環境システム委員会
環境システム研究レビュー小委員会
報告書

2019.10

土木学会　環境システム委員会
環境システム研究レビュー小委員会

目　　次

1.　はじめに 3
1.1　環境システム研究レビュー小委員会の立ち上げ 3
1.2　過去の関連委員会の活動について 3
1.3　本レビューの目的と位置づけ 3
2.　論文レビューと体系化の手順 4
2.1　レビュー対象 4
2.2　レビュー方法及び役割分担 4
2.3　スケジュール 6
3.　レビュー結果 7
3.1　大気・熱環境 7
3.2　上下水道・水循環 8
3.3　自然生態 9
3.4　地球環境・温暖化 10
3.5　環境政策・環境理念 11
3.6　都市インフラ・エネルギー・物質循環 13
3.7　環境経済 15
3.8　住民意識 17
3.9　環境リスク、その他 18
3.10　提案型論文 19
4.　テキストマイニング 20
4.1 分野全体の keyword の俯瞰 20
4.2 分野別・分野共通の keyword の俯瞰 21
4.3 トレンド解析 23
4.4 分野間の近接性の可視化 27
4.5 代表的・特異的論文の抽出 28
4.6 持続可能な開発目標(SDGs: Sustainable Development Goals)への対応 29
5.　体系化に向けた考察 31
5.1　分担からの報告 31
1)　荒巻俊也氏 31
2)　田畑智博氏 32
3)　藤山淳史氏 33
5.2　考察・議論 35
1)　（前提としての）環境システム委員会の成り立ち 35
2)　境界の拡大（対象分野の拡がりと横断） 35
3) 境界の拡大に伴う発散と多用な実社会の要請に応える収れん 36
4)　トップダウン的思考とボトムアップ的思想 37
5)　他の議論 38
6.　謝辞 40

1.　はじめに

1.1　環境システム研究レビュー小委員会の立ち上げ

2018 年より、以下の①～③を目的に環境システム研究レビュー小委員会を立ち上げた。

①過去の環境システム研究論文発表会での発表論文レビューによる、研究の体系化を試みる。
②環境システム研究に対する論点整理、今後の研究展望について議論し、提案する。
③委員相互の研究内容の共有をはかり、できれば外部資金獲得のためのグループ化を促進する。

本報告書は、目的①の活動をまとめたものである。

1.2　過去の関連委員会の活動について

1)　1999.11～2001.3　自己評価小委員会（委員長：二渡　了）
　　2001.12～2004.3　記念出版小委員会（委員長：二渡　了）

アンケート調査を含む委員会活動の自己評価，環境システム研究のレビュー，論点整理を行い，結果を論文報告した。さらに継続の記念出版委員会で出版企画を進め、2004 年 2 月に開催された第 17 回環境システムシンポジウム「環境システム研究の歩みとフロンティア」のテキストとして成果が取りまとめられた。

委員会報告として、「委員会活動の自己評価と環境システム研究の論点　土木学会環境システム委員会自己評価小委員会，土木学会論文集 No.685/VII-20, 1-15, 2001.8」がある。

2)　2004～　環境システム学の体系化に関する研究小委員会（委員長：松岡　譲）

クローズドワークショップ（2004 年 12 月 17 日～18 日@京都大学三才学林）の開催、及び第 32 会環境システム研究論文発表会企画セッション（2004 年 10 月 30 日＠東洋大学白山キャンパス）、第 19 回環境システムシンポジウム「環境システム学教育のすすめ」（2005 年 3 月 7 日＠土木学会講堂）の活動を通して、委員会報告として「環境システム学、その深化と広がり，土木学会論文集, No.797/VII-36, 1-10, 2005.8」をまとめた。

1.3　本レビューの目的と位置づけ

過去の経緯より、2000 年度以降の発表論文（A 論文）を対象にレビューを行うこととした。さらに、過去のレビューとの連続性を考慮し、第 17 回環境システムシンポジウム「環境システム研究の歩みとフロンティア」の目次構成を参考に論文レビューを行うこととした。

2.　論文レビューと体系化の手順

2.1　レビュー対象

2000 年（第 28 回）から 2017 年（第 45 回）の査読付論文（A 論文）914 編を対象にした。各年度毎のレビュー対象論文数を図-2.1 に示す。年間の平均は 51 編であった。

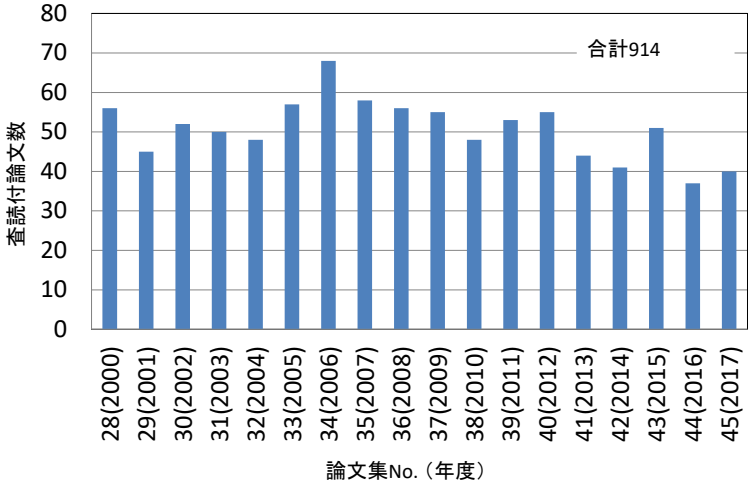


図-2.1　レビュー対象論文数の推移

2.2　レビュー方法及び役割分担

論文をレビューするにあたり、第 17 回環境システムシンポジウム「環境システム研究の歩みとフロンティア」の目次構成参考に、図-2.2 のように 9 分野に分類し、対象論文をまとめた（但し、複数の分野に該当するものもあるので、合計数は 914 編と異なる）。特に、2011 年の東日本大震災前後で傾向が異なる可能性があることから、2010 年以前と 2011 年以降の二つのグループ分けを行った。

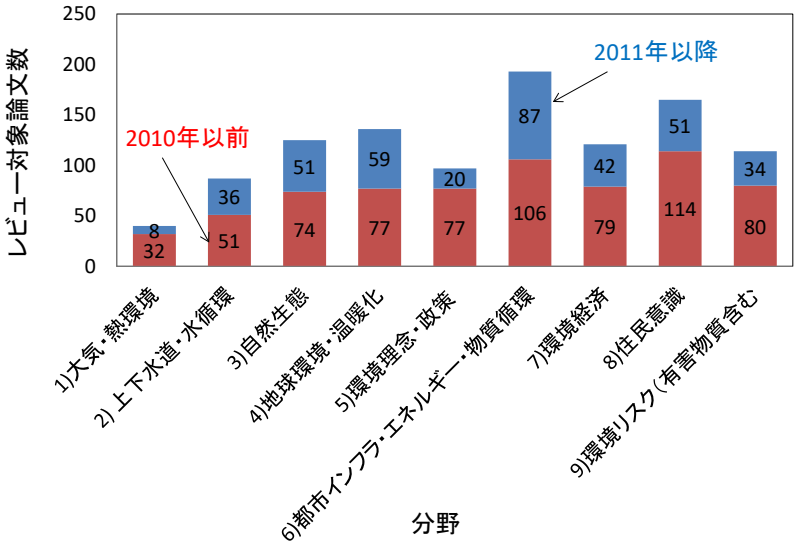


図-2.2　分野別論文数

総数では、6)都市インフラ・エネルギー・物質循環、8)住民意識、4)地球環境・温暖化に関する論文が比較的多かった。2010 年以前と 2011 年以降の傾向を比較するために年間当たりの論文数に整理したものを図-2.3 に示す。2011 年東日本大震災以降で顕著に論文が増えた分野は 6)都市インフラ・エネルギー・物質循環の分野であり、5)環境理念・政策と 8)住民意の分野が減少傾向にあった。

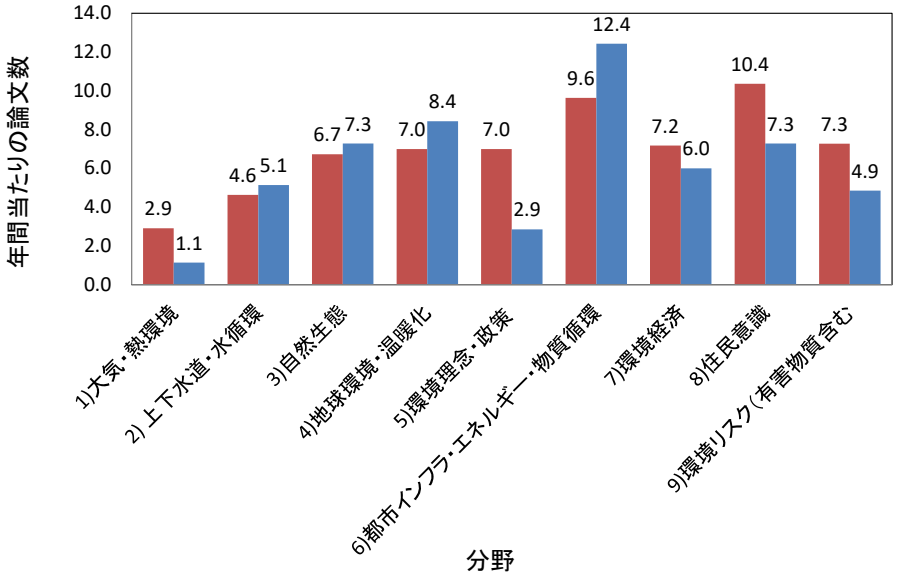


図-2.3　年間当たりの分野別論文数

論文レビュー方法は、以下のように行った。

①テイストマイニング　（大阪大学　松井孝典氏）

タイトル、要旨、キーワード部分をテキストデータに変換し、テキストマイニングを行い全体の傾向を解析する。

②論文レビュー（担当は表-2.1）

論文の要旨レベルでレビューを行い、必要に応じて内容をレビューすることとした。

③全体意見集約

小委員会時に、表-2.1 に示すシニア委員も加えたメンバーで意見交換を行った。

表-2.1　レビューの研究分類と担当（敬称略）

分野	2017 年担当 ○リーダー	シニア委員
1)大気・熱環境	○井原 智彦、東海林孝幸	藤田　壮 松本　亨 吉田　登 鈴木　武 鬮巻　峰夫 顧問より 森口　祐一 片谷　教孝
2) 上下水道・水循環	○荒井康裕、尾崎平	
3) 自然生態	○齊藤修、河口洋一	
4) 地球環境・温暖化	○本下昌晴、白川博章	
5) 環境理念・政策	○荒巻俊也、五味馨	
6) 都市インフラ エネルギー・物質循環	○谷川 寛樹、藤井実、藤山淳史、 松橋啓介、石井一英	
7) 環境経済	○田畑智博、後藤尚弘	
8) 住民意識	○馬場健司	
9) 環境リスク・その他	○石井一英	

2.3　スケジュール

以下のスケジュールで作業を行った。

2017 年 12 月　担当論文の決定

2018 年　5 月　各担当の報告書提出

2018 年 10 月　第一次とりまとめ案報告

2019 年　3 月　取りまとめ終了

2019 年 10 月　緩急発表会にて発表、報告書完成

3.　レビュー結果

各分担が作成したレビューのレポートに基づき、「2000～2017 の研究内容」、「成果」、「課題」の共通フレームとしてまとめなおしたものを示す。同時にテキストマイニングの解析結果を示した（方法は 4 章を参照）。

3.1　大気・熱環境

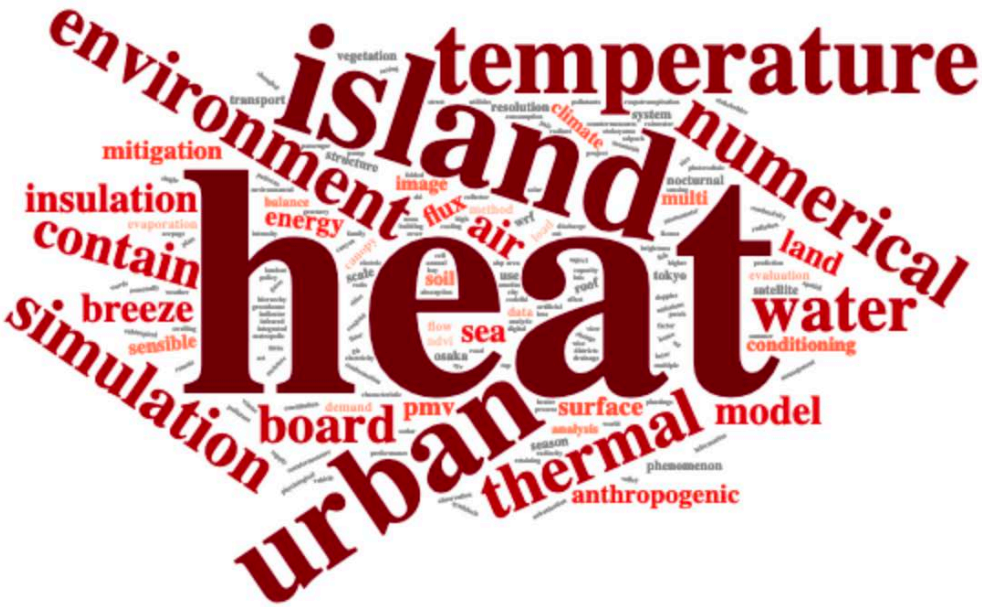


表-3.1　大気・熱環境のレビュー結果

2000～2017 の研究内容	○高分解能衛星画像等を利用した土地利用推定法および熱環境評価への適用 ○気象観測によるヒートアイランド現象の把握及び暑熱環境緩和効果 ○数値モデルを利用した都市気候（都市熱環境）研究 ○数値モデルを用いた影響評価に関する研究 ○実測による対策（緑化、保水性材料、高反射率塗料）の導入効果分析 ○数値モデルを用いた対策の導入効果分析（冷房エネルギー削減） ○対策導入の意思決定
成果	・細かな都市街区空間の気象を計算すべく都市キャノピー気象モデルが開発され、気象メソスケールモデルに組み込まれることで、都市特有のヒートアイランドなどの気象が再現されるようになった。 ・2000年代は気温上昇の影響として特に冷房エネルギー需要が着目されたため、これを解決すべく、緑化、高反射率塗料、保水性材料といった対策が開発され、実測を通じて効果が評価された。 ・上記の気象モデルを用いて、これらの対策の気温低下効果が評価された。さらにビルエネルギーモデルが開発され、都市キャノピーモデルに組み込まれることで、冷房需要削減効果が評価された。
課題	・夏季の冷房需要のみならず、通年でのエネルギー需要変化、またエネルギー以外の人間健康や生態系への影響の評価 ・さまざまな影響を考慮した、対策の導入効果 ・個別対策の実測研究の、数値モデルを用いた対策評価研究への反映 ・暑熱環境に配慮した都市計画を行う際の簡易環境評価・予測ツールの開発と社会への提供 ・研究対象を国内のみならず国外のメガシティーへ広げる ・意思決定に関する研究など、具体的な対策導入に際しての社会実装の仕組みの研究

3.2　上下水道・水循環

表-3.2　上下水道・水循環のレビュー結果

2000～2017の研究内容	○上水道に関する研究56編、下水道5編、水循環（水利用）11編 モノ（インフラ系の問題に対する取り組み）→ 「管路」：費用や便益の定量化に関する研究と ネットワークの機能診断・構造評価に関する研究 「漏水」：漏水量・漏水箇所の推定に関する研究と漏水対策に関する研究 「Society5.0」の関連キーワード（IoT/ビッグデータ/AI（人工知能））がこの分野のすべてに該当する。今後の研究展開に期待。 システムの課題解決→ 「施設整備」：水道整備プロジェクトの評価に関する研究 「運用面の向上」：自動監視装置の場所と個数の決定、送配水ポンプ電力使用量の最小化 ヒト（ユーザーの視点）→ 「水需要」「利用者」
成果	・LCAは多くの分野で実践的な研究が進められているのに対し、上水道分野では今後本格化する余地が残されている（緒についたばかりの段階）と言える。LCAに関する他分野との「つながり」や「広がり」（他分野の知見を組み入れる必要性）は十分にあると考えられる。 ・「水道」というと「水質」を連想する分野であるが、単に「水質」を扱う研究（室内実験の分析等）はほとんどなく、このことは「現実社会との連携」を目指している結果と考える。 ・D3分冊「土木計画」（社会資本マネジメント、公共政策等を扱う研究分野）で展開される費用・便益の評価が、「環境システム」分野における1つの対象として水道の管路更新に特化して数多く適用されていることから、「個別に、深く、時宜を得て」実践されている様子が認められる。 ・「人口減少」の下でのインフラ整備のあり方を議論する点は、他の先進国が今後、人口減少の局面を迎える際の重要な示唆を与え得る。
課題	・「GIS」の適用が研究アプローチの1つの特徴であった点から、「見える化」「可視化」に関する技術の重要性や、研究成果を分かり易く伝えるテクニックが、今後の課題として一層大きくなるように感じる。

3.3　自然生態

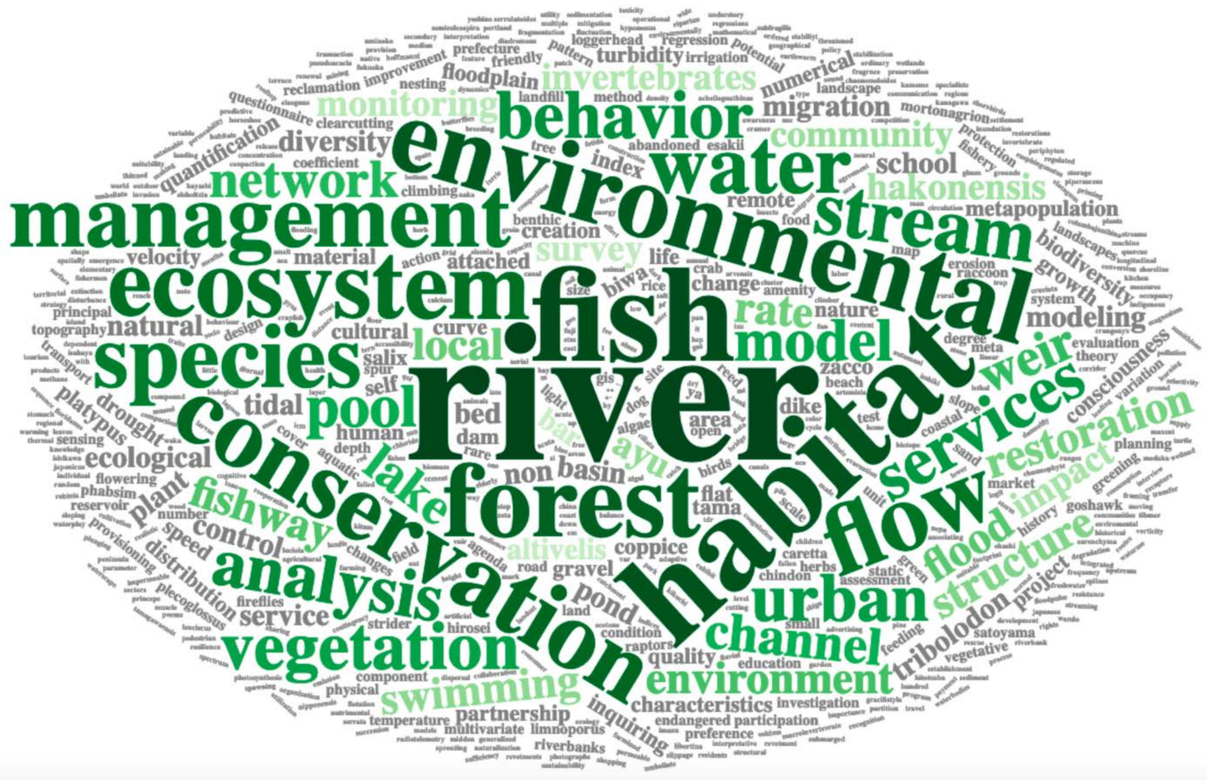
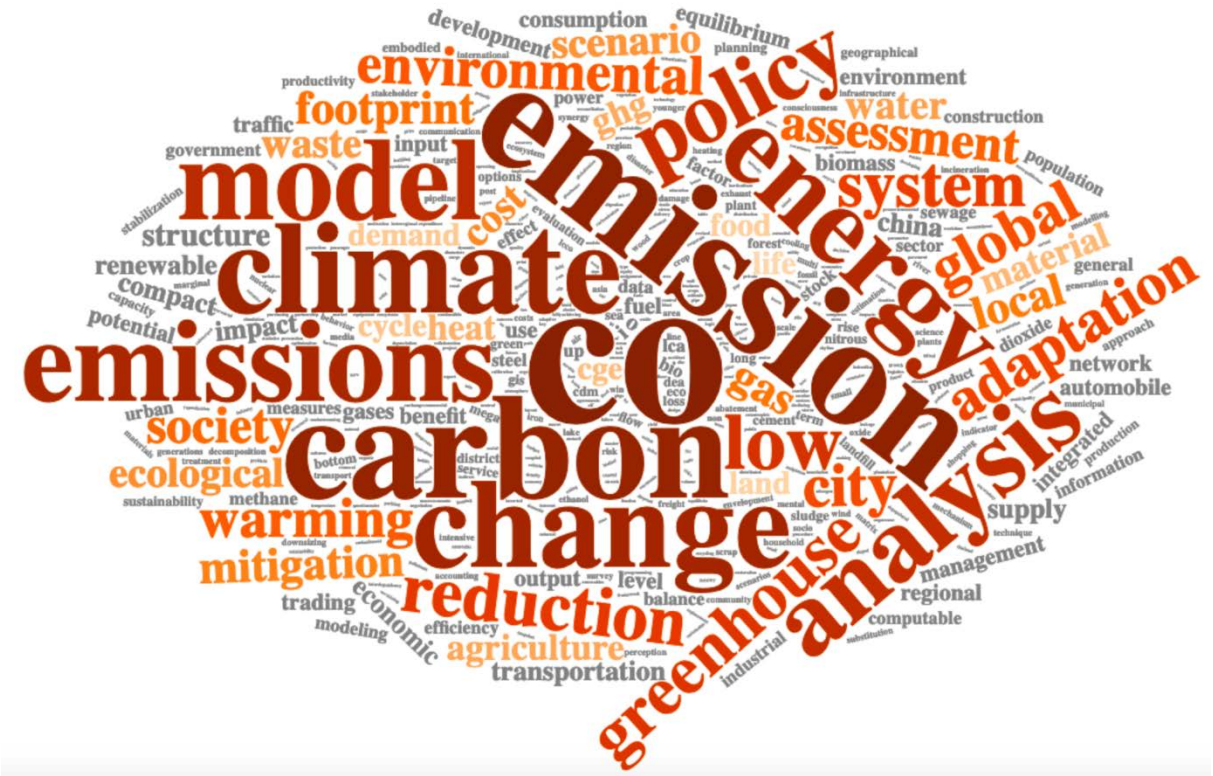


表-3.3　自然生態のレビュー結果

2000～2017の研究内容	生態系のタイプ別：陸水生態系が多く、次いで都市生態系、森林生態系、農地生態系 動植物の類型別：植物が多く、次いで魚類・両生類、昆虫、鳥類 空間スケール：公園・調査区・サイトスケールが多く、次いで流域集水域、市町村、都道府県 研究アプローチ：生物に関する環境要因の分析、生物群集・個体群調査が多く、次いで空間情報分析 自然と人との関係性：人と自然の相互関係（100編, 57%）、人から自然への影響（14編, 8%）、自然から人への影響（3編, 2%）、人との関わり無し（59編, 34%）
成果	・生物多様性及び生態系サービスに関する政府間プラットフォーム（IPBES）への貢献 ・生物多様性条約の第10回締約国会議（COP10）での里山・里海がもたらす生態系サービスの重要性やその経済および人間開発への寄与について、科学的な信頼性を持ち、かつ政策的な意義のある情報を提供 ・サステイナビリティ学への展開
課題	(a) 先住民及び地域住民の知識体系の科学的評価及びガバナンスの組み込み (b) 生態系サービスの経済評価に基づく管理・政策介入支援 (c) 生態系サービスをめぐるシナジーとトレードオフの評価とそれに基づく管理の方法の確立（生態系サービスの受益負担構造の科学的評価とそれに基づく管理の仕組みの提示） (d) 生物多様性に関する将来シナリオとモデリングによる中長期変化の予測 (e) 異なる生態系タイプ地域での長期的・広域的なモニタリングの継続 (f) 国境を超えたサプライチェーンでビジネス展開している企業による取組み強化とパートナーシップ強化（サプライチェーンなどを通じた生態系や生物多様性に対する基準づくりと、基準づくりのための技術開発を含む） (g) 研究成果による政策立案支援と多様なステークホルダーとの協調・協働

3.4　地球環境・温暖化


emissions
co
carbon
climate
model
change
energy
policy
analysis
reduction
greenhouse
environmental
footprint
assessment
system
global
adaptation
local
material
water
waste
scenario
consumption
equilibrium
development
environment
construction
population
biomass
sewage
china
sector
food
demand
cost
structure
renewable
compact
potential
impact
cycle
heat
use
steel
cge
gas
low
city
land
society
ecological
warming
mitigation
trading
economic
modeling
efficiency
agriculture
transportation
output
level
balance
industrial
computable
regional
management
supply
integrated
information
network
automobile
dioxide
nitrous
measures
gases
benefit
methane
sustainability
urban
bottom
district
service
ghg
traffic
government
input
stabilization
capacity
marginal
general
approach
product
production
indicator
technique
substitution
perception
accounting
community
modelling
municipal
generation
decomposition
generations
mining
downsizing
intensive
survey
scrap
freight
household
sludge
wind
socio
development
mental
ethanol
cement
fuel
data
sea
asia
area
rise
long
now
lake
risk
gis
cdm
eco
loss
bio
dea
ica
up
green
media
costs
post
target
pipeline
options
factor
plant
exhaust
damage
heating
region
synergy
power
younger
consciousness
infrastructure
planning
geographical
embodied
international
productivity
stakeholder
communication
ecosystem
pollution
disaster
crop
forest
life
stock
fossil
abatement
cement
term
landfill
dispose
indicator
municipal
approach
product
production
technique
substitution
perception
accounting
community
modelling

3.5　環境政策・環境理念

water
analysis
management
model
system
evaluation
environment
development
policy
energy
building
regional
public
sustainable
valuation
treatment
consciousness
assessment
questionnaire
project
benefit
footprint
structure
economic
planning
community
urban
consensus
watershed
service
education
reduction
sustainability
local
basin
river
network
information
supply
demand
quality
stakeholder
method
government
agricultural
carbon
approach
conflict
resources
emission
indicator
social
conservation
climate
partnership
adaptation
cost
use
criteria
process
game
ecological
industrial
waste
change
value
survey
scenario
committee
rural
city
land
society
water
multi
data
life
co
eco
non
low
decision
yellow
conjoint
efficiency
resource
power
output
disposal
satisfaction
revitalization
recreation
waterfront
geographic
population
prefecture
decomposition
greenhouse
global
input
charge
disaster
heat
risk
theory
mongolia
tokyo
ecosystem
contingent
productivity
renewable
recycling
investment
movable
dependent
science
spatial
developing
replacement
knowledge
material
stress
report
general
green
balance
citizen
compact
index
person
table
plant
wind
pay
gas
air
on
aged
cvm
scge
time
site
cds
history
agenda
media
words
covariance
house
location
chemical
preference
infrastructure
stabilization
recognition
unutilized
marketing
distribution
maintenance
residents
willingness
involvement
strategy
generation
systems
consumption
agriculture
engineering
pasturehand
resident
fertilizer
adaptation
participation
utilization
improvement
assistance
construction
initiative
services
impact
private
hierarchical
landscape
activity
factors
formation
behavior
path
option
firms
forest
sewage
price
graph
yodo
cycle
china
coalition
group
area
inter
fertilizer
shortage
disclosure
equilibrium
island
function
table
book
level
plant
wind
pay
gas
lake
aged
cvm
scge
time
site
cds
history
agenda
media
words
covariance
house
location
chemical
preference
tokyo
ecosystem
contingent
productivity
renewable
recycling
investment
movable
dependent
science
spatial
developing
replacement
knowledge
material
stress
report
general
green
balance
citizen
compact
index
person
table
plant
wind
pay
gas
air
on

表-3.6　環境政策・環境理念のレビュー結果（2）

2000～2017の研究内容	第1期：2000年（第28巻）～2005年（第33巻）、第2期：2006年（第34巻～2011年（第39巻）、第3期：2012年（第40巻）～2017年（第45巻）に分けて述べていく。 ・第1期で特徴的な点をいくつか述べると、合意形成やコンフリクトマネジメント、地域住民との協働に焦点を当てた研究が増えてきている。1990年代からライフサイクルアセスメントが広く利用されるようになり、フットプリントや誘発環境負荷といった考え方を対象とした論文、途上国における水問題を対象としたもの、中国を対象として、水や食料など資源の問題を議論した論文が見られた。 ・第2期では、合意形成を主題としたものでは、関係者の意識の分析と連携した研究が増えてきている。流域圏といった地域の環境問題に対するシステム分析的な研究についても、経済学的な手法との連携や意思決定にまでつながるような統合的な仕組みの構築といった研究が行われた。事業者の環境や持続可能性への配慮が強く求められるともに、人口の減少とインフラの維持管理が話題になってきたことから、これらの事項に関する政策研究も増えている。 ・第3期では、東日本大震災（2011年）により壊滅的な被害を受けた地域の再構築をきっかけに、都市や地域の構築や再構築に対して統合的な分析を行う事例が増えた。
成果	・2000年以降は環境理念について新たな考え方を提供するというよりは、これまで議論されてきたことをシステム分析の枠組みの中に位置づけ、実社会の状況の変化に伴ってその目標や枠組みを新たにした環境政策研究が進められてきたといえる。 ・さらに、経済学的や心理学などの分析手法などとの連携した政策評価に関する研究や、合意形成にむけた研究も多く進められたといえる。
課題	・ビックデータ、テキストマイニング、ナレッジマネジメントなどの情報技術の利用や、それによる人々の生活や行動の変化も踏まえた政策研究などはまだ少ない状況である。 ・2015年に合意された持続可能な開発目標（SDGs）がさまざまなところで国際的な行動目標として使われるようになってきていることから、SDGsを意識した政策研究なども今後の課題となるであろう。

3.6　都市インフラ・エネルギー・物質循環

表-3.7　都市インフラ・エネルギー・物質循環のレビュー結果（1）

2000～2017の研究内容	・低炭素と資源循環に関わる研究テーマが中心的に取り扱われている。 ・低炭素：省エネルギー技術のみが採り上げられるケースよりも、低炭素と森林管理、低炭素と資源循環など、低炭素を視野に入れたマテリアルの有効利用や持続的利用、適性管理に関わるような研究事例が多い。また、気候変動問題では1つの節目となる2050年といった将来時点を対象に、社会シナリオを描く研究も複数存在する。 ・資源循環：個別リサイクル法を対象とする研究が多数発表されている。エコタウン事業の成果を定量化する研究が複数行われている。ライフサイクル評価のためのデータベースを拡充するものとして、社会資本のインベントリデータを作成した研究がある。 ・研究手法：マテリアルフロー分析、投入産出分析、ライフサイクル分析、地理情報システムを活用した分析など、基礎となる手法を研究対象に適合するように修正したり、組み合わせたりして利用されており、手法の高度化が行われてきている。
成果	・今日的な課題に対して解決策が示され、その効果が定量的に評価されている研究が多い。社会に対して効果的なソリューションを提示し続けてきたことは、環境システム研究における大きな成果であると考えられる。 ・総じて、ものやエネルギーの空間配置を含むフローの分析と、それらを転換するプロセスの分析、加えてこれらに関連する経済的要素や法制度等を組み合わせて研究が行われているケースが多い。都市インフラ・エネルギー・物質循環の分野における研究手法が確立されてきたことを示していると考えられる。
課題	・国内を対象とした研究が大多数である。国際的な位置づけを明確にすることなどの課題が挙げられる。 ・研究の水平展開や一般化という観点での研究の充実が望まれる。 ・都市の適応策についての研究はまだ例が少なく、今後の課題であると思われる。 ・計画の評価を行っているケースは多いが、結果を用いて対策の社会実装に至っているケースは限定的である。

表-3.8　都市インフラ・エネルギー・物質循環のレビュー結果（2）

2000～2017の研究内容	・主なキーワード 廃棄物発生量予測、複数自治体による広域化処理シナリオ解析、廃棄物の輸送問題の最適化、一般廃棄物行政評価、焼却、各種リサイクル（容器包装プラスチック、古紙、家電リサイクル、自動車リサイクル）、有機物資源の循環利用、建設廃棄物、エコタウン、埋立、災害廃棄物、地域エネルギー、施設間連携、集約処理 ・特に有機物資源の循環利用に関する研究論文が多い。生ごみや食品廃棄物を扱った論文が11編、木質系のバイオマスを扱った論文が10編、家畜ふん尿関連が6編、下水汚泥が4編、バイオエタノール3編、堆肥化3編、炭素、窒素、リン等のMFA関連が7編、バイオトイレが2編、有機物資源全般を扱う論文が3編あった。 ・国際的な（中国、ベトナム、インドネシア、アジア全体、世界を対象）研究も目立ってきた。 ・社会的な視点として、廃棄物減量行動や分別行動要因の解析に関する研究もあった。
成果	・2000年以降、地域の有機物資源の物質フロー、変換プロセスに関する研究フレームが確立され、そのフレームに、コストや地域経済への影響など便益評価、あるいは温室効果ガス削減量の評価が加わるなど研究発展が見られた。 ・複数の自治体による廃棄物処理を行う広域化については、施設の最適配備、輸送最適化といった問題の定式化がなされた。 ・特に東日本大震災以降、災害廃棄物に関する研究、地域エネルギーに関する研究が増大。 ・さらに人口減、財政難時代での環境関係のインフラ整備という観点から、集約処理、既存施設との連携に関する研究提案が増えている。 ・アジア地域、世界全体での物質フロー解析に関する質の高い研究が評価されよう。
課題	・社会実装後のシステムを対象とした評価に関する研究が乏しい。上述したがエコタウンの研究は、実際に動いているエコタウン事業の評価であり、他のバイオマス利活用や廃棄物の広域処理の評価も必要であろう。 ・地域特性に応じてその地域にあったシステムを創出するという姿勢は大事であるが、それを国レベルでの政策や予算確保といった点でどのようにつなげて行くのかが課題であろう。

3.7　環境経済

environmental
waste
analysis
model
management
system
reduction
recycling
cost
emission
energy
evaluation
assessment
economic
material
household
municipal
treatment
regional
environment
method
accounting
government
sustainability
computable
emissions
biomass
solid
benefit
footprint
town
recycle
policy
valuation
output
table
plastic
gas
life
plant
expenditure
carbon
food
land
local
society
generation
ecological
resource
wastes
water
survey
input
questionnaire
value
greenhouse
general
production
development
industrial
sewage
equilibrium
cycle
change
climate
contingent
recovery
incineration
programming
consumption
transportation
balance
load
area
flow
eco
conjoint
integrated
disposal
social
preference
participation
sustainable
oriented
function
residue
efficiency
consumer
community
prefecture
expenditure
vehicle
urban
embodied
economy
quality
permit
scale
data
end
final
level
bio
law
gis
city
fuel
heat
power
saving
indicator
information
warming
residents
factor
product
support
effect
equation
trade
network
nitrogen
mitigation
consumers
multiple
modeling
simulation
renewable
project
dynamic
decision
trading
scenario
agriculture
stock
health
region
total
steel
applied
wide
chinese
business
tokyo
prefecture
community
travel
organic
green
chain
multi
linear
mixed
dioxide
impact
domestic
resources
symbiosis
education
structural
collaboration
circulation
workshop
performance
technology
structure
kitchen
traffic
sludge
agricultural
kawasaki
population
behavior
urbanization
planning
problem
electricity
photovoltaic
recreational
conservation
infrastructure
consumption
equation
trade
wide
factor
effect
demand
saving
power
heat
fuel
city
indicator
information
warming
residents
ecological
product
support
wastes
resource
generation
society
local
carbon
food
land
table
plastic
gas
life
plant
expenditure
policy
valuation
output
community
prefecture
consumer
efficiency
feasibility
establishing
resources
symbiosis
domestic
dioxide
impact
sludge
method
treatment
regional
education
structural
collaboration
circulation
workshop
performance
technology
sustainability
computable
municipal
traffic
kitchen
government
structure
revitalization
accounting
agricultural
kawasaki
emissions
environment
economic
household
material
system
biomass
town
recycle
population
behavior
footprint
benefit
solid
green
chain
multi
linear
organic

表-3.10　環境経済のレビュー結果（2）

2000～2017の研究内容	・循環型社会：最も多いのは家庭ごみ有料化の効果分析である。他には、家庭ごみの発生構造とその減量化の可能性に関する分析 ・地球温暖化：政府や地方自治体を対象とした社会面、経済面を考慮した将来シナリオ分析が実施、森林生態系や自然災害の影響評価についても実施 ・都市計画：都市交通や経済成長をキーワードとして、環境影響との関係性を明らかにしようとする研究、特に中国などアジアをターゲットとした研究報告が多い。 ・水環境・生態系：河川や湖沼の環境整備に伴う経済価値と市民負担を計測するため、仮想評価法(CVM)、費用対効果、応用一般均衡分析などの経済学的アプローチを利用 ・政策・ライフスタイル：持続可能性の評価や環境面の総合評価の実施を目的とし、家庭・都市・国家を対象として評価の枠組みを開発する試み ・エネルギー：将来の電力供給ビジョンをにらんだ研究報告など
成果	環境経済分野で用いられるアプローチは大きく3種類に大別することができる。 (1)CVMや旅行費用法のような一般市民を対象としたアンケートをもとに森林や干潟などの経済価値や被害額を推計するアプローチ。 (2)産業連関表をベースに、一般均衡分析、AIMモデルを利用して施策の実施が環境・社会・経済に及ぼす影響をシミュレーションするアプローチ (3)施策の実施効果を、費用対効果分析により明らかにするアプローチ。 ・また、LCAや物質フロー分析を組み合わせることで、環境、経済、社会の各側面を包括的に分析できる枠組みを開発しているのも特徴である。
課題	・地球温暖化に関する研究報告は多くなされているが、その多くは緩和策が中心である。今後は地域別での適応策の実施効果を詳細に分析する研究が多くなることが予想される。 ・あるべき将来像やライフスタイルを提示し、社会をそのように導いていくためのロードマップを示すことも環境システム研究の役割であると考えられる。 ・他分野横断型で、防災・減災対策はこうあるべきというのを環境システム委員会として示せるとよいかもしれない。

3.8　住民意識

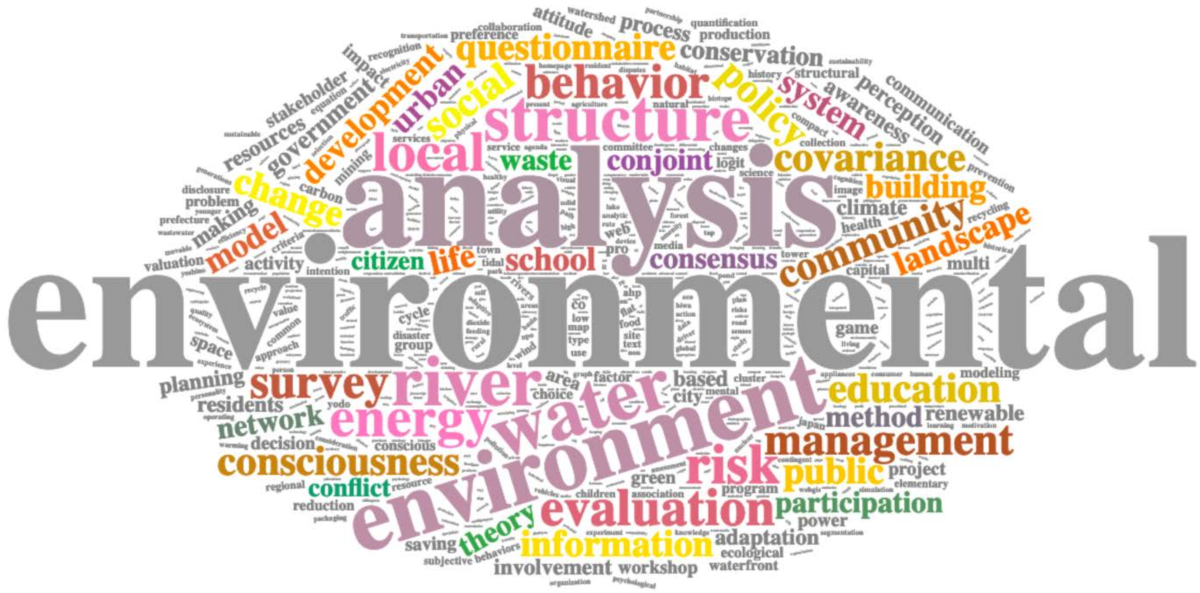


表-3.11　住民意識のレビュー結果

2000～2017の研究内容	・環境配慮行動33編、環境教育17編、河川環境16編、生活環境12編、流域管理11編、エネルギー10編、自然生態系8編、景観7編、交通5編、水質・水資源5編、廃棄物4編、防災・減災4編、NPO/NGO 4編、環境経営4編、地球環境3編の他に、環境問題全般6編 ・環境配慮行動：政策な情報提示をすれば環境に配慮した行動を住民がとるようになるのか、ということに主眼を置いたものであり、基本的には質問紙調査(アンケート調査)データを用いた統計的分析である ・環境教育：適用分野は自然生態系が多く、環境問題全般、エネルギー、流域管理等と様々 ・エネルギー：東日本大震災以降には、電源構成に対する選好、省エネの可能性、などこれまでの視点と異なっていることが指摘される。 ・自然生態系：基本的に特定のフィールドにおける事例研究がメイン ・防災・減災：住民意識からみたこの分野野研究が大幅に増えたということはない。
成果	・分野によってその濃淡はあるものの、環境配慮行動を中心として、非常に多種多様な分野において住民意識を取り扱うようになってきていることが分かる。 ・コンジョイント等の環境マーケティング的な分析手法やAHP等のソフトなOR手法は当初より存在し、現在でもある程度用いられている。さらに、2005年前後より社会心理学やソーシャルキャピタル論、政治学(政策過程論)等の関連分野の知見を明示的に採り入れて共分散構造分析等を行ったり、調査分析手法そのものも取り入れたりするものが増えている。 ・テキストマイニングについても、現在も人工知能学会等の成果を取り入れて進化している。 ・最も多用される質問紙調査については、当初は郵送調査しか他に方法がなかったものの、特定のフィールドでの事例研究を除いては、2008年前後よりインターネット上のウェブ調査が手軽に利用されるようになってきている。
課題	・国際化については必ずしも進んでいない。 ・本委員会の将来を展望する際に不可欠と考えられるのが、環境経営分野の活性化ではないだろうか。 ・行政職員の参加と発表についても懸案といえる。

3.9　環境リスク、その他

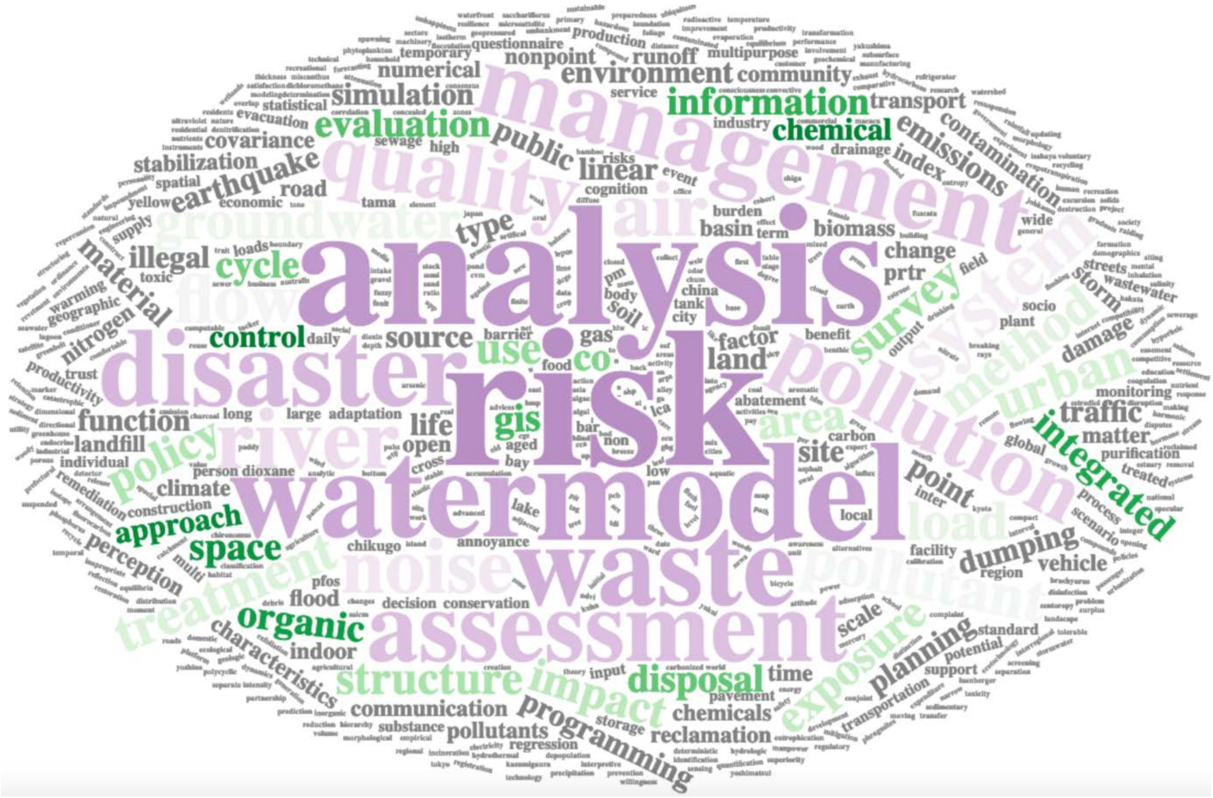


表-3.12　環境リスク、その他のレビュー結果

2000～2017の研究内容	・流域管理33編、化学物質管理18編、防災・減災17編、大気環境9編、環境負荷推計7編、交通騒音5編、生態系4編、リスクコミュニケーション4編、地球温暖化3編、その他14編であった ・流域管理：、LCA手法も含む複数のモデル及び複数の評価軸を統合的に評価する試みが増加。流域の有機物排出量を視点に、廃棄物分野と下水分野の複数分野を統括評価。 ・化学物質管理：化学物質全般を扱う包括的な研究と個別の化学物質を扱う研究に大別される。包括的な研究：PRTR、化学物質のスクリーニング、個別の化学物質を扱う研究：ダイオキシン類、、水銀、ジクロロメタン、1,4-ジオキサン、ホルムアルデヒド ・防災・減災：高齢者の避難、災害時を考慮した地域計画 ・大気汚染：自動車排ガスによる大気汚染に関する研究が主であったが、2010年以降はPM2.5の研究への推移が見られた。 ・環境負荷推計：LCAの考え方が導入され、より包括的、統合的な研究による評価 ・交通騒音：騒音対策の効果分析 ・リスクコミュニケーション：風力発電に対する住民アンケート、高レベル放射性廃棄物
成果	・他の学会でも取り扱っているモデルに対して、環境システムでは、どのような政策に反映させるのかといった社会実装との接点部分の研究において、貢献してきたと考える。 ・別々に扱われることが多かった複数分野を横断的に俯瞰して、共通の考え方でモデル化し、分野間の関係性や強弱の違いなどを数値的に考察するという研究スタイルを確立。 ・防災・減災の分野は比較的新しい分野であると認識する。
課題	・国あるいは地方公共団体が政策や施策を考えるためのツールとして普及が望まれる。さらに、自然共生社会とのつながりの中で、生態系を評価する枠組みに関する研究が求められよう。 ・福祉・健康分野、教育分野に留まらず、幅広い分野を横断的に俯瞰する環境システム研究が期待される。 ・南海トラフ巨大地震に対して、防災・減災対策を行う場合の社会費用と便益の関係や、一方、毎年のように起こる水害等に対する防災・減災に、今後環境システムがどのように貢献するのかが課題であろう。

3.10　提案型論文

提案型論文数を図-3.1 に、分野別の内訳について図-3.2 に示す。論文数はばらつきがあるが、2015 年以降の提案型論文が無いのが課題であろう。分野については、大気・熱環境に関する提案型論文が見られないのが課題であるが、6)都市インフラ・エネルギー・物質循環、4)地球環境・温暖化、5)環境理念・政策、8)住民意識に関する論文が比較的多い傾向にある。

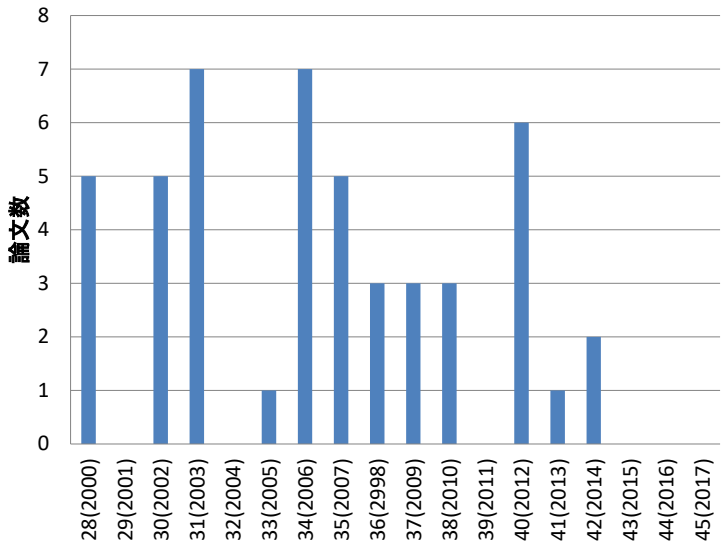


図-3.1　提案型論文数の推移

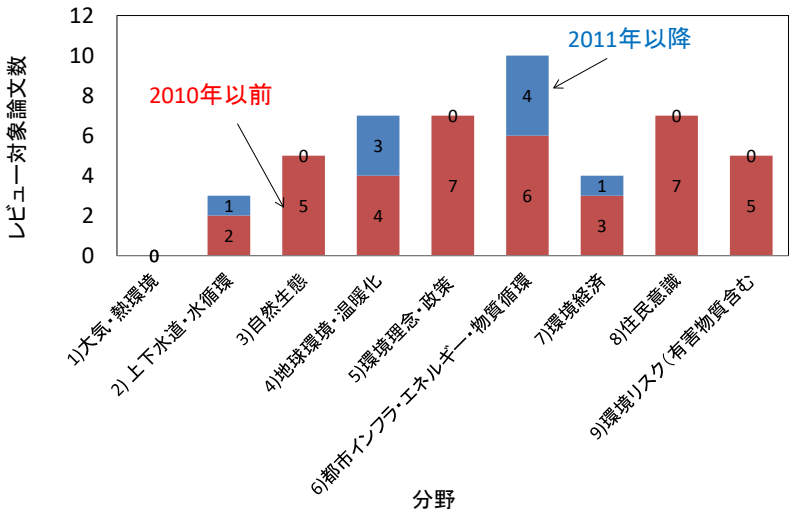


図-3.2　提案型論文の分野内訳

4.　テキストマイニング

4.1 分野全体の keyword の俯瞰

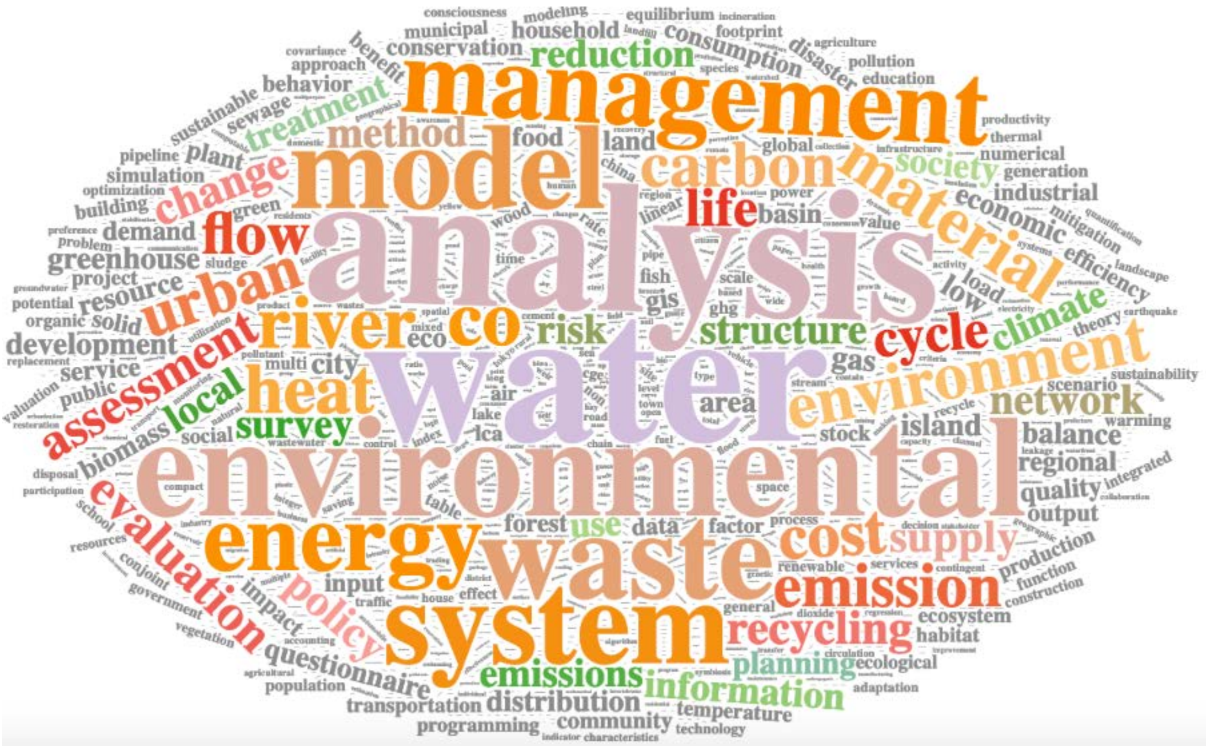


図-4.1　Keyword の Word Cloud (2000-2017, N=914)

図-4.1 は 2000 年から 2017 年までに掲載された全 914 報に記載された keyword を出現頻度の大きさに比例したフォントサイズで表現した Word Cloud である。確認できるように、環境問題（environment problem）の構造（structure）をシステム・ネットワーク（system, network）としてモデル化（model）、解析（analysis）、分析・評価（assessment, evaluation）し、管理（management）の方略・政策（planning, policy）を設計するという基本アプローチが全分野で行われていることが示される。特に環境システム研究が注目してきた対象物は水資源（water, river）、エネルギー・熱（energy, heat）、資源循環・廃棄物（resource, recycling, waste）、炭素・気候変動（carbon, CO2, climate change）、都市・地域（urban, local）を主たる対象として、物質フロー（material flow）、ライフサイクル（life cycle）、情報（information）、コスト分析（cost）、リスク（risk）といった視点の道具立てで研究を推進してきたことがわかる。

4.2 分野別・分野共通の keyword の俯瞰

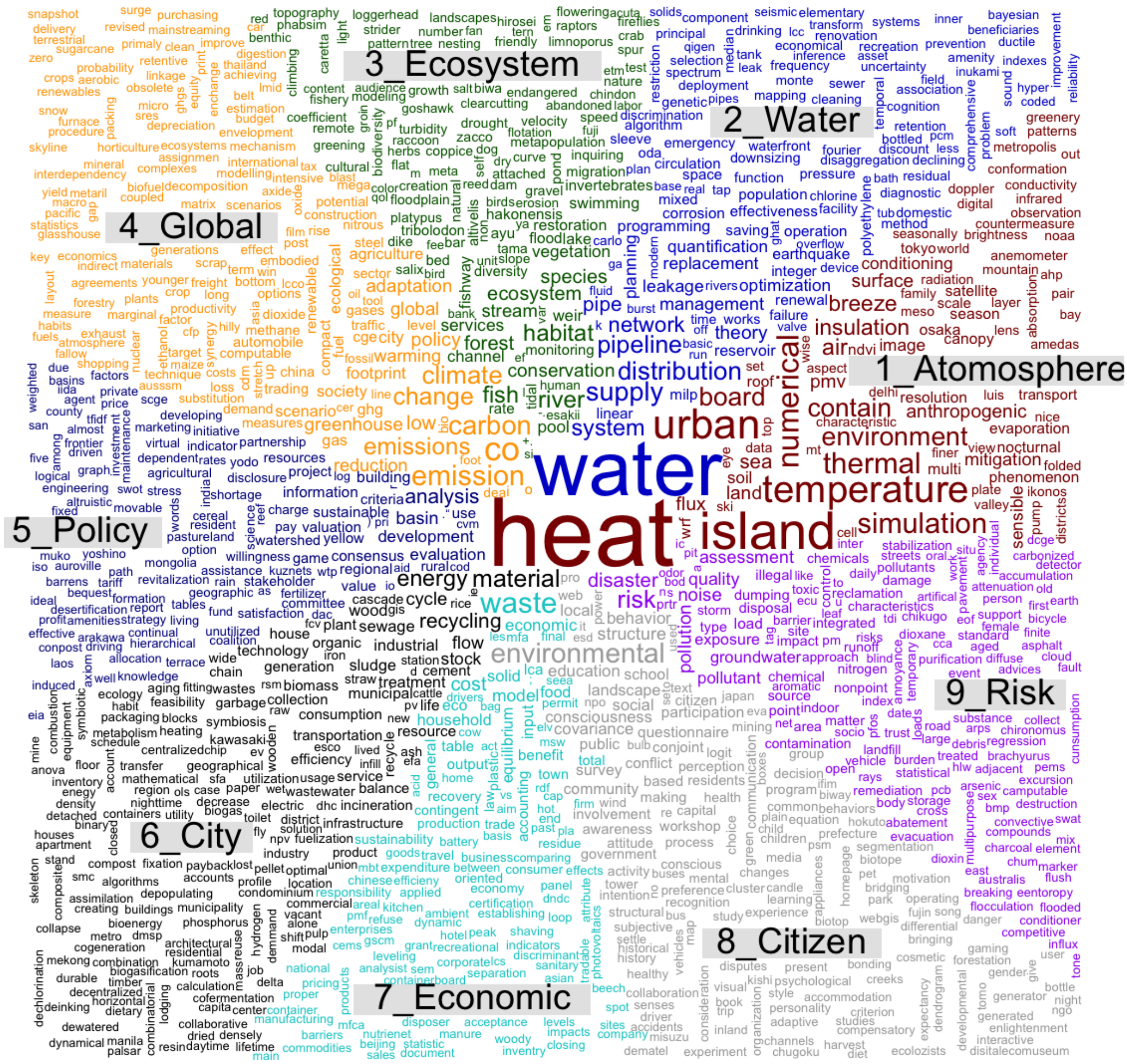


図-4.2　Keyword の Comparison Cloud (2000-2017, N=914)

これを分野別に見たものが、図-4.2 の Comparison Cloud である。色の違いが分野を表しており、図の中央に位置するほど、その分野での出現頻度が高い keyword である。

(1)大気・熱環境分野（D1_Atomosphere）では、ヒートアイランド（heat island）について、気象モデル（WRF）などを用いてシミュレーション（simulation）・数値解析（numerical analysis）するのが主流である。

(2)上下水道・水環境分野（D2_Water）では、水供給・分配（water supply, distribution）の配管（pipeline）をネットワーク理論（network theory）で解析するのが主流となっている。

(3)自然生態分野（D3_Ecosystem）では、河川（river）の魚（fish）、森林（forest）からの木質資源（timber）などの生態系サービス（ecosystem services）の保全（conservation）が盛んである。

(4)地球環境・温暖化分野（D4_Global）では、二酸化炭素（carbon, CO_2）を中心とする温室効果ガス（GHG, greenhouse gas）の排出（emission）に対して排出強度評価（footprint）を評価（evaluation）

して抑制（reduction）をする研究を中心としながら、将来シナリオ（scenario）分析や、気候変動適応（adaptation）を研究する事例が見られる。

(5)環境政策・環境理念分野（D5_Policy）については、流域（basin, watershed）、地方・地域（regional, rural）といったシステムを対象に、多基準評価（criteria evaluation）、合意形成（consensus building）や情報提供（information）、仮想評価法（CVM）などを利用した経済評価（valuation, value）に関する研究が行われている。

(6)都市インフラ・エネルギー・物質循環（D6_City）では、物質・エネルギー資源（material, energy, resource）の循環的利用（recycling）に向けて、ストック・フロー解析（stock, flow）を行い、廃棄物（sewage, ash）からバイオマス資源（biomass, organic）を回収するのが主である。

(7)環境経済分野（D7_economic）では、都市ゴミ（M）、プラスティック（plastic）などの物質フローをモデリングして分析（model, MFA）を行いながら、費用便益分析（cost, benefit）や応用一般均衡分析（general equilibrium, AIM）や産業連関分析（input-output table）、環境会計（accounting）が盛んであるといえる。

(8)市民意識（D7_citizen）では、環境教育（education, ESD）、環境行動（behavior）、環境意識（consciousness, perception, awareness）、社会参画・紛争（social, participation, conflict, involvement）を主たるテーマとして、選択型実験（conjoint）などのアンケート調査（questionnaire）やワークショップ（workshop）を行い、テキストマイニング技術（text mining）などによる質的分析が行われている。

(9)環境リスク、その他分野（D9_Risk）では、特に災害リスク評価（disaster risk）、騒音・汚染物質・不法投棄に伴う健康リスク評価（noise, pollution, illegal damp, disposal）、地下水などの化学物質リスク分析（groundwater, chemicals）が主流となり、曝露・影響評価（exposure, impact）、管理手法の設計（PRTR）がなされていることが見える。

図-4.3 Keyword の Commonality Cloud (2000-2017, N=914)

図-4.3 には Commonality Cloud を示す。これは全分野で共通して出現する keyword を頻度順のサイズで表現したものである。どの分野であったとしても環境システム研究（environmental, environment system）は、地理情報（GIS）を中心とするデータ（data）に基づいてシステム・構造解析（system, structure analysis）と評価方法（evaluation, method）を開発し、管理方法（management）を設計するという姿勢は共通することが見える。その際、都市部でのエネルギー・水（water, energy, use, supply, balance）のネクサス（連環）に留意したプロジェクト（project）を展開している点に共通点が見出せる。

4.3 トレンド解析

表-4.1 分野別の keyword の出現頻度のランキングの推移

0_全分野（N=914）

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	water	0.072	analysis	0.084
2	environmental	0.070	water	0.074
3	analysis	0.063	energy	0.056
4	system	0.051	waste	0.053
5	management	0.048	model	0.048
6	model	0.045	material	0.037
7	waste	0.043	system	0.035
8	environment	0.034	carbon	0.034
9	co	0.029	co	0.030
10	urban	0.029	river	0.030
11	heat	0.028	flow	0.028
12	river	0.028	cost	0.027
13	energy	0.026	environmental	0.027
14	evaluation	0.026	management	0.026
15	assessment	0.025	network	0.026
16	cycle	0.025	heat	0.025
17	emission	0.025	change	0.024
18	life	0.025	climate	0.024
19	cost	0.023	gas	0.023
20	risk	0.022	reduction	0.023

D1_大気・熱環境（N=40）

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	heat	0.172	heat	0.181
2	island	0.098	water	0.083
3	urban	0.088	board	0.069
4	numerical	0.049	contain	0.069
5	temperature	0.049	temperature	0.069
6	environment	0.044	insulation	0.056
7	simulation	0.044	island	0.042
8	thermal	0.039	analysis	0.028
9	air	0.029	environment	0.028
10	breeze	0.029	thermal	0.028
11	model	0.029	ahp	0.014
12	land	0.025	air	0.014
13	sea	0.025	analytic	0.014
14	anthropogenic	0.020	balance	0.014
15	water	0.020	climate	0.014
16	board	0.015	collector	0.014
17	contain	0.015	conditioning	0.014
18	energy	0.015	conjoint	0.014
19	flux	0.015	countermeasures	0.014
20	image	0.015	delhi	0.014

D2_上下水道・水循環 (N=87)

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	water	0.163	water	0.221
2	risk	0.068	distribution	0.050
3	supply	0.049	system	0.050
4	system	0.045	analysis	0.041
5	management	0.042	network	0.041
6	river	0.042	pipeline	0.036
7	analysis	0.038	supply	0.036
8	model	0.034	cycle	0.032
9	theory	0.034	life	0.032
10	evaluation	0.030	pipe	0.032
11	pipeline	0.030	optimization	0.027
12	distribution	0.027	energy	0.023
13	planning	0.027	leakage	0.023
14	network	0.023	linear	0.023
15	quantification	0.023	management	0.023
16	survey	0.023	model	0.023
17	community	0.019	population	0.023
18	cost	0.019	programming	0.023
19	environmental	0.019	saving	0.023
20	method	0.019	cost	0.018

D3_自然生態 (N=125)

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	habitat	0.071	river	0.098
2	environmental	0.051	ecosystem	0.057
3	management	0.051	fish	0.057
4	river	0.046	services	0.046
5	stream	0.046	channel	0.040
6	conservation	0.041	behavior	0.034
7	fish	0.041	flow	0.034
8	forest	0.041	forest	0.034
9	flow	0.036	pool	0.034
10	lake	0.036	analysis	0.029
11	species	0.036	conservation	0.029
12	vegetation	0.036	fishway	0.029
13	water	0.036	species	0.029
14	environment	0.030	swimming	0.029
15	urban	0.030	weir	0.029
16	local	0.025	altivelis	0.023
17	network	0.025	ayu	0.023
18	survey	0.025	environmental	0.023
19	analysis	0.020	habitat	0.023
20	community	0.020	migration	0.023

D4_地球環境・温暖化 (N=136)

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	co	0.091	carbon	0.063
2	emission	0.065	co	0.063
3	analysis	0.055	change	0.060
4	carbon	0.045	climate	0.060
5	energy	0.042	emission	0.049
6	emissions	0.039	model	0.049
7	policy	0.039	emissions	0.046
8	climate	0.036	energy	0.042
9	model	0.036	greenhouse	0.039
10	change	0.032	reduction	0.035
11	global	0.032	adaptation	0.032
12	city	0.029	low	0.032
13	ecological	0.029	gas	0.028
14	environmental	0.029	material	0.025
15	footprint	0.029	mitigation	0.025
16	system	0.029	policy	0.025
17	warming	0.029	analysis	0.021
18	low	0.026	cge	0.021
19	assessment	0.023	cost	0.021
20	scenario	0.019	ghg	0.021

D5_環境政策・環境理念 (N=156)

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	water	0.086	analysis	0.092
2	environmental	0.084	environmental	0.050
3	analysis	0.079	use	0.050
4	management	0.054	energy	0.042
5	system	0.042	carbon	0.034
6	environment	0.039	information	0.034
7	evaluation	0.039	low	0.034
8	river	0.039	network	0.034
9	model	0.037	policy	0.034
10	basin	0.034	society	0.034
11	policy	0.034	adaptation	0.025
12	local	0.029	change	0.025
13	development	0.027	city	0.025
14	energy	0.022	climate	0.025
15	regional	0.022	committee	0.025
16	supply	0.022	data	0.025
17	building	0.020	disclosure	0.025
18	information	0.020	heat	0.025
19	consensus	0.017	land	0.025
20	cost	0.017	questionnaire	0.025

D6_都市インフラ・エネルギー・物質循環（N=188）

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	waste	0.077	energy	0.080
2	system	0.070	material	0.080
3	recycling	0.053	analysis	0.070
4	cycle	0.049	waste	0.050
5	co	0.047	stock	0.043
6	energy	0.047	flow	0.040
7	life	0.038	gas	0.037
8	carbon	0.036	greenhouse	0.033
9	material	0.034	sludge	0.033
10	management	0.032	cost	0.030
11	analysis	0.030	sewage	0.030
12	assessment	0.030	system	0.030
13	emission	0.028	carbon	0.027
14	cost	0.026	co	0.027
15	flow	0.026	demand	0.027
16	industrial	0.026	emissions	0.027
17	environmental	0.023	heat	0.023
18	lca	0.023	management	0.023
19	resource	0.023	plant	0.023
20	solid	0.023	treatment	0.023

D7_環境経済（N=180）

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	waste	0.078	waste	0.096
2	environmental	0.069	analysis	0.075
3	analysis	0.067	model	0.054
4	model	0.052	cost	0.042
5	system	0.043	energy	0.042
6	cost	0.039	reduction	0.042
7	management	0.037	food	0.038
8	emission	0.030	gas	0.038
9	recycling	0.030	recycling	0.038
10	economic	0.028	greenhouse	0.029
11	life	0.028	cge	0.025
12	cycle	0.026	change	0.025
13	household	0.026	emissions	0.025
14	material	0.026	environmental	0.025
15	co	0.024	management	0.025
16	eco	0.024	solid	0.025
17	input	0.024	benefit	0.021
18	environment	0.022	carbon	0.021
19	evaluation	0.022	climate	0.021
20	reduction	0.022	co	0.021

D8_住民意識（N=162）

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	environmental	0.125	analysis	0.116
2	environment	0.055	energy	0.044
3	analysis	0.052	environmental	0.044
4	water	0.047	change	0.039
5	river	0.041	local	0.039
6	structure	0.038	adaptation	0.033
7	risk	0.035	climate	0.033
8	evaluation	0.032	information	0.033
9	management	0.032	network	0.033
10	consciousness	0.029	questionnaire	0.033
11	education	0.029	survey	0.033
12	behavior	0.026	community	0.028
13	development	0.026	covariance	0.028
14	public	0.026	environment	0.028
15	local	0.023	policy	0.028
16	social	0.023	river	0.028
17	theory	0.023	structure	0.028
18	building	0.020	area	0.022
19	conflict	0.020	based	0.022
20	consensus	0.020	behavior	0.022

D9_環境リスク、その他（N=114）

Rank	2000-2009		2010-2017	
1	risk	0.085	waste	0.077
2	environmental	0.077	model	0.068
3	analysis	0.073	air	0.043
4	water	0.054	disaster	0.043
5	assessment	0.042	flow	0.043
6	management	0.038	co	0.034
7	model	0.038	disposal	0.034
8	quality	0.038	dumping	0.034
9	disaster	0.035	illegal	0.034
10	pollution	0.035	river	0.034
11	system	0.031	treatment	0.034
12	method	0.027	analysis	0.026
13	noise	0.027	environmental	0.026
14	river	0.027	groundwater	0.026
15	structure	0.023	linear	0.026
16	urban	0.023	load	0.026
17	waste	0.023	management	0.026
18	air	0.019	material	0.026
19	cycle	0.019	nitrogen	0.026
20	evaluation	0.019	noise	0.026

表-4.1 からは、分野別のトレンド解析である。レビュー期間前期（2000-2009 年）と後期（2010-2017 年）で出現する論文のキーワードのランキングを示している。

D0_全分野では、後期に気候変動（climate）や温室効果ガスの削減（gas reduction）がランキングしてきている点から、実際の気候上昇に伴って関心が高まり、気候変動研究が隆盛してきたことがみえる。D1_大気・熱環境分野でも、後半から気候要因（climate）の文脈を取り入れてきていることが示唆される。D2_上下水道・水循環分野では、特に後半で上下水道のパイプラインの漏洩（pipeline, leakage）についての最適化問題（linear programing）に関心がシフトしてきているトレンドが見える。また D3_自

然生態分野では、湖沼・河川（lake, river）の魚道（fish, species）などの種レベルの生息地評価（habitat）という視点から、生態系サービス（ecosystem services）の保全研究（conservation）へとシフトしているのが見て取れる。D4_地球環境・温暖化分野のトレンドとしては、前期のエネルギー消費・炭素排出の削減（energy, carbon, emission, footprint）、低炭素化シナリオ（low, carbon, scenario）への興味から、気候変動適応（climate change adaptation）が出現してきていることが特徴的である。D5_環境政策・環境理念分野でも同様に、気候変動適応（climate change adaptation）がランキングしてきている点が目立つ変化である。D6_都市インフラ・エネルギー・物質循環分野のトレンドは、前期の物資・エネルギー・炭素的（energy, material, carbon）なリサイクル（recycling）のライフサイクルアセスメント（LCA）の流行が過ぎ、廃棄物（waste）のエネルギー・物質（energy, material）としての再資源化（recycling）とその炭素収支（gas, greenhouse, carbon, co2, emissions）に興味が移ったようにも伺える。D7_環境経済分野でも同様の傾向を見せている。D8_住民意識分野では、前期は環境リスク（risk）の意識、行動、教育（education, behavior, consciousness）、地域・公共（local, public）での対立と合意の分析・評価（conflict, consensus, analysis, evaluation）が、後半には気候変動適応（climate change adaptation）に関連する地方やコミュニティ（local, community, area）への政策や情報提供（information, policy）に興味がシフトしている傾向が見える。D9_環境リスク分野では騒音（noise）や環境媒体の汚染（environmental, water, air, pollution）といった生活環境問題に伴うリスク（risk）への興味から、2011 年の東日本大震災以降、災害リスク（disaster risk）への興味が増加してきているといえる。

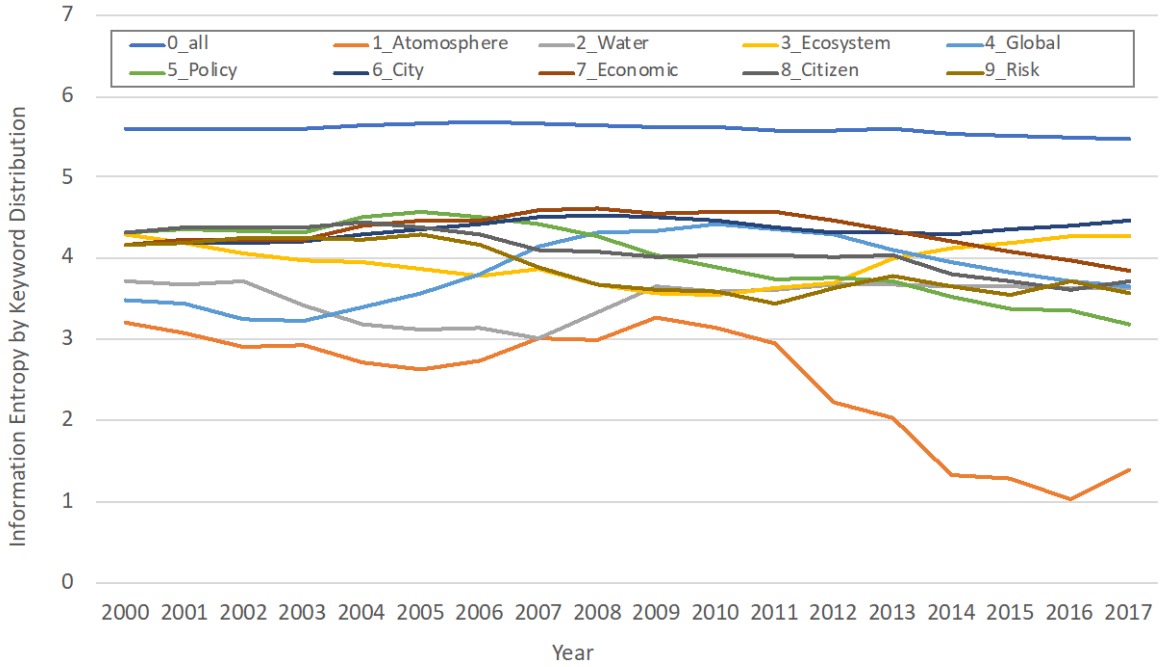


図-4.4 年度別・分野別の Keyword の情報エントロピーの推移 (5 年移動平均)

図-4.4 では研究内容の多様性を評価するために、全分野・分野別で出現する keyword の出現確率の分布から算出される情報エントロピーの推移を示した。横軸は年、縦軸は年ごとの情報エントロピー、各ラインは分野を表す。縦軸の情報エントロピーの数値自体には意味はないが、大きいほどエントロピーが高い、すなわち出現するキーワードが多様であることを示す。主たる結果は、全分野では微小な下げトレンドになっており、D2_上下水道・水循環、D4_地球環境・温暖化、D6_都市インフ

ラ・エネルギー・物質循環の 3 分野のみ微増、その他の分野では、多様性の減少が続いている。この傾向は投稿論文数、提案型論文数、参加者の減少傾向とも合わせて重要な懸念事項であり、真摯な活性化、多様性確保のための意思を持った取り組みが強く求められる。

4.4 分野間の近接性の可視化

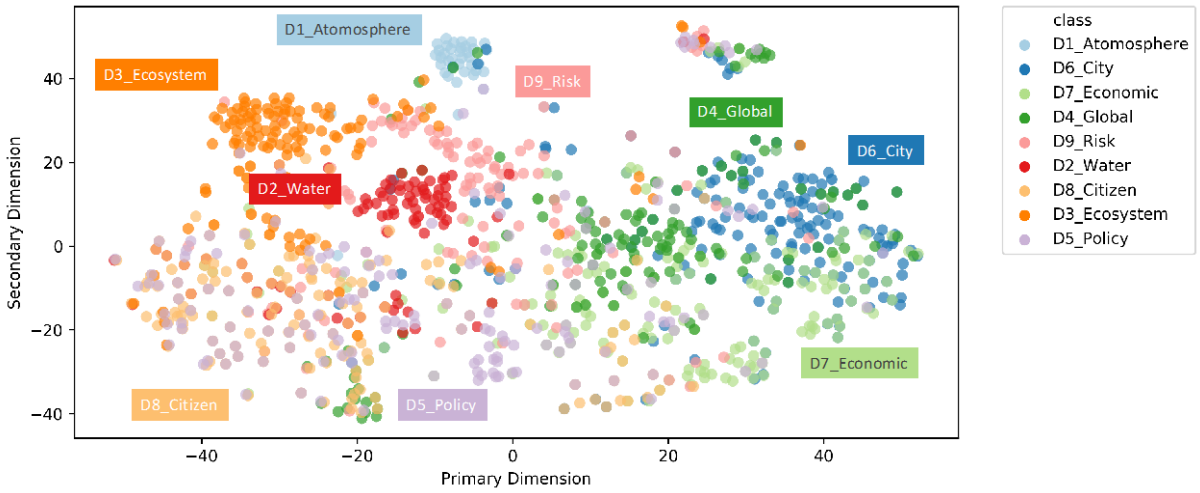


図-4.5 分野間の概念的距離 (N=914)

図-4.5 には、環境システム研究が研究対象とする分野間の近接性を可視化したものを示す。2000-2017 に環境システム研究に掲載された 914 報の論文の和文要旨の語彙の出現傾向と wikipedia の概念体系を学習したニューラルネットワークで、各文書の各文書の特徴量を高次元のベクトル空間に埋め込んだ分散表現を獲得し、2 次元に圧縮して分布を可視化したものである。図中の点は各論文、色は分野、距離は分野・文章の概念的な類似度を示す。図右部で確認できるように、「D6_都市インフラ・エネルギー・物質循環」、「D7_環境経済」、「D4_地球環境・温暖化」が類似の概念でクラスタを形成しており、都市システムで排出される温室効果ガスの削減を経済的手法やコスト最小化で解くような研究クラスタが形成されている。一方で、図最左には「D3_自然生態」、「D2_上下水道・水循環」、「D1_大気・熱環境」の分野で「D9_環境リスク」の分析や評価が行われていることが見てとれる。「D5_環境政策・環境理念」は全分野に広く分散して取り組んでおり、「D8_住民意識」はやや自然環境に対するものが多い傾向を示した。

本来、環境システム研究が目指す理想の姿は、様々な環境問題のネクサスをシステム指向で全体最適化することであるため、論文群の分布形状は、都市・自然・人間にわたる環境問題の諸分野が環状に整列し、その中心に環境政策・理念がオーバーレイすることが望ましい。その意味では現状は、都市インフラ・エネルギー・物質循環といった社会システムと、大気・水・土壌・自然生態といった自然システムがデカップリングしている傾向があるともいえる。この点は今後、自然システム・社会システムを連環させた「地域循環共生圏の形成」に資する研究へと意識的にアップグレードすべき時期であるといえる。

4.5 代表的・特異的論文の抽出

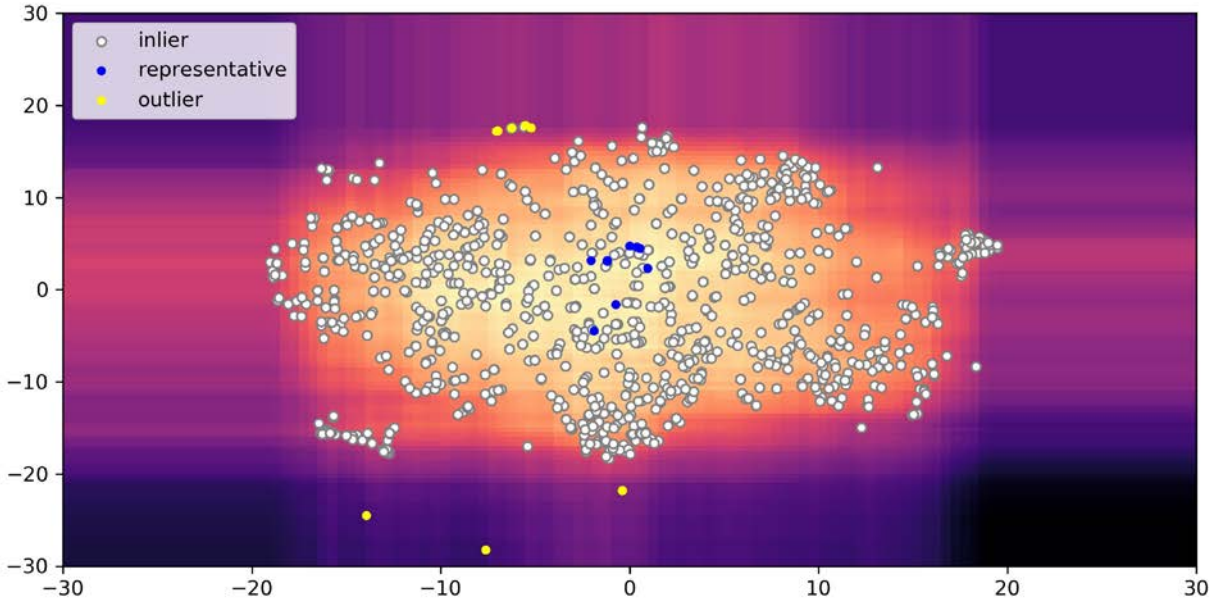


図-4.6 異常検知アルゴリズムによる代表的・特異的論文の抽出 (N=914)

表-4.2 Anomaly Score が下位/上位の論文一覧（年代順）

a) Top 10 Representative Papers (Low Anomaly Score in Blue Points)

ID	Year	Domain	Title	Authors
30-2	2002	D8_Citizen	消費者の受容性からみたグリーン電力普及促進策の導入可能性	馬場健司, 田頭直人
30-41	2002	D8_Citizen	宿泊施設における環境配慮に関する研究　－京都市内の宿泊施設を対象として－	仁賀崇之, 金谷健
36-23	2008	D5_Policy	湖辺域の広域景観計画策定に関するシステム論的研究	佐藤 祐一, 金 再奎, 岩川 貴志, 高田 俊秀
36-53	2008	D2_Water	コミュニティ組織による水環境保全活動の継続要因に関する研究 滋賀県守山市の自治会を事例として	木村 道徳, 宮城 亜由子, 井手 慎司
29-37	2001	D7_Economic	認知度のCVMによる網走湖環境評価に及ぼす影響に関する研究	矢部浩規, 清水正恵, 加賀屋誠一
33-10	2005	D5_Policy	黄河流域の地域別穀物生産性の変化に関する研究	大西暁生, 井村秀文, 韓壊, 方偉華
35-43	2007	D5_Policy	沖縄地方の赤土流出抑制に向けた流域経営システムの市場に関する研究	宮本善和, 成瀬研治, 松下潤
31-20	2003	D9_Risk	悪臭苦情件数データの社会統計学的分析	片谷教孝, 重岡久美子
31-1	2003	D8_Citizen	市民による森林公園の管理・活用に関する研究　～大原野森林公園を事例として～	出羽浩明, 笹谷康之
28-32	2000	D5_Policy	環境実験都市オーロヴィル（南インド）の成立及び発展の要因に関する研究	加藤大昌, 近藤隆二郎

b) Top 10 Outlier Papers (High Anomaly Score in Yellow Points)

ID	Year	Domain	Title	Authors
30-6	2002	D7_Economic	利用価値計測のみによる環境経済評価の可能性	大洞久佳, 大野栄治
31-3	2003	D8_Citizen	森づくり構想における市民ワークショップの参加者にもたらす効果についての分析	石原洋平, 盛岡通, 藤田壮, 今堀洋子
31-7	2003	D5_Policy	利他的効用理論による環境質の遺産価値　－遺産価値の分離可能性と数値実験－	林山泰久, 奥山忠裕
32-1	2004	D5_Policy	省市区レベルの地域間産業連関表を用いた中国国内の仮想水分析　黄河流域を中心にして	幡野貴之, 奥田隆明
32-15	2004	D7_Economic	家庭の消費活動とそれに伴う環境負荷発生の推計	金森有子, 松岡譲
33-17	2005	D7_Economic	中国地域間産業連関表を用いた仮想水移動の二時点比較分析	奥田隆明, 鈴木隆, 幡野貴之
33-34	2005	D7_Economic	ライフスタイル分析のための家計・環境勘定の構築	金森有子, 松岡譲
33-43	2005	D5_Policy	流域管理のための環境負荷排出インベントリーシステムに関する研究　東京湾流域の水需要のケーススタディ	岡寺智大, 藤田壮, 渡辺正孝, 鈴木陽太
33-54	2005	D5_Policy	黄河流域の県市別データに基づく水資源需給空間構造の把握に関する研究	井村秀文, 大西暁生, 岡村実奈, 方偉華
34-2	2006	D7_Economic	環境基本計画策定後における市民参加型ワークショップに関する研究　旧野洲町「環境フェスタ」と彦根市「市民環境フォーラム」を対象として	村上浩嗣, 近藤隆二郎

図-4.6 には、環境システム研究の伝統と広がりを理解するために、図-4.5 のデータに対して、異常検知アルゴリズムによって算出される Anomaly Score から代表値、外れ値を算出し、代表的・特異的論文を抽出したものである。図中の XY 軸の数値自体に意味はないが、コンターのカラーは Anomaly Score を表し、分布から判断される代表値、外れ値がそれぞれ青と黄の点で示されている。この代表値、外れ値が持つ意味は、各論文の和文要旨で使われている語彙が、環境システム研究分野で使用される標準的な概念から構成される論文に比較して、オーソドックスで王道的な論文群と独特な特異的な論文群であることを意味しており、論文自体の質を表現する数値ではない。

それぞれのトップランク 10 の論文群を表-4.2 に示す。Anomaly Score の上位・下位ともに 2000 年代に集中している点が特徴的であり、2000 年代は環境システム研究の黄金期はあったといえる。個々の論文の詳細には触れないが、表 a)の代表的な論文群を読むことで、環境システム研究が伝統的に重んじてきた象徴的な思想や基本的なアプローチが追体験できるだろう。一方、辺縁部に位置する表 b)の特異的な論文群は、環境システム研究の外に広がる世界をブリッジングしている論文群であり、今後の環境システム工学の拡張方略を示唆するものである。代表、特異ともに、今一度目を通すべき一報である。

4.6 持続可能な開発目標(SDGs: Sustainable Development Goals)への対応

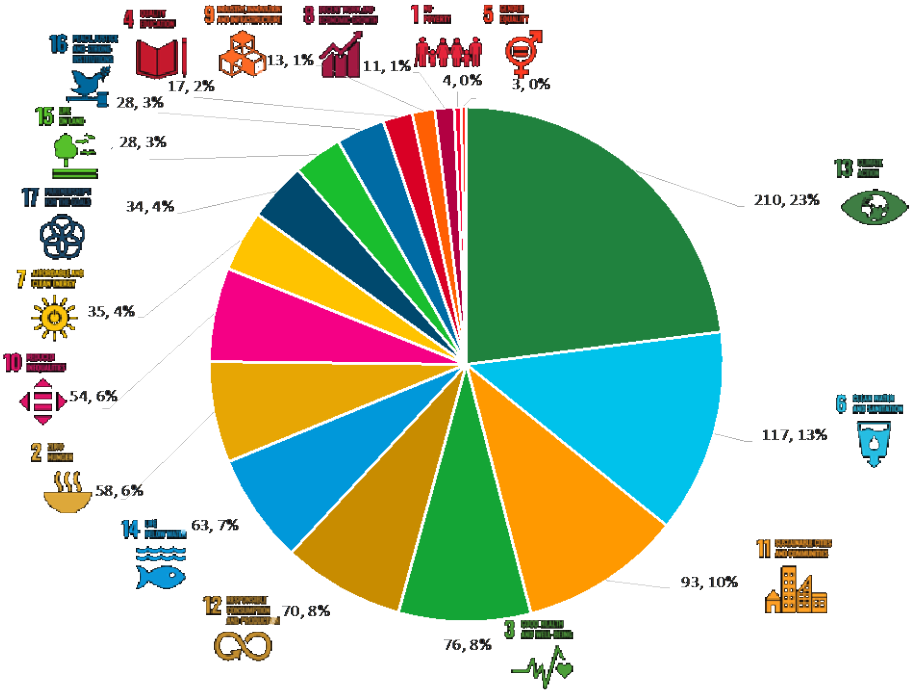


図-4.7 持続可能な開発目標（SDGs: Sustainable Development Goals）との対応関係 (N=914)

最後に図-4.7 に環境システム研究を国際標準へとアップグレードするための情報として、環境システム研究の論文群と持続可能な開発目標（SDGs: Sustainable Development Goals）との対応関係を示す。解析には、現在、日本の省庁が公開している SDGs に関連する文書（N=1076）を機械学習することで、ある文章を入力するとその文書に関連する SDGs の目標を識別する分類器（文書を高次元ベクトルで分散表現して、ラベルと分散表現を教師あり学習アルゴリズムでベイズ最適化した分類器）を構築し、各論文の和文アブストラクトを分類器に入力して最も可能性が高く予測された SDGs の目標

に分類したものである。ただし現段階の分類精度は 10-分割交差検証による Top-1, Top-3 accuracy で 0.50, 0.66 程度であるため、誤差が含まれることにはご留意頂きたい。

外務省の翻訳でいう「目標 13：気候変動に具体的な対応を」、「目標 6：安全な水とトイレを世界に」、「目標 11：住み続けられるまちづくり」、「目標 3：すべての人に健康と福祉を」で約半数を占める。これはレビュー分野の D6_都市インフラ・エネルギー・物質循環、D8_住民意識、D4_地球環境・温暖化が上位を占めていることと対応している。環境システム研究委員会が持つ研究開発の強みがある分野であり、今後も国際社会に対して積極的な貢献が期待できる。一方、「目標 5：ジェンダー平等を実現しよう」、「目標 1：貧困をなくそう」、「目標 8：働きがいも経済成長も」に対する研究開発はあまり盛んではない。これらの課題は日本では 2020−2030 年に向けて顕在化してくることが予想される課題であり、近い将来の課題として、女性活躍、子どもの貧困、ライフワークバランスといった社会的要請と環境システム研究が得意とする上記のような環境問題の間のネクサスを相乗的に解決する研究開発が求められている。

5.　体系化に向けた考察

5.1　分担からの報告

1)　荒巻俊也氏

「5.　環境理念・政策」（荒巻担当分）に記載した事項の再掲となるが，2001 年に土木学会論文集 No.685 にて行った委員会報告（土木学会環境システム委員会自己評価小委員会，2001）において、環境理念・環境論、環境政策分野における環境システム研究の論点として、近藤は以下の通りまとめている。

「環境システム研究」の初期（1980 年代後半）は自由で大胆な発想を発表している論文が比較的多く、その後実社会の要請をふまえて既往論文を踏襲して積み上げ的に体系化を深める方向の論文が増えた。これは発散と収斂という考え方でまとめることができ、システム工学的なアプローチで積み上げ的に行う研究を収斂的研究、環境価値観や理念等の考察を含む感性工学的なアプローチで行われる研究を発散的研究と位置付けると、2000 年当時は発散から収斂に向かっており、「環境システム研究」における「提案型論文」は再度発散する方向をサポートするものとして考えられる。

この議論を踏まえて 2000 年以降の環境システム研究論文集への掲載論文のうち環境理念や政策に関わるものを眺めると，環境理念について新たな考え方を提供するというよりは、これまで議論されてきたことをシステム分析の枠組みの中に位置づけ、実社会の状況の変化に伴ってその目標や枠組みを新たにした環境政策研究が進められてきたといえる。さらに、経済学的や心理学などの分析手法などとの連携した政策評価に関する研究や、合意形成にむけた研究も多く進められたといえる。

さらに他領域も含めて全体的な傾向を見ると，環境システムをより複雑にとらえ，波及的かつ多面的な影響にまでスコープを拡げて分析，評価していく研究が増えているように思われる。その中では，他の学問分野の手法も取り入れていく学際・学融合的な研究も増えているのではないか。その一方で，特定地域における個別具体的な政策について地域性を考慮しつつ詳細に分析評価するケーススタディ的な研究も増えているように思われる。

前述の近藤の議論では，「システム工学的なアプローチで積み上げ的に行う研究を収斂的研究、環境価値観や理念等の考察を含む感性工学的なアプローチで行われる研究を発散的研究」と位置付けていた。しかし，上記のような特定地域における具体的な政策の積み上げ的な評価を収斂的，さまざまな手法を取り入れて環境システムの分析，評価を行うことを発散的と捉えるのであれば，2000 年以降はそれ以前と同様に社会の要請をふまえた積み上げ的な収斂的研究が継続すると同時に，対象範囲の拡大や多面化といった形での発散的研究が増えたとまとめられるのではないか。

なお提案型論文についての動向をみると，2000 年～2004 年は 17 件，2005 年～2009 年は 19 件，2010 年～2014 年は 12 件，2015 年～2017 年は 0 件となっている。これらの論文は，その趣旨に基づいて，これまで対象としてこなかった評価範囲や側面に足を踏み入れたもの，他分野で開発された新しい手法を適用するものが多くあり，上記の発散的研究の増加に貢献したものと思われる。一方で，2010 年以降提案型論文が減少傾向にある。その要因は定かではないが，2011 年の東日本大震災後の社会的なニーズの変化に伴い個別具体の収斂的研究が増えているともいえるし，従来の環境システム研究において提案型と考えられているようなものが一般の論文として扱われるようになってきているのかもしれない。

グローバリゼーションが進む中で人口減少・高齢化が進む国内の問題，SDGs などの国際的な目標や Soceity5.0 に示される科学技術と社会の在り方など，環境システム研究に関連する社会的な背景やニ

ーズは今後も変わっていくものと予想される。そう考えると，これまでの環境システム研究に新しい考え方や側面，手法を取り入れていくような発散的な研究の役割は，環境システム研究の新規性や社会的な有用性を高めていくうえで今後も重要なものと思われる。

2) 田畑智博氏

社会システムやまちづくりに関わる研究を実施するうえで、環境の視点はもちろんのこと、経済や社会の視点は欠かせない。なぜならば、環境のことを最優先にしたまちづくりが、必ずしも地域住民にとって快適で支持されるとは限らないためである。環境経済学のアプローチは、環境的な視点を、経済的あるいは社会的な視点で補完するために用いられている。環境経済の分野では、研究論文を 6 分類してレビューを行った。循環型社会を始め、都市計画や水環境・生態系、ライフスタイル、エネルギーといった様々な分野の研究で環境経済学のアプローチが用いられていることからも、適用の範囲が広いということが伺える。

環境経済に関する研究として、三つの特徴がある。一つ目の特徴は、政府が推進する持続可能な社会の構築に係る政策を意識しながら、環境・経済・社会の三側面から望ましい国家のあり方を提案するというものである。これには、環境基本計画などのように政府が立案する政策や制度を踏まえて、後追いの形で研究が行われているという側面もある。しかし、政府の政策と距離が近いところで研究が行われていると考えて差し支えないであろう。二つ目の特徴は、国家的な政策に焦点に当てながらも、中山間地のように少子高齢化や過疎化などの諸問題を抱える地域、あるいは高齢化世帯の問題解決に資するための研究も行われてきたことである。循環型社会や低炭素社会の構築は地球規模的・国家的な課題であるが、先ずは地域における解決が先決である。まさに、Think globally, act locally の考え方である。「環境システム学」が、実学として活きるのも地域あるいは現場ならではであろう。三つ目の特徴は、地球規模的な問題やグローバリゼーションを絡めながら、地球規模での地球温暖化のメカニズムの解明やマテリアルフローの解析に関する研究が行われていることである。これは、環境システム委員会として積極的に国際貢献を進めていることの証左である。

環境システムとしての今後の展開として、三点挙げる。一つ目の展開は、2015 年に国連により提唱された持続可能な開発目標(SDGs)の視点を研究に組み込むことである。SDGs は環境・エネルギーだけでなく、貧困、教育、ジェンダー、平和など多岐に渡り、環境システム委員会に参画する研究者だけではカバーしきれない分野も多い。しかしながら、SDGs の目標達成は世界的な関心事となっており、無視することはできない。環境システム委員会では社会システムやまちづくりを環境・経済・社会の視点から捉えてきたが、今後は更に視点を広げた超学際的な視点が必要である。その際、環境システム委員会外の、貧困、高齢化、教育などの他の専門分野の研究者も巻き込むことも必要であろう。これは、環境系以外の学会との異分野交流にも繋がることであり、長期的にみて環境システム委員会の利益になるものと確信している。もちろん、超学際的な研究だけでなく、環境システム委員会がこれまで手がけてきた基礎研究の積み上げも必要であることは言うまでもない。

二つ目の展開は、現在そしてこれからの社会情勢を読み取りながら研究を進めていくことである。例えば、ブレグジット、アメリカのトランプ政権誕生に伴い、グローバリゼーションが終焉に向かいつつある。東西冷戦の終結後、世界はグローバリゼーションによる国を超えた地球全体の均一化に向かっていった。これが近年、貧富の格差拡大や移民の増加などの問題に繋がっているとされており、再び国家のあり方を見直す流れが現れている。まさに、世界はグローバリズムからインターナショナリズムに転換しつつあり、これに伴うサプライチェーンの組み換えが起こっている最中である。また、RE100

のように、グローバル企業を始めとして地球温暖化対策に真剣に取り組む企業が国際的に増加しており、石炭火力発電所からの投資撤退(ダイベストメント)も積極的に行われるようになった。このような社会の構造転換が急速に進んでいる中、今まで以上に社会の動きを捉える、更には予測していきながら、それでも持続可能な社会を模索していくという環境研究が望まれる。

三つ目の展開は、政府の持続可能性に関する政策の深化に貢献することである。これは上述した二つの展開と重複するが、政府はSDGsやパリ協定などの国際間の約束を踏まえながら、我が国の持続可能な社会構築に向けた政策を推進していく必要がある。また、世界的な社会の構造転換を踏まえながら、我が国の国益の最大化に資する政策・制度の検討も必要である。社会システムやまちづくりに関する研究は環境システム委員会が得意とするところであり、積極的に貢献していくべきであると考える。

3) 藤山淳史氏

レビュー対象論文188編を対象に、表-5.1に示した3つのキーワードをもとに期間を分け、テキストマイニングによる解析を行って頂いた。なお、下記3パターン以外にもパリ協定とSDGsによる影響を観察するため、「2000～2015年度」と「2016～2017年度」についても比較を試みたが、大きな特徴をみることができなかったため、本レポートでは割愛させて頂いた。

表-5.1 キーワードと区分けの期間

キーワード	区分けの参考とした具体的期日	区分けの期間
東日本大震災	2011年3月11日	• 2000～2011年度(126編) • 2012～2017年度(62編)
環境基本計画	2006年4月7日 第3次環境基本計画 2012年4月27日 第4次環境基本計画	• 2000～2006年度(65編) • 2007～2012年度(69編) • 2013～2017年度(54編)
循環型社会形成推進基本計画(以下、循環基本計画)	2003年3月14日 第1次循環基本計画 2008年3月24日 第2次循環基本計画 2013年5月30日 第3次循環基本計画	• 2000～2003年度(34編) • 2004～2008年度(56編) • 2009～2013年度(55編) • 2014～2017年度(43編)

テキストマイニングによる解析結果を図-5.1に示す。なお、解析結果の図は出現回数に応じて文字サイズが大きく、色が濃くなっている。

一つ目のキーワードとして、東日本大震災(2011年3月11日)が発生した前後を区分けした結果について顕著に表れているキーワードの変遷だけを概観してみると、東日本大震災発生以前は、waste や energy、cycle、system、次いで CO や carbon、management、recycling をキーワードとした研究テーマが、東日本発生後は、energyとmaterial、次いでanalysisやwaste、stock、greenhouseをキーワードとした研究テーマが多いことが読み取れる。二つ目のキーワードとして、環境基本計画の策定を参考に区分けした結果について同様に概観してみると、第3次環境基本計画策定前つまり第2次環境基本計画(2000年12月22日閣議決定)の期間はcycle、次いでrecyclingが、第3次環境基本計画の期間はCOとmaterial、次いでcarbonとenergy、systemが、第4次環境基本計画の期間はenergy、次いでmaterialが抽出されている。三つ目のキーワードとして、循環基本計画の策定を参考に区分けした結果について同様に概観してみると、第1次循環基本計画の策定前では、wasteとcycle、次いでmanagementとsystemが、第1次循環基本計画の期

間は recycling と CO、system、次いで carbon が、第 2 次循環基本計画の期間は material と waste、energy、次いで analysis が、第 3 次循環基本計画の期間は energy、次いで material と greenhouse、gas が抽出されている。

対象を絞って、東日本大震災発生前の解析結果について他のキーワード区分の結果も参考に少し広く概観してみると、研究手法という側面においては LCA や GIS、geographical、optimization が、都市の固有名詞としては Kawasaki、Tokyo が抽出されている。これらは東日本大震災発生後には出てこない単語となっている。また、東日本大震災後の解析結果については EV や climate が出てきているが、これらは東日本大震災発生前には見られなかった単語となっている。このように、「都市インフラ・エネルギー・物質循環」の分野における研究テーマの変遷において、東日本大震災が大きな契機になっていることが読み取れる。

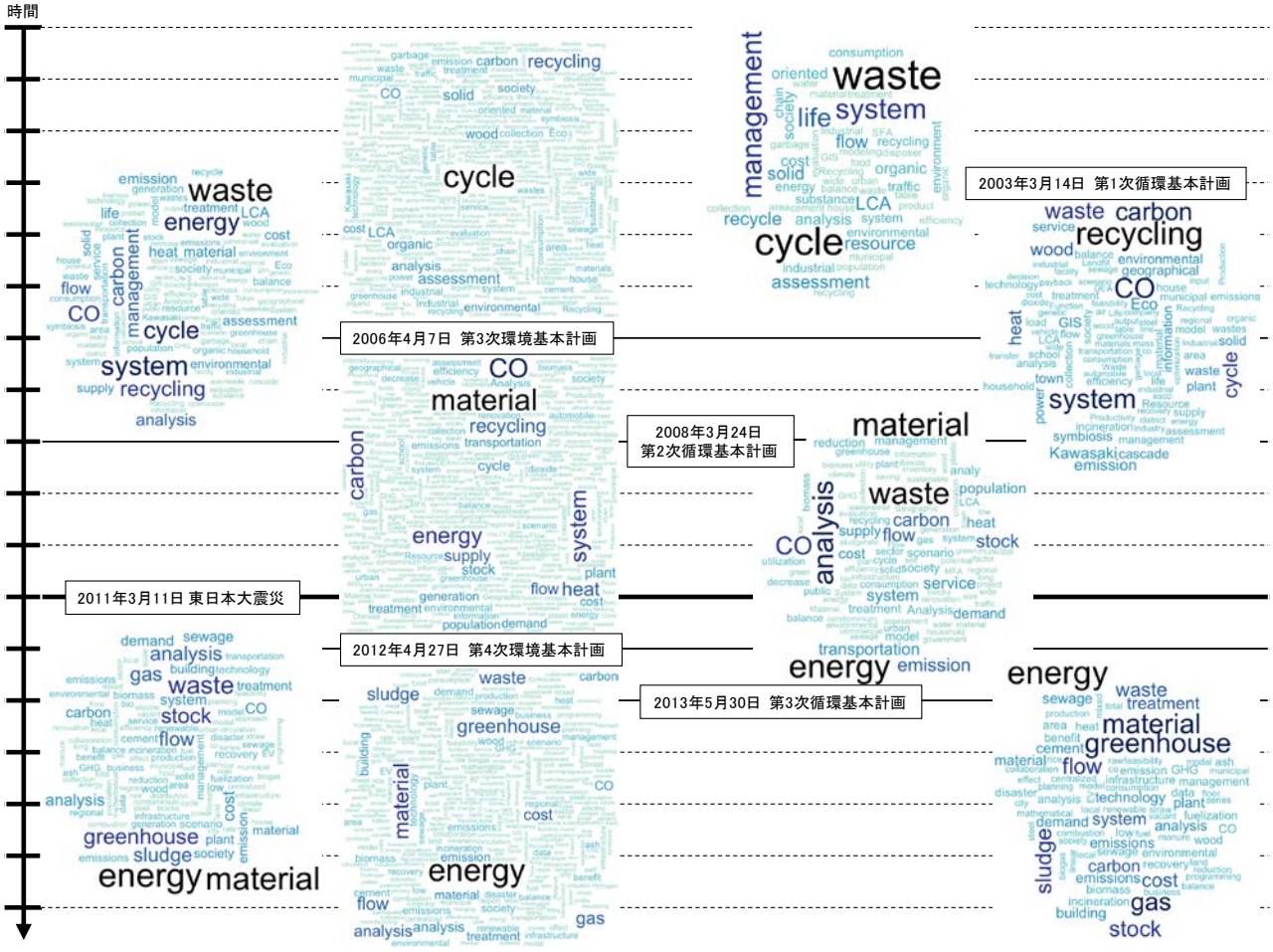


図-5.1 キーワードをもとに区分けした期間中の単語の出現頻度によるワードクラウド

5.2　考察・議論

1)　（前提としての）環境システム委員会の成り立ち

1970 年 7 月に土木学会衛生工学委員会内に「環境問題小委員会」が設置され、1987 年 12 月に改組により「環境システム委員会」が設置された。当時は、「環境システムに関する問題の研究、調査、およびこれらの推進をはかることを目的」とされたが、2003 年 3 月に内規が改正され、「環境を人および人の生活する社会との関連のもとでシステムとしてとらえ、学問としての体系化を図るとともに、社会と環境の基礎づくりをシステム面から実現させてゆくところに重点をおいた研究、調査、およびこれらの推進をはかることを目的」とされた。

2)　境界の拡大（対象分野の拡がりと横断）

環境システム委員会での研究の大きな特徴として、「環境を人および人の生活する社会との関連のもとでシステムとしてとらえる」とあるように、環境及び技術のみならず、経済、社会、法律、政策にまで研究領域としている点であり、2000 年以降は自然生態にまで研究領域が広がってきた（図-5.2）。

空間的には、国レベルの議論のみならず、地球温暖化や化石燃料や鉱物資源の枯渇に代表されるように世界レベルにまで研究の境界が拡大した一方で、都道府県や市町村などの地域レベルでの解析例や、個人の環境配慮行動や合意形成に関する研究が多く見られるようになったのが特徴的である。

時間的には、温室効果ガス削減目標年度が 2050 年に設定されていること、また計画目標値の設定がバックキャスティングの思考が多用されてきた背景を踏まえ、より長期的な視点からの研究が見られるようになっており、この点は環境システム委員会らしい取組の一つとして特筆できよう。

行政組織の縦割り構造や都道府県、市町村の枠組みにくさびを打ち込み、問題を解決に導こうとする試みの具体例が見られるようになり、さらに主体についても、官のみならず、産業界や市民・NPO まで踏み込んだ研究が多く見られるようになった。

さらに、2011 年の東日本大震災に続いて毎年のように生じた自然災害の影響を受けて、通常時のみならず異常時を想定した研究が多く見られるようになったのも、2000 年以降の環境システム研究の特徴であろう。

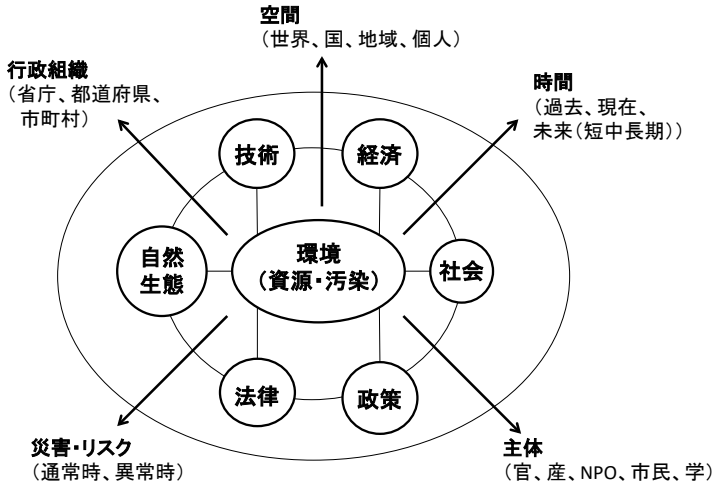


図-5.2　環境システム研究の境界の拡大（対象分野の拡がり、横断）

3) 境界の拡大に伴う発散と多用な実社会の要請に応える収れん

委員会報告「委員会活動の自己評価と環境システム研究の論点　土木学会環境システム委員会自己評価小委員会，土木学会論文集 No.685/VII-20, 1-15, 2001.8」から抜粋する。

> （５）環境理念・環境論、環境政策（担当：近藤隆二）
>
> a)「環境システム研究」における発散と収れん
>
> 「分野別投稿数の経緯だけ追うのはあまり意味がない。しかし、初期の方が、ある意味では自由で大胆な発想が比較的多く発表されていた傾向はあるように思える。逆に言えば、近年は、実社会の要請に応えるために、むしろ既往論文を踏襲して積み上げ的に体系化を深める方向も備えてきたためとも言えるだろう。
>
> ～中略～
>
> 盛岡が、「環境システムの領域や研究方法論を確立したいと考えるアプローチとフロンティアを求め領域や方法論は常に斬新的なものでありたいと願うアプローチは、一見すると相反するように見えます。しかし、大切なことは収れんと発散の意図的な繰り返しをおこなうことができるかどうかです」と述べる意見にもあらわれている」

この視点から考えると、環境システム委員会が立ち上がった 1987 年～2000 年までは、環境システムの理念の形成、理念の具現化、モデル化や解析ツールといった方法論が、比較的多く議論されており、その点で「発散」の時期であったろうと思われる。抜粋にあるように、先のレビューにおいても、その後半時期においては、実社会の要請に応えるための「収れん」的な研究が数多く見られていることからも分かるように、2000 年～2017 年の今回のレビューでは、時代要請に対応した方法論や解析ツールが、実社会へ具体的に適用されるようになった。すなわち、図-5.3 に示すように、環境システムで作り上げてきた理念や概念が、実社会へ投影されるように、多用な分野や場面での問題解決に貢献するようになった時期であると言える。

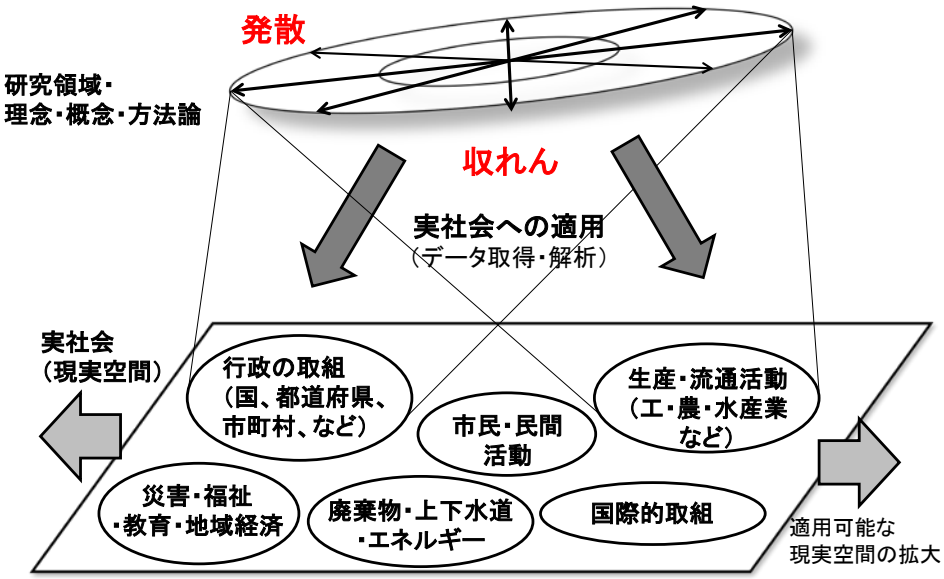


図-5.3　境界の拡大に伴う「発散」と多様な実社会の要請に応える「収れん」

4)　トップダウン的思考とボトムアップ的思想

先の抜粋では、「収れんと発散の意図的な繰り返しをおこなうことができるかどうか」が重要であると述べられている。図-5.4 に発散と収れん過程に関連して考えられるいくつかの論点をまとめてみた。

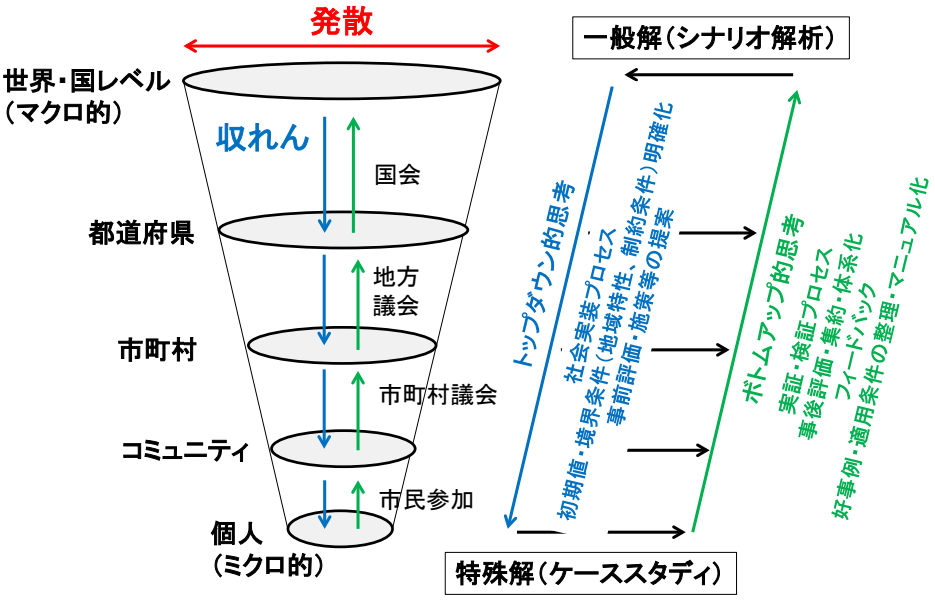


図-5.4　トップダウン的思考とボトムアップ的思考

まず、収れんする過程を前述するように、実社会の要請に応じた適用と考えるならば、様々な空間レベルや主体からなる実社会に、環境システム研究が適用されるはずである。図-5.4 には、主に行政を主体として考えた場合の都道府県や市町村レベル、民間企業や NPO や市民の取組の場として考えられるコミュニティ、さらには個人の環境配慮行動や合意形成の場に適用されることを示している。この収れん過程は、研究成果の社会実装プロセスとも言える。すなわち、世界や国レベルでの議論および数多くのシナリオ解析などを経て求められた全体最適化を指向した「一般解」が、トップダウン的に、都道府県および市町村、コミュニティ、個人レベルに適用されていくプロセスである。その際には、一般解ではなく、各レベルでの地域特性や地域の制約条件といった、いわば微分方程式の初期値と境界条件に基づく「特殊解」のようなものが地域毎に求まっていく。これは各レベルにおける施策の計画段階の事前評価に他ならず、この事前評価に基づいて施策等の提案がなされるのである。このトップダウン的思考こそが、環境システム研究の大きな特徴であると言えよう。

一方で、この各レベルでの地域毎の「特殊解」は、一見するとケーススタディとも見なされる。ケーススタディは、あくまでもある特殊な条件下における「特殊解」を求めているのに過ぎず、一般解にはなり得ないという意見もある。多くのケーススタディの実施例を解析して、共通点を見出し、あるいは成功のための適用条件などを整理し、それをマニュアル化すれば、一般解に近づくという見解もあろう。

ここで、特殊解は特異解ではないということが重要である。2000 年以降の研究で数多く見られるようになった「具体的なケーススタディ」の位置付けについは、図-5.4 に示すように、発散過程で得られた理念・概念・方法論が、実社会の要請に応えられるかどうかを実証する、あるいは検証するプロセスと考えることもできる。どのようなケーススタディであれ、環境システム研究が築き挙げてきた理念・概念・方法論を踏襲しているはずであり、その収れんの過程で、理念・概念・方法論が具現化され、よ

り洗練される（魂がはいる）。そして、その収れん過程で得られた「特殊解」が、都道府県、あるいは市町村、コミュニティ、個人の各レベルが抱える環境問題の解決に貢献することができれば、適用された理念・概念・方法論が間違いではなかったと実証・検証されたと考えることができよう。そのためには、事前評価のみならず、実践されたケーススタディとしての事後評価が必要であり、それらの評価結果を集約し体系化していく作業が今後必要となろう。そして、このような事後評価に基づいた好事例の整理や適用条件の整理がなされ、マニュアル化されたならば、これは提案した一般解が、かなり広く適用可能であるレベルにまで達したと言えるのではないだろうか。図-5.4 には、その実証・検証プロセスを、トップダウン的思考に対応して、ボトムアップ的思考として示した。つまり、「トップダウン的思考」とそのフィードバックとしての「ボトムアップ的思考」の過程の両方を合わせて、「収れん」と考えることもできる。すなわち、理念・概念・方法論を発散的に思考し、その結果をトップダウン的に社会実装し、そしてその結果をフィードバックとしてボトムアップ的思考により体系化を試み、さらに、理念・概念・方法論の発散へとつなげていくことであろう。これら、トップダウン的思考とボトムアップ的思考の両方を行うことが極めて重要であり、環境システム研究が果たす役割であると言えよう。

5)　他の議論

図-5.4 を作成するにあたって、以下の疑問が生じた。とるにも足らない疑問かもしれないが、問題提起をして環境システム研究レビューの締めくくりとしたい。

○全体最適と部分最適

世界・国レベルで全体最適を指向した「一般解」が、都道府県、市町村、コミュニティや個人に適用した際に、必ずしも最適解とは限らないのではないか。地域循環共生圏の形成は、地域を出入りする物質・エネルギーの速度を減少させ（地域内でできるだけ滞留・循環させ）る、さらにその地域のバウンダリーを地域内の人が「地域振興の実感」を感じることができる範囲にまで縮小させた部分最適化を指向したものであるとも考えられる。複数の地域循環共生圏を考えた時、あるいはそれらの多層構造を考えた場合、全体最適と部分最適をどのように考えれば良いのか。

○特殊解は、一般解に含まれているのか。特殊解は実は特異解になってしまってないか

ケーススタディは本当に実証・検証プロセスになっているのであろうか。事後評価を行い一般解との関係性を評価すべきであろう。また、複数の特異解が見つかった場合には、一般解の見直しも必要となろう。いずれにしろ、社会実装後の事後評価プロセスが今後重要になると思われる。

○市民参加や市民自治の重要性

図-5.4 もう一つの見方として、個人、コミュニティ、市町村、都道府県、世界・国レベルの順でみることもできる。これまでは、画一的な施策やシステムが、トップダウン的思考に基づき、国から都道府県、市町村、コミュニティ、個人に伝搬してきた。しかしながら様々な価値観が形成される複雑な今日においては、もはや個人特性、コミュニティ特性、市町村や都道府県の地域特性を無視して、画一的なシステムを押しつけることはできないと考えられる。すなわち、今後、社会実装を推進するためには、「市民参加」が重要であり、「議会等での最優先課題化（理想は市民自治）」も重要ではないだろうか。金太郎飴のような画一的なシステムをすべての地域に創り上げていく時代はそろそろ終わり、そこで

生活する方々、事業を行う方々などの地方の人が、自分自身の生活をよりよいものとするために、地域特性を最大限に生かした、地域ごとに特色をもった取り組みに移行する時期に来ているかもしれない。

6.　謝辞

今回の環境システム研究のレビューにあたり、多くの委員の皆様のご協力を得ることができました。特に、多忙な中、多くの論文に目を通して頂き、的確なレビューレポートを作成して頂いたことに感謝申し上げます。また、小委員会の開催にあたっては、多くの委員の皆様に御参加頂き、多用な意見を賜ることができました。皆様の環境システム研究に対する熱い思いを感じた次第です。本当にありがとうございました。

おかげさまで、本報告書をまとめることができ、環境システム研究レビュー小委員会の活動も一段落終了できます。委員の皆様のご協力、厚く御礼申し上げます。