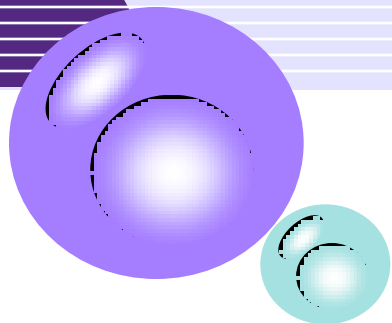


新エネルギー利用(2) 太陽光発電

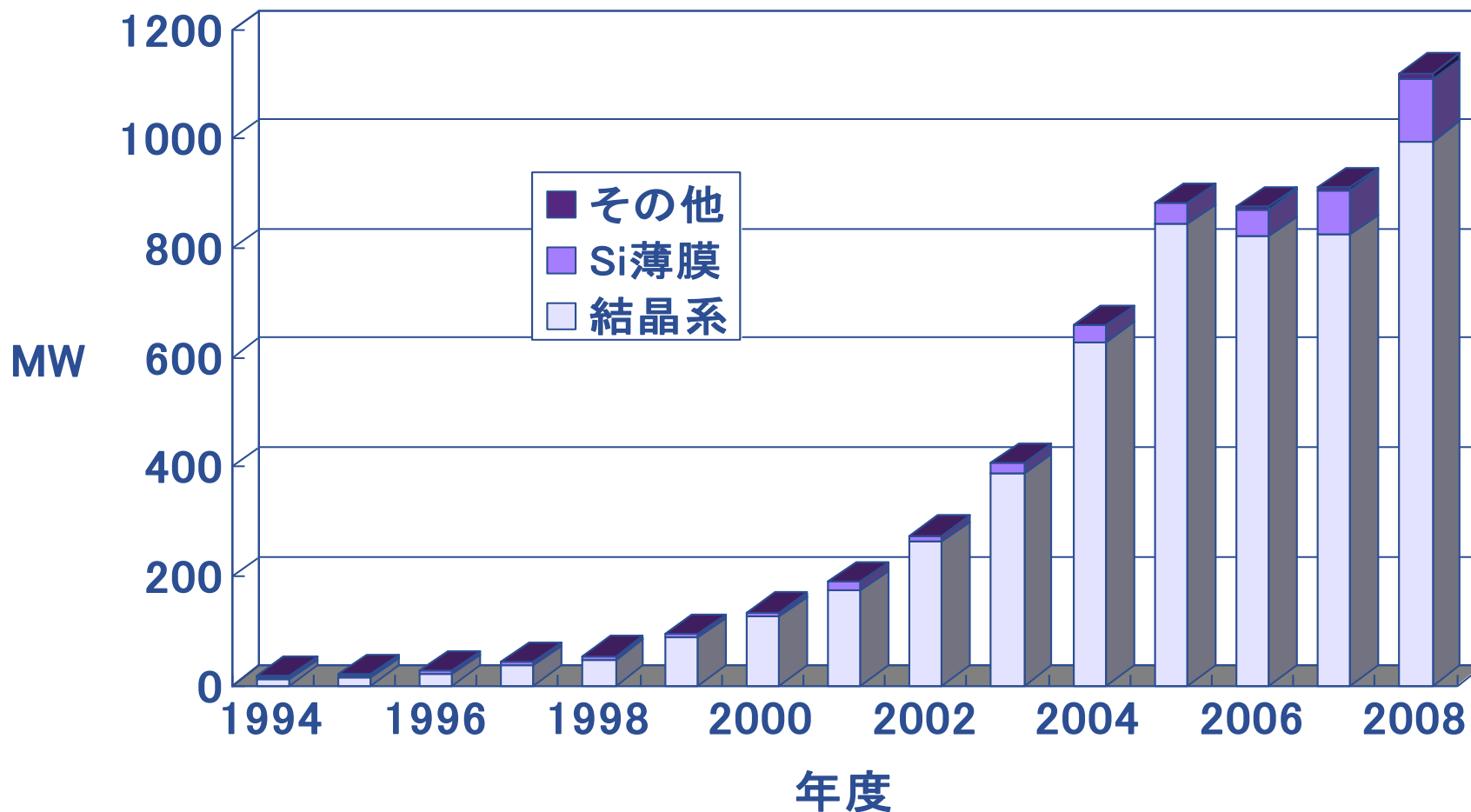
山口大学 大学院 技術経営研究科 福代和宏



概要

- 太陽光発電の普及状況
- 太陽光発電の原理
- 太陽電池の変換効率
- 太陽光発電のデメリットの検討
- 原子力発電との比較
- 太陽電池の新技術
- 太陽電池をめぐる話題

太陽光発電: 国内総出荷統計



国内生産の2/3が輸出向け

出典: JPEA 太陽光発電協会ウェブページ

日本の代表的な太陽電池メーカー

SHARP

SUNVISTA

太陽と共に
暮らすということ。



※設置イメージ

SANYO

HIT太陽電池モジュール Bシリーズ



瓦屋根から陸屋根まで幅広く対応!

公共・産業用太陽光発電システム
ソーラーパワープラントⅢ

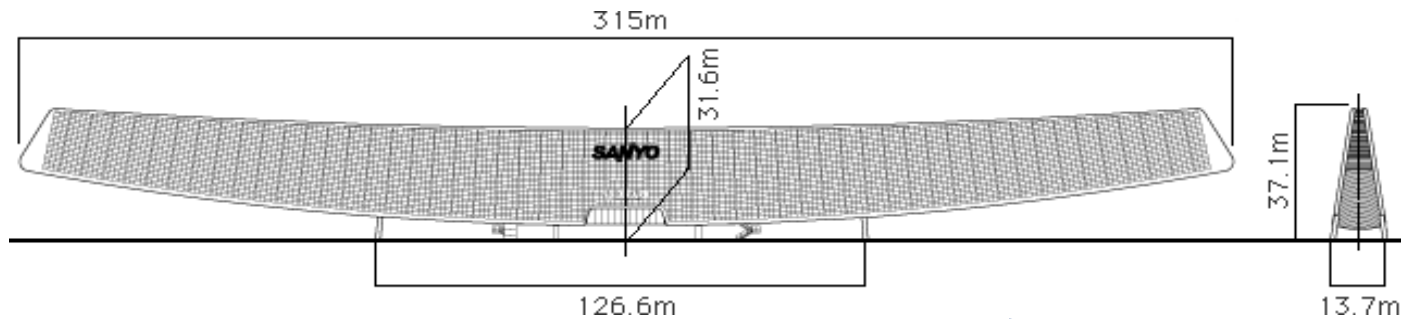
ECONOWave
エコノウェーブ



KYOCERA

SANYO

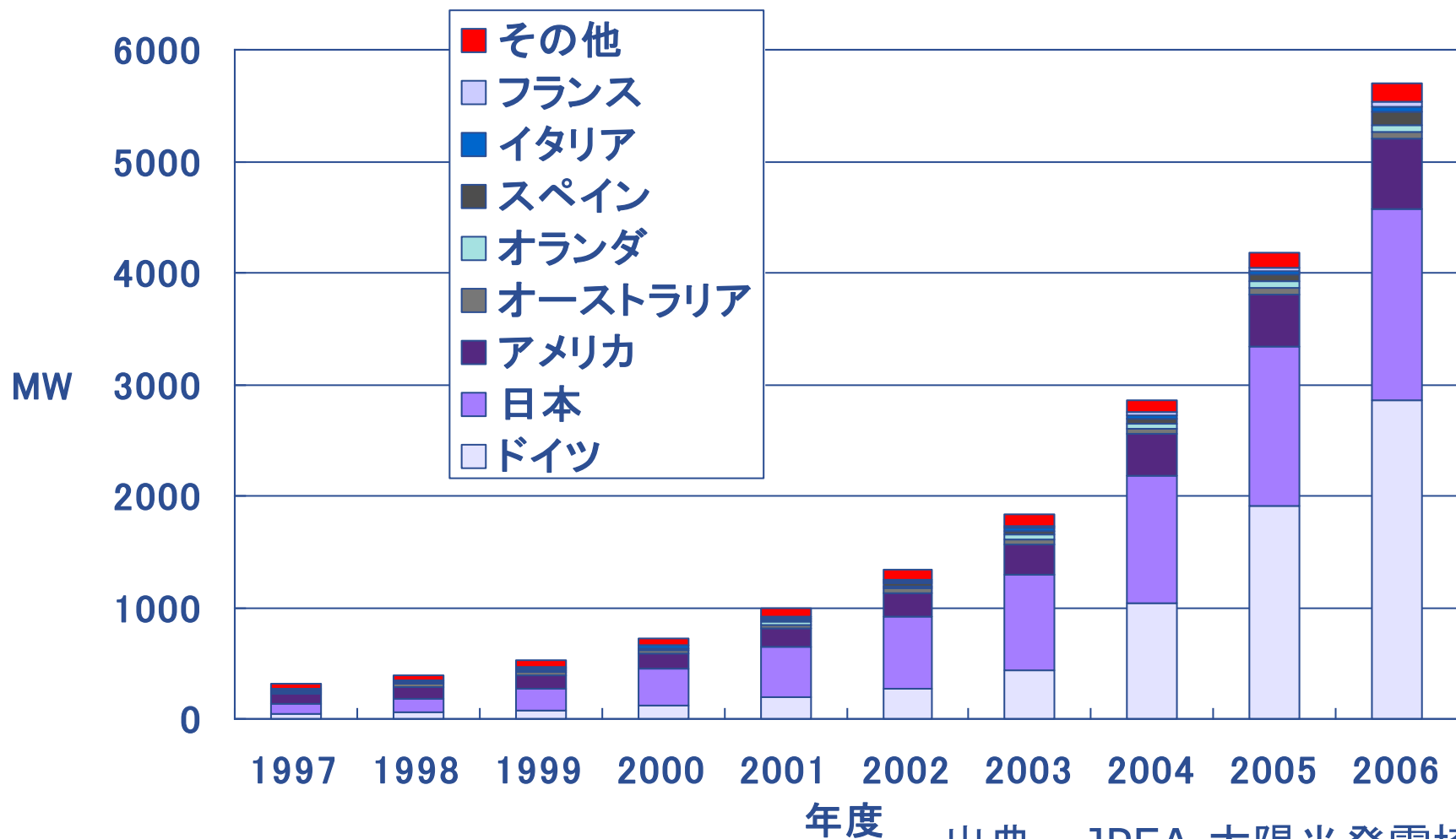
SOLAR ARK



太陽電池パネル: 5046枚, 最大出力: 630kW, 場所: 岐阜羽島

<http://www.solar-ark.com/>

太陽光発電の普及状況（世界累計）



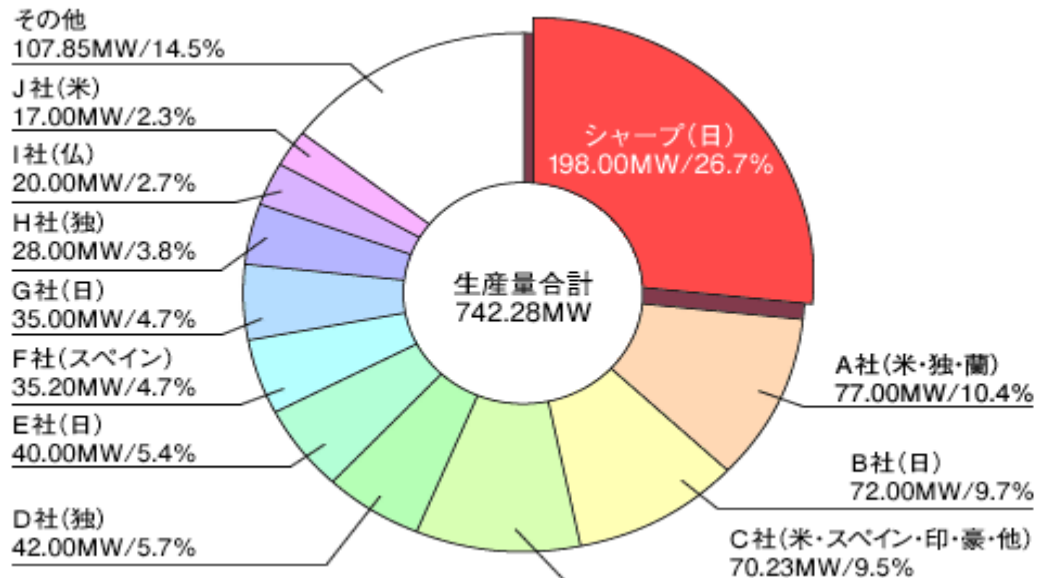
出典：JPEA 太陽光発電協会

米陸軍による世界最大の太陽光発電装置



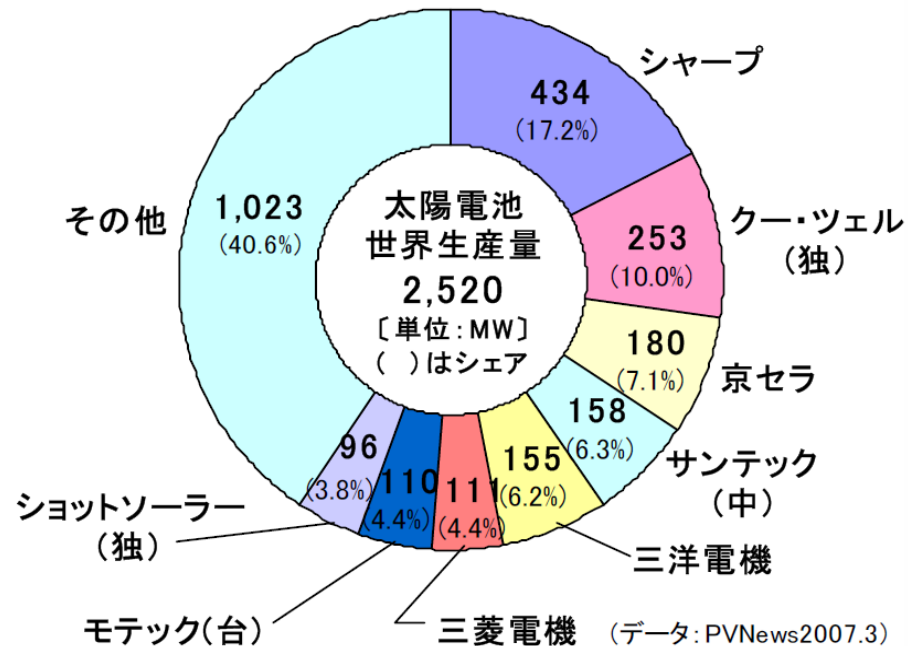
2009年現在、米陸軍はカリフォルニア州アーフィン駐屯地で500MW = 500,000kW級太陽光発電設備を建設中。総工費15億ドル。完成は2022年の予定。(Wired Vision)

企業別生産シェア



(c) 2004 SHARP CORPORATION

太陽電池生産量(2006年) 企業別シェア



2007年度:

1位 Qセルズ(ドイツ): 39万キロワット(前年比約1.5倍)

2位 シャープ: 36万キロワット(前年比16%減)

3位 サンテック・パワー(中国):(前年比約2倍の)

4位 京セラ、7位 三洋電機

2005年、ドイツが日本を抜く

■ ドイツ

- 2004年に再生可能エネルギー法(新EEG法)が拡充
- フィードイン・タリフ制度
 - 家庭用太陽光発電からの電力を電力会社が買い取る価格を優遇する措置
 - ドイツの電力会社の買取価格は、日本の約3倍 → 急速な普及の原動力
 - 買取の原資は電力料金への上乗せで賄う → 新エネルギーの導入へのインセンティブ
 - 同制度はフランスやスペインなど欧州各国に波及している

■ 日本

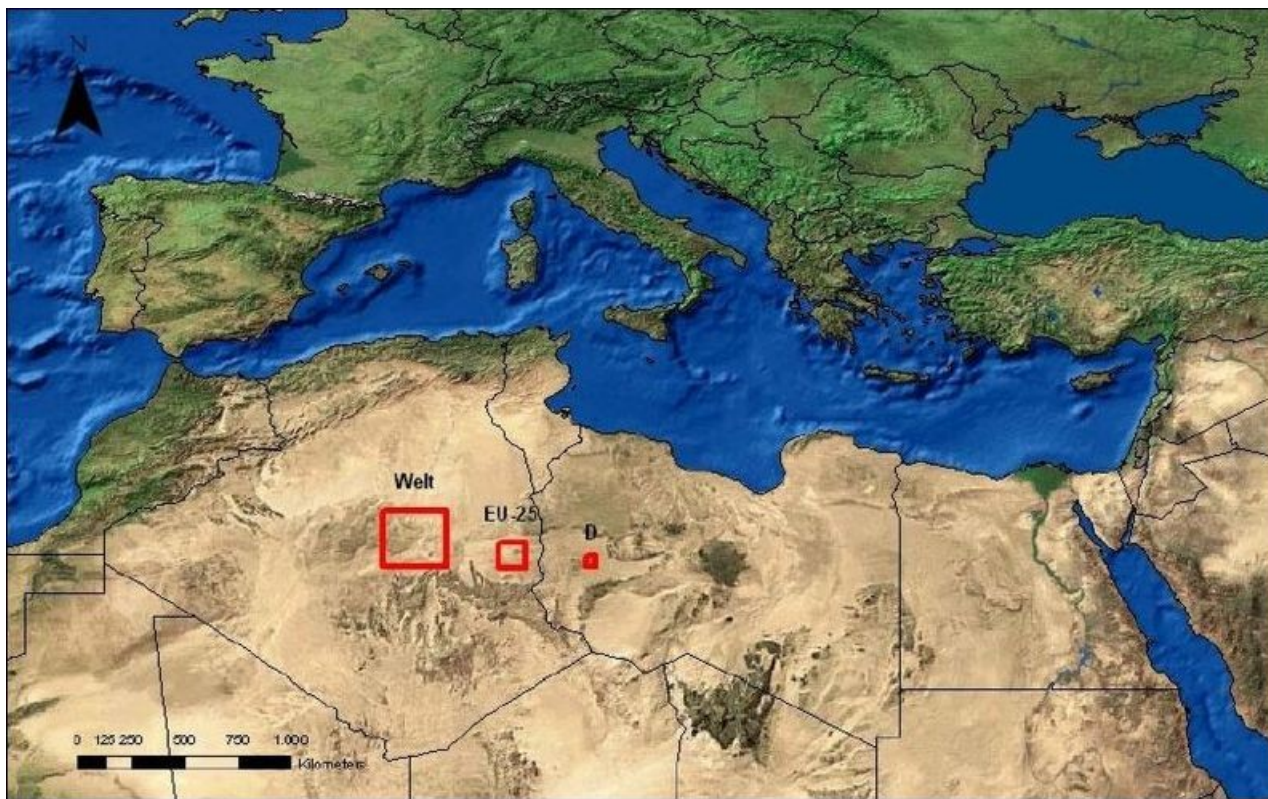
- 1994～2004年 国や地方自治体から補助金
- 2005年： 国からの補助金打ち切り

太陽光発電のデメリット

- 単位面積当たりのエネルギー密度が低いため、まとまった電気を得るためには広大な面積が必要
- 発電が日射時間に左右される

ドイツ、EU25カ国および全世界の需要と等しい電力を太陽エネルギーで発電するのに必要な面積

出典: Nadine May, Eco-balance of a Solar Electricity Transmission from North Africa to Europe



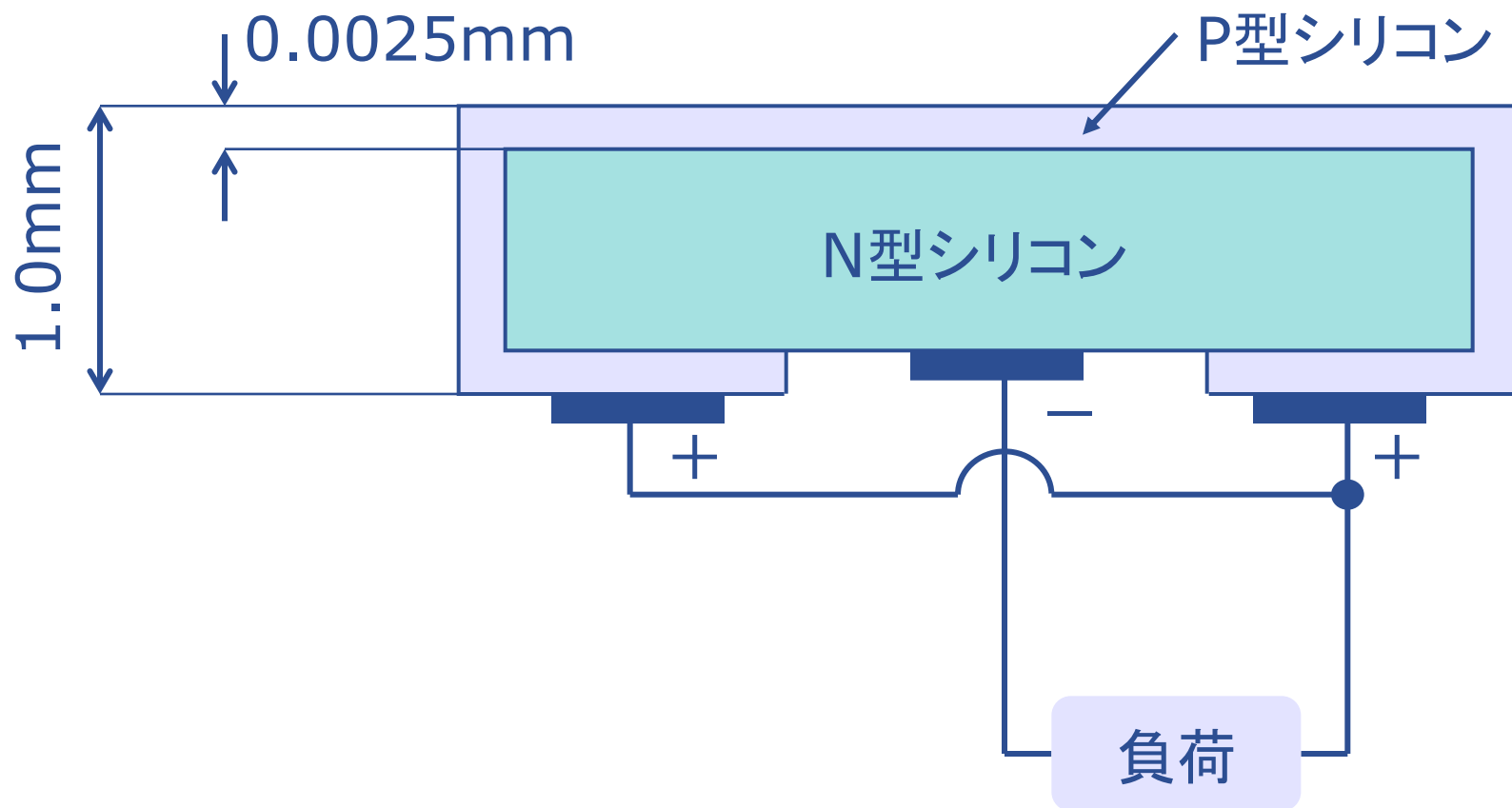
太陽電池の基礎知識

- **光起電効果(photovoltaic effect)を利用**
 - 太陽電池は電氣的性質の異なるp型、n型半導体をつなぎ合わせたもの
- **種類**
 - シリコン
 - 結晶系
 - 単結晶シリコン： 宇宙用，地上用。豊富な使用実績
 - 多結晶シリコン： 大量生産向き（他のシリコン半導体素子の製造過程で生じた端材やオフグレード品のシリコン原料を利用して製造、現在主流）
 - アモルファス（非結晶）： シランガスから化学気相成長（CVD）させて生産、電卓などの用途
 - 化合物
 - 単結晶（砒化ガリウム）： 宇宙用、単接合セルでは最も高い変換効率（25.1%）
 - 多結晶
- **注意点： アモルファスシリコンに強い光があたると、性能劣化**
 - ステブラー・ロンスキー（Staebler-Wronski）効果

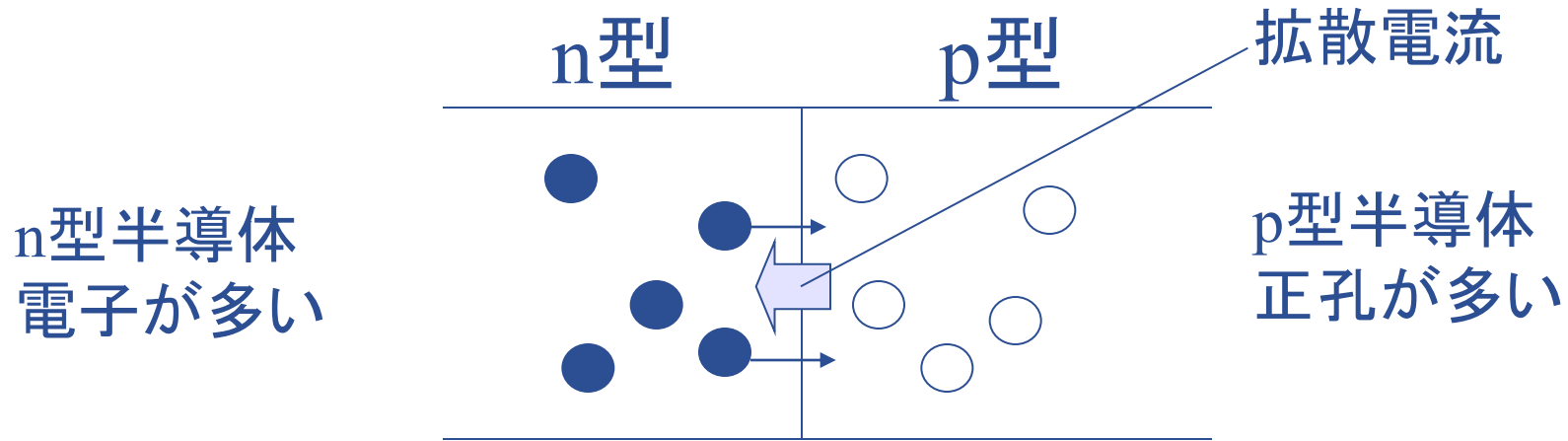
発見発明の歴史

- 1839年、フランスの物理学者アレクサンドル・エドモン・ベクレルによって基本原理発見
- 1884年、アメリカの発明家Charles Frittsが半導体性のセレンと極めて薄い金の膜とを接合した電池(セレン光電池)を発明
 - 変換効率は僅か1%ほど
 - 1960年代までカメラの露出計などに応用
- 1954年、米国のベル研究所のM.B.Princeが単結晶シリコン型太陽電池(Bell Solar Battery)に関する論文を発表
 - 変換効率6%
 - 主として宇宙用

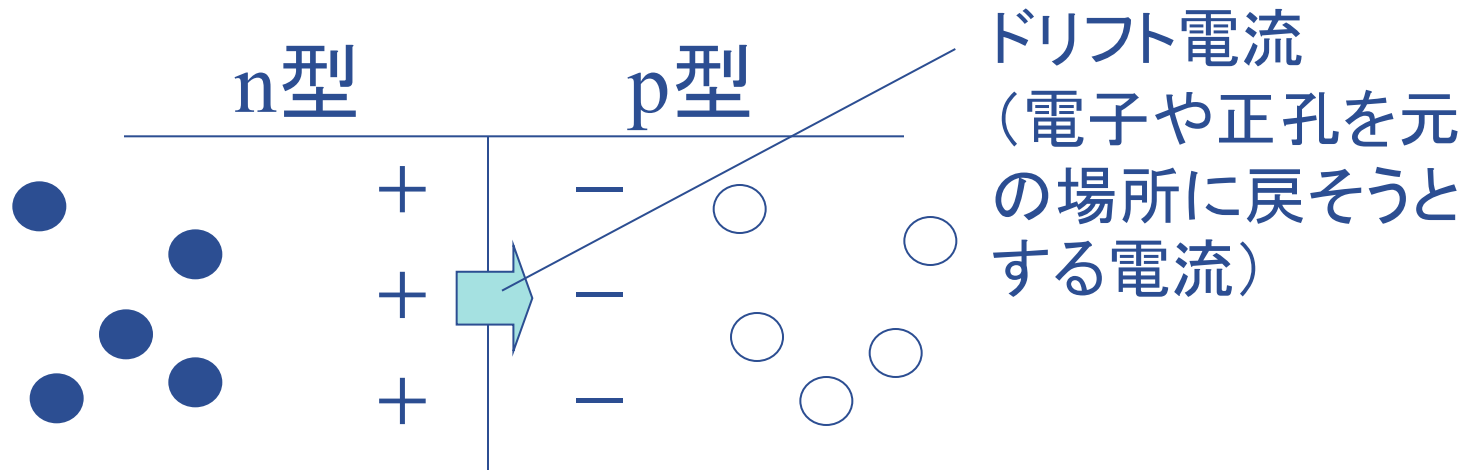
太陽電池の原理 1



太陽電池の原理 2

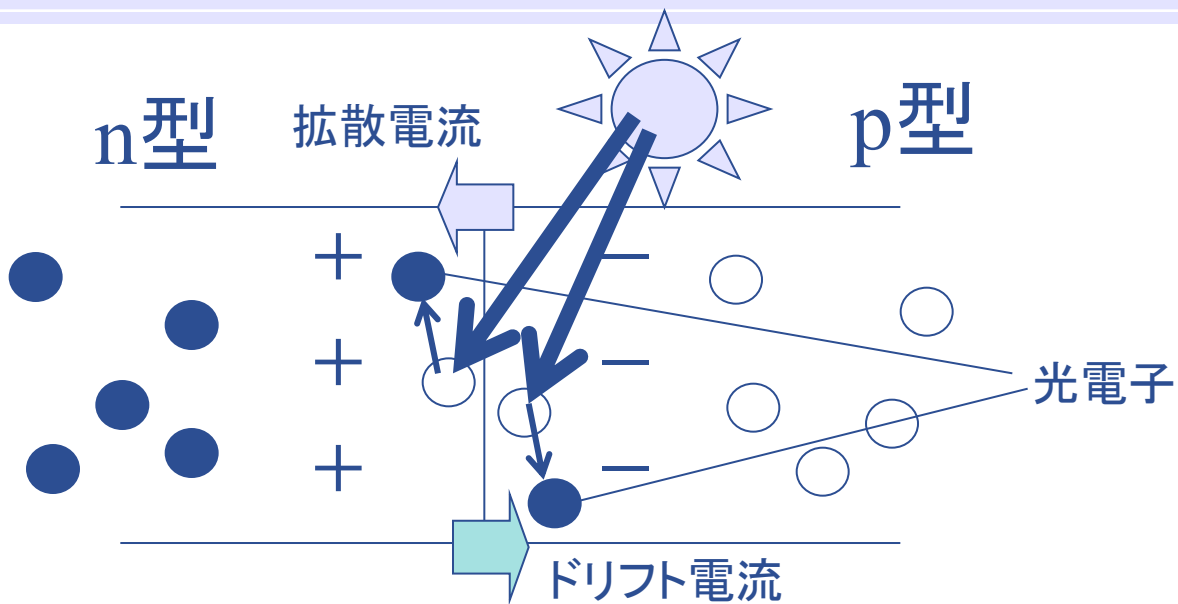


n型半導体とp型半導体をつなぎ合わせるとn型半導体中の電子がp型半導体中に拡散し、空乏層を形成

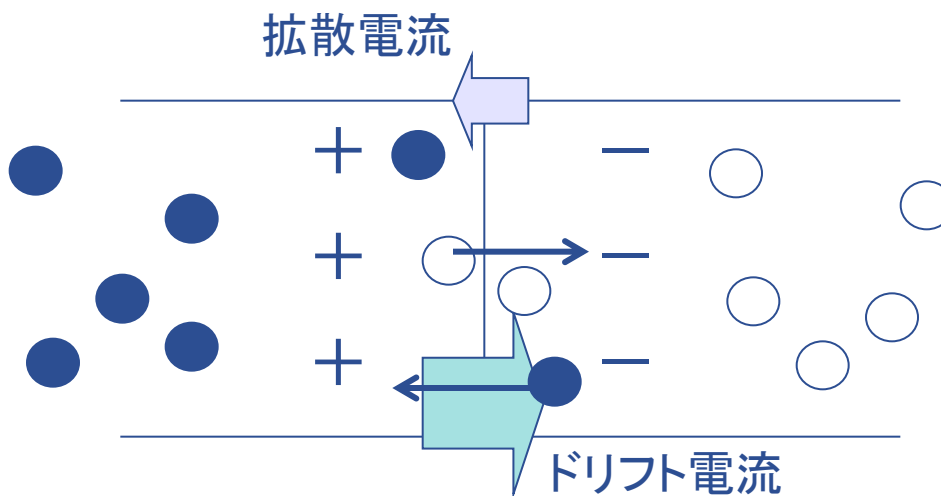


太陽電池の原理 3

拡散電流とドリフト電流がつりあった状態に光があたると...



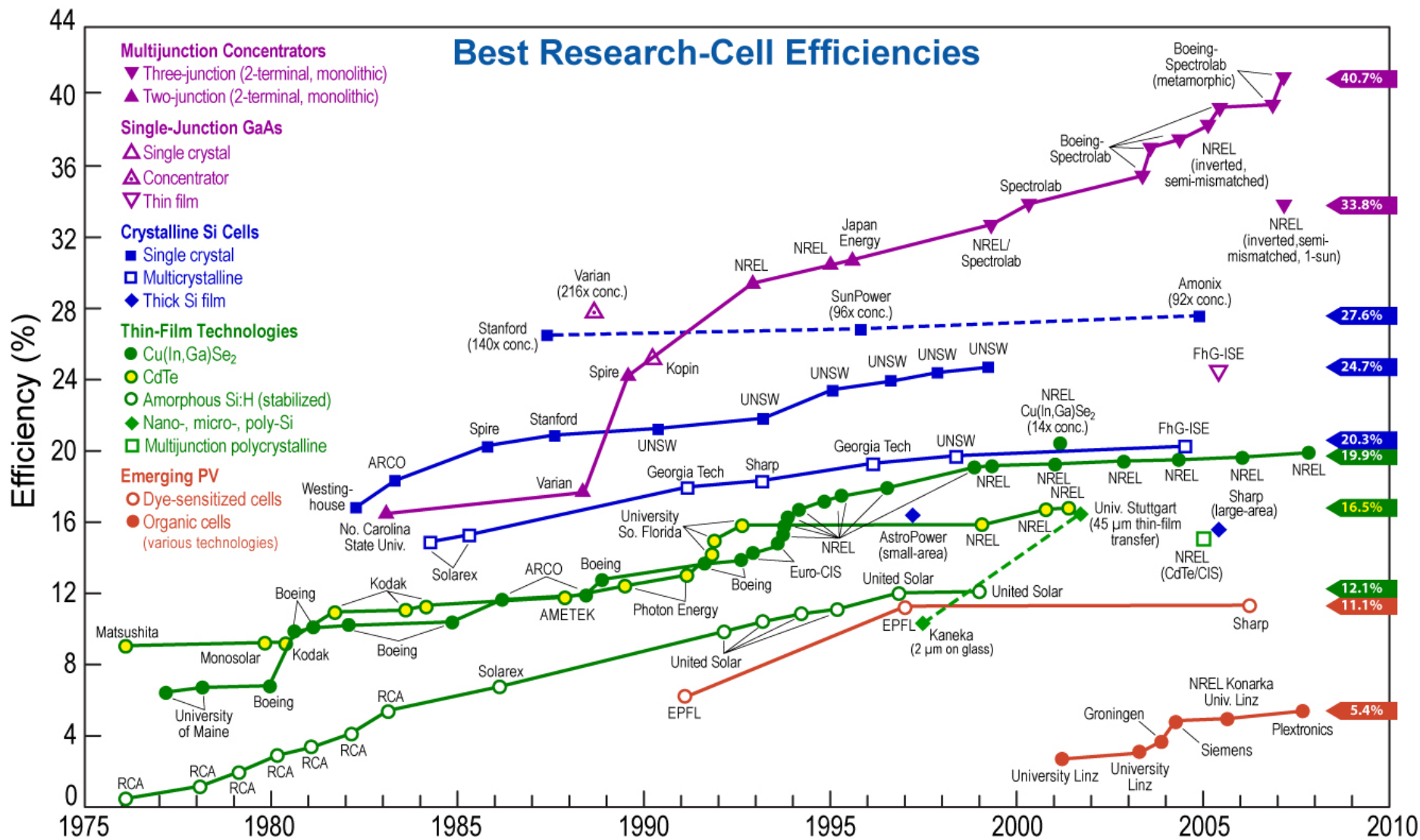
電子が飛び出て電子はn型に、正孔はp型に移動する→ドリフト電流の増大



太陽電池の変換効率 1

- 太陽光のエネルギー
 - 1平方メートル当たり約1kW
- 変換効率 15%程度
- 理論的な上限 18%(シリコン)

変換効率の推移

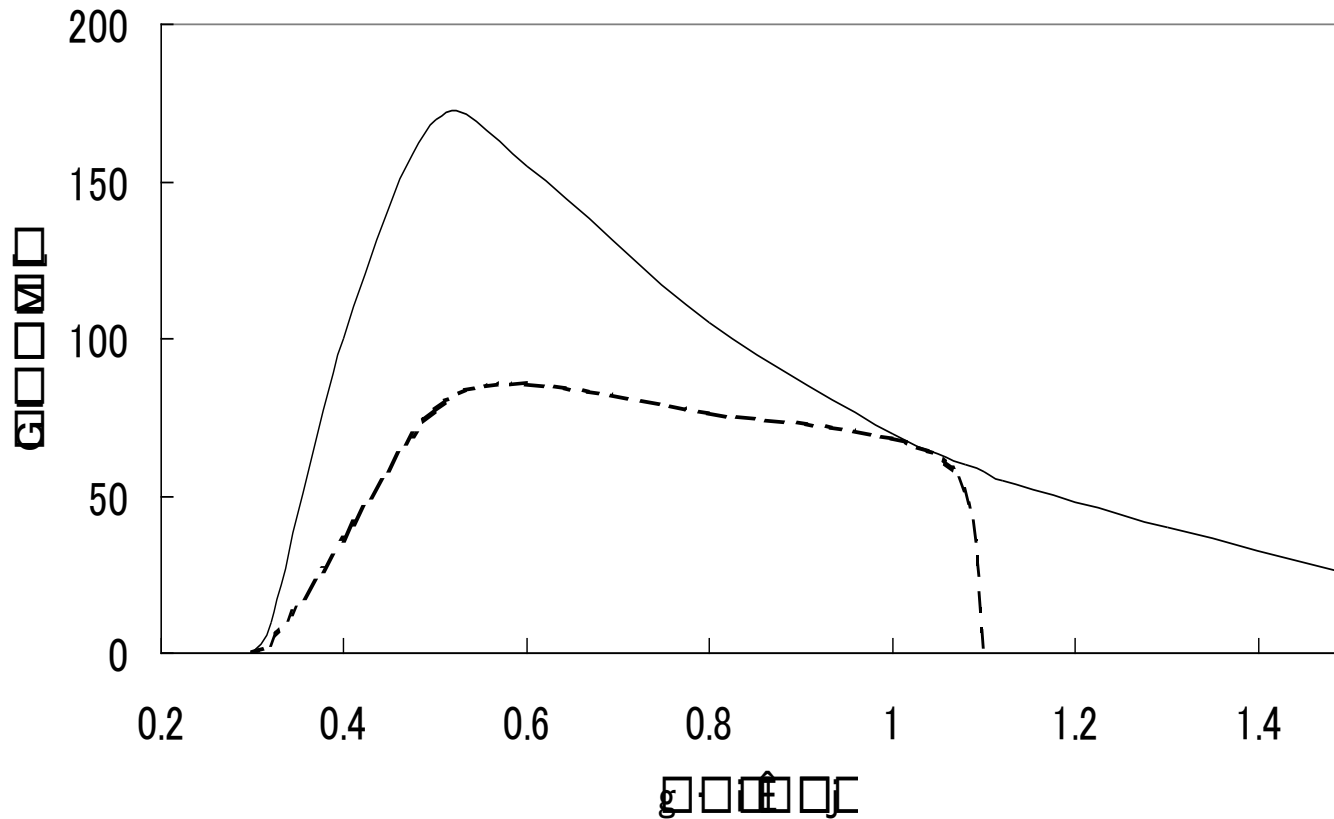


太陽電池の変換効率 2

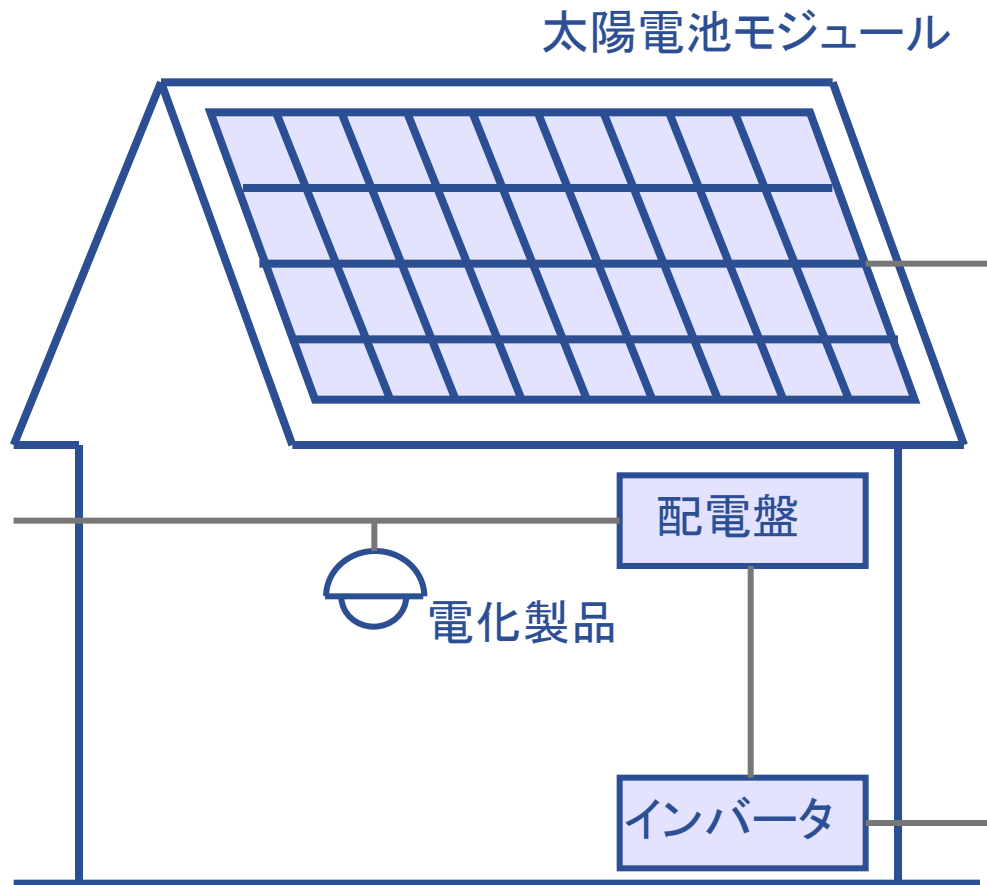
- 太陽光のエネルギー
 - 1平方メートル当たり約1kW
- 変換効率 15%程度
 - 理論的な上限 18%(シリコン)
- 変換効率が低い理由
 - 光の性質
 - 波長の長い光(赤外線)はエネルギーが低く、波長の短い光(紫外線)はエネルギーが高い
 - 半導体の性質
 - 波長の長い光を照射しても電子と正孔は生成しない(エネルギーが足りない)
 - シリコンの場合, 1. $1\mu\text{m}$ (赤外線)よりも波長の長い光は利用されない
 - 波長の短い光(エネルギーの高い光)を照射すると電子と正孔が生成し、起電力が発生する
 - しかし、エネルギーの高い光を当てても起電力が高くなるわけではない
 - 波長が $0.5\mu\text{m}$ (緑色)の光は $1\mu\text{m}$ (赤外線)の光の倍のエネルギーを持っているが、半分しか利用されない

太陽電池の変換効率 3

太陽光のエネルギーの一部しか利用できないため、光エネルギーから電気エネルギーへの変換効率が低くなる



太陽電池の応用例



3.5kW設置の場合

- 敷地面積: 35m²
- 発電量: 約3680kWh/年
- (一般家庭の消費電力: 約3600kWh/年)
- 法定耐用年数: 15年
- コスト: 工事費込み 約300万円

太陽光発電の発電量試算例

- 宇部市の世帯数 約7.26万世帯
- 世帯数の半分が一戸建ての家に住んでいると仮定すれば
 - 約3.6万戸
- 3kWの太陽電池パネルを設置すれば
 - $3\text{kW} \times 3.6\text{万} = 10.8\text{万kW}$
- 設備利用率は約13% (夜間は発電できない。雨の日は晴れの日
の20%, 曇りの日は晴れの日
の60%程度, 朝, 夕方は出力が
低下する)
- 約2万kWの発電所 (設備利用率70%) と同等

太陽光発電の発電量試算例2

■ 1年間の総発電量

- 1戸当たり

■ $3(\text{kW}) \times 0.13 \times 24(\text{時間}) \times 365(\text{日}) = 3400\text{kWh}$

- 宇部市全体

■ $1.4\text{万}(\text{kW}) \times 24(\text{時間}) \times 365(\text{日}) = \text{約}1.2\text{億kWh}$

■ 宇部市の消費電力

- 中国電力の年間総発電量550億kWh

- 中国地方の人口773万人に対する宇部市の人口17.3万人の比率から計算すると

- $550\text{億kWh} \times 17.3\text{万} \div 773\text{万} = 12.3\text{億kWh}$

- 約1割の電力をまかなうことができる

太陽光発電の発電量試算例3

- 住宅の屋根に設置すれば、設置に必要な面積は問題にならない
- 大消費地に設置できるので、送電ロス(火力発電の場合5%程度)がほとんどなくなる
- 発電コスト
 - 3kWの住宅用太陽発電システム
 - 10年前 600万円
 - 現在 200万円
 - 将来 低下する?

まとめ

- 太陽光発電は、原理的に変換効率、設備利用率が低いですが、これまで捨てていたエネルギーを有効に利用できることに意義がある
- エネルギー密度が低いですが、住宅等の屋根に設置できるので、1割程度の電力はまかなえる
- 発電量が日射時間に左右されるが、電力消費量の多い時間帯での発電量が多いので、発電電力量と消費電力量の差を減らすことができる
- 初期コストは高いが、燃料費は不要

太陽電池の新しい技術

■ 色素増感太陽電池

- 有機色素を用いて光起電力を得る
- 代表的なものはグレッツェル型(または湿式太陽電池)
 - 2枚の透明電極の間に微量のルテニウム錯体などの色素を吸着させた二酸化チタン層と電解質を挟み込んだ単純な構造
 - 製造が簡単で材料も安価なことから大幅な低コスト化が見込まれる
 - デメリット: 電解液の蒸発

■ 多接合型太陽電池

- 利用波長の異なる太陽電池を複数積み重ねる
- 2005年には効率39.0%の記録(米国ボーイング社の子会社: Spectrolab)

太陽光発電に関する社会的話題1-1

- ●超エネルギー革命(上)巨大太陽光発電——宇宙・砂漠に構想広がる(検証)2000/08/29, 日経産業新聞, 24ページ
- 砂漠にパネル
- 宇宙での取り組みが進展する一方、地上でも巨大な太陽光発電構想が、現実味を帯び始めた。
- 二〇一〇年。サハラ、ルブアルハリ、タクラマカン、ゴビ、コロラド——、人の住まない世界各地の砂漠地帯に巨大な太陽光パネルが整然と並ぶ。総面積は約六十四万平方キロメートル。一辺が東京—広島間の距離の正方形に相当する規模だ。これらの太陽光パネルを送電線で結び、原油換算で百四十億キロリットルになる世界のエネルギー需要を賄う——。太陽電池大手の三洋電機が提唱する「ジェネシス計画」の全容だ。

太陽光発電に関する社会的話題1-2

- 「総投資額はおよそ二京円」。新電池事業部の津田信哉事業部長がはじき出した金額は、一兆円の一萬倍という耳慣れない数字だ。世界の名目GDP(国内総生産)のおよそ三年分。荒唐無稽(こうとうむけい)の構想に見えるが、こちらも太陽電池の高効率・低価格化が進み一步一步夢に近付きつつある。

太陽光発電に関する社会的話題2-1

- 三洋電機が、二〇〇四年完成を目指して岐阜事業所(安八町)に建設中の世界最大の太陽光発電「メガソーラー」は、いわばジェネシス計画の実証試験だ。
- 縦三十メートル、横三百メートルの箱舟型の巨大パネルを中心とした総出力は三・四メガワットで、同事業所のピーク電力の二〇%を賄う。「大型でも百ー二百キロワットが主流だった太陽電池が、メガワットの世界に突入する。ゴールのジェネシス計画に確実に近づく」(津田事業部長)。

太陽光発電に関する社会的話題2-2

- 宇宙空間や砂漠を舞台にした巨大太陽発電構想。現時点では決定的とも言えるコスト問題などを抱え、実現までの道はまだ遠い。だが、資源に乏しい日本で無尽蔵のエネルギーを持つ太陽利用は電源確保に向けた有力な選択肢の一つであることは間違いない。
- 日本がこの分野の「革命」を先導するには、独自技術を保持しながら、いかに資金・技術の両面で国際協力の枠組みを造っていけるかがカギとなりそうだ。

太陽光発電に関する社会的話題3-1

- 太陽光発電問題、近藤社長が引責辞任——三洋、改革の落とし穴(ビジネスTODAY)2000/10/25, 日経産業新聞, 1ページ
- 三洋電機の近藤定男社長が二十四日、辞任に追い込まれた。一九九六年から九八年にかけて子会社が販売する家庭向け太陽光発電システムの一部に出力不足の製品があった問題で、子会社は製品の不具合を知らずして販売を続け、本社がその実態をつかめなかった責任をとった。業績絶好調で近藤社長の経営手腕が評価され始めた時期の不祥事。どこにつまずきがあったのか。(石塚史人)

太陽光発電に関する社会的話題3-2

- 今回の問題には二つの原因がある。第一は経営改革の負の部分だ。近藤社長は九八年六月の社長就任以来、カンパニー制と執行役員制の導入など矢継ぎ早に組織改革を打ち出したが、これは同社が長年取り組んできた現場への権限委譲の総仕上げだ。

太陽光発電に関する社会的話題3-3

- 情報握りつぶす
- 「のんびり家庭的」と評される社風を排し一般社員から重役まで全員が攻撃的に動くようにするために、現場へ徹底的に権限委譲を進める——。八六年の東京三洋電機との合併の際に、当時の井植敏社長（現会長）は商品分野別の事業本部制を導入し、本部長の権限を強化。高野泰明前社長は九二年に事業本部を実質的な社内分社として扱う制度を取り入れた。いずれも第一線に権限を委（ゆだ）ねる狙いだ。

太陽光発電に関する社会的話題3-4

- 子会社や各事業は自主独立であれ、というのが長年の経営改革の柱だが、これが負の部分となって露呈したのが、今回の不祥事を起こした太陽光発電システムの販売子会社だった。

太陽光発電に関する社会的話題3-5

- 太陽電池は会長肝いりの事業だが、九八年十月に太陽光発電システムの利用者団体が製品の不具合を指摘するファクスを三洋本社に送っており、近藤社長は子会社社長を兼務する担当役員に調査を直接指示している。しかし担当役員は「問題なし」と即答。その後、何度も利用者団体や消費者センターから製品不良の指摘が繰り返されたにもかかわらず、クレームの窓口はこの子会社となり、その都度、担当役員が情報を握りつぶしていた。

太陽光発電に関する社会的話題3-6

- 通産省・資源エネルギー庁から今年九月十一日に調査を求められた際も同様だった。本社が本格的な調査に動き出したにもかかわらず、子会社側は十九日に通産省に「事実無根」と回答。近藤社長ら本社側が製品不良の事実を確認したのは二十九日、社内処分を決めたのは十月五日で、このタイムラグが通産省の不信感を増幅させた。「子会社社長の権限が強すぎた」(井植会長)のに、まともな監査機構が存在していなかったわけだ。

太陽光発電に関する社会的話題3-7

- 情報公開にも不手際があった。二十日夕方に開いた記者会見。被害金額は五億円程度、人身事故につながるような製品不良ではないため「社長は出席しなくてもよい」という声が社内にあったが、近藤社長は「説明責任は自分にある」として自ら謝罪会見を買って出た。万全の調査資料を用意、井植会長からも「すべてを公にするように」との指示を受けて臨んだ会見だったが、近藤社長は重大なミスを犯す。

太陽光発電に関する社会的話題3-8

- 「なぜ公表が二十日まで遅れたのか」とする質問に対し、近藤氏は「資料準備のため」と答えた。また「社長が不祥事の実情を知ったのはいつか」との質問には、通産省から指摘のあった「今年九月」と回答。確実に信じられる情報を基にという思いがそう答えさせたのだが、事実は利用者団体から指摘のあった九八年十月だ。
- 公表の遅れは「情報隠し」の印象を与え、二十一日に内部告発によって「実情を知った時期」が暴露されると、報道のトーンは「会社ぐるみの情報隠し」へと変わった。