

最新科学情報ポッドキャスト番組
ヴォイニッチの科学書



2013年3月9日
Chapter-435
熱電発電

<http://www.febe.jp/>

<http://obio.c-studio.net/science/>

配信資料

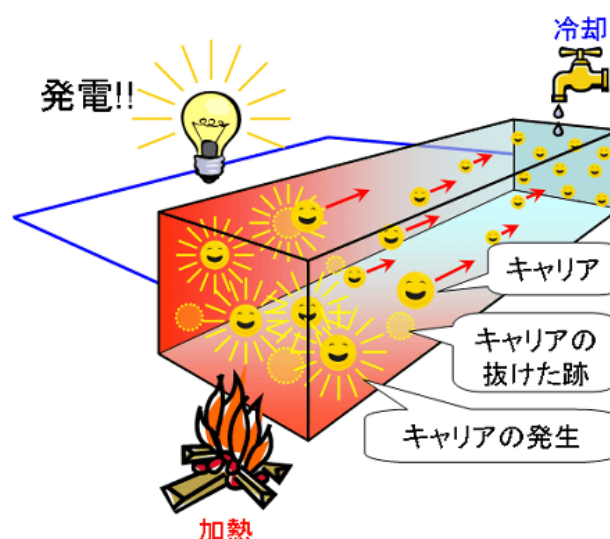
金属または半導体の両端に温度差をつけることにより、その両端間に電圧が発生するゼーベック効果を応用した発電を熱電発電と呼びます。ゼーベック効果はすべての物質で生じますが特に半導体では効果が大きく、電圧は温度差に比例して大きくなります。近年のエネルギー問題への関心の高まりから、膨大な量の未利用廃熱を有効活用できる熱電発電は注目を集めています。特に、自動車や工場の高温排気中の中温廃熱(300~500℃)の回収・利用が求められています。

しくみとしては物質を加熱すると、キャリア(負の電荷を持った電子、あるいは正の電荷を持った正孔)が生じます。一方、冷却されている端ではそういうものの発生がほとんどないため、キャリア密度バランスが崩れ、加熱端から冷却端にキャリアが流れます。

一方、加熱端においてキャリアが流れ出て行った跡は、キャリアと反対符号の電荷を持つため、加熱端と冷却端の間に電位差が生じます。これがゼーベック効果です。この状態で加熱端と冷却端を導線でつなぎ負荷を与えることで、電力を取り出すことができます。ちなみに、ゼーベック効果の逆がペルチェ効果で、電気を熱に変換する現象です。ペルチェ素子はコンピューターや精密測定機器などの冷却装置として広く使われていますね。たとえば PLC のカラムオープンとか、オートサンブラなどに利用されています。

下の図は名古屋大学大学院光学研究科吉田研究室より引用

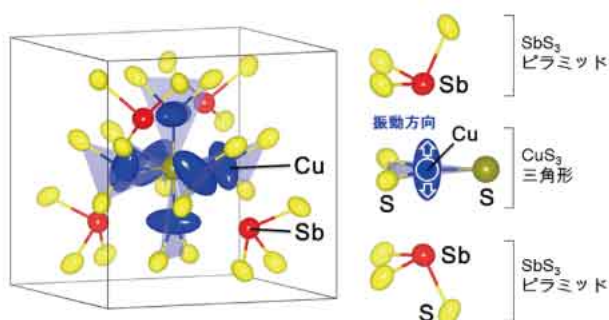
http://www.ees.nagoya-u.ac.jp/~web_dai/thermoelectric.html#page_top



北陸先端科学技術大学院大学などの研究者らが自然界に存在し、身近な元素である銅と硫黄を多く含む鉱物のテトラヘドライトが、400℃付近で高い熱電変換性能を示すことを発見しました。本温度領域で有望とされている熱電材料は鉛などの有害元素を多量に含有し、このことが実用化の大きな障壁となっています。身近な元素からなる材料を用いた、環境にやさしい熱電発電の実現に大きく寄与するものです。

テトラヘドライトは天然に存在する鉱物で、立方晶構造を持ち、その単位胞中には58個もの原子

が含まれます。結晶構造は、CuS₄四面体、CuS₃三角形、SbS₃ピラミッドから形成されるため、非常に複雑です。北陸先端科学技術大学院大学だけでなく、2012年末には米国・ミシガン州立大のグループがZn(亜鉛)とFe(鉄)を置換した材料における高い熱電変換性能を報告するなど、世界的に注目を集めています。(Sb:アンチモン)



テトラヘドライトの高い熱電変換性能は、シリカガラスの半分程度という極端に低い格子熱伝導率に起因します。低い熱伝導率の理由を明らかにするため、大型放射光施設 SPring-8 の放射光を用いた粉末 X 線回折実験を行い、結晶構造と原子の振動を詳しく調べました。その結果、CuS₃ 三角形の中心に位置する Cu 原子が、三角形面に垂直な方向にゆっくりとした大振幅振動することを明らかにしました。この結果から、Cu の異常大振幅原子振動が、硬い Cu-Ni-Sb-S ネットワークを伝搬する熱を阻害することで、低い熱伝導率が実現したと考えられます。

今回の研究では、鉱物資源として古くから知られていた硫化鉱物が、実用中温領域で高い熱電変換性能をもつことを発見しました。加えて、鉱物における低い熱伝導率をもたらす結晶構造の特徴を示したことは、より高い性能をもつ熱電発電硫化鉱物の開発に繋がり、環境にやさしい熱電発電の実現に大きく寄与するものです。

テトラヘドライトの性能を向上させると共に、高性能熱電材料の発見を目指して、類似構造をも

つ物質にも注目して材料開発・探索を進めます。また、世界に先駆けて、環境にやさしい鉱物熱電発電システムを開発することで、持続可能な社会の実現に貢献します。

解析に使用された Spring-8 の空撮



ちょきりこきりヴォイニッチ
今日使える科学の小ネタ

▼服にペタッと体温発電 富士フィルム、シート開発 医療機器などに応用へ

富士フィルムは産業技術総合研究所と共同で、人間の体温と外気との温度差を利用して熱電発電する樹脂製シートを開発しました。厚さは 0.4 ミリメートルしかなく柔らかいので体や服に張りつけて携帯機器の補助電源に使いそうなほか、テレビから出る熱や浴室の蒸気、日が当たるカーテン、自動車の車体なども発電源になるということです。性能や耐久性を改良し、5年以内の製品化を目指しています。

▼宇宙とほぼ同年齢の第二世代の星を発見

ペンシルベニア州立大学の天文学者が地球から

わずか 190 光年の距離に最低でも 132 億年前に誕生した星を見つけました。年齢は星の明るさなどを元に計算で得ました。ビッグバンが 137 億 7000 万年前の出来事ですので、宇宙誕生とほぼ同時に生まれたこととなります。この星は誕生から長い年月が経過したので水素をほぼ使い尽くす状態にあって、成分的には水素とヘリウムからなります。ところが、よく観察してみると、重い元素が含まれているんです。これらの重い元素は別の星が超新星爆発を起こしたときに放出された物と思われるので、実はこの星は宇宙の第二世代の星だということなんです。少なくとも 132 億年前には第一世代の星が超新星爆発を起こしていたということで、宇宙の密度が高い頃に誕生した第一世代の巨大な星は数百万年の寿命で超新星爆発し、思ったよりも早く第二世代の星が誕生したらしいと言うことです。

▼絶対零度

絶対零度が一番低い温度か、というところも最近はちょっと違うようです。絶対温度というのは、何があってもそれよりも温度が下回ることがない点を 0 度として目盛ってあるのですが、それは粒子が全くエネルギーを持たない理論的状态を意味しています。粒子が持つエネルギーから温度をどうやって導き出すかと言えば、グラフの横軸に粒子のエネルギーをとって、グラフの縦軸に温度を取ると、両者の間は 1 本のグラフで描けます。このグラフ上の点はほとんどグラフから離れることはないのですが、ごくわずかに温度が高い側、つまり、ほとんどすべての粒子は同じ振る舞いをするのだけれど、中に少しだけより活発に跳ね回る粒子がある、そういうイメージです。ただ、それですと、エネルギー 0 の点、つまり Y 軸上を見ても絶対零度よりも上の温度はあり得るのですが、

下の温度はありません。そこで、あ、やっぱり絶対零度が一番温度が低いよね・・・っていうこととなります。

ところが、ドイツの物理学者がカリウム原子の量子気体を作ったんです。カリウム原子を絶対零度付近で格子状に規則正しく並べた状態なのですが、温度がプラスの通常では原子同士は反発し合うわけですが、この状態から磁場をコントロールして原子同士が引き合うようにしてみたんです。普通なら原子の配列は内側に向かって崩れてしまうところをレーザーで原子をコントロールして同じ位置に保つようにしたところ、エネルギー状態が反転したんですね。つまり、エネルギーと温度の関係のグラフの Y のプラスマイナスが反転したんです。そうするとどうなるかといえば、自然状態で、ほとんどの粒子がエネルギーを持たない状態でごく一部がエネルギーを持っていた状態、つまりこの時はごく一部の点が y 軸上の正の方向にあったものが、状態が反転したことによって同じだけ負の方向に行ってしまったんです。この時の温度は絶対零度の数億分の 1 度ほど低い状態だったのですが、このような量子気体は絶対零度よりも低い温度を持ち得たということになります。

量子気体はもともと、原子配置が内側に崩れるようなエネルギーの動きを持っているのですが、絶対零度以下の温度と原子配置が安定する状態が同じ意味となっていて、ダークエネルギーと性質が似ているんです。ダークエネルギーは宇宙をどこまでも膨張させる不思議な力を持っていますが、量子気体も絶対零度以下になることによって、外向きの力が発生して原子配列が安定した、ということなんですね。基本的に、絶対零度以下の量子気体はせき力を持つということになるのですがダークエネルギーと共通するということなんです。