

「放射線に関するご質問に答える会」資料の英文化

English Translation of Material Used at “Meeting to Answer Questions on Radiation”

河野 裕子 菖蒲 順子 吉田 智勇 生田 優子
川瀬 啓一 山下 清信

Yuko KONO, Junko AYAME, Tomoo YOSHIDA, Yuko IKUTA
Keiichi KAWASE and Kiyonobu YAMASHITA

原子力人材育成センター

Nuclear Human Resource Development Center

June 2018

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2018

「放射線に関するご質問に答える会」資料の英文化

日本原子力研究開発機構 原子力人材育成センター

河野 裕子、菖蒲 順子⁺¹、吉田 智勇^{*1}、生田 優子、川瀬 啓一⁺²、山下 清信

(2018年3月29日 受理)

「放射線に関するご質問に答える会」に用いた資料を英文化した。「放射線に関するご質問に答える会」は、日本原子力研究開発機構が、東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所事故後、主に福島県内において、広く公衆に放射線の理解を深めてもらうことを目的に、2011年7月の開始以来、2013年2月末までに合計で220回実施した説明会である。多くの図表を用いて視覚的に理解しやすく、平易な文章で作成されている「放射線に関するご質問に答える会」資料は、原子力及び放射線に関する知識普及のためのアウトリーチ活動の促進、支援に本格的に取り組んでいる国際原子力機関からの関心が寄せられ、2017年5月に開催されたアジア原子力技術教育ネットワーク会合において、資料の提供依頼を受けた。日本の経験を共有する国際貢献の観点から、日本で使用実績のある本資料を英文化し、海外のアウトリーチ活動の教材としても活用できるよう提供する。

原子力科学研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方2-4

+1 バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所

+2 福島研究開発部門 福島研究開発拠点 福島環境安全センター

*1 株式会社ペスコ

English Translation of Material Used at "Meeting to Answer Questions on Radiation"

Yuko KONO, Junko AYAME⁺¹, Tomoo YOSHIDA^{*1},
Yuko IKUTA, Keiichi KAWASE⁺² and Kiyonobu YAMASHITA

Nuclear Human Resource Development Center
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received March 29, 2018)

English translation of the material used at "Meeting to Answer Questions on Radiation" was made. "Meeting to Answer Questions on Radiation" was planned, just after the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, by Japan Atomic Energy Agency (JAEA) with the purpose of providing comprehensive knowledge of radiation to the public. A total of 220 meetings was carried out from July, 2011 to February, 2013 mainly in Fukushima prefecture. Since the material used in the meetings contains many charts and is easy to understand, it has drawn attention of the International Atomic Energy Agency (IAEA) who has in recent years actively supported outreach activities to disseminate knowledge on nuclear and radiation. At one of the IAEA meetings in May, 2017, Asian Network for Education in Nuclear Technology (ANENT), it was requested to make it for the usage of all. Providing IAEA and the member states with the English translation of the material will be a meaningful contribution sharing the outreach activity experiences in Japan.

Keywords: Outreach, Radiation, Science, Radiation Effect on Human Body, Basics of Radiation, Public Understanding, TEPCO's Fukushima Dai Ichi Accident

+1 Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories, Sector of Decommissioning and
Radioactive Waste Management

+2 Fukushima Environmental Safety Center, Fukushima Research Institute, Sector of
Fukushima Research and Development

*1 PESCO Co., Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. 「放射線に関するご質問に答える会」の資料英文化について	1
2.1 「放射線に関するご質問に答える会」概要及び資料の特徴	1
2.2 国際原子力機関のアウトリーチ活動との関わり	2
2.3 英文化における留意事項	2
3. 「放射線に関するご質問に答える会」英文資料	4
4. おわりに	20
参考文献	20
参考資料	21

Contents

1. Introduction	1
2. Translating the materials used in “Meeting to Answer Questions on Radiation”	1
2.1 Features of the meeting and its material	1
2.2 Relation with the outreach activities of the International Atomic Energy Agency	2
2.3 Points in translating the material into English	2
3. English translation of material used in “Meeting to Answer Questions on Radiation”	4
4. Concluding Remarks	20
References	20
Reference Material Original material (Japanese) “Meeting to Answer Question on Radiation”	21

This is a blank page.

1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という）原子力人材育成センター（以下「人材育成センター」という）は、以前から国際的な原子力技術及び人材育成の推進活動に協力している。国際的なアウトリーチ活動への協力として、平成 26 年に文部科学省が作成した「みんなで学ぼう放射線の基礎—中学生用放射線学習資料—」を英文化した¹⁾。本資料は、IAEA の技術協力局が進める「Nuclear Science and Technology to Secondary Schools」活動に使用され、既に関係各国で教材として用いられている。このほかにも日本のアウトリーチ活動の資料としては、他にも環境省が作成した「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（平成 28 年度版）」²⁾があり、また、日本科学技術振興財団が運営する「放射線教育支援サイトらでい」³⁾では様々な教材を提供している。

これらに対して「放射線に関するご質問に答える会」の資料には、後述する優れた特徴があり、また、日本の経験を諸外国、IAEA と共有し、関係各国のアウトリーチ活動に資するため、英文化することとした。

2. 「放射線に関するご質問に答える会」の資料英文化について

2.1 「放射線に関するご質問に答える会」概要及び資料の特徴

原子力機構は、2011 年 3 月以降、東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所の事故によって一般公衆に生じた放射線に対する不安をやわらげるため、放射線についての説明及び質疑対応を内容とした「放射線に関するご質問に答える会」を実施してきた。2011 年 7 月開始以来、2013 年 2 月末までに合計で 220 回実施され、約 17,200 人が参加した。現在は、主に原子力機構福島研究開発部門において、福島県内の小・中学校、幼稚園及び保育園の児童・生徒・園児の保護者並びに学校の教員を対象に、「放射線に関するご質問に答える会」を開催している⁴⁾。

「放射線に関するご質問に答える会」で用いられる資料⁵⁾は、特に未就学児及び小中学生の保護者が、子供への影響に対して大きな不安を持っていることを考慮し、放射線の特徴をはじめ、人体への影響と生活環境中の放射線を中心に説明している。これは、放射線について科学的な理解を深めることで、子供への影響力の大きい保護者や学校の教員に現状を適切に把握してもらうことを意図している。

さらに、「放射線に関するご質問に答える会」では、原子力機構の様々な分野の研究者、技術者が対応することとなっていたため、資料を事前に原子力機構の放射線専門家が、一般市民にとって理解し易い内容となるように留意して作成し、説明者がその資料を共有して使うことによって、説明が平易になるとともに、説明内容に偏りが生じることを防いだ。

一方で、同じ資料を用いると、形式的な説明に終始してしまうと考えられがちだが、「放射線に関するご質問に答える会」では、参加者のニーズに応えるため、開催ごとに事前に質

問を提示して貰い、本資料に基づく説明の後に、参加者からの質問に丁寧に答える時間を設けた。本資料は、「放射線に関するご質問に答える会」で、未就学児及び小中学生の保護者及び学校の教員に、基本となる情報を提供したものである。

本資料の最後では、次のとおり、不要な不安を解消するための客観的なデータを平易な文章でまとめるとともに、環境放射線の状況は今後も変化していくため、引き続き自主的に情報を求めていくことが重要であることを示した。

1. 私たちは、年間 2.4mSV（世界平均）の自然放射線を受けています。
2. 100mSV より少ない放射線量では、ガンや白血病などの発生率への影響は、統計的に明らかになっていません。
3. ガンには様々な要因があります。喫煙などの生活習慣によるものは、比較的高い傾向があります。
4. 今後も引き続き、放射線に関する情報を入手しましょう。

2.2 国際原子力機関のアウトリーチ活動との関わり

国際原子力機関（以下「IAEA」という）においても、近年、原子力及び放射線に関する知識普及のためのアウトリーチ活動の促進、支援に本格化的に取り組んでいる。2017年5月15日～19日、IAEAが主催するアジア原子力技術教育ネットワーク（Asian Network for Education in Nuclear Technology、以下「ANENT」という）⁶⁾の会合で「放射線に関するご質問に答える会」の資料は、日本で実績のある資料として多数の出席者から興味が示され、概要を紹介した。その際、ANENTメンバー国、IAEAの関係者より、多くの図表を用いて視覚的に理解しやすいので、母国に持ち帰りアウトリーチ活動の教材として使いたいという要望を受けた。

ANENTでは、2016年からの新プロジェクトで、原子力に関する教育・訓練及びアウトリーチ活動のネットワークを構築することを目標としている。これまで東南アジア地域のみでの参加が進められてきた活動だったが、レバノン、イラク、シリア、ヨルダン、UAE等の中東を新たに含め広域的な活動を行うネットワークとなった。今後は、IAEAとともに、オーストラリア、韓国、タイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、ベトナム、 Bangladesh、スリランカ、イラン、イラク、ヨルダン、レバノン、パキスタン、UAEと、本「放射線に関するご質問に答える会」英文資料を共有する。

2.3 英文化における留意事項

今般の英文化作業においては、一般市民のニーズに応え、可能な限り、理解し易いことを第一に作成された「放射線に関するご質問に答える会」資料の情報を維持することとした。

「放射線に関するご質問に答える会」の資料の内容は次の構成となっている。

1. 放射線の基礎的事項

放射線と放射能、半減期、自然界の放射線など

2. 被ばくと人体影響など

外部被ばく、内部被ばく、がんリスク、食品基準、放射性物質の野菜、水道水、井戸水等への移動など

一部、図表の出典の明確化、イラストのオリジナル化、図表及び文字がより見やすくなるように拡大する等の改善や、日本語を英訳しただけでは意味の通らない部分について、適宜説明を加えた。

3. 「放射線に関するご質問に答える会」英文資料



Answering Questions on Radiation

Japan Atomic Energy Agency



Outline

1. What is radiation?

- Radiation, Radioactivity, Half-life period
- Natural radiation, etc.

2. Exposure type and its effect

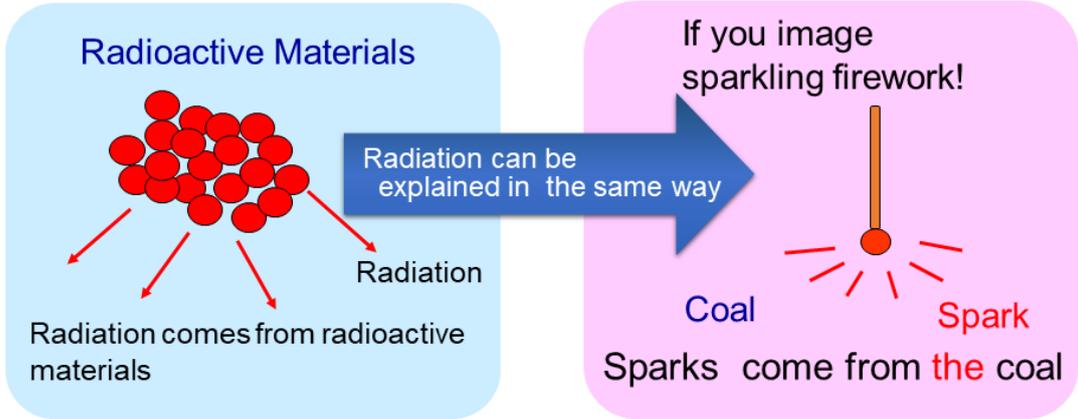
- External Exposure, Internal Exposure, Risk of cancer
- The legal limit of radioactive materials in food, Movement of radioactive materials to foods (vegetable, fish and meat) and drinks (well water and tap water)

3. Q & A



Radiation and Radioactivity

Radioactivity is the *ability* to emit radiation.

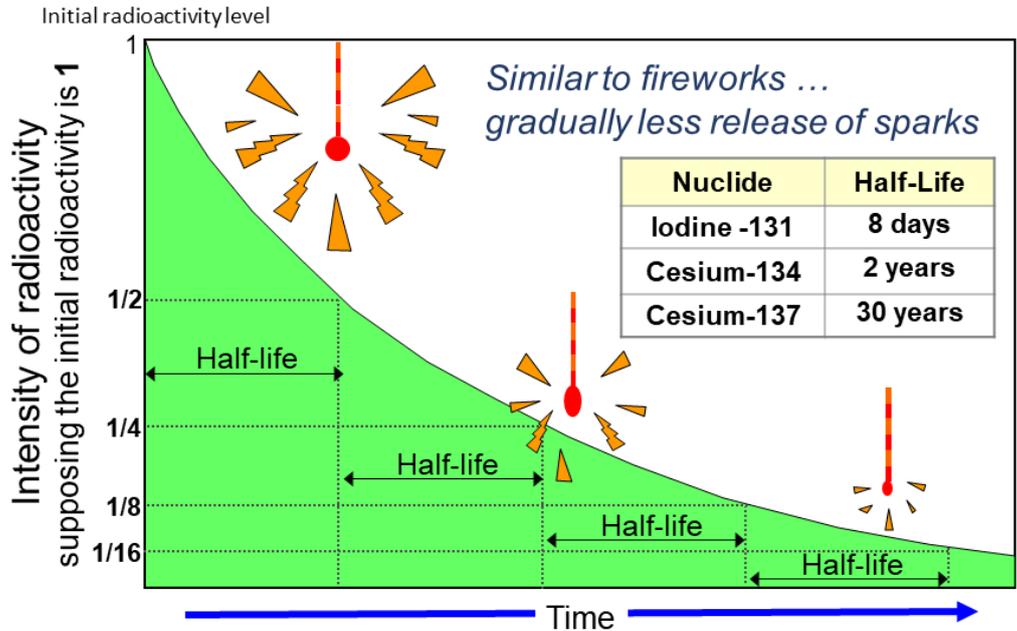


Radioactive materials are materials which emit radiation. There are many naturally occurring radioactive materials. The unit is **Bq**. One Bq means 'a nucleus decays per second by emitting radiation'.



Half-Life of Radioactivity

Radioactivity decreases with time.





Units of Radiation and Radioactivity

Sievert is a unit of radiation effect on human body.

Radioactivity

Radioactive intensity (Decays /s)
(The number of atoms decay per second)

Unit: Becquerel(Bq)

Absorbed Dose

Radiation energy absorbed in body

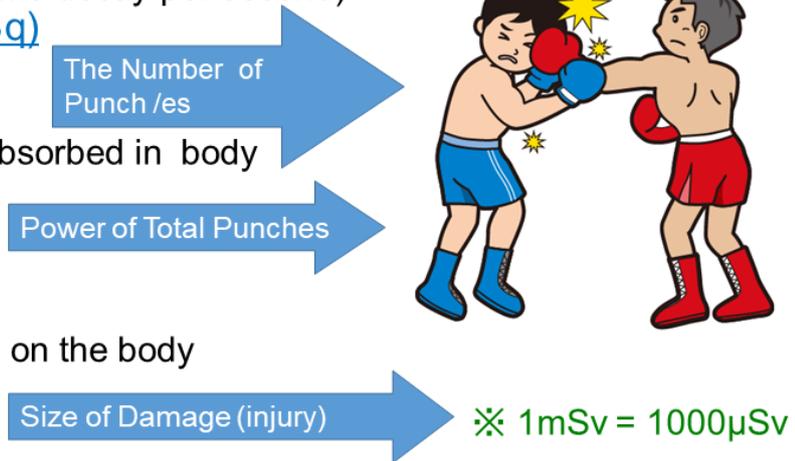
Unit: Gray (Gy)

Equivalent Dose

The radiation effect on the body

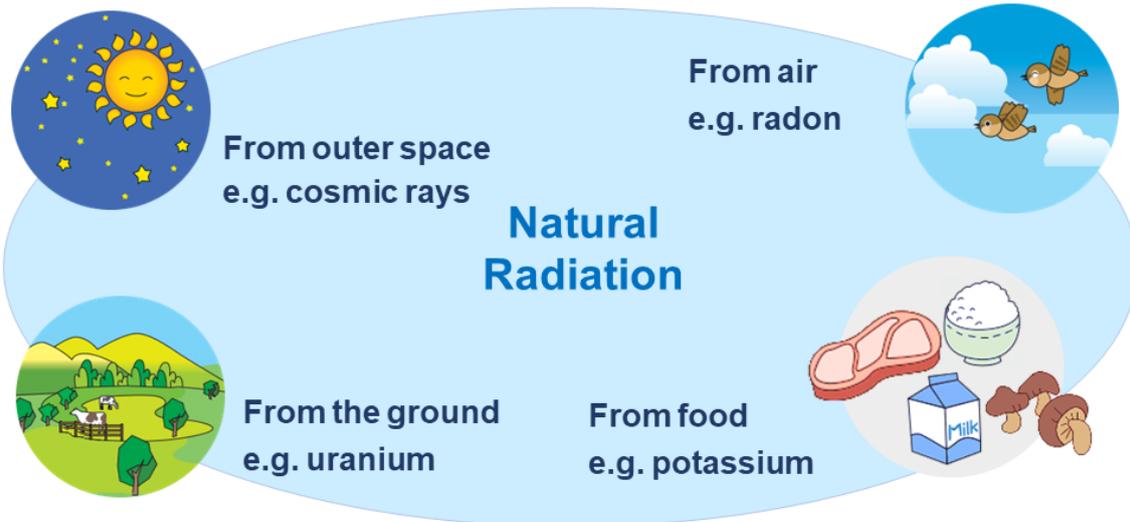
Unit: Sievert(Sv)

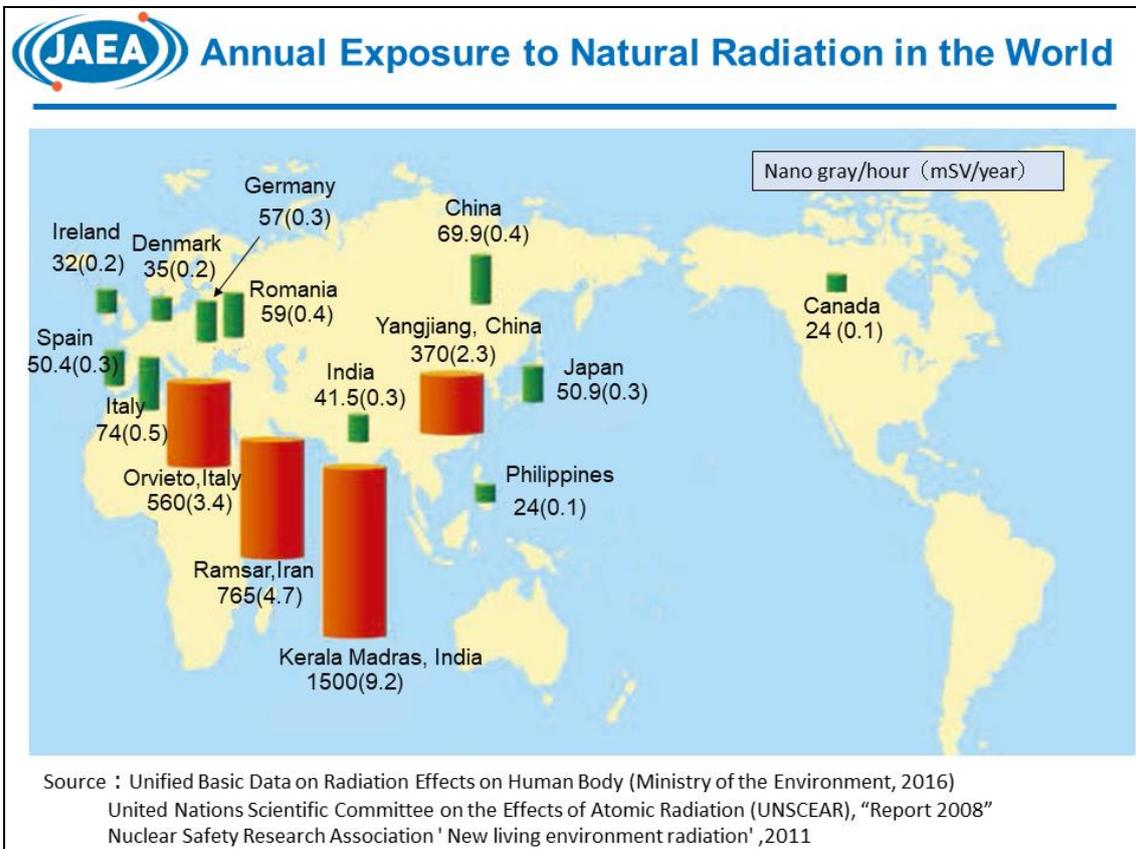
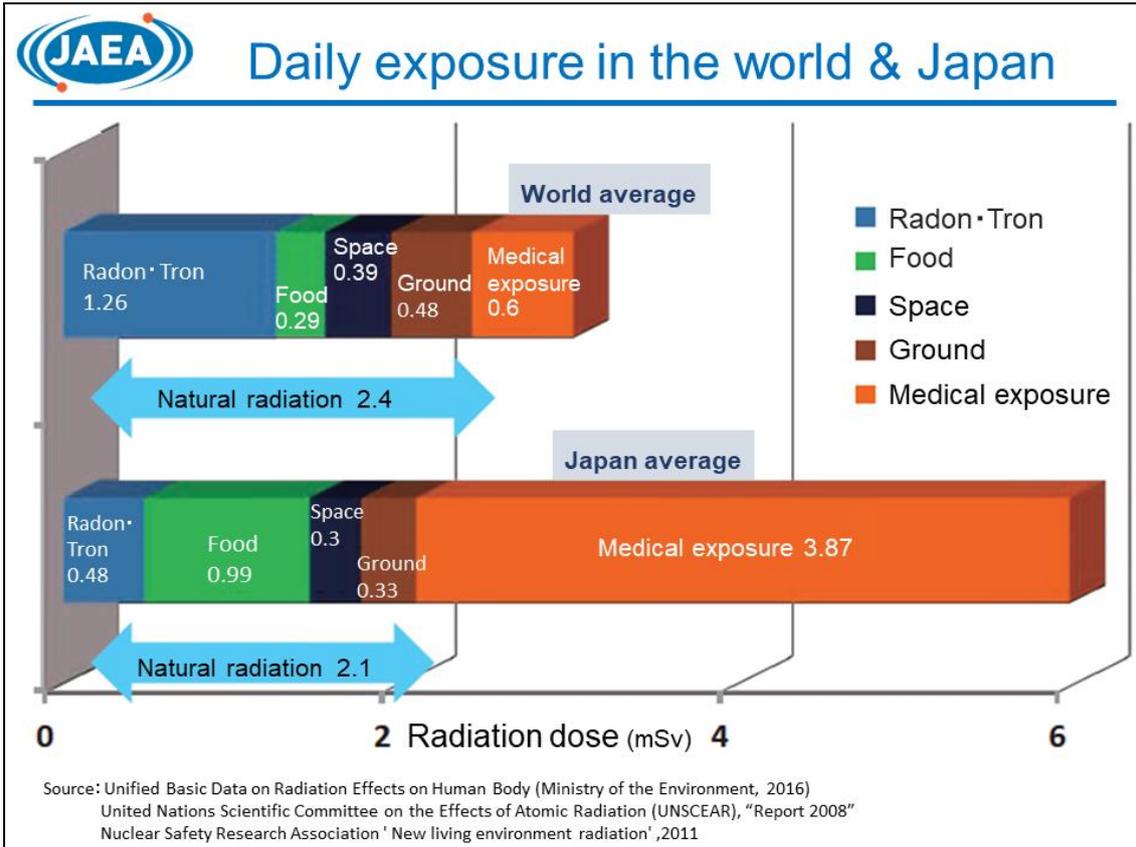
— Compared to Boxing —



Natural radiation around us

We are exposed to radiation from the natural environment.

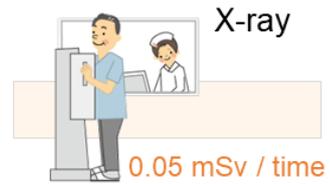
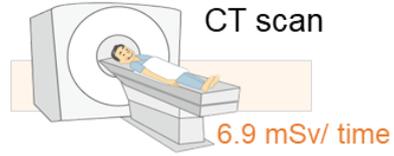
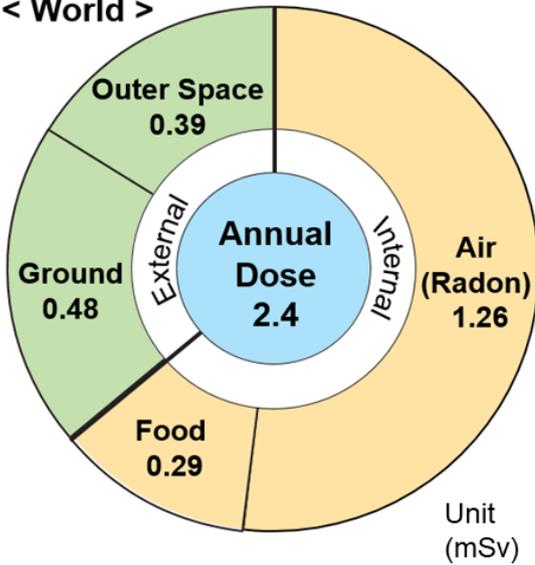




JAEA The Amount of Radiation Received Per Year

Exposure to natural radiation is 2.4mSv/year (the world average).

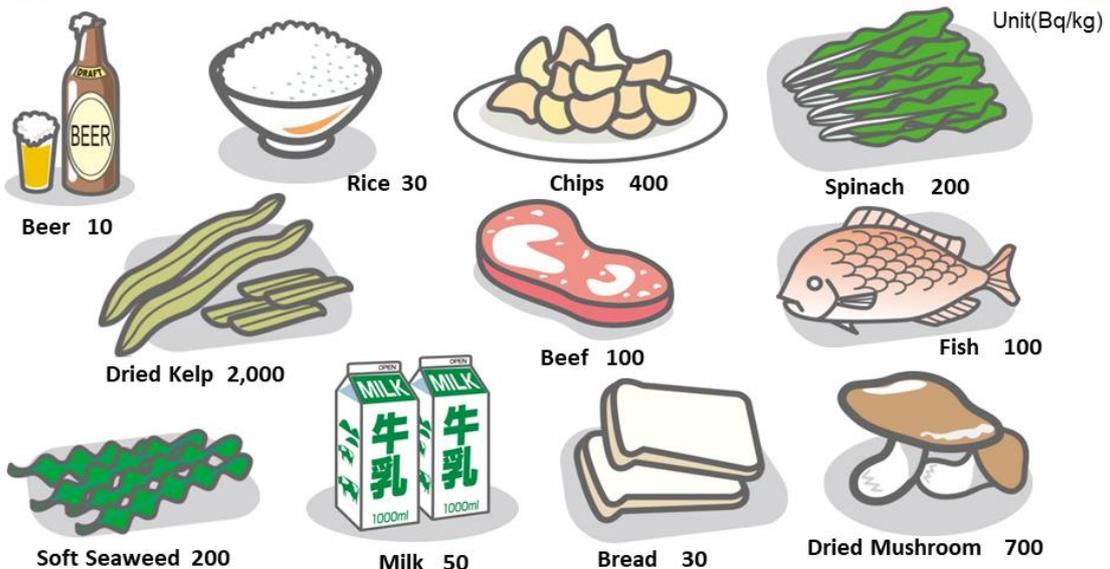
< World >



Source: Graphical Film-chart of Nuclear & Energy Related Topics 2016
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), "Report 2008"

JAEA Radioactive Materials Contained in Foods

Natural radioactive materials are contained in various foods (Bq/kg).





Radioactive Materials in Human Body

About 7,000Bq of radioactive materials are contained in a human body with weight of 60kg.

Function of potassium is to reduce a salt concentration, It controls the increase of blood pressure and keeps healthy condition in our body.

Potassium is mainly distributed in muscles, so generally men have more potassium than women.

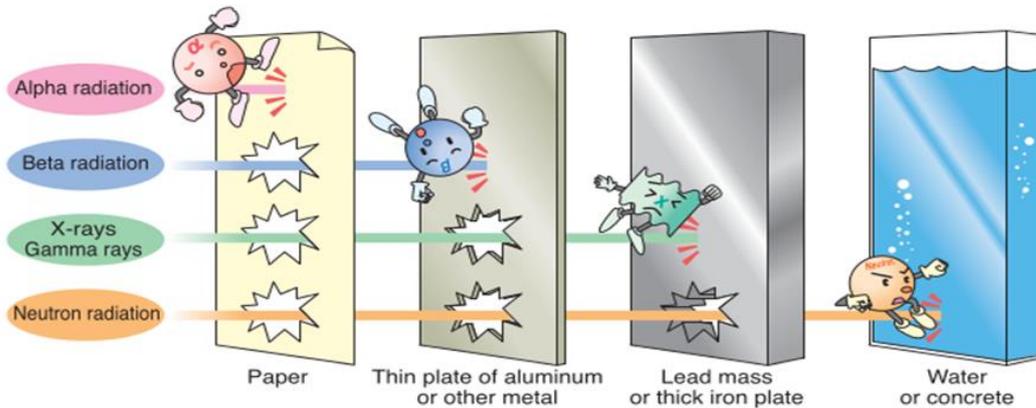
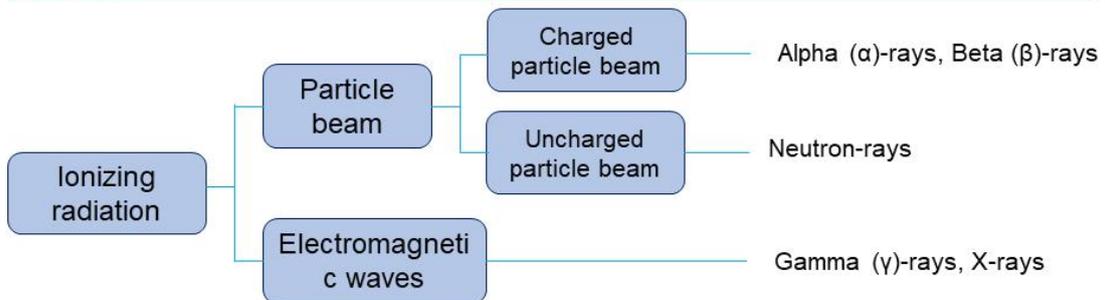
Potassium-40	4,000 Bq
Carbon-14	2,500 Bq
Rubidium-87	500 Bq
Lead-210 & Polonium-210	20 Bq

(for a Japanese with average weighting 60 kg)

Source: Graphical Filp-chart of Nuclear & Energy Related Topics 2016



Kinds of Radiation and their properties



JAEA What will happen if radiation goes through your body?

DNA (deoxyribonucleic acid) in human body cells might be damaged.

Exposure to radiation

Radiation

Cell

DNA

Human body is made up of 60 trillion cells. The cell reproduces itself using the information within the DNA.

DNA

Radiation damages DNA

JAEA Radiation effect on Human body

DNA damage occurs in a cell due to radiation exposure

Most of the cells are repaired and recover normal function.

Some cells cannot be repaired.

Deterministic Effect

Cells die and are replaced with healthy cells.

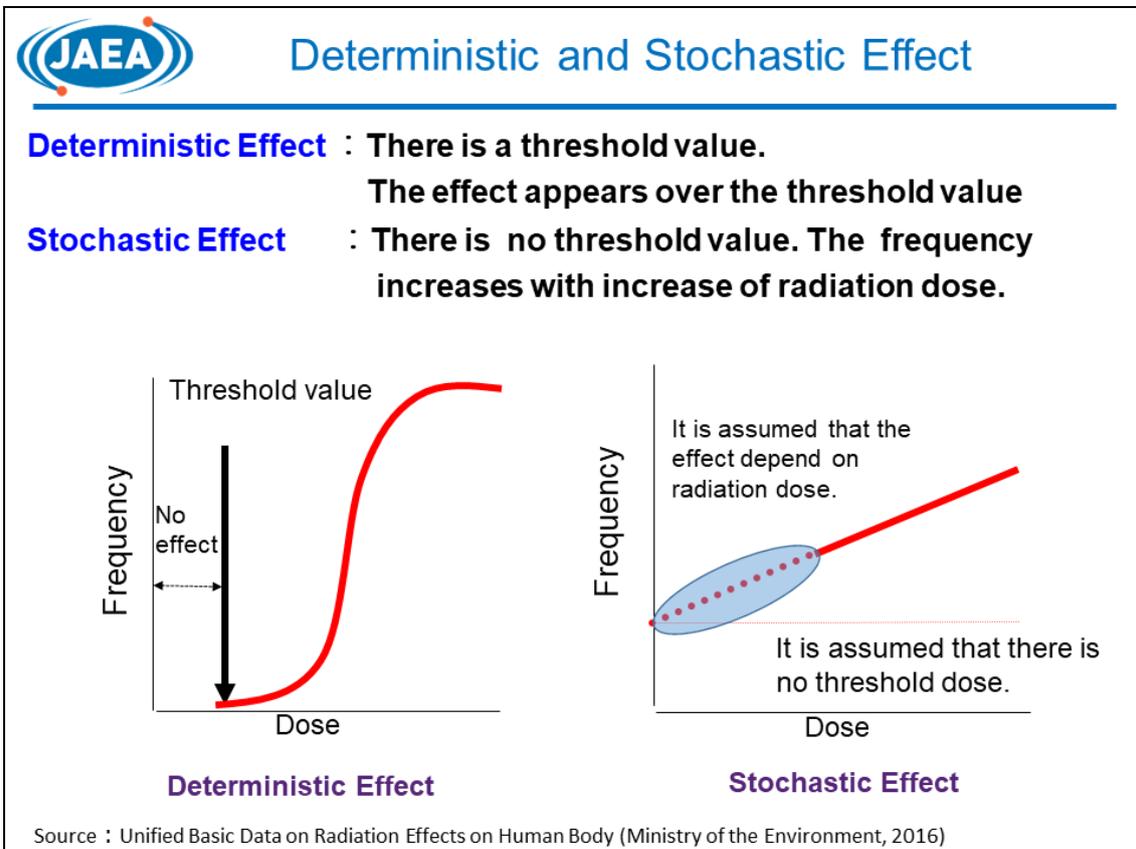
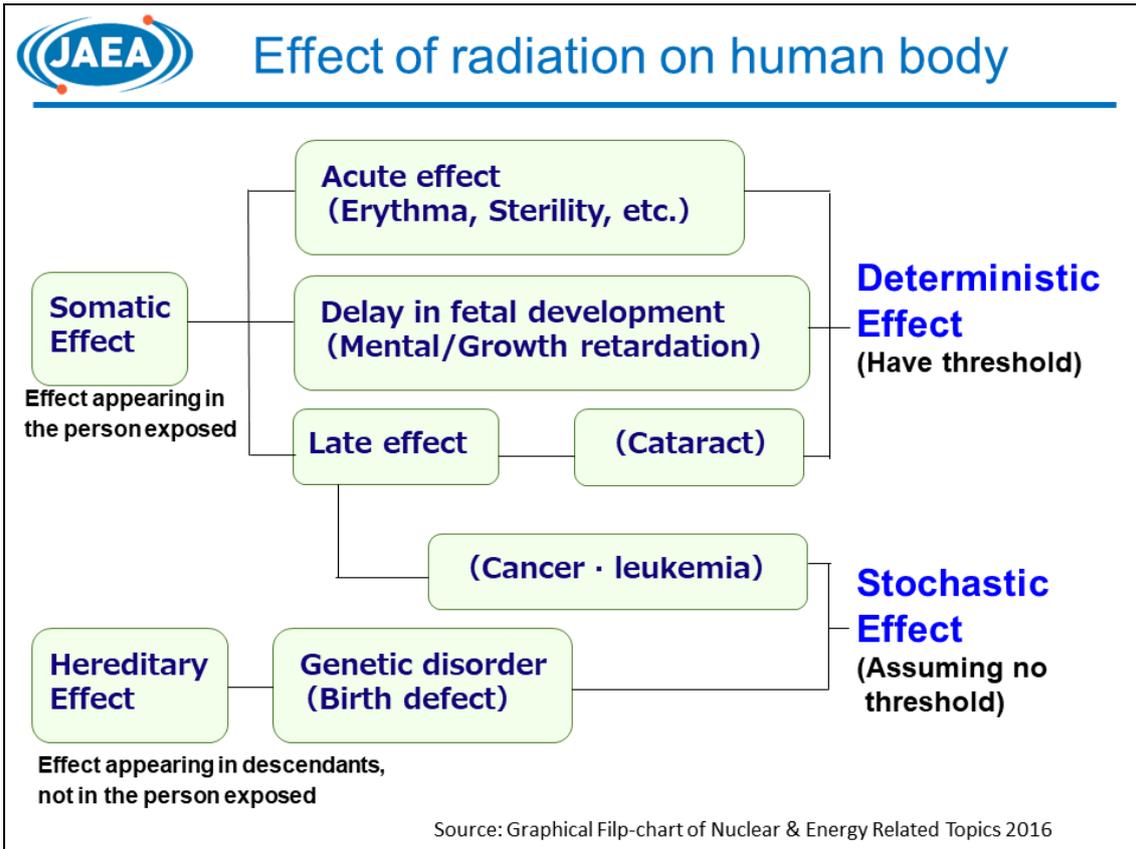
When many cells are killed, it appears as "deterministic effect".

Stochastic Effect

Cells with unlethal DNA damage (Mutation)

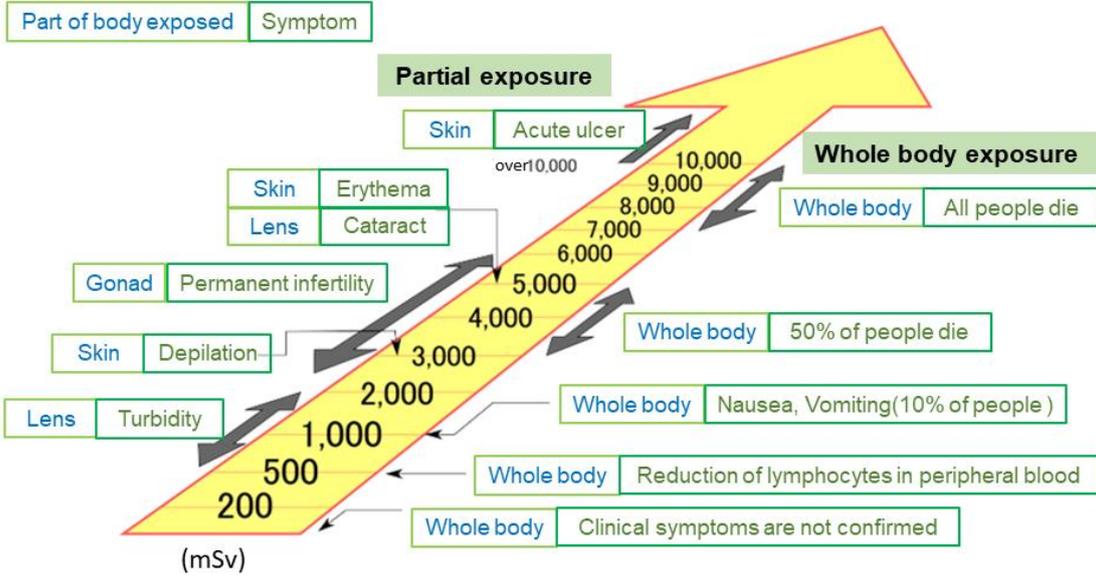
- When it occurs in ordinary cells, "cancer" develops.
- When it occurs in germ cells, it can appear as "genetic effect".

reference : Q & A on the health effects of foods containing radioactive substances (Food Safety Commission)
http://www.fsc.go.jp/sonota/emerg/radio_hyoka_qa.pdf



JAEA Radiation dose and its effect on human body

When given in single exposure of ... we will have ...

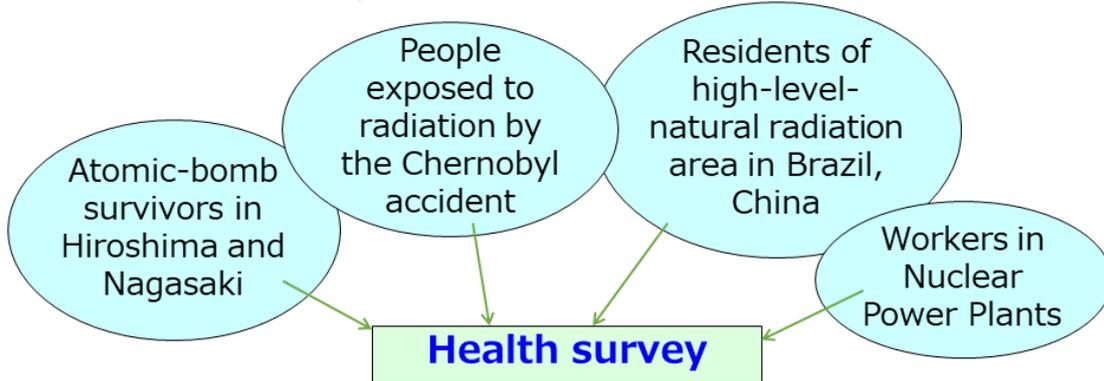


Source: Graphical Filp-chart of Nuclear & Energy Related Topics 2016

JAEA Future effect due to radiation exposure

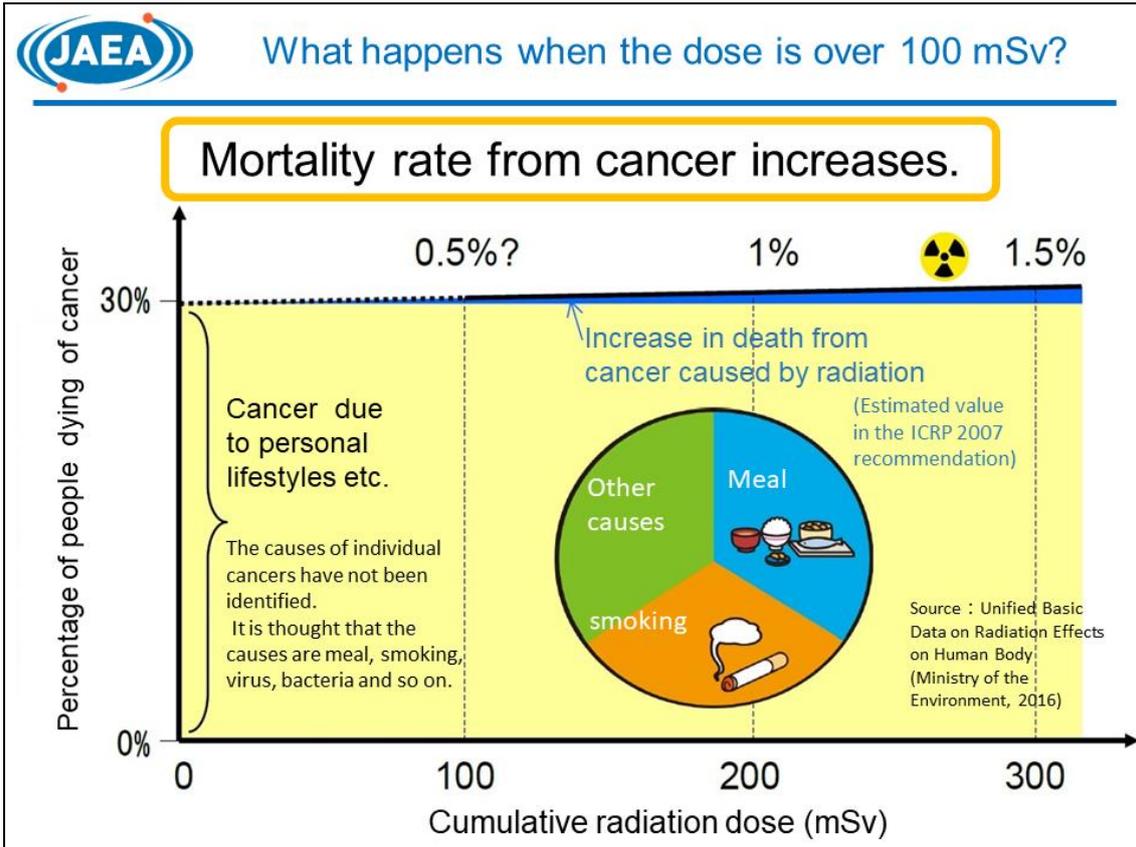
Statistically, effect of radiation lower than 100 mSv is not evident for incidence of cancer, leukemia, etc.

Epidemiological Research on Effects of Radiation



The basic principle of radiation protection is to reasonably avoid radiation exposure as much as possible.

Create processing to : On the health effects of low dose radiation (Nuclear Safety Commission, Revised May 26, 2011)
<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2899572/www.nsc.go.jp/info/20110526.html>



Cancer risks for various lifestyle

Short-term exposure to whole-body (1,000-2,000mSv)	1.80 times (80% increase)
Smoker, Drinking more than 0.54 liter alcohol daily	1.60 times (60% increase)
Short-term exposure to whole-body (500-1,000mSv) Smoking, Daily intake of alcohol more than 0.36 liter	1.40 times (40% increase)
Too skinny	1.29 times (29% increase)
Obesity	1.22 times (22% increase)
Short-term exposure to whole-body (200-500mSv)	1.19 times (19% increase)
Lack of exercise	1.15-1.19 times (15%-19% increase)
Overdose of salt	1.11-1.15 times (11%-15% increase)
Short-term exposure to whole-body (100-200mSv)	1.08 times (8% increase)
Inadequate vegetable intake	1.06 times (6% increase)
Passive smoking	1.02-1.03 times (2%-3% increase)

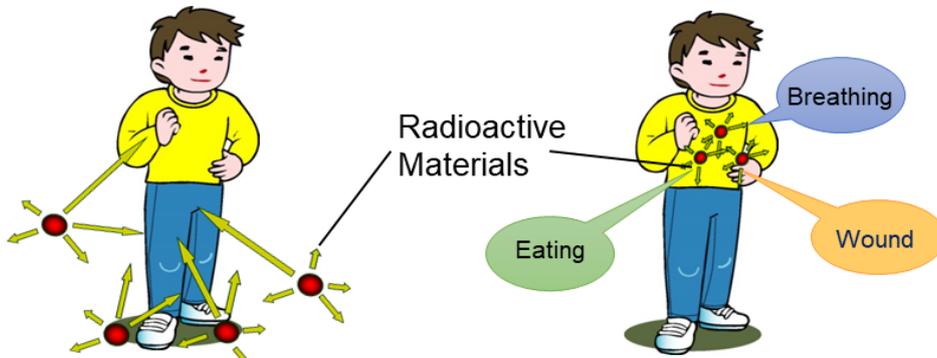
Cancer is also caused by various factors apart from radiation

Create processing to : National Cancer Center HP 'Easy to Understand Risk of Radiation and Cancer' Revised July, 2014
https://www.ncc.go.jp/jp/other/shinsai/higashinohon/cancer_risk.pdf



External & Internal Exposure

There are two types of exposures.



External Exposure

Exposure to radiation from radioactive materials existing **outside** the body

Internal Exposure

Exposure to radiation from radioactive materials **existing inside** the body

- ◆ Wearing masks and clothes cannot prevent external exposure.
- ◆ Each radionuclide moves differently in our body
(Iodine131 accumulates in thyroid)



How to reduce radiation exposure

There are three principles to prevent radiation exposure.
Distance, Time, and Shielding.

- ① Keep away from radiation sources
- ② **Shorten the time of exposure**
- ③ Use shielding that can **stop** radiation
- ④ **Reduce** the amount of radioactive materials taken into the body



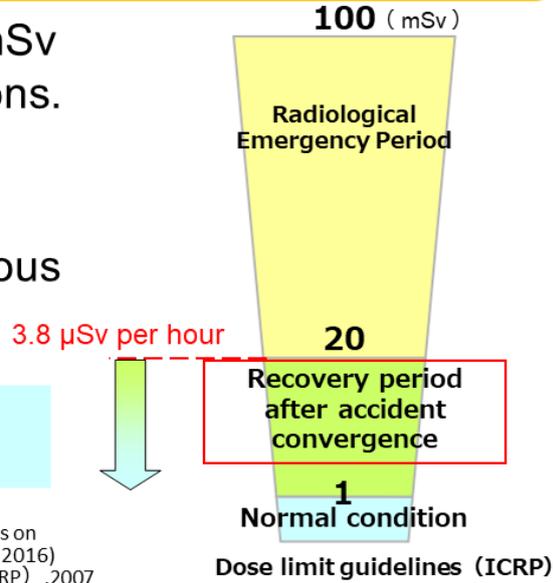
Dose limit of radiation exposure

Dose limit at the time of accident (emergency) differs from that of normal condition.

It does not mean that 20 mSv is acceptable in all conditions.

Although it is not easy, we will aim to reduce the dose limit to **1 mSv** by various countermeasures.

1 mSv is not a boundary between safety and danger.

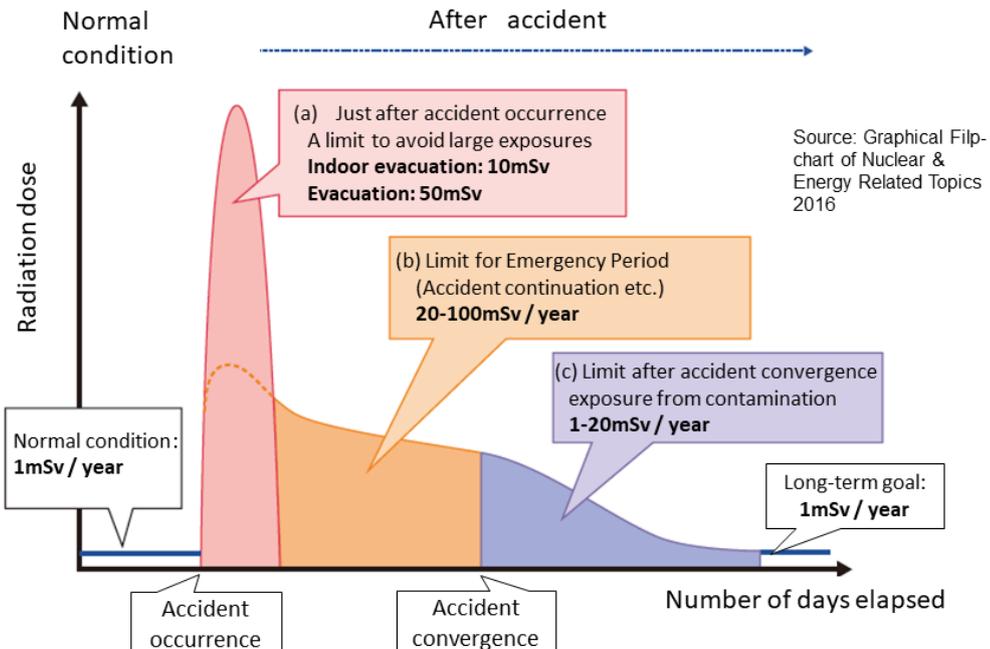


Create processing to : Unified Basic Data on Radiation Effects on Human Body (Ministry of the Environment, 2016)
Recommendation of International Radiation Protection (ICRP) ,2007



Concept of dose standards for radiation protection

After the accident convergence, the upper limit is 20 mSv per year.



JAEA Radioactive Materials Released from TEPCO Fukushima Dai-ichi NPS

Radioactive materials disperse by wind and affect human body via various pathways.

Wind Direction

Radioactive Materials Iodine / Cesium

Exposure to radiation from radioactive materials

Radioactive materials sticking to foods

Inhalation of radioactive materials

TEPCO Fukushima Dai-ichi

Now, the radioactive materials are not dispersed in the air.

JAEA What happens to the radioactive material taken in to the body

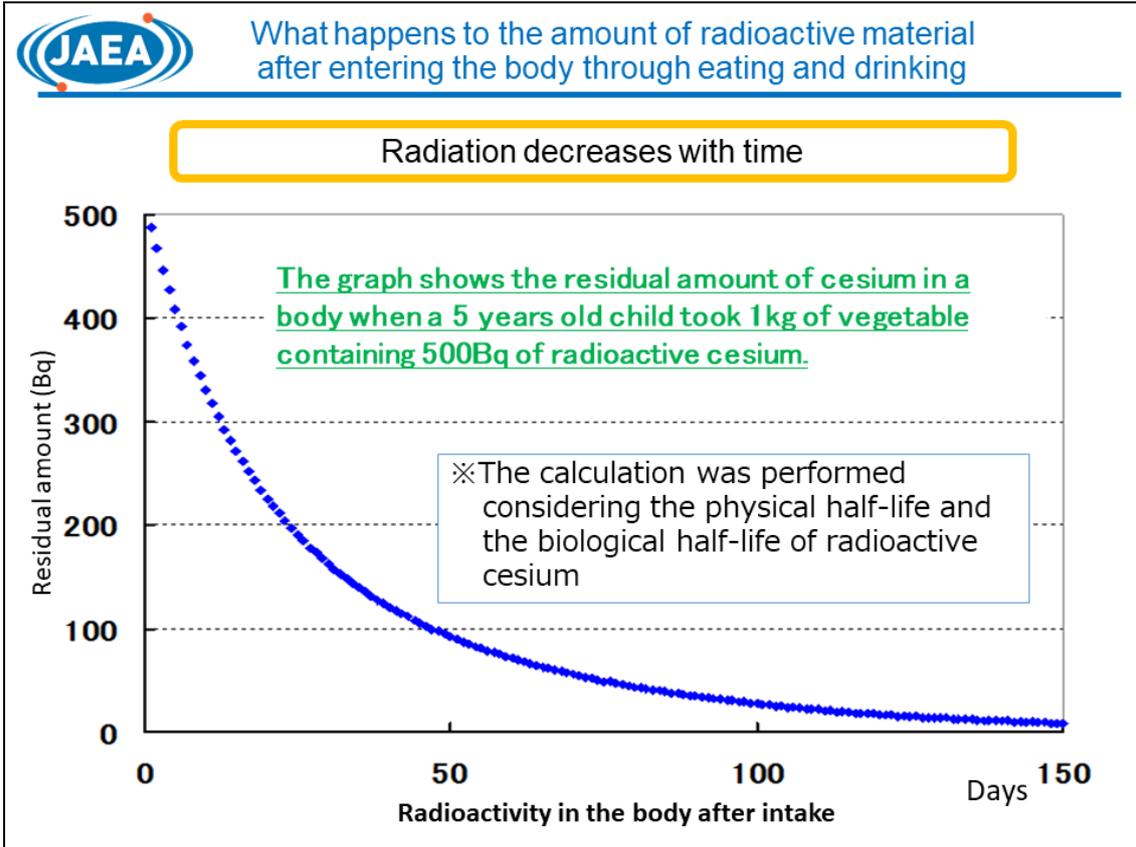
Most radioactive materials are excreted from the body.

When radioactive materials are taken into the body, most of them are excreted by biological processes (metabolism).

Nuclide	Physical Half-life	Biological Half-life	Accumulation
Iodine-131	8 days	Infant 11 days	Thyroid
		5 years olds 23 days	
		Adult 80 days	
Cesium-137	Approx. 30 years	1 years old 9 days	Muscle
		9 years old 38 days	
		30 years old 70 days	
		50 years old 90 days	

Children having a high metabolic rate compared to adults, radioactive materials are excreted in shorter period.

Create processing to : : Food Safety Commission of Cabinet Office, January 2012
(http://www.fsc.go.jp/sonota/emerg/radio_hyoka_kaisetu.pdf)



Calculation of internal exposure dose

Internal exposure dose when vegetables containing 100Bq/kg of cesium 137 are taken into the body (Adult).

When you eat 1 kg of vegetables containing 100 Bq/kg of cesium-137...
= 1.3μSv (0.0013mSv)

If you keep eating them for 1 month (30 days)...
= 39μSv (0.039mSv)

[formula]
Amount of radiation received (μSv) =
Effective dose coefficient (μSv/Bq) × Radioactivity concentration (Bq/kg) × Amount of foods and drinks (kg)

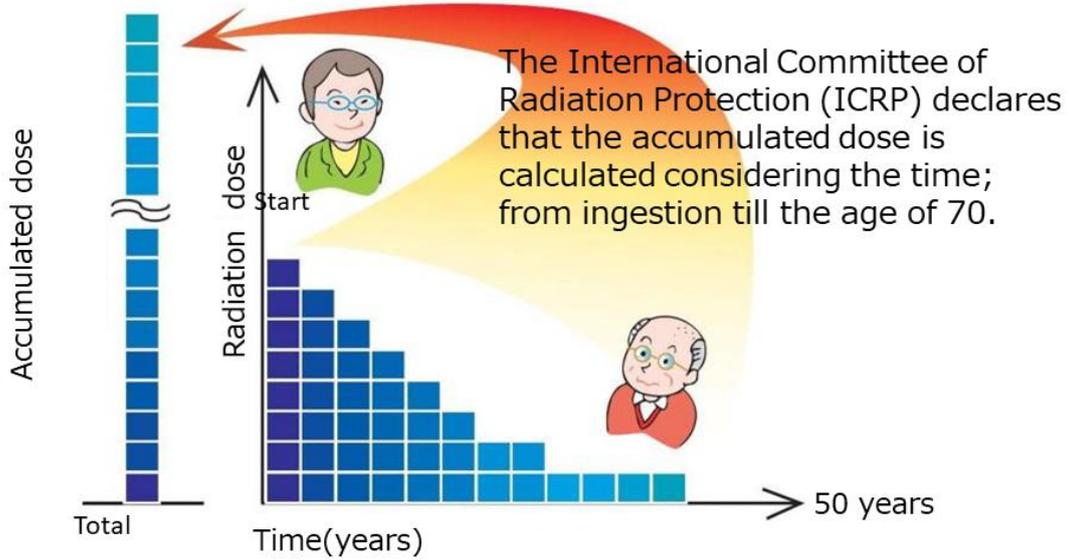
Amount of radiation received (μSv/Bq)		
	Lodine-131	Cesium-137
Three months old child	0.18	0.021
One year old child	0.18	0.012
Five years old child	0.10	0.0096
Adult	0.022	0.013

Source : Unified Basic Data on Radiation Effects on Human Body (Ministry of the Environment), 2016



Dose assessment of internal exposure dose (accumulated dose)

Evaluation of total exposure dose while radioactive material is present in the body.



Limit of intake on radioactive materials in food

Present limit of intake on radioactive materials in food is 1mSv per year.

Cesium provisional regulation values^{※1}

Food groups	Regulation value
Drinking water	200
Milk · Dairy products	200
Vegetables	500
Cereals	
Meat · Egg · Fish · Other	

※1 Specified values are set including radioactive strontium

5mSv / year

The current reference value of radioactive cesium^{※2}

Food groups	Regulation value
Drinking water	10
Milk · Dairy products	50
Vegetables	100
Cereals	
Meat · Egg · Fish · Other	50

※2 Specified values are set including radioactive strontium and plutonium, etc.

1 mSv / year

Create processing to : Unified Basic Data on Radiation Effects on Human Body (Ministry of the Environment, 2016)



Conclusion

- We are exposed to natural radiation of 2.4 mSv per year (world average).
- The radiological effect on incidence of cancer, leukemia, etc. has not been statistically positive for radiation doses less than 100 mSv.
- There are various risk factors of cancer.
cf. Habits such as smoking have higher risk of cancer.
- Please pay attention to the new information on radiation.



Answering Questions on Radiation

FOR WHO?

- ◆ for parents and teachers of elementary and junior high schools, kindergartens, etc. in Fukushima.

FOR WHAT?

- ◆ to deepen the scientific understanding of radiation.
- ◆ to remove unnecessary anxieties as much as possible.

HOW MANY TIMES TO HOW MANY PEOPLE?

- ◆ held 220 times and about 17,200 people participated by the end of February 2013.

HOW TO DO?

- ◆ A team of 4 members from JAEA to attend the meeting.
- ◆ After a brief explanation on the basics of radiation, the team answered all the questions from participants.
- ◆ The team was careful not to make it a one-way communication.

4. おわりに

日本では東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所事故後、国民が放射線に対して過剰な不安を持たないよう、また、放射線を正しく理解することにより、冷静な判断を持つことを支援するため、数多くのアウトリーチ活動がなされ、質の高い資料が作成されている。しかし、資料が日本語であるため海外において利用できないのが現状である。

前述のとおり、原子力機構が作成した「放射線に関するご質問に答える会」の資料は、公衆に放射線の理解を深めてもらうことを目的に作成されたものである。本英文化資料は、これから放射線の利用の促進や、原子力発電の導入を計画している国々における原子力の国民理解促進に役立つと期待されるものである。日本のアウトリーチ活動資料を英文化して、海外の人々が放射線に関して学べる資料を提供することは、国際的な原子力人材育成に大きく貢献するものと考えられる。また、英文化することで得られる、海外から本資料に対する改善に向けての提案などのコメントも期待したい。

参考文献

- 1) 渡部 陽子, 嶋田 麻由香, 山下 清信, みんなで学ぼう 放射線の基礎—中学生用放射線学習資料—, (Let's Start Learning Radiation — Supplementary Material on Radiation for Secondary School Students—), JAEA-Review 2014-044, 2015, 65p.
- 2) 環境省総合環境政策局環境保健部 放射線健康管理担当参事官室, 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所, 「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 (平成 28 年度版)」, (2016).
- 3) 日本科学技術振興財団, 放射線教育支援サイト “らでい”, <https://www.radi-edu.jp/> (参照: 2018 年 3 月 1 日).
- 4) 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構, 「放射線に関するご質問に答える会」, <https://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat02/> (参照: 2018 年 3 月 1 日).
- 5) 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構, 「放射線に関するご質問に答える会」説明資料例 (日本語), <https://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat02/pdf/sample.pdf> (参照: 2018 年 3 月 1 日).
- 6) 国際原子力機関(IAEA), ANENT 活動説明, <https://www.iaea.org/nuclearenergy/nuclearknowledge/networking/ANENT/> (参照: 2018 年 3 月 1 日).

参考資料

「放射線に関するご質問に答える会」



放射線に関するご質問に答える会

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



本日のご説明

1. 放射能の基礎的事項

- 放射線と放射能、半減期
- 自然界の放射線など

2. 被ばくと人体影響など

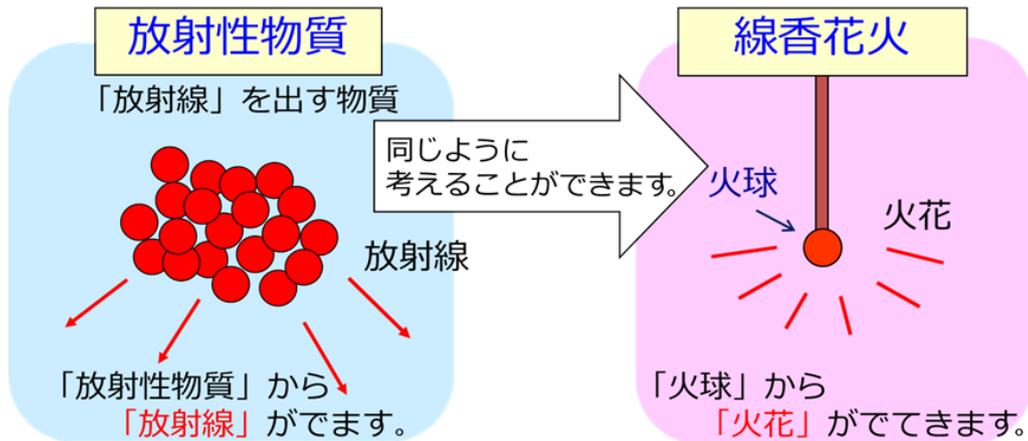
- 外部被ばく、内部被ばく、がんリスク
- 食品基準、野菜等の移行、水道水・井戸水

3. 質疑応答



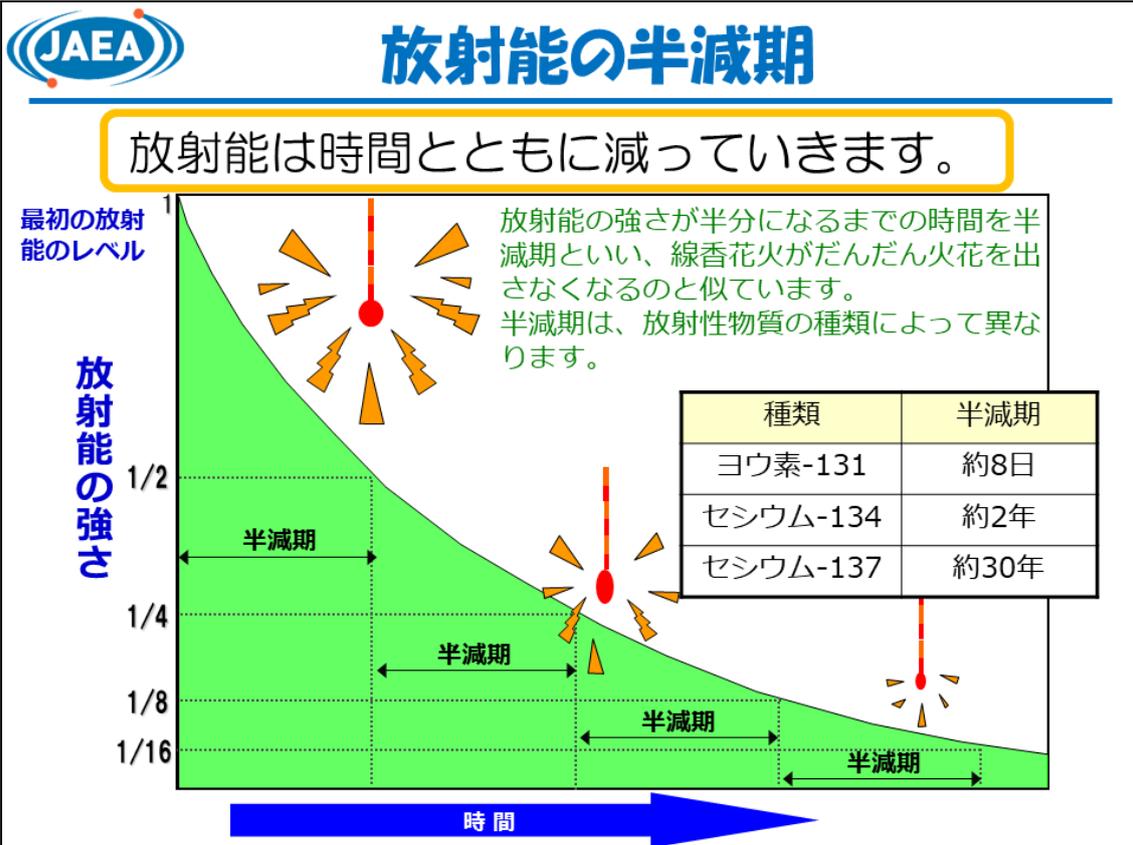
放射線と放射能について

放射能は放射線を出す能力



放射線を出す能力が「放射能」。

単位はベクレル (Bq)。1ベクレルは1秒間に約1回放射線を出してほかの核種に変化することです。



放射線や放射能の単位

私たちは自然界から放射線を受けています。

放射能
放射能の強さ(量)
(1秒間に何回放射線が出るか?)
単位: ベクレル(Bq) **パンチの数**

吸収線量
人の体や物に吸収された放射線のエネルギーの量
単位: グレイ(Gy) **パンチの威力**

等価線量
放射線が人体にどれだけ影響するか?
単位: シーベルト(Sv) **ダメージ(けが)の大きさ**

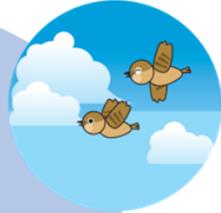


身の回りの放射線

私たちは自然界から放射線を受けています。

宇宙から降り注いでくる放射線を体に受ける。

空気中に含まれているラドンなどの放射性物質を吸い込んで放射線を体内から受ける。



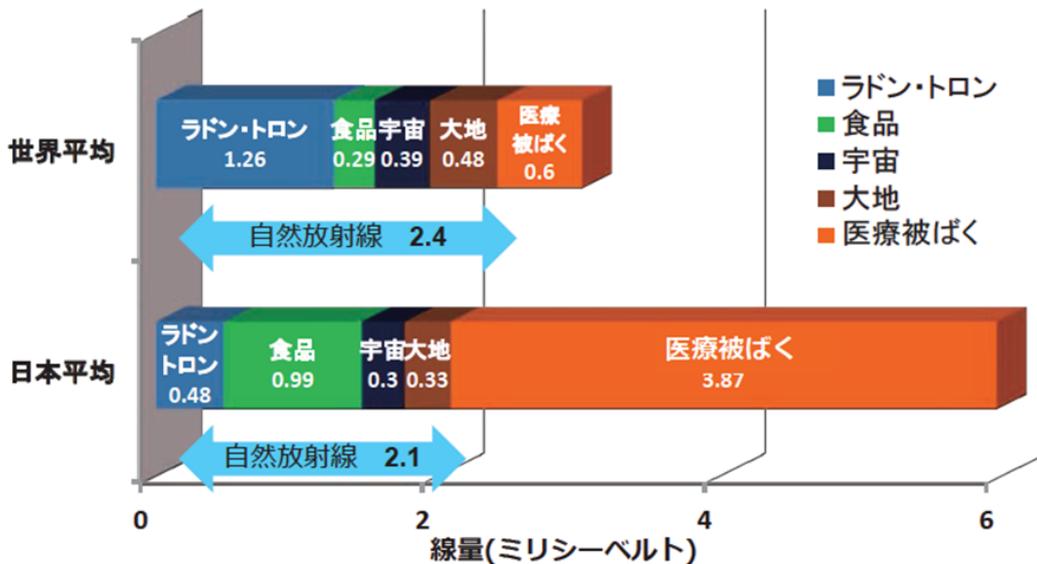
自然放射線

大地から出てくる放射線を体に受ける。

食べた食物に含まれている放射線を体内から受ける。

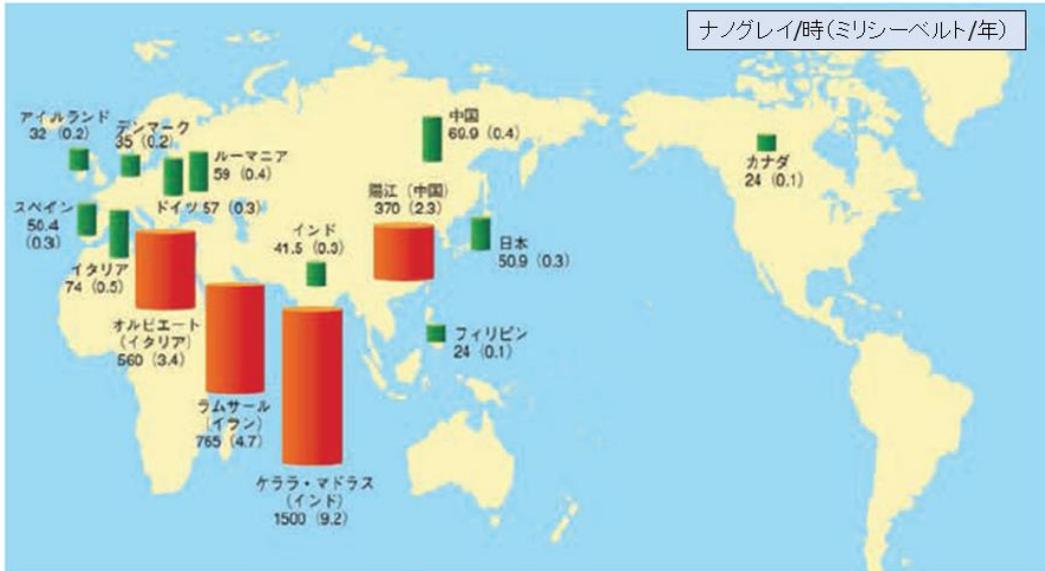


世界・日本における日常生活の被ばく



出典：放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料 平成28年度版 ver.2017001
 国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書
 （公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線」（平成23年）より作成

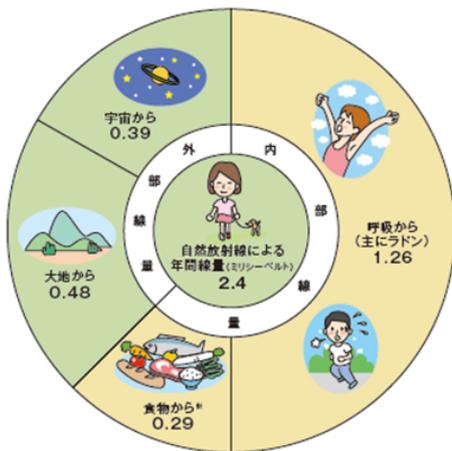
JAEA 世界各地の自然放射線による年間被ばく量



出典：放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料 平成28年度版 ver.2017001
 国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告書
 (公財) 原子力安全研究協会「生活環境放射線」(平成23年)より作成

JAEA 私たちが1年間に受ける放射線の量

世界平均で、年間2.4ミリシーベルトの自然放射線を受けています。



+

プラス

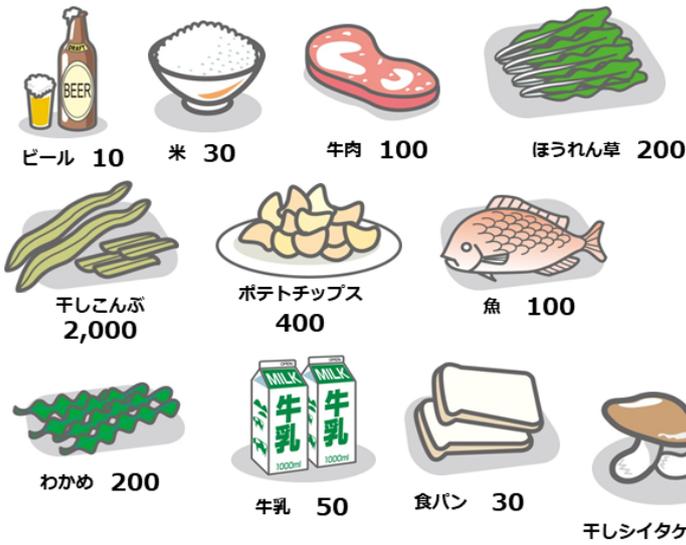
出典：原子力・エネルギー図面集2016
 国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告書、
 (公財) 原子力安全研究協会「新版生活環境放射線 (平成23年)」より作成



食品中、体内の放射性物品

体重60kgの人の体内には
約7,000ベクレルの放射性物質があります。

単位：Bq

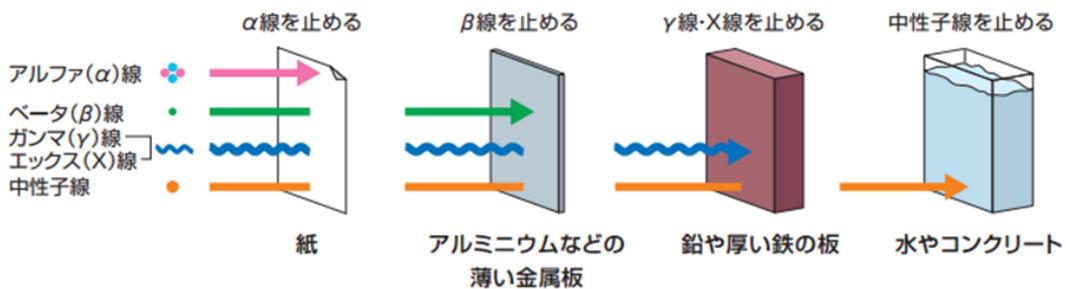


カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

出典：原子力・エネルギー図面集2016



放射線の種類と性質



出典：「放射線等に関する副読本」（文部科学省）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/attach/1314239.htm

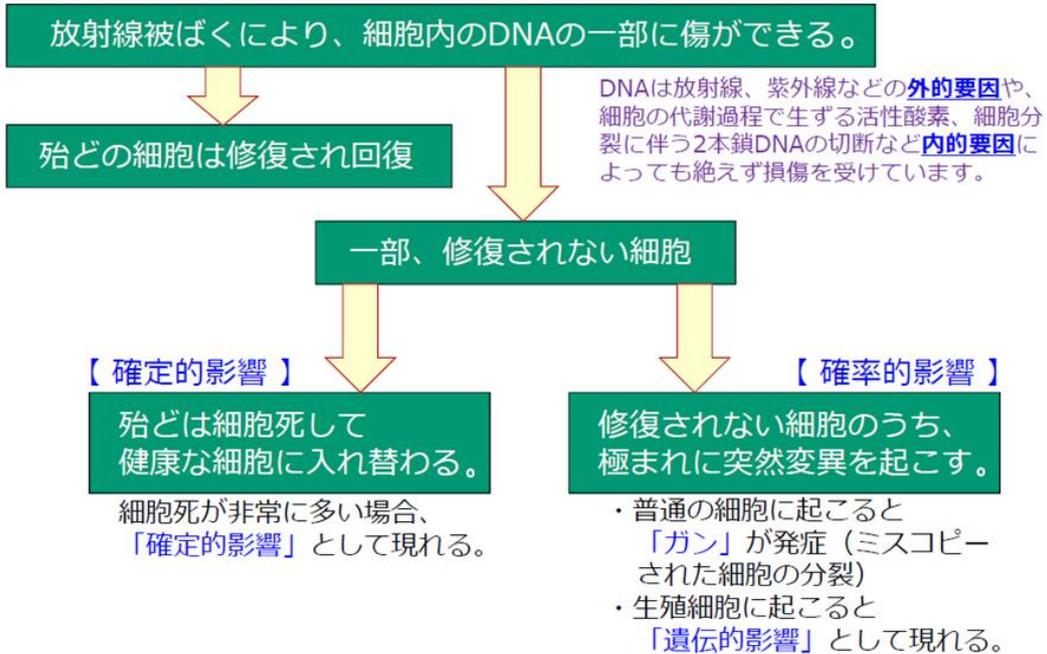


放射線が体の中を通るとどうなるの？

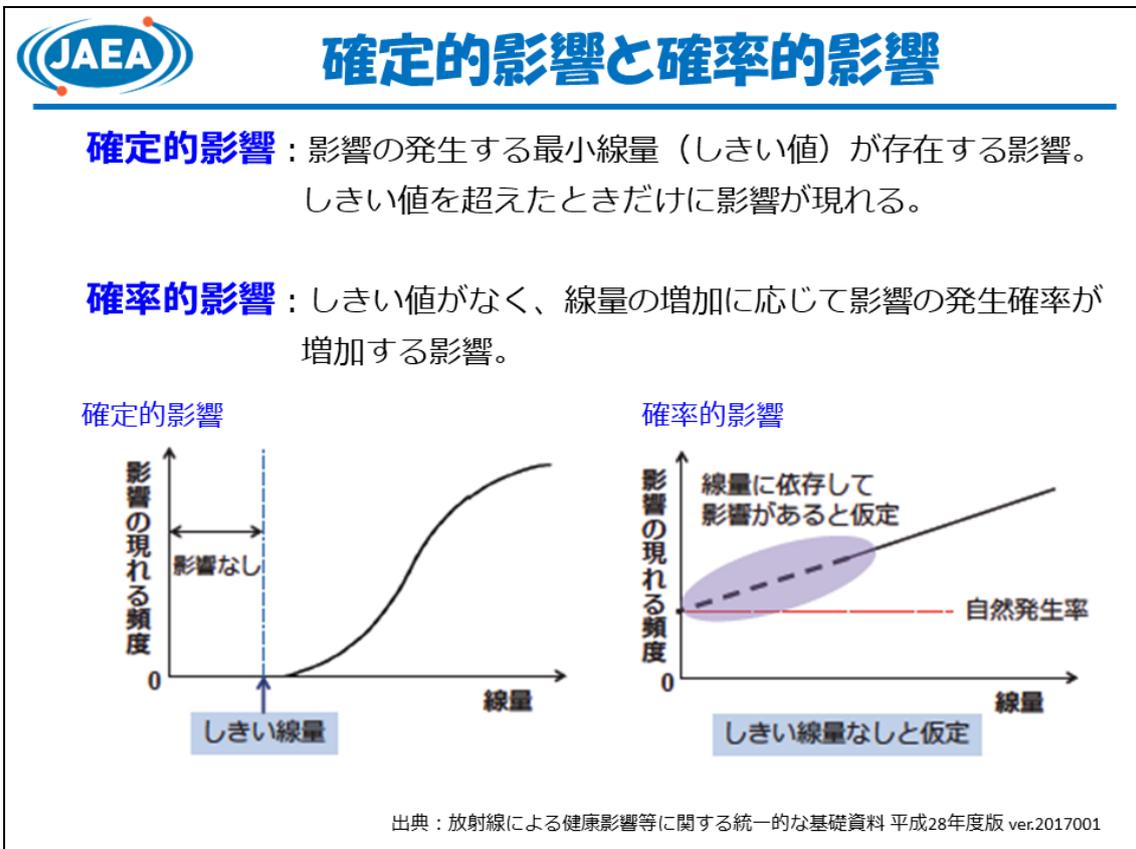
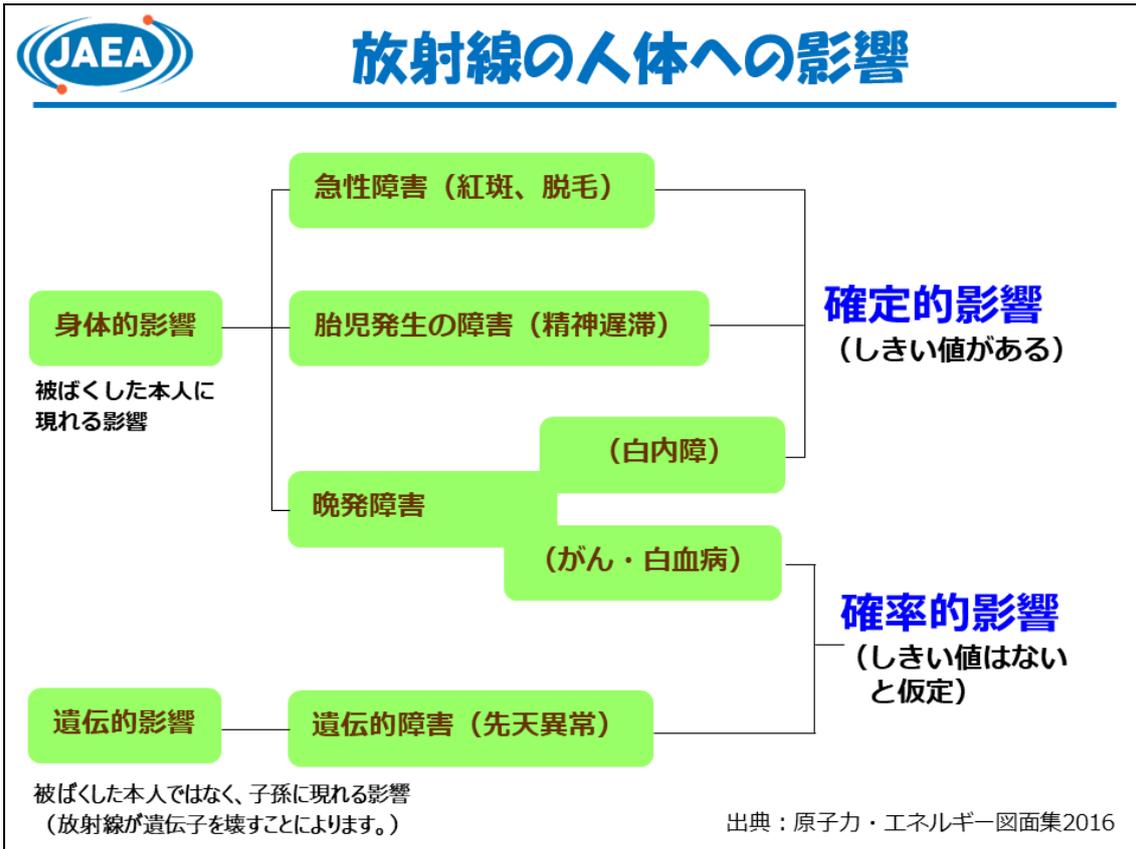
人体の細胞内のDNAが傷つきます。



放射線への人体への影響



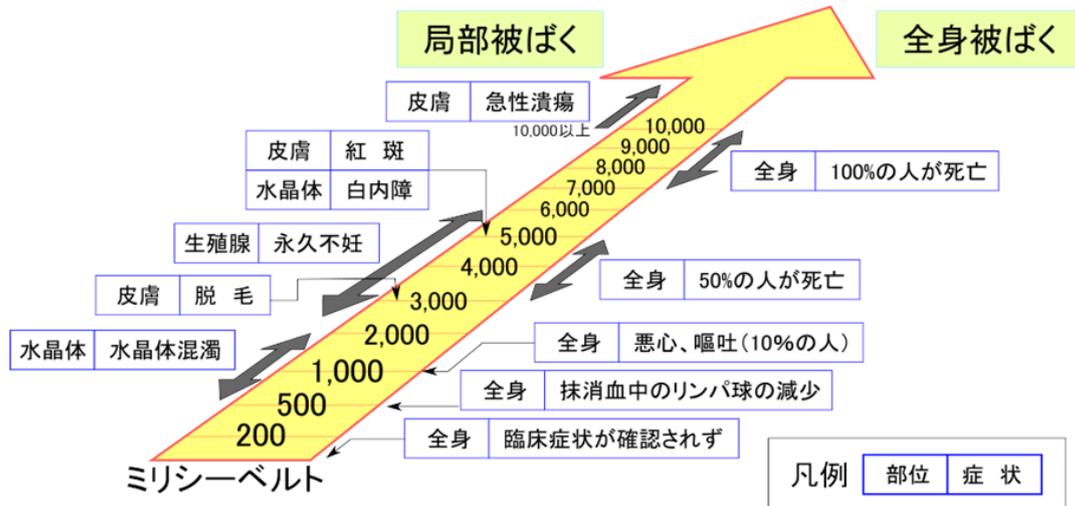
参考：放射性物質を含む食品による健康影響に関するQ&A（食品安全委員会）
http://www.fsc.go.jp/sonota/emerg/radio_hyoka_qa.pdf





放射線の量と人体影響

～放射線を一度にうけた場合～



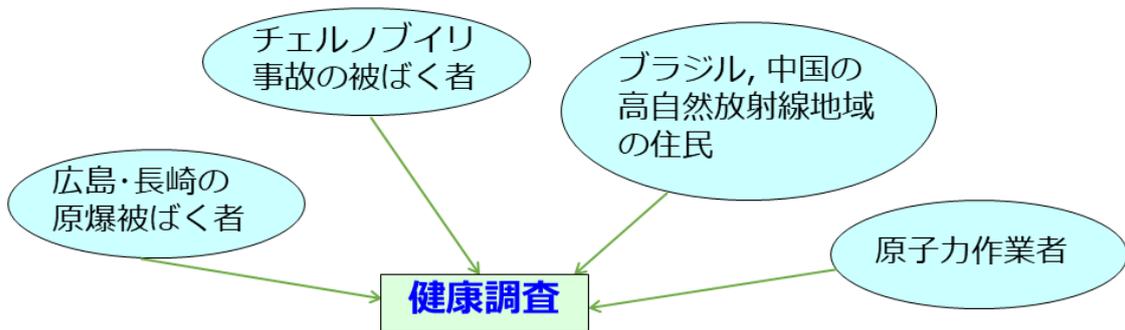
出典：原子力・エネルギー図面集2016



放射線被ばくによる将来影響

100ミリシーベルトより少ない放射線量では、がんや白血病などの発生率への影響は統計的には明らかになっていません。

被ばくの将来影響 → がん、遺伝的影響が心配

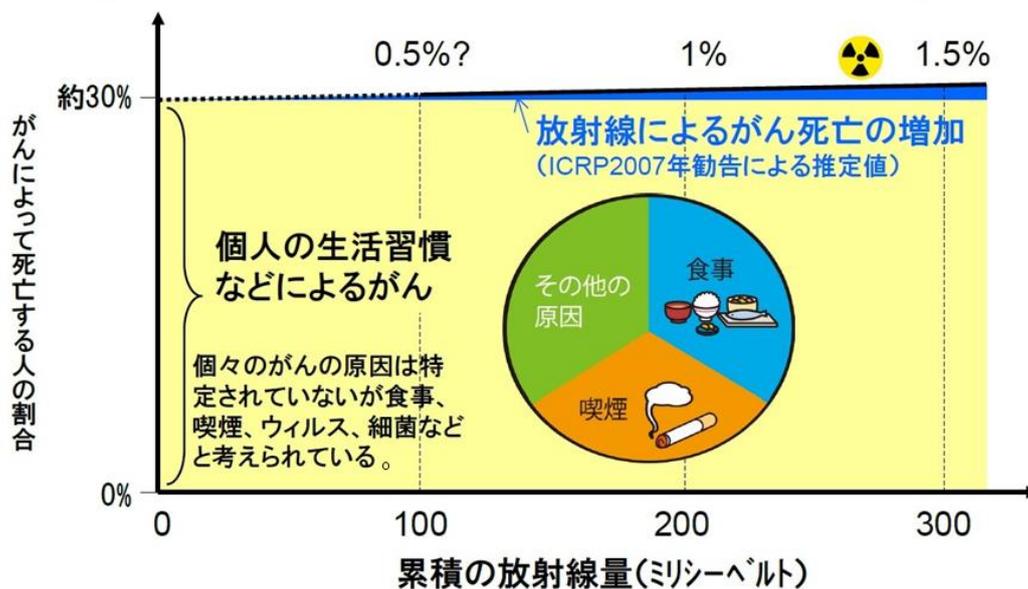


放射線防護の基本は合理的に可能な限り被ばくを避けることです。

参考：低線量放射線の健康影響について(旧原子力安全委員会 平成23年5月26日改定)
<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2899572/www.nsc.go.jp/info/20110526.html>

JAEA 100ミリシーベルト以上の場合はどうなるの？

癌による死亡率が高まります。



出典：放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料 平成28年度版 ver.2017001

JAEA ガンの様々なリスク

1,000~2,000mSvの短時間の全身被ばく	1.80倍 (80%↑)
喫煙者、毎日3合以上の飲酒	1.60倍 (60%↑)
500~1,000mSvの短時間の全身被ばく 毎日2合程度の飲酒	1.40倍 (40%↑)
やせすぎ	1.29倍 (29%↑)
肥満	1.22倍 (22%↑)
200~500mSvの短時間の全身被ばく	1.19倍 (19%↑)
運動不足	1.15~1.19倍 (15~19%↑)
塩分の取りすぎ	1.11~1.15倍 (11~15%↑)
100~200mSvの短時間の全身被ばく	1.08倍 (8%↑)
野菜不足	1.06倍 (6%↑)
受動喫煙	1.02~1.03倍 (2~3%↑)

※mSv：ミリシーベルト

がんは放射線以外の様々な要因によっても発生

参考：国立研究開発法人国立がん研究センター 「わかりやすい放射線とがんのリスク」 2014年7月改訂版
https://www.ncc.go.jp/jp/other/shinsai/higashinohon/cancer_risk.pdf



外部被ばくと内部被ばく

被ばくには2種類あります。



外部被ばく

身体の外にある放射性物質
から放射線を受けること



内部被ばく

身体の中に入った放射性物質
から放射線を受けること

- ◆ 外部被ばくは、マスクや衣服により防ぐことはできません。
- ◆ 内部被ばくの場合、ヨウ素131のように、甲状腺に集まるなどの特徴を持つものがあります。



放射線被ばくを低減するには？

距離、時間、遮蔽などの対策があります。

- ① 放射線の発生源から距離を置く。
- ② 放射線を受ける時間を短くする。
- ③ 放射線を遮るものを置く。
- ④ 体に取り込む量を少なくする。



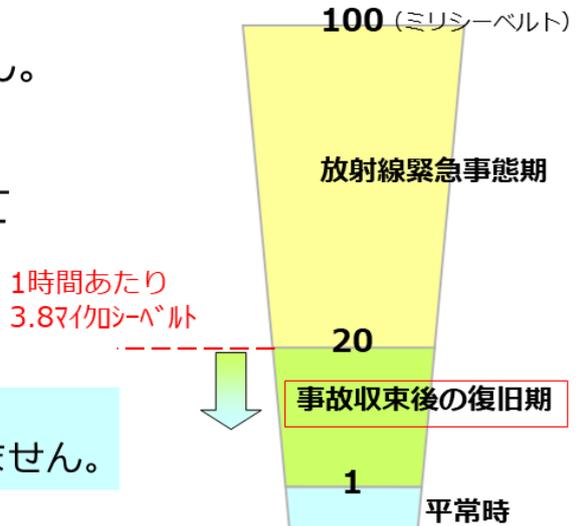
線量基準の上限値(年間20ミリシーベルト)

事故時（非常時）と平常時では基準が異なります。

20ミリシーベルトでよいということではありません。

簡単ではありませんが、今後、様々な対策によって **1ミリシーベルト** を目指していきます。

1ミリシーベルトは、安全と危険の境界値ではありません。

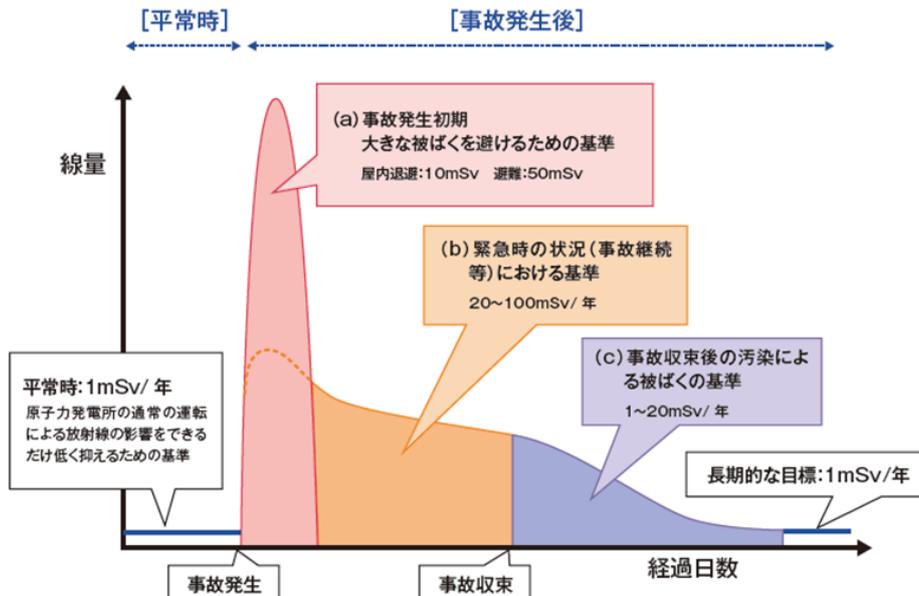


参考：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成28年度版 ver.2017001 を加工して作成 放射線の目安 (ICRP) 国際放射線防護委員会 (ICRP) の2007年勧告より作成



放射線防護の線量基準の考え方

事故収束後は、年間20ミリシーベルトを上限



出典：原子力・エネルギー図面集2016

JAEA 福島原発から放出された放射性物質

放射性物質は風によって運ばれ、いろいろな経路で人に影響します。

風向き

放射性物質

ヨウ素 セシウム

放射性物質からの放射線を受ける

食物等への放射性物質の付着

放射性物質の吸入

福島原子力発電所

現在、放射線物質は空気中に飛散していません。

JAEA 体内に入った放射性物質はどうなるか？

体外に排出されます。

体内に取り込まれた放射性物質は、代謝や排泄などの生物学的な過程（新陳代謝）により体外に排出されます。

	物理的半減期	生物学的半減期	体内で集まりやすい場所
ヨウ素-131	8日	乳児（11日） 5歳児（23日） 成人（80日）	甲状腺
セシウム-137	約30年	1歳まで（9日） 9歳まで（38日） 30歳まで（70日） 50歳まで（90日）	筋肉

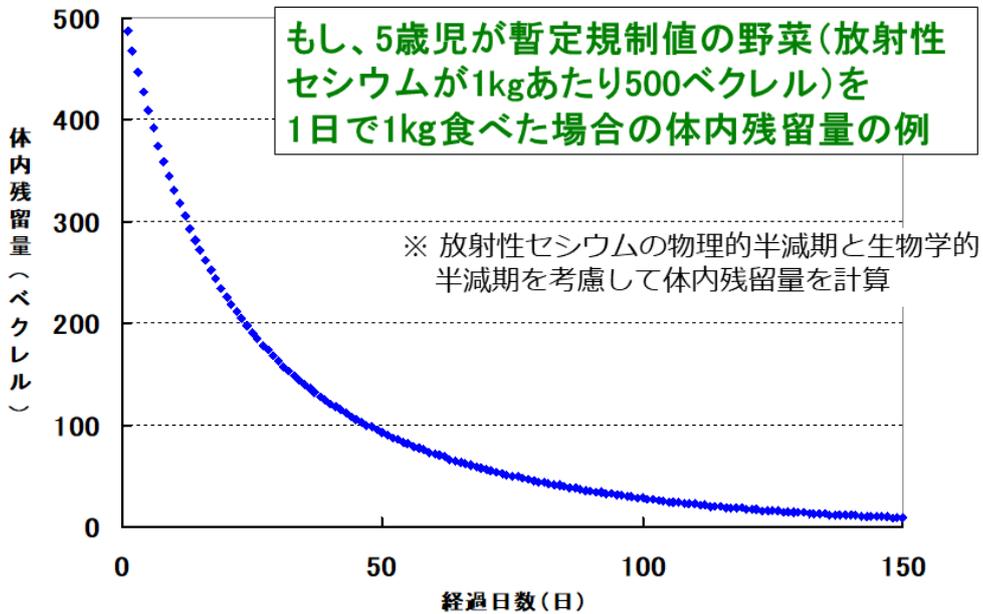
子供の場合は大人と比べて新陳代謝が活発ですので、早く体外に排出されます。

参考：内閣府 食品安全委員会資料 平成24年1月 (http://www.fsc.go.jp/sonota/emerg/radio_hyoka_kaisetu.pdf) を加工して作成



飲食によって入った放射性物質の量は？

時間とともに減っていきます。



内部被ばく線量の計算

食品基準値と同じ放射能濃度の野菜を食べた場合(成人)

100ベクレル/kgのセシウム-137が含まれる野菜を1kg食べたら・・・ = 1.3マイクロシーベルト (0.0013ミリシーベルト)

それを1か月(30日)続けたら・・・

= 39マイクロシーベルト (0.039ミリシーベルト)

【計算式】

受ける放射線の量 (マイクロシーベルト) = 実効線量係数 (マイクロシーベルト/ベクレル) × 放射能濃度 (ベクレル/kg × 飲食した量 (kg))

実効線量係数 (μSv/Bq)

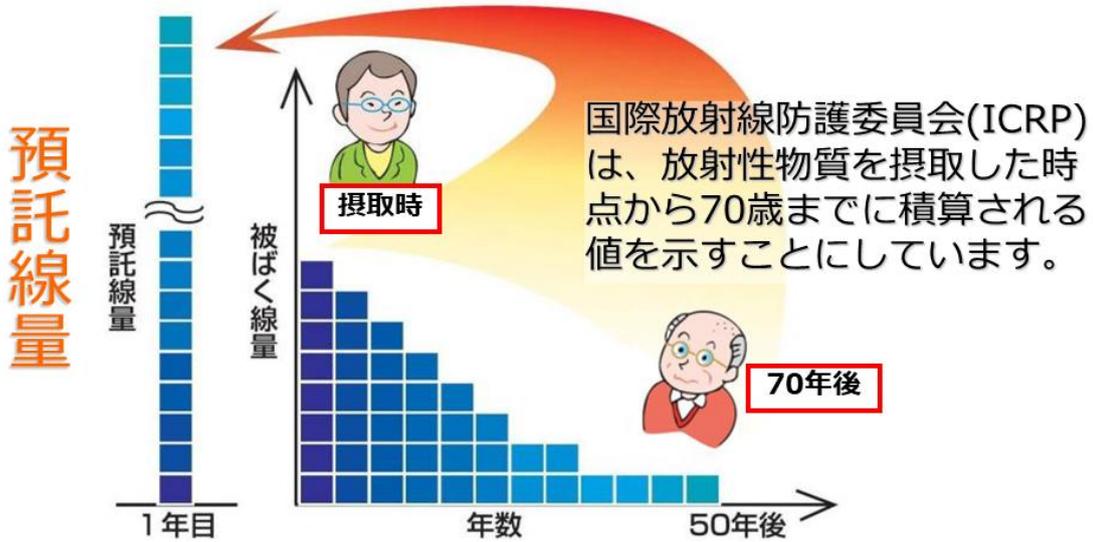
	ヨウ素131	セシウム137
3か月児	0.18	0.021
1歳児	0.18	0.012
5歳児	0.10	0.0096
成人	0.022	0.013

出典：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料
平成28年度版 ver.2017001



内部被ばく線量の線量評価(預託線量)

放射性物質が体内に存在する間の
総被ばく線量を評価します。



食品中の放射性物質の新基準値

年間1ミリシーベルトに引き下げました。

○放射性セシウム¹³⁷の暫定規制値※1

食品群	規制値
飲料水	200
牛乳・乳製品	200
野菜類	500
穀類	
肉・卵・魚・その他	

※1 放射性ストロンチウムを含めて規制値を設定

○放射性セシウム¹³⁷の現行基準値※2

食品群	基準値
飲料水	10
牛乳	50
一般食品	100
乳児用食品	50

(単位:ベクレル/kg)

※2 放射性ストロンチウム、プルトニウム等を含めて基準値を設定

5ミリシーベルト/年

1ミリシーベルト/年



ま と め

- 私たちは、年間2.4ミリシーベルト(世界平均)の自然放射線を受けています。
- 100ミリシーベルトより少ない放射線量では、ガンや白血病などの発生率への影響は、統計的に明らかになっていません。
- ガンには様々な要因があります。喫煙などの生活習慣によるものは比較的高い傾向があります。
- 今後も引き続き、放射線に関する情報を入手しましょう。

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光路長	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎立方メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ¹² cm ²) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロ	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

