

# グリーン AI の期待と課題 - 環境・エネルギーの視点から

## Issues and Expectations of Green AI – From the Point of Views of Environment and Energy

上野 晴樹  
Haruki Ueno

国立情報学研究所  
National Institute of Informatics

This paper discusses so-called “Green AI” regarding energy and environment. Concept of green-AI is proposed in comparison with green-IT. Issues as well as expectations of it is discussed regarding such as climate change, low carbon society and reusable energy for the future from the point of views of suitable contribution of AI, such as intelligent grid.

### 1. はじめに

炭素エネルギー資源の枯渇と地球温暖化問題が世界的課題として認識されてきたこととともに、低炭素社会の実現が強く望まれるようになった。CO<sub>2</sub> 削減によって温暖化が防止できるといふ意見は科学的根拠が疑わしいが、エコ社会の実現には不可欠の手段であることは確かである。エネルギーの問題は電気エネルギーの問題に置き換えられるが、経済性の優等生として期待された原発が想定外の事故を起こし、安全性はおろか経済的にも割が合わないらしいことが明らかとなり、にわかには太陽光等の自然エネルギーを中心とする再生可能エネルギーへの期待が高まっている。

自然エネルギーは不安定で効率が悪いという課題を解決する手段として、グリーン IT、中でもスマートグリッドに期待が高まっている。スマートグリッドを実現するには AI の応用すなわち“グリーン AI”が不可欠であると思う。ここでは、問題の背景、概念、期待、および課題について、大局的に論ずる。

### 2. グリーン IT とグリーン AI

グリーン (green) とは「環境にやさしい」といったような意味である。環境破壊を引き起こさない、環境を汚染させない、ということを目指す。大気汚染、土壌汚染、水の汚染、ゴミの処分など、いわゆる公害対策が従来の主なテーマであった。しかしながら、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) が“20世紀後半の急速な地球温暖化の原因は人為的な CO<sub>2</sub> 排出量の急増によるものであり、排出量削減によって温暖化を防止しなければ地球環境は破滅へ向かう”と言うようなレポートによって状況が変化した。2001 年の第3次レポートで21世紀の地球温暖化のシミュレーション結果が提示され、温暖化による海面上昇やその影響の深刻さが警告され、CO<sub>2</sub> 削減が国際課題となり、我が国の国家目標となった。CO<sub>2</sub> 排出量が少なく大量の電力を安価に安定的に供給出来る原発は、国産エネルギーの確保とエネルギー安全保障という観点からも、基幹エネルギーとしてエネルギー政策の中核に位置付けられた。その矢先の原発事故で、いわゆる安全神話が崩れ、経済性にも疑問が出てきた。我が国のエネルギー政策は転換を迫られ、再生可能エネルギーが期待されるようになった。しかしその代表とされる太陽光発電は、高コスト、不安定で昼間しか発電できないという弱点がある。水力、地熱は安定であるが量の確保が困難なようである。

連絡先: 上野晴樹, 国立情報学研究所, 東京都千代田区一ツ橋2-1-2, 03-4212-2630, ueno@nii.ac.jp

当分最も確かな電力源は石炭やガスタービンであり、不安定な自然エネルギーなどの色々なエネルギーを“ベストミックス”し、エネルギー効率の高い社会、すなわちエコ社会の実現が合理的な手段であると専門家から提案されている。長期的目標としては、現在の電力消費量の1万倍が降り注ぐといわれる太陽光エネルギーは、枯渇しないという大きな長所があるので、有望であろう。砂漠に、砂漠の砂を原料として、大規模な太陽光発電所を創り、エネルギーロスが少ない超伝導送電で配電することを目指す SSB プロジェクトが期待されている [Koinuma2010]。

現在、グリーン IT は、IT で消費される電気エネルギーの低下つまり IT の省エネを主たる目標にしているが、エネルギーのベストミックスにより地域単位の経済的で安定なエネルギー供給を目指す“スマートグリッド”がこれからのグリーン IT の中核になるであろう。スマートグリッドによるエコ社会の実現には ICT を基盤とする AI が不可欠であり、知識処理技術等の有望な応用分野であると思う。グリーン AI の典型が、スマートグリッドへの AI 応用であり、“Intelligent Grid”と呼ばれて研究開発が活性化しつつある [Simon2009]。

### 3. CO<sub>2</sub> と環境問題

環境問題は時代と共に変遷してきたといえる。20世紀中後半では環境汚染と環境破壊が主要な課題であった。1940年頃から同70年頃は地球の平均気温が下がりが続いたので、氷河期に戻ると心配されたものである。その後温暖化傾向が続いて、IPCC が活動するようになり、いわゆる CO<sub>2</sub> 犯人説を出し、政治的レベルで受け入れられた。京都議定書で我が国は2012年度までに1990年比で CO<sub>2</sub> の年間排出量を6%減らすことを約束した(させられた?)。しかしその後、主に家庭での電力利用が増え続けたために2009年頃は+8%となり、著者の知る限り、殆どの専門家が実現を信じなくなった。最後には排出権取引で達成できるというもくろみもあり、実際にウクライナに 1000 億円規模の環境技術支援をしたという。経済活動の停滞によって CO<sub>2</sub> 排出量は減少傾向にあったが、原発の増加によって 25% 減も実現できる見込みであったという指摘がある。しかし今回の原発事故で全てが絶望的になったと言える。ところで、1990 年の CO<sub>2</sub> 排出量は 200 億トン程度であったが、2010 年度は 300 億トンを越している。中国等の伸びの勢いはおさまりにない。この間我が国の排出量は 12 億トンー13 億トン程度である。我が国の 25%削減 (3 億トン削減) が意味のある効果を持たないのは明らかである。

CO<sub>2</sub>濃度は0.04%程度であり、これが温暖化の主原因とはとも理解できない。ICPPのシミュレーション結果に反して、2000年以降10年間の平均気温は、CO<sub>2</sub>排出量が増え続けているにもかかわらず、上がっていない。地球のCO<sub>2</sub>濃度の増減と平均気温の増減は様々な調査分析である程度分かっており、両者はかなり良く同期しているように見える。CO<sub>2</sub>原因説を主張するグループは、CO<sub>2</sub>の増減によって平均気温の増減が引き起こされるという。しかしCO<sub>2</sub>原因の懐疑派は、温度の増減によってCO<sub>2</sub>の増減が引き起こされたと説明している。良く引用されるのが、C.D. Keelingによるハワイで観測された約30年間にわたるデータに基づく経年グラフである。このグラフからは温度変化が先行していることが分かる。地球の平均気温を増減させる原因は太陽の活動(黒点の増減)と連動しているという分析結果などがあるが、環境変動のメカニズムは複雑で、未だ定説はなさそうである。しかし、少なくとも人為的にCO<sub>2</sub>排出量のコントロールによって地球環境がコントロールできるとは思えない。

専門家の中で最も痛切に感じられるのは、岡本薫氏の「地球温暖化を歓迎する」という論説である[Okamoto2008]。地球の気温は循環すること、場所によって異なること、ロシアは温暖化を歓迎していること、北アフリカは湿潤化に向いヨーロッパは乾燥化に向かうこと、これが故にヨーロッパが温暖化防止に熱心であること、温暖化したとき日本は縄文時代の気候に戻る適度であり何の心配も要らないこと、などである。我が国は上手に乗せられているように感じられる。研究者が乗せられるのを見ると虚しさを感じるのは著者だけだろうか。

#### 4. 再生可能エネルギー

再生可能エネルギーとは使っても再生するエネルギー、すなわちいくら使っても減らないエネルギー資源のことである。水力、風力、波力、太陽光、太陽熱、地熱、バイオマスなどである。わが国に関しては、水力発電は20世紀前半にはかなり力を入れられていたが、ダム工事のコストの割には電力量が得られず、ダムに土砂が堆積して貯水能力が減少するなど、割に合わない。現在は電力源の7%程度である。その他の再生可能エネルギーを加えても10%以下である。太陽光発電については、未だ1%に満たない。太陽光パネルのエネルギー変換効率が15%程度であり、1KWh当たりのコストが49円と、原発(5円)、水力(11円)、石炭(7円)、ガス(8円)に比べてかなり割高であり、補助金と買い取り制度なしには存立しえないからである。1973年のオイルショックのときサンシャイン計画が実行され、90年代にはニューサンシャイン計画が実施されたが、どちらもプロジェクト期間の終了と共に活力を失ったという印象である。

再生可能エネルギーはCO<sub>2</sub>を排出しないので、環境に優しいと言われるが、否定する専門家もいる。原料のシリコンの生成には膨大な電気エネルギーが必要であり、設備の鉄、アルミその他にも電力を使っており、トータルとしての発電量に占めるCO<sub>2</sub>はかなり大きく、発電エネルギーはこれらをカバーしきれていないという指摘である。また、天気によって左右され、夜は発電しないので、バッテリーが必要となるが、高価である。大量生産によるコスト低下と、技術開発による性能向上が期待されているが、ガスや石炭との開きは大きい。一方、原子力はエネルギー源として、規模、安定性、コストの面で最も期待されていたが、今度の事故のダメージは計り知れなく大きい。しかし可能性はまだ残されていると思われる。事故の主たる原因が津波で冷却用の電源系が破壊され全て使用不能になったことであれば、この対策を十分に取ることによって重大な災害には至らなかった可能性があるという指摘されている。安全神話という官産学の村社会と隠蔽体質がもたらした当然の帰結であり、人災の典型である指摘

されている。この事故を契機に原子力発電における安全の問題が公に議論されるようになったことは前進と言えよう。原子力と自然エネルギーとの親和性は高いと思われてきた。

再生可能エネルギーは不安定でコスト高であるために基幹エネルギーには当分はなれない。前述のSSBプロジェクトが成功して、3-4箇所の砂漠に大規模な太陽光発電所が造られ、直流超伝導送電網で接続されることによって、地球規模の基幹エネルギー源となるが、2050年为目标とされている。国家を上げて取り組みれば20-30年位で実現できるかもしれない。しかし、エネルギー安全保障という問題は残される。

現在の大規模交流送電のロス率は65%と言われるが、再生可能エネルギーの長所の一つは、小規模な発電をローカルに実現でき、その地で使えることで、送電ロスを最小化できることである。低コストで実現できる、水力、ガスの分散型超小型発電との組み合わせが更に有望である。このようにして、基幹を送電ロスの少ない直流送電にし、ローカルにはエネルギーのベストミックスをスマートグリッドで実現すれば無駄がかなり減らせるとともに安定性も実現できると期待されている。ソーラーハウスと呼ばれる、太陽光発電、バッテリー、電気自動車の普及が進むとともに、地域単位で電力の受給を制御するスマートグリッドが期待されるのは自然の成り行きである。ただ、夢のみがふくらむ傾向が強くなり、実現がかなり困難な為に、80年代のAIブームのように、一過性のブームに終わらないことを願う。

#### 5. インテリジェントグリッド

現在の基幹型電力供給システムがベースとなり、再生可能エネルギーが分散型エネルギーとして普及すると予想されるが、これの実現にはスマートグリッドが不可欠である。スマートグリッドに求められている機能は、モニタリング、最適配分、最適制御等であるが、スマートメーターとセンサーネットワークによる統合モニタリングが基盤となる。現在ICTの活用が目立っているが、AIの活用によるインテリジェントグリッドがスマート(賢い)機能の鍵をにぎるはずである。しかし、電力供給は今回の計画停電で明らかになったように、供給電力量が常に保証され、周波数の安定化も同時に保障するのは容易ではなさそうである。これまでと違って、電気の流れが双方向であり、自分勝手な消費者の要望を満たしつつ、このような社会的保障をする必要があるからである。問題はかなり難しいが、その分だけAIコミュニティにはこのような社会的要望に応えることが期待されている。

#### 6. おわりに

70年代のAI研究は、統計モデル、決定論的制御モデル等がうまく機能しない複雑な問題に解決策を与えることで社会の要望に応えたという歴史を持つ。挑戦しがいのある問題である。

#### 参考文献

- [Okamoto2008] 岡本薫、地球温暖化を歓迎する、Will、2008.11
- [Keeling1989] Keeling, C. D. et al., Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas (ed. Peterson, D. H.), pp.165-236, 1989.
- [Koinuma2010] Sahara Solar Breeder Project <http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/~hfujioaka/ssb/main.html>
- [Simon2009] Simon Dunstall, et al. The Intelligent Grid Project <http://www.complex07.org/online-edition/files/298.pdf>