HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ふく射環境における低風速計
Author(s)	射場本, 勘市郎; 西, 安信
Citation	衛生工学, 10, 1-7
Issue Date	1965-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36171
Type	departmental bulletin paper
File Information	10_1-8.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ふく射環境における低風速計

射場本　勘市郎*
西　　安　信**

（昭和４０年１月１２日受理）

An Anemometer for Radiant Environment

Kanichiro IBAMOTO
Yasunobu NISHI

In the field where unnegligible radiant heat transmission from surrounding wall or hot and cold body exists, we can not get correct wind speed value with former heat transfer type anemometers, such as hot wire anemometer, Kata thermometer and thermistor anemometer. These instruments are based on NEWTON'S LAW OF COOLING, shown in Eq.(1), and so they do not take into consideration about the radiant heat transmission from surroudings. Then we must use the Eq.(2).

The authors report the new type anemometer in this paper, shown in Fig.4, . This measureing instrument consists of a pair of heated and un-heated cylinders. Two cylinders are the same shape, the same size and have the same surface condition.

Considering about the heat balance of the heated cylinder, one may write Eq. (3) and for the unheated one Eq.(4) will be given. From Eqs.(3), and (4) we get Eq.(5). This equation means that if we know the heat flow from the heated cylinder and the temperature difference of two cylinders we can get surface coefficient of heat transfer "α_c"("α_r" is almost constant value). "α_c" value and wind speed value are correlated by Eq.(7).

The temperature difference of two cyinders is given with thermocouple, provided in the two cylinders.
Fig.5, and Fig.6, show the relation between thermal-electro-motive force (E.M.F) of the thermocouple and wind speed value. In the figure parameters are the added voltage to

---

＊　産業環境工学講座教授
＊＊　大学院博士課程学生

the Coiled Ni-Cr wire.

This anemometer has some merits as follows.

1) preventability for the disturbance caused by radiation.
2) Measureing element is small enough for analitical model experiment of thermal environment.
3) Being able to measure and record on the many points at the same time.
4) Being able to make the measuring element by hand easily and cheaply.

And some other reason.

1 緒　　言

人間の体感温を規定する温熱環境の諸因子の計測に当つて，その影響の大きさにもかかわらず計測器に原因する理由で多くの場合除外されているのは気流の計測である。ここで気流のはたす役割を正しく評価するためにも，計測器についての充分な考慮が必要である。

一般に気流の計測に用いられる計器としては，カタ寒暖計，熱線式風速計，サーミスター式風速計などが用いられているが，これらは原理的に測風エレメントからの放熱を利用するものであつて，次式にて表わされるニュートンの冷却則を基にしている。

$$H=\alpha(T_H-T_a) \qquad 〔1〕$$

但し H ：放熱量　〔Kcal／m²h〕
α ：全熱伝達率　〔Kcal／m²h℃〕
T_H：放熱体温度　〔℃〕
T_a：気　温

しかし周囲のふく射が無視できないような環境にあつては〔1〕式で表されたニュートンの冷却則を拡張してふく射に関する項を加えなければならない。すなわち放熱は次式で表わされる。

$$H=\alpha_c(T_H-T_a)+\alpha_r(T_H-T_p) \qquad 〔2〕$$

但し α_c ：対流熱伝達率　〔Kcal／m²h℃〕
α_r ：ふく射熱伝達率　〔Kcal／m²h℃〕
T_p ：平均周囲壁温　〔℃〕

〔1〕，〔2〕式を比較すれば明らかなように〔1〕式を基にしている上記諸計器は環境条件の如何によつては信頼度が低下する。

筆者らは〔2〕式に基礎をおく熱電対を用いた簡便な風速測定計器を試作したのでここに報告する。

この試作風速計によれば上記諸計器において生ずるような気温と壁温との差に基く誤差を完全に取り除けるばかりではなく，気温の変動による較正の不要，測風エレメントの小型化，及び安価でしかも大量に製作の可能なこと，記録計と併用して多数点の同時計測の可能なことなどから模型実験や実

物建物の温熱環境の計測に利用することができる。

2 試作の理論

測風部は同一の形状，寸法を有する二個一対のシリンダーから構成され，一個のシリンダーのみ一定の発熱を行う。形状は方向性の問題を考えれば球形の方が望ましいが工作上難点がある。

発熱を行つているシリンダーと外界との熱平衡を考えれば〔２〕式と同様に次のように書ける。

$$H=\alpha_c(T_{Hg}-T_a)+\alpha_r(T_{Hg}-T_p) \qquad 〔3〕$$

但し T_{Hg}：発熱シリンダー表面温　〔℃〕

また発熱を行つていないシリンダーは同一の環境にあつては次の平衡を保つ。

$$\alpha_c(T_g-T_a)+\alpha_r(T_g-T_p)=0 \qquad 〔4〕$$

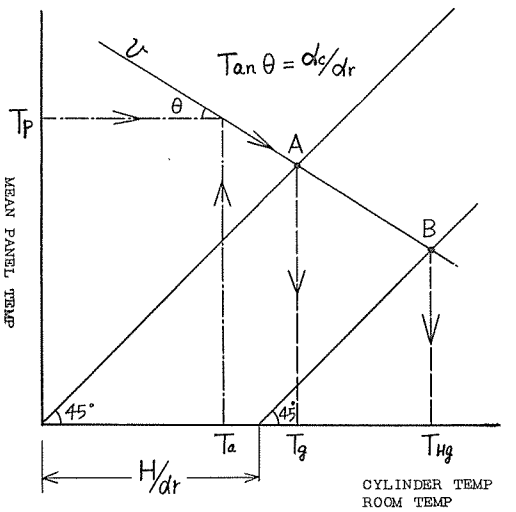
但し T_g：発熱していないシリンダー表面温　〔℃〕

〔３〕，〔４〕式より T_p，T_a を消去すれば

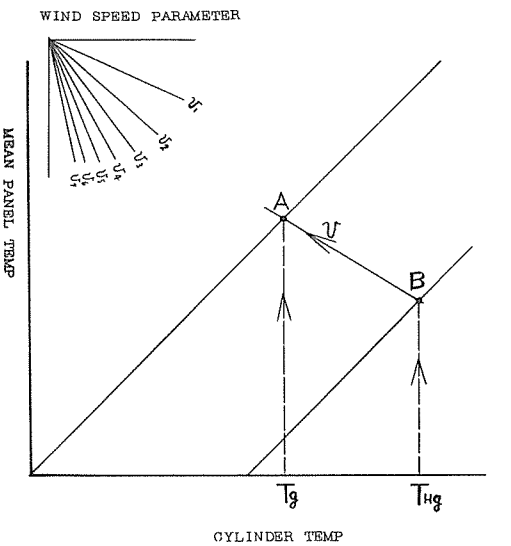
$$H=(\alpha_c+\alpha_r)(T_{Hg}-T_g) \qquad 〔5〕$$

〔３〕，〔４〕式を作用温度線図上に表わせばFig．1，のようになる。すなわち気温 T_a，平均周囲壁温 T_p，及び風速によつて規定される傾斜 $\tan\theta=\alpha_c/\alpha_r$ を知れば，発熱を行つていないシリンダー温度 T_g を，また発熱シリンダーの送熱量Hを知ればその温度 T_{Hg} を知ることができ，作用温度線図上それぞれA，B点上に図示することができる。換言せば T_g，T_{Hg} を知りA，B点を求めてそれぞれを結べば風速によつて規定される傾斜 θ を知ることができる。

〔５〕式はこのことを意味しFig．2，に示される。すなわち T_g，T_{Hg} を求め図上のA，B点を結び，その傾斜をあらかじめ描いてある風速パラメーター群と比較することにより直ちに風速の値を求めることができる。



Fig．1，作用温度線図上の〔３〕，〔４〕式の表示



Fig．2，作用温度線図上の〔５〕式の表示

〔5〕式にて$T_{Hg}-T_g=\triangle T$とおけば

$$\alpha_c=\frac{H}{\triangle T}-\alpha_r \qquad 〔6〕$$

〔6〕式にてH＝CONSTANTかつα_rを一定値と考えれば* α_cは二つのシリンダーの温度差のみによつて与えられ，気温や壁温については全く無関係に求めることができる。このことはFig. 2, を見ても明らかである。

対流熱伝達率α_cと風速の間にはすでに知られた関係があり〔7〕式及びFig. 3に示す。

$$Nu=m\cdot R_e^n \qquad 〔7〕$$

但し Nu ：Nuselt Number

Re ：Reynolds Number

m, n：Re数の範囲によつて規る定数

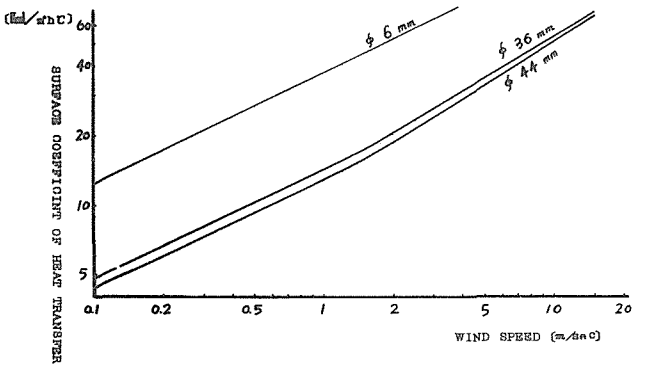


Fig. 3, 対流熱伝達率α_cと風速との関係

△Tを直接求めるためには技術的には熱電対を用いればよい。熱電対の熱起電力eと温冷接点間の温度差との間には常温ではほぼ直線とみなせる関係があり次式で表わされる。

$$\triangle T=B\cdot e \qquad 〔8〕$$

但し B：熱電対の材質によつてきまる定数

〔6〕, 〔8〕式を合せて考えれば，ここで対流熱伝達率α_cは熱電対の熱起電力eの関数で表わすことができる。

$$\alpha_c=\frac{H}{B\cdot e}-\alpha_r \qquad 〔9〕$$

〔7〕式に〔9〕式を代入して整理すれば，熱起電力eを与えるような環境の風速は次式で表わされる。

$$U=\left(\frac{H/B\cdot e-\alpha_r}{m\cdot\lambda}\right)^{\frac{1}{n}}\cdot d^{\frac{1-n}{n}}\cdot\nu \qquad 〔10〕$$

但し U ：風速 〔m/sec〕

λ ：空気の熱伝導率 〔Kcal/mhℂ〕

d ：シリンダーの直径 〔m〕

ν ：空気の動粘性係数 〔m²/sec〕

シリンダーへの供給熱量Hはシリンダーの放熱面積をS〔m²〕，ヒーター抵抗をR〔Ω〕，供給電圧をV〔volt〕とすれば次式で与えられる。

---

* α_rはふく射の放熱面と受熱面の温度によつて変る変数であるが変化率が小さいので常温では定数と見なして差支えない。

$$H = \frac{V^2 \times 0.86}{S \cdot R} \qquad (11)$$

3 試作風速計

試作風速計の詳細をFig.4, に示す。

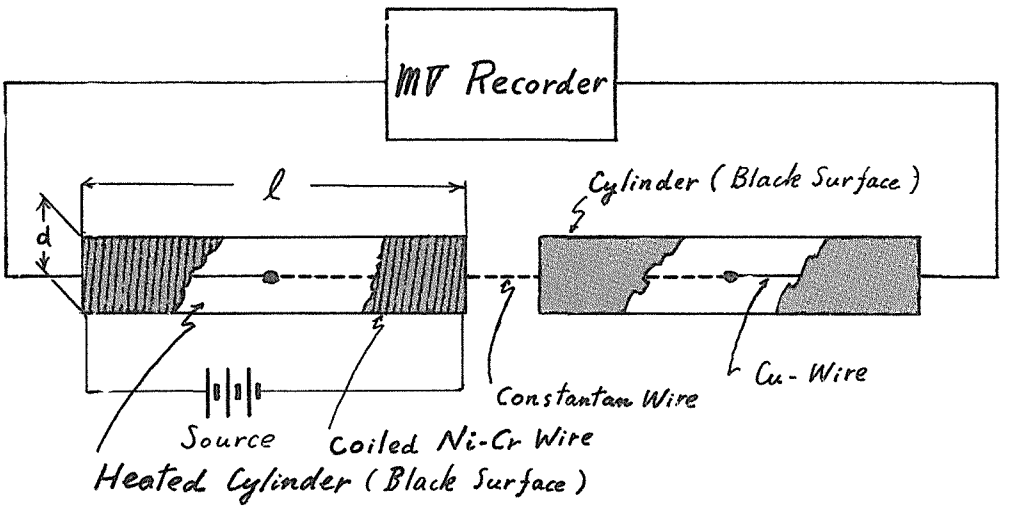


Fig.4, 試作風速計詳細図

	長さ ℓ mm	直径 d mm	ヒーター抵抗Ω
直線型	42	6.5	70
平行型㊦	190	44	32
平行型㊧	190	36	70

シリンダー直径が6.5mmのものは図のように二つのシリンダーを直線状に配列して用いたがφ44mmのものは大きくなるので取扱いのことも考えシリンダーを平行に配列して用いた。相互ふく射の防止という点から考えれば直線型の方が望ましいが，平行型にあっても他のシリンダーを望む立体角については考慮を払つた。

三種の風速計の放熱面積の大きさに応じて種々の電圧を加えたとき，熱電対の熱起電力と風速の間には次のFig.5, Fig.6 に示すような関係が求められる。

Fig.5, は直線型のもので1〔m/sec〕以下の微風速をもかなりの精度で測定することができる。

シリンダーは熱容量のできる限り小さいものが望ましいのでアセチルセルロースフイルムを加工して用いた。

ヒーターの抵抗値は使用可能な電源の大きさにより適宜設計すればよい。用いたニクロム線はφ0.2mm, 30Ω/m であり熱電対には銅－コンスタンタンを用いた。

メータにはフルスケール1mVの電子管式自動平衡記録計を用いた。

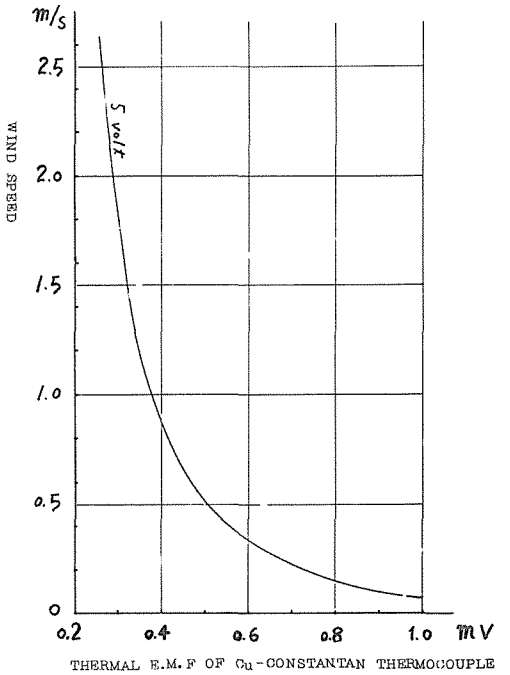


Fig. 5, 直線型風速計の熱起電力と風速の関係

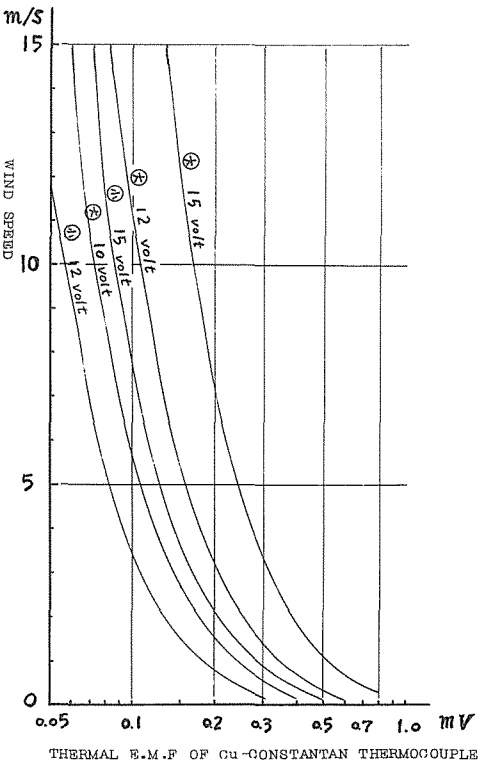


Fig. 6, 平行型風速件の熱起電力と風速の関係

4 あ と が き

従来の放熱を利用する風速計は気温と平均周囲壁温に大きな差のあるようなふく射環境では原理的に弱点を有しているようである。

筆者らはこの歪を除く目的で簡便な風速計を試作したが，予期したような結果を得ることができた。

この計器によれば多数点の同時測定，および自記記録，製作費の低廉なことなどの利点のため，今後，暖冷房や産業衛生などの温熱環境における風速の実測，さらに設計に資する模型実験など広い用途に利用が可能かと思われる。

すでにこれを実物体育館の実測，模型実験の気流分布の測定などに用いているが所望の結果を得ることができた。

ここで本風速計の試作に当つて多くの協力を得た大学院修士課程学生伊藤健二，岡田旭郎両君に深く感謝する。

参 考 文 献

1) 射場本勘市郎；温感についての工学的研究とその暖冷房への応用（昭３１）

2) 射場本勘市郎，西　安信：温熱環境の試作測器，衛生工学　vol.9　昭39.1　p33

3) W.H.MCAdams;Heat Transmission, 3rd Ed, 1954 MCGvaw-Hill