

原子力概論：初めに

A. 自然界における原子核現象

- A1) 自然の階層構造と原子核
- A2) 原子核反応システムとしての天体宇宙
- A3) 太陽のエネルギー源は核融合反応である
- A4) 宇宙から降り注ぐ自然放射線と体内の放射線
- A5) 地球の生成期と現在における崩壊熱の役割
- A6) 再生可能エネルギーの源は太陽のエネルギー

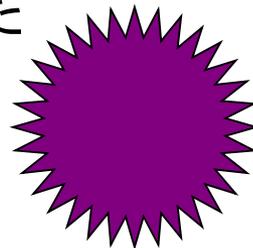
B. 社会における原子力・核問題

- B0) ガンの放射線治療など、放射線の医療などへの応用
- B1) 原子力発電の動向－3.11フクシマ以前－
- B2) 原子力発電の現状と将来－3.11フクシマ以後－
- B3) 食品における放射能の基準値の制定
- B4) 原子力新規制基準の施行と原発審査
- B5) 福島第一原発における放射能汚染水問題
- B6) 高速増殖炉「もんじゅ」廃炉と核燃料サイクル政策の動揺
- B7) 大量破壊兵器としての核兵器をめぐる動向

A. 自然界における原子核現象

A1) 自然の階層構造と原子核

- あらゆる物質は原子でできている。
- 原子の芯としての原子核
原子の質量のほとんどは原子核に集中している。
元素の安定性の根拠は原子核の安定性
不安定な原子核でおこる放射性崩壊
- 自然(宇宙)は140億年前のビッグバン(原初大爆発)から誕生
超高温・超高压の状態から膨張しつつ、天体宇宙から素粒子に至る階層
構造が歴史的に形成された



Big Bang

- 原子核は原子分子からクォークに至る極微の階層の中央

自然の階層性

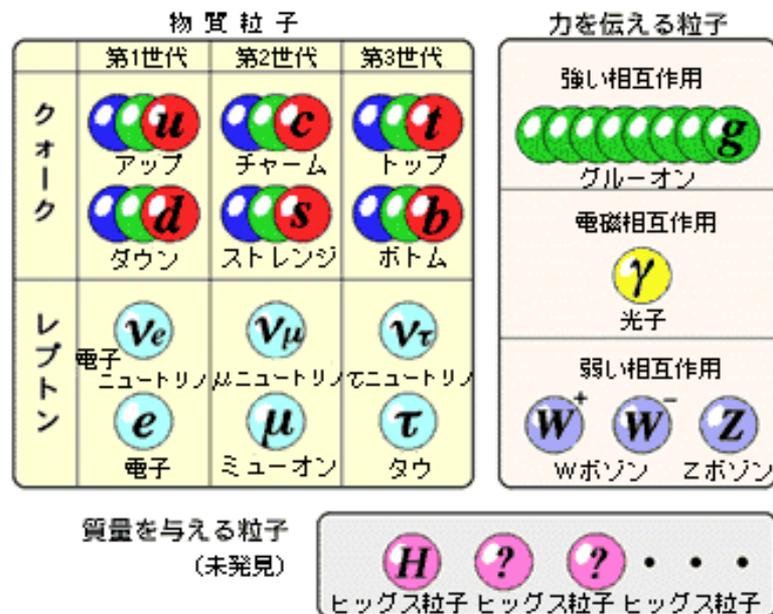
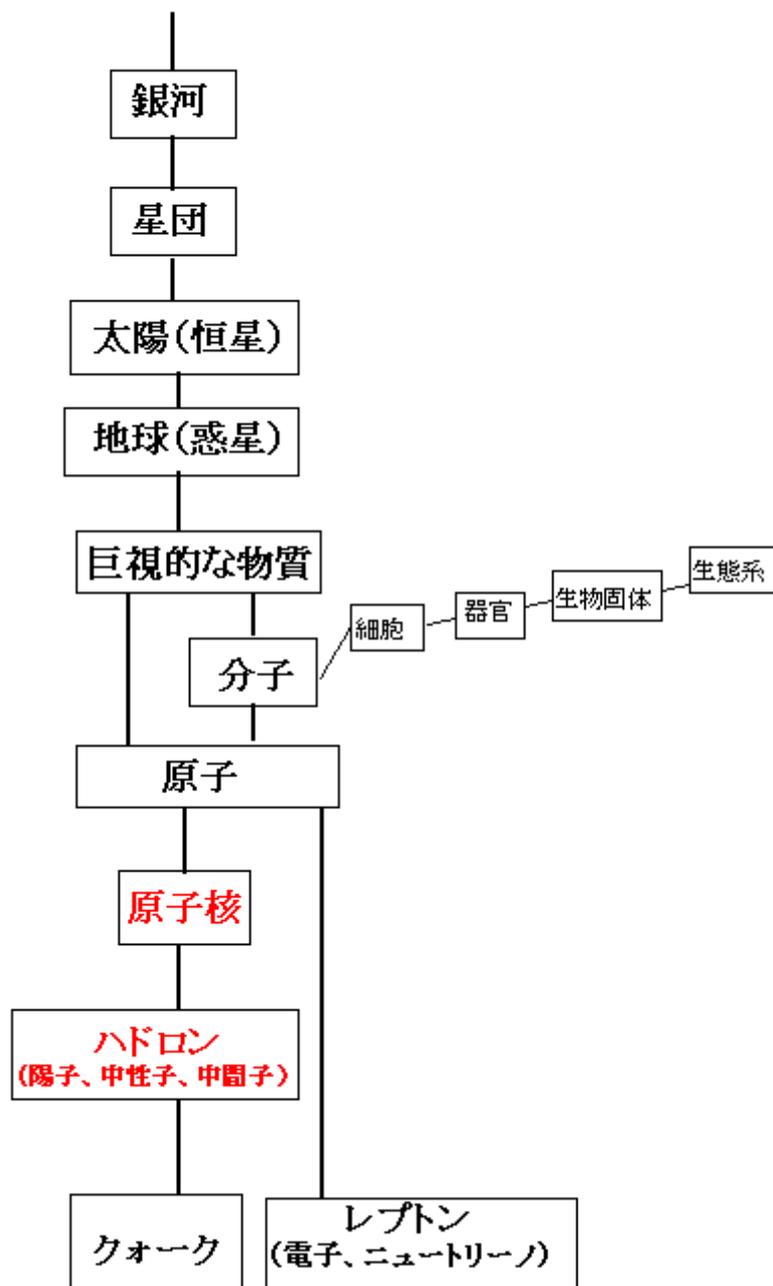


図1 現在の素粒子像「標準模型」の世界

A2)原子核反応システムとしての天体宇宙

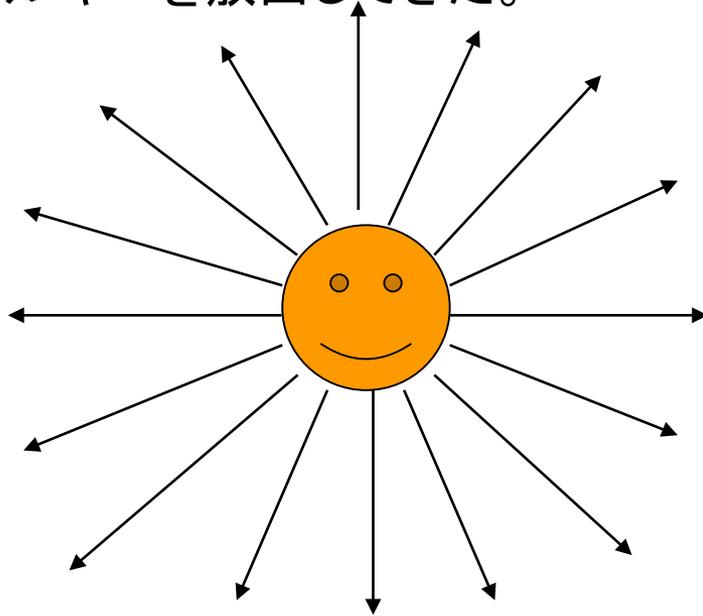
- ビッグバン直後、クォークの複合体である陽子・中性子と中間子が作られた。
- 最初の3分間に、水素、ヘリウムまでの軽い元素の原子核が作られた。
- 宇宙(空間)の膨張とともに、温度が低下し、元素の合成は一旦止まり、水素、ヘリウムの原子核と電子が結合して、軽い原子ができた。
- 原子同士は重力で相互に引き合い、集合して星ができた。
- 星(恒星)の内部では、重力による収縮により温度が上昇し、再び、元素合成が始まり、水素とヘリウムの核融合が起こり、より安定な原子核になり、鉄やニッケルの原子核までできる。
- 「星の進化の最終段階である、超新星爆発により鉄より重い原子核が合成され、宇宙空間にばら撒かれる！」と従来言われてきたが、2017年8月、宇宙の彼方で起きた連星中性子星の合体により生じた重力波の観測により、「鉄より重い原子核が合成される主な仕組みは、超新星爆発ではなく、連星中性子星の合体による」ということが分かった(「日経サイエンス」2018年1月号。
<http://www.nikkei-science.com/page/magazine/201801.html>)
- 太陽は非常に効率の低い核融合システムで、これまで約50億年間、今後も約50億年、赤色巨星に膨張するまでエネルギー放出し続ける！



原子核反応なしには生物、人類も存在できなかった！

A3) 太陽のエネルギー源は核融合反応

- 地球上のほとんどの生物は太陽エネルギーなしには生存できない。
- 太陽は地球から膨大な距離にあるが、周囲の空間に約50億年間、莫大なエネルギーを放出してきた。



太陽は今後も約50億年間、エネルギーを放出する(予定)

A4) 自然放射線と体内の放射線

地面(地殻)などから:U(ウラン),
Th(トリウム),
Rn(ラドン)、
K-40(カリウム)

世界保健機関(WHO)によると、肺がんの原因の3~14%が、空気中のラドンの吸入による被ばくと言われる。たばこを吸わない人にとっては、ラドンが肺がんの原因のトップになる。

中川恵一氏(東大医准教授):ラドンガス吸入に関して「年0.4mSvでもがんの原因になる」というWHOの見解を肯定的に引用している新聞記事. 毎日新聞2011年12月25日朝刊に掲載されたもの. オリジナルは一部を残して削除されていますが, あるサイトがコピーしている.

<http://kodomo-kenkou.com/tabako/info/show/105>

Radon and cancer

WHO(世界保健機構)Fact sheet N° 291 Updated September 2009

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/>

http://www.chernobylcongress.org/fileadmin/user_upload/Arnoldshain_Doku/presentation_final_2014_IPPNW-small.pdf

筋肉中のカリウム元素の0.01%:K-40

A5) 地球の生成期と現在における崩壊熱の役割

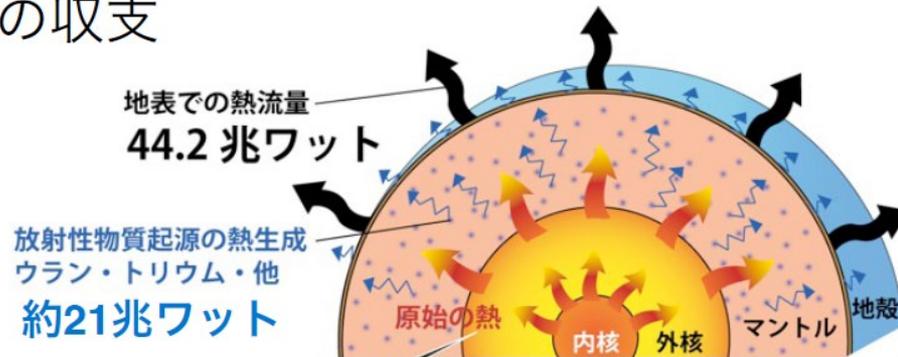
- ・地殻中の放射性同位元素の崩壊に伴う熱
→深部の水分を地表に移動させた

- ・ほどよい(深部からの)地熱
→昼夜、季節にそれほど影響されない環境の生成

- ・崩壊熱の源: U238(半減期45億年)、
Th232(半減期12.6億年)

地球反ニュートリノ観測で判明、「地球形成時の熱は残存している！」

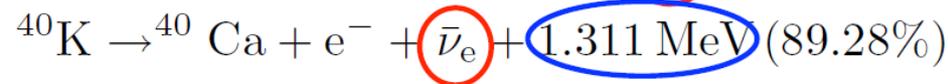
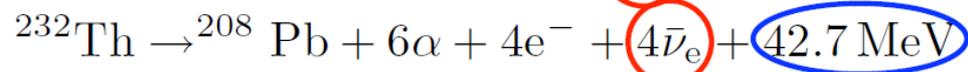
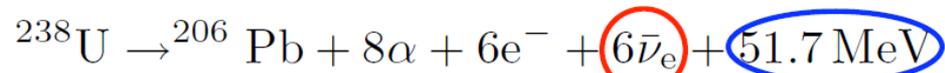
地熱の収支



地表での熱流量との比較から、放射性物質が地熱の生成に占める割合は半分程度である

地球形成時の熱は残存していた

地球内部に含まれる放射性物質も、ベータ崩壊をして反電子ニュートリノを放出する。



出典：東北大学ニュートリノ科学研究センター

<http://www.awa.tohoku.ac.jp/rcns/?p=3778>

2011年7月20日,

A6)再生可能エネルギーの源は太陽のエネルギー

- 太陽エネルギーの源は中心部における核融合エネルギーである。
- 太陽内部から表面に出るまでの間に、ガンマ線などが内部の物質に吸収され、エネルギーのより低い（波長の長い）電磁波に転換されことを繰り返す、表面では可視光が最大の強度になり、紫外線は相対的に弱い強度となる。
- 太陽が放出し続ける膨大なエネルギーのごくごく一部()が地球表面に降り注ぎ、その一部()が地球流体エネルギーとなる。
- 風力エネルギーはそのほんのわずかな「お裾分け」であり、

地熱や火山のエネルギー、そして地球プレートの運動エネルギーの源(=地球内部熱源)の約半分は地殻中の放射性同位元素からの崩壊熱であることは客観的事実である。

- 「お裾分け」の意味：

風車は風を後ろに逃がすことによって、風のエネルギーの一部を取り出す装置。風車は最初から風のエネルギーの「一部」をお裾分けしてもらうことしか考えない：安田陽「日本の知らない風力発電の実力」オーム社，2013年。

また，後ろに逃がした風は，決して無駄になって捨てるエネルギーではない。そもそも風は地球上至るところに吹いており，地球環境にとってなくてはならないものの1つである。風がなければ大気は循環せず、（地球は）死の星になってしまう。

もともと地球上を循環している流体（大気と海水）のエネルギーの流れのほんの一部をお裾分けしてもらい、人類が利用するエネルギーに変換する、それこそが「再生可能エネルギー」という名の由来である：

安田陽「日本の知らない風力発電の実力」オーム社，2013年。

- 核エネルギーの間接的で、温和で、おすそ分け的な利用としての再生可能エネルギー
- 核エネルギーの直接的で激烈な利用としての核兵器、原発

：戸田清「核発電を問う」法律文化社，2013年。

B0)ガンの放射線治療など、放射線の医療への応用

診断

医療分野においては、診断および治療の両面で放射線が広く利用されている。放射線診断はX線(レントゲン)検査と核医学検査があるが、その多くはX線検査である。X線検査の中で最も利用される胸部レントゲン撮影での被ばく線量は、1回あたり0.05mSv程度で、これは東京～ニューヨーク間を航空機で往復した場合の約1/4と非常にわずか量である。また、バリウムを用いた胃透視やCT検査では胸部レントゲン撮影の10～100倍程度である。

核医学検査は、放射線同位元素を注射や内服した後に、対外に放出される放射線を測し、同位元素がどの臓器にどのように分布しているかを調べ、疾病の診断に役立っている。

治療

放射線治療は、メスを入れない局所療法であり、臓器の機能や身体の形を保ったまま治療ができる有効な手段である。

現在、ガンに対する治療法は、外科的手術、抗がん剤によるガン細胞への消滅、放射線照射によるがん細胞の消滅に加えて、免疫治療があり、2018年10月1日、本庶佑京都大学特別教授のノーベル医学生理学賞受賞の受賞理由として、ガンに対する新しい治療の道を切り開いたことが報道された。

B1) 原子力発電をめぐるフクシマ2011以前の動向(世界)

- ・地球温暖化の主な原因とされる炭酸ガスを(運転時に)放出しないという理由で、原子力発電を増加させようという動きが強くなりつつあった。

原子力カルネッサンス論

- ・中国(12億人)、インド(10億人?)、などアジア諸国では
原発増加傾向
- ・米国; 原発強化政策を選択(2006年)
- ・英国; 原発選択への回帰を示唆(2006年)
- ・日本の原発製造メーカー(東芝、日立、三菱)は世界市場に進出中
- ・ドイツ政府、原発全廃方針から「転換」、平均12年間延長の決定(2010年9月)
- ・核兵器保有国で核拡散防止条約に加盟していないインドの原子力開発への対応:
 - 2008年8月: 核燃料輸出国機構が輸出を認めた
(小国の反対を米、仏が押し切る)
 - 2008年9月: インドの原発受注をめぐる、アメリカとフランスが競争開始

原子力発電をめぐる近年の動向(日本国内)

- ・日本国内での新增設は困難
核燃料サイクル政策の成否？
- ・六ヶ所再処理工場の本格操業の2年延期(2012年)
-2010. 9.25
延期は18回目、当初予定の1997年から15年遅れ
- ・日本の原発製造メーカー(東芝、日立、三菱)は世界市場に進出計画
- ・核兵器保有国で核拡散防止条約に加盟していないインドの原子力開発への対応：
日本政府・原子力産業界はインドとの原子力協定締結に向けて進行しつつある？

B2) 原子力発電の現状と将来ーフクシマ2011以後ー

- **全世界で約500基**
→ドイツ, イタリア, スイスなどが脱原発政策に転換
- **日本国内で50基**
(2019年9月下旬現在、再稼働9基、廃炉24基)

- 2012年以降, 各種の世論調査
6割～7割の人が原発ゼロを希望
- 2013年、原子力規制委員会・原子力規制庁発足
原子力の新規制基準の施行と原発審査の進行

- **2019年9月下旬現在9基が再稼働:**

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/pdf/001_02_001.pdf

原発は何が問題か、どう評価するか

- 1) 原発事故の異質性: 重大事故の影響は空間的、時間的に制御できない
- 2) (より) 安全な原発は技術的に可能か
- 3) 核廃棄物の超長期保管・管理方法の未確定と場所の未選定
- 4) 原発代替エネルギー源
- 5) 経済的な競争力はあるか(相対的の「安価」か)?
- 6) 供給安定性はあるか
- 7) 地球環境への負荷(温室効果ガス、放射能)
- 8) 軍事転用(核兵器開発)への懸念
- 9) 原発は自爆してもテロにあっても放射能兵器となること
- 10) 事故がなくても高レベル放射線下での作業の不可避性
- 11) 通常運転時の環境影響

参考: 吉岡 斉「原発と日本の未来」、岩波書店、2011年2月)

異質の危険性を内包する巨大複合技術システム としての原発システム

異質の潜在的または顕在的な危険性

比較：飛行機事故、高速鉄道事故など

- 1) 莫大な放射能の蓄積
- 2) 運転停止後、数か月以上人為的に制御できない巨大な崩壊熱
- 3) 事故の被害領域が空間的に限定できない。県境、国境を越える！
- 4) 放射性廃棄物の処理処分の未確定(居住圏からの超長期隔離保管)

異なる強度、耐性を要請される構成建築物と機器類

原子炉建屋：原子炉容器(圧力容器)：燃料棒、燃料被覆管、制御棒

格納容器

再循環ポンプ

緊急炉心冷却装置

使用済燃料(とそのプール)

配管(総延長、100キロ以上!)、ノズル、バルブ、

測定機器

クレーンなど

タービン建屋：タービン

復水機(熱交換機)

各種配管

「配管のお化け」としての原子炉内部
原子力か原始力か？

関与する専門分野：原子核(物理学・工学)、伝熱工学、材料工学、
流体力学、放射線科学

B3) 食品の放射能基準

福島第一原発事故以前の基準: 輸入品に対してセシウム換算で370 Bq/Kg



福島第一原発事故以後: 暫定基準



2012.4. 1より厚生省の新基準(流通適否の判断基準):
食品群ごとの摂取量考慮、年間被ばく線量が1mSv以下など

一部のスーパー、地域生協などにおける自主基準

福島第一原発事故の衝撃と波紋

原発事故の異質性

政府と原子力専門家への信頼性の著しい低下

放射線(放射能)関係の専門家への信頼性も低下？

マスコミへの信頼性は一旦低下、

その後、原発への基本姿勢に依存して、徐々に評価に幅が出ている。

事故責任論の不在

原発をめぐる神話は崩壊した(か？, 再構築？)

原発と核兵器の間

B4) 原子力新規制基準の施行と再稼働志向の原発審査

2012年9月:原子力規制委員会と原子力規制庁の発足.

旧原子力安全・保安院の廃止・改組

2013年7月:原子力新規制基準の施行

規制委員会と新規制基準をめぐる評価と批判

- ・独立性, 専門性への疑問
 - ・再稼働を想定した審査ではないかという批判
 - ・炉心溶融など過酷事故が起こる可能性を前提とした規制基準であるという批判
 - ・原発立地自治体の住民の安全が確保されるという保証がないという批判
 - ・福島第一原発事故の原因の実証的特定はされていない, 汚染水問題など事故は収束していないのに, 他の原発再稼働を審査するのは不見識
-
- ・非科学的な基準で, 審査の迅速性がないという批判(電力事業者等)

2014年7月、九電・川内原発の審査書案の公表とパブリックコメント募集
(約1.7万件の意見:地震動への対策、火山爆発対策、過酷事故対策)
9月確定

B5) 福島第一原発における放射能汚染水問題

- ・核分裂反応が止まったとしても、その後も、照射済み核燃料は、一年中熱を発生し続ける。
- ・照射済み燃料から崩壊熱を取り除くための、最も一般的な方法は、絶えずその上に水を注ぎ続けることである。
- ・東電は、一日当たり400トンの水を注ぎ続けている。
- ・その水は、核分裂生成物、放射化生成物および超ウラン元素で汚染されるようになる。
- ・3基の破壊された原子炉の溶融した炉心を冷やすため、東電によって毎日注ぎ込まれている400トンの水の他にも、別の400トンの地下水が原子炉建屋に毎日、注ぎ込んでいる。
- ・東電は、汚染水から、62種類の異なった核種の放射性物質を除去できる多核種除去設備(通称「アルプス」/ALPS: Advanced Liquid Processing System)を使用している。
- ・しかし、いくつかの種類放射性物質は、まったく除去できない。
たとえば、トリチウムは汚染水から除去することはできない。
トリチウムは放射性の水素で、これが酸素原子と結合した場合、放射能を帯びた水分子が生成される。水から水を濾過することはできないので、濾過作用浄水システムを使っても、トリチウムを汚染水から除去することはできない。

そして、トリチウムは環境中に放出されて、あらゆる生き物の中に自由に入っていつてしまう。(生物的半減期は長くない。)

2014年9月現在、凍土壁工法の未達成(流れがあると凍結困難)。

高速増殖炉「もんじゅ」廃炉と原子力長期政策 の動揺

- ・「夢の原子炉」といわれ続けてきた「もんじゅ」の廃炉方針が事実上固まり、政府の原子力政策への影響は避けられない。
- ・核燃料サイクルは、資源小国の日本が原子力を準国産エネルギーとして利用し続けるのに欠かせない技術と推進側から主張されてきた。
- ・もんじゅに代わる高速炉のビジョンを作れなければ原子力政策は長期的な展望を示せず、原発再稼働への理解が得にくくなる恐れもある。

産経新聞2016.9.21他

原発必要論の変遷とその背後

1950年代: アイゼンハワー米大統領によるAtoms for Peace政策の下,
(人類の知的達成の応用としての)原子力
(岸信介元首相; 原発＝潜在的核抑止論)

1970年代: 中近東のオイルショックによる「エネルギー安全保障論」(中核かつ底流)
1979年: 米国, スリーマイル島原発事故
1986年: 旧ソ連, チェルノブイリ原発事故

2000年~2010年: 地球温暖化対策の主軸としての原発(原子力カルネッサンス論)

2011年3月11日: 福島原発事故(同時多発の過酷事故)

2011-12年: 原発なし＝電力不足論 ⇔ 全原発停止でも停電は起きなかった.
読売新聞社説: 原発＝潜在的核抑止論

2013年: 火力発電の焚きまし増しによる国富3兆円損失論, 安定電源必要論
与党幹部および有力な原子力研究者: 原発＝潜在的核抑止論

2014年: 電力自由化(2016年)にむけて、原発経済的支援必要論(電力業界)。
→ 原発安価神話の崩壊。

⇔ 新型火力発電(コンバインド・サイクル発電)は
高効率(熱効率40%から61%へ), 安価, 安定, CO₂排出低減

2016年: 「原発事故リスクは許容範囲内」論

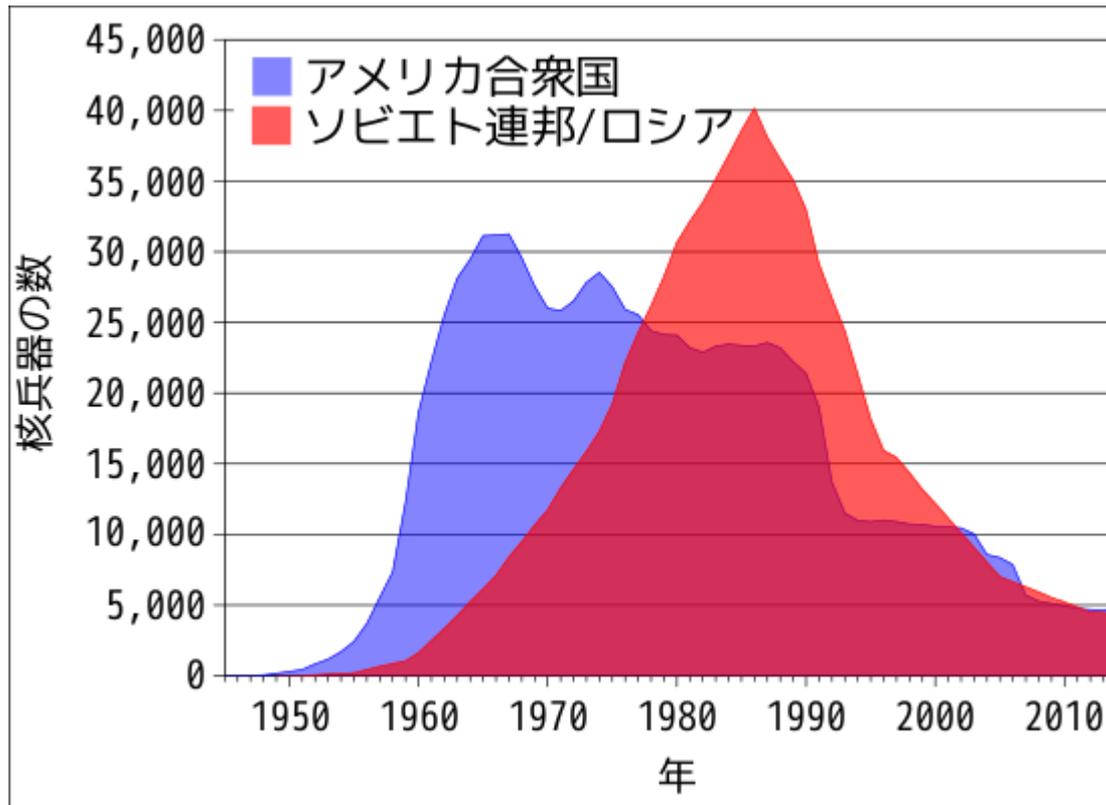
⇔ 原発事故の事業者賠償、上限設定「困難」 内閣府部会

B6) 大量破壊兵器としての核兵器

- ・1945. 8.6 広島原爆(ウラン235)
8.9 長崎原爆(プルトニウム239)

核兵器の配備の歴史的経過と現状:

第二次世界大戦中に、米国だけが原爆保有し、広島と長崎に投下、核兵器総数の最大値は7万発以上であった。



アメリカ合衆国(青)とソビエト連邦(ロシア、赤)の核兵器保有量の推移(1945年-2005年)[米ソ核兵器数推移]

核兵器削減への取り組み

1963年、[部分的核実験禁止条約](#)

1968年、[国連総会](#)で[核拡散防止条約 \(NPT\)](#) が採択された。

これはアメリカ合衆国、ソビエト連邦、イギリス、フランス、中華人民共和国 ([五大国](#)) のみを国際的に認められた「核兵器保有国」として核軍縮義務を規定し、他の「非核兵器保有国」の核兵器保有を禁止し「核の平和利用」に限定するものである。

1996年、[地下核実験](#)を含め禁止する[包括的核実験禁止条約 \(CTBT\)](#) は、2010年現在でも発効していない。

ただし[臨界前核実験](#) (または未臨界核実験, nuclear hydrodynamic experiment) は[部分的核実験禁止条約](#), [包括的核実験禁止条約](#)でも禁止されていない。

→核拡散防止条約の分離: **多数派: 核兵器禁止条約2017年**
少数派: 核兵器保有国と核の傘国

- ・戦争と平和の社会経済の面 (の分析);
- ・産軍学複合体をバックにした軍事技術官僚の集団,
- ・戦争と平和の精神的・人間的側面 (の分析)
- ・抑止論の矛盾のひとつとしての「安全保証のディレンマ」
- ・北朝鮮の核・ミサイル開発をめぐる脅威論, その報道・論評の不公平性

核兵器は世界に1万4900個。核所有国家一覧と推定所有数

WHERE THE WORLD'S 14,900 NUCLEAR WEAPONS ARE



2017年現在、核兵器保有国は9カ国（米，露，英，仏，中国，インド，パキスタン，イスラエル，北朝鮮）に拡散し、核兵器総数は約15000発に及ぶ、

Country	Russia	US	France	China	UK	Pakistan	India	Israel	N. Korea
Deployed	1,790	1,740	290	?	120	0	0	0	?
Stockpiled/non-deployed/other	2,700	2,740	10	260	95	140 ^A	120 ^B	80	8
Retired/waiting to be dismantled	2,510	2,300	0	0	0	0	0	0	0
Totals	7,000	6,780	300	260	215	140	120	80	8^C

A. Some data suggest Pakistan has 120-130 nuclear weapons, which are left unassembled until launch. (FAS)

B. Similarly, some data suggest India has 110-120 unassembled nuclear weapons. (FAS)

C. Estimate based on bomb-grade material North Korea has likely made. It's not publicly known if the nation has warheads capable of launch.

[核兵器数2017]
25

核兵器禁止条約2017.7.7

核兵器禁止条約のポイント

- ・前文でヒバクシャらの受け入れがたい苦痛を心に留めることをうたう
- ・核兵器の「開発」「実験」「製造」「生産」「取得」「保有」「貯蔵」「移転」「使用」、使用をちらつかせる「脅し」などの禁止(→核抑止論も否定)
- ・核兵器の自国領内への配備の禁止
- ・既存の国際合意において締約国が負う義務には影響を及ぼさない(ただし、核禁条約と両立する場合のみ)
- ・核兵器使用に伴う環境や健康などへの非人道的影響を認める
- ・核兵器のいかなる使用も武力紛争に適用される国際法、特に人道法の原則や規定に違反しうると見なす
- ・50カ国の批准後に発効。無期限有効
2019年9月末現在、38ヶ国批准(発効まで残り12ヶ国の批准必要。)

2019年の主な動向

- ・米ロ間の中距離弾道ミサイル条約の破棄
- ・米ロ、中国の核軍拡が激化

- ・イラン核合意2015年を米国破棄
- ・米国、サウジアラビア、イスラエルとイランとその協力組織との対立激化

- ・日本のプルトニウム大量保有、世界が疑問視している。
非核兵器保有国としては最大の約47トン

- ・原子炉級プルトニウムは核兵器転用ができる、できない？