

共生環境評価領域の紹介

大阪大学大学院工学研究科
環境・エネルギー工学専攻 教授

近 藤 明

はじめに

1968年に環境工学科が6講座体制で開設された。その中の1つの講座(空気浄化工学)が、現研究室の起源となっている。その後、1998年の大学院制度改革時に、領域名を気圏環境工学領域に変更し、また2006年の大専攻制度移行時に、領域名を共生環境評価領域に変更し、現在に至っている。私は環境工学科に10期生として入学し、4回生および修士課程の3年間を空気浄化工学講座で過ごし、諸兄の薫陶を受けた。卒業後は民間企業で5年間勤務し、縁あって1990年に空気浄化工学講座の助手として採用され、領域名の変遷はあったが、同じ研究室で教育と研究に携わってきている。研究は、領域名が空気浄化工学から気圏環境工学領域へと変更するに伴い、室内環境から都市スケールやメソスケールへと研究対象の空間スケールが広がり、更に領域名が気圏環境工学領域から共生環境評価領域へと変更するに伴い、空気や大気中の環境動態から水域や土壌の環境動態へと研究対象の環境メディアも広がっている。

このような研究の広がりを受けて、「人間活動からの環境負荷が人々の生活環境および自然生態系に及ぼす影響を評価し、環境を保全・回復・創造するための環境共生技術を探求します。そのために、地球・地域・都市・建築内空間等の様々なスケールにおいて、人間活動が大気・水・熱エネルギーの環境循環に及ぼす影響と、人間活動からの環境負荷物質の環境動態を明らかにします。アプローチは、Monitoring・Modeling・Managementの3つの手法の組み合わせが基本であり、環境動態を表現するための数理モデルを構築し活用するアプローチを中心とした工学技術の研究と教育を行います。」(<http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeea/seeea/>)を研究室の教育と研究目標として掲げている。現在実施している研究の中から、メソスケールの気象・大気質に関する研究、琵琶湖・淀川流域の水文・水質に関する研究の概要について説明する。

メソスケールの気象・大気質に関する研究

メソスケールの気象・大気質に関する研究は、気象・大気質の数値モデルを用いて、メカニズムの解明や環境政策シナリオに基づく将来評価に関する研究と大気汚染物質のインベントリー、特に植物起源揮発性炭化水素 VOCs(Volatile Organic Compounds) インベントリーに関する研究を実施している。

気象モデルは、雲微物理過程・積雲過程・大気境界層過程・地表面過程・放射過程のサブモデルを含む WRF (Weather Research and Forecasting model) を使用している。大気質モデルは、WRF 気象モデルのインターフェースを備えており、移流拡散過程・ガス反応過程・液相反応過程・エアロゾル反応過程から構成される CMAQ (Community Multiscale Air Quality modeling system) を使用している。これらのモデルを用いて、MARPOL 条約附属書 VI に基づく船舶からの窒素酸化物と硫黄酸化物の排出規制による SO_2 ・ NO_2 ・ O_3 濃度の将来予測に関する研究を行っている。図1は、その計算対象領域を示している。計

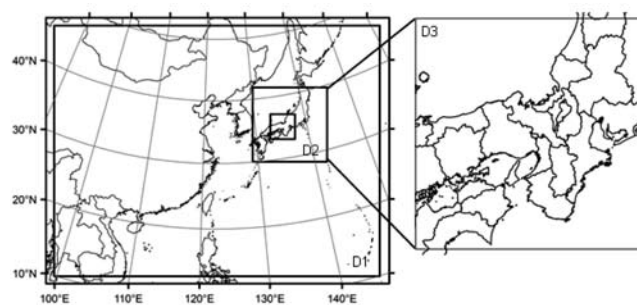


図1 計算領域

算領域 D1 は、越境汚染の影響を考慮できるように東南アジアを含む領域である。ネスティングにより日本領域 (D2) へ、更に西日本領域 (D3) へとスケールダウンを行っている。図2は、船舶からの排出規制前の窒素酸化物と硫黄酸化物の排出量を示している。船舶からの排出は、瀬戸内海および大阪湾から紀伊水道にかけて見ることができる。窒素酸化物の排出

規制は新造船に対して適応され、2050年の排出量は2000年比18%になると予測される。窒素酸化物の排出規制は燃料の硫黄含有率に適応され、適応後の排出量は2000年比8%になると予測される。WRF/CMAQを用いて、2008年7月と2050年7月の大気汚染濃度計算を実施した。図3にNO₂の2008年7月の月平均濃度と2008年と2050年の月平均濃度の違いを示す。

図4にSO₄²⁻の2008年7月の月平均濃度と2008年と2050年の月平均濃度の違いを示す。この計算によると、2050年の月平均NO₂濃度が沿岸域で最大21ppb減少し、2050年の月平均SO₄²⁻濃度が沿岸域で最大1.0μg/m³減少する。図5にO₃の2008年7月13時の月平均濃度と2008年と2050年の13時の月平均濃度の違いを示す。2050年の13時の月平均O₃濃度は陸

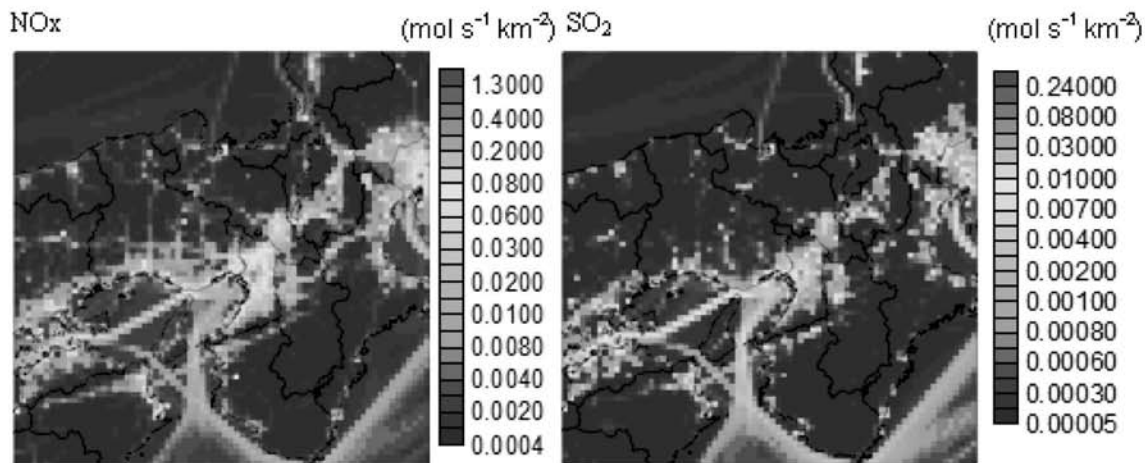


図2 窒素酸化物と硫黄酸化物排出量

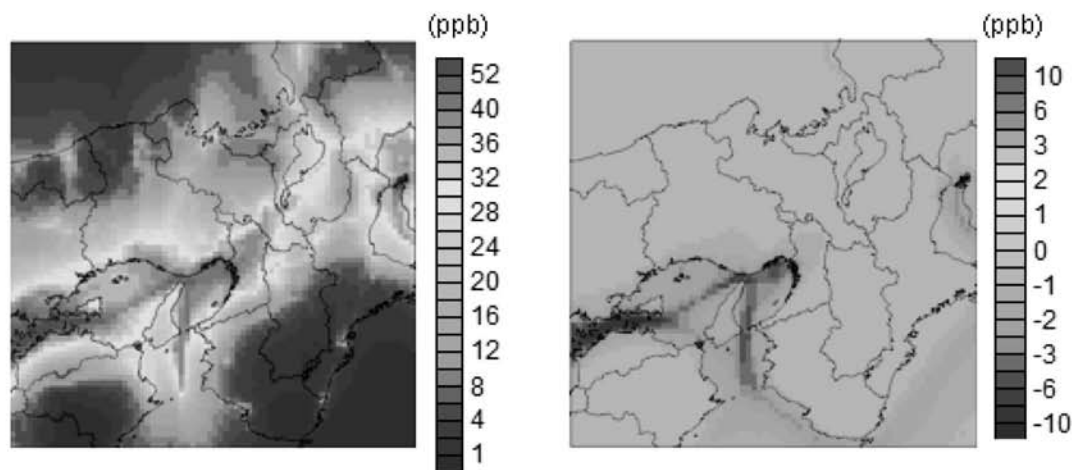


図3 NO₂の2008年7月の月平均濃度（左）と2008年と2050年の月平均濃度の違い（右）

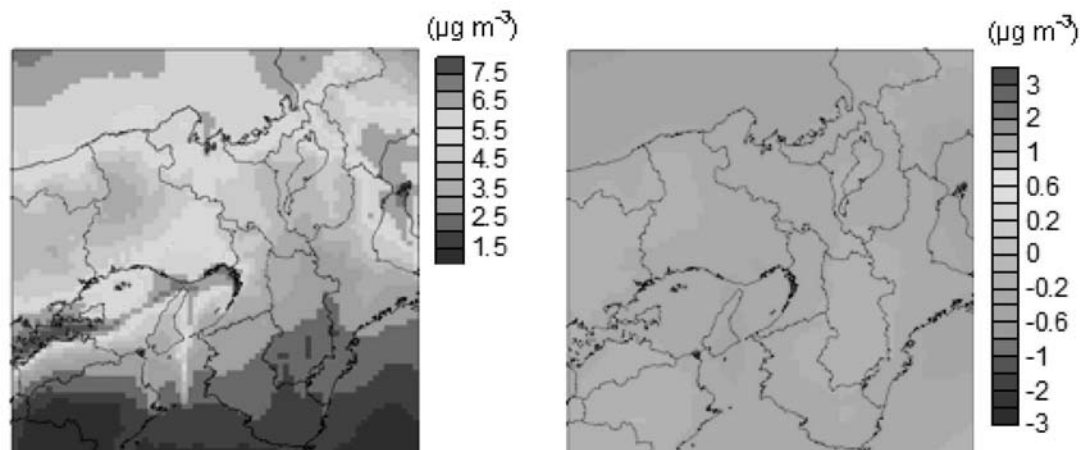


図4 SO₄²⁻の2008年7月の月平均濃度（左）と2008年と2050年の月平均濃度の違い（右）

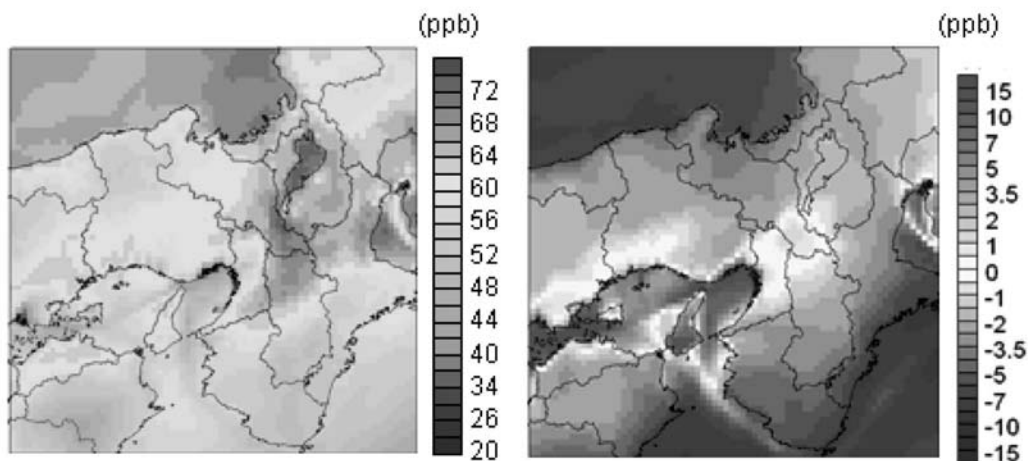


図5 O₃の2008年7月13時の月平均濃度(左)と2008年と2050年の13時の月平均濃度の違い(右)

域平均で2.4ppb減少するが、京阪神地域ではわずかであるがO₃濃度が増加する。O₃生成メカニズムは窒素酸化物だけでなくVOCsも関与しているため、O₃濃度を減少させるためには、窒素酸化物規制だけでなくVOCs規制も同時に実施する必要性を示している。

この研究以外に、ガス状SO₂・粒子状SO₄²⁻などの酸性降下物の越境汚染に関する研究、我が国の大気汚染で問題となっているO₃と粒径2.5μm以下のPM2.5に関する研究、バックトラジェクトリーに基づくスギ花粉の発生源域を特定する研究、地球温暖化や都市ヒートアイランドによる降雨変動に関する研究にも取り組んでいる。

O₃生成メカニズムは、窒素酸化物だけでなくVOCsも大きな役割を果たしている。VOCsの発生源

は、人為起源と植物起源がある。植物起源VOCs発生量は、人為起源VOCs発生量より多く、反応性に富んでいる。しかしながら、我が国の植物起源VOCsインベントリーデータは十分に整備されていない。研究室では、温湿度と光量を制御できるグロースチャンバーを用いて、コナラ・ミズナラ・クヌギ・ブナ・アラカシ・シカシの6種の広葉樹とスギ・ヒノキ・アカマツの3種の針葉樹を対象にイソプレン、モノテルペンの葉重量当たりの排出量を求める実験を実施している。そして、従来から作成している林班、樹齢、材積などからなる森林データベースから算出できる単位面積当たりの葉重量を用いて、植物起源VOCsインベントリーデータベースを作成している。図6に近畿圏のイソプレンとモノテルペンの排出量マップを示

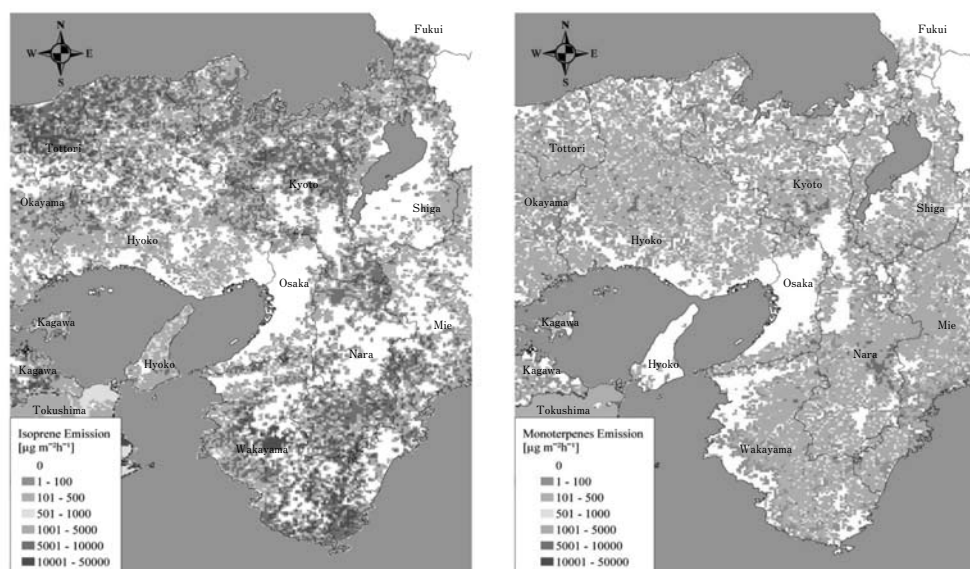


図6 近畿圏のイソプレン(左)とモノテルペン(右)の排出量マップ

す。イソプレンは主に広葉樹から、モノテルペンは主に針葉樹から排出されるため、排出分布は樹種分布と重なる。葉植物からの VOCs 排出量の気温・光量依存性に関する実験も、グロースチャンバーを用いて実施している。ヨーロッパで開発された植物起源 VOCs 発生モデルでは、針葉樹は光量依存性がないとされているが、実験を繰り返す中で光量依存性の存在が示唆された。図 7 にアカマツ・ヒノキ・スギの VOCs 排出量と光量の関係を示す。縦軸は、PAR (Photosynthetically Active Radiation, 光合成有効放射) が標準状態 ($1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) 時の排出量比を表している。モノテルペンの排出量は、樹種や化学種にかかわらず光量が増すにつれて増加することが明瞭に示された。

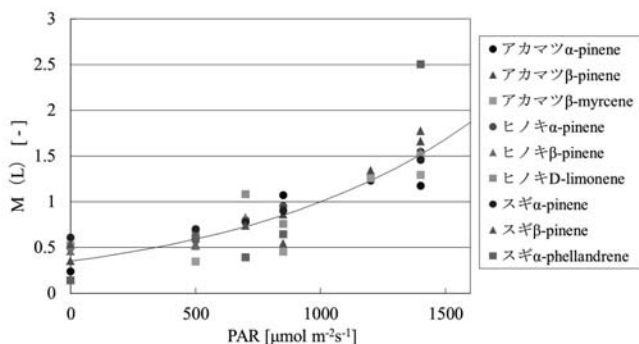


図 7 針葉樹からの VOCs 排出量と光量の関係

また、高濃度 O_3 暴露によって、植物からの VOCs 排出量が変わることがわかっている。しかし、研究者によって同じ樹種でも排出量が増加あるいは減少する場合があります、高濃度 O_3 暴露によって植物からの VOCs 排出量が、増加するのか減少するのかがよくわかっていない。 O_3 生成にとって、VOCs 排出量が増

加すると正のフィードバックとなり、VOCs 排出量が減少すると負のフィードバックとなるため、高濃度 O_3 暴露によって植物からの VOCs 排出量の変動を知ることが、 O_3 濃度を正確に評価するために重要となる。研究室では、グロースチャンバーを用いて植物からの VOCs 排出量の O_3 暴露量依存性に関する実験に取り組んでいる。

琵琶湖・淀川流域の水文・水質に関する研究

淀川・木津川・桂川を含み、総面積 8240km^2 を持つ琵琶湖・淀川流域の水文・水質モデルを開発している。分布型水文モデルは、流域平面を 1km メッシュに分割し、土壌層を鉛直方向に A ~ D 層からなる 4 層に分割して、流域特性を 3 次元的に表現した Hydro-BEAM (Hydrological River Basin Assessment Model) を基本コンセプトとした流れ解析モデルである。地表面および A 層については、畑地・山林・市街地・水田・水域の土地利用別に集中化を行う。地表面および A 層の畑地・山林・市街地・河道流には Kinematic Wave Model を、水田には複合タンクモデルをそれぞれ使用する。水田に適用する複合タンクモデルは、水田における水管理方式を畦畔越流や畦畔横浸透を反映させるためである。B ~ D 層は地下水流出をモデル化した線形貯留モデルを使用する。各層が飽和水深に達した場合、溢水量は上層に復帰流として回帰する。ダム水位は、洪水期間は制限水位に、非洪水期間は満水位を目標とするダム操作管理モデルで制御される。また、琵琶湖・淀川流域の水資源の将来予測を評価するために、WRF・分布型水文モデルの統

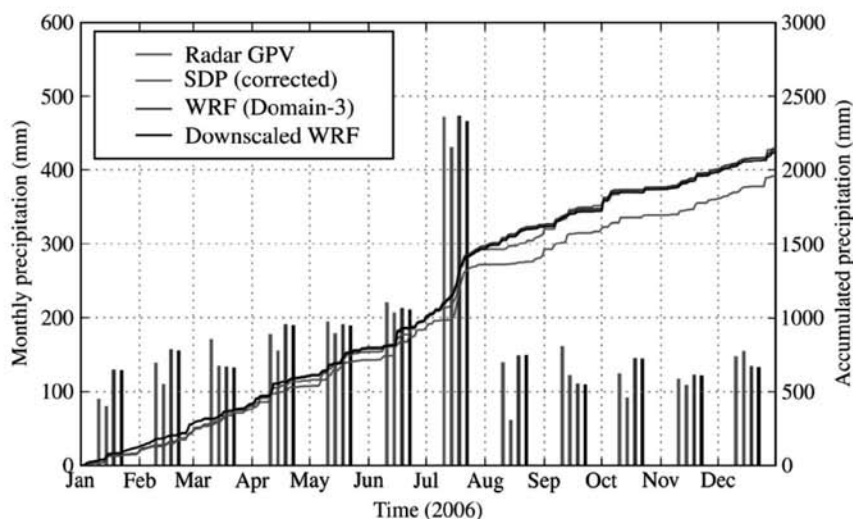


図 8 琵琶湖・淀川流域の2006年の月別降水量および積算降水量

合モデルの開発にも取り組んでいる。琵琶湖・淀川流域の2006年の月別降水量および積算降水量を図8に示す。ここで、Rader GPVは気象庁の1kmメッシュ全国合成レーダーGPVによる雨量、SDP（Surface Daily Product）はThiessen法により得られた雨量、WRFは格子解像度3kmメッシュで計算された雨量、Downscale WRFはWRF雨量から地形を考慮して1kmメッシュデータに変換した雨量である。WRFは、月別および積算降水量をよく再現できていることがわかる。琵琶湖・淀川流域の2006年のSDPおよびDownscale WRFによる年間降水量分布を図9に示す。山間部で降水量が多く、都市域で降水量が少ない特徴

を、WRFはよく再現している。図8および図9で示したSDPおよびDownscale WRFのデータを用いて、2006年1年間の琵琶湖・淀川流域で計算した日吉ダムと高浜観測所のハイドログラフを図10に示す。WRFは降雨量を正確に再現することはできないが、降雨イベントは概ね再現できている。日吉ダムの放出量と高浜の流量は、SDPとWRFのどちらも良く観測値を再現していることがわかる。この結果は、WRF・分布型水文モデルの統合モデルにより琵琶湖・淀川流域の将来流量を評価できる可能性を示している。

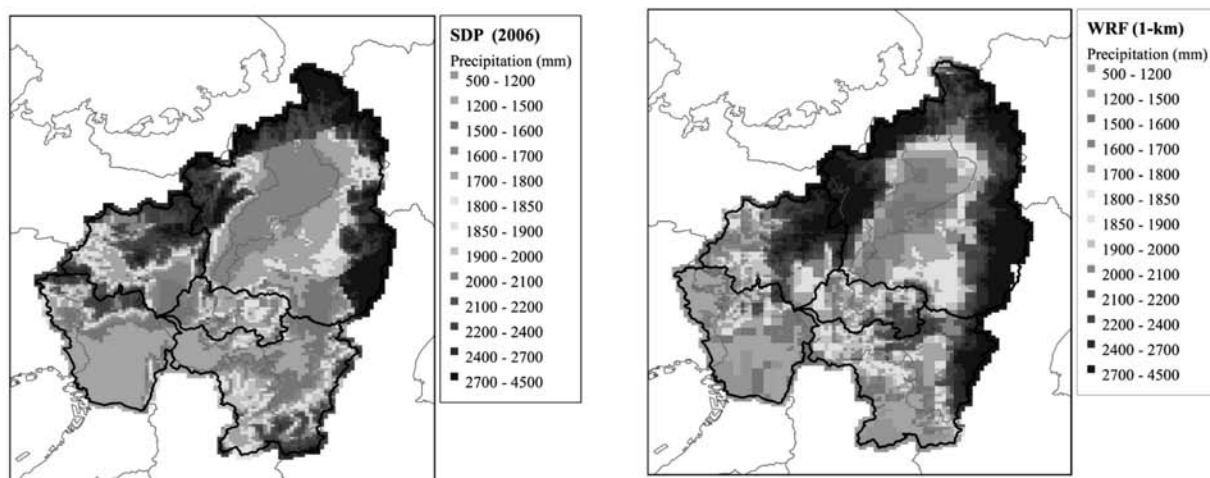


図9 琵琶湖・淀川流域の2006年のSDPおよびDownscale WRFによる年間降水量分布

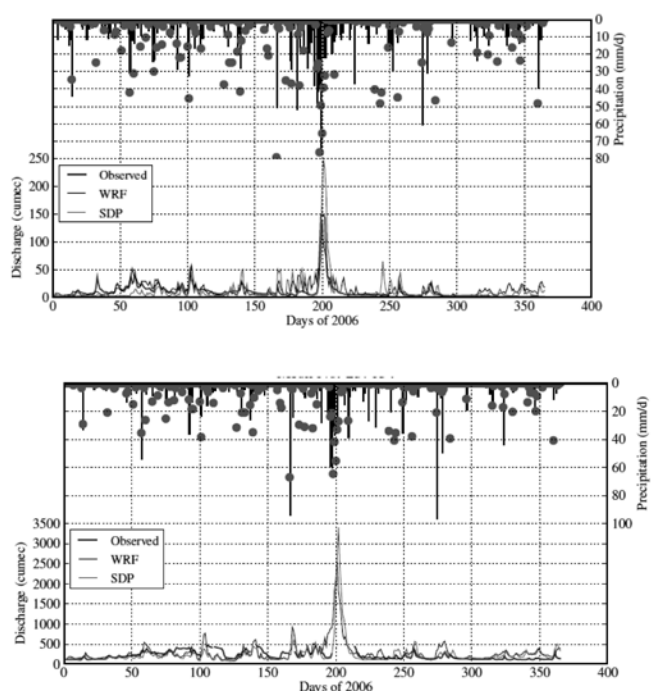


図10 日吉ダムと高浜観測所のハイドログラフ

おわりに

ここで紹介した1. メソスケールの気象・大気質に関する研究、2. 琵琶湖・淀川流域の水文・水質に関する研究の他に、3. 琵琶湖生態系モデルの開発、4. 有害化学物質のリスク評価に関する研究、5. 都市の気象・大気汚染に関する研究、6. 数値モデルと観測値の統合に関する研究にも取り組んでいる。ご興味があれば、研究室HPに概要を記しているのをご覧いただきたい。[\(http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeea/seeea/\)](http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeea/seeea/)

最後に、これらの研究成果は、研究室卒業生各位の努力の賜物以外にありません。あらためて、卒業生各位に厚く御礼申し上げます。

(環境 昭和57年卒 59年修士)