

国立環境研究所ニュース

平成25年(2013)8月
Vol.32 No.3

特集 環境都市研究の先端と未来



環境都市システム研究がとりくむ人の賑わい、暮らし、技術と産業共生

Contents

- 2 21世紀の環境都市研究スタイル
- 3 環境都市実現に向けた技術開発研究
- 6 コンパクトシティ
- 8 都市の持続可能な発展に向けた研究の取り組み
- 10 地域での資源循環システム・デザイン:5つの方向性
- 13 公開シンポジウム2013「国境のない地球環境」開催報告
- 14 「夏の大公開」開催報告
- 15 第2回「国立環境研究所 絵画コンテスト」開催
- 16 「平成24年度における独立行政法人国立環境研究所の役職員の報酬・給与等について」の公表について(お知らせ)



21世紀の環境都市研究スタイル

藤 田 壮

「都市環境」なのか「環境都市」なのか？という質問をいただくと、都市の中の環境のあり方を解析することが前者で、環境を価値の軸において都市を考えるアプローチが後者であるとお答えしています。都市環境は20世紀の研究対象で、環境都市は21世紀の研究であると申し上げることもあります。都市にとって、産業や開発、あるいは生活が主役であった20世紀から、今世紀になって環境が都市の中心的な存在になったことが、環境都市研究を行う背景にあります。低炭素、資源循環、自然共生を志向する都市を具体的に実現するための研究貢献が求められています。そのためには、公害解決で有効であった排出源の規制や抑制の方策だけでは不十分となります。産業システム、土地利用や交通やエネルギーなどの都市のインフラ、環境に対する意識や行動システムなどを、総合的に視野に入れて、効率的な対策となる技術や政策、あるいはその組み合わせとしての「パッケージ」を見出す理論と手法を提供することが、21世紀の環境都市の研究に求められています。環境と調和する都市づくりに対する期待と要請は、日本でもアジアの諸国でも共通する、大きく切実なものとなっています。

わが国においては、1990年代以降、エコシティやエコタウンなどについての政策や研究が進められてきました。これらの多くは環境が主ではない時代の政策であり、研究であったともいえます。21世紀に求められる「環境主流」時代の都市づくりでは、この時代の研究とは違う視点と視野と展開が求められています。低炭素都市や地域循環圏、生物多様な都市など、環境省をはじめとする各省庁や地方自治体で、環境と調和する都市の計画やデザインについての政策が実践されており、その政策設計や効果評価を支援する、研究からの実学としての貢献が求められています。さらに、近年は成長戦略の中にグリーン成長や環境イノベーションが登場して、環境価値を社会に取り込むことによる、持続的な成長を実現するプロトタイプとなる都市を、世界に先駆けて日

本で実現することをめざす政策や事業も注目されています。それはスマート都市や、環境モデル都市、環境未来都市の事業として国内で具体化しつつあります。復旧から復興、創生に移行しつつある東日本大震災の被災地でも、環境改善を地域活性化の推進力とする方策を提案して実現することへの期待が、自治体や住民の方々からも具体的に寄せられつつあります。また、日本スタイルの環境都市を、アジアにおいて展開する政策や事業も、環境省をはじめとして各省庁による真剣な取り組みとして始まっています。

先導研究「環境都市システム研究プログラム」では、国内都市や、中国やアジアの都市と連携して研究を進めています。都市を産業や住宅の単機能の複合体とみるのではなく、都市の総体で経済成長と環境への負担を軽減する理念とそれを実現する論理を明らかにして、環境と調和する都市を実現するための方法論づくりとその「社会実装」の研究を進めています。

この特集では、都市や地域を環境調和型に転換する技術や社会制度を設計する研究や、それを評価予測する手法を開発する研究を紹介します。これらの研究は、21世紀の日本の社会基盤の更新や地域の活性化にむけての総合的な技術・政策体系を構築することに貢献するとともに、日本発信の「環境イノベーション」として国際的に展開する科学的根拠を提供することも目指しています。こうした研究開発が、日本の環境、都市関連技術の国際競争力を高めることにもつながることも期待しています。

以降のページでは、珠坪室長が、環境調和型都市へ転換する具体的な技術開発研究の一例として、水処理技術の実証からタイ・バンコクの環境都市を描く研究を紹介します。松橋室長は環境都市の目指すべき姿の一つであるコンパクトシティを、藤井主任研究員は資源とエネルギーを有効活用するプロセスモデルから環境都市を計画する研究を、それぞれ、紹介します。田崎室長からは重点研究「循環型社会

研究プログラム」のなかで地域循環システム研究について、資源循環の視点からの都市のあり方を紹介します。それぞれの報告が、新しい環境都市のあり方について多様な視点をご提供する機会となればと願っております。

(ふじたつよし、社会環境システム研究センター長
兼 環境都市システム研究プログラム研究総括)

執筆者プロフィール：

現場監督、企業、大学教員を経てからの研究所の暮らしは8年目で日々、新鮮な発見があります。4月からはセンター長として研究所とつくばでの時間が増えて、研究所の深みと厚みや、つくば地酒の魅力に感じ入る毎日を過ごしています。



【シリーズ先導研究プログラムの紹介：『環境都市システム研究プログラム』から】

環境都市実現に向けた技術開発研究 ーバンコクでの適切排水処理技術の実証ー 珠 坪 一 晃

はじめに

社会環境システム研究センターと地域環境研究センターを中心として、先導研究プログラム「都市環境システムプログラム」を平成23年度から5年計画で実施しています。この研究プログラムは、都市の環境技術・施策システムの評価と社会実証プロセスの構築、環境負荷低減・影響緩和型の都市・地域発展シナリオの構築の二つのプロジェクトで構成されます。地域環境研究センターでは、1つ目のプロジェクトにおいて国内とアジア地域の都市を対象として、水環境保全と省エネルギー（低運転コスト）を同時に実現するコベネフィット型の排水処理技術の開発を実施しています。具体的には、経済成長や人口の増加が続いており、排水処理システムの普及が遅れている東南アジアの都市に展開可能な省エネルギー型排水処理技術の開発と性能実証、技術評価を現地の自治体や研究機関と連携して実施し、社会実装に向けた道筋を示すことにあります。

都市における排水処理問題

我々の日常生活や産業活動の結果、多量の有機性排水が環境中に放出されています。国内では、工場や下水処理場に設置された活性汚泥法（好気性微生物処理）により、これらの排水は適切に処理されて

います。しかしながら、活性汚泥法は多量に電力を消費し（ $0.3 \sim 2^* \text{ kWh/m}^3$ 、*産業排水処理時）、除去した有機物の3～4割が余剰汚泥として排出されます。一方、開発途上国では、資金不足などから、都市の重要なインフラである排水処理システムが普及しておらず、また運転管理が適切に行われていない設備も散見されます。そのため、特に人口密集地域においては、深刻な水環境汚染が生じており、適切な排水処理システムの開発・導入が急務であるといえます。

例えばバンコク（タイ）では、1981年にJICA（独立行政法人国際協力機構）の支援を受け、下水道整備のマスタープランが作成されました。現在、マスタープラン作成から30年以上を経過しています。しかしながら、都市の中心部に7つの大規模下水処理場が稼働しているのみで、 192 km^2 の市街地から発生する実流入下水量 $675,000 \text{ m}^3/\text{日}$ （下水処理能力 $992,000 \text{ m}^3/\text{日}$ ）を処理していますが、下水道の普及率は約40～50%程度に止まっています（20計画区のうち7区画のみ処理施設が導入）。加えて、既存下水道の拡張はコストや時間の観点から非効率であること、運転に関わるエネルギー消費量が大きいこと等から、分散型処理に対応可能な適地型排水処理システムの開発と展開が必要となります。また、バン

●特集 環境都市研究の先端と未来●

コクをはじめとする東南アジアの多くの国では、下水道料金の徴収が行われていないため、排水処理技術の普及のためには、処理技術の省エネルギー化（低コスト化）、維持管理の容易化が必要です。

そこで、本研究ではタイのバンコク首都圏庁（BMA）および現地の大学（キングモンクット工科大トンプリ校）と連携し、省エネルギー型の排水処理システム（高度好気性ろ床）の開発と性能実証を現地で実施しています。ここでは、バンコクにおける排水処理実証試験の結果を中心に紹介したいと思います。

都市下水の実証処理試験

現地調査の結果より、バンコクにおける流入下水のBOD（Biochemical Oxygen Demand：生物化学的酸素要求量、排水の有機物濃度を表す指標）は、15～79 mg/Lと低く、日本国内の下水の三分の一から十分の一程度の有機物濃度でした。これは、家庭への腐敗槽の設置が義務付けられていることに加え、運河からの水の逆流や地下水の浸入などの不明水が多いため、下水道を通して収集される汚水の下水処理場流入排水が希薄化しているためと考えられます。

そこで、温暖な地域における低濃度の下水処理に適合する技術として、スポンジ（ポリウレタンフォーム）担体をろ材として用いた、高度好気性ろ床（Advanced Trickling Filter）を選定し、BMAが管理する下水処理場にて、実下水を供した性能実証試験

を実施しました。本処理システムは、排水のメタン発酵処理後の処理水の仕上げ処理システムとして開発されたものを、下水の直接処理用に改良したものです。

(1) 排水処理試験装置と性能評価の方法

排水処理試験装置（図1、高度好気性ろ床）は、BMAおよびキングモンクット工科大学トンプリ校の協力を得て、バンコクのThung Khru処理場の建屋内に設置を行いました。排水の流下長を確保するため、高度好気性ろ床は、高さが約2.5 mの反応槽を二基準備しました。反応槽は、一基ごとに塩化ビニル製のカラムを6段積み重ねた構造となっており、ろ材としてスポンジ担体（円柱形、直径及び高さ33 mm）を各カラムに300個（充填高30 cm）充填しました。なお、一基あたりのスポンジ担体の体積は50.47 Lでした（合計100.9 L、充填率0.53）。

大きなごみを取り除くスクリーンを通過した後の実都市排水（合流下水）を排水処理試験装置に連続的に供給しました。排水の装置への供給は上部の散水装置より排水を滴下させ、自然通気により酸素を供給する構造（＝外部曝気動力無し）とし、エネルギー消費の削減を狙いました。

都市下水の連続処理試験は、2012年2月から約1年の期間で行い、前段（一基目）の処理水を後段（二基目）に流入させる直列処理方式で運転しました。運転期間において担体体積当たりの排水滞留時間（処理時間）を4時間、3時間、2時間、1.5時間、1時間と段階的に短縮して有機物や窒素の除去能を評価しました。

（処理時間）を4時間、3時間、2時間、1.5時間、1時間と段階的に短縮して有機物や窒素の除去能を評価しました。

(2) 実証排水試験の結果

表1に処理時間2時間および1時間における排水処理性能を示しました。年間を通じて下水の温度は、平均31℃と高く、流入下水の全BOD（total BOD）は、15～19 mg/Lと低い値でした。高度好気性ろ床は、処理時間1時間においても、全BOD除去率84%、アンモニア性窒素除去率97%、全窒素除去率41%と活性汚泥

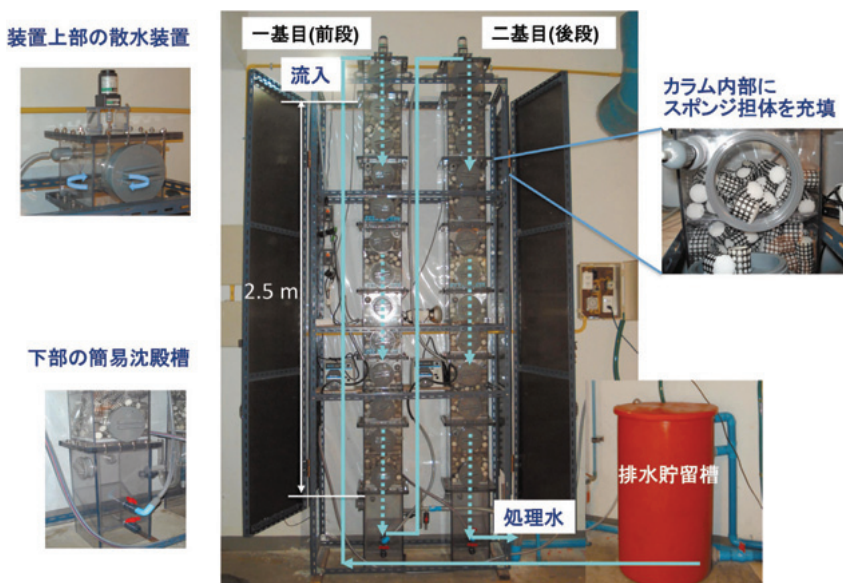


図1 都市排水の実証処理試験装置の概要

表1 高度好気性ろ床による排水処理性能（流入・処理水質）

水質項目	処理時間 2時間			処理時間 1時間		
	流入下水	前段処理水	後段処理水	流入下水	前段処理水	後段処理水
DO	-	4.8	5.6	-	3.5	5.2
SS	33	9	1	30	16	5
全COD	63	36	25	61	36	20
溶解性COD	34	22	17	32	22	16
全BOD	15	3	2	19	6	3
溶解性BOD	6	3	2	9	3	2
全窒素	7.9	6.0	4.9	7.9	5.3	4.7
アンモニア性窒素	6.9	0.1	0.1	7.2	2.0	0.2
硝酸性窒素	-	3.1	2.7	-	2.2	2.6

単位: mg/L

法と同等以上の優れた排水処理性能を示しました。本処理装置における担体の充填率は0.53であり、装置の体積当たりの処理時間は約2時間となり、既存処理施設（処理時間4時間程度）の半分の時間で処理が可能でした（＝設置面積の半減）。また、運転期間を通じて余剰汚泥の発生量は、著しく少ないこと（0.002 kg*TSS/m³程度、[*Total Suspended Solids：総懸濁物質質量]）が分かりました。これは、スポンジ担体には汚泥を高濃度（20～30 gTSS/L）に保持でき、単位汚泥重量当たりの有機物負荷が低く保たれるため、汚泥の自己分解（Autolysis）やスポンジ担体に存在する原生動物や後生動物による捕食が生じたためと推測されました。

図2には、処理時間2時間における装置の排水流下方向での水質変化を示しました。これより、好気性ろ床型排水処理装置では、排水を上部から滴下するだけで、溶存酸素が供給され、それに伴ってBODとアンモニア性窒素の酸化が進行していることが明らかになりました。また、スポンジ担体の汚泥濃度

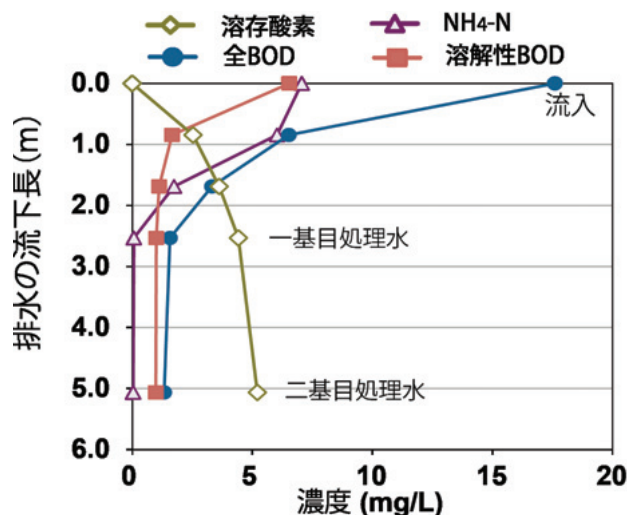


図2 装置流下方向における水質変化

は、前述の通り約20～30 gTSS/Lと活性汚泥法における汚泥濃度の10～15倍に達しており、この優れた汚泥保持能が水質の確保と、余剰汚泥の削減に寄与していることが分かりました。

(3) まとめと今後の展望

高度好気性ろ床での電力消費量は約0.1 kWh/m³（下水収集井より約16 mのポンプアップ）、余剰汚泥発生量は0.002 kgTSS/m³であり、既存活性汚泥法（0.23 kWh/m³、0.018 kgTSS/m³）に対し、電力で56%、汚泥で89%もの削減効果を発揮しました。また汚泥の引き抜き・処理作業が不要なことから、維持管理も容易でした。今後は、本技術の展開先として有望な小規模処理場において、分流下水（高有機物濃度）の処理能力評価を行っていく予定です。

この様な実証試験という研究アプローチを、海外の自治体や研究機関と実施することは、非常に大変ではありますが、現地の方々に技術に対する理解を深め、また共同研究の結果得られた成果を展開していこうというモチベーションを持っていただくきっかけを作ることができる良い方法であると考えています。これからも、現実に起きている水環境問題をしっかりと見据えながら、問題解決に貢献できる研究や技術開発を進めていきたいと考えています。

（しゅつぼ かずあき、地域環境研究センター
地域環境技術システム研究室長）

執筆者プロフィール：

大学助手、民間企業を経て国環研に入所し、10年が経ちました。リアルな水環境問題が、今まさに起こっている東南アジアに展開可能な排水処理技術の開発に励んでいます。



●特集 環境都市研究の先端と未来●

【環境問題基礎知識】

コンパクトシティ

松橋 啓介

コンパクトシティは、集約的な市街地を表す言葉として現在は幅広く使われています。

■コンパクトシティのはじまり

この言葉が初めてはっきりと使われたのは、1974年にダンツィクとサアティが著した『コンパクト・シティ』（日科技連）です。平面的に広がってしまった都市を上下方向に何層も積み重ね、さらに居住者の活動時間をずらすことにより、都市活動の飛躍的な効率化を目指した理想都市です。たとえば、200万人を直径約5.3 kmの巨大都市建造物に集積させることで、土地の占有量と移動にかかるエネルギーを節約することが可能です。今ではもっとも集約的なコンパクトシティの一つに相当します。

この構想は、1961年に世界保健機関が健康的な人間的基本生活要求を満たす条件に掲げた「利便性」、「快適性」、「安全性」、「保健性」の4理念および「持続性」を同時に満たすことを目指した究極的な解の一つとして、その後の都市空間の考え方に大きな影響を与えました。しかし、十分に快適な住環境を立体的に確保できるとしたものの、自然の太陽光や地面に触れる機会が減少することなどが懸念され、高額の初期費用もかかることから、こうした構想がそのままの形で広く普及することはありませんでした。

■コンパクトシティと交通エネルギー消費量

その後、世界各地の都市を対象とした比較分析により、「人口密度が高い都市ではガソリン消費量が少ない」ということを実証的に示した1989年のNewman & Kenworthyによる研究が大きな注目を集めました。この研究の「省エネルギーのためには土地利用の高密度化と公共交通機関の整備誘導が必要」という結論をきっかけに、コンパクトシティとエネルギー消費量の関係について大きな議論が巻き起こりました。

批判的な意見の主なものは、交通エネルギー消費量には、文化的・政治的な背景や都市の規模、都市

内の人口の偏りおよび既存の交通ネットワーク等の多様な要因が関係しており、単純な高密度化がもっとも有効な手段とは言えないというものです。確かに、「クルマ」をステータスシンボルとする考え方や自動車依存型のライフスタイルが変わらない場合、あるいは職場の分散立地や住区デザイン等の土地利用パターンが変わらない場合等には、高密度化や公共交通機関整備を個別に行っても効果的ではありません。

■一極集中型から拠点連携型へ

そこで、より小さい地域に注目し、土地利用と交通とを統合的に計画することの重要性が再認識されるようになりました。具体的には、公共交通機関の整備にあわせて、駅や停留所の徒歩圏に集約的な市街地を形成します。公共交通機関で市街地を相互に連携させ、公共交通機関の利用を前提とする「公共交通指向型開発(TOD: Transit Oriented Development)」が新たなコンパクトシティの姿として浮かび上がってきました。これまでの「一極集中型」のコンパクトシティに対して、「拠点連携型」のコンパクトシティとすることができます。

拠点連携型のコンパクトシティのイメージの一例を図に示します。既存の土地利用を生かしつつ、多様な拠点を形成し、相互に公共交通機関で連携させるイメージです。たとえば、水運で発展した旧市街地(①)、鉄道駅側に発展した新市街地(②)、高速道路につながる環状道路脇に発展した近年の郊外型大型商業施設(③)を都市内交通機関で結び、各々を交通結節点としています。このうち、集客施設が多く立地するいずれかの交通結節点为中心市街地となります。都市内交通機関の停留所の徒歩圏は、日常生活圏となる集約的な住宅市街地を形成し、日常的生活は自動車を利用せずに済ませることが可能です。郊外の農村コミュニティ(④)は、超小型電動モビリティを活用し、遠出をする際には郊外型大

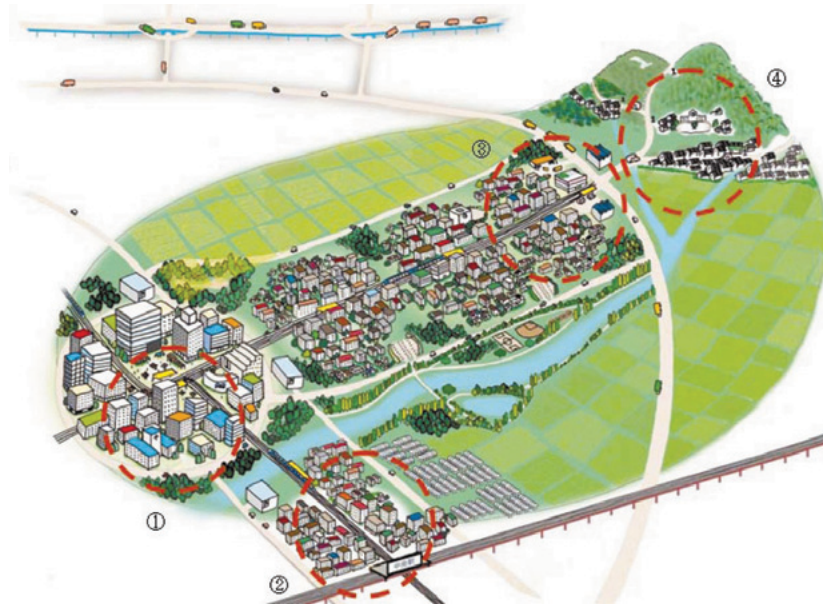


図 拠点連携型のコンパクトシティのイメージ例
時代ごとの輸送手段に応じて発展した①旧市街地、②新市街地および③郊外型大型商業施設および④農村コミュニティといった既存の土地利用を生かしつつ、多様な拠点を形成し、相互に公共交通機関で連携させた。

型商業施設の交通結節点（③）で公共交通機関に乗り換えます。また、集約拠点到都市内農地や自然道を隣接させることで、利便性と快適性の両立が容易になります。

既存の土地利用を基本としつつ、多様な性格を持つ複数の地域が都市内交通機関につながって都市を構成するイメージを示すことで、幅広い規模の都市への適用や段階的な移行の検討に役に立つと考えられます。

■コンパクトシティの実現策

その一方で、コンパクトシティの実現は困難であるとする意見も依然としてあります。1990年代の日本では、地価高騰とガソリン価格低下を背景に、郊外開発とモータリゼーションが急速に進展しました。これに対して、1990年代後半以降、歩いて暮らせるにぎわいのあるまちを取り戻すべく、中心市街地の活性化に向けたさまざまな取り組みが行われていますが、時既に遅く、必ずしもうまく実現できていません。その一方で、市街地集約化のために、強制移転や大規模な建て替えに頼ることは、非現実的な対策です。

今後、人口減少が全国的に進むと予測されています。その際に、先の基本生活要求を満たすためには、どこも同じように人口が減少していくことをただ傍観するのではなく、守り、残す地域を選ぶことが、まちづくりの重要な課題になります。これが、コンパクトシティの実現への第一歩です。

われわれは、これまでの人口分布パターンの推移を基に、人口分布が今後集積する場合と分散する場合のパターンをシミュレーションしました。これらのパターン毎に、先の基本生活要求等を測る代表的な指標値を計算し、相互に比較する研究を進めています。望ましい人口分布を求め、長期的計画に位置付けた上で誘導を図ることを目指しています。

(まつはしけいすけ、社会環境システム研究センター
環境経済・政策研究室長)

執筆者プロフィール：

自宅の電力消費量を記録しています。
2010年度と比べると、2011年度は約80%、
2012年度は約86%の電力消費量でした。
節電とLED導入と洗濯機買い替えが影響
したようです。



●特集 環境都市研究の先端と未来●

【研究ノート】

都市の持続可能な発展に向けた研究の取り組み —資源・エネルギーの有効利用の観点から—

藤井 実

都市は衣食住や交通、教育、医療、娯楽など、様々な製品やサービスを提供してくれるとても便利な空間です。かし、このような都市での便利な生活を持続的に発展させていくには、解決しなければならない様々な問題もあります。その問題の範囲は非常に多岐に渡ると思われますが、ここでは資源やエネルギーの利用に関わる点に絞ってお話します。便利な製品やサービスを使う、あるいは提供するために、これまで我々は資源やエネルギーを大量消費し、それに伴う大気や水質の汚染や温室効果ガスの排出、限りある資源の枯渇や廃棄物の発生などが、解決すべき大きな課題となっています。一朝一夕にどうにかできる話ではありませんが、都市における製品の製造や、電力などのエネルギー供給を含むサービスの提供方法を、これらの問題を生じない環境にやさしい仕組みに、次第に作り変えていくことを考えなくてはなりません。

環境にやさしい仕組みに近づけるには、大きく分けると2つの方法があります。1つ目は利用する資源やエネルギーを、再生可能なものに変えることです。最も身近な再生可能資源・エネルギーは太陽光ですが、一部では地熱や潮汐力なども利用可能です。太陽光を間接的に利用するものとして、風力やバイオマスなどもあります。太陽光を源とする再生可能資源・エネルギーは、一般的に面積当たりのエネルギー量が少ないため、多くのエネルギーを利用しようとする、大掛かりな装置が必要で、広い土地を占有するために新たな環境問題を生じる場合もあり、更に費用も高額になりがちです。これらは克服すべき今後の課題です。

2つ目は、資源やエネルギーを使う際の、無駄をなくしていくことです。無駄のない仕組みにすることは、高額になりがちな再生可能資源・エネルギーの導入を促進する上でも重要です。しかし、無駄を見つけることは一般の方にとっては難しい場合もあ

るかと思えます。そこで、無駄をなくするための幾つかの研究についてご紹介します。

無駄をなくすには、資源やエネルギーの量だけではなく、質を考えることが重要です。質の高いエネルギーには、例えば電気や高温の熱があります。最も質が低いエネルギーの1つは、外気温よりも少しだけ暖かい、あるいは少しだけ温度の低い熱です。暖房や冷房が行われている部屋の空気や、お風呂のお湯などがこれに相当します。質の高いエネルギーであれば、電気で自動車を走らせたり、高温の熱で化学反応を起こして有用な物質を作ったりと、様々なことができます。また、電気ストーブを使って簡単に暖房ができるように、質の高いエネルギーから、質の低いエネルギーに変えることもとても簡単です。しかし、逆は簡単ではありません。質の低い状態になってしまうと、色々な目的に利用することは難しく、もうそれ以上役に立たないエネルギーとなります。

一方、石油や天然ガスなどの化石資源は、上手く利用すれば電気や非常に高温の熱を得ることができるので、質の高い資源です。ガスを燃やして直接お風呂のお湯をわかして、質の低いエネルギーに変えてしまうと、例えば熱が空気などに逃げず、水に効率よく伝わったとしても、エネルギーの質の観点からは大きな無駄が生じていることとなります。この無駄を減らすためには、質の高いエネルギーと質の低いエネルギーの利用を組み合わせることが、1つの解決策になります。例えば化石資源をまず電気を作るために利用し、その際に生じる廃熱を使って暖める仕組みにすれば、お湯を作る際の化石資源の無駄な利用を減らすことができ、効率的です。

実際の事例としては、家庭くらいのサイズでは、燃料電池という発電と熱の供給を同時に行う仕組みが一部で導入され始めています。工場地帯のサイズでは、神奈川県の川崎スチームネットのように、火



図1 デンマーク・カルンボー市内で蒸気・温水を供給する配管

火力発電所で発電する際に得られる熱を、パイプを通して周辺の工場に供給している事例や、韓国の蔚山市のように、高温の熱を利用する工場から、低温の熱を利用する工場へと熱を供給している事例があります。また、都市のサイズでは、デンマークのカルンボー市のように、配管を通して火力発電所から周辺の工場だけでなく、住宅にも熱を供給している事例もあります（図1）。このような国内外の事例を調査し、これらの仕組みが無駄をなくす効果について検討を行い、例えば東日本大震災の被災都市の復興過程において、どのような仕組みを導入するのが環境や経済の観点から効果的であるかについて計画・評価を行っています。

資源の質を活かすという観点では、廃棄物をその質に合わせて利用することも重要です。リサイクル率と呼ばれる、リサイクルに回った廃棄物の割合さえ高ければよいのではなく、廃棄物を高度に利用で

きる仕組みが必要です。廃棄物を燃やす焼却炉は、廃棄物の衛生的な処理には欠かせないものとなっています。焼却炉にはボイラーで熱を回収して蒸気を発生させ、タービンで発電する装置が付いている場合も多く、質の高いエネルギーである電気を作ることが可能です。しかし焼却炉には制約があり、蒸気の温度は300～400℃と、発電用としては低い温度に抑える必要があります。そのため発電量は限定的です。家庭の廃棄物の中でも、もっと高温で燃やせるプラスチックや紙などを、低い温度の蒸気に変えてしまうと、そこには無駄が生じていることになるのです。

廃棄物は発生時にできるだけ分別し、異種の素材や異物の混合の少ない廃棄物は、再び素材にリサイクルして利用することで、その特性を活かせます。また、水分や塩素分などの少ない廃棄物は、工場で化石資源の代わりに利用することで、効率的に利用することができます。現在でも、家庭から出る廃棄物の一部はこのような方法で効率的に利用されていますが、まだまだ不十分です。シミュレーションによると、現在焼却されている廃棄物から、雑多なプラスチックや紙類を分別してリサイクル拠点に集めて前処理を行い、工場等で利用することで、図2左側のグラフに示すように、一人当たり年間で80 kg程度のCO₂を削減できることが推定されました。分別率を高めれば、最大で100 kg程度まで削減可能です。また、リサイクルは人口密度の高い地域ほど効率的に行えますが、図2右側のグラフに示すように、人口密度（廃棄物の発生量）に合わせた適切な空間規模にリサイクル拠点を建設すれば、それほど人口

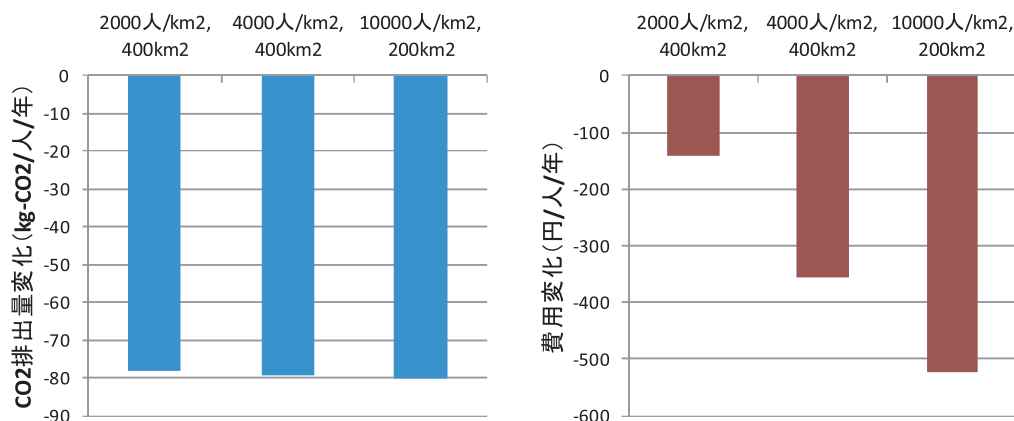


図2 焼却されている混合プラスチック・紙類をリサイクルすることによる変化
 グラフの横軸は可住地人口密度の違いで、リサイクル拠点の規模（収集面積）は人口密度に適した値を設定。縦軸は左のグラフがCO₂排出量の変化、右のグラフが費用の変化。

●特集 環境都市研究の先端と未来●

密度の高い地域でなくても、費用も削減され得ることも推定されました。

このように再生可能資源の利用と、無駄をなくす仕組みの導入により、都市の持続可能な発展に資することが可能になります。

(ふじい みのる、社会環境システム研究センター
環境都市システム研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

我が家には0歳と2歳の子供達がいる、研究だけでなく子育ても楽しい今日この頃ですが、子供達の将来のためにも、持続可能で環境にやさしい都市の仕組み作りに貢献したいと思います。



【シリーズ重点研究プログラムの紹介：「循環型社会研究プログラム」から】

地域での資源循環システム・デザイン：5つの方向性

田崎 智宏

平成23年度から5年間の計画で、「地域特性を活かした資源循環システムの構築」と題した研究プロジェクトを実施しています。資源の有効利用を図った循環型社会を築きあげるためには、国際的なレベルで資源利用についての社会変革が求められる一方で、私達の足下であるローカルなレベルでも取組を進め、地域での資源循環システムを構築することが必要となるためです。

地域資源循環システムの方向性

しかしながら、地域の資源循環システムを構築するという事は容易いことではありません。いくつかの理由があると思いますが、例えば、グローバル化がもたらす負の問題を懸念し、その反動として、短絡的に地域に着目しがちなためです。グローバル化の良し悪しはさておき、グローバル化が優位になる理由を意識せずに地域の取組を検討したのでは、これだけグローバル化した社会経済のなかで、地域のシステムを存続させることには至らないでしょう。また、「地域活性化」といった耳に聞こえのよい言葉が一人歩きしやすいことも一因になっていると思われます。そこで、我々のプロジェクトでは、このような目指すべき地域のコンセプトや方向性を精査し、きちんと整理することから研究をスタートさせました。その結果を表1にまとめます。①は合

理的思考に基づいて、既存のシステムや産業・技術を駆使し、地域における資源利用効率を高めていくというものです。生ごみや使用済み携帯電話など、個別の循環資源をどのようにリサイクルしていくかという論点も含まれますが、それぞれに回収・リサイクルシステムを構築しては非効率になりがちなので、性状が類似しているものは一括して処理しようという研究も含まれます。ただし、これは経済成長

表1 今後の地域資源循環システムの方向性

キーワードと目標	システムの方向性
① 統合化 資源利用効率の最大化	産業・技術連携
	既存システム活用
	循環資源の一括処理
② 地域資源 持続可能な範囲での利用効率最大化	地域資源の持続的有効活用
③ 地域活性 人的資源・社会関係資本の最大活用	地域雇用効果最大化
	地域への人の繋がり・ソーシャルキャピタル活用
④ 時間最適化 人口減少への対応	社会変化に適合するシステムの戦略的遷移
⑤ クリーン・サイクル 汚染・被害防止の確保	有用物・有害物の統合的管理

を志向してきた効率性重視の考え方を転換したものではありません。効率性に加えて、持続可能性の視点が必要です。これが②の方向性です。また、人の考えとは不思議なもので、必ずしも客観的・合理的とはいえません。ある人にとって合理的なことが、他の人にとっては非合理的なことすらあります。そのような世の中に資源循環システムというものを組み込んでいくためには、システム学的な視点だけでなく、人々に着目したアプローチを加えなければなりません。平たく言えば、人々を活かす、人と人とのつながり・連携を活かすという③の視点です。さらに、日本では人口が高齢化・減少していくという課題にも着目しています。そのような社会において、いかに資源循環のシステムを運営して、必要な変化を遂げていくかという④の視点も大切です。また、モノには資源という側面と有害性という側面の両方をもつものがあり、そのようなモノの扱いにも注意が必要で⑤の方向性も重要と考えられます。以下では、これらのうち、①と④の研究を紹介します。

地域特性の把握と解析

地域における資源利用効率の最大化を図るためには、地域のニーズや特性に合致した形で地域循環システムを構築する研究が求められます。そのために

本研究プロジェクトでは、金属資源、バイオマス資源に着目し、それらの地域特性は「地域特性プロフィール」としてデータの整備を進めています(図1上)。人口や産業構成といった一般地域プロフィールや、循環資源の排出量、処理量といった物質フロープロフィール、リサイクル品の需要プロフィール、資源化施設の立地などといった技術プロフィールなどから構成されるデータセットであり、これらのデータをシステム設計に使いやすいように指標化したうえで、循環資源の需給バランスがとれない地域や、どのような広域連携で需給バランスの改善が図られるかの検討をしています(図1下)。

人口減少に対応した地域循環システムの設計・転換

また、人口減少下におけるリサイクル・廃棄物処理システムの設計・転換の問題もとりあげています。約10年前と比較すると、ごみ焼却施設の稼働率はすでに10%程度低下しています。今後の人口減少により、ごみ量の減少が予想されるため、それに合わせて廃棄物処理施設の容量を適切に減少させることが求められるようになるでしょう。一方、さらなるリサイクルが進展することによっても、処理しなければならないごみ量の減少ももたらされます。そうすると、地域での資源循環を進めつつも、同時並行してごみ処理施設の調整も図らなければなりません。

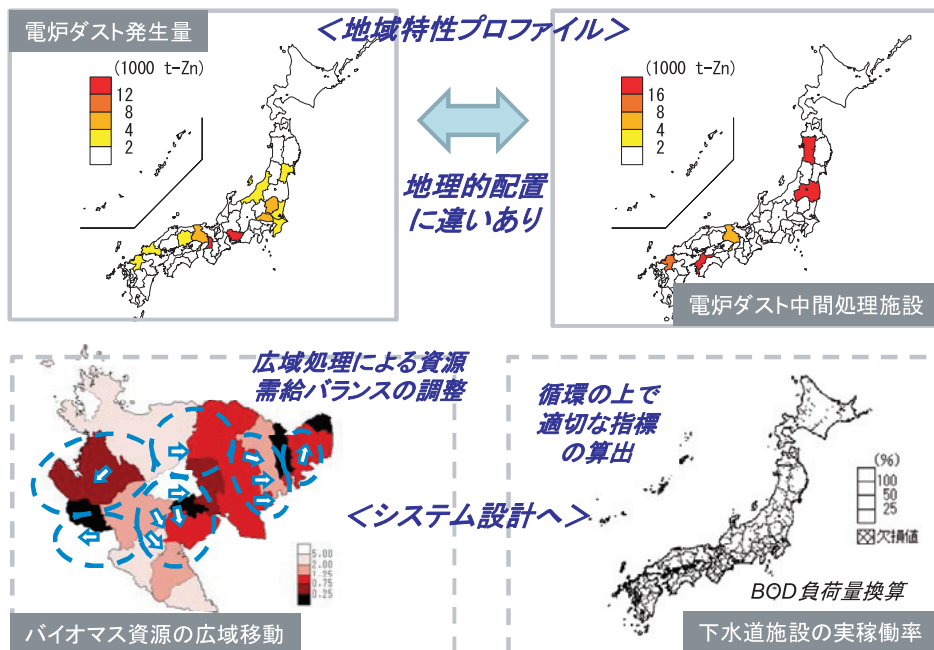


図1 地域特性の差異とシステム設計に向けた指標化・見える化・需給解析

●特集 環境都市研究の先端と未来●

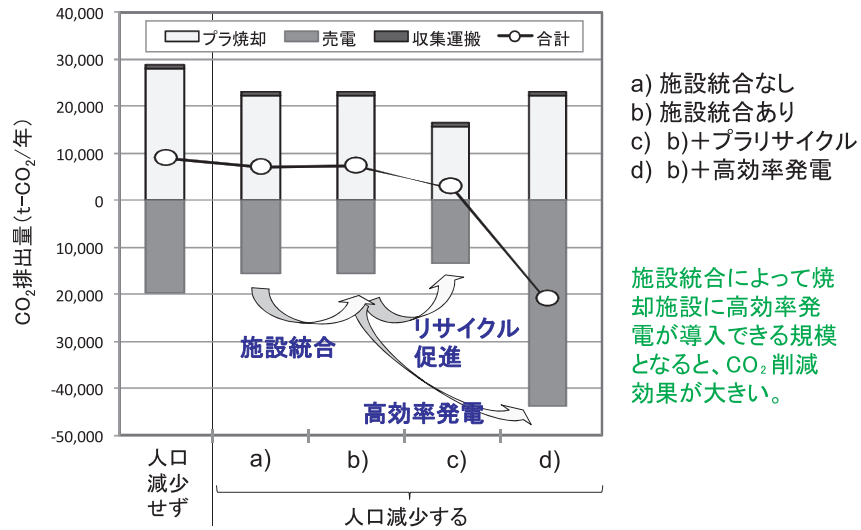


図2 人口減少下におけるごみ焼却施設の統合 (20万人と10万人の地方都市で共同処理する場合)

ん。そこで、ごみ焼却処理施設を統合・共同利用したり、さらにプラスチックリサイクル等を進展させる場合に、どれだけコストや温室効果ガスの排出が削減できるのか、そして、リサイクルに費やしてもよい費用は最大どの程度なのかを明らかにする研究を行いました。図2はそのCO₂排出削減効果を示したもので、施設統合だけではCO₂排出はほとんど削減できないものの費用削減効果があり、さらにプラスチックのリサイクルを進展させたり高効率発電を導入することで、CO₂排出削減効果が得られるようになること、プラスチックリサイクルを進展させる場合にはそのコストパフォーマンスを6.2万円/t以下にすべきことなどを明らかにすることができました。

今後の展望

本研究プロジェクトでは、地域における人的資源・社会関係資本の最大活用も目指しており、地域におけるソーシャルキャピタルの計測・解析を行う研究なども実施しているところです。これまでの資源循環研究はモノに主眼をあてることが多かったのですが、モノを扱うヒトにも着目した研究アプローチが展開されるようになって考えています。特に、地域循環の研究においては、そのような研究展開が期待されていると感じます。

(たさきともひろ、資源循環・廃棄物研究センター 循環型社会システム研究室長)

執筆者プロフィール：

思慮なき行動はつまらない結果をもたらす一方で、行動なき考察は社会から目をそむけてしまっています。環境研究は、ますます行動・実践が求められているように感じます。



【行事報告】

国立環境研究所 公開シンポジウム2013

「国境のない地球環境～移動する大気・生物・水・資源～」開催報告
国立環境研究所セミナー委員会

国立環境研究所では、環境研究の最新の成果を皆様にお伝えする活動の一環として毎年6月の環境月間に合わせて公開シンポジウムを開催しています。本年は、6月14日（金）メルパルクホール（東京都港区）にて、また6月21日（金）にはシルクホール（京都市）において、公開シンポジウム2013「国境のない地球環境～移動する大気・生物・水・資源～」を開催いたしました。東京会場では644名、京都会場では234名の方々にそれぞれお越しいただきました。

国立環境研究所は地球規模の環境問題を解決すべく、観測、モデル化、予測・評価など、対策に資する調査研究を進めてきました。今回の公開シンポジウムでは、地球規模の環境問題をとりあげ、最近の研究成果を報告いたしました。講演、ポスターセッションともにご来場いただいた皆様と活発で有意義な意見交換を行うことができましたことを心より御礼申し上げますとともに、皆様からいただいた貴重なご意見は、今後の研究活動に役立ててまいりたいと思っております。



【講演の部】

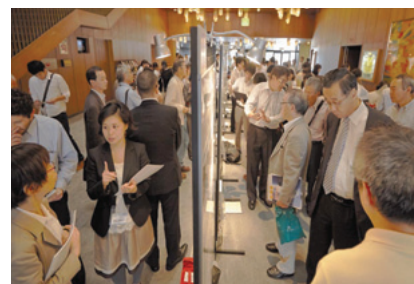
当研究所の調査・研究の進捗状況や得られた成果を中心に、以下の5件の講演を行いました。

- 講演1 「人工衛星 GOSAT 『いぶき』 から見た地球大気の大気二酸化炭素とメタンの変動とその要因の推定」
横田達也（地球環境研究センター）
- 講演2 「地球をめぐる大気中物質 ～風に乗って大気汚染や気候変動をもたらすもの～」
菅田誠治（地域環境研究センター）
- 講演3 「世界を渡るアリ～グローバル化と外来種問題～」
五箇公一（生物・生態系環境研究センター）
- 講演4 「水でつながる日本と世界～私たちの暮らしと世界の水問題～」
花崎直太（社会環境システム研究センター）
- 講演5 「国際サプライチェーンを通じた環境負荷の発生と資源消費」
南齊規介（物質循環・廃棄物研究センター）



【ポスターセッション】

講演の前後にポスターセッションの時間を設けました。当研究所の東日本大震災後、精力的に進めている災害環境研究や活動を始め、その他の環境研究の最新の成果を19枚のパネルで展示し、研究担当者にご参加の皆様にご説明しました。また講演後のポスターセッションでは、講演者が発表内容の一部を展示したパネルの前に立ち、ご質問にお答えしました。



講演やポスターセッションの発表資料やビデオ映像については、当研究所のホームページにおいて公開していますので是非ご活用ください。

<http://www.nies.go.jp/event/sympo/2013/>

また、要旨集は 国立環境研究所研究報告R-209-2013 として刊行しております。

<http://www.nies.go.jp/kanko/kenkyu/setsumei/r-209-2013>

【行事報告】

国立環境研究所「夏の大公開」開催報告

一般公開実行委員会事務局

7月20日（土）、国立環境研究所は「夏の大公開」を開催しました。本イベントは、多くの方々に環境問題・環境についての研究に関心を持っていただくため、毎年開催しているものです。当日は天候にも恵まれ、昨年を上回る**4,440名**もの方々に足を運んでいただきました。

今年の夏の大公開のメインテーマは「来て、見て、納得、あなたもエコ博士」と題し、環境問題や環境研究について子どもから大人まで多くの方にわかりやすく、さらに身近な課題として興味を持ってもらえるような内容としました。当日は地球温暖化、ゴミ・リサイクル、大気や水の汚染、化学物質による健康影響など、様々な分野の研究者たちが環境問題の「なぜ？」にお答えするとともに、来場者の皆様には、普段はご覧いただけない施設の公開、講演会の開催、展示、体験コーナーなどの多様な企画により、研究所の職員・研究者がどんなことをしているのか、環境問題の科学的、技術的な側面についてご理解いただけたかと思えます。

“地球温暖化問題”をテーマにした「ココが知りたい生パネル、どーなってるの地球温暖化！」では、パネルディスカッション方式で参加者と研究者が温暖化に関する数々の疑問について討論しました。また、環境資料の凍結保存を行っている液体窒素を活用した体験や、東京湾の生物の展示、低公害車の排気ガス測定実験室の公開、研究所構内の生物を発見する散策ツアーなど数多くの展示や催し物を実施しました。また、「国立環境研究所 絵画コンテスト」の応募作品の展示や入選作品の表彰式をおこないました。（次の記事を参照）

開催に当たり環境配慮の観点から、公共交通機関での来所を今年もチラシやポスター、ホームページにおいて呼びかけました。具体的には、(1) TXつくば駅からの無料循環バスの運行（産業技術総合研究所との共同運行）(2) JRひたち野うしく駅からの無料シャトルバスの運行を昨年度に引き続き行いました。

研究所としては、「夏の大公開」を、環境問題に関心を持っていただくとともに、研究成果をよりわかりやすく広くお伝えできる好機と考えております。今後とも、当研究所の研究成果を普及・還元することに努めてまいります。

ようこそ国立環境研究所へ



液体窒素にチャレンジ！



その水、流して大丈夫かな？

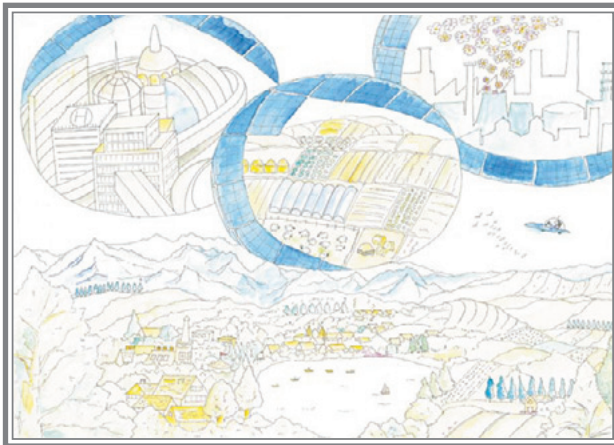
第2回「国立環境研究所 絵画コンテスト」開催

絵画コンテストは、次代を担う若い世代に環境問題や環境研究への関心と理解を深めてもらうことを目的として、全国の中学生を対象に開催しました。今回のテーマは「大人になった自分の生活と環境」と題して、大人になった時の自分の生活やとりまく環境の姿に関する絵画を募集したところ、198点の作品の応募がありました。多数のご応募をいただき誠にありがとうございました。

応募作品の審査は、全作品を掲示し当研究所の職員がおこないました。作品はどれも力作揃いで入選作品の決定には大変苦勞しました。最終的に最優秀賞1点、優秀賞2点、各研究センター賞8点、計11作品が入賞となりました。入賞作品については、国立環境研究所ホームページでご覧いただけます。

(<http://www.nies.go.jp/event/contest/2013/result.html>)

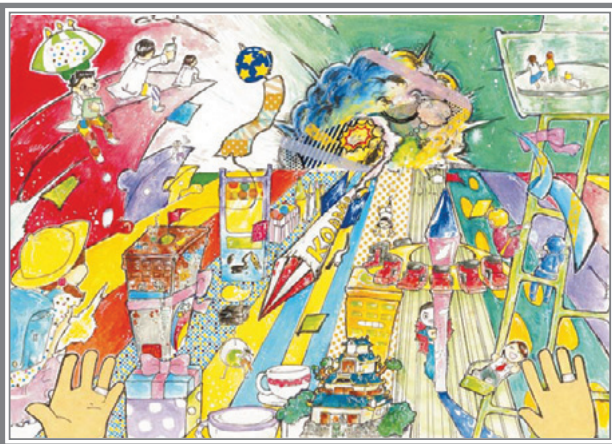
最優秀賞：「世界地図から国境が消える日」



〈作品の紹介文〉

地球環境を守るために、工場や大規模農場、都市は居住区とは異なる宇宙空間に作る。人々は、それぞれの空間を一人乗りのコンパクトな乗物で自由に行き来できる。宇宙空間での太陽光発電は、エネルギー密度が高く、効率よく利用される。これらの地球規模の壮大なプロジェクトを完成させるために、人々は国の枠を越えて協力しなければならなかった。そこで、『国』という概念がなくなり、世界地図から国境が消える。

優秀賞：「エンジニア キッズ」



〈作品の紹介文〉

この絵は、子供達がそれぞれ未来の夢に向かって活動し、街を使い、実験するという内容です。最近子供がデザイナーや、自分の会社を立ち上げたり、仕事をもって働く所を見かけるので、近い将来子供が社会で活躍する場が増えるのではないかと考えました。下にある二つの手は、私達誰かしらは結婚して、この情景を見ているであろうと思い描きました。これから生まれる子供達にも夢をもって自分の道を進んでもらいたいと思います。

優秀賞：「天の川が見える東京」



〈作品の紹介文〉

「天の川が見える東京」をテーマとし、将来空気がきれいになり緑がたくさん生えることを願って描きました。また、日本の文化である神社を残しつつ、様々なビルが建っている未来を描きました。私は以前、天の川は空気がきれいな場所しか見ることができないと聞きました。なので、東京のような都会でも見られるような環境で住みやすい場所になってほしいと思い、この絵を描きました。

「平成24年度における独立行政法人国立環境研究所の役職員の報酬・給与等について」の公表について（お知らせ）

独立行政法人国立環境研究所の役職員の報酬・給与等については、平成14年10月18日に特殊法人等改革推進本部において、独立行政法人の役員の報酬等及び職員の給与の水準を公表する旨決定され、これにより毎年6月末に前年度の役職員の報酬・給与等について公表することとなっております。このたび、平成24年度分を取りまとめましたので、その概要をお知らせします。

○国家公務員及び他の独立行政法人との給与水準（年額）の比較

1. 事務・技術職員	
対国家公務員（行政職（一））との比較	100.7
対他法人（事務・技術職員）との比較	94.4
地域を勘案した対国家公務員（行政職（一））との比較*	101.0
地域・学歴を勘案した対国家公務員（行政職（一））との比較*	100.8

2. 研究職員	
対国家公務員（研究職）との比較	102.8
対他法人（研究職員）との比較	102.7
地域を勘案した対国家公務員（研究職）との比較*	102.8
地域・学歴を勘案した対国家公務員（研究職）との比較*	102.0

注：当法人の年齢別人員構成をウエイトに用い、当法人の給与を国の給与水準（「対他法人」においては、すべての独立行政法人を一つの法人とみなした場合の給与水準）に置き換えた場合の給与水準を100として、法人が現に支給している給与費から算出される指数をいい、人事院において算出。

※「地域を勘案した対国家公務員との比較」とは、当法人が支給する地域手当の支給率と同じ支給率の適用を受ける国家公務員との比較であり、「地域・学歴を勘案した対国家公務員との比較」とは、地域を勘案し、かつ、学歴別人員構成をウエイトに用いた場合の比較である。

なお、詳細はホームページに掲載しております。

<http://www.nies.go.jp/kihon/housyu/index.html>

新刊紹介

国立環境研究所年報 平成24年度 A-38-2013 (<http://www.nies.go.jp/kanko/nenpo/>)

年報は、第3期中期計画2年目にあたる平成24年度の活動状況がとりまとめられています。

環境研究の柱となる8つの研究分野の概要に続き、課題対応型の研究プログラム、環境研究の基盤整備、各研究分野の個別研究課題、及び放射性物質・災害環境研究について、それぞれの目的、並びに平成24年度の活動内容と成果がとりまとめられています。

さらに、環境情報の収集・提供業務活動の概要、研究施設・設備の状況、研究成果の一覧、その他研究所の活動の全体像を知る上で役に立つ様々な資料が掲載されています。 (編集委員会委員長 竹中明夫)

環境儀No.49「東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか」 (<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/>)

2011年3月11日に起こった東日本大震災は、東北地方を中心に極めて大きな災害をもたらしました。地震動と津波ががれきなどの大量の災害廃棄物を生み出し、有害物質が大気をはじめ、河川や海洋、土壌へも流出して環境を汚染しました。さらに東京電力福島第一原子力発電所の事故による大量の放射性物質が放出し、過去に経験のない深刻な環境汚染問題を引き起こし、広範囲にわたってさまざまな影響を与えています。

国立環境研究所は、東日本大震災の直後から、環境面における大震災からの復興に向けて研究活動を始めました。環境面での復興とは、社会と自然を健全な形に作り直すこと、すなわち、広い意味での地域環境の創造です。そのためには被災地の地域環境の正確な実態の把握と災害の影響評価、さらに、安全で安心な社会の創造が求められることになります。廃棄物の処理に取り組んできた研究者、環境中の物質の動きをおいけてきた研究者、社会や経済の仕組みを専門とする研究者など、さまざまな分野の研究者が、これまでの蓄積を生かしながら、未経験の分野の課題に取り組んでいます。

環境儀第49号では、国立環境研究所の「災害と環境に関する研究」を中心とした活動について紹介します。

(環境儀No.49ワーキンググループリーダー 竹中明夫)

環境報告書2013 E-7-2013 (<http://www.nies.go.jp/kankyokanri/ereport/>)

2005年4月に施行された「環境情報の提供の促進等による特定事業者等の環境に配慮した事業活動の促進に関する法律」は、独立行政法人等の特定事業者が、その事業活動における環境への負荷の低減、その他の環境の保全に関する活動、環境への負荷を生じさせ、または生じさせる原因となる活動の状況について、事業年度ごとに環境報告書を作成し、公表することを義務付けています。

本報告書は、2012年度における国立環境研究所及びその職員が取り組んだ環境負荷低減等の活動状況を取りまとめたものです。“環境コミュニケーション”の重要な手段の一つである環境報告書をより多くの方に読んでいただけるよう、本報告書は環境負荷低減等の活動状況の説明だけでなく、環境問題を研究している研究者によるコラムなど、読み物として楽しんでいただけるような構成になっています。是非ご一読いただき、忌憚のないご意見をお寄せ下さるようお願いいたします。

(「環境報告書2013」編集事務局 松崎裕司)

表彰

受賞者氏名：小林拓朗

受賞年月日：2013年6月10日

賞の名称：平成24年度建設工学研究奨励賞（一般財団法人建設工学研究振興会）

受賞対象：微細藻類を充填したフォトバイオリアクターによるバイオガス中の二酸化炭素固定能の評価

受賞者からひとこと：本賞は科学研究費補助金「フォトリアクターを利用したCO₂・H₂Sフリーのバイオメタン精製プロセスの開発」に関連して実施している研究活動に対する表彰であります。本研究は、有機性廃棄物の発酵資源化における残渣の処理プロセスに創エネルギーの機能を持たせることを意図した技術開発に関する研究です。有機性廃棄物の発酵ガス燃料化（メタン、水素）において派生する二酸化炭素や硫化水素といった環境負荷ガスを、微細藻類を充填したフォトバイオリアクターを組み込んだプロセスを通過させることで吸収・固定し、燃料ガスの品質向上と液体燃料生産を行うと同時に、溶媒には発酵脱離液を用いて、窒素・リン等栄養塩の除去を同時に達成します。今回、溶媒を流下させるガス吸収塔とガスを吸収した溶媒を藻類によって再生・循環するシステムを構築し、バイオガス中の二酸化炭素と発酵脱離液中の窒素を99%除去できる性能を実証しました。今回の受賞を励みにして、微力ながら本研究のさらなる発展に尽力していきたいと考えております。

受賞者氏名：水谷千亜紀

受賞年月日：2013年6月29日

賞の名称：2013年度地理空間学会奨励賞（地理空間学会）

受賞対象：Construction of an analytical framework for polygon-based land use transition analyses (Computers, Environment and Urban Systems, 36(3), 270-280, 2012)

Quantitative versus qualitative geospatial data in spatial modelling and decision making (Journal of Geographic Information System, 4(3), 237-241, 2012)

Analytical framework for polygon-based land use change (SIGSPATIAL Special 3(3), 15-20, 2011)

受賞者からひとこと：この度、上記3本の論文に対して、地理空間学会奨励賞を頂きました。この研究は、博士論文の内容であり、土地利用の遷移過程を分析する際、用途だけではなく、土地利用の形状にも着目した分析手法を提案しました。これにより市街地の発展段階と形状の関係性を示唆しました。今回の受賞を励みに、より一層土地利用の遷移過程に対する理解を深め、地域環境研究に取り組んで参りたいと思います。

編集後記

つくばの暑さはどういう暑さだろう？4月につくばに異動してきて5か月が経ち、初体験のつくばの暑さを堪能した？7、8月でした（ちなみにつくばに来る前は神戸在住でした）。想像していたよりは暑くはないかな？と感じつつも、やはり、夏、毎日厳しい暑さでした。その暑さの中、研究所の一般公開が7月20日に行われました。大変多くの皆様に御来所いただき、盛況な一般公開でした。私もスタッフの一員として多くの方々とお話しさせていただく機会を得ることができました。なかで

も、もっとも印象的だったのは、小学生や小学生未満と思われることもさん達が目をかがやかせて、説明を聞いて下さっている姿でした。その姿に接することを通し、自らの日々の生活や研究活動に対する新たな刺激をいただくことができました。この一般公開から得た経験を今後の研究業務の推進に活かしてまいりたいと決意を新たにしました次第です。少し涼しくなってきたとはいえまだまだ残暑厳しい折、みなさん、こまめに水分補給をし、熱中症にかからぬよう注意し、夏の余韻を満喫しましょう。(MA.)

国立環境研究所ニュース Vol.32 No.3（平成25年8月発行）

編集 国立環境研究所 ニュース編集小委員会

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16番2

TEL：029-850-2343（環境情報部情報企画室）

E-mail：pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/news/>

無断転載を禁じます

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可
 本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。