

高分子化学研究室

Polymer Chemistry Laboratory

主任研究員 土肥 義治

DOI, Yoshiharu

当研究室では、生体高分子ならびに合成高分子を分子設計し、地球環境と調和する高分子材料を創製する研究を進めている。生体高分子の生合成ならびに構造・物性・機能の解明に関わる基礎研究を展開するとともに、微生物を用いて再生可能な生物有機資源や二酸化炭素から新規高分子物質を自在合成する一般手法を開拓し、優れた物性と特異な機能を持つ新しい生分解性高分子材料を開発している。また、高分子材料の生分解メカニズムの解明と、高分子代謝酵素の構造と機能に関する研究を進めている。特に、バイオポリエステル生合成、機能解明、構造解析、遺伝子解析、高生産生物の育種、高性能材料化、高機能材料化、リサイクリング技術開発という一連の基礎研究を実施することによって、「環境低負荷型の高分子物質生産システムの開発」という新しい産業の基礎科学技術確立することを目指している。

1. ポリエステル生合成の遺伝子工学に関する研究 (田口 (精), 田口 (一), Sudesh^{*1}, 柘植^{*1}, 前原^{*1}, 高瀬^{*2}, 中江^{*2}, 吉瀬^{*3}, 松本^{*3}, 鈴木^{*3}, 新濱^{*4}, 中原^{*5}, 中村^{*6}, 土肥)

微生物は、エネルギーの貯蔵物質として (R)-3-ヒドロキシアルカン酸 (PHA) の光学活性ポリエステルを生合成し、体内に顆粒状に蓄えている。これら微生物ポリエステルは、環境中で自然分解され、最終的に無機化される環境調和型の生分解性プラスチックである。以下の流れで研究を展開した。まず、PHA 生合成に関与する酵素群およびそれらの遺伝子の探索・取得・機能解析からスタートし、ポリエステル生合成経路やそれに関わる様々な代謝経路、またそれらの制御機構を明らかにする。さらに、遺伝子工学的、代謝工学的、進化分子工学的的手法によるポリエステル生産菌の分子育種を行う。

本年度は、(1) PHA ポリエステル生合成経路にリンクするモノマー供給系酵素 2 種類 (脂肪酸分解に関与する PhaJ と脂肪酸合成に関与する PhaG) について重点的に機能解析した。PhaJ は、高分解能で X 線結晶構造解析に成功した。その情報をもとに部位指定変異実験から活性重要残基を同定できた。同時に基質特異性に関わる残基の推定も行い、ポリエステルの共重組成をコントロールするための変異体作製の設計指針を得た。また PhaG 遺伝子を、重合酵素遺伝子と共に *Ralstonia eutropha* の PHA 変異株に導入したところ、再生可能な糖を炭素源として高性能共重合ポリエステルを生産することを見いだした。さらに、(2) *R. eutropha* の重合酵素の PHA 蓄積に与えるランダム変異効果を調べるインビボ分析システムを構築し、本酵素の機能マッピングを行った。このシステムは、他の重合酵素にも適用可能である。(3) 菌体内に蓄積する PHA グラニュールの形成メカニズムを解明するために、グラニュールに会合しているタンパク質群の機能解析を進めている。それとともに、グラニュールの形状を原子間力顕微鏡で観察する技術基盤を確立している。

2. 高分子加水分解酵素の構造と機能に関する研究 (平

石, 山下, 田畠^{*1}, Alauzet^{*2}, 梶山^{*5}, 土肥)

不溶性高分子材料の微生物分解は、一般に下記のプロセスで進行する。まず、微生物の分泌した加水分解酵素が高分子材料表面に吸着し、ポリマー鎖のエステル結合、グリコシド結合、ペプチド結合などの化学結合を加水分解によって切断し、ダイマーおよびモノマー単位まで分解する。次いで、分解生成物は微生物体内に取り込まれて、エネルギー生産や生体物質合成のために用いられ、最終的に無機化される。本研究では、高分子分解酵素の構造と機能について明らかにする。

本年度は、自然環境から単離した微生物 (*Pseudomonas stutzeri*, *Alcaligenes faecalis* T1) 由来の高分子分解酵素の一次構造と機能について調べた。まず、遺伝子工学的手法を用いて、*P. stutzeri* 由来分解酵素の触媒ドメインの機能について詳細に調べた。さらに、3-ヒドロキシブタン酸オリゴマーを合成し、分解活性とオリゴマー鎖長との相関を調べた。高分子分解酵素による脂肪族ポリエステルの分解反応を高感度かつ動的に測定するため、QCM 法を用いた新規測定システムの構築を行い、高分子分解酵素の基質吸着および分解反応に関する詳細な知見を得た。また、水溶性のポリ (アスパラギン酸) を分解する微生物 (*Sphingomonas* sp.) の可溶性画分から新規ポリ (アスパラギン酸) 分解酵素を精製し、その性質を調べた。NMR を用いた構造解析より、ポリアスパラギン酸の分解機構に関する詳細な知見を得た。

3. 高分子結晶の構造と物性に関する研究 (岩田, 古橋^{*1}, 久野^{*1}, 李^{*7}, 蘇^{*7}, 村瀬^{*2}, 小林^{*5}, Atkins^{*8}, 土肥)

結晶性高分子は、分子鎖が規則正しく配列している結晶領域と不規則な状態で存在する非晶領域から成ると考えられている。結晶性高分子の物性および酵素分解性は、分子鎖の立体構造、結晶化度、配向度、分岐度などに大きく依存している。高分子鎖は、結晶領域において各々の高分子物質に特有な結晶構造をとって配列し、形成された結晶は、単一のラメラ結晶である単結晶からふさ状ミセル構造を含

むフィブリル状結晶までの様々な結晶形態をとり得る。本研究では、微生物産生および化学合成脂肪族ポリエステルの結晶・表面構造と物性・酵素分解性の相関を分子・原子レベルで解明することを目的としている。

本年度は、様々な生分解性脂肪族ポリエステルの単結晶を生成するとともに、その結晶構造と表面構造を透過型電子顕微鏡・原子間力顕微鏡を用いて解析した。また、配向結晶性フィルムや単結晶マットを作成し、X線回折により3次元構造の解析を行うと共に、コンピュータを用いたエネルギー計算により、高分子鎖の安定構造と折れ曲がり構造の解析を行った。単結晶の酵素分解様式の解明に関しては、原子間力顕微鏡を用いた直接観察により、透過型電子顕微鏡を用いた従来の結果に加え、新たな知見を得ることに成功した。コンピュータを用いた解析では、分子動力学シミュレーション法による高分子鎖と水の相互作用を解析する研究にも着手した。

4. 生分解性高分子の合成と材料設計に関する研究（阿部, Gan^{*9}, 青柳^{*4}, 吉川^{*3}, 田井^{*5}, 土肥）

理想的な生分解性高分子材料は、使用している間は優れた性能を発揮し、廃棄後は、微生物によって完全に分解されて自然界の炭素循環サイクルに組み込まれる材料である。優れた性能を持つ生分解性高分子材料を分子設計するためには、材料の物性と生分解性を同時に制御できる方法論を開拓する必要がある。高分子材料の物性および生分解性は、高分子の分子構造（一次構造）と高分子の固体構造（高次構造）との両構造因子によって支配される場合が多い。本研究では、高分子の分子・固体構造を制御することにより、合目的な性能や機能を有する生分解性高分子素材の開発を目的としている。

本年度は、生分解性脂肪族ポリエステルの固体構造形態の1つであるラメラ結晶の成長機構について検討を行った。ポリエチレンサクシネートおよびその共重合体、ポリ乳酸について、ラメラ結晶の成長速度の測定と速度論解析を行い、ラメラ結晶の成長様式とその結晶形態との相関を解明した。また、温度制御型原子間力顕微鏡を用いた観察により、ポリ乳酸のラメラ結晶の成長様式を直接観察することに成功した。さらに、生分解性脂肪族ポリエステルとポリエステル加水分解酵素との反応を速度論的に解析するための新しい手法として、水晶発振子マイクロバランス法の確立に着手し、ポリエステルフィルム表面への酵素の吸着反応をナノグラムオーダーで解析できるシステムを構築した。

^{*1} 基礎科学特別研究員, ^{*2} 訪問研究員, ^{*3} ジュニア・リサーチ・アソシエイト, ^{*4} 委託研究生, ^{*5} 研修生, ^{*6} 研修生（東理大大学院）, ^{*7} 協力研究員, ^{*8} エミネントサイエンティスト, ^{*9} 理研フェロー

誌 上 発 表 Publications

（原著論文）＊印は査読制度がある論文誌

Matsusaki H., Abe H., Taguchi K., Fukui T., and Doi Y.: “Biosynthesis of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyalkanoates) by recombinant bacteria expressing the PHA synthase gene *phaC1* from *Pseudomonas* sp. 61-3”, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **53**, 401–409 (2000).

＊

Matsusaki H., Abe H., Doi Y., and Matsusaki H.: “Biosynthesis and properties of poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyalkanoates) by recombinant strains of *Pseudomonas* sp. 61-3”, *Biomacromolecules* **1**, 17–22 (2000).

＊

Tabata K., Abe H., and Doi Y.: “Microbial degradation of poly(aspartic acid) by two isolated strains of *Pedobacter* sp. and *Sphingomonas* sp.”, *Biomacromolecules* **1**, 157–161 (2000).

＊

Kasuya K., Mitomo H., Nakahara M., Akiba A., Kudo T., and Doi Y.: “Identification of a marine benthic P(3HB)-degrading bacterium isolate and characterization of its P(3HB) depolymerase”, *Biomacromolecules* **1**, 194–201 (2000).

＊

Hiraishi T., Ohura T., Ito S., Kasuya K., and Doi Y.: “Function of catalytic domain of poly (3-hydroxybutyrate) depolymerase from *Pseudomonas stutzeri*”, *Biomacromolecules* **1**, 320–324 (2000).

＊

Gan Z., Abe H., and Doi Y.: “Biodegradable poly (ethylene succinate) (PES). 1. crystal growth kinetics and morphology”, *Biomacromolecules* **1**, 704–712 (2000).

＊

Gan Z., Abe H., and Doi Y.: “Biodegradable poly (ethylene succinate) (PES). 2. crystal morphology of melt-crystallized ultrathin film and its change after enzymatic degradation”, *Biomacromolecules* **1**, 713–720 (2000).

＊

Sudesh K., Fukui T., Iwata T., and Doi Y.: “Factors affecting the freeze-fracture morphology of *in vivo* polyhydroxyalkanoate granules”, *Can. J. Microbiol.* **46**, 304–311 (2000).

＊

Suzuki Y., Ohura T., Kasuya K., Toshima K., Doi Y., and Matsumura S.: “Enzyme-catalyzed ring-opening polymerization of β -butyrolactone using PHB depolymerase”, *Chem. Lett.* **2000**, 318–319.

＊

Yamashita K., Yoshinaga K., Toyofuku I., Kanehara H., and Ohkubo K.: “Photoinduced electron transfer catalysis of titania particles modified with a Ru(2,2'-bipyridyl)₃²⁺-grafted polymer by visible light”, *Colloid Polym. Sci.* **278**, 481–484 (2000).

＊

Tsuge T., Fukui T., Matsusaki H., Taguchi S., Kobayashi G., Ishizaki A., and Doi Y.: “Molecular cloning of two (*R*)-specific enoyl-CoA hydratase genes from *Pseudomonas aeruginosa* and their use for polyhydroxyalkanoate synthesis”, *FEMS Microbiol. Lett.* **184**, 193–198 (2000).

＊

Iwata T. and Doi Y.: “Morphology and crystal structure of solution-grown single crystals of poly[(*R*)-3-hydroxyvalerate]”, *Macromolecules* **33**, 5559–5565 (2000).

＊

Furuhashi Y., Iwata T., Sikorski P., Atkins E., and Doi Y.: “Structure and morphology of the aliphatic polyester poly- β -propiolactone in solution-grown chain-folded lamellar crystals”, *Macromolecules* **33**, 9423–9431 (2000).

＊

Lee W.-K., Iwata T., Abe H., and Doi Y.: “Studies on

the enzymatic degradation of solution-grown lamellar crystals of poly[(*R*)-3-hydroxybutyrate]: Defects in crystals”, *Macromolecules* **33**, 9535–9541 (2000). *

Abe H., Kikkawa Y., Iwata T., Aoki H., Akehata T., and Doi Y.: “Microscopic visualization on crystalline morphologies of thin films for poly[(*R*)-3-hydroxybutyric acid] and its copolymer”, *Polymer* **41**, 867–874 (2000). *

Ohkoshi I., Abe H., and Doi Y.: “Miscibility and solid-state structures for blends of poly[(*S*)-lactide] with atactic poly[(*R*, *S*)-3-hydroxybutyrate]”, *Polymer* **41**, 5985–5992 (2000). *

(総説)

Iwata T., Kusaka S., and Doi Y.: “Microbial synthesis, physical properties, and biodegradability of ultra-high-molecular-weight poly[(*R*)-3-hydroxybutyrate]”, *ACS Symp. Ser.*, No. 764, pp. 67–76 (2000).

Sudesh K. and Doi Y.: “Molecular design and biosynthesis of biodegradable polyesters”, *Polym. Adv. Technol.* **11**, 865–872 (2000).

Sudesh K., Abe H., and Doi Y.: “Synthesis, structure and properties of polyhydroxyalkanoates: biological polyesters”, *Prog. Polym. Sci.* **25**, 1503–1555 (2000).

土肥義治: “持続可能な高分子生産システム”, *化学と教育* **48**, 130–132 (2000).

柘植丈治, 土肥義治: “バイオプロセスによる生分解性プラスチックの生産”, *化学工業* **51**, 423–428 (2000).

田島健治, 土肥義治: “生分解性ポリマーの開発およびその課題”, *日本包装学会誌* **9**, 337–344 (2000).

古橋幸子, 岩田忠久, 土肥義治: “ポリ(β -プロピオラクトン)単結晶の構造”, *膜* **25**, 302–304 (2000).

口頭発表 Oral Presentations

(国際会議等)

Taguchi S., Matsusaki H., Abe H., and Doi Y.: “Bacterial synthesis of biodegradable copolyesters by genetic engineering”, 5th Int. Symp. on Environmental Biotechnology, Kyoto, July (2000).

Doi Y.: “Biosynthesis and properties of biodegradable polyesters”, World Polymer Congr. (IUPAC Macro 2000): 38th Macromolecular IUPAC Symp., Warsaw, Poland, July (2000).

Iwata T. and Doi Y.: “Crystal structure and biodegradability of aliphatic polyester single crystals”, World Polymer Congr. (IUPAC Macro 2000): 38th Macromolecular IUPAC Symp., Warsaw, Poland, July (2000).

Abe H. and Doi Y.: “Structural effect of second monomer unit on solid-state structure and biodegradability for meltcrystallized poly(hydroxyalkanoic acids) film”, World Polymer Congr. (IUPAC Macro 2000): 38th Macromolecular IUPAC Symp., Warsaw, Poland, July (2000).

Sudesh K., Taguchi K., and Doi Y.: “Analysis of polyhydroxyalkanoates biosynthesis by *Synechocystis* PCC6803”, 10th Int. Symp. on Phototrophic Prokary-

otes, Barcelona, Spain, Aug. (2000).

Gan Z., Abe H., and Doi Y.: “Atomic force microscopy visualization of lamellar crystal morphology for melt-crystallized poly(ethylene succinate) ultrathin film before and after enzymatic degradation”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Kikkawa Y., Inoue Y., Abe H., Iwata T., and Doi Y.: “Crystal growth and enzymatic degradation of thin films for poly[(*R*)-3-hydroxybutyrate-co-10mol%-6-hydroxyhexanoate]”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Hisano T., Iwata T., and Doi Y.: “Crystal structure of (*R*)-specific enoyl coenzyme A hydratase from *Aeromonas caviae*”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Sudesh K., Gan Z., Abe H., and Doi Y.: “Insight into the microstructure of *in vivo* PHA inclusions”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Taguchi K., Aoyagi Y., and Doi Y.: “Involvement of *Escherichia coli* fatty acid biosynthesis genes toward polyhydroxyalkanoate production”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Doi Y.: “Metabolic engineering for the microbial production of novel copolyesters of 3-hydroxybutyrate and 3-hydroxyalkanoates (C6-C12)”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Tsuge T., Taguchi S., and Doi Y.: “Molecular cloning of two (*R*)-specific enoyl-CoA hydratase genes from *Pseudomonas aeruginosa* and their use for polyhydroxyalkanoate synthesis”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Maehara A., Doi Y., Takagi Y., Ueda S., Nakano H., and Yamane T.: “*Paracoccus denitrificans* PhaR binds to a short DNA region located upstream of the phasin gene and regulates its expression *in vitro*”, 8th Int. Symp. on Biological Polyesters (ISBP2000), Cambridge, USA, Sept. (2000).

Taguchi S., Matsusaki H., Abe H., and Doi Y.: “Microbial synthesis of biodegradable copolyesters by genetic engineering”, World Congr. on Biotechnology (Biotechnology 2000), (ICC), Berlin, Germany, Sept. (2000).

Suzuki Y., Taguchi S., Toshima K., Saito T., Matsumura S., and Doi Y.: “The involvement of catalytic amino acid residues in enzyme-catalyzed polymerization”, 6th Int. Scientific Workshop on Biodegradable Polymers and Plastics and 9th Ann. Meet. of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Soc., Honolulu, USA, Dec. (2000).

Yamashita K., Aoyagi Y., Abe H., and Doi Y.: “Analysis of function of PHB depolymerase from *Alcaligenes faecalis* T1 by using quartz crystal microbalance”, 6th Int. Scientific Workshop on Biodegradable Polymers and

- Plastics and 9th Ann. Meet. of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Soc., Honolulu, USA, Dec. (2000).
- Murase T., Iwata T., Abe H., and Doi Y.: "Direct observation of enzymatic degradation behavior of poly[(R)-3-hydroxybutyrate] lamellar single crystals", 6th Int. Scientific Workshop on Biodegradable Polymers and Plastics and 9th Ann. Meet. of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Soc., Honolulu, USA, Dec. (2000).
- Hiraishi T., Ohura T., Kasuya K., and Doi Y.: "Function of catalytic domain of poly (3-hydroxybutyrate) depolymerase from *Pseudomonas stutzeri*", 6th Int. Scientific Workshop on Biodegradable Polymers and Plastics and 9th Ann. Meet. of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Soc., Honolulu, USA, Dec. (2000).
- Doi Y.: "Polyesters - modification and properties", 6th Int. Scientific Workshop on Biodegradable Polymers and Plastics and 9th Ann. Meet. of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Soc., Honolulu, USA, Dec. (2000).
- Tabata K., Abe H., and Doi Y.: "Purification and characterization of poly (aspartic acid) hydrolase from *Sphingomonas* sp.", 6th Int. Scientific Workshop on Biodegradable Polymers and Plastics and 9th Ann. Meet. of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Soc., Honolulu, USA, Dec. (2000).
- Iwata T. and Doi Y.: "Structure and biodegradation of aliphatic polyester crystals", 6th Int. Scientific Workshop on Biodegradable Polymers and Plastics and 9th Ann. Meet. of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Soc., Honolulu, USA, Dec. (2000).
- Doi Y.: "Biosynthesis, structures and properties of polyhydroxyalkanoates: Biodegradable polyesters", Poly Millennium 2000, Waikoloa, USA, Dec. (2000).
- (国内会議)
- 久野玉雄, 岩田忠久, 土肥義治: "バイオポリエステル生合成系酵素 (R) 体特異的エノイル CoA ヒドラターゼの結晶構造", 理研シンポジウム「構造生物学 (V): SPring-8 と構造生物学研究」, 播磨, 1月 (2000).
- 新井祐子, 仲下英雄, 吉岡啓子, 土肥義治, 宇佐美論, 堀越弘毅, 山口勇: "プラスチック中にポリエステルを蓄積するトランスジェニックタバコの作出に関する研究", 日本農芸化学会 2000 年度大会, 東京, 3-4 月 (2000).
- 吉瀬智康, 田口精一, 福居俊昭, 土肥義治: "*Aeromonas caviae* FA440 由来ポリエステルグラニューール結合タンパク質 (PhaP) のポリエステル合成に対する影響", 日本農芸化学会 2000 年度大会, 東京, 4 月 (2000).
- 田口精一, 松崎弘美, 阿部英喜, 土肥義治: "*Pseudomonas* sp. 61-3 のポリエステル重合酵素遺伝子を導入した組換え微生物による生分解性プラスチックの生合成", 日本農芸化学会 2000 年度大会, 東京, 4 月 (2000).
- 甘志華, 阿部英喜, 土肥義治: "The lamellar crystal morphology of biodegradable poly (ethylene succinate) and its change after enzymatic degradation by *Pseudomonas stutzeri* depolymerase", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 阿部英喜, 松崎弘美, 土肥義治: "3-ヒドロキシブタン酸と長鎖 3-ヒドロキシアリカン酸との共重合体の構造と性質", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 粕谷健一, 高野努, 三友宏志, 土肥義治: "*Marinobacter* sp. 由来 P (3HB) 分解酵素遺伝子のクローニング", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 松崎弘美, 田口精一, 阿部英喜, 土肥義治: "*Pseudomonas* sp. 61-3 の PHA 重合酵素遺伝子を導入した組換え微生物による共重合ポリエステルの生合成", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 山下宏一, 田島健治, 阿部英喜, 土肥義治, 大橋可世, 鈴木陽一: "QCM 法による生分解性ポリエステル酵素分解反応の解析", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 田島健治, 阿部英喜, 土肥義治: "*Sphingomonas* sp. KT-1 の生産するポリアスパラギン酸分解酵素の性質", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 久野玉雄, 岩田忠久, 土肥義治: "バイオポリエステル生合成に関与する酵素 (R) 体特異的エノイル CoA ヒドラターゼの分解能 2.0 Å における活性部位の結晶構造", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 古橋幸子, 岩田忠久, 土肥義治: "ポリ (β -プロピオラクトン) の構造と酵素分解性", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 吉江尚子, 井上義男, 粕谷健一, 阿部英喜, 土肥義治: "ポリ (3-ヒドロキシブタン酸) の生分解性に対する添加物効果", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 平石知裕, 田口精一, 土肥義治: "ポリ (3-ヒドロキシブタン酸) 分解酵素の分泌生産系の構築", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 鈴木陽一, 戸嶋一敦, 松村秀一, 粕谷健一, 土肥義治: "ポリ (3-ヒドロキシブタン酸) 分解酵素を用いた β -ブチロラクトンの開環重合", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 吉川佳広, 望月雅文, 阿部英喜, 岩田忠久, 土肥義治: "ポリ [(R)-3-ヒドロキシブタン酸] 及びその共重合体薄膜結晶の成長と酵素分解性", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 阿部英喜, 高原里枝子, 青島貞人, 土肥義治: "ポリ [(R)-3-ヒドロキシブタン酸] 共重合体の固体構造と酵素分解性に及ぼす共重合組成の効果", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 吉瀬智康, 田口精一, 土肥義治: "ポリエステル合成における *Aeromonas caviae* FA440 由来ポリエステルグラニューール結合タンパク質 (PhaP) の影響", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 岩田忠久, 土肥義治, 磯野慶一, 吉田泰彦: "ポリエチレンサクシネート単結晶の構造と酵素分解性", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 柘植丈治, 田口精一, 土肥義治: "新規脂肪酸分解系酵素遺伝子の単離およびそのバイオポリエステル生合成への応用", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).
- 松本謙一郎, 関実, 松崎弘美, 田口精一, 土肥義治: "生分解性プラスチック生合成のための脂肪酸合成系酵素遺伝子の解析", 第 49 回高分子学会年次大会, 名古屋, 5 月 (2000).

- 岩田忠久, 土肥義治: “生分解性脂肪族ポリエステル単結晶の構造と酵素分解機構”, 日本電子顕微鏡学会第 56 回學術講演会, 東京, 5 月 (2000).
- 古橋幸子: “ポリ (β -プロピオラクトン) の構造と酵素分解性”, 日本膜学会第 22 年会, 東京, 5 月 (2000).
- 古橋幸子, 岩田忠久, 土肥義治, 阿部恭子, 寺町信哉: “ポリ (β -プロピオラクトン) とポリ (δ -バレロラクトン) の X 線及び電子線回折”, 第 55 回繊維学会年次大会, 京都, 6 月 (2000).
- 岩田忠久, 土肥義治: “生分解性脂肪族ポリエステル単結晶の構造と酵素分解性”, 第 55 回繊維学会年次大会, 京都, 6 月 (2000).
- 田島健治: “ポリアスパラギン酸分解微生物とその分解酵素の性質”, 2000-1 エコマテリアル研究会, 和光, 7 月 (2000).
- 吉瀬智康, 田口精一, 福居俊昭, 土肥義治: “*Aeromonas caviae* 由来ポリエステルグラニューール結合タンパク質 (PhaP) の解析”, 平成 12 年度日本生物工学会, 札幌, 8 月 (2000).
- 松本謙一郎, 田口一徳, 田口精一, 関実, 土肥義治: “*Pseudomonas* sp.61-3 のポリヒドロキシアルカン酸生合成系遺伝子 phaG のクローニング及び解析”, 平成 12 年度日本生物工学会, 札幌, 8 月 (2000).
- 田島健治, 土肥義治: “*Sphingomonas* sp.KT-1 株が生産するポリアスパラギン酸分解酵素の精製と諸性質”, 平成 12 年度日本生物工学会, 札幌, 8 月 (2000).
- 柘植丈治, 田口精一, 土肥義治: “ポリエステル合成細菌 (*R*)-特異的エノイル CoA ヒドラターゼ遺伝子の単離とその応用”, 平成 12 年度日本生物工学会, 札幌, 8 月 (2000).
- 土肥義治: “生分解性プラスチック研究の現状と展望”, 平成 12 年度日本生物工学会, 札幌, 8 月 (2000).
- 田口一徳, 松本謙一郎, 関実, 土肥義治: “大腸菌脂肪酸合成系酵素 FabG のポリヒドロキシアルカン酸生合成への関与”, 平成 12 年度日本生物工学会, 札幌, 8 月 (2000).
- 岩田忠久: “生分解性脂肪族ポリエステルの生合成, 構造及び酵素分解性”, 15th Summer University in Hokkaido, (高分子学会), 札幌, 9 月 (2000).
- 粕谷健一, 高野努, 三友宏志, 土肥義治: “*Marinobacter* sp. 由来 P(3HB) 分解酵素の構造と性質”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 村瀬友英, 阿部英喜, 岩田忠久, 土肥義治: “P(3HB) 単結晶の酵素分解様式”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 李元基, 岩田忠久, 土肥義治: “Studies on enzymatic hydrolysis and defects of solution-grown poly(3-hydroxybutyrate) lamellar crystals”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 田島健治, 阿部英喜, 平石知裕, 土肥義治: “スフィンゴモナス属細菌由来のポリアスパラギン酸分解酵素の分解機構”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 前原晃, 山根恒夫: “バイオポリエステル生合成に関与する制御蛋白質の解析”, 第 49 回高分子討論会, 仙台, 9 月 (2000).
- 古橋幸子, 岩田忠久, 土肥義治: “ポリ (β -プロピオラクトン) 単結晶の構造解析”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 阿部英喜, 土肥義治: “ポリ (3-ヒドロキシブタン酸) 共重合体の固体構造と酵素分解性におよぼす第二モノマーユニットの構造効果”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 吉江尚子, 粕谷健一, 阿部英喜, 土肥義治, 井上義夫: “ポリ (3-ヒドロキシブタン酸) 分解酵素の作用による脂肪族ポリエステルの表面構造の変化”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 山下宏一, 青柳佳宏, 阿部英喜, 土肥義治: “ポリ (ヒドロキシブタン酸) 分解酵素の基質吸着・加水分解挙動の QCM 法による解析”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 柘植丈治, 田口精一, 土肥義治: “ポリエステル合成細菌由来 (*R*)-特異的エノイル CoA ヒドラターゼの解析”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 宇津井智, 辛川弘行, 吉永耕二, 山下宏一: “ルテニウム (II)-トリス (2,2'-ビピリジル) 錯体をグラフトしたポリマー-修飾チタニア微粒子の可視光照射下での光触媒能”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 吉瀬智康, 田口精一, 土肥義治: “遺伝子組換え株によるポリエステル生合成とグラニューール結合タンパク質 (PhaP) の解析”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 鈴木陽一, 戸嶋一敦, 松村秀一, 齋藤光實, 平石知裕, 田口精一, 土肥義治: “酵素触媒重合における活性中心残基の関与”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 田口一徳, 土肥義治: “脂肪酸合成系酵素 FabG のポリヒドロキシアルカン酸生合成への関与”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 田口精一, 松崎弘美, 阿部英喜, 土肥義治: “新規共重合体ポリエステルの遺伝子工学的合成”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 岩田忠久, 土肥義治: “直鎖状脂肪族ポリエステル単結晶の構造と酵素分解性”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 西川仁人, 戸嶋一敦, 松村秀一, 土肥義治: “微生物産ポリ (3-ヒドロキシブタン酸) の環境低負荷型ケミカルリサイクルに関する研究”, 第 49 回高分子討論会, (高分子学会), 仙台, 9 月 (2000).
- 田口精一: “微生物が作り出す生分解性プラスチック”, 日本放線菌学会第 29 回講演会, 和光, 9 月 (2000).
- 土肥義治: “生分解性ポリエステルの微生物生産システムの開発”, 2000-2 エコマテリアル研究会, (高分子学会), 京都, 10 月 (2000).
- 田口精一, 土肥義治: “遺伝子組換え微生物による PHA の合成”, 日本農芸化学会 2000 年度大会, 宇都宮, 10 月 (2000).

Research Subjects and Members of Polymer Chemistry Laboratory

1. Genetic Engineering for Biosynthesis of Biodegradable Polyesters
2. Structural and Functional Analysis of Polymer Hydro-lase
3. Crystal Structure and Physical Property of Polymer Crystals
4. Molecular and Material Design of Biodegradable Polymers

Head

Dr. Yoshiharu DOI

Members

Dr. Koichi YAMASHITA
 Dr. Seiichi TAGUCHI
 Dr. Hideki ABE
 Dr. Tadahisa IWATA
 Dr. Kazunori TAGUCHI
 Dr. Tomohiro HIRAISHI
 Dr. Yukiko FURUHASHI^{*1}
 Dr. Tamao HISANO^{*1}
 Dr. Akira MAEHARA^{*1}
 Dr. Kumar SUDESH^{*1}
 Dr. Kenji TABATA^{*1}
 Dr. Takeharu TSUGE^{*1}
 Dr. Zhihun GAN^{*2}
 Dr. Won-ki LEE^{*3}
 Dr. Fengyu SU^{*3}

^{*1} Special Postdoctoral Researcher

^{*2} RIKEN Fellow

^{*3} Contract Researcher

Visiting Members

Prof. Edward ATKINS (Univ. Bristol, UK)
 Dr. Nathalie ALAUZET (JST)
 Dr. Tomohide MURASE (JST)
 Dr. Kazuma TAKASE (JST)
 Ms. Sumiko NAKAE (JST)
 Mr. Tomoyasu KICHISE (Grad. Sch. Sci. Eng., Saitama Univ.)
 Mr. Kenichiro MATSUMOTO (Grad. Sch. Sci. Tech., Univ. Tokyo)
 Mr. Yoichi SUZUKI (Grad. Sch. Eng., Keio Univ.)
 Mr. Yoshihiro KIKKAWA (Grad. Sch. Biomol. Eng., Tokyo Inst. Technol.)

Trainees

Mr. Yoshihiro AOYAGI (Akebono Brake R&D Cen.)
 Mr. Tomohiro NIIHAMA (Asahi Chem. R&D Lab.)
 Ms. Mariko KAJIYAMA (Dept. Biol. Sci. Tech., Sci. Univ. Tokyo)
 Ms. Shiomi KOBAYASHI (Dept. Org. Polym. Mater. Chem., Tokyo Univ. Agr. Tech.)
 Ms. Maki NAKAHARA (Dept. Org. Polym. Mater. Chem., Tokyo Univ. Agr. Tech.)
 Mr. Hirofumi NAKAMURA (Dept. Biol. Sci. Tech., Sci. Univ. Tokyo)
 Mr. Tetsuya TAI (Dept. Appl. Chem., Kogakuin Univ.)