

顕在化する気候変動危機への対応（Ⅱ） —個人レベルでの取り組み—

三池秀敏¹・溝田忠人²・南野郁夫³

Response to the Emerging Climate Change Crisis (II) : — Efforts at the Individual Level —

Hidetoshi Miike・Tadato Mizota・Ikuo Nanno

要旨

20世紀後半から人類の活動がグローバル化する中で、活動に必要なエネルギーの殆どを化石燃料に頼って来たことの負債が、気候変動危機と言う形で顕在化している。急速な気候変動は、単なる温暖化ではなく、地域によっては極端な干ばつや洪水、そして寒冷化現象を含む気候の不安定化・暴走を招く危険性が古気候学や複雑系科学の研究者らによって指摘されている。こうした21世紀の課題に対する危機意識は、被害を受けている開発途上国では勿論高いが、先進国においては人々の間でまちまちであり、国際社会全体として有効な手立てが打ち出せていない現状がある。人類の絶滅をも招きかねない気候変動の進行の速さへの対応に、残された時間は多く無い。地方都市や地域によっては、先進的で効果的な取り組みがなされている例は知られているが、その普及は容易では無い。

本論文（Ⅱ）では、個人レベルで取り組める対策を提案し、その効果を検証している。特に、資金的に十分な余裕が無い家庭や個人でも、クラウド・ファンディング的な創エネや省エネが可能であることを紹介しつつ、次世代の子どもたちに安全な地球環境を残す取り組みへの参加を呼び掛けている。また、気候変動の被害を受けている開発途上国への支援や、太陽光発電による創エネと住宅の省エネ化への取組は、先進国に住む市民の責務であり、放置すれば世界的な危機となって返ってくる可能性を指摘している。

1. はじめに

本論文の前篇「顕在化する気候変動危機への対応（Ⅰ）—行政・企業レベルでの取り組み—」では、21世紀になって顕在化して来た気候変動の影響とその政治的及び企業レベルでの対応について記述した。また特に、太陽光発電の急速な普及に伴って発生している、電力会社による太陽光発電の「出力制御」の現状と課題¹⁾についても議論し、太陽光発電の弱点を補完する方式としての揚水式水力発電²⁾の活用を提言した。原子力発電が核廃棄物処理の課題に代表されるように未完成の技術であり、現時点では持続可能なエネルギー源とは見なせない現状を考えると、再生可能エネルギー源でもある揚水式水力発電の利活用は重要である。

本稿の「顕在化する気候変動危機への対応（Ⅱ）—個人レベルでの取り組み—」では、太陽光発電の活用を中心に、資金的な余裕の無い個人でも参加できる「省エネ・創エネ」の取り組みを

¹山口学芸大学名誉教授（山口大学名誉教授） ²市民共同発電うべ（山口大学名誉教授）

³山口芸術短期大学（日本太陽エネルギー学会フェロー）

議論している。特に、「エコ給湯」を利用する家庭では、導入資金ゼロで始められる太陽光発電の新たなビジネスモデルの具体例を紹介している。また、「省エネ」の切り札として始まっている「パッシブハウス」や「ゼロエミッションハウス (ZEH)」の普及の重要性についても触れている。特に、住宅の「断熱性能」「気密性能」「通気性能」を確保した高性能住宅の普及が、健康、経済、省エネの切り札であり、持続可能なまちづくりのカギであることを紹介している。

2. 太陽光発電とエコ給湯の併用による省エネ・創エネ効果

2.1 エコ給湯の昼間焚き上げによる節電効果の検証

筆者らは、昨年度(2023年4月~2024年3月)1年間をかけて、エコ給湯の夜間焚き上げの効果を検証した。動機となったのは、2023年4月からの電力料金の値上げである。表2-1は、中国電力のファミリータイム・プランⅡ(電化住宅割引適用)の場合であるが、デイトタイム(夏期以外)の料金が30.56円/kWhから45.68円/kWhに約1.5倍となっているのに対して、ナイトタイムは13.26円/kWhから30.4円/kWhへと約2.3倍の値上げとなっている³⁾。このため、低料金を利用して、エコ給湯を夜間に炊き上げていた意味が無くなっている。本論文(I)で述べた通り、エコ給湯はヒートポンプを採用しており、夜間より温度の高い昼間の方が高効率である。特に冬の夜間は、0℃近くや氷点下となりエコ給湯の条件は最悪である。昼間に太陽光が有り温度が上がれば、短時間での焚き上げが可能となる。勿論、太陽光発電が十分あれば、電力会社からの購入は不要となり、かなりの省エネとなる。家庭の利用エネルギーの中で最も多くのエネルギーを必要としているのが給湯であり、それを太陽光で賄えれば大きな省エネ効果が生まれ、クリーンエネルギーの利用は気候変動対策にも繋がる³⁾。

参考文献3)中の図5には、筆者の一人(A宅)の実証実験の結果として、2021年度、2022年度、及び2023年度の購入電力量の月変化を示していた。ただし、2023年度は電気料金の値上げが始まった4月以降12月までのデータのみで、冬場のデータは未取得であった。2021年度及び2022年度は、エコ給湯は夜間焚き上げで太陽光発電は利用できず、値上げ前のナイトタイムの商用電源を利用していた。図2-1はこれらの結果を2024年3月まで延長した2023年度の完成データを示している。2023年4月以降の購入電力量は、前年度までに比べて40%程度減少していることが判る。特に冬場の減少量が顕著であり、エコ給湯の昼間焚き上げの効果が大きいことが裏付けられた。逆に、夜間の気温が高い夏場は、減少量は少ない。この40%程度の減少効果は、エコ給湯の焚き上げをマニュアルで制御した効果と考えられる。すなわち、天候の悪い日は焚き上げを中止し、天候の良い日はエコ給湯の「たっぷり」モードで満タンに炊き上げ、天候の変化に備えた対応を行った結果である。「たっぷり」モードでの焚き上げでは、少なくとも二日分の給湯が賄え、保温性の良い給湯器はエネルギーの貯蓄機能を持っている。すなわち、給湯器は蓄電池と同等の性能を持つと考えられる。毎日250ℓ程度の湯量の確保には、気温20℃で約5kWhの電力量を必要とする。従って、A宅の460ℓの給湯器は約10kWhの蓄電池に相当すると言える。現在、給湯器の値段が約70万円に対し、10kWhの蓄電池が約150万円である事を考えると、エコ給湯と太陽光発電の組み合わせは、コストパフォーマンスが高いと言えよう。

一方、図2-2はB宅のデータを示している。B宅の場合は、マニュアルでの操作ではなく、エコ給湯に備え付けの時計の時間を10時間程進めて、焚き上げ開始時間を夜間の11時スタートから朝の9時スタートに設定変更し、自動炊き上げモードで、エコ給湯の昼間焚き上げを実施している。この場合、天候の悪い日でも昼間の焚き上げとなるので、太陽光の発電量が少ない場合に商用電源の購入電力量が増加するため、A宅に比較して昼間焚き上げの効果は減少している。それでも年間を通した購入電力量の減少傾向は明らかである。表2-2は両宅の結果を纏めている。電力会社からの購入金額から太陽光発電での発電電力の売電金額(7.15円/kWh)を差し引いた、実

質的な電気料金を第三列に示している（注：両宅ともに太陽光発電開始後15年以上経過し、売電価格は7.15円/kWhと低い）。第4列はトータルでの電気料金の単価（円/kWh）である。A宅とB宅の単価の違いは、両宅の家族構成の違いによる総購入電力量の違いによるところが大きい。なお、仮にエコ給湯の昼間焚き上げを実施しなかった場合の2023年度の電気料金を推定すると、A宅の場合約11.3万円、B宅の場合約22.3万円に増大する（2.3節参照）。すなわち、エコ給湯の昼間焚き上げを実施したことにより、2022年度に比べて電気料金がそれぞれ39,239円（A宅）、及び33,407円（B宅）節約できただけでは無い。昼間焚き上げを実施しなかった場合には、購入電力量が2022年度並みに戻る（増加）とともに、2023年度からの電気料金値上げの影響を受けて表2-4の最下段のように増加していたと考えられる。このことを勘案した電気料金の節約効果はそれぞれ約5.5万円（A宅）、及び約5.1万円（B宅）となる。

表2-1 2023年度からの電気料金の値上げ（中国電力の場合）³⁾

	区 分	単 位	2023年4月以降	2023年3月まで
基本料金	10kVA まで	1 契約	1,482.30 円	1,210.00 円
	10kVA 超過	1kVA	464.30 円	407.00 円
	デイトタイム	夏季	50.81 円	35.68 円
		その他季	45.68 円	30.56 円
	ファミリータイム		45.44 円	28.42 円
	ナイトタイム		30.40 円	13.26 円
最低月額料金		1 契約	612.70 円	418.00 円
電化住宅割引額	基本料金と電力量料金の合計の8%			合計の10%
電化住宅割引上限額	1 契約		3,300.00 円	3,300.00 円

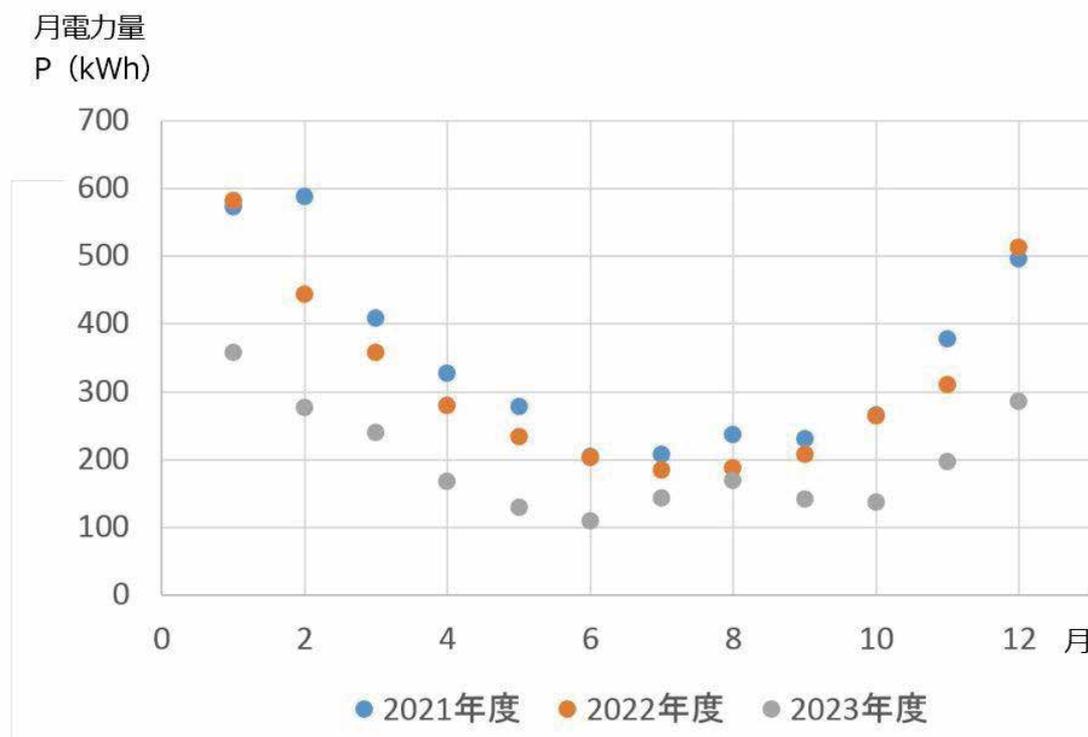


図2-1 A家の過去3年度の購入電力量推移。2023年度からエコ給湯の昼間焚き上げを実施。悪天候の日は焚き上げ中止など、手動で制御した結果を示す。

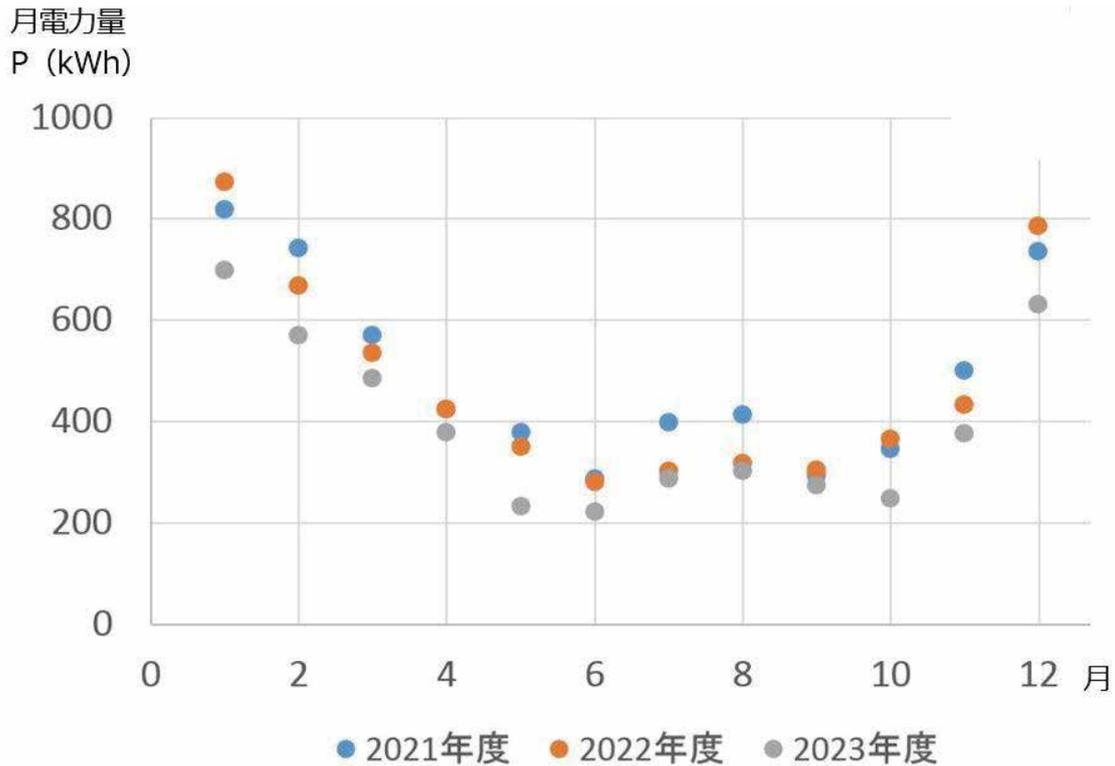


図2-2 B家の過去3年度の購入電力量推移。2023年度からエコ給湯の昼間焚き上げを実施。炊き上げの時間帯だけを変更し、自動炊き上げした結果を示す。

表2-2 エコ給湯昼間焚き上げ効果比較：手動（A宅）と自動（B宅）の違い

A宅（手動制御）	購入電力量 (kWh)	購入金額－売電金額 (円/年)	単価（実質） (円/kWh)
2021年度	4,192	71,837	17.14
2022年度	3,765	97,495	25.89
2023年度（昼間）	2,353（実績）	58,256（実績）	24.76
2023年度（夜間）	4,152（推定）	113,457（推定）	27.3（推定）

B宅（自動制御）	購入電力量 (kWh)	購入金額－売電金額 (円/年)	単価（実質） (円/kWh)
2021年度	5,904	141,501	23.97
2022年度	5,635	185,355	32.89
2023年度（昼間）	4,698（実績）	151,948（実績）	32.34
2023年度（夜間）	6,329（推定）	203,443（推定）	32.1（推定）

2.2 太陽光発電を導入していない場合との比較

ここで、太陽光発電が無い場合の電気料金を推定してみよう。エコ給湯の有無や契約電気料金体系にもよるが、ファミリータイム・プランⅡのファミリータイムの料金45.44円/kWhを用いて概算してみる（表2-1参照）。A宅の場合（家族2名世帯）でも、購入電力量2,359kWhと太陽光発電の自家消費2,121kWh（表2-3）の合計の全消費電力量4,480kWhに対し、約20.36万円の支払いが必要だった訳で、実に14.5万円/年の節約効果となる。B宅の場合は、購入電力量4,698kWhと太陽光発電の自家消費2,537kWh（表2-3）の合計7,235kWhに対し、約32.9万円の支払いが必要とな

り、約17.7万円の節約となる。電力会社との契約プランにもよるが、太陽光発電とエコ給湯の導入（昼間焚き上げの実施）により、年間約15万円程度の電気料金の節約が可能となることが確認できる。電気料金が大幅に高騰する今こそ太陽光発電の各家庭や学校等への導入（屋根のせの太陽光）が必要であり、効果的な気候変動対策にもつながる。また、既に太陽光とエコ給湯を導入している家庭でも、エコ給湯の焚き上げを夜間から昼間に移動するだけで年間5万円程度の節約が可能となることが分かる。最近のエコ給湯は「お日様エコキュート」と称し、既に太陽光発電を活用した自家消費型のエコ給湯に進化している⁴⁾。また、一部のエコ給湯は「お天気リンク」と称して、天気予報をもとにした太陽光発電システムとの連携運転で、昼間の余剰電力の有効活用を実現している⁵⁾。

一方、A宅及びB宅の実証実験において、2022年度と2023年度とを比較すると、エコ給湯の夜間焚き上げにより、太陽光発電電力の自家消費量がかなり増加している（表2-3参照）。このことが、購入電力量の減少に直結し、電気料金の節減に役立っている。実証実験を行ったA宅及びB宅は、ともに太陽光発電導入後10年以上を経過しているため、電力会社への売電価格は7.15円/kWhと低下しており、売電分よりも自家消費分を増やすことで電気料金の節約になるし、電力会社の電力を利用するよりも自家発電の太陽光電力を使用する方が、排出されるCO₂削減に大きく貢献できる。電力会社からの購入価格は、契約内容にも依存するが、2023年4月以降は、ほぼ40円/kWh程度である（中国電力）。太陽光発電電力の自家消費分を増やすことは、40円/kWhの商用電力では無く、売電価格7.15円/kWhの自家電力を使う事に繋がり、大幅な電気料金の低下となる。ただ、太陽光発電を開始して10年未満の家庭は、契約時の電力会社への売電価格の設定によっては、大幅な電気料金の削減には繋がらないが、自家電力の利用はCO₂削減を通して気候変動対策に繋がっていく。

表2-3 エコ給湯の昼間焚き上げの実証実験（2023年度）における、自家消費量の増大

A宅(5.12kW)	発電量	売電量	自家消費量	自家消費%
2022年度 夜間焚き上げ	5,649 kWh	4,510 kWh	1,139 kWh	20.2 %
2023年度 昼間焚き上げ	5,411 kWh	3,290 kWh	2,121 kWh	39.2 %
B宅 (4.28kW)	発電量	売電量	自家消費量	自家消費%
2022年度 夜間焚き上げ	4,857 kWh	3,202 kWh	1,655 kWh	34.1 %
2023年度 昼間焚き上げ	4,708 kWh	2,171 kWh	2,537 kWh	53.9 %

2.3 エコ給湯の昼間焚き上げを実施しない場合との比較

2023年度に実施したエコ給湯の昼間焚き上げを実施せず、例年と同じ夜間焚き上げとした場合の電気料金を推定してみよう。この推定は少し複雑である。考慮すべき要因は、以下の2項目である。

1) 夜間の焚き上げは昼間に比べて気温が低く、ヒートポンプを利用するエコ給湯の効率が落ち、焚き上げ時間が長くなり、購入電力量の増加に繋がる。特に冬場でその傾向が顕著である。平均的には夜間と昼間では約10℃の温度差があることを考慮して、エコ給湯のヒートポンプの効

率の気温依存性を推定する（文献4 図3参照）。例えば夜間を5℃、昼間を15℃と仮定すると、ヒートポンプの効率は約1.75倍となる。この値を手掛かりに、夜間焚き上げとした時の購入電力量を予測する。

2) A宅の2023年度の電力消費量のトータルは、購入電力量(2,353kWh)と発電電力の自家消費分で評価出来る。ただし、昼間焚き上げを夜間焚き上げに戻せば、発電電力中の自家消費分の割合が変化する。すなわち、A宅では2023年度発電量5,411kWhの39.2%(2,121kWh)が自家消費であったが、夜間焚き上げとすれば2022年度と同程度(20.2%)の自家消費(1,093kWh)に戻ると考えられる。従って、自家消費の減少分(2,121-1,093=1,028kWh)購入電力が増えることとなる。さらに、夜間焚き上げへの移行による効率の変化を考慮すれば、購入電力の増加分は約1.75倍となり、 $1,028 \times 1.75 = 1,799\text{kWh}$ と推定できる。以上より、A宅の2023年度に夜間焚き上げを行った場合の購入電力量は $2,353\text{kWh} + 1,799\text{kWh} = 4,152\text{kWh}$ と予測される。これより、2023年度の購入電力量2,353kWhと購入電力料金81,780円から算出できる購入電力単価34.76円/kWhを用いて、夜間焚き上げとした場合の購入電力料金が推定できる。

すなわち、 $4,152\text{kWh} \times 34.76 = 144,324\text{円}$ である。これに、発電電力量5,411kWh中の売電分(100%-自家消費20.2%=79.8%)4,318kWhを考慮して、実質の電気料金の推定値は、 $144,324 - 7.15 \times 4,318 = 113,450\text{円}$ となる。B宅の場合も同様に推定できる。表2-4に以上の結果をまとめている。

表2-4 2023年度エコ給湯の昼間焚上を実施しなかったとした場合の電気料金の増加予測

A宅2023年度	購入電力量	売電電力量	実質電気料金	備考
昼間焚上 (実績)	2,353 kWh 81,780円	3,290 kWh (60.8%) 23,523円	58,257円	発電量 5,411 kWh
夜間焚上 (推定)	4,152 kWh 144,324円	4,317 kWh (79.8%) 30,867円	推定電気料金 113,457円	増加予測料金 +55,200円
B宅2023年度	購入電力量	売電電力量	実質電気料金	差額
昼間焚上 (実績)	4,698 kWh 166,756円	2,171 kWh (46.1%) 14,808円	151,948円	発電量 4,708 kWh
夜間焚き上げ (推定)	6,329 kWh 225,629円	3,103 kWh (65.9%) 22,186円	推定電気料金 203,443円	増加予測料金 +51,495円

3. 個人レベルでの太陽光発電の導入に向けて

3.1 目的・資金的余裕度に合わせた3タイプの太陽光発電システム

気候変動対策や地球環境保護への対応は、国連や政府・企業の努力だけでは、既に手遅れの段階に近づいている³⁾。現状の取組では、2030年までのSDGsの取組(国連)や、2040年代でのSociety 5.0の実現は極めて困難と思われる。地方自治体での活動と連携した個人・家庭レベルでの本格的な省エネ・創エネへの取組が期待される。従来「野立ての太陽光」や「屋根のせの太陽光」を中心に普及して来た太陽光発電(6)は、十分な資金力のある企業や各家庭に任されてきた³⁾。各家庭でゼロエミッション実現に必要なシステム(タイプ1)は、①太陽光発電(4kW)、②エコ給湯(460ℓ)、③蓄電池(8kWh)、④オール電化などの設置が求められる。現段階でも、300万円以上の資金(投資)が必要である。家族4人程度の家庭での年間の必要電力を7,000kWhと仮定(B宅の実績を参考に)すれば、現在の電気料金は年間約28万円となり、資金の回収には約12年が必要となる。太陽光パネル自体の寿命は30年位と想定されているが、発電した直流を交流

に変換するパワコンバータや蓄電池・エコ給湯などは10～15年程度の寿命と考えられる。この意味では、投資に対するメリットは大きくはない。ただし、この試算は電気料金が現状のまま推移すると仮定した場合である。これから30年間の将来を見通した場合に想定される、「南海トラフ地震」や「首都直下型地震」、そして気候変動や地域紛争の影響を考慮すると、現状進行しつつある円安傾向が更に大幅に上振れする可能性もあり、電気料金の高騰は避けられそうにない。その意味では、現在50歳未満で資金的に余裕のある家庭は、今こそ「ゼロエミッション・システム」導入の好機とも言える。

一方、庶民レベルで取り組める効果的な省エネ・創エネ手法が必要である。また、長寿社会の継続を前提とすれば、50歳以上70歳からでも取り組める手法や、収入の少ない若者が取り組める安価なシステム構成が必要となる。最も安価な構成(タイプ2)は、小型の太陽光パネル(100W) + 高性能蓄電池(容量700Wh)が12万円程度で購入でき(J社)、ベランダや庭での発電・蓄電が可能となる(ベランダでの太陽光)³⁾。また、予算に応じたグレードアップが可能で、実用的なシステム構成の太陽光パネル(200W) + 高性能蓄電池(1,500Wh)でも28万円程度で導入できる。この場合、昼間に充電した蓄電池により、夜間や早朝に電子レンジ、電気炊飯器、トースター、洗濯機などの電源として利用できる。天候さえよければ、毎日1.5kWhの発電電力が得られる。非常に小規模の発電所ではあるが、仮に100万世帯での「ベランダでの太陽光」が新たに導入されれば、日本全国としては1.5GWh/日の大電力源が得られることになり、まさに、クラウド・ファンディング型の発電所の出現とも言える。また、持ち運び可能なため、災害用の非常用電源や野外活動用の電源としても活用でき、これからの30年を見据えた時、予算に応じた省エネ・創エネへの投資対象としても、優れたシステムである。

少し余裕のある家庭の場合には、やはり「屋根のせの太陽光」の導入が望ましい。10kWhレベルの蓄電池が高価なことを考えると、①太陽光パネル4kWと②エコ給湯370ℓの組み合わせが効果的である。このシステム(タイプ3)であれば、150万円程度で導入でき、エコ給湯が実質的な蓄電の機能を果たし、エコ給湯の昼間焚き上げによる大きな節電効果が期待できる。地方自治体等の導入補助金を利用すれば、投資の回収は10年以内に可能であり、長寿社会の下では70歳台の家庭でも太陽光システム導入のメリットはある。また、温暖化防止への社会的貢献も出来る。以上の3タイプの太陽光発電システムの導入について、その特徴・機能や対象・目的の違いを表3-1に纏めている。

表3-1 個人レベルで導入可能な3タイプの太陽光発電システム

	タイプ1	タイプ2	タイプ3
システム名称	屋根のせ太陽光A	ベランダの太陽光	屋根のせ太陽光B
システム構成	発電モジュール (4～10kW) エコ給湯(460ℓ) 蓄電池(8～12kWh)	発電モジュール (100W～400W) 蓄電池 (0.5～2kWh)	発電モジュール (3～5kW) エコ給湯(370ℓ)
予算規模	300万円程度以上	12～50万円程度	150万円程度 補助金により 130万円程度に
投資額の回収	12～15年程度	省エネ程度(月約1,000円)	8～10年程度
対象年齢層・目的	30歳～50歳台で 資金的余裕 ゼロエミッション	20歳～30歳台 及び60歳以上 創エネ体験型	40歳～70歳台 電気料金削減& 気候変動対応

3.2 エネルギーの地産池消による新たなビジネスモデルの提案

(各家庭が0円から取り組める太陽光発電の具体例)

最近の電気料金の異常な高騰により(表2-1参照)、太陽光発電導入への閾値は低下しつつある。各家庭に十分な資金的な余裕がなくても、持ち家さえあれば「屋根のせの太陽光」は導入可能である。文献4の情報を参考に、新たなエコ給湯を導入済みの各家庭は、資金0円で太陽光発電システムを導入できる。提案の前提として以下の仮定を置く。

- 1) 電力会社の電気料金は現在の平均45円/kWh以上が今後も推移する(現時点で2024年6月使用料分からの値上げが想定されている。政府支援の終了)。
- 2) 平均的な家族構成を2-3名とし、年間の電力使用量を3,500kWhと仮定する。すなわち、現在の電気料金は45円/1kWh×3,500kWh/年=157,500円/年と仮定する。
- 3) 太陽光発電システムとして3.2kWの発電モジュールを導入し、発電効率は1,250kWh/1kW/年とし、年間4,000kWhの発電が可能とする。
- 4) 年間発電量のうち約50%の2,000kWhを自家消費、残りの2,000kWhを売電と設定。
- 5) 売電価格15円/kWhとし、自家消費分は電気料金の45円/kWhとする。従って年間に2,000×15+2,000×45=3万+9万=12万円の節約効果。(自家消費分が大きい程節電効果大:自家消費分60%では24,000+108,000円=13.2万円の節約効果)
- 6) 銀行のフリーローン(担保有)を活用。年利率3%と仮定する。
- 7) 効率の高いCIS化合物系発電モジュール(ソーラーフロンティア社)を採用する(経験知活用:1,250kWh/1kW/年の高効率が可能)
- 8) エネルギーの地産池消を目指し、各県内の企業間連携を実施。

以上の仮定の下に、各家庭と連携企業間の契約(購入&ローン契約)を行う。機器購入については、太陽光発電+設置費用で90万円と仮定する。すなわち、当面はエコ給湯導入済みで太陽光発電を未設置の持ち家世帯を対象に選定する。ローンは元金均等払いとし、固定金利利率は3%/年とする。表3-2に、太陽光発電システム導入家庭の毎年の支払いと電気料金の変動を推定(試算)。支払金額は毎年、前年度の電気料金を下回る。毎年の節約金額を赤字で示している。

表3-2 初期費用0円での太陽光発電システム導入のビジネスモデル

年度	支払分 (元金均等)	支払分 利率3%	電気料金 (購入分)	電気料金 (売電分)	実質支払額 節約分
前年度 (導入前)	0	0	157,500円 現状仮定	0	157,500円 現状確認
設置年度	0	0	67,500円 予測値:自家消費 50%	-30,000円	37,500円 120,000円 削減効果の確認
支払開始 1年後支払	90,000円	27,000円	67,500円	-30,000円	154,500円 3,000円
2年後	90,000円	24,300円	67,500円	-30,000円	151,800円 5,700円
3年後	90,000円	21,600円	67,500円	-30,000円	149,100円 8,400円
4年後	90,000円	18,900円	67,500円	-30,000円	146,400円 11,100円
5年後	90,000円	16,200円	67,500円	-30,000円	143,700円 13,800円

6年後	90,000円	13,500円	67,500円	-30,000円	141,000円 16,500円
7年後	90,000円	10,800円	67,500円	-30,000円	138,300円 19,200円
8年後	90,000円	8,100円	67,500円	-30,000円	135,600円 21,900円
9年後	90,000円	5,400円	67,500円	-30,000円	132,900円 24,600円
10年後 導入11年	90,000円	2,700円	67,500円	-14,300円 11年目減少	145,900円 11,600円
終了後 毎年	0円	0円	67,500円	-14,300円	53,200円 104,300円

以上により、設置後10年間に支払う総額は、1,439,200円となる。すなわち、設置年度も含め11年間の予想される総電気料金1,732,500円に対して、255,800円の節電効果となりながら、初期経費0円で太陽光発電が設置できたこととなる。その後、10年間位は毎年10万円以上の電気料金の削減が期待でき、トータルで投資（太陽光発電開始）へのリターン（20年後）は110万円以上が期待できる。なお、1年後以降、毎年始めのローン支払額は9万円（元金均等払）＋利子3％分であり、契約した企業あるいは銀行に支払うことになる。

なお、この太陽光発電の0円導入契約を提携できる世帯の条件としては、

- 1) 銀行ローンの支払いに十分な年収（社会的信頼性）あるいは担保物件がある。
- 2) エコ給湯の導入を既に行っている。
- 3) 各市内に持ち家が有り、太陽光発電に適した環境（日当たり等）を保有。（公募後に担当企業による現地調査を行い、その後に決定する）
- 4) 前年度（出来れば3年間）の電気料金支払い状況等の資料提供を求める。
- 5) 年齢30歳以上70歳未満程度を想定（10年間のローンの支払能力）
- 6) システム設置後の努力義務として、気候変動対応や地球環境保護に配慮して、太陽光発電電力の自家消費の増大に努力すること（自家消費の増大分は実質的な支払金額の減少に繋がる）。などが想定される。また、連携企業等はシステムのメンテナンスに責任を持つことは勿論である。広報のキャッチフレーズとしては、「0円で始める地産池消の太陽光発電」—あなたも地球温暖化防止に貢献できる！— 対象は「エコ給湯」導入済みで、太陽光発電未設置の持ち家世帯”などが考えられる。

4. おわりに（気候変動対策としての住宅の省エネ化と先進国の責務）

日本政府は、社会全体で2050年までに温暖化ガス排出量をゼロにする国際公約を掲げている。温暖化ガスの排出量の約15%は家庭に由来している（日経新聞2024年7月14日1面記事）。家庭の排出量削減の切り札とされるのが、「ゼロエネルギー住宅（ZEH）」である。いわゆる「パッシブハウス」とも比較されるゼロエネルギー住宅は、厳格な基準を満たさない上げ底のケースが増えていることを記事は警告している。ゼロエネルギー住宅の普及を急ぐ政府が、補助金の例外を認め、厳格な基準を満たさないケースが3割を超えたとされる。この状況が進めば、脱炭素という本来の目標達成は困難である。高橋真樹氏著『「断熱」が日本を救う』に依れば、日本の住宅の断熱性能・気密性能の基準は緩く、現在の省エネ基準「断熱等級4」が最高グレードとされているが、国際的レベルでは「違法建築」となってしまう⁷⁾。客観的な断熱性能は、外皮平均熱貫流率（UA値）で表示され、地域によって値は異なるが、寒冷地の札幌や旭川でも「断熱等級4」

はU A値0.46に過ぎない。さらに、最近まで日本の「断熱等級4」を満たすことは義務化されておらず、「努力目標」に過ぎなかった。欧米（U A値0.3～0.42）や韓国（U A値0.41）などでは、住宅の断熱性能の最低基準を法律で定め義務化されている。基準より断熱性能の低い住宅は建築できない。日本の「断熱等級4」が定められたのは1999年で、今から25年も前であり、最近までそのままに据え置かれたことが、国際的にみれば違法建築を野放しにしてきたことになる。しかも、現行基準の断熱等級4を満たす住宅は、全体の13%に過ぎない。断熱等級3（平成4年基準）が22%、断熱等級2（昭和55年基準）が36%、それ以外の断熱等級のない住宅が29%という酷い状況である（文献7 図1参照）。なお、この状況は最近になって見直され、2022年に断熱等級4の上に、断熱等級5から7までが新設されている。また、断熱等級4が、2025年から新築住宅の最低基準として義務付けられる⁷⁾。

2020年3月日本科学未来館で、トークセッション「今から始める！『エネルギー大転換』～電気・家・車の選択～」のオンライン配信が行われている⁸⁾。当時、新型コロナウイルス感染症がパンデミックとなった直後に開催されたこともあり、関連展示も早々に撤収されている。パンデミック拡大に伴い、社会の関心は気候変動対策やゼロエミッションでは無くなって行ったが、各地域の都市の封鎖や経済活動の停止は、結果的に人類の活動を停滞させ、CO₂の一時的な削減に繋がったのは皮肉なことである。パンデミック終焉後は、行き過ぎたグローバル化や資本主義の進化による貧富の差の拡大は再燃し、地域紛争や戦争へと繋がり気候変動を助長する方向に働いている。ところで、トークセッションのテーマの一つである「冷暖房を使わなくても快適に過ごせる家って？ 私達の「選択」が進めるエネルギー大転換②家の選択」⁹⁾は、パッシブハウスジャパン理事である（株）松尾設計室代表取締役・松尾和也氏を招聘して開催されている。松尾氏は、2009年に日本型超省エネ住宅の普及を目指す「パッシブハウスジャパン」を立ち上げ、ドイツの最先端省エネ建築の考え方を日本の気候条件に合わせる形で普及促進活動を行っている。

トークセッションの中で松尾氏は、家の断熱性能に最も大きな影響を与えている「窓の断熱性能」を国際比較されている。窓の断熱性能を測る指標として知られる「熱貫流値（U値：W/m²・K）」の各国の最低基準を表4-1に示している。U値が小さい程、断熱性能が高いことを示す。ドイツやデンマークでは、U値1.5以下に最低基準が定められている。中国や韓国でも2.7以下である。日本はこの最低基準さえ定められていない。現在多用されているガラス窓は、アルミサッシとガラス1枚の組み合わせで、U値6.5となる。これより低いレベルの窓は、世界には存在していない。北海道・東北を除く日本の多くの地区で省エネ基準（断熱等級4）をクリアするのに必要なU値は4.65であり、アルミサッシとペアガラスの組み合わせで実現できる。この数値は、ドイツやデンマークに比べて3倍以上も熱を通しやすく、表4-1に挙げられている国々では最低基準を満たしておらず、こうした窓は販売すら出来ない不良品といえる。著者らの住宅も、アルミサッシとペアガラスの組み合わせのガラス窓が大きな面積を占めており、冬の寒さや夏の暑さを貫通させ、そのためにエネルギーの無駄遣いを助長している。エネルギー自給率の低い日本で、この状況に甘んじているのは何故なのか？暖房や冷房で懸命にエネルギーを注ぎこんでも、ザルのような大きな穴が開いた家に住んでいることになる⁷⁾。1999年に断熱等級4が定められて25年経った現在がこの状況である。

表4-1 世界各国の窓、断熱性能の最低基準（U値）比較⁷⁾

国名	ドイツ	デンマーク	イギリス	フランス	イタリア	韓国	中国	日本
U値 W/m ² K	1.3	1.5	1.8	2.1	2.0~4.6	2.7	2.5	断熱基準 なし

ただ、こうした酷い状況は、大きく改善できる余地が残されていると考えることができる。また、この10年位で、住宅の断熱に対する関心は一般の人々にも広がりつつある。2020年3月の段階で、「エネルギー大転換②家の選択」のトークセッションが日本科学未来館で開催されているのはその根拠ともなる⁸⁾。家の燃費性能を決めているのは、断熱性と気密性である。窓の断熱性能を上げるには、例えばサッシをアルミから樹脂に変更すれば良い。ペアガラスと樹脂サッシの組み合わせで、U値は1.6から1.9になり、アルミサッシの2倍以上の性能を確保できる。ただ、注意すべきは、樹脂の耐久性に対する誤ったイメージから、「アルミ樹脂複合サッシ」を推奨して来た窓メーカーもある。この場合、表4-1に示した、多くの国の最低基準には適合しない。消費者は賢くならなければいけない。樹脂サッシは、北海道などの寒冷地向けに販売されていたが、2010年頃から全国向けに新たに開発し、積極的なアピールをする企業も現れている。特に2011年の東日本大震災以降は寒さ対策やエネルギー問題への関心が高まり、欧州で利用されているガラス3枚のトリプルガラス樹脂窓が、日本でも2014年に開発されている⁷⁾。

さらに、高橋真樹氏によれば⁷⁾、「家の燃費」を抑えることが、健康・経済・省エネの切り札となり、誰でも出来る住まいの改善策が持続可能なまちづくりにつながると思われる。この本の中で、日本の住宅は穴だらけのバケツに例えられており、その結果として、国民は健康被害や経済的損失を被っていると主張されている。その後2020年に国が脱炭素の目標を定めたことや、住宅実務者や専門家らの働きかけにより、断熱4等級の義務化が決定されるとともに、断熱5等級から7等級の新設が行われた。これに合わせて、住宅の省エネ性能の違いを示すラベルが作成され、2024年度から表示が実施される予定となっている。また、2023年からは、国土交通省、経済産業省、環境省が、3省合同で断熱リフォームへの補助「住宅省エネ2023キャンペーン」が始まり、「先進的窓リノベ事業」など窓の性能向上に力を入れる斬新的な取り組みが始まっている。従来、断熱リフォームに関して一般の人々の反応は殆ど無かったが、ロシアのウクライナ侵攻やパレスチナ紛争の拡大の中で、進行する円安によるガソリン代・電気代の高騰を受け、「先進的窓リノベ事業」への応募が殺到する状況ともなっている。この背景には、気候変動による夏の異常な暑さや、冬場の極端な寒さの影響も無視できない。世界規模で考えれば、先進国の豊かな生活を支えている発展途上国での気候変動の影響が深刻である。地域によって極端な干ばつや洪水が頻発し、2050年には「気候難民」の数が2億一千万人にも達するとの報道もある（NHKクロズアップ現代、地球沸騰化の世界 新たな危機“気候難民”2023年11月）。この問題に対する国際社会の責任が問われており、放置すれば大きな危機となって返ってくる。繰り返すが、気候変動対策への個人的レベルでの対応が今こそ必要である。気候変動による人類や地球上の多くの生命の絶滅を防ぐのに残された時間は多く無い。開発途上国での干ばつや洪水被害が深刻化し、気候難民が急増している現状を踏まえ、個人レベルで対応可能な行動を直ちに起こすべきである。太陽光発電による創エネや、住宅の断熱・気密性能の向上による省エネ化への取組は、先進国に暮らす我々市民の責務と言える。

参考文献

- 1) 自然エネルギーの出力抑制：大きな改善の余地がある | 連載コラム | 自然エネルギー財団 (renewable-ei.org)
(https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20190426_2.php)
- 2) 電力のピンチを救え！大活躍する「揚水発電」の役割とは？ | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)
(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/yousuihatuden.html>)
- 3) 三池秀敏、21世紀型のWell-Being（今こそ太陽光発電を各家庭に）（大学教育出版、2024年）

- 4) おひさまエコキュート | エコキュート | 給湯・暖房 | Panasonic 6- 1 -2022.xlsx (live.com)
- 5) お天気リンクEZ | 機能情報 | 三菱 エコキュート | 三菱電機 (mitsubishielectric.co.jp)
- 6) 『太陽光パネル』は本当にお得？実は環境に悪い？ 気になるギモンを専門家にぶつけました - 地球のミライ - NHK みんなでプラス
(<https://www.nhk.or.jp/minplus/0019/topic157.html>)
- 7) 高橋真樹、「断熱」が日本を救う - 健康、経済、省エネの切り札 - (集英社新書1197B、2024年)
- 8) 冷暖房を使わなくても快適に過ごせる家って？ 私たちの「選択」が進めるエネルギー大転換 ②家の選択 | 科学コミュニケーターブログ (jst.go.jp)
- 9) トークセッション「今から始める！『エネルギー大転換』～電気・家・車の選択～」オンライン配信 | 日本科学未来館 (Miraikan) (jst.go.jp)