

「一酸化炭素公害に対する

身体トレーニングの効果について」

石 黒 国 雄

1 序

最近の機械文明の発展は、人間に福音をもたらすとともに、一方においては種々の毒物、あるいは有機物を四散することによって、人間に種々の形の障害を与える場合があり、これらを総称して公害といわれているが、ここ数年来この公害は大きな社会問題になりつつあり、なかでも大気汚染の生体に対する悪影響については各方面で検討が進められ、法律による制限や禁止の対策が立てられつつある現状である。これら対策に万全を期してほしいと願う一方、受身である人間の側では近代文明の発達とは逆比例して、年々その抵抗力が低下している現状である。このことは公害による被害をより大きくしている原因ではないかと推測される。従って体内に蓄積される水銀などの毒物は別として、もっと積極的に身体にトレーニングなどの刺激を負荷して抵抗力をつけることが公害予防の一要因になるのではないかと考えるのもとに、今回は身体トレーニングの負荷によって、形成された抵抗力（体力）が外部からの刺激（stressor）である大気汚染に対して、どのような効果をもたらすかということについて、大気汚染でも問題視されている一酸化炭素をとりあげ、運動負荷によってできた抵抗力が、色々な濃度の一酸化炭素中でどのような効果を発揮するかについて検討をおこなった。

一酸化炭素についての知見を述べると、一酸化炭素は炭素化合物の不完全燃焼によって生成されるもので、無色、無臭で何等刺激がなく、生体が除々に被毒するときは全然意識しないで、時にはある種の快感さえ感ずる最も怖るべ

1. 序
2. 実験方法及び実験装置、器具
 - 2.1 実験方法
 - 2.2 実験年月
 - 2.3 実験に使用したマウス及び飼料
 - 2.4 一酸化炭素環境装置
 - 2.5 尿中 17-Ketosteroids 値の検量
 - 2.6 副腎の重量の測定
 - 2.7 マウストレーニング用トレッドミル
3. 実験結果と考察
 - 3.1 各群におけるマウスの体重の比較
 - 3.2 各群におけるマウスの尿量及び尿中 17-Ketosteroids 値の比較
 - 3.3 一酸化炭素各濃度環境における死亡時間 副腎の重量の比較
4. 総括

きガスの一種である。この一酸化炭素は天然ガス（0.6～4%）や石炭ガス（4～12%）などにも存在するが、今日公害の問題として重大視されている、自動車の排気ガス中にも3.5～7%含有され、道路上でも0.045～0.01%存在していることが報告されている。

一酸化炭素の生体に対する害は血液中の hemoglobin と結合して Carbonyl hemoglobin を生成することによって、結局は酸素欠乏症、すなわち窒息死するのである。

このような一酸化炭素の中毒症状は Carbonyl hemoglobin の生成の量によって起こるものであるが、一般的には15%以下のときには、これが長時間続いても著しい障害は認められないが、この濃度を超えると次第に中毒徴候を示すとされている。急性中毒は Carbonyl hemoglobin 濃度が20%に達すると起こり30～40%に達すると意識が渾濁とするが、この数値は絶対的なものではなく、その濃度が何時間持続するかによっても支配される。このことに関しては Henderson Haggard は濃度C (ppm) と時間 t とによって作用を示す方法を提案し、 $ct=300$ ならば作用は認められないが $ct=600$ ならば作用を認め始め、 $ct=900$ ならば頭痛及び不快感があり、 $ct=1500$ では危険であると述べている。

このように我々の生体に害をあたえる一酸化炭素を予防の面より検討した場合、第一には前述したように一酸化炭素含有環境における濃度と滞在時間などの環境条件を軽減することによって予防することがあげられ、第二には更にその害を受ける我々の生体の内的条件としての、年齢、性、抵抗力、健康度、他の疾病の有無、体質などの条件によってその受ける影響が異なるものと考えられるので、日常生活などでだれでもできる、生体の抵抗力（体力）などを積極的に増強することによって、前者の処置とあわせてより一層予防が可能であろうと推測される。

そこで今回はこのようなことについて、小動物をもちいて2、3の実験をおこなったので報告する。

2 実験方法及び実験装置、器具

2.1 実験方法

マウスを22℃の適温に恒温室で飼育し、1群を身体トレーニング群として、マウス用トレッドミルにより20m/minのスピードで1日、10分間負荷した群と20分間負荷した群を作り、1週間走行運動を強制負荷し、他の1群を身体トレーニングを負荷しない、コントロール群として飼育した後、試作した実験装置により容器内の一酸化炭素の濃度を200ppm, 600ppm, 1000ppm, 1500 ppm の状態に保ち、それぞれの濃度の中にマウスを入れて、容器外より観察によって死亡時間を確認し、以後解剖によって副腎の重量を計量して3群を比較検討した。

またコントロール期間中及びトレーニング負荷期間中は1日尿を採取して、尿量及び尿中、17-Ketosteroids 値を検量して比較した。

体重の測定は毎日午前10時に飼料をあたえる前に計測し、同時に1日尿を採取した。身体トレーニングは体重の計測後直ちにおこなった。

2.2 実験年月

実験は昭和46年7月～11月におこなった。

2.3 実験に使用したマウス及び飼料

実験に使用したマウスは生後40日以上飼育した、実験用 dd 系、雄の成熟マウスをもちい、飼育状態を統一するために、1週間適温で飼育した後実験をおこなった。

飼料は日本クレア株式会社製、マウス飼育用固型完全配合飼料をもちいた。

2.4 一酸化炭素環境装置

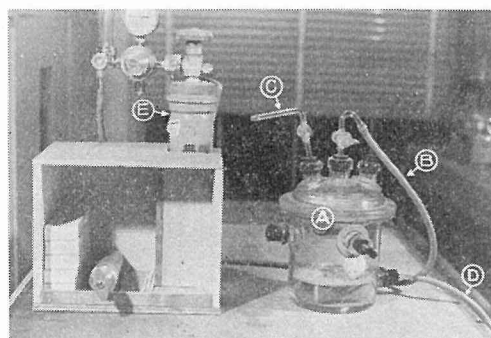


写真1 一酸化炭素環境装置

写真1のように密閉されたガラス容器Aの1方Bに一酸化炭素ポンプEより適量の一酸化炭素を、Cより空気を送入し、容器内の濃度が一定になるようにし、他方Dより水流ポンプによって容器外に吸引して、容器内の一酸化炭素の濃度を200ppm, 300ppm, 600ppm, 1000ppm 1500ppm, の状態に保つようにした。

各一酸化炭素濃度の検量には北川式一酸化炭素検知器をもちい、真空法によって検量し、5分間毎に測定して一定濃度を保つようにした。

2.5 尿中17-Ketosteroids値の検量

Drekter等の変法である岸本等の方法を用いて検量した。採尿にはインモータル、マウスゲージをもちいたが、1日の尿量が3cc以下と極めて少いため、予め採尿瓶に15ccの蒸留水を入れて尿を稀釈して採取し、尿量を検量するとともに、その中10ccを検液として比色分析して検量した。比色には日立製作所株式会社製、光度分光計、101型をもちいて、波長520m μ で検量した。

2.6 副腎の重量の測定

副腎の重量の計測にはトーションバランスをもちいた。

2.7 マウストレーニング用 トレッドミル

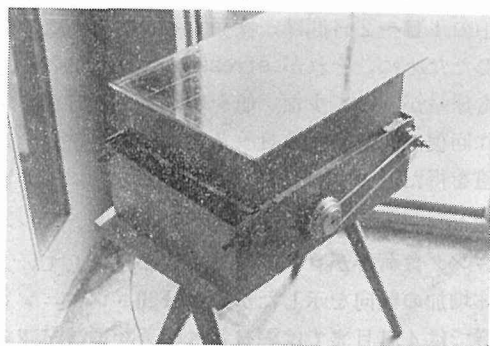


写真2 マウス用トレッドミル

マウスをトレーニングさせる目的で写真2のようなトレッドミルを試作して使用した。

2.8 飼育用恒温室

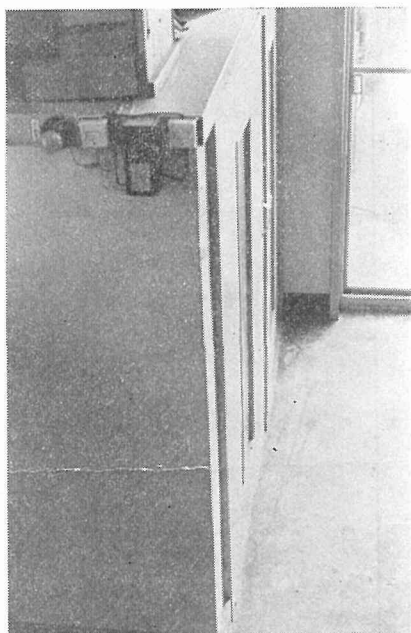


写真3 恒温飼育室

22℃の適温にマウスを飼育するために、写真3のような恒温室をもちいた。

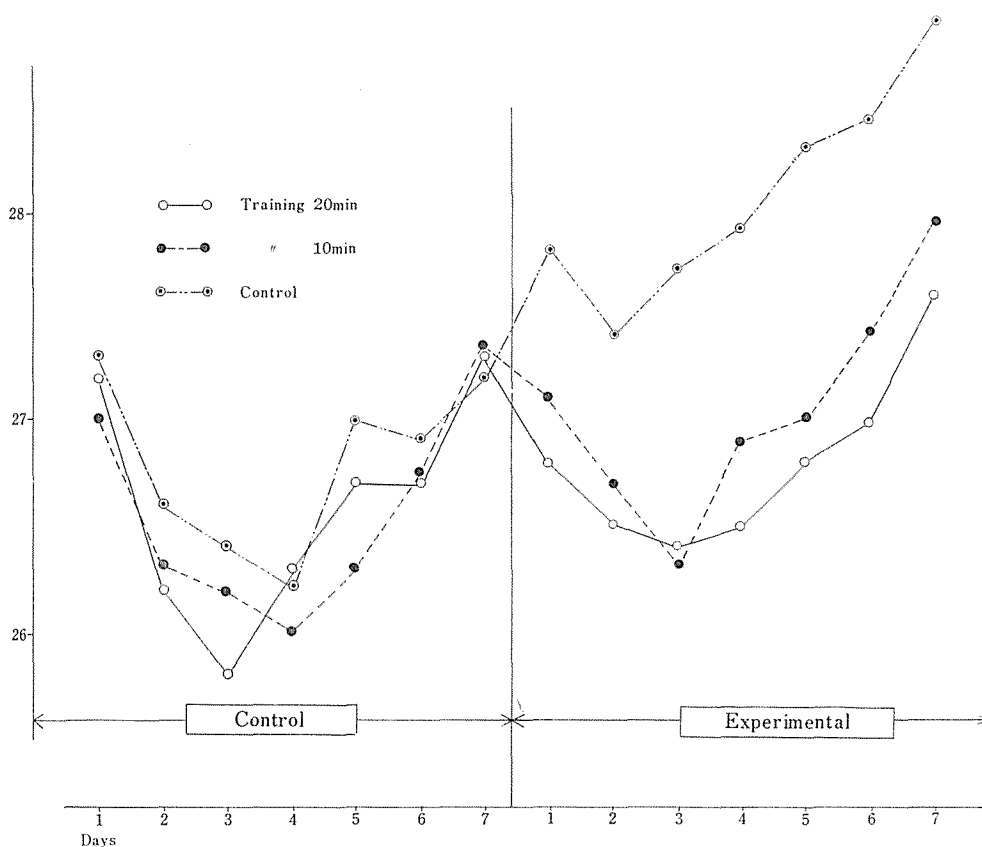
3 実験結果と考察

3.1 各群におけるマウスの 体重の比較

第1図は実験に使用したマウスの各グループにおける体重の成長曲線を示したものである。

マウスは体重25g以上の成体をもちいたが、各グループともコントロール期間中の3日～4日間は、採尿ゲージに個別に飼育したためにそれがStressorとなつて減少を示すが、以後5日、6日、7日と増加を示し回復する結果を得た。トレーニング期間中は、コントロール群は順調な増加を示すのに対し、トレーニング群では両者とも3日目までは減少を示し、4日目からは増加を示す結果を得、また20分間トレーニング群が10分間トレーニング群に比較して、初期3日間の減少も大きく、3日～7日までの回復も少なく成長が抑制される結果を得た。この

図 1. 体 重 の 比 較



ことは本学紀要第5号「運動負荷による生体の抵抗性の消長と副腎の変化について」⁽¹⁰⁾でも述べたと同様な結果であり、このことに関しては、⁽²⁾ Poel, ⁽³⁾ Kerr et al, ⁽⁴⁾ Garcia, ⁽⁵⁾ Fryers, ⁽⁶⁾ Fregly and Otis, 等の実験結果とも一致し、刺激負荷群の成長がコントロール群よりも小さく特に刺激負荷初期においては成長が抑制されるか、むしろ減少している点では同様な結果である。

このような体重の変動は刺激負荷による、動物の水分摂取及び食物摂取量の減少とも平行し、食欲不振の結果もたらされるものでもあろうが、Stressor に生体がさらされた場合のStressの現象とも考えられ、順応現象の過程と解釈することも可能であろう。

3.2 各群におけるマウスの尿量及び尿中17-Ketosteroids値の比較

第2図はコントロール期間中及びトレーニング負荷期間中の各群の尿量の比較をおこなったものである。

尿量について比較すると、コントロール期間中の1日～2日間は、採尿ゲージに個別に飼育したために、それがstressorとなつて各群とも尿量が極めて少ない値を得たが、4日目からは回復が認められ6日～7日において安定した値を得た。

トレーニング負荷期間中については、トレーニング負荷群がコントロール群に比較して、大体増加の傾向を示したが、20分間トレーニング群では4日目までは隔日毎に顕著な増減が認められ不安定な値が得られた。また10分間トレーニング群では3日目までは増加を示し、4日～6日目までは減少を示す結果を得た。

尿量について3群を比較すると、各群とも全

図 2. 尿 量 の 比 較

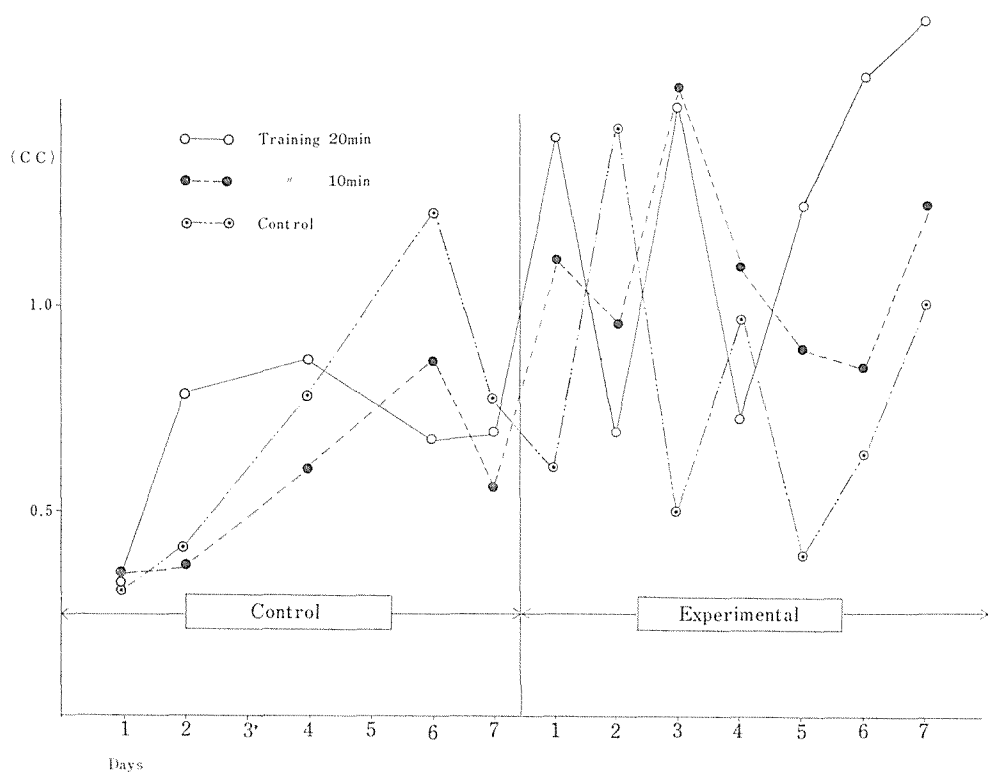
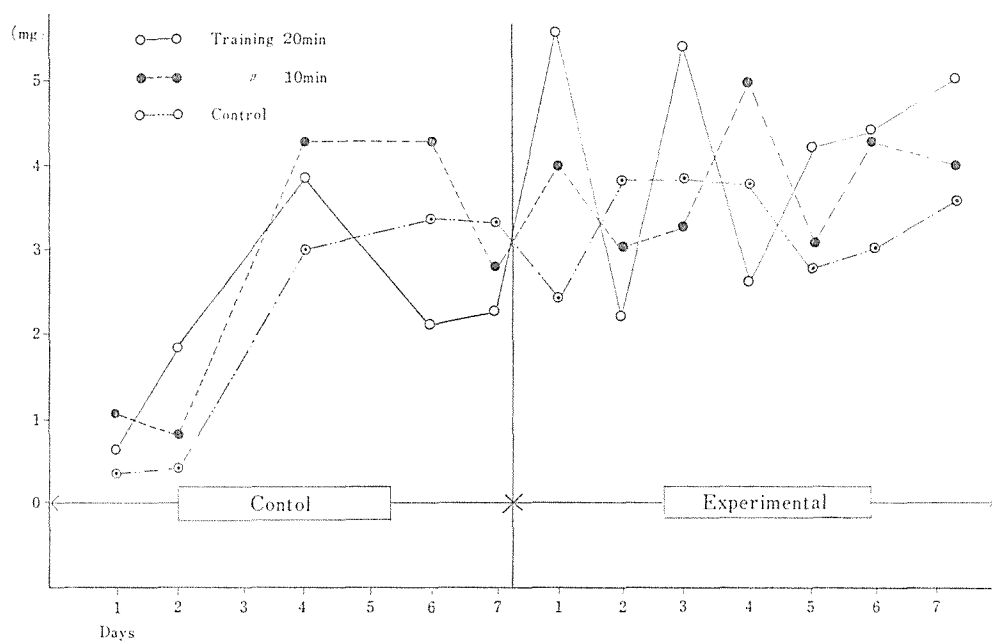


図 3. 尿 中 17-Ketosteroids 値 の 比 較



般的に変動が大きく顕著な差異は認められなかった。このことは本学紀要、第5号「運動負荷による生体の抵抗性の消長と副腎皮質の変化について」⁽¹⁰⁾でおこなった実験と全く一致した結果が得られたものと解せられる。

第3図はコントロール期間中及びトレーニング負荷期間中の各群の尿中17-Ketosterids 値の比較をおこなったものである。

コントロール期間中は尿量の変化と同様に、採尿ゲージに飼育した初期1日～2日間は、極めて少ない値を得たが3日目以降は回復し、各群とも安定した値を得た。

トレーニング負荷期間中は、コントロール群に比較してトレーニング負荷群では大体増加の傾向が認められたが、20分トレーニング群では4日目まで隔日的に顕著な増減が認められ、5日目以後は徐々に増加を示し安定した値を得た。また10分間トレーニング群では、5日目までは20分間トレーニング群と同様に、かなりの増減を示す結果を得、6日目からはやや安定した値を得た。このようなトレーニング群での尿中

17-Ketosteroids 値の変動については、本学紀要、第5号に報告した実験結果と同様で、初期4日～5日目までは非常に不安定な値を示し5日～6日目頃より安定し、7日目以降においてより一層安定した値を得ていることと全く一致した結果であろう。

3群を比較するとトレーニング負荷初期においては、トレーニング負荷群がコントロール群に比較して、隔日的に増減を示し不安定な値を得たが、5日～6日目以降において大体安定した結果を得た。またトレーニング負荷群については、20分間トレーニング負荷群が10分間トレーニング負荷群よりも増量が認められたが、3群の間には有意の差は認められなかった。

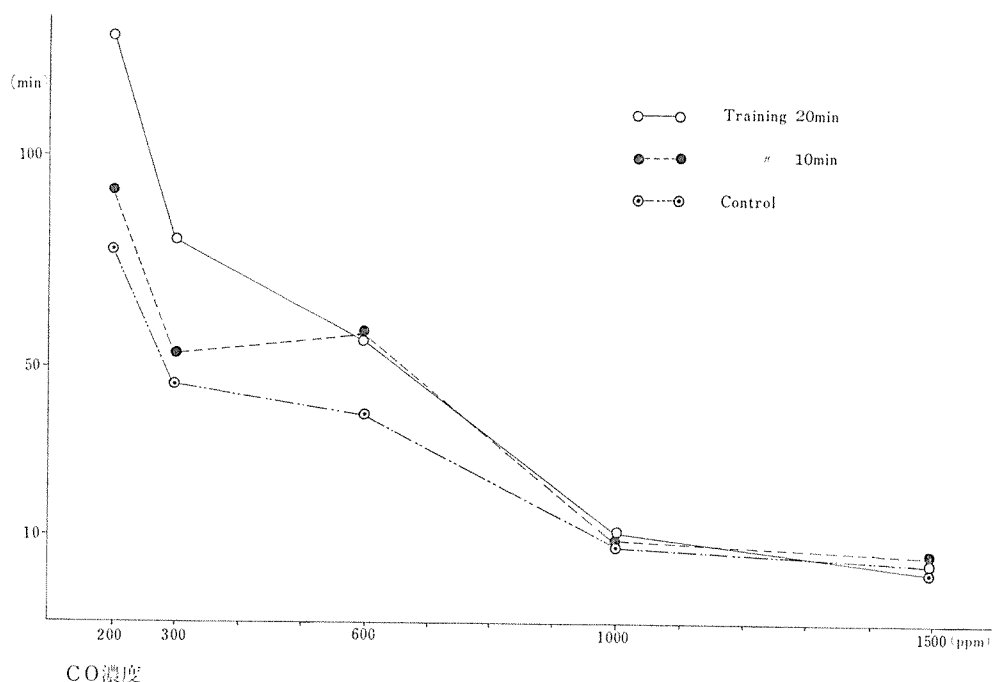
3.3 一酸化炭素各濃度環境における死亡時間副腎の重量の比較。

3.3.1 一酸化炭素各濃度環境における死亡時間の比較

表1 CO各濃度における死亡時間、副腎重量、体重の比較

C O 濃 度	200 ppm			300 ppm			600 ppm		
Control Training	Control	Training 10min	Training 20min	Control	Training 10min	Training 20min	Control	Training 10min	Training 20min
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
死亡時間 $\bar{X}$ (min) σ	78'00" 8.6	92'15" 12.9	129'30" 14.2	46'45" 4.1	53'50" 6.7	80'38" 7.6	39'00" 3.3	59'30" 4.3	58'00" 8.1
副 腎 重 $\bar{X}$ (mg) σ	7.22 0.81	7.46 1.26	7.82 1.42	7.34 0.96	7.68 1.35	8.02 1.10	6.93 1.12	7.48 1.32	7.46 1.6
体 重 $\bar{X}$ (g) σ	31.07 1.9	28.07 1.6	27.60 0.8	27.65 1.1	28.90 1.3	27.72 1.3	29.17 1.2	27.95 0.4	29.06 1.8
C O 濃 度	1000ppm			1500ppm					
Control Training	Control	Training 10min	Training 20min	Control	Training 10min	Training 20min			
N	5	5	5	5	5	5			
死亡時間 $\bar{X}$ (min) σ	6'53" 1.8	7'50" 2.8	10'46" 2.1	4'17" 0.7	5'06" 1.2	3'20" 0.8			
副 腎 重 $\bar{X}$ (mg) σ	6.82 1.14	8.21 0.77	7.28 70.9	7.32 1.45	7.67 1.34	7.53 0.83			
体 重 $\bar{X}$ (g) σ	28.45 1.62	6.60 1.32	6.71 1.3	26.74 1.7	28.32 1.4	26.24 0.9			

図 4. CO各濃度における死亡時間の比較



第1表及び第4図は一酸化炭素各濃度における死亡時間の比較をおこなったものである。

一酸化炭素の濃度の増加につれて、トレーニング負荷群もコントロール群も死亡時間の短縮が認められた。また表や図の如く 200ppm, 300ppm, 600ppm などの低濃度では、トレーニング負荷群もコントロール群もともに除々に短縮し、1000ppm, 1500ppm と濃度が高くなるに従って死亡時間が急激に短縮し、1500ppm では3分～5分と極めて短時間で死亡する結果を得た。一酸化炭素各濃度における3群を比較すると、200ppm ではコントロール群と10分間トレーニング負荷群ではその差が14分14秒、コントロール群と20分間トレーニング負荷群では51分30秒、300ppm ではコントロール群と10分間トレーニング負荷群ではその差が7分05秒、コントロール群と20分間トレーニング負荷群では33分53秒、600ppm ではコントロール群と10分間トレーニング負荷群では20分30秒、コントロール群と、20分間トレーニング負荷群では19分といずれもコントロール群に比較して、トレーニング負荷群の死亡時間の延長が認められた。またトレーニング負荷群では20分間トレーニング群が10分間トレーニング群よりも死亡時

間の延長が認められ、各一酸化炭素濃度ともコントロール群とトレーニング群との間には $P < 0.05$ の危険率で有意の差が認められた。

高濃度の 1000ppm ではコントロール群と10分間トレーニング負荷群との差が57秒、コントロール群と20分間トレーニング負荷群との間には3分53秒、1500ppm ではコントロール群と10分間トレーニング負荷群との差が49秒、コントロール群と20分間トレーニング負荷群との間では57秒といずれもその差が短縮し、有意の差は認められない結果を得た。

従って 200ppm～600ppm などの低濃度では生体に身体トレーニング (stressor) を負荷してできた抵抗力 (stress) によって、死亡時間の延長が認められたが、1000ppm, 1500ppm などの高濃度では生体の許容限界を越すために死亡時間に差異が認められなかったものと推測される。

3.3.2 一酸化炭素各濃度環境における副腎の重量の比較。

一酸化炭素各濃度における副腎の重量については表1のとおりである。

各濃度ともコントロール群に比較して、トレーニング負荷群ではかなりの増量が認められた。このことは外部からの刺激としての身体トレーニングに対して生体内部の副腎皮質ホルモンの要求が高まり、副腎皮質は著しく肥大し、形態学的にも、組織学的にも色々な変化をもたらし、外部からの刺激に順応するために起こる現象であろうと解せられる。^{(11) (12)}

4 総 括

マウスをもちいて、大気汚染の生体に対する影響を stress の面より検討するとともに、大気汚染でも近年重大視されている。一酸化炭素について身体トレーニング（トレッドミル走により毎日1回、1週間、10分、20分間負荷）によってできた抵抗力（体力）と一酸化炭素各濃度環境（200ppm, 300Ppm, 600ppm, 1000ppm, 1500ppm）との関係を死亡時間、副腎の重量などの測定によって明らかにし、公害予防の一助とするために実験をおこない次の結果を得た。

4.1 体重、尿量、尿中17-Ketosteroids値、副腎重などの測定により、毎日、10または20分間の身体トレーニングを1週間負荷することによって、トレーニングを負荷しないコントロール群よりもかなり抵抗力のできる結果を得た。なかでも20分間のトレーニング負荷が10分間のトレーニングを負荷するよりもその抵抗力が大きいことが明らかになった。

4.2 一酸化炭素各濃度環境での死亡時間については、コントロール群もトレーニング負荷群もともに一酸化炭素濃度の増加につれて死亡時間が短縮し、200ppm, 300ppm, 600ppmなどの低濃度ではその短縮がゆるやかであるのに対して高濃度の1000ppm, 1500ppmなどでは3分～10分と極度に死亡時間の短縮が認められ、またコントロール群、トレーニング負荷群の差も著しく短縮する結果を得た。

またコントロール群、10分間トレーニング負荷群20分間トレーニング負荷群の3群を比較す

ると、低濃度の200ppm, 300mpp, 600ppmなどの低濃度では、コントロール群に比較して、トレーニング負荷群の死亡時間の延長が認められ、またトレーニング負荷群では20分間トレーニング負荷群が10分間トレーニング負荷群よりも死亡時間の延長が認められた。各一酸化炭素濃度ともコントロール群とトレーニング負荷群との間には $P < 0.05$ の危険率で有意の差が認められた。

また高濃度の1000ppm, 1500ppmでは生体の許容限界を越したと推測されるので、コントロール群とトレーニング負荷群、20分間トレーニング群と10分間トレーニングの間には、ほとんど差異は認められない結果を得た。

以上のことから一酸化炭素による公害の予防策の一方法として、身体トレーニングを積極的に負荷して、抵抗力（体力）を養うことが望まれる次第である。

参 考 文 献

- (1) Henderon Haggard (1927) ; Noxious Gases.
- (2) Poel, W (1949) ; Effect of anoxic on myoglobin concentration in striated muscle . Am. J. Physiol. 156, 44—51
- (3) Kerr A., Diasia, R.B. and Bommer, W. J. (1965) ; Effect of altitude on coronary size in the white rat. Am. Heart J. 69.841
- (4) Garcia, J.F. (1957) ; Erythropoietic response to hypoxia as a function of age in the normal male rat. Am. J. Physiol 190. 25—30
- (5) Fryers. C.R. (1952) ; Effect of decreased atmospheric pressure on blood volume of rats. Am. J. Physiol 171, 459—464
- (6) Fregly, M. J. and Otis, A. B. (1962) ; Effect of chronic exposure to hypoxia on blood pressure and thyroid function of hypertensive rats. In the physioloeigical effects of hight altitude, pergamon press. Oxford. 141—152

- (7) 石黒国雄；登山の生理学的研究,凍死の研究
Ⅰ.山梨県立女子短期大学紀要 第1号,1967
- (8) 石黒国雄；登山の生理学的研究 凍死の研究
Ⅱ.山梨県立女子短期大学紀要 第2号,1968
- (9) 石黒国雄；Stressor が副腎皮質機能に及ぼす影響—尿中17-Ketosteroids 値に与える影響— 山梨県立女子短期大学紀要 第4号 1970.
- (10) 石黒国雄；運動負荷による 生体の抵抗性の消長と副腎の変化について, 山梨県立女子短期大学紀要 第5号. 1971.
- (11) Engel, F. L, M. G. Winton and C. N. H. Long; J. Exp. Med. 77: 397, 1943
- (12) Tepperman, J, and J. S. Bogardus: Endoc 43:448,1948
- (13) 堀口博；公害と毒・危険物 三共出版

後 記

本研究をおこなうにあたり、御指導いただきました、専修大学、杉 靖三郎先生、東京教育大学、田中英彦先生、藤田紀盛先生に、また実験をおこなうにあたり、実験器具の借用と御指導をいただきました、本学家政科、秋山悌四郎先生、四条徳崇先生に心より感謝の意を表します。