

東洋建設コンサルタント 正会員 ○ 漆 戸 修 一
 日本大学生産工学部 正会員 岡 本 但 夫
 日本大学生産工学部 正会員 阿 部 忠

1 概 要 光エネルギーを電気エネルギーに転換する半導体として CdS セラミックス膜を用いるが、この単価は現段階では高く、使用面積を減少し経済化を計らなければならない。本計画ではレンズを用いて高密度の太陽光を集中し、CdS セラミックス膜の面積を縮小した。一つの集光盤に直径10.5cm、集点距離9.3cmのレンズを取容しようとするれば隣との間係上焦点距離は小さくしなければならなかった。しかし直径が10.5cm集点距離9.3cmのものを一つのレンズで作ると中央の厚さが非常に大きくなるので2個のレンズの組み合わせとした。材料にガラスを用いると非常に高くつくため薄膜のアクリル樹脂の間に水を入れレンズを作った。水の屈折率は1.33とガラスの1.6に比して小さいためその曲率は大きくなりレンズの表面の半径は外側で9.0cm、内側で20.0cm、中心厚2.22cmに及ぶ、なお内外両側の曲度を変えたのは外輪の長さを減じようとしたからである。アクリル樹脂の主成分であるポリメタクリル酸メチルは水による化学的作用を受けないが熱膨張が大きいという欠点がある。しかしレンズは太陽熱により高温に熱せられるが冷却装置により45°にまで引き下げるため膨張については影響が少ないと予想される。また吸水作用に対しても常温100%の相対対湿度で約2%の平均吸水率をもち、その場合約0.4%の線膨張をなすがその量からしても本計画における影響は微小である。ポリメタクリル酸メチルは長く日光にさらされると濁ってくるといわれるが、普通のレンズの場合と異なり極めて薄い上、又濁ってきたり、応力が低下してきたりしたら取替えられるようにしておけば問題とならない。なおレンズは非常に厚いけれども光がレンズ 軸の方向からくる光に対して、焦点を結ぶようにしておけば、軸に対して比較的偏光が少ないのでこれによる光の散逸を防ぐことができる。

2 レンズ膜及びリング レンズは集光盤笠部内にあり外気との接触は絶対に有り得ないため上下膜とも膜内の水圧により検討する、またレンズ膜の縁は三角形の断面を持つリングによって固定しこのリングは円の中心方向の引張応力と座屈によって吟味する。特にポリメタクリル酸メチルの強性率は2300%と低く座屈に対して比較的弱い樹脂である。一方曲げ応力は温度によって大幅に変化し低温では強く高温では弱くなる。またクリープによる疲労も大きく設計応力として安全率を10分の1考慮して $\sigma_{ca} = 100\%$ とした。応力解析はまずレンズをアーチと考え支点の水平反力H、最大曲げモーメント M_{max} 、軸力Nを求める、その後円形の薄膜構造に換算する。2つのレンズは上下膜とも同じ断面を有する為、上のレンズをもって検討する。

a) レンズ膜の応力 膜にかかる荷重、先ず一次元の梁として計して後、之を円膜の場合に換算する。(レンズの中心を原点とする) $y = 0.025x^2 + 0.689 \dots \dots (1)$ パスカルの原理により、この膜にかかる水圧は(鉛直方向にとる) $p = -0.080544x^2 + 0.689 + 1.531 = -0.080544x^2 + 2.22 \dots \dots (2)$ p: 圧力強度 両端に働く水平力をHとし、つり橋の場合と同様の計算を行なうと

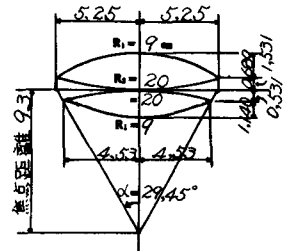


図-1 (単位 cm)

$$m = -Hy + 7.77(x + 5.25) - \int_{-5.25}^x p(\xi)(x - \xi) d\xi = 0.006712x^4 + 0.2113162x^2 + 0.7278 \text{円形薄膜への換算}$$

moment ϕ : 膜の水平軸に対してはさむ角 $\tan\phi = 0.050 \times 5.25 = 0.2625$

$$M = 0.9354 \times \frac{8r^2}{16} \left(3 + \frac{1}{3}\right) = 0.9354 \times \frac{10}{24} = 0.38975$$

膜の軸応力 $N = H \sec \phi = 35.9462 \times 1.03388 = 37.164 \text{ g}$. よって厚さ 0.1 mm の薄膜とすると膜の応力度 $\sigma = 6 \times 0.38975 / (0.01)^2 = 37.164 / 0.01 = 27101.4 \text{ g/cm}^2 = 27.1 \text{ kg/cm}^2 < 100 \text{ kg/cm}^2$ \therefore 安全 上膜も下膜と同様 0.1 mm の断面を使用する。なお加工法としてはスクリー式の射出を以て行なう。

b、リングの応力 H なる引張力によって引起される応力に対抗する為レンズ端を少し太く加工して三角形のRingを形成し、以て座屈に堪えせしめる。Ringを形成し、Pとすると(半径 5.25 cm)

$$P = H \times 5.25 = 35.9462 \times 5.25 = 188.72 \text{ g}$$

三角部の二次率：縦 I_1 、横 I_2 断面は幅 4 mm 、高さ 4.5 mm 。

$$I_1 = bh^3/36 = 0.4 \times (0.45)^3/36 = 10.1 \times 10^{-4} \text{ cm}^4, I_2 = b^3h/48 = 0.45 \times (0.4)^3/48 = 6.0 \times 10^{-4}$$

よって I_2 を採用すると $C = 3EI/r^3 = 3 \times 2.3 \times 6.0 / (5.25)^3 = 0.2861 \text{ 觔} > 0.18872$ \therefore 可

$$\sigma = 3EI/A = 188.72 / 0.4 \times 0.45 \div 2 = 2097 = 2.097 \text{ 觔} < 50$$
 \therefore 可

以下のレンズ膜及びリングも同様のものを使用する。

3、レンズの配置及工費 レンズはシースの上であり太陽の方向に向ける様に操作せられる、この為に相隣接するレンズシースの底同志を糸を以て連絡し、集光盤笠部に連絡せしめて一括に操作する。レンズ同志の間隔は上下方向で 11.0 cm 、横方向で

表-1

10.0 cm である。レンズの直径は 10.5 cm であるため横方向レンズが一部重なり合う、之によりレンズ同志の連結は強化し操作もたやすくなる。表-1は1列におけるレンズ配置の数を表わしたものである、集光盤笠部内下から順に列を数える。レンズの工費は、アクリル樹脂の単価を加工取付も含めて 1 m^2 当り 140 万円とする

列	数	列	数	列	数	列	数	列	数	列	数
1	12	10	42	19	52	28	52	37	48	46	30
2	20	11	44	20	52	29	52	38	48	47	26
3	24	12	46	21	52	30	52	39	46	48	24
4	28	13	46	22	52	31	52	40	44	合計	
5	32	14	48	23	52	32	52	41	42	2027	
6	34	15	48	24	52	33	52	42	40	全計画	
7	36	16	50	25	52	34	52	43	38	13119904	
8	38	17	50	26	52	35	50	44	36		
9	40	18	50	27	52	36	48	45	32		

。以下表-2の如くなった。

4、考察 高密度の太陽光を採集するレンズの材料として、アクリル

表-2

樹脂を選定してみた。このアクリル樹脂は自動車のフロントガラスや飛行機の窓ガラスにも使用している様に非常に強じんで軽い樹脂である。レンズ膜に使用した厚さは、 0.1 mm と薄いため、強度的には十分安全であるものの長年における耐久性等については今後の研究課題として

具体的な加工方法や耐久性に関する研究を行う予定である。

補記：本計画において薄いメタクリル酸メチール膜の中に水を入れた

形を選んだのは光は焦点を結ぶのではなくて直径 2 cm の円形のCdS板に

落ちればよいのでレンズとしてはさして精密なものを要しないからである。又直形 2 cm の円外に出た場合も

シースのアルミニウム壁の反射によってCdS円板上に集められる。よってレンズは出来るだけ工費の低廉を計るのが主眼である。この点は他の太陽熱採集装置の如く、レンズによって高熱を発生せしめる方式と根本的な相異点である。

	上レンズ	下レンズ
レンズ膜の体積	$1,853 \text{ cm}^3$	$1,277 \text{ cm}^3$
リングの体積	$1,249 \text{ cm}^3$	$1,067 \text{ cm}^3$
合計	$3,102 \text{ cm}^3$	$2,344 \text{ cm}^3$
金額	4.34万円	3.28万円
一集光盤当り	$(4.34 + 3.28) \times 2027 = 15789$ 万円	
全計画	$15789 \times 6332 \times 84 = 85$ 億円	