

### 放射線と安全性

(11-11-05 黒田孝一)

科学常識このぐらいいは——目安作り、文科省乗り出す（読売新聞 05-05-01）

1999～2001 年にかけて、世界 17 か国の学術機関などが連携して、18 歳以上を対象に、科学分野の 11 問について正誤を尋ねた。日本の正答率は 54% で 13 位。1 位スウェーデンの 73%、5 位アメリカの 63% などに比べ「常識の無さ」が目立っている。

【科学常識チェック、○か×か】（国際比較の共通質問から）

- 〈1〉地球の中心部は非常に高温
- 〈2〉すべての放射能は人工的に作られた
- 〈6〉電子の大きさは原子よりも小さい
- 〈8〉大陸は何万年もかけて移動しており、これからも移動するだろう
- 〈9〉現在の人類は、原始的な動物種から進化した
- 〈11〉放射能に汚染された牛乳は沸騰させれば安全  
（原発事故、放射線と関連がある問題を抜粋、6/11）

科学常識チェック問題解答、注釈

問題 1 ○温泉、火山から考える。地球の平均気温が 15 度付近にあるのは放射性物質の崩壊熱が地球内部で発生しているためと考えられている。

問題 2 ×1956 年岡山・鳥取両県にまたがる地域がウラン鉱山として有望とされたが、ウラン濃度が低く採算が取れないので、掘り出した鉱石はそのまま放置され、放射能汚染被害が懸念されている。ウランが崩壊してラドン（放射性の気体）ができる。

問題 6 ○原子は原子核と電子から構成（部分は全体より小さい）。原子核は陽子と中性子で構成されている。電子は陽子／中性子の 1/1800、しかし電氣的につり合っている。化学反応は電氣的引力による。

問題 8 ○この説を考えたアルフレッドウエゲナー（1880-1930）は世界地図でアフリカの西側と南米の東側がピッタリくっつくように見えたことから考えついた。大陸移動の原因は海底が海溝に沈み込むこと。

問題 9 ○ダーウイン（1859）が始めてこの説を唱えた。進化の原動力については今も多くの説がある。しかし突然変異が関与していることは間違いない。

問題 11 ×放射線を出させないようにすることは出来ない。放射線を届かないようにする（遮蔽）ことは可能。

原子力発電所から出る低レベル放射性廃棄物には、気体、液体、固体のものが

## 放射線

あります。気体、液体については安全を確認した上で大気中や海に放出しています。固体の放射性廃棄物については焼却、圧縮することによって容積を減らし、セメントなどで固めてからドラム缶に密閉します。その後、青森県六ヶ所村の日本原燃（株）低レベル放射性廃棄物埋設センターに輸送し、埋設処分しています。（日立原子力情報）

### 放射線とは

移動している状態のエネルギー（広義）の中で、物質と反応して電離を起すもの（電子を飛び出させる）＝電離（性）放射線

生物は化学反応によって生命を維持している。化学反応は電子によって起こる。その電子が無くなった状態では結合が激しく起こる（例：活性酸素）。

電離（性）放射線：高速の粒子＝粒子線（アルファ線＝ヘリウム原子核、ベータ線＝電子等）と電磁波（波長が短い光 X線、ガンマ線等）がある。

移動が止まった時＝放射線がなくなる

### \* 放射線の有害性について

太陽系形成の時（超新星爆発）、高温のために放射性物質は出来た。半減期の長いウランが今も残り、重いために地球の中心部に集まり、核分裂を起している（地球の中心部が熱い理由）。その放射線が地球表面に出てくるため、地表では平均2.4(1～13ミリシーベルト／年の放射線を私達は受けている(宇宙線0.39)。放射線は多い場合はそのエネルギーによって火傷を代表とする急性障害を受け（確定的影響）、中程度では分裂が盛んな細胞に影響が出る。少ない場合はごく少数の細胞の死（無害）、およびDNA損傷のある細胞が分裂、増殖（低い確率でがん細胞に発展、ほとんどの細胞は短期間に消滅＝確率的影響）を受ける。

### \* 放射線量と典型的な急性影響

< 250 mSv なし、250 mSv 白血球の一時的減少、500 mSv 嘔気・嘔吐・全身倦怠・リンパ球著減、1.5 Sv 50% 放射線宿酔、2 Sv 5% 死亡、4 Sv 50% 死亡(30日以内)、6 Sv 90% 死亡(2週以内)、7 Sv 100% 死亡

### \* 安全性について

1960年代から石油燃焼、化学物質が多用され、私達の身の回りには天然素材を見つけるのが難しいほどになった。石油、化学物質は多かれ、少なかれ有害で

## 放射線

あり、絶対安全を求めるなら使用できないと考えられている。そこでリスク（有害性の程度を確率・・例えば発がん率）が有る程度低い化学物質は使う方向で経済の発展と折れ合いをつけた。

ヒ素の場合（例 バングラデシュではガンジス河堆積土が高濃度のヒ素を含む）、発がん確率 1/1000 人が許容濃度になっている。

放射線の場合自然環境中に存在し、その強度範囲は 10 倍程度。生命体はその中で進化を遂げたことから考えれば、生命体の抵抗力の範囲と考えることが出来る。また地球中心部から放射能を持つ物質が出てくることもある（例 ラドン）ので抵抗力には余裕があり、限界は 2 倍程度と思われる。

自然環境放射線強度の基準として平均値 2.4 を設定すれば、5 ミリシーベルト／年ではほとんど有害性はない。

生命体の抵抗力は鍛えることができる＝微量の放射線は体に良い効果を与える（ホルミシス効果・・広く認知されてはいない）とする人はいる。ラドン温泉は放射線被ばくが売りになっている。

### \*細胞死

急性影響では白血球が大量に死ぬことが知られている。白血球、リンパ球は毎日どんどん作られ更新されている＝細胞分裂が盛んな細胞群。

細胞分裂の基本は親細胞と全く同じ細胞を作ることにある。少しでも異常があれば、分裂を止める、自殺（アポトーシス）するようになっている。放射線は細胞の設計図である DNA を壊す。したがって分裂の盛んな細胞はどんどん少なくなる（ガン治療に放射線が使われるのも同じ）。

DNA 損傷を受けた細胞群は損傷によって一部の代謝が出来なくなり、新しい細胞に置き換えられる（＝回復）。中には性質が変化したまま分裂し、がん細胞へと発展する場合がある。この変化は必ず起こることはなく、確率的な事象と考えられている。大量被ばくの場合白血球が減少したり、死亡したりするのは確定的影響と呼ばれる。

### \*がん

DNA 損傷を受けた細胞ががん細胞、がん組織へと発展するのには一定の時間が必要で、アスベストによる中皮腫が 40 年程度といわれている。

したがって 40 歳を過ぎた人達にとっては急性的な影響が出ない放射線量であれば、ほとんど無害と思う。逆に赤ちゃんは神経質すぎるほどの注意を払って被

## 放射線

ばくさせないようにすべきである。僕は小学生までの子供は汚染地域から移住させるべきと思う。年齢を考慮しない安全性の議論・・・例えばセシウム汚染牛肉問題は日本は汚染のない食品、工業製品を市場に流通させますと世界に宣言するためのものであろうと思う。

### \* 被曝量の生体影響評価について

環境汚染物質、放射線の場合、健康影響は 放射線強度または環境中の濃度  $\times$  時間 で評価。複数回の被ばくの場合加算して被ばく総量を計算。

放射線の場合 環境（土壌等）から受ける場合（外部被ばく）と放射線を出す物質が体に入り（飲料水、食物、粉じん等）体内で放射線を出す場合（内部被ばく）がある。放射能が内部に入った場合の減少（実効半減期）は物理的半減期、および代謝・排泄で体外に出る生物学的半減期に従う。

$1 / \text{実効半減期} = 1 / \text{物理的半減期} + 1 / \text{生物学的半減期}$

半減期  $T$  の物質の時間  $t$  でのベクレル  $B$ ・・・ $B(t) = B(0) \cdot (1/2)^{(t/T)}$

放射性物質（ヨウ素 131, セシウム 137 など）のベクレルの値＝

1 秒間に崩壊する原子核の数＝ 1 秒間に出る放射線（ $\beta$ 線、 $\gamma$ 線など）の量

### \* ベクレル／シーベルト換算（実効線量係数）

摂取した放射性物質の量と組織や臓器が受ける線量の大きさとの関係をあらかじめ求めておくことにより、放射性物質の量に対応した被ばく線量を計算。この時物質の形態（気体、吸着、化学型）によって区分。放射性物質の量と被ばく線量の関係を表す係数＝実効線量係数(mSv/Bq)。

放射線は種類によって同じベクレルでも影響が異なる（アルファ線はベータ線の 20 倍影響が強いとしてシーベルトを計算）

ヨウ素 131 半減期 8.04 日 経口摂取  $1.1 \times 10^{-5}$  吸入摂取  $2.2 \times 10^{-5}$

セシウム 137 半減期 30.1 年 経口摂取  $6.7 \times 10^{-6}$  吸入摂取  $1.3 \times 10^{-5}$

例（黒田計算）ヨウ素 131 が 1kg に 2000 ベクレル (Bq) あるほうれん草 1kg を食べた。 $2000 \text{ Bq/kg} \times 1.1 \times 10^{-5} \text{ mSv/Bq} = 0.022 \text{ mSv/kg} = 22 \mu\text{Sv/kg}$ （無視できる）体内でヨウ素がほうれん草と同じに動けば、生物学的半減期は約 0.5 日（腸管から排泄）、50%が甲状腺に到達する場合、排泄経路はホルモン分泌に限られるため、こちらの生物学的半減期は非常に長くなり（138 日？）、結局は物理的半減期に等しくなる。