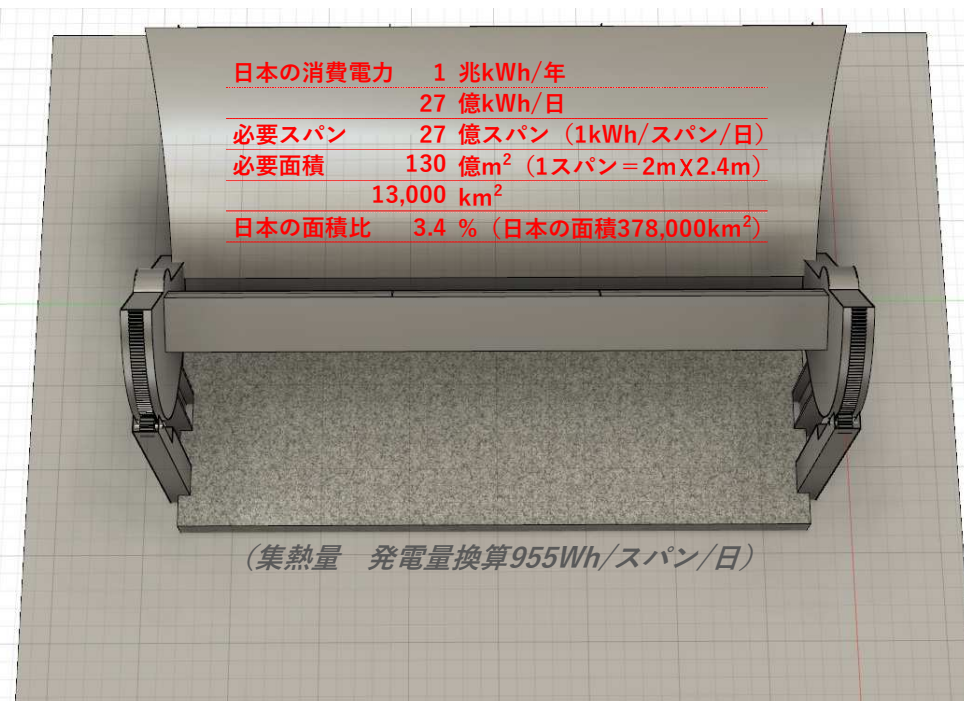
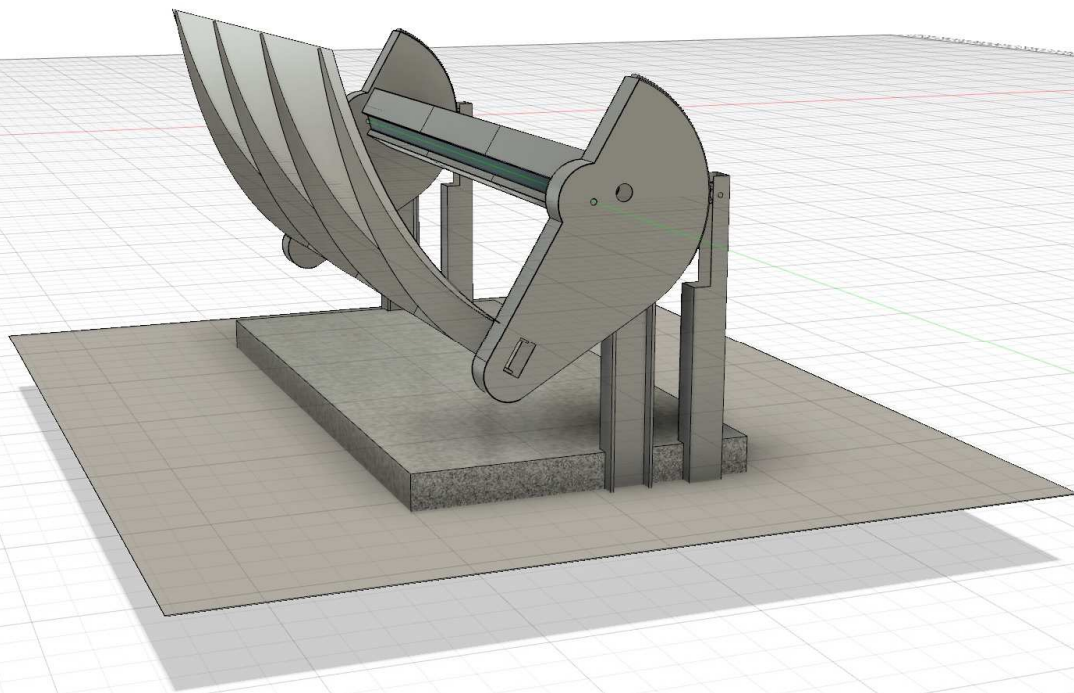


「太陽熱（低温）集熱装置の開発」

ー 太陽熱/海洋深層水/低温スターリングエンジンで、低コスト/無尽蔵なエネルギー/電力ー



* 辻目英正 ((株)デザインウォーター), 八木田浩史 (日本工業大学), 角田晋也 (JAMSTEC)
小島 紀徳 (元成蹊大学, RIMEP), 鈴木 誠一 (成蹊大学), 伊藤 拓哉 (沼津工業高等専門学校)

1. はじめに（日射の価値を再確認する⇒低温度差発電）

熱の価格		日射（太陽熱）の価値	
原油	4.43 円/千kcal	年平均日射量	13.5 MJ/m ² /日（館山）
ガソリン	13.42 円/千kcal	〃	3,225 kcal/m ² /日
一般炭	1.47 円/千kcal	熱の価値	2.2 円/m ² /日
都市ガス	5.29 円/千kcal	〃	801 円/m²/年

利用するとなると		技術的課題 (トレードオフ)	発電量	
集熱効率	80%		〃	140 Wh/m ² /日
土地利用率	33%		電力単価	51,049 Wh/m ² /年
発電効率	14%		電力での価値	30 円/kWh
				1,531 円/m²/年

図-1 日射の経済的価値

日射の熱量は大きい（→使い方/技術的問題）
従来は太陽光発電（→コスト高）
太陽熱発電（→コスト高）



日射（太陽熱）の新しい集熱/温水/発電方法の提案

表-1 冷却水によるカルノー効率の違い

	河川水	深層水	備考（比）
高温側温度	80.0	80.0	排熱/日射
低温側温度	40.0	20.0	
カルノー効率	0.113	0.170	1.5

←
その際、低温側熱源の温度が低いことが重要になる。
（カルノーの定理）



サディ・カルノー

(1) Low Temperature Solar Heat Collecting Device
(Capacity 3kW (E) × 24h × 88%)

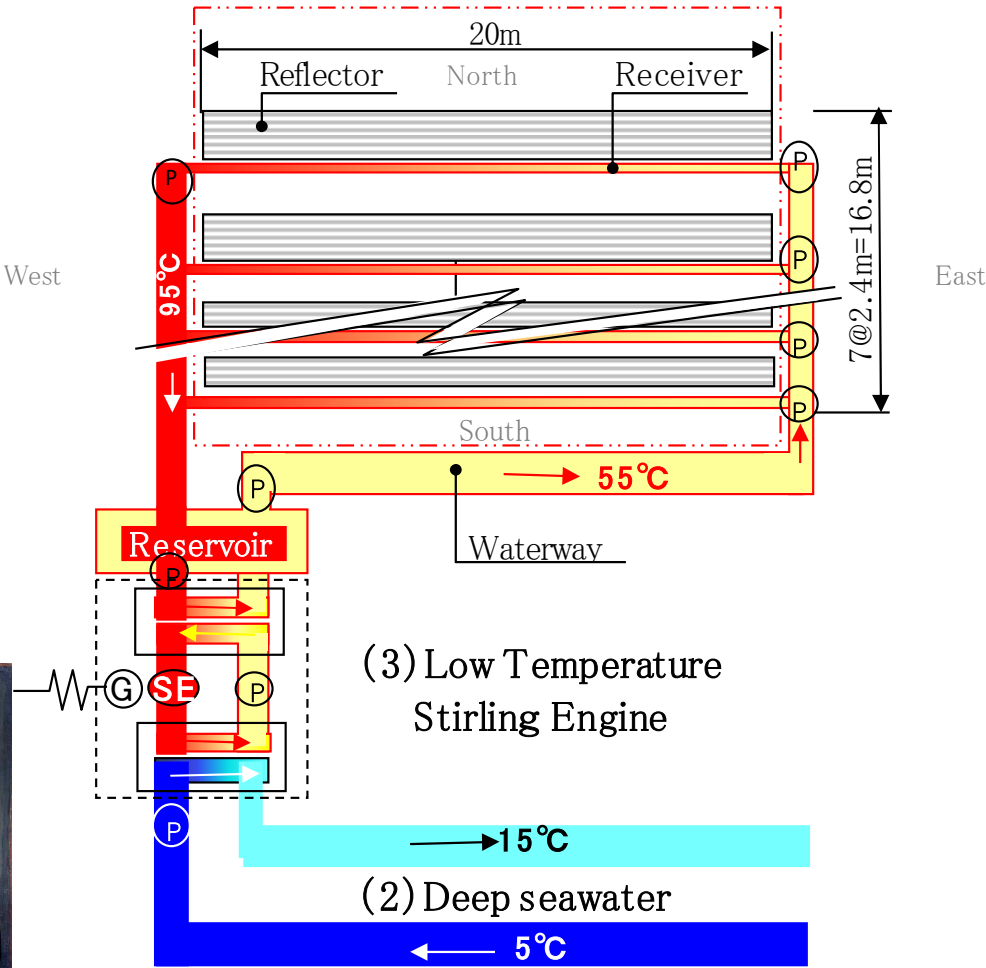


図-2 低温度差発電の構成

2. 低温度差発電最適化のスキーム

(些事に神は宿る)



(1) 太陽熱集熱システム

【構成】

- 1) 集熱装置 (目的/環境に応じた最適化)
- 2) 導水/排水 (管路/ポンプ/断熱)
- 3) 貯水池 (アキュムレータ)
- 4) 熱媒体 (水, 油)
- 5) 運用環境

【与件】

- 1) 太陽定数と太陽の動き
- 2) 日本/世界の日射量

(全天日射量 (GHI) / 直達日射量 (DNI) などが公開されている)

今回製作図を作成したので報告

既往技術の組み合わせで、性能の確認を要するものの、実現性に問題はない。

(2) 海洋深層水取水/送水施設

【構成】

- 1) 取水口
- 2) 管路
- 3) ウェイト
- 4) 継ぎ手
- 5) 敷設法
- 6) 資材調達、艀装
- 7) 管防護工
- 8) ピット
- 9) 防水
- 10) ポンプ/ストレナー
- 11) 水温上昇
- 12) 運用法

【与件】

- 1) 海洋深層水 (海洋大循環モデル) の存在
- 2) 海象
- 3) 外力
- 4) 魚の習性

①取水/送水コストを下げるのが肝要
→建設費/運用エネルギーを抑えること
→DW工法の提案
→実施設計/施工計画/見積もり
→取水コストの確認 (10年前)

②大量取水/送水 (相応の需要) であれば、
取水/送水コスト、水温上昇は小さい

③いろんなデータを参考に良いところ取り
→無数の修正の結果が現在の形
→報告するほどのことでもない

既往技術の組み合わせで、性能誤差の確認を要するものの、実現性に問題はない。

取水ポイント

(3) 低温スターリングエンジン

【構成】

- 1) ピストン
- 2) 躯体
- 3) 駆動部

【与件】

- 1) 高温側熱源温度/流量
- 2) 低温側熱源温度/流量

ドイツ (実施場所はタメラ/ポルトガル) で稼働中
(2018/10/20日本マクロ学会シンポジウムで報告)
(目的に合わせ、改良→製作図を作成し、実証の準備中)

ドイツで実績を持ち、性能の確認を要するものの、実現性に問題はない。

原理的に熱効率の良い発電機
低温域で効果を発揮する

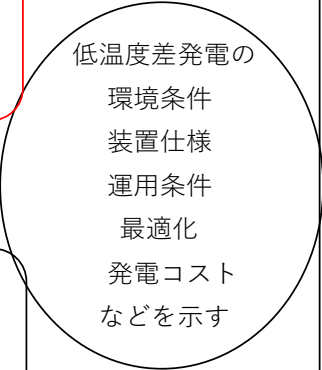


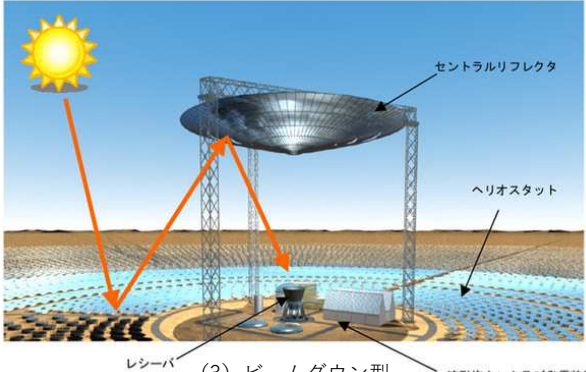
図-3 低温度差発電最適化のスキーム

3. 既往集熱装置

それぞれの目的/環境で最適化されており、熱効率/コスト上、転用しても得はない。



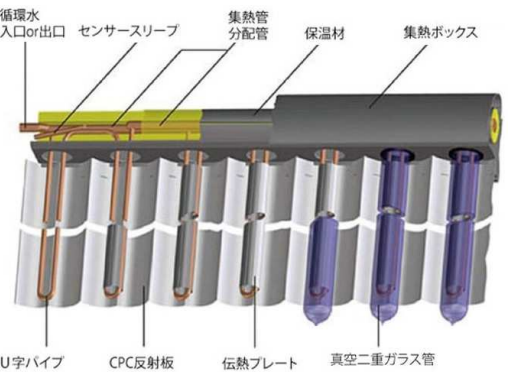
(1) タワー型 (<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/news/14/5697/>)



(3) ビームダウン型
溶融塩タンク及び発電装置
(https://blogs.yahoo.co.jp/hose_solar/21615088.html)



(5) フレネル型 (http://lb.d-nagata.co.jp/products/almeco/vega_energy.html)



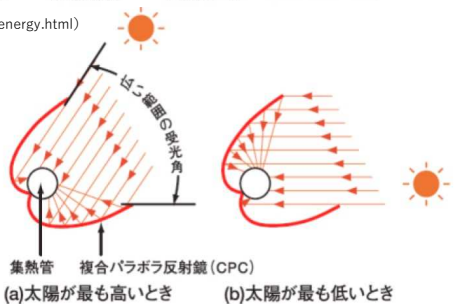
(2) トラフ型 (<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/news/14/5697/>)



(4) ディッシュ型 (JFEエンジニアリング)



(6) コンクリート製トラフ型 (<http://www.airlightenergy.com/csp/>)



(7) CPC (Compound Parabolic Concentrator) (http://www.eastern-tech.co.jp/contents/7_ecology/cpc.html)

表-2 集熱装置の性能比較

項目	単位	太陽熱発電集熱装置				最近の例 (スイス製)		ソーラーシステム		ソーラークッカー	(低温) 集熱装置
		パラボラ・トラフ型	パラボラ・タワー型	リア・フレネル型	パラボラ・ディッシュ型	パラボラ・トラフ型	パラボラ・ディッシュ型	産業用	家庭用	(多面平板)	発電/温水利用
集熱温度	℃	400~560	850~1,000	480	750~1,500	650		160~200	160~200		98
使用温度	〃	300~400	290~500	250~400	300~1,000			120~180	40~60	60~200	95
蓄熱時間	h	8~15	8~15	8~15	8~15	8		蓄熱には不向き		—	200
エネルギーロス(有効)	%	60	70	60	60	35~80	80	30~45	30~45	20~30	80
発電機効率	〃	25	20~35	25	25~35	25	25	—	—	—	14
熱効率	〃	15	21	15	15	10	20	—	—	—	11.2
敷地効率	〃	25~40	30	60~80%?	50?	65?	50?	—	—	—	33.3

図-4 既往集熱装置

熱効率は既往と変わらない。集熱温度が低いこと、長時間蓄熱とコストに違いがある。

4. 検討スキーム（集熱装置におけるエネルギーロス）

受光に至る低減（ $\beta 1 \sim \beta 4$ ）、受光後のエネルギーロス（ $\alpha 1 \sim \alpha 13$ ）を小さく、製作/運用コストを抑える工夫
（些事に神は宿る）

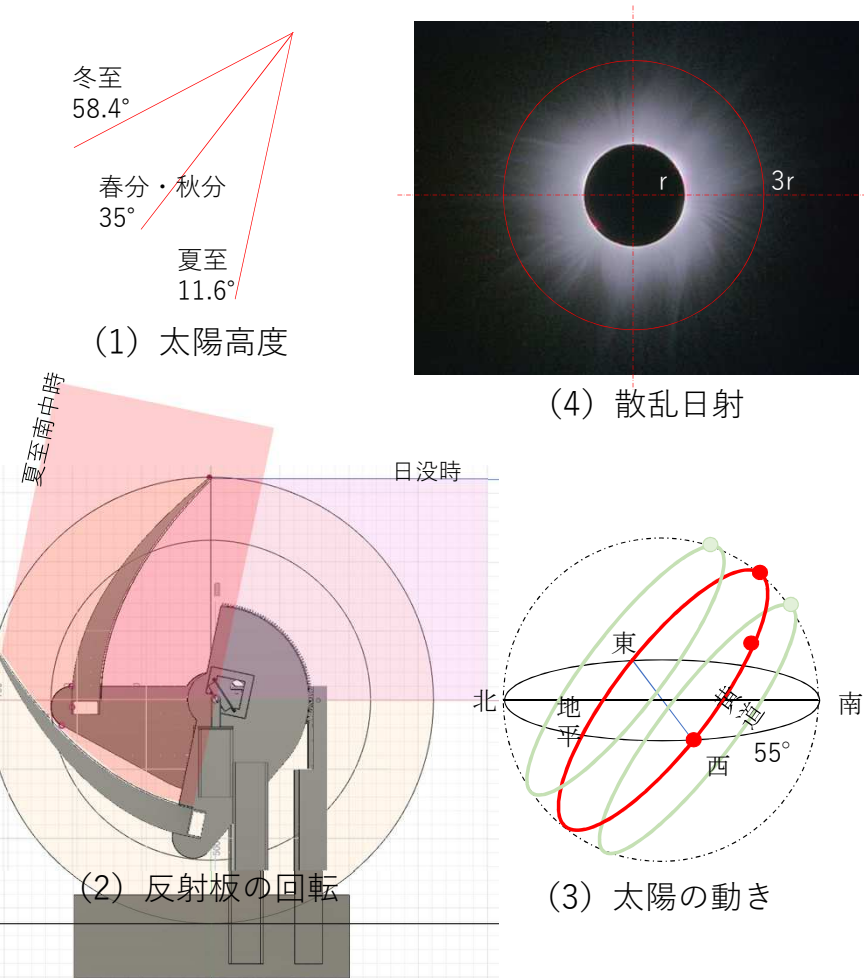


図-5 太陽の動きと反射板の配置/構造

表-3 受光日射量

項目	数量	単位	備考（低減率）
年平均水平全天日射量（GHI）	3.93	kWh/m ² /day	与条件（館山）
年平均水平散乱日射量（DHI）	1.84	〃	〃
年平均直達日射量（DNI）	2.55	〃	〃（緯度 θ 35°, $\cos \theta$ 0.82）
方位角90° 未満、270° 以上控除	2.26	〃	$\beta 1$ 88.5% 11.5%控除（図-7より）
入射角による反射率低減	2.19	〃	$\beta 2$ 97.0% 集光範囲を断面で45°、長さ方向は60°
設置間隔/低高度時の影	2.19	〃	$\beta 3$ 100.0% 設置間隔を放物線高さ×3（=2.4m）
散乱光取り込み率	0.09	〃	$\beta 4$ 5.0% 散乱光は太陽径の3倍くらいまで多い
反射板受光量（年平均）	2.28	〃	（誤差も踏まえ、4～5倍を受光）

表-4 集熱効率

項目	細目	設定	備考
i) 反射板	反射率	$\alpha 1$ 92.5%	反射材使用，銀蒸着93%，アルミ蒸着90%～95%
	①反射板 製作/設置/運用誤差	$\alpha 2$ 100.0%	誤差範囲に吸収
	汚れの影響	$\alpha 3$ 99.5%	1%×経年数，定期的に清掃
	②定規 製作、設置誤差	$\alpha 4$ 100.0%	誤差範囲に吸収
	③外力 歪による誤差	$\alpha 5$ 100.0%	〃
	④移動装置 横・縦移動誤差	$\alpha 6$ 100.0%	〃
ii) レシーバ	⑤基礎 垂直誤差	$\alpha 7$ 100.0%	〃
	①ガラス（外）透過率	$\alpha 8$ 97.2%	反射防止材使用
	②ガラス（内）透過率	$\alpha 9$ 97.2%	〃
	③集熱体 熱変換率	$\alpha 10$ 100.0%	エネルギーの逃げ場はない
	④断熱材 有効率	$\alpha 11$ 98.8%	断熱材使用
	⑤二重窓 有効率	$\alpha 12$ 99.2%	二重窓構造
集熱効率	⑥支点部欠損 有効率	$\alpha 13$ 95.0%	支点部100mm（スパン2,000mm）は受光できない
		80.9%	集熱装置のエネルギーロス20%
iii) 水路	伝導	$\alpha 14$ 99.4%	断熱処理
	放射	$\alpha 15$ 99.9%	〃（ $\alpha 14 \sim \alpha 17$ は今回は除外）
iv) 貯水池	伝導	$\alpha 16$ 99.4%	断熱処理
	放射	$\alpha 17$ 99.9%	〃

5. 課題と解決策

(1) 課題×解決策

①集熱効率が不十分 ②反射板の製作/設置コストが高い ③制御のコストが高い	×	①受光量の最大化、最適化 ②エネルギーロスの最小化、最適化 ③制御費の最小化、最適化 ④材料、工法の選択と製作費、敷設費の低減	これらは相互に関わる場所があり、 (トレードオフ) 多変量の最適化問題に 帰する。
--	---	--	---

(2) 受光量の最大化、最適化

- 1) 入射角（方位角120° 未満、240° 以上、高度0° ～20° ）により反射率は低減する。ここでは放物線の断面で入射角45° まで対象にする。
- 2) 延長方向集光範囲は60° ～70° 程度になるが、これ以上薄く入射する方位角90° ～120° 、240° ～270は太陽高度も低く、日射量も小さい。
- 3) 所定の日射量を得るためには、受光の低減率の逆数が反射板必要面積に掛かり、工事費とのバランスに帰着する（最適化できる）。
- 4) 誤差/散乱光の一部を吸収
 - ①製作/設置/制御誤差はレシーバ受光面の幅を広くすること対応できる。
 - ②太陽視差（太陽光は厳密には平行ではない）はレシーバ受光面の幅で対応できる。
 - ③散乱光の一部を取り込める（太陽の方向から±1.1° ～1.4° （誤差対応幅分、ここでは散乱光の5%と仮定）

(3) エネルギーロスの最小化、最適化

- 1) 製作/設置/制御誤差を最小に
 - ①放物線を利用し、日射を焦点に集中するが放物面の位置誤差、角度誤差は集熱効率に大きく影響する
 - ②対策は受光面を平面にし、誤差の影響を緩和する（従来は円形断面で誤差の影響が大きい）、
受光幅に誤差を踏まえた余裕幅をもたせることで吸収できる。
- 2) レシーバ壁からの熱伝導のエネルギーロスを最小化
 - ①集熱温度を下げることで熱伝導によるエネルギーロスは大幅に抑えられる。
 - ②断熱材、二重窓で熱伝導エネルギーロスを最小化（受光量/工事費とのバランス）

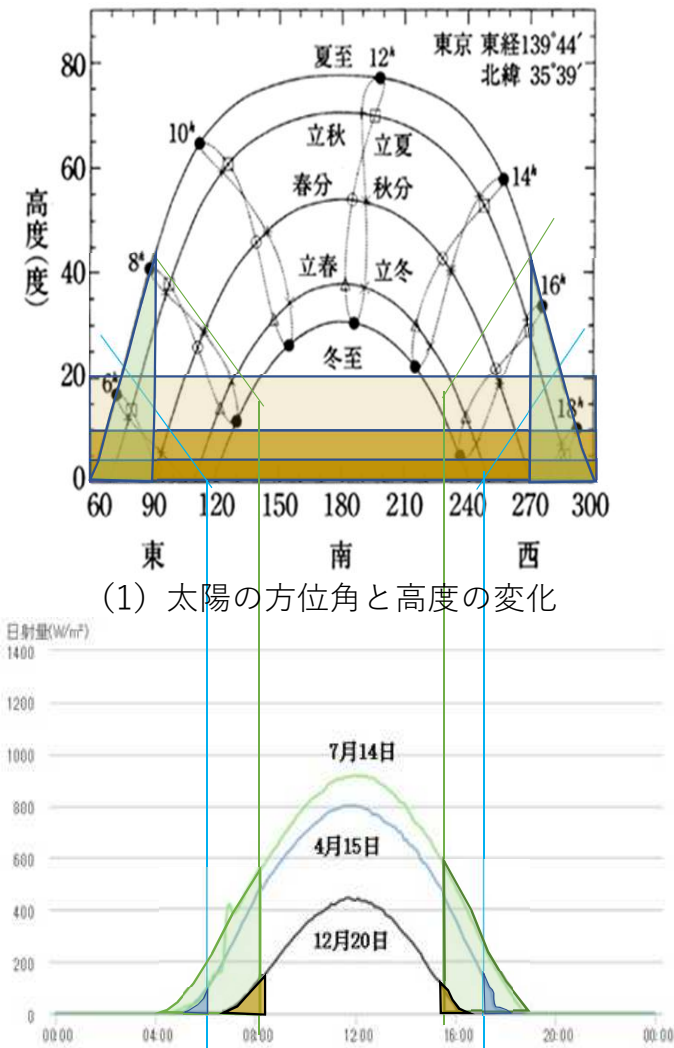
(4) 制御費の最小化、最適化（太陽の動きに応じた反射板の配置/制御法）

- 1) 反射板を南向き、回転軸を東西に配置することで、年間を通し反射板は一軸の回転で制御できる（簡素化/コスト減）。
- 2) 太陽の方位角、高度から受光できる日射は制約され、全体の88.5%となる。
 - ①方位角で90° 未満、270° 以上は対象外←相対的に時間、日射量は小さい。
 - ②土地利用上の都合（配置）から、高度で20° 以上は100%受光できるが、10° で50%、5° で26.5%となる。
 - ③太陽高度が低いときの受光量の低減は土地利用とトレードオフ

(5) 材料、工法の選択と製作費、敷設費の低減（最適化の上、選択できる環境が重要）

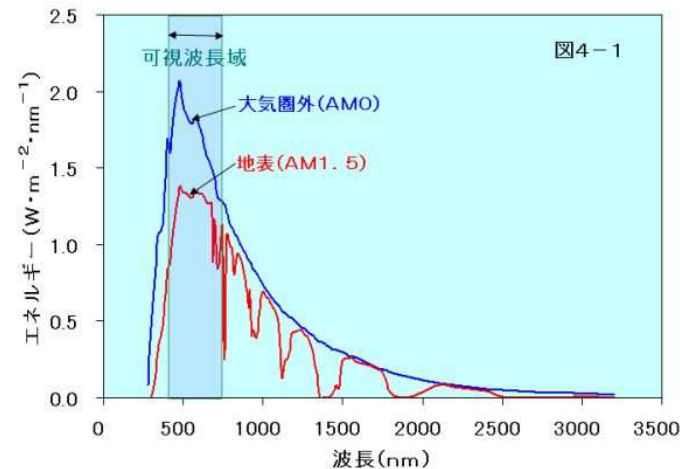
- 1) 無駄を省き、ヒューマンサイズで、扱いやすく、リスク防止を基本としながらも、多くは性能とトレードオフとなり、最適化の上、選択できる。

6. 日射と反射エネルギー

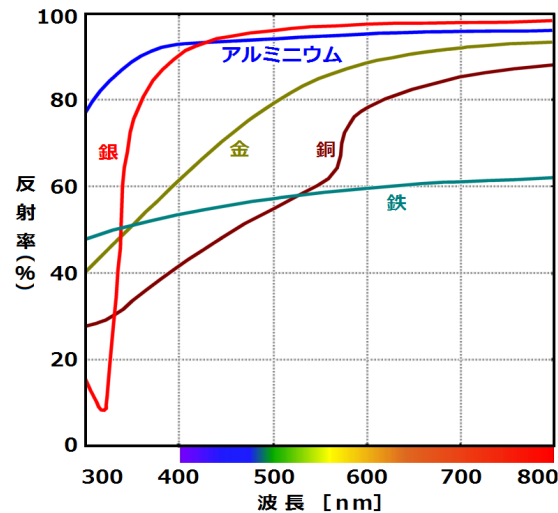


(1) 太陽の方位角と高度の変化

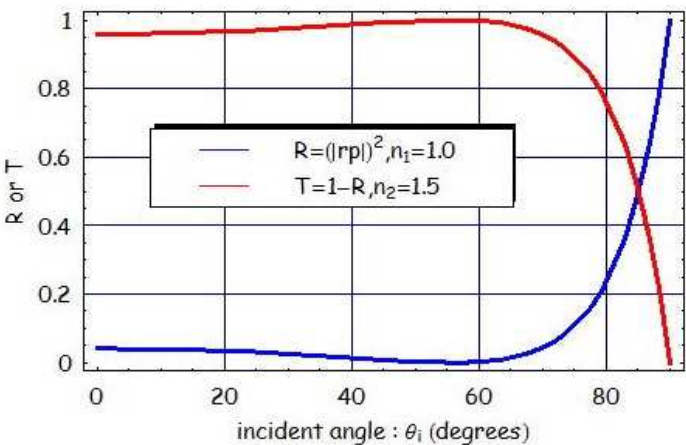
(2) 日射量の変化



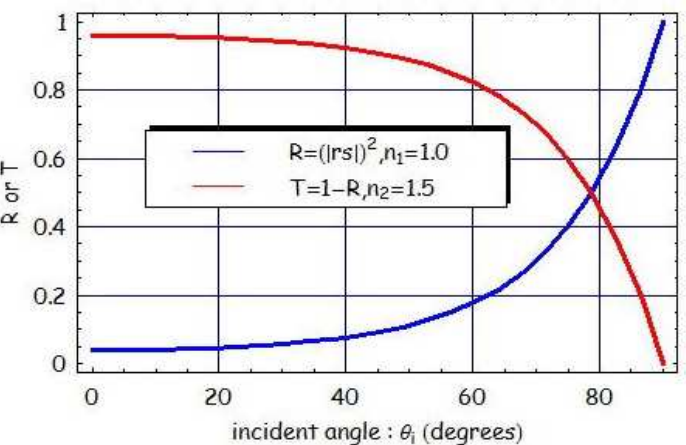
(3) 波長～エネルギー



(4) 波長～反射率



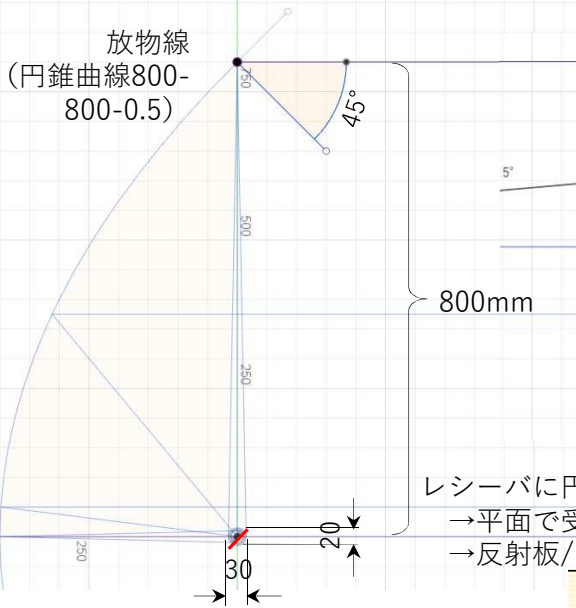
(5) 入射角～反射率/透過率 (P偏光)



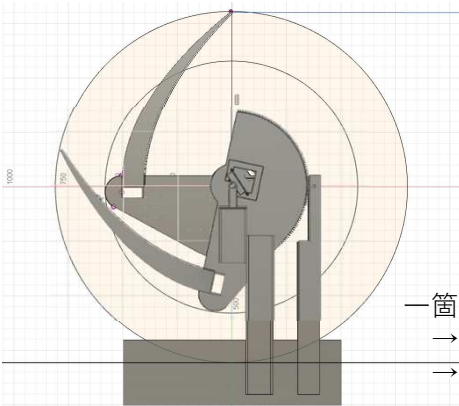
(6) 入射角～反射率/透過率 (S偏光)

図-6 日射と反射/透過エネルギー

7. 反射板/レシーバの配置



(1) 放物線の使用範囲

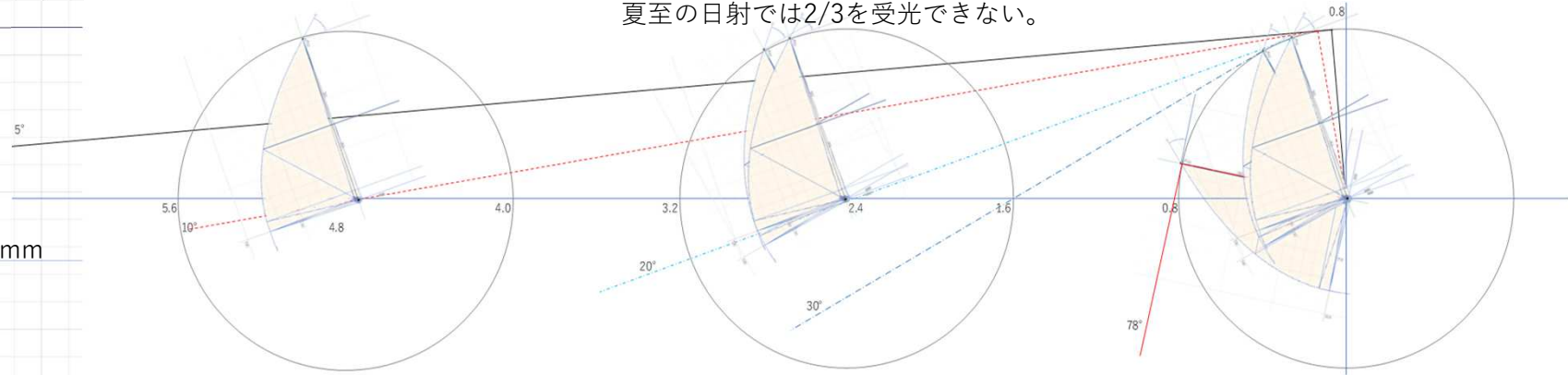


(2) 集熱装置断面図

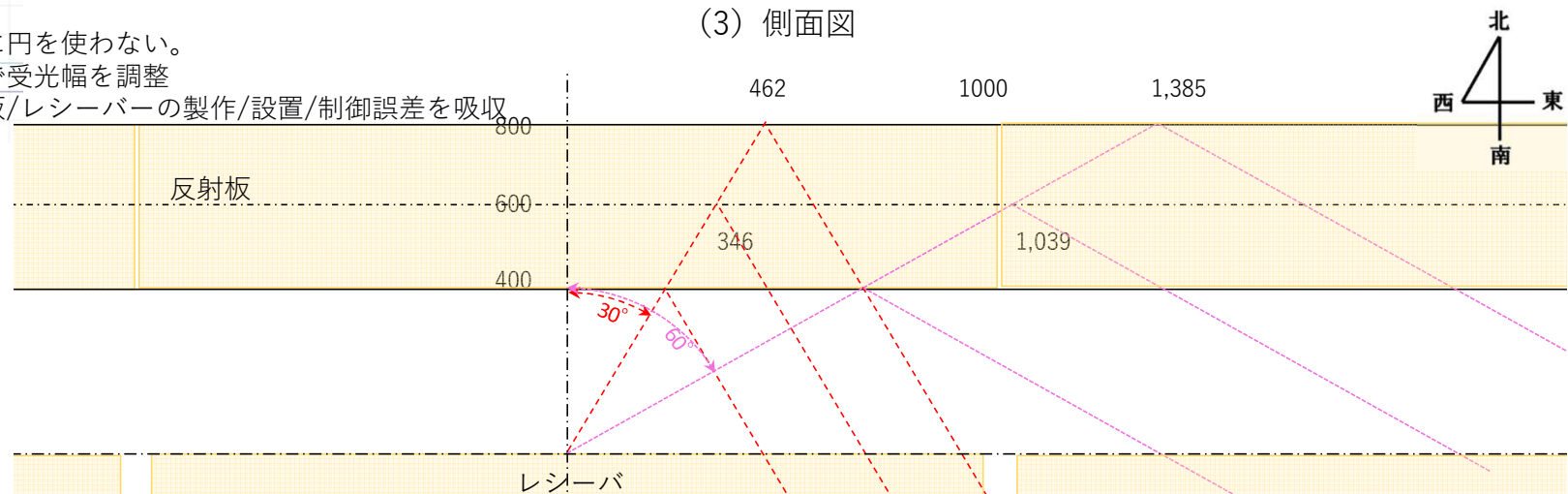
レシーバに円を使わない。
→平面で受光幅を調整
→反射板/レシーバーの製作/設置/制御誤差を吸収

一箇所で太陽の動きに追随できる。
→単純化し、誤差とコストを抑える。
→制御のエネルギーを抑える (バルンサー)

太陽高度 20° まで受光できるようにすると、隣接間隔は2.4mとなる。
この場合、太陽高度 10° に対して半分が影になる。
夏至の日射では2/3を受光できない。



(3) 側面図



(4) 平面図

方位角にかかわらず反射した日射はレシーバーに向かうが、断面図の入射角を 45° まで取ると、平面的な入射角は 60° 程度までが対象となる (反射板の長さで1.4m)

図-7 反射板/レシーバーの配置

8. 反射材

コストパフォーマンスで87%～93%から選定できる。

CHECK	製品名（型式No.）	仕上	名称	基材	光学特性 [%]				機械的性質		
					可視光 全反射率	拡散反射率	正反射率		耐力 Rp 0.2 [Mpa]	引張強さ Rm [Mpa]	伸び A50 [%]
							ロール目方向	直角方向			
MIRO（アルミ蒸着）					DIN EN573-3	DIN 5036-3 (8°)	ISO 7668 (60°)				
	MIRO 2 (4200GP)	AL PVD	High Specular	AL99.85	≥ 95	≤ 5	≥ 91	≥ 91	140-180	160-200	≥ 2
	MIRO 4 (4400GP)	AL PVD	High Specular	AL99.85	≥ 95	≤ 12	≥ 89	≥ 88	140-180	160-200	≥ 2
MIRO-SILVER（銀蒸着）											
	MIRO-SILVER 2 (4200AG)	AG PVD	High Specular	AL99.85	≥ 98	≤ 5	≥ 93	≥ 93	140-180	160-200	≥ 2
	MIRO-SILVER 4 (4400AG)	AG PVD	High Specular	AL99.85	≥ 98	≤ 12	≥ 91	≥ 90	140-180	160-200	≥ 2
Anodized（アルマイト仕上）											
	318G/2	anodized	High Specular	AL99.85	≥ 87	≤ 8	≥ 83	≥ 82	140-180	160-200	≥ 2
	300G	anodized	High Specular	AL99.85	≥ 86	≤ 14	≥ 81	≥ 78	140-180	160-200	≥ 2
weatherproof（屋外用）					Total solar/light Reflectance						
	MIRO-SUN (KKS)	lacquered	for CSP/CPC	AL99.85	90/92	n.m.	≥ 87	≥ 87	130-160	130-160	≥ 2
	MIRO-SUN (KKSP)	lacquered	for photovoltaic	AL99.85	90/87	n.m.	≥ 86	≥ 86	125-155	125-155	≥ 2

■ 標準サイズ	MIRO その他 標準品	板厚 幅 コイル内径 コイル外径	0.2-0.7 mm 0.3-1.0 mm 1250mm (1225mm,1000mm) φ400mm or φ500mm MAX φ1800mm
■ 使用温度条件について *ご使用環境による（参考値）	MIRO MIRO-SILVER Anodized MIRO-SUN	300℃ 150℃ 300℃ 180℃	
■ 反射材料については全て保護シート(PE 50-60μm)付き			
■ 保証範囲は製品の反射率(表面意匠性)についてのみです。			

reference data	A1050P-H24	115	123	19
	A5052P-H32	191	240	10
	A5052P-H34	230	262	6

MATERIAL HOUSE

株式会社マテリアルハウス

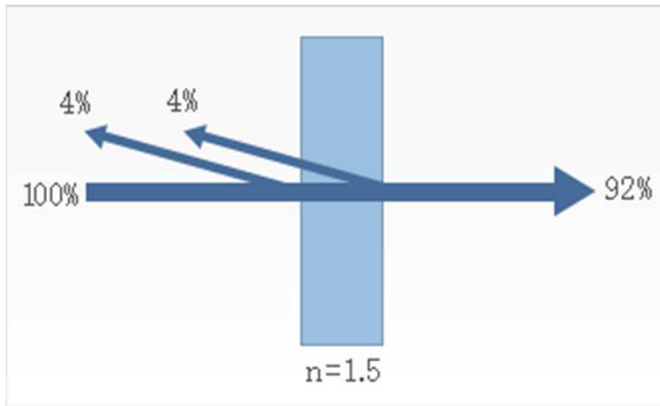
〒146-0081 東京都大田区仲池上1-19-3
株式会社マテリアルハウス 工業製品事業部
TEL:03-3751-5112,5117 FAX:03-3755-0065
URL:http://materialhouse.co.jp

2015年6月

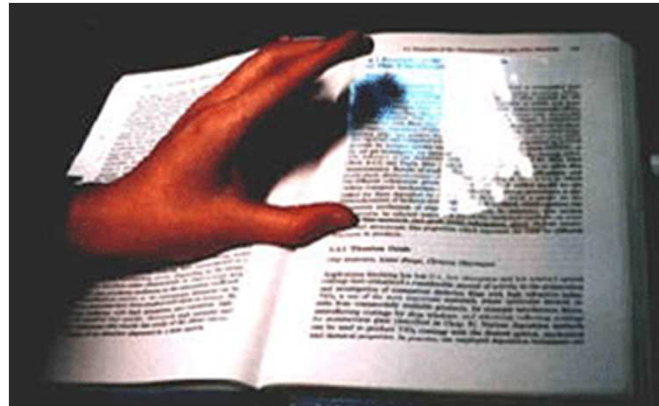
表-5 反射材仕様

(マテリアル
ハウス社
パンフレット
抜粋)

9. 反射防止材

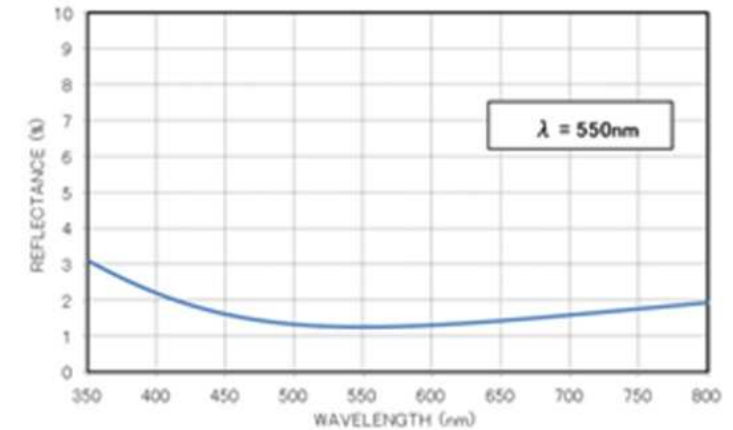


(1) 屈折率1.5のガラス基板に光が入る場合、入射側の界面で4%の光が反射し、さらに射出側界面で約4%を反射する。

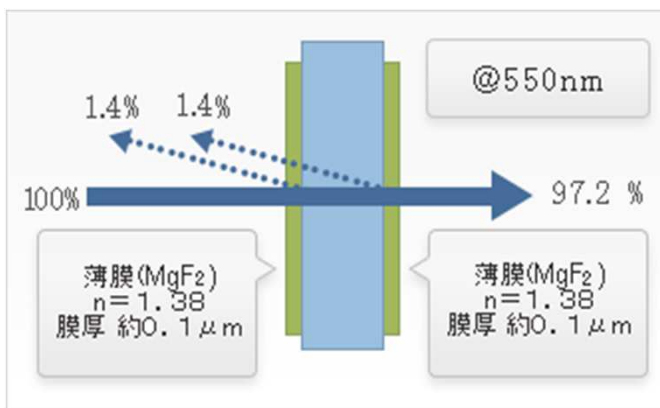


(3) 中央より左半分に薄膜で反射防止コーティングを施したもので、反射が減少して後ろの文字が見えます。

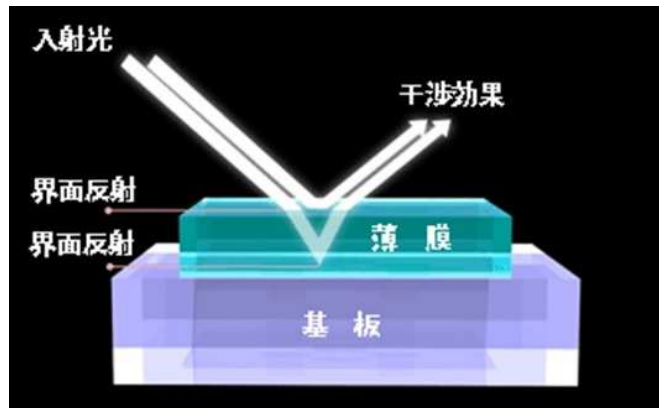
1層で97.2%、コストパフォーマンスで選択できる。



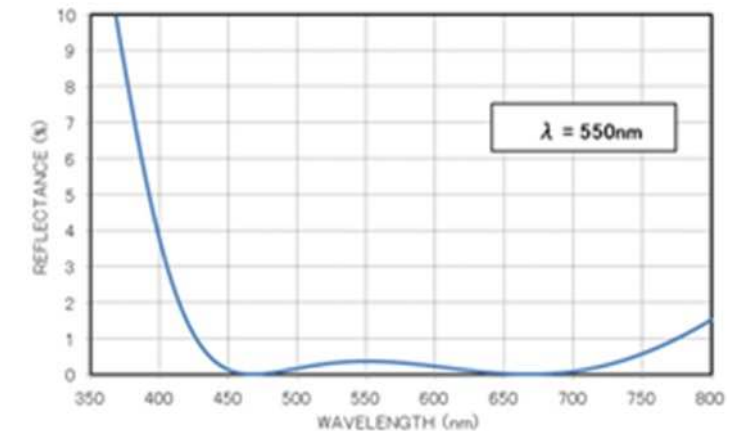
(5) 単層反射防止膜
基板 $N_s=1.52$, 薄膜 $n=1.38$ (MgF₂)



(2) 屈折率1.38のフッ化マグネシウムの膜を約 $0.1\mu\text{m}$ ガラスの表面にコーティングすると、表面の反射率はコーティング無しの4%から1.41%まで低減される



(4) 薄膜でこのようなことができるのは、薄膜の表面で反射した光と薄膜と基板の界面で反射した光が干渉するためです。



(6) 3層反射防止膜
基板 $N_s=1.52$, 薄膜 $n=1.38$ (MgF₂), $n=2.00$ (ZrO₂), $n=1.60$ (Al₂O₃)

図-8 反射防止材

10. 断熱材

表-6 物質の熱伝導率 κ [$W/m \cdot K$]

物質	温度 [°C]	熱伝導率
水	10	0.582
銅	0	403
乾燥空気	0	0.0241
乾燥木材	18~25	0.15~0.25
ガラス	常温	0.55~0.75

断熱材の性能は良く、安い。
条件に応じたコストパフォーマンスで選択、
層厚を設計できる。

表-7 市販断熱材の仕様

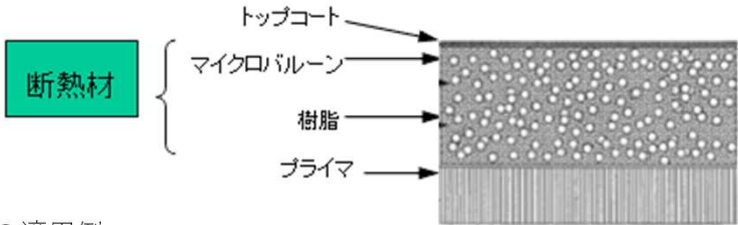
(*) 推奨設計値 (**) JIS 9501

保温材/断熱材の名称	種類	熱伝導率 (23°C) W/(m・K)	密度 (kg/m³)	使用温度 (°C)	関連JIS
A種硬質ウレタンフォーム保温板	1種	0.029以下	35以上	100以下	JIS A9511
	2種1号	0.023以下	35以上	〃	〃
	2種2号	0.024以下	25以上	〃	〃
B種硬質ウレタンフォーム保温板	1種1号	0.024以下	35以上	〃	〃
	1種2号	0.025以下	25以上	〃	〃
	2種1号	0.023以下	35以上	〃	〃
	2種2号	0.024以下	25以上	〃	〃
建築物断熱用吹付け保温板	A種1	0.034以下(*)	-----	-----	JIS A9526
硬質ウレタンフォーム保温板	A種2	0.034以下(*)		〃	〃
A種フェノールフォーム保温板	1種1号	0.022以下	45以上	130以下	JIS A9511
	1種2号	0.022以下	25以上	〃	〃
	2種1号	0.036以下	45以上	〃	〃
ロックウール	ウール	0.044以下	40~150	650以下	JIS A9504
	保温板1号	(平均温度70°C)		600以下	〃
グラスウール	ウール	0.042以下	-----	400以下	JIS A9504
	保温板24k	0.049以下	24±2	250以下	〃

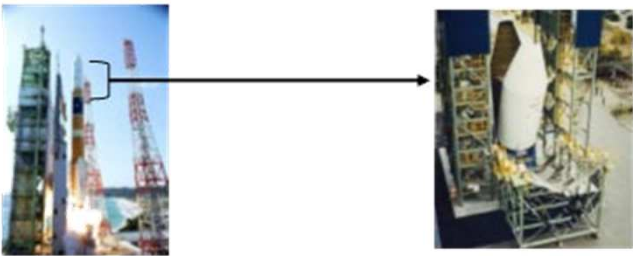
日本ウレタン工業協会 <http://www.urethane-jp.org/qa/koushitsu/k-1.htm>

【参考】JAXAの断熱材技術 (http://www.jaxa.jp/press/2005/06/20050613_gaina_j.html)

- 概要
 - ・H-IIロケットの衛星フェアリング開発の過程で生まれた技術
 - ・シリコン系とエポキシ系の二種類があり、主な成分はマイクロバルーンとシリコン又はエポキシ樹脂
 - ・「国際新技術フェア2002」において、「第2回優秀新技術賞/優秀新技術特別賞」を受賞
- 特徴
 - ・施工性：スプレー塗装可能。常温で硬化
 - ・接着性（他の接着剤の併用不要）
 - ・軽量（密度 0.3~0.35 (g/cm³)）
 - ・耐熱温度（エポキシ系 約300°C シリコン系 約500°C）
 - ・断熱性（低熱伝導率 80°C 0.05~0.107w/(m・k)）
 - ・高温での機械特性（熱衝撃、衝撃加重、振動加重に強い）



- JAXAでの適用例
本断熱材は、JAXAが開発した大型ロケットH-II、H-IIAロケットのフェアリング（打上げ時の風圧、熱等に対して衛星を保護する役目をする直胴部を含む円錐状のカバー）の断熱材として使用しています。



フェアリング開頭試験

11. 二重窓

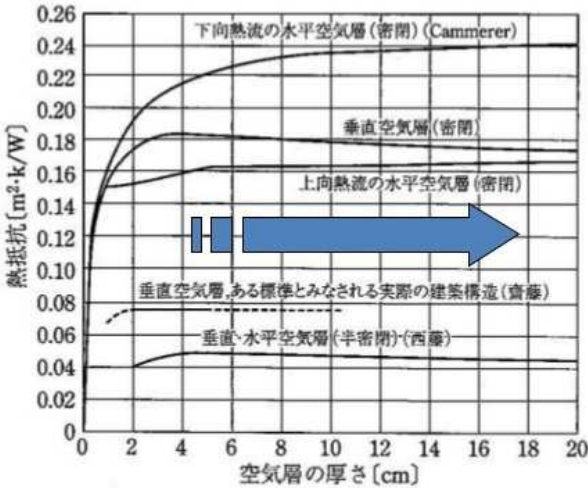


図-9 二重窓空気層の熱抵抗

←二重窓の間隔(垂直空気層)は3cmを超えると変わらない。
→断熱材のために反射板に影を作ってはいけません。
→薄くて高性能な断熱材
ガラス1重は論外、三重、四重は不利。

表-8 二重/三重/四重窓の断熱性能 (建築資料集成抜粋)

	熱伝導率	厚さ	熱抵抗係数 (m²K/W)		
	W/mK	mm	二重窓	三重窓	四重窓
ガラス	0.650	3	0.00462	0.00462	0.00462
空気層	0.164	30	0.18300	0.18300	0.18300
ガラス	0.650	3		0.00462	0.00462
空気層	0.164	30		0.18300	0.18300
ガラス	0.650	3			0.00462
空気層	0.164	30			0.18300
ガラス	0.650	5	0.00769	0.00769	0.00769
外気側表面熱抵抗Ro (m²K/W)			0.130	0.130	0.130
室内側表面熱抵抗Ri (M²K/W)			0.220	0.220	0.220
熱貫流抵抗Rt=RO+Ri+ Σ (di/ λ i)			0.545	0.733	0.921
熱伝導率換算			0.055	0.082	0.098

建築設計資料集成2, 日本建築学会 (1979) , 丸善(抜粋)

表-9 二重窓～四重窓/断熱材厚さの比較

	単位	一重	二重				三重	四重
		t=30mm	t=30mm	t=50mm	t=100mm	t=30mm	t=30mm	
断熱材からのロス後T2(t) =	℃	94.51	94.51	94.67	94.82	94.51	94.51	
温度低下 Δt =	〃	-0.49	-0.49	-0.33	-0.18	-0.49	-0.49	
ガラスからのロス後T2(t) =	〃	65.45	94.68	94.68	94.68	94.76	94.81	
温度低下 Δt =	〃	-29.55	-0.32	-0.32	-0.32	-0.24	-0.19	
水温低下計	〃	-30.04	-0.81	-0.65	-0.50	-0.73	-0.68	
エネルギーロス（入り55℃, 45℃）	%	-75.1%	-2.0%	-1.6%	-1.2%	-1.8%	-1.7%	
断熱材による受光量減	〃	0.0%	0.0%	-2.5%	-8.8%	0.0%	0.0%	
透過によるロス	〃	-2.8%	-5.6%	-5.6%	-5.6%	-8.4%	-11.2%	
評価		X	○	X	X	X	X	
延長	m	100	100	100	100	100	100	
流速（1.0m/s以下）	m/s	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	
滞在時間	s	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302	
T1	℃	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
T2(0)	〃	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	
k（鋼材＋断熱材）	W/m・K	0.0181	0.0181	0.0203	0.0221	0.0181	0.0181	
辺長S	m ²	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	
k（ガラス＋空気層）	W/m・K	0.650	0.055	0.055	0.055	0.082	0.098	
辺長S	m ²	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
送水路内縦（換算）	m	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	
送水路内横（換算）	〃	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	
断熱材厚	〃	0.030	0.030	0.050	0.100	0.030	0.030	
ガラス間隔	〃	-	0.030	0.030	0.030	0.060	0.090	
熱容量	J/K	28,720	28,720	28,720	28,720	28,720	28,720	
体積	リットル	6.84	6.84	6.84	6.84	6.84	6.84	
比熱	J/g・K	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	

12. 集熱体

エネルギーの逃げ場はないし、黒い膜でいいと思うのですが・・・

【参考】専用素材

太陽光吸収率98%の集熱板の開発

ナノ材料を立体的に積み上げて光吸収率99%を達成

『太陽熱吸収体』は、酸化チタンとカーボンナノチューブ、酸化チタンと金属酸化物の複合液のコーティングにより、太陽光を効率的に取り組む集熱体です。

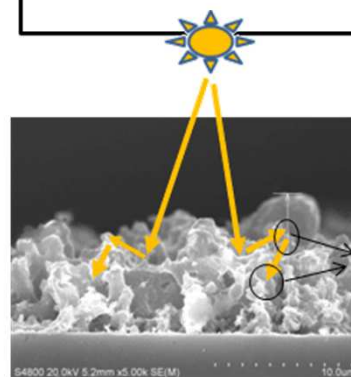
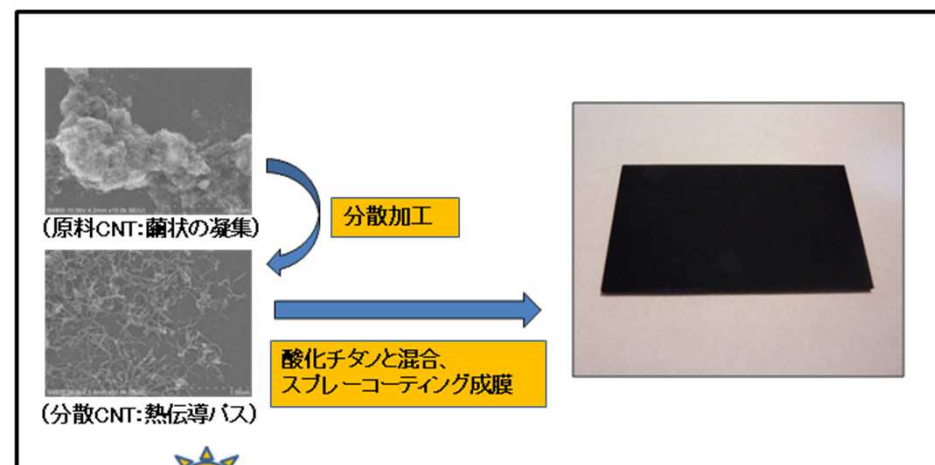
分散したCNT、金属酸化物をチタン前駆体に混合させ、分散状態を保持したままコーティングすることで、細孔を保有した構造体を作成することに成功。

ベース層、光吸収層、トップコート of 3層構造で、基板への密着性が良く高温耐久性に優れています。

【特長】

- 細孔を保有した構造体
- 紫外から近赤外までの幅広い波長の太陽光を99%吸収
- 効率的に基板に熱を伝えることが可能

<https://www.ipros.jp/product/detail/2000349089/>

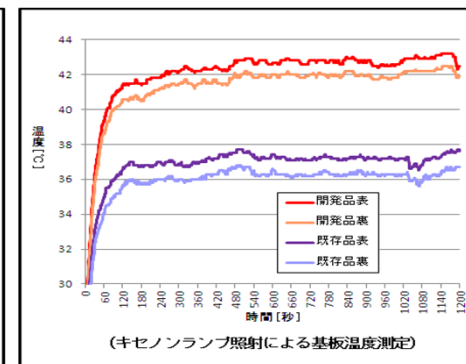
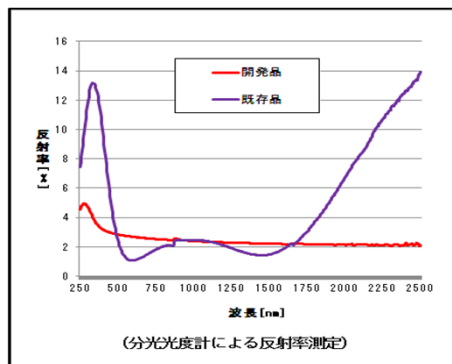


細孔

（集熱板断面図）

集熱板の特徴

- ・ 細孔を保有する立体構造になっており、太陽光を反射することなく、紫外から近赤外までの幅広い波長の光を約98%吸収することが可能です。
- ・ 吸収した光は熱に変換され、CNTの高い熱伝導により熱放射することなく効率的に基板に熱を伝えます。
- ・ アルミ、ステンレス、銅などのような基板にも強固に密着性良く作成できます。



13. 埃/汚れ

PVの例では、汚れにより年1%の出力低下が生ずる。
海岸から500m以内では潮風の影響は無視できない。
ここでは、設計上、一定の低減を見込む。

反射板、レシーバ受光面は清掃を要するが、
反射板/レシーバは可動式で、垂直に立てることで埃を落下させることができ、
定期的に水で手洗いを行う。

また、集熱板が大規模になるとき、機械化を検討する。（右図参照）



(1) 太陽電池モジュール洗浄用アクセサリ



(2) SktRobot Solrider

図-10 埃/汚れ対策

14. 結果としての設計方針/構造詳細

- (1) 反射板面積は最大限大きく
(ただし、運び易く、施工し易く、保守し易いこと)
→長さ1,990mm
→温度膨張遊間10mm
- (2) 焦点距離と反射板の延長比は
方位角 60° まで対象に誤差を吸収
→反射板位置の誤差は5mm
→角度の誤差は $5/400$ ($\times 800\text{mm} = 10\text{mm}$, $\times 400\text{mm} = 5\text{mm}$)
- (3) 支点部構造は狭く、レシーバ受光面を最大限確保
(膨張 鋼材1.73mm, ガラス1.36mm)
→遊間3mm+撓み、施工性分3mm
→鋼材/ガラス接合部はシール
- (4) レシーバ断熱構造
→受光部断熱方法の最適化→二重窓空気層 $t=30\text{mm}$
→断熱材質、厚さの最適化→発泡ウレタン $t=26\text{mm}$
- (5) 反射板/回転軸の配置
→反射板を南向き、回転軸を東西に配置することで
一軸の制御で対応できる。
- (6) 支点部伸縮性/止水
→支点の伸縮性確保 (構造詳細で対応できる)
→内側ガラスの止水性確保 (//)
→連結管の伸縮性/止水性確保 (//)
- (7) 回転による部材の取り合い
→回転板/制御装置/レシーバ端部蓋/支点の
取り合い/遊間確保 (構造詳細)

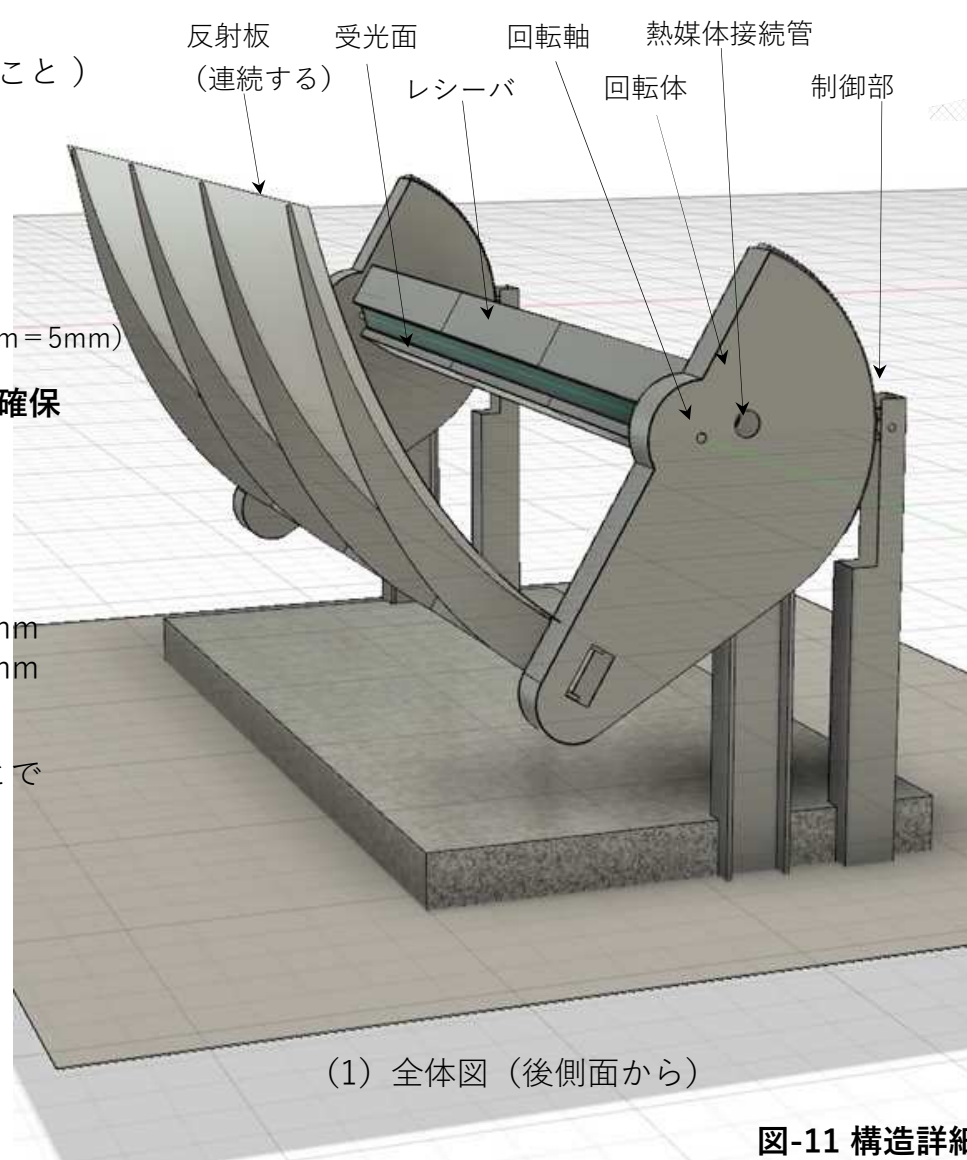
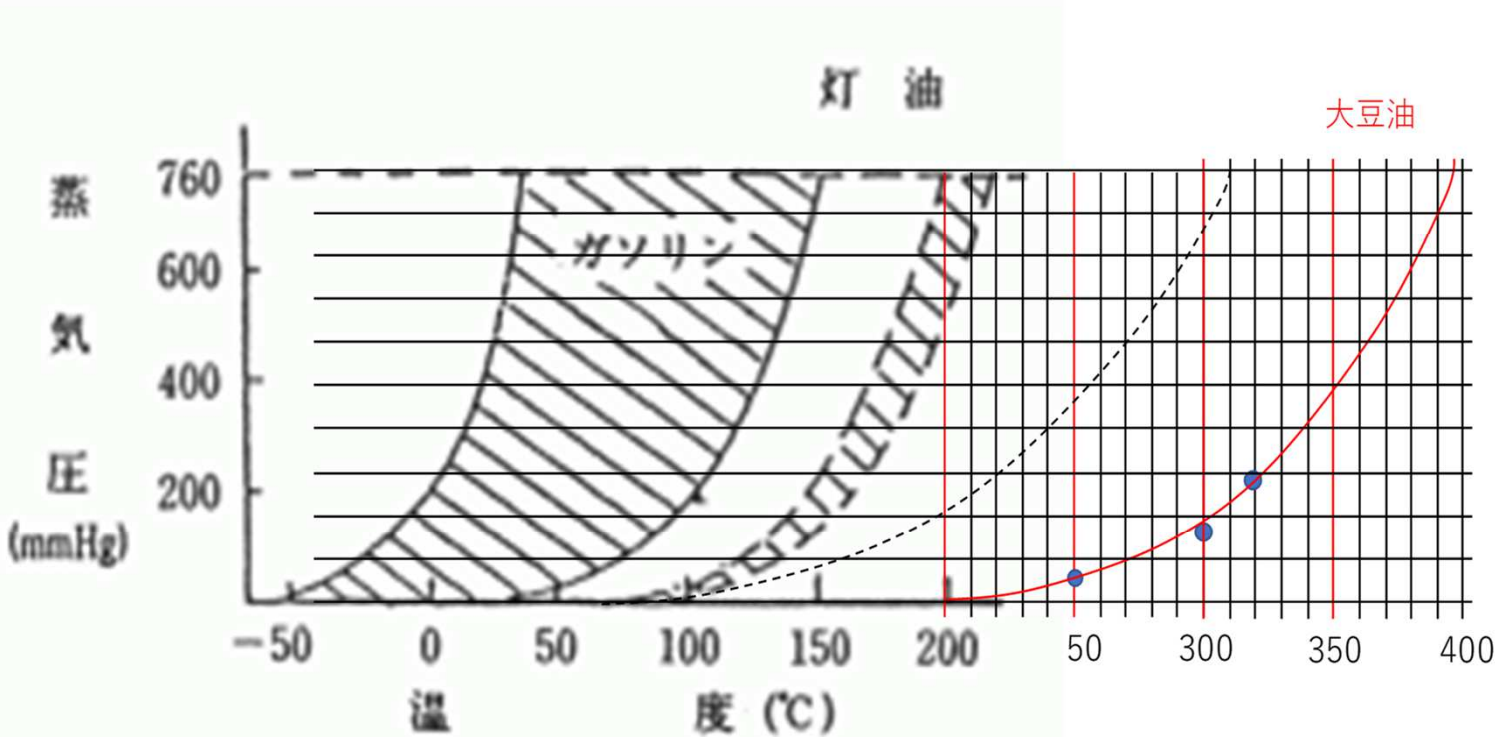


図-11 構造詳細

15. 熱媒に食用油を使用する場合

ここでは水を用いることにしているが、環境/目的により、油の使用もあり得る。
熱媒体に油を使用すれば、集熱温度を180℃～200℃にできる。
(ドイツの例では油を使用し集熱温度を180℃としている)

ただし水と比べた場合、コスト、安全性などの検討が必要となる。
高温/高圧になるため、アキュムレータが必要になる。
(発電に有利になるかは検討を要する)



(1) 太陽電池モジュール洗浄用アクセサリ

図-12 食用油を使用する場合



(2) アキュムレータ