



エネルギー&カーボン 革新的なテクノロジー・ ビジネスモデル・システム 2020/21 初年度版

地球温暖化現象は人類が直面する喫緊の課題である。それに応えるように経済は低炭素経済へと急速に移行しつつある。温暖化ガスの排出量の大幅な削減は経済・社会の全分野におけるステークホルダー(利害関係者)の積極的なアクションを必要とする。実際、次のようなアクションが取られている。

- 政府は 2050 年までに温暖化ガスの排出量をネットゼロとする(あるいは 1990 年レベルから 80%削減する)ために削減のシナリオをつくり、それを実現するために必要な法律そして施策を準備・実行している。
- 自治体の多くはエネルギー・カーボン戦略を作成し、国以上の厳格な目標を掲げ、必要に応じてグリーン債券を発行しながらカーボン削減のためのプロジェクトを実施している。
- 多くの企業は省エネの努力を引き続き行いながら、消費する化石燃料を再生可能エネルギーで置き換えようとしている。更に一部の企業は低炭素経済のビジネスへ進出しようとしている。
- 化石燃料のソースであるオイルメジャーは自らシナリオ分析をして、それに基づき社内のカーボン価格を決め、所有するポートフォリオを最適化している。そのポートフォリオには買収した低炭素経済のビジネスが含まれている。
- 一部の企業・団体は気候非常事態宣言(Climate Emergency Declaration)を行い、全ての活動を温暖化ガスの排出という観点からレビューし、排出量を最小にしようとしている。
- 環境への意識が高い世帯では太陽光発電パネルそして時にはバッテリーをもち、電気のプロシューマ(Producer & Consumer)となっている。

上記は今日観察されるアクションの一部である。本書は大きく分けて 2 つの目的をもつ。一つは温暖化ガス排出量削減のためのシナリオ、すなわち、温暖化ガスのソース部門別施策、各テクノロジーの役割を含めた、削減計画の全体像をレビューすることである。もう一つの目的は、発展しつつある低炭素経済のビジネス、すなわち、温暖化ガス排出量の削減に直接的あるいは間接的に寄与するビジネスをレビューすることである。本書では、とりわけ革新的なテクノロジー、ビジネスモデル、システム(制度)を紹介することに焦点が置かれている。

本書は特に次の購読者の方々を念頭に置いている。(1)低炭素経済にビジネスの機会を探す企業の方々、(2)政府、自治体で温暖化ガス削減及び低炭素経済の開発を担当する部署の方々、(3)関連するビジネス分野でコンサルティングサービスを提供する方々等。

本書は毎年内容をアップデート・拡充し発行する予定である。この意味で、本書は温暖化ガス削減及び低炭素経済・ビジネスの手引書となることを目指している。

目次

序章	12
一部 全体像：シナリオスタディ	16
1. 低炭素経済のエネルギーシステムと技術：全体像	17
1.1. 総論：低炭素エネルギーシステムへの移行を支える技術分野	19
1.2. 部門別各論	24
1.2.1. 電力	24
1.2.2. 産業	30
1.2.3. 建物	32
1.2.4. 運輸	34
1.2.5. 二酸化炭素回収・貯留 (CCS)	36
1.2.6. バイオマスエネルギー	41
1.3. 本章のまとめ	48
2. 英国政府が描くネットゼロエミッション達成のシナリオ	50
2.1. 制度的フレームワーク	50
2.2. ネットゼロエミッションシナリオの概要	53
2.3. 部門別のシナリオ	61
2.3.1. 電力・水素生産	62
2.3.2. 建物	67
2.3.3. 産業	69
2.3.4. 陸上輸送	70
2.3.5. 航空輸送及び海上輸送	72
2.3.6. 農業並びに土地利用、土地利用変化及び林業 (LULUCF)	74
2.3.7. 廃棄物	77
2.3.8. F ガスの排出	78
2.3.9. 温室効果ガス除去	80
二部 分野別情報：革新的なテクノロジー、ビジネスモデル、システム	82
3. 太陽光発電	83
3.1. 概要	83
3.1.1. 市場動向	84
3.1.2. テクノロジー	86
3.2. 事例企業のビジネスモデル	88
3.2.1. Sunrun	88
3.2.2. Pick My Solar	99
4. 蓄電システム	109
4.1. 概要	109
4.1.1. 市場規模	112
4.1.2. 今後のテクノロジー	115
4.2. 事例企業のビジネスモデル	120
4.2.1. sonnen	120
4.2.2. Moixa	134
5. 二酸化炭素回収・利用・貯留 (CCUS)	139
5.1. 概要	139
5.1.1. 市場規模	139
5.1.2. テクノロジー	144
5.1.3. ビジネスモデルの開発	145
5.2. 事例企業のビジネスモデル	156
5.2.1. Net Zero Teesside	156
5.2.2. HyNet	165
6. ダイレクト・エア・キャプチャー(DAC)	175
6.1. 概要	175

6.1.1. タイミング	175
6.1.2. 市場規模	176
6.1.3. 収益予想	177
6.1.4. 他のテクノロジーとの競争	178
6.1.5. テクノロジーの焦点	180
6.1.6. DAC 市場参入企業	180
6.2. 事例企業のビジネスモデル	182
6.2.1. Climeworks	182
6.2.2. Carbon Engineering (CE)	188

図一覧

図 1-1	シナリオ別二酸化炭素排出経路
図 1-2	部門別エネルギー関連の二酸化炭素年間排出量と再生可能エネルギー、省エネ及び電化による二酸化炭素排出削減ポテンシャル
図 1-3	エネルギー関連累積投資 2016 年ー2050 年 (単位: 兆ドル)
図 1-4	IPCC の 1.5 度目標に向けた二酸化炭素排出削減経路
図 1-5	エネルギー源別一次エネルギー供給量 (5 つのシナリオ)
図 1-6	Shell-Sky シナリオにおける再生可能エネルギーを利用した水素消費 (部門別)
図 1-7	最終エネルギー消費の推移 (IPCC シナリオ別)
図 1-8	最終エネルギー消費における電力のシェア (IPCC シナリオ別)
図 1-9	電力の炭素集約度 (IPCC シナリオ別)
図 1-10	IRENA の REmap シナリオにおける太陽光発電と風力発電の年間追加設備容量
図 1-11	IEA の 1.75 度目標シナリオにおける産業部門の施策別排出削減
図 1-12	最終用途別累積エネルギー需要削減 (IEA シナリオ)
図 1-13	2060 年までの建物の熱供給技術の移行 (IEA シナリオ)
図 1-14	CCS による二酸化炭素回収・貯留量 (IEA シナリオ)
図 1-15	主要プロセス・部門別 CCS 導入コスト範囲
図 1-16	主要 CCU セクターにおける市場規模及び二酸化炭素削減ポテンシャル
図 1-17	IEA の 2 度目標シナリオにおける近代的バイオマスエネルギーの部門別最終消費
図 1-18	IEA の 1.5 度目標シナリオにおけるバイオ燃料別の最終消費 (運輸部門)
図 1-19	IEA のシナリオにおける BECCS の役割
図 1-20	バイオマスエネルギーへの年間投資実績 (2010-2016 年) と IEA の 2 度目標シナリオ実現に必要な投資額 (2020-2060 年)
図 2-1	英国の長期的エミッション削減計画 (1990 年比 80%)
図 2-2	部門別のエミッションの変化 (1990 年ー2017 年)
図 2-3	CCS により回収・貯留される二酸化炭素の総量 (2050 年、更に意欲的なシナリオ)
図 2-4	更に意欲的なシナリオにおける社会や行動の変化の役割
図 2-5	2050 年にネットゼロとするためのネガティブエミッション
図 2-6	電力部門をネットゼロエミッションとするための工程
図 2-7	建物部門をネットゼロエミッションとするための工程
図 2-8	産業部門をネットゼロエミッションとするための工程
図 2-9	陸上輸送部門をネットゼロエミッションとするための工程
図 2-10	航空・海上輸送部門の意欲的なシナリオ実施工程
図 2-11	農業部門のネットゼロのシナリオ実施工程
図 2-12	LULUCF 部門のネットゼロのシナリオ実施工程
図 2-13	廃棄物部門のネットゼロのシナリオ実施工程
図 2-14	F ガス部門のネットゼロのシナリオ実施工程
図 3-1	技術別再生可能エネルギー設置容量 (2019 年ー2024 年累積)
図 3-2	分散型太陽光発電の世界の設置容量及びポテンシャル
図 3-3	ビジネスモデルキャンパス: Sunrun
図 3-4	ソーラー計算機: 太陽光発電導入による電力料金等シュミレーション
図 3-5	ソーラー計算機: 太陽光発電導入の支払いオプション別キャッシュフロー分析

- 図 3-6 ビジネスモデルキャンパス：Pcik My Solar
- 図 4-1 電力貯蔵技術が提供できるサービス
- 図 4-2 電力貯蔵技術別出力・放電時間
- 図 4-3 各用途に必要な出力・放電時間
- 図 4-4 電力貯蔵の技術成熟度
- 図 4-5 世界の電力貯蔵システム容量技術別内訳
- 図 4-6 エネルギー貯蔵累積容量見通し(揚水貯蔵を除く)
- 図 4-7 蓄電池の技術別年間増設シェア
- 図 4-8 sonnenBatterie 10
- 図 4-9 ビジネスモデルキャンパス：sonnen
- 図 4-10 Moxia の壁掛けバッテリー
- 図 4-11 ビジネスモデルキャンパス：Moixa
- 図 5-1 稼働・建設・計画中の大規模 CCS 施設 (2010 年ー2019 年)
- 図 5-2 大規模 CCS 施設の二酸化炭素回収コスト
- 図 5-3 二酸化炭素の回収、利用及び貯留技術の技術成熟度レベル (TRL)
- 図 5-4 世界の主な CCUS ハブ&クラスタープロジェクト
- 図 5-5 英国の初期 CCUS プロジェクト計画：CCUS クラスター及び CO2 貯留サイト
- 図 5-6 産業 CCUS 用差額決済契約 (Cfd：Contract for Difference)
- 図 5-7 Net Zero Teesside プロジェクト地域の地図
- 図 5-8 CCUS プロジェクトに再利用の可能性がある英国の海底パイプライン
- 図 5-9 ビジネスモデルキャンパス：Net Zero Teesside
- 図 5-10 HyNet プロジェクト地域の地図
- 図 5-11 CO2 貯留・輸送に再利用可能な油ガス田及びパイプライン
- 図 5-12 ビジネスモデルキャンパス：HyNet
- 図 6-1 地球の温度上昇を 1.5 度に抑えるシナリオの排出経路
- 図 6-2 Climeworks の二酸化炭素コレクター
- 図 6-3 Climeworks の DAC プラント (DAC-18)
- 図 6-4 CarbFix による二酸化炭素の貯留方法
- 図 6-5 CE 社の DAC プロセス
- 図 6-6 CE 社の実証プラント
- 図 6-7 CE 社による商業用 DAC プラント (一部) のイメージ

表一覧

- 表 1-1 パリ協定の目標達成のシナリオ (IPCC、IEA、IRENA 及び Shell)
- 表 1-2 IRENA の REmap シナリオにおける太陽光発電及び風力発電の LCOE：2050 年に向けたロードマップ
- 表 1-3 IRENA の REmap シナリオにおける 2050 年に向けたヒートポンプ及び太陽熱利用のロードマップ
- 表 1-4 目的別 BECCS コスト
- 表 1-5 バイオマスエネルギー普及拡大に向けた世界における取り組みと道標
- 表 1-6 低炭素経済への移行に向けた主要なテクノロジー (部門別)
- 表 2-1 英国のネットゼロエミッションのシナリオ
- 表 2-2 コアのシナリオそして更に意欲的なシナリオにおいて 2050 年に必要となる施策
- 表 2-3 主要な低炭素テクノロジーの想定コストとコスト低下率
- 表 2-4 ネットゼロが含蓄するエネルギーシステムのインフラストラクチャー
- 表 2-5 GGR に関するより意欲的なシナリオ
- 表 3-1 FIT (Feed-in-Tariff) と SEG (Smart Export Guarantee) の比較
- 表 3-2 Sunrun のプラン及びサービス
- 表 4-1 主な電力貯蔵技術
- 表 4-2 sonnen のビジネス成長 — Financial Times 及び Statista による欧州の急成長企業トップ 1,000 社 (2019 年度版)より
- 表 4-3 sonnenFlat パッケージ
- 表 5-1 稼働中及び建設中の大規模な CCS プロジェクト

表 5-2	二酸化炭素の主な分離回収方法
表 5-3	CCUS プロジェクトの T&S の初期投資コスト (概算)
表 5-4	Net Zero Teesside に再利用の可能性がある海底パイプライン
表 5-5	HyNet (2026 年までのフェーズ) 詳細
表 5-6	HyNet プロジェクトコストデータ
表 6-1	二酸化炭素除去方法の比較
表 6-2	主な DAC 市場参入者
表 6-3	Climeworks と Carbon Engineering の比較

Box 一覧

Box 1	温暖化ガス削減シナリオの重要性：石油メジャーは何をしているのか？
Box 2	カーボン価格
Box 3	従来型及び先進型バイオ燃料
Box 4	FIT 後のサポートシステム：Smart Export Guarantee (SEG)
Box 5	太陽光発電事業者のビジネスモデル：専用線による電力購入契約 (Direct Wire PPA)、契約上のみ の電力購入契約 (VPPA：Virtual PPA)
Box 6	低炭素電気生産のための差額決済契約 (CfD：Contract for Difference)
Box 7	太陽光発電システムに関する技術的傾向
Box 8	ネットメータリング制度
Box 9	Sunrun の主な戦略的パートナー
Box 10	Pivot Power
Box 11	太陽光パネル & 蓄電池のコスト例
Box 12	英国で販売されている家庭用蓄電システム
Box 13	ドイツの再給電問題とブロックチェーンパイロットプロジェクト
Box 14	英国政府が提示する CCUS ビジネスモデル開発の指針となる包括的パラメーター
Box 15	T&S 初期投資コスト
Box 16	個人が所有する規模のカーボン固定装置：Eos Bioreactor

著者紹介

アルコー 静芳 (エディター)

LRI リサーチディレクター

s.alcoe@LondonResearchInternational.com

環境・エネルギー専門家。英国エセックス大学で欧州、英国、日本の温暖化対策を研究し、**Ph.D. in Government** を取得。国連環境計画アジア太平洋事務所でのインターンシップ、神戸市外国語大学での時事英語の講師を経て渡英、ロンドン・リサーチ・インターナショナルに参加。環境・エネルギーを中心に様々なリサーチに従事している。

津村 照彦

LRI 取締役会長

t.tsumura@LondonResearchInternational.com

エネルギー専門家（企業戦略、規制、プロジェクトの経済・財務分析）。ニューヨーク国連本部でのインターンシップ後、1989年より当時のパシフィックコンサルタンツインターナショナルにて電力・ガスプロジェクトの計画、フィージビリティスタディ等にエネルギーエコノミスト・プロジェクトマネジャーとして従事。アジア、CIS、中東、アフリカ、中南米の約30カ国で業務を遂行。その間、日本政府のコンサルタントとしてOECD、世銀等の国際会議に参加。従事したプロジェクトの例としてウクライナ電力セクターの改革、タイ、CISにおけるガスパイプライン建設計画、オマーンにおけるガス火力発電・淡水化プラント建設計画、インドネシアにおける水力発電所建設計画等がある。2001年に英国に移住し、同年、津村アソシエイツ設立。2003年にロンドン・リサーチ・インターナショナル設立。欧州、北米、アフリカを中心に、様々なリサーチ・コンサルティングプロジェクトに従事。再生可能エネルギー、エネルギー小売、アフリカ、テクノロジー等に関連したビジネスレポートを出版。多くの日本企業にアドバイスをしている。

ライセンス料金表

最初の1ライセンスのご料金 (1法人のご利用)	400 ポンド
追加1ライセンス毎のご料金(グループ内他の1法人のご利用)	200 ポンド
自治体・教育機関用ライセンス割引価格	200 ポンド

英国におけるご利用に対してはVAT(20%)が追加でかかります。

本書はライセンス供与形式で販売されています。1ライセンスは1つの法人あるいは機関における利用に限定されています。

ご購入ご希望の方は以下のメールアドレスにご用命のライセンスをお知らせ下さい。

s.alcoe@LondonResearchInternational.com

LRI 出版日本語類似レポートのご紹介



英国で存在感を増しつつある 自治体電力(小売)のビジネスモデル

サイズ：A4 版 150 ページ(デジタル版のみ)
言語：日本語
定価：300 ポンド
発行年：2018 年

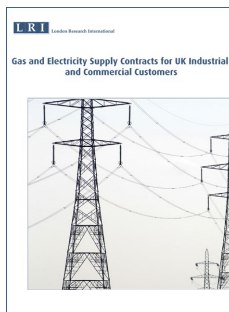
英国の自治体電力は日本同様に市場自由後に出現し家庭用需要家を主なターゲットとする。リスクを負ってまで様々な便益を追求する彼らのビジネスモデルをいくつか紹介する。



英国の経験から学ぶ電気小売事業者のための 企業戦略・マーケティング戦略

サイズ：A4 版 117 ページ(デジタル版のみ)
言語：日本語
定価：100 ポンド
発行年：2015 年

英国の 15 年間の自由化の経験から学ぶ戦略的ヒント
今日の成熟した市場に至るまでの戦略的変換
インカンベントと新規参入者の企業戦略・ビジネスモデル
セグメンテーションを含むマーケティング戦略と施策の成功・失敗例
インカンベントの 9 電力が直面する可能性のあるリスク



英国における産業・業務用需要家に対するエネルギー (ガス・電力)供給契約

ISBN：978-0-9558079-3-0
サイズ：A4 版 150 ページ(絶版のためデジタル版のみ)
言語：日本語
定価：100 ポンド
発行年：2010 年

英国では市場競争の中で、どのような契約オプションを産業・業務用需要家に提供しているのか。料金メニューオプション、供給価格の構成要素、契約交渉のプロセス等。典型的な契約書(日本語と英語)のサンプルを添付。