

原子力発電

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

移動: [案内](#), [検索](#)



必ず、確実な - [信頼できる情報源](#)で[検証可能な情報](#)のみ加筆してください。ブログや SNS、Twitter のように、裏付けの明確でない情報は流言の恐れがありますので加筆しないでください。出典のない記述を繰り返す利用者は**ブロックされる可能性があります**。ご注意ください。また、速報はウィキニュースへお願いします。



[浜岡原子力発電所](#)



[泊発電所](#)



[島根原子力発電所](#)

原子力発電 (げんしりょくはつでん) とは、[核分裂反応](#) によって発生するエネルギーを利用した発電のこと¹⁾。ここでは主に軍事用以外の**商業用**の原子力発電について説明する。

原子力発電は多くの場合、[原子炉](#)内で[原子核反応](#)時に生成される熱エネルギーで[水蒸気](#)を発生させ、[タービン発電機](#)を回転させて**発電**を行う。

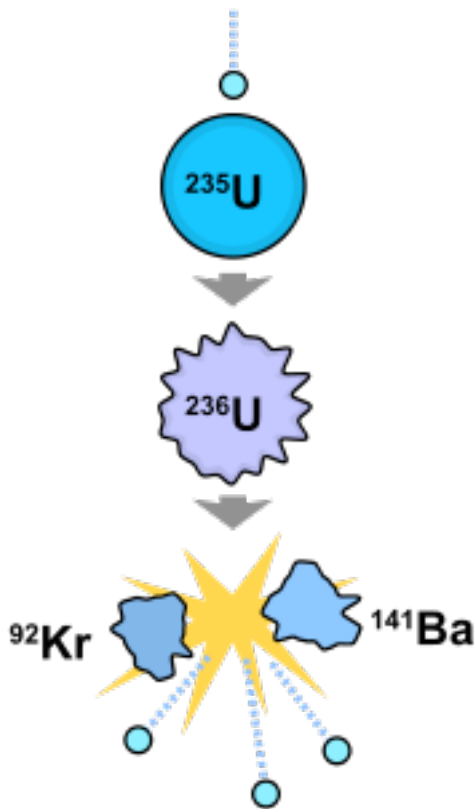
- 原子力発電の**施設**に関しては[原子力発電所](#)を参照
- 核分裂反応を安全に維持する装置については[原子炉](#)を参照
- 核融合炉に関しては[核融合炉](#)を参照
- 軍用の推進機関としての原子炉については[原子力空母](#)、[原子力潜水艦](#)、[原子力船](#)を参照
- 宇宙での核反応を使った発電については[原子力電池](#)を参照
- 原子力関連の事故に関しては[原子力事故](#)を参照

目次

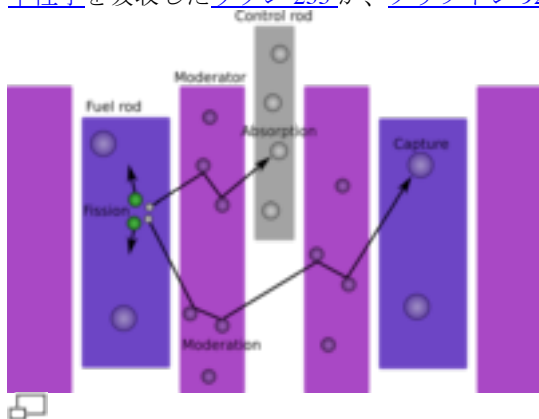
- [1 原理](#)
 - [1.1 核分裂反応](#)
- [2 基本要素](#)
 - [2.1 核燃料](#)
 - [2.2 原子炉](#)
 - [2.3 発電施設](#)
 - [2.4 施設構成](#)
 - [2.5 火力発電所との差異](#)
 - [2.5.1 蒸気](#)
 - [2.5.2 タービン](#)
- [3 歴史](#)
 - [3.1 日本](#)
 - [3.2 略年表](#)
- [4 事故](#)
 - [4.1 原子力事故](#)
 - [4.1.1 炉心溶融](#)
 - [4.1.2 臨界事故](#)
 - [4.2 国際原子力事象評価尺度](#)
- [5 現状](#)
 - [5.1 アメリカ合衆国](#)
 - [5.2 中南米](#)
 - [5.3 ロシア](#)
 - [5.4 ヨーロッパ](#)
 - [5.5 アフリカ](#)

- [5.6 中東](#)
 - [5.7 中国](#)
 - [5.8 日本](#)
 - [5.8.1 発電比率](#)
 - [5.9 世界の原子力発電所開発状況](#)
- [6 今後](#)
 - [6.1 原子力撤廃](#)
 - [6.2 原子力推進](#)
 - [6.3 日本](#)
 - [6.4 原子力産業](#)
- [7 諸議論 \(原子力発電の利点と問題点\)](#)
 - [7.1 利点](#)
 - [7.2 問題点](#)
- [8 データ](#)
 - [8.1 原子力発電とその他の発電コスト試算](#)
 - [8.1.1 経済産業省による試算](#)
 - [8.1.2 米国エネルギー省エネルギー情報局による試算](#)
 - [8.1.3 原子力資料情報室による試算](#)
 - [8.1.4 大島による試算](#)
 - [8.1.5 電力会社が原発建設申請時に提出した試算](#)
 - [8.2 二酸化炭素排出量](#)
 - [8.3 発電所建設費の例](#)
- [9 注釈](#)
- [10 出典](#)
- [11 参考資料](#)
- [12 関連項目](#)
- [13 外部リンク](#)

[\[編集\]](#) 原理




 中性子を吸収したウラン 235が、クリプトン 92とバリウム 141に核分裂した様子。



- : [減速材](#)
- : [燃料棒](#)
- : [制御棒](#)

或る燃料棒中で発生した[高速中性子](#)は減速材中で減速し[熱中性子](#)と呼ばれる状態に変化した後、他の燃料棒へ達する。

原子核反応は[核分裂反応](#)と[核融合反応](#)の2種類の反応に大別する事が出来る。しかし、核融合反応の利用は実用段階にはなく、現在原子力エネルギーとして実用化されているのは核分裂反応のみである。そのため、単に原子力発電と言う場合には核分裂反応時に生成されるエネルギーを元にした発電方法を指す。

原子力発電の仕組みを簡単に表現すると、核分裂反応で発生する[熱](#)を使って[水](#)を[沸騰](#)させ、その[蒸気](#)で[蒸気タービン](#)を回す事で[発電機](#)を回して発電していると言える。[火力発電](#)の場合は[石油](#)や[石炭](#)、[液化天然ガス](#)といった[化石燃料](#)を燃やして熱を作り出して蒸気を発生させ、その蒸気で蒸気タービ

ンを回す事で発電機を回して発電を行っている。つまり、原子力発電と火力発電は、発生した蒸気でタービンを回し発電機で発電するという点で、同じ仕組みを利用していると言える。このような蒸気でタービン発電機を回転させ、電力へ変換する発電方法を[火力発電](#)と言う。ただ、火力発電と原子力発電ではタービンを回すまでの過程は大きく異なり、またタービンの形式等も異なる。火力発電所との詳細な相違点については[後述](#)する。

[編集] 核分裂反応

詳細は「[核分裂反応](#)」を参照

原子力発電は先述した通り、核分裂反応を利用した発電である。核分裂反応とは、何らかの要因で[中性子](#)を捕捉した[原子](#)が2つないしそれ以上に分裂する事である。[ウラン 235](#)の中性子吸収に起因する核分裂反応を例にとると、以下の様に記述する事が出来る。



つまり、ウラン 235 の核分裂の結果、核分裂片以外にも 2 - 3 個の中性子が発生するのである。この核分裂反応で発生した中性子は、他のウラン 235 に吸収され順々に核分裂反応が起こっていくことになる。この反応を[核分裂連鎖反応](#)と言い、連鎖反応の進展程度を示す増倍係数 k が 1.0 以下の状態を未臨界、1.0 の状態を[臨界](#)、1.0 以上の状態を超臨界と言う。尚、中性子を吸収したウラン 235 は必ず核分裂を起こす訳ではなく、15%程度の確率で γ 線を放出し、[ウラン 236](#) のまま基底状態に陥る事がある。

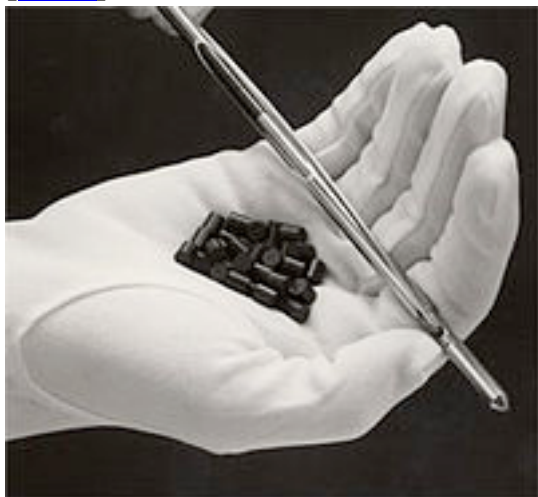
また、核分裂反応時は反応前の質量よりも反応後の質量の方が小さくなる。この質量差が $E=mc^2$ の関係式に基づき、膨大なエネルギーへと変わっている。このエネルギーの殆どは[熱エネルギー](#)へと変わり、原子力発電ではこの熱エネルギーを元に発電するのである。[核燃料](#)中からの熱除去及び発電のプロセスに必要な要素が[冷却材](#)である。

核分裂反応で発生する[中性子](#)は平均エネルギー約 1 MeV であり、[高速中性子](#)と呼ばれる。[熱中性子炉](#)では高速中性子を核分裂反応を起こし易い、平均エネルギー約 0.05 eV の[熱中性子](#)と呼ばれる状態まで減速させる必要がある。減速は中性子と軽い[原子核](#)との弾性衝突により行われ、この目的を果たすために必要な要素が[減速材](#)である。

尚、核分裂反応の結果発生する中性子の大半は核分裂と同時に発生する即発中性子である。しかし、[核分裂片](#)の中には崩壊の途中で中性子を発する物があり、これは遅発中性子と呼ばれる。遅発中性子は原子炉内の全中性子の 0.65% を占めるのみではあるが、遅発中性子がある事により外乱等に対する[制御](#)がし易くなっている。

[編集] 基本要素

[編集] 核燃料

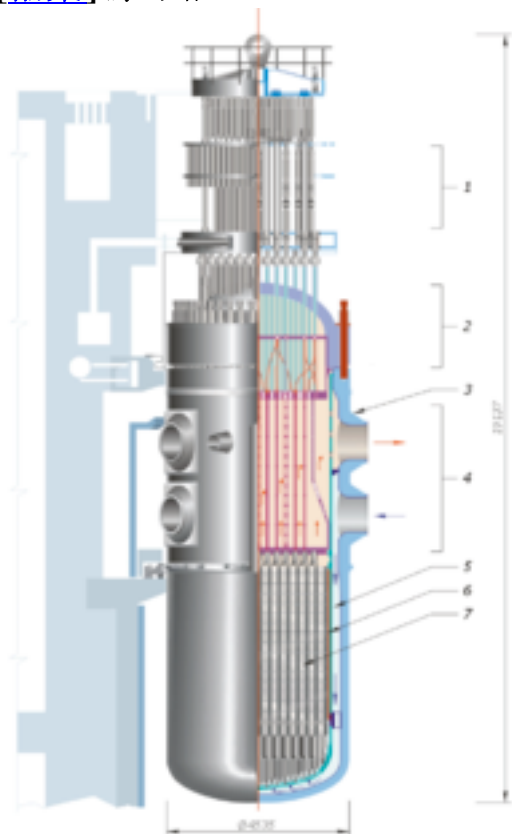


 [燃料ペレット](#)

詳細は「[核燃料](#)」を参照

原子には、中性子を捕捉して[分裂する物](#)と、捕捉しても分裂しない物があることが知られている。分裂する物として代表的なものは、[ウランの放射性同位体](#)である[ウラン 235](#)、[プルトニウム 239](#)である。しかし、プルトニウム 239 は天然にはごく微量しか存在しないため、核燃料としてはウラン 235 が使われる。このウラン 235 は天然[鉱石](#)である[閃ウラン鉱](#)に含まれる。しかしこの中にはウラン 235 が 0.7%程度しか含まれていないため、21 世紀初頭現在の一般的な原子炉で核燃料として利用するには、[ウラン濃縮](#)工程と呼ばれるウラン 235 の濃縮作業が必要となる。また、分裂しない物としては、[ウラン 238](#)が知られている。ウラン 238 は、中性子を捕捉することによってプルトニウム 239 に転換でき、[これを核燃料として使用](#)することができる。

[編集] 原子炉



加圧水型原子炉の[原子炉压力容器](#)の模式図

1. 制御棒駆動装置
2. 原子炉上蓋
3. 原子炉压力容器本体
4. 一次冷却水の入出口
5. 一次冷却水流路
6. 炉心バッフル
7. [炉心](#)

詳細は「[原子炉](#)」を参照

原子力発電における核分裂反応において必要なことは、核分裂反応を制御することである。核分裂反応の制御とは、開始、持続（臨界）、そして停止である。原子力発電においては、これらが自由に制御されなければならない。この、核分裂反応を制御できるということが原子力発電と[原子爆弾](#)を分ける大きな違いである。そして核分裂反応を制御する装置が原子炉である。

原子力発電に使用される[原子炉](#)には様々な種類がある。原子炉の種類は、[減速材](#)と呼ばれる中性子の制御を行う素材と、[冷却材](#)と呼ばれる原子炉から熱を運び出す素材の2つによって分類される。減速材としては、[黒鉛](#)、[重水](#)、[軽水](#)^[注釈]などがある。冷却材としては、炭酸ガスや窒素ガスなどの

ガス、重水、軽水などがある。現在の日本の商用原子力発電では、減速材、冷却材のどちらとも軽水を使用している。これは軽水炉と呼ばれる。

核分裂炉を、用いる減速材で分類すると以下のように分けられる。

軽水炉

加圧水型原子炉 - 沸騰水型原子炉

重水炉

CANDU 炉 - 新型転換炉 - ガス冷却重水炉

黒鉛炉

黒鉛減速ガス冷却炉 - 黒鉛減速沸騰軽水圧力管型原子炉 - 溶融塩原子炉

高速炉

高速増殖炉

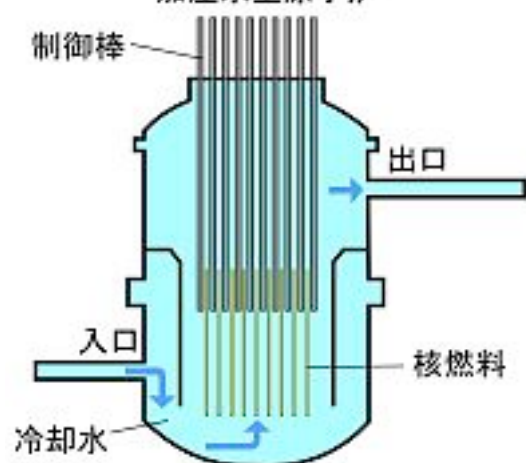
[編集] 発電施設



チェコ、Dukovany 原子力発電所。冷却塔から廃熱のための蒸気が出ている。

Pressurized Water Reactor

加圧水型原子炉

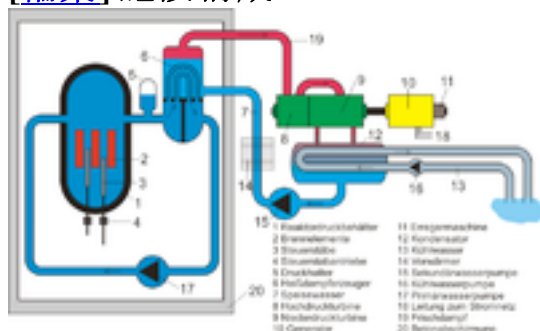


加圧水型原子炉

原子力発電は、核分裂反応で発生する熱を使って水を沸騰させ、その蒸気で蒸気タービンを回すことで発電機を回して発電する。一方、火力発電では石油や石炭、液化天然ガスといった化石燃料を燃やして熱を作り出して蒸気を発生させ、発電を行っている。つまり、原子力発電と火力発電では、発生した蒸気でタービンを回し発電機で発電するという点で、同じ仕組みを利用しているといえる。原子力発電所の象徴として、冷却塔の写真が使われることが多いが、これは発電に使用できなかった余りの熱を外部へ水蒸気として排出するためのものである。蒸気による発電では、熱力学第二法則により、発生した熱のすべてを電気エネルギーに変換することは出来ず、必ずある程度の廃熱が発生してしまうことが分かっている。冷却塔はその廃熱を処理するためのものである^{[[注釈 2](#)]}。一部の

原子力発電所は海や川のそばに建設し、熱を温水の形で海や川に排出することで冷却塔を省いている。日本国内の原子力発電所は全てこのようにして冷却塔の必要がない構造となっている。

[編集] 施設構成



加圧水型原子炉の模式図

1. [原子炉圧力容器](#)
2. [燃料棒](#)
3. [制御棒](#)
4. 制御棒駆動装置
5. 加圧器
6. [蒸気発生器](#)
7. 低温の二次冷却水
8. [高圧蒸気タービン](#)
9. [低圧蒸気タービン](#)
10. [タービン発電機](#)
11. 励磁機
12. [復水器](#)
13. 冷却水
14. イオン交換器
15. [二次冷却水循環ポンプ](#)
16. [冷却水供給ポンプ](#)
17. [一次冷却水循環ポンプ](#)
18. 電力配線
19. [蒸気](#)
20. [原子炉格納容器](#)

[汽力発電](#)の一種である原子力発電も原理は[ランキンサイクル](#)であるため、作動流体である[冷却材](#)のサイクルを形成する[原子炉](#)、[蒸気タービン](#)、[復水器](#)、[ポンプ](#)が中心となる。

またこの他にも補助的な役割を果たす多くの機器や設備が必要となる。

軽水炉を使用する原子力発電所の敷地内における施設、機器の構成の概要は以下のようになっている。


- 原子炉建屋
 - [原子炉格納容器](#)
 - 燃料交換機
 - 燃料貯蔵プール
 - [原子炉圧力容器](#)
 - [制御棒](#)
 - [燃料集合体](#)
 - [燃料被覆管](#)
 - [燃料ペレット](#)
- 原子炉補助建屋
 - [放射性廃棄物処理設備](#)
 - 中央制御室
- [タービン建屋](#)

- [蒸気タービン](#)
- [タービン発電機](#)
- [変圧器](#)
- [送電線](#)
- 非常時発電機
- 固体廃棄物貯蔵庫
- 取水口
- 排水口


原子力発電プラントで特徴的な設備は[気体](#)、[液体](#)、[固体](#)の[放射性廃棄物処理設備](#)や[放射線](#)を検出するための環境センサー類、放射線管理区域の出入りを管理する設備である。

[編集] 火力発電所との差異



 [横浜火力発電所](#)



 [タービン発電機](#)

一般的には、分かりやすく「原子力発電所でも火力発電所でも、蒸気タービンによる発電方式ということでは同じである」と説明されることがある。しかし、厳密には以下の点で違いがある。

[編集] 蒸気

タービンを回す蒸気が原子力発電所では約 284 度、6.8 MPa (メガパスカル)^[1]であり、石炭火力発電所の蒸気の約 600 度、25 MPa^[2]よりも温度、圧力が低く設計されている。この理由は、核燃料棒の被覆に使われている [ジルコニウム](#) が比較的高温に弱いために^[3]一次冷却水を高温には出来ないためである。また、火力発電所では[超臨界流体](#)である超臨界蒸気を使用されている。超臨界流体とは、液体の性質と気体の性質を持った非常に濃厚な蒸気であり、熱を効率良く運ぶことが出来るが高温高圧状態が必要なため、原子力発電ではこれを利用することは現在は出来ない。これらの理由から一般的な火力発電所の熱効率は約 47 %程度^[4]であるのに対し、21 世紀初頭現在の原子力発電における熱効率は約 30 %程度である^[5]。尚、冷却材に超臨界流体である超臨界圧軽水を用いた[超臨界圧軽水冷却炉](#)が現在研究中であり、これを原子力発電に用いれば熱効率は 45 %程度まで上昇すると考えられている^[6]。

[編集] タービン

原子力用タービン発電機は4極であるため、回転数は1500 rpm又は1800 rpm。火力用タービン発電機は通常2極であるため3000 rpm又は3600 rpmである^[1]。

詳細は「[タービン発電機](#)」を参照

[編集] 歴史



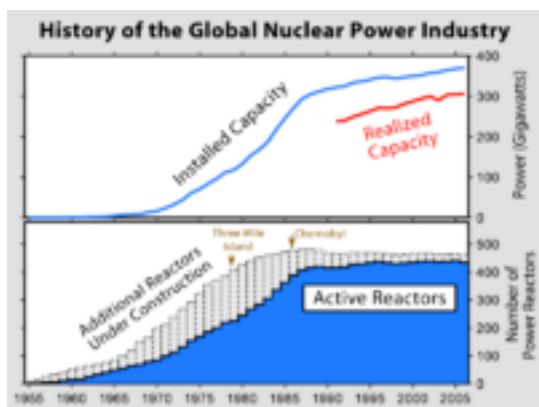
アメリカ、EBR-I 世界初の原子力発電を行った発電所



イギリス、コルダールホール発電所



アメリカ、 SHIPPINGPORT 原子力発電所



世界の原子力発電の推移グラフ。

上段: 発電容量

下段: 発電所数



アメリカ、スリーマイル島原子力発電所



日本、東海発電所

1930年代に人類は核エネルギーを発見した。その最初の実用化は1945年の原子爆弾の開発であった。次に実用化されたのは潜水艦の動力炉であった。原爆の開発からわずか9年後の1954年に最初の原子力潜水艦が進水している。軍事用に開発された原子炉を民間に転用するところから原子力発電は始まった^[9]。

史上初の原子力発電は、1951年、アメリカ合衆国の高速増殖炉 EBR-I で行われたものである^[9]。この時に発電された量は、200 W の電球を4個灯しただけであった^[10]。

本格的に原子力発電への道が開かれることとなったのは、1953年12月8日にドワイト・D・アイゼンハワー大統領が国連総会で行った原子力平和利用に関する提案、「Atoms for Peace」がその起点とされている。これは、従来核兵器だけに使用されてきた核の力を、原子力発電という平和利用に向

けるという大きな政策転換であった。アメリカではこの政策転換を受け、[1954年](#)に原子力エネルギー法が修正され、[アメリカ原子力委員会](#)が原子力開発の推進と規制の両方を担当することとなった^[141]。

[1954年6月27日](#)、[ソビエト連邦](#)の[モスクワ郊外オブニンスク](#)にあるオブニンスク原子力発電所が、実用としては世界初の原子力発電所として発電を開始し^[142]、5 MW の発電を行った。

[1955年](#)に、原子力平和利用国際会議が開催され、原子力技術の発展について討議した^[143]。

[1956年](#)に、世界最初の商用原子力発電所として[イギリスセラフィールド](#)の[ユールダーホール原子力発電所](#)が完成した^[144]。出力は 50 MW であった。アメリカでの最初の商用原子力発電所は、[1957年](#)12月に[ペンシルベニア](#)に完成した[シッピングポート原子力発電所](#)である。

[1957年](#)には[欧州経済共同体](#) (EEC) 諸国により[欧州原子力共同体](#) (ユーラトム) が発足した。同年に[国際原子力機関](#) (IAEA) も発足した^[144]。

原子力発電初期のキャッチフレーズは、「Too cheap To meter」であった。これは、「原子力発電で作った電気はあまりに安すぎるので、計量する必要がないほどだ」、という意味である^[145]。原子力発電はそれだけ安く大量に電気を供給できるものと期待されていた。しかし現実はそのようではなかった。バックアップ装置の増設等により、建設費が高騰したのだ^[145]。原子力発電は他の発電に比べて設備費の割合が非常に大きいため、建設費が高騰するとその影響がより大きくなってしまった。

[1974年](#)には、[アメリカ原子力委員会](#) (AEC) が推進と規制の両方を担当する事への批判から、AEC を廃止し、推進を[エネルギー研究開発管理部](#) (ERDA)、規制を原子力規制委員会 (NRC) に分割することとなった^[144]。

[1974年](#)に、[ノーマン・ラスムッセン教授](#)を中心とした原子炉安全性研究において示されたラスムッセン報告により、[確率論](#)を基礎にした原子力発電の安全性に関する理論が推進の立場から広く語られるようになった。これによれば、大規模事故の確率は、原子炉 1 基あたり 10 億年に 1 回で、それはヤンキースタジアムに隕石が落ちるのを心配するようなものであるとされたのである^[146]。現在の原子力発電は、この理論を応用した[多重防護](#)というシステムを基に設計されている^[147]。

[1977年](#)、アメリカでは[民主党](#)の[ジミー・カーター](#)政権が誕生した。カーター政権は 1977 年 4 月に核拡散防止を目的として[プルトニウム](#)の利用を凍結する政策を発表した。これによりアメリカでは高速増殖炉の開発が中止され、[核燃料サイクル](#)が中止された。これ以降アメリカでは核燃料は[再処理](#)されず、基本的にワンスルー利用されるものとなった^[148]。

[1979年3月28日](#)、[スリーマイル島原子力発電所事故](#)が発生した。この事故は、世界の原子力業界に大きな打撃を与えた。特にアメリカ国内では先述した建設費用の高騰と合わせる形での事件であったため、原子力発電の新規受注は途絶えた^[149]。

続いて [1986年](#)には人類史上最悪の原子力事故である[チェルノブイリ原子力発電所事故](#)が発生。これにより原子力のリスクに対する大衆の認識は大幅に上がることになった^[140]。

[編集] 日本

[1945年](#) 8 月の[第二次世界大戦](#)敗戦後、[日本](#)では[連合国](#)から原子力に関する研究が全面的に禁止された^[注釈 3]。しかし [1952年](#) 4 月に[日本国との平和条約](#) (サンフランシスコ講和条約) が発効したため、原子力研究は解禁されることとなった^[141]。

日本における原子力発電は、[1954年](#) 3 月に当時[改進黨](#)に所属していた[中曽根康弘](#)、[稲葉修](#)、[齋藤憲三](#)、[川崎秀二](#)らにより原子力研究開発予算が国会に提出されたことがその起点とされている。この時の予算 2 億 3500 万円は、ウラン 235 にちなんだものであった^[121]。

[1955年12月19日](#)に[原子力基本法](#)が成立し、原子力利用の大綱が定められた。この時に定められた方針が「民主・自主・公開」^[注釈 4]の「原子力三原則」であった^[121]。そして基本法成立を受けて [1956年1月1日](#)に[原子力委員会](#)が設置された^[124]。初代の委員長は[読売新聞社](#)社主でもあった[正力松太郎](#)である^[125]。正力は翌 [1957年4月29日](#)に原子力平和利用懇談会を立ち上げ、さらに同年 [5月19日](#)に発足した[科学技術庁](#)の初代長官となり、原子力の日本への導入に大きな影響力を発揮した。このことから、正力は日本の「原子力の父」とも呼ばれている。

[1956年](#) 6 月に[日本原子力研究所](#)、現・独立行政法人[日本原子力研究開発機構](#)が[特殊法人](#)として設立され、研究所が[茨城県東海村](#)に設置された^[126]。これ以降、東海村は日本の原子力研究の中心地となっていく。

[1957年11月1日](#)には、[電気事業連合会](#)加盟の 9 電力会社^[注釈 5]および[電源開発](#)の出資により[日本原子力発電株式会社](#)が設立された^[127]。

日本で最初の原子力発電が行われたのは [1963年10月26日](#) で、東海村に建設された実験炉である JPDR が初発電を行った。これを記念して毎年10月26日は [原子力の日](#) となっている^[28]。尚、日本に初めて設立された商用原子力発電所は同じく東海村に建設された [東海発電所](#) であり、運営主体は日本原子力発電である。原子炉の種類は世界最初に実用化された [イギリス製の黒鉛減速炭酸ガス冷却型原子炉](#) であった。しかし経済性等の問題^[29]によりガス冷却炉はこれ1基にとどまり、後に導入される商用発電炉はすべて [軽水炉](#) であった。[2011年](#)には、[3月11日](#)に発生した [東北地方太平洋沖地震](#) に起因する [福島第一原子力発電所事故](#) が発生した。[国際原子力事象評価尺度](#) に基づく評価は確定していないが、[原子力安全・保安院](#) による暫定評価は最悪のレベル7となっており、日本における最大規模の原子力事故である^[30]。

[編集] 略年表

- [1895年](#) - [放射線](#)の発見^[9]。
- [1939年](#) - [原子核分裂](#)の発見^[9]。
- [1951年](#) - 世界初の原子力発電が [EBR-I](#) で実施^[9]。
- [1953年](#) - [Atoms for Peace](#) 提案^[44]。
- [1954年](#) - [ソビエト連邦](#)のオブニンスク原子力発電所発電開始^[42]。
- [1955年](#) - [原子力基本法](#)が成立^[31]。
- [1956年](#) - 初の商用原子力発電所、[イギリス](#)のコルダーホール発電所運転開始^[44]。
- [1957年](#) - [国際原子力機関](#)発足^[44]。
- [1963年](#) - 日本初の原子力発電実施^[44]。
- [1966年](#) - 日本初の原子力発電所、[東海発電所](#)完成^[9]。
- [1974年](#) - [アメリカ原子力委員会](#)分割^[11]。
- [1979年](#) - [スリーマイル島原子力発電所事故](#)発生^[20]。
- [1986年](#) - [チェルノブイリ原子力発電所事故](#)発生^[20]。
- [1999年](#) - [東海村 JCO 臨界事故](#)発生^[32]。
- [2006年](#) - [国際原子力パートナーシップ](#)発表^[33]。
- [2011年](#) - [福島第一原子力発電所事故](#)発生

[編集] 事故

詳細は「[原子力事故](#)」を参照

[編集] 原子力事故



チェルノブイリ原子力発電所と多数の犠牲者をいたむ記念碑



[福島第一原子力発電所事故](#)

臨界状態は、**核分裂反応**が連鎖している状態であるが、仮にこの連鎖反応が一気に進むと、エネルギーの発生も一度に起こり、発生する高熱と強力な**放射線**が周辺に放たれてしまう。これが**核爆発**である。ただし、現在の発電用原子炉で核爆発が起きることは全く無い^[14]とされ、起こり得る事故は以下のようなものとなる。

[編集] 炉心溶融

詳細は「**炉心溶融**」を参照

原子力発電所で起こり得る最悪の事故としては**炉心溶融** (メルトダウン) が挙げられる。これは、**原子炉**の炉心冷却が不十分な状態が続いた結果、若しくは炉心の異常な出力上昇の結果、炉心温度が上昇して**溶融**に至る事故である^[15]。最悪の場合は、水素爆発や水蒸気爆発などを誘発し、原子炉圧力容器、原子炉格納容器、原子炉建屋等を破壊し、原子力発電所の外に**放射性物質**を大量に拡散させる恐れがある^[16]。

炉心溶融を防止するために、現在は冷却材喪失事故の防止策として**非常用炉心冷却装置**等の設置^[17]、また異常な出力上昇の防止策として原子炉に自己制御性を持たせている^[18]。

しかし、現在までに3件以上の事例が記録されており、最も深刻な**チェルノブイリ原子力発電所事故**では広範囲に放射性物質を拡散させた。また、2011年3月の**福島第一原子力発電所事故**では1、2、3号炉で**炉心溶融**が発生していると考えられている^[19]。

[編集] 臨界事故

臨界事故とは、**制御棒の予期せぬ引き抜け**等により想定外の臨界状態になる (持続的な核分裂反応が始まってしまう) ことである。**1978年11月2日**に**福島第一原子力発電所**3号機で発生した事例がある。

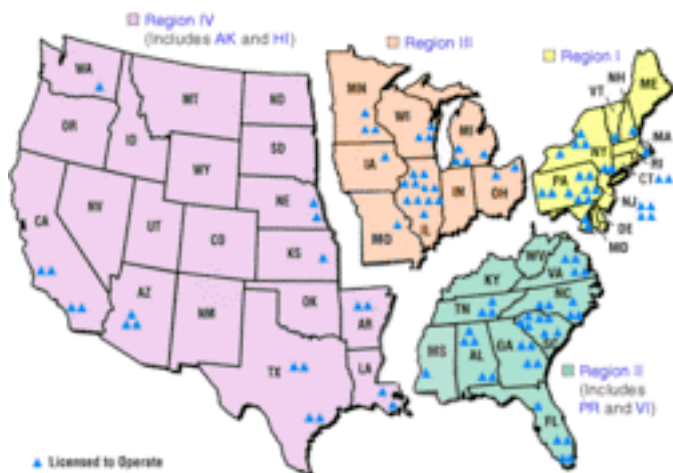
[編集] 国際原子力事象評価尺度

原子力発電所の事故、故障は**国際原子力事象評価尺度**に照らされ、0-7のレベル (8段階) に分けられることになっている。**放射線被曝**を伴わない事故の場合でも安全管理不適切と判断され、レベル1以上になることがある^[40]。

[編集] 現状



揚水発電所の例。 **電源開発沼原発電所**。右に位置する皿状の池は上池とするために設けられた人造湖である。

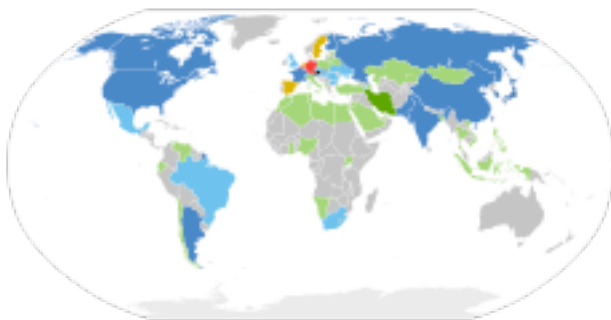


▲ Licensed to Operate

Note: There are no commercial reactors in Alaska or Hawaii.

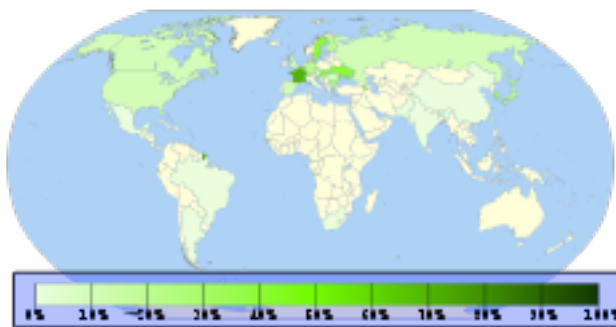


アメリカ合衆国で稼働中の原子力発電所



原子力発電の現状: 2009年

- 青: 原子力発電を実施中で新規建設も実行中の国。
- 水: 原子力発電を実施中で新規建設を計画中の国。
- 緑: 原子力発電を実施していないが新規建設中の国。
- 薄緑: 原子力発電を実施していないが新規計画中の国。
- 橙: 原子力発電を実施中。
- 赤: 原子力発電を実施中だが段階的に廃止予定の国。
- 黒: 商用原子力発電が認可されていない国。
- 灰: 原子力発電を実施していない国。



各国の原子力発電比率

2010年の時点で、世界30の国・地域で432基の原子力動力炉が運転されており、同時点での発電容量は3億8,915万6,000kW(グロス値)である^{[注釈6][41]}。

以下に各地域の原子力発電の現状を記載する。

[編集] アメリカ合衆国

[アメリカ合衆国](#)は最も多くの量の原子力発電を行っており^[42]、原子力発電によってアメリカ国内の総電力の20%を賅っている^[43]。

[編集] 中南米

2005年12月の時点で[中南米](#)で原子炉を運転している国は[メキシコ](#)、[アルゼンチン](#)、[ブラジル](#)の3ヶ国である。尚、[キューバ](#)は1983年に原子力発電所の建設を開始した事があったが、資金面の影響により1992年に工事を中断し、現在に至っている^[44]。

[編集] ロシア

[ロシア](#)で運転している原子炉は計27基2.319万kW^[45]、2005年の発電量に占める原子力発電の割合は15.8%^[46]。ロシアでの問題は老朽化である。運転中の原子炉の内、6割が老朽化していると言われている^[47]。

[編集] ヨーロッパ

[ヨーロッパ](#)全体での発電量に占める原子力発電の割合は2009年の時点で28%^[48]。[欧州連合](#) (EU)での原子力政策はEU加盟の各国によって違いがあり、[ノルウェー](#)、[アイスランド](#)、[ポーランド](#)、[イタリア](#)等の国では原子力発電は行われていない^[49]。反対に[フランス](#)は発電量に占める原子力発電の割合が世界で最も高い国である。59基もの原発が稼動しており^[48]、総電力の約80%もの電気エネルギーを原子炉から得ている^[43]。2007年には国内純発電量の12.4%に相当する電力を輸出している^[49]。また、[ベルギー](#)では2004年の時点で7基の原子炉を使用しているが、既に2003年1月に脱原子力法が議会で可決・成立しており、2025年までに原発を廃止するとしている^[50]。

[編集] アフリカ

[アフリカ](#)地域の1人あたりの電力使用量は先進国と比べるとまだまだ低い水準であり^[51]、原子力発電を実施している国は[南アフリカ共和国](#)ただ1国である。実施は1984年。発電量に占める原子力発電の割合は2005年の実績では5.5%であった^[52]。その他、[エジプト](#)、[ケニア](#)、[ナイジェリア](#)といった国々が2011年2月時点では原子力発電の導入を検討しているとされた^[53]。

[編集] 中東

[中東](#)地域では[イラン](#)のブシェール原子力発電所が唯一の稼動中の原子力発電所である^[54]。しかし、[トルコ](#)^[55]、[アラブ首長国連邦](#) (UAE)^[56]で原子力発電所の新規建設が決定されている。

[編集] 中国

[中華人民共和国](#)における原子力発電は1994年に開始されたばかりで、後発国といえる。2003年の発電量に占める原子力発電の割合は1.5%となっている^[57]。

[編集] 日本

日本の原子力発電は、[経済性](#)や[安全性](#)から[軽水炉](#)の2つのタイプ、[沸騰水型原子炉](#) (BWR) と[加圧水型原子炉](#) (PWR) が使われている。また、需要に合わせた電気出力の増減、負荷追従運転は行わず、常時一定の電力供給を専門としている。

2010年現在、[日本](#)における電力量の約23%を原子力が担っている^[43]。一次エネルギーとしての原子力エネルギーは電力事業のみであり、日本での一次エネルギーに対する割合は2002年の時点で15%程度となっている^[58]。

また、2010年3月に営業運転期間が40年に達した[敦賀発電所](#)1号機をはじめ、長期運転を行う原子炉が増加する見込みであることから、これらの安全性の維持が課題となっている、と指摘された(2010年11月時点)^[59]。

[編集] 発電比率

日本の各電力会社での全発電量(売買電力量を含む)に占める/占めていた原子力発電比率(2009年前後)は以下の通り。

- [北海道電力](#): 約40%^[60]
- [東北電力](#): 約16%^[61]
- [東京電力](#): 約23%^[62]
- [中部電力](#): 約15%^[63]
- [北陸電力](#): 約33%^[64]
- [関西電力](#): 約48%^[65]

- [中国電力](#): 約 8 %^[66]
- [四国電力](#): 約 38 %^[67]
- [九州電力](#): 約 41 %^[68]
- [沖縄電力](#): 0 %^[69]

[編集] 世界の原子力発電所開発状況

詳細は「[原子力発電所](#)」を参照

31ヶ国中上位15ヶ国を掲載。2007年のデータ^[45]。

- [アメリカ合衆国](#): 104基 10,606万kW
- [フランス](#): 59基 6,602万kW
- [日本](#): 55基 4,958万kW
- [ロシア](#): 27基 2,319万kW
- [ドイツ](#): 17基 2,137万kW
- [大韓民国](#): 20基 1,772万kW
- [ウクライナ](#): 15基 1,384万kW
- [カナダ](#): 18基 1,343万kW
- [イギリス](#): 19基 1,195万kW
- [スウェーデン](#): 10基 938万kW
- [中華人民共和国](#): 11基 912万kW
- [スペイン](#): 8基 773万kW
- [ベルギー](#): 7基 612万kW
- [台湾](#): 6基 516万kW
- [インド](#): 17基 412万kW

世界合計: 435基 39,224万kW

[編集] 今後



 [核融合](#)の実験施設である[国際熱核融合実験炉](#)の炉心モデル



第四世代原子炉に挙げられる[高速増殖炉](#)の「もんじゅ」



核燃料サイクルの概念図。

1. [閃ウラン鉱](#)の採掘
2. 発電所から[再処理工場](#)へ
3. 地層処分
4. 発電所の燃料へ再加工

現在、世界的には2つの流れがある。すなわちエネルギー源としての原子力の利用を[削減](#)、[廃止](#)していこうとする流れと、エネルギー源としての原子力の利用を[推進](#)していこうとする流れである。

[編集] 原子力撤廃

詳細は「[原子力撤廃](#)」を参照

[ベルギー](#)では2003年1月に脱原子力法が成立し、2004年に7基あった原子炉を2025年までに全廃することになっている^[50]。また、2011年3月の福島原発事故後、ドイツ、スイス、イタリアが脱原発に踏み出した^[20]。

[スウェーデン](#)、[イギリス](#)は脱原子力を過去に目指していたものの、地球温暖化等の問題によりその政策を見直した^[21]。

[編集] 原子力推進

詳細は「[国際原子力パートナーシップ](#)」を参照

一方、アメリカは2006年に輸入化石燃料への依存量を減らすなど幾つかの目的を持つ新しいエネルギー政策「国際原子力パートナーシップ」を発表。日本、フランス、[中華人民共和国](#)、[ロシア](#)などとの協力によってこの政策を推進してゆくことを発表した。

2007年には[オーストラリア](#)、[ブルガリア](#)、[ガーナ](#)、[ハンガリー](#)、[ヨルダン](#)、[カザフスタン](#)、[リトアニア](#)、[ポーランド](#)、[ルーマニア](#)、[スロベニア](#)、[ウクライナ](#)、イタリア、[カナダ](#)、[大韓民国](#)がこの計画への参加を表明している。

この計画の中心となるのは[核燃料サイクル](#)と[超臨界圧軽水冷却炉](#)、ナトリウム冷却高速炉、鉛合金冷却高速炉、超高温ガス炉、ガス冷却高速炉、[熔融塩原子炉](#)といった第4世代原子炉^[72]である。また、[本質的に安全な原子力発電プラント](#)や[核融合炉](#)の開発、[海水淡水化](#)、[暖房](#)供給への利用等の研究が現在も世界各国で続けられている。また、[トリウム232](#)を[ウラン233](#)へと転換させ、核燃料として利用する、[トリウムサイクル](#)の実用化に向けた研究も行われている^[73]。

また2008年7月の[第34回主要国首脳会議](#)（洞爺湖サミット）に際して行われたG8エネルギー大臣会合関連ではエネルギー供給源の多様化等の観点から、原子力発電の重要性を確認した^[74]。

2010年6月に[2010年日本APEC](#)の一貫として[福井市](#)で開かれたエネルギー担当相会合（EMM）では、域内での温室効果ガス排出削減や省エネ製品の普及などで協力することを盛り込んだ議長声明を採択した。同声明は「エネルギー安全保障に向けた低炭素化対策に関する福井宣言」と題される。声明ではAPECとして初めて、[原子力発電所](#)が温暖化対策に貢献することを認め、建設促進を盛り込んだ^[75]。

国際原子力パートナーシップ参加国以外では、[アラブ首長国連邦](#)（UAE）^[76]や[ベトナム](#)^[77]などが原子力発電所の建設計画を持っている。UAEは2020年頃の稼働開始を目指した他、ベトナムは2030年までに原子炉14基を稼働させる計画を明らかにした（2010年6月時点）^[78]。

[編集] 日本

経済産業省の総合資源エネルギー調査会電気事業分科会の原子力部会は、2006年6月時点でまとめた報告書に「日本の原子力政策は、原子力設備の更新が予想される2030年以後も原子力発電が現在の総発電量の3割程度という水準か、それ以上の割合を占める事が適切である」といったことを記載し、それが資源エネルギー庁のウェブサイトにも掲載された^[79]。

また、増え続ける使用済み核燃料に含まれるプルトニウムの処分方法とウランの輸入量を減らすための解決策として、高速増殖炉計画が推進され、2010年現在は原型炉の[もんじゅ](#)が試験を繰り返し行っている。平行して[核燃料サイクル政策](#)として[MOX燃料](#)による[プルサーマル](#)計画が進められている。

[編集] 原子力産業

エネルギー安全保障問題、地球環境問題等の影響で世界的に原子力への期待が高まっている。そのため、原子力エネルギー政策の国際的な協調が行われるようになってきており、[アレヴァ](#)と[三菱重工業](#)、[ウェスティングハウス・エレクトリック](#)と[東芝](#)、[ゼネラル・エレクトリック](#)と[日立製作所](#)が提携するなど、原子力産業界に変化が見られる^[80]。

日本では、国外の売り込みにおいてUAEで韓国勢に^[76]、ベトナムではロシア勢に^[77]それぞれ敗れるなど遅れが目立ち始めたため、2010年10月には東芝・日立・三菱重工に加え[東京電力](#)などの電力会社を交えた合弁会社として[国際原子力開発](#)を設立し、日本国外向けの受注活動で相互協力する姿勢を示している^[81]。

[編集] 諸議論 (原子力発電の利点と問題点)

[編集] 利点

現行の原子力発電の利点として、以下の諸点が主張されている。

環境汚染が少ない

- 発電時に[地球温暖化](#)の原因とされる[二酸化炭素](#)を排出しない^[82]。
- [酸性雨](#)や[光化学スモッグ](#)など大気汚染の原因とされる[窒素酸化物](#)や[硫黄酸化物](#)を排出しない^[83]。

コストが安い

- 発電コストに占める燃料費の割合が他の発電方法に比べ極めて低いため、燃料価格が上昇してもトータルの発電コストが上昇しにくい^[84]。
- 燃料のエネルギー密度が高く、備蓄及び輸送が容易^[85]。

- 燃料を一度装填すると一年程度は交換する必要がないこと^[185]。
- 発電量当りの単価が安いと、経済性が高い^[186]。

原料の安定供給

- 中東に大きく依存するガスや石油と違い、ウラン供給国は政情の安定した国が多い^[187]。
- 核燃料物質の国際的な入手ルート・価格がほぼ確立し安定している為に、化石燃料型の発電に比べて相対的に安定した電力供給が期待できる^[188]。

技術の国際的アピール

- 技術力がある、と国際的にアピールできる。
 - 優秀な原発技術を国外へ売り込むことができる^[189]。

実用化できれば有利となる条件

- 比較的少量の核燃料を繰り返し使用する核燃料サイクルの確立できれば、化石燃料資源の乏しい国でも核燃料物質の入手に関わる制約を緩和できる^[190]。
- 海水からのウラン採取が実現すれば燃料はさらに豊富となる。尚、採取技術は既に存在している^[191]。

地元の経済効果

- 日本では、原子力発電所ができると地元には一定の雇用が期待できるほか、電源立地地域対策交付金などの電源三法交付金、固定資産税、法人税などの税収も確保できる^[192]。

[編集] 問題点

現行の原子力発電には以下の問題点が主張されている。

並外れた危険

- 軽水炉の場合、万一水が止まってしまうと、大量に発生し続ける崩壊熱を除去できなくなり、30分後には核燃料が溶けはじめたらばらになり、2時間ほどで原子炉が破壊されるという構造上の不安定性をかかえている^[18]。このような事態は、死の灰の大量放出、社会的な非常事態に直結している^[18]。
 - 重大事故が発生すると周辺環境に多大な被害を与え、その影響は地球規模に及ぶ。国土が狭い日本において、いったんチェルノブイリ級の事故が発生した場合、放射性物質による国土の汚染は日本国内の非常に広範囲に及ぶ^[193]。
- 放射性廃棄物の後始末ができない^[18]。
 - 数万年という長い半減期を持つ高レベル放射性廃棄物に対しては、地下深くに埋設して処分する深地層処分が検討されている。しかし、放射性物質の漏洩のリスクなどから、地域住民の多くがその近隣での処分に反対するため、広大な国土を持つアメリカ合衆国やロシアのような例を除き、多くの国で地下埋設の処分地確保に問題を抱えている^[194]。
 - 原子炉の解体処分にもない、低レベル放射性廃棄物に相当する廃棄物が大量に発生するため、これらの処分方法が課題となっている^[195]。
 - 日本では高レベル放射性廃棄物の最終処分地が決まらない^[196]。
- 事故等により高レベルの放射線や放射性物質が外部に漏洩すると、人間が接近することが困難となり、修復が著しく困難になる。
- 冷却に大量の海水を使う場合、立地場所が海岸沿いに限定され^[197]、津波の被害を受ける可能性がある^[198]。
- 後進国や発展途上国で原発が建設された場合、安全性が懸念される^[199]。
- 発電施設および核廃棄物へのテロリズムの危険^[100]。軍事目標としての脆弱性。

ウランは多くない

- ウラン資源の可採埋蔵量に由来する資源枯渇問題。
 - 地殻中のウラン235のみの利用を考えた場合、資源がそれほど豊富なわけではない^[101]。

軍事転用の危険

- 天然ウランから核燃料を作る工程で発生する劣化ウランは劣化ウラン弾として使用可能^[102]。
- 使用済み核燃料に含まれるプルトニウムは原爆などに転用することが可能。ただし、抽出には非常に高い技術と専用の設備が必要である^[103]。

コストが高い

- 揚水発電所の建設、使用済み核燃料の管理、廃炉、事故時の賠償等、周辺の事項に多大なコストがかかる。
 - 対応する揚水発電所の建設コスト¹¹⁰⁴。
 - 電力料金を通じて支払われている電源開発促進税を主財源とする財政費用は、原子力が最も高い¹¹⁰⁵。
 - バックエンド費用は莫大な額にのぼる¹¹⁰⁵。
 - 消費者が現在負担している費用は、あくまで六ヶ所再処理工場における再処理に関するもののみであり、全量再処理するのであれば、実際にはさらに費用の負担が必要になる¹¹⁰⁵。
- 原子力発電所の稼働中に発生する放射線への対処が必要となる。
 - 原子炉の運転に伴い中性子線やガンマ線が発生するため、発電施設で働く作業者が過度に被曝しないよう、遮蔽を考慮した設計にする、管理区域を設けるなど特別の対応をする必要がある¹¹⁰⁶。
- 地方に建設されることによる弊害。
 - 電力の生産地と消費地が離れて存在するため、長距離送電時の電力ロスが大きい、送電網のコスト、また送電線事故での停電リスクが増大する¹¹⁰⁷。

その他

- 日本では、将来の原子力発電を担う技術者が減少傾向にある¹¹⁰⁸。
 - 日本では原子力関係の学科が減少傾向にある¹¹⁰⁹。
- 通常停止の場合、停止までの所要時間が長い¹¹¹⁰。

[編集] データ

[編集] 原子力発電とその他の発電コスト試算



この節は**現在進行中の事象**を扱っています。

記事の内容は最新の情報を反映していない可能性があります。このタグは2011年7月に貼り付けられました。

[編集] 経済産業省による試算

1999年に通商産業省(現**経済産業省**)**資源エネルギー庁**が発表した試算によれば、1 kWhあたりの発電コストは次のように試算された¹¹¹¹。

- 原子力 5.9 円
- LNG火力 6.4 円
- 石炭火力 6.5 円
- 石油火力 10.2 円
- 水力 13.6 円

なお、この内原子力発電コストの見積もりについては、原子炉建設の際の漁業補償金、原子力に特有な再処理費用、1 kWhあたり1-2円の燃料費等のバックエンドコストは含んでいるが、**電源三法**による地元への交付金(税金)、電力企業からの地元対策寄付金、原子炉廃炉解体費用、原発事故の際の賠償金等は含んでいないため、これらを算入すると原子力発電コストはさらに高くなる。

また、2010年に日本国の**資源エネルギー庁**(**経済産業省**)は、各エネルギーにおける1 kWhあたりの発電コストを次のように試算した¹¹¹²。

- 太陽光 49 円
- 風力(大規模) 10 - 14 円
- 水力(小規模除く) 8 - 13 円
- 火力 7 - 8 円
- 原子力 5 - 6 円
- 地熱 8 - 22 円

[編集] 米国エネルギー省エネルギー情報局による試算

2010年に**米国エネルギー省エネルギー情報局**(DOE/EIA)が公表した2016年にアメリカで運用を開始する新規発電所の百万 kWhあたりの発電コストは以下の通り。1ドル=90円としてkwhあたりコストも表示。¹¹¹³。

- ☆石炭火力
 - 従来型石炭火力 94.8 [米ドル](#) =8.5 円/kwh
 - 改良型石炭火力 109.4 [米ドル](#) =9.8 円/kwh
 - 改良型[二酸化炭素貯留](#)石炭火力 136.2 [米ドル](#) =12.2 円/kwh
- ☆天然ガス (LNG 発電)
 - [コンバインドサイクル](#) 66.1 [米ドル](#) =5.9 円/kwh
 - 改良型コンバインドサイクル 63.1 [米ドル](#) =5.7 円/kwh
 - 改良型二酸化炭素貯留コンバインドサイクル 89.3 [米ドル](#) =8.0 円/kwh
 - 従来型燃焼タービン 124.5 [米ドル](#) =11.2 円/kwh
 - 改良型燃焼タービン 103.5 [米ドル](#) =9.3 円/kwh
- ☆改良型原子力発電 113.9 [米ドル](#) =10.3 円/kwh
- ☆[風力](#) 97.0 [米ドル](#) =8.7 円/kwh
- [洋上風力](#) 243.2 [米ドル](#) =21.9 円/kwh
- ☆[太陽光発電](#) 210.7 [米ドル](#) =19.0 円/kwh
- ☆[太陽熱発電](#) 311.8 [米ドル](#) =28.1 円/kwh
- ☆[地熱発電](#) 101.7 [米ドル](#) =9.2 円/kwh
- ☆[バイオマス](#) 112.5 [米ドル](#) =10.1 円/kwh
- ☆[水力発電](#) 86.4 [米ドル](#) =7.8 円/kwh

[編集] 原子力資料情報室による試算

2005年6月に[特定非営利活動法人原子力資料情報室](#)が発表した試算によれば、運転年数40年の場合、1kWhあたりの発電コストは以下の通り^[14]。

- 原子力 5.73 円
- LNG火力 4.88 円
- 石炭火力 4.93 円
- 石油火力 8.76 円
- 水力 7.20 円

[編集] 大島による試算

エネルギー政策が専門の大学教授である大島堅一は、各エネルギーにおける1kWhあたりの発電コストを次のように試算した^[15]。

- 原子力 10.68 円
- 火力 9.90 円
- 水力(一般水力) 3.98 円

なお、「一般水力」とは、[揚水発電](#)を除いた余剰電力のエネルギー貯蔵を行わない通常の水力発電を指す。大島は、経産省による試算は特定のモデルを用いた計算にすぎず、実際に費やされた費用からの試算とは異なると指摘した^[16]。

[編集] 電力会社が原発建設申請時に提出した試算

電力企業が原子力発電所建設申請時に経済産業省電源開発調整審議会に提出した発電原価の試算は以下のとおりである(塩谷喜雄「本当の原発発電原価を公表しない経産省・電力業界の詐術：新潮社ニュースマガジン」より)。

- 柏崎刈羽5号機 19.7 円/kwh
- 浜岡3号機 18.7 円/kwh
- 泊原発1号機 17.9 円/kwh
- 女川1号機 17.0 円/kwh
- 玄海3号機 14.7 円/kwh
- 大飯3号機 14.2 円/kwh
- 大飯4号機 8.9 円/kwh
- 玄海2号機 6.9 円/kwh

[編集] 二酸化炭素排出量

[温室効果](#)の原因となる[二酸化炭素](#)の排出量が少ないことは、原子力発電の利点の一つとされている。[電力中央研究所](#)が2000年(平成12年)に発表した試算によれば、原子力をはじめとする各種発電方

式について、発電所の建設から廃止までの発電量と二酸化炭素排出量を考慮した、1 kWhあたりの二酸化炭素排出量は以下のように試算した^[116]。

- 原子力 22 グラム
- 水力 11 グラム
- LNG 火力 608 グラム
- 石油火力 742 グラム
- 石炭火力 975 グラム

原子力発電では核分裂反応に起因する二酸化炭素の排出は全くないが、発電所の建設、運用、廃止や燃料の生産、輸送、廃棄物の処分等に起因する二酸化炭素の排出も上記の試算には含まれているため、若干の排出が見られる。この点は水力発電も同様である。

[編集] 発電所建設費の例

- 原子力 [北海道電力泊発電所 3号機](#) 約 2,926 億円 91.2 万 kW 2009 年 (平成 21 年) 12 月営業運転開始^{[117][118]}
- [揚水型水力 東京電力葛野川発電所](#) 約 3,800 億円 160 万 kW 1999 年 (平成 11 年) 12 月 3 日 1 号機営業運転開始^[119]
- [天然ガス 電源開発株式会社市原発電所](#) 約 100 億円 11 万 kW 2004 年 (平成 16 年) 10 月営業運転開始^[120]
- [石炭 北陸電力敦賀火力発電所 2号機](#) 1,275 億円程度 70 万 kW 2000 年 (平成 12 年) 9 月営業運転開始^[121]
- [風力 電源開発株式会社郡山布引高原風力発電所](#) 約 120 億円 6.6 万 kW 2007 年 (平成 19 年) 2 月 営業運転開始^[122]

[編集] 注釈

1. [△] 原子炉においては、[重水](#)と区別するため、一般的な水は軽水と呼ばれる。
2. [△] 同様に、廃熱のための施設は火力発電所でも必要となる。
3. [△] 連合国軍最高司令官総司令部指令第三号第八項『日本帝国政府はウランからウラン 235 を大量分離することを目的とする、また他のいかなる不安定元素についてもその大量分離を目的とする、一切の研究開発作業を禁止すべきである』
4. [△] 原子力基本法 第 2 条-原子力開発利用の基本方針
平和の目的に限り、安全の確保を旨として、民主的な運営の下に、自主的にこれを行うものとし、その成果を公開し、進んで国際協力に資するものとする。
5. [△] 1957 年当時。現在は沖縄電力を含めて 10 社となっている。ただし沖縄電力は日本原子力発電に出資していない。
6. [△] 日本の分のみ 3 月 31 日時点、他の国・地域は 1 月 1 日時点で算定。

[編集] 出典

1. [△] [Yahoo!百科事典 原子力発電](#) - 2011 年 6 月 20 日閲覧
2. ^{△^a^b} [ターボ機械協会 蒸気タービンとは?](#) - 2010 年 12 月 8 日閲覧
3. [△] [CiNii 国立情報学研究所 ジルコニウム合金の圧縮クリープ](#) - 2010 年 11 月 3 日閲覧
4. [△] [東京電力 火力発電熱効率の向上](#) - 2010 年 10 月 30 日閲覧
5. [△] [東芝 原子力事業部 ABWR 改良型沸騰水型原子炉](#) - 2010 年 2 月 8 日閲覧
6. [△] [ATOMICA 超臨界圧軽水冷却炉](#) - 2011 年 2 月 8 日閲覧
7. [△] [東芝原子力事業部 模型で学ぶ原子力](#) - 2010 年 10 月 31 日閲覧
8. ^{△^a^b^c^d} [不破哲三「科学の目」で原発災害を考える](#) - 2011 年 5 月 14 日閲覧
9. ^{△^a^b^c^d^e} [神戸大学環境サークル 原子力発電の歴史](#) - 2010 年 11 月 6 日閲覧
10. [△] [京都大学原子炉実験所 原子力安全研究グループ 高速増殖炉 \(PDF\)](#) - 2010 年 11 月 27 日閲覧
11. ^{△^a^b^c} [国立国会図書館 アメリカの原子力安全規制機関 \(PDF\)](#) - 2010 年 12 月 3 日
12. ^{△^a^b} [ATOMICA 旧ソ連の原子力研究施設](#) - 2010 年 11 月 27 日閲覧
13. [△] [内閣府原子力委員会 §1 ジュネーブ会議](#) - 2010 年 12 月 3 日
14. ^{△^a^b^c^d^e^f} [大阪大学大学院理学研究科素粒子論研究室 エネルギー問題講義 \(PDF\)](#) - 2010 年 11 月 6 日閲覧
15. ^{△^a^b} [科学と技術の諸相 §3.原発の経済性・安全性](#) - 2010 年 12 月 3 日閲覧

16. [△ 経済産業省 世界から見た原子力安全・保安院](#) - 2011年4月6日閲覧
17. [△ 東京電力 多重防護](#) - 2011年4月6日閲覧
18. [△ ATOMICA 外国における高レベル放射性廃棄物の処分](#) - 2010年12月3日閲覧
19. [△ ATOMICA アメリカの電気事業および原子力産業](#) - 2010年12月3日閲覧
20. [△ ATOMICA チェルノブイリをめぐる放射線影響問題](#) - 2010年11月6日閲覧
21. [△ 日本大学理工学部 物理学科 受験生の皆様へ](#) - 2011年1月20日閲覧
22. [△ 土井淑平 アメリカの核開発](#) - 2010年11月14日閲覧
23. [△ 原子力安全・保安院 原子力の三原則](#) - 2011年1月20日閲覧
24. [△ 原子力委員会 原子力委員会の役割](#) - 2011年1月20日閲覧
25. [△ 原子力委員会 原子力委員会の性格と構成](#) - 2011年1月20日閲覧
26. [△ 日本原子力研究所 沿革](#) - 2011年1月20日閲覧
27. [△ 日本原子力発電株式会社 沿革](#) - 2011年1月20日閲覧
28. [△ 原子力委員会 原子力知識の普及啓発](#) - 2011年1月20日閲覧
29. [△ ATOMICA 黒鉛減速炭酸ガス冷却型原子炉](#) - 2010年11月14日閲覧
30. [△ SciencePortal 福島第一原発事故評価チェルノブイリと同じレベル7に](#) - 2011年6月14日閲覧
31. [△ 電気事業連合会 原子力基本法](#) - 2010年11月6日閲覧
32. [△ よくわかる原子力 東海村 JCO 臨界事故](#) - 2010年12月9日閲覧
33. [△ 外務省 国際原子力エネルギー・パートナーシップ](#) - 2010年11月6日閲覧
34. [△ 医療科学社 平和的核エネルギー技術の安全性 \(PDF\)](#) - 2010年11月3日閲覧
35. [△ ATOMICA 炉心溶融](#) - 2011年3月26日閲覧
36. [△ コトバンク 炉心溶融とは](#) - 2011年3月26日閲覧
37. [△ 中部電力 非常用炉心冷却系](#) - 2011年3月26日閲覧
38. [△ ATOMICA 自己制御性](#) - 2011年3月26日閲覧
39. [△ 読売新聞 2・3号機も炉心溶融 地震直後のデータ解析](#) - 2011年6月14日閲覧
40. [△ 参考美浜発電所 3号機 2次系配管破損事故 柏崎市 INES \(PDF\)](#) - 2010年11月3日閲覧
41. [△ 日本原子力産業協会 世界の原子力発電開発の動向 2010年版刊行](#) - 2011年6月14日閲覧
42. [△ 社団法人日本電機工業会 世界における原子力発電の動向 \(PDF\)](#) - 2010年11月14日閲覧
43. [△ 電気事業連合会 発電設備と発電電力量](#) - 2010年11月14日閲覧
44. [△ ATOMICA 世界の原子力発電の動向・中南米](#) - 2010年12月14日閲覧
45. [△ 日本原子力産業協会 世界の原子力発電の状況 \(PDF\)](#) - 2010年11月6日閲覧
46. [△ 日本原子力産業協会 世界の原子力発電の概要 \(PDF\)](#) - 2010年12月10日閲覧
47. [△ ATOMICA 世界の原子力発電開発の動向・CIS](#) - 2010年12月10日閲覧
48. [△ 国際協力銀行 欧州における原発の現状と今後の見通し \(PDF\)](#) - 2010年11月14日閲覧
49. [△ 在日フランス大使館 エネルギー](#) - 2010年11月14日閲覧
50. [△ ATOMICA ベルギーの原子力政策・計画](#) - 2011年3月26日閲覧
51. [△ 資源エネルギー庁 エネルギー白書 2007年版](#) - 2011年3月26日閲覧
52. [△ ATOMICA 原子力発電が総発電電力量に占める割合\(日、米、英、仏、独、ロを除いた国々\)](#) - 2011年2月8日閲覧
53. [△ SourceJuice アフリカ諸国の原子力発電の急増興味](#) - 2011年2月8日閲覧
54. [△ サーチナニュース イラン初の原子力発電所、試験的な稼動を開始](#) - 2010年12月28日閲覧
55. [△ 産経ニュース 露がトルコで原発初受注 露大統領中東歴訪](#) - 2010年12月28日閲覧
56. [△ ロイター UAE 原発建設、韓国企業連合が受注](#) - 2010年12月28日閲覧
57. [△ 日本エネルギー経済研究所 中国における原子力発電開発の現状と中長期展望 \(PDF\)](#) - 2010年12月10日閲覧
58. [△ 三菱重工 原子力事業部 原子力の必要性](#) - 2010年11月26日閲覧
59. [△ 産経ニュース 課題残し日本最長「50年運転」 関電美浜原発1号機 28日に40年](#) - 2011年2月14日閲覧
60. [△ 2009年産経新聞 泊原発3号機が営業運転開始 北電の原子力割合40%に](#) - 2010年12月8日閲覧
61. [△ 2009年東北電力 電力供給 \(PDF\)](#) - 2010年12月8日閲覧
62. [△ 2008年東京電力 電気のどのくらいが原子力発電なの?](#) - 2010年12月8日閲覧

63. [△ 2010年毎日新聞 中電: 原発新設へ 原子力比率 50%に引き上げ](#) - 2010年12月8日閲覧
64. [△ 2009年北陸電力 原子力発電の推進](#) - 2010年12月8日閲覧
65. [△ 2010年関西電力 関西電力の発電電力量比](#) - 2010年12月8日閲覧
66. [△ 2009年中国電力 建設計画](#) - 2010年12月8日閲覧
67. [△ 2006年四国電力 四国の発電の割合](#) - 2010年12月8日閲覧
68. [△ 2010年九州電力 火力発電の運用](#) - 2010年12月8日閲覧
69. [△ 2009年沖縄電力 電力負荷の平準化の推進](#) - 2010年12月8日閲覧
70. [△ 朝日新聞社 イタリア、原発再開を凍結へ 国民投票が成立](#) - 2011年6月13日閲覧
71. [△ 日本原子力産業協会 スウェーデンが選ぶ脱「脱原子力」\(PDF\)](#) - 2010年12月2日閲覧
72. [△ ATOMICA 第4世代原子炉の概念](#) - 2010年12月11日閲覧
73. [△ ATOMICA トリウムを用いた原子炉](#) - 2010年12月14日閲覧
74. [△ 資源エネルギー庁 5か国エネルギー大臣会合共同声明 \(PDF\)](#) - 2010年11月7日閲覧
75. [△ 読売新聞 APEC エネ相声明 原発建設を促進](#) - 2010年6月21日閲覧
76. [△ ロイター UAE 原発建設、韓国企業連合が受注](#) - 2009年12月28日閲覧
77. [△ MSN 産経ニュース ベトナム原発受注で日本勢敗退、首脳外交含め戦略見直しも](#) - 2010年2月9日閲覧
78. [△ 47News ベトナム、原発計画 14基に 首相が開発方針承認](#) - 2010年6月23日閲覧
79. [△ 資源エネルギー庁 原子力政策の現状について](#) - 2010年12月11日閲覧
80. [△ ATOMICA 原子力産業の国際動向](#) - 2010年12月12日閲覧
81. [△ 東京電力 国際原子力開発株式会社の概要 \(PDF\)](#) - 2010年11月14日閲覧
82. [△ 電気事業連合会 原子力発電の現状](#) - 2010年10月30日閲覧
83. [△ 北陸電力 発電から考える](#) - 2010年10月30日閲覧
84. [△ 日立原子力情報 原子力発電の経済性](#) - 2010年10月30日閲覧
85. [△ エネルギー白書 2010](#)
86. [△ 東京電力 原子力発電の経済性](#) - 2010年10月30日閲覧
87. [△ 関西原子力懇談会 原子燃料サイクルの意義](#) - 2010年10月30日閲覧
88. [△ 電源開発株式会社 原子力発電の供給安定性](#) - 2010年10月30日閲覧
89. [△ 毎日.jp 国際原子力開発設立](#) - 2010年10月30日閲覧
90. [△ 原子力委員会 原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画](#) - 2010年10月30日閲覧
91. [△ ATOMICA 海水からのウラン回収](#) - 2010年10月30日閲覧
92. [△ 資源エネルギー庁 電源立地制度の概要 \(PDF\)](#) - 2010年10月30日閲覧
93. [△ ATOMICA チェルノブイリ原子力発電所事故による放射能の影響](#) - 2010年10月30日閲覧
94. [△ 電気事業連合会 世界の高レベル放射性廃棄物処分計画](#) - 2010年10月30日閲覧
95. [△ ATOMICA 解体廃棄物の放射能レベル区分](#) - 2010年10月30日閲覧
96. [△ 資源エネルギー庁 放射性廃棄物と地層処分のHP](#) - 2010年10月30日閲覧
97. [△ 関西電力 原子力発電所の立地条件](#) - 2010年10月30日閲覧
98. [△ 財団法人福島県原子力広報協会](#) - 2010年10月30日閲覧
99. [△ 毎日.jp 国際原子力開発設立](#) - 2010年10月30日閲覧
100. [△ 外務省 核テロリズムに対抗するためのグローバル・イニシアティブ](#) - 2010年10月30日閲覧
101. [△ 電気事業連合会 石油、石炭、天然ガス、ウランの確認可採埋蔵量](#) - 2010年10月30日閲覧
102. [△ ATOMICA 劣化ウランとその利用](#) - 2010年10月30日閲覧
103. [△ AllAbout 原子力の平和利用を考える](#) - 2010年10月30日閲覧
104. [△ よく分かる原子力 電力を捨てる発電所 揚水式発電](#) - 2010年10月30日閲覧
105. [△ 原子力政策大綱見直しの必要性について 費用論からの問題提起](#) - 2011年6月18日閲覧
106. [△ 電気事業連合会 原子力発電所の放射線管理](#) - 2010年10月30日閲覧
107. [△ よく分かる原子力 送電費用](#) - 2010年10月30日閲覧
108. [△ 日本技術者連盟 国際原子力発電技術移転機構](#) - 2010年10月30日閲覧
109. [△ 文部科学省 原子力分野の人材育成について](#) - 2010年10月30日閲覧
110. [△ PWR 原子力発電所の停止曲線](#) - 2010年10月30日閲覧

- 111. [△ 総合エネルギー調査会原子力部会 第70回 原子力発電の経済性について](#) - 2010年11月14日閲覧
- 112. [△ “第1部 第2章 第2節 我が国における再生可能エネルギーの導入動向”](#). 平成21年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2010). [資源エネルギー庁 \(経済産業省\)](#) (2010). 2011年7月11日閲覧。 “第122-3-2 各エネルギー源の発電コスト・CO2削減費用”
- 113. [△ Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2011](#) - 2011年5月19日閲覧
- 114. [△ 公益事業学会第55回全国大会: 原子力発電の経済性に関する考察 2005年6月12日](#)
- 115. [△ 大島堅一 \(2010年9月7日\)](#). “[原子力政策大綱見直しの必要性について - 費用論からの問題提起](#) - (PDF)”. 第48回原子力委員会資料第1-1号. [内閣府 原子力委員会](#). pp. 15. 2011年7月11日閲覧。 “電源別費用(単価)の実績(スライド4の(1)(2)(3)の合計)”
- 116. [△ 電力中央研究所 ライフサイクル CO2 排出量による原子力発電技術の評価研究報告](#) - 2010年11月14日閲覧
- 117. [△ 「北海道電力株式会社泊発電所 原子炉設置変更許可申請」平成15年6月 \(PDF\)](#)
- 118. [△ 北海道電力 泊発電所3号機の営業運転開始について](#) - 2010年11月7日閲覧
- 119. [△ TEPCO プレスリリース](#) - 2010年10月30日閲覧
- 120. [△ 「市原パワー株式会社市原発電所の運転開始について」平成16年9月30日](#)
- 121. [△ 北陸電力 「敦賀火力発電所2号機\(70万kW\)の運転開始について」平成12年9月28日 \(PDF\)](#)
- 122. [△ 電源開発株式会社 「郡山布引高原風力発電所の竣工について」平成19年1月31日](#)

[編集] 参考資料

- 神田誠他 『原子力教科書 原子力プラント工学』 [オーム社](#) 2009年 [ISBN 9784274206603](#)
- 原子力ハンドブック編集委員会編 『原子力ハンドブック』 オーム社 2007年 [ISBN 9784274204432](#)
- バーナード・L・コーエン著 近藤駿介監訳 『わたしはなぜ原子力を選択するか 21世紀への最良の選択』 ERC 出版 1994年 [ISBN 4900622052](#)
- [有馬哲夫](#) 『原発・正力・CIA 機密文書で読む昭和裏面史』 [新潮新書 新潮社](#) 2008年 [ISBN 9784106102493](#)
- [吉岡斉](#) 『原子力の社会史 その日本的展開』 [朝日選書 朝日新聞社](#) 1999年 [ISBN 9784022597243](#)

[編集] 関連項目



[ポータル 原子力](#)



ウィキメディア・コモンズには、[原子力発電](#)に関連するメディアがあります。

- [ウラン](#)
- [プルトニウム](#)
- [原子核](#)
- [放射能](#)
- [原子核分裂](#)
- [放射性廃棄物](#)
- [原子炉](#)
- [核融合炉](#)
- [原子力発電所](#)
- [原子力工学](#)
- [原子力事故](#)
- [原子力撤廃](#)
- [国際原子力パートナーシップ](#)

[編集] 外部リンク

- [原子力安全・保安院](#)
- [エネルギー白書 \(資源エネルギー庁\)](#)
- [世界原子力協会](#)
- [原子力百科事典 ATOMICA 財団法人 高度情報科学技術研究機構](#)
- [Yahoo!百科事典 原子力発電](#)
- [/原子力発電コストを発表しない経済産業省・電力業界の詐術/ 新潮社](#)

表・話・編・歴

発電

汽力発電

[火力発電](#)・[原子力発電](#)・[地熱発電](#)・[太陽熱発電](#)・[海洋温度差発電](#)

火力発電

[内燃力発電](#)・[コンバインドサイクル発電](#)・[廃棄物発電](#)

水力発電

[揚水発電](#)・[マイクロ水力発電](#)

発電機使用

海洋発電

[波力発電](#)・[潮力発電](#)・[海洋温度差発電](#)・[海流発電](#)

風力発電

[陸上風力発電](#)・[洋上風力発電](#)・[浮体式洋上風力発電](#)・[帆型風力発電\(KiteGen\)](#)

その他

[冷熱発電](#)・[人力発電](#)・[炉頂圧発電](#)

発電機不使用

[燃料電池発電](#)・[太陽光発電](#)・[宇宙太陽光発電](#)・[MHD 発電](#)・[熱電発電](#)・[振動発電](#)

Portal:エネルギー

「<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB>」より作成

カテゴリ: [節現在進行](#) | [発電](#) | [原子力発電](#) | [エネルギー](#) | [エネルギー政策](#)

個人用ツール

- [ログインまたはアカウント作成](#)

名前空間

- [ページ](#)
- [ノート](#)

変種

表示

- [閲覧](#)
- [編集](#)
- [履歴表示](#)

操作

検索



案内

- [メインページ](#)
- [コミュニティ・ポータル](#)
- [最近の出来事](#)
- [新しいページ](#)
- [最近の更新](#)
- [おまかせ表示](#)
- [練習用ページ](#)
- [アップロード \(ウィキメディア・コモンズ\)](#)

ヘルプ

- [ヘルプ](#)
- [井戸端](#)
- [お知らせ](#)
- [バグの報告](#)
- [寄付](#)
- [ウィキペディアに関するお問い合わせ](#)

ツールボックス

- [リンク元](#)
- [関連ページの更新状況](#)
- [ファイルをアップロード](#)
- [特別ページ](#)
- [印刷用バージョン](#)
- [この版への固定リンク](#)
- [この項目を引用する](#)

他の言語

- [Dansk](#)
- [English](#)
- [Español](#)
- [Bahasa Indonesia](#)
- [Italiano](#)

- [Polski](#)
- 最終更新 2011 年 7 月 23 日 (土) 13:35 (日時は[個人設定](#)で未設定ならば [UTC](#))。
- テキストは[クリエイティブ・コモンズ 表示-継承ライセンス](#)の下で利用可能です。追加の条件が適用される場合があります。詳細は[利用規約](#)を参照してください。
- [プライバシー・ポリシー](#)
- [ウィキペディアについて](#)
- [免責事項](#)

