

葛西水再生センター太陽光発電設備

太陽光発電で下水処理

井上 潔・遠藤 和広

東京都下水道局は下水処理のために多量の電力を使用している。場内でクリーンな電力を得られる設備の一つに太陽光発電があるが、ある程度の電力を得るには広い面積が必要である。沈殿池などの水処理施設上部は広い空間があるが、水処理施設内部の点検などに使うスペースを確保しておく必要があるため、太陽光発電設備の設置は難しかった。

そこで、太陽電池パネルを傾斜させることができる可動式の架台について民間企業と共同研究を行い、その成果を活かして下水処理場である葛西水再生センターに太陽光発電設備を設置した。

本報告では、可動式の架台の特徴とその効果、葛西水再生センターの太陽光発電設備について述べる。
キーワード:太陽電池, 薄膜型, 追尾架台, 太陽光発電, 発電設備, 再生可能エネルギー, 自然エネルギー

1. 太陽光発電による温室効果ガスの削減

現在、地球温暖化は世界的に重要な問題となっており、その対策の必要性は論をまたない。地球温暖化は、二酸化炭素などの温室効果ガスが主な原因であると言われている。東京都では「カーボンマイナス東京10年プロジェクト」を実施するなど、温室効果ガス排出量削減の全都的な取組を行っている。

下水道事業は、都市のライフラインの一つとして、下水処理による良好な水辺環境の維持や街を浸水から守る重要な役割を担っている。しかし、その事業は多量の電力等を消費しており、下水道事業から排出される温室効果ガスの量は都庁の事務事業活動から排出される量の約4割を占めている。このため、下水道事業における温室効果ガスの排出量削減が課題となっている。

温室効果ガス排出量削減の対策として、東京都下水道局では「アースプラン2010」を策定し、省エネルギー機器の導入や再生可能エネルギーの活用などの取組を行っている。その取組を更に推進するため、広い敷地を有する施設が多い当局の特性を最大限に活かせる再生可能エネルギーとして、太陽光発電に着目した。

2. 太陽光発電導入の経緯

(1) 太陽光発電導入の課題

太陽光発電は、太陽エネルギーのみを利用するク

リーンな発電方式で、発電時に温室効果ガスを排出しない。ある程度の電力を得るには広い面積が必要なものの、水再生センターには広い敷地があるため、太陽光発電により敷地を有効活用しつつ温室効果ガス排出量削減ができると考えられる。

だが、太陽光発電を導入する際の課題として以下の2点があった。

①水処理施設上部に設置すると設備の点検やメンテナンスの障害となる

水再生センターの敷地の多くを占めるのは、沈殿池などの水処理施設である。水処理施設上部には太陽光発電に適した広い空間がある。しかし、水処理施設内部には下水処理用の設備が設置されている。このため、水処理施設上部に太陽光発電設備を設置してしまうと、処理設備の定期点検などの障害となってしまう。このことから、処理施設上部の空間に太陽光発電設備を設置することは難しかった。

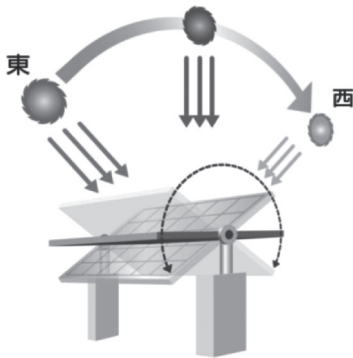
②太陽電池の価格が高価である

太陽光発電は他の発電方式に比べて容量当たりの価格が高く、大規模導入にはコストがかかっていた。

これらの問題を解決するために、太陽電池パネルを傾けることができる「追尾架台」と、太陽電池の原料使用量が少なく今後のコストダウンが期待できる「薄膜型太陽電池」に着目した。追尾架台及び薄膜型太陽電池について次に述べる。

(2) 追尾架台

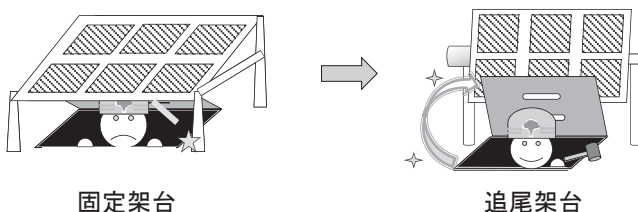
追尾架台は、地面と水平な南北方向の軸を持ち、この軸を回転できる架台である。図一1に追尾架台の動作の模式図を示す。追尾架台は太陽電池パネルを軸上に取り付けることでパネルを傾斜させられる構造であり、以下の特長を持つ。



図一1 追尾架台の動作の模式図

- ・ 太陽電池パネルを東西方向に傾斜させられる。
- ・ 太陽電池パネルを自動的・連続的に太陽の方向に向け、太陽を追尾することができる。
- ・ 太陽を追尾することで、発電量の増加が期待できる。

通常用いられる架台（固定架台）は、可動する機構を持っていないため、架台に取り付けられた太陽電池パネルは常に同じ方位・高度を向く。今回、追尾架台に着目した理由は、処理施設上部に太陽光発電設備を設置する場合、追尾架台ならば処理設備の点検などの障害とならないと考えたためである。処理設備の点検時には、太陽電池パネルを一時的に傾けて作業スペースを確保することができる。図一2は、水処理施設上部に固定架台ではなく追尾架台を設置した場合の、処理設備の点検時のイメージである。



図一2 追尾架台により太陽光発電設備を設置したまま設備の点検が可能となるイメージ

(3) 薄膜型太陽電池

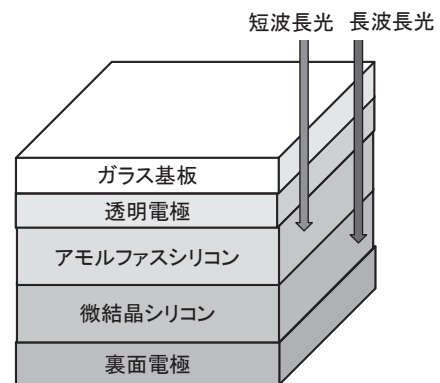
薄膜型太陽電池は、以下のような特長を持った太陽電池である。

- ・ 現在主流の結晶型太陽電池に比べ、主原料のシリコンの使用量が約 1/100 である
- ・ 結晶型太陽電池に比べ、製造工程に要する時間が

概ね 1/7 である

薄膜型太陽電池は、結晶型太陽電池よりも単位面積当たりの発電効率は多少低下するものの、上記の理由から今後の大幅なコストダウンが期待できる。

また、今回使用した製品は、図一3に示すように2種類のシリコン薄膜を2層に重ねた構造となっている。シリコン薄膜は、その種類によって異なる分光感度特性を持ち、分光感度が高い波長以外の光は透過しやすい。しかし、異なった種類のシリコン薄膜を重ねることで幅広い分光感度を持つようになり、入射光の波長を多く利用できる。これにより、通常の薄膜型太陽電池よりも発電効率の向上が可能であるため、単位容量当たりの単価を更に低減させることができる。



図一3 2層構造の薄膜型太陽電池断面

3. 太陽光発電導入に向けた共同研究

追尾架台と薄膜型太陽電池により、それぞれ導入時の「設置場所に制約がある」「価格が比較的高い」という問題を解決できると考えられた。しかし、当局では太陽光発電を大規模に導入した実績がなかったため、導入に先立ち、発電量等を確認する必要があった。そこで、民間企業と共同研究を行い、その特性等の確認を行った。

共同研究では、水再生センターの処理施設上部に、追尾架台と薄膜型太陽電池を用いた太陽光発電の実験設備を設置し、評価を行った。追尾架台による発電電力量増加効果を検証するため、太陽電池パネルが可動しない固定架台も同時に設置して比較した。

この実験の結果、以下の2点が確かめられた。

- ・ 追尾架台により、固定架台に比べて発電量が増加する（約 +7%）
- ・ 追尾架台に維持管理上の問題は発生しない。

この結果を受け、追尾架台と薄膜型太陽電池を組み合わせた太陽光発電設備を、水再生センターに設置することとした。

4. 葛西水再生センター太陽光発電設備

共同研究の結果、追尾架台により発電量が増加するとともに可動部等に維持管理上の問題が発生しないことが確認できた。そこで、当局の水再生センターの一つである葛西水再生センターに太陽光発電設備を設置することとした。これは、海際に立地し周囲に高層建築物がないこと、水処理施設上部が公園などに利用されていないことなどの条件から選定した。

(1) 概要

①設置場所 葛西水再生センター内 南系処理施設

図-4 に葛西水再生センター南系処理施設及び太陽光発電設備設置場所を示す。水処理施設上部に追尾型を、水処理施設周辺には固定型を設置した。

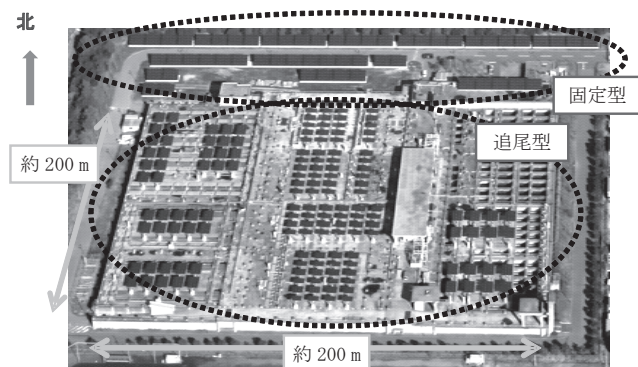


図-4 葛西水再生センター平面図（太陽光発電設備導入時）

②容量 追尾型 290 kW+ 固定型 200 kW, 計 490 kW (モジュール数: 3,836 枚)

使用している太陽電池モジュールは、すべて2層構造の薄膜型太陽電池である。

③稼動 平成22年4月

④連系点 場内配電系統高圧母線

⑤外観 写真-1 に追尾型及び固定型の太陽光発電設備の外観を示す。



写真-1 (左) 追尾型及び(右) 固定型の太陽光発電設備外観

(2) 導入効果 (平成22年度)

平成22年4月～平成23年3月の発電電力量は約63万 kWhであった。これは、一般家庭約160～170世帯分の消費電力量に相当する量である。また、これ

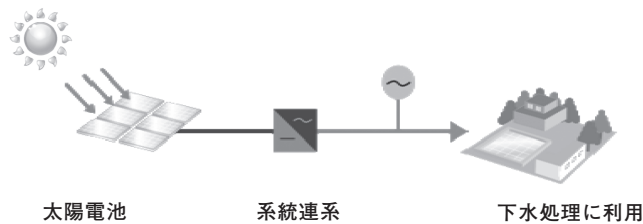


図-5 葛西水再生センター太陽光発電設備の発電電力利用イメージ

によるCO₂排出削減量は年間約240 t-CO₂と試算された。

発電した電力は、すべて水処理に利用している。太陽光発電の発電電力の利用イメージを図-5に示す。夏季の昼間であれば、センターで消費する電力の約5%を供給可能である。

(3) 発電電力量実績

平成22年4月～平成23年3月までの月発電電力量の推移を図-6に示す。

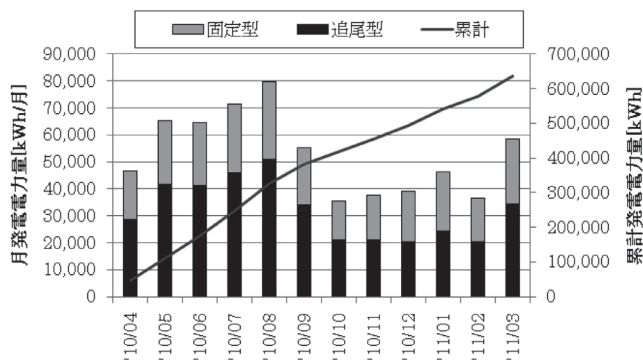


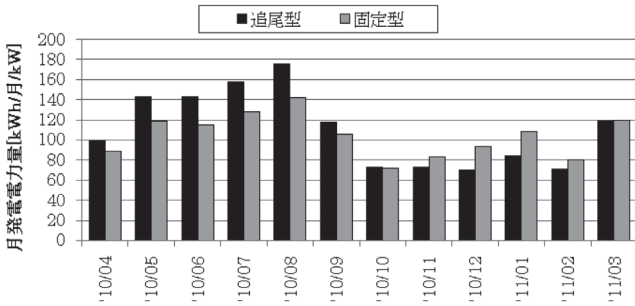
図-6 太陽光発電設備月発電電力量推移 (総量)

図のように、全体として発電電力量は夏季に多く冬季に低い傾向を示した。これは、日射量と日照時間の変化が影響している。夏季は太陽高度が高く太陽電池にあたる日射強度が強くなること、日照時間が長いことから、追尾・固定とも発電量が増加する。一方、冬季は太陽高度が低く日照時間が短いことから、追尾・固定とも発電量が低下する。通年での発電電力量は、追尾型が約38万 kWh/年、固定型が約25万 kWh/年であった。

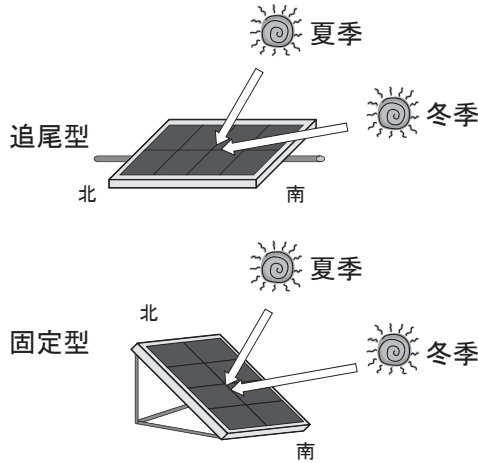
(4) 追尾型と固定型の比較 (年間)

追尾型と固定型の、太陽電池1 kW当たりの年間発電電力量の比較を図-7に示す。

追尾型と固定型を比較すると、夏季は追尾型の発電電力量が多く、冬季は固定型の発電電力量が多いことが分かり、その入れ替わり時期は11月と3月であった。追尾型と固定型の発電電力量の比が季節によって異なる



図一七 太陽光発電設備月発電量推移 (単位容量当たり)



図一八 パネル固定方法による日射方向の違い

るのは、太陽電池パネルの固定方法の違いが原因である。

図一八は、追尾型と固定型の太陽電池パネル固定方法の違いを表した図である。追尾型は、太陽電池パネルが地面と水平の軸上に設置されているため、太陽高度の高い夏季に多くの日射を受けられる。一方、固定型は太陽電池パネルが南向きに30°傾斜しているため、太陽高度の低い冬季には追尾型よりも多くの日射を受けられる。このため、夏季には追尾型が多く発電し、冬季には固定型が多く発電することになる。

通年の発電電力量では、夏季の追尾型の増加分が冬季の固定型の増加分を上回り、追尾型の方が固定型より多くなる。

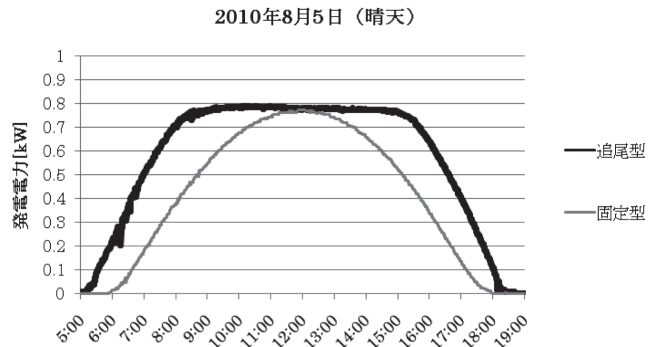
(5) 追尾型と固定型の比較 (日間)

①夏季

季節による発電量の違いを詳しく分析するため、1日の発電量のカーブを追尾型と固定型とで比較する。夏季(2010年8月5日)の追尾型と固定型の1日の発電量カーブを図一九に示す。この日は1日中晴天であった。追尾型と固定型、それぞれの発電量カーブについて以下に述べる。

(a) 追尾型

日の出とともに発電し始め、午前8時頃には発電量



図一九 追尾型と固定型の日発電量カーブ (夏季)

がピークに達する。そして、午後4時頃までピークを維持する。これは、この間追尾架台によって太陽電池パネルが太陽を追尾し、発電量のピークを維持し続けられたことを示している。その後は、日の入りに向けて発電量は低下する。1日の発電量カーブは、台形を描いている。

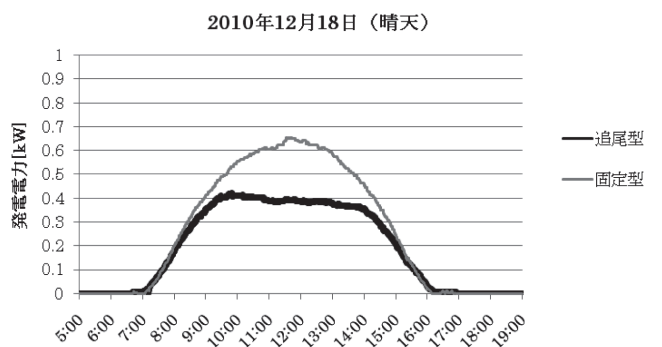
(b) 固定型

追尾型よりも遅い時間に発電が始まり、正午にならないと発電量のピークに達しない。更に、ピークに達した後は、発電量はすぐに低下してしまう。これは、一般的な太陽光発電設備の発電量カーブである。1日の発電量カーブは山形を描いている。

1日の発電量は、追尾型が台形のカーブを描き、固定型が山形のカーブを描く。そして、どちらもピーク時の発電量は同じである。各カーブの面積の差が、追尾型の発電電力量増加効果を表している。

②冬季

2010年12月18日の1日の発電量カーブを図一〇に示す。この日は1日中晴天であった。



図一〇 追尾型と固定型の日発電量カーブ (冬季)

追尾型も固定型も夏季の場合(図一九)と発電量カーブの形は同じである。つまり、追尾型は台形のカーブを描いており、固定型は山形のカーブを描いている。しかし、夏季の場合と違い、追尾型の発電量ピークは固定型よりも少なくなっている。

この差が、冬季の発電電力量の差となり、追尾型よりも固定型の方が多く発電することになる。

(6) 近接施工時の様子

追尾型の近傍で工事があっても、追尾架台により太陽光発電設備を一時移設せずに工事を施工できた。その際の追尾型の様子を写真一2に示す。

この写真の工事は第一沈殿池内部の防食工事で、対象となった第一沈殿池の上部には太陽光発電設備が設置されていた。しかし、設置されていたのは追尾型であったため太陽光パネルを垂直にでき、太陽光発電設備が工事の支障となることはなかった。また、約5か月間に亘って太陽光パネルを垂直に固定していたが、その間も発電を継続しており、追尾架台により設備停止を少なくできる効果もあった。



写真一2 追尾型の近傍での工事の様子

5. おわりに

東京都下水道局では、追尾架台と薄膜型太陽電池を用いた新型の太陽光発電設備を開発・導入した。

これにより、年間240t-CO₂相当の温室効果ガス排出量削減、処理施設上部の有効活用、省電力への対応など危機管理の強化を同時に実現している。

この成果を活かし、今後も設置場所等の条件に合わせた適切な太陽光発電の導入を検討し、地球温暖化対策への取組を推進していく。

JICMA

[筆者紹介]

井上 潔 (いのうえ きよし)
東京都下水道局
計画調整部
技術開発課長



遠藤 和広 (えんどう かずひろ)
東京都下水道局
計画調整部技術開発課
主事

