

持続可能な脱炭素社会の歯車～熱電材料の可能性～

松井 裕貴・百合嶋 隆太・あべ松 雄太朗・角 俊輔・中山 成哉・山川 海斗
趙 至洋・太田 将悟・尾曾 竜之介・河野 紗佳・坂本 彩実

2050年、われわれ人類はどのような生活をしているのだろうか。脱炭素社会はすでに実現されているのだろうか。さて、まずは今から約30年前に思いを馳せてみることにする。1991年バブルが崩壊し、「失われた10年」が始まった。1995年は「阪神・淡路大震災」や「インターネット元年」と今年の漢字に「震」が選ばれるほど、日本にとって大きな衝撃と変化の年となった。当時、ここから30年経った現代の姿を想像できた人がどれほどいただろうか。インターネットやコンピュータの急速な発展、スマートフォンの普及など技術の進歩が著しかった。まして新型コロナウイルスによるパンデミック、テレワークの急速な拡大は現代を生きる我々にさえ想像に難かった。我々若者はこの目まぐるしく変化し続ける社会の荒波の中で社会を先導する一員としてアクションを起こさねばならない。

我々は脱炭素社会実現を見据えて持続可能な発電技術が必要であると提言する。

脱炭素社会とは二酸化炭素の排出量が実質ゼロとなる社会である。実質ゼロとは全ての製品誕生の工業プロセスから使用、廃棄に至るまでの工程を網羅してカーボンニュートラルを達成することを示唆している。脱炭素社会を持続するために二酸化炭素を排出せず、半永久的に発電できることが理想である。そこで我々が注目しているのが熱電材料だ。

熱電材料とは熱エネルギーと電気エネルギーを相互変換する材料である。火力発電のタービンのような物理的な駆動部を持たないため長寿命、すなわち半永久的に発電でき、世の中の至る所に存在する熱源、冷源から温度差を得ることにより発電が可能である。現在、一次エネルギー供給から電力や熱、光といった最終的なエネルギー形態になり使用されるまでに、一次エネルギーの約6割が廃熱として散逸している。例えば燃料を燃やす火力発電の際には約半分のエネルギーが熱として散逸し、身近なところでも冷蔵庫やテレビといった家電に触れてみればほのかに温かみを感じられ、至るところで廃熱が生じているのを実感できる。大気に散逸されるはずだったエネルギーを回収できれば、エネルギー供給の増加はもちろんのこと、地球温暖化の抑制にも貢献できるであろう。

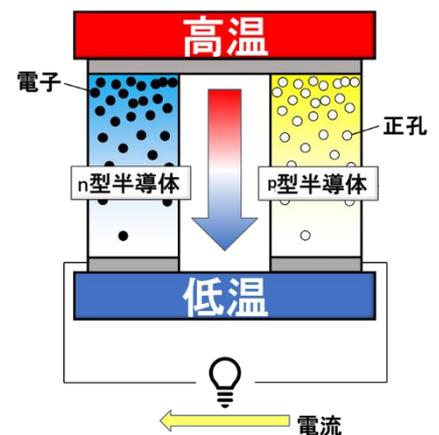


図1 熱電材料の概念図

温室効果ガスの削減による脱炭素社会の実現は全世界の共通目標であり、2015年に採択されたパリ協定では190か国以上の国々が参加した。これに伴い日本政府は2020年6月11日に「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」を閣議決定し、21世紀後半のできるだけ早い時期での脱炭素社会の実現と2050年までの温室効果ガスの80%削減を目標に掲げた^[1]。しかし、従来の取り組みではこの目標を達成するのは困難とされており、日本政府は地球温暖化対策の方針としてイノベーションの推進を提示した。これは技術分野でのイノベーションによって温室効果ガスを削減できる方法の実用化と普及を目指すという内容であ

る.脱炭素社会実現に向けた大幅な二酸化炭素排出削減には,再生可能エネルギーのようなクリーンな発電方法での革新的な技術の開発や普及が必要になる.

再生可能エネルギーの普及について,茨城県は他の都道府県と比べても積極的と言える.資源エネルギー庁から公開されている都道府県別再生可能エネルギー固定価格買取制度の新規認定導入件数で全国 5 位,新規認定導入容量で全国 1 位と再生可能エネルギーの導入が盛んである^[2].しかし,再生可能エネルギーの発電実績では全国 16 位とまだまだ伸び悩んでいるのが現状だ^[3].また,県内に注目しても再生可能エネルギーの発電比率は 8%ほどで,その他 92%をほぼ火力発電に頼りきっている^[3].一方で,今後の動向として継続的に県内の再生可能エネルギー発電量は増加していくと見られる.

茨城県ではカーボンニュートラルな発電方法として注目されているバイオマス発電が盛んである.しかし,発電時に廃熱が生じることに変わりはない.我々が注目しているのはこれらの廃熱である.特に室温付近の熱源すなわち低温熱源は今まで至る所にありながら利用されずに排出されてきた.そこで我々は低温域の未利用熱を新規エネルギー源として獲得することがIoT社会ひいては脱炭素社会を実現するために重要であると提案する.

表 1 本文中で参照した統計表^{[2][3][5]}

	各都道府県に関する統計表				
	FIT 新規導入容量 [kW]	FIT 新規導入件数 [件]	再生可能エネルギー 発電実績[1,000kWh]	発電実績(全ての発 電計)[1,000kWh]	従業員30人以上の 製造事業所数[件]
北海道	2,618,071	33,593	920,457	11,736,867	1,226
青森県	1,178,153	12,574	184,322	2,870,257	389
岩手県	1,104,550	23,146	221,348	1,063,328	621
宮城県	1,950,279	52,397	237,344	4,693,809	747
秋田県	915,272	6,497	191,324	3,376,752	442
山形県	373,670	11,927	175,575	1,269,353	704
福島県	2,332,225	52,579	669,535	17,528,506	1,050
茨城県	3,845,448	94,937	245,728	13,245,882	1,526
栃木県	2,237,502	69,541	204,917	4,764,747	1,180
群馬県	2,181,527	72,564	470,983	3,517,904	1,240
埼玉県	1,532,517	120,815	31,563	268,610	2,463
千葉県	2,823,556	106,207	125,623	20,552,570	1,332
東京都	448,212	70,777	8,156	2,657,928	1,353
神奈川県	700,149	86,059	85,097	16,375,816	1,872
新潟県	400,262	14,584	661,446	19,698,293	1,284
富山県	323,122	12,270	1,025,726	4,913,905	797
石川県	540,582	13,493	165,886	3,764,250	632
福井県	264,053	8,933	178,471	9,878,344	453
山梨県	699,191	28,821	246,366	1,763,488	437
長野県	1,491,416	70,295	817,281	3,928,715	1,303
岐阜県	1,381,623	61,117	891,893	4,589,731	1,358
静岡県	2,153,982	110,131	651,417	5,905,476	2,350
愛知県	2,646,636	172,358	247,389	20,174,547	3,796
三重県	2,410,861	58,029	174,554	6,662,752	1,002
滋賀県	797,136	39,424	15,487	92,250	936
京都府	537,384	34,909	70,290	3,359,901	887
大阪府	912,265	84,816	34,635	5,709,265	2,795
兵庫県	2,509,699	92,409	185,389	13,099,945	2,074
奈良県	544,626	28,285	105,455	1,818,662	427
和歌山県	725,139	24,849	94,688	2,755,938	365
鳥取県	377,462	10,230	124,008	1,629,805	255
島根県	390,510	10,388	78,409	2,271,550	257
岡山県	1,921,741	58,933	208,932	3,420,159	941
広島県	1,446,635	61,791	262,831	3,547,665	1,158
山口県	1,150,651	35,301	248,210	5,335,408	540
徳島県	703,744	19,617	117,809	4,160,531	247
香川県	757,195	26,470	11,385	1,476,848	456
愛媛県	911,924	33,892	219,577	3,126,759	535
高知県	507,794	14,763	273,438	1,652,312	208
福岡県	2,301,850	93,854	211,839	5,080,121	1,356
佐賀県	616,218	25,520	71,299	3,168,391	385
長崎県	885,729	30,126	28,995	5,125,771	317
熊本県	1,481,261	53,282	156,654	2,646,995	533
大分県	1,283,085	32,686	258,787	5,073,730	385
宮崎県	1,424,373	36,818	497,408	2,770,781	376
鹿児島県	2,264,697	46,964	224,409	4,222,896	457
沖縄県	357,246	19,458	5,392	2,501,200	189

近年,世界的に注目されている熱電材料に FAST 材料(Fe-Al-Si Thermoelectric Material)がある.FAST 材料はクラーク数で酸素を除く上位三元素の Fe,Al,Si から構成される.地球上にありふれた元素であり,安価かつ無毒,すなわち環境調和性が良い材料だ.この材料は IoT センサー用の独立電源としての利用が期待されており,室温と体温の温度差発電で BLE 通信をできることが確認されている.

最新のテクノロジーを駆使し,経済発展と社会的課題の解決を両立していく新たな社会の形として Society 5.0 が掲げられている.これが目指しているものは国連の「持続可能な開発目標」(Sustainable Development Goals:SDGs)の達成に通じる.

Society 5.0 の一つの要素である高度に IoT 化された社会を実現するには 1 兆個のセンサーによる情報の取得が必要とされている^[4].それと同時に,それだけの数のセンサーを稼働させる電源が求められる.ではこの膨大な数のセンサーへの電力供給がボタン電池や街中に張り巡らされる電気配線であったらどうだろうか.交換にかかるコストやメンテナンスを考えると持続可能な脱炭素社会で利用することは困難であろう.一方,熱電材料は駆動部が無くメンテナンスが必要無い独立電源となるので一度設置すれば温度差がある限り半永久的に使用できる.コスト面や環境問題も考慮して,FAST 材料はセンサー用の独立電源として十分な性能をもつ.

では IoT 社会は脱炭素社会の実現にどのように貢献するのだろうか.

IoT 社会の発展で製造業の DX 化が進んでいる.工場のあらゆる場所に配置された IoT センサーから得た情報を用いれば従来よりも効率よく装置を稼働させることができる.よって,無駄な電力消費を抑えられ,二酸化炭素排出量削減に繋げられる.茨城県は首都圏に属する工業が盛んな地域であり,受けられる恩恵は大きいと考えられる^[5].他に IoT センサーの具体的な使用例として,センサーから得た情報で信号機を稼働させる方法がある.周囲の状況を把握し車の待ち時間を減らすことで排気ガス削減に繋げられる.例えばこのセンサーに熱電材料による独立電源を搭載しインターネットに接続することができれば,ワイヤレスかつエネルギー供給の配線・電力を外部から必要とせずにかし続けることが可能になる.あらゆるものがサイバー空間で繋がり,センサーとセンサーつまり物と物とが相互に繋がり合うネットワークの構築は,熱電材料を用いることでクリーンに実現することが可能になる.

これまで持続可能な脱炭素社会へ向け熱電材料が果たす役割と,同時にさらなる社会の発展の可能性について述べた.我々は熱電材料が脱炭素社会の実現を近づける 1 つの要素であると提言する.しかし,そのためには熱電材料が真価を発揮できる場所,つまり我々の生活の中にある熱源がどこにあるのかを知る必要がある.その情報は熱電材料の普及に欠かすことのできないものである.そこで,我々は脱炭素社会実現のために様々な場所・環境下で発生する温度差の調査を行うことにした.日常における低温熱源を新規エネルギーとして獲得するための第一歩である.今後熱電材料は普及が進み,持続可能な脱炭素社会に必要な歯車になるであろう.

参照資料

- [1] 経済産業省 2019 年 6 月 パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略
- [2] 資源エネルギー庁 2021 年 3 月末 固定価格買取制度・エリア別の認定及び導入量
- [3] 資源エネルギー庁 2021 年度 発電実績
- [4] 日本政策投資銀行 産業調査部:DBJ Monthly Overview(2016.2)
- [5] 経済産業省 産業別統計表 2020 年確報