

水中溶解酸素分析計

The Analyzer of Dissolved Oxygen in Water

岩 淵 芳 雄*

Yoshio Iwabuchi

内 容 梗 概

最近火力発電所におけるボイラは急速に高温、高圧化され、それに伴ってこれに使用する水はきわめて純度の高いものが要求されるようになった。そのため給水中の溶解酸素濃度の連続測定を行い、機器の運転管理を十分に行うことが必要になってきた。この水中溶解酸素分析計はこのような目的に使用するために試作したもので、その原理は次のごとくである。まず、被検水を一定流量、一定温度として水電解槽より水素が供給されているガス抽出器へ送り、ガス抽出器内で水素と被検水とをよくかき混ぜて被検水中に溶解している酸素を水素気中に放出させ、水中溶解酸素濃度に比例して酸素分圧の異なる水素—酸素混合ガスを作る。次に熱線式熱伝導形検出器の比較室に純粋の水素を、また、測定室にガス抽出器内の水素—酸素混合ガスを導き、両者の熱伝導率の比較から水中溶解酸素濃度を測定する。

今回試作した分析計は検出部、電源部、および受信部より構成されており、測定範囲 0~0.2 p. p. m. 被検水流量 300 cc/min, 被検水温度 40°C で、下記のような特長をもっている。

- (1) 特殊の熱線素子を使用してあるので出力が大きく、寿命が長い。
- (2) 比較室と測定室とのガスの湿度は自動的に一致するようになっているから、湿度の影響がない。
- (3) 測定中は水電解槽の電解電流が自動的に一定値に保持される。
- (4) 測定室内のガスは強制的にガス抽出器とのあいだを循環するようになっているから、応答が比較的速い。

1. 緒 言

ボイラ給水中の溶解ガス、たとえば酸素、炭酸ガス、アンモニアなどが火力機器の腐蝕の原因になることはよく知られている。したがってボイラ給水中の酸素を主体とするこれらの有害溶解ガスは脱気器によってあらかじめ除去されるのが普通である。しかして最近では火力発電所におけるボイラは急速に高温、高圧化され、それに伴ってこれに使用する水はきわめて純度の高いものが要求されるようになってきた。そのため脱気器の性能の向上を図るとともに、常に給水中の溶解酸素濃度を測定し、機器の運転管理を十分に行うことが必要になってきた。

溶解酸素の化学的定量法については古くから研究され、一般にウインクラ法を改良したシュワルツァーネ法 (Schwartz Gurney Method) が実用されている。しかしこの方法は操作が繁雑であり、また、分析に長時間を必要とするため、前述の目的には不適當である。

しかるにこの目的のために開発された連続測定用の水中溶解酸素分析計は国内はもちろん、外国においても比較的少なく、実用的なものとしては米国 Cambridge 社の Dissolved Oxygen Analyzer があるにすぎない。しかし、最近大容量の火力プラント増設に伴い、ますますその需要が増加する傾向にあり、わが国においても水中溶解酸素分析計開発の必要性が強調されるようになってきた。そこで純粋の水素と、水素と被検水とをかきまぜてえられた水中溶解酸素濃度に応じて酸素分圧の異なる

水素—酸素混合ガスとの熱伝導率を熱線式熱伝導形検出器で比較測定するようにした水中溶解酸素分析計の試作研究を行い、測定範囲 0~0.2 p. p. m. の分析計を完成し、さらに測定範囲 0~0.1 p. p. m. の分析計も十分製作しうる見通しをえたので、その原理、構造および性能について述べる次第である。

2. 原 理

現在までに製作を試みられた水中溶解酸素分析計を原理的に大別すると下記のごとくである。

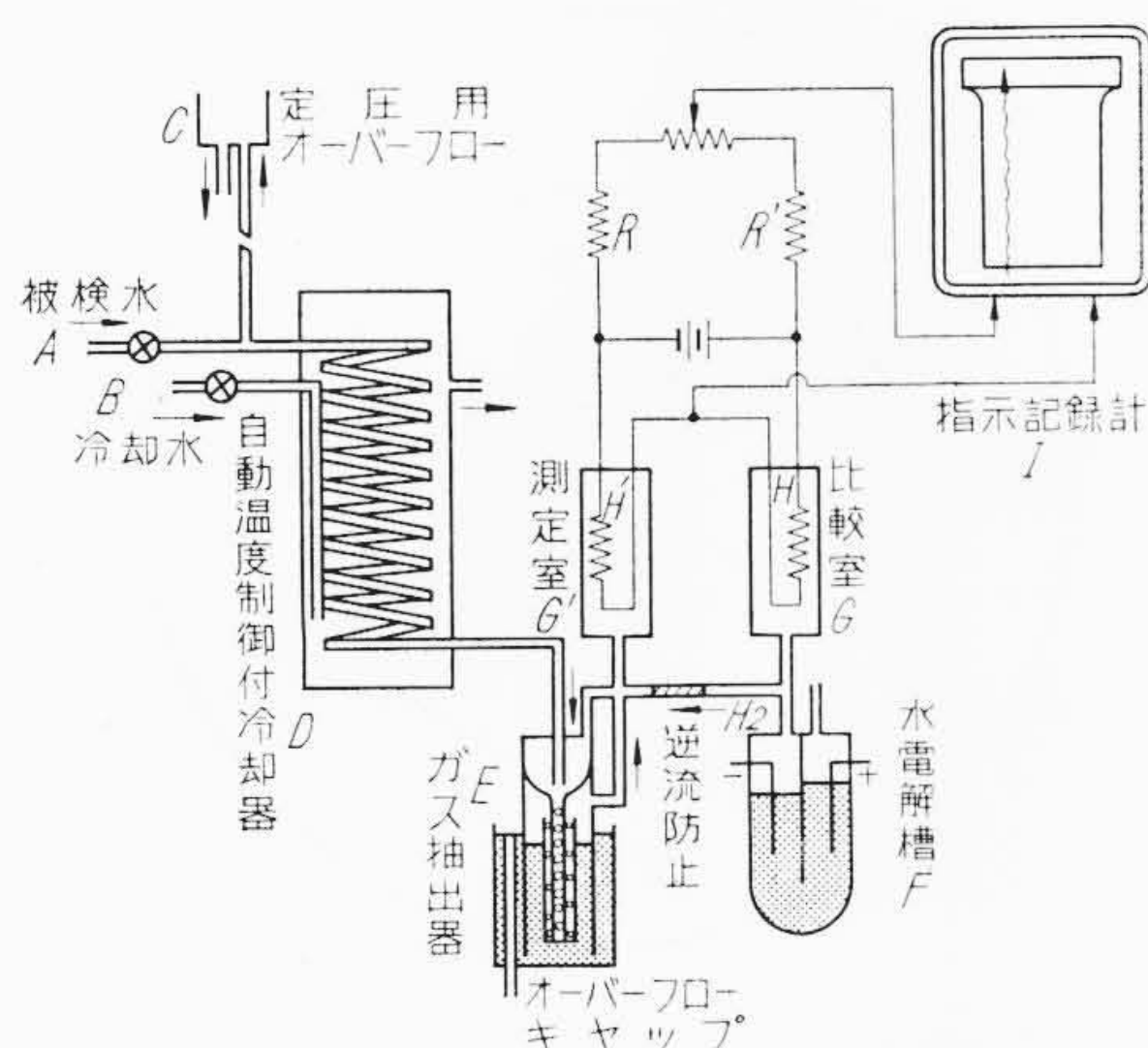
(1) 水中溶解酸素濃度と一定圧力、一定容積のガス中の酸素分圧との間に Henry's Law に従う溶解平衡が成立するまで酸素の放出、または、溶解が行われることを利用する。

(2) ウインクラ法による化学的定量分析を自動的に行わせる。

(1) の原理によるものとしては H. S. Levine 氏⁽¹⁾ が提案した包囲ガスとして窒素を用いたもの、および A. G. Danson 氏⁽²⁾ が考察した包囲ガスとして水素、アルゴン、または窒素を用い、包囲ガス中に放出された酸素により検流電池に発生した電流を測定して分析するようにしたもの、また、Cambridge 社⁽³⁾ のごとく包囲ガスとして水素を使用し、水素中に放出された酸素を熱線式熱伝導形検出器で測定する方式にしたものなどがある。

今回筆者が試作した水中溶解酸素分析計は原理的には (1) に属するものである。その原理図を第 1 図に示す。被検水は A より供給され、定圧用オーバーフロー C の作

* 日立製作所日立研究所



第1図 水中溶解酸素分析計の原理図

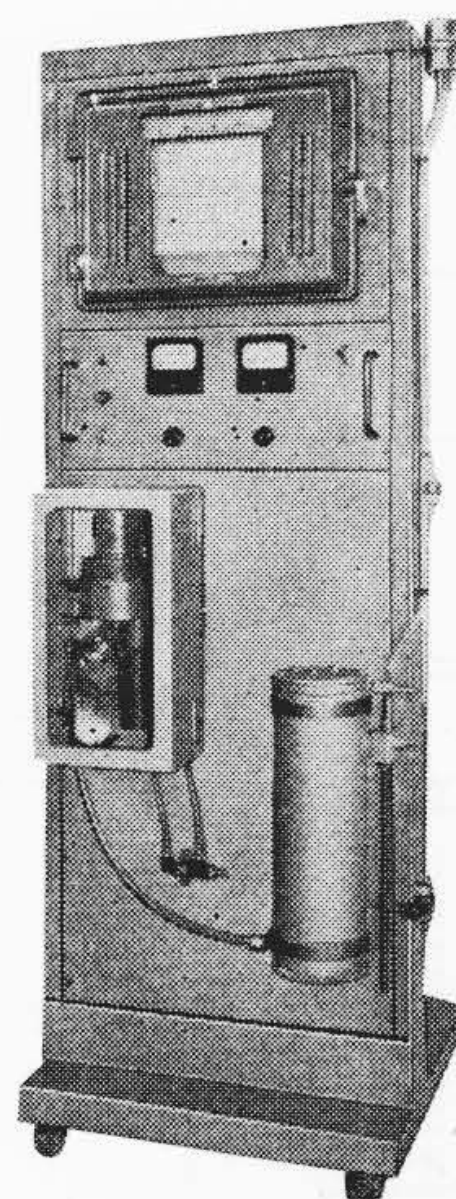
用により一定水頭に保たれ、さらに自動温度制御付冷却器Dで一定温度に冷却されてガス抽出器Eに送られる。ここにはまた水電解槽Fより比較室Gを経て水素が供給されている。ここで被検水はたえず水素とかき混ぜられて、水素中の酸素分圧と被検水中の溶解酸素濃度とのあいだに Henry's Law に従う溶解平衡が成立するまで被検水中の溶解酸素が水素気中に放出する。そしてガス抽出器内に水中溶解酸素濃度に比例して酸素分圧の異なる水素-酸素混合ガスがえられる。この混合ガスを測定室G'に導く。検出器の比較室と測定室とは同一の熱線H, H'が挿入されていて、これらとほかの二つの固定抵抗R, R'とでブリッジを構成している。しかもブリッジには一定の電流を流して、各熱線を高温に加熱してある。しかして比較室の熱線は高純度の水素中に、測定室の熱線は水素よりも熱伝導率の小さい水素-酸素混合ガス中にさらされるから、測定室の熱線は比較室の熱線より高温になり、その電気抵抗が大きくなるためブリッジの平衡が破れる。よってその量を指示計、または記録計で測定し、水中溶解酸素を分析する。

ところで酸素は空気として水中に溶解しているから、ガス抽出器において溶解酸素のほかに窒素も水素気中に放出される。しかして放出が常に Henry's Law に従う溶解平衡に達するまで行われると仮定すると、この状態における水素気中の酸素および窒素分圧 P_{O_2} , P_{N_2} はそれぞれ次式で表わされる。

$$P_{O_2} = \frac{C_{O_2}}{\frac{V}{W} + \alpha_{O_2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$P_{N_2} = \frac{C_{N_2}}{\frac{V}{W} + \alpha_{N_2}} \dots\dots\dots (2)$$

ここに C_{O_2} , C_{N_2} : 被検水中の溶解酸素、および窒素



第2図 水中溶解酸素分析計の外観図

濃度 (cc/l)

V : 水素の流量 (cc/min)

W : 被検水の流量 (l/min)

α_{O_2} , α_{N_2} : 酸素、窒素の溶解度 (cc/l)

そして水素中に放出された窒素は酸素と同じ作用をするから、それを考慮する必要がある。なお、前式より明らかのように P が C に比例するためには V , W , および α が一定であることが必要である。ところで α は温度によって変化するから α を一定に保つためには水温を一定にする。また、 C が一定の場合は V/W が大きいほど P が大きくなるから、 V は小さい方がよい。したがってガス抽出器の設計、製作にあたって、小さい気泡となって水中に混合して排出されるガス量が極力少なくなるように十分注意することが必要である。

3. 構造

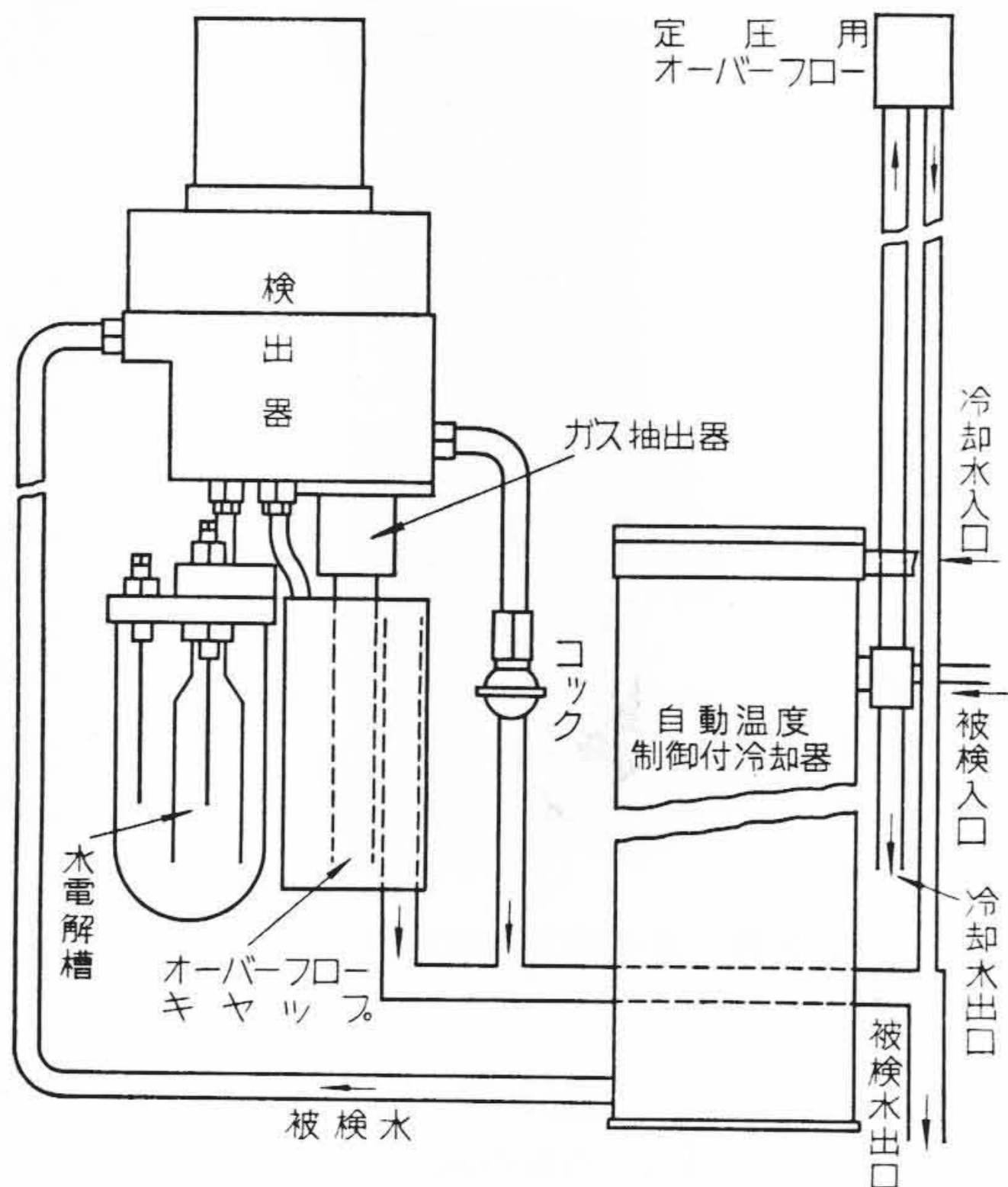
第2図は試作水中溶解酸素分析計の外観図で、全装置は検出部、電源部、および指示部より構成されている。この分析計は測定範囲 0~0.2 p. p. m., ブリッジ電流 320 mA, 被検水流量 300 cc/min, 被検水温度 40°C, 測定中の水電解槽の電解電流 260 mA である。

3.1 検出部

検出部は第3図に示すように検出器、水電解槽、ガス抽出器、定圧用オーバーフロー、自動温度制御付冷却器、およびこれらを連結する配管系よりなっている。

3.1.1 検出器

検出器は水電解槽より発生した水素とガス抽出器でえられる被検水中の溶解酸素濃度に比例して酸素分圧の異なる水素-酸素混合ガスとの熱伝導率を比較して、その差に応じた出力をとりだすためのもので、その構造説明図を第4図に示す。

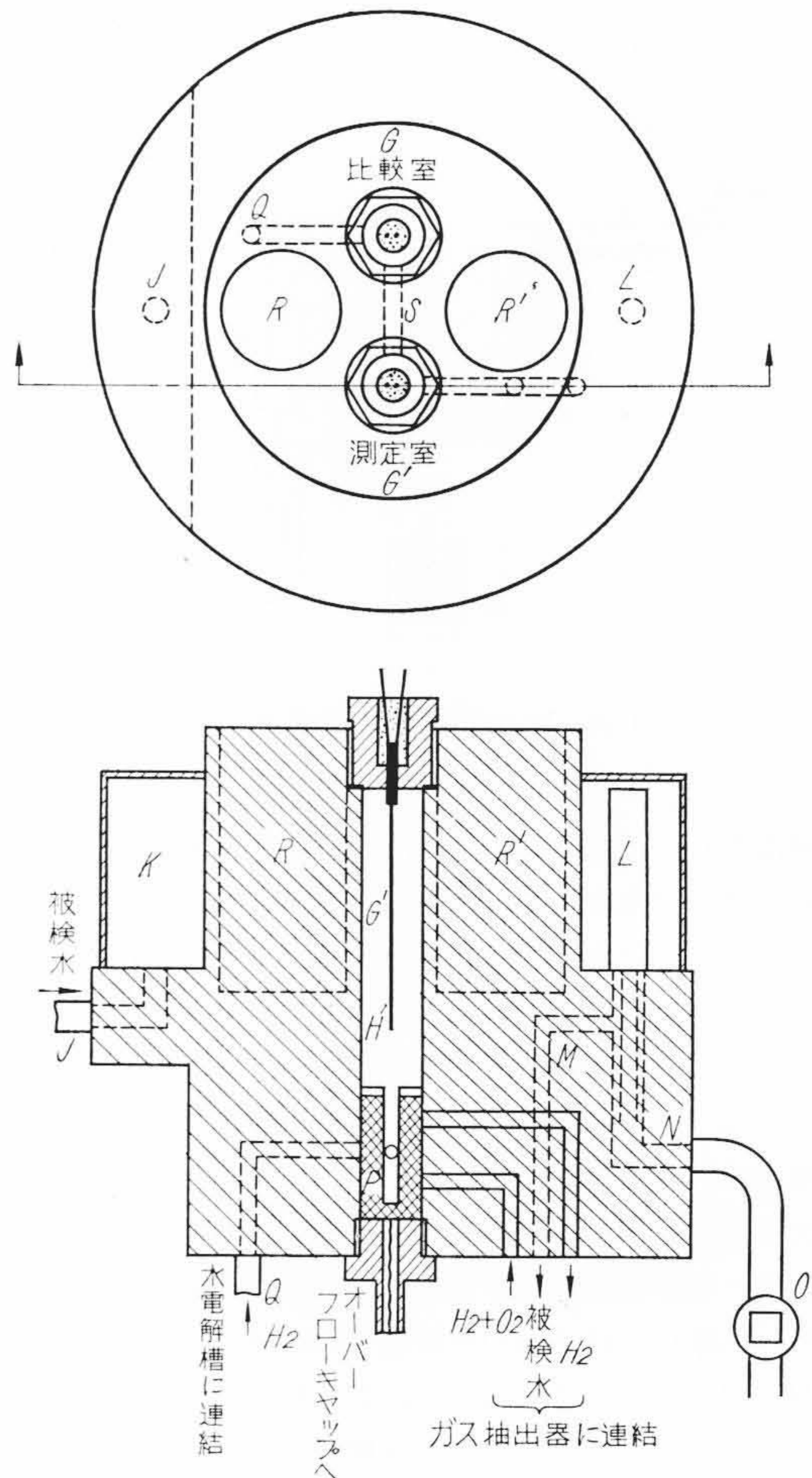


第3図 検出部系統説明図

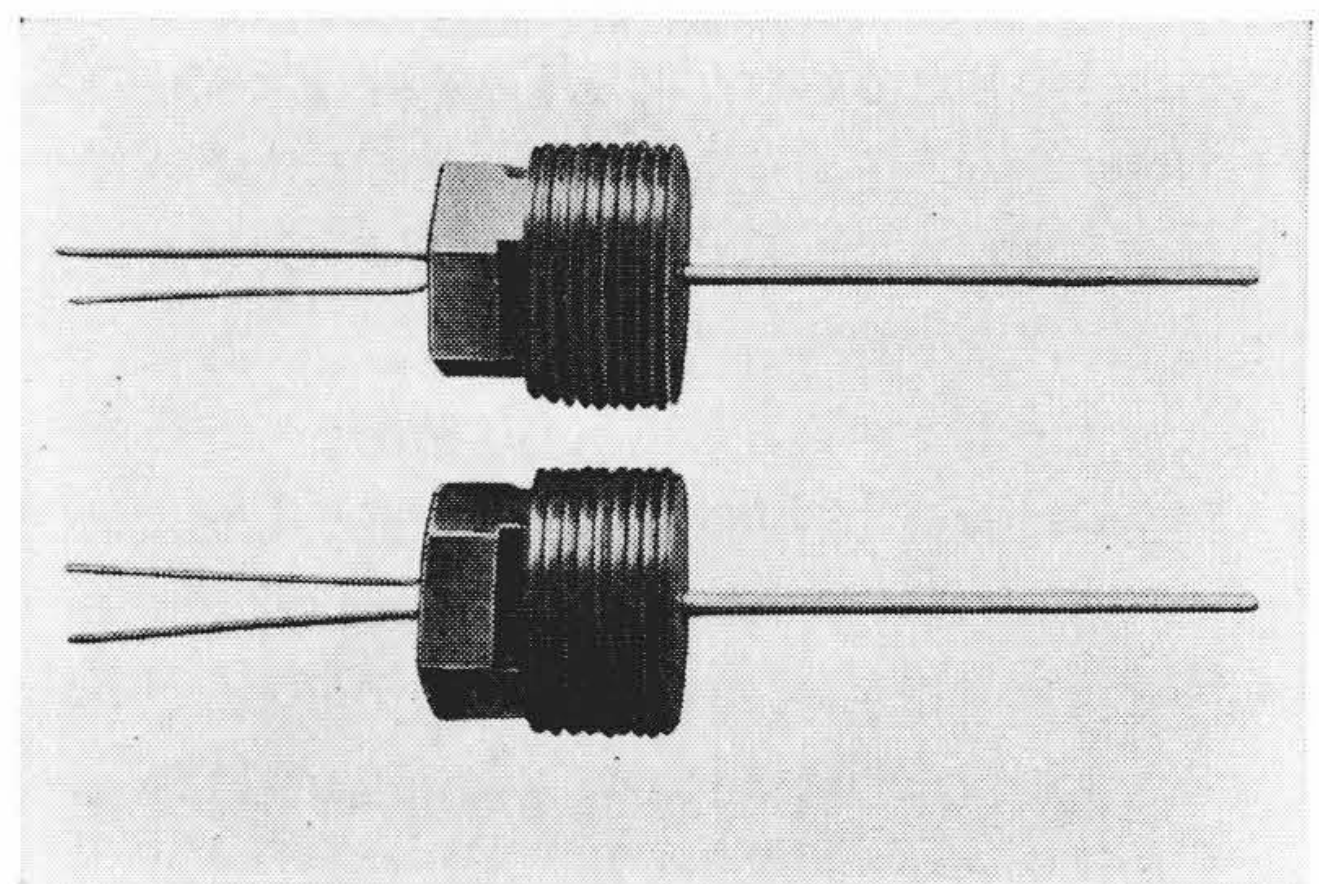
検出器は一つの銅ブロックよりなり、その対称の位置に上部より熱線素子 H , H' が挿入してある内径 8ϕ , 長さ 50 mm の比較室 G と測定室 G' とが設けてある。また、内径 20ϕ , 深さ 45 mm の孔が二つあり、ここにそれぞれ抵抗値 $150\ \Omega$ のマンガン線の固定抵抗 R , R' を入れ、熱線素子 H , H' と固定抵抗 R , R' とでブリッジを構成させてある。熱線素子は水素中の微量酸素分析計⁽⁴⁾に使用してあるものと同一で、第5図に示すとおりガラス膜で絶縁した白金管に $25\ \mu$ の白金熱線をコイル状に巻き、さらにその上をガラス膜で被覆したものである。熱線の抵抗値は 20°C で $45\ \Omega$ とし、かつ、各熱線素子の電気的、熱的特性はよく一致させてある。

検出器ブロックの外周の一部には第4図に示すごとく水槽 K を設け、 40°C の被検水により検出器の温度を一定に保つようにした。被検水は J より流入し、水槽 K に入り、測定の状態においては L , M を経てガス抽出器に流出する。コック O を開いた場合は被検水は L , N , O を経て外部へ排出され、分析計の零点を簡単に調べるようにした。この場合はガス抽出器内のガスが少しずつ M より吸引され、被検水と一緒に外部へ排出されるように工夫してある。

なお、本検出器は熱伝導形であるから比較室と測定室とのガスの湿度は正確に一致していることが必要である。そのため比較室と測定室の下にそれぞれ湿潤した繊維層 P , P' をおき、この部分をガスが通るときにその部分の温度で湿度 100% のガスになるようにし



第4図 検出器の内部構造説明図



第5図 熱線素子の外観図

た。しかして水電解槽で発生した水素は Q より比較室の下繊維層 P を経て比較室 G の下部に流入し、拡散によって G 内のガスを置換し、次にその水素は繊維層 P , 孔 S , および測定室の下繊維層 P' を経て測定室 G' の下部に流入する。この水素はガス抽出器の吸

引作用によってただちにガス抽出器でえられる水素—酸素混合ガスで置換される。したがって、応答は早く、また、湿潤した繊維層 P、P' の流体抵抗のため測定室内のガスが拡散によって比較室内に流入するのを防止され、正確に測定ができるようになっている。

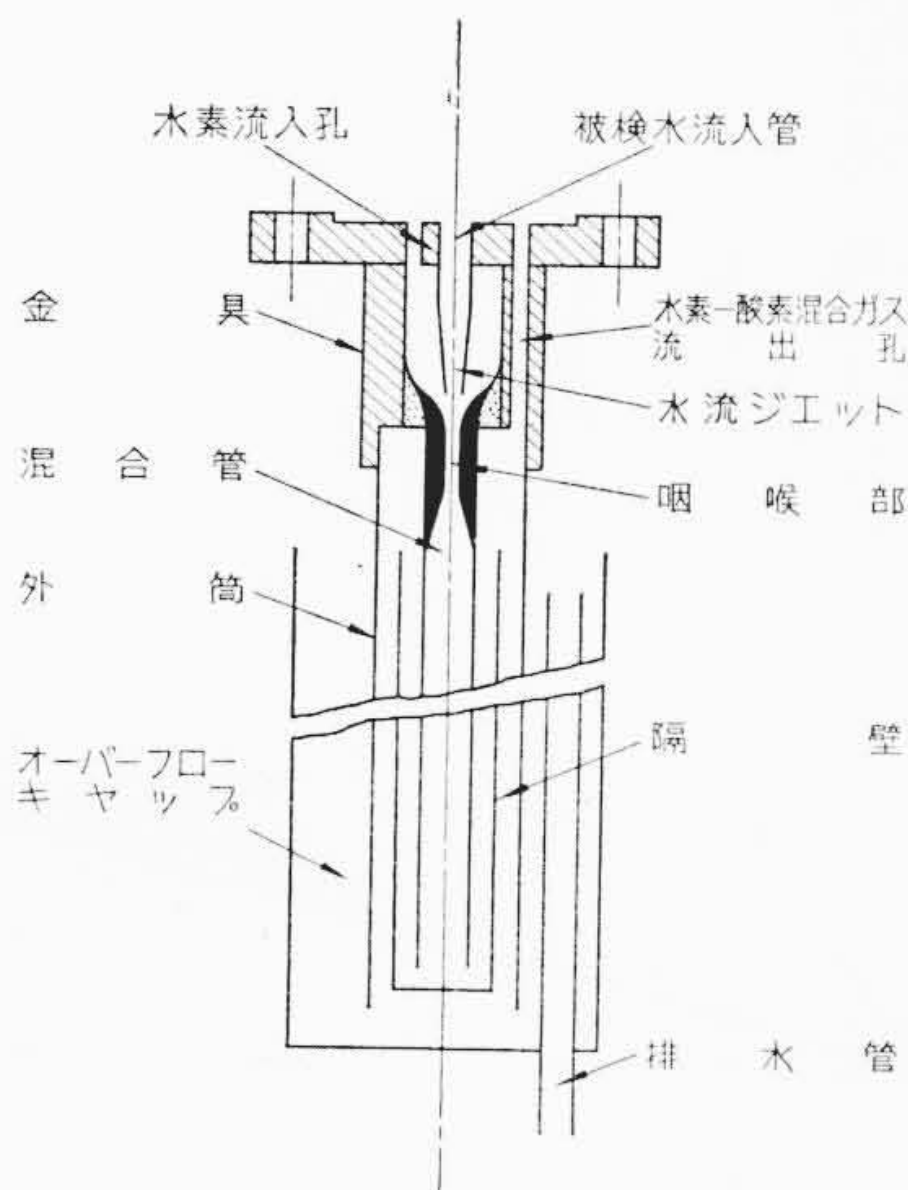
3.1.2 水電解槽

本分析計は水素がガス抽出器において被検水に溶解して被検水とともに排出されるため、たえず水素を補給する必要がある。この水素は水電解槽より供給される。水電解槽はガラス容器からなり、電極材料は白金で、電解液は 10% の NaOH の水溶液である。なお測定の状態における水素の必要量は電解電流 260 mA のときの水素発生量に相当する。電源電圧およびその他の条件変化により電解電流がこの値より増減した場合は内部圧力の増減に伴う水電解槽内の水素室の液面変化により自動的に電解電流が 260 mA になるようにしてある。したがって水電解槽の電源としては一般の交流を整流するだけでよく、特別に電源安定装置をつける必要はない。

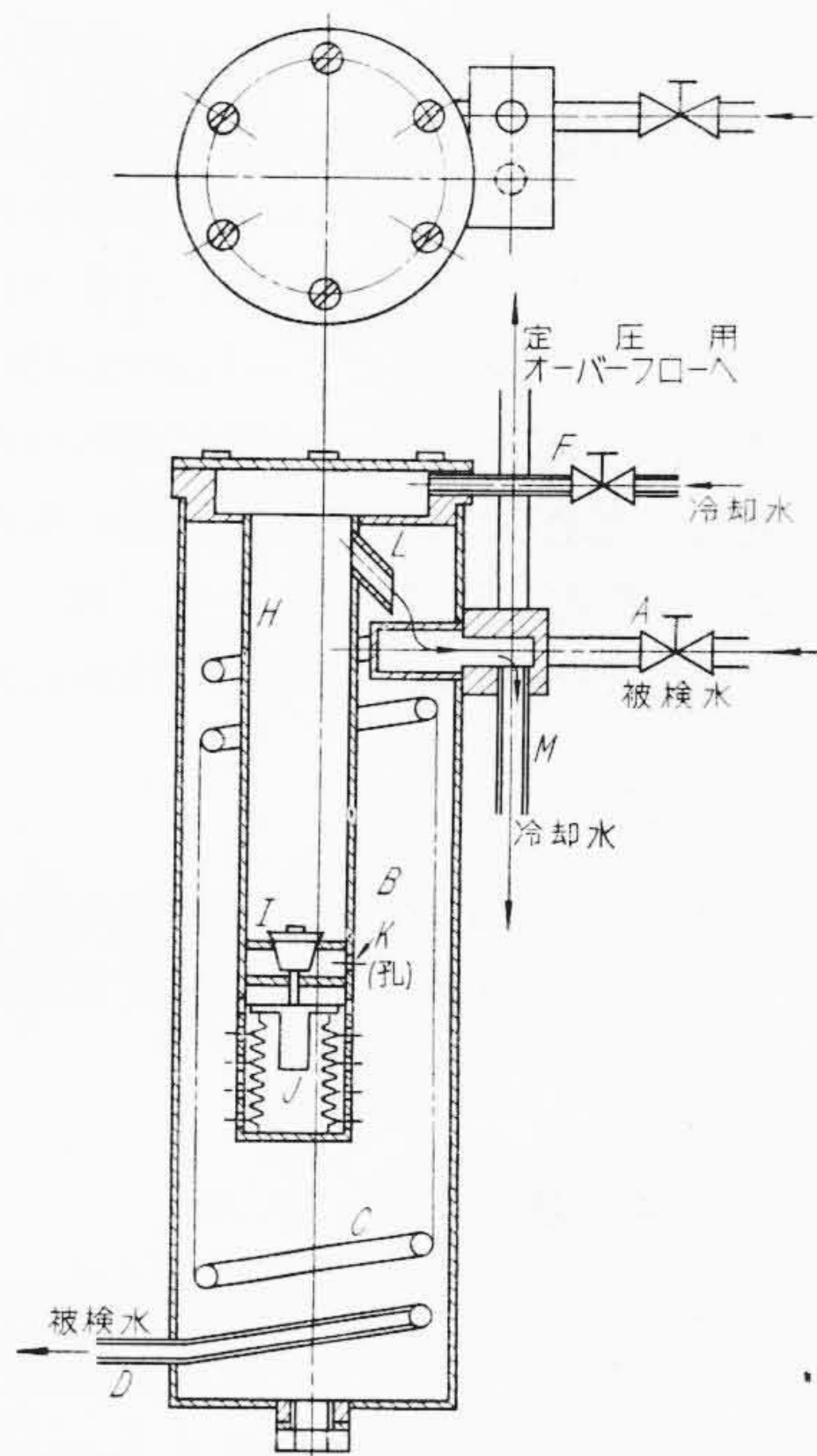
3.1.3 ガス抽出器

ガス抽出器は被検水と水素とをかき混ぜて、被検水中の溶解ガスを水素気中に放出させるためのもので、その性能は直接感度および応答に関係する。したがってガス抽出器はガスの放出、溶解が能率よく行われ、かつ、ガス抽出器内の水素—酸素混合ガスが小さい気泡となって被検水とともに外部へ排出されることがないような構造とする必要がある。そこで各種のガス抽出器を試作し、それぞれの性能比較試験を行い、その結果から最終的な構造を決めた。第6図はガス抽出器の構造説明図で、全体がガラス製で、これを検出器に取り付けるための金具に固着してある。

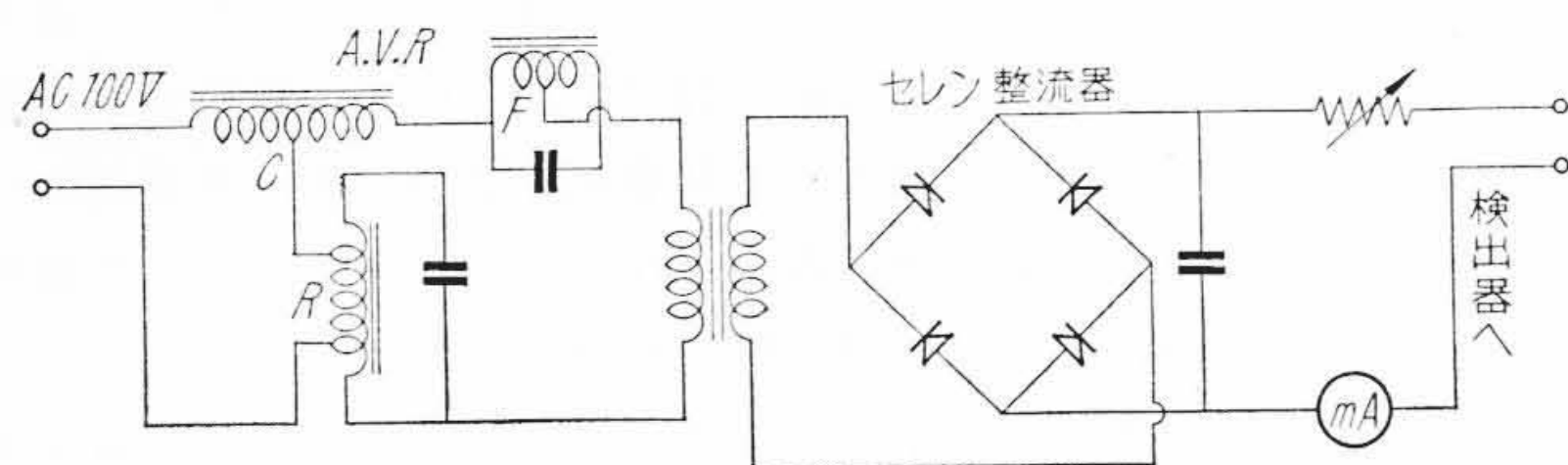
被検水流入管の先端には水流ジェットがあり、混合管の上部には咽喉部が設けられていて、被検水が水流ジェットより噴出して咽喉部を通るときに水素流入孔よりの水素を吸込み、それが小さい気泡となって被検水中に混合して混合管内を降下するようになっている。この場合気泡が小さく、かつ、水素の吸入量が多いことが望ましい。そのため水流ジェットと咽喉部の寸法および両者の関係位置は最良の状態に調整してある。水素と被検水との混合体が混合管を降下するあいだにガスの放出、溶解が行われるが、その能率をさらによくするためには水素と被検水との接触時間を長くした方がよい。そこでこのガス抽出器では外筒と混合管とのあいだに隔壁を設けてあり、混合管を降下した混合体はさらに混合管と隔壁のあいだを上昇し、混合体が隔壁の上端より溢出するときにガスと水とに分離し、分離した水素—酸素混合ガスは水素—酸素混合ガス流出孔を通して測定室に送られるようにした。また、混合管を設けることによって被検水中に混合して外部へ排出されるガス量はきわめて微小となる。したがって前述の(1)式より明らかなごとく、それだけVが小さくなって、Pが大きくなり、出力が増大される。なお、図に示すごとく、ガス抽出器の下にはオーバーフロー・キャップが設けられていて、不用になった被検水は排水管より外部へ排出される。



第6図 ガス抽出器の内部構造説明図



第7図 冷却器の内部構造説明図



第8図 ブリッジ電源装置の回路図

3.1.4 自動温度制御付冷却器

ガスの溶解度は温度によって異なるので、被検水の温度は常に一定に保つ必要がある。自動温度制御付冷却器は高温の被検水を冷却してその温度を常に 40°C に保つためのもので、第7図はその構造説明図である。高温の被検水はバルブAを経て流入し、冷却水タンクBの中に浸っている銅管のコイルCの中を通過して、流出口Dより検出器へ送られる。一方冷却水はバルブFを経て冷却器のタンク中央部の内筒Hに流入する。内筒の底部にはベローズJとこれの伸縮によって開閉する制御弁Iが取り付けられており、もしタンク内の温度が高すぎるときはベローズが伸びて弁が開き、冷却水は内筒を下りKよりタンクの底部へ流れ込んで銅管を冷却し、低すぎるときは弁が部分的に閉じて、冷却水の一部は直接オーバーフローパイプLを経てMよりすてられ、常に銅管内の被検水温度を 40°C に保つようになっている。

3.2 電源部

電源部は検出器のブリッジに一定電流を流すための直流電源装置と水電解槽用の直流電源装置とからなっている。ブリッジ電流の変化は直接指示値に影響するから安定な直流電源装置が必要であることはいうまでもない。第8図は今回用いた回路で、ごく一般的な回路であるが、実用上はこれで十分である。水電解槽用の直流電源装置は電解電流が前述したごとく水電解槽の水素室内の液面変化により自動的に制御されるから、別に定電流装置を設ける必要がないので、変圧器と整流器とからなる簡単な直流電源装置とした。

3.3 受信部

受信部は感度調整と電子管式自動平衡記録計とよりなり、記録計としては $0\sim 10\text{mV}$ の Q_6 形日立電子管式記録計を用いた。

4. 実験の方法

本水中溶解酸素分析計の性能試験は自家製の噴射式脱気器で脱気した水を用いて行った。この脱気器は運転条件を適当にすれば溶解酸素濃度 0.005 p.p.m. 程度の被検水を作りうるが、脱気器が小形であるため溶解酸素濃

度が 0.01 p.p.m. 以上になるような条件で運転した場合はその濃度を一定に保つことが困難である。そこで溶解酸素濃度を変える場合は十分に脱気された被検水を冷却器で冷却したのち2本の白金電極からなる水電解槽中を通過させ、電解電流を種々に変えて所要量の酸素を発生させ、それを混入して溶解酸素濃度を変えた。このような方法を用いるときは電解電流から酸素発生量を、また、これと被検水流量とから溶解酸素濃度を次式により計算することができる。

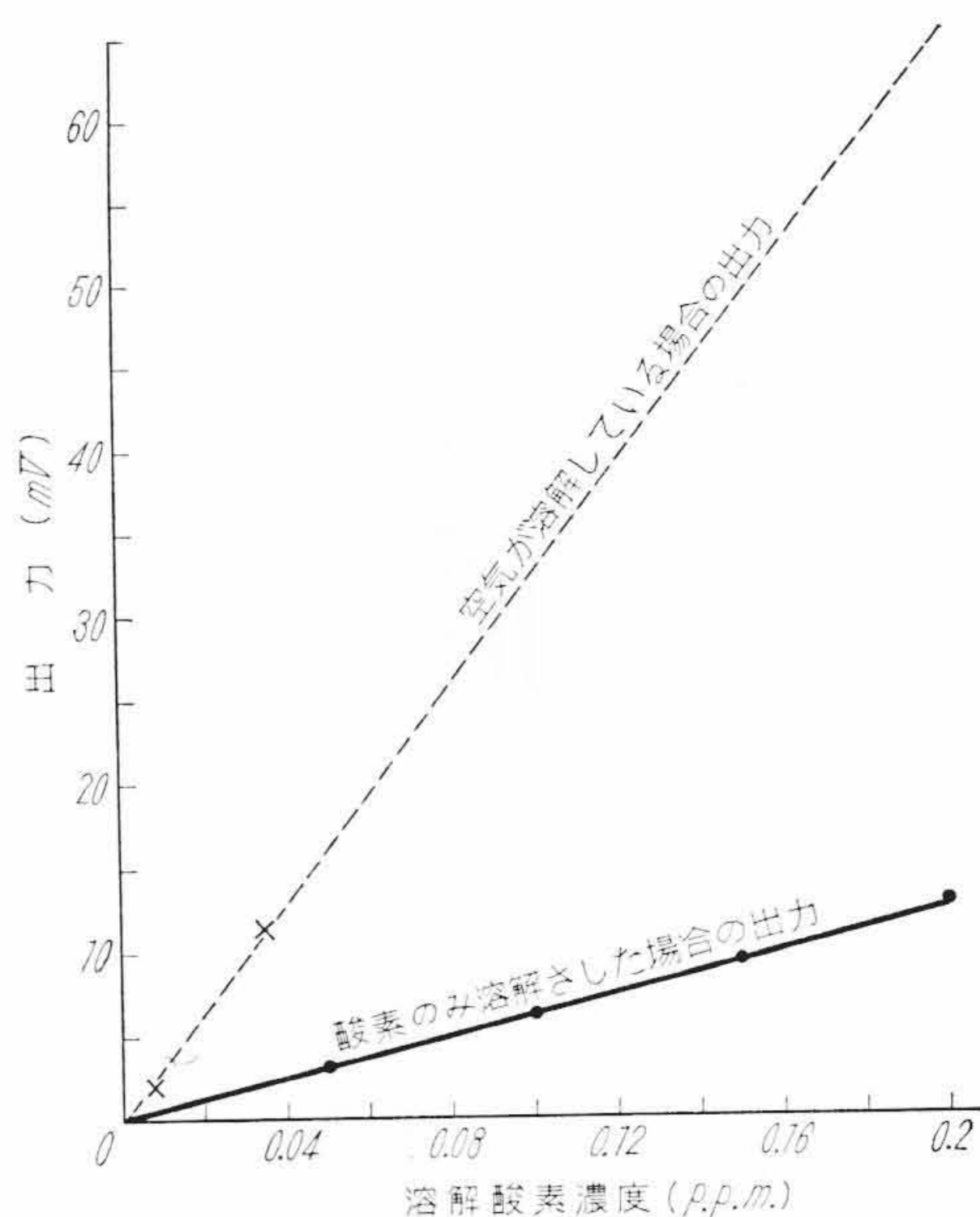
$$\frac{5 \times \text{電解電流 (mA)}}{\text{被検水流量 (cc/min)}} = \text{溶解酸素濃度 (p.p.m.)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

なお、脱気器で脱気された被検水の溶解酸素濃度の標準分析法としては日立製作所日立研究所の佐藤氏が研究したボイラ給水中の溶解酸素定量法⁽⁵⁾を採用した。

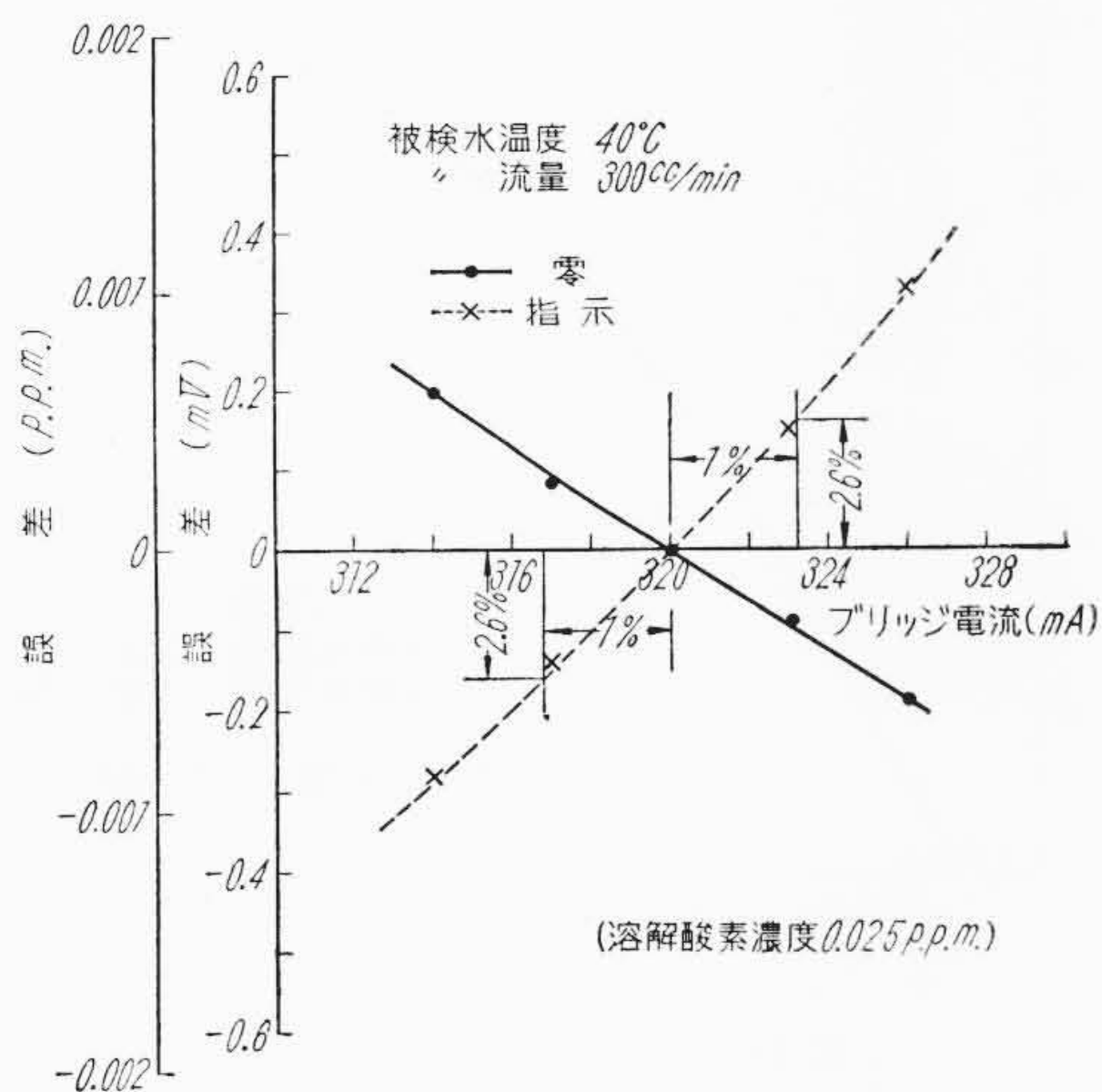
5. 特性

5.1 出力

第9図の実線は酸素発生用水電解槽を運転して被検水中の溶解酸素濃度を変化させた場合の溶解酸素濃度と出力との関係で、両者のあいだによく直線関係が成立していることがわかる。しかし前述せるとく機械的に脱気された水中には容積で酸素の2.1倍の窒素が溶解しているから、ガス抽出器で水素と被検水とをかき混ぜた場合に水素気中に放出されるガスは酸素1，窒素4.057の割合となる。しかして窒素の熱伝導率は酸素の96.7%で



第9図 溶解酸素濃度と出力との関係



第10図 ブリッジ電流の影響

あるから、熱伝導率からいえば酸素の 4.195 倍と等価の窒素が放出されることになる。したがって実際の場合のごとく被検水中に空気が溶解しているときの溶解酸素濃度と出力との関係は同図点線のようにになる。×印は被検水中の溶解酸素濃度を化学的に定量した場合の結果で、点線とよく一致していることがわかる。

5.2 ブリッジ電流の影響

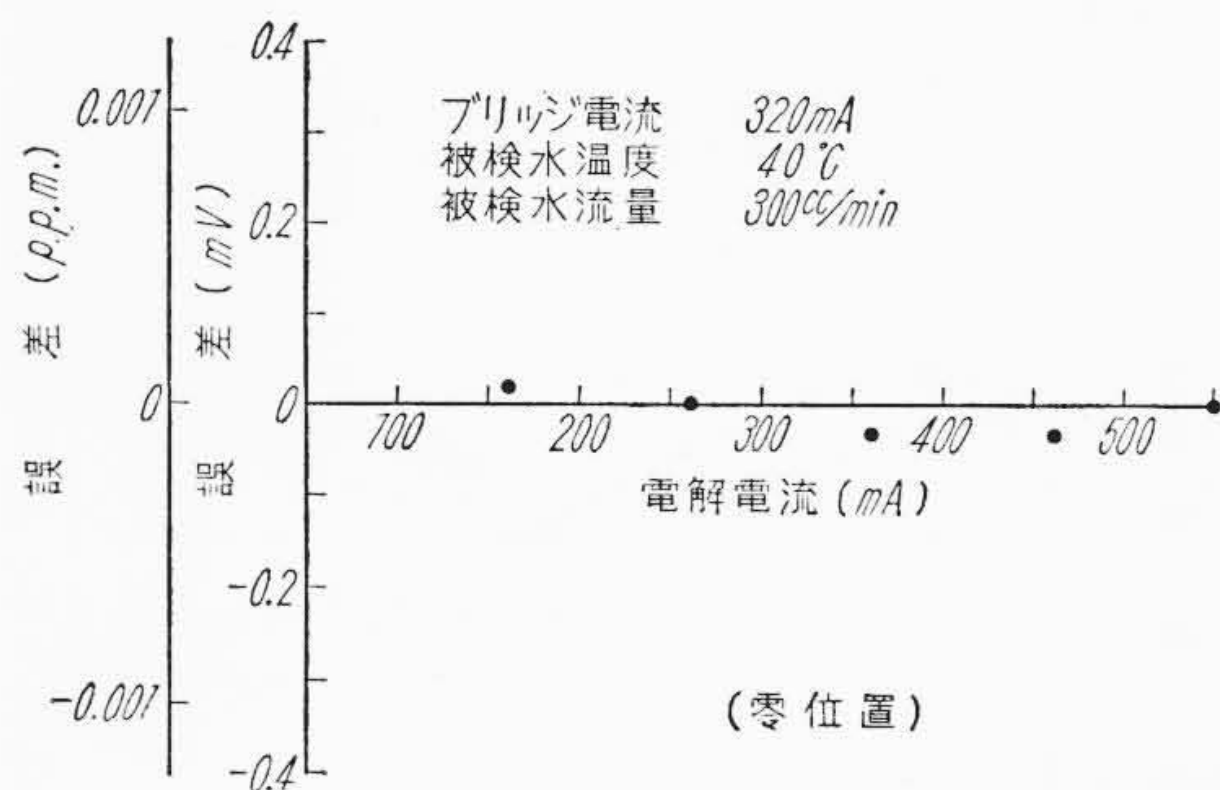
熱線式熱伝導形ガス分析計はブリッジ電流の変化によって零位置が変動しないことが大切であって、それには測定室と比較室との幾何学的構造および内部の熱線素子の電氣的、熱的特性がよく一致していることが必要である。試作にあたってこの点に十分注意したので、第10図実線のごとく良好な結果がえられた。同図点線は溶解酸素濃度 0.025 p. p. m. の場合のブリッジ電流による指示誤差で、この場合は電流 1% の変化により真実値の 2.6% の誤差を生ずる。これは原理的に当然であるからブリッジ電流は常に一定に保つことが必要である。

5.3 水素流量の影響

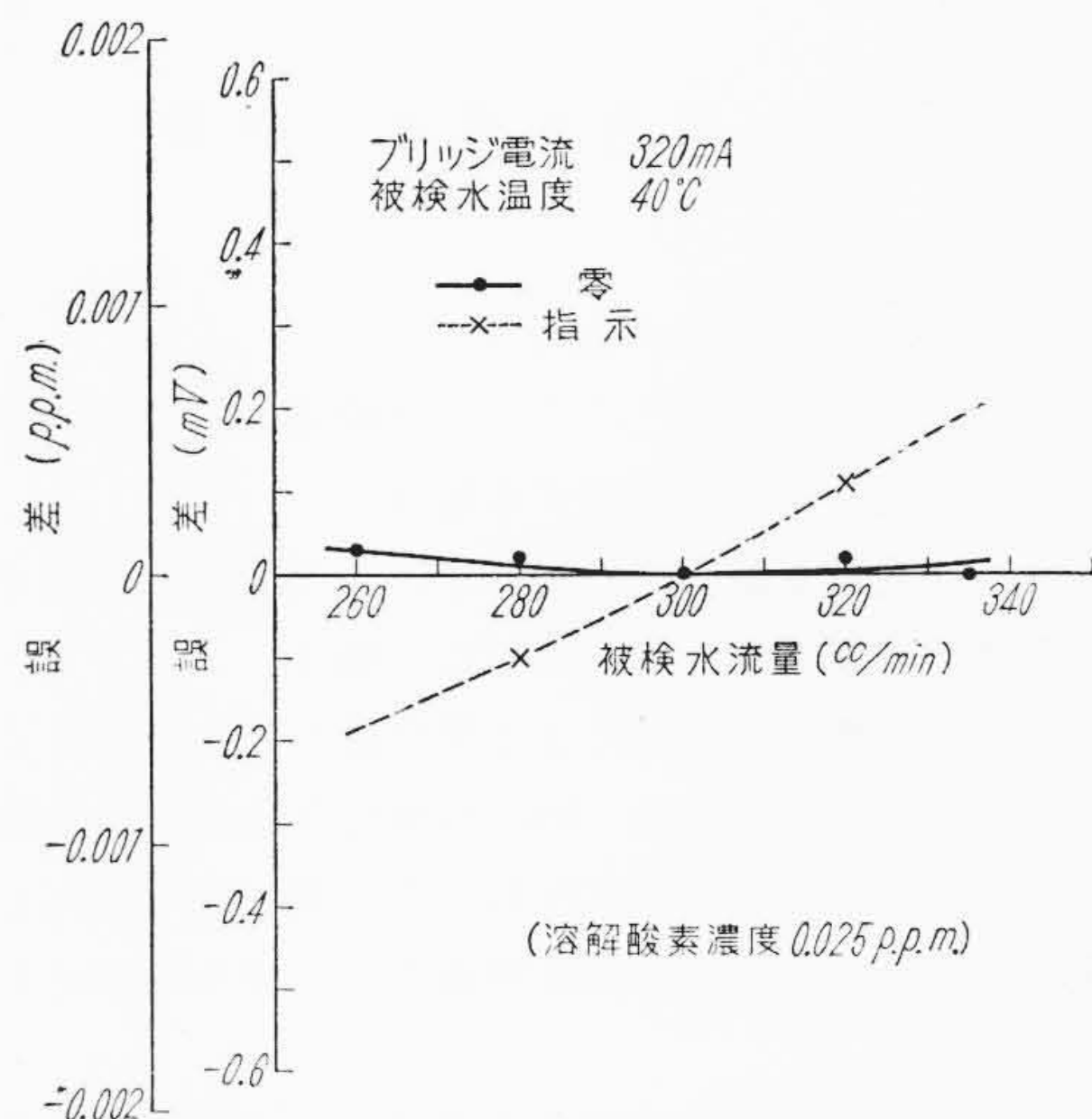
溶解酸素濃度測定中は水素流量が自動的に一定に制御されているので別に問題はないが、零検定の場合は被検水に吸引されて排出される水素量の変動することがあり、このような状態のときに湿度付与装置の構造が不完全であると、水素流量変動によって比較室と測定室とのガスの湿度に差を生じ、零が変動する。そこで検出器に水素放出口を設け、水電解槽の水素発生量を種々に変えて、そのときの零変動を調べた。その結果は第11図に示すごとく良好であり、湿度付与装置はほぼ完全なものであることがわかる。ただし、水素流量は電解電流で示してある。

5.4 被検水流量の影響

第12図は被検水流量の影響で、同図の実線は被検水



第11図 水素流量の影響



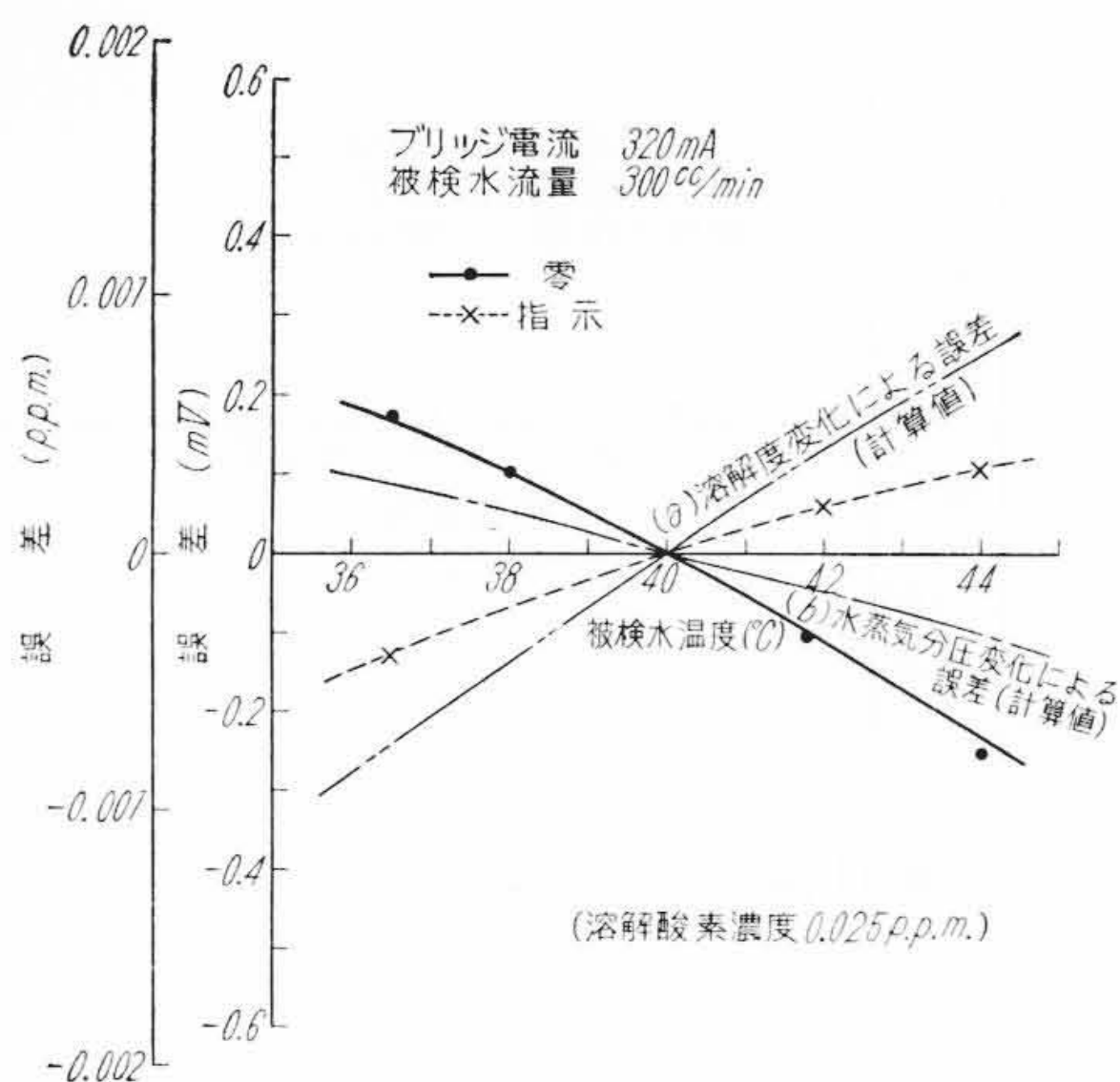
第12図 被検水流量の影響

流量による零位置変化で、点線は溶解酸素濃度 0.025 p. p. m. の場合の指示誤差である。これよりわかるごとく被検水流量の変化は直接零位置変動の原因にならないから、被検水流量による零位置変化は無視しうる程度である。また、被検水流量による指示誤差もかなり小さい。これは (1) 式の V がきわめて小さい値になるようにガス抽出器が作られているので、同式からわかるように $\frac{V}{W} \div 0$ で、 P が W にほとんど無関係となるためである。なお、水頭 100 mm の変化による被検水流量の変化は約 20 cc/min であり、正常の運転 (定圧用オーバーフローが働いている場合) での流量変化は $\pm 1\%$ 以内であるから、被検水流量による誤差はほとんど問題にならない。

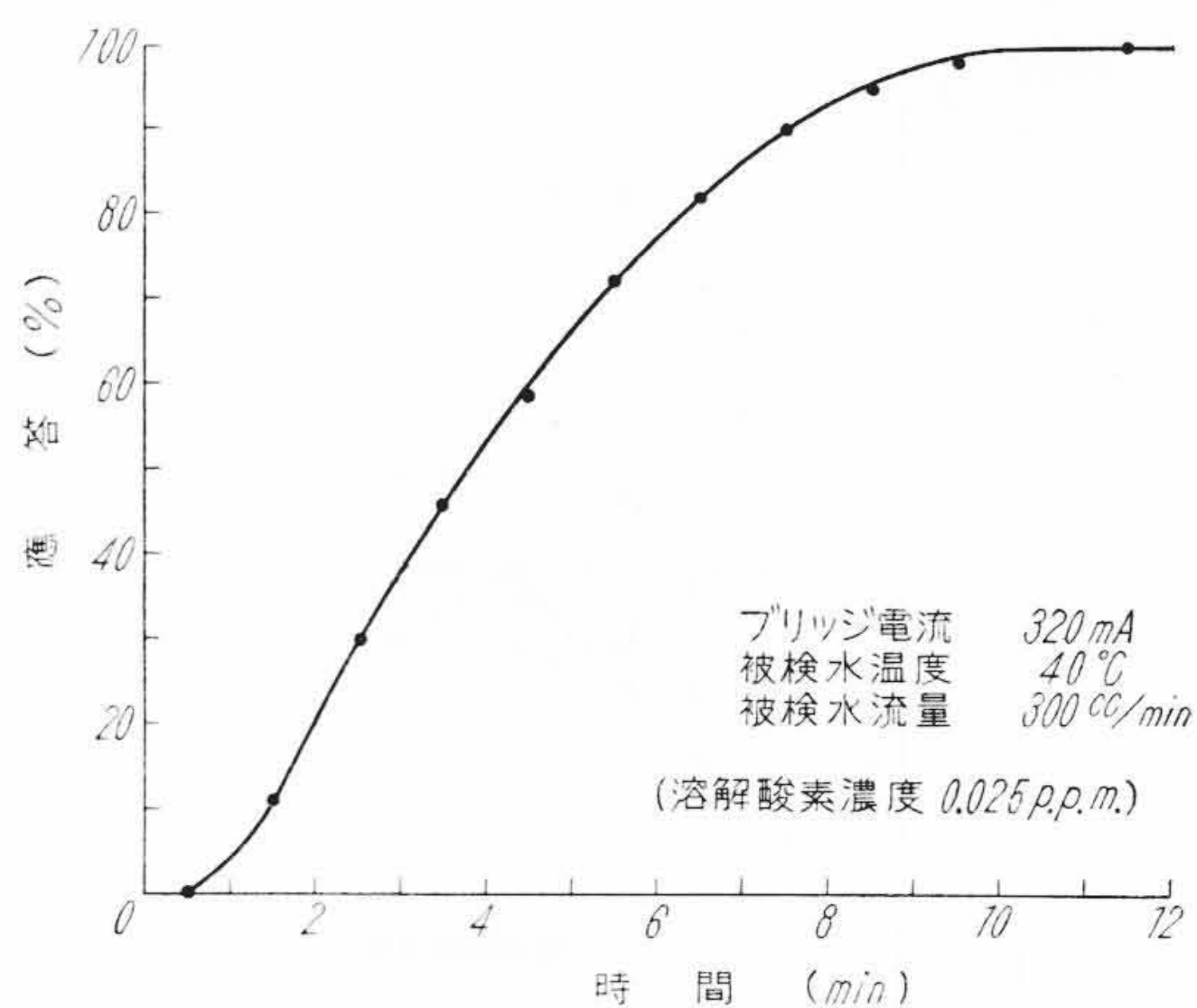
5.5 被検水温度の影響

被検水温度の変化は指示値に影響するばかりでなく、零位置にも関係する。しかして被検水温度によって零位置が変化するのは次のような場合である。

(1) 被検水温度変化によって比較室と測定室との内



第13図 被検水温度の影響



第14図 応答特性

部壁面に温度差を生ずる場合

(2) 被検水温度変化によって比較室と測定室との湿度付与装置に温度差を生ずる場合

(3) 湿度付与装置が不完全で、その部分の温度で湿度100%のガスがえられていない場合

したがって被検水温度による零位置の変化を小さくするためには検出器の構造、特に湿度付与装置に十分注意する必要がある。今回はこれらの点に関し種々検討し、逐次改良を加えて、第13図実線のごときほぼ満足する結果をえた。

被検水温度による指示誤差の原因としては被検水温度変化による溶解度の変化とガス中の水蒸気分圧変化に伴う酸素中の酸素分圧変化とがある。しかし溶解酸素濃度0.025 p.p.m.の場合を例にとって前者の原因による誤差を計算すれば第13図の(a)曲線となり、また、後者の原因による誤差を計算すれば(b)曲線となり、両者の原因による誤差はかなり相殺される。したがって見掛け上被検水温度の影響はかなり小さくなる。

実験の結果でも同図点線のごとき被検水温度による指示誤差が比較的小さくなっている。その上被検水温度は自動温度制御付冷却器によって $40 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内に制御されているから、実用上はあまり問題にならない。

5.6 応答特性

実験結果を第14図に示す。これよりわかるごとく普通の熱伝導形ガス分析計に比べて応答はかなりおそく、90%応答に7.5分かかっている。これはガス抽出器においてガスと水とのあいだに溶解平衡が成立するまでに要する時間が長いためであって、文献(1)では90%応答に9~13分かかっている。しかし応答速度をもっと早くすることは必ずしも不可能ではないので、この点については引き続き検討したいと考えている。

6. 結 言

以上今回は測定範囲0~0.2 p.p.m., 0.04 p.p.m., 以下の場合の精度 ± 0.002 p.p.m.の水中溶解酸素分析計を製作しうるようになったので、その原理、構造、および諸特性について述べた。ここに本分析計の特長を要約すると次のごとくである。

- (1) 検出器の熱線素子として特殊の熱線素子を使用しているため出力が大きく、かつ、寿命が非常に長い。
- (2) 簡単に零位置の狂いを調べることができる。
- (3) 比較室と測定室とのガスの湿度は自動的に一致するようになっているから、両室のガスの湿度差による指示の変動はほとんどない。
- (4) 測定中は水電解槽の電解電流が自動的に一定値になるように制御されている。
- (5) ブリッジ電流、被検水流量、および被検水温度の変動はいずれも $\pm 1\%$ 以内におさえられているから、零および指示変動は微小である。
- (6) 測定室内のガスは強制的にガス抽出器とのあいだを循環するようになっているから、応答が比較的速い。
- (7) 水電解槽を空気吸入装置に変えれば水中溶解酸素計として使用することができる。

なお、零の安定性がよく、かつ、出力が大きいから、測定範囲0~0.1 p.p.m.の分析計とすることも十分可能である。しかし本分析計は機械的に脱気された被検水に対して目盛が正しくなるようにしてあるから、化学的に脱気された被検水の場合は当然誤差を生ずる。

最後に本研究を行うにあたり終始御指導御激励を賜った日立製作所日立研究所三浦所長、数野副所長、今尾

部長，小林主任研究員，多賀工場木内部長，北川副部長
ならびに実験に協力された小林氏に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) H. S. Levine: Analytical Chemistry. 28, 343
(Mar. 1956)

- (2) 特許公報 昭 32—6050 公告 昭 32.8.8
(3) Bulletin 148 BP Cambridge Instrument
Company
(4) 岩淵：日立評論 40, 703 (昭 33-6)
(5) 佐藤：日立評論 37, 1013 (昭 30-7)

日立製作所社員社外寄稿一覧表

(昭和 33 年 10 月受付分)

寄稿先	題 目	執筆者所属	執 筆 者
Look Japan 紙 日本硫安工業協会 オーム社	日立 水 車 熔 接 合 成 塔 の 計 画 新製品紹介 (自動周波調整装置, アナログ型経済配分制御 装置, EF形電気式水車调速機)	日立工場 日立工場 国分工場	横井信安 林安治 川井晴雄
オーム社 オーム社 熔接学会	日立配線表式電線接続図 低圧メタルクラッド配電盤 鉄道車輛薄用鋼板の自動溶弧熔接法	国分工場 国分工場 笠戸工場 笠戸工場 笠戸工場 川崎工場	大瀬賢也 原謙臣 矢部満 佐々木秀夫 小林年夫 中村昌夫
小峰工業技術株式会 社	ダイナモシヤフト用トランスファマシン	川崎工場	花岡浩
小峰工業技術株式会 社	欧米瞥見に想う	川崎工場	黒崎義久
小峰工業技術株式会 社	輸入機械は現場でいかに稼動しているか	多賀工場	横山亮次
高分子学会	フェノールノボラックの硬化反応に関する研究 第6報 0-クレゾールノボラックの硬化反応について	多賀工場	工藤繁男 仲田睦男 佐藤芳男 横山亮次
小峰工業技術株式会 社	冷間衝撃押出法	多賀工場	松井伸晴 古谷勝美 鳥谷満雄 小倉正美 戸塚正夫 戸塚貞夫 戸塚幹男 戸塚幹也 中央研究所 中央研究所
日本計測学会 高分子学会	空気圧式計器用空気源資料 フェノールノボラックの硬化反応に関する研究 第7報 加熱樹脂の流れ性について	多賀工場	大原秀晴 土井俊雄 川松俊治
中国熱管理協会 兼六館出版株式会社	ボイラ・ACC設備について TV受信アンテナについて	中央研究所	沼倉俊郎 阿部善右 三浦武雄 三巻達夫
技術情報出版社 日刊工業新聞社 兼六館出版株式会社 原子核研究懇談会 材料試験連合講演会 欧文論文集刊行会 材料試験連合講演会 日本材料試験協会 高分子学会	小形モータサーボメカニズムの応用 文献抄訳「偏向出力管の改良」 トランジスタラジオ BF ₃ 比例計数管 On the Mechanical and Electrical Properties of Age- Hardenable Cu-Cr-Ti Alloy Wire Creep of Ni-Ti Alloys Wire	中央研究所 中央研究所 中央研究所	三浦武雄 阿部善右 永田 穰
電気学会	有機高分子の酸化の研究 (第5報) ポリエチレンの酸化に及ぼす厚みの影響 サーボ演算器の設計基準	中央研究所 中央研究所 中央研究所	沼倉俊郎 阿部善右 三浦武雄 三巻達夫
American Institute of Electrical En- gineers	Modified Optimum Nonlinear Control	中央研究所	三浦武雄 阿部善右 永田 穰
Secondes Journees Internationales Pour le Calcul Analogique	Some Considerations of the Error due to Absorption Phenomena of Integrating Capacitor for the Slow Type Electronic Analogue Computers	中央研究所 中央研究所 中央研究所	三浦武雄 阿部善右 永田 穰

(第 65 頁へ続く)