

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23254003

研究課題名(和文) 生物多様性を考慮したレポータージーンアッセイによる都市排水の内分泌攪乱性国際比較

研究課題名(英文) Comparison of endrine disruption activities of urban wastewater by reporter gene assay considering difference in speices sensitivities

研究代表者

田中 宏明(Tanaka, Hiroaki)

京都大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70344017

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 40,900,000円、(間接経費) 12,270,000円

研究成果の概要(和文)：現状の下水道整備レベルなどが異なる日本、英国、韓国、中国での下水、処理水、河川水のエストロゲンや医薬品類など化学物質のレベルを現地調査した。また、生理活性物質の汚染の原因と流域での将来変化を推定するため、流域情報の収集と河道での挙動を検討し、モデル化を試みた。さらに、魚類の感受性差を踏まえ、ヒトおよびメダカの魚類由来するエストロゲン受容体レポータージーンアッセイを環境水に適用する方法を開発した。これを英国、中国、韓国で採取した試料へ適用した。

研究成果の概要(英文)：Bioactive activities and compounds such as pharmaceuticals, personal care products as well as estrogens of sewage, treated sewage, and receiving water were compared among Japan, United Kingdom, China and Korea whose sewerage coverage levels are different through field surveys. River basin information was collected and the fates of the bioactive compounds in river transformation process were modeled to estimate their sources and to predict future trends of the river basins. Further, reporter gene assays employing estrogen receptors derived from different fish species and human were adapted to environmental water samples. The samples collected in the UK, China and Korea were measured with the developed assay.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：放射線・化学物質影響科学

キーワード：海外調査 エストロゲン 医薬品類 エストロン様作用 抗エストロゲン作用 下水処理場 河川 モデル

1. 研究開始当初の背景

内分泌攪乱化学物質が我が国で問題となったきっかけの一つに、英国河川での魚類の雌性化がある。下水処理場下流でコイ科 Roach の精巣に卵母細胞、いわゆる精巣卵が高い割合で見出され、その原因が主に下水処理場放流水に含まれる天然および人工のエストロゲンであることが分かってきた。

1998 年から毎年、内分泌攪乱物質の野生生物影響をテーマとする日英環境省共同研究ワークショップに、研究代表者、分担研究者らは参加し、化学物質の魚類や両生類への内分泌攪乱性の評価方法やエストロゲン汚染の対策を議論して来た。日英で魚類の間性化に大きな相違が見られ、その原因として、英国では経口避妊薬エチニルエストラジオール(EE2)が ng/L で検出されるのに対し、我国では経口避妊薬の使用量は低く、検出されない。

一方、共同研究者である井口らは OECD の化学物質ガイドライン開発にこれまでかわり、ローチ、メダカ、ファットヘッドミノ、ゼブラフィッシュ、イトヨ、コイ等の魚類のエストロゲン受容体(ER) とを培養細胞で発現させるレポータージーンアッセイ系を確立した。

現在、生物多様性の視点から、より広く化学物質の生態影響を評価する必要が高まっており、排水管理に水生生物を使った全毒性試験のわが国への導入の検討も環境省で始まるなど、毒性機構に基づいた排水管理の進展が望まれる。しかし、*in vivo* での環境試料による確認には、世界的な倫理上の問題から魚類等の試験生物の使用をできるだけ避けることが求められ始めていること、試験にかかる時間やコスト面から限界があり、より迅速で簡便な *in vitro* 系での環境水、下水、下水処理水に含まれる化学物質の魚類への影響を評価し、遺伝子学的、内分泌攪乱性のようにより広いスペクトルを持つ環境中の汚染物質を総合評価する必要がある。

2. 研究の目的

日本、英国、韓国、中国で現状の下水道整備レベルなどが異なる国間での下水、下水処理水、河川水のエストロゲン様作用のレベルを比較し、その相違の原因を検討することを最終的な目的とする。そのために本研究では、第1に人の排泄物由来のエストロゲンや医薬品類など生理活性を有する化学物質のレベルを下水処理場および放流先河川で把握するため、海外の流域調査を実施する。

第2にエストロゲン、医薬品類などの生理活性物質の汚染の原因と流域での将来変化を推定するため、流域情報と河道での変化過程のモデル化を検討する。

第3に、魚類のエストロゲン感受性の差を踏まえた下水、下水処理水、河川水のエストロゲン様作用、抗エストロゲン作用の評価方法を検討する。分担研究者井口らによってヒ

ト、メダカ(*Oryzias latipes*)、ローチ(*Rutilus rutilus*)、ゼブラフィッシュ(*Danio rerio*)、ファットヘッドミノ(*Pimephales promelas*)などのエストロゲン受容体を組み込んだレポータージーンアッセイが開発されている。ヒトおよび各種の魚類由来するエストロゲン受容体レポータージーンアッセイを、混合物である環境水に適用し、生態系への影響度を評価、比較する。また英国、中国、韓国で採取した試料へ適用し、結果を比較する。

3. 研究の方法

(1) 英国、中国、韓国での現地調査

研究代表者、分担研究者、研究協力者のこれまでの研究対象地域から、人口、流域規模が類似の日本は琵琶湖・淀川水系、英国は Thames 川水系、韓国は漢河水系上流の Kyungahn 川、中国は珠江デルタの深圳川を対象とした。現地で採水した試料はすべて、現地で溶存成分を固相抽出カートリッジへ濃縮し、日本に持ち帰った。帰国後、京都大学流域圏総合環境質研究センターで固相カートリッジからの溶脱を行い、ホルモン類、医薬品等の分析は、LC/MS/MS で行った。また、レポータージーンアッセイについても京都大学にて実施した。

1) 英国: Thames 川流域の下水処理場と河川において現地調査を行い、医薬品類の挙動を把握した。採水地点は、5箇所(下水処理場の流入水と放流水、Littlemore 川の上流と下流、Thames 川の上流と下流、Thame 川の下流の11地点とし、Littlemore 川上流と Thame 川下流以外の地点は自動採水器により毎時採水を行い、2時間でコンポジットした12サンプルに対して分析を行った。また、調査区間内に Littlemore 川の下水処理場0の放流口から Thames 川合流までの Littlemore 川区間と、Thames 川の Littlemore 川合流の直上流からモードヘイルズ橋までの Thames 川区間の2つの河川区間を設定し、両区間において流達性を算出した。採水後、研究協力者 Johnson 博士の勤務する CEH へ速やかに運搬した。

2) 中国: 広東省深圳市にある清華大学深圳研究院の京都大学 清華大学環境技術共同研究・教育センター(以下日中センター)で清華大学の協力を得て実施した。深圳市側支川、下水処理場については、16地点で実施し、試料は速やかに日中センターへ運搬した。

3) 韓国: ソウル市内にあるソウル市立大学韓教授の協力のもと、Kyungahn 川での河川現地調査とその流域およびソウル市内の下水処理場(20か所)とともに下水道の普及率および地区に関する情報を収集し、ホットスポット推定の基礎情報を得る。採取した試料は、速やかにソウル市立大学へ運搬した。

(2) 流域での医薬品類などの動態と予測

医薬品類やエストロゲンは、下水処理場等を介して水環境中に排出された後、水環境中において、微生物による生分解、太陽光による光分解、河床への吸着など、様々な要因に

よって減衰する可能性がある。本研究では、医薬品類の生分解性、光分解性、底質吸着性をラボ実験によって把握し、特に、光分解性は Zepp ら (1977) が提唱した水環境における化学物質の光分解速度の推定式の検証を実施した。また、光分解以外の減衰因子に対してもモデル化を行うため、底質への吸着に着目し、実測された減衰と底質への吸着平衡定数との関係性を把握した。この結果をまず調査データが集積されている琵琶湖・淀川水系の桂川と西高瀬川での、河川流下過程における医薬品類の減衰状況と比較し、モデルの有効性を確認した。

河川流下過程における濃度減衰の定量方法として、調査区間における医薬品類の流達性を物質収支式により推定した。実測による流量の収支あるいは水環境中において保存性が極めて高い carbamazepine などの物質収支式から、調査対象河川区間の流量を推定した。なお、調査対象区間での化学物質の減衰を表現する「流達性」を以下の物質収支から推定した。この値が小さいほど減衰が大きく、流達性が 100% であれば、設定した河川区間において減衰が全くないことを意味する。

(3) 魚類とヒトのエストロゲン受容体アッセイ系によるエストロゲン様活性と抗エストロゲン活性の評価

1) ER レポータージーンアッセイ

井口グループから提供されたアッセイ系を用いた。HEK293 細胞(ヒト胎児腎由来)を 96 well plate で培養し、翌日に ER とルシフェラーゼ遺伝子を組み込んだプラスミドを細胞へ導入した。導入する ER の生物種を変えることで、生物種ごとのエストロゲン様作用の評価が可能である。ヒト、メダカ、コイ、ファットヘッドミノー、ゼブラフィッシュの ER を用いた。プラスミドを導入した約 4 時間後に試料を細胞に曝露した。試料の曝露後約 40 時間後にルシフェラーゼによる発光量を測定した。発光量の大きさから E2 に対する比活性値(RP, relative potency, 化学物質に対して)または E2 当量 (EEQ: Estradiol equivalent quantity, 環境水試料に対して)を算出し、エストロゲン様作用の強さを評価した。化学物質については 50% effective concentration (EC50) から、E2 に対する比活性値(RP, relative potency)を算出した。環境試料については 25% effective concentration (EC25) から、E2 当量(EEQ, Estradiol equivalent quantity)を算出し、エストロゲン様作用の大きさを評価した。

100%活性を示す濃度の E2 とサンプルを同時曝露し、ルシフェラーゼによる発光の減少を定量することで、サンプルの持つ抗エストロゲン作用の大きさを評価した。抗エストロゲン作用の標準物質には、タモキシフェンの活性型代謝産物である 4-hydroxy-tamoxifen (4OHT)を用いた。サンプルの 25% inhibitory concentration (IC25)と 4 OHT の IC25 を比較

することでタモキシフェン当量、TMXEQ を算出し、抗エストロゲン作用の大きさを評価した。

2) 化学物質を用いたアッセイ

標準化学物質によるエストロゲン様作用の種間差を評価するために、E2、E1、E3、ビスフェノール A (BPA)、ノニルフェノール (4-NP)を用いてアッセイを行った。E1、E2、E3、BPA、4-NP はジメチルスルホキシド(DMSO)に溶解した濃度が 0.1%となるように調整し用量応答曲線から EC50 を算出した。

3) 下水試料・河川水を用いたアッセイ

下水試料は国内の下水処理場の 3ヶ所の下水処理場、および英国、中国、韓国で採水された試料を用いた。試料は予めアセトンで洗浄したガラス瓶に採水し、ただちに微生物の活性を抑えるためにアスコルビン酸を 1g/L となるように添加した。試料は採水後 3 時間以内に研究室へ輸送し、固相抽出を開始した。

以下の方法に従って Oasis HLB(200mg/6cc, Waters)を用いた固相抽出を行い、1L の試料を濃縮した。試料をガラス繊維ろ紙 (GF/B, Whatman) でろ過した後、Oasis HLB に通水した。Oasis HLB からメタノール 8 mL によって溶出した。溶出液を N2 パージによって乾固し、DMSO 濃度が 0.2%となるように DMEM 培地で希釈した溶液 1 mL で再溶解した。試料の濃縮倍率が 10^{-5} から 100 倍濃縮で、細胞毒性が確認されない範囲で細胞へ曝露した。試料を細胞へ曝露する際には、DMSO 濃度が 0.1%となるように調整した。各試料について、2連の well を用いて独立に複数回のアッセイを行い、4 から 6 の例数を得た。用量応答曲線から EC25 を算出した。

また、各環境試料中の E1、E2、E3 濃度を LC/MS/MS を用いて測定した。濃度の測定値は、E1、E2、E3 の寄与を考えた場合の予測 EEQ の算出に用いた。

4. 研究成果

(1) 英国、中国、韓国の河川、下水道での現地調査

1) 英国

採水地点は、5つの下水処理場の流入水と放流水、Littlemore 川の上流と下流、Thames 川の上流と下流とした。3つの下水処理場は活性汚泥法を用いており、2つの下水処理場は散水ろ床法を用いている。

調査区間内に Littlemore 川の下水処理場 0 の放流口から Thames 川合流までの Littlemore 川区間と、Thames 川の Littlemore 川合流の直上流からモードヘイルズ橋までの Thames 川区間の 2つを設定し、両区間において医薬品類の流達性を算出した。

Acetaminophen, caffeine, ibuprofen, theophylline は、5 処理場全てにおいて除去率の平均値が 90%を上回ったが、primidone, crotamiton, carbamazepine は 5 処理場全てにおいて除去率の平均値が 15%を下回った。また、生物処理に散水ろ床を用いている処理

場は、活性汚泥を用いている処理場よりも医薬品類の除去率が低くなる傾向を示した。

次に、Littlemore 川と Thames 川における医薬品類の流達性を調査した。両河川とも、医薬品類がほとんど減衰をしめさなかったが、azithromycin, dipyrindamole 等は Littlemore 川では数 10%程度 Thames 川でも大きく減衰した。また、DEET, furosemide, clarithromycin, acetaminophen は、2012 年 6 月の調査ではほとんど減衰を示さなかったが、2013 年 8 月の調査では、50%以上の大幅な減衰を示した。なお、両河川区間ともに、流達性に有意な日内変動を示した物質は存在しなかった。

2)中国、韓国：深圳市と Kyungahn 市の流入下水、放流下水中の医薬品類の濃度を測定した。Caffeine, acetaminophen、theophylline は両国の下水から 1,000 ng/L 以上で検出された。これらの物質は、生物処理後は大幅に低下した濃度であった。Sulpiride, carbamazepine, sulfapyridine, crotamiton の放流水中濃度は比較の変動は小さく、処理による低減は、ほとんどないことが示唆された。これらの流入濃度と除去率は日本の下水、下水処理場での除去率と比較的類似していた。

有機物マーカーにより輸送過程を推定した。生分解などで変化するマーカー (caffeine や acetaminophen など) と保存性が高いマーカーは処理レベルや未処理下水 (下水の直接放流, CS0,SSO) が水環境に及ぼしているレベルを知ることに役立つ。中国と韓国での医薬品類の濃度から水環境汚染の原因について検討した。

中国では sulpiride が下水や下水処理水で比較的高濃度(100 ng/L)で安定して検出されているため、マーカーとして利用した。深圳市の河川では十分な希釈容量を持つ Dasha 川を除いて sulpiride が下水や下水処理水と同様のレベルで検出された。

韓国では Crotamiton が下水、下水処理水から高い濃度と頻度で検出されているため、河川流域の下水の負荷のマーカーとして選択した。河川中では下水放流水よりも 1 オーク前後低い濃度検出されたことから、Kyungahn 川の希釈容量が変化していることを示している。また季節的な変動も見られる。最上流点は、10 倍以上の希釈容量を持つが、下流で下水処理場放流水が流入すると、濃度が上昇し、下流に行くにつれてゆるやかに低下し、希釈する河川流量の増加が示唆されるが、再び下水処理場がある支川が流入すると上昇し、下水処理場放流水が流入すると希釈率が数倍程度で安定していた。

中国では、Caffeine と sulpiride の比率 (caffeine/sulpiride) を生物処理レベルの指標として使用し、河川水を構成している排水の由来を推定した。未処理下水での比率は 100 以上であるが、下水処理後は 1 を切る程度にまで低下する(B 下水処理場)。深圳市の

Shawan 川を除いた他の河川では、特に上流域では下水での比率とほぼ同じであったことから、河川には下水処理を経ていない下水が多量に流入し、希釈を受けずに下流に至っていると推定される。保存性の高いマーカー (sulpiride) と分解可能なマーカーの比率 caffeine/sulpiride の比率が比較的高い河川では、未処理下水を高い割合で受けている状況であると考えられる。

韓国では、Caffeine と crotamiton の比 (caffeine/crotamiton) を推定に使った。この比は S 下水処理場を除いて、2 オーク以上大きかった。一方、Kyungahn 川は下水と下水処理水の間値であった。下水の負荷が比較的小さいにもかかわらず、最上流点では他の地点よりも高い値を示していた。このことを考慮すると、Kyungahn 川は 10 %程度の下水由来の排水を含んでいる。

(2)流域での医薬品類などの動態と予測
1)西高瀬川での光分解モデル：河川流下過程における医薬品類の減衰の実態を現地調査によって把握した琵琶湖淀川水系の桂川と西高瀬川でのデータを利用した。また、医薬品類の生分解性、光分解性、底質吸着性をラボ実験によって把握した。西高瀬川において 2 年間に渡って実施した現地調査の結果 (n=49) を用いて、光分解速度の推定式の検証を行った。

医薬品の ketoprofen と furosemide に対して、現地調査で得られた流達性と直接光分解から推定される流達性とを比較した。まず、ketoprofen は、直接光分解から推定される流達性は、現地調査で得られた流達性と良く一致した。また、furosemide では、流達性の相関係数は ketoprofen と比較してやや低い値を示した。このように、Zeppら (1977) が提唱した水環境中における化学物質の光分解速度の推定式は、年間を通した太陽光の分光スペクトルの変動に対応可能であることが示された。

2)英国河川での光分解モデルの検証：作成した光分解モデルを英国の調査結果へ適用し、有効性を検討した。Littlemore 川区間と Thames 川区間における医薬品類の流達性を検出濃度の観点から定量的な評価が可能であった物質を対象とした。Littlemore 川区間では、流達性の中央値が 80%を下回った物質はなかったが、光分解性の高い ketoprofen、吸着性の高い azithromycin、光分解性と吸着性の両方が高い levofloxacin の流達性が、80%から 90%程度のやや低い値を示す傾向した。また、Thames 川区間では、吸着性の高い azithromycin, dipyrindamole, trimethoprim の 3 物質の流達性が 80%を下回っていた。

Littlemore 川区間と Thames 川区間において、構築した光分解モデルの検証を行った。ただし、Littlemore 川区間では川沿いに植生が多く、Littlemore 川区間における ketoprofen のモデル検証結果より、植生による遮光率を 0.25 もしくは 0.50 と設定したと

きに、実測値とモデル推定値が良く一致した。また、furosemide と diclofenac は、実測値と推定値ともに 20%以上の減衰は見られない傾向は一致した。

3)韓国での実測データと予測データ：エストロゲンと医薬品類の光分解、生分解、吸着を医薬品類とエストロゲンについてのモデルを作成し、Kyungahn 川に適用し、実験からモデルパラメータの推定を行った。また下水処理場での流入下水データを基にした人口原単位を算定し、下水処理場での季節的な除去率の変動も現地調査から推定した。これらをもとに流域人口と下水処理場での除去率を考慮して、Kyungahn 川への医薬品類とエストロゲンの放流負荷量を推定した。これら河川での変化モデルと河川への流入モデルを組み立てることで、Kyungahn 川ではエストロゲン、医薬品類の実測負荷量と実測負荷量が比較的良く一致した。

(3)エストロゲン様、抗エストロゲン作用

1)化学物質のエストロゲン様作用：E1, E2, E3, EE2, 4NP, BPA の細胞曝露濃度した結果、全ての化学物質のエストロゲン様作用に種間差があり、E1, EE2, 4NP, BPA はヒト ER よりも魚類 ER に対してエストロゲン様作用が大きいことが分かった。特に 4NP と BPA はメダカ ER に対する比活性値は他の生物種よりも大きい傾向がある。

2)日本の環境水試料：ヒト、メダカ、ゼブラフィッシュ、ファットヘッドミノールおよびコイ ER 用いたレポータージーンアッセイを環境水試料へ適用した結果、下水と河川水のエストロゲン様作用には種間差があり、特にメダカ ER に対しては、他の生物種 ER よりもエストロゲン様作用が大きい場合が多い。またゼブラフィッシュ、コイ、ファットヘッドミノールの ER は、下水と河川水の実測 EEQ が、エストロゲンの測定結果による理論 EEQ と同程度で、エストロゲン様作用はエストロゲンの寄与がほとんどであった。

メダカ ER については、下水の実測 EEQ が理論 EEQ よりも大きく、エストロゲン以外のエストロゲン様物質の寄与(4-NP, BPA 等)が考えられた。さらに下水試料中にはヒト ER

またはメダカ ER に対する抗エストロゲン作用も存在していた。ヒト ER では二次処理水よりも未処理水で抗エストロゲン作用が大きく、メダカ ER では未処理水よりも二次処理水で抗エストロゲン作用が大きかった。また、ゼブラフィッシュ ER、コイ ER、ファットヘッドミノール ER に対して抗エストロゲン作用はなかった。ヒトとメダカ ER について、理論 EEQ よりも実測 EEQ が小さい試料には必ず抗エストロゲン作用が存在したことから、下水中の抗エストロゲン作用がエストロゲン様作用を抑制している可能性が考えられた。

3)英国、中国、韓国の試料での比較：河川水では、中国深圳川支川でのレポータージーンアッセイで実測したエストロゲン様作

用の大きさが英国、韓国に比べて際立っていた。英国、韓国では実測の EEQ 値が数 ng-E2/L の範囲であったが、中国では 10ng-E2/L を超える地点が複数あり、最大の地点では 70ng-E2/L を示した。中国深圳市においては下水道が整備されておらず、家庭からの生活排水が直接河川へ排出されている地域が多いことが、中国深圳川支川におけるエストロゲン様作用が原因の一つと考えられる。実際に、機器分析によって得られた E1, E2, E3 の濃度も中国深圳川支川では英国、韓国の河川に比べて 10 倍近い値を示した。

下水処理場二次処理水又は放流水については、英国、中国においては、実測 EEQ 値が数 ng ~ 数十 ng-E2/L の範囲で検出された。ヒト ER とメダカ ER に対するエストロゲン様作用の大きさの比較では、メダカ ER に対する EEQ がヒト ER に対して大きな値を示した。ヒト ER に対する実測 EEQ 値が機器分析によって得られた E1, E2, E3 の濃度から予測される EEQ 値でおおむね説明がつく大きさであるのに対して、メダカ ER に対しては、機器分析によって得られた E1, E2, E3 の濃度から予測される EEQ 値よりも実測の EEQ 値の方が大きな値を示しており、E1 や E2, E3 の天然エストロゲン以外のエストロゲン様物質の寄与が推測された。

韓国においては、ヒト ER 実測 EEQ 値が数 ng-E2/L 以下の範囲で検出されており、ヒト ER に対するエストロゲン様作用は英国や中国での下水試料に比べて低い傾向を示した。これに対して、メダカ ER に対しては、英国や中国での状況と同じく、数 ng ~ 数十 ng-E2/L の範囲で検出された。

以上のように、河川水と下水試料について、いずれの国でもメダカ ER に対するエストロゲン様作用の大きさがヒト ER に対するそれに比べて大きな値を示した。従来、主に用いられてきたヒト ER だけでなく、メダカのような魚類 ER も用いてエストロゲン様作用を測定することが、多様な生物種に対するエストロゲン様作用を評価する上で重要であると考えられる。

英国、中国、韓国いずれにおいても、多くの河川水、下水試料から抗エストロゲン作用が検出された。内分泌攪乱作用の実態を知る上では、エストロゲン様作用だけでなく抗エストロゲン作用の大きさも測定・把握することが重要であることを示している。

以上のことから、河川水については中国深圳でのエストロゲン様作用の大きさが英国や韓国のそれに比べて際立っていること等、それぞれの国で異なる結果が得られた。それぞれの国における下水道の整備状況の違いが反映されていると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 22 件)

1) Ihara M, M. Ohno, V. Kumar, M. Narumiya, S. Hanamoto, N. Nakada, N. Yamashita, S. Miyagawa, T. Iguchi, H. Tanaka, The Endocrine Disrupting Activity and Interspecies Sensitivity of Wastewater: Evaluation by Reporter Gene Assay using Estrogen Receptor- α Derived from Multi-species, Proceedings of IWA World Water Congress & Exhibition in Busan 2012, 2012, IWA-8536R1

2) V. Kumar, S. Hanamoto, A. C. Johnson, N. Yamashita, N. Nakada, H. Tanaka, Elevated risk from estrogens in the Yodo River basin (Japan) in winter and ozonation as a management option, Environ. Aci. Process Impacts, 16, 2014, 232-238

3) S. Hanamoto, N. Nakada, N. Yamashita, H. Tanaka, Modeling the photochemical attenuation of down-the-drain chemicals during river transport by stochastic methods and field measurements of pharmaceuticals and personal care products, Environ. Sci. Technol., 47, 2013, 13571-13577 他 19 件

〔学会発表〕(計 4 3 件)

1) H. TANAKA, et al., Fate of endocrine disrupting chemicals and emerging contaminants in the environment and their remediation, 13th UK-Japan Annual Scientific Workshop of the UK-Japan Partnership, 2011 年 12 月, 長崎

2) H. Tanaka et al. Fate and occurrence of endocrine disrupting chemicals and emerging contaminants in the water environment and STP and their control, 14th Annual Scientific Workshop, UK-Japan Co-operation for Research on Endocrine Disrupters in the Aquatic Environment, 2012 年 10 月 31 日, ウィンザ, 英国

3) H. TANAKA et al., Fate of endocrine disrupting chemicals and emerging contaminants in the environment and their remediation, 15th Annual Scientific Workshop of UK-Japan Co-operation for Research on Endocrine Disrupters in the Aquatic Environment, 2013 年 12 月 09 日, Nagoya 他 40 件

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 宏明 (TANAKA HIROAKI)

京都大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 70344017

(2) 研究分担者

山下 尚之 (YAMASHITA NAOPYUKI)

京都大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号: 90391614

中田 典秀 (NAKADA NORIHIDE)

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 00391615

井原 賢 (IHARA TAKASHI)

京都大学・大学院工学研究科・CREST 研究員

研究者番号: 70450202

井口 泰泉 (IGUCHI TAISEN)

大学共同利用機関法人自然科学研究機構・教授

研究者番号: 90128588

宮川 信一 (MIYAGAWA SHINITI)

大学共同利用機関法人自然科学研究機構・助教

研究者番号: 30404354

長江 真樹 (NAGAE MASAKI)

長崎大学・環境科学部・准教授

研究者番号: 00315227

八十島 誠 (YASOJIMA MAKOTO)

京都大学・大学院工学研究科・特定准教授

(現 島津テクノリサーチ)

研究者番号: 10541021

京都大学・工学研究科 GCOE 研究員

Vimal Kumar (VIMAL KUMAR)

(現 チェコ共和国 University of South Bohemia in Ceske Budejovice)

研究者番号: 00605230

(3) 連携研究者

Andrew Johnson (ANDREW JOHNSON)

Center for Ecology and Hydrology・

Professor

研究者番号:

Monika D. Juergens (MONIKA D. JUERGENS)

Center for Ecology and Hydrology

Scientist

研究者番号:

張 金松 (ZHANG JINSON)

深圳水務集団・総工程師・教授

研究者番号:

Han Inhsup (HAN INHSUP)

韓国・ソウル市立大学・環境工学科・教授

研究者番号:

金 一昊 (KIM ILHO)

韓国 建設技術院・主任研究員

研究者番号:

花本 征也 (HANAMOTO SEIYA)

京都大学 特定研究員

研究者番号: 70450202