

# III. 蒸溜水、ミネラル添加水の飲用による人体影響 に関する研究

## 目 次

|              |    |
|--------------|----|
| A. はしがき      | 36 |
| B. 本実験の意図    | 37 |
| C. 本実験の計画    | 37 |
| D. 生化学検査結果   | 43 |
| E. 血清生化学検査結果 | 50 |
| F. 動物の解剖所見   | 52 |
| G. 病理組織学的所見  | 52 |
| H. 結 論       | 53 |

### A. はしがき

昭和51年度に海水による蒸溜水の飲用清水化の開発研究報告書が提出されている。そのなかでは、船舶清水の汚染に関する実態を究明するべくタンク貯水実験6ヶ月間を行ない、タンク貯水の汚染推移を検討した。

又、自家製蒸溜水、特に常圧蒸溜水については、文献、実船上においてはもちろん、陸上実験上やあらゆる機会をとらえた検討を行なって蒸溜水（常圧蒸溜）を飲料水として使用した場合、人体に如何なる影響があるかと云う問題を追及した。特に、動物実験（ラット120頭）を行なって成育試験を行ない飼育期間中の、体重、体長、尾長の計測、採尿、採血検査を行ない、屠殺、解剖、病理組織検査を行なって蒸溜水飲用の人体影響を検討した。動物実験期間は6ヶ月間に亘り実施した。6ヶ月間の期間は慢性影響を知るための実験としては最少限6ヶ月

の実験期日が必要と考えたのである。ラットの寿命を人間の年齢と実験期間の比較をして、実験で用いられたラットの1週間は人間の8ヶ月に相当するという換算を利用して本実験は行なわれているから、本実験期間の比較は成長期の21.3年間実験したこととなった。

以上実験結果から船舶に水道水を積込み、遠航する現在船舶飲料水の衛生は、化学性の汚染について、現行の飲料水取扱いの衛生環境によっても充分有効であると考え、一般細菌汚染に対する環境は非常な不可抗力的な困難さがあることがわかる。

そこで船舶において清潔な飲料水を航海中に求めんとするならば、飲水量分づつの蒸溜水の飲料水応用が有効であることが明らかであるが、蒸溜水の飲用については前号報告書で明記した通り人体に有害なことが、はっきりしているため、その人体影響を除く手段として、蒸溜水をそのまま飲用せず添加剤を投入して用いるのが良いことがわかって来た。そして、その添加剤については如何なる成分、組成が良いかについての検討を行なうため前回報告では従来販売されて来ている大手メーカーの添加剤を使用して動物実験を行なって見た。その結果において動物に対する生体影響は蒸溜水のみ飲用料、添加剤投入の飲用料、水道水の飲用料順に示されていた。

本実験においては、上述についての動物実験結果を生化学検査の結果から検討して、従来市販の添加剤の成分を検討し、実験結果から判明

した不完全な点を検討し改良した。本報告書の実験では、その改良添加剤を用いて再び、蒸留水の飲用の是非を検討し、添加物の生体影響を検討することにしたものである。

## B. 本実験の意図

昭和51年度に提出した報告書において蒸留水（本船造水器）（以下これとおなじ）に添加する添加物について、従来市販されつつある添加剤は、単に水道水基準にもとづいたミネラル成分、なかでも、もっとも溶解添加しやすい、カルシウム、マグネシウムを添加主成分としているものであることがわかった。（後述）この点に生体影響の原因が存在していることは、前回報告で我々がラットに行なった動物実験結果ではその影響が動物の成育実験において、あきらかに示されていた。すなわち、蒸留水群の成育障害は消化酵素の活性喪失が原因であった。また間接的な要素として、蒸留水吸収で過剰な浸透圧からくる小腸からの吸収は、単にカルシウム、マグネシウムを主体とするミネラル添加によってある程度は緩和せしめることができるが、その添加ミネラル成分がカルシウム、マグネシウムのみでは蒸留水生体影響を完全に除くことができないことがわかった。

## C. 本実験の計画

本実験では蒸留水飲用については、前回は6ヶ月間の飲用実験を行なったが、本実験では、さらに長期、満1ケ年を計画したものである。すなわち、前回、6ヶ月の影響をさらに長期の影響として比較検討することと、添加ミネラル

成分に対しては前回に実験した結果から不十分と考える点を追加検討し、新しくミネラルを添加したミネラル成分を投与実験した。以上から本実験終了時の検討目的は、蒸留水飲用の長期人体影響ならびに、前回実験に比し、今回考案によるミネラル添加剤の是非について実験した。

### 1. 飼育方法

動物は生後4週令のラットSD系牝、17頭づつ2群とし、蒸留水給水群、ミネラル水給水群とし、他に10頭の対照群を設定した。

飼育には1頭ケージに飼育し、相互の干渉をさけて実験した、ラットは全頭牝を用いて実験を行なった。また、一頭飼育のケージの型式も前回とおなじであるが、前回は銚佐々木研究所の動物舎で温湿度恒温動物舎内に5基のケージを設定し、そのケージ上にケージを置いて実験したのに対し、今回は、日体大動物舎内に東洋理工舎製、動物飼育箱を設置し、（恒温ボックス飼育）本恒温ボックスは自動換気、自動保温となっており、5段の棚が設置され、その棚の前後に2個のケージをならべて飼育を行なったので、前回実験に比すれば実験環境はさらに向上した方針がとられている。図1

飼料、及び飲料水は、3日に1回づつ計測給与した。

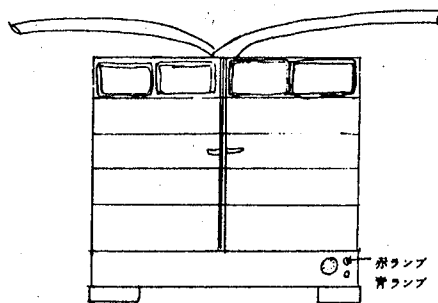


図1. 動物飼育箱

動物舎自体は、コンクリート四壁で、天上も床もコンクリート造りであり、外部との空気交換は換気扇により行っており、さらに冷房、さらには暖房装置を以て、室温は20～25℃に保温出来るように設定した。しかしその中でさらに恒温ボックスを用いた飼育箱によって、本実験は行なわれたもので、動物実験にもっとも障害になる温度恒温湿度は良好な条件に終始した。

飼料の給飼には、各ケージ毎の飼料槽に30grづつ給与し、水瓶は150ml用のものを用いて給与したので、その給与方法は自由給餌、自由給水と云う方式になる。

恒温ボックスは本実験経過中18～23℃の恒温に終始し、安定している。

## 2. 実験中、動物に認められた症状

### (1) 体型に認められた変化

動物は週2回体重測定、体長、尾長を測定している。前回実験でも尾長は計測したが、体長は計測しなかったのであるが、本実験で、体長計測を採りあげた理由は、前回の実験時にラットの体重は増加が著しく肥満型を呈するもの

が5ヶ月以後に認められて来たことから、今回は体重を測定することによって、尾長との比率をとり、その比が体長に比し短縮して来たものについて肥満の状態を推察する資料とした。

## 3. 動物に発生した症状

動物は一頭ずつの個別飼育を行なっているので、その健康状態を完全に知ることができる。その症状のなかで、3頭以上の頭数に発生した症状について図示してみると、図5の如く示された。

まづ蒸溜水群であるが、胃腸症状では9月～11月の間に下痢を認めたことが5頭前後づつおこり、2～3月に趾底ピランが5～6頭に認められ、2～3月、6～7～8と便は秘結傾向で、腹張りが見られる。趾底ピランは、4～5月にも2～3頭に認めているが、いずれの症状も病的異常をあきらかに示す程度のもではなく、極く軽症の例であった。なお不定ながら便秘と腹張りの症状が全経過に認められたことはあきらかであり、胃腸症状を発生することは確実であると考えられる。

ミネラル水群では、11～2月ころの間と、

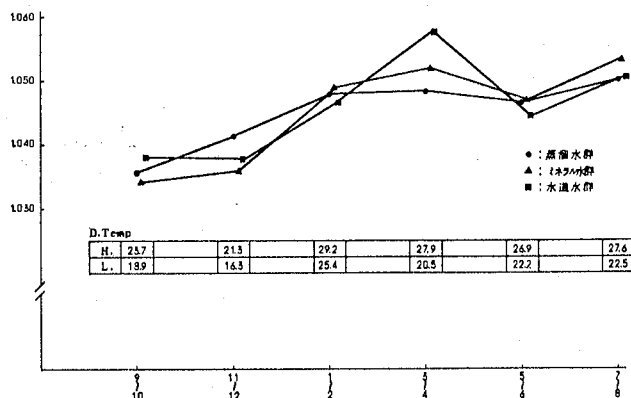


図5. 実験経過中の動物症状一覧

4～5月頃の間便秘が認められている。これも極く軽症で腹張りから認めたもので、症状として診断し得るものであった。

水道水群では、症状がなかったかという、11月～12～2に便の秘結が認められていたが、その他の腹張り、下痢の症状は、はっきりしないものが多く、蒸溜水群に比すればあきらかに安定した症状を経過している。

前回の実験では、ラット採血痕かきこわし湿疹様の症状が認められた。動物は採血痕の眼部を搔破し、顔面に湿疹状痂皮を呈するものが蒸溜水群、ミネラル水群、水道水群と順位を以て発生したのであったが、本実験においては、蒸溜水群に採血後の搔破、湿疹状痂皮を発生したものが採血毎に2～3頭が認められてはいたが、その発生数や度数は前回は比しあきらかに軽度であった。本実験では実験の全経過を経て、外傷性白内障を発生したラット数が蒸溜水群にもっとも多かった。

#### 4. 動物舎で用いた飲料水の水質

動物に投与した飲料水は16ℓポリ容器にいて動物舎内におき、毎週1回づつ生菌検査を実施した。その実施に際しては、蒸溜水、ミネラル添加水、水道水の3種を行ない、菌数、1ℓ中100個以上を認めた場合は実験不適として交換した。

今回の実験は従来市販されて来っていた蒸溜水添加物と今回実験に供した、蒸溜水添加物の成分についての比較実験が出来るものであるが、改良前の添加物は、Na 8.5±4.45、カリウム7.1±7.93、Ca 2.9±1.65、Mg 0となっているのに対し、改良されたミネラル成分はNa 42.6±8.86、カリウム10.8±2.31、Ca 8.6±2.66、Mg 0となっていて、Na、カリウム、Caが特に添加量が多いことがわかる。

#### 5. 動物の成育状況

動物の成育状況を検討するのに体重の増加量を検討してみた。まづ週当たりの体重増加量を見ると、実験期間を前中後期に分けると当然のことながら前期成育全盛期に成育量の大部分が集約されている。特に前回140頭の実験に際して発育は前期の発育期に集中的であることがあきらかである。これは実験飲料水たる3種の水はこれといって明らかな中毒症状の発生を予想しないいわゆる毒物ではなく一般食品と何等変らない種類のものであるために、長期の影響経過を知ってそのなかのわずかな成育変化で判定せざるを得ない問題である。

表1の示す体重増加量は、週当たりで、ミネラル水群が前、中、後期とも、3群中もっともすぐれている結果をみた。しかし、体重増加量と総成育量との比率をとってみると各群の差は少

表1 体重増加量ならびに総成育量比率

| 群別     | 測定項目<br>期間 | 体重増加量 (g/週) |             |             | 総成育量<br>総成育量     | 体重増加量/総成育量比% |    |    |
|--------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|--------------|----|----|
|        |            | 前期<br>5～19  | 中期<br>19～35 | 後期<br>35～54 |                  | 前期           | 中期 | 後期 |
| 蒸溜水群   | 平均         | 27.4        | 7.5         | 5.7         | 633.6<br>(56.28) | 65           | 19 | 16 |
| ミネラル水群 | 平均         | 29.2        | 8.0         | 5.9         | 672.2<br>(47.13) | 65           | 19 | 16 |
| 水道水群   | 平均         | 27.5        | 7.6         | 5.9         | 640.3<br>(77.42) | 64           | 19 | 17 |

ないが、後期に入ると3群の比較では水道水群は軽度ながらもっとも良く、蒸溜水群とミネラル水群とは、ほとんど差がなくなっている。この点は考え方によっては、ミネラル投入の妥当性を示すもので、そのミネラル成分は発育期の動物については健康的に作用していることの証になる。後期における水道水群の発育が向上していたのは、あとから取り返した成育遅延促進の症状であると考えられる。

本調査での総成育量では、ミネラル水群は平均672.2gでもっとも大きいことが注目されると共に、蒸溜水群の633.6gは水道水群の640.3gに比して低い。すなわち三群中もっとも発育の低いのは蒸溜水群であったことは前回とも一致している。そしてミネラル水群の成育について前期にもっとも顕著な発育に完了しており、中期以後の成育は、特にはっきりした

増加を示さない程度であったが、水道水群は後期に入ってから蒸溜水群に比すれば成育をとりもどした形が示されている。

終了時の体重を～500g、501～550g、551～600g、601～650g、651～700g、701～750g、751g～の段階に別けての分布をプロットして見ると図3の如くに示される。図8は、重量ではミネラル水群にもっとも重量の大きい701～750gのものが7頭を占めているが、次は蒸溜水、水道水共通の601～650gに4頭づつの体重のものが認められていた。もっとも低い体重～500g、501～550gのものを見ると各群とも1～2頭の存在が認められ、群別の差がないので、これは動物の個体差からの体重であるし、特に低いもので群別差として認められるような有意差は認められない。

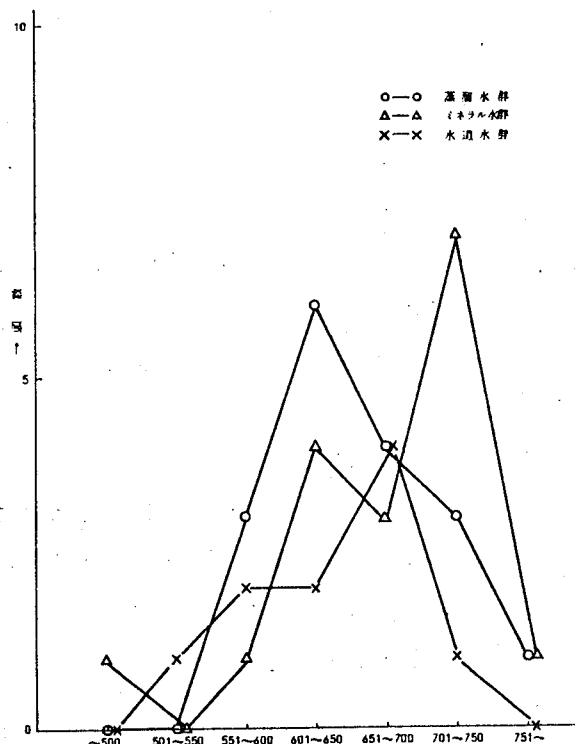


図3 体重階別頭数分布図

しかし、前述したミネラル水群の701～750の4頭の分布は体重に隔差が示されている感があり、ミネラル添加についての有意性を考えている。

本実験で育成経過を全般からみると実験が如何に移行したかということで、育成を図示して

見ると図4の如くに示される。その推移は、5～19週令に育成が集中していることを示し、3群の差はまことに少ない。これは当然のことと考えると共にこの僅少の差は貴重な差ともとれる。実験用水を毒性ありとして示すにはあまりにも生理的に無影響なものであることは前述

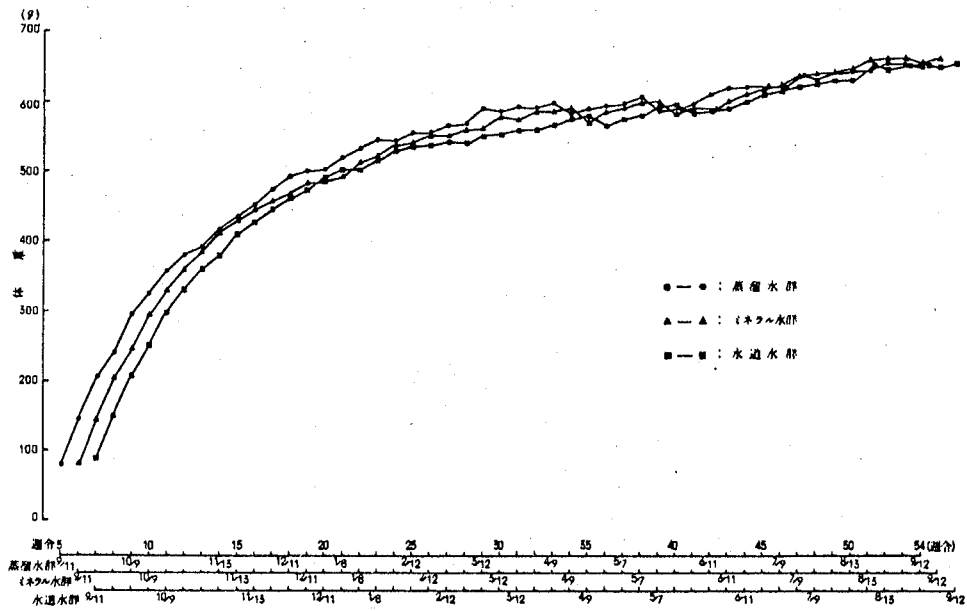


図4 各群の体重12ヶ月推移

もした如くであるが、これらの飲用こそ生体影響を調査するには長期を要し、さらに発生される表現は僅微であろうことは当然である。図は30週令成育期を経過するに及んでは、殆んど横這い状況におちつき、全般としてわずかな体重増加が示されている。動物育成日数との比較でも、1動物の30週令は人間の20年に相当するので、発育の停止もうなづけることになる。そこで図4を理解しやすくするために、前掲の表6を再検討してみる。

前期、中期、後期の区分について、これを対人間の場合としての相当年数に換算してみると、ラットの寿命は一般に3年～4年といわれてい

て、学問的には平均139週令とされると、100週令以後の死亡率は高いことは当然である。

以上のことから前回6ヶ月の実験における人間年令相当の動物の推定年はラットの1週間は8ヶ月に相当するという換算で考えると、前図の実験は32週令行なわれ、人間年令相当年では、21.4年実施したことになり、今回の実験の54週令では、36.5年の相当年数となる。

ラットは9週令ですでに生殖能力があり、人間の18才ころに相当すると云われているので、54週令行なわれた本実験では、人間で言えば18才ころから55～58才位まで行なわれた

とおなじことになると考えてよい。

以上の想定から本実験を考えてみると理解が容易となる。すなわち、前期の、5～19週令では人間との相当年数では、3.4～12.8年に相当し、中期の19週令～35週令では、12.8～23.6年となり、後期の35～54週令では、23.6～36.5年の経過を相当する。然るときは前期での成育がもっとも著しく示されているのは当然で、この期間が成育のもっとも盛んな時期であるということも理解できるし、その後の成育が後期になって安定していることも当然であるが、それにつけてもわずかばかり蒸溜水群に発育がおとった形を示していることや、水道水群が中期以後にとりかえした形を示していることに自然としての良い条件をみていると思われることは、わずかな変化ながら本実験の性格上からは重大な影響である。

### 6. 体重、飼料、飲水量の関連

動物が飼料を摂れば、その量に応じて、それを燃焼するための水が必要なので、飲水量と摂

食飼料の量は密接な関連があることになる。飼料が多ければ飲水量も増加してくる筈であり、それに対して、体重の増加もおこり得ることになる。表9でみると、摂水量では、ミネラル水群では前期、中期、後期とも飲水量は他群に比し多く、摂飼量も、前期179.0、中期155.3、後期151.4となっており、もっとも多く、3群中もっとも摂取量の少ない蒸溜水群に比較すると、前期はもちろん差が大きく、中期は成育安定期に入ってその差は少なくなったが、老年の後期になると再び差がみとめられ、減少して来ていることがわかる。

本表において3群中の摂水量、摂餌量のもっとも多かったのは、ミネラル水群であったが、よく細かく注意して見ると、蒸溜水群の前期、中期の減少の他群との比較では中期は前期に比し、やや取りなおした僅差であったが、後期になると再びはっきりした減少の傾向が進んだ体重になって示されている。

表9 体重、飼料、水の関連

| 群別    | 測定項目  | 体重 飼料 摂取量 |       |       | 総摂取量    |
|-------|-------|-----------|-------|-------|---------|
|       |       | 前期        | 中期    | 後期    |         |
| 蒸溜水   | 体重増加量 | 27.4      | 7.5   | 5.7   | 543.9   |
|       | 飼料    | 165.2     | 151.6 | 148.9 | 7596.6  |
|       | 摂水    | 281.5     | 311.9 | 311.4 | 15128.9 |
| ミネラル水 | 体重増加量 | 29.2      | 8.0   | 5.9   | 590.3   |
|       | 飼料    | 179.0     | 155.3 | 151.4 | 7808.3  |
|       | 摂水    | 378.9     | 372.0 | 358.9 | 18450.6 |
| 水道水   | 体重増加量 | 27.5      | 7.6   | 5.9   | 558.9   |
|       | 飼料    | 165.2     | 153.4 | 100.8 | 7660.4  |
|       | 摂水    | 328.7     | 322.6 | 316.2 | 16102.8 |

## D. 生化学検査結果

### 1. 尿検査結果

#### a. 尿比重

尿比重については動物飼育室室温の上昇が大きく影響すると考えられる。すなわち温度が上昇すれば、ラットに於ても不感蒸泄の状況は増進し、尿の濃縮がおこるため尿はアルカリ性になり比重が増加することになるので、室温についての最高、最低温度を対照しつつ尿比重を検討することになる。

水道水群を対照とした検討を行なってみると、水道水群の尿比重が増加して来たのは、9月～10月と3月～4月の2回であった。ミネラル水群では、9月～12月までは低い。1～2月では3群中もっともたかく、5～6月、7～8月では、3群中もっともたかく示されていた。ミネラル群では始めにひくく、中間期は後にたかく推移したことになる。これは飲水量が始めは多かったのが中期以後ではある程度減少したことを意味しているものである。

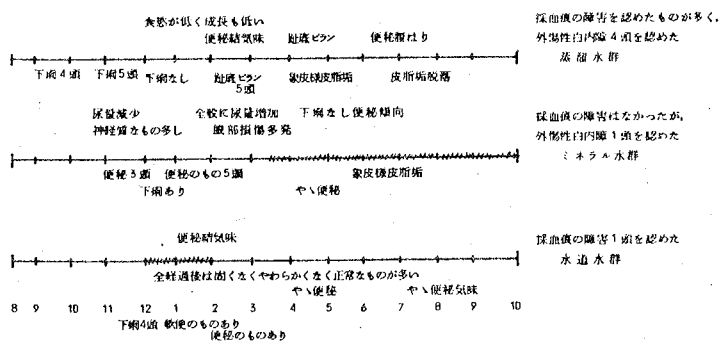
蒸溜水群では始めたかく、中期以降にややひ

くく移行しており、ラットの体格の増大を考えると中期以降には飲水量が減少したことをうらづけさせる結果となっている。飲水量が多ければ、比重の低下現象が当然おこることとなる。

水道水群では全経過とも変動が少なく経過して、3群中の中間的な位置を示し、ミネラル水群より低いことが多い経過をしめしているが、3月～4月の1時期のみ、もっともたかい値を示している。この機会には気温的にも最高の値をみせていたが、これは室温がたかいためとわかる。

比重から見た尿量増加の推定は9月～11月迄にはミネラル水群に認められたが、その後の経過ではっきりわからない。全般からみた尿量の推移では、実験の前期の終了ころから室温の影響を受けている傾向が強く、そのための尿比重増加が示されているものと考えられる。尿比重による尿量の推定は断定的なものではないが、比重の増加とは尿量が減少し、低下には尿量増加は当然発生していることと考える。

9月～12月の間は3群が不定に示されており、1月～2月では尿量が減少しつつ3群とも



註) 2月19日頃動物舎内温度やゝ高い27℃

註. 2月以降は大体計測値は変化がない。

図5 尿比重の推移



ほぼおなじ比重で移行して来ている。3月～4月では、水道水群の尿量は減少して来る様子が見えるが、蒸留水、ミネラル水では水道水群より多い様子があり、ミネラル水群と蒸留水群は量差が少ないと思われる。5月以降実験終了近くなると、ミネラル水群に尿量少なく推移しているのは、飲水量が各群とも安定した形になっているからであろう。

### b. 尿蛋白

前回の6ヶ月実験結果病理組織学的検策において蒸留水群を中心としたラット腎細尿管内に蛋白質貯溜が多く認められた病変がわかっていたので、本実験においても腎機能の変化があるものと推測して実験中は尿中蛋白量を細かく分析して、上述蛋白貯溜折出の原因をさぐるべく蛋白尿検査を全実験経過中行なった。

12ヶ月実験中の経過としては2回の増加がみられるが、1回目比し2回目の検査値はたかく示されている。要は成育に比例していることになる。群別の増加値としては、初期は蒸留水群、ミネラル水群の順で示されているのがはっきりしていたが、中期では逆転し、後期では

ミネラル水群、水道水群、蒸留水群の順になったのは、蛋白尿は安定したらしくその差は少ない。この結果から見ると前期から中期迄の推移は蒸留水群にたかく、ミネラル水群、水道水群と続いているが、この傾向は実験終了時までおなじ傾向であった。3月～4月に全群急激に増加したのは、この原因のなかには室内の気温増加による濃縮結果のものもあるが、その増加量のある程度迄の量では増加の推移を示しているとみている。なお、3群の順位では蒸留水群がもっともたかいことも確定であり、これは注目できる結果である。ミネラル水群と水道水群はほぼ同様な傾向を示したことはこれも注目すべき事項である。そして蒸留水の生体影響に関連ある症状と云える。

### c. 尿中カルシウム

尿中カルシウム量を測定定量した理由としては、カルシウムを添加しているミネラル水群の経口カルシウム量の推移については蒸留水群はもちろんのこと水道水群との比較を行ない、水道水群との対照を行なうためである。

本来尿中カルシウム量は、有意な変動を示さ

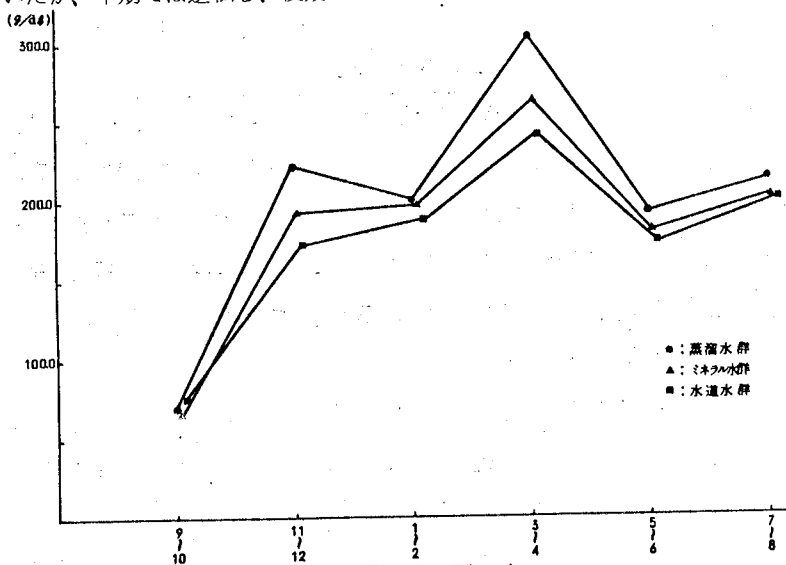


図6 尿中蛋白

ない筈であると考えられているものであるが、これは後述するカルシウムの生後の沈着は飲料水程度のカルシウム含有量の差異では排泄に變動はない筈である。実験結果は、前述を反影してか図7に示された如く、蒸溜水群にたかく、

水道水群を中間にしており、ミネラル水群がもっとも低く排泄されていた。

そして、この推移は成育期には各群差が認められているが、成育の最盛期が終った、3~4ヶ月の頃から、3群の測定値は接近して来てい

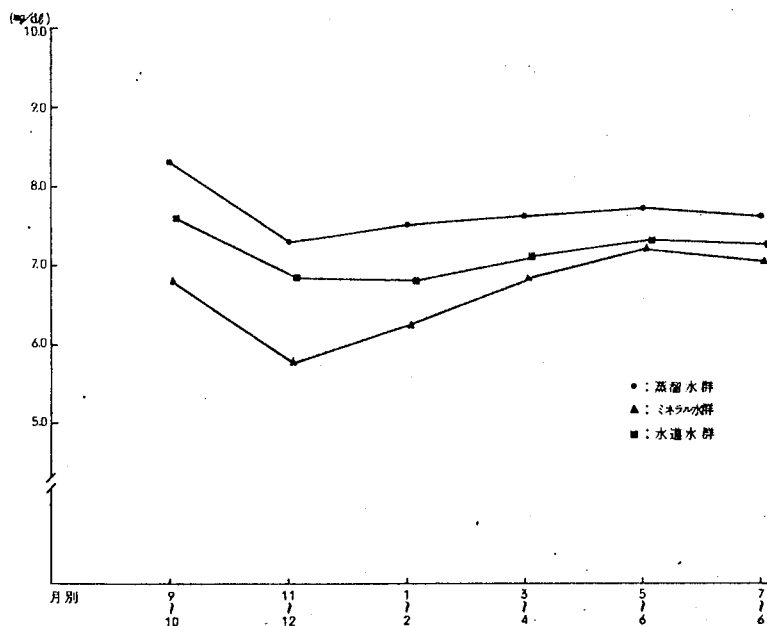


図7 尿中カルシウム量

る。また室温の増加した3月~6月の間においても変動が少ないことから尿量とは関係なく、これら尿中カルシウムは、飲料水とは関係なく飼量から摂取されて排泄されていることも理解できる。というのは群別に差がないことであり、蒸溜水群にたかいことは尿量の増加から来ているものであることは、前6ヶ月の報告からみても明白である。水道水群とミネラル水群の差は、蒸溜水群との差を比較して極めて少ないとみられる。これも飲料水中のカルシウムの量としては関係がなく、ミネラル成分としてのカルシウムではなく、飲料水としての生理機能効果上のカルシウムの存在であることがわかる。

## 2. 血液検査結果

### a. 全血比重の推移

全血比重は動物の成育、栄養について密接な関係をもつものである。特にその推移では月別の推移は重要な資料である。表3、第1に目につくのは、終了時の結果がミネラル水群と水道水群におなじであり、蒸溜水のみ低下値をみせている経過をみると、9月~10月では各実験群に差がなく、11月~12月では、ミネラル水群のみややたかく、蒸溜水群、水道水群ではその値は変化がない。

この原因については、この期間の飲水量の多少から来る差がたかいことがわかる。1月~2月では3群ともほとんど変化がなく、偏差値で

表3 全血比重の推移

| 群 別     | 数種 | 1    | 2     | 3   | 4   | 5   | 6   |
|---------|----|------|-------|-----|-----|-----|-----|
|         |    | 9~10 | 11~12 | 1~2 | 3~4 | 5~6 | 7~8 |
| 蒸 溜 水 群 | 平均 | 5.4  | 5.7   | 5.8 | 6.0 | 5.5 | 5.2 |
|         | 偏差 | 3.3  | 4.6   | 2.6 | 2.8 | 4.1 | 3.8 |
| ミネラル水群  | 平均 | 5.4  | 5.8   | 5.8 | 6.0 | 5.6 | 5.3 |
|         | 偏差 | 4.7  | 3.7   | 3.2 | 2.4 | 3.8 | 3.8 |
| 水 道 水 群 | 平均 | 5.4  | 5.7   | 5.8 | 6.0 | 5.5 | 5.3 |
|         | 偏差 | 5.0  | 4.2   | 3.8 | 2.3 | 4.3 | 3.4 |

みる限り、ミネラル水群に個体差が認められているが、これは体重にもおなじ傾向が示されていることになる。3月~4月では3群ともほとんど変わらない。5月~6月になると11月~12月のようにミネラル水群のみがたかくなっていて、7月~8月になると、ミネラル水群と水道水群が同様になって蒸溜水群に低下がみられる。

以上を総体的に検討してみると、成育期の11月~12月を主体としては、ミネラル水群に成育が良好で、1月~2月、3月~4月では、各群とも成育完了した維持値であって変化なく、成育期終了から、体力の低下にむかう5月~6月~7月~8月では蒸溜水の有害作用が動物の

生体に出現して来ているものであろう。

b. 赤血球数の推移

ミネラル水群では9~2月迄は3群中もっともたかく、3月以降からは3群中の中位をとった。すなわち、発育期の赤血球数は特に良好であったものとみてよい。蒸溜水群では3~4月のみ、3群中でわずかにたかく示されたが、これはやはり蒸溜水飲用による排尿量の増加を来したための血液の濃縮が示された増加であることは、他の期間では他群に比しもっとも低い値になっているので、発育に比例した減少(貧血)の症状を示しているものと考える。

総体的にみた赤血球数増減傾向としては1~

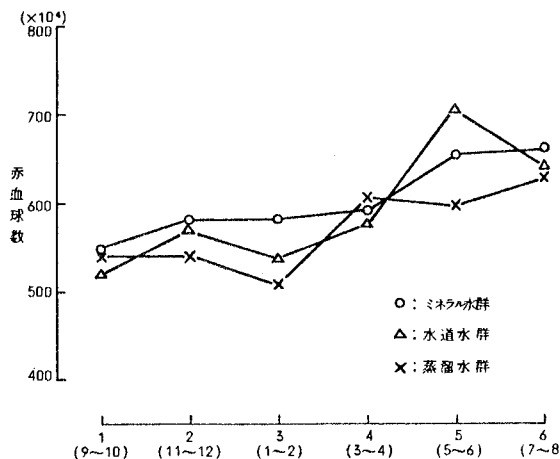


図8 赤血球数の推移

2月から全群とも増加の傾向になっているのであるが、そのなかでミネラル水群にもっともたかく、水道水群と蒸溜水群にほぼ近い値で経過していたが、わずかながら蒸溜水群ではもっとも低いことになっている。

c. 白血球数の推移

全般的な推移を見ると図9の如くに示される。まづ9月～2月迄は全群に増加が認められるが、これは発育に関する生理的な増加であるのか又

は飼育不慣れ的环境によるものであろう。その後3～4月には減少し、4月以降には増加がみられる

9月～10月の増加をみると3群とも増加しつつも蒸溜水群では増加が顕著で、ミネラル水群の増加は3群中もっとも少なかった。これをコントロールの水道水群を対象として検討してみると、この増加は動物の発育期の刺激にプラス飼育に関するストレス作用が増減結果を示し

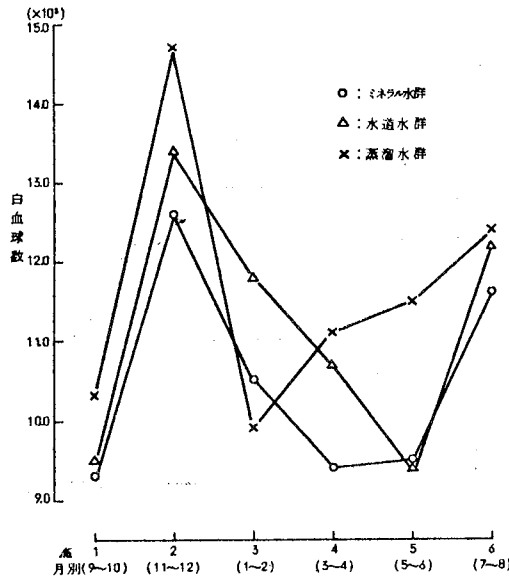


図9 白血球数

ているものとする。11月～12月の下降では、成育の安定から来る減少であろうと考えられる。この問題は蒸溜水群では4月から、ミネラル水群、水道水群では5月から再び増加をみせているが、蒸溜水群では非常に急速な増加を示していることから、この増加の原因蒸溜水飲用の内臓の抵抗作用から来る白血球の抵抗性の増加反応が示されているものである。実験終了時に近くなると、ミネラル水群と水道水群の差は明らかに縮小されて来て、ほとんど差が認められずに実験は終了しているので成育の完成安

定と深い関係があることがわかる。

d. ヘマトクリットの推移

本項の赤血球の容積をみる時点では貧血の発生、栄養低下の程度差が考えられるが、本実験においても、前回の6ヶ月実験で検討した如く赤血球の容積を通じて体液の移動、変化を示す手がかりとして重要なデータである。結果は、蒸溜水群が全経過を上位で経過していることがわかるし、また赤血球数と相対して、9月～10月では上昇し、4月は下降しているが、赤血球数計測では4月以降には増加傾向が示さ

れたのかかわらず、図示では減少して来ている。そして、ミネラル水群にもっとも低く、中間に水道水群が位置し、蒸溜水群にもっともたかい。5月以降になると、ミネラル水群は下降したが7～8月では蒸溜水群のみの増加値ではなくて、ミネラル水群と水道水群と同位地にあった。この最終の血液は屠殺時のものであるため5～6月迄行なって来た末梢血ではヘマトクリット値は揃ってたかく示されており、この値は実験経過中のものと直接関連づけてみることは危険であるが、高く推移した環境についての推測はなし得るし、血液中の水分欠乏の傾向を知るには支障がない経過であった。

以上の結果について、総合的な判断を行って見ると、蒸溜水群は全般的な経過として高い位置に示されている。本来なら、本検査値の高いことは、栄養状態のものとも良好なことになるのであるが、本実験の他検査項目を対照して見た場合、赤血球数、白血球数、その他の変動が3群中蒸溜水群のみは他検査値にもなっておらず逆にそれらの値に減少、増加が示されていることから、本ヘマトクリット推移については前回6ヶ月の実験経過と良く似た増加傾向であることが考えられ、さらに、ミネラル水群の

ヘマトクリット値について6ヶ月の実験経過では蒸溜水群と対象水道水群の中間に位置していたのが、本実験結果ではその値は、対象群たる水道水群にほとんど差が認められていないので、やはり前掲の蒸溜水群におけるヘマトクリット値の増加が示されていることに関して、蒸溜水群に体液の異常な移動が考えられることになり、前回6ヶ月の実験結果とおなじ結果となった。

本実験における体液の異常な移動結果は、その原因が後述の腎臓の病変に関係があり、その障害原因は病理組織検査結果から見ても尿量増加による細尿管の萎縮から来る現象をうらづけ得るものである。

#### e. ヘモグロビンの推移

ミネラル水群では、9月～12月迄の成育期間中は優位であったが、その程度は3月～6月迄は軽度低下し、実験終了時では他群に比すれば増加して最後には優位に終了していることがわかる。

蒸溜水群では9月～10月のみ3群中の中間に位し、1月～2月に3群中もっとも低くなったが、3月～4月に再び増加、後5月～6月、7月～8月には3群中もっとも低く推移した。ここでのこの経過を検討して見るに、11月

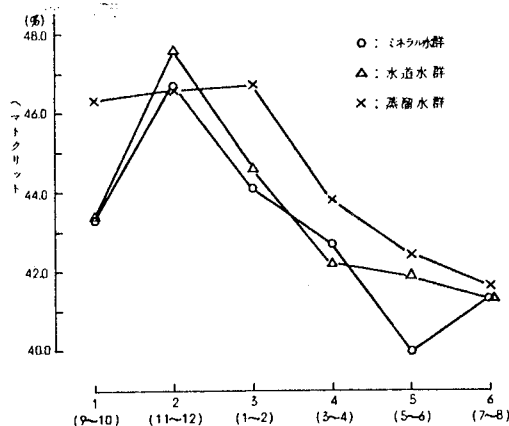


図10 ヘマトクリットの推移

～12月では成育期として増加し、3月～4月では血液の濃縮による増加となっているが、経過としては減少気味に終始していると考えてよい。

水道水群の経過をみると、前中期では低い感じで推移したが、後期ではたかくなって来ている。云う迄もなく水道水群は、コントロール群であるから、蒸溜水群の同時期のヘモグロビン高値は血液の濃縮がおこったための高値であって、栄養や成育から来た増加ではない。ヘモグロビンの蒸溜水群の高値に対して、ミネラル水群の高値は、蒸溜水群の増加とは原因を異にしており、ミネラル添加飲料水の効果を示しているものであることは、他の白血球数等の推移をあわせて検討してみた場合、ミネラル水群の全体的な増加については病的なものではなく、生理的なものであることがわかる。

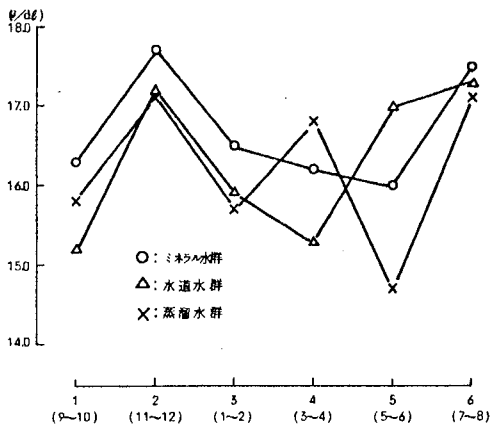


図11 ヘモグロビンの推移

f. 血清比重の推移

本調査においては実験中の僅少量な血液を以って本項を計測したため、溶血がおこったり、又、分量的に少なかったため、数値は多少不揃なものが多い。それを敢て本項に起草した理由としては血清比重の濃縮状況を予想していたので、その根拠を把握するために実施したものである。

註(実験経過中のラット採血は0.5ml以上の量は隔週の採血では技術的手技を要する)

表4は蒸溜水群が他群に比し、高い値を示している。Na1及びNa6である。しかしNa3、Na5も意外に蒸溜水群にたかいことが認められている。

特に動物の体格では、ミネラル水群がもっとも良好であったのに対して、もっとも体重の少なかった蒸溜水群の血清比重が僅差であることは、血清比重と栄養とは正比例する数値を示すとすると、蒸溜水群の血清比重がたかいことは栄養の良好と考えるより血清の濃縮という点が考えられる。しかし水道水群と蒸溜水群にたかい値をわずかつつ示しており、この場合にはやはり蒸溜水飲用による影響の低下を水道水群と比較して考えることができる。そしてその傾向は全般的にたかい値に移行していることがわかる。

表4 血清比重の推移

| 群別     | Na            |               |               |               |               |               | 平均   |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|
|        | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             |      |
| 蒸溜水群   | 29.6<br>(4.2) | 21.6<br>(1.9) | 33.3<br>(5.6) | 31.4<br>(3.0) | 26.0<br>(5.3) | 25.7<br>(4.3) | 27.9 |
| ミネラル水群 | 25.0<br>(4.7) | 23.0<br>(2.4) | 32.8<br>(5.8) | 30.5<br>(6.2) | 26.6<br>(5.0) | 25.6<br>(4.0) | 27.3 |
| 水道水群   | 25.6<br>(4.4) | 24.2<br>(3.7) | 34.4<br>(4.8) | 31.2<br>(3.2) | 26.2<br>(4.9) | 24.7<br>(4.0) | 27.7 |

(註)本文中Naとあるは、月別区分にNaを附した。

## E. 血清生化学検査結果

### 1. 一般生化学検査結果

前回の実験時の本検査項目検査結果では、蒸溜水群をトップに腎機能（尿素、窒素、クレアチニン増加）の低下、脾機能（アミラーゼ）の低下があり、肝機能（GOT）の増加が有意であった。

本実験結果において血清分析にあたり前回と同様な検査項目を採用して見ると図12の如く示される。

その比較は、前回実験結果に比し、その検査傾向は良く似ているものもあったが、前回には有意な変化がなかったのに本実験では新たに有意な増加値を示した。

総コレステロールの前回の結果は、コントロール群と比較した時に、蒸溜水群に増加が目立っており、ミネラル水群を中間にした検査結果が示されたのに対し本実験結果では、ミネラル

水群と水道水群ではその検査結果に差が少なかったが、蒸溜水群のみに有意に高い値がみられた。本実験結果の一般臨床検査項目としては前回とおなじ、尿素窒素、血清アミラーゼ、総コレステロール、クレアチニン、GOT、GPTの測定を行なっている。

図13に示す如く、群別にみると蒸溜水群は他群に比し、血清アミラーゼを除いて全検査値に高い値を示していた。しかし、GOT、GPTではGOTに少したかい値が見られる結果を示したのであったが、その値は有意にたかくはなく、GPTの値と比較してみると、その値は低いのでGOTに比し少したかいは問題にならないと考えてよい。ただし、尿素窒素における蒸溜水群の増加ならびに血清アミラーゼの低下はあきらかに蒸溜水群のみに有意な低下を示している。クレアチニンは前回にも蒸溜水群でも増高を示したが、本実験結果においてもおなじ傾向があきらかであった。本実験の上記検査は

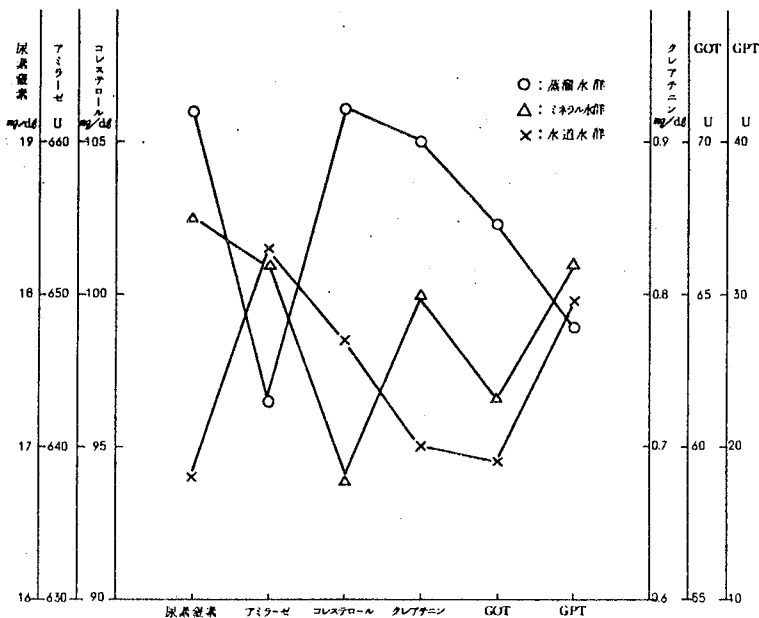


図12 尿素窒素、アミラーゼ、コレステロール、クレアチニン、S-GOT、S-GPT測定結果

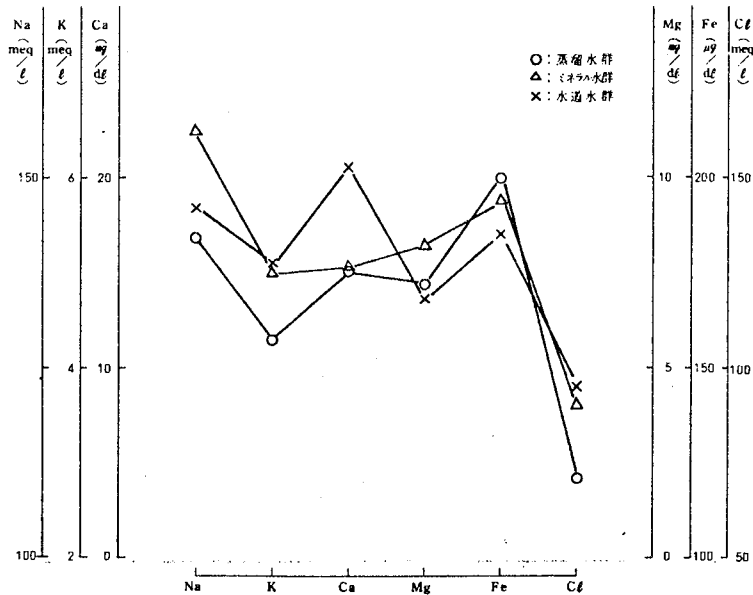


図1-3 Na, K, Ca, Mg, Fe, Cl測定結果

前回6ヶ月の実験結果とおなじ傾向であり、おなじ障害を推測する結果を認めている。

前回の本結果と多少相違しているものは前述もしたが、本結果での蒸留水群のコレステロール値増高であった。この結果については、6ヶ月以上の慢性の蒸留水生体影響では肝臓に対する影響があり、総コレステロール値を増高させているものと考えている。そしてコレステロール値の場合にはミネラル水群に低く、水道水群はもっともたかい蒸留水群との中間に位置しているが、コレステロール値のたかい蒸留水群では、肝臓からの原因を考えることができる。

前回実験では、GOTに対しGPTも蒸留水群では増高がはっきりしていたが、本実験ではGPTは各群とも有意差はみられず、GOTのみ蒸留水群にたかいように感じられた結果であった。この原因については長期蒸留水の飲用でも肝臓に対しては、ストレス的に作用しているもので、他の毒物的な障害の如き肝の影響は招かないことがはっきりしたと考えている。

## 2. 電解質、微量成分分析値

前回6ヶ月の実験結果においても、Na, K, Ca, Mg, Fe, Clの分析を行なった。全般的にみる結果としては前回に比し、ミネラル水群と水道水群の差はあきらかに減少していることがわかる。蒸留水群では有意的に低いものはKの減少であり、Caとなると水道水群にもっともたかい。Naでは前回とはおなじ傾向で、ミネラル水群にたかく蒸留水群に低い。Mg, Fe, Clは前回の結果とおなじ傾向を示し、その程度も、6ヶ月と12ヶ月では著明な差を認めていないことがわかる。

蒸留水群のNa, K, Clは低目に示され、Clについては蒸留水群がもっとも低いことになる。図1-3測定結果から添加物の効果を推測してみると、Naではミネラル水群にたかく蒸留水群に低い。ミネラル水群ではKの低下は少ない。Caでは添加物効果が低く、Mgでは添加効果がある。Feは蒸留水群がもっともたかい。これは前回の実験でも明らかになっており、



その理由は説明しているC<sub>1</sub>では添加の効果がある如くであるのは、蒸溜水群に低く、他群はほぼおなじ値に認められている。

## F. 動物の解剖所見

成育試験を行なった後、動物を殺し、その臓器の外見を観察した。臓器の外見で異常を認めたものは極めて少なかった。体重の少ない動物は臓器も小さく、実験水の作用による肥大、または萎縮による変化をはっきり、認めることはできなかったが、しかしこの種の実験では有害としても、その影響はごく慢性的で微少な経過をとるため視診では明らかな変化を示さないものであり、肉眼上の所見のみで衛生学的な生体影響は判定でき難い。

視診で見た変化としては、コントロール群Na 36にかるいうっ血が認められ、ミネラル群Na 24に左腎の変型が認められた。蒸溜水群で内臓、特に肝臓、腹膜にチアノーゼ色を呈するものがNa 6、Na 12、Na 15に認められている。本症状は前回の実験においても蒸溜水群においてのみ認められるものが多かったのであるが、本実験でも認められていたが、その数は予想に反して少なかったが、動物数からみると蒸溜水群の発生は有意な数であり白血球数増多をうらづける症状所見である。

## G. 病理組織学的所見

屠殺後の臓器は、ホルマリン液にて固定を行ない定法に従って、ペマトキシリン、エオジン染色を行ない、組織の病理組織学的検査を行なった。表示をまとめて記述してみると、次の如

くなる。

まづ3群の病理所見の程度は大同小異であったが、各種の所見については蒸溜水群に多発している。

前回6ヶ月の実験でもっとも多く認められた所見は、腎細尿管内の蛋白貯留であった。その他臍を除く臓器には、まとまった同一傾向の所見は認められていなかった。

本実験では前実験に比し、実験期間は2倍に相当する満1ケ年であったので、前述の臓器量からみて、心臓では蒸溜水群が体重に比し重く、肝臓ではミネラル水群に重量が重い結果となっていて、その原因は心拡大のほずであるから、組織検策結果では明らかではなかった。

肝臓の所見では、3群の比較で、蒸溜水群に極くかるい所見が認められたもの3頭を認め、ミネラル水群でもほぼ同様の所見のもの4頭、対照群では2頭を認めている。

腎臓においては、本実験においても前回とほぼおなじ病理所見が認められたが、その数は蒸溜水群にのみ7頭を数え、ミネラル水群では3頭、対照群では2頭に止まっている。又、本実験では前回に認められなかった細尿管上皮の変生が蒸溜水群に4頭認められていた。この症状は前回の6ヶ月では認められていなかったものである。その他腎盂の炎症は蒸溜水群は2頭、ミネラル水群に1頭認められたが、この所見は対照群にも1頭認められている。

心臓の所見であるが、重量では蒸溜水群にもっとも大きく示されていたが、この心臓組織にいては心筋に限局性繊維化の所見を示すものが、蒸溜水群では5頭認めている。ミネラル水群の心臓所見としては、心筋繊維化は1頭のみであった。水道水群での心臓所見はほとんど認

められていないし、はっきりした症状がなかった。

脾臓では蒸溜水群、ミネラル水群、対照群にそれぞれ1～3の被膜繊維化像が認められているが、この所見には群別の有意差がない。

肺臓では極くかるい細胞浸潤像が各群に1～2頭認めるが、これも脾臓と同様群別差ははっきりしなかった。

胃では蒸溜水群に胃粘膜下の繊維化が4頭、ミネラル水群に各1例づつ認められ、蒸溜水は有意な群別差がある。

副腎では各群に1～2例づつ水腫様変性、脂肪変性が認められた。

脾臓ではヘモジデリン沈着は蒸溜水群に3頭認められたが、他群ではミネラル水群に細胞浸潤3例、対照群に1例、おなじく認められている。

以上の所見を全般的にみた場合、腎臓、心臓、胃の所見は、ミネラル水群は蒸溜水群に比し少く、蒸溜水群はあきらかに多く、ミネラル水群は対照水道水群によく似ている。また腎臓の変化は対照群にも認められるが、その例は極めて少ない。

今回の実験では蒸溜水群の心臓所見でも、他群に比し多い所見が認められ、心臓の拡大は考慮できた。

脾臓では蒸溜水群にヘモジデリン沈着の所見が認められている。

その他所見として、肝細胞水腫性変化や脾臓の被膜繊維化、肺の気管枝周辺の細胞浸潤や、脾臓の細胞浸潤などは、対照群にも認められるものであって、これらの変化は本実験結果とは関連する変化ではない。

## H. 結 論

以上の実験結果から、本実験結果のまとめは、次の如く考える。

1. 蒸溜水の長期飲用は、動物の成育期における成育の障害を来し蒸溜水飲用による体液電解質成分排泄のバランスが、各種臓器のなかでも腎臓からの排泄過多により混乱せしめ、電解質成分中特にカリウム、ナトリウムの欠乏を来し、慢性脱水症を原因とする血液の濃縮をも併発する。

これらの生体影響は、脾臓に対してはアマラーゼの活性低下を来し、心臓に対しては血液濃縮から来る障害をもたらすが、その障害は新陳代謝系のストレス作用として生体に影響を与えているもので、成長期の遅延をもたらす。

2. 本実験結果によるミネラル添加は改良添加の効果が、はっきりと示されている、ということは、水道水群と対象とした場合に、ミネラル水群は蒸溜水群をはるかに引き離して水道水群の諸結果が接近していることで理解できる。そこで蒸溜水飲用に際して添加するミネラルは従来行なわれている硬度をもたらす方針に固執したミネラル、塩化カルシウム、マグネシウム等の添加では、蒸溜水本来の性格は除去できない。

3. なお、本報告で判明した以外に残る組織成分からみた蒸溜水の生体影響については、次回に報告する。

昭和56年度

担当者 久我昌男

蒸溜水の飲用清水化の開発研究