

吸入温度計とボイラーに於けるガス温度の測定

河 原 誠 二*

Suction Pyrometer and its Application to Accurate Temperature Measurement of Boiler Flue Gas

By Seiji Kawahara

Hitachi Research Laboratory, Hitach, Ltd.

Abstract

An accurate measurement of gas temperature involves a considerable difficulty. Especially in the case of boiler, the coexistence of a cooling surface such as water wall, water tubes, etc. and heating elements including flame and furnace and the radiation from them offers a tremendous difficulty to a conventional thermocouple for obtaining a right temperature of the gas inside. In an attempt to solve this problem of obtaining a practical, accurate means of gas temperature measurement, an ideal type of suction pyrometer was designed and completed. And its application to boiler testing in several actual occasions has been proved extremely satisfactory. In a series of experimental researches conducted, it was verified also that conventional types of thermocouples and optical pyrometers could not be used in this class of measurement because of their errors which were unable to keep consistency in varied surrounding conditions and consequently could not be corrected.

〔Ⅰ〕 緒 言

ボイラーの性能を調べるに当つてガス温度が重要な要素となることはいうまでもない。しかもこれを正確に実測することは難しい。たとえば燃焼室出口のガス温度を決定することは、燃焼室内での熱吸収量を定めるとともにそれ以後の対流伝熱面全部の熱計算に関係するものでボイラー設計の基本である。したがつて従来この燃焼室の計算式が数多く発表されているがまだ必ずしもどれが正しいといい切れないのも、これを実際に確めるに足るだけの正確なガス温度の測定が行われていなかったためである。ボイラーのみならず一般に空気又はガスの温度を測定するには単に熱電対あるいは抵抗温度計をそのまま気流中にさし込むだけで測定しており、また場合によつては光高温計、輻射高温計などが用いられていた。これらの方法では測定位置の近くに水壁、水管等の冷却面があつたり、あるいは焰などの加熱面があるとその輻射の影響をうけて実際の温度よりも低く又は高く温度計に

指示されることになり、光高温計では対面の煉瓦の表面温度を測定することにもなりかねず、何れも正確な測定法とはいいい得ない。このために種々の測定法が考案されている⁽¹⁾が、ボイラーの如く現場に於いて実用できるものは多くない。最も実用的なものの一つに吸入温度計 (Suction Pyrometer) 又は高速熱電対 (High Velocity Thermocouple) と称するものがある。日立製作所に於いてはかねてから吸入温度計を整備し各所のボイラーの性能試験に使用し満足な結果を収め、ボイラーの設計製作上に活用している。ここに吸入温度計の紹介とそれによる二、三の測定例を述べる次第である。

〔Ⅱ〕 吸入温度計の原理及び構造

吸入温度計の原理及び構造については既に文献⁽¹⁾⁽²⁾にもみえているが簡単に述べよう。いま温度 T_g なるガスの通路に普通の熱電対をさし込んだとする。簡単のためにガスと熱電対管との間には対流伝熱のみがあるとす。このとき両者の間の交換熱量 Q_1 kcal/h は (1) 式で示される。

* 日立製作所日立研究所

$$Q_1 = \alpha \cdot A(T_G - T_P) \dots \dots \dots (1)$$

但し α : ガスと熱電対管との間の熱伝達係数
k cal/m²h°C

A : 熱電対管感熱部の表面積 m²

T_G : 正しいガスの温度 °C

T_P : 熱電対管感熱部の温度、即ちこれに
接続された温度計の指示温度 °C

一方この近くに蒸発水管群の如き冷却面があつたとし
その表面温度を T_W °C とすると、これと熱電対管との間
には輻射によつて熱の移動が起る。その量を Q_2 kcal/h
とすると、

$$Q_2 = 4.96e \cdot A \left[\left(\frac{T_P + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_W + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (2)$$

e : 熱電対管感熱部表面の黒度係数

温度計の指示温度が T_P に一定に保たれているときは
移動熱量が平衡していて $Q = Q_1 = Q_2$ となつてい
るわけである。よつて (1), (2) 式から

$$Q = \alpha A(T_G - T_P)$$

$$= 4.96 e A \left[\left(\frac{T_P + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_W + 273}{100} \right)^4 \right]$$

あるいは

$$T_G - T_P = \frac{4.96 e}{\alpha} \left[\left(\frac{T_P + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_W + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (3)$$

(3) 式の右辺に於いて $e \neq 0$ であるから $T_P = T_W$ と
ならない限り $T_G = T_P$ とはならない。即ち正しいガス
温度 T_G に対して温度計に指示される温度 T_P は一致
せず常にそれより低い温度が指示されるのである。この
誤差は

$$\Delta T = T_G - T_P = \frac{4.96 e}{\alpha} \left[\left(\frac{T_P + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_W + 273}{100} \right)^4 \right]$$

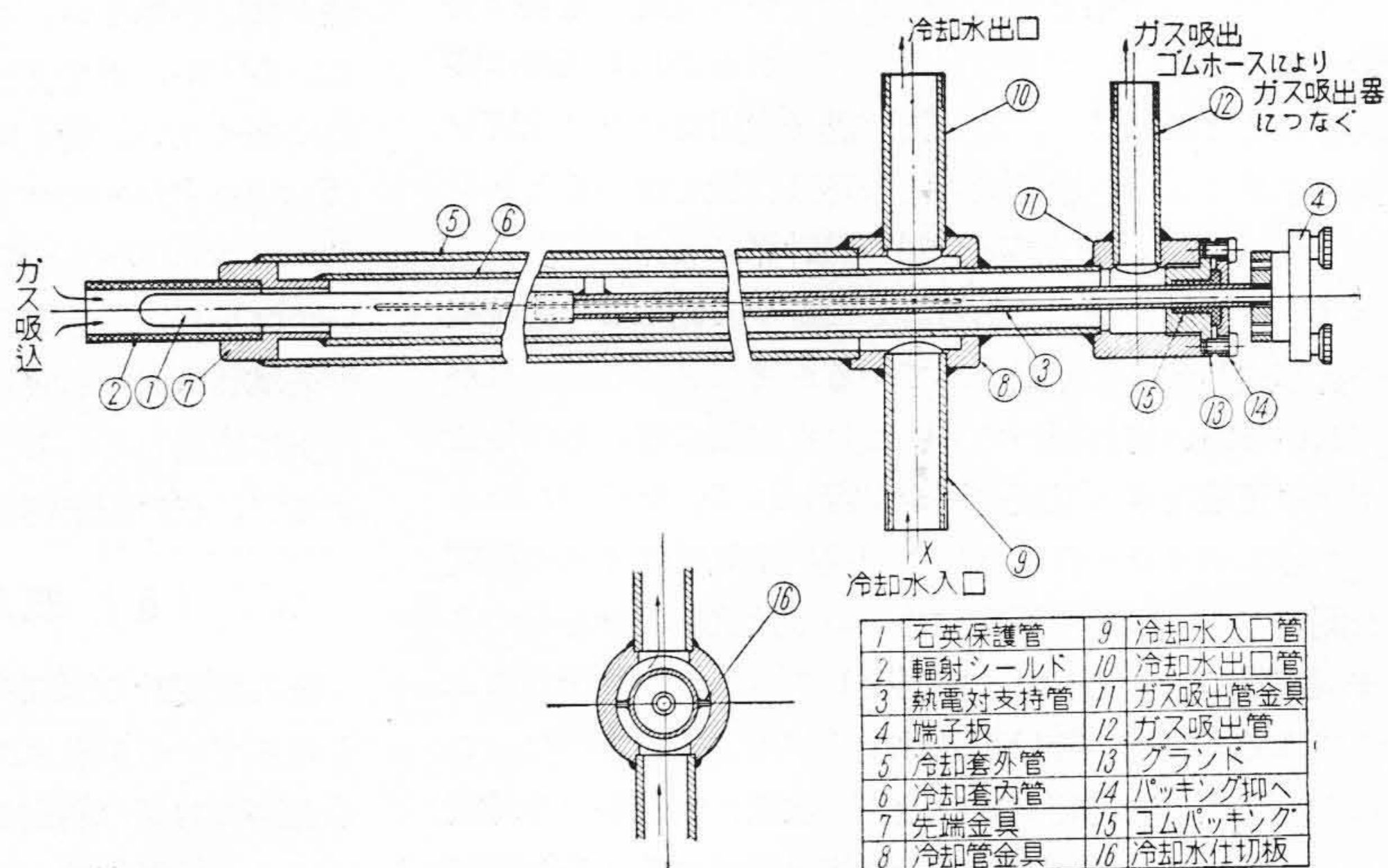
$\dots \dots \dots (4)$

である。もし冷却面の代りに
焰、火床面のような加熱面が
近くに存在すればその温度
 T_f を (4) 式の T_W の代りに
置いて同じ形の式となり指示
温度は ΔT だけ高くなる。こ
のように単に熱電対管をさし
込むだけでは常に誤つた温度
を測定することになるのであ
る。測定条件が非常に簡単
で、且冷却面の表面温度、ガ
スの流速などがわかつていれ
ば (4) 式を利用して ΔT を算
出し補正することもできない
わけではない。しかし一般に
条件は複雑であるからこれは

不可能である。

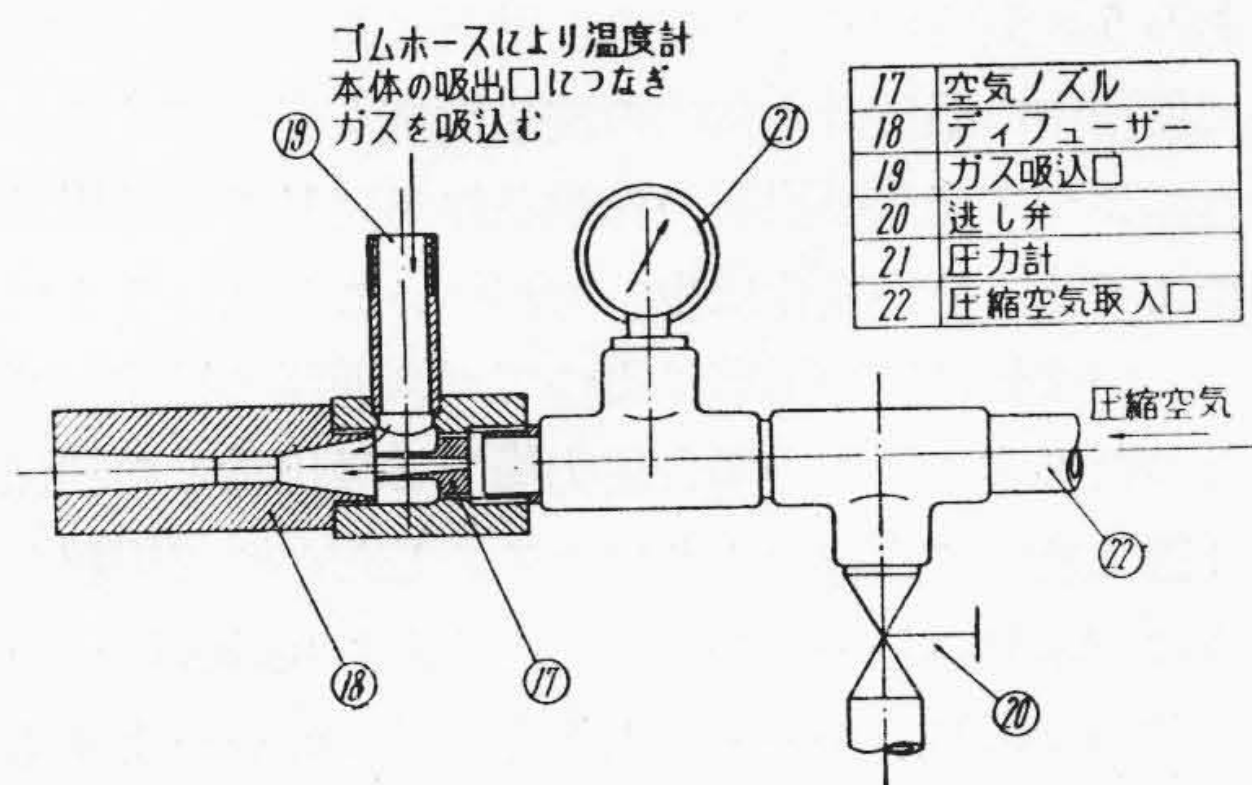
(4) 式に於いて α を大きくすれば ΔT は小さくなる
ことがわかる。このことは前記の如き普通の測定法でも
ガスの流速の速いところでは比較的正確な温度が得られ
ることを意味する。吸入温度計はこれを強制的に行わせ
るもので、熱電対管感熱部の外側を耐火物製の筒でかこ
み両者の環状の間隙を高速でガスが流れるようにガスの
吸出器をつけたものである。吸入温度計あるいは高速熱
電対の名称のある所以である。ただ α を大きくしただけ
では (4) 式でわかる如く ΔT は 0 にはならない。まだ
真のガス温度の測定にはならない。これに対しては前記
の耐火物筒に電熱線を巻いて作つた加熱管付吸入温度計
によらなければならない。しかし構造が複雑、取扱いも
繁雑となるのでボイラーの現場試験には実用向といえな
くなる。加熱管付吸入温度計でなくても耐火物筒の伝導
率、形状等に十分注意すれば普通型のもので満足な結果
を得ることができるのである。

現在実用中の吸入温度計の構造を第 1 図に示した。①
は支持管③の先につけた石英保護管で中に白金—白金ロ
ジウム熱電対を入れてある。熱電対線は端子板④で補償
導線に接続し冷接点を経て温度計（パイロメーター）に
つなぐ。この組合せのままで温度計の検定をすることは
いうまでもない。②は輻射シールドで耐火物製の筒であ
る。熱電対管感熱部が直接輻射をうけるのを防ぎ、内側
の環状間隙によつてガスの通路を形造るものである。ガ
スは更に本体内部を通り尾部の吸出口⑫からガス吸出器
によつて吸出される。本体は⑤及び⑥の不銹鋼管により
二重管とし冷却水を通して高温の炉内にさし込んだ場合
の保護がなされる。冷却水は⑨から入り仕切板のために



第 1 図 吸入温度計本体の構造 (実用新案 379254)

Fig. 1. Construction of Suction Pyrometer Tube



第 2 図 ガス吸出器の構造

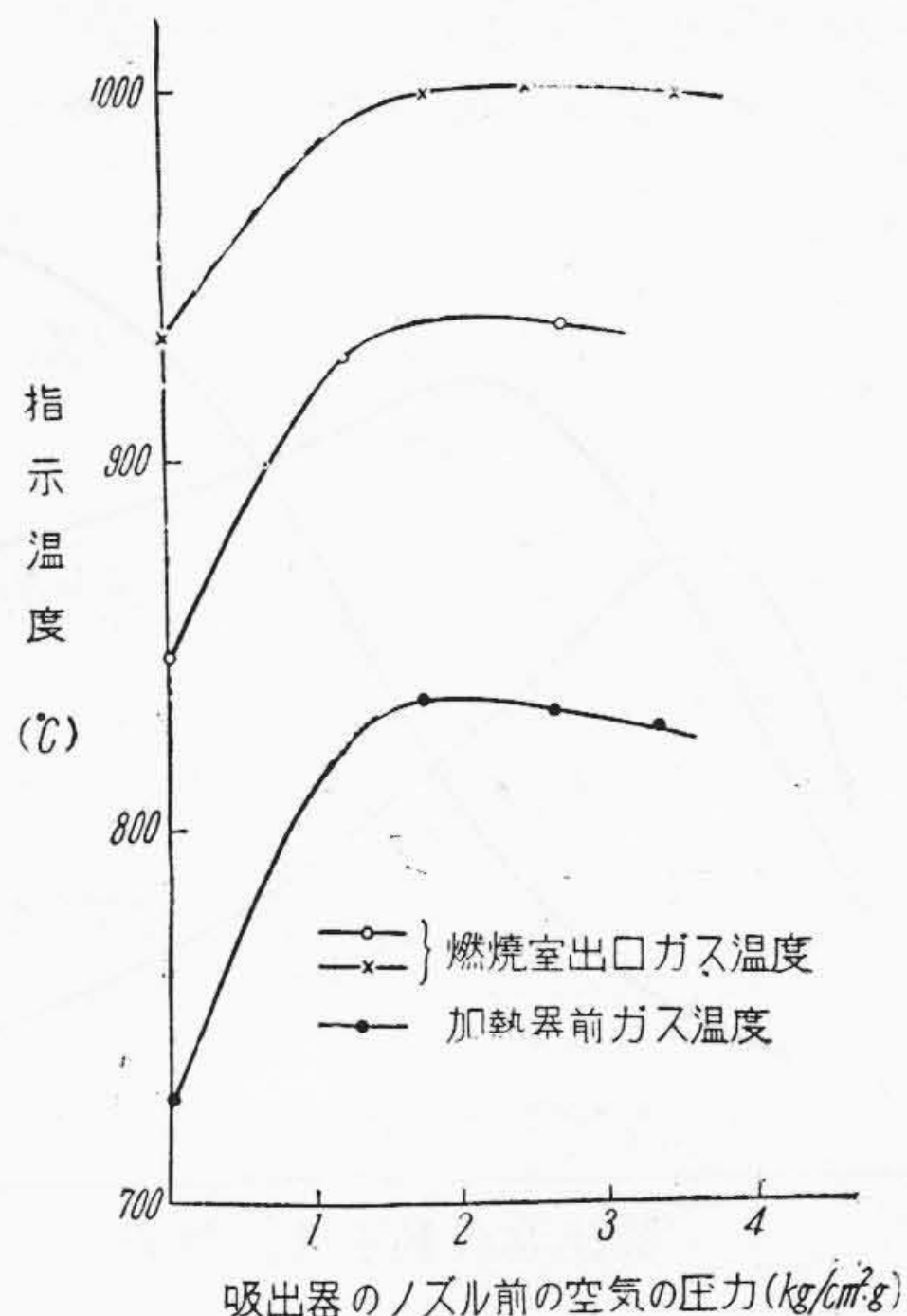
Fig. 2. Gas Aspirator

先端部近くで反転し⑩から排出される。

ガス吸出器の構造を第 2 図に示した。圧縮空気をノズル⑪から噴出せしめこれによつてガスを吸込口⑩からゴムホースを通して温度計本体の吸出口⑨から吸出す。圧縮空気の圧力は逃し弁⑫により調節される。ガスの吸出量はこの空気の圧力の外にノズルの孔径及びディフューザー⑬に対するノズルの位置によつて調節できる。これについては次章に述べる。

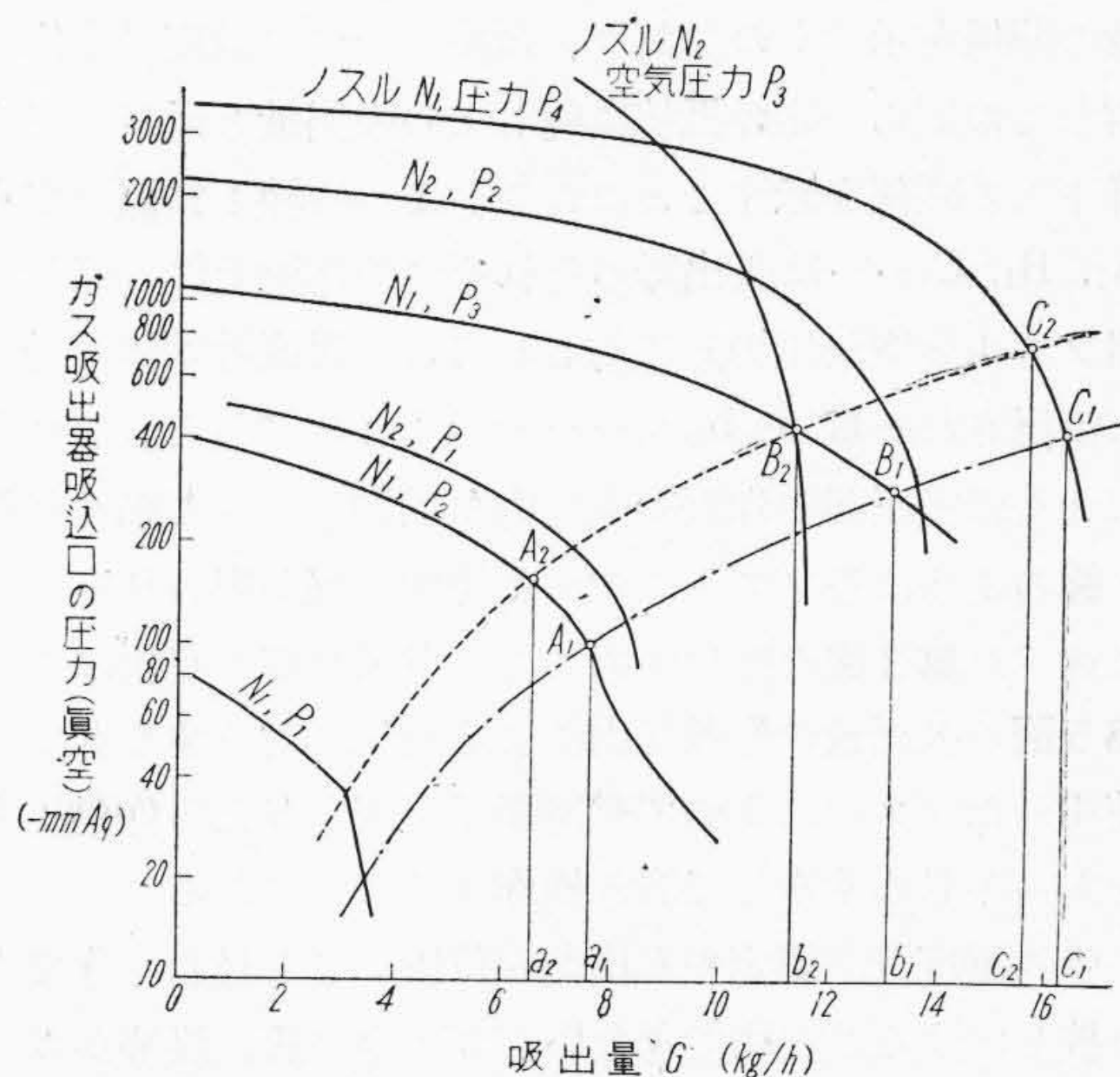
〔Ⅲ〕 吸入温度計の作動とガス吸出器の性能

吸入温度計によるガス温度測定の実際の操作は次のようになる。冷却水を通じた温度計本体を測定位置にさし込みガス吸出口と吸出器とをゴムホースでつなぎ圧縮空気を送つてガス吸出器を作動せしめる。ガス吸出量が十分なるように吸出器を調節し熱電対に接続したパイロメーターの指示温度の変化を観察しその最高（冷却面により指示温度が低く現われている場合）又は最低（加熱面により輻射加熱の影響が出ている場合）の値を採ればよいのである。第 3 図にその一例を示した。これは江別発電所 6 号罐の試験の際の数個の測定値である。負荷によつてそれぞれの温度は異なっているが、何れも作動圧力による指示温度の変化の傾向はほぼ同じである。ガス吸出器の作動空気圧力を高めてゆくと指示温度も高くなつてゆきあるところから再び低下している。この最高の温度が真のガス温度に極めて近い実用上正しいガス温度とみていい。この温度の変化はガス吸出量の変化によるもので、後に述べる第 5 図の特性曲線に対応しているのである。この際本体の吸出口とガス吸出器との中間に流量計を置いてガスが必要量だけ確実に吸出されているかを監視すればより正確な操作ができることになる。しかし必要なガス量は測定位置の条件によつて毎回異なるものであり、且又ボイラーを対象とする場合現場で操作するためにできるだけ簡単なものの方が望ましいので流量計は省略しあらかじめ別個に吸出器の特性を調べてお



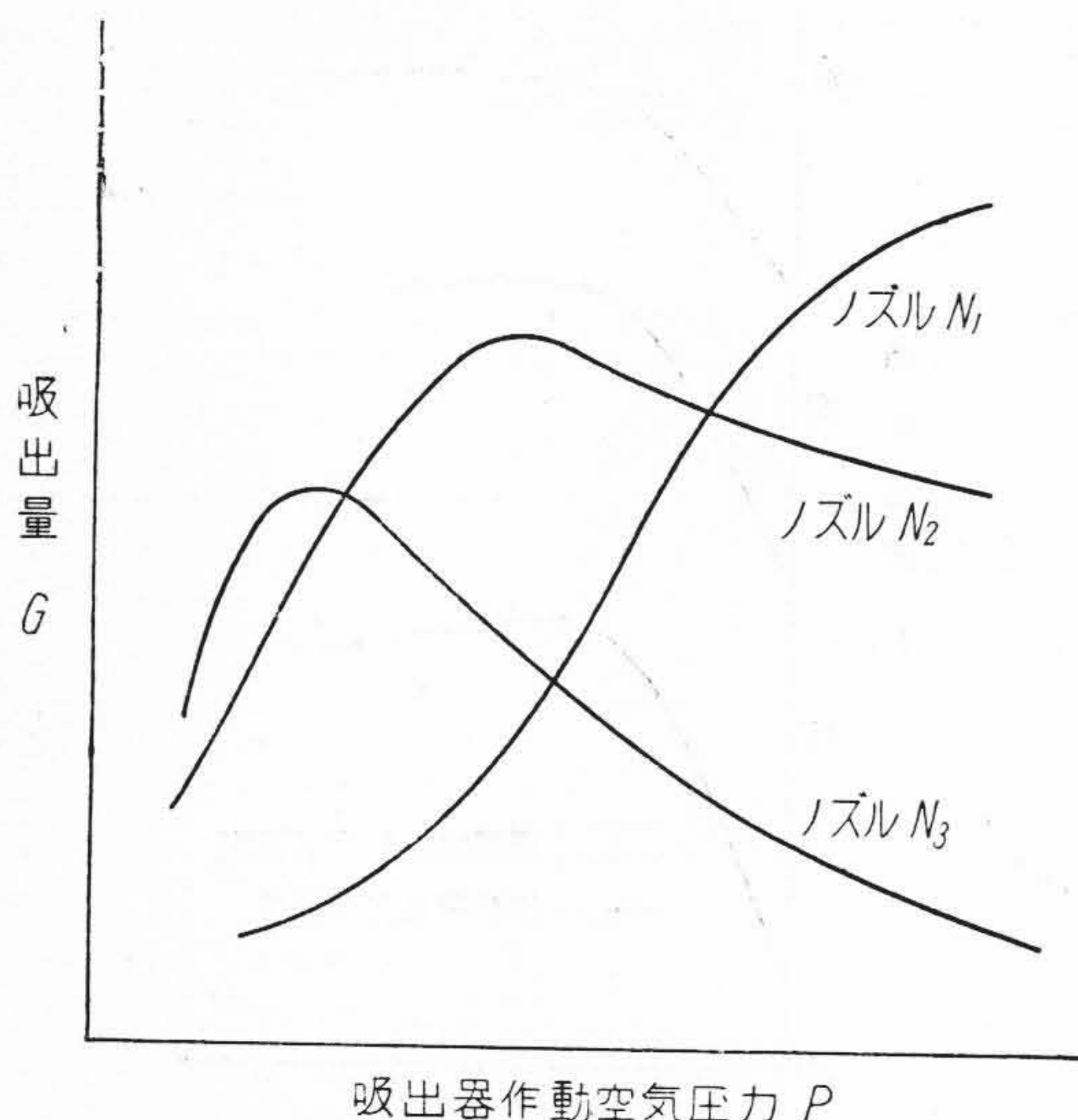
第 3 図 吸出器の作動条件による指示温度の変化の一例

Fig. 3. Example of Indicated Temperature Variation by Air Pressure of Gas Aspirator


 第 4 図 ガス吸出器の特性曲線
Fig. 4. Characteristic Curve of Gas Aspirator

き十分な容量のものによつて指示温度の変化から求める方が実用的である。

第 4 図がガス吸出器の特性曲線の一例である。実線はガス吸出器単独の特性を示したもので温度計本体の代りに吸出器の吸込口に絞り弁をつけこれを通して吸出したときこの弁の絞りをいろいろ変えて吸出量と吸込口に於ける圧力（真空）との関係を描いたものである。鎖線は絞り弁を取り去つて温度計本体と直結した場合の吸出量と同様に吸込口の圧力（真空）との関係を描いたもので



第 5 図 ガス吸出器の性能曲線
Fig. 5. Characteristic Curve of Gas Aspirator

ある。したがって実線は流動抵抗の異なつた多くの温度計本体を組合せた場合に吸出器の作動空気圧力、ノズル孔径等によつて流動抵抗とそれに打ちかつて吸出される量の関係を示すものであり、鎖線は一つの温度計本体に対しての即ち一定の抵抗に対しての吸出量と通路の圧力降下との関係を示すことになる。よつて実線と鎖線の交点 $A_1, B_1, C_1 \dots$ は吸出器のそれぞれの作動条件（即ち使用ノズルと空気圧力）に対応してこの温度計本体の場合に吸出される量 $a_1, b_1, c_1 \dots$ を示すことになる。これをたとえば吸出器の作動空気圧力を横軸にとつて描くと第 5 図のように各ノズルに対する特性曲線が得られる。前に述べた第 3 図の作動圧力による指示温度の変化はこの第 5 図の吸出量の作動圧力による変化に対応するもので使用したノズルによつて最高指示温度を与える作動圧力をあらかじめ承知して置き操作することになる。

吸入温度計は測定の際測定位置にさし込むべきで入れ放しにすることはできない。ガス中の灰、煤等がガスに伴われて吸込まれてくるからこれらがガス通路中で堆積し、つまる危険があるからである。とくに微粉炭焚ボイラーでは灰の量が多いから注意が必要である。また灰の熔融温度が低くしかもガス温度がその附近にあるような場合にこの事故がよく起る。ボイラーのガス温度を対象とする限りこれは避けられないもので吸入温度計本体の構造もまたガス吸出器についてもこのことをよく考慮しなければならないのである。本体先端の輻射シールドの構造についても然りである。ガス吸出器についていえば圧縮空気によるエゼクター式のものがたとえば強力な小型排風機又は真空ポンプなどに勝るといふのもこの点

であろう。測定中にもこの灰の附着はあり得る。したがって使用中に温度計本体内の流動抵抗も変つてくるからそれによつて当然吸出器の作動条件が同じでも吸出量は変つてくる。その変化は少い方がいいことはいふまでもない。いま仮に灰の附着によつてガス通路の抵抗が 2 倍になつたとする。この場合圧力降下と吸出量との関係は第 4 図に於いて点線のようにになる。したがって実線との交点は $A_2, B_2, C_2 \dots$ に移動し吸出量は $a_2, b_2, c_2 \dots$ となり前の $A_1, B_1, C_1 \dots$ の吸出量 $a_1, b_1, c_1 \dots$ よりもそれぞれ減少する。この減少の割合は各ノズルの作動条件によつて実線の方の形が異なるから一様ではない。第 4 図でいえばノズル N_2 のものの方が N_1 よりも一般に減少が少い。したがって N_2 の方が好ましいということになる。実線で表わされるこれらの特性曲線がなるべく垂直に近いものがよく、またなるべく垂直に近いものの下の部分で交るように鎖線即ち温度計の流動抵抗がなるべく垂直に近いものを選ぶべきである。吸出量の絶対値が大きいものを選ぶべきことはいふまでもないが、同時に上記の条件が満足されることが必要である。

これまで使用して来た吸出器はこれに適合した特性を有しこれによつて得られる熱電対管感熱部をふきはらうガスの流速は 40~100 m/s 位になつてゐる。

〔IV〕 吸入温度計によるガス温度の実測例

(1) 普通のガス温度測定による誤差

前述の如く吸入温度計により測定されるガス温度は真の値ではないが、それに極めて近い実用上正しいガス温度とみなしてよいものである。これに対して普通の単なる熱電対のみによる測定値を比較してみよう。両者の差が誤差と考えていいものとなる。この結果が第 1 表乃至第 5 表である。これらは主として北海道電力江別火力発電所 6 号汽罐（日立水管汽罐）の性能試験の際の実測値で四国電力西条発電所 4 号汽罐、九州電力小倉発電所 5 号罐ならびに関西電力宮津発電所 3 号罐及び 4 号罐（以上何れも日立水管汽罐）に於ける実測値をも一部含んでいる。

これらの表によつて明らかなことは普通の測定法では何れも相当な誤差のあることである。燃焼室出口の如く 1,000°C 以上のところでは約 50~150°C、過熱器前の 800°C 附近で約 50~100°C、節炭器前後あるいは空気予熱器後の 500~200°C のように比較的低温の部分でも多い場合約 50°C の誤差があり吸入温度計で測定した実際の温度よりも低く指示されている。またこれらの誤差はたとえば高温になればなるほど大きくなるというような系統的な傾向は明らかでなく相当でたらめに出ているということが注目される。300°C 以下位になると割合に系

第 1 表 吸入温度計と普通の熱電対とのガス温度実測値の比較 (燃焼室出口)

Table 1. Comparison of Gas Temperatures Measured with Suction Pyrometer and Ordinary Thermocouple (at Combustion Chamber Outlet)

吸入温度計 (°C)	普通の熱電対 (°C)	誤差 (°C)	備考
932	846	- 86	江別 6 号罐 60% 負荷
902	852	- 50	
888	778	-110	
1,018	954	- 64	江別 6 号罐 100% 負荷
1,042	902	-140	
1,014	897	-117	
1,045	914	-131	
992	922	- 70	
1,014	947	- 67	
997	937	- 60	
1,035	877	-158	江別 6 号罐過負荷
1,080	977	-103	
1,061	997	- 64	宮津 4 号罐
1,108	1,040	- 68	宮津 3 号罐
1,148	1,027	-121	
1,148	1,072	- 76	

第 2 表 吸入温度計と普通の熱電対とのガス温度実測値の比較 (過熱器前煙道)

Table 2 Comparison of Gas Temperatures Measured with Suction Pyrometer and Ordinary Thermocouple (at Super Heater Inlet Gas Duct)

吸入温度計 (°C)	普通の熱電対 (°C)	誤差 (°C)	備考
733	666	- 67	江別 6 号罐 60% 負荷
754	684	- 70	
802	712	- 90	江別 6 号罐 80% 負荷
791	722	- 69	
765	670	- 95	
836	728	-108	江別 6 号罐 100% 負荷
854	796	- 58	
824	765	- 59	
751	660	- 91	小倉 5 号罐

第 3 表 吸入温度計と普通の熱電対とのガス温度実測値の比較 (節炭器前煙道)

Table 3 Comparison of Gas Temperatures Measured with Suction Pyrometer and Ordinary Thermocouple (at Economizer Inlet Gas Duct)

吸入温度計 (°C)	普通の熱電対 (°C)	誤差 (°C)	備考
450	438	-12	江別 6 号罐 60% 負荷
520	485	-35	江別 6 号罐 80% 負荷
587	540	-47	江別 6 号罐 過負荷
588	562	-26	

第 4 表 吸入温度計と普通の熱電対とのガス温度実測値の比較 (江別発電所 6 号罐、節炭器後煙道)

Table 4 Comparison of Gas Temperatures Measured with Suction Pyrometer and Ordinary Thermocouple (at Economizer Outlet Gas Duct, No. 6 Boiler, Ebetsu P.S.)

手 前			中 央			奥		
吸入温度計 (°C)	普通の熱電対 (°C)	誤差 (°C)	吸入温度計 (°C)	普通の熱電対 (°C)	誤差 (°C)	吸入温度計 (°C)	普通の熱電対 (°C)	誤差 (°C)
344	341	- 3	342	334	- 8	327	310	-17
356	352	- 4	350	344	- 6	334	303	-31
342	341	- 1	328	326	- 2	320	304	-16
391	373	-28*	385	349	-36*	375	328	-47*

* ボイラー過負荷の場合

統的にはなるけれども、これらの結果から普通の測定法によるガス温度にある補正を加えて正しいガス温度を知ろうということは不可能であることがわかる。測定位置に於けるガスその他の条件の少しの変化が普通の測定法では大きく影響して決して一定の系統的な誤差とはならないということであり、正確なガス温度の測定を行うにはどうしても吸入温度計によつて直接に測定しなければならないということである。

また光高温計によりガス温度を測定することがある。

ガス温度を光高温計で測定することはあまり意味のあることではなく焰の温度を測つたりあるいは対面の煉瓦積の表面温度をガスを通して測定したりすることになりかねないのであるが簡便なために使用されることが多い。この測定値と同じ位置での吸入温度計による温度を比較すると第 6 表の如くである。この場合は何れも実際の吸入温度計で測定したガス温度よりも高い値が得られている。その誤差も前と同様に系統的なものといえない。やはり光高温計でも正しい温度測定はできないのである。

第 5 表 吸入温度計と普通の熱電対との空気温度の実測値の比較（江別発電所 6 号罐空気予熱器出口風道）

Table 5. Comparison of Gas Temperatures Measured with Suction Pyrometer and Ordinary Thermocouple (at Air-Preheater Outlet Air Duct, No. 6 Boiler, Ebetsu P.S.)

		風道内測定位置		
		手 前	中 央	奥
吸入温度計による	(°C)	241	275	276
普通の熱電対による	(°C)	224	248	238
誤 差	(°C)	-17	-27	-38

第 6 表 吸入温度計と光高温計とのガス温度実測値の比較（燃焼室出口）

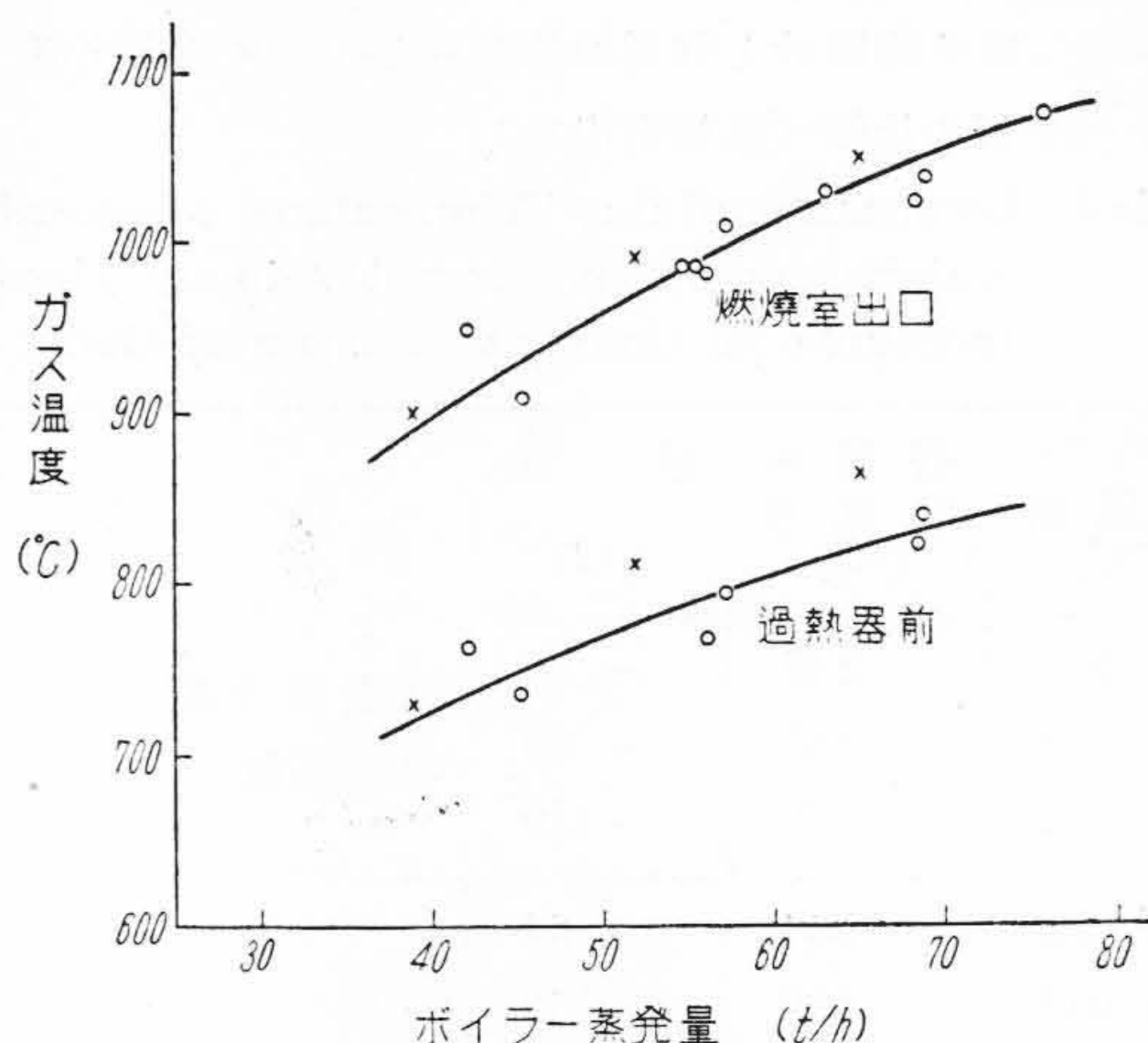
Table 6. Comparison of Gas Temperatures Measured with Suction Pyrometer and Optical Pyrometer (at Combustion Chamber Outlet)

吸入温度計による(°C)	光高温計による(°C)	誤 差(°C)	備 考
1,037	1,050	+ 13	江別 6 号罐
1,015	1,040	+ 25	
1,038	1,105	+ 67	
994	1,060	+ 66	
997	1,140	+143	西条 4 号罐
987	1,140	+153	
955	1,140	+185	
1,147	1,190	+ 43	
1,057	1,190	+ 33	
1,067	1,160	+ 93	
1,127	1,180	+ 53	
1,094	1,175	+ 81	
1,116	1,180	+ 64	小倉 5 号罐

(2) 吸入温度計によるガス温度の実測例

(A) 北海道電力江別発電所 6 号汽罐に於ける実測

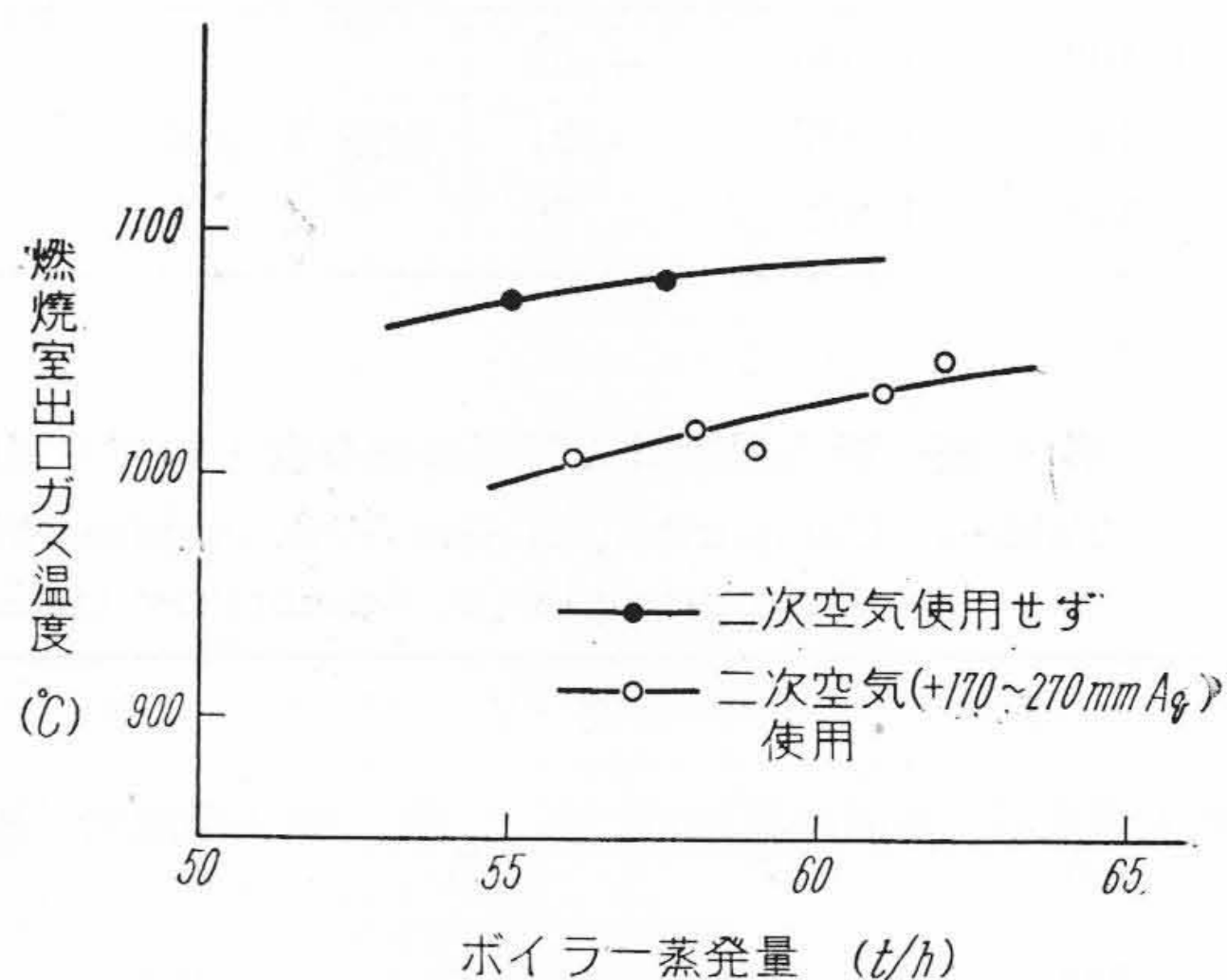
第 6 図は昭和 26 年 7 月及び 9 月に施行された題記汽罐の燃焼室出口及び過熱器前（蒸発水管群後）のガス温度を蒸発量に対して示したものである。図の×印は設計当初の計画値である。実際測定時の汽罐運転条件は使用石炭の発熱量、空気過剰係数等に於いて計画条件とは異なるので実測値と比較するにはその修正を加えなければならないがその量は小さいのでそのままとした。過熱器前のガス温度に於いては実測値の方が若干低いが燃焼室出口ガス温度はよく一致しているといえるであろう。なおこの江別 6 号罐の性能試験に於いてはガス温度はすべて吸入温度計あるいは普通の熱電対に対し吸入温度計



第 6 図 吸入温度計によるガス温度の実測値 [北海道電力、江別発電所 6 号罐、AH-SF 日立水管汽罐 34.5atü 425°C 65t/n, 微粉炭燃焼]

Fig. 6. Gas Temperature Measured by Suction Pyrometer.

[No. 6 Boiler, Ebetsu P.S. Hokkaido Ele. Co. Ltd. AH-SF Hitachi Water-Tube Boiler 34.5atü, 425°C 65t/n, Pulverised Coal Firing]



第 7 図 吸入温度計による燃焼室出口ガス温度の実測値（二次空気による温度の変化）

[四国電力、西条発電所 4 号罐、AH-SF 日立水管汽罐、35atü, 425°C, 60t/n ストーカー燃焼]

Fig. 7. Gas Temperature Measured by Suction Pyrometer. (Variation of Gas Temperature at Combustion Chamber Outlet by 2ry Air.)

[No. 4 Boiler, Saijo P.S., Shikoku Ele. Co. Ltd., AH-SF Hitachi Water-Tube Boiler, 35atü, 425°C, 60t/h, Stoker Firing.]

を併用して測定したものでおそらく日本最初の完全なる性能試験と言い得るものと思う。これについては別に発表してある⁽³⁾。

(B) 他の汽罐に於ける実測例

第7図は四国電力西条発電所4号罐について実測したものである。本汽罐に於いては二次空気の圧力を著しく高くしたのであるがその効果についての試験を行つた際の結果を示した。二次空気の効果が燃焼室出口のガスの温度にいかに影響するかを比較したものである。二次空気によつて燃焼は完全となり燃焼の中心が下がるため炉内の熱吸収は大となり燃焼室出口のガス温度は低下している。また焰の長さも短くなり蒸発水管に於けるバードネスト生成の危険もなくなつた。これらの結果も吸入温度計による正確なガス温度の測定によつて十分検討され得るのである。

以上、吸入温度計によるガス温度の実測例を紹介した。

これ、以外の各種の試験の結果については別の機会に譲るが、ボイラの試験に際し吸入温度計による正確なガス温度測定の果す役割の大きいことはこれらの断片的な測定例からもうかがわれるであろう。

[V] 結 言

ガス温度の正確な測定は難しいものである。実験室的な方法は種々工夫をこらしたのものがあつて実際使用できるものも多いが、ボイラーの如く現場で測定場所その他に制約されることが多く、さらにガス中に灰を含んでいるようなものに適用するのには適当なものはないのである。しかもボイラーに於いてはガスの温度の正確な測定がもつとも重要なものの一つである。それに対し吸入温度計を製作し種々研究を行い、多数の実際測定を行つて一応完全なものとすることができた。ここにその構造、性能の説明と実測例を紹介した次第である。

各所の実際測定に際し普通の熱電対による方法との比

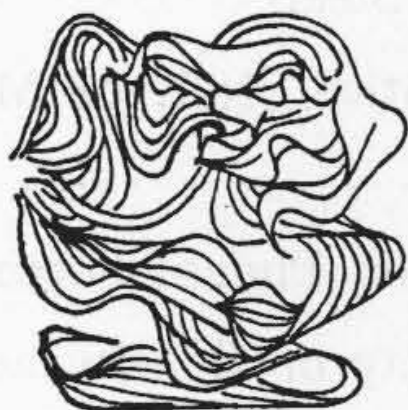
較を行つたが、後者によつてこれにある補正を加え正しいガスの温度を知るということは不可能である。正しい温度は直接吸入温度計によつて求めなければならないことが確められた。また光高温計による測定値とも比較し同様に広い範囲の誤差のあることを示した。

ガス温度の測定はボイラーのみならず一般の熱交換器等に於いても同様に注意すべきで、この方面への応用も大いに期待される。

終りに実際運転中のボイラーにつき試験及び測定をする機会を与えられ種々御便宜を計らつていただいた北海道電力株式会社、江別発電所、四国電力株式会社西条発電所、関西電力株式会社宮津発電所ならびに九州電力株式会社、小倉発電所の各会社、各発電所の各位に厚く感謝の意を表するとともに今後もより以上の御援助をおねがい申上げる。吸入温度計の製作、研究については日立製作所日立工場ボイラー設計三代課長その他の諸氏、機械検査課内藤課長以下の各位、ボイラー製作課高橋課長その他の方々から絶えざる御激励と御援助をいただいた。また日立研究所兼先所長、山崎主任研究員その他の諸氏から御指導、御協力をいただいた。ここに記して衷心より御礼申上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) H. F. Mullkin: Temperature, its Measurement and Control in Science and Industry. American Institute of Physics. (1941)
- (2) 葛岡常雄: 伝熱に関する講習会教材(機械学会)、137. (昭 26—10).
- (3) 浅野誠一、三代勘三郎、小玉美芳: 火力発電、9, (1952—5)



HITACHI REVIEW

VOLUME ONE

JANUARY, 1952

NUMBER ONE

CONTENTS



The Hitachi Review is planned to be issued semi-annually for the time being, but will be increased to four times a year in the case of necessity. Price of a single copy is ¥ 200, postage being ¥ 40.

Address all communications to the Public Relation Dept., Hitachi, Ltd., No. 2717, Oi-Sakashita-cho, Shinagawa-Ku, Tokyo, Japan.

PREFACE.....	
Various Problems Concerning the Design of Recent Water Turbines	<i>T. Komoriya and H. Ebisawa</i>
General View of the Latest Water Turbine Generators	<i>T. Goto and T. Takagi</i>
Field Test of Carrier Current Protective Relaying Set and High Speed Reclosing Circuit Breakers by Artificial Faults	<i>G. Yabuno, K. Moriyama, S. Morita, H. Kawai, T. Kobayashi and M. Kuwayama</i>
Balancing Rotor of High Speed Electrical Machinery at Operating Speed without Using Phasometer.....	<i>M. Hayashida</i>
Experimental Study on Induction Ring Type High Speed Protective Relay.....	<i>H. Nishibori</i>
DERONI Type Electric Locomotive with Regenerative Braking Devices	<i>T. Kawai</i>
The Starting of Split-Phase Motors.....	<i>M. Yamada</i>
Type PX-21 VHF-FM Police Radio Telephone Equipment	<i>T. Hojo, R. Nagahama and K. Imanishi</i>
Speed Control of the Induction Motor for the Hoist of Crane by the "Servolifter Brake".....	<i>K. Moriizumi</i>
Experiments on the Hydraulic Resistance of Air Compressor Automatic Valves.....	<i>R. Yamagishi</i>
Efficiency Conversion Formulas for Water Turbine....	<i>T. Yamazaki</i>
The Effect of Various Factors upon the Cutting Durability of High Speed Steel.....	<i>S. Koshiha</i>
The Positive Study of Mn : S Balance in Black Heat Malleable Cast Iron.....	<i>A. Kaneda, G. Inagaki and T. Suzuki</i>
Studies on Phenol-Formaldehyde Resins, and Relation between Viscosity or Density and Amount of Combined Formaldehyde in Phenol-Formaldehyde Reaction Mixture	<i>S. Tsuruta, K. Takano and S. Kobayashi</i>