

ANSELME
LANTURLU



アンセルム
ランチュルリュ

エネルギーの 華麗な冒険

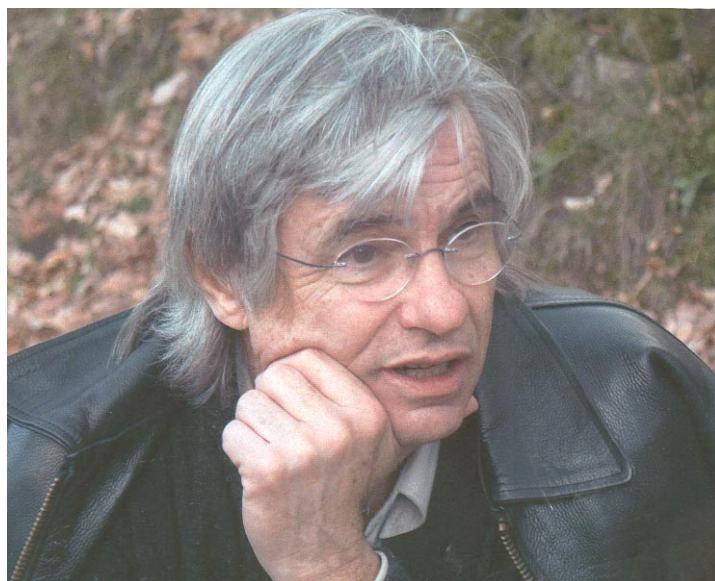
Jean~Pierre Petit
ジャン・ピエール・プチ



国境なき知

1901年のアソシエーション法(非営利団体に関する法律)に準じて設立
住所 Villa Jean-Christophe, 206 Chemin de la Montagnère, 84120 France
H.P. <http://www.savoir-sans-frontieres.com/>

責任者 ジャン・ピエール・プチ



ジャン・ピエール・プチ：元国立科学研究所研究科科長、天体物理学者、科学漫画なる新分野の創設者。2005年、全体として20ほどの作品を公共の財産として提出することを決意し、自分のサイトから無料でダウンロードできるようにした。また科学、技術に関する知を含む知識を世界中に、無料で分け与えることを目的とした非営利団体「国境なき知」を設立。寄付により運営されている当団体は、翻訳者に銀行振り込み手数料を除く150ユーロ(2006年)の報酬を支払っている。多くの翻訳者のおかげで、翻訳された作品数は毎日増えている(2005年時点でラオス語、ルワンダ語を含む18の言語に訳された)。

このPDFファイルは、全体あるいは一部分でも、営利目的の行為に関わらないという条件の下で、自由にコピー、複写でき、教育者が授業に用いることができる。市立図書館、大学図書館、学校図書館に、印刷、あるいはイントラネットの形で置くことも可能である。著者はこの叢書をまず、もっとも簡単な漫画作品(12歳以上対象)から完成させようとしている。読み書きのできない人に向けた「話す」漫画、母国語以外の言語を学ぶための「バイリンガル」漫画の準備も進行中である。

当団体はたえず、当漫画の正しい翻訳がなされるための適切な技術的能力を有し、各当言語を母語とする翻訳者を探している。

また寄付(国境なき知団体あてに作成された小切手)も歓迎している。2006年当団体の資金は主に、新しい翻訳にあてられている。

プロローグ

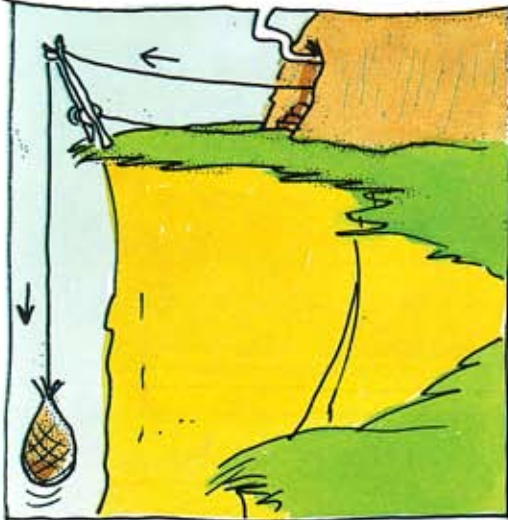
昔々火が知られていなかったところで。人々は食べ物を焼くために、太陽に当てていた。



夜になると、太陽熱をすった重い石を持って、彼らの洞窟へと帰っていった。



そこで思いついたんだ、
毎晩、熱くなった石を
のせたこの盆を、洞窟の内側
へ引っばってくるシステムを



そして昼間、
またおもりを上げる

潜在
エネルギーを
蓄えておくのね。



便利だよ。でもどうして、いつも労働を
供給するのが僕たちでなければならないんだ？

今は何をしているんだ、
アンセルム？



エネルギーを蓄えておく
方法を改良しているんだ

ほら！



この箱の中に
エネルギーをため
込んだというのかい？



僕が発明したシステムは、
内部エネルギーの貯蔵を
表しているんだ

？..

運ぶことができ、
好きな時にまた使える
エネルギーだ

きやあああああ



化学 エネルギー

ソフィ！あれはただ
の内部エネルギー
の備蓄だよ！



少し洞窟の掃除をしよう。
さてと、硝石、硫黄...

それから雷神
のせいでおきた、
山火事のときの木炭。



きれいになった
はずだ、でないとソフィ
に殺される！



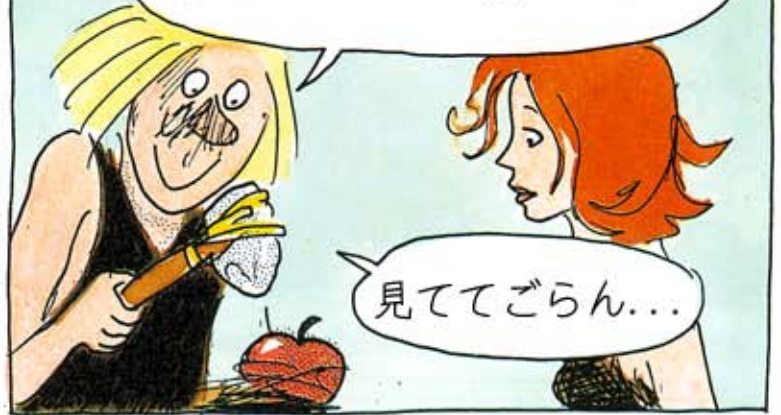
...あとは
このでかい石
だけだ



ソフィ！見つけたよ！
僕がさっき発明したこの黒い粉
の中には、エネルギーがある



食べ物を焼いたり、
体を温めるのに使えるぞ！



見ててごらん...

私の意見がほしいなら、これは
良い発明だけど、使うのにあまり
便利ではない、と言っておくわ



あきらめるべきか？



この粉を砂と
混ぜ合わせて
みたら？

成功だ！砂の
おかげで和らげられて、
穏やかにエネルギーが
放出されるようになった



熱の放出は
制御される

この冬は寒さに
凍えることはないな...



熱をたくさん出して
くれるが、息が苦しい



そのせいで死にそうだ、
って言いたいんだろう!



よし。この革袋に煙を
ためたら、よくなったぞ。

煙は片づけること
のできる粉塵に
凝縮される。



これでいい。でもすごく便利という
わけではないなあ...



これ全部、どこに
でも捨てるわけには
いかない。湖の水
を汚染してしまう

核エネルギー

やあ、これは面白い。
この水源からは熱湯
がでている



エネルギー
はどこから来る
のだろう?

地球の大地の下
に悪魔でもいる
のかな?



... 箱、中に悪魔の入った？

伝説によれば、かつて、
エネルギーはウランのような、
ある原子の核に閉じ込められていた。
それら原子は、太陽の中、その地獄の
業火の中であつてはじき出され、
それらの形があつた時に、
地球という塊の内に閉じ込められた。

しかしこれら原子は、
頑丈な箱ではない。
それで時々、ふたが
ゆるんで開いてしまう。

伝説では、宇宙の終焉のとき、
悪魔全員が箱から出てきて、
宇宙にはこの種のエネルギーはもは
や存在しなくなると言われている。



そして宇宙は風船のよう
にふくれあがるという

しかしそこに至るには長い時間がか
かる、とても長い時間が...

それで、悪魔はどのくらいの間、箱の中
にとどまっているのですか？それらの
核はどのくらいの間、彼らの持っている
エネルギーを放さないでいるのですか？



放射性元素の半減期

悪魔を含んだ箱の全体が、半減期
あるいはHalf-lifeと呼ばれるある時間、 T を過ぎたとすると、箱の半数はその悪魔
を放ってしまう。同様の期間に、今度は
残った箱の半分が開かれる。次も同じだ。
この半減期は非常に変化しうり、何十億年
だったりほんの一瞬だったりする。



それで、地球の中心に、エネルギーをおびた原子核、
それら悪魔の入った箱がなかったら、冬はもつとずっと寒くなるわけだ

これらの原子すべてに、エネルギー
が入っていたらいいのになあ



冬中暖かく過ごすのに、
ビンに十分な量を集める
だけですむ！

気をつけなさい、アンセルム、核エネルギーのスプリングは、
化学エネルギーのそれよりもずっと強力だ。何十万倍も強い。



そのため放射性原子
から放たれる悪魔は、
とても激しく放出される

アルベールさんが僕に言ったことが、本当かどうか少し考えてみよう。
箱の閉まりはだんだんゆるんでいく。かくして箱は一つずつ開く。



よし、半減期の終わりに、箱の半数は空になった



二回目の同じ期間の後、残っている箱の半分もまた、悪魔を放出した。



要するに、時とともに勢いが弱まるのね。箱が開くリズムは、減速する傾向にある

地球は最初、もっとずっと放射能を含んでいたに違いない

そしてそれから、穏やかになったのだ

エネルギーの転換

でも、これのどこに熱があるのだろう？

それを鍋の中に入れてみたら？

試してみよう...

上手くいくぞ！放射性原子から放出されたエネルギーは、水に吸収され熱に転換された

でもこの天然放射能は多くのエネルギーを発散しない

要するに、体を温めるには大量の放射性物質がいる

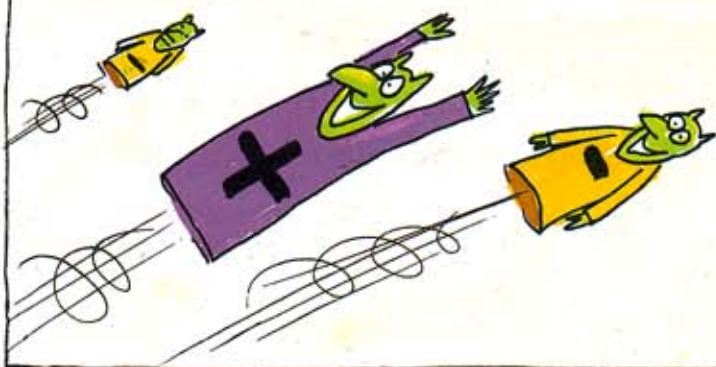
悪魔のいろいろな種類

実際には、悪魔は一種類ではない。原子核が最初に放出できるものは、 γ 線、あるいは x 線である。目に見えない光の一種だ。

どけ！！

彼らを例えば、十分な厚さのある鉛の壁で吸収することができる、そうすると彼らのエネルギーは、熱に転換される

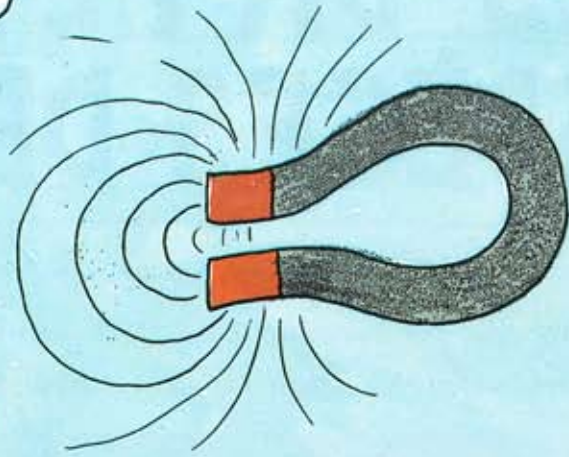
別種の悪魔は、電荷を持っている悪魔だ。



彼らは速いのですか？

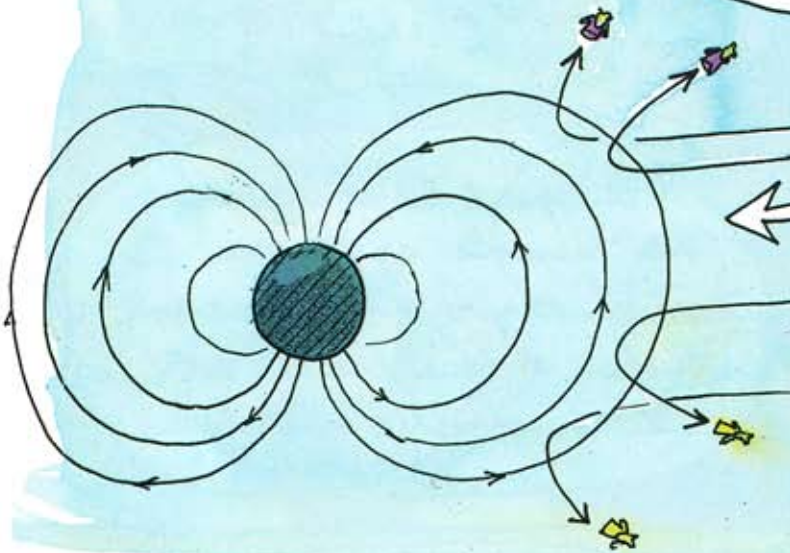
彼らのエネルギーによる。だが彼らの速さは秒速何万キロに達することもある

その速さなら、電荷は何でも
通りぬけるに違いない...



いや、考えてみなさい、
それらは磁界ではね返る

同様に、太陽から放出され
電離した粒子(太陽風)は、
地磁気で反射する(*)



だから地球は、
その磁界によって守られている



そうだ。もし地球がこの自然の
磁界の障壁をもっていなかったら、
太陽から放出される電離した粒子が、
生物の組織に深刻な被害
を与えていただろう

3種目の悪魔、中性子は一番悪いやつだ。
彼らも秒速20,000kmに達することのある速さで
駆けつけてくる。彼らは電荷をおびてないので、
磁界の障壁によって止められない。



これらの悪魔はみな、
生物の組織に取り返しのつかない
被害を与えうる。彼らから身
を守らなければ！

中性子と電荷をおびた粒子に
は質量があり、 $1/2mv^2$ の
運動エネルギーを持っている。
それらは固体、液体、
あるいは気体に吸収されうり、
それから熱に転換される。
しかしこの原子核について、
もっと知りたいものだなあ。



原子核の安定性

原子核をつくるには、
中性子と陽子と、中間子
と呼ばれる粒子がいる。



ウラン235
+ 92陽子
143中性子
= 235中間子

プルトニウム239
+ 94陽子
145中性子
= 239中間子

原子核中の中間子は、分子の中の電子
に少しばかり似た動きをする。
つまり、凝集力を確かなものとする。

じゃあ、原子核は
分子なのかい？



原子核は核子の集まり。
分子は原子核の集まり。
そして、私たち自身は、
分子の集まりだ。



化学は分子内転位
を説明してくれる



原子核物理学は、
原子核内転位を研究する

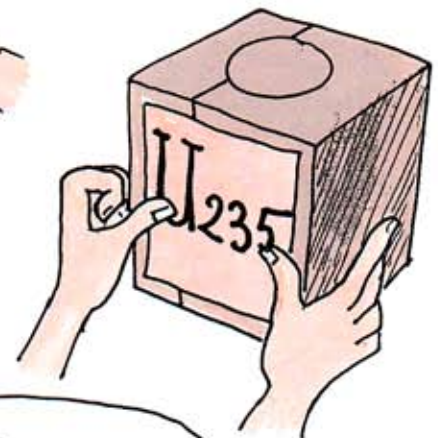
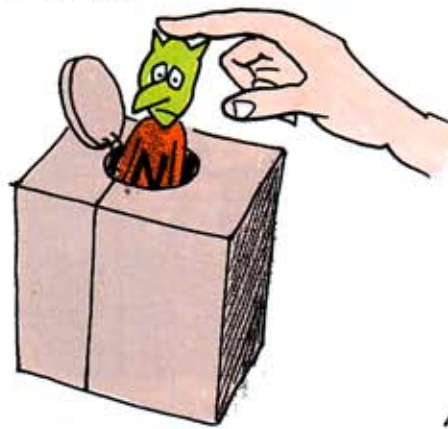
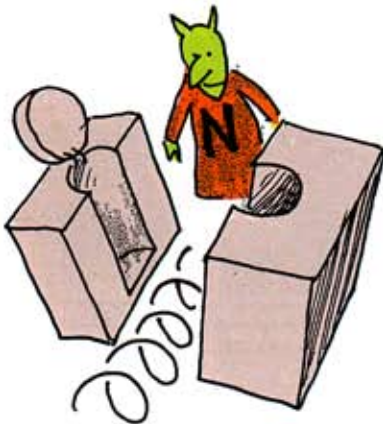
不安定とみなされる
原子核の寿命は短い

しかし中性子は、ある原子核
(それ自体は比較的安定している、
なぜなら長い寿命を与えられているため)
に働きかけ、完全に不安定にさせて、
分裂させ、核分裂をおこすことができる

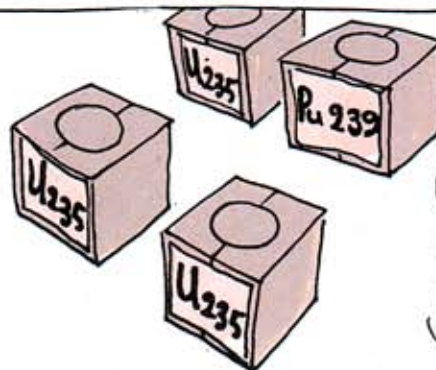
ウラン235と
プルトニウム239
の場合がそうだ

核分裂

それらの原子核は、一つの中性子和、異なった
質量のかたまりの組み合わせとして表すこと
ができる。



ウラン235とプルトニウム239の原子核は、
とても長い半減期の天然放射能の、
あるタイプを表している



パチン!



これが核分裂の反応だ。中性子との出会いがプルトニウムの原子核を不安定にして、原子核は分裂する。この反応の結果、2つの中性子(*)の放出がある

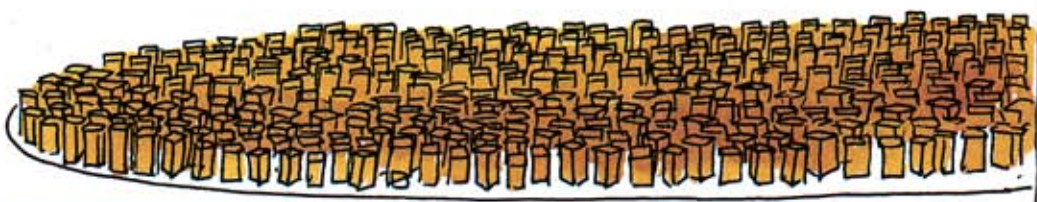


これを詳しくみてみよう



アンセルムは半径Rの円の中に、大量の悪魔の入った箱を集めた

ウラン235かプルトニウム239だ

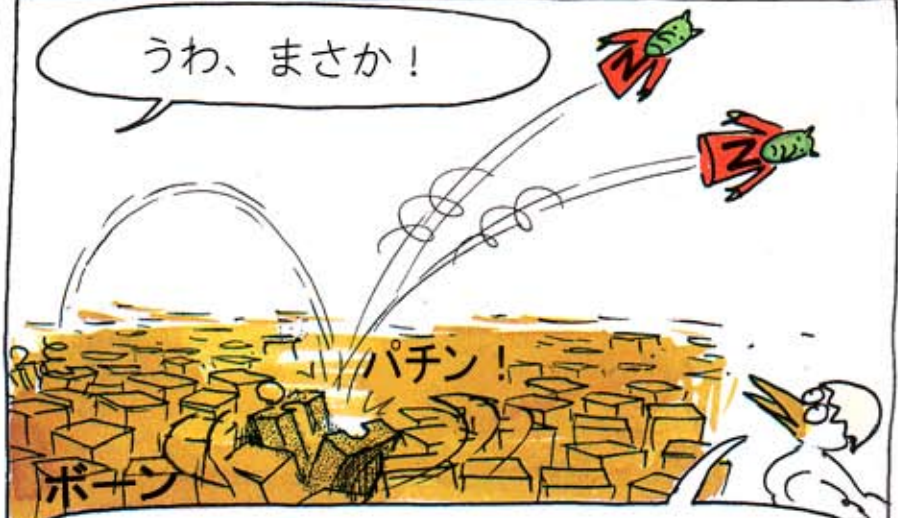


ほら、エネルギーの悪魔が箱から出てくる



ここでは中性子のことだ

うわ、まさか!



この悪魔は隣の箱にぶつかり、その箱の破裂のメカニズムのスイッチを押して、その中性子-悪魔の放出を引き起こした。

18 (*) このイラストは単純化したものである。実際には入射する中性子は、まず核分裂を起こす原子核に吸収される(U235はU236に、Pu239はPu240になる)。これら新しい物体は、とても不安定で、ほぼすぐに壊れる。

連鎖反応



今度はこれら二人の悪魔が、別の二つの箱を開くきっかけとなる!



そしてこの箱からまた悪魔が...



ソフィ、ここから逃げよう...



おや、これはすごい!

もしこの箱が本物の原子のそれだったら、この連鎖反応でほんの一瞬のうちに、エネルギー全部が放出されていたでしょうね



臨界の条件

こういう大惨事を避けるためには、どうすればいいのかな？

簡単よ。悪魔が放出される時、偶然に決められた方向へ飛んでいき、ある距離を飛ぶ。箱が置かれた場所がせますぎるなら、悪魔は他の箱を開くきっかけにならない。



でも、箱の集中ぐあい(*)がある臨界値を越えなければならない。

臨界値をこえると、連鎖反応がはじまる

20(*) より一般的には、臨界質量とよばれる。

天然放射能の低い放射率と、連鎖反応の間に、
ちょうどいいところを見つけられる。精密な調整になるかも
しれないけれど、集中ぐあい調整して、毎秒放出される悪魔の数、
つまり放出されるエネルギーの流れを固定することができる



原子炉

この過程をもっと上手く制御
できる方法はないのかな？

悪魔、つまり
エネルギーを吸収する何かを、
導入すればいいんじゃ
ないかしら



蠅取り紙みたいだな



試して
みよう...



このねばねば
する紙を下ろすと、
悪魔を吸収するので、
反応ぐあいを好きなよう
に制限できる

そしてこの粘着性のテープをさらに下ろすと、ほぼ反応を止めることさえできる。

悪魔全員が順々に捕まえられる。連鎖反応はほとんどなくなる

この放射性物質から“通常”の、自然なエネルギーの放出はあり続けるが、比べられないほど弱い

パチン!

よし。原子炉をつくるためには、重原子ウラン235、あるいはプルトニウム239を十分な量集めればよい。悪魔、ここでは核分裂のさいの中性子のことだが、この悪魔を吸収する物体で、反応の活動を制御する

具体的には、ウラン鉱は0.7%のウラン235(核分裂性)を含む。残りは、核分裂性ではないウラン238だ

中性子を吸収するのにカドミウムを使う

プルトニウム239は自然の中には存在していないようだ。ならどうやって原子炉で、プルトニウム239を使うことに頭がいくのかな?

まあ... そうだな、その通りだ...

親物質の材料

ウラニウム238も、
2つの部品の集まりと考えられる。
中性子のための場所が残っている。

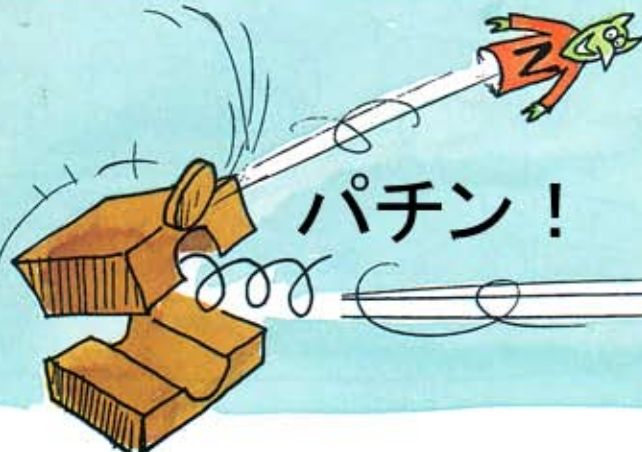


別の言い方を
すると、ウランを
用いた作動している
原子炉の中には、
親物質の材料と
核分裂性の材料を混ぜ
合わせたものがある。
親物質の材料から、
ある量の**核分裂性**の
材料が作り出される



ある量って、
どのくらい？

すべては原子炉を動かす方法しだいだ。最初**核分裂**のさい
に出る**中性子**は、あらゆる方向に秒速2万kmで放出される



うおー!

23

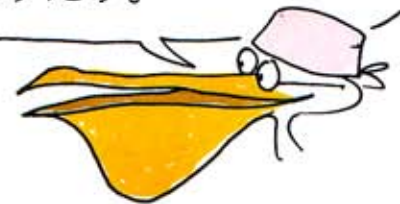
高速増殖炉

高速中性子は、親物質の $U238$ ととてもよく相互作用して、速いテンポで核分裂性の $Pu239$ をつくりだす。

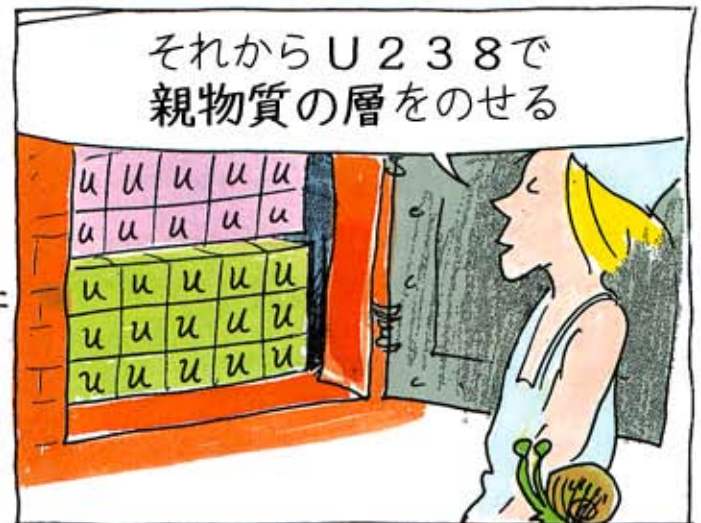
何をしているんだ？



僕の原子炉に、ウラン235をたくさん含んだ鉱石を入れてあるんだ(濃縮ウラン)



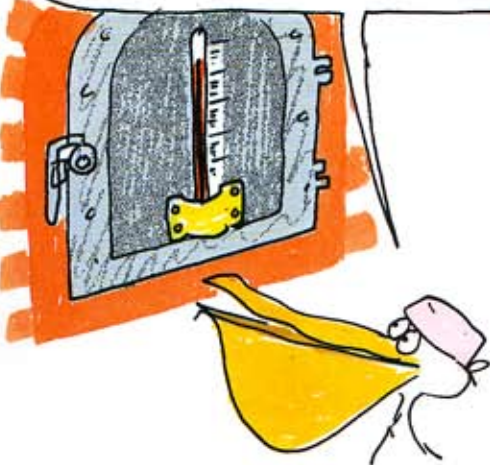
それから $U238$ で親物質の層をのせる



原子炉の中心では高速中性子が、毎秒20,000kmで動き回っている。気体の分子にたとえるなら、百六十億度になる

三年後

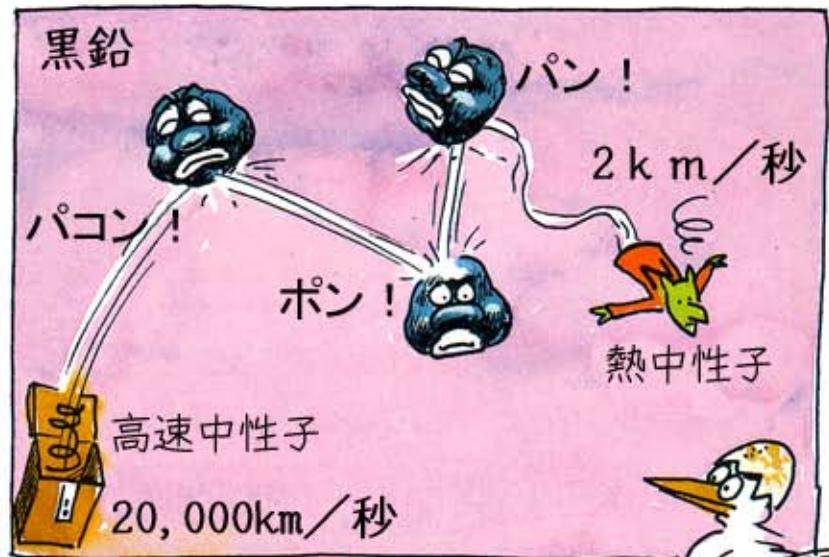
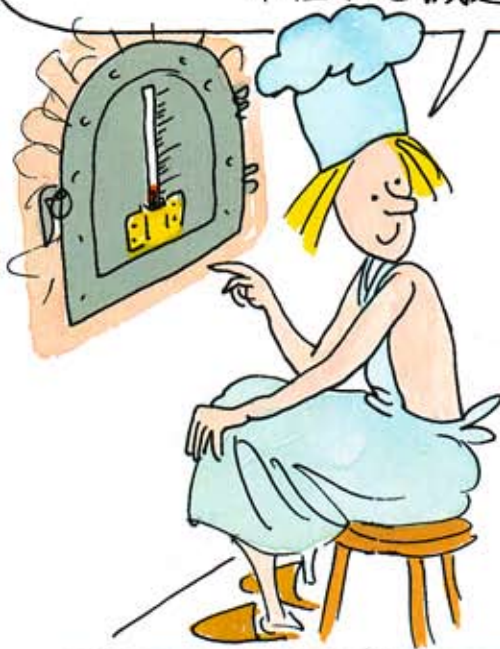
わあ！アンセルムは使った $U235$ よりも多くの、核分裂性の $Pu239$ をつくり出したぞ。これは増殖炉だ



当然だよ、毎回の核分裂で、 $U238$ を $Pu239$ にかえる高速中性子2つが動き出すんだ

熱中性子炉

カドミウムで中性子を吸収し、原子炉の活動を調整する(あるいはほぼ止める)ことができる。でも重水や黒鉛でなら、中性子を吸収することなしに、中性子を減速できる。重水や黒鉛は減速材だ。



こうやって中性子の熱運動の速度は、 2 km/秒 まで落とすことができる。この冷えた中性子の気体の温度は、原子炉の平均的な温度と同じだ

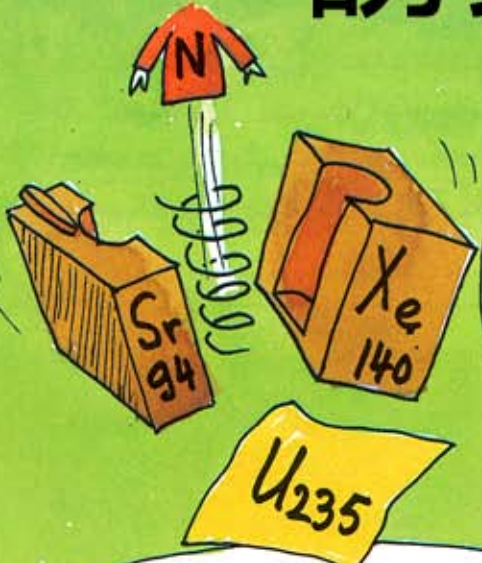


Pu 239はつくられているが、高速増殖炉に比べればずっと少ない

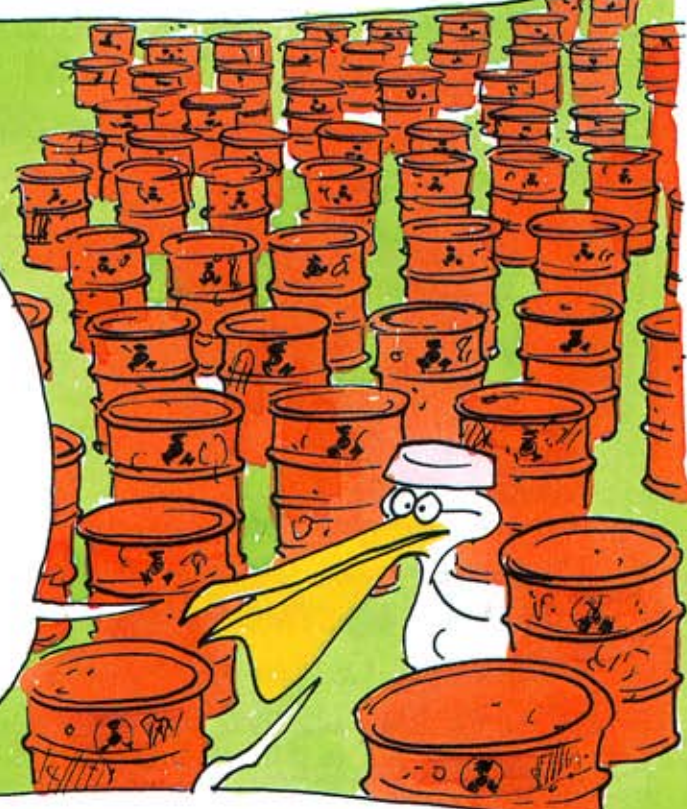
これら2つの原子炉のタイプの間には、はっきりした境界線はない。"どっちつかずの"中性子を使った、両者の中間に位置する、中性子を用いた原子炉もちゃんと存在する



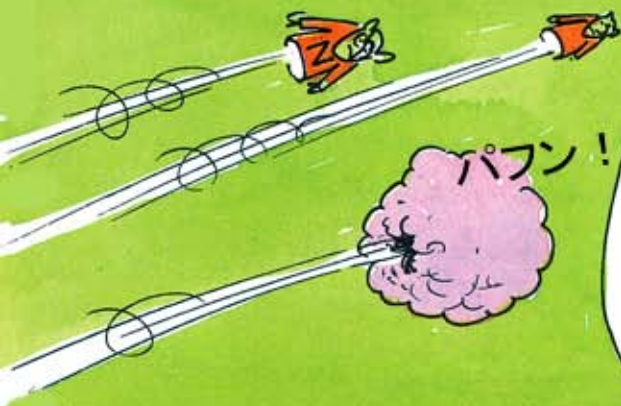
放射性廃棄物、 誘発放射能



U235とPu239の原子核が2つのかけらに分かれるやり方は、とてもたくさんある。この例ではウラン235が、どちらとも放射性であるストロニウム94とキセノン140に分裂している。
注意： $94 + 140 + 1 = 235$



すべてがとても面倒だ。これら核分裂生成物の多くは、寿命が長く、そして長い間放射性であり続ける。ストロニウムは骨に、ヨウ素は甲状腺に蓄積される。プルトニウムもまた、とても危険だ。これらすべては、いろんなガンや白血病の原因となりうる。



核分裂のさいに出る中性子は、原子炉を構成している安定原子に吸収され、それらを危険で不安定な、放射性の原子にかえてしまうこともあるので、廃棄物の量が増える。

お好み放射性 元素



見てきたように原子炉は、不安定で様々な半減期を持った放射性廃棄物をつくりだす

違う。
ヘリウムの原子核や電子、または陽電子*を放出して、質量を失うことのできる原子核のことだ (*)

廃棄物というのは、もう分裂できない原子核ってこと？

ほら、廃棄物を運んでいくアンセルムだ

いろいろな半減期の放射性元素、“お好み”に合わせた放射性の原子核をつくることができる。ある元素を原子炉にいれて、悪魔の衝撃を受けさせるんだ。こうして人工と呼ばれる放射能が得られる。

*I am a poor
lonesome scientist*

カリウム68. 半減期: 1時間

(*)放射能“アルファ”あるいは“ベータ”

人工放射性元素は1930年代に
フレデリック・ジョリオ＝キュリーと
イレーヌ・ジョリオ＝キュリー
によって発見され、この発見が
核分裂の発見へと導いた。

おい、見てくれ！
アンセルムは見えなくな
ったけれども、積荷から
放出される悪魔がいるから、
どこにいるか分かる。

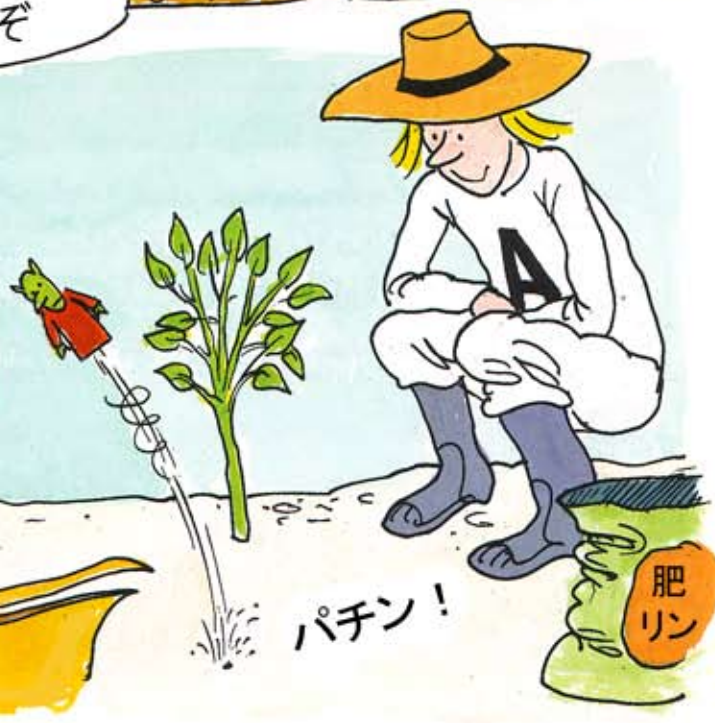


考えがある！この粒子の放出を
観察し、人工放射能を用いることで、
原子核の跡をたどって追いかける
ことができる。


原子核、
放射性同位体を、
生物の分子に定着
させることさえできる
(トレーサー)。こう
することで、生物の組織
の中でのそれらの移動
を追うことができる。

おい、私たちの間に危険な、
不安定なやつがいるぞ


人工放射能の、
平和な適用例は多い。
例えば、リンの放射性同位体を
リン酸塩に入れることで、
地中での肥料の移動をみる
ことができる




原子爆弾




核物理学は著しく花火製造術を発展させた。核分裂性の、2つの材料($U235$ と $Pu239$)の質量を爆薬の助けをかりて急激に結合することで、臨界の条件を生み出すことができ、激しい連鎖反応をおこして、誰も否定できないような美しい効果を生むことができる。




さてと。この2つの質量を結合すると、**臨界質量**がえられる。



あらゆる種類の悪魔が放出され、放射性廃棄物は、熱の激しい放出によって上昇し、成層圏にまで連れて行かれる。かくして隣人は放射性廃棄物を楽しむこととなる。



陽気な火工手クラブに入りたいなら、純粋な核分裂性の材料(100パーセントの $U235$ あるいは $Pu239$)が必要だ。二つのやり方がある：天然ウランを精製する、または自分の住まいに一番近い原子炉に問い合わせ、1サイクル動かされる度に出るプルトニウム239を集めてもらってくる。



来るぞ、来るぞ!

核融合



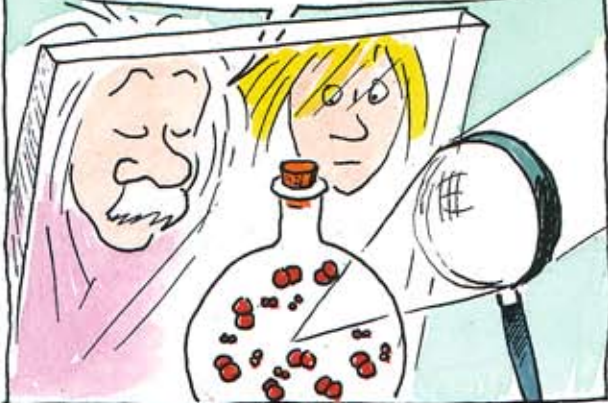
つまり、太陽は、たくさんの
ウランを含む惑星に違いなく、
そのせいでこんなに熱いのでは？

いや、アンセルム、
そうではない。化学反応は、
例えば酸素と水素と
いった物質の混合物
からはじまる。

でも... 何も...
起こらないわ!?

温度が十分に高く
ないせいだ

この混合物を暖めてみよう



それでどう
なったの？



H₂O、水だ



なら、有毒物質を生まずに
たくさんのエネルギーを放出
する反応もあるんだ。



水素と酸素の混合物(液体の状態
で貯蔵)で飛ぶ飛行機が
使われるようになったら、
その飛行機は飛んだ跡に...
雲しか残さないのね!

原子核の混合物を“燃や”
させることができるかもしれない

それらをかなり高い
温度にするなら、できる

デュートリウム



トリチウム



ヘリウム



重水素
(軽水素の原子核は1つの陽子Pだけで形成されている)の、2つの種類であるデュートリウムとトリチウムを反応させることができる。これら同位体の原子核の違いは、中性子の数だけだ。デュートリウムとトリチウムの混合物はヘリウムになりやすい

悪魔の大舞踏会

ここに半分デュートリウム、半分トリチウムの重水素ガスの元素がある。常温では、電子は原子核のまわりを回り、分子の結合を確かなものにする(原子核を2つずつ結ぶ)。



デュートリウムの分子



トリチウムの分子

それから舞踏会のリズムは、
とても激しくなる。分子が砕けて(分離)、
蜂が表している電子が、ただ一つの
原子核のまわりを一定の軌道を
描いて飛ぶようになる

三千度近くのとき

これらの原子核のまわりを、
一定の軌道を描いて飛ぶのはむりだ、
彼らは休みなく動いている

まったくだ、ひどくなった。
私は、あきらめるよ...

そして熱いガスは原子核と自由電子のスープ、**高温プラズマ**になる。

みんな、熱くなって!

どう思う? 4人の方
がいいんじゃないかな

そう思う?

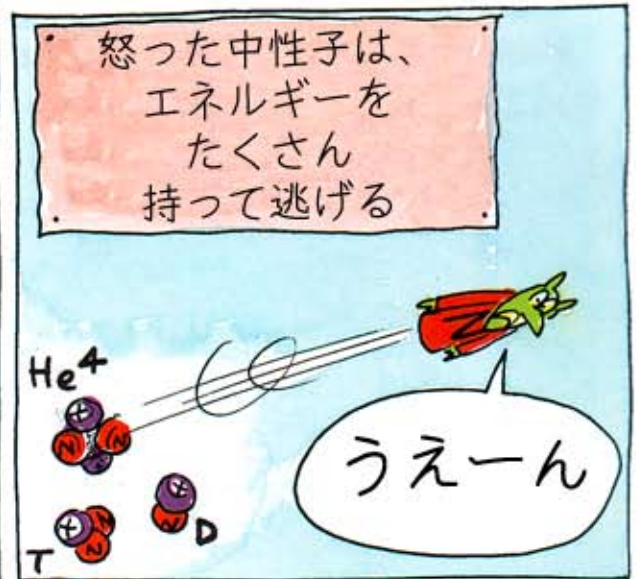
そうだ、この温度でなら、
4人だともっと**安定**するよ

1億5千万度以上になると
(発火温度)、何かがおこる

彼ら盛り
上がって
いるな

だまされてないかな

おい、待って
くれ! $2+3=5$ 、
でもヘリウムの
核子は4つ
じゃないか?



なら、核融合は核分裂と同じくらい汚染するのでは、だって核融合のさいの中性子は、隣にいる原子を放射性原子に変えてしまうんですもの

だがそれらの中性子はリチウム6で吸収することができ、リチウム6はヘリウム4とトリチウム3になる



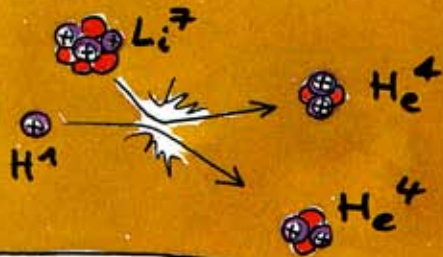
別の言い方をすれば、リチウム6を包んでいる覆いは、“親物質の”材料のように振る舞う。この反応はトリチウム3、つまり“融合の内熱機関用燃料”を提供する。

そう、核融合の原子炉は増殖炉と類縁関係にある。それは幸せなことだ、なぜなら不安定(*)なトリチウムは、自然界に存在しないから



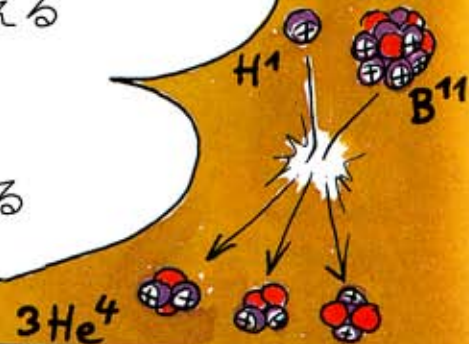
(*) その半減期は12年しかない

けれども、自由な中性子を生ま出さない、
多くの核融合、原子核の転位の反応がある



リチウム7+水素1(軽)は
ヘリウム4を2つを与える

ホウ素11+水素1は
ヘリウム4を3つを与える



最初の反応の発火温度は、5億度だ。そして、
2番目の反応では、10億度近くになる!...

へえ... そうか...
実際には、どうやって原子核を
融合するんだろう?

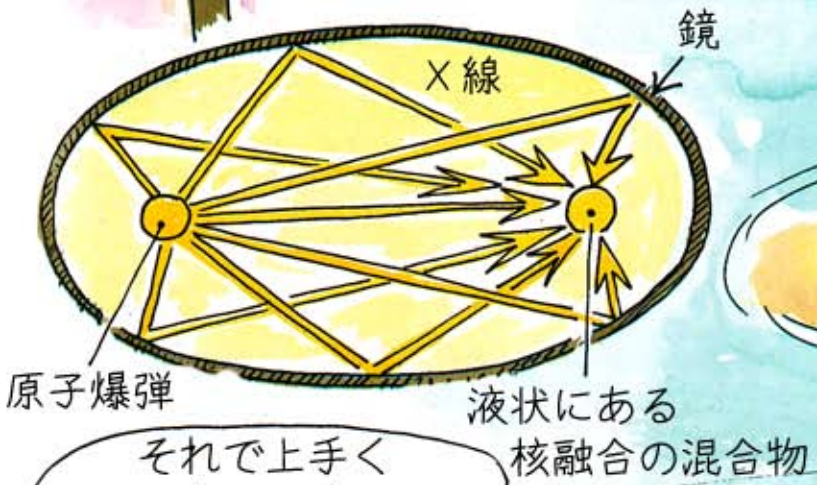
太陽の中心では、
温度は1千5百万度にしかならず、
融合はゆっくり行われている

太陽は熾でしか
ないってこと?

そう。原子核の“火”を得て、
そうだな、およそ1秒で反応が
起こるために1億5千万度必要だ



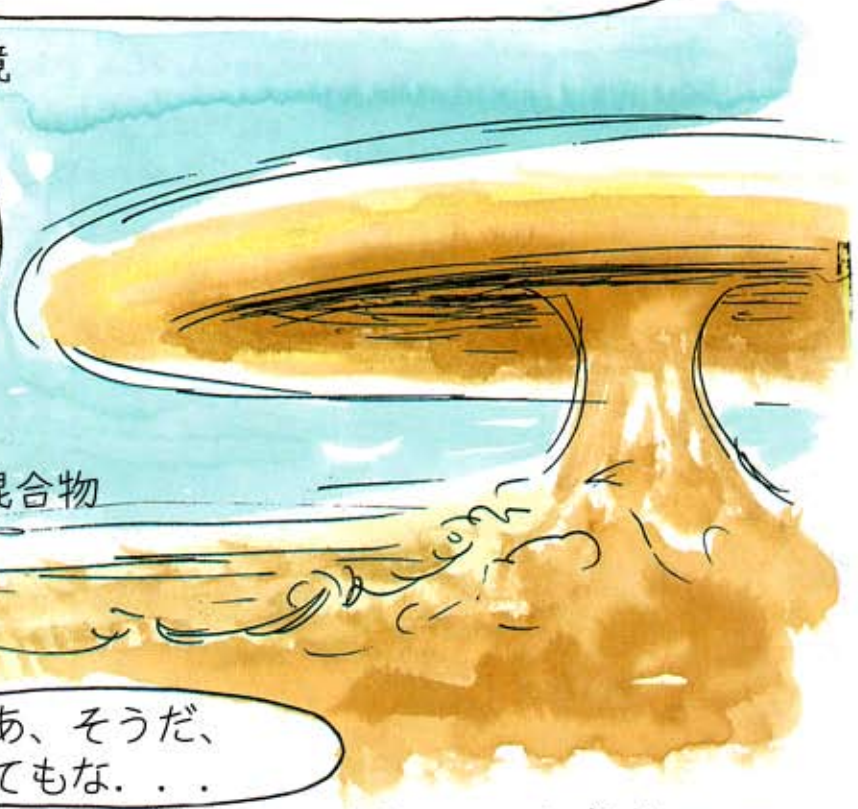
えへん、エドワード・テラーは新しい爆弾をつくり、核融合を行った。私たちはそれを望んではいなかった。しかし行ってしまった。テラーは考えついでしまった(*)。彼はいつも、とてもよいアイデアを持っていた。原子爆弾が爆発したとき、それは最初の100万分の数秒のうちに、大量のX線を放出してはじまった。テラーは、一種の鏡でこの光線を反射し、デュートリウムとトリチウムの混合物でできた的に集束させることを提案した。



それで上手くいったのですか？



ああ、そうだ、とてもな...



(*) エドワード・テラーは、第二次世界大戦中ロスアラモスの研究者であった。映画『博士の異常な愛情 または私は如何にして心配するのを止めて水爆を愛するようになったか』は彼をモデルにしている。

テラーはウラン238
製の鏡さえつくった

どうして
ウラン238?

きまつてるじゃないか、考えてみるよ。
水爆は爆発する。融合のさいにでる
中性子は、親物質のウラン238を
襲撃して、ほぼ同時に核分裂する
プルトニウム239に変える。

核分裂—核融合—核分裂
する恐ろしい爆弾だ

方向を制御された エネルギーの核融合

おお、
焼ける!

デュートリウムとトリチウムの
混合物(液状)に、あらゆる
形態のエネルギー(とても強い
レーザーの放射、電子、粒子加速器
の原子核)を集束させる核融合の実現
が、試みられている。起動させる
ためには、驚くほどの力が必要だ。
この核融合の火をつけるためには、
直径1mm以下の面積に、フランス全土
の大きさを持つ太陽発電がだす力を、
凝集させなければならない
(十億分の数秒でいいのだが)。

仕事率は一瞬膨大なものになるが、
総合的にみるとエネルギーはささや
かなものだ。この核“マッチ”
は火薬二百グラムに相当する。

エピローグ

僕たちには核エネルギーが必要だ。でも核分裂、核融合、それら全部不便なところがある

面倒な廃棄物がある！

それに事故が起こる危険が大きい。原子炉が暴走したら、鋼鉄の容器、コンクリート、地面さえも溶かしてしまうだろう（中国シンドローム(*)）。核分裂している質量は地中へ沈んでいき、この経過は止まらない。

どうすればいい？

まだ40年、ほんの少ししか経っていないわ。私たちは核の時代の始まりにいるのよ。

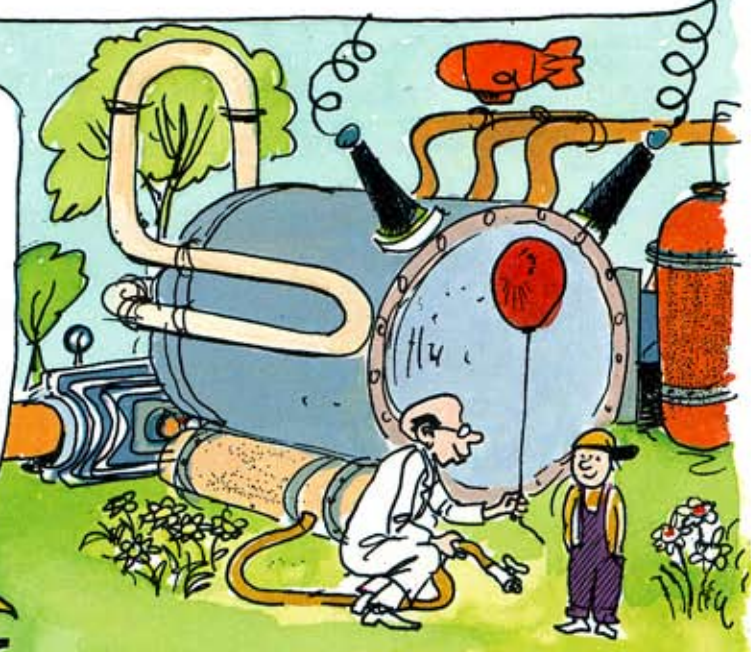
私は、革命的な進歩があると信じているわ、簡単に解決できる問題に、今の問題を変えてしまうような、でも核分裂よりも核融合の領域の方が、その可能性がありそうだけど

へえ...

(*) 原子物理学者が思いついたイメージ。それによると、原子炉が地球を貫いて、中国... フランスから見て地球の裏側に位置する中国... に出てくる!...

核融合の原子炉では、自由な状態にある中性子が出ないので、磁力をもつ強力な装置の助けをかりて、核融合のプラズマを閉じ込めることができる(電荷をもつ粒子は、強力な磁界があるところから逃げる)。

黄金時代！汚染しない、核融合炉(リチウム-水素またはホウ素)。核融合炉が生み出す唯一の生成物はヘリウムだ、それで子どもたちのために風船をふくらませてあげられる！



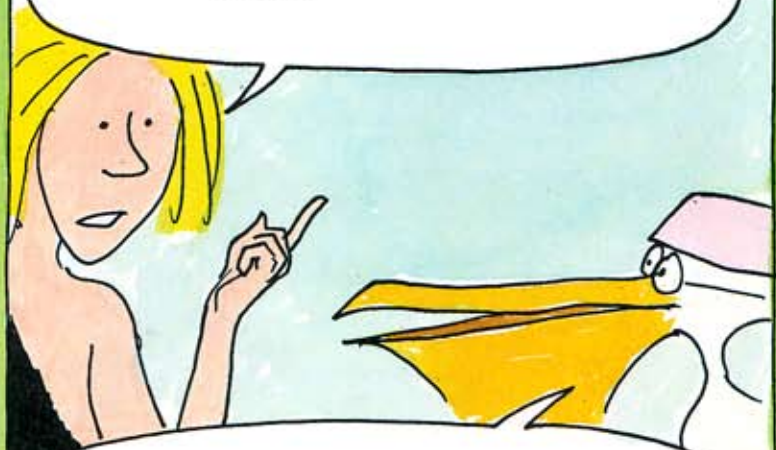
笑わせてくれ、夢の話だ！

でも、窓を閉じて煙突も使わずに自分の家で火を焚ける、触媒作用を用いたストーブは存在する！...

本当だよ。水蒸気と無水炭酸を生むが、呼吸に問題はなく、量もささやかなものだ。



実現可能なくらい低い温度で、核融合を行えるようにする触媒はないのかな？



既に1つ知られている、炭素だ

そうだ、ところで、
 太陽はどうやって核融合で動いているんだろう？
 太陽の中心にある一番熱い部分は1千5百度、発火温度である
 1億5千万度の10分の1だ

炭素が触媒の役目をして
 いるんだ。炭素があるのは反応の
 かなり複雑な行程においてで、
 最後に炭素は再生される。

それは窒素13に
 なる炭素12+水素1の反応から始まる。
 次にこの窒素13は窒素15に変わり、
 そして最後に窒素15+水素1→炭素
 12+ヘリウム4(CNOサイクル)

しかしこの反応は
 とてもゆっくりとしたものだ
 (時間のある太陽以外の
 者にとって)

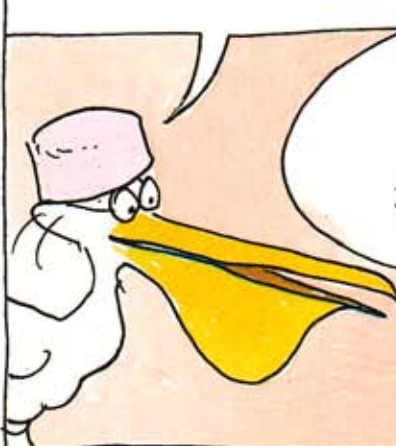
ミューオン

冷たい気体の混合物
 において、ただ一度放電
 するさいの電子で
 分子に衝撃を与え、
 複雑な化学反応
 を起こすことができる。



例：
 2CH_4 (メタン)
 + e^- になる：
 C_2H_2 (アセチレン)+ 3H_2

分子中の電子を、
 大きな電子に似ていて、
 原子核を近づけさせる粒子、
 ミューオンでおきかえる
 ことができる



では、どうして
 ミューオンで、
 “どっちつかずの”
 核融合の混合物に衝撃
 を与えないんだ。

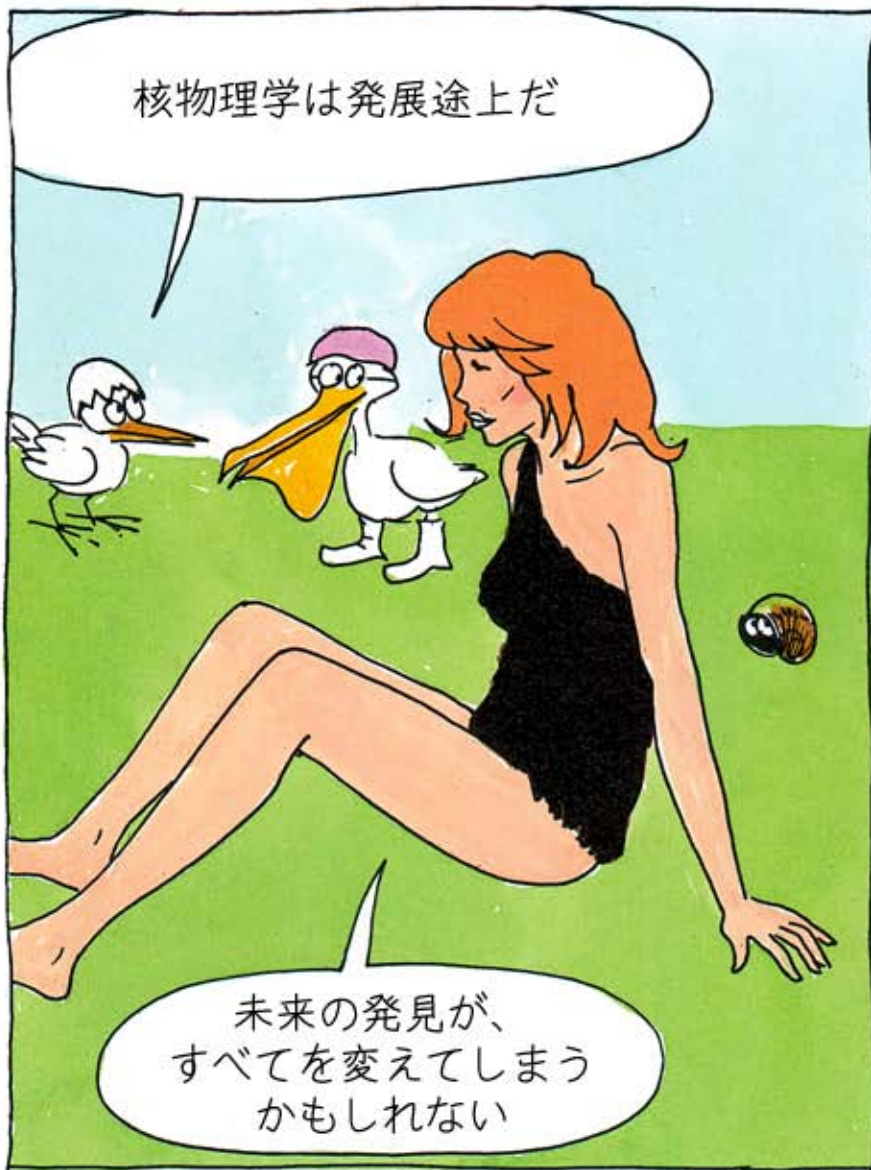


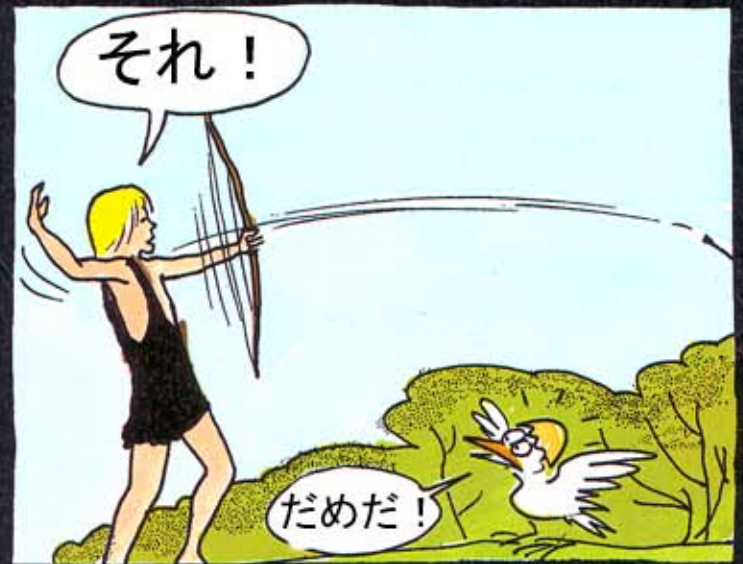
できるの？

ノー・プロブレム、サー。粒子加速器でのミュオンの作り方は分っている。デュートリウムとトリチウムの原子核をぶつけると、ヘリウムがつくられる。したがって核融合がある。しかしいくつかの粒子を対象とするこの原子物理学の実験と、産業として使える核融合の間には、かなり長い、成し遂げなければならない道のりがある！！！！...

原子核のスピンを調節することもできる。つまり彼らに、タンゴの代わりにワルツを踊らせるという意味だ。こうすることで衝突の効率が増す。









静寂か、ふん...

こんなにすてきな惑星

GO

満足?

お終い

43