

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は2007年に公表した第4次報告書で、地球表層の平均気温が上昇していることは疑う余地がないと断定し、それが人為起源である可能性が非常に高いと結論付けた。その根拠は気候モデルと呼ばれる数値モデルに、人為起源の排出に伴う大気中の温室効果ガス濃度の上昇やエアロゾルなどを入れた場合と入れない場合とで、入れた場合でないと20世紀後半の気温の上昇がうまく説明できないから、という論理による。

このように、IPCCによる科学的報告書が国際政治や経済に及ぼす影響の大きさを考えると、気候モデルが地球の気候システムの応答を的確に表現しているかどうかは非常に重要な問題であり、その不確実性を減少させることは喫緊の研究課題である。

植生は物理的、化学的、そして生物学的作用を通じて地球のエネルギー・水循環や大気中の微量成分組成など気候システムそのものに大きな影響を及ぼしており、しかも、気孔の開閉といった日周期から、植生の発芽・葉の展開といった生物季節変化、そして植生被覆変化といった経年変化まで、さまざまな時間スケールで気孔システムと関わっている。そうした植生過程は様々なフィードバックを通じて人為的な気候改変を増進したり抑制したりする可能性があるが、いまだに未解明で知られていない点、あるいは気候モデルで適切に表現されていない側面がある。

そこで、本研究では、野外観測結果や室内実験結果に基づく知見を総合して、植生の生理現象と物理構造が蒸発散過程に及ぼす影響を適切に表現できるように気候モデルで用いられる陸面水文植生モデルの植生過程部分を改良することを目的とした。

第1章では、気候システムにおける植生の役割や水循環を通じた大気と陸面植生との相互作用などに関する既往の知見がまとめられている。

第2章では、地表面に到達する太陽エネルギーの顕熱と潜熱への分配に及ぼす植生構造の影響を明らかにするため、世界的に組織されたフラックス観測データの相互利用研究であるFLUXNETから地表面フラックス観測データを収集し、ペンマン・モンティース法を用いたビッグリーフ型の植生モデルに適用している。

第3章では、MATSIROと呼ばれる第3世代の陸面水文植生モデルを用いて研究が進められている。第3世代の陸面水文植生モデルでは、水収支、エネルギー収支に加えて、植物生理に基づき光合成に伴う気孔開閉がエネルギー・水

収支や炭素固定量に及ぼす影響までが考慮されている。これに対し、既存の研究論文の文献調査に基づいて、外力として与える光合成有効放射量の推計部分、下向きの直達放射量と散乱放射量を算定する際に葉の分布のみならず枝や幹も考慮する点、土壌層における根の入り具合の分布の与え方、そして散乱放射量を考慮して樹冠層を積分して取り扱う手法、の4つの部分について MATSIRO の植生過程に改良を加えている。

第4章では、樹冠層の構造的効果について研究が進められ、植生に覆われた地表面では、どちらも葉面積指数や植生の高さ、密度、被覆率に関連しているので、反射率(albedo)と地表面粗度との間には関数関係があるのではないか、という仮説が提示された。この仮説を検証するため、さまざまな植生タイプを含む48のサイトにおける観測データが収集され、両者の間に非線形な逆相関が見出されている。グローバルに取得も可能なパラメータとして葉面積指数と植生の高さが選ばれ、それらによって地表面の反射率や粗度を推計する経験式が提案されている。

最後に、第5章では、大気中の湿度と二酸化炭素濃度が気孔開閉に及ぼす影響を通じて植物生理が水循環に及ぼす影響が詳細に研究された。その結果、現在の気候モデルで広く使われている計算法(Ball-Berryモデル)では、二酸化炭素濃度増大と大気中の湿度欠損に対する短期的な気孔抵抗の応答が逆変化になっていることを見出し、これに変わる定式化を提案している。また、葉面温度の算定手法についても、モデル中で一貫性を保てるような算定手法に修正している。これらの改良により、二酸化炭素濃度上昇時にはさらに蒸散量が減少する可能性があるが、その分裸地面における土壌水分欠損が減少し蒸発量が増大するため、結果としてグローバルな流量増加は、改良を施す前と大きくは変わらないことが示されている。

このように、本研究は、気候変動予測の不確実性を減らす対象として非常に重要かつ野心的な課題である陸面植生過程に関して、植物生理の基礎に立ち返り、気候モデルにおける数値モデルの改良に反映させて、その信頼性を高め、より現実的に二酸化炭素濃度の増大といった変化が植生過程を通じて気候変動に及ぼす影響を明らかにしたものであり、有用性に富む研究成果と評価できる。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。