

理科を軸とした教科等横断的な視点でのカリキュラム・マネジメントを通して
がん教育と放射線教育との連携を図る ver. 2
～確率的影響モデルに基づく放射線による人体影響の学習～

千葉県君津市立周西中学校 若林 昌吾

1. 単元名 理科 2 年 放射線とその利用

3 年 科学技術と人間（放射線の性質）

保健体育 2 年 健康な生活と疾病の予防（生活習慣などの予防・がんの予防）

2. 単元について

近年、都市化、少子高齢化、情報化、国際化などによる社会環境や生活環境の急激な変化は、国民の心身の健康にも大きな影響を与えており、ストレスによる心身の不調などのメンタルヘルスに関する課題、アレルギー疾患、感染症など、新たな課題が顕在化している。その中でも、生涯のうち国民の二人に一人がかかると推測される「がん」は重要な課題であり、健康に関する国民の基礎的教養として身に付けておくべきものとなりつつある。また、平成 29 年 3 月に小学校及び中学校、平成 30 年 3 月に高等学校の保健体育科の学習指導要領がそれぞれ改訂され、中学校及び高等学校においては、「がんについても取り扱うこと」を新たに明記され、中学校の全面実施（令和 3 年度）・高等学校の年次進行実施（令和 4 年度）に向け、学習指導要領の対応を検討する背景がある。

今後さらなるがん教育の推進には保健体育科のみではなく、がん化の仕組みなどを取り扱える理科での実践も検討していく必要がある。

中学校理科での取り扱いを見てみると、第 2 学年では「動物の体のつくりと働き」生命を維持する働きや刺激と反応について学ぶ。第 3 学年では「エネルギーと物質」にて放射線について取り扱い、生命領域では「生物の成長と殖え方」「遺伝の規則性と遺伝子」について学ぶ。

これらの授業では、がんの遺伝性やがん化の過程でも重要な細胞分裂などの、キーとなる概念を取り扱い、「エネルギーとその利用」ではがん化の要因となる放射線について、また、放射線の医療利用などについても学ぶ。

一方、中央教育審議会は、「理科の勉強が楽しいと答える中学生及び高校生の割合が国際的に見ても低い傾向があるなど、学習する楽しさや学習する意義の実感等については、更なる充実が求められるところであり、日進月歩で発展する科学技術と自然の事物・現象との関係を実感する機会を持たせることにより、理科好きの子供たちの裾野を拡大していけるよう、小・中・高等学校教育全体を通じて改善していくことが一層求められる」と指摘し、先端科学教育においても観察・実験を組み込んだ楽しい授業づくりを推奨している。

そこで、理科・保健体育間で教科等横断的な視点でのカリキュラム・マネジメントを通して放射線教育とがん教育の連携を図るために、確率的影響モデルに基づく放射線による人体影響の学習をすることで、放射線とがんとの関係の科学的な理解を深めることができると考えた。

確率的影響モデルの使用にあたり、帝京大学客員教授・鈴木崇彦氏が開発した教材をアレンジして授業事例を作成させていただいた。

3. 指導観

☆がん教育（保健体育）

がんは、最新の研究で、喫煙を避けたり、食生活や運動習慣、飲酒量などの生活習慣を改善したりすることで、発症リスクが抑えられるとの科学的根拠が示されつつある。保健体育科で「生活習慣と予防」を指導し、今の生活習慣を見直し、改善することが、将来の望ましい生活習慣や生活習慣病の予防につながることを理解させ、持続的な行動につなげていきたい。

☆放射線の人体への影響（理科）

①放射線量と健康との関係（放射線副読本より）

放射線が人の健康に及ぼす影響は、放射線の有無ではなく、その量に関係していることがわかっています。100 ミリシーベルト以上の放射線を人体が受けた場合には、がんになるリスクが上昇するということが科学的に明らかになっています。しかし、その程度について、国立がん研究センターの公表している資料1によれば、100 ～ 200 ミリシーベルトの放射線を受けたときのがん（固形がん）のリスクは 1.08 倍であり、これは1日に110g しか野菜を食べなかったときのリスク（1.06 倍）や高塩分の食品を食べ続けたときのリスク（1.11～1.15 倍）と同じ程度となっています。さらに、原爆被爆生存者や小児がん治療生存者から生まれた子供たちを対象とした調査においては、人が放射線を受けた影響が、その人の子供に伝わるという遺伝性影響を示す根拠はこれまで報告されていません。放射線を受ける量をゼロにすることはできませんし、自然の中にもとからあった放射線や、病院の X 線（レントゲン）撮影などによって受けるわずかな量の放射線で、健康的な暮らしができなくなるようなことを心配する必要はありませんが、これから長く生きる子供たちは、放射線を受ける量をできるだけ少なくすることも大切です。

②「確定的影響」、「確率的影響」について（エネ百科「原子力・エネルギー図面集」より）

放射線の人体への影響のあり方には「確定的影響」と「確率的影響」がある。確定的影響は、「一定量の放射線を受けると影響が現れる」現象をいい、受けた放射線の量が多くなるほど、その影響度（障害）も大きくなる。確定的影響は、数多くの細胞が放射線によって傷ついたときに生じ、毛が抜けたり、白内障 になったりという障害が発生するが、放射線を受ける量を一定量（しきい値）以下に抑えることで防ぐことができる。一方、確率的影響は、一定量の放射線を受けたとしても必ずしも影響が現れるわけではなく「放射線を受ける量が多くなるほど影響が現れる確率が高まる」現象をいう。確率的影響は、しきい値がないと仮定する影響のことでガンや白血病があるが、放射線の量が多くなったからといって、症状が重くなるわけではない。放射線防護の原則は、しきい値のある確定的影響はそれ以下で、しきい値はないと仮定する確率的影響は容認できるレベル以下で線量を管理することとしている。

以上の、保健体育・理科間で学ぶ事柄において、科学的な理解を深めることが狙いである。そこで、教科等横断的な視点でのカリキュラム・マネジメントを通して放射線教育とがん教育の連携を図るために、確率的影響モデルに基づく放射線による人体影響の学習をすることで、放射線とがんとの関係の科学的な理解を、正しく深めることができると考える。

4. 指導計画

理科・保健体育科、両教科の特性から、以下の内容に触れ、確率的影響モデルに基づく放射線による人体影響の学習をする。

(1) 中学2年生

理科 放射線とその利用（1時間）☆→本時

（放射線副読本、放射線等に関する副読本掲載データより）

- 放射線は、宇宙から降り注いだり、大地、空気、そして食べ物からも出たりしています。また、私たちの家や学校などの建物からも出ています。目に見えていなくても、私たちは今も昔も放射線がある中で暮らしており、放射線を受ける量をゼロにすることはできません。
- 自然放射線を受けても人体への影響はほとんどないこと、一度に大量の（100 mSv 以上の放射線を受けると、がんになるリスクが有意になることを説明）放射線を浴びると影響が出る場合があるが、利用に際しては安全面への配慮がなされていることを十分に説明する。ここでは、放射線量の大小をイメージしやすくするためにシーベルトの単位を用いる。
- 私たちの体を形づくる細胞は、DNA（デオキシリボ核酸）に記録された遺伝情報を使って生きています。DNA は、物理的な原因や化学的な原因などで傷付けられますが、放射線も DNA を傷付ける原因の一つです。しかし、細胞には傷付いた DNA を治す能力があるため、細胞の中では、常に DNA の損傷と修復が繰り返されています。DNA が傷付くと遺伝情報が誤って伝えられることがあり、誤った遺伝情報をきちんと修復できなかった細胞は死んでしましますが、ごくまれに生き残る変異細胞の中から、さらに変異を繰り返したものががん細胞に変わることがあります。がんは、色々な原因で起こることが分かっています。喫煙、食事・食習慣、ウイルス、大気汚染などについて注意することが大事ですが、これらと同様に原因の一つと考えられる放射線についても受ける量をできるだけ少なくすることが大切です。

保健体育 生活習慣の健康への影響

第1時 生活習慣病（1時間）

第2時 生活習慣病の予防（1時間）

第3時 がんとその予防（1時間） ☆

「最新 中学校 保健体育：大修館書店 P80, 81」

- 体には、傷ついた遺伝子を自動的に修復するなど、がんを防ぐしくみがあるので、正常な細胞がすべてがん化するわけではない。
- がんの発生にはさまざまな要因がかかわっており、日本人では不適切な生活習慣と病原体の感染がおもな原因となっています。とくに生活習慣では、喫煙、飲酒、塩分の多い食べ物や熱い食べ物・飲み物をとること、運動不足、太りすぎ・痩せすぎが関係しています。

第4時 生活習慣病・がんの早期発見とその回復

第5時 喫煙と健康

第6時 飲酒と健康

第7時 薬物乱用と健康

第8時 喫煙・飲酒・薬物乱用のきっかけと対処

(2) 中学3年生

理科 「科学技術と人間」(放射線の性質)

文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編』には次のように述べられている。

エネルギー資源の利用については、日常生活や社会で利用している石油や天然ガス、太陽光など、エネルギー資源の種類や入手方法、水力、火力、原子力、太陽光などによる発電の仕組みやそれぞれの特徴について理解させる。その際、原子力発電では、ウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していることに触れる。放射線については、核燃料から出ていたり、自然界にも存在し、地中や空気中の物質から出ていたり、宇宙から降り注いでいたりすることなどにも触れる。東日本大震災以降、社会において、放射線に対する不安が生じたり、関心が高まったりする中、理科においては、放射線について科学的に理解することが重要であり、放射線に関する学習を通して、生徒たちが自ら思考し、判断する力を育成することにもつながると考えられる。その際、他教科等との関連を図り、学習を展開していくことも考えられる。

このことから、中学2年次から理科を軸とした保健体育科、場合によっては道徳や総合的な学習の時間等との教科等横断的な学習は深い学びにつながっていくと考えられる。

5. 本時の指導 (中学2年生対象)



教材内容



ケース 1個



回転台 1個



ビー玉 20個



スポンジ台 1個

準備



私たちの体と細胞



「ビー玉1個」は、「細胞1個」をあらわしています

スタート

- 1 ビー玉を1個ずつ回転台に入れます
- 2 ビー玉は転がりながら確率的に移動します

ゴール

- 3 ○ 完全修復
○ 細胞死
- 4 △ 異常修復

実験の様子



実験の様子

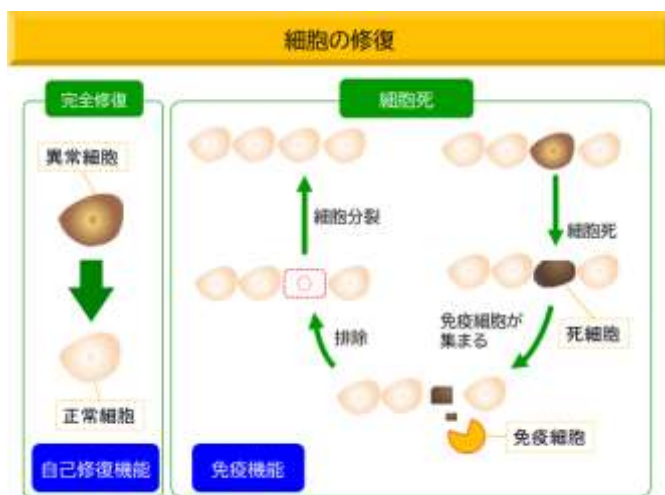


なぜすべて「完全修復」にビー玉が集まったの
だろう? → 「回転台の向き? by 生徒」



回転台の向きを変えてみよう!

実験の様子



正常細胞 → 異常細胞 → がん細胞

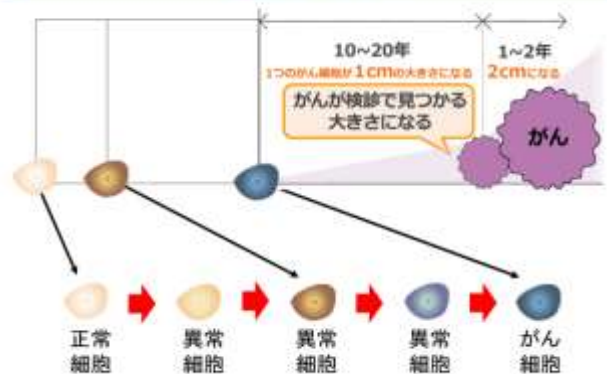
細胞が一度だけ傷つくだけでは、「がん細胞」にはなりません。何度も繰り返し傷つくと、「がん細胞」になる場合があります。



「正常細胞」は体や周囲の状態に合わせて、増えたり、増えることを止めたりしています。

逆に「がん細胞」は無秩序に増え続けるため、体に悪い影響をもたらします。

がんになる過程



保健体育の教科書では・・・？

がんのリスク

がんの発生にはさまざまな要因がかかわっており、日本人では不適切な生活習慣と病原体の感染がおもな原因となっています。とくに生活習慣では、喫煙、飲酒、塩分の多い食べ物や熱い食べ物・飲み物をとること、運動不足、太りすぎ・やせすぎ^{※1}が関係しています。これらの不適切な生活習慣ががんの発生のリスクを高めます。

適切な生活習慣の実践 がんにかかるリスクをゼロにすることはできませんが、適切な生活習慣を実践することである程度防ぐことができます。実際に、「禁煙する」「体を動かす」「適正体重を維持する」などの適切な生活習慣を身につけることで、がんになるリスクがほぼ半減することがわかっています。^{※2}

放射線副読本には・・・？

放射線の線量 (ミリシーベルト)	がんの相対リスク ^{※1}	生活習慣因子	がんの相対リスク ^{※2}
1,000 ~ 2,000	1.8 [1,000mSvあたり1.5倍と推定]	喫煙者 大量飲酒 (450g以上/週) ^{※3}	1.6 1.8
500 ~ 1,000	1.4	大量飲酒 (300~440g/週) ^{※3}	1.4
200 ~ 500	1.19	肥満 (BMI ≥ 30) ^{※4}	1.22
100 ~ 200	1.08	やせ (BMI < 19) ^{※4}	1.29
100未満	1.00未満	運動不足	1.15 ~ 1.19
		高塩分食	1.11 ~ 1.15
		野菜不足	1.06
		禁煙喫煙 (非喫煙女性)	1.02 ~ 1.03

※1 放射線の量ががんリスクは正負、長年の曝露による確率的な地ばくを分析したデータ（図形がんのみ）であり、急性にわたる地ばくの影響を除外したものではありません。
※2 相対リスクとは、曝びていない人を1としたとき、曝びてくれた人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。

※3 飲酒については、エタノール換算量を示しています。
※4 肥満度を表す指標として国際的に用いられている体格指数。
[BMI (kg/m²) = {身長(m)の2乗}で算出される値]
出典：国立がん研究センターウェブサイト

〔注〕放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和3年度版）より作成

100ミリシーベルト以上の放射線を人体が受けた場合には、がんになるリスクが上昇するということが科学的に明らかになっています。しかし、その程度について、国立がん研究センターの公表している資料¹によれば、100 ~ 200ミリシーベルトの放射線を受けたときのがん（図形がん）のリスクは1.08倍であり、これは1日に110gしか野菜を食べなかったときのリスク（1.06倍）や高塩分の食品を食べ続けたときのリスク（1.11 ~ 1.15倍）と同じ程度となっています。

6. 生徒の意見

- ・体に放射線があたると、細胞はすべてがん化すると思っていたが、このビー玉を使った実験で、細胞が傷ついても体には修復するシステムがあることがわかった。
- ・回転台の向きで、個人差や臓器の感受性の違いを比べたときの結果の違いがはっきり出た。しかし、がん化につながる確率は低い。（が、ゼロにはならない？）
- ・放射線はリスクもあるが、レントゲンなどは便利なので、正しく理解することが大事。
- ・レントゲンを浴びたときも、細胞は修復を行っているのだろうか。
- ・放射線の種類によっても、がん化のリスクに変化があるのか気になった。
- ・すごい量の放射線を浴びたときもがん化のリスクが高まるのだろうか？他にも影響がある？

7. おわりに

教科書や、放射線副読本での学習などに加え、モデル教材を授業に組み込むことで、理解を容易にし、知識の定着や科学的な理解を深めることも期待できる。特に、生徒が「体に放射線があたると、細胞はすべてがん化する」という間違った知識・理解を改め、正しく科学的に理解できたことは、主体的に実験に参加し、課題を見つけて考えを深めた結果であり、大きな成果であったと感じる。このような放射線についての科学的な理解が事故等の風評払拭につながるのではないかな。

がん教育や放射線教育を理科や保健体育科、道徳や総合的な学習の時間との教科等横断的な授業で展開する場合でも、今回示したような教材を組み込んだ学習が可能であり、開発と実践例の蓄積を進めていく必要があると感じた。

放射線授業事例作成を進めるにあたり、ご協力、ご教授いただいた方々に感謝申し上げます。

8. 参考文献

文部科学省,『中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編』

文部科学省,『中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説保健体育科編』

文部科学省,『中学生・高校生のための放射線副読本』

文部科学省,『放射線等に関する副読本掲載データ』

文部科学省,『文部科学省におけるがん教育の取組について』

文部科学省,『がん教育推進のための教材』

国立研究開発法人国立がん研究センター,『「放射線の健康影響について」』

薬師神芳洋,『教員養成におけるがん教育の試み 教育学部「一貫教育・連携教育概論」における
実践報告』

橋本 健夫、谷口 一也,『小学校理科におけるがん教育教材に関する一考察』

食品安全委員会:放射性物質を含む食品による健康影響に関する Q&A

(https://www.fsc.go.jp/sonota/emerg/radio_hyoka_qa.pdf)

大修館書店,『最新 中学校 保健体育』

大日本図書,『理科の世界』