

「緑の分権改革」推進事業 成果報告書概要 (賦存量・利用可能量調査)

銚子市

太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、
小水力発電、バイオマス、その他

実施の背景

地域の特性 銚子市の主要産業は、第一次・第二次産業であり、また醤油製造業及び観光業も盛んである。

対象エネルギー 銚子市の地理的条件や主要産業等からクリーンエネルギー対象を想定し、太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、小水力発電、バイオマス、その他(潮力、廃棄物)を賦存量・利用可能量の算定対象エネルギーとして選定した。

調査内容 (調査手法や調査地点) 調査手法は、賦存量については、銚子市内を必要に応じてメッシュで区切り、銚子市内における以下のパラメーター等を基に、エネルギー源別に算定を行った。また、利用可能量については、既存文献やヒアリング・アンケート結果等を踏まえて推定した。

- ・太陽光発電: 戸建住宅・公共施設(学校)の屋根面積
・遊休地面積・犬吠埼灯台での設置面積
 - ・太陽熱利用: 戸建住宅・公共施設(学校)の屋根面積
 - ・風力発電: 年間平均風速
 - ・小水力発電: 河川流速
 - ・バイオマス
 - (森林): 人工林成長量
 - (農業残渣): ダイコン、キャベツ、水稻の収穫量、作付面積
 - (畜産残渣): 家畜(乳用牛・肉用牛・豚・鶏卵鶏)頭数
 - (一般廃棄物: 厨芥類): 厨芥類の直接焼却量(推計値)
 - (産業廃棄物: 廃食用油): 主要な観光ホテル、飲食店数
 - ・その他
 - (潮力): 海岸線延長
 - (産業廃棄物: 廃プラスチック): 廃プラ類の直接焼却量(推計値)
- 調査地点は、銚子市内全体とし、ヒアリング又はアンケートについては、農業関係、畜産関係、製造業等の事業者に対して実施した。

実施体制 実施体制は、賦存量・利用可能量及びまちづくりを含めた地域経済の振興・雇用拡大につなげるため、関連する事業者等へのアンケートを交えながら、コンサルタント会社と連携して進めた。また、クリーンエネルギーの利活用方法について、市域内の団体等から意見を集約するために、地場産業の振興を図るため関係業界団体等が連携し総合的な振興策を検討するために設置している「銚子市産業振興協議会」のメンバーに、地域の大学の教授とNPO団体の代表に参加していた協力を実施した。

その他 事業の検討に当たっては、農業関係、畜産関係、製造関係等の各事業者より、ヒアリング又はアンケートによって事業実施に向けたアドバイスをいただいた。

調査の結果(太陽光発電)

賦存量・利用可能量の算出方法

太陽光についての賦存量は、日射を受ける地域の面積と日射量の積として表され、以下の式で算定した。

$$\text{賦存量(kWh/年)} = \text{水平面日射量(kWh/m}^2 \cdot \text{日)} \times \text{自治体面積(m}^2) \times 365(\text{日/年})$$

利用可能量については、戸建住宅、公共施設・遊休地、及び別途実証実験を行っている犬吠埼灯台について「建物の屋根等を利用した発電装置の設置」を、市有の遊休地については「大規模太陽光発電施設の設置」を想定した。

(戸建住宅)

利用可能量(kWh/年) = 1棟当たりの定格発電出力(kW) × 単位出力あたりの必要面積(m²/kW) × 建物棟数(棟) × 最適角平均日射量(kWh/m²・日) × 補正係数 × 365(日/年) × (1 - 既設置率)

(公共施設・遊休地)

利用可能量(kWh/年) = 賦存量(kWh/年) × 設置可能面積割合(%) × 補正係数 × (1 - 既設置率)(%)

(犬吠埼灯台における太陽光発電利用可能量)

利用可能量(kWh/年) = 賦存量(kWh/年) × 設置可能面積割合(%) × 補正係数 × (1 - 既設置率)(%)

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
太陽光発電	1,100億kWh/年	4,360万kWh/年	2.8万tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

現在は太陽熱利用との設置可能箇所の重複を考慮しておらず、過大評価となっている。なお、更なる公共施設等への導入を検討することで、賦存量・利用可能量の増加も見込める。

調査結果への評価

利用可能量の対象とした施設は、戸建住宅及び公共施設(学校)、遊休地に限定しており、将来的には全量の導入が可能と考えられる。ただし、遊休地については、ヒアリング結果より耕作放棄地が大規模太陽光発電設備の設置に適していないことが判明したため、市有の未利用地である長塚町埋没処分地の敷地を対象とした。

「緑の分権改革」推進事業 成果報告書概要 (賦存量・利用可能量調査)

銚子市

太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、
小水力発電、バイオマス、その他

調査の結果(太陽熱利用)

賦存量・利用可能量の算出方法

賦存量については太陽光発電と同じ考え方で算定を行った。算定式は太陽光発電とほぼ同じであるが、1棟当たりの集熱パネル面積を3㎡(自然循環型)と想定し、補正係数にかわり集熱効率を40%とした。太陽熱の賦存量は、日射を受ける地域の面積と日射量の積として表され、以下の式で算定した。

$$\text{賦存量(GJ/年)} = \text{水平面日射量(GJ/m}^2 \cdot \text{日)} \times \text{自治体面積(m}^2\text{)} \times 365(\text{日/年})$$

利用可能量については戸建住宅、公共施設(小中学校)について「建物の屋根を利用した熱利用装置の設置」を想定し、以下の式で算定した。

(戸建住宅・公共施設)

$$\text{利用可能量(GJ/年)} = \text{賦存量(GJ/年)} \times \text{設置可能面積割合(\%)} \times \text{集熱効率} \times (1 - \text{既設置率})(\%)$$

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
太陽熱利用	5億GJ/年	15万GJ/年	8,700tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

現在は太陽光発電との設置可能箇所の重複を考慮しておらず、過大評価となっている。なお、更なる公共施設等への導入を検討することで、賦存量・利用可能量の増加も見込める。

調査結果への評価

利用可能量の対象とした施設は、戸建住宅及び公共施設(学校)に限定しており、将来的には全量の導入が可能と考えられる。

調査の結果(風力発電)

賦存量・利用可能量の算出方法

銚子市では現在、合計34基の風力発電設備が建設・稼働しているなど、風力発電の盛んな地域として知られている。市内の風況環境を基に、風力発電に係る賦存量・利用可能量の推計を行った。

風力エネルギーの賦存量は、風況の空間分布そのものとなり、以下の式で算定した。

$$\begin{aligned} \text{賦存量(kWh/年)} &= \text{平均風速エネルギー密度(kW/m}^2\text{)} \\ &\quad \times \text{1断面あたりの受風面積(m}^2\text{)} \\ &\quad \times \text{断面数} \times \text{8760(時間/年)} \end{aligned}$$

利用可能量は、第一に、施設建設や維持管理のための道路からの距離、既存の建設物の存在や、自然保護区域等の制約条件を考慮し、銚子市内における風力発電設備の設置に適地・不適地にメッシュを区分した。第二に、現在銚子市に既に導入されている風力発電設備によるメッシュ別の年間発電量分を、導入適地とされた各メッシュの利用可能な発電総量から除外した。以上を踏まえ、風力発電利用可能量は、以下の式で算定した。

$$\text{利用可能量(kWh/年)} = \text{各メッシュの賦存量(kWh/年)} \times \text{総合効率} - \text{現在導入されている風車の発電量(kWh/年)}$$

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
風力発電	82億kWh/年	6億kWh/年	23万tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

建築物の存在については、銚子市内を1km²メッシュで区切り、各メッシュの建築物面積より考慮し、実際はその詳細な配置によっても、風力発電設備の建設の可否が変わる可能性がある。

調査結果への評価

ヒアリング結果等によると、約1億kWh/年の発電量を有する合計34基の風力発電施設が現状で設置されており、利用可能量として想定されている設置可能範囲については、既存の発電所の設置地点に比べ風況条件が劣ることが考えられるとのことであった。風力発電会社による今後の追加的な導入意向を考慮し、導入可能性が低い推測される。

「緑の分権改革」推進事業 成果報告書概要 (賦存量・利用可能量調査)

銚子市

太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、
小水力発電、バイオマス、その他

調査の結果(小水力発電)

賦存量・利用
可能量の算
出方法

千葉県データとして整備されている河川データを用いて河川起因の賦存量を算定し、電力換算による小水力エネルギーの賦存量は、以下の式で算定した。

$$\text{賦存量 (kWh/年)} = \text{重力加速度 (9.8m/s}^2\text{)} \times \text{河川流量 (m}^3\text{/s)} \times \text{高低差 (m)}$$

利用可能量については「平成21年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」(2010年、環境省)において、河川水量や建設コスト等を考慮した上での千葉県内の中小河川における中小水力発電設備の導入ポテンシャル(実質的な利用可能量に相当)が推計されており、これによると千葉県の中小河川による利用可能量はゼロとなっている。このことから、中小河川における利用可能量は期待できないと考えられた。

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
小水力発電	2,300万kWh/年	0kWh/年	—

調査内容・算
出方法等へ
の評価

—

調査結果へ
の評価

銚子市内では、省水力発電の導入は困難と考えられる。

調査の結果(バイオマス(農業残渣))

賦存量・利用
可能量の算
出方法

銚子市の主要な農作物はダイコン、キャベツ及び水稲であり、これらのバイオマス賦存量をそれぞれ以下の式で算定した。

$$\begin{aligned} & \text{(ダイコン・キャベツ)} \\ & \text{賦存量 (GJ/年)} = \text{収穫量 (GJ/年)} \times \text{廃棄率 (地上部) (\%)} \\ & \quad \times \text{廃棄物発熱量 (GJ/t)} \end{aligned}$$

(水稲)

$$\text{賦存量 (重量) (t/年)} = \text{水稲の作付面積 (ha)} \times \text{発生原単位 5,410 (kg/ha)} \div 1,000$$

$$\text{賦存量 (熱量) (GJ/年)} = \text{重量賦存量 (t/年)} \times \text{単位発熱量 (GJ/t)} \times \text{ポイラ効率 (\%)}$$

農業残渣バイオマスの利用可能量について、ヒアリング結果を参考にダイコン・キャベツと水稲の利用率をそれぞれ0%および100%とし、下の式で算定した。

$$\text{利用可能量 (t/年)} = \text{農業残渣バイオマス賦存量 (t/年)} \times (1 - \text{利用率})$$

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
バイオマス (農業残渣)	11万GJ/年	6万GJ/年	4,300tCO ₂ /年

調査内容・算
出方法等へ
の評価

本調査方法では、収穫量から銚子市内の農業残渣バイオマスの総量を算定し、銚子市内を1km²メッシュで区切り、各メッシュの「田」の面積及び「その他の農用地」の面積で按分している。この際に、「その他の農用地」の面積の作物別(ダイコン・キャベツ)の内訳がわかれば、より詳細なMAP化が可能となる。

調査結果へ
の評価

ヒアリング結果等によると、ダイコン・キャベツの農業残渣バイオマスは、大部分が農地で鋤き込みされているが、必要性は必ずしも高くなく、クリーンエネルギー資源としての利用が可能である。ただし、バイオマス回収のためには農地での実作業(茎を引き抜くなど)が必要となり、かなりの手間とコストが必要となるため、導入意向は低いと推測される。

「緑の分権改革」推進事業 成果報告書概要 (賦存量・利用可能量調査)

銚子市

太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、
小水力発電、バイオマス、その他

調査の結果(バイオマス(畜産残渣))

賦存量・利用可能量の算出方法

家畜の家畜排泄物量を畜産残渣バイオマスとし、銚子市の飼育頭数を基にエネルギー賦存量・利用可能量を推計した。
畜産残渣バイオマスの賦存量及び利用可能量は、以下の式で算定した。

$$\begin{aligned} & \text{賦存量・利用可能量(GJ/年)} \\ & = \text{家畜飼育頭数(頭)} \times \text{排泄物排出原単位(t/頭)} \\ & \quad \times \text{全固形物割合(\%)} \times \text{有機物割合(\%)} \\ & \quad \times \text{バイオガス発生率(m}^3\text{N/t-分解S)} \times \text{メタン含有率(\%)} \\ & \quad \times \text{メタン発熱量(GJ)} \times 90\% \text{(ボイラ効率)} \end{aligned}$$

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
バイオマス(畜産残渣)	63万GJ/年	63万GJ/年	4.3万tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

畜産農家の位置の特定が困難なため、MAP化は実施しなかった。

調査結果への評価

ヒアリング結果等によると、畜産残渣バイオマスは、その大部分が堆肥化されているが、堆肥としての必要性は必ずしも高くないため、クリーンエネルギー資源としての利用が可能である。クリーンエネルギー資源として利用する場合は、疫病等を回避するため、衛生面・安全面等に十分注意する必要がある。

調査の結果(バイオマス(一般廃棄物:厨芥類))

賦存量・利用可能量の算出方法

一般廃棄物のうち食品廃棄物(厨芥類)をバイオマスとし、銚子市の厨芥類の焼却量を基にエネルギー賦存量・利用可能量を推計した。
一般廃棄物(厨芥類)バイオマスの賦存量及び利用可能量は、以下の式で算定した。

$$\begin{aligned} & \text{賦存量・利用可能量(GJ/年)} \\ & = \text{(直接焼却量(t/年)} \times \text{厨芥類の割合(\%)} \\ & \quad + \text{ごみ堆肥化量(t/年)} + \text{メタン化施設搬入量(t/年)}) \\ & \quad \times \text{ガス発生係数(m}^3\text{/kg)} \times \text{メタンガス含有率(\%)} \\ & \quad \times \text{メタン発熱量(kJ/m}^3\text{)} \times \text{ボイラ効率(90\%)} \end{aligned}$$

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
バイオマス(厨芥類)	20万GJ/年	20万GJ/年	1.4万tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

厨芥類の排出量分布の把握が困難なため、MAP化は実施しなかった。

調査結果への評価

市の清掃工場は更新時期が近づいており、現状での熱回収設備の導入は困難と考えられる。新施設の設置の際は、エネルギー効率を考慮した施設にすることが考えられるが、現状としては、既存の一般廃棄物処理施設におけるエネルギー活用設備等の導入意向は低いと推測されるが、分別された厨芥類の場合は導入の可能性はある。

「緑の分権改革」推進事業 成果報告書概要 (賦存量・利用可能量調査)

銚子市

太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、
小水力発電、バイオマス、その他

調査の結果(バイオマス(産業廃棄物:廃食油))

賦存量・利用可能量の算出方法

産業廃棄物のうち主要な観光ホテル及び飲食店より排出される廃食油をバイオマスとし、銚子市の廃食油の発生量を基にエネルギー賦存量・利用可能量を推計した。

産業廃棄物(廃食油)バイオマスの賦存量及び利用可能量は、以下の式で算定した。

$$\begin{aligned} & \text{賦存量・利用可能量(GJ/年)} \\ & = (\text{主要な観光ホテル数(軒)} \times \text{発生原単位(t/軒)} \\ & \quad + \text{飲食店数(軒)} \times \text{発生原単位(軒)}) \\ & \quad \times \text{体積換算(L/kg)} \\ & \quad \times \text{廃食油の体積当りのバイオディーゼル燃料への転換率(\%)} \\ & \quad \times \text{バイオディーゼル燃料のエネルギー標準発熱量(kJ/L)} \end{aligned}$$

※廃食油については産業廃棄物と定義する場合とそうでない場合があるが、ここでは産業廃棄物として扱う。

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
バイオマス(廃食油)	15万GJ/年	15万GJ/年	1万tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

飲食店の位置の把握が困難なため、MAP化は実施しなかった。

調査結果への評価

ヒアリング結果等によると、有料・無料など様々な形での回収が実施されており、市内での排出総量も大きいことから、価格の設定等によっては十分入手が可能と想定され、クリーンエネルギーとしての利用の可能性は十分にあると推測された。

調査の結果(その他:潮力)

賦存量・利用可能量の算出方法

潮力エネルギーのうち波力エネルギーを対象とし、銚子市の海外線延長に対する波エネルギーを基にエネルギー賦存量・利用可能量を推計した。

波力エネルギーの賦存量は、以下の式で算定した。
賦存量(kWh/年) = 波エネルギー平均値(kWh/m) × 海岸延長(m) × 8,760(時間/年)

利用可能量の算定式は、以下のとおりとした。
利用可能量(kWh/年) = 波力エネルギー賦存量(kWh/年) × 稼働率(%) × 総合効率(%)

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
その他(潮力)	15億kWh/年	1億kWh/年	3.8万tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

—

調査結果への評価

技術がまだ開発段階にあり、今後の研究開発動向を見守る必要がある。

「緑の分権改革」推進事業 成果報告書概要 (賦存量・利用可能量調査)

銚子市

太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、
小水力発電、バイオマス、その他

調査の結果(その他:産業廃棄物(廃プラスチック))

賦存量・利用可能量の算出方法

産業廃棄物のうち廃プラスチック類をクリーンエネルギーとし、銚子市の廃プラスチック類の排出量を基にエネルギー賦存量・利用可能量を推計した。

産業廃棄物(廃プラスチック類)エネルギーの賦存量及び利用可能量は、以下の式で算定した。

賦存量・利用可能量(GJ/年)

$$= \text{産業廃棄物排出量(t/年)} \times \text{廃プラスチック類の割合(\%)} \times \text{廃プラスチックのエネルギー標準発熱量(kJ/t)}$$

調査結果

対象エネルギー	賦存量	利用可能量	CO ₂ 削減量
その他(廃プラスチック類)	2GJ/年	2GJ/年	1,200tCO ₂ /年

調査内容・算出方法等への評価

廃プラスチック類の排出量分布の把握が困難なため、MAP化は実施しなかった。

調査結果への評価

ヒアリングにより、特に有用な知見は得られなかったことから、本調査において、導入可能性を検討することは困難である。

今後の事業展開及び課題

今後予定している事業の展開

今後、検討される可能性のある事業の例として、以下の2事業を挙げ、それぞれ事業性評価を行っている。

- ・畜産業バイオマス活用と醤油醸造工場のエコ化の連携事業
- ・観光ホテル・飲食店の廃食油の活用とエコツーリズムの連携事業

畜産業バイオマス活用+醤油醸造工場のエコ化

エネルギー源	エネルギー源の活用割合	CO ₂ 削減量
畜産バイオマス(家畜糞尿)	利用可能量の約2割	492tCO ₂ /年

観光ホテル・飲食店の廃食油の活用+エコツーリズム

エネルギー源	エネルギー源の活用割合	CO ₂ 削減量
廃食油	利用可能量の約1割	685tCO ₂ /年

これらの事業の展開を踏まえ、エネルギー源の供給側との調整及び事業性の向上を目指し、検討を進める。

「緑の分権改革」推進事業 成果報告書概要(実証調査)

銚子市

太陽光発電

実施の背景

地域の特性	銚子市の主要産業は、第一次・第二次産業であり、また、醤油醸造業及び観光業も盛んである。
対象エネルギー	実証調査では、賦存量・利用可能量調査で選定したエネルギーの中から太陽光発電を対象エネルギーとした。
調査内容 (調査手法や調査地点)	調査内容としては、観光名所である犬吠埼灯台をライトアップするための太陽光発電装置や蓄電池等の機器の能力及びCO ₂ 削減効果の検証を行った。また、犬吠埼周辺の宿泊施設において宿泊者を対象に観光施設のライトアップの必要性や環境問題に対する関心度等のアンケート調査を行った。
実施体制	太陽光発電装置メーカーから機器を借出し、犬吠埼灯台のライトアップと、それらのデータ収集や太陽光発電装置の能力の検証を実施した。また、犬吠埼灯台周辺の宿泊施設における宿泊者へのアンケート調査を宿泊施設に協力いただき実施した。
その他	



調査の結果①

当初の見込み及びその根拠	太陽光発電による犬吠埼灯台のライトアップ実証調査については、周辺宿泊施設の宿泊者に対するアンケート調査の中で、「緑の分権改革」推進事業を周知すると共に、事業化する際の協力の可否等を確認したい。
--------------	--

調査の結果②

調査結果	太陽光発電による犬吠埼灯台のライトアップ実証調査については、照明にLED投光器を採用し、蓄電池の容量を3日間日照がない場合でもライトアップできる規模としたことで、実証調査期間中のCO ₂ 削減量は118.95kg、年間に換算すると約590kgとなった。また、宿泊客へのアンケート調査の結果、環境問題に対する関心は非常に高く、「緑の分権改革」に伴う新規事業への協力に対して半数以上の方から賛同が得られた。
調査手法等への評価	調査期間や規模から、クリーンエネルギーを観光客等が景観を楽しむための観光施設ライトアップ用電源として利用し、コンパクトな実証調査用設備とすると共に、アンケート調査の対象を周辺宿泊施設の宿泊者とし参考となるデータが得られた。
調査結果への評価	ライトアップ実証調査及び宿泊客へのアンケート調査共に、調査期間が短く、十分な知見は得られなかったが事業化へ向けての基礎調査としては参考となる結果を得ることができた。



今後の事業展開及び課題

今後予定している事業の展開	観光施設のライトアップ事業による採算性は期待できないが、一定のCO ₂ 削減効果はあるので、環境対策に積極的に取り組む観光都市として観光施設のPRIに活用していきたい。
採算性	エネルギー事業としての採算性は期待できないが、観光施設の知名度を上げることによる相乗的な経済効果に期待したい。
実施体制	賦存量・利用可能量調査で挙げられた2事業の一つである観光ホテル・飲食店の廃食油の活用とエコツーリズムの連携事業に組み込んで実施することが望ましい。
その他の課題	
CO ₂ 削減量等	設備が小規模であることからCO ₂ 削減量は年間約590kgと僅かな量と推定される。

(今後の事業展開イメージ図)

