

エネルギー大量消費の気候への影響

—地球表面の熱容量限界・パワー限界—

R. Okamoto (Kyushu Inst. of Tech.)

1. 科学的エネルギーと社会的技術的エネルギー
2. 科学的エネルギーについての基本的法則
3. いろいろなエネルギーとそれらの変換
4. エネルギー総量の保存とエネルギー消費
5. 種々のエネルギー変換効率
6. 最終的にはすべての形態のエネルギーは
熱エネルギーの形に行きつく(廃熱となる)
7. 問題は、エネルギーそのものではなく、
「エネルギー消費速度(=パワー)」である！
8. 太陽からのエネルギーの流れの中における物質的閉鎖
9. エネルギー消費と地球の熱容量限界・パワー限界定常系
としての地球システム

1. 科学的エネルギーと社会的技術的エネルギー

「エネルギー」という用語が、科学の世界と、社会的技術的な議論では別の意味である(ことがあまり知られていない)

科学的エネルギー: 運動エネルギー + 位置エネルギー

(= 力学的エネルギー = 機械的エネルギー)、
熱エネルギー、
電気エネルギー、化学エネルギー、光エネルギー)
「原子力エネルギー」= 原子核分裂エネルギー



社会的、技術的エネルギー: 特定の目的のために有用なエネルギー (= 燃料)
技術は目的を持っている。

2. 科学的エネルギーについての基本的法則

熱力学第一法則: 力学的仕事(力学的エネルギー)と熱エネルギーを含むエネルギー保存則。

種々の過程において、エネルギー形態の転換が起こるが、総量保存(量的には保存される。)

熱力学第二法則: エネルギー形態転換の際、エネルギーの質的劣化
種々の形態のエネルギーも最終的には熱エネルギーに帰着
エネルギー形態転換の際の劣化＝廃熱の発生は原理的に
とめることができない

熱エネルギーは非常に特殊な形態のエネルギーであって、
非常な努力を払わなければ、ひとりで周囲に流れ去ってしまう(散逸する)！

3. いろいろなエネルギーとそれらの変換

(火力発電の場合)

石油・石炭燃料の
化学エネルギー

(原子力発電の場合)

核燃料の
原子核エネルギー

燃焼

核反応

熱エネルギー

蒸気タービン

力学的エネルギー

発電機

電気エネルギー

光
エネルギー

蛍光灯

電磁波
エネルギー

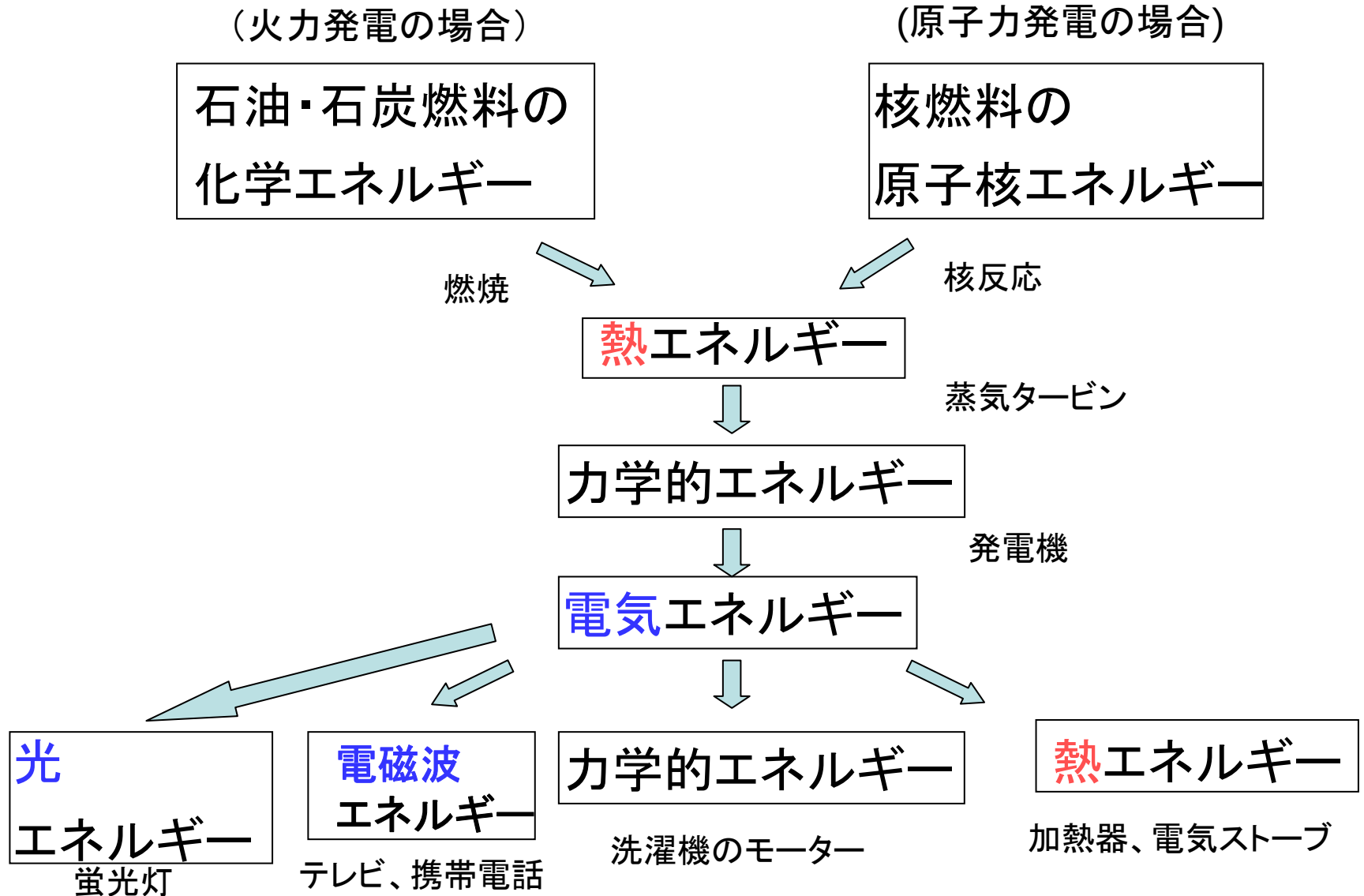
テレビ、携帯電話

力学的エネルギー

洗濯機のモーター

熱エネルギー

加熱器、電気ストーブ



4. エネルギー総量の保存とエネルギー消費

力学的仕事→運動エネルギーの変化

(運動エネルギー+位置エネルギー)は保存される

力学的エネルギーの保存則 ← 保存力に対して

非保存力→摩擦熱の発生:

系(対象系)から外界(環境)への熱エネルギーの散逸

熱的变化の際、力学的仕事(エネルギー)、熱を

含むエネルギーは保存される—熱力学第一法則—

原子核反応においては、質量は保存しない

質量エネルギー $[=(\text{質量}) \times (\text{光速})^2]$ も含めたエネルギーの和

は保存される —特殊相対論—

→ エネルギー総量は不生・不滅エネルギー総量の量的保存則は常に成立する

エネルギーを「消費」する

＝有効に使えない形態にエネルギーの形態が変わること

(木下紀正、八田明夫「地球と環境の科学」(東京教学社、2002年)、特に、p.66)

エネルギーの形態が100%変換可能とは限らない！

原理的に有効なエネルギーに100%転換できる場合



エネルギー変換の際の、変換装置の不備・性能の度合いに依存した変換損失

変換損失は摩擦熱、廃熱など熱エネルギーに変わっていくが、この損失分を技術的にゼロに近づける努力は意味がある。

原理的に100%よりかなり低い割合でしか有効なエネルギーに変換できない場合

有効に変換されない分のエネルギーは、

廃熱などになり、周囲の環境に捨てられる

さらに、ある段階で、有効なエネルギーに変換・利用されたエネルギーも最終的には廃熱となって環境に放散(散逸)されてしまう！

- 森茂康、「西日本新聞」、1980年9月9日版
チャップマン「天国と地獄ーエネルギー消費の三つの透視図ー」、みすず書房、1981年
大野陽朗「総合エネルギー論入門」(北海道大学図書刊行会、1993年)、特に、p.33
木下紀正、八田明夫「地球と環境の科学」(東京教学社、2002年)、特に、p.66

5. 種々のエネルギー変換効率

変換装置	入力形態	出力形態	効率(%)
白熱灯	電力	光	5
蒸気機関車	化学エネルギー	力学的エネルギー	8
蛍光灯	電力	光	20
太陽電池	光	電力	7－25
ガソリンエンジン	化学エネルギー	力学的エネルギー	25
原子炉	核エネルギー	電力	30
ディーゼルエンジン	化学エネルギー	力学的エネルギー	38
蒸気タービン	熱	力学的エネルギー	47
燃料電池	化学エネルギー	電力	60
乾電池	化学エネルギー	電力	90
大きい電動機	電力	力学的エネルギー	92
発電機	力学的エネルギー	電力	99

木下紀正、八田明夫「地球と環境の科学」(東京教学社、2002年)、特に、p.68)

どの形態のエネルギーからも
熱エネルギーへの100%変換は可能である！

力学的エネルギーから電気エネルギーへの転換、
電気エネルギーから力学的エネルギーへの転換は、
原理的に、100%可能である。

ただし、若干の技術的な変換ロスはある。

熱エネルギーから力学的エネルギーを取り出す効率は、
原理的に、40%台であり、
残りは**廃熱**となって、外界(環境)に散逸(放出)される！

6. 最終的にはすべての形態のエネルギーは 熱エネルギーの形に行きつく(廃熱となる)

事例: ガソリン自動車で生じているエネルギー形態変化の分析

エネルギー源はガソリンが保有している化学エネルギー

エンジン中の燃焼により熱エネルギーに変換される

熱エネルギーはピストン、さらにはフライホイールを動かす力学的仕事になるとともに、高温ガスを排気管に排出する

自動車の運動エネルギーが増加するが、

最初のエネルギーの約4分の3は排気管から放出される**廃熱**となる

自動車を停止させようとする、ブレーキのライニングとタイヤにける摩擦により**熱エネルギー**に変換される！

7. 問題は、エネルギーそのものではなく、 「エネルギー消費速度(=パワー)」である！

参考文献：押田勇雄「人間生活とエネルギー—エネルギーは不足しているか—」、
岩波書店、岩波新書、1985年。特に、1章はすばらしい！

単位時間当たりの仕事(物理的工作)を仕事率(power)と呼ぶ。その基本単位は1秒当たり1ジュール(J)のエネルギーが使用される場合に、1ワット(W)という。工学では工率とも呼ばれるが、効率(efficiency)と発音が同じで混同されやすい。電磁気学、電気工学では、電力(electric power)と呼ばれる。

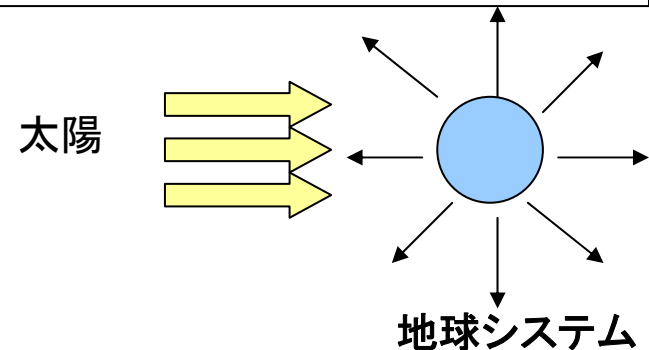
人間とその環境保全にとって、重要なのは、
「エネルギー問題」よりも「パワー問題」である！

8. 太陽からのエネルギーの流れの中における 物質的閉鎖定常系としての地球システム —その熱容量限界—

地球システム

= 固体地球 + 海水 + 水分を含む大気

エネルギーについては開放系であるが、
物質については閉鎖系
定常的なエネルギーの流れの中にある



地球のエネルギー収支(パワー収支)

太陽からのエネルギー: 1年間に約 $5.5 \times 10^{24} \text{ J}$

→ そのわずか、**0.2%が大気循環・海流・台風のエネルギー**

太陽エネルギーは大気、地表、海など吸収されるが、
2-3日後に宇宙空間に放出される

化石資源(石油、石炭、天然ガスなど)は太陽エネルギーの「缶詰」
(何百万年前に地球に入射した太陽エネルギーが蓄積されたもの)

人類の生産(消費)するエネルギー(消費速度): 1980年において年間、約 $2 \times 10^{20} \text{ J}$
約10年ごとに倍増!

9. エネルギー消費と地球の熱容量限界・パワー限界

地上の気象現象は太陽エネルギーが転換されたものに過ぎないこと

人類が生産・消費するエネルギー、すなわち最終的には排出する熱(廃熱)が人工的な太陽に匹敵する可能性についての先駆的な指摘

竹内均「自然界のエネルギー」、(東大公開講座「エネルギー」所収)、東大出版会、1974年。

「人工太陽、焦熱地獄」

竹内均「危機にある地球」、東京図書、1975年。第三部「宇宙船地球号のエネルギー」。

人類のエネルギー生産の地球気候への影響の可能性

A. M. Weinberg, *Science*, 18 October 1974, No.4160

大量消費の問題点と熱的限界

チャップマン「天国と地獄」、みすず書房。1980年。特に、5, 6章

「二つの太陽」

森 茂康 「何が地球を狂わすかー異常気象とエネルギーー」
(西日本新聞1980年9月9日版)

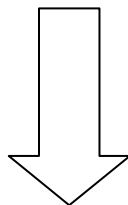
エネルギー消費と熱容量限界

大野陽朗 「総合エネルギー論入門」(1993年、北海道大学図書刊行会)

人類による人工的廃熱源の気候への影響

局地的気候への効果

まずは、竜巻や集中豪雨という小規模な異常気象
大都市におけるヒートアイランド現象



地球規模の気候異変の可能性

「炭鉱のカナリア」となっている現象は何か？