

# 太陽熱利用に関する講演会報告

1月23日午後、気象研究所講堂において、気象研究所、気象学会共同主催により表題の講演会が開催され、多くの参会者を得て盛会であった、以下に其の内容を略記する。

## 1. 我が国の太陽熱利用学会の活動状況について

関原 疆 (気象研究所)

最近、2、3年米国、ソ連における太陽熱利用学に対する関心は急激に高まりつつあるが、わが国の太陽熱利用学会は殊に米国のそれに呼応して昨年初頭日本機械学会の分科会として発足した。現在のところその構成は、空気が調和、太陽炉、太陽熱料理器、太陽熱温水器、建築関係、天文関係、気象関係、一般および熱工学関係、等の諸部門に関する委員約10名よりなり、11月に関係委員が米国の国際シンポジウムに出席するまで、大体毎月1回委員会が開かれて来た。この会の任務は内外における太陽熱利用に関する資料を調査し、その記録を謄写印刷にして保存し、太陽熱利用に興味を有する方面に配布したりすることであるが、同時に其の関係の研究を推進しようという意図をもったものである。現在までにこの会が行って来た事績を列記すれば次のようなものである。

a) 米国スタンフォード研究所より日本における太陽熱利用に関する科学的資料に関し照会があったので、分科会で検討して回答を送った。其の項目は、日本(東京)における日射量、いかなる場所にいかなる太陽熱利用装置を利用するのが有効であるか、またその費用はいくらなどである。

b) 日射量ことにその直射成分につき、水平面、東西南北の重直面上におけるものを計算するグラフをつくった。

c) わが国各地における水平面日射量を気象台の観測結果に基づき最近5内至10年間の統計をとり表とした。

d) 1955年11月行われた米国アリゾナ州フェニックス市において開催された太陽熱利用国際シンポジウムに対する準備と連絡。

e) 徳川生物学研究所の見学(クロレラ培養による太陽輻射利用)

f) 日本農村における太陽熱利用状況の報告。

g) 太陽熱利用ヒートポンプに関する報告。

h) その他この関係の文献の提出は随時行われた。

ざっと以上のごときものであるが、最後に太陽熱利用に関する気象部門の委員としての筆者の意見は、1. 太陽熱利用の問題はここ数10年間の全世界におけるエネルギー資源の消費と生産の問題を考慮すれば将来原子力と並んで真剣に開発されなければならないと強調されていることは米国、ソ連ともに強調しており、従って全世界の傾向であり、われわれも全人類の立場から十分真面目に取上げるべき問題である。2. 太陽熱利用の科学的基礎

資料としてあらゆる意味の輻射観測を充実させる必要のあること、これはことにその絶対値観測の必要であることからして準器の確立が要求される。3. 輻射エネルギーを考慮した気象学は将来の気象学の大問題であるが同時にこれは太陽エネルギー利用の観点からも十分考慮されるべきことなどである。

なお慶応大学谷下市松教授より「太陽熱利用のエネルギー経済的考察」要旨代読を依頼されたので、以下の文章を代読した。

太陽熱利用は太陽炉のような高温度を発生する目的のもの、温水器、太陽熱機関、太陽熱蒸溜装置のような燃料または電気エネルギー節約を目的としたもの、藻類を培養する生化学的方面のものおよび太陽電池により電気を起す電氣的方面の応用など非常に範囲が広い。しかしこれらの中で多くのものは現在は研究の段階であって将来実用の可能性があるというものである。現在でもすぐに実用になるものは比較的少く、それらはたとえば太陽炉や温水器のようなものであると思う。太陽炉は現在でもすでに実用出来、燃料や電気エネルギーでは実現出来ない。

3000°C前後の高温度を発生し特殊の高温度における研究用としては貴重なものになっている。しかしその直径は数mまたは10数m程度のもので、将来直径60米(200')の大型のものが出来たとしても、その費用の関係で、個数が制限されるから、その利用し得るエネルギー量として極めてわずかなものである。現在世界中に出来ている太陽炉の個数は10数個の程度であろう。

これに比較して、温水器は50°C位の温水を太陽熱によって作るもので安価で簡単な装置で足り、ことに家庭用としては受熱面積、2~4平方米程度の手頃なものでよいので、やり方によっては現在でも燃料と経済的に競争出来るものである。従って現在すでに相当数のものが使用されている。現在日本では約3万個、米国では約5万個世界全体では10数万個に上るものと想像されるし、且つその個数は急激に増大しつつある。とくにわが国では諸外国に比較して燃料が高価であるので、今後太陽熱温水器の普及ははなはだ有望視される。従って研究者としては、わが国の家屋や特殊事情に適した構造簡単に性能のよい温水器の標準型を定めることが必要であるし、また当局者としては適当な施策によりその普及を奨励することが大切である。

## 2. 太陽エネルギー利用国際会議に出席して

柳町政之助 (高砂熱学工業株式会社)

はじめにこの方面における問題点を述べると、集熱器の熱効率には外界との温度差が大きくなればなる程悪くなる、その効率低下はガラス等の保温板を用いると著しくその速度をゆるめることが出来るが、温度差の小なる時の熱効率は何も保温のおおいのない場合の方がよい。熱の貯蔵法は今後の重要研究課題である。夜間冷却の問題も是非研究されなければならぬ。

太陽熱利用会議において特に注目されたのは太陽熱料理器の問題が各国で競ってとり上げられたことで、これは今後における一つの有望な課題である。

太陽熱利用会議の歴史は第1回は M. I. T. において1950年に、第2回は American Academy of Science において1951年に、第3回は Ohio State University において1952年に、第4回は Wisconsin において、1953年に、第5回は Peaceful Use of Atomic Energy の1分科として1954年に、第6回は印度ニューデリーにおいて同じ年に、第7回が今回でアメリカ、アリゾナ州首都フェニックス市において1955年11月開催されたものである。参加人数も当初においては10数名に過ぎなかったが、次第に盛大となり今回のものに到つては米国以外からの参加数のみにて135名を数えるに到った。

今度の会についてはスタンフォード研究所 (Stanford Institutim) が専ら開催の労をとり、また、研究の便宜をはかるために同研究所では最近の文献を集録した Applied Solar Energy Research なる本を発行している。ここでも研究の最大目的はアリゾナの砂漠開発にむけられており、またこの会につきフォード、ロックフェラー等の財団の援助があった。

提出された論文は122で内訳はアメリカ81、日本6、ドイツ5、アルジェリヤ5、アフリカ4、イスラエル4、フランス4、オランダ3、等々といった所である。これを種目別にすれば、暖冷房22、光合成19、基礎15、農業12、光発電11、……等に分類される。概して日本はアメリカにつき盛に行っているとの感じを受けた。

このシンポジウムに平行して太陽熱利用装置関係の展示会が開かれた。出品物の内訳は A. 日射測定器, B. 集熱器, C. 太陽熱料理器, D. 温水並びに空気加熱器, E. 太陽炉, F. 熱ポンプ, G. 蒸溜器, H. 光発電, I. 光合成, J. 農業 等である。

これを要するに、前述のアメリカでは太陽熱料理器とともに砂漠の開発に関連して海水の蒸溜の問題に非常に熱意を示している。わが国では太陽エネルギーの非常に大きな部分が天与の蒸溜水として、雨の形で恵まれているのであるから、水力の利用は日本がさらに力を入れるべき問題であることは講演者の痛感した所である。

## 3. 日射測定に関する会議の模様について

百田 恒夫 (電気試験所)

今回のアメリカ、アリゾナ州フェニックス市で開かれた太陽熱利用国際会議 (World Symposium on Applied Solar Energy) に先だつて同州ツソン市のアリゾナ大学で Conference on Solar Energy the Scientific Basis が10月31日、11月1日の2日間開催され、その際 Conference on Solar Radiation Measurement が U. S. Weather Bureau の Dr. Fritz を座長として約3時間にわたり行われ、14人の Scientist の講演があった。講演者はその組合をしたのであるが、これについては別項に詳細を述べる。

なお講演者の専門は太陽電池であるが、これについては従来其の効率が Photogalvanic Cell で0.5%, thermopile で1%, P. W. Junction (Serenium Cell) で0.6%であったのが、最近の半導体の発見で6~11%に飛躍し一段と将来性のある有望な課題となったものである。しかし現状ではまだ高価で経済的に採算がとれるまでには到っていない。

## 4. 冷水と温水施設の効率

三原 義秋 (農業技術研究所)

稲作が北上し、高地へ登るにつれて冷水が制限因子として働らく。時に発電施設が冷水化を一段と助長する。

冷水障害の克服にいろいろの方策が考えられるが、灌漑法改善、温水施設、および節水法の3つに大別される。いずれも決定的な効果を發揮していない。

温水施設はすでに数多くが実施されているが、肝腎の上昇度算出の基準は現在までなきに等しい。水面に入る日射、凝結熱、伝達熱、水面から出る逆放射、蒸発伝達の諸量が簡単にわからないからである。現在問題としているのは逆放射量と冷水面への凝結熱と伝達熱の量で、とくに後者の係数決定が主題となっている。

(気象研究所 関原 疆)

## 太陽輻射測定への Smithsonian の寄与

(Smithsonian Contributions to Solar Radiation Measurement)

C. G. Abbot

Smithsonian Institution, Washington, D. C.

論文の前半は S. P. Langley その他の人々による

Smithsonian 研究所の太陽常数を決定するに到るまでの

\* 講演者は暖房冷房装置の専門家で、この方面における熱機関の動力源として太陽熱を利用することを永らく考えて来ている人である。

歴史と、これを測定する各地の観測所のへんせんの模様が時代を追って書かれている。

太陽常数の測定に用いられている、いわゆる“long method”は、いろいろな点で困難を伴うため“short method”を考察した。後者は経験的な事実をもとにした方法で測定精度も前者に優る。永年にわたる測定結果から太陽常数の変動には273カ月の規則正しい週期があり、また、その期間をこまかく観察すると約60にも及ぶ

別な短い規則正しい週期が入り混っていることを著者は見出した。太陽出力のこのような週期的変化のすべては地球の天気に影響を及ぼす。しかし、その応答には遅れがある。これを説明するには永年にわたる気象資料が必要だ。これが完成されると、天気現象は一段とはっきりするようになる。この目的のため、幾つかの輻射測定装置が考案されたし観測方法その他も工夫された改良されてきた。

**色々な分光領域における太陽直射光及び天空光を連続測定するための装置**

(An Apparatus for the Continuous Measurement of Solar and sky Radiation in Various Spectral Regions)

H. Stratmann

(Kohlenstoffbiologische Forschungsstation Essen-Bredene, Germany.)

ここに述べられている装置は光合成のもとをなすいろいろな波長領域の水平面日射量を、違った気象条件のもとで測定するために作られた。この装置のもつ特長は測定すべき輻射をUlbricht球(95%反射)に入射させ、球内面の1部分の光をレンズで光電管に結ばせる。光電管の前と同じ部分に次は比較用電球から出る光を結ばせる。この両者を、廻転鏡を使用して、光電管へ交互に入射させ脈流(25サイクル)にする。1,200倍増幅して、Servo-motorを動かす4つのサイクロンのグリッドに入れる、このmotorで光学くさびを動かして電球の光

を加減し、測定せんとする輻射と同一になるところでmotorは自動的に止まる。だから光学くさびの位置が強度目盛りになる。また、3500Åから8000Åまでの波長の光を6つ(1つの波長巾は約700Å)の領域に分けるため、光電管の前にフィルターを取付けた円盤を廻転させ、1つのフィルターによる測定は20秒で終る仕組みになっている。光学くさびの位置は前に述べた比較電球の光を別の光学系に導き、光電管(これの前面に前述した光学くさびと連動する別のくさびが取付けてある)に照射させて光電流を記録して決定する。

**太陽輻射測定用の自動的記録及び総計装置**

(An automatic printing and totalizing device for solar radiation measurements)

A. Richard Kassander, and Lyle L. Knowles

(Inst. of Atmosph. Phys., Univ. of Arizona, Tucson, Arizona.)

50個の熱電対を使うエプリー日射計を受感部にし、これによって生ずる熱起電力をBrownの電子管式自動平衡ポテンシオメーターで記録する仕組みになっている。記録計の作動は殆んどすべてが器械的に行われ、計器内にあるサーボ・モーターの廻転をペンで記録するために、3段式のAnalog-Digital変換器を、また、記録および

総計操作はClary Multiplierの数字式計器を使っている。装置はまた自動的に日照時間中だけ働くようにされている。輻射強度は1分毎に記録し、また、1時間毎にその値が総計されるようになっていて、こまかい変化もつかむことができる。

**Phoenixにおける太陽紫外輻射と全輻射との割合**

(The Ratio of Ultraviolet to Total Solar Radiation in Phoenix.)

C. R. Caryl

(Desert Sunshine Exposure Tests, Phoenix, Arizona)

染色した織物の褪色する速さは、主として、それに照射させた輻射の強さや分光強度組成によって変化する。温度や湿度はそれほど重要な要素にならない。太陽光で色素の耐久力をしらべる際、試料は午前9時から午後3時まで雨に向け、しかも水平面と45°の角度に保って露出される。上述した面に入射する全輻射量をPhoenixの過去12カ月につきしらべてみると、1月の13,000 langleysから3月または9月の19,000 langleys位の変化よりない。然るに、ある色素の褪色につき、夏は90時間、冬はその2倍の時間で同じ影響が見出されるという

矛盾がある。天候に左右されて日射時間が季節により大きく違うことはありうる。なかでも紫外線の季節変化が非常に大きいことはよく知られている。これらの問題をしらべるため、エプリーの日射計に筒をつけ、その先端にフィルターを取りつけられるようにした。直射光の中の紫外線をも測定できる装置と、水平面及び南向きでしかも水平面と45°の勾配をもつ面の日射量を測る装置を使用して、1955年8月から10月までPhoenixにおいて観測した。その結果、直射光の全輻射量は日変化があるけれども、紫外輻射と全輻射との割合は、少くも10時か

ら14時の間、20%で一定だった。この割合は同年6月と7月にアメリカの各地で同様な方法で観測された値より

大きい。この観測は長時間にわたり行う必要があるので、目下、装置を改善して観測を続けている。

### 可視域および赤外域の太陽エネルギー分布

(Solar Energy Distribution in Visible and Infrared)

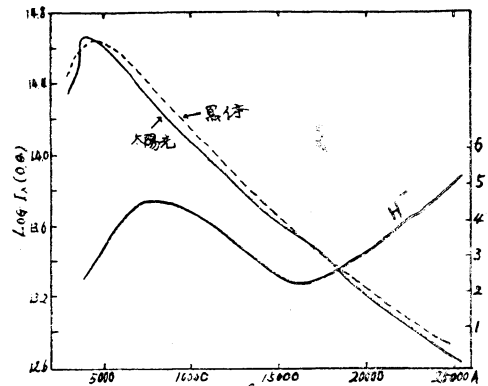
A. Keith Pierce,

(Mc Math-Hulbert Observatory, Univ. of Michigan, Pontiac, Michigan.)

太陽エネルギーの分布を決める場合、測定装置の分光感度、地球大気中に存在する光吸収、そして測定する光の分光純度は決定しておく必要がある。分光感度決定その他に主として実験室内で使用する標準光源はその明るさが太陽の場合と本質的に違うため、光源はなるべく明るいを使用すべきだ。普通、石英電球、炭素弧光が使われる。著者の実験では炭素管を電気抵抗体として発熱させ、これを光源にするのが最もよいようだ。

太陽スペクトルの分光強度分布 ( $0.4\mu \sim 2.5\mu$ ) を Minnaert (Juiper, **The Sun**, Univ. of Chicago Press, 1953) その他のデータから引用し、 $6,400^\circ\text{K}$  の黒体放射と比較した結果は第1図に示す。また、太陽大気中の負の水素イオンの吸収は Chandrasekhar and Breen (Ap. J., 104, 430, 1946) から引用した。図から吸収の大きい領域ではエネルギーは弱く、吸収が小さい領域 ( $1.6\mu, 0.4\mu$ ) は、平均的に、より高温の層から光が出てくる

ことになるのでエネルギーは強く黒体に等しいか、またわを超えている。青や紫色の領域は多くの吸収線があるため精度のよい観測はまだなされていない。



第1図 太陽面中心部の分光強度分布と負の水素イオンの吸収係数

### 皆既日食中の第1から第4接触までの輻射の観測値と計算値

(Observed and Computed Radiation from First to Fourth Contact during a Total Solar Eclipse.)

L. J. Briggs

(National Bureau of Standards, Washington, D. C.)

皆既日食中の太陽輻射の測定は短時間内にその強度が大きく変化するので観測値と計算値とを比較することができるから興味がある。この研究は1949年5月20日の日食の際 Brazil でエプリー日射計を使用して水平面日射量を観測した結果につき行った。8時22分に始まり11時01分に終わったが、その間、空の条件は輻射観測に絶好であった。日食中の輻射強度を量的に計算するため、太陽面をその中心から縁にかけ5つの帯に分け、それぞれの帯につき明るさと輻射強度を計算から求め、また第1接触から第2接触まで太陽の食に要した時間を10等分して計算し、結局次の式から求まる計算値と観測値とを比較した。

$$R_t/R_0 = a \cdot b \cdot (\sin \alpha_t / \sin \alpha_0) P^{(\sec Z_t - \sec Z_0)}$$

ただし、

$R_t, \alpha_t, Z_t$  は時刻  $t$  における太陽輻射の強度、太陽高度角、天頂角、

$R_0, \alpha_0, Z_0$  は第1接触時の値。

$a$  : 太陽面が月によって覆われていない部分の面積、

$b$  : 太陽面の明るさが緑に近づくことと減少することを考慮した補正項、

$p$  : 透過率 (0.8)

その結果両者はよく一致する。ただし、日食時の直射光と天空光の強度比は第1接触時の値が適用できるとした。

### 北極における太陽輻射測定の問題

(Some problems of measuring solar radiation in the Arctic.)

R. W. Gerdel

(Climatic & Environmental Research Branch, Corps of Engineers, U. S. Army, Wilmette, Illinois.)

北極で太陽輻射を測定し、極地のもつ環境の特殊性に関係すると思われる異常な結果を得た。その第1は  $75^\circ\text{N}$  で10個および50個の熱電対からなる2種類のエプリー日射計を使用して輻射を測定した際、厚い霜で計器が覆われた。そのためか、記録した輻射の強さは、General

Electric, Model Dw Radiometer で測定した値よりも15~50%大きいように思われた。この原因は霜の表面での光の散乱と内部の反射に帰結される。第2の問題は1955年の夏グリーンランドでエプリー日射計を用いて太陽輻射を測定した場合に起った、すなわち雪面上、1.25、

3.5, 5.7m 高度にそれぞれ計器を置いて測定したが、その結果、風雪の際は 1.25m における強度が 5.7m のそれより 2~6% いつも大きく、静穏なときはその差が、殆んど無いことがわかった。輻射測定と並行して上記高度

で 1 立方メートル中の雪の質量を測定したが低い所が多かった。雪面近くで輻射が強くなる原因は直射光、反射光の雪片による散乱のためと思われる。

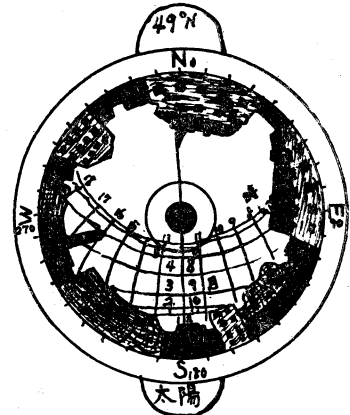
日照時間および日照強度のオプトグラフィックな計算

(Opto-Graphic Computation of Insolation-Duration and Insolation-Energy.)

Eriedrich Tonne,

(Institut für Tageslicht-Technik, Stuttgart, Germany)

都市計画、工場建設を行う際、家屋の受ける太陽熱量を決定する必要がある。この目的のために著者の属する研究所では“Horizontoscope” (第 2 図) を使用する研究が進んでいる。拋物線の形をした凸面鏡 (径: 約 4.5 インチ) で、考えている場所にこれを置くと周囲にある妨害物および天空の投影像が鏡面上にあらわれる。また鏡面は半透明になっているので、Horizontoscope の底においた Sun chart と同時に比較すること (すなわちオプトグラフィカルな方法) により、太陽直射光の妨害物による影響、日照時間がわかる。また Solid angle chart と比較すると天空光に関する問題がわかる。さらに、入射するエネルギー量を大気中での吸収、散乱による減衰を考えて、比較的容易に求めることもできる。この場合、考えている場所の光学的にみた大気の状態や平均的な日照時間等がある程度詳しくわかっていなければならない。この計算方式は目下発展の段階にある。



第 2 図

Horizontoscope の底に、季節及び時間によって違う太陽高度図すなわち sun chart (49°N の場合) を置いて投影図と比較した場合

南アフリカの太陽輻射の強度

(The Intensity of Solar Radiation in Southern Africa.)

A. E. H. Bleksley

(Univ. of Witwatersrand, Union of South Africa)

現在、Union of South Africa では約 20 の輻射観測所があり、そのうちの 6 カ所では全輻射量と天空光の観測が続けられている。さらにこれら測器の Standardisation は Pretoria で実施される。観測結果の一例を南西部にある Windhoek (1951年8月~1954年3月) につき日日の値をみると次の如くである。

| 月 | 全輻射 (cal. cm <sup>-2</sup> ) |     | 天空光 (cal. cm <sup>-2</sup> ) |    |
|---|------------------------------|-----|------------------------------|----|
|   | 最大                           | 最小  | 最大                           | 最小 |
| 1 | 824                          | 291 | 338                          | 54 |
| 3 | 720                          | 108 | 286                          | 39 |
| 6 | 441                          | 260 | 154                          | 34 |
| 8 | 597                          | 418 | 154                          | 41 |

この表からわかるごとく、著者は天空光の重要性を強調している。年間の輻射量は場所によって非常に違うが、太陽熱を利用せんとする場合は好適地である。次表は大別した 3 地域の水平面日射量 (cal. cm<sup>-2</sup>) の総量を夏と冬に区分して示す。

| 地域     | 年間      |        |
|--------|---------|--------|
|        | 夏       | 冬      |
| 砂漠     | 140,000 | 90,000 |
| 中央高原地方 | 105,000 | 75,000 |
| 沿岸地方   | 90,000  | 55,000 |

上に紹介した 9 論文の外

- (1) Solar Radiation Measurement Instruments.  
L. Morikofer, Physikalisch-Meteorologisches Observation, Davos, Switzerland.
- (2) Indirect Measurement of Solar Energy Variations in the Ultraviolet and X-ray Region. Walter O. Roberts. High Altitude Observatory, Univ. of Colorado, Boulder, Colorado.
- (3) Proposed Modification of Normal Incidence Measurement Program.  
C. F. Brooks, Director, Blue Hill Observatory, Harvard Univ., Milton, Mass.
- (4) Sky Radiation: Its Importance in Solar Energy Problems.  
A. J. Drummond, Meteorological Office, Department of Transport, Pretoria, South Africa.

が会議に提出された。しかし、印刷物がないため内容はわからない。上記資料のすべては電気試験所の百田恒夫氏の御好意によるもので、厚く御礼申上げる次第である。  
(紹介者=気象研究所 川村 清)