
学会賞受賞記念講演要旨

生物と気象 (*Clim. Bios.*) 10:F-2, 2010

<http://www.soc.mii.ac.jp/agrmet/sk/2010/F-2.pdf>

2010年8月19日掲載

<http://www.agrmet.jp/sk/2010/F-2.pdf>

堆肥発酵熱と土壌および傾斜温室の温度環境のモデル化と解析

関 平和

金沢大学理工研究域

Mathematical Modeling and Analysis for Temperature Environments of Compost, Soil, and Sloped Greenhouse

Hirakazu SEKI

College of Science and Technology, Kanazawa University

1. はじめに

このたびは、伝統ある日本農業気象学会学術賞を授与されることになり、大変光栄に存じます。

受賞に当たりましてご推薦いただきました高倉直先生（東京大学名誉教授、現農村工学研究所）には、20年前に農学博士の学位取得に際し論文をまとめる機会をお与えいただいて以来、終始変わらぬ御高誼を賜るとともに、今回また研究者としての勇気をいただきました。衷心より厚く御礼申し上げます。

工学部という農業気象の実際現場とは距離のある教育研究機関に所属している私は、現場における具体的問題を自分自身で発見する機会がほとんどなかったにもかかわらず、運よく農業現場での問題の理論的解明を依頼される形で、ほぼ10年に一度の割合で興味ある研究課題に巡り合うことができました。現場の問題をご教示いただいた数多くの皆様方に深く謝意を表します。

いったんテーマを絞り込むと、むしろ鈍重な頭の回転と格闘しながら何とか現象の解釈をし、定量的なモデル作りと解析に生き甲斐を感じつつ研究を行ってきました。今回は、このようにしてやってきました堆肥化関連の伝熱解析、土壌環境解析、傾斜温室内環境解析などに関する研究内容を総合的に評価していただけたものと思います。ありがたく感じますとともに、今後の研究教育活動の励みとさせていただきます。

2. ここまでの研究内容

農業気象学ひいては農業環境工学の分野において、主として伝熱工学的手法を用いた数学的モデル化と解析に携わってきました。

1980年代には、北陸3県農業試験場が実施した農水省総合助成中核研究に参画させていただいたのを契機に、堆肥発酵熱（農畜産系廃棄物の堆肥化過程における発生熱）を回収し、施設農業用の補助熱源として利用することを目的として、熱収支法による発酵熱の算定方法、熱交換パイプによる熱回収方法、回収熱の農耕土壌加温への利用方法を理論的に検討しました。この研究は

未利用資源としての堆肥発酵熱の有効利用に関して伝熱工学的観点から検討したもので、熱伝導問題の解析解を応用して堆肥発酵熱の回収速度を理論的に求めている点に特徴があります。また、通気による発酵促進についても実験的、理論的に検討し、発酵熱の回収技術計算の礎を作ることができました。(文献 1~10)

1990年代に行った土壌の温度環境の研究では、Philip & deVries の熱・水分同時移動モデルを基礎として、水分特性曲線と飽和透水係数の情報のみから土壌の移動物性を計算する手法を整理し、実用計算にも便利なアルゴリズムを明確にしました。また、堆肥発酵熱を利用した土壌加温計算に関して、床暖房の対源法を応用した土壌温度の解析解を導き、温度制御のための伝達関数を導きました。また、この時期は、エネルギーの利用限界と有効性を明示する概念であるエクセルギーに強く引付けられ、その後、東大蔵田憲次先生からご紹介いただいた Nicholis & Prigogine の著書「散逸構造」にも触発され、非平衡熱力学を農業工学に応用できないかと試行錯誤し、触り程度ではありますが、堆肥化、土壌塩性化、土壌脱臭への応用を検討しました。(文献 11~24)

2000年代には、主に、中山間地域における農業活性化対策に関する研究として、傾斜地に設置した温室(傾斜温室)利用の有効性を定量的に説明するために、無植栽ならびに植栽のある場合の傾斜温室内の温度分布、内外の温度差に関する伝熱モデルを開発しました。四国農業試験場での現場視察・実験では学生共々菅谷博研究室長に大変お世話になりました。お礼申し上げます。また、生態系のモデル化に関連して確率論解析の重要性を認識し、堆肥化や穀物乾燥操作を対象にいくつかの挑戦的な試みを行いました。もちろんまだ、完成には程遠い段階ではありますが、確率論的モデル導入の糸口を明示できればと考えつつ現在に至っております。(文献 25~37)

3. おわりに

以上のように、従来、農業気象学関連分野において理論的取扱い事例が比較的少なかった現象を対象に、数学的モデル化と解析手法に基づく定量化を中心に研究活動を続けてきました。最近では、多孔質体による NO 吸着機構に関する研究を手がけるとともに、昨年より、能登地方の農家の方と共同で、竹チップ発酵熱の回収利用技術の開発研究に着手し、これまでの研究の蓄積を生かす絶好の機会と考えて新たな一歩を踏み出しました。

農業気象学の新たな分野へのモデル化手法の展開に向け、微力ではありますが、引き続き努力していきたいと考えております。今後とも、皆様のご指導・ご鞭撻をいただければ幸甚に存じます。

関連引用文献

- 1) 関 平和・小森友明, 1983: 堆肥化過程における熱移動. 農業気象, **39**, 173-179.
- 2) 関 平和・小森友明, 1984: 堆肥化過程における熱移動(第2報). 農業気象, **40**, 37-45.
- 3) 関 平和・小森友明, 1984: 強制通気時の堆肥化反応速度と熱・物質同時移動. 土木学会論文集, **351**(II), 213-222.
- 4) 関 平和・小森友明, 1984: 埋設管内通水方式による堆肥発酵熱抽出の試み. 農業気象, **40**, 219-228.
- 5) 関 平和・小森友明, 1985: 埋設管内通水方式による堆肥発酵熱抽出の試み(第2報 近似解法と操作条件の検討). 農業気象, **41**, 57-61.
- 6) 関 平和・小森友明, 1985: 堆肥発酵熱の抽出・蓄積に関する研究(第1報 循環通水方式による熱抽出・蓄熱実験). 農業気象, **41**, 257-264.
- 7) 関 平和・小森友明, 1986: 堆肥発酵熱の抽出・蓄積に関する研究(第2報 循環通水方式に

- よる熱抽出・蓄熱過程の理論解析) . 農業気象, **41**, 337-344.
- 8) Seki, H. and Komori, T., 1987: A Theoretical investigation of heat extraction from a compost bed by using a multi-heat-pipe heat exchanger. *J. Agric. Meteorol.*, **42**, 337-347.
 - 9) Seki, H. and Komori, T., 1987: Application of heat generated in compost to soil warming. *J. Agric. Meteorol.*, **43**, 189-202.
 - 10) Seki, H., 1989: An investigation of practical process design and control of a soil warming system with heat generated in compost. *J. Agric. Meteorol.*, **44**, 259-267.
 - 11) Seki, H. and Komori, T., 1990: Heat and moisture transfer in soil warming by circulating warm water in a buried pipe line. *J. Agric. Meteorol.*, **45**, 217-226.
 - 12) 関 平和・小森友明, 1992: 堆肥化過程におけるエネルギー変換構造. 農業気象, **48**, 225-235.
 - 13) 関 平和・小森友明, 1992: 堆肥発酵熱回収のための充填層型加熱塔の解析. 農業気象, **48**, 237-246.
 - 14) 関 平和・小森友明, 1992: 土壌加温における土壌温度の解析的近似解. 農業気象, **48**, 129-138.
 - 15) 関 平和・小森友明, 1993: 堆肥発酵熱回収操作の物質, エネルギー, エクセルギー収支 (1) 堆肥材料内の微視的収支式の誘導. 生物環境調節, **31**, 197-203.
 - 16) 関 平和・小森友明, 1993: 堆肥発酵熱回収操作の物質, エネルギー, エクセルギー収支 (2) 微視的収支式の妥当性. 生物環境調節, **31**, 205-215.
 - 17) 小森友明・関 平和, 1995: 反応速度論を用いた土壌呼吸速度のモデル化. 農業気象, **51**, 215-222.
 - 18) Seki, H. and Komori, T., 1995: Experiment of heat recovery from compost by a trial heat exchanger. *Acta Hortic.*, **399**, 167-173.
 - 19) Seki, H., Takada, T. and Komori, T., 1995: Mathematical modeling on greenhouse microclimate with the combination of population dynamics and transport process dynamics. *Acta Hortic.*, **399**, 215-222.
 - 20) 関 平和, 1996: 堆肥発酵熱を用いた温室暖房の定常熱交換解析へのエクセルギー概念の適用. 生物環境調節, **34**, 67-73.
 - 21) 関 平和, 1996: 土壌脱臭操作へのエクセルギー概念の応用. 生物環境調節, **34**, 321-328.
 - 22) 関 平和, 1998: 太陽熱と廃熱を利用したシリカゲル水系吸着冷房方式による温室夜間冷房の可能性予測. 生物環境調節, **36**, 105-114.
 - 23) 関 平和, 1999: 変分原理によるコンポスト化プロセスの最適制御問題の解析. 生物環境調節, **37**, 13-19.
 - 24) 関 平和, 1999: 土壌脱臭操作の微視的モデル化とエクセルギー解析. 生物環境調節, **37**, 1-11.
 - 25) 関 平和, 2000: マスター方程式によるコンポスト化プロセスの確率論的モデル化. 農業施設, **31**, 95-104.
 - 26) Seki, H., 2000: Stochastic modeling of composting processes with batch operation by the Fokker-Planck equation. *Trans. ASAE*, **43**, 169-179.
 - 27) 関 平和・木村達郎・宮本暁人・菅谷博・佐々木華織・猪之奥康治, 2001: 閉鎖型傾斜ハウス内の温度および速度場のモデル化. 農業気象, **57**, 29-40.
 - 28) 関 平和, 2001: 2因子が同時に変化する場合のコンポスト化指標の変動予測. 生物環境調節, **39**, 245-254.
 - 29) 関 平和・和田健一郎・松尾雄一・菅谷博, 2002: 中山間傾斜地における温室の環境解析と有効利用の可能性. 環境システム研究, **30**, 409-418.
 - 30) H. Seki, 2002: A new deterministic model for forced-aeration composting processes with batch operation. *Trans. ASAE*, **45**, 1239-1250.
 - 31) 関 平和, 2002: 攪拌オーガーによる刎貯蔵乾燥の確率論的モデル化. 農業施設, **33**, 1-11.

- 32) 関 平和, 2004: 土壌塩性化におけるエネルギーの散逸. 土と基礎, **52(10)**, 6-8.
- 33) Seki, H., Matsuo, Y., and Sugaya, H., 2005: Effects of planting on the environment in a sloped greenhouse. *J. Agric. Meteorol.*, **60**, 833-836.
- 34) 関 平和・栗本美奈・菅谷 博, 2005: 模型による植栽傾斜ハウス内環境の基礎実験. 農業気象, **61**, 165-176.
- 35) 関 平和, 2006: 素材の無攪拌が容器内コンポスト化の進行に及ぼす影響. 農業施設, **37**, 51-60.
- 36) 関 平和・奥村綱雄, 2007: 土壌フィルターによるNO吸着実験. 農業気象, **63**, 193-200.
- 37) Ichikawa, H., Seki, H. and Takami, S., 2008: Solar-energy-driven upward water flow and evaporation from a water table through a porous material in a cylindrical conduit. *J. Agric. Meteorol.*, **64**, 205-213.