

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月11日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20540118

研究課題名（和文） バイオプロセスのモデリングと逆問題の解法及び数値的計算手法

研究課題名（英文） Modeling of bioprocesses, methods of solving inverse problems, and numerical techniques

研究代表者

渡辺 雅二 (WATANABE MASAJI)

岡山大学・大学院環境学研究科・教授

研究者番号：30243546

研究成果の概要（和文）：本研究では環境保全に不可欠なバイオプロセスのメカニズムに数学的側面からアプローチすることを目標とした。微生物による解重合プロセスに関する数学モデルと、モデルに基づくシミュレーション、生分解性の分子量依存性および時間依存性に関する研究結果が得られた。また、養鶏場内で発生する鳥インフルエンザに関するモデルが提案され、モデルに基づく鳥インフルエンザ対処方法に関する結果が導かれた。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to approach the mechanism of bioprocesses from the mathematical standpoint. Outcomes of the study includes results concerning mathematical models for microbial depolymerization processes and numerical simulation based on the models, and the molecular dependence and the time dependence of biodegradability. Moreover, models concerning avian influenza within a poultry farm was proposed, and results concerning measures based on the models were obtained.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：数学・数学一般（含確率論・統計数学）

キーワード：応用数学，環境質定量化・予測，高分子構造・物性，モデル化，微生物

1. 研究開始当初の背景

(1) 気候システムの温暖化が起こっていることが断定され、人為起源の温室効果ガスの増加が温暖化の原因であることがほぼ断定された (IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書 (自然科学的根拠の公表について，文

部科学省，経済産業省，気象庁，環境省、2007年2月2日)

(2) 生物化学的酸素要求量 (BOD) と科学的酸素要求量 (COD) の環境基準達成率は、平成17年度においては河川 87.2%，湖沼 53.4%，海域 76.0%であり、湖沼、内湾、内海などの

閉鎖性水域で達成度が依然として低いことが報告された（平成19年度版環境白書・循環型社会白書，環境省編）。

（3）前述のような環境問題が明らかなものとなり，地球環境保全に関しては，微生物による分解と合成のプロセスが益々重要なファクターとなることが予想された。

2. 研究の目的

（1）Exogenous タイプあるいは endogenous タイプの解重合プロセスに関する数学モデルと，モデルに基づくシミュレーション，生分解性の分子量および時間依存性を追究することを目標とした。

（2）分解，合成のバイオプロセスに関する数値的解析手法を開発するための調査を実施し，バイオプロセスモデルを提案し，その数値的な解析手法を開発し，数値シミュレーションを行なうことも目標とした。

（3）生物的，化学的，物理的要因に関する調査を実施し，調査結果に基づき水質に関するバイオプロセスモデルを提案し，その数値的な解析手法を開発し，数値シミュレーションを行なうことも目標とした。

3. 研究の方法

研究は主に下記一連の作業により遂行することを目標とした。

（1）物理学的，生物学的，化学的要因等を考慮にいれ，バイオプロセスに関する数学モデルを提案する。

（2）バイオプロセスに関して提案された数学モデルの数値的解析手法を開発する。

（3）数値シミュレーションの結果を検証しモデリングに反映させる。

4. 研究成果

（1）Exogenous タイプの解重合プロセスに対し，分解率は時間ファクターと分子量ファクターの積であるとする。このとき，

時間ファクターを変数変換により消去し，分解前と分解後の重量分布に基き逆問題を解くことにより分解率の分子量ファクターが得られた。更に微生物の個体数に相当する時間ファクターを導入し，初期値問題を解くことによりシミュレーションが行われた。

（2）Exogenous タイプの解重合プロセスに対し，微生物の個体数に相当する時間ファクターに対するモデルを提案し，ポリマーの重量分布変化に対するモデルとともに初期値問題を数値的に解くことにより重量分布の変化に関するシミュレーションを行った。

（3）Endogenous タイプの解重合プロセスに対し提案されたモデルを Exogenous タイプの解重合プロセスに適用し，分解前と分解後の重量分布に基き逆問題を解くことにより分解率の分子量ファクターが得られた。また，初期値問題を解くことによりシミュレーションが行われた。

（4）Endogenous タイプの解重合プロセスに対し提案されたモデルを Exogenous タイプの解重合プロセスに適用し，分解率の分子量ファクターに指数分布を導入し，分解前と分解後の重量分布に基き逆問題を解くことにより分解率の分子量ファクターが得られた。更に微生物の個体数に相当する時間ファクターを導入し，初期値問題を解くことによりシミュレーションが行われた。

（5）養鶏場内における鳥インフルエンザ感染プロセスに対し，未感染個体と感染個体の時間的变化に関するモデルを提案した。このモデルの解析により，養鶏場に発生した鳥インフルエンザ抑制には感染個体の適切な除去が重要となることを示した。

（6）養鶏場内における鳥インフルエンザ

感染プロセスに対し、未感染個体と感染個体の他にウイルス濃度を加えた系の時間的変化に関するモデルを提案した。このモデルの解析により、養鶏場に発生した鳥インフルエンザ抑制には感染個体の適切な除去が重要となることを示した。

(7) 養鶏場内における鳥インフルエンザ感染プロセスに対し、未感染個体と感染個体とウイルス濃度の時間的変化と空間的変化に関するモデルを提案した。このモデルの解析により、養鶏場に発生した鳥インフルエンザ抑制には感染個体の適切な除去が重要となることを示した。

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] (査読有 12 件, 査読無 12 件, 計 15 件)

- ① M. Watanabe, F. Kawai, Study on microbial depolymerization processes of xenobiotic polymers with mathematical modeling and numerical simulation, ANZIAM Journal (Proceedings of Engineering Mathematics and Applications Conference, EMAC2011), Accepted, 査読有
- ② Tertia Delia Nova, Herman Mawengkang, Masaji Watanabe, Strategy Against Bird Flu Outbreak Within a Poultry Farm Based on Host-Virus Model, Proceedings of Dynamic Systems and Applications 6, Accepted, 査読有
- ③ Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Molecular Factor & Time Factor of Degradation Rate in Microbial Depolymerization Process of Xenobiotic Polymers, Proceedings of

Dynamic Systems and Applications 6, Accepted, 査読有

- ④ Masaji Watanabe, Tertia Delia Nova, STUDY ON BIRD FLU INFECTION PROCESS WITHIN A POULTRY FARM WITH MODELING AND SIMULATION, Proceedings of IASTED Asian Conference Modeling, Identification, and Control (AsiaMIC 2012), April 2-4, Phuket, Thailand, Editor: W. Assawinchaichote. DOI: 10.2316/P.2012, 769-059, 査読有
- ⑤ Masaji Watanabe, Fusako Kawai, MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL SIMULATION FOR MICROBIAL DEPOLYMERIZATION PROCESSES OF EXOGENOUS TYPE, Proceedings of IASTED Asian Conference Modeling, Identification, and Control (AsiaMIC 2012), April 2-4, Phuket, Thailand, Editor: W. Assawinchaichote. DOI: 10.2316/P.2012, 769-058, 査読有
- ⑥ M. Watanabe and F. Kawai, Study of biodegradation of xenobiotic polymers with change of microbial population, In W. McLean and A. J. Roberts, editors, Proceedings of the 15th Biennial Computational Techniques and Applications Conference, CTAC-2010, volume 52 of ANZIAM J., pages C410--C429, July 2011. <http://journal.austms.org.au/ojs/index.php/ANZIAMJ/article/view/3965>

(Accessed on November 1, 2011)
[Published July 22, 2011] ISSN
1446-8735, 査読有

- ⑦ M. Watanabe and F. Kawai, Effects of microbial population in degradation process of xenobiotic polymers, In P. Howlett, M. Nelson, and A. J. Roberts, editors, Proceedings of the 9th Biennial Engineering Mathematics and Applications Conference, EMAC-2009, volume 51 of ANZIAM J., pages C682--C696, September 2010.
<http://journal.austms.org.au/ojs/index.php/ANZIAMJ/article/view/2433>
(Accessed on November 1, 2011)
[September 23, 2010] ISSN 1446-8735, 査読有
- ⑧ T. Delia Nova, H. Mawengkang, and M. Watanabe, Study on control of bird flu outbreak within a poultry farm, In P. Howlett, M. Nelson, and A. J. Roberts, editors, Proceedings of the 9th Biennial Engineering Mathematics and Applications Conference, EMAC-2009, volume 51 of ANZIAM J., pages C668--C681, September 2010.
<http://journal.austms.org.au/ojs/index.php/ANZIAMJ/article/view/2432>
(Accessed on May 10, 2012)
[September 23, 2010] ISSN 1446-8735, 査読有
- ⑨ Tertia Delia Nova, Herman

Mawengkang, Masaji Watanabe, MODELING AND ANALYSIS OF BIRD FLU OUTBREAK WITHIN A POULTRY FARM, Proceedings of the First International Conference on Bioinformatics, Editors: Ana Fred and Joaquim Filipe and Hugo Gamboa, 2010 INSTICC - Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication (Short paper), 96--101, 2010. ISBN: 978-989-674-019-1, 査読有

- ⑩ M. Watanabe and F. Kawai, STUDY ON EFFECTS OF MICROORGANISM IN DEPOLYMERIZATION PROCESS OF XENOBIOTIC POLYMERS BY MODELING AND SIMULATION, Proceedings of the First International Conference on Bioinformatics, Editors: Ana Fred and Joaquim Filipe and Hugo Gamboa, 2010 INSTICC - Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication (Short paper), 181--186, 2010. ISBN: 978-989-674-019-1, 査読有
- ⑪ Masaji Watanabe, Fusako Kawai, Mathematical analysis of microbial depolymerization processes of xenobiotic polymers, In G. N. Mercer and A. J. Roberts, editors, Proceedings of the 14th Biennial Computational Techniques and

Applications Conference, CTAC-2008, volume 50 of ANZIAM J., pages C930-C946, June 2009.
<http://journal.austms.org.au/ojs/index.php/ANZIAMJ/article/view/1465>
(Accessed on November 1, 2011) ISSN 1446-8735 [June 29, 2009], 査読有

- ⑫ Masaji Watanabe, Fusako Kawai,
MODELING AND SIMULATION OF
BIODEGRADATION OF
XENOBIOTIC POLYMERS BASED
ON EXPERIMENTAL RESULTS,
BIOSIGNALS 2009, Second
International Conference on
Bio-inspired Systems and Signal
Processing, Proceedings, Porto -
Portugal • 14-17 January, 2009, 2009
INSTICC - Institute for Systems and
Technologies of Information, Control
and Communication, 25-34. ISBN:
978-989-8111-65-4, 査読有

[学会発表] (計 55 件)

- ① Masaji Watanabe, Fusako Kawai,
Study on microbial depolymerization
processes of xenobiotic polymers with
mathematical modeling and
numerical simulation, 10th
Engineering Mathematics and
Application Conference, EMAC2011,
University of Technology Sydney, 4-7
December 2011 (口頭発表, 発表年月
日: 2011 年 12 月 6 日, 発表者: 渡辺
雅二)
- ② Masaji Watanabe, Fusako Kawai,
Molecular factor and time factor of
degradation rate in microbial

depolymerization process of
xenobiotic polymers, The Sixth
International Conference on
Dynamic Systems and Applications,
May 25-28, 2011, Morehouse College,
Atlanta, Georgia, U.S.A. (口頭発表,
発表年月日: 2011 年 5 月 26 日, 発表
者: 渡辺雅二)

- ③ Tertia Delia Nova, Herman
Mawengkang, Masaji Watanabe,
Strategy Against Bird Flu Outbreak
Within a Poultry Farm Based on
Host-Virus Model, The Sixth
International Conference on
Dynamic Systems and Applications,
May 25-28, 2011, Morehouse College,
Atlanta, Georgia, U.S.A. (口頭発表,
発表年月日: 2011 年 5 月 25 日, 発表
者: 渡辺雅二)
- ④ Masaji Watanabe, Fusako Kawai,
Study on Biodegradation of
Xenobiotic Polymers with Change of
Microbial Population, CTAC2010,
The 15th Biennial Computational
Techniques and Applications
Conference, 28th Nov-1st Dec 2010,
University of New South Wales,
Sydney, NSW, Australia (口頭発表,
発表年月日: 2010 年 12 月 1 日, 発表
者: 渡辺雅二)
- ⑤ Masaji Watanabe, Fusako Kawai,
Modeling and simulation of
biodegradation of xenobiotic
polymers based on experimental
results, BIOSIGNALS 2009, Second

International Conference on
Bio-inspired Systems and Signal
Processing, 14-17 January, 2009,
Hotel Melia Gaia Porto, Porto,
Portugal (口頭発表, 発表年月日: 2009
年1月14日, 発表者: 渡辺雅二)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

http://www.ems.okayama-u.ac.jp/ems_2/watanabe/homeJapan.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 雅二 (WATANABE MASAJI)

岡山大学・大学院環境学研究科・教授

研究者番号: 30243546

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

()

研究者番号:

()

研究者番号:

()

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・バイオベースマテリア
ル研究センター・特任教授

研究者番号: 60118007