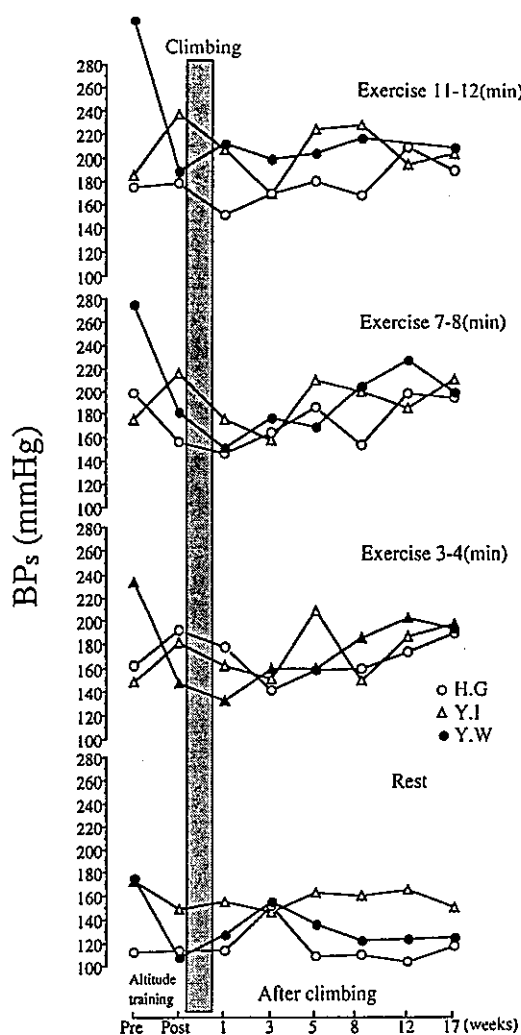
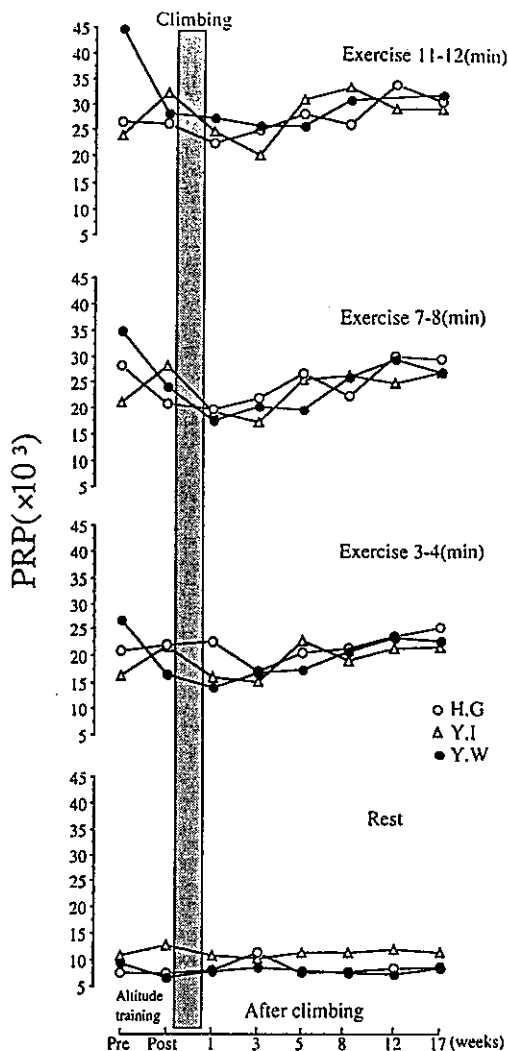


3. 登山と運動生理



Changes in systolic blood pressure (BPs) before and after altitude training and after climbing.

図9 トレーニング前後および下山後の4,000 mにおけるペダリング運動テスト時の収縮期血圧 (BPs) の個人別変化

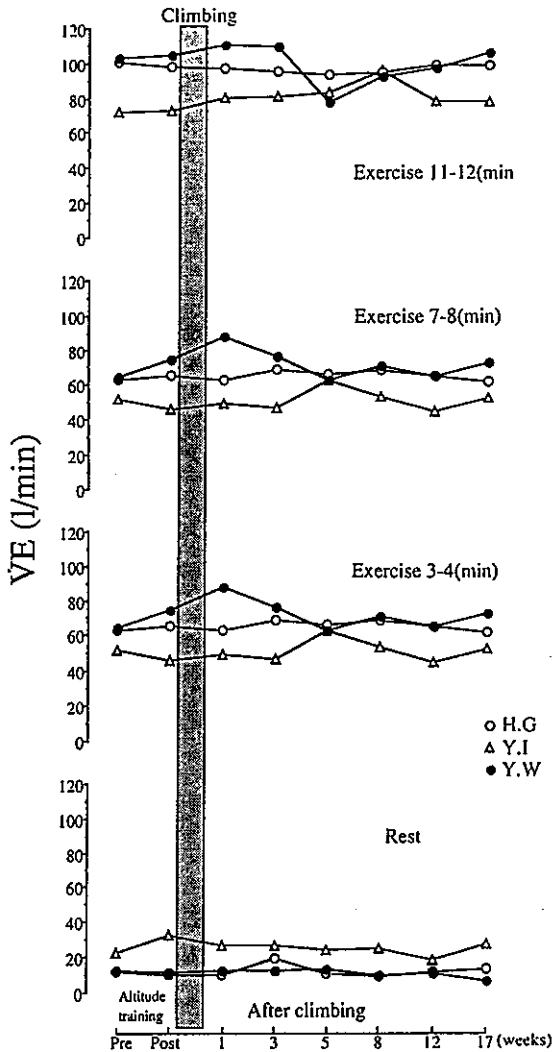


Changes in pressure rate product (PRP) before and after altitude training and after climbing.

図10 トレーニング前後および下山後の4,000 mにおけるペダリング運動テスト時のダブルプロダクト (PRP) の個人別変化

(RBC), 血色素 (Hb) および血球容積比 (HCT) の応答と対応していることが明らかになった。さらに登山時の高所耐性と SaO_2 水準に高い相関のあることが認められた。下山後の高い SaO_2 水準は脱順応の早い人では約3週, 比較的遅い人では12週まで保持されることが明らかにされた (表2)。その他の運動時心拍数 (HR), 収縮期血圧 (BPs) および両者の積であるダブルプロダクト (PRP) などについても, 他の項目と同様に約3ヶ月間で脱順応することが確認された。

3. 登山と運動生理



Changes in pulmonary ventilation($\dot{V}E$) before and after altitude training and after climbing.

図11 トレーニング前後および下山後の4,000mにおけるペダリング運動テスト時の換気量 ($\dot{V}E$) の個人別変化

表2 登山活動後の各生理的指標の脱順応応答特性

	脱順応 早いタイプ weeks	脱順応 遅いタイプ weeks
SaO ₂	3	12
$\dot{V}E$	—	5
HR	5	12
RBC	5	12
Hb	3	12
BPs	3	8
PRP	3	12

謝 辞

本研究に長期間にわたりご協力いただきました栃木高体連1992年パミール峰登山隊の渡辺, 石沢および後藤の各隊員に哀心より感謝申し上げます。

(筑波大学教授)

パミールにおける登山活動（1992） の実際と生理的応答について

渡 辺 雄 二

高峰登山の実際と高所順応トレーニングの経緯と成果をめぐってと題して、登山研修VOL.8-1993において今までの実践と研究の成果を発表した。今号においては、別稿にて筑波大学運動生理学教室浅野勝己教授により、1992年のパミール登山における調査活動の分析結果を報告する。登山活動前の低圧環境シミュレーター内におけるトレーニングの処方及び、登山活動終了後、帰国してから約6ヶ月後までの高度4,000mにおける最大下運動における生理的指標の測定結果の分析の報告である。

そこで本稿では、浅野教授の報告を十分に理解するために、3名の者「渡辺（41歳）、Y. I（40歳）、H. G（31歳）」がどのような登山活動を行ったか、そして登山活動中の起床時における生理的応答について報告する。

1. 登山活動の概要

1992年7月25日に出国し、7月26日にはモスクワよりタジク共和国の首都ドゥシャンベへと空路にて移動した。翌27日には、バスにてデプシャールにある第1ベースキャンプ（高度2,100m）に入った。28日～30日のデプシャールでの3日間は、モスクビンBC（高度4,200m）へ入るための順応行動期間とし、4,000m高度までトレッキングを行い3,160mにて宿泊をして戻ってきた。私達3名は高峰登山の経験もあり、低圧環境シミュレーター内でのトレーニングの実践も行っていたので、全て順調な行動だった。

7月31日にヘリコプターにてモスクビンBCに移動した。ここは高度4,200mで、南にコムニズム峰（7,495m）、北にコルジェネフスカヤ峰（7,105m）の秀峰に挟まれたモスクビン氷河のモレーン台地に位置し、氷河湖の周りには各登山隊のキャンプが設営され、景色や生活環境等、全く申し分ないところである。モスクビンのBCに入ってから、毎日起床時に健康チェックを行った。項目は次のようなものである。①心肺系：SaO₂（動脈血酸素飽和度）、脈拍数、呼吸数、血圧（収縮期圧SBP、拡張期圧DBP）、息こらえ時間、②泌尿系：尿（回数、量、色）、便（回数、量、色）、③高山病症状：むくみ、頭痛、咳、嘔吐感、睡眠障害、④心理系：食欲減退、倦怠感、⑤特記事項、以上の基礎的な項目である。BCに入った時点において、私達3名の他に日本人登山者も10数名滞在していたが、高所障害のために思うように行動できない者や、障害がなかなか回復せず、モスクビンよりデプシャールまでヘリコプターで戻った者もいたようである。

8月1日より早速登山行動を開始した。今回の登山の目的は、短期間のうちに7,000m峰2座（コルジェネフスカヤ峰とコムニズム峰）を登ることである。まず天候の安定していたコルジェネフスカヤ

3. 登山と運動生理

峰に向かうことにした。ルートについては、最近最もポピュラーになったツェトリン稜である。氷河をトラバースし、夏の北アルプスの縦走路のような岩稜を登ったり回り込んだりして、ツェトリン稜への氷河に入った5,300mをC₁ (5,300m) とした。荷上げは、各自15~20kgの範囲で行った。BC発 (9:30) - C₁ (13:55~14:20) - BC着 (16:30) 快晴

8月2日 BCからC₁ への移動日。日中は日差しが強く閉口した。BC発 (9:50) - C₁着 (15:20) 快晴

8月3日 5,300mの高度とテント地が傾斜していた関係で寝苦しい一夜だったが、元気にC₂ (5,800m) 予定地へ荷上げし、再びC₁に戻ってC₂にテントを移動し宿泊。岩壁の基部の狭い場所で圧迫感があり、キジ場に利用している場所が近くにあるため、衛生上も環境がよくない場所だった。C₁発 (8:10) - C₂ (10:25~11:20) - C₁ (11:50~12:30) - C₂着 (15:20) くもり時々小雪

8月4日 C₂ からC₃ (6,300m) 予定地への荷上げを行い、一挙にBCへ下る行動予定で出発。C₂からのルートは、岩壁の基部を固定ロープに導かれて右上し、ツェトリン稜の6,100m地点のコルに出て、さらにその岩稜を6,300mまで登ったところをC₃にした。C₃に荷物をデポし、C₂に戻った時点でY.Iに高所障害による意識障害(主に運動機能障害)が発生したことが分かり、急ぎょ空身でC₁までロープで確保しながら下降させた。C₁地点の高度まで下ってくるとほぼ回復し、事なきを得た。この日の朝、Y.IのSaO₂は34%であり、結果としては、このような症状の発生をSaO₂の数値が予知していたともいえる。翌日のBCでのSaO₂は84%に回復しているため、これまでの行動の蓄積疲労や体調不十分(便秘)などが誘因になっていることと思われる。C₂発 (8:10) - C₃ (10:50~12:00) - C₂ (13:00~13:30) - BC着 (17:00) くもり時々雪

8月5日~6日 モスクビンBCには、各国からの登山者がたくさん来ているため、暇つぶしには事欠かない。テント近くの韓国隊やイギリス隊と話をし、アタックのためにのんびりと休養をとった。

8月7日 コルジェネフスカヤ峰アタックのためにC₂へ向かう。寒気が入ってきたため、風も冷たくガスが出てきたり、小雪が舞ったり、雨に変わったりの不安定な天気の日だった。BC発 (9:25) - C₂着 (16:45)

8月8日 悪天のため、C₃にいた登山者が下山してしまい、私達C₃に到着した時には誰もいない静かなテントサイトだった。午後からは本格的な吹雪となってしまった。そんな中、韓国隊3名がC₃に到着し、BCとの交信でC₂にいるはずの韓国隊員1名が行方不明とのこと。彼等の無線機が調子悪く私達の無線機をBCとの連絡に使ったため、アタック前日というものの、夜10時頃まで大騒ぎだった。この件は、翌朝行方不明の隊員の無事が確認され一件落着。C₂発 (10:15) - C₃着 (13:25) 風雪

8月9日 昨日の天気とは打って変わって快晴の朝を迎えた。昨日の新雪をラッセルしながら頂上へと向かった。韓国隊の2名も私達の後から続いてきた。途中でH.Gの調子がいまひとつで、私とY.Iで先行し11時に登頂した。続いてH.Gと韓国隊2名も登頂し、無事C₃に戻ることができた。ま

3. 登山と運動生理

ず目的の半分が終了した。C₃発（6：15）－頂上（11：00～13：45）－C₃着（15：34）快晴 風強し

8月10日 C₃を撤収し、C₂のデボも回収してBCへ下山。C₃発（10：00）－BC着（16：45）快晴

8月11日～12日 コムニズム峰登山のために準備と休養に充てた2日間である。天気に関する情報は思わしくなく、タジキスタン全域に大雨強風注意報が出されているとのことである。今シーズンのパミールは天候が不順で特にコムニズム峰は登頂のチャンスに恵まれていなかった。また事故も多発した。

8月13日 下痢で不調のH.GはBCに滞在することになり、私とY.Iの2名はコムニズム峰のアタックへ向かうことにした。ルートはボロードキン尾根をとり、この日はC₁（5,100m）まで登り宿泊。2人で1週間分の食糧・燃料・幕営具・登攀具を背負っているため、なかなか疲れるアルバイトである。韓国隊2名もロシア人トレーナー2名のガイドで、私達の後からやってきたが、C₁まで到達しなかった。BC発（11：00）－C₁着（18：00）小雪

8月14日 C₁で出発準備をしている時に、韓国・ロシア隊が追いついてきた。BCでの生活を通して顔見知りになっていたのでここから同一行動をとることにした。ロシア人トレーナーはルートを熟知しており、パワーも相当あるのでどんどん先行して行く。ボロードキン尾根を完登し、パミールプラトーの大雪原のど真ん中にC₂（6,000m）を設営し宿泊した。C₁発（9：10）－C₂着（17：00）快晴

8月15日 予想に反して幸運な天気になったので、ドウシャンベピーク（6,950m）目指して行動を開始した。上部キャンプにいた6人パーティーが、頂上アタックに向かっているようすが下からよく見えた。午後になると天気が崩れ、風が強くなり、ガスも出てくるようになってしまった。朝、頂上へ向かった6名のうち3名しか下山してくるのが確認できなかったの、下山してきたロシア人メンバーに聞くと、6名中3名が滑落してしまい行方不明になってしまったとのことであった。悲惨なアタックになってしまったわけである。ロシア人トレーナーが何かと対応していた。私達も天候悪化で行動不能になってしまったので、6,750m地点にC₃を設置し、ほぼビバーク同様に一夜を過ごした。C₂発（8：40）－C₃着（17：00）快晴のち風雪

8月16日 昨夕からの天候はさらに悪化し、隣のテントの韓国・ロシア隊とも相談した結果、下山を決定した。昨日のトレールなどはすっかり消えてしまい、雪崩の恐怖におびえながらパミールプラトーまで下山した。そこには昨日遭難したメンバーが設営しており、彼等も行方不明者の捜索が思うようにできないで困っているようだった。ボロードキンルートの下降点も風雪のため分からず、右往左往しながらやっと発見し、腰までのラッセルにあえぎながらC₁まで無事到着、一安心だった。BCまで下ることとし、氷河まで下ったところ、全く視界なしの濃いガスにつつまれ、韓国・ロシア・日本の合計6名のメンバーがリングワンデリングをする羽目になってしまった。結局は、韓国BCと無線交信がつながり、無線による誘導と、彼等の出迎えによって、深夜BCに戻れた。C₃発（9：10）－C₁（17：00）－氷河（18：30～21：00）－BC着（22：30）風雪のち霧

3. 登山と運動生理

8月17日～19日 BC撤収のための作業を行ったり、外国隊との交流会を催して、楽しい3日間を過ごした。

8月20日 モスクビンBCよりディプシャルBCへ、ヘリコプターで下山した。

8月21日～24日 ヘリコプターとマイクロバスを乗り継ぎ、ドウシャンベに戻り、モスクワ経由で帰国した。

2. 登山活動中の生理的応答について

8月1日～20日までの20日間、毎日起床時に測定した各生理的応答の変化が表1～表3である。特にY. Iの8月4日のSaO₂の数値と意識障害の発生には注意が必要である。図1～図3は、各人の登

(動脈血酸素飽和度)

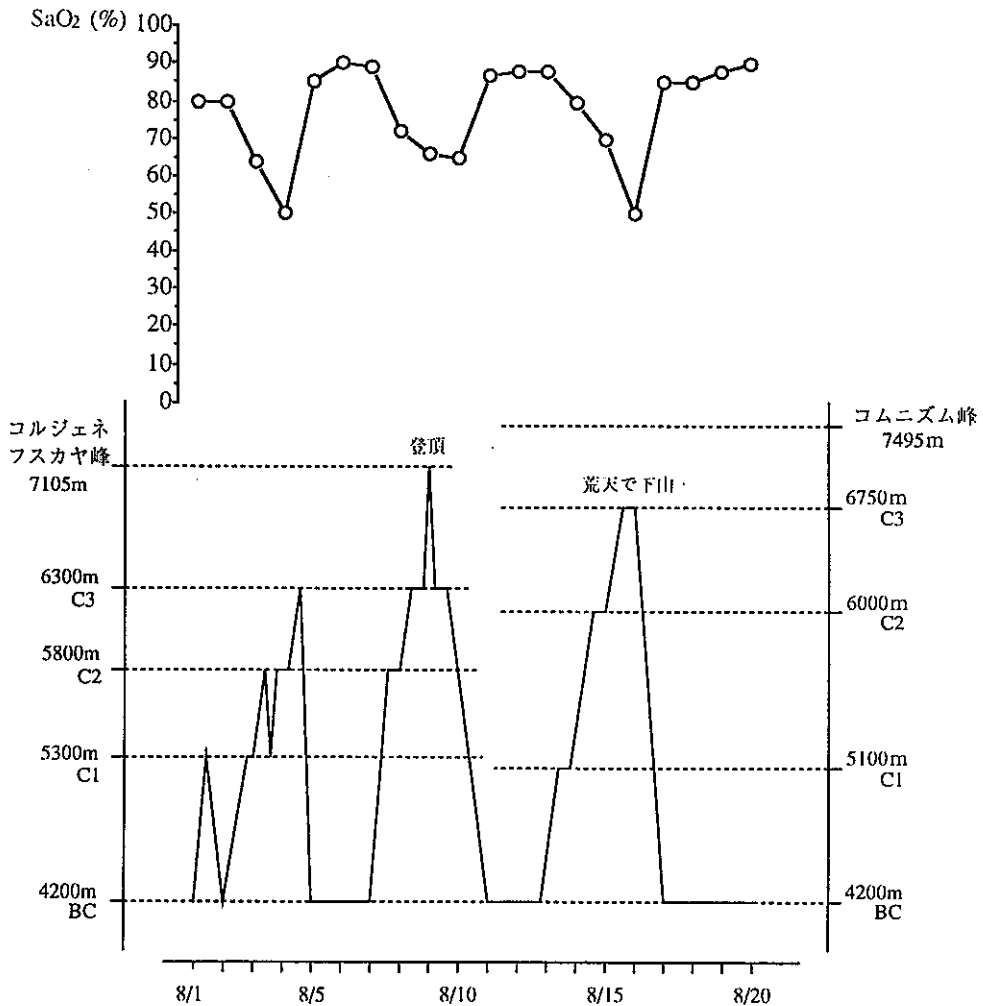


図1 渡辺の登山活動とSaO₂の変化

3. 登山と運動生理

山活動とSaO₂の数値を対応させたものである。図4～図6は、各人の心拍数（HR）及び収縮期血圧（SBP）・拡張期血圧（DBP）の登山活動中の変化である。図1～図6については、私達のデータを基に浅野教授が作成したものである。

以上、登山活動の概要とそこでの生理的応答についての報告だが、この報告は、どのような事前のトレーニングが行われていたのか、そして、トレーニングによる効果と実際の登山活動による順応との相関関係はどうか、さらには高所に順応していたとしたら、その順応が生理的にどの程度の期間継続しているのか、何をもちて順応していると評価すべきなのか云々と興味はつきない。是非浅野教授のレポートを熟読して欲しい。

（動脈血酸素飽和度）

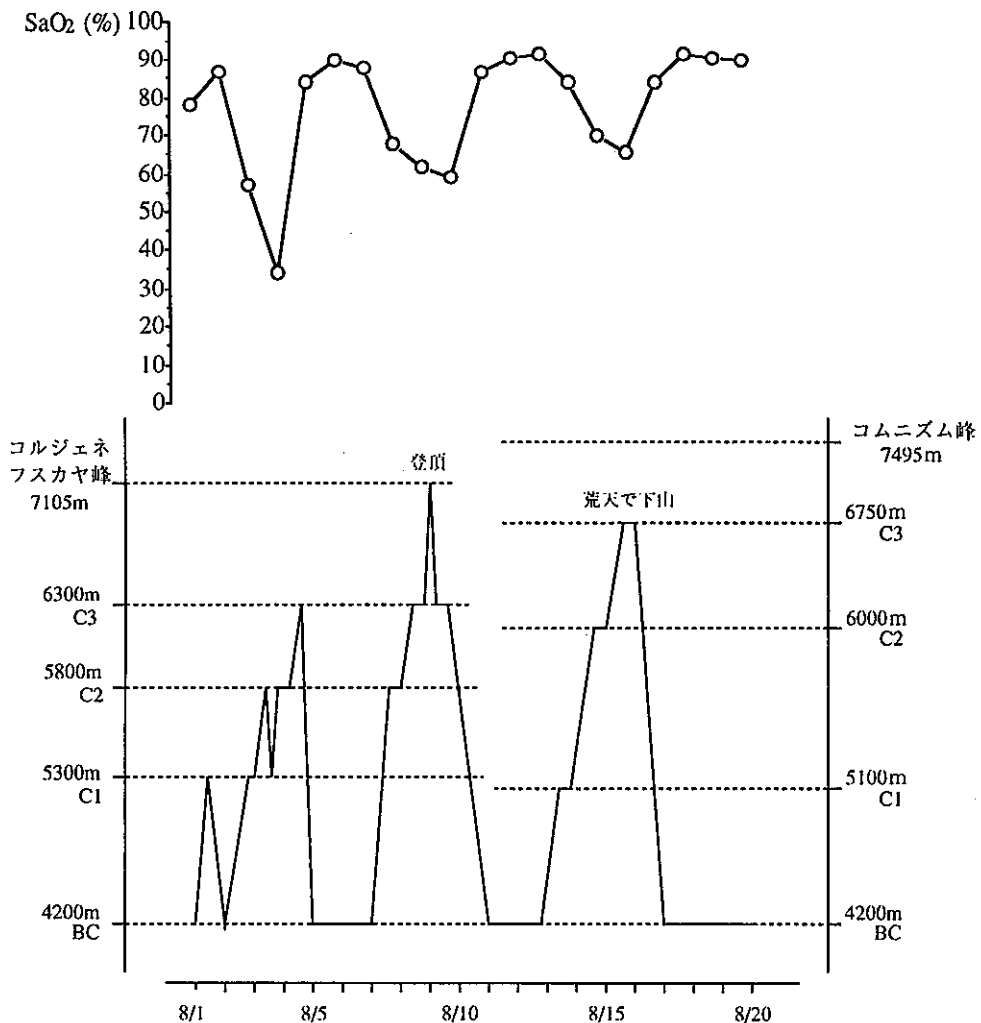


図2 Y. Iの登山活動とSaO₂の変化

3. 登山と運動生理

最後に研究課題に関しまして、惜しみない御援助とアドバイスをいただいた浅野勝己教授とその研究室のスタッフに対して厚く御礼申し上げます。

(栃木県高体連登山部専門委員)

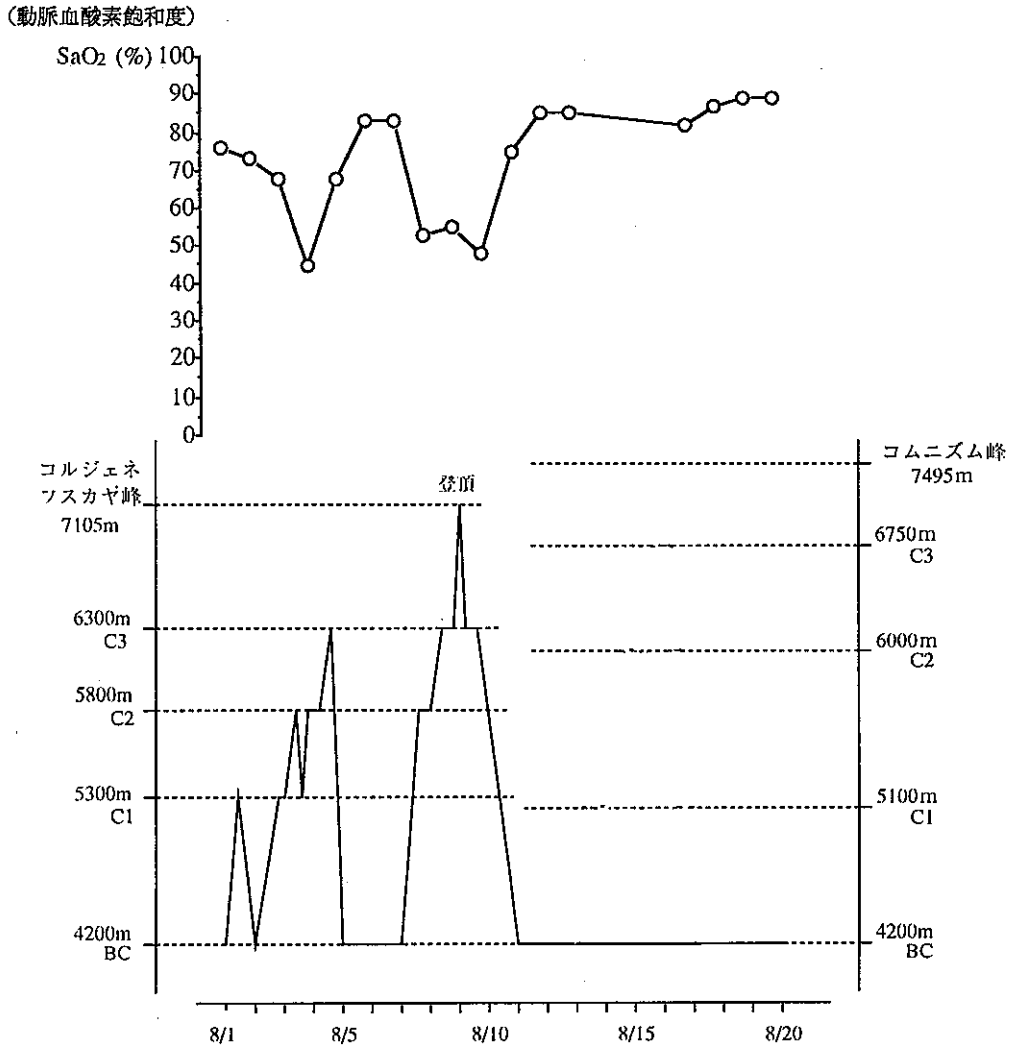


図3 H.G.の登山活動とSaO₂の変化

3. 登山と運動生理

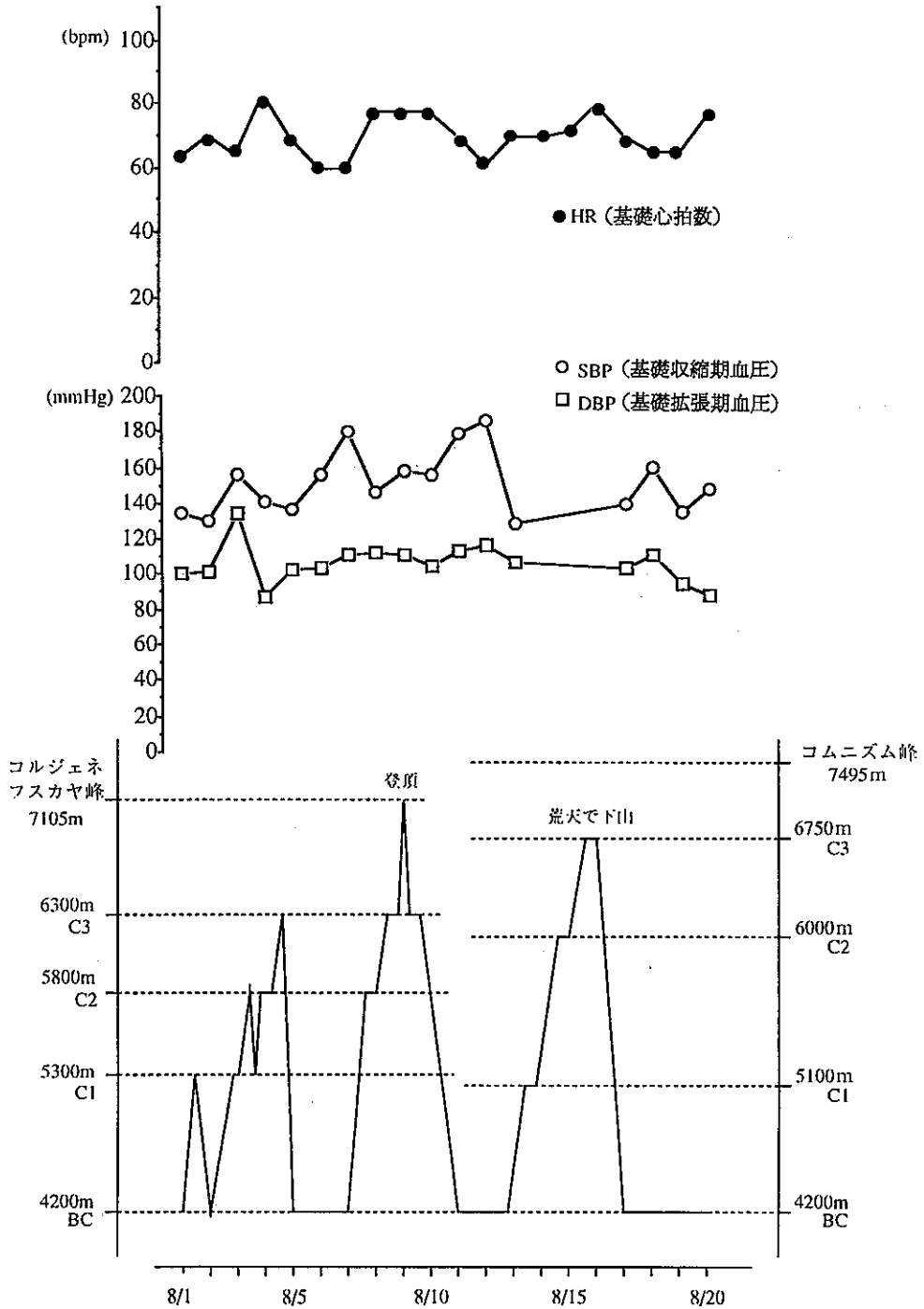


図4 渡辺の心拍数 (HR) 及び収縮期血圧 (SBP) ・拡張期血圧 (DBP) の登山活動中の変化

3. 登山と運動生理

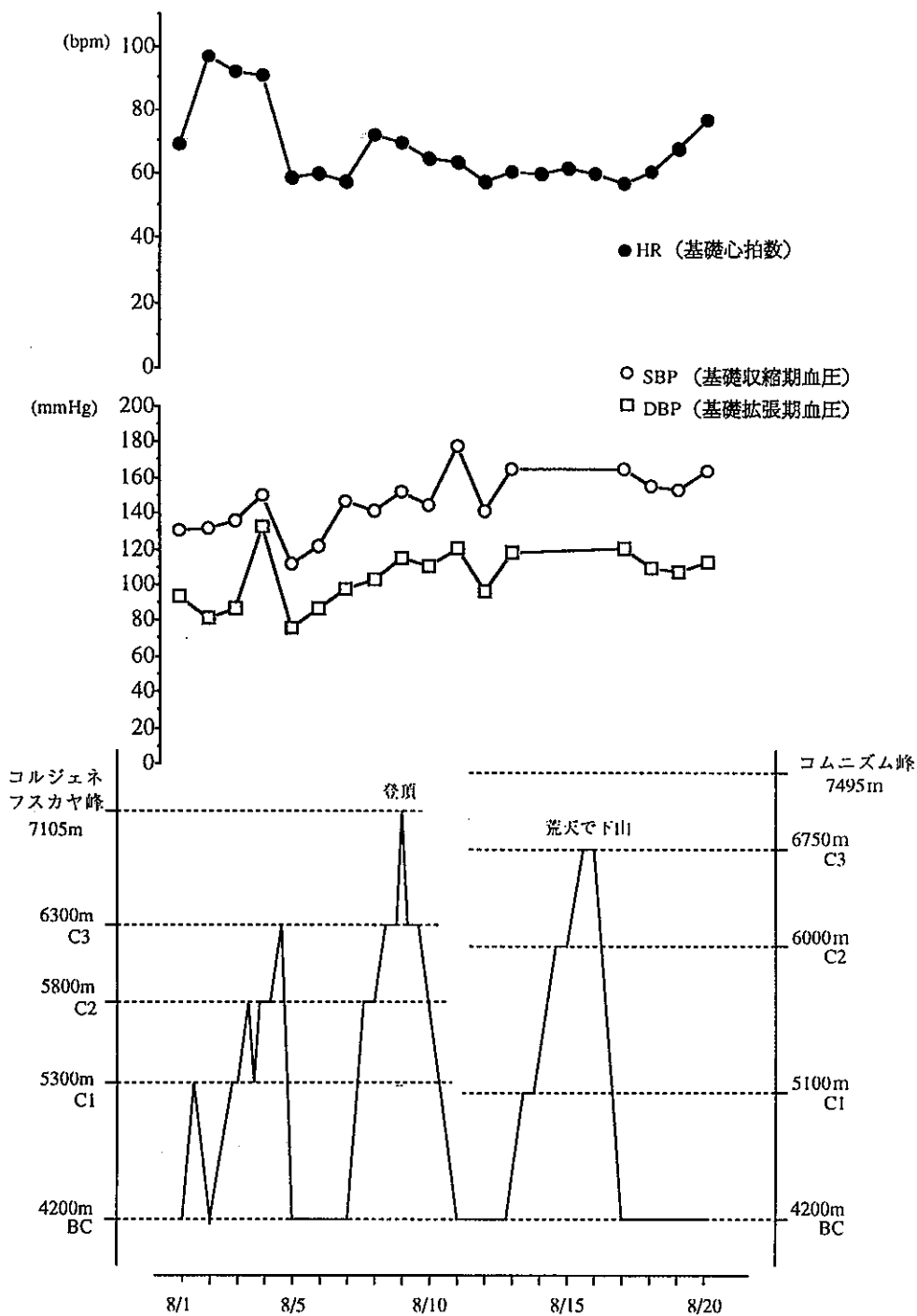


図5 Y. I.の心拍数 (HR) 及び収縮期血圧 (SBP) ・拡張期血圧 (DBP) の登山活動中の変化

3. 登山と運動生理

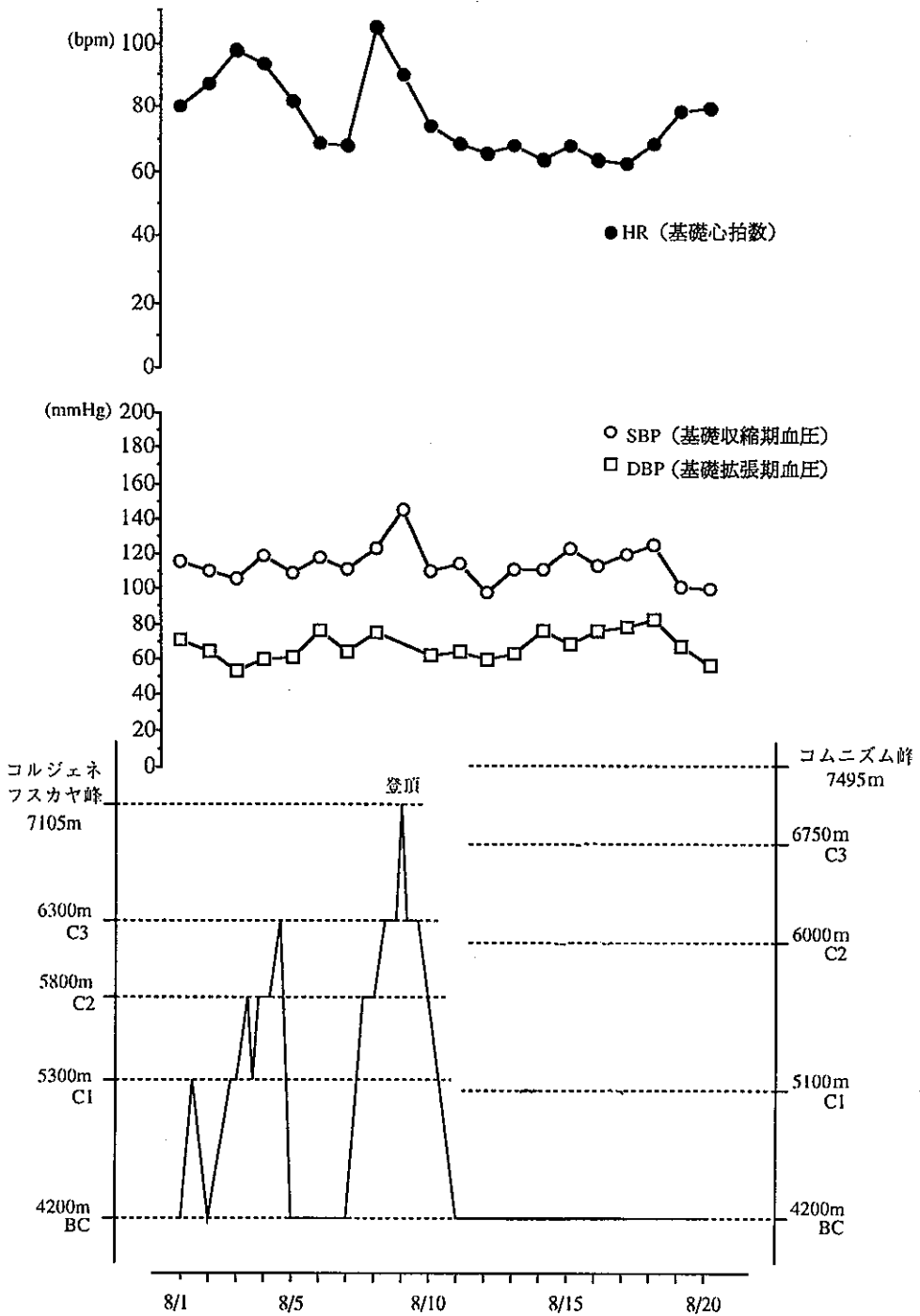


図6 H.Gの心拍数(HR)及び収縮期血圧(SBP)・拡張期血圧(DBP)の登山活動中の変化

3. 峰山心臓動生誌

表1 登山活動中の生理的応答一覽(渡辺)

項目 月/日	心肺系						泌尿系				高山病症状				心理系		特記事項	測定場所	行動概要				
	SaO ₂ %	脈拍 拍/分	呼吸 回/分	血圧(mmHg)		息ご らえ 秒	体温 ℃	尿		便		むくみ			頭痛	咳				嘔吐感	睡眠障害	食欲減退	倦怠感
				収縮	拡張			回数	色	回数	量	色	ひたい	すね									
8/1	80	63	12	134	100	30	36.0	8	普	黄	1	普	-	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	コルジエネフラスカヤ株 BC↔C ₁		
2	80	70	12	130	102	35	35.7	6	"	"	1	"	-	-	-	-	-	-	-	"	BC→C ₁		
3	64	72	16	156	134	28	36.1	5	"	"	2	"	+	-	-	-	-	-	-	C ₁ (5300)	C ₁ ↔C ₂		
4	50	83	22	141	87	20	36.0	5	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (5800)	BC↔C ₂ ↔C ₃		
5	85	69	18	137	103	20	36.0	7	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	休 養		
6	90	60	14	156	104	30	36.1	7	"	"	1	"	-	-	-	-	-	-	-	"	"		
7	89	60	14	180	112	30	35.3	8	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	"	BC→C ₂		
8	72	78	18	146	113	25	36.2	8	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (5800)	C ₁ →C ₂		
9	66	78	16	158	112	20	35.6	7	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (6300)	C ₁ ↔頂上		
10	65	78	18	156	105	20	36.1	8	"	"	1	"	-	-	-	-	-	-	-	"	BC←C ₂		
11	87	70	18	179	114	30	35.9	10	"	"	1	"	-	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	休 養		
12	88	61	16	187	117	25	35.9	10	"	"	1	"	-	-	-	-	-	-	-	"	"		
13	88	70	16	129	107	30	35.7	8	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	"	コルジエネフラスカヤ株 BC→C ₁		
14	80	70	16			30	35.8	6	"	"	1	"	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (5100)	C ₁ →C ₂		
15	70	72	16			25	36.1	6	少	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (6000)	C ₁ →C ₂		
16	50	80	18			20	36.5	6	濃黄	黄	1	"	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (6750)	BC←C ₂		
17	85	70	16	140	104	30	35.9	8	普	黄	4	下痢	-	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	BC滞在		
18	85	65	16	161	112	30	35.9	9	"	"	1	普	-	-	-	-	-	-	-	"	"		
19	88	65	16	136	95	30	35.8	10	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	"	"		
20	90	78	16	149	88	30	35.7	10	"	"	2	"	-	-	-	-	-	-	-	"	BC出発		

表2 登山活動中の生理的応答一覽 (Y. I)

項 目 月 / 日	心 肺 系				泌 尿 系				高 山 病 症 状				特 記 事 項	測 定 場 所	行 動 概 要						
	SaO ₂ %	脈 拍 拍 / 分	呼 吸		血 圧 (mmHg)	心 縮 回 / 分	息 ぐ ら え 秒	体 温 ℃	尿		便 色	便 量				頭 痛	咳	嘔 吐 感	睡 眠 障 害	食 欲 減 退	倦 怠 感
			回 / 分	回 / 分					回 數	回 數											
8 / 1	78	69	18	130	93	25	36.1	4	普	黄	普	普	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	ボルジエネブスから峰 BC↔C ₁	
2	87	97	24	132	82	32	36.3	4	"	"	"	"	-	-	-	-	-	-	"	BC→C ₁	
3	57	92	22	136	87	32	37.7	3	少	"	0	0	+	-	-	-	-	-	C ₁ (5300)	C ₁ ↔C ₂	
4	34	91	22	150	133	40	36.8	4	"	"	0	0	+	-	-	-	-	-	C ₂ (5800)	BC↔C ₂ ↔C ₃	
5	84	59	20	112	76	24	36.8	4	多	"	1	少	普	-	-	-	-	-	BC(4200)	休 養	
6	90	60	22	122	87	35	35.7						-	-	-	-	-	-	"	"	
7	88	58	20	147	98	25	35.8	5	普	黄	1	普	普	-	-	-	-	-	"	BC→C ₂	
8	68	72	18	141	103	28	36.3	3	少	"	0	0	-	-	-	-	-	-	C ₂ (5800)	C ₂ →C ₃	
9	62	70	20	152	115	25	36.6	3	"	"	0	0	-	-	-	-	-	-	C ₁ (6300)	C ₁ ↔頂上	
10	59	65	16	145	111	26	36.8	5	多	"	1	普	普	-	-	-	-	-	"	BC←C ₃	
11	87	64	22	178	121	30	36.0	6	"	"	1	"	"	-	-	-	-	-	BC(4200)	休 養	
12	91	58	19	141	97	25	36.1	6	"	"	2	"	"	-	-	-	-	-	"	"	
13	92	61	22	165	119	25	35.3	6	"	"	1	"	"	-	-	-	-	-	"	ユムズム峰 BC→C ₁	
14	84	60	20			23	36.2	5	普	"	0	0	-	-	-	-	-	-	C ₁ (5100)	C ₁ →C ₂	
15	70	62	22			25	36.0	4	"	"	0	0	-	-	-	-	-	-	C ₁ (6000)	C ₂ →C ₃	
16	66	60	23			20	36.3	4	"	"	1	普	普	-	-	-	-	-	C ₁ (6750)	BC←C ₃	
17	84	57	18	165	121	22	36.5	6	多	"	1	"	"	-	-	-	-	-	BC(4200)	BC滞在	
18	92	61	24	155	110	26	36.2	5	"	"	0	0	-	-	-	-	-	-	"	"	
19	91	68	20	153	108	24	36.7	8	"	"	2	普	普	-	-	-	-	-	"	"	
20	90	77	22	164	113	22	36.5						-	-	-	-	-	-	"	BC出発	

3. 登山活動中の生理的応答一覽 (H.G.)

項目 月/日	心肺系						泌尿系				高山病症状				心理系		測定場所	行動概要																
	SaO ₂ %	脈拍 拍/分	呼吸 回/分	血圧(mmHg)		息ご らえ 秒	体温 ℃	尿		回数	回数	色	便	回数	回数	色			回数	回数	量	色	頭	咳	嘔吐感	睡眠障害	倦怠感	食欲減退						
				収縮	拡張			回数	量																				回数	量	回数	量	回数	量
8/1	76	80	25	116	71	28	36.2	4	普	4	黄	少	普	2	少	普	2	少	普	2	少	普	+	-	-	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	ボルジエフスガヤ峰 BC↔C ₁	
2	73	87	21	110	65	42	36.8	4	"	4	"	1	普	1	普	"	1	普	"	1	普	"	-	-	-	-	-	-	-	-	"	BC→C ₁		
3	68	98	35	106	54	23	38.3	4	少	4	"	2	少	2	少	"	2	少	"	2	少	"	++	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (5300)	C ₁ ↔C ₂	
4	45	94	30	119	60	17	37.3	3	普	3	"	1	少	1	少	"	1	少	"	1	少	"	+	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁ (5800)	BC↔C ₁ ↔C ₂	
5	68	82	19	109	61	21	36.7	4	"	4	"	3	下痢	3	下痢	"	3	下痢	"	3	下痢	"	+	-	-	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	休 養	
6	83	69	23	118	76	37	36.8	4	"	4	"	4	"	4	"	"	4	"	"	4	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"	
7	83	68	23	112	65	25	37.2	3	少	3	"	3	"	3	"	"	3	"	"	3	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	BC→C ₁	
8	53	105	30	124	75	21	38.0	4	普	4	"	4	"	4	"	"	4	"	"	4	"	"	++	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₂ (5800)	C ₂ →C ₃	
9	55	90	31	145	33	15	38.1	4	少	4	"	4	"	4	"	"	4	"	"	4	"	"	+	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ (6300)	C ₃ ↔頂上	
10	48	74	28	110	62	20		4	"	4	"	4	"	4	"	"	4	"	"	4	"	"	+	-	-	-	-	-	-	-	-	"	BC←C ₁	
11	75	69	28	115	65	24	36.7	3	"	3	"	3	"	3	"	"	3	"	"	3	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	BC(4200)	休 養	
12	85	66	24	98	60	26	36.8	4	"	4	"	4	"	4	"	"	4	"	"	4	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"	
13	85	68	26	112	63	28	36.5	3	普	3	"	1	"	1	"	"	1	"	"	1	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"
14		64	24	111	77	25	36.6	4	"	4	"	2	"	2	"	"	2	"	"	2	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"
15		68	20	124	69	21	36.5	5	"	4	"	4	"	4	"	"	4	"	"	4	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"
16		64	23	114	76	23	36.5	4	多	1	"	1	普	1	普	"	1	普	"	1	普	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"
17	82	63	20	120	79	22	37.1	5	"	2	"	2	"	2	"	"	2	"	"	2	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"
18	87	69	22	120	83	24	36.5	5	"	1	"	1	"	1	"	"	1	"	"	1	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"
19	89	79	19	102	68	22	36.3	6	"	1	"	1	"	1	"	"	1	"	"	1	"	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"
20	89	80	21	101	57	27																	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	BC出発