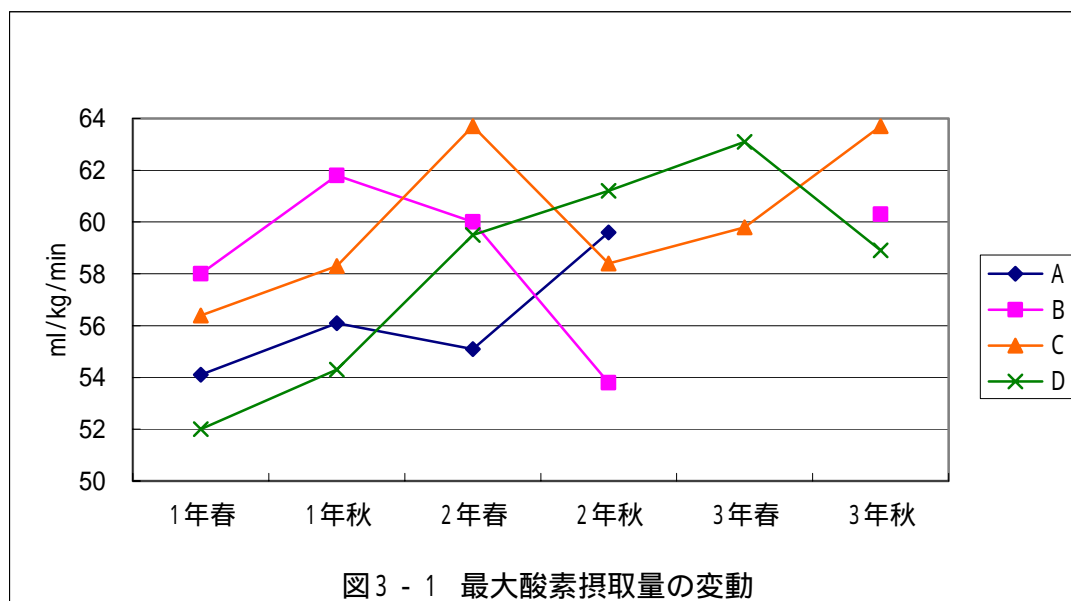


図3 - 1より、高校3年間に於いて、最大酸素摂取量は、変動はあるが、概ね向上していく傾向にあるようである。その変動は、故障等による練習量の減少などが原因として考えられるであろう。

## 3 3000m 走の競技成績の変動

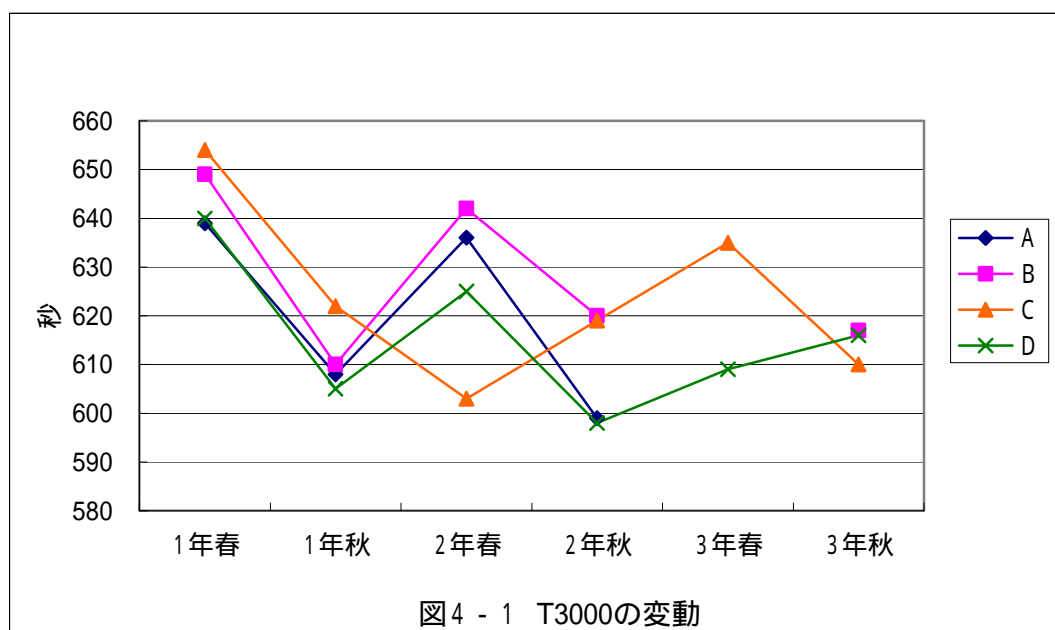


図4 - 1により、T3000（期間内の最高成績）で見た場合、季節変動（概ね春よりも秋に成績がよい）の傾向が伺える。これは、チームの大きな目標の1つである高校駅伝が秋から冬にかけてあり、駅伝に向けての記録会等への参加回数が増えていることや、高校生にとって十分練習時間がとれる夏休みの充実したトレーニングが影響していると推察できる。

また4名とも、高校3年間で最高成績を出した期間が、最大酸素摂取量の最高値を記録した期間（図3 - 1）とほぼ一致しており、最大酸素摂取量の個人内での体力指標としての妥当性も確認できた。



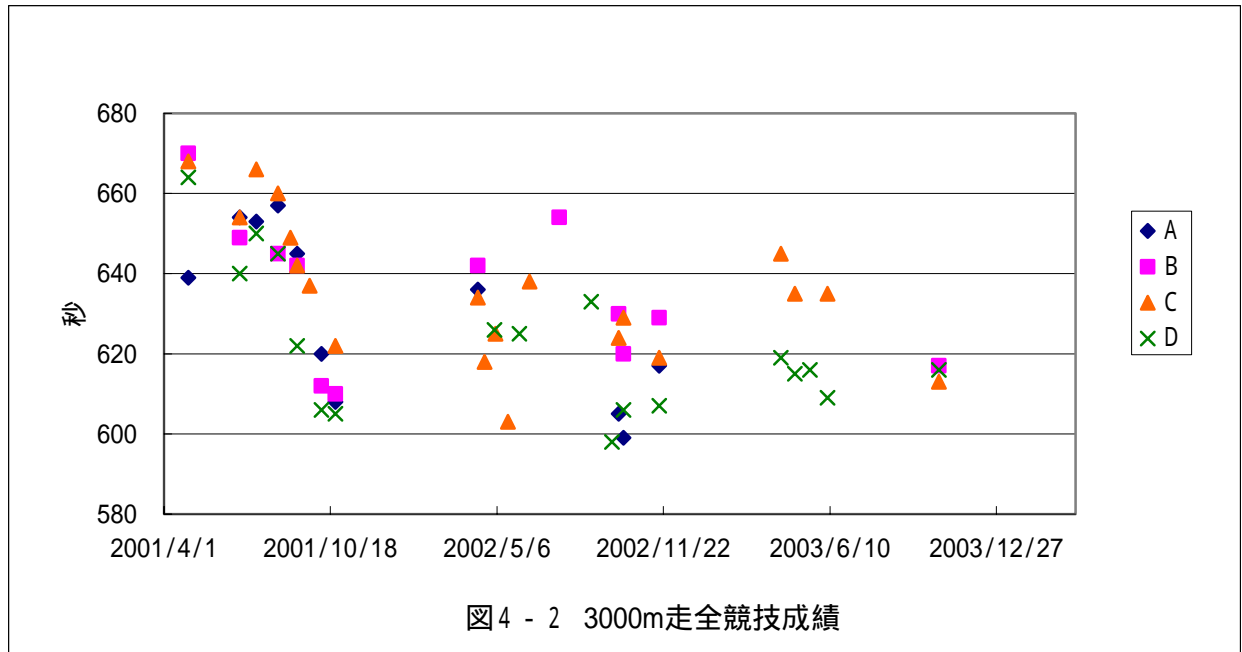
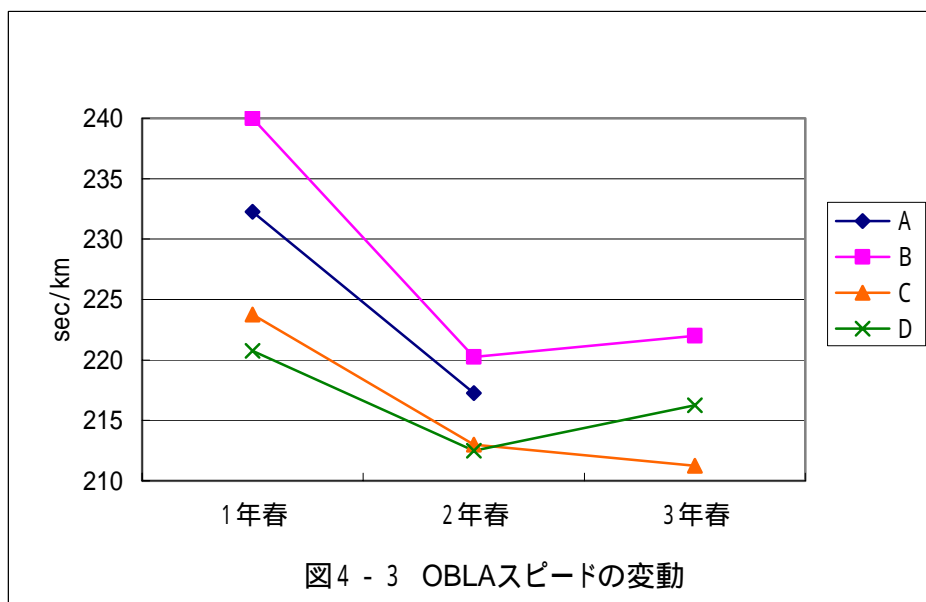


図4 - 2 は全ての競技成績をプロットしたものであり、この3年間をトータルで見た場合、1年春から1年秋または2年春にかけて競技成績を大きく向上させているが、その後は横ばい傾向である。

これは OBLA スピードの変動（図4 - 3）と似通っており、OBLA スピードが中長距離種目の競技成績と高い相関を持つ<sup>5,13)</sup> ことと関係していると思われる。



4 競技成績及び体力指標の変動の関連性について

表5 - 1 T3000 との相関

	体重	体脂肪率	最大酸素摂取量
相関係数(r)	0.571*	0.677**	-0.386

n=16

表5 - 1 より本研究の4名の場合は、T3000の変動は、体脂肪率の変動と関連があるようである。これには故障等（B・Dに多かった）が原因となる練習量減少による体脂肪率の増加や回復した後の練習量増加による体脂肪率減少の影響が考えられる。つまり背景には図5 - 1・2のトレーニングの影響があり、有効なトレーニングを行った場合は、体脂肪率の減少と競技成績の向上という現象が現れ、トレーニングが不足した場合に、体脂肪率の増加と競技成績の低下が現れると推察できる。表5 - 1からは、体脂肪率の増減と競技成績の関連がクロスアップされているが、その背景にあるトレーニングを考えることは必要不可欠であろう。よって故障をしないような体調管理、故障をしたときのウェイトコントロール、運動量とのバランスを考えた食事等が大切になってくると考えられる。

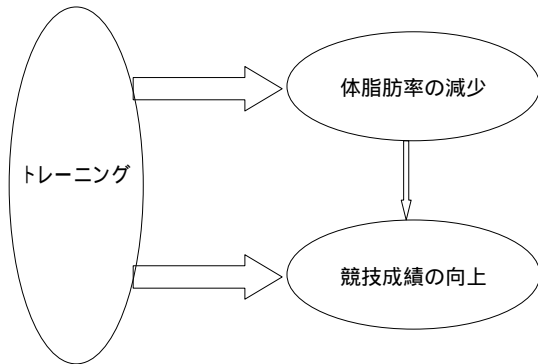


図5 - 1 有効なトレーニングが行えた場合

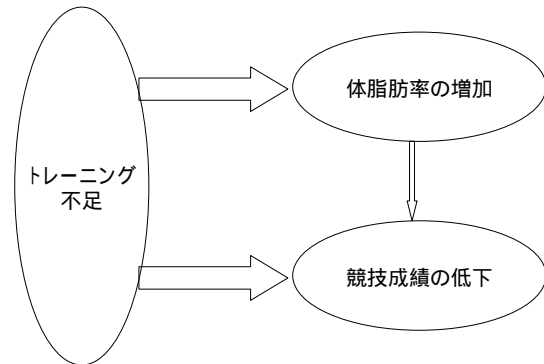


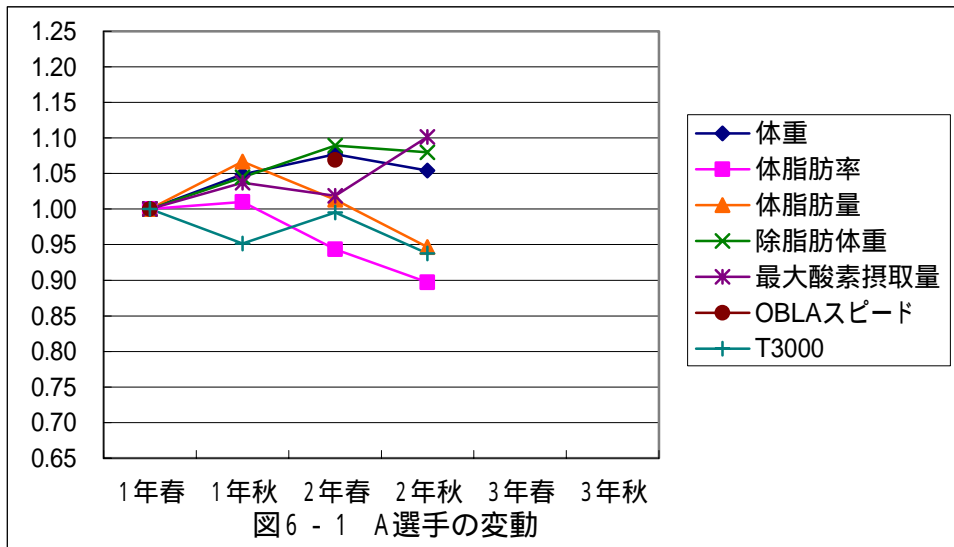
図5 - 2 トレーニングが不足した場合

また本研究では、乳酸値において特にデータ数が少なく、明らかなことは言及できないが、先行研究等で乳酸動態の変化と競技成績の変化は関係がある<sup>7)</sup>といわれているように、本研究においても、図4 - 2・3よりOBLAスピードと競技成績の関連性がうかがえた。

## 5 選手毎の変動

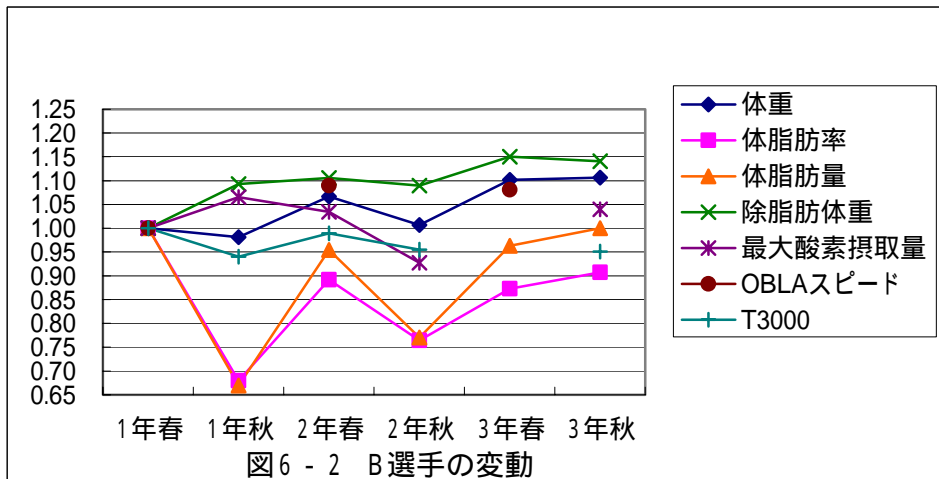
ここでは、1年春のデータを1とした7つの指標（体重、体脂肪率等）の変動から選手毎の考察を試みることにする。

### (1) A選手（2年秋までのデータ）



Aは、ほとんど故障等がなく、着実に体力を向上させていった選手であり、他の選手と比べて季節変動も小さい傾向にある。最終測定となった2年秋には、最大酸素摂取量が向上し、除脂肪体重を維持しながら体脂肪率を減少させる（図6-1）など好ましい結果が出ていただけに残念であった。

### (2) B選手



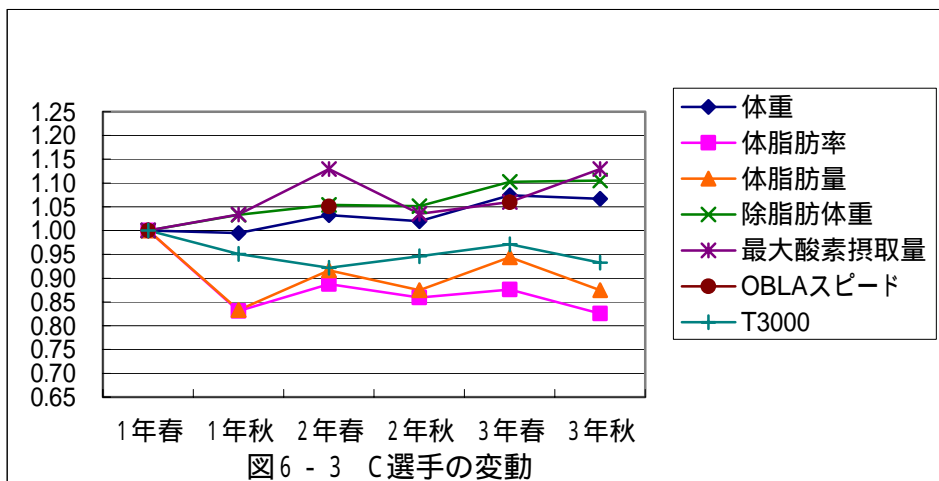
Bは故障（1年冬（12～1月）、2年春（5月）、3年春（4～6月））の多い選手であり、練習がとぎれたり、他の選手と比べて練習量が少なくなってしまった（表6-1）。その結果、競技成績も1年秋の成績を2年、3年で上回ることができなかった（図6-2）。

またBは練習量も影響してか、体脂肪率の変動が大きく、また体組成の影響を受けやすい最大酸素摂取量が減少したことも、記録の停滞と関係していたかもしれない。

表6 - 1 <参考>おおよその月間平均走行距離 (km)

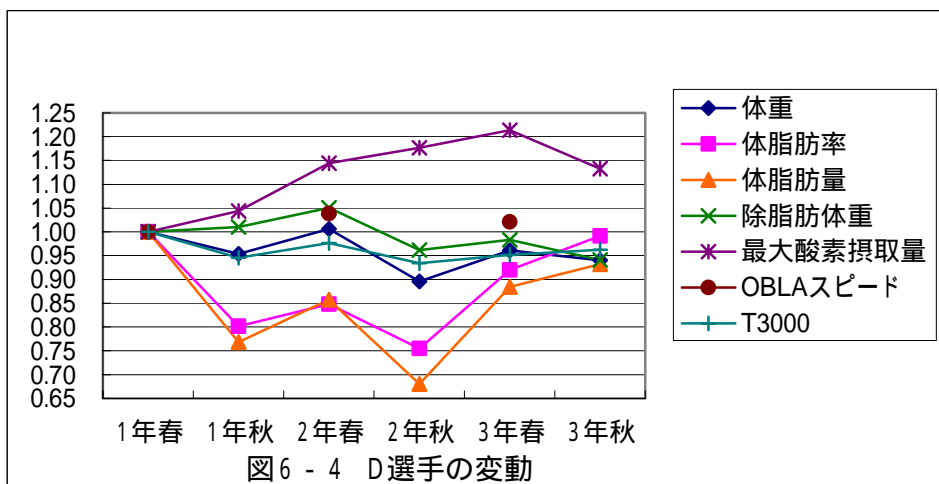
	1年次	2年次	3年次
A	260	300	
B	250	300	250
C	270	310	340
D	280	310	310

(3) C選手



Cは2年の7～8月にかけて、故障があったが、2年春までは着実に体力を向上させていった選手である。図6 - 3より3000m走の最高成績を出した2年春は、最大酸素摂取量もピークになっている。またCは、1年秋以降、他の選手と比べて、体脂肪率の季節変動が小さい。そのため最大酸素摂取量の変動が体脂肪率よりも、T3000に影響を与えていることが考えられる。

(4) D選手



Dも故障(1年冬(1月)、2年春(4～5月)、2年秋(8月)、3年春(4月))の多い選手であった。また体脂肪率の変動が大きく、T3000が、体脂肪率の影響をより強く受けたようである(図6 - 4)。そしてDは、除脂肪体重が減少傾向にある選手であり(前述)、3年秋には入学時の1年春よりも除脂肪体重が減少してしまい、運動と食事のバランスにおいて、課題が残る結果となった。

## 【まとめ】

- 1 体脂肪率には季節変動があり、変動の幅が大きい(リバウンド傾向)選手と小さい選手がいた。また急激な体重の減少時に、除脂肪体重が体脂肪量よりも大きく減少してしまったケースもあった。
- 2 高校入学時の体脂肪率が 18～26%前後の本研究の被験者において、約 15%以上の範囲での体脂肪率の増減と競技成績(3000m)の変動との間に関連性があった。
- 3 最大酸素摂取量は、3年間で見ると概ね増加傾向にあった。また故障等で練習が不足したときなどに減少傾向が現れた。
- 4 競技成績は、1年春から2年春頃までの向上が大きく、その後は故障等コンディションの影響が、ほぼ横ばいであった。また、大まかに見るとOBLAスピードの変動過程と一致していた。

以上のことから、高校生女子選手においても、除脂肪体重の増減に注意を払いながら行う、長期的・継続的な運動と食事によるウェイトコントロールの必要性が確認できた。

また記録の向上が難しくなってくるであろう2年秋以降は、怪我の予防等、体調管理に注意を払うことはもとより、より個別のトレーニングが必要になってくるため、OBLAスピードの活用によるトレーニング強度の設定など、競技レベルが上がるほど、個別のトレーニング計画の必要性が強まると考えられる。

本研究のように、年間を通じて試合及び練習が忙しいトップレベルのチームを対象とする長期間にわたる研究の場合、十分な時間を確保して条件を厳密に整えることは難しいが、競技力の向上を考えた場合、トップレベルのチームのデータによる研究は、貴重な結果を導き得る。本来の試合及び練習を妨げない範囲で、最大限厳密な測定を行い、対象者に対して結果をタイムリーにフィードバックしながら、最終的にまとまった研究成果を広く発信していくことが、研究と実践が結びつくことになるであろう。そして本研究で得られた知見は、これからよりスポーツ医・科学が普及し、活用されていく中で意義を持つであろう。

また、水中体重法による体脂肪率の測定の際、他の高校1年生の女子選手も測定したところ、体脂肪率が10%前後の選手が数名いた。このような選手にとっては、今回の研究結果とは違った体力変動が考えられ、今後の研究課題として取り組みたいと考えている。

## [謝辞]

本研究において、被験者として快く実験に協力していただいた高校の陸上競技部の選手とその保護者、及び指導者の方々に心より感謝いたします。