

平成 30 年 9 月 28 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350024

研究課題名(和文) ソーラー緑化の多面的環境性能を活用した持続可能な生活と都市のデザイン

研究課題名(英文) Sustainable Life and Urban Design by Multiple Function of Green Solar System

研究代表者

奥水 肇 (Koshimizu, Hajime)

明治大学・研究・知財戦略機構・研究推進員(客員研究員)

研究者番号：60012019

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：光透過型太陽光パネルのしたに造成された芝生の生育特性と葉緑体含有量を調査し、3年経過時で生育障害を起こす閾値に達することを確認した。透過型でない結晶シリコン型パネルでは、光子密度の不足と、パネル裏面からの高温輻射熱により芝草個体は枯死した。省エネ型ライフスタイルを実現するための屋上利用の形態として、太陽光発電と屋上緑化の両立が可能かの判断は、パネル性能の向上と、高温耐性系統の芝草の作出が課題である。

研究成果の概要(英文)：Of a light transparent type sunlight panel, it was done, it was confirmed to investigate developed turf's growth characteristic and chloroplast content and notify a caused threshold of barrier to growth by the time of a distance for 3 years. A turf grass individual was blighted by lack of the light quantum density and hot radiant heat from the panel back by the crystal silicon type panel which isn't a transparent type.

研究分野：都市緑化

キーワード：屋上緑化 ソーラーシェアリング パネル温度 発電量 結晶シリコン型 光透過型パネル 芝草被覆率

研究開始当初の背景

都市環境改善と都市建築物の環境性能を向上する目的で、屋上緑化を推進することが全国の公共団体の環境条例などに盛り込まれた。一定面積率の緑化を実現することで、容積率の割り増し、固定資産税の減免などの優遇措置を伴う例も増え、屋上緑化面積は増大した。しかし再生エネルギーの推進も一方で済み、建物屋上に太陽光パネルを設置する経費への補助を行う自治体が表れ始めた。事業主は屋上緑化と太陽光パネル設置のどちらを採用するかで迷うことが多くなった。そこで、屋上緑化と太陽光パネル設置の両立を図ることができないかとの発想から、パネル化で植物生育がどこまで可能か、パネルの種類と植物生育の可能性について問われるようになってきた。自然再生エネルギーの有効利用という観点からは、ソーラーシェアリングという考えかたが農業分野でも表れ始めた。本研究は、建物緑化が建物の断熱性能を向上させること、その結果省エネ効果をもたらすこと、太陽光パネルの設置により発電された電気による建築物の省エネ性能を高めることなど、複数の効果をより効率よく実現するために発想されたものである。

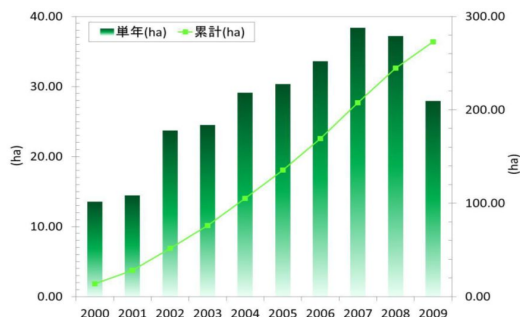


図 1 日本全国主要都市における屋上緑化施工面積の推移。本年 2018 の統計値では 1 年間の施工面積では 2009 年と同水準に戻っており、太陽光パネルの設置と両立させようという動きがあることを反映した値になっている。

2. 研究の目的

発電効率の高い結晶シリコン型のパネルが、植物との間でどの程度太陽エネルギーをシェアすることができるかを明らかにすることが目的である。植物生育をより可能にするためには、光透過型のパネルが望ましいことは容易に考えられるが、現状のパネルにどの程度の光透過性能があるか、またそれが植物生育を可能とするかはまだ明らかにされて

いない。ソーラーシェアリングのためには、パネルの光透過性能よりは、太陽を追尾するようにパネル設置角度を変化させて、発電効率と光透過性能を制御し、発

電と植物性を両立させる方法が主流となっているが、パネルの角度を変化させるための動的エネルギーが必要となり、トータルの省エネ性能に疑問が指摘されてきた。本研究では、パネルを動かすのではなく、固定したパネルで光透過の量を設置角度で制御することにより、発電効率と植物生育の両立がどこまで可能かを明らかにしようと試みた。

3. 研究の方法

明治大学農学部、第一校舎 4 号館 3 階屋上の人工地盤緑化実験施設に、結晶シリコン型のパネル 4 基と透過型パネル 3 基を設置した。発電はジェネレータを介してバッテリーへの充電と余電力を放電するランプへと接続し、発電圧と電流を測定するような回路を設定し、自動記録した。

パネルの発電性能に影響する光条件については、光量子計をパネル上部と下部に設置し、光亮度を自動計測し 5 分積山値を小型メモリに格納した。パネルの温度については、表面と裏面に接着型温度計を付け、自動記録し、気温を測定する装置を取り付けた。パネル設置角度は発電効率の持っても高いとされる水平面に対して 33 度と 27 度に設定した。高電圧を得るための瞬間圧電圧を確保するためには、有効な角度であったが、積算発電量を見た場合は、パネル面の方向、すなわち直南面かそうでないかの方が影響が大きかった。本実験場は陸屋根で水平面で直南面にパネルを設置することが製菓なく可能であったが、実際の建築物では自由度は低くなる。

植物生育と両立を検討する場合には、パネルの設置条件が大きな要因となる。



図 2 実験装置の状況 写真の左部分に一部見えている区に透過型パネルが設置されている。また図の右上は全体の配線図である。

パネルは並列接続とし、パネルによる個体差（製品ムラ）が少なくなるように配慮した。
4. 研究成果

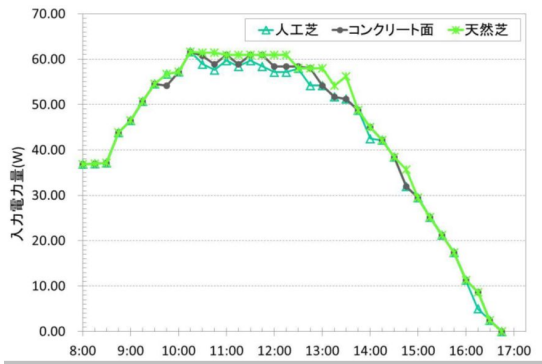


図 3 バッテリーへの分電直前の入力電力量 実験装置の安定性を確保するため、一定以上の発電量が発生した場合、制御装置が働いてバッテリーへ分電し蓄電するシステムになっている、そのようになる直前の状態まではランプ点灯による放電が可能になっている。本グラフはバッテリーへ流れることのない状態での入力電力をである。全日晴天で雲量が少なく太陽光が遮蔽されない状態時での入力電力（発電量と読み替えることができる）である。ほぼ効力密度とパラレルで装置全体が安定知ることを示している。コンクリート面に設置されたパネルと、天然芝生面に設置されたパネルでは、発電量に大きな相違は認められなかった。

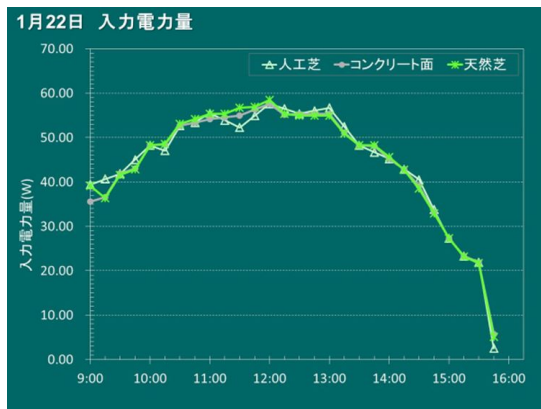


図 4 パネルは発電素子をガラスでは挟んだ構造になっている。このため太陽光の当たる面は太陽光放射熱により温度が上昇し、パネル裏面は下からの照り返しにより温度が上昇する。真夏の正午過ぎには 60 に達することもある。発電素子の改良により高温耐性が向上したが十分ではなく、高温になると発電効率が低下する。このためコンクリート面に設置したパネルは裏面への放射熱により温度上昇が避けられない。このため水冷装置を付けるなどの工夫が現実には行われるが、本実験では、コンクリート面に設置したパネルの入力電力量はわずかに低下する傾

向を示したが、著しい発電低下は認められなかった。

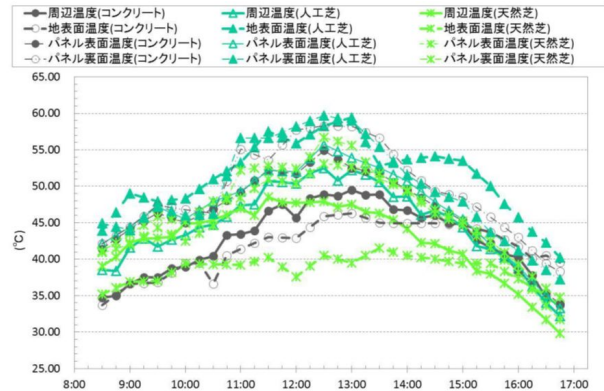


図 - 5 各パネル等の表面温度

最も高温になったのは、人工芝の表面で 60 に達した。それに対し、天然芝の表面温度は 41 を超えることはなかった。これは周辺諸物からみるとクールダウン効果と呼べるもので、太陽光パネルに対しても温度上昇を抑制する作用効果が期待できる。実際、天然芝に設置したパネルの表面温度は約 10 クールダウンしており、発電効率の低下を抑制する効果があったことを示唆する。このことは従前から言われている、屋上緑化による断熱と蒸散作用による建機躯体の温度上昇の抑制、熱貫入の抑制などを数量的にしめすものとして中重くされる。

天然芝区と人工芝区の比較

説明変数 = | (天然芝区の各種温度) - (人工芝区の各種温度) |

目的変数 = (天然芝区の入力電力量) - (人工芝区の入力電力量)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T値	p値	判定
△地面	0.1725	0.3141	0.8695	0.4099	
△パネル表面	-1.0126	-0.4295	-1.2306	0.2534	
△パネル裏面	0.6247	0.631	2.3341	0.0479	*(5%)
定数項	-0.4806		-0.1592	0.8774	

天然芝区と人工芝区の太陽光パネル裏面温度の差が大きくなるほど、入力電力量が増加する

**電力量との関係は、
パネル裏面 > 地面 > パネル表面**

これらのデータの関連性をみるため回帰分析を試みた。入力電力量すなわち発電量とつよい関連性を示した要因は、パネル裏面の温度であり、天然芝によるクールダウン効果は、発電量を増加させることが明らかになった。今回の天然芝は、ノシバの品種であるエルトロを張芝で用い、冬季にはアニュアルライグラスを追播するというWOSの手法を採用して常緑芝となるようにした。このことは発電量を安定的に維持することには有効であ

ったがその効果については検討の余地が残った。

太陽光透過型パネルの導入によるソーラシェアリングについては、3年継続の観察では有効であることが示唆されたが、用いた芝種が過湿と弱光への耐性が最高のものでなかったことから、夏の降水のパネルによる遮断、夏季における他のイネ科草本による光阻害が原因と考えられる成長抑制が次第に顕著となり、衰退を招いた。

より透過性の高いパネルの採用、より耐陰性のある草種の開発により、克服できる課題であることも判明している。これらは特許出願、新品種登を検討しているので、ここでは適当な時期に公表することとしたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

菊池佐智子、奥水肇：電力量と芝草の生育解析によるソーラシェアリング環境条件、ランドスケープ研究 77(5) 669-672 .2014

[産業財産権]

出願状況 (検討中)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：
〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

奥水 肇 (Hajime Koshimizu)

研究者番号：60012019

明治大学 研究・知財戦略機構

研究推進員 客員研究員

(2)研究分担者

菊池佐智子(Sachiko Kikuchi) (

研究者番号：50409471

公益財団法人 都市緑化機構

調査・研究部

主任研究員

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()