

平成20年度 特許出願技術動向調査報告書

太陽電池 (要約版)

<目次>

第1章 太陽電池に関する技術の俯瞰.....	1
第2章 太陽電池に関する特許出願動向調査.....	5
第3章 太陽電池に関する研究開発動向調査.....	33
第4章 太陽電池に関する産業政策動向調査.....	40
第5章 太陽電池に関する市場環境調査.....	41
第6章 総合分析.....	45

平成21年4月

特 許 庁

問い合わせ先
特許庁総務部企画調査課 技術動向班
電話：03 - 3581 - 1101 (内線2155)

第1章 太陽電池に関する技術の俯瞰

第1節 太陽電池に関する技術の俯瞰

(1) 太陽電池に関する技術の俯瞰

太陽電池に関する技術俯瞰図を図 1-1 に示す。太陽電池は、結晶シリコン型と薄膜シリコン型のシリコン系、化合物結晶系と化合物薄膜系の化合物半導体系、有機半導体系と色素増感型の有機系の太陽電池に大別される。

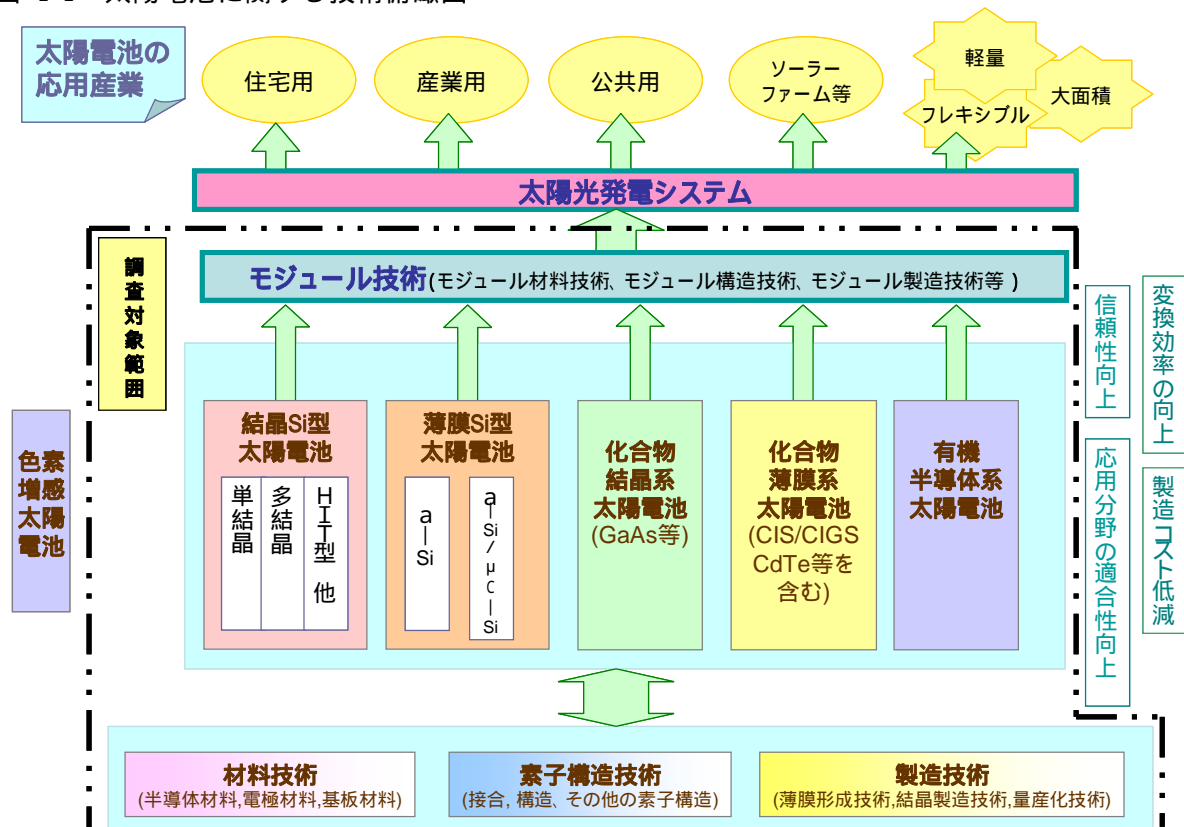
このうち、結晶シリコン型、薄膜シリコン型、化合物結晶系、化合物薄膜系および有機半導体系の太陽電池を調査対象とする。なお、色素増感型太陽電池は今回の調査の対象外とする。

太陽電池の主な要素技術は材料技術、素子構造技術、製造技術などの太陽電池のセルの製造およびセルをモジュールに仕上げるモジュール化に関する技術である。

原材料技術は半導体材料(組成、純度、添加剤など)、電極材料(透明電極、金属電極など)、基板材料(結晶基板、ガラス基板、フィルム基板など)に、素子構造は接合形態(ホモ・ヘテロ接合、p-i-n接合など)、構造(ハイブリッド構造、タンデム構造、多接合構造など)、その他の素子構造技術(反射防止層、背面電極構造、光閉じ込め構造など)に、製造技術は薄膜形成技術、結晶製造技術、量産化技術などに分類される。太陽電池のモジュール技術は、モジュール材料技術、モジュール構造技術、モジュール製造技術などに分類される。

太陽電池における主な課題として、変換効率の向上、耐久性(信頼性)の向上、製造コスト低減、応用分野への適合性の向上などがあげられる。

図 1-1 太陽電池に関する技術俯瞰図



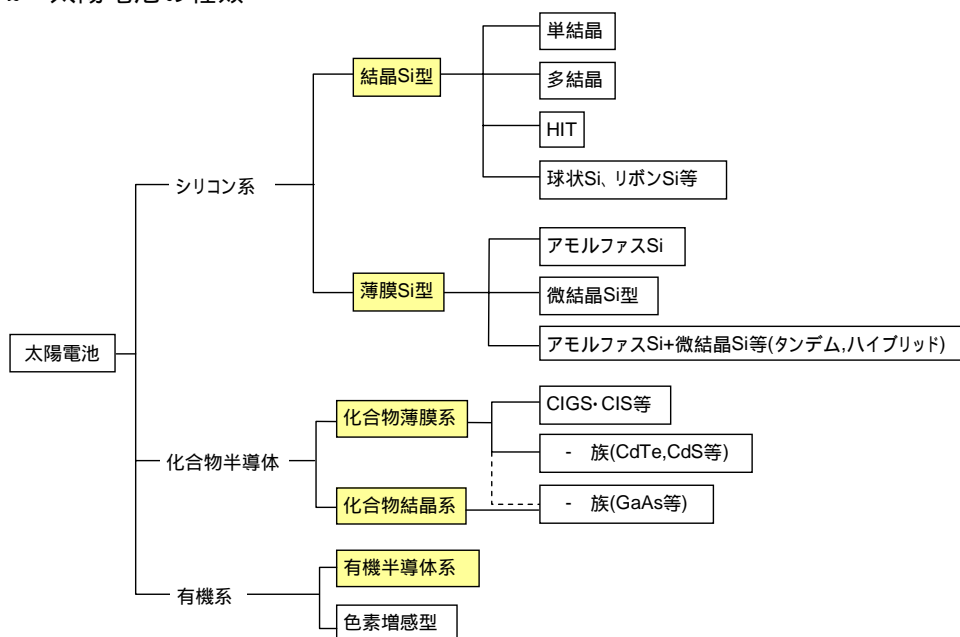
太陽電池の応用産業として、屋根材をはじめとする住宅用、産業用、公共産業などの需要が太陽電池市場を牽引してきたが、太陽光発電のためのソーラーファームの出現や軽量・フレキシブルな太陽電池の開発など、今後は多様な用途展開とともに市場が急速に拡大していくことが期待される。

(2) 太陽電池の分類

現在、製造あるいは研究開発されている主な太陽電池の種類を図 1-2 に示す。

シリコン系太陽電池は比較的古くから開発されており、結晶シリコン型と薄膜シリコン型に大別される。結晶シリコン型には、単結晶シリコン、多結晶シリコンのほかに、単結晶シリコンと薄膜シリコンをハイブリッド化した HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer: 単結晶シリコンと薄膜アモルファスシリコンを積層したヘテロ接合) 型や球状シリコン、リボンシリコンに分類される。単結晶シリコンは、基板として用いる単結晶シリコンウエハのコストが高いが、変換効率が高く、理論効率は約 30% である。多結晶シリコンは、結晶方位が揃っていない単結晶シリコンが多数集合したものである。多結晶シリコンの製造方法としては、シリコン融液をるつぼの中で徐々に冷却・固化するキャスト法などが知られている。多結晶シリコン太陽電池は単結晶シリコン太陽電池に比べて変換効率では劣るが、単結晶シリコンより安価に製造できる。HIT 型は日本の三洋電機によって開発された太陽電池で、実用サイズの結晶シリコン型太陽電池として、研究レベルで世界最高のセル変換効率 (22.3%) を実現している (田中誠、NIKKEI MICRODEVICES, May, 82-86(2008))。球状シリコンはシリコン融液から液滴を落下・固化させて直径が 1mm 程度の球状の結晶シリコンを用いた太陽電池で、ウエハ状の結晶シリコン型太陽電池に比べ、シリコン使用量を 1/3 ~ 1/5 に削減することができる。リボンシリコンはシリコン融液から薄いシリコンシートを直接引き上げて製造するため、ウエハをスライスする時の切り代によるロスを減らすことができる。

図 1-2 太陽電池の種類



本調査においては、色素増感型太陽電池を除いて、太陽電池全体を調査対象とする。

薄膜シリコン型太陽電池は、プラズマ CVD 法などの薄膜形成法により製造される。結晶型に比べて、シリコンの使用量や製造に要するエネルギーが少なく、工程の自動化や大面積化も容易で、コスト低減が期待できるが、変換効率が課題である。現在、アモルファスシリコン太陽電池モジュールの量産品の変換効率は 8% 以下で、結晶シリコン型の十数%より低い(山本憲治、NIKKEI MICRODEVICES, June, 84-88 (2008))。薄膜シリコン型太陽電池の高効率化を図るために開発・検討されているのが、アモルファスシリコンと微結晶シリコンなどを接合したタンデム構造(ハイブリッド構造)の薄膜シリコン型太陽電池である。より短波長の光を吸収するアモルファスシリコンと、より長波長の光を吸収する微結晶シリコンを積層することで、太陽光の幅広い波長領域の光を吸収できるため、変換効率が向上する。

化合物半導体系は、化合物結晶系と化合物薄膜系に分類される。一般的に、化合物結晶系には GaAs などの III-V 族、化合物薄膜系には、CIS (CuInSe₂ 等)・CIGS (CuInGaSe₂ 等) 系と II-VI 族 (CdTe、CdS 等) が含まれる。

III-V 族太陽電池は、材料コストが高いが、変換効率が高い。多接合セルでは変換効率 33% が得られ、さらに、集光型とすることにより 2007 年には 40% 以上の変換効率が報告されている。

化合物薄膜系で市販されている CIS・CIGS 系太陽電池や CdTe 太陽電池は、薄膜シリコン型に比べて変換効率が高いため、低価格な太陽電池として注目されている。CIS・CIGS 系は、蒸着法、セレン化/硫化法などにより製膜され、基板には、青板ガラス、軽量フレキシブル基板(金属箔、プラスチックフィルムなど)が使われる。日本ではすでに生産されているが、世界の太陽電池全体の生産量に占める CIS・CIGS 系の割合はまだ 1% 以下(2006 年)と少ない(PVNews(April 2007))。CdTe 太陽電池は、日本ではカドミウムの毒性問題から注目されていないが、海外では製造コストが安いと注目されている。ファーストソーラー社(米国)は、CdTe 太陽電池の生産量を伸ばしており、2006 年の世界生産量の約 3% を占めている(PVNews(April 2007))。

有機半導体系太陽電池は、p 型有機半導体(ドナー)と n 型有機半導体(アクセプター)の異種分子接触における電荷移動を利用して、p-n 接合界面で励起子を自由な電子とホールに分離して、光電流を発生させている。光電流を発生させる活性層の幅が p-n 接合近傍のわずか数十 nm 以下と非常に狭いため、その厚さでは光をほとんど吸収できないため太陽光の利用効率が低く、低変換効率にとどまっていた。1991 年に p 型と n 型の有機半導体を共蒸着などによって混合することで太陽光をほとんど吸収できる数百 nm の厚い接合層(i 層)を持つ p-i-n 接合というバルクヘテロ接合型太陽電池が開発され、有機半導体系太陽電池の基礎が確立された。有機半導体系太陽電池は製造コストが安価になる可能性が高いため、低価格な太陽電池として期待されている。

第 2 節 太陽電池の応用産業の概要

太陽電池は、住宅、公共施設、各種産業、人工衛星等に使う電力用から、電卓、時計、街路灯等の民生用まで幅広い用途がある。2007 年度の日本の国内向け出荷量(209.9MW)は、その 84.1%(176.6MW)が住宅用の電力用、15.3%(32.2MW)が産業・公共用の電力用、1%以下(1MW)が民生用となっており、ほとんどが電力用である。2002 年~2007 年の 5

年間の変化を見ると、住宅用の電力用は約 10%増加、産業・公共用電力用は約 75%増加しているが、民生用は 1/7 に減少している。(太陽光発電協会ホームページ：<http://www.jppea.gr.jp/index.html> (2009年1月13日アクセス))

太陽電池を使う太陽光発電システムに関連する産業としては、太陽電池メーカー、システム周辺機器メーカーに加え、太陽電池をモジュール化・システム化するための太陽電池メーカー、建材メーカー、住宅メーカー、ゼネコン、エンジニアリング会社、電機機器メーカーがある。さらに、配線・設置等を行う施工業者等によって、システムは住宅、公共施設、産業・商業施設、発電事業用施設に設置される。(経済産業省 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会(第15回)資料「太陽光発電産業について」(2006年3月24日))

世界各国は、温室効果ガス排出削減のため、欧州中心に太陽光発電の導入を積極的に進めており、太陽光発電システムの関連産業は、今後大きく成長することが予測される。世界の太陽電池市場は、太陽電池モジュールとして、2007年に約1兆2,000億円であったが、2012年には3.9倍の約4兆7,000億円になるとの予測がある(富士経済 2008年8月8日プレスリリース資料)。

国内においても、2008年7月29日に「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、太陽光発電は、家庭・企業・公共施設等への導入拡大を図り、2020年に現在の10倍、2030年に40倍にすることが目標となっている。「最大導入ケース」では、2020年までに約320万戸の住宅に導入することで、住宅用約8割、非住宅用約2割を、2030年までに約1,000万戸の住宅に導入することで、住宅用約6割、非住宅用約4割を実現することが試算されている(低炭素電力供給システムに関する研究会(第2回)資料「長期エネルギー需給見通しにおける新エネルギー導入見通しとコスト」(2008年8月8日))。経済産業省、文部科学省、国土交通省、環境省が2008年11月11日に発表した「太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン」では、供給サイドおよび需給サイドの取り組みとして、太陽電池メーカーと住宅メーカーの連携、「次世代エネルギー・パーク」の整備・充実、家庭分野における住宅用太陽光補助金等を通じた飛躍的拡大、企業分野における「メガソーラー」(大規模太陽光発電所)の建設促進や中小企業による導入拡大、公的施設(道路、鉄道、港湾、空港など)に対する公的支援の拡充、学校・大学等における導入拡大などが掲げられている。また、電気事業者による新エネルギー等利用促進法(RPS法)の運用などの制度環境等の整備、太陽光発電産業の基盤強化、国際競争力強化、国際展開の支援なども打ち出している。

第2章 太陽電池に関する特許出願動向調査

第1節 調査方法と対象とした特許

(1) 調査方法

太陽電池に関する特許出願動向について、全体動向調査(特許出願および登録特許)、技術区分別動向調査、注目研究開発テーマの動向調査、出願人別動向調査および基本特許・重要特許調査を行った。

調査対象とした特許の出願先は日本と、外国は主として米国、欧州、中国および韓国を調査対象とし、一部、台湾およびロシアへの出願を対象とした。欧州への出願としては、欧州特許庁への出願(EPC出願)だけでなく、データベース Derwent World Patents Index(WPINDEX(STN)、以下 WPI とする)の収録対象国であるイギリス、フランス、ドイツ、オランダ、イタリア、スイス、フィンランド、スウェーデン、オーストリア、ベルギー、デンマーク、スペイン、アイルランド、ルクセンブルク、ポルトガル、チェコ、ハンガリー、ルーマニア、スロバキアおよびノルウェーの各国への特許出願も対象としている。また、欧州国籍の出願とは、欧州特許条約(EPC)加盟国である、オーストリア、ベルギー、ブルガリア、スイス、キプロス、チェコ、ドイツ、デンマーク、エストニア、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ギリシャ、クロアチア、ハンガリー、アイルランド、アイスランド、イタリア、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルグ、ラトビア、モナコ、マルタ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロヴェニア、スロバキア、トルコからの出願としている。

特許検索は、日本への出願では PATOLIS(株式会社パトリスの登録商標)、外国への出願では WPI を用いた。それぞれのデータベースに対して太陽電池に関する特許の検索式を作成した。

時期的範囲としては、優先権主張年ベースで 2000 年から 2006 年とした。検索の結果、出願件数は日本への出願において 8,315 件、米国、欧州、中国、韓国、台湾およびロシアへの出願においては合計 6,539 件であった。登録特許についても優先権主張年ベースで 2000 年から 2006 年を調査対象とした。

なお、データベース収録までの時間差により全データが収録されている年が各国で異なっており、特に 2005 年以降は全データが取得されていない場合があることを念頭においておく必要がある。さらに PCT 出願では国内移行までの時間が長く、公表公報発行時期が国内出願の公開(1年6ヵ月)より遅くなる事情もある。また、米国特許は、2000年11月29日に公開制度が開始されたため、それ以前は、出願件数としてカウントできるのは登録されたものに限られることに注意する必要がある。

また、登録件数の推移については、特許出願から審査請求までの期間と審査にかかる期間が個別に異なること、および日本においては、従来、出願から7年間であった審査請求までの期間が2001年10月以降の出願から3年に短縮されており、現在これらが混在した移行期間であることも念頭において評価する必要がある。

特許出願動向調査は、検索された特許公報の内容を解析し、対象とした太陽電池の種類、解決すべき課題、および課題を解決するための手段を、所定の分析軸を設けて分類することにより実施した。

対象とした太陽電池の種類としては、結晶シリコン型、薄膜シリコン型、化合物結晶系、化合物薄膜系、有機半導体系とした。ただし、有機系太陽電池の1種である色素増感型太陽電池は除外している。また、太陽電池のセル関連技術と、モジュール（パネル）作製技術を調査対象とし、例えば太陽光の追尾装置、パネルの設置工事、太陽光の集光装置、太陽光発電用パワーコンディショナなどの周辺技術は調査対象から除外している。

太陽電池の種類について、特許出願の内容が複数の種類に関連する技術の場合は、その出願を複数の種類に分類した。一方で、例えばモジュールの封止技術のように太陽電池の種類に限定されずに応用できる技術では、太陽電池の種類を選定しない場合もあることとした。したがって、太陽電池の種類別に集計したデータを合算した場合、合計の出願件数とは一致しない。

結晶シリコン型は、単結晶、多結晶、結晶シリコン基板にアモルファスシリコン薄膜を積層した HIT およびその他に分類した。薄膜シリコン型は、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、これらを積層したハイブリッドおよびその他に分類した。化合物結晶系は主に - 族の単結晶薄膜の太陽電池に関する出願を分類した。化合物薄膜系は CIS 系と - 族系に分け、CIS 系には元素を限定せずに - - 族系の材料を含むこととした。

課題軸は、大分類として変換効率の向上、信頼性の向上、製造コスト低減、応用分野への適合性の向上（用途の拡大）およびその他を設定した。変換効率の向上には、発電層の改良と電極の改良とその他の中分類を設け、さらに中分類の下にそれぞれ小分類を設定した。信頼性の向上には、耐久性の向上の意味を含むこととし、太陽電池を劣化させる要因として光、湿度（水分）、温度（熱）、酸素（空気）を想定し、さらに機械的強度の向上の項目を設定した。製造コスト低減には、主要原材料の使用量の低減と塗布法などの薄膜形成方法の改良、製造工程の容易化、歩留の向上およびその他の中分類に分類し、さらに中分類の下にそれぞれ小分類を設定した。応用分野への適合性の向上は、用途の拡大の意味を含むこととし、大面積化、軽量化、フレキシブル化、デザイン性の向上およびその他に分類した。

解決手段軸として、太陽電池のセル関連技術を材料技術と素子構造技術と製造技術の3つに分け、これにモジュール技術と測定技術を含めたその他を加えて5つの大分類とした。セルの材料技術には、光電変換の中心となる光吸収層すなわち発電層である半導体層と、電極材料と基板材料の3つの中分類に分けた。中分類の下にそれぞれ小分類を設けて分類した。半導体層の下の小分類である組成には、元素比を示す組成に加えて新規の材料を含んでいる。セル素子構造技術は、半導体の接合方式、半導体層の形状を含めた積層構造、およびその他の素子構造に中分類した。その他の素子構造として反射防止層や表面と裏面の電極構造、光閉じ込め構造などが含まれる。セル製造技術は、薄膜製造技術、結晶製造技術および量産化技術に中分類し、さらに中分類の下にそれぞれ小分類を設定した。モジュール技術は、材料と構造と製造技術に中分類し、それぞれ小分類を設けた。モジュール材料技術の中にモジュール（パネル）内で使用する電気配線材料（部品）が含まれる。なお、モジュール間の配線や太陽電池アレイ以降の電気機器・配線は本調査の対象外としている。測定技術・その他には、太陽電池の特性評価に関する技術などを分類した。

（2）調査対象とした特許件数

検索された特許を解析し、ノイズを除去した結果、調査対象とした出願先別の公開された特許出願件数を表 2-1 に示す。登録については、調査対象となった特許出願のうち、登録さ

れたものを対象としている。

表 2-1 出願先国別調査対象特許出願件数

出願先国	日本	米国	欧州	中国	韓国	合計
出願件数	4,453	1,234	1,369	531	383	7,970

第 2 節 全体動向調査

(1) 日米欧中韓への特許出願および登録状況

太陽電池に関する特許出願状況の全体動向として、日米欧中韓へ出願された特許の合計の出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-2 に示す。日本国籍が 68.4% で全体の 3 分の 2 以上を占めている。なお、2005 年以降のデータは、PCT 出願が国内段階に移行するまで最大 30 ヶ月かかるため、国内段階での公報発行が遅れることや、データベースへの収録が遅れることなどにより、全データが取得されていない可能性があることに注意が必要である。

出願人国籍別登録件数推移と比率を図 2-3 に示す。右下がりのグラフとなっているが、調査の時期的範囲が出願年（優先権主張年）2000 年から 2006 年であり、審査請求までの期間と審査に要する期間を考慮すると、まだ審査請求されていないもの、あるいは審査中のものが多数あると考えられ、特許登録件数は今後増加すると考えられる。

図 2-2 出願人国籍別出願件数推移および比率（日米欧中韓への出願）

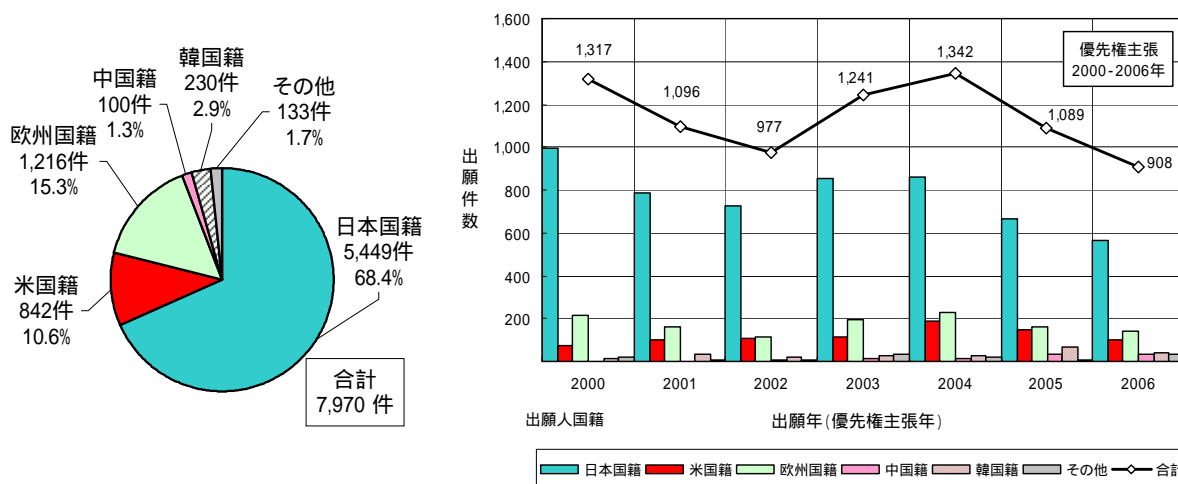
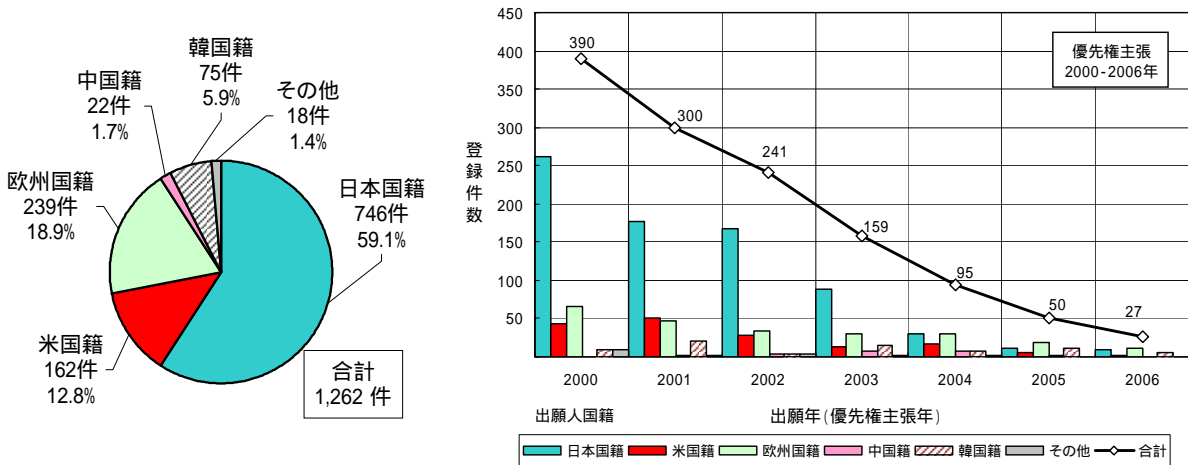


図 2-3 出願人国籍別登録件数推移および比率（日米欧中韓での登録）



(2) 出願先国別 - 出願人国籍別出願動向

出願先国（日本、米国、欧州、中国および韓国）別の出願人国籍別出願件数推移および比率を図 2-4 から図 2-8 に示す。

日本への出願では、日本国籍出願人からの出願が 92.2%と圧倒的に多い。次いで欧州国籍が 3.8%となっている。年次推移としては、調査した期間では 2000 年が最も多く、2002 年にかけて減少するも 2003 年と 2004 年には 700 件弱まで回復している。

米国への出願では、日本国籍出願人が 46.5%で最も多く、次いで米国籍が 31.3%となっている。年次推移は日本への出願と類似した傾向がある。

欧州への出願では、欧州国籍出願人が 51.7%と過半数を占めており、次いで日本国籍が 31.1%となっている。欧州への出願件数は 2004 年と 2005 年がともに 253 件で最も多くなっている。

中国への出願では、日本国籍出願人が 43.9%で最も多く、次いで中国籍が 18.3%となっている。年次推移は 2000 年から 2004 年にかけて増加している。

韓国への出願では、韓国籍出願人が 41.5%で最も多く、次いで日本国籍が 28.5%となっている。

図 2-4 出願人国籍別出願件数推移および比率（日本への出願）

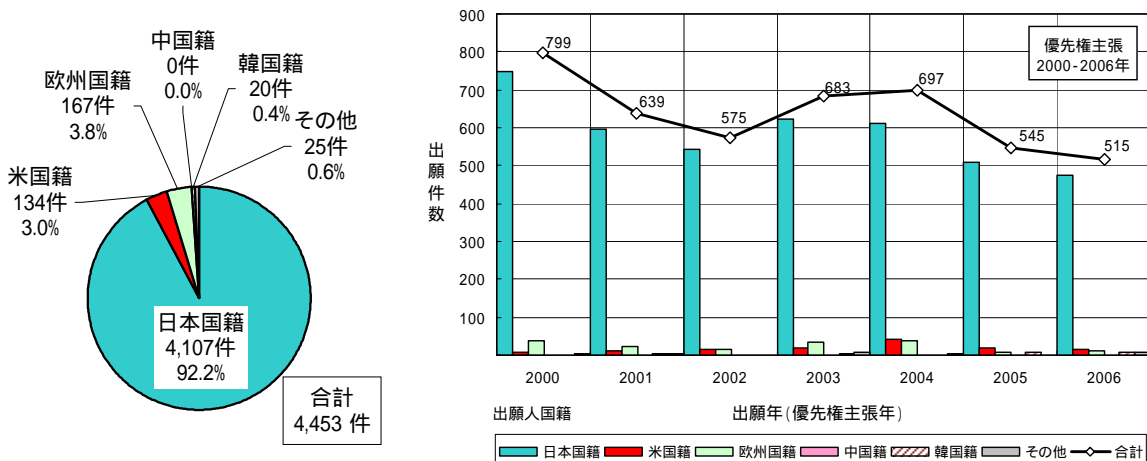


図 2-5 出願人国籍別出願件数推移および比率（米国への出願）

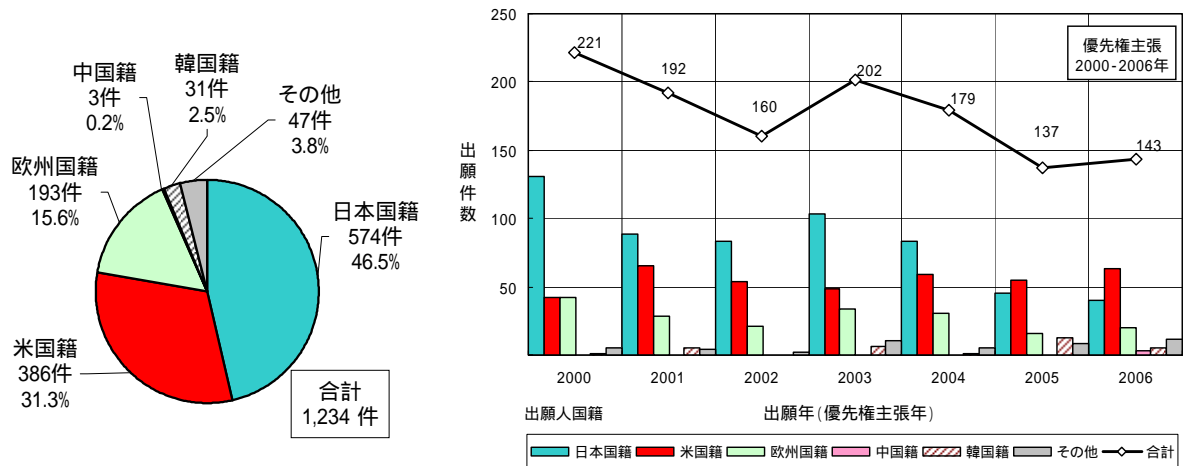


図 2-6 出願人国籍別出願件数推移および比率（欧州への出願）

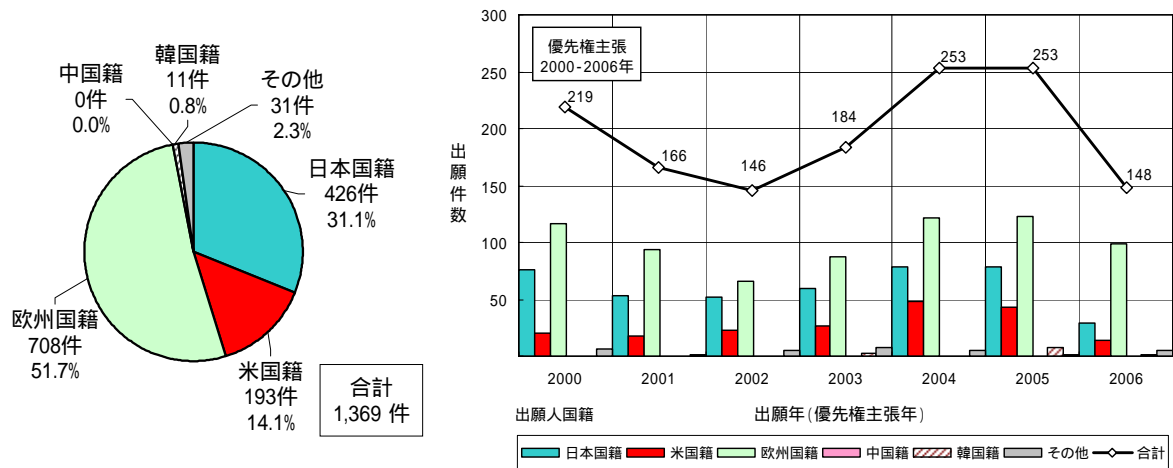


図 2-7 出願人国籍別出願件数推移および比率（中国への出願）

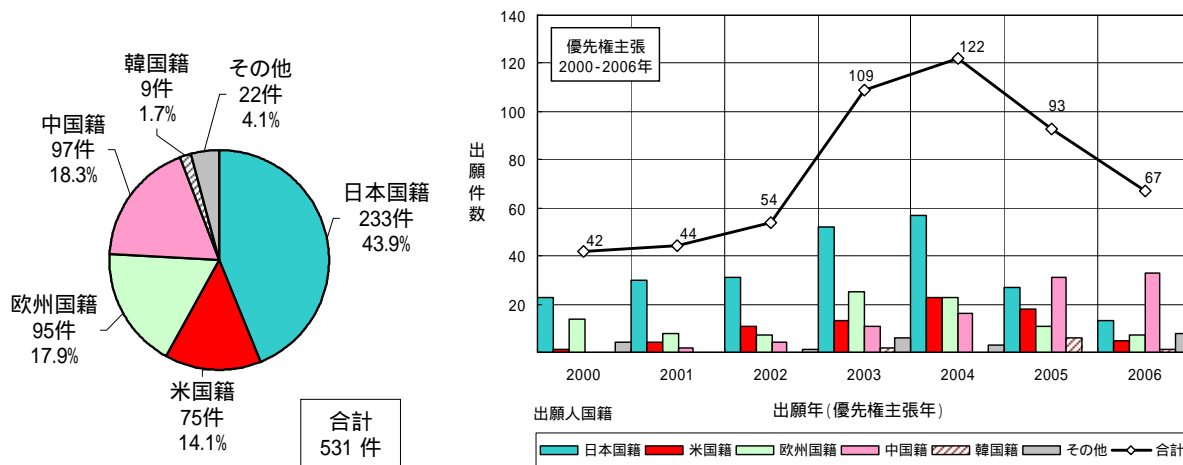
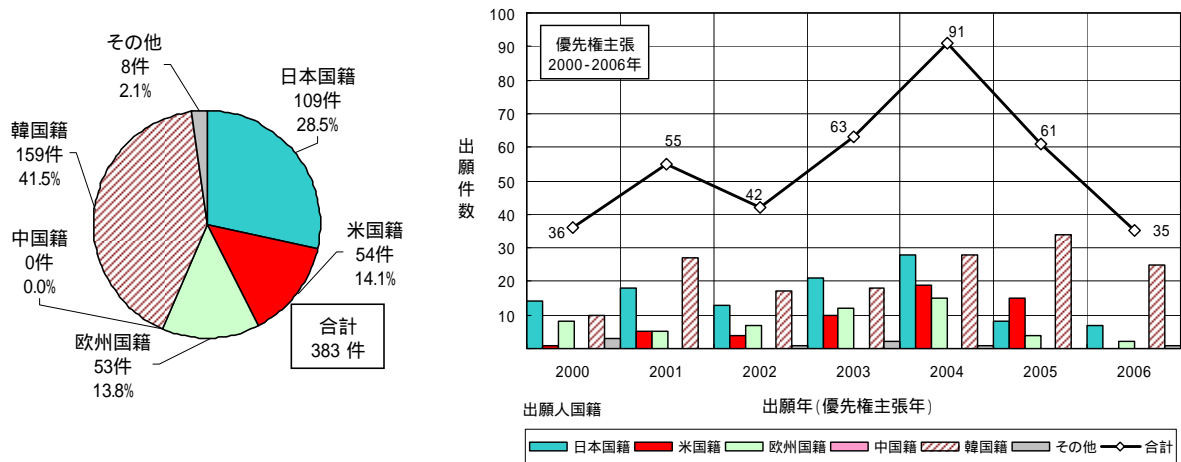


図 2-8 出願人国籍別出願件数推移および比率（韓国への出願）



（ 3 ） 全体動向のまとめ

日本、米国、欧州、中国および韓国への出願における、出願先国別の出願人国籍別出願件数収支を図 2-9 に示す。

日本国籍出願人は米国へ 574 件出願しているのに対し、米国籍出願人は日本へ 134 件出願している。日本国籍出願人は欧州へ 426 件出願しているのに対し、欧州国籍出願人は日本へ 167 件出願している。日本国籍出願人は中国へ 233 件出願しているのに対し、中国籍出願人は日本へ出願していない。日本国籍出願人は韓国へ 109 件出願しているのに対し、韓国籍出願人は日本へ 20 件出願している。いずれも日本からの出願の方が多い。

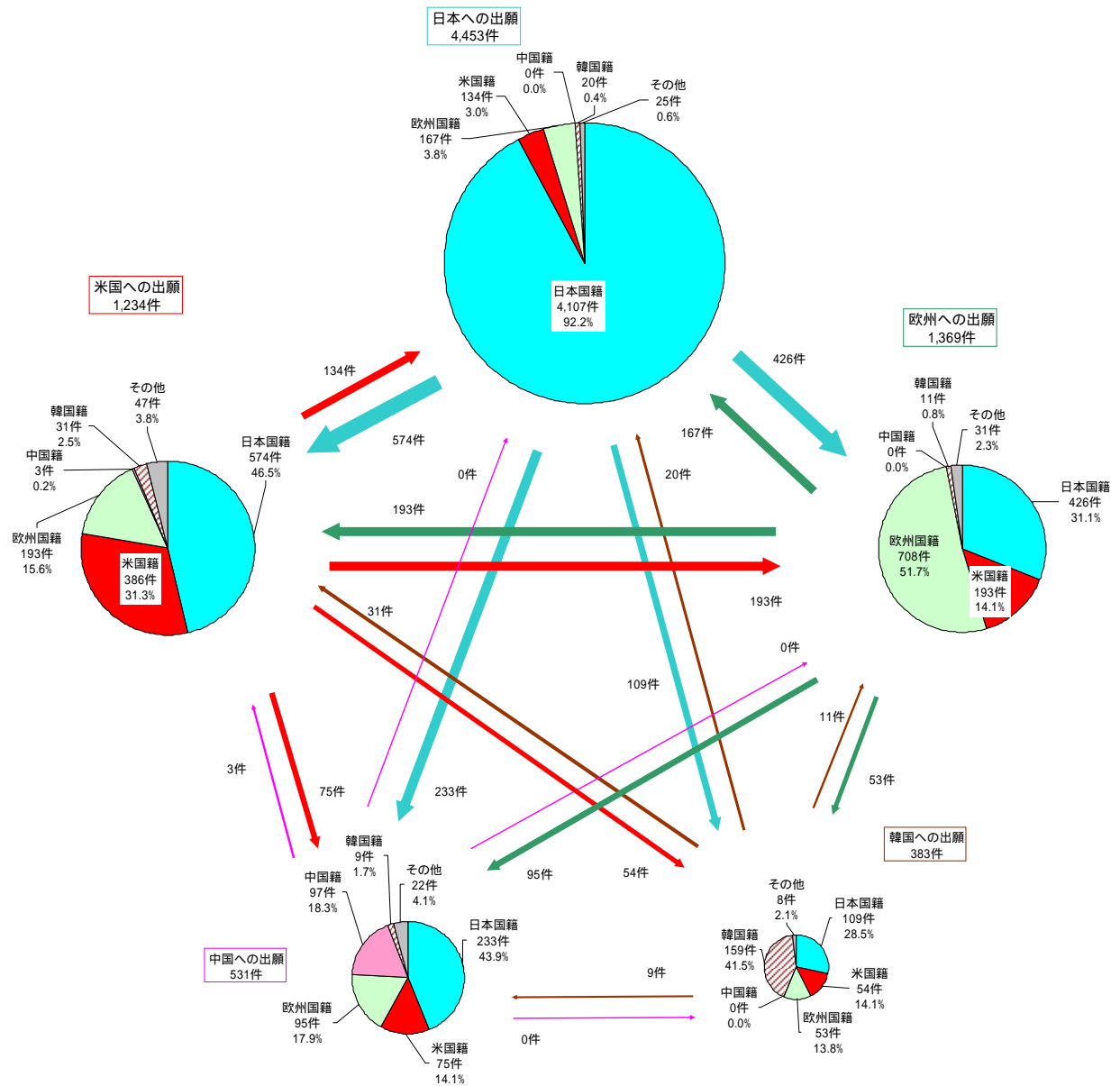
米国籍出願人は欧州へ 193 件出願しているのに対し、欧州国籍出願人は米国へ同じく 193 件出願している。米国籍出願人は中国へ 75 件出願しているのに対し、中国籍出願人は米国へ 3 件出願している。米国籍出願人は韓国へ 54 件出願しているのに対し、韓国籍出願人は米国へ 31 件出願している。

欧州国籍出願人は中国へ 95 件出願しているのに対し、中国籍出願人は欧州へ出願していない。欧州国籍出願人は韓国へ 53 件出願しているのに対し、韓国籍出願人は欧州へ 11 件出願している。韓国籍出願人は中国へ 9 件出願しているのに対し、中国籍出願人は韓国へ出願していない。

日本、欧州および韓国への出願では自国からの出願件数が最も多いが、米国と中国への出願においては自国よりも日本国籍出願人の出願件数の方が多くなっている。

日本、米国および欧州から、中国あるいは韓国へ出願している件数を比較すると、日米欧のいずれも韓国への出願より中国への出願の方が多い。韓国より中国の太陽電池市場が注目されていると考えられる。

図 2-9 出願先国別出願人国籍別出願件数収支



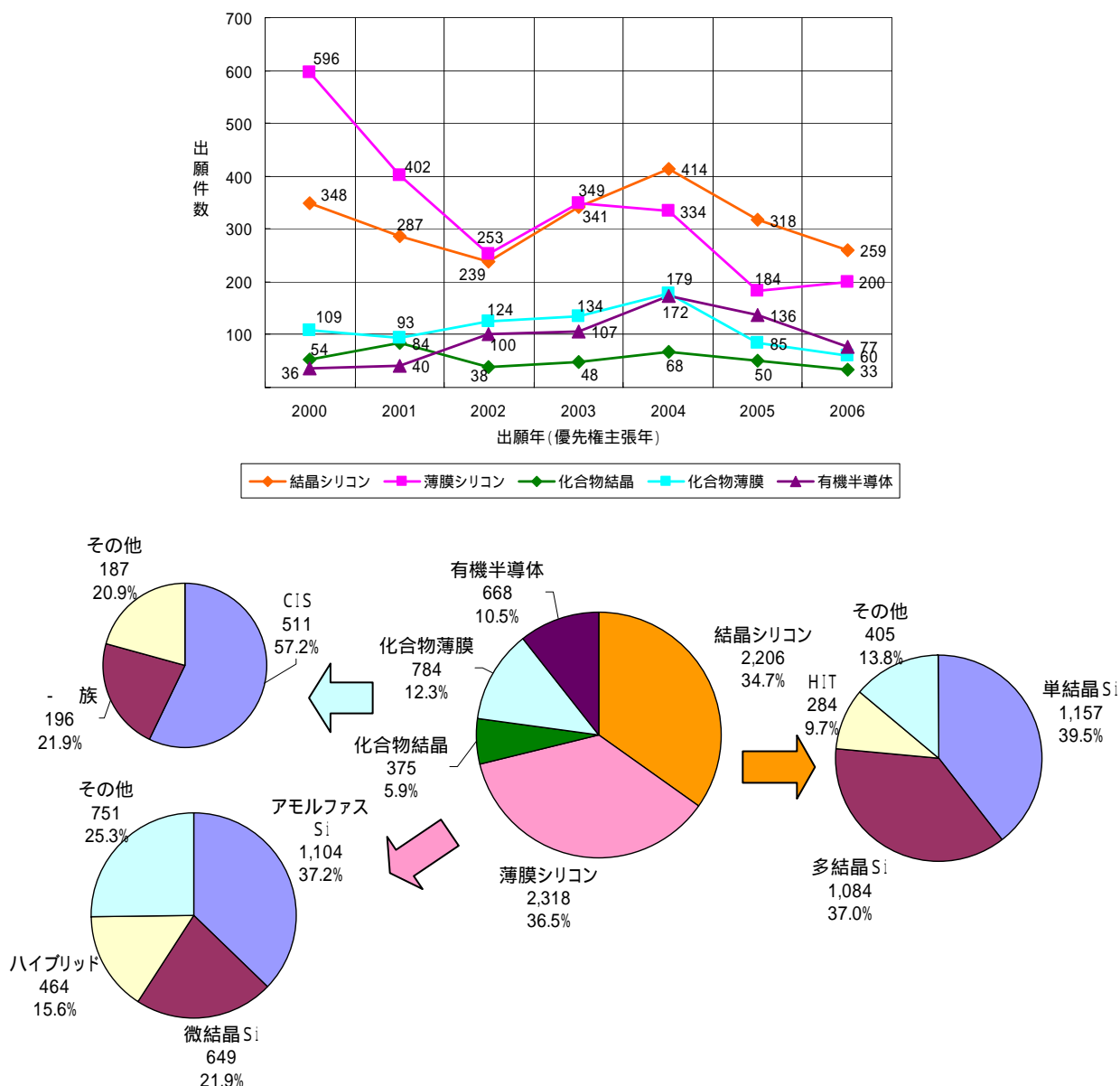
第3節 技術区分別動向調査

(1) 日米欧中韓への特許出願状況

1) 全体の出願件数推移と比率

日米欧中韓への出願における太陽電池の種類別出願件数推移と出願件数比率を図 2-10 に示す。太陽電池の種類では薄膜シリコン型が最も多く 36.5%、次いで結晶シリコン型が 34.7% で、この二つで 70% を越えている。年次推移では、薄膜シリコン型は 2000 年に 596 件であったが 2002 年には 253 件まで減少し、2003 年と 2004 年には 300 件台に戻した。結晶シリコン型は 2004 年に 414 件で最も多い。化合物薄膜系と有機半導体系においても 2004 年が最も多い。結晶シリコン型の中では単結晶シリコンと多結晶シリコンがほぼ同数、化合物薄膜系の中では CIS 系が 57.2% となっている。

図 2-10 太陽電池の種類別出願件数推移および比率 - 全体 (日米欧中韓への出願)



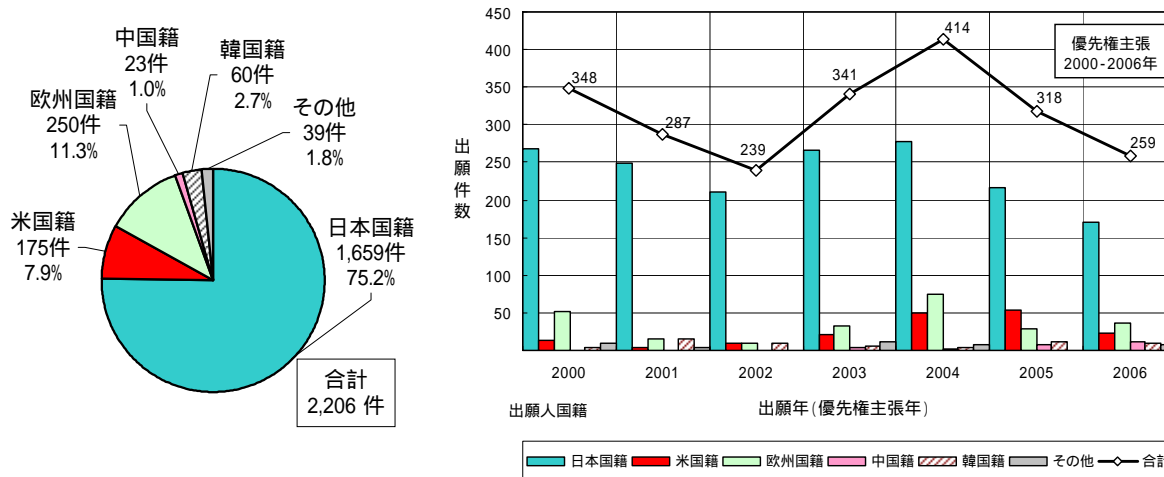
2) 太陽電池の種類別出願件数推移と比率(日米欧中韓への出願)

日米欧中韓への出願における太陽電池の種類別の出願動向を以下に示す。

結晶シリコン型太陽電池

結晶シリコン型太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-11 に示す。結晶シリコン型太陽電池に関する出願は、日本国籍が最も多く全体の 75.2%を占めている。出願年別では、2004 年に欧州国籍が、2004 年と 2005 年に米国籍がやや多くなっている。

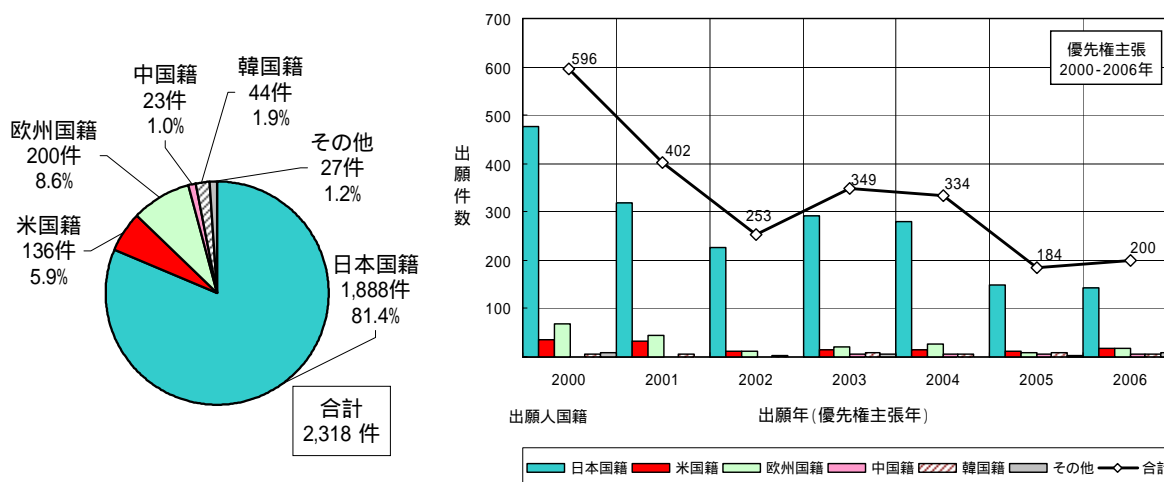
図 2-11 結晶シリコン型太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率(日米欧中韓への出願)



薄膜シリコン型太陽電池

薄膜シリコン型太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-12 に示す。薄膜シリコン型太陽電池に関する出願は、日本国籍が最も多く全体の 81.4%を占めている。次いで欧州国籍が 8.6%となっている。

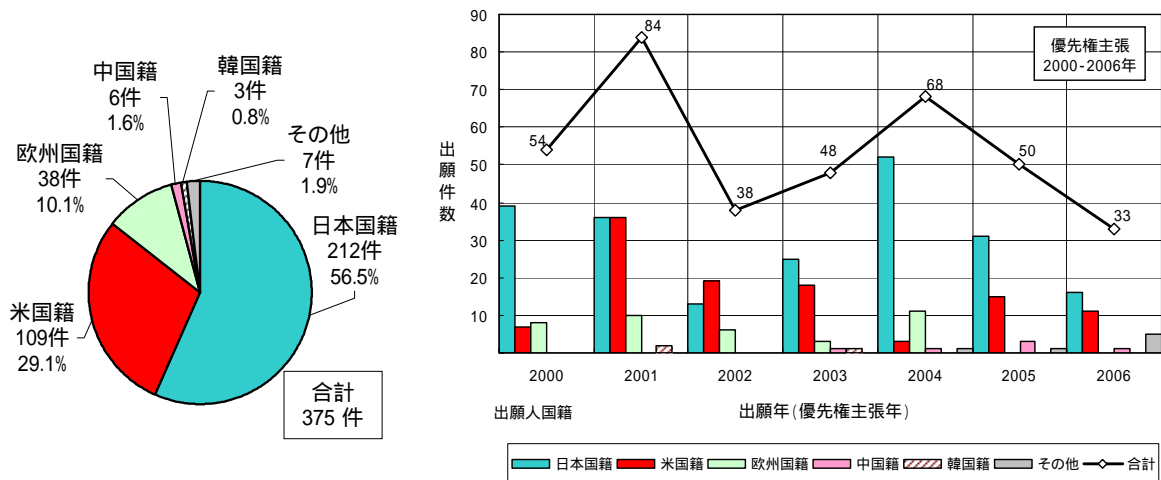
図 2-12 薄膜シリコン型太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率(日米欧中韓への出願)



化合物結晶系太陽電池

化合物結晶系太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-13 に示す。化合物結晶系太陽電池に関する出願は、日本国籍が最も多く全体の 56.5% を占めている。シリコン系太陽電池の場合と比較して米国籍の比率が 29.1% と高くなっている。

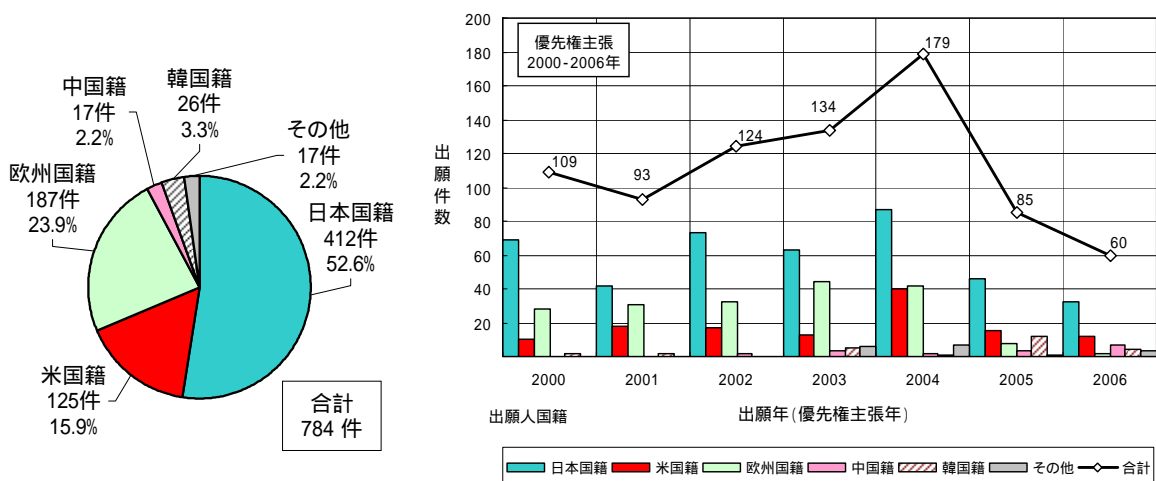
図 2-13 化合物結晶系太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



化合物薄膜系太陽電池

化合物薄膜系太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-14 に示す。化合物薄膜系太陽電池に関する出願は、日本国籍が最も多く全体の 52.6% を占めている。次いで欧州国籍が 23.9% と他のタイプの太陽電池と比較して欧州国籍の比率がやや高い特徴がある。

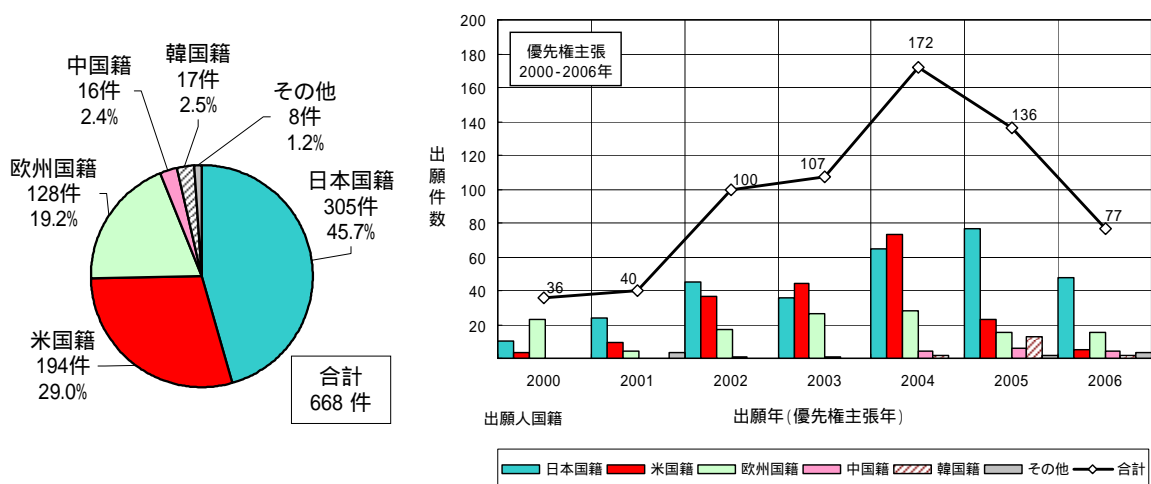
図 2-14 化合物薄膜系太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



有機半導体系太陽電池

有機半導体系太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-15 に示す。有機半導体系太陽電池に関する出願についても、日本国籍が最も多く全体の 45.7%を占めているが、有機半導体系だけは 50%を割っている。次いで米国籍が 29.0%、欧州国籍が 19.2%となっている。

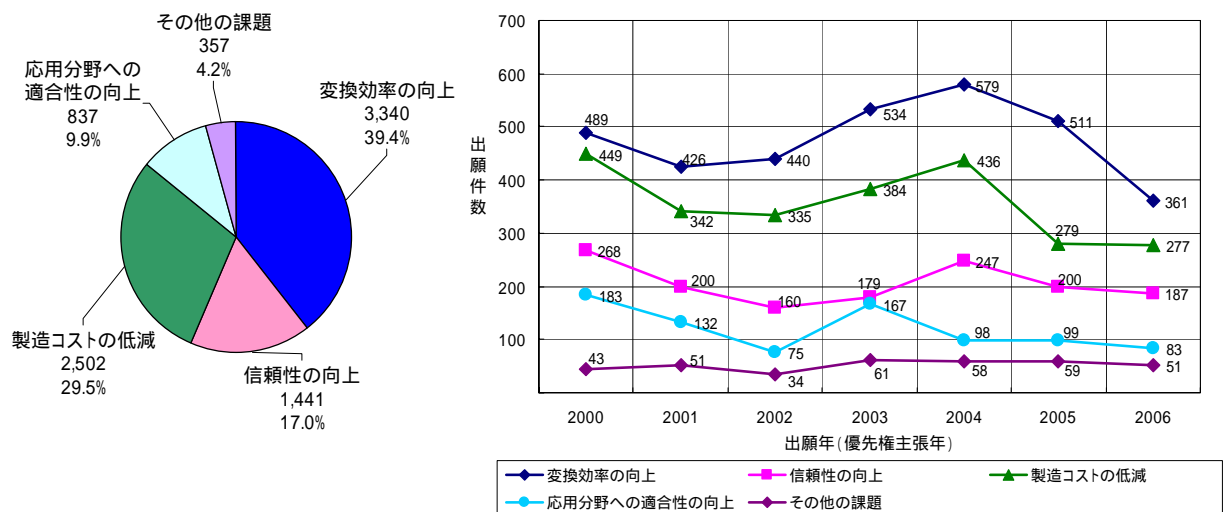
図 2-15 有機半導体系太陽電池の出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



3) 全体の課題別出願件数推移と比率

日米欧中韓への出願における課題別の出願件数推移と出願件数比率を図 2-16 に示す。太陽電池に関する特許に示された課題としては、変換効率の向上が最も多く 39.4% を占めている。次いで製造コストの低減が 29.5% で、この二つで 70% 近くを占めている。課題別の出願件数の年次推移としては、どの課題もよく似た推移を示している。

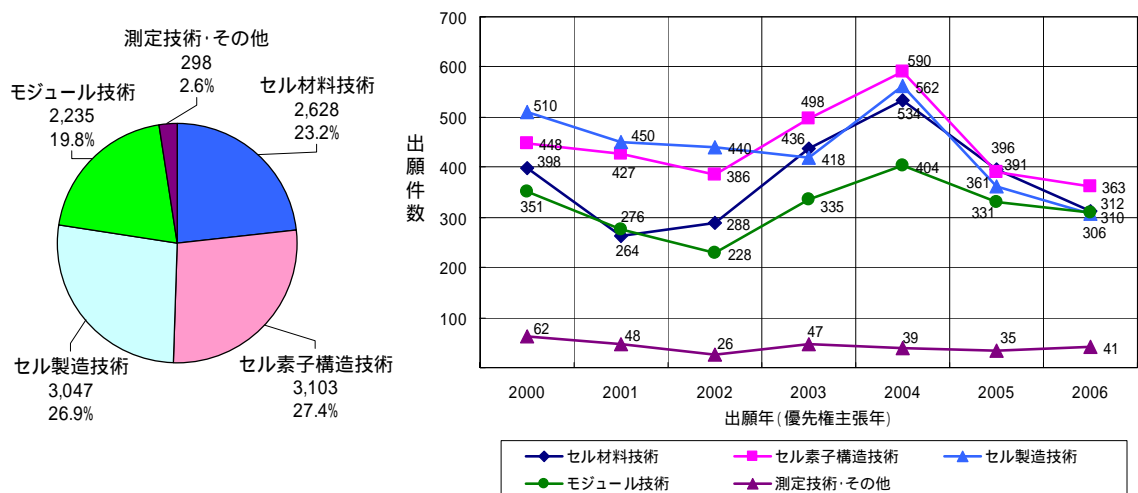
図 2-16 太陽電池全体の課題別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



4) 全体の解決手段別出願件数推移と比率

日米欧中韓への出願における解決手段別の出願件数推移と出願件数比率を図 2-17 に示す。太陽電池に関する特許に示された課題を解決するための技術としては、セル素子構造技術とセル製造技術とセル材料技術がともに 25% 前後の比率を示している。解決手段別の出願件数の年次推移としては、どの技術もよく似た推移を示している。

図 2-17 太陽電池全体の解決手段別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）

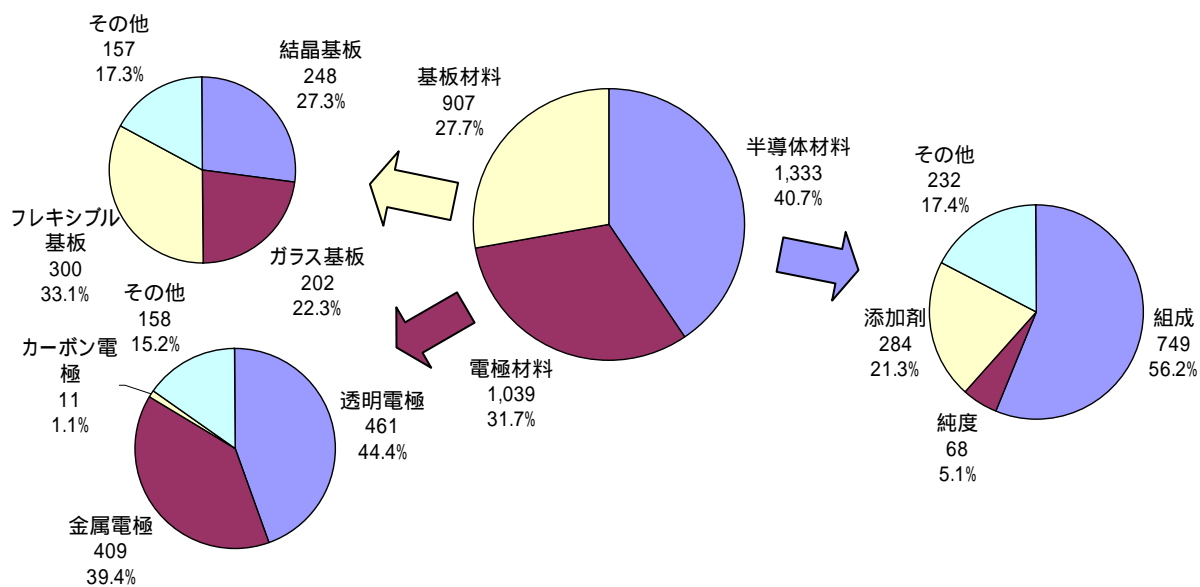
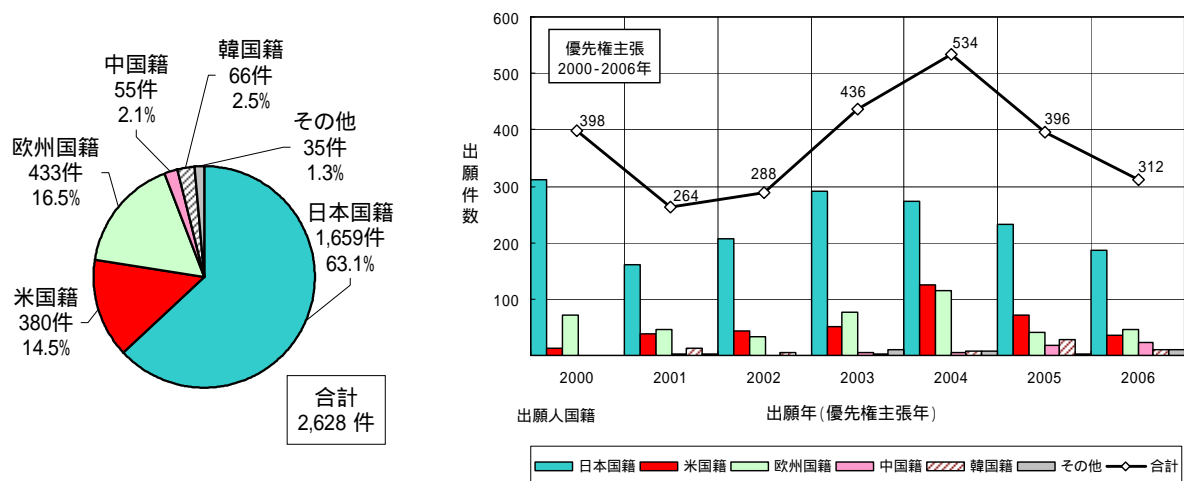


セル材料技術（日米欧中韓への出願）

セル材料技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-18 に示す。日本国籍が最も多く全体の 63.1% を占めているが、集計した 5 つの解決手段の中では最も比率が低い。一方、米国籍は 14.5% であるが、集計した 5 つの解決手段の中では最も比率が高い。

セル材料技術の中では半導体材料が 40.7% で最も多く、次いで電極材料が 31.7% となっている。半導体材料の中では組成が最も多く 56.2% を占めている。なお、組成の中には、化合物や元素の組成だけでなく、有機化合物の構造も含んでいる。

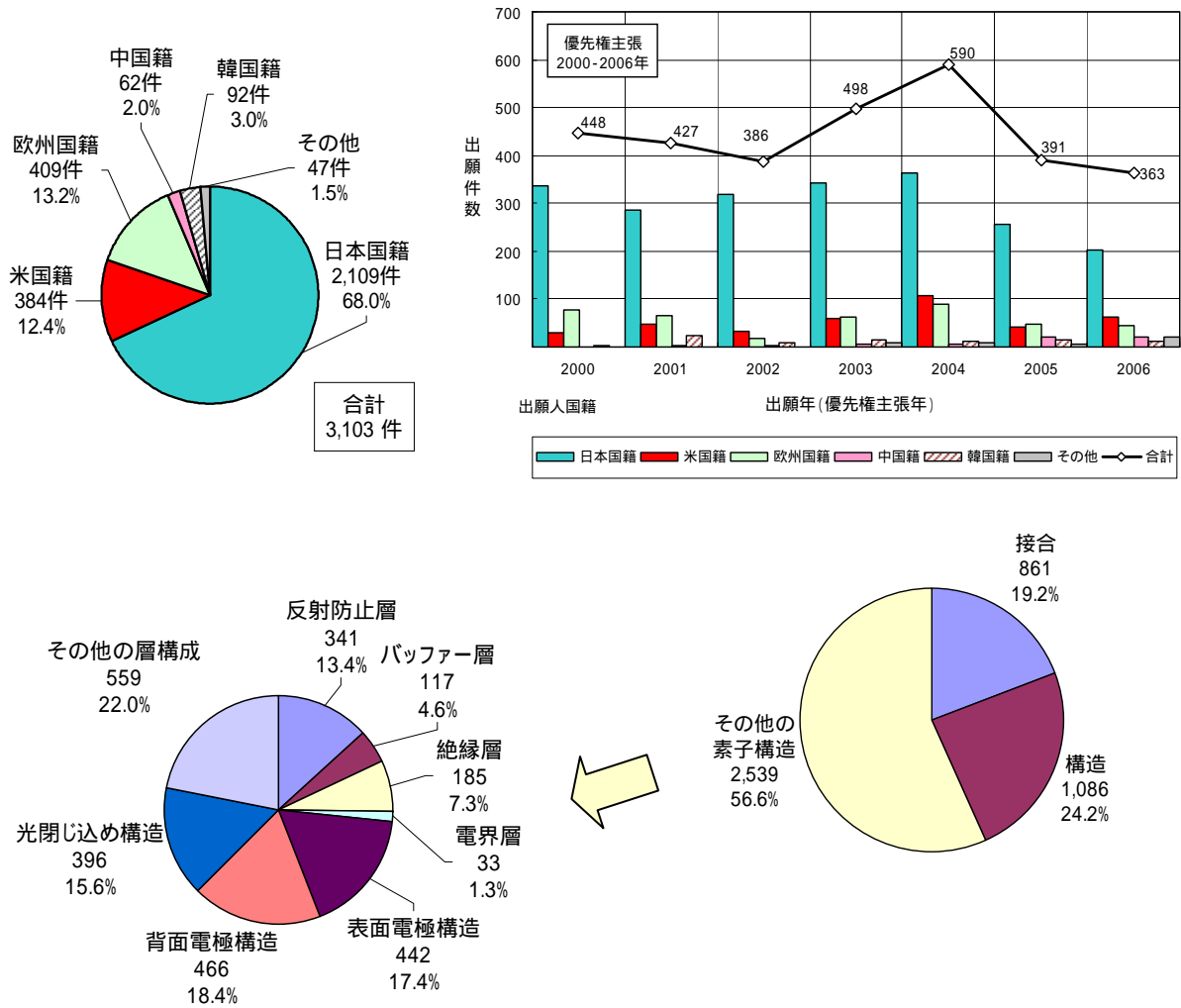
図 2-18 セル材料技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



セル素子構造技術

セル素子構造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-19 に示す。日本国籍が全体の 68.0%を占めており最も多い。セル素子構造技術の中では、その他の素子構造が 56.6%で最も多く、その他の素子構造の中では、その他の層構成が 22.0%、背面電極構造が 18.4%、表面電極構造が 17.4%、光閉じ込め構造が 15.6%となっている。

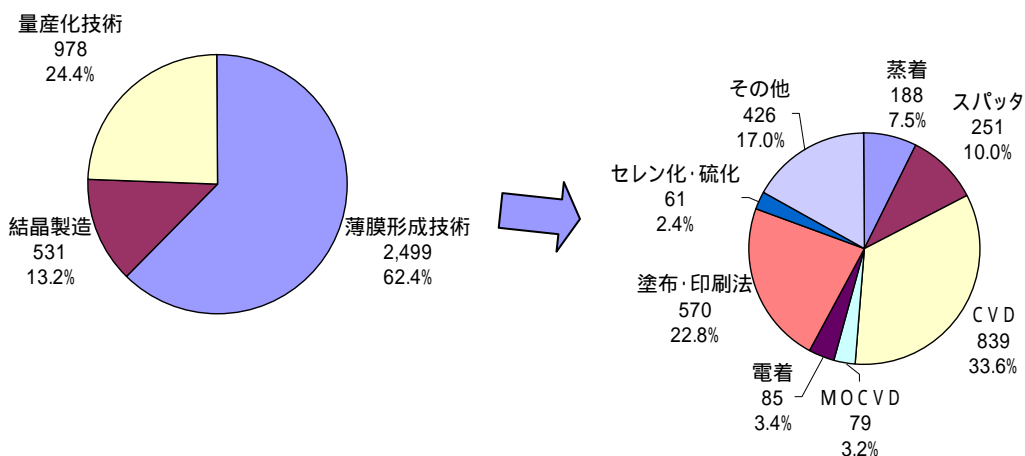
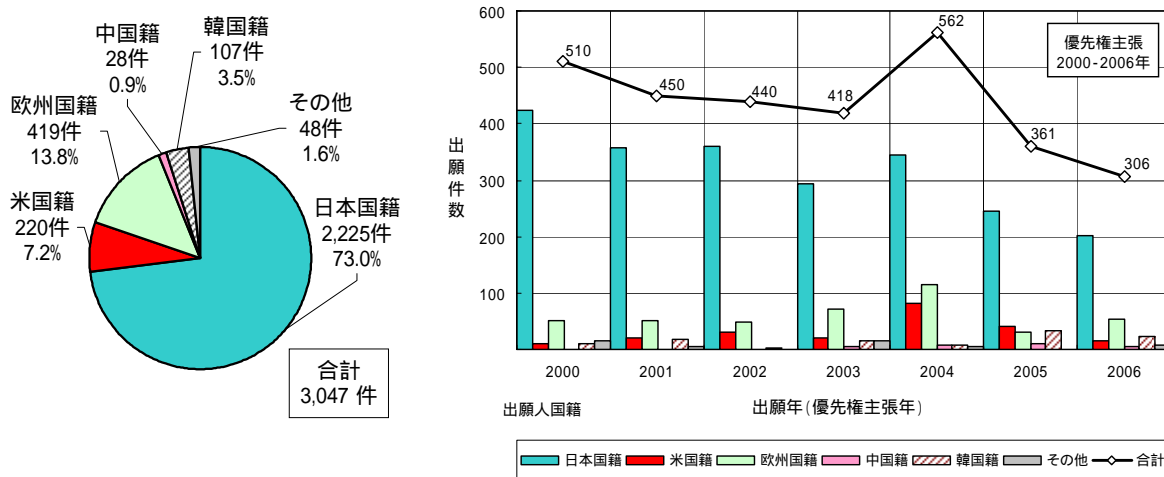
図 2-19 セル素子構造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



セル製造技術

セル製造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-20 に示す。日本国籍が最も多く全体の 73.0% を占めている。次いで欧州国籍が 13.8% となっている。セル製造技術の中では、CVD が 33.6% で最も多く、次いで塗布・印刷技術が 22.8% となっている。

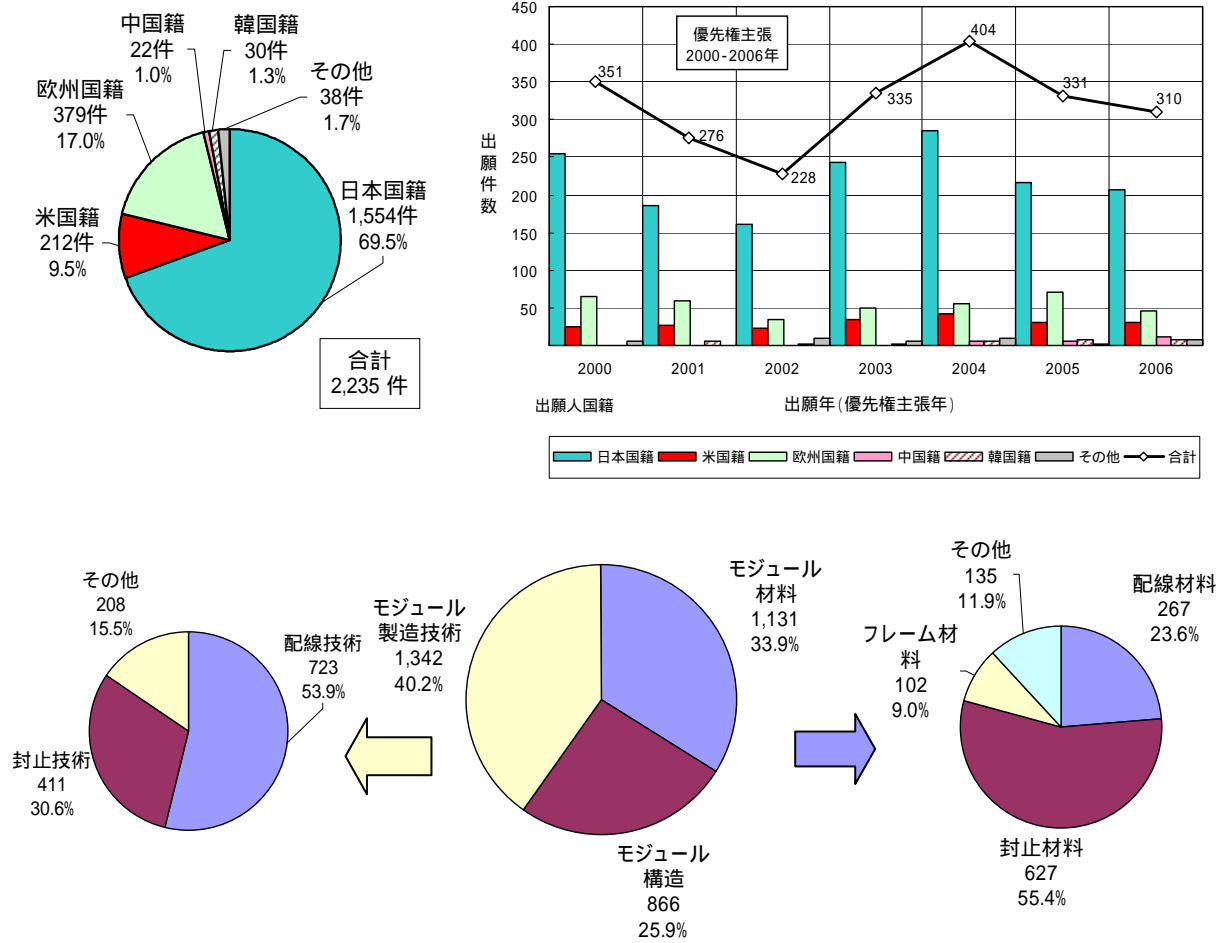
図 2-20 セル製造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



モジュール技術

モジュール技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-21 に示す。日本国籍出願人が 69.5% で最も多い。モジュール技術の内訳としては、モジュール製造技術が 40.2% と最も多く、次いでモジュール材料技術が 33.9% である。モジュール製造技術では配線技術が 53.9% と多く、モジュール材料技術では封止材料が 55.4% と多い。

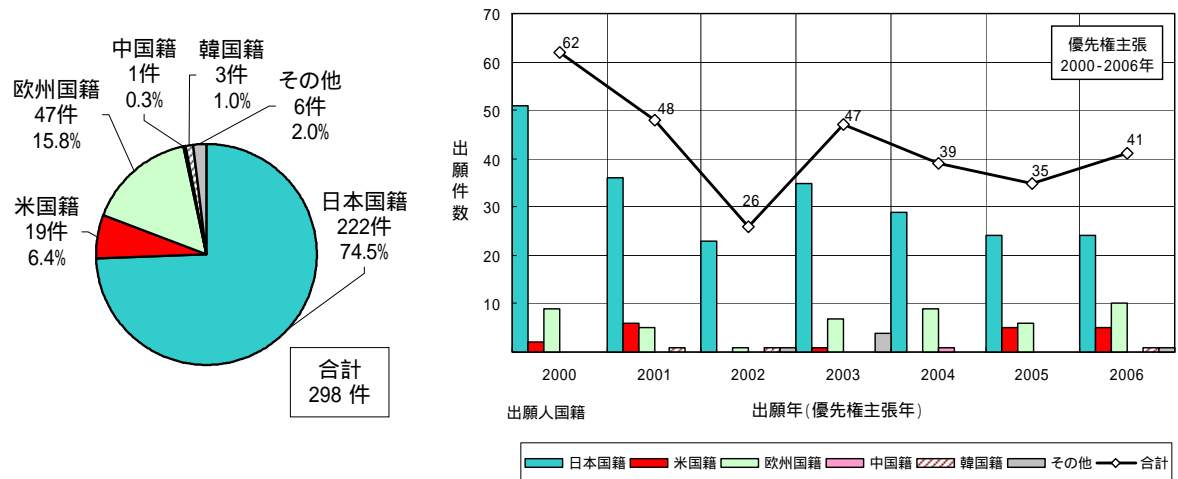
図 2-21 モジュール技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



測定技術・その他

測定技術・その他に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-22 に示す。2000 年が多く 2002 年は少なくなっているが、概ね 40 件前後の出願がある。

図 2-22 測定技術・その他に関する出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



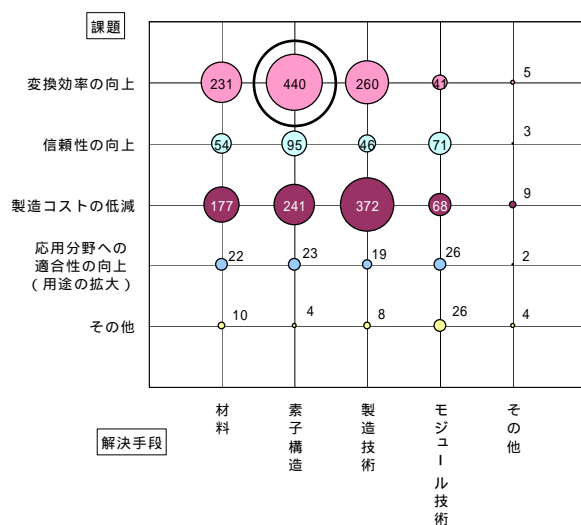
第4節 注目研究開発テーマ別特許出願動向調査

(1) 注目研究開発テーマの選定

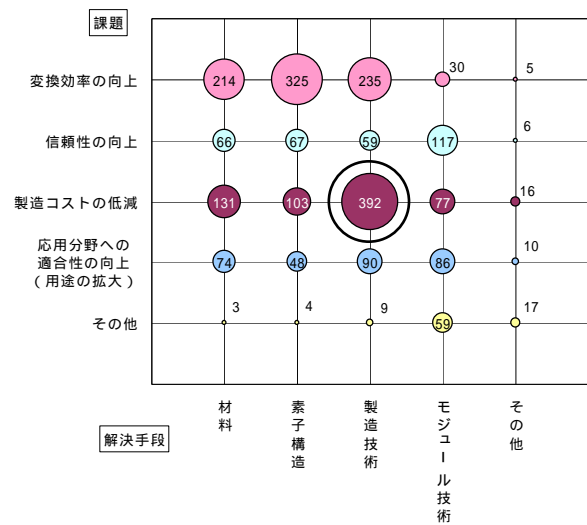
太陽電池に関する注目研究開発テーマとして、太陽電池の種類ごとに「課題」と「解決手段」の関係から、多くの特許が出願されているポイントが注目されていると考え、そのポイントを採用した。図 2-23 に日本への出願の太陽電池の種類ごとの「課題」と「解決手段」の関係を示す。

図 2-23 太陽電池の種類別の課題と解決手段の関係（日本への出願）

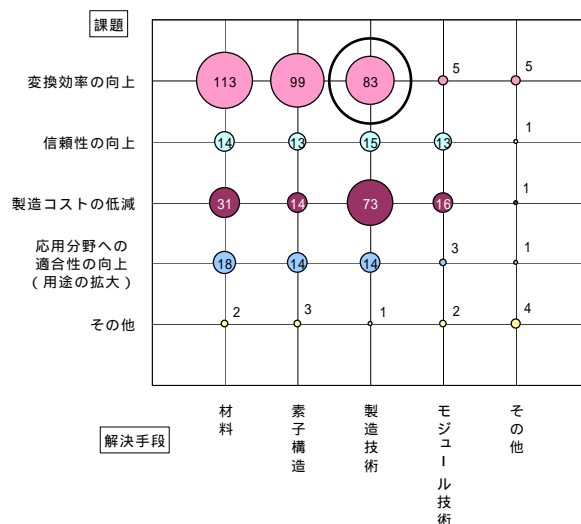
a) 結晶シリコン



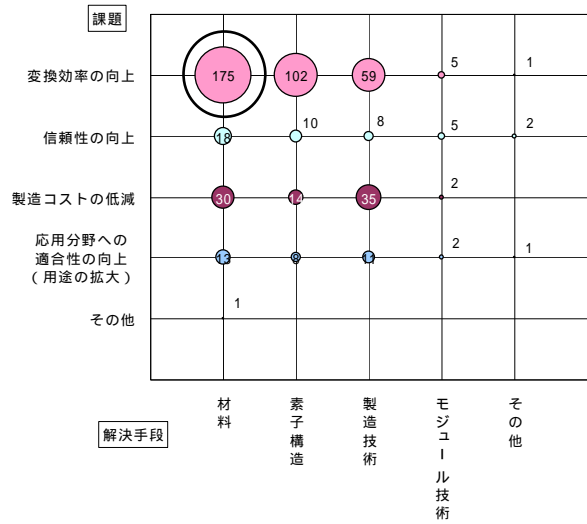
b) 薄膜シリコン



c) 化合物薄膜



d) 有機半導体



丸で示したポイントを注目研究開発テーマとして採用

結晶シリコン型太陽電池については、変換効率の向上のための素子構造技術が最も多く、これを結晶シリコン型太陽電池の注目研究開発テーマとした。素子構造技術の中には、光閉じ込め構造が含まれ、変換効率の向上のための重要な解決手段である。

薄膜シリコン型太陽電池については、製造コスト低減のための製造技術が最も多く、これを薄膜シリコン型太陽電池の注目研究開発テーマとした。薄膜シリコン型太陽電池は変換効率では結晶シリコン型よりも劣っており、薄膜シリコン型が結晶シリコン型に置き換わっていくには製造コストの低減が重要であり、中でも CVD 技術が重要な解決手段である。

化合物薄膜系太陽電池については、変換効率の向上のための製造技術を注目研究開発テーマとした。件数としては、材料や素子構造の方が若干多いが、材料、素子構造については、すでにある程度、方向性が出ており、また、製造コスト低減においては圧倒的に製造技術が多く、特に、セレン化 / 硫化を含む製造技術は CIS 系化合物薄膜太陽電池に特有な技術であることから、変換効率の向上のための製造技術とした。

有機半導体系太陽電池については、変換効率の向上のための材料技術が最も多く、これを有機半導体系太陽電池の注目研究開発テーマとした。有機半導体系太陽電池は、製造コストや信頼性、あるいは素子構造も重要であるが、研究開発の段階として材料技術、特に、半導体材料技術で変換効率の向上を図ろうとしていると考えられる。

これらの検討の結果、以下の 4 つについて、注目研究開発テーマとする。

- 1) 結晶シリコン型太陽電池における変換効率の向上のための素子構造技術
- 2) 薄膜シリコン型太陽電池における製造コスト低減のための製造技術
- 3) 化合物薄膜系太陽電池における変換効率の向上のための製造技術
- 4) 有機半導体系太陽電池における変換効率の向上のための材料技術

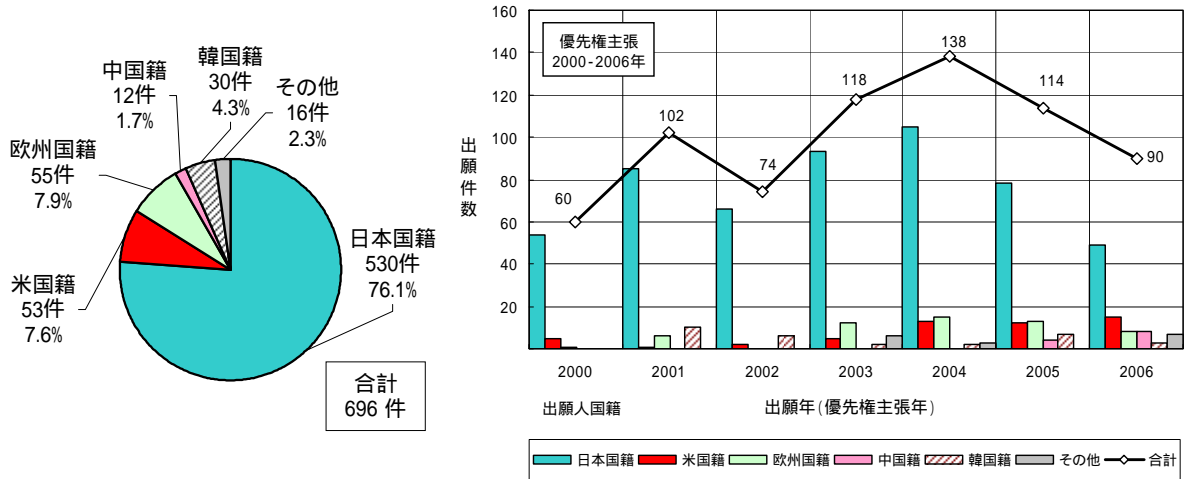
上記の 4 テーマについて、日米欧中韓への出願の合計および日米欧中韓の各国への出願件数推移と出願人国籍別比率を以下に示す。

(2) 注目研究開発テーマ別特許出願動向

1) 結晶シリコン型太陽電池における変換効率の向上のための素子構造技術

日米欧中韓への出願における、結晶シリコン型太陽電池における変換効率の向上のための素子構造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-24 に示す。結晶シリコン型太陽電池全体(図 2-11)と比較すると 2000 年が少なくなっている。

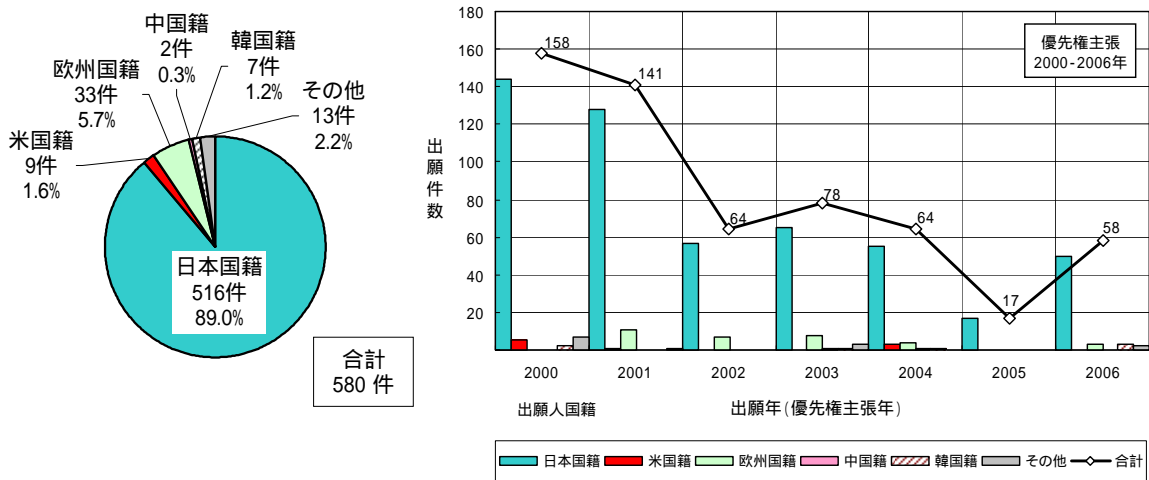
図 2-24 結晶シリコン型太陽電池における変換効率の向上のための素子構造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率(日米欧中韓への出願)



2) 薄膜シリコン型太陽電池における製造コスト低減のための製造技術

日米欧中韓への出願における、薄膜シリコン型太陽電池における製造コスト低減のための製造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-25 に示す。2000 年から 2005 年は明らかな減少傾向が見られるが、2006 年には増加している。

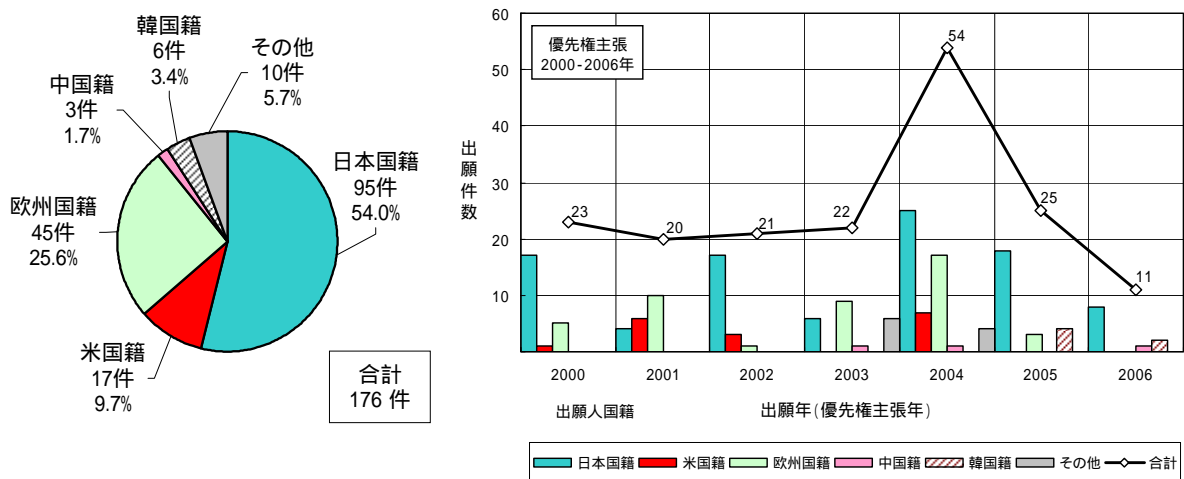
図 2-25 薄膜シリコン型太陽電池における製造コスト低減のための製造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率(日米欧中韓への出願)



3) 化合物薄膜系太陽電池における変換効率の向上のための製造技術

日米欧中韓への出願における、化合物薄膜系太陽電池における変換効率の向上のための製造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-26 に示す。年間に概ね 20 件程度の出願件数であるが、2004 年だけは 54 件と多くなっている。

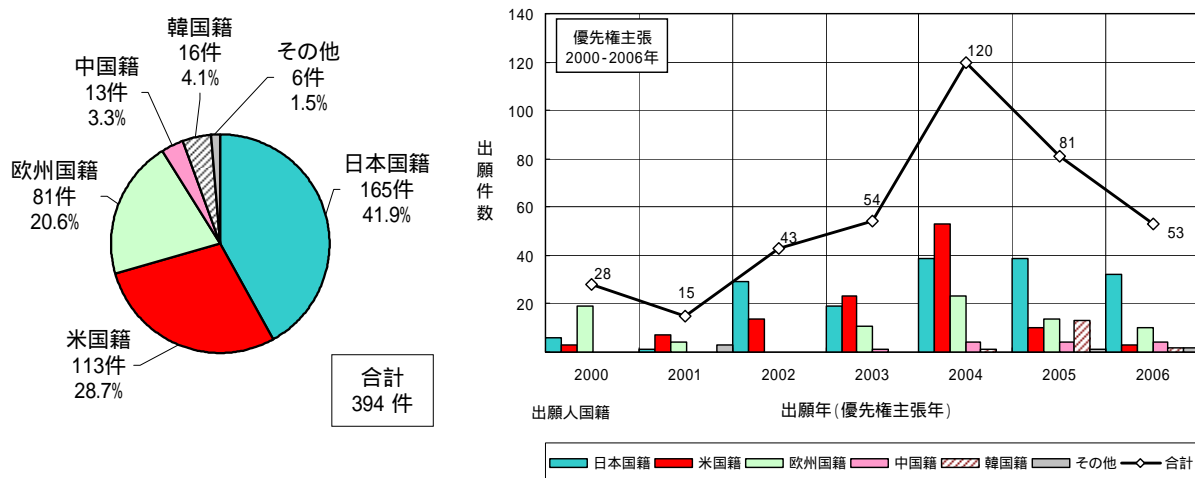
図 2-26 化合物薄膜系太陽電池における変換効率の向上のための製造技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



4) 有機半導体系太陽電池における変換効率の向上のための材料技術

日米欧中韓への出願における、有機半導体系太陽電池における変換効率の向上のための材料技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率を図 2-27 に示す。2001 年から 2004 年にかけて大きく増加している。

図 2-27 有機半導体系太陽電池における変換効率の向上のための材料技術に関する出願人国籍別出願件数推移と比率（日米欧中韓への出願）



第5節 出願人別動向調査

(1) 日米欧中韓への特許出願状況

出願人別の出願件数ランキングを、表 2-28 に示す。日米欧中韓への出願件数が最も多いのはシャープで 691 件である。以下、京セラ、キヤノン、三洋電機と日本の企業が上位を占めている。外国の出願人の最上位は 15 位の E.I.デュボン（米国）の 73 件である。

表 2-28 出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人	出願件数
1	シャープ	691
2	京セラ	617
3	キヤノン	541
4	三洋電機	466
5	三菱重工業	244
6	カネカ	236
7	富士電機ホールディングス	196
8	パナソニック	146
9	信越化学工業	124
10	信越半導体	98
11	産業技術総合研究所	93
12	本田技研工業	92
13	大日本印刷	79
14	凸版印刷	76
15	E.I. デュボン(米国)	73
16	三菱電機	72
17	住友電装	69
18	日本板硝子	67
19	半導体エネルギー研究所	66
20	プリンストン大学(米国)	63
20	三星 SDI(韓国)	63
22	コナルカ テクノロジーズ(米国)	61
23	ソニー	57
24	昭和シェル石油	56
25	日立電線	52
26	中田 仗祐	50
27	BP ノース アメリカ(米国)	49
28	コミッサリア タ レネルジー アトミック(フランス)	48
28	ジェネラル エレクトリック(米国)	48
30	ブリヂストン	46

(2) 日米欧中韓の各国への特許出願状況

出願先国別の出願件数上位ランキングを表 2-29 に示す。日本、米国、欧州および中国への出願において、いずれも 3 位までは日本の出願人で占められている。日本への出願では上位 10 社（機関）が全て日本の出願人である。米国への出願では 10 位までに日本の出願人が 6 社、米国の出願人が 4 社（機関）入っている。欧州への出願ではフランスとドイツの研究機関がそれぞれ 4 位と 5 位に入っている。中国への出願では上位を日本と米国の出願人が占めている。韓国への出願では三星 SDI が 1 位で、2 位以下を大きく引き離している。

表 2-29 出願人別出願件数上位ランキング (出願先国別)

日本への出願			米国への出願			欧州への出願			中国への出願			韓国への出願		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	京セラ	569	1	キヤノン	118	1	三洋電機	63	1	三洋電機	42	1	三星SDI(韓国)	46
2	シャープ	556	2	シャープ	67	2	シャープ	45	2	キヤノン	38	2	E.I. デュボン(米国)	11
3	キヤノン	347	3	三洋電機	63	3	キヤノン	37	3	シャープ	14	3	シャープ	9
4	三洋電機	289	4	京セラ	35	4	コミッサリア タレネルジー アトミック(フランス)	31	4	E.I. デュボン(米国)	13	3	プリンストン大学(米国)	9
5	三菱重工業	209	5	カネカ	24	5	フラウンホーファー(ドイツ)	24	5	パナソニック	12	3	三洋電機	9
6	富士電機ホールディングス	183	5	半導体エネルギー研究所	24	6	カネカ	23	6	半導体エネルギー研究所	10		8件以下省略	
7	カネカ	177	7	BP ノース アメリカ(米国)	23	7	コナルカ テクノロジーズ(米国)	19	7	ジェネラル エレクトリック(米国)	9			
8	パナソニック	104	8	コナルカ テクノロジーズ(米国)	21	7	信越化学工業	19		8件以下省略				
9	産業技術総合研究所	78	9	プリンストン大学(米国)	20	9	サンゴバン グラス フランス(フランス)	18						
10	凸版印刷	75	10	ボーイング(米国)	19	10	ショイテン グラースグループ(オランダ)	17						

第 6 節 三極コア出願動向調査

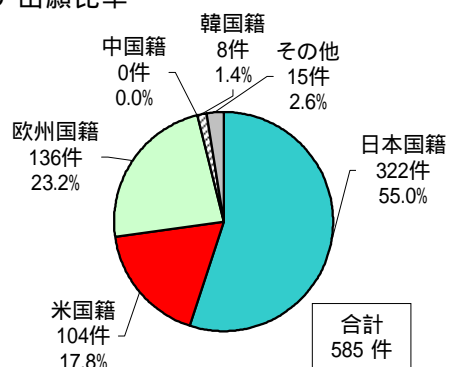
日本と米国と欧州 (EPC 出願と各国への出願を含む) の三極の全てに出願された特許を、三極コア出願と定義し特許出願のファミリー単位で集計した。表 2-30 に出願人国籍別三極コア出願件数と三極コア出願比率を示す。なお、PCT 出願が国内段階に移行するまで最大 30 ヶ月かかるため、国内段階での公報発行が遅れることなどにより、直近の 2,3 年のデータは、全データが取得されていない可能性があることに注意が必要である。

日本国籍出願人は、三極コア出願件数は 322 件で最も多いが、三極コア出願比率は約 8% である。米国籍と欧州国籍出願人は、三極コア出願件数はそれぞれ 104 件、136 件であるが、三極コア出願比率はそれぞれ約 27%、約 28% である。

表 2-30 出願人国籍別三極コア出願件数および三極コア出願比率

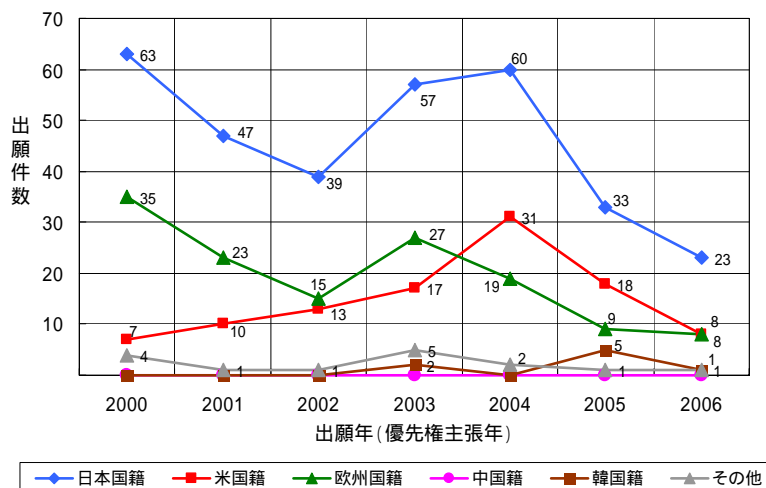
出願人国籍	三極コア出願件数	全体の出願件数	三極コア出願の比率
日本	322	4,037	8%
米国	104	380	27%
欧州	136	488	28%
中国	0	99	0%
韓国	8	165	5%
その他	15	61	25%
合計	585	5,230	11%

(特許出願のファミリー単位で集計)



日米欧出願人国籍別の三極コア出願件数の年次推移を図 2-31 に示す。日本国籍出願人は、2000 年から 2006 年のいずれの年次においても三極コア出願件数が最も多い。米国籍出願人は、2004 年に 31 件で三極コア出願件数が最も多くなっている。欧州国籍出願人は、2000 年が 35 件で最も多く 2003 年にもピークがある。

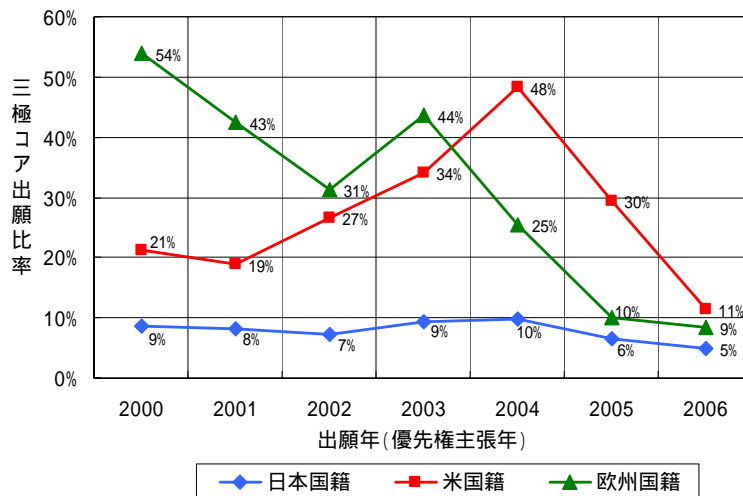
図 2-31 出願人国籍別三極コア出願件数の推移



(特許出願のファミリー単位で集計)

日米欧出願人国籍別の三極コア出願比率の年次推移を図 2-32 に示す。欧州国籍の三極コア出願比率は、2000 年の 54% 以降は減少傾向である。米国籍は 2001 年から 2004 年にかけて増加している。日本国籍は 10% 弱で低位で安定している。

図 2-32 出願人国籍別三極コア出願比率の推移



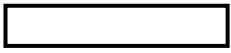
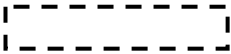




(特許出願のファミリー単位で集計)

第7節 基本特許・重要特許

(1) 基本特許・重要特許の選定方法

本調査では、太陽電池に関する基本特許および重要特許について、以下の基準を設けて選定した。

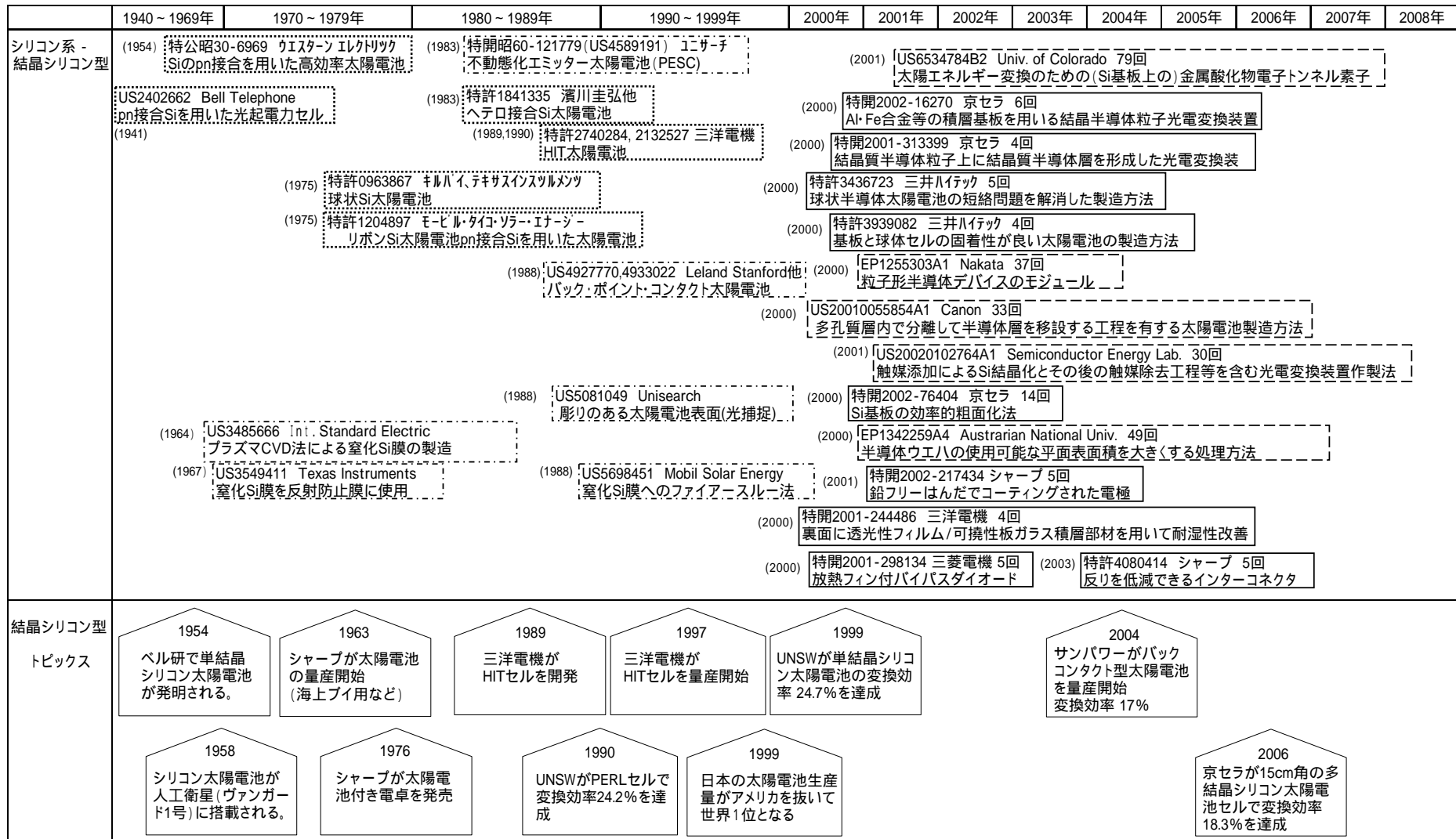
参考文献等によりその技術について最初に出願されたと考えられる特許（点線枠）	
委員会の委員から推薦のあった特許（一点鎖線枠）	
日本において特許審査に当たり審査官に引用された回数が4回以上の特許出願（実線枠）	
外国への出願において、ファミリーとしてそのファミリー以外の特許に引用された回数が30回以上の特許（破線枠） 特許番号は、そのファミリーの中で今回調査対象となった特許の特許番号とした。	
侵害訴訟関連特許（点線枠、色付き）	
公表されたライセンス情報の関連特許（実線、色付き）	

なお、 から は調査対象期間である優先権主張年 2000 年から 2006 年の特許から選定した。 と は 2000 年以前に出願された特許を含んでいる。

(2) 太陽電池の技術変遷図

図 2-33 に、太陽電池の種類別に基本特許・重要特許による技術変遷図を示す。図中には、それぞれの太陽電池が発明された時期や実用化された時期などのトピックスを記載している。なお、変換効率の達成値などのトピックスは、本調査の非特許文献の調査期間である、2007 年末時点としている。

図 2-33 (a) 太陽電池の基本特許・重要特許による技術変遷図



UNSW : ニューサウスウェールズ大学(オーストラリア)

図 2-33 (b) 太陽電池の基本特許・重要特許による技術変遷図

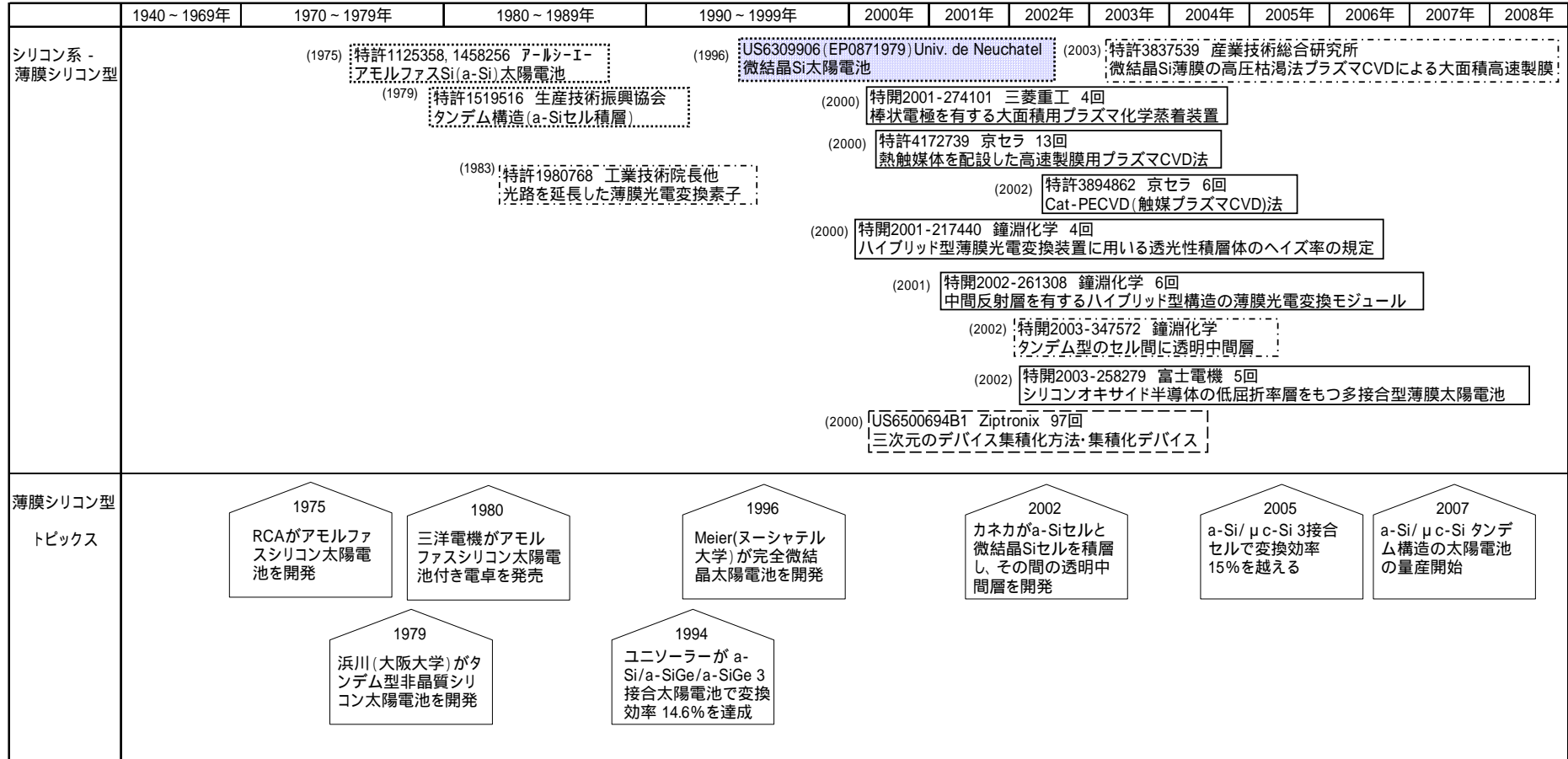


図 2-33 (c) 太陽電池の基本特許・重要特許による技術変遷図

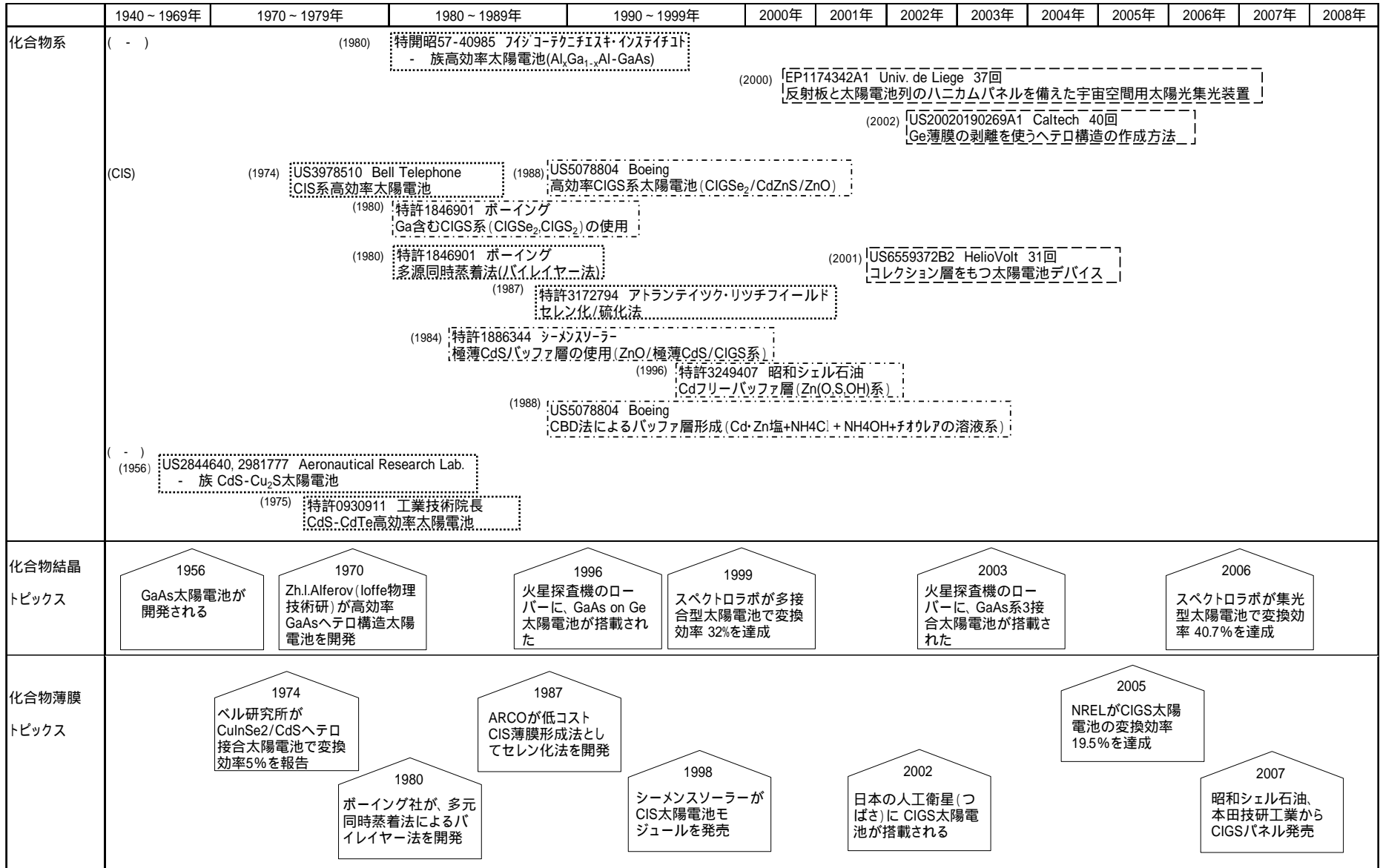
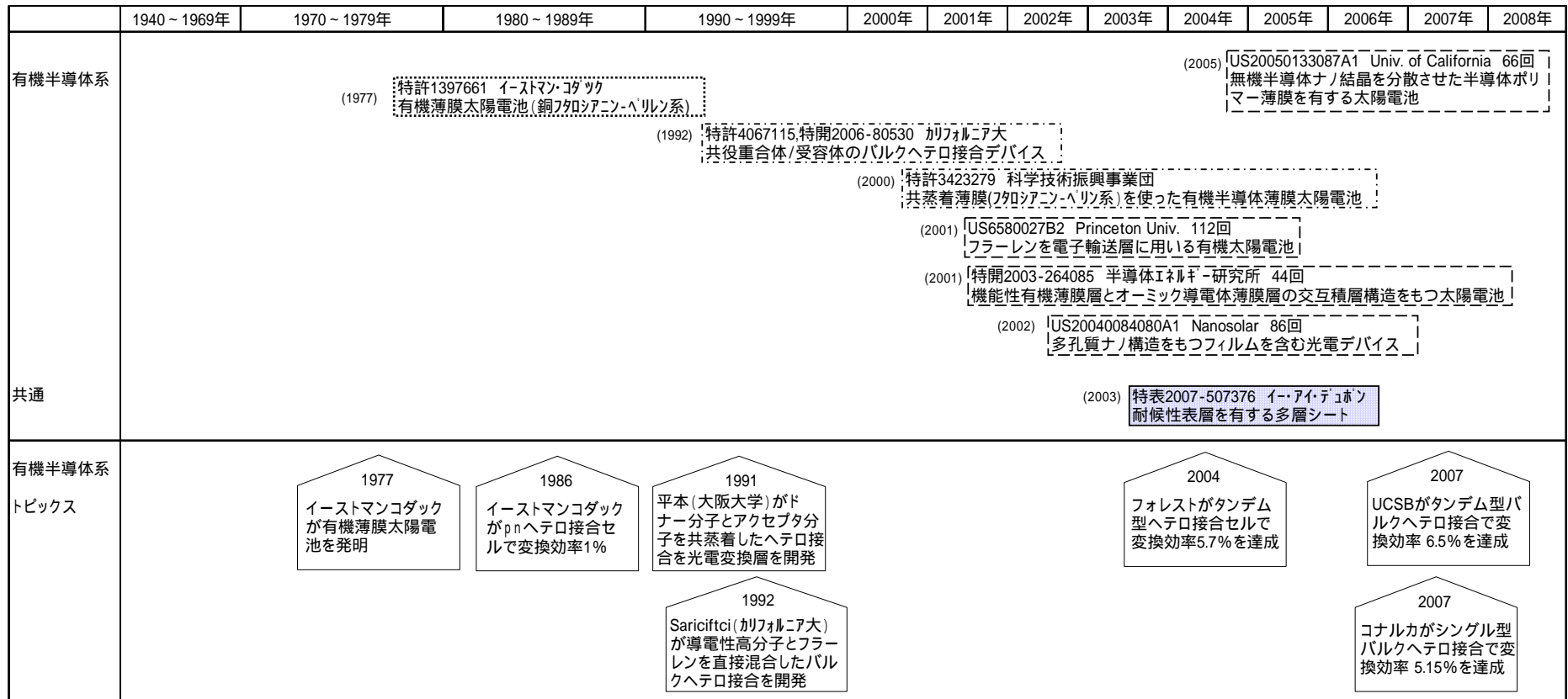


図 2-33 (d) 太陽電池の基本特許・重要特許による技術変遷図



第3章 太陽電池に関する研究開発動向調査

学術論文の発表動向からみた太陽電池に関する研究開発動向を調査した。調査対象期間は論文掲載誌の発行年ベースで2000年から2007年とした。論文の検索に使用するデータベースはJSTPlusとし、キーワードに「太陽電池」と「太陽光発電」を用いて検索して、抄録を参照して技術分類とノイズ落としを行った。技術分類の分析軸は特許調査と同様とした。

諸外国との比較を行うにあたっては、国際的な主要論文誌を選定して、その範囲内での集計を行った。選定した国際的な主要論文誌(25誌)を表3-1に示す。

なお、解析対象論文数は、全体で3,638件、国際的な主要論文誌に限定すると2,374件(65.3%)である。

表 3-1 国際的な主要論文誌に選定した論文誌

順位	資料名
1	Solar Energy Materials and Solar Cells
2	Thin Solid Films
3	Journal of Applied Physics
4	Progress in Photovoltaics
5	US Department of Energy Report
6	Japanese Journal of Applied Physics Part 1
7	Journal of Non-Crystalline Solids
8	Semiconductor Science and Technology
9	Solar Energy
10	Journal of Crystal Growth
11	Renewable Energy
12	IEEE Transactions on Electron Devices
13	Journal of Physical Chemistry B
14	Applied Physics Letters
15	Physical Review B: Condensed Mater and Materials Physics
16	Journal of Vacuum Science and Technology A
17	Physica Status Solidi. A: Applied Research
18	Journal of the American Chemical Society
19	Journal of Polymer Science Part A
20	Journal of Physical Chemistry : C
21	Energy Policy
22	IEEE Transactions on Industrial Electronics
22	Science
24	IEEE Transactions on Power Electronics
25	IEEE Transactions on Energy Conversion

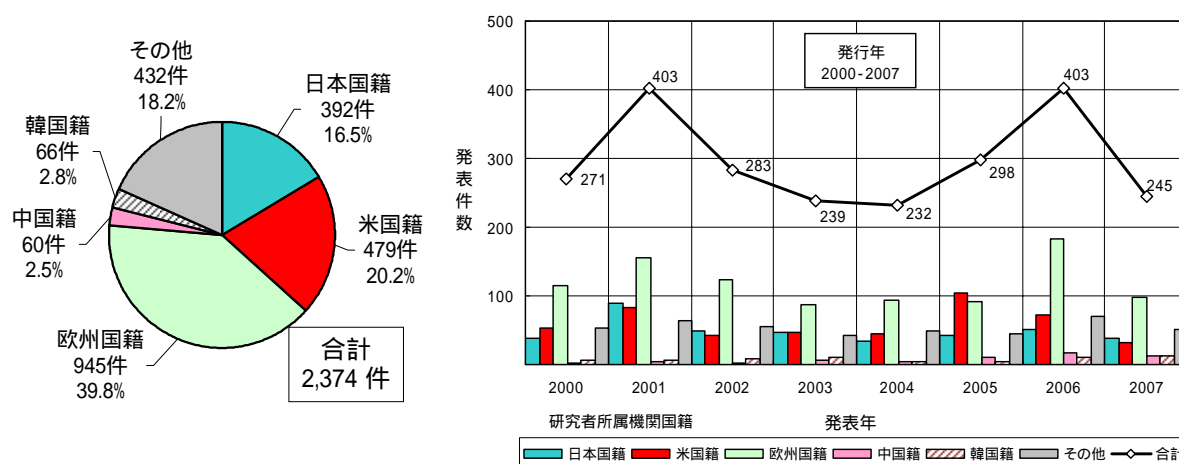
第1節 全体動向

(1) 研究者所属機関国籍別論文件数推移

太陽電池に関する論文（国際的な主要論文誌）の研究者所属機関国籍別の発表件数推移と国籍別比率を、図3-2に示す。2001年と2006年にピークがあり、ともに403件となっている。

研究機関の国籍別では、欧州国籍が最も多く39.8%を占めており、次いで米国籍が20.2%、その他の国籍が18.2%、日本国籍が16.5%と続いている。その他の国籍の中では、オーストラリア（103件）とインド（100件）から多くの論文が発表されている。

図3-2 研究者所属機関国籍別論文件数推移と国籍別比率（国際的な主要論文誌）



(2) 論文発表動向と特許出願動向の関係

図3-3に論文発表件数（国際的な主要論文誌）と特許出願件数を同じ軸で比較して示す。件数としては特許の方が多く、年次によっては5倍以上の差があるが、2006年には約2.3倍と差が小さくなっている。論文発表件数には2001年と2006年にピークがあり、特許出願件数には2004年にピークがある。

図3-3 論文発表件数（国際的な主要論文誌）と特許出願件数の比較

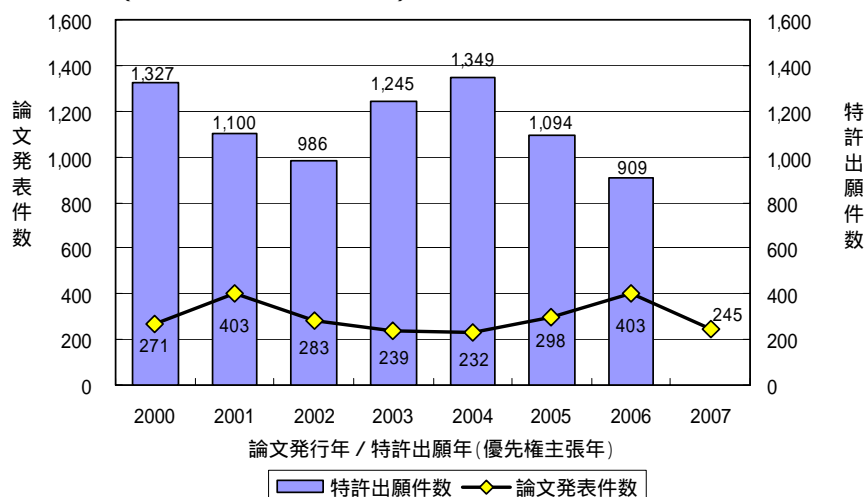
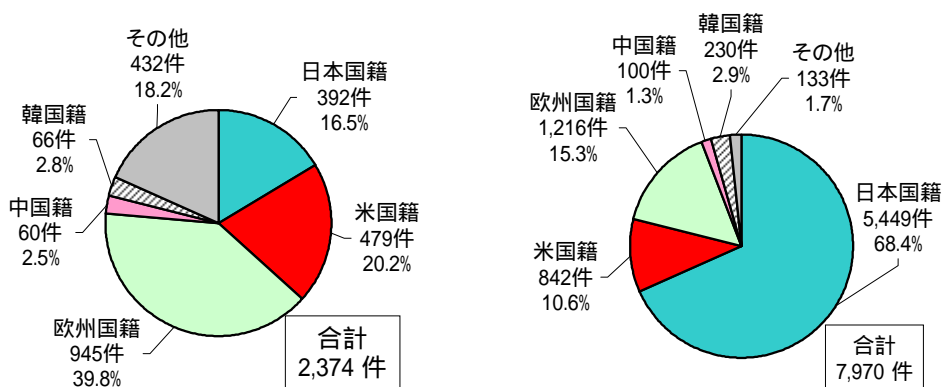


図 3-4 に論文（国際的な主要論文誌）の研究者所属機関の国籍と、特許出願人の国籍の比率を比較して示す。日本国籍は特許では 68.4% を占めるのに対し（図 2-2）、論文は 16.5% に留まっている。一方欧州国籍は、特許では 15.3% であるのに対して、論文では 39.8% になっている。日本国籍は論文件数の約 14 倍の特許出願があるのに対して、欧州国籍の特許出願件数は論文件数の約 1.3 倍である。

図 3-4 論文の研究者所属機関国籍別件数比率と特許出願人国籍別出願件数比率の比較（国際的な主要論文誌）

a) 論文の研究者所属機関国籍別件数比率 b) 特許出願人の国籍別件数比率



第 2 節 技術区分別動向

(1) 技術区分別 - 研究者所属機関国籍別論文件数（太陽電池の種類別）

太陽電池に関する技術論文を技術分類し、技術区分別発表動向を調査した。図 3-5 に太陽電池の種類別論文発表件数の推移と比率を示す。化合物薄膜に関する論文が 1,033 件で最も多く、次いで結晶シリコンが 708 件（21.9%）、薄膜シリコンが 687 件（21.2%）と続いている。調査した期間の伸び率が大きいのは有機半導体系太陽電池に関する論文で、2000～2001 年には 20 件前後であったが、2006 年には 140 件を越えている。

図 3-5 太陽電池の種類別論文発表件数推移と比率（全論文件数）

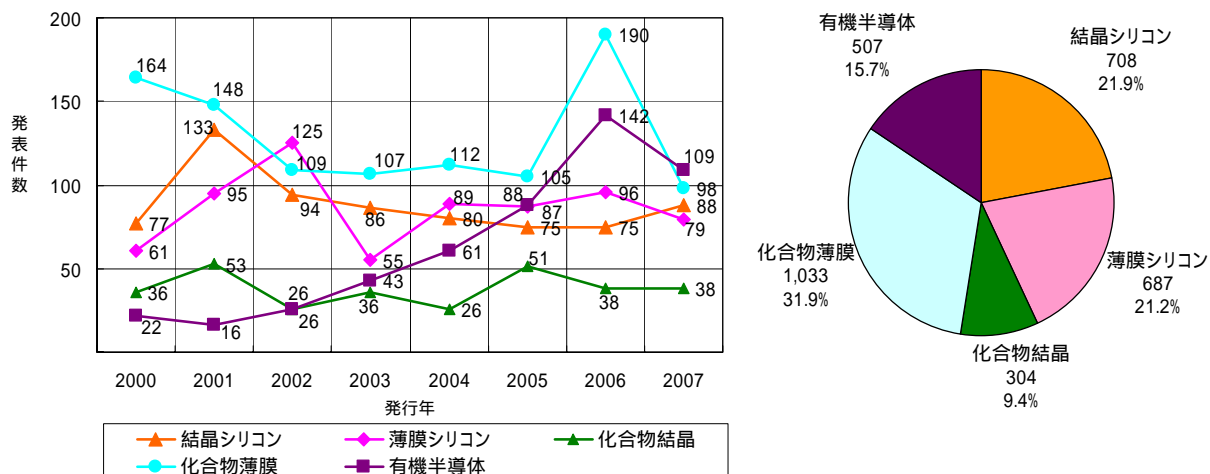


図 3-6 に研究者所属機関の国籍別に、太陽電池の種類別論文数（国際的な主要論文誌）を示す。日本の研究機関は薄膜シリコン型が最も多く、結晶シリコン型、化合物薄膜系の順であるが、米国と欧州の研究機関では、化合物薄膜系が最も多く、薄膜シリコン型、結晶シリコン型の順になっている。欧州国籍においては、有機半導体系が他の国籍に比べて多い。

図 3-6 太陽電池の種類別 - 研究者所属機関国籍別論文数（国際的な主要論文誌）

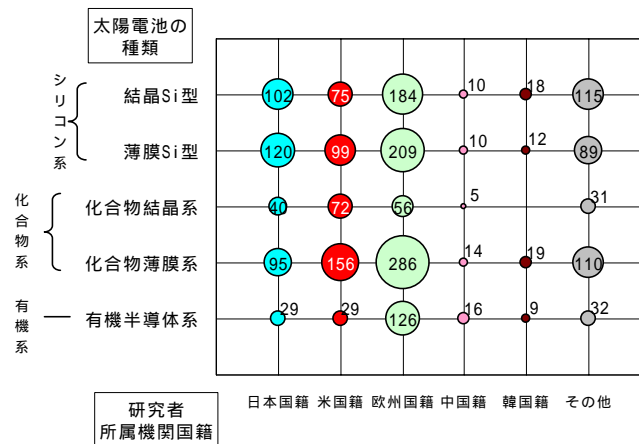
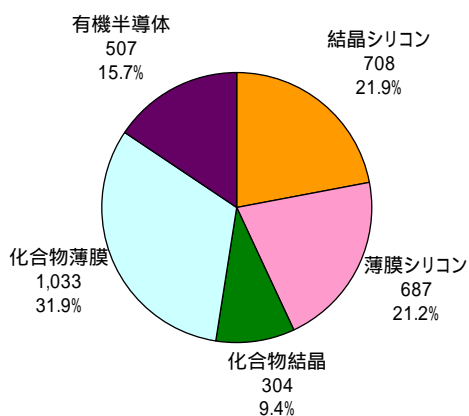


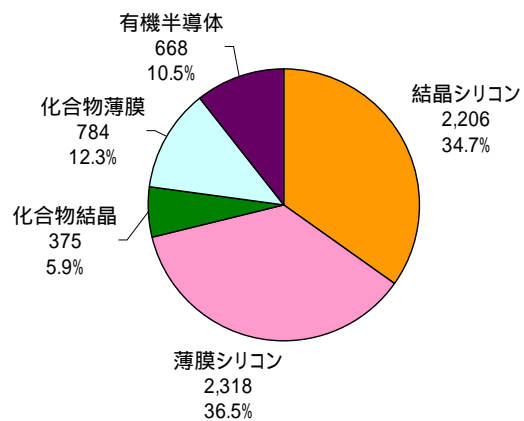
図 3-7 に太陽電池の種類別論文発表件数比率と、太陽電池の種類別特許出願件数比率を比較して示す。特許では結晶シリコン型と薄膜シリコン型が多く合わせて 70% 以上を占めるのに対し（図 2-10）、論文は約 43% に留まっている。一方、特許出願では 12.3% である化合物薄膜系が、論文では 31.9% になっている。

図 3-7 論文の太陽電池の種類別発表件数比率と特許の太陽電池の種類別出願件数比率の比較（全論文件数）

a) 論文の太陽電池の種類別発表件数比率



b) 特許の太陽電池の種類別出願件数比率



(2) 技術区分別 - 研究者所属機関国籍別論文件数 (課題別)

図 3-8 に、課題別の論文発表件数の推移と比率を示す。論文のテーマあるいは研究の目的として変換効率の向上を扱ったものが多く、全体の 65.4% を占めている。特許の課題に占める変換効率の向上 (39.4%) より比率が高くなっている。変換効率の向上に関する論文は、2003 年から 2005 年においては 200 件前後で推移しているが、2006 年は 500 件と急増している。これは、図 3-5 で化合物薄膜系太陽電池と有機半導体系太陽電池の件数が増えていることと合わせて考えると、2006 年頃にこれらのタイプの太陽電池の変換効率の向上が注目されたと考えられる。

図 3-9 に論文のテーマ別比率と特許の課題別比率を比較して示す。特許と比較して論文では変換効率の向上の比率が増加し、製造コストの低減の比率が減少している。

図 3-8 課題別論文発表件数推移と比率 (全論文件数)

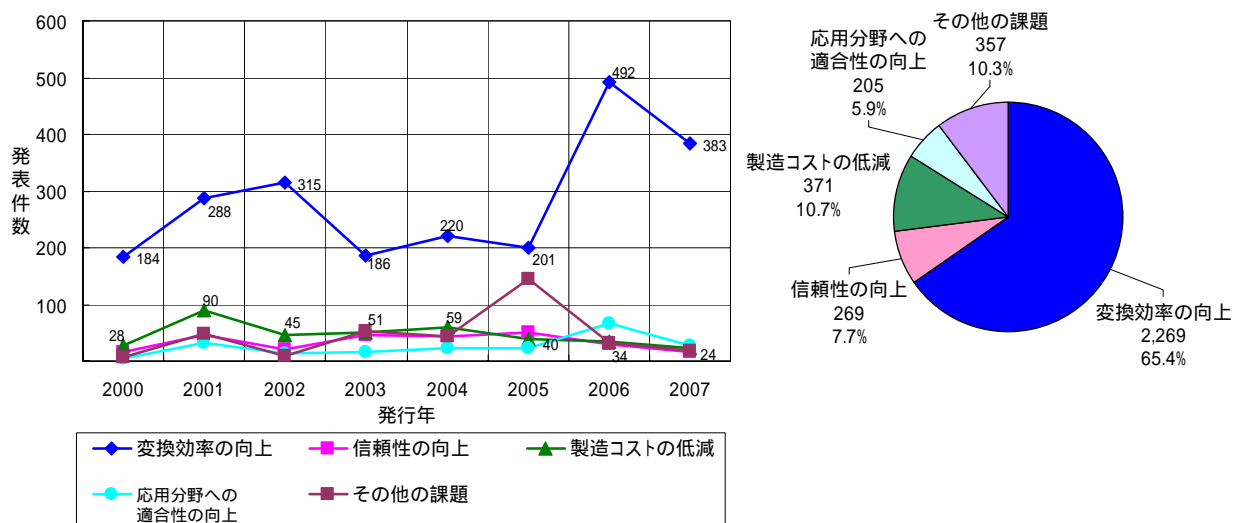
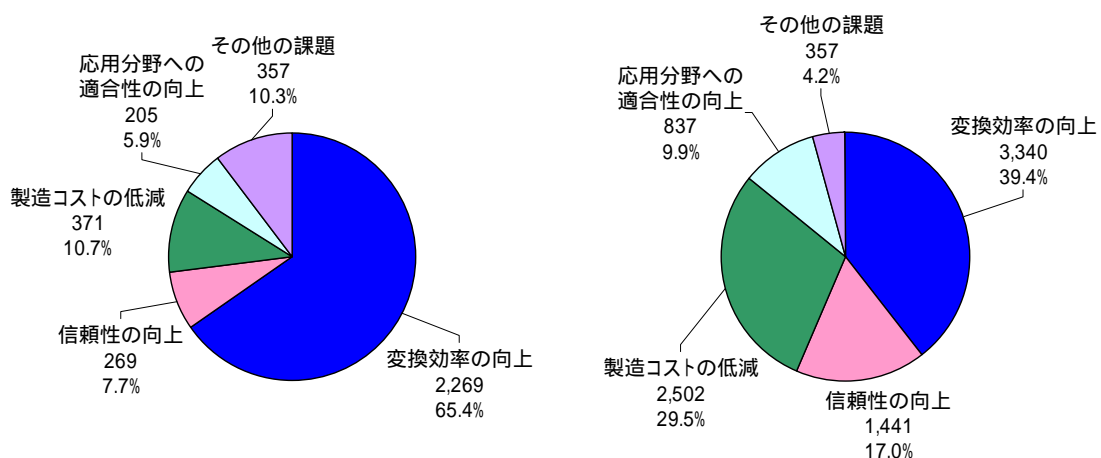


図 3-9 課題別論文発表件数比率と課題別特許出願件数比率の比較 (全論文誌)

a) 課題 (テーマ) 別論文発表件数比率 b) 課題別特許出願件数比率



(3) 技術区分別 - 研究者所属機関国籍別論文件数 (解決手段別)

図 3-10 に、解決手段別の論文発表件数の推移と比率を示す。セル製造技術に関する論文が 29.6%、セル材料技術に関する論文が 29.4%、セル素子構造技術に関する論文が 25.4% となっている。セル材料技術は 2000 年と 2001 年には 200 件程度であるが、2004 年にかけて減少し、その後 2006 年にかけて増加している。2006 年は化合物薄膜系と有機半導体系の件数が増えており (図 3-5)、これらの太陽電池の材料開発が注目されたと推測される。セル構造技術は 2004 年と 2005 年にやや増加している。セル製造技術に関する論文は、増減はあるものの全体的には調査した期間において減少傾向である。

図 3-11 に論文と特許の解決手段別比率を比較して示す。特許と比較して論文では、セル材料技術とセル製造技術が増加し、モジュール技術が大きく減少している。

図 3-10 解決手段別 - 研究者所属機関国籍別論文件数 (全論文件数)

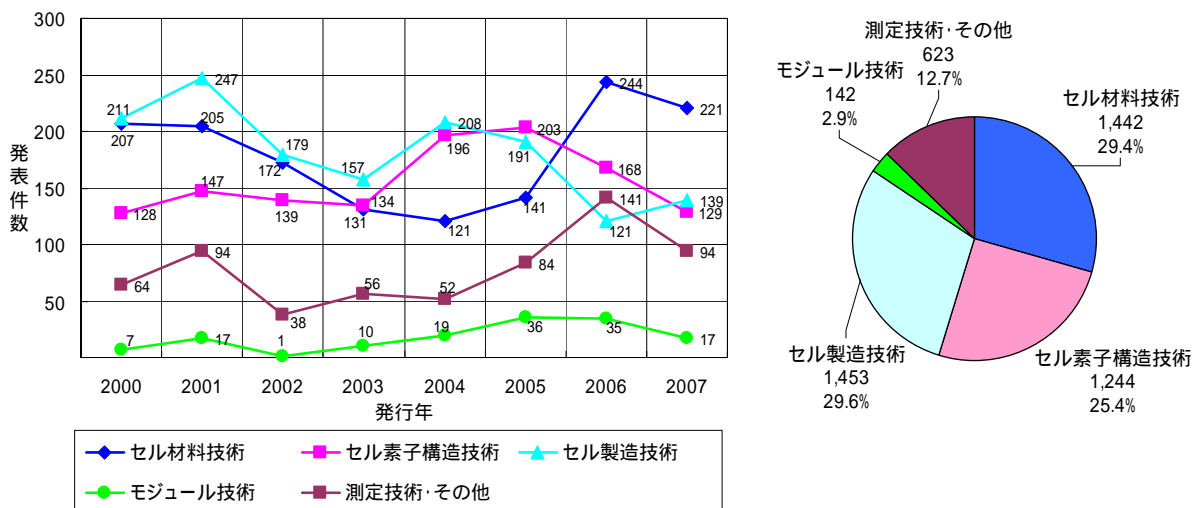
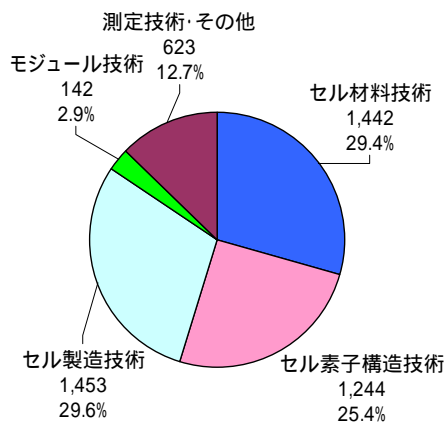
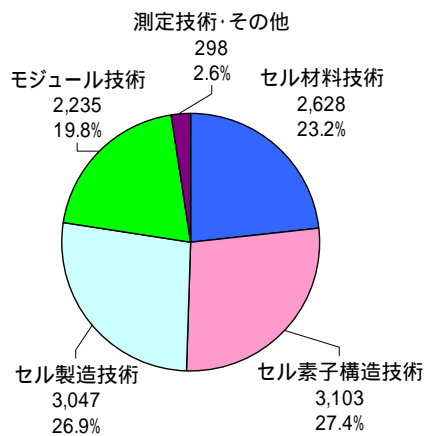


図 3-11 解決手段別論文発表件数比率と解決手段別特許出願件数比率の比較 (全論文誌)

a) 解決手段別論文発表件数比率



b) 解決手段別特許出願件数比率



第3節 研究者所属機関別動向

研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキングを、表 3-12 に示す。米国およびドイツの研究機関が1位から3位を占めている。上位28位まで31機関を示しているが、各国の研究機関や大学が多く、民間企業としては29位のシャープの28件が最も多い。

表 3-12 研究者所属機関別発表件数上位ランキング（全論文件数）

順位	研究者所属機関名(国籍)	発表件数
1	国立再生可能エネルギー研究所(米国)	246
2	ハーンマイトナー研究所(ドイツ)	114
3	フラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所(ドイツ)	86
4	ニューサウスウェールズ大学(オーストラリア)	80
5	産業技術総合研究所	73
6	東京工業大学	66
7	IMEC(ベルギー)	59
8	シュツツガルト大学(ドイツ)	57
8	大阪大学	57
10	ユーリヒ総合研究機構(ドイツ)	51
11	中国科学アカデミー(中国)	49
12	東北大学	48
13	ヨハネス・ケプラー大学(オーストリア)	46
14	CNRS(フランス)	45
15	アイントホーフェン工科大学(オランダ)	43
15	豊田工業大学	43
17	カリフォルニア大学(米国)	42
18	ユトレヒト大学(オランダ)	40
18	名古屋工業大学	40
20	マドリッド工科大学(スペイン)	38
21	ジョージア工科大学(米国)	37
21	宇宙航空研究開発機構	37
23	京都大学	33
24	オーストラリア国立大学(オーストラリア)	31
25	インド科学振興協会(インド)	30
25	立命館大学	30
27	ハーメルン太陽エネルギー研究所(ドイツ)	29
28	エネルギー研究センター(オランダ)	28
28	コンスタンツ大学(ドイツ)	28
28	シャープ	28
28	スイス連邦工科大学(スイス)	28

第4章 太陽電池に関する産業政策動向調査

太陽電池を用いる太陽光発電については、多くの国が、エネルギー政策および地球温暖化対策の観点から、研究・技術開発、導入・普及のための産業政策を行っている。特に太陽光発電分野で現在世界トップレベルにある日本、ドイツなどでは、国等が行う導入・普及のための産業政策が太陽光発電の導入量に極めて大きい影響・効果を与えている。

日本や主要海外各国の太陽光発電に関する政策、法令、助成制度は、研究・技術開発の支援も含め NEDO のホームページ（<http://www.nedo.go.jp/index.html>）等に掲載されているが、その数は過去の施策も含めると相当数になる。このため、ここでは現在の日本および主要各国の太陽光発電産業の現状につながる 1990 年代以降の主な導入・普及策を中心に述べる。

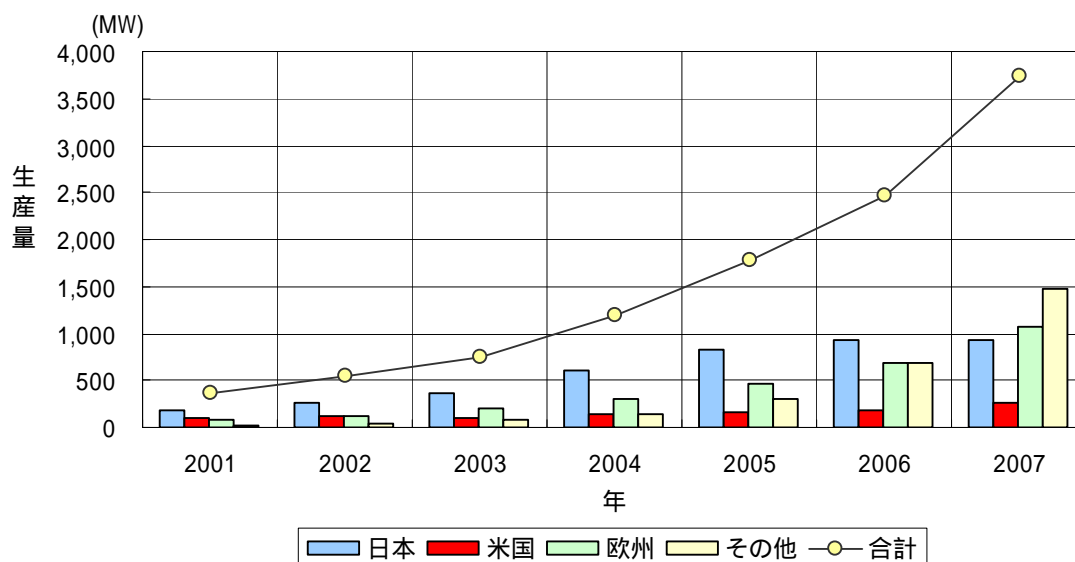
各国が行っている主な施策は、フィード・イン・タリフ、ネット・メータリング/余剰電力購入、RPS、各種補助金、税額控除である。ここで、「フィード・イン・タリフ」(FIT: Feed-in Tariff) とは、電力の固定価格買取制度である。家庭や事業所で太陽電池を使って発電した電力を電力会社が一般的な電力代より高く買い取る制度である。ドイツが 2000 年に開始したのが最初で、大きな導入・普及効果をもたらしている。20 年間は買取が保証され、約 10 年で初期費用が回収できる形となっている。現在はフランス、イタリア、スペインなど欧州を中心に、米国カリフォルニア州、韓国等でも採用されている。「ネット・メータリング (net metering: 正味メーター制)」とは、太陽光発電設備を持つ消費者が自分の使用する電力量を超えて発電したときに、余剰電力を電力会社に供給し、消費者が別の時に電力会社から購入した電力と相殺する制度である。「RPS」は、Renewables Portfolio Standard の略語で、電力会社等の電気事業者に対し、毎年の販売電力量に応じ、太陽光発電等の新エネルギーから得られる電気を一定量以上利用することを義務付ける制度である。日本では、2003 年 4 月から RPS 法と呼ばれる「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」が施行され、現在、日本の太陽光発電の導入・普及に対する産業政策の中心的役割を果たしている。「補助金」は、太陽光発電の導入時に最も大きい障害となる直接的コストの負担を軽減する制度で、システム設置時に必要経費の一定割合を補助金として支給する。日本では、1994 年に導入され、日本の生産量が世界一となったように、非常に大きな効果をもたらした。その後、2005 年度をもって終了しているが、この後、日本での太陽光発電の成長率が低下した。「税額控除」も、補助金と同様に、太陽光発電導入時のコスト障壁を軽減する制度であり、多くの国でさまざまな制度が取り入れられている。

第5章 太陽電池に関する市場環境調査

(1) 太陽電池の生産規模

世界における地域別太陽電池の生産量¹⁾の推移を図5-1に示す。世界の太陽電池生産量は、2006年から2007年にかけて大きく増加し、前年比51%増の3,733MWとなった。これは2004年以降続いているドイツでの旺盛な太陽電池需要のためで、ドイツ以外の国では輸出が多い。日本の2007年の生産量は920MWで、1999年以来、国別生産量の世界一の座を維持しているが、2007年の世界シェアは25%となり、2004年の51%から大きく低下している。地域別では、米国と欧州の2007年の生産量はいずれも前年比約1.5倍、中国、台湾等のアジアの国々の2007年の生産量は前年比約2.2倍と大幅な増加となったが、日本は若干の減少となった(PVNews (April 2008))。日本の2007年の総出荷量912MWのうち、77%(702MW)が輸出されている(太陽光発電協会統計資料「日本における太陽電池出荷量の推移」(2008年8月28日アクセス))。

図5-1 地域別太陽電池の生産量推移



出典：PV News (April 2008)に基づき作成

(2) 地域別の太陽電池のタイプ別生産比率

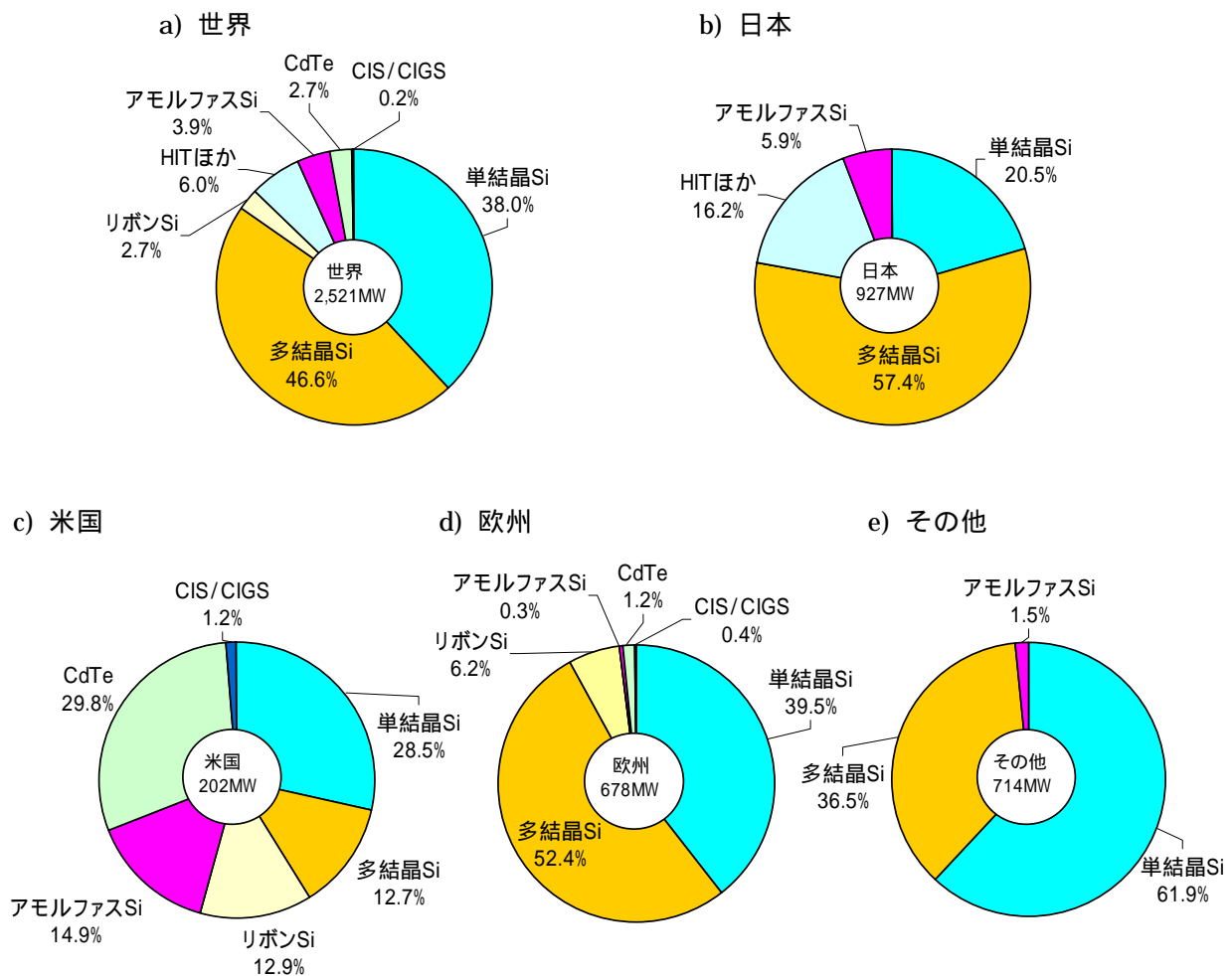
図5-2に、2006年における世界および日米欧その他の地域における材料別太陽電池生産量を示す。世界では、単結晶シリコンと多結晶シリコンで全体の85%、これにリボン・HIT等その他の結晶シリコンを加えた結晶シリコンが約93%、さらに、アモルファスシリコンの約4%を加えたシリコン系太陽電池が全体の約97%を占める。残りは、CdTe系とCIS/CIGS系の化合物薄膜系太陽電池が約3%で、有機半導体系はこれからである。2003年時点のシェアと比較すると、シリコン系太陽電池では、単結晶シリコンのシェアが約1.5倍に増え、多結晶シリコンのシェアは約3/4に減っている(PV News,10(April 2007))。その他の結晶シリ

¹⁾ 太陽電池の数量は、標準的な条件(照射光スペクトル AM1.5、照射光強度 1,000W/m²、モジュール温度 25)における最大出力の値(単位はワット)で示される。集計する機関によって生産量と出荷量があるが、これらの使い分けは明確ではない。

コンとアモルファスシリコンのシェアには大きな変化は見られない。化合物薄膜系では、CdTe が伸び、2006 年にはアモルファスシリコンの生産量の約 7 割に拡大した。CIS/CIGS 系は 2006 年にようやく全体の 0.2% を占める程度で、今後の成長が期待されている。

国・地域別に見ると、日本は、シリコン系太陽電池の生産が大部分であり、欧米その他に比べて多結晶シリコン、HIT 等のその他結晶シリコン型の比率が高い。欧州は単結晶シリコン太陽電池の比率が比較的高く、多結晶シリコン、リボンシリコン等を含め結晶シリコン型が約 98% を占めている。米国は、合計の生産量は比較的小さいが、単結晶・多結晶・リボン等の結晶シリコン型が約 54%、アモルファスシリコンが約 15%、CdTe が約 30% と比較的バランスよく生産しており、CIS/CIGS も 1.2% 生産している。中国と台湾を中心とするその他の国は、ほとんどシリコン系太陽電池を生産し、単結晶シリコンの比率が約 6 割と高く、多結晶シリコンと合わせると約 98% である。

図 5-2 2006 年における世界の太陽電池の種類別生産量比率



円中の数字は合計の生産量を示す。 出典：PVNews (April 2007)に基づき作成

2008 年 8 月 8 日付の富士経済のプレスリリース (第 08060 号) によると、2007 年の世界の太陽電池市場において、結晶シリコン型太陽電池が約 9 割を占めている。結晶シリコン型は、今後製造コスト削減が進み、2012 年までは年率 27% で成長し、依然として太陽電池の主流を占めると予測されている。その一方で、今後、薄膜シリコン型太陽電池、非シリコン

系薄膜太陽電池も増加すると予測されている。薄膜シリコン型太陽電池の 2007 年の市場規模は 578 億円であるが、2012 年には 10 倍近い 5,595 億円になると予測されている。薄膜シリコン型太陽電池として、アモルファスシリコン太陽電池のほか、微結晶シリコンなどを積層したタンデム構造の太陽電池が注目されている。非シリコン薄膜系では CdTe 太陽電池と CIS/CIGS 太陽電池が生産されている。米国のファーストソーラーは、CdTe 太陽電池で先行している。CdTe 系太陽電池は毒性物質(Cd)を使うが、高効率である点で注目されており、2007 年の市場規模 630 億円が 2012 年には 4 倍以上の 2,660 億円になると予測されている。また、CIS/CIGS 太陽電池は、低コストである点で注目されており、日本でもすでに生産されている。

(3) 太陽電池のメーカー動向

2007 年における太陽電池生産量の世界シェア 10 位までの、企業別太陽電池生産シェアを表 5-3 に示す。2007 年はドイツの Q-セルズがシェア 10.4%で世界トップであり、長い間トップであったシャープは 9.7%で 2 位となった。次いで、サンテック(中国)が 8.8%で 3 位、京セラとファーストソーラー(米国)が 5.5%で続き、モーテック(台湾) 5.3%、三洋電機 4.4%、サンパワー(米国) 4.0%、保定英利(Baoding Yingli: 中国) 3.8%、ドイツソーラー(ドイツ)/ソーラーワールド CA(米国) 3.5%となっており、上位 10 社のうち 3 社が日本企業である。

表 5-3 世界における企業別太陽電池生産シェア(2007 年)

順位	企業名	企業別生産シェア(%)
1	Q-セルズ(ドイツ)	10.4
2	シャープ(日本)	9.7
3	サンテック(中国)	8.8
4	京セラ(日本)	5.5
4	ファーストソーラー(米国)	5.5
6	モーテック(台湾)	5.3
7	三洋電機(日本)	4.4
8	サンパワー(米国)	4.0
9	保定英利(中国)	3.8
10	ソーラーワールド(米国)	3.5

出典：PVNews,8-9(March 2008)および資源エネルギー庁新エネルギー対策課資料「平成 18 年度国家的に重要な研究開発の事前評価」のフォローアップヒアリング資料「太陽エネルギーシステムフィールドテスト事業(平成 20 年 7 月 9 日)」。企業別については、ファーストソーラーは米国とドイツの分を、ソーラーワールドはドイツソーラーと提携しており、米国のソーラーワールド CA とドイツソーラーを集約した。なお、国名は企業の本社の所在地とした。

表 5-4 に 2002 年以降の世界の太陽電池の生産量の上位ランキング(5 社)の推移を示す。生産量は 2002 年から 2007 年にかけて着実に伸びていることが分かる。2002 年から 2006 年において、上位 5 社中の 3 社以上が日本の企業となっている。シャープは 2006 年まで生産量トップであったが、2007 年にはドイツの Q-セルズの生産量がシャープを上回った。シャープの生産量が減少した要因は、シリコンの原料不足によるとされており、原料問題が解

決すると盛り返すと推測される。Q-セルズは 2004 年から 2007 年の間に 5 倍強の生産量に急伸している。中国のサンテックも生産量が急伸しており、2007 年にはシャープの生産量に迫っている。ファーストソーラー（米国）は CdTe 系で急速にシェアを伸ばしており 2007 年に京セラに匹敵する生産規模に達している。

表 5-4 太陽電池生産量上位ランキングの推移

(生産量の単位: MW / 年)

順位	2002 年		順位	2003 年		順位	2004 年	
1	シャープ	123	1	シャープ	197.9	1	シャープ	324
2	京セラ	60	2	ソーラーワールド(米国)	94	2	京セラ	105
3	ソーラーワールド(米国)	55.5	3	京セラ	72	3	ソーラーワールド(米国)	100
4	三洋電機	35	4	三菱電機	42	4	Q-セルズ(ドイツ)	75
5	イソフオン(スペイン)	27.4	5	ショットソーラー(ドイツ)	38	4	三菱電機	75

順位	2005 年		順位	2006 年		順位	2007 年	
1	シャープ	428	1	シャープ	434.4	1	Q-セルズ(ドイツ)	389.2
2	Q-セルズ(ドイツ)	166	2	Q-セルズ(ドイツ)	253.1	2	シャープ	363
3	京セラ	142	3	京セラ	180	3	サンテック(中国)	327
4	三洋電機	125	4	サンテック(中国)	157.5	4	京セラ	207
5	三菱電機	100	5	三洋電機	155	4	ファーストソーラー(米国)	207

企業名の右側の数字は年間生産量を示す。 出典：PVNews March 2008 に基づき作成

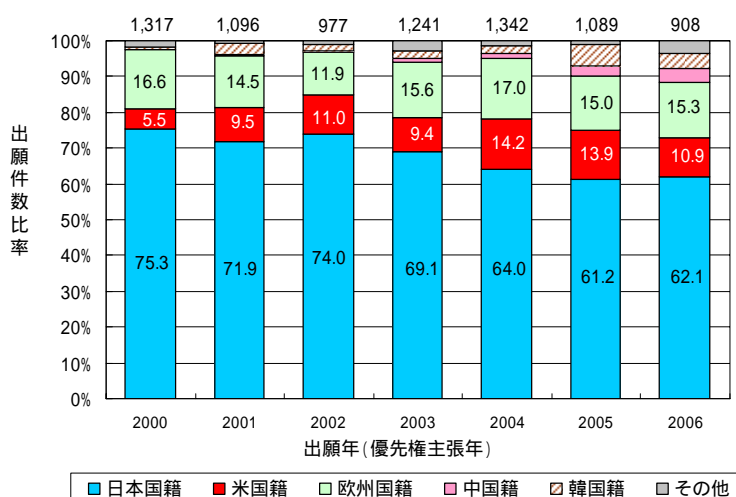
第6章 総合分析

第1節 特許出願動向分析の総括

太陽電池に関する公開特許および登録特許を検索し、技術分類を行うことにより、特許出願からみた技術動向を調査した。時期的範囲は優先権主張年（出願年）が2000年から2006年とした。なお、本調査において、色素増感型太陽電池に関わる技術は除外している。出願先としては日本、米国、欧州、中国、韓国への出願および登録を中心に調査した。調査対象とした特許出願件数（日米欧中韓への出願）は7,970件（図2-2）、登録特許件数（日米欧中韓での登録）は1,262件である（図2-3）。

出願人国籍別出願件数は、日米欧中韓への出願の内、日本国籍出願人が68.4%と3分の2以上を占めており（図2-2）、太陽電池は日本国籍出願人が強い技術分野と考えられた。出願人国籍別出願件数比率の推移を図6-1に示す。2005年と2006年には中国籍および韓国籍出願人からの出願件数比率が増加している。

図6-1 出願人国籍別出願件数比率の推移（日米欧中韓への出願）



太陽電池の種類別では、日米欧中韓への出願において、薄膜シリコン型が36.5%、結晶シリコン型が34.7%、化合物薄膜系が12.3%、有機半導体系が10.5%、化合物結晶系が5.9%で、シリコン系が70%以上を占めている（図2-10）。

太陽電池の種類別の出願人国籍別出願件数比率を図6-2に、出願人国籍別の太陽電池の種類別出願件数比率を図6-3に示す。シリコン系で日本国籍が多く、米国籍は有機半導体系と化合物結晶系が比較的多い。欧州国籍出願人は化合物薄膜系がやや多い傾向がある。

日米欧中韓への出願における課題別の出願件数比率では、変換効率の向上が最も多く39.4%を占めている（図2-16）。次いで製造コストの低減が29.5%で、この二つで70%近くを占めている。課題別の出願件数の年次推移としては、どの課題もよく似た推移を示している（図2-16）。出願人国籍別の課題の比率を図6-4に示す。いずれの国籍でも変換効率の向上と製造コストの低減が多いが、日本国籍と欧州国籍では製造コストの低減が30%を越えているのに対して、米国籍と中国籍と韓国籍では変換効率の向上が50%を越えている。

図 6-2 太陽電池の種類別の出願人国籍別出願件数比率（日米欧中韓への出願）

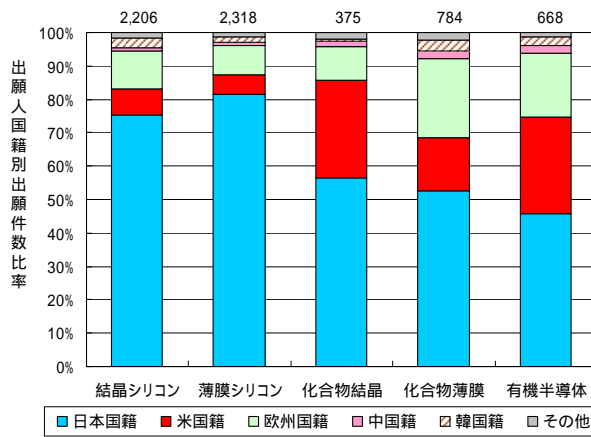


図 6-3 出願人国籍別の太陽電池の種類別出願件数比率（日米欧中韓への出願）

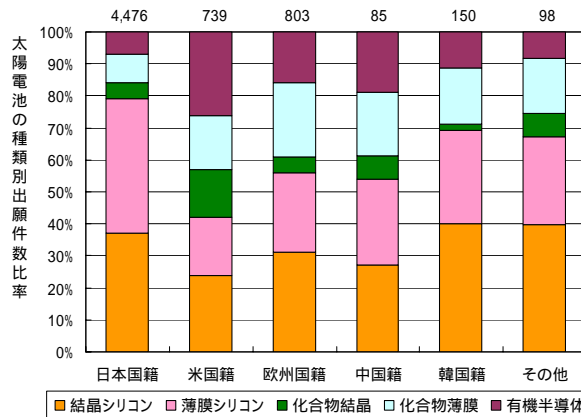
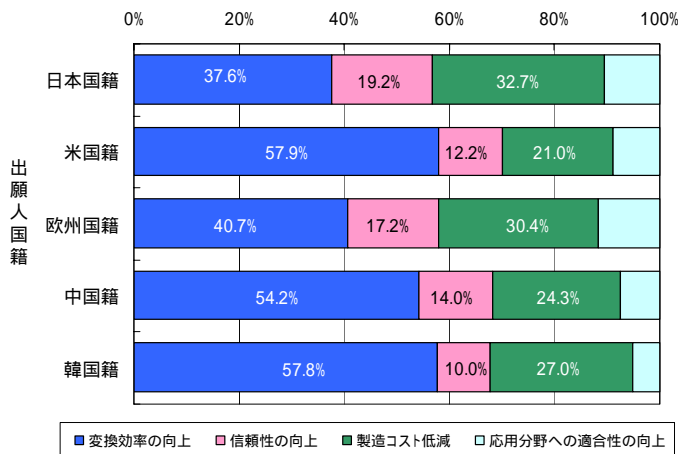


図 6-4 出願人国籍別 - 課題の比率（日米欧中韓への出願）



日米欧中韓への出願における解決手段別の出願件数比率では、セル素子構造技術とセル製造技術とセル材料技術がともに 25% 前後の比率を示している。解決手段別の出願件数の年次推移としては、どの技術もよく似た推移を示している（図 2-17）。

課題と解決手段の関係から、注目研究開発テーマとして以下の4点選定した。それぞれについて、出願人国籍別出願件数推移と比率を集計した(図 2-24~図 2-27)。

- 1) 結晶シリコン型太陽電池における変換効率の向上のための素子構造技術
- 2) 薄膜シリコン型太陽電池における製造コスト低減のための製造技術
- 3) 化合物薄膜系太陽電池における変換効率の向上のための製造技術
- 4) 有機半導体系太陽電池における変換効率の向上のための材料技術

特徴的な傾向としては、薄膜シリコン型で2000年から2005年は明らかな減少傾向が見られるが、2006年には増加している。有機半導体系では2001年から2004年にかけて大きく増加している。

出願人別の出願件数ランキングでは、日米欧中韓への出願ではシャープが691件で1位、2位は京セラ、3位はキヤノンと上位の14位までを日本の企業および機関が占めている。15位は米国のE.I.デュポンである(表 2-28)。

出願先別の出願件数ランキング(表 2-29)では、日米欧中への出願において、いずれも3位までは日本の出願人で占められている。日本への出願では上位10位まで全て日本の出願人である。米国への出願では10位までに日本の出願人のほか、米国の出願人が4社(機関)入っている。欧州への出願ではフランスとドイツの研究機関がそれぞれ4位と5位に入っている。中国への出願では上位を日本と米国の出願人が占めている。韓国への出願では三星SDIが1位で、2位以下を大きく引き離している。

日本と米国と欧州(EPC出願と各国への出願を含む)の三極の全てに出願された特許を、三極コア出願と定義し特許出願のファミリー単位で集計した(表 2-30、図 2-31、図 2-32)。出願人国籍別三極コア出願件数と全体の出願件数(特許出願のファミリー単位)に対する比率(三極コア出願比率)を調査した。日本国籍出願人は、三極コア出願件数は322件で最も多いが、三極コア出願比率は約8%である。米国籍と欧州国籍出願人は、三極コア出願件数はそれぞれ104件、136件であるが、三極コア出願比率はそれぞれ約27%、約28%である。

日米欧国籍出願人の三極コア出願件数の年次推移では、日本国籍出願人は、2000年から2006年のいずれの年次においても三極コア出願件数が最も多い。米国籍出願人は、2004年に31件で三極コア出願件数が最も多くなっているが、全体の出願件数においても2004年が最も多い(図 2-2)。欧州国籍出願人は、2000年が35件で最も多く2003年にもピークがあるが、全体の出願件数では2004年が最も多く(図 2-2)、若干の差異がある。

日米欧国籍出願人の三極コア出願比率の年次推移では、欧州国籍の出願の三極コア出願比率は、2000年の54%以降は減少傾向。米国籍は2001年から2004年にかけて増加。日本国籍は10%弱で低位で安定している。

太陽電池に関する基本特許と重要特許をピックアップし、技術変遷図(図 2-33)を作成し、太陽電池の種類ごとのトピックも合わせて表示した。

第 2 節 研究開発動向分析の総括

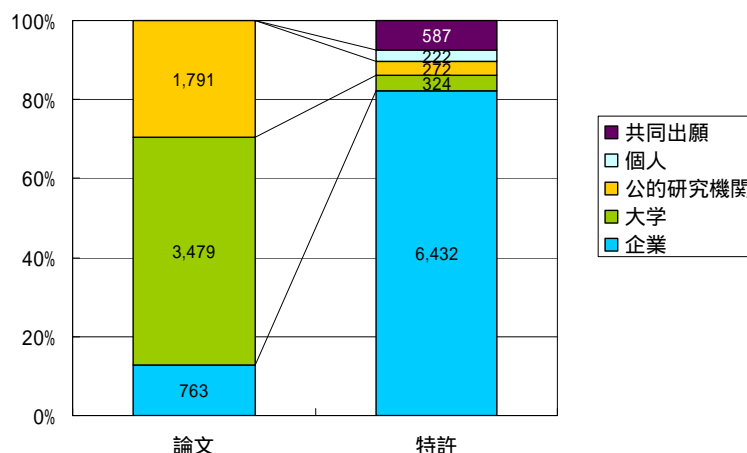
太陽電池に関する技術論文を検索し、技術分類を行うことにより、論文発表動向からみた技術動向を調査した。時期的範囲は論文誌の発行年が 2000 年から 2007 年とした。調査対象とした論文のうち国際的な主要論文誌に発表された件数は 2,374 件で、特許出願件数 7,970 件のおよそ 3 分の 1 である（図 3-3）。

研究者所属機関別では、欧州国籍が 39.8%、米国籍が 20.2%、その他国籍が 18.2%、日本国籍が 16.5%となっている（図 3-2）。欧州国籍は特許出願では 15.3%であったが、論文は 39.8%と増えている。太陽電池の種類別では、化合物薄膜系が 31.9%で最も多く、次いで結晶シリコン型の 21.9%、以下薄膜シリコン型 21.2%、有機半導体系 15.7%、化合物結晶系 9.4%と続いている（図 3-5）。

課題別では、特許では 39.4%と多かった変換効率の向上は 65.4%とさらに比率が高くなり、特許では 29.5%であった製造コストの低減が 10.7%に減少している（図 3-9）。解決手段別では、セル材料技術とセル素子構造技術とセル製造技術がそれぞれ 25～30%となっており、特許では 19.8%であったモジュール技術が 2.9%に減っている（図 3-11）。

研究機関別では米国の再生可能エネルギー研究所が 246 件で 1 位、次いでドイツのハーンマイトナー研究所が 114 件で 2 位、以下フラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所（ドイツ）、ニューサウスウェールズ大学（オーストラリア）、産業技術総合研究所（日本）と続いている（表 3-12）。属性別の比率を特許の場合と比較して図 6-5 に示す。特許では企業からの出願が 80%を越えているのに対して、論文では大学および公的研究機関が約 87%を占めている。

図 6-5 論文発表件数（全論文件数）と特許出願件数の属性別比率の比較

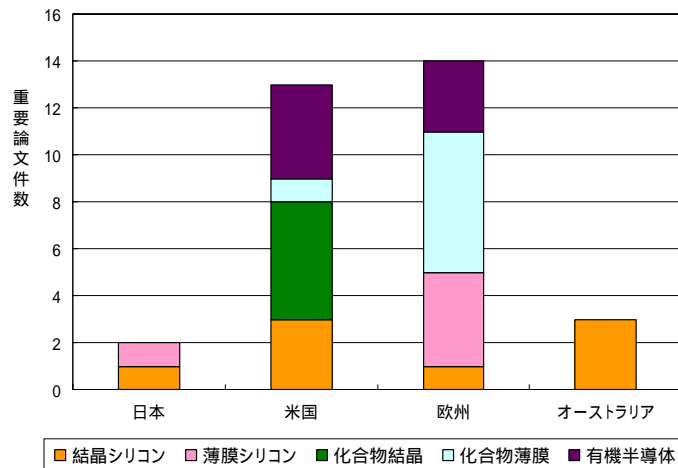


論文は共同研究機関をそれぞれ分けて集計している。特許は 1 出願を 1 件とし、共同出願された特許は別にカウントした。

太陽電池に関する重要論文は、調査対象期間である 2000 年から 2007 年に発行された論文について、他の論文から引用された回数が多いものを太陽電池の種類別にピックアップした。さらに、基本特許・重要特許の調査において、特許は出願されていないものの論文は発表されているものがあつたため、結晶シリコン型で 4 件を追加した。重要論文の研究者所属機関

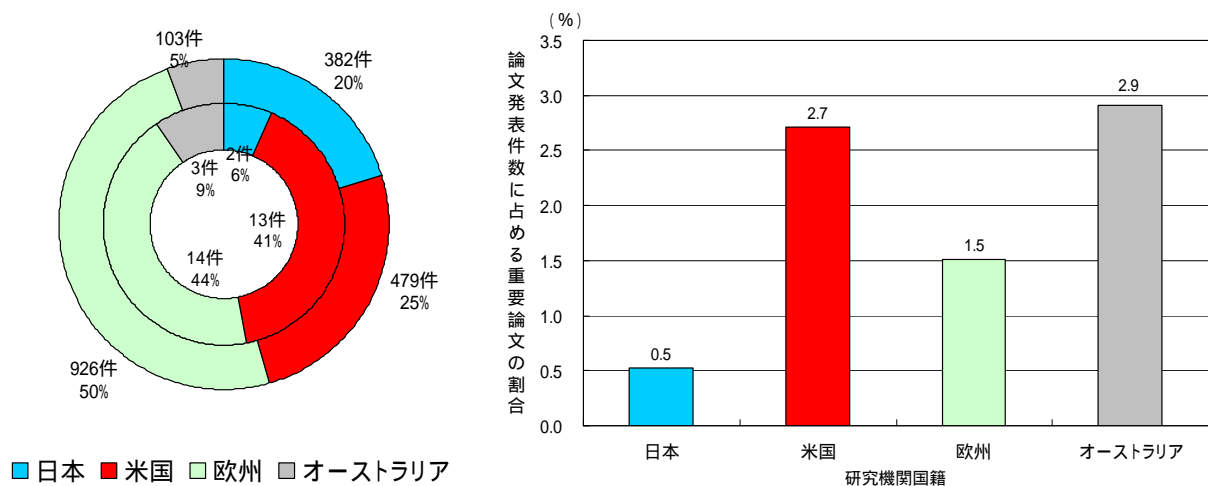
国籍別件数を太陽電池の種類別に図 6-6 に示す。米国と欧州から多くの重要論文が発表されている。日本とオーストラリアはシリコン系太陽電池に関する論文である。

図 6-6 研究者所属機関国籍別重要論文件数（太陽電池の種類別）



各国からの論文発表件数全体（国際的な主要論文誌）に対する重要論文の比率を図 6-7 に示す。日本は全体で 382 件に対して重要論文が 2 件で 0.5%、米国は全体で 479 件に対して重要論文が 13 件で 2.7%、欧州は全体で 926 件に対して重要論文が 14 件で 1.5%、オーストラリアは全体で 103 件に対して重要論文が 3 件で 2.9%となっている。

図 6-7 重要論文の日米欧豪別件数と論文件数（国際的な主要論文誌）に対する割合



■ 日本 ■ 米国 ■ 欧州 ■ オーストラリア

外円は本調査における国際的な主要論文誌に発表された論文件数。内円は被引用回数から選定した重要論文と結晶シリコン型の 4 件の国籍別内訳

第3節 政策動向分析の総括

太陽電池に関する産業政策について、日本、米国、欧州およびアジアの状況を調査した。日本における本格的な太陽電池の研究開発は、第1次オイルショックを契機に1974年にスタートしたサンシャイン計画以降である。ここでは、リボン状Si結晶、Si薄膜、 β -族化合物などが開発された。その後、1980年には新エネルギー総合開発機構（現NEDO）が設立され、エネルギー開発の中心となって活動することとなった。1993年にはニューサンシャイン計画がスタートし、薄型多結晶Si、a-Si、CdTe、CIS、GaAsなどが開発された。さらに2001年からは新エネルギー技術開発プログラムがスタートしている。

太陽電池の普及策としては、1994年から2005年まで住宅用太陽電池の設置に対して補助金が出されており、太陽電池の普及に貢献した。2003年4月には電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）が成立し、電気事業者が新エネルギーを利用して得られる電気を一定量以上利用することが義務付けられた。また、2008年7月には、太陽光発電の導入量を2020年に10倍、2030年に40倍にすることを盛り込んだ「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定された。

米国においては、2005年にエネルギー政策法が制定され、太陽光発電システムの設置に対して補助金と優遇税制措置が行われた。2006年にブッシュ大統領が「ソーラー・アメリカ・イニシアティブ」を発表し、その後、特定の太陽エネルギープロジェクトに対する資金援助や、太陽電池に関する技術や産業を育成するための助成を行なう都市「ソーラー・アメリカ・シティ」を25箇所選定している。

欧州では、ドイツやスペインなどで実施されているフィード・イン・タリフ制度（固定価格買い取り制度）により太陽電池の普及が進んでいる。この制度はドイツでは2000年から、スペインでは1998年から始まっているが、2004年に買い取り価格の大幅な値上げが行われて以降、太陽電池の導入量が急速に増加した。

中国および韓国においても国家による再生可能エネルギーの開発と普及促進策があり、太陽電池の製造コストダウンと導入量増加策が進められている。

第4節 市場動向分析の総括

2007年における世界の太陽電池市場（太陽電池モジュール）は、約1兆2,000億円と推定されている。現在、フィード・イン・タリフを積極的に導入しているドイツやスペイン等が太陽電池市場を牽引している。2007年の世界全体の太陽電池の生産量は、3,733MWとなっている。地域別では、日本が920MW、欧州が1,063MW、米国が266MWで、その他の地域が1,484MWとなっている。日本は1999年から2006年まで、地域別生産量で1位であったが、2007年に3位となった（図5-1）。その他の地域としては、中国や台湾などのアジア各国の伸びが大きい。日本は総出荷量のうち、77%を輸出している（2007年）。

太陽電池の種類別（2006年のデータ）では、世界全体では結晶シリコン型が93.3%、薄膜シリコン型が3.9%、CdTe系が2.7%、CIS系が0.2%の生産量比率となっており、シリコン系が大多数を占めている（図5-2）。CdTe系は環境問題があり、日本では普及していないが、米国では全体のおよそ3割を占めている。

第5節 太陽電池に関する提言

地球温暖化問題は世界的に 21 世紀の大きな課題となり、温室効果ガスの排出量削減に向け、環境にやさしい自然エネルギーの利用が進められている。その中でも、近年、無尽蔵、無公害かつ地球のエネルギーバランスを崩さない究極のエネルギー源である太陽エネルギーの利用に対する期待が高まってきている。エネルギーを自給するための資源をほとんど所有しない我が国は、今後、太陽光エネルギーを有効に活用することにより、エネルギー自給率の向上を図るとともに、温室効果ガスの排出量を削減することが望ましい。

しかし、現在、太陽光エネルギーを電力に変換する効率を示す太陽電池の変換効率はまだ高いとはいえ、その結果として太陽光発電は割高であり、その発電の供給量も全世界の電力需要の 0.1% 以下と非常に少ない。

我が国においては、2008 年 6 月 9 日に「低炭素社会・日本」をめざした福田内閣総理大臣スピーチ（通称「福田ビジョン」）が発表され、同年 7 月 29 日に「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、太陽光発電は、2020 年には現状の 10 倍、2030 年には現状の 40 倍に拡大することが盛り込まれるなど、今後の量的な拡大が期待されている。

一方、欧米の各国も、温室効果ガスの排出量削減に向け、各種の産業政策を推進しており、今後、太陽電池市場が大幅に拡大することが見込まれているため、我が国が太陽電池産業における国際的な競争力を維持・拡大していくには、従来以上に太陽電池の技術開発に注力することが必要である。

今回、太陽電池に関する特許出願動向等を中心に、特許出願については優先権主張年ベースで 2000 年から 2006 年を、論文については発行年ベースで 2000 年から 2007 年を対象期間として調査を行った。この調査結果に基づき、我が国における太陽電池の特許出願に関する課題とその対処法について、以下のように提言した。

提言 1 海外特許出願

世界を視野に入れ、より戦略的、かつ、バランスの取れた形で海外へ特許出願することが望まれる。

日本国籍出願人による三極コア特許の出願状況（日米欧の三極全ての特許庁に出願された件数（特許出願のファミリー単位で集計））について検討した。

日本国籍出願人による三極コア特許出願件数は、欧米国籍出願人の出願件数（米国 104 件、欧州 136 件）を上回る 322 件を出願している（図 6-8 を参照）。また、日本国籍出願人による三極コア出願を含む全体の特許出願件数は 4,037 件と欧米国籍出願人による特許出願件数に比べて相当多い（表 6-9 を参照）。しかし、全体の特許出願件数に対する三極コア出願件数の比率を比較すると、日本国籍出願人の三極コア出願件数比率は 8% であるのに対し、米国籍と欧州国籍出願人の三極コア出願比率はそれぞれ 27%、28% であり、我が国は相当程度低い。

一般に、日本から海外へ特許出願する場合、関連したいくつかの国内特許を厳選し、かつ、まとめて出願するケースが多いと考えられ、海外特許の出願件数は国内特許の出願件数に比較して減少する傾向がある。しかしながら、海外出願に関する条件は欧米等の海外企業にとっても同様であり、厳選されて海外に出願される件数に対して相当以上の件数が国内に出願さ

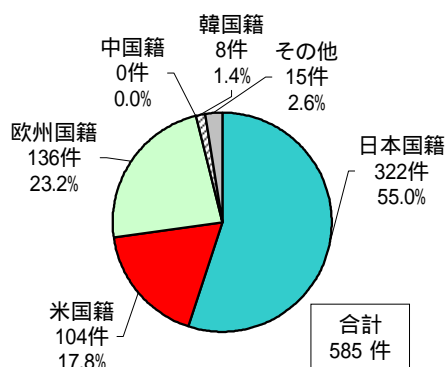
れている日本の出願状況はバランスを欠いているように思われる。

太陽電池市場は、今後世界的に大幅に拡大することが見込まれることから、我が国が国際競争力を維持・拡大するためには、国内への特許出願だけでなく、海外への特許出願を積極的に行う必要がある。

したがって、我が国は、世界を視野に入れ、より戦略的、かつ、バランスの取れた形で海外へ特許出願することが望まれる。

また、太陽電池の国際競争力の強化の面から、少なくとも、三極コア特許出願件数比率が増加することが期待される。

図 6-8 出願人国籍別三極コア出願件数比率



(特許出願のファミリー単位で集計)

表 6-9 三極コア出願動向の対象とした出願件数と三極コア出願比率

出願人国籍	三極コア出願件数	全体の出願件数	三極コア出願の比率
日本	322	4,037	8%
米国	104	380	27%
欧州	136	488	28%
中国	0	99	0%
韓国	8	165	5%
その他	15	61	25%
合計	585	5,230	11%

(特許出願のファミリー単位で集計)

提言 2 論文と特許

提言 2 - 1 技術開発を牽引するような被引用回数の多い重要な論文の増加が望まれる。

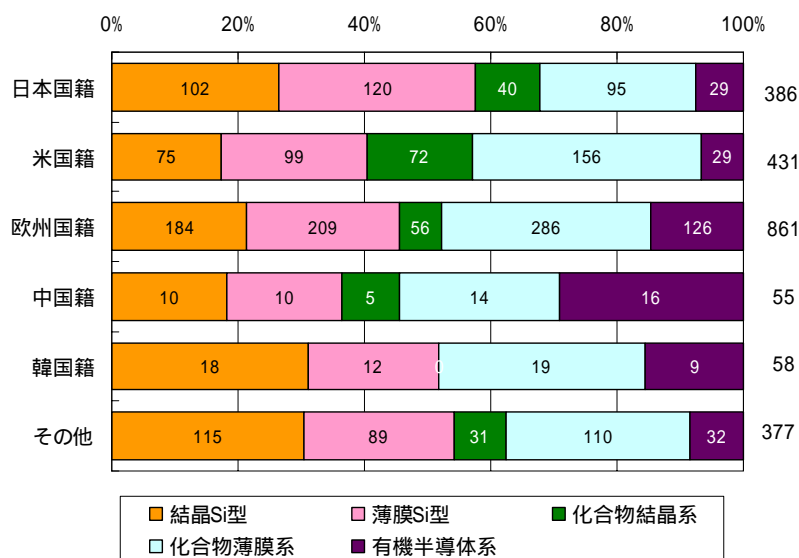
提言 2 - 2 今後、大学・公的研究機関からの特許出願が増加するような環境の整備が望まれる。

太陽電池に関する論文の発表件数について検討した。(比較のために、国際的な主要論文誌(言語は英語)に掲載された論文数を基準にして解析した。)

研究者所属機関国籍別の論文件数について、日米欧を比較すると、我が国の研究機関所属の研究者が発表した論文件数(386件)は、米国籍の研究機関所属の研究者が発表した論文件数(431件)よりやや少なく、欧州国籍の研究機関所属の研究者が発表した論文件数(861件)の半分程度である(図6-10を参照)。

欧州国籍の研究機関は、比較的化合物薄膜系に関する論文件数(286件)および有機半導体系に関する論文件数(126件)が多い。米国籍の研究機関は、比較的化合物薄膜系(156件)および化合物結晶系(72件)に関する論文件数が多い。我が国の研究機関は、比較的結晶シリコン型(102件)、薄膜シリコン型(120件)の論文件数が多いが、有機半導体系(29件)については少ない(図6-10を参照)。

図 6-10 研究者所属機関国籍別種別論文件数比率(国際的な主要論文誌)



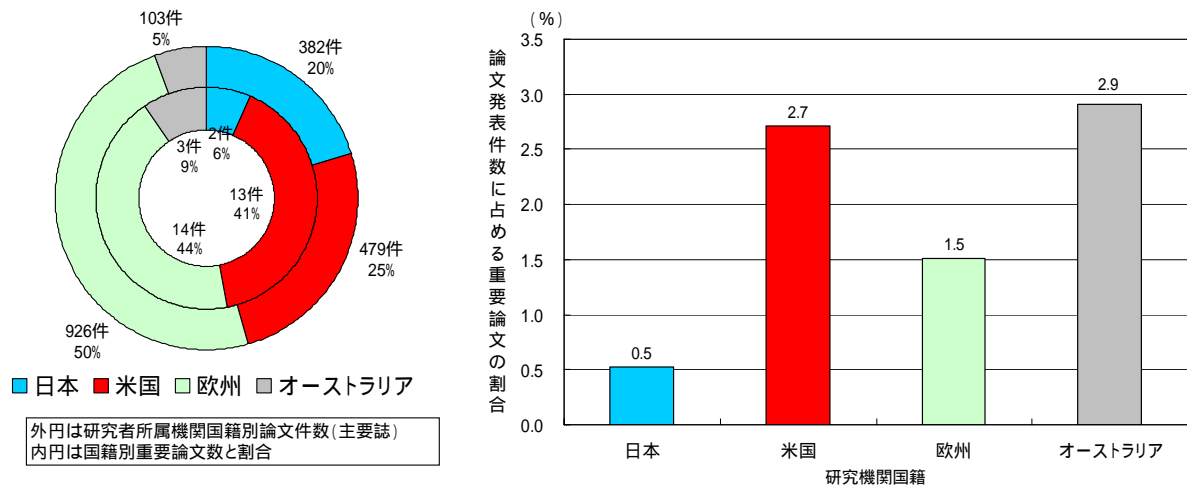
日本において、論文件数が欧米に比較して少ない理由は、技術開発の牽引役である太陽電池事業の有力企業の研究開発のスタンスが、事業保護のための特許出願を最優先にしていることが背景にあると考えられる。

しかし、他の論文での引用回数が多い「重要な論文」の件数を比較すると、「重要な論文」の定義については下記を参照) その違いはさらに明確になる。

欧米国籍研究機関の研究者が発表した論文には重要な論文が多いのに対し、我が国は太陽電池に関する重要な論文の件数が少なく、かつ、論文件数に対する重要な論文件数比率が小さい(図 6-11 を参照)。

* 重要論文の選定にあたっては、客観性を保つため、他の論文に引用された回数を参考にした。なお、論文が引用された回数は太陽電池の種類によって差が見られたため、結晶シリコン型太陽電池では 40 回以上、薄膜シリコン型太陽電池と化合物結晶系太陽電池と化合物薄膜系太陽電池は 50 回以上、有機半導体系太陽電池は 250 回以上を重要論文とした。

図 6-11 研究者所属機関国籍別重要論文件数(太陽電池の種類別)(国際的な主要論文誌)



一般に、論文は技術開発に先んじて研究段階に発表されるものであり、その中でも、他の論文に引用される回数の多いような重要な論文は、当該技術分野における技術開発を大きく牽引するものであると想定される。

したがって、今後の技術開発および国際競争力の観点から考えると、技術開発を大きく牽引するような被引用回数が多い重要な論文が増加することが望まれる。

次に、太陽電池に関する特許出願に関し、出願人属性別(企業、大学、研究機関等)の出願件数比率を出願人国籍別に比較検討した。

日本国籍出願人による特許出願は 90% 近くが企業であり、大学や公的研究機関からの出願比率が欧州(17%)や米国(16%)に比べると極めて少ない(約 3%)(図 6-12 を参照)。

参考として、全論文誌の発表件数に対する太陽電池に関する論文の国籍別研究者所属機関属性別発表件数の比率を算出した結果では、我が国の研究機関の研究者が発表した論文は、大学および研究機関の件数が、企業の件数に比べて圧倒的に多い(図 6-13 を参照)。

このように、我が国は、太陽電池に関する特許出願比率において企業が多く、大学・公的研究機関が少ない。今後、大学や公的研究機関は研究成果を論文発表するだけでなく、特許

についてもより多く出願することが期待される。そのために、今後、大学・公的研究機関からの特許出願が増加するような環境が整備されることが望まれる。

図 6-12 出願人国籍別 - 出願人属性別出願件数比率（日米欧中韓への出願）

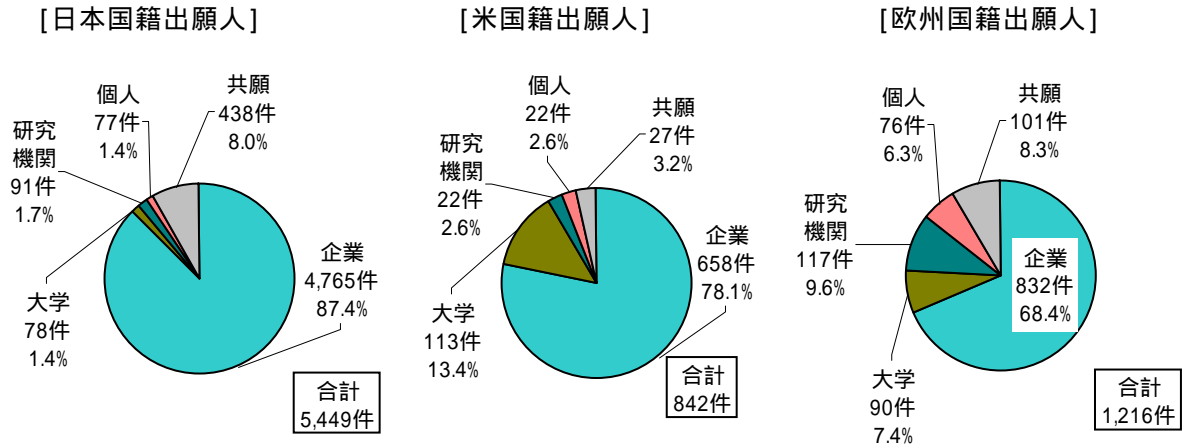
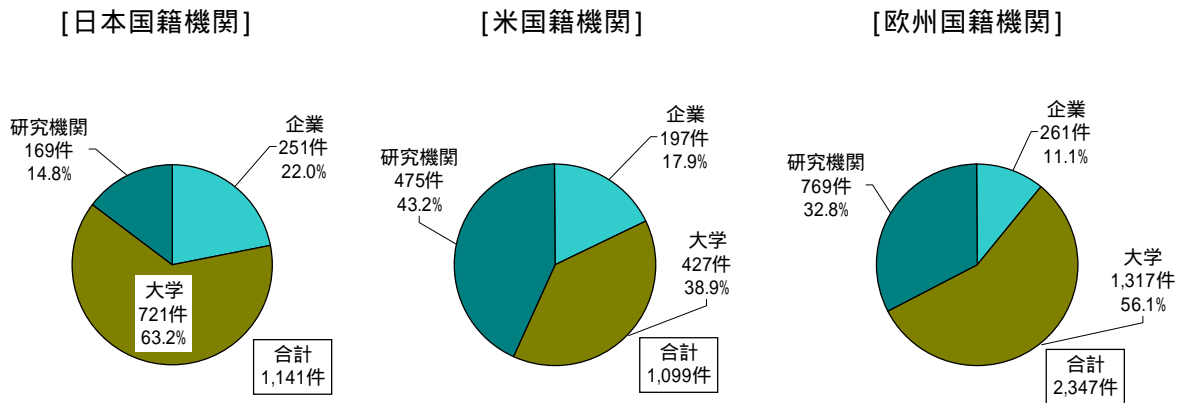


図 6-13 太陽電池の論文の研究者所属機関国籍別属性別件数比率（全論文誌）



提言3 種類別課題

提言3 - 1 結晶シリコン型、薄膜シリコン型の技術開発では、海外に対して優位性を確保しており、今後も引き続き世界をリードしていくことが期待される。

提言3 - 2 化合物薄膜系においては、研究成果を論文発表のみならず、特許出願にも注力していくことが期待される。

提言3 - 3 有機半導体系については、その最重要課題は変換効率の向上であるが、欧米に比較して劣位にあると考えられる。今後、変換効率の向上を目指して有機半導体系の技術開発、特に、材料開発に注力することが望まれる。

日米欧の研究開発動向において、太陽電池の種類別に日米欧への三極コア特許出願件数およびその出願件数比率についての比較を行った。

表 6-14 日米欧への太陽電池の種類別三極コア出願件数と比率

	結晶シリコン	薄膜シリコン	化合物結晶	化合物薄膜	有機半導体	合計
日本国籍出願人	87 件	118 件	16 件	27 件	13 件	261 件
	33.3%	45.2%	6.1%	10.3%	5.0%	100.0%
米国籍出願人	28 件	10 件	14 件	15 件	25 件	92 件
	30.4%	10.9%	15.2%	16.3%	27.2%	100.0%
欧州国籍出願人	32 件	25 件	6 件	22 件	18 件	103 件
	31.1%	24.3%	5.8%	21.4%	17.5%	100.0%

日本国籍出願人は、比較的結晶シリコン型と薄膜シリコン型に注力していることが理解される。また、欧米と比べても、出願件数が相当多く、我が国はこれまでシリコン系の開発に注力してきていると考えられる。

欧州国籍出願人は、比較的太陽電池の種類別にバランスが取れていると認められる。

米国籍出願人は結晶シリコン型、有機半導体系、化合物薄膜系に注力していると認められる（表 6-14 を参照）。

三極コア特許出願件数において、我が国は結晶シリコン型、薄膜シリコン型の特許出願に注力しており、優位性を確保していると認められる。一方、有機半導体系においては、欧米と比べて、三極コア特許出願件数および比率が比較的少ない点が見受けられる。

次に、国際的な主要論文誌における太陽電池の種類別論文件数について比較検討した。

我が国の研究機関の研究者の発表した論文件数は、上述の日米欧への三極コア出願件数の傾向と同様であり、シリコン系が多く、次に化合物薄膜系、有機半導体系の順である。

ここで、有機半導体系は、欧州国籍研究機関の研究者の発表した論文件数よりも非常に少ない。上述の三極コア出願件数および比率が比較的少ない点を併せて考えても、我が国は、有機半導体系の技術開発において、欧米に比べて劣位にあると考えられる(表 6-15 を参照)。

表 6-15 太陽電池の種類別 - 研究者所属機関国籍別論文件数 (国際的な主要論文誌)

	結晶シリコン	薄膜シリコン	化合物結晶	化合物薄膜	有機半導体	合計
日本国籍	102 件	120 件	40 件	95 件	29 件	386 件
	26.4%	31.1%	10.4%	24.6%	7.5%	100.0%
米国籍	75 件	99 件	72 件	156 件	29 件	431 件
	17.4%	23.0%	16.7%	36.2%	6.7%	100.0%
欧州国籍	184 件	209 件	56 件	286 件	126 件	861 件
	21.4%	24.3%	6.5%	33.2%	14.6%	100.0%

また、日本国籍出願人の太陽電池の種類別三極コア出願件数と国際的な主要論文誌における日本国籍の太陽電池の種類別論文件数を比較した。

日本国籍出願人の三極コア出願件数は、化合物薄膜系は 27 件 (10.3%) とかなり少ない (表 6-14 を参照) のに対して、日本国籍による国際的な主要論文件数は、化合物薄膜系は 95 件 (24.6%) と比較的多い (表 6-15 を参照)。市販されている化合物薄膜系太陽電池 (CIS・CIGS 系、CdTe 系) は、薄膜シリコン型に比べて変換効率が高いため、低価格な太陽電池として注目されており、論文発表だけでなく、特許出願されることが重要である。

したがって、我が国は、化合物薄膜系における研究成果を、論文発表のみならず、特許出願にも注力していくことが期待される。

最後に、太陽電池における課題について解析した。

結晶シリコン型においては、変換効率の向上および製造コストの低減が重要な課題であるが、薄膜シリコン型や化合物薄膜系においても、同じ 2 つの課題が重要である (図 6-16 を参照)。

結晶シリコン型および薄膜シリコン型は、過去数十年間の研究開発の歴史を持ち、主要な太陽電池として世界中で製造されており、現在、太陽電池の生産量の 90 数% を占めている (図 6-17 を参照)。結晶シリコン型や薄膜シリコン型において、太陽電池を普及 (事業拡大) するための最も重要な目標が発電コストの低減であるが、上記 2 つの課題はこの最重要目標の達成に直結している。

以上、太陽電池の種類別に日米欧への三極コア出願件数、国際的な主要論文誌における太陽電池の種類別論文件数、および、太陽電池における課題についての検討より、以下の結論を導くことができる。

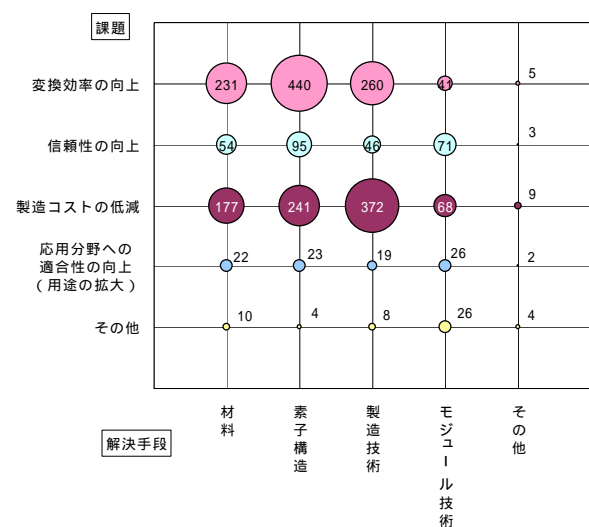
我が国は、結晶シリコン型、薄膜シリコン型の技術開発では、十分注力してきており、かつ、海外に対して優位性を確保している。しかし、欧米においても、シリコン系の技術開発に注力しており、我が国がこの分野で引き続き世界をリードし、国際競争で優位性を維持・拡大していくために、今後も変換効率の向上や製造コストの低減等の技術開発に注力してい

くことが期待される。

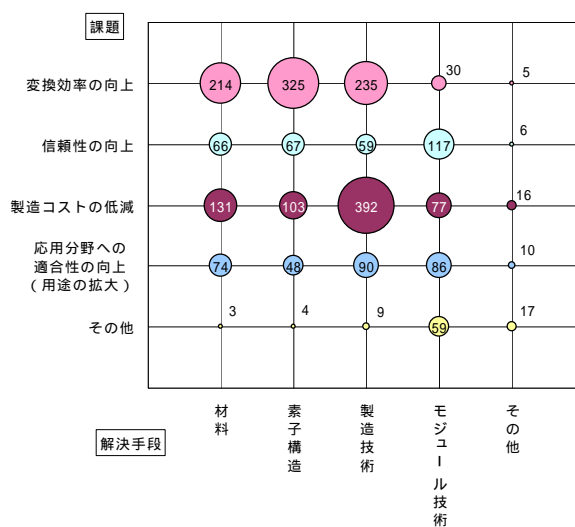
他方、有機半導体系太陽電池は、次世代太陽電池に繋がる可能性のある新材料・新構造太陽電池（新型太陽電池）として位置付けることができる。有機半導体系は、過去十数年間研究開発されてきたが、まだ変換効率が数%と低く、変換効率の向上が最重要課題である。今後、変換効率の向上を目指して有機半導体系の技術開発、特に、材料開発に注力することが望まれる。

図 6-16 太陽電池の種類別の課題と解決手段の関係（日本への出願）

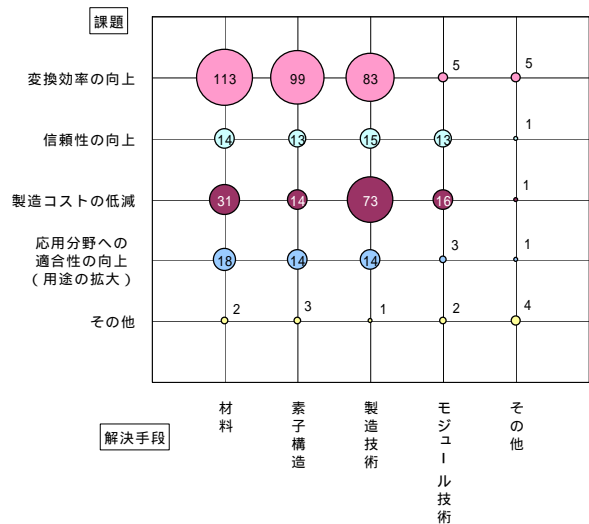
[結晶シリコン]



[薄膜シリコン]



[化合物薄膜]



[有機半導体]

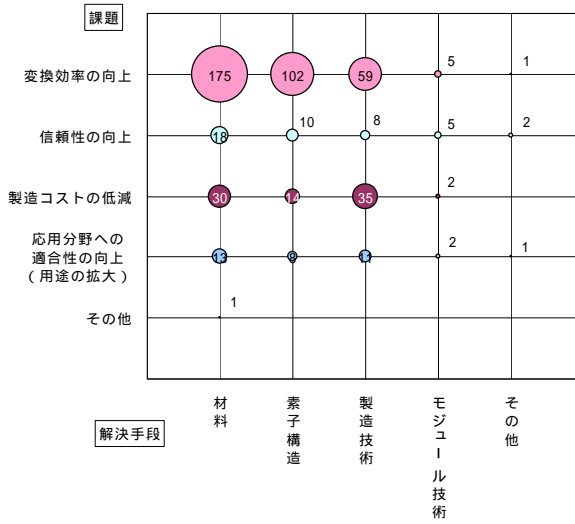
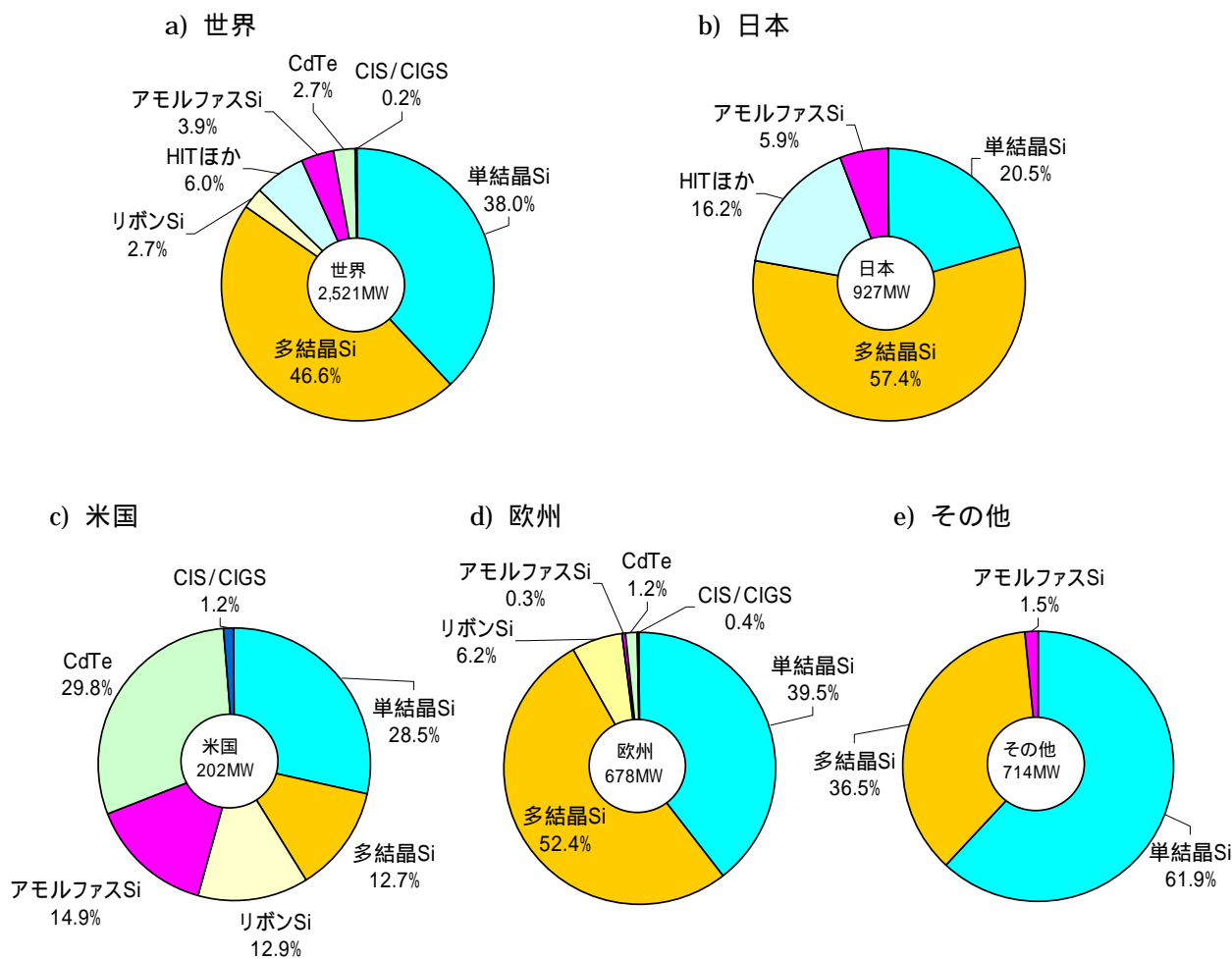


図 6-17 2006 年における世界の太陽電池の種類別生産量比率



円中の数字は合計の生産量を示す。 出典：PVNews (April 2007)に基づき作成

