

令和元年6月20日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05276

研究課題名(和文) 微生物と外部要因の相互作用に関する数理的研究

研究課題名(英文) Mathematical study on interaction between microorganisms and external factors

研究代表者

渡辺 雅二 (Masaji, Watanabe)

岡山大学・環境生命科学研究所・教授

研究者番号：30243546

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ポリマー生分解プロセスについては重量分布の時間ファクターに対する逆解析の手法に関する進展があった。また分解されたポリマーの一部は微生物の生育に利用され、残りは微生物の活動のために消費されることを想定した微生物個体数の変化に関するモデルが提案された。このモデルがポリエチレングリコールの生分解プロセスに適用され、逆問題の解が数値的に求められ、妥当性が数値シミュレーションにより検証された。養鶏場における鳥インフルエンザ感染プロセスに関しては、ウイルスの感染媒体や未感染個体と感染個体の月齢構造を考慮したモデルが示され、数値シミュレーションが行われた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候システムの温暖化には疑う余地がないことが指摘された中で、今後の気候変動の緩和に向け、二酸化炭素の発生源となり得る合成ポリマーの分解プロセスに関する知見を深めることが重要である。本研究では合成ポリマーの生分解に着目し、数学モデルと逆問題解析および数値シミュレーションによる研究が行われた。また今後鳥から人間、更には人間から人間への感染性を持つことが懸念され、また養鶏産業が多大な被害を被ってきた鳥インフルエンザに対し、養鶏場内での感染プロセスに着目し数学モデルと数値シミュレーションによる研究が行われた。

研究成果の概要(英文)：Technical developments were made in inverse analyses of time factors of degradation rates for microbial depolymerization processes. According to the assumption that a part of the degraded polymer is utilized by microorganisms for their growth, and that the remaining part is consumed for their activity, a mathematical model for the change of the population of microorganisms was proposed. The model was applied to a microbial depolymerization process of polyethylene glycol, and inverse problems for three parameters was numerically solved. Furthermore, the validity of the numerical solutions of the inverse problems were inspected in simulations of the microbial depolymerization processes. For bird flu infection process within a poultry farm, media of infection or age structures of uninfected and infected individuals were taken into consideration in modeling, and numerical simulations were conducted.

研究分野：応用数学

キーワード：数学モデル 数値シミュレーション 逆問題 ポリマー 生分解 鳥インフルエンザ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候システムの温暖化には疑う余地がないことが報告され、本来有機化合物の光合成による大気中の二酸化炭素からの炭素固定と、微生物の有機物酸化分解による資化からなる炭素循環のサイクルに、化石エネルギーの大量消費は過大な影響を及ぼし、温暖化という危機的状況の原因となったことが指摘された。

現在までに確認された鳥インフルエンザウイルス H5N1 の人間への感染源は鳥だけであったが、今後 H5N1 ウイルスが人間から人間への感染性を持つようになることが危惧されていた。鳥インフルエンザのもう一つの脅威は、感染個体のと殺によって生じる養鶏産業への経済的な打撃である。鳥インフルエンザウイルス H5N1 はホストである野鳥が感染源として常に存在し、2003 年の鳥インフルエンザの世界的流行依頼、養鶏産業は常に鳥インフルエンザによる損失を被ってきた。

2. 研究の目的

温室効果ガス排出削減対策に寄与するため、二酸化炭素の発生源となる合成ポリマーの生分解プロセスやセルロースのメタン発酵プロセスの数学的解析手法を確立させ、二酸化炭素排出削減技術開発に寄与することを目標とした。また、今後鳥から人間、更に人間から人間への感染性を持つことが危惧される鳥インフルエンザの脅威と、養鶏産業が被る経済的打撃を緩和するため、養鶏ファーム内での感染を抑制する対策の提案も目標とした。更に、これらの問題に対する数理的解析手法を確立させ、数学の有用性を示すことにより、数学の発展に寄与することを目標とした。

3. 研究の方法

ポリマー生分解プロセスやメタン発酵では、炭素源に応じて生育あるいは減少する。養鶏ファームに侵入した鳥インフルエンザウイルスは養鶏ファーム内の鶏をホストとして増殖し、ホストであるの感染個体の除去により減少する。いずれの場合も微生物が栄養源あるいはホストなどの外部要因に依存し、増殖あるいは減少する。この変化プロセスをモデル化し、モデルに基づく逆解析を行うことを目標とした。更に逆解析により得られる結果にもとづく数値シミュレーションを実施し、解析結果の妥当性を検証することを目標とした。

4. 研究成果

ポリマー生分解プロセスについては重量分布の時間ファクターに対する逆問題の解法に関する新たな進展があった。また分解されたポリマーの一部は微生物の生育に利用され、残りは微生物の活動のために消費されることを想定した微生物個体数の変化に関するモデルが提案された。このモデルがポリエチレングリコールの生分解プロセスに適用され、三つのパラメータに対する逆問題の解が数値的に求められた。更に、逆問題の数値解の妥当性が数値シミュレーションにより検証された。養鶏場における鳥インフルエンザ感染プロセスに関しては、ウイルスの感染媒体や未感染個体と感染個体の月齢構造を考慮したモデル示され、数値シミュレーションが行われた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 13 件)

1. Tertia Delia Nova, Arrival Rince Putri, and Masaji Watanabe, Numerical Study of Bird Flu Infection Process Within a Poultry Farm with Age Structured Model, ICBSA 2018, International Conference on Basic Sciences and Its Applications, Volume 2019, KnE Engineering, Pages 1-10
DOI: 10.18502/keg.v1i2.4426, 査読有
<https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/4426/9078>
2. Masaji Watanabe and Fusako Kawai, Inverse analysis for microbial depolymerization process of polyethylen glycol 4000, 2018 International Conference on Computer, Communications and Mechatronics Engineering (CCME 2018) ISBN: 978-1-60595-611-4, DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, ISSN: 2475-8841, DEStech Publications, Inc. , 688-694, 査読有
3. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Exponential Approximation of Consumption Rate of Carbon Source in Numerical Simulation of Microbial Depolymerization Process, Proceedings of The IIER INTERNATINOAL CONFERENCE, December 2018, Pattaya, 47-51, 査読有
4. Masaji Watanabe and Fusako Kawai, Numerical Simulation of Exogenous Type Microbial Depolymerization Process with Weight Distributions and Microbial Population, Proc. Of The Seventh Intl. Conf. on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering - ACSEE 2018, 19-22.
doi: 10.15224/978-1-63248-158-0-29, 査読有

- <https://www.seekdl.org/conferences/paper/details/9503>
5. Masaji Watanabe and Fusako Kawai, Computational study of bacterial depolymerization process of xenobiotic polymer, MATEC Web Conf., 2018 2nd International Conference on Material Engineering and Advanced Manufacturing Technology (MEAMT 2018), Article Number 02007, Number of pages 7, Section Material Simulation, DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818902007>, Published online 10 August 2018, 査読有
 6. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Numerical Study of Microbial Depolymerization Process with Weight Distributions before and after Microbial Cultivation for One Week, Proceedings of The IRES INTERNATIONAL CONFERENCE, August 2018, Kuala Lumpur, 1-5, 査読有
 7. Masaji Watanabe and Fusako Kawai, Numerical Study of Exogenous Type Microbial Depolymerization Process, 12th PATTAYA International Conference on Chemical, Agricultural, Biological and Environmental Sciences (PCABES-18), Pattaya (Thailand) May 31-June 2, 2018, 85-91. ISBN: 978-93-86878-17-5, 査読有
 8. M. Watanabe, F. Kawai, NUMERICAL TECHNIQUES FOR SIMULATION OF MICROBIAL DEPOLYMERIZATION PROCESS WITH TIME FACTOR OF DEGRADATION RATE, Journal of Fundamental and Applied Sciences, Vol 10, No 55 (2018) Special Issue, 888-896. ISSN 1112-9867, 査読有
 9. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, APPLICATION OF THE NEWTON'S METHOD AND BISECTION METHOD TO THREE PARAMETER PROBLEM FOR MICROBIAL DEPOLYMERIZATION PROCESS, PROCEEDINGS OF ISER INTERNATIONAL CONFERENCE, DATE: 1ST-2ND April, 2018, Venue: Kuala Lumpur, Malaysia, 38 – 42, 査読有
 10. M. Watanabe and F. Kawai, Computational analysis for biodegradation of exogenously depolymerizable polymer, 2017 the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Material Science and Civil Engineering, December, 2017, Kuala Lumpur, Malaysia, 012015, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Published online: 6 April 2018. IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/324/1/012015, 査読有
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/324/1/012015/pdf>
 11. Masaji Watanabe and Fusako Kawai, Numerical Techniques for Analysis of Microbial Population with Residual Polymer in Microbial Depolymerization Process, 5th International Conference on Advances Engineering, Science, Technology and Sustainable Development (ESTSD-17) Sept. 28-30, 2017 Kuala Lumpur (Malaysia), ER0917409, 77-84, 査読有
 12. Masaji WATANABE and Fusako KAWAI, Simulation of Microbial Depolymerization Process with Exponential Consumption of Carbon Source, 2016 International Conference on Computer, Mechatronics and Electronic Engineering (CMEE 2016), DEStech Publications, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A., 2016, 426-431, ISBN: 978-1-60595-406-6, 査読有
 13. MASAJI WATANABE, FUSAKO KAWAI, EXPONENTIAL APPROXIMATION OF CONSUMPTION RATE OF CARBON SOURCE IN NUMERICAL SIMULATION OF MICROBIAL DEPOLYMERIZATION PROCESS, International Journal of Advances in Science Engineering and Technology, ISSN(p):2321-8991, ISSN(e): 2321-9009, Vol-7, ISS-1, Spl. Issue-2 Mar.-2019, <http://iraj.in>
IRAJ DOI Number - IJASEAT-IRAJ-DOI-15320, 査読有
http://www.ijaseat.iraj.in/volume.php?volume_id=553

[学会発表](計 22 件)

1. Masaji Watanabe, Inverse analysis for microbial depolymerization process of polyethylen glycol 4000, 2018 International Conference on Mathematics, Modeling, Simulation and Statistics Application (MMSSA2018), 2018 年
2. Masaji Watanabe, Exponential Approximation of Consumption Rate of Carbon Source in Numerical Simulation of Microbial Depolymerization Process, International Conference on Science, Engineering & Technology (ICSET), Pattaya, 2018 年
3. Masaji Watanabe, Numerical study of bird flu infection process with age structured model of susceptible population and infected population, 2018 International Conference on Animal Production for Food Sustainability, ICAPFS 2018, Padang, 2018 年
4. Masaji Watanabe, Numerical Simulation of Exogenous Type Microbial Depolymerization Process with Weight Distributions and Microbial Population, 7th International Conference on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering, Kuala Lumpur, 2018 年
5. Masaji Watanabe, Mathematical modeling and computational analysis of microbial depolymerization process, Malicussaleh International Conference on Social Science and Humanities Development (MICoSH) 2018, Lhokseumawe, Aceh, 2018 年
6. Masaji Watanabe, Application of Numerical Techniques to Biological and Chemical Phenomena, International Conference on Basic Sciences and Its Applications (ICBSA 2018), Padang, 2018 年
7. Masaji Watanabe, Numerical Study of Microbial Depolymerization Process with Weight

- Distributions before and after Microbial Cultivation for One Week, The IRES - 435th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES (ICENS), Kuala Lumpur, 2018 年
8. Masaji Watanabe, Numerical Study of Exogenous Type Microbial Depolymerization Process, 12th PATTAYA International Conference on Chemical, Agricultural, Biological and Environmental Sciences (PCABES-18), Pattaya, 2018 年
 9. MASAJI WATANABE, APPLICATION OF THE NEWTON'S METHOD AND BISECTION METHOD TO THREE PARAMETER PROBLEM FOR MICROBIAL DEPOLYMERIZATION PROCESS, ISER INTERNATIONAL CONFERENCE, Kuala Lumpur, 2018 年
 10. M Watanabe, Computational study of bacterial depolymerization process of xenobiotic polymers, 2018 2nd International Conference on Engineering Physics and Optoelectronic Engineering, Hanoi, 2018 年
 11. Masaji Watanabe, Recent Deveopment in study of bird flu infection process within a poultry farm, 第 43 回発展方程式研究会, 日本女子大学目白キャンパス, 2017 年
 12. M Watanabe, Computational analysis for microbial depolymerization process of xenobiotic polymer, 2017 the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Material Science and Civil Engineering (ICMEMSCE 2017), Kuala Lumpur, 2017 年
 13. Masaji Watanabe, Study of Inverse Problem for Microbial Population in Biodegradation Process of Xenobiotic Polymer, INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED SCIENCE AND MATHEMATICS (ICASM 2017), Ho Chi Minh, 2017 年
 14. Masaji Watanabe, Numerical Techniques for Analysis of Microbial Population with Residual Polymer in Microbial Depolymerization Process, 5th International Conference on Advances Engineering, Science, Technology and Sustainable Development (ESTSD-17), Kuala Lumpur, 2017 年
 15. Masaji Watanabe, Numerical Techniques for Simulation of Microbial Depolymerization Process with Time Factor of Degradation Rate, Recent Trend in Science and Engineering Research International Conference 2017, Penang, 2017 年
 16. Masaji Watanabe, Inverse problem for microbial growth in biodegradation process of xenobiotic polymers, 平成 28 年度 日本数学会 中国・四国支部例会, 愛媛大学理学部 S32 講義室, 2017 年
 17. 渡辺雅二, Modeling exogenous type microbial depolymerization processes of xenobiotic polymers, 第 42 回発展方程式研究会, 日本女子大学目白キャンパス, 2016 年
 18. Masaji WATANABE, Simulation of Microbial Depolymerization Process with Exponential Consumption of Carbon Source, 2016 International Conference on Computer, Mechatronics and Electronic Engineering (CMEE 2016), Beijing, 2016 年
 19. Masaji Watanabe, Modeling Microbial Depolymerization Process of Exogenous Type with Consumption Rate and Microbial Growth, The 4th International Conference of Advances Technology in Telecommunication, Broadcasting, and Satellite 2016 (The 4th TelSaTech 2016), Jakarta, 2016 年
 20. 渡辺雅二, Numerical techniques for inverse analysis in study of microbial depolymerization processes, 2016 日本数学会秋季総合分科会 応用数学分科会, 2016 年 9 月 15 日 (木) ~ 9 月 18 日 (日), 関西大学千里山キャンパス, 2017 年
 21. Masaji Watanabe, Numerical Techniques for Inverse Analysis in Study of Microbial Depolymerization Processes, International Symposium on Engineering and Tecnology (IRSET), Singapore, 2016 年
 22. Masaji Watanabe, Numerical study of inverse problems in modeling and simulation of microbial depolymerization processes, 9th International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering (EG'16), Bali, 2017 年

[図書] (計 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年 :

国内外の別 :

取得状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：河合 富佐子

ローマ字氏名：Kawai Fusako

研究協力者氏名：Tertia Delia Nova

研究協力者氏名：Arrival Rince Putri

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。