

エネルギー会 座談会 講演

いのちへのまなざし  
～放射線の遺伝子への影響について～

2013年3月21日(木)

矢吹貞人(群馬大学名誉教授・分子生物物理学)

思いもかけない原発事故に遭遇し、  
怖れの中で生きている私たち、  
この機会を  
放射線との関わりについて考えるだけでなく  
私たちのいのちのもつ神秘について深く気づく  
恵みのときとしませんか

2012年9月4日 仮設(大熊町)の方々の墓参りに同行して



## 全く手つかずの津波の後（大熊町）



# 無人の町（双葉町）



## 線量計（大熊町）





## 月に地平線に沈みゆく地球

アポロ8号(1968.12) ジェームズ・ラベル飛行士  
「私が知っているすべてのもの—私の人生、私が愛したもの、海—  
それらの世界が、いま、私の親指の後に隠れてしまう」






## ザ・ブルー・マーブル

アポロ17号(1972.12)ユージン・サーナン飛行士  
「我々は月を探索に行ったが、実際には地球を発見することになった」

# 第1章 地球カレンダー

まず、地球の生い立ちの話をしたいと思います。地球カレンダーというのを作りました。地球が誕生してから今日までの46億年の歴史を1年のカレンダーに縮小したのが地球カレンダーです。

## 地球カレンダー

1月 1日	0:00 地球誕生 (46億年前)	
2月 9日	海と陸ができる (40億年前)	
3月 21日	ラン藻 (最初の生物体) 登場(35億年前)	
4月		
5月		
6月		
7月		
8月		
9月 27日	多細胞生物の登場 (12億年前)	
10月		
11月 23日	魚類の出現 (5億年前)	
12月 3日	大森林が広がり、 脊椎動物が陸へあがる	
11日	恐竜時代はじまる	
16日	原始的な哺乳類登場	
19日	鳥類の出現	
25日	恐竜全滅期	
26日	20:17 恐竜全滅	
27日	哺乳類の繁栄	
31日	14:30 人類の祖先誕生	
	23:59 58秒 産業革命	

46億年前、地球カレンダーでは元旦の午前0時、宇宙の片隅で地球が誕生しました。誕生したばかりの地球はマグマと水蒸気の層に覆われた生命のない星でした。

2月のはじめ、表面のマグマが冷め、大気が冷やされると、水蒸気は水になり、雨となって地球にふりそそぎ、地球を覆う海をつくりました。

3月の下旬、水の中で最初の生物体が生まれました。その後の地球の変化のスピードはとてもゆっくりとしており、海の中でより高度な多細胞生物が登場したのは最初の生物が登場してから約半年後の9月末のことでした。

生物の進化のスピードは徐々に早くなり、11月23日(5億年前)、魚類が出現し、その3日後に生物の陸への進出が始まりました。

12月中旬から下旬にかけてあわただしい動きが出てきました。12月3日に脊椎動物が陸へ上がり、11日に恐竜時代が始まり、16日には哺乳類が登場し、19日に鳥類が出現しました。

恐竜や巨大な植物の時代を経て、ほ乳類の時代となったのは一年の終わる3日前のことでした。

そして、現在の人類の祖先がアフリカに登場したのは大晦日31日の14時30分、人類の時代は一年のうちのたった10時間弱にしかすぎません。ワットの蒸気機関が発明されたのは1765年です。それから目覚ましい産業革命が起きました。

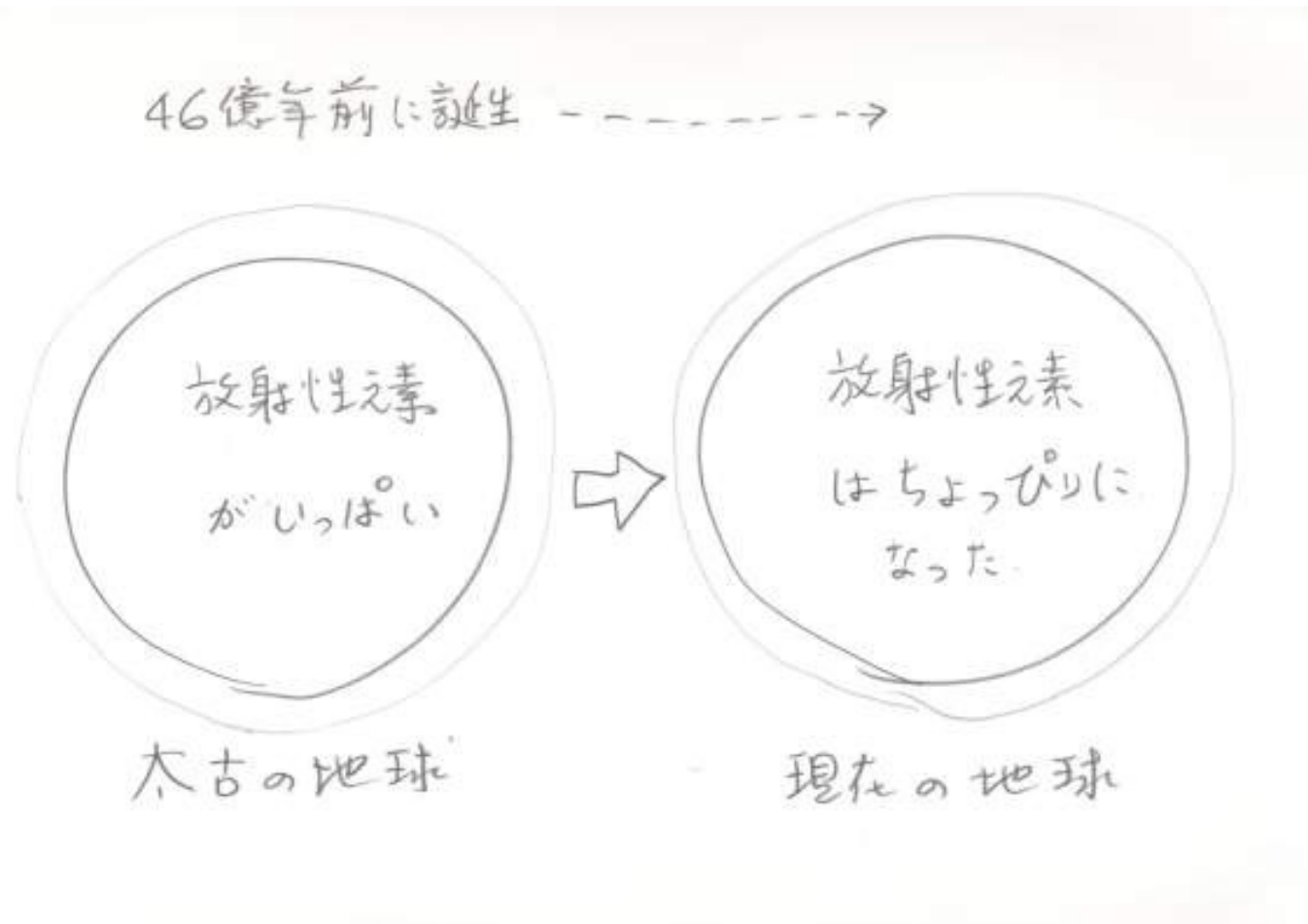
それを地球カレンダーで見ますと、産業革命が起きたのは31日、大晦日の23時59分58秒となります。現在の我々の近代文明は1年の地球カレンダーの最後の2秒間です。

冒頭に申し上げましたように、現在、地球の温暖化、化学物質による健康被害、水質汚濁、大気汚染そして自然環境の破壊さらに廃棄物処理の問題—こうした様々な環境問題が起きていますが、こうした地球の環境問題というのはすべて「地球カレンダー」で言いますと最後の2秒間の出来事なのです。

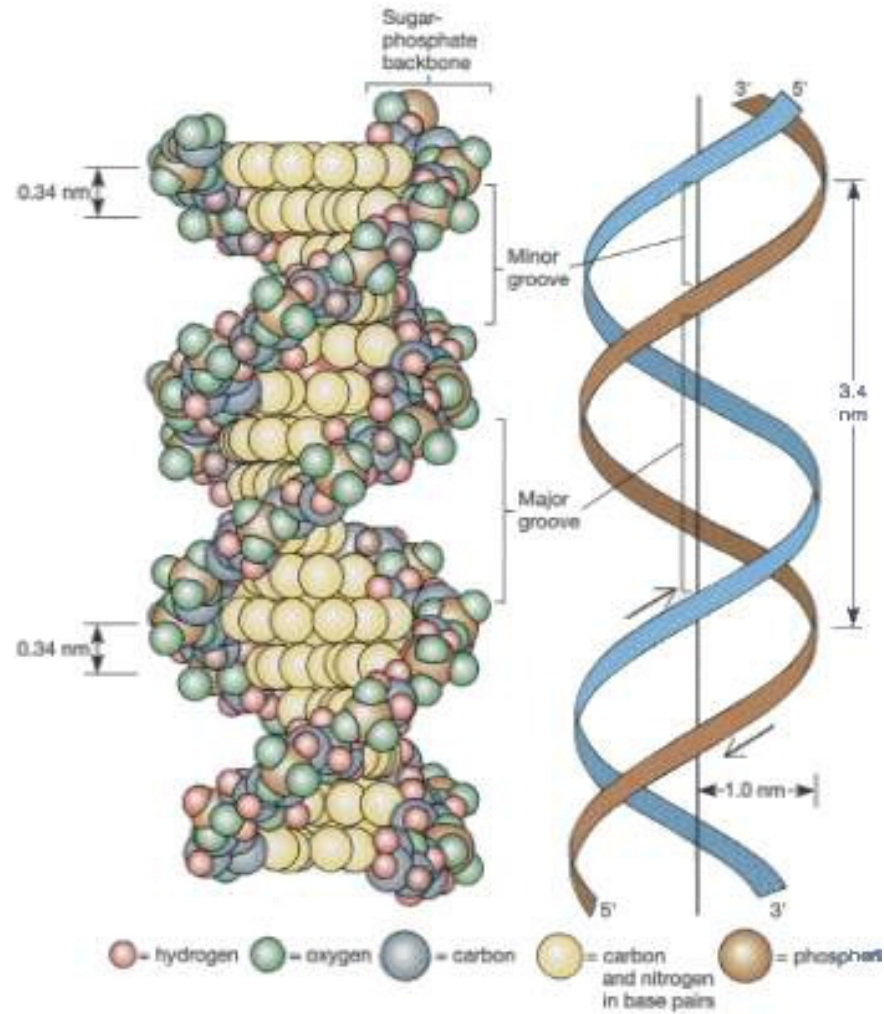
この最後の2秒間で、地球は人類によってまさに滅亡の危機にさらされたのです。私達人類は大変恐ろしいことをしている、このかけがえのない生命の星をたった2秒間で滅ぼそうとしていると言っても過言ではありません。そのように考えますと、環境問題の本質が見えてくるような気がします。



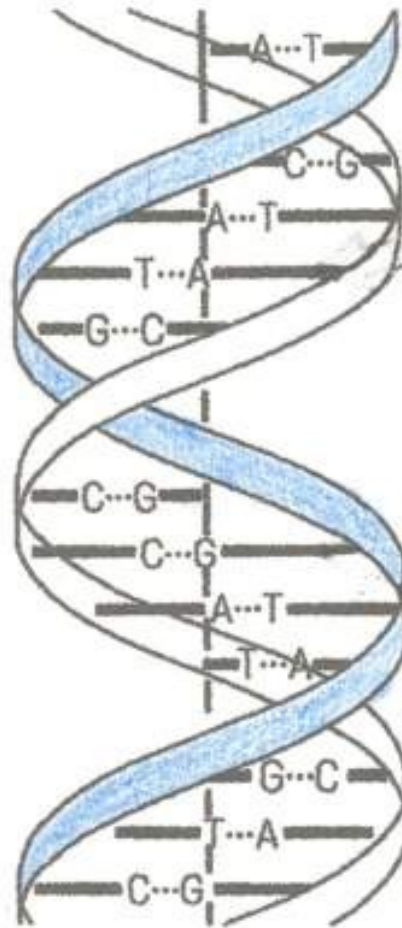
# 生命体の揺りかごととなった「地球」と放射能



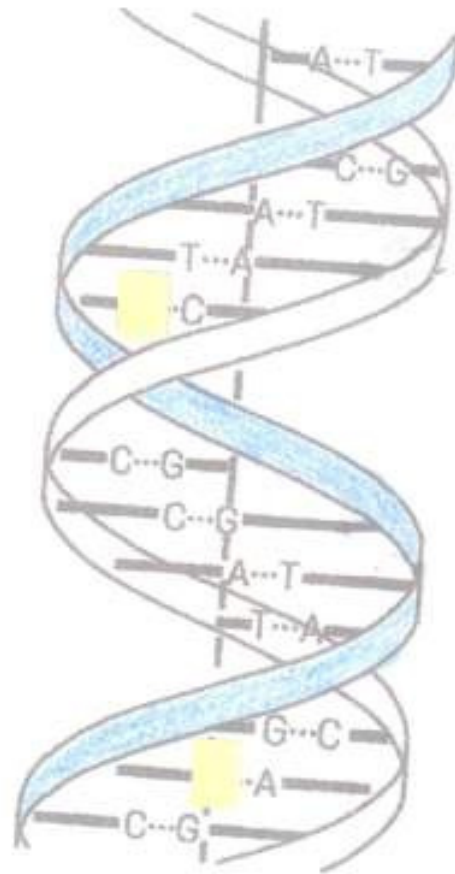
地球に生まれ、現存する生命体の遺伝子の本体はDNAと呼ばれる巨大なひも状の高分子  
(デオキシリボ核酸: *Deoxyribonucleic Acid*)



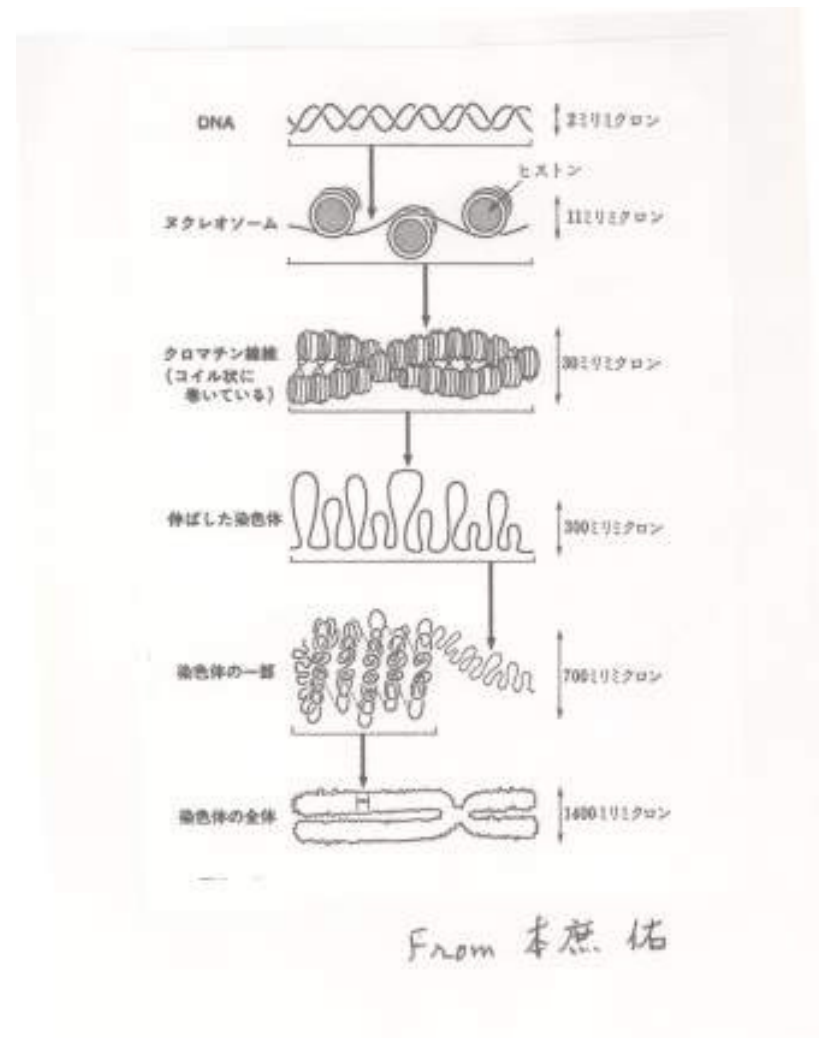
遺伝の情報はたった4種類の塩基と呼ばれる“文字”の1次元的な配列で綴られ、  
“塩基対の相補性”によって見事に保護され、子に伝えられていける  
美しい2重らせん構造をしている。



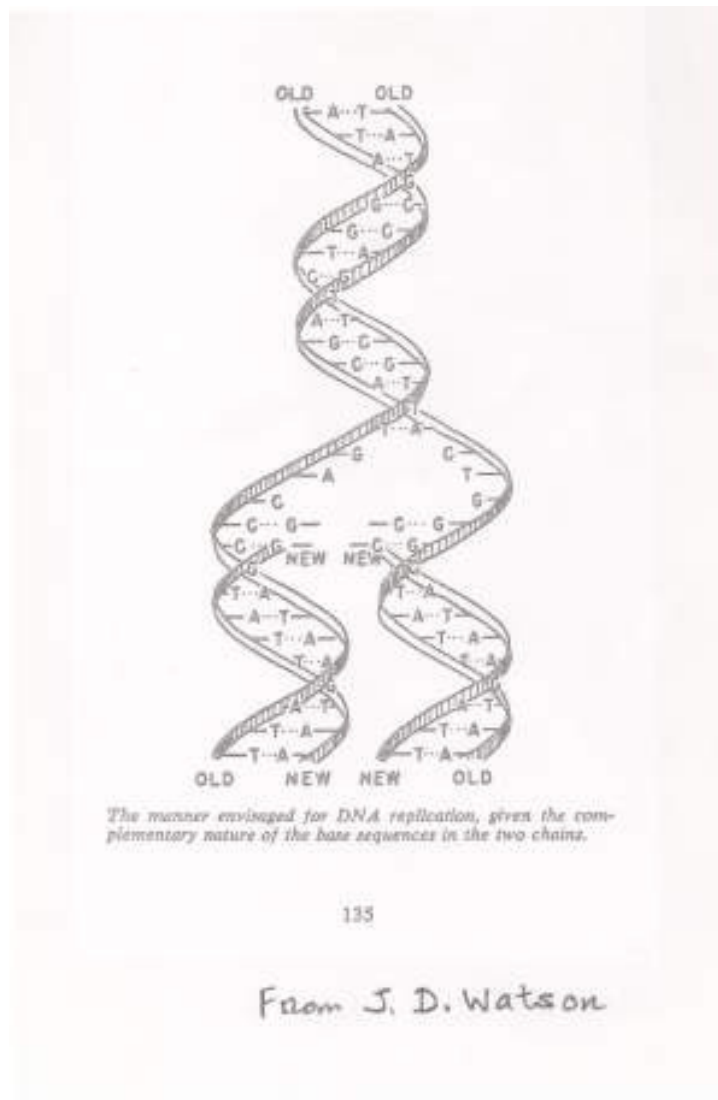
DNAの塩基が失われてしまったときでも心配がないわけ



DNAは裸ではない。普通の場合はタンパク質の厚い着物で保護されている。



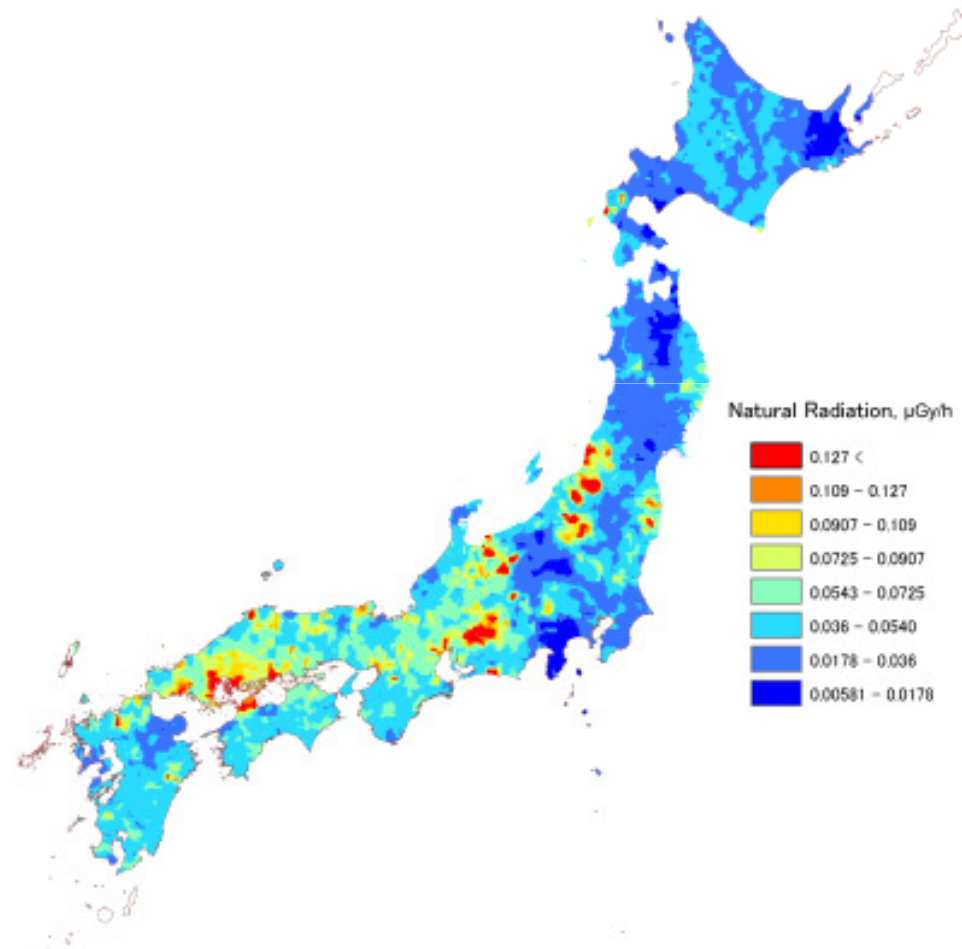
幼い子供の方が放射線の影響を受けやすいと考えられるわけ



**生物と無生物はこんなに違う**  
 —生物はあんなに弱弱しく、壊れやすく見えるのに—

ことがら	生物	無生物 (テレビ、パソコン。宇宙船、...)
設計図	内蔵している	内蔵していない
どうやって複雑な構造になる？	内蔵の設計図に基づいて、 たった一つの細胞が分化して	設計図に基づいて、部品が造られ、 それを集め組み立てて
傷を受けたら(故障したら)？	ある程度の傷なら自分で治せる	人が修理しなければ治らない
外敵に襲われたら？	免疫力が働いて	なすすべもない
大きな物理的な力が加わったら？	ひとたまりもない	生物よりは強そうに見えるが
部品が古くなったら？	自然に新しい細胞と入れ替わる	自分では何もできない
代替りの物が造れる？	遺伝によって子孫が造れる	別の物を買うしかない
より良いものに進化できる？	自然に抱かれて進化する	自力では全くできない

年間自然放射線量の大きさは場所によって異なっている(日本国内)





世界でも場所によって大きく異なっている

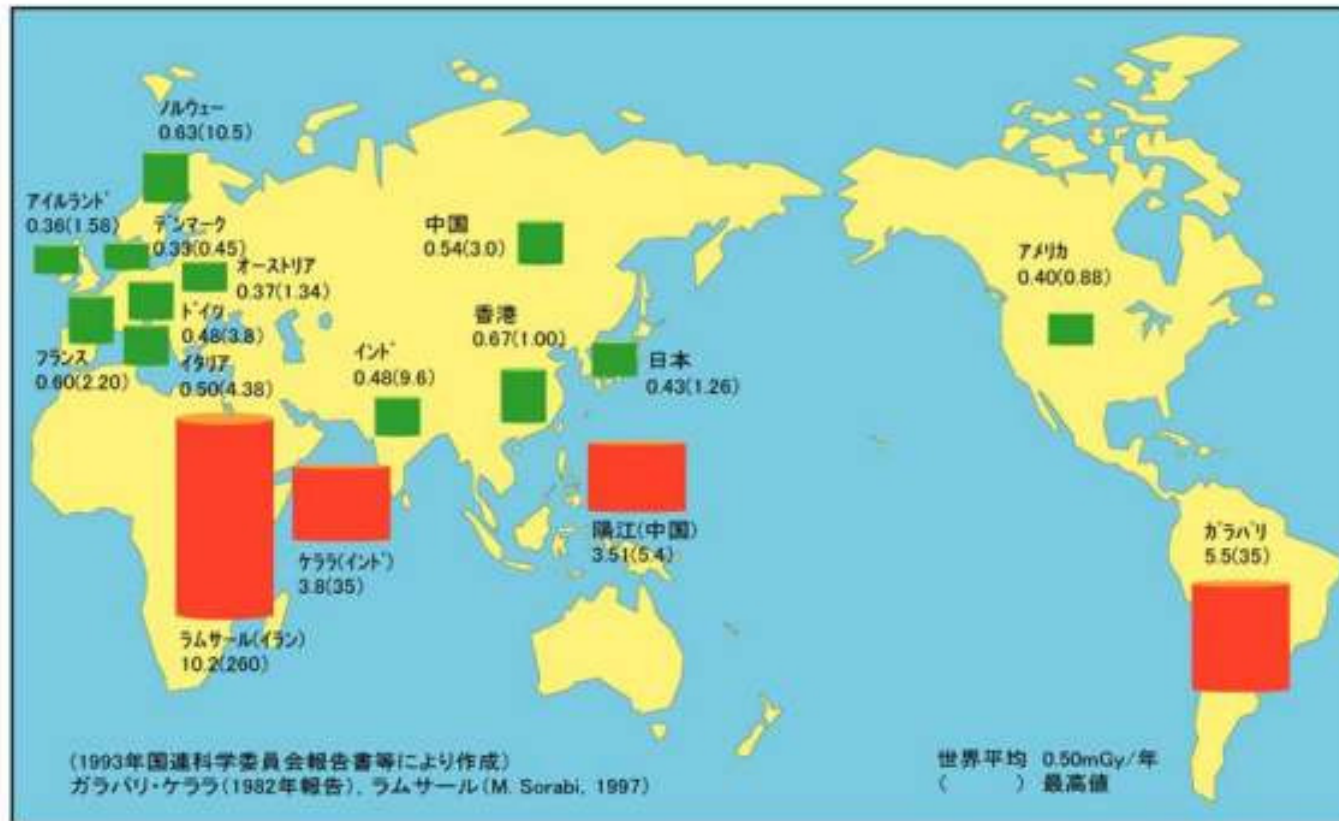
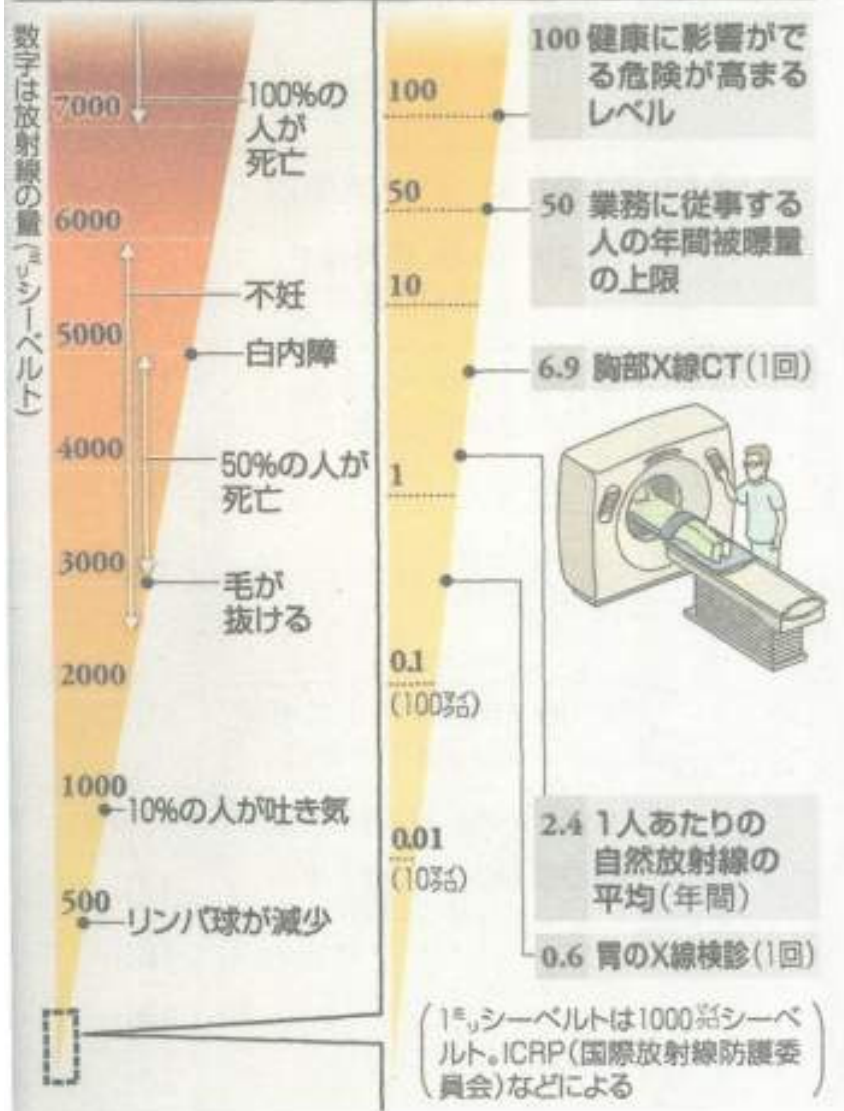
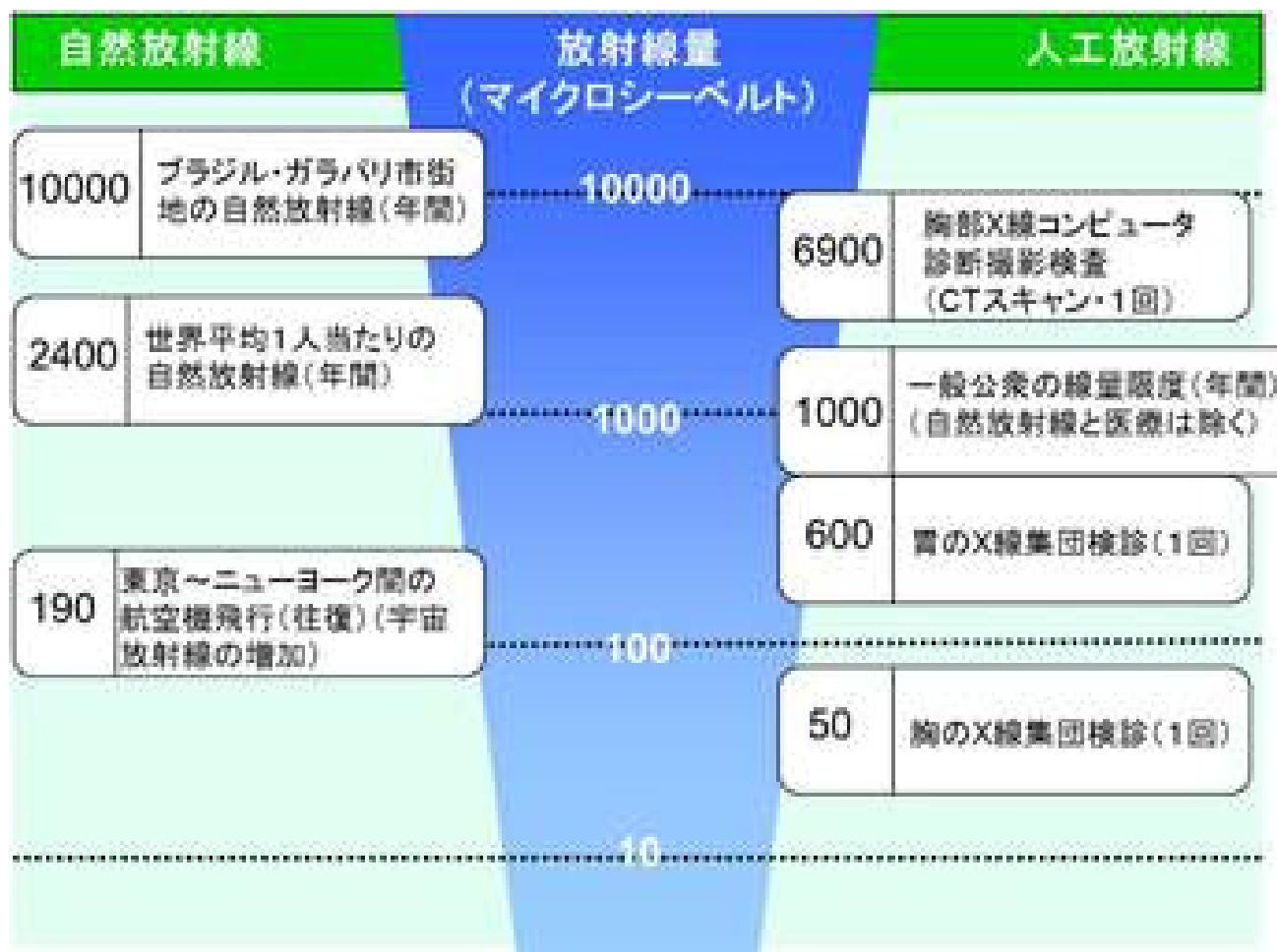


図1 世界各地の大地から受ける年間自然放射線量

# 被曝線量と体への影響 (朝日, 2011/10/15)

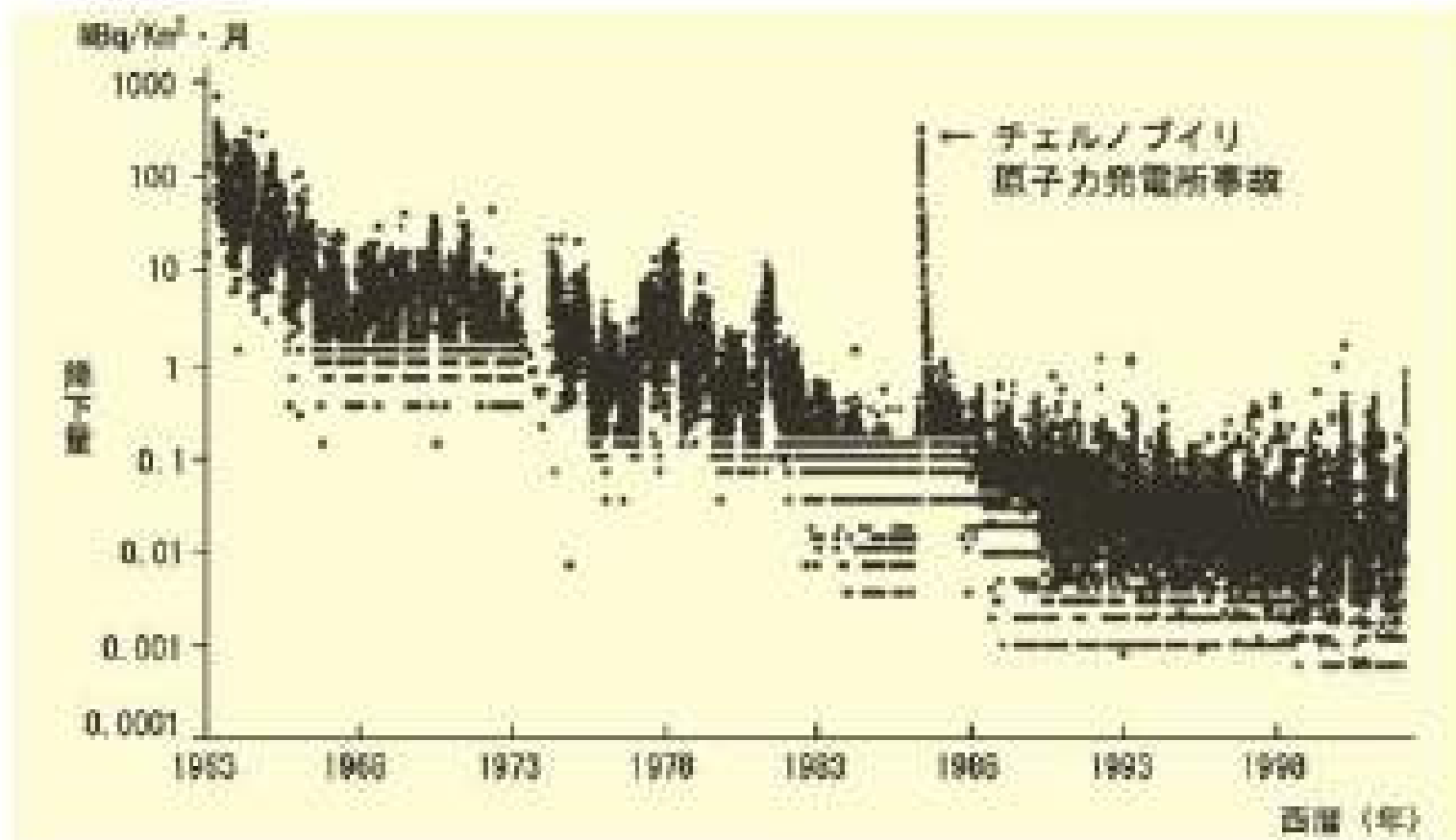


## いろいろな放射線源とその強さ

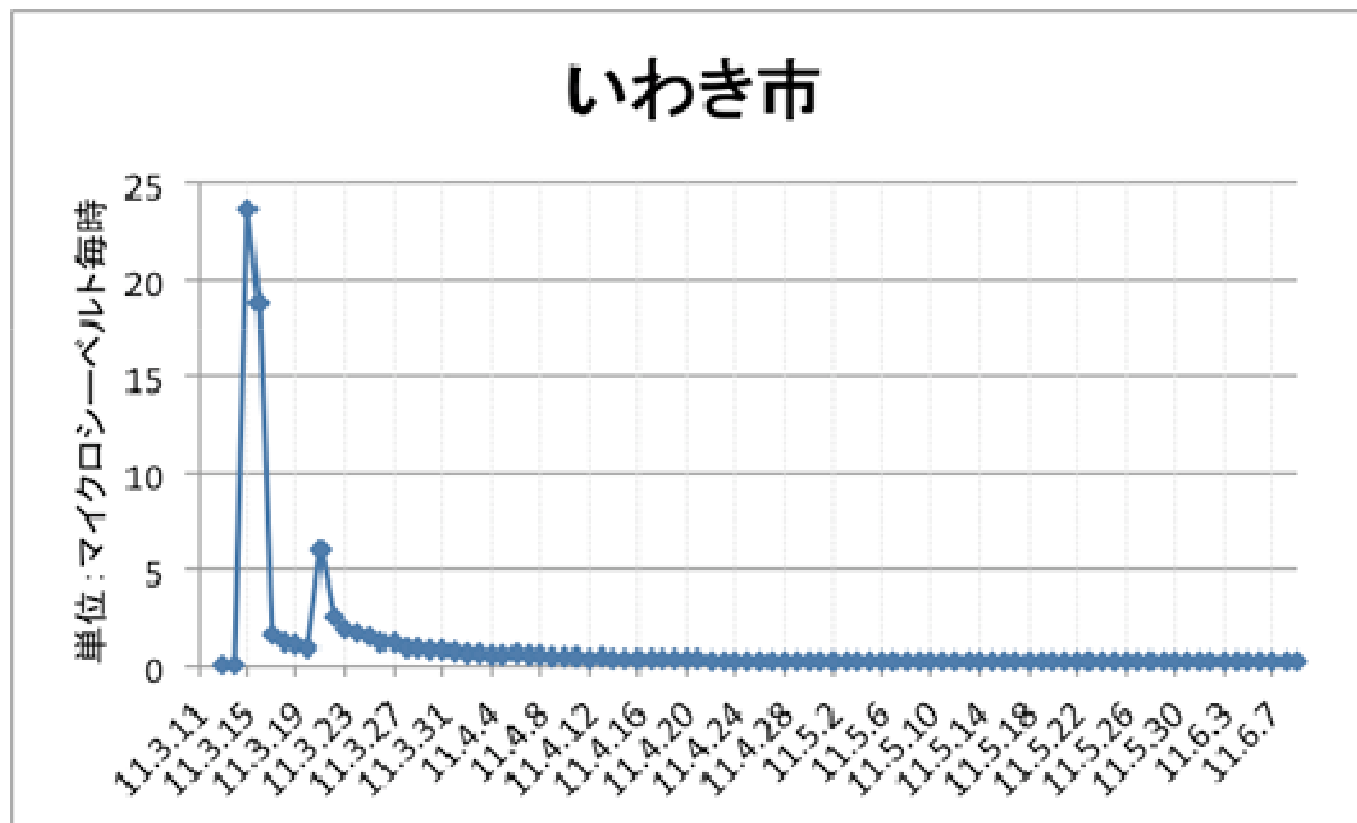


# 日本における降下物中の セシウム137降下量の経年変化

(財団法人日本分析センター『ようこそ「日本に環境放射能と放射線」』より)



## 原発事故後の大気中放射線量の推移



## 福島県いわき市の現在の放射能レベルで 遺伝子に傷のつく可能性を計算してみましょう

- いわき市中央台の3月20日午後の大気中の測定値は  
0.120  $\mu$  Sv/h でした。
- 1日8時間戸外で過ごすと仮定し、365日で浴びる放射線量を計算すると  
0.120  $\mu$  Sv/h  $\times$  8h  $\times$  365日 = 350  $\mu$  Sv
- となります。すなわち、0.354ミリシーベルト(mSv)となります。
- 意外と思われるかもしれませんが、2.8年間浴び続けてもすべての細胞  
の中の遺伝子(ゲノム)にやっと一つも傷がつけられないほど弱い放射線  
量になっているということです。
- 因みに、大田区では 現在は 0.050  $\mu$  Sv/h  
したがって、いわき市中央台に比べると およそ 2.4 倍弱い。細胞内  
の  
遺伝子に1つ傷がつくするには およそ 6.7年かかる計算に。

## 次の関係を憶えておくと便利です

- さきほどのいわき市の例で、放射線量とDNAに出来る可能性のある傷の数の関係が分かりました。すなわち、  
1時間当たりの放射線の強さが  $0.120 \mu\text{Sv/h}$  のときは  
1年間で浴びる総量は  $0.350\text{mSv}$   
1個の細胞内のDNAにどこかに出来る傷の数は 1年間で 0.350個
- 逆算すると、すべての細胞のDNA(ゲノム)のどこかに1年間で1個の傷がつく可能性を持つ放射線量の値は  
毎時  $0.34 \mu\text{Sv/h}$  となります。

**0.34マイクロシーベルト = 1個(1ヶ所)**

- この数値の関係を覚えておけば単なる比例計算で、あなたの住んでおられる場所で、そのときの放射線量の値を知れば、直ちに、「すべての細胞のDNAのどこかに年間でいくつ傷がつくか」を推定できるというわけです。

## 遺伝子上の放射線の攻撃目標の数の目安

- ・ 人間の細胞1個の中にあるDNA分子は全部をつなげて測ったとすればちょうど身長くらいの長さになります(大ざっぱに言えば約1メートルくらいと思えばいい)。
- ・ 遺伝情報を綴る文字の数は塩基対の数に等しいので、その数は約30億となります。(地球の総人口の半分に当たるので覚えやすい)。
- ・ 塩基対が放射線の攻撃目標となるので、その数は約30億となる(塩基の数なら約60億)。
- ・ なお、正確に言葉を使うならば、1個1個の遺伝子は特定のたんぱく質の作り方(タンパク質はアミノ酸が線状につながってできた高分子。そのアミノ酸配列に対応するDNA分子の一部分を遺伝子と呼びます。ヒトの場合は約20,000個の遺伝子があると考えられています)。
- ・ いろいろある遺伝子の総体をゲノムと呼んでいます。
- ・ 私の話の中では、本来はゲノムというべきところを、馴染みの薄い名称なので、遺伝子と言っていますので、注意をお願いします。
- ・ つまり、「細胞の中の遺伝子の1か所に傷がつく可能性があります」というときの意味は、「細胞のゲノム全体の中のどこか1か所に傷がつく可能性があります」という意味です。



# 元素の周期表

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0		
1	<sup>1</sup> H															<sup>2</sup> He		
2	<sup>3</sup> Li	<sup>4</sup> Be									<sup>5</sup> B	<sup>6</sup> C	<sup>7</sup> N	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> F	<sup>10</sup> Ne		
3	<sup>11</sup> Na	<sup>12</sup> Mg									<sup>13</sup> Al	<sup>14</sup> Si	<sup>15</sup> P	<sup>16</sup> S	<sup>17</sup> Cl	<sup>18</sup> Ar		
4	<sup>19</sup> K	<sup>20</sup> Ca	<sup>21</sup> Sc	<sup>22</sup> Ti	<sup>23</sup> V	<sup>24</sup> Cr	<sup>25</sup> Mn	<sup>26</sup> Fe	<sup>27</sup> Co	<sup>28</sup> Ni	<sup>29</sup> Cu	<sup>30</sup> Zn	<sup>31</sup> Ga	<sup>32</sup> Ge	<sup>33</sup> As	<sup>34</sup> Se	<sup>35</sup> Br	<sup>36</sup> Kr
5	<sup>37</sup> Rb	<sup>38</sup> Sr	<sup>39</sup> Y	<sup>40</sup> Zr	<sup>41</sup> Nb	<sup>42</sup> Mo	<sup>43</sup> Tc	<sup>44</sup> Ru	<sup>45</sup> Rh	<sup>46</sup> Pd	<sup>47</sup> Ag	<sup>48</sup> Cd	<sup>49</sup> In	<sup>50</sup> Sn	<sup>51</sup> Sb	<sup>52</sup> Te	<sup>53</sup> I	<sup>54</sup> Xe
6	<sup>55</sup> Cs	<sup>56</sup> Ba	<sup>L</sup>	<sup>72</sup> Hf	<sup>73</sup> Ta	<sup>74</sup> W	<sup>75</sup> Re	<sup>76</sup> Os	<sup>77</sup> Ir	<sup>78</sup> Pt	<sup>79</sup> Au	<sup>80</sup> Hg	<sup>81</sup> Tl	<sup>82</sup> Pb	<sup>83</sup> Bi	<sup>84</sup> Po	<sup>85</sup> At	<sup>86</sup> Rn
7	<sup>87</sup> Fr	<sup>88</sup> Ra	<sup>A</sup>															
	<sup>L</sup>	<sup>57</sup> La	<sup>58</sup> Ce	<sup>59</sup> Pr	<sup>60</sup> Nd	<sup>61</sup> Pm	<sup>62</sup> Sm	<sup>63</sup> Eu	<sup>64</sup> Gd	<sup>65</sup> Tb	<sup>66</sup> Dy	<sup>67</sup> Ho	<sup>68</sup> Er	<sup>69</sup> Tm	<sup>70</sup> Yb	<sup>71</sup> Lu		
	<sup>A</sup>	<sup>89</sup> Ac	<sup>90</sup> Th	<sup>91</sup> Pa	<sup>92</sup> U	<sup>93</sup> Np	<sup>94</sup> Pu	<sup>95</sup> Am	<sup>96</sup> Cm	<sup>97</sup> Bk	<sup>98</sup> Cf	<sup>99</sup> Es	<sup>100</sup> Fm	<sup>101</sup> Md	<sup>102</sup> No	<sup>103</sup> Lr		

- 典型金属元素
- 半金属元素
- 非金属元素
- 遷移金属元素
- 希ガス

# 体内の放射性物質の量

(中川恵一「放射線医が語る被曝と発がんの真実」ベスト新書ほか)

もの	半減期	量(ベクレル)
カリウム40	12億5千万年	体重60キロなら 約4000
炭素14	5千数百万年	約2500
他の物も併せると、キログラム当たり		百数十
干し昆布、キログラム当たり		カリウム40 だけでも 2000

## 広島・長崎・チェルノブイリからの学び

- 広島女性の平均寿命は日本一
- ロシア政府報告書「チェルノブイリ事故25年 ロシアにおけるその影響と後遺症の克服についての総括および展望 1986～2011」の最終章より、  
『事故に続く25年の状況分析によって、放射能という要因と比較した場合、精神的ストレス、慣れ親しんだ生活様式の破壊、経済活動の制限、事故に関連した物質的損失といったチェルノブイリ事故による他の影響の方が、遥かに大きな損害を人々にもたらしたことが明らかになった。  
チェルノブイリ原発事故の主な教訓の一つは、社会的・精神的要因が十分に評価されていないことであると、今こそ明確に主張することができる。どんな規模  
で  
あれ、地域が放射能に汚染された場合、こうした要因の影響が最も重要なものであることが、人々の生活によって明らかになった。』  
(中川恵一「放射線医が語る 被曝と発がんの真実」ベスト新書)

## 朝日新聞の片隅の記事から

- 野生キノコにセシウム 福島事故と無関係？  
(2012/12/18 37面)
- 食品のセシウム 半年で 3分の1 福島県内、基準下回る  
(2013/3/12 7面)
- 福島の子の甲状腺「異常と言えない」  
環境省が他県3市と比較 (2013/3/9 3面)
- 放射性物質検査 果物など外す (2013/3/20 38面)