に 800°C, 1000°C で此の急冷法を反覆して數回毎の強度, 比重, 氣孔率などの變化を試験した結果強度が 50% 以下になるのは 2 回, 3 回目で達するのは 800°C, 2 回, 3 回目で完全に碎壞するのは 1000°C 以上であるが此の反覆急冷法を取るときは 800°C 又は 900°C 位でもよからう。是等の方法を滑石單味のもの, 滑石に苦土配合のもの, 岫巖石單味のものなどに就て試み各々貴重な批判を下すことが出来た。

(6) 更に著者は前掲第 5 報の末尾及び本報第 3 節に豫報し極めて優良な結果を得た滑石に少量の礬土を添加配合せる特質ステアタイトに就て詳細に苦土—礬土—珪酸 3 成分系の研究方面より比較試験を續けて充分優良な結果を得て居るから次報に此の方面の研究結果を報告しやう。更に礬土に代へるに亜鉛を以つてし苦土—亜鉛—珪酸の 3 成分系に就ても研究を進めて居ることを預告して置く。

終に此の研究には日本學術振興會及び九州耐火煉瓦株式會社より研究費の補助を受けたものであることを明記して深く感謝の意を表したい (東京帝國大學工學部應用化學科珪酸鹽工業化學研究室)

(昭和 10 年 3 月 5 日受理)

物 體 の 表 面 温 度 に 就 て

(春 季 大 會 講 演)

吉 井 豊 藤 丸

On the Surface Temperature of the Body.

by T. Yoshii.

Abstract.

1. There is no correct method of the surface temperature measurement yet, as it is very difficult.
2. Author propose of two new "Elongation Method" and "Surface Temperature Scale Method", both contrived by himself.

I. 緒 言

物體の表面温度の測定は甚困難な問題ではあるが同時に又非常に必要な問題である。

ゴムや製紙紡績等の如く「ロール」を用ふる工業に於ては其表面温度を知ることの必要なること勿論なれども一般工場に於ても屢々運轉中の機械のメタルの温度或はモーター温度等の測定を必要とする。

我窯業に於ても或は日常操作の目やすとして或は熱の經濟燃料の節約といふ目的の爲にも屢々其必要に迫られる。

更に一般家庭に於ても吾々は日常甚無關心では居るけれどもお互の體温の測定さては電氣アンロンやヘヤアイロンの熱さ加減に至る迄物體の表面温度といふ問題は吾々の日常生活とも深い交渉をもつ問題である。

II. 線膨脹法による表面温度の測定

高温度に於ける物體の表面温度は自ら高温度計の範圍に屬するを以て茲では専ら 500°C 以下の低温度に於ける物體の表面温度についてのべることにする。

物體の表面温度は普通水銀寒暖計を以てはかる。即其水銀球を温度をはからんとする物體の表面に接觸せしめてはかる。少し氣をつける場合には水銀球をアスベストファイバー等を以て保温するか乃至は温度をはから

んとする物體の表面にパテをくつつけて其中へ寒暖計を差込んで居るが外界の溫度が低い場合には其示度は眞の表面溫度よりは遙に低いを常とする。

著者は嘗てセメント回轉窯を研究する必要上窯のセルの溫度を測定したことがある。即 Meade^{(1)※} 氏の方法を多少改良⁽²⁾して窯のセルに短いガスパイプを銲接して其中へ寒暖計をさしこみ口にコルク栓を施して始終窯と共にまはる様にした。163 尺の長さの窯に對して等距離に十七本の寒暖計を取付け其溫度を三ヶ月にわたり測定した結果の平均値は第一表の如し。

然るに冷め切つたセメント回轉窯に火を入れる時は窯のセルは熱の爲に膨脹してだんだんに延びる事實がある。著者は偶々この事實からセルの眞の溫度の測定法を發見し永らく不明とされて居た窯のセルから逃げる熱量を計算することを得た。即冷切つた時の窯の長さ⁽³⁾と其延とセルの材質の線膨脹係數とをはかれば (1) 式からセルの正確な表面溫度を知ることができる。

$$L \times (t_1 - t_2) \times \alpha = l \dots \dots \dots (1)$$

L : 窯のもとの長さ

t_1 : 點火後窯の正常狀態に於けるセルの平均溫度

t_2 : 窯のさめ切つた時のセルの溫度

α : セルの線膨脹係數

l : セルの延

第 一 表 セ ル の 溫 度

位 置	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀
寒暖計示度 (°C)	227.5	274.2	194.3	182.9	199.3	172.6	122.1	126.5	114.3	110.3
セルの線膨脹による平均溫度	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	平 均	外氣溫度	
	106.2	102.2	96.2	100.2	95.9	91.2	137.3	144.3	22.1	
	—	—	—	—	—	—	—	226.6	"	
寒暖計による平均溫度										
線膨脹 " "										
	$\frac{144.3}{226.6} = 63.7\%$									

此方法によつて得たセルの表面溫度と先の寒暖計で得た溫度とを比較すれば第一表の如くそこに甚しい逕庭があり寒暖計をもつてしては此場合に於ては約 64% の示度しか得られない。故に寒暖計をあてがつて物體の表面溫度をはかる時には吾々はとんでもない溫度を測定して居るといふことがわかる。このことは第一圖によつてもよくわかる。

第一圖は運轉中のセメント回轉窯のある點に於ける横斷面圖にしてセルから遠ざかるに従つて溫度はかくの如く次第に降下せり。而して吾々が表面溫度をはかる場合には第一圖の A の如き場所に寒暖計をあてがつて居るから寒暖計の一部分は高溫なるセルに觸れてそこから熱の供給をうけるも水銀球の大部分は外側の溫度の低いところにあるを以て所謂寒暖計の軸誤差も手傳つて眞の表面溫度のあらはれる筈がない。

※ (1) Meade "Portland Cement" p. 303. 1926.

(2) 及 (3) 本誌昭和六年五月 No. 461 p. 280—288 及 Rock. Pro. 1934, Vol. XXXV. No. 4 p. 50—53

著者報文参照

ロータリーキルンのセル及其周囲の温度

位 置	0	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
水銀球露出のまゝ測定 (°C)	163°	49	40	32	30	29	25	24	20	17	15	14	14	11	8
水銀球を石綿にて蔽ひセルからの輻射熱を遮断せる場合	—	32	30	26	25.5	22.5	18	16	15	13.5	10	10	10	7	7
備 考	線膨脹より測定せるセルの眞温度 255.9° 気温 2°C														

著者は同様の試験を天然のサーモスタットといふ意味に於て身體各部が可及的同温なる状態に於て體温について試みた。尤身體の各部は絶對的に等温とはいひ難きも其結果は第二表の如くはかり方によつて區々な結果をうることは明である。

第 二 表 測り方による體温の相違

は か り 方	體温計示度	備 考
掌上に體温計を直立させた場合	26.0°C	
〃 平においた場合	35.2	室温 20.8°C
指頭にはさんだ場合	34.7	
上膊と前腕との間に 〃	36.0	
腋 下 に 〃	36.4	
口 中 に 入 れ た 〃	36.9	

元來病床に於ける體温の測定は心身共に衰弱せる患者にとつては甚煩しきことにして腋下の検温の如きは特に然りである。上の事實より見て著者は正確簡便なる體温計の出現を要望すると共に其形格或は性能については尙研究の餘地ありと信ず。

次に最近表面温度の測定用として弓形の弦に帶狀のサーモカップルを使用せる種々のサーフェースパイロメーターがあるがそのジャンクションがはからんとする物體の表面に單に接觸して居るといふだけの理由で表面と其ジャンクションとは全々同温であるといふことはいはれない。故に若し絶對正確を期するならば豫其目盛に補正を施す必要があると著者は考へる。

其他場合によつては物體の表面にエレメントを鑢附して温度をはかる場合もある。これは恐らく正確に近いとは考へられるがこれでも尙その部分の表面の恰好が變る以上そこに異狀な熱の分布なり熱のフローが起るといふことが豫想されるから必しも正確とはいはれない又物によつては鑢附することができないものがある。

仍而著者は形の長いものならばその表面をフリーの状態に保つて——それが假に金屬以外の煉瓦等であつても——其線膨脹から温度を測定することが最正確且妥當なりと信ずる。

但線膨脹法によるときは其延びは直線距離を以てはかられるから其表面が彎曲する如き場合には誤差を生ずる虞がある。例へばセメント回轉窯の場合に於てはキルンの内部は高温にして外側は低温なる外氣に接するを以てセルの温度は内側が高く外側が低いわけであるからセルは僅ながら外側に彎曲する。著者はこの點を考慮

セルより外へ逃げる熱量からセル内に於ける溫度勾配をもとめたる結果はセメントキルンに於てはセルが鐵といふ熱の良導體よりなるを以て内側と外側に於ては平均約 0.5°C の差しかないことを知つた。従つてセルの彎曲による延びの誤差は無視して可なりである。

III. 「表面測溫スケール」による測定法

次に「モートル」「ストーヴ」等の如き圓とか四角とかいふまとまつた形をして居るものの表面溫度も上の方法を應用し望遠鏡或は顯微鏡の助をかれば測れないこともないがこんなものにはセンチネル及ブレヤレーの高温溫度計を改良應用して測溫表面にいろいろの藥品とか油とかフュージブルアロイ等を塗るか附着するか或は押付けて其ものの熔融點發火點變色點等を利用して測る方法が最よい。即嘗てセンチネル及ブレヤレー氏等は物の熔融點を利用して溫度をはかることを考へた。これは其原理に於ても使用上に於ても別に缺陷はなかつたが其後單一相内の溫度をはかる計器は次第に發達した爲にこの方法は比較的忘れられて居た。然るに互に溫度を異にする相異なる二つの相特に固體とガス體とが相接する境界面即物體の表面溫度の測定に到つては非常に困難にして今日に至るも適當なる方法がないからこれを復活改良して表面溫度測定用に應用することは種々の點に於て利便多きことを著者は感得したからである。

第 三 表

物質名	熔融點	發火點	變色點				
H_2O	0°C	—	—	$\text{NH}_2\text{SO}_2\text{NH}_4$	30	P(黃磷) 30°	—
POCl_3	1.3	—	—	AbBr_3	31	—	—
NH_2NH_2	1.4	—	—	NH_2OH	33	—	—
WF_6	2.5	—	—	OsF_8	34	—	—
SbCl_5	4	—	—	H_2PO_3	35	—	—
Si	5	—	—	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	35	—	—
SbF_5	7	—	—	$2\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{aq}$	36	—	—
SiHCl_3	8	—	—	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 6\text{aq}$	36.4	—	—
IF_5	8	—	—	PSBr_3	37	—	—
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{aq}$	8.5	—	—	$\text{FeCl}_2 + 6\text{aq}$	37	—	—
$\text{Cl}_2 + 8\text{aq}$	9.6	—	—	H_3PO_4	38.6 & $\left(\begin{smallmatrix} \text{乳白色} \\ 41.8 \end{smallmatrix} \right)$	—	—
SeOCl_2	1.0	—	—	Pub	38.5	—	—
N_2S_5	1.0	—	—	$\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 6\text{aq}$	40	—	—
H_2SO_4	10.5	—	—	BrI	ca40	—	—
ICl	13.9 & 27.2	—	—	$\text{TlBr}_3 + 4\text{aq}$	40	—	—
$\text{Br}_2 + 10\text{aq}$	15	—	—	BI_3	43	—	—
SO_3	16.8	—	—	KI_2	45	—	—
MoF_6	17	—	—	P(weiss)	44.1	—	—
H_3PO_2	17.4	—	—	H_2SO_5	45	—	—
H_2SnCl_6	20	—	—	$(\text{N}_2\text{H}_4)_2\text{H}_2\text{SO}_4$	45	—	—
P_4O_6	22	—	—	OsO_4	45	—	—
$\text{TlCl}_3 + 4\text{aq}$	ca.25	—	—	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 9\text{aq}$	47.2	—	—
ICl_3	25	—	—	$\text{Na}_2\text{O}_2 + 8\text{aq}$	48	—	—
RuO_4	25.5	—	—	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{aq}$	48.2	—	—
PH_4Cl	26	—	—	$\text{SO}_3\text{HO}(\text{NO})$	<50	—	—
GeBr_4	26.1	—	—	$\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 + 12\text{aq}$	50	—	—
Cs	26.4	—	—	$\text{HClO}_4\text{H}_2\text{O}$			
$\text{Na}_2\text{HAsO}_4 + 12\text{aq}$	28	—	—	$\text{CO}(\text{ClO}_3)_2 + 6\text{aq}$			
N_2O_6	29.5	—	—	$\text{Au}(\text{CN})_3 + 3\text{aq}$	51	—	—
$\text{CaCl}_2 + 6\text{aq}$	29.5	—	—	$\text{CO}(\text{CO})_4$			
Ga	29.75	—	—	CNBr	52	—	—
SnBr_4	29.9	—	—	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 3\text{aq}$	51.1	—	—
				POBr_2	55	—	—

$\text{CO}(\text{NO}_3)_2 + 6\text{aq}$	56	—	—	Au_2O_3	>100	—	—
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 6\text{aq}$	57	—	—	$\text{CaCl}_2 + 2\text{aq}$	} 120	—	—
H_2SeO_4	58	—	—	$\text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{aq}$		—	126(赤→黄)
$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + 6\text{aq}$	59.5	—	—	HgI_2	—	—	—
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$	} 60	—	—	$\text{Na}_2\text{SnO}_3 + 3\text{aq}$	} 130	—	—
$\text{Be}(\text{NO}_3)_2 + 3\text{aq}$		—	—	H_5IO_6		—	—
NH_4HCO_3		—	—	$3\text{PbOH}_2\text{O}$		—	—
$\text{Zn}(\text{ClO}_3)_2 + 6\text{aq}$		—	—	Cu_2FeCy_6	} 140	—	—
PI_3	61	—	—	$\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$		—	—
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 6\text{aq}$	} 62.5	—	—	$+ 12\text{aq}$	} 150	—	—
K		—	—	$\text{MgSO}_4 + 7\text{aq}$		—	—
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	65	—	—	NH_4CNS	} 200	—	—
$\text{N}_2\text{H}_4\text{HNO}_3$	ca69	—	—	NH_4IO_3		—	—
UF_6	69.5	—	—	$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$	} 250	—	—
$2\text{HgNO}_3 + \text{aq}$	70	—	—	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_2$		—	—
$\text{Cu}(\text{ClO}_3)_2 + 4\text{aq}$	73	—	—	$\text{K}_2\text{Mn}(\text{Cy})_6$		—	—
H_3PO_3	73	—	—	$\text{Mg}(\text{BrO}_3)_2 + 6\text{aq}$	} 300	—	—
SbCl_2	73.2	—	—	TeCl_2		—	—
NbF_5	75.5	—	—	AuOH	} 350	—	—
GaCl_3	75.5	—	—	Au_2O		—	—
$\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 + 4\text{aq}$	79	—	—	P (赤)	—	260	—
$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$	79	—	—	Sb_2O_5	} 400	—	—
$\text{Cd}(\text{ClO}_3)_2 + 2\text{aq}$	79	—	—	Ti_2O		—	—
$\text{NH}(\text{SO}_3\text{NH}_4)_2$	80	—	—	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{OH})_2$	} 450	—	—
$(\text{KSO}_3)_2\text{NOH}$	85	—	—	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$		—	—
$\text{COCl}_2 + 6\text{aq}$	87	—	—	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$		—	—
$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + 6\text{aq}$	87.2	—	—	$+ 6\text{aq}$	} ca400	—	—
$\text{N}_2\text{H}_4\text{HCl}$	89	—	—	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$		—	—
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	90	—	—	PbI_2	450	—	—
$\text{SO}_2(\text{NH}_2)_2$	} 92	—	—	$\text{LiI} + 3\text{aq}$	} 500	—	—
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 + 12\text{aq}$		—	—	TiOOH		—	—
$\text{AlBr}_3 + 6\text{aq}$	93	—	—	CuCl_2		—	—
$\text{FeI}_2 + 4\text{aq}$	94	—	—	PbCl_2	—	—	—
SbBr_3	94.2	—	—	附記 1. 有機化合物中には $0^\circ \sim 200^\circ\text{C}$ の熔融點を有するもの多數あり。 2. Pb, Sn, Cd, Bi の合金たる所謂フュージブルアロイの中には其配合によつて $140 \sim 450^\circ\text{C}$ の範圍内の任意の熔融點を有するものを造りうる。			
$\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 + 12\text{aq}$	95	—	—				
KH_2PO_4	96	—	—				
TaF_5	97	—	—				
Na	97.5	—	—				
$\text{CuCl}_2 + 2\text{aq}$	ca100	—	—				
$\text{NH}_4\text{MgPO}_4 + 5\text{aq}$	} 100	—	—				
$\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 + 18\text{aq}$		—	—				
$\text{Zn}(\text{BrO}_3)_2 + 6\text{aq}$		—	—				
		—	—				

第三表は Chemikerkalender から $0^\circ \sim 500^\circ\text{C}$ の範圍の熔融點をもつ無機物を集めたるものにして非常に數多いから $100^\circ \sim 500^\circ\text{C}$ 間は大部分省略した。

著者はこれらのもので作った一連のスケールを順次温度をはからんとする物體の表面に塗るか或は押つけて其熔け加減によつて表面温度をはかることを重ねて提唱する。勿論押つける、とそこに壓力が加はるから熔融點は幾分低下することが考へられるが又一面に於ては其押つけた物體がよく其表面に密着せない爲にスケールにあらはれる示度が其表面温度よりも幾分低く出ると云ふことも考へられるがこの二つの現象が互に反對の方

向にはたらく所に寧興味がある。又これらのものの中には結晶のものもあれば粉末のものもあり堅いものもあれば脆いものもあり酸性、中性、アルカリ性のものもあつて表面溫度の測定用としては場合によつて不適當なものもあるからかゝる點を一切考慮に入れてこれら等の中から各場合に應じ實際に適當なものを選び適當な形一例へは熱の不良導體の柄の先に藥品を塗つたマッチ棒の如きもの又要すればこれに握力計様の壓力計をとりつける等一にして線膨脹法によつて其糸度をチェックし補正して表面溫度をはかるのである。

又熔融點のみでなく發火點を應用するといふことも面白い。例へば燐は何度で發火する油やアルコールは何度でもえるといふことがわかつて居るから此等のものも上の表中へ織込むといふことも面白い。現に著者は運轉中のセメント回轉窯のライニングブリックの状態を知る爲に外側にマッチの棒をあてがつて診察をする場合がある。

次に Hg_{12} は其特徴として常溫に於ては紅色であるが $126^{\circ}C$ で黄變する性質がある。故にこのものを溫度をはからんとするものゝ表面に塗れば其溫度が變色點の $126^{\circ}C$ よりも上か下かといふことが一目瞭然にわかる、此種のものはおそらく多くの無機及有機化合物中を探せばいくらでもあらう。此ことに關して著者は既に數年前から機會あるごとにのべて居るがそれかあらぬか最近カメレオンとかいふ商品名を以てモートルの表面に塗布して其色の變化によつてモートルの熱し加減を豫知するものが巷間にあらはれて居ることを耳にするがこれらは其一例にすぎない。

要するにこれらのものを以てかの高溫度測定に用ふるゼーゲルコーンの如く一連の「表面測溫スケール」を作りこれで以て物體の表面溫度を測ることを著者は繰返し提唱する。勿論このスケールによればかのゼーゲルコーンと同様溫度が飛んで居るから精密な測定には不向であるが工業用或は家庭用としては充分實用的價值あり其正確度に於ては寒暖計及サーフェースパイロメーター等にまさること萬々である。

即水銀寒暖計等に於ては寒暖計の全部が一様に熱せられるところでなければ正しい溫度をあらはさないが此スケールでは接觸面の一部分でも融けるか燃えるかすれば事が足りるからこの點に妙味がある。

IV 結 語

かくして測り得た表面溫度を實際作業の上に應用する場合は甚多い。セメント回轉窯に於ては無論のこと硝子及瑯琊陶磁器等の窯に於ても或は爐内のアトモスフェアを均等にするとか或は窯爐の設計熱の經濟燃料の節約をはかる等の爲には極めて必要なれども其實例は茲では割愛する。

要するに

1. 表面溫度の測定は甚困難にして從來適當なる方法なく誤つて測定されて居たこと。
2. 此が正しき測定法として形の長いものに於ては著者の考案にかゝる「線膨脹法」によるべくまとまつた形のものに對しては「表面測溫スケール」の使用を提唱する。

セメントキルンの研究にあつてはしなくも上の結論を見出した門外漢の微々たるこの研究がこの方面の研究に幾分でも刺戟を與へ將來同好専門の士の貴き御研究の結果を伺ふことを得るならば著者の欣快これに過ぐるものはない。(昭和 10 年 5 月 3 日受理)