

5. 太陽光発電について考える

～色と光の研究パート 6 色からひかりへ～

浜松市立都田中学校

2 年 丸山千晴

1 研究の動機

小学校 3 年生から色の研究を始め、興味をもったこと、疑問に思ったことを調べるうちに光についての興味をもった。そこで、一昨年は光の合成、昨年は、光の分解について調べた。

2011 年の東日本大震災後、日本では原子力発電が止まり、火力発電の割合が高まったため、地球温暖化等の環境問題や発電にかかる費用の問題等が生じている。これらの問題を解決するために代替エネルギーとして再生可能エネルギーに注目が集まっている。なかでも太陽光発電は、一般家庭にも設置が可能で、2 年ほど前より余った電気を電力会社買い取ってもらえる制度も始まったことから、ここ数年で急速に普及している。

先日発表された統計によれば、私達の住む浜松市は主に事業所向けである 10 k w 以上の太陽光発電設置導入件数が日本一、一般住宅向けの 10 k w 未満の導入件数は横浜市、名古屋市に次いで、全国 3 位とのことである。実際、最近では住宅近くにもソーラーパネルを設置している家や工場が増えている。しかし、屋根の形や向き、角度は家によって様々で、ソーラーパネルの設置法もそれぞれ異なっている。そこで、今年は、太陽光発電における最も効率の良いソーラーパネルの角度、方位を調べてみることにした。

2 研究の方法と内容

(1) ソーラーパネルの発電量を測定

ア ソーラーアクセントライトからソーラーパネルを取り外す。

イ ソーラーパネルとテスターを接続する。

ウ ソーラーパネルに太陽光を当てて電流、電圧を測定する。

(2) ソーラーパネルの面積による発電量の変化を調べる

ア ソーラーパネルを 2 つ直列につないだ場合の発電量を 1 つの場合と比較する。

イ ソーラーパネルを 2 つ並列につないだ場合の発電量を 1 つの場合と比較する。

(3) 太陽光の照射角度と発電量の関係について調べる

ア ソーラーパネルに太陽光が垂直に当たるときの太陽光の量を 1 として、太陽光の量が $3/4$ 、 $1/2$ 、 $1/4$ になるときのソーラーパネルの角度を求める。

イ 太陽光がソーラーパネルに当たる角度を測定する方法を考える。

ウ 求めた影の先端までの距離を半径とする同心円をかいて中心に 5 cm の棒を垂直に立てる。影の先端が指す点を見て、太陽光の反射角度を測る。太陽光の反射角度が 90° 、 48° 、 30° 、 15° になるようにソーラーパネルを傾け

て発電量を調べる。

- (4) 水平面上に設置したソーラーパネルの1日の発電量を調べる

ソーラーパネルを水平に置いて、時刻ごとの発電量を測る。

- (5) 様々な方角および、角度におけるソーラーパネルの1日の発電量を調べる

ア ソーラーパネル、テスター、スマートフォンを固定した板を、(真南を 0° 、真東を -90° 、真西を 90° としたとき) -90° 、 -60° 、 -30° 、 0° 、 30° 、 60° 、 90° の各方角ごとに様々な角度(15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90°)に傾けて、それぞれの時刻における発電量を測る。

イ 1日の発電量が最も多くなる方位角、傾斜角の組み合わせを調べるため、8:00~18:00に測定をした発電量の合計を求めて、比較をする。

3 結果

- (1) ソーラーパネルの発電量を測定

晴れた時の発電量は、72.0mW、曇りの時の発電量は6.9mWとなった。晴れた時、曇りの時を比べると、 $72.0 \div 6.9 = 10.4$ となるため、曇りの時は、晴れた時の発電量の1/10以下と、発電量が大きく減ることが分かった。

- (2) ソーラーパネルの面積による発電量の変化を調べる

ア 1つの場合 $2.49\text{V} \times 10.8\text{mA} = 26.9\text{mW}$

直列の場合 $5.03\text{V} \times 10.8\text{mA} = 54.3\text{mW}$

$$54.3 \div 26.9 = 2.0$$

イ 1つの場合 $2.63\text{V} \times 26.8\text{mA} = 70.5\text{mW}$

並列の場合 $2.64\text{V} \times 53.4\text{mA} = 141.0\text{mW}$

$$141.0 \div 70.5 = 2.0$$

※アとイは測定した日がちがうため、発電量も異なっている。

直列の場合も並列の場合もソーラーパネルの面積が2倍になると発電量も2倍になった。

- (3) 太陽光の照射角度と発電量の関係について調べる

ア 太陽光の照射角度が 90° のとき電圧は2.62V、電流は30.5mA、発電量は $2.62 \times 30.5 = 79.9\text{mW}$ だった。

イ 太陽光の照射角度が 48° のとき電圧は2.58V、電流は24.2mA、発電量は $2.58 \times 24.2 = 62.4\text{mW}$ だった。

ウ 太陽光の照射角度が 30° のとき電圧は2.53V、電流は16.5mA、発電量は $2.53 \times 16.5 = 41.7\text{mW}$ だった。

エ 太陽光の照射角度が 15° のと 図 太陽光の照射量と発電量の関係

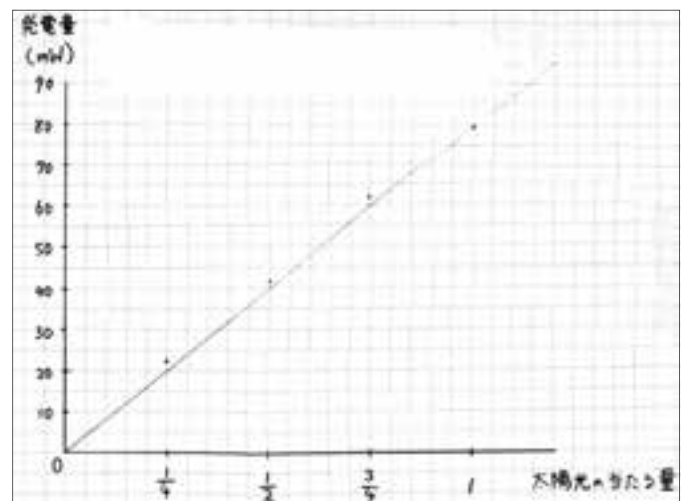


図1 太陽光の照射量と発電量の関係

き電圧は2.45V、電流は9.4mA、発電量は $2.45 \times 9.4 = 23.0\text{mW}$ だった。

ソーラーパネルに太陽光が垂直に当たった時の太陽光の照射量を1として、ソーラーパネルをかたむけたときの太陽光の照射量と発電量をグラフにした。ソーラーパネルに当たる太陽光の量と発電量は比例していた。

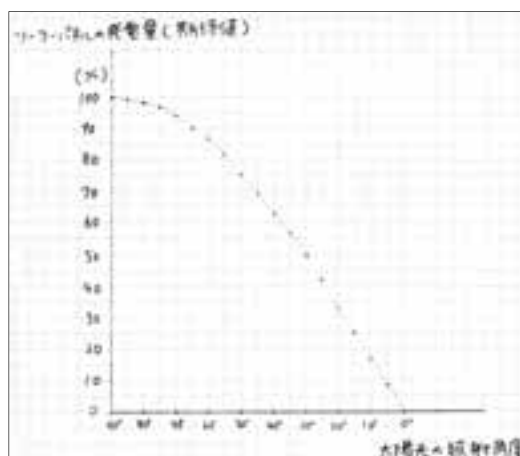
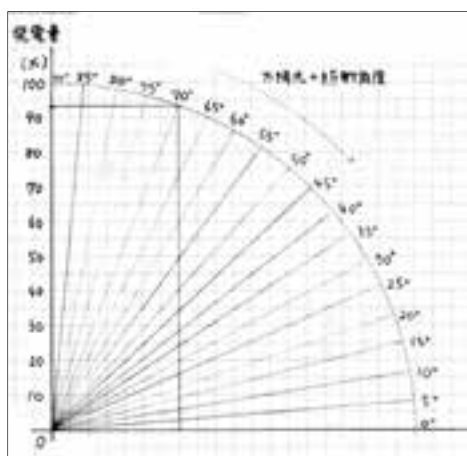


図 2 太陽光の照射角度と予想発電量 図 3 太陽光の照射角度と予想発電量

ソーラーパネルに太陽光が当たる角度から太陽光の照射量を求めることで、太陽光が垂直に当たった場合と比べてどのくらい発熱量が減るか求めることができた。グラフより、発電量が 95% になると考えられるのは、太陽光の反射角度が約 70° のときと考えられる。同様に 90% になるのは 65° の時、80% になるのは、54° の時、75% になるのは 50° のとき、50% になるのは 30° のときと考えられる。

(4) 水平面上に設置したソーラーパネルの 1 日の発電量を調べる

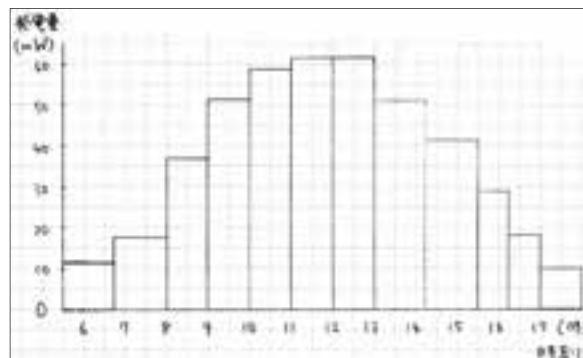
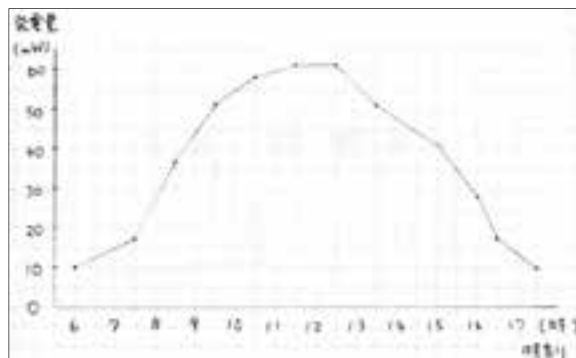
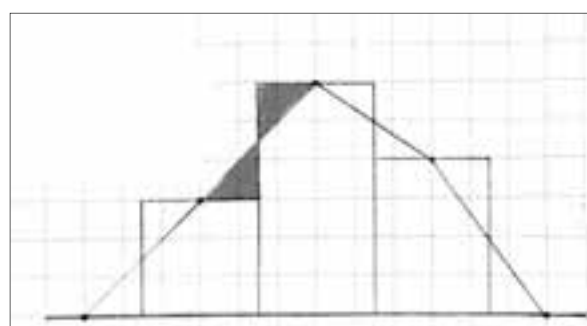


図 4、5、6 水平に設置したソーラーパネルの 1 日の発電量

1 日の発電量は折れ線の下面積の合計であると考えられる。図より、折れ線グラフで囲まれた図形の面積と棒グラフの面積の合計は等しい。



(5) 様々な方角および、角度におけるソーラーパネルの 1 日の発電量を調べる

今回実験に使用したソーラーパネルの発電量は最大で 72.0 mW。ソーラーパネルの面積は 9 c m² だから、このソーラーパネルの面積が 1 m² だとすると、発電量は $72.0 \times 100 \times 100 / 3 \times 3 = 80,000 \text{ mW} \div 80 \text{ W}$ となる。地球上に到達する太陽光エネルギーは、1 m² あたり約 1000 W であるから、今回使用したソーラーパネルの変換効率は $80 / 1000 \div 8 \%$ となる。今回使用したソーラーパネルは、アモルファスシリコン太陽電池であるが、この電池の変換効率は 7 ～ 10 % 程度とされており、実験結果から得られた 8 % という値は、妥当であるといえる。

太陽光発電における発電量はパネルに当たる太陽光の量に比例することが今回の実験からわかった。このことから、太陽光が垂直に当たる角度にソーラーパネルを設置したときに、発電量は最大となるといえる。浜松市における7月の発電量はソーラーパネルが真南向き、傾斜角 15° のときが最も多かった。考察として、夏至の時、太陽の南中高度は 78.9° になる。したがって、南中時に太陽光が垂直に当たるようにするためには、ソーラーパネルを 11.1° に傾ければよい。同様に、秋分・春分のときは、ソーラーパネルを 34.5° に傾ければよい。冬至のときは、ソーラーパネルを 57.9° に傾ければ南中時に太陽光の照射量は最大になる。7月は、夏至に近いので、太陽光の照射量が最大になるソーラーパネルの角度も 11.1° に最も近い 15° であったと考えられる。

ソーラーパネルを 11.1° にかたむけると、夏至の南中時に太陽光が垂直に当たった。このとき、春分・秋分の南中時には 66.6° 、冬至には、 43.2° の角度で太陽光が当たる。同様に、ソーラーパネルを 34.5° に傾けた時、春分、秋分では 90° 。夏至、冬至では 66.6° になる。ソーラーパネルを 57.9° に傾けると冬至は 90° 、夏至、冬至は 66.6° になる。ソーラーパネルを 57.9° に傾けると、冬至は 90° 、春分、秋分は 66.6° 、夏至は 43.2° になる。

太陽光の照射角度が 90° のときの発熱量を 100% とすると、表2および図13より、照射角度が 66.6° のときは発熱量が約 90% 、 43.2° のときは約 66% になると考えられる。ソーラーパネルを 34.5° にかたむけた場合、太陽が南中したときの発熱量は1年で以下のように変化すると考えられる。

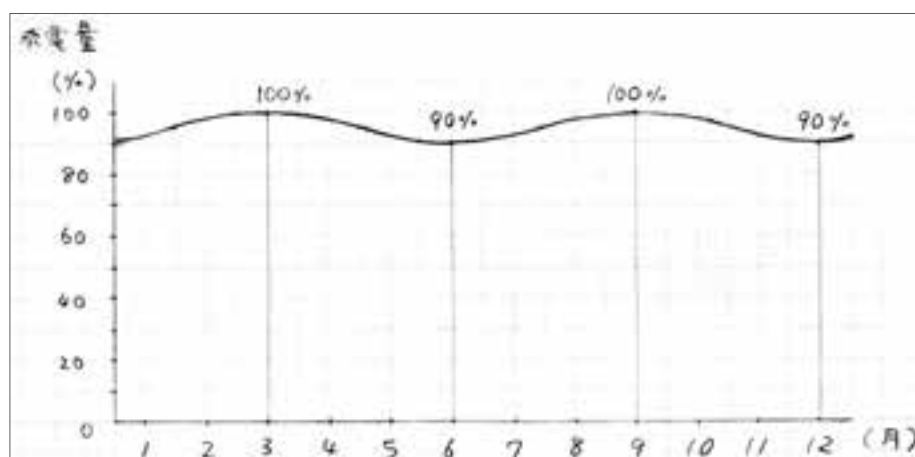


図7 ソーラーパネルを 34.5° 傾けた時の南中時の発電量

グラフで示される図形の面積が、年間の発電量の合計と考えられるため、発電量が最大となるのは面積が最大るとき、つまり、春分、秋分に太陽光が垂直に当たる角度にソーラーパネルを設置した場合と考えられる。これはソーラーパネルを設置する場所の緯度と同じ角度にかたむければ良いということである。(日照時間や天候等による影響は考えない)

実際には、ソーラーパネルを設置する角度や方角が多少ずれても発電量はそれほど大きく減少しないことが表2から分かる。ただし、方角による発電量の変化よりも、傾斜角による変化の方が大きいことも分かる。以上より、太陽光発電の効率を良くするためには、方角よりも、設置角度の方が必要であるといえる。

4 まとめ

自宅(北緯 34.49°)におけるソーラーパネルの最適な設置条件は、真南向き、 34.5° であった。