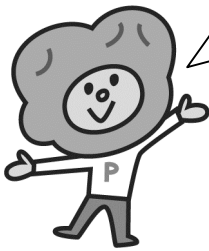


放射線の解説シリーズ



2015 年 4 月

一般社団法人 日本原子力産業協会

はじめに

日本原子力産業協会では2011年1月、毎週発行の原子力産業新聞の紙上に、理科好きの女子高生「ゆりちゃん」が世の中に広く利用されている放射線について質問し、ものしり博士の「タクさん」が分かりやすく回答する「原子力ワンポイント」の連載を始めました。これは、原子力で働く人々が、放射線の基礎知識を一般の人々に説明する時の参考になることを目指し、放射線の解説シリーズとして連載したものです。

その後、福島第一原子力発電所事故が起こったことを受け、2011年4月7日から「日本の放射線・放射能基準」について、男子高校生の「ゲン君」が質問し、ものしり博士の「カワさん」や「テツにい」が回答する「番外編」を組み込みました。

そして事故から約2年半が過ぎた2013年9月5日、もう一度、初心に帰り、「広く利用されている放射線」についての解説を再開しました。

当協会ではこのほど、「原子力ワンポイント」の放射線に関する本シリーズの全体(2011/1/13～2015/3/26)を関係者各位にお読み頂きたく、別刷りとしてまとめました。是非、ご利用頂ければ幸いです。

当協会のホームページのURL: http://www.jaif.or.jp でも、【地域・社会の理解へ】の項目の中で【放射線の基礎知識】として掲載しています。

【 目次 I :原子力産業新聞掲載日付順 】

1. 広く利用されている放射線(その1)(2011/1/13 付～2011/3/31 付)	
広く利用(1)【地球ができる前からあった放射線・放射性物質】	.....1
広く利用(2)【波長の長さや動く速度などさまざまな放射線】	.....2
広く利用(3)【赤色巨星や超新星爆発により宇宙線を放出】	.....3
広く利用(4)【放射線の単位はベクレル、グレイ、シーベルト】	.....4
広く利用(5)【放射線研究でノーベル物理学賞受賞の科学者】	.....5
広く利用(6)【核分裂の連鎖反応を利用した原子力発電】	.....6
広く利用(7)【放射線の透過力を X 線検査などに利用】	.....7
広く利用(8)【放射線が衝突して起こる電離や励起】	.....8
広く利用(9)【身の回りの放射線の強さを検出器で測定】	.....9
広く利用(10)【放射線で医療検査やがん治療なども可能】	.....10
広く利用(11)【人類は自然放射線と共存して生きてきた】	.....11
広く利用(12)【自然放射線より活性酸素で細胞は傷つく】	.....12
2. 日本の放射線・放射能基準―福島原発第一事故(番外編)(2011/4/7 付～2013/8/22 付け)	
番外編(1)【緊急作業被曝量を二百五十ミリ Sv と設定】	.....13
番外編(2)【積算線量を考えた避難措置も】	.....14
番外編(3)【事故後の放射性物質も徐々に減少中】	.....15
番外編(4)【校庭や公園で遊ぶ子どもたちへの影響】	.....16
番外編(5)【内部被ばく 臓器ごとに特徴】	.....17
番外編(6)【チェルノブイリでの放射能汚染食品対策】	.....18
番外編(7)【セシウムの蓄積を防ぐとされるカリウム】	.....19
番外編(8)【測定器は正しい使い方で平均値を出す】	.....20
番外編(9)【飲酒や喫煙に放射線以上の発がんリスク】	.....21
番外編(10)【身体にはがん細胞を殺す自然免疫細胞も】	.....22
番外編(11)【20 ミリ Sv の被ばくでは 0.1%のがん増加】	.....23
番外編(12)【暫定規制値は危険値ではない】	.....24
番外編(13)【人間の体内にも放射性物質は存在する】	.....25
番外編(14)【一定レベルの放射線は生命維持のため必要】	.....26
番外編(15)【精米や製粉によりセシウムは大幅低減】	.....27
番外編(16)【百ミリ Sv 以下ではがん発生率上昇せず】	.....28
番外編(17)【百ミリSv未満の被ばくならDNAは修復】	.....29
番外編(18)【セシウム、福島でも核実験時の半分】	.....30
番外編(19)【セシウムは以前から世界中に降っていた】	.....31

番外編(20)【新基準値は危険値でなく「管理基準値」】	.....32
番外編(21)【様々な年齢考慮 新基準百Bq/kg】	.....33
番外編(22)【ガン増加は被ばくよりストレス原因説も】	.....34
番外編(23)【被ばく線量の表し方は二種類あるので注意】	.....35
番外編(24)【日本人の年間自然被ばく線量は？】	.....36
番外編(25)【屋内ラドン濃度が日本より数倍高い国も】	.....37
番外編(26)【地球内部では原子核崩壊が起きている】	.....38

3. 広く利用されている放射線(その2)(2013/9/5 付～2015/2/26 付)

広く利用(13)【放射線で有害物質を無害化し環境保全】	.....39
広く利用(14)【放射線育種や害虫根絶で農業に貢献】	.....40
広く利用(15)【食品照射で発芽抑制や殺虫・殺菌】	.....41
広く利用(16)【放射線の橋かけ反応利用し新素材開発】	.....42
広く利用(17)【放射線診断技術で医学分野に貢献】	.....43
広く利用(18)【放射線診断技術で医学分野に貢献】	.....44
広く利用(19)【科学的研究進むラドン温泉の効能】	.....45
広く利用(20)【進化過程で構築された生体防御システム】	.....46
広く利用(21)【がん発症までには生体防御の四つの砦】	.....47
広く利用(22)【DNA損傷の主役は放射線よりも酸素】	.....48
広く利用(23)【緑黄色野菜や果物の摂取で免疫力上がる】	.....49
広く利用(24)【次の強い刺激に備える力「適応応答」】	.....50
広く利用(25)【わずかずつ長期間被ばくなら影響現れず】	.....51
広く利用(26)【福島被ばく線量低いと国連科学委報告】	
国連科学委員会の中間報告「福島事故の放射線影響評価」	.....52
広く利用(27)【コープふくしま陰膳調査で食の安全検証】	.....53
広く利用(28)【WBCで福島の内被ばく低いと確認】	.....54
広く利用(29)【「個人の行動」により被ばくレベルほぼ決定】	.....55
広く利用(30)【家屋や滞在時間など反映した「場の線量」】	.....56
広く利用(31)【土壌からの被ばくに注目し実効線量計算】	
国連科学委員会報告その1「公衆の外部被ばく線量評価方法」	.....57
広く利用(32)【福島県住民への健康影響小さく検出不可】	
国連科学委員会報告その2「公衆の被ばく線量」	.....58
広く利用(33)【実効線量と吸収線量の違いに留意し評価】	
国連科学委員会報告その3「作業員の被ばく線量」	.....59
広く利用(34)【肺がんでは成人の方が被ばくの影響大】	
国連科学委員会報告その4「子供の放射線被ばくの影響」	.....60
広く利用(35)【福島県内での甲状腺がん増加とは言えず】	.....61
広く利用(36)【飲酒に放射線防護効果認める実験結果も】	.....62

広く利用(37)【誤解の多い「除染目標年間1mSv」の概念】	.....63
広く利用(38)【リスクの分母をそろえて正確な比較を】	.....64
広く利用(39)【絶対リスクに比べ大きく見える相対リスク】	.....65
広く利用(40)【生活習慣の変化で放射線リスクも変わる】	.....66
広く利用(41)【線量率が下がると発がんリスクも下がる】	.....67
広く利用(42)【がん幹細胞が発がんメカニズム解明の鍵か】	.....68
広く利用(43)【放射線受けた幹細胞 排除される確立高い】	.....69
広く利用(44)【放射線影響の蓄積は幹細胞寿命を超えず】	.....70
広く利用(45)【ICRPでも組織幹細胞の機能に注目】	.....71
広く利用(46)【応用広がる宇宙からの放射線「ミュ粒子」】	.....72
広く利用(47)【放射線影響蓄積しないとする新仮説も】	.....73
広く利用(48)【せめぎ合いでは放射線 適応応答が優勢】	.....74

【 目次Ⅱ：分類の索引順 】

1. 放射線の基礎知識

1. 1 放射線と放射能

広く利用(1)【地球ができる前からあった放射線・放射性物質】	.....1
広く利用(2)【波長の長さや動く速度などさまざまな放射線】	.....2
広く利用(3)【赤色巨星や超新星爆発により宇宙線を放出】	.....3
広く利用(5)【放射線研究でノーベル物理学賞受賞の科学者】	.....5
広く利用(6)【核分裂の連鎖反応を利用した原子力発電】	.....6
広く利用(7)【放射線の透過力を X 線検査などに利用】	.....7
広く利用(8)【放射線が衝突して起こる電離や励起】	.....8
番外編(26)【地球内部では原子核崩壊が起きている】	.....38

1. 2 放射線の測定

広く利用(4)【放射線の単位はベクレル、グレイ、シーベルト】	.....4
広く利用(9)【身の回りの放射線の強さを検出器で測定】	.....9
番外編(8)【測定器は正しい使い方で平均値を出す】	.....20
番外編(5)【内部被ばく 臓器ごとに特徴】	.....17
広く利用(29)【「個人の行動」により被ばくレベルほぼ決定】	.....55
広く利用(30)【家屋や滞在時間など反映した「場の線量」】	.....56

1. 3 放射線のリスクコミュニケーション

番外編(23)【被ばく線量の表し方は二種類あるので注意】	.....35
広く利用(38)【リスクの分母をそろえて正確な比較を】	.....64
広く利用(39)【絶対リスクに比べ大きく見える相対リスク】	.....65
番外編(9)【飲酒や喫煙に放射線以上の発がんリスク】	.....21
広く利用(40)【生活習慣の変化で放射線リスクも変わる】	.....66

2. 私たちの生活と放射線

2. 1 低線量放射線の生体影響

広く利用(11)【人類は自然放射線と共存して生きてきた】	.....11
広く利用(10)【放射線で医療検査やがん治療なども可能】	.....10
番外編(24)【日本人の年間自然被ばく線量は？】	.....36
番外編(25)【屋内ラドン濃度が日本より数倍高い国も】	.....37
広く利用(12)【自然放射線より活性酸素で細胞は傷つく】	.....12
広く利用(22)【DNA損傷の主役は放射線よりも酸素】	.....48

番外編(10)【身体にはがん細胞を殺す自然免疫細胞も】	.....22
番外編(11)【20 mSv の被ばくでは 0.1% のがん増加】	.....23
番外編(13)【人間の体内にも放射性物質は存在する】	.....25
番外編(16)【百mSv 以下ではがん発生率上昇せず】	.....28
番外編(22)【ガン増加は被ばくよりストレス原因説も】	.....34
2. 2 低線量放射線に対する生体の防御反応	
広く利用(20)【進化過程で構築された生体防御システム】	.....46
広く利用(21)【がん発症までには生体防御の四つの砦】	.....47
広く利用(23)【緑黄色野菜や果物の摂取で免疫力上がる】	.....49
広く利用(24)【次の強い刺激に備える力「適応応答」】	.....50
広く利用(25)【わずかずつ長期間被ばくなら影響現れず】	.....51
広く利用(36)【飲酒に放射線防護効果認める実験結果も】	.....62
番外編(14)【一定レベルの放射線は生命維持のため必要】	.....26
番外編(17)【百mSv未満の被ばくならDNAは修復】	.....29
広く利用(41)【線量率が下がると発がんリスクも下がる】	.....67
広く利用(42)【がん幹細胞が発がんメカニズム解明の鍵か】	.....68
広く利用(43)【放射線受けた幹細胞 排除される確立高い】	.....69
広く利用(44)【放射線影響の蓄積は幹細胞寿命を超えず】	.....70
広く利用(45)【ICRPでも組織幹細胞の機能に注目】	.....71
広く利用(47)【放射線影響蓄積しないとする新仮説も】	.....73
広く利用(48)【せめぎ合いでは放射線 適応応答が優勢】	.....74
3. 福島第一原子力発電所事故をめぐって	
3. 1 緊急時対応	
番外編(1)【緊急作業被曝量を二百五十mSv と設定】	.....13
番外編(2)【積算線量を考えた避難措置も】	.....14
番外編(3)【事故後の放射性物質徐々に減少中】	.....15
番外編(4)【校庭や公園で遊ぶ子どもたちへの影響】	.....16
広く利用(35)【福島県内での甲状腺がん増加とは言えず】	.....61
広く利用(37)【誤解の多い「除染目標年間1mSv」の概念】	.....63
3. 2 線量評価	
広く利用(26)【福島被ばく線量低いと国連科学委報告】	
国連科学委員会の中間報告「福島事故の放射線影響評価」	.....52
広く利用(27)【コープふくしま陰膳調査で食の安全検証】	.....53
広く利用(28)【WBCで福島の内被ばく低いと確認】	.....54

広く利用(31)【土壌からの被ばくに注目し実効線量計算】	
国連科学委員会報告その1「公衆の外部被ばく線量評価方法」	.....57
広く利用(32)【福島県住民への健康影響小さく検出不可】	
国連科学委員会報告その2「公衆の被ばく線量」	.....58
広く利用(33)【実効線量と吸収線量の違いに留意し評価】	
国連科学委員会報告その3「作業者の被ばく線量」	.....59
広く利用(34)【肺がんでは成人の方が被ばくの影響大】	
国連科学委員会報告その4「子供の放射線被ばくの影響」	.....60
3. 3 わが国の食品基準について	
番外編(12)【暫定規制値は危険値ではない】	.....24
番外編(20)【新基準値は危険値でなく「管理基準値」】	.....32
番外編(21)【様々な年齢考慮 新基準百Bq/kg】	.....33
番外編(6)【チェルノブイリでの放射能汚染食品対策】	.....18
番外編(7)【セシウムの蓄積を防ぐとされるカリウム】	.....19
番外編(15)【精米や製粉によりセシウムは大幅低減】	.....27
番外編(18)【セシウム、福島でも核実験時の半分】	.....30
番外編(19)【セシウムは以前から世界中に降っていた】	.....31
4. 放射線の利用	
広く利用(13)【放射線で有害物質を無害化し環境保全】	.....39
広く利用(14)【放射線育種や害虫根絶で農業に貢献】	.....40
広く利用(15)【食品照射で発芽抑制や殺虫・殺菌】	.....41
広く利用(16)【放射線の橋かけ反応利用し新素材開発】	.....42
広く利用(17)【放射線診断技術で医学分野に貢献】	.....43
広く利用(18)【放射線診断技術で医学分野に貢献】	.....44
広く利用(19)【科学的研究進むラドン温泉の効能】	.....45
広く利用(46)【応用広がる宇宙からの放射線「ミュー粒子」】	.....72

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ①

原子力産業新聞では、「分かりやすさ」を主眼にして説明する「原子力ワンポイント」コーナーを設けました。今回のシリーズは、「広く利用されている放射線」がテーマです。

理科好きの女子高生「ゆりちゃん」の質問に、ものしり博士の「タクさん」が回答する形式で、米国の著名な学者のアラン・D・ウォルター著「放射線と現代生活」の「アトムとともに暮らす一日」にあるように、日々の生活を豊かにしてくれる放射線について、また、人の目には見えなけれど、私たちの身の周りにある放射線について、解説します。

できればこのシリーズが、読者の方が、ご家族や知人に放射線について話していただく際の参考になればと願っています。

ビッグバンや超新星爆発などでガンマ線が発生しました。また、放射性物質も作られました。地球ができる前から、放射線は宇宙にあったので、今でも地球に放射線として降り注いでいます。

地球ができる前からあった放射線・放射性物質

（1）宇宙で生まれた放射線

ゆりちゃん 放射線とは何かを聞きたいのですが、その前に、放射線はどのように生まれたのか教えてください。

タクさん 放射線は宇宙で生まれました。星は一生を終えるときに爆発することがあります。これを超新星爆発と言いますが、この際、非常に波長が短く強烈で、ものを突き抜ける力も大きく、電気を帯びていない電磁波が宇宙に放出されます。この電磁波がガンマ線と呼ばれる放射線です。

ゆりちゃん もう少し具体的に、宇宙の誕生と放射線の関係について教えてください。

タクさん 観測によると、宇宙は約百三十七億年前にビッグバンと呼ば

銀河のイメージ図。星が爆発・崩壊するたび、宇宙には放射線が放出される（NASA/courtesy of nasaimages.org.）



り、そこから最初の星や銀河が誕生しました。星の内部では水素やヘリウムなどが融合して、より重いホウ素・炭素・鉄などになり、やがて星は寿命を迎えると爆発したり、静かに崩壊して星くずとなります。爆発する場合にはガンマ線が放出されました。

ゆりちゃん 宇宙で作られた放射線はガンマ線だけですか？

タクさん いいえ。この超新星爆発と同時に、鉄よりも重い物質が作られ宇宙にばらまかれたと考えられています。この物質はまた集まって星になることを繰り返しますが、星を作った物質の中には、放射線を出すものもたくさんあります。どんな放射線が出るかは、具体的には別の機会に話したいと思います。

ゆりちゃん それでは地球ができる前から放射線はあったのですか？

タクさん そうです。約四十六億年前に星くずが集まって太陽や地球が生まれましたが、放射線は太陽や地球が生まれる前から宇宙にありました。そして誕生当時の地球は、宇宙から降り注ぐ宇宙線と大地から放出される放射線で満ち溢れていました。小惑星イトカワから帰ってきた小惑星探査機「はやぶさ」も、放射線を浴びながら宇宙を飛行していました。

れる大爆発で生まれましたが、その時の爆発のエネルギーが電子や陽子、中性子に姿を変えました。さらに陽子と中性子が結合して原子核ができ、水素やヘリウムができまし

た。これらが集まって巨大なガスのかたまりになり、星を作った物質の中には、放射線を出すものもたくさんあります。どんな放射線が出るかは、具体的には別の機会に話したいと思います。

ゆりちゃん それでは地球ができる前から放射線はあったのですか？

タクさん そうです。約四十六億年前に星くずが集まって太陽や地球が生まれましたが、放射線は太陽や地球が生まれる前から宇宙にありました。そして誕生当時の地球は、宇宙から降り注ぐ宇宙線と大地から放出される放射線で満ち溢れていました。小惑星イトカワから帰ってきた小惑星探査機「はやぶさ」も、放射線を浴びながら宇宙を飛行していました。

（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ②



放射線ではありません。

ゆりちゃん 放射線は波長の短い電磁波だけですか？

じような電磁波の放射線として、原子核の周りを回っている電子が高い軌道から低い軌道に飛び移ることで発生するX線もあります。

ガンマ線やX線は重さがなく、力強い波動になります。

波長の長さや動く速度などさまざまな放射線

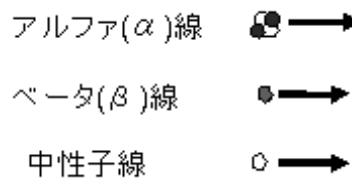
ゆりちゃん 宇宙にもある放射線のガンマ線について教えてください。

タクさん ガンマ線は、原子核（陽子と中性子が結合したもの）から放出される余分なエネルギーで、紫外線（青や紫より波長の短い光）より波長の短い電磁波（電場と磁場が変化する）によって生まれる波です。同様ですが、波長が長く、

が放出されることや、壊れた原子核の破片が小さな原子核として飛び出し（高速粒子と呼ぶ）も放射線になります。

ゆりちゃん 高速で動く粒子の放射線には、どんな種類の放射線があるのですか？

タクさん アルファ線、ベータ線、中性子線などいろいろな種類があり、宇宙では、太陽で起きている核融合反応や星の誕生や爆発などで作られます。



電波	赤外線	可視光	紫外線	X線/γ線
----	-----	-----	-----	-------

⇒放射線の領域

長い領域～＜波長＞～短い領域

アルファ線は放射性物質（放射線を出すもの）から放出されるアルファ粒子の流れです。アルファ粒子は気球やバルーンの浮揚ガスとして使われているヘリウムの原子核（陽子二個と中性子二個が合成した粒子）と同じで、プラスの電気を帯びています。

ベータ線は、放射性物質の原子核から放出された電子のものがすごく速い流れです。

中性子線は、中性子が原子核から出てくるもので、電気を帯びていない粒子の流れです。

（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ③

に放出されるガスは何ですか？

生を終えるときは、超新星爆発以外に何がありますか？

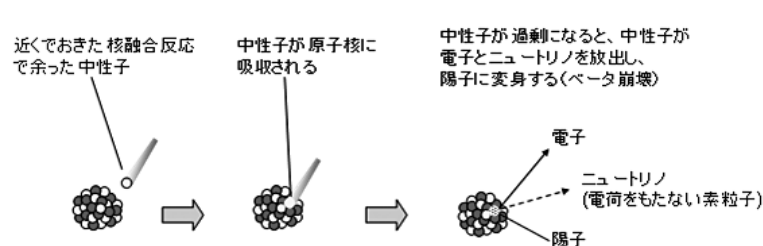
の数百〜千倍以上になり、太陽の場合は、約五十億年後にはふくれあがって半径が地球の軌道まで達し、地球が太陽（赤色巨星）の中に入ってしまう可能性が高くと考えられています。素、酸素などの元素が宇宙に放出されます。

赤色巨星や超新星爆発により宇宙線を放出

恒星の内部での核融合と恒星の死である赤色巨星、超新星爆発などにより、放射性元素を含む自然界にある全ての元素がつくられました。このとき宇宙線と呼ばれる粒子線やベータ線などが放出されました。

タクさん 太陽のよ

す。赤色巨星になると、外側のガスが徐々に宇宙空間に逃げ出していき、ガスを放出しつづけた後には、色とりどりに輝く「惑星状星雲」になります。



【元となる原子核①】

【原子核①より陽子が一つ多い原子核②】
→ 原子番号が一つ大きい元素が合成された！

タクさん 自然に作られるウランまでの放射性物質（原産協会・政策推進部）

が全て該当します。超新星爆発の中心近くで大量の中性子がシャワーのように発生し、そこに鉄のような重い原子核があると、原子核が一気に大量の中性子を吸収します。中性子が過剰になると不安定になった原子核は、「中性子の吸収→ベータ崩壊→より重い元素への変化（↓中性子の吸収）」を繰り返すことになります。

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ④



放射能の強さはベ

クレル(Bq)、放射線

の量はグレイ(Gy)

とシーベルト(Sv)

で表します。放射線

は種類により人への

影響度も変わるので、

シーベルトは、人が

どんな放射線を受け

たかをいちいち考え

なくても、同じ数値

ならば人への影響も

同じとわかる便利な

単位です。

(4) 見えない放射能・放射線を測る単位って何

ゆりちゃん 放射能と放射線はどう違うのですか？

タクさん ウランなど天然に存在する元素の幾つかは、原子核が自然に壊れて別の元素になるときに「放射線」を出します。放射線を出す物質を「放射性物質」、放射性物質が放射線を出す能力を「放射能」と呼びます。懐中電灯に例えると、放射性物質が電球であり、放射線が光になります。ゆりちゃん 光の強さを表す単位はカンデラで表されますが、放射線単位はルクスですが、放射線の量を表す単位は何ですか？

放射線の単位はベクレル、グレイ、シーベルト

放射能の強さを表す単位は何ですか？

タクさん 放射能の強さは「一秒間に何個の原子核が崩壊して放射線を出すか」という量に着目してベクレル(Bq)を出します。放射線を出す物質を「放射性物質」といふ単位を使います。つまり、一Bqとは、一秒間に一個の原子核が崩壊することになります。

放射線の種類によっても、放射線の種類によつて人体への影響が大きく違ってしまいますので、その影響の度合を考慮した単位にシーベルト(Sv)があります。

お酒に例えると、グレイがミリリットル(ml)になりますが、同じ100mlでもビール100mlとウイスキー100mlでは酔い方がまったく違います。そこで、同じ程度のほろ酔いになる量をビールなら何ml、ウイスキーなら何mlと決めて、かりにこれを一単位とします。逆のいい方をしますと、同じ100mlでもウイスキーはビールの六倍強いという具合に、お酒の種類によって決まった係数をかけてから比較するのです。この単位がSvになります。

ゆりちゃん GyとSv

は放射線の種類により違う数値になるのです

は放射線の種類により大きく、およそ五〜二十倍です。また、放射線の同じエネルギーを吸収しても、がんの起こりやすさは体の部分で異なります。

（原産協会・政策推進部）

壊することを言います。

ゆりちゃん 明るさを表す単位はルクスですが、放射線の量を表す単位は何ですか？

タクさん 放射線のエネルギーがどのくらい吸収されたかを表す単位はグレイ(Gy)で、一kgに一ジュール(J)

吸収された時に一Gyと表しますが、同じ量のエネルギーが吸収されても、放射線の種類によつて人体への影響が大きく違ってしまいますので、その影響の度合を考慮した単位にシーベルト(Sv)があります。

お酒に例えると、グレイがミリリットル(ml)になりますが、同じ100mlでもビール100mlとウイスキー100mlでは酔い方がまったく違います。そこで、同じ程度のほろ酔いになる量をビールなら何ml、ウイスキーなら何mlと決めて、かりにこれを一単位とします。逆のいい方をしますと、同じ100mlでもウイスキーはビールの六倍強いという具合に、お酒の種類によって決まった係数をかけてから比較するのです。この単位がSvになります。

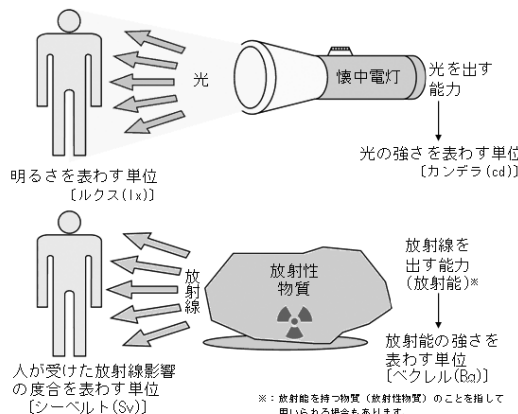
ゆりちゃん GyとSv

は放射線の種類により違う数値になるのです

は放射線の種類により大きく、およそ五〜二十倍です。また、放射線の同じエネルギーを吸収しても、がんの起こりやすさは体の部分で異なります。

（原産協会・政策推進部）

放射能と放射線



出典：資源エネルギー庁「原子力2008」

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ⑤



レントゲン



ベクレル

レントゲンがX線を発見し、ベクレルが放射線を発見し、キュリー夫人は放射線が放射性元素から出されることを発見しました。レントゲンとキュリー夫妻、ベクレルはノーベル物理学賞を受賞しています。

(5) 誰が放射線を発見したのですか

ゆりちゃん 放射線は目に見えず、感じる

ことも出来ないのに、誰がどのように発見したのですか？

タクさん 放射線は

一八九五年十一月八日、

レントゲン博士が真空

放電の実験をしている

ときに、放電管が黒い

紙で覆われていたにも

かわらず、離れた場

所にある蛍光板が光っ

ているのを偶然発見し

ました。博士は、この

黒い紙を透過する謎の

光が写真乾板を感光さ

せることや、手をかざ

すと手の骨の部分だけが陰になることを発見し、この光を未知の光という意味で「X線」と名づけました。一九〇

フランスのベクレルが、たまたま写真乾板の上に銅の十字架を置き、その上にウラン化合物を載せて机の引き出しにしまっておいたところ、乾板が十字架の形に感光していました。

か？

タクさん 一八九八年にラザフォードがウランから出る放射線に

は少なくとも二つの種類（アルファ線とベータ線）があることを発見し、

一九〇〇年にはウィ

ットが第三の放射線（のちにラザフォードが

ガンマ線と命名、電磁波であることが示され

たを発見しました。その後、ラザフォードは

一九〇八年にアルファ線がヘリウムイオンで

あることを発見、アルファ線の散乱実験を

行つて一九一一年には原子に原子核があるこ

とを発見し「ラザフォードの原子模型」を発表

しました。そして一九二〇年には中性子の存在

を予言、中性子は一九三二年にラザフォード

の教え子のチャドウィックによつて発見

されました。

ゆりちゃん キュ

リー夫人は何を発見したのですか？

タクさん 放射線が放射性元素から出され

ることを発見しました。キュリー夫人は一九一

一年に「ラジウムとポロニウムの発見、ラジウ

ムの分離とその性質および化合物の研究」で

ノーベル化学賞を受賞

しました。

（原産協会・政策推進部）



キュリー

⑥ 広く利用されている放射線



けようとして発見された核分裂

ゆりちゃん 中性子
が一九三二年にチャド
ウィックによって発見
された後の研究には何
があるのですか？

タクさん イタリ
アの物理学者フ
エルミはいろ
いろな原子に
中性子を当て
ると、新しい
原子番号の元
素になる可能
性を示し、一
九三

した。中性子が当てら

次に、ドイツの化学者

核分裂の 利用した二

持つバリウムが作られたことを発見しました。この変化を説明したのが、ユタヤ人の物理学者マイトナーです。

エネルギー保存則の計

車賃又心を

原子力発電

のですか？

タクさん 核分裂で
は放射線のほかに熱も
出ます。熱は原子力発
電などのエネルギーと
して利用されています。

でどうして熱が出るの

○・七
%の
の

割合で含まれていきます。

いウラン 235
を約4%程
度に高めた
ウラン燃料
を使ってい
て、ウラン

に中性子が

核分裂の連鎖反応を利用した原子力発電

算をして、ウラン原子 ですか？

がほぼ半分に割れた(核分裂が起こった)結果であるとし、一九三九年に科学雑誌「ネイチャー」に投稿しました。ハー

タクさん 原子力発電所で使われるウラン燃料を例に説明します。天然のウラン鉱石には核分裂しにくいウラン


飛び込むと、原子核は不安定な状態になり、原子核が二つ以上に分れます。この分裂によりウラン以外の物質が生まれるとともに、ギーが放出され、同時に数個の中性子も放出されます。核分裂によつて生まれた物質(核分裂生成物)の総量は、

中性子

核分裂する前の原子核より軽くなっています。この差が熱になります。

ところで、核分裂により新しく生まれた中性子が、他のウラン²³⁵原子核に当たるときで、次々と核分裂を引き起こすことを「核分裂の連鎖反応」といいます。

減速された中性子



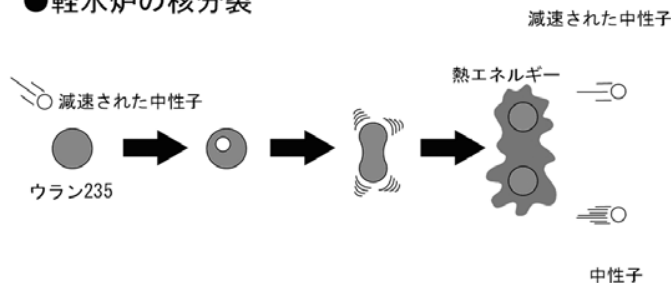
ウラン235

原子力発電所では核分裂の連鎖反応が一定の量で続くよう調節しています。そしてこの状態が続くことを「臨界」といいます。

(原産協会・政策推進部)

(原産協会・政策推進部)

●軽水炉の核分裂



原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ⑦



質を利用したものです
か？

タクさん 健康診断
の胸部X線検査は私た
ちの生活でも身近です
が、このX線写真も、X
線の物質を透過する性
質とフィルムを感光す
る性質を利用していま

（骨）が白く写ります。
造影検査のように、黒
いものの中に白く血管
などを表現することも
出来ます。このように
放射線は、体や機械の
内部の傷などの様子を
切ったり分解したりせ
ずに、写真にとつたり
厚さを測つたりするこ
とができます。
ゆりちゃん 放射線
えてください。

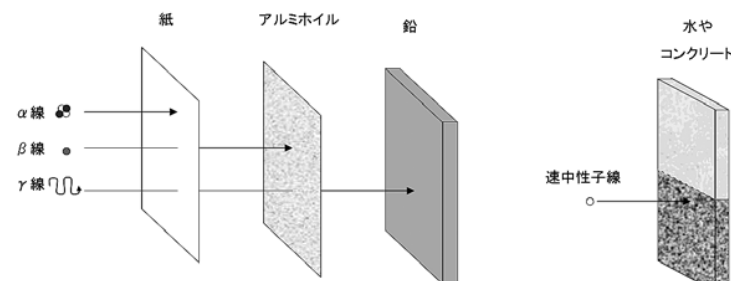
放射線の透過力を X線検査などに利用

のですか？
タクさん 物質を通
り抜ける性質がありま
す。これを「透過」とい
います。空港の手荷物
検査や文化財などの非
破壊検査など、日常の
生活の中でも多くの機
会に放射線が使われて
います。これらの検査
は、透過という放射線
の性質を利用したもの
です。

ゆりちゃん 放射線
にはどんな性質がある
のでしょうか？

タクさん 放射線は、
体の組織で弱められた
りすることで体内の様
子をフィルムに焼き付
けることが出来ます。
X線写真上では、透過
しやすいもの（肺）が黒
く、透過しにくいもの

の種類のよって通り抜
ける力（透過力）は変わ
りますか？
タクさん 放射線は
物質にエネルギーを与
えながら透過するので、
失うエネルギーが大き
いほど透過力は弱まり
ます。透過力は放射線
の種類や放射線が持つ
ているエネルギーによ
りますが、エネルギー
X線はアルミニウムな
どの金属板では通り抜
け、鉛や厚い鉄の板で
止まります。電気を帯
びていない中性子線は、
他の放射線と異なり、
アルミニウムや鉛のよ
うな金属は簡単に透過
してしまう特殊な性質
を持っています。しか
し、質量の近い水素と
衝突してエネルギーを
失うので、水やポリエ
チレンのように水素を
多く含む物質は透過し
にくく、中性子線は水
や水が含まれているコ
ンクリートで止まりま
す。



ゆりちゃん これか
ら放射線の透過とい
う性質を利用した機械
がたくさん開発され
ると良いですね。
（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ⑧

のですか？

放射線がぶつかった電子が軌道外にはじき飛ばされて引き離されてしまう電離と、放射線がぶつかった電子が外側の軌道に移動させられる励起という二つの作用が、放射線にはあります。

（8）衝突で生まれる放射線

ゆりちゃん 放射線にはどんな作用がある

タクさん アルファ線やベータ線のように電荷を持つ放射線は、原子にぶつかる

とき、原子核のまわりを回っている電子を外へはじき飛ばします。

このように、放射線がぶつかることにより、電子が軌道外にはじき飛ばされて引き離されてしまうことを「電離（イオン化）」または「電離作用」といい、は

といます。

ゆりちゃん 電荷を持たない電磁波のX線、ガンマ線などの放射線は、電離や励起を引き起こさないのですか？

タクさん X線やガンマ線も原子にぶつかる

ると、アルファ線やベータ線と同様に電離、励起を引き起こします。

また、中性子も電荷を持たないのですが、原子にぶつかる

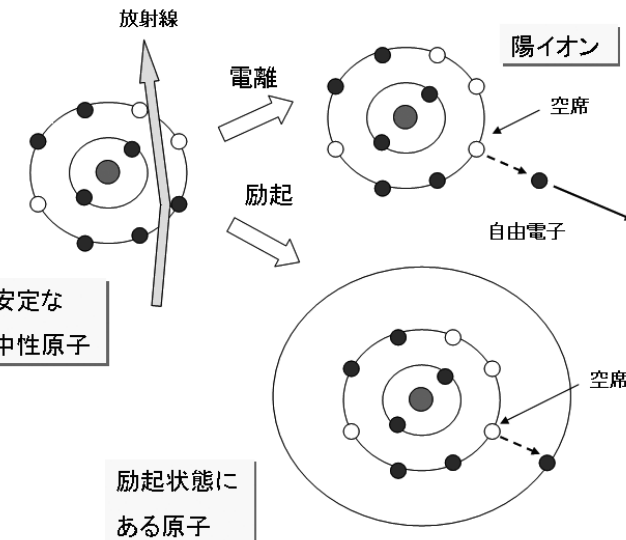
とき、別の放射線を生じたり、別の放射線を発生させたりするので、結果的に電離、励起を引き起こします。

ゆりちゃん ぶつかる放射線の強さは、は

て、その放射線の強度が分か

ります。

放射線が衝突して 起こる電離や励起



放射線利用として、いろいろなことに利用されています。放射線の利用については、また（原産協会・政策推進部）別の機会に話したいと思います。

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ⑨



電圧をかけます。この容器のなかに放射線が入ると、ガスが電離（イオン化）して、そのイオンが電極に引かれ電流が流れます。このとき流れる電流の大きさを測ることで、入った放射線の種類を検出器があります。



ゆりちゃん どんな種類の検出器がありますか？

身の回りの放射線の強さを検出器で測定

五感で感じることはできません。そこで、専用の検出器を使って、放射線の強さを測ります。

ゆりちゃん 検出器はどのようにして放射線の強さが分かるのですか？

タクさん 例えば、ベータ線やガンマ線を測るガイガー・ミュラー・カウンターの（GM カウンター）は、ガスを入れた容器のなかに電極を入れ、電極間に高

圧をかけます。この容器のなかに放射線が入ると、ガスが電離（イオン化）して、そのイオンが電極に引かれ電流が流れます。このとき流れる電流の大きさを測ることで、入った放射線の種類を検出器があります。

タクさん いいえ、放射線の種類に合わせて検出器を選択する必要があります。

ゆりちゃん どのよ

うにしたらアルファちゃんやベータちゃんを借りられますか？

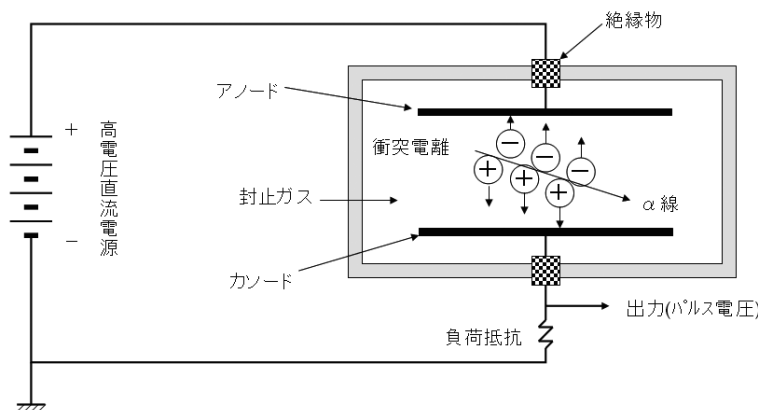
タクさん 無料貸出しを実施している団体があります。使用料や送料等の費用は一切かかりませんし、測定試料も一緒に借りることができます。

インターネットで「放射線検出器 無料貸し出し」で検索してみてください。ちなみに、銀座で放射線の強さを測ってみると車道で0.049μSv（シーベルト）、歩道で0.099μSvとなりま

す。皆さんも検出器を借りて身の回りの放射線の強さを測ってみましょう。ところで、銀座の車道と歩道で放射線の強さが違った原因は、歩道に花崗岩（ウラ

ンなどの放射性物質（放射線を出すもの）を多く含むが使われているためです。

（原産協会・政策推進部）



ガイガー・ミュラー・カウンターのしくみ

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ⑩



に注意するのと同じように、大量の放射線一度に受けると、体の中にある臓器や組織に生まれた傷は回復できず、障害（組織障害）があらわれるので、注意が必要です。放射線の量が少くないときは、体にある放射線の量はどのくらいですか？

国ごとに、また地域ごとに異なりますが、受けても安全だといわれている放射線の量はどのくらいですか？

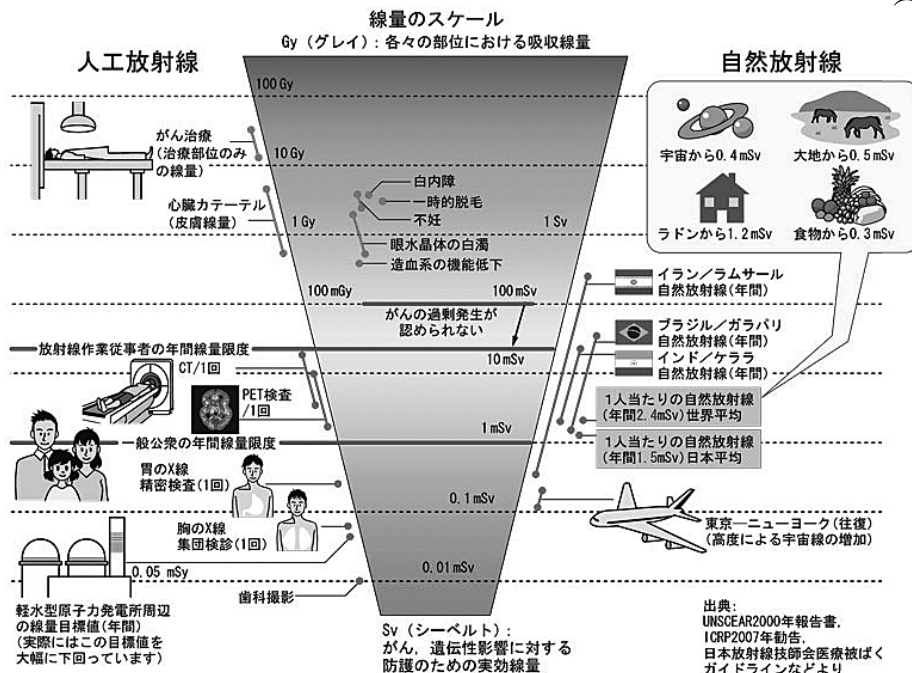
放射線で医療検査やがん治療なども可能

放射線が安全か安全でないかは量で決まる

（10）放射線が安全か安全でないかは量で決まる。ゆりちゃん 地球上で受ける放射線の量は

ている最小線量としていますので、百ミリシーベルトを安全の目安と考えて良いでしょう。ゆりちゃん 人は少ない放射線に対しては修復能力を持っているのです。

（



資料提供：（独）放射線医学総合研究所

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ⑪



を多く含んでいるため
といわれています。
ゆりちゃん 高くな
ると放射線はどうなり
ますか？

タクさん 高いところ
にいくと宇宙からく
る放射線（宇宙線）をさ
えるので、富士山頂で
は平地の五倍の宇宙線
を受けます。また、航

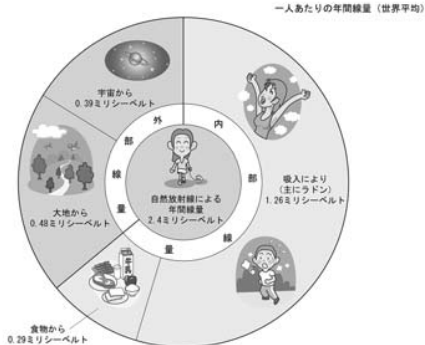
人類は自然放射線と 共存して生きてきた

タクさん 自然放射線とは、私たちの身の
回り、地球ができたときから自然界にもとも
と存在しています。私
たちは、呼吸や食事な
どの日常生活を通じて、
年間約二・四 mSv（世界
平均）の自然放射線を受
けているのです。

自然放射線のうちわ
けは、太陽も含めて宇
宙から〇・三九 mSv、大
地から〇・四八 mSv、食
物から〇・二九 mSv、大
気中にあるラドンなど
で一・二六 mSvです。

ゆりちゃん 大地か
ウムという放射性物質
物質が含まれています。

自然放射線から受ける線量



体内、食物中の自然放射性物質



電事連「原子力・エネルギー」図面集 2011 より

カリウムは自然界に存在するミネラルの一種で、人間の体内で塩分を低下させ血圧の上昇を抑えるなど、健康を保つために必要不可欠な成分です。このカリウムにはカリウム40という放射性物質がごくわずか（〇・〇一％程度）ですが存在している、いろいろな食品に含まれています。そして、私たちの体内に入ると一部は排泄されますが、一部は体内に残ります。こうして、人の体の中にも、いつもほぼ一定のカリウム40という自然放射性物質がたまっていることとなります。（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 ⑫



毒にもなるのですか？
タクさん 人は約六十兆個の細胞からでき
た酸素（活性酸素）は遺
伝情報を担う物質であ
るDNA（デオキシリボ
核酸）を傷つけることが
あります。この傷つい
たDNAを元通りに直
すことができないと、
がんの原因になること
があります。

自然放射線より活性 酸素で細胞は傷つく

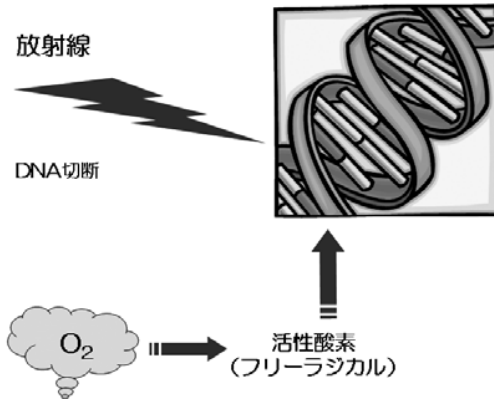
酸素を怖がる人は
少ないと思います。
しかしこの酸素から
生まれる活性酸素は、
DNAを傷つけてが
んなどを引き起こす
原因となります。傷
つける度合いは自然
放射線より何百倍も
大きいのです。

（12）活性酸素と放射線
ゆりちゃん 酸素は
人にとって大切なもの
と思っていましたが、

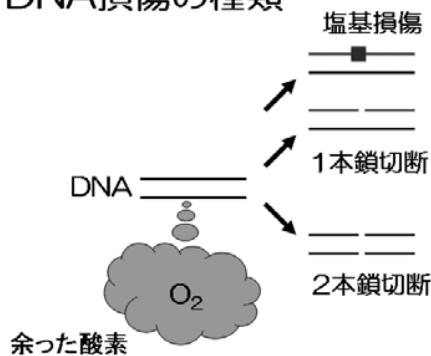
ています。それぞれの ゆりちゃん 「がん」
細胞に取り込まれた酸
素は、栄養分を分解し
て人が生きていくため
のエネルギーをつくり
出し、水（ H_2O ）に変
質します。しかし、水
を伝える四種類の塩基
（アデニン、グアニン、

シトシン、チミン）が規
則正しく並べられた二
重らせん構造になって
います。DNAにでき
た傷は三種類（塩基損傷、
一本鎖切断、二本鎖切
断）に分けられます。こ
のうち二本の鎖がとも
に切れた「二本鎖切断」
の傷は遺伝子の突然変
異を起こしやすく、最
もがんになりやすいこ
とが知られています。
ゆりちゃん 二本鎖

Google「放射線の人体における影響と
その防護（松田尚樹）」より図を一部追加



DNA損傷の種類



Google「放射線の人体における影響と
その防護（松田尚樹）」より図を一部追加

切断は活性酸素と放射
線では、どちらが起こ
りやすいですか？
タクさん 余った酸
素が傷つける二本鎖切
断の数は、一日に細胞
一個について約〇・一
個です。日常のレベル
より、自然放射線が
約五百倍も多いことがわ
かっています。
（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンプォイント



日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編）

今年一月から始めたこの放射線解説シリーズですが、東日本巨大地震で福島第一原子力発電所が甚大な被害を受け、炉心損傷という未曾有の原子力事故が起きました。事故拡大を防止するため働く作業員の被曝のほか、大気・海洋に放射能が放出され、東北や関東地方などの野菜や牛乳、魚、飲料水などにも含まれるようになりました。今回はこのシリーズの番外編として、それらの我が国の基準値などについて解説します。男子高校生の「ゲン君」の質問に、ものしり博士の「カワさん」がどこまで答えられるでしょうか。

ゲン君 被災当初、省や厚労省は、今回の電気もつかない現場で、大震災を受けて、東京困難な復旧作業を行っていた作業員の人たち、事故対応に当たるため、非常時の作業員の被曝は、大丈夫かな。カワさん 経済産業線量限度を、従来の計

百 μ Svから同二百五十 μ Svに変更しました。

経産省は三月十五日の告示40号平成二十三年東北地方太平洋沖地震の特にやむを得ない緊急の場合に係る実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示として、原子力災害特別措置法に基づく原子力緊急事態宣言が出された日から、同解除宣言が出された日まで、線量限度は、実効線量について二百五十 μ Svとしました。

国際放射線防護委員会（ICRP）が定めた国際基準では、緊急作業での上限を一時的に白血球の減少がみられる計五百 μ Svとしています。なお、通常の放射線業務従事者の線量限度は、五年間で計百 μ Sv（年平均では二十 μ Sv）または一年間で五十 μ Svのいずれかの制限が課せられています。これらの数値をオーバーしそつになつたら、働きたくても現場では働けなくなります。

緊急作業被曝量を二百五十 μ Svと設定
ゲン君 福島第一の現場で被曝し、入院し、除染を行ったものの、常駐医師がやけどのような症状がでる「ベータ線熱傷」の可能性があると判断し、福島県立医科大学付属病院へ搬送しました。その後、千葉県にある専門的な被曝治療ができる放射線医学総合研究所に三とも搬送し治療を受けましたが、症状もなく二十八日に退院しました。

緊急作業被曝量を二百五十 μ Svと設定
カワさん 福島第一3号機のタービン建屋地下で三月二十四日、電気ケーブルの敷設作業を行っていた協力会社の作業員三名が、個人線量計で約百七十 μ Svの被曝をしました。くるぶしまでの靴を履いていた作業員二名は、

水たまりでの作業で靴の中に放射能に汚染された水が入り、両足に放射能の皮膚汚染が確認されました。水表面の線量率は約四百 μ Sv/時でした。除染を行ったものの、常駐医師がやけどのような症状がでる「ベータ線熱傷」の可能性があると判断し、福島県立医科大学付属病院へ搬送しました。その後、千葉県にある専門的な被曝治療ができる放射線医学総合研究所に三とも搬送し治療を受けましたが、症状もなく二十八日に退院しました。

十七日、原子力安全委員会が定めた防災指針の指標値を、食品衛生法に基づく暫定的な規制値とし、これを上回る食品について、同法の規制制限食品として、食用に供されないような対応を各自自治体に通知しました。暫定規制値では、放射性ヨウ素は飲料水と牛乳・乳製品は三百ベクレル/kg、根菜・芋類を除く野菜類と魚介類は二千ベクレル/kg。牛乳・乳製品に關して、百ベクレル/kgを超えるものは、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導することとしています。

放射能セシウムは飲料水と牛乳・乳製品は二百ベクレル/kg、野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他が五百ベクレル/kgとなっています。これらの規制値は、一日の平均的な摂取量を一年間飲食し続けた場合でも、一般公衆の線量限度の一 μ Svの被曝にとどまるといふ基準で定められています。

ゲン君 放射能は半減期があると習ったよ。

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準 ——福島第一原発事故（番外編②）



東日本巨大地震後
に起こった福島第一
原子力発電所の事故
の影響が続いていま
す。前回に引き続き、
このシリーズの番外
編として、避難につ
いての疑問に答えま
す。

災害対策特別措置法（平成十一年法律第百五十六号）第十五条第三項に基づいて、福島第一原子力発電所から半径三km以内の住民は避難、三kmから十kmの住民は屋内で退避するよう指示が出されました。翌日、内部の圧力を下げ、

のために格納容器の弁を開けて放射性物質を放出し、避難範囲を半径十kmから二十kmに拡大しました。原子力安全委員会の出している

防犯指針では、十mSv以上、五十mSvの放射線に浴びる可能性がある場合には屋内退避、五十mSv以上の場合には避難を検討するとしています。三月十五日には、新たに二十km～三十km圏内の屋内待避を求めました。福島第二原子力発電所から半径十km圏内にも避難指示が出されています。

ゲン君 今回の事故で沢山の人たちが避難することになったね。

カワさん 地震が起きた三月十一日の二十

一時二十三分、原子力

極的に促進するとともに、避難指示を想定した諸準備も加速化する必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

必要があることを伝える必要が

積算線量を考えた 避難措置も

ことです。

ゲン君 四月十一日

には「計画的避難区域」

が発表されていたよ。

カワさん 政府は東

京電力福島第一原発か

ら半径二十km避難指示

を開始する方針です。

圏外で、気象条件や地

理的条件によって放射

性物質の年間積算量が

市の一部が対象となり

ます。特に、子供、妊婦、響が出てきているね。

要介護者、入院患者な

カワさん 福島県は、

県内五十四か所の水田

で土壌の放射性物質の

詳しい調査を行いました

た。その結果、「計画的

対象地域に半年以上住

み続けた場合の放射性

物質による影響を考慮

したもので、国や県、対

象自治体が調整して、

約一か月をめどに避難

を開始する方針です。

葛尾村、浪江町、飯館村

川俣町の一部、南相馬

市の一部が対象となり

ます。特に、子供、妊婦、響が出てきているね。

要介護者、入院患者な

カワさん 福島県は、

県内五十四か所の水田

で土壌の放射性物質の

詳しい調査を行いました

た。その結果、「計画的

避難区域」などの対象と

なっている浪江町と飯

また、福島第一原発

から計画的避難区域を

した土壌1kg当たり五

千ベクレルのおよそ六

倍、二万九千ベクレル

の放射性セシウムが検

出されました。それ

以

急時に屋内退避や避難

を求めるよう準備を求

めています。広野町、

楢葉町、川内村、田村市

の一部、南相馬市の一

部が対象となります。

具体的には、今後、政府

と地元自治体で調整し、

数日のうちに決定され

の見込みです。

ゲン君 農場でも影

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準 ――福島第一原発事故（番外編③）――



ゲンくん ヨウ素剤が配布された地域もあるみたいだね。

カワさん 原子力災害対策現地本部は三月十六日より「避難区域

（半径二十km）からの避難時における安定ヨウ素剤投与の指針を県

その後も、服用が指示

事故後の放射性物質 量徐々に減少中

知事および十二市町村宛に発出しました。一

いません。

部の町ではすぐ服用し

ゲンくん 漁業を営む人たちが近隣諸国は

あつたようですが、ヨウ素剤の効果持続時間

は二十四時間なので正しいタイミングで服用

はより高い濃度の汚染

カワさん 東京電力はより高い濃度の汚染

することが重要です。また四十歳以上は被ばくしても甲状腺がんの発症率は高くない

水が海水に流出するのを防ぐため、やむなく四日から十四日の十日間、比較的低濃度の水

ゲンくん 今回の事故で水道水も汚染されたね。

カワさん 各地の水

ため、四十歳未満が対象です。同本部は二十一日、服用は本部の指示を受けてから医療関係者の立ち会いのもと

約一万トンを海に放出しました。その後、海水モニタリングの調査地点を新たに六か所増やして調査を強化してい

水道水から一kgあたり二百十ベクレルが検出されました。

ゲンくん 今、少しづつ通常の状態に戻りつつあるところだとかってきこえたよ。

東京電力福島第一原子力発電所の周辺の海水から検出される放射性物質の濃度は、高濃度の放射性汚染水の流出を止めてからは下が

福島県の飯館村の検出結果ですが、三月末より急激に下がってきている

カワさん 各地の水

素一cc当たり二百十ベクレル（国の基準の五千

た。引き続き注意深く監視していくとしてい

カワさん 東京電力

はより高い濃度の汚染

カワさん 東京電力

カワさん 東京電力

はより高い濃度の汚染

カワさん 東京電力

カワさん 東京電力

はより高い濃度の汚染

カワさん 東京電力

カワさん 東京電力

はより高い濃度の汚染

カワさん 東京電力

カワさん 東京電力

はより高い濃度の汚染

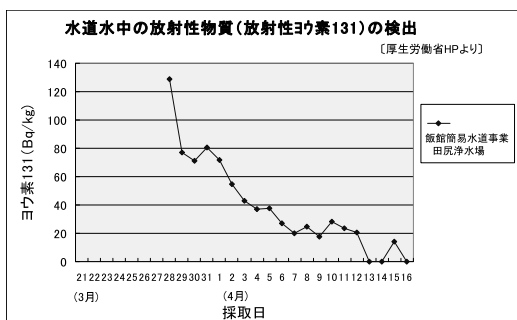
カワさん 東京電力

カワさん 東京電力

はより高い濃度の汚染

カワさん 東京電力

カワさん 東京電力



原子力 ワンポイント



日本の放射線・放射能基準 ――福島第一原発事故（番外編④）――

カワさん 文部科学

福島第一発電所の事故による子どもたちへの放射線の影響が話題になっていきます。学校などで行われている放射線対策についてカワさんが紹介します。

ゲンくん 子どものいる家庭では環境放射能の影響を気にしているね。

省は十九日、福島県教育委員会等に対し、県内の学校の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方を発表しました。

校庭や公園で遊ぶ 子どもたちへの影響

放射線が検出された場合は、校庭や屋外での活動を制限します。放射線量の測定は夏休みが終わるまで毎週行い、同じ週で二回続けて目安を下回れば、制限は解除されます。

放除されています。郡山市の一部の学校などで、校庭の表面の土を取り除くことになりましたが、除去した土の処分や作業員の安全など懸念する声もあります。

ゲンくん 子どもたちな放射線は浴びないことを考えています。余分な放射線は浴びないことを大事とされています。不安な場合には、帽子や長袖の着用など肌の露出を減らすとよいでしょう。遊んだ後には手や顔を洗い、うがいをすることも大切です。靴の泥もよく落としましょう。また、砂場の利用は控え、土や砂が口に入らないようにしてください。もしも口に入ってしまったら、よくうがいをしてください。マスクは直接放射能を防ぐことにはなりません。舞い上がったほこりの吸入防止には効果があります。道路などの水たまりなどに触れること

ですが、濡れたら拭き取れば大丈夫です。ただし、現在の放射線量では必要以上の心配はいりません。

ゲンくん 避難してきた子どもたちが「放射線がうつる」などと間違ったことを言われているのはかわいそう。先生や保護者も正しい理解が大切だね。

カワさん 心配しすぎるのがストレスになって心身の不調を起こす場合もあります。文部科学省などでも、わかりやすい資料を用意していますので、不安解消に役立ててください。

（原産協会・情報・コミュニケーション部）

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
――福島第一原発事故（番外編⑤）――



福島第一発電所の事故で、大気中の放射線量は減ってきましたが、食物や土などを通して身体の内臓が被ばくしてしまうことを防ぐことは大切です。

ゲンくん 被ばくは「外部被ばく」と「内部被ばく」の二つがあるんだよね。
カワさん 内部被ば

くは、放射性物質を体内に取り込んでしまうことによって起こります。体内への経路としては、放射性物質を含む水や食物などを飲むことによる経口摂取、放射性物質が含まれる空気を吸い込むことによる吸入摂取、皮膚を通して取り込まれる経皮吸収があります。経皮吸収については傷口がある場合を除き、皮膚はトリチウム（三重

水素）以外のほとんどの放射性物質に対して侵入を防ぐことができます。水や水蒸気状のトリチウムでは皮膚を通してリンパ液とともに体内を移動します。臓器や組織はそれぞれ特定の種類の放射性物質を沈着させやすい性質を持つており、血液やリンパ液中の放射性物質は各々特定の臓器や組織に集まります。よく知られている例として

内部被ばく 臓器ごとに特徴

体内に吸収されてしまっています。ゲンくん 体内に放射性物質が取り込まれたらどうなるんだろう。カワさん 内部被ばくは、外部被ばくよりも汚染の除去が困難です。体内に取り込まれた放射性物質は血液や

核種と体内の集積部位およびその影響

核種	集積部位	影響(発生しうる主なもの)
^3H (HTO)	全身	突然変異など
^{14}C	全身	突然変異など
^{32}P	骨	白血球減少、(白血病は可能性のみ)
^{40}K	全身	突然変異など
^{45}Ca	骨	白血病
^{59}Fe	骨髄	白血病
^{60}Co	肝、脾、下部消化器	肝がん
^{65}Zn	肝、骨	肝がん、骨腫瘍
^{90}Sr	骨	骨腫瘍、白血病
^{131}I	甲状腺	甲状腺がん、甲状腺機能低下
^{137}Cs	筋肉、全身	白血病、不妊
^{222}Rn	および娘核種	肺がん
^{226}Ra	骨	骨腫瘍、白血病
^{232}Th	肝、骨、肺	肝がん、骨腫瘍、肺がん、白血病
^{238}U	腎、骨、肺	骨腫瘍、肺がん、白血病
^{239}Pu	肝、骨、肺	肝がん、骨腫瘍、肺がん、白血病
^{241}Am	骨	骨腫瘍、白血病

[出典]日本アイントープ協会：放射能取扱の基礎 3版(2001年6月)、p.224

主要な放射性核種の半減期

核種	半減期
H-3	12.33年
C-14	5730年
K-40	12.77億年
Co-60	1925.1日*
Sr-90	28.79年
Mo-99	65.94時間
Tc-99m	6.01時間
I-129	1570万年
I-131	8.02070日
Cs-137	30.07年
Ra-226	1600年
U-238	44.68億年
Pu-239	2.4110万年

*1年を365.25日とすると、約5.271年に相当する。

[出典] National Nuclear Data Center: Nuclear Wallet Card, <http://www.nndc.bnl.gov/wallet/>

質自体が原子核崩壊して減っていくほか、排泄などで体外に排出され、減っていきいます。原子核崩壊によって半分に減る時間を半減期(物理学的半減期)、生物学的な排出によって半分に減る時間を生物学的半減期と言います。両者を合わせた時間を実効半減期と言います。放射線量は一定の時間ごとに半分に減っていき

ます。

ゲンくん 身体の中に放射性物質が入ってしまったって、ずっと残っているわけではないんだね。

(原産協会・情報・コミュニケーション部)

原子力 ワンポイント



日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編⑥）

チェルノブイリでは、放射性セシウムで汚染された食物を洗ったり、皮をむいたり、煮たり、塩水につけたりして、放射性セシウムを除去しています。

だろう。

ゲンくん 汚染された野菜の出荷停止が解除されてきたけど、チェルノブイリの避難区域三十km圏内に住んでいる人たちはどのようにして食べているん

だろ。カワさん チェルノブイリ汚染地域の住民がどのようにして汚染された食材を調理して食べるのかを説明した冊子がウクライナ医科学アカデミーの専門家から出版され、その日本語版「チェルノブイリ放射能と栄養」が、チェルノブイリ事故に

関連した日本とウクライナの共同研究に参加した白石久二雄博士（元放射線医学総合研究所）の手で自費出版されて

モヤニンジンなどの丸い形の根菜類は、洗った後に皮をむいて、更に繰り返し温流水で洗います。果物も洗った後に皮をむきます。表面にでこぼこがあったり、さけている場合は、その中に放射性物質が挟まっていることが考えられるので、特に念入りに取り除く必要があります。

カワさん カブ、ネギ、ニンニクについては、洗う前に汚染度の高い葉などの表面を取り除きます。ジャガイモやニンジンなどの丸い形の根菜類は、洗った後に皮をむいたりした後は、水分の蒸発によって放

射能汚染食品対策

アルカリ溶液（食品ソーダ）で洗います。ゲンくん 洗う前に何かすることは無いんですか。カワさん 今までの洗い方で表面にある放射性物質の半分以上を取り除くことができます。ゲンくん 洗ったり皮をむいたりした後は、水分の蒸発によって放

射能汚染食品対策

射能汚染食品対策

キノコの形状	セシウム-137含量 (%)
1. 採りたてのキノコ	100
2. 洗浄したキノコ（3回水を交換）	45～50
3. 15分煮たキノコ（煮汁を取替え）	20～25
4. 30分煮たキノコ（煮汁を取替え）	7～12

調理用の食塩水（四％）
↓〇・五％酢酸↓三％酢酸の順で取り替えながら浸します。肉を凍結処理したり、食塩水や酢酸の一部を取り替えたり、肉の塊をなるべく小さく（五gまで）すれば放射性セシウムをより早く溶け出させることができます。魚は、うろこ、ひれ、頭、内臓を取り除いた後に、五十～百gの塊に切断し、四～六％の食塩水に二十～二十四時間浸します。時々水を取り替えることでセシウム含有量の八七～九九％を除去できます。野菜や果物は塩漬にすれば、放射性セシウムはほとんどの生材料中の濃度の半分になるそうです。（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
――福島第一原発事故（番外編⑦）――



カリウムや牛乳や乳製品、あるいは卵、肉、魚に含まれる必須アミノ酸は、放射性セシウムの蓄積を防ぎます。ビタミンやセレンは放射線に対する抵抗力を高めます。

ゲンくん 生葉で放射性セシウムの暫定規制値（1kg当たり五百ベクレル）を超えたので、どの段階で検査して規制すべきか、国で検討

しているようだけど、誤って体の中に入ったセシウムを出すことはできないの。

カワさん 旧ソ連のチェルノブイリ汚染地域の住民を対象にした『チェルノブイリ放射能と栄養』がウクライナ医科学アカデミーの専門家から出版されていて、セシウムへの対応が書かれているので紹介します。大人の一日摂取量は二・五〇〇μBqですが、カリウムが

不足するとカリウムに似たものとしてセシウムを蓄積するので、セシウムを溜めないようにカリウムをたくさん取ることを薦めています。非常に微量だけど、セシウムを除去するこ

セシウムの蓄積を防ぐ とされるカリウム

ともわかつています。

ゲンくん お茶の木もカリウムの代わりとしてセシウムを溜めたんだね。ところで、カリウムを含む食べ物って何があるの。

カワさん カリウムを含む食品を表にして示します。

ゲンくん カリウムをたくさん取る以外には対策はないの。

カワさん リジン、トリプトファン、メチオニン、バリンの必須アミノ酸類は放射性セシウム・ストロンチウムに体内蓄積を減少させたり、放射線に対する抵抗力をもたらしたりする結果が出たそうです。

ゲンくん

牛乳や乳製品、卵、肉、魚を好き嫌いなく食べなければいけないんだね。

カワさん たんぱく質だけでなくビタミンも必要で、放射能汚染の環境でビタミンが不足する

食 品	カリウム含有量 (mg/食品100g)
じゃがいも	568
ホウレン草	774
さやなしえんどう	873
いんげんまめ	1,100
小麦粉	122～310
さくらんぼ、すもも、かき、りんご	200～278
柑橘類	155～197
こんぶ	970
生きのこ	310～560

と放射線に対する抵抗力が低下するそうです。また、少量のセレンは免疫活性を再生させたり、放射線に対する抵抗力を高めます。セレンは豆、肉製品、チーズに含まれていて、一日の所要量は〇・五mgだそうです。なお前回と今回、内容の一部を紹介した『チェルノブイリ放射線と栄養』の邦訳版を入手したい方は、メールにてrose0878orchid@yahoo.co.jpへ連絡してください。（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント



日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編⑧）

放射線は専用の測定器を使って、大人・学童の場合は地上高1mで、また幼稚園児なら地上50cm高で測ります。地面を測ると十倍以上にすることもあり注意が必要です。

ゲンくん 放射線は専用の測定器を使って、放射線の強さを測るそうなんだけど、どんな測定器があるの。
カワさん 測定器には目的別に二タイプが

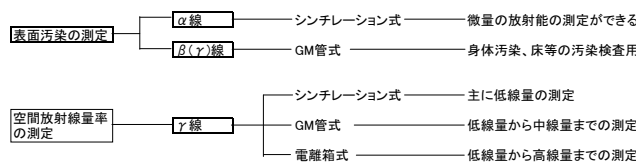
あります。一つは土などの表面の線量率や空間に漂っている埃などによる空間線量率の計測を目的とするものと、もう一つは空間や対象物に放射能があるかの汚染チェックのためのもので、ベータ線が入射出来るような雲母の膜の窓のあるサーベイメータなどが該当します。

ゲンくん 線量率を測る測定器には何があるの。
カワさん 汚染を検

測定器は正しい使い方で平均値を出す

のセンサーの付いたGM管式サーベイメータ／シンチレーション式サーベイメータや円筒形のセンサーを持つ電離箱式サーベイメータがあります。最近では、α線とγ線が測定できるシリコン半導体の線量計なども出てきました。

線量率は一m高の線量率より地面からの放射線の影響をより受けませんが、一〇%高くらいにしかありません。しかし、この測定器を土の表面に置いて測ると、地面からの放射線の影響をたくさん受けるので、文部科学省が新聞などに公表している線量率の十倍以上になることもあり、注意が必要になります。例えば、地上高1mとの説明は普通省かれています、東京で空間線量率〇・



と「〇・一μSv」くらいに表示されます。ゲンくん それで、「こは新聞の発表値よりも二十倍も高い危険な場所だ！」という話も出てきたんだね。カワさん 一般人が測定器を使うと、地面での測定をして、自分も周りもパニックになってしまう。他にもある、特に

（原産協会・政策推進部）

測定器によって必要な測定時間も決められているので、あわせてよく確認をしてください。ゲンくん ところで、cpm（一分間あたりの計数）で表示されている測定器の場合はどのようにシーベルトに直すの。カワさん 正確に変換しようとすると、放射性物質ごとに放出する放射線のエネルギーの分布が異なるので換算率が変わるので難しいのですが、百cpmで1μSvとみなして大雑把な評価をしてください。ちなみに今回放出量が多いとされているセシウム137の場合は、百二十cpmで1μSvとなります。

原子力 ワンポイント



日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編⑨）

ガンになりやすいのは「タバコ」と「成人期の食事・肥満」が一番で、千 μ Sv以上の放射線を浴びないと「タバコ」のリスクは超えません。二百 μ Svの放射線を浴びた場合は、「運動不足」の場合とほぼ同程度で、「肥満」の場合よりガンになるリスクは低くなります。

ゲンくん 放射線を浴びると将来ガンになると母さんが心配していたよ。

カワさん 放射線は

目に見えないから、特に心配になるよね。国立がん研究センターのホームページには、ガスベストの二%と同じ割合です。しかし、放射線・紫外線の二%は普通の状態での割合なので、放射線を多く浴びると割合は変わって

このふたつで半分以上を占めています。その次が運動不足などで五%の割合になっていきます。

ゲンくん 放射線の割合はどのくらいなの。

カワさん 国立がん研究センターでは、ガンになるリスクの度合いを生活習慣と放射線の線量で対比した結果を公表しています。その

飲酒や喫煙に放射線以上の発がんリスク

カワさん 放射線・紫外線の二%は普通の状態での割合なので、放射線を多く浴びると割合は変わって

の放射線を浴びた場合は、一日二合以上お酒を飲む人と同じです。肥満の場合は一・二三倍で、二百 \sim 五百 μ Svの放射線を浴びた場合の一・一九倍より高くなっています。少し幅があります。したが、運動不足の場合は一・一五 \sim 一・一九倍で、二百 \sim 五百 μ Svの放射線を浴びた場合とほぼ同じか若干低くなります。百 μ Sv未満の

放射能と生活習慣によってガンになるリスク

要因	ガンになるリスク
1,000～2,000ミリシーベルトを浴びた場合	1. 8倍
喫煙者	1. 6倍
毎日3合以上飲酒	
500～1,000ミリシーベルトを浴びた場合	1. 4倍
毎日2合以上飲酒	
やせすぎ	1. 29倍
肥満	1. 22倍
200～500ミリシーベルトを浴びた場合	1. 19倍
運動不足	1. 15～1. 19倍
塩分の取りすぎ(高塩分食品)	1. 11～1. 15倍
100～200ミリシーベルトを浴びた場合	1. 08倍
野菜不足	1. 06倍
受動喫煙	1. 02～1. 03倍

（国立がん研究センター調べ）

放射線を浴びた場合と放射線が増加するデータはガンが増加するデータは検出できないので、（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編⑩）



放射線は直接の打撃または活性酸素を
作ることによって細
胞を壊します。壊さ
れた細胞は、修復や
細胞の自殺を行いま
すが、一部の細胞は
ガン細胞になります。
一方、低線量の放射
線により免疫力を高
めてガンを治療する
ことも考えられてい
ます。

放射線は直接の打撃または活性酸素を
作ることによって細
胞を壊します。壊さ
れた細胞は、修復や
細胞の自殺を行いま
すが、一部の細胞は
ガン細胞になります。
一方、低線量の放射
線により免疫力を高
めてガンを治療する
ことも考えられてい
ます。

放射線は直接の打撃または活性酸素を
作ることによって細
胞を壊します。壊さ
れた細胞は、修復や
細胞の自殺を行いま
すが、一部の細胞は
ガン細胞になります。
一方、低線量の放射
線により免疫力を高
めてガンを治療する
ことも考えられてい
ます。

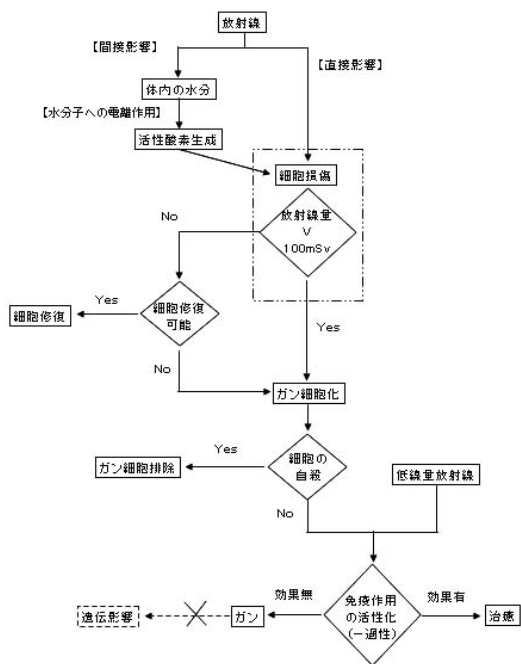
放射線は直接の打撃または活性酸素を
作ることによって細
胞を壊します。壊さ
れた細胞は、修復や
細胞の自殺を行いま
すが、一部の細胞は
ガン細胞になります。
一方、低線量の放射
線により免疫力を高
めてガンを治療する
ことも考えられてい
ます。

放射線は直接の打撃または活性酸素を
作ることによって細
胞を壊します。壊さ
れた細胞は、修復や
細胞の自殺を行いま
すが、一部の細胞は
ガン細胞になります。
一方、低線量の放射
線により免疫力を高
めてガンを治療する
ことも考えられてい
ます。

身体にはがん細胞を 殺す自然免疫細胞も

機能が変化した細胞に
なり無限に増殖を始め
るケースがあります。
これが細胞のガン化で
す。

ゲンくん ガン化し
た細胞はどのようなの
カワさん ガン化細
胞は二つの対応がとら
れます。一つはアポ
トーシスと言われる細



原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準

――福島第一原発事故（番外編⑪）――



ゲンくん 低線量被ばくではどんな影響があるの。

人口一万人の町で考えると、もともと三千三百人が将来ガンで死亡すると考えられているのが、二十 μ Svの被ばくをした場合、受動喫煙や野菜摂取不足によるガンの増加六十六人以上より小さく、十人ほど増えるかもしれない。ICRPは合理的に達成できる限り被ばく線量を低く保つことが必要と言っています。

カワさん ICRP（国際放射線防護委員会）放射線防護に関する勧告を行う民間の国際学術組織では百 μ Sv（ベルト（Sv）以下の線量）の被ばくのことを低線量被ばくと言っています。将来がんで亡くなる人が増えるかと仮定しています。

ゲンくん どのくらいの人が増えるの。
カワさん 広島・長崎原爆のデータから、千

よれば、百 μ Sv以下の被ばくによるガンの増加は、受動喫煙や野菜摂取不足によるガンの増加（二・〇二～一・〇六倍）より小さいとされています。ICRPは、放射線の影響を子供は大人の三倍受けやすいと仮定しているため、子供の場

20 μ Svの被ばくでは 〇・一％のがん増加

合は三十 μ Sv以下の被ばくによるガンの増加は、人口一万人受動喫煙などによるガンの増加より小さいと考えられます。人口一万人受動喫煙などによるガンの増加より小さいと考えると、日本の三分の一がガンで死

亡するの、もともと三千三百人が将来ガンでは低線量被ばくに対して死亡するのが、二十 μ Svの被ばくをすると三

カワさん 原発から出てくる放射性物質はほとんどないと言え

【2007年ICRP勧告】拘束値と参考レベルの枠（バンド）と適用例

枠（バンド） （予想実効線量mSv） （急性又は年線量）	適用例
20-100	放射線事故など非常時に設定する参考レベル（予想又は残余線量）
1-20	・計画被ばく状況（普通の状態）での職業被ばく拘束値 ・家屋内でのラドンに対する参考レベル ・事故後の現存被ばく状況で、公衆の被ばくに設定する参考レベル
1以下	計画被ばく状況（普通の状態）での公衆被ばくに設定する拘束値

肌の露出を避ける必要はありませ

協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準 —福島第一原発事故（番外編⑫）—



暫定規制値（五百Bq／
（ベクレル）／kg）
の牛肉百五十gを
誤って食べた場合は、
約1μSvの線量を受
けるが、普段の食べ物
から受ける線量に比
べてはるかに小さい。

暫定規制値等は放射
線防護の観点から設
定したもので、安全と
危険の境界を示す数
値でなく、行政が対策
を始める目安です。

ゲンくん 牛肉から

暫定規制値（五百Bq／
kg）を超える放射性セシ
ウムが出たよ。牛肉を食
べるのが恐いね。

カワさん そんなこ

とはありません。生食物
は常に食べ物や空気から
放射性物質を取り入れ
ています。食べ物ではホ
ウレン草などからカリウ
ム40が、また空気中から
はラドンが呼吸により体
の中に入ります。食べ物
で二百九十μSv（マイク
ロシーベルト）／年、呼吸
で千二百六十μSv／年
の線量を受けている（内

暫定規制値は 危険値ではない

が、普段の食べ物から受
ける線量に比べてはるか
に小さいことがわかりま
す。また、新聞報道され
た四千三百五十Bq／kg
の牛肉百五十gを誤って
食べた場合は、八・五μSv
の線量を受けることにな
りますが、やはり食べ物

から受ける線量より小
さいことがわかります。
政府が決めた暫定規制
値とは毎日食べても心配
になり、体重六十kgの人
で約七千Bqの放射性物
質を持つているといわれ
ています。五百Bq／kgの
牛肉百五十gを誤って食
べた場合は、約1μSv
（〇・九七五μSv）の線量
を受けることになります
安なのです。たとえ暫定
規制値を超えた牛肉が

出回り、誤って食べてし
まっても問題ないこと
もわかってもらえると
思います。

ゲンくん テレビで
みる二十μSvとか一μSv
についてはどういう
意味か教えて。
カワさん 計画的避

自然放射線（世界の平均）		単位（μSv）
内部線量	呼吸（主にラドン）	1,260
	食物	290
外部線量	大地	480
	宇宙	390
年間線量（合計）		2,420

難区域の設定にしている
年間二十μSvは、放射線
を浴びて働く人の線量
限度で、ICRP（国際
放射線防護委員会）が設
定した、進んで受け容れ
ることはできないが耐え
ることはできる（我慢で
きる）レベルの被ばく線
量になります。また、一
μSvは一般の人の線量
限度で、呼吸によりラド
ンを取り入れた分を除い
た自然放射線による年
間の被ばく線量になり

ます。普通の状態では、世
界平均では年間二・四μSv
（二千四百μSv）の線
量を自然界から受けてい
ますので（日本は一・四
μSv／年）、その上に更
に一μSvの線量を受け
ることを許容していま
す。一年間の合計ではあ
りませんが、一九四九年
から行われた大気圏内
核実験のときに降り注い
だ線量は四・四μSv（口
から三・二μSv、鼻から
〇・二μSv、外部被ばく
で一・〇μSv）になるそ
うです。それでも日本は
長寿国になりました。一
μSvもICRPが放射
線防護の観点から設定
したもので、安全と危険
の境界を示す数値でない
ことをわかってもらえ
ると思います。

ゲンくん 六十年前

進部

にはたくさんの方の放射
物質が降ったときが日本
にもあったんだね。
カワさん ガンにな
りやすい人となりにく
い人という個人差があ
るように、二十μSv、一
μSvという値について
も個人の受け止め方は
千差万別です。また、福
島原発の事故は収束し
ていいますが、事故後の
現存被ばく状況（放射性
物質の漏れが止まり、放
射能が残っている状態
で、公衆の被ばくに設定
する参考レベル（一・二
μSv／年——原子力
ワンポイント番外編⑪
参照）から数年かけて年
間一μSvの線量限度に
復旧するという考え方は
妥当ではないでしょ
うか。（原産協会・政策推

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故(番外編⑬)



ところで、カリウムはからだの機能を維持するのに必要なもので、血圧を下げるとか、神経伝達・筋肉の収縮などを助けるとか、尿酸やたんぱく質の燃えカスなどの老廃物の腎臓における排泄を促す働きをしています。成人でだいたい二十・五Bq/lのカリウム

カワさん 放射性物質のカリウム40は天然のカリウムの中に約〇・〇一%含まれていて、カリウム1gあると放射線強度が三十・四Bqあることがわかっています。

カワさん 人はホウレン草などの食べ物から自然の放射性物質であるカリウム40を取っているし、炭素14も体の中にあります。体重六十kgの人で約七千Bqの放射性物質を持っていると言われている、そのうちカリウム40は四千Bqです。セシウム137もわず

人間の体内にも放射性物質は存在する

ゲンくん 体の中に放射性物質を持っています。セシウム137もわず

「生ごみ」でなくて、「人間放射性廃棄物」って言われちゃうね。

カワさん 失礼な。と

カワさん カリウム

ゲンくん 人間って誰でも放射性物質を持っていますってホントなの。

人間自身が放射性物質を持っています。カリウムはからだの機能を維持するのに必要なものですが、放射性物質のカリウム40も四千Bq(ベクレル)体内にあり、尿として六十・八Bq/日排出されています。

ゲンくん 人間って誰でも放射性物質を持っていますってホントなの。

カワさん カリウム

カワさん 失礼な。と

体重60kgの日本人の体内に存在する放射性物質

放射性物質	放射能の強さ
カリウム 40	4,000 ベクレル
炭素 14	2,500 ベクレル
ルビジウム 87	500 ベクレル
鉛 210・ポロニウム210	20 ベクレル
セシウム 137	20~60 ベクレル
トリチウム	50 ベクレル

出典:2007.7 核融合科学研究所パンフレット

	男性 目安量 (g/日)	女性 目安量 (g/日)
1~2(歳)	0.9	0.8
3~5(歳)	1	1
6~7(歳)	1.3	1.2
8~9(歳)	1.5	1.4
10~11(歳)	1.9	1.7
12~14(歳)	2.3	2.1
15~17(歳)	2.7	2
18~29(歳)	2.5	2
30~49(歳)	2.5	2
50~69(歳)	2.5	2
70以上(歳)	2.5	2

・カリウム摂取目安量は体の恒常性維持に
適正と考えられる量と現在の日本人の
摂取量から考慮した値
出典:日本人の食事摂取基準(2010年版)

40が含まれています。八歳の女の子の尿からセシウム134が一・二三Bq/l検出されたことが報道されましたが、同時にカリウム40も排出されています。八歳の女の子のカリウム摂取目安は一・四gですから、子供の排尿量を1l/日とすると四十二・六Bq/lのカリウム40が排出されることがわかります。カリウム40とセシウム134(原産協会・政策推進部)

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
—福島第一原発事故（番外編⑭）—



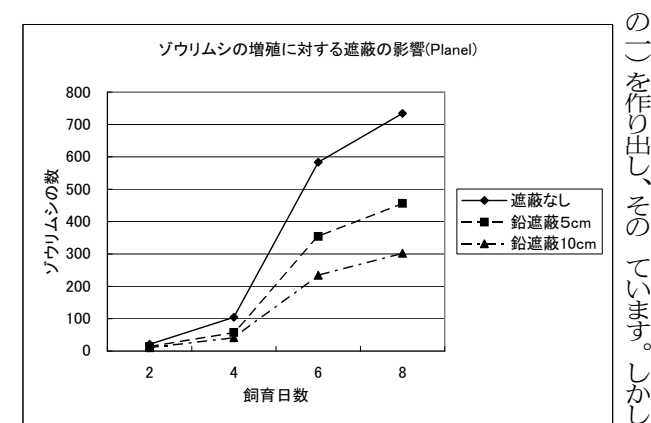
人は放射線のある環境に順応しているので、多少線量が高い地域に住んでいてもガンが増えることはないようです。一方、放射線が無くなると細胞の増殖低下が認められる実験結果さえあります。

ゲンくん 暑い夏が終わってホッとしている人も多いね。
カワさん 夏は紫外線が強くなるので、特に

対策が大変だね。でも紫外線はビタミンDを作るので人類にとっては必要なものです。一方、紫外線は活性酸素も作るの、人はガンにならないように紫外線をカットするメラニン色素を増やすので、特に赤道付近の人は肌が黒くなるのです。
ゲンくん 紫外線も多すぎても少なすぎてもいけないんだね。
カワさん 紫外線より波長の短い電波である放射線も、同様に多す

対策が大変だね。でも紫外線はビタミンDを作るので人類にとっては必要なものです。一方、紫外線は活性酸素も作るの、人はガンにならないように紫外線をカットするメラニン色素を増やすので、特に赤道付近の人は肌が黒くなるのです。
ゲンくん 紫外線も多すぎても少なすぎてもいけないんだね。
カワさん 紫外線より波長の短い電波である放射線も、同様に多す

一定レベルの放射線は 生命維持のため必要



(注) 遮蔽なしの線量は1.75mGy/年であり、10cm鉛を施すことにより約1/6の0.3mGy/年まで減衰する。

自然界にある強さの極めて弱い(低いレベルの)放射線がもたらす不思議な現象にも踏み込んだ研究がたくさん行われて、放射線の働きがより広くわかることが望まれます。
(原産協会・政策推進部)

氏の実験の続報が出ないので、大阪府立大学が追試しました。「遺伝子環境科学研究室」では、厚い鉄板で覆って自然の放射線の少ない状態(ガンマ線量一五十分の一、中性子線量一四十分の一)を作り出し、その

中でゾウリムシを二か月間培養すると、増殖が低下することを報告しています。またマウスの細胞を同じ環境で培養する実験も行い、この場合にも細胞の増殖率が低下することを確認しています。しかし、自然

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
—福島第一原発事故（番外編⑮）—



セシウム137等は穀類の外皮（もみ）に多く、また玄米の胚芽に集まるので、精米するとセシウム137は六五%が、小麦では製粉するとセシウムが二〇～五〇%除去されます。水洗い、酢洗い、あくぬきもセシウム除去に有効です。検出器には、ゲルマニウム半導体検出器のほか、NaI(Tl)シンチレーション検出器もあります。

ゲンくん 新米がセシウムで汚染されていることを心配している人が多いね。
カワさん 農水省は、米の放射性物質調査を福島県、茨城県、栃木県、群馬県、神奈川県、宮城県、山形県、新潟県、長野県、埼玉県、東京都、山梨県、静岡県で行うことにしました。暫定規制値を超えた場合は出荷制限となります。

カワさん 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターは「食品の調理・加工による放射性核種の除去率」という報告書をまとめていて、その中で、セシウム137等は穀類の外皮（もみ）に多く、また玄米の胚芽に少するそうです。キハダ

精米や製粉により セシウムは大幅低減

集まっているとして、米の精米するとセシウム137は六五%が除去されます。カワマ

ます。グリーンピースは酢による洗浄と煮沸処理（あくぬき）でセシウムは五〇%除去されます。魚の場合は、放射性物質は概して内臓に集まるので、臓物を除くと大幅に低減できるそうです。また、魚肉の放射性物質は、調理における水洗や煮沸によって減らすそうです。キハダ

調理・加工法	食 品		放射性核種の除去率 (パーセント)	実験条件
	原材料	製 品		
精米	玄米	白米	セシウム (65)	放射性降下物(セシウム)
製粉	穀物	小麦粉	セシウム (20~50)	放射性降下物(セシウム)
酢洗いと煮沸処理	グリーンピース	調理済みグリーンピース	セシウム (50)	放射性核種の土壌からの経根吸収実験
水洗い	マグロ魚肉	十分に洗ったマグロ魚肉	セシウム (50)	体内汚染
煮沸処理	カワマス	煮魚(カワマス)	セシウム (50)	放射性降下物(セシウム)
油脂分離	牛乳	バター	セシウム (96~99)	放射性降下物(セシウム)

出典：(財)原子力環境整備センター「食品の調理・加工による放射性核種の除去率」

カワさん ガク維持管理が容易と言われ、市販のもので、測定時間が十五分程度、価格が百万円前後で茶筒型の測定室（直径十二cm×高さ八・五cm）を持つものがあります。また、少し高価になりますが、パソコンと組み合わせたシステムを構築しているものでも測定時間は十分程度です。一方、測定室はありますが、NaI(Tl)シンチレーション検出器は、ゲルマニウム半導体検出器と比較すると、放射線のエネルギー測定の精度は劣ります。バックグラウンドと言われている自然放射線の影響を避けることも必要です。

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
—福島第一原発事故（番外編⑬）—



広島・長崎の原爆
生存者がガンになっ
たデータからは、低線
量放射線といわれて
いる百ミリシーベルト
（mSv未満の被ばく
では有意なガン増加
は見られていません。

ゲンくん 放射線を
浴びた人はガンにな
るって聞いたけど、放射
線をちょっとでも浴び
たらガンになるの？
テツにい 強い放射
線なら、浴びた放射線が
強いほどガンになりや
すくなることは広島・
長崎の原爆生存者の調

査から明らかになって
いる。けれども、弱い放
射線を浴びたらガンに
なるのか科学的データ
はあまりないんだ。
ゲンくん 科学的
データがないって、それ
分からないってこと？
テツにい そう、分か
らないからどう考えた
らいいのか論争になっ
ている。弱い放射線、正
確に言うとお百mSv未満
の低線量放射線につい
て、国際放射線防護委員
会（ICRP）は念のため
の用心から「低線量放
射線でもガンになりや
すさは放射線の強さに

百ミリSv以下では がん発生率上昇せず

と主張する学者も多い
んだ。
ゲンくん そうなん
だ。
テツにい 低線量放
射線を浴びてもガンに
なった人がいないこと
を示している主なデー
タは、広島・長崎の原爆
で被爆しながら生存し
た人たちのものだ。広島

の放射線影響研究所（R
ERF）では、被爆生存
者の健康について五十
年以上にわたって追跡
調査している。ゲンく
ん、最近、RERFの
データにもとづいて低
線量放射線について書
かれた本が次々に出版
されているのを知って
いるかな。
ゲンくん 知らない

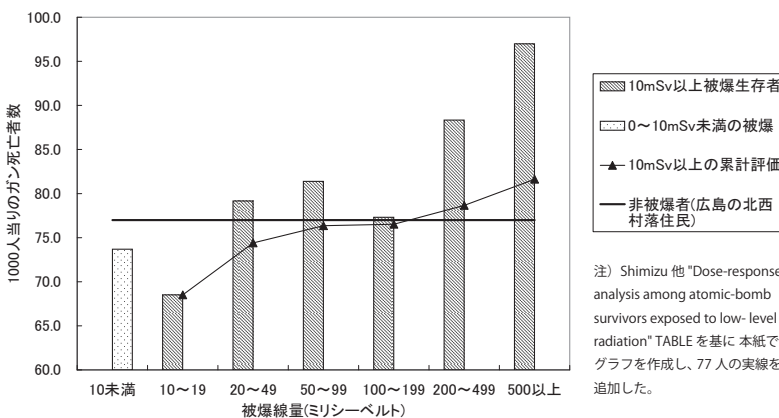
よ。僕にもわかるように
教えてよ。
テツにい 米国ミ
ズーリ大学のラッキー
名誉教授（米国アポロ計
画で宇宙飛行士の健康
管理に協力）は論文「電
離放射線の生物学的効
果——日本に贈る一視
点」（出典1）の中で、
RERFの清水氏らの

データから広島と長崎
で被爆した人を被爆線
量の大きさを7つのグ
ループに分け、ガンによ
る死亡率の違いをみた
（Ⅱ図）。特に、十〜十九
mSv被爆したグループ
（七千四百三十人の低
線量が目に付くが、そこ
ではガンで死亡した人の
割合は千人当り六十八・
五人だった。図には被爆
を免れた村落の住民の
ガンで死亡した割合（千
人当り七十七人）が実線
で示されている。十mSv
以上二百mSv未満の原
爆生存者二万八千四百
二十人におけるガンで
死亡した割合を計算し
てみると、千人当り七十
六・五人（図中の▲折れ
線となり、被爆してい
ない北西村落住民のガ
ンで死亡した割合七十
七人とほぼ同じであり、
少なくとも百mSv未満

の低線量放射線では、発
がんの影響が生じてい
ないといふことなんだ。
この他にも、英国オッ
クスフォード大学のア
リソン名誉教授（物理
学）、著書「放射能と理
性」（出典2）の中で、
RERFのプレストン
氏がまとめたデータ
（百mSv未満の被爆者
も含めた広島・長崎の被

爆生存者八万六千六百
十一人を対象、一九五〇
〜二〇〇〇年までに固
形ガンで死亡した一万
百二十七人）から、『百
mSv未満の一回の被ば
くでは無視できない発
がんリスクが生じるこ
とを示す研究データは
存在しない』と言ってい
る。

図 被爆生存者の全ガン死亡率



（出典1）T. D. Luckey, "Biological Effects of Ionizing Radiation: a Perspective for Japan", Journal of American Physicians and Surgeons Volume16 Number 2 Summer 2011(茂木弘道訳『放射線を怖がるな!』、日新報道、2011年に訳文収録)

（出典2）Wade Allison, "Radiation and Reason: The Impact of Science on a Culture of Fear", Wade Allison Publishing 2009 (峯村利哉訳『放射能と理性：なぜ「100ミリシーベルト」なのか』、徳間書店、2011年)

（原産協会・政策推進部、監修 関西大学・土田昭司）

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編⑰）



テツに、理由のひ
とつは、損傷したDNA
は修復されるからです
（損傷したDNAがガ
ンの原因になることは、
本紙二〇一二年三月三
十一日付け「広く利用さ
れている放射線⑫」参
照）。DNAの修復を考
慮しないことは放射線
の影響を少なくとも安
全側に評価することに
なるので、ICRP（国
際放射線防護委員会）は
規制の考え方に、この修
復効果を採用しません
でしたが、私たちには人

の低線量域の増加と二
次がんリスクにおいて
フランスで行われた大
掛かりな調査結果から、
一回当たり百五十μSv程
度の照射を受けた周り
の正常な細胞からガン
が新しく作られたケー
スは報告されていない
と述べています。アリソ
ン・オックスフォード大
学名誉教授は、安全な放

結果を見ると、死亡率が
る、結果として、平均
の山下俊一先生へ」にも
次のように書かれてい
ます。『今後、福島県民
の平均寿命が延びるだ
ろうと言われています。
これは、癌検診率の向上
に起因します。癌の早期
発見が死亡率を下げる
のです。広島、長崎の平
均寿命が、原爆投下後延
びたようにです。福島県
は、世界一長寿で有名な
県になるのかも知れま
せん。』

ゲンくん 健康管理
調査がきちんとされて、
福島県の方々が一日で
も長生きされるといい
ね。苦しんだ人が苦し
だ以上にたくさん幸せ
になつてもらいたいし、
災いを転じて大きな福
となるといいな。
（原産協会・政策推進部）

百μSv未満の被ばく ならDNAは修復

百μSv未満の被ばく
（μSv）未満の被ば
くでは損傷したDNA
A（デオキシリボ核
酸）が元通りに正しく
修復されると考えら
れます。健康調査を
しっかりと、長寿の
福島県になつてもら
いたいと思います。

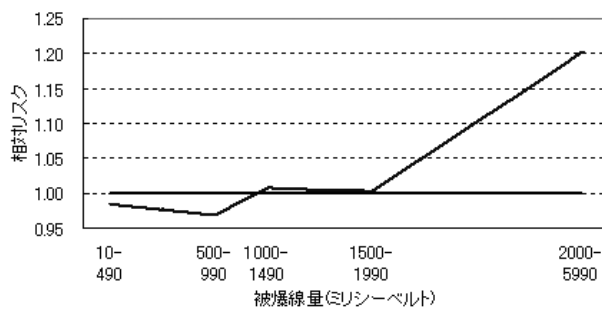
ゲンくん 新聞にも
よく百μSv未満の被ば
くからは有意なガンの
増加は見られないと書
いてあるけど、どうして
なの。

ゲンくん 損傷した
DNAが修復される目
安としては、だいたい百
μSvと考えればいいん
だね。他にDNAが修復
されることを示す例は
ないの。

テツに、ガンの放
射線治療では、正常な細
胞にも放射線が当たる
場合がある。放射線
医学総合研究所の米内
俊祐氏らは、「正常組織

射線のレベルとして、著
書「放射能と理性」の中
で、放射線を一回浴びる
場合は百μSv、何回か浴
びる場合には、百μSv／
月と述べています。こ
ろで、長崎大学の三根真
理子准教授による長崎
市の原爆生存者の調査

長崎市における総死亡率の相対危険度



注）Mine 他 "Apparently beneficial effect of low to intermediate doses of A-bomb radiation on human lifespan" TABLE 1 を基に本紙でグラフを作成した。

原子力 フンポイント

日本の放射線・放射能基準

――福島第一原発事故（番外編⑱）――



大気圏内核実験の
時には、自然放射性物
質のカリウム40（K
40）の四分の一にあ
るセシウム137（Cs
137）が五百六十ベクレ
ル（Bq）体内にありま
した。今回はその半分程
度と推計されていま
す。

いったい人はどのくら
いセシウムを持ってい
たの。

テツにい 放射線医
学総合研究所（放医研）
の内山正史氏は、大気圏
内核実験が行われてい
た一九六四年から放医
研で測定されたCs137の
体内の量をグラフ化（Ⅱ
図1）しています。最大
値は一九六四年の五百
六十Bqで、K40の四千
Bqと比較してみます。Cs137
は体外への排出時間が

セシウム、福島でも 核実験時の半分

なりました。その後約二十
年間で減少しました。
Bqまで減少しました。
ゲンくん 今回の事
故ではどうなったの。

テツにい 二〇一一
年十二月二十二日開催
の厚労省の薬事・食品衛
生審議会食品衛生分科
会放射性物質対策部会

では、K40と合わせて、
セシウム134（Cs134）と
Cs137の年間摂取量を推
計しています。福島県を
例にとると、K40は〇・
一九ミリシーベルト（m
Sv）、Cs134とCs137の合計
は〇・〇二mSvとなり、
ほぼK40の十分の一に
なりました（Ⅱ図2）。

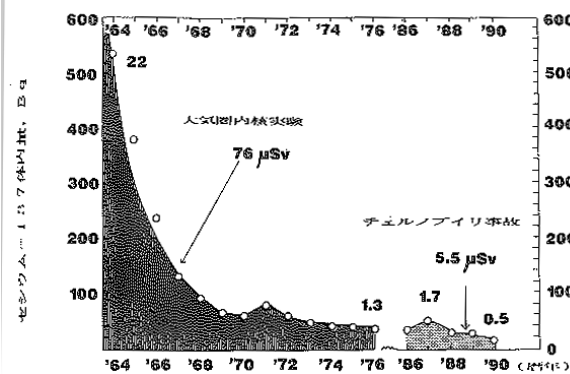


図1 成人男子群のセシウム-137 体内量の推移

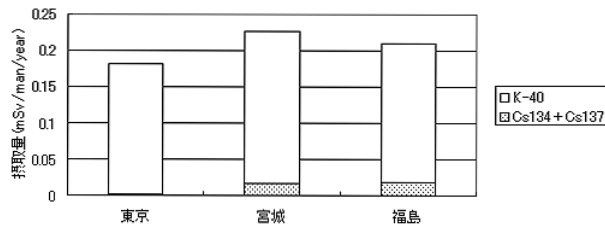


図2 地域別の放射性物質の年間摂取量

注）厚労省の資料を基に
本紙でグラフを作成した

ゲンくん セシウム
による内部被ばくを心
配する人が多いけど、

は体外への排出時間が

テツにい 二〇一一
年十二月二十二日開催
の厚労省の薬事・食品衛
生審議会食品衛生分科
会放射性物質対策部会

は必要栄養素で、血庄を

下げるとか、神経伝達・
筋肉の収縮などを助け
るとか、尿酸やたんぱく
質の燃えカスなどの老
廃物の腎臓における排
泄を促す働きをするの
で摂取を制限すること

はできません。私たちには内部被ばく
と生まれた時から死ぬ
まで付き合わなければ
なりません。しかし、カ
イと言われています。
（原産協会・政策推進部）

よりやすい性質があり
ますが、その筋肉にがん
が起ることはまずな
いと言われています。

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編⑬）



大気圏内核実験により日本にもセシウムとストロンチウムが降り注ぎました。そして、セシウムとストロンチウムがわずかに入った白米を食べてしまったので、ゼロベクレルを求め、それが難しいと思います。

セシウムは以前から世界中に降っていた

行われた大気圏内における核実験の時から日本に降り注いでいます。最近、話題になっていることが無かったので、皆が忘れていたと思います。世界中にセシウムとストロンチウムはあったという事実です。

ゲンくん セシウムって今回の事故で初めて日本に出るよ

うに

はそつなりま。農業技術環境研究所の駒村美佐子氏は、一九五九年から行っていた白米に含まれていたセシウムとストロンチウムの量を報告（図2）していますが、一九六三年には最も

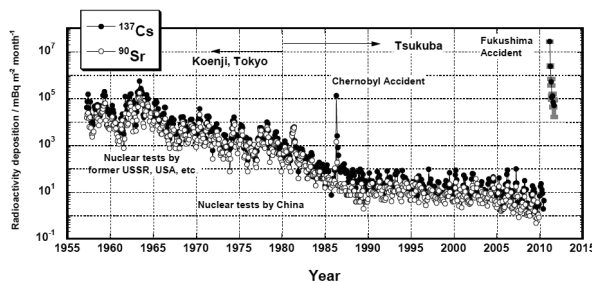
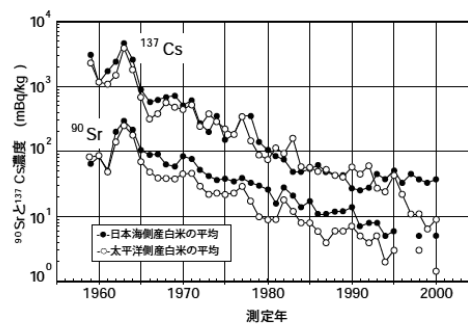


図1 出典：気象研究所 環境における人工放射能の研究 2011

大気圏内核実験により日本にもセシウムとストロンチウムが降り注ぎました。そして、セシウムとストロンチウムがわずかに入った白米を食べてしまったので、ゼロベクレルを求め、それが難しいと思います。最近、話題になっていることが無かったので、皆が忘れていたと思います。世界中にセシウムとストロンチウムはあったという事実です。ゲンくん セシウムって今回の事故で初めて日本に出るよ



日本海側産白米と太平洋側産白米の
90Srと137Cs濃度の経年推移

図2 出典：駒村他、農環研報24『わが国の米、小麦および土壌における90Srと137Cs濃度の長期モニタリングと変動解析』

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編②）



新しい食品基準は、危険値ではなく、管理基準値と考えるべきで、この値を超えたら、念のために管理（出荷停止等の対応）しますよ、という消費者の安心をより高める改定と考えられます。

ゲンくん 四月一日から新しい食品基準が使われることになったね。

ゲンくん 四月一日から新しい食品基準が使われることになったね。

ゲンくん ほうれん草を食べないようにしているの。

ゲンくん K40が良くて、放射性セシウムが

新基準値は危険値ではなく「管理基準値」

な食品に含まれていたことを忘れてはいけません。代表的なものが旧SOD（スーパー・オキサイド・デイスタム）に示されていますが、含有量が多いもので、干し昆布の二千Bq/kgがあります。ゲンくんの好きなポテトチップスに

注記）放射性ストロンチウム、プルトニウムなどを含めて新基準値を設定

値より厳しくなった放射性セシウム新基準値が適用されるようになったので、以前は輸入が認められていた百五十〜二百ベクレル（Bq）/kgのセシウムを含むブルーベリーが廃棄されました。

ゲンくん そうだね、おき、放射性セシウムが注目される前から、カリウム（K）40はいろいろな内部被ばくしますが、体

も四百Bq/kgのK40があります。

ゲンくん ええ、ポテトチップスを食べたら被ばくしちゃうの。だけど、ポテトチップスを食べてガンになったなんて聞いたことないよ。

テツにい テツにい テツにい テツにい テツにい テツにい テツにい テツにい テツにい テツにい

規制されるのはどうしてなの。

テツにい 理由は良くて、人体に影響はあります。放射性セシウムは体に悪い影響しますが、放射性セシウムは科学的に、単純に考える、K40では放射性セシウムの数値を二倍に緩めた規制値を考

食品群	放射性セシウム (ベクレル/kg)		カリウム40含有量 (ベクレル/kg) 《新基準値以上の食品例》
	暫定規制値	新基準値	
一般食品	500	100	干し昆布: 2000、干しいたけ: 700、ポテトチップス: 400、生わかめ: 200、ほうれん草: 200、魚: 100、肉: 100
乳児用食品	—	50	—
牛乳	200 (乳製品含む)	50	牛乳: 50
飲料水	200	10	—

注記）放射性ストロンチウム、プルトニウムなどを含めて新基準値を設定

原子力 フニポイント

日本の放射線・放射能基準 ——福島第一原発事故（番外編21）



新しい食品基準は、特別な配慮が必要と考えられる「飲料水」、「乳児用食品」、「牛乳」と、それ以外の食品の「一般食品」の四区分とし、一般食品はどの年齢の方にとっても考慮された基準値としています。

ゲンくん 新基準値はセシウムに対して管理基準が厳しくなったけど、どうしてなの。
テツに い 暫定規制値に適合している食品は、健康への影響はないと健康診断などの結果

から理解され、また、その安全は確保されていますが、厚労省はさらなる安心を確保する観点から、暫定規制値で許容している年間線量5ミリシーベルト（mSv）から年間1mSvに基づく基準値に四月より引き下げました。

ゲンくん 年間1mSvとしたのはどうして。
テツに い 食品の国際規格を作成しているコーデックス委員会の現在の指標では、年間1mSvを超えないように設定されていることと、モニタリング検査の結果で、多くの食品からの

ゲンくん まとめた一般食品はどう考えたの。
テツに い 一般食品については、年間1mSvを守れるように、「飲料水」の線量（約0.1mSv/年）を差し引いた残りの約0.9mSv/年を年齢区分別の年間摂取量と体格や代謝を考慮した係数を使って限度値を算出しています。こ

も厳しい（小さい）値100Bq/kgから年齢の基準値を決定することでの年齢の方にとっても考慮された基準値を下回る数値100Bq/kgに設定しました。乳児用食品と牛乳については、放射線への感受性が高い可能性があると考えられる子供への配慮から、独立の区分とし、「一般食品」の半分の五

ます。ただし、水戻しを行い食べる食品や抽出して飲んだり使用したる食品は、原材料の状態（乾燥した状態）を保つため、実際に食べる状態を考慮して基準値を適用することとしています。ゲンくん も テツに い 乾

食品からの線量の上限值
1ミリシーベルト/年

★飲料水の線量（約0.1ミリシーベルト）を引く

一般食品に割り当てる線量を決定

年齢区分	性別	限度値 (Bq/kg)
1歳未満	男女	460
1歳～6歳	男	310
	女	320
7歳～12歳	男	190
	女	210
13歳～18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦	女	160
最小値		120

各年齢層等ごとに、通常の食生活を送れば、年間線量の上限値を十分に下回る水準に設定

100ベクレル/kgに基準値を設定

★すべての年齢区分の限度値のうち最も厳しい値（120）を下回る数値に設定

出典：厚労省HP「食品中の放射性物質の新たな基準値」より

ゲンくん 抽出して飲んだりする食品についてはどうなの。
テツに い お茶、こめ油など原料から抽出して飲んだり使用したりする食品は、原材料の状態と飲用、使用する状態で食品の形態が大きく異なることから、原材料の状態では基準値の適用対象にはなりません。お茶は、製造、加工後、飲む状態で飲料水の基準値を、米ぬかや菜種などを原料とする油は油で一般食品の基準値を適用します。
ゲンくん 経過措置についても教えて。
テツに い 市場や消費者の混乱を避ける目的で、米と牛肉は半年間、大豆は九か月間遅れて新基準値が適用されることが今回の経過措置になります。（原産協会・政策推進部）

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準 ——福島第一原発事故（番外編22）



染が原因でガンが増えたと証明されていないのに、どうして放射能汚染が原因と主張しているの。

るものでなく、自然免疫が低下して、ガンが成長する進行期（ないし末期）にあったガン患者のQOL（生活の質）の悪化、病勢の急速な進行などが起こり、ガンの顕在化やガン死の増加として統計上現れてきたと推定しています。トンデル博士も放射線が原因で固形ガンになるには

期間（一九八八～一九九一年の四年間、住人は自らの酪農産物の摂取制限はもちろん、市販も制限され、多くの人は元のコミュニティを引き払って退去・疎開を強制される機会も多かったと考え

られ、これらのストレスが自然免疫の低下を招き、ガンの病勢を促進したと考えています。ゲンくん ガン促進の原因をトンデル博士は放射能汚染だと考え、藤田先生はストレスに

よる自然免疫の低下だと考えている人には来ません。よくよしている人に来ます」と言っているのは

トンデル博士は、

低線量被ばくはガン促進を早めると推察していますが、ガンが増えた現象は一過性のため、ストレスによる免疫力の低下が原因であると考えられます。

ゲンくん チェルノ

ブイリ事故の後、スウェーデン国内で事故の影響調査が行われたと聞いたけど。

テツにい トンデル博士の行った疫学研究のことだね。今中哲二・

ゲンくん 放射能汚

京大助教によると、

「チェルノブイリ事故による放射線汚染レベルとガン発生率の増加に有意な関係が認められ、その原因として第一に考えられるのが、汚染にともなう低レベル放射線被ばくである」とい

うのが、トンデル論文の結論になります。しかし、トンデル博士も今中助教も「チェルノブイリからの放射能汚染によってスウェーデンでガンが増えていることが証明された」とは考

えていない」と言っています。ウエーデンでのガンの増加の原因は、放射線によ

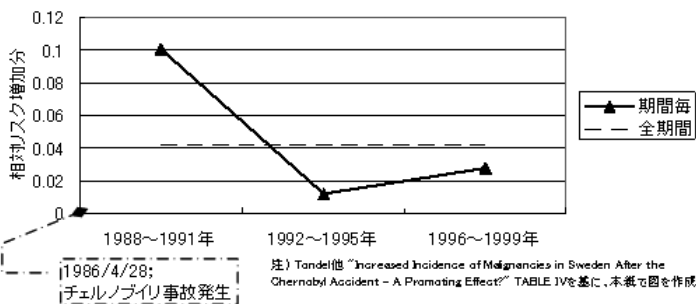
るものが最も合理的な説明であると思っています」と説明しています。これに対して、藤田京都府立医大名誉教授は、ガンの

始まりから末期まで平均で二十五年程度の時間がかることから、原因をどう推察しているの。

テツにい 最初の調査

ガン増加は被ばくより ストレス原因説も

図 増加相対リスク推移



進を防ぐた（原産協会・政策推進部）

染のほかに過性の現象と思われる場合、トンデル博士も六年後からの八年間には、有意な増加はなかったと報告しています。

そこでは、最初の四年間だけの一過性の現象と思われる場合、トンデル博士も六年後からの八年間には、有意な増加はなかったと報告しています。

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準 ——福島第一原発事故（番外編23）



ゲンくん つい最近、

「内部被ばく」を議論する際には、通常、「甲状腺等価線量」が使われます。一方、がんリスクに基づいて放射線防護基準を論ずる時には、「実効線量」が使われます。これまでの新聞報道を見ると、二つを区別して報道された例は極めて少なく、人々に無用な誤解や不安を生じさせているようです。

新聞（五月二十八日付）で「福島第一原発事故によって、避難区域内の当時一歳だった子が、事故後二年間に受けた甲状腺の最大被ばく線量は、八十二ミリシーベルト（mSv）」と書かれた記事を読んだよ。ぼくたち日本人が日常生活で受ける被ばく線量は、約二・一mSv（二年間）と言われているから、これより約四十倍も大きな量の被ばくを受けていたなん

て、本当にびっくりしたよ。

カワさん その記事を読んだ多くの人は、ゲンくんと同じようにびっくりするでしょうね。新聞記事に掲載された線量と日常生活で受ける線量が、同じ単位

（mSv）が使われていたから、単純に割算をして影響が大きいとか小さいとか言ってしまうですよ。でも実際はそれほど単純ではないのです。新聞に書かれていた被ばく線量は、甲状腺と

被ばく線量の表し方は二種類あるので注意

（mSv）が使われていたから、単純に割算をして影響が大きいとか小さいとか言ってしまうですよ。でも実際はそれほど単純ではないのです。新聞に書かれていた被ばく線量は、甲状腺と

いう（放射線に敏感で大事だけれど小さな一つの臓器のみへの被ばくの影響を表しています。それに対して、日常生活で受ける被ばく線量は、全身への被ばくに関わる量ですから、話が全然ちがうのです。

ね。新聞記事に掲載された線量と日常生活で受ける線量が、同じ単位

加重係数
「組織加重係数（標準人）」

組織・臓器	組織加重係数		
	ICRP103 (2007年)	ICRP60 (1990年)	ICRP23 (1977年)
生殖腺	0.08	0.2	0.25
赤色骨髄、肺	各0.12	各0.12	各0.12
結腸、胃	各0.12	各0.12	項目なし
乳房	0.12	0.05	0.15
甲状腺	0.04	0.05	0.03
肝臓、食道、膀胱	各0.04	各0.05	項目なし
骨表面	0.01	0.01	0.03
皮膚	0.01	0.01	項目なし
唾液腺、脳	各0.01	項目なし	項目なし
残りの組織・臓器	0.12	0.05	0.3

「損害の大きさ」を表すものとなっています。基本的には死亡リスクですが、甲状腺がんのようにめったに死なないがんでも「生活の質」が下がるので、そういう場合でも「損害」を考慮しておこうというのです。

ゲンくん そうすると、新聞に載っていた甲状腺等価線量で八十二mSvは、実効線量ではどのような数値になるの。カワさん 繰り返しますが、実効線量は、甲状腺等価線量にICRPが勧告した「組織

加重係数」をかけることによって換算（厳密に言いますと、実効線量は、生殖腺や肺などの臓器についても同じように等価線量を求めて、その後に足し合わせたものと定義されるのです）が、放射性ヨウ素は甲状腺に溜まる性質があるので、他の臓器の影響は無視できます。ICRPの最新の勧告（二〇〇七年）によれば、甲状腺に対する組織加重係数は、〇・〇四となっています。そうすると、甲状腺等価線量で八十二mSvという数値は、実効線量で三・二八（＝八十二×〇・〇四）mSvという数値に書き換えることができますのです。（原産協会・政策推進部）

原子力 7nポイント



日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故へ番外編24

日本における自然の放射線による被ばく線量はこれまで年一・五ミリシーベルト（mSv）と言われてきました。しかし、最近の資料を見ますと、食品からの内部被ばく線量が〇・五九mSv増え、年二・一mSvに変更されていることがわかりました。その変更された理由を探ってみました。

ゲンくん 僕はこれまで、放射線医学総合研究所が福島第一原子力発電所事故直後の二〇一一年四月に作成した「放射線被ばくの早見図」を見て、日本人は自然放射線から毎年、「約一・五mSv」被ばくしていると思っていたんだ。でも、早見図の最新版（二〇一三年五月）では「約二・一mSv」と変更されているよね。どうして？

カワさん ゲンくんは、自然放射線の起源が主に、①宇宙線、②大地放射性物質、③気中に浮遊する天然の放射性物質（主にラドンなど）、④食品中に含まれる放射

日本人の年間自然被ばく線量は？

性物質（主にポロニウム210（Po210）など）にあることを知っていますか。①と②の放射線は、体の外側から人々を照射して「外部被ばく」を、③と④の放射線は体の内側から人々を照射して「内部被ばく」を生じます。日本人の自然放射線による年間の被ばく線量は、これら4つの影響を足し合わせたもので、「原子力安全研究協会編…生活環境放射線（国民線量の算定）」（下表参照）によつてその時々

の値が公表されてきました。一・五mSvという数値は、本人の自然放射線による年間の被ばく線量は、これら4つの影響を足し合わせたもので、「原子力安全研究協会編…生活環境放射線（国民線量の算定）」（下表参照）によつてその時々

の値が公表されてきました。一・五mSvという数値は、本人の自然放射線による年間の被ばく線量は、これら4つの影響を足し合わせたもので、「原子力安全研究協会編…生活環境放射線（国民線量の算定）」（下表参照）によつてその時々

日本と世界の自然放射線による一人当たりの年間被ばく線量（mSv/年）

	日本 (1992年)	日本 (2012年修正)	世界平均 (2008年)
外部被ばく（宇宙線）	0.29	0.30	0.39
外部被ばく（大地放射性物質）	0.38	0.33	0.48
内部被ばく（吸入摂取）（気中放射性物質）	0.40	0.48	1.26
内部被ばく（経口摂取）（食品中放射性物質）	0.41	0.99	0.29
合計	1.48	2.10	2.42

日本：原子力安全研究協会「生活環境放射線」（1992年）
日本：原子力安全研究協会「新版 生活環境放射線（国民線量の算定）」（2011年）
（2012年11月一部修正：食品中放射性物質の炭素14が2011年0.0025→2012年0.01に修正で合計2.10）
世界平均：UNSCEAR2008年報告書の集団実効線量から年間実効線量を算出

は、①食品影響の調査が、事故の起こる六年も前の二〇〇五年に日本分析センターによつて行われたこと、②食品からの放射線の大部分が、天然に存在する「Po210」による（その年間の被ばく量は〇・八mSv）ことが知られており、原発事故とは全く関係がないのです。それでは何故でしょう。実はその主な原因は、Po210が放出する放射線が、実は透過力の小さな「アルファ線」だからです。もう少し具体的に言いますと、二〇〇五年の報告では「臓器の外から放射線測定して体内のPo210濃度を求め、被ばく線量を計算」していたため、十分な検出感度が得られませんでした。一方、新しい報告では、「食品（原産協会・人材育成部）に含まれるPo210の濃度を直接測定」して被ばく線量を計算したので、高い検出感度が得られました。この測定法の違いが新旧の被ばく線量に大きな変化を生じたのです。Po210からの被ばくは年〇・八mSvと見直されましたが、これは世界でも高い値です。Po210が魚介類に多く含まれているため、日本人の「魚好き」が自然な内部被ばくを高めているといわれています。

自然放射線の情報は人の放射線影響を考える上で基本となる量の一つであり、内容の正確な理解がまずなされるべきことと思います。

原子力 ワンポイント



日本の放射線・放射能基準 ―福島第一原発事故(番外編25)―

わかったよ。その後もう一度じっくり、年間被ばく線量の比較表を見ていたら、「大気中の天然の放射性物質の吸入による年間の被ばく線量」

国連科学委員会 (UNSCEAR) 二〇〇八年報告によると、「大気中の天然の放射性物質の吸入による年間の被ばく線量」は日本よりも世界平均の方が約二・六倍も高くなっています。その理由を調べてみました。

ゲンくん 前回の原子力ワンポイント(番外編24)で、日本人は、天然の放射性物質(主にポロニウム210)が含まれた魚を多く食べるため、食品から受ける年間の被ばく線量が、世界平均の約三・四倍も高いことが

わかったよ。その後もう一度じっくり、年間被ばく線量の比較表を見ていたら、「大気中の天然の放射性物質の吸入による年間の被ばく線量」は逆に、世界平均の方が約二・六倍(世界平均一・二六ミリシーベルト(mSv)、日本一・〇四八mSv)も高いことにも気づいたんだ。どういうこと?

カワさん よく気がつきましたね。実はRn222という元素が関係しているのです。このRn222は、ウラン(U238)が放射性壊変(放射線を出して次々と別の元素に変わっていく現象)して作

屋内ラドン濃度が 日本より数倍高い国も

動することは殆どありません。ラドンは、天然放射線の分野では、Rn222を「親核種」と呼び、その後ろに出てくる四つの元素「ポロニウム(Po218)、鉛(Pb214)、ビスマス(Bi214)、ポロニウム(Po214)」を「娘核種」と言い、合わせてラドンと呼ぶ習慣があります。親核種のRn222は希ガスですので地中の空

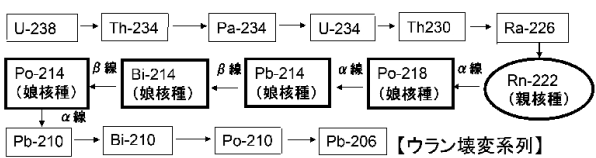
隙を通過し、大気中に飛び出し、最後には私たちの住む家の中に入り込みます。この移動の先々から生成される希ガスの一種です。この様子を「娘核種」を生み出すという図が「ウラン壊変系列」です。なお、ウランとラジウムは、自然界では土壌や岩石中に存在しますが、金属状の原子ですから存在箇所を移

高くなります。私たちが一日の大部分(約八〇%)を自宅や会社の屋内で過ごすことを考えますと、世界の被ばく線量が高くなる原因は、「屋内のラドン濃度の高い地域が世界には多く存在する」からと推測されます。

①親のRn222は希ガスで吸気後、大部分が、呼吸によって体外に放出されるが、②娘核種は金属状の原子で大部分が肺に沈着するということです。そのためRn222が寄与する被ばく線量を一としますと、娘核種の線量は約四十倍も大きくなります。さらにラドンの濃度は、通常、屋内の方が屋外よりも数倍

ゲンくん もっと具体的に説明して。

カワさん ラドンの屋内濃度を高める主な要因には①土壌や岩石中におけるラジウム含有量の多さ、②建材の種類(木造住宅のラドン濃度は低め)と住居の高い機密性、③換気状態(窓の開閉が多いほど屋内のラドン濃度は低め)などがあります。これらの要因が重なって欧米では日本よりも屋内ラドン濃度の高い国がたくさんあります。例えばチェコ、フィンランド、スウェーデン、フラン



ゲンくん 自然の放射線でもこのように数値が違つと健康に何か影響を及ぼすことはないの?

カワさん 欧州で「がんや白血病が日本より多い」と聞いたことがありますが、人類には「自然環境がある程度変化しても体の状態や機能を一定に保ち(恒常性)、自然放射線程度の変動範囲であれば人は適応(順応)する能力を備えている」と説明する専門家がいます。詳しくは次の機会に紹介しましょう。

大准教授は、毎日新聞「中川のがんの時代を(原産協会・人材育成部)

原子力 ワンポイント

日本の放射線・放射能基準
——福島第一原発事故（番外編26）



原子力発電所を起源とする「ニュートリノ」の挙動を主に調べていた検出器カムランド (KamLAND) は、発電所の停止によりこれまで隠れていた地球内部を起源とするニュートリノをはっきり捉え、世界で初めて地熱の約半分が地球の内部にある放射性物質の原子核崩壊に由来することを確かめることができました。

ゲンくん 東京電力福島第一原子力発電所の事故があつてから、クリーンな自然エネルギーの関心が高くなつたけど、そのひとつに地熱を利用した発電があるんだって。地熱について教えて。

カワさん 地熱は地球が生まれてから地球の内部に溜まつているエネルギーで、例えば、火山や温泉などとして目に見える形で放出されています。

ゲンくん 地球の中

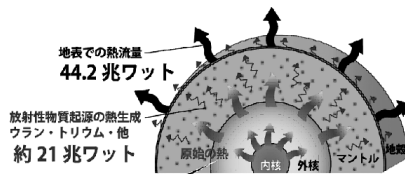
では、福島第一原子力発電所で続いている原子核崩壊（放射線を出して他の種類の原子核に変化すること。以降は核崩壊と略す）と同じことが起こっているって聞いたけど本当なの。

ゲンくん どうして、トムソンは計算を間違えたの。

地球内部では原子核崩壊が起こっている

カワさん そのとおりにです。十九世紀後半にイギリスのウィリアム・トムソンが熱伝導による年代測定を行い、地球が火の玉状態から出た発したと考えて、現在の温度状態になるまでの期間は、数千年以内と予測しました。しかし、こ

東北大学ニュートリノ科学研究所の資料より



地球形成時の熱は残存していた

して、核崩壊による発熱のことが知られるようになったので、トムソンが核崩壊の発熱を考えたのは当然でした。現在地球内部の熱源と考えられているのは、ウラン (^{238}U 、 ^{235}U)、トリウム (^{232}Th)、カリウム (^{40}K) などの放射性物質で、ほとんどマントルと地殻で核崩

壊が起きています。ゲンくん そうすると、地球の熱源は、地球が生まれたときの火の玉とその後起こっている核崩壊が合わさったものなんだね。

カワさん そうです。地球の放射性物質は、崩壊する時、放射線と一緒にニュートリノを出します。この地球内部からやってきたニュートリノを捕らえるべく設計された特別な検出器がカムランドなのです。力

者たちは、二〇〇二年三月から二〇一二年十一月までのあいだに百十六個の地球ニュートリノかもしれないものを検出したといいます。東北大学ニュートリノ科学研究所センターは二〇一三年七月、地表での熱流量四十四・二兆ワットと、地球の約半分にあたる約二十一兆ワットが核崩壊による熱であることを予測・報道発表しました。その後、福島第一原子力発電所事故により全ての原子力発電所が停止したことにより、原子炉を起源とするニュートリノの影響が消えたことから、地球内部で作られるニュートリノのわずかな信号をよりはっきり見ることができたそうです。温泉の熱源の半分は自然放射線によつてつくられ、地中の蒸気を使用する地熱発電は、原子力のエネルギーで動いているみたいなのですね、と言つ人もいます。

(原産協会・人材育成部)

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ⑬

原子力産業新聞では、二〇一一年一月に、「身の周りにある放射線の基礎」について解説する「原子力ワンポイント」コーナーを設けました。

その後、福島第一原発事故に対応して同年四月からは、「緊急時の放射線影響・管理」に論点をシフトして「日本の放射線・放射能基準（番外編）」をとりあげてきました。今、事故から約二年半が過ぎ、今年の八月八日には原発から二十キロ圏内の警戒区域とその外側の計画的避難区域の再編が完了しました。完全な復興にはまだまだ多くの課題が残されていますが、生活再建を目指して将来設計の構築に向けた第一歩が踏み出されたと言えます。ここではもう一度、初心に帰り、「広く利用されている放射線」について解説したいと思います。

今回は日本が中心となって進めてきた放射線（電子ビーム）を利用して燃焼排煙中の硫黄酸化物や窒素酸化物を除去する環境保全技術などについて紹介します。

ゆりちゃん 放射線で有害な物質を無害なものに変えることが出来るって聞いたけど、本当ですか？

タクさん 火力発電所などで、石炭や石油を燃やしたときに出る煙には、窒素酸化物（ NO_x ）や硫黄酸化物（ SO_x ）といった有害物質が含まれていて、大気中で

太陽光の作用を受けて硫酸や硝酸に変化します。これが、雨に含まれて地上に達したものが酸性雨であり、樹木の枯死などの被害をもたらします。わが国では一九七三年頃から注目され、諸外国に先駆けて、効果的な処理技術の開発

ります。そして予め添加されているアンモニアとの中和反応によって最終的には硝酸アンモニウム（硝安、および硫酸アンモニウム（硫酸安）などの有用な肥料になります。つまり、有害物質から肥料を作る

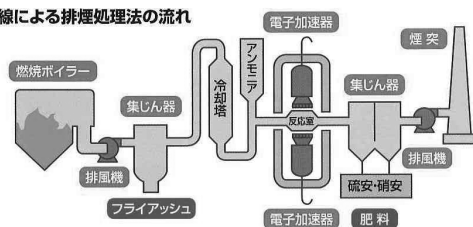
放射線で有害物質を無害化し環境保全

発が進められました。すなわち、この煙にアンモニアを加えた後に、図中の電子加速器から出てくる電子ビームを当てると、窒素酸化物や硫黄酸化物はそれぞれ硝酸（ HNO_3 ）、および硫酸（ H_2SO_4 ）に変わ

の技術は日本で開発され、その後ポーランドや中国の火力発電所でも有効に活用され、大気汚染の緩和にずいぶん役立てられたのですよ。ゆりちゃん 下水処理にも「放射線は有効」って聞いたことがあ

出典：中部原子力懇談会パ
ンフレット「生活に役立つ放射線」

電子線による排煙処理法の流れ



放射線を当てて、肥料や土壌改良剤にするリサイクル技術が、インドやアルゼンチンでは実用化しています。

ゆりちゃん 放射線はそのほかにも環境改善に役立つ可能性があるので

るけど本当ですか？
タクさん 本当です。放射線は、医療用具の滅菌などで広く知られていますが、焼却施設などでの実用が期待されています。（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ⑭

放射線（X線）を当てて、突然変異を効率よく起こさせることに成功しました。これを利用して品種改良することを「放射線育種」と言います。自然

ゆりちゃん 放射線は

農業の分野ではどのように利用されているのですか？

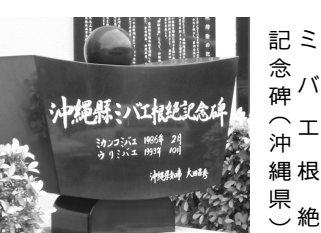
放射線育種や害虫根絶で農業に貢献

タクさん 自然界では、宇宙からくる放射線などの影響で突然変異が頻繁に起こり、新しい品種の登場することがあります。米国のスタッドラー

は一九二八年、植物に放射線

ください。

タクさん 青梨系の「二十世紀」は、黒斑病と呼ばれる病気に弱かったため、研究者たちは茨城県常陸大宮市にある農



ミバエ根絶記念碑（沖縄県）

ところでは冬でも青々としたコウライ芝「ウインターフィールド」など、沢山の植物がこの方法で品種改良されました。ゆりちゃん 放射線育種の他にも放射線利用の例を教えてください。

タクさん 少し古い話ですけど、NHK番組「プロジェクトX」挑戦者たち…起死回生の突破口／八ミリの悪魔VS特命班／最強の害虫・野菜が

を作りました。また、大豆では、親の品種に比べて種まきから収穫までの期間が二十五日も短くなり、寒くなる前に十分に実を結ぶ「ライデン」という品種を作り出した。この他にもスパーなどで見かける純白のエノキタケ、変わった成虫になったときにメスと交尾しても受精卵ができなくなり、不妊化したオスの成虫を害虫の生息域で繰り返し放してやると、メスが野生の健全なオスと交尾する機会が少なくなり、受精卵ができる割合が減っていくので、ついに害虫を根絶することができました。これによりウリミバエの根絶に成功し、これらの島から野菜や果物が島外へ出荷できるようになりました。ゴーヤが全国で食べられるようになったのも、ウリミバエ根絶のおかげです。（原産協会・人材育成部）

放射線は梨・稲・ダイズなどの新しい品種を生み出すことを手助けしたり、害虫駆除に使われたりしています。ゴーヤも全国で食べられるようになりました。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ⑮

食品の殺菌などのために世界各国で、放射線の使用が許可されています。ここでは、食品への放射線利用とは何かについて紹介します。

ゆりちゃん 鹿児島県内の内之浦宇宙空間観測所からの「イプシロンロケット試験機、打ち上げ成功」のニュースに興味していたら、友達が

突然、「そういえば二三年前になるけれど宇宙飛行士の山崎さんが宇宙ステーションで放射線を当てたスモークターキーを食べていたね」って言い出したのですが、本当のことですか？

タクさん 本当です。宇宙では長期間保存ができないと宇宙食としては使えません。そのため宇宙航空研究開発機

が、二〇一二年六月に作成した「食のコミュニケーション円卓会議」では、（科学的知見に基づく概要書）の中で、「農作物の発芽抑制、熟度調整、食品の殺菌・殺菌などを目的として放射線を食品に照射すること

構（JAXA）は、宇宙食の一つとして「放射線照射食品」を用意しているのです。放射線照射食品については、内閣府に設置された食品委員会

食品照射で発芽抑制や殺菌・殺菌

は食品照射、照射された食品を放射線照射食品または照射食品と定義しています。

ゆりちゃん 食品に放射線を照射しても安全なのですか？
タクさん 安全です。二〇〇六年九月に発足

は残りません。食品の栄養成分や品質はほとんど変わらず、有害な物質もできません」と説明しています。

ゆりちゃん どんな食品が実際に照射されているのですか？
タクさん 表で示すように世界で約三十の国、地域、約四十品目で年間約四十万トの食品照射が行われています。

ゆりちゃん 日本でも照射される食品はありますか？
タクさん 国内では唯一、ジャガイモの照射が認められています。北海道の士幌町農業協同組合では一九七四年の

世界における食品照射の処理量（2005年）

国	照射食品	処理量（ト）
中国	ニンニク、香辛料等	146,000
米国	冷凍肉、果実、香辛料	92,000
ウクライナ	小麦、大麦	70,000
ブラジル	香辛料、果実等	23,000
南アフリカ	香辛料、蜂蜜、その他	18,185
ベトナム	冷凍エビ・魚介類等	14,200
日本	ジャガイモ	8,096
その他		33,323
合計		404,804

小林泰彦、菊池正博、放射線科学、第88号（2009）より改変

春以来、専用のガンマ線照射施設を用いて発芽抑制（発芽すると栄養が損なわれて、おいしさも失われますし、芽が出た表面が緑化したりしたものにはソラニンという有害物質が増えて、食中毒をおこすことがあります）したジャガイモを、三月から五月の端

境期（はさかいぎ）に出荷しています。その量は、年によって異なっていますが、二〇〇五年が約八千ト、二〇〇七年は約四千ト、二〇一〇年では約六千トと報告されています。ちなみに二〇〇七年では、士幌町農業協同組合のジャガイモ出荷量約四万二千トの一〇％、全国の約二百四十万トの約〇・一七％でした。食品照射に興味をもたれた方は、日本原子力産業協会から二〇〇七年に発行されタウロードも可能な「食品照射Q&Aハンドブック」をお読み下さい。（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ⑬

放射線は産業のイノベーションを手助けしてきており、測定・検査、製品の耐熱性や耐久性の向上、また、発泡プラスチックの製造など、多方面で利用されています。

ゆりちゃん 本紙で以前、放射線を稲や梨などに照射して品種改良することを知りました（二〇一三年九月十九日）広く利用されている

放射線⑬（参照）。放射線は新しい材料の開発にも利用できるのですか？

タクさん はい、利用されています。今年八月初旬、葛飾区で開かれた「第六十回全国中学校理科研究会」で先生方に体験してもらいました。が、そこで用意したのはポリカプロラクトン（PCL）と呼ばれるプラスチック材料と、それに放射線を照射したものの

タクさん ちょっと専門的になるのですが高分子という非常に長い分子でできているプラスチックやゴムなどを当てた方だけが切れずに残り、さらにそれをもう一度、お湯に漬けると元の形に戻りました。

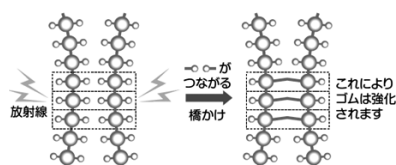
放射線の橋かけ反応 利用し新素材開発

放射線を当てることによって熱に強く、形状記憶合金のような性質を持つ、新しい素材が生まれたのです。ゆりちゃん どうしてそのような不思議なことが起こるのですか？

放射線を当てることで構造が作られます。これを「橋かけ（架橋）反応」と呼んでいます。この反応が起これると元の材料が、熱に強くなったり、硬くなったり、新しい性質が生まれるのです。ゆりちゃん 橋かけ（架橋）反応を利用した製品にはどのようなものがあるのですか？

タクさん 代表的なものに自動車の「ラジアルタイヤ」があります。タイヤはゴムでできていますが、天然の生ゴムは弱く、そのままでは使えません。そこで、生ゴムに放射線（電子

放射線による分子の橋かけの仕組み



図の出典：原子力だより みやぎ 平成20年10月号

線）を照射して橋かけ（架橋）反応を起こさせて、強度を高めているのです。その他、家庭用の風呂や自動車の内装品あるいはサーフボードなどに使われている発泡プラスチックにも、橋かけ（架橋）反応が利用されており、軽くて丈夫な製品ができあがりました。

ゆりちゃん すごくですね。放射線は他にも利用されているのですか？

タクさん 実は、工場で作られたいろいろな製品は、規定の厚さになっていないかどうか厳重な検査を受け、これに合格したものが私たち（原産協会・人材育成部）の身の回りに届けられているのです。その中にはトレットペーパーのような紙やフィルムのような薄いものも含まれています。また金属には、接統部を溶接してつなぎ合わせる場合がありますが、その部分に放射線を当て、反対側のフィルムに溶接内部の状態を写すことにより、きちつと溶接されていることを確認しています。このように放射線は、製品を壊すことなくそのままの状態で検査（非破壊検査と言います）する大事な手段として利用されているのです。

原子力 ツインポイント



広く利用されている放射線 ⑰

を利用する診断技術にはどんなものがあるのですか？

レントゲン博士による放射線（X線）の発見から百十余年が経過しました。その後、多くの研究者により放射線の特徴が明らかにされ、今や医学分野における「診断」と「治療」に不可欠なものとなっています。今回は先ず放射線を利用する「診断技術」について紹介します。

ゆりちゃん 放射線

タクさん それは二つに大別できます。一つはX線診断です。ゆりちゃんはレントゲン写真撮ったことがあるでしょう。身体の外からX線をあてて写真を撮って胸や骨の異常を検査するのです。このX線診断に革命をもたらしたのが英国のハンス・フィールドです。一九七二年に、人体を輪切り状

放射線診断技術で 医学分野に貢献

は、体にごく微量の放射線をだす薬「放射性薬剤」を投与し、病気の診断や治療を行います。放射性薬剤は、体内に投与されると、特定の臓器・組織に取り込まれ、そこで放射線を出すので、そ

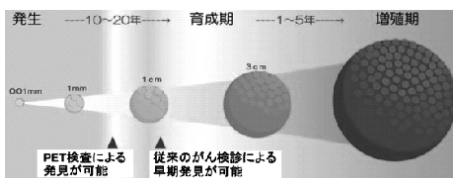
れを身体の外に設置された放射線測定器で検出して疾患を調べることができるとです。がん診断に人気のPET（陽電子放出断層撮影）も核医学による診断技術の一つです。

は、放射性物質（フッ素-18など）を組込んだブドウ糖に近いFDG（フルオロデオキシグルコース）を体内に注射し、しばらくしてから全身をPETで撮影します。するとブドウ糖（FDG）が多く集まるところがわかり、がんを発見する手がかりとなります。X線CTは体の外から放射線を当ててのに対してPETは、逆に、体の内側から外側に向かって放射線を出すのです。PET診断は、レントゲン検査やCT診断よりも小さながんを発見でき、早期の治療に有効と言われています。しかしPETも万能ではありません。胃や食道

は、放射性物質（フッ素-18など）を組込んだブドウ糖に近いFDG（フルオロデオキシグルコース）を体内に注射し、しばらくしてから全身をPETで撮影します。するとブドウ糖（FDG）が多く集まるところがわかり、がんを発見する手がかりとなります。X線CTは体の外から放射線を当ててのに対してPETは、逆に、体の内側から外側に向かって放射線を出すのです。PET診断は、レントゲン検査やCT診断よりも小さながんを発見でき、早期の治療に有効と言われています。しかしPETも万能ではありません。胃や食道

は、放射性物質（フッ素-18など）を組込んだブドウ糖に近いFDG（フルオロデオキシグルコース）を体内に注射し、しばらくしてから全身をPETで撮影します。するとブドウ糖（FDG）が多く集まるところがわかり、がんを発見する手がかりとなります。X線CTは体の外から放射線を当ててのに対してPETは、逆に、体の内側から外側に向かって放射線を出すのです。PET診断は、レントゲン検査やCT診断よりも小さながんを発見でき、早期の治療に有効と言われています。しかしPETも万能ではありません。胃や食道

図 がんの成長過程とPET診断による早期発見



出典：PET検査ネット

断は利用されているのですか？

タクさん 今年の九月、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発」で、アルツハイマー病等の患者の脳の病態を解明し、的確な治療につなげる「次世代PET診断システム」の開発に成功したというプレスリリースがありました。高齢化社会の到来に伴い、認知症、アルツハイマー病、躁うつ病等の精神疾患の増加は大きな問題となっています。PET診断のさらなる貢献が期待されています。

（原産協会・人材育成部）

原子力 フンポイント



広く利用されている放射線 ⑬

福島県郡山市の総合南東北病院で、放射線を利用する次世代がん治療「ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy, BNCT)」施設の工事が進んでいます。日本の医療の国際競争力を高める役割を、福島県が担っていく意気込みを感じます。今回は放射線を利用する「がん治療」の最前線に迫ってみます。

ゆりちゃん がんになつたら手術して、抗がん剤を飲むのが普通と思っていたけど、最近、日本でも放射線治療を受ける人が増えていると聞きました。どうしてですか？

タクさん 体の中で際限なく分裂を繰り返す「がん細胞」は、正常細胞よりも放射線の影響を受けやすいのです。また、放射線照射の後、まだ生き残っているがん細胞は、免疫細胞が異物と認識して攻撃、効率よく

放射線診断技術で 医学分野に貢献

的に死滅させていくのです。この原理を最大限に応用したのが放射線療法であり、その先端技術が「重粒子線療法」と「BNCT」です。放射線療法には、身体への負担が少なく、治療後の生

活の質を阻害するリスクが小さい、という利点があります。高齢化が進むわが国では、今後ますます放射線療法を選択する人が増えることでしょう。

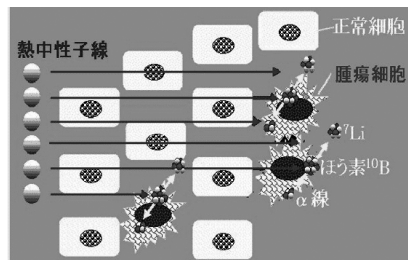
ゆりちゃん 重粒子線療法についてももう少し詳しく教えてください。

タクさん 放射線療法は、①がん細胞に絞って外から放射線を照射する方法 (外部照射)、および②放射線を出す薬剤を体内に入れてがん細胞だけを照射する方法 (内部照射) に大別されます。外部照

とはほとんどなく、深部にあるがん細胞だけを狙って照射、死滅させることができます。放射線医学総合研究所では、炭素線を用いた重粒子線治療を他に先駆けて行い、良好な治療の実績をあげてきました。今では、群馬大学、兵庫県立粒子線医療センターでも重粒子線治療が行われており、従来の治療では困難であった胃の後ろ側にある膵臓のがん治療にも効果をあげています。

ゆりちゃん BNCTについても教えてください。

タクさん がん細胞に集まる性質を備えたホウ素薬剤を患者の静脈に注射で投与し、一



出典: 医用原子力技術研究振興財団資料

実験用原子炉から中性子を活用していましたが、近年、加速器による医療用小型中性子発生装置が開発され、京都大学、筑波大学、国立がん研究センターで研究開発が進められています。また、一般財団法人脳神経疾患研究所では、附属の総合南東北病院 (福島県郡山市) の敷地に導入が進められ、二〇一五年春の完成から医療機器の薬事承認取得を目指し、治験を開始する予定です。そして脳と頭頸 (けい) 部の進行・再発がんを対象に二〇一八年の治療開始を目指しています。総合南東北病

院は、地域がん診療連携拠点病院、地域医療支援病院などの指定を受け、がん診断のPET、脳腫瘍ガンマナイフから民間病院では初めて導入された陽子線治療装置など最先端治療装置をそろえた日本で有数の総合病院です。今回、新たに設置されるBNCTを加えると、世界でも類をみない総合最先端治療施設となります。

本BNCTに関して、臨床研究の段階にあり、今後の先進医療への移行に向けて、治療実績を重ね、データを蓄積するとともに、実用化への着実な取り組みが求められています。

(原産協会・人材育成部)

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 ⑬

温泉水にラドンが含まれるのを発見したのはH. S. アレンです。一九〇三年、世界遺産「キングズ・パス（英国）」で見いだされました。日本で鳥取県三朝（ラドン）温泉が発見されたのはその約七百年前です。それ以来長く「湯治の湯」として親しまれてきました。

ゆりちゃん ラドンって何ですか？

タクさん キュリー夫妻が発見した「ラジウム」は知っていますか。

ラドンはこのラジウムが崩壊してできたものです。ラドンは大気中に浮遊する自然放射能で、日本では、室内の空気一立方メートル中には平均で、ほぼ十五ベクレル（本コラムではこの数値をバックグラウンドと呼ぶことにします）含まれています。温泉から出てきたラドンを吸収、あるいは皮膚から吸収すると内部被ばくを生じます。でもその量はとつても少なく、放射線影響を心配する必要のないことが、岡山大学としてもう治療を行っ

科学的 ラドン温泉の効能 研究進む

日本原子力研究開発機構（JAEA）の共同研究で科学的にもはっきりしてきました。

ゆりちゃん どういうことですか？

タクさん 岡山大学は、三朝地区に医学部付

属病院三朝医療セン

ターを設置して温泉治

療をしています。また

バックグラウンドの約

三百倍に近いラドンサ

ウチ（約四千ベクレル）

を設置し、一日一回約四

十分、隔日で三〜四週

間、合計六〜八時間過

してもらう治療を行っ

ています。ラドンが生体

機能を活性化する性質

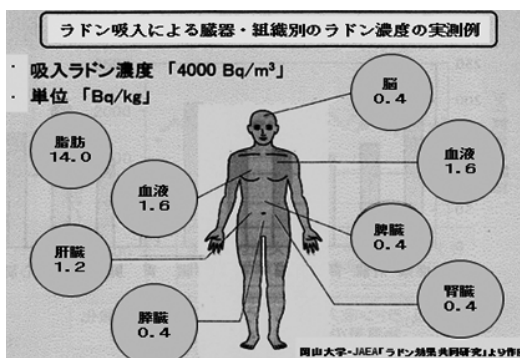
を利用するのです。一方

JAEAは、人形峠環境

技術センターで、ラドン

の工学的な取り扱いを

経験しています。これら



す。

ゆりちゃん

ん それで

どうなった

のですか。

タクさん

共同研究

は二〇〇七

年度から開

始されました。

岡山大

学とJAEA

Aは、マウ

ス百五十

確認しました。

人での分

布も同様に

実験で観察することに

成功したとの報告がさ

りました。

ゆりちゃん もう少

し具体的に教えてくだ

さい。

タクさん マウスに

約四千ベクレルの高濃

度ラドンを吸入させる

実験で、脳、肝臓、腎臓

を心配する必要はなさ

そうです。人々は昔から

体験で、ラドン温泉が疲

れを癒す、またリウマチ

などの痛みを伴う症状

を緩和することを知っ

ていました。放射線を怖

山岡聖典岡山大学教授

は、二〇一三年二月十七

日の読売新聞で、人が三

朝温泉に三十分程入っ

た場合、全身の被ばく線

量（実効線量）は約〇・

〇〇一ミリシーベルト

と述べています。ラドン

温泉による放射線影響

を心配する必要はなさ

そうです。人々は昔から

体験で、ラドン温泉が疲

れを癒す、またリウマチ

などの痛みを伴う症状

を緩和することを知っ

ていました。放射線を怖

るばかりでなく、資源

の一つとして有効利用

する気持ちを持つこと

も大事なことではない

でしょうか。

（原産協会・人材育成部）

原子力 のポイント



広く利用されている放射線 ②⑩

性の生物」であり、発生場所は、深い海の中だったということですが。

です。そして今から約三十五億年前、このアミノ酸を基にして、細胞分裂して子孫を残すことができる「生命」が誕生したのです。ここで注意すべきことは、当時、地球

約十億年の年月が経った時、海中にシアノバクテリアと呼ばれる藍藻（らんそう）が発生しま

ゆりちゃん「活性酸素ががんリスクの主役」

素ががんリスクの主役「ついでに」です。ここでも注意すべきことは、当時、地球

タクさん その理解には人類の長い進化の歴史をたどる必要があり

ります（Ⅱ図1）。まずは「アミノ酸」の生成で空からは多量の紫外線が降り注いでいたため、

「生まれた生命は、酸素を利用する「好気性の生物」ではなく、増殖に酸素を必要としない「嫌気

の宇宙線が反応して創

と書いています。

性

進化過程で構築された生体防御システム

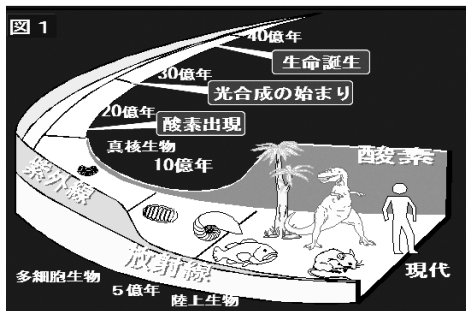
に酸素がほとんど無く、空からは多量の紫外線が降り注いでいたため、

「生まれた生命は、酸素を利用する「好気性の生物」ではなく、増殖に酸素を必要としない「嫌気

の宇宙線が反応して創

と書いています。

性



出典：電力中央研究所第十六回エネルギー未来技術フォーラム

大事な「DNA」を膜で包み込んで保護されてきた酸素の濃度が徐々に高まっていき、今から約五億年前にはかなり厚いオゾン層が形成されています。これにより、有害な紫外線が遮られることがわかってい

ます。それ故に宇野先生は、「放射線リスクは活性酸素が大事」と説明されたと思います。でも生

物は、酸素毒を体験した進化の過程で、活性酸素の悪い影響を抑制する「生体防御システム」を構築し、微量な放射線の悪い影響を防ぐ能力を得たのです。

（原産協会・人材育成部）

た問題でした。ミトコンドリアが営む「酸素代謝」によって、動物が活動に必要なエネルギーを得る一方で、代謝に使われた酸素の一部が酸化力の強い活性酸素に変化し、「DNA」を傷

つつけ、発がんのリスクを高めるといっています。

ナスの両面があつたのです。活性酸素は放射線によつても生じます。そ

なり、有害な紫外線が遮られることがわかってい

ます。それ故に宇野先生は、「放射線リスクは活

性酸素が大事」と説明されたと思います。でも生

物は、酸素毒を体験した進化の過程で、活性酸素

の悪い影響を抑制する「生体防御システム」を構築し、微量な放射線の悪い影響を防ぐ能力を得たのです。

（原産協会・人材育成部）

た問題でした。ミトコンドリアが営む「酸素代謝」によって、動物が活動に必要なエネルギーを得る一方で、代謝に使

われた酸素の一部が酸化力の強い活性酸素に変化し、「DNA」を傷

広く利用されている放射線 21



さらに増えることで無限に増殖し、死に至る場合もある怖い病気です。遺伝子が傷つくには多くの原因が知られていますが、その中に放射線も含まれています。人の

と、逆に細胞の増殖を抑
制する「がん抑制遺伝
子」と呼ばれる二つのグ
ループが、深く関係して
いるのです。これらは
ちょうど車のアクセル
とブレーキの関係にあ
り、遺伝子に傷が付い
て異常な細胞に変異し、両
個のがん細胞になった
時です。最初に一つのが
んの元になる細胞がで
てから、がんが発症す
るまでには、早くても数
年、遅い場合には三十年
以上の時間が必要です。
ゆりちゃん がんの
元になる細胞ができた

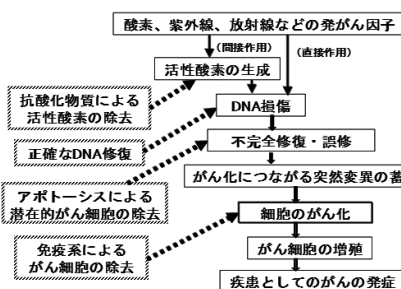
ゆりちゃん がんの元になる細胞ができたら、誰でもいつかは、がんになるのですか。

タクさん がんとは、体の主要な構成要素である「たんぱく質」の設定図である「遺伝子」が傷ついて、正しく情報が伝わらず、分裂・増殖の制御機能を失った細胞が生み出され、この数が

遺伝子の数は二万二万五千個と言われています。しかし、どの遺伝子が傷ついても、がんになるといふわけではありません。細胞の増殖を促進する「がん遺伝子」

者のバランスが崩れたとき、無限に増殖する可能性が出てくるのでも、がんが検査で見つかるのは一〜十グラム程度、一億〜十億

生命の進化の過程で構築された「生体防御システム」が有効に働いて、低線量放射線（百ミリシーベルト以下）であれば、心配することはないと考えられています。図

出典：電中研レビュー
No. 53

1を見てください。放射線には、遺伝子と衝突して直接傷をつける場合（直接作用）と、細胞内の水分子と反応して生じる活性酸素が傷をつける場合（間接作用）があります。この場合の第三段目が、増殖途中の細胞を自殺（原産協会・人材育成部）

あります。生に追いつく「アボロ」シ
体防御システム。次の「アボロ」シ
ム。第一段目。第四段目の「免疫」です。
では、抗酸化。免疫は、外部からの異物
物質と呼ばれる。を処理する仕組みです
る物質を使っが、身体の中に生じた変
て「活性酸素。異細胞が少しでも残つ
を除去」しまていた場合に備えた最
す。第二段目。後の些と言えるでしょ
は「傷を受けう。さらに、ルイ・パス
た遺伝子を修トウル医学研究セン
復」する仕組ターの宇野賀津子先生
みです。遺伝は、「緑黄色野菜や果物



広く利用されている放射線 22

多くの人は「放射線はがんのもとにな

ゆるいちちゃん 酸素

放射線が、遺伝子（DNA）を傷つける仕組みは同じなのですか。

タクさん 酸素が、工

ネルギーを生産する体内の工場（ミトコンドリア）

ア)で消費されると、反応性の高い物質(活性酸素)がつくられます。この活性酸素がDNAと反応してDNAに傷をつけるのです。一方、放射線の場合は、①DNAに衝突して直接的に傷

DNA損傷の主役は放射線よりも酸素

りの方法をとります。舘野之男博士は著書「放射線と健康」の中で、「放ちょうど梯子(はしご)のように、「遺伝子の情

よってつくられるので
す。

をつける、②体内に存在する水と反応して活性酸素をつくり、間接的に傷をつける、という二通か。

射線（X線やガンマ線）がDNAに衝突して直接的に傷をつける割合は、全体の5%くらい」と述べていますが、実は、放射線の場合も酸素は、放射線の場合も酸素と同様、DNAの大部分の傷は「活性酸素」による場合（二本鎖切断）、

②鎖が一本だけ切れる場合（二本鎖切断）、③塩基だけが傷つの場合（塩基損傷）——です。一本鎖切断と塩基損傷はほぼ百％修復されることがわかっています。これに較べて二本鎖切断は治にくく、がん発症の主な原因と考えられています。酸素がつく

る二本鎖切断の割合は「一千万個の傷のうち一個程度」なのに、放射線がつくる割合は「百個の傷のうち二個程度」と多いのです。このことから、従来、体内に取り込まれた酸素が作るDNAの傷は「修復可能」だが、放射線がつくる傷は

表1. 酸素と自然放射線のどちらがDNA損傷の主役か

作用源	DNA損傷(総数) (個/細胞/日)	DNA損傷(2本鎖切 断)(個/細胞/日)
酸素(細胞呼吸)	1,000,000	0.1
自然放射線 (1mSv/年 ≒2.5μSv/日)	0.005	0.0001

館野之男著「放射線と健康」より作成

「修復不能」という常識
ができていたの
です。

ゆりちゃん 日常生活で酸素と自然放射線のどちらがDNA損傷の主役ですか。

タクさん 米国のマ
イロン・ポリコフ博士
は「がん発症までには生

体防御の四つの砦（前回
の原子力ワンポイント）があることを考慮
して、「呼吸する酸素と
自然放射線が、一日当た
り、一個の細胞当たり、
何個の傷をDNAにつ
けるか、理論的に計算
しました。その結果を表
1に示します。驚くこと
に、自然放射線がつくる
二本鎖切断の数は、酸素
がつくる傷の約千分の
一しかないのです。つま
り日常生活で、修復不能
なDNAの傷をつくら
ている主役は、放射線で
はなく、「人が呼吸して
体内に取り入れる酸素」
だったのです。

（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 23

ルイ・パストゥール医学研究センター

宇野眞津子先生は、福島県における学習

会で、「緑黄色野菜や果物をしっかりと摂取すると、がん化抑制の最後の砦となる免疫力が高まり、低線量放射線の害を効果的に克服できる」と話をされているそうです。

ゆりちゃん 免疫って何ですか？

タクさん 免疫とは、

病気の原因となるがん細胞、ウイルス、細菌などから体を守るものです。免疫は、体内に侵入した病原体や体内で生まれるがん細胞などに對して相手を特定せずに攻撃・排除するシステム（自然免疫）と自分の体内に侵入した病原体（がん細胞を狙って攻撃するキラーT細胞お

びキラーT細胞の増殖を助けるヘルパーT細胞があります。初期のがんの抑制には自然免疫が、また大きくなったがんには獲得免疫がそれぞれ重要な役割を果たしています。

緑黄色野菜や果物の 摂取で免疫力上がる

な細胞（がん細胞）を見つけて攻撃するナチュラルキラー（NK）があります。一方、獲得免疫を担う兵士（細胞）には、一度出会った病原体やがん細胞を狙って攻撃するキラーT細胞お

表1. 主な抗酸化物質とそれらを含む食品

分類	抗酸化物質	含む食品
ビタミン	ビタミンE	カボチャ、ほうれん草、アーモンド
	ビタミンC	ブロッコリー、小松菜、かんきつ類
	βカロテン	緑黄色野菜
フラボノイド	アントシアニン	赤ワイン、ブルーベリー、黒豆
	イソフラボン	大豆（納豆、豆腐）
	カテキン	りんご、緑茶
	ケルセチン	たまねぎ、レタス、ブロッコリー
非フラボノイド	ルチン	ソバ
	クロロゲン酸	コーヒー、なす
	エラグ酸	イチゴ、ラズベリー、ザクロ
	セサミン	ゴマ
カロテノイド	クルクミン	ウコン、カレー粉、しょうが
	リコピン	トマト、スイカ
	ルテイン	ほうれん草、とうもろこし、ブロッコリー
	カプサイシン	赤ピーマン、赤トウガラシ
	フコキサンチン	海藻類

出典：公益社団法人日本栄養士会「栄養相談Q&A」

え、また減るか、二十五年間にはわたって測定した体験から、心理的なストレスが免疫力を下げる大きな要因と認識し、この影響を緩和する方法として「笑い」「イメージ療法」「化粧療法」「ハンドマッサージ」「がんを抑制、また再発を防ぐ食事」など、

せる」と述べています。米国では、国立がん研究所が一九九〇年より「デザインードフーズ計画」を実施し、表1に示すような抗酸化食、つまり緑黄色野菜や果物をしっかりと摂取することを推奨してアメリカのがんによる死亡率減少に貢献しました。宇野先生は、著書（低線量放射線を超えて―福島・日本再生への提案）の中で、「福島県は抗酸化能の高い野菜や果物の産地です。放射線量を測って、特に問題のない野菜果物は、大いに食べよう」と提案されています。

（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント

STAP細胞発見者の小保方晴子理化学研究所ユニットリーダーが「私たちの細胞もストレスがかかると何とかして生き延びようとするメカニズムが働くのでは」と語っています。少量の放射線は、次に来る多量の放射線に備え抵抗力を高める「適応応答」という働きをします。



広く利用されている放射線 24

ゆりちゃん 放射線の「適応応答」って何ですか。

タクさん 今から十五年程前ですが、生島隆司博士（当時京都教育大学教授）が染色体をヒト

（人）にみなして面白い説明をしていました。すなわち、「染色体のA君とB君は大の仲良しだ。ある時、A君は少量の放射線を浴びて、足に軽い怪我（DNAに軽度な損傷）をした。A君は仕方

がないので好きなゴルフを止めて、沢山の本を読んでいた。その間、B君はゴルフばかりしていた。しばらくして、今度は二人とも、多量の放射線を浴びてしまった。B君は、足の骨が折れて

次の強い刺激に備える力「適応応答」

しまい（DNAを切断）、好きなゴルフもできず、泣いてばかりいた。

A君もB君のように足の骨が折れてしまったが、あつという間に治っているのです。

タクさん 放射線適応応答の現象は、一九八

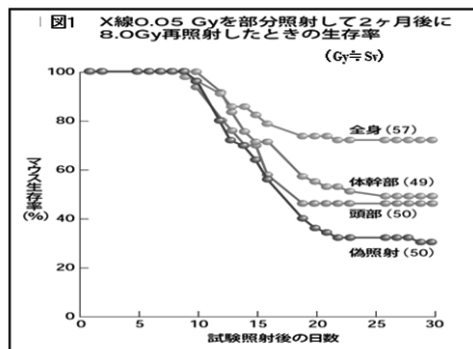
というのです。あらかじめ弱い放射線（刺激）を受けておくと、その後に受ける強い刺激に対して「抵抗する力」が生まれることを「放射線適応応答」と言います。適応

応答を示すものとしては、放射線以外でも「におい」、「熱」、「味覚」、

などがよく知られています。

ゆりちゃん 実際に動物実験でも「放射線適応応答」は確かめられているのです。

タクさん 放射線適応応答の現象は、一九八



出典：月刊エネルギー、Vol. 39 No. 3 二〇〇六

二年、当時カリフォルニア大学の教授であったウォルフ博士が、人のリト（体幹部）および頭部の三箇所に分けて照射した群（照射群）、他方は事前照射しない群（対照（原産協会・人材育成部）

くなりま群）に分け、二か月後にした。この八千ミリシーベルトの多量の放射線をそれぞれに再照射し、その後の生存率を観察しました。澤司郎博士（元大阪府立大学教授）の全身に八千ミリです。生シーベルトの放射線を照射すると三十日後には約七〇％が死亡しました。しかし、事前に少量の放射線を全身に当てておくと生存率は有意に増えます。この実験結果は「放射線の影響はどんなに少量でも悪い」とする一般的な考え方をもう一度見直すきっかけを与えているのではないのでしょうか。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 25

同じ量の放射線を浴びても、短時間で一挙に被ばくした場合と、長い時間をかけてわずかつづつ受けた場合とでは、影響に違いのあることが分かってきました。

放射線の影響評価には「線量」よりも「線量率」の重要性を指摘する声が高まっています。

ゆりちゃん 線量率の重要性って良く分かってから、当時トリバ

りません。例を示して教えてください。

タクさん 世界には日本よりも数倍、数十倍、自然放射線レベルが高くて多くの人が住む地域があります。このよ

わずかつづ長期間被ばくなら影響現れず

うな場所を「高自然放射線地域」と呼んでいます。代表的な地域の一つとしてインド南西端ケララ州のアラビア海に面した海岸地帯があり、約四十万人が暮らしています。一九九〇年に入ってから、当時トリバ

リスクの増加は確認されてその結果を米国「ヘルス・フィジックス」誌に発表しました。その中で、「最も多く被ばくした人々の線量は、生まれ

てからこれまでの累積線量で六百ミリシーベルトを超えていますが、明確な発がんリスクの増加は確認されません。例を示して教えてください。

タクさん 電力中央研究所が月刊エネルギー（二〇〇六年）で「放射線影響の線量・線量率マップ（II図1）」を紹介しています。さまざまな研究機関の研究成果をもとに、線量・線量率（縦軸）と線量率（横軸）の位置を横軸に沿って目

います。この図から言えば、線量率「十ミリシーベルト/時」を超えた辺りから有害な領域に入ることが分かります。一方、自然放射線に相当する線量率の領域であれば「線量」がいくら増えていっても有害な領域は現れません。このことから放射線の影響は「線量率」によって決められそうだということが分かります。

放射線の影響は、従来、線量で評価されてきました。そして、放射線はわずかでも生体に悪い影響を及ぼすと考えられてきましたが、「線量」よりも「線量率」の重要性を指摘する声が高まっています。（原産協会・人材育成部）

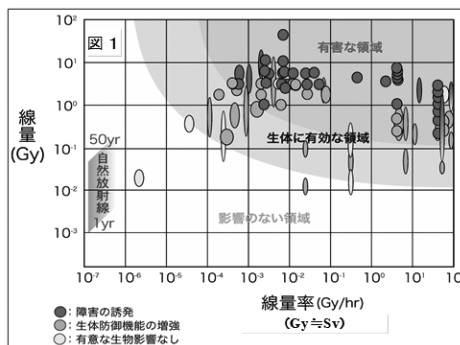


図1 放射線影響の線量・線量率マップ
出典：月刊エネルギー，Vol. 39，No.3，2006（Gy≒Sv追記）

ることは、放射線の影響には、①障害が明瞭に見られる領域、②照射によって有害な領域は現れませんが、放射線の影響は「線量率」によって決められそうだということが分かります。放射線の影響は、従来、線量で評価されてきました。そして、放射線はわずかでも生体に悪い影響を及ぼすと考えられてきましたが、「線量」よりも「線量率」の重要性を指摘する声が高まっています。（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 26

タクさん この委員

原子放射線の影響に関する国連科学委員会は昨年十月の第六十八回国連総会で、東京電力福島第一原子力発電所事故の影響の中間報告を行いました。最終報告書は四月公表とされています。

ゆりちゃん 「原子放射線の影響に関する国連科学委員」ってどのような委員会なのか。

タクさん この委員会は、大気圏核実験による放射線被ばくへの懸念が増大したことを受けて、一九九五年の第十回国連総会決議に基づき、原子放射線が人体と環境に及ぼす影響を明らかにすることを目的として設置されました。最初は、核実験による放射性降下物（フォールアウト）の影響評価が主でしたが、時代とともに核燃料サイクル、自然放射

線、医療被曝なども調査対象になりました。同委員会の報告書は純粹に科学的所見からまとめられています。それ故、図一に示すように放射線防護規制作成上の重

福島被ばく線量低い と国連科学委報告

要な基礎資料となつて

ゆりちゃん 国連科学委員会は福島事故の放射線影響をどのように見ているのですか。

タクさん これは非常に低い。被ばくした一般公衆やその子孫に、放射線による健康影響の発症を識別し

放射線防護規制作成の国際的枠組み

（最新はICRP2007年勧告、現行の障害防止法は1990年勧告を取入）



出典：佐々木康人・日本学術会議「学術の動向」二〇一一年より改編

得る増加は予期できない、また四十項では、「福島県の成人について、国連科学委員会は生涯の平均の実効線量は10mSv以下であり、最初の一年目の被ばく線量はその半分か三分の一であると推定する。リスクモデルによる推定はがんリスクの増加を示唆するが、放射線誘発性のがんは、現時点では、他のがんとは区別がつかない。ゆえに、この集団における、福島事故による放射線被ばくのせいである「がん発症率の識別し得る増加」は予期されない」と述べています。

一方、朝日新聞（十月十二日）は、「作業員被ばく過少推計か、内部被ばく割多い可能性」と報道しています。中間報告書の三十六項では、「特にI-133など、短半減期のヨウ素の放射性核種の摂取による寄与の可能性が考慮されておらず、その結果、内部被ばくとして評価された線量は約二〇％過少評価されている可能性がある」と述べています。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 27

国連科学委員会は
二日、福島第一原発
事故の影響について、
「福島県の住民全
体でみたらがんの増加
は確認できないほど
少ない」と発表しま
した。これを裏付け
るものとして、福島
県「コープふくしま」
の陰膳方式による調
査結果を紹介しま
す。

ゆりちゃん「コープ
ふくしま」による陰膳
（かげぜん）調査って何
ですか。

タクさん 陰膳とい
うのは「もともと旅行者
などその場にはいない人
の健康を願って、食卓の
みんなと同じ食事をも
う一セットつくって供
える」という日本古来の
風習です。コープふくし
まの陰膳調査とは、普段
その家で食べている食

事をもつ一人分、余計に
つくって提供してもら
い、食材に含まれる放射
性物質（放射性セシウ
ム）濃度を測定し、日々
の食事から受ける内部
被ばく線量を予測・評価
が、全体の八割を占めて
います。

コープふくしま陰膳 調査で食の安全検証

するものです。

ゆりちゃん 陰膳調
査の方法を教えてください。

タクさん 第一回
目の陰膳調査（二〇一
一年十一月～二〇一二
年四月）を例にとって説明

してみましよう。調査
は、福島県の五地区に居
住する組合員、百家庭を
対象として行われまし
た。中通りに位置する県
北地域の四十二家庭お
よび県中地域三十八家
庭、合わせて八十家庭

図1 地区別調査協力家庭数



出典：食品分析開発センターH.P.
佐藤理 食の安全安心セミナー講演

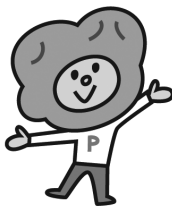
れる計画です。
ゆりちゃん 結
果はどうだったの
ですか。

タクさん 第一
回目と第二回目の
陰膳調査の結果が
英国の学術誌「Jou
rnal of Radiolo
gical Protection
(n.33, 2013)」に
掲載されました。この陰
膳調査の期間は、二〇一
一年十一月～二〇一二
年三月と、二〇一二年六
月～二〇一二年九月で
す。調査に参加したの
は、県内の合計二百家庭
で、放射能セシウム濃
度の十分の一を超え
ることはありません。

食が宅配便で検査セン
サーに送られ、ゲルマニ
ウム半導体検出器で放
射能測定がなされます。
陰膳調査は約六か月毎
に一回、ほぼ同様な方法
でこれまでに五回、延べ
五百家庭を対象として
行われました。二〇一四
年度も継続して実施さ
れる予定です。

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 28



国連科学委員会（UNSCEAR）が四月に出した「東日本大震災後の原子力発電所事故による放射線レベルと影響」報告書付属書Aで、早野東大教授等の「WBC検査による福島県内における大規模な内部被ばく調査の結果」が引用されています。

ゆりちゃん ホールボディカウンター（WBC）って何ですか。タクさん ホールボディカウンターとは、体内の放射性物質（放射性セシウムなど）が放射線を出して、内部被ばくがあるかどうかを検査する装置です。しっかりと遮蔽されていないと、空間のガンマ線も測定してしまいますので、早野教授等は図1



図1 検査に用いたWBC（Fastscan Model 2251, Canberra Inc.）

のように「厚い金属の板で囲われたWBCを検査に使用しました。検査を受ける方には、この遮蔽された少し狭い空間で約二分間、静止いただき、その間に測定がなされます。この調査に使用されたWBCの検出限界値は三百ベクレル／全身（セシウム134、137と

WBCで福島の内部被ばく低いと確認

もに、実効線量に換算すると約〇・〇二ミリシーベルト／年（自然放射線の約百分の一）です。ゆりちゃん 早野教授等の内部被ばく調査についてもう少し詳しく教えてください。タクさん 福島県内のチェルノブイリ事故から得られた知見をそのままではめると、「住民の方々の食品由来の内部被ばくが、年に数ミリシーベルトを超える可能性」が懸念されていました。早野教授等は、そのことを確かめるため、

表1 三春町の小中学生のWBC検査結果

2012年4月1日 時点での在校生徒数	2012年秋の 測定者数	測定率	Cs-137 検出者数
1,456	1,383	95.00%	0

早野龍五等、日本学士院紀要（2013）より

された情報では「食材に十分な注意を払った住民の自主的な調査に必要に応えたWBC検査だから、サンプリングバイアス（被験者に偏り）がかかっている」と批評される可能性を心配しました。そのため二〇一二年秋に、三春町の小中学校の児童生徒の全員を検査しました。その結果を表1に示します。放射性セシウムが検出された生徒はいませんでした。サンプリングバイアスのない状況で、初めて、内部被ばくが非常に低く抑えられている事実が確認されました。（原産協会人材育成部）

原子力 ワンポイント

経済産業省は四月十八日、「福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査」の結果をホームページで公表し、「同じ地域に住む人でも、生活パターンの違いによって、個人の被ばく線量は大きく変わる」可能性を明らかにしました。



広く利用されている放射線 29

ゆりちゃん「場の線量」から「個人の線量」測定へってどういう意味ですか？

タクさん 福島第一原子力発電所の事故から約三年が経過しました。高いレベルの放射線被ばくの生じる可能性があった初期の「緊急時被ばく状況」から、復興途上の状況と言える「現存被ばく状況」へと移行した今、空間線量率す

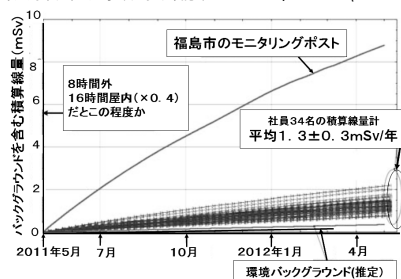
定される被ばく線量ではなく、個人線量を用いることを基本とすべき」と提言しました。この考計算で、その地域に住む人達が受けた線量を推定する方法から、「個人の線量」測定に基づいて、個別対応する方法への変更を期待する声があります。

「個人の行動」により被ばくレベルほぼ決定

高まってきました。原子力規制委員会は二〇一三年十一月、「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方」の中で具体的に、「帰還後の住民の被ばく線量の評価は、空間線量率から推

定される被ばく線量ではなく、個人線量を用いることを基本とすべき」と提言しました。この考計算で、その地域に住む人達が受けた線量を推定する方法から、「個人の線量」測定に基づいて、個別対応する方法への変更を期待する声があります。

第1図 TUH 社員 34 名が 2011 年 5 月から 1 年間携行した積算線量計データ
出典：日本原子力学会誌、Vol. 56, No. 1 (2014)



News Not18(2014)で早野教授(東京大学)の講演内容が紹介されています。早野教授は第1図を示し、「福島テレビ局(TUF)のス

タッフ三十四名が個人線量計を一年間装着した結果、空間線量率を単に積算すれば九ミリSvが理解して行動するこ

／年となる
とが被ばく低減につながるだろう」と紹介され、個人線量計の積算平均値は、ICRP 第四専門委員会のジャック・ロ

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線30



低く出やすい個人線量計。って本当ですか。

明らかに間違いです。個人線量計は「数値が低く出やすい」のではなく、自然寄与分（〇・〇四マイせん。個人線量計の値の方が、実際に個人が浴びている実効線量により近いのです。

と仮定して、まず①航空機サーベイによる空間線量率の実測値（X）から一時間当たりの自然寄与分（〇・〇四マイクロシーベルト）を差し引いて事故による上昇分（Y）を計算。次に②屋内外の滞在時間（屋

家屋や滞在時間など 反映した「場の線量」

原子力規制委員会は「帰還後の住民の被ばく線量の評価は、胸につけた個人線量計で測定された被ばく線量（個人線量と定義する）を用いるべし」と述べていますが、「個人線量計は低い数値が出やすい」と反対する人がいます。

ゆりちゃん「場の線量の求め方をもう少し詳しく教えて下さい。」

タクさん 毎日新聞（二〇一三年九月五日）に、「原子力規制委員会

は先月二十八日、避難者の帰還を促すための検討チームを設置。空間線量の推計値に比べ、数値が低く出やすい個人線量計のデータを集めて避難者を安心させる…」という記事が掲載され

は、住民の生活パターンは、被災者生活支援チームや家屋の遮蔽率を一律

と仮定して、まず①航空機サーベイによる空間線量率の実測値（X）から一時間当たりの自然寄与分（〇・〇四マイ

クロシーベルト）を差し引いて事故による上昇分（Y）を計算。次に②屋内外の滞在時間（屋

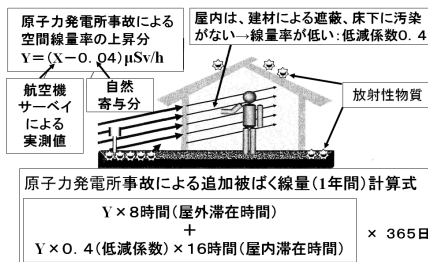
外八時間、屋内十六時間の、および家屋の遮蔽率による低減係数（二、二階建の木造家屋の場合〇・四）を考慮して一日（二十四時間）当たりの被ばく線量を計算。最後に③三百六十五日を

掛けて一年間累積の「場の線量」を推定・評価しています。

ゆりちゃん「場の線量」と「個人線量」の違いが生じる理由を教えてください。

タクさん 航空機サーベイによる実測値「空間線量率」を測定す

図1 空間線量率に基づいてその地域に住む人達の平均的な被ばく線量を推定する方式



は、約六百m圏内の測定値を平均化したもので、個々人の被ばく線量を表すものではない「実効線量」に相当する線量が、数値的には表示されるのです。住民の本格的な帰還に備えて「放射線の被ばくに用いられる実効線量が測定できる被ばく管理システムの構築」の重要性がさらに高まることでしょう。

（原子力学会誌「アトムス」第五十五巻・第二号「放射線防護に用いられる線量概念」参照）（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 31

外部被ばくであることが分かったのです。

や水の経口摂取による内部被ばくです。国連科学委員会はこれらの被ばく経路に従い、福島県および東日本の近隣県の住民について、重要臓器である「甲状腺」、「赤血球」の放射線量を測定する「甲状腺検査」を実施しています。詳しく教えてください。

タクさん 日本では、航空機サーベイによる空間線量率の実測値を

ゆりちゃん 国連科学委員会（UNSCEAR）が適用した「公衆の外部被ばく線量評価方法」には何か注目すべきものがあつたのですか。

タクさん 福島第一原発事故による公衆の主要な被ばく経路は、①大気中を移動する放射性物質による外部被ばく、②放射性物質の吸気による内部被ばく、③土壌に沈着した放射性核種による外部被ばく、④食物

土壌からの被ばくに 注目し実効線量計算

色骨髄、「女性の乳腺」

「個人線量」とみなし、

での吸収線量（等価線量）、および「全身の実効線量」を推定しました。その結果、公衆が生ずる（八十年）にわたって受ける被ばくの主な原因は、「土壌に沈着した放射性物質から受ける放射線30」参照。

これに対して国連科学委員会は、放射線の「がんリスク」を表す「実効線量」を求めることとし、具体的には「土壌に沈着した放射性物質濃度（放射能濃度）」の実測値から理論的に計算する方法を適用しました。公衆の外部被ばく線量は、①個人の体格（年齢による）、②屋内外の滞在時間（居住ファクター）、および③家屋の放射線遮蔽係数に依存します。同委員会は公衆を三つの年齢グループ、すなわち成人（20～64歳）、若年（65～74歳）、小児（75歳以下）に分け、成人の

表1 公衆に対する外部被ばく線量評価に用いた居住ファクター

場所の種類	居住ファクター（無次元）			
	成人		子供	
	屋外就業者	屋内就業者	10歳	1歳
屋内	0.7	0.9	0.85	0.8
下記を含む屋外	0.3	0.1	0.15	0.2
舗装された環境	0.2	0.05	0.05	0.1
未舗装の環境	0.1	0.05	0.1	0.1

集団に対してはさらに、「主に屋外で働く人」と「主に屋内で働く人」に細分化しました。実際に使われたデータを見てみましょう。まず、居住ファクターですが、表1

に示す通り、屋外労働者と屋内労働者（年金受給者を含みます）、および子供に分けて、屋内外の滞在時間が決められています。次に、家屋の遮蔽係数ですが、これは日本の標準家屋、すなわち（a）一階から三階の木造家屋、（b）一階から三階の木造防火（しっくい）家屋、および（c）コンクリート高層住宅に対してそれぞれ0.4、0.2および0.1

国連科学委員会が四月に発表した「二〇一一年東日本大震災後の原子力事故による放射線被ばくのレベルとその影響（最終報告書）」を受け、今回から三回にわたり「公衆の外部被ばく線量評価方法」、「公衆の被ばく線量」、「作業員の被ばく線量」について、順次、紹介します。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 32

国連科学委員会
(UNSCEAR)

は四月二日「東日本大震災後の原発事故による放射線被ばくのレベルとその影響（最終報告書）」を発表しました。昨年の第六十八回国連総会では、その概要が報告されるに留まっています。科学的付属書「A」が公表されました。

ゆりちゃん 公衆の被ばく線量評価方法について教えてください。

タクさん 国連科学委員会は地域を次の四つすなわち、①事故後、数日から数ヶ月の単位で避難した福島県の地区、②避難が行われなかった福島県の行政区画、③福島県に隣接する県（宮城県、栃木県、群馬県、茨城県）および福島県に近い県（岩手県、千葉県）、④その他の都道府県全て、に分類し

ました。また評価の対象年齢を、①二十歳（全ての成人）、②十歳（五歳以上の全ての小児）、③一歳（五歳未満の全ての幼児）としました。そして同委員会は、「事故後一年間の平均実効線量および甲状腺吸収線量（mSv）」を推定しました。

ゆりちゃん 福島に住む人達の被ばく線量はどのよう評価されたのですか。

タクさん 表1は、事故後一年間の「平均実効線量および甲状腺吸収線量」を評価した結果です。線量は、三つの主要な被ばく経路（外部被ばく、吸入による内部被ばく、および経口摂取による内部被ばく）の合計を表しています。その結果、①避難者および避難区域外で事故の影響を最も受けた成人の平均

福島県住民への健康 影響小さく検出不可

実効線量は数mSvから約十mSvの範囲であり、②甲状腺吸収線量は成人で最大約三十五mGy、一歳児で最大約八十mGyと推定されました。

表1 事故後1年間の地域平均の実効線量および甲状腺吸収線量の推定値

居住地	地域	成人	1歳児	成人	1歳児
福島県で避難が行われた地区	予防的避難区域 (a)	1.1~5.7	1.6~9.3	7.2~3.4	15~82
	計画的避難区域 (b)	4.8~9.3	7.1~13	16~35	47~83
避難が行われなかった行政区画	福島県の避難区域外	1.0~4.3	2.0~7.5	7.8~1.7	33~52
	宮城県、群馬県、栃木県、茨城県、千葉県、岩手県	0.2~1.4	0.8~2.5	0.6~5.1	2.7~15
日本のその他の県		0.1~0.3	0.2~0.5	0.5~0.9	2.6~3.3

注記：福島でのγ線とβによる被ばくの場合にはGy≒Sv

ゆりちゃん 福島に住む人達の健康影響はどのように評価されたのですか。

タクさん まず通常の固形がんですが、「ICRPのしきい値なし直線モデル」に基づけば、約十mSv（実効線量）であっても、がんリスクの上昇はあるとみなされる。しかしその上昇分は、日本人の自然発生によるがん罹患リスクに比べ小さすぎると検出できないであろう」と評価しました。甲状腺がんについては、「チェルノブイリ事故後の住民の甲状腺被ばく線量と比べ、福島県での被ばく線量はかなり低く、チェルノブイリのような（原産協会・人材育成部）

に甲状腺がんが大幅に増加するとは予想されない」と評価しました。また「不妊や胎児への障害、および白血病や乳がんについての増加、ならびに遺伝性の影響は予想されない」と評価しました。国連科学委員会はチェルノブイリ事故の経験から、「福島第一事故によって生ずる放射線被ばくは、チェルノブイリ事故後の被ばくより極めて低い。このことは、福島第一事故の結果として生ずる放射線被ばくによる一般公衆の健康影響の発生率の増加も、おそらく識別可能ではないだろう」と総括しています。

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 33



られているのですか。

タクさん 日本のは四月二日、「東日本大震災後の原発事故による放射線被ばくのレベルとその影響（最終報告書）」を發表しました。今回は、福島第一原子力発電所の放射線環境下で作業した人達の「被ばく線量と健康影響」の評価結果について紹介します。

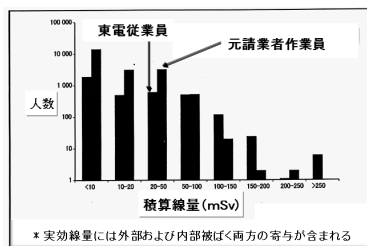
ゆりちゃん 現場で作業する人達の被ばく線量の制限値って決

器の被ばく線量を「吸収線量（mGy）」で評価した。ただ東電は、国が設定したレベルの遵守を保障するため、より低い「二百mSv」を緊急時線量限度として採用しました。

ゆりちゃん 作業者の「被ばく線量と健康影響」はどのように評価されたのですか。

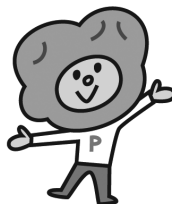
実効線量と吸収線量の違いに留意し評価

タクさん これは非常に大事な質問なので、放医研・酒井一夫放射線防護研究センター長に解説いただきました。同センター長は「国連科学委員会」は全身への被ばくの影響を「実効線量（mSv）」、また甲状腺など臓



原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 34



国連科学委員会は
昨年十月、UNSC
EAR二〇一三年報
告書「電離放射線の
線源、影響及びリス
ク」の科学的附属書
Bとして、「子供の放
射線被ばくの影響」
を公表し、二十三種
類の異なる「がん」
について子供と成人
の「放射線感受性」
の違いを精査（レ
ビュー）しました。

ゆりちゃん 最初に
「子供」と「放射線感受
性」の定義（意味）を教
えて下さい。

タクさん 科学的附
属書Bでは、用語「子供
を「成人」に対する用語
に對比して使用してい
ます。したがって、国連
科学委員会が調査した
科学文献は二十歳未満
の人に対するもので、幼
児、子供および思春期の
人が含まれています。が
んの誘発に関する用語

肺がんでは成人のほ うが被ばくの影響大

「放射線感受性」とは、
放射線による腫瘍発生
率のことです。
ゆりちゃん 子供は
成人よりも放射線感受
性が高いと聞きますが
本当ですか。
タクさん 子供のほ
うが成人よりも、常に二
〜三倍、放射線感受性が
高いと思っている人は
多いです。原子放射線の
影響に関する国連科学
委員会は、最新のUNS
CEAR二〇一三年報
告書で、「子供が成人よ
りも被ばくの影響を受
けやすいとの一般的
認識は、部分的には正し
い。しかし、いくつかの
健康影響に対しては、子
供のほうが成人よりも
抵抗力がある」と説明し
ています。具体的には、
二十三種類の異なるが
んについて、子供と成人
のどちらが発症しやす
いか、精査しました（表
1参照）。その結果、①
白血病、甲状腺がん、皮
膚がん、乳がんおよび脳
腫瘍を含む約二五%の
がんについては、子供の
ほうが成人よりも放射
線感受性は明らかに高
い、②逆に、肺がんを
含む約一〇%のがんに
ついては、子供の方が成人
よりも放射線感受性は
低い、③ホジキンリンパ
腫、前立腺がん、直腸が
んおよび子宮がんを含
む三〇%のがんについ
ては、子供と成人の違
いはほとんど認められな
いと結論し、「子供のほ
うが成人よりも、常に、
放射線感受性は高い」と
する曖昧な考え方を否
定しました。

表1 被ばく時の年齢別発がんリスクの子供対成人の比較

がんの種類	放射線感受性	種類別発生頻度
白血病、甲状腺がん、皮膚がん、乳がん、脳腫瘍	子供>成人	25%
膀胱がん等	子供≒成人	15%
肺がん等	子供<成人	10%
食道がん等	データ不足で評価困難	20%
ホジキンリンパ腫、前立腺がん、直腸がん、子宮がん	被ばく時年齢との相関は	30%

はほとんど認められな
いと結論し、「子供のほ
うが成人よりも、常に、
放射線感受性は高い」と
する曖昧な考え方を否
定しました。

ゆりちゃん 発がん
には「被ばく線量の大き
さ」も影響しませんか。
タクさん いいとこ
ろに気がつきますねえ。
昨年十一月、環境省は放
射線医学総合研究所に
委託する形で、放射線の
基礎知識、放射線による
健康影響に関する科学
的な知見、それから関係
省庁が発信している情
報等を収集・整理し、「統
一的な基礎資料」をまと
めました。その中に、原
産協会・人材育成部）

はほとんど認められな
いと結論し、「子供のほ
うが成人よりも、常に、
放射線感受性は高い」と
する曖昧な考え方を否
定しました。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 35

ることになっています。
ゆりちゃん 放射線

福島県「県民健康調査」検討委員会

福島県立医大が五

月、甲状腺がんを診

断が「確定」した子

供（事故当時十八歳以下）は前回（二月）の三十三人から十七人増え五十人に、「がんの疑い」は三十九人（前回は四十一人）になったと報告しました。放射線で甲状腺がんは増えているのでしょうか。

ゆりちゃん 甲状腺がんって何ですか？

タクさん そもそも甲状腺とは、首の前、喉

仏（のどぼとけ）の骨よりやや下の方にある二十〜三十グラムの小さな臓器です。この臓器

にできる腫瘍が甲状腺がんです。ふくしま国際医療科学センターの放射線医学県民健康管理

センターによれば、①外部被ばくの場合は全身線量「実効線量」で百ミリシーベルト（mSv）以

上、②内部被ばくの場合には「組織等価線量」百mSv以上で、発がんリスクの増加が観察されています。潜伏期（被ばくから甲状腺がんが発症するまでの期間）は、前者が十〜十五年以上、後者が四〜五年以上です。

一回目の県民調査が終

福島県内での甲状腺がん増加とは言えず

また、福島県の「県民健康調査」では「のう胞（体液の溜まった袋状のもの）」および「結節（しこり）」のサイズが、それぞれ二十mmおよび五mmを超えた場合には、詳細な二次検査を受け

表1 福島県と環境省が行った甲状腺超音波検査の結果

検査結果	福島県民の健康調査		青森/山梨/長崎3県調査	
	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)
結節やのう胞を認めなかった	148,182	51.6	1,853	42.5
5ミリ以下の「結節」や20ミリ以下の「のう胞」を認めた	136,804	47.7	2,468	56.5
5.1ミリ以上の「結節」や20.1ミリ以上の「のう胞」を認めた	2,069	0.7	44	1
甲状腺の状態などから判断して直ちに2次検査が必要	1	0	0	0
検査が確定した総数	287,056	100	4,365	100

腺がんの潜伏期間は四〜五年と考えられる。医学的知見から、放射性ヨウ素（I-131）が原因であると考えにくい、③甲状腺がんを診断された子供は、事故時点で幼児でなく十歳代の小児（チェルノブイリでは〇〜五歳児の幼児）であつた」と評価され、放射線による甲状腺がんの増加とは考えにくいと判断されました。

ゆりちゃん 福島と他県の甲状腺がん発症率を比較することはできないのですか？

タクさん 環境省では、福島県と同じ手法で長崎市と甲府市、青森県弘前市の三〜十八歳の子供四千三百六十五人（原産協会・人材育成部）

の超音波検査を実施、その結果を昨年三月に発表しました（表1）。朝日新聞（二〇一三年三月八日）は、二十ミリ以下の「のう胞」や五ミリ以下の「しこり」のあつた子供が五六・六％、それ以上の大きさの「のう胞」があつた子は一％（福島は〇・六％）いた。環境省の桐生放射線健康管理担当参事官は、福島の結果は他県とほぼ同様だったと考えている。また、長瀧長崎大学名誉教授は、超音波検査の性能が上がり、のう胞などが見つかりやすくなった。福島が異常な状態でないといわかった」と述べています。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 36

一九八二年に東京大学出版会から発行された書籍「医師の証言／長崎原爆体験」にお酒を飲むことにより原爆被爆後の病体が悪くなったという記載があります。「お酒が放射線から体を守るのかもしれない」というこの説は科学的に検証されているのでしょうか。

ゆりちゃん お酒って体によくないのですか。
タクさん どうしてそう思うのですか。
ゆりちゃん つい最近ある雑誌で、国立がん研究センターの「放射線と生活習慣のがんリスク比較表」を見たのですが、お酒も放射線と同じ、「がんの要因」と書かれており、少し怖くなったので、タクさんのお酒も減らさないといけないと思ったのです

（表1参照）。

タクさん ちょっと待ってください。私は、身近なお酒と放射線の影響を比較してもらえば、「放射線は怖い」と思っている人も少しは安心」するのでは、と、思っていたのですが、逆

表しました。そこではマウスに大量の放射線（七・八グレイ）を当てて三十日後の生存率を調べる実験を行っています。その結果、お酒（純米酒）〇・六mL（人に換算すると約四・

飲酒に放射線防護効果 果認める実験結果も

になるなんて。実は、滝澤元気に活動する事実が、観望され、お酒には放射線に対する防護効果があることが確認された。と報告されました。ゆりちゃん どうしてお酒の利点を学術誌（RADIOISOTOPES, 63,1-12,2014）に発表

表1 放射線と生活習慣のがんリスク比較表

放射線量と生活習慣	がんの相対リスク
1,000～2,000ミリシーベルト	1.8倍
毎日3合以上飲酒（日本酒換算）	1.6倍
500～1,000ミリシーベルト	1.4倍
毎日2合以上飲酒（日本酒換算）	1.4倍
100～200ミリシーベルト	1.08倍
100ミリシーベルト未満	検出困難

（国立がん研究センターの資料をもとに作成）

タクさん 滝澤名誉教授は論文の中で、「日本酒の放射線に対する防護効果は、日本酒のアルミノ酸とその誘導体（抗酸化物質の一つであるグルタチオンなど）が、放射線により生じたフリーラジカルを減弱させる。また、エタノール

が水酸基（ヒドロキシ基）の除去作用を持っていて、したがって、日本酒においては、アミノ酸による抗酸化機能ならびにエタノールの水酸基除去作用が、放射線防護作用が強く発揮される」と述べています。日本酒は、反応性の高い活性酸素を消去して細胞膜、あるいはDNAを損傷するリスクを下げるのです。

ゆりちゃん 日本酒以外でも放射線防護効果は生じるのですか。

タクさん 放射線医学総合研究所は、放医研ニュースNo.77（二〇一三年）の中で「ビールには、放射線急性障害の低減に効果があるばかりでなく、重粒子線（炭素イオン線）に対しても効果がある。この発見は今後、重粒子線に対する副作用の少ない防護剤の開発に手がかりを与える」と述べています。このように飲酒には「放射線防護効果」があります。これからもっと研究が進み、表1の表現が見直され、飲酒によるリスクの低減効果が併記されるようになれば、ゆりちゃんの「お酒への不安」も軽減されるのではないのでしょうか。

ゆりちゃん それよりも、放射線防護効果を理由に飲酒が増える方が問題だわ。（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント

法令では、国際放射線防護委員会（ICRP）一九九〇年勧告に基づき公衆に対する実効線量限度を「 $1\text{mSv}/\text{年}$ 」と定める一方、福島事故後、「サーベイメータが毎時 $0.23\mu\text{Sv}$ の数値を示したら「 $1\text{mSv}/\text{年}$ 」被ばく」と耳にします。この二つは同じ意味なのでしょうか。

広く利用されている放射線37



ゆりちゃん まず法令で定められている「実効線量限度」の意味を覚えて下さい。

タクさん これは大事なことなので詳しく説明します。ICRPは一九八五年、パリ会合で、一般公衆の線量限度は「実効線量」で年間 1mSv にする声明を発表しました。これが現在の「実効線量限度」です。実効線量は、図1に示すような人体模型（ファン

誤解の多い「除染目標年間 1mSv 」の概念

測定できる量ではありません。ゆりちゃん それではサーベイメータで測定する「 $1\text{mSv}/\text{年}$ 」って何ですか？タクさん 「実効線量」詳しく「実効線量と

量」の測定はとても難しいので、国際放射線単位トム）を使い、体内臓器の位置に小型の線量計（百個程度）を埋め込み、臓器ごとの被ばく線量を測定・評価することによって初めて求められる量であり、場の線量を測定する線量計（サーベイメータ）で簡単に測る量は、 1cm 線量当量（ 1cm 線量当量）を提案で代用する方法を提案しました。この 1cm 線量当量は、 1cm 線量当量

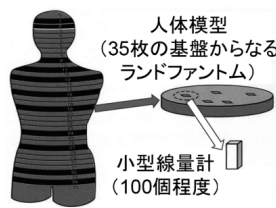


図1 実効線量測定のための人体ファントムと小型線量計の配置図

「 1cm 線量当量」の関係は、タクさん それでは原発事故を例にして具体的に考えてみましょう。福島では、現在、放射能セシウム（ Cs-134 と Cs-137 ） γ 線による外部被ばくが中心です。その γ 線のエネルギー範囲は $0.06\sim 0.8\text{MeV}$ 、四方八方から飛んでき

ます。このような状況を「この $1\text{mSv}/\text{年}$ を、法令で定める実効線量で表すとすれば、サーベイメータで管理すべき被ばく線量（追加線量）は、 $0.23\mu\text{Sv}/\text{h}$ （但し、福島のような等方照射の結果を求めていいます。その結果を利用すれば、福島のような等方照射の条件下では、 1cm 線量当量で年間 1mSv は、実効線量で 0.58mSv となり、同じ線量単位（ Sv 単位）でも両者の間に 1.7 倍の差が生じることがわかります。アイソトープニュース（二〇一四年二月号）に、「除染基準 $0.23\mu\text{Sv}/\text{h}$ は本当に年間 1mSv （原産協会・人材育成部）のか？」という記事が掲載されていました。「この $1\text{mSv}/\text{年}$ を、法令で定める実効線量で表すとすれば、サーベイメータで管理すべき被ばく線量（追加線量）は、 $0.23\mu\text{Sv}/\text{h}$ （但し、福島のような等方照射の結果を求めていいます。その結果を利用すれば、福島のような等方照射の条件下では、 1cm 線量当量で年間 1mSv は、実効線量で 0.58mSv となり、同じ線量単位（ Sv 単位）でも両者の間に 1.7 倍の差が生じることがわかります。アイソトープニュース（二〇一四年二月号）に、「除染基準 $0.23\mu\text{Sv}/\text{h}$ は本当に年間 1mSv （原産協会・人材育成部）のか？」という記事が掲載されていました。「この $1\text{mSv}/\text{年}$ を、法令で定める実効線量で表すとすれば、サーベイメータで管理すべき被ばく線量（追加線量）は、 $0.23\mu\text{Sv}/\text{h}$ （但し、福島のような等方照射の結果を求めていいます。その結果を利用すれば、福島のような等方照射の条件下では、 1cm 線量当量で年間 1mSv は、実効線量で 0.58mSv となり、同じ線量単位（ Sv 単位）でも両者の間に 1.7 倍の差が生じることがわかります。アイソトープニュース（二〇一四年二月号）に、「除染基準 $0.23\mu\text{Sv}/\text{h}$ は本当に年間 1mSv （原産協会・人材育成部）のか？」という記事が掲載されていました。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 38

放射線の様々な「リスク情報」を利用する際には、「リスクがあるか・ないか」ではなく「どの程度のリスクなのか」という視点で考えることが大事です。しかしこの時、「リスクの単位（分母）をそろえて比較」すること忘れず「リスクを過大に評価」する怖れがあります。

の単位（分母）をそろえて比較」って何ですか。タクさん 日本リスク研究学会は「市民のためのリスク・コミュニケーション・ガイド」で「同じひとりの被害者が出る場合でも、①被害者が千人のうちのひとりであるか、②十万人にひとりであるか、によってリスクの大きさは全然違う。被害者の数だけに注目するのはなく、その分母となっている人数にも目を向けて、同

じ大きさに揃えて比較する」と、直面している問題がどのくらい大きなリスクなのか把握できる」と説明しています。注目するのは「死亡率」と「生涯致死率」を紹介し、なぜそのような勘違いが起こったのかわかりやすく説明しています。先ず諸葛教授が作成した表1を見てください。注目するのは

リスクの分母をそろえて 正確な比較を

に教えて下さい。タクさん 諸葛宗男 東大特任教授は、科学技術振興機構のウェブサイトに（サイエンスポータル）で、放射線被ばくのリスクが交通事故のリスクよりも約百倍も大

表1 2008年のわが国の死者数と死因

死因	死亡率		生涯致死率
	死者数 (10万人当り)	% (10万人当り)	
交通事故	5.9人	0.0059%	0.66%
100mSvの被ばくによるがん死者の増加	4.5人	0.0045%	0.5%

す。交通事故による年間死亡率がこれにあたります。また、生涯致死率を「生涯致死率（〇・五%）」を単純に比較し、100mSvの放射線被ばくのリスクは、交通事故死のリスクより約百倍（〇・五%）に

〇・五〇・〇〇六〇高いと勘違いして「だから100mSvの放射線被ばくはとても許容できない。少なくとも交通事故死のリスクと同程度でなければ許容できない」と思ってしまうのです。ゆりちゃん 最初「分母に気をつけて」と言いましたよね？

タクさん そうです。警察庁が公表する交通事故による死亡事故統計では「十万人当たり何人死亡という死亡率」で表すとお話ししましたね。諸葛教授は、これを放射線リスクで使われる「生涯致死率」に換算して比較しなければならぬと言っておられるのです。死亡率を（原産協会・人材育成部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 39

「放射線被曝によりがんが増える」と言いますが、その大きさを「①がんで死亡する確率が何%上乗せされる（絶対リスク）、②何倍増える（相対リスク）」のどちらで説明するかによって、リスクに対する印象が大きく変わります。相対リスクで説明すると「リスクを必要以上に大きく印象づける」と言われています。

ゆりちゃん「相対リスクの方が「リスクを大きく印象づける」ってどういうことですか。タクさん マックス・ブランク人間発達研究所「ゲルト・ギーゲレンツァ」適応行動・認知学センター所長は、著書「数字に弱いあなたに驚くほど危険な生活」の中で、コレステロール値が危険なほど高い千人を対象にした「冠動脈疾患の新薬 プラバスタチン」の臨床試験結果を

例にして、「効能」を二通りの方法、すなわち①絶対リスクの減少率（治療なしで死んだ人の数から、治療を受けて死んだ人の数を「差し引いて」出す、および②相対リスク減少率（絶対リスク減少率を、治療なしで死んだ人の数「四十一人」減少した」と評価します。例にして、「効能」を二通りの方法、すなわち①絶対リスクの減少率（治療なしで死んだ人の数から、治療を受けて死んだ人の数を「差し引いて」出す、および②相対リスク減少率（絶対リスク減少率を、治療なしで死んだ人の数「四十一人」減少した」と評価します。例にして、「効能」を二通りの方法、すなわち①絶対リスクの減少率（治療なしで死んだ人の数から、治療を受けて死んだ人の数を「差し引いて」出す、および②相対リスク減少率（絶対リスク減少率を、治療なしで死んだ人の数「四十一人」減少した」と評価します。

絶対リスクに比べ大きく見える相対リスク

表1. コレステロール値を下げる薬による死亡率の低下

治療	死亡者(1,000人あたり)
プラバスタチン(コレステロール値低下薬)	32人
偽薬(プラシーボ)	41人

(From Skolbekken, 1998)

「公式の考え」が記載されている。タクさん これ「効線量」で通算「シーベルト(Sv)の放射線をじわじわと被ばくすると、二倍、すなわち被ばくしない人よりも約四二%増える」と記載されています。ICRPの公式の考えでは「実効線量で一Svあたり五%の増加」となっていますが、この報告書を見た人は、「今まで一Svで五%がん死亡率が増えると思っていたのだから、その八倍も高かったのか」と勘違いするかも知れません。放射線リスクコミュニケーションでは「絶対リスクと相対リスクの意味の混同」に注意する必要があります。

「公式の考え」が記載されている。タクさん これ「効線量」で通算「シーベルト(Sv)の放射線をじわじわと被ばくすると、二倍、すなわち被ばくしない人よりも約四二%増える」と記載されています。ICRPの公式の考えでは「実効線量で一Svあたり五%の増加」となっていますが、この報告書を見た人は、「今まで一Svで五%がん死亡率が増えると思っていたのだから、その八倍も高かったのか」と勘違いするかも知れません。放射線リスクコミュニケーションでは「絶対リスクと相対リスクの意味の混同」に注意する必要があります。

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 40



「正常細胞の遺伝子上に『五個』程度の傷ができて初めてがん細胞になる」と説明しています。そして「ここがとても大事な点ですが、『帰還基準線量（二十ミリシーベルト／年）以下の低線量で放射線の影響は少ない」と言い、専門家の大半も「安心してよい」と説明しましたが、逆に「いつかはがんになるのでは」と不安になった人もいました。丹羽京大名誉教授は、「生活習慣を変えることによって、放射線のリスクが変わる」と述べています。

ゆりちゃん 丹羽先生の話をもう少し詳しく教えてください。

タクさん この話は、中西準子著「原発事故と放射線リスク学（二〇一四年三月発行）」の中で、対談という形で取り上げられています。体の中の正常細胞は、周囲の状況に応じて増えたり、減ることをやめたりしますが、がん細胞は、周囲の状況を無視して増え続けます。丹羽先生は

生活習慣の変化で放射線リスクも変わる

量域では、放射線が与える突然変異は高々「一つ」である。がん細胞になるにはあと「四つ」の突然変異が必要だが、これらはその他の生活習慣に依存する要因（表1参照）によるものであり、低線量放射線だけで、がんを引き起こすことはない」と述べています。

表1 がんリスクの比較（放射線と生活習慣）

放射線（mSv）	生活習慣に依存する要因
2000—500	喫煙 大量飲酒 やせすぎ
500—200	肥満 運動不足 塩分の取りすぎ
200—100	野菜不足

出典：国立がんセンター

放射線によるがんの発症は抑えられることになり、被ばくの影響を心配する人は、その時点ではまだ、がんになっ

放射線によるがんの発症は抑えられることになり、被ばくの影響を心配する人は、その時点ではまだ、がんになっ

ゆりちゃん 医療の診断・検査で受けた放射線でも同じことが言えるのですか。

タクさん その通りです。医療の診断・検査を拒否する人は少ないでしょう。しかし、体のどこかの遺伝子に障害を受けたはずであり、いつかは「がん」になるかもしれないという不安を持つ人は多いと思います。生活習慣によって、放射線のリスクが変わるという知見が今後、広く受け入れられるようになれば、放射線を有効に利用する道を広げる一助となるでしょう。

（原産協会・人材育成部）



するのですか。

タクさん これはと

ゆりちゃん 低線量
 というのはどれくらい
 の線量なのか。

用しています。しかし、
「このLNTモデルは、
放射線管理の目的のた
らには突然変異を指標
にして広く観察されて
おり、動物実験でも、低

タクさん 国際放射線防護委員会（ICRP）では百ミリシーベルト（mSv）以下を「低線量」と定義しています。

線量率が下がると発がんリスクも下がる

この線量域では、原爆被爆生存者の約五十年間にわたる寿命調査(LSS)において、発がんリ

ある。低線量放射線のリスク評価に用いているのは「適切でない」とも述べています。

がんリスクが下がる効果」が確かめられています。低線量率の定義もいろいろありますが、国連

スクの上昇は認められていません。ICRPは、放射線防護の立場か

ゆりちゃん 放射線 科学委員会(UNSCE
の影響(リスク)の大き A R)は「三・六mSv/
さは「線量率」にも関係 時間以下」を低線量率と

照射条件

照射条件		寿命の長さ	
線量率	総線量 (400日間)	オスマウス	メスマウス
0.05mSv/日	20mSv	変わらず	変わらず
1mSv/日	400mSv	変わらず	有意な短縮 (約20日)
20mSv/日	8,000mSv	有意な短縮 (約100日)	有意な短縮 (約120日)

出典：環境科学技術研究所

で発がんリスクの下がる理由は「細胞、およびDNAの傷の良好な修復にある」と考えられています。低線量であることや、低線量率による低減効果を合わせれば、避難先からの帰還基準（ 20 mSv/年 ）は妥当な判断といえるでしょう。もちろん将来的には「 1 mSv/年 を目指す」ことを忘れてはなりません。

い、その結果を2002年に報告しています。実験には、オス、メス合わせて四千匹のマウスを使い、三つの異なる線量率（① 20 mSv/日 、② 1 mSv/日 、③ 0.05 mSv/日 ）で四百日間連続照射し、寿命の変化を観察しました。それによると、①および②の条件ではマウスに有意な寿命短縮が見られまし

ゆりちゃん 二十m たが、③の条件ではオ
Sv／年について実験し ス、メスともに有意な寿
命短縮は観察されませ

タクさん 財団法人「環境科学技術研究所」が、寿命に及ぼす影響を指標として、マウスを

使った大規模な低線量・
低線量率影響研究を行
(原産協会・人材育成部)

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 42

く教えて下さい。

七月十日付けの神戸新聞NEAT（電子版）は、「IPS細胞をつくる技術を応用し、がん細胞を次々に生み出す『がん幹細胞』を人工的に作ることに成功」と報道しました。がん幹細胞の存在がはっきりし、DNAを標的とした「放射線の発がんメカニズム」も見直しがなされるのでしょうか。

ゆりちゃん これまでの「放射線の発がんメカニズム」ってどのようなものですか？

タクさん 放射線は、体を構成する約六十兆個の「体細胞」と相互作用し、細胞の中心にある核の中の「DNA」を標的として攻撃、これを傷つけます。傷の大部分は、正しく修復されますが、たまに失敗するケースが生じます。この修復に失敗した細胞の一部

は生き残り、その後も突然変異を繰り返して、最後にはがん細胞になり、無限に増殖していくと教えられるようになりました。これに対して丹羽京大名誉教授は、「放射線の真の標的は『組織幹細胞』

細胞を『女王バチ』と呼ぶ人もいます。そのような状況に耐えるように、丹羽先生は「放射線によって、組織幹細胞の一部が『がん幹細胞』に変化すると考え、真の標的は『組織幹細胞』であろう」と予測しています。

ゆりちゃん 標的が、DNAから「組織幹細胞」に変わるとどうなるのですか？

タクさん 組織幹細胞が放射線を受けて「がん幹細胞」になるのなら、この細胞は「組織幹細胞」と同じ制約を受けず、つまり、周囲からのストレスを防ぐ微小なシエルター（ニッチと呼ぶ）の中だけで生存し、その数や寿命、活動などは制限されません。大事なことは、シエルターにいる「がん幹細胞」は、いつまでも優先的に居住できることではなく、つねに正常な「組織幹細胞」と、場所の取り合いをしており、競争に負ければ排除されてしまうということです。

※組織幹細胞はヒトやマウスなど多くの生物で、体の場所ごとにその場所の細胞を供給する特別な細胞。ただし作れる細胞には制限があり、「造血幹細胞」の場合、リンパ球や赤血球、血小板、白血球などに分化できるが、皮膚細胞や心筋細胞には分化できない。（原産協会・人材育成部）

がん幹細胞が発がんメカニズム解明の鍵か

（※）である。これに放射線があたつてつくられる「がん幹細胞」が、がん化の重要な役割を担っているようだ」と説明しています。

ゆりちゃん 丹羽先生の話をもう少し詳しく

できないことから、この

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 43



前回の本紙「原子力ワンポイント」(十二月十一日)で予告しました通り、今回は、「胎児の放射線リスクが何故、従来考えられていたよりも小さくなるのか」、理由を説明します。

ゆりちゃん 胎児の放射線リスクが従来考えられていたよりも小さいとは、どういことでしょうか。

タクさん まず胎児期の被ばくにより、非常に高い頻度で小児がんが誘発されるという結果が一九五〇年代に始まったオックスフォード小児がん研究で示唆されました。一方、原爆の被爆を母親の胎内でうけた胎児被爆者では、「典型的な小児がんである、小児白血病」の発症が認められない」という不思議な現象が報告されていました。どちらが正しいのでしょうか。

ゆりちゃん では中身を紹介してください。タクさん 白血病は血液のがん(主として白血球(リンパ球)の異常から発生)です。放射線

ゆりちゃん 細胞が

放射線受けた幹細胞 排除される確率高い

次回に紹介」と予告したのです。

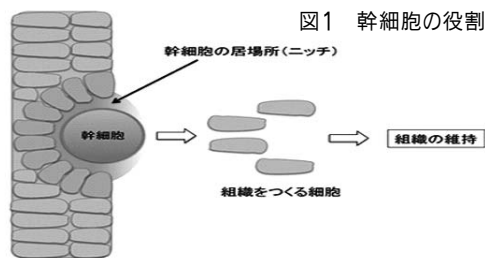
色体突然変異を生じた細胞が、何らかの機構で組織から排除されると考えれば、胎児被ばく者

タクさん 幹細胞の住みかには「ニッチ」と呼ばれています。丹羽先生は、「受精から出産までの胎生期」は、成人に比べて、幹細胞の数が少ないニッチに生着す

(原産協会・人材育成部)

影響研究所が広島・長崎で胎児被ばくした子供とそのお母さんの両方から血液の中のリンパ球を採取して染色体異常の頻度を調べると、母親発がんメカニズムを考えれば、胎児被ばくの影響をうまく説明できる。丹羽先生は、「新生児が生まれるまでに、染

図1 幹細胞の役割



出典: 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構より

ような構造は見当たらない。しかし、誕生が近くなると成人の組織にみられるニッチが形成され始める。ちなみに誕生後の組織では、ニッチの中に生着している幹細胞だけが長期間の増殖を続けるが、ニッチから出たものはやがて機能細胞(組織をつくる細胞)に分化し、最終的には組織から排除される(図1参照)。

タクさん 幹細胞のともあれこの誕生前後に完成するニッチの数は限られているので、そこに生着できる幹細胞の数には限りがある。そのため新生児期では、数少ないニッチに生着す

るため、多くの幹細胞が競い合うことになる。マールシク博士等は二〇一〇年、放射線照射した骨髓幹細胞と非照射の幹細胞を移植してその優劣を調べ、前者の方が後者より「競合力」が劣ることを確かめた。このことを考慮すれば、放射線によって染色体異常を生じた骨髓幹細胞は、ニッチをめぐる競合で負け、排除される確率が高くなる」と考え、「胎児被ばくのリスクは、オックスフォード小児がん研究で示された結果より、原爆被爆者で明らかになった結果のほうが、信憑性が高い」と評価したのです。

原子力 ワンプォイント

低線量率の放射線被ばくは、必ずしも低線量ではありません。高自然放射線地域に住む人たちは、年齢とともに積算線量が増し、高線量となりますが、不思議にがんの発症率は増えていません。実はこの理由も、「がん幹細胞と組織幹細胞の居場所(ニッチ)をめぐる競合」を考えると、理解できます。

広く利用されている放射線 44



ゆりちゃん がん幹細胞って、前回にも聞いたけど、もう一度教えてくださいませんか。

タクさん それでは簡単におさらいしましょう。赤血球やリンパ球を生み出し補充する能力を持った細胞を「造血幹細胞」と言います。このような幹細胞は、臓器ごとに存在しており「組織幹細胞」と呼んでいます。最近、この幹細胞に放射線がヒットすると突然変異が誘導さ

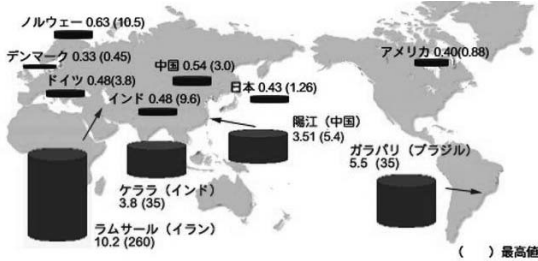
うのですか。

タクさん 実は、最近「幹細胞もどきの細胞(がん幹細胞)」が創られる場合があることが分かってきました。「がん幹細胞」は、がん組織の中のわずか〇・二〜一%しかありませんが、その寿命は非常に長く、

放射線影響の蓄積は 幹細胞寿命を超えず

次々にがん細胞を増やしていくので、これまで「放射線影響は、生涯にわたって蓄積する」と考えられてきました。ゆりちゃん 放射線影響は、永久に蓄積すると思っていました。が、違

図1 世界の高自然放射線地域(国連科学委員会報告書(UNSCEAR)一九九二から作成)



も、居場所となる微小環境(ニッチ)を維持する

ためには、周囲の正常な幹細胞との競合に勝たなければならず、敗れた表面(粘膜)にある小

場場合には消滅の道をたどります。このよ

うながん幹細胞の「競合・排除」のモデルに従えば、インド・ケララ州(図1参照)の高線量地域において、「原爆寿命調査では明確なリスクの増加が見られる線量(六百ベシーベルト)を超えても、発がんリスクが増加しない理由」を合理的に説明できます。

ゆりちゃん 幹細胞のターンオーバー

は、実験でも確かめられています。幹細胞の組織における挙動の解明は、放射線による発がんリスクの評価においてき

原子力 7nポイント



広く利用されている放射線 45

す(図参照)。

ゆりちゃん ICRP
Pが準備している「幹細胞放射線生物学」の内容は、どのようなものですか。

タクさん ICRP
Pについて、簡単に歴史と役割を教えてください。タクさん ICRP

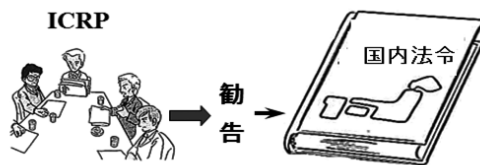
ICRPでも組織幹細胞の機能に注目

は、専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う民間の国際学術組織です。この組織の前身は、国際X線ラジウム防護委員会(IRC)が新勧告として準備中の「幹細胞放射線生物学」草案を紹介して結びとします。

引用先: <http://www.ICRP.org/docs/TG75DraftForConsultation.pdf>

体組織における細胞分裂および分化、②組織幹細胞の機能の同定及び単離、③組織幹細胞の放射線感受性およびDNA損傷応答、④組織幹細胞の老化と枯渇、⑤組織幹細胞ニッチ、の説明がなされています。第三章では「放射線発がんにおける組織幹細胞の役割」

国際放射線防護委員会(ICRP)



わが国では、ICRP勧告を尊重して、放射線障害の防止に関する法令等を定めています。

標的細胞の位置、⑥細胞ベースおよび組織ベースでの検討事項、⑦放射線発がんの年齢依存性、の説明がなされています。付属書では、造血組織、乳腺、甲状腺、消化管、肺、皮膚、骨の七つ細胞を生成する。しかし、周囲の「正常な組織幹細胞」の攻撃を受けて多くの幹細胞のすみか(ニッチ)から追い出され、最後は組織から排除される」と書き添えたが、ICRPでは、胎児被ばくに注目した項で、「染色体異常を有する胎児の骨髄幹細胞は、おそらく骨髄ニッチ内の滞留を巡る競合によって、胎児から新生児の段階において優先的に除去される。組織レベルの競合が、異常な骨髄幹細胞を除去する効果的なフィルターとして機能している可能性が高い」と述べています。

放射線影響分野でも「組織幹細胞研究」はますます重要になるでしょう。(原産協会・人材育成部)

幹細胞の特徴が詳細に説明されています。ゆりちゃん
勧告の文には、タクさんが本紙で論じた「幹細胞の話」について記述されています。組織レベルの競合が、異常な骨髄幹細胞を除去する効果的なフィルターとして機能している可能性が高い」と述べています。

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 46

測すれば、溶けた核燃料（デブリ）の位置や大きさを予測・評価できるのです。

ゆりちゃん ミュー粒子を利用しての予測・評価は、具体的にどのようなのですか。

タクさん ①の性質が、ウランなどの密度が高い物質にぶつかる

応用広がる宇宙からの放射線「ミュー粒子」

福島原発事故で溶けた核燃料の位置や大きさを宇宙からの放射線「ミュー粒子」で探る技術が話題になっています。今回はこの技術についてタクさんが紹介します。

ゆりちゃん 「ミュー粒子」って何ですか？

タクさん 日本原子力文化振興財団発行の月刊誌「原子力文化（二

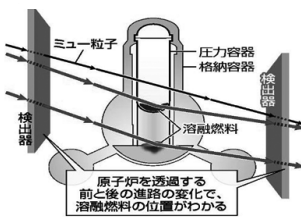
〇一四年三月号）には、「ミュー粒子は、宇宙から飛んできた宇宙線が、大気中の酸素や窒素などの原子と衝突するときに発生する放射線の一つです。日々、地上に降り注いでおり、その量は一平方センチメートルに一分間で一個ほど、一晩寝ている間に人の体を百万個ほどが通り抜けている」と書かれています。このミュー粒子は、物質中での相互作用

と、①吸収されたり、②進む方向が変わったりする性質があります。この二通りの性質を利用して、上空から降り注ぐミュー粒子を原子炉建屋の周囲で一定期間、観

測すれば、溶けた核燃料（デブリ）の位置や大きさを予測・評価できるのです。

タクさん ①の性質を利用しての方法は「透過法」と呼ばれています。

タクさん ミュー粒子を利用して測定することは初めてなので



読売新聞（2014年1月24日）より

みになっています（図参照）。福島第一原子力発電所の廃炉で、国際廃炉研究開発機構（IRID）のプレスリリース（二〇一四年十二月二十五日）によれば、燃料がほとんど残っていないと推定されている1号機には「透過法」、炉心部にも燃料が残っている可能性がある2号機には「散乱法」を適用し、1号機は早ければ二〇一五年二月頃、2号機は同年十月頃、測定を開始する見込みです。

タクさん ミュー粒子の利用事例として誰もが最初に挙げるのは、ノーベル賞物理学者アルヴァレスらが一九七〇年、エジプト・ギザ大のピラミッドの中で行った未知の空間の探索でしょう。また、東大地震研究所田中宏幸教授（当時は助教）は二〇〇七年、浅間山でミュー粒子を原子核乾板で観測し、マグマの通り道である「火道」の可視化に成功しています。宇宙からの放射線を利用する古くて新しい研究分野は魅力的であり、その応用範囲はさらに広がっていくことでしょう。（原産協会人材育成部）

原子力 ワンポイント



広く利用されている放射線 47

日経新聞電子版
(二〇一五年二月二
日掲載)に興味深い
記事「低線量被ばく
の健康影響に新説
もぐらたたきモデ
ル」が掲載されまし
た。どういふものか
探ってみよう。

ゆりちゃん 「低線量
被ばくの健康影響に「新
説」って何ですか？」
タクさん ゆりちゃ
んは、「放射線はどんな

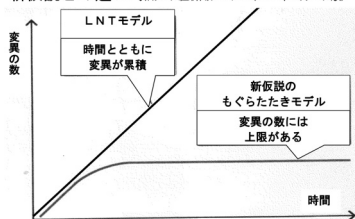
に少なくとも受けた総
線量に比例して発がん
のリスクが高まる」と
思っていますか。専門
家はこれを「しきい値の
ない直線(LNT)モデ
ル」と呼びます。このL
NTモデルに対して関
西の物理学者グループ
(真鍋勇一郎大阪大学
助教、和田隆宏関西大学
教授、坂東昌子愛知大学
名誉教授)は、「総線量
が同じでも、線量率(単
位時間当たりの線量)が

のの違いによって放射線
の放射線にさらされて
います。そのような中で
低線量放射線(数百ミ
シーベルト以下)の領域
であれば放射線を受け
続けても、影響は蓄積し
ない」という新しい説を
提案し、これを「もぐら
たたきモデル」と呼ぶこ
とにしたのです。

放射線影響蓄積しな いと新仮説も

ゆりちゃん 今まで
の線量率効果とどこが
違つのですか、もう少し
詳しく教えて下さい。
タクさん ヒトは常
に大地からの放射線、宇
宙から飛来する放射線
など、かなり高いレベル
の放射線にさらされて
います。そのような中で
低線量放射線(数百ミ
シーベルト以下)の領域
であれば、放射線から身
を守る能力(生体防御機
能)を培ってきました。
しかし、LNTモデルで
は、ヒトの「生体防御機
能」は重視されていま
せ

低線量放射線影響に関する従来の考え方と
新仮説との違い 引用：日経新聞デジタル(2015年2月2日版)



いことに、「突然変異の
発生頻度は、単純に、線
量に比例して増えるの
ではなく、時間が経過す
るにつれて上限値(飽和
値)に近づく曲線」で表
されるのがわかりまし
た(図参照)。この曲
線を見て、生体が刺激に
反応して突然変異を生
じた細胞(変異細胞)を
叩き潰す様子を思い浮
かべたのでしょうか、真
鍋さん 実は偶然

鍋らはこの新しい考
え方を、「もぐらたた
きモデル」と命名し
ました。
ゆりちゃん この
モデルは理論的なも
ので、実証されたわ
けではないのです
ね。

タクさん 同じような報告
ですが、日本工業新聞社発行
の月刊エネルギー(二〇
一〇年三月)で見つけま
した。そこでは、馬替純
二主席研究員(当時産業
創造研究所)が線量率を
いろいろ変えて「ヒト骨
肉腫(がん)細胞」に放
射線を照射する実験を
行い、染色体に異常が生
じると現れる「小さな細
胞核(小核)」の発生頻
度が、照射時間の経過と
ともに変化する様子を
観察していました。得ら
れたグラフを見て驚い
たのですが、小核発生頻
度の曲線は、真鍋らの結
果と同様、時間が経過す
るにつれて上限値(飽和
値)に近づいていきまし
た。小核形成という限ら
れた実験データではあ
りますが、もぐらたたき
モデルと同じ実験結果
が得られていたのです。
この、モデルの証明に
は、生物実験での実証と
いう難関が待っていま
すが、期待される研究分
野であることに間違い
はありません。

(原産協会・人材育成部)

原子力 ワンポイント

広く利用されている放射線 48



仲野徹阪大教授は、著書の「エピジェネティクス―新しい生命像をえがく」の中で、「ゲノム中心の生命観を変える新しい概念『エピジェネティクス』。遺伝でもない。突然変異でもない。ゲノムに上書きされた情報が、目をみはる不思議な現象を引き起こす」と述べています。この概念に基づいてもう一度、放射線影響を見直そうという動きが出てきました。

ゆりちゃん 「エピジェネティクス」ってどんな意味ですか。タクさん 実は私もうまく説明できなかった

たので、いろいろな資料を探していましたら、国立がん研究センター研究所のホームページが目につきました。「私たちの体は皮膚、胃、肝臓など様々な組織から出来ており、これらは別々の細胞で構成されている。どの細胞も基本的には同じ遺伝情報を持っているのに、別々の細胞になるのは、使う遺伝子と使わない遺伝子に目印をつけているからである。エピジェネティクスとは、これらの目印を解明する学問である。皮膚から胃ができないように象徴されるように、エピジェネティクス的な目印の特徴は、一旦つくると、容易にははずれないというところである」

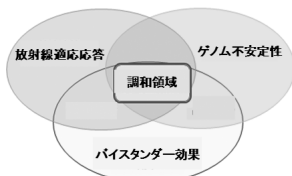
と説明されています。これらの目印は、遺伝でも DNA の塩基配列の变化（突然変異）でもありません。細胞の外からの刺激（例えば放射線）を受けて、遺伝子の働きをオン・オフする指令がゲノム上に書き加えられ、この記憶が「子孫細胞」あるいは「周辺細胞」に伝えられること

せめぎ合いでは放射線 適応応答が優勢

によって放射線の影響（がん化や細胞死など）が、時間と空間を隔てて現れるというのです。ゆりちゃん もう少しエピジェネティクスと放射線の関係を教えてください。

タクさん 国際放射線防護委員会（ICRP）の二〇〇七年勧告では、「放射線に対するエピジェネティクス的な

3つの生物学的応答のせめぎ合い



反応」として、①子孫細胞に現れる放射線の影響（ゲノム不安定性）、②放射線を受けていない周辺細胞に現れる放射線の影響（バイスタンダー効果）、の二つを取上げています。これを受けて、「放射線の影響は、ICRP が勧告する『じきい値なし直線モデル（LNTモデル）』で試算するよりも大きい」と問題提起する専門家もいます。ゆりちゃん それでは「LNTモデル」は、もっと厳しく、見直さなければいけないのですか。タクさん その必要はありません。ヒトには、放射線の影響を修復してがんの発症を抑制する「放射線適応応答」と呼ばれるシステムが備えられています。このシステムは、人類が長い時間をかけて進化してきた中で獲得され、それが現在の私達にもしっかりと受け継がれているのです。細胞の中では、三つの生物学的応答（放射線適応応答、バイスタンダー効果、ゲノム不安定性）が「せめぎあい」をしているのです（図1参照）。その結果、低線量放射線領域では、「放射線適応応答が優勢」に作用し、その他の有害な影響の発現が抑えられるのです。直径が十マイクロメートル程度の極小さな環境で、このような激しい競合が起こっているなんて、想像するのは難しいですね。（原産協会・人材育成部）

一般社団法人 日本原子力産業協会
〒102-0084 東京都千代田区二番町 1-1-9 興和二番町ビル 5階
TEL 03(6256)9315 FAX 03(6256)9310
<http://www.jaif.or.jp/>

2015 年 3 月 第 1 版発行
2015 年 4 月 第 2 版発行
2018 年 2 月 第 2 版第 2 刷発行