

# 関東地方の耕作放棄地を利用した太陽光発電所の最適配置

2008MI228 下村航平

指導教員：佐々木美裕

## 1 はじめに

本研究では、耕作放棄地を利用して太陽光発電所を設置する際の最適配置を求める。対象範囲は東京電力が管轄するサービス区域一都八県である東京都、神奈川県、埼玉県、栃木県、群馬県、山梨県、埼玉県、千葉県、静岡県（富士川市以东）とし、この範囲にある耕作放棄地を利用して太陽光発電所を建設すると、どのくらいの電力を供給できるかについて考察する。

2011年3月11日、東北地方で大地震が発生し、関東地方では電力不足に陥った。電力不足の対策として計画停電が実施されたが、地域によっては停電時間が長かったり、短かったりし、市民からは不満の声が多く寄せられる中、ソフトバンクの孫正義社長が大規模な太陽光発電所立地計画を立案した。この内容は、耕作放棄地に数万キロワット級の太陽光発電所を全国に10箇所建設するというものである。この太陽光発電所を建設するには東京ドームの8倍の敷地面積が必要であるが、一般家庭6万世帯に電気を供給する事が可能であり、1年間に約7万トンの二酸化炭素の排出量の削減に繋がるという利点がある。国内の全ての原子力発電所が廃止されると言われる中、太陽光が時宜を得る題目であり、環境に優しく、自然エネルギーを効率的に再利用でき、太陽光発電所の設置は日本の電力供給に有効な施策の1つである。また、電気は、日本だけでなく、世界経済を担うエネルギー源の1つであり、等閑視できない問題であるので、このテーマに取り組むに至った。

## 2 太陽光パネル発電について

本研究では、主に太陽光パネルの詳細データ、需要地データ、供給地データ、座標値データの4つのデータを用いる。表1に浮島太陽光発電所の敷地面積、規模、年間発電量の実データを示す。表1のデータから、1haの敷地に太陽光パネルを設置した場合の規模は、7000/11636 kw と仮定する。また、供給量を求める際に日照時間を考慮した。本研究範囲の日照時間が分かる候補地は、[3]を参考にしたところ、90箇所であることが分かった。そこで、日照時間が分かる地点と発電所の候補地との距離が一番近い箇所の日照時間をその発電所の日照時間とした。そして、発電所の発電量は、636kw × 発電所の敷地面積 × 日照時間で各々求めた。

表1 太陽光パネルの詳細

	東京電力浮島発電所 (神奈川県)
敷地面積	11(ha)
規模	7000 (kw)
年間発電量	約 740 万 (kwh)
発電所 (1ha) の規模	約 636 (kwh)

## 3 モデルについて

電気は、原子力発電所、火力発電所、水力発電所、地熱発電所、風力発電所の何れかの発電所で生成され、需要地に送電されるまでに生成された一部の電気を損失する特性がある。また、電気は、交流、かつ高圧の電気が生成され、幾つもの変電所で電圧を下げ、交流を直流に変換して送られる。高圧電流が生成される主な理由は、電気を送る際に発生する送電ロス（コスト）を抑制する効果があり、供給地からより離れた地方に送電することが可能だからである。送電ロスは、距離に比例し、送電電圧を高くする程コストが小さくなる特徴がある。そこで、提案するモデルでは、送電距離に着目し、送電距離の総和の最小化を目的とする。また、需要地の消費電力量を1つの発電所では供給できない場合がある。その際に別の発電所から不足分の電力を供給するといったように各発電所には容量がある。このように容量制約があるので、本研究の種類は容量制約付施設配置問題をあげる。また、分析の仕方は、東京電力が管轄する区域の消費電力量の $\alpha$ パーセントを太陽光発電で供給すると仮定した時、どのような配置となるか調べる。

## 4 定式化

以下に添字集合、定数、決定変数を定義する。

添字集合

$I$ : 耕作放棄地の添字集合

$J$ : 需要地の添字集合

定数

$P$ : 配置する発電所の数

$c_{ij}$ : 耕作放棄地  $i$  から需要地  $j$  までの距離

$s_i$ : 耕作放棄地  $i$  に太陽光発電所を設置した場合の1日の1haあたりの発電量

$d_j$ : 需要地  $j$  の1ヶ月の消費電力量

$\alpha$ : 全電力需要に対する太陽光発電で供給する電力の割合を表すパラメータ ( $0 < \alpha < 1$ )

$a_i$ : 耕作放棄地  $i$  の敷地面積 (ha)

決定変数

$x_{ij}$ : 耕作放棄地  $i$  に発電所を配置した際の発電可能量に対する需要地  $j$  への送電量の割合

$y_i$ : 耕作放棄地  $i$  に発電所を設置する時1, 設置しない時0をとるバイナリ変数

この問題は、以下のように定式化できる。

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_i s_i c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{i \in I} y_i = P \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 1 \quad (i \in I) \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad (i \in I) \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} a_i s_i x_{ij} \geq \alpha d_j \quad (0 < \alpha < 1, j \in J) \quad (5)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq 1 \quad (i \in I, j \in J) \quad (6)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad (i \in I) \quad (7)$$

目的関数 (1) は、各需要地から発電所までの送電距離の総和の最小化である。制約条件 (2) は、配置する発電所の数は  $P$  箇所であることを表し、制約条件 (3) は、発電所  $i$  から需要地  $j$  に送電する際の電力量の割合の和は 1 以下であることを表し、制約条件 (4) は、配置されている発電所からのみ電力を供給できることを意味し、制約条件 (5) は、各需要地の電力需要の  $\alpha$  倍を太陽光発電で供給することを表す。

## 5 計算実験

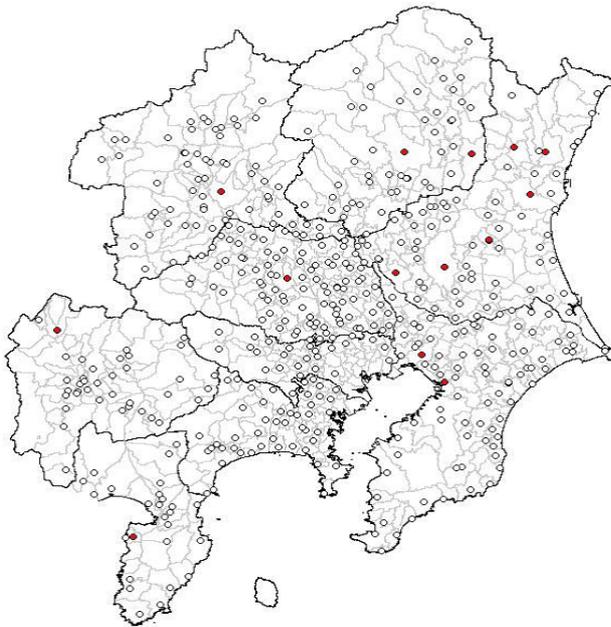


図 1  
P=14 の最適配置

供給地データは、農林業センサス「土地 - 耕作放棄地のある経営体数と耕作放棄地面積データ」[1] を参照した。供給地の町丁目毎のデータを市区町村毎で 1 つのデータとし、耕作放棄地の敷地面積は、町丁目データに記載されている面積の総計とする。また、需要地データは、総務省「住民基本台帳に基づく人口、及び世帯数」[4] を参照した。需要地の消費電力量は、[4] の世帯数のデータを用い、1 日の消費電力量は 10(kwh) と仮定し、1 世帯 (4 人家族) あたりの消費電力は、1 世帯 (4 人家族)  $\times$  10(kwh)  $\times$  31(1 ケ月の日数) で計算した。

需要地、供給地の候補点となるデータ作成について説明する。需要地、供給地の座標値データは国土交通省国土政策局 GIS[5] の町丁目毎の座標値データを市区町村別にメディアン点を求め、その座標値を供給地、需要地の候補地の座標値とする。また、合併前の耕作放棄地の市区町村データの座標値は、[6] を参考に求める。そして、需要地、供給地の候補点は、Microsoft Visual C++・2010 Express でプログラムを作成して求めた。また、計算に使用したコンピュータの CPU は、Intel Core 2 2.00GHz、メモリは 2.50GB である。最適値、最適解は、最適化ソフトウェア・IBM ILOG CPLEX Optimization Studio を用いて求める。

需要地の消費電力量の 10~50 パーセントを供給すると仮定し、 $P$  の個数を減らした時の最適配置を求めた。10 パーセント ( $\alpha=0.1$ ) の最適配置を図 1 に示す。白丸が発電所の候補地 (耕作放棄地)、黒丸が実際に配置された発電所である。 $P$  の個数は 14 まで減らすことができ、それ以上減らすと実行不可能となった。また、 $P$  の個数、最適値の変化を見ると、 $P$  の個数を減らすにつれ、最適値は増加していき、消費電力量が多い東京都や神奈川県、特に茨城県の大規模な発電所に多く配置された。発電所の個数が少ないと、少数の発電所で供給しようとし、発電量が多い発電所が選ばれるので、東京都には供給点となる大規模な発電所がないことから、東京都から離れた発電所に多く配置されたことがいえ、また、 $P$  の個数を増やすとともに、消費電力量が多い需要地の近くの発電所が多く配置される。

シャープ製の産業用パネルを用いると、1ha に敷けるパネルの枚数は 7600 枚、その時の設置コストは約 8 億円である。したがって需要地の 10 パーセントを供給する際に必要な耕作放棄地の面積は 3956ha であるので、約 3 兆円のコストが掛かる計算となる。

## 6 おわりに

本研究では需要地と供給地の座標値が同じなので、今後はより細かい需要地と供給地の座標値データの情報収集が必要である。また、地図上に人口密度、発電所の規模、発電所から需要地までの送電網、太陽光発電で供給できる電力量の割合等を地図上に表示することも今後の課題である。さらに太陽光パネルの設置コスト、地価も考慮に入れたモデルを構築できると、より現実的な解が得られると考えられる。

## 参考文献

- [1] 農林水産省, <http://www.maff.go.jp/>, 2005.
- [2] 東京電力ホームページ, <http://www.tepco.co.jp/> 2012.
- [3] 気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/>, 2012.
- [4] 総務省, <http://www.soumu.go.jp/>, 2006.
- [5] 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/>, 2011.
- [6] Google, <http://maps.google.co.jp/>, 2012.