

宇宙放射線に含まれるγ線の被爆に伴う天然ゴムの劣化過程の考察

峯田一樹 (中学3年 e-kagaku アカデミー)

成層圏を実験環境に、γ線量と天然ゴムの張力の相関関係と劣化過程から劣化原理を組織構造レベルで考察した。

1. 研究動機・背景

観測機 Faraday の張力測定装置より無作為に数値を抽出し、平均は該当高度域($h \pm 0.1$ km)の5つの数値を用いてそれぞれ行った。その結果、天然ゴムの張力は高度 21 ± 0.1 (km)で最低平均の 4.8957×10^1 (N/m²)であり、初期段階の高度 1.5 (km)以下の平均 6.4784×10 (N/m²)と比較して約 1.5 (N/m²)張力が小さくなっていることが分かった。この張力減少の傾向は成層圏に存在する γ 線の被爆に伴うものと仮定した場合、天然ゴムの組織構造はどの様に変化したのか疑問に思い、本研究に至った。(2)

(2)γ線の被爆を要因とする仮説は高度に伴うγ線量の変化においてグラフ傾向が近いものであったため。(高度 16 ± 0.1 (km),最高平均 7.9996×10^{-1} (μ Sv/h))

2. γ線量と天然ゴムの張力の相関関係と劣化過程の測定

(Faraday の張力測定装置とガイガーカウンターからデータを抽出・分析。)

①γ線 (μ Sv/h)と天然ゴムの張力(N/m²)の相関係数から相関関係の有無を判断。

②GoPro 製の動画記録機器から時間ごとに 600×380 の画像の全体 (100%)における天然ゴムの面積割合(%)を求め。画像内の面積比率(%)による天然ゴムの膨張・収縮とγ線量(μ Sv/h)の相関係数から相関関係の有無と傾向を判断。

3. 結果から考察する組織構造の変化と天然ゴム劣化原因

3.1.分析結果

①γ線 (μ Sv/h)と天然ゴムの張力(N/m²)の相関 【Fig.1】

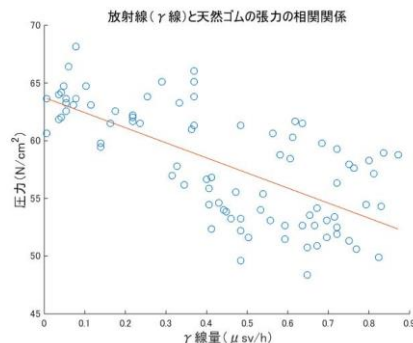
- 1) 相関係数は-0.6839 であり、γ線量と天然ゴムの張力変化には負の相関関係があると言える。
- 2) 式(a)からγ線量が増加すると天然ゴムの張力は減少する傾向がある。

$$Y = -13.0605X + 63.7360 \quad (a)$$

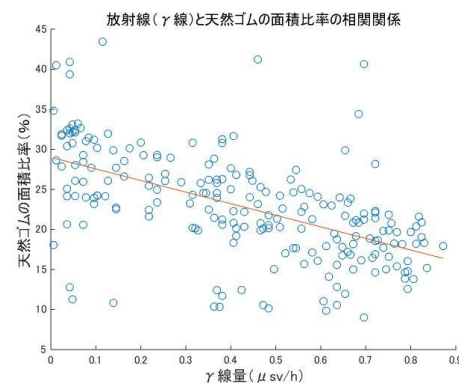
②画像内の天然ゴムの面積比率(%)とγ線量(μ Sv/h)の相関 【Fig.2】

- 1) 相関係数は-0.5603 であり、γ線量と天然ゴムの面積比率には負の相関関係があると言える。
- 2) 式(b)からγ線量が増加すると天然ゴムの面積比率は減少する傾向があり、収縮していることが分かる。

$$Y = -14.4631X + 28.9979 \quad (b)$$



【Fig.1】 X軸をγ線量(μ Sv/h)、Y軸を天然ゴムの張力(N/m²)とした時の相関関係

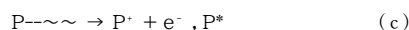


【Fig.2】 X軸をγ線量(μ Sv/h)、Y軸を天然ゴムの面積比率(%)とした時の相関関係

3.2.研究考察

1)天然ゴムの劣化原因と組織構造の変化について

実験対象である天然ゴムはポリイソプレン(C_5H_8)_nで構成されている。【1】γ線などの高エネルギー放射線を高分子(ここで言う天然ゴム)に照射すると式(c)の様にイオン化・励起化する。



炭化水素を炭素と水素に分解された天然ゴムは架橋反応(再結合・付加反応)が起きる。高分子物質は分子の崩壊と架橋反応が同時に起こる。(天然ゴムは架橋反応が優先される。)架橋反応(ゲル化)により高分子物質の体積は小さくなる傾向がある。【4】

γ線量の照射による架橋反応により、天然ゴムが収縮したと考察できる。架橋を生成した天然ゴムは伸縮性が小さくなり、硬くなる傾向がある。【3】

γ線量が増加するほど天然ゴムの張力性はなくなり、硬化したと考えられる。

2)天然ゴム劣化原理から考えられる現代科学への応用

- ①人工衛星や原子力に関わる施設に天然ゴムの使用は危険。(天然ゴムが劣化・収縮することで機体や施設が分解する危険性が考えられる。)
- ②天然ゴムの代用として耐放射線に優れている EDPM 系ゴムが良いと考える。

参考文献

- 【1】河原成元・田中康之：“天然ゴムの構造”，日本ゴム協会誌，第 82 巻，第 10 号，P417～P420，2009
- 【2】渡辺訓工・近藤肇：“ゴムの工業的合成品”，日本ゴム協会誌，第 90 巻，第 4 号，P210～P211，2017
- 【3】町末男：“ゴムの耐放射線”，日本ゴム協会誌，第 52 巻，第 2 号，P115～P120，1979
- 【4】中村邦男：“ゲルとはどのような状態か”，酪農学園大学酪農部，第 36 巻，第 1 号，P61～P64，1998

e-kagaku アカデミーの活動やスペースバルーンプロジェクトに関するお問い合わせ先

E-mail:office@e-kagaku.com 担当：井関