

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 24 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420770

研究課題名(和文)超音波を併用した超臨界二酸化炭素による再生医療用材料の創製

研究課題名(英文)Creation of material for regenerative medicine by supercritical carbon dioxide combined with ultrasonic wave

研究代表者

三島 健司(MISHIMA, Kenji)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号：40190623

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、超臨界二酸化炭素を利用し、豚などの異種哺乳動物の組織に超音波照射することで、細胞成分を除去し、再生医療に利用できる再生医療材料として、新規バイオスカフォールド(細胞外マトリックス)の製造法を開発した。生体組織の脱細胞化組織を用いて、マイクロX線CTにて組織構造の断面写真を積層データとして収集した。これを市販装置とするために、得られたマイクロX線CTデータを用いて、脱細胞組織の立体構造をコンピュータ上で再構成することで、3Dプリンターによる組織形成に必要な3次元脱細胞組織図を作成することに成功した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a method of creating a regenerative medical material (a new bio-scaffold matrix) using supercritical carbon dioxide to irradiate tissues of different mammals such as pigs with ultrasonic waves to remove cellular constituents that can be used for regenerative medicine. Using a decellularized tissue of living tissue, a information of the tissue structure, such as a cross-sectional photograph was collected as data by micro X-ray CT. In order to make this a commercially available device, we succeeded in reproducing the decellularized tissue with the structure data obtained by micro X-ray CT data using the 3D printer.

研究分野：化学工学

キーワード：再生医療 超臨界 二酸化炭素 材料 化学工学

1. 研究開始当初の背景

再生医療の分野では、細胞を増殖させ組織とするために、細胞増殖の足場(スキャフォールド)の製造方法が求められている。生体に害がなく圧力操作による溶媒特性の制御が容易であることから、超臨界二酸化炭素は、種々の生化学プロセスでの利用が検討されている。本研究グループでも CO₂ を機能性溶媒として利用することで、再生医療に利用できる細胞外マトリックスの製造法について検討している。

類似した関連技術としては、本発明者の指導のものに花王(株)が製品化(化粧品ソフィーナ)に成功した微粒子コーティング技術(特許第3469223号(花王))がある。この場合、複合材料を作製する場合には、超臨界二酸化炭素に溶解度の大きいフッ素系やシラノール系の高分子しか利用することができず、医療への利用が困難であった。また、本発明者が、超臨界流体で DNA を増殖する特許を登録しているが、細胞から生体組織再生ならびに移植に好ましくない成分を除去することは困難であった。また、超臨界二酸化炭素により細胞に化学物質を注入する技術や、超臨界二酸化炭素と化学物質の混合物を利用して、組織から生体組織再生ならびに移植に好ましくない成分を除去する技術は提案されていたが、処理した組織に残留する化学物質が問題となっていた。これらの問題点は、除去対象物質の特性を化学的に変化させるために生じていたので、超臨界二酸化炭素の溶解特性に、超音波の物理的能力を併用することで解消できる。

従来の生体組織再生用移植材製造技術では、化学薬品を大量に使用することで、生体組織再生ならびに移植に好ましくない成分を除去していたが、生体組織再生用移植材の化学薬品による劣化と組織に残存する化学薬品の除去が問題となっていた。これに対し本発明は、超臨界状態、亜臨界状態もしくは液体状態の高圧流体の存在下に、生物軟組織を含む生体組織再生用移植材原料に、超音波を照射することで、生体組織再生ならびに移植に好ましくない成分を除去し、製作する生体組織再生用移植材を得ることで、これらの問題を克服した。

2. 研究の目的

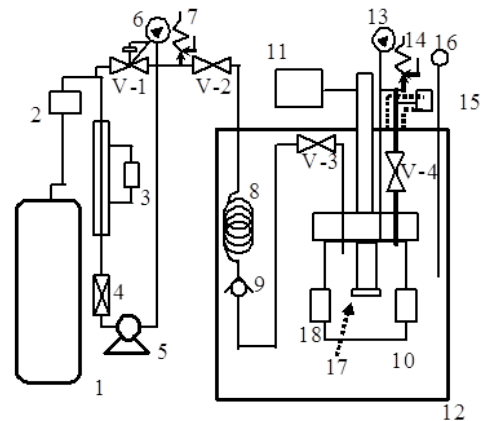
本研究では、超臨界二酸化炭素中で超音波を用いて豚およびラットの組織から核などの生体移植拒絶反応因子を除去し、細胞外マトリックスを生成する方法について実験的に検討した。超臨界流体と呼ばれる高圧力(20MPa程度)の二酸化炭素を媒体として利用し、その高圧力状態で、肝臓などの組織に超音波を照射することで、生体組織再生ならびに移植に好ましくない成分を除去し、細胞の増殖を促して構造を保持するための環境である足場(スキャフォールド)となる生体組織再生用移植材を製造することに成

功した。通常のスキャフォールド製作では、生体に有害な化学物質を使用しており、それらの組織への残留が問題となっていた。生体に害の少ない二酸化炭素を媒体として用い、超音波照射で、除去効率を高めることで、この問題を解決した。

3. 研究の方法

超音波照射を併用した二酸化炭素中での脱細胞

本研究で使用した生体組織再生用移植材製造装置を図に示す。超臨界二酸化炭素中で超音波照射実験には、Fig.1 の耐圧石英窓を有する高圧用装置を使用した。



- | | | |
|------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1. Gas cylinder | 2. Dryer | 3. Cooling unit |
| 4. Filter | 5. Pump | 6. Pressure gauge |
| 7. Safety valve | 8. Pre-heater | 9. Check valve |
| 10. High-pressure cell | 11. Ultrasonic processor | |
| 12. Air bath | 13. Pressure gauge | 14. Safety valve |
| 15. Heater | 16. Thermometer | 17. Ultrasonic horn |
| 18. Quartz glass window | | |
| V-1. Back pressure regulator | V-2-V-4. Stop valve | |

図 1 超臨界二酸化炭素超音波照射装置

高圧流体中で、試料サンプルに超音波を照射し、生体組織再生に有害な成分を組織から高圧流体中に除去し、生体組織再生用移植材を得る方法としては、超臨界二酸化炭素を用いた装置を使用することができ、この装置としては、昇圧部と超音波照射機能を有する抽出用セル部よりなる。

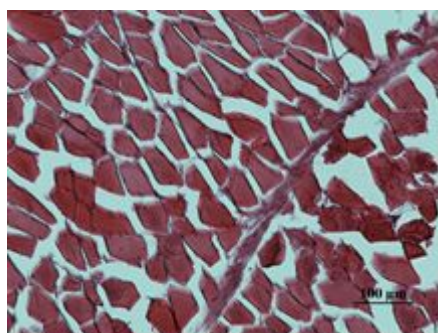
超臨界流体として、福岡酸素(株)製の液化炭酸ガス(純度 99.9%以上)をそのまま使用した。生物軟組織として、豚およびラットの組織を使用した。有機溶媒には、和光純薬工業(株)製のエタノール(純度 99.5%以上)を使用した。本研究に用いた生体組織再生用移植材原料は、豚の筋肉組織、肝臓、マウスの脳、心臓、肝臓、膀胱などの軟組織等が挙げられ、好ましくは、超臨界二酸化炭素存在下において、40℃以下で変性しないものが好ましい。例えば、豚の筋肉組織、肝臓、マウスの脳、心臓、肝臓、膀胱などは超臨界二酸化炭素存

在下において、変性しないものである。高压流体に用いるガスとしては、メタン、プロパン、窒素、二酸化炭素等が挙げられるが、安価でハンドリング条件がよい、二酸化炭素を用いるのが好ましい。超臨界二酸化炭素存在下において、組織へ超音波照射を行う場合の温度は、生体組織からの成分抽出を行う観点から、304.2 ~ 323.15 Kであることが好ましく、より好ましくは311.15 ~ 318.15 Kである。超臨界二酸化炭素の圧力は、72 ~ 400 kg/cm²以下であることが好ましく、より好ましくは150 ~ 300 kg/cm²以下である。

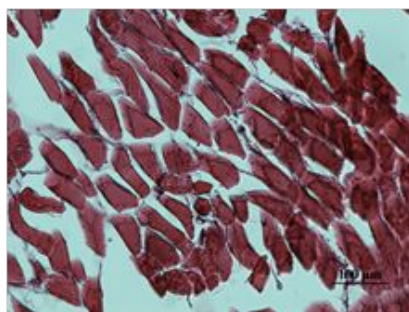
超音波発生装置には、ソニックアンドマテリアル(株)製の超音波プロセッサ VC-750 を使用した。超音波照射用ホルンと観察用の石英製耐圧窓を設置した高压セル内に、既知量の生物軟組織を入れ、超臨界二酸化炭素で高压セル内を満たし、所定の温度・圧力に設定した。超音波照射による系の温度の急上昇を防ぐために、超臨界二酸化炭素存在下で、2秒間隔で5秒間20kHzの超音波(制御出力70%)照射を行った。超音波ホルンは、クーリングジャケットを用いて冷却した。その後、バルブを開き、高压容器内の圧力を開放した。このときのCO₂の減圧速度は、0.22 MPa·min⁻¹とした。処理した組織については、組織検査用薄片試料を常法により調製し、ヘマトキシリン・エオシン染色した後、光学顕微鏡にて観察した。

4. 研究成果

超音波を照射なしの超臨界二酸化炭素処理のみの組織と超臨界二酸化炭素存在下で超音波照射処理した組織を Fig.2 に示す。



(a)



(b)

Fig. 2. (a) 超臨界二酸化炭素処理のみの細胞, (b) 超臨界二酸化炭素存在下での超音

波照射

ヘマトキシリン・エオシン染色した薄片試料の顕微鏡写真(Fig.2)から、超音波照射処理した場合は、細胞核がより多く除去されており、核の黒い部分が減少していることがわかる。このことから、超臨界二酸化炭素存在下での超音波照射処理が、細胞の核除去に有効であることがわかる。筋肉組織を生体組織再生用移植材原料として、超臨界二酸化炭素を高压流体として、エントレーナーを使用せず、超臨界二酸化炭素中で、豚の筋肉組織に超音波を照射し、生体組織再生に有害な核などの成分を組織から高压流体中に除去する実験を行った。温度・圧力操作条件として、32 ~ 35 付近で約100 ~ 130 kg/cm² 付近まで昇圧し、徐々に温度を上げていき、最終的に38 , 150 kg/cm² 付近で安定させた後、容器外部より超音波を1時間照射し、減圧することで、生体組織再生用移植材を得た。また、組織試料は、容器圧力を大気圧にして容器より取り出し、定法により試料サンプルとして、薄片化し、ヘマトキシリン・エオシン染色した後、顕微鏡にて観察し、評価した。

さらに、ラットの生体組織の脱細胞化組織を用いて、マイクロX線CTをもちいて組織構造の断面写真を積層データとして収集した。CO₂を機能性溶媒として利用し、豚ならびにラットの異種哺乳動物の組織に超音波照射することで、細胞成分を除去し、再生医療に利用できるバイオスカフォールド(細胞外マトリックス)の製造し、これを市販装置とするために、脱細胞化した組織について、マイクロX線CTをもちいて組織構造の断面写真を積層データとして収集した。さらに、得られたマイクロX線CTデータを用いて、脱細胞組織の立体構造をコンピュー上で再構成することで、3Dプリンターによる組織形成に必要な3次元脱細胞組織図を作成することに成功した。このデータを用いて、3Dプリンターによる再生組織開発を継続している。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 18件)

1) Shinichi Tokunaga, Masashi Haraguchi, Shota Ito, Kenji Mishima, Tanjina Sharmin, Miyuki Nakamura, Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Takunori Harada, "Effective Utilization of CO₂ in Manufacturing pH-Responsive Microparticles", Proceedings of 15th Korea / Japan International Symposium on Resources Recycling and Materials Science (2017)

2) Masashi Haraguchi, Shinichi Tokunaga, Shota Ito, Kenji Mishima, Tanjina Sharmin, Miyuki Nakamura,

- Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Takunori Harada, "Basic Spectroscopic Study for Effect of Albumin for Drug Delivery System", Proceedings of 15th Korea / Japan International Symposium on Resources Recycling and Materials Science(2017)
- 3) Yusraini Dian Inayati Siregar, Kenji Mishima, Ryo Kawakami, Shota Ito, Yuuta Inoue, Tetsuya Hirota, Tanjina Sharmin, Takafumi Kato, Takunori Harada, Makoto Misumi, Hideaki Orii, Tadashi Suetsugu, Keiichi Irie, Kenichi Mishima, Kumiko Sakai, Kenji Sakai, Hirofumi Kawamura, Hilyatuz Zahroh, Nurelela, Adi Riyadahi, Lily Surayya Eka Putri, Agus Salim, "Extraction of Isovitexin from Melinjo (Gnetum Gnemon L.) Leaves Using Mixtures of Liquid Carbon Dioxide and Ethanol", Int. J. of Biomass and Renewables, 5(2), 23-30(2016)
- 4) Saori Uyeda, Tanjina Sharmin, Tomomitsu Satho, Keiichi Irie, Mineo Watanabe, Masato Hosokawa, Yukihiro Hiramatsu, Takayuki Koga, Yukihiro Nakashima, Nobuhiro Kashige, Akihisa Toda, Kenji Mishima, Fumio Miake, "Enhancement and regulation effect of myrcene on antibody response in immunization with ovalbumin and Ag85B in mice", Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology(in press) (2016).
- 5) Misumi, M., K. Mishima, H. Orii, T. Sharmin, S. Tokunaga, M. Haraguchi, M. Nakamura, T. Harada, T. Suetsugu, K. Irie, K. Mishima, T. Satho, "Effect of Simple Calculation Exercise on Cerebral Blood Oxygenation During a Verbal Memory Task Measured by fNIRS", J. Inst. Ind. Appl. Eng. 4 (4)199-205, (2016)
- 6) Nerome, R. Hoshino, S. Ito, Ryohey E., Y. Eto, S. Wakiyama, T. Sharmin, M. Goto, H. Kanda, K. Mishima, "Functional Ingredients Extraction from Garcinia Mangostana Pericarp by Liquefied Dimethyl Ether", Engineering Journal, 20(4):155-162, (2016.8)
- 7) 三角 真、折居 英章、Tanjina SHARMIN、三島健司、鶴岡 知昭, "Bag of Visual-Words と SVM を用いた絵画の分類", 福岡大学工学集報, 第 96 号, 19-24, (2016.3).
- 8) 三角 真、折居 英章、Tanjina SHARMIN、三島健司、西原 宏, "fNIRS による音楽聴取時の前頭前野における脳血液量の推測と考察", 福岡大学工学集報, 第 96 号, 25-28, (2016.3).
- 9) Hirofumi Kawamura, Kenji Mishima, Tanjina Sharmin, Shota Ito, Ryo Kawakami, Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Hiroyuki Kawano, Keiichi Irie, Kazunori Sano, Kenichi Mishima, Takunori Harada, Salim Mustofa, Fauziyah Hasanah, Yusraini Dian Inayati Siregar, Hilyatuz Zahroh, Lily Surayya Eka Putri, Agus Salim, "Ultrasonically enhanced extraction of luteolin and apigenin from the leaves of Perilla frutescens (L.) Britt. using Liquid carbon dioxide and ethano.", Ultrasonics Sonochemistry, 29, 19-26 (2016).
- 10) Kenji Mishima, Masatoshi Honjo, Tanjina Sharmin, Shota Ito, Ryo Kawakami, Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Hiroyuki Kawano, Keiichi Irie, Kazunori Sano, Kenichi Mishima, Takunori Harada, and Mikio Ouchi, "Gas-saturated solution process to obtain microcomposite particles of alpha lipoic acid/hydrogenated colza oil in supercritical carbon dioxide.", Pharmaceutical Development and Technology, 21(6) 37-48(2016).
- 11) Kenji MISHIMA, Hirofumi KAWAMURA, Ryo KAWAKAMI, Shota ITO, Yuuta INOUE, Tetsuya HIROTA, Takunori HARADA, Takafumi KATO, Tanjina SHARMIN, Makoto MISUMI, Tadashi SUETSUGU, Keiichi IRIE, Kenichi MISHIMA, Salim MUSTOFA, Fauziyah HASANAH, Yusraini Dian Inayati SIEGAR, Hilyatuz ZAHARO, Lily Surayya Eka PUTRI, Agus SALIM, "Extraction of Apigenin and Luteolin from Leaves of Alfalfa (Medicago sativa L.) Using Mixtures of Liquid Carbon Dioxide and Ethanol.", Solvent Extr. Res. Dev., Jpn., 22(2), 177-186 (2015.3)
- 12) Kenji MISHIMA, Hirofumi KAWAMURA, Shota ITO, Yuuta INOUE, Tetsuya HIROTA, Takafumi KATO, Tanjina SHARMIN, Ryo KAWAKAMI, Keiichi IRIE, Kenichi MISHIMA, Takunori HARADA, Salim MUSTOFA, Fauziyah HASANAH, Yusraini Dian Inayati SIEGAR, Lily Surayya Eka PUTRI, Agus SALIM, "Liquid Carbon Dioxide Extraction of Xanthenes from the Pericarps of Garcinia Mangostana Linn. Enhanced by Ultrasonic Irradiation.", Solvent Extr. Res. Dev., Jpn., 22(2), 187-199 (2015.3)
- 13) Makoto Misumi, Hideaki Orii, Tanjina Sharmin, Kenji Mishima, Ko Nishihara, "Cerebral blood oxygenation changes during a hearing music task in measurement with fNIRS.", Proceedings of 4th International Conference on Industrial Application Engineering (2016.3)
- 14) Makoto Misumi, Hideaki Orii, Tanjina Sharmin, Kenji Mishima, Tomoaki Tsuruoka, Proceedings of 4th International Conference on Industrial

Application Engineering (2016.3)

15) Kenji Mishima, Shota Ito, Ryo Kawakami, Tanjina Sharmin, Hazuki Nerome, Hiroki Kusakabe, Saori Hirayama, Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Keiichi Irie, Kazunori Sano, Kenichi Mishima, Takunori Harada, "Microencapsulation of phenylalanine with pH-responsive polymer for controlled release of drug by pressure-induced phase separation of CO2 solution", Proceedings of the 7th International Symposium on Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation (MTMS'15)(2015.8.4-7),153-158

16) Kenji Mishima, Yuuta Saeki, Yusuke Tobana, Shota Ito, Ryo Kawakami, Tanjina Sharmin, Hazuki Nerome, Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Keiichi Irie, Kazunori Sano, Kenichi Mishima, Takunori Harada, "Solubility of baicalein in supercritical carbon dioxide.", Proceedings of the 7th International Symposium on Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation (MTMS'15)(2015.8.4-7)171-175

17) Hirofumi Kawamura, Kenji Mishima, Shota Ito, Ryo Kawakami, Tanjina Sharmin, Hazuki Nerome, Ryouhei Esaki, Shion Wakiyama, Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Keiichi Irie, Kazunori Sano, Kenichi Mishima, Takunori Harada, "Solubility of resveratrol in supercritical carbon dioxide.", Proceedings of the 7th International Symposium on Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation (MTMS'15)(2015.8.4-7)177-180

18) Shota Ito, Kenji Mishima, Hilyatuz Zahroh, Ryo Kawakami, Tanjina Sharmin, Hazuki Nerome, Masashi Fujizono, Yuuki Eto, Takuya Nakashima, Takafumi Kato, Makoto Misumi, Tadashi Suetsugu, Hideaki Orii, Keiichi Irie, Kazunori Sano, Kenichi Mishima, Takunori Harada, Yusraini Dian Inayati Siregar, Ahmad Marup, Lily Surayya Eka Putri, Agus Salim, "A fluorescence quenching study for interaction of apigenin to bovine serum albumin.", Proceedings of the 7th International Symposium on Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation (MTMS'15) (2015.8.4-7) 181-187.

〔学会発表〕(計 18件)

1) 三島健司, "超臨界二酸化炭素を用いた九州産植物の有効成分抽出と脳機能評価", 第3回 Japan Cosmetic Center(JCC)産学交流セミナー, 唐津(2017.3.1).

2) 三島健司, "ナノ・マイクロカプセル

ルの製造と医療・健康食品・化粧品への応用", 日本材料学会九州支部第25回技術懇話会, 北九州(2016.12.9).

3) K. Mishima, "Bringing technology of nano and micro materials to cosmetic and drug industry", 2016 International Cosmetic-Tech Conference & Exhibition, Chienkuo Technology University, Taiwan(2016.10.20).

4) K. Mishima, "Bringing Research to Industry Environmentally Benign Commercialization of Supercritical Fluid Technology, Cosme360, Louvre, Paris, France(2016.10.11).

5) K. Mishima, "Bringing Research to Industry Environmentally Benign Commercialization of Supercritical Fluid Technology", 2nd international conference on industrial pharmacy, Kuantan, Malaysia(2016.8.15)

6) K. Mishima, "Novel Products and Evaluation Methods for Cosmetics and Medicine in Asian Network", 2016 International Symposium on Cosmetic Regulation, Taipei International Convention Center, Taipei, Taiwan(2016.8.3)

7) 三島健司, "ナノ・マイクロカプセルの製造と医療・健康食品・化粧品への応用", M&M 研究会(サンメッセ鳥栖)(2016.7.22)

8) 三島健司, "科学技術ブランドで、アジアに展開する化粧品", 美容・健康産業を支える先端技術交流会(ジャパンコスメティックセンター;唐津)(2016.3.1)

9) K. Mishima, "生体に優しい二酸化炭素の機能性溶媒としての利用", 産業応用工学会全国大会2015,Fukuoka, (2015.9.4).

10) K. Mishima, "Environmentally Benign Application of Supercritical Fluid Technology to Advanced Production of Materials", 2nd International Conference on Ecology, Sanitation, Water, Resources, Materials and Energy (ESWRME), Fukuoka(2014.8.26)

11) K. Mishima, "Microencapsulation of Particles with Fluoropolymer by Pressure-Induced Phase Separation of Supercritical Carbon Dioxide Solutions", the 4th International Symposium on Aqua Science and Water Resources (ISASWR2014) Shanxi University, China(2014.08.15)

12) Hazuki Nerome, Rintaro Hoshino, Shota Ito, Tanjina Sharmin, Hideki Kanda, Motonobu Goto, Kenji Mishima, "Functional Ingredients Extraction from Garcinia Mangostana Pericarp by Liquefied Dimethyl Ether.", the 13th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology (EARTH 2015) RD-P-007,77,Dusit Thani Pattaya,

Thailand(2015.11.1-4).

13) 三島健司,伊藤祥太,川上亮,タンジナ・シャルミン,佐伯優太,戸花優介,平山沙織,加藤貴史,三角真,末次正,折居英章,入江圭一,佐野和憲,三島健一,原田拓典,河村弘文,“超臨界二酸化炭素に対するバイカレインの溶解度の測定ならびに相関”,第34回溶媒抽出討論会 S0-02,36(2015.10.23-24)金沢工大(2015.10).

14) Norimitsu Takamura, Takao Matsumoto, Hazuki Nerome, Yasuji Izawa, Kenji Mishima, Masahiro Hanai, Kiyoto Nishijima, “Effect of Lightning Impulse Discharge on PVC Thin Film.”, 9th International Conference on Reactive Plasma, Hawaii Convention Center (2015.10.12-16).

15) 原田拓典,梶山直樹,梅村和夫,豊福玲於奈,和泉勝樹,三島健司,今井喜胤,谷口直哉,“局在表面プラズモン共鳴による円偏光蛍光増強発光メカニズム解明.”,日本化学会年会第95春季年会(2015年3月26日(木)~29日(日))船橋,日本大学理工学部 26日発表,1A7-17 (2015.3)

16) 三島健司,“生体に優しい機能性溶媒を用いた生体組織再生用移植材料およびその製造方法”,福岡大学 新技術説明会 科学技術振興機構(東京)(2015.6)

17) 三島健司,“生体に優しい機能性溶媒を用いた生体組織再生用移植材料およびその製造方法”,グリーンイノベーション 科学技術振興機構(東京)(2015.1)

18) 三島健司,“二酸化炭素・水を用いた海外進出可能な実用技術”,新春産学官技術交流会 2015(福岡)(2015.1)

〔図書〕(計 1件)

1) 福地賢治、三島健司ら,“Professional Engineer Library 物理化学”,実教出版,(2015.11)

総頁数 256 頁中、第 15 章を担当,
ISBN978-4-407- 33726-6 C3043

〔産業財産権〕

出願状況(計 2件)

名称:二酸化炭素と親二酸化炭素系界面活性剤を用いた機能性高分子複合化粒子及びその製造方法

発明者:三島健司

権利者:学校法人福岡大学

種類:特許

番号:特開 2016-029915

出願年月日:2014年07月29日

国内外の別:国内

名称:複合体粒子の製造方法、および該方法により得られた複合体粒子

発明者:三島健司

権利者:学校法人福岡大学

種類:特許

番号:特開 2015-17046

出願年月日:2013年07月09日

国内外の別:国内

〔その他〕

解説記事

三島健司,“生体に優しい機能性溶媒を用いた生体組織再生用移植材料”,ケミカルエンジニアリング,60(5),56-62(2015)

6. 研究組織

(1)研究代表者

三島 健司(Kenji Mishima)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号:40190623

(2)研究分担者

志村 英生(Hideo Shimura)

福岡大学・医学部・教授

研究者番号:80178996

井上 俊孝(Toshitaka Inoue)

西九州大学・健康福祉学部医・教授

研究者番号:20274615