

# サステイナブル工学基礎

— 持続的に発展する社会の実現に向けて —

博士（工学） 芝池 成人【編著】

コロナ社

# 「サステイナブル工学基礎」編集機構

## 【全体編集】

芝池 成人

## 【執筆者 (( ) 内は担当章)・執筆協力者】

---

あまの なおき 天野 直紀	しや きん か 奈 錦華	はら けん じ 原 賢二
うえの さとし 上野 聡	しんかい たけし 新海 健	ふくしま ふみひこ 福島 E. 文彦
うえの ゆう き 上野 祐樹	す ま おか じゆん 須磨岡 淳	ふる い みつあき 古井 光明
えがしら やすゆき ☆江頭 靖幸 (4章)	せきぐち あきのり 関口 暁宣	まえだ なりひこ 前田 就彦
おおく ぼ ともまさ 大久保 友雅	たかぎ しげゆき 高木 茂行	まつ お よしき ☆松尾 芳樹
おおやま やすひろ 大山 恭弘	たかほし ひでとも ☆高橋 秀智 (5章)	まつ やま なおと 松山 直人
かたがり としまさ 片桐 利真	たかほし まさお 高橋 昌男	み た としひろ 三田 俊裕
かとう ひでゆき 加藤 秀行	つばかわ ひろし 坪川 宏	☆茂庭 昌弘
きむら やすお ☆木村 康男 (6章)	つるおか まこと 鶴岡 誠	もりもと たつき 森本 樹
くろかわ ひろあき 黒川 弘章	と い あきと 戸井 朗人	☆山下 俊
しばいけ なりと ☆芝池 成人 (1-3, 7-10章)	にし お かずゆき 西尾 和之	

---

☆印は「サステイナブル工学」ワーキンググループメンバー  
(五十音順, 所属は東京工科大学, 2017年11月現在)

## はじめに

人類は、大自然の恵みを享受するなかで、発見と発明を繰り返しながら科学技術を発展させ、産業を興して経済を活性化し、思想と制度を整備して豊かで高度な社会基盤を構築し、私たちの生活を便利で快適な姿に変えてきた。一方その過程においては、幾多のエネルギーを開発し、大量の地球資源を消費し、周囲の環境にさまざまな排出物を蓄積してきた。特に18世紀には、蒸気機関が実用化された英国を中心に産業革命が起こり、エネルギーや資源の消費量が飛躍的に増大した。そして「ロンドンの霧」に象徴されるように、近代社会の繁栄を横目に工業化の影響が市街や郊外の自然環境に少しずつ影を落とし始めたのである。

19世紀になると、石油の大量生産を背景とする米国を中心として工業化が急速に拡大し、同時に自然破壊も着実に進行した。その後人類は二度の世界大戦を経験したが、20世紀の中ごろには、中東諸国などから供給される安価な石油を得て世界中で工業化を進展させ、内燃機関を搭載したさまざまな輸送機械をはじめ、革新的な樹脂材料を用いた膨大な工業製品で地上を埋め尽くした。また、社会生活のあらゆる分野に電気機器が浸透したが、必要な電力のほとんどは化石燃料を熱源とする火力発電で生産されている。結果として人類は、現代の隆盛を築き上げたものの、限りある地球資源やエネルギーの枯渇、地球温暖化や大気、土壌、海洋の汚染など、深刻な環境問題に直面する事態に陥った。

こうした地球規模の課題に対処するため、20世紀後半に「サステイナブル・ディベロップメント (sustainable development)」という理念が提唱された。当初は「持続可能な開発」、最近ではおもに「持続可能な発展」と訳される人類共通のコンセプトであり、これから学ぶサステイナブル工学の根柢になる大変重要な考え方である。この「サステイナブル・ディベロップメント」は21

世紀の工学者に対して最も重要な判断基準を提供するであろう。

本書は、この深甚なる理念のもとで私たちがめざすべき未来像を探究し具現化するため、サステイナブル工学がはたすべき役割を明確にしながら、課題の解決に不可欠な知識と評価手法の基礎を学ぶことを主眼としている。前半（1～6章）では、まず全体像の把握に努め、環境やエネルギー問題の概要、およびサステイナブルな材料・素材、設計・製造、システム化などに関する個別の技術課題と対策事例を紹介した。後半（7～10章）では、これらの包括的な知識を有する者が技術や人工物（工業製品）のサステイナビリティ（sustainability：持続可能性）を評価し向上させるために活用すべき手段として、「ライフサイクルアセスメント（life cycle assessment）」と「環境効率評価」、さらに関連する各種指標や分析手法を説明した。このように本書は、サステイナブル工学を学ぶ者が人類の将来を担うリーダーへと成長していくための出発点となるように構想されている。

著者らの所属する東京工科大学は、1986年の開学以来「実学主義」を教育の柱としてきた。そして2015年、サステイナブル工学を標榜する工学部を新設した。この工学部には機械工学科、電気電子工学科、応用化学科の三つの学科が設置されたが、「サステイナブル工学基礎」、「サステイナブル工学実習」、「サステイナブル工学プロジェクト演習」という全学科共通の講義や演習科目が段階的に組み込まれている。さらに、各学科特有の専門領域においても「サステイナブル・ディベロップメント」を実践するために必要な多くの科目が用意されており、重層的にサステイナブル工学を学べるようカリキュラムが構成されている。

これらのなかで「サステイナブル工学基礎」は東京工科大学におけるサステイナブル工学教育の出発点と位置付けられ、工学部の学生は全員、与えられた演習課題やワークシートに取り組みながらサステイナブル工学に関する全般的な知識と分析評価手法の要点を習得していく。また、講義の中間と最終の段階では提示された課題についてグループ討議などを行い、知識の理解度を相互に確かめつつ解決策を検討する。そして、各学生が議論を通じて獲得した自身の

知見や考察を個別レポートにまとめ、知識の整理と高度化を図りながらつぎの段階に進めるように工夫されている。

本書はこの「サステイナブル工学基礎」の授業を念頭に作成したものである。各章末の「理解を深めよう」はその章の内容に対する理解を深め知識の整理に役立つので、特に解答は用意していないが読者はぜひチャレンジしてほしい。

またコロナ社の web ページ<sup>†</sup><http://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339066456> にワークシートを準備したので必要に応じて活用されたい。ワークシートは2種類あるが、Worksheet-1 は6章終了時点 Worksheet-2 は9章終了時点で利用するとよいだろう。東京工科大学ではこれらのワークシートの内容に基づいた課題を与えてグループ討議を実施している。学生たちが持ち寄った解答をたがいに評価し合い、より良い解答を考案するなかで、問題の本質を見極めつつさまざまな解決の可能性を追求する姿勢を習慣づけるのがねらいである。本書がこれからサステイナブル工学を学ぼうとするすべての者にとって有効で実践的な道標になることを祈念してやまない。

2018年2月吉日


執筆者を代表して 芝池 成人

---


<sup>†</sup> 本書で紹介する URL は 2018 年 2 月現在のものです。

# 目 次


## 1. サステイナブル工学入門

1-1	サステイナブル・ディベロップメント	1
1-2	サステイナブル社会	5
1-3	ライフサイクル思考	8
1-4	サステイナブル工学の役割	13
	理解を深めよう	17

## 2. 環境問題の現状


2-1	環境問題の全体像	18
2-2	地球温暖化問題	23
2-3	その他の地球環境問題	29
	理解を深めよう	38

## 3. エネルギー問題の動向


3-1	エネルギー情勢	39
3-2	日本のエネルギー対策	45
3-3	省エネルギー	50
	理解を深めよう	56

## 4. サステイナブル材料


4-1	化学・材料産業の役割とその問題点	57
4-2	サステイナブルな社会づくりに役立つ材料	62

4-3	サステイナブルな材料の製造プロセス	69
4-4	サステイナブルな製造プロセスのための材料開発	72
	理解を深めよう	73


## 5. サステイナブル設計・製造

5-1	自動車の開発と製造	74
5-2	自動車と環境問題	76
5-3	環境問題に対する自動車に関する技術開発	79
5-4	環境問題に対する自動車製造工場に関する技術開発	83
5-5	製品の環境配慮設計からサステイナブル工学へ	83
	理解を深めよう	86

## 6. サステイナブル電気電子工学


6-1	サステイナブル電力システム	87
6-2	電力の利用	101
6-3	サステイナブル社会の実現に向けた電気電子工学	111
	理解を深めよう	112

## 7. ライフサイクルアセスメント


7-1	LCA の概要	113
7-2	LCAの実施方法	118
7-3	調査結果の公開	126
	理解を深めよう	130

## 8. 製品の環境効率評価


8-1	環境効率の概要	131
8-2	ファクター Xの標準化ガイドライン	134
8-3	環境効率の適用	138

8-4	環境効率の国際標準規格	140
8-5	サステナビリティ評価への拡張	144
	理解を深めよう	145

## 9. サステナビリティの評価

9-1	エコロジカルフットプリント	146
9-2	生活品質関連の評価	149
9-3	社会経済性の評価	153
9-4	評価手法と指標の総合	157
9-5	planet, people, prosperity の統合評価	158
	理解を深めよう	162

## 10. サステナブル工学の展望

10-1	サステナブル工学と社会との関連	163
10-2	サステナブル工学の課題	167
10-3	サステナブル工学の実践	169
10-4	サステナブル社会の構築に向けて	173
	理解を深めよう	174

引用・参考文献	175
---------	-----

索引	181
----	-----



# 1. サステイナブル工学入門

サステイナブル工学の出発点は、現在世界共通の理念と認識されている「サステイナブル・ディベロップメント」である。この理念を具現化するサステイナブル社会（持続可能な社会、あるいは持続的に発展する社会）を実現するための工学がサステイナブル工学であり、すべての工学者が専門領域を越えて等しく追究すべき基盤技術的な位置付けにある。

本章では、サステイナブル工学の中核をなす重要な考え方として、planet（環境との調和）、people（生活の質の向上）、prosperity（経済の活性化）という三つの視点と「ライフサイクル思考」を提示する。これらはサステイナブル工学に包摂される技術体系の骨格を構成するとともに、工学者が研究開発を実践する際の行動規範を与える。また、ライフサイクルアセスメントなどの環境影響評価手法に加え、人間の生活品質、社会や経済の状況を同時に考慮するためのさまざまな指標について概要を紹介し、サステイナブル工学の目標とはたすべき役割を明確にしていく。

## 1-1 サステイナブル・ディベロップメント

〔1〕 サステイナブル・ディベロップメントの経緯 「サステイナブル・ディベロップメント（sustainable development）」という言葉は1972年に出版されたローマ・クラブの報告書『成長の限界』のなかで用いられたのが最初とされている<sup>1),†</sup>。一方、1987年には国際連合「環境と開発に関する世界委員会」の全12章からなる最終報告書『我ら共有の未来（Our Common Future）』において、これからの世界が共有すべき重要な理念として「サステイナブル・ディベロップメント」が公式に提唱された<sup>2)</sup>。この理念は「将来の世代のニーズを

---

† 肩付きの番号は巻末の引用・参考文献を示す。

## 2 1. サステイナブル工学入門

損なうことなく現在の世代のニーズを満たすような開発」を意図し、「環境と開発はたがいに反するのではなく共存し得るものであり、環境保全を考慮した節度ある開発が重要である」との考えを基調とする。なお、本委員会ではノルウェーのブルントラント首相（当時）が委員長を務めたため、「ブルントラント委員会」とも称されている。

ついで1992年には「環境と開発に関する国連会議〔地球サミット（United Nations Conference on Environment and Development：UNCED）〕」がリオ・デ・ジャネイロで開催された。会議では「サステイナブル・ディベロップメント」を統一的な理念とし、環境と開発の両立に向けた国際的な協力を謳った「リオ宣言」が採択された。また、私たちを取り巻く地球環境問題（地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化など）に対する具体的な行動計画として「アジェンダ21」が採択された。こうして人類は「サステイナブル・ディベロップメント」のもとに環境問題の克服に向け大きな一歩を踏み出したのである。

2002年にヨハネスブルグで開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議（World Summit on Sustainable Development：WSSD）」では、「サステイナブル・ディベロップメント」には「持続可能な消費と生産」が行動規範として必要であるとの理解が共有された。図1-1に示すように、生産者が「持続可能な生産（sustainable production）」において環境を守ると同時に、消費者

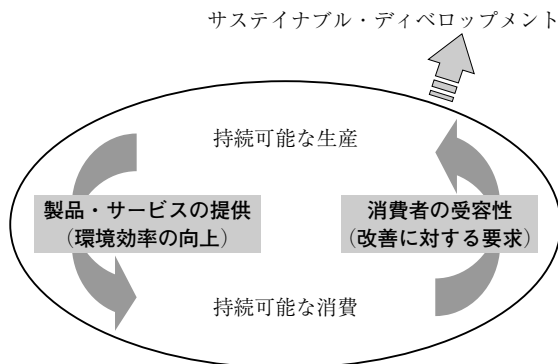


図1-1 「サステイナブル・ディベロップメント」の概念<sup>3)</sup>

による「持続可能な消費 (sustainable consumption)」が不可欠である、という概念である<sup>3)</sup>。「サステイナブル・ディベロップメント」はこれらの好循環によって達成されるのであり、リオ宣言から20年後の2012年に再びリオデジャネイロで開催された「国連持続可能な開発会議 (通称：リオ+20)」において、この概念は再確認されている。

〔2〕 **日本のサステイナビリティ** では、私たちが暮らしている日本はサステイナブル (持続可能) なのだろうか。答えは「否」であろう。日本は資源小国であり、江戸時代ならまだしも現代では自給自足など到底望み得ない状況にある。2012年のエネルギーの自給率はわずか6%程度と報告されており、化石燃料はほぼ全量を輸入に頼っている<sup>4)</sup>。必要な金属資源についても同様の状態であり、技術立国を推進するにあたって、日本には工業製品の材料となる金属資源や活動の源泉となるエネルギーが絶対的に不足している。したがって私たちは、海外の資源 (エネルギー含む) を輸入して付加価値を生み出しつつその対価によって日々の生計を立てざるを得ない、きわめて脆弱な基盤のうえに存在している国家の一員なのだという認識からスタートしなくてはならない。すなわち、「サステイナブル・ディベロップメント」は世界共通の理念であるとともに私たち固有の課題でもあり、けっして他国の環境破壊の話ではない。

表 1-1 は、平成 27 年版の「環境白書」に掲載されている、OECD が発表している幸福度に関する指標「Better Life Index 2014」における日本の順位を示した表である<sup>5)</sup>。「Better Life Index」は OECD 加盟国などの 36 か国に対して順位付けがされているが、2014 年 (平成 26 年) の順位では日本は 20 位に甘んじている。表によると、安全性や収入、教育の分野では高評価だが、健康やワークライフバランスの分野で低い評価となっている。また、生活満足度やガバナンス、住宅や環境面でも高評価とはいえず、ほかの先進国と比較した場合、日本の経済面での好成績は生活面を犠牲にした結果であるという印象を受ける。

この表に関する限り、少なくとも先進国の間では、私たちが感じているよりも低く日本は評価されているように見える。しかし、この結果は評価者の理解

4 1. サステイナブル工学入門

表 1-1 OECD「Better Life Index 2014」における日本の順位<sup>5)</sup>

分野	順位	指標	順位
住 宅	24	住宅設備	<b>31</b>
		住居費	24
		一人当たり部屋数	20
収 入	<b>6</b>	世帯金融資産	<b>3</b>
		世帯可処分所得	16
雇 用	11	雇用保障	<b>2</b>
		雇用率	12
		長期失業率	13
		個人収入	18
コミュニティ	21	支援ネットワークの質	20
教 育	<b>7</b>	高等教育修了比率	<b>2</b>
		学生能力	<b>1</b>
		教育期間	<b>31</b>
環 境	24	大気汚染	24
		水 質	17
ガバナンス	27	意思決定協議度	16
		投票率	31
健 康	<b>30</b>	平均寿命	<b>2</b>
		自己申告による健康度	<b>36</b>
生活満足度	27	生活満足度	25
安 全	<b>1</b>	暴行事件発生率	<b>2</b>
		殺人事件発生率	<b>1</b>
ワークライフバランス	<b>31</b>	長時間労働者割合	<b>33</b>
		自由時間	18

注) 10位以上を太字+灰色に、30位以下は太字にしてある

不足に起因するのではなく、私たちが周囲をより客観的に評価して現状を正しく把握するように努めるべきだという示唆なのではないだろうか。私たちは、劣っている点を従来以上に強く認識しつつ、ただちに「サステイナブル・ディベロップメント」へと舵を切る必要がある。特に工学技術者は、自分たちが生み出す技術や人工物であふれる社会のサステイナビリティ（sustainability, 持続可能性）を確保するために、それらが「サステイナブル・ディベロップメン

ト」に向けて前進しているのかどうかを多面的に評価する手法を学び研究開発に適用しなければならない。

現在の日本はサステイナブルであるとはいいいくいが、「学生能力 (student skills)」指標では第1位の評価を得ている。すなわち、われわれには世界を「サステイナブル・ディベロップメント」に導くだけのポテンシャルがあり、それはとりもなおさず、自分たちが有する能力を十分に活用して世界に貢献し、輝かしい人類の未来を構築する責務があるということにほかならない。世界中の期待を背負っている国民なのだという自覚が必要である。

## 1-2 サステイナブル社会

〔1〕 **サステイナブル社会の特徴** 「サステイナブル・ディベロップメント」は人類共通の理念として理解されているが、私たちが未来に向けて積極的に実現していくべき社会モデルとして提案されているのがサステイナブル社会 (sustainable society, 持続的に発展する社会) である。これは、「サステイナブル・ディベロップメント」を具象的に表現するビジョンであり、サステイナビリティを学問としてとらえる際のフレームワークを提供する。例えば、東京大学がリーダーを務めた「サステイナビリティ学連携研究機構」における議論では、「自然・環境 (地球システム)」、「産業・経済 (社会システム)」、「人間・生活 (人間システム)」という三つの要素が調和を保ちながら健全な形で持続的発展を遂げる社会という持続可能性の方向が示されている<sup>6),7)</sup>。

図 1-2 に示したように、サステイナブル社会では三つの要素を共存させ総合的な持続可能性の向上をめざす。産業や経済の発展のために貴重な自然を犠牲にしてはならないが、その一方で、あまりにも自然保護だけにとらわれて産業や経済が衰退したり、生活に不便や苦痛が生じたりしないように配慮することもまた重要なのである。そのためには、planet と表す地球システムに対しては「環境との調和」を、people と称する人間システムに対しては「生活の質の向上」を、そして prosperity にて示した社会システムに対しては「経済の活

# 索引

	温室効果ガス 24	
<b>【あ】</b>	<b>【か】</b>	<b>【け】</b>
アイドリングストップ 82	解 釈 117	経済効率 155
後処理対策 80	回生ブレーキ 108	経済的価値 6
アドホックネットワーク 109	隔膜法 70	原単位データ 121
<b>【い】</b>	か性ソーダ 69	原油確認埋蔵量 41
イオン交換膜 71	化石エネルギー 40	<b>【こ】</b>
イオン交換膜法 71	化石燃料 8, 58	公 害 76
イタイイタイ病 60	カテゴリインディケータ 114	光化学スモッグ 76
一次エネルギー 39	家電リサイクル制度 34	国際標準化 165
一次データ 120	カーボンフット 127	国際標準化機構 15
インベントリデータ 114	プリント 127	国民総所得 152
<b>【う】</b>	環境影響評価指標 131	国連開発計画 152
ウィーン条約 66	環境影響評価手法 131	国連気候変動枠組条約 20
ウォーターフット 130	環境基本計画 21	コージェネレーションシステム 51
プリント 130	環境効率 6	コストパフォーマンス 154
<b>【え】</b>	環境配慮設計 9	固定価格買取制度 44
影響領域 123	環境負荷 6	<b>【さ】</b>
エコデザイン 9	感度分析 125	最終エネルギー消費 46
エコデザインプロセス 9	<b>【き】</b>	最終処分量 31
エコリーフ 124	気候変動枠組み条約 68	再生可能エネルギー 28, 43, 88, 91, 97
エコロジカルフット 7, 146	基本フロー 120	最大電力点追従 93
プリント 7, 146	基準フロー量 121	サステナビリティ 4
エネルギー安全保障 39	機能単位 142	サステナブル工学 13
エネルギー基本計画 45	機能的価値 6	サステナブル社会 5
エネルギー生産効率 155	京都議定書 20, 68	サステナブル・ディベ ロップメント 1
エネルギーハブス ティング 93, 110	<b>【く】</b>	サプライチェーン 128
エンドポイント 125	空燃比 80	サプライチェーン マネジメント 165
<b>【お】</b>	クリティカルレビュー 118	産業革命 76
オゾン層 65	グリーンケミストリー 72	三元触媒 81
オゾンホール 63	12か条 72	
重み付け 119, 123	グリーンデザイン 172	
温室効果 24	グルーピング 123	

<b>【し】</b>		炭酸ナトリウム	69	ヒートポンプ	62
ジオエンジニアリング	26	単 取	59	品質機能展開	150
紫外線	65	鍛 造	74	<b>【ふ】</b>	
資源効率	156	<b>【ち】</b>		ファクター X	132
資源生産性	31	窒素肥料	59	フォアグランドデータ	120
システム境界	119	知的財産権	165	不揮発性メモリ	104
自然エネルギー	26	鑄 造	74	物質フロー	30
持続可能な消費	3	<b>【て】</b>		プラグインハイブリッド車	82
持続可能な生産	2	デジタルエンジニア		フロン	62
持続的な開発	61	リング	75	分類化	123
シミュレーション	75	電界効果型トランジスタ	102	<b>【へ】</b>	
循環利用率	31	電気分解法	70	変換効率	40
省エネルギー	41	<b>【と】</b>		<b>【ほ】</b>	
省エネルギー法	50	統合評価	114, 124	保護対象	125
触 媒	65	同時並行処理	75	<b>【ま】</b>	
新エネルギー	46	特性化	123	マテリアルフロー	
<b>【す】</b>		トップランナー制度	54	コスト会計	156
水銀法	71	<b>【な】</b>		<b>【み】</b>	
水酸化ナトリウム	69	ナトリウムアマルガム	71	緑の革命	58
スマートグリッド	88, 94, 99	<b>【に】</b>		水俣病	60
<b>【せ】</b>		二次エネルギー	39	<b>【め】</b>	
正規化	123	二次データ	120	メチル水銀	71
生産者責任原則	34	人間開発指数	152	<b>【も】</b>	
製品価値	141	<b>【の】</b>		目的と調査範囲の設定	117
製品システム	119	ノンフロン製品	68	モータリゼーション	76
製品設計	75	<b>【は】</b>		モントリオール議定書	66
製品分類別基準	127	排気ガス規制	77	<b>【ゆ】</b>	
センサネットワーク	95, 97, 109	排出量取引制度	29	有効エネルギー	50
<b>【そ】</b>		ハイブリッド車	82	ユビキタスネットワーク	94
ソーダ工業	69	バイポーラトランジスタ	104	<b>【よ】</b>	
ソーダ灰	69	バックグランドデータ	120	四日市ぜんそく	60
ソリッドモデル	75	ハーバーボッシュ法	59	<b>【ら】</b>	
ソルバー法	70	パリ協定	20	ライフサイクル	9
<b>【た】</b>		パルス幅変調	105	ライフサイクル	
大気汚染防止法	77	パワー MOSFET	104, 106	アセスメント	15
大気浄化法 (英)	77	<b>【ひ】</b>			
大気浄化法 (米)	77	比較主張	119		
大気浄化法改正法	77	ビッグデータ処理	111		
代替フロン	66				
ダウンサイジングターボ	82				

ライフサイクルインベントリ調査	118	<b>【り】</b>		<b>【れ】</b>	
ライフサイクルインベントリ分析	117	リバウンド効果	166	レアアース	30
ライフサイクル影響評価	117	領域指標	123	冷媒	62
ライフサイクルコストイング	154	理論空燃比	80	<b>【ろ】</b>	
ライフサイクル思考	8	<b>【る】</b>		ロンドン市法	77
ライフサイクル段階	10	ルブラン法	70	<b>【わ】</b>	
				ワイドギャップ半導体	104

<b>【C】</b>		IPCC	19	<b>【P】</b>	
CAFE 方式	78	ISO	15	PCR	127
CASBEE	133	<b>【L】</b>		PRTR	60
CCS	26	LCA	15, 120	PWM	105
CFP	127	LCC	154	<b>【Q】</b>	
CMOS	102	LED	105	QFD	150
<b>【E】</b>		LIME	125	<b>【W】</b>	
EMS 対策	80	<b>【M】</b>		WF	130
Energy Star	56	MEMS	110	WWF	147
<b>【I】</b>		MEPS	56	<b>【Z】</b>	
IEA	25	MFCA	156	ZEV 規制	78
IEC	9	MOSFET	102	~~~~~	
IGBT	104	MPPT	93	3R	32
IoT	95	MSDS	36		



— 編著者略歴 —

1978年 東京大学工学部機械工学科卒業  
1978年 松下電器産業株式会社中央研究所勤務  
1993年 東京大学人工物工学研究センター特別研究員  
1994年 ケンブリッジ大学工学部工学設計センターシニアリサーチフェロー  
1995年 松下技研株式会社超機構研究所勤務  
1997年 博士（工学）（東京大学）  
2010年 パナソニック株式会社環境本部 ES リサーチセンター所長  
2013年 東京工科大学教授  
現在に至る

サステナブル工学基礎 — 持続的に発展する社会の実現に向けて —  
Basics of Sustainable Engineering — Towards Realization of Sustainable Society —

© Narito Shibaïke 2018

2018年4月23日 初版第1刷発行



検印省略

編著者 芝 池 成 人  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 壮光舎印刷株式会社  
製本所 株式会社 グリーン

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 978-4-339-06645-6 C3040 Printed in Japan

(松岡)



【COPY】 < 出版者著作権管理機構 委託出版物 >

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

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います。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いません。落丁・乱丁はお取替えいたします。