

屋外暴露した改質こけら葺き屋根の初期劣化要因と安定化状態の評価

1. 材料施工-7 有機系材料

こけら板、劣化、屋根

色彩特性、紫外線

準会員○ 矢野裕侑*¹ 正会員 田村雅紀*²

正会員 後藤治*³ 正会員 山本博一*⁴

1. はじめに

日本の伝統的屋根葺き構法はコストや耐久性の問題から年々減少傾向にありこれら保護する必要がある。その理由として文化的価値があり観光資源として期待されており保全保護するニーズがあり、現在でも専門家により保全方法について議論されている。こけら葺きを保護していく上で大きな問題となるのが維持費であり、葺き替えのたびにコストが必要なため大きな負担である。そこでこけら葺きの保護方法の一つとして挙げられる改質処理が有効である^{1)~3)}。改質処理を行う事により耐久性の向上をする事が出来れば葺き替えのサイクル長期化に繋がり結果コストの削減にもなる。本研究ではこけら葺きの初期劣化性状を調査し劣化の原因を検証し、実験項目の色、ひび割れの観点から2010年~2013年までの劣化低減速度を踏まえ環境要因がこけら材の劣化に影響を与えるのかを検証する。また塗料による改質処理の効果を検証し、改質処理により葺き替えサイクルの長期化・コスト削減を実現する可能性を検討することを研究の目的とする。

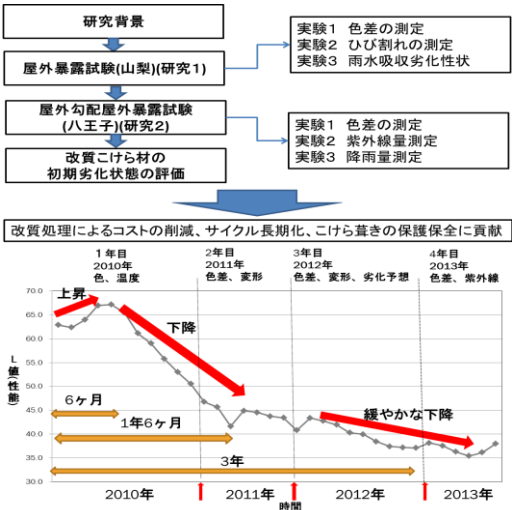


図1 本研究の流れと既存研究による初期劣化状況

表1 使用材料

項目	内容							
記号	A46	A88	N169	N88	M35	M80	Sk	Sc
種類	秋田 人工 杉	秋田 人工杉	秋田 天然杉	秋田 天然杉	宮崎 人工杉	宮崎 人工杉	京都 さくら	秩父 さくら
樹齢年	46年	88年	169年	88年	35年	80年	—	—
平均厚(mm)	3.4	3.6	3.3	3.4	3.6	3.5	2.7	2.5
密度(g/cm ³)	0.35	0.29	0.33	0.53	0.31	0.33	0.36	0.31
年輪数(個)	23.2	17.8	56.5	35.4	20.2	34.0	11.5	15.4

表2 実験項目と内容

	測定項目	内容	測定時写真		
			色差測定	紫外線測定	降雨量測定
研究1 (山梨)	紫外線強度	屋根面+日射垂直面.線強度測定			
	表面温度	赤外線放射温度計より表面温度測定			
	表面退色度	色差計を用い、JIS Z8730 表面色 XYZ 三刺激値より評価 L*a*b*値による			
	内部温湿度	内、外部度を12回/24時間自動評価			
研究2 (八王子)	色差測定	各角度(0,15,30,45,60,90)色差計により現在までの変化			
	紫外線測定	各角度(0,15,30,45,60,90)紫外線測定器を用いUVC(mw/cm ²)量を測定する			
	降雨量測定	一週間ごとに雨量を測定			

表3 こけら葺き改質処理条件

	No	種類	色	回数	効果
研究1 (山梨)	1	高撥水シリコン系	クリア	2	シロキサン結合基を有する無機シリコン溶液による撥水対策
	2	高耐久アクリルシリコン系	白	2	含有シリコンによる結合エネルギー増大化による紫外線吸収防
	3	無・有機ステイン系	黒	クリア	黒色化による近赤外線吸収影響の検証
	4	無・有機ステイン系	白	クリア	白色化による近赤外線反射影響の検証
	5	柿渋液	茶	4	柿渋液塗布による防汚対策
	6	木酢液	茶	4	木酢液塗布による防汚対策
	7	なし(銅版水切り)	なし	0	銅版水切りの挿入による熱伝導影響に伴う蓄熱影響検証
	8	なし	なし	0	研究1の基準試験体
	9	フッ素樹脂系遮熱塗料	黒	3~4	近赤外線高反射による遮熱特性の改善、紫外線劣化防止に伴う保護膜耐久化、リグニン分解防止によるセルロース組織単分子化の防止に伴う防汚抵抗性改善の検証
	10	フッ素樹脂系遮熱塗料	茶		
	11	フッ素樹脂系遮熱塗料	肌色		
研究2 (八王子)	12,14	なし	なし	0	基本試験体(12:Sk 京都さくら 14:Sc 秩父さくら)
	13	メタルシリコン系含浸剤	白	2	難燃性の付与および組織の緻密化に伴う紫外線対策を含む高耐久化の検証
	15	特殊アクリル系補修剤	なし	2	2液性特殊アクリル系固化材による細部組織の緊密化と表面層のアクリル保護膜化の検証

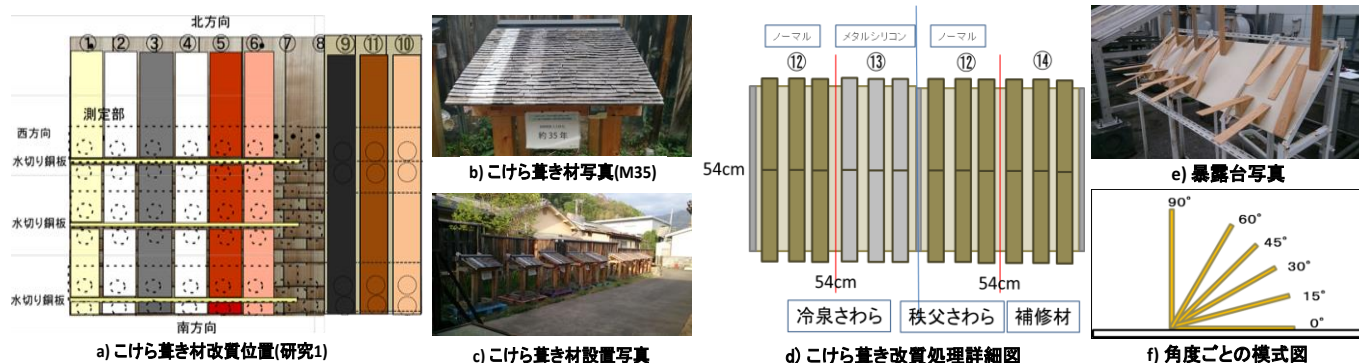


図2 こけら葺き材暴露詳細図と模式図(a, b, c, 山梨、d, e, f, 八王子)

本研究は2010年から約3年間行っている研究であり今年で4年目の研究である。既存の研究から確認された初期劣化はこけら板が施工直後から6ヵ月目前後に紫外線によりリグニンが破壊され色素成分が溶脱して起きると考えられる³⁾。図1はL値を時間軸上でグラフ化したものであり初期劣化を表している。L値の上昇は退色を表し、下降は黒色化を表している。木材内の色素成分リグニンが紫外線を受け破壊されると色素が溶脱しやすくなる。紫外線の吸収によりリグニンの分解それに伴う色素の溶脱が起きることが分かった。

2 研究概要

2.1 4年目のこけら葺き屋外暴露試験(研究1)

表1に本実験の使用材料、材の寸法・密度、表3に試験体に施した表面塗装処理条件を示す。これは2010年から暴露している試験体であり、樹齢の異なる人工林の秋田産杉や宮崎産杉、自然林の秋田産栗、長野産さわら等、計7種類を使用する。試験体の表面に塗装処理を施すことによりこけら葺きの葺き替えサイクルが長くなり表面の耐久性が向上するのかを検証するとともにどの塗装処理が効果的であるか検証する。

表2に実験項目と方法を示す。研究1は2010年から暴露しており今まで温度・変形・劣化予想などを研究してきており、材種による温度差がある事・約半年で色落ちしてしまう事・保護効果のある材もある事が発見されている^{1)~3)}。初期劣化はほとんど終わっているため今年度は色差に注目して色差のみの測定を行う。

2.2 こけら葺き材屋外勾配別暴露試験(研究2)

研究2では重要文化財である冷泉家の材を使用しており、これは京都さわら材の通常のこけら材よりも急速な劣化をした原因の追求も目的としている。

表1に本実験の使用材料を、表3に表面塗装処理条件を示す。既存の研究で使用していた京都さわら・補修材を使用し、図2a)に暴露台の詳細図を、図2f)に模式図

を示す。試験体は既存の研究で使用された京都さわら塗装なし、アクリルシリコンを塗布したもの、保護塗料を塗布したもの、秩父さわら塗装なしの計4種類を使用し、各角度(0°～90°)を暴露し八王子の建物屋上で測定行う。角度の変化で耐久性、色落ちの速度などに違いを検証する。図2d)の様に配置し、図2f)のように角度をつけて暴露する。色差は色彩計を用いて試験体の表面の色彩を計り、紫外線は紫外線測定機で試験体が垂直に浴びている紫外線量を測定する。

2.3 色差測定結果

色差は $L^*a^*b^*$ 値より算出し、 L^* 値は明度であり材色の明るさを表し、 a^* 値および b^* 値は色度座標であり、一般に a^* 値が大きいほど赤色が強く b^* 値が大きいほど黄色が強くなる。このとき、色の濃さは彩度 C^* 値式(1)で表され、異なる部位の材色の違いは式(2)で求められる色差 ΔE^* によって表す。

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \dots \dots \dots 1)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \dots \dots \dots 2)$$

ここに、 A_s : 試料の値 A_r : 基準の値 $\Delta A = A_s - A_r$
 ΔL^* , Δa^* , Δb^* は2つの部位の $L^*a^*b^*$ 値の差であり
 JIS Z 8730 による

図3に研究1、図5に研究2の測定結果を示す。各種グラフを見ると雨・紫外線の影響による色素の溶脱、表面塗料の剥離、カビや汚れの付着による変色に傾向が見られる。塗料の観点から見るとアクリルシリコン系は色を保っており、紫外線に対しても表面保護効果があるとも言え、遅れて黒色化が始まる材・無塗装材と同じ変化を示す材の3種類の変化が見られた。また角度ごとの材の違いとして、角度が緩やかな材ほど大きく色落ちて、角度が急なほど色落ちが小さい事が分かる。これは浴びる紫外線の違いによって表れる差であり紫外線量測定結果から角度ごとの違いを検討する。

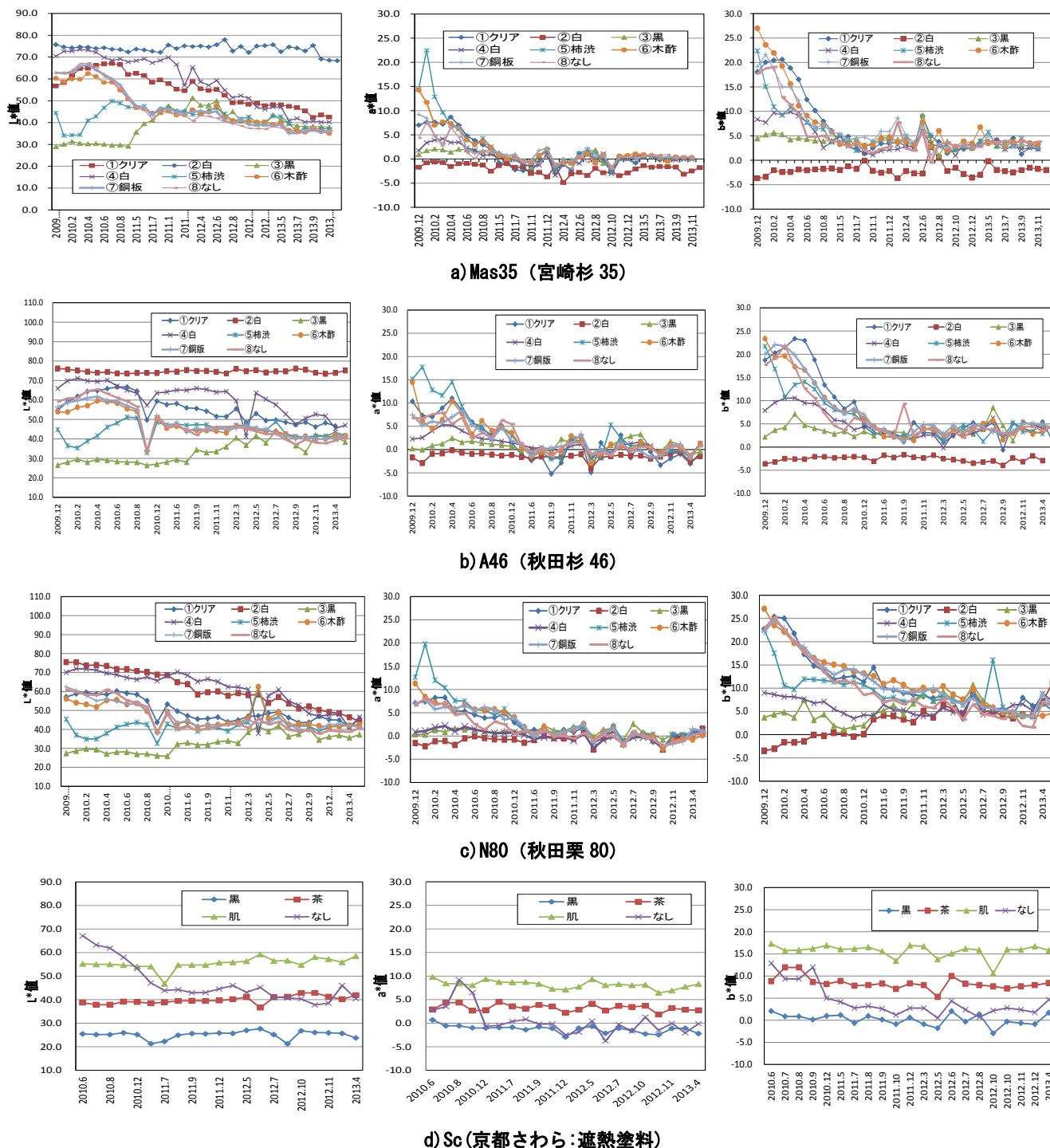


図3 改質処理ごとの時間変化に対応する色彩値の特性

2.4 紫外線測定結果

図4には紫外線量差の激しかった月の紫外線量を挙げて比較し、図5のL*値(明度)のグラフと照らし合わせ紫外線量と色差の値が比例していることを示した。今回はカビの出来る原因の三大要素内の含水量に着目し角度ごとの紫外線量と色差の観点から違いを確認した。既存の研究から紫外線量が最も多いのは8月、少ないのは10月という事が確認されており図4から角度が急であると紫外線を多く浴びない。そのためリグニン分解が15°~30°のものより少ない結果がグラフに出ている。図6のΔE、Cabのグラフ・図7からは15°~30°の材が最も色味が増加・黒色化している事・ほとんどの材が色落ちしてきて値が0に近づいている事などが確認できる。

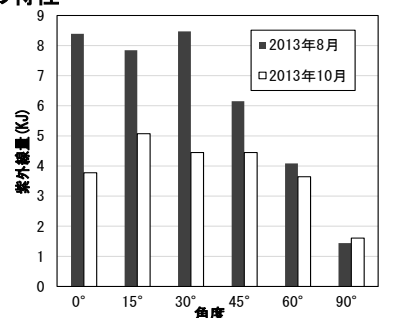
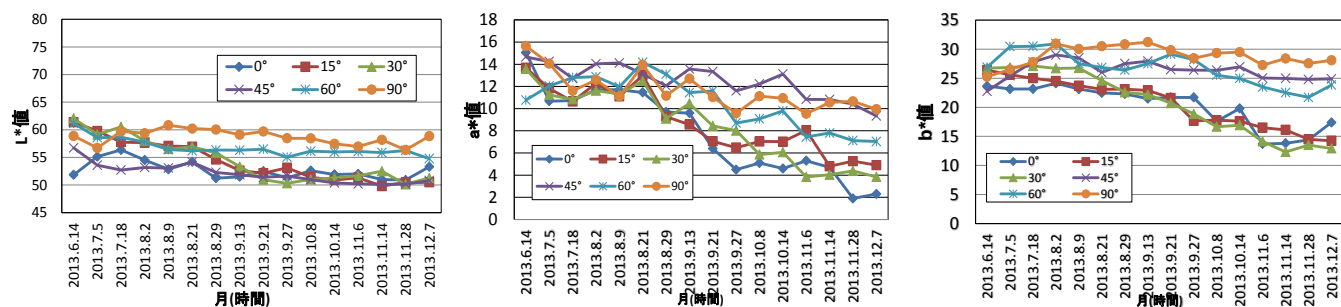
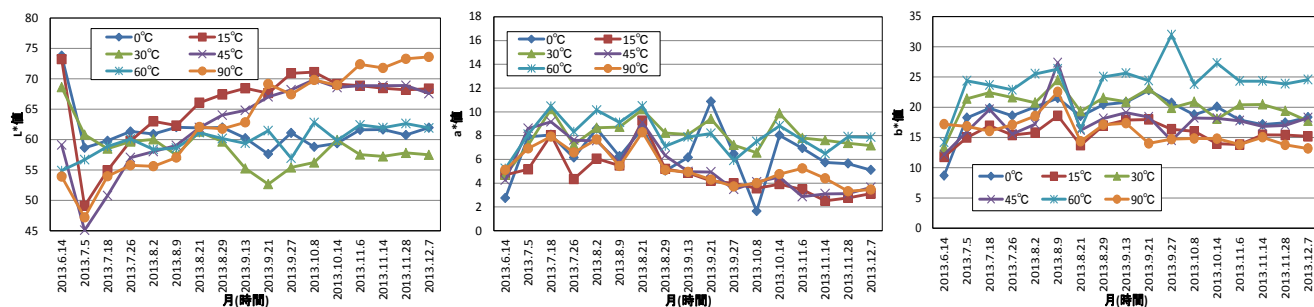


図4 角度ごとの紫外線量(研究2:八王子屋外暴露場)



a) Sk(京都さわら塗装なし)



b) Sk(京都さわらメタルシリコン)

図 5 角度別色彩変化のグラフ

3. まとめ

- 1) 研究 1, 2 通して、アクリルシリコン系塗料は材に関わらず保護効果があり、フッ素系遮熱塗料は材に関わらず表面保護効果がある事が確認出来た。
- 2) a*b*値による色相は保護効果が失われた材は 4 年経過した今では値が 0 に近い無彩色になっている。
- 3) 研究 2 冷泉家こけら材の屋外暴露試験では屋根勾配が急な場合、紫外線量が下がり色落ちも低下し、緩やかな場合紫外線量が多くなり色落ちが増加する。

参考文献

- 1) 清永, 田村, 山本, 後藤: 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究, 日本建築仕上学会学術発表論, pp. 123-126, 日本建築仕上学会, 2009年
- 2) 森田, 田村, 後藤, 清永: 屋外暴露した改質こけら葺き屋根の物理的変状の評, pp. 33-36, 2011年度研究発表会研究報告集, 日本建築学会関東支部, 2012年
- 3) 直井, 田村, 後藤, 山本: 屋外暴露した改質こけら葺き材の初期劣化性状の評価, 2012年度日本建築学会関東支部研究報告集 1, pp. 207-220, 日本建築学会関東支部, 2013年
- 4) JISハンドブック, 色彩, JIS Z 8730, 2005年

謝辞

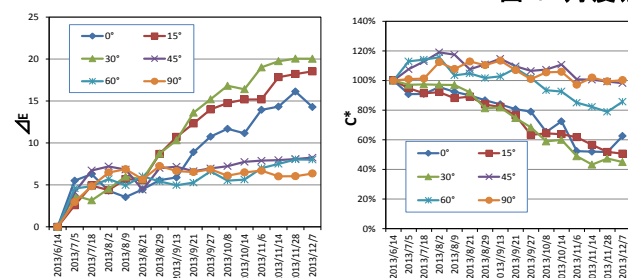
本研究に際し有限会社熊谷産業, 伝匠舎石川工務所, に多くの協力を頂いた。本研究は、工学院大学後藤研、東京大学山本研との共同研究であり、平成 25 年度科研費基盤 A (代表; 山本博一東京大学教授)、工学院大学 UDM・研究、H25 年度科研費 (A: 23680681 田村雅紀) による。

*1 工学院大学工学部建築学科 4 年

*2 工学院大学建築学部建築学科・准教授・博士 (工学)

*3 工学院大学建築学部建築デザイン学科・教授・博士 (工学)

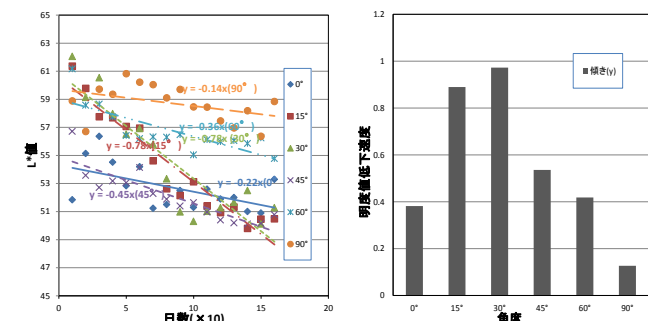
*4 東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授・博士 (農学)



a) ΔE

b) C*

図 6 角度ごとの ΔE (色差) と C* (ab クロマ)



a) L*値と日数(×10)の関係

b) 劣化低減速度

図 7 角度ごとの傾きと紫外線量 (研究 2)

それぞれの角度・月ごとに平均を取って紫外線量のグラフの紫外線量の値としている。紫外線の強さに関する定義として、紫外線の強さは、太陽の高度・雲など大気の状態・反射など周辺の状況などで変わる。天候や時間帯などに左右されてしまい紫外線量に大きく違いが出ると示してあるため、大きく値が違う部分は測定した時間帯の紫外線量の違いと考え、天候の違いでないとし、これを踏まえた上での紫外線量の結果のグラフとする。結果として角度ごとに大きな違いが出た。