

東京市衛生試験所報告

東京市役所編

第十四回學術報告卷一

昭和十二年分



始



14.6,
88

第拾四回
東京市衛生試験所報告

學術報告 卷一

昭和十二年分

東京市役所

14.6
88

銅管の衛生的害否研究



東京市衛生試験所

目 次

第 1 章 銅の毒性及銅管に関する文献
第 1 節 銅の人體に及ぼす作用
第 2 節 銅の溶出と水質との關係
第 2 章 銅及鉛の動物發育に及ぼす影響
第 1 節 動物の選擇、飼養法、
第 2 節 銅の動物發育に及ぼす實驗
第 3 節 鉛の動物發育に及ぼす實驗
第 4 節 魚介類に及ぼす實驗
第 5 節 本 章 總 括
第 3 章 銅の溶解と水質との關係
第 1 節 試驗材料及試驗方法
第 2 節 湛水時間、採取水量及放流と溶出する銅量及鉛量との關係
第 3 節 各地實際銅管を使用せる水道水中の銅の溶出量
第 4 節 遊離炭酸と銅溶解との關係
第 5 節 各種鹽類と銅溶解との關係
1. 遊離炭酸を含有せざる場合
2. 微量の遊離炭酸を含有せる場合
第 6 節 水道水中遊離炭酸多き都市に出張實驗成績
第 7 節 遊離鹽素及硫酸礬土と銅溶出との關係
第 8 節 本 章 總 括
總 括

第 1 章 銅の毒性及銅管に関する文献

第 1 節 銅の人體に及す作用

A. 急性中毒

銅の人體に及す作用は少量であれば局所の粘液の分泌を阻止し、又粘膜の毛細管を收縮して消炎的作用や粘膜を腐蝕する作用がある。銅鹽を 0.02~0.05g を飲用すると吐氣を催し、着色の爲に



0.05% を野菜、瓜等に加えると銅の個有な味を感じる。

中毒を來す分量は學者によつて區々ではあるが大體 10g 位である。或人は 30—60 g と稱し *Kobert* 氏は 0.4—0.5 g でも中毒を來すと云ふ。銅中毒と稱せられている場合に、銅の中に砒素を含んでいることもある。二年前に新宿中村屋のパンを二回食して中毒死亡し、一人は一回食し重症後治癒した。其のパンの切片を分析したのに、1kg 中に 2.04g の銅分を検出し砒素はなかつた。其の死亡した方は小兒で、食した銅の量は恐らく 1g 以内であつたろうと想像されるが、腎臓炎もあつたので、單に銅に依る中毒死亡であつたか不明である。小兒は 1.2g で死んだ例も報告されてゐる。

靜脈内注射では 50—100mg で中毒を起す。

中毒の症狀は無氣力・下痢・嘔吐・腹痛・食道の焼ける様な感等を來し、又烈しき腹痛、昏睡を來し、血尿を來し死亡する。死の主な原因は心臟筋肉の痙攣であると云ふ。

B. 慢性中毒

慢性中毒に關しては其量は一層不明である。從來記載されてゐる例は銅粉が飛散する様な工場で働く人、例へば菓子・パン・及び豆・野菜の罐詰製造業者が中毒を來した場合、主な症狀は貧血を來し、憔悴して、皮膚蒼白となり、齒齦が紫色、毛髪が緑色になる。又神経痛を來したりする。俗に之を眞鍮の中毒と云つてゐる。然し中毒を來す量に就いては不明である。

白鼠に、0.05—0.1g を六箇月間飼せしめたのに障害が無かつたが、其の時肝臓を見ると肝臓の硬變があつて、著しく大きく、18 倍も重くなつたものも見て居る。羊に硫酸銅を 52 日間に 89g を與へたが何等障害を來さず、最後には 20g を與へたが尙ほ何等の障害がなかつたと云ふ記載がある。

銅の中毒作用に就ては古來議論があつたので次の様な學者自身の人體實驗がある。即ち、*Tous-saint* 氏は、80mg 宛六箇月自分で食し何等の障害を來さなかつたと云ふ。又一度に 0.1g を飲用すると吐氣があつたが二度に分けると其の作用がなかつたと。

Rademacher 氏は毎日酸化銅を 0.25g 宛飲用して食欲進んだが障害を來さなかつたと云ふ。

Galipe 氏は銅から出來ている皿の中に醋酸を入れて加熱して銅を溶解せしめたものを 14 箇月間の長い間飲用したが障害を來さなかつたと云ひ、*Kant* 氏は 51 日間に、32.84g を服用し且 4.8g の綠青を飲んで何等の障害を來さなかつたと云ふ。

C. 人體に對する銅の必要量

銅は鉛と違つて人體には必要な要素で、體內に約 40mg の銅を含有し、就中多いのは肝臓である。肝臓 1kg 中に 2.24mg (肝臓全體の内に 10—12mg) 腦髓及び腎臓に 1.7mg を含み、其他の臓器では極めて微量を含むに止る。新鮮なる肺臓の 1kg 中には 2—3mg ある。糞便中 1日 1.3—2.4mg を

含む。罐詰を食した後 6.7mg もあつたと。食物中最も多いのは牛の肝臓で 44.1mg を含み、其他 1kg (乾燥物) 獸肉中 1.0mg 牛腎臓 8.0mg 脾 7.2mg 獸肝 0—51mg 魚肉 2.5mg、雞肉 3.0mg、牡蠣 30.0mg、穀類 5—14mg、豆 18—29mg、牛乳 0.02—1.6mg を含んでゐる。

日本内務省の規定に依れば、貯藏した野菜 1kg に就き 100mg、昆布中には 150mg を限定として含有する事を許されてゐる。

人は 1 日に普通の食事中に、幾何の銅を含有するかといふに ⁽¹⁾*Lehmann* 氏は 10—20mg といひ又他の人は 53mg ともいつたが、米國の新らしき研究によれば 3—5mg の銅を食して居る。そして人は 1 日に新陳代謝に必要な量は、⁽²⁾2mg と稱して居る。即ち其の必要量は鐵と比較すると、鐵の必要量が 15mg であるからして約 7 分の 1 である。之等の銅は尿及大便中に排泄されて居る。即ち吾々が日常銅の極微量を探つて、其の銅は尿及大便に出て居るので、腸及腎臓は其の排泄器管である。殊に腸から排泄されるものである。尙ほ量が多量になると皮膚及汗の中に分泌されて、皮膚及毛髪が緑色になる。又齒齦が紫色に變色する。銅を持続して與へると、曩に動物實驗でも肝臓の肥大を見たが人にも同様で、銅を取扱ふ染料工場、食料品の罐詰工場等に働く人、或は葡萄酒の醸造工場に働く人に最も屢々見るのは、肝臓が肥大して脂肪變性を來し、尙ほ度が進むと硬變を來して居る。

銅鹽を飲用した場合に人體に働くのは溶解して吸収され、血液の中に移行したものと、1 部は銅鹽が直接胃腸の粘膜を腐蝕することである。そして之等が動物體內或は胃腸内で複鹽を造るか、蛋白質の化合物を造ると、(キサントゲン或はチスチンと結合すると、) 其の銅の毒作用は無くなる。

銅は又 2, 3 年から貧血の治療劑に使つて居るが、其の量は 1% の硫酸銅を 30 滴位用ひて居る。其銅の含量は 3.8mg である。昔から銅を取扱ふ工場に働く女工は、血色が好くなると稱せられて居つた。從來鐵や砒素劑のみを補血劑に用ひて居つたが、近來銅を併用する様になり其の効果は一層著しくなつた。

以上の諸成績を以て考察するならば、今水道水中 0.2ppm の銅を含むとし、2 l 飲用したとすれば、0.4mg である。夫れだけは日常の食物以上に餘分に飲用する理である。それで差支はないかといふに、1 日の銅攝取量 10mg に對しては僅かに其 4% に相當する。補血の目的に飲用する 1 日量 4mg に比較しても 10% である。かゝる増加は人體生理的作用及毒物學の大見地から見て、毫も支障ないものであると結論し得る所以である。

第 2 節 銅の溶出と水質との關係

銅管は使用されるに連れて被膜を生ずる。其の化合物は鹽基性の炭酸銅が主であるが、其の他に、亞酸化銅も又少量の二酸化銅も發生する。

元來炭酸銅は證明せられて居ないので、常に一定の割合に水酸化銅と複鹽をなして存在して居る。即ち孔雀石 $CuCO_3 + Cu(OH)_2$ (Malachit) と碧銅礦 $2CuCO_3 + Cu(OH)_2$ (Azurit) である。兩者は水には不溶性であるが、アンモニア及酸には非常に溶解性である。殊に、アンモニアには溶解性で少量の炭酸アンモニアの爲めにも青く成つて溶解する。

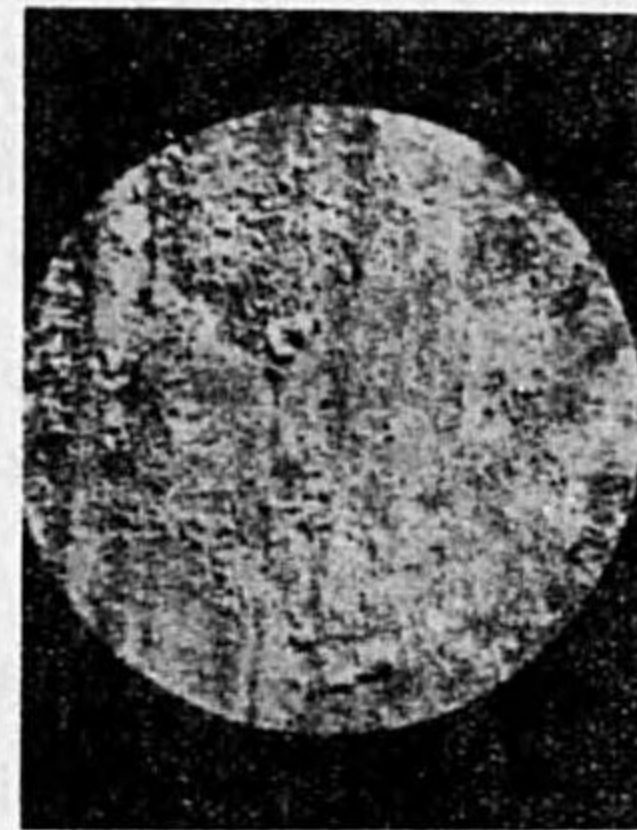
酸化銅には2種あつて一は亞酸化銅で赤色であり、他は二酸化銅で黒色である。水には前者は極僅かに溶け、後者は不溶性である。然し兩者共に、アンモニア及酸には溶解する。

銅管の被膜を作る場合には上述の銅鹽が種々の割合に沈着する。其の被膜の状態を分けて2種とする。

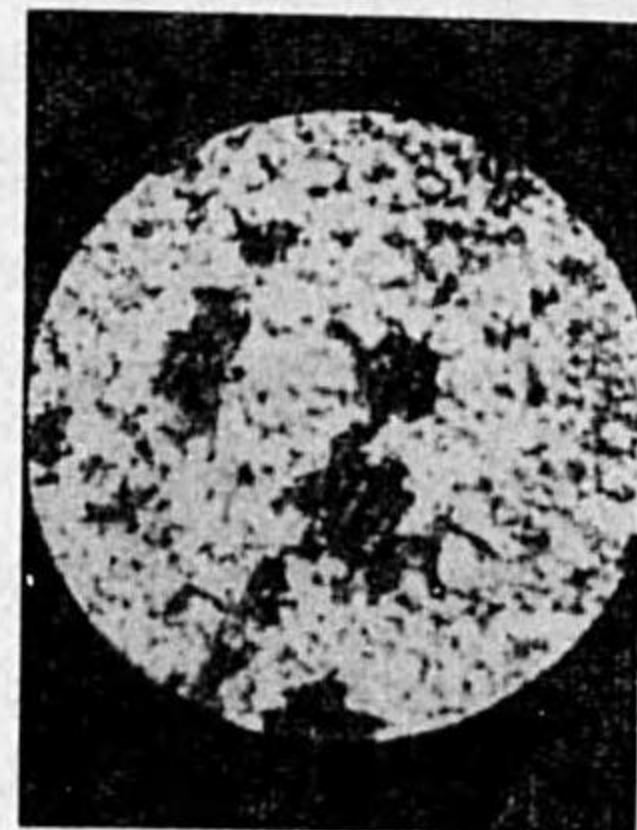
1. 均等被膜 (homologe Schutzschicht) と非均等被膜 (heterologe Schutzschicht) に分ける。均等被膜は主に亞酸化銅の沈着したもので、沈着が極微細であり、且沈着した顆粒と顆粒との間に間隙がなく、被膜は密接に銅の結晶の間隙迄密着して居る薄い層を作つて居るものである。再び銅を溶解する様な水が來ても溶解する量の少ないものである。斯る被膜は銅には理想的のものである。

非均等被膜とは鹽基性炭酸銅の沈着が主で、カルシウムの多い水の場合に發生するもので、沈着の顆粒は粗雑で其顆粒と顆粒との間には間隙があつて、銅鹽を溶解する水のためには剝離し易いものである。又微細な沈着が水に浮遊して流出する恐れが多いものである。

被膜は概して炭酸硬度7度以上の時には最も速かに數週で出来る。被膜は又斯様な化學物質でなく有機物であることもある例へば Eisenocker や Gallertbakterien である。



均等被膜



非均等被膜

之等の被膜の外に銅の溶出を防ぐ同一の作用をなすものが他に一つある。それは金屬と水との間に電位差を生じて極めて微細な水素ガスを發生である。其の水素はやがて銅管の被膜の上を覆ふて一のフィルム (Film) を作る。之を Polarisation と云ふ。尙ここに酸素が來ると直ちに其の水素を驅除するので、其の水素から成るフィルムは破壊せらる。之を Depolarisation と云ふ。

以上の如くにして銅が溶出するのであるから、水質の性質が銅の溶出を左右するものであること

は容易に想像せられる。就中影響するものは遊離炭酸及酸素、就中遊離炭酸であることも想像せられる。酸素が影響することは勿論であり之が無ければ遊離炭酸の影響も少いのであるが、實際上水道に用ひられる水は、酸素は皆含んで居るのみならず其量も大體一定している。従つて問題となるのは遊離炭酸である。尙類似の酸例ば鉍酸、有機酸、Humus 酸も影響する。

2. 次で影響の強いのは遊離炭酸が相當あつて硬度の低い軟水及アルカリ土類鹽類 (マグネシウム、カルシウム) を特に多量に含む水が最も影響するのであり。次では他の鹽類であると。本所に於ても硝酸、鹽酸、炭酸、硫酸等の鹽類を添加して遊離炭酸の無き場合と、微量に含む場合とを試験したが、銅の溶出多少の増加は見たが、遊離炭酸に比し其影響は微弱である。

3. 尙重要なのは炭酸硬度 (Karbonate Härte) であつて、炭酸硬度低くて (4度以下)、少量の遊離炭酸を含むものは、炭酸カルシウムの被膜を作つても直ちに遊離炭酸のために溶解せられ完全なカルシウム膜を作らないのである。元來銅が溶出する場合に、銅がイオンとなり水に溶解している場合と、微細な顆粒になつて浮遊している場合とある。炭酸硬度4度以上の時は後者で、以下の時は前者である。前者は味覺を刺戟する。

4. 之れに反して炭酸硬度高い水で遊離炭酸の少ない水は、被膜を作ることが著明で、綠色から白色の被膜を作る。此の被膜は鐵の場合には鐵を腐蝕して鐵の層を薄くするけれども、銅の場合には斯の如きことはない。かくの如き硬度高き水は極めて安全で銅管が適用せらる可きものである。

Dessau 市は、人口 28,000 の都市であるが、1886年に92人の鉛中毒者を出し當時非常に問題になつたものである。是は遊離炭酸 (28mg) のために鉛が溶出して平均 4.4 ppm に上つていたためであつたので、炭酸カルシウムの上を流水さして水の硬度を高め硬化 (Hart machen) せしめて鉛の溶出を防いでいる。

D. 水道水中の銅の限度に就て

獨逸の Lehmann 氏は水 1 l 中に 10 ~ 30mg 迄の銅は障害を來さぬが、200mg になると有害であると。一般には 2.0mg 以上を含有すべからずとし流水中には 0.1~0.3mg としてある。

英國の Thresh 氏は 1 l 中 1.4mg 迄は差支へないが、之を越えると有害であると云つてゐる。

英及び米國に於ては 0.2mg を限度と定められてゐる。その 0.2mg といふのは文中には明かに書いてはないが、恐らく流水中のものであらう。何となれば實際に於て米國の報告を見ると洪水の場合には 0.8mg 以上に達する成績が屢々報告されてゐるからである。

- (1) Kleine Mitteilungen für die Mitglieder des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Beiheft. 8. Das Kupfer im Wasserleitungsbau. S. 40.
- (2) Copper Metabolism in Man. The Biochem. Journal. Vol. 19, No. 2. (1935) P. 476-479. By Tung-Pi Chou and William H. Adolph.

第2章 銅及鉛の動物發育に及ぼす影響

第1節 動物の選擇と飼育法

本試験は銅及び鉛鹽類を徑口的に幼若なる白鼠に給與し、其の發育に及ぼす影響を觀察したものである。

1) 試験動物の選擇並に飼育 各試験動物は體重 50~60g の幼若白鼠を使用し、之を各群に分ち1群を各6頭宛とした。又雌雄によりても發育時期を異にするもので、實驗には雄のみを選び、而も成る可く同腹のものを使用した。飼料は毎朝時間を定め新鮮なるものを給與して自由に攝取せしめ、翌朝給與前に餌入器内の殘料と共に飼育籠の外部に落下せるものを併せて秤量して、1日の攝取量を正確に計算した。發育は10日目毎に各試験動物の體重を測定し之を觀察した。

尚ほ幼若白鼠の發育は4季により違ふので、常に對照群を設けて是と比較觀察を行つた。

2) 飼料の調製 飼料としては種々試製したが、結局最も好結果を得たのは玄米74.0%に魚粉23.0%、肝油3.0%より成る混合飼料中に、種々なる銅及び鉛鹽類を十分混和調製した。尚毎日秤量に便する爲めに、之等試薬を澱粉粉末に混和し、一定量とせるものを、體重1kgに對し1日1頭當り0.03mgより0.06, 10, 30, 50, 100, 150, 200, 250, 300mgの割合に添加し良く混合して給與し、別に對照群には試薬を添加せざる混合飼料のみを給與した。

3) 血球計算 試験動物の血球計算方法に當りては豫め白鼠の心臟部又は尾部より採血計算した。尚ほギムザ氏液染色により鹽基性斑點 (basophile) 及多染性血球 (polychromatisch) の出現に就ても觀察した。

第2節 銅鹽類の動物の發育に及ぼす實驗

1 銅鹽類として A 硫酸銅, B 炭酸銅, C 鹽化銅を用ひた。

A 硫酸銅の實驗

動物を7群に分ち0群は體重1kgに對し0.06mgの微量を給與した。即ち1ppmの水2lを飲用したとすれば其の銅量は2mgとなり、人體50kgを白鼠の體重100gに換算すれば2mgは0.004mgとなるが、約其の15倍量0.06mgを試食せしめたのである。

他群には次の如き銅量を給與した。

第1群は體重1kgに對し50mg給與のもの。

第2群は體重1kgに對し100mg給與のもの。

第3群は體重1kgに對し150mg給與のもの。

第4群は體重1kgに對し200mg給與のもの。

第5群は體重1kgに對し250mg給與のもの。

第6群は體重1kgに對し300mg給與のものに分ちて幼若なる白鼠を用ひ試験を行ひ、大要次の結果を得た。

成績の考案 ○群即ち1日1頭當り毎日0.06mgの硫酸銅を給與し試験開始後70日目の結果は、其の發育狀態略對照と等しく、又鉛給與の○群即ち1日1頭當り毎日0.03mgのものと伯仲してゐた。本試験は尙續行中で2ヶ年後に其組織的變化なきやを検する筈である。(第3表)

然し血球に於ては赤血球の増加良好で、成熟なる白鼠に於ける血球數を示した。多染性血球は極めて少く一視野に1~2個程度で、鹽基性斑點は検出し得なかつた。

各群に於ける發育を見るに、第1圖(第1表)に示すが如く、對照に比し2群(體重1kgに對し100mg給與のもの)常に最も優れ、銅攝取量17mg内外である。次で1群で3,4群は稍々劣り、5,6群は著しく劣る。尙之れを各期別即ち30日毎の發育狀態を見るに、第1期(試験開始(9年6月11日)第1日より第30日に至る)に於ては、各群中第2群が良好で其の體重増加は1日平均2.4gである。硫酸銅は1日平均5.6mgを攝取してをり、これを體重1kgに換算すると其の銅量は13.45mgである。

第2期(試験開始後第31日より60日に至る)に於ても第2群が良好で體重増加は一日平均2.93gで硫酸銅の1日平均攝取量12.37mgで體重1kgに換算すれば其の銅量は16.38mgである。

第3期(試験開始後第61日より第100日に至る)に於ても第2群が良好で其の體重増加は1日平均1.4gで硫酸銅の攝取量1日平均、22.47mg即ち體重1kgに換算すれば其の銅量は21.45mgである。

以上を要するに硫酸銅給與による幼若白鼠の發育は、之を他群及對照に比較して體重1kg當り平均17mg攝取のもの(體重1kgに對し100mg給與のもの)が良好で夫れ以下の量を攝取したものと(50mgの群)も對照に比較すると優良である。然るに體重1kg當り30mg以上攝取のものは、反つて發育は不良で、對照に比較すると約88%に當る。白鼠は體重280g内外に達すると已に最高であるようで一時停止するか、却つて減少するのを屢々見た。故に體重發育試験にはこれ位までを檢索した。

又血球數に於ては何れの群も對照に比較して、赤血球の増加が著しい。即ち其の結果は第2群21%、第1群20%、第4群16%、第6群13%、第5群12%、第3群8.4%の増加である。(第1表、第2圖)

B 炭酸銅 炭酸銅給與による幼若白鼠の發育は第3圖(第1表)に見る如く春期に實驗し發育極めて迅速なものであるが對照に比し、各群共に劣り、皆大差なく發育し、中では1群が良いか

く對照に比し發育が劣つてゐるのは炭酸銅が毒性が強い爲めであらうが、又攝取量も他の銅鹽より多い。30mg から 79mg にも達する。次に各期節別に見るに第 1 期（試験開始（11 年 8 月 13 日）第 1 日より第 30 日に至る）に於ては第 4 群（體重 1kg に對し 200mg 給與のもの）が良好で體重増加は 1 日平均 2.6g である。炭酸銅の攝取量 1 日平均 2.0mg で體重 1kg に換算すれば其の銅量は 11.27mg である。

第 2 期（試験開始後第 31 日より第 60 日に至る）に於ても第 4 群（體重 1kg に對し 200mg 給與のもの）が良好で其の體重増加は 1 日平均 2.5g である。炭酸銅の攝取量 1 日平均 15.4mg 體重 1kg に換算すれば其の銅量は 38.18mg である。銅の攝取量が甚だ多い。

第 3 期（試験開始後第 61 日より第 90 日に至る）に於ては第 1 群（體重 1kg に對し 50mg 給與のもの）が良好で其の體重増加は 1 日平均 0.9g である。炭酸銅の攝取量 1 日平均、5.2mg で體重 1kg に換算すれば其の銅量は 10.82mg である。

第 4 期（試験開始後第 91 日より第 120 日に至る）に於ては第 4 群（體重 1kg に對し 200mg 給與のもの）が良好で其の體重増加は 1 日平均 0.7g で、銅の攝取量 1 日平均 32.1mg で、體重 1kg に換算すれば其の銅量は 67.82mg に相當する。

第 5 期（試験開始後第 121 日より第 150 日に至る）に於ては第 2 群（體重 1kg に對し 100mg 給與のもの）が良好である。體重増加は 1 日平均 0.4g である。炭酸銅の攝取量 21.6mg で、其の即ち體重 1kg に換算すれば其の銅量は 40.0mg に相當する。

尙炭酸銅の添加量多き第 5 群、第 6 群にありては試験開始後 9-12 日にして 8 頭全部が斃死したのを見ても其毒性が強いのが分る。之が解剖所見によれば消化器系統の烈しき炎症による營養不良に原因してゐる。又其の添加量體重 1kg 當り 200mg 以上では試験期間中何れの群も相當の發育を示したとは云へ、之を對照と比較する時は何れも其の發育は劣つてゐた。

又血球數に於ては何れの群も對照に比較して赤血球數の増加を示した。即ち其の結果は第 1 群 11% 第 3 群 6%、第 2 群 5%、第 4 群 2.4% の増加である。之に反して白血球數に於ては増加を見しもの減少を見しものあり一定しなかつた。（第 2 圖）

C 鹽化銅 實驗の都合で對照が無かつたが、第 4 圖に見るが如く 1 群より 2 群、尙 3 群、4 群が優つてゐる。大體銅の攝取量 18mg 内外のものが優れてゐるのを見る。尙各期別に見るに、第 1 期（試験開始 10 年 10 月 5 日第 1 日より第 30 日に至る）に於ては第 4 群（體重 1kg に對し 200mg 給與のもの）が良好で其の體重増加は 1 日平均 3.0g である。鹽化銅の攝取量 1 日平均 6.53mg で體重 1kg に換算すれば其の銅量は 19.36mg に相當する。（第 1 表）

第 2 期（試験開始後 31 日より第 60 日に至る）に於ては第 2 群が良好で其の體重増加は 1 日平均 1.9g である。銅の攝取量 1 日平均 8.8mg で體重 1kg に換算すれば其の銅量は 18.39mg

に相當する。

第 3 期（試験開始後第 61 日より第 90 日に至る）に於ては第 3 群（體重 1kg に對し 150mg 給與のもの）が良好で其の體重増加は 1 日平均 1.4g である。鹽化銅の攝取量 1 日平均 22.4mg で體重 1kg に換算すれば其の銅量は 36.7mg に相當する。

第 4 期（試験開始後第 91 日より第 120 日に至る）に於ては第 1 群（體重 1kg に對し 50mg 給與のもの）が良好で其の體重増加は 1 日平均 1.16g で鹽化銅の攝取量 1 日平均 7.6kg で體重 1kg に換算すれば其の銅量は 9.4mg に相當する。

第 5 期（試験開始後第 121 日より第 150 日に至る）に於ては第 3 群（體重 1kg に對し 150mg 給與のもの）が良好である。

尙鹽化銅に於ても炭酸銅の場合と同様に其の添加量多き第 5 群、第 6 群は試験開始後 6 日から 19 日まで 6 頭中全部斃死した。

又血球數に於ては何れの群も對照に比較して赤血球の増加を見た。（第 2 群 12.3%、第 4 群 10.2%）、更に白血球に於ては何れの群も對照と比較すると著しく少い事が眼立つ。（第 2 圖）

給與した量と攝取量との間には甚しい差があるので各自各日攝取量を計り夫れと體重 1kg に換算したものを第 5 表に纏めた。

以上の銅鹽の成績に就て考察するに、銅の攝取量が體重 1kg 對し 10mg から 20mg までのものが常に最も優秀な發育をなし約 15% 増加してゐるのを見る。而して夫れ以下のものは或は對照に比し優れてゐるものもあり、同じのものもある。そして體重 1kg に對し 30mg 以上になればなる程發育が劣つて來る。而して硫酸銅、炭酸銅、鹽化銅三者の影響は大同小異であるが、就中炭酸銅が發育不良であつた。赤血球に就ても常に對照に比し優秀で大凡 15% の増加を見たが、白血球に就ては一定の成績が見なかつた。

第 3 節 鉛鹽類の動物の發育に及ぼす影響

硝酸鉛を用ひ銅と同様の試験を行つた。

第 0 群には銅の項に述べたと同じ理由で極めて微量、體重 1kg に對し 0.03mg を給與したものを。

第 1 群は體重 1kg に對し 30mg 給與のもの。

第 2 群は體重 1kg に對し 100mg 給與のもの。

第 3 群は體重 1kg に對し 300mg 給與のものに分ち幼若なる白鼠を用ひ試験を行つた。大要次の如き結果を得た。

成績 第 0 群は試験開始後 70 日目の結果を見たるに對照の發育状態と大差なく硫酸銅の第 0 群に略伯仲する。又血球に於ては赤血球が著しく増加し成熟白鼠と同數であるのみならず、白血球も

亦著しく多い。ギムザ氏液の血球染色に於て多染性血球の出現は一視野に 4—5 個以上であつたが、鹽基性斑點血球は検出しなかつた。(第 3 表)

(人に見るが如き鹽基性斑點血球は動物には発生し得ざるものかを見るため、更に幼若なる雄モルモット、と白鼠につき醋酸鉛を(鉛量として 0.3mg)を 1cc 宛 3 日連続して腹腔注射を行ひ、3 日目に血球染色實驗をしたのに、多染性血球をば白鼠は一視野に 1—2 個、モルモットは極めて稀であつた。而して鹽基性斑點血球に於ては兩者とも全く検出し得なかつた)。

元來多染性及鹽基性斑點血球は赤血球の破壊の多き場合及貧血の時に見られるもので、本試験に於て鹽基性斑點血球を見ざるも多染性血球を見た事は、赤血球の破壊或は貧血が発生してゐる事を證するものである。

更に他群の硝酸鉛給與による幼若白鼠の發育を見るに第 5 圖に一目瞭然するが如く對照に比し、鉛量の増すと共に不良で 3 群が最も悪い。尙各期別に又鉛攝取量を見るに第 1 期(試験開始 11 年 8 月 13 日第 1 日より第 30 日に至る)に於ては第 1 群(體重 1kg に對し 30mg 給與のもの)が良好で其の體重増加は 1 日平均 2.21g である。鉛攝取量 1 日平均 1.38mg で體重 1kg に換算すると鉛の攝取量は 11.95mg に相當する。(第 2,5 表)

第 2 期(試験開始後第 31 日より第 60 日に至る)に於ては第 2 群(體重 1kg に對し 100mg 給與のもの)が良好で、其の體重増加は 1 日平均 1.21g である。鉛攝取量 1 日平均 7.52mg で、體重 1kg に付き鉛の攝取量は 48.8mg に相當する。

第 3 期(試験開始後第 61 日より第 90 日に至る)に於ては第 1 群(體重 1kg に對し 30mg 給與のもの)が良好で其の體重増加は 1 日平均 1.41g である。鉛攝取量 1 日平均 3.48mg で、體重 1kg に付き鉛の攝取量は 17.46mg に相當する。

第 4 期(試験開始後第 91 日より第 120 日に至る)に於ては第 2 群(體重 1kg に對し 100mg 給與のもの)が良好で、其の體重増加は 1 日平均 0.84g で、鉛の攝取量 10.91mg で體重 1kg に付き鉛の攝取量は 1 日平均 55.85mg に相當する。

第 5 期は第 1 群(體重 1kg に對し 30mg 給與のもの)が良好である。

第 6 期(試験開始後第 151 日より第 180 日に至る)に於ては各群は何れも體重は減少(1 日約 0.24g)を示した。最も悪い三群の 1 日平均鉛攝取量 40.45mg、は體重 1kg に換算すれば鉛の攝取量は 216.0mg に相當する。

第 7 期(試験開始後第 181 日より第 210 日に至る)に於ては、第 1 群が良好で鉛攝取量 1 日平均 3.70mg で體重 1kg に付き鉛の攝取量は 16.1mg に相當する。

以上を要するに硝酸鉛給與による動物の發育は各群とも對照に比し劣つてゐる。夫れは銅より毒性がある様にも見えるが、鉛の攝取量も多い。1 日 11—216mg を食してゐる爲めでもある。銅に

於ても 50mg 以上攝取のものは發育不良であつた。

尙ほ本試験で特に注意すべき事は鉛量の少い第 1 群が對照に比較して劣らざる發育を示してゐるが、60 日以後になると何れも發育不良になるのを見た。之は鉛の生體に及ぼす毒作用が蓄積した結果によるものである。

元來鉛には蓄積作用があるので持續して長く使用すると害が著しい事は明らかである。之に反して銅には蓄積作用がないので其の點は却て害が少ないのである。

又血球數に於ては之を對照に比較すると、第 1 群 21.2%、第 2 群 12.1% の赤血球の増加を示すが鉛量の多い第 3 群は 5.1% の減少である。

更に白血球に於ても第 1 群 16%、第 2 群 23.4% の増加を示してゐるが、第 3 群は僅かに減少してゐる。(第 2 圖)

ギムザ氏液に於て多染性血球は三群とも之が出現を見た。即ち少きは二視野に 1—2 個、多きは一視野に 4—5 個以上である。特に鉛の添加量の多い第 3 群(體重 1kg に對し 300mg 給與のもの)に於て最も著しい。

第 4 節 硫酸銅及び硝酸鉛の魚介類に及ぼす影響

銅及鉛の魚介類に對する致死濃度を見た。供試材料は凡て通俗な金魚、鯉、鮒、鰻、烟鱈、カハニナ貝を選択した。

容器は 20l 入の硝子製水槽を使用し其の實驗を行ひたるに大要次の如き結果を得た。硫酸銅(銅量に於て)の致死限界は金魚 0.2ppm、鮒 0.13ppm、小鯉は大體金魚に、小鰻は鮒と相同じ。烟鱈 0.3ppm で、カハニナ貝は 0.1ppm に於て致死した。

又硝酸鉛(鉛量として)に就ては 0.1—2.0ppm に於ても金魚は致死しなかつた。(第 4 表)

第 5 節 本章の總括

銅鹽を與へ幼弱なる白鼠の發育狀態を観察したるに、其の攝取量 1 日平均體重 1kg に對し 20mg 内外である時は却つて其の發育約 15% を速進し、赤血球數も亦約 15% 増加してゐるのを見た。それ以下である場合は對照と大差は無く 1 日平均 30mg も攝取すると、其の發育は阻害せられるのみならず 50mg に達すると屢々死亡するものである。

銅の鹽類として硫酸銅炭酸銅鹽化銅の間には大差はない。中では炭酸銅が發育不育であつた。尙極めて微量なる體重 1kg に對し 1 日 0.06mg を給與したものはその發育は對照と勿論同じであるが、今後 2 ヶ年繼續して後に組織的の變化を見ん。(試験續行中である)。0.06mg とは銅の溶解限度 1ppm の水 2l 飲用した場合の銅量 2mg の 15 倍を白鼠の體重に換算した量である。

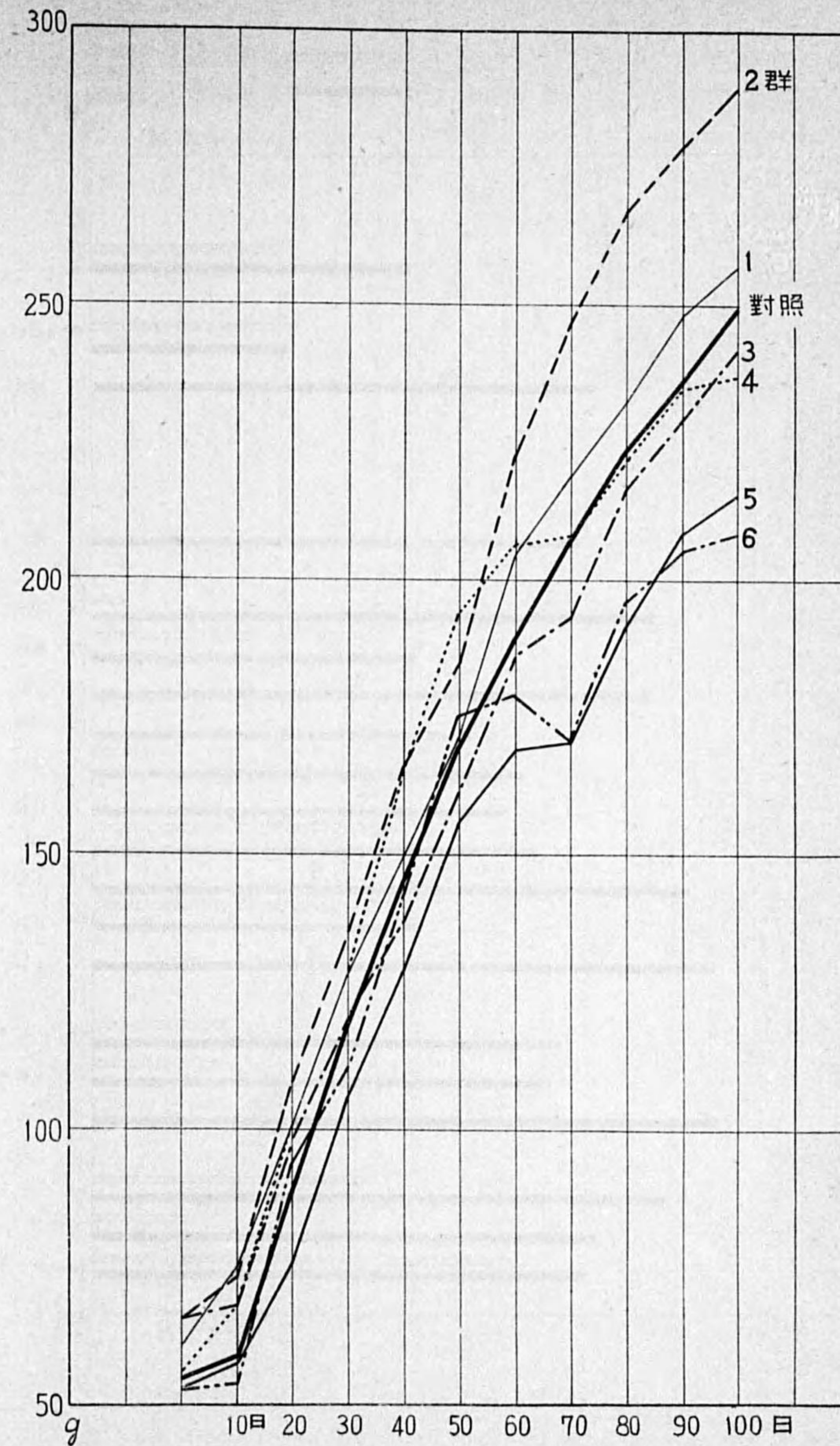
鉛に就ても同様の実験を行つたが、其の發育状態は銅の如く速進したものは見られなかつた。従來の文獻を見ても鉛が生體の發育に必要な要素である事は記載されてゐない。1日13mgでも發育を阻害したが殊に50mg以上攝取すると、著しくその發育は阻止せられるのみならず、動物の斃死するものも多かつた。又その發育曲線を見ると、60日以後になつて對照に比較して發育が特に不良になるのは、鉛に固有な蓄積作用に依るものであるだらう。

且つ鉛の場合には、赤血球の破壊があるものと見えて多染性赤血球が鉛の攝取量の少い時にも屢々見た。

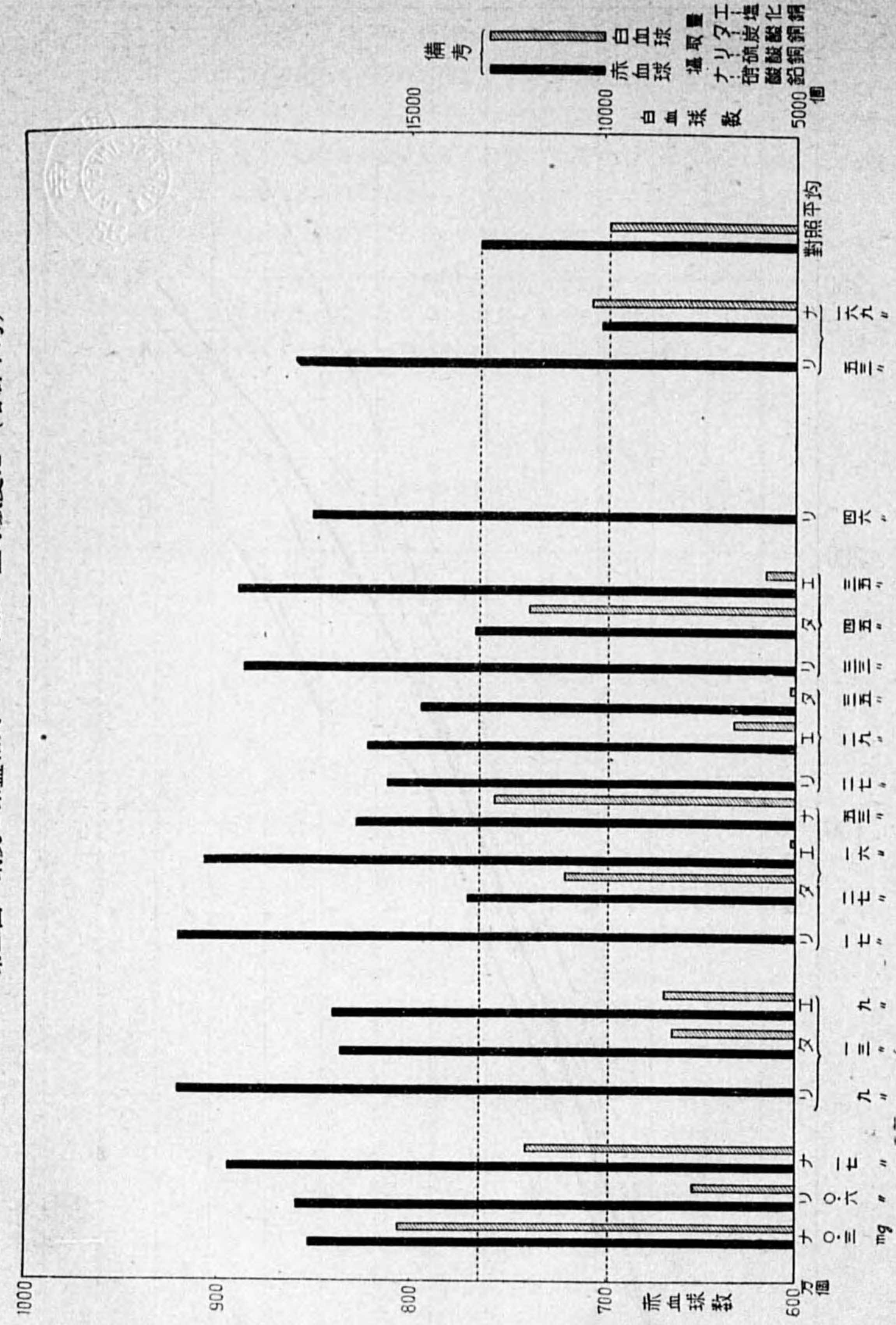
魚貝類に對しては鉛は毒性極めて少なく2ppmに於ても死亡しないが、銅に於ては金魚は0.2ppm、鮎は0.13ppm、カハニ貝は0.1ppmでも斃死するのを見た。(酒井徹)

第一圖 硫酸銅給與ニヨル幼若白鼠ノ發育試験

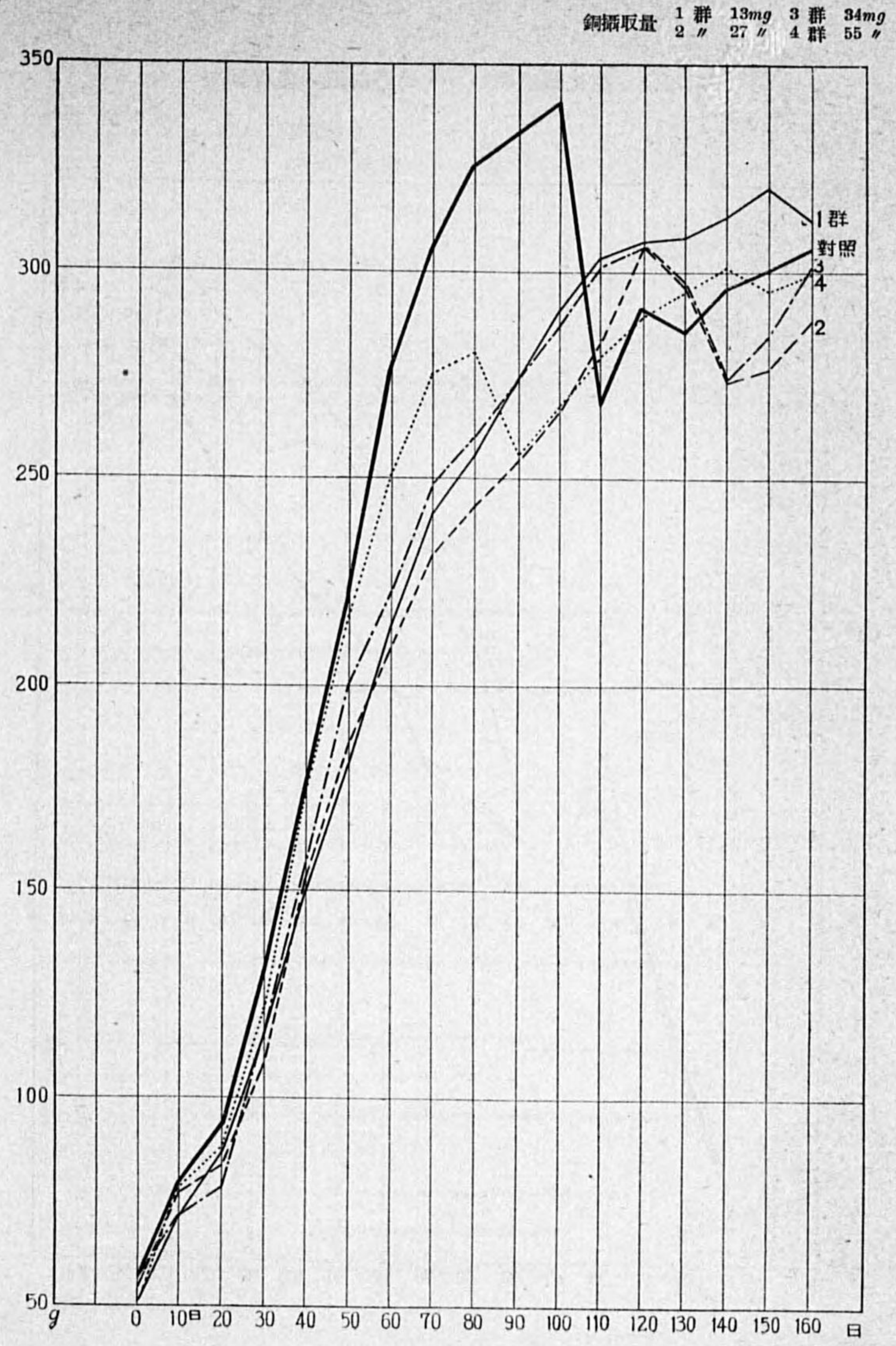
體重 1kgニ對シ	1群 9mg	4群 33mg
1日攝取量	2" 17"	5" 46"
	3" 27"	6" 53"



第二圖 銅及ビ鉛鹽給與ニヨル白鼠ノ血球數變化 (各群平均)

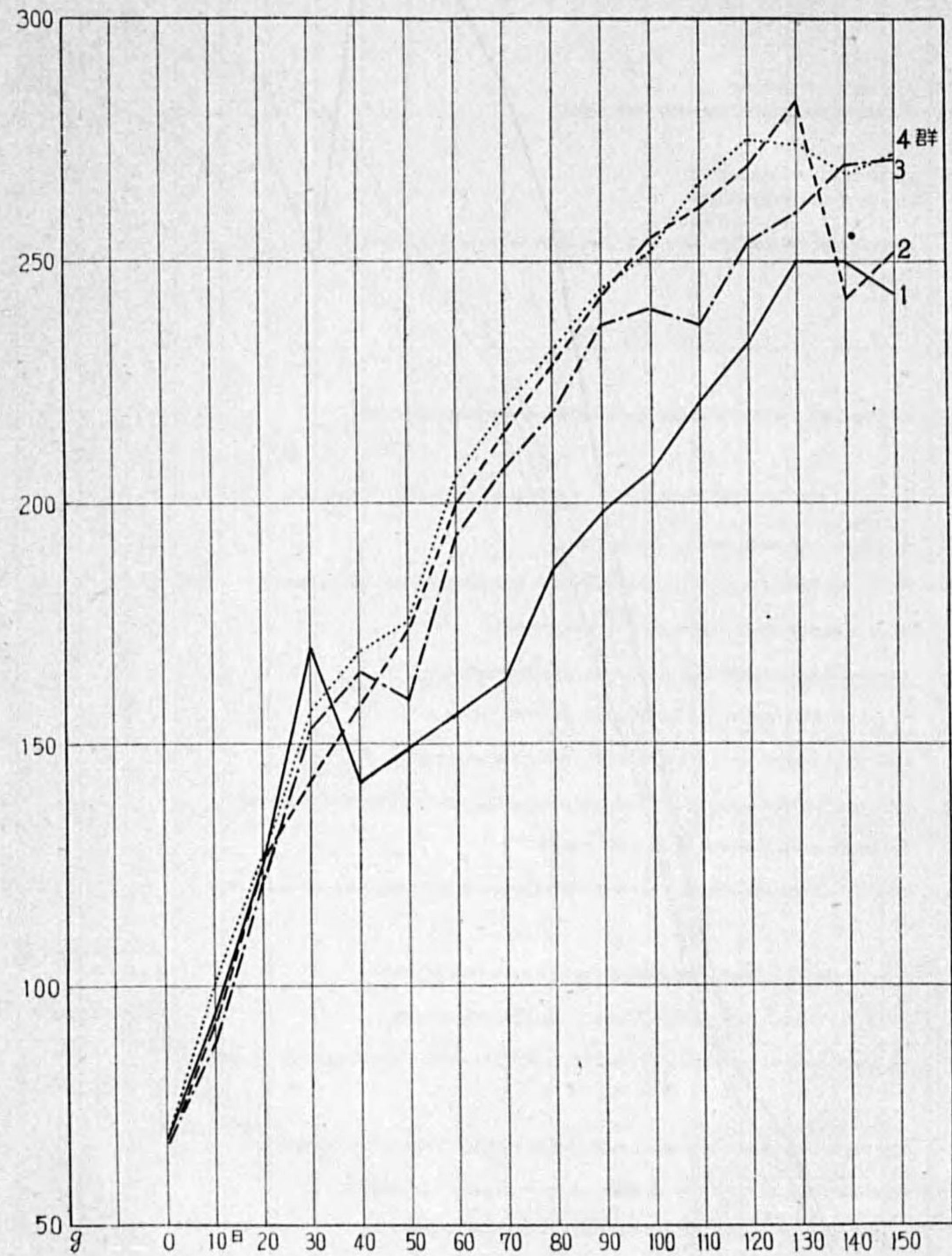


第三圖 炭酸銅給與ニヨル幼若白鼠ノ發育試驗

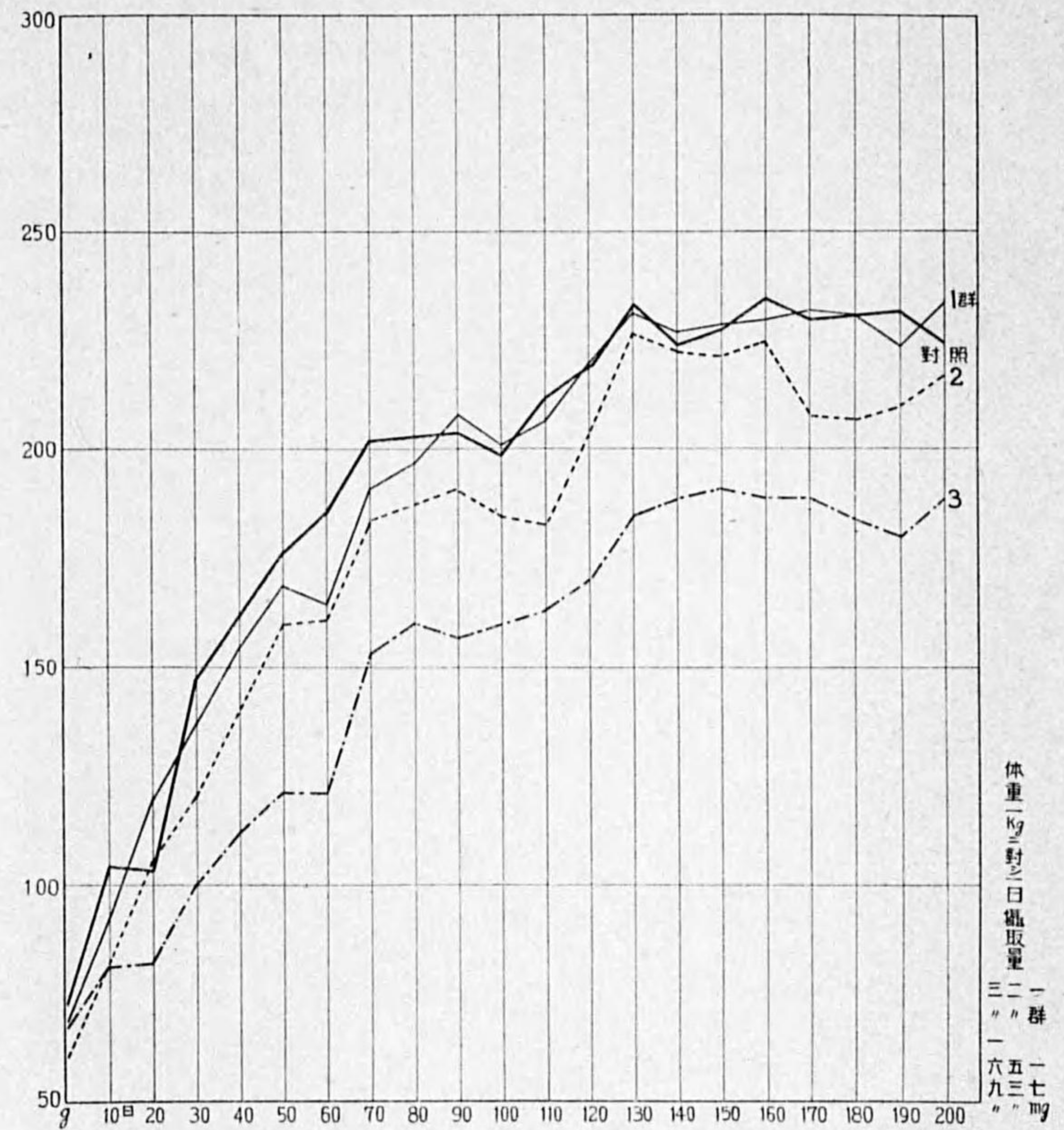


第四圖 鹽化銅給與ニヨル幼若白鼠ノ發育試験

銅攝取量 1群 9mg 3群 29mg
 3 " 16 " 4 " 35 "



第五圖 硝酸鉛給與ニヨル幼若白鼠ノ發育試験



体重ニ對シテ日攝取量
 三二一 群
 一六五 一
 九三七 四



第 1 表

		給與量
群別	性別	(試料動物 體重1kg 一日當り)
I	♂	硫酸銅 50mg
II	"	100 "
III	"	150 "
IV	"	200 "
V	"	250 "
VI	"	300 "
對照	"	0
I	♀	炭酸銅 10mg
II	♂	50 "
III	"	100 "
IV	"	150 "
V	"	200 "
對照	"	0
"	♀	0
I	♂	鹽化銅 50mg
II	"	100 "
III	"	150 "
IV	"	200 "
對照	"	0

第 1 表

銅 鹽 類 給 與 ニ ヨ ル 幼 若 白 鼠 ノ 發 育 狀 況

群別	性別	給與量 (試動物 體重1kg 一日當リ)	硫酸銅 攝取量 (1日1頭當リ ノmg量平均ヲ 示ス)					體重増加(1日1頭當リ平均g量ヲ示ス)					血 球 數 (平均) (試験開始後 100 日 日)		
			1~30	31~60	61~90	91~120	121~150	1~30	31~60	61~90	91~120	121~150	體 重(g)	赤血球數	白血球
I	♂	硫酸銅 50mg	2.88	5.63	10.61 (61~100)			2.45	2.19	1.02 (61~100)			257.3	9193333	—
II	"	100 "	5.62	12.37	22.77		2.48	2.93	1.41			289.6	9203333	—	
III	"	150 "	7.90	16.77	31.17		2.23	1.97	1.34			241.0	8133333	—	
IV	"	200 "	9.40	20.03	36.44		1.93	2.72	0.28			239.0	8860000	—	
V	"	250 "	11.09	24.74	47.02		2.06	1.87	1.38			214.6	8520000	—	
VI	"	300 "	14.13	33.24	50.17		1.82	1.80	0.73			223.0	8600000	—	
對照	"	0					2.57	1.71	1.21			242.0	7610000	—	
I	♀	炭酸銅 10mg	0.45	2.64	3.64	5.07	6.33 (121~160)	2.81	1.05	0.71	0.67	0.05 (121~160)	251.6	7110000	6133
II	♂	50 "	0.52	3.94	5.25	8.66	14.69	1.99	1.99	0.96	0.59	0.13	312.2	8355000	8275
III	"	100 "	1.36	8.85	10.98	19.16	21.64	1.80	1.85	0.75	0.66	0.46	287.5	7710000	11050
IV	"	150 "	1.74	11.53	19.39	24.17	28.89	1.95	2.20	0.84	0.68	1.06	301.0	7940000	4600
V	"	200 "	2.07	15.41	16.79	32.10	44.75	2.36	2.56	0.68	0.71	0.10	299.5	7660000	11950
對照	"	0						2.56	4.33	1.93	1.43	0.37	305.0	7480000	9500
"	♀	0											225.0	5660000	5700
I	♂	鹽化銅 50mg	1.86	4.76	6.51	7.68	6.73	2.16	1.30	1.33	1.16	0.35	244.5	8385000	8400
II	"	100 "	3.39	8.83	12.12	14.82	13.18	2.15	1.90	1.43	0.81	0.52	258.5	9065000	4250
III	"	150 "	5.06	17.13	22.42	20.13	18.87	2.87	1.32	1.49	0.64	0.58	285.3	8226666	6600
IV	"	200 "	6.53	20.36	27.01	30.88	25.45	3.01	1.57	1.25	1.04	0.03	263.6	8890000	5766
對照	"	0						2.68	2.05	0.77	0.71	0.54	257.5	8070000	9500

第 2 表

鉛鹽給與ニヨル幼若白鼠ノ發育狀況
(硝酸鉛)

群別	性別	給與量 (體重-kg に對し)	鉛 攝 取 (一日一頭當り平均鉛Pbトシテmg)						體 重 増 加 (一日一頭當り平均g)						試 驗 開 始 後 210日					
			1~30	31~60	61~90	91~120	121~150	151~180	181~210	1~30	31~60	61~60	91~120	121~150	151~180	181~210	赤血球數	白血球數	變異性斑點	多染性
1A	♂	30mg	1.37	2.33	3.83	3.78	4.37	4.47	3.55	2.07	0.90	1.03	0.50	0.33	-0.33	0.60	8790000	11500	-	+
1B	"	"	1.40	2.58	3.46	3.71	4.72	4.80	3.84	2.60	1.00	1.20	0.57	0.33	0.17	0.87	9040000	9700	-	+
1C	"	"	1.37	2.58	3.46	3.59	4.73	4.39	3.84	1.57	0.67	1.47	0.67	0.40	-0.33	0.70	8930000	10300	-	卅
1D	"	"	1.40	2.50	3.48	3.75	3.80	4.80	3.69	2.63	1.00	2.17	1.10	1.37	-0.43	0.93	8900000	8700	-	+
1E	"	"	1.40	1.87	3.15	3.94	4.66	4.77	3.48	2.63	0.30	1.63	0.47	1.50	-0.27	0.50	8350000	15700	-	+
1F	"	"	1.36	2.56	3.52	3.44	4.45	4.35	3.81	1.73	0.80	0.93	1.50	0.73	0.07	0.83	9070000	16500	-	+
平均			1.38	2.40	3.48	3.70	4.46	4.60	3.70	2.21	0.78	1.41	0.80	0.78	-0.19	0.74	8946666	12066		
2A	♂	100mg	3.55	8.02	8.94	10.42	16.00	12.40	13.73	0.53	1.67	1.43	1.20	1.07	-0.43	0.97	8250000	19100	-	卅
2B	"	"	3.63	4.78	7.29	7.32	14.66	12.43	12.26	1.43	0.47	0.47	0.67	0	-0.10	1.03	8690000	8300	-	卅
2C	"	"	4.00	8.07	6.36	12.08	15.82	14.93	12.03	2.67	1.37	0.27	0.64	0.83	-1.40	0.76	-	-		
2D	"	"	3.75	7.91	7.14	12.41	14.42	12.63	12.91	0.33	1.60	1.17	1.10	0.70	-0.37	0.17	7630000	10700		
2E	"	"	4.00	8.27	8.48	11.91	16.00	9.77	12.50	1.37	1.20	1.30	1.17	0.07	1.00	-0.23	8180000	9200		
2F	"	"	4.00	8.06	8.41	11.32	14.15	14.93	11.30	2.73	0.90	1.50	0.27	0.60	0.97	0.70	8640000	16900	-	卅
平均			3.82	7.52	7.77	10.91	15.18	12.85	12.46	1.51	1.21	1.02	0.84	0.56	-0.06	0.57	8278000	12840		
3A	♂	300mg	7.76	18.87	30.00	34.66	38.07	39.81	39.36	1.43	0.97	0.93	0.63	0.27	-0.30	0.90	7150000	9700	-	卅
3B	"	"	9.44							1.30										
3C	"	"	10.43	17.87	23.51	22.72	35.99	41.08	28.20	0.90	0.83	0.77	0.27	1.07	-0.17	0.07	6870000	11000	-	
3D	"	"	7.16	12.99	20.10					1.37	0.30	-0.80								
3E	"	"	10.10	10.82						1.03	0.23									
3F	"	"	9.60							1.80										
平均			9.08	15.14	25.54	28.69	37.03	40.45	33.78	1.18	0.58	0.30	0.45	0.69	-0.29	0.49	7010000	10350		
C.A	♂	對 照								0.79	0.29	0.17								
C.B	"	"								2.50										
C.C	"	"								1.43	1.00	0.77	0.70	0.07	0.03	0.67	7420000	10600		
C.D	"	"								2.43	1.30	0.60	0.53	0.40	0.10	0.60	7290000	12100		±
C.E	"	"								2.63	1.07	0.57	0.73	0.23	0.73	0.17	7440000	8500		
C.F	"	"								2.00										
平均										1.96	0.92	0.53	0.59	0.23	0.26	0.48	7383333	10400		

第 4 表 硫酸銅ノ魚類ニ及ボス影響 (其ノ一)

種別	(Cu) 0.1 ppm				0.2 ppm				0.3 ppm				0.4 ppm				0.5 ppm				0.6 ppm				0.8 ppm				對 照				
	水温(C)	pH	體重(g)	致死時間	水温	pH	體重	致死時間	水温	pH	體重	致死時間	水温	pH	體重	致死時間	水温	pH	體重	致死時間	水温	pH	體重	致死時間	水温	pH	體重	致死時間	水温	pH	體重	致死時間	
金 魚	21.7°	7.1	6.6	生 存	21.7°	7.1	5.7	16.°10'	21.7°	7.1	5.1	40.°50'	21.5°	7.0	5.0	21.°10'	21.3°	7.0	17.0(g)	20.°20'	20.0°	7.0	12.5(g)	18.°40'	20.0°	7.0	17.0(g)	18.°6	22.7°	7.2	4.5	生 存	
	22.7°	7.2	5.2	"	22.7°	7.2	5.8	20.°15'	"	"	"	41.°50'	21.7°	7.1	5.6	16.°50'	21.5°	"	5.4	"	21.3°	"	17.0(g)	20.°46'	"	"	14.0(g)	20.°10'	20.0°	7.1	5.0	"	
	20.0°	7.0	6.4	"	22.7°	"	5.2	20.°50'	22.7°	7.2	5.0	26.°10'	"	"	6.1	16.°10'																	
	"	"	5.7	"	20.0°	7.0	4.5	22.°0'	"	"	"	28.°45'																					
平 均	21.1°	7.07	6.6	生 存	21.4°	7.05	5.18	21.°38'	22.2°	7.13	5.06	36.°16'	21.6°	7.07	5.56	18.°03'	21.4°	7.0	5.7	20.°20'	20.9°	7.0	4.9	19.°40'	20.0°	7.0	5.17	19.°05'	22.3°	4.75	4.75	生 存 (72°)	
細 鱒					21.5	7.1	0.7	生 存 (48°)	21.5°	7.1	0.7	35.°0'	21.5°	7.0	0.8	16.°10'	21.5°	7.0	1.0	8.°0	21.5°	7.0	0.75	3.°26	21.5°	7.0	0.8	1.°20'	21.5°	7.1		生 存 (48°)	
平 均								生 存				35.°0'				16.°10'				8.°0'				3.°26'				1.°20'				生 存	

(致死時間 °ハ時間 / 分)

硝酸鉛ノ魚類ニ及ボス影響 (魚體ノ藥液水浴72時間)

種別	(Pb) 0.9 ppm				1.0 ppm			
	水温(C)	pH	體重	備考	水温	pH	體重	備考
金 魚	26.4°	6.9	5.2	生 存	26.4°	6.9	4.5	生 存
	"	"	5.3	"	"	"	7.7	"
平 均	26.4°	6.9	5.25	生 存	26.4°	6.9	6.1	生 存

硫酸銅ノ魚介類ニ及ボス影響 (其ノ二)

種別	硫酸銅 (CuSO ₄ ·5H ₂ O) 0.1 ppm		0.13 ppm		0.15 ppm		0.2 ppm		1.0 ppm		2.0 ppm		對 照	
	水温(C)	致死時間	水温	致死時間	水温	致死時間	水温	致死時間	水温	致死時間	水温	致死時間	水温	
鮎	19.0°	1匹 死 2匹 重シク衰弱	20.0°	20°	22.°0	20°	—	—	—	—	—	—	21.0°	生 存
鯉	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.0°	24°	14.0°	生 存
鹹	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.0°	22°	14.0°	生 存
かにはな	23.0°	60'	—	—	—	—	23.0°	32'	23.0°	25'	23.0°	10'	23.0°	生 存

第5表 銅及鉛の一日摂取量 (體重 1kg に対する mg)

銅鹽 給與量		期別(30日)		第一期	第二期	第三期	第四期	第五期	平均
		(1~30)	(31~60)	(61~90)	(91~120)	(121~150)			
第一群 (50 mg)	硫酸銅	7.18	8.17	11.34	—	—	8.88		
	炭酸銅	2.98	11.50	10.83	15.23	24.76	13.00		
	鹽化銅	5.29	11.74	13.09	9.41	7.90	9.48		
	平均	—	—	—	—	—	10.05		
第二群 (100 mg)	硫酸銅	13.45	16.38	21.45	—	—	17.09		
	炭酸銅	7.98	25.53	23.83	35.42	40.01	26.50		
	鹽化銅	10.37	18.39	12.93	20.72	18.72	16.22		
	平均	—	—	—	—	—	19.90		
第三群 (150 mg)	硫酸銅	20.92	26.47	35.71	—	—	27.06		
	炭酸銅	10.50	31.61	33.34	42.76	52.80	35.36		
	鹽化銅	15.38	36.61	36.79	30.23	25.97	29.01		
	平均	—	—	—	—	—	30.08		
第四群 (200 mg)	硫酸銅	23.93	33.15	40.82	—	—	32.60		
	炭酸銅	11.27	38.18	37.28	60.87	79.17	45.35		
	鹽化銅	19.37	37.45	42.93	42.93	34.55	35.40		
	平均	—	—	—	—	—	37.78		
第五群 (250 mg)	硫酸銅	35.30	41.57	61.05	—	—	45.90		
第六群 (300 mg)	硫酸銅	41.73	51.62	65.14	—	—	52.80		

鉛 給與量		第一期	第二期	第三期	第四期	第五期	第六期	第七期	平均
		(1~30)	(31~60)	(61~90)	(91~120)	(121~150)	(151~180)	(181~210)	
硝	第一群 (30 mg)	11.95	14.71	17.47	17.69	19.45	20.52	16.13	16.80
酸	第二群 (100mg)	37.05	48.80	41.05	55.86	67.70	60.27	53.56	52.71
鉛	第三群 (300mg)	100.76	144.33	170.19	174.72	196.63	216.00	182.41	169.25

第3章 銅の溶解と水質との関係

第1節 試験材料及試験方法

試験は実際に埋設せる銅管と室内に放置せる銅管とに就て行ひ、而して実際に埋設せる銅管としては、試験のため特に埋設せるもの竝に既に實用に供してある各地水道の銅管に就て行つた。

試験のため特に埋設したものは内径 13mm、長さ約 16m (途中に砲金製ジョイントークを附す) の住友銅管で其の 3 本を各給水鐵管に直結し他端には立上り水栓柱を附して普通家庭に於て使用する如く設備した。

之と同時に對照として同径で且略同じ長さの 4 割減鉛管 3 本を各鐵管に直結敷設し、銅管の場合の如く設備して東京市境系上水に及ぼす影響を考察するの用に供した。

埋設した銅管茲鉛管に就て詳記すれば

埋設場所	東京市衛生試験所		
埋設月日	昭和9年3月14日		
銅管の純度	99.8%		
合金鉛管 (4割減)	アンチモン	0.25—0.45%	
	錫	0.15—0.35%	
	銀	0.03—0.06	
	鉛	其他	

管の大きさ

		内径(mm)	長さ(m)	容積(ℓ)
銅管	1 號	13	15.7	2.08
	2 號	同	16.0	2.12
	3 號	同	16.2	2.15
鉛管	1 號	同	16.7	2.22
	2 號	同	同	同
	3 號	同	同	同

室内に放置する状態で試験に供した銅管は次の二様式によつて行つた。

A 式

内径 13mm 長さ約 1.3m の住友銅管多数を用意し、各々其の下端をパラフィンで以て處理したコルク栓を以て塞ぎ供試水を充した後、其の上端を同様のコルク栓で密栓し之を室内に放置して一定時間經過後、満水を出し試験した。

B 式

内径 13mm の住友銅管を砲金製チヨイントで連結して、長さ約 20m としたものを蛇管状となし、其の上部には砲金製レデューサーを附し、下端には砲金製水栓を附したもので、之れに供試水を充した後両端を閉ぢ室内に一定時間放置した後引出す方法である。此の方式では砲金製チヨイントの影響をみるために 1 號, 3 號の名稱を附したものはチヨイント数各 1 箇, 2 號の名稱を附したものはチヨイント数 (2m に 1 箇の割合) を 9 箇とした。

B 様式中 4 號銅管の名稱を附したものは、硝子圓筒中に供試水を容れ之れに約 50cm の住友銅管十數本を豫め其の表面に附着せる油脂類をエーテル及びアルコールにて清拭し水洗したる後、浸漬し而して此の際試験水量と銅管の全表面積との割合は丁度 13mm 銅管内に供試水を充した場合の銅管内面積と水量との割合となる如くとしたものである。

銅の定量法

銅の定量は埋設銅管及び B 式施設の試料に於ては主として電解法により、A 式施設の試料に於てはエチルキサントゲン酸カリ法によつた。

第 2 節 湛水時間・採酌水量及放流と溶出する銅量及鉛量との關係

1 湛水時間と溶解量との關係

多摩川河水を水源とする東京市境系上水水質による住友銅管並に 4 割減鉛管の溶解量と湛水時間との關係を比較考察するために本實驗を行つた。

試料は開栓直後より埋設管容積の約 6 割に相當する水量 即ち約 1.2l を採取した。而してその採取の際は新に管内に流入する上水によつて、管内湛水が攪拌稀釋されるのを避けるため、極少量宛放出せしむる如くした。次に採取せる試料は銅管、鉛管共各 3 栓分宛を合して一試料となした。

試験に供した東京市境系上水水質は第 1 表、其の試験成績は第 2 表に示す如くである。

第 1 表

東京市境系上水試験成績

(昭和 9 年—自 1 月—至 12 月 年平均)

色 度	0
濁 度	0
PH	7.0
Cl [ppm]	1.42
SO ₄	痕 跡

NO ₃ '	不検出—痕跡
NO ₂ '	不検出
NH ₃	不検出
硬度(獨乙法)	1.85
蒸發殘渣 [ppm]	70.2
KMnO ₄ 消費量 [ppm]	0.95
細 菌 [1cc]	10

成績の考察

東京市境系上水による湛水時間と溶解量との間には次の如き關係が見られる。

銅管は比較的短時日湛水したものに溶解量多く、湛水時日が長きに互る程少くなる傾向を示してゐる。即ち湛水時間 3 時間以内のものは外觀に變化なく溶解量も約 0.6ppm 以下であるが、4 時間以上 24 時間までは大體同じで、微青色白濁を呈し、銅の溶解量も最も増大してくる。夫れ以後 4 日間まで大同小異で概ね銅量 2.387ppm を最高としてゐる。然るに湛水時間が 4 日以上になると次第に減少の傾向をとり、11 日乃至 35 日湛水のものは大體 3 時間以内湛水のものと同様に近似した結果を示してゐる。

次に濁度と其の銅量との關係は大體に於て濁度高いものは銅量も多いが、然し必ずしも比例的になつておらぬ。

PH 値は 4, 5 例を除くと對照よりも常に高まつており、而して大體に於て銅量が多いときは PH 値も高い傾向を示してゐる。

鉛管の場合は鉛分の溶解量は概して少なく 0.5ppm 位で又湛水時間 24 時間後のものは短い場合に比して溶解量が増すような傾向を示してゐるが其影響銅管程の差はなく、又濁濁することも無かつた。

尚 PH 値は 7 日以内湛水の場合は殆ど變化を認めないが、11 日以上湛水の場合に於ては稍高まつてをり、之の原因は鉛の溶解量と關係するものゝ如く考へられる。

2 採酌水量と銅量との關係

採酌する水量の多寡によつて、銅量が異なることは推せられるが、其の關係を實際の場合に就いて考察する目的を以つて本實驗を行つた。即ち第 2 表試験成績によつて、湛水した場合の銅量を知るを得たが、水栓よりの上水を引出す實際の場合を考慮すると、一般に一時に比較的少量の水を採取するを常とする。即ち之を實際に一定量宛採取した場合、各採取試料中の銅量を比較考察せんとして行つたものである。

第 3 表及第 4 表が之の成績である。

成績の考察

成績に就てみるに埋設後約1ヶ年半経過後の長さ16mの銅管に東京市境系上水を17時間湛水した場合の銅の溶解量は、開栓直後よりの5l中には0.52ppmを含むが、次の5l中には0.2ppm以下となり、第3回目に採酌した5l中には最早や検出し得る程度の銅量を認めざるに至ることを示してをる。

次に開栓當初の採酌水量を一時に10l, 15l, 又は30lとなしたる場合の關係を計算(但し定性的に検出せざりし場合は其の銅量を零とす)してみると次の如くなる。

	Cu ppm	濁度 ppm
開栓當初より5l採取の場合	0.53	1.30
〃 10l	0.31	1.10
〃 15	0.23	0.80
〃 20l	0.17	0.60

而して採酌した全水中(20l)に於ける1栓(銅管16m)當りの銅量は計算上合計3.4mgであるから、銅管内湛水中のみの銅量は1ppmを超すものと推定されるが、斯かる條件に於ても開栓當初よりの採酌水量を15l以上となす場合は其の水中の銅量は何等考慮を要しない程度であることを示してをる。

3 湛水の銅量と一定水量放流後の銅量との關係

埋設銅管内に一定時間湛水した場合、其の湛水中の銅量と開栓後一定水量を放流した後の残留銅量との關係を考察せんとして本實驗を行つた。

即ち一定時間湛水後、先づ引出直後の水より銅管容量の約六割に相當する銅管内の水のみと認むる湛水を採取し、次で其の後の約5l及10lを放流したる後の試料約2lを採取して銅の減少量の割合を考察した。

第5表及第6表が之の成績である。

成績の考察

湛水中の銅量とその湛水を一定量放流後の水中に残留せる銅量との關係をみるに、湛水中に平均0.64ppmを溶解してをつたものが5lの放流によつて平均0.2ppmに減じ、又湛水中には0.57ppmであつたものが10l放流後は0.16ppmに減じてをる。

以上の成績は第3表の成績から考察した結果と大體に於て一致してをる。即ち約15mの銅管に於ては開栓當初の水5-10l放流後に於ける水中の銅量は約3分の1に減少してゐる。

第3節 各地實際銅管を使用せる水道水中の銅の溶出量

各地水道に於て實際に銅管を使用してをる個所に就き、銅の溶出量を検査せんとして本實驗を行つた。

東京市内は當所より現場に出張し前日水栓口を封じ18時間以上湛水後開栓直後より各約2l宛採取した。但し銅管の長短は顧慮しなかつた。

東京市以外の各地水道のものは、各水道當局に於て其の銅管の長短に不拘12時間以上24時間湛水後開栓直後より1.8-2l(各地共1升瓶を使用)宛採取の上封緘送附されたるものにつき試験を行つた。

試験成績は第7表及第8表に示す如くである。

成績の考察

各地水道に於て實際に埋設使用してゐる銅管に就いて湛水直後の採酌水量を約2lとなしたる場合の銅の溶解量をみるに、東京市内は(第7表)11例に於て最高0.64ppm, 最低0.025ppm, 平均0.37ppmを示し、東京市以外の各地水道では(第8表)16例に於て最高1.2ppm, 最低0.18ppm, 平均0.54ppmを示してゐる。

之等の成績を以て案づると銅量は銅管内容量や採酌水量に關係するものであるが、然し大體に於ては湛水直後の採取量を3lとする場合は、その水中の銅量は1ppm以下に止まるものとみられる。従つて今般委員會の報告でも12時間湛水後3立の水を採酌して其時の銅量1ppmを限度とした所以である。

第4節 遊離炭酸と銅分溶解との關係

遊離炭酸による銅の溶解量を検査する目的を以て本實驗を行つた。即ち蒸留水に單に炭酸瓦斯を吹込みたる場合、東京市境系上水に炭酸瓦斯を吹込みたる場合、實際に遊離炭酸含量の大なる水道水の場合等に付き遊離炭酸含量と銅の溶解量の關係を考察した。又遊離炭酸を中和したものに就ても試験した。

第9表乃至第13表が之である。

成績の考察

遊離炭酸の影響に就て見るに東京市境系上水に於ては遊離炭酸が2ppm内外であるが銅の溶解量は約一晝夜で0.6-1.0ppmに止り(第9表[a])大體0.5ppmに止るようである。然るにこの境系上水に炭酸瓦斯を吹込んで、その遊離炭酸量(CO₂)を8-23ppmとすると銅の溶解量は俄かに増加して2.7-5.7ppmとなる(第9表[b][c])

而して遊離炭酸が20ppm以下に於ては略その炭酸量に比例して影響する傾向を示してゐる(第10表)

尙炭酸瓦斯を境系上水に含有せしめた場合の成績(第10表[a])と蒸留水に含有せしめた場合の成績(第10表[b])とを比較すると、蒸留水に炭酸を含有せしめた場合の影響が却つて幾分多

い傾向を示してある。少量の鹽類は被膜の作用を助けるものと思はれる。

次に第 11 表、第 12 表の成績を比較考察すると、上水中に含有せらるる程度の鹽類の影響に比して遊離炭酸の影響が極めて大なることが推察される。

次に其の遊離炭酸を中和して試験すると、銅の溶出量は皆 1 ppm 以下になつた (第 13 表)。尙第 11 表、第 12 表によれば遊離炭酸を含有せざる水に対してはチヨイント数の多寡によつて受ける影響の差は認め難いが、遊離炭酸を含む水に対してはチヨイント数の多いものが、少いものに比して 2 倍近くも多く溶解したのを見た。

一般に金屬の腐蝕及溶解には溶存酸素の影響することが最も著しいものであることは、文献に縷々述べられている所で銅の溶解にも酸素が影響することは勿論であるが、上水中の溶存酸素量は下水中の如く缺如することなどもなく、大體近似した量を含んでいるものであるから、茲には特に試験を行はなかつた。

第 5 節 各種鹽類と銅溶解との關係

1 遊離炭酸を含有せざる場合の各種鹽類の影響

遊離炭酸を中和したる場合の東京市境系上水及遊離炭酸を含有せざる状態に於ける各鹽類の銅管に及ぼす影響を考察せんとして本実験を行つた。

即ち中和によつて遊離炭酸を除いた東京市境系上水に食鹽、重炭酸ソーダ、硝石、鹽化アンモン、硫酸マグネシウム、鹽化カルシウム等を單獨に加へる場合の關係、並に硫酸マグネシウム及鹽化カルシウムを種々なる割合に組合せて加えた場合の關係を考察した。

第 14 表乃至第 22 表が之である。

成績の考察

食鹽が銅器に著しい影響を及ぼすことは經驗的に知られてゐるが、実験の結果にみると遊離炭酸の存在せざる場合に於ては、境系上水に鹽素イオンとして 1000 ppm 迄の食鹽を加へた場合にも、銅の溶解量は最高約 1.1 ppm で、比較的微少である。(第 14 表)

又遊離炭酸量が約 2 ppm 位の場合の境系上水及蒸溜水に鹽素イオンとして 100 ppm の食鹽を加へた場合の銅の溶解量は約 1 ppm である。(第 15 表)

之を以てみると遊離炭酸が全く存在しないか、又は遊離炭酸量が 2 ppm の程度に止まるときは、100 ppm 迄の鹽素イオンは殆んど銅管に影響しないもの様である。

其の他の鹽類即ち重炭酸ソーダ (第 16 表)、硝石 (第 17 表)、硫酸マグネシウム (第 18 表) 及鹽化カルシウム (第 19 表) 等を加へた場合並に硫酸マグネシウム及鹽化カルシウムを種々なる割合に加へた場合 (第 20 表及第 21 表) の銅管に及ぼす影響に就て実験した結果によると各成分の

実験回数が少いので、充分な結論は得難いが、然し大體に於て遊離炭酸の共存しない場合に於ては、食鹽の場合と同様銅管に對して大なる影響を及ぼさぬ様である。

尙鹽化アンモンを 4 ppm 迄加へても、遊離炭酸が無い場合は著しい影響は與へない様である。(第 22 表)

2 微量の遊離炭酸の存在に於ける各種鹽類の影響

上記せる試験成績によつて遊離炭酸が全く存在せざる場合は、鹽類の影響は比較的僅微に止まることを知り得たが、一般の上水は多少共遊離炭酸を含有するものであるから、河水等に含有せらるる比較的微量の遊離炭酸即ち 3~5 ppm 程度の遊離炭酸の存在に於て、鹽類が銅管に如何に影響するかを考察せんとして本実験を行つた。

鹽類としては食鹽、硫酸マグネシウム、鹽化カルシウム及硝酸カリウムの四種を用ひた。

試験成績は第 23 表 (食鹽)、第 24 表 (鹽化カルシウム)、第 25 表 (硫酸マグネシウム) 及第 26 表 (硝石) に示す如くである。

成績の考察

之等の成績を遊離炭酸を含有せざる場合の成績 (第 15、17、18 及 19 表) と比較すると、檢出した銅の絶対値は著しく高まつてはゐるが、其の増加の割合が鹽類添加と比例してゐない。此の點尙今後の研究に俟たねばならぬと考へられる。

第 6 節 水道水中遊離炭酸多き都市に出張試験成績

遊離炭酸量の多寡が銅管の實用と密接な關係にあることは上記した如くであるが、之を實際に就て考察せんとして現場に出張調査した。

調査は河水を水源とする水道、伏流水を水源とする水道、及鑿井水を水源とする水道に就て行ふこととし、試料は遊離炭酸多く、爲めに多少銅管の影響あるを耳にした水道、静岡市 (伏流水)、榑岡町、黒磯町 (河水)、T 市 (伏流水)、及 H 市 (鑿井水) を選定し採取した。

第 27 表乃至第 32 表が之の成績である。

完全試験に供した試料は流水である。

成績の考察

以上の成績から考察すると、遊離炭酸の少い水道に於ては銅の溶出量は何れも 1 ppm 以下に止まるが、遊離炭酸の含量大なる水道では銅の溶出量が 5 ppm 以上にも達している。銅の溶出多く議論があつた様に開いた都市で、遊離炭酸の少ない都市では現在は皆銅の溶出は少なくなつてゐる。これは新設後半年位で被膜が出来、銅が溶解しなくなつたものであらう。只現在でも銅溶出の多い所は皆遊離炭酸の多い水のみである。之等に對して適當なる対策を必要とするものと考へられる。

第7節 遊離鹽素及び硫酸礬土と銅溶解の關係

1 遊離鹽素の影響

消毒のため使用せらるる程度 (0.5 ppm 以下) の遊離鹽素の銅管に及ぼす影響を考察せんとして本実験を行つた。用ひた鹽素水は晒粉から作つたもので、即ち初め晒粉水の上澄液を作り之につき其の力價を検定した後更に之を東京市境系上水で適當に稀釋し再び力價を検定し、然る後其の必要量を境系上水に加へ速に混和し直ちに銅管に入れ一定時間灌水した。第 33 表が其の成績である。

成績の考察

斯かる程度の微量の鹽素によつては銅管は殆ど影響されない様である。

2 硫酸礬土の影響

硫酸礬土處理によつて水中に遊離炭酸量を増大することは明なことであり、従て銅の溶解量を増すこととなるのは上記の成績によつて推察し得ることではあるが、實際に硫酸礬土處理をなした水によつて如何なる程度の影響を受くるものなりやを検査せんとして本実験を行つた。

第 34 表は参考として行つたもので、即ち東京市境系上水に市販の硫酸礬土を實用に供する程度 (4—20 ppm) に加へ直ちに密栓し、約 4 時間放置して反應せしめた後、之を銅管に充して礬土添加によつて生じた水酸化アルミニウム及び遊離炭酸の影響を見たもので、第 35 表は東京市玉川淨水所に於て實際に礬土處理をなした水の銅管に及ぼす影響をみるために行つたものである。

成績ノ考察

硫酸礬土處理水の影響は殆んど認められない。

第8節 本章總括

1. 銅管及び合金鉛管を埋設の状態に於て東京市境系上水に連結して約 3 ケ年間試験した結果によれば、銅管は比較的短時日灌水に於て銅溶解量多く、即ち 4 時間後より増加し、12 時間乃至 24 時間最も多く其後 4 日間著しき變化なく其後は却つて減少した。
合金鉛管の場合は灌水時日の影響少ないが、2 日以上から多少増加する傾向を見た。
2. 東京市境系上水に對しては内徑 13 mm 長さ約 16 m の銅管を使用し灌水後最初の 5 l には 0.5 ppm であつたものも、次の水中 (5 l) には 0.2 ppm 以下痕跡となつた。
3. 實際に銅管を使用してをる各地水道に就て其の實狀を見るに、遊離炭酸の含量の少い上水道に於ては銅の溶出量は 0.5 ppm 以下であるが、遊離炭酸の多い水道に於ては銅の溶出量は 5 ppm 以上にも達する。實驗に於ても遊離炭酸量 5 ppm 以上に達すると銅の溶解量が顯著となる。遊離炭酸の多い水では鉛分も溶け易い理であるが、鉛の炭酸鹽の被膜は水に再び溶けないものであ

る。故に炭酸硬度(一時硬度)の相當ある水では遊離炭酸多くても鉛分は溶出しない。現に東京市井萩水道では 30 ppm の遊離炭酸があるが、鉛は検出しない。

4. 鹽類に就ては食鹽、重炭酸曹達、硝石、硫酸マグネシウム、鹽化カルシウム等を用ひたが、之等は遊離炭酸の存在せざる場合は勿論存在する場合も著しい影響を見なかつた。
5. 遊離鹽素及び硫酸礬土の投入は其の影響は殆んど認めないやうである。

(技師 相澤金吾 梶村工)

第2表 湛水時間ト溶解量トノ關係

(銅管並鉛管ノ埋設月日 昭和九年三月十四日)

No.	採取月日 (年月日)	湛水時間	水		pH		色		濁		溶出量 (ppm)	
			銅	鉛	銅	鉛	銅	鉛	銅	鉛	銅 (Cu)	鉛 (Pb)
1	12-12-6	0.5 Hr	8.2	8.5	7.0	6.9	0	0	0	0	0.192	0.040
2	"	1	8.2	8.5	7.0	7.0	0	0	0	0	0.295	0.190
3	"	2	8.3	8.5	7.0	7.0	0	0	0	0	0.547	0.125
4	11-12	3	12.0	12.0	6.9	6.9	0	0	0	0	0.611	0.250
5	12-10	4	10.3	10.0	7.0	7.0	微青白	0	2.5	0	1.069	0.260
6	10-1-24	5	6.0	5.5	7.1	7.0	"	0	2.8	0	0.764	0.175
7	9-11-12	6	12.5	12.5	7.1	7.0	"	0	4.5	0	0.848	0.367
8	10-1-24	8	6.5	5.3	7.0	7.0	"	0	4.6	0	1.069	0.167
9	9-29	10	4.5	3.9	7.1	6.9	"	0	3.0	0	1.082	0.160
10	9-12-10	12	9.5	9.1	7.3	7.1	"	0	9.0	0	1.884	0.325
11	10-1-23	15	4.8	4.5	7.0	6.9	"	0	4.0	0	1.375	0.250
12	1-21	18	4.5	4.2	7.1	7.0	"	0	5.0	0	1.069	0.325
13	1-24	21	4.5	4.5	7.1	7.0	"	0	6.5	0	1.337	0.300
14	9-6-16	24	19.8	20.0	7.2	7.0	"	0	2.0	0.7	1.103	0.325
15	10-16	24	17.0	16.8	7.3	7.1	"	0	7.0	0.7	1.890	0.675
16	10-1-23	48	5.5	5.0	7.3	6.9	"	0	9.0	0	1.502	0.250
17	2-7	3	4.2	3.5	7.1	7.0	"	0	5.0	0.7	1.209	0.750
18	1-16	4	7.5	7.0	7.4	7.0	"	0	18.0	0	2.368	0.250
19	1-12	5	5.8	5.5	7.4	6.9	"	0	8.5	0	1.248	0.500
20	1-23	7	7.1	6.5	7.5	7.1	"	0	7.0	0	1.146	0.225
21	9-9-15	11	22.0	22.0	7.5	7.1	0	0	0	0	0.071	0.880
22	5-1	14	12.8	13.0	7.0	7.5	0	0	1.0	0.7	0.212	0.167
23	5-15	14	17.4	16.8	7.0	7.2	0	10	1.0	1.5	0.024	0.100
24	6-13	14	19.5	19.4	7.2	7.3	0	0	0.7	0.7	0.403	0.213
25	8-30	14	22.6	22.2	7.3	7.5	0	0	0	0	0.340	0.367
26	7-14	14	20.4	20.2	7.3	7.5	0	0	0.7	0.7	0.356	0.700
27	8-18	14	24.2	24.2	7.2	7.1	0	0	2.0	3.0	0.509	1.000
28	5-30	15	17.5	17.5	7.2	7.5	0	0	0.7	0.7	0.255	0.258
29	9-4	17	21.0	21.0	7.5	7.4	0	0	0	0	0.153	0.460
30	8-4	21	23.2	23.2	7.4	7.5	0	0	0.7	0.7	0.356	0.660
31	10-15	30	16.5	16.5	6.9	7.4	0	0	0.7	0	0.987	0.613
32	4-18	35	10.0	10.0	6.9	7.7	1	4	2.0	3.0	0.223	0.060

備考 對照トハ湛水直前ノ境系上水

第3表 採取水量ト銅量トノ關係(1)

採取月日	初ノ5l			次ノ5l			第三回目ノ5l			第四回目ノ5l			對照		
	1號	2號	3號	1號	2號	3號	1號	2號	3號	1號	2號	3號	1號	2號	3號
湛水時間(Hr)	17	18	19	17	18	19	17	18	19	17	18	19	17	18	19
水溫(C°)	23.5	21.0	23.0	23.5	21.4	23.0	23.5	21.4	23.0	23.0	21.4	23.5	23.0	21.4	23.0
色	0	0	微青	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
濁	1.5	1.0	2.5	1.2	0.8	1.0	1.0	0	0	1.0	0	0	0.7	0	0
pH	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
酸度	2.0	4	3	4	4	4	4	3	4	5	3	4	4	3	3
遊離炭酸 (CO ₂ ppm)	0.9	1.8	1.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.3	1.8	2.2	1.3	1.8	1.8	1.3	1.3
KMnO ₄ 消費量(ppm)	0.55	0.55	0.55	0.63	0.55	0.71	0.55	0.63	0.71	0.71	0.63	0.71	0.55	0.63	0.79
銅 [(Cu ppm)]	0.36	0.35	0.87	0.11	0.20	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

備考 1. 3號ニ酸化鐵ノ稍著量ヲ認メタリ。

2. 對照トハ湛水直前ノ境系上水

3. 銅管ノ第2表ノ場合ト同ク

4. Nハ不檢出ヲ示ス

第4表 採酌水量と銅量との関係(2)

	初ノ5l			次ノ5l			對照	
	1號	2號	3號	1號	2號	3號	2號	3號
採酌月日	10.9.13	9.14	9.26	9.13	9.14	9.26	9.14	9.26
湛水時間(Hr)	16	16	17	16	16	17	—	—
水温(°C)	22	22.5	21	22	22.5	21	22	20
色相	0	0	0	0	0	0	0	0
濁度	1	1	1	0.8	0.7	0	0	0
pH	7.0	7.0	7.1	6.9	6.9	6.9	7.0	7.1
遊離炭酸 (cc/l ₅₀ Na ₂ CO ₃)	6	8	5	8	9	8	5	4
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	2.6	3.5	2.2	3.5	4.0	3.5	2.2	1.8
KMnO ₄ 消費量(ppm)	1.39	0.47	1.03	1.31	1.39	1.34	0.69	0.63
銅 [Cu ppm]	0.38	0.64	0.59	0.21	0.19	0.17	—	—

第5表 湛水ノ銅量ト一定水量放流後ノ銅量トノ關係(1)

試験番號	開栓直後 (23時間湛水後、開栓直後ノ水1.2lヲ採取ス)					5l放流後 (開栓後5lヲ放流シタル後ノ水2lヲ採取ス)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	4.0	3.5	2.2	1.5	1.5	4.4	4.2	3.5	4.2	4.0
色度	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
濁度	0.8	0.8	0	1	1	0	0	0	0	0
pH	6.9	6.9	7.3	7.2	7.5	6.9	6.9	6.9	6.8	6.9
銅 [Cu ppm]	0.59	0.69	0.56	0.79	0.59	0.23	0.20	0.13	0.28	0.18

第6表 湛水ノ銅量ト一定水量放流後ノ銅量トノ關係(2)

試験番號	開栓直後 (23時間湛水後、開栓直後ノ水1.2lヲ採取ス)					10l放流後 (開栓後10lヲ放流シタル後ノ水2lヲ採取ス)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	1.8	0.9	1.1	0.4	0.7	3.7	2.6	4.2	1.3	2.4
色度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
濁度	0.8	0.8	1	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8
pH	7.2	7.3	7.4	7.3	7.5	6.9	6.9	6.8	7.1	7.1
銅 [Cu ppm]	0.46	0.56	0.66	0.64	0.54	0.18	0.15	0.13	0.15	0.20

第7表 (東京市内水栓)

試験場所	採酌個所	採酌月日	採酌時間(Hr)	銅管内水量(cc)	採取セル試料ノ量(cc)	色度	濁度	pH	アルカリ度	遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	鹽素イオン [Cl ppm]	硬度 [獨逸法]	蒸發残渣 [ppm]	銅 [Cu ppm]
1	麻布區	9.8.10	18	1639	2110	0	1	7.1(7.2)	32.5	2.64(3.1)	1.42	1.75	75	0.41
2	麴町區	7.10.15	17.5	14800	1930	0	0.9	7.2(7.1)	32.0	2.6(3.1)	1.42	1.73	77	0.22
3	麴町區	9.7.20	18	863	2100	0	0	7.2(7.0)	32.0	2.6(2.8)	1.60	1.75	66	0.64
4	本郷區	9.6.10	17.5	1328	2160	0	0	7.2(7.1)	32.0	2.6(2.6)	1.42	1.70	60	0.28
5	澁谷區	8.8.10	18	199	2140	0	0	7.2(7.0)	32.0	2.9(3.1)	1.60	1.83	65	0.43
6	澁谷區	10.4.25	19	266	1900	0	0	7.2(7.2)	35.0	2.2(2.4)	1.77	1.98	62	0.43
7	中野區	10.9.10	19	1299	2160	0	0	7.1(7.1)	31.0	1.6(3.3)	7.80	1.90	66	0.44
8	品川區	10.10.20	46	783	2170	0	0	7.2(7.2)	37.0	1.3(3.5)	1.95	2.34	116	0.54
9	荏原區	10.9.8	19	730	2160	0	0	7.1(7.2)	39.0	3.3(2.9)	8.87	2.89	120	0.23
10	牛込區	9.10.10	19	796	1940	0	0	7.3(7.2)	34.0	2.0(2.6)	1.42	1.98	63	0.44
11	日本橋區	10.9.20	18	398	2150	2	6	7.5(7.4)	34.5	2.2(2.2)	1.60	1.83	70	0.03

備考 括弧内ノ數字ハ開栓直前ノ水道水ノ成績ナリ。

第8表 各地水道水 水 質

試料番號	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16				
	採	所	原	水	種	類	管	埋	設	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日			
仙臺市	角田町	楯岡町	郡山市	秋田市	新潟市	盛岡市	玉島町	三郷村	大阪市	此花區	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同			
地表水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水		
昭和?	9. 4. 1	9. 8. 20	?	8. 7. 2	11. 5. 27	8. 8. 18	10. 3. 30	11. 2. -	11. 3. -	11. 7. -	?	11. 4. 28	10. 6. -	11. 1. 14	8. 8. 22	11. 5. 25	11. 6. 10	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11	11. 6. 11			
12	17	26	24	24	24	15	24	16.5	14	13	12	12	17	15	24	?	11,030	664	2,655	6,237	2,075	2,050	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860		
2,453	5,310	29,450	1,006	2,010	14,720	2,389	7,705	1,327	2,413	3,807	?	11,030	664	2,655	6,237	2,075	2,050	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860		
2,075	2,050	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	
2(O)	0	0	0	4(O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.5(O)	0	1.3(O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.4	6.9	6.9	6.7	6.7	6.8	6.9	7.0	6.6	6.9	6.7	6.8	7.0	6.6	6.9	6.7	6.8	7.0	6.6	6.9	6.7	6.8	7.0	6.6	6.9	7.0	6.8	7.0	6.8	7.0	6.8	7.0	6.8	7.0	6.8	7.0
(6.5)	(6.8)	(6.9)	(6.6)	(7.0)	(6.7)	(6.8)	(7.0)	(6.5)	(6.7)	(6.6)	(6.8)	(7.0)	(6.5)	(6.7)	(6.6)	(6.8)	(7.0)	(6.5)	(6.7)	(6.6)	(6.8)	(7.0)	(6.5)	(6.7)	(6.6)	(6.8)	(7.0)	(6.5)	(6.7)	(6.6)	(6.8)	(7.0)	(6.5)	(6.7)	(6.6)
10	27	18	10.7	13.5	19.5	18	51	32	31	31	32	51	32	31	31	32	51	32	31	31	31	32	51	32	51	32	51	32	51	32	51	32	51	32	51
2.6	2.2	2.9	1.8	3.1	3.1	3.3	2.2	5.1	2.2	4.2	3.7	2.2	5.1	2.2	4.2	3.7	2.2	5.1	2.2	4.2	3.7	2.2	5.1	2.2	4.2	3.7	2.2	5.1	2.2	4.2	3.7	2.2	5.1	2.2	4.2
(1.8)	(2.6)	(3.1)	(2.2)	(2.0)	(3.7)	(2.4)	(2.2)	(7.3)	(3.5)	(5.3)	(3.4)	(2.4)	(7.3)	(3.5)	(5.3)	(3.4)	(2.4)	(7.3)	(3.5)	(5.3)	(3.4)	(2.4)	(7.3)	(3.5)	(5.3)	(3.4)	(2.4)	(7.3)	(3.5)	(5.3)	(3.4)	(2.4)	(7.3)	(3.5)	(5.3)
2.66	7.8	4.26	8.11	10.99	4.61	3.19	4.96	6.38	7.09	7.09	7.45	6.38	7.09	7.09	7.45	6.38	7.09	7.09	7.45	6.38	7.09	7.09	7.45	6.38	7.09	7.09	7.45	6.38	7.09	7.09	7.45	6.38	7.09	7.09	7.45
0.55	1.23	1.58	2.06	0.9	1.13	0.83	2.03	1.65	2.06	1.65	1.48	2.03	1.65	2.06	1.65	1.48	2.03	1.65	2.06	1.65	1.48	2.03	1.65	2.06	1.65	1.48	2.03	1.65	2.06	1.65	1.48	2.03	1.65	2.06	1.65
55	75	79	113	90	63	56	126	117	88	105	118	126	117	88	105	118	126	117	88	105	118	126	117	88	105	118	126	117	88	105	118	126	117	88	105
0.25	0.26	0.94	0.41	0.38	1.22	0.20	0.18	1.02	0.33	0.28	0.20	0.18	1.02	0.33	0.28	0.20	0.18	1.02	0.33	0.28	0.20	0.18	1.02	0.33	0.28	0.20	0.18	1.02	0.33	0.28	0.20	0.18	1.02	0.33	0.28

備考 括弧内ノ數字ハ閉栓直前ノ水道水ノ成績ナリ。

供試銅管 A 式

供試銅管 A 式	[a]		[b]		[c]	
	東京市境系上水ニ 及ボス影響	東京市境系上水ニ 吹込ミタルモノニ對スル影響 (其ノ1)	東京市境系上水ニ 及ボス影響	東京市境系上水ニ 吹込ミタルモノニ對スル影響 (其ノ1)	同	同
No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1
銅管 對照	銅管 對照	銅管 對照	銅管 對照	銅管 對照	銅管 對照	銅管 對照
24	22	26	24	26	23	24
1.3	1.8	1.8	1.3	1.3	1.3	1.3
27.5	24	24	27.5	24	24	27.5
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
7.1	6.9	7.1	6.4	6.3	6.3	6.3
0.64	0.64	1.02	3.50	2.70	5.08	4.45

供試銅管 A 式

供試銅管 A 式	[a]		[b]	
	東京市境系上水ニ 及ボス影響	東京市境系上水ニ 吹込ミタルモノニ對スル影響 (其ノ1)	東京市境系上水ニ 及ボス影響	東京市境系上水ニ 吹込ミタルモノニ對スル影響 (其ノ1)
銅管 對照	銅管 對照	銅管 對照	銅管 對照	
0	2.2	5.5	4.4	
7.3	6.9	6.7	6.3	
7.3	6.9	6.8	6.4	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0.31	0.20	1.91	0.31	

備考 銅管番號ハ第十三表ノ銅管番號ニ對ス。

供試銅管 B 式

第 11 表 遊離炭酸ノ銅管ニ及ボス影響 (3)

銅管番號	蒸溜水中ノ CO ₂ ヲ NaOHニテ 中和シタルモノヲ供試水トナス 24 Hr 湛水			蒸溜水ニ CO ₂ ヲ含有セシ メタルモノヲ供試水トナス 24 Hr 湛水		
	1	2	3	1	2	3
初ノ遊離炭酸[CO ₂ ppm]	0	0	0	39.6	39.6	39.6
湛水後ノ遊離炭酸〔%〕	—	—	—	14.1	22	13.2
初ノ pH	7.0	7.0	7.0	5.8以下	5.8以下	5.8以下
湛水後ノ pH	6.7	6.7	6.7	6.1	6.2	6.1
〃 外觀	0	0	0	極微濁	極微濁	極微濁
銅 [Cu ppm]	0.05	0.09	0.19	8.6	15.4	8.4

備考 1 及 3 號銅管ハ「ゲヨイント」普通ノモノノ 2 號銅管ハ「ゲヨイント」特ニ多キモノナリ。(試驗材料参照)

第 12 表 遊離炭酸ノ銅管ニ及ボス影響 (4)

供試銅管 B 式

〔井汲上水ノ銅管ニ及ボス影響〕

銅管番號	井水中ノ CO ₂ ヲ Na ₂ CO ₃ ニテ中和シタル モノヲ供試水トナス 24 Hr 湛水			井汲上水ヲ其ノママ供試水トナス 24 Hr 湛水							
	1	2	3	1	1	2	2	3	4	4	
初ノ遊離炭酸[CO ₂ ppm]	0	0	0	27.7	17.6	27.7	17.6	17.6	22	22	
湛水後ノ遊離炭酸〔%〕	—	—	—	8.8	11	8.8	13.2	11	13.2	11	
初ノ pH	7.0	7.0	7.0	6.0	6.1	6.0	6.1	6.1	6.1	6.1	
湛水後ノ pH	7.3	7.1	7.3	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.3	6.6	
〃 外觀	0	0	0	—	0	—	微濁	0	0	微濁	
銅 [Cu ppm]	0.80	1.36	0.9	5.7	3.6	11.0	7.0	4.8	1.22	4.33	

備考 1. 1 及 3 號銅管ハ「ゲヨイント」普通ノモノ (試驗材料参照)
2. 2 號銅管ハ「ゲヨイント」特ニ多イモノ (同)
3. 4 號銅管ハ「ゲヨイント」ヲ用ヒザルモノ (同)

第 13 表 中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系
上水ノ銅管ニ及ボス影響

供試銅管 A 式

銅管番號	湛水時間 19 Hr								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
遊離炭酸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
初ノ pH	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
湛水後ノ pH	7.3	7.5	7.3	7.4	7.4	7.3	7.4	7.4	7.4
〃 外觀	0	0	0	0	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	0.92	0.41	0.51	1.12	0.41	0.61	0.41	0.51	0.31

第 14 表 NaCl ノ銅管ニ及ボス影響

〔中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系
上水ニ NaCl ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス〕

供試銅管 A 式

銅管番號	湛水時間 22 Hr			
	5	6	7	8
加ヘタル NaCl [ppm]	165	495	825	1650
〃 Cl [%]	100	300	500	1000
〃 Na [%]	65	195	325	650
遊離炭酸	0	0	0	0
初ノ pH	7.3	7.3	7.3	7.3
湛水後ノ pH	7.3	7.4	7.5	7.6
〃 外觀	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	0.82	1.12	1.12	0.82

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 15 表 NaCl ノ銅管ニ及ボス影響

供試銅管 A 式

	廣メ遊離炭酸ヲ中和シタル 蒸留水ニ NaCl ヲ溶解ス。				蒸留水ニ直チニ NaCl ヲ溶解ス。				東京市境系上水ニ NaCl ヲ溶解ス。			
	Cl30ppm [NaCl-49.5ppm]		Cl100ppm [NaCl-165ppm]		Cl30ppm [NaCl-49.5ppm]		Cl100ppm [NaCl-165ppm]		Cl30ppm [NaCl-49.5ppm]		Cl100ppm [NaCl-165ppm]	
	銅管	對照	銅管	對照	銅管	對照	銅管	對照	銅管	對照	銅管	對照
湛水時間 [Hr]	120	0	24	0	46	0	43	0	18	0	19	0
水 温 [C]	23	23	23.5	23.5	23.6	23	24	24	25	24	25	25
色 相	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
濁 度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	5.8	7.5	8.3	8.4	5.6	5.6	5.8	5.8	7.2	6.9	7.2	7.0
酸 度 [cc/l N/50 NaCO ₃]	—	0	0	0	—	5.0	12.0	5.0	3.0	4.0	3.0	3.0
遊 離 炭 酸 [CO ₂ ppm]	—	0	0	0	—	2.2	2	2.2	1.32	1.76	1.82	1.82
銅 [Cu ppm]	1.15	—	0.2	—	0.7	—	0.89	—	0.76	—	0.95	—

第 16 表 NaHCO₃ ノ銅管ニ及ボス影響

[中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系上
水ニ NaHCO₃ ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

	湛 水 時 間 22Hr			
銅 管 番 號	1	2	3	4
加ヘタル NaHCO ₃ [ppm]	34	94	168	336
" HCO ₃ ["]	24	61	122	244
アルカリ度 [cc/l N/50 H ₂ SO ₄]	54.5	84	134	234
遊 離 炭 酸	0	0	0	0
初 ノ pH	7.5	7.5	7.5	7.5
湛 水 後 ノ pH	7.3	7.5	7.5	7.4
" 外 觀	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	1.22	1.22	0.92	1.73

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管ノ番號ニ對應ス

第 17 表 KNO₃ ノ銅管ニ及ボス影響

硝酸鹽トシテ KNO₃ ヲ用フ

[中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系上
水ニ KNO₃ ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

	湛 水 時 間 20Hr.			
銅 管 番 號	1	2	3	4
加ヘタル KNO ₃ [ppm]	72	144	216	360
" NO ₃ ["]	62	124	186	310
" N ["]	10	20	30	50
" K ["]	28	56	84	140
遊 離 炭 酸	0	0	0	0
初 ノ pH	7.5	7.5	7.5	7.5
湛 水 後 ノ pH	7.3	7.3	7.4	7.3
" 外 觀	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	1.94	0.51	0.46	0.41

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 18 表 MgSO₄ ノ銅管ニ及ボス影響

[中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系上
水ニ MgSO₄ ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

	湛 水 時 間 21.5Hr				
銅 管 番 號	1	2	3	4	對 照
加ヘタル MgSO ₄ [ppm]	50	99	149	248	0
" Mg ["]	10	20	30	50	0
" SO ₄ ["]	40	79	119	198	0
遊 離 炭 酸	0	0	0	0	0
初 ノ pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
湛 水 後 ノ pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
" 外 觀	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	0.41	0.71	0.82	2.04	0.51

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 19 表 CaCl_2 ノ銅管ニ及ボス影響

[中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系上水ニ CaCl_2 ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

銅管番號	水 時 間 21.5 Hr				對 照
	5	6	7	8	
加ヘタル CaCl_2 (ppm)	28	83	139	277	0
" Ca ["]	10	30	50	100	0
" Cl ["]	18	53	89	177	0
遊離炭酸	0	0	0	0	0
初ノ pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
湛水後ノ pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
" 外觀	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	1.94	0.92	1.12	0.71	0.51

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 20 表 $\text{MgSO}_4 + \text{CaCl}_2$ ノ銅管ニ及ボス影響

[中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系上水ニ MgSO_4 (Mg トシテ 10 ppm) 及 CaCl_2 (Ca トシテ 10~100 ppm) ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

銅管番號	水 時 間 19 Hr				對 照
	1	2	3	4	
加ヘタル MgSO_4 (ppm)	50	50	50	50	0
" Mg ["]	10	10	10	10	0
" SO_4 ["]	40	40	40	40	0
" CaCl_2 ["]	28	83	139	277	0
" Ca ["]	10	30	50	100	0
" Cl ["]	18	53	89	177	0
遊離炭酸	0	0	0	0	0
初ノ pH	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
湛水後ノ pH	7.3	7.4	7.3	7.3	7.4
" 外觀	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	0.2	0.31	0.31	0.36	0.36

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 21 表 $\text{MgSO}_4 + \text{CaCl}_2$ ノ銅管ニ及ボス影響

[中和ニヨリテ遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系上水ニ MgSO_4 (Mg トシテ 20 ppm) 及 CaCl_2 (Ca トシテ 10~100 ppm) ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

銅管番號	水 時 間 19 Hr				對 照
	5	6	7	8	
加ヘタル MgSO_4 (ppm)	99	99	99	99	0
" Mg ["]	20	20	20	20	0
" SO_4 ["]	79	79	79	79	0
" CaCl_2 ["]	28	83	139	277	0
" Ca ["]	10	30	50	100	0
" Cl ["]	18	53	89	177	0
遊離炭酸	0	0	0	0	0
初ノ pH	7.4	7.3	7.4	7.4	7.4
湛水後ノ pH	7.3	7.3	7.4	7.3	7.4
" 外觀	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	0.61	0.61	0.61	0.56	0.36

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 22 表 NH_4Cl ノ銅管ニ及ボス影響

[遊離炭酸ヲ除キタル東京市境系上水ニ NH_4Cl ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

銅管番號	水 時 間 20 Hr.			
	5	6	7	8
加ヘタル NH_4Cl (ppm)	0.19	0.38	1.90	3.80
" NH_4 ["]	0.06	0.13	0.65	1.30
" N ["]	0.05	0.10	0.50	1.00
遊離炭酸	0	0	0	0
初ノ pH	7.5	7.5	7.5	7.5
湛水後ノ pH	7.4	7.3	7.3	7.3
" 外觀	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	0.92	1.43	1.43	0.46

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 23 表 微量ノ CO₂ ノ存在ニ於ケル NaCl ノ銅管ニ及ボス影響

[東京市境系上水ニ NaCl ト微量ノ
CO₂ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

試 験 項 目	22.5 Hr						
	1	2	3	4	5	6	7
加ヘタル NaCl [ppm]	33	66	99	165	495	824	1649
〃 Na [〃]	13	26	39	65	195	324	649
〃 Cl [〃]	20	40	60	100	300	500	1000
遊離炭酸 (CO ₂ ppm)	3.5	4.0	4.0	4.4	4.4	4.0	4.0
初 〃 pH	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
湛 水 後 〃 pH	7.0	7.1	7.2	6.9	7.1	7.3	7.3
〃 外 観	0	0	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	3.82	2.8	1.73	1.63	2.34	3.06	4.84

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 24 表 微量ノ CO₂ ノ存在ニ於ケル CaCl₂ ノ銅管ニ及ボス影響

[東京市境系上水ニ CaCl₂ 及微量ノ
CO₂ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

試 験 項 目	23.5 Hr						
	1	2	3	4	5	6	7
加ヘタル CaCl ₂ [ppm]	0	28	55	83	139	194	277
〃 Ca [〃]	0	10	20	30	50	70	100
〃 Cl [〃]	0	18	35	53	89	124	177
遊離炭酸 (CO ₂ ppm)	4.2	4.8	4.4	4.4	4.2	4.6	4.4
初 〃 pH	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
湛 水 後 〃 pH	7.0	7.0	7.0	6.9	7.0	6.9	6.9
〃 外 観	0	0	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	3.56	2.8	0.82	0.82	2.29	1.73	1.02

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 25 表 微量ノ CO₂ ノ存在ニ於ケル MgSO₄ ノ銅管ニ及ボス影響

[東京市境系上水ニ MgSO₄ ト微量ノ
CO₂ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

試 験 項 目	21.5 Hr						
	1	2	3	4	5	6	7
加ヘタル MgSO ₄ [ppm]	50	99	149	198	297	396	495
〃 Mg [〃]	10	20	30	40	60	80	100
〃 SO ₄ [〃]	40	79	119	158	237	316	395
遊離炭酸 (CO ₂ ppm)	3.7	3.5	3.7	3.5	4.0	3.5	3.7
初 〃 pH	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
湛 水 後 〃 pH	7.1	7.1	7.1	6.9	7.1	7.1	7.1
〃 外 観	0	0	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	3.31	3.31	1.53	3.31	2.04	1.78	3.06

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス

第 26 表 微量ノ CO₂ ノ存在ニ於ケル KNO₃ ノ銅管ニ及ボス影響

[東京市境系上水ニ KNO₃ ト微量ノ
CO₂ヲ加ヘタルモノヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

試 験 項 目	21 Hr						
	1	2	3	4	5	6	7
加ヘタル KNO ₃ [ppm]	0	72	144	217	289	361	722
〃 K [〃]	0	28	56	84	112	140	280
〃 NO ₃ [〃]	0	44	89	133	177	222	443
〃 N [〃]	0	10	20	30	40	50	100
遊離炭酸 (CO ₂ ppm)	3.7	3.5	4.0	3.7	3.5	4.0	4.0
初 〃 pH	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
湛 水 後 〃 pH	7.1	7.1	7.0	6.9	7.1	7.1	7.1
〃 外 観	0	0	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	1.32	1.63	1.22	0.71	2.80	3.31	3.06

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス



第27表 水道水質試験成績

	静岡市	黒磯町	橋岡町	H市	T市
採 酌 場 所	市 内	町 内	町 内	浄水池附近	浄水場内
氣 温 [°C]	15.0	6.5	4.7	5.0	6.5
水 温 ["]	13.0	6.3	8.6	5.5	5.8
濁 度	0	0	0	0	0
色 度	0	0	0	0	0
臭 味	N	N	N	N	N
pH	7.0	6.6	6.8	6.2	6.0
アルカリ度 [cc/l.N/50H ₂ SO ₄]	52.0	13.0	22.5	61.0	26.0
酸 度 [cc/l.N/50Na ₂ CO ₃]	4.0	2.0	1.0	74.5	54.0
溶 存 酸 素 [O ₂ ppm]	7.83	10.90	11.28	5.70	6.11
遊 離 炭 酸 [CO ₂ ppm]	1.76	0.88	0.44	32.78	23.76
鹽 素 イ オン [Cl ppm]	1.42	7.80	4.79	10.82	10.28
硫 酸 イ オン [SO ₄ ppm]	34.16	39.09	18.93	9.47	3.29
硝 酸 性 窒 素	N	N	N	N	N
亞 硝 酸 性 窒 素	N	N	N	N	N
ア ン モ ニ ア 性 窒 素	N	N	N	N	N
總 硬 度 [石鹼法]	3.47	1.94	1.56	1.95	1.38
永 久 硬 度 ["]	3.34	1.91	1.53	1.80	1.30
一 時 硬 度 ["]	0.13	0.03	0.03	0.15	0.08
蒸 發 殘 渣 [ppm]	119.0	112.0	78.0	136.0	68.8
灼 熱 減 量 ["]	9.8	14.0	13.8	21.0	12.0
灼 熱 殘 渣 ["]	109.2	98.2	64.2	115.0	56.8
珪 酸 [SiO ₂ ppm]	7.8	21.4	9.0	22.2	8.2
鐵 [Fe ppm]	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03
アルミニウム [Al ppm]	0.85	0.95	0.63	1.33	0.42
カルシウム [Ca ppm]	31.59	20.44	8.29	13.43	8.01
マグネシウム [Mg ppm]	4.50	4.19	2.27	4.41	2.10
カリウム [K ppm]	1.21	1.76	0.70	2.88	1.03
ナトリウム [Na ppm]	5.39	9.21	4.56	12.20	5.82
銅	N	N	N	0.6	N
湛 水 時 間 (時)	19.9	19.3	19.7	19.5	19.3
銅 [Cu ppm] (件 數)	0.56(3)	0.56(6)	0.52(6)	3.99(6)	3.03(5)
鉛 [Pb ppm] (")	0.26(3)	—	—	—	0.15(2)

備考 N は不検出ヲ示ス

第28表 静岡市水道

	1	2	3	4	5	6
採 酌 場 所	新 通5の61	呉服町5の19	香羽町230	上石町2の42	傳馬町22	市衛生課控室
管 埋 設 月 日	昭 8.11.12	昭 8.10.2	昭 8.6.28	昭 10.3.4	昭 9.7.7	昭 11.8.26
銅 管 ノ 内 徑 及 長 サ	16mm—8.2m 13mm—5.0m	16mm—10.8m 13mm—1.0m	13mm—21.0m	—	—	—
〃 容 積 [cc]	2313	2304	2793	—	—	—
鉛 管 ノ 内 徑 及 長 サ	—	—	—	13mm—23.2m	13mm—15.5m	13mm—10.3m
〃 容 積 [cc]	—	—	—	3086	2062	1370
湛 水 時 間	20時29分	19時51分	19時25分	19時54分	18時39分	16時10分
試 料 採 取 量 [cc]	640	640	630	640	650	640
氣 温 (前 日 一 當 日) [C°]	14.5—14.0	12.7—15.5	13.0—15.5	13.5—13.6	11.5—16.5	13.5—15.0
水 温 (") ["]	12.2—12.0	14.0—14.3	13.8—12.0	14.8—13.5	13.5—12.0	14.0—13.0
色 相	0	0	淡帯青褐色	0	0	0
濁 度	0.5	2.0	10	1	1	1.5
pH	7.1	7.6	7.0	7.1	7.5	7.4
酸 度 [cc/l.N/50Na ₂ CO ₃]	2.5	5.0	4.0	4.5	3.0	4.0
溶 存 酸 素 [O ₂ ppm]	7.78	7.86	7.77	8.50	7.74	7.83
遊 離 炭 酸 [CO ₂ ppm]	1.1	2.2	1.76	1.98	1.32	1.76
銅 [Cu ppm]	0.56	0.41	0.71	—	—	—
鉛 [Pb ppm]	—	—	—	0.22	0.41	0.16

第29表 黒磯町水道

	1	2	3	4	5	6
採 酌 場 所	空 家	高等女學校	空 家	空 家	水道課	町役場
銅 管 埋 設 月 日	昭 9.9.7	昭 9.10.1	昭 9.9.16	昭 9.12.15	昭 9.10.2	昭 9.10.2
〃 内 徑 及 長 サ	13mm—22.0m	25mm—39.0m 13mm—19.0m	13mm—14.0m	13mm—10.0m	13mm—11.0m	16mm—49.0m 13mm—11.0m
〃 容 積 [cc]	2926	21676	1862	1330	1463	11312
湛 水 時 間	20時10分	20時03分	19時59分	19時42分	18時12分	18時20分
試 料 採 取 量 [cc]	655	640	660	640	650	660
氣 温 (前 日 一 當 日) [C°]	9.0—6.5	9°—	7.5—	6.0—7.0	7.0—6.5	7.0—6.5
水 温 (") ["]	7.5—6.3	7.5—13.9	6.3—5.0	6.2—4.6	6.5—6.3	6.5—6.3
色 相	淡帯青褐色	0	0	淡帯青褐色	淡帯青褐色	淡帯青褐色
濁 度	3.5	0.5	0.5	10	6	2.5
pH	6.8	6.8	6.9	6.4	6.9	6.9
酸 度 [cc/l.N/50Na ₂ CO ₃]	2.0	1.5	1.5	1.5	2.0	1.5
溶 存 酸 素 [O ₂ ppm]	10.49	10.74	10.81	10.58	10.90	10.90
遊 離 炭 酸 [CO ₂ ppm]	0.88	0.66	0.66	0.66	0.88	0.66
銅 [Cu ppm]	0.56	0.59	0.66	0.56	0.46	0.51

第30表 桶岡町水道

	1	2	3	4	5	6
採酌場所	3732	3598	3678	3531	水道試験室	町役場
銅管埋設月日	昭 10.3.19	昭 8.11.4	昭 10.12.6	昭 8.11.7	昭 9.8.20	昭 9.8.20
〃 内徑及長サ	13mm-8.0m	13mm-21.0m	13mm-14.0m	13mm-15.0m	25mm-60.0m	25mm-22.0m
〃 容積 [cc]	1064	2793	1862	1995	29460	10802
灌水時間	19時57分	19時43分	19時33分	19時18分	19時46分	20時0分
試料採取量 [cc]	650	660	650	635	650	640
氣温(前日-當日)[C°]	4.0-	4.7-	5.0-	2.5-	9.3-	4.7-
水温(〃)(〃)	7.4-5.6	6.8-6.5	7.6-4.7	6.0-4.4	7.5-3.9	7.0-8.6
色相	0	0	0	淡帶青褐色	0	淡帶青褐色
濁度	0.5	2	1	2	1.5	1.5
pH	7.1	7.0	7.0	6.9	6.9	6.9
酸度(cc/l. N/50 Na ₂ CO ₃)	1.2	1.0	1.2	1.5	1.3	1.0
溶存酸素 [O ₂ ppm]	11.06	7.49	10.54	11.14	9.26	11.28
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	0.53	0.44	0.53	0.66	0.57	0.44
銅 [Cu ppm]	0.46	0.66	0.48	0.51	0.51	0.51

第31表 H市水道

採酌場所	1	2	3	4	5	6
銅管埋設月日	昭 9.11.20	昭 11.8.12	昭 11.5.1	昭 11.5.22	昭 9.5.12	昭 9.5.22
〃 内徑及長サ	13mm-37.0m	25mm-135m 13mm-103m	16mm-130m 13mm-1.0m	13mm-31.0m	13mm-35.0m	20mm-31.0m 13mm-18.0m
〃 容積 [cc]	4921	79984	26263	4123	4655	12128
灌水時間	22時38分	21時35分	20時55分	18時40分	17時15分	16時20分
試料採取量 [cc]	660	665	650	645	640	645
氣温(前日-當日)[C°]	7.7-7.0	7.0-6.7	4.4-5.5	4.4-7.5	5.6-5.0	16.5-15.5
水温(〃)(〃)	6.3-4.7	5.0-5.8	7.1-5.6	8.7-7.5	12.7-5.5	5.9-4.6
色相	0	0	0	0	0	0
濁度	1.5	3	1.5	1.5	2	0.5
pH	6.4	6.2	6.4	6.2	6.4	6.3
酸度(cc/l. N/50 Na ₂ CO ₃)	76.2	75.6	73.8	78.8	74.5	80.1
溶存酸素 [O ₂ ppm]	5.26	5.17	5.17	6.0	5.7	5.61
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	33.53	33.26	32.47	34.67	32.78	35.24
銅 [Cu ppm]	8.66	2.44	2.85	2.85	2.65	4.48

第32表 T市水道

採酌場所	1	2	3	4	5	6	7
管理設月日	昭 9.7.7	昭 9.7.18	昭 9.7.23	昭 10.9.9	昭 11.5.24	昭 11.4.24	昭 9.1.27
銅管ノ内徑及長サ	20mm- 83.8m	13mm-22.8m 10mm-1.6m	25mm- 29.8m	20mm- 44.8m	13mm- 16.0m	13mm- 1.6m(神登)	13mm- 2.0m(住友)
〃 容積 [cc]	26313	3158	14632	14067	2128	213	266
鉛管ノ内徑及長サ	—	—	—	—	—	13mm- 13.2m	13mm- 10.6m
〃 容積 [cc]	—	—	—	—	—	1756	1410
灌水時間	17時57分	20時43分	19時22分	18時40分	20時12分	22時40分	23時08分
試料採取量 [cc]	650	640	655	640	645	652	653
氣温(前日-當日)[C°]	5.8-5.5	7.2-5.0	5.5-2.5	5.5-4.5	7.0-3.4	7.5-6.5	7.7-6.0
水温(〃)(〃)	10.0-2.9	5.7-5.6	8.6-2.9	7.0-4.5	10.3-7.8	8.2-5.8	9.0-4.7
色相	0	0	0	淡類褐色	淡類褐色	0	0
濁度	0.5	0.5	1	9.0	12	1.5	1
pH	6.1	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1
酸度(cc/l. N/50 Na ₂ CO ₃)	53.0	54.0	48.0	54.0	55.0	54.0	53.0
溶存酸素 [O ₂ ppm]	6.67	5.97	6.06	5.88	6.09	6.11	5.80
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	23.32	23.76	21.12	23.76	24.20	23.76	23.32
銅 [Cu ppm]	3.06	4.58	2.24	4.07	1.22	0.51	2.04
鉛 [Pb ppm]	—	—	—	—	—	0.18	0.11

第33表 遊離鹽素ノ銅管ニ及ボス影響

(東京市境系上水ニ鹽素ヲ加ヘ)
(タルモノヲ供試水トナス。)

供試銅管 A 式

	灌水時間 22Hr						
銅管番號	1	2	3	4	5	6	7
遊離鹽素 [Cl ₂ ppm]	0	0.03	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	2.4	2.4	2.2	2.2	2.4	2.0	1.5
初ノ pH	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.2	7.5
灌水後ノ pH	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.2	7.5
〃 外觀	0	0	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	1.02	2.80	1.12	2.38	1.02	0.82	0.82

備考 銅管番號ハ第13表ノ銅管番號ニ對應ス

第 34 表 硫酸礬土ノ銅管ニ及ボス影響

[東京市境系上水ニ硫酸礬土ノ溶液ヲ加ヘ
4.5 時間放置シタル後之ヲ供試水トナス。]

供試銅管 A 式

銅管番號	湛水時間 18 Hr						
	1	2	3	4	5	6	7
硫酸礬土 [$Al_2(SO_4)_3$ 297 ppm]	0	4	6	8	10	15	20
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	2.2	3.7	4.4	4.8	5.7	6.8	8.4
初ノ pH	7.1	6.9	6.8	6.7	6.7	6.5	6.5
湛水後ノ pH	7.1	6.9	6.9	6.8	6.8	6.7	6.6
初ノ外觀	0	0	0	極微濁	極微濁	極微濁	極微濁
湛水後ノ外觀	0	0	0	極微濁	極微濁	微濁	微濁
銅 [Cu ppm]	3.06	3.06	2.04	2.29	4.07	3.06	7.13

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス。

第 35 表 硫酸礬土處理水ノ銅管ニ及ボス影響

[東京市玉川淨水場ニ於ケル礬土處
理水及未處理水ヲ供試水トナス]

供試銅管 A 式

銅管番號	湛水時間 24.5 Hr					
	礬土處理ヲナサザルモノ			礬土處理(約12ppm)ヲナシタルモノ		
	1	2	3	4	5	6
供試水ノ種類	原水	緩速濾水	〃	急速濾水	〃	〃
遊離炭酸 [CO ₂ ppm]	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
初ノ pH	6.8	6.9	6.9	6.8	6.8	6.8
湛水後ノ pH	7.0	7.1	7.1	6.9	6.9	6.9
初ノ外觀	濁濁	0	0	0	0	0
湛水後ノ外觀	〃	0	0	0	0	0
銅 [Cu ppm]	1.43	1.22	1.22	1.63	2.14	1.63

備考 銅管番號ハ第 13 表ノ銅管番號ニ對應ス。

總 括

1. 銅の毒性 銅の急性中毒量は 1 ~ 10 g と稱せられ、慢性中毒は銅を取扱ふ染料工場や野菜罐詰工場等で、齒齦紫色に變じ、神経痛を起すのを見てゐるが其中毒量は尙不明である。

2. 銅の生理的作用 食品 1 kg 中には 0~30mg の銅を含有し、人體にも約 40 mg の銅を含み、吾人日常の 1 日食物中 10 mg を食してゐる。人 1 日の必要量として 2 mg と稱してゐる。本所に於ける幼若なる白鼠に銅の微量を與へ其發育状態及び血球數を見たのに、體重 1 kg に對し一日 20 mg 内外の攝取では、發育も血球數も共に約 15% 増加し、30 mg 以上になると發育を阻害するのを見た。之れを直ちに人に應用することは出来まいが、假りに 20 mg を人に計算すると約 1000 mg となる。

鉛は發育を促進することではなく常に發育を不良ならしめるが、體重 1 kg に對し 13 mg 以下までは影響少かつたが、尙貧血の時に見る多染性赤血球が屢々見られた。(A 圖)

近年貧血の治療薬として用ふる量は 1 日 4 mg である。今水道水中の最大限度を 1 單位とし 2 l 飲んだとすれば、其内の銅量は 2 mg であり、0.2 ppm ならば 0.4 mg となる。之れを人 1 日の銅攝取總量に比較すれば 4% である。之れ位の量は人體生理學的常識、毒物學的見地から見て支障なきものと見得る所以である。

只淡水魚類に對しては毒性強く、鮭は 0.1 單位、鱒は 0.2 單位で斃死する。

3. 水質と銅の溶解性 銅の溶出量に對し最も主因を成すものは遊離炭酸であつて、第 B 圖に示すように、遊離炭酸量 5 單位以上になると、俄然と銅の溶出量の増加するのを見る。他の鹽類中で Cu Mg なども影響するけれども、其影響は遙かに少ないこと曲線に見る通りである。各都市に出張試験した成績を見ても、常に遊離炭酸量多い場合には銅が多く溶出してゐるのを見る。

4. 銅溶出量と新設及湛水の關係 銅管を新たに布設した場合には、最初の半ケ年は銅溶出量が多く、例へば最初 2 單位であつたものも半年後は 0.5 單位以下に減少するといふ風である。これは給水管の内面に被膜が出来るからである。

湛水時間は 12 時間乃至 24 時間が最も多く銅が出て、それより長く 4 日以後は却つて減少する。湛水後は最初の水に最も多くの銅が溶けてゐて 10 l 流出後の水には最初の 3 分の 1 以下に減少する。流水とは 10 l 流出後のものを意味する。

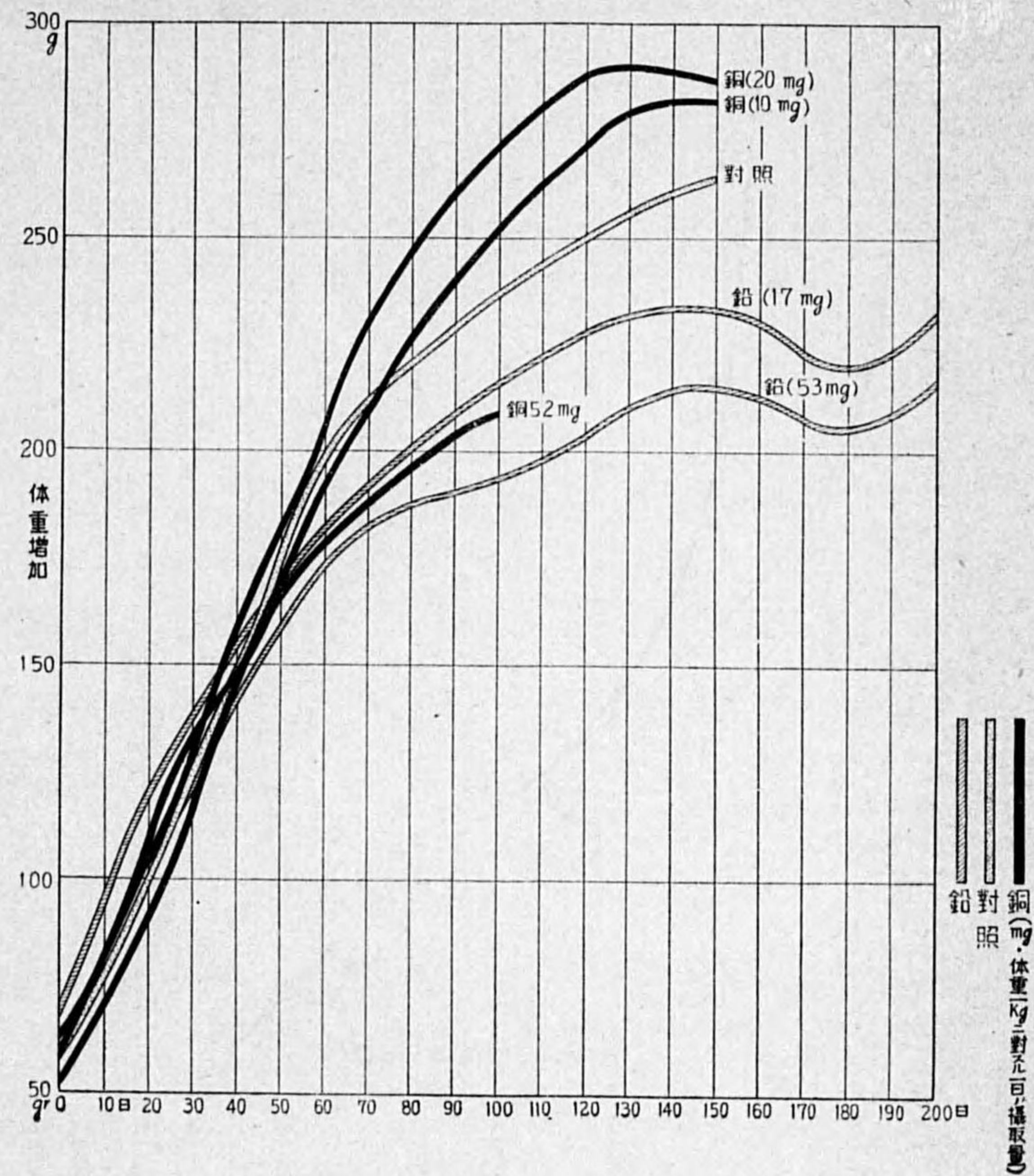
以上の銅の關係を總括すると

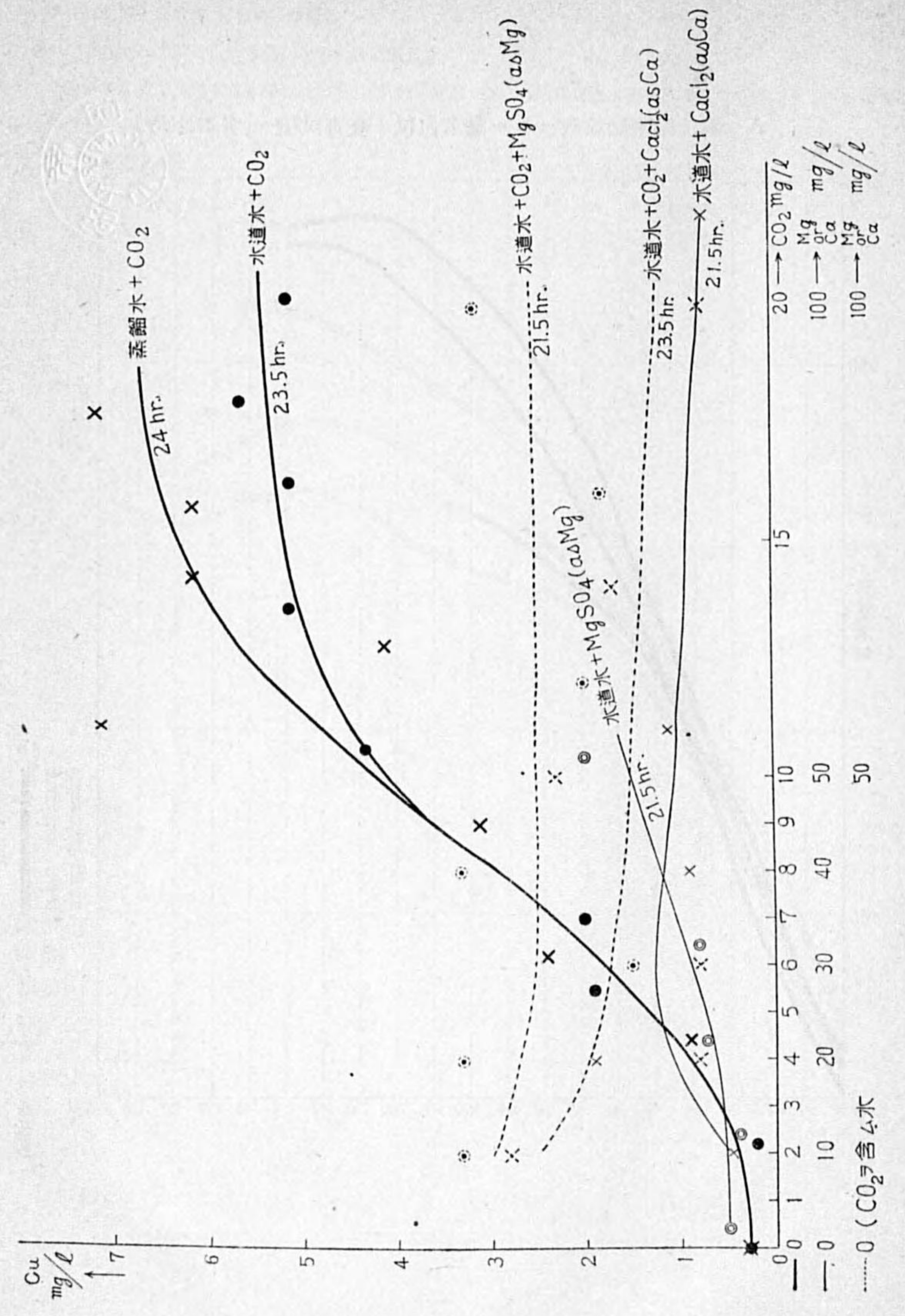
動物に支障なき量は體重 1 kg に對し 1 日量 20 mg である
これを人の體重 50 kg に換算すると 1000 mg となる
吾人日常の 1 日の食物中に含まる銅量は 10 mg

近時貧血治療薬として鐵剤と共に用ゆる銅量は 4 mg
 人は新陳代謝としての 1 日の必要量は 2 mg である
 流水 0.2 ppm の水 2 l 飲用したとすれば其銅量は 0.4 mg である
 それを吾人日常の攝取する銅量に比較すれば 4% となつて、人體生理的及毒物的見地から見てもこれ位の量は
 支障なしと論じ得る。

但し淡水魚類は 0.2 ppm で難死す
 煮沸して混濁を現はすのは 1.0 " であり
 味覺に感づるのは 2.0 " である

A 銅及鉛鹽類給與ニヨル幼若白鼠ノ發育試驗 (各群平均)





146
88

14. 6/1-88



1200501224659

終