

環境生態工学

博士(工学) 宇野 宏司 共著
博士(工学) 渡部 守義

コロナ社

環境・都市システム系 教科書シリーズ編集委員会

編集委員長 澤 孝平 (元明石工業高等専門学校・工学博士)
幹 事 角田 忍 (明石工業高等専門学校・工学博士)
編集委員 荻野 弘 (豊田工業高等専門学校・工学博士)
(五十音順) 奥村 充司 (福井工業高等専門学校)
川合 茂 (舞鶴工業高等専門学校・博士 (工学))
嵯峨 晃 (元神戸市立工業高等専門学校)
西澤 辰男 (石川工業高等専門学校・工学博士)

(2008年4月現在)

刊行のこ と ば

工業高等専門学校（高専）や大学の土木工学科が名称を変更しはじめたのは1980年代半ばです。高専では1990年ごろ、当時の福井高専校長 丹羽義次先生を中心とした「高専の土木・建築工学教育方法改善プロジェクト」が、名称変更を含めた高専土木工学教育のあり方を精力的に検討されました。その中で「環境都市工学科」という名称が第一候補となり、多くの高専土木工学科がこの名称に変更しました。その他の学科名として、都市工学科、建設工学科、都市システム工学科、建設システム工学科などを採用した高専もあります。

名称変更に伴い、カリキュラムも大幅に改変されました。環境工学分野の充実、CADを中心としたコンピュータ教育の拡充、防災や景観あるいは計画分野の改編・導入が実施された反面、設計製図や実習の一部が削除されました。

また、ほぼ時期を同じくして専攻科が設置されてきました。高専～専攻科という7年連続教育のなかで、日本技術者教育認定制度（JABEE）への対応も含めて、専門教育のあり方が模索されています。

土木工学教育のこのような変動に対応して教育方法や教育内容も確実に変化してきており、これらの変化に適応した新しい教科書シリーズを統一した思想のもとに編集するため、このたびの「環境・都市システム系教科書シリーズ」が誕生しました。このシリーズでは、以下の編集方針のもと、新しい土木系工学教育に適合した教科書をつくることに主眼を置いています。

- (1) 図表や例題を多く使い基礎的事項を中心に解説するとともに、それらの応用分野も含めてわかりやすく記述する。すなわち、ごく初歩的事項から始め、高度な専門技術を体系的に理解させる。
- (2) シリーズを通じて内容の重複を避け、効率的な編集を行う。
- (3) 高専の第一線の教育現場で活躍されている中堅の教官を執筆者とす

ii 刊 行 の こ と ば

る。

本シリーズは、高専学生はもとより多様な学生が在籍する大学・短大・専門学校にも有用と確信しており、土木系の専門教育を志す方々に広く活用していただければ幸いです。

最後に執筆を快く引き受けていただきました執筆者各位と本シリーズの企画・編集・出版に献身的なお世話をいただいた編集委員各位ならびにコロナ社に衷心よりお礼申し上げます。

2001年1月

編集委員長 澤 孝 平

ま え が き

環境保全のための科学技術は日々進歩している。しかし、いくら科学技術が進歩したとしても、現在のような人間活動に伴って発生する環境への影響を完全になくすことは不可能である。例えば、リサイクル可能な自然のエネルギーとして太陽光発電が注目されているが、太陽光発電のためのパネル一つを取り上げても、その製造から廃棄に至るまでには、さまざまな鉱物資源やエネルギーを消費している。このように私たちの暮らしは、さまざまな資源や生態系に依存する一方で、私たちの活動そのものが自然や生態系に大きな影響を与えている。

環境問題に対する工学的アプローチとは、本来有している生態系機能以上のものを利用する人間の行為による環境に及ぼす影響を明らかにし、解決策を見出していくことにある。一方で、その健全性や生物多様性を失った生態系において、本来の生態系構成要素や機能を回復するための環境保全技術への要求が高まっている。生態系を持続的に保全するためには、その利用を適度なレベルに保つことにより、利用に伴うさまざまな影響をできるだけ軽減することが必要である。

このような社会背景により、建設・土木系分野においても、自然環境・生態系に配慮した技術開発により循環型社会を構築することが求められている。自然環境を保全するための基盤となる生態学 (ecology) の素養は必須となってきた。生態学は生物学 (biology) の基礎分野として発展した学問で、生物の生活の法則をその環境との関係から解明する科学である。生態学は、多様でスケールの大きく異なる現象を対象としており、なにを対象にするのかによってさらに細かく分類される。場の特徴からは海洋生態学、陸水生態学、森林生態学などに分類され、対象生物の分類群からは植物生態学、微生物生態

学，哺乳類生態学などに分けられる。また，研究方法の視点からは空間生態学，統計生態学，分子生態学などに分類され，応用の目的を明確にした応用生態学（applied ecology）に含まれる学問領域として保全生態学，農業生態学，景観生態学などがある。

一方，生態工学（ecological engineering, eco-technology）は，人為的操作によって人間活動の影響を受けた生態系を望ましい状態に保全したり，復元，創出することを目指すものである。1993年に刊行された国際誌 Ecological Engineering では，生態工学について「人類と自然環境の双方に利する人間社会のあり方」という包括的な定義で定めている。したがって，その取り扱う範囲には，環境影響を軽減するためのごみ処理法の開発，生態系を考慮した食糧生産技術，環境負荷の少ないエネルギー開発，生息地保全復元のための土木技術開発など，農学や工学のほぼ全領域が含まれている。1997年に発足した応用生態工学研究会（現在の応用生態工学会）では，土木工学と生態学との融和によって，生態学的知見を環境保全のための土木事業に活用することを目標にしている。生態工学に基づく技術の最大の特色は，生態系が有している自己設計（self-design, self-organization）機能を最大限に利用することである。生態系には未知な部分が多く，目標となる構造や機能をもった生態系が必ずしもつくられるとはかぎらない。そこで，地域開発や生態系管理の計画を確定的なものにとらずに，目標とする生態系に遷移するように環境条件を制御することを基本としている。

本書で扱う環境生態工学とは環境工学や生態工学を学ぶための基礎的な部分を包括したものである。生態系について初めて学ぶ学生や，その保全に関わる若手技術者らが本書を手にし，学習や実務の一助となれば幸いである。

2016年1月

宇野宏司・渡部守義

目 次

1. 地球環境問題

1.1 環境問題の変化と持続可能な社会	1
1.2 地球環境問題	4
1.2.1 地球温暖化	4
1.2.2 オゾン層の破壊	6
1.2.3 酸性雨	9
1.2.4 森林の減少	10
1.2.5 海洋汚染	12
1.2.6 有害廃棄物の越境移動	14
1.2.7 開発途上国における環境問題	16
演習問題	17

2. 環境生態工学の基礎

2.1 生態系の概念	19
2.2 生態系の種類と分布	22
2.3 生態系機能と生態系サービス	27
2.4 個体と個体群	28
2.4.1 成長曲線	30
2.4.2 種内競争	35
2.4.3 個体群の移動と分散	37
2.4.4 個体群の生活史と生存戦略	39
2.5 生物群集	42
2.5.1 ニッチとギルド	42

2.5.2 生物間の相互作用	44
2.5.3 生態遷移	45
演習問題	48

3. 生態系の構成とそのつながり・エネルギーの流れ

3.1 生産者・消費者・分解者	50
3.2 一次生産と光合成	53
3.3 消費者による二次生産	55
3.4 生態ピラミッド	58
3.5 食物連鎖	59
3.6 生態系におけるエネルギーの流れ	61
演習問題	63

4. 生態系における物質循環

4.1 物質循環と物質収支	66
4.2 水の循環	70
4.3 炭素の循環	71
4.4 窒素の循環	73
4.5 リンの循環	74
演習問題	77

5. 生物多様性

5.1 生物多様性とはなにか	78
5.2 生物多様性の危機	80
5.3 生物多様性条約と新・生物多様性国家戦略	82

5.4 レッドデータブック	84
演習問題	87

6. 生態系の評価とリスクマネジメント

6.1 生態系と環境問題の評価	89
6.2 生態系の評価法	93
6.2.1 生態系評価の分類	93
6.2.2 生物を用いた環境の評価	94
6.2.3 環境影響評価における生態系評価	99
6.3 生態環境リスク	110
6.3.1 生態環境リスクとは	110
6.3.2 生態環境リスクの予防的管理	112
6.3.3 生態環境リスクマネジメントの基本手順	114
演習問題	118

7. 環境保全技術

7.1 環境保全技術の定義	120
7.2 ビオトープ	125
7.2.1 ビオトープとは	125
7.2.2 ビオトープの現状	127
7.2.3 ビオトープの保全	128
演習問題	132

8. 各種生態系の保全と管理

8.1 森林生態系	133
8.1.1 森林生態系の概要	133
8.1.2 森林生態系の現状と課題	137

8.1.3 森林生態系の保全と管理	138
8.2 都市生態系	140
8.2.1 都市生態系の概要	140
8.2.2 都市生態系の現状と課題	141
8.2.3 都市生態系の保全と管理	141
8.3 農耕地生態系	143
8.3.1 農耕地生態系の概要	143
8.3.2 農耕地生態系の現状と課題	145
8.3.3 農耕地生態系の保全と管理	146
8.4 ダム・湖沼生態系	147
8.4.1 ダム・湖沼生態系の概要	147
8.4.2 ダム・湖沼生態系の現状と課題	150
8.4.3 ダム・湖沼生態系の保全と管理	152
8.5 河川生態系	156
8.5.1 河川地形と生息空間	156
8.5.2 河川生態系の概要	159
8.5.3 河川生態系の保全と管理	160
8.6 干潟生態系	163
8.6.1 干潟生態系の概要	163
8.6.2 干潟生態系の機能	164
8.6.3 わが国の干潟生態系の現状	167
演習問題	171

9. 自然環境を守るための法制度

9.1 自然環境に関する日本における法制度	172
9.2 環境基本法	174
9.3 環境影響評価法	176
9.4 生物多様性基本法	179
9.5 野生生物の保護に関連する法律	182
9.5.1 鳥獣保護法	182

9.5.2 種の保存法	183
9.5.3 カルタヘナ法	184
9.5.4 外来生物法	185
9.6 生態系の保全・再生に関する法律	188
9.6.1 自然公園法	188
9.6.2 自然環境保全法	190
9.6.3 自然再生推進法	191
9.7 自然生態系に関する主な国際条約	195
9.7.1 ラムサール条約	195
9.7.2 ワシントン条約	196
9.7.3 生物多様性条約	198
演習問題	200
引用・参考文献	202
演習問題解答	207
索引	214

地球環境問題

人間活動は、自然環境に対してさまざまな負荷を与え環境問題を引き起こしている。本章では、高度成長期の地域の環境問題から、近年顕在化している地球環境問題への拡大の背景を概説し、その典型的な七つの地球環境問題について学習する。

1.1 環境問題の変化と持続可能な社会

環境 (environment) とは、人間や生物などの主体を取り巻く周囲のすべての“もの”や“こと”を指すが、英語では [the] を付けて森林や水辺などの自然環境を意味する。一般に環境問題とは後者でとらえられ、自然環境の悪化を意味することが多い。自然環境の悪化は、人間の活動に起因するものがほとんどであり、これにより再び人類の生命や生活に悪影響を及ぼすことで、自然環境問題として社会に現れる。

人間活動は 20 世紀後半に化石燃料をエネルギー源とした産業革命によって飛躍的に発展した。その一方で周辺環境に対する配慮が足りず、化学工場のような特定の場所から排出される汚染物質がその周辺の環境を悪化させる**地域環境問題** (regional environmental issues) が発生した。わが国においても 1950 年ごろから化学工場の水銀排水に起因する水俣病や、窒素・リンなどの栄養塩類の流入による閉鎖性水域の富栄養化^{ふえいようか}と、これに伴う赤潮^{ひんさん}や貧酸素水塊^{そすいかい}の発生といった問題が特定の地域で発生した。これらの問題を解決するため衛生工学や環境工学をはじめとする学問が大きな役割を果たしたことは周知のことであ

2 1. 地球環境問題

る。一方で、人間の生命に関わるか否かを問わず、環境問題ではどの程度のレベルで影響の有無があるのかを判断することがきわめて重要である。一般的には、環境の悪化が種々の基準値を超えるものであるか否かによって人体への影響の有無を間接的に評価する方法がとられている。1967年に公害対策基本法が制定され、公害対策が総合的に推進された。現在、残された課題はあるものの、わが国をはじめ先進国においては公害問題はほとんど見られなくなった。しかし、途上国においてはいまなお排気ガスや排水が引き金となった多くの公害問題を抱えているところもあり、先進国の技術支援などが必要とされている。1980年代の半ばからは、ある場所から排出された汚染物質が地球全体の環境を悪化させるような地球温暖化や酸性雨など、人類の将来にとって大きな脅威となる地球規模の環境問題である**地球環境問題** (global environmental issues) が大きく意識され始めた。地球環境問題の場合、問題の発生している地域が独自で対策をとっても、それだけでは問題の解決は不可能である。例えば地球温暖化の防止のための二酸化炭素の排出規制を、日本や先進各国で行っても、それ以外の国での排出が続けば地球温暖化は防止できない。地球環境問題の背景には世界人口の急激な増加があるとされている。2013年の国連世界人口予測報告書 (United Nations report) によると、現在の世界人口は72億人で、今後12年間にさらに10億人の増加が見込まれ、2050年には96億人に達するといわれている。人口増加と経済成長に伴う生活水準の向上により、エネルギー、食糧、天然資源への需要も増加し、地球環境問題を解決するどころか、さらに深刻化することが容易に予想できる。国際社会でもさまざまな取組みがなされている。その一方で、先進国と途上国で環境問題の対策のための足並みがそろわないのは、環境問題への取組みが自国の経済発展を停滞させるからである。

しかし、近年特に顕在化してきた地球環境問題によって、人類の存続には、環境問題の解決が不可欠であるという認識が広まっている。わが国における自然保護に対する意識は、**表 1.1** のように、近年は自然保護や環境保全を優先に考える割合が増えている。経済的な豊かさの追求から、良好な環境や幸福感

表 1.1 自然保護に対する意識に関する世論調査結果²⁾

	該当者数	人間が生活していくために最も重要なこと	人間社会との調和を図りながら進めていくこと	開発の妨げとなるなど不要なこと	その他	わからない
	人	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
1991年 6月調査	2 253	36.1	58.5	0.7	0.1	4.7
1996年 11月調査	3 493	36.0	58.9	1.2	0.1	3.9
2001年 5月調査	2 072	40.1	56.8	0.8	0.0	2.3
2006年 6月調査	1 834	48.3	46.7	2.3	0.3	2.5

などを含むより広い意味での豊かさを求める意識の変化があったものと考えられる。また、2013年に実施された環境省の「環境にやさしいライフスタイル実態調査」では、「環境保全の取組みを進めることは、経済の発展につながる(75.0%がそう思う)」、「大量消費・大量廃棄型の生活様式を改めることは重要である(92.9%がそう思う)」など環境問題への取組みに対する考え方や意見について、ほとんどの項目で肯定的な回答が85%を超えている。このような人々の後押しもあり、従来までの技術開発による環境問題の解決だけでなく、社会の取組みを見直すことが求められている。「**持続可能な開発** (sustainable development)」という理念は、1987年に国連の「環境と開発に関する世界委員会」(WCED)の最終報告書「Our common future」の中で提唱された。この理念は「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発」と説明されている。つまり、環境保全と開発行為は相反するものではなく共存も可能であり、環境保全を考慮した節度ある開発が重要であるという考えに基づくものである。

1.2 地球環境問題

地球環境問題にはさまざまなものが挙げられるが、本章では地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、森林（特に熱帯林）の減少、海洋汚染、有害廃棄物の越境移動、開発途上国における環境問題について次節以降、順に取り上げる。なお、5章で取り上げる「生物多様性」の減少なども、広い意味での地球環境問題の範疇に含まれる。

1.2.1 地球温暖化

地球温暖化（global warming）とは、人間の活動によって大気中の温室効果ガス（greenhouse gas）の濃度が増加することにより、地球表面の大気や海洋の平均温度が長期的に上昇する現象のことである。

温室効果ガス（図 1.1）には二酸化炭素（ CO_2 ）、メタン（ CH_4 ）、亜酸化窒素（ N_2O ）、ハイドロフルオロカーボン類（HFCs）、パーフルオロカーボン類（PFCs）、六フッ化硫黄（ SF_6 ）などがあるが、最も代表的なものは二酸化炭素である。

図 1.2 に示すように産業革命前の二酸化炭素の大気中濃度は、280 ppm 前後

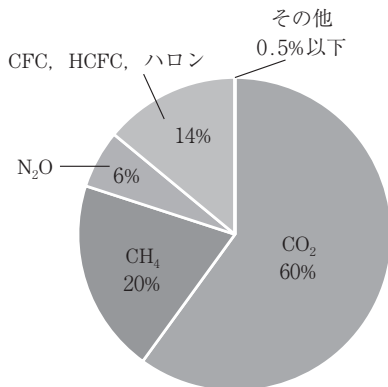


図 1.1 温室効果ガスの寄与度¹²⁾

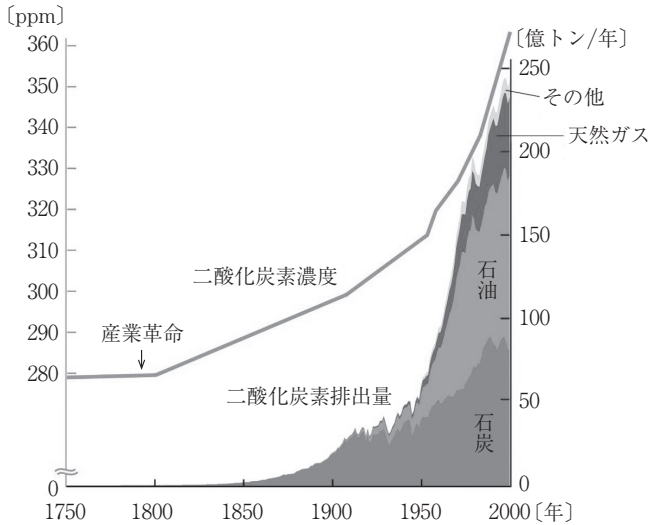


図 1.2 温室効果ガスの濃度と量の推移（オークリッジ国立研究所
全国地球温暖化防止活動推進センター Web サイトより転載）

でほぼ安定していたが、産業革命以後急激に上昇し、現在は約 370 ppm と 3 割程度増加していて、このままでは 21 世紀末に 540~970 ppm になることが予想されている。

地球の地表温度はこの 100 年間に $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 上昇しているといわれるが、46 億年の長い地球の歴史からみても 100 年という短期間のうちにこれほど気温が上昇した例はなく、温室効果ガスの増加が地球温暖化問題を引き起こしていると考えられている。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の予測では、現状のままで推移すれば、地表の平均温度は 21 世紀末までに $1.4\sim 5.8^{\circ}\text{C}$ 上昇するといわれている。このような短期間での温暖化は地球環境に大きな影響を及ぼす可能性がある。例えば、特に移動能力のない樹木は 100 年という短期間における気温上昇のスピードに適応することができないため、大きな打撃を受けることが予想され、その影響はそこで生活する他の動植物にも及ぶと考えられる。また、地球温暖化が進むと、氷河の融解や海水の膨張などにより、海面が上昇することが

索引

【あ】	オゾンホール	6	【き】	気 圏	66
	汚濁指標 (PI)	96, 97		気候変動に関する政府間 パネル (IPCC)	5
亜 種	28	オポチュニスト種	34	基礎生産者	53
アデノシン三リン酸 (ATP)	55	重み付き利用可能面積 (WUA)	102	基盤サービス	27
荒れ地戦略 (R-戦略)	41	温室効果ガス	4	ギャップ	135
【い】	【か】	科	28	供給サービス	27
移行帯	132	回 復	122	競争戦略 (C-戦略)	41
移 住	37	海洋汚染	12	競争排除の法則	43
維持流量	102, 105	外来種	141, 179	京都議定書	6
一次生産	53	外来生物	84, 185, 186	極 相	46, 138
一次生産者	53	外来生物法	185	ギルド	43
一次遷移	45	回 廊	131	菌 界	28
遺伝子の多様性	78, 94, 131, 175	攪 乱	135	緊急指定種	184
遺伝的特性	131	攪乱依存戦略	41	【く】	
移 動	37	カルタヘナ法	184	クロロフィル	53
【う】	環 境	1	群 集	29, 42	
ウィーン条約	8	環境アセスメント	91	群 落	29, 42
【え】	環境影響評価	91	【け】		
エアロゾル	69	環境基本法	174	計画アセスメント	179
栄養塩類	138	環境形成作用	21	原核生物界	28
栄養段階	43, 50	環境財	90	原生生物界	28
エコトーン	132, 152	環境作用	21	現存量	53
エコロジカルネットワーク 計画	142	環境収容力	31	【こ】	
エコロジカルフットプリント	90	環境抵抗	31	光合成	53
塩類集積	146	環境法	172	合成適性基準 (CSI)	104
【お】	環境保全型農業	146	呼吸量	53	
オゾン層	6	環境要因	20	国際希少野生動植物種	184, 197
	環境リスク	110	間 伐	139	
	還元者	51			
	乾性降下物	69			

国内希少野生動植物種 184, 197	食物網 60	生物圏 66
枯死量 53	食物連鎖 59, 144	生物指数 (BI) 97
個 体 29	人為攪乱 135	生物多様性 78
個体群 29	シンプソンの多様度指数 94	生物多様性基本法 179
個体数の均等性 94	森林限界 25	生物多様性国家戦略 82
コリドー 131	森林減少 10	生物多様性条約 (CBD) 82, 198
	森林生態系 133	生物多様性ホットスポット 81
【さ】	【す】	生物保全指数 (IBI) 108
最終収量一定の法則 36	水 圏 66	撰 食 55
採餌率 104	水源涵養機能 136	絶滅危惧 IA 類 (CR) 84
再 生 122, 191	水質階級 96	絶滅危惧 IB 類 (EN) 85
作 用 21	スクリーニング 177	絶滅危惧 II 類 (VU) 85
酸性雨 9, 69	スコوپング 177	絶滅種 (EX) 84
	ストレス耐性戦略 (S-戦略) 41	遷 移 135
【し】	【せ】	選好曲線 104
シアノバクテリア 73	瀬 158	選択度曲線 104
シグモイド曲線 32	生活環 39	戦略的環境アセスメント 179
自己間引き 36	生活史 39, 129	
支持サービス 27	生活史戦略 40	【そ】
自然攪乱 135	制限要因 20	相互作用 19, 21
自然環境保全法 190	生産者 50	創 出 122, 191
自然公園法 188	正常流量 102	創 生 122
自然再生推進法 191	生食経路 60	総生産量 53
自然選択 39	生食連鎖 60, 144	属 28
持続可能な開発 3, 175	生食連鎖系 134	ゾーニング 127, 142
湿性降下物 69	生態学的指標種 126	
指標生物 95	生態系 19	【た】
シャノン・ウィナー指数 94	——の多様性 79, 94, 175	第1種適性基準 103
種 28	生態系機能 27	第2種適性基準 103
従属栄養生物 51	生態系サービス 27, 89	第3種適性基準 104
種間関係 44	生態遷移 45	脱窒作用 69
種数平衡説 38	生態的地位 42	淡水赤潮 151
種内競争 35	生態的特性 131	
種の多様性 78, 94, 175	生態ピラミッド 59	【ち】
種の保存法 183	生態リスク 111	地域環境問題 1
種の豊かさ 94	成 長 30	地域個体群 30
純生産量 53	生 物 20	地球温暖化 4
純成長量 53	生物界 28	地球環境問題 2, 174
消費者 50	生物学的水質判定法 96	地球サミット 82
植 生 42	生物群系 23	地 圏 66
植物界 28		
植物群落 42		

地産地消	147	ハビタット	100, 125	ボトルネック効果	132
長距離越境大気汚染条約	10	ハビタット評価手続き (HEP)	99	ホメオスタシス	20
鳥獣保護法	182	ハビタットロス	141	【ま】	
調整サービス	27	反作用	21	マルサスの成長	30
【て】		【ひ】		【み】	
適性基準	103	ピオトーブ	125	水の華	151
デトリタス	51	ピオトーブタイプ	126, 128	密度依存性	31
デトリタス経路	60	干 潟	163	密度効果	34
【と】		被食量	53	ミティゲーション	91, 125, 191
同 化	55	微生物連鎖	61	未判定外来生物	185
島嶼生態学	38	貧栄養湖	148	【も】	
動物界	28	品 種	28	網	28
登録湿地	195	【ふ】		目	28
特定外来生物	185	富栄養化	68, 74	モニタリング	143
独立栄養生物	51	富栄養化現象	150	モネラ界	28
都市生態系	140	富栄養湖	148	藻 場	168
【な】		復 元	122	門	28
内的自然増加率	30	不消化排出	55	モントリオール議定書	8
内部負荷	151	腐食連鎖	60	【や】	
【に】		腐食連鎖系	134	野生絶滅種 (EW)	84
二次生産	55	淵	158	【ゆ】	
二次生産者	55	普通種	84	有害廃棄物の越境移動	14
二次遷移	45	物質収支	67	優占種法	96
ニッチ	42	物質循環	66	【よ】	
ニッチ分割	43	物質生産	53	要注意外来生物リスト	186
2分の3乗則	37	分解者	51	予防原則	112
【の】		文化的サービス	27	予防的順応的態度	113
農耕地生態系	144	分 散	38	【ら】	
【は】		【へ】		ライフサイクルアセスメン ト (LCA)	90
バイオアッセイ	94	平衡種	35	ラムサール条約	195
バイオマス	53	ベック・津田法	96, 97	【り】	
バイオマニピュレーション	153	変 種	28	理化学的水質判定法	96
バイオーム	23	【ほ】			
倍加時間	32	防 御	121		
バーゼル条約	15	放浪種	34		
バッファゾーン	132	補償深度	152		
		保 全	122, 191		
		保 存	121		

【れ】		【ろ】		【わ】	
劣性形質	78	ロジスティック成長	31	ワシントン条約	196
レッドデータブック	85	ロジスティック方程式	31		
レフュージア	80	ロンドン条約	13		
◇					
【A】		EX	84	【P】	
ATP	55	【H】		PHABSIM	102
【B】		HEP	99	PI	97
BEST	106	【I】		【R】	
BI	97	IBI	108	r-選択種	34
【C】		IFIM	105	R-戦略	41
CBD	82	IPCC	5	【S】	
CR	84	【K】		S字型成長曲線	32
CSI	104	K-選択種	34	S-戦略	41
C-S-R 戦略	41	【L】		【V】	
C-戦略	41	LCA	90	VU	85
【E】		【O】		【W】	
EN	85	OPRC 条約	14	WUA	102
EW	84				

— 著者略歴 —

宇野 宏司 (うの こうじ)

1999年 徳島大学工学部建設工学科卒業
2004年 徳島大学大学院博士後期課程修了
(マイクロ制御工学専攻)
博士 (工学)
2004年 国土環境株式会社技師
2004年 京都大学大学院工学研究科附属環境質
~05年 制御研究センター研究員
2006年 神戸市立工業高等専門学校助手
2007年 神戸市立工業高等専門学校講師
2009年 神戸市立工業高等専門学校准教授
現在に至る

渡部 守義 (わたなべ もりよし)

1997年 山口大学工学部社会建設工学科卒業
2002年 山口大学大学院博士課程修了
(社会建設工学専攻)
博士 (工学)
2002年 山口大学大学院 VBL 講師
2004年 明石工業高等専門学校助手
2009年 明石工業高等専門学校講師
2010年 明石工業高等専門学校准教授
現在に至る

環境生態工学

Environmental and Ecological Engineering

© Kohji Uno, Moriyoshi Watanabe 2016

2016年3月17日 初版第1刷発行

検印省略

著者 宇野 宏司
渡部 守義
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-05521-4

(金) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします