

「人工ゼオライトを利用した吸着式ヒートポンプで冷やす技術」

－ 循環型社会時代の環境にやさしい食品冷蔵を提案します －

愛媛大学 逸見彰男

冷やすことによって、いろいろな食品の品質を安定し、安全性を確保して、保存性を高めることができます。温度を低く抑えて、有害な微生物の発育を阻止することで、農畜水産物やそれらの加工食品の保管や流通中における劣化を防げます。冷蔵保存のための低温を得る目的で様々な冷却装置が工夫され使われています。最近の循環型社会構築やゼロエミッション達成の気運の高まりに伴い、温暖化ガスの二酸化炭素を削減し環境に配慮した省エネルギー型の冷却装置に対する関心が大きくなっています。ここでは、「人工ゼオライト」を利用することで、運転に要するエネルギーを抑えて環境に調和した冷却を可能にする方法についての話をとりあげます。

人工ゼオライトは、多くの役立つ働きを持っています。水分を吸着するという機能を活用すると、吸着式ヒートポンプへの利用によって、温度を下げる装置を構築でき、人工ゼオライトの新しい使い方を探ることができます。

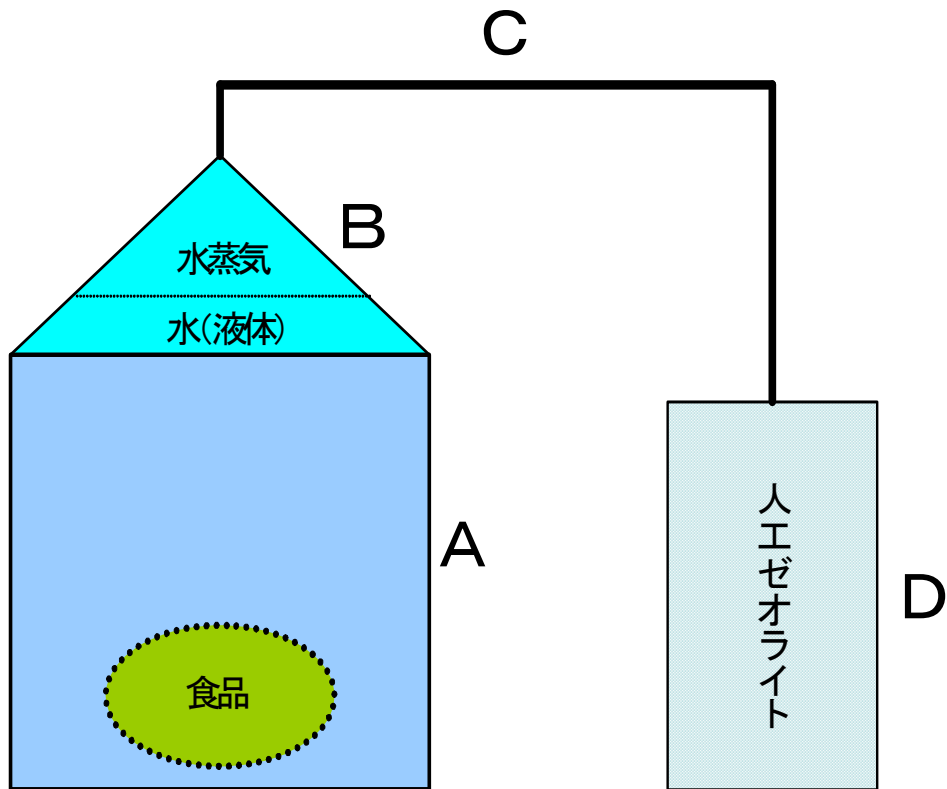
吸着式ヒートポンプとは、吸着作用を利用して、「冷たさ」や「熱さ」を作り出す仕組みのことで、乾燥した人工ゼオライトを器に入れて用意します。この器を、発泡ポリスチレン等をおおうなどして十分に断熱した、さらに大きな密閉容器に入れます。大きな容器には、人工ゼオライトの器とは別に、水を入れた小さな器を一緒に入れます。水の入った器には温度計をつけておき、温度を計ります。しばらくしてから、温度計の温度を見ると、温度がかなり低くなっているのがわかります。つまり、水が冷えてきたのです。実験すると、最初25℃前後の温度を示していた水は、5℃くらいまで冷えていました。また、人工ゼオライトの部分は温度が上がっているのがわかります。なぜ水が冷たくなったのでしょうか。暑い夏に庭や道路に水をまくと涼しくなった経験を持っている方は多いと思います。まいた水が蒸発していくときに、周りから熱を奪うのです。液体の水（まいた水）が気体の水（蒸発した水）が変わるときにはエネルギー（気化熱）を必要とします。水をまくと、気化熱の形で庭や道路から熱が逃げってしまうので、温度が下がって涼しくなるのです。前述したように温度計の目盛りが下がるのは、器に入れた水が、速いスピードで蒸発したためです。人工ゼオライトは強い力で水蒸気を吸着するので、密閉容器中の水蒸気圧が急速に下がります。蒸気圧が低くなることで、蒸発が促され、熱がす速く出ていってしまうため、水が冷たくなるのです。一方、熱を奪った蒸気は、人工ゼオライトに吸着すると、そこで熱を吸着熱の形で放出します。つまり、水を入れた容器の熱（ヒート）が、ポンプでくみ取られて、人工ゼオライトのほうに送り出されるように見えます。水が人工ゼオライトに吸着しながら、ヒートが移動していることになるので、「吸着式ヒートポンプ」といわれています。

このことを利用して、第1図に概略を示したような、冷却装置を工夫することができます。食品などの冷やしたい品物を断熱した小さな箱（A）の中に置きます。箱（A）の上には、水の入った円錐状の容器（B）を取り付けています。この容器（B）の上部にパイ

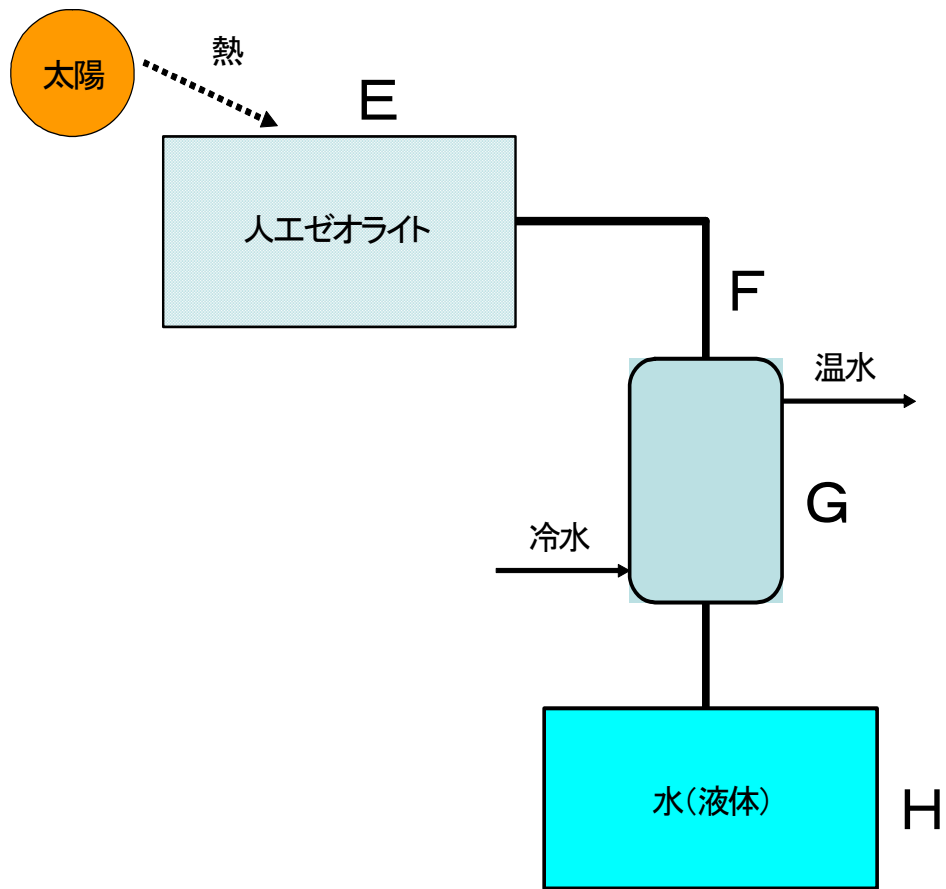
プ（C）をつなぎます。パイプ（C）は、乾燥した人工ゼオライトをいれた箱（D）に接続します。この装置が働き始めると、人工ゼオライトが水蒸気を吸着することで、円錐状容器（B）の中の蒸気圧が低下し、水が速いスピードで蒸発します。気化熱として急速に熱を奪われた水は、温度が低下します。円錐状容器（B）の下部から冷気が箱（A）に流れ込み、食品などを冷やすこととなります。この装置は、人工ゼオライトが水分の吸着飽和に達するまで稼働を続けます。

水分が吸着飽和になり湿ってしまった人工ゼオライトは、第2図のような方法で、太陽の熱を利用して再び乾燥することができます。つまり、太陽の光が透過できるような資材（例えば、透明なガラス板など）で作った箱（E）中に、湿って水蒸気を吸着する力が無くなった人工ゼオライトを入れ、これをパイプ（F）につなぎます。パイプ（F）は、途中にコンデンサー（G）を付けており、小さなタンク（H）に接続しています。箱（E）を太陽にあてることで、中に入っている湿った人工ゼオライトを熱することで乾かすことができます。熱くなった人工ゼオライトから蒸発した水分は、パイプ（F）を通過して復水器（コンデンサー）（G）のところに行きます。コンデンサー（G）では、下から冷たい水を送って冷やしますので、水蒸気は液体の水になって、下の小さなタンク（H）に貯まります。コンデンサー（G）を流れた冷水は、水蒸気が液化する時に放出した熱を受け取り、温水になります。この温水をうまく利用すれば、暖房などの応用できることとなります。

第1図 人工ゼオライトを利用した吸着式ヒートポンプの概略図



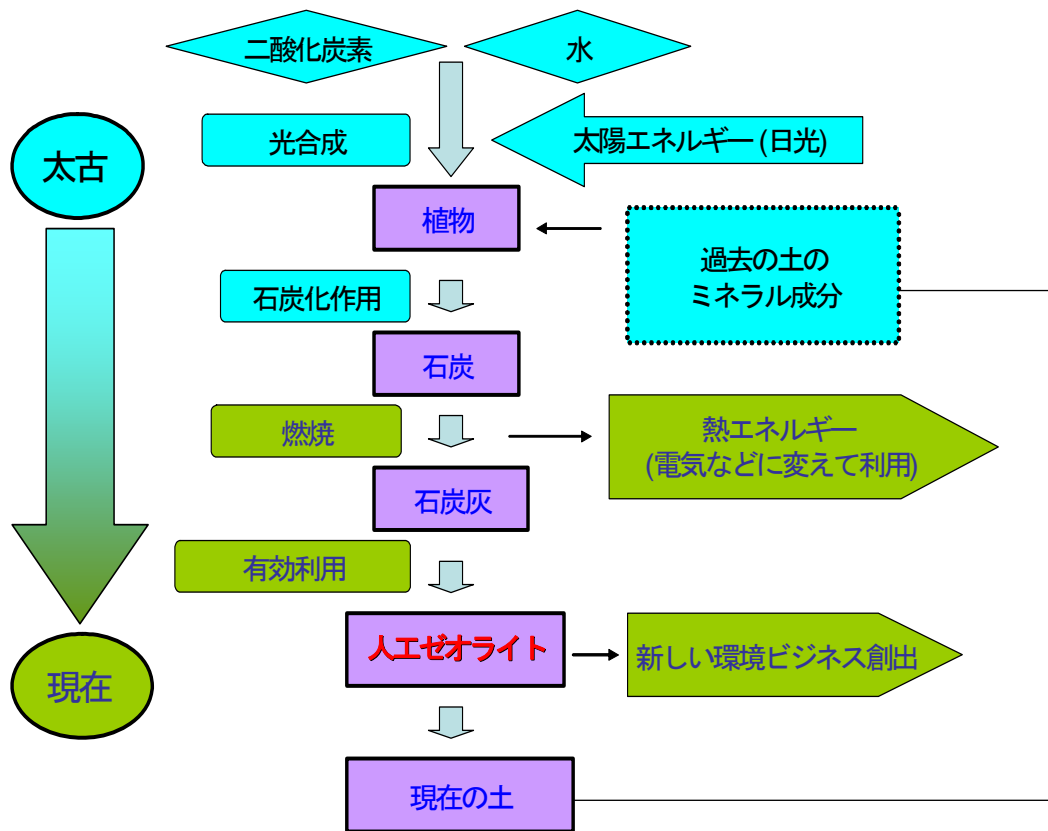
第2図 太陽熱を活用する人工ゼオライトの再生と水及び熱の回収



とうぜん、乾燥した人工ゼオライト及びタンク（H）に貯まった水は、第1図に示した装置に再利用します。ここで述べたような吸着式ヒートポンプでものを冷やす方法は、人工ゼオライトと普通の水を活用し、さらに、太陽の自然エネルギーを組み合わせることに基づいていますので、地球環境にマッチした循環型社会時代の食品冷蔵に応用できると期待できます。

人工ゼオライトは、再生して何度も利用できますが、吸着式ヒートポンプの役目が終わりますと、使用されなくなってしまう。利用したし尽くした後の人工ゼオライト土壌改良資材として農業用に使い、土壌に混入することで地中に戻し、無公害的に最終処理できます。なぜなら、石炭は、太古の樹木（植物）に起源を発するからです。つまり、植物は、生きていた大昔に、日光の力を借り水と二酸化炭素から光合成で生産した有機物の炭素の中に（C-C結合間）に太陽エネルギーを蓄えました。この時、当時の土壌からミネラル成分を栄養分として吸収し体内に取り込みました。この時の植物が、付近の土壌を巻き込みながら、地質的な変成作用で炭化したもの、が石炭です。このため石炭には、炭素の他、過去の土壌のミネラル成分を含んでいる。石炭を燃焼して、C-C結合を切りエネルギー（過去の太陽エネルギー）を取り出した後に残ったミネラル成分が、石炭灰です。従って、石炭灰は、昔の土壌の成分ということになります。石炭灰の最終処分場所として土を選ぶことは、過去の土壌成分を現在の土壌に戻すことになるのです。遠い昔に失われた大切な成分を現在の土壌に戻すことで、地質学的な時間スパンでのゼロエミッションを達成するとともに、地球表層環境（土壌環境）の健全化および耕地の肥沃化に多大な寄与ができます。人工ゼオライトによるゼロエミッションサイクルの概念を第3図にあげました。時間・空間的なグローバルスケールでの循環資源として、太古の土壌成分に源を発する石炭灰は、人工ゼオライトとして利用された後は、現在の土壌成分に戻ってしまうのです。

第3図 人工ゼオライトによる地球規模でのゼロエミッションサイクル概念



人工ゼオライトによるゼロエミッションサイクルの概念