

平成 27 年 5 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2014

課題番号：22245026

研究課題名(和文)非可食系バイオマスからの新規生分解性バイオベースプラスチックの創製と高性能化

研究課題名(英文)Production and high-functionability of biodegradable bio-based plastics synthesized from non-edible biomass

研究代表者

岩田 忠久(Iwata, Tadahisa)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：30281661

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、非可食系バイオマスから新規なバイオベースプラスチックの合成と環境中で分解する生分解性プラスチックの高性能化を目的とした。木材から抽出されるヘミセルロースの一つであるキシランをエステル化することによりプラスチック材料化に成功した。さらに、キシランエステルが生分解性ポリエステルであるポリ乳酸に対し、非常に優れた結晶核剤効果を示すことを見出した。一方、生合成した超高分子量バイオポリエステルを用いて、高強度フィルムや繊維の作製に成功すると共に、分子鎖構造と結晶構造を大型放射光のX線回折により解析を行った。さらに、酵素分解性速度が結晶化度や分子鎖構造により制御できることを見出した。

研究成果の概要(英文)：The aims of this study are the production of new bio-based plastics from non-edible biomass and the high-functionability of biodegradable plastics. Xylan, one of hemicelluloses extracted from wood, was esterified to add the thermos-plasticity and we succeed to process the flexible films and nanofibers. And also, it was found that xylan ester derivatives became a good nucleate agent for poly(lactic acid) that is the most important bio-based and biodegradable plastic. On the other hand, ultra-high-molecular-weight microbial polyesters have been synthesized and succeeded to process the high tensile strength films and fibers. The molecular and crystals structures were analyzed by the X-ray diffraction at synchrotron radiation. Furthermore, it was revealed that the rate of enzymatic degradation can be controlled by the crystallinity and molecular structures.

研究分野：高分子材料学

キーワード：バイオベースプラスチック 生分解性プラスチック フィルム 繊維 酵素分解性 キシラン ポリ乳酸 微生物産生ポリエステル

1. 研究開始当初の背景

近年、エネルギー資源の確保と有効利用、地球環境の保全などへの社会的関心が一段と高まる中、石油を始めとする有限化石資源から得られるエネルギーの使用量増大とこれに伴う大気中の二酸化炭素の増大（地球温暖化）、石油から生産される非生分解性合成プラスチックの廃棄物による環境汚染・破壊が地球規模の大問題となっている。

プラスチック廃棄物問題の解決策の一つは、自然環境中に存在する微生物により完全に水と二酸化炭素に分解される生分解性プラスチックの開発である。しかし、これまで主に実用展開されている生分解性プラスチックの多くは、石油から合成されたポリエステルである。

有限化石資源の有効利用と環境保全の観点から、新たに開発すべき環境に優しいプラスチックは、単に自然環境中で分解されることにとどまらず、糖や植物油などの再生産可能資源（バイオマス）から生産できるバイオベースプラスチックでなければならない。さらに、環境循環型高分子の観点から、バイオベースプラスチックと生分解性プラスチックの両方の特性および機能を有する高分子材料の基礎、開発、実用化研究が今後最も重要な研究課題になると考えられる。

現在研究されている主なバイオベースプラスチックは、トウモロコシなどから得られるデンプンを用いて製造されるポリ乳酸、糖や植物油を炭素源とし微生物により合成される微生物産生ポリエステルであるが、バイオエタノールと同様、出発原料に食糧を用いていることから新たな社会問題を引き起こしつつある。

バイオベースプラスチックの真の実用化には、食糧と競合する可食系バイオマスの利用から脱却し、木材や廃材などの木質バイオマス、牧草などのソフトバイオマス、稲わらやサトウキビの茎などの非可食系バイオマスの利用を最優先に検討しなければならない。さらに、目的に応じた性能を発揮させるためには、多種多様なバイオマスプラスチックの創製、組成や分子量の制御、生産性の向上、耐熱性や強度などの物性、生分解性の制御などの課題が多く残されている。

2. 研究の目的

研究代表者は、これまで糖や植物油を原料として微生物が生合成する生分解性脂肪族ポリエステルを研究対象とし、高強度化を含む高機能化と酵素分解性機構の解明を主たる目的に、高分子科学的手法と生物科学的手法を融合することにより、研究を遂行してきた。

本研究では、これらの研究手法を踏まえ、次の2つの研究課題：(1) 非可食系バイオマスからの新規バイオベースプラスチックの創製と(2) 生分解性プラスチックの高性能化、構造解析および生分解性評価、につい

て精力的に検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 非可食系バイオマスからの新規バイオベースプラスチックの創製

木材は、セルロース35%、ヘミセルロース30%、リグニン35%から構成されている。本研究では、これまで全く利用されていない、ヘミセルロースのプラスチック化に挑戦した。ヘミセルロースは、キシラン、グルコマンナン、アラビノガラクトン、グルクロノキシランなど多種多様に存在し、広葉樹や針葉樹でもその組成は異なる。これまでヘミセルロースは分子量が小さいこと、分岐構造が多いこと、数種類の化合物が複雑に結合していることなどからプラスチック材料として利用されることはなかった。本研究では、木材抽出成分であるヘミセルロースの代表であるキシランをパルプからアルカリを用いて抽出すると共に、様々な長さを持つエステル基によるプラスチック材料化を行った。さらに、キシランエステル誘導体をポリ乳酸に少量添加することによる、結晶核剤としての利用検討を行った。

(2) 生分解性プラスチックの高性能化、構造解析および生分解性評価

(2-1) 超高分子量バイオポリエステルを用いた高性能部材化と構造解析

超高分子量バイオポリエステルを、通常の分子量のバイオポリエステルに少量添加することにより、溶融紡糸法により高強度フィルムおよび繊維の作製を行った。作製したフィルム、溶融紡糸繊維の物性や構造を、引張試験、X線回折、走査型電子顕微鏡観察、大型放射光などにより解析を行った。

(2-2) 高強度バイオポリエステルフィルムおよび繊維の酵素分解性

高強度バイオポリエステルフィルムおよび繊維の酵素分解試験を行い、走査型電子顕微鏡による形状変化、X線回折による構造変化を解析した。

4. 研究成果

(1) 非可食系バイオマスからの新規バイオベースプラスチックの創製

(1-1) キシランのエステル化によるプラスチック材料化

キシランは、広葉樹ヘミセルロースの主要骨格であり、キシロース単位が $\beta(1\rightarrow4)$ 結合した多糖である。天然ではアラビノキシランやグルクロノキシランといった形で存在し、アセチル基などで水酸基が部分的に置換されている。本研究では、パルプからアルカリ抽出した高純度のキシランを用いて、誘導体の合成と熱的および機械的特性を評価し、そのプラスチック材料化を試みた。

セルロースの代表的な誘導体であるセルロースアセテートやプロピオネートなどのエステル誘導体は熱可塑性を有し、フィルムやフィルターなどのプラスチック材料として広く

利用されている。ヘミセルロースもプラスチックとして利用するために、エステル化により熱可塑性を付与することが有効であると考えられる。セルロースのアシル化の反応条件の一つであるトリフルオロ酢酸無水物とカルボン酸の混合溶液中でキシランを反応させることで、炭素数2から12の種々のアシル基で置換されたキシランエステル誘導体を得た(図1)。キシロス単位あたり2つ存在する水酸基の置換度はすべての誘導体で2と算出された。化合物の重量平均分子量は約3~6万であった。



図1 キシランエステルの合成

示差走査熱量測定 (DSC 測定) による熱的性質の解析により、キシランエステルは、セルロースエステルとは異なり、融点をもたない非晶性の化合物であることがわかった。熱重量測定 (TGA) により、すべての誘導体において、50%質量減少温度はキシランの300°Cから平均約375°Cまで増加し、エステル化により熱安定性が向上することがわかった。

アシル基の炭素数が4以上のキシランエステルで、そのクロロホルム溶液から、透明度の高いキャストフィルムを作製できた。また、置換基の炭素数の少ない誘導体でより高い強度を、炭素数の多い誘導体ではより高い伸び性を示した。さらに、キシランエステルの1,1,1,3,3,3-ヘキサフルオロ-2-プロパノール溶液から、電解紡糸法 (エレクトロスピンニング法) によりナノファイバーを作製することにも成功した。これらの結果から、キシランエステルがプラスチック材料と成り得る可能性が示された。

(1-2) キシランエステルのポリ乳酸への結晶核剤効果

ポリ乳酸は、現在実用化に向けた研究が最も進んでいるバイオマス由来かつ生分解性を有する高分子である。しかしながら、その成形過程において結晶化速度が遅いあるいは結晶化度が上がらないという理由から、成形加工に時間がかかる、製品が高温にさらされると変形が起こるといった問題があり、微細な結晶を急速に生成させる結晶核剤の添加が行われている。しかし、既存の結晶核剤では、ポリ乳酸との相溶性不足や低分子量であるなどの理由から分子間相互作用が不十分である、分散不足やブリードアウトが起こりやすいといった問題も残されている。また、ポリ乳酸の生分解性を十分に発揮させるには、造核剤もバイオマス由来の材料で構成されると好ましいと考えられる。研究代表者は、先に合成したキシランエステル誘導体が、ポリ (L-乳

酸) (PLLA) とポリ (D-乳酸) (PDLA) のどちらに対しても優れた造核剤としての機能を有していることを見出した。

種々のキシランエステルをポリ乳酸に添加して作製したブレンド体の結晶化挙動をDSC測定や偏光顕微鏡観察により詳細に解析したところ、キシランプロピオネートあるいはブチレート0.1%添加するだけで、ポリ乳酸の結晶化温度と比較して、昇温過程では低温側に、溶融後の冷却過程では高温側にシフトした。さらに、これらのブレンド体を溶融後、異なる温度で等温結晶化を行ったところ、キシランエステルを添加したときに、結晶化が50%完了した時間である半結晶化時間が大幅に短くなった(図2)。等温結晶化における球晶成長の様子を偏光顕微鏡により観察したところ、キシランエステルを添加したものはポリ乳酸単独のものよりも核の数が多く、小さな球晶が観察された。すなわち、キシランエステルを加えることで、ポリ乳酸の結晶化が促進され、キシランエステルが結晶核剤として機能していることが示された。

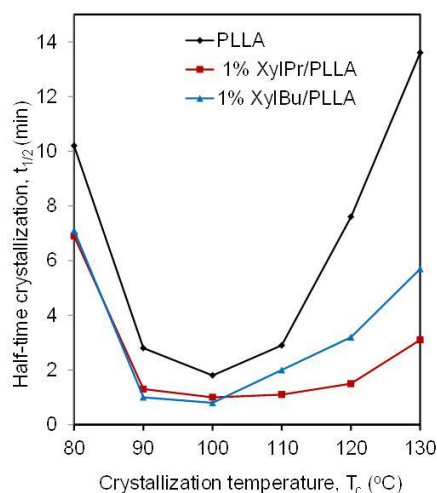


図2 ポリ乳酸へのキシランエステルの結晶核剤効果

(2) 生分解性プラスチックの高性能化、構造解析および生分解性評価

(2-1) 超高分子量バイオポリエステルを用いた高性能部材化と構造解析

超高分子量P(3HB)は、高い物性とポテンシャルを有する反面、高密度培養および生産性の低さが課題となっている。このため、超高分子量P(3HB)を効率よく使用することが求められている。本研究では、超高分子量P(3HB)を通常分子量P(3HB)に少量添加することを試みた。具体的には、超高分子量P(3HB)と通常分子量P(3HB)を5/95および10/90の割合でブレンドした。これらのブレンドと通常分子量P(3HB)および超高分子量P(3HB)の球晶形成速度および半結晶化時間を測定した結果、球晶形成速度に変化がないにもかかわらず、高温側で半結晶化時間の短縮がおきたことから、超高分子量の少量添加は通常分子量P(3HB)中

で結晶核形成を促すと考えられる。

また、これらのフィルムに冷延伸を施し、引張強度を測定した。通常分子量P(3HB)、5/95ブレンド、10/90ブレンドは12倍までの延伸が可能であったが、超高分子量P(3HB)は10倍までしか延伸ができなかった。これは、超高分子量P(3HB)の有するからみ合いの多さに由来すると考えられる。最大延伸倍率まで延ばされたフィルムどうしで比較すると、超高分子量P(3HB)が5%添加された5/95ブレンドの12倍冷延伸フィルムが最も高い強度を示すことが明らかとなった。

さらに、これらのフィルムに対して広角X線回折測定を行うと、これまでと同様に、高い引張強度を示したフィルムからは β 構造に由来する回折が出現していた。これまでの β 構造発現メカニズムは、結晶と結晶の間に存在するタイ分子鎖が二段階目の延伸で引き延ばされることで形成されると考えてきたが、このブレンドにおいては一段階の冷延伸のみで、 β 構造の出現が観察される。このことから、超高分子量P(3HB)を少量添加したブレンドフィルムにおいては、超高分子量P(3HB)が通常分子量P(3HB)で形成されているラメラ結晶を横断するように存在し、ラメラ結晶が成長する際に、分子鎖がラメラ結晶に巻き込まれることで張力が掛り、 β 構造が発現するモデルを構築した。これまでP(3HB)延伸フィルムの強度と β 構造の関係は論じられてきたが、量的な観点から議論を行った報告はない。

β 構造の量と引張強度の関係を明らかにするため、各サンプル間で β 構造の量を相対的に評価できる値として、特定の α 構造回折に対する β 構造由来回折の相対強度比(β/α (020))を算出した。 α 構造由来回折には、回折点中でもっとも強い α (020)を使用した。その結果、高延伸倍率において引張強度と β 構造の存在量はほぼ正比例の関係にあることが明らかとなった。このことから、 β 構造の発現が高強度化の要因であると考えられる。

(2-2) 高強度バイオポリエステルフィルムおよび繊維の酵素分解性

微生物産生ポリエステルは、土壌、活性汚泥、海水、空気中などに生息する種々の微生物によって分解されることが知られている。このため、微生物産生ポリエステルを材料として考えた場合、生分解性挙動を知ることが非常に重要であるといえる。実際の環境分解では、分解環境や微生物などが複雑に作用しており、材料の生分解性評価を行うことは難しい。このため、分解酵素を単離・精製し、単一の酵素を用いた酵素分解性評価が行われる。本研究では、結晶化度を変化させたフィルムの酵素分解速度を測定した。その結果、結晶化度の増加に伴い、酵素分解速度が低下しており、結晶化度を制御することで分解速度を制御できることが明らかとなった。これは、非晶質分子鎖が優先的に分解されていることを示している。

さらに、高強度繊維の酵素分解性を評価した。分解前の延伸繊維では、 β 構造に由来する回折が明確に出現しているものの、分解後はこれらが選択的に減少している(図3)。このことから、P(3HB)の β 構造は α 構造と比較して分解されやすいと考えられる。すなわち、2回らせん構造(α -form)より平面ジグザグ構造(β -form)の方が酵素により分解されやすく、分子鎖構造により酵素分解速度が制御できることを示している。

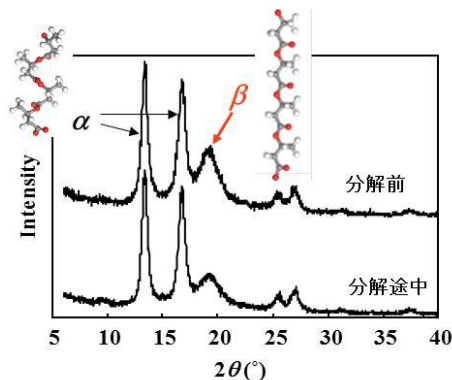


図3 高強度繊維の酵素分解前後のX線回折パターン

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計20件)

1. Structural properties and enzymatic degradation behavior of PLLA and stereocomplexed PLA nanofibers: N. G. V. Fundador, A. Takemura and T. Iwata; *Macromolecular Materials and Engineering*, **295**, 865-871 (2010). DOI: 10.1002/mame.201000197
2. ポリ[(R)-3-ヒドロキシブチレート-co-(R)-3-ヒドロキシヘキサノエート]のゲルフィルム作製、高次構造解析および酵素分解性: 加部泰三、竹村彰夫、岩田忠久、田中稔久、粕谷健一、伊藤和輝、高田昌樹; *Sen'I Gakkaichi*, **66**, 253-260 (2010). <http://www.fiber.or.jp/jpn/publication/index.html>
3. Mechanical properties, structure analysis and enzymatic degradation of poly[(R)-3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate] uniaxially cold-drawn films: J. Zhang, K. Kasuya, T. Hikima, M. Takada, A. Takemura, and T. Iwata; *Polymer Degradation and Stability* **96**, 2130-2138 (2011). doi:10.1016/j.polymdegradstab.2011.09.011
4. Acetylation and characterization of xylan from hardwood kraft pulp: N. G. Fundador, Y. Enomoto-Rogers, A. Takemura and T. Iwata; *Carbohydrate Polymers* **87**, 170-176

- (2012).
doi:10.1016/j.carbpol.2011.07.034
5. Synthesis of xylan-graft-poly(L-lactide) copolymers via click chemistry and their thermal properties: Y. Enomoto-Rogers and T. Iwata; *Carbohydrate Polymers* **87**, 1933-1940 (2012).
doi:10.1016/j.carbpol.2011.09.092
 6. Physical and structural effects of adding ultra-high-molecular-weight poly[(R)-3-hydroxybutyrate] to wild-type poly[(R)-3-hydroxybutyrate]: T. Kabe, T. Tsuge, K. Kasuya, A. Takemura, T. Hikima, M. Takata and T. Iwata; *Macromolecules*, **45**, 1858-1865 (2012).
dx.doi.org/10.1021/ma202285c
 7. Syntheses and characterization of xylan esters: N. G. V Fundador, Y. Enomoto-Rogers, A. Takemura, and T. Iwata; *Polymer*, **53**, 3885-3893 (2012).
http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2012.06.038
 8. Syntheses and characterization of konjac glucomannan acetate and their thermal and mechanical properties: Y. Rogers, Y. Ohmomo, and T. Iwata; *Carbohydrate Polymers*, **92**, 1827-1834 (2013).
http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.11.043
 9. Xylan esters as bio-based nucleating agents from poly(L-lactic acid): N. G. Fundador, Y. Rogers, A. Takemura, and T. Iwata; *Polymer Degradation and Stability*, **98**, 1064-1071 (2013).
http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.01.010
 10. AFM Observation of Polylactide Stereocomplex Edge-On Crystals in Thin Films: Effects of Molecular Weight on Lamellar Curvature: H. Marubayashi, T. Nobuoka, S. Iwamoto, A. Takemura, and T. Iwata; *ACA Macro Letters*, **5**, 355-360 (2013).
DOI: 10.1021/mz400014s
 11. Properties and enzymatic degradation of poly(acrylic acid) grafted polyhydroxyalkanoate films by plasma-initiated polymerization: J. Zhang, K. Kasuya, A. Takemura, A. Isogai, and T. Iwata; *Polymer Degradation and Stability*, **98**, 1458-1464, 2013.
http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.04.010
 12. セルロース、キシランおよびグルコマンナン誘導体の合成とその材料化: ロジャー有希子、上高原浩、高野俊幸、ノリオンフンダドール、岩田忠久; 高分子論文集, **70**, 529-538 (2013).
http://main.spsj.or.jp/c5/koron/koron.php
 13. Syntheses of poly(L-lactide)-block-xylan butyrate-block-poly(L-lactide) triblock copolymers and their properties: Y. Enomoto-Rogers and T. Iwata; *Journal of Wood Chemistry and Technology*, **59**, 489-498 (2013).
DOI 10.1007/s10086-013-1367-x
 14. Enhanced crystallization of poly(D-lactide) by xylan esters: N. G. Fundador and T. Iwata; *Polymer Degradation and Stability*, **98**, 2482-2487 (2013).
http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.06.013
 15. Syntheses of glucomannan esters and their thermal and mechanical properties: Y. Enomoto-Rogers, Y. Ohmomo, A. Takemura, and T. Iwata; *Carbohydrate Polymers*, **101**, 592-599 (2014).
http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.103
 16. Transition of Spherulite Morphology in a Crystalline/Crystalline Binary Blend of Biodegradable Microbial Polyesters: T. Kabe, T. Sato, K. Kasuya, T. Hikimae, M. Takata, and T. Iwata; *Polymer*, **55**, 271-277 (2014).
http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2013.11.038
 17. Curdlan Ester Derivatives: Synthesis, Structure, and Properties: H. Marubayashi, K. Yukinaka, A. Takemura and T. Iwata; *Carbohydrate Polymers*, **103**, 427-433 (2014).
http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.015
 18. Syntheses of glucomannan acetate butyrate mixed esters and their thermal and mechanical properties: T. Danjo, Y. Enomoto-Rogers, A. Takemura, T. Iwata; *Polymer Degradation and Stability*, **109**, 373-378 (2014).
http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.05.023
 19. Crystallization behaviors of Poly[(R)-3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate]/ polyethylene glycol graft TEMPO-oxidized cellulose nanofiber blends : J. Zhang, H. Fujizawa, A. Isogai, T. Hikima, M. Takata, T. Iwata; *Polymer Degradation and Stability*, **110**, 529-536 (2014).
http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.09.022
 20. 微生物産生ポリエステルの物性と分子構造及び高次構造の相関: 加部泰三、岩田忠久; 高分子論文集, **71**, 527-539 (2014)
http://main.spsj.or.jp/c5/koron/koron.php
- [学会発表] (計 59 件)
招待講演
1. Structure and properties of bio-based

polyester fibers: T. Iwata; ISBP2010, October 5-8, 2010, Stuttgart, Germany.

他、25件

一般発表

1. Synthesis and characterization of xylan ester derivatives: N. Fundador, Y. Rogers and T. Iwata; Pacifichem2010, 14-19 December, 2010, Hawaii, USA.

他、32件

〔図書〕(計7件)

1. Processing, mechanical properties and structure analysis of melt-spun fibers of P(3HB)/UHMW-P(3HB) identical blend: T. Kabe, T. Tsuge, T. Hikima, M. Takata, A. Takemura, and T. Iwata; ACS Symposium Series, Vol. 1105, Biobased Monomers, Polymers and Materials, Chapter 5, pp. 63-75 (2012).
2. Chapter 10: Nanofibrous scaffolds of bio-polyesters: In vitro and in vivo characterizations and tissue response: H. Y. Tang, D. Ishii, K. Sudesh, T. Yamamoka, and T. Iwata; Nanofibers, ed. By A. Kumar, Intech, Olajnica 19/2, 32000 Vulovar, Croatia, pp. 189-226 (2010).
3. Poly(hydroxyalkanoate)s, S. Taguchi, T. Iwata, H. Abe and Y. Doi; Polymer Science: A Comprehensive Reference, Editors-in-Chief: K. Matyjaszewski and M. Möller, ISBN: 978-0-08-087862-1, Elsevier, pp. 157-182 (2012).
4. Physical properties, structure analysis, and enzymatic degradation of poly[(R)-3-hydroxybutyrate-co-(R)-3-hydroxyvalerate] films and fibers: T. Tanaka and T. Iwata; Degradable Polymers and Materials, Principles and Practice (2nd Edition), ACS Symposium Series **1114**, 171-185 (2012).
5. 3.3 Polyhydroxyalkanoate, T. Iwata, T. Tsuge, S. Taguchi, H. Abe, and T. Tanaka; Bio-based Polymers, Handbook of R&D Information in Japan, CMC, 71-85 (2013).
6. Esterification of xylan and its application: N. G. Fundador, Y. Enomoto-Rogers, and T. Iwata; ACS Books, Green Polymer 2, Chapter 26, 394-406 (2013).
7. 高機能性繊維の最前線 ～医療、ヘルスケア分野への挑戦～、第四編医療用機能性繊維、第6章 微生物産生ポリエステルの医療用繊維としての応用を目指して: 岩田忠久; シーエムシー出版、監修: 阿部康次、森川英明、梶原完爾、2014年10月31日、pp.140-147 (2014).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計9件)

- ① キシラン誘導体前駆体、キシラン誘導体、キシラングラフトコポリマー、及びこれ

らの製造方法、並びに、ポリマー成形体: 岩田忠久、ロジャース有希子; 特願2011-043168 (2011年2月28日)

- ② 造核剤及び造核剤を含有してなる結晶性高分子組成物: 岩田忠久、ノリーンフンダドール、ロジャース有希子、相田冬樹; 特願2011-104695 (2011年5月9日)
- ③ 生分解性多孔性繊維およびその製造方法: 岩田忠久、本郷千鶴、市野洋之、北川達哉; 特願2011-120631 (2011年5月30日)
- ④ 生分解性ポリエステル系樹脂を用いた生分解性ポリエステル系繊維の製造方法: 岩田忠久、本郷千鶴、田村正信; 特願2011-067815 (2011年3月25日)
- ⑤ 熱安定性と強度に優れた生分解性ポリエステル系繊維: 岩田忠久、本郷千鶴、田村正信; 特願2011-067816 (2011年3月25日)
- ⑥ 芯鞘繊維の製造方法: 岩田忠久、本郷千鶴、北川達哉; 特願2011-288355 (2011年12月28日出願)
- ⑦ ブロックコポリマー及びその製造方法、並びに、組成物、ポリマー成形体、及び相溶化剤: 岩田忠久、ロジャース有希子; 特願2012-47041 (2012年3月2日)
- ⑧ グルコマンナンエステル誘導体及びその製造方法、並びに、組成物、ポリマー成形体: 岩田忠久、ロジャース有希子、大桃佑介; 特願2012-46857 (2012年3月2日)
- ⑨ セルロースアシレート系フィルム光学特性調整剤、セルロースアシレート系樹脂組成物、および、セルロースアシレート系フィルム: 岩田忠久、ロジャース有希子、山口政之、信川省吾、井上敏夫; 16B126001-1

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

東京大学・大学院農学生命科学研究科・
生物材料科学専攻・高分子材料科学研究室 HP
<http://www.fp.a.u-tokyo.ac.jp/lab/polymer/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩田 忠久 (IWATA, Tadahisa)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・
教授

研究者番号: 30281661