

尼崎沿岸域におけるグリーン・エネルギー・ スタンド社会実験の効果と課題

今堀 洋子¹・早田 大希²・木場 和義³・細田 直久⁴

1 正会員 工博 追手門学院大学講師 経済学部 (〒567-8502 大阪府茨木市西安威 2-1-15)

2 株式会社ネクシス (〒555-0041 大阪府大阪市西淀川区中島 2-5-3)

3, 4 駒井鉄工株式会社 (〒555-0041 大阪府大阪市西淀川区中島 2-5-1)

わが国では、京都議定書の批准を受け、地球温暖化防止に向け、各地域において二酸化炭素削減の具体的な取組みが、様々な主体によって展開されつつある。本研究では、その取り組むの事例として、自らが主体的に関わった地元のNPOと企業が連携して実施した尼崎沿岸地域におけるグリーン・エネルギー・スタンド社会実験を取り上げる。研究の目的は、その社会実験の具体的な効果を定性的な項目と共に、二酸化炭素削減の潜在量と実測値という数値で示すことと、社会実験から得られた課題を体系的整理し、それを踏まえて、この社会実験を実験にとどまらず、更に発展させ全国の各地域で展開するためのガイドラインを提示することである。

Key Words : climate change, Green-Energy-Stand, CO2 emission, social experiments, guide-line

1. 研究の背景および目的

政府発表によれば、2003年度の日本の温室効果ガス排出量が13億3900万トン、前年比0.7%（京都議定書基準年の1990年比8.3%）の増加で、二酸化炭素の総排出量は12億5940万トン（前年比0.9%、90年比12.2%）、一人当たり排出量も前年比0.8%、90年比8.7%増加であった。各部門とも排出量は増加しているが、環境省は人口・世帯数・自動車保有台数の増加、経済規模の拡大、原発長期停止で火力発電量が前年度より263億kw（約4.8%）増えたことを要因として挙げている¹⁾。

各部門の二酸化炭素の排出実態をみれば、まず、産業部門に次いで運輸部門の二酸化炭素の排出量が多く、増加傾向にある。次に、民生部門における家庭部門の排出量も、その比率は少ないが増加している。更に、家庭部門の年間の二酸化炭素排出量では、照明・動力に次いで二酸化炭素を排出しているのは自家用自動車であり、家庭部門の30%を占めている。

このような状況下で、具体的に二酸化炭素の排出量を削減するために、地域に根ざした取組みが、様々な主体によって行われつつある。我々の実施している社会実験も、その一つであり、NPO法人と企業が連携し、国、地方行政の協力を得て開始した。対象とした地域は、全国平均より二酸化炭素の排出量が多い兵庫県下の尼崎市の沿岸域である。そこに、太陽光と風力のハイブリッド発電による、グリーン・エネルギー・スタンドを設置し、

発電されたエネルギーを、グリーン・モビリティすなわち、電動アシスト自転車、電動スクーターなどに活用するというものである。

本研究においては、我々が実施したグリーン・エネルギー・スタンドの社会実験の効果と課題を明らかにすることを目的とする。社会実験の効果と課題を論じる際には、客観性を確保することが重要である。そこで、本研究において、効果に関しては、二酸化炭素排出削減量という具体的な数値で示し、社会実験を通しての課題を踏まえて、スタンドを設置する際のガイドラインを提示することとする。

2. グリーン・エネルギー・スタンド社会実験の概要

本社会実験は、二酸化炭素排出の削減できるモデル事業を実験的に実証し、持続可能なシステムの構築を目的とする。具体的に以下の検討を行う。

- ・ 太陽光発電および小型風力発電を活用したハイブリッド発電を利用したグリーンエネルギースタンドを設置する。
- ・ 沿岸域における市民の交通アクセス手段として、自動車やバイクから電動スクーターや電動アシスト自転車によるグリーンモビリティへの転換を図る。
- ・ 尼崎21世紀の森構想対象地域である尼崎沿岸域に、グリーンエネルギースタンドの導入可

能性を検討するために、沿岸域の風況観測を実施する。

グリーンモビリティとグリーン・エネルギー・スタンドを備えたグリーン・モビリティ・システムの普及拡大のために、二酸化炭素の削減量を実証し、導入のためのマニュアル化を図る。

社会実験の概要は、図-1の通りである。

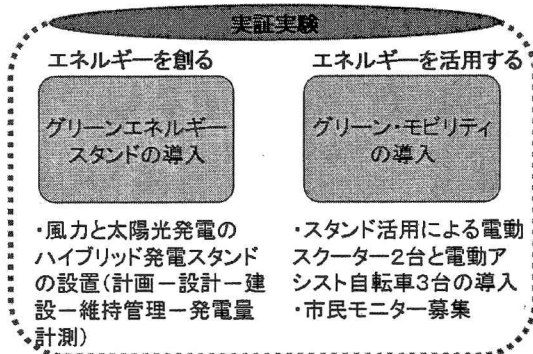


図-1 グリーン・エネルギー・スタンド
社会実験の概要

図に示す通り、社会実験は、太陽光と風力によるグリーンな「エネルギーを創る」と、その「エネルギーを活用する」との二つの柱からなっている。具体的には、尼崎市の沿岸域の空き地にグリーン・エネルギー・スタンドを設置し、太陽光発電と風力発電により発電された電力をグリーン・モビリティや照明設備に供給する。グリーン・モビリティ・システムは、電動スクーター2台と電動アシスト自転車3台で構成し、市民モニターがグリーン・エネルギー・スタンドで充電することで、自然エネルギーを活用するシステムである。本社会実験は、2004年9月より開始した。

グリーン・エネルギー・スタンドは、商用電源を使用しない独立電源システムであり、太陽光発電、風力発電、蓄電池設備で構成された発電システムである。それぞれの設備の容量は、太陽光発電設備は、定格出力560W(70W×8枚)、風力発電設備は、最大出力500W、蓄電設備は、6kWh(1.2Wh×5)となっている。また、それ以外に、電流、電圧、温度、風向、風速を自己記録するためのデータロガーの設置し、太陽光のパネルの下には、電動アシスト自転車3台と電動スクーター2台が駐輪、充電できるよう、駐輪設備(5m×1.8m)を設けてある。尚、蓄電された電力はACインバーターで変換され、スクーター、電動アシスト自転車、照明などの充電に活用される。図-2、図-3に、スタンドの構成を示す。

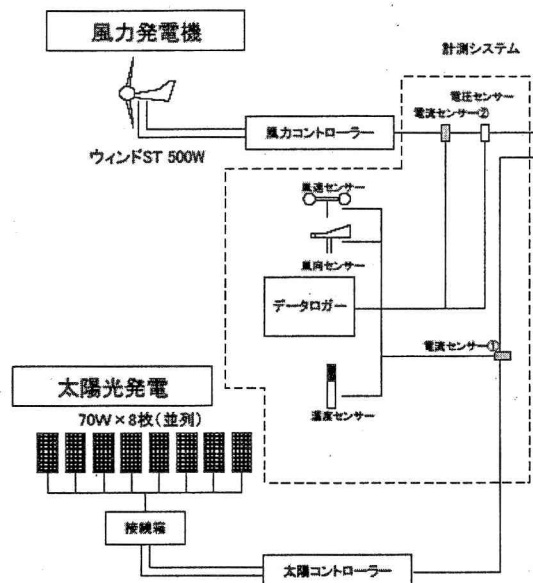


図-2 グリーン・エネルギー・スタンドの構成
(風力発電と太陽光発電)

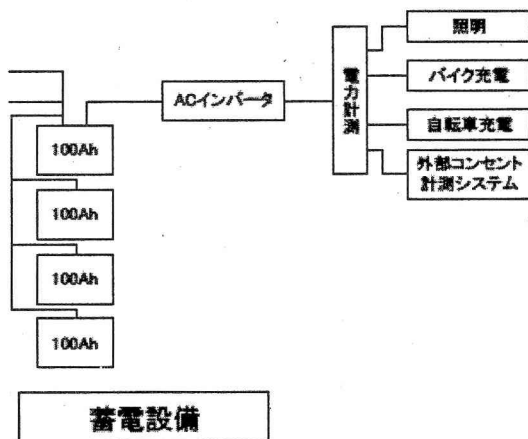


図-3 グリーン・エネルギー・スタンドの構成
(蓄電設備と充電)

実験に用いたグリーン・モビリティのうち、電動スクーター2台は、地域で活動している市民メンバーに寄贈して、周辺の活動の際に使用してもらった。一方、電動アシスト自転車3台はそれぞれ目的を持たせ、1台目は、周辺企業に貸与して複数の従業員が活用、2台目は、近隣駅(阪神尼崎駅)に設置し、希望する市民にシェアリングで活用、3台目は、地域で活動しているメンバーに貸与し、周辺の活動に使用してもらった。

3. グリーン・エネルギー・スタンド社会実験の結果

ここでは、本社会実験における地球温暖化防止効果の可能性と、実験によって実際に削減できた数値を、二酸化炭素削減量で評価する。

(1) 二酸化炭素の削減手法と対象

二酸化炭素の削減手法は、図-4 に示す通り、二段階に分けて考える。第一段階の「エネルギーを創る」という点では、太陽光と風力によるハイブリッド発電により、発電に伴う二酸化炭素を削減する手法である。第二段階の「エネルギーを活用」という点では、電動スクーターと電動アシスト自転車をグリーンなエネルギーで走らせることで、ガソリン燃料の消費に伴う二酸化炭素を削減する手法である。ここでは、本社会実験における地球温暖化防止効果の可能性と、実験によって実際に削減できた数値を、二酸化炭素削減量で評価する。

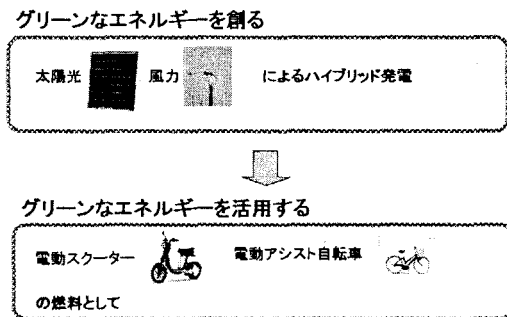


図-4 二酸化炭素の削減手法

二酸化炭素削減量の比較対象となるのは、図-5 に示す通りである。比較対象は、グリーン・エネルギー・スタンドによる発電とそのエネルギーの活用（充電）で異なる。まず、グリーン・エネルギー・スタンドによる発電においては、同量の発電を商用電源で行う場合に排出される二酸化炭素量と比較する。一方、充電においては、スタンドで発電されたエネルギーを活用する電動スクーターと電動アシスト自転車が移動した距離に対して、同じ移動距離を車やスクーターで走行する際に消費するガソリンの量の二酸化炭素換算値との比較とする。具体的な比較対象として、実証実験で実際にモニターが利用した形態から、スクーター利用者は、ガソリンスクーターを利用しているユーザーを想定し、電動アシスト自転車は、自動車からの乗り換えを想定する。実証実験の削除手段と対象をまとめたものを図-6 に示す。

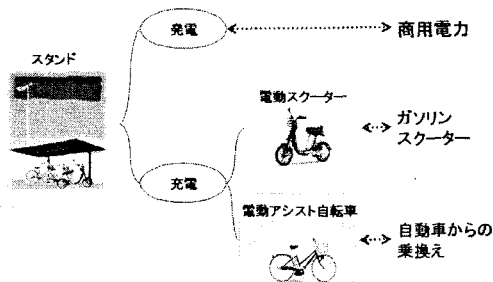


図-5 グリーン・エネルギー・スタンド社会実験におけるCO₂量の比較対象

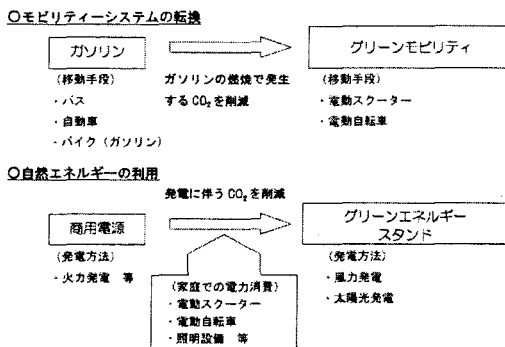


図-6 グリーン・エネルギー・スタンド社会実験におけるCO₂削減の手段と対象

以降では、スタンドの発電によるものと、そのエネルギーがグリーン・モビリティで活用された場合に分けて、二酸化炭素削減の潜在量と実際値を示す。

(2) グリーン・エネルギー発電によるCO₂削減の潜在量と実際値

まず、グリーンエネルギー・スタンドにおけるハイブリッド発電システムによる発電量を商用電源によるエネルギーと置き換えて、二酸化炭素排出の削減可能性を算出する。尚、風力発電と太陽光発電をでの発電に伴う二酸化炭素排出はゼロである。表-1 に、予測発電量と二酸化炭素削減可能性を示す。CO₂換算には、環境庁「総排出量算定方法ガイドライン」を参照し、一般電気事業者の排出係数 0.378kg CO₂/kWh を使用している（以下同様）。

一方、実際のグリーン・エネルギー・スタンドの月別発電量および、潜在量に対する達成率は表-2 に示す。ここに挙げている実測期間は、2004 年 9 月から 2005 年 2 月までである。

表-1 グリーン・エネルギー・スタンドの発電

予測量とそれに伴うCO₂削減潜在量

	定格出力	総発電量	可能発電量 (※3)	CO ₂ 削減可能量(※4)
風力発電	500W	904 Wh/日 (※1)	768 Wh/日	8.7 kg-CO ₂ /月
太陽光発電	560W	1453 Wh/日 (※2)	1219 Wh/日	13.82 kg-CO ₂ /月

※1 西宮観測所のデータをもとに発電量を予測

※2 神戸市の日射量データをもとに発電量を予測

※3 システム効率は、0.85とする

※4 二酸化炭素排出係数は、商用電力の発電の0.378kg-CO₂/kWhを適用

表-2 グリーン・エネルギー・スタンドの発電量の実測値と

それに伴うCO₂削減量

	風力発電			太陽光発電		
	発電量 (kWh)	CO ₂ 削減 可能量 (Kg-CO ₂)	達成率 (発電量+ 可能量)	発電量 (kWh)	CO ₂ 削減 可能量 (Kg-CO ₂)	達成率 (発電量+ 可能量)
9月	—	—	—	13.4(※)	5.06(※)	85%
10月	4.5	1.7	20%	39.0	14.74	107%
11月	1.4	0.53	6%	31.7	12.02	87%
12月	2.1	0.79	9%	31.6	11.94	86%
1月	—	—	—	35.4	13.38	97%
2月	2.4	0.91	10%	27.8	10.51	76%

※ 13日間のデータ

想定された削減量と計測した実際量から明らかになった点として、太陽光発電はほぼ予想通りの発電量であったのに対して、風力発電は、実際の気象条件からの推定発電量と発電の実測結果に大きな開きがあるということが挙げられる。

風力発電が、予想の発電量を下回った原因としては、①予測した風力より現地の風は微風であった、②風力発電機器の性能が発揮されていない、③周辺の建物の影響も受けたといったことが考えられる。今後は、①例えば、微風地域においては太陽光発電単独のスタンドにするといったような設置場所に応じたシステム構成（ハイブリッド発電の選定と構成方法）、②微風での更なる高性能の機器の検討、③設置高さをあげる（ビルの屋上など）といった対策が考えられる。

(3) グリーン・モビリティ活用によるCO₂削減の潜在量と実際値

グリーン・エネルギー・スタンドは、2台の電動スクーター、3台の電動自転車、それぞれ、毎日一回充電の頻度で利用した場合に必要なエネルギー量が、供給できるように設計されている。二酸化炭素削減の潜在量は、グリーン・モビリティがフルに活用された場合の値とした（表-3）。

表-3 グリーン・モビリティ活用による

CO₂削減潜在量

	1回の充電での 走行距離	台数	総走行距離	スクーターの消費ガソリン(※1)	CO ₂ 換算 =CO ₂ 削減 可能量(※2)	車の消費ガソリン (※3)	CO ₂ 換算 =CO ₂ 削減 可能量(※2)
電動スクーター	19.2km	2台	38km	1.3ℓ	89kg-CO ₂ /月	3.84ℓ	267g-CO ₂ /月
電動アシスト自転車	20.4km	3台	61km	2.04ℓ	142kg-CO ₂ /月	6.12ℓ	426kg-CO ₂ /月

※1 1ℓで30km走行で計算

※2 1ℓあたり2,322kgCO₂で計算

※3 1ℓあたり10km走行で計算

例えば、電動スクーターの場合、1回の充電での走行距離は19.2km（スクーターの仕様より算出）とすると、2台分で走行距離38kmとなる。ガソリンスクーターが同じ距離を走行する際に必要なガソリンは、燃費を1ℓ/30kmで計算すると1.3ℓとなる。この1.3ℓを二酸化炭素換算した上で、月換算した89kg-CO₂が二酸化炭素削減可能量である。電動自転車の場合も同様に計算される。例えば、自動車からの乗り換えとの比較をすれば、車の燃費は1ℓで10km走行として計算し、一ヶ月あたり426kg-CO₂の削減が理論上可能である。

尚、ガソリンの二酸化炭素原単位換算は、1ℓあたり、2,322kg-CO₂とした。また、走行距離の理論値は、スクーター、自転車とも、メーカーの仕様書の値から0.7掛けした値とした。また、スタンドで充電した場合の二酸化炭素の排出量はゼロとした。

一方、グリーン・エネルギー・スタンドで充電して消費した電力量の実測値を元に、二酸化炭素換算した値で算出した。二酸化炭素換算には、1回の充電に消費される電力量の実測値（スクーター、自転車共）から予測走行距離を算出した上で、ガソリンスクーター、自動車が同等の距離を走行するのに必要なガソリン燃料から算出している。算出結果は表-4の通りである。

表-4 グリーン・モビリティによるCO₂削減量

	スタンドでの充電量 (9月～2月)	予測走行距離	スクーターの消費ガソリン(※1)	CO ₂ 換算 =CO ₂ 削減可能量(※2)	達成率
電動スクーター	45.51 kWh	312Km/月	11.1 ℓ	26kg-CO ₂ /月	29%
	スタンドでの充電量 (10月～2月)	予測走行距離	車の消費ガソリン(※3)	CO ₂ 換算 =CO ₂ 削減可能量(※2)	達成率
電動アシスト自転車	1.03 kWh	30.7Km/月	3.07 ℓ	7.1kg-CO ₂ /月	2%

※1 1ℓで30km走行で計算

※2 1ℓあたり2,322kgCO₂で計算

※3 1ℓあたり10km走行で計算

4. グリーン・エネルギー・スタンド社会実験の評価

本社会実験の主な成果として、以下の5点を挙げる事ができる。

第一に、本社会実験による二酸化炭素削減の潜在量が明らかになった点である。それらは、太陽光および風力のハイブリッド発電による二酸化炭素削減可能量は、風力発電によるものが8.7kg-CO₂/月であり、太陽光発電によるものが12.83kg-CO₂/月であった。また、グリーン・エネルギー・スタンドで発電された電力を燃料としてグリーン・モビリティ（電動スクーターと電動アシスト自転車）を走行した場合の二酸化炭素削減可能量は、スクーターが89kg-CO₂/月で、自転車426kg-CO₂/月であった。

第二に、本社会実験の実施により、二酸化炭素の削減が実際にはかれた点である。それらは、太陽光および風力のハイブリッド発電による二酸化炭素削減量は、風力発電によるものが平均2.6kg-CO₂/月であり、太陽光発電によるものが29.83kg-CO₂/月であり、達成率はそれぞれ、11%、88%であった。また、グリーン・エネルギー・スタンドで発電された電力を燃料としてグリーン・モビリティ（電動スクーターと電動アシスト自転車）を走行した場合の二酸化炭素削減量は、スクーターが26kg-CO₂/月で、自転車7.1kg-CO₂/月であり、達成率はそれぞれ29%および2%であった。

第三に、社会実験をマスメディア等の媒体を通じて周辺地域、および全国に活動をPRすることができた点である。HPの開設、各種イベントにおけるパネル展示、周辺企業訪問、新聞掲載（6社7回）、テレビ放映（3回）、ラジオ放送（1回）により、実証実験の宣伝ができ、全国（川崎、浜松、島根、松本、沖縄）などからの問い合わせがあった。

第四に、脱石油の一步として、ガソリンを燃料とした車やスクーターからのグリーンモビリティへの乗り換えを一部実現できた点である。周辺地域では、公共アクセスが極端に乏しく、移動手段として車への依存が非常に高い。その中で、周辺企業に日常の足としてアシスト自転車を活用してもらうことにより、今まで車を使用していた移動の一部を代替することが確認できた。また、公共機関からのアクセス手段としても、電動アシスト自転車が非常に有効であることも確認できた。

第五に、周辺企業や市民との連携がはかれた点である。周辺企業の従業員の間でスタンドの利用が進んだこと、また、地元で活動する団体との連携により、活動の際の足として、グリーン・モビリティが活用できたこと、更に、地域の各種のイベントを共催することもできた。

5. グリーン・エネルギー・スタンド社会実験の課題と今後の展開

このように、成果がある一方で、この社会実験を、グリーン・モビリティ・システムのモデル事業として、本格的に稼働しようとするには様々な課題がある。それらを整理したのが、図-7である。

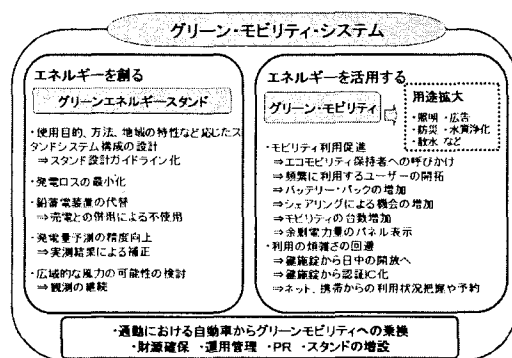


図-7 グリーン・モビリティ・システム
モデル事業の課題

まず、グリーン・エネルギー・スタンドに関しては、設計にあたり、使用目的、方法、地域特性に応じたスタンドシステム構成が求められており、そのガイドラインを作成する必要がある。また、スタンドの発電ロスを最小化するための方策や、電気の安定供給のために電気を貯める鉛蓄電池代替の方策、そして、風力に関する発電量予測の精度向上などが求められている。また、地域での潜在的な自然エネルギー特に風力発電の可能性を検討するためには、継続的な観測も必要である。

一方、発電されたグリーン・エネルギーを活用するという意味においては、第一に、モビリティの利用促進の方策が求められている。これは、今回の実証実験の場所の特性として、人が集まったり、滞在する場所でなかったということに起因するが、更なるPRや、利用者の開拓が必要である。更に、広く利用してもらうためには、現在のようにクローズにするのではなく、日中は開放する、認証IC化を取り入れる、あるいは、鉛蓄電池をなくしてモビリティのバッテリーを増やすなどして充電設備をシンプルにし、利用者には見た目にわかりやすくするなどの利用の煩雑さを回避する方策が求められている。

また、システム全体としては、大きな課題として脱車社会をどう誘導していくかということである。周辺の企業の社員のほとんどは車通勤を強いられている。その理由として、公共交通が乏しいということに加えて、自転車通勤自体、道路が自転車用に整備されておらず、ト

ラックの往来が多く、非常に危険であるという声も聞かれた。更には、本モデル事業を継続するための財政基盤の確保の問題、スタンドの運用管理をだれが、どのように行うかという問題、更なる PR、そして、スタンドの2号機、3号機を周辺に増設し、システムを点から線、面にしていくことが求められている。

これらの課題を踏まえて、対象地域で更にスタンドを増設する際において、また、他の地域で事業としてを新たに展開する際のガイドラインの作成が求められている。ガイドラインの項目を整理したものの一部を、表-5に示す。

表-5 グリーン・エネルギー・スタンド設計の
ガイドライン(一部)

項目	
Why	ねらいは？
	温暖化防止(グリーンエネルギー、グリーン・モビリティの導入) グリーン・モビリティの普及
Where	どこに設置するか？
	滞在可能な場所(公園、図書館などの公共施設、学校、企業など) 上記以外の人の往来の多い場所(駅、通学や通学途中の空き地など)
Who	使用者はだれか？
	市民 社員 学生 他
When	使用者は限定されているか？
	いつ使うのか 終日か日中か夜間か 毎日 平日 週末
How	どのように使用するのか？
	発電エネルギーを何にどれくらい使うのか？(必要電力量の試算) 電動スクーター 何台 充電の頻度？ 電動アシスト自転車 何台 充電の頻度？ それ以外(照明・広告・その他)
How much	コストはいくらか？
	スタンド設置にかかる費用 運用にかかる費用 コストをどうやってまかなうか？(事業採算性はあるか？) 公共事業か？ 民間事業か？ 市民事業か？

ガイドラインには、上記で示している以外に、スタンドの設置場所、利用者、利用の仕方(いつ利用する、どのように利用する)といった項目も必要である。それらの項目毎に、更にポイントなる事柄を整理し、追記すれば、他の地域への展開の際に役立つガイドラインとなる。

謝辞：本社会実験は、環境省の平成16年度地域協同実施排出抑制対策推進モデル事業として採択された「自然ハイブリッド発電を活用したグリーン・モビリティ・システム導入モデル事業」に基づいて実施されたものであり、特に、モニターになってくださった方々、事業実行委員会の委員の方々、全国地球温暖化活動防止センターの方々には、いろいろとご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

引用・参考文献

- 1) 環境省報道発表資料(2005年5月26日)、
<http://www.env.go.jp/press/press.php3?serial=6009>

EFFECT AND OBSTACLE IN SOCIAL EXPERIMENTS OF GREEN-ENERGY-STAND AT COASTAL AREA OF AMAGASAKI

Yoko IMAHORI, Daiki HAYATA, Kazuyoshi KOBAYASHI, Naohisa HOSODA

Because of Kyoto-protocol, there are number of programs to reduce CO2 going, all over the country in Japan. In this research, we pick up one of the programs, which we subjectively take part. The program is called social experiment of Green-Energy-Stand in coastal are of Amagasaki where is next to Osaka. This social experiment have been coporated with NPO and company in local area. The purpose of research shows 1)effect of social experiment not only qualitatively but also quantitatively, using potential amount and actual measurement. of CO2 reduction, 2) adjustment of obstacles from social experiment, 3)guide-line for whom interested to develop Green-Energy-Stand in the other area.