

平成 2 0 年度
特許出願技術動向調査報告書
バイオベースポリマー関連技術
(要約版)

< 目次 >

第 1 章	バイオベースポリマー関連技術の特許出願動向分析	1
第 2 章	特許出願動向	9
第 3 章	研究開発動向	22
第 4 章	政策動向	25
第 5 章	市場環境分析	29
第 6 章	環境負荷評価	32
第 7 章	調査結果の分析	34
第 6 章	提言	43

平成 2 1 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 バイオベースポリマー関連技術の特許出願動向分析

本調査は再生可能なバイオマス为原料として製造され、石油、石炭等の化石燃料消費量を削減し、地球温暖化の緩和に貢献する手段として技術開発が進んでいるバイオベースポリマーに関するものである。生活環境の保全を目的として1980年代からバイオマスを原料とする生分解性樹脂が注目されてきたが、国内ではゴミのコンポスト化が行われず、逆にポリ乳酸などは耐久性を要求される分野に用途展開が進んできた。1997年の京都議定書締結を境として、そうした動きが鮮明になってきたが、2004年以降、原油価格が高騰したこともあって、バイオマスからの燃料生産と資源面で競合する可能性がでてきた。米国で余剰農産物であるデントコーン（飼料用、工業原料用トウモロコシ）を原料とした発酵法による燃料用エタノールの生産が急速に進み、2008年には世界の食糧問題に発展した。しかし現在では世界的に非可食性のリグノセルロース資源を用いる方向への原料転換努力が進んでおり、バイオベースポリマーについても同様の技術開発に向かうものと考えられる。

本調査の対象であるバイオベースポリマーの範囲を図1に示した。木綿、ウール、デンプン、コラーゲン、ゴムなど、従来からの天然物系、あるいはその化学修飾系ポリマーは古典的なバイオベースポリマーである。また1980年代から開発が進んできたポリ乳酸（PLA）、ポリヒドロキシアルカン酸（PHA）、ポリブチレンサクシネート（PBS）など、生分解性を重視して開発されてきた従来型バイオベースポリマーが含まれる。これらの原材料の大量生産が開始され、漸く樹脂、繊維の商業生産が開始されている。1990年代後半に入って急速に発展しているのがバイオマス由来のモノマーである1,3-プロパンジオール（PDO）、コハク酸などを石油化学系モノマーと結合したポリマー、またバイオマス由来のエタノール、グリセリン、グルコースなどを原料に化学転換で石油化学系と同じモノマー、ポリマーに転換した新概念のバイオベースポリマーが登場している。新概念ポリマーではバイオマス由来の成分がどの程度であるかが環境イメージ、ひいては商品価値に影響すると思われる、バイオマスプラスチック度を定義する動きが出ている。

本調査の技術俯瞰図を図2に示した。バイオベースポリマーの調査対象技術は製造技術、物性改良及び用途展開の三項目に大別される。製造関係では重合体の製造に関わる、モノマー、ポリマー製造、分子量調節などがあり、製品の製造では成形加工、紡糸、表面加工などが含まれる。物性改良では、改良対象となる物性と改良手段が対象である、また用途展開では各種製品用途の他、再資源化が含まれる。

図1 バイオベースポリマーの範囲

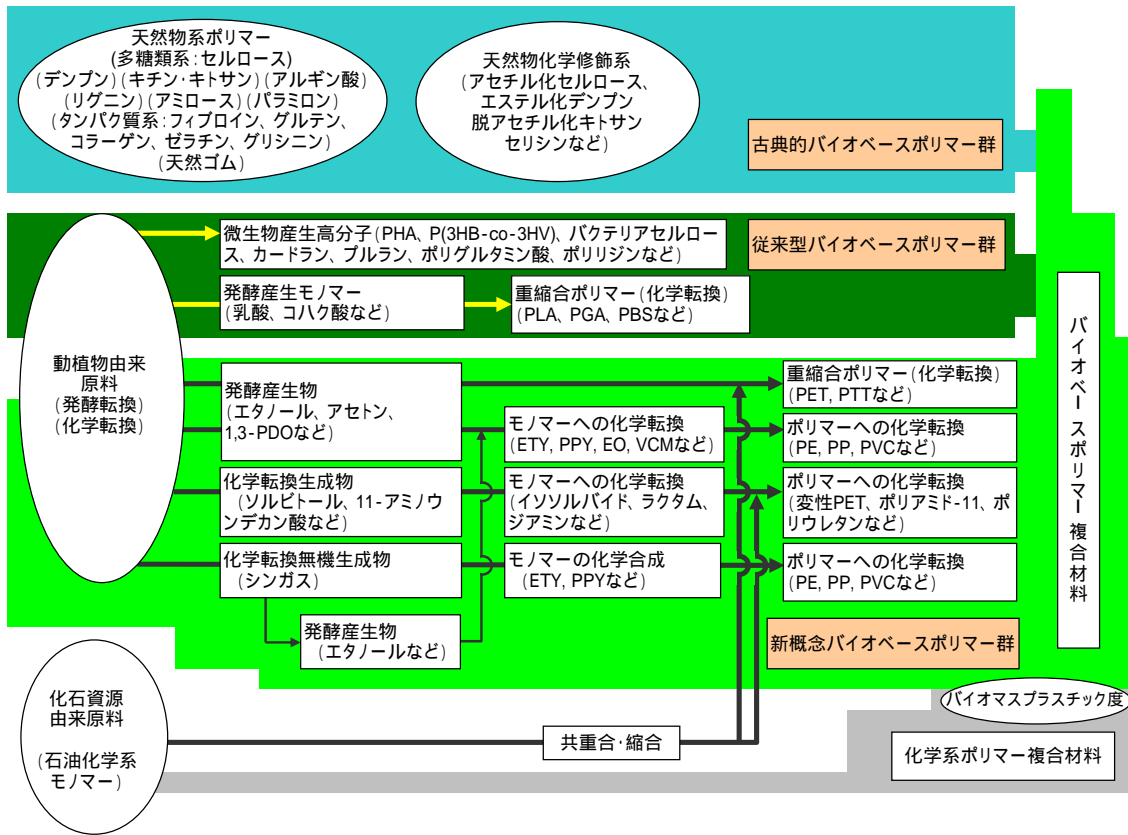


図2 バイオベースポリマー関連技術の技術俯瞰図



この調査では上記の技術俯瞰図に対応した技術区分を設定し、特許および論文の技術区分別動向解析を行っている。技術区分の中で大分類の構成と、その定義を表1に、また詳細な技術区分表を表2に示した。

表1 技術区分大分類の構成とその定義

大分類	定義および分類付与法
1.バイオベースポリマーの種類	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオベースポリマーの種類に関し、糖質系、ポリペプチド類・タンパク質、植物油脂系、ポリアミド系、ポリウレタン系、ポリエステル系、その他に細分類する。 ・ポリマーとは天然、バイオ生産のポリマー、およびバイオマス原料の化学転換で製造される高分子量重合体で、オリゴマー、ポリマー組成物、組成物、複合材等を包含する。 ・下記ポリマーは原料・中間体がバイオベースの如何に関わらず、バイオベースポリマーとして扱う：コハク酸(PBAなど)、1,3-プロパンジオール(PTTなど)、ポリヒドロキシアルカン酸類(PHA、C6程度まで)、乳酸(PLAなど)、(ポリ)カプロラクトン(PCL)、(ポリ)グリセリン、(ポリ)アミノ酸、長鎖ジカルボン酸、ダイマー酸。 ・ポリアミノ酸以外のポリアミド、ポリオレフィン原料がバイオ由来であることを明記してある場合のみ、バイオベースとして扱う。 ・タンパク質系の薬効成分は、本調査の対象としない。 ・ノイズでない限り、1特許に1件以上を付与する。
2.技術の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・特許請求項等に記載された、特許・非特許の目的とする技術項目に関する。 ・バイオベースポリマーそのものの開発、バイオベースポリマーの製造方法開発、物性改良、再資源化・処理方法、環境負荷評価、用途展開などに関する下位技術区分を設ける。 ・ノイズでない限り、1特許に1件以上を付与する。
3.製造技術	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオベースポリマーの製造技術に関する詳細技術項目。 ・モノマーに特徴のある製造技術、ポリマーの製造、成形方法、ゲルの製造などに細分類する。
4.バイオベースポリマーの物性改良	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオベースポリマーの物性改良に関する詳細技術項目。 ・ポリマーの構造に特徴のある物性改良、混合・複合化に特徴のある物性改良、加工処理による物性改良、その他の要因による物性改良などに細分類する。
5.バイオベースポリマーの用途展開	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオベースポリマーの新規用途展開に関する。 ・日用品・レジャー用品・一般産業用品、カード、農業用・園芸用資材、水産・漁業資材、医療分野、容器および包装資材、自動車部品、電子・OA機器、情報機器関係、光学関連、紡糸・繊維、布帛、衣料、不織布、皮革関係、コーティング関係、トナー、塗料・インキ、顔料、接着・粘着剤関係、その他の用途分野、再資源化などの細分類を設ける。

表2 技術区分表

大分類	中分類 小分類	定義	説明
1. バイオベースポリマーの種類			
	1A	糖質系ポリマー	多糖類：寒天、ペクチン、マンナン、カラギーナン、カードラン、ブルラン、グルカン、アラビアゴム(アラビン)、ザンサンガム、アミロース、アミロペクチン、パラミロン、フルクタン、ジェランガムなどを含む。1Aa~1Agに含まれない糖質系ポリマー。
	1Aa	天然植物繊維(木綿、麻、パルプなど)	セルロース系の天然植物繊維に関する(繊維作物：綿花、アマ、サイザル、ジュート、ラミー、タイマ、コイア、カボック、ケナフ、タケなど)。
	1Ab	セルロース誘導体・繊維	アセテート、レーヨン、セロファン、ポリノジック繊維(キュブラ、テンセル、リヨセルなど)、微結晶セルロース、セルロースの化学修飾による繊維質ポリマーに関する。
	1Ac	デンプン(および誘導体)原料	デンプン、およびその誘導体。単独成形体、複合材、糊料、各種ポリマーへの複合化による生分解促進などに使用される。
	1Ad	単糖類誘導体	ヘキソース(グルコースなど)、ペントース(キシロース)などを原料として得られるポリマーに関する。トレハロース、グルクロン酸やそこから誘導されるポリマーなど。
	1Ad1	微生物セルロース	グルコースから微生物が産生するセルロース。ナタ・デ・ココなど。
	1Ad2	シクロデキストリン	グルコースから誘導されるシクロデキストリン(環状ポリマー)に関する、吸着剤などに使用される。
	1Ae	アルギン酸誘導体	アルギン酸、フカン、ウロン酸(ポリグルクロン酸塩)など、海藻に多く含まれる水溶性多糖類、発泡緩衝材などが検討されている。
	1Af	キチン、キトサン、ムコ多糖類(動物質)	キチン(カニ殻、エビ殻、昆虫などに含まれる N-アセチルグルコサミン残基を有するムコ多糖類)、脱アセチルでキトサンが得られる。繊維化して人工皮膚など。その他のムコ多糖類(ヒアルロン酸、グルコサミン、コンドロイチン、ヘパリンなど)を含む。
	1Ag	リグニン誘導体	リグニン、およびそれを化学転換して製造されるポリマー。
	1B	ポリペプチド類、タンパク質	カゼイン、グロブリン、ゼラチン、コラーゲン、グルテン(小麦タンパク)、グリシニン(大豆タンパク)、カルシトニン(ペプチドホルモン)、エラスチン、アルブミンなどを含む。
	1Ba	天然動物繊維(羊毛、シルクなど)	シルク(フィブロイン：繊維状部分、セリシン：繭ののり状部分)。

大分類	中分類 小分類	定義	説明
	1Bb	…ポリアミノ酸系ポリアミド(PMLG など)	微生物産生型のポリ-γ-グルタミン酸(納豆菌・抗ガン剤、手術後癒着防止剤など、味の素、出光、明治フード、ヤクルト、日本ポリグル)、ポリ-リジン(放線菌:食品保存料など)などの例、化学合成によるポリコハク酸イミドの加水分解による一段解法ポリ-β-アスパラギン酸は除く。
	1C	…植物油系ポリマー	油料植物:ダイズ、アブラヤシ、ナタネ、ココナッツ、綿子実、ヒマワリ、ヒアなど、ヒマシ油系ポリマーなど、直接、また化学転換でアルキッド樹脂、大豆油ポリオール、ポリウレタン、重合体、モノマーなどを製造。
	1Ca	…エポキシ化植物油	エポキシ化大豆油(ESO)など、ポリマー、ポリマーナノコンボジット、IPNなどが検討されている。
	1Cb	…非グリセリド系材料(ロジン、テルペン変性、ワニス)	ロジン(固脂、アビエチン酸など、不飽和カルボン酸を含む、樹脂酸 80~97%、ワニス原料)。
	1Cc	…グリセリン誘導ポリマー	グリセリンからの各種ポリマー誘導体に関する。
	1Ccd	…ポリグリセリン	ポリグリセリンからの誘導体で、化粧品、生分解性可塑剤など。
	1Cd	…不飽和脂肪酸系ポリマー(アクリル酸、イタコン酸誘導体などを含む)	アクリル酸基などを付加し、ポリマー骨格を形成。
	1D	…ポリアミド系(バイオ由来ジアミン、ジカルボン酸原料法を含む)	コハク酸アミドなど、バイオ由来のアミド、ジカルボン酸(アゼライン酸、セバシン酸など)、ジアミン、ジイソシアネートを原料とするポリアミドに関する。
	1Da	…バイオ由来ラクタムを含有	バイオ由来ラクタムの開環重合で得られるポリアミドに関する。
	1F	…ポリウレタン系(バイオ由来ジイソシアネート、ジカルボン酸などのモノマー利用)	バイオ由来の原料を用いたポリウレタンで、脂肪族ポリエステルウレタンなどを含み、1Faを除く。ポリ乳酸へのジイソシアネートによるウレタン骨格の導入と物性改良はポリ乳酸(1Ga1.2)+高分子量化(4Aa1)とする。
	1Fa	…バイオベースポリオール系ポリウレタン	バイオ由来のポリオールを原料とするポリウレタンに関する。
	1G	…ポリエステル系ポリマー	各種のポリエステルで、1Ga~1Gb以外のもの。
	1Ga	…ヒドロキシアルカン酸またはポリオール、ポリカルボン酸からなるもの	バイオ由来のPHA:Poly(3-Hydroxyalkanoic acid)以外のポリヒドロキシアルカン酸、ポリオール、ポリカルボン酸から得られるポリエステルで、1Ga1~1Ga3以外のもの。
	1Ga1	…ヒドロキシアルカン酸系ポリエステル(PHA)	PHAはPoly(3-Hydroxyalkanoic acid)。
	1Ga1.1	…ポリグリコール酸(PGA)	ポリグリコール酸(バイオ由来の如何を問わない)に関する。
	1Ga1.2	…ポリ乳酸(PLA)	ポリ乳酸(バイオ由来の如何を問わない)で、D体、DL体、sc、sb、非記載など、1Ga1.2.1~1Ga1.2.2以外のものに関する。
	1Ga1.2.1	…ポリ-L-乳酸(PLLA)	ポリ-L-乳酸(L-乳酸、L-ラクチドのポリマー)に関する。商品例(登録商標):レイシア(三井化学)、プラメート(DIC)、パイロエコール(東洋紡績)。
	1Ga1.2.2	…乳酸-ヒドロキシアルカン酸共重合体	PLGA(乳酸-グリコール酸共重合体)、乳酸、ヒドロキシアルカン酸の共重合体に関する。商品例(登録商標):プラメート(DIC)。
	1Ga1.3	…ポリ-3-ヒドロキシアルカン酸(C4以上、ホモポリマー、共重合)	炭素数の大きいPHAのホモポリマー、コポリマーに関する。商品名(登録商標):Biopol(モンサント)。
	1Ga1.4	…ポリラクトン	バイオ由来のポリラクトンで、1Ga1.4.1を除いたもの。
	1Ga1.4.1	…ポリε-ピロラクトン	ポリε-ピロラクトンに関する。原料のバイオベース由来の如何によらない。商品例(登録商標):セルグリーンPH(ダイセル化学工業)。
	1Ga2	…脂肪族ジカルボン酸系ポリエステル	脂肪族ジカルボン酸を用いたポリエステルで、1Ga2.1~1Ga2.3以外のものに関する。長鎖ジカルボン酸、ダイマー酸など。商品例(登録商標):エタナコール(宇部興産)polyethylene sebacate。
	1Ga2.1	…コハク酸原料ポリエステル	コハク酸を含むポリエステル。商品例(登録商標):ルナーレ(日本触媒)。アルケニルコハク酸、アルキルコハク酸(誘導体)は化学合成であり、調査対象でない。
	1Ga2.1.1	…ポリブチレンサクシネート(PBS)	コハク酸、1,4-ブタンジオールから構成されるポリエステル(PBS)に関する。商品例(登録商標):GS Pla(三菱化学)、ピオノーレ(昭和高分子)。
	1Ga2.2	…アジピン酸原料ポリエステル	アジピン酸、ジオールで構成されるポリエステル、いずれかの原料がバイオ由来に限定。
	1Ga2.2.1	…クルクミンアジベートポリエステル	クルクミンを含むポリエステルに関する。
	1Ga2.3	…芳香族基を共重合単位として有するもの	脂肪族ジカルボン酸に芳香族ジカルボン酸(テレフタル酸、イソフタル酸など)を共重合成分として用いたポリエステルに関する。
	1Ga3	…芳香族ジカルボン酸系ポリエステル	芳香族ジカルボン酸、バイオ由来ジオールを原料とするポリエステルに関する。商品例(登録商標):Biomax(EI DuPont)、グリーンエコベット(帝人)ともにPET/succinate。
	1Ga3.1	…ポリエチレンテレフタレート(PET)	ポリエチレンテレフタレート(PET)で原料がバイオ由来に限定する。
	1Ga3.1.1	…イソソルバイド変性PET	イソソルバイドを含むテレフタル酸ポリエステルに関する。
	1Ga3.2	…ポリトリメチレンテレフタレート(PTT、3GT)	1,3-プロパンジオール(PDO)、テレフタル酸で構成されるポリエステルに関する。2-メチル-1,3-プロパンジオールのポリエステルは対象外。
	1Gb	…ポリエステルカーボネート	ポリエステルポリカーボネートに関する。
	1H	…その他のバイオベースポリマー(松脂、フラン樹脂、メラミン樹脂、ポリイミドなど)	1A~1G以外のバイオベースポリマーで1Ha~1Heを除いたもの(松脂、スクワラン、フラン樹脂、メラミン樹脂、ポリイミド、ポリアセタール、ワニスなど)。
	1Ha	…ポリカーボネート	ポリカーボネートで原料がバイオ由来に限定。
	1Hb	…ポリエーテル(PEG、PPG、PTMEGなど)	ポリエーテルで原料がバイオ由来に限定。
	1Hc	…ポリビニルアルコール系	ポリビニルアルコールで原料がバイオ由来に限定。

大分類	中分類 小分類	定義	説明
	1Hd	…ポリオレフィン	ポリオレフィンで原料がバイオ由来に限定、1Hd1～1Hd2を除く。
	1Hd1	…ポリエチレン(HD, LD, LLD-PE)	ポリエチレンで、原料がバイオ由来に限定。
	1Hd2	…ポリプロピレン(PP)	ポリプロピレンで原料がバイオ由来に限定。
	1He	…ポリイソプレノイド、テルペン、天然ゴム(Rubber)系	ポリイソプレノイド、テルペン、天然ゴムに関する。
2. 技術(特許・非特許文献)の目的(全技術文献に付与)			請求項に記載されたポリマー主骨格成分、共重合成分、架橋成分、複合成分、添加成分。
	2A	…バイオベースポリマーそのものの開発を目的とする技術	化石原料、化学製品のバイオ転換はノイズとする、2A は下位概念の2Aa-2Ae1に含まれない場合。
	2Aa	…モノマー、原料に特徴のあるもの	モノマー、原料に特徴のあるバイオベースポリマーの製造に関する。
	2Ab	…ポリマーに特徴のあるもの	ポリマー性質などに特徴のあるバイオベースポリマーの製造に関し、2Ab1以外のもの。加工用原料ポリマーや、組成物、成形体、複合材を除く。例えば特開 2004 - 277698 号公報(一種以上環状モノマー:ラクチド、グリコリド、ラクトンなど)を触媒、開始剤、特定低沸点溶媒中で重合)のような技術が2Abに分類される。
	2Ab1	…特殊なパラメータで規定されたもの	2Ab で、分子量、吸水性など、特殊なパラメータで規定されたものに関する。
	2Ac	…組成物に特徴のあるもの	例えば特開 2008 - 120873 号公報(物性規定された PLLA, PLDA(ポリL-, D-乳酸)を特定比率範囲で混合、熱処理)のような技術。
	2Ac1	…特殊なパラメータで規定されたもの	2Ac で、特殊なパラメータで規定されたものに関し、「混合組成」だけではパラメータとしない。
	2Ad	…添加剤、配合剤に特徴のあるもの	添加剤・配合剤に特徴のあるバイオベースポリマーで、例えば特開 2004 - 18680 号公報(樹脂成型時の添加物、架橋基が加熱開裂)、同 2004 - 359892 号公報(ポリグリセリン脂肪酸エステル可塑剤)のような技術に関する。
	2Ad1	…特殊なパラメータで規定されたもの	2Ad で、特殊なパラメータで規定されたものに関する。
	2Ae	…成形体に特徴のあるもの	成形体(容器、フィルム、紡糸、繊維、布帛など)の物性、形状などに特徴のあるバイオベースポリマーに関する。
	2Ae1	…特殊なパラメータで規定されたもの	2Ae で、特殊なパラメータで規定されたものに関する。
	2B	…バイオベースポリマーの製造方法の開発を目的とする技術	技術区分下位 2Ba～2Be に含まれない製法の開発を目的とした特許。
	2Ba	…モノマー(バイオ資源からの石油化学系モノマー)製造・精製に特徴のあるもの	バイオ資源からの石油化学系モノマー(発酵法エタノールからのエチレンなど)製造に関する。
	2Bb	…モノマー(バイオ資源からのその他のモノマー)製造・精製に特徴のあるもの	バイオ資源からのその他のモノマー製造に関する、例えば特開平 02 - 283289 号公報(コハク酸発酵後、水分解電気透析、イオン交換樹脂処理でコハク酸を分離)のような技術。
	2Bc	…ホモ重合体の製造に特徴のあるもの	ホモ重合体の製造に関する、特開 2008 - 120872 号公報(ラクチドを特定開始剤濃度、温度、圧力の範囲で重合)のような技術。
	2Bd	…共重合体の製造に特徴のあるもの	共重合体の製造に関する、特開 2004 - 277698 号公報(一種以上の環状モノマーを触媒、開始剤、特定低沸点溶剤中で重合)のような技術。
	2Be	…製造コストの削減を志向することに特徴のあるもの	バイオベースポリマーの製造コスト削減を目的とした技術に関する。
	2C	…バイオベースポリマーの物性改良を目的とする技術	バイオベースポリマーの物性改良を目的とした技術で、2Ca～2Ct 以外の技術に関する。風合(触感)、印刷性、耐ブロッキング性、熱収縮性など。
	2Ca	…耐熱性・熱安定性の改良に特徴のあるもの	
	2Cb	…強度・剛性・弾性率の改良に特徴のあるもの	耐摩耗性、耐久性を含める。
	2Cc	…耐衝撃性の改良に特徴のあるもの	
	2Cd	…光学特性の改良に特徴のあるもの	光透過率、光波長依存性を含める。
	2Ce	…電気特性(制電性・帯電特性、絶縁性)の改良に特徴のあるもの	
	2Cf	…難燃性の改良に特徴のあるもの	
	2Cg	…着色や外観の改良に特徴のあるもの	
	2Ch	…生分解性の改良に特徴のあるもの	
	2Ci	…耐候性の改良に特徴のあるもの	
	2Cj	…耐水性の改良に特徴のあるもの	耐加水分解性、洗濯での防縮性を含める。
	2Ck	…延伸・伸展性の改良に特徴のあるもの	
	2Cm	…柔軟性・可とう性の改良に特徴のあるもの	
	2Cn	…成形性の改良に特徴のあるもの	成形時間短縮、結晶化、解きほぐし(解舒)性、織度(糸の太さ)均一性など。
	2Cp	…保水性の改良に特徴のあるもの	吸湿性、吸水能(SAP 機能)を含める。
	2Cq	…ガスバリア性の改良に特徴のあるもの	
	2Cr	…徐放性の改良に特徴のあるもの	
	2Cs	…抗菌性の改良に特徴のあるもの	
	2Ct	…リサイクル性の改良に特徴のあるもの	例えば特開 2004 - 18680 号公報(樹脂成型時の添加物、架橋基が加熱開裂)、同 2004 - 359892 号公報(生分解性のポリグリセリン脂肪酸エステル可塑剤)のような技術。リサイクル性の向上に資する。

大分類	中分類 小分類	定義	説明
	2D	・バイオベースポリマーの再資源化・処理方法の開発を目的とする技術	バイオベースポリマーの再資源化、処理方法などに関し、2Da 以外のもの。
	2Da	・リサイクル技術・分解技術 に特徴のあるもの	例えば特開 2008 - 7611 号公報 (ポリ乳酸を 10%以上の乳酸水溶液中で分解、光学純度の低下を抑制)、同 2007 - 1940 号公報 (PBS に水を添加、200 ~ 400 で分解する)のようにポリマー自体に特徴はなく、反応条件を工夫することでリサイクル性を向上させる技術を分類。
	2F	・バイオベースポリマーの環境負荷の評価方法の開発を目的とする技術	
	2G	・バイオベースポリマーの用途展開を目的とする技術	作業性の改善など、用途展開で鍵となる 2A ~ 2F、2Ga ~ 2Gc 以外の項目。
	2Ga	・生分解性の志向に特徴のあるもの	Biodegradable,
	2Gb	・低環境負荷の志向に特徴のあるもの	石油化学系ポリマーのバイオベースポリマーによる代替など。
	2Gc	・生体適合性の志向に特徴のあるもの	Biocompatibility, Resorbable implant biomaterial,
3. 製造技術			
	3A	・モノマー (環状二量体を含む) に特徴のある製造技術	モノマーに特徴のある製造技術で、3Aa ~ 3Ad 以外のものに関する。
	3Aa	・モノマーの種類に特徴のあるもの	モノマーの種類に特徴のある製造技術で、3Aa1 ~ 3Aa5 以外のものに関する。
	3Aa1	・アミノ酸	グルタミン酸、リジン、アスパラギン酸などのアミノ酸モノマーに関する。
	3Aa2	・ジ・ポリカルボン酸	例えば特開平 02 - 283289 号公報 (コハク酸発酵培地からの水分解電気透析 + イオン交換樹脂処理による回収法)のような技術に関する。
	3Aa3	・ジ・ポリオール	ポリエステル、ポリウレタンなどの原料となるジオール、ポリオールの製造に関する。
	3Aa4	・ヒドロキシアルカノエート	
	3Aa4.1	・乳酸	
	3Aa5	・オレフィン	
	3Ab	・モノマーの精製に特徴のあるもの	バイオベースポリマーの生産、物性向上などに必要なモノマー精製法に関する。
	3Ac	・微生物、植物など生物産生法によりモノマーを製造することに特徴のあるもの	
	3Ad	・化学合成法によりモノマーを製造することに特徴のあるもの	
	3B	・ポリマーの製造に特徴のある製造技術	ポリマー製造に関して、3Ba ~ 3Bg 以外の要因、残留モノマー低減、ポリマー分離回収など。
	3Ba	・ホモ重合体の製造に特徴のあるもの	
	3Bb	・共重合体の製造に特徴のあるもの	
	3Bc	・重合触媒を用いることに特徴のあるもの	
	3Bc1	・化学触媒 (酸塩基、金属錯体など)	
	3Bc2	・酵素触媒	
	3Bd	・生物産生法によりポリマーを製造することに特徴のあるもの	
	3Bd1	・遺伝子技術の採用	遺伝子技術に特徴のある場合。
	3Be	・分子量調節に特徴のあるもの	例えば特開 2004 - 277698 号公報 (環状モノマー、触媒、開始剤、低沸点気体媒体中で重合)のように、純粋に高分子量化を目的とする技術が該当。
	3Bf	・末端制御に特徴のあるもの	重合末端を制御したポリマー合成に関する、物性改良のための末端制御は 4Ag とする。
	3Bg	・その他のポリマー製造技術に特徴のあるもの	
	3C	・成形方法に特徴のある製造技術	
	3Ca	・射出成形に特徴のあるもの	
	3Cb	・押出成形に特徴のあるもの	
	3Cc	・ブロー成形に特徴のあるもの	
	3Cd	・延伸成形に特徴のあるもの	フィルム、紡糸における延伸技術を含める。
	3Ce	・特定の成形工程に特徴のあるもの (予備工程等)	
	3Ce1	・成形材料の混練 (温度条件、混練時間等)	
	3Cf	・その他の成形方法に特徴のあるもの	
	3D	・重合体、成形体の形態に特徴のある製造技術	ラミネート化など 3Da ~ 3Dg2 に分類されないもので、芯鞘構造、中空系化などを含める。
	3Da	・コーティングの製造に特徴のあるもの	
	3Db	・エマルジョンの製造に特徴のあるもの	
	3Dc	・粒子の製造に特徴のあるもの	医薬 (薬効成分 + 糖質成分 (支持体) 混合物) の錠剤化は含めない。
	3Dc1	・ナノ粒子	
	3Dd	・発泡体の製造に特徴のあるもの	
	3De	・フィルム・シートの製造に特徴のあるもの	

大分類	中分類 小分類	定義	説明
	3Df	…積層体の製造に特徴のあるもの	
	3Df1	…他樹脂との	
	3Df2	…紙との	
	3Df3	…金属との	
	3Dg	…繊維の製造に特徴のあるもの	紡糸を含める。
	3Dg1	…織布	
	3Dg2	…不織布	
	3F	…ゲルの製造に特徴のある製造技術(ゲル状の多糖類、ポリペプチド、バイオベースポリマーゲルの製造)	
4. バイオベースポリマーの物性改良			
	4A	…ポリマー構造に特徴のある物性改良	組成物、成形体、複合材を除く。
	4Aa	…モノマー純度向上に特徴のあるもの	
	4Ab	…光学活性制御技術	光学活性モノマー導入に特徴のあるもの
	4Ab1	…ステレオコンプレックス(sc-PLA, sb-PLAなど)	
	4Ac	…共重合に特徴のあるもの	
	4Ac1	…ブロック共重合	
	4Ac2	…ランダム共重合	
	4Ac3	…グラフト共重合	
	4Ad	…架橋・架橋剤に特徴のあるもの	
	4Ae	…立体規則性重合に特徴のあるもの	
	4Ae1	…触媒、助触媒に特徴	
	4Af	…分子量制御に特徴のあるもの	低分子量分画の除去など、ただし残留モノマー低減は4Dとする。
	4Af1	…高分子量化	例えば特開 2006 - 274255 号公報(低分岐度で高分子量脂肪族ポリエステル、コハク酸、PHA、アジピン酸などの構造単位、特定比率で共重合)に記載されているような、高分子量化することによってポリマーの物性を改良することを目的とする技術が該当。
	4Af1.1	…高分子量化剤に特徴	
	4Af2	…分子量分布制御	
	4Af2.1	…分子量分布制御剤に特徴	
	4Ag	…末端制御に特徴のあるもの	カルボジイミド(-N=C=N-)、イソシアネート(-N=C=O)導入などによる末端-OHの反応、架橋などで、4Ag1以外のもの。
	4Ag1	…末端制御剤に特徴	
	4Ah	…その他のポリマー構造に特徴のあるもの	
	4B	…混合・複合化に特徴のある物性改良	
	4Ba	…ナノコンポジット化に特徴のあるもの	ナノコンポジットされる添加材料・配合材料の種類(有機成分、無機成分等)については該当する項目にも分類。
	4Bb	…無機成分複合化に特徴のあるもの	無機成分が以下の配合剤に該当する場合は該当する項目が優先。
	4Bb1	…炭素繊維複合化	
	4Bc	…有機成分複合化に特徴のあるもの	有機成分が以下の配合剤に該当する場合は該当する項目が優先。
	4Bc1	…バイオ繊維複合化	
	4Bc2	…ブレンド・アロイ化	ブレンド・アロイ化が共重合のみを意味することが文献に明示されている場合には共重合のみに分類。
	4Bc2.1	…バイオベースポリマー同士のブレンド・アロイ化	
	4Bd	…配合剤、添加剤の使用に特徴のあるもの	界面活性剤などの添加で採用。医薬における薬効成分の添加は付与しない。
	4Bd1	…結晶核剤、結晶化剤、結晶化促進剤	この項目に分類する場合は必ず結晶化にも分類する。
	4Bd1.1	…バイオ由来の結晶核剤、結晶化剤、結晶化促進剤を用いるもの	
	4Bd2	…相溶化剤	
	4Bd2.1	…バイオ由来の相溶化剤を用いるもの	
	4Bd3	…可塑剤	
	4Bd3.1	…バイオ由来の可塑剤を用いるもの	
	4Bd4	…耐候・耐光性安定剤	
	4Bd5	…難燃剤	
	4Bd6	…生分解性の制御に関与する剤	
	4Bd6.1	…生分解性を促進する剤	
	4Bd7	…抗菌・防霉剤・抗生物質	
	4C	…加工処理に特徴のある物性改良	紡糸時の断面形状、混織などに関する。
	4Ca	…結晶化に特徴のあるもの	
	4Cb	…延伸加工・配向化に特徴のあるもの	延伸・配向により結晶化を促進することが文献に明示されている場合は結晶化に特徴のあるもの(4Ca)にも分類。
	4Cc	…表面加工に特徴のあるもの(プライマー、プラズマ加工などを含む)	
	4D	…その他の要因に特徴のある物性改良	残留モノマー濃度、異物除去、多孔質化など。

大分類	中分類 小分類	定義	説 明
5. バイオベースポリマーの用途展開			
	5A	・日用品・レジャー用品・一般産業用品	
	5Aa	・コンポストバッグ・ゴミ袋	
	5B	・カード	
	5Ba	・磁気カード	
	5C	・農業用・園芸資材	
	5Ca	・植物フィルム・シート	マルチング (Mulching) など。
	5D	・水産・漁業資材 (養殖関連、擬似餌などを含む)	
	5Da	・魚網・釣り糸	
	5F	・建築・土木資材	
	5Fa	・シート	
	5Fb	・型枠	
	5Fc	・植生用資材	
	5G	・医療分野	医療用品、傷手当・包帯、骨接合材、組織修復、コンタクトレンズ、衛生用品、使い捨てオムツ用不織布などで、5Ga～5Gcに含まれないもの。
	5Ga	・縫合糸 (Surgical suture)	
	5Gb	・骨接合材 (Surgical device)	代替骨、接合部材、軟骨。
	5Gc	・薬物送達システム (DDS)、製剤	Drug Delivery, Delayed release, Sustained release, Controlled release を含む。
	5H	・容器および包装資材 (フィルム、シートなど)	食品用途を除く容器、包装資材、梱包材料に関する。粘着フィルムなどを含む。
	5Ha	・食品容器 (フィルム、シートを含まない)	
	5Hb	・食品用フィルム・シート	
	5I	・自動車部品	パネル、シート、マットなど、自動車部品関連の全てに関する。
	5J	・電子・OA機器、情報機器	電子・OA 機器、情報通信機器、携帯電話などの部品 (筐体は 5Ja)、磁気テープ、絶縁テープ、コンデンサー、感熱孔版印刷リボン、プリンターシームレスベルトなどを含む。
	5Ja	・筐体	
	5K	・光学関連	写真フィルム、テレンプ、液晶表示体、光記録媒体など。
	5L	・紡糸、繊維、布帛、衣料、不織布、皮革	カーペット、産業用繊維・布帛、濾布フィルタ、マスクを含む、医療分野 (5G)を除く。
	5M	・コーティング	
	5N	・トナー、塗料・インキ、顔料、接着・粘着剤	トナー、塗料・インキ、顔料、粘着剤、接着バインダー、ヒートシール剤に関する。
	5P	・その他の用途分野	その他の内容イメージ: 食品、農薬製剤、製紙、化粧品、トイレタリー、洗剤ビルダー、工作用粘土 (Plasticine) など。
	5Q	・再資源化	DNA、バイオベースポリマー廃棄物の再資源化に関する、5Qa～5Qb 以外の事項。
	5Qa	・ケミカルリサイクル	バイオベースポリマーのケミカルリサイクルに関する。
	5Qa1	・加水分解・解重合	バイオベースポリマーの加水分解、解重合を伴うケミカルリサイクルに関する。
	5Qb	・マテリアルリサイクル	バイオベースポリマーのマテリアルリサイクルに関する。

第2章 特許出願動向

第1節 全体動向

本調査の特許検索はIPC(国際特許分類)、FIおよびフリーキーワードに基づく検索式を用いて行った。調査期間(優先権主張年1995~2006年)における日本、米国、欧州¹⁾、中国および韓国への出願件数総数はノイズ除去後で17,036件であった。出願人国籍別の出願件数推移を図3に示した。件数は徐々に増加したが、2001~2004年に1,800~1,900件台でフラットになった。出願人国籍では日本が50.7%と最も多く、米国、欧州と続いており、中国、韓国からの出願件数は少ない。

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約30ヵ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、実数を反映していない可能性があることに留意が必要である。

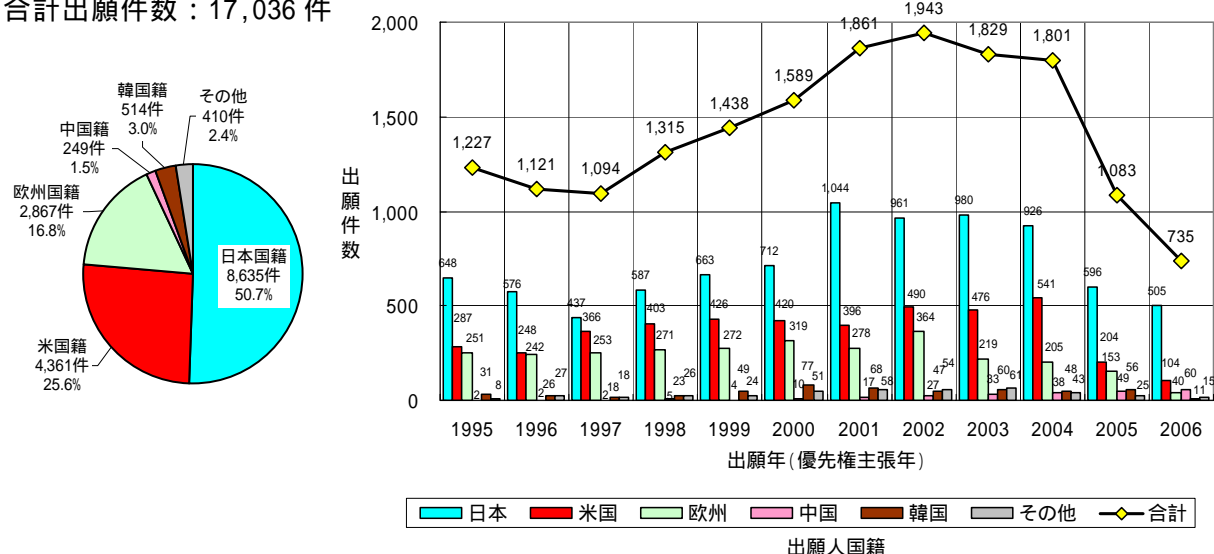
出願先国別に、出願人国籍別の出願件数を基に出願件数収支を解析した結果を図4に示した。日本への出願件数は全体で8,301件、日本国籍出願人による出願件数比率が83.1%と多かった。米国への出願件数は全体で3,058件、米国籍出願人による出願件数比率は59.9%、また欧州への出願件数は全体で3,758件、欧州国籍出願人による出願件数比率は41.8%であった。中国、韓国への出願件数は全体で1,056件、863件と少なく、また日本、米国、欧州国籍出願人による出願件数比率が高かった。

日本と米国および日本と欧州との間の出願件数はほぼ拮抗しているが、米国からの欧州への出願件数が際だって多いのが特徴である。本調査では以上の5ヵ国の他、オーストラリア、ロシアへの特許出願状況を解析しているが、いずれも日本、米国、欧州からの特許出願が多く、自国からの出願件数は少なかった。

図3 出願人国籍別出願件数推移

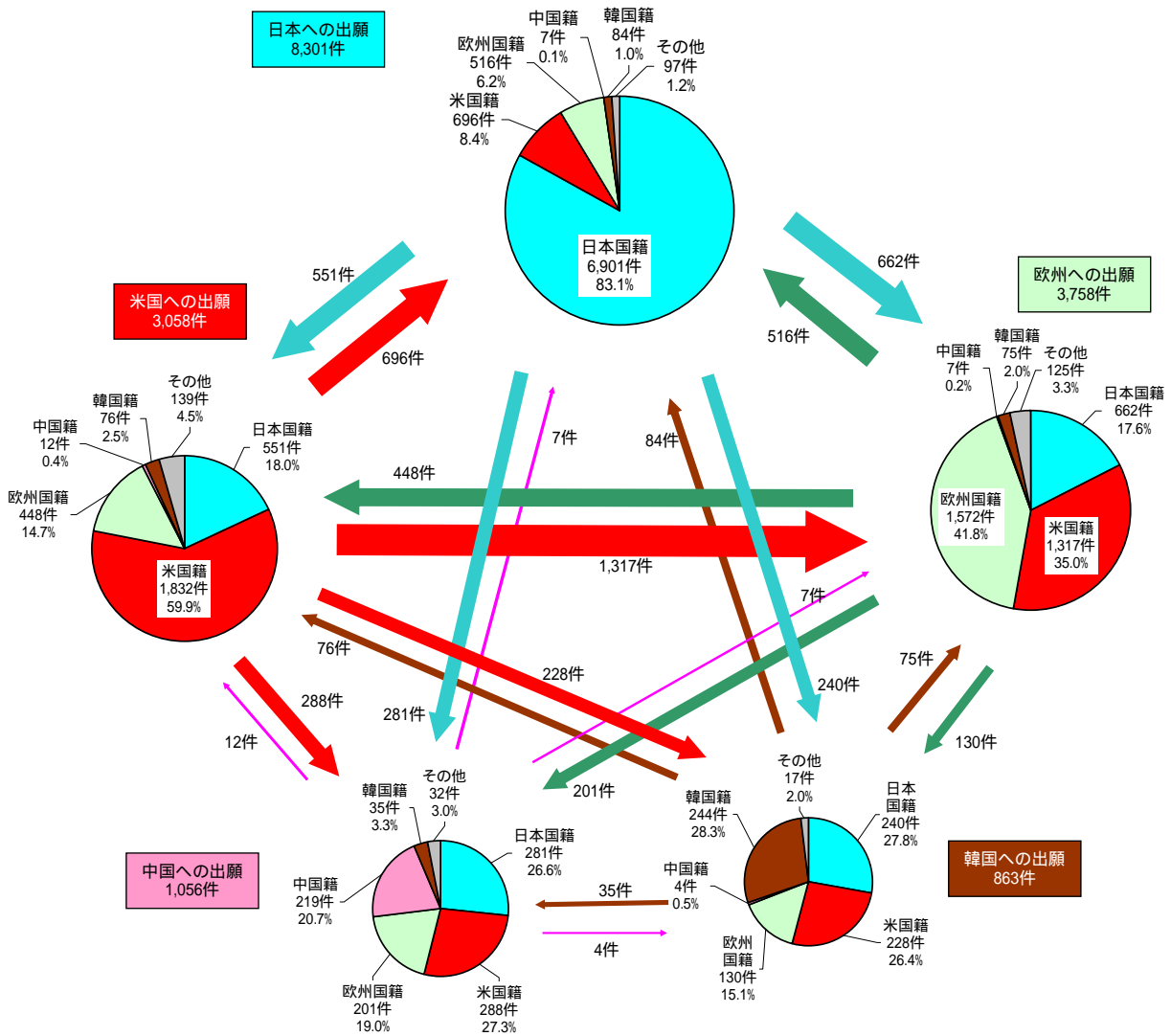
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1995年~2006年)

合計出願件数:17,036件



1) 欧州への出願とは、オーストラリア、ベルギー、スイス、チェコ、ドイツ、デンマーク、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ハンガリー、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロバキア、ノルウェーへの出願、及びEPC出願とする。

図4 出願先国別出願人国籍別出願件数収支
 (日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 1995年~2006年)



第2節 技術区分別動向

次いで表1、表2の技術区分表に基づいて全特許文献について技術区分別の解析を行った。

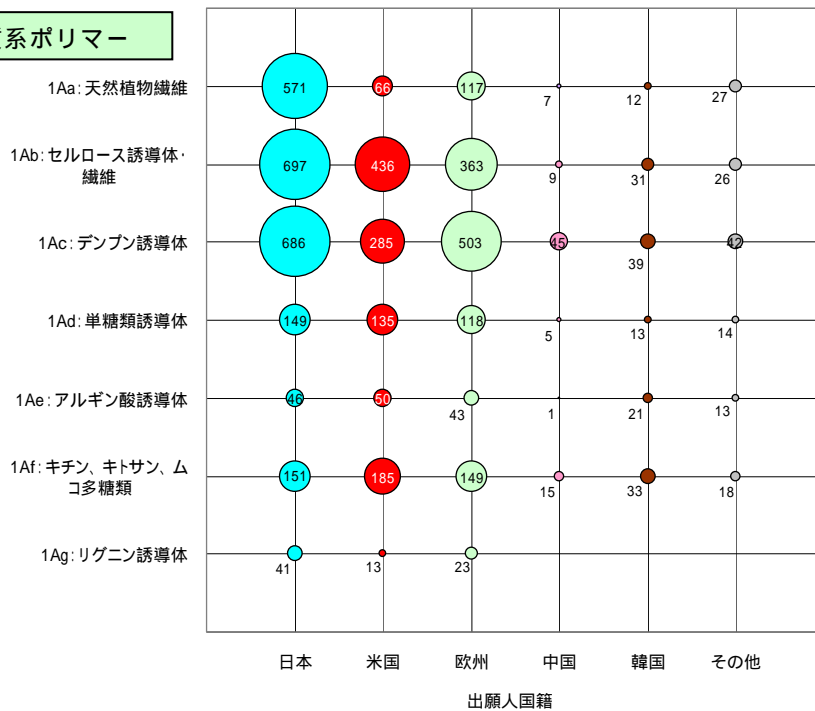
[大分類1]バイオベースポリマーの種類での出願人国籍別出願件数を図5に示した。

[中分類1A]糖質系ポリマーでは、日本国籍出願人は[小分類1Aa]天然植物繊維、[小分類1Ab]セルロース誘導体・繊維、[小分類1Ac]デンプン誘導体が並んでいるが、米国籍出願人では[小分類1Ab]セルロース誘導体・繊維、欧州国籍出願人では[小分類1Ac]デンプン誘導体が1位で、[小分類1Aa]天然植物繊維は少ないなどの特徴がある。

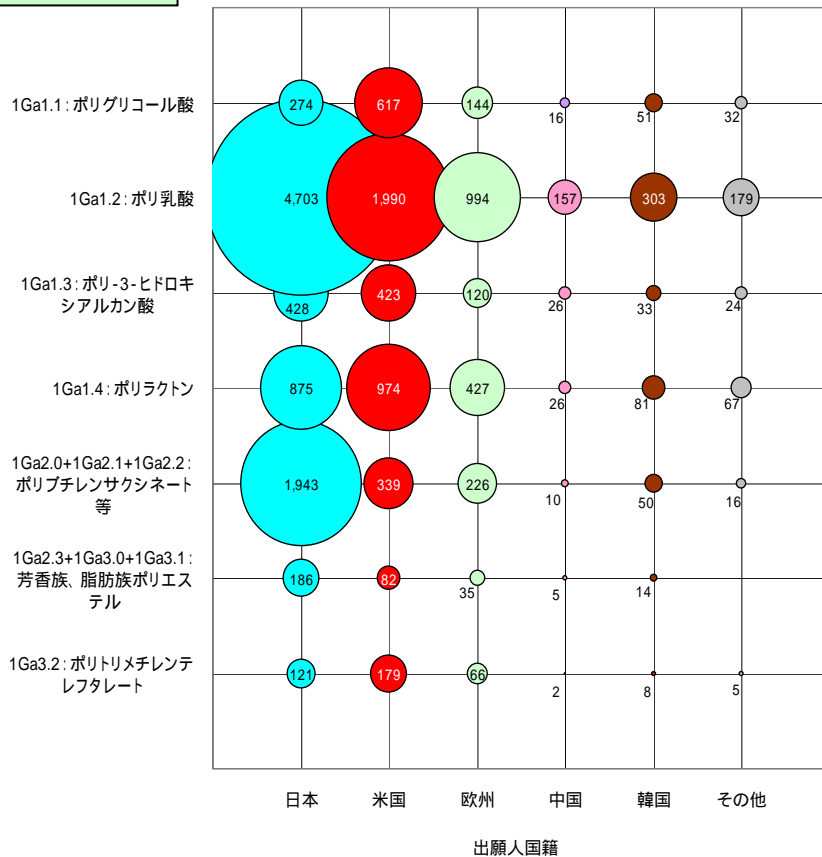
[中分類1G]ポリエステル系では日本国籍出願人は[小分類1Ga1.2]ポリ乳酸が圧倒的に多く、次いで[小分類1Ga2.0+1Ga2.1+1Ga2.2]ポリブチレンサクシネート等となっている。一方米国籍、欧州国籍出願人の出願件数1位は日本と同じ[小分類1Ga1.2]ポリ乳酸であるが、次に[小分類1Ga1.4]ポリラクトンが続き、開発対象に差が見られる。

図5 技術区分別出願人国籍別出願での[大分類1]バイオベースポリマーの種類解析
 (日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1995年~2006年)

[中分類1A]糖質系ポリマー

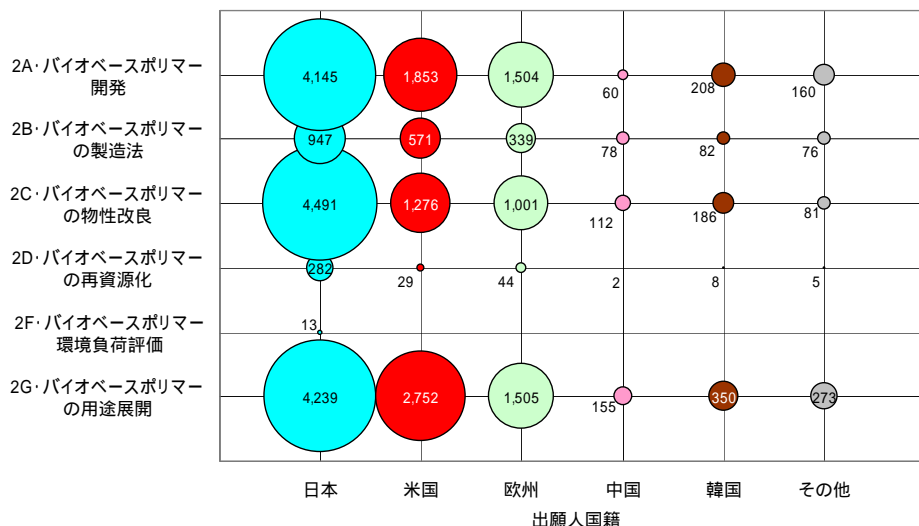


[中分類1G]ポリエステル系



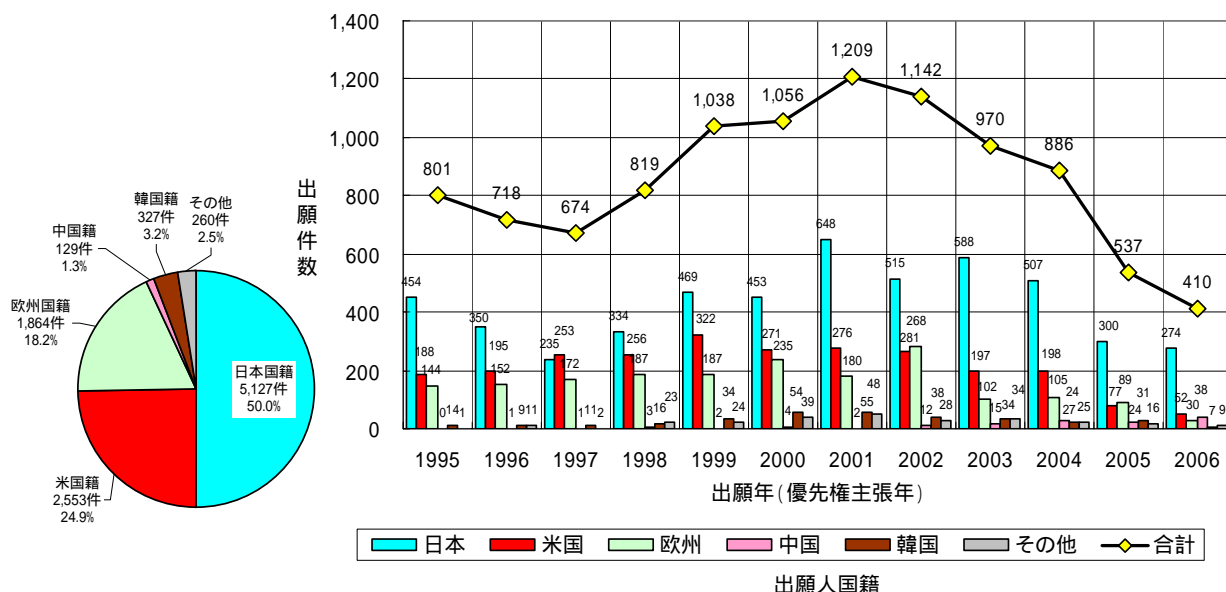
[大分類 2]技術の目的別の出願人国籍別出願件数(図6)では、日本、米国、欧州で差は小さく、[中分類 2A]バイオベースポリマーの開発、[中分類 2C]バイオベースポリマーの物性改良、[中分類 2G]バイオベースポリマーの用途展開が多かった。

図6 技術区分別出願人国籍別出願での[大分類 2]技術の目的
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 1995年~2006年)



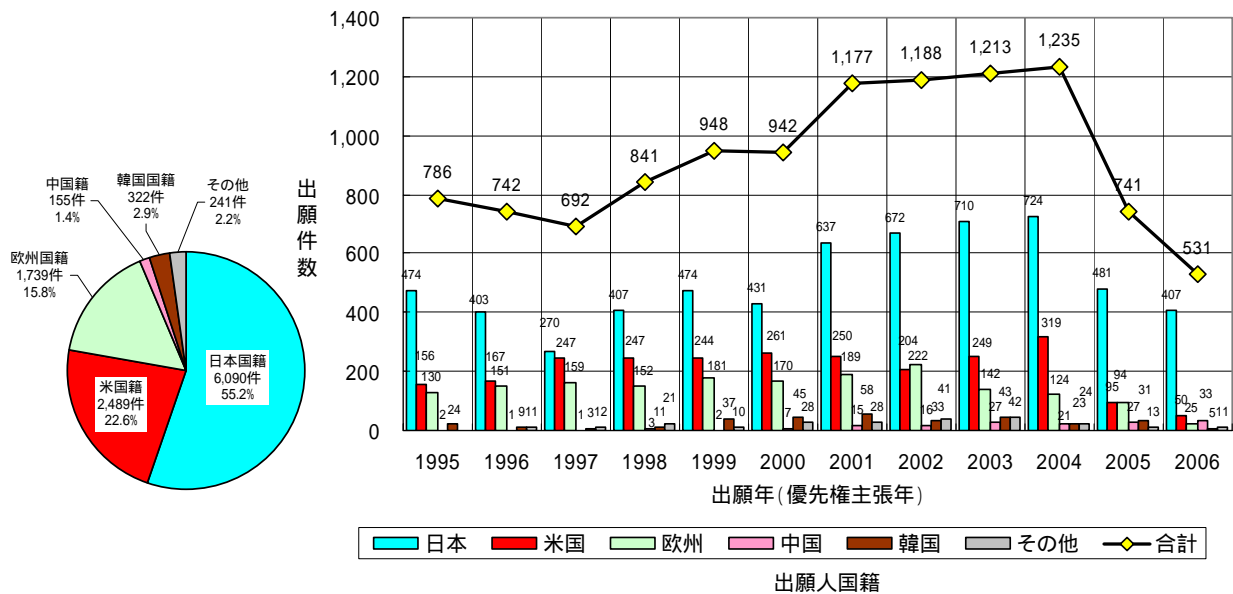
[大分類 3]製造技術について、日本、米国、欧州、中国、韓国籍出願人による特許出願件数推移を図7に示した。合計出願件数は10,260件で、この技術区分においても調査期間で日本国籍出願人による出願件数が最も多かった。出願件数はNatureWorksによる大規模なポリ乳酸生産技術開発の発表と生産開始(2001年)に合わせるような形で増加しているが、それ以降はやや減少している。出願人国籍別では日本が50.0%、米国24.9%で、全体動向での出願人国籍別比率(図3)とほぼ一致した。

図7 技術区分別 - 出願人国籍別出願件数推移([大分類 3]製造技術)
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 1995年~2006年)
合計出願件数: 10,260件



[大分類 4]バイオベースポリマーの物性改良について、日本、米国、欧州、中国、韓国籍出願人による特許出願件数推移を図 8 に示した。合計出願件数は 11,036 件で、出願人国籍別比率では日本が 55.2%と多く、この比率は図 3 の全体出願件数での比率 (50.7%) よりも高い。

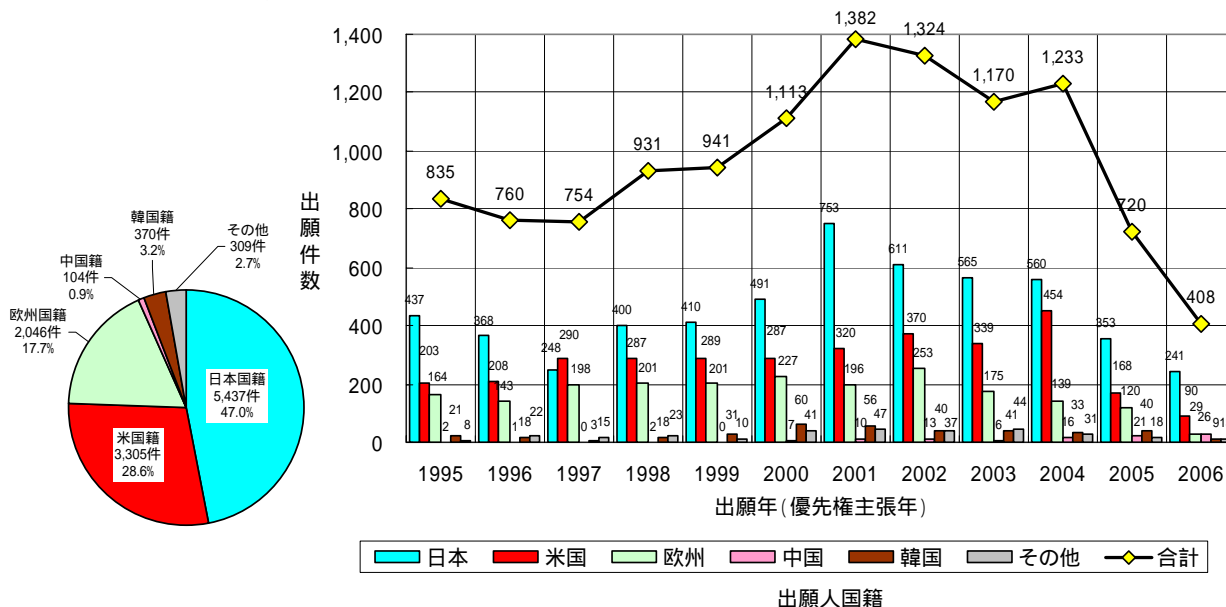
図 8 技術区分別 - 出願人国籍別出願件数推移 ([大分類 4]バイオベースポリマーの物性改良)
 (日米欧中韓への出願、出願年 (優先権主張年) : 1995 年 ~ 2006 年)
 合計出願件数 : 11,036 件



[大分類 5]バイオベースポリマーの用途展開について、日本、米国、欧州、中国、韓国籍出願人による特許出願件数推移を図9に示した。合計出願件数は11,571件で、出願人国籍別比率では日本が47.0%と多いが、この比率は図3の全体出願件数での比率(50.7%)よりも低く、NatureWorksによるポリ乳酸、E I DuPontによるPTT、MetabolixによるPHAの商業生産や計画発表の続いた米国が28.6%と高い。

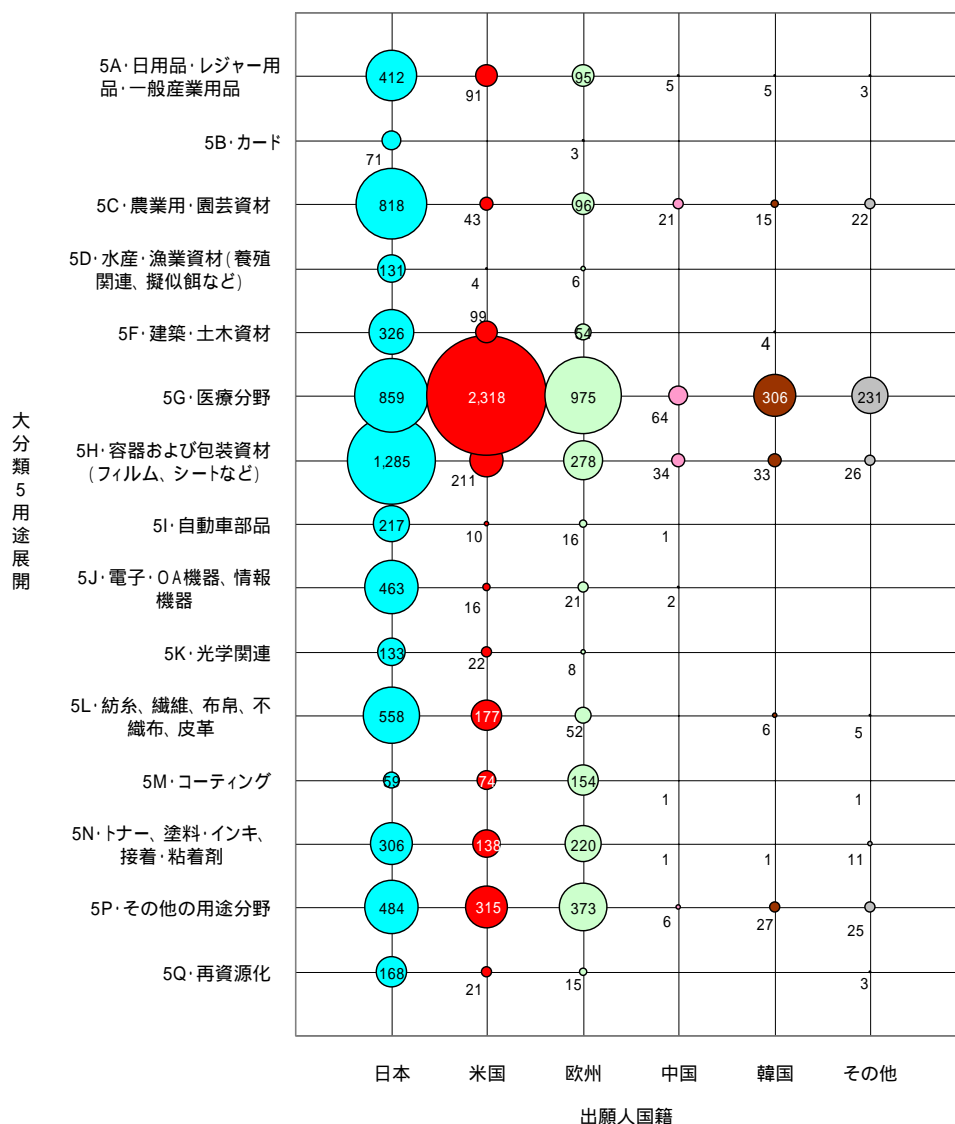
図9 技術区分別 - 出願人国籍別出願件数推移 ([大分類 5]バイオベースポリマーの用途展開)
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 1995年~2006年)

合計出願件数: 11,571件



[大分類 5]バイオベースポリマーの用途展開について、出願人国籍と対象用途別の出願件数の関係を調べた結果を図10に示した。日本国籍出願人は、[中分類 5H]容器および包装資材、[中分類 5G]医療分野、[中分類 5C]農業用・園芸資材、[中分類 5L]紡糸、繊維、布帛、衣料、不織布、皮革など、幅広い用途分野に特許出願しているが、米国、欧州は[中分類 5G]医療分野の特許出願件数が多く、特徴的である。

図 10 技術区分別出願人国籍別出願件数（[大分類 5]バイオベースポリマーの用途展開）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1995 年～2006 年）



第 3 節 注目研究開発テーマの動向

バイオベースポリマー関連技術の注目研究開発テーマとして、委員会での議論等を踏まえて次の 4 件を選択してその動向を調査した。

- ・ A: モノマー、ポリマーのバイオ産生
- ・ B: バイオベースポリマーの実用性向上
- ・ C: 医薬送達システム（DDS）分野での利用
- ・ D: 繊維分野での利用

【注目研究開発テーマ A：モノマー、ポリマーのバイオ産生】では、モノマー、ポリマーのバイオ産生法を調査する。ポリ乳酸の原料モノマーである乳酸（L-、DL-乳酸）はグルコースやその前駆体の発酵または化学法で生産されるが、脱水二量体であるラクチドを含めて、供給は世界の二大メーカーによる寡占状態に近い。その他のモノマーでは D-乳酸、グリコーン酸、コハク酸、カプロラクトン、ラクタム、アミノ酸、長鎖ジカルボン酸類が挙げられる。

植物や微生物によりバイオベースポリマーを直接生産するのはポリ-3-ヒドロキシ酪酸 (P(3HB)) に代表される PHA 類である。代謝工学手法による遺伝子操作、発酵条件改良などによる生産性向上に注目して、その動向を調査するため、このテーマでは技術区分小分類の [小分類 3Ac] 生物産生法モノマー、[小分類 3Bd] 生物産生法ポリマーで関連情報を抽出し、マトリックス解析した。バイオベースポリマー別の出願件数解析結果を表 3 に示した。

モノマー、ポリマーのバイオ産生ではバイオ由来の PHA 系ポリエステルやポリアミドに集中している。モノマーでは [小分類 1Ga1.2] ポリ乳酸 (PLA)、[中分類 1D] バイオ由来ポリアミド、[小分類 1Ga2.1] コハク酸原料ポリエステル用のモノマーのバイオ法製造が続く。

ポリマーでは [小分類 1Ga1.3] ポリ-3-HA (C4 以上、ホモ、共重合)、[小分類 1Ga1] PHA 系ポリエステル、[小分類 1Ga] バイオ由来ポリエステル ([1Ga1] ~ [1Ga3] に含まれないその他のポリエステル) が多く、[小分類 1Bb] ポリアミノ酸系ポリアミドのバイオ法産生が続いている。

表 3 【注目研究開発テーマ A: モノマー、ポリマーのバイオ産生】と [大分類 1] バイオベースポリマーの種類との相関

(日米欧中韓への出願、出願年 (優先権主張年): 1995 年 ~ 2006 年)

大分類 1 内 小分類	定義	[3Ac] 微生物、植物など生物産生法によりモノマーを製造することに特徴のあるもの	[3Bd] 生物産生法によりポリマーを製造することに特徴のあるもの	[3Ac] or [3Bd] (重複を排除した件数)
1A0	糖質系ポリマー	3	11	14
1Aa	天然植物繊維	2	7	9
1Ab	セルロース誘導体・繊維	3	7	10
1Ac	デンプン (誘導体)	3	15	18
1Ad	単糖類誘導体	5	16	21
1Ad1	微生物セルロース		7	7
1Ad2	シクロデキストリン	1		1
1Ae	アルギン酸誘導体		2	2
1Af	キチン、キトサン、ムコ多糖類	1	10	11
1Ag	リグニン誘導体		1	1
1B0	ポリペプチド類、タンパク質		13	13
1Ba	天然動物繊維		1	1
1Bb	ポリアミノ酸系ポリアミド	7	26	33
1C0	植物油脂系ポリマー	10	1	11
1Cc	グリセリン誘導ポリマー	1		1
1D0	バイオ由来ポリアミド	28	2	30
1Da	バイオ由来ラクタム	3	1	4
1F0	バイオ由来ポリウレタン	1	2	3
1G0	ポリエステル系		1	1
1Ga	バイオ由来ポリエステル	13	49	57
1Ga1	PHA 系ポリエステル	13	193	205
1Ga1.1	ポリグリコール酸		1	1
1Ga1.2	ポリ乳酸 (PLA)	34	20	53
1Ga1.2.1	ポリ-L-乳酸 (PLLA)	4	1	4
1Ga1.2.2	乳酸-PHA 共重合体		1	1
1Ga1.3	ポリ-3-HA (C4 以上、ホモ、共重合)	10	272	281
1Ga1.4	ポリラクトン	1		1
1Ga1.4.1	ポリカプロラクトン	2	10	12
1Ga2.1	コハク酸原料ポリエステル	18	1	19
1Ga2.1.1	ポリブチレンサクシネート (PBS)	4	5	9
1Ga3.2	ポリトリメチレンテレフタレート	12		12
1H0	その他のバイオベースポリマー	6		6
1Hd1	ポリエチレン (HD, LD, LLD-PE)	1		1
	合計	186	676	853

注) 小分類 1A0、1B0、1C0、1D0、1F0、1G0、1H0 は表 2 の技術区分表にはない。ここでは [中分類 1A、1B、1C、1D、1F、1G、1H] の中で、その下位の小分類を除いた件数 (例えば [中分類 1A] の中で [小分類 1Aa ~ 1Ag] に該当しない、その他の件数) を示す。表 4 も同じ。

【注目研究開発テーマ B：バイオベースポリマーの実用性向上】は、バイオベースポリマーの加工関係で重要となる、強度・弾性率・耐熱性向上などによる実用性向上に注目したテーマである。技術区分小分類の[2Ca]耐熱性・熱安定性の改良、[2Cb]強度・剛性・弾性率の改良、[2Cn]成形性の改良に関連情報を抽出してマトリックス解析し、表4に結果を示した。石油化学系ポリマーと比較して強度、弾性率、耐熱性、耐久性などが欠点とされてきたが、対象ポリマーでは[小分類 1Ga1.2]ポリ乳酸と[小分類 1Ga1.2.1]ポリ-L-乳酸を合わせたポリ乳酸に関する特許出願件数が突出しており、次いで[小分類 1Ga2.1.1]PBS、[小分類 1Ga1.4.1]ポリカプロラクトン（PCL）となっている。

表4 【注目研究開発テーマ B：バイオベースポリマーの実用性向上】と[大分類 1]バイオベースポリマーの種類との相関

(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 1995年～2006年)

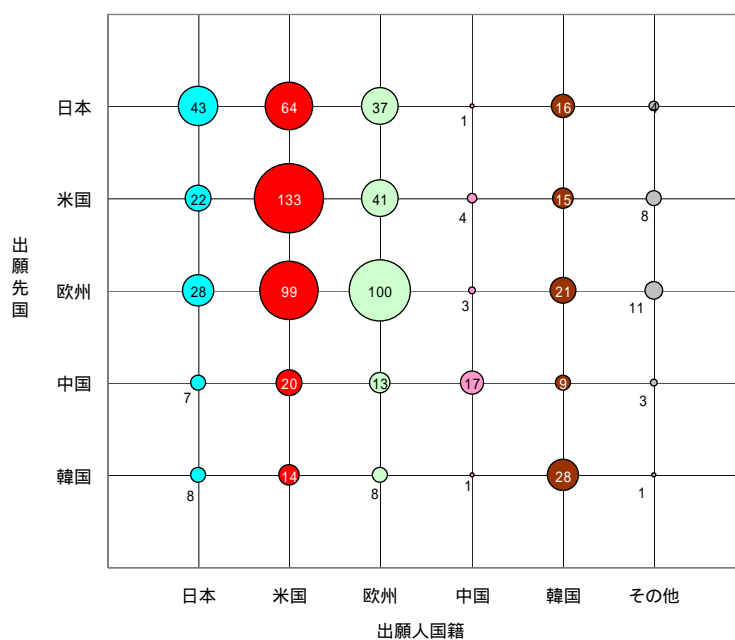
大分類 1 内 小分類	定義	[2Ca] 耐熱性・熱安定性の改良に特徴のあるもの	[2Cb] 強度・剛性・弾性率の改良に特徴のあるもの	[2Cn] 成形性の改良に特徴のあるもの	[2Ca]or[2Cb]or[2Cn] (重複を排除した件数)
1A0	・糖質系ポリマー	1	17	6	24
1Aa	・天然植物繊維	55	112	30	158
1Ab	・セルロース誘導体・繊維	48	139	64	195
1Ac	・デンプン(誘導体)	38	149	105	242
1Ad	・単糖類誘導体	4	16	4	19
1Ad1	・微生物セルロース	1	4		5
1Ae	・アルギン酸誘導体	1	14	6	16
1Af	・キチン、キトサン、ムコ多糖類	7	17	5	27
1Ag	・リグニン誘導体	7	19	6	26
1B0	・ポリペプチド類、タンパク質	11	46	14	54
1Ba	・天然動物繊維		8	1	9
1Bb	・ポリアミノ酸系ポリアミド	3	11	2	16
1C0	・植物油脂系ポリマー		4	3	4
1Ca	・エポキシ化植物油脂	8	6	1	14
1Cb	・非グリセリド系油脂	2		2	4
1Cc	・グリセリン誘導ポリマー	7	15	12	23
1Cc1	・ポリグリセリン	5	1	3	8
1Cd	・不飽和脂肪酸誘導体	1	2	1	3
1D0	・バイオ由来ポリアミド	24	33	14	53
1F0	・バイオ由来ポリウレタン	8	5	2	15
1Fa	・バイオ由来ポリオール系ポリウレタン	9	19	3	22
1G0	・ポリエステル系	5	1		5
1Ga	・バイオ由来ポリエステル	23	21	10	39
1Ga1	・PHA系ポリエステル	20	59	35	105
1Ga1.1	・ポリグリコール酸	39	53	20	94
1Ga1.2	・ポリ乳酸(PLA)	630	615	382	1,329
1Ga1.2.1	・ポリ-L-乳酸(PLLA)	203	192	97	383
1Ga1.2.2	・乳酸-PHA共重合体	46	116	13	156
1Ga1.3	・ポリ-3-HA(C4以上、ホモ、共重合)	45	97	64	171
1Ga1.4	・ポリラクトン	2	7	3	12
1Ga1.4.1	・ポリカプロラクトン	53	207	77	294
1Ga2	・脂肪族ジカルボン酸系ポリエステル	20	33	27	78
1Ga2.1	・コハク酸原料ポリエステル	72	92	46	180
1Ga2.1.1	・ポリブチレンサクシネート(PBS)	126	207	127	377
1Ga2.2	・アジピン酸原料ポリエステル	8	16	8	26
1Ga2.3	・芳香族基を共重合単位として有するもの	18	21	26	56

大分類 1 内 小分類	定義	[2Ca] 耐熱性・熱安定性の改良に特徴のあるもの	[2Cb] 強度・剛性・弾性率の改良に特徴のあるもの	[2Cn] 成形性の改良に特徴のあるもの	[2Ca]or[2Cb]or[2Cn] (重複を排除した件数)
1Ga3	…芳香族ジカルボン酸系ポリエステル	2	16	18	28
1Ga3.1	…ポリエチレンテレフタレート (PET)	1			1
1Ga3.1.1	…イソソルバイド変性 PET	2	2	1	4
1Ga3.2	…ポリトリメチレンテレフタレート	44	38	43	99
1Gb	…ポリエステルカーボネート	2	8	1	10
1H0	…その他のバイオベースポリマー	8	14	7	24
1Ha	…ポリカーボネート	7	4	2	10
1Hb	…ポリエーテル	1	13		14
1Hc	…ポリビニルアルコール系	1	7	2	10
1He	…ポリイソプレノイド、テルペン、天然ゴム	6	2	3	11
合計		1,624	2,478	1,296	4,453

【注目研究開発テーマ C：医薬送達システム (DDS) 分野】は、高付加価値化の代表として医療分野を選定し、特に医薬送達システム (DDS) 分野におけるバイオベースポリマーの利用に注目したものである。本調査ではバイオベースポリマーの医療や医薬製造における利用に関する特許出願件数の多さが顕著であったが、その中でも生分解性機能を活かした DDS 分野への利用に注目して、出願先国別に出願人国籍別出願動向を調査した。

このテーマでは DDS 分野の特許出願を抽出するため、技術区分の[小分類 2Cr]徐放性の改良に特徴のあるもの、[小分類 5Gc]薬物送達システム (DDS)、製剤の両方を含む条件で関連特許出願件数の情報を抽出しマトリックス解析した。結果を図 11 に示した。日本への出願件数が多いのは米国籍出願人である。米国、欧州への出願件数では日本国籍出願人よりも米国籍、欧州国籍出願人の方が多く、日本は遅れをとっている。

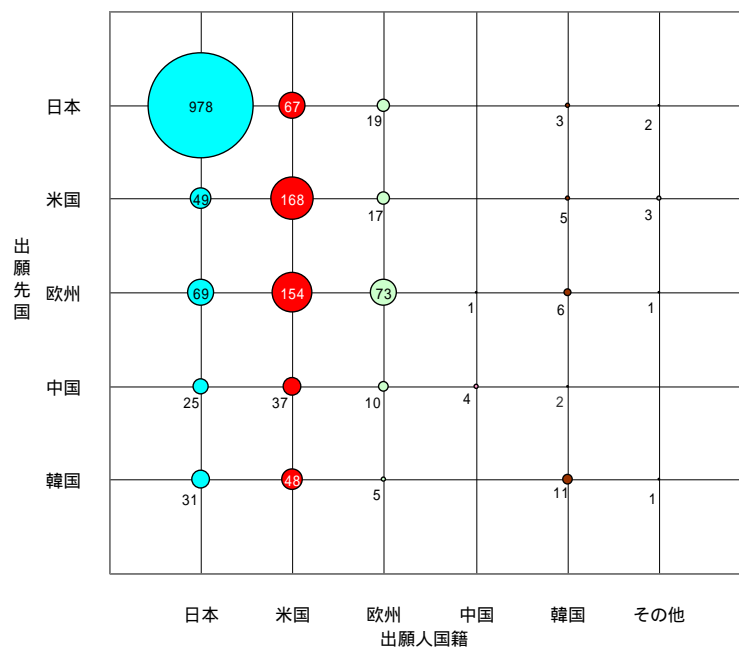
図 11 【注目研究開発テーマ C：医薬送達システム (DDS) 分野】での出願先国別 - 出願人国籍別出願件数相関 (日米欧中韓への出願、出願年 (優先権主張年): 1995 年 ~ 2006 年)



注) 検索条件: 以下の 2 つの技術区分を両方含むもの
 [小分類 2Cr] 徐放性の改良に特徴のあるもの、[小分類 5Gc] 薬物送達システム (DDS)、製剤

【注目研究開発テーマ D：繊維分野での利用】は、現在のバイオベースポリマー市場の大部分を占めるバイオベース繊維の分野に関するテーマである。米国調査機関の報告では繊維はバイオベースポリマー市場の 85%を占めるとされ、最近でも 2008 洞爺湖サミットの関連事業でバイオベース繊維素材を用いたファッションショーが開催されるなど、世界の注目を集めている。このテーマでは技術区分の[5L]紡糸、繊維、布帛、衣料、不織布、皮革、[3Dg]繊維製造、[5Ga]縫合系、[5Da]漁網・釣り糸を含む条件で繊維分野関連特許出願を抽出し、出願先国別の出願人国籍別解析を行った。結果を図 12 に示した。日本への出願件数が多く、その大部分が日本国籍出願人による。米国籍出願人は自国、欧州とともに日本、中国、韓国に多くの出願を行っている。

図 12 【注目研究開発テーマ D：繊維分野での利用】の出願先国別 - 出願人国籍別出願件数相関（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1995 年～2006 年）



注) 検索条件：以下の技術区分を含むもの
 [5L] 紡糸、繊維、布帛、衣料、不織布、皮革
 [3Dg] 繊維の製造に特徴のあるもの
 [5Ga] 縫合系 (Surgical suture)
 [5Da] 魚網・釣り糸

第4節 主要出願人の解析

バイオベースポリマー関連技術全体での出願人別出願件数上位ランキングを表5、また日本、米国、欧州、中国、韓国の出願先国別ランキングを表6に示した。表5において日本企業が数多く出願件数上位ランキングに入っており、10位以内に入った外国企業は米 E I DuPont、Metabolix、Procter & Gambleであった。出願先国別のランキング(表6)では、日本、米国、欧州で、それぞれ日本、米国、欧州国籍の企業が1位であった。

表5 出願人別出願件数上位ランキング(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1995年~2006年)

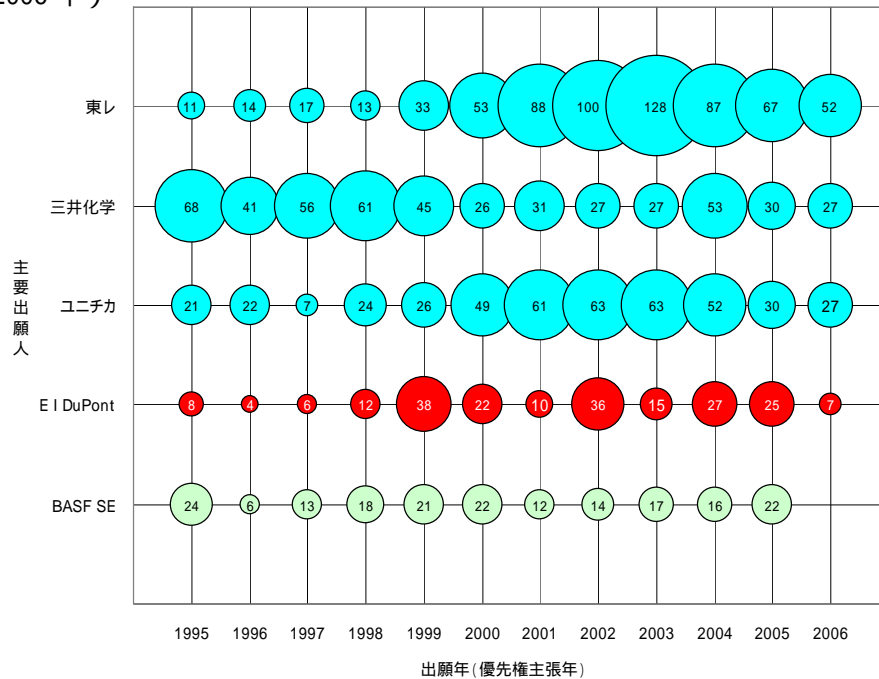
出願年(優先権主張年):1995年~2006年			出願年(優先権主張年):2001年~2006年		
順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数
1	東レ(日)	609	1	東レ(日)	476
2	三井化学(日)	473	2	ユニチカ(日)	287
3	ユニチカ(日)	450	3	三菱樹脂(日)	193
4	E I DuPont(米)	301	4	E I DuPont(米)	188
5	三菱樹脂(日)	299	5	帝人(日)	175
6	キャノン(日)	293	6	キャノン(日)	159
7	トヨタ自動車(日)	273	7	三井化学(日)	156
8	ダイセル化学工業(日)	248	8	旭化成(日)	152
9	東洋紡績(日)	246	9	三菱化学(日)	143
10	帝人(日)	241	10	トヨタ自動車(日)	139

表6 出願先国別 - 出願人別出願件数上位ランキング(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1995年~2006年)

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	東レ(日)	548	1	E I DuPont(米)	92	1	BASF SE(欧)	104	1	E I DuPont(米)	45	1	Korea Adv Inst Sci & Technol(韓)	37
2	ユニチカ(日)	404	2	Ethicon Inc(米)	84	2	Procter & Gamble Co(米)	83	2	Procter & Gamble Co(米)	31	2	キャノン(日)	34
3	三井化学(日)	342	3	キャノン(日)	70	3	Novamont Spa(欧)	79	3	Eastman Chemical Corp(米)	23	3	Samyang Corp(韓)	33
4	三菱樹脂(日)	240	4	Metabolix Inc(米)	68	4	E I DuPont(米)	73	4	中国科学院長春応用化学研究所(中)	19	4	E I DuPont(米)	31
5	トヨタ自動車(日)	237	5	Halliburton Energy Serv Inc(米)	67	5	BAYER AG(欧)	71	5	三井化学(日)	18	5	Kimberly Clark Co(米)	27
6	東洋紡績(日)	215	6	Allergan Inc(米)	54	6	Ethicon Inc(米)	68	6	Samyang Corp(韓)	17	6	三井化学(日)	19
7	ダイセル化学工業(日)	205	6	Kimberly Clark Co(米)	54	6	Metabolix Inc(米)	68	7	Novamont Spa(欧)	15	7	Procter & Gamble Co(米)	16
8	帝人(日)	204	8	Procter & Gamble Co(米)	51	8	武田薬品工業(日)	62	8	同済大学(中)	14	8	東レ(日)	15
9	三菱化学(日)	172	9	Boston Scient Ltd Inc(米)	45	9	三井化学(日)	59	8	ソニー(日)	14	9	Toray Saehan Inc(韓)	13
10	旭化成(日)	158	10	武田薬品工業(日)	38	10	キャノン(日)	58	10	Ethicon Inc(米)	13	9	三菱樹脂(日)	13
									10	三菱樹脂(日)	13			

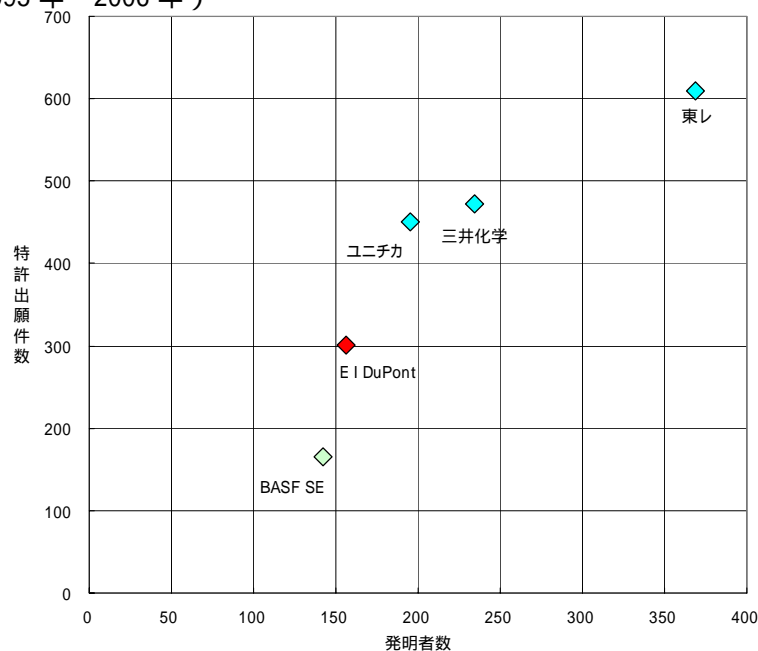
特許出願件数の多い上位企業から、日本では東レ、三井化学、およびユニチカ、米国では E I DuPont、欧州では BASF SE を選んで、特許出願に関係した発明者数を分析した。この数は毎年（図 13）または調査期間（1995～2006 年）（図 14）内に特許出願した発明者を出願件数に関わらず 1 名として、重複排除してカウントした数である。図 13 に主要出願人別の発明者数推移を示す。また図 14 には、調査期間内におけるこれらの企業の発明者数と特許出願件数の関係を整理した。

図 13 主要出願人別の発明者数推移（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1995 年～2006 年）



注）同一年度毎に発明者は重複排除でカウントした

図 14 主要出願人の発明者数と特許出願件数の関係（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1995 年～2006 年）



第3章 研究開発動向

特許出願動向の解析とともに、論文発表動向、さらに主要国際会議での発表の解析などにより研究開発動向を調査した。論文検索は JST Plus を用いて行った。図 15 (全体)、図 16 (主要国際誌 14 誌) には研究者所属機関国籍別論文発表件数推移を解析して示した。論文件数は調査期間内に 5 倍程度に増加し、研究開発が活発に行われている。図 15 において日本国籍研究機関は論文発表件数比率で 36.5% と多く、欧州、米国が続いている。図 3 の特許出願動向と異なるのは中国、その他の国 (ロシア、インド、カナダ、台湾、ブラジルなどが多い) からの論文件数比率が高いことで、合わせると日本、欧州に匹敵するレベルとなる。図 16 (主要国際誌) ではすでに先進国からの論文件数を超えている。

特許出願件数と論文発表件数の推移を図 17 に比較した。ともに調査期間において増加傾向にあるが、特許出願件数よりも論文件数の増加率が高く、今後特許出願件数も増勢に向かう可能性がある。

図 15 研究者所属機関国籍別論文件数推移 (論文発行年: 1995 年 ~ 2007 年)

合計件数: 3,694 件

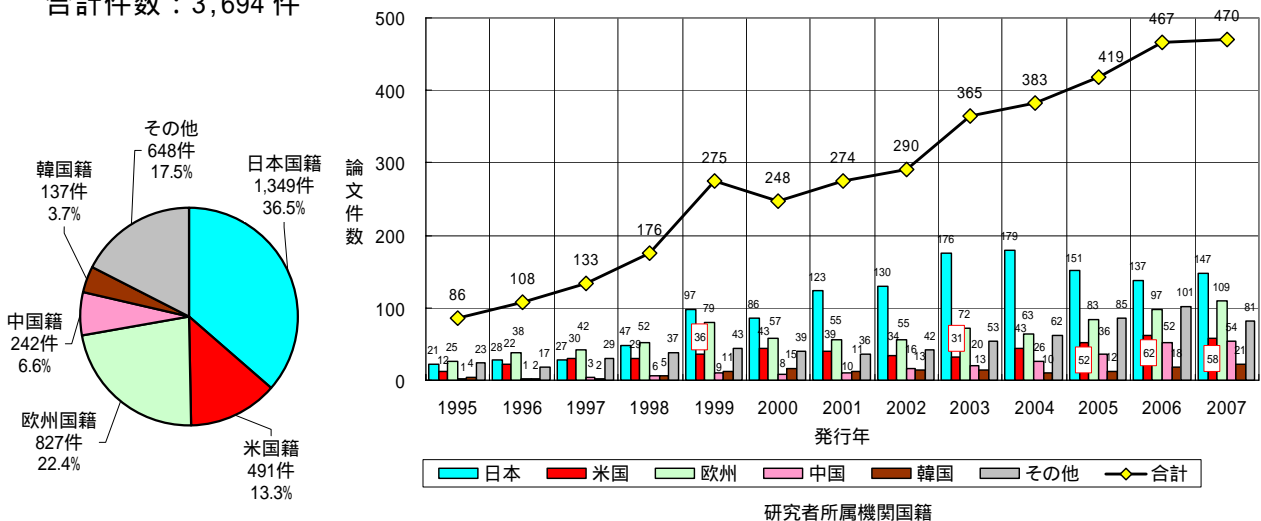


図 16 主要国際誌の研究者所属機関国籍別論文件数推移 (論文発行年: 1995 年 ~ 2007 年)

合計件数: 682 件

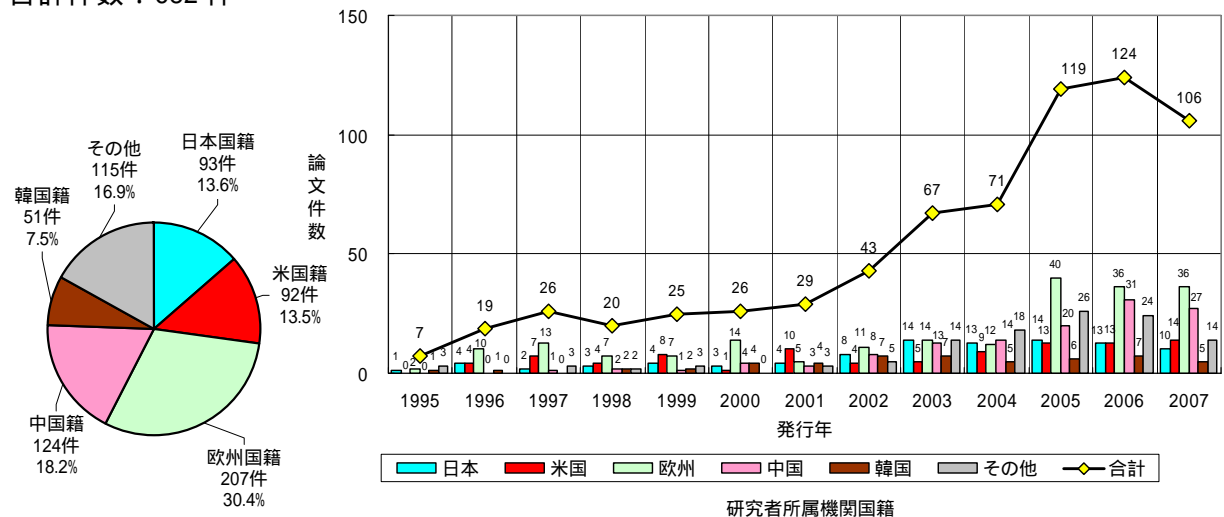
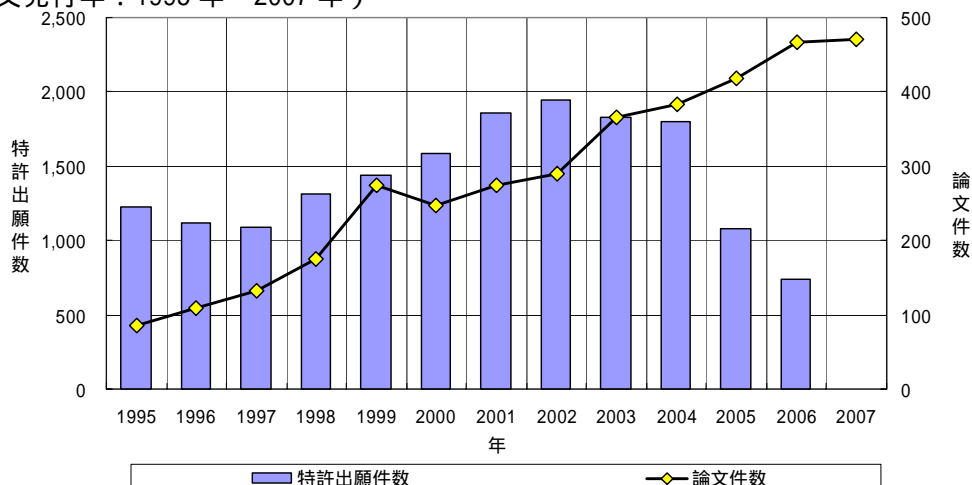


図 17 特許出願件数と論文発行件数の推移（特許出願年（優先権主張年）：1995年～2006年、論文発行年：1995年～2007年）



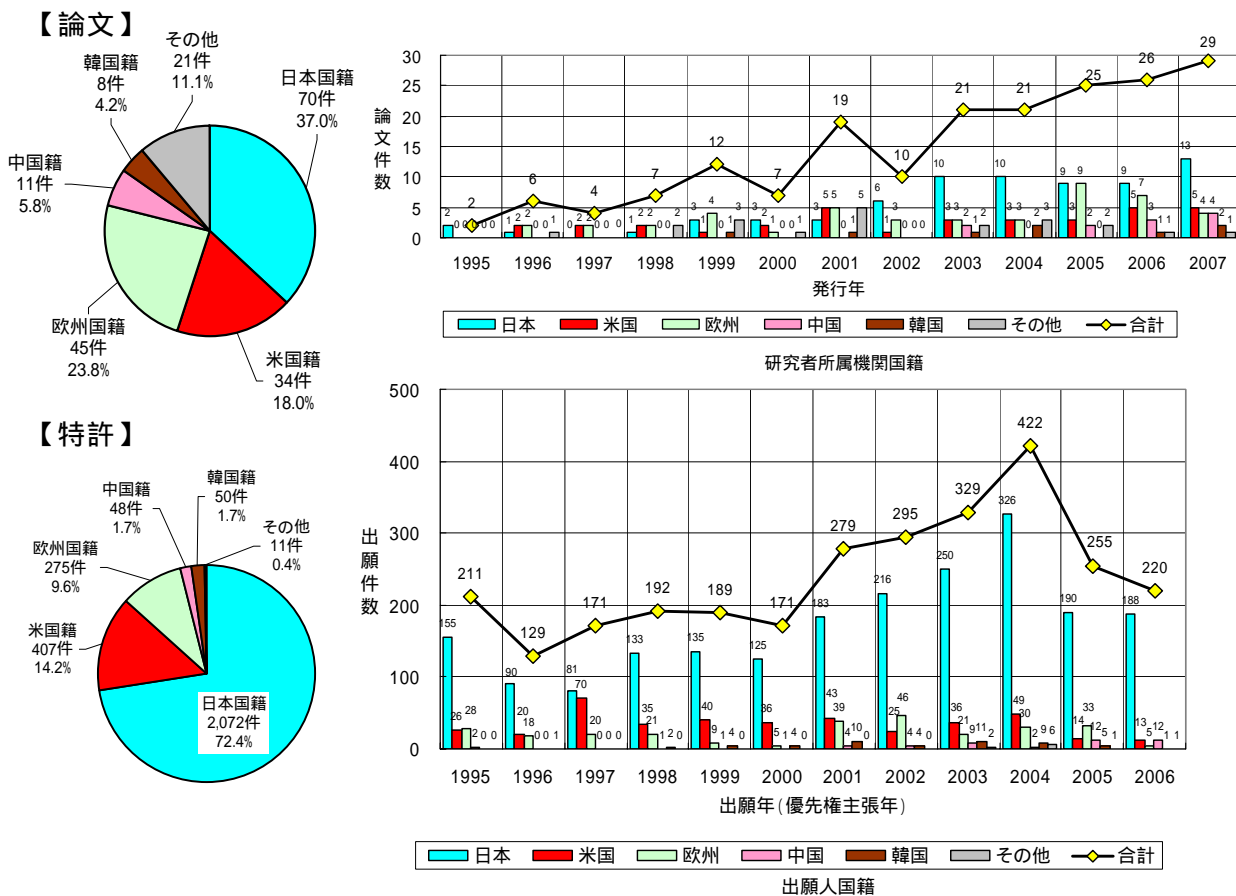
技術区分別の解析として、中分類毎の論文件数、特許出願件数とともに、両者の比率を計算して表 7 に示した。論文件数/特許出願件数の比率は平均で 0.09 であるが、[中分類 3B]ポリマーの製造に特徴のある製造技術、[中分類 3D]重合体、成形体の形態に特徴のある製造技術、[中分類 3F]ゲルの製造に特徴のある製造技術などでこの比率が大きく、基礎的研究が重要な技術区分となっている。

表 7 論文件数の特許出願件数に対する比率（論文件数は論文発行年：1995年～2004年、特許出願件数は日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年：1995年～2004年））

技術区分分類	論文件数	特許出願件数	論文件数 / 特許出願件数
3A:モノマー(環状二量体を含む)に特徴のある製造技術	55	607	0.09
3B:ポリマーの製造に特徴のある製造技術	440	3,350	0.13
3C:成形方法に特徴のある製造技術	113	1,245	0.09
3D:重合体、成形体の形態に特徴のある製造技術	600	5,027	0.12
3F:ゲルの製造に特徴のある製造技術	76	389	0.20
4A:ポリマー構造に特徴のある物性改良	413	4,722	0.09
4B:混合・複合化に特徴のある物性改良	495	5,539	0.09
4C:加工処理に特徴のある物性改良	73	1,077	0.07
4D:その他の要因に特徴のある物性改良	11	399	0.03
1Ga1.2:ポリ乳酸	519	7,188	0.07
平均			0.09

注目研究開発テーマの研究開発動向の例として、【注目研究開発テーマ B: バイオベースポリマー】の実用性向上に注目して、論文発表件数、特許出願件数の推移を比較した。結果を図 18 に示した。出願人国籍別の特許出願件数比率で日本は 72.4%と、全出願件数での 50.7%（図 3）[大分類 3]製造技術での 50.0%（図 7）と比較して圧倒的に高い。特許出願件数、論文件数ともに件数は増加傾向にあるが、論文件数の増加が顕著である。

図 18 【注目研究開発テーマ B：バイオベースポリマーの実用性向上】での論文件数、特許出願件数の比較(論文発行年：1995年～2007年、特許出願年(優先権主張年)：1995年～2006年)



注) 検索条件：以下の技術区分を含むもの
 [2Ca] 耐熱性・熱安定性の改良に特徴のあるもの、[2Cb] 強度・剛性・弾性率の改良に特徴のあるもの
 [2Cn] 成形性の改良に特徴のあるもの

論文発表件数の多い研究者所属機関を表 8 に示した。一般論文誌、主要国際誌でも日本の理化学研究所、東京工業大学、東京大学などが上位にあり、日本は研究開発面でこの分野をリードしていると思われる。

表 8 研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキング(論文発行年：1995年～2007年)

全体			主要国際誌		
順位	研究者所属機関	件数	順位	研究者所属機関	件数
1	理化学研究所(日)	116	1	理化学研究所(日)	31
2	東京工業大学(日)	97	2	東京工業大学(日)	25
2	東京大学(日)	97	3	武漢大学(中)	22
4	京都工芸繊維大学(日)	59	4	東京大学(日)	21
5	産業技術総合研究所(日)	58	5	中国科学院化学研究所(中)	12
6	京都大学(日)	54	6	Univ Massachusetts(米)	9
6	Michigan State Univ(米)	54	6	清華大学(中)	9
8	北海道大学(日)	50	8	KAIST(Korea Adv. Inst)(韓)	8
9	大阪大学(日)	42	8	Seoul National Univ(韓)	8
10	群馬大学(日)	37	8	京都大学(日)	8
			11	群馬大学(日)	7
			11	Hebrew Univ(その他)	7
			11	上海交通大学(中)	7
			11	McGill Univ(その他)	7
			11	成都有機化学研究所(中)	7
			11	Aristotle Univ(欧)	7

第4章 政策動向

地球温暖化防止が各国政府の重要な政策課題となっていることから、世界の産業政策はエネルギー高効率機関、省エネルギー技術の開発や導入の促進、再生可能エネルギーの普及に傾斜してきた。原油価格の高騰もあって、バイオエタノール、バイオディーゼル燃料の導入が話題となっているが、バイオベースポリマーはこれらと原料が同じであることから、燃料とは異なる高付加価値性を強調してその地位を向上していく必要がある。

表9には世界のバイオベースポリマー関連の産業政策を整理した。国際条約としては国際標準化が産業政策上の大きい課題であり、また各国がバイオエタノール技術開発を中心として高度技術開発のための研究開発促進を進めている。また環境政策では日本、米国、欧州が独自の政策を進めている。図19にはバイオベースポリマーの環境負荷評価技術の構成を整理した。生分解性、ライフサイクル評価に関してISOの規定があり、有害性・毒性についてはRoHS規制、REACH規制の他、RTECS評価、MSDSなどが主要項目となる。

日本においては、経済産業省を中心に技術戦略マップが作成されている一方、米国では、DOEが中心となってバイオマス資源から製造可能な図20に示す12種類のターゲット化合物群を決定した。図21、図22にはグリーン・サステイナブルケミストリー分野の本調査関連技術ロードマップを示し、非食料資源からのバイオプラスチック(モノマーを含む)製造が明記されている。

表9 世界のバイオベースポリマー関連の産業政策

産業政策		
国際条約		
・貿易自由化	資源国によるバイオマス資源輸出規制への対応、国際協力	バイオマス資源国の輸出規制、開発規制政策等への対応
・国際標準化	国際標準化活動への貢献	プラスチック分野(TC61/SC11, SC12, TC138など)、ゴム分野(TC45)など
	品質保証制度関係	製品規格設定への日本の発言力強化に向けた努力
	ISO(国際標準化機関)	ISO14851, 14852, 14855(生分解性標準試験法)関連生分解性評価標準物質開発関連
	IEC(国際電気標準会議)	各種樹脂材料の国際規格の適性化
・信頼性対策	JTC1(国内検討機関)	試験法、評価法の規格作成などを推進
	分析手段、評価手段の開発	国際合意、ISO標準化
・普及促進	バイオプラ識別表示制度	各国公的機関、経済産業省 2006年7月
	国際シンポジウム	ISO 済州島大会(2005)、Inno BioPlast 2006(タイ)、EBPC 2006(ベルギー)
	安全性、グリーン度等の国際認定	FDA(米国食品安全局)によるFCN認定(2002)
・ロードマップ	グリーン購入法特定調達品目登録(環境省)	2003年、米国:バイオマス由来製品の優先調達プログラム(2004)、欧州:European Bioplastic(旧IBAW)を中心
	各国の地球温暖化対策、ロードマップ作成	経済産業省、産業構造審議会の技術戦略マップ カナダ政府:バイオマス製品導入ロードマップ発表(2005)
高度技術開発		
	バイオテクノロジー戦略会議(大綱:2002)	国内のバイオテクノロジー全般に係わる政策大綱の作成 食料・農業・農村白書(農林水産省) エネルギー白書(資源エネルギー庁)
	高効率・易利用性植物の開発、育種	経済産業省、農林水産省、国土交通省の「バイオマス・ニッポン」共同プロジェクト
	リグノセルロース資源からの発酵エタノール生産技術の開発	同上、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が中心で複数のプロジェクト推進
	バイオエタノールからのプロピレン生産	「バイオ燃料技術革新計画」(2008)

図 19 バイオベースポリマーの環境負荷評価技術の構成

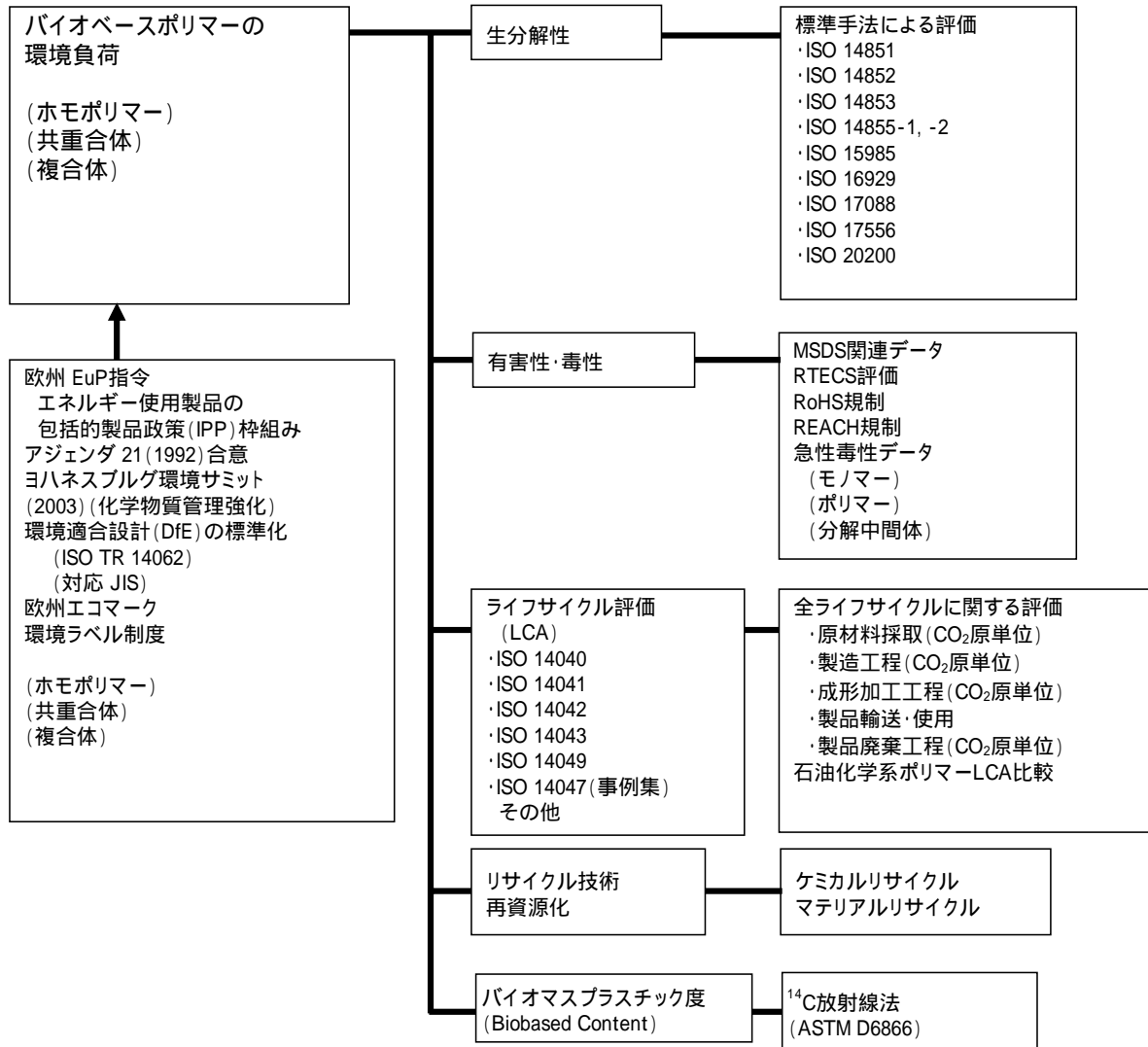


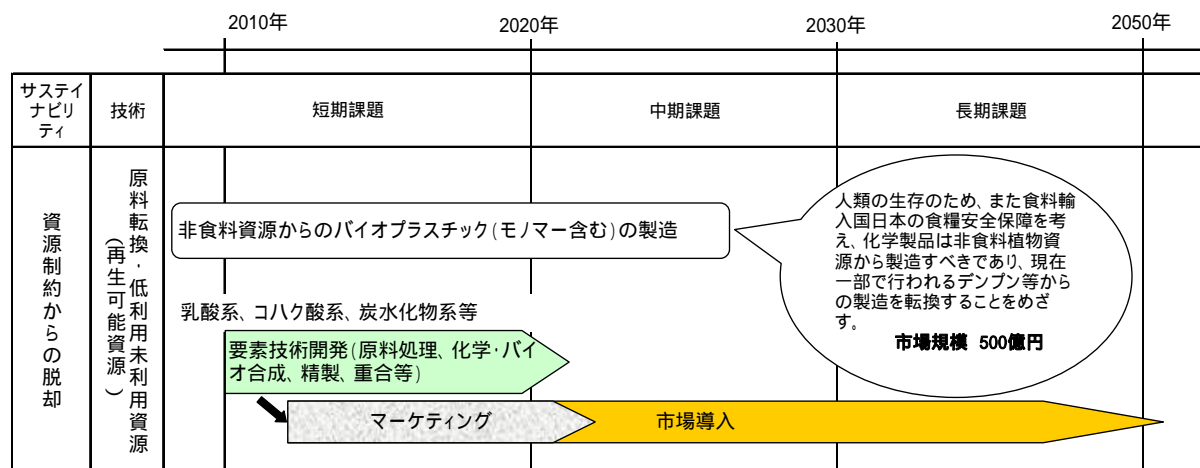
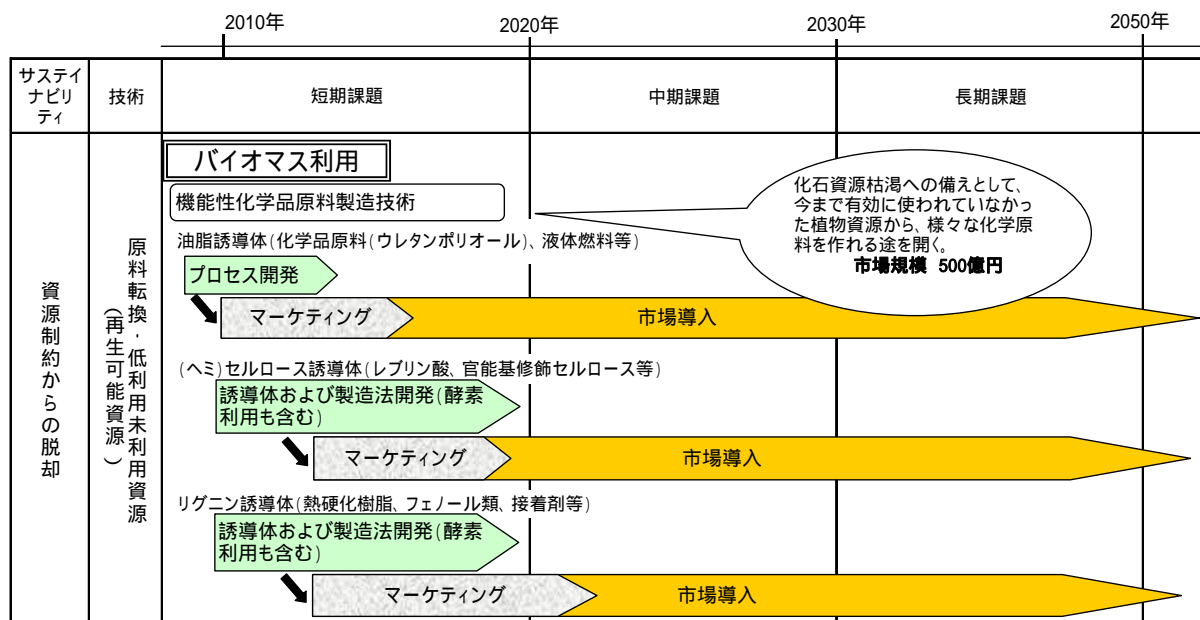
図 20 トップ 12 化合物群

基幹化合物	
1	コハク酸、フマル酸、リンゴ酸 $\begin{array}{ccc} \text{COOH} & & \text{COOH} \\ & & \\ \text{CH}_2\text{COOH} & & \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ & & \\ \text{CH}_2\text{COOH} & & \text{CH}_2 \\ & & \\ & & \text{COOH} \end{array}$
2	2,5-フランジカルボン酸 $\text{HOOC}-\text{C}_5\text{H}_2\text{O}-\text{COOH}$
3	3-ヒドロキシプロピオン酸 $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
4	アスパラギン酸 $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$
7	イタコン酸 $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$
8	レブリン酸 $\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
9	3-ヒドロキシピロラクトン $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_2$
10	グリセロール $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}$

基幹化合物			
5	グルカル酸 $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HCOH} \\ \\ \text{HOCH} \\ \\ \text{HCOH} \\ \\ \text{HCOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	11	ソルビトール $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
6	グルタミン酸 $\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{HOOCCH}_2\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	12	キシリトール / アラビニトール $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$

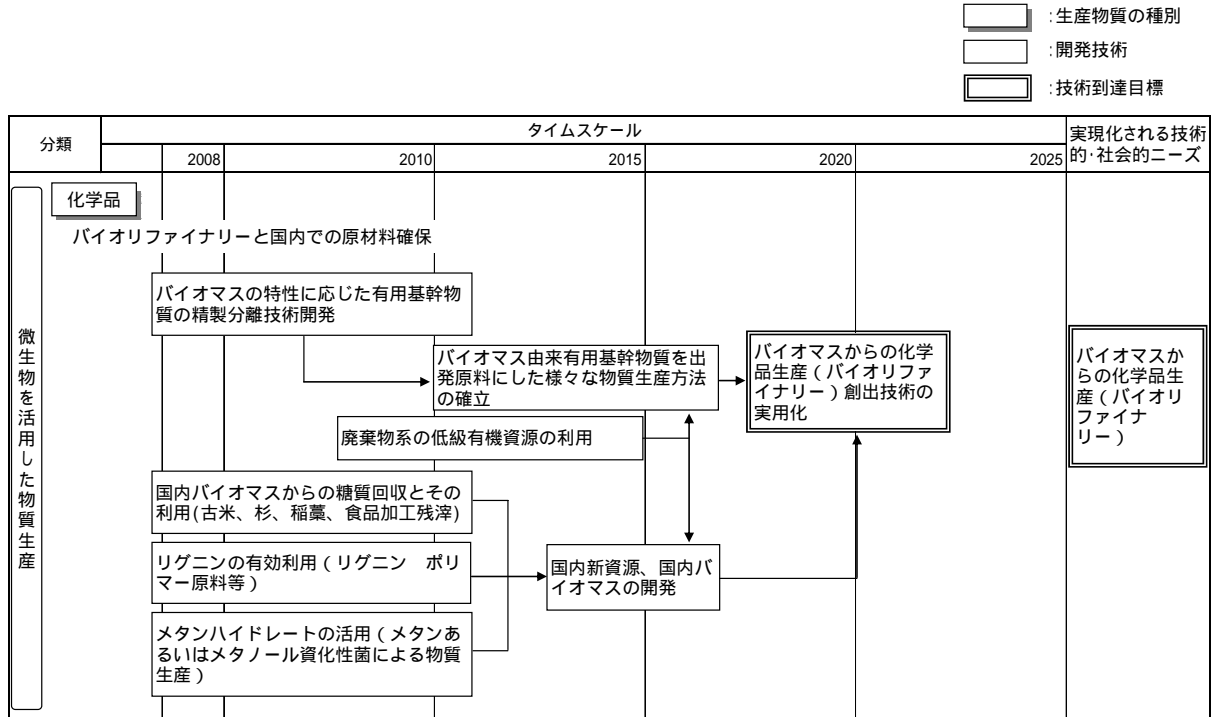
出典：「Top Value Added Chemicals from Biomass, Volume I: Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas」, DOE, Aug. 2004
<http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf>、2008年10月24日

図 21 グリーン・サステイナブルケミストリー分野のバイオベースポリマー関連技術ロードマップ



出典：技術戦略マップ 2008、経済産業省、2008年4月、p578 から該当部分を抜粋

図 22 生物機能活用技術分野の本調査関連技術ロードマップ



出典：技術戦略マップ 2008、経済産業省、2008年4月、p816 から該当部分を抜粋

こうした一連の政策に関連して、米国では余剰農産物であるデントコーンを原料としたバイオエタノール、植物油を原料とするバイオディーゼルの生産が活発になり、原油価格がピークに達した2008年には、食料、飼料の価格抑制、量的確保の要求が世界規模で高まった。食料や飼料を由来とするバイオ燃料の利用抑制と非可食資源からのバイオベースポリマー製造については、すでに日本を含む各国が対応を開始しているが、生分解性樹脂の普及で環境適合性を強調するために、製品に原料のトウモロコシのロゴを積極的に表示した時期もあって、バイオベースポリマーも食料起源ではないかという消費者の反発が、末端製品にでてきたといわれる。

また植物のトウモロコシ自体が遺伝子組換え技術で生産性を大きく向上するように改良されているが、バイオマス資源の増産、バイオベースのモノマー、ポリマーの生産効率向上のためにこうした遺伝子操作を併用する試みはますます実施されると思われる。

第5章 市場環境分析

バイオベースポリマーの研究開発の歴史は長い、天然繊維やその化学修飾繊維、さらには将来その任務を担うと期待されている石油化学系樹脂（市場規模は2.2億 t/y）の市場と比較して、その市場規模は遙かに小さい。ポリ乳酸、PTTなどのバイオベースポリマーの商業規模の生産が開始された段階にあり、供給量がなお少ないのも一因である。2008年には複数の外国企業が商業生産計画を発表しており、近い将来、状況は一変すると期待されるが、現状の市場規模予測は表10のようになっている。

表10 世界のバイオベースポリマーの消費量推移と予測

(単位: t/y)

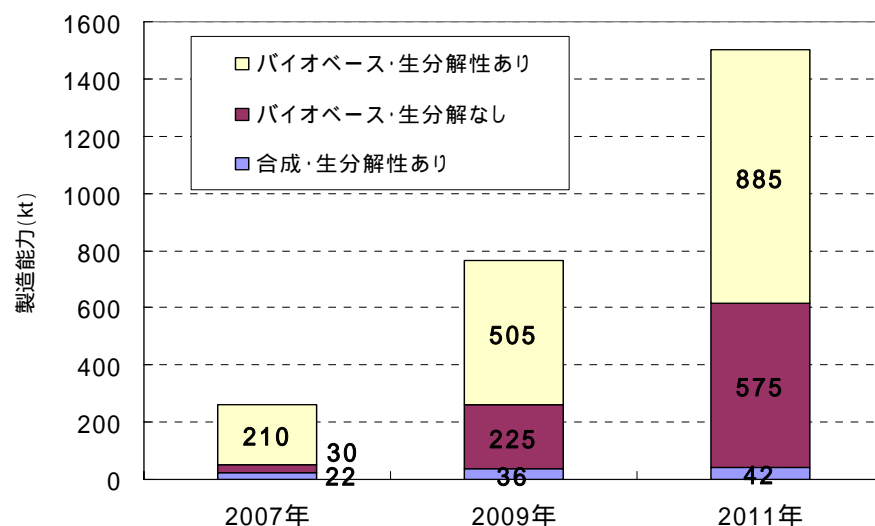
分類	ポリマータイプ	2000年	2005年	2010年予測
植物由来 生分解性	デンブ系 PE複合材など	15,500	44,800	89,200
	ポリ乳酸	8,700	35,800	89,500
	PHA	0	200	2,900
バイオベース 生分解性なし	PE、PP、PVC、ECH、PETなど	+	+	+
化学合成 生分解性	化学合成(脂肪族・芳香族複合ポリエステル)	3,900	14,000	32,800
合計		28,100	94,800	214,400

出典:「Biodegradable Polymers」(RAPRA Technology 出版)を編集、参考データ:木綿 19,200,000t/y、ウール 2,000,000t/y、絹 70,000t/y、アセテート 770,000t/y、レーヨン 2,500,000t/y、また石油化学系の合成繊維の市場規模は既に天然繊維を超えて久しい。(いずれも2005年、世界)

世界のバイオベースポリマーの市場規模は、2000年の28,100 t/yと比べて、2005年には94,800 t/y(バラ状緩衝材を含む)と大幅に伸びてきた(図23)。2010年には、市場規模は、214,400 t/yに達すると予測される。2011年にはサトウキビ原料のポリエチレンが石油化学プラント規模でブラジルから市場投入される予定であるほか、ポリ塩化ビニル、ポリプロピレンの市場投入も近いとみられる。

国内のバイオベースポリマーの主要業界における商品開発・採用状況を表11に、また2008年に発表された自動車内装部品への利用例を表12に整理した。2003年に初めて自動車部材として使用されてから、次第に基幹内装部品へと応用が進んでおり、自動車メーカーは石油化学系樹脂との複合化などで、素材としての成型性、信頼性などを向上していると見られる。

図23 バイオベースポリマー製造能力推移予測



出典: 欧州バイオプラスチック協会 (EUBP)

表 11 バイオベースポリマーの主要業界における商品開発・採用状況

分野	年	企業	内容
容器・包装	2002	ユニチカ	電子レンジ対応可能食品容器の開発。
	2003	NTTドコモ	電話料金請求書用窓付き封筒に採用。
		ソニー	携帯ラジオの包装材へ採用。
	2004	松下電池工業	アルカリ電池、オキシライト乾電池の包装用採用。
		イオン	農産物「トップバリュー グリーンアイ」の袋に採用。
	2007	ローソン、ファミリーマート等	野菜サラダ容器に採用。
		旭化成パックス	ポリ乳酸製コールドドリンク用透明カップを商品化。
2008	エースコック	カップめん容器のカップ基材にデンプン系樹脂、ふたにポリ乳酸樹脂、個別包装フィルムに PBS 樹脂を採用。	
	アサヒビール	ビール等のタル容器のキャップシールにポリ乳酸のシールを採用。	
	宝酒造	清酒の外装シュリンクフィルムにポリ乳酸を採用。	
自動車	2003	トヨタ自動車	スペアタイヤカバーにポリ乳酸/ケナフの複合材、フロアマットにポリ乳酸繊維を使用。
	2006	三菱自動車	ポリ乳酸繊維/ナイロン繊維のフロアマット(東レと共同開発)。 竹の繊維/PBS から自動車内装材の開発。
		ホンダ	ソロナ(PTT 繊維)によるシートの表皮材やフロアマットを開発。
	2007	マツダ	ポリ乳酸繊維による自動車内表皮材を開発(帝人と共同開発)。
エレクトロニクス	2004	NEC	ノート PC 部品(ダミーカード)に採用。
		ソニー	DVD プレイヤー部品に採用。
	2005	NEC	ポリ乳酸/ケナフをノートパソコン部材に開発、適用。
		富士通	ポリ乳酸を主成分とした材料をノートパソコン筐体に採用(東レと共同開発)。
		ソニー/NTTドコモ	ポリ乳酸をベースとした樹脂を携帯電話筐体に採用、発売。
	2006	NEC/NTTドコモ	ケナフ繊維強化ポリ乳酸を携帯電話筐体に採用、発売。
	2007	富士通	ひまし由来樹脂をノートパソコンの小物部品に採用。
		ソニー	ポリ乳酸樹脂を使用した非接触 IC カードを開発。
	2008	富士ゼロックス	植物由来成分 30wt%以上の材料を複写機やプリンターの機構部品に採用。
		三菱樹脂 キヤノン、東レ	大型量販店のポイントカードにポリ乳酸製シートを採用。 共同開発の難燃性バイオベースポリマーをオフィス用複合機の外装部品に採用。
医療・医薬	1998	日本ビューラック	外科用縫合基材(縫合糸、クリップ、シート、ガーゼ)。 外科用生分解性インプラント材料(体内埋込用基材...ネジ等)。 その他の外科用製品(ポリ乳酸は外科手術用製品として使用)。 ドラッグデリバリーシステムの調剤に製薬賦形剤として使用。
		コアフロント	手術用縫合糸や整形外科向けスクリュー等の様々な形で使用。 細胞培養の足場材(Scaffold)用の素材として検討中。
	2004	カルディオ	体内インプラント用デバイスに採用。
	2008	京都医療設計 タキロン	ポリ乳酸製の血管拡張器具を開発。 ポリ乳酸を主成分とする中空型の骨接合材の製品を開発。
衣料・繊維	2008	コロニアスポーツウェアジャパン	E I DuPont のアベクサを使用したTシャツを発売。
		ゴールドウィン	アベクサを使用したスポーツウェアを発売。
		ヤギコーポレーション	アベクサを使用した企業ユニホームを発売。
農業	2006	ユニック他(1990年代から多数の企業が参入)	農業用資材は2006年に1,100t(見込)。マルチフィルムを主体に、除草シート、林業用薫蒸シート、結束テープ等。
建築・土木	2007	植木組	ポリ乳酸製土木シート開発。
		大林組、三菱樹脂	ポリ乳酸を主成分とするトンネル工事時の崩落を防止する生分解性パイプを開発。

出典：主として各社ホームページから取得した情報に基づき作成。商品名の多くは登録商標。

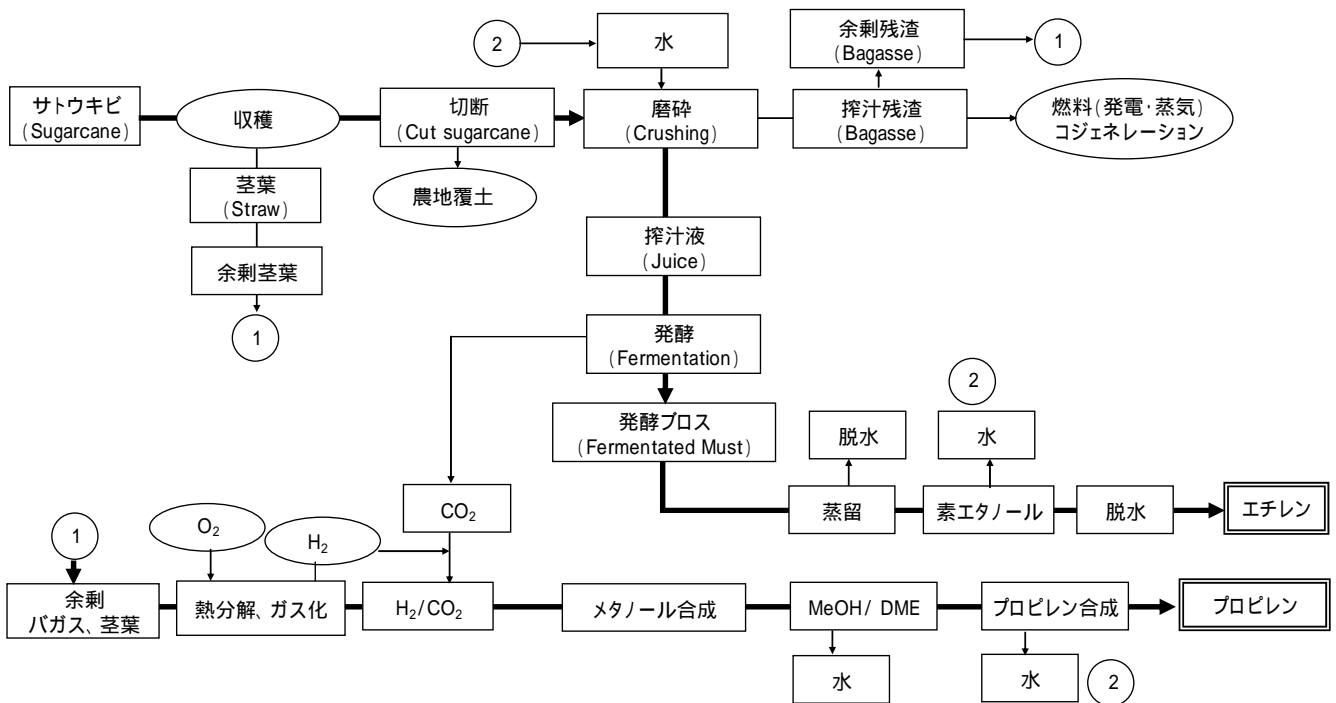
図 24 には、ブラジル Braskem SA が特許に示しているサトウキビからのポリエチレン、ポリプロピレン製造技術の流れを整理した。収穫サトウキビ 1,000t から、エタノール(92.8%) 62.2t を製造、脱水でエチレン 34.1t を得る。また余剰バガス 178t から、メタノール 93t を製造、これよりプロピレン 30t を製造するフローを示した。

表 12 自動車内装部品へのバイオベースポリマーの利用例

年	材料	使用部品	特 徴
2003	ポリ乳酸/ケナフ	スベアタイヤカバー(ラウム)	自動車部材への世界初の適用
	ポリ乳酸繊維	フロアマット(ラウム、プリウス)	
2005 発表	ポリ乳酸/ケナフ	アームレスト	耐熱性の向上
2008 プレス 発表	ポリ乳酸/ポリプロピレン	スカッフプレート、カウルサイドトリム、フロアフィニッシュプレート、ツールボックス	原料を微細に、かつ均一に混合
	植物由来ポリエステル/ポリエチレンテレフタレート	ルーフヘッドライニング、サンバイザー、ピラー	表皮(繊維部分)に使用
	ポリ乳酸/ポリエチレンテレフタレート	ラゲージトリム	表皮(繊維部分)に使用
	ポリ乳酸/ケナフ	ドアトリムオーナメント	基材に使用
	ヒマン油由来ポリオール/石油化学系ポリオール/イソシアネート(架橋剤)	シートクッション(フォーム部分)	植物由来原料と石油化学系原料を分子レベルで結合

出典：プレス発表、化学工業日報、2008/12/18, p1、「トヨタがエコプラスチックを使用する内装部品」等、2005年東京モーターショーでは、FCEV への多様なバイオベースポリマーの利用を提案している。

図 24 Braskem SA のバイオマス法エチレン、プロピレン製造技術



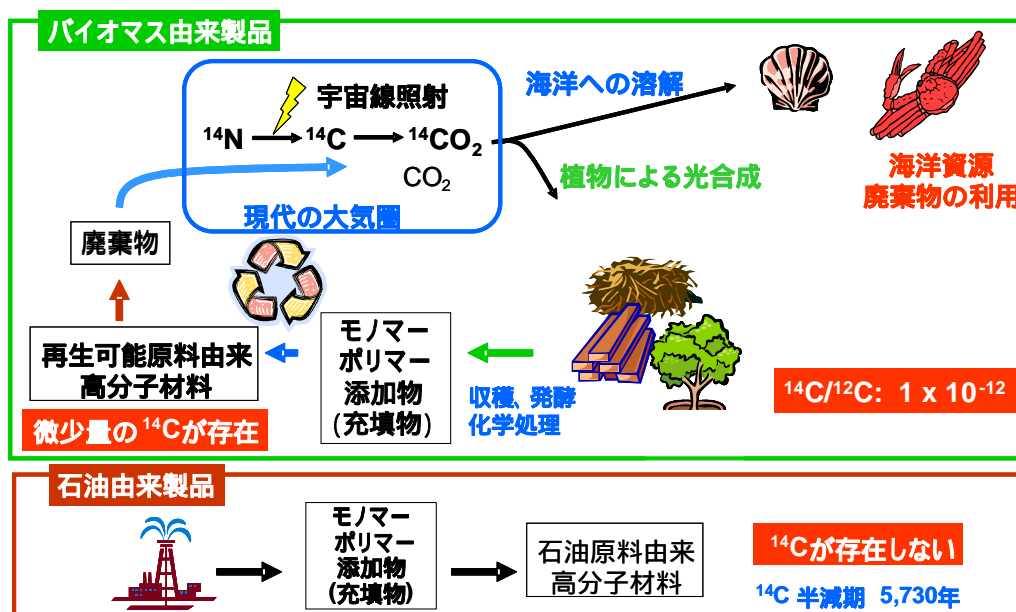
出典：W02008067627

第6章 環境負荷評価

バイオベースポリマーの範囲がポリ乳酸のようなバイオベースモノマーのホモポリマーから、発酵法 1,3-PDO と石油化学系モノマーであるテレフタル酸とのポリエステル、表面改質デンプンとポリエチレンの複合フィルムのように、その定義が変わってきた。また 2008 年に Braskem SA、Dow Chemical Co は発酵法エタノールを原料としてポリエチレンを生産する計画を発表した。これらは、生分解性はないが、バイオベースポリマーの範疇に含まれるものである。こうした製品が相次いで登場してくるので、ポリマーは製品中に含まれるバイオマス由来の成分の割合、即ちバイオマス度の定義や信頼性の高い測定法の開発が必要になってきている。バイオマス度の高さはバイオマス資源の使用量の多さを示すものであり、一つの商品価値ともなる。バイオマス度の ^{14}C 同位体による測定法の原理を図 25 に示した。

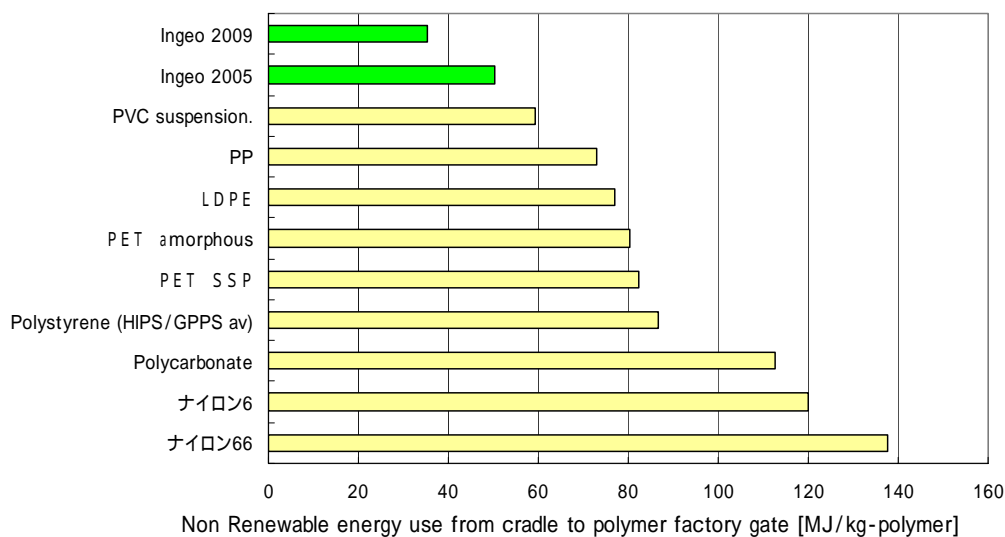
LCA 評価については、NatureWorks 社によるポリ乳酸に関するものが代表的な事例としてしばしば登場する。ポリマー製造に伴う消費エネルギーおよび炭酸ガス排出量について、図 26、図 27 に示した。

図 25 バイオマス度の ^{14}C 同位体による測定法の原理



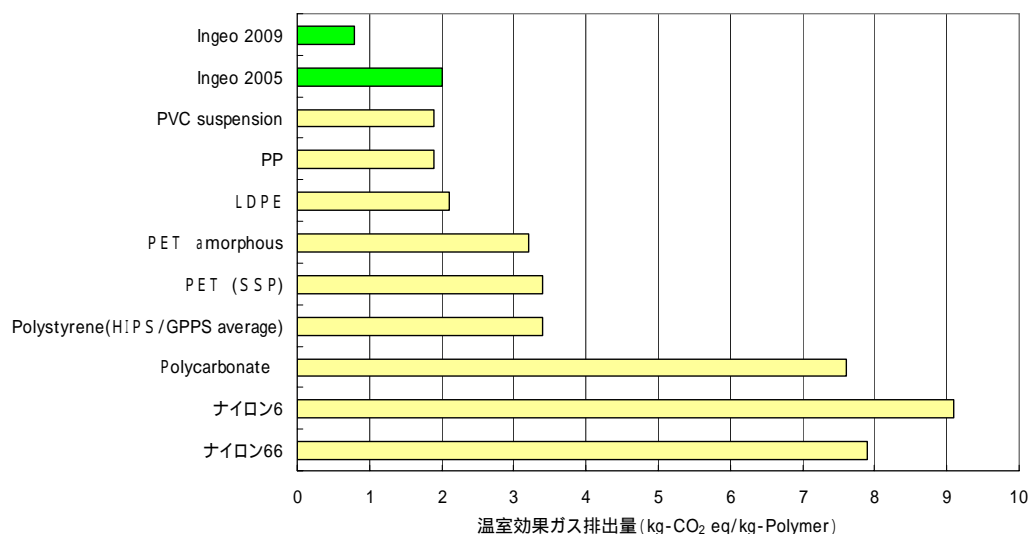
出典：(独)産業技術総合研究所 国岡正雄博士提供

図 26 ポリマー製造に伴う消費エネルギーの比較



出典：Industrial Biotechnology, 3(1) p58-81 (2007)および NatureWorks LLC 2009 年発表 “Comparing Environmental Footprint: Non-renewable Energy Requirements, from cradle to polymer factory gate” (<http://www.natureworksllc.com>)

図 27 ポリマー製造に伴う温室効果ガス排出量比較



出典：Industrial Biotechnology, 3(1) p58-81 (2007)および NatureWorks LLC 2009 年発表 “Comparing Environmental Footprint: Non-renewable Energy Requirements, from cradle to polymer factory gate” (<http://www.natureworksllc.com>)

NatureWorks LLC による Ingeo™ ポリ乳酸 (PLA)¹⁾ と複数の石油化学系ポリマーに対する LCA 評価が代表的な事例として参考になる。ポリマー製造に伴う消費エネルギーおよび炭酸ガス排出量として図 26、図 27 が示されている。同社の発表によれば、Ingeo™ 2009 は、製造プロセスの技術革新により、エネルギー消費を削減、ゆりかごから工場出荷までのエコプロファイルにおいて、消費エネルギーは PS や PET SSP(固相重合 PET)と比較して半分以下、炭酸ガス発生量については PET SSP(固相重合 PET)に比べ 75%以上少ないレベルを達成した。

1) Ingeo および Ingeo ロゴは、米国およびその他各国における NatureWorks LLC の商標または登録商標である。

第7章 調査結果の分析

〔1〕バイオベースポリマーの高性能化と高機能・実用性分野への展開

バイオベースポリマーは今後生分解性よりもカーボンニュートラル性を重視して市場投入される見通しとなった。そのため、使い捨て型から耐久性の要求される分野へと用途がシフトすると予想されるが、既存製品との競合に打ち勝つために、高機能化、実用性の向上が必須である。そのような中で、バイオベースポリマー製品のカーボンニュートラル性の向上を目指す高機能化・実用化に関する技術の全てにおいて日本国籍出願人が出願件数で優位を占めており（図8）特に、自動車、電子・OA機器等の用途において有利である（図10）。一方、更なる市場投入を図る上で、ポリマーの価格と性能（物性、加工性、耐久性など）の面で課題が見えてきたことから、その改善に向けた研究が続けられている（図6、図8）。

こうした高機能化を目指してバイオベースポリマー素材への転換を促進する上で最も重要なことは、既存のポリマーと同程度かそれ以上の経済性、物性などの魅力的特性を付与することである。例えば、PLAは、弾力性を有し、透明で光学的異方性が小さいなどの光学特性に優れ、繊維化した場合は染色性も良好である。PBSは引張強伸度、耐衝撃性、フィルム成形性に優れ、PHAフィルムはガスバリア性が優れている。しかし大規模生産が開始されて価格が低下してきたとはいえ、なお割高である。また、バイオベースポリマーの種類が少ないため、選択可能な範囲が限られる。例えばPLAは物性面で耐熱性、柔軟性、耐久性で石油化学系ポリマーに劣り、また、結晶化時間が長いという欠点を有しているため、種々の改良法が開発されてきた。物性面で優れた新規バイオベースポリマーの開発、既存のバイオベースポリマーの高性能化が、高機能製品開発の鍵となる。

物性を改善し、高機能化・実用性向上を図る技術として共重合化、ブレンド・アロイ化、配合剤・添加剤の使用が最も多く出願されている。論文でも同様の傾向が見られるが、共重合化に関する[中分類4A]ポリマー構造に特徴のある物性改良、ブレンド・アロイ化に関する[中分類4B]混合・複合化に特徴のある物性改良の件数が多くなっている（表7）。物性改良に関してこの数年で注目すべき研究成果が得られており、高性能化、成形性でも石油化学系ポリマーと遜色ないレベルに近づいてきた。実用性は急速に改善されている。

〔2〕大学・研究機関からの特許出願・論文発表動向について

論文では、研究者所属機関別発表件数によると、日本はトップ10のうち9機関を占め、主要国際14誌に限ってもトップ10に5機関を占めており（表8）国内の大学・研究機関からの論文発表が多く、主要国際会議での発表件数も多い。このように、バイオベースポリマー分野における国内の大学・研究機関の貢献が大きいことから、日本の大学・研究機関の研究者はこの意味で当該分野の世界の研究開発リーダーであるといえる。

特許件数に比較して、論文件数が多いのは技術区分[中分類3B]ポリマーの製造に特徴のある製造技術、[中分類3D]重合体、成形体の形態に特徴のある製造技術、[中分類3F]ゲルの製造に特徴のある製造技術であり、新規ポリマー開発、提案に関して大学・研究機関の貢献に期待することができよう（表7）。

〔 3 〕 バイオベースポリマー関連技術動向について

1997年の京都議定書では、地球温暖化防止を目指して日米欧において石油・石炭などの化石原料使用量削減が合意され、バイオベースポリマーにおいても石油化学系ポリマーの使用を抑制し、バイオベースポリマーの開発と普及を促進する方向転換が始まる大きな転換点になった。これに歩調を合わせるように、NatureWorksによるPLAの生産開始などもあり、8,700 t/yに過ぎなかった2000年当時の世界のPLAの市場規模は、2005年には35,800 t/yに市場が拡大した(表10)。

上記転換はバイオベースポリマーを、それまでの生分解性重視から非化石資源由来、バイオマス由来ポリマーとしての位置付けへと転換を証明するものであり、現在では、生分解性重視よりもカーボンニュートラル、石油化学系ポリマー代替の観点が重視されるようになってきたと言える。その中で、日本の出願人によるバイオベースポリマーの利用は特に、電子・OA機器、自動車等の機能性を重視する用途に向けての開発が進められてきた(図10)。

上記のように、バイオベースポリマーの供給量、需要量とも市場規模は拡大傾向にあり(図23) また、高機能化・実用化技術が急速に進歩していることを考慮すると(表11、表12) バイオベースポリマーの出願、特にPLA関係の出願は、今後も増大するであろうと予測される。

また、バイオベースポリマーの用途は、欧米においては繊維関係であり、日本においては繊維とともに成形品が重要である。また、欧米におけるコンポスト施設の増加、非生分解性プラスチック製バッグ制限の傾向を考慮すると、包装容器分野でも利用が増大すると予測される。

〔 4 〕 バイオマス度の定義と国際標準化について

カーボンニュートラルの観点からバイオベースポリマーの利用拡大を図るには、バイオベースのホモポリマーの性能を補う形で、今後おそらく石油化学系モノマーとの共重合、石油化学系ポリマーとの複合材料として利用が増えてくるであろう。その一例として、バイオマス原料からのポリエチレン、塩化ビニル、エピクロルヒドリン(エポキシ樹脂原料)などの石油化学系ポリマー(HDPE、LDPE、PP、PVC)製造が計画されており、従来の石油化学系ポリマーからカーボンニュートラルなポリマーへの置き換えが進むと予想される。

また、バイオベースポリマーに対するグリーン購入法の適用、消費者にとっての環境貢献度評価の拠り所はカーボンフットプリントである。さらにバイオマス由来に基づく高い付加価値の期待を考えると、多様化が進むバイオベースプラスチックのバイオマス度の定義、測定方法の標準化が必要となる。

〔 5 〕 日本の国際競争力・他国との比較について

バイオベースポリマーの新規製造技術の開発について

世界レベルでは多様な生分解性のポリマー、モノマーの開発が進んでいる。米国では、2004年8月にバイオマス資源からバイオプロセスを主要技術として開発可能もしくは早期に開発を実施すべき具体的な製品群を決定した「Top Value Added Chemicals from Biomass」を発表し、最終的に12の基幹化合物に絞り込んだ(図20)。これらの化合物の製造特許やポリマーの特許が現在出願されていることや今後出願されることが推測される。これらの化合物の中で、特許出願件数が増加傾向にあるのはコハク酸、フマル酸、

イタコン酸、グリセロールであり、特に 2008 年以降に急増している。また論文数が増加しているのはグリセロールであった。この 12 化合物の中、レブリン酸を原料としてトリパリン-A が開発されたが、MMA よりも高い光学特性が見出されるなど、注目されており、すでに中国では Top 12 化合物に関して米国研究開発を追随した特許出願の件数が急増している。また、代謝工学的手法によるバイオ産生技術、バイオ産生物の化学転換技術の進展によって、既存石油化学系モノマー、ポリマーの製法代替、石油化学系ポリマーにはない新規モノマー、ポリマーの開発などの可能性はますます広がっている。バイオマスの部分酸化によるシンガス化、Fischer-Tropsch 反応、メタノール合成等に基づく石油化学系モノマー製造も可能となっている。

依然として石油化学系ポリマーに比較してバイオベースのモノマー、ポリマーの種類は少ない状況であるが、日本の動きは顕著でなく、日本からの提案は少ない。

日本の産業競争力について

日本の産業競争力は、複数の有識者ヒアリング結果も踏まえて、次のように集約できる。

バイオベースモノマーの生産は、乳酸、グリコール酸、1,3-PDO など、多くを外国メーカーに依存し、日本メーカーでは三菱化学 (PBS)、昭和高分子 (PBS)、カネカ (PHA)、日立造船 (PLA) のみである。一部自動車メーカーも種々の形で参入をねらっているが、日本企業で、原料モノマーからバイオベースポリマーまで一貫で生産しているメーカーはなく、今後市場が成熟して世界市場に製品を供給する場合には重大な支障になることが予想される。乳酸、1,3-PDO などの発酵生産技術が米国で開発され、バイオ法による複数の石油化学系ポリマー (HDPE、LDPE、PP、PVC など) の生産が提案されるなど、世界のバイオ化技術開発競争に比較して日本の対応は課題がある。

また、石油資源ばかりでなくバイオマス資源においても、日本は恵まれている状況とはいえない。現状では穀類、木質、草本類ともバイオマスエネルギー利用の経済単位と言われる半径 25km 程度の範囲で大量集荷が可能な資源がない。その中で、国内でも資源植物の品種改良が進められているが、国内製紙工業が進めているような国内外遊休地での資源植物栽培など、資源戦略を展開することが望まれる。但し生物多様性の維持、土地やせへの配慮など、自然環境とのバランス、生活環境への影響の最小化、労働者確保なども必要である。さらにバイオベースポリマー生産に伴う CO₂ 排出削減量を生産地の恩恵とするのか、消費地の権利とするのかなど、国際的な取り決め策定が望まれる。

バイオベースポリマーの加工技術、物性改良技術においては、PLA の自動車部品、OA・電子機器、繊維製品など、多様な樹脂加工製品を開発、世界に先行していることが特許動向分析から読み取れるので (図 10)、用途展開は日本の得意分野であり、今後日本が強みを発揮できる領域といえよう。

日本の技術開発力、研究開発力について

日本の技術開発力、研究開発力については、複数の有識者ヒアリング結果も踏まえて次のように集約できよう。

バイオベースポリマーの発見は 20 世紀前半に欧米化学メーカーが先行したが、本調査期間 (1995 年 ~ 2006 年) では日本が米国とともに健闘している。PLA を中心に物性改良

など実用化に結びつく技術の開発、特許出願で日本は強さを発揮しており、現在では、特許出願件数、研究者数で日本の強さ、層の厚さが顕著である。

しかしながら、代謝工学技術、触媒による化学転換技術を駆使した今後の開発へ期待が高まっているなか、日本の動きは鈍い。また、バイオベースのオレフィンモノマー開発においては、欧米化学会社、遺伝子技術会社が重要な特許出願を行っており、急速に多様化が進むこの分野で、日本は再び技術開発で立ち遅れる可能性が出てきた。

さらに、特許権の活用に関する調査等によると、ポリ乳酸における NatureWorks、Purac、PTT における DuPont Tate & Lyle Bioproducts、PHA における Telles など、バイオベースポリマービジネスのリーダーはほとんどが米国、欧州の企業であり、多くの特許出願を行っている日本企業で特許とビジネスの両輪が必ずしも結びついていないと考えられる。

〔 6 〕 その他

有識者ヒアリングでは、以下の指摘がなされた。

- ・ バイオベース資源として米国が余剰農産物であるデントコーンを原料としたバイオエタノール生産を行ってきたが、そうしたプラントの急増で 2008 年にはコーン価格が急騰し、世界の「食料」危機として国際問題化した点が懸念される。
- ・ バイオベースポリマーでも、生分解性樹脂、フィルムの製品に食用トウモロコシのロゴを表示した時期があり、消費者の誤解を招く可能性がある。
- ・ 将来技術開発が進んだ段階では、非可食性資源を原料とする予定であること、石油資源使用量削減と地球温暖化防止という技術開発の目的などを、インベントリーデータ、カーボンフットプリントデータを加えて正しく消費者側に伝える必要がある。
- ・ GM（遺伝子組換え）デントコーンなどの手段によるバイオマス生産効率向上技術が普及しており、またバイオベースのモノマー、ポリマーの生産効率向上で、遺伝子操作を含む技術開発が進んでいるが、安全性に関する正しい研究の促進、科学的データの開示を検討しつつ、日本も世界各国の取組状況を注視していく必要がある。

【提言 1】

バイオベースポリマー関連技術はカーボンニュートラルの考えに沿って積極的に開発を進めることが重要である。

バイオベースポリマーの位置付けは、京都議定書締結以降、生分解性重視から非化石資源由来、バイオマス由来による地球温暖化防止の機能（カーボンニュートラル）重視へと転換され、今後より一層、その普及を積極的に進める必要がある。カーボンニュートラル性の確保はカーボンフットプリントの重視と共に、耐久消費材への応用、さらにはリサイクル努力によって一層確実なものとなる。

すでにカーボンニュートラルなバイオベースポリマーとして開発されたバイオベースモノマー（例えば 1,3-PDO）と石油化学系モノマー（例えばテレフタル酸）の共重合ポリエステル（PTT）のように、石油化学系ポリマーの PET、PBT にはない特徴ある物性を持ったものが開発された。

更に、各国において「石油化学系ポリマーをバイオマス原料で製造したポリマー」の市場投入計画が発表されている。例えば、ブラジルで進められているバイオベースの PE、PP、PVC の生産計画においては、2011 年には石油化学法と同規模の商業プラントで生分解性のない、カーボンニュートラルなポリマーの生産が開始される見通しである。この背景として、すでにブラジルでは現状で石油化学法よりも製造コスト的に有利といわれる恐らく唯一のバイオ法マスケミカルであるエタノールの大規模発酵生産により、燃料用としてのバイオエタノール原料の生産手法を確立し、量的問題は解決されていることが挙げられる。このように、石油化学系樹脂の代替で化石資源使用量の目にみえた削減までには距離が未だあるものの、カーボンニュートラルの考え方に沿った着実な進展は見受けられる。

日本においては、リグノセルロース資源からのバイオエタノール生産など、バイオマス・ニッポン総合戦略の中で進められている技術開発プロジェクトの成果が、バイオベースポリマー生産技術としても活かすことを視野に入れておくことが必要であろう。

【提言 2】

既存のバイオベースポリマーの利用拡大とともに、石油化学系ポリマーにはない、新規なバイオベースポリマー開発を目指して研究を進めることが重要である。

バイオベースポリマーはすでに多くの種類が提案されているが、商業規模で生産されているポリマーの種類は石油化学系に比較して極めて限られている。今後の普及を考えると、既に手にしているバイオベースポリマーの利用拡大はもとより、新規のバイオベースポリマー開発研究を推進する必要がある。

米国において、DOE が中心となってバイオマス資源から製造可能な 12 種類のターゲット化合物群を提示しており、最近その中のレプリン酸から、高性能で高機能性樹脂原料と期待さ

れる新規モノマーが開発された例のように、日本においても、このようなバイオベース由来の新規モノマーについての研究開発が望まれる。

更に、乳酸、1,3-PDO などの発酵生産技術が米国で開発され、欧州でもバイオ法アクリル酸、ブタノール、エピクロルヒドリン、イソプレンのバイオ法生産が提案されるなど、モノマーのバイオ生産技術開発競争が進んでいる。これらの技術開発は現時点で欧米企業がリードしている。

新規なバイオベースモノマー、ポリマーの技術開発では、代謝工学手法、化学転換手法の適切な応用が一層必要となる。石油化学系ポリマーにはない、新規で多様な樹脂開発を目指して研究を早急に進めることが重要である。

【提言 3】

国際的に優位な位置を占めるためには、バイオベースモノマー並びにポリマーの新規製造技術開発・強化と事業化を進めることが望まれる。

日本では PBS、PHA (PHBH) などの国内開発技術によるバイオベースポリマーの生産が計画されているが、市場が育ってきた PLA、1,3-PDO などのモノマー生産を外国企業に依存している。比較的長い歴史のある乳酸でも、日本では乳酸発酵食品産業は発達しているが、ポリマー原料の乳酸の製造研究例(2008年にキリンホールディングスがグルコースからの乳酸製造用酵母菌の遺伝子操作を発表)は少なく、今後こうした研究の促進が必要であろう。

一方、複雑な代謝経路を代謝工学的手法で解決し、工業生産に結びつけた 1,3-PDO の技術開発の例がある。このような例を参考に、バイオベースポリマーにおいても工業生産に結びつくようなさらなる研究開発が期待される。

更に、技術開発に成功して工業化の検討に入る場合、国内では直ぐにバイオマス資源量の問題が浮上してくる可能性がある。米国では余剰となったデントコーン(飼料用、工業原料用のトウモロコシ)が当面利用可能な乳酸原料であり、また、Purac(オランダ)はタイにキャッサバを原料とする大型の乳酸発酵生産設備を建設、乳酸の生産を開始している。このような各国の状況を考慮すると、バイオベースポリマーの事業化で日本が国際的に優位な位置を占めるためには、国際的に有利な資源環境を整備する必要がある。

【提言 4】

バイオベースポリマーの高性能化(高機能・実用性分野への展開)に向けて技術の一層の確立が望まれる。

自動車部品、電子・OA 機器の実用化など、高機能分野を目指してバイオベースポリマー素材の利用が始まっており、その対象も例えば自動車の付属部品から、徐々に重要な内装部品へと進んできた。こうした既存用途の代替を伴う高機能化をより一層推進するためには、既存のポリマーと同程度かそれ以上の経済性、物性などの魅力的特性を付与することが重要で

ある。

しかしながら、バイオベースポリマーとして代表的な PLA は、大規模生産が開始されて価格が低下してきたとはいえ、耐熱性、柔軟性、耐久性などの性能面で劣り、また、結晶化時間が長いという課題を有していたため、各種成形体を製造するコストがかかっていた。このような短所を克服する技術として、日本は PLA の物性改良、成形性改良などで多くの特許出願を行い、樹脂成形と高性能化で技術蓄積が多い。すでに機能性とともな耐久性の要求される部品の実用化などで成果を挙げており、今後もこの傾向を維持・向上することが、日本の国際競争力を維持・向上する上で重要であろう。併せて、バイオベースポリマー関連製品の普及に関しては消費者の意識向上も重要と考えられていることから、さほど高性能化しないでも、たまごパックなど、消費者に密着したバイオベースポリマー製品を市場に投入し、環境問題などに関する消費者の意識向上につなげていくことも期待される。

【提言 5】

大学・研究機関から企業への積極的な技術移転が重要である。

日本の大学・研究機関は、バイオベースポリマーの研究開発において、特許出願件数、論文発表件数でも世界に大きな存在感を示している。論文発表件数では日本の研究機関、研究者が上位をほぼ独占している。先端的研究について、これら機関のシーズと企業のニーズとのマッチングを図り、技術移転が一層促進されることが日本における国際競争力の拡大につながると考えられる。

大学・研究機関の技術開発力を一層強化するとともに、企業への技術移転をスムーズに推進するためのシステム構築が重要である。

【提言 6】

バイオマス度の定義と測定法の国際標準化が望まれる。

バイオベースポリマーの範囲が多様化してきたため、今後、バイオベースポリマーの「定義」付け、その代表的な指標となる「バイオマス度」の測定法の確立が重要な課題となる。現在では、米国 ASTM の提案する測定法 (D6866) が有力視されており、国内でもこの測定を行う機関ができ、デファクト化に向かっている。

今後、バイオベースポリマーの定義を確立し、バイオマス度の定義と測定法の国際標準化を推進し、これに基づいて地球環境への貢献を目指す消費者への信頼性向上につながるデータを提供し続ける努力が必要である。