



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	低温環境下の生体に関する生化学的研究
Author(s)	佐々木, 裕雄; SASAKI, Hiroo
Citation	低温科学. 生物篇, 11, 61-100
Issue Date	1954-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17565
Type	departmental bulletin paper
File Information	11_p61-100.pdf



低溫環境下の生体に關する生化學的研究

佐々木裕雄

(低溫科學研究所 醫學部門)

(昭和28年2月受理)

緒 言

低溫にかぎらず、いろいろの外力によつて生体が負荷されるとき、生体のエネルギー代謝、水分、鹽類代謝、糖質、蛋白、脂質代謝等に外力が大きく波及し、これらの代謝のうちあるものは衰微し、あるものはまた亢進するであろう。しかしこれら代謝の盛衰の間に有機的關連性が存在し、生体は常に内的條件の恒常につとめ、これら外力に對し適應性を保持する。従つて低溫の生体に及ぼす影響に關する生化學的研究にしても、個々の代謝につき深く觀察することも大切ではあるが、同時にそれら代謝につき廣範圍にわたり檢索し、その有機的關連性のもとに、低溫に對する生体の適應の状態を全体として把握しておくことも重要な課題の一つと考えられる。低溫環境下のみならず如何なる環境下の生体に關する研究にしろ、本來の實驗生理學的方法としては、まず生体のそれら外力に對する適應の強弱、いわばその疲勞の度を觀察し、次にそのよつて來た所を個々の代謝に求めて行くことである。しかしその個体の全体としての症狀、即ち疲勞の度を測定するために従來いろいろの方法が考案されているけれども、いずれか一つの方法でその全貌を示すというものはない。著者は上記研究に際し、いわゆる疲勞の測定として小川の尿膠質反應、尿中總還元力測定法、安田・西風の尿係數を採用したが、これらは必ずしも疲勞の度を表示してくれるとは限らないので、著者はそれら方法を低溫下の生体の疲勞の研究にある程度の参考とし、下記尿生機物質8種を測定し、むしろそれら方法の疲勞測定法としての價值につき批判檢討を加えると同時に、それら13種の生機的方法より低溫環境下の生体の適應の状態につき檢索し、低溫研究の將來の目的の一部である營養、住居、被服などに關する研究の参考に供したい。

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第240號

本論文の一部は昭和27年8月、日本生理學會に於て發表した。なお本實驗の一部は北海道科學研究費によつた。ここに併せて感謝の意を捧げる。

實驗條件並びにその方法

本研究はすべて人体實驗によるもので、19~42才の男子6名を被檢者とし、當研究所の低温實驗室を使用し、條件を次の4つに分けて行つた。また實驗は9月から11月に亘つて行つた。

1) 實驗期間中室温環境下 ($5^{\circ}\text{C}\sim 16^{\circ}\text{C}$) で安静を保つた對照群で、圖表には(對)と略字を附した。

2) 低温環境下 ($-35^{\circ}\text{C}\sim -40^{\circ}\text{C}$, 無風状態) で實驗時間中安静を保つたもので、圖表には(低)と略字を附した。

3) 室温環境下で一定の運動(繩飛, 20分間)を負荷した群で、圖表には(運)と略字を附した。

4) 低温環境下 ($-35\sim -40^{\circ}\text{C}$, 無風状態) で上記3)に於けると同一の運動を負荷したもので、圖表には(低運)と略字を附した。

なお實驗時に於ける氣候馴化、被服等は當然實驗成績に直接その影響を及ぼすものであるが、肌着、ワイシャツ、ズボンの程度の夏季着衣で、手足、耳だけは凍傷をさけるため實驗中は防寒具で覆い、 -35°C 乃至 -40°C の低温室内(無風状態)に40分間滞留し、安静時には椅子に坐らせ、又運動負荷としては、各5分間の休止を以て繩跳を5分間宛4回計20分間行わせた。又本實驗では被檢者の生活環境、實驗前後に於ける勞作などをなるべく均一にし、しかも本實驗中食事、水分の攝取はさけるようにした。

採尿條件としては、午前8時に排尿、次いで9時までの尿を第1尿、9時40分までの尿を第2尿、それより1時間後の尿を第3尿、更に2時間後の尿を第4尿とした。従つて實驗終了は12時40分ということになるが、この場合第2, 3, 4群に於ける低温或いは運動負荷は9時より9時40分の40分間(第2尿)に行つた。

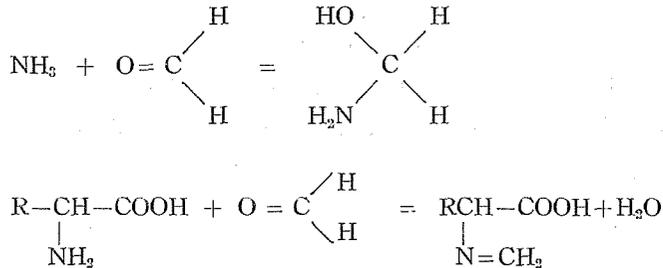
測定方法並びに測定物質

1) 尿量(1時間當りcc)

2) 尿水素イオン濃度(pH_1 , pH_2 , pH 差): 西風、齋藤¹⁾の方法により測定した。即ち採尿後直ちにその5ccをビーカーにとり、型の如くにpH試験紙でpHを測定し、これを pH_1 とし、中性ホルマリン液5ccを加え、よく混ぜ5分乃至10分後同様な方法でpHを測定し、これを pH_2 とする。 pH 差は pH_1 より pH_2 を控除したものをいう。(中性ホルマリン液は藥局方ホルマリン原液をBTB指示薬を加えN/20苛性曹達で pH 7.0にし、蒸留水で原液を2倍に稀釋したものであるが、本液は酸化されやすく、燐酸を遊離し、液が酸性に傾きやすいので使用の都度苛性曹達で調整しなければならない。)

本法の原理は尿にホルマリンを加えると尿中のアミノ酸, polypeptide, アンモニア(アンモ

=ヤが大部分を占めるが) 次のような反應を示し、尿は酸性に傾く。



その時の pH が pH₂ であるが、これは尿中の固定鹽基 (主に Na, K) と磷酸の量的割合により影響され、磷酸に比べて固定鹽基の損失が大きい時は pH₂ は比較的高値を示し、磷酸の損失が比較的大きいときは pH₂ は低値を示すことになる。pH 差は尿中アンモニヤと磷酸との量的割合の變動によつて影響される。

3) 尿酸度、アンモニヤ、磷酸の測定は西風、齋藤³⁾の方法によつた。試薬 ① BP 指示薬 (pH 8.8 紫) 75% アルコールにフェノールフタレイン 1.5%, ブロームチモールブラウ B (BTB) 0.05% の割に溶解する。② N/20 NaOH (titer=x) ③ 20% 鹽化カルシウム BP を指示薬として pH 8.8 に補正 ④ ホルマリン試薬 局方ホルマリンを N/20 NaOH で BP を指示薬として pH 8.8 にし、蒸留水を加え 2 倍稀釋液を調製する。但し本試薬は不安定であり、使用の都度 N/20 NaOH で調製して用いる。

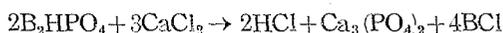
實施方法： 内容 300 cc の三角フラスコ 2 個に尿 (着色甚だしいときは獸炭末で處置し濾過後その尿を用いた) 10 cc を同様にとり、BP 液 5 乃至 10 滴加え、N/20 NaOH で滴定し、これを a, a' cc とし、 $\frac{a+a'}{2}=A$ とする。次に一方にはホルマリン試薬 10 cc, 他方には鹽化カルシウム 10 cc を加え、夫々 N/20 NaOH で滴定、その N/20 NaOH 使用量を B, C cc とする。

$$\text{計 算： 尿滴定酸度 (酸度 I, 1 時間値：N/100 NaOH 使用 cc)} = A \times 50 \times x \times \frac{1 \text{ 時間尿量}}{100}$$

$$\text{尿アンモニヤ値 (酸度 II, 1 時間値：N/100 NaOH 使用 cc)} = B \times 50 \times x \times \frac{1 \text{ 時間尿量}}{100}$$

$$\text{尿磷酸値 (酸度 III, 1 時間値：N/100 NaOH 使用 cc)} = C \times 50 \times x \times \frac{1 \text{ 時間尿量}}{100}$$

なお磷酸値測定の原理は次式より了解出来る。即ち



4) 尿中 Cl の測定は Mohr の方法により、1 時間排出量 (mg) を以て表示した。

5) 尿係數 (O/K, O/K₂, K₁/K₂) の測定は安田、西風^{3), 4)}の方法に従つた。

6) 疲勞測定法としての尿膠質反應⁵⁾、還元反應⁶⁾は小川の方法に従つたが、他の尿中生機物質との比較のため後者だけは 1 時間値も計算により求めた。

實 験 成 績

I) 低溫と尿中生機物質の消長

イ) pH_1 の消長 (第1圖): 低溫負荷により明らかに酸性に傾いたもの6例中1例, 變化の少ないもの1例, 他はむしろアルカリ性に傾いたものであるが, それら極端に酸性或いはアルカリ性に傾いたものでは, pH 差が大きく増大するか, 或いは減少しており尿滴定酸度, アンモニヤ, 燐酸値に於いてもその變動大きく, O/K, O/K₂ は上昇し, クロールの損失が大きかつた。

ロ) pH_2 の消長 (第2圖): 低溫負荷により6例中1例は大きく酸性 (S例), 1例はアルカリ性 (A例) に傾き, 他はいずれも大きな變動を示さなかつた。S 及び A 例の pH_1 はむしろアルカリ性に傾いたものにぞくし, pH 差に於いては前者は上昇し, 後者は下降し, 又滴定酸度では兩者減少甚だしく, 尿中アンモニヤは前者では下降, 後者では變化なく, 燐酸値では前者は極端な下降を示し, 後者は上昇を示した。又 O/K, O/K₂ は兩者とも上昇を示し, K₁/K₂ は前者に於いて上昇し, 尿量, クロールの上昇も認められ, 又 O, K, K₁, K₂ では後者上昇を示し, 還元値 (100 cc 當り) では兩者とも, 特に前者は著明な下降を示し, 膠質反應では變化少なかつた。

ハ) pH 差の消長 (第3圖): 6例中極端な上昇を示したもの1例 (S例), 下降を示したもの2例 (A, TO例) であつたが, そのうち下降した1例のみに於いて pH_1 が酸性, 他はアルカリ性に傾いているが, このアルカリ性に傾いた被檢者は前項に於ける pH_1 , pH_2 の極端なアルカリ傾向を示したものである。又下降を示した他のもの (TO例) は尿滴定酸度, 燐酸値に於いて極端な上昇を示し, アンモニヤ値は減少甚だしく, 腎臟アンモニヤ生成機能障害を來し, 極端な Acidosis に傾いた適例であるが, 低溫負荷により尿量の増加をみず, クロールの上昇著明で, 還元値並びに膠質反應では多少の上昇を示した。

ニ) 尿滴定酸度 (酸度 I, 第4圖) の消長: 極端な下降を示したもの6例中2例, 上昇を示したもの1例あつたが, その3例については前述の如くである。

ホ) アンモニヤ (酸度 II, 第5圖) の消長: 本値の甚だしい減少を示したもの6例中2例 (A, S例, 既述), 又1例 (T例) では著明な上昇をみたが, このものでは pH_1 , pH 差, O/K, O/K₂ に於いて上昇を示すとともに尿量, クロール, O に於いて増量を示し, 還元反應, 膠質反應では下降を示した。

ヘ) 燐酸値 (酸度 III, 第6圖) の消長: 本値の極端な下降を示したもの1例 (S例, 既述), 極端な上昇を示したもの3例 (TO, A例…既述, TK例) であつたが, TK例では pH_1 , pH_2 , pH 差, 尿量, クロール, O, K, K₁, K₂, O/K, O/K₂, K₁/K₂, 膠質反應に於いて變化少なく, 還元値は下降を示した。

ト) O/K, O/K₂ (第7, 8圖) の消長: 本係數の上昇を示した4例のうち3例は著明であり, 他

は變化なかつたが、これらの上昇を示した例は既述のように低温により pH_1 に於いてアルカリ乃至極端な酸性に傾いたものであり、又 pH 差、滴定酸度、アンモニア、クロール値等に於いてもその變化の激しいものであり、なお尿排出に於いても極端な増大或いは減少を示したものであつた。

チ) 還元値 (1 時間値, 第 16 圖) の消長: 本値の上昇を示したもの 3 例, そのうち 1 例に於いては O/K に變化少なく, 2 例に於いては上昇を示し, 又これら 3 例は低温負荷により pH_1 のむしろ上昇したものであり, pH_2 , pH 差に於いては内 2 例に變化なく, 1 例にのみ極端な變化を示し, これらのことは酸度 I, II, III に於いても同様であつた。

リ) 還元値 (1 cc 當り, 第 17 圖): 6 例中 4 例に於いて下降し, 2 例に於いて上昇した。上昇した 2 例のうち 1 例は酸度 I, III 並びに O/K, O/K_2 , K_1/K_2 が極端に上昇し, 尿量は變化なく, pH_1 , pH 差は下降し, クロールは極端に上昇した特異な例であるが, 他の 1 例 (Y 例) は上記諸物質の著明な變化をみせなかつた。

ヌ) 尿膠質反應 (第 18 圖) の消長: 本値の上昇したものは 2 例で, これらは上記還元値 (1 cc 當り) に於けると同様の變化を示した。

ル) クロール (1 時間値, 第 37 圖) の消長: 本値の上昇を示したものは 6 例中 4 例で, それらは O/K 並びに O/K_2 の上昇例と全く同一であり, pH 差並びに酸度 I, III の著明な増減 (上昇, 下降) を示した集團に一致している。

II) 運動と尿中生機物質の消長

イ) pH_1 の消長 (第 19 圖): 運動直後尿 (第 2 尿) に於いて明らかに酸性に傾いたもの 6 例中 2 例 (TK, A 例), 他の 4 例中 3 例に於いては變化少なく, S 例に於いてはむしろ一時アルカリ性に傾くという特異な結果を呈した。その後の尿 (第 3, 4 尿) では pH の下降した 2 例は逐時元に復すが, 第 2 尿で變化のなかつた TO 例は本尿で下降を示して來, 又一時アルカリ性に傾いた S 例では酸性に復歸した。

ロ) pH_2 の消長 (第 20 圖): TO 例では上記 pH_1 に於けると同様に下降し, A 例では一時下降し後上昇して元に復し, S 例では上昇し後下降した。

ハ) pH 差の消長 (第 21 圖): 本値では第 2, 3, 4 尿で大きな變遷を示さなかつた。

ニ) 尿滴定酸度 (酸度 I, 第 22 圖) の消長: 6 例中 4 例は運動により大きく變動を示したが, そのうち TO 例は極端に上昇し, 他の 3 例特に 2 例に於いては運動によりむしろ本値の下降を示した。

ホ) アンモニア (酸度 II, 第 23 圖) の消長: 本値に於いても尿滴定酸度と略同様な變化を示した。

ヘ) 燐酸値 (酸度 III, 第 24 圖) の消長: 6 例中 1 例 (TO 例) が運動により極端に上昇するに反して, 他はすべて下降を示した。

ト) O/K, O/K_2 (第 25, 27 圖) の消長: 運動により第 2 尿 (直後尿) で上昇を示したが, そ

のうち2例(S, TO例)に於いて甚だしく, 2例(T, Y例)では中等度の上昇を示した。極端な上昇を示したTO, S例に於ける上述のpH並びに酸度の消長をみるに, S例は運動負荷にも拘らず, むしろアルカリ性に傾いた特異な1例で, 又TOは運動後尿に於いて極端な酸性に傾いた1例であつた。

チ) 還元値(1時間値, 第34圖)の消長: 本値の上昇(第2尿)したものの1例もなく, S例ではむしろ下降を示した。ただここに特異なことは, 上述のいろいろな物質に於いて大きく變遷を示し, 尿係數の極端な上昇を示したTO, S例が, 夫々前者では多少上昇の傾向を示し, 後者では下降を示したという事實である。

リ) 還元値(1cc當り, 第35圖)の消長: 本値は低温負荷で殆んどすべて下降を示したのに反し, 運動負荷により逆に上昇を示すという結果を生じた。疲勞因子としての低温並びに運動負荷が本値に全く對蹠的な結果をもたらしたが, その理由は, 低温負荷の場合は尿量の増加(第10圖)があるためで, 一方運動負荷の場合は極端な尿排出の減少によるものと考えられる。即ち本法は單位ccを以て表示しているために, 尿排出量によつて大きく影響されたのである。かかる意味に於いても尿分析を行う場合, 單位cc値を以て表示することは好しくないと考えられる。

ヌ) 尿膠質反應(第36圖)の消長: 運動により殆んど全ての例で上昇を示した。この場合も前記還元値(per cc)と同様に, 低温負荷の方が逆に下降するのは, 尿排出量の多寡によるものと思われる。

ル) クロール(100cc當り, 第37圖)の消長: 本値ではA, TK例に變化が少なかつたが, 他の例では大きく變動し, 尿係數の上昇がみられた。

III) 低温運動と尿中生機物質の消長

イ) pH_1 の消長(第19圖): 低温環境下で運動を負荷した場合, pH_1 の極端に下降したものはTO例で, 他の5例中3例はむしろアルカリ性に傾き, 2例は變化を示さなかつた。この變化を示さなかつた2例を除く他の4例に尿係數の上昇をみたことは興味深い。

ロ) pH_2 の消長(第20圖): 本値は上記 pH_1 と略々同様の経過を示した。

ハ) pH差の消長(第21圖): 運動負荷のときと略々同様に變化が少なかつたが, ただTO例のみは減少を示し, pH差の變化の少なかつた2例を除く4例に於いて, 尿係數の上昇を示している。

ニ) 尿滴定酸度(酸度I, 第22圖)の消長: 本値ではTO例が上昇, S例が下降を示し, 他はその中間の経過を示した。

ホ) アンモニヤ(酸度II, 第23圖)の消長: 本値ではTO, TK例が上昇(第2尿)を示し, 他の4例中3例は變化少なく, S例はむしろ下降を示した。

ヘ) 燐酸値(酸度III, 第24圖)の消長: 本値ではS例が室温運動の場合と同様, むしろ下降を示し, TO例は上昇を示した。ただ酸度, アンモニヤに於いて變化の少なかつたA例が本

値にのみ上昇を示し、他の3例では変化が少なかった。

ト) O/K, O/K₂ (第25, 26圖) の消長: 本値は pH で変化の少なかった2例 (A, T例) では上昇を示さず、他の4例で著しく上昇し、特に pH ばかりでなく酸度に於いて極端な變動を示した TO, S 例での上昇が著しかった。

チ) 還元値 (1時間値, 第34圖) の消長: 本値は S 例を除く他の例に於いて上昇し、特に TK, A, Y 例でその上昇甚だしかった。他の尿中生機物質の變動の極めて大きかった2例、即ち TO 例ではむしろ還元値の変化が少なく、S 例では逆に下降するという傾向を示した。

リ) 還元値 (1cc 當り, 第35圖) の消長: 本値でも前述と同様の経過を示した。

ヌ) 尿膠質反應 (第36圖) の消長: 本値では1例を除く他の全例に上昇をみた。

ル) クロール (100cc 當り, 第37圖) の消長: 本値では T, A 例に於いて変化は少ないが、他の4例では變動大きく、しかも pH の變動も大きく、かつ尿係数の上昇甚だしかった。

總 括

I) 對照群における尿生機物質の消長

實驗條件は既述の通りであるが、尿水素イオン濃度 (第1~3圖) の變遷については、第1尿の pH 値を 0 とおき、第2, 3, 4尿の pH 値の變遷を ± を以て表すと、pH₁, pH₂ では共に變化の少ないもの6例中2例、酸性に傾いたもの1例、他の3例は時間の経過とともにむしろアルカリ性に傾き、特にその1例に甚だしかった。午前中尿が一般にアルカリ性に傾くことは既に認められており、野崎⁷⁾は自身を被檢者として1日の尿水素イオン濃度の變遷を追及しているが、氏によると一般に睡眠時の尿 (朝第1尿) の pH が1日中で最低を示し、それが朝食をとることにより正午頃まで次第にアルカリに傾き、以後食事の影響少なく、尿は再び酸性に傾いて行くことを認め、更に又朝食をとらない時は午前中の pH の變動少ないことを指摘している。著者の實驗に於いてもその大半がアルカリ性に傾いた結果を呈した。いづれにしても pH が大きく動くということは、食事の影響もあろうが、午前中の生体の体内物質代謝が大きく變遷することを示すものといえよう。

同様な變動は他の尿生機物質 (第4~18圖) についても多少ともいえる。尿滴定酸度に於いてはその減少を認め、特に燐酸値において減少甚だしく、この尿中燐酸の減少が pH₁, pH₂ の上昇の大きな原因となつていることはいうまでもないが、energy 代謝進行にそして又食物の吸収に缺くことの出来ない燐酸が午前中の生体に於いて減少することは、その生体が anabolic phase にあることを物語るものではなからうか。その時の尿量、クロールともに6例の被檢者中半数に於いて増量するに反し、還元値、膠質反應ともに減少の傾向を示した。

被檢者中 pH の變遷の特に甚だしい S 例について他の物質の消長をみると、pH₁, pH₂ の變化の大きい同一尿の O/K 並びに O/K₂ は他の例と異なり上向きの變化を示し (T 例も pH, O/K, O/K₂ に於いて S 例と略々同じ傾向を示した)、その時の pH 差も上昇の経過をとつた。

O/K 特に O/K_2 の上昇は次のように考えれば了解できると思う。即ち小川の還元反応を呈する尿中物質は polypeptide, purine-, pyrimidin-体, 尿色素といういわゆる undetermined nitrogen 並びに糖質であるが, その中後者を除けばその反応は O/K, O/K_2 の分母を構成する K, K_2 と同様なところがあり, かつそれら反応物質が ACTH-Cortisone 系の機能, 換言すれば生体の catabolic 機能系と密接な関係があり⁸⁾, 又それらの (+) の相関を示した燐酸値もその catabolic 機能系と関係が深く⁹⁾ (竹屋は氏のコロイド反応は尿中の燐酸に影響されること多く, 且つその反応が脳下垂体副腎系の機能と密接な関係のあることを想像しており, その系の興奮はその反応に (+) を, 又その衰微は (-) を呈させるものと考えている), 換言すれば還元反応の低下, K 特に K_2 の O に比する減少, 尿酸度特に燐酸の減少は, 生体の極端な anabolic phase 陥入, 或いは catabolic phase 陥入を嫌っている生体, vago-insulin 系機能亢進の生体を意味するものではなかろうか。

以上代謝に大きな變遷を示す午前中の生体につき多少の考按を試みたが, 更に尿係數に關してここに興味ある事實をつけ加えると, 上記 6 例中 TO 例はその尿係數に於いて他のそれとくらべて對照, 低溫, 運動, 低溫運動のすべての實驗値に於いて常に高値を示したが, これは本被檢者は全被檢者中の最高齡 (42 才) であり, 加えるに虚弱體質のためではなかろうかと考えられる。

II) 低溫負荷と尿中生機物質の消長

H. Selye¹⁰⁾ は低溫に限らずいろいろな不慮の外力にさらされると, 生体はいわゆる警告反應を起して catabolic Phase に陥入すると言っているが, 著者の低溫負荷の實驗で, いわゆる警告反應を明らかに起したと思われる例は, 最高年齢者の TO 例にあつた (第 1~18 圖)。即ち TO 例は低溫負荷により pH_2 は上昇し固定鹽基の損失を, 又 pH_1 並びに pH 差の下降はアンモニヤに比する燐酸の走出を思わせる。事實第 4, 5, 6 圖からもわかるように尿酸度, アンモニヤ, 燐酸はいずれも低溫負荷により著明に上昇し, 特に燐酸に於いて甚だしかつた。この場合特異なのは TO 例で, 他の例と異り低溫負荷にもかかわらず尿量の増加をみず, むしろ減少を示している。而して尿量の増加がなく尿中クロールの損失, 尿酸度, アンモニヤ, 燐酸ひいては尿中不完全酸化物 (Vakat-O, 第 12 圖) の増加, 3 尿係數の著明な上昇は低クロール血症, acidosis, カリウム血症, 体内酸化の障害を物語るものであり, H. Selye のいう脳下垂体副腎系の機能障害に基因する同生体の shock phase 陥入を思わせる。然るに疲勞測定法としての小川の還元反應, 膠質反應には何ら著明な變化を示さなかつた。この反應は恐らく副腎皮質糖質ホルモン分泌の盛衰に關係あり, 同ホルモンの分泌の増大は本反應を上昇させ, 衰微は下降させるものと考えられるので, 同反應は防禦反應の強度を示す方法であると考えてよいであろう。

次に TO 例を除く他の例についてみると, 低溫負荷により O/K 特に O/K_2 は TK を除く他の

ものに於いて上昇し、特に A, T 例で甚だしかつた (第 7, 8 圖)。しかしその時の pH_1 は前述の TO 例を除き、低溫負荷にもかかわらずむしろアルカリ性に傾いた。勿論對照群と比較して幾分酸性の側にあつたが、TO 例のようにいわゆる警告反應 (shock 相陥入) をおこさなかつたともいえる。その場合 pH_2 も pH_1 と同様な結果を呈したが、pH 差では對照と異り數値の分散が激しくなつてゐるのを見る。

又 pH 差で大きな變動を示した S, T, A (TO も含む) の 3 例に於いて O/K 特に O/K₂ の上昇甚だしかつたが、pH 差の減少は生体が acidosis に傾き、固定鹽基の損失を免れるために排出するアンモニヤ量が、燐酸の排出に及ばなかつた時に起き、この場合一般に固定鹽基の損失が伴う。即ち A 例の pH_2 並びに pH 差 (第 2, 3 圖) は夫々極端な上昇、下降を示し、又 pH_2 の上昇は固定鹽基の損失を意味し、pH 差の減少は尿中アンモニヤに比する燐酸の排出過剰を意味する。これを裏付けるものとして、A 例では酸度、アンモニヤには著明な變動がないのに反して燐酸は著しく増す。又 T 並びに S 例では兩者ともに pH 差の増大を認め、これはアンモニヤに比する燐酸の排出減少に起因する (第 4~6 圖)。T, S 例ではまた TO 例とは異り低溫負荷により尿の排出が増し、クロールの排出もそれに略々伴なつた。換言すれば TO 例のように極端な尿の濃縮がなかつた (第 10, 11 圖)。

TO 例のような異常生体反應を起した例はともかく、他の例を低溫の生体に及ぼす一般的な動きとするならば、短時間 (40 分) の急激な低溫負荷は個体に次のような影響を及ぼすものと結論して差支えないように考えられる。即ち低溫は

- 1) 尿排出を増加する。
- 2) 更に食鹽の排出を來す。
- 3) Acidosis を來し、尿中アンモニヤ、燐酸の排出を増す。
- 4) 体内酸化を障害する。

III) 運動負荷と尿中生機物質の消長

運動も大きな外力となつて生体を catabolic phase に陥らせ、その時産出された物質を体外に排出し、生体は外力に抗して内的條件を恒常にしようと努めることはいふまでもない。そのあらわれとして、尿も酸性に傾くわけであろう、が然し第 20 圖にみられるように、運動後尿 (第 2 尿) に於いて被檢者 6 例中 2 例のみが酸性に傾き、他の 4 例に於いては必ずしもそうではなく、特に 2 例に於いては安靜時尿 (第 1 尿) に比してむしろアルカリ性に傾いた。この運動直後尿でアルカリ性に傾いた 3 例について他の尿中生機物質の消長をみるに、尿酸度、アンモニヤ、燐酸 (第 22~24 圖) に於いては、S 例は酸度、燐酸ともに安靜時尿より減少の度が大きく、アンモニヤも略々同様の経過をとるが、第 3 尿ではやや上昇し、再び下降する。又 T 例でも同様に上記 3 物質とも減少の傾向が大きかつた。運動は尿中燐酸の排出を來すことは多くの研究者の認めるところであろうが、著者の被檢者 6 例中 5 例に於いては必ずしもそうはならなかつた。これには恐らく實驗條件の相違によるものと考えられる。即ち従來の研究者等は被檢

者に長時間運動(労働)を負荷し、且つ採尿には1日単位としたのに反して著者は被検者に短時間の運動を強制し、尿を追時的に採集し分析したためであろうと考える。

次に Y 例では、運動直後尿に於いて僅かに酸性 (pH_1) に傾いたが、全体として殆んど變化なく pH_2 , pH 差でも同様であつた。Y 例の酸度、アンモニヤ、燐酸は S, T 例と似て同様に減少、或いは變化が少なかつた。

又以上 S, T, Y の 3 例の煮沸沃度酸値 (K_2) 並びに還元値ともに相似た経過をとり、他の例と異なり運動によつてむしろ下降、後上昇するが安静時尿を上廻ることはなかつた。又同被検者等の O/K, O/ K_2 についてみるに (第 25, 26 圖), それら被検者はすべて運動直後で上昇し、その後元に復したがその上昇は O/ K_2 に於いて特に甚だしかつた。(それら尿係数上昇の原因は總沃度酸値、特に煮沸沃度酸値 K_2 の減少にあつた。)

以上のように S, T, Y の 3 例は運動により pH は酸性に傾くことなく、變化しないがむしろアルカリ性に傾き、尿酸度、アンモニヤ、燐酸に於いても同様に減少を示し、かつ尿中不完全酸化物も減少を示した。しかしこの場合尿量は運動によつて著明に減少するため上述の酸度、アンモニヤ、燐酸、Vakat-O の濃度は上昇すること勿論であるが、他の例特に TO 例と比較すれば明らかに低値を示している。

生体に運動を負荷すると、先ず energy 代謝の亢進がみられ、筋組織のアデノシン 3 燐酸 (ATP), クレアチン燐酸からの離燐、糖質への附燐が起り、energy 代謝は嫌氣性から好氣性と轉化し燐酸回歸が進行するが、sympathico-adrenal 系の興奮により糖動員と相まつて vago-insulin 系の興奮、組織に於ける糖の附燐を助け、好氣性のもとに糖質燃焼が促進するのである。

かかる點からみて運動後に於ける尿中燐酸の減少は energy 代謝進行に當つての糖動員、燃焼のための燐酸の組織への移行によるものと考えたい。

次に TO 例では、運動により pH が増大し、運動後 pH_1 に於いて低下をつづけ、 pH_2 に於いても同様低下し、 pH 差には何等變化を示さないが酸度、アンモニヤ、燐酸に於いて前 3 例と全く趣を異にした結果を呈した。本例は低温負荷の實驗に於いても略々同様の結果を呈したが、本例の O/K 特に O/ K_2 は著しい高値 (第 2 尿) を示している。かかる場合の K 特に K_2 並びに還元値 (1 時間値) は他の例と異なり高値を示した。

TO 例の運動後 1, 3 時間に於ける變化 (この時期を警告反應後期とし、この抗 shock 相とみなされる) は酸度、アンモニヤ、燐酸とともに一様に減少を示すに反して沃度酸値並びに還元値 (1 時間値) はむしろ上昇した。

抗 shock 相に於いては副腎皮質の機能亢進がみられることは多くの研究者の認めるところであるが沃度酸値、還元値の上昇が腦下垂体副腎系の機能亢進を意味するものとするならば、TO 例の第 3, 4 尿に於ける兩値の上昇を示したことは誠に興味深いものと思われる。

次に運動により pH_1 が低下し、後その回復をみた TK, A 例についてみるに、兩者の上記尿

生機物質 (尿酸度, アンモニヤ, 燐酸, 尿量, クロール, 沃度酸値, 還元値) は S, T, Y 例 (運動によりむしろアルカリ性に傾いたいわゆる vagotonic group) と TO 例 (H. Selye のいう catabolic Phase 陥入生体) との變化の中間を経過した。

又 TK, A 例の O/K, O/K₂ は他の 4 被検者とは異なり運動により上昇を示さなかつた。

IV) 低溫環境下に於ける運動負荷と尿中生機物質の消長。(低運と略す)

上記同被検者を低溫環境下で運動を負荷した場合の尿中生機物質の消長をみるに (第 19~37 圖), pH₁ に於いて全経過中安静時尿よりも明らかに酸性側に傾いたものは TO 例のみであり, 3 例 (Y, S, T) はむしろアルカリ性に傾き, 他の 2 例では著變をみなかつた。

先ず TO 例に於ける他の尿中生機物質の消長をみるに, pH₂ 並びに pH 差に於いては減少を示し (第 20, 21 圖), 尿量 (第 28 圖) では大きな變動がみられなく, クロール (1 時間値) は明らかに増量するため, その濃度 (第 37 圖) ではむしろ第 3, 4 尿に於いて上昇するという結果を生じた。この時の尿酸度は著明な上昇を示し, 又アンモニヤの排出もあるが, 上記燐酸の排出に及ばないため, pH 差の減少が大となり, 且つ第 2, 3 尿に於ける不完全酸化物の増量に著しいものがあり, O/K 特に O/K₂ は運動後著明に上昇するのをみた。即ち TO 例では尿量は變化少なく, pH₁, pH₂, pH 差の著しい減少, 尿酸度特に燐酸の増量, クロール濃度の増大, 尿中不完全酸化物の増加, O/K 特に O/K₂ の上昇が認められた。

次に尿水素イオン濃度が運動後第 3, 4 尿に於いて著明な低下を示す S 及び TK 例についてみるに, S 例では pH₁, pH₂ ともにアルカリ性に傾き, pH 差には變化なく, 尿酸度, アンモニヤ, 燐酸ともに減少し (第 22~24 圖), 尿量, クロール (1 時間値) には何等變化を認めず, 尿中不完全酸化物は運動直後多少の増量あるも明らかでなく (第 30 圖), 沃度酸値 K, K₁, K₂ ともに著明な減少を示し, ここに第 2 尿に於いて, O/K, O/K₂ の上昇をみた。この場合の還元値は沃度酸値と同様にむしろ減少を示した。即ち S 例に於いては尿水素イオン濃度, アンモニヤ, 燐酸, 沃度酸値, 還元値の減少, 尿量, クロール, 尿中不完全酸化物の無變化をみるが, これは TO 例とは尿量, O/K, O/K₂ に於いて相似ているが他の生機物質に於いては全く反對の結果を呈した。

さて運動により糖動員がおき, 糖質代謝はそれにより激しさを加えることは既知のところであるが, 一方では糖動員の度が過ぎて過血糖を生じ (sympathico-adrenal 系の異常興奮), 又それに反して一方, 運動負荷により糖消費がたかまり, 糖動員が及ばないため低血糖を招來する場合もありうる (vago-insulin 系の異常興奮)。勿論この原因の一つとして体内糖質貯藏の不足も考えられるが, 著者の實驗はすべて午前 8 時より開始され, 被検者はすべて朝食を午前 6 時より 7 時までの間にとつていたので糖質貯藏の不足による結果とは考え難い。

TO 例の尿 pH の低下, 尿燐酸, 尿中不完全酸化物排出の増大は, 低溫下運動負荷により生体が明らかに酸素債を生じ, 運動による過血糖招來型ともみられ, 一方 S 例に於ける pH の上昇, 不完全酸化物, 特に燐酸の減少は低血糖招來型とみられる適例である。しかも尿中燐酸の

減少は insulin 投與により著明に起るものであるから、S 例などを vago-insulin 系異常興奮型とみなせば、TO 例のような尿磷酸の上昇型を sympathico-adrenal 系異常興奮型とみなして差支えないであろう。

次に S 例と同様、尿水素イオン濃度に於いて強くアルカリ性に傾く傾向を示した TK 例についてみるに、本例は pH_1 , pH_2 に於いて略々同様な経過をとり、pH 差は多少下降を示したが、尿量に於いてはむしろ減少を示し、クロールに於いては上昇しここにクロール濃度の上昇となり、尿酸度は第 2, 3 尿に於いて減少、第 4 尿に於いて上昇、アンモニアは第 1 尿に於いて著明な上昇を示し、第 3 尿に於いて下降、再び上昇、磷酸では第 2, 3 尿に於いてたかく、第 4 尿に於いて下降した。従つてこの pH, pH_2 がアルカリ性に傾いたのに尿中アンモニアと固定鹽基の排出に影響されるところが大きい。即ちこの pH_2 の減少は固定鹽基の走増大により起り、又この pH_1 の減少は pH_2 の變動の上にアンモニアの排出増大が加わつたためである。

TK 例に於ける O/K, O/K₂ は明らかに運動によつて上昇を示し、特に O/K₂ に於いて甚だしい。この場合 Vak_{at}-O, K, K₁, K₂, 還元値ともに第 1 尿に於いて高く、その後下降を示すが、Vak_{at}-O, 還元値に於いては他と異なり實驗期間中對照の値に復さなかつた。

以上のような變化を示した TK 例とは pH_1 , pH_2 を除き pH 差、アンモニア、尿量、クロール及びその濃度、Vak_{at}-O, K, K₁, K₂, 還元値 (1 時間値)、O/K, O/K₂ に於いて相似たところが大きいため、むしろ catabolic type とみなすべきものとする。

次に Y 例について、 pH_1 は運動によりアルカリ性に傾き、 pH_2 は變化なく、pH 差に於いては運動第 1 尿に於いて大きく開いた。しかもこの時の酸度には變化なく、アンモニアは第 2 尿に於いて明らかな上昇を示し、磷酸はむしろ運動により下降を示した。この場合 O/K, O/K₂ に於いては前 3 者 (S, TK, TO 例) には及ばないが、第 2 尿に於いて上昇を示した。Vak_{at}-O は運動直後に於いて甚だしい高値を示し、その後回復に向うが、これと同様な變化は K, K₁, K₂ 及び還元値 (1 時間値) に於いてもみられ、特に Vak_{at}-O に於いて甚だしい。ここに注目すべきことは、尿中クロール排出量 (1 時間値) が、これとは全く逆の経過をたどつたことである。

次に尿水素イオン濃度に於いて他の例にくらべて極めて變動の少なかつた 2 例 (A, T 例) についてみるに、pH 差の變動では他の例とは著明な差異を見出し得ないが、ここに特記すべきことは、この pH 差に於いてのみならず、尿酸度、アンモニア、磷酸、Vak_{at}-O, K, K₁, K₂, 還元値 (1 時間値) に於いて、すべてその變化の程度がいわば中庸の位置を占め、かつクロール濃度に於いては殆んど變化なく、O/K, O/K₂ に於いても他の例と異なり運動により上昇を示さないことである。

このような結果は前述の室温環境下に於ける運動負荷に於いてもみられることであり、O/K, O/K₂ の上昇の少ないときは上記物質の變動が少なく、特にクロール濃度の變化と O/K, O/K₂

の變動についてはそうである。即ち室温、低溫環境の如何をとわず、運動の負荷により尿中クロール濃度の變化の甚だしいものに於いては O/K 特に O/K₂ の上昇甚だしく、その變化の少ないものに於いては O/K、O/K₂ の上昇をみなかつた。即ち鹽類水分代謝の異常の度に應じて energy 代謝が大きく亂れることを知る。

考 按

従來低溫並びに運動環境下の生体に関する實驗生化学的研究は、著者の實驗とは異つた條件のもとに動物を材料として種々の方面から行われているが、H. Selye¹⁰⁾ は +2°C の低溫に白鼠をさらし、第 1 日目に高血糖症、第 2 日目にはそれに續く低血糖、以後 10 乃至 15 日間は比較的高血糖症を認め、血液クロール (全血) は第 1、2 日に低く、以後正常に復歸することを認めているが、Browne¹¹⁾ も白鼠に於いて同様な事實を認めており、而して Karady¹²⁾ は上記の第 1、2 日の低クロール血症は赤血球中のクロール減少に起因するものとしている。他方 Elliott¹³⁾ は、低溫に生体がさらされると尿排出の増大、それに伴うクロールの損失を來すが、この場合片側の腎臓を摘出するか、或いは多量の食鹽を攝取させると、尿量並びにクロール排出量は更に増大し、かつこの利尿効果は他の如何なる Stressor¹⁴⁾ よりも大きく、更に又その効果は丁度多量の水を與えたときとよく似ていて、これは腦下垂体後葉ホルモン¹⁵⁾ の投與により抑制されることを認めている。一方 Crismon¹⁶⁾ は水分、食鹽の組織移行に關し次の實驗を行つている。即ち家兎の前脚を -55°C の氷中に 3 分間入れ、その筋肉中の水分並びにナトリウム量を測定し、それらの著明な増量を認めている。

ビタミン C の消長については、Skelton¹⁷⁾ は白鼠に於いて低溫負荷の直後減少、以後増量をみ、一方腦下垂体摘除ではその變化を認めなかつたといひ、Dugal¹⁸⁾ は低溫負荷下の動物の肝、腎臓及び副腎のビタミン C 量を測定し、その減少を認めているが、低溫になれた動物に於いては減少しなかつたと報告している。一方 Levin¹⁹⁾ は低溫環境下の白鼠の副腎コレステリン量を測定し、その減少を認めている。Brolin²⁰⁾ は解剖學的に低溫曝露 1 乃至 2 日に於いて腦下垂体前葉並びに副腎の萎縮をみるも、腦下垂体後葉は何等變化をみせなかつたと報告し、この場合 Dalton²¹⁾ は DOCA の投與は副腎の萎縮を防ぎ得ることを認めている。

一方血液學的方面よりの觀察によれば、Josey²²⁾ は、低溫は未梢血液の中性嗜好多形核白血球の増量を、しかして心臓血液ではむしろ減少を認め、この場合兩血液中の淋巴球減少、エオジン嗜好性白血球減少を伴うことを報告している。Eliot²³⁾ は低溫曝露により血沈の上昇並びに血液凝固時間の延長を認め、その他 H. Selye は低溫曝露により、白鼠の胸腺リンパ腺系の縮小を認め、特に長期の低溫曝露は血管壁のヒアリン沈着をみると報告している。

以上のように低溫に關してはいろいろな方面より觀察されているが、それらの研究は殆んど動物實驗にとどまり、しかも輕度の低溫環境に於ける長期觀察であつて、著者の實驗條件とは大分その趣を異にするばかりでなく、同一個体について同時に種々な生機物質を測定し、有機

的關連性のもとに觀察したものはない。著者は上述のように人間を對象とし -35°C 乃至 -40°C の低温環境下で、上記 13 種類の尿中生機物質を測定しその結果を報告したが、低温にかぎらず、いろいろの外力によつて生体が負荷されるとき、生体のエネルギー代謝、水分、鹽類代謝、糖質、蛋白、脂質代謝等に外力が大きく波及し、これら代謝のうちあるものは衰微し、あるものは又充進するのであろう。しかしこれら代謝の盛衰の間に有機的關連性が存在し、生体は常に内的條件の恒常につとめ、これら外力に對して適應性を保持する。かかる意味に於いて安田・西風の尿係數、小川の尿膠質反應及び還元反應を一應疲勞測定法として採用し、低温環境下の生体の energy 代謝を調べると同時に、生体内部環境の恒常保持の狀況を知るため、尿水素イオン濃度並びに食鹽、尿酸度、アンモニヤ、燐酸など 13 種の尿中生機物質を測定した。

疲勞測定法として従來報告されている方法はあるとしても、それらの殆んどすべては嚴密に言えば疲勞測定法ではなく、疲勞の原因検査法ともみなすべきものであろう。疲勞とは外力に對する生体の防禦反應系の機能低下である以上、その外力並びにそれに對する防禦反應（内外）ともに疲勞の原因となり得るも決して疲勞を表示するものではなく、外力に適應してその生体の防禦反應系の機能が、正常にかつ強固に増大して行けるならば、その生体は疲勞してはいないがたい。しかも吾々をめぐる内的、外的環境のすべては疲勞の原因となり得るのであつて、これが或る時は疲勞回復の原因となり、又或る時は疲勞をもたらす原因ともなる。従つて種々な検査法がその外力或いは内力（防禦反應）に平行して浮沈するならば、それは決して疲勞測定法ではなく、その原因検査法にすぎない。

疲勞測定法として採用出来る先ず第 1 の條件は、その方法が特殊の臟器或いは特殊の機能系列の盛衰と密接な關係あつてはならない。若しあつたとしたら、それは或る特殊の臟器或いは系列の疲勞（機能）測定法であつて、生体全体としての疲勞を表示するものではない。従つて生体内の物質代謝が右にでも左にでも、とにかく極端な方向をとつた場合、換言すれば生体の極端な catabolic phase（或いは sympathetic-tomy）陥入、或いは anabolic phase（或いは vagotomy）陥入の兩期に同様にプラス或いはマイナスを呈し得るものでなければならぬ。ひいてはその方法が死の直前の生体に於いて最高（或いは最低）を呈することであらう。しかしその方法は現在までのところ必ずしもあるとは限らない。

以上の觀點から著者の採用したすべての方法について批判檢討を加えてみることにする。

1) 尿水素イオン濃度：著者の測定したものは pH_1 , pH_2 , pH 差の 3 法であるが、 pH （従來の pH 値に外ならない）では對照、低温、運動、低温運動の集團を通じて夫々時間的に酸性或いはアルカリ側へ偏するものがあり、必ずしも低温或いは運動負荷により酸性に傾くとは限らず、その個体により同じ外力（疲勞因子）にも拘らず、あるものは一時酸性に又あるいはアルカリ性に傾くということは、生体に外力が加わり生体反應が惹起されると一般に acidosis に傾くといわれていることをある程度まで否定する興味ある事實といえるものと考え。即ちプラスでもマイナスでも正常値から離れるということが疲勞を表示することになるのではなか

らうか。

又 pH_2 はアンモニヤを除いたときの尿中燐酸鹽の pH に略平行するものであるが、これについても條件の如何を問わず個体により一定しない。即ち固定鹽基に比する燐酸の排出の極端に増加或いは減少するものがあり、そのどちらに疲勞が強く存在しているかはい難く、pH 差に於いても同様である。

2) 尿滴定酸度、アンモニヤ、燐酸値についても前記と同様のことがいわれ、低温或いは運動の負荷により極端に減少する集團と増加する集團とがある。

3) 疲勞測定法としての小川の尿膠質反應についてみると、低温負荷により本値はむしろ下降し、運動負荷（低温並びに室温環境下）により上昇するが、對照群では差程の變化を示さなかつた。換言すれば肉体的疲勞因子の一つとしての運動により上昇するが、低温下ではむしろ下降するということは、本法は或る特殊の機能系の盛衰に起因することを物語り、従つて上記の方法と同様に疲勞原因検査法ともいふべきもので、眞の疲勞測定法とはい難いように思われる。

4) 又小川の還元反應については、先ず氏の原法に従い、値を單位 cc 値についてみると、對照、低温ともに下降し、運動（室温並びに低温下）によつて著明な上昇を示す結果となり、これは周知のように尿分析に際し体液と同様に單位 cc 當りの値を以て表現した場合、その水分攝取（排出）の盛衰により、同値が疲勞の有無にかかわりなく上下することは多くの學者により認められたところであり、著者はかかる理由より 1 時間値もとつてみた。それによれば對照よりも低温に於いて多少の上昇を認めたが、室温運動では變化少なく、むしろ運動直後に於いて下降の傾向を示し、低温運動では極めて高値を示した。即ち 1 時間値をとつた場合は、運動による結果はマイナスを示した。以上小川の還元値では、原法のように單位 cc 値をとると低温負荷の生体に於いてマイナスを呈し、單位時間値では運動負荷（室温）の生体に於いてマイナスを呈するという矛盾した結果となつてしまつた。

5) Vakut-O (1 時間値) については、この推移は上記還元反應 (1 時間値) のときと略々似ており、低温並びに運動負荷 (低温下) に於いて著明に上昇するが、運動 (室温) に於いてむしろ下降するという結果になり、本法もこれだけでは疲勞測定法として採用し難いものがあると考えられる。

6) 次に安田・西風の尿係數 (O/K , O/K_2 , K_1/K_2) についてみると、 K_1/K_2 では對照に比して低温並びに運動 (室温) に於いてのみ上昇している。しかる O/K 特に O/K_2 については、低温ばかりでなく運動 (室温並びに低温環境下) のすべてに於いて極めて高値を示している。かかる點に於いては、本兩係數は多少とも疲勞測定法としての性格を備えているものと考えられる。

次に低温と各種代謝機能との關係について考察をすすめてみよう。

a) 低温と水分鹽類代謝

生体に寒冷が負荷されると、体内に於ける水分並びにそれに伴う鹽類、特に食鹽の移動が起り、細胞間液は血液中へ、ひいては体外への排出が起る。水分出納を支配する上位機能系としては間脳自律神経系、間脳下垂体後葉系、脳下垂体甲状腺系等があげられるが、他の内分泌系はいわゆる条件附因子 (conditioning factor) に影響され、利尿に對しての直接の支配因子とは考えられていないようであるが、第 10 圖にみるように低温環境下の尿排出は室温下運動の場合とは趣を異にし、低温では尿排出の増加が既に低温負荷中 (第 2 尿) にみられ、これが 1 時間後、3 時間後までみられ、しかも時間の経過とともに増大する傾向を示す。なお以上のことは低温環境下の運動の場合にも同様にみられる。しかし以上のような適應反應は全例にみられたとは限らず、被檢者の 1 人 TO 例では低温及び低温運動の兩条件下でも利尿の増強が認められず、むしろ条件負荷後 1, 3 時間後に逆に低値を示している。これは Birne, Browne¹¹⁾ 等も認めているように、TO 例は低温による catabolic phase (警告反應) 陥入生体とみなしてよいと思われるもので、氏等は家兎に運動或いは寒冷を負荷し、尿排出の減少を認め、又負荷を繰返すと尿排出の減少は次第に回復し、むしろ正常よりも増加することのあることも認めている。又 Bader, Eliot は低温に於ける利尿は脳下垂体後葉ホルモンの投與により抑制されることを報告しているところよりも、TO 例に於いては後葉の機能が他を壓しているもののように思われる。又尿中クロールも低温負荷により増大するが、尿排出とは必ずしも強い相關々係を示したとは限らない。即ち低温負荷で尿中クロール濃度 (第 27 圖) の變化のなかつたものは 6 例中 2 例のみで、この異常反應は内分泌系の機能異常と密接な關係があるものと思われ、尿排出の増加、クロール濃度の減少は明らかに脳下垂体後葉機能低下に伴う脳下垂体前葉甲状腺並びに副腎系 (Scholz¹⁰⁾, H. Selye¹⁰⁾, Birnie¹⁰⁾) の異常興奮が腎臟機能に影響を及ぼしたものと考えられる。

b) 低温と酸鹽基平衡並びに energy 代謝

体液の pH 恒常 (7.3~7.5) 維持は炭酸系、蛋白系、磷酸系の緩衝作用によつてなされ、その potential pH の回復は主に肺、腎臟の機能によることは既知のところであろうが、生体に低温が負荷されると、体内に於ける energy 代謝の亢進と同時に、時には亂れを生じ、alkali reserve は減少し、過剰の酸性物質は尿中に排出されることにならうが、著者の實驗に於いて低温並びに低温運動負荷により、尿 pH は對照に比して低下し、滴定酸度、磷酸値は上昇の傾向を示し、尿係數の上昇をみるが、前述の場合と同様に個体により低温に對する適應のしかたが異なり、そのため低温による pH_1 の低下は pH_2 の變動と相まつて pH 差の變動の幅が増大して来る (第 1, 2, 3 圖)。 pH_2 は尿中より NH_3 を除く固定鹽基と磷酸の排出の相關値で、本値の低下は磷酸の固定鹽基に比する排出増大を、又その上昇は磷酸の固定鹽基に比する排出減少を意味することにならうし、又 pH 差は尿中より NH_3 を除いたときの pH 變動の幅で、 NH_3 に比して磷酸の排出が大となつたとき、pH 差は縮少し、又逆に NH_3 の排出増加は本値の増大をみることとならう。以上より TO, A 例及び S, T 例についてみると、TO, A 例では pH

差の減少、又 S, T 例では増大をみ、しかもこれらのよつて來たところは低温負荷による滴定酸度、アンモニヤ値、磷酸値の推移より知るように、生体の低温環境に對する反應型として、磷酸の排出にあつて固定鹽基の喪失をやむなくされる TO, A 例のような型と、一方固定鹽基の喪失を防ぐための過剰の NH_3 の排出をもつてする S, T 例の 2 型が存在することになるが、しかも前述したように TO 例は低温負荷によつて尿量排出の減少とクロール濃度の増大を來たした腦下垂體後葉機能系の異常興奮型を思わせるものであり、一方 S, T 例は尿排出の増加、クロール濃度の極端な減少を示した甲狀腺副腎系の異常興奮型を思わせるものであつた。以上のことは低温環境下運動負荷時にもみられ、pH 差及びクロール濃度の變動の激しいものにおいては O/K, O/K₂ の上昇がみられ、逆に變動の少ないものでは O/K, O/K₂ の上昇はみられなかつた。

以上のことより、寒冷に對する個体の適應反應の仕方はその個体により異なり、その適應反應型を次のように分類できるものとする。即ち

- 1) 貧尿型 (腦下垂體後葉機能亢進型)
- 2) 多尿型 (腦下垂體前葉機能亢進型)
 - (イ) 異常亢進型
 - (ロ) 適應型

以上の分類を H. Selye¹⁰⁾によつて解釋すると、著者のいう貧尿型は警告反應期 (the stage of alarm reaction) の shock 相に相當し、多尿型中その異常亢進型は抗 shock 相 (the stage of counter-shock), 又その適應型は抵抗期 (the stage of resistance) に相當するように思われる。

又一方野崎は胸廓成形術後患者の尿並びに血液について生化學的觀察を行つてゐるが、氏の結果によると、

イ) 手術後 0~24 時間 (0~48 時間) では、尿量の減少、クロール濃度の上昇或いは無變化、pH の下降、尿中アンモニヤ特に磷酸値の上昇、O/K₄ (新法) の上昇。

ロ) 手術後 24~72 時間 (48~72 時間) では、尿量の増加、クロール濃度の著明な下降、pH の上昇、アンモニヤに比する磷酸の極端な下降、O/K₄ の上昇。

ハ) 手術後 10~15 日では上記物質の術前値復歸を認めている。

この場合の術直後の shock 相における尿の變化は、著者の實驗における貧尿型 (TO, A 例) に相似し、術後 24~72 時間の抗 shock 相における生體反應は、著者の多尿型中の異常亢進型に相似たところがある。

換言すれば生体に寒冷が作用すると生體反應型は個体によつて異なり、そのあるものは腦下垂體後葉ホルモンの分泌過剰に副腎皮質ホルモンの分泌がおおいかぶされた、比較的副腎皮質機能低下をみる shock 相に陥入するもの、或いは shock 相に陥入することなく、寒冷に對し異常に強い防禦反應を示すところの抗 shock 相に陥入するもの、或いは又以上の警告反應を起さず抵抗期の反應を示すものがあるということになる。

以上の個体(人間)の低温に対する反応様相より次のことが考えられるように思う。

即ち低温に対して未経験の個体が強い寒冷に作用されると、その生体は H. Selye のいう警告反応を惹起し、しかも時には shock 相陥入も餘儀なくされるが、寒冷がくりかえされると個体はそれに適應し、抗 shock 相ひいては抵抗相に入る。即ち個体は寒冷に対しても、ある程度の限界はあるが、次第に「慣れ」を生ずるようになる。しかしここに注意しなければならないことは、この寒冷に対する適應のかくとかくのために個体が適應エネルギーを消耗し、時にその個体が歪んだ適應を示す場、即ち例えばリウマチス、高血圧症を起すのみならず他の外力(結核その他)におかされやすい体質になるような場合のあることである。しかしそれらの疾病に対する豫防については、各個体のいろいろな低温環境下での生理的狀態を十分に検索し且つ明らかにすることによつて、ある程度の対策がたえられるのではなからうか。このように考えてくる時、低温の人体に及ぼす影響に關して行われたかかる生化學的研究の成績が寒冷地方における實際の生活條件の検討或いは向上の問題に対して多少なりと科學的な資料を提供しその貢獻に役立つものと信ずる。

結 論

低温環境が人体に対して如何なる影響を及ぼすか、そしてまた人体がその低温環境に対して如何なる適應性を示すかという點に關して、生化學的な立場から追究したいと考えて種々の低温條件における人体實驗を試み、尿量、pH、酸度、アンモニヤ、磷酸、クロール、尿係數、尿膠質反應、還元反應の測定等 13 種の尿生機物質の検索を行い、次のような結果を得た。

1) 寒冷曝露により尿 pH_1 , pH_2 はかならずしも酸性に傾くとは限らない。しかも pH 差は、或るものは上昇し、或るものは下降するので、その分散は大となつた。また尿中アンモニヤと磷酸排出の割合をみるのに前者が過剰に排出される型と逆に排出の減少する型とに分けられる。しかも兩型ともにクロールの損失が大であり、且つ O/K , O/K_2 の上昇から energy 代謝の亂れがみとめられた。

2) 低温に更に運動を負荷した場合の pH_1 , pH_2 はともにその分散がさらに大となるが、その場合低温と異なり、磷酸並びにアンモニヤの排出がともに大となるので pH 差に於てはその分散は正常と異ならなかつた。それら pH の分散大なるものに於てクロールの排出にも亂れを生じ、同時に極めて高度の energy 代謝における障害をみとめた。

要するに低温環境は生体内の鹽類代謝並びに energy 代謝を阻害するものであるが、生体の低温に対する適應性は個体によつて必ずしも同一傾向を示すものではないことをみとめた。

拙筆にあたり御懇切なる御指導と御校閲を賜つた、恩師根井外喜男教授、吉本千禎助教授、並びに結核研究所西風倚助教授に深甚なる感謝の意を捧げるとともに、本實驗に終始御協力をいただいた飛澤、淺田、竹中の諸氏に満腔の謝意を捧げる。

文 献

- 1) 西風脩・齋藤辰次 未發表.
- 2) 西風脩・齋藤辰次 未發表.
- 3) 西風脩 1952 生体反應側よりみた尿生機物質の消長について (第1報) 尿 Vakato の測定法について. 醫學と生物學, 24, 119.
- 4) 西風脩 1952 生体反應側よりみた尿生機物質の消長について (第2報) 尿沃度酸値の測定法について. 醫學と生物學, 25, 1.
- 5) 小川巖 1949 小川氏尿膠質反應に就いて. 環境醫學研究所年報, 昭和22, 23年度合冊號, 84.
- 6) 小川巖 1949 疲勞判定法としての尿中總還元力測定法並びにこれが最も簡易なる尿糖測定法としての臨床的應用. 環境醫學研究所年報, 昭和22, 23年度合冊號, 89.
- 7) 野崎徳治 未發表
- 8) 中山雄二・野崎徳治 1953 生体反應側よりみた尿生機物質の消長について (第9報) 尿沃度酸値 (K_1 , K_2) と尿磷酸値の相關について. 醫學と生物學, 26, 94.
- 9) 中山雄二・野崎徳治 1953 生体反應側よりみた尿生機物質の消長について (第15報) 尿量と尿煮渉沃度酸値 (K_2) の相關について. 醫學と生物學, 28, 69.
- 10) Selye H. 1946 The general adaptation syndrom and the diseases of adaptation. J. Clin. Endocrinol., 6, 117.
- 11) Browne, J. S. L. 1939 The effect of noxious agents on creatine, creatinine, chloride and water excretion. J. Physiol., 97, 1.
- 12) Karady, S. 1939 Effect of adrenal insufficiency on distribution of chlorides between plasma and erythrocytes. Proc. Soc. Exper. Biol. and Med., 41, 640.
- 13) Elliott, T. R. 1905 The action of adrenalin. J. Physiol., 32, 401.
- 14) Selye, H. 1946 The general adaptation syndrom and the diseases of adaptation. J. Clin. Endocrinol., 6, 117.
- 15) Bader, R. A. 1949 Renal and hormonal mechanism of cold diuresis. Federation Proc., 8, 7.
- 16) Crismon, J. M. 1946 Distribution of sodium and water in monocyte following severe cold injury. Science, 104, 408.
- 17) Skelton, F. R. 1949 Some chemical and morphological changes elicited in the adrenal by stilboestral and SAP. Proc. Soc. Exper. Biol. & Med., 71, 120.
- 18) Dugal, L. P. 1947 Ascorbic acid and acclimatization to cold environment. Canad. J. Research Sect., 25, 111.
- 19) Levin, L. 1945 The effects of several varieties of stress on the cholesterol content of the adrenal glands and of the serum of rats. Endocrinol., 37, 34.
- 20) Brolin S. E. 1946 A study of the structural and hormonal reactions of the pituitary body of rats exposed to cold. Acta Anatomica, 1, 3.
- 21) Dalton, A. J. 1940 Morphological changes during the general adaptation syndrome. Anat. Rec., 76, 85.
- 22) Josey, A. I. 1932 The effect of starvation of and exposure to cold on white cells of the guinea pig. Folia Haemat, 47, 303.
- 23) Elliot, J. W. 1948 Cross-acclimatization to heat and cold. Am. J. Physiol. 155, 435.

Résumé

With a view to investigating how the human body is influenced by and what kind of adaptability it shows to its cold environment, the author examined urines with respect to volume, pH, acidity, urine quotients, colloid reaction, reducing reaction and contents of chemical substances, such as ammonium, phosphoric acid, Cl, etc., by employing healthy male adults who were exposed to cold for 40 minutes at $-40^{\circ} \sim -35^{\circ}\text{C}$ in an artificial frozen room.

The results obtained were as follows:

1) Urinal pH did not always show a tendency to become acidic when the body was exposed to cold. The distribution of pH values was widely dispersed; they increased in some cases, while they decreased in others.

The ratio between ammonium and phosphoric acid in urine exhibited two different cases of excretion; in one of them the ammonium and in the other the phosphoric acid was excreted in excess. In both cases, the loss of Cl was found to be very large and moreover the disturbing influence upon energy exchange was inferred from the increase of urine quotients (O/K and O/K_2).

2) When the exposure to cold was accompanied by physical exercise, pH showed much wider dispersion, but since in this case, the excretion of both phosphoric acid and ammonium increased, the dispersion as to the pH-difference ($pH_1 - pH_2$) proved to be normal in contrast to the case without physical exercise. In those cases where pH values were widely spread, the excretion of Cl became also unstable and high degree of drawbacks to the energy exchange was observed.

In short, cold environment seems to retard salt metabolism and energy exchange of human body.

The personal adaptability to cold temperature does not always show the same tendency and its reaction types seem to be classified into the following:

- 1) Oliguria type (Hyperfunction type of pituitary posterior lobe),
- 2) Polyuria type (Hyperfunction type of pituitary anterior lobe),
 - 2a) Abnormal hyperfunction type,
 - 2b) Adaptation type.

附表

第1表 pH₁ の消長

(對)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	5.8	5.8	6.0	5.8
T	6.2	7.1	6.6	6.4
TO	6.0	6.6	6.8	6.6
S	4.9	6.4	7.1	7.0
TK	6.8	7.0	6.6	6.4
A	6.8	6.6	6.6	6.0

(低)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	5.2	5.6	5.8	5.6
T	5.2	5.8	6.0	5.7
TO	6.7	6.8	6.0	5.4
S	5.4	5.6	6.2	6.0
TK	6.5	6.6	6.7	6.2
A	6.5	7.0	7.0	6.6

(遲)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	5.3	5.0	5.3	5.4
T	5.5	5.7	6.0	6.0
TO	5.4	5.4	4.9	4.9
S	5.4	6.2	6.0	5.4
TK	6.0	5.3	5.5	5.8
A	5.8	5.0	6.0	6.2

(低・遲)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	5.8	6.4	6.2	6.2
T	6.0	5.6	6.2	6.2
TO	6.2	5.2	5.0	5.0
S	5.2	5.3	6.8	6.1
TK	6.2	6.0	7.2	7.0
A	6.3	6.3	6.0	5.8

第2表 pH₂ の消長

(對)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	4.6	4.4	4.8	4.6
T	4.6	5.6	5.0	4.7
TO	4.7	5.4	6.1	5.3
S	4.3	4.9	6.0	6.4
TK	5.5	6.0	6.0	5.0
A	5.2	4.8	5.0	4.6

(低)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	4.0	4.2	3.7	4.2
T	4.2	4.1	4.6	4.4
TO	4.2	4.4	4.8	5.0
S	5.2	4.8	4.6	4.4
TK	4.6	4.9	5.4	4.9
A	4.8	6.3	6.4	5.0

(遲)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	4.4	4.0	4.2	4.3
T	4.2	3.8	4.0	4.8
TO	4.5	4.5	4.1	4.2
S	5.0	5.8	4.8	5.0
TK	4.2	3.7	3.9	4.0
A	4.5	3.6	4.4	4.5

(低・遲)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	4.7	4.8	4.8	4.9
T	4.4	4.0	4.8	4.8
TO	5.0	4.5	4.4	4.6
S	4.2	4.4	5.8	4.6
TK	4.9	4.6	6.2	6.0
A	4.9	4.7	4.4	4.2

第3表 pH差の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	1.2	1.4	1.2	1.2	Y	1.2	1.4	1.7	1.4
T	1.6	1.5	1.6	1.7	T	1.0	1.7	1.4	1.3
TO	1.3	1.2	0.7	1.3	TO	2.5	2.4	1.2	1.4
S	0.6	1.5	1.1	0.6	S	0.2	0.8	1.6	1.6
TK	1.3	1.0	0.6	1.4	TK	1.9	1.7	1.3	1.3
A	1.6	1.8	1.6	1.4	A	1.7	0.7	0.6	1.6

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	0.9	1.0	1.1	1.1	Y	1.1	1.6	1.4	1.3
T	1.3	1.9	2.0	0.8	T	1.6	1.6	1.4	1.6
TO	0.9	0.9	0.8	0.7	TO	1.2	0.7	0.6	0.4
S	0.4	0.4	2.2	0.4	S	1.0	0.9	1.0	1.5
TK	1.8	1.6	1.6	1.8	TK	1.3	1.4	1.0	1.0
A	1.3	1.4	1.6	1.7	A	1.4	1.6	1.6	1.6

第4表 酸度I(1時間値)の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	11.0	7.1	7.4	6.6	Y	10.8	14.8	12.8	14.1
T	10.2	2.0	3.1	6.3	T	13.2	15.6	14.8	8.2
TO	11.9	3.4	1.8	4.5	TO	2.4	2.2	9.1	8.4
S	31.1	12.3	5.0	37.1	S	16.8	8.7	7.9	11.3
TK	2.8	6.6	5.1	6.9	TK	5.1	4.4	6.7	13.5
A	3.2	3.4	2.8	6.4	A	7.1	2.5	3.6	7.6

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	9.0	8.1	8.2	10.4	Y	6.3	6.7	6.3	6.0
T	28.0	15.9	6.1	4.0	T	6.4	7.7	7.3	3.8
TO	4.9	20.2	13.5	7.3	TO	4.7	29.7	15.4	10.3
S	20.8	13.5	4.5	2.0	S	18.4	14.0	19.4	8.4
TK	5.4	8.8	7.2	7.7	TK	15.0	12.0	13.2	20.2
A	14.5	14.0	6.9	7.8	A	8.4	13.6	8.7	10.0

第 5 表 酸度 II (1 時間値) の消長

(對)					(低)				
氏名	時 間				氏名	時 間			
	0 分	40分	1 時間 40分	3 時間 40分		0 分	40分	1 時間 40分	3 時間 40分
Y	26.7	22.7	23.3	22.4	Y	16.2	24.8	19.1	21.7
T	27.5	18.1	22.8	22.9	T	9.2	15.6	27.6	21.7
TO	23.1	16.7	14.0	17.3	TO	5.8	3.6	3.3	2.3
S	11.8	14.3	16.0	13.5	S	16.4	6.6	5.2	10.2
TK	16.2	28.6	26.9	26.6	TK	39.2	36.0	29.6	29.4
A	9.7	6.1	6.2	11.6	A	16.6	17.5	16.4	20.9

(運)					(低・運)				
氏名	時 間				氏名	時 間			
	0 分	40分	1 時間 40分	3 時間 40分		0 分	40分	1 時間 40分	3 時間 40分
Y	11.4	28.2	15.1	14.1	Y	15.4	19.2	15.6	9.3
T	11.2	8.6	19.2	14.2	T	14.4	13.6	14.9	10.2
TO	15.8	26.5	17.6	14.1	TO	11.5	28.2	15.2	14.2
S	31.7	17.1	20.3	16.2	S	35.9	30.2	15.9	23.4
TK	17.0	15.9	18.4	17.3	TK	15.4	34.6	18.0	29.2
A	29.6	20.1	12.4	8.6	A	13.2	12.3	19.8	19.4

第 6 表 酸度 III (1 時間値) の消長

(對)					(低)				
氏名	時 間				氏名	時 間			
	0 分	40分	1 時間 40分	3 時間 40分		0 分	40分	1 時間 40分	3 時間 40分
Y	2.6	1.1	3.2	1.7	Y	5.8	6.3	8.7	8.1
T	8.6	2.9	1.6	2.3	T	8.4	8.4	8.5	4.8
TO	2.6	4.2	3.5	3.0	TO	1.8	3.6	4.7	6.1
S	17.4	6.4	5.5	4.7	S	11.7	1.3	3.5	6.3
TK	2.8	7.7	7.7	6.4	TK	4.5	8.1	14.0	16.4
A	7.2	6.8	4.2	3.0	A	6.9	13.2	18.2	8.8

(運)					(低・運)				
氏名	時 間				氏名	時 間			
	0 分	50分	1 時間 40分	3 時間 40分		0 分	40分	1 時間 40分	3 時間 40分
Y	2.7	2.3	0.2	0.4	Y	2.5	2.4	2.9	1.3
T	15.4	9.9	1.7	0.5	T	2.7	3.2	2.2	2.3
TO	2.8	11.6	5.3	2.9	TO	0.8	15.1	5.7	1.3
S	11.2	3.8	2.8	2.0	S	7.3	3.5	2.3	4.8
TK	15.7	2.8	2.6	4.0	TK	3.2	5.0	5.0	3.7
A	9.4	6.5	3.1	3.1	A	2.2	5.8	4.6	2.6

第7表 O/K の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	15.7	12.0	14.8	15.1	Y	20.5	23.8	18.6	23.5
T	17.8	17.1	23.9	20.4	T	19.1	32.2	35.4	38.2
TO	28.0	25.6	24.5	24.5	TO	25.6	34.9	41.8	37.0
S	13.3	17.2	18.3	15.7	S	16.3	17.2	16.1	24.0
TK	15.6	16.5	17.1	14.2	TK	16.6	15.8	12.0	17.0
A	29.8	23.5	19.1	22.9	A	22.4	30.1	42.2	31.9

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	22.9	29.0	17.3	19.0	Y	19.3	28.8	14.5	15.7
T	22.4	30.2	20.2	25.3	T	17.8	20.6	17.5	18.0
TO	28.9	66.9	29.2	21.8	TO	24.2	53.5	54.8	25.5
S	17.3	33.8	20.5	17.9	S	18.0	31.0	30.3	15.1
TK	24.9	28.5	20.7	18.3	TK	22.7	32.1	36.8	38.8
A	14.0	14.5	13.3	10.5	A	23.6	27.2	25.3	28.9

第8表 O/K₂ の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	25.5	16.9	21.4	24.5	Y	35.5	45.2	30.7	41.9
T	27.8	27.3	40.6	34.2	T	32.1	51.5	56.7	62.6
TO	56.4	52.7	47.8	49.4	TO	45.6	70.9	88.6	75.2
S	20.7	27.8	30.4	24.7	S	27.5	31.6	32.9	45.3
TK	33.5	34.7	37.2	27.4	TK	28.8	26.4	20.7	29.4
A	27.5	20.9	32.5	38.4	A	37.9	50.8	75.5	54.2

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	40.1	59.4	30.6	39.0	Y	29.8	44.9	21.5	25.5
T	37.7	55.9	18.7	41.9	T	27.6	30.3	26.4	28.1
TO	58.1	126.4	63.7	37.3	TO	52.4	110.1	125.0	67.1
S	26.8	64.2	35.1	29.5	S	28.2	66.4	48.0	25.1
TK	50.2	60.9	34.4	31.8	TK	44.5	69.8	67.4	65.4
A	29.1	27.7	23.1	18.0	A	38.7	47.1	44.5	50.6

第9表 K_1/K_2 の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	0.63	0.39	0.44	0.59	Y	0.73	0.89	0.65	0.78
T	0.57	0.59	0.70	0.68	T	0.67	0.59	0.61	0.64
TO	1.01	1.06	0.95	1.01	TO	0.74	1.03	1.12	1.03
S	0.54	0.60	0.66	0.57	S	0.69	0.81	1.04	0.89
TK	1.14	1.11	1.18	0.93	TK	0.74	0.59	0.73	0.73
A	0.84	0.78	0.70	0.68	A	0.69	0.69	0.79	0.70

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	1時間 40分
Y	0.75	1.05	0.76	1.06	Y	0.54	0.56	0.49	0.63
T	0.68	0.85	0.69	0.71	T	0.55	0.47	0.51	0.57
TO	1.01	0.89	1.18	0.71	TO	1.16	1.05	1.28	1.63
S	0.55	0.90	0.71	0.65	S	0.57	1.14	0.61	0.67
TK	1.01	1.14	0.66	0.74	TK	0.96	1.18	0.83	0.72
A	1.07	0.92	0.74	0.71	A	0.64	0.73	0.76	0.75

第10表 尿量 (1時間値) の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	100	72	290	90	Y	40	54	48	110
T	48	16	142	123	T	21	39	198	119
TO	233	228	160	206	TO	132	123	118	105
S	85	135	137	127	S	48	75	240	215
TK	110	300	350	135	TK	82	93	116	161
A	66	62	55	62	A	70	117	200	174

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	2時間 40分
Y	41	19.5	34	114	Y	62	54	57	181
T	48	22.5	20	108	T	16	15	25	41.5
TO	109.5	67	45	41.5	TO	108	138	98	112.5
S	71	36	77	108.5	S	117	96	106	100
TK	43	24	37	33.5	TK	150	114	91	92
A	99	52.5	46	56	A	60	88.5	66	53.5

第11表 クロール(1時間値)の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	565	260	558	473	Y	378	529	479	578
T	596	774	795	861	T	199	355	543	542
TO	856	918	1288	1154	TO	670	1098	2127	809
S	699	1205	1199	978	S	316	630	714	978
TK	558	945	858	732	TK	631	765	873	1240
A	566	575	491	488	A	551	921	1400	914

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	352	123	250	319	Y	597	359	589	887
T	352	126	175	246	T	134	137	228	421
TO	326	169	323	280	TO	473	773	823	827
S	447	258	728	1101	S	1044	874	1169	980
TK	467	231	421	276	TK	446	559	685	676
A	851	450	443	568	A	483	743	554	468

第12表 O(1時間値)の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	600	515	633	360	Y	426	735	566	590
T	592	542	532	414	T	413	554	875	896
TO	629	592	699	508	TO	00	1034	949	738
S	544	913	946	650	S	551	752	716	904
TK	683	524	849	720	TK	747	760	492	589
A	689	714	582	676	A	608	1209	1531	919

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	634	528	576	412	Y	389	1078	517	420
T	972	488	240	538	T	306	396	462	376
TO	320	972	541	534	TO	294	1174	1034	435
S	706	703	804	800	S	677	825	663	540
TK	595	483	852	442	TK	319	807	685	619
A	486	317	289	285	A	557	987	741	703

第13表 K (1時間値) の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	38.3	42.4	42.8	23.3	Y	20.8	30.8	30.4	25.1
T	38.4	31.7	22.3	20.2	T	21.7	17.2	24.8	23.4
TO	22.5	23.1	28.6	20.7	TO	23.4	29.6	22.7	19.9
S	40.4	52.5	50.6	41.2	S	33.9	43.8	34.0	37.7
TK	41.3	31.8	49.8	50.8	TK	48.1	48.0	41.1	34.7
A	23.0	30.4	30.4	29.6	A	27.1	40.7	36.4	29.5

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	27.7	18.2	33.2	21.8	Y	20.1	37.5	35.7	26.7
T	43.4	16.1	21.8	21.3	T	17.2	19.2	26.3	20.9
TO	11.1	14.5	18.5	25.1	TO	12.1	21.9	18.9	17.1
S	41.0	20.8	39.3	45.1	S	37.7	26.6	22.1	35.9
TK	23.8	17.0	28.0	24.2	TK	14.0	25.2	16.6	16.3
A	31.8	22.0	25.6	27.0	A	23.6	36.1	33.7	24.6

第14表 K₁ (1時間値) の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	14.8	12.1	13.2	8.6	Y	8.8	14.6	11.9	11.0
T	12.0	11.8	9.2	8.2	T	8.7	6.4	9.4	9.1
TO	11.3	11.7	13.9	10.4	TO	10.0	15.0	12.0	10.1
S	14.2	19.7	20.1	14.9	S	13.9	19.6	17.3	17.7
TK	11.7	16.7	13.5	12.2	TK	19.1	19.2	17.3	14.6
A	10.5	13.3	12.6	11.9	A	11.2	16.5	16.1	12.2

(運)					(低・運)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	11.9	9.3	14.4	11.2	Y	7.1	13.4	11.6	10.2
T	17.6	7.4	8.9	8.8	T	6.1	6.1	8.9	7.5
TO	5.6	6.8	10.0	10.4	TO	6.5	11.3	10.6	10.6
S	14.4	9.8	16.3	17.8	S	13.7	14.2	8.3	14.3
TK	11.9	9.0	11.1	10.3	TK	6.8	13.6	8.5	6.8
A	16.4	10.5	10.9	11.2	A	9.2	15.3	12.7	10.4

第15表 K_2 (1時間値) の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	23.5	30.4	29.6	14.7	Y	12.0	16.3	18.4	14.1
T	21.3	19.9	13.1	12.1	T	12.9	10.8	15.4	14.3
TO	11.2	11.2	14.6	10.3	TO	13.4	14.6	10.7	9.8
S	26.2	32.8	30.5	27.1	S	20.0	24.2	16.7	19.9
TK	9.7	15.1	11.3	13.2	TK	26.0	28.8	23.8	20.0
A	12.5	17.0	17.8	17.7	A	16.0	24.2	20.3	17.3

(漚)					(低・漚)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	15.8	8.9	18.9	10.6	Y	13.0	24.0	24.0	16.4
T	25.8	8.7	12.8	12.5	T	11.2	13.1	17.5	13.4
TO	5.5	7.7	8.5	14.7	TO	5.6	10.7	8.3	6.5
S	26.6	10.9	23.0	27.3	S	24.0	12.4	13.8	21.5
TK	11.9	7.9	16.8	13.8	TK	7.1	11.6	10.2	8.5
A	15.3	11.4	14.7	15.8	A	14.4	20.8	21.0	14.1

第16表 還元値 (1時間値) の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	14.2	12.3	17.1	10.2	Y	9.4	17.9	12.4	11.9
T	13.8	14.7	15.6	9.2	T	10.6	14.5	13.4	11.7
TO	18.0	15.8	16.0	13.3	TO	12.7	14.6	12.7	10.8
S	18.1	23.4	20.0	15.5	S	18.5	18.7	15.1	16.3
TK	15.7	20.7	14.4	12.6	TK	21.6	22.5	18.8	16.7
A	11.4	10.9	10.6	10.9	A	13.4	19.9	19.0	14.6

(漚)					(低・漚)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	12.5	10.7	14.2	12.0	Y	9.8	18.8	14.8	13.6
T	29.4	—	11.9	14.4	T	9.8	12.0	13.8	10.8
TO	6.6	9.0	10.8	9.5	TO	8.6	13.6	9.2	10.6
S	21.0	12.4	20.3	15.7	S	27.3	23.1	19.2	16.1
TK	13.3	10.1	14.7	10.9	TK	8.7	22.0	14.7	12.2
A	13.4	14.5	12.6	13.9	A	9.7	18.3	13.7	8.8

第17表 還元値 (100 cc) の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	14.2	17.1	5.9	11.3	Y	23.7	33.1	25.8	10.8
T	28.8	22.2	11.0	7.5	T	50.3	37.1	6.9	9.8
TO	7.7	6.9	10.0	10.6	TO	9.6	11.9	11.8	10.3
S	21.4	17.3	14.6	12.2	S	38.5	24.9	6.3	7.6
TK	14.3	6.9	4.1	9.3	TK	26.4	24.2	16.2	10.4
A	17.2	17.5	19.2	17.5	A	19.2	16.9	9.5	8.4

(選)					(低・選)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	30.6	55.0	42.0	10.5	Y	15.8	34.8	26.0	7.5
T	61.3	—	59.4	13.3	T	61.5	79.7	55.3	26.1
TO	6.0	13.1	24.0	23.0	TO	8.0	9.9	11.5	9.4
S	29.6	34.5	26.4	14.5	S	23.3	24.1	18.1	16.1
TK	30.9	42.0	39.7	32.0	TK	5.8	19.3	16.1	13.3
A	14.9	27.6	27.4	24.8	A	16.1	20.7	20.7	16.5

第18表 膠質反應 (保護數) の消長

(對)					(低)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	28	30	20	26	Y	28	34	30	22
T	38	28	20	20	T	36	30	16	18
TO	18	18	22	18	TO	20	24	24	22
S	28	28	30	28	S	30	24	24	24
TK	24	20	18	22	TK	28	24	20	22
A	26	28	28	28	A	30	24	28	26

(選)					(低・選)				
氏名	時間				氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分		0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	30	50	40	24	Y	24	20	32	20
T	22	26	24	20	T	30	34	28	26
TO	20	28	40	36	TO	24	34	24	32
S	28	36	34	28	S	20	26	28	24
TK	28	40	36	32	TK	20	28	28	26
A	24	36	32	30	A	24	24	23	24

第19表 クロール (100 cc) の消長

(對)

氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	595	361	193	526
T	1241	—	560	700
TO	367	403	805	560
S	817	893	875	770
TK	507	315	245	542
A	858	928	893	787

(低)

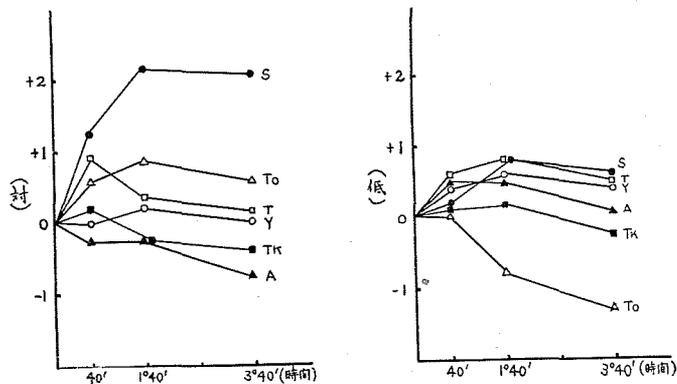
氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	945	980	998	525
T	948	910	274	455
TO	509	893	—	770
S	658	840	297	450
TK	770	823	753	770
A	787	787	700	525

(運)

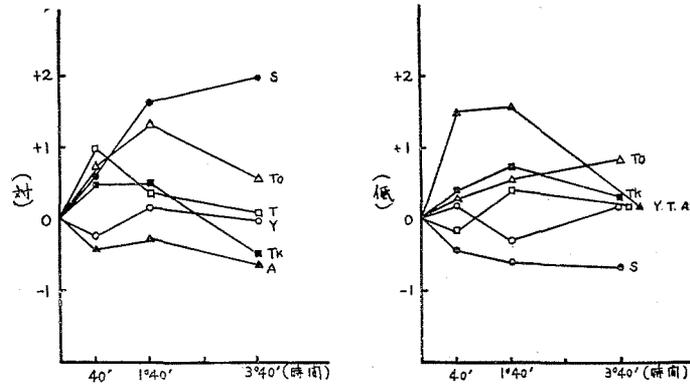
氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	856	631	735	279
T	735	560	875	228
TO	297	252	718	675
S	630	717	945	1015
TK	1086	963	1138	824
A	860	857	963	1014

(低・運)

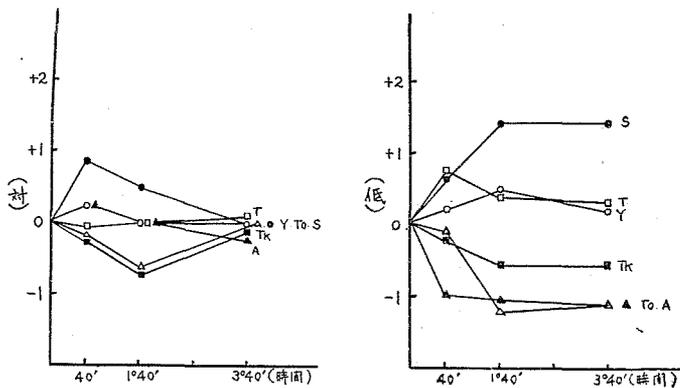
氏名	時間			
	0分	40分	1時間 40分	3時間 40分
Y	963	664	1033	490
T	838	913	912	1014
TO	438	560	840	807
S	892	910	1102	980
TK	297	490	753	735
A	805	839	839	875



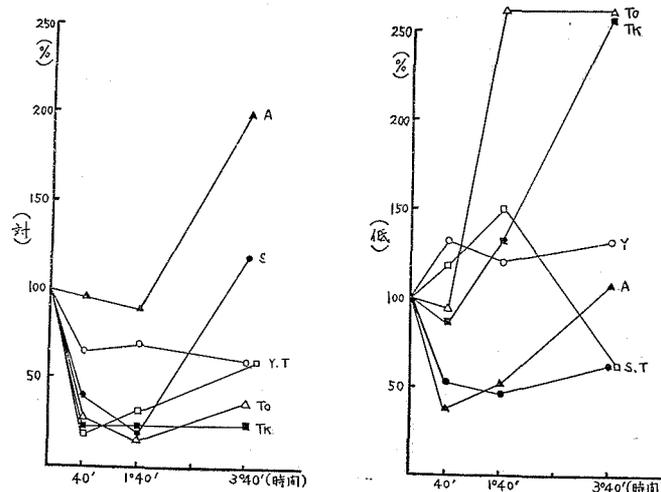
第1圖 pH₁の消長について (対照, 低温)



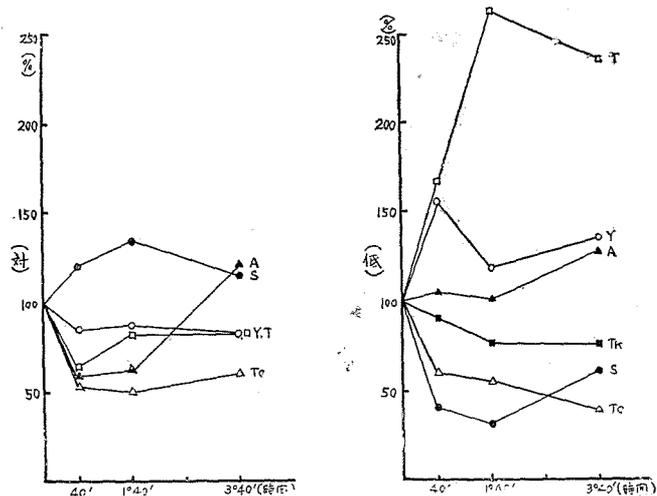
第2圖 pH₂の消長について (対照, 低温)



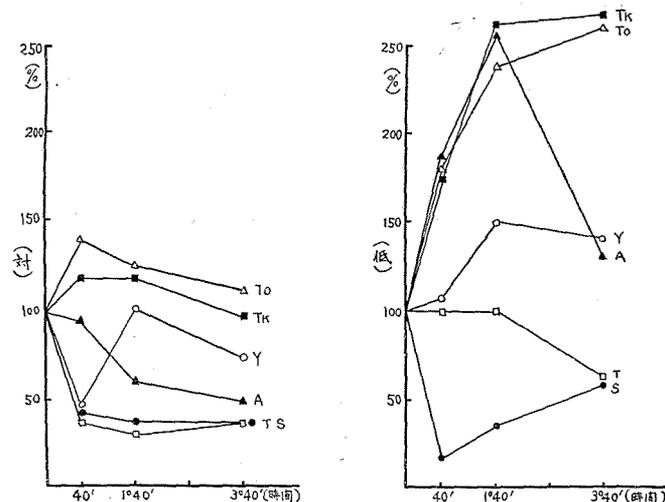
第3圖 pH差の消長について (対照, 低温)



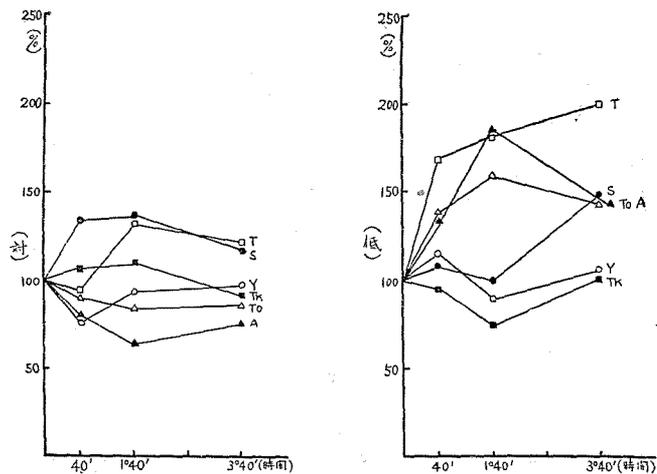
第4圖 酸度Iの消長について (対照, 低温)



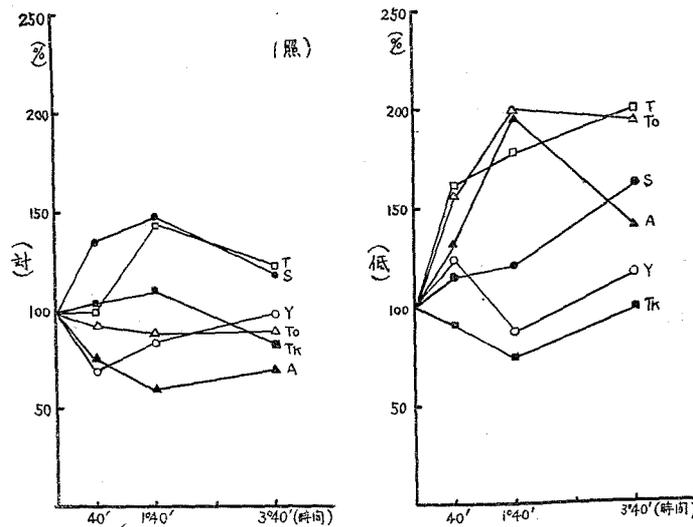
第5圖 酸度IIの消長について(對照, 低温)



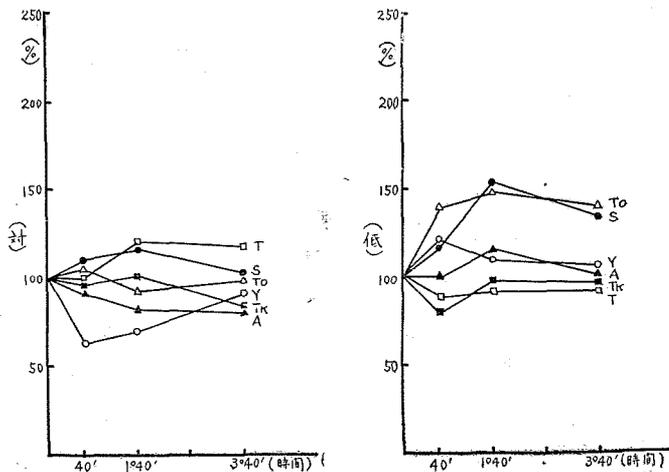
第6圖 酸度IIIの消長について(對照, 低温)



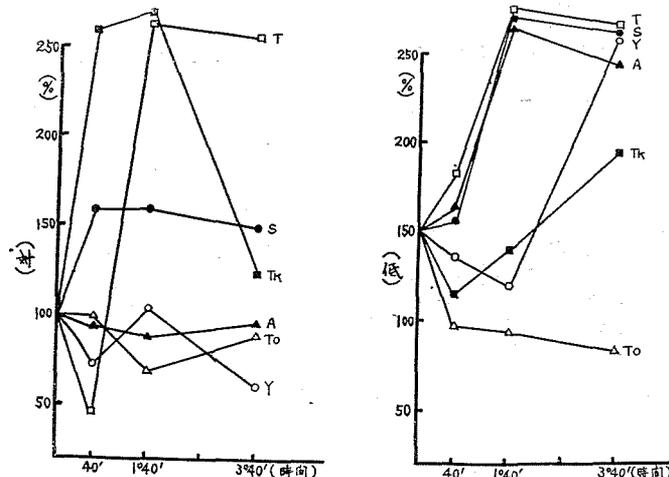
第7圖 O/Kの消長について(對照, 低温)



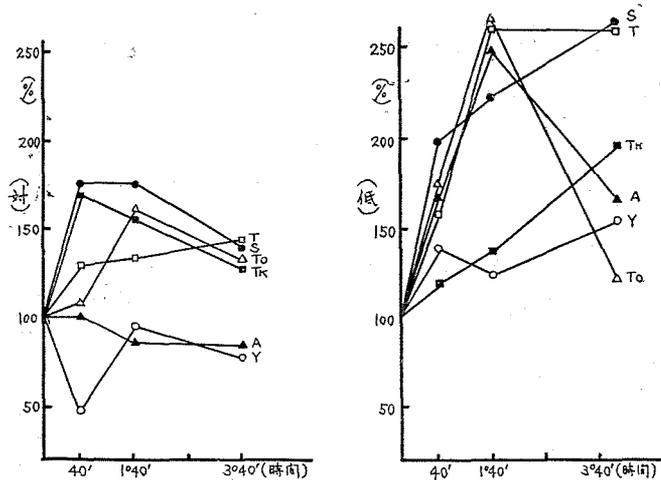
第8圖 O/K₂の消長について(對照, 低温)



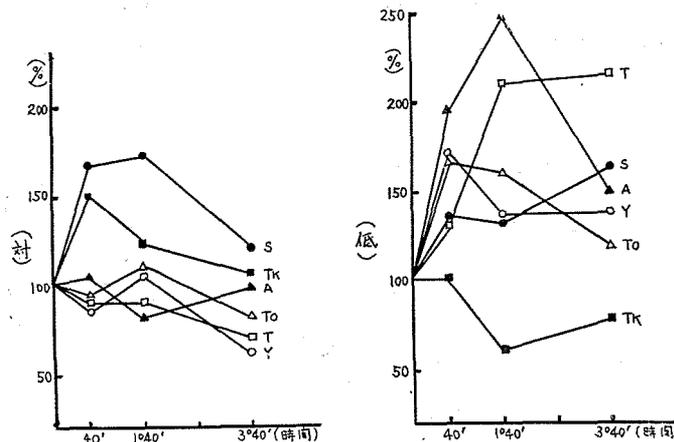
第9圖 K₁/K₂の消長について (対照, 低温)



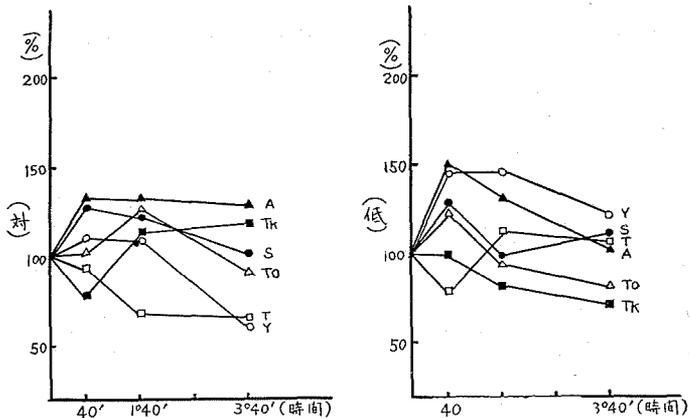
第10圖 尿量の消長について (1時間値) (対照, 低温)



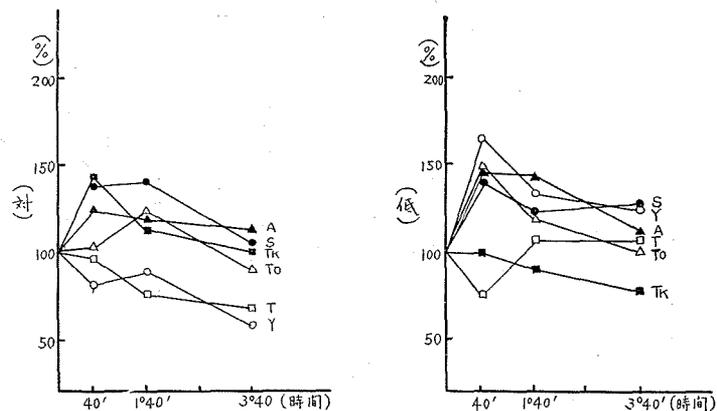
第11圖 クロール (1時間値) の消長について (対照, 低温)



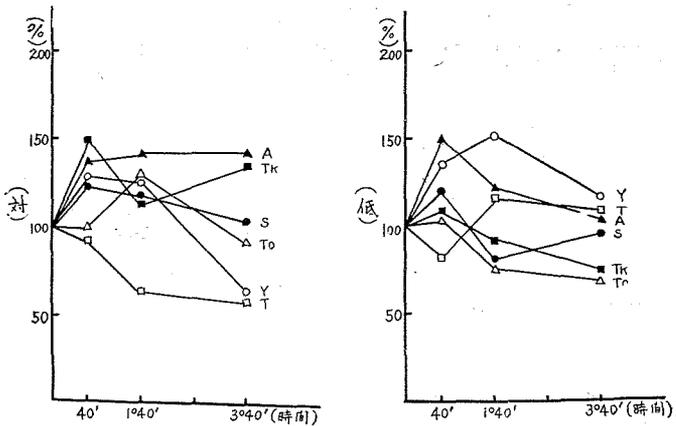
第12圖 O (1時間値) の消長について (対照, 低温)



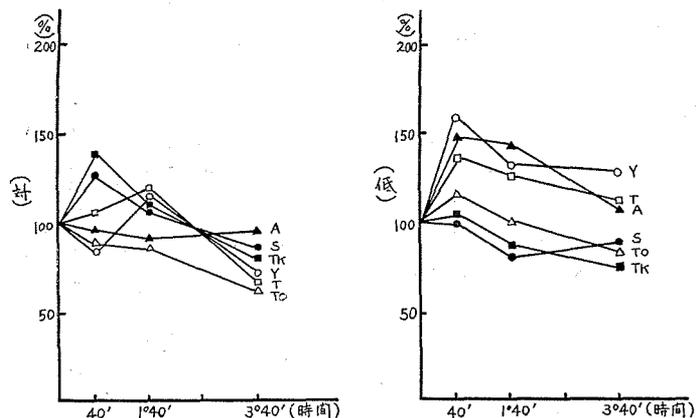
第13圖 K (1時間値) の消長について (対照, 低温)



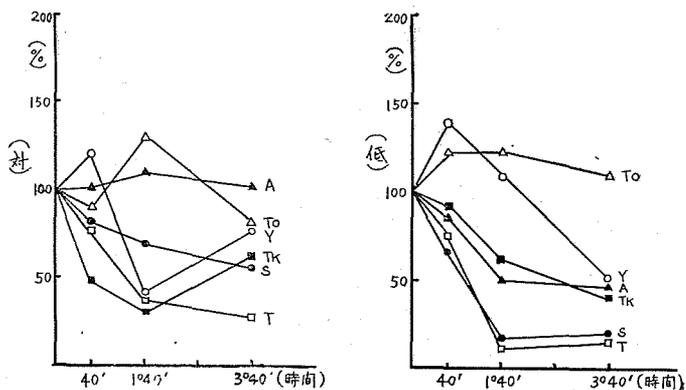
第14圖 K₁ (1時間値) の消長について (対照, 低温)



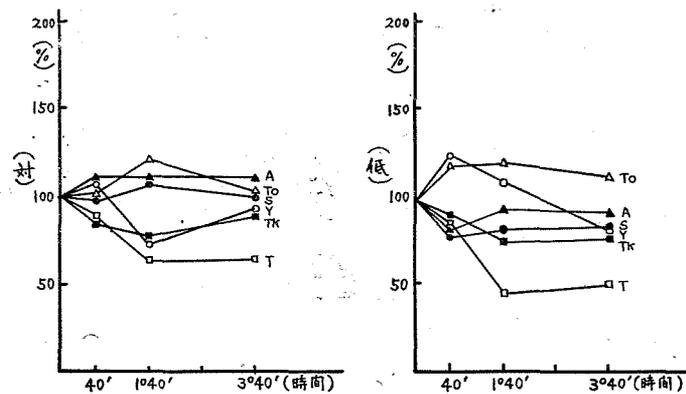
第15圖 K₂ (1時間値) の消長について (対照, 低温)



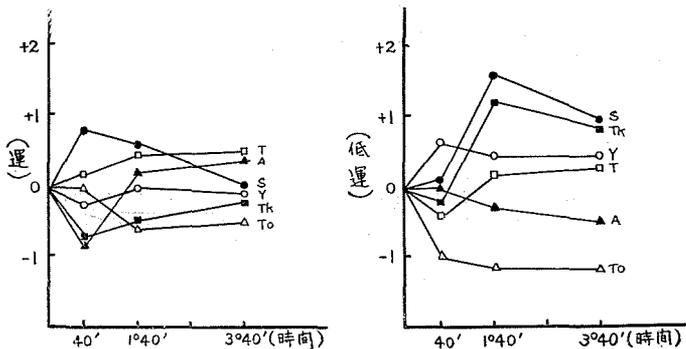
第16圖 還元値 (1時間値) の消長について (対照, 低温)



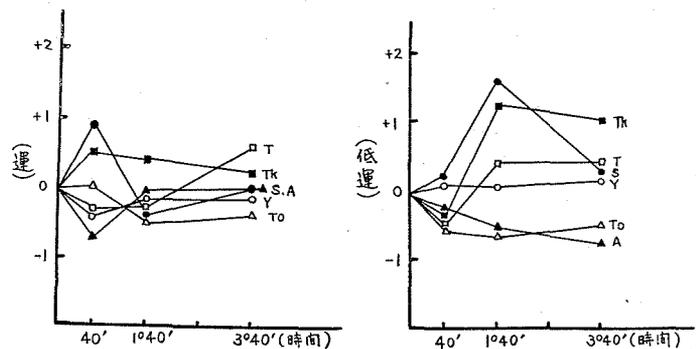
第17圖 還元値 (100 cc 當り) の消長について (対照, 低温)



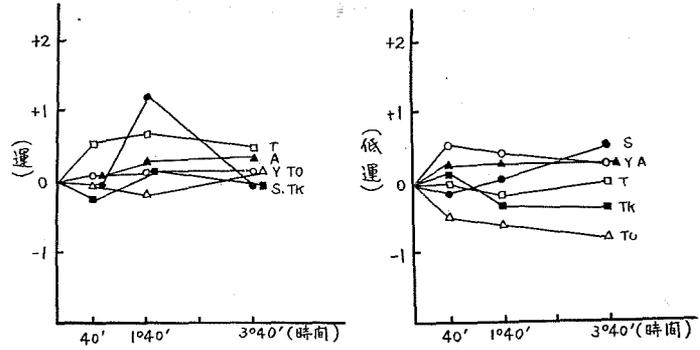
第18圖 膠質反應 (1 cc 當り) の消長について (対照, 低温)



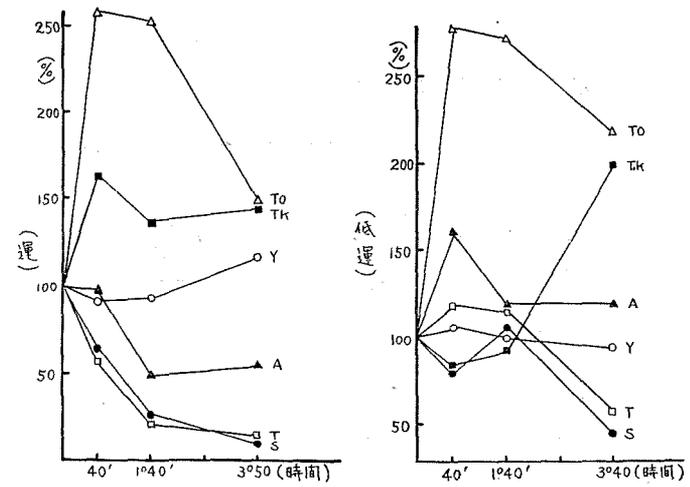
第19圖 pH₁ の消長について (運動, 低温運動)



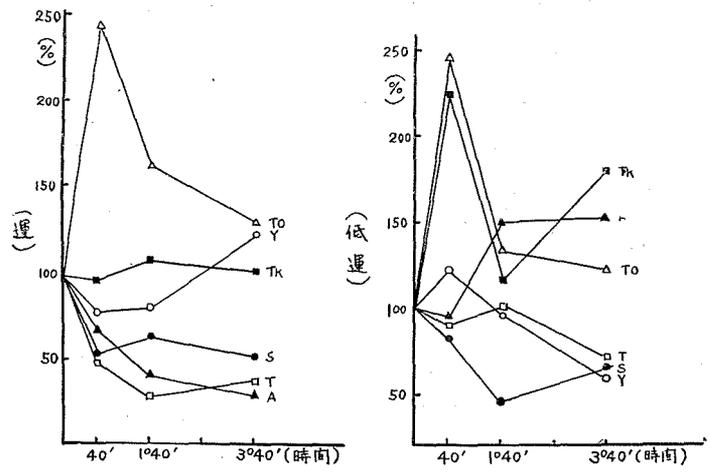
第20圖 pH₂ の消長について (運動, 低温運動)



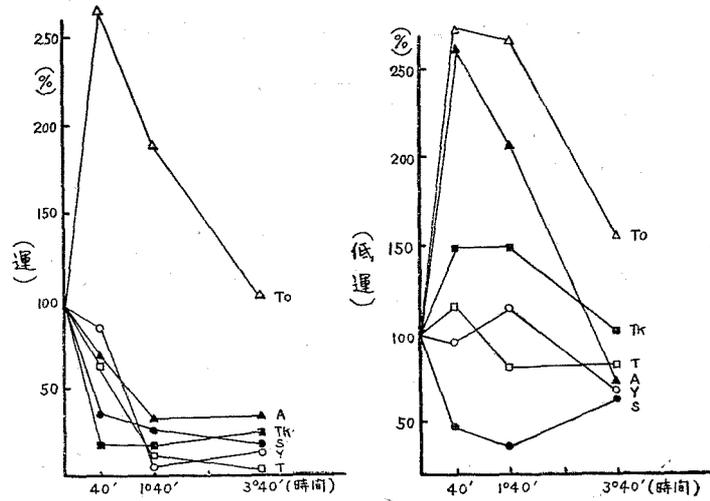
第21圖 pH差の消長について (運動, 低温運動)



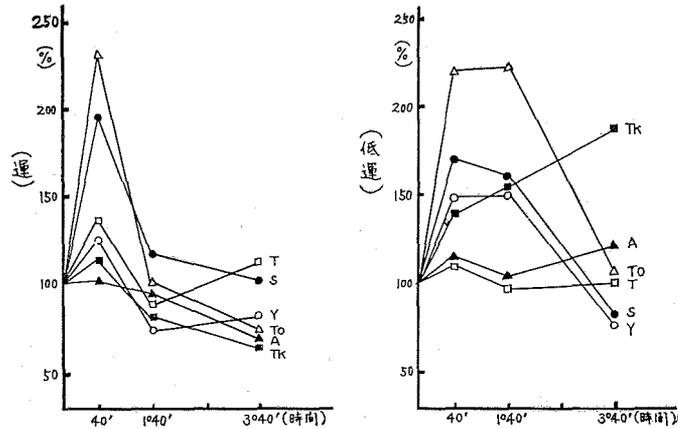
第22圖 酸度Iの消長について (運動, 低温運動)



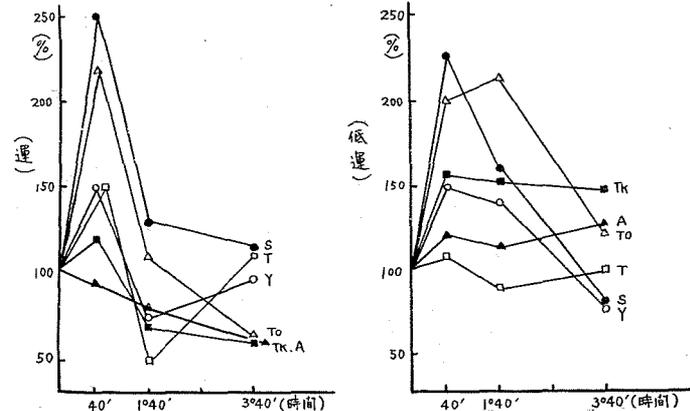
第23圖 酸度IIの消長について (運動, 低温運動)



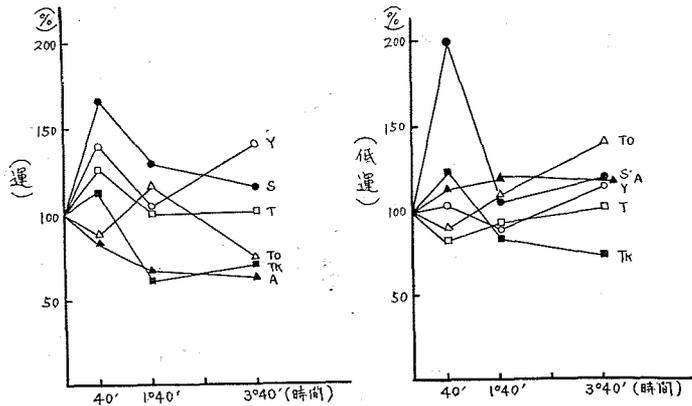
第24圖 酸度IIIの消長について (運動, 低温運動)



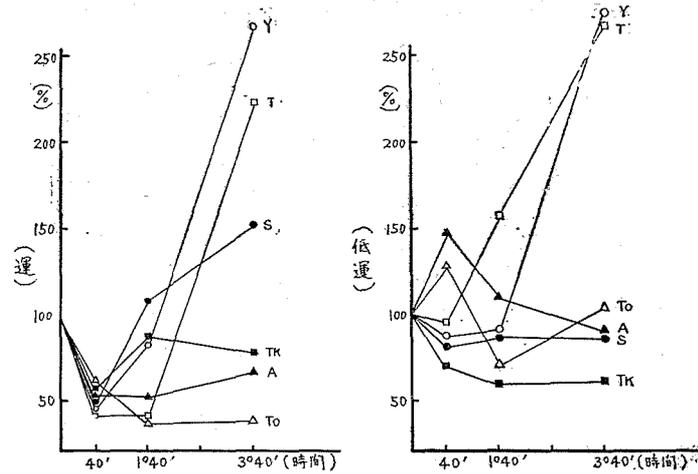
第25圖 O/Kの消長について (運動, 低温運動)



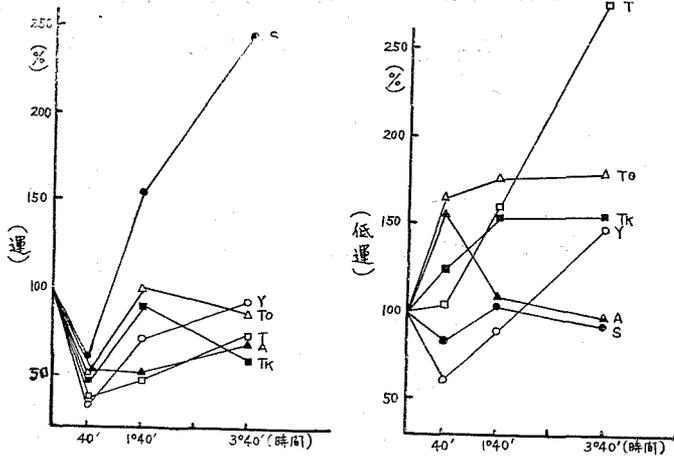
第26圖 O/K₂の消長について (運動, 低温運動)



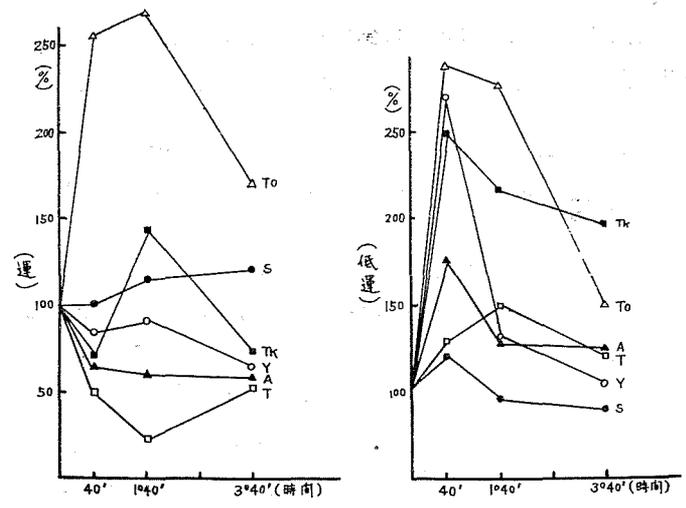
第27圖 K₁/K₂の消長について (運動, 低温運動)



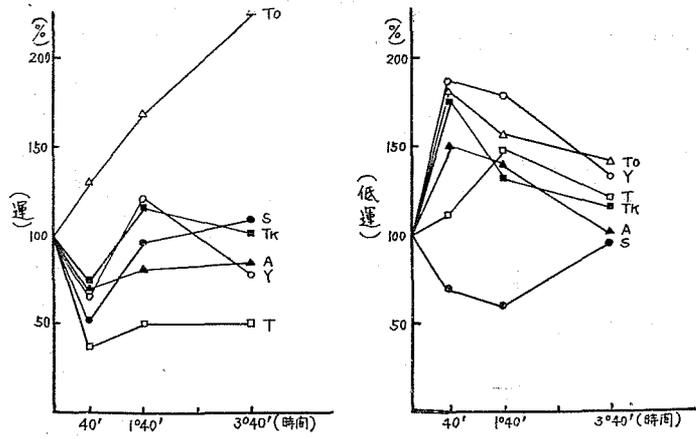
第28圖 尿量 (1時間値)の消長について (運動, 低温運動)



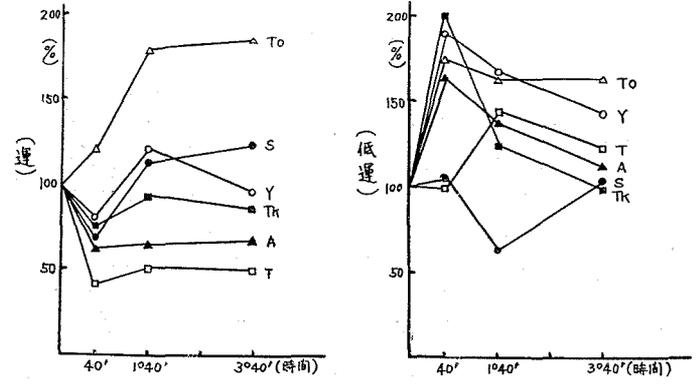
第29圖 クローラ(1時間値)の消長について(運動, 低温運動)



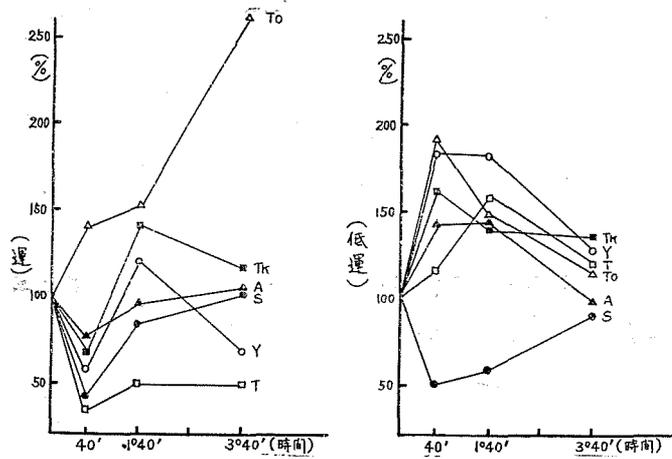
第30圖 O(1時間値)の消長について(運動, 低温運動)



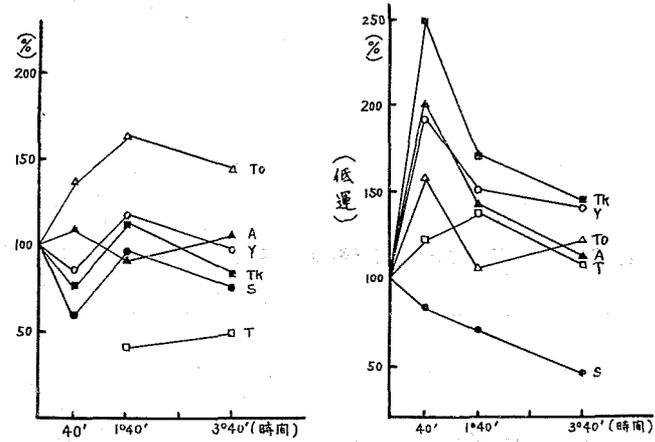
第31圖 K(1時間値)の消長について(運動, 低温運動)



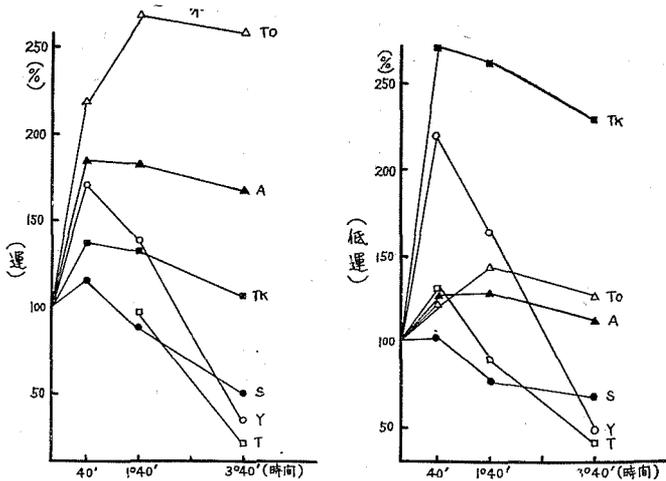
第32圖 K1(1時間値)の消長について(運動, 低温運動)



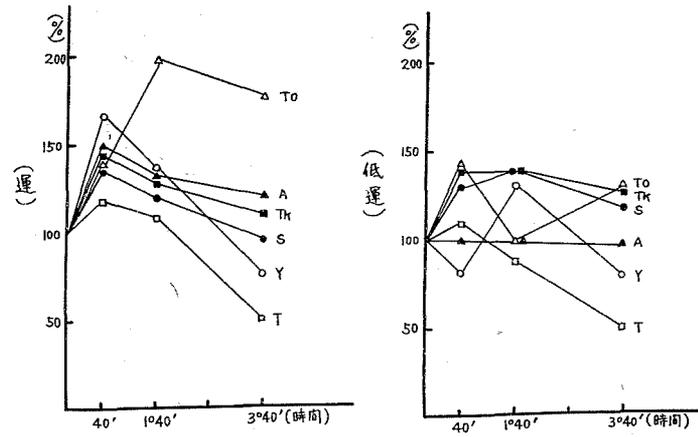
第33圖 K₂ (1時間値) の消長について (運動, 低温運動)



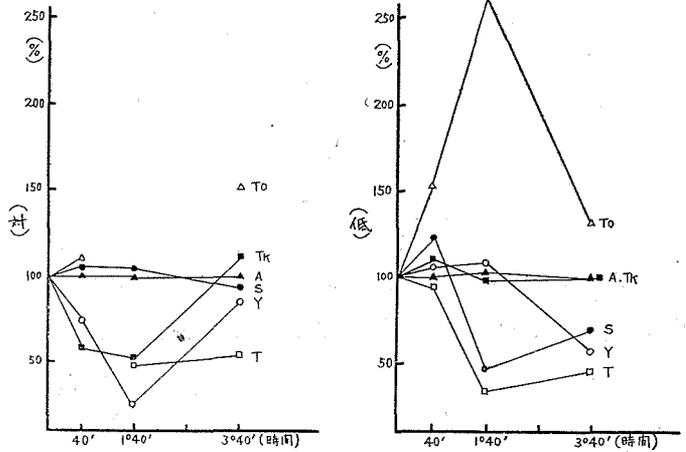
第34圖 還元値 (1時間値) の消長について



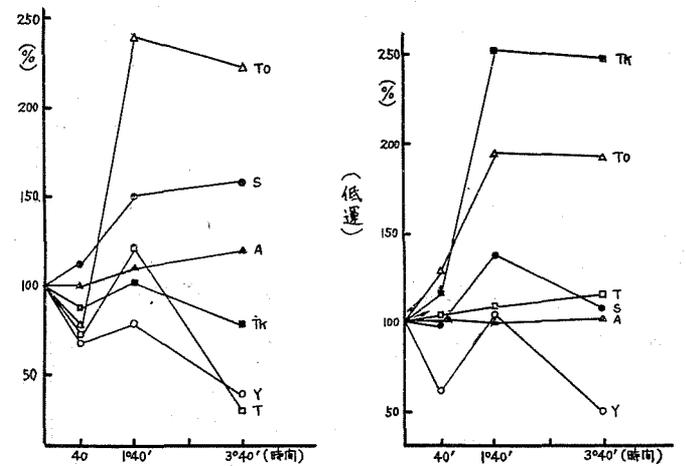
第35圖 還元値 (100 cc 當り) の消長について (運動, 低温運動)



第36圖 膠質反應 (1 cc 當り) の消長について (運動, 低温運動)



第37圖 クロール (100 cc 値) の消長について (対照, 低温)



第38圖 クロール (100 cc 値) の消長について (運動, 低温運動)