

島根県飯石郡飯南町における 「スクールニューディール構想」と「緑の分権改革」

田中 武*・間屋口 信博**・田河 雅威***・有馬 仁志****
田部 宏幸*****・平山 智康*****

(平成22年10月29日受付)

“School New Deal Plan” and “Decentralization” Green Promotion at Iinan Town in Shimane Prefecture

Takeshi TANAKA, Nobuhiro MAYAGUCHI, Masatake TAGAWA, Hitoshi ARIMA,
Hiroyuki TANABE and Tomoyasu HIRAYAMA

(Received Oct. 29, 2010)

Abstract

The anti-global warming measure is the pending issue which is common throughout the whole world now, and it is in the one of the high-priority issues on which countries of the world should work. The object period that the Kyoto Protocol sets has already begun in 2008 and aims at the achievement of the reduction (Our country has reduced it by 6 percent for 5 years until 2012 compared with 1990) of the greenhouse gas, and various actions are performed. It is mainly the natural energy such as photovoltaic system in the snowy area and the mountainous district. ‘Compact Village’ where various energy was considered, was formed aiming at the achievement of the local production for local consumption of the energy of the mountainous district. We examined the development of connected intermediate and mountainous area.

Key Words: solar cell, environmental education, junior high school

1. まえがき

地球温暖化対策は、今や全世界共通の懸案事項であり、世界の国々が総力を上げて取り組むべき最重要課題の一つになっています。既に2008年から京都議定書が定める対象期間が始まっており、温室効果ガスの削減目標（我が国は、2012年までの5年間に對1990年比で6%削減）の達成をめざし、様々な取り組みが行われています。

さらに、我が国では、2008年7月に「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、2050年までに現状から60

から80%削減するという長期目標が掲げられました。

このような状況の中、2009年4月にとりまとめられた「経済危機対策」におけるスクールニューディール構想の三本柱の一つとして提唱された、太陽光発電等をはじめとしたエコ改修の抜本拡大が、今まさに実施段階を迎えようとしています。¹⁾

地域においては、少子高齢化・人口減少社会が到来する中において、厳しい財政制約の下で、地域主権の確立、低炭素型社会への転換等の改革の推進が強く求められています。

* 広島工業大学工学部電子情報工学科
** 株式会社中電工
*** 株式会社横田工業商会

**** dSPACE Japan 株式会社
***** 飯南町
***** 中国経済産業局

緑の分権改革とは、それぞれの地域が、今一度、森・里・海とそれにはぐくまれるきれいな水、先祖伝来の田畑、輝く太陽などといった豊かな資源とそれにより生み出される食料やエネルギー、あるいは歴史文化資産の価値等を把握し、最大限活用する仕組みを草の根的に創り上げていくことによって、地域の活性化、絆の再生を図り、地域から人材、資金が流出する中央集権型の社会構造を分散自立・地産地消・低炭素型としていくことにより、「地域の自給力と創富力（富を生み出す力）を高める地域主権型社会」への転換を実現しようとするものです。²⁾

本研究では、島根県飯石郡飯南町に、文部科学省「スクールニューディール構想」で設置した太陽電池設備、と総務省「緑の分権改革」で設置した多彩なエネルギーシステムの運用等について報告する。最後に、飯南町における炭素排出量について、初歩的な計算を試みました。

2. 飯南町の概要³⁾

平成 17 年 1 月 1 日、頓原町と赤来町の合併が実現し、「飯南町」が誕生しました。



図 1 島根県飯石郡飯南町の位置⁴⁾

位置・地勢

島根県中南部（図 1 参照）にあり、広島県との県境、中国山地の脊梁部に位置し、周囲を 1,000 m 前後の琴引山や大万木山などに囲まれ、平坦地の標高が約 450 m の県下でも代表的な高原地帯です。町の南端にある女亀山を源とする神戸川が北へ貫流し、谷地区を南に流れる塩谷川は江の川に注ぎ、都加賀地区を流れる都加賀川は斐伊川に注ぎ中国産地の屋根ともいえます。

面積は 242.84 平方キロメートル（東西 32km、南北 32km）で、約 90% を山林・原野が占めています。

沿革

町の中心にある琴引山は、出雲風土記にその名をとどめ、悠久の歴史をうかがい知ることができます。また、瀬戸山城址をはじめとする多くの城址は、尼子毛利合戦をはじめ

戦国の世の興亡の歴史を物語っています。

出雲・石見・備後の三国にまたがり、また陰陽を結ぶ中国山地の要衝として古くから開発され、たたら製鉄や良質米の産地としても知られていました。

3. スクールニューディール構想で設置した太陽電池設備

スクールニューディール構想で、太陽電池設備を設置する対象となりうる、公立の幼・小・中学校は、飯南町内にある、2つの中学校（飯南町立赤来中学校、飯南町立頓原中学校）、4つの小学校（飯南町立赤名小学校、飯南町立来島小学校、飯南町立志々小学校、飯南町立頓原小学校）であります。

関係機関との相談の結果、赤名小学校と来島小学校の2校を文部科学省に申請することになりました。

赤名小学校と来島小学校における太陽電池配置図、および、設置場所の写真を、それぞれ図 1、図 2 および図 3、図 4 に示します。

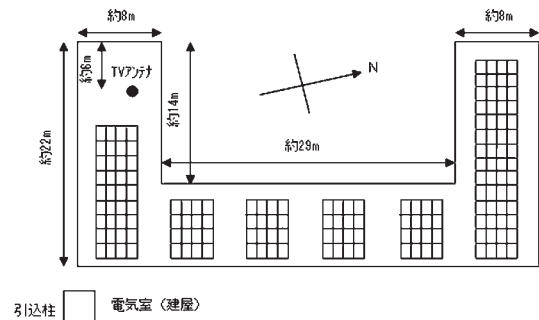


図 2 赤名小学校太陽電池配置図（27kW）



図 3 赤名小学校に設置された太陽電池

赤名小学校には、三洋電機製太陽電池（HIP-200NKH5）を 135 枚用いています。最初に太陽電池を 9 枚、直列接続します。その 9 枚直列を、15 個並列に並べ運用しています。

来島小学校には、三洋電機製太陽電池（HIP-200NKH5）を 99 枚用いています。最初に太陽電池を 9 枚、直列接続

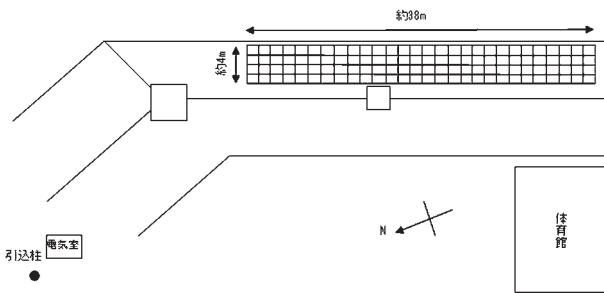


図4 来島小学校太陽電池配置図 (20kW)



図5 来島小学校に設置された太陽電池

します。その9枚直列を、11個並列に並べ運用しています。

太陽光発電設備 (20kW) を導入することで、学校一校あたりのCO₂削減量、削減率は、それぞれ、年間約10から13トン、寒冷地：約8-9%削減、温暖地：約14-17%と報告されています。⁵⁾

積雪地域では積雪荷重に対応した太陽電池モジュール・架台の設計や、太陽電池モジュールの上に積もった雪を自然に落雪させる工夫が必要です。⁵⁾

寒冷地域では太陽電池モジュールや他の部材の隙間に残った雨水は凍結のおそれがあり、対策が必要です。⁵⁾

表1 鳥根県飯石郡飯南町野萱に設置された4.2kW太陽電池の発電データ

| 年 | 月 | 一カ月の発電量(kWh) | 日照時間 |
|-------|----|--------------|-------|
| 2009 | 1 | 120 | 39.7 |
| | 2 | 267 | 69.8 |
| | 3 | 412 | 120 |
| | 4 | 510 | 189.5 |
| | 5 | 528 | 164.4 |
| | 6 | 502 | 157.7 |
| | 7 | 396 | 72.3 |
| | 8 | 534 | 144.5 |
| | 9 | 481 | 143.2 |
| | 10 | 404 | 119.9 |
| | 11 | 260 | 57.3 |
| | 12 | 170 | 51 |
| 年間発電量 | | 4584 | |

鳥根県飯石郡飯南町野萱に設置された4.2kWの三洋電機製太陽電池 (HIP-210NH1) が20枚設置され、三洋電機製パワーコンディショナー (SSI-TL40A4) を設置された

赤名 2009年

| 月 | 降水量(mm) | | 気温(°C) | | | | 風向・風速(m/s) | | | 日照時間(h) | 降雪の合計 | 雪の最大 | 雪の最深 | | | | | |
|----|---------|-------|--------|------|------|------|------------|------|------|---------|-------|------|------|------|--------|-----|----|-----|
| | 合計 | 日最大 | 1時間 | 10分間 | 日平均 | 日最高 | 日最低 | 最高 | 最低 | | | | | 平均風速 | 最大瞬間風速 | 北西 | 北東 | 北 |
| 1 | 249.0 | 53.0 | 6.5 | 1.5 | -0.4 | 2.8 | -3.9 | 7.6 | -9.1 | 0.5 | 4.9 | 北北西 | 11.7 | 北西 | 39.7 | 361 | 53 | 101 |
| 2 | 115.0 | 20.5 | 5.0 | 1.0 | 2.8 | 7.3 | -1.6 | 13.4 | -6.5 | 1.0 | 4.6 | 北 | 12.7 | 北 | 69.8 | 48 | 5 | 44 |
| 3 | 104.5 | 21.5 | 6.0 | 2.0 | 5.0 | 10.8 | -0.2 | 21.0 | -4.6 | 1.2 | 6.5 | 南東 | 17.3 | 南東 | 120.0 | 5 | 5 | 4 |
| 4 | 146.0 | 46.0 | 9.5 | 3.5 | 10.1 | 17.5 | 3.5 | 27.4 | -2.2 | 1.2 | 5.0 | 南東 | 13.8 | 南東 | 189.5 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 47.0 | 23.0 | 4.5 | 1.5 | 15.1 | 21.9 | 9.4 | 29.7 | 3.5 | 1.2 | 5.4 | 南東 | 12.9 | 南東 | 164.4 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 337.5 | 168.5 | 46.5 | 13.5 | 19.3 | 25.0 | 14.5 | 30.2 | 6.2 | 1.0 | 4.0 | 南東 | 8.9 | 南東 | 157.7 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 500.0 | 135.0 | 43.0 | 13.5 | 22.0 | 25.7 | 19.0 | 29.9 | 14.6 | 0.9 | 4.2 | 北北西 | 10.3 | 北北東 | 72.3 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 63.0 | 12.5 | 12.0 | 6.5 | 22.8 | 27.8 | 19.2 | 30.9 | 12.2 | 0.9 | 3.9 | 北 | 8.2 | 北 | 144.5 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 91.0 | 30.5 | 17.5 | 7.5 | 18.5 | 24.6 | 13.6 | 28.7 | 7.3 | 0.8 | 4.5 | 北 | 10.0 | 北北東 | 143.2 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 65.0 | 39.0 | 10.5 | 2.5 | 12.8 | 19.1 | 7.3 | 24.2 | 2.6 | 0.8 | 4.7 | 北 | 11.4 | 西北西 | 119.9 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 158.0 | 47.5 | 8.5 | 4.0 | 7.9 | 12.5 | 3.3 | 20.5 | -2.4 | 0.8 | 5.4 | 北 | 11.9 | 北北西 | 57.3 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 106.0 | 14.5 | 5.5 | 2.0 | 1.4 | 5.4 | -2.0 | 14.1 | -6.1 | 0.9 | 4.9 | 北 | 11.6 | 北北西 | 51.0 | 123 | 21 | 38 |

図6 赤名の気象情報 2009年⁶⁾

方のデータを表1に示す。全国での太陽電池の発電の目安⁷⁾を示す。比較のため、パネルの発電容量の換算 (4.3kWシステムに換算) すると、表1の年間発電量は、4693kWhとなり、全国各地の値 (年間発電量、4509 (新潟市) ~ 5469kWh (宮崎市)) の間に入っていると考えられます。



図7 太陽電池全国の発電の目安⁷⁾

4. 「緑の分権改革」により設置した多彩なエネルギー

多彩なエネルギーシステムを構築し、飯南町のマイタケ工場へ供給することを試みた。エネルギー供給システム図を図7に示す。燃料電池は、熱は太陽電池に積もった雪を

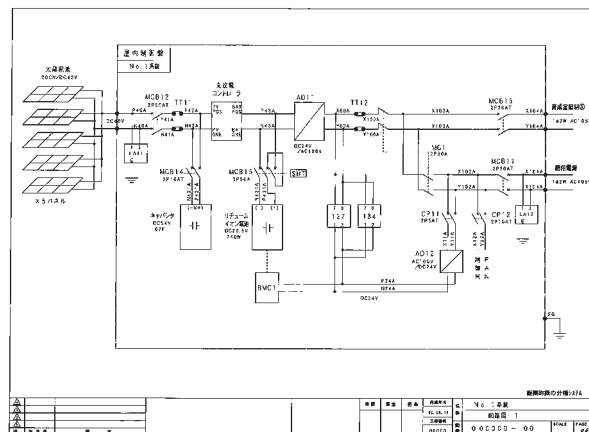


図8 多彩なエネルギーシステムのシステム図

融かすために用い、電力は、定常的な供給システムとして行います。

また、リチウム電池とスーパーキャパシタを用いた蓄電システムが今後の太陽電池をはじめとする自然エネルギーの利用においては、重要となります。

今回のもうひとつ大きなポイントは、太陽電池、リチウム電池、スーパーキャパシタ、および燃料電池等を含めたエネルギーシステムのモデル化である。多彩なエネルギーシステムで用いた基本的なモデルの全体図を示します。(図9)

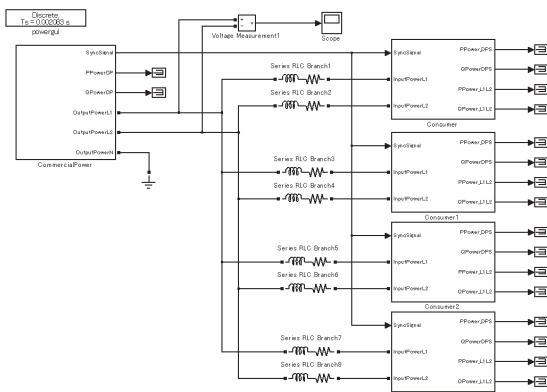


図9 多彩なエネルギーシステムに用いたモデル例

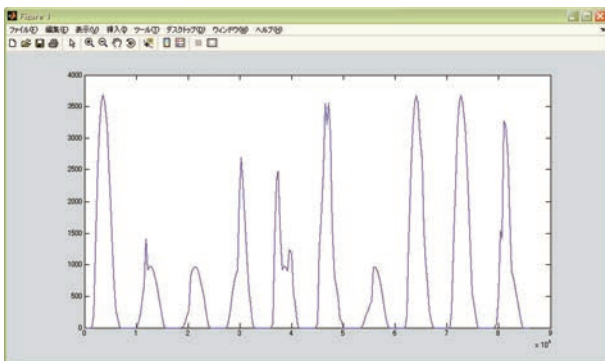


図10 多彩なエネルギーシステムに用いたモデルのシミュレーション

これらのモデルを用いたシステムを構築し、実証試験のデータとすり合わせを行うことにより、モデルの高精度化を試みていきたいと思ひます。今後、集積回路(IC)に、このモデルを組み込んでいきたいと思ひます。

5. 飯南町における炭素排出量

5.1 飯南町の現状

飯南町の現在の人口は、5643人、2143世帯(H22.8.1現在)であります。⁸⁾

森林のCO₂の吸収量について述べます。

林野庁のホームページ¹⁰⁾より、樹木が吸収し蓄積するCO₂は一本一本みんな違っていますが、たとえば、適切に

表2 飯南町の土地利用状態⁹⁾

●総面積 242.84 平方キロメートル

| | |
|-----------|----------|
| 田 | 1,365ha |
| 畑 | 202ha |
| 宅地 | 169ha |
| 池沼 | 8ha |
| 雑種地 | 365ha |
| 山林・原野・その他 | 22,175ha |

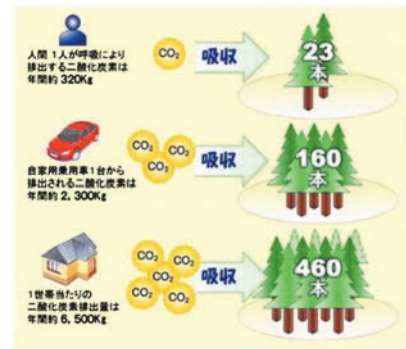


図11 身近な二酸化炭素排出量と森林(スギ人工林)の二酸化炭素吸収量¹⁰⁾

手入れされている80年生のスギ人工林は1ha当たり約170t(1年間当たり平均で約2.1t)、同じく80年生のブナを主体とする天然林は1ha当たり約100t(1年間当たり平均で約1.3t)程度の炭素を蓄えていると推定されます。(二酸化炭素に換算すると、それぞれ約620t、約370t、1年間当たりそれぞれ約7.8t、約4.6t)と報告されている。

また、図中にもありますが、人間1人が呼吸により排出するCO₂は、年間約320kg、自家用車が排出されるCO₂は、約2300kg、一世帯の家庭から出るCO₂の排出量は、約6500kgであると報告されています。

飯南町の場合を単純に計算してみると、5643名(H22.8.1現在)の人間が1年間に排出するCO₂は、5643名×320kgは、約1800トンのCO₂量に相当します。

飯南町には、平成22年6月1日時点で、普通車2017台(島根県調べ)と、飯南町には、2143世帯あるので、ほぼ一家に一台平均普通車があると考えられます。また、軽自動車は2931台(飯南町調べ)所有されているので、普通車と、軽自動車の両方とも年間約2300kgのCO₂を排出すると仮定すると、2143世帯なので、年間約11380トンのCO₂を排出します。

また、一世帯当たりの年間CO₂は、6500kgなので、2143世帯×6500kgで、13900トンになります。

2009年の飯南町の電灯消費量は、15476千kWhなので、1世帯あたり、7.2千kWhとなります。(中国電力の平成20年度の排出係数は、0.000674(t-CO₂/kWh)なので、飯南町全体のCO₂は、10430t-CO₂、一世帯あたりは、4.86t-CO₂になる。)

以上をまとめると、人の呼吸、自家用車、および家庭の排出するCO₂の合計は、27080トンになります。

では、森林のCO₂吸収量を検討してみます。森林その他の飯南町の面積は、22175haであり、1haあたり80年生のスギ人工林でCO₂を約7.8トン蓄え、ブナを主体とする天然林で約4.6トン蓄えると報告されています。

おおまかな吸収量の目安¹¹⁾としては、地域や樹種によって異なりますが、スギであれば1年間に1～3炭素トン/ha程度、広葉樹であれば1年間に1炭素トン/ha前後だと考えられます。

したがって、1年間1haあたり1炭素トン=約3.67CO₂トンなので、3.67を用いて、簡単なシミュレーションを行った。飯南町の森林では、22175ha×3.67で約81400トン蓄えることになります。さきほどの、人、自家用車、家庭のCO₂を差し引いても、約54320トンの黒字になります。このCO₂の黒字の一部を環境省自主参加型国内排出量取引制度(JVETS)に適用することができると、中山間地の地方自治団体の収入に貢献できると考えられます。今後は、大学、企業、および地方自治団体等との産官学協力により、様々な環境問題を乗り越えていきたいと思えます。

6. 環境に関するシミュレーションについて¹²⁾

6.1 日射量推定アルゴリズム

日射量推定アルゴリズムには、国立大学法人東京農工大学 黒川浩助研究室および独立行政法人産業技術総合研究所 太陽光発電研究センターにて開発されたものを利用しております。

本アルゴリズムの精度検証は、本資料や参考文献の論文で行われています。また資料の一部は、NEDO 技術開発機構「平成19年度太陽光発電フィールドテスト事業に関する分析手法の開発及び分析評価」の一環として、独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電研究センターとアニョール株式会社が共同で実施したものです。¹³⁾

6.2 使用データ

・気象衛星ひまわり

2003年1月～2003年5月22日 GMS-5 (ひまわり5号)

2003年5月22日～2005年6月27日 GOES-9 (ひまわり5号代替機)

2005年6月28日～MTSAT (ひまわり6号)

空間解像度5km, 時間間隔1時間毎

・気象データベース地上観測 (日射量)

・メソ客観解析データ (気温)

空間解像度10km, 時間間隔1時間毎

・アメダス観測気温データ

これらはすべて、気象業務支援センターよりオフライン

で販売されているものを使用。

6.3 日射量算出方法

Otaniet al. (1994)¹⁴⁾により提言されたモデルを使って、日射量を推定します。

これによると、太陽光の可視域において、太陽から地球内への入射、雲による吸収、反射および散乱、地面への直達日射、地面からの反射をバランスさせ、次式のモデルが導出されています。

$$H = (\tau_m - \rho_p) I_0 \cos z / (1 - \rho_s)$$

H: 推定日射量

ρ_p : 気象衛星により観測されたアルベド

ρ_s : 地面のアルベド

I_0 : 太陽定数

z: 太陽高度

τ : 放射伝達係数

m: エアマス (太陽光が地表に届くまでに大気を通過する距離)

6.4 地面アルベドの推定方法

日射量推定には、6.3節で記述されるように、地面のアルベドの情報が必要です。地面のアルベドとは、地面が太陽光をどれだけ反射しているかを表す指標です。地面の植生や状態 (土壌か、草地か、アスファルトか、雪が積もっているか) に依存するパラメータであり、場所と季節によって変化します。

気象衛星ひまわりの1枚の画像では、雲がある場合にその直下の地面アルベド情報を得ることはできませんが、1年を通じた画像を解析することにより、すべての地点において季節毎に晴天時の地面アルベドを求めることができます。

6.5 精度評価

下図は、東京の気象観測地点において、実際に測定した日射量と、Solar-Meshによるシミュレーション推定日射量を比較したものです。約9日間にわたり、毎時間毎のデー

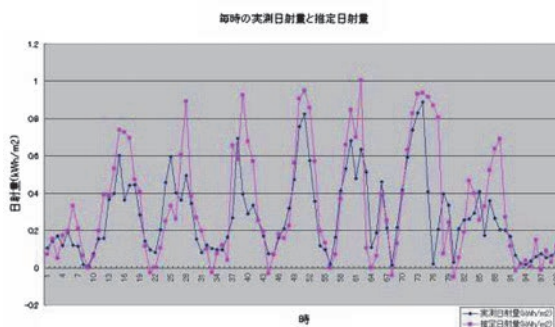


図12 毎時の実測日射量と推定日射量

タをグラフにしています。各日の正午頃に日射量がピークに達していますが、ピークの大きさはその日の天候によって変わることがわかります。このような天候の変化による日射量の傾向を上手くシミュレーションできています。

次の図は、同じく東京観測地点において、2006年の1年間の実測日射量と、シミュレーションによる推定日射量を比較したものです。両者の相関が高いことがわかります。

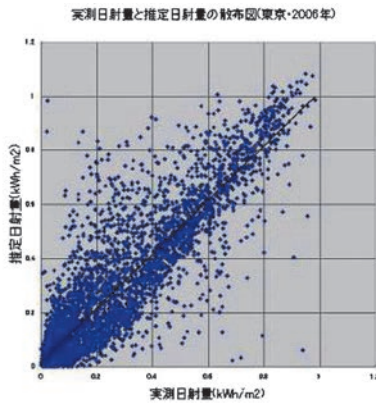


図 13 実測日射量と推定日射量の散布図（東京、2006年）

下図は、東京観測地点において、毎時の日射量を1ヶ月分積算し、各月において実測とシミュレーションを比較したものです。年間を通してシミュレーションが実際の日射量をよく推定できています。

6～9月ではシミュレーションが実際よりも大きくなっていますが、これは気象衛星では雲の下が見えないため、雨と曇りの区別がつけられず、降雨時でも曇りと同じように日射量を推定してしまうためだと考えられます。

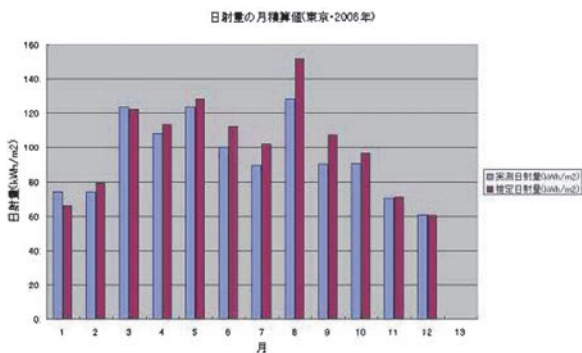


図 14 日射量の月積算（東京、2006年）

下の図は全国64地点の気象観測地点での、年間の月積算日射量について、実測とシミュレーションを比較したものです。相関が高いことがわかります。

それぞれの地点での誤差を算出すると、最大21%、最小3%、平均誤差8%となっています。

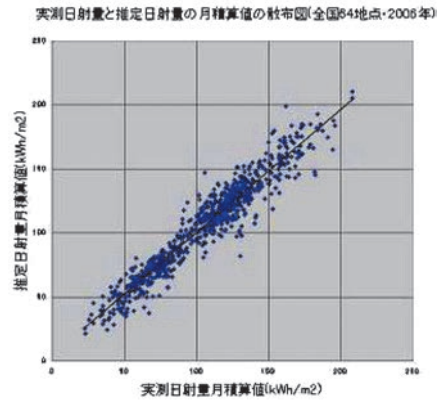


図 15 実測日射量と推定日射量の月積算値の散布図（全国64地点、2006年）

6.6 気象衛星ひまわり画像と日射量マップの例

下図は気象衛星ひまわりの全格子上で日射量をシミュレーションし、分布を表示したものです。雲がかかっているエリアでは日射量が小さくなっていることがわかります。

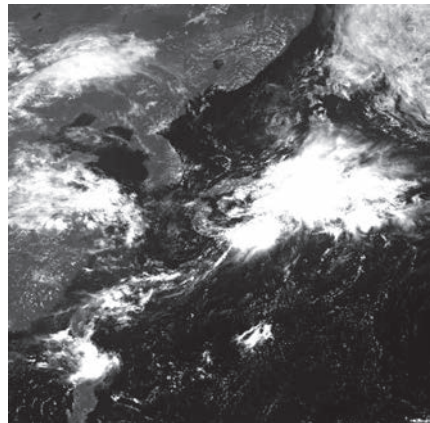


図 16 気象衛星ひまわり画像例（「気象衛星センター提供」）

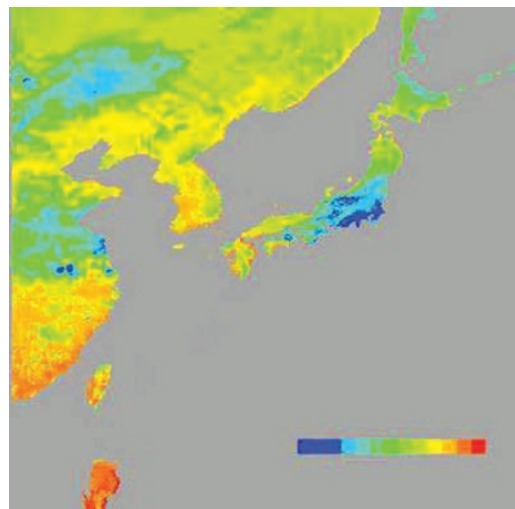


図 17 図 16 と同じ時の日射量マップ

この Solar-mesh を用いて、赤名小学校と、来島小学校

の発電量をシミュレーションした結果を示します。

するために、シルバコ社製の T-CAD を用いて、シミュレーションを行い、その結果を示します。

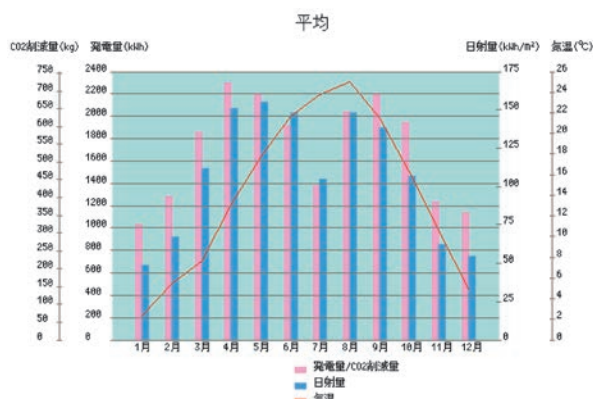


図 18 2009 年度に設置した場合の赤名小学校の発電データ(予測)

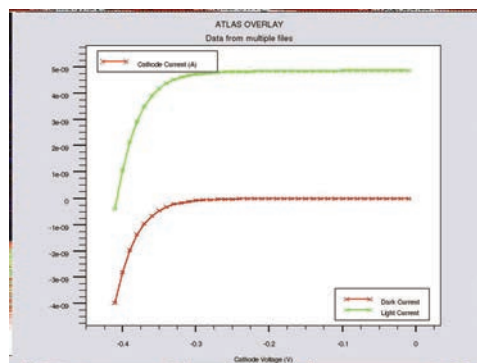


図 21 太陽電池の電気的特性

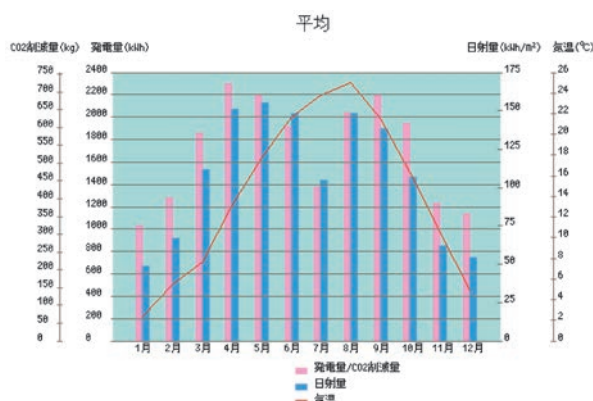


図 19 2009 年度に設置した場合の来島小学校の発電データ(予測)

また、このシミュレーションソフトには、太陽電池の性能として、公称最大出力、公称最大出力動作電圧、公称最大出力動作電流、公称開放電圧、公称短絡電流、変換効率等のデータを入力する必要があるため、オーストラリアのシドニーにある、ニューサウスウェールズ大学の開発した PC1D¹⁵⁾ という太陽電池の性能をシミュレーションするソフトを用いて試みました。

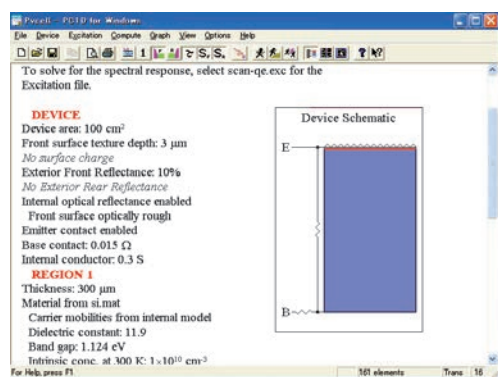


図 20 PC1D を用いた太陽電池のシミュレーション画面

さらに、詳細に太陽電池のデバイスシミュレーションを

6.7 広島工業大学田中研究室の設置、および運用

現在、総務省の「緑の分権改革」の予算に基づく研究で飯南町に設置が認められた。今回の緑の分権改革の研究の推進と、人材の育成に貢献していきたいと思ひます。

7. まとめ

島根県飯石郡飯南町に、文部科学省「スクールニューディール構想」で設置した太陽電池設備、と総務省「緑の分権改革」で設置した多彩なエネルギーシステムの運用等について報告します。最後に、飯南町における炭素排出量について、初歩的な計算を試みた。炭素の見える化により、各家庭、企業、地方公共団体の炭素量の見える化を行い、関係者に現実の炭素量を理解していただく必要があると思ひられます。また、環境問題の取り組みと町おこしの一つとして取り組んでいくことにより、町の活性化や生活向上と環境維持あるいはさらなる改善を両立するしくみを作りたいと思ひます。

今後は、特区申請を行い、電力、通信ネットワークおよび熱源のネットワークを構築し、中山間地ならではの、スマートグリッドシステムの構築を試みる予定であります。

また、ネットワークの構築を活かし、中山間地の医療ネットワークに応用していきたいと思ひます。

謝 辞

本研究の一部は、文部科学省のスクールニューディール関連予算、総務省の緑の分権改革の予算を得て行なわれた事に対し、ここに謝意を表します。

文 献

- 1) 文部科学省大臣官房文教施設企画部、国立教育政策研究所文教施設センター、「太陽光の恵みを子どもたち

- が学び育むために”，文部科学省，NIER.
- 2) http://www.soumu.go.jp/main_content/000052921.pdf
 - 3) http://www.iinan.jp/mkpage/hyouzi_editor.php?sid=2&listmode=
 - 4) <http://www.satoyamania.net/>
 - 5) <http://www.nier.go.jp/shisetsu/pdf/taiyoukou.pdf>
 - 6) http://www.datajma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_al.php?prec_no=68&prec_ch=%93%87%8D%AA%8C%A7&block_no=1320&block_ch=%90%D4%96%BC&year=2009&month=&day=&elm=monthly&view=
 - 7) <http://jp.sanyo.com/solar/feature/standard/index.html>
 - 8) <http://www.iinan.jp/index.php>
 - 9) http://www.iinan.jp/mkpage/hyouzi_editor.php?sid=430&listmode=
 - 10) http://www.rinya.maff.go.jp/j/kenho/ondanka/con_2.html
 - 11) http://www.rinya.maff.go.jp/j/kenho/ondanka/con_5.html#q3
 - 12) <http://www.orel.co.jp/algorithm.pdf>
 - 13) http://www.nedo.go.jp/informations/koubo/191225_3/191225_3.html
 - 14) K.Otani et al.: “Solar Energy Mapping By Using Cloud Images Received From GMS”, WCPEC-1, 505, Waikoloa, Hawaii, Dec, 5-9, 1994
 - 15) <http://www.pv.unsw.edu.au/links/products/pc1d.asp>