



# GREEN KILLING MACHINES

The impact of renewable energy on wildlife and nature

Andrew Montford

## 緑の殺戮機械

再生可能エネルギーが野生動物と自然に与える影響

アンドリュー・モンフォード

監訳 杉山大志 訳 木村史子

The Global Warming Policy Foundation

GWPF Report 36

# 緑の殺戮機械

## 再生可能エネルギーが野生動物と自然に与える影響

アンドリュー・モンフォード

監訳 キヤノングローバル戦略研究所研究主幹 杉山大志 訳 木村史子

本稿は、Andrew Montford, GREEN KILLINGMACHINES The impact of renewable energy on wildlife and nature, The Global Warming Policy Foundation GWPF Report 36

[Green-Killing-Machines-1.pdf \(thegwpcf.org\)](#)を、The Global Warming Policy Foundation の許可を得て翻訳したものである。

### 目次

著者について.....	2
概要.....	3
1 はじめに.....	3
2 再生可能エネルギーの最大化で何が起きるか.....	3
3 エコ活動から生まれるエコ災害.....	20
4 エネルギー需要を変えて起きること.....	21
5 強引に再生可能エネルギー計画を立てるとどうなるか.....	24
6 環境主義者たちの未来計画はどうなっているか.....	27
7 結論.....	30
参考文献.....	32

### 著者について

アンドリュー・モンフォードはGlobal Warming Policy Foundation(地球温暖化対策基金)の副理事を務めている。

## 概要

再生可能エネルギーは、環境にやさしいというイメージを持たれている。本報告書では、このイメージが全く妥当でないことを明らかにする。風力、太陽光、バイオマス、そして水力発電は、私たちを取り巻く世界を改善するどころか、大きな損害をもたらす可能性があるのだ。地球温暖化防止活動家が想定している規模の再生可能エネルギー革命は、私たちの景観を荒らし、畑を工業化したり、あるいは単一栽培に変え、野生生物を殺戮することになる。

再生可能エネルギーは、世界をより良い場所にするどころか、私たちが大切にしているものすべてを破壊してしまうだろう。これが本当に環境主義の意味するところなのか？

## 1 はじめに

地球温暖化が叫ばれ、数多くの政策が打ち出されているが、なかでも、エネルギー生産を化石燃料からカーボンフリーなエネルギー源、特に再生可能エネルギーにシフトすることが求められている。しかし、その進展は遅々として進まない。その理由は様々で、立地（ニンビイズム）の問題、計画の困難さ、電力網への統合の問題、そして多くの再生可能エネルギー源の価格が非常に高いことなどが挙げられる。そのため、世界のエネルギーに占める再生可能エネルギーの割合は非常に低く、例えば、風力発電は、エネルギー出力の 1%にも達していない<sup>1</sup>。

しかし、世界のエネルギー需要は 2060 年までの間に 10~34%伸びると予想されている<sup>2</sup>。都市化や技術の進歩により、電力需要の伸びはさらに速く、同じ間に 2 倍になると予想されている。このため、各国政府は、再生可能エネルギーの利用を大幅に拡大する方針を打ち出している。

再生可能エネルギーは「地球に優しい」イメージがあるが、実際に環境に深刻な影響を与えていることを知る人はあまりいない。本報告書では、特に英国において、現在および今後数十年の再生可能エネルギー事業の拡大が終わった時点での、環境への影響について検証したいと思う。そして、環境保護を自らの存在意義とするはずの環境運動家がどのようにこの環境影響に対応しているか考察しようと思う。

## 2 再生可能エネルギーの最大化で何が起きるか

今後数十年の間に、再生可能エネルギーはどの程度必要になるのだろうか。故 デイヴィッド・マッケイ教授は、英国のエネルギーシステムが将来どのように脱炭素化されるかを検討し、その結果を「Sustainable Energy - Without the Hot Air」という書籍で発表した<sup>3</sup>。ケンブリッジ大学のエンジニアであり、英国政府のエネルギー・気候変動省の主任科学者であったマッケイ氏は、いくつかの異なるエネルギーの未来について考察した。しかし、彼はあくまで技術的な側面から分析を行っただけであり、変化に伴うコスト（ほぼ間違いなく気が遠くなるようなもの）は、分析の対象には含まれていない。また、彼は、何が実現できるかについてかなり楽観的であったことを自ら認めている。それでも、彼の研究は、脱炭素化の問題に対する明確で率直なアプローチとして、あらゆる方面から広く支持されている。

彼の本では、第1部で、マッケイ氏は個々の再生可能エネルギー技術によって理論的にどれだけのエネルギーが供給されるかを決定しようとした（その結果、その合計は期待されたものには程遠いことが分かった）。

本稿では、彼の分析を用いて、このような「最大化」が環境に及ぼす影響をまずは示してみたい。

マッケイ氏の書籍の第2部では、再生可能エネルギーとその他のエネルギー源のミックスや、需要の性質の劇的な変化を用いて、エネルギー需給をバランスさせるさまざまな方法について考察している。他の研究者も、彼のデータを用い、異なる仮定や技術構成で同様の分析を試みている。そこで、本稿の第二の焦点として、これらの分析がどのようなものかを検証する。つまり実用的な脱炭素エネルギーシステム（とされるもの）が、我々の周囲にどのような影響を及ぼすかを検証するのだ。

## 風力

風力発電所はイギリス全土に数多く建設されており、その景観への影響は一般によく知られている。その原因は主にタービン自体にあるが、風力発電所の設置スペースを確保するために森林を伐採し、アクセス用道路を建設し、最後にタービンを電力網に接続するために必要な鉄塔のネットワークによる影響もある<sup>4</sup>。だが一方で、ほとんど目には見えないが、環境面での多大なる有害な影響もあるのだ。



例えば、野生動物への影響だ。特にコウモリへの影響は深刻で、タービンが圧力波を発生させ、コウモリの肺を破壊すると考えられている。最近のある研究では、いくつかのコウモリの種の個体群全体が危機に瀕している可能性が指摘されている。<sup>5</sup> 鳥類、特に猛禽類（もうきんるい）はタービンと衝突する可能性がある。タービンと直接衝突すると、タービン1基あたり年間20羽の鳥類が死亡する可能性があるとされているが、これよりかなり多い数も報告されている。送電線による犠牲もあり、その数は年間1kmあたり100羽以上と推定されており、そのほとんどが衝突によるものである<sup>6</sup>。スコットランドのハイランド地方を横断し、北部の風力発電所と南部の利用者を結ぶ「The Beaully-Denny 送電線」は、毎年11,000羽の鳥類の死亡が予想される<sup>7</sup>。

その他の影響も考えられるが、まだ証明されていないものもあるし、風力発電所の数が増えてから初めて明らかになるものもあるであろう。例えば、洋上風力発電所からの騒音は海洋哺乳類を攪乱することが示されているが、長期的にどのように有害なのか、その影響はまだ証明されていない。一方で鳥類に対する障害は実証されている。ある研究では、カモメ、オジロワシ、シロカツオドリ、トウゾクカモメは、特に風力発電所の存在に敏感であることが明らかになっている<sup>8</sup>。また、最近の報告では、風力発電所によって死亡する猛禽類の数が、捕獲によって殺される数を上回っている<sup>9</sup>（単に発電所の周りを飛ぶだけの種もあるが<sup>10</sup>）と指摘されている。猛禽類を捕獲する悪質な猟場管理者は、野鳥保護団体から法の力を以て追及される。しかし、不思議なことに、同じ NGO 団体が風力発電所の建設による野生動物への被害には全く目をつぶっている。

風力タービンをもたらすもう一つの悲惨な問題は、その製造過程から生じる。例えば、陸上タービンは、その基礎部分だけで 1400 トンのコンクリートと 80 トンの鋼鉄を必要とする<sup>11</sup>。これらの物資の生産過程は、伝統的に「グリーン」（環境にやさしい）とは見なされていない。洋上タービンの場合、この数字はさらにはかなり大きくなり、3000 トンのコンクリート製の土台がすでに設置されており、その何倍もの大きさの土台も検討されている<sup>12</sup>。浮体式洋上風力タービンも同様に、ピーターヘッド沖で最近始まった Hywind 試験プロジェクトでは、長さ 91m、重さ 3500 トン近い鋼鉄製の基礎が設置されている<sup>13</sup>。

設備に使用される磁石には、ネオジムが大量に使われている。このレアアースは、世界の生産量のほとんどが内モンゴル自治区で産出され、その採掘が環境に大きな悪影響を与えている（下の写真は内モンゴル自治区包頭市のレアアース鉱山）。





マッケイ氏は、英国で最も風の強い 10%の地域をタービンで覆うことを想定していた<sup>14</sup>。著書のテーマ通り、これは非常に野心的なものであるが、一般的には、例えて言うならば、仕事への出勤<sup>15</sup>をカバーするのに十分なエネルギーをかりうじて調達できる程度であり、帰宅するのに十分なエネルギーは確保できない、ということになる。つまり、これほど広大な土地に見合うだけのエネルギーは得られないということだ。しかし、図 1 を見ればわかるように、英国で最も風が強いのは、ケアンゴームズ、ペニン山脈、ウェールズ山脈などの高地と、スコットランドの西海岸であるから、状況はさらに深刻である。

これらの地域のほとんどは、環境に敏感である。そのため、想定されるわずかな量のエネルギーを供給するには、風の弱い地域を利用し、それに応じて広い土地面積を確保する必要がある。しかし、コストへの影響を無視したとしても、環境への影響を考えてみて欲しい。毎日の通勤に必要な程度のエネルギーだけをまかなうのにも、イギリス全土の浅い海域に

4km、深い海域に 9km の幅の風車帯が必要なのである<sup>16</sup>。

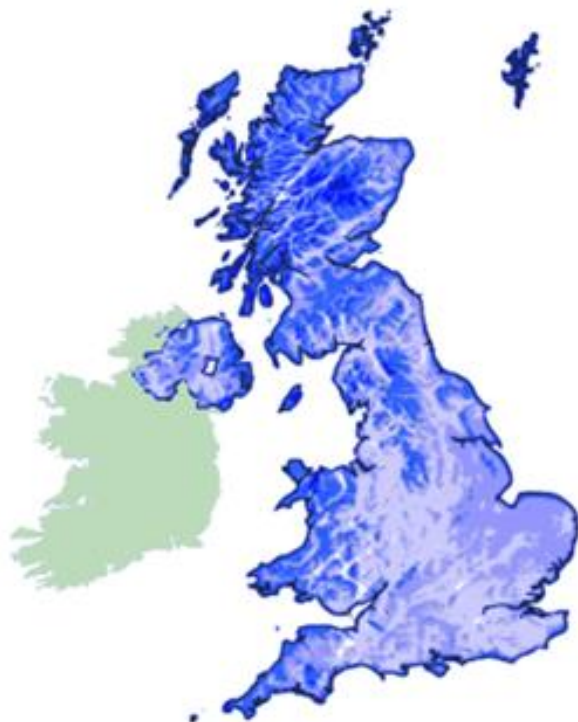


図1: イギリスの風速マップ  
風の強い地域は濃い青色で表示。  
出典 イギリス気象庁

こうした変化が環境に壊滅的な影響を与えることは、ほとんど指摘するまでもないだろう。図2は、英国の風速マップを再構成したもので、マッケイ氏が提唱したように、英国の国土のうち最も風の強い10%の地域の色を濃く表示している。この地域の多くが開発禁止であるとする、風の弱い地域に進出せざるを得なくなる。グレーで示した地域は、英国の中で次に風が強い20%の地域である。これを見るとわかるとおりサザン・アップランド、スコットランドの高地の大部分、ウェールズの山々は、まだまだ全面的に工業化されなければならない。このレベルの風力発電所の設置では、王立鳥類保護協会（RSPB）のような自然保護団体が主張する、正しく設置されれば風力発電所は受け入れられるという政治的に正しい主張は意味を持たなくなるであろう。風力発電所が建設される可能性のある場所のほとんどは、実際にはタービンで覆われてしまうことが予想されるからだ。





図2: どこにタービンを設置すればよいか?  
英国で最も風の強い地域10%を黒の網掛けで表示。  
次に風の強い地域20%はグレーの網掛けで表示。

マッケイ氏の示すタービン 61,000 基は、年間 100 万羽以上、おそらく数百万羽の鳥類の死亡を引き起こすと予想される<sup>17</sup>。一方恐ろしいことではあるが、この数字は、飼い猫が年間に捕獲する庭の鳥の数（おそらく 5,500 万羽）に比べれば小さいということは注目に値する<sup>18</sup>。しかし、猫は弱ったものや病弱なものを捕獲する傾向があり<sup>19</sup>、風力タービンや電線はそのような区別がないことは指摘しておく必要がある。また、ネコは一般的に庭などでよく見られるありふれた種を捕獲するが、風力発電所は以下のような種類の鳥類について影響を及ぼす可能性がある。

- 希少種や、個体数がすでに減少傾向にある種
- 捕食の習慣により、あるいは攪乱に対する感受性が高く、大きな影響を受ける可能性のある種。

ある研究によると、風力発電所の影響を最も受けやすい鳥類は、実際に風力発電所を設置しなければならない地域に生息している（図 3 参照）<sup>20</sup>。まさしく、多くの希少な鳥類に

とって、逃げ場がなくなるのである。その結果、大惨事になる可能性が高い。これは、英国王立鳥類保護協会（RSPB）が本当に、本当に望んでいることなのだろうか？

コウモリも逃げられないだろう。コウモリは最も高い山には生息していない<sup>22</sup>。前述のとおり、こうした最も風の強い地域は、いずれにせよ風力発電所が設置されることはないだろう。とすると風力発電所が風の弱い地域に建設されれば、コウモリと接触する可能性がより高くなる。例えば、イギリスで最も一般的な種の一つであるアブラコウモリの分布は、風力発電所のために使用しなければならない地域とかなり重なる。最近のある研究では、英国にある既存の風力発電機群は、年間 80,000 頭のコウモリを殺処分していると推定されている<sup>23</sup>。マッケイ氏はタービンの数がほぼ一桁増えることを想定しているので、そうなると年間 70 万匹のコウモリが再生可能エネルギーの推進によって殺されることが考えられるが、これは推定 260 万匹の英国に生息するコウモリの総個体数と比較すると驚くべき数字である<sup>24</sup>。



図 3: スコットランドにおける風力発電所の影響を受けやすい鳥類種の分布。<sup>21</sup>

風力タービンを海上に設置することは、より良い方法であるように見えるかもしれないが（費用ははるかにかかるのだが）、実際には、野生生物が支払うべき代償は恐ろしいものになる可能性が高いのだ。なぜなら鳥や海洋哺乳類は小さな風力発電所を迂回することができるが、マッケイ氏が想定している規模の風力発電所は、野生生物が避けることがほぼ不可能になるためである。その結果、どのような影響が出るかは誰にもわからない。

そして、これらすべては、エネルギー需要のわずか 3 分の 1 を供給するために行われるのだ<sup>25</sup>。

## 太陽光発電

ソーラーパネルは現在世界中で広く設置されており、その影響は風力タービンと同様、比較的よく理解されており、次の 3 つの主な技術によって影響は若干異なる。

- 太陽光発電 (PV) : 広大な農場や一般家庭の屋根に設置されている、おなじみのソーラーパネル。
- 集光型太陽熱発電 (CSP) : 鏡を使って太陽光を一点に集め、水を加熱し、その水でタービンを回すシステム。
- 屋上のパネルで家庭のお湯を沸かす簡易型の温水装置。

太陽光発電の場合、最も顕著なのは景観への影響であり、太陽光発電設備は何ヘクタールものスペースを必要とする。それは自然の景観とは全くかけ離れたものである。さらに、野生生物への影響も懸念される。生物多様性の損失や鳥類との衝突など、野生生物への影響も、また風力発電所と同じような障壁になる問題も考えられる。

こうした影響のほとんどは、太陽熱発電 (CSP) の設備にも当てはまる。こちらは太陽光発電よりもさらに非効率であるため、より広大な土地を必要とする。そのため、土地が安く、日照時間が長い場所、一般的には砂漠地帯で大規模な CSP 施設を設置する方法が取られる。しかし、砂漠は何もないと考えられがちであるが、実は何もないことはほとんどない。メディアでは、集光された太陽光線を通過した鳥がその場で燃え尽き、その地上に転がる死骸が「小川 (ストリーマー)」と呼ばれているという話が大きく取り上げられた (p.13 参照)。その後の調査で、多くの場合、翼は焼けただけで、飛ぶ能力を失い、飢餓や捕食によってゆっくりと死んでいくことがわかった<sup>26</sup>。モロッコのワルザザート太陽光発電所の計画では、希少なヒタキを含む地元の営巣する鳥に大きなリスクがあることが指摘された。しかしそれでもこのプロジェクトは実施されたのだ<sup>27</sup>。



図4：アブラコウモリの分布。  
出典：Bat Conservation Trust

また、ソーラーパネルの製造工程も「グリーン」(環境にやさしい)とは言い難い。多くのパネルがシリコンを原料として製造されているが、シリコンは高純度化するために2段階の精製工程を経ている。1段階目はアーク炉で膨大なエネルギーを使い、2段階目では高温で、かつ強酸を使用する。





もう一つの環境への負荷として、ソーラーパネルの寿命が尽きた時の処理問題がある。壊れたソーラーパネルから数週間もすると有害物質が流出することはすでに明らかになっており<sup>28</sup>、今後、旧世代のパネルが寿命を迎えるにつれ、世界的な問題となることが予想される。すでにいくつかの国では、廃棄されたソーラーパネルの山が出現している<sup>29</sup>。リサイクル工程は存在するものの、高価な機械的工程と環境に悪い化学的工程が混在している。また、これらの工程で生成される多くの製品（たとえばシリコン）は金銭価値が低いので、パネルを廃棄する、あるいは単に放擲して腐食するにまかせるといった、手抜きが生じやすいだろう<sup>30</sup>。

では、太陽光発電をできる限り推進すると、英国はどのようになるのだろうか。デイヴィッド・マッケイ氏は、英国の5%を地上設置の太陽光発電所で覆うことを考えた。するとこの場合、一般的な通勤者が通勤して帰ってくるのに十分なエネルギーが供給されることになるという。住居の南向きの屋根をすべて太陽光パネルで覆うようにすれば、もう少し増えるだろう、という<sup>31</sup>。

英国の5%といえば、ケンブリッジシャー、グロスターシャー、ランカシャー、スタッフォードシャーを合わせた面積に相当する相当な面積である<sup>32</sup>。マッケイ氏によれば、このレベルの目標を達成するには、これまで世界中で設置されてきた太陽光発電の100倍の量を設置する必要があるという。彼が指摘するように、太陽電池パネルは光を電気エネルギーに変換する理論上の最大効率に既に近づいているため、技術的にも限界がある。将来的に太陽光発電は安くなるかもしれないが、それでも多くの土地を必要とすることに変わりはないのである。

マッケイ氏が指摘するように、以上はどれも非現実的である<sup>33</sup>。彼は風車をソーラーパネルと同じ場所に設置することを提案しているが、少なくとも英国では、日射量が多い場所（図5a）と風が強い場所（図1参照）は同じではないので、現実には太陽光発電所に必要な土地は、すでに住宅地として自然環境にかなりの影響を与えている英国南部に建設しなければならないだろう。また、最も質の良い農地を食料生産のために残すのであれば、ソーラーパネルはより質の悪い土地に置かなければならない（図5b）。高い日射量と質の悪い土地が重なり合うことで、多くの愛すべき景観が脅かされる。それは、例えばダートムーアか？またはエクスムーアなのか？環境主義者は、果たして貴重な景観がソーラーパネル（とそれを電力系統に接続するために必要なすべての鉄塔と電線）で覆われることを望んでいるのだろうか？そんなことをして、いったいイギリスの田舎や、そこに住む鳥やその他の動物が守られるのだろうか？

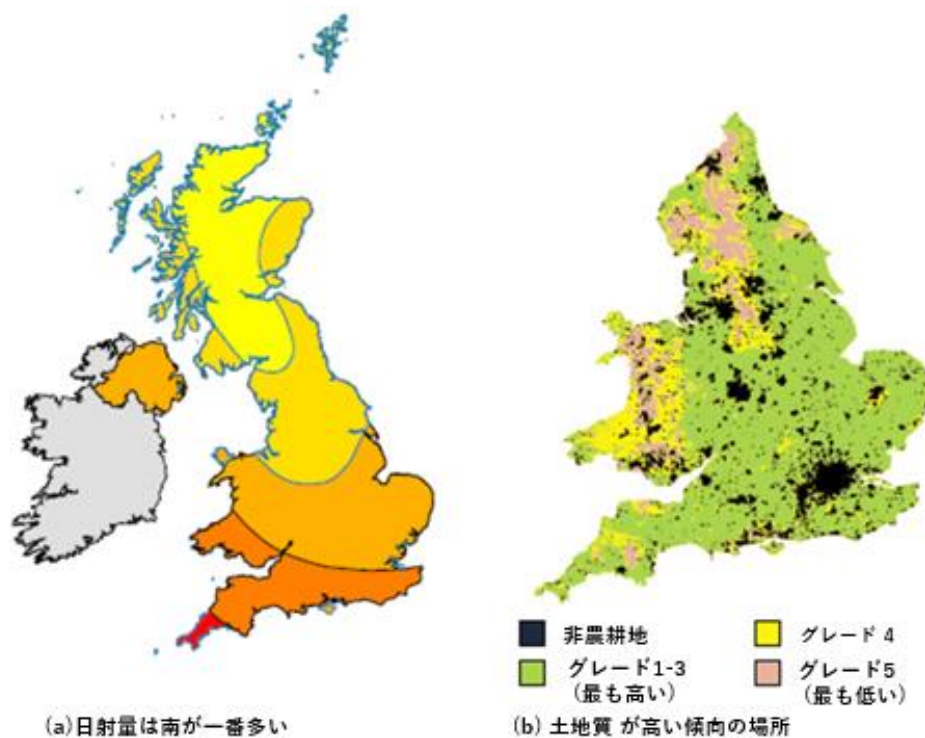


図5：ソーラーパネルはどこに置くべきか？

## 大規模水力発電

水力発電は、世界中で発電の重要な担い手となっている。特に、ほぼ再生可能エネルギーだけで発電していると評価されている国は、水力資源が豊富であるからこそ、そのようなことができる。その代表格であるコスタリカは、地熱発電も相当量利用することができる。

大規模な水力発電プロジェクトがもたらす影響も大きい。あるグリーン NGO は、「淡水および陸上生息地の永久的損失、湿地および湿原の水の損失、それに続く生息地および種の多様性の損失」を挙げている<sup>34</sup>。大規模水力発電の持続可能性に関する最近の科学的レビューでは、ダムについて次のように述べている。

- ダムは河川生態系を破壊し、森林破壊を引き起こし、水生および陸生生物の多様性の損失を生じさせ、大量の温室効果ガスを放出し、何千人もの人々を移住させ、その周辺の食料システム、水質、農業に影響を与えるものだ<sup>35</sup>。

魚の回遊が完全に阻害されることもあり、魚道の使用は部分的な解決にしかないこともある。また、ダム背後の沈泥や富栄養化といった問題もあり、下流の生態系や農家から利益を奪っている。また水力発電ダムは二酸化炭素とメタンを排出するため、気候変動キ

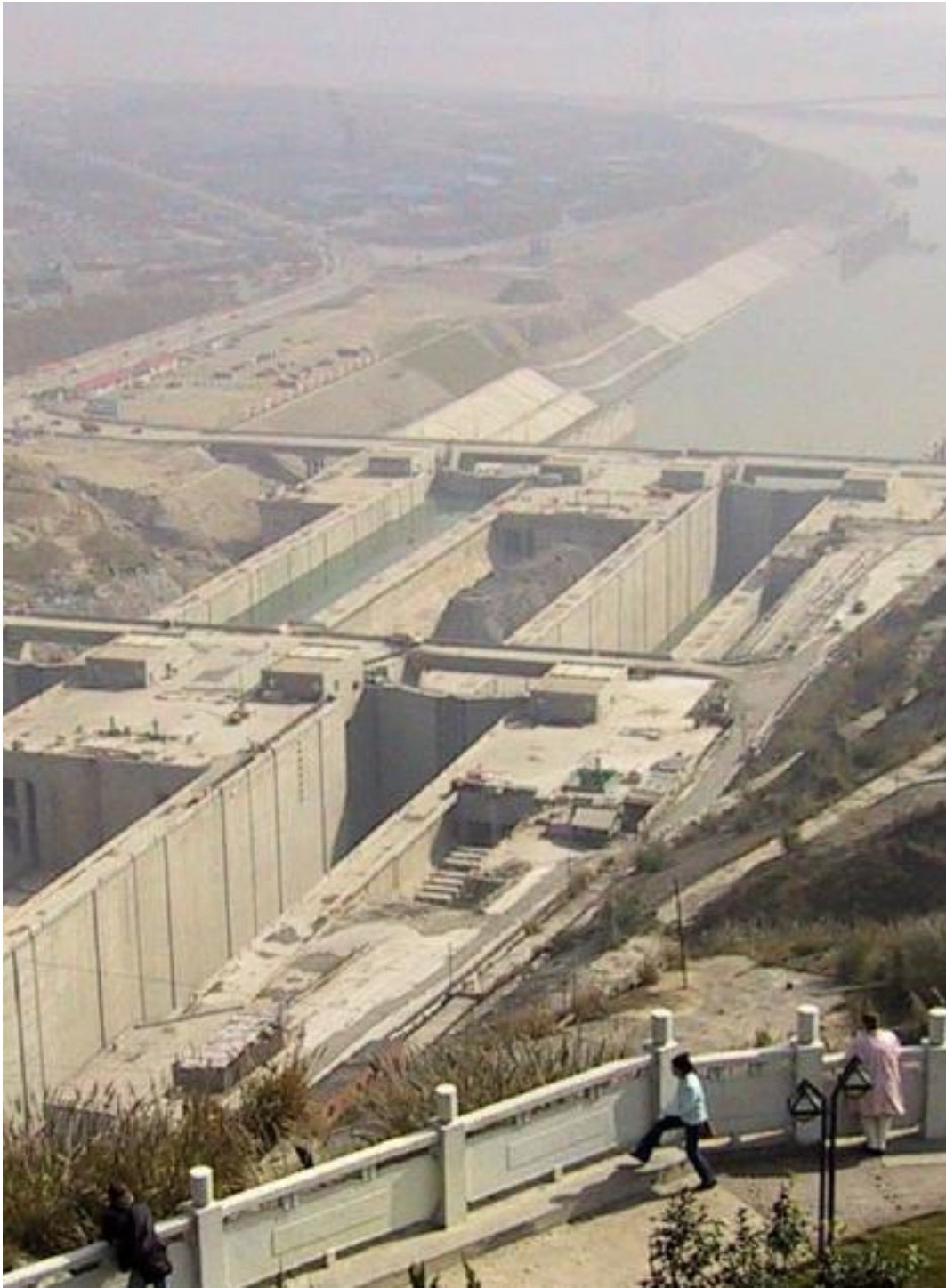
キャンペーンがダムを問題の一部ではなく、解決策の一部とみなす傾向があることは理解に苦しむ。

環境レポーターの大御所、フレッド・ピアス氏は最近の記事において、サハラ砂漠の南に位置するサヘル地域の河川のダムが、いかに生態系に大きなダメージを与え、多大な人的被害をもたらしているかを説明していた。ダムは川をせき止めることで、湖や氾濫原、湿地帯を乾燥させ、その上に多くの貧しい人々が暮らしている。この地域の多くの貧困層が依存している湖、河川の氾濫原、湿地帯を乾燥させている。その結果、より多くの若者が、危険を冒してでもこの地を離れることになった。マナンタリ・ダムは、90%の漁場と、以前は水に覆われていた 618,000 エーカーを奪ったと推定されている<sup>36</sup>。

Scientific American 誌のある記事は、中国の三峡ダムは地球を救う方法ではなく、環境破壊そのものではないか、と述べている<sup>37</sup>。このダムの発電容量は 22.5 ギガワットである。大規模なガス火力発電所は、その 10 分の 1 の発電容量に過ぎないが、環境への影響は 10 分の 1 以下であるといえる。

マッケイ氏が指摘するように、水力発電には、大量の降雨と大きな標高差の 2 つが必要である。これらの条件から考えると、イギリスの低地に設置される計画は基本的に除外される。発電量が少なすぎるからだ。しかし、イギリスの高地でも、大量に発電できる余地はあまりない。仮にすべての川をせき止め、水を一滴残らず集めて利用したとしても、1 人当たり 7kWh/日しか得られない。現実には、もっと小さな集水域が利用可能で、1 人当たり 1.5kWh/日の電力が得られるとマッケイ氏は推測している。環境負荷が大きい割に、これではあまりにも見返りが少ない。

単位面積当たりの電力が最も大きい<sup>38</sup> 西ハイランド地方のほとんどの川をダムでせき止めてしまうことは、それに伴う「淡水と陸上の生息地の永久的な喪失、湿地と湿原の消滅、種の多様性の喪失」を意味する。ダム建設は、多くの環境主義者が想像するような、すばらしい環境にやさしい世界ではないことは明らかである。現実には、水力発電計画が環境に与える影響に対する懸念は非常に大きく、現在では大規模な新規計画は、その惨状が隠されている発展途上国にほぼ限定されている。



それでも、ロンドン官庁街（ホワイトホール）の環境主義者たちは、英国内の水力発電容量を 2 倍にすることは可能だと考えている。そのほとんどは比較的小規模なプロジェクト<sup>39</sup>である。だがこの種の再生可能エネルギー技術には、手つかずの豊かな自然をますます破壊する可能性がある。

## 潮汐発電

潮汐発電には、主に3つの種類がある。

- 堰堤方式（セキテイ）：満潮時に河口の水域を取り込み、堰堤内の水を放出してタービンを回し発電する。
- 潟湖方式（ラグーン）：類似の技術だが、堤防を建設して人工的な水域を作り出す。
- 潮流発電：風力タービンとほぼ同様に、タービンを水の流れに直接設置して発電を行う。数十年にわたる研究にもかかわらず、これらの技術はいずれもまだ初期段階にあり、潮流発電や潟湖方式の商業運転は行われておらず、堰堤方式もほとんどない。そのため、その環境影響はあまりよく分かっていない<sup>40</sup>。しかし、3種類の潮汐発電すべてにおいて、魚類や哺乳類への影響（音、衝突、生息地の損失）、および堆積物が発生する可能性があると考えられている<sup>41,42</sup>。実際、一部の環境 NGO は、これらの技術を「高リスク」と表現している<sup>43</sup>。

1966年から運用されているフランスのランス潮汐堰からの実証結果<sup>44</sup>は、次のことを示唆している。

- 建設期間中は生態系に深刻な混乱が生じ、その後、安定した状態を取り戻すのに10年かかる。
- ヒラメやイカナゴの損失など、生態系に大きな変化が生じる。
- タービンによる魚の死亡、水位の急激な変化。
- 沈泥により、流域の土地が塩湿地に変わり、魚の養殖場や鳥の餌場が失われる。
- 以前とは全く異なる新たな生態系が形成される。

潮流エネルギーの影響に関するコンピューターシミュレーションによると、環境影響は非常に大きく、潮流から抽出されるエネルギー量を20%程度に、場合によってはそれ以下に厳しく制限する必要があることが示唆されている<sup>45</sup>。RSPB（英国立鳥類保護協会）の分析によると、環境やその他の制約条件を考慮した場合、英国水域のわずか168km<sup>2</sup>が潮流発電の「有望な場所」と分類される<sup>46</sup>。

マッケイ氏は潮力発電、特に潮流発電について比較的楽観的に捉えている。おそらく、世間の反対を受ける可能性が低い（なぜなら環境コストは目に見えず、意識にも入らないため）、また、前述のように彼の分析ではコストについてきちんと考慮されていないためであろう。彼の試算では、11kWh/日/人の発電が可能で、そのうち9kWh/日/人は英国近海の要所に設置された発電所から得られるとされている。しかし、これらが現実に利用可能かどうかは彼は評価できなかったこと、また、環境破壊を抑えるために出力を制限する必要があることを知らなかったと思われることは、注目すべき点である。



また、ウォッシュ川とモアカム湾の潟湖(ラグーン)化により 1.5kWh/日/人が供給され、セヴァーン川の堰堤によりさらにもう少し供給されるという。もちろん、セヴァーン川の堰堤計画は、環境破壊の可能性を指摘する声上がり、2014年に中止された。しかし、同様の計画は1920年代から検討されており、5年おきくらいに復活している。

ランスの堰堤は、流域面積が22km<sup>2</sup>と小さい。一方、セヴァーン川の堰堤は500km<sup>2</sup>という巨大なものであり、環境にも大きな影響を与えるであろう。河口沿いの潮間帯の干潟が失われ、鳥類や魚類に壊滅的な影響を与えることになる。また、グロスターまでの上流域で洪水が発生する可能性もあった。ランスの貯水池を見た国会議員たちは、環境への悪影響にショックを受けたと公言している<sup>47</sup>。そのため、この計画が中止されたのも無理はない。それでもなお、潮汐堰の建設は継続的に提案されており、ディー川、ソルウェイ川、ハンバー川の各河口は、いずれも有望な候補地として挙げられている。カーディフ、ニューポート、ブリッジウォーター湾、コルウィン湾、西カンブリアでは潟湖(ラグーン)が提案され、スウォンジーでも建設が実現に近づいている<sup>48</sup>。RSPB(英国王立鳥類保護協会)は、潟湖方式(ラグーン)について、環境への影響という点で、リスクの高い技術であると述べている。多くの大規模計画が実施される可能性があるが、それによる環境破壊は劇的なものになりかねない。

## バイオマスとバイオ燃料

10年ほど前に欧州連合と環境団体が液体バイオ燃料の使用を奨励し始めてから、「グリーン」な、「環境にやさしい」技術が数多く推進されてきた。例えば、家庭用・産業用バイオマスボイラー、液体バイオ燃料などである。しかし、「産業」が拡大するにつれ、その弊害が顕在化してきた。

英国では、国内のエネルギー価格を引き上げて省エネを促進する政府の政策により、薪ストーブの設置がブームとなり、その燃料となる森林の伐採が不可避となっている<sup>49</sup>。さらに大規模な例として、ヨークシャーのドラックス発電所では、ペレットを北米から輸入するほど大量の薪を消費しており、ドラックスの需要に応えるために現地の森林が伐採されている。大規模なものでは、ヨークシャーのドラックス発電所において、ペレットが北米から輸入され、ドラックスの需要<sup>50</sup>に見合うように森林が伐採されている。残念ながら、バイオマスの炭素排出量は石炭と同程度であり、ガスの約2倍である<sup>51</sup>。また、あるNGOは、バイオマスから排出される有害物質は「石炭よりひどい」と述べている<sup>52</sup>。エネルギー源として、バイオマスにはほとんど救いがないように思われる。しかし、このような惨状は、他の場所でも繰り返されているのだ。フランスでは、ガルダンヌ発電所が間もなく年間85万

トンの木材を燃やすが、その半分は輸入に頼っている<sup>53</sup>。木の切り株さえも燃やすために採取され、土壌動物には何も残さず、土壌の栄養分の損失と浸食の増加につながっている。野生生物 NGO バードライフ・インターナショナルは、「バイオエネルギーの黒書」という書物の中で、保護林でさえ、再生可能エネルギー補助金を得る目的の伐採を免れていないことを指摘している<sup>54</sup>。

先進国以外では、バイオマスの燃焼は、もちろん、もっとひどい状態である。貧しい国々では、約 25 億人が調理の際にバイオマスに依存しており、薪、炭、糞が主な利用形態である<sup>55</sup>。炭の生産はしばしば非効率的で森林破壊につながると同時に、糞を畑に鋤き込まずに燃やすことで土壌が肥沃でなくなることもある。

一方、液体バイオ燃料の利用拡大を急ぐあまり、世界各地で食糧価格の高騰と飢餓、アフリカなどでの土地収奪、アブラヤシ農園建設のための熱帯雨林の伐採が進み、ある作家はこれを「21 世紀最大の生態系災害の一つ」と表現した<sup>56</sup>。ヨーロッパにおけるパーム油消費の約半分はバイオディーゼル用であり<sup>57</sup>、EU は最近になって、2021 年までにバイオ燃料用のパーム油を段階的に廃止する方向へ動き出したばかりである。そして、こうした環境破壊のすべてが、実際には地球温暖化問題を悪化させているように思われる。ある報告書によれば、バイオ燃料からの二酸化炭素排出量は、ディーゼル燃料からの排出量を大幅に上回っており、パーム油の排出量は、バイオ燃料の中でも最悪のものである<sup>58</sup>。

このような環境破壊は、全く無益である。マッケイ氏が指摘するように、バイオ燃料は非常に効率の悪いエネルギー源である。他の多くの再生可能エネルギーと同様に、土地需要があるため、ほとんど採算が合わない。英国のすべての農地を使ったとしても、通勤者が毎日帰宅するのに必要なエネルギーはほとんど発電できないだろう。とはいえ、再生可能エネルギー市場を分析する者の多くは、バイオ燃料の利用が劇的に増加すると予想している。例えば、世界エネルギー会議(World Energy Council)は、2030 年までに 7 倍に増加するとしている<sup>59</sup>。すでに「環境主義者の懸念」は「21 世紀最大の生態系災害の一つ」を引き起こしたが、じつはこれはより劇的な環境の破滅への始まりに過ぎないようだ。バイオ燃料の拡大を支える土地の需要は際限なく増大し、より多くの貴重な自然が失われることになる。UKERC エネルギーデータセンターは、アフリカのサバンナやブラジルのセラードのような耕作限界地を利用する必要があるかもしれないと提案しているが、環境への影響に対する懸念が相当大きいかもしれない、との注釈をつけている<sup>60</sup>。

### 3 エコ活動から生まれるエコ災害

## 小水力発電と河川内水力発電

小水力発電は、他の多くの再生可能エネルギーよりも環境負荷の少ないものとして紹介されることが多いが、魚類への影響は同じように深刻であり、場合によってはより深刻であると思われる。なぜならその影響緩和対策があまりなされていないからである<sup>61</sup>。そして、規模が大きくなれば、景観への影響も深刻になる可能性がある。カナダのビュート・インレット計画（現在は中止）では、443kmの送電線、267kmの道路、142本の橋が建設され、17種類の川が付け替えられることになった<sup>62</sup>。

マッケイ氏は、これらの計画は常に国家規模のエネルギー生産とは無関係であると指摘している。7倍の容量があっても、1.5kWh/日/人しか発電できないからだ。それにもかかわらず環境庁は、26,000もの適地を特定している。これは、かなりの数の農村開発および自然界への多大なダメージを与えるだけで、見返りはほとんどない。

## 波力発電

波力発電は、英国の将来のエネルギー・ミックスにおいて主要な役割を果たすとしてしばしば宣伝されているが、実際には商業ベースで展開されたことがないため、起こりうる影響についての評価はほとんど机上の話である。考えられる影響としては、海岸浸食、装置による汚染、魚や海洋生態系への影響、騒音、漁業やレジャーなどの地元産業への影響などがある。

マッケイ氏は、波力発電で取り出せる電力は非常に限られていると指摘する。英国の大西洋岸半分に波力発電所を設置し効率について楽観的な予測を立てたととしても、1人当たり4kWh/日の電力しか供給できないという。つまり、波力発電は基本的に英国の将来とは関係がないのだ。しかし、だからといって波力発電が試されて環境が悪影響を受けることもないとは言いきれるわけでもない。

## 4 エネルギー需要を変えて起きること

マッケイ氏は、英国が再生可能エネルギーを使って現在のエネルギー需要を満たすことが不可能であると明確に言っていない。そして実際のところ、彼の著書の第2部は、それを実現しようとする試みそのものだ。彼は、多方面からのアプローチでこれを実現しようとしている。まず、一般的な富裕層が必要とするエネルギー量を、一般の人が必要とするエネルギー量の水準まで落とすこと、特に富裕層がよく利用する長距離フライトの膨大なエネルギー使用量を減らすことを提案している。また、現在の富裕層のライフスタイルが、将来

的にはより多くの人々に享受されることが予想される中であっても、総エネルギー需要を現在程度に抑えるようにすることは、マッケイにとっては決して不合理なことではないようだ。

## 電気自動車 (EV)

エネルギー需要と折り合いをつけることは、これまでは上手くいかなかった。英国における炭素排出量削減の初期の試みの一つは、ブレア政権が、ディーゼル車の炭素排出量がガソリン車のそれよりもかなり少ないという理由で、ディーゼル車の採用の奨励を決定したことだった。ところが、現在では、ディーゼルエンジンから排出される微粒子によって、毎年4万人が呼吸器系疾患で死亡しているといわれ、環境破壊であるとの見方が広がっている(詳しくは後述)。ロンドン市長のサディク・カーンは、これを公衆衛生の「緊急事態」とまで宣言した<sup>64</sup>。その結果、当然ながら、電気自動車への切り替え圧力がさらに強まった。

EVの支持者にとっては残念なことだが、粒子状物質の面では、EVは化石燃料の同等品よりも実際には優れていないという科学的な証拠も出てきている。一般に考えられているのは異なり、輸送に関連する粒子状物質の排出の大部分は、エンジンからではなく、タイヤやブレーキの摩耗などによるものである<sup>65</sup>。しかし、現在、EVは普通の自動車よりも平均25%重いため、排気ガス以外の粒子状物質の排出は、排気のクリーンさを完全に打ち消してしまうのだ。つまり、EVに乗り換えても、粒子状物質排出量にはほとんど変化がないように思われる。

では、EVが環境に与えるその他の影響はどうだろうか。すでに、EVが支持者の主張ほどには環境にやさしくないということが、強く指摘されつつある。実際、その通りなのだ。テスラ社のEVのバッテリーには、大量のリチウムとコバルトが含まれており、米国環境保護庁によれば、以下のような問題があるとのことだ。「資源枯渇、地球温暖化、生態学的毒性、人体への影響など、環境への影響が最も大きい可能性がある。」環境主義者たちは、両元素の採掘による影響をすでに懸念しており、ある報告書では、「二酸化硫黄の噴煙が空を覆い、癌のような粉塵に覆われた大地、血に染まった川」と記されている<sup>66</sup>。一方、コンゴ民主共和国のコバルト鉱山は、児童奴隷労働と劣悪な労働環境で非難されている<sup>67</sup>。コンゴの都市ルブンバシ周辺の銅とコバルトの採掘場は、ある調査によると「世界で最も汚染がひどい場所ベスト10」に入ると言われている<sup>68</sup>。

そして、これらはすべて、今後10年半でEVの数が50~100倍になると予測される以前のことである<sup>69</sup>。



## その他について

マッケイ氏による需要削減の試みについて、他の面ではそれほど心配する必要はないようだ。環境への影響という点では、古い家屋の断熱やヒートポンプの設置は、ほぼ無害なアプローチと言える。だが一方ではコスト面での懸念がある。地熱を利用したヒートポンプは、極寒の地では不十分な場合が多く、従来の熱源からのバックアップが必要だ。空洞壁への断熱材の吹き付けをすると湿気が発生しやすくない、住宅所有者にとっては致命的な問題となる可能性もある。ある推定によれば、300万戸もの家屋が影響を受けた可能性があるとのことだ<sup>70</sup>。しかし、これらのことは、環境主義者の関心事ではないようだ。



## 5 強引に再生可能エネルギー計画を立てるとどうなるか

これらの需要削減策を提案した後、マッケイ氏は最終的に残りの需要を満たすための一連の計画を作成し、関心のある一般市民にも独自の計画を提案するように呼びかけた。そのために、彼は、当時のエネルギー気候変動省の同僚とともに、2050年計算機というウェブサイトを立てた<sup>71</sup>。このウェブサイトでは、ユーザーが、需要と供給のバランスを取りながら政府の脱炭素化目標を達成するための独自の計画を立てることができるシンプルなウェブインターフェイスを提供している。

彼自身の計画例を見る限り、いくつかの要素は一貫している。そのひとつは、30000km<sup>2</sup>の農地を、質の悪い農地を中心に、木材やススキなどの特殊なエネルギー作物の栽培に利用するというアイデアである。前述したように、このアイデアの問題点は、質の悪い土地（農業等級4と5）のほとんどは、環境上重要であるか、エネルギー作物の栽培に適さないという理由で、利用できないことだ。すると英国には85,000km<sup>2</sup>の土地が残るが、その大部分はイングランドにある<sup>72</sup>。このうちごく一部は高品位の土地であり、高い付加価値が無い限り利用されることはない。つまり、使用される土地の大半は、「中程度」または「良好」と表現される等級3の土地ということになる。これは英国にパンとバターをもたらす食糧生産の中心であり、農地の大部分を占めている。そしてマッケイ氏の計画では、その3分の1がエネルギーのための単一作物生産に使われることになる。これでは、環境への配慮があるとはとても言えない。

もう一つの特徴は、輸送システムにおいてバイオ燃料の一部が使用されることである。しかし残念なことに、そのためには、英国の国土面積の12%、さらに30000km<sup>2</sup>のグレード3の土地を使用する必要がある<sup>73</sup>。

数字だけではインパクトが伝わりにくいので、それを図6aで示してみた。1つのマスは約1000km<sup>2</sup>で、バイオ燃料用の水色30個、木材やススキなどのバイオマス用の紺色30個、合計60個ある。この分布は、適切な土地がある場所を表しているため、山岳地帯、南西部の風光明媚な地域、ケンブリッジシャーの良質な農地は避けられている。北アイルランドの土地の利用可能性に関するデータは、英国の他の地域と一致しないが<sup>74</sup>、一部のエネルギー作物が植えられると仮定した。はっきりしているのは、英国の大部分は基本的にモノカルチャーになるということである。

次に、環境に対する影響具合は、マッケイ氏のどのプランに注目するかで変わってくる。例えば、プランGでは、風力発電で32kWh/日/人を発電することを提案している。必要な

面積は風力発電所を設置する場所によるが、適した土地の多くが環境的に影響を受けやすいため、陸上となる可能性は低いと思われる。図 6b は、風力発電所が沖合の深い海域に設置されると仮定し、表示されている 26 の 1000km<sup>2</sup> の正方形は、マッケイ氏が必要とする領域を示しており、その配置は彼の地図に示されているものに基づいている<sup>75</sup>。この配置の場合、スコットランドの鳥類はほとんど影響を受けないが、ドッガーバンクで餌を食べるカツオドリなど、さらに南の鳥類にとって 20 マイルの風力タービン<sup>76</sup> を横切ることが問題にならないとは考えにくい<sup>77</sup>。より多くの風力発電所を建設し、より小さなブロックに分割して分散させることもできるが、その場合、より多くの鳥類が影響を受けることになる。つまり、大きな個体群を淘汰するか、小さな個体群を大虐殺するかを選択である。風力発電の熱狂的な支持者は、どちらかを選ばなければならない。

マッケイ氏の著書の文面から、彼はほとんどの再生可能エネルギーの不条理さを理解しているように感じられる。彼は、いくつかの計画で、原子力エネルギーやクリーンコールを多く利用している。しかし、彼の著書は 2009 年に出版されたので、シェール革命より前に出版されたことになる。彼はその後、シェールガスの熱狂的なファンになっており、その二酸化炭素排出量は石炭よりはるかに良いと述べている<sup>78</sup> ので、恐らくこの計画を天然ガスに切り替えていた可能性が高いだろう。

しかし、彼のもうひとつのアイデアも状況が変わってきた。彼は、英国での太陽光発電にはあまり乗り気でなかった。そして前述のバイオエネルギーについてのアイデアによれば、太陽光については、すべての屋根を太陽光パネルで覆うことで得られるわずかな量以外に、基本的にそのスペースはない。だが、他国から太陽光エネルギーを輸入するというアイデアには熱心であった。理論的には 100 万 km<sup>2</sup> (1000×1000km の正方形) のメガソーラー発電所で現在の世界のエネルギー需要をまかなうことができ、将来的には 2 つのスーパーメガソーラー発電所でまかなうことができると指摘した。しかし、「アラブの春」以後の政治状況において、それが可能かどうかは別問題となった。

また、砂漠は何もない空間であるというイメージがあるが、実はそうではなく、そこにも悪影響を及ぼしている。アメリカでは、アイバンパ集光型太陽熱発電所 (CSP) が、絶滅危惧種である砂漠のカメに対するリスクを理由に、規模を縮小せざるを得なくなった。同様の問題は、他の多くの集光型太陽熱発電所にも起こっている<sup>79</sup>。

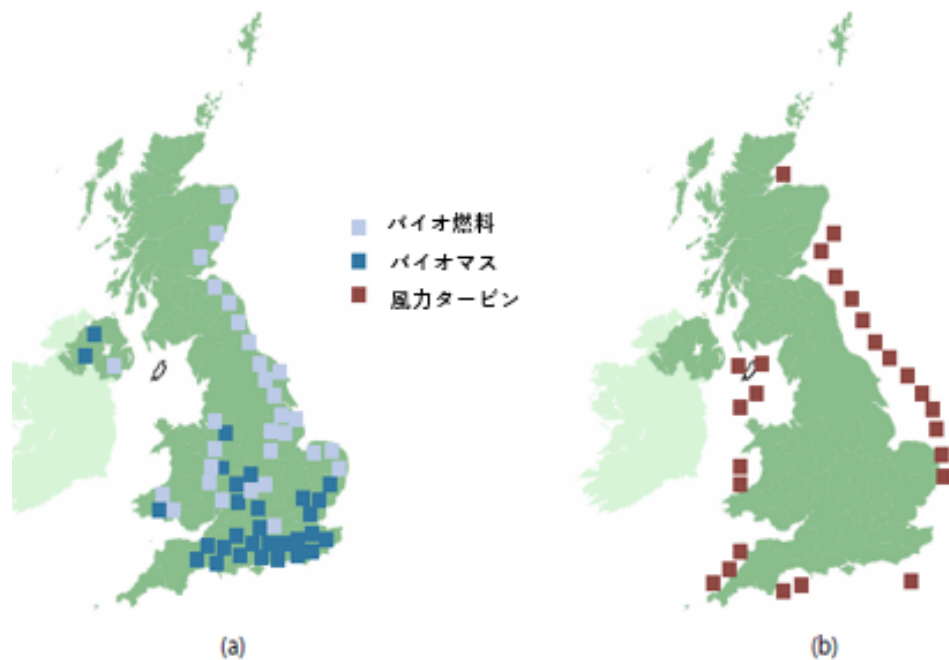


図 6：自然エネルギーの影響

(a) 60,000km<sup>2</sup> のバイオ燃料とバイオマス (b) 洋上風力発電の26,000km<sup>2</sup>

さらに、太陽光発電のもうひとつの環境問題である「大量の水を消費する」という点についても、一般にはあまり理解されていない。集光型太陽光発電の場合、そのほとんどは冷却システム用だが、発電量を高く維持するために鏡を清潔に保つ必要があり、そのための水も必要なのだ。モロッコのワルザザート 1 発電所は、面積が 4.5km<sup>2</sup> で、年間 170 万 m<sup>3</sup> の水を使用する<sup>80</sup>。これは、同等の石炭火力発電所よりもはるかに多い。この発電所が主要な貯水池の近くに建設されたのは、偶然ではない。この値をスケールアップすると、マッケイの超大型集光型太陽熱発電所は年間 7560 億 m<sup>3</sup> の水を使用することになり、これはアラブ世界で 1 年間に降る水の量 (2576 億 m<sup>3</sup>) のほぼ 3 分の 1 にあたる。したがって、ワルザザート I の規模を拡大しようという考えは、明らかに馬鹿げている<sup>81</sup>。幸いなことに、ワルザザート発電所の第二期と第三期については乾式冷却システムを採用しており、水の使用量は少ないが、その分だけ発電効率も低い。また、太陽光発電もそれほど優れていないようである。インドのタミル・ナードゥ州にあるアダニ太陽光発電所では、パネルを清潔に保つために 1 日あたり 20 万リットルの水を使用している<sup>82</sup>。

加えて、アメリカやアジアにも砂漠があるのだから、北アフリカに全世界のエネルギー負担を押し付けるのはフェアではないだろう。マッケイ氏は、ヨーロッパと北アフリカに電力を供給するには 34 万平方キロメートルが必要であるとしている。乾式冷却発電所をベースにスケールアップすると、60 億 m<sup>3</sup> の水が必要になる可能性がある。これは、現在北アフリ

カが地下水や地表水から得ている水量の約 12%に相当する<sup>83</sup>。このような乾燥した地域では、これはおそらく持続不可能であり、環境破壊につながることはほぼ確実である。

## 6 環境主義者たちの未来計画はどうなっているか

マッケイ氏は、私が今まで上述してきたことのほとんどに反対しないだろう。彼は著書の中でこう言っている。「もし、皆さんがこれらの計画を気に入らなくても、私は驚きません。私は、これらの計画のどれもが、何か受け入れがたいものがあることに同意します。もっと自分の納得できる別のプランを自由に作ってください。」と。多くの人は「口に合わない」よりももっと強い言葉を使うかもしれないが、本章では、他の人たちが提示した提案のいくつかを検証しようと思う。「2050年計算機」のウェブページにはさまざまなシナリオが紹介されているが、そのうちのいくつかは環境 NGO が提唱したもので、環境主義者が人類、自然界、そして自分たちの資金集めのレトリックという相反する要求のバランスをどう取るうとしているかがよくわかる。今回取り上げるのは、Friends of the Earth (FoE)、Sustainable Energy Association (SEA)、Campaign to Protect Rural England (CPRE) の3団体による提案だ。さらに、2050年計算機をベースにしているものの、同じフォーマットでは公表されていない RSPB の計画も取り上げる<sup>84</sup>。残念ながら、2050年計算機は、利用者がどのように収入を得るかについてかなりの自由度を与えており、3つの環境 NGO はこれを最大限に利用している。例えば、FoE の計画の中核は、旅客を公共交通機関に、道路貨物を鉄道に移行させ、輸送、製造、調理を電化し、平均室温を 17°Cまで下げることであり、これにより需要をほぼ半減<sup>85</sup>させる。もちろん、これはすべて非現実的な話である。

さらに言えば、現在の技術水準では正当化することが難しいエネルギー発電の選択肢を、「2050年計算機」が可能にする。FoEによるとエネルギーのかなりの部分は、炭素回収・貯留(CCS)を備えたガス/バイオガス発電所によって供給される予定である。ガス用の CCS は、想定される低負荷率では決して経済的でない可能性があるという事実にもかかわらず（そしてシェールガス開発に対する FoE の猛烈な反対にもかかわらず）<sup>86</sup>である。波力タービンや潮流タービンも、規模が実証されていないにもかかわらず、その役割を担うとしている。これほど多くの技術が検討されている中で、なぜ核分裂がリストにないのか理解するのは難しい。

このように劇的に需要を減らしても、環境 NGO は、自然界に関心を持つ人なら誰でも憂慮するような計画を打ち出しているのだ。

### バイオエネルギー

FoE と CPRE はともに、広大な面積のバイオエネルギー作物の栽培を計画している<sup>87</sup>。これは、単一栽培（モノカルチャー）に反対すると主張する組織としては、どうにも理解しがたい姿勢である<sup>88</sup>。実際、CPRE の場合、イングランド農村部の保護という自らの使命に真っ向から反することになると思われる。このような規模のバイオ燃料は、景観、野生生物、農村経済に深刻な影響を与える。さらに悪いことに、この計算では、収量が 50 年以上にわたって複利的に増加することを想定しているのだ<sup>89</sup>。つまり、少なくとも紙の上では、必要な土地の量をかなり減らすことができるのだが、もし収穫量の向上が実現しなければ（そして、ほとんどの環境保護団体が、収穫量向上の最も可能性の高い遺伝子組み換え作物に反対していることを忘れてはならない）、より広い面積を食料生産から切り離し、エネルギー作物に置き換えなければいけなくなる。イングランドの農村地域は失われてしまう。環境保護活動自体が元凶となりかねないのだ。

RSPB は、農地をエネルギー作物の単一栽培で覆うことを避けたいと考えており、エネルギー作物に使用する土地の面積を大幅に削減できると主張している<sup>90</sup>。しかし、これは、1 エーカーあたりのエネルギー収量をあり得ないほど高く仮定することによってのみ可能である<sup>91</sup>。実際には、彼らが望む電力を生み出すには、おそらく 1 万 km<sup>2</sup> が必要だろう。鳥類や野生生物に対する生態学的リスクの低い地域は、そのうちのほんの一部であることを考慮すると<sup>92</sup>、CPRE や FoE の計画と同様に、独自の計画も景観や野生生物、そしてもちろん鳥類にダメージを与えることになるであろう。

とはいえこれらの団体はすべて、Renewable Energy Association (REA)の前では、取るに足らない存在となってしまふ。REA は、英国の主要農地の 4 分の 1 をエネルギー作物で覆うべきであると考えている。CPRE は、このことについて一体何を考えているのだろうか。

## 陸上風力発電

FoE は 9000 基、RSPB は 1 万 7000 基の陸上風力発電機を想定している。これまで見てきたように、これらの風力発電所は多数の鳥やコウモリを殺し、中国にひどい汚染をもたらすだろう。何千平方キロメートルもの山の風景が台無しにされるのである<sup>93</sup>。この算定においては、陸上ウインドファームは 2.5W/m<sup>2</sup> のエネルギーを捕捉できると仮定されており、FoE と RSPB はそれぞれ 4000 と 7000km<sup>2</sup> の土地利用で収まるとするため、打撃はいくぶん低めになっている。しかし、マッケイ氏は 2W/m<sup>2</sup> が陸上で起こりうる絶対的な最大値であると述べている。既存の風力発電所の典型的な値は 1.4W/m<sup>2</sup> であり、最適な場所がますます占有され、かつ風力発電所は低地に設置する必要があるため、これらの数字は将来的に低くなる可能性が高い<sup>94</sup>。したがって、必要な土地の正しい数値は、少なくとも FoE の場

合は 5000km<sup>2</sup>、RSPB の場合は 8000km<sup>2</sup> となる可能性が高い。

## 洋上風力発電

洋上風力発電も同様で、FoE と REA は 13,000km<sup>2</sup> に 12,000 基の 5.8MW タービンを、CPRE はさらに多くのタービンを望んでいる。RSPB の陸上風力高位シナリオでは、洋上風力はわずか 4km<sup>2</sup> であるが、洋上風力高位シナリオでは 33,000km<sup>2</sup> もあり、海洋の鳥類や哺乳類にとって相当な障害となる<sup>96</sup>。

その面積は十分巨大だ。では、その汚染について考えてみよう。2MW の風力発電機には、約 350kg のネオジムが磁石として使用されているようだ。もし、より大きなタービンが必要な場合、その規模に比例してネオジムも増加するとしたら、RSPB の計画では 1 基あたり 1 トンのネオジムが必要となる。寿命が 20 年だとすると、年間 1,000~3,000 トンのネオジムが余分に生産されることになる。世界の生産量は現在 21,000 トンで、英国だけの需要を満たすにも、世界の生産量を 10% 増やすことが必要なのだ。他の国も同じようにエネルギーシステムを計画すれば、環境破壊は想像に難くない。

## 大規模水力発電

RSPB が水力発電を恐れている一方で、他の環境保護団体は水力発電の利用を強く望んでいるようである。FoE は、大規模水力発電を 3 倍近くに拡大し、100km<sup>2</sup> の新しい貯水池で 5500km<sup>2</sup> の集水域を開発するという。もし RSPB の言葉を信じるなら、取り返しのつかない被害が出るのが想定される。

そして、以上の数字は需要を 40% 以上削減することを前提にしていることを思い出してほしい。多くの人が、この数字はありえない話だと言うであろう。それに加えて 規模が証明されていない技術 (CCS と貯蔵、潮流、波) や、実用的でない可能性が高い技術 (砂漠での太陽光発電) に依存していることも挙げられる。すべてが空想に過ぎないように思えてくる。しかしそれが現実となったとき、その影響は再び自然界に及ぶだろう。

## 私たちの豊かな自然はどうなってしまうのか？

「2050 年計算機」では、「その他」の土地カテゴリー (農業、居住、森林に利用されていない地域) が、どの土地利用シナリオでも劇的に縮小すると予想されている。このカテゴリーには、一般の人々や、もちろん環境主義者にも愛されている野生地域が含まれている。



CPRE と FoE はともに、これらの地域の 37%が失われるシナリオを選択した。Campaign for Sustainable Energy の選択では、44%もの喪失になる。これが「環境の友人(FoE)」ならば、いったい誰が環境の敵なのか？

表1: 環境保護団体のエネルギー計画に必要な土地条件

	FoE	CPRE	SEA	RSPB*	
必要な面積 (000 km <sup>2</sup> )					
陸上風力	6	1	1	9	1.4W/m <sup>2</sup> を想定
バイオ燃料	12	12	24	10	収量増がない点を補正
森林	30	30	34	?	算定式による
水力集水域	5	3	3	3	算定式による
陸上風力発電の総影響					
洋上風力	13	14	13	4	2.5 W/m <sup>2</sup> (算定式による)
海外産エネルギー作物**			13	13	
輸入されるエネルギー		1	1	1	

\*陸上風力高位シナリオ

\*\*RSPBとSEAは、13,000km<sup>2</sup>が他国にあり、わが国ではなく自国の野生生物と景観にダメージも与えることも想定。

最も良い場合でも「その他」の土地の 30%が失われる。さらに積極的に CO<sub>2</sub> を削減するための土地利用を進めれば、40%以上の損失が想定される。

野生の場所の損失はさらに悪化する可能性が高い。なぜならば、「2050 年計算機」では、食糧の収量が最低でも年率 0.9%以上、2050 年までに 50%以上向上すると想定しており、さらにいくつかのシナリオでは、年率 1.5%の改善で 2050 年までに 1 エーカーあたりの食料が 80%以上増加するとしているが、これらの値は、文献で想定されている値の 2-4 倍もあるからだ<sup>97</sup>。それほど生産性が高くないとすると、食糧のためにさらに 1 万 km<sup>2</sup> の土地を見つけるか、他から輸入する必要がある可能性は十分にある。どちらの場合でも、敗者となるのは自然界だ。

## 7 結論

デイヴィッド・マッケイ教授は、以上のことをよく知っていた。彼は、死の直前、環境活動家マーク・ライナス氏のインタビューに答えている。そしてその時のインタビュー記事で、次のように述べている。「現在、我々の電力の 1%しか生産していないものを、ただ規模を拡大すればいい、そして、もし、それでも足りなくなるというちょっとした問題があれば、エネルギー効率を上げればいい、というような恐ろしい妄想を人々は持っているので

す。・・・人類は算数と物理学の法則に注意を払う必要があるのです。」

再生可能エネルギーの計算が合わないことは明らかだ。(そして計算に注意を払わない組織も多いのである!)。マッケイ氏は、未来は原子力と化石燃料にあると確信していた。化石燃料は CCS によって排出量が軽減されるからである。

それにもかかわらず、未来は再生可能エネルギーで動くという「ひどい妄想」は、いまだに英国のほぼすべての政党のエネルギー政策の中心的な柱となっている。ほとんどすべての環境保護 NGO も、いまだにこの考えを支持している。英国はほとんど完全に再生可能エネルギーでまかなうことができる」と Greenpeace は言っている<sup>99</sup>。Friends of the Earth は、「私たちは、ほとんどすべての電力を風、波、太陽から得る未来を見ることができる」と述べている<sup>100</sup>。(彼らが発表した「2050年計算機」の結果とはまったく異なる話であり、化石燃料は供給の約40%を供給し続け、そのほとんどは輸入品であるのだが<sup>101</sup>)。これが問題にならないのは、CCS についての奇跡的な想定があるからだ。

Greenpeace や Friends of the Earth のような過激な活動団体には、ほとんど期待していない。彼らの存続は安定した収入の維持に依存しており、その収入は一般市民を脅して金を出させることができるかどうかにかかっているのだ。しかし、私たちは通常、環境保護に関する議論において、より「尊敬できる」立場にある人々には、より高い水準を求める。それなのに、なぜ RSPB や CPRE などの自然保護団体までが再生可能エネルギーの拡大を支持し続けるのか、理解に苦しむ。

風力、バイオ燃料、太陽光などの陸上技術が、上記の2つの活動団体が想定している規模で展開されれば、自然界に恐るべき影響が及ぶことは疑いの余地がないことである。この2つの団体が保護すると言っている鳥や田園風景は、想像を絶する苦しみを味わうことになるだろう。

そして、現実はいくらもずっとずっと悪いものになるだろう。

環境主義者の計画は、エネルギー供給の非常に大きな割合を、CCS を備えた化石燃料に依存している。FoE と CPRE の計画では、40%である。しかし、CCS は現在、蟹気楼のようなもので、しかも非常に高価なものである<sup>102</sup>。したがって、再生可能エネルギーの出力は、ほぼ間違いなく、これらの計画のほぼ2倍の水準でなければならない。そしてそれらの計画は、上述のように、すでに不合理ともいえる需要の削減を前提としている。

もし、本当に必要な規模で再生可能エネルギーによる発電が行われるとしたら、その結果

は壊滅的なものになるであろう。何万平方キロメートルもの国土が破壊されてしまうのだ。RSPB と CPRE は、自分たちが支援する大規模な破壊に対して意図的に無関心であり、全くもって罪の意識を感じていない。まるきり、会員を裏切り、自分たちが守ると誓ったものを犠牲にすることに決めたかのようだ。何人かの科学者が「100 年後にはもっと暑くなる」と言ったからといって、情けない話である。

## 参考文献

1. Ridley M. Wind turbines are neither clean nor green and they provide zero global energy. *The Spectator*, 13 May 2017.
2. BP Statistical Review of World Energy (2015) <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf>.
3. Mackay D. *Sustainable Energy – Without the Hot Air*. UIT Cambridge, 2009. The book is freely available on the web at [www.withouthotair.com](http://www.withouthotair.com).
4. Although sometimes power lines are buried. This reduces the visual impact, but adds significantly to the cost.
5. Frick WF et al. Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 2017; 209: 172–177.
6. <http://datazone.birdlife.org/sowb/casestudy/powerlines-pose-a-threat-to-italian-birds>. The authors reported results for high-voltage (HV, 40–380 kV) and medium-voltage (MV, 1–40 kV) lines. There were minimum fatality rates of up to 0–87/km through collision and 2–20/km through electrocution.
7. Allowing half of the 100 deaths per km cited in the previous reference for the 220 km length of the interconnector.
8. Furness RW et al. (2013) Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management*, 119, 56–66.
9. Cramb A. (2014) Wind turbines have killed more birds of prey than persecution this year. *Telegraph*, 29 October. <http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/scotland/11196172/Wind-turbines-have-killed-more-birds-of-prey-than-persecution-this-year.html>.
10. Drewitt AL and Langston RHW (2006) Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* (2006), 148, 29–42.
11. Figures from <http://penycymoedd.vattenfall.co.uk/constructing-turbine-foundations-in-pictures/>, with their 600m<sup>3</sup> value for concrete converted to tonnes.
12. Ruiz de Temiño Alonso, I. Gravity base foundations for offshore wind farms. *MEng*

dissertation,

University of Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/3429/Ruiz%20de%20Temi%C3%B1o%20Alonso%20Ismael.pdf>.

13. <https://www.offshorewind.biz/2017/05/29/statoil-floats-first-hywind-scotland-foundations-off-stord/>.

14. Mackay gives the area occupied by the 140 turbines of the Whitel ee windfarm at 55 km<sup>2</sup>, which amounts to 2.5 turbines per square kilometre. 10% of the UK is 24,250 km<sup>2</sup>, so covering it would take 61,000 turbines.

15. Mackay suggests that this is around 25 km.

16. According to Mackay, wind around the UK could deliver 16 kWh/day/person, which would require some 44,000 3-MW turbines, occupying an area two thirds the size of Wales or a strip 4 kmwide around the whole of Great Britain. Deeper waters might deliver a larger figure of 32 kWh/day/person, but the turbines required would then occupy a strip of water 9 km wide around Britain.

17. Figures of 20 per turbine are plausible. See discussion in Drewitt AL and Langston RHW. Op. cit.

18. RSPB. Are cats causing bird declines? <https://www.rspb.org.uk/get-involved/community-and-advice/garden-advice/unwantedvisitors/cats/birddeclines.aspx>.

19. Ibid.

20. Bright J et al. (2008) Map of bird sensitivities to wind farms in Scotland: A tool to aid planning and conservation. *Biological Conservation* 141; 2342–2356. [http://www.academia.edu/download/45616197/Map\\_of\\_bird\\_sensitivities\\_to\\_wind\\_farms\\_20160514-29229-1sngoj5.pdf](http://www.academia.edu/download/45616197/Map_of_bird_sensitivities_to_wind_farms_20160514-29229-1sngoj5.pdf).

21. <https://www.rspb.org.uk/globalassets/downloads/documents/positions/climate-change/wind-power-publications/rspb-and-snh-report-2006-bird-sensitivity-map-to-provide-locational-guidance-for-onshore-wind-farms-in-scotland.pdf>.

22. Swift, SM. Bat species in Scotland. Scottish Natural Heritage. <http://www.snh.gov.uk/docs/C208532.pdf>.

23. Knapton, S. (2016) Wind farms could be killing 80,000 bats a year, new study finds. *Daily Telegraph*, 7 November.

24. Harris S, Morris P, Wray S and Yalden D. (1995) A review of British mammals: population estimates and conservation status of British mammals other than cetaceans. Joint Nature Conservation Committee.

25. Mackay suggests kWh/person per day figures of 20 (onshore), 16 shallow offshore and 32 Deep offshore, against total demand of 195.

26. Kagan, RA, et al. (2014) Avian mortality at solar energy facilities in southern California:

a preliminary analysis. National Fish and Wildlife Forensics Laboratory. [http://docketpublic.energy.ca.gov/publicdocuments/09-afc-07c/tn202538\\_20140623t154647\\_exh\\_3107\\_kagan\\_et\\_al\\_2014.pdf](http://docketpublic.energy.ca.gov/publicdocuments/09-afc-07c/tn202538_20140623t154647_exh_3107_kagan_et_al_2014.pdf).

27. African Development Bank (2014) Ouarzazate Solar Power Station Project II: Summary Environmental And Social Impact Assessment.

28. Wetzel, D. Studiewarnt vor Umweltrisiken durch Solarmodule. DieWelt, 13 May 2018. <https://www.welt.de/wirtschaft/article176294243/Studie-Umweltrisiken-durch-Schadstoffe-in-Solarmodulen.html>. See also the English language discussion of this article at <http://no-trickszone.com/2018/05/23/new-study-solar-module-owners-sitting-on-a-pile-of-hazardous-lead-and-cadmium/>.

29. Tomioka, O. Japan tries to chip away at mountain of disused solar panels. Nikkei Asian Review, 8 November 2016. <https://asia.nikkei.com/Tech-Science/Tech/Japan-tries-to-chipaway-at-mountain-of-disused-solar-panels>.

30. Tian Min, general manager of Nanjing Fangrun Materials, quoted in Chen S, China's ageing solar panels are going to be a big environmental problem. South China Morning Post, 30 July 2017.

31. A maximum of another 5 kWh/day/person.

32. Cambridgeshire 3389, Gloucestershire 3149, Lancashire 3075 and Staffordshire 2713. Total = 12,326 km<sup>2</sup>.

33. 'I feel a bit irresponsible as I include this estimate... – paving 5% of the UK with solar panels seems beyond the bounds of plausibility in so many ways.'

34. Roddis P et al. (2016) The RSPB's 2050 Energy Vision: Technical Report. Royal Society for the Protection of Birds, 2016.

35. Moran EF et al. (2018) Sustainable hydropower in the 21st century, Proceedings of the National Academy of Sciences Nov 2018, 201809426.

36. Pearce, F. How Big Water Projects Helped Trigger Africa's Migrant Crisis. Yale Environment

360, 17 October 2017. <https://e360.yale.edu/features/how-africas-big-water-projects-helped-trigger-the-migrant-crisis>.

37. Hvistendahl M. China's Three Gorges Dam: an environmental catastrophe? Scientific American, 25 March 2008.

38. Forrest N et al. (2008) Scottish Hydropower Resource Study: Final Report. Nick Forrest Associates/SiSTech/Black and Veatch.

39. UK Government (2013) Harnessing hydroelectric power. <https://www.gov.uk/guidance>

e/harnessing-hydroelectric-power.

40. Gill, AB. (2005) Offshore renewable energy: ecological implications of generating electricity

in the coastal zone. *Journal of Applied Ecology*, 42 (4), 605–615.

41. Wentworth J. Environmental Impact of Tidal Barrages. POST Note 435, Parliamentary Office of Science and Technology. <http://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-435/POST-PN-435.pdf>.

42. The Skerries tidal stream barrage off Anglesey notes the following environmental issues: Erosion or accretion of shoreline at landfall within SSSI, Operational noise causing disturbance and barrier effect to marine mammals, Collision risk between marine mammals and device, Operation of the device causing displacement of fishing activities, Device presence disturbing seascape from a number of view points, Collision risk of vessels transiting through the area. <https://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/anglesey-skerries-tidal-stream-array>.

43. Roddis P et al. (2016) The RSPB's 2050 Energy Vision: Technical Report. Royal Society for the Protection of Birds, 2016.

44. White J. Evidence to House of Commons Energy and Climate Change Committee. <https://www.publications.parliament.uk/pa/cm201314/cmselect/cmenergy/194/194vw49.htm>.

45. Black and Veatch Ltd. Phase II UK tidal stream energy resource assessment. Carbon Trust, 2005.

46. Roddis P et al. (2016) The RSPB's 2050 Energy Vision. Op. cit.

47. <http://www.anglingtrust.net/news.asp?section=29&from=2013/6/01&to=2013/07/01&itemid=1674>.

48. Dickins S. Tidal lagoons could eventually transform UK coastline. BBC News, 12 January 2017. <http://www.bbc.co.uk/news/uk-wales-38585627>.

49. Rose D. Where HAVE all our woods gone? Mail on Sunday, 13 June 2015.

50. Rose D. The UK's £1billion carbon-belcher raping US forests. Mail on Sunday, 7 June 2015. <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3113908/How-world-s-biggest-green-power-plant-actually-INCREASING-greenhouse-gas-emissions-Britain-s-energy-bill.html>.

51. Homewood P. Biomass emits double the CO<sub>2</sub> Of gas. Not a Lot of People Know That, 26 February 2015. See also J.D. Sterman et al. (2018) Does replacing coal with wood lower CO<sub>2</sub> emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. *Environmental Research Letters*; 13: 015007.

52. <https://notalotofpeopleknowthat.wordpress.com/2017/08/18/drax-power-station-biomass-emissions-dangerous-worse-than-coal-claim-environmentalists/>.

53. Birdlife International. The Black Book of Bioenergy.



54. Birdlife International. The Black Book of Bioenergy
55. Energy for cooking in developing countries, in World Energy Outlook 2006. International Energy Agency, 2006.
56. Vidal J. The Sumatran rainforest will mostly disappear within 20 years. The Observer, 26 May 2013.
57. Sustainable Palm Oil Transparency Toolkit, <http://www.sustainablepalmoil.org/transport-biofuels/>.
58. Godsden, E. EU drive for 'green' biodiesel has increased emissions, study finds. Daily Telegraph, 25 April 2016. <https://www.telegraph.co.uk/news/2016/04/25/eu-drive-for-green-biodiesel-has-increased-emissions-study-finds/>.
59. World Energy Council. Biofuels: Policies, standards and technologies, 2010.
60. Raphael Slade, Robert Saunders, Robert Gross, Ausilio Bauen, Energy from biomass: the size of the global resource. UKERC, 2011. <http://www.ukerc.ac.uk/asset/E6B508B9-A02C-48F8-85D85BCB23855D67/>.
61. Robson A, Cowx IG, Harvey JP. Impact of run-of-river hydro schemes upon fish populations. Tech report WFD114. Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research, 2011.
62. [https://www.watershed-watch.org/BACKGROUND-ButInlet\\_Feb3.pdf](https://www.watershed-watch.org/BACKGROUND-ButInlet_Feb3.pdf).
63. 'People may enjoy making 'run-of-the-river' hydro and other small-scale hydroelectric schemes, but such lowland facilities can never deliver more than 1 kWh per day per person.' [http://www.withouthotair.com/c8/page\\_55.shtml](http://www.withouthotair.com/c8/page_55.shtml).
64. Although, as the statistician David Spiegelhalter has pointed out, claims that air pollution kills 40,000 people per year are far from reliable. In particular, most of the deaths are assumed to happen at low levels of pollution that were not even considered in the underlying epidemiological study. <https://wintoncentre.maths.cam.ac.uk/news/does-air-pollution-kill-40000-people-each-year-uk>.
65. EVs' PM10 emissions are equivalent, and PM2.5 emissions are just 1-3% better than traditional cars. Timmers, VRJH and Achten, PAJ (2016) Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. Atmospheric Environment, 134, 10–17. As the authors put it, 'it could be concluded that the increased popularity of electric vehicles will likely not have a great effect on PM levels'. It is worth noting that this situation might change as battery technology advances and weights come down.
66. Opray, M. Nickel mining: the hidden environmental cost of electric cars. Guardian, 24

- August 2017. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/aug/24/nickel-mining-hidden-environmental-cost-electric-cars-batteries>.
67. Kelly, A. Children as young as seven mining cobalt used in smartphones, says Amnesty. Guardian, 19 January 2016. <https://www.theguardian.com/global-development/2016/jan/19/children-as-young-as-seven-mining-cobalt-for-use-in-smartphones-says-amnesty>.
68. Narendrula R, Nkongolo KK, Beckett P. (2012) Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 88(2), 187–92.
69. OECD/IEA. Global EV outlook 2017. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook2017.pdf>.
70. Howell, J. Cavity-wall insulation crisis may hit three million homes. Telegraph, 21 March 2015. <http://www.telegraph.co.uk/finance/property/11485758/Cavity-wall-insulation-crisis-may-hit-three-million-homes.html>.
71. 2050-calculator-tool.decc.gov.uk.
72. Lovett, A, Sünnerberg, G and Dockerty, T. (2014) The availability of land for perennial energy crops in Great Britain. GCB Bioenergy (2014) 6, 99–107.
73. UK area = 244,000 km<sup>2</sup> x 12% = 29280 km<sup>2</sup>.
74. Lovett et al. 2014, op cit.
75. Mackay's Figure 10.2.
76. A 1000 km<sup>2</sup> square has a side of 31.6 km, which is approximately 20 miles.
77. Gannet flights are in the range 0-70 m, so it appears unlikely that flying over a large windfarm is an option. See Garthe S, et al. (2014) The daily catch: Flight altitude and diving behavior of northern gannets feeding on Atlantic mackerel. Journal of Sea Research, 85, 456–462.
78. Mackay D and Stone T. Potential Greenhouse Gas Emissions Associated with Shale Gas Extraction and Use. Report, DECC, 2013.
79. Woody, T. BrightSource Alters Solar Plant Plan to Address Concerns Over Desert Tortoise. New York Times, 11 February 2010.
80. Jokadar Z and Ponte C. Ouarzazate Solar Power Complex, Phase 1 Morocco: Specific Environmental and Social Impact Assessment, Vol. 1. 5 Capitals Environmental and Management Consulting for ACWA Power.
81. 2576 billionm<sup>3</sup> according to Khouri, J. Sustainable development and management of water resources in the Arab World. In Wood, WW and Alsharhan AS (2003) Water Resources Perspectives: Evaluation, Management and Policy. Elsevier.
82. Rajasekaran RK (2017) 'Adani solar plant guzzles illegal fresh water in drought-hit Tamil Nadu', New Indian Express, 6 June. <http://www.newindianexpress.com/states/tamil-nadu>

/2017/jun/06/adani-solar-plant-guzzles-illegal-fresh-water-in-drought-hit-tamil-nadu-1613326.html.

83. Per the FAO's Aquastat database, internal water resources (billionm<sup>3</sup>)for countries in the region are: Algeria, 11; Egypt, 2; Libya, 1; Morocco, 29; Sudan, 4; Tunisia, 4. See <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>.

84. The RSPB has three scenarios, one with the emphasis on onshore technologies, one for offshore, and a mixed plan. Here I will focus on the High Onshore plan.

85. From 1900 TWh per year in 2010 to 1066 TWh in 2050

86. Hughes G (2017) The Bottomless Pit: The Economics of Carbon Capture and Storage. GWPF Report 25, The GlobalWarming Policy Foundation.

87. 11,726 km<sup>2</sup> in both of their plans.

88. Friends of the Earth. Webpage: Monoculture versus crop rotation. <http://www.foeeurope.org/monoculture-versus-crop-rotation>. Willis, G. Diversity, resilience and farming beyond food – a post CAP view. CPRE blog, 17 August 2016. <http://www.cpre.org.uk/magazine/opinion/item/4357-diversity-resilience-and-farming-beyond-food-a-post-cap-view>.

89. 2050 CalculatorWiki, p. 19. <http://2050-calculator-tool-wiki.decc.gov.uk/pages/19>.

90. 3500 km<sup>2</sup> of land to generate 55 TWh of bioenergy.

91. The explanation is a claim that the waste heat from biofuel power stations will be captured and used in CHP systems. In fact, as David Mackay points out, this is unlikely to be the case in practice because collection of heat reduces the efficiency of electricity generation. Without Hot Air, pp. 147–153. [https://www.withouthotair.com/c21/page\\_147.shtml](https://www.withouthotair.com/c21/page_147.shtml).

92. 5932 km<sup>2</sup>.

93. According to the 2050 Calculator, the FoE's 9000 turbines and the RSPB's 17,000 would occupy 2836 km<sup>2</sup> and over 5000 km<sup>2</sup> respectively.

94. Mackay D. Power per unit land area of windfarms. <http://withouthotair.blogspot.co.uk/2009/01/power-per-unit-land-area-of-windfarms.html>.

95. Based on using a figure of 1.8 W/m<sup>2</sup> in the 2050 Calculator.

96. The current generation of turbines is rather larger, but as Mackay points out, larger turbines need to be spaced out further. The current generation of offshore turbines occupies around 5 km<sup>2</sup> per megawatt, so if FoE's 12,000 5.8-MW turbines were replaced by 5,800 12-MW turbines, they would still occupy more than 13,000 km<sup>2</sup>.

97. Knox J et al. (2010) Identifying future risks to UK agricultural crop production: Putting climate change in context. Outlook on Agriculture, 39 (4), 249–256.

98. Carrington,D. Idea of renewables poweringUKis an 'appalling delusion' – DavidMacKay, Guardian, 3 May 2016. <https://www.theguardian.com/environment/2016/may/03/idea-ofrenewables-powering-uk-is-an-appalling-delusion-david-mackay>.

99. Greenpeace (2015) UK can be almost entirely powered by renewable energy by 2030, new study shows. <https://www.greenpeace.org.uk/uk-can-be-almost-entirely-powered-renewable-energy-2030-new-study-shows-20150921/>.
100. Friends of the Earth (no date) How wind, wave and sun will power the UK. <https://www.foe.co.uk/climate-change/renewable-energy-uk-how-wind-wave-and-sun-will-power-uk?origin=d7>.
101. Per the 2050 Calculator website, FoE's figures were as follows (TWh): UK coal, 10; Geothermal, 21; Wave, 71; Gas, 82; Tide, 94; Oil, 107; Solar, 111; Bioenergy, 135; Environmental heat, 170; Imported oil, 202; Imported gas, 242; Wind, 346;
102. Hughes, G. The Bottomless Pit. Op. Cit.