

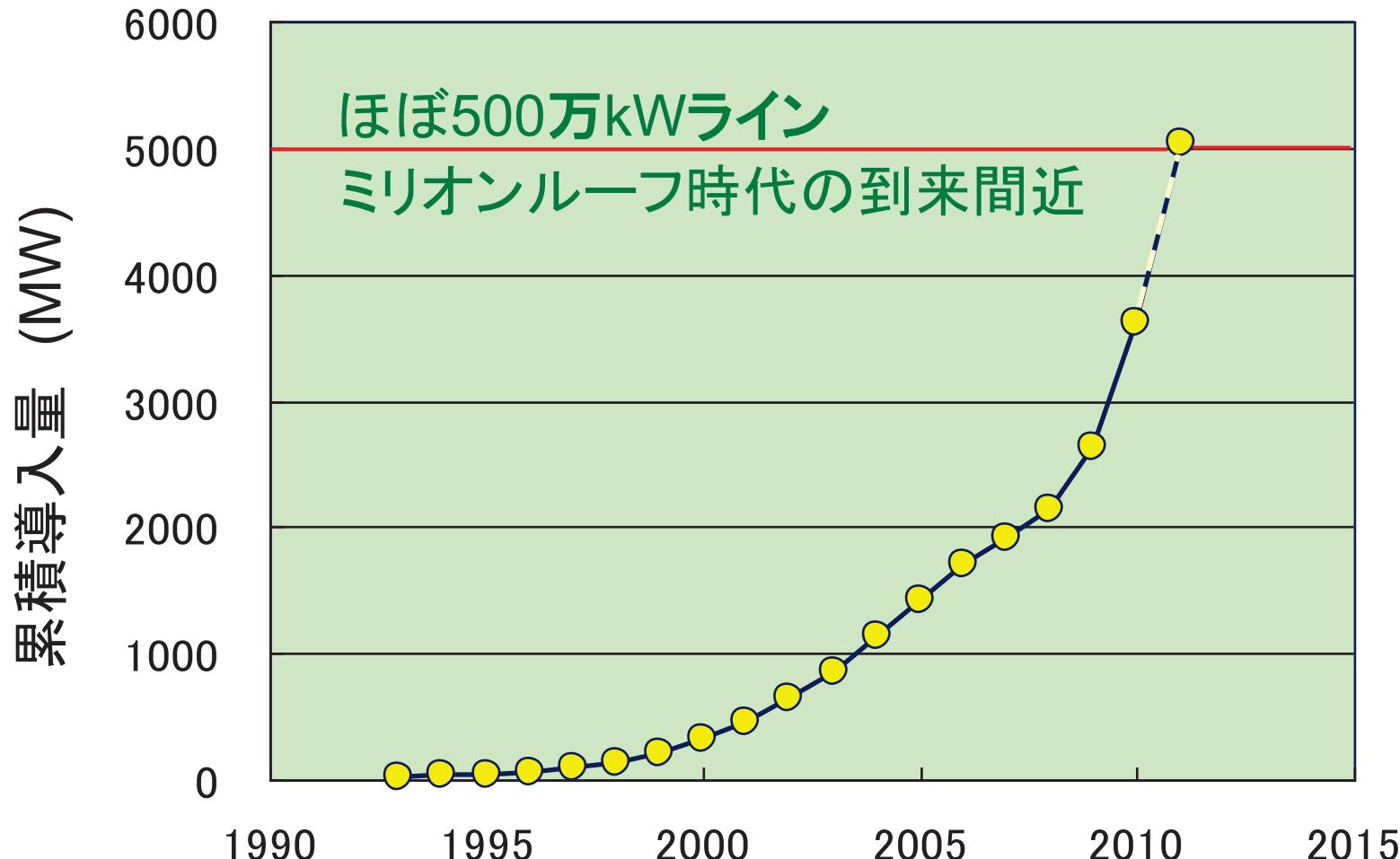
太陽光発電施設の周辺環境に与える影響等について

2012.3.12

東京工業大学ソリューション研究機構
AES国際研究センター

特任教授 黒川 浩助

日本累積導入量



[データ] IEA PVPSによる2010年(暦年)までの累積値に
2011年度分推定値を加えた(2010° 4Qは除外区間)

太陽光発電システムの実力

- 住宅用太陽光発電システム導入補助制度: 1994年度～2005年度上期; 2007年度第4四半期～; 太陽光発電余剰電力固定価格買取制度: 2008年11月～
- 日本の2010年末までの累積導入量は、361.8万kW(世界3位)。2011年度末推定値では、500万W到達の見込み: 導入住宅件数はおよそ100万軒と推測→ミリオンルーフ時代到来(参考図参照)
- 平均的に3～4kW/軒で住宅消費電力量の70～80%の発電電力量: 今後の技術進歩を見込むと住宅電力全量自家供給可能時代も!
- 太陽光発電などの再生可能エネルギー全量買取の「固定価格買取制度」が2012年7月1日施行予定: 「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法案」
- 同法は、環境負荷低減のために再生可能エネルギーの利用を促進し、もって国際競争力強化・産業振興・地域活性化・国民経済の健全な発展に寄与を目的。
- これからの導入有望分野: 工場屋上(システム規模: 数10kW～メガ), 遊休地(同: メガ～数10メガ)など: 導入ポテンシャルは高い(後述)
- 「太陽光発電の環境価値は高い」(後述)

21世紀の選択 – おらがエネルギー



家づくり：自立率：70～80%/軒実績

- 心地よいデザイン：発電機能+住宅性能向上
- 住宅エネルギー自立の重要コンポーネント；ZEH；ZEB；PEH；PEB；LCCM* *LCCM:ライフサイクルカーボンマイナス



街づくり：

- 太陽エネルギー利用に適した街路・都市計画：
地域日照最大、風通し
- 環境に優しい地域最適化(スマートコミュニティ形成の
重要コンポーネント)



産業団地・農業利用・未利用地：

- 全量買い取り制度
- 高いCO₂排出抑制効果

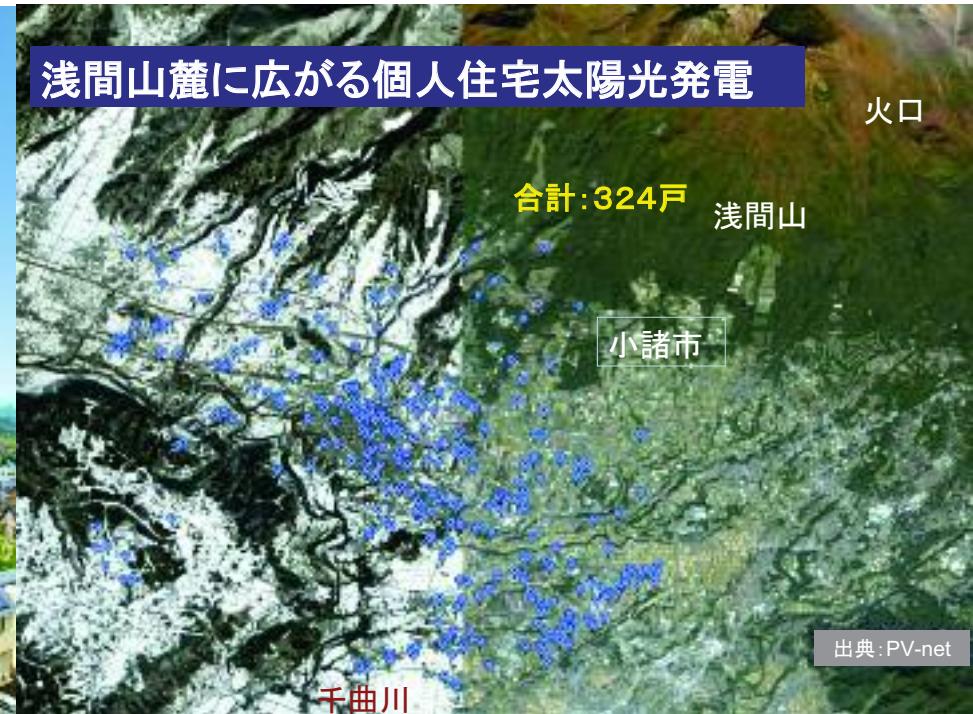


メガソーラー；スーパーメガソーラー；ギガソーラーによる内外の地域エネルギー供給に貢献へ
カーボンFP削減：人類生存へのソリューション！

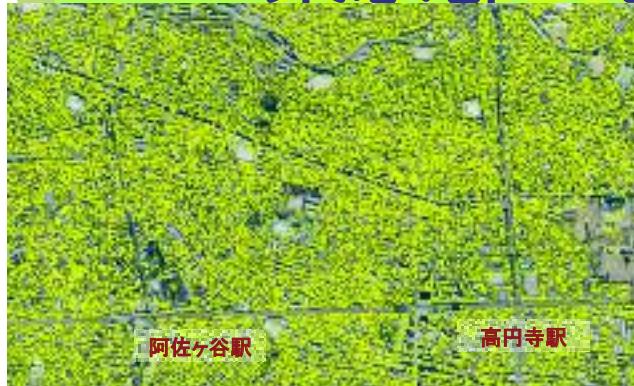


住宅用太陽光発電システムの実力

- 3-4kW/軒 → 70-80% 家庭用電力供給
- 急速にグリッドparity・レベルに接近中!
- 将来はオール電化住宅100%供給も可能に
- すでに約100万軒：ミリオンルーフ時代へ！！
- 真の持続性；セキュリティ（おらがエネ）



東京都23区 住宅PV導入可能地域



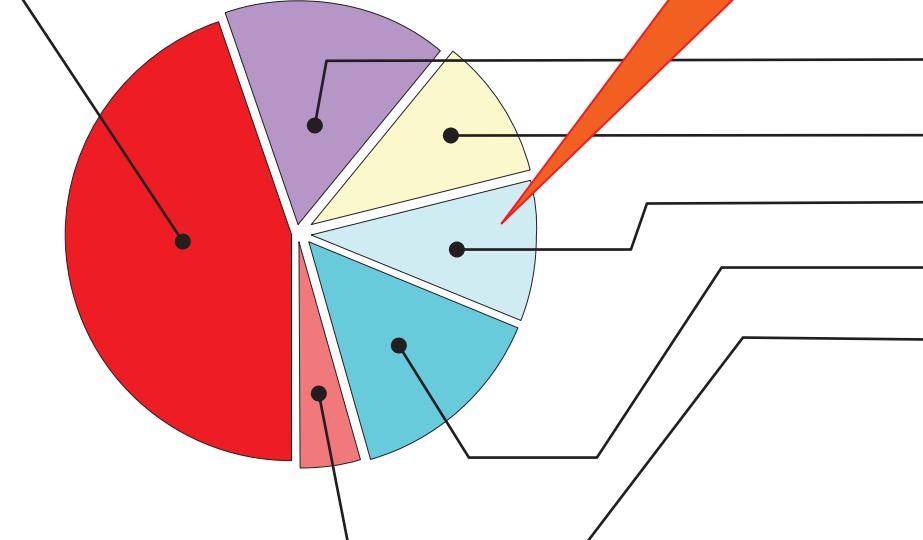
23区全面積 に対する戸 建て住宅屋 根面積割合 (%)	約20% 航空写真 より検出
太陽光発電 設置場所	屋根面積の1/2 南面と想定
太陽光発電 設置面積	65.0 km ²
太陽光発電 設置総容量	9.7 GW 効率15%相当
総発電 電力量	10.8 TWh/Y 2030年国内 電気の1%程度



これからの展開

PV2030+基本ケース(Case2)

大型産業用施設
サブメガ～メガソーラー級
に期待



日本の太陽光発電
物理ポテンシャル
7,985 GW

設置場所	ポテンシャル	Case 2
個人住宅	1.3 %	44.6 %
集合住宅	1.3 %	16.2 %
公共施設	0.2 %	10.2 %
大型産業施設	3.6 %	10.0 %
道路/鉄道	0.7 %	14.5 %
民生業務	0.4 %	4.5 %
その他	92.5 %	0.0 %
合計	7,985 GW	102 GW
2030年日本 総電力量倍率	およそ 8倍	およそ10%

引用データ:NEDO「PV2030+」ロードマップ報告書, p.115-116, 2009.6.

工場用システム事例

- 住宅用に比較して10~100倍のモジュール取引単位のため流通コスト節減可能:市場拡大でさらにコストメリットに期待
- 金属折板葺き屋根での簡単な構造で強度確保:低コスト設置が可能
- 第二次グリッドparity到達の期待分野



工場用システム：メガソーラー級事例

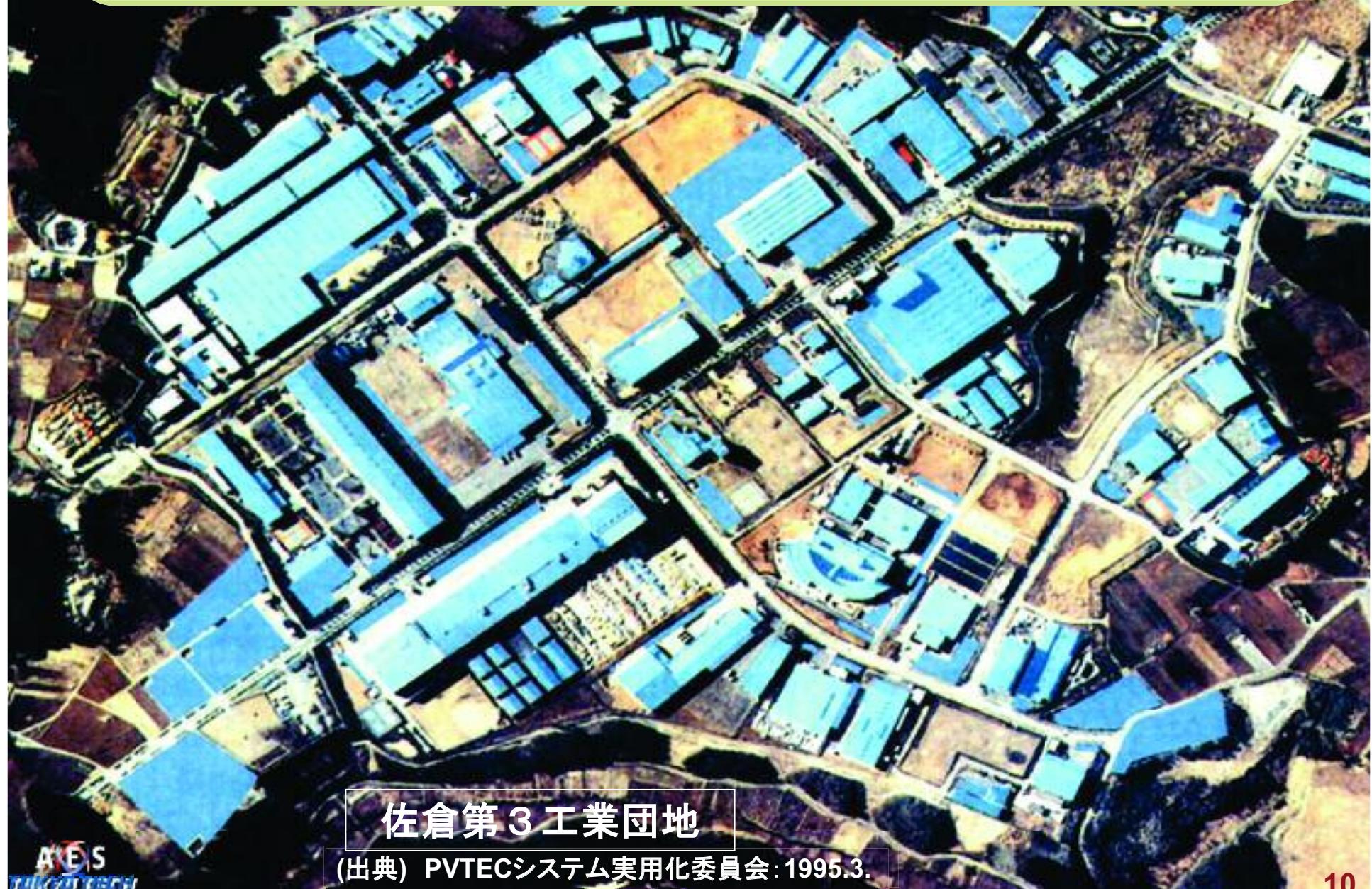


5.22MW太陽光発電システム(多結晶Si)

@シャープ亀山工場

出典:シャープ環境・社会報告書2006

産業用太陽光発電（イメージ）



佐倉第3工業団地

(出典) PVTECシステム実用化委員会:1995.3.

工業団地ケーススタディ 佐倉第3工業団地

設定ケースの特徴

全国3000の工業団地の中の平均2倍強の面積。業種は電気電子、機械、化学、運輸、金属、食品など。

PV化対象

実際の建物の屋根・外壁・駐車場・主要道路の街灯。

太陽光発電供給率

屋根面積の70%に21MW、壁面積の60%に6MW、駐車場の70%に9MWが設置可能（団地面積の37%）。地域発電量は消費量の約40%～70%(推定方法で異なる)

潜在導入可能量

全国工業団地の約60%を想定すると約2,600万kWが可能(年間24,000GWh相当)

備考

広い導入可能面積、低階層中心のため日照条件良好、高い地域供給率、変電所バンクとの協調必要、直流負荷の可能性、工場設置型モジュール；FT産業用

未利用地・遊休地での事例

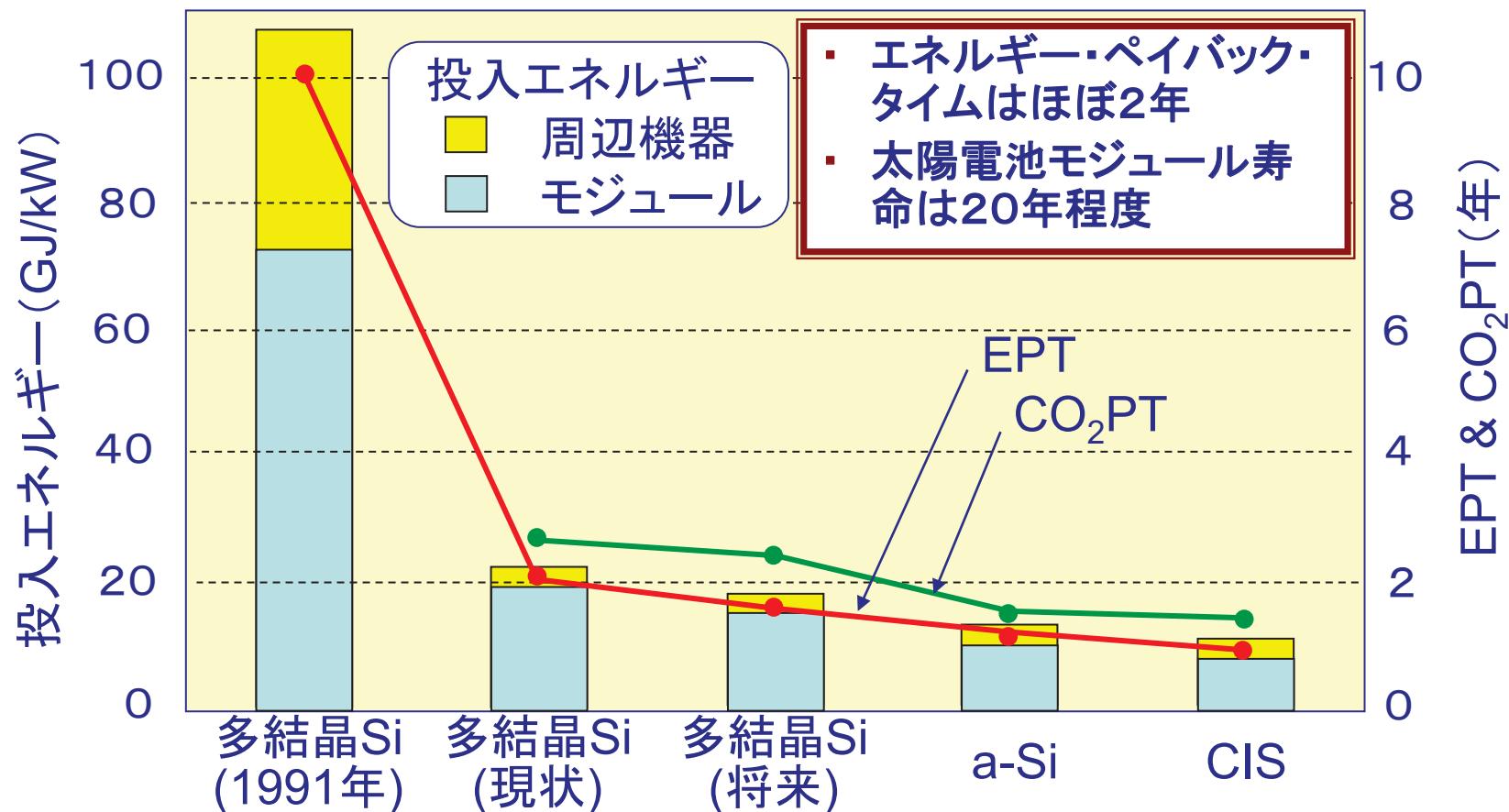
- 公害・鉱害などで利用できない未利用地でも、建設可能な工法が開発され、太陽光発電システムの建設が可能になった。(右写真は置き基礎の例)
- メガソーラー・スーパー・メガ級の対象地としてのポテンシャルは大きい



太陽光発電の基本的な環境価値

1. 太陽から地球に吸収され、再び大気圏外へ再放射される太陽エネルギー・フローを乱さない再生可能エネルギー（地球内部にストックされたエネルギーを開放する化石・原子力資源は再放射増加とストックの減少をもたらす）
2. 太陽光発電システム製造等投入エネルギーは、およそ2年間の発電エネルギーで回収可能（参考図：寿命20年の間に10倍のエネルギーイン）
3. 1m²の太陽光発電システムのCO₂排出抑制効果は、100m²の森林のCO₂吸収効果に匹敵（参考図：石油火力発電所・森林と対比）
4. 屋根上、荒れ地や砂漠など、バイオアクティビティの低いスペースに設置された太陽光発電システムは、エネルギー供給やCO₂吸収のためのバイオキャパシティを消費せず、いわゆるフットプリントを残さない

太陽光発電の環境負荷低減効果



※算出条件

多結晶Si(1991年) / 地上設置1MW, 生産規模=不明, 運用エネルギー=1%

その他 / 住宅用3kWシステム, 生産規模=100MW/年, 運用エネルギー=省略

※多結晶Si(現状)の値は、NEDO試算を元にAISTにて再計算を行ったもの。

緑の価値

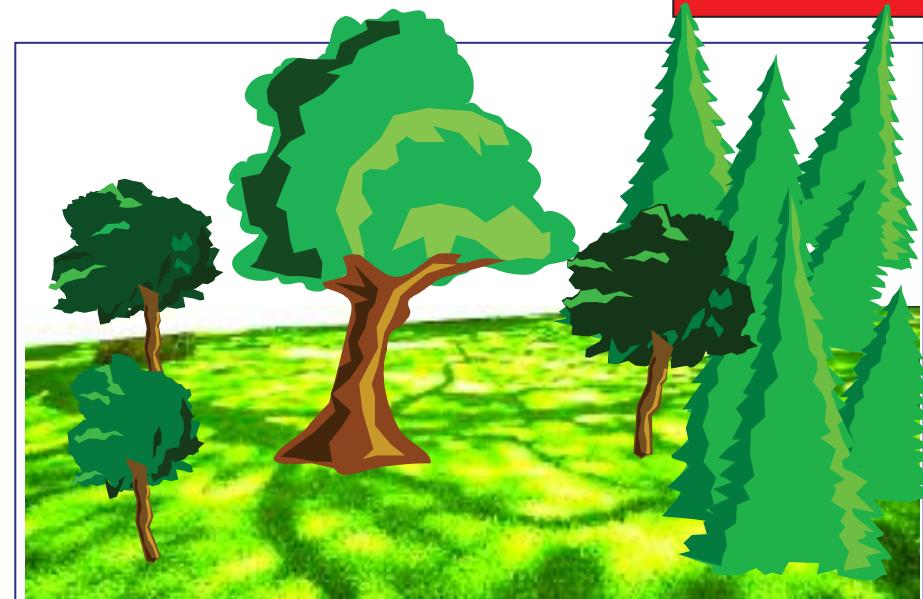
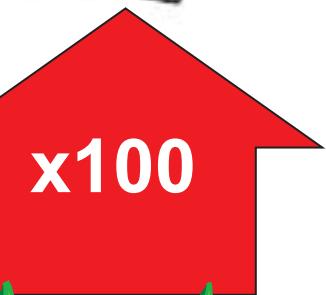
PVによるCO₂排出削減：

730 g-CO₂/kWh(石油火力) - 70g/kWh-PV製造(Si結晶系)

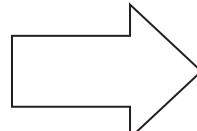
= 660 g-CO₂/kWh_{PV} (運転時にはCO₂フリー)

1m² PV → 100W_{PV} → 100kWh/Y → 66 kg-CO₂/m²/Y

1m² 森林緑化 → 0.649 kg-CO₂/m²/Y 吸収



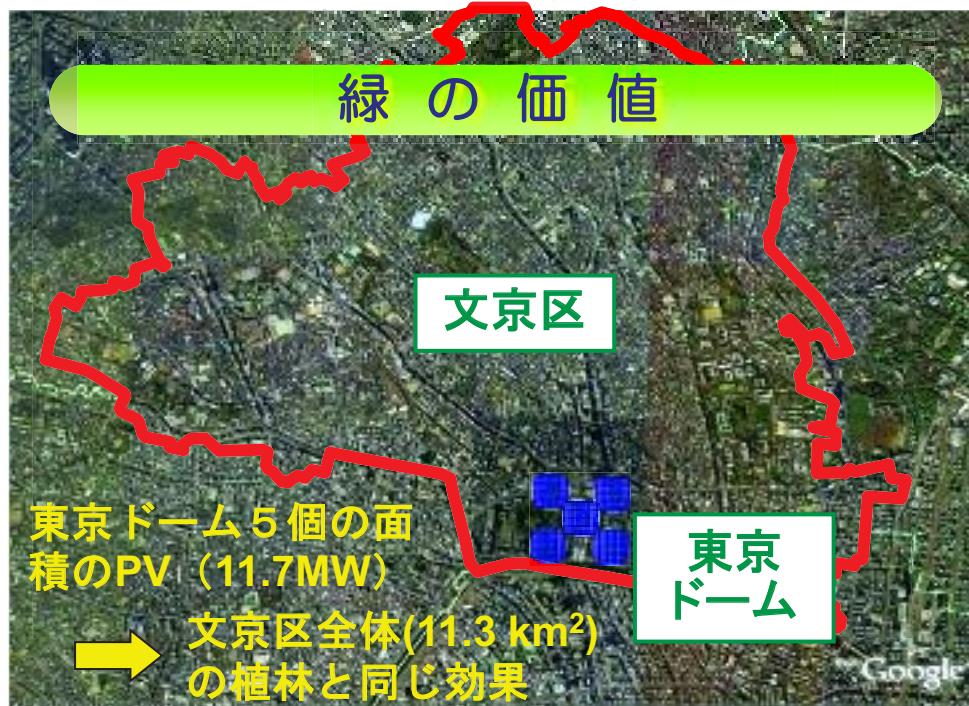
3kW-PV on 130 m² (40坪)



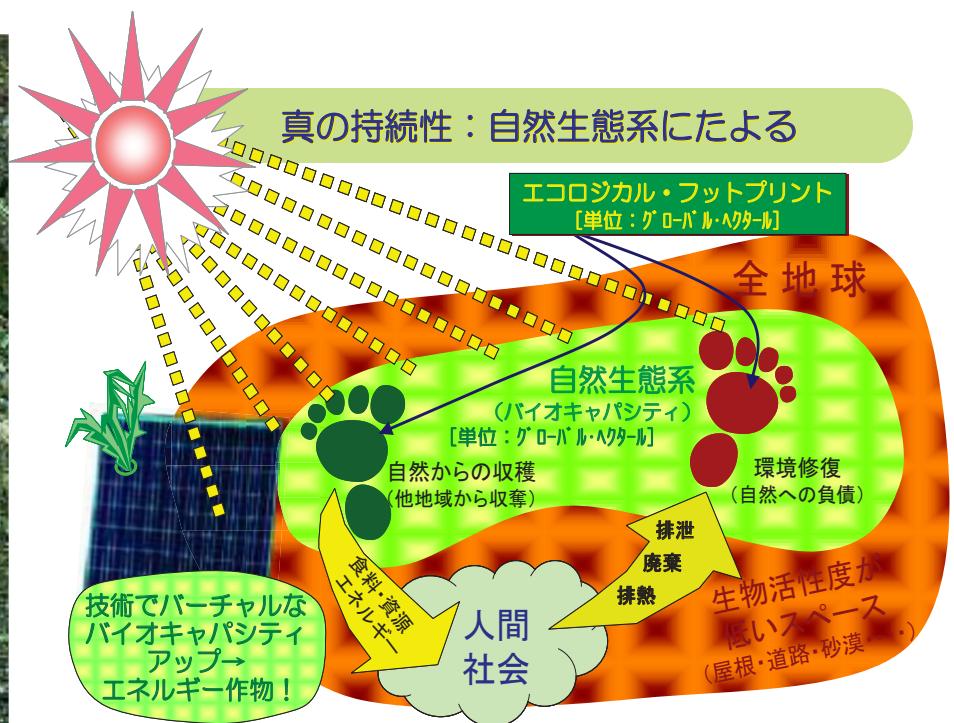
3000 m² 森林
(テニスコート6面分)

太陽光発電の環境価値

□ 東京ドーム5個の面積の太陽光発電(11.7MW相当)の太陽光発電抑制効果は、文京区全体(11.3 km²)の植林によるCO₂吸収効果と同じ



□ 屋根上、荒れ地や砂漠など、バイオアクティビティの低いスペースに設置された太陽光発電システムは、エネルギー供給やCO₂吸収のためのバイオキャパシティを消費せず、いわゆるフットプリントを残さない



考察

太陽光発電施設の周辺環境に与える影響

前提になる太陽光発電システムの性質

<長所>

- 光を直接電気エネルギーに変換するため、
発電機のような回転機構がない: **回転騒音・振動がない**
- **再生可能エネルギー**であること
太陽からの光があれば発電できる
- 燃料を焚かないため **排ガスが発生しない**
- 環境にやさしい設備である
 - ・生涯発電量に対して、投入エネルギーが少なく、環境負荷が小さい
 - ・雨水以外の排水はない
- 発電設備工事が比較的簡単で短工期

<短所など>

- 日射変化により、**発電出力が変動**
光の無い夜間は、運転休止状態に入る
- エネルギー密度が小さい
太陽光発電パネルの発電面積が必要: 同じ構造の**パネル量産**

反射光問題について

- 大規模太陽光発電システムでの、太陽光による反射の問題は、特定の場所に集中して太陽電池パネルを設置することで起きる懸念と言える。(高層ビルの省エネガラス反射率20~50%に比較し、太陽電池パネルガラスの反射率は8%程度。)
- 一般的に、事業用の大規模太陽光発電は、事業性の面から最も発電量が多く得られる設置形態を選択することから、方位は南向き、設置角度は、5~30度の範囲が多い。(とくに大型のシステムにおいては、風圧荷重を軽減して経済設計を行うために、ゆる目の傾斜角を採用する事例が増加。これによる年間の発電電力量減少は軽微であることも知られている)
- 一方、反射光問題は、最も太陽光高度が高くなる夏至から最も太陽高度が低くなる冬至の挙動をまず観察することで、年間の反射光問題を理解できる。通常の多くの時間帯の太陽位置では反射光は天空へ向かう。非常に太陽高度が低く日射強度が弱い時間帯(早朝・夕刻)に数分程度は反射光がシステム東(西)側[南西(南東)宅の東(西)側]の地上レベルへ到達する場合はあるが、強度が弱く継続時間が短いので影響は軽微と判断されている。
- 空港周辺では、システム設置に当たって、事前シミュレーションを実施した例はある。また、空港周辺の太陽光発電設置事例は非常に増えている。(後述:参考事例) なお、上空の航空機への反射光が問題になると判断された事例では、パネル表面に防眩ガラスを用いたケースもある。

反射光

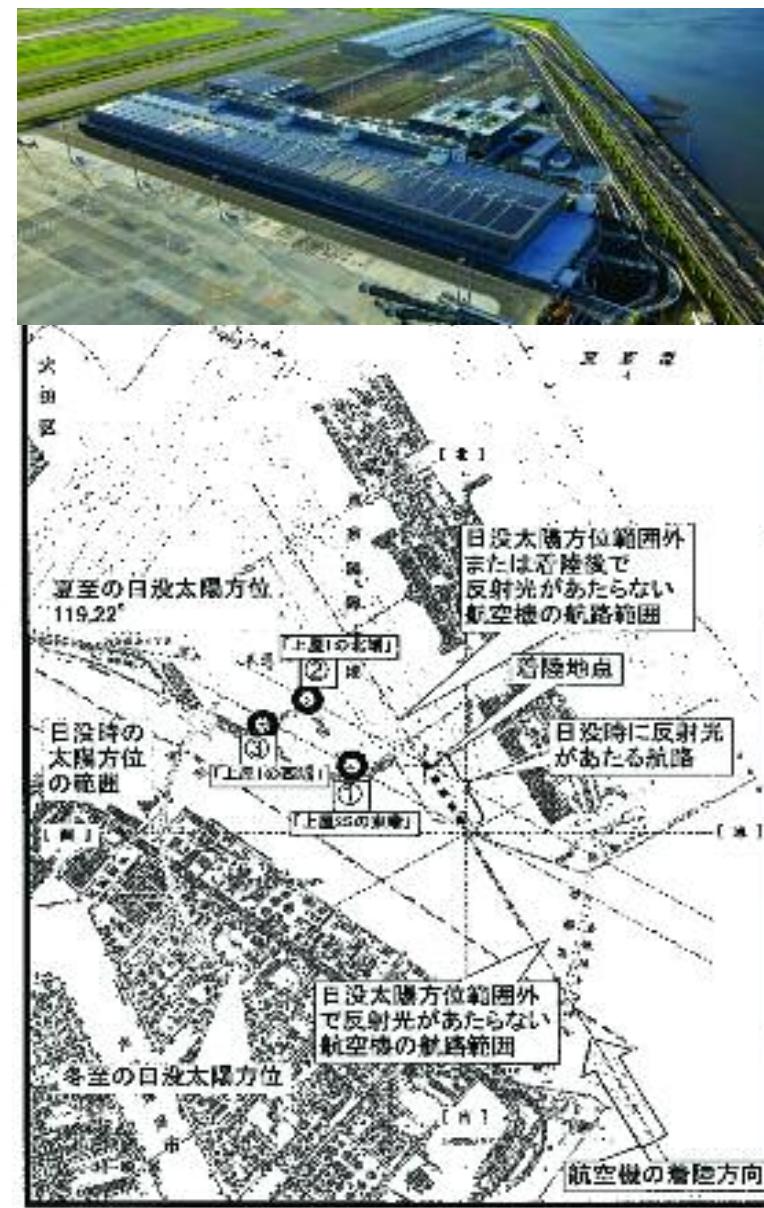
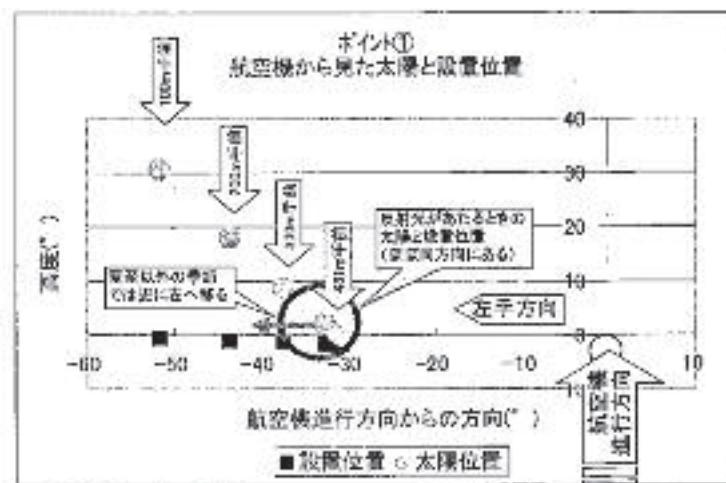
太陽光発電システムからの反射検討事例

□羽田国際空港での航空機への反射影響評価

羽田国際空港に離着陸する航空機への太陽光の反射の影響を評価する為、太陽光パネルを敷設する屋根上の①, ②, ③の3箇所からの反射光及び太陽の位置を測定検討したもの。

(結論)

- 着陸する航空機に反射光はあるが、隣接した位置に太陽そのものが存在する。
→反射光は直達日射量より弱いため、太陽の光が問題ないのであれば反射光も問題ないと思われる。
- 夏至以外の季節では反射光があたる設置場所位置および太陽の方位は更に航空機の進行方向から離れる方向となる



電波障害問題

反射光

羽田空港国際貨物エリア2MW設置事例

反射光シミュレーションを実施



表面は標準
仕様のガラス

(参考)羽田空港には別途
1,240 kW(第1・第2・駐車場)

太陽光発電と騒音問題(1)

- 太陽発電システムは、直接、光を電気に変換する発電方式のため、回転機などの機械機構がないため騒音・振動は発生しない。
- 住宅用太陽光発電システムの騒音は、太陽電池パネルからは発生せず、直流電気を交流に変換するパワーコンディショナーが騒音を発生する可能性がある。普及当初から室内使用を前提として低騒音化されていること、夜間は停止状態であることから、大量普及期の現在に至るまで、騒音問題はまったく発生していない。
- 大型太陽光発電システムでは、パワーコンディショナーは、屋内電気室か、屋外キュービクルに収容される。
- 屋内設置パワーコンディショナーは、電気室壁によって遮音される。
- キュービクルにあっては、内部のパワーコンディショナー騒音はキュービクル筐体によって遮音される。夜間は停止状態となる
- 過去の設置事例で問題になったことはない。
 - ・今後さらに、太陽光発電システムの大型化が進んでも、個別機器の低騒音化技術の選択が可能であるとともに、それら機器の周囲に配置されている、多くの太陽電池パネルと支持架台(太陽光発電アレイ)によって期待される、多重遮音壁の効用も利用できるため、将来にわたって、敷地境界付近の騒音問題は適切なレベルに制御可能である。

騒音問題

太陽光発電と騒音問題(2)

□ 騒音の発生源:

太陽電池モジュール
パワーコンディショナー
キュービクル

発生源なし(回転機がない)
あり(リアクトルによる うなり音, 高周波音)
あり(業務用空調機)

太陽光発電
は昼間のみ

騒音規格 参考値(注)	地域	基準値	
		昼間(dB)	夜間(dB)
AA	療養施設が集合して設置されている地域	50以下	40以下
A	専ら住居の用に供される地域	55以下	45以下
B	主として住居の用に供される地域	55以下	45以下
C	商業, 工場等の用に供される地域	60以下	50以下

注)騒音規制法・環境基準(環境省)を引用

単体の試験値例	出力	騒音値		試験場所
パワーコンディショナー	4kW	34dB以下	装置正面	室内
	10kW			屋外
	100kW	69dB以下		室内
	250kW	75dB以下		室内

電磁波障害問題について

□ 空電的環境因子

- ・電界(直流・交流)
- ・磁界(直流・交流)
- ・電磁波(電波):
交流磁界と電界の複合

□ 懸念される障害

- ・対生物
- ・通信障害
- ・電磁両立性EMC:
加害と被害(対電子機器)

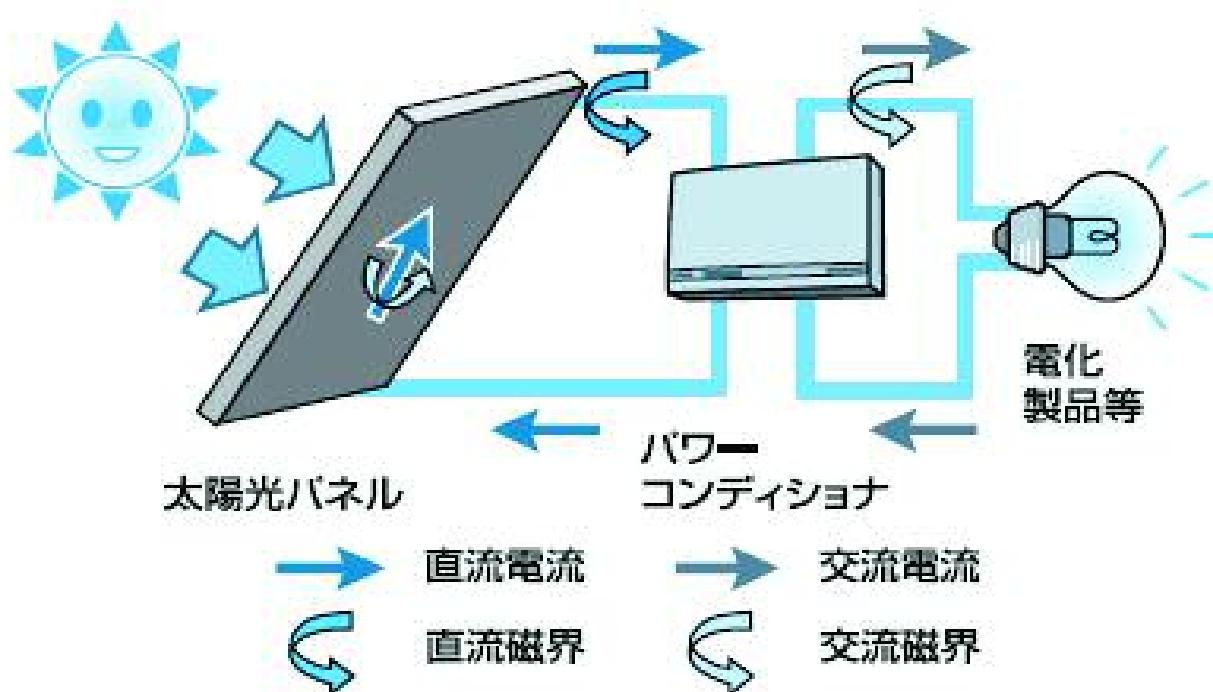


図:太陽光発電の仕組み
(JET Report Vol.52 2011 Autumn より引用)

電磁波障害問題について

□ 太陽光発電システムから発生する電磁波の検証については、JET(一般社団法人 電気安全研究所)が磁界測定しており、人への環境影響がないとのデータが示されている。

JET Report Vol 52 2011 Autumn

- 磁界被ばく露制限に関するガイドライン(国際非電離放射防護委員会(ICNIRP))

	静磁界	交流磁界(50Hz)
一般公衆における参考レベル	400mT	200μT

- 太陽光発電システムから発生する磁界の種類とその特徴

	特 徵
太陽電池モジュール	直流電流による直流磁界(静磁界): 静磁界の大きさは、モジュールから発生する電流に依存。但し、周辺モジュールからの影響を殆ど受けない為、磁界の大きさは、システム全体の規模(総出力)には、殆ど依存しない(住宅用でもメガソーラーでも磁界の大きさは一緒)。また、磁界の強さは、距離が離れるほど小さくなる。
パワーコンディショナー	交流電流による交流磁界: 1台あたりの出力に依存し、電流が大きくなれば、交流磁界の強さも大きくなる。 静磁界と同様、磁界の強さは距離が離れるほど小さくなる。

注) 磁束密度の単位T:テスラ

□ 静磁界(太陽電池パネル)の測定結果

太陽電池パネルの裏側から、20cm、離れた位置で測定した結果は、maxで、
8. 33μT(マイクロテスラ)となり、国際非電離放射線防護委員会(INCNIRP)が定めた制限ガイドラインである400mTに比べ全く影響のない小さい値。

□ 交流磁界(パワコンディショナー)の測定結果

パワコンディショナー(30kWPCS)から20cm、離れた位置で測定した結果は、7. 49μT(マイクロテスラ)となり、INCNIRPが定めた、人体への制限ガイドラインである200μTに比べ十分に小さい値。また、メガソーラーで使用される250kW程度のパワコンで70μT程度と想定されるが、設置される場所と住環境までの距離(数十メートル以上※)を考慮すれば、全く影響ないといえる。

※太陽電池パネル、パワコンディショナーから、近隣住環境までの距離は、すくなくとも、20メートル以上離れている。距離が離れることで、大幅に磁界が減衰(小さくなる)することも確認されており、通常のケースでは近隣住民への影響は全くないといえる。

なお、大型の太陽光発電システムでは、集電ロスを最小化するために、配線経路を最適化するが、その場合、パワコンディショナーの位置は、敷地周辺から離れて、中央部よりに分散して配置されることが多い(集中の場合は中央部)。

電磁環境両立性EMCについて

- ハードウェアの加害と被害の両面を問題にする
- 加害: 電磁干渉EMI試験
 - ・ 他機器への電磁障害(電界, 磁界, 電磁波)を規制
- 被害: イミュニティ試験
 - ・ 通常許容されている環境電磁界で、対象機器自身が障害を起こさずに動作することを検証
- 住宅用はJET認証で、 CISPRE準拠
- 現状大型品はIEC61000シリーズ準拠の国際認証でカバーされている

- 太陽光発電システム設置による、TVや、ラジオ、無線などの電波障害については、これまで、とくに問題になったことはなく、データの蓄積もない。
 - ・住宅用太陽光発電システムは、市街地を含め、現在、約100万戸程度の住宅が設置されていると思われるが、電磁波障害の報告はない。
 - ・集中的な設置では、550戸近く(約1.2MW)の太陽光設置住宅は、太田市・パルタウンに4カ年にわたり実証設置されたが、電波障害の報告はなかった。
- 大規模、メガソーラーについても、電波障害の影響に留意する飛行場などへの設置事例も多くあるなかで、太陽光発電による電波障害の報告はない。
- 空港施設への設置例
 - ・羽田国際空港 国際貨物ターミナル屋根 約2MW
 - ・羽田空港ターミナルビル 屋上設置 約600kW
 - ・福岡国際空港 空港施設屋根 約200kW
 - ・鹿児島空港 ビルディング 約50kW
 - ・成田国際空港、名古屋国際空港、など多くの国内空港施設への設置例もあり
- 空港近隣施設
 - ・東京電力 川崎 浮島太陽光発電所 地上設置 約7MW
空港D滑走路施設から1km
 - ・NEDO/北海道電力建設 稚内空港隣接 約5MW
現在稚内市所有 滑走路延長上3.5kM

反射光

電波障害問題

空港事例

福岡国際空港



太陽光発電:約200kW



太陽光発電:7000kW

北海道電力提供

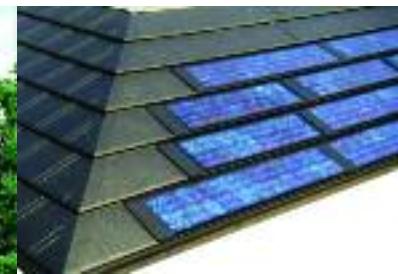
滑走路方向:手前側直線3.5km(離着陸は真上を通過)

景観問題について

- 太陽光発電の設置に当たって、地域の景観条例の適用を受けることがある。この問題を論じる場合、京都、鎌倉、金沢、奈良など都市景観保全の観点から、制定されている「**景観保全条例**」での太陽電池の扱いが参考になる。そこでは、建築物(含む住宅)と街並みとの景観調和を規定しているが、基本的には太陽電池が“公共用空地から「見える場合」「見えない場合」を基準として、その対策が取られている。
- 結果、当該太陽電池について、各地域の景観条例に対応することで、周辺住民の生活環境に支障を及ぼさないことを実現できると考える。
- 過去の検討例として、環境庁(当時名)による国立公園内(白馬山頂付近)における環境影響評価が1989年に実施された例がある(後述)。これを契機として、国立公園内の環境施設としての導入が進んだ。



街並み写真



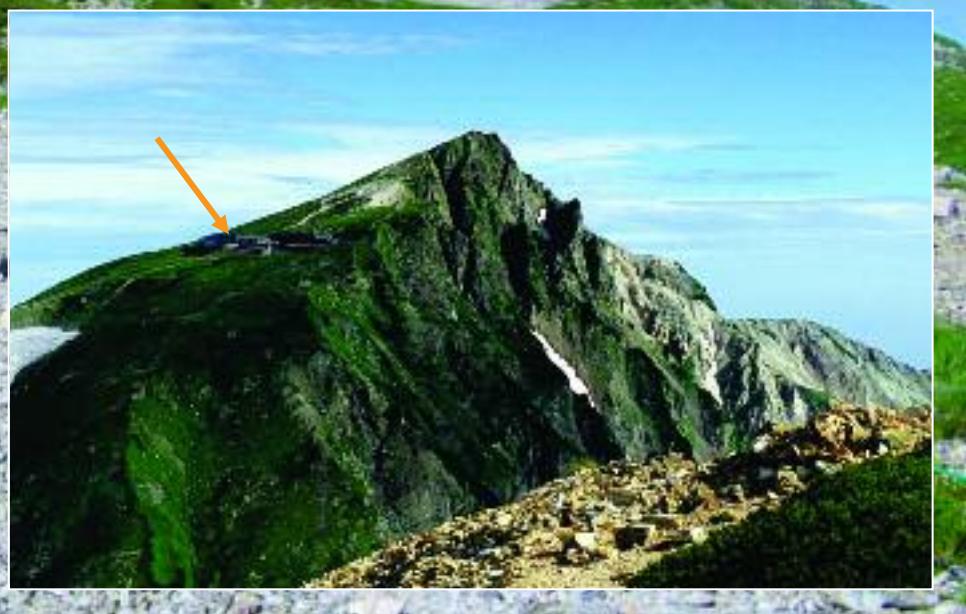
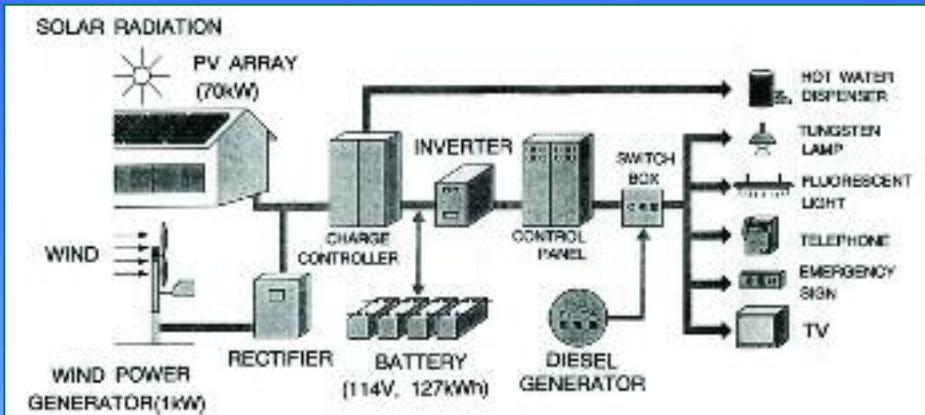
また、これからは、新たな街づくりの中で太陽光発電の利用は必須アイテムである。太陽電池をどのように街並みと調和され利用するかは、都市計画上の今後の重要な課題と指摘できる。

景観問題

太陽光発電システム景観調査1989.3

(財)国立公園協会

- ・山岳連盟, 山小屋友好会, 環境庁国立公園管理事務所, 長野県, 富山県, 造園, 太陽光発電関係からなる9委員による評価委員会
- ・山岳地域における設置実績(山小屋48箇所, 42~1988W), 太陽電池反射, 検討領域内の影響調査, 景観シミュレーション(視覚資料)
- ・反射実験, 太陽電池架台塗色, 蓄電池室構造・景観, 景観に関する登山者アンケートなど



太陽光発電システムの住環境へ影響 (まとめ)

太陽光発電施設が“近隣の住環境あたえる影響”については、各種環境影響について検討した。

通常採用されている設計基準や工法からみて、影響は極めて限定的と判断される。また、多くの設置実績においても、地域に適応した適切な対応が取られており、制御された一定の環境条件が維持されていると判断される。