

太陽炉について

石亀 希男

東北大学科学計測研究所 〒980 仙台市片平 2-1-1

東北大学科学計測研究所の附属太陽エネルギー実験所には現在大型の太陽炉が1基建設されているが、エネルギー資源として太陽エネルギーを利用するという立場ではなく高温を発生させることを主目的として作られた装置である(写真1)。この太陽炉の試作は、桜井教授(現在東北大学名誉教授)を中心とする鎌田治氏(現在宇都宮大学教授)、穴戸昂郎氏(現在東北学院大学教授)、稲垣耕司氏(現在東北学院大学教授)らのグループにより昭和34年から始められ、放物面鏡の研磨装置の製作、放物面鏡の作製、放物面鏡支持台、ヘリオスタット、自動追尾装置などの完成のあと鏡の取付け、調整および最終的な運転試験を経て昭和38年3月に太陽炉の完成が報告されている。

この太陽炉は181枚の部分鏡からなる口径10m、焦点距離3.2mの放物面鏡と238枚の平面鏡からなるヘリオスタットを組み合わせたもので、当時大学院生から助手になりたての私にとって装置というより建造物という感じを受けたものである。この太陽炉は現在までに何回かの修理・改造が加えられ、今年で満20歳になろうとしているわけである。

仙台地区は6月中旬から7月中旬まで東北特有の梅雨時期となり、太陽炉はまったく使えなくなる。梅雨のあとは台風の季節となりまた12月から3月までは雪の季節を迎えることになる。とくに積雪の多いときは天気がよくても除雪しなければ太陽炉の運転ができない場合が多く、1年を通じて太陽炉を実際に使える日はかなり制限される。

太陽炉は天気が良ければ3,000°C程度の温度が簡単に発生できるので、融点の高い物質を溶融する道具としてはなかなかよい装置である。とくに酸性性雰囲気でも、中性あるいは還元性雰囲気でも自由に選べることや高温下での試料の汚染を防げることなどは大きな特長と考えてよいと思う。

20年間太陽炉に関係する仕事をしてきてつくづく感じるのは、太陽炉を使用していくには忍耐と寛容が必要だということである。青空が空一面に広がっているのに太

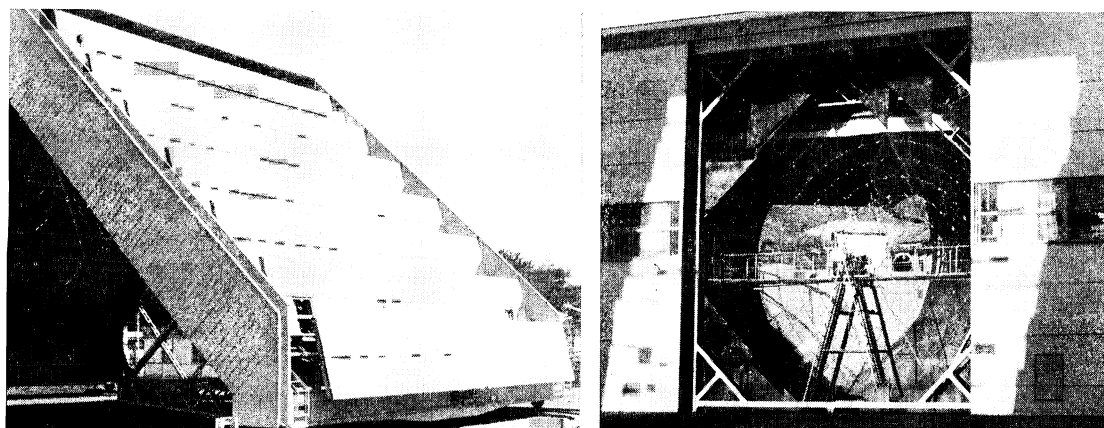
陽の囲りにだけ小さな雲があり、太陽が雲に入ったり出たりしていて加熱実験が思うように進まないなどは精神的によろしくないようである。仙台地区とは限らず、地上で太陽炉を使う以上気象条件に左右されるのは仕方がないことと思われる。

何はともあれ気象条件に左右されるため太陽炉の温度制御が意のままにならないとしても、短い時間の間ならば3,000°C以上の高温が光加熱により発生できることは太陽炉の特長の一つで、たとえば融点の高い物質の非晶質化を行なう場合などには十分利用しうると考えられる。とくに雰囲気を選べるという利点を考慮するならば、オキシナイドガラスのような発想を融点の高い物質のガラス化に適用し、高い結晶化温度をもつ耐熱性強化ガラスの開発研究を太陽炉を利用して行なうことも考えられる。

地上での太陽放射エネルギーは1m²について約0.9kWと考えてよいので、口径10mの太陽炉の入力エネルギーは約70kWに相当する。東北大の太陽炉の焦点面での輻射集中密度は5×10⁴を越えているのでこの太陽炉を近似的に6,000Kの黒体放射スペクトルをもつきわめて強い光源と考えることも可能である。この立場から考えるとYAGやルビーなどを使ったレーザに用いられているキセノンランプの代りに太陽炉を使うのも可能であるが、地上では気象条件に左右されるので現実的利用はむずかしいと思われる。

太陽炉で得られる高温や熱、または強い輻射を代替エネルギーとして利用することも可能である。この場合には、おそらく利用目的に応じた太陽炉の設計が必要であろう。地上で利用することを考えるならば得られるエネルギーが気象条件によるので補助エネルギー源としての利用が適すると思われる。

さて、地上での太陽炉の利用はこれくらいにして、宇宙空間において太陽炉を利用することを考えてみる。3,000°C以上の温度が太陽炉を用いて発生した場合、地上では気象の変化によって温度が変化してもこれを人為的に補償する手段は現在のところなかなか手に入らな



(a) ヘリオスタット

(b) 放物面鏡

写真1 東北大学科学計測研究所の大型太陽炉

い。たとえば高温発生装置として、近頃注目されているキセノンアークイメージ炉などを検討してみても、太陽炉にくらべて小さな部分しか高温にできず、また到達温度も $3,000^{\circ}\text{C}$ を越えさせるにはかなりの困難を伴う。しかし、宇宙空間では気象の変化は心配なく、したがって宇宙空間に設置した太陽炉の温度は人為的に制御が可能である。また地上では、 1m^2 について 0.9kW であった太陽放射エネルギー密度も宇宙空間では 1m^2 について約 1.4kW と大きくなる。たとえば東北大科研の太陽炉と同じ規模の炉を宇宙空間に設置するならば入力エネルギーは約 100kW となり到達温度も上昇する。実際にこのような超高温が宇宙空間で必要となるかどうかは判然としないが、宇宙空間においては太陽炉は相当安定した高温発生の道具となりそうである。

もちろん太陽炉を宇宙空間で利用するとなれば太陽の追尾機構や宇宙線からの保護、加熱試料の支持およびその他諸々の問題を解決しなければならないだろう。しかし使用できるエネルギーが全体として制限を受ける宇宙空間においては、必要なエネルギーを太陽に求めるのが理に適っていると思われる。

想像力を働かせるならば宇宙空間（無重力空間）における新物質開発と太陽炉との関係についても考えられる。無重力下での新物質開発としては、オプトエレクトロニクスや高速電子デバイスの分野で要求されている多元系化合物半導体や非晶物質などの均質組成電子材料をはじめとして、完全性の高い結晶、大型結晶、高純度ガラスやセラミックスなどが考えられる。このような新物質開発のプロセスに欠かすことのできない高温を宇宙空

間で作るのに太陽炉を使うことが十分考えられる。現在かなりの現実性をもって検討が行なわれ始めた宇宙ステーションにおけるさまざまな宇宙材料実験に必要な熱源として太陽炉は将来不可欠の道具になるのではないかと考えている。とくにレーザー用ガラス、高純度セラミックス、層状セラミックスなどの不導体材料に対する加熱源として光加熱である太陽炉は有効な手段となりうるであろう。

宇宙空間での太陽放射エネルギー密度はきわめて安定しているので太陽光励起レーザーも大きな意味をもってくる。たとえば宇宙ステーション間の通信連絡や遠隔制御にはレーザー光の使用が考えられ、太陽光励起レーザーの必要性も将来生じてくるものと思われる。太陽光励起レーザーなどの開発研究として太陽シミュレータによる化学レーザーなどの研究がアメリカにおいて進められ、発振特性についての報告があるが、直接太陽光を利用した研究はきわめて少ない。太陽光励起の化学レーザーも興味のある方向であるが、太陽励起固体レーザーもかなり有望ではないかと考えている。われわれの所でも、宇宙空間における利用を念頭において太陽炉によるYAGレーザーの発振を試みている。

太陽炉の利用について、かなり無責任なことまで含めいろいろ述べてきたが、宇宙空間での話はかなり先のことであり、当分の間は地上での利用が続くであろう。東北大学科学計測研究所の大型太陽炉は使用についての希望があれば他大学の研究者の利用も可能になっており、必要なときは大いに利用されることを願っている。