

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2012～2016

課題番号：24540127

研究課題名（和文）微生物プロセスのモデリングと逆問題解析および数値シミュレーション

研究課題名（英文）Mathematical modeling, inverse analysis and numerical simulation of microbial processes

研究代表者

渡辺 雅二（Masaji, Watanabe）

岡山大学・環境生命科学研究科・教授

研究者番号：30243546

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,900,000円

研究成果の概要（和文）：バクテリアやカビとそれらの生育に必要となる炭素源との相互関係、あるいはウイルスとホストの相互関係のような微生物と微生物が依存する要因との相互関係を数学の枠組みの中で考察された。微生物によるポリマー解重合プロセスに関しては、ポリマー重量分布（質量分布）と微生物個体数に関するモデルから派生する逆問題が数値的に解析され、また数値シミュレーションも行われた。また養鶏場内での鳥インフルエンザ感染プロセスについても数学的考察がなされた。

研究成果の概要（英文）：Mutual effects between microorganisms and external factors such as bacteria or fungi and carbon sources, or virus and hosts were studied in mathematical frameworks. In study of microbial depolymerization processes, inverse problems of models for weight distribution and population of microorganisms were analyzed numerically, and microbial depolymerization processes were numerically simulated. Moreover, infection processes of bird flu within a poultry farm were also studied mathematically.

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 微生物 ポリマー

1. 研究開始当初の背景

今後必要となる温暖化の緩和には、化石エネルギー消費削減が不可欠であるばかりでなく、現在地球上に存在する二酸化炭素発生源にも着目すること、更に大気中の二酸化炭素由来のバイオ燃料生産技術が必須となる。また、今後鳥から人間、更に人間から人間への感染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が必要である。

2. 研究の目的

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的とする。また、今後鳥インフルエンザの流行を抑制し、養鶏産業が被る経済的損失を軽減させるため養鶏ファーム内での蔓延の抑制に寄与することも目的とする。

3. 研究の方法

ポリマーの生分解プロセスでは、バクテリアやカビなどの分解者は炭素源としてのポリマーの十分な供給のもとで生育し、不十分な供給のもとでは減少する。また、養鶏ファームに侵入した鳥インフルエンザウィルスは、養鶏ファーム内の鶏を宿主として増殖し、宿主である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外部要因に依存し成長あるいは減少する。この微生物の増減と外部要因の変化プロセスを数学的にモデル化し、モデルに基づく解析を行う。更にモデルの妥当性を検証するため、モデルに基づく数値シミュレーションを実施する。

4. 研究成果

ポリマー生分解に関するポリマー重量分布(質量分布)と微生物個体数に関する数学モデルには、重量分布分解速度の時間ファクターである微生物個体数の式に初期微生物個体数、炭素源に対する制約がない場合の比増殖速度および微生物が平衡状態を維持するために必要となる単位個体あたりのポリマー量の三つのパラメータが含まれる。これら三つのパラメータの値に対する逆解析では、残留ポリマー量の離散点における時系列をターゲットとしてパラメータの値を特定するため三つの非線形方程式にNewton-Rapson法の応用法と非線形最小2乗問題へのGauss-Newton法の応用法が示された。これらの数値的手法はポリエチレングリコールの生分解プロセスに適用された。また、重量分布微生物個体数推移のシミュレーションがなされた。更に、微生物個体数の新しいモデルも提案された。微生物が平衡状態を維持するために必要となる単位個体数当たりの炭素源消費量があり、単位個体数当たりの炭素源供給量が炭素源供給量より大きい場合微生物は増殖し、炭素源供給量より小さい場合減少するというシナリオからモデルを提案した。このモ

デルに対し微生物培養前と培養後のデータを導入し、Newton-Raphson法やNewton-Rapson法および二分法を適用し、更に変数変換後の残留ポリマーに指数関数近似を適用し逆解析を行い、重量分布推移のシミュレーションを行った。

養鶏場内の鳥インフルエンザ感染プロセスに関しては未感染個体、ウィルスに関する常微分方程式モデルにウィルスの1次元拡散を考慮に入れた。このモデルの解析と計算機解析により、養鶏場内の鳥インフルエンザ感染プロセスは1次元拡散方程式系の進行波解として捉えることが可能であることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計 15 件)

1. 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
2. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Numerical Techniques for Inverse Problems from Modeling of Microbial Depolymerization Processes, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 8 (2016) pp 5461-5468.
http://www.ripublication.com/ijaer16/ijaerv11n8_18.pdf
査読有
3. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Numerical Study of Inverse Problems in Modeling and Simulation of Microbial Depolymerization Processes, Volume 1, 2016, International Journal of Chemistry and Chemical Engineering Systems, 2016, 46-55.
ISSN: 2367-9042
<http://www.ias.org/ias/loaded/ijcces/2016/016-0006.pdf>
査読有
4. Masaji Watanabe, Fusako Kawai,

- Numerical Study of Microbial Depolymerization Process with the Newton-Raphson Method and the Newton's Method, International Journal of Engineering Research & Science (IJOER), Vol-2, Issue-2, February- 2016, Pages 119-130. ISSN: [2395-6992]
<http://iJoer.com/Paper-February-2016/IJOER-JAN-2016-55.pdf>
 査読有
5. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Solutions of inverse problems for biodegradation of xenobiotic polymers, AIP Conference Proceedings 1707, 050019 (2016); Conference date: 18-21 August 2015, Location Yogyakarta, Indonesia
<http://dx.doi.org/10.1063/1.4940851>
 査読有
 6. Arrival Rince Putri, Tertia Delia Nova, M. Watanabe, Mathematical formulation and numerical simulation of bird flu infection process within a poultry farm, AIP Conference Proceedings 1707, 050013 (2016); Conference date: 18-21 August 2015, Location Yogyakarta, Indonesia
<http://dx.doi.org/10.1063/1.4940845>
 査読有
 7. Tertia Delia Nova, Arrival Rince Putri, Masaji Watanabe, Analytical Study on Bird Flu Transmission Process within Poultry Farm, Conference Proceedings, July 2015, Hokkaido, Japan, International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), ISBN 978-986-87417-1-3, ICEAS-3888, 212-221.
 査読有
 8. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Inverse problem for simulation of exogenous type microbial depolymerization process, Editor: Imre J. Rudas, Associate Editor: Carlos M. Travieso-Gonzalez, Resent Advances in Mathematical and Computational Methods, Proceedings of the 17th International Conference on Mathematical and Computational Methods in Science and Engineering (MACMESE '15), Kuala Lumpur, Malaysia, April 23-25, 2015, Mathematics and Computers in Science and Engineering Series | 44, WSEAS Press, 2015, 22-31. ISSN: 2227-4588, ISBN:978-1-61804-302-3
 査読有
 9. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Analysis of Inverse Problems and Simulation for Biodegradation of Xenobiotic Polymers, Editors: Nikos E. Mastorakis, Metin Demiralp, Andrew Beckwith, Mathematical Applications in Modern Science, Proceedings of the 19th International Conference on Applied Mathematics (AMATH '14), Istanbul, Turkey, December 15-17, 2014, Mathematics and Computers in Science and Engineering Series | 38, WSEAS Press, December 2014, 105-114. ISSN: 2227-4588, ISBN: 978-1-61804-258-3
 査読有
 10. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Simulation for microbial depolymerization processes of polyethylene glycol, Proceedings of the 2013 International Conference on Advances in Intelligent Systems in Bioinformatics, Editors: Dr. Ford Lumban Gaol, Dr. Benfino Soewito, Prof. Dr. Mohamed Bououdina, Prof. Dr. Mu-Song Chen, intel-13, Advances in Intelligent Systems Research, Atlantis Press, February 2014, 71 - 76. ISBN: 978-94-6252-000-4, ISSN: 1951-6851
<http://www.atlantis-press.com/php/pub.php?publication=intel-13>
 査読有
 11. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Simulation of Microbial Depolymerization Processes of Polyethylene Glycol based on Degradation Rate after Cultivation for Two and Four Days, Proceedings of the AASRI Winter International Conference on Engineering and Technology (AASRI-WIET 2013), Editors: Wei Deng, ISBN: ISBN (on-line): 978-90786-77-95-6, doi:10.2991/wiet-13.2013.26, Atlantis Press, December 2013, 115-118.
 doi:10.2991/wiet-13.2013.26
<http://www.atlantis-press.com/php/pub.php?publication=aasri-wiet-13>
 査読有

12. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, STUDY ON MICROBIAL DEPOLYMERIZATION PROCESSES OF EXOGENOUS TYPE BY MODELING AND SIMULATION, Proceedings of the IASTED International Conference on Control and Applications, Editor: M.H. Hamza, August 26 - 28, 2013 Honolulu, USA, 164-171, ISBN: 978-0-88986-958-5, DOI:10.2316/P.2013.805-03
査読有
13. MASAJI WATANABE, FUSAKO KAWAI, Numerical Study on Microbial Effects in Biodegradation of Xenobiotic Polymers, Editors, Hamido Fujita, Milan Tuba, Jun Sasaki, Recent Advances in Automatic Control, Modelling & Simulation, Proceedings of the 12th International Conference on System Science and Simulation in Engineering (ICOSSSE'13), Morioka City, Iwate, Japan, April 23-25, 2013, Recent Advances in Electrical Engineering Series | 12, 121 - 126, ISSN: 1790-5117, ISBN: 978-1-61804-177-7
査読有
14. Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Computational Study on Effects of Microbial Population in Biodegradation of Xenobiotic Polymers, PROCEEDINGS, 2012 International Conference of Information Science and Computer Applications (ICISCA 2012), November 19th-20th, 2012, Bali Dynasty Resort, Bali-Indonesia, Advances in Information Technology and Applied Computing"(ISSN 2251-3418), Volume (1), 273 - 278.
査読有
15. MASAJI WATANABE, FUSAKO KAWAI, Computational Study of Microbial Depolymerization Processes of Xenobiotic Polymers, ADVANCES IN COMPUTER SCIENCE, Prodeedings of the 6th WSEAS European Computing Conference (ECC'12), Prague, Czech Republic, September 24-26, 2012, Editor Sumanth Yenduri, Recent Advances in Computer Engineering Series | 5, Published by WSEAS Press, 128-133. ISSN: 1790-5109 ISBN: 978-1-61804-126-5
査読有

〔学会発表〕(計 42 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 雅二 (WATANABE, Masaji)
岡山大学大学院環境生命科学研究科
教授

研究者番号：30243546

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

河合 富佐子 (KAWAI, Fusako)
京都工芸繊維大学・繊維科学センター
特任教授 (岡山大学名誉教授)
研究者番号：60118007

(4) 研究協力者

Tertia Delia Nova
講師
Faculty of Animal Husbandries
Andalas University

Arrival Rince Putri
岡山大学大学院環境生命科学研究科
博士後期課程学生

