

図解でなっとく太陽電池入門講座

NO1

太陽電池の基礎 1 太陽電池とは何か？

執筆 / 東京理科大学 湯浅 真



コガク

目次

第1分冊 学習のねらい	1
第1週 太陽電池とは	3
1.1 新エネルギーとしての太陽エネルギーとそれを使用する電池	4
1.2 様々な電池の中における太陽電池	11
1.3 太陽電池の誕生とその生い立ち.....	16
1.4 太陽電池およびそのシステム	21
『まとめと練習問題』.....	27
第2週 太陽電池の原理と評価.....	29
2.1 半導体とその性質：シリコンを例に	30
2.2 太陽電池の原理	35
2.3 太陽電池の特性	40
2.4 太陽電池の性能評価	45
『まとめと練習問題』.....	51
第3週 太陽電池の分類と特徴.....	55
3.1 太陽電池の分類と比較.....	56
3.2 シリコン系太陽電池	61
3.3 化合物半導体太陽電池.....	69
3.4 有機化合物系太陽電池.....	75
『まとめと練習問題』.....	79
第4週 太陽電池の利用と今後の進展.....	83
4.1 携帯用，移動体用，交通・災害・救助システム用などとしての太陽電池 ..	84
4.2 住宅用，ビル用などとしての太陽電池	88
4.3 太陽光発電システム用(小規模から大規模まで)としての太陽電池.....	91

4.4 宇宙用としての太陽電池と太陽電池の今後の進展	94
4.4.1 宇宙用としての太陽電池	94
4.4.2 太陽電池の今後の進展	96
『まとめと練習問題』	97
STEP UP	100
参考文献	102
練習問題の解答	104
索引	108

■ 第 1 週 ■

太陽電池とは

【学習のポイント】

第 1 週は、「太陽電池とは」と題して、いわゆる新エネルギーとしての太陽エネルギーを使用する太陽電池、また、様々な電池の中における太陽電池を概説し、この基礎知識について学びます。さらに、太陽電池の誕生とその生い立ちである太陽電池の過去、現在そして未来を眺め、学習してもらいます。そして、太陽電池とそのシステム、さらには、用語などを解説し、太陽電池の基礎事項を理解してもらいます。

1.1 新エネルギーとしての太陽エネルギーとそれを使用する電池

現在、我々の地球上のエネルギー資源^{(*)1}としては、表 1.1¹⁰⁾ に示すように分類され、主に、化石資源を主要なエネルギー資源としています。これにより、電気、ガス、ガソリン、重油などといった我々が利用する形態のエネルギーが生み出されます。

表 1.1 エネルギー資源の分類¹⁰⁾

エネルギー資源の区分	エネルギー資源の種類
(1) 在来型化石資源	石油, 石炭, 天然ガス など
(2) 非在来型化石資源	オイルサンド, オイルシュール, ヘビーオイル, コールベッド メタン, タイトサンドガス, メタンハイドレート など
(3) 核資源	ウラン鉱物, (トリウム鉱物) など
(4) 自然エネルギー	太陽エネルギー, バイオマス, 風力, 海洋 (波力, 海洋温度差, 潮力 (潮汐・潮流)), 地熱 など

しかしながら、(1) および (2) の化石資源、さらに (3) の核資源といったエネルギー資源は、有限で枯渇の危険性を有するものでもあり、これらを採掘しつくせば得ることはできなくなります。たとえば、化石資源の可採残量はあと数 100 年とされています。一例として、図 1.1²¹⁾ 人類のエネルギー消費の歴史と 2100 年までの推移に示します（ここで述べるエネルギーとは一次エネルギー^{(*)2} のことです）。これによると、(1) の在来型化石資源の石油や天然ガスは 2030～2050 年を過ぎる頃に生産のピークを迎えます。もし、それらに続く (2) の非在来型化石資源の生産や供給が難しくければ、一次エネルギーの不足が生じます。実際、図 1.2¹⁸⁾ に 1993～2010 年までの世界および各地域における一次エネルギー需要と予測を示します。OECD や旧東欧の諸国の一次エネルギー需要は増加傾向ですが、それよりも ESECA の諸国（NICS 所属の中南米諸国、中国を含む東アジア、東南アジア諸国等のアジア太平洋地域の諸国）の需要は急増しており、需要の成

(*)1 エネルギー資源とは、自然に存在し、我々が利用する形態のエネルギー（固体、液体、ガス、電力などのエネルギー）を生み出す元になるもので、地中から掘り出せる、空から降ってくる、海に存在しているものです。ですから、水素はエネルギー源ではありますが、エネルギー資源ではありません。

(*)2 基本的に自然界に存在するままの形でエネルギー源として利用されているもので、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料、原子力の燃料であるウラン、そして、水力、太陽、地熱などの自然エネルギーなど、自然から直接得られるエネルギーのことをいいます。これに対して、電気、ガス、ガソリン、重油などの一次エネルギーを変換や加工して得られるエネルギーのことを二次エネルギーといいます。

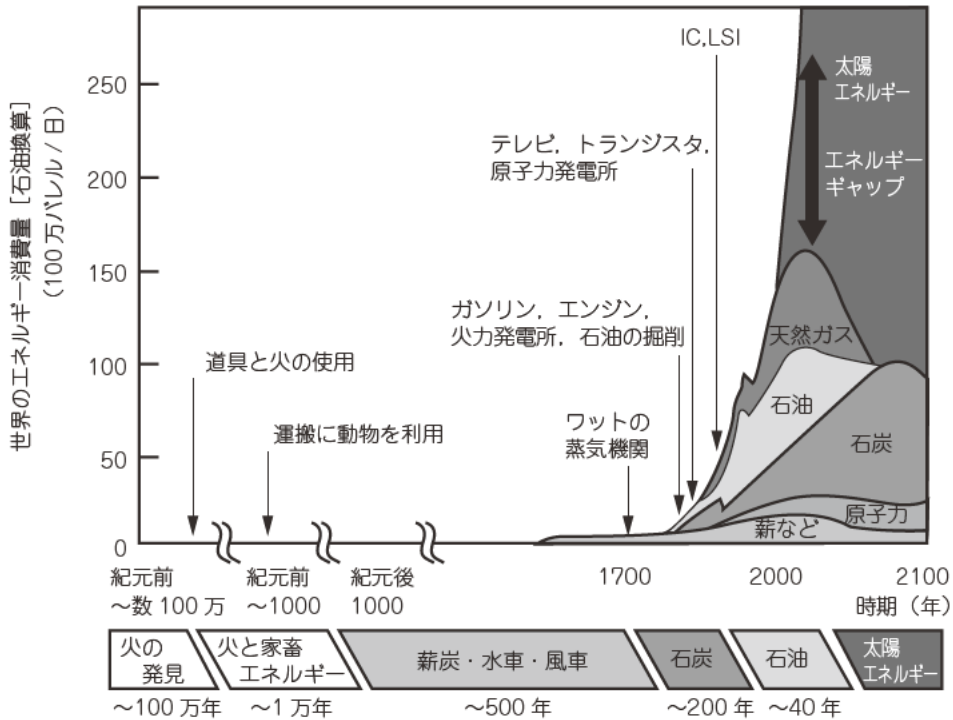


図 1.1 人類のエネルギー消費の歴史と 2100 年までの推移²¹⁾

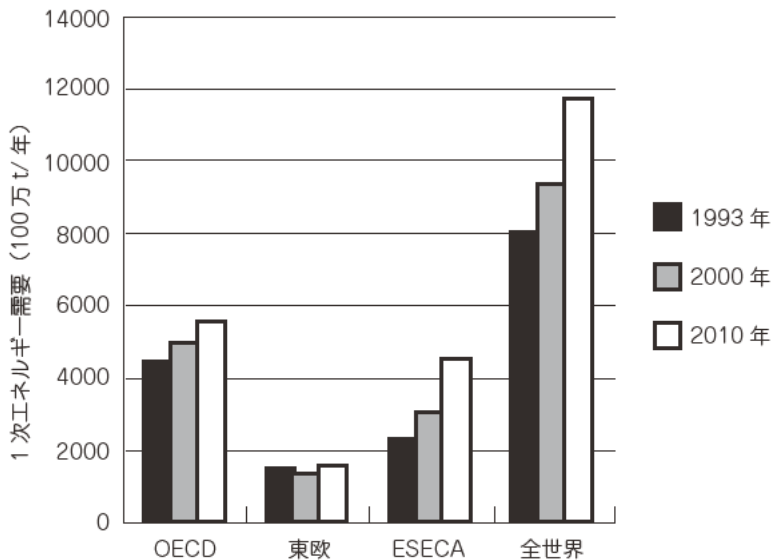


図 1.2 世界および各地域における一次エネルギー需要と予測¹⁸⁾

(原油価格を 2000 年で \$17/バレル, 2005 ~ 2010 年で \$25/バレルと仮定してエネルギー需要を試算しています。ESECA: NICS 所属の中南米諸国, 中国を含む東アジア, 東南アジア諸国などのアジア太平洋地域)

長率は世界平均の2倍にも達しています(1993～2010年の成長率, ESECA 4.2～4.4%, 全世界 2.1～2.4%)。化石資源に依存した文明は持続可能性がないとも言われており, 持続可能な代替エネルギー資源として(4)の自然エネルギーが注目されています。

また, (1)～(3)のエネルギーに対して, (4)の自然エネルギーは, 自然環境の中で繰り返し起こる現象から取り出すエネルギーなので, 再生可能なエネルギーでもあります。一般に, 再生エネルギーは, 有限で枯渇の危険性を有する石油, 石炭, 天然ガスなどの化石燃料や原子力のエネルギーに対比して, 自然環境の中で繰り返し起こる現象から取り出すエネルギーの総称を言います^(*)。再生可能エネルギーには, 表1.1に示される(4)の自然エネルギーと廃棄物の焼却熱利用や発電などのリサイクルエネルギーが含まれます。図1.3²²⁾にG8沖縄サミットで発表された日本における再生エネルギーの導入予測を示します。これによると, 再生エネルギーは順調に成長を続け, 2030年には2000年のおよそ100倍に達すると予測されています。

さらに, (1)～(3)のエネルギー資源による化石燃料や原子力エネルギーの利用は, 大気汚染物質や温室効果ガスの排出, 廃棄物の処理などの点で環境への負荷が大きいことも懸念され, 地球といった環境規模でのクリーンなエネルギーの利用が叫ばれて

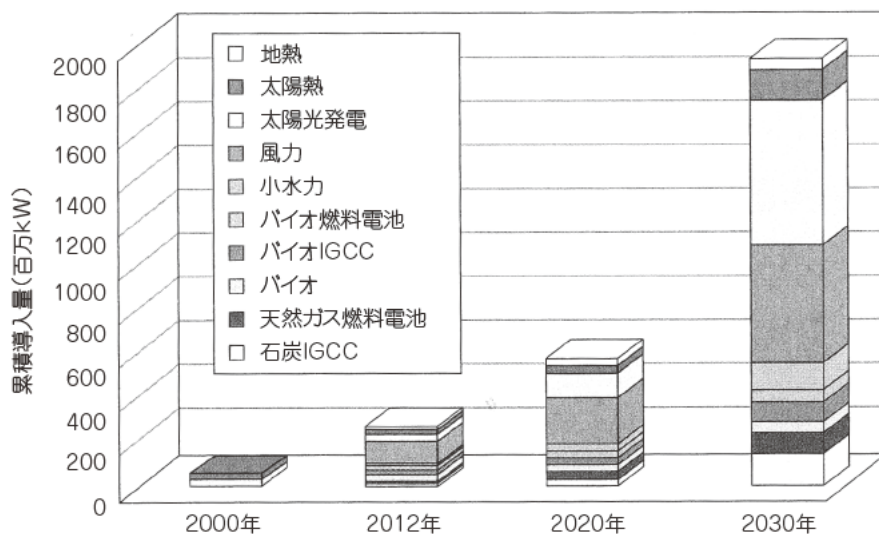


図1.3 日本における再生エネルギーの導入予測²²⁾

(*) 自然環境の中で繰り返し起こる現象から取り出すエネルギーの総称を再生可能エネルギーといいますが, 同義語として, 自然エネルギーという場合もあります。

います。例えば、前述した図 1.2 のように ESECA の諸国の一次エネルギーの需要が続けば、21 世紀において、このアジア太平洋地域は一大エネルギー消費地域になると共に地球上での一大公害発生源になる可能性を秘めています。このような点から、持続可能・再生可能・クリーンな新エネルギー^(*)4)として、(4) の自然エネルギーであるバイオマス、太陽熱利用、雪氷熱利用、地熱発電、風力発電、そして、太陽光発電などがあります。

自然エネルギーは、大別すると表 1.1 のようになりますが、地熱および潮力以外のものはほぼ太陽エネルギー由来のものです。地球は、太陽のようにエネルギーを発生しませんが、現在、冷却過程にあり、地球内部は高温状態にあります。その内部の熱が地熱です。また、月と太陽の重力によって引き起こされるのが、潮力です。太陽は、現在、水素 (H_2) がヘリウム (He) に変換される核融合反応の巨大なフィールドであり、光などの量子力学的に高エネルギーの電磁波を自分自身のエネルギーとして発しています。地球には、太陽の発生する電磁波、すなわち、紫外光、可視光、赤外光などが宇宙というほぼ真空の 150,000,000 km (太陽～地球間の距離) の空間を通過して降り注いでいます。ですから、地球に達する太陽エネルギーは、ほぼ平行光線となり、多くの周波数を有する平面波の集合でもあります。図 1.4¹⁵⁾ に太陽表面での太陽エネルギーのスペクトル (6,000 K の黒体放射スペクトル^(*)5)) と地球の大気圏外および地表上での太陽エネルギーのスペクトルを示します。宇宙における太陽エネルギーは、大気圏に入ると高エネルギー成分である紫外線や青色の可視光が空気分子 (O_2 など) との散乱によって失われ (これが地上から見て空が青く見える理由です)、さらに、大気中の水蒸気分子 (H_2O) などによる吸収を受けるために、最終的に地表に達する太陽光は図 1.4 に示したグレーの部分の差し引いた太い実線のようなスペクトルとなりま

(*)4) 新エネルギーとは、公的には「新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法」(新エネルギー法)において、「新エネルギー利用等」として定義され、同法に基づき政令で指定されるものを指します。現在、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行令」により指定されている新エネルギーには、バイオマス、太陽熱利用、雪氷熱利用、地熱発電、風力発電、太陽光発電などがあり、すべて再生可能なエネルギーです。なお、新エネルギーは、ほぼ国内だけで用いられる用語です。

(*)5) 高温に熱せられた物質からは、さまざまな波長の光の混ざった連続スペクトルが放射されます。特に、放射がガスと同じ温度の熱力学的平衡状態になっているときに放射されるスペクトルのことを黒体放射スペクトルといいます。たとえば、太陽の内部および表面の温度はそれぞれ 10,000,000K および 6,000K で、ガスと放射はほぼ熱力学的平衡状態になっており、太陽から放射されるスペクトルは、ほぼ黒体放射スペクトルで近似できます。そして、宇宙空間や地球大気を通過してくる間に吸収散乱を受けて、黒体放射からずれたものになります。