

「水の循環系モデリングと利用システム」

平成14年度採択研究代表者

神田 学

(東京工業大学大学院理工学研究科 助教授)

「都市生態圏－大気圏－水圏における水・エネルギー交換過程の解明」

1. 研究実施の概要

本研究は都市域の水循環系とエネルギー循環系とを1つのフローとして捉えるところに特長があります。(1)首都圏における現地観測と(2)準実スケールの模型都市実験により、大都市圏の大気圏・陸域・沿岸域における水・エネルギーの交換過程を明らかにし、(3)都市生態圏強制力モデルを構築します。このモデルにより水循環とエネルギー循環を一体とした解析ならびに予測の精度を大きく向上させることが期待されます。平成15年度は、上記の3本柱について研究が進展し、新しい発見がありました。

2. 研究実施内容

(1) 首都圏における現地観測

現地観測は実際のフィールドにおけるフラックスの実態を把握する上で欠かせないものです。低層住宅街(大田区久が原)におけるタワー大気フラックス観測サイトに水収支の観測項目を追加し、都市域では世界初めての水・熱フラックスの長期連続観測システムが完成しました。1年間にわたる水・熱・CO₂フラックスデータにより、都市の庭木が高温・乾燥した都市大気に曝されることにより、森林植物の実に2倍近い水を消費していること(オアシス効果)、都市建物はその凸凹の幾何形状により、平面日射量の減少する冬期においても夏場と同程度の熱を日中貯め込むこと、水・熱・運動量の乱流輸送効率は相似ではなく数値予報などで広く使われているモーニンオブコフ則が成立しないこと、夏の集中豪雨により貯熱された熱が、雨水と一緒に下水道ネットワークを通じて河川に一挙に流出することなど、従来には報告されていない都市特有の多くの新しい発見がありました。

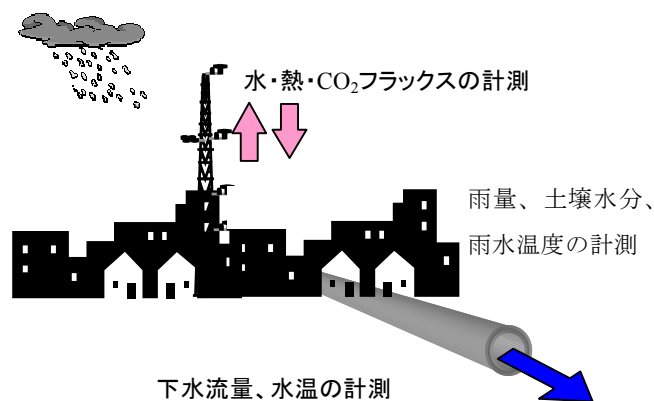


図1: 低層住宅街に設置された水・熱フラックスの長期連続観測システム概要図

(2) 準実スケールの模型都市実験

現地観測データは貴重な情報ですが、様々な制約により観測が許されるのは世界的にもごく希です。そこで、屋外に都市の模型を作り、その幾何形状を変化させることによって、水・熱収支がどのように変化するかシステムティックに調べることが出来れば有意義です。これまで室内実験は数多くありますが、日射・大気安定度の影響を実際の都市と同様に考慮するには屋外環境が最適です。しかし、このような試みは世界で例がありませんでした。現在、日本工業大学の敷地100m x 50m 内に1/5模型都市を作成しており、平成15年にその基盤部分が完成しました。建物模型を導入する前のコンクリート基盤で、水・熱収支の計測システムをチェックする期間を利用して、数百の鉢植え植物を基盤上に並べて庭木のオアシス効果の実証実験を行いました。同じ総量の鉢植え植物を基盤上に分布させた場合、庭木をまとめて配置するよりも分散させて配置した方が、蒸発効率（水分消費量）は1.5倍も大きくなり、現地観測を裏付ける実験データが得られました。また、1/5モデルに先だって1/50都市モデルを用いた実験を行いました。アルベド（反射率）、乱流交換係数など、数値モデルの構築に必要な貴重なデータベースが得られました。1/50モデルの結果は、都市-大気圏強制力モデルの基礎検証に用いられると同時に、1/5スケールモデル実験結果と比較し、実験結果のスケール相似則の検討にも利用される予定です。



図2: 植物のオアシス効果実験の様子

(3) 都市生態圏強制力モデルの構築

標準的な都市大気モデルに加えて、計算負荷と精度の大きく異なる2種類の都市一大気圏強制力モデルを新たに構築しました。メソスケールモデルに導入される最もシンプルな都市キャノピーモデルは、1/50スケールモデルの実験パラメータを用いて良好に熱収支を再現するに至りました。都市一大気間の複雑な風の間や乱流現象を詳細に解析する目的ではLarge Eddy Simulationを用いた強制力モデルを構築しました。計算結果は、都市大気境界層中に大規模な

組織的な乱流構造の存在を予言しており、今後の集中観測や実験との比較検討が待たれます。

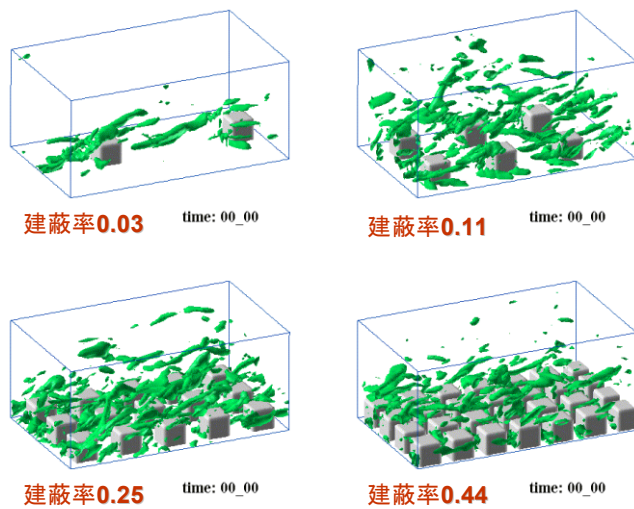


図3: Large Eddy Simulationによる都市大気境界層中の組織的な乱流構造

3. 研究実施体制

大気グループ

- ① 研究分担グループ長：神田 学（東京工業大学、助教授）
- ② 研究項目：
 - ・観測・スケール実験による大気圏への水・エネルギーフォーシングの解明
 - ・都市生態圏から大気圏へのフォーシングモデルの構築
 - ・都市生態圏強制力モデルと気象モデルをリンクしたシミュレーション研究

沿岸海洋グループ

- ① 研究分担グループ長：八木 宏（東京工業大学、助教授）
- ② 研究項目：
 - ・観測による都市が沿岸域に与えるフォーシングの実態解明
 - ・都市生態圏強制力モデルと海洋モデルをリンクしたシミュレーション研究

水文グループ

- ① 研究分担グループ長：木内 豪（土木研究所、主任研究員）
- ② 研究項目：
 - ・資料解析による都市の成長が沿岸海域の生態系環境に及ぼす影響評価
 - ・観測・スケール実験における水文量計測とその解析
 - ・都市生態圏から水圏へのフォーシングモデルの構築

建築微気象グループ

- ① 研究分担グループ長：成田 健一（日本工業大学、教授）
- ② 研究項目：
 - ・観測による建物スケールの微気候が都市スケールに付与する熱的フォーシング効果の実態解明
 - ・スケール実験による都市キャノピー伝熱、流力機構のモデル化及び検証
 - ・メソスケールモデルへのリンクを前提とした都市キャノピーモデルの開発とそれに基づくシミュレーション研究

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

- Aya Hagishima、Jun Tanimoto；Field measurements for estimating the convective heat transfer coefficient at building surfaces、Building and Environment、vol. 38/7、pp. 873 -881、2003.
- 萩島 理、谷本 潤、片山 忠久、宮原 直枝；都市気候モデルの境界条件生成のための建物空調排熱位置及び都市形状の実態に関する調査、日本建築学会環境系論文集、

No. 567、 pp. 65-72、 2003.

- 谷本 潤、藤井 晴行；エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究（第1報）確率プロセスに基づく発生法の基礎的検討、空気調和・衛生工学会論文集、No. 89、pp. 29-36、2003.
- 神田 学、森脇 亮；都市の熱収支—熱・水CO₂フラックスの長期連続観測を例に一、日本風工学科会誌、第97号、pp. 13-21、2003.
- 森脇 亮、神田 学；都市接地層における放射・熱・水・CO₂フラックスの長期連続観測、水文・水資源学会誌、第16巻第5号、pp. 477-490、2003.
- 森脇 亮、神田 学、菅原 広史；都市接地層における放射・熱・水蒸気・CO₂の乱流輸効率の相似性、水文・水資源学会誌、第16巻第5号、pp. 491-500、2003.
- Manabu Kanda、Atsushi Inagaki、Marcus Oliver Letzel、Siegfried Raasch and Tsutomu Watanabe；Les study of the energy imbalance problem with eddy covariance fluxes、Boundary-layer meteorology、vol.110、pp.381-404、2004.
- 木内 豪；都市の水・エネルギー利用が水域に及ぼす熱影響のモデル化と東京都区部下水道への適用、水文・水資源学会誌、第17巻第1号、pp. 13-21、2004.
- 菅原 広史、栗田 智哉、遠峰 菊郎；気圧を用いた広域降水量の推定方法に関する検討、水文・水資源学会誌、第17巻第2号、pp. 163-169、2004.
- 萩島 理、成田 健一、谷本 潤、三坂 育正、松嶋 篤、尾之上 真弓；大規模な階段状緑化屋根を有する建築物周辺の微気象に関する実測調査、日本建築学会環境系論文集、No. 577、pp. 47-54、2004.
- 森脇 亮、神田 学、木本 由花；都市境界層における風速・温度のシア関数、土木学会水工学論文集、第48巻、1号、pp. 139-144、2004.
- 木本 由花、森脇 亮、神田 学；長期観測に基づいた都市キャノピー内外における温位プロファイル特性、土木学会水工学論文集、第48巻、1号、pp. 163-168、2004.
- 妹尾 泰史、神田 学、木内 豪、萩島 理；潜熱割合を考慮した人工排熱時空間分布の推計と局地気象に対する影響、土木学会水工学論文集、第48巻、1号、pp. 169-174、2004.
- 木内 豪、中山 有、森脇 亮、神田 学；都市集水域における水・熱輸送の実態解明とモデリング—久が原水文気象観測データに基づいて—、土木学会水工学論文集、第48巻、1号、pp. 175-180、2004.
- 笠松 扶美、神田 学、森脇 亮；LESによる都市建物群内及び上空における乱流の組織構造、土木学会水工学論文集、第48巻、1号、pp. 607-612、2004.