

JCCA 社団法人 建設コンサルタンツ協会 2010 年度 懸賞論文
「低炭素社会にふさわしいまちづくり」

太陽をデザインする

—建築・都市・国土への展開—

日本大学理工学部社会交通工学科 学部 4 年
大久保 勇樹

1章 はじめにくエネルギーの消費から生産へ

石油等の化石燃料に依存する持続不可能なエネルギーからの脱却を目指す試みが行われている中で、太陽電池がまち・景観・環境までも破壊してしまうのではないかと感じている。社会的には、鳩山前首相がCO₂の25%削減目標を掲げたように、具体的な数値としての環境効果の算出が今後の社会資本整備において求められており、建築物・土木構造物といえどもエネルギー消費から、自らがエネルギーを生産する施設へと変化することが求められている。これによる発電施設の大量の建設が、街並みや環境との調和に破綻をもたらすのではないかと感じる。

そこで私は太陽電池のとりまくシステム全体のデザインが必要と考える。本論の2章では、今日の太陽電池の利用法に疑問を投げかけ、3章では今日の太陽電池の問題点を考慮した太陽電池のデザインの方向性を示し、4章では近未来の太陽電池技術の発展とその利用について、そして5章、6章では具体的な提案をする。5章では未来に国土レベルでの太陽電池を利用した公園モデルを横浜ソーラーパークと題して太陽エネルギーデザインをトータルに提案し、世界情勢を考慮した世界のエネルギー市場の行方と日本での環境都市モデルの提案を6章で行う。

2章 今日の太陽電池に伴う景観破壊

2-1 都市景観

近年では太陽電池が一般的に普及していき、各家庭の屋根に太陽電池が設置されている風景をよく見かけるようになってきた。しかしながら、販売企業ごとに色や形が統一されていない太陽電池は住宅地における景観破壊につながっている(図-1)。私は、高度経済成長期に出現した長尺カラー鉄板による国土景観破壊の再来と危惧している。

2-2 歴史遺産

図-2の写真はパウロ6世ホールの屋上に設置された太陽電池で、その後方はサンピエトロ大聖堂である。バチカン市国も太陽光発電を積極的に取り入れ、普及活動にも一役買っている。まさに地球環境的視点からの救済の具体的アピールをすることが出来る。しかしながら歴史遺産を有する場にこの太陽電池が存在することに私は強い違和感を感じる。

2-3 国土的環境

図-3の写真はスペイン・カナリア諸島テネリフェ島の地表に設置された大規模太陽光発電所である。このカナリア諸島は火山性の景観を特徴とした火山原や洞窟といった特異な景観を有する諸島であり、固有の生物種が多く、環境保全上非常に重要な地域とされている。特に代表的なのはスペイン全土で最も標高が高いテイデ山がこのテネリフェ島には存在している。環境にやさしい太陽電池が環境を破壊するという主客転倒が現実に行われている例といえる。



図-1 都市景観の破壊



図-2 歴史遺産の破壊



図-3 環境の破壊

3章 太陽電池デザインの方法

3-1 発展プログラムの提案

太陽電池は、発電効率が飛躍的に進化していく中で将来的に交換可能な太陽電池システムの構築が必須であり、ガラパゴス化してはならない。太陽光発電の需要は中東などに多く、海外進出を視野に入れなくてはならない。したがって、日本のスタンダードを確立する中で国際標準化を視野に入れた技術開発とデザインが求められる。

また、今日の太陽電池の多くは屋根に貼る(図 - 1)、地面に置く(図 - 2)等の技術的一面の直接的設置であって、あるべき構造物や景観との融合を考慮してはなく、反景観・反環境的といえる。その反省を生かし、近未来には建材一体型の太陽電池を用いて建築物としてのデザイン性を損なうことの無い太陽電池の開発・利用を促進することが求められている。

さらにその先の未来には、太陽電池を付け加える従来のシステムから、屋根構造と太陽電池が一体で、防水型で、軽量化された、兼ねる太陽電池が求められていると考える。

そこで表 - 1 に示したような発展的プログラムを提案する。今日の建築を主な対象としていた太陽電池は、道路等の産業基盤のインフラストラクチャへと展開し、公園等の生活関連のインフラストラクチャへと発展していく。その過程の中で日本のスタンダードも確立することで、今日の都市景観を破壊していた太陽電池からの脱却、そして画一的な都市景観に見合った太陽電池が開発されると考えられる。また、一体化する材料の質感をより高度に表現することで歴史遺産での太陽電池の利用も可能になると考える。将来的に都市における様々なインフラストラクチャと太陽電池が融合しデザインすることで、より良い日本の都市景観が形成されると考える。

表 - 1 太陽電池の発展フロー

発展段階		技術	対象	
第一段階 (今日)		置く 貼る	建築	
第二段階 (近未来)		流し込む 織り込む 包み込む	建築 + 都市インフラ	産業基盤の 社会資本へ の拡大
第三段階 (未来)	 横浜ソーラーパークプロジェクト	組み立てる	国土全体	生活関連の 社会資本へ の拡大

3-2 一体型太陽電池

広大な土地を持たない日本において大規模発電所の建設は難しい。そこで、環境・景観的観点から考慮した太陽電池の、将来的には建材一体型太陽電池の対応が必要と感じる。

建材一体型太陽電池は屋根や外壁などの建設材料と太陽電池が一体化した太陽電池の総称を言い、一体化することで建設する過程で太陽電池を設置することが可能になり、費用が大幅に削減できる。既存の建物に太陽電池を設置すると景観を損なう場合があるが、建物と一体化していることで建築物としてのデザイン性を損なうことが少ないとされる。

また、近年開発されたフィルム型アモルファス太陽電池は非常に薄く折り曲げることが可能である。結晶型の五分の一程度の重量で、より柔軟な対応が可能な建材一体型太陽電池が開発されると考える。

このフィルム型太陽電池を用いた建材一体型太陽電池を応用・発展させることで、近未来には建築から都市インフラストラクチャへと広がり、最終的に国土レベルで太陽電池を有効的に利用することが最終的な目標となる。

4章 近未来の太陽電池

4-1 太陽電池と既存インフラストラクチャの可能性

現在は、各家庭の屋根に太陽電池を張り付けるなどの建築物を主に対象としていたが、今後は建築のみならず対象を都市インフラストラクチャまで拡大し、太陽エネルギーを効率利用すべきだと考える。

例えば、高速道路とその騒音壁、高架橋、ダムの壁面など様々に利用できる。また、産業基盤の社会資本に限らず、学校・病院・公園などの生活関連の社会資本にも展開することで、災害や緊急時の非常電源など補助的役割を担うことが出来る。

4-2 マスダール・シティ

アラブ首長国連邦(UAE)のアブダビ首長国が約2兆円を投じて建設している環境都市がある。アブダビでは石油等の脱却を図り、クリーンエネルギー産業の育成に力を入れている。これは、石油が枯渇してもエネルギー分野で主導権を握るために、日本を含む世界から技術を集め、様々な実験等を行うことで特許の開発を目指している。政府・民間が投資を行い、世界で模範となる環境都市を建設している。この都市がマスダール・シティであり、中東及び世界的に見ても環境未来都市のシンボリック的存在である。

2009年5月には1万(KW)の大規模太陽光発電施設が稼働するなど、再生可能エネルギーで都市のエネルギーをまかなう循環型の都市であり、このような先進的技術開発に積極的な国は、今後の世界経済に大きな影響力を持つことになるだろう。

このマスダール・シティの登場が我々に発しているメッセージは、これまでの道路・公園・ダムなどのインフラストラクチャ整備への投資から、新しいインフラストラクチャへの投資へと移り変わっているということである。それは太陽・風を利用した持続可能なクリーンエネルギー事業であり、日本はもちろん世界の手本となるような都市を形成している。そして、このような空間が日本にも求められているのではないだろうか。

5章 未来の都市公園モデル



図-4 横浜ソーラーパーク鳥瞰図



図-5 集光機とソーラーラーフ

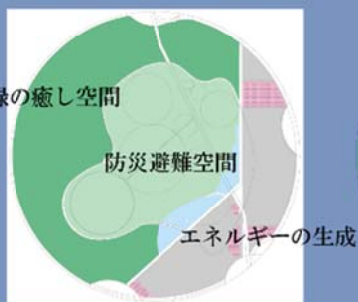


図-6 全体計画

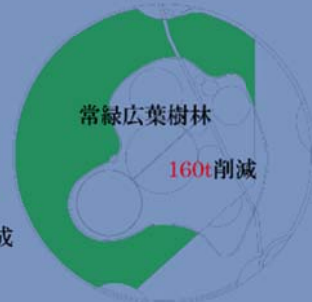


図-7 緑の癒し空間



図-8 エネルギーの生成

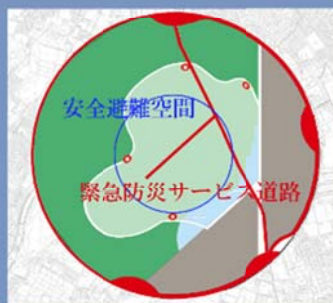


図-9 広域避難所計画

5-1 横浜ソーラーパークプロジェクト

円形の深谷通信所敷地を太陽に見立てた公園を太陽熱と太陽光をエネルギー源とした施設によって、21世紀型の新たな公園像を提案する(図 - 4、5)。具体的にはソーラールーフ、ソーラープロムナードによる、太陽電池の建築からインフラストラクチュアへ拡大したデザインの提案である。

また、都市公園法においては、「都市公園に公園施設として設けられる建築物の建築面積の総計は、当該都市公園の敷地面積の100分の2をこえてはならない。」とある。しかしながら広大な土地の無い日本において、太陽光発電を利用するには、より効率的な空間利用が求められると考える。これは法改正を視野にいたしたエネルギー生成型都市公園の提案である。

具体的には、環境的に広葉樹林の森とソーラー施設を提案(図 - 6)すると共にエネルギー試算を提案し二酸化炭素吸収効果を計る。また、広域防災公園として位置づけ2000人の広域避難公園を形成する。太陽光発電施設と防災拠点が一体化することで、より高度な緊急時生活サービスを提供することを可能とする。

5-2 常緑広葉樹林の森づくり

カシ類やシイ、タブ、クリ、コナラなどの常緑広葉樹の混植による森再生事業がスタートした。戦後のスギに代表される経済優先の斜葉樹林の森からの脱却である。明治神宮の森(70ha)は大正4年に事業着手し、地域固有の原始的な常緑広葉樹による森林を復旧することを理想に、50年で現在のような森が完成した。そこで、本公園では明治神宮の森にならい、ボランティアによって従々に植林を進め、災害、環境対応の森づくりを目指す(図 - 7)。

広葉樹林は耐火性に優れ、その土地本来の植生を再現することで、災害に強く、二酸化炭素吸収効果の高い森を大規模に形成する。この森は、『森林浴』や『森林セラピー』のいやしの空間を提供し、『花粉症対策』などに有効な森となる。

常緑広葉樹の面積は31.4(ha)で、二酸化炭素吸収量は160(t)となる。

5-3 太陽光と太陽熱によるソーラーシステム

屋根に太陽電池を新たに設置する従来のシステムから、屋根構造と太陽電池が一体で、防水型で、軽量化が求められる。そこで、既存のフィルム型アモルファス太陽電池パネルをベースに屋根材として防水機能を有する新型パネルによる大屋根を提案する。このパネルは曲面の屋根が可能であり、今回の公園では波打つソーラールーフに利用する。

このソーラールーフは公園面積に対して約25%占めており、都市公園法に反している。しかしながら、太陽電池の面積は約19(ha)で、年間予測発電量は10.8(GW・h)もの電力を発電する。これは二酸化炭素に換算すると6000(t)となり、単に緑地化するだけに留まりがちな都市公園と比べ、大きなCO2削減効果を得ることが出来る(図 - 8)。新たなエネルギー創出のための法整備が必要となる。

5-4 カーボンオフセット効果

横浜市民1000人、365日分のカーボンオフセット達成。「森づくり」「ソーラーシステム」によるCO2抑制効果は合計すると、電力換算で11(GW・h)、二酸化炭素吸収量6160(t)。これは横浜市における2500世帯の電気消費分に相当する。さらに電気料金に換算すると1億2000万円となる。

5-5 広域避難所計画

敷地を常緑広葉樹林による防災林で囲み、火災時に安全に避難できる敷地外周から300mの距離に広大な避難スペースを確保する(図-9)。ここは災害時に長期的な広域避難所としてテント村を形成、その後仮設住宅の用地としても想定している。その為、公園内に避難規模に見合う避難用中水、下水インフラを予め設置する。対象は、戸塚区民の2%、泉区民の3%にあたる5000人、さらに最大2万5千人の収容が可能となる。また、このテント村は市民の防災啓蒙施設として機能し、体験型宿泊施設として開放し、この体験によって得た防災拠点機能のレベルアップを市民とともに計る。

5-6 ソーラールーフ下の空間利用

ルーフ下は、CO2削減効果の高いソーラールーフの将来への空間利用の実験的可能性を様々な使い方を想定して提案した。パーキング空間やイベント空間として利用するだけではなく避難用食料、飲料水、テント材資材倉庫などの防災備蓄空間や、市民スポーツ空間、臨時医療空間などを想定している。このような今まで想定できなかった使い方ともなう都市公園のあり方が問われていると考える。

このようにソーラールーフを設置し、その下の空間を効率的に利用することが、広大な土地を持たない日本で太陽光発電を利用したエネルギー生成の理想の形だと考える。これが都市公園の新しい姿であり、もはや時代遅れの都市公園法に縛られては日本の経済成長にまで影響を及ぼしかねない。

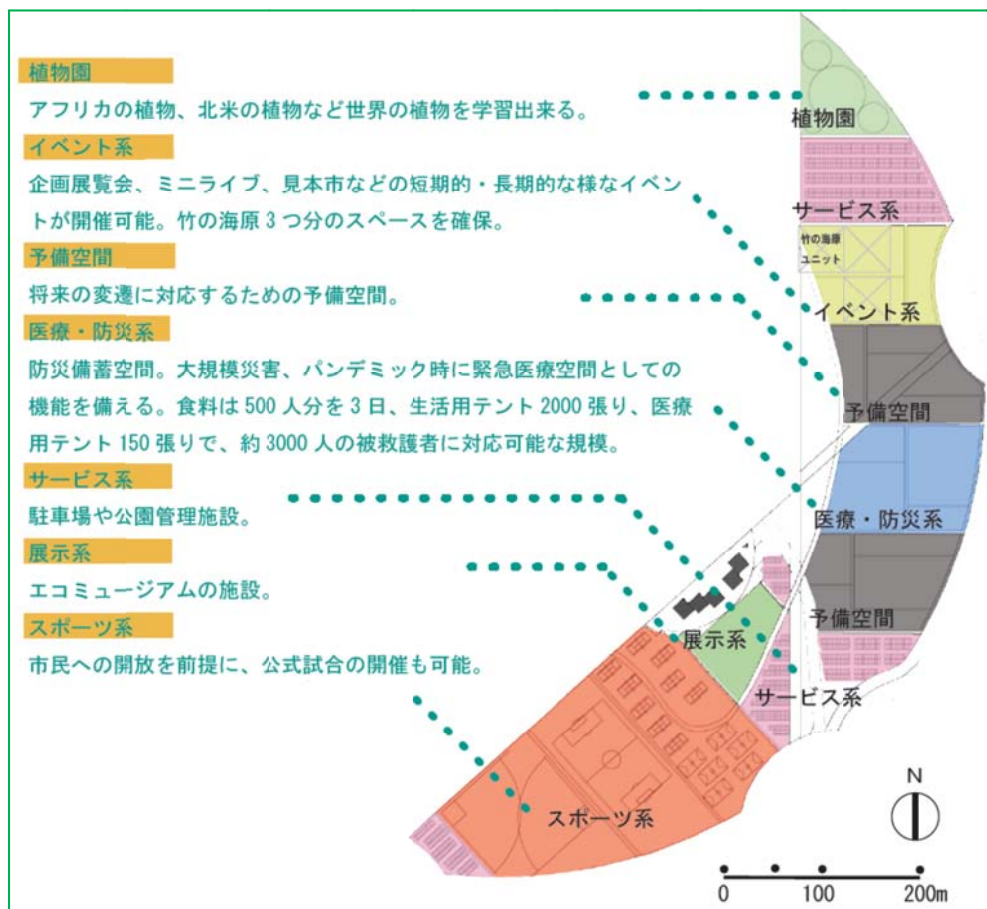


図-10 ソーラールーフの有効的空間利用

6章 マスダール・ジャパン



図 - 11 世界のエネルギー市場の行方



図 - 12 ジャパンマスダール・シティ



図 - 13 ジャパンマスダール計画

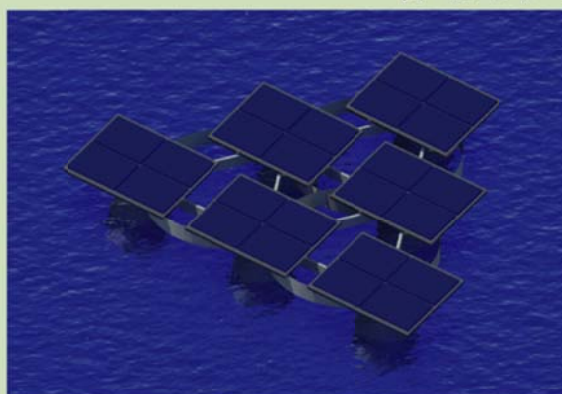


図 - 14 海・マスダール

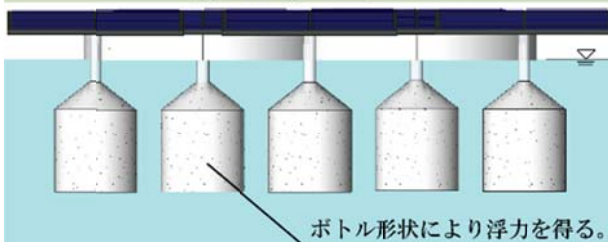


図 - 15 海上パネルシステム立面図

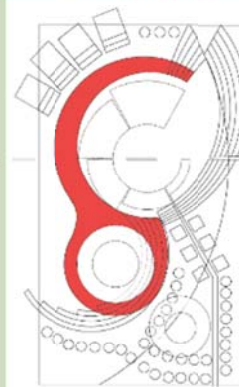
タワー式太陽熱発電



鏡（ヘリオスタット）により太陽光をタワーに集め、発電するシステム。
下部空間をミュージアム等へ利用し集光システムと一体化することで空間を効率的に利用する。

図 - 16 太陽熱発電

ソーラーラーフ



フィルム型アモルファス太陽電池を利用した発電システム。
非常に薄い太陽電池と建築屋根が一体化した空間である。

図 - 17 太陽光発電

6-1 世界のエネルギー市場の行方

UAEに限らず、太陽エネルギーの恩恵を大きく受ける地域では太陽光発電を積極的に取り入れている。中東のエネルギー政策としては、アラブ首長国連邦等が在るアラビア半島、アフリカ北部のサハラ砂漠を中心とした乾燥地帯、そして中国の榆林市では太陽電池を設置し、太陽エネルギーによるクリーンエネルギーの創出を図っている。今後は中東地域で生成されたエネルギーがヨーロッパへと輸出されることになると考えられ、またアジア圏では国土に砂漠を有する中国がアジアのエネルギー市場の中心になると私は考える(図 - 11)。

6-2 ジャパンマスタードール・シティ

様々な空間の効率的利用で生成したエネルギーを集約する、日本版の環境循環型の都市を提案する。中東などでは、大規模発電所と都市が近接しているが、融合しているとはいえない。そこで広大な土地が無い日本においてはエネルギー発電施設と都市が融合し共に生活していくことが必要だと考える。ソーラールーフ下の効率的空間利用、住宅屋根とヘリオスタット(太陽光集光装置)との融合などエネルギー共生型都市が日本における循環型都市のシンボルではないかと考える(図 - 12)。

6-2 ジャパンマスタードール計画

中東や中国のように広大な大地を確保できない日本において、太陽エネルギーを効率的に利用した発電システムを構築するのは難しい。このままでは中東や中国に、生活に必要不可欠である電気エネルギー市場の主導権を握られてしまう。日本は大きな危機に直面していることに気づいていない。そこで私は「農地」と「海」に今後の太陽光発電の可能性を感じ、提案したいと思う(図 - 13)。

大阪湾及び瀬戸内海の海上に、瀬戸内に存在する島々のような太陽電池島をいくつも建設し、生成された電気エネルギーを高電線により集約する。その集約拠点となるのが大阪であり、そのエネルギーを利用した循環型の都市を形成する日本版の環境都市である。広大な土地が必要であった大規模太陽光発電所を海上に建設する、ソーラーフロートの出現である(図 - 14)。

田園では冬季にかけて作物を作ることは少なく、田畑は広大な土地をそのままに放置されている。そこで春から秋は稲を栽培し、秋から冬にかけては仮説的に太陽電池を設置しエネルギーを生成する。作物とエネルギーのⅡ期作である。そこで蓄電池に蓄えたエネルギーは拠点であるマスタードール・シティへ集約される。

また、冬季によく見られるビニールハウスのような空間を太陽電池で建設する事で、太陽電池の下部空間を農作物の育成空間にあてる。暖房等で必要とされる電気をハウスそのもので生成する事が可能になり、循環型ハウス栽培が出現すると考える。

7章 おわりに

太陽電池を屋根に設置するシステムが普及する中で、経済性・効率性の重視、そして本来大きく関係するはずの太陽電池技術と建設技術の隔離が今日的な太陽電池の問題を生んだ。今後は建築・都市インフラストラクチュアと一体化した建設的技術の発展と、その利用方法の確立が日本の新たな都市景観を形成することになるだろう。

しかしながら、クリーンエネルギー市場が活発になっていく中で、太陽エネルギーの豊富な国々の勢力が日本を危機的状況へと追い込んでいる。必然的に日本国内においても、より大規模な発電システムによる電力確保が必要になる。そこで市民生活レベルから、より広域の国土レベルへ太陽電池を展開した技術を考えなくてはならない。

広大な土地を確保する事が難しい日本では、太陽電池とより効率的な空間利用が求められている。防災拠点として、災害時の非常用電力というライフライン確保の機能を兼ねる太陽電池空間。農業と発電のⅡ期作による冬季の農地空間の有効利用。そして海洋空間が豊富な日本における浮遊式ソーラーフロートなど、日本には日本の太陽電池の有効利用方法があると考えられる。

これまで海・農地など多くの空間が太陽電池と一体化してきた。そして最終的な発展段階は、都市と人とエネルギーが共に生きていくまち。エネルギー共生都市である。大規模な発電システムと住宅が、都市機能が融合したまちであり、全ての日本のクリーンエネルギーシステムの象徴的存在である。それがジャパンマスタートール。都市に必要なエネルギーは全てその都市内で得たエネルギーでまかなう。そして、人々の日常生活で排出される二酸化炭素のカーボンオフセットを実現できる都市。これが循環型社会における理想のまちであると思う。

(本文 7469 文字)

引用文献

都市公園法 第2章 第4条、<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S31/S31HO079.html>

参考文献

太陽光発電研究会太陽編著、「太陽光発電がわかる事典」テツアドー出版、2010

「日経エコロジー」日経 BP 社、2010.7

朝日新聞、2009.8.19

朝日新聞 夕刊、2010.1.30