

消火活動時における対策技術

能美防災株式会社
研究開発センター
山岸 貴俊

会社紹介



火災受信機



煙感知器



赤外線式炎感知器

会社名：能美防災株式会社

創業：大正5年

上場証券取引所：東京証券取引所第一部



泡消火設備

大正13年に自動火災報知機による防災事業を開始。
以来、研究開発からメンテナンスまで一貫体制の下、自動火災報知設備から消火設備まで各種防災システムを提供する総合防災メーカーです。

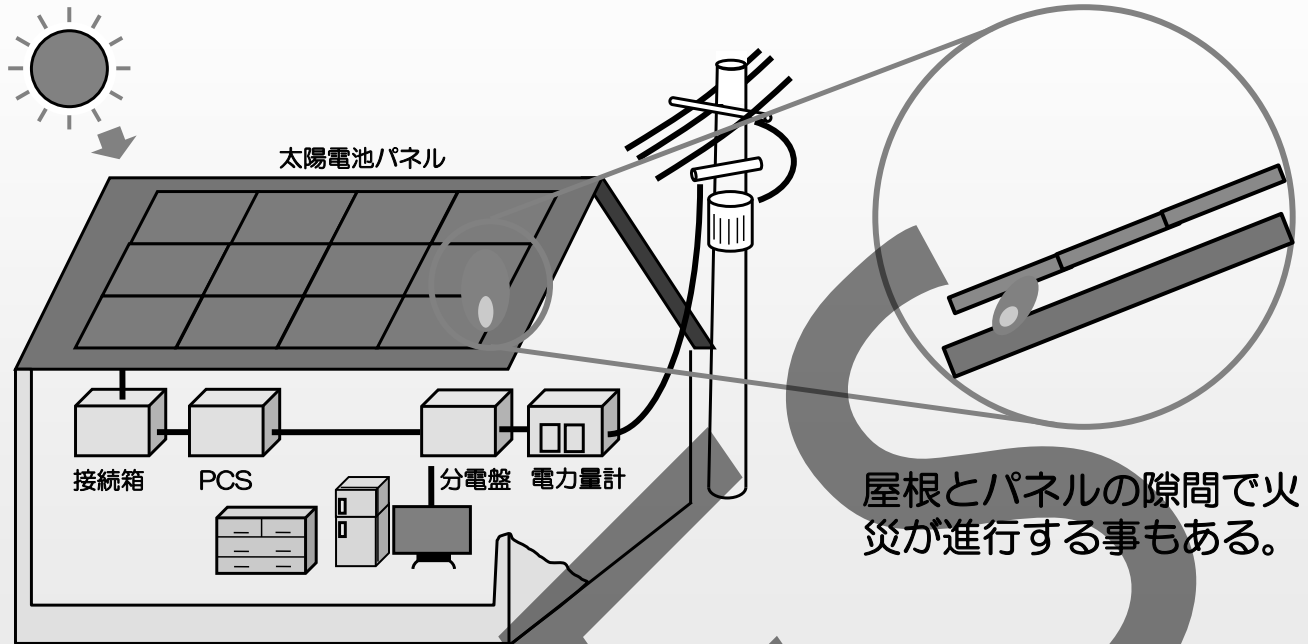
放水型ヘッド



PVシステムの火災時の危険性①

火災検知の危険性

PVシステムの火災は、屋外で出火する場合も多い。

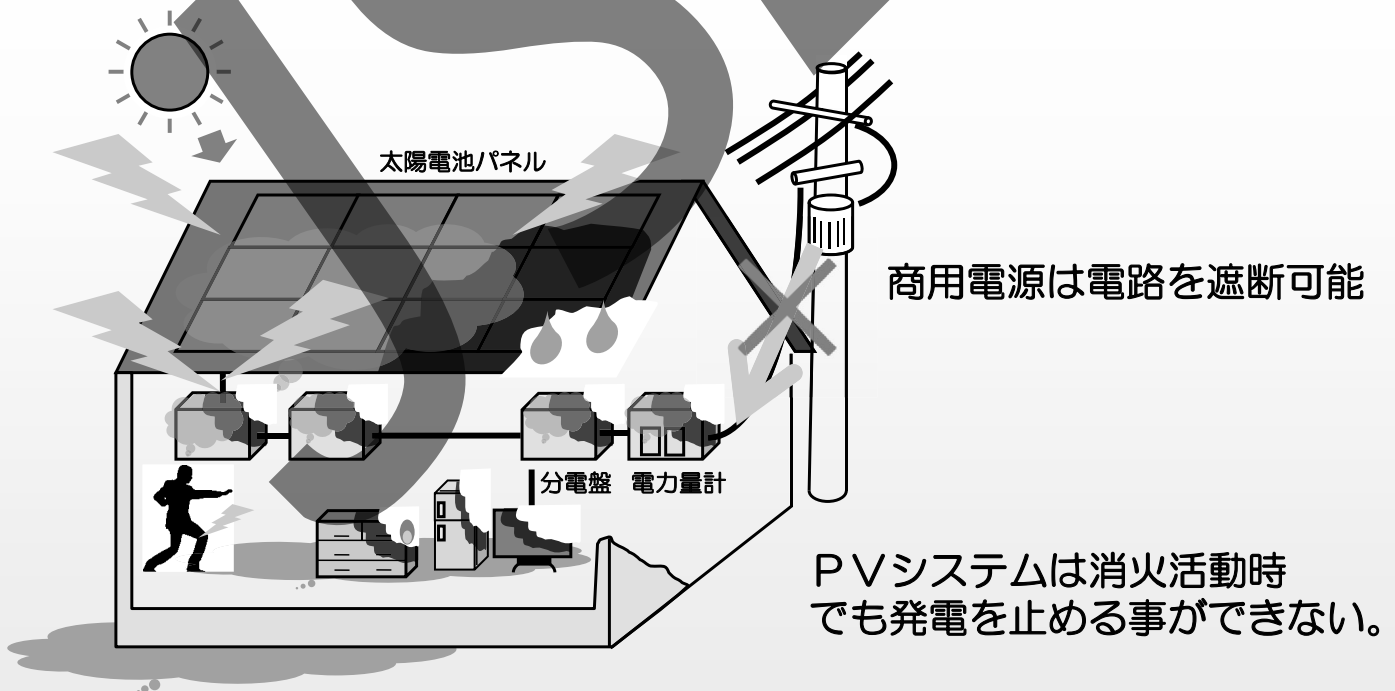


屋根とパネルの隙間で火災が進行する事もある。

多様なPVシステム火災に対して効果的な火災検出手段を低コストで実現する事は、技術的なハードルが高い

PVシステムの火災時の危険性②

消火活動時の危険性



商用電源は電路を遮断可能

PVシステムは消火活動時でも発電を止める事ができない。

消火活動時の感電の危険性を取り除く事が困難

火災現場における消火活動の流れ

初期

- ・ 情報収集
- ・ 対応資材の準備
- ・ 状況の把握
- ・ 侵入経路の確保

中期

- ・ 内部侵入
- ・ 放水
- ・ 商用電源の電路遮断

終期

- ・ 残火処理
 - 焼損箇所の破壊
 - 放水

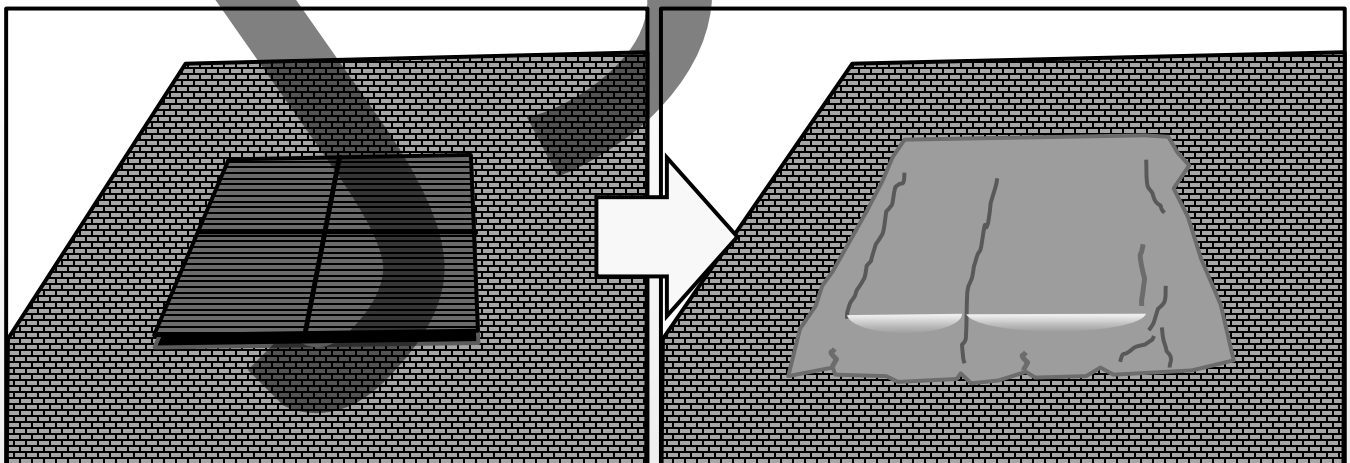
鎮火

- ・ 再出火防止
 - 焼損モジュール撤去
 - 遮光シートで覆う
 - 回路遮断

感電の危険

発電停止実験①

ULでは、2011年に複数種の遮光シートでPVパネルを覆い、発電停止実験を実施。



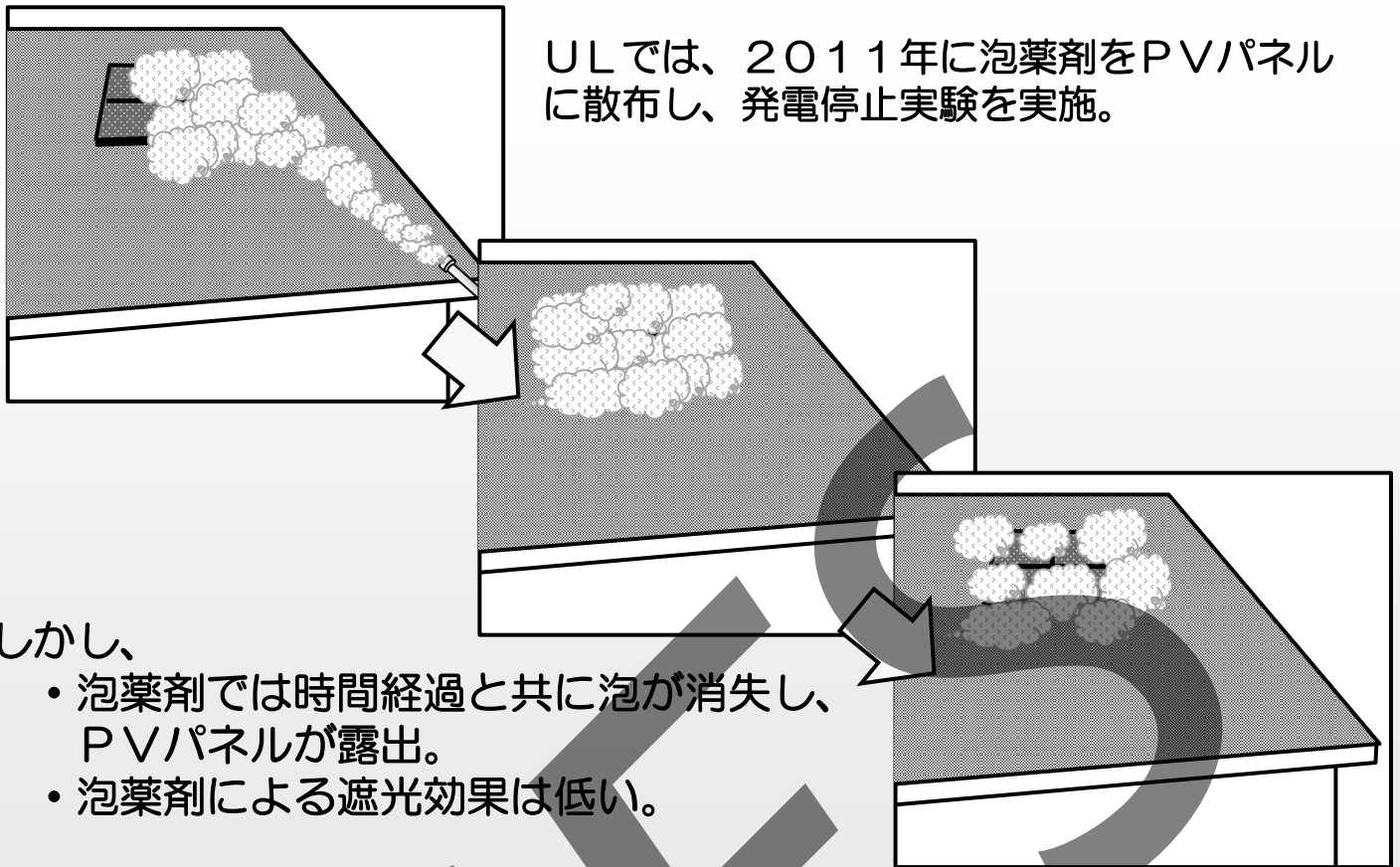
適切な遮光シートを選定すれば発電停止は可能。

但し、シートによる遮光方法は、PVパネルまで近づく必要があり遮光処置時の感電の危険性は排除できない。

文献：Underwriters Laboratories Inc.:

「UL Firefighter Safety Photovoltaic Installations Research Project 2011」、2011.10

発電停止実験②



文献: Underwriters Laboratories Inc.:
「UL Firefighter Safety Photovoltaic Installations Research Project 2011」、2011.10

弊社の取り組み

初期

- 情報収集
- 対応資材の準備
- 状況の把握
- 侵入経路の確保

中期

- 内部侵入
- 放水

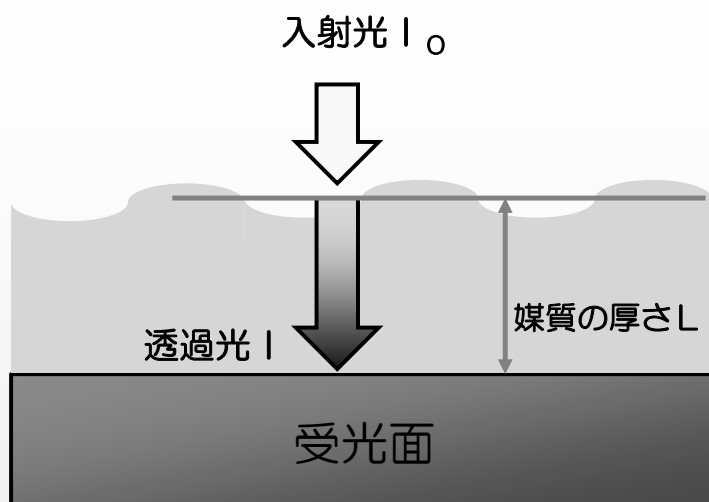
終期

- 残火処理
 - 焼損箇所の破壊
 - 放水

鎮火

感電の多くは残火処理時に発生

残火処理時に使用可能な、PVパネルに近づく事無く遠方から放出可能な発電停止手段を実現したい



Lambert-Beerの法則

$$\text{吸収係数} = \text{Log}(I_0 / I) = \epsilon c L$$

ϵ : モル吸光係数 (物質依存)
 c : モル濃度

遮光率を上げるには？

- ① 遮光剤の厚さを増やす。(高く積み上げられる)
- ② 遮光率の高い材料を選択する

但し、

- ・ 遮光剤が燃え易いものはNG
- ・ 容易に除去可能であること

遮光剤の厚さを増やす①

液体の厚さを高く積み上げるには？
→ 液体の粘度を高めれば良い



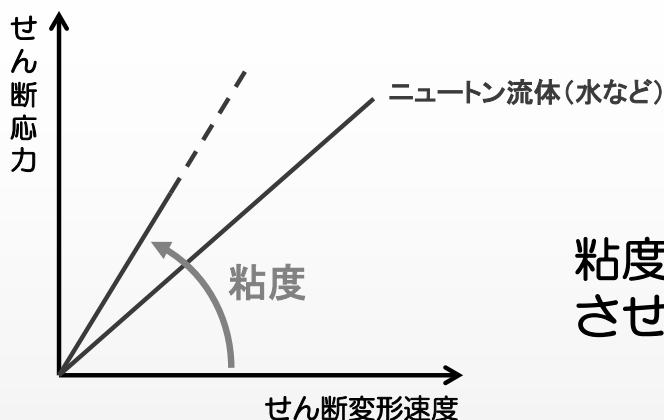
高 ← 粘度 → 低
粘度の違いによる液滴の厚さ

ゲルの様な高粘度の流体を使えば、パネル面に遮光体を高く積み上げる事は可能。

しかし、

高粘度の流体は長距離への放出は困難。
安全な距離からの放出は無理？

遮光剤の厚さを増やす②

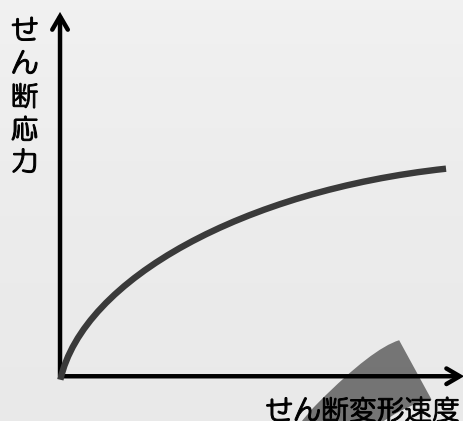


粘度の上昇は、流体の速度を低下させ、飛距離を伸ばす事が難しい。

しかし、

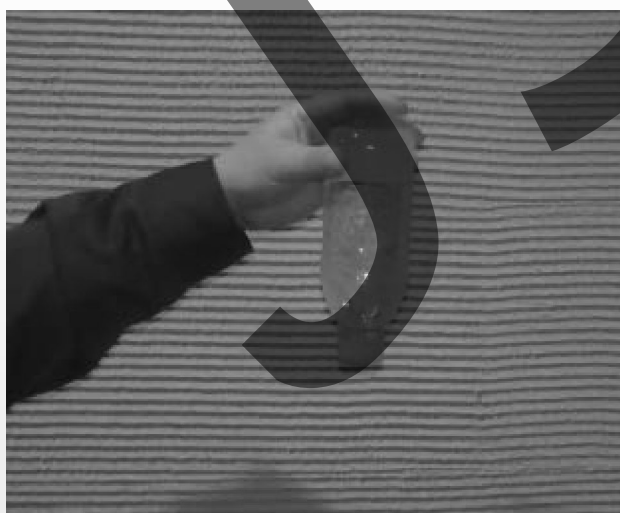
せん断応力とせん断変形速度が非線形な流体なら、

粘度と飛距離の両立は可能

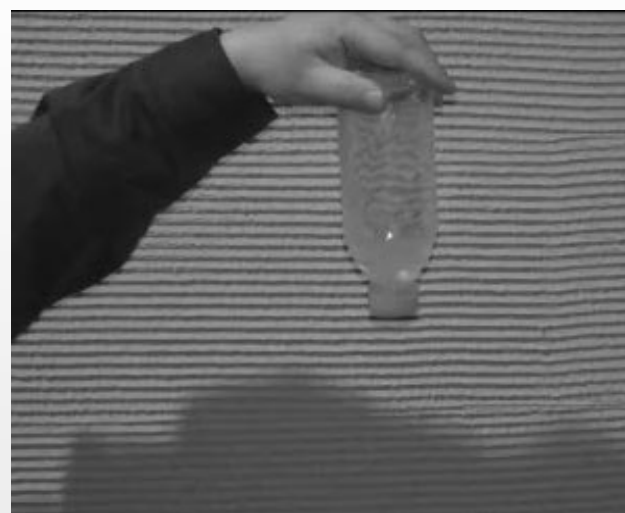


遮光剤の厚さを増やす③

せん断応力の印加時間に応じて粘度低下を生じるチキソトロピー性を持つ流体



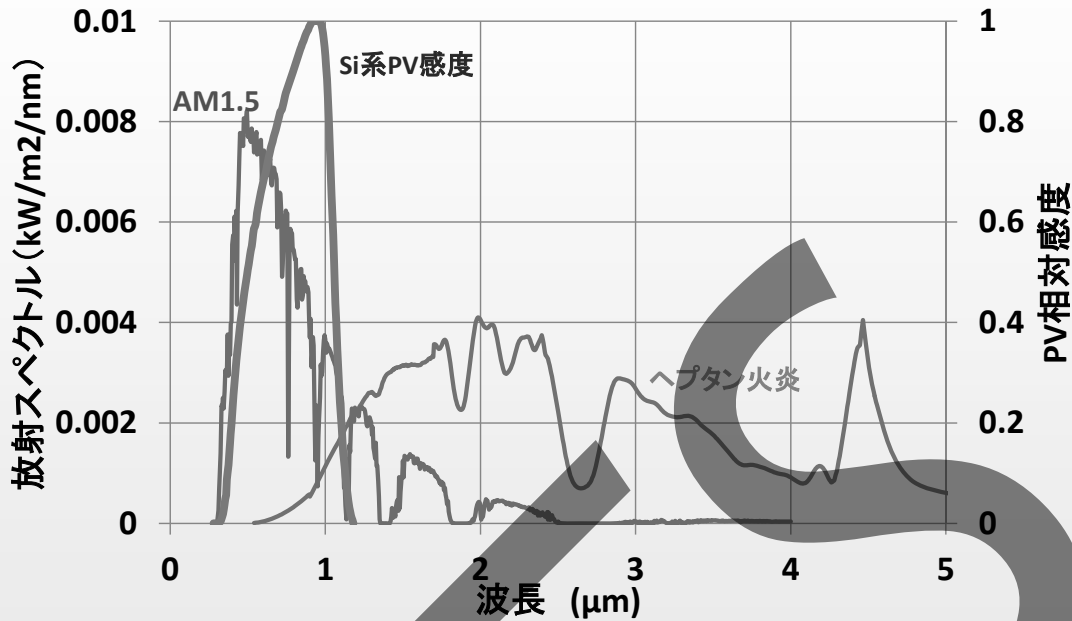
応力印加前



応力印加後

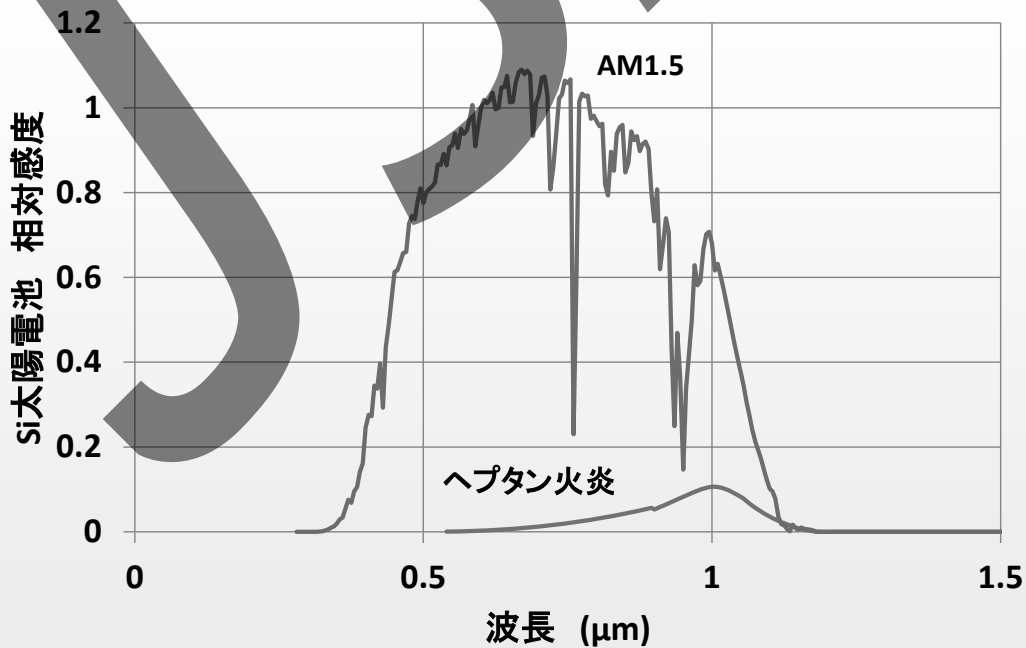
- 放出時は低粘度化し長距離への投射が可能
- パネルへの付着時は高粘度化し、厚い遮光膜を形成

望ましい遮光材とは？



太陽、ヘプタン火炎の放射スペクトルとPV感度
(1kW/m²基準)

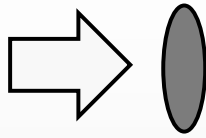
望ましい遮光材とは？



太陽、ヘプタン火炎の光に対するPV感度

太陽光や火炎に対するPVパネルの分光感度を効果的に抑制できる遮光剤が望ましい。

遮光材（顔料）の粒径の影響



進行方向に垂直な平面の単位面積を単位時間に通過する光エネルギー F_0

粒子に入射した光から単位時間あたりに吸収（散乱）されるエネルギー P_{abs} (P_{sca})

吸収断面積： $\sigma_{abs} = P_{abs} / F_0$

σ_{abs} ：実効的に吸収に作用する断面積

散乱断面積： $\sigma_{sca} = P_{sca} / F_0$

σ_{sca} ：実効的に散乱に作用する断面積

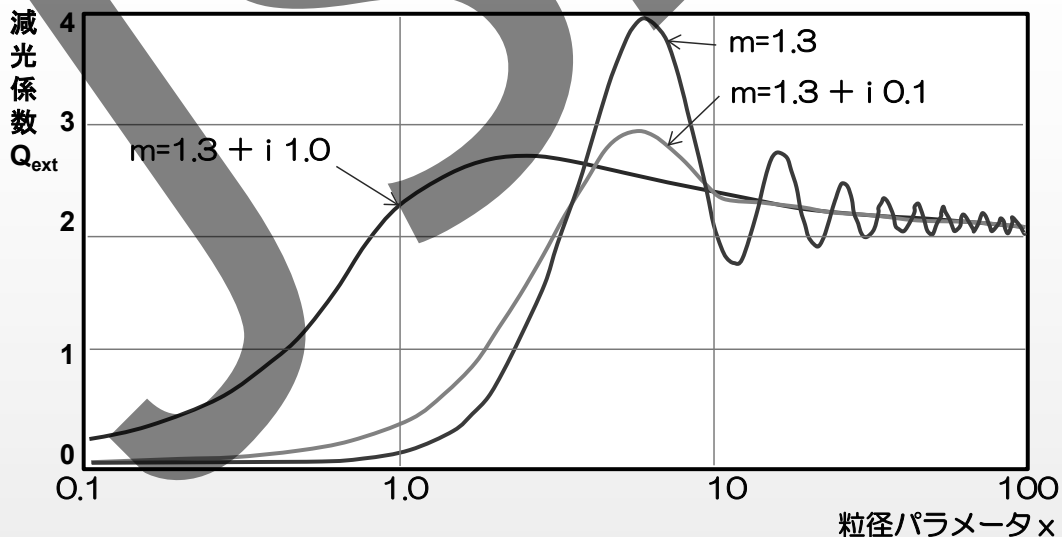
減光断面積： $\sigma_{ext} = \sigma_{abs} + \sigma_{sca}$

実効断面積を粒径で規格化し、減光係数： $Q_{ext} = \sigma_{ext} / \pi a^2$

Q_{ext} は粒径パラメータ $x(x=2\pi a/\lambda)$ と、粒子の複素屈折率 $m(\lambda)=n(\lambda)+ik(\lambda)$ の関数となる。

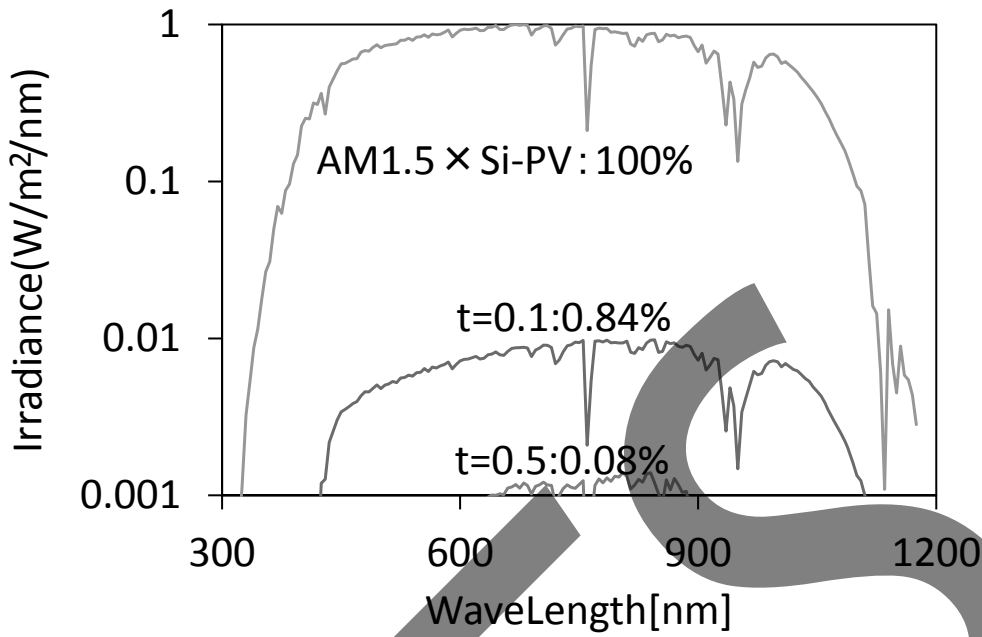
n : 粒子の屈折率
 k : 粒子の吸収
 λ : 光の波長
 a : 粒子半径

遮光材（顔料）の粒径の影響



減光は、波長と粒径の比と、屈折率、吸収率の影響を受ける為、材料が同じでも粒径が変われば性能は変わる。

分光吸収率と粒径を、PVパネルの特性に合わせて材料選択する事が重要。



遮光剤の積み上げ高さによる、AM1.5暴露時のSi系PVパネル発電の減衰の予測

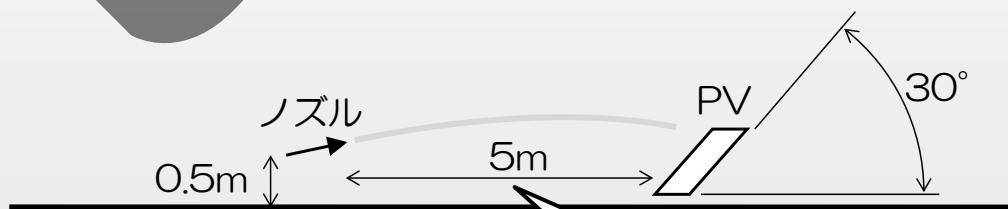
発電抑制実験

実験方法

ノズル位置：高さ0.5m

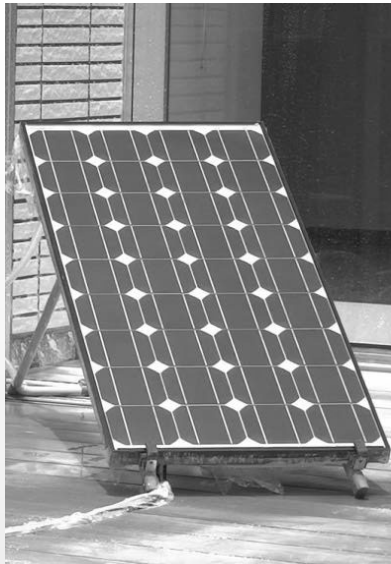
放水圧力：0.23MPa

放水流量：約7L/min（放水時間 約9秒）

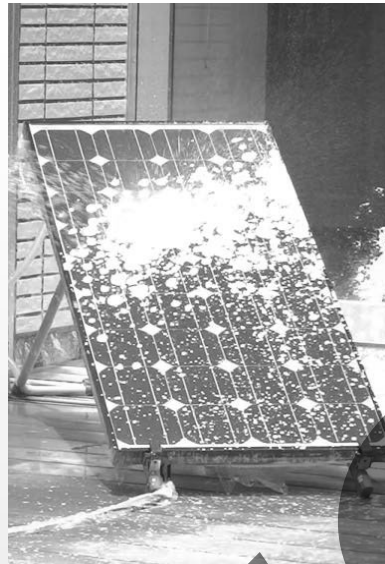


実験配置図

棒状放水時の安全距離



実験前

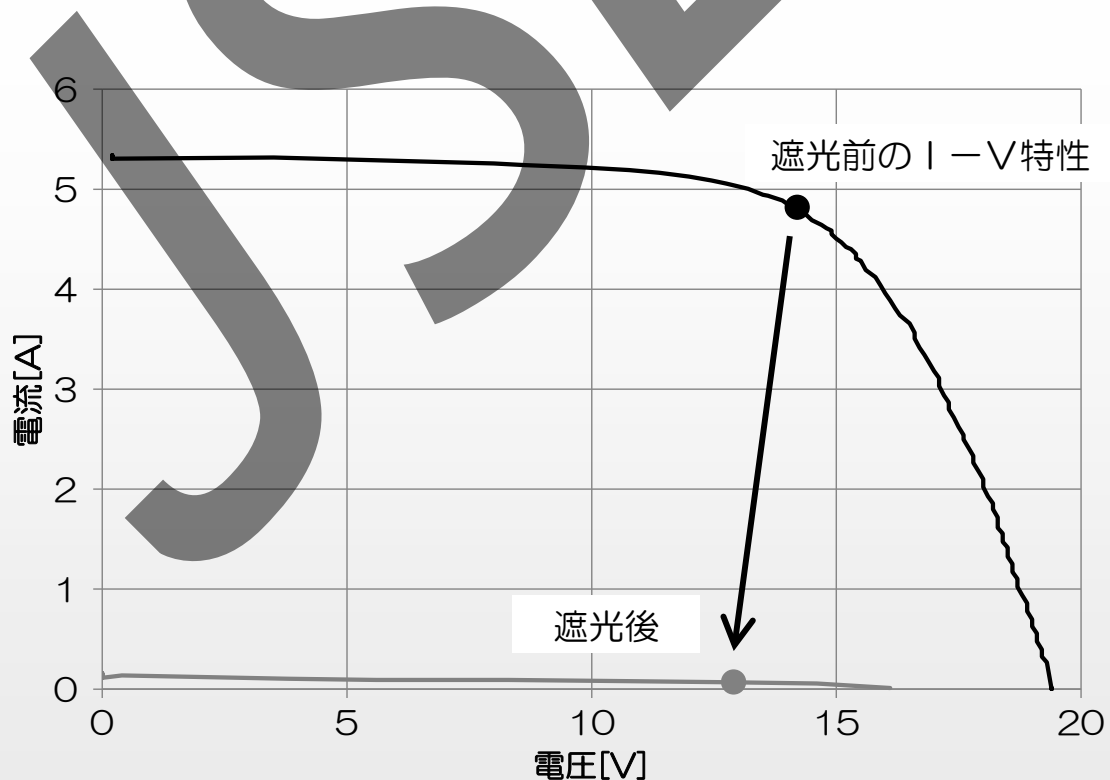


放出中



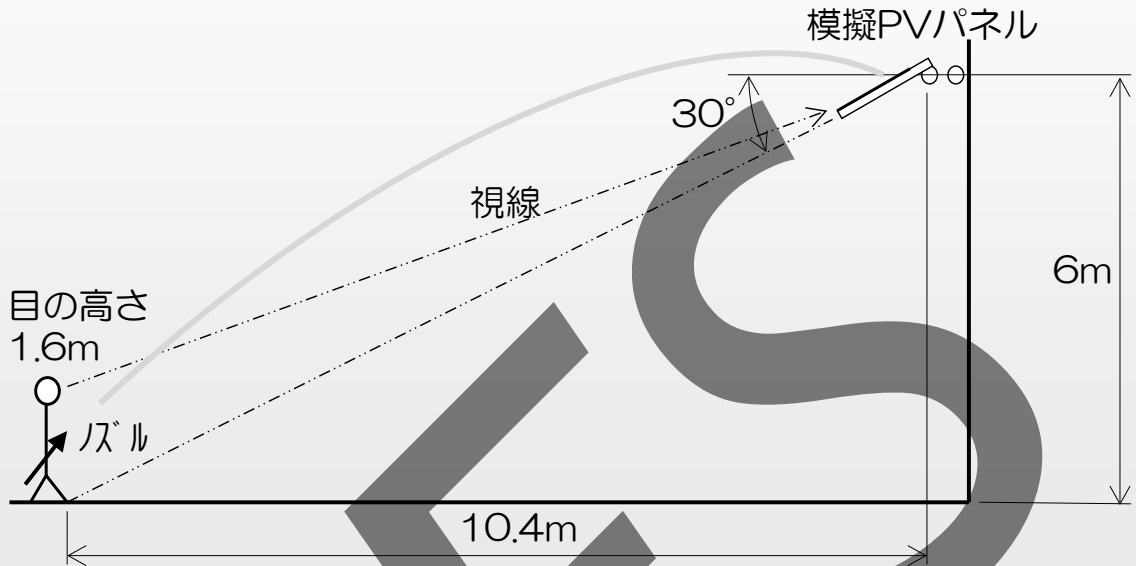
遮光後

- 過度の圧力をかける事無く、放水距離を確保可能
- 濡れたパネル面へ遮光可能
- パネルへの付着時は、液だれする事なく効率良く遮光を行う事ができる



遮光剤によって、遠方から発電量を減衰可能であることを確認

遠方からの打ち上げによる投射実験



- ・消火活動中に安全にPVパネルの発電を停止できる遮光手段について研究中です。
- ・高粘度薬剤技術の応用により、遠方投射と遮光性能の両立は可能と考えています。

本遮光剤を実用域まで技術・性能を高め、消防活動時の安全確保に貢献したいと考えております。