



平成22年度「東京都環境科学研究所公開研究発表会」

1 食塩電解で生じるダイオキシン類について

分析研究科 山崎 正夫

環境大気中に排出されるダイオキシン類の量は、平成12年にダイオキシン類対策特別措置法が施行されて以来、例えば東京都では平成10年度から平成20年度までの10年間で25分の1以下にまで減少しています。しかし、一部ではダイオキシン類により汚染された土壌や底質が見つかるなど、都内には未だに局所的な汚染が残されています。ここでは、都内で確認された汚染土壌の発生源特定のために行った実験結果について紹介します。

ダイオキシン類とは

ダイオキシン類とは、ポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシン(PCDDs)、ポリ塩化ジベンゾフラン(PCDFs)、及びコブラナーポリ塩化ビフェニル(Co-PCBs)という3種類の類似した基本構造(図1~3)を持つ化合物群の総称です。いずれも2個のベンゼン環を持つ平面構造が特徴です。

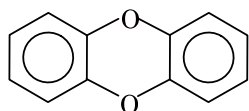


図1 PCDDs基本構造

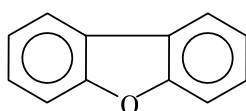


図2 PCDFsの基本構造

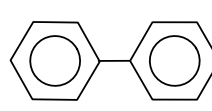


図3 PCBの基本構造

食塩電解実験

ダイオキシン類汚染が認められた土地には、過去に食塩電解で塩素ガス等の製造を行う事業所が存在していました。汚染内容を見ると、ダイオキシン類を構成する3種の化合物群のうち、PCDFsが特異的に含まれていました。そこで、食塩電解工程を実験的に再現し、同様の化合物の生成の有無、及び生成するための条件等について検討しました。

電解工程においてタールピッチ(コールタールの蒸留で製造される物質で、電極の成形剤として混合されています)を含む黒鉛電極を用いると、選択的にPCDFsが生成しました。また、ダイオキシン類を生成しないことが分かっているチタン製電極を用いても、電解液にタールピッチ粉末を分散させた場合はPCDFsが生成しました。主な異性体の組成から、PCDFsを生じる塩素化反応は、主として図4に示す経路で進行するものと推定されました(○印は塩素の位置を示す)。

一方、チタン製電極を用い、電解液にタールピッチに換えて図1~3に示した構造の前駆物質^{注)}を添加して電解するとPCDDs、PCDFs、及びCo-PCBsが全て生成しました。

以上のことから、過去に行われていた黒鉛電極を用いた食塩電解でPCDFsのみが生成した原因は、タールピッチにPCDFsの前駆物質のみが含まれ、それが電解で生じた活性な塩素により塩素化されたものと判断されました。

注)前駆物質: 目的の物質が生成する前の段階の物質

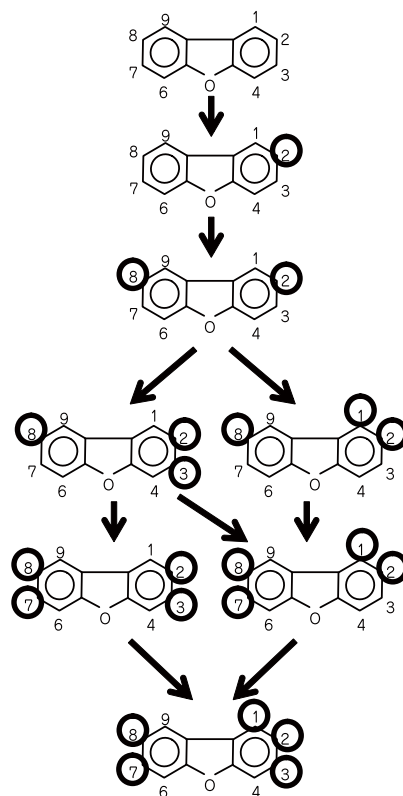


図4 PCDFsの主な生成経路

2 光化学オキシダントの現状と課題

調査研究科 上野 広行

光化学オキシダント(Ox)とは、光化学スモッグの主成分であるオゾンなどの酸化性物質の総称のことです。光化学オキシダントは、工場や自動車から大気中に放出された窒素酸化物(NOx)や揮発性有機化合物(VOC)が強い日差しに含まれる紫外線のために化学反応を起こして発生します(図1)。

図2には、Oxの年平均濃度と原因物質であるNOxとNMHC(非メタン炭化水素:VOCの指標)の年平均濃度を示しました。NOxとNMHCは排出量削減の効果により環境濃度も低減していますが、逆にOxは上昇していることがわかります。

Oxが上昇する原因について、気象要因、広域移流等も検討しましたが、最も可能性が高いのはNOxとVOCの濃度比の変化です。NOxとVOCの濃度比によってOx生成濃度が変わることは、シミュレーションモデル等で明らかにされています。そこで、朝のNOx・NMHCの濃度と、Ox高濃度日(0.12ppb超)出現率との関係を2005～2007年度のデータから求め、これを基にNOx濃度とNMHC濃度が低減したときのOx高濃度日の出現日数を推定しました(表1)。表1から、NMHC濃度が低減するとOx高濃度日は減少しますが、NOx濃度のみが低減するとOx高濃度日が逆に増加することがわかります。すなわち、近年のOx増加は、NOx濃度の減少によるOx高濃度日の増加現象が現れている可能性があります。このことはNOxの低減に合わせてNMHC濃度をより一層低減する必要があること、すなわちVOC排出抑制が重要であることを示しています。

当研究所では、VOC対策を効率的に進めるために、首都大学東京梶井研究室と共同研究を行っています。VOCは成分により大気での反応性が異なるため、大気中の濃度やその反応性を考慮してOx生成に寄与の大きい成分の特定を行っています。



図1 光化学オキシダントの発生メカニズム

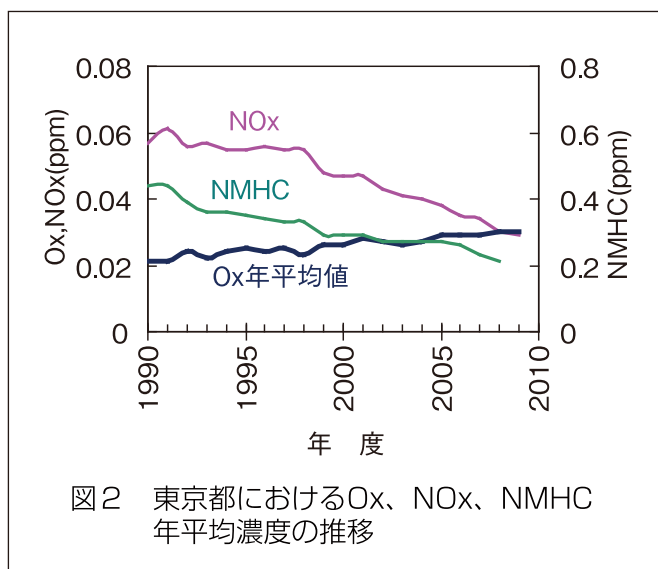


表1 NOx、NMHC濃度低減に伴うオキシダント高濃度日の年間出現日数推計結果

(削減率0%の場合:45日/年)

| NMHC濃度 低減率 | NOx濃度低減率 | | | |
|---------------|----------|-----|-----|-----|
| | 10% | 20% | 30% | 40% |
| 10% | 37 | 42 | 45 | 53 |
| 20% | 26 | 30 | 34 | 40 |
| 30% | 15 | 19 | 20 | 27 |
| 40% | 7 | 9 | 12 | 15 |
| 50% | 2 | 3 | 5 | 8 |
| 60% | 0 | 1 | 1 | 2 |

3 都内の不燃ごみに含まれる希少金属含有廃棄物の実態について

調査研究科 茂木 敏

ごみは貴重な都市鉱山

東京都内において廃棄される携帯電話やデジタルカメラ等の小型電子機器、いわゆる都市鉱山としての規模は国内最大であると想定され、例えば携帯電話機の加入台数は全国の15%が東京都に集中し、その他の小型電子機器についても東京都へ集中していると考えられます。

将来の資源循環システムの構築のため、都内の不燃ごみについて、ごみ質組成分析により小型電子機器等の排出量の試算を行うとともに、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(EDX)による小型電子機器等の簡易定量分析を実施した結果、希少金属等の含有傾向が明らかになってきました。

不燃ごみ中の希少金属含有廃棄物

東京都内の不燃ごみ処理施設において、携帯型電子機器や情報・通信・音響機器など6区分、30項目(表1)について、ごみ質組成分析を実施しました。

調査対象としては、携帯型電子機器のほか、将来的な資源循環可能性を考慮し、据え付け型の音響機器や調理家電なども含め、やや幅広く対象としました。

この結果、希少金属を含有する区分A~Eのごみ質組成比合計は、14.2%でした。この組成比を基に、平成21年度の東京都内の不燃ごみ排出量から、希少金属を含有する廃棄物排出量を試算すると、年間2万5千トン程度と推定されます。(図1)

表1 東京都内不燃ごみ中の小型電子機器等ごみ質組成

| 区分 | ごみ質組成分類項目 | 組成比(%) |
|----------------------|--------------------|--------|
| A:携帯型電子機器 | デジタルカメラ、携帯電話など10項目 | 0.4 |
| B:情報・通信・音響機器(携帯型を除く) | ゲーム機、スピーカーなど9項目 | 2.5 |
| C:調理・生活家電 | 電気炊飯器、電気掃除機など4項目 | 3.1 |
| D:その他のレアメタル含有機器等 | リモコン、回路基板など4項目 | 4.9 |
| E:その他のレアメタル含有廃棄物 | ステンレス素材を主体とした製品 | 3.3 |
| F:その他の不燃ごみ | プラスチックごみ等、その他の不燃ごみ | 85.8 |
| 合計 | | 100.0 |

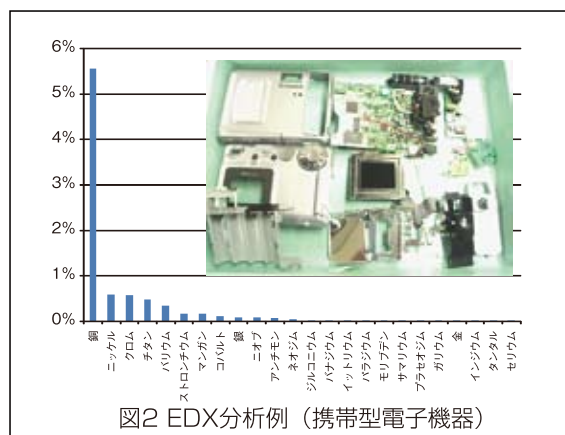
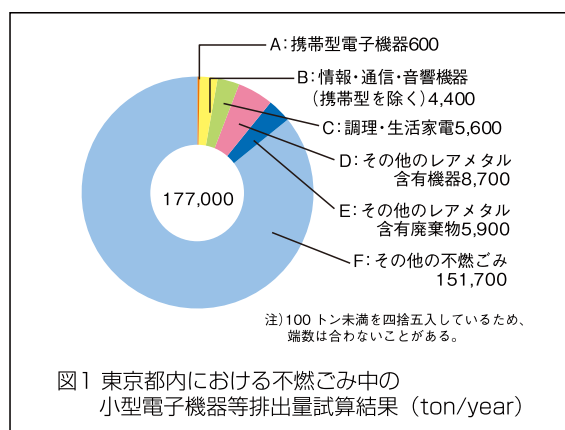
不燃ごみ中の希少金属含有廃棄物

自治体等において資源循環施策の計画・実施を行う上では、リサイクル先の選定等に必要の精度で、より安価な分析方法が求められます。このため、本調査ではEDXを用いて希少金属等の分析を試みました。

この結果、区分A~Dまでの電子機器の中では、Aの携帯型電子機器が、最も希少金属等の種類が多く見受けられましたが、銅以外の希少金属等の含有率は低く、1%未満でした。

今回の調査結果から、東京都内において不燃ごみとして捨てられ、その多くが埋め立てられている小型電子機器等の実態が一定程度明らかとなりました。

今後は、不燃ごみ以外のフローや含有されるレアメタル成分等の実態把握を進めるとともに、静脈物流の効率化等に着目し、資源の循環利用が成立する条件について研究を進めていく予定です。



4 多摩川の水質改善 -1970年公害国会から40年を振り返って-

調査研究科 和波 一夫

水質の経年変化

都内の代表的な河川である多摩川の水質は大きく改善しました。1960年代から1970年代の高度経済成長期には、多摩川の田園調布堰のBOD*は10mg/Lを超え、堰下は泡だらけの著しい汚濁状態でした。その後、排水規制と公共下水道の整備によって経年的に改善していきました。しかし、1990年代になるとBODの改善傾向は横ばいとなりました。これはアンモニア性窒素が硝酸性窒素になる過程で酸素を消費することが原因であり、当研究所は、下水処理場排水のアンモニア性窒素濃度をどの程度低減すれば多摩川のBODが改善するかを調査しました。当時、都の流域下水処理場ではアンモニア性窒素の低減をすすめる処理方式に転換を進めており、1997年以降は多摩川中流部のアンモニア性窒素は著しく減少して、その結果BODも改善しました(図1)。

*BOD(Biochemical Oxygen Demand):水中の微生物が有機物を酸化分解するのに消費した酸素の量。最も一般的な水質指標で、BOD10mg/L以上では悪臭を放つ。

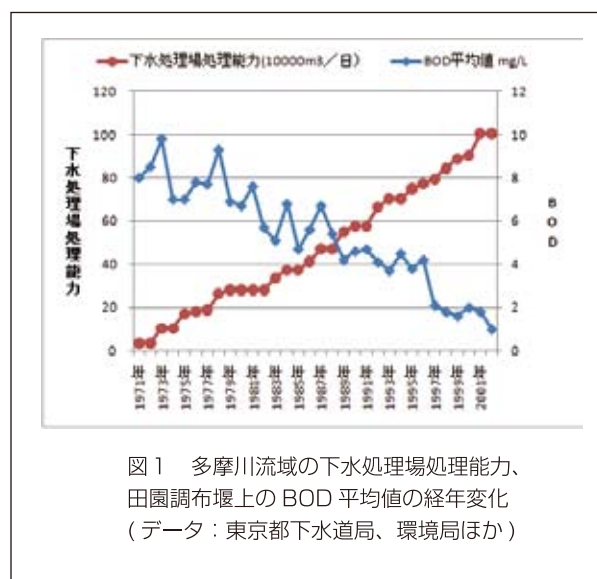
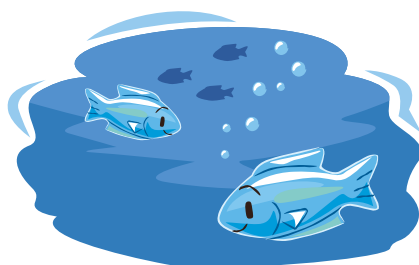


図1 多摩川流域の下水処理場処理能力、田園調布堰上のBOD平均値の経年変化(データ:東京都下水道局、環境局ほか)

環境ホルモン問題への取り組み

1998年に、多摩川のコイが環境ホルモンで雌(メス)化しているのではないかと新聞・テレビで大きく報道されてから、環境ホルモン問題への関心が一気に広がりました。コイの雌化問題では、①性比の偏り、②雄が雌特異物質(卵黄たんぱく前駆物質のビテロゲニン)を産生する問題、③雄の生殖腺(精巣)異常という3つの観点から調査を行いました。結果、採取した約1000尾のコイの性比はほぼ1:1であり雌雄数の偏りはありませんでした。ビテロゲニンが高濃度検出された雄コイは、河川中の女性ホルモン(エストロゲン)作用強度が高い地点で採取されたもので、ビテロゲニン産生の主原因は下水処理水に残存する天然エストロゲンと推測されました。コイの精巣異常は、国による全国河川の調査でも認められましたが、水質・底質の化学物質と精巣異常の出現率との間に統計的に有意な相関関係は認められませんでした。

今後の課題

多摩川支川の野川で調査した結果、年間BOD負荷量のうち9割は雨天時BOD負荷量(未処理下水と河川内堆積物の巻き上げなどによる)によるものでした。2003年9月には下水道法施行令が改正され、現在、合流式下水道の改善が進んでいます。2003年11月には水生生物保全に係る水質環境基準が設定されました。東京の水環境をさらに改善するためには、雨水流出抑制、下水高度処理、生物の保全などの多角的視点から対策を進めていく必要があります。



特別講演

東京都心域の短時間強雨を捉える — 観測データによる実態把握と事前予測に向けた研究 —

首都大学東京 都市環境科学研究科 高橋 日出男

1. はじめに

東京都区部などの都市域では、夏季を中心とした雷雨性の短時間強雨に伴い、中小河川や下水路の急激な増水・溢水による事故、家屋の床上・床下浸水や道路の冠水などが頻発しています。このような都市型水害の増加に関わる要因として、都市の存在が積乱雲のような対流性降水システムの発生・発達に関与している可能性が議論されています。本研究では、都市が短時間強雨に与える影響の解明や強雨発生の事前予測を目指して、東京都心域における強雨発生の地域的差異や降水システムの挙動、突発的な強雨発生の前兆を、多数の気象観測データを用いて解析しました。

2. 東京都心域における強雨発生の地域的差異

これまでに海外の都市で行われた調査によると、都市域の風下側に強雨や雷雨の発生頻度の極大域が認められています。しかし、都市の内部を詳しく調べた研究はありませんでした。図1は、市内90地点(東京都建設局、アメダスなど)のどこかで1時間20mm以上を観測した226時間のうち、それぞれの地点で1時間20mm以上となった頻度割合(%)の分布を表しています。都区部西部～北西部や東京・埼玉県境付近で強雨頻度が高く、都区部内でも場所により2～3倍の違いがあります。強雨発現に先立つ気象庁(千代田区)の風向によって場合分けすると、東風時(図2 a)には新宿の4～5km風下側にあたる中野付近から南側に、南風時(図2 b)にも池袋や新宿の3～5km風下側の板橋付近に局地的な高頻度域が現れています。北風時も同様で、風向に対応して新宿や池袋、渋谷などの風下側には局地的に強雨が現れやすい地域があるようです。

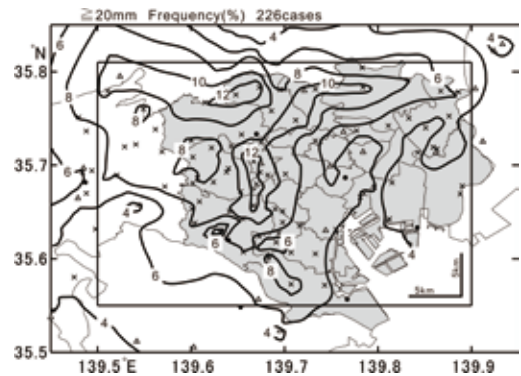


図1 東京都心域における1時間20mm以上の強雨頻度割合(%)。台風や梅雨前線による広域的な強雨は対象外とした。対象期間は1991～2002年の6～9月である。

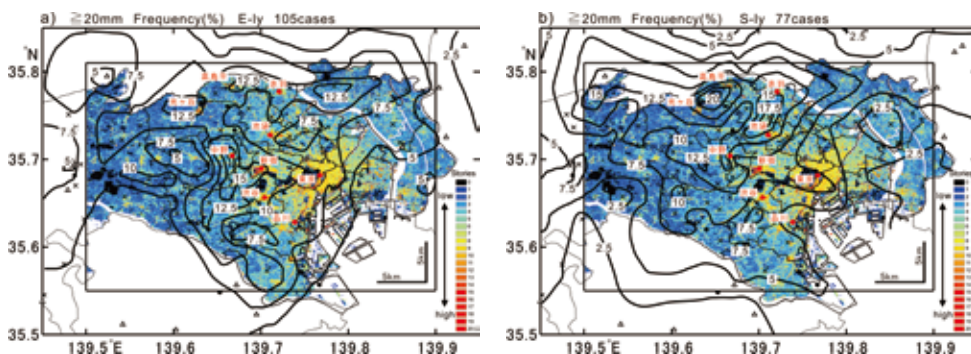


図2 東風時(a)と南風時(b)における1時間20mm以上の強雨頻度割合(%)。図の背景は50m四方の領域における最大の建築物階数の分布を表す(黄から赤になるほど階数大きい)。

3. 都区部内で発生した短時間強雨の事例解析(2008年8月5日の短時間強雨)

2008年8月5日正午頃に発生した短時間強雨では、豊島区雑司が谷で下水道工事中の5名の方が急激な増水によって犠牲になるなど顕著な被害が発生しました。図3は、東京都建設局、区、アメダスなど都区部内120地点の降水量観測による13時までの1時間降水量分布です。強雨の中心(1時間109mm)付近では、約40分にわたり10分間20mm前後の強雨が継続しました。

東京都環境局の大気汚染常時監視測定局など多地点の気象観測資料を解析すると、この強雨域からの顕著な冷気の吹き出し(冷気外出流)が認められます(図4)。西側へ向かう冷気外出流は、都区部西端で埼玉県方向からの北寄りの風と収束(空気が集まってくる)として、新たな強雨域を形成しました。一方、南東側に向かう冷気外出流はほとんど拡大せず、大きな気温差(図4)を伴うガストフロント

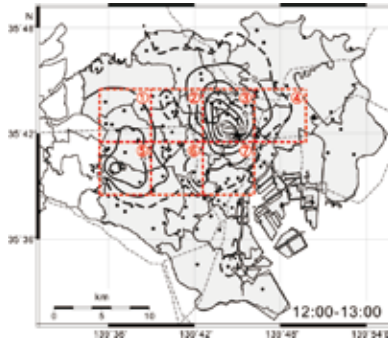


図3 2008年8月5日における13時までの1時間降水量分布。等値線は15mm間隔(破線:5mm)。①~⑦の領域(5km四方)については本文4.参照。

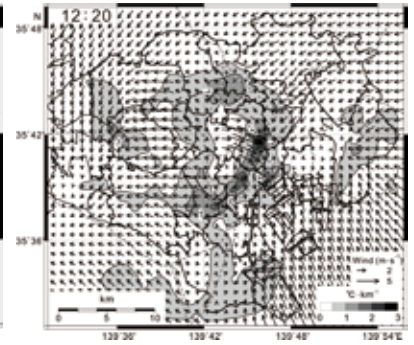


図4 2008年8月5日12時20分における風系分布と1kmあたりの気温差の大きさ(灰色が濃いほどその付近の気温差が大きいことを表す)。

ト(冷気外出流の先端)が神田一霞が関一六本木付近で停滞しました。ガストフロントに近い東京タワー(常監局立体局)の高度別の風によると、下層は冷気外出流に対応した南東へ向かう風(北~西風)ですが、上空250mでは逆に強雨域へ向かう南東風が吹いていました。冷気外出流に伴う冷気の溜まり(冷気プール)が、東京湾からの南東風を持ち上げていたと考えられます。今回の場合、ガストフロントが停滞し、強雨域近傍の同一場所で持続的に上昇流が生じたことが、強雨域の停滞・維持に関与した可能性があります。

4. 強雨発現に先立つ地上風収束量の増大

強雨をもたらす積乱雲の発生・発達段階では、通常、大気下層の収束に伴って上昇流が現れ、これにより積乱雲内部に降水粒子が形成されます。図5は、図3中の①~⑦の各領域で平均した10分ごとの収束量と降水量の時間推移を表しています。降水強度が小さい領域②では、顕著な収束量の増大は認められません。一方、10分間5mm程度以上の強雨が発生した他の領域では、降水開始の数十分前から収束量が一方向的に増大しています。収束量の極大は降水開始に対応し、その後20分ほどで降水量が急増しています。また、各領域の収束量と降水量の最大値には、比例関係が認められました(図省略)。これらのことは、詳細な地上風のモニタリングによって、強雨開始の数十分前に強雨発現の位置やタイミング、降水強度をある程度予測できる可能性を示唆しています。ただし、今回は1事例だけの解析結果のため、今後多数の強雨事例に基づく検討が必要です。

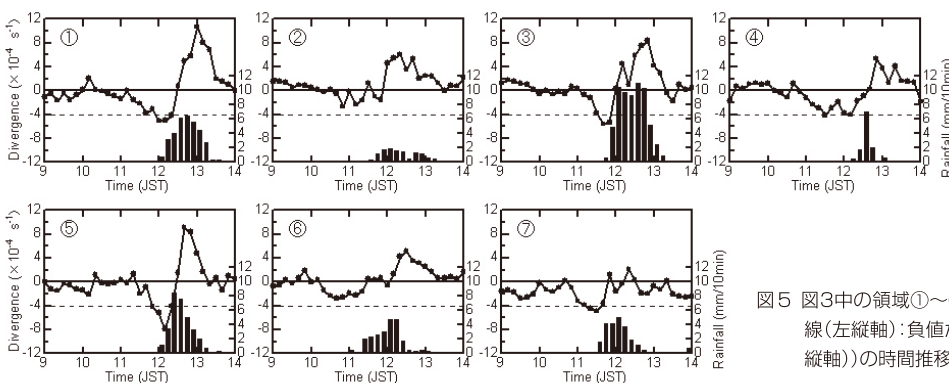


図5 図3中の領域①~⑦について平均した収束発散量(折れ線(左縦軸):負値が収束,正値が発散)と降水量(黒棒(右縦軸))の時間推移(10分間値)。

5. おわりに

降水(強雨)現象に与える都市の影響は未解明の課題ですが、①都市のヒートアイランド現象、②建築物群による大きな地表面粗度(風が受ける抵抗)、③凝結核となる大気汚染物質の関与が指摘されています。本研究の2や3の結果は、都区部西部の高層建築物群による上昇流の発生や、密に建ち並ぶ建築物群が地上付近の重い冷気の拡大を抑制した可能性を示唆しているように思われます。また、短時間強雨の予測に際して、レーダ観測とともに、実証的研究や予測検証のためにも、東京スカイツリーなどによる立体気象観測を含めた気象観測網の一層の拡充が期待されます。