



**CHALMERS**  
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## Renewable Energy Opportunities

Downloaded from: <https://research.chalmers.se>, 2026-04-06 14:58 UTC

Citation for the original published paper (version of record):

Kåberger, T. (2023). Renewable Energy Opportunities. Accelerators for Sustainability Transformation: 154-174

N.B. When citing this work, cite the original published paper.

定価：本体 **2,700** 円 + 税  
サステナビリティ変革への加速

東信堂



9784798918624



1923030027009

ISBN978-4-7989-1862-4  
C3030 ¥2700E

# サステナビリティ変革への加速

# サステナビリティ変革への加速

国際基督教大学社会科学研究所 編  
上智大学グローバル・コンサーン研究所

## 主要目次

まえがき	(毛利勝彦・下川雅嗣)
1章 環境と持続可能な開発ガバナンスを変革する	(パメラ・チャセク)
2章 SDGsとラウドアート・シ	(吉川まみ)
<b>社会的側面</b>	
3章 新型コロナウイルス感染症ワクチンへのアクセス	(勝間靖)
4章 持続可能な食料システムへ	(山口富子)
5章 持続可能な未来に向けて教育を変容させる	(丸山英樹)
<b>経済的側面</b>	
3章 インベストメント・チェーンにおけるサステナビリティ・インパクトの追求	(引間雅史)
7章 フェアトレードのインパクトと最新の市場動向	(潮崎真惟子)
3章 マイクロファイナンスにおける持続可能な開発のアクセラレータ	(ヘザー・モンゴメリ)
<b>環境的側面</b>	
3章 再生可能エネルギーにとっての好機	(トーマス・コーベリエル)
10章 エコロジカル・フットプリントの可能性	(和田喜彦)
11章 自発的行動は機能するのか	(毛利勝彦)
<b>平和とガバナンス</b>	
12章 平和とガバナンスにおける国際機構の役割の再検討	(望月康恵)
13章 デジタル変革	(ヴァイルヘルム・フォッセ)
14章 「女性・平和・安全保障」アジェンダは軍事組織を変革するか	(高松香奈)
索引／執筆者一覧	

国際基督教大学社会科学研究所  
上智大学グローバル・コンサーン研究所  
編

東信堂

## サステナビリティへの公正な 移行に必要なものは何か？

貧困、社会格差、環境破壊、気候変動、そして今なお世界各地で続く紛争——グローバル社会の成長は、その裏に様々な犠牲を伴ってきた。限られた地球資源が枯渇する前に、「負の遺産」を見直した上での、サステナビリティ社会への公正な移行が求められている。アクセルとブレーキを見誤ってはならない。国際社会の規範となった「持続可能な開発目標 (SDGs)」が掲げる社会、経済、環境、そして平和とガバナンスそれぞれの分野で生じている諸問題を吟味し、真にサステナブルな社会変革を志向した一冊。

東信堂

の4つの側面と言われる社会的側面、経済的側面、環境的側面、平和とガバナンスの4分野について、両大学内外の専門家の協力を得て、主要な論点を深めた。本書が、一人ひとりがサステナビリティ変革への加速のために何ができるのかを考える契機となり、それがひいては実践的行動を通して、日本社会や地球全体の持続可能性への変革へと繋がってゆくものになることを願う。

本書の企画・執筆にご協力いただいた執筆者と本書の刊行をご快諾いただいた東信堂の下田勝司社長と編集部の皆さんに心からの感謝を申し上げる。刊行に当たっては、サステナビリティを重点分野の1つとする日本国際基督教大学財団 (Japan ICU Foundation) の助成を受けた。記して謝意を表す。なお、1章・8章・9章・13章については、Crimson Interactive Pvt. Ltd. (Ulatas) による英日翻訳原稿を毛利勝彦が監訳した。

毛利勝彦 (国際基督教大学社会科学研究所長)

下川雅嗣 (上智大学グローバル・コンサーン研究所長)

## 目次/サステナビリティ変革への加速

まえがき ..... 毛利勝彦・下川雅嗣 i

1 章 環境と持続可能な開発ガバナンスを変革する .....	パメラ・チャセク 3
1. 地球の危機 .....	3
(1) 3つのCの危機 3	
(2) ストックホルム+50: 過去50年間に何を達成したか 4	
2. SDGsとMEAsの実践における課題 .....	4
(1) SDGs 4	
(2) MEAs 5	
3. 問題は何か .....	6
(1) 国連の交渉 6	
(2) 分断 8	
(3) 資金 9	
(4) 能力不足 10	
(5) 持続可能な開発の経済的側面とは 10	
(6) 科学と政策の橋渡し 11	
(7) 政治的意思の欠如 11	
4. 解決策は何か、どのように前進するか .....	12
(1) 地球環境と持続可能な開発ガバナンスを再考する 12	
(2) 一般市民の認知度 14	
(3) 科学技術とデータ 14	
(4) 経済と金融 16	
(5) 政治的意思はあるのか 17	
謝辞 19	
注 19	
参考文献 19	

2章	SDGsとラウダート・シ	吉川まみ	21
	—開発コンセプトに関する共通点と相違点		
1.	SDGsと『回勅ラウダート・シ』の共通点		21
2.	「開発」概念におけるSDGsと『ラウダート・シ』の相違点		22
3.	教皇フランシスコと回勅『ラウダート・シ』		23
	(1) 教皇フランシスコと環境保護		23
	(2) 『回勅ラウダート・シ』の概要と環境問題の理解の特徴		25
4.	「インテグラル」な人間観・エコロジー・発展概念		28
	(1) 「総合的な(インテグラル)エコロジー」の概念と「全人的な人間観」		28
	(2) 「インテグラル」という語と「全人的である」ということ		30
	(3) インテグラルな人間観と「共通善」の拡充としての「全人的発展」		32
5.	SDGs・LSGsへの取組みの促進にむけて		35
	(1) ラウダート・シ7つのゴールと取組みの固有性		35
	(2) 『回勅ラウダート・シ』における意識啓発と「エコロジカルな教育」		37
	注		41
	参考文献		42

## 社会的側面 ..... 45

3章	新型コロナウイルス感染症ワクチンへのアクセス	勝間 靖	46
1.	COVID-19との闘いにおける非医薬品介入と医薬品		47
	(1) 感染予防と蔓延防止のための非医薬品介入		47
	(2) COVID-19との闘いにおける医薬品		48
	(3) ACTアクセラレータ		49
2.	COVID-19ワクチンとその国際的配分		50
	(1) COVID-19ワクチン		50
	(2) COVAXファシリテイ		51
3.	COVID-19ワクチンの「争奪戦」		53
	(1) ワクチン・ナショナリズム		53

	(2) ワクチン・ツーリズム		54
	(3) ワクチン外交		55
4.	国際的に公正なワクチンへのアクセスへ向けて		56
5.	今後のグローバルヘルス外交		58
	謝辞		59
	参考文献		59
4章	持続可能な食料システムへ	山口富子	61
1.	農業と自然環境		61
2.	分析の視座		63
3.	国際議論にみられる持続可能な農業		64
4.	日本における持続可能な農業		68
5.	有機農業の定義の多義性		71
6.	おわりに		75
	注		75
	参考文献		76
5章	持続可能な未来に向けて教育を変容させる	丸山英樹	79
1.	国際教育開発分野の国際動向		80
	(1) 「万人のための教育」からSDGs第4目標へ		80
	(2) 国連「教育変革サミット」		81
	(3) ユネスコ『教育の未来』レポート		83
2.	サステイナビリティから捉える教育		84
	(1) サステイナビリティ概念		85
	(2) ESDの3つの手法(in/about/for)		87
	(3) 持続可能な未来の主体となる		89
	おわりに		91
	注		92
	参考文献		92

## 経済的側面 ..... 95

6章	インベストメント・チェーンにおけるサステナビリティ・インパクトの追求 .....	引間雅史	96
1.	コロナ禍と ESG 投資 .....		96
	(1) コロナ禍と社会課題		96
	(2) ESG 投資における社会面への注目		97
	(3) S 課題に対するマテリアリティ認識の変化		98
2.	ロシアによるウクライナ侵攻と ESG 投資 .....		99
	(1) ロシアからのダイベストメント		99
	(2) 軍需・防衛産業からのダイベストメント		100
	(3) 化石燃料からのダイベストメント		100
3.	SDGs とインパクト投資 .....		101
	(1) ESG 投資とインパクト投資の展開		101
	(2) SDGs の誕生とインパクト投資の主流化		103
4.	ステークホルダー資本主義と企業のサステナブル経営		104
	(1) 企業経営におけるインパクト志向		104
	(2) ステークホルダー資本主義とダブル・マテリアリティ		105
5.	インパクト志向とサプライチェーン管理 .....		107
	(1) 気候変動対応とサプライチェーン管理		108
	(2) 人権・労働問題とサプライチェーン管理		109
	(3) 日本企業におけるサプライチェーン管理		110
6.	終わりに .....		112
	注		112
	参考文献		113
7章	フェアトレードのインパクトと最新の市場動向 .....	潮崎真惟子	115
1.	企業のサプライチェーンの課題 .....		115
	(1) 児童労働・貧困		115
	(2) 気候変動		116

	(3) 社会・環境課題と企業・消費者の関わり		116
2.	フェアトレードの仕組み .....		118
	(1) フェアトレードとは		118
	(2) 国際フェアトレード認証の基準		119
	(3) 生産者を中心とするフェアトレードの考え方		120
	(4) フェアトレードと SDGs		121
3.	企業のサステナビリティの取組みの最新動向 .....		121
	(1) 環境と人権		121
	(2) 「ビジネスと人権」の潮流		122
	(3) フェアトレードへの企業の取組み		123
	(4) フェアトレード導入のビジネスメリット		124
4.	消費者とフェアトレード .....		125
	(1) 消費者の動向		125
	(2) フェアトレードの拡大を自ら進める消費者たち		126
5.	フェアトレードの拡大に向けた課題と展望 .....		127
	(1) 海外と日本の市場の比較		127
	(2) 日本市場の課題		128
	(3) 展望：日本でフェアトレードを広げていくために		130
	参考文献		131
8章	マイクロファイナンスにおける持続可能な開発のアクセラレータ .....	ヘザー・モンゴメリ	132
	—WEBB Squared による起業家マインド育成の事例分析		
1.	マイクロクレジットからマイクロファイナンスへ .....		133
	(1) マイクロクレジットとは		133
	(2) マイクロファイナンス理念の変遷		133
2.	金融的に持続可能なマイクロファイナンス .....		136
3.	なぜマイクロファイナンスが必要なのか .....		139
	(1) 金融機関の存在理由		139
	(2) マイクロファイナンス機関はなぜ存在するのか		140
	(3) 貧困層に対する金融サービス提供の課題		140
	(4) ミッション・ドリフト		141

4. 持続可能なマイクロファイナンスのためのアクセラレータ 143  
 (1) マイクロファイナンス・アクセラレータの理論 143  
 (2) マイクロファイナンス・アクセラレータの経験的証拠 144
5. WEBB SQUARED の事例研究 ..... 145  
 (1) 米国のインキュベータ・アクセラレータ 145  
 (2) WEBB Squared 146  
 (3) 結論 148  
 謝辞 150  
 注 150  
 参考文献 150

## 環境的側面 ..... 153

### 9章 再生可能エネルギーについての好機

- ..... トーマス・コーベリエル 154
1. エネルギー部門の学習曲線 ..... 154
2. 太陽光発電 ..... 156  
 (1) 拡大する設備容量と生産量 156  
 (2) コストの低減 157  
 (3) どこに設置するか 158
3. 風力発電 ..... 159  
 (1) 拡大する設備容量と生産量 159  
 (2) コストの低減 161  
 (3) どこに設置するか 161
4. 未来への展望 ..... 168  
 (1) 世界の繁栄のための素晴らしい機会 168  
 (2) 再生可能エネルギーを促進するもの 170  
 (3) 東アジアの状況 171  
 注 172  
 参考文献 172

### 10章 エコロジカル・フットプリントの可能性

- ..... 和田喜彦 175
1. はじめに ..... 175
2. ネイチャーポジティブをめざす国際的な動向 ..... 176  
 (1) 持続可能性をめぐる1990年代から現在までの国際潮流 176  
 (2) 英国政府による生物多様性回復を目指す施策 179  
 (3) 生物多様性の国際枠組と日本政府の動向 181
3. エコロジカル・フットプリントの概念と計算 ..... 182  
 (1) ヒックス所得とオーバーシュート 182  
 (2) エコロジカル・フットプリント(需要)とバイオキャパシティ(供給)の計算 185  
 (3) 人類のエコロジカル・フットプリントの計算結果とその含意 186
4. エコロジカル・フットプリントの現在までの応用事例 187  
 (1) 世界各地でのエコロジカル・フットプリントの活用 187  
 (2) 日本でのエコロジカル・フットプリントの活用事例 188  
 (3) アースオーバーシュートデーという時間軸上での「見える化」 190  
 (4) エコロジカル・フットプリント診断クイズを通じた大学生の意識・行動変容 191  
 (5) エコロジカル・フットプリントによるサステイナブル・キャンパスの促進 192
5. エコロジカル・フットプリントのこれからの応用可能性 192  
 注 194  
 参考文献 194

### 11章 自発的行動は機能するのか ..... 毛利勝彦 197

——「自発的国家レビュー」と「国が決定する貢献」の可能性と課題

1. サステナビリティ変革への自発的行動 ..... 197  
 (1) 問題の所在 197  
 (2) 自発的行動の経路 199
2. 自発的国家レビュー(VNRs) ..... 202  
 (1) アウトプットとしてのVNRs 202

(2) VNRs のアウトカムとインパクト	205
3. 国が決定した貢献 (NDCs)	208
(1) アウトプットとしての NDCs	208
(2) アウトカムとインパクト	210
4. 結論	212
(1) 自発的行動は重要か	212
(2) 何をすべきか	213
注	214
参考文献	214

## 平和とガバナンス ..... 217

12 章 平和とガバナンスにおける国際機構の役割の再検討 ..... 望月康恵	218
1. SDGs と国際法	219
(1) 目標としての SDGs	219
(2) 平和とガバナンスに関する国際法諸原則	220
(3) 目標 16 を支える国際法規範	221
2. 平和とガバナンスの実現に向けての国際機構の役割	222
(1) 安保理	223
(2) 国際刑事裁判所 (ICC)	225
3. 平和とガバナンスの達成のアクセラレータとしての 国際機構	230
(1) 目標 16 により目指される「国家」制度の構築	230
(2) SDGs の実現と国際機構に内在する問題点	231
(3) 国際機構の改革に関する議論	232
おわりにかえて	234
参考文献	235

13 章 デジタル変革 ..... ヴィルヘルム・フォッセ ——デジタル権威主義と人間中心のデジタル開発の狭間	238
1. インターネット独自の文化	239
2. デジタル化第一波の開発課題	243
3. デジタル化の良い面、悪い面、そして醜い面	244
4. デジタル権威主義の危険性	248
5. 提案：人間中心のデジタル開発	254
注	258
参考文献	258
14 章 「女性・平和・安全保障」アジェンダは軍事組織を 変革するか ..... 高松香奈	260
1. WPS アジェンダと SDGs	260
2. 軍事組織への女性の参加と組織の変革へのアプローチ	261
(1) 積極的な参加とジェンダー平等	261
(2) 軍事化への加担	263
(3) 新しい役割と構造を変革させるための参加	264
3. 軍事組織は「変わらない」組織か	265
(1) SSR が求めた改革	265
(2) コスモポリタン・ミリタリー	266
(3) 小括	268
4. 軍事組織への女性の参加は何をもたらすか	269
(1) 女性の参加は何をもたらすか	269
(2) 何が参加の障壁か	271
(3) 軍事組織に女性は望む形で参加できるのか	272
おわりに	273
注	274
参考文献	274
索引	277
執筆者一覧	279

## 9 章

## 再生可能エネルギーにとっての好機

トーマス・コーベリエル

## 1. エネルギー部門の学習曲線

本章では、過去5年から10年間の再生可能エネルギーの著しい発展状況を提示し、再生可能エネルギーの可能性について論じる。20年遡れば、いや10年前でさえ、世界のエネルギー供給の課題は、持続可能な開発に関心のある人々にとって、最も困難な取り組みであると見なされていた。東日本大震災による福島で悲劇的な結末は、原発事故の危険性を明らかにした。また、大気中に蓄積する二酸化炭素により世界の平均気温が上昇し、それに伴い異常気象といった多くの被害を引き起こす気候危機が進行している中で、すべての人々が適切な生活水準を得る世界の実現は難しいと見られていたのである。ウランと化石燃料はどちらも、枯渇性資源であるため持続可能性の課題がある。特に中国、インドといった新興経済圏の成長速度は、この課題の解決を将来世代に期待してはならないことを示唆している。つまり、この課題は私たちの世代で解決しなければならない。

ヨーテボリにあるチャルマース工科大学のかつての同僚のクラス・オットウ・ヴェナ (Claus-Otto Wene) は、その著書『エネルギー技術政策のための経験的評価方法 (Experience Curves for Energy Technology Policy)』(2000年)で再生可能エネルギー関連新技術の解析を行い、太陽光発電や風力発電がエネルギー転換を非常に安価に利用できる技術的条件を備えていることを示した。20世紀にはまだ高額であったが、図9-1で明確に示されているように、多くの産業がさまざまな技術から電気を作り出す経験を蓄積するほど、コストを下げるこ

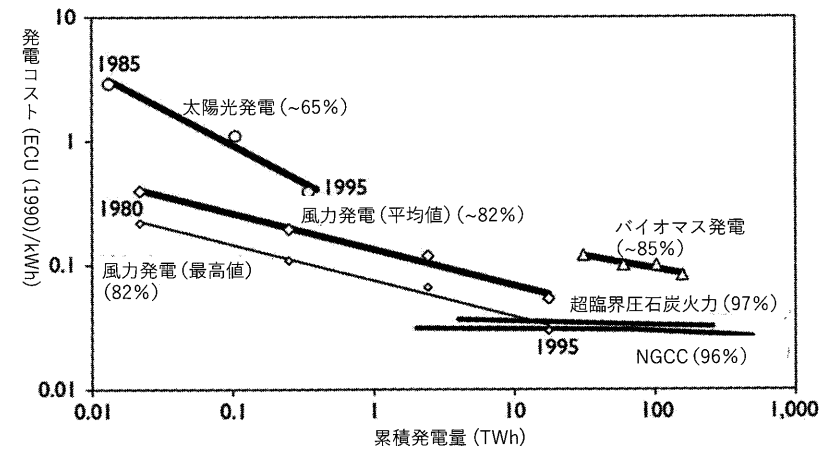


図9-1 EUにおける電気技術の学習曲線 1980-1995年

(出典) Wene (2000, 21)

ができる。

この図の縦軸が示すのは単位あたりの発電コストで、横軸は累積発電量である。太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの技術は電力生産コストを減少させており、それは超臨界圧石炭火力発電や天然ガス複合サイクル (NGCC) といった従来の発電技術よりもかなり速い。この図において、学習曲線が直線で示されているのは目盛が対数で示されているからである。多くの産業で蓄積された経験は、対数グラフではこのような直線が推定されるとも言える。

彼はこの著書の中で、いくつかの国は、できればすべての国が、太陽光発電と風力発電への支援を継続すべきだと提言している。当時それらはまだ火力発電と直接競合するには非常に高額であった。しかし、太陽光と風力の発電コストは急速に下がり続けて安価になり、遅かれ早かれ、補助金なしでも火力発電に対抗することができる。そして21世紀初めの10年間において、確かにそれが達成された。太陽光と風力に助成を続けている国々は、産業経験を積み重ねてコストを低減している。

## 2. 太陽光発電

### (1) 拡大する設備容量と生産量

図9-2(左)は、世界における太陽光発電の導入を表す非常に印象的な曲線であり、設備導入が急速に伸びていることが分かる。太陽光がまだ非常に高額であった頃に、先行して補助金を出した国は日本である。図9-2(右)のが示しているように、20世紀最後10年間に、日本は世界を太陽光発電を先導していた。しかし21世紀になると、最も多く設置された国は世帯補助金を出したドイツとなり、太陽光パネルを屋根に設置する家が急速に増えた。ドイツではこの業界の発展に多くの投資がなされた。

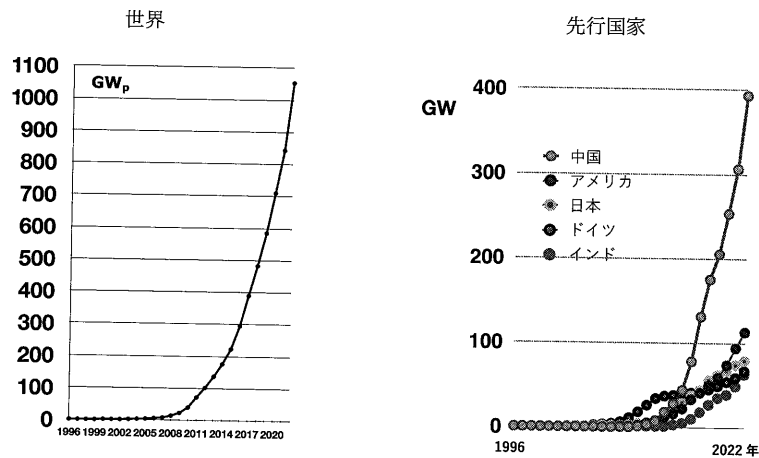


図9-2 太陽光発電容量 1996-2022年

(出典) Energy Institute 2023

ドイツは長年にわたって世界平均を上回っていたが、コストが下がり続けて太陽光発電の追加的費用が小さくなると、中国が乗り出した。約10年後、中国が世界最大の太陽光発電生産容量を持つ国となった。現在、アメリカ合衆国が2番目であり、過去10年間で日本は先行国の1つとなった。現在の導入容量では、世界で日本は3位、ドイツ4位、インド5位である。

### (2) コストの低減

太陽光発電コストを低減する方策は必ずしも容易ではない。しかし、企業が太陽光発電所を建設し送電網に供給するために入札し、国が購入する仕組みは効果的だった。最も安い価格を落札できるからだ。これらの価格と入札価格は、公開された。2016年、世界でコスト削減における非常に劇的な発展が見られた。注目に値する最初の低価格の入札は、2016年2月にペルーで行われた。落札価格は、kWhあたり5米セント未満であった(CleanTechnica 2/25/2016)。

当時それは、非常に低価格であった。多くの人がそれを非現実的な低価格だと言っていた。この入札の裏には何かおかしいところがあるに違いと疑われ、このような低価格は維持できないとも言われていた。しかし、同じ水準の入札が続けて行われただけでなく、同年5月にはドバイにおいてkWhあたり3セントを下回る入札があったのである(CleanTechnica 5/2/2016)。

数ヵ月後の9月には、近隣のアブ・ダビでkWhあたり2.5セント以下の入札があった(Bloomberg 2016)。翌2017年、メキシコでは2セント以下、もしくはメガワット時あたり20セントの入札があった(Deign 2017)。2019年のポルトガルでは、初めて1.5セント以下となった(Bellini, 2019)。現在はkWhあたり1ユーロセントである。2021年4月、世界で最も安価な太陽光発電であると思われたのは、サウジアラビアにおけるkWhあたり1米セントという価格である(Green Building Africa 2021)。これ以前には、世界中のどこにもこのような安価な電力はなかった。

国際再生可能エネルギー機関(IRENA)のウェブサイト<sup>1</sup>には、太陽光資源の世界地図 Global Atlas (IRENA 2021)がある。この地図の最上部に位置しているスウェーデンは資源が非常に少ないため、その北部地域は何の色も付いていない。同様に、日本もこの地図上では薄い青色で示されている。しかしその尺度を見ると、これらの国の実際の太陽熱放射は、非常に安価な電力を供給できる赤色の地域と比較して、1平方メートルあたり少なくとも半分くらいの太陽エネルギーが得られる。したがって、黄色や赤色の地域で太陽光発電の価格またはコストがkWhあたり2円であつたら、これら青色の地域

においてはその2倍のコストで生産することが出来るはずである。

中国も青色の地域が多く、多額の投資をしているところである。赤色地域の約半分の太陽光を利用できるが、そのコストは2倍になるという単純な理論だ。しかし、黄色や赤色の地域での記録的な低価格があるので、青色の国々でも太陽光で低コストの電力を生産することができる。実際、2016年以降の同じ期間に、中東やラテンアメリカといった国々の2倍の太陽光発電コストがかかるヨーロッパの入札過程でそれが明らかになった。

ヨーロッパでは、価格がkWhあたり3.5セント以下まで下がると、それを上回る入札は無かった。電力市場での電力価格よりも低い価格で入札する者がいなかったためである。そしてドイツ、オランダ、デンマークなどで補助金なしで太陽光発電所が建設されるようになった(Sun & Wind Energy 2016)。

### (3) どこに設置するか

北ヨーロッパでは、大規模な太陽光発電所が日本と同等あるいはより少ない太陽光資源にもかかわらず補助金なしで設置されている(Parkin 2019)。世界のいくつかの国々では、太陽光発電施設を設置できる場所について懸念する人々がいるが、太陽光パネルを建物の外装材として使用する好機がある。ヨーロッパでは、補助金を受けずにそうした太陽光発電設備を設置しているのである(Diermann 2020)。

例えば、ビルは屋根や外壁に他の外装材の代わりに太陽光パネルを使用するのに適している。余分な場所をまったく取る必要がないからである。またこれらの太陽光パネルにかかる追加的費用は、屋根や外壁の外装材費用と太陽光パネル費用の差額のみである。近代的ビルに使用される外装材は非常に高価であり太陽光パネルよりも高額であることも多いため、その差額がゼロになる場合もある。電気設備の設置が必要であるにしても、電気代が節約できる。

農業においては、太陽光パネルは農作物栽培の妨げになるのではないかと懸念もあった。しかし、営農しながら農地を太陽光発電に使用するソーラーシェアリング(Agrivoltaics)が、その対立を和らげる解決策の1つとなっている(John 2021)。既にドイツには、架台に設置された多くのソーラーシェアリ

ング設備がある。ドイツの電力市場では、しばしば日中の電力価格が夜間や朝の時間帯よりも低くなった。ドイツの農家の中には、ソーラーシェアリングという素晴らしいアイデアを思いつき、太陽光パネルを生け垣のようにした架台を自分たちの畑に取りつけたのである(Fraunhofer ISE 2022)。これらの設備は南北に延び、太陽光パネルが両面に取り付けられた。朝には太陽が当たる一方の面で発電し、午後には反対の面で発電する。

多くの太陽光パネルが真南を向いているドイツで、電力価格が高い時間帯に彼らはその機会を活用している。可動パネルの架台に取り付けられた太陽光パネル設備は農地を奪わない。それは非常に狭い場所に設置されており、農業機械がこれらの間隙にぴったりとはまるため農家はもともと生産していた農産物を収穫し続けることができる。

世界には、太陽光パネルを利用して食料生産を増加させている地域もある(Garcia 2021)。過剰な太陽放射のせいで地面が乾き過ぎてしまうような高温で乾燥した気候の地域である。太陽光パネルを設置すると部分的に影になる土地ができるが、それによって地面が乾燥し過ぎる日数または時間を減らすことができる。太陽光発電と食料生産の両方を増大しうるのである。

太陽光パネルが、特に森林の下で育つように改良されたベリー類果実の生産を増加する用途もある。そうしたベリー類は日照の継続を必要としない。そこで、太陽光パネルが森林被覆に模した役割を果たし、他の方法よりもベリー類果物の生産を増大させるのである。建物の上には利用可能なスペースも多く空いており、太陽光発電と農業生産を組み合わせる好機なのである。

## 3. 風力発電

### (1) 拡大する設備容量と生産量

風力発電もまた増加している。世界の太陽光発電設備容量は800GW超だが、2021年以降に太陽光と風力のどちらの設備容量が大きくなっているかは、統計上微妙である。しかし、風力発電の平均設備利用率は、設備容量のkWhあたりの数値で太陽光よりも高いため、風力発電は電力を多く生産

し続けた。2022年以降、太陽光の設備容量は風力よりも高くなるだろうが、21世紀初頭10年間の風力発電容量の増加は、20世紀に予測されたよりも多かった。意外なことに風力発電のこれほどの増加が起こるとは誰も予測しなかったのである。環境NGOグリーンピース・インターナショナルは、デンマークのいくつかの団体と共同で1998年に、風力発電の急速な成長を予測するレポートを発行した(European Wind Energy Association, Forum for Energy and Development, and Greenpeace International 1999)。グリーンピースの活動家クリスティン・シアラー(Christine Shearer)は、この報告書発行当時、その予測が非現実的であるため非常に当惑したと語った。この報告書に協力したデンマークのコンサルタントも同様であった。しかし、実際の展開は図9-3(左)に示されているように10年前に非現実的だと想定していた予測をはるかに上回ったため、2008年にコペンハーゲンでのある会議で彼らに再会した際に恥ずかしさを覚えると言っていた(GWEC 2022)。

彼らが現実の展開を予測することができなかった理由は、中国での劇的な増加である。太陽光と同様に、まだ風力発電コストが高かった頃にドイツが補助金によってその成長に重要な役割を果たしたことが分かる。しかし、2005年に風力発電が競争力を持ち始めると、中国はその発展に注力し始めた。図9-3(右)が示すように、2010年には中国が世界最大の風力発電国となり、現在ではすべての国よりも先んじている(GWEC 2022; EWEA 2022)。ここでも

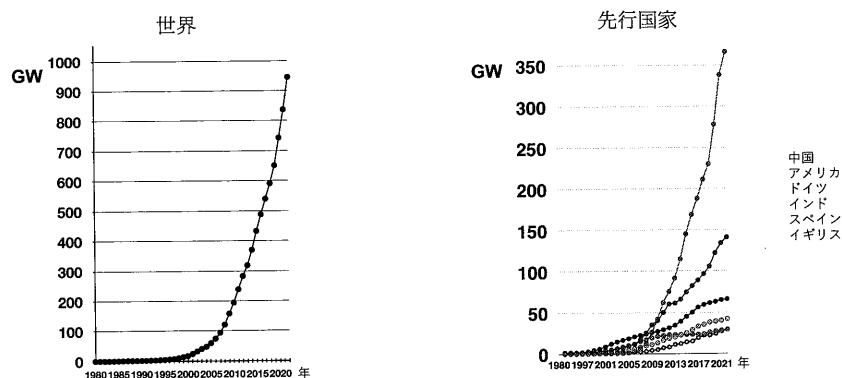


図9-3 風力発電容量 1980-2021年(世界)・1980-2021年(先行国家)

出典：GWEC 2022; 2023

アメリカは中国に追いつこうと努力しており、ドイツも非常に良い結果を出している。スペインとインドも上位に食い込んでいる。日本はランクインしておらず少し残念である。

## (2) コストの低減

2016年にコストの低下は風力発電でも顕著になった。モロッコでの風力電力案件ではMWhあたり25から30米ドルを提示する入札があった。当時、それは非常に安価で、世界中で入手可能な最安値の電力となった(Parkinson 2016)。現在のところ、世界最低額の公共入札は2017年にメキシコでEnel社が提示したMWhあたり18ドル以下の風力電力である(Dvorak 2017)。さらに、風力発電は安価であるため、世界の多くの地域で補助金なしの商業目的で建設されている。

## (3) どこに設置するか

また、風力発電所を建設するための土地が不足している問題もあるが、ここでも他の土地利用と風力発電を組み合わせる好機が多くある。私自身、スウェーデンにおいて風力発電開発に関するいくつかの案件に関わっているが、私の居住地からそう遠くないところの幹線道路沿いの農業用地に風力発電所が建設されている。

農地に風力発電所を建設しても、風車塔の下の基礎部分を除いて営農を続けられる。農家は農地を犠牲にすることなく、あるいは比較的狭小な土地を使って風力発電設備を設置できるが、風車設備から発生する騒音のために住居地域近くに設置することは難しい。前述の立地は自動車道路の近隣なので既に騒音が発生していたが、居住人口がいないため騒音問題は生じなかった。道路の片側に小さな既存の風力発電設備がいくつかあり、その反対側には大きな新しい風力発電設備いくつかある。この開発案件を通じて、農家は風力発電所に土地を貸すことで多くの利益を得た。これらの発電設備を所有する電力会社の管理者である知人によると、この風力発電設備はとてもうまく稼働し、計画通りに電力を生産している。それは、風力発電機大手であるヴェ

スタス社のネットワークで稼働する最新の発電設備であり、デンマークのヴェスタス社の管理センターから遠隔制御されている。

もし発電所で不具合があった場合には、すぐに電力会社の管理者に問題発生や復旧見込みがショート・メッセージ・サービス(SMS)で通知される。彼によれば、農地を持つ農家は、電力会社から利益の何割かを得ることができるため、風力発電所に関心を持っている。彼はいつも私がデンマークの管理センターからSMSを受け取る前に連絡してくる。発電所は常に電力生産を続け、追加的利益をもたらすこともあり彼は非常に熱心である。

また、洋上風力発電には非常に大きな可能性がある。世界には広い海が存在し、洋上風力発電所はほとんど他の海洋利用を妨げない。漁獲量を増加させる養殖場を提供する可能性もある。洋上風力発電の事業区域では漁場アクセスが制限されるかもしれないが、発電施設近傍では魚礁効果によりでは漁獲量の増加もありうる。

これまで洋上風力発電に大きな可能性があるとは認識されてこなかったのは、風力発電所を個別建設するには陸上よりも洋上の方が、コストがかかるのは明らかだったからである。洋上風力発電所の建設には特殊な船舶や特別な装置が必要であり、陸路で資材を運搬して建設するようにはいかない。一方、洋上においては、風力発電所の大きさに制限はない。例えば、ゼネラル・エレクトリック社の大規模な風力発電装置の写真を見ると人の大きさと比較してとても巨大で、これをトラックに載せて日本の田園地域の道路を運搬することがどれだけ困難であるかは想像に難くない。陸上風力発電設備は、陸上用に限られているのである。

しかし、洋上風力発電は、特殊な船舶を建造することさえできれば、風力発電所の規模を制限する必要はない。通常の陸上風力発電設備が5MWであるのに対し、洋上では増加し続けて、現在では風力発電機1基で15MWの出力が可能な発展が見られる。

洋上風力発電のもう1つの利点は、海上は陸上と比べて風況が良く、強い風を持続的に受けることができる。日本周辺の風況マップを見ても、海上の風は陸上よりもずっと強い。洋上風力発電設備を設置するための追加的費用

は、現在では風況の良さと風力発電の大規模化によって相殺される。

また、2016年は風力発電にとっても重要な年であった。夏にヨーロッパで、MWhあたり70ユーロという価格が提示され(Darby 2016)、同年の夏で最も低いとされていた。しかし2ヵ月後、価格はさらに下がった。Danish West Coast社が落札したのは、MWhあたり60ユーロであった(Gosden 2016)。そのまた2ヵ月後、別の入札でDanish East Coast社はMWhあたり50ユーロ以下の価格を入札した。秋までの間に、毎月約5ユーロずつ洋上風力発電価格は下がっていった(Vattenfall 2016)。デンマーク最大級のこのクリーガース・フラク洋上風力発電プロジェクトは入札価格が非現実的に低いと批判された。

私自身はこの発電所を建設した会社の取締役を務めている。約1年前に建設が計画よりも早く、低い予算で完成したと報告されたのは、取締役会にとって大変喜ばしく、安心するものであった(Vattenfall 2021)。世界でエネルギー設備を導入する上で、プロジェクトを開始時よりも安く竣工することはめったにあることではない。さらに、「パンデミック危機にもかかわらず」これを達成したのである。そして取締役会で報告した責任者は「おそらくパンデミックのおかげで」と言い直した。というのはパンデミック期間中、建設現場への不要な立ち入りが禁止されたためである。役員たちは誰も現場視察に行けなかったため現場作業を妨げることもなかった。風力発電部門の責任者だけがこれをジョークにすることができたが、それは当然のことだったのかもしれない。

もし洋上風力発電の導入コストが直線的に下がり続けたら、2017年夏までには無料になっただろう。もちろん、どれだけ安くできるかには限界があるが、2017年に北ヨーロッパでは風力発電事業者が補助金なしで風力発電で電力生産する最初のプロジェクトがあった(Hill 2017)。この最初のプロジェクトはドイツ北海沖にあるもので、エネルギー・バーデン・ヴュルテンベルク(Energie Baden-Württemberg)社とデンマーク国営電力会社DONGエネルギー社(旧デンマーク石油・天然ガス公社、現オーステッド社)が、海域の利用と送電網への接続を得られるなら補助金なしでドイツのスポット市場に電力を供給することを提示した。

1年後、デンマーク政府は、補助金を交付せずに調達プロセスを開始した (Weston 2018)。企業は、より多くの電力を生産するため、早急に発電所を建設し、信頼を得て、入札競争しなければならない。数億ユーロをデンマーク政府に提供し、電力生産とスケジュールにおいて約束したことを履行できなければその金額を失うということを了承することが求められた。

ヴァッテンフォール社は2021年に建設が始まったプロジェクトも落札した (Vattenfall 2022)。このプロジェクトの規模は、非常に巨大で、発電所全体では1.5GWである。1つの風力発電プロジェクトで、世界最大の原子炉と同等の規模となる巨大プロジェクトである。原子炉を建設するには10~20年かかる一方で、このプロジェクトの建設は2021年7月に始まり、翌年2022年8月には送電が開始された。

約1年後まだ最大出力には達していないが、その翌年初めか同年中には最大出力を達成するだろう。建設の速さだけでなく、同時にコストが下がったことで、素晴らしいレベルに達したのである。2021年にデンマークが風力発電建設のために海域を提供したとき、ドイツの企業RWE社と締結した契約は、彼らが自分たちで利益を得られるようになる前に数億ユーロをデンマーク政府に支払わなくてはならないというものであった (Danish Energy Agency 2021)。

このように補助金を求めるエネルギー技術は、発電所を建設する許可を得るために政府に支払金を供与するものへと移行した。陸上風力発電では、中国がこの技術を普及する割合を加速化している。2021年、中国は単独でわずか1年間に、それまで世界で他国が5年間に建設した洋上風力発電所と同等の数の洋上風力発電所を建設したと報告した (Vetter 2022)。中国は大国であることから、大事業をなすことは想像できるが、それにしてもこれは驚異的なことである。

日本と北ヨーロッパ諸国にも良いニュースがある。IRENA Global Atlasが、世界最大レベルの利用可能な風力資源がある場所を日本と北ヨーロッパに示したのである。太陽エネルギーに関しては世界の他の地域が勝っているが、風力では日本と北ヨーロッパは対抗できる潜在力を持っている。だから、日

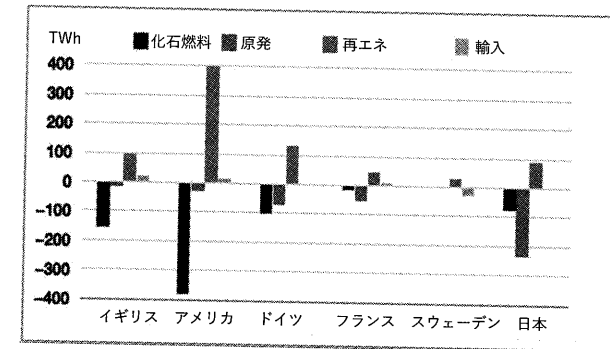


図9-4 電力供給の変化 2010年-2021年

(出典) bp (2022)

本がこの技術を産業として活用することができていないのはおかしいと指摘した。

このような数値や動向を見れば、「望ましい結果は理解できたが、世界のエネルギー・システムはどうなっているのだろうか。電力供給システムを変えうるこの経済的機会を活用するにはどうすればいいのだろうか」と感じるかもしれない。そこで1つの例を示したい。図9-4は、成熟した先進国、2010年から2021年までの10年間におけるその電力供給の変化である。再生可能エネルギーはここに示したすべての国で増加し、化石燃料と原発は減少した。この中ではアメリカ合衆国が最も注目すべき国であろう。なぜならば、化石燃料による電力生産をほぼ400TWh減少させ、同じ程度の再生エネルギーによる電力生産を増加させたからである。

これはドナルド・トランプ (Donald Trump) のような政治的指導者がいたにもかかわらず行われた。彼の政治的キャンペーンを思い出してほしい。「石炭を採掘し、アメリカの石炭産業を救うのだ」と言っていたのではないか。しかし、実際には、彼の任期中にそれ以前のどの大統領任期中よりも多くの化石燃料による発電所、特に石炭火力発電所が閉鎖されたのだった。アメリカ最大の非上場石炭鉱業会社のオーナーであるロバート・マレー (Robert Murray) は、トランプの選挙活動中の重要な支援者としてワシントンDCでの大統領就任パーティーの資金負担もしたが、トランプ大統領任期中に倒産し

たのである。

政治的指導者の言動に目を向ける際には、彼らは何を言ったか、何を行ったかに注目することが重要である。トランプはかなり非建設的な言動をしていたが、大統領任期中に起こったことは彼のレトリックとは対照的であった。ここで重要になってくるのは、化石燃料から作られる電力は約 400TWh 減り、石炭火力による電力は約 1,000TWh 減った一方、天然ガス由来の電力はそのおよそ半分の量が増加したことである。これが化石燃料の純効果である。

日本は福島での原発事故の結果、原発を大きく減少させたが、それでもなんと化石燃料による電力も減らし再生可能エネルギーを増やしている。この差異について説明できる重要な要因は、エネルギー効率の向上である。効率とは、現代科学技術を利用する時に、以前と同じ量の一次エネルギーを利用しなくとも以前と同じエネルギー・サービスを供給することである。日本は最初のオイルショック後の 1970 年代、この方向へ大きな一歩を踏み出し、過去 10 年間で再びそれを成し遂げた。

この 10 年間で化石燃料からの電力生産を増加させた 2 つの国は、中国とインドである。両国ではエネルギー消費量と電力消費量が急増したことから、あらゆる面でアウトプットが拡大された。しかし再生可能エネルギーの増加は、従来の再生可能エネルギーの市場シェアよりもかなり大きい。2021 年または 2021 年前半を見ると、これらの国（少なくとも中国）は化石燃料を減少させ、再生可能エネルギーを劇的に増加している。

再生可能エネルギーが非常に急速に増加した一方で、原発の電力生産量は 2006 年を上回っていない。2021 年には太陽光と風力が原発を上回った。電源別コストの動向は、アメリカの Lazard 社による報告書 (2021) に明確に示されている (図 9-5)。太陽光と風力は圧倒的に安価な新しい電力資源になったのである。

再生可能エネルギーの維持管理と運用のコストについて質問する人もいるだろうが、これらのコストも含まれている。Lazard 社の調査は毎年 3 月に行われるが、過去 2 年間、太陽光と風力のコストは、燃料、維持管理および運用に非常に高いコストがかかる既存の原発と石炭火力発電所の稼働を続ける

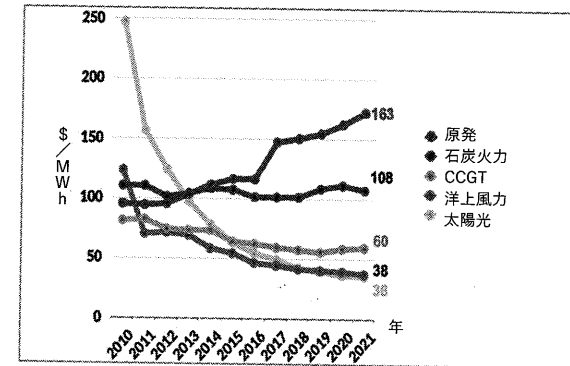


図 9-5 電力のコスト 2010 年 -2021 年

(出典) Lazard (2021, 8)

よりも低いことが報告されている。太陽光発電と風力発電の総コストは、旧来の火力発電所を運用し続けるコストを打ち負かし始めており、これは非常に目覚ましい世界的な発展である。既存の原子力発電所と石炭火力発電所は次々と閉鎖され、再生可能エネルギーが増加している。

日本の電力会社にとっては、太陽光発電と風力発電に有利な固定価格買取制度があったが、矛盾した政策システムとなってしまうている。日本においてルールや規制が高い障壁となっているのは、片足でアクセルを踏みながらも一方の足でブレーキを踏んで車を運転するようなものだ。それは効率的ではない。従来の電力会社が太陽光発電や風力発電に投資をしたくないのは、それらが自社が所有する既存の発電所を脅かすからである。世界を見渡しても、既存の電力会社は最も有力な投資家でも主要な投資家でもない。たいていは年金基金や保険会社、開発を促進する個人株主から資金提供を受けている新規参入企業を中心である。おそらく洋上風力発電は例外となるだろう。大きな電力会社はその能力を発揮する機会を見出し、かなり大規模なプロジェクトを建設し始めている。しかし太陽光と陸上風力では、大手電力会社の参入が少なく、新興企業を中心となっている。

## 4. 未来への展望

### (1) 世界の繁栄のための素晴らしい機会

ここまで再生可能エネルギーが他の電力生産方法よりもどれだけ安価になるかを説明してきたが、さらに注目に値することについて論じたい。太陽光と風力による発電が、単位当たりで原油よりも安いと気づいた人は少数だった。20世紀には、電気は石油よりも高価だったため電力生産のために石油を利用することが経済的に正当化されていた。現在では電気は石油よりも安い状況になっている。だから石油の代わりに電気を使って燃料を生産出来るのである。このことは、原油価格を見ると1バレルあたりのドル価格でその値段を知ることによって覆い隠されてしまっている。電気はMWhあたりのドル価格で表示されるので、バレルをメガワット時に変換しなければならない。しかし、世界市場の石油価格を太陽光と風力のそれと比較すれば、現在では太陽光と風力の方が石油より安価であることは明らかなのである。

つまり、それは、輸送部門においても、電気自動車、電動バス、さらに大きな電動フェリー、電動の航空機でさえも、石油の代わりに電気を使い始めることができるということを意味する。15年前、私はある会議のパネルディスカッションに参加したが、そこでは電動の飛行機などはないと結論づけられた。なぜならバッテリーが重すぎるからだ。しかし、その時の聴衆の中に素晴らしい若者がいた。彼は人前では何も言わなかったが、会議後に小さなメモを持って私のところへやってきて「このウェブサイトを見てください」と言った。それは中国企業が15年前にすでに、エアバス航空機よりも新型の、2時間分の電動の駆動用バッテリーを積んだ2人乗りの飛行機を紹介しているウェブサイトだった。それ以来、私は電動の航空機が不可能だとは決して言わなくなった。そして現在では、世界には、大陸間の往来ではないものの500kmまでの国内便旅客用の電動飛行機を開発する企業がいくつもある。

バッテリーが自動車用に製造されると、バッテリー製造の規模は拡大した。太陽光発電と同様に、規模の拡大と経験を積むとコストは低下する。バッテ

リーのコストは今や、電力供給網でも利用できるくらいまで下がっている。最初の事例はオーストラリアであった。テスラ社が、ガス火力発電所が稼働しない時に電力供給網の安定化を可能にする蓄電設備のバッテリーパックを供給し、火力発電所でもそれをする事ができた(Maisch 2018)。彼らはもともと太陽光発電所と風力発電所も所有していたが、バッテリーパックの方が、電力を安定させ、石炭火力発電所の突然の停止や、システム管理者にとっての問題を引き起こすその他の状況に対処する方策として非常に安価な方法だと気づいたのだ。

火力発電所で太陽光や風力を使うことから、蓄電池を使うことへと移行することによって費用を抑えることにもなったのである。それは、世界の電力システムの一部を転換することもできる。太陽光や風力の発電所は最大で夜間2時間分の電力しか発電できない。典型的なのはカリフォルニアで、風力発電所または太陽光発電所とともに大規模蓄電施設を建設し、旧来のガス火力発電所を閉鎖した。しかし、必ずしも大規模な蓄電池を使う必要はなく、自動車に小さなバッテリーを搭載すれば良い。こうした方法によってドイツのフォルクスワーゲン社が電力会社を設立した。すべてのフォルクスワーゲン車の所有者と契約して新しい電力会社をつくるというアイデアである。

フォルクスワーゲン社の新世代の電気自動車は、充電ステーションに接続して電源から電気を取り込む装置と、電源に電気を送り返す装置の両方を搭載する。そしてフォルクスワーゲンの電力会社 Elli 社は、電気自動車の所有者と契約を結び、バッテリー容量の一部を使うことができるようにするという(Volkswagen 2021)。電気自動車所有者は、電気価格が安い時に買い、高い時に売り戻すことができる。このようなサービスは、電力の送電網の安定供給にもつながる。彼らの展望は、電気の売買と送電網の所有者に安定したサービスを提供することにより多くの利益を得ることである。そして、やがては電気自動車の所有者が運転に必要な電力を無料で得ることができることを目指す。それは電気自動車の所有者にとってかなり魅力的な展望である。

液化天然ガス(LNG)のコストはたいてい100万英熱量あたりのドル価格で提示されるが、同様の転換をすることができる。ほとんどのLNGの現行価

格は、ロシアによるウクライナ危機のせいで非常に高く、再生可能エネルギーのコストよりもはるかに高くなっている。水素やアンモニアやメタノールを電気から生産するプロジェクトが数多く存在し、ヨーロッパとオーストラリアでは競争が激化している。最安値の電気よりも石炭価格が上回り、水素を生産するために石炭の代わりに電気を使うことができるようになってきている。例えば、鉄鋼業界では、1年前に鉄鉱石と水素から初めて海綿鉄を作ったスウェーデンでこれが始められた(SSAB 2021)。2か月後それは鉄になり、ボルボ社が製造する自動車に使われた(Volvo 2021)。自動車業界はこのような機会を歓迎している。なぜなら、自動車が電動化されると、自動車からのライフサイクルにおける温室効果ガス排出の主な原因は、自動車の製造過程で使用され、不可欠である鉄となるからだ。

太陽光と風力とバッテリーがこの10年でどれくらいコストを下げたかその減少傾向が続くことは明らかである。経済危機や原材料危機のようなかく乱要因はあるが、コストは下がり続けている。それは予測可能でほとんど確実である。エネルギー供給のまったく新しい条件を備えた世界に、私たちは今生きているのである。長期にわたり有効なエネルギー供給を目指して急速な発展を求めている私たちにとって、再生可能エネルギーは持続可能となりうる世界の繁栄のための機会を切り開いていく。

日本では、大規模太陽光発電が、丘陵地でのわずかな計画のために地すべりの原因となりうる事例があった。もちろん、土地利用の変化に伴い、土壌の構造にどれだけ影響するかを慎重に考えなければ、地すべりを引き起こす可能性がある。しかし、これは的確な土木工学を使えば、阻止することのできる問題である。地すべりは、開発を止めたり、成長率を下げる要因ではなく、物事を正しく行うかどうかという問題である。産業界における学習曲線は、成功事例からだけでなく、失敗事例からも学ぶことが重要なのである。

## (2) 再生可能エネルギーを促進するもの

世界的には再生可能エネルギーを推進しているのは経済市場である。しかし、経済的要因が再生可能エネルギーを推進している一方で、国ごとに強い

られる障壁もあるようだ。ヨーロッパと日本を比較すると、もっとも重大な違いは、ヨーロッパでは独立した業者が電力網を制御する電力市場がある点である。そこでは電気を生産したい業者は、競争しなければならない。その中の誰もが電力網を独占せず、彼らは安価な電力を供給し、顧客に確実に届け、消費と生産のバランスを保つことを約束することにより、競合しなければならない。そして、さまざまな時間軸で電気を売買する開かれた透明性のある市場があり、再生可能エネルギーは旧来の火力発電所と競争しているのである。

日本には、独立した生産者として管理される送電システムの中立的な電力市場がない。日本ではまだ、旧来の電力会社が送電網を管理している。大規模な火力発電所は、太陽光と風力を抑えて再生可能エネルギーに対する障壁を作り出している。それが石炭火力発電所と原子力発電所の脅威となるなら、それは投資家が市場で利益を得ることが許されなかったり締め出されたりするために、投資家にとって非常に危険なリスク要因となる。太陽光発電や風力発電にとっては、さらに面倒な許認可手続もある。これは自虐的なコスト障壁を作り出し、産業界の学習を鈍らせる。それらがなければ日本における再生可能エネルギーのコストはもっと下がっていただろう。このように政策が再生可能エネルギー開発を遅らせる場合はあるが、根底にある原動力は経済市場である。10年前、再生可能エネルギー技術は支援や補助金を必要としていたが、今では市場への公正な参加こそを必要としているのである。

## (3) 東アジアの状況

中国は洋上風力発電において目覚ましい発展と進歩を遂げた。日本にとってこの分野での国際協力の可能性があるのか、特に日中関係について懸念する人もいるだろう。特に前向きなことで協力することにより防衛上の緊張を和らげようとする場合には、それはエネルギーや技術協力の問題だけでなく地政学とアジアの経済発展の問題であるため、大きな懸案であろう。しかし、エネルギー分野での協力は、相互の利益が明確に見える分野の1つである。例えば、国家間の電力網の相互接続は、国際協力を向上させる非常に重要な

象徴となりうる。現在の欧州連合の起源は、第2次世界大戦中に敵国同士であった国境地帯の石炭や鉄鉱を共同管理したことである。そして今や50～100年前には敵国同士であった地域の広範囲にわたる協力と電気網の相互接続が実現しているが、アジアではまだそれが行われていない。

残念なことに国際協力と経済的繁栄の機会を失うような確執も残っている。同時に、アジア諸国の政治指導者間には明らかな違いもある。中国は日本とはかなり異なっており、北朝鮮と韓国ともかなり違う。政治システムの違いにより、国際協力がより困難となっている。しかし、自然エネルギー財団は、特に南北朝鮮で、電力網の相互接続とより良い協力による機会と利益を目指して積極的に活動している。政府が協力する気になれば、大きな展望が開けるだろう。

## 注

- 1 国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) は、2021年に IRENA Global Atlas 4.0 を発行した。

## 参考文献

- Bellini, Emiliano. 8/9/2019. "Winners, projects, prices of Portugal's record PV auction." *pv magazine*.
- Bloomberg News. 9/21/2016. "Cheapest solar on record offered as Abu Dhabi expands renewables."
- bp 2022. *bp Statistical Review of World Energy*. London: Whitehouse Associates.
- CleanTechnica. 2/25/2016. "Tremendously Low 4.8¢/kWh Solar Price in Peru, Unsubsidized."
- CleanTechnica. 5/2/2016. "Dubai Gets Record-Low Bid of 2.99¢/kWh for 800 MW Solar PV Project."
- Danish Energy Agency. 12/1/2021. "Thor Wind Farm I/S to build Thor Offshore Wind Farm following a historically low bid price." Danish Energy Agency Press Release.
- Darby, Megan, 6/7/2016. "Offshore wind costs hit record low." *Climate Home News*.
- Deign, Jason. 11/29/2017. "Mexican Solar Sets a Record Low Price for Latin America." *Greentech Media*.
- Diermann, Ralph. 5/28/2020. "Another 500 MW of unsubsidized solar for Denmark." *pv magazine*.

- Dvorak, Paul. 11/29/2017. "Enel sets a new world wind record in Mexico, below \$18/MWh." *Windpower Engineering & Development*.
- European Wind Energy Association (EWEA), Forum for Energy and Development, and Greenpeace International. 1999. *Wind Force 10: A Blueprint to Achieve 10% of the World's Electricity from Wind Power by 2020*. <https://www.inforse.org/doc/Windforce10.pdf>
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. 2022. *Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition*. Freiburg: Fraunhofer ISE.
- Garcia, Eduardo. 10/14/2021. "Agrivoltaics is a Win-Win for Clean Energy and Sustainable Agriculture." *Treehugger*.
- Global Wind Energy Council (GWEC). 2022. *Global Wind Report 2022*. Brussels: GWEC.
- Gosden, Emily. 9/14/2016. "New record for the cheapest offshore wind farm." *The Telegraph*.
- Green Building Africa. 4/12/2021. "Saudi Arabia's second PV tender draws world record low bid of US\$0.0104/kWh."
- Hill, Joshua S. 4/14/2017. "First Subsidy-Free Offshore Wind Deal in German Offshore Wind Auction, DONG Energy & EnBW Win big." *CleanTechnica*.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2021. *Global Atlas 4.0*. <https://globalatlas.irena.org/>
- John, Julia. 2021. "Agrivoltaics May Offer Fresh Way to Produce Food and Energy." *Foodtank news*.
- Lazard. 2021. "Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis – Version 15.0."
- Maisch, Marija. 12/5/2018. "South Australia's Tesla big battery saves \$40 million in grid stabilization costs." *pv magazine*.
- Parkin, Brian. 2/6/2019. "Germany's Biggest Solar Park Will Be Built Without Subsidies." *BNN Bloomberg*.
- Parkinson, Giles. 1/17/2016. "New low for wind energy costs: Morocco tender averages \$US30/MWh." *Renew Economy*.
- SSAB. 6/21/2021. "HYBRIT: SSAB, LKAB and Vattenfall first in the world with hydrogen-reduced sponge iron." SSAB Press Release.
- Sun & Wind Energy. 11/30/2016. "Danish bidders win cross-border PV tender."
- Vattenfall. 9/11/2016. "Vattenfall wins tender to build the largest wind farm in the Nordics." Vattenfall Press Release.
- Vattenfall. 9/6/2021. "Scandinavia's largest offshore wind farm inaugurated" Vattenfall Press Release.
- Vattenfall. 8/2/2022. "First power from offshore wind farm Hollandse Kust Zuid delivered." Vattenfall Press Release.

- Vetter, David. 1/26/2022. "China Built More Offshore Wind in 2021 than Every Other Country Built in 5 Years." *Forbes*.
- Volkswagen. 3/16/2021. "Volkswagen Group Power Day 2021." <https://youtu.be/UQZ8KmCItF8>
- Volvo. 10/13/2021. "Volvo launches World's First Vehicle Using Fossil-Free Steel." Volvo Press Release.
- Wene, Clas-Otto. 2000. *Experience Curves for Energy Technology Policy*. Paris: OECD/IEA.
- Weston, David. 3/19/2018. "Vattenfall awarded Dutch zero-subsidy site." *Windpower Monthly*.

## 10 章

### エコロジカル・フットプリントの可能性

和田喜彦

#### 1. はじめに

「サーキュラーエコノミー」。「カーボンニュートラル」。これらの用語は国際的にも国内的にも既に広く認知されているが、近年、「ネイチャーポジティブ」という概念が世界的なトレンドとなってきている。「ネイチャーポジティブ」とは、生物多様性の損失を止めて反転させる (UK Government 2021) ことを意味する。本章では、「ネイチャーポジティブ」へのパラダイムシフトへの加速をエコロジカル・フットプリント (Ecological Footprint, EF) がどのように貢献できるか、その活用の可能性を論じる。EF は、生態系のもつ供給能力と、人間による需要とのバランス関係を把握するために開発されたサステナビリティ指標であり分析ツールでもある。生態系への負荷を生態系の能力との比較という観点から「見える化」することで、環境負荷の低減を促進できると考えられる。それは、生態系の大崩壊を回避するために必要な指標である。個人の暮らしや、開発案件、大学、企業経営などが、ネイチャーポジティブに貢献しているのかの判断材料の1つになり、経済運営の羅針盤にもなりうる。

本章では、ネイチャーポジティブへのパラダイムシフトの実態を俯瞰した後、EF の概要・計算方法の紹介を行う。その後、EF のこれまでの応用事例を概観し、ネイチャーポジティブを軌道に乗せるために EF がどのように貢献できるかを検討する。

<b>た行</b>	
ダイベストメント	99
太陽光発電	156
多国間環境協定 (MEAs)	3
ダイナミック・マテリアリティ	106
ダブル・マテリアリティ	106
治安部門改革 (SSR)	265
チュニジア革命	241
デュー・ディリジェンス	110, 123
デジタル権威主義	238
デジタル変革	238
<b>な行</b>	
ネイチャーポジティブ	175
2030 アジェンダ	218
<b>は行</b>	
バイオキャパシティ	185
ハイレベル政治フォーラム (HLPF)	203

パリ協定	5, 178, 210
ビジネスと人権	110, 122
風力発電	159
フェアトレード	115
平和活動	218, 267
平和とガバナンス	218

**ま行**

マイクロクレジット	132
マイクロファイナンス	132
マルチステークホルダー	198
ムーンショット	197

**ら行**

レジリエントな農業の実践	66
--------------	----

**わ行**

ワクチン外交	47
ワクチン・ツーリズム	47
ワクチン・ナショナリズム	47

**執筆者一覧 (50 音順)****勝間靖 (かつま・やすし)**

早稲田大学大学院アジア太平洋研究科教授。ウイスコンシン大学マディソン校農学・生命科学カレッジ開発プログラム博士課程修了、Ph.D. (開発学)。近著に「国際関係における『健康』の規範と目標をめぐるグローバルヘルス外交」(『国際政治』211号 2023) など。

**コーベリエル, トーマス (Tomas Käberger)**

自然エネルギー財団理事長、チャルマース工科大学教授、スウェーデン元エネルギー庁長官。チャルマース工科大学大学院博士課程修了、Ph.D. (物理資源論)。近著に *Report of the Swedish Climate Policy Council 2019* (Swedish Climate Policy Council 2019) などがある。

**潮崎真惟子 (しおざき・まいこ)**

特定非営利活動法人フェアトレード・ラベル・ジャパン事務局長。デロイト トーマツコンサルティングを経てオウルズコンサルティンググループにてマネジャーを務める。一橋大学大学院経済学研究科修士課程修了、修士 (地域開発)。主な執筆に『すべての企業人のためのビジネスと人権入門』(日経 BP 社 2020, 共著)、『児童労働白書 2020』(2020) などがある。

**下川雅嗣 (しもかわ・まさつぐ)**

上智大学総合グローバル学部教授、グローバル・コンサーン研究所長。横浜国立大学大学院国際開発研究科博士課程修了、博士 (学術)。主著に『貧困・開発・紛争：グローバル／ローカルの相互作用』(上智大学出版 2008, 共編著) などがある。

**高松香奈 (たかまつ・かな)**

国際基督教大学教養学部上級准教授、国際教育交流主任。東京大学大学院新領域創成科学研究科博士後期課程修了、博士 (国際協力学)。主著に『政府開発援助政策と人間の安全保障』(日本評論社 2011) などがある。

**チャセク, パメラ (Pamela Chasek)**

マンハッタン大学教養学部教授、政治学部門長、*Earth Negotiations Bulletin* 共同創設者、エグゼクティブ・エディター。ジョンズホプキンス大学ポール・H・ニッツェ高等国際関係大学院博士課程修了、Ph.D. (国際関係学)。近著に *Global Environmental Politics* (Routledge 2021) などがある。

**引間雅史 (ひきま・まさふみ)**

上智大学特任教授、学校法人上智学院経営企画担当理事。上智大学外国語学部卒業。主な論文に「上智大学の資産運用：PRI・ESG 投資に基づく新たな資産運用ガバナンス」(『大学マネジメント』15 (1) 2019)、「日本の大学法人における資産運用の実態と課題」(『証券アナリストジャーナル』49 (12) 2011) などがある。

**フォッセ, ヴィルヘルム M.** (Wilhelm M. Vosse)

国際基督教大学教養学部教授、政治学・国際関係学デパートメント長。ハノーヴァー大学大学院政治経済学研究科博士課程修了、D.Phil. (政治学)。主著に *Japan's New Security Partnerships* (Manchester University Press 2020) などがある。

**丸山英樹** (まるやま・ひでき)

上智大学総合グローバル学部教授。広島大学大学院国際協力研究科博士前期課程修了、博士 (教育学)。近著に『共生への学びを拓く—SDGsとグローバルな学び』(エイデル研究所 2022) などがある。

**毛利勝彦** (もうり・かつひこ)

国際基督教大学教養学部教授、社会科学研究所長。カールトン大学大学院政治学研究科博士課程修了、Ph.D. (政治学)。主著に『環境と開発のためのグローバル秩序』(東信堂 2008, 編著) などがある。

**望月康恵** (もちづき・やすえ)

関西学院大学法学部教授。国際基督教大学大学院行政学研究科博士課程修了、博士 (学術)。近著に『新国際人権法入門—SDGs時代における展開』(法律文化社 2021, 共著) などがある。

**モンゴメリ, ヘザー A.** (Heather A. Montgomery)

国際基督教大学教養学部教授。ミシガン大学大学院経済学研究科博士課程修了、Ph.D. (経済学)。近著に “Japanese Banks International Activities,” in C. D’Avino and M. Shabani Eds., *International Banking in Global Perspective* (Routledge 2023) などがある。

**山口富子** (やまぐち・とみこ)

国際基督教大学教養学部教授、教養学部副部長。ミシガン州立大学大学院社会科学研究所博士課程修了、Ph.D. (社会学)。近著に『予測がつくる社会「科学の言葉」の使われ方』(東京大学出版会 2019) などがある。

**吉川まみ** (よしかわ・まみ)

上智大学基盤教育センター教授、キリスト教人間学領域長。上智大学大学院地球環境学研究科博士後期課程修了、博士 (環境学)。近著に『ライフスタイルの転換に向けて、ともなる歩みを—「回廊ラウダート・シ」と環境保護—』(女子パウロ会 2023) などがある。

**和田喜彦** (わだ・よしひこ)

同志社大学経済学部教授、特定非営利活動法人エコロジカル・フットプリント・ジャパン (EFJ) 会長。プリティッシュ・コロンビア大学大学院コミュニティ地域計画学研究科博士課程修了、Ph.D. (環境資源計画学)。近著に『良心から科学を考える—パンデミック時代への視座』(岩波書店 2021, 共著) などがある。

**編者****国際基督教大学社会科学研究所**

本研究所の主な目的は、社会科学の学際的な研究交流と情報交換のための国際ネットワークに貢献することと、公開講演会や共同研究等を通じて地域社会とのパートナーシップ形成を促進することです。

**上智大学グローバル・コンサーン研究所**

グローバル化する社会で生じる貧困や暴力に関わる諸問題についての調査研究、講演会等を通じて学生や社会の意識化を図るとともに、世界の人々の尊厳と連帯の実現、またそれを脅かすさまざまな問題をグローバルな視点から研究することを目的としています。

**サステナビリティ変革への加速**

2023年9月20日 初版第1刷発行

[検印省略]

定価はカバーに表示してあります。

国際基督教大学社会科学研究所・  
編者© 上智大学グローバル・コンサーン研究所／発行者 下田勝司 印刷・製本／中央精版印刷

東京都文京区向丘 1-20-6 郵便振替 00110-6-37828  
〒113-0023 TEL (03) 3818-5521 FAX (03) 3818-5514

発行所  
東信堂

Published by TOSHINDO PUBLISHING CO., LTD.

1-20-6, Mukougaoaka, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0023, Japan

E-mail: tk203444@fsinet.or.jp http://www.toshindo-pub.com

ISBN978-4-7989-1862-4 C3030 © ICU SSRI, Sophia IGC