

バイオコークス

— 再生可能エネルギー社会の礎となる
新しい固体バイオエネルギー —

博士（工学） 井田 民男【著】

コロナ社

ま え が き

未来エネルギーについて、悩み、悲愴感に苛まれたことはあるだろうか？
著者がエネルギーについて考え始めたのは、日本で初めてのエネルギー工学に関する学部が豊橋技術科学大学に創設され、故・大竹一友教授のエネルギー変換工学講座への配属が決まったことがきっかけである。まだ、再生可能エネルギーやトレファクション、カーボンニュートラルという言葉すら存在しない時代であった。

大竹教授は当時、石炭燃焼の先導的研究開発者であった。1995年に論文[†]の中で、「これまでの燃焼技術の研究は、燃料を完全に燃焼させることと、派生的に生じる環境汚染物質を極力低減すべく新しい燃焼法や在来技術の改善を精力的に行ってきた。…(中略)…完全燃焼の最終目標物質であった二酸化炭素が、大量燃料消費により自然の炭素循環量を超える排出をきたすことになり、大気中の二酸化炭素濃度が年々高くなり、地球温暖化という広域汚染問題を引き起こす可能性が懸念されるに至った。また、未燃の炭化水素や亜酸化窒素などによる温暖化効果もこれを助長している」と時代の最先端から燃焼工学を通して数々の環境問題に警鐘を鳴らし、「近い将来にあらゆる技術活動に必要なエネルギー消費を極少化し、環境により調和する工業活動・日常生活の推進を迫られるときが必ずやってくるはずである。そのときに備えて、この件について、今から十分な検討を行っておく必要がある」と未来を切り開く指針を述べている。

その2年後、1997年国連気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3、京都会議）が開催され、先進国および市場経済移行国の温室効果ガス排出の削減目標を定めた京都議定書が採択された。長期的な将来を見据えた全世界的な取り

† 大竹一友：環境保全に貢献するための燃料・燃焼工学，機械の研究，47，2，pp.189～195（1995）

組みが始動し、環境問題解決への糸口が見えたときの感動が想起されるが、一方で世界各国の思惑、特に自国優先主義（home country priority）や正義（justice）等により、その取り組みや各国の連携が継続しない事実には愕然とさせられる^{†1}。大竹教授は、論文^{†2}の中で、「自国に存在しない環境汚染源にどれだけ関心を持ち続けられるかが問題となる。つねに環境に配慮し、使命感をもって絶えず世界に目を向けなければならない」と、自身の微粉炭火力発電開発研究を通して、地球規模での環境保全の必要性を強く訴えられていた。

著者ら門弟が大竹教授から最後に託された言葉は、「これからの技術者は、自分の専門分野はもとより政治・経済は当然として、哲学・倫理学にも精通した全人格的な素養をそなえたスーパーマンでなければならない」というものであった。後世を鼓舞しつつ、エネルギーの研究開発を通じて、地球規模でのエネルギー供給と環境保全の限界に苛立ちを感じておられたのではないかと回顧している。最先端の石炭燃焼研究開発に取り組んだ大竹教授の研究室で著者が学んだことは、「最大のエネルギー資源埋蔵量を誇る石炭による石炭火力発電依存比率の増加の一方で、それに伴い石炭が最大の二酸化炭素排出源となっている」というエネルギーと環境が相反する課題を同時に打破するには、カーボンニュートラルかつ持続可能な再生可能エネルギーにより産業分野（電力と鉄鋼産業など）のパラダイムシフト（paradigm shift）を引き起こすことが必要不可欠と感じる姿勢と地道な行動力である、と信じてやまない。

さて、近い将来発生するであろうエネルギー争奪からの回避を鑑みて、哲学を掘り下げ踏み込むと、「公共哲学」へと導かれる。公共哲学とは、『広辞苑』第6版（岩波書店、2008年）において「市民的な連帯や共感、批判的な相互の討論にもとづいて公共性の蘇生をめざし、学際的な観点に立って、人々に社会的な活動への参加や貢献を呼びかけようとする実践哲学」と定義されている。

†1 マイケル サンデル：これからの「正義」の話をしよう、ハヤカワ・ノンフィクション文庫（2011）

†2 大竹一友：石炭燃焼と環境、日本機械学会誌、99, 930, pp.196~198（1996）

桂木^{†1}は、公共哲学において民主主義と市場の新しい見方を紹介し、その中で健全な市場の概念として三つの動的バランスと二つの局面を指摘している。そして、これらの動的バランスと局面は、第2次世界大戦後に自由貿易体制が志向されて世界経済の市場経済化が進められたものの、グローバリゼーションの進展によって、南北問題の深刻化や民族主義の反発と過激化を生み出しているという。このような見方から、市場がその健全な姿を維持するには、①異なる共同体をつなぐ「平和」、②異なる市場共同体をつなぐ「平和」、そして③普遍的な市場と、そのもともとの基盤である生活共同体との「平和」、という三つの動的なバランスを認識しながら、全体としての市場平和を模索する必要があると警告している。また、二つの局面として「平和」と「紛争」を挙げ、異なる共同体をつなぐ「平和的な」関係があるとき、一定期間のうちはその関係が継続して「平和」が続くが、しばらくするとおたがいに関係が崩れる、あるいは離れるふるまいが生じるようになり、「紛争」へと事態は進むという。人類は、いくら表面上は「平和的な」ふるまいをしていますが、その基礎が侵食される事態を何度も繰り返してきた歴史を経験しており、争いが避けられない状態、いわゆる「トゥキディデスの罠」がまさに近づきつつあるのではないかと危惧している。これから訪れる大きな新しい罠を回避したくとも、公共哲学が共通規範とされない限り、エネルギー資源の争奪を回避できないのではないかと憂慮する。

世界を見つめながら、未来を見つめながら国家や産業、生活の基盤であるエネルギーの安定供給を実現するには、人々の社会的な連携による「平和的な」活動が不可欠であることはいうまでもない。吉永^{†2}は、環境保全の公共哲学から「資源エネルギーの公共哲学」の必要性とその発展を指し示している。さらに、2016年にはCraig Morris & Arne Jungjohannにより“Energy Democracy”が

†1 桂木隆夫：公共哲学とはなんだろう、勁草書房（2016）

†2 吉永明弘：環境保全の公共哲学、web教材（2006）

発刊され、自然エネルギーの在り方が民主主義の深化とエネルギーの民主化から議論されている。世界的に広がりつつある新しい概念であるエネルギー・デモクラシーは、国際関係～労働・雇用～教育・文化～ライフスタイル～政治・経済～産業が繋がり、基盤とするエネルギーを変えることによって、社会全体が変わることを教示している。

本書は、再生可能エネルギーとしての次世代固体バイオエネルギー：バイオコークスの創出の必要性について、包括的かつ多角的に書き記した最初の書物である。「バイオコークス」については、『現代カタカナ語辞典』（旺文社、2006年）において「茶殻やジャガイモなど台所から出る植物性廃棄物をリサイクルして作った固形燃料。近畿大の研究グループが鉄を溶解する大型鋳造炉で、石炭コークスと混ぜて燃焼させる実験をした結果、炉内温度は石炭だけより高温となり、不純物の混入も起きないことを確かめた。原料の100%を活用できる高いリサイクル性と、二酸化炭素の排出量削減につながり、注目を集めている」と記されており、これはプライマリー・エネルギーとしての本質をよく説明している。

本書では、バイオエネルギーの炭素収率性、持続可能性、再生可能性に基づく基本特性から実用化への課題、将来展望のビジョンまでを、これまでの研究成果をもとに書き記した。バイオコークス化技術は、生合成に起因するバイオマスすべてを資源の対象にしているため、その構成物質であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンの主骨格成分を対象としたうえで、木本系、草本系、農産系、厨芥系および果樹系バイオマス資源の特性を熱・物理学的観点から説明している。

固体バイオエネルギーの歴史は深く、環境保全と化石資源とのジレンマの中で浮き沈みが激しい。しかし、近い将来、再生可能エネルギーが普及した世界・社会・日常が到来することを切望する。

著者は、バイオコークス化技術は次世代固体バイオエネルギー開発の開闢をもたらすものであると考えている。数千万～数十億年にも及ぶ地球システムで

創成された化石資源を超えることは至難の業である。しかし、このバイオコークス化技術から、石炭／石炭コークス燃焼を超える固体バイオエネルギーの開発へと発展したり、新エネルギーとしての多様性が広がったりするものと信じてやまない。人類がその未来について悲観的にならないよう、今後もつねに先を見つめた研究開発が継承されていくことを祈願する。

本書の編集にあたり、コロナ社には根気よく多大なご支援・ご配慮をいただき、こうしてまとめられたことを深く感謝申し上げます。

また、本書はいまの研究成果をもとにしているが、時代とともにその考え方も発展的に、ときには飛躍的に変遷することを期待している。読者より未来へのご教示、ご意見を受け賜れば幸いである。

2021年11月

井田民男

目 次

1章 バイオエネルギーとは

1.1	バイオエネルギーの基本特性	2
1.1.1	バイオエネルギーの炭素中立性	2
1.1.2	バイオエネルギーの持続可能性	4
1.1.3	バイオエネルギーの再生可能性	5
1.1.4	バイオエネルギーの実用化	7
1.2	バイオマスの熱分解・炭化	9
1.2.1	バイオマスの熱分解と熱エネルギー特性	10
1.2.2	バイオマスの熱分解・炭化特性	13
1.2.3	バイオマスの熱特性関連	23

2章 固体バイオエネルギー

2.1	固体バイオエネルギーの利用	29
2.2	圧密固形化と熱処理技術	31

3章 バイオコークスの基本特性

3.1	バイオコークス原料としてのバイオマスの性質	36
3.2	バイオコークス成形手法	38
3.3	バイオコークス成形温度	41

3.4 バイオコークスの熱エネルギーとしての位置づけ	45
3.4.1 バイオコークスの基本特性	48
3.4.2 バイオコークスの基本燃焼特性	55
3.4.3 バイオコークスによる緩慢燃焼の指標	59
3.5 草本系バイオコークスの基本特性	61
3.6 農業系バイオコークスの基本特性	63

4章 バイオコークス開発の意義

4.1 エネルギー基盤としてのバイオコークス開発	70
4.2 バイオ炭素型社会実現に向けたバイオコークス開発	73
4.3 循環型社会実現に向けたバイオコークス開発	75
4.3.1 コーヒー滓バイオコークスによる循環システム	75
4.3.2 花びらバイオコークスによる循環システム	78
4.3.3 クロスバイオコークスによる循環型システム	81
4.3.4 汚泥バイオコークスによる循環システム	85
4.3.5 バイオコークスによる加温ハウス循環システム	88

5章 バイオコークスによる放射性汚染バイオマスの抑制とエネルギー化

5.1 バイオコークスによる減容化効果	91
5.2 バイオコークスによる重金属等の閉じ込め効果	93
5.3 バイオコークスによる放射性セシウムの閉じ込め効果	94

6章 バイオコークス研究の発想の起点

6.1 バイオコークスによる超長期エネルギー備蓄	99
6.2 海外でのバイオコークス事業への期待	102
6.3 固体バイオ燃料の国際標準化 (ISO/TC238) への期待	104

7章	バイオコークスが目指すところ	107
付録	バイオコークス研究所創設の理念	115
	引用・参考文献	118
	索引	122



1 章



バイオエネルギーとは

エネルギーは、すべての活動を支えるもとであり、持続的に営みを続けるための原動力である。地球上のエネルギーのほとんどは、太陽エネルギーを起源としている。なかでもバイオエネルギーは、生合成と分解・燃焼反応作用を介して分子構造を変えながら炭素循環と炭素備蓄をほぼ永遠に繰り返す「地球システム」から得られる**炭素中立性** (carbon neutral) を有し、**持続可能** (sustainable) かつ**再生可能** (renewable) な CSR エネルギー^{†1}として位置づけられる。

最初に、生物由来のバイオエネルギーの源である**バイオマス** (biomass) のエネルギー転換における原料としての視点について述べる。植物由来のバイオマス資源は、陸生バイオマスと水生バイオマスに大別される。これらを元素組成の観点から見ると、陸生／水生バイオマスともに、ほぼ炭素 (C) と酸素 (O) とわずかな (質量基準) 水素 (H) から構成されており、そこに窒素 (N)、硫黄 (S)、リン (P) 成分等と粗灰分 (ash) が若干含まれている。また生化学的な観点から見ると、陸生バイオマスでは、有機成分であるセルロースとヘミセルロース、リグニン成分を主骨格とする細胞壁による多孔質の構造体を形成しており、無機成分である粗灰分^{†2}が取り込まれている。一方の水生バイオマスは、セルロース、ヘミセルロース、リグニン以外の成分からも構成されているが、リグニン成分を含むものと含まないものが存在する。そして、飼料一般成分の観点からは^{†2}、いずれもおもに可溶無窒素物と粗繊維、粗

†1 本書では、炭素中立性を有し、持続可能かつ再生可能なバイオエネルギーのことを CSR エネルギーとして記述する。

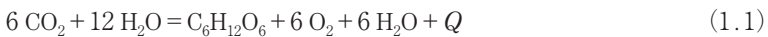
†2 灰分については、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構編纂による日本標準飼料成分表に詳細に記述されているので、ここではその記述に従う。

タンパクから構成され、粗脂肪や粗灰分も含まれる。このようにバイオマスは、見る者の視点によってさまざまな様相を呈す。その結果、バイオエネルギーを転換技術によって熱利用したり、化学的な反応を利用したり、さらには物理的な要素を加えたりしながら、研究開発が進められることになる。

1.1 バイオエネルギーの基本特性

つぎに、CSR エネルギーとしての学術的な視点から、バイオエネルギーの基本特性を述べる。

再生可能エネルギーにおいては、太陽エネルギー、風力エネルギー、水力エネルギー、バイオエネルギーが大きな4本柱である。太陽および風力、水力エネルギーは、その利用技術のほとんどが電気エネルギーへの転換技術であることと、季節や天候に大きく左右されるエネルギー資源であることから、電気を蓄えて消費する蓄電技術が鍵となる。対してバイオエネルギーは、それそのものが空気中の二酸化炭素 (CO₂) から炭素のすべてと酸素の半分を取り出し、自由水 (H₂O) から水素の半分以上を結合させた化学的エネルギー (水の酸素はすべて大気中にガスとして放出する) として位置づけられるので、ストックのために転換する必要はなく、固体バイオ燃料あるいはバイオ液体燃料としての特性をもっている。このことを化学式で表現するとつぎようになる。



1.1.1 バイオエネルギーの炭素中立性

バイオエネルギーの炭素中立性は、その循環性によって説明することができる。地球上の炭素は、太陽エネルギーによって地球システムの中を循環している。なかでもバイオマスを構成する炭素は、大気-陸上-海洋の間をさまざまな形態で循環しており、詳細な説明はまだなされていないが、大気-陸上間では生合成を介して呼吸・腐朽により炭素が交換され・移動し、陸上-海洋間では河川などを通じて海洋に移り、大気-海洋間では溶解・放出作用により二酸化

炭素が交換されるという、いわゆる地球システムによりバランスが取られている。

このように炭素は、その総量を変化させることなく、地球内部において永遠に循環する。一連の循環に含まれるバイオマスは、熱化学反応や燃焼反応などによって熱エネルギーを発生するが、それにより大気中に放出された二酸化炭素もまた地球システムに組み込まれて循環するので、中立な性質を有していると考えられている。産業革命以降の急速な工業の発展による地球システムのバランス崩壊が、人為的な活動に起因することは確かだが、自然の循環速度と人為的な炭素発生速度との差による影響を議論するには、大気・陸上・海洋循環のさらなる研究と、長期にわたる大気-陸上-海洋における吸収・蓄積データによる分析が必要であり、バイオエネルギーの炭素中立性の成立についての深い議論と検証が欠かせない。

また、自然における炭素中立性の成立については、地上に生育する森林等が正常に呼吸を行い、その機能が健全であることが前提である。Mingkai Jiangらは、二酸化炭素の増加のもとでの成熟林における炭素の行方を調査し、「こうした状況では森林の二酸化炭素吸収源としての能力が高まる」という一般的な考え方に疑問を投げかけ、成熟林では成長飽和が起ころむしろ二酸化炭素を吐き出すことを定量的に計測している^{1)†}。さらに、地上最大の森林資源であるアマゾンでは、ブラジル政府の方策に反発した現地民による大規模な違法伐採が続いており、バイオマス資源による二酸化炭素吸収は危機的な状況にある。一方、わが国での本格的な植林は、1950年に「荒れた国土に緑の晴れ着を」をスローガンとした「第1回全国植樹祭」が開催され、天皇皇后両陛下によるお手植え等の行事が行われたことに端を発する。しかし国内の森林の多くは、すでに樹齢70年以上に達しており、二酸化炭素吸収能力が低下していることには疑いの余地がない。

† 肩付きの数字は、巻末の引用・参考文献を表す。

1.1.2 バイオエネルギーの持続可能性

バイオエネルギーの消費は、バイオマスを通して地球循環システムの一部を利用していることにほかならないが、その時間的な消費率・消費速度とバイオマス再生循環速度およびその飽和点を対比することで、持続可能性への理解を深めることができる。すなわち、炭素を再生・備蓄する速度よりも大量かつ速くバイオエネルギーを消費すると備蓄量が減り、消費後の二酸化炭素発生量が増加することになる。二酸化炭素濃度が高くなれば再生速度が増速し、備蓄量は増加して、バランスがとれるように思えるが、大気-陸上での光合成速度はいずれ飽和光合成速度に達し、二酸化炭素濃度に依存しなくなることが知られている^{2),3)}。また、大気-海洋においては、表層水面でも短期的には飽和溶解量に達し、海洋への溶解が制限されるため、地球システムのバランスが崩れることになる。

特に陸上では、バイオエネルギー生成の主力である木本系バイオマスの持続性が焦点となる。広葉樹は**萌芽更新** (coppicing) 作用が働くため、約 50 年で再生林が形成される一方、針葉樹は萌芽更新作用が働かないため、人工的な苗による植林が必要となる。この点が木本系バイオマスをエネルギーとして消費するうえで注意すべき、広葉樹と針葉樹の大きな違いである。

このようにバイオエネルギーの持続性には、ほとんどの場合において人為的な操作とバイオマス資源の生態系に関する知識、およびその評価手法が必要となる。国際的には、持続可能な国際バイオエネルギー・パートナーシップ (GBEP) などにおいて、持続可能性の議論が行われている⁴⁾。導入に関してはまだ自主的な判断に委ねられているが、指標は表 1.1 に示すように、環境、社会、経済およびエネルギー安全保障の三つの大きな分野にそれぞれ八つ（環境：生物多様性など、社会：国内の食料価格と食料供給など、経済：エネルギー多様性など）、計 24 項目が設けられ、今後のバイオエネルギー促進の指針となることが期待される⁵⁾。

表 1.1 国際バイオエネルギー・パートナーシップのバイオエネルギー持続可能性指標⁴⁾

環 境	1 ライフサイクル温室効果ガス排出量 2 土壌質 3 木質資源の採取水準 4 大気有害物質を含む非温室効果ガスの排出量 5 水利用と効率性 6 水質 7 生物多様性 8 バイオ燃料の原料生産に伴う土地利用と土地利用変化
社 会	9 新たなバイオエネルギー生産のための土地分配と土地所有権 10 国内の食料価格と食料供給 11 所得の変化 12 バイオエネルギー部門の雇用 13 バイオマス収集のための女性・児童の不払い労働時間 14 近代的エネルギーサービスへのアクセス拡大のためのバイオエネルギー 15 屋内煤煙による死亡・疾病の変化 16 労働災害、死傷事故件数
経済および エネルギー 安全保障	17 生産性 18 純エネルギー収支 19 付加価値 20 化石燃料消費および伝統的バイオマス利用の変化 21 職業訓練および再資格取得 22 エネルギー多様性 23 バイオエネルギー供給のための社会資本および物流 24 バイオエネルギー利用の容量と自由度

1.1.3 バイオエネルギーの再生可能性

植物によって生み出されるバイオマスは、生合成による大気中からの二酸化炭素吸収と土壌からの水分供給による持続的な再生産物と理解できる。なかでも光合成を学術的に厳密に定義すると、酸素発生型光合成は太陽からの光エネルギー（波長 400～700 nm）を利用して水分解をし、酸素（ O_2 ）を放出するとともに、二酸化炭素（ CO_2 ）から有機物を合成して、植物の体を造り出すことである。光合成の変換過程は、明反応と暗反応に分けられる。明反応には、光エネルギーの吸収・伝達、電子伝達、水分解・酸素発生反応などが含まれ、これらの反応ではチラコイド膜上に存在する一連の膜タンパク質複合体が触媒の役割を果たしていることが解明されている。対して暗反応では光を必要とせ

索引

【あ】		【く】		【し】	
葦バイオコークス	62	グラファイト・		資源枯渇	104
圧密固形化	31	バイオコークス	79	自己収縮機能	41, 60
亜臨界水	36, 41, 44	クリストバライト	64	持続可能	1
亜臨界領域	42	クリンカ	72	持続可能性	4
				持続性	7
【い】		【け】		死の谷	110
一般廃棄物	71, 106	形成温度	41	社会的責任	96
稲わら	63, 64	結晶性シリカ	64	シャフト炉	71
衣類バイオコークス	80	減容化効果	90	重金属	92
				循環型社会	96
【え】		【こ】		循環性	2
エネルギー基盤	69	高温圧縮強度	60	消費量	104
エネルギー指標	46	高温ガス化溶融炉	56	食品残渣系バイオマス	19
エネルギー争奪	73	高密度減容化処理	91	食品資源	105
エネルギー備蓄	69, 99	枯渇危機	69	食品廃棄物資源	105
		国際協力機構	102	食品ロス	108
【お】		黒色化	39, 65	除染作業	90
オイルショック	99	黒炭	9	除染物	92
汚泥資源	105	固体バイオ		人工石炭	108
汚泥バイオコークス	83	エネルギー	28, 29		
汚泥廃棄物	83, 84	コーヒー滓		【す】	
		バイオコークス	74	水生バイオマス	28
【か】		米ぬか	63, 64	ストック	104
加温ハウス循環システム	86				
化学的結合水	43	【さ】		【せ】	
果樹系バイオマス	21	再生可能	1	成形手法	38
完全防水性	108	再生可能エネルギー	2	生合成	1
乾燥技術	108	再生可能性	5	石炭コークス	59, 98
緩慢燃焼	59	再生産エネルギー	6	セルロース	1, 10, 37, 50, 51
		再生性	7	ゼロ・エミッション	73
【き】		桜の枯葉バイオコークス	52	繊維リサイクル	80
キュボラ	56, 102	雑紙バイオコークス	63	戦略的産業	96

【そ】		難民キャンプ	81	備長炭	41
草本系バイオコークス	61	【に】		【ふ】	
草本系バイオマス	17	二国間クレジット制度	73	プラスチック化	86
素骨再構成技術	45	【ね】		ブリケット	29, 31
ソックス		熱エネルギー	9, 45	フロー	104
バイオコークス	83	熱的安定性	99	ブロッコリー	
【た】		熱特性相関	23	バイオコークス	51
ダーウィンの海	110	熱分解	8, 9	【へ】	
竹とコーヒー炭化物の		熱分解・炭化特性	12, 13, 23	ヘミセルロース	
混合バイオコークス	76	【の】		1, 10, 37, 50, 51	
炭化	8	農業系バイオコークス	63	ベレット	29, 31
炭素化	29	農産系バイオマス	18	【ほ】	
炭素資源循環	106	農村漁村	96	萌芽更新	4
炭素循環	104	農林漁業	96	放射性セシウム	93, 94
炭素循環システム	106	【は】		放射性物質	90
炭素中立性	1, 2, 3, 8	灰	72	【ま】	
【ち】		バイオコークス	36	マンゴーの種	
地球温暖化	96	バイオコークス		バイオコークス	53
地球環境再生	106	量産化技術	109	【み】	
地球システム	3, 104	バイオ炭素型社会	73	密度	60
地産地消	106	バイオマス資源量	6	【も】	
窒素循環	104	白炭	9	木本系バイオマス	14
チップ	29, 31	白炭化	41	もみ殻	63, 64
厨芥残渣系バイオマス	20	バナナ皮		もみ殻バイオコークス	
中立性	6	バイオコークス	90	64, 67	
長期備蓄	108	花びらバイオコークス	77	【り】	
長期保管安定性	91	半減期	100	陸生バイオマス	28
【て】		半炭化	61, 97	リグニン	1, 10, 37, 50, 51
鉄鋼溶解炉	56	【ひ】		緑茶バイオコークス	48, 56
【と】		非自然着火性	108	【れ】	
閉じ込め効果	92, 93	備蓄	108	冷間圧縮強度	49, 60
トレファイド化	29	備蓄型再生可能			
トレファクション		エネルギー社会	106		
29, 32, 61, 97		備蓄可能エネルギー	70		
【な】		備蓄量	104		
内部空隙率	108	ヒノキバイオコークス	56		
		比表面積	60, 108		

	[A]		[C]		[I]
ASEAN	101	CSR	82, 97	ISO/TC238	31
		CSR エネルギー	1, 9		
				[J]	
BCDF	32, 33, 34, 35	[G]		JCM	73
BOP	102	GBEP	4	JICA	102

— 著者略歴 —

1985年 豊橋技術科学大学工学部エネルギー工学課程卒業
1987年 豊橋技術科学大学大学院修士課程修了（エネルギー工学専攻）
1989年 近畿大学熊野工業高等専門学校助手
1995年 博士（工学）（豊橋技術科学大学）
2000年 近畿大学講師
2008年 近畿大学准教授
2014年 近畿大学教授
近畿大学バイオコークス研究所所長
現在に至る

バイオコークス

— 再生可能エネルギー社会の礎となる新しい固体バイオエネルギー —

Biocoal

— A Foundation of a Renewable Energy Society Based on New Solid Bioenergy —

© Tamio Ida 2022

2022年1月20日 初版第1刷発行



検印省略

著者	井田 民男
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
製本所	有限会社 愛千製本所

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 <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-06661-6 C3040 Printed in Japan

(柏原)



<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 03-5244-5088、FAX 03-5244-5089、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。