เรียนรู้เรื่องรังสีจากกรณีซีเซียม (Basic Radiation from Cs-137 Incident)

Krisanat Chuamsaamarkkee Ph.D.

Assistant Professor, Medical Physicist

Division of Nuclear Medicine

Department of Diagnostic and Therapeutic Radiology,

Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University

E-mail: krisanat.ch@gmail.com

Facts

- Radiation is a fact of life - all around us, all the time

- There are two classes of radiation
  - Non-ionizing radiation
  - Ionizing radiation

- The origin of the radiation
  - Natural radiation
  - Artificial (human-made) radiation

How often of Radiation Incidents?

- Rare compare to other incidents/accidents

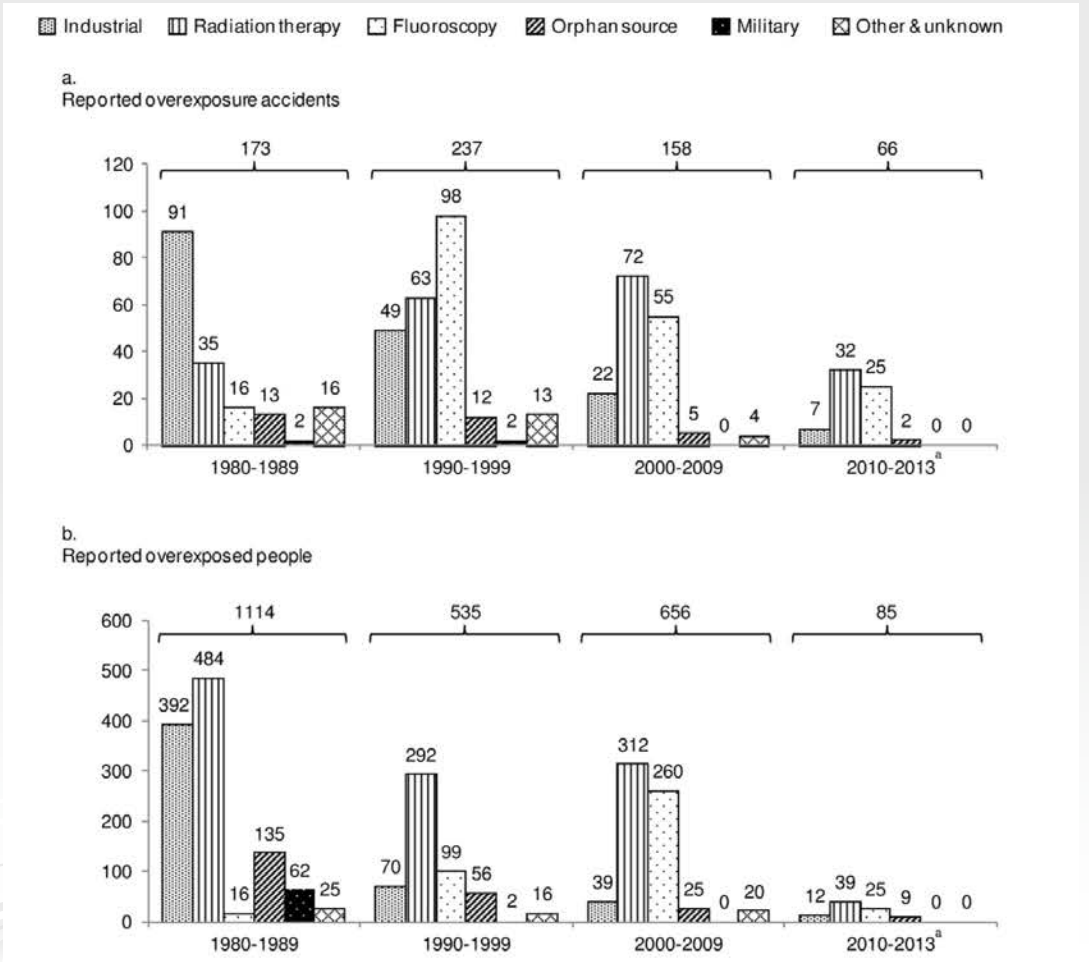
PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Reported Radiation Overexposure Accidents Worldwide, 1980-2013: A Systematic Review

Karen Coeytaux[1]*, Eric Bey[2], Doran Christensen[3], Erik S. Glassman[3], Becky Murdock[3], Christelle Doucet[4]

1 Episight Consulting, Summit, New Jersey, United States of America, 2 Plastic and Reconstructive Surgery Department, Percy Military Hospital, Clamart, France, 3 Radiation Emergency Assistance Center/Training Site (REAC/TS), Oak Ridge, Tennessee, United States of America, 4 Celogos, Paris, France



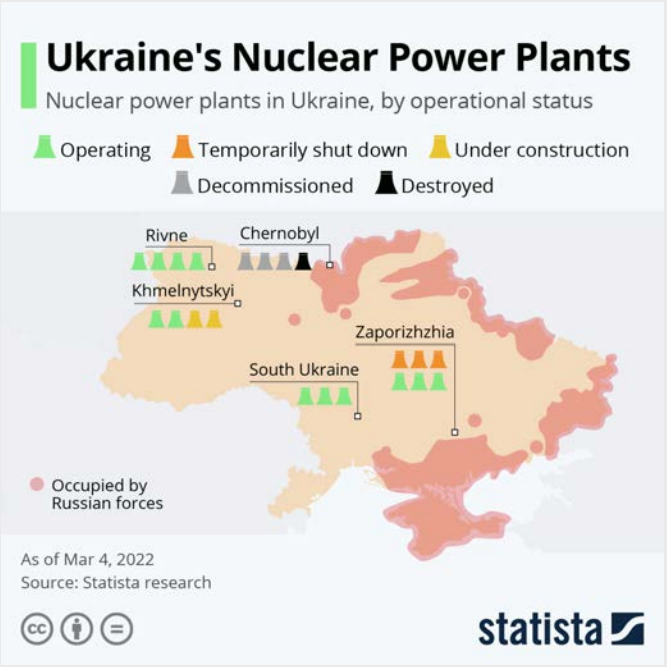
RUSSIA-UKRAINE CONFLICT | WORLD

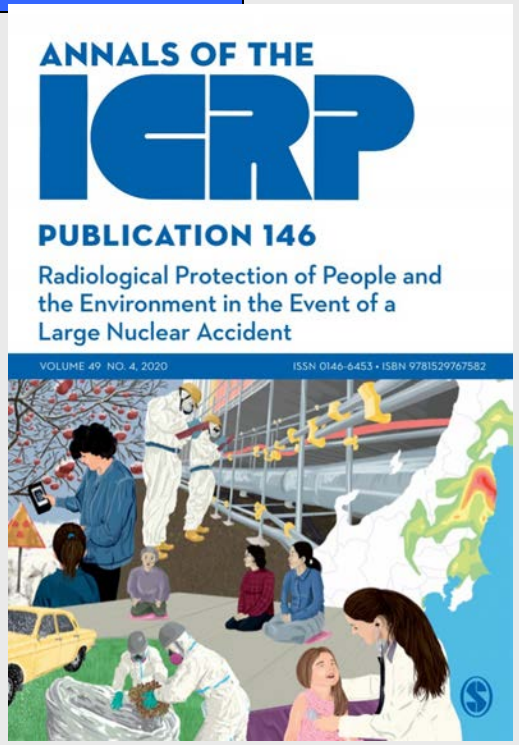
Russian rockets slam into Ukrainian city near Europe's biggest nuclear power plant

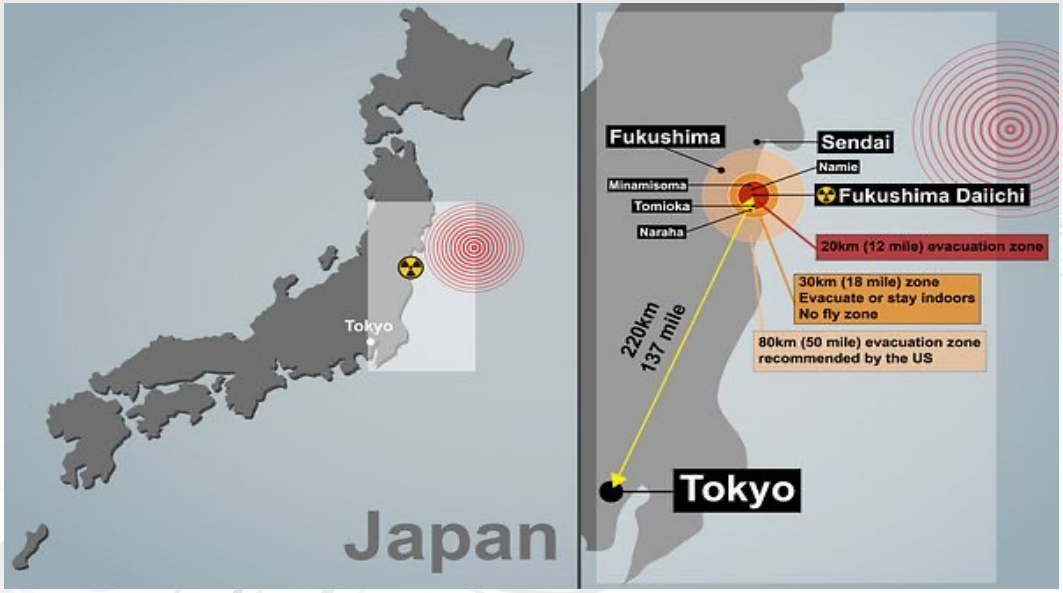
AP

KYIV OCTOBER 06, 2022 17:53 IST
UPDATED: OCTOBER 06, 2022 18:34 IST

SHARE ARTICLE | PRINT | A | A | A

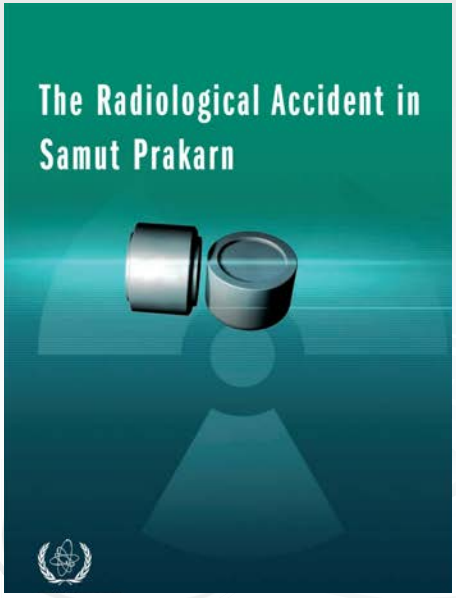






ไทยรัฐ
ข่าว วิดีโอ หนังสือพิมพ์ ไทยรัฐทีวี ไลฟ์สไตล์ กีฬา บันเทิง ดวง หวย นิยาย โปรโมชั่น
Live
12 พ.ค. 2559 15:55 น.
ก.วิทย์ฯ ยัน สารในโกดังพหลฯ 24 คือ 'อิริเดียม 192' ไม่รั่วไหล (ชมคลิป)
SPONSORED
NIVEA MEN
อยากหอมเนียบ

News > World > Asia
'Magic' cards sold in Thailand to cure diseases 'found to emit dangerous levels of radioactivity'
Locals allegedly place £38 cards on different parts of their body and even dip them in drinking water
Tom Embury-Dennis • Thursday 20 June 2019 07:19 • Comments
KARTU SAKTI
KESEHATAN . BAHAN BAKAR . LISTRIK
61917
World Peace Commitee 202 Countries


The Radiological Accident in Samut Prakarn

Cesium-137(US), Caesium-137

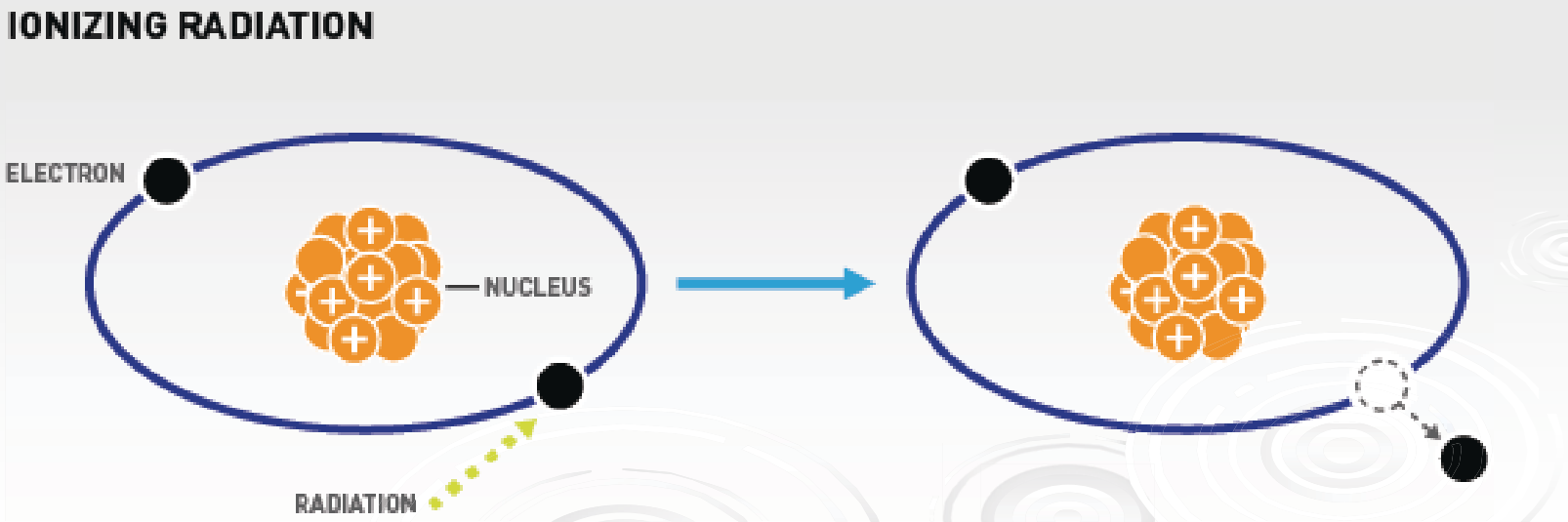
รูปภาพแสดงลักษณะของวัสดุกัมมันตรังสีที่เกิดเหตุ

What is radiation?

- รังสีคือ พลังงานที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิด ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ แสงสว่าง รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมาและรังสีคอสมิก และ/หรือในลักษณะของอนุภาคที่ เช่น แอลฟา และบีตา เป็นต้น โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ รังสีชนิดก่อประจุ (ionizing radiation) และไม่ก่อประจุ (non-ionizing radiation) โดยมีทั้งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น

Ionizing Radiation

- Ionising radiation - higher energy **can strip electrons away from atoms**
- it's a type of radiation that is able to disrupt atoms and molecules on which they pass through, giving rise to ions and free radicals

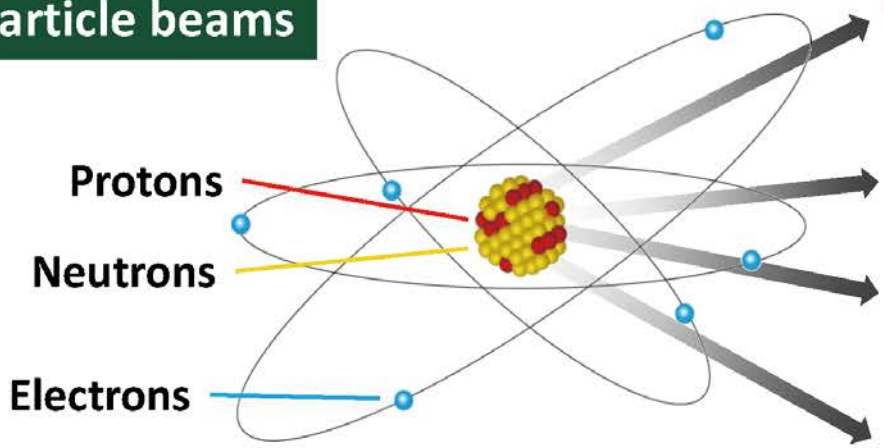


Radiation

Types of Ionizing Radiation

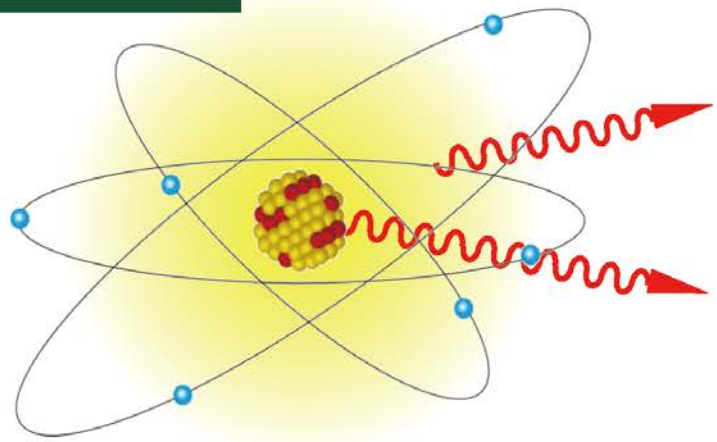
Ionizing radiation — Radiation that causes ionization

Particle beams



- **α-particles** (helium nuclei ejected from a nucleus)
- **β-particles** (electrons ejected from a nucleus)
- **Neutron beams** (produced in nuclear reactors, accelerators, etc.)
- **Proton beams** (produced in accelerators, etc.)

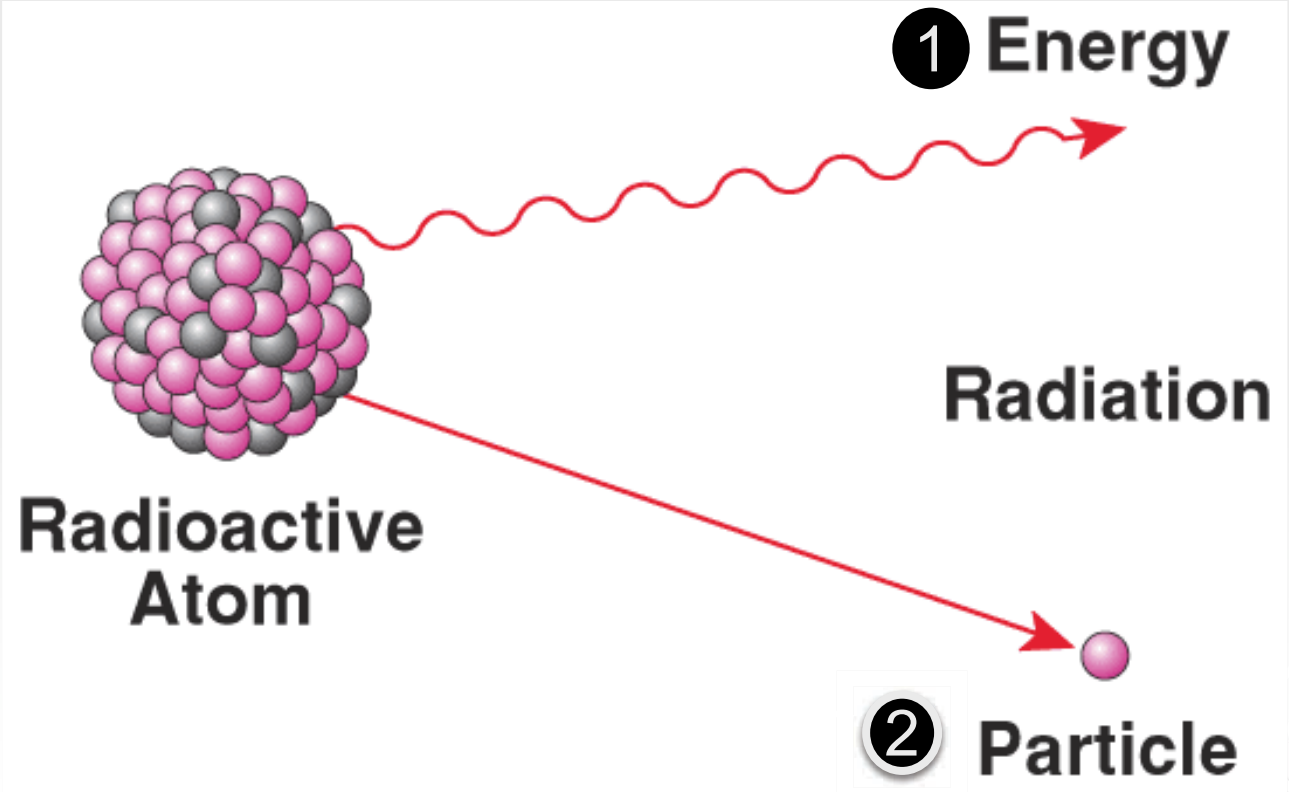
Electromagnetic waves



- **X-rays** (generated outside a nucleus)
- **γ-rays** (emitted from a nucleus)

Radioactive Nuclide สารกัมมันตรังสี

สารกัมมันตรังสี คือ ธาตุที่มีการสลายตัวและปล่อยรังสี ซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่งออกจากตัวเองตลอดเวลา จนกว่าจะหมดอายุ โดยมีครึ่งอายุเฉพาะตัวต่าง ๆ กัน เช่น ไอโอดีน-131 มีครึ่งอายุ 8 วัน แร่ซีเซียม-137 มีครึ่งอายุ 30 ปี เป็นต้น



Gamma Radiation

- Alpha
- Electron (beta)
- Positron
- Proton
- Neutron

▶ Particles - alpha, beta, positron, neutron

อนุภาค - รังสี	คุณสมบัติ
อนุภาคแอลฟา	อนุภาคที่มีประจุบวก อำนาจทะลุทะลวงต่ำ ผ่านอากาศได้เพียง 2-3 ซม. ไม่สามารถทะลุผ่านกระดาษหรือผิวหนังได้ และเป็นอันตรายเมื่อเข้าสู่ร่างกาย
อนุภาคบีตาหรืออนุภาคโพสิตรอน	อนุภาคอิเล็กตรอนหรือ โพสิตรอน ที่ถูก ปล่อยออกมาจากนิวเคลียส สามารถกั้นได้ด้วยแผ่นพลาสติก เป็นอันตรายเมื่อเข้าสู่ร่างกาย (แต่น้อยกว่าแอลฟา)
นิวตรอน	อนุภาคนิวตรอนถูกปลดปล่อยออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ หรือวัสดุกมมันตรังสีถูกปลดปล่อยออกมาเป็นกลุ่มคล้ายลำรังสี อำนาจทะลุทะลวงสูง วัสดุกำบังที่ดีคือคอนกรีตหนาหรือตัวดูดซับนิวตรอน เช่น น้ำ โบรอน

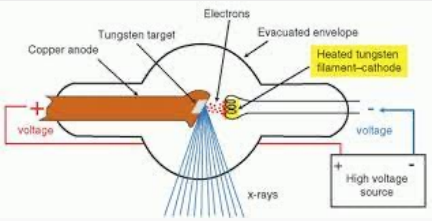
รังสีแกมมา Vs. รังสีเอกซ์

รังสีแกมมา

เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ (ภายในนิวเคลียส) มัก เกิดร่วมกับการปลดปล่อยอนุภาคแอลฟาและบีตา

รังสีเอกซ์

เกิดจากพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการ เปลี่ยนแปลงของอิเล็กตรอน (ในชั้นวงโคจร อิเล็กตรอนของอะตอม)

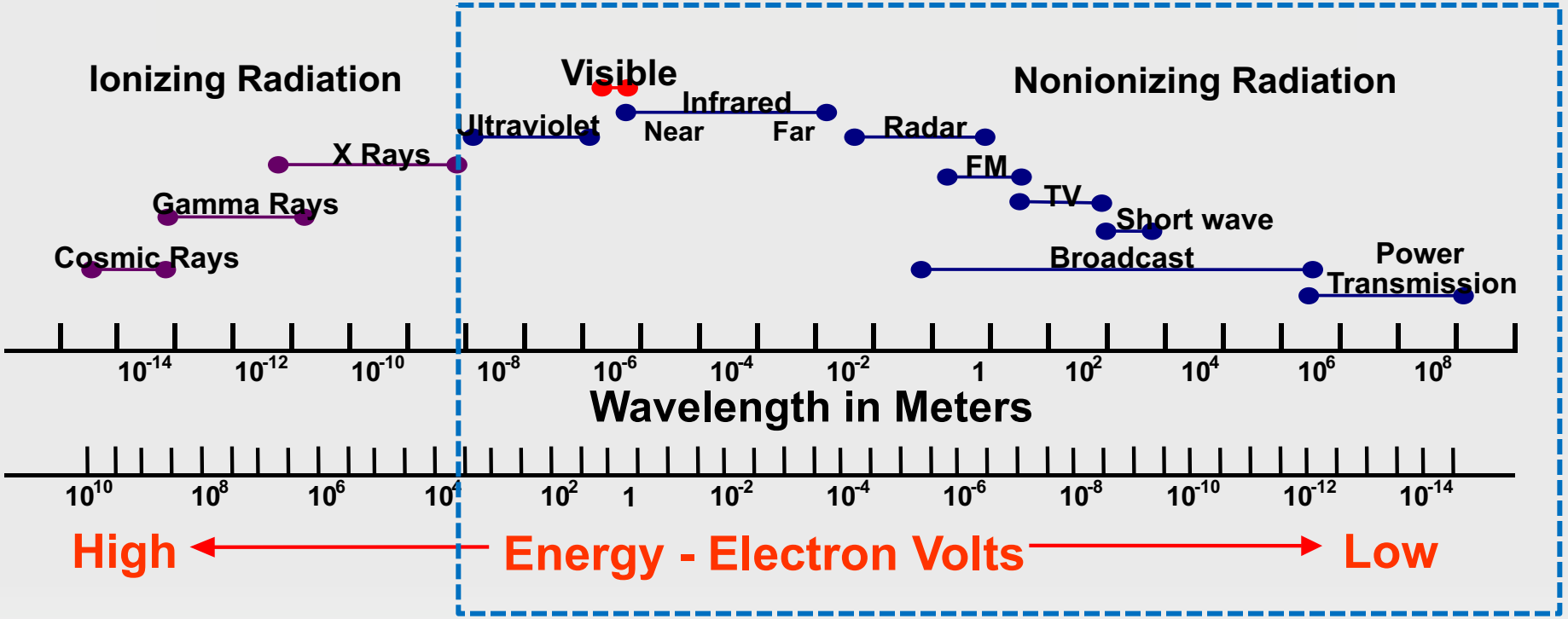


เครื่องเอกซเรย์เกิดจากการเร่งอิเล็กตรอนให้ชนกับอะตอมธาตุโลหะหนักบางชนิดที่ใช้เป็นเป้า (target) เช่น ทังสเตน แล้วเกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งเครื่องจะผลิตรังสีเอกซ์เมื่อมีการเดินเครื่องเท่านั้น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกรวม ๆ ว่า photon (โฟตอน) - อนุภาคของคลื่นแม่ เหล็กไฟฟ้า)

HPS

Ionizing Vs. Nonionizing



- **Non-ionizing radiation** - low energy electromagnetic waves, not enough energy to pull electron from orbit – only excite e^- molecules and atoms
- **Effect** – damage cornea, skin – redness, burning, ageing, skin cancer

How radiation is measured?

- Measuring radiation activity
- Measuring radiation exposure

HPS

Units of Activity

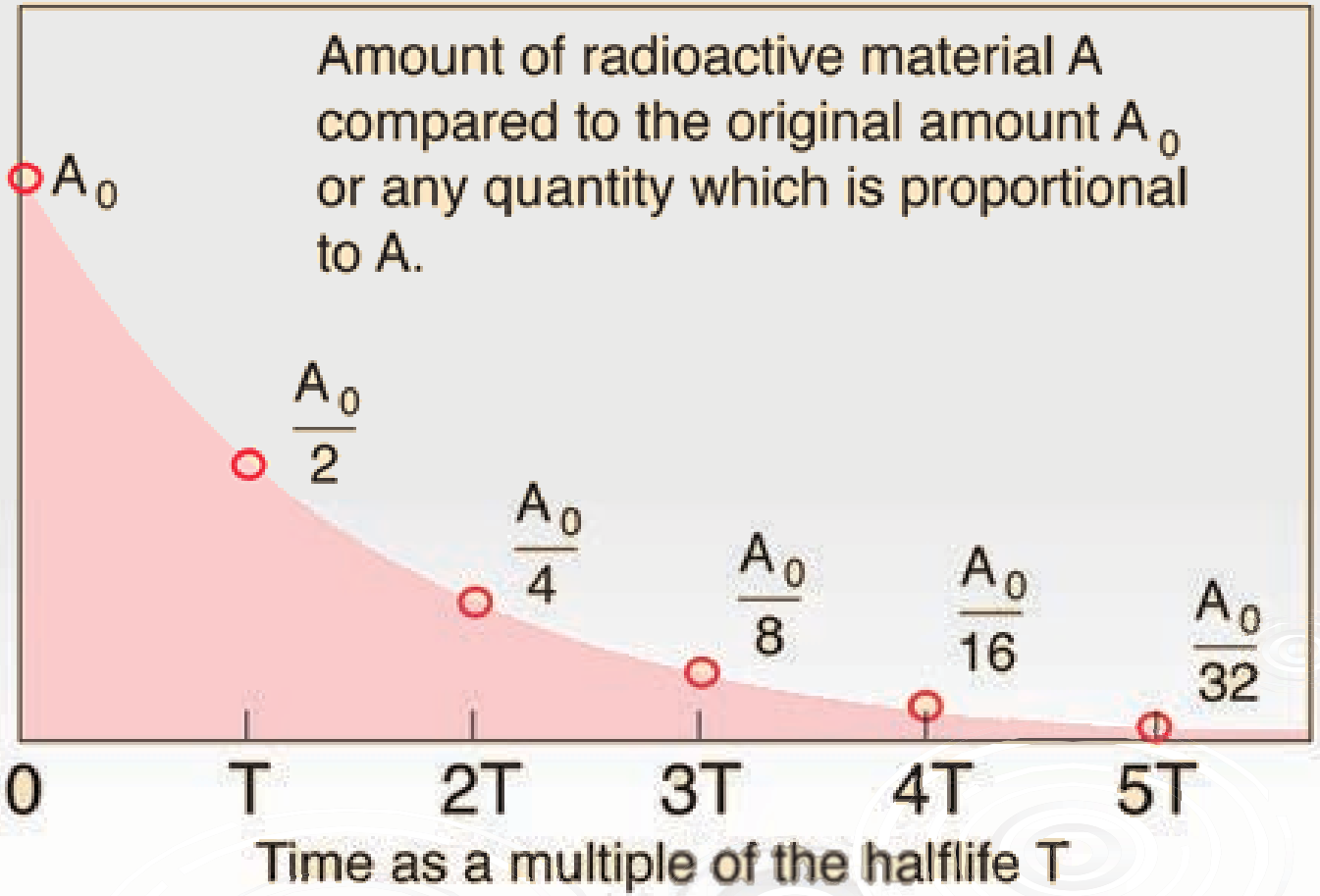
- Units of activity quantify the amount (quantity) of radiation emitted by a given radiation source
- SI unit of activity is becquerel (Bq)
- 1 Bq is defined as one decay (disintegration) per second (dps)
- Former unit is curie (Ci) 1 Ci = 3.7×10^{10} Bq = 3.7×10^{10} dps

HPS

Activity and Half-Life

$$A = A_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$= A_0 e^{\frac{-.693\,t}{T_{1/2}}}$$



Half-Lives of Some Radioisotopes

TABLE 5.7 Half-Lives of Some Radioisotopes

Element	Radioisotope	Half-Life	Type of Radiation
Naturally Occurring Radioisotopes			
Carbon-14	$^{14}_{6}C$	5730 yr	Beta
Potassium-40	$^{40}_{19}K$	1.3×10^9 yr	Beta, gamma
Radium-226	$^{226}_{88}Ra$	1600 yr	Alpha
Strontium-90	$^{90}_{38}Sr$	38.1 yr	Alpha
Uranium-238	$^{238}_{92}U$	4.5×10^9 yr	Alpha
Some Medical Radioisotopes			
Carbon-11	$^{11}_{6}C$	20 min	Positron
Chromium-51	$^{51}_{24}Cr$	28 days	Gamma
Iodine-131	$^{131}_{53}I$	8.0 days	Gamma
Oxygen-15	$^{15}_{8}O$	2.0 min	Positron
Iron-59	$^{59}_{26}Fe$	44 days	Beta, gamma
Radon-222	$^{222}_{86}Rn$	3.8 days	Alpha
Technetium-99m	$^{99m}_{43}Tc$	6.0 h	Beta, gamma

© 2016 Pearson Education, Inc.

Basic Radiation Unit

Radiation Exposure (roentgen-R or C/kg)

1 R = 2.58 × 10^{-4} C/kg of air

Absorbed Dose (Rad, Gy or J/kg)

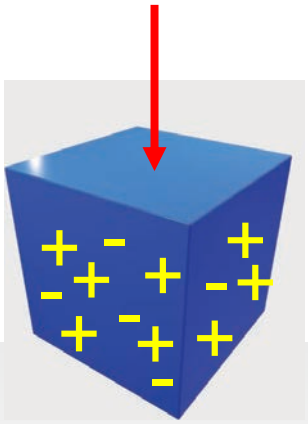
1 Gy or J/Kg = 100 R

Biologic Effect

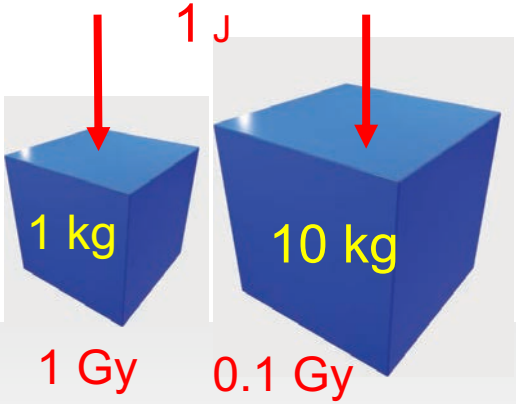
Equivalent Dose (Sv, Rem)

Effective Dose (Sv, Rem)

1 Sv = 100 Rem



Intensity of Radiation to Ionize Air



Energy Absorbed per Unit Mass

Radiation Weighting Factor (W_R) :

Alpha Particles	20
Beta Particles	1
Photons	1
Neutrons	5 - 20

Biological damage account for "radiation type"

Photons – gamma rays, X-ray

Tissue or Organ	W_T
Gonads	0.20
Bone Marrow	0.12
Colon	0.12
Lung	0.12
Stomach	0.12
Bladder	0.05
Breast	0.05
Liver	0.05
Oesophagus	0.05
Thyroid	0.05
Skin	0.01
Bone surface	0.01
Remainder	0.05

Biological damage account for "radiation sensitivity of organ"

ปริมาณรังสีแตกตัว

ปริมาณรังสีดูดกลืน

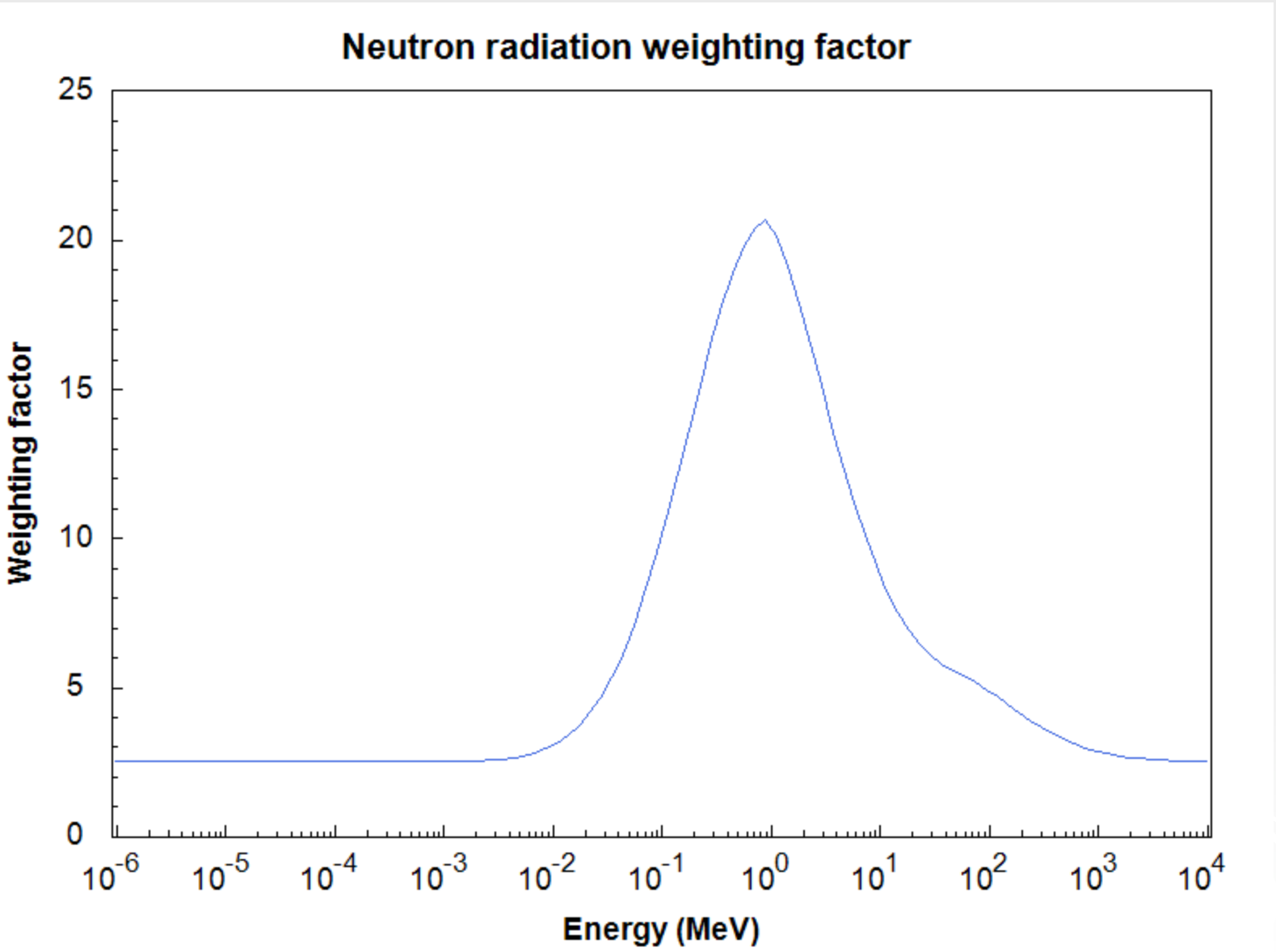
ปริมาณรังสีสมมูล

ปริมาณรังสียังผล

Radiation Weighting Factors

Radiation Type	Energy	W (ICRP-60)	W (ICRP-92)
Photons	All	1	1
Electrons, muons	All	1	1
Neutrons	<10 keV	5	function
Neutrons	10-100 keV	10	function
Neutrons	>100 keV- 2Mev	20	function
Neutrons	>2 -20 MeV	10	function
Neutrons	>20Mev	5	function
Protons	<2 MeV	5	2
α-particles, fission fragments	all	20	20

International Commission on Radiological Protection (ICRP) - ICRP-60 (1991), ICRP-92 (2004)


Neutron radiation weighting factor
Weighting factor
25
20
15
10
5
0
10^{-6}
10^{-5}
10^{-4}
10^{-3}
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
10^{4}
Energy (MeV)

Equivalent Dose (ปริมาณรังสีสมมูล)

Example - Comparison of organ exposed to (a) 0.15 Gy of Cs-137 emitted gamma rays and (b) 0.15 Gy of Ra-223 emitted alpha particle

Radiation Weighting Factor (W_R) :	
Alpha Particles	20
Beta Particles	1
Photons	1
Neutrons	5 - 20

(a) 0.15 Gy of Cs-137 emitted gamma rays $H_T = 0.15 \times 1 = 0.15$ Sv

(b) 0.15 Gy of Ra-223 emitted alpha particle $H_T = 0.15 \times 20 = 3$ Sv

HPS

Effective Dose (ปริมาณรังสียังผล)

Example - Comparison of organ exposed to (a) 0.15 Gy of Cs-137 emitted gamma rays to gonad and (b) 0.15 Gy of Ra-223 emitted alpha particle to skin

Radiation Weighting Factor (W_R) :

Alpha Particles	20
Beta Particles	1
Photons	1
Neutrons	5 - 20

Tissue or Organ	W_T
Gonads	0.20
Bone Marrow	0.12
Colon	0.12
Lung	0.12
Stomach	0.12
Bladder	0.05
Breast	0.05
Liver	0.05
Oesophagus	0.05
Thyroid	0.05
Skin	0.01
Bone surface	0.01
Remainder	0.05

(a) 0.15 Gy of Cs-137 emitted gamma rays to gonad E = 0.15 x 1 x 0.20= 0.03 Sv

(b) 0.15 Gy of Ra-223 emitted alpha particle to skin E = 0.15 x 20 x 0.01= 0.03 Sv

HPS

Organ or tissue	W_T ICRP 30 (1979)[a]	W_T ICRP 60 (1991)	W_T ICRP 103 (2007)
Gonads	0.25	0.20	0.08
Red bone marrow	0.12	0.12	0.12
Large intestine		0.12	0.12
Lung	0.12	0.12	0.12
Stomach		0.12	0.12
Bladder		0.05	0.04
Breast	0.15	0.05	0.12
Liver		0.05	0.04
Oesophagus		0.05	0.04
Thyroid	0.03	0.05	0.04
Skin		0.01	0.01
Bone surface	0.03	0.01	0.01
Rest[b]	0.30	0.05	0.12
Brain			0.01
Total	1.00	1.00	1.00

[a] ICRP 30 W_T are used to calculate EDE, whereas ICPR 60 W_T and ICRP 103 W_T give E values.

[b] 'Rest' includes adrenals, small intestine, kidney, muscle, brain (except ICRP 103 W_T), pancreas, spleen, thymus and uterus.

HPS

Nucl Med Biol. 2012 Feb;39(2):305-14

Summary

Absorbed dose (D) energy absorbed per unit mass

Unit is the Gray 1 Gy = 1 J/Kg

Equivalent dose (H) measure of the biological damage and account for different types of radiation

Equivalent dose = Radiation weighting factor x Absorbed dose

Unit is the Sievert (Sv)

Effective dose (E) for single organ doses

Effective dose = Tissue weighting factor x Equivalent dose

Unit is the Sievert (Sv)

HPS

Relationship between Units

Source of radiation

Radiation intensity*1

Becquerel (Bq)

Radioactive materials

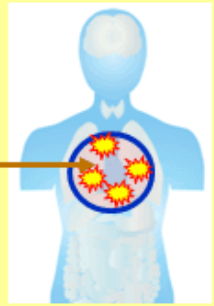
*1: Number of nuclei that decay per second

Receiving side

Absorbed dose*2

Gray (Gy)

Amount of energy absorbed by a substance of unit mass that received radiation



$$Gy = \frac{\text{Absorbed energy (J)}}{\text{Mass of the part receiving radiation (kg)}}$$

*2: Energy absorbed per 1 kg of substances (Joule: J; 1J≒0.24 calories); SI unit is J/kg.

Differences in effects depending on types of radiation

Equivalent dose (Sv)

Differences in sensitivity among organs

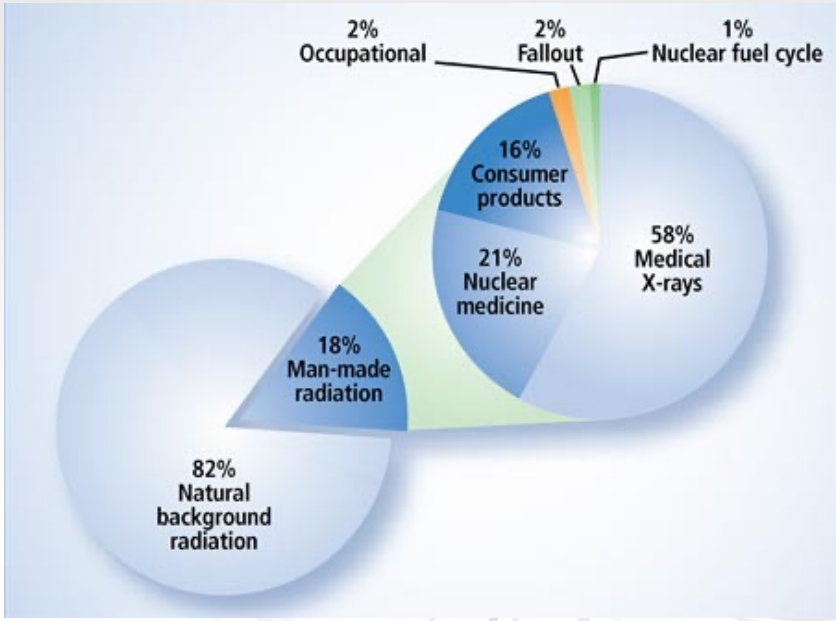
Effective dose

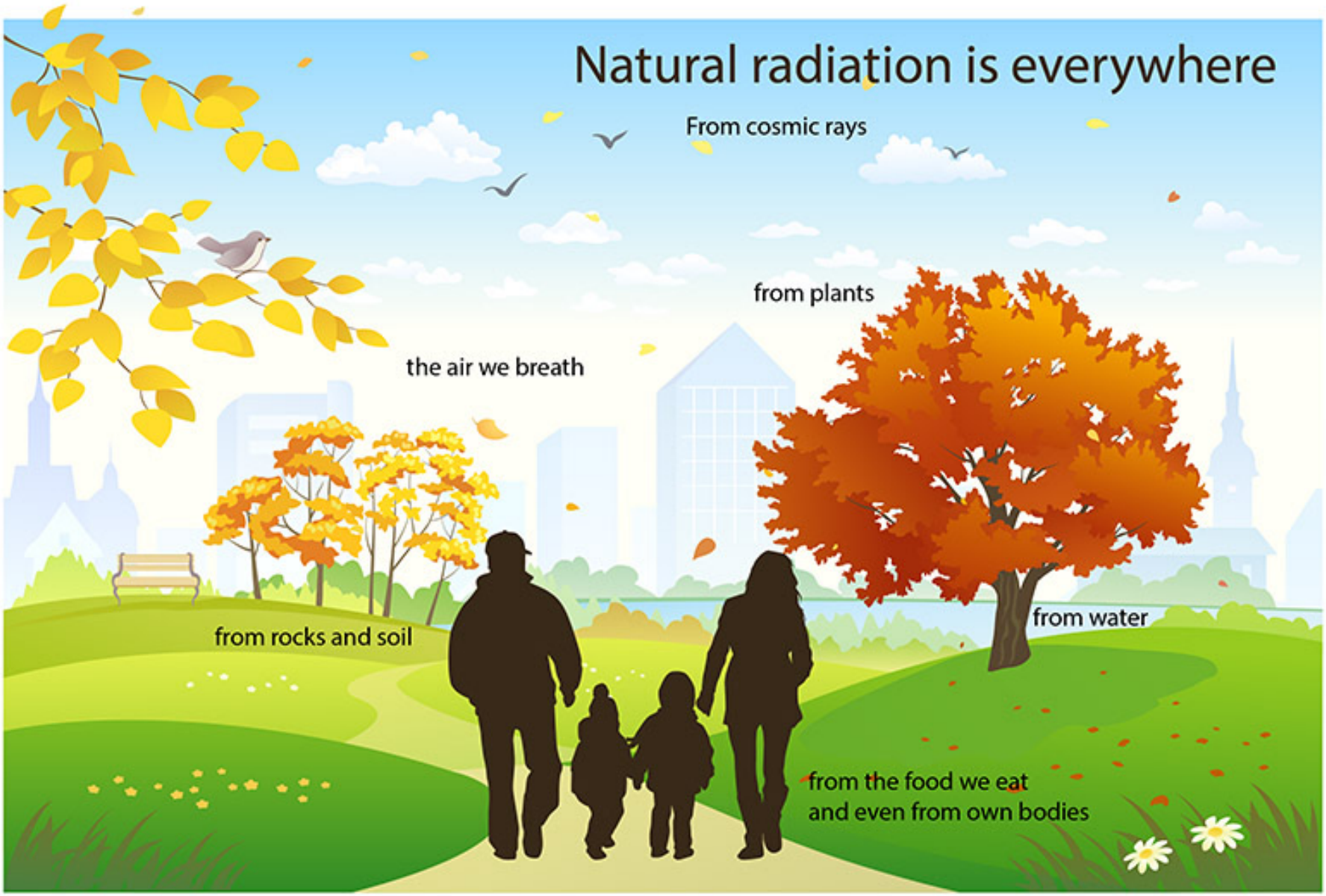
Sievert (Sv)

Unit for expressing radiation doses in terms of effects on the human body

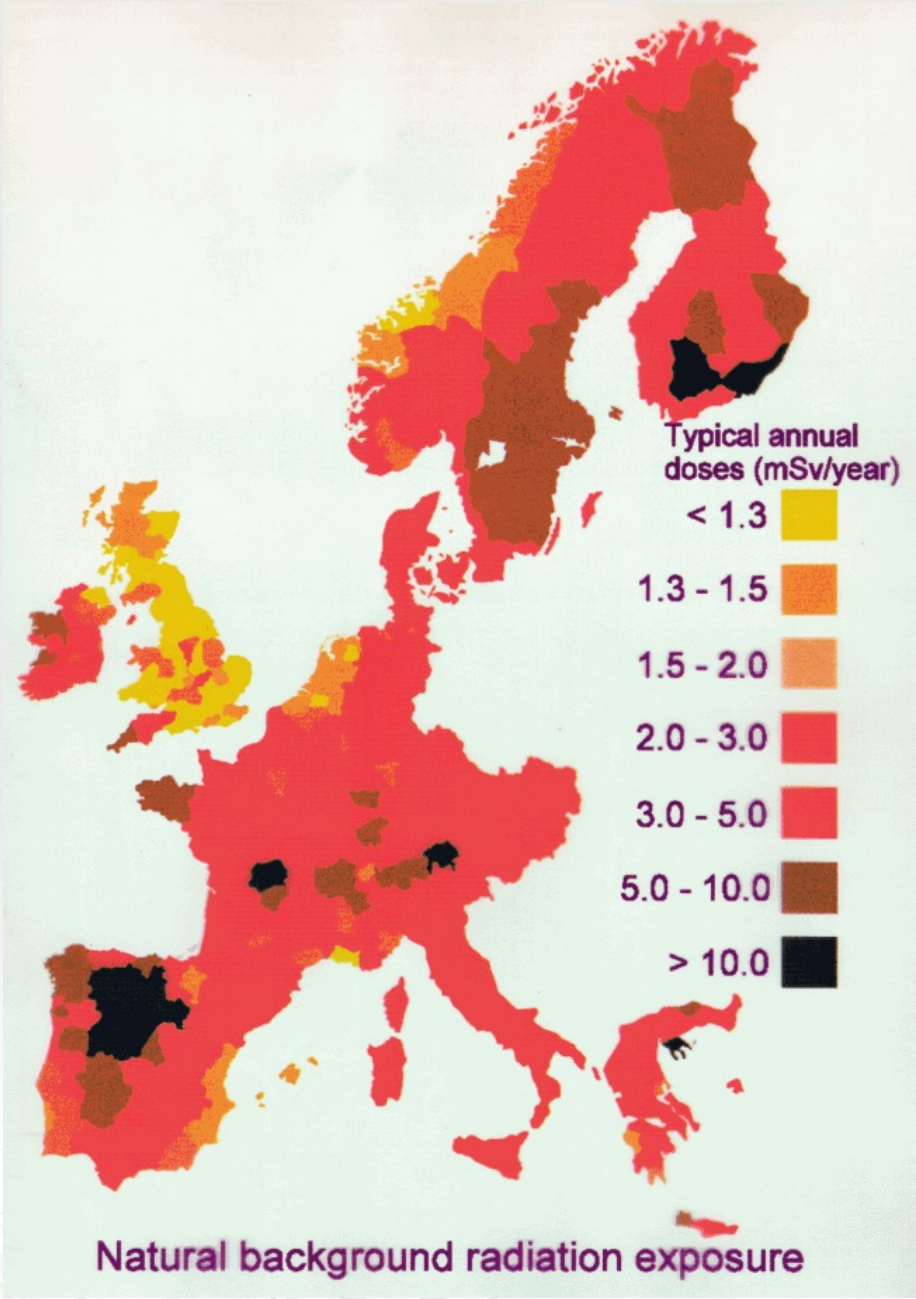
แหล่งกำเนิดรังสี (Radiation Source)

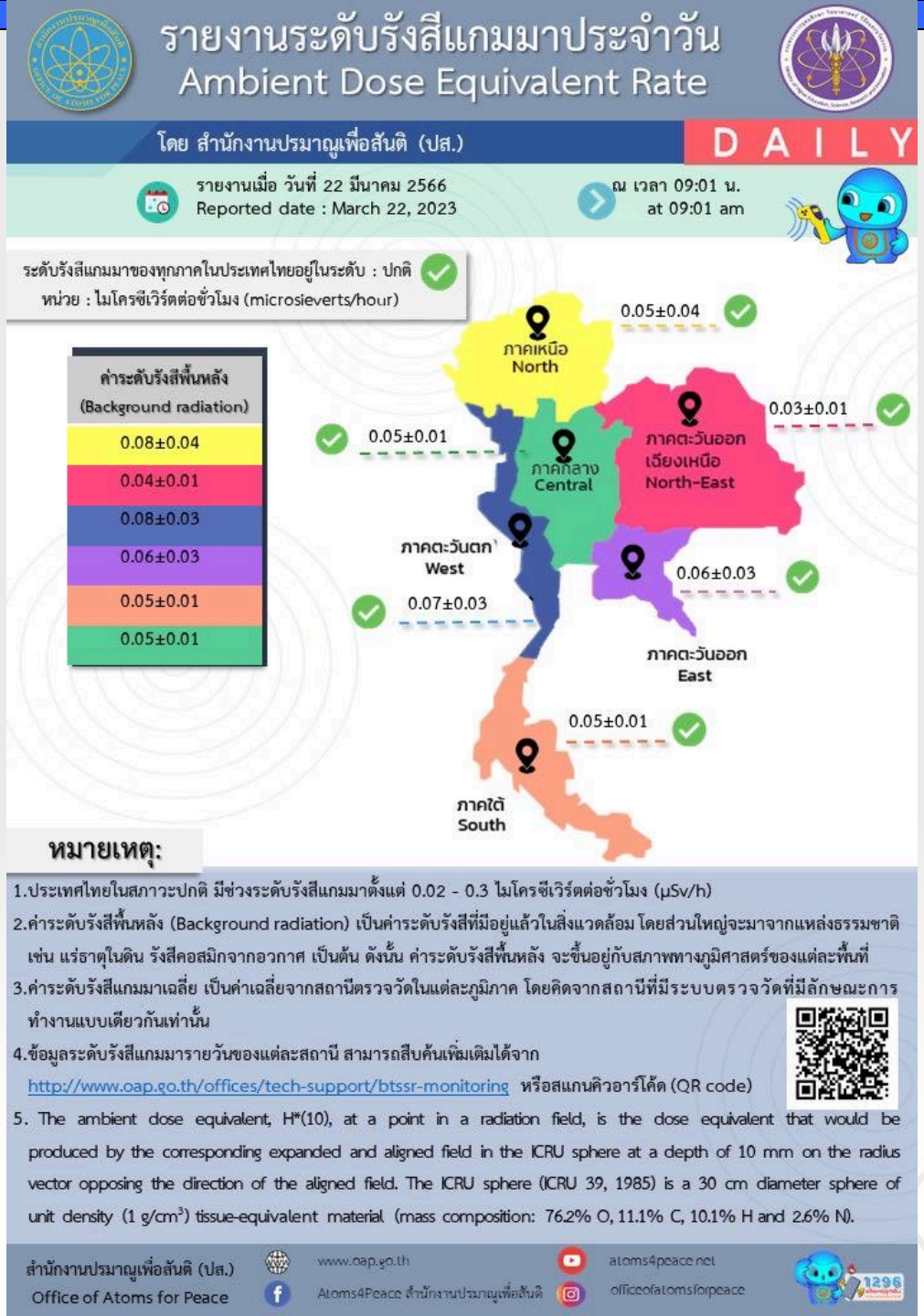
- **Environment (cosmic, radon)**
- **Man-made (medical, industry, nuclear weapon, nuclear accidents)**




Natural radiation is everywhere
From cosmic rays
from plants
the air we breath
from rocks and soil
from water
from the food we eat
and even from own bodies

What is Average background radiation in Thailand?



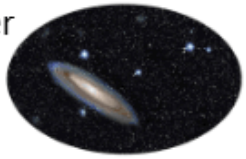


- 2.6 mSv/Y (Average in Thailand)

Natural Vs. Manmade Exposure

Natural radiation (in Japan)

From outer space
0.3mSv



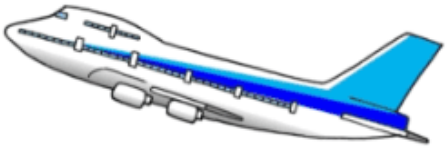
From foods
0.99mSv

From radon in the air
0.48mSv

From the ground
0.33mSv

Annual dose from natural radiation (Japanese average): 2.1 mSv

Annual dose from natural radiation (global average): 2.4 mSv



Tokyo to New York Air travel (round trip) **0.11～0.16mSv**

Artificial radiation

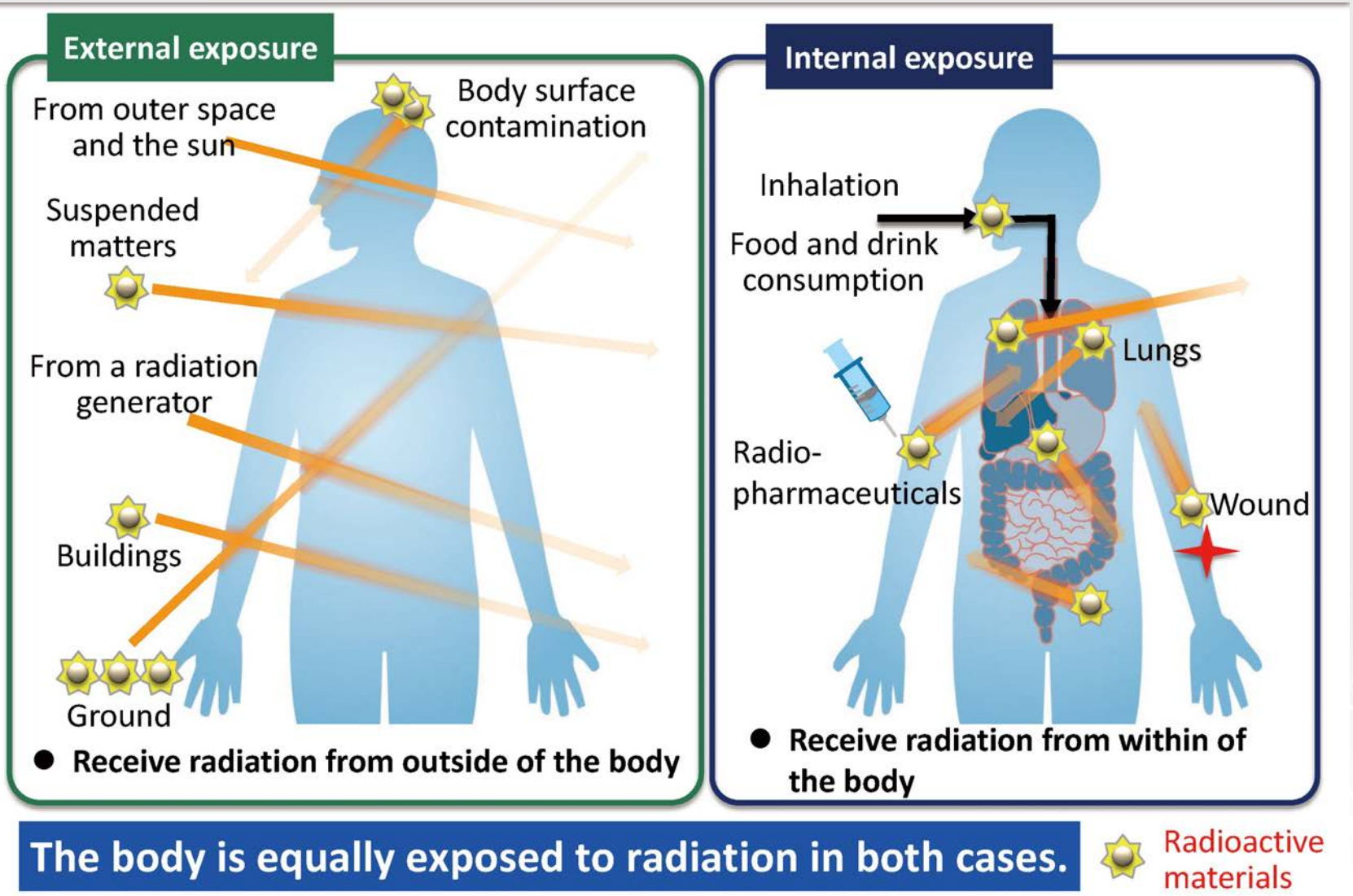
Chest CT scan (single scan) **2.4～12.9mSv**

Chest X-ray scan (single scan) **0.06mSv**

mSv: millisieverts

Sources: Prepared based on the 2008 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) Report; and "Environmental Radiation in Daily Life (2011)," new edition, Nuclear Safety Research Association; ICRP (International Commission on Radiological Protection) 103, etc.

Radiation Exposure

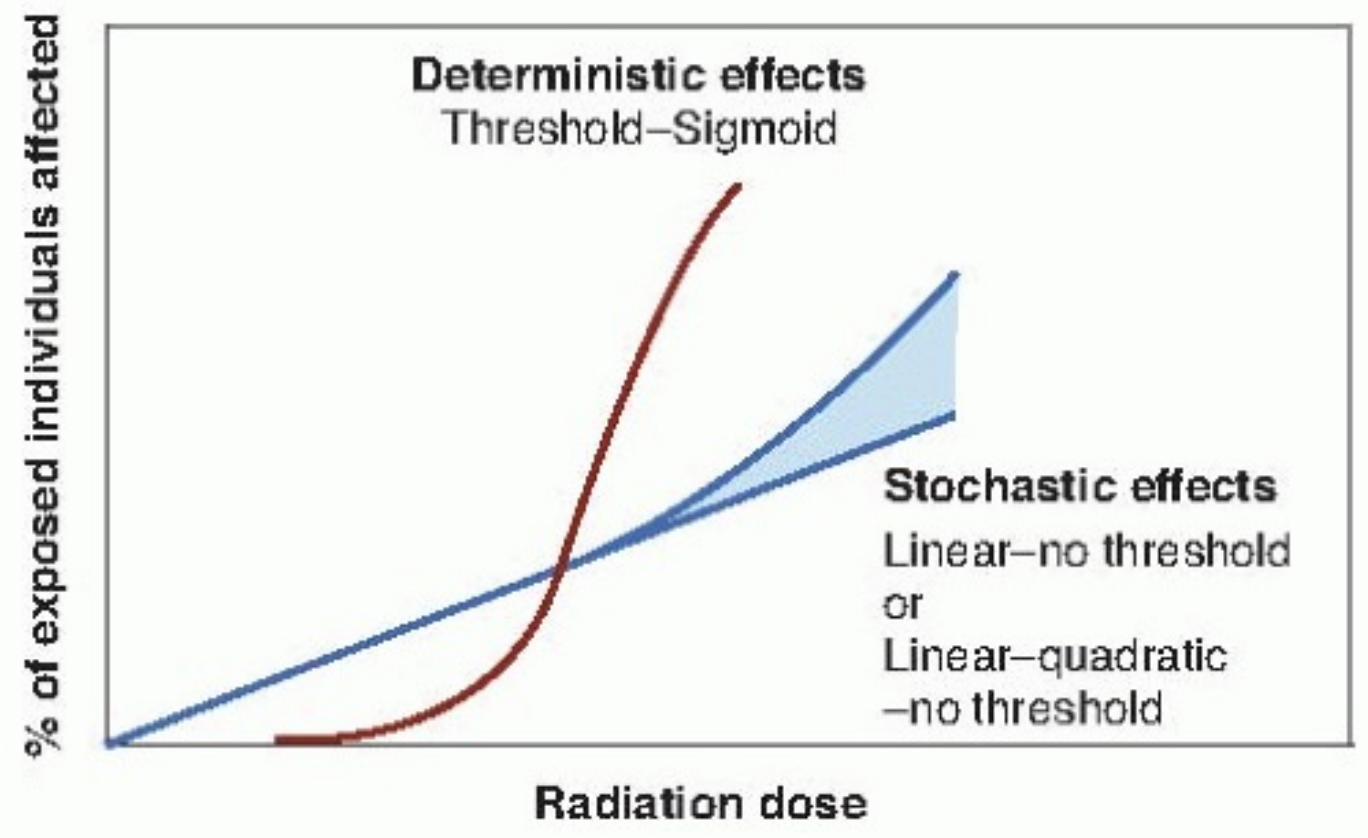


https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/02-01-01.html

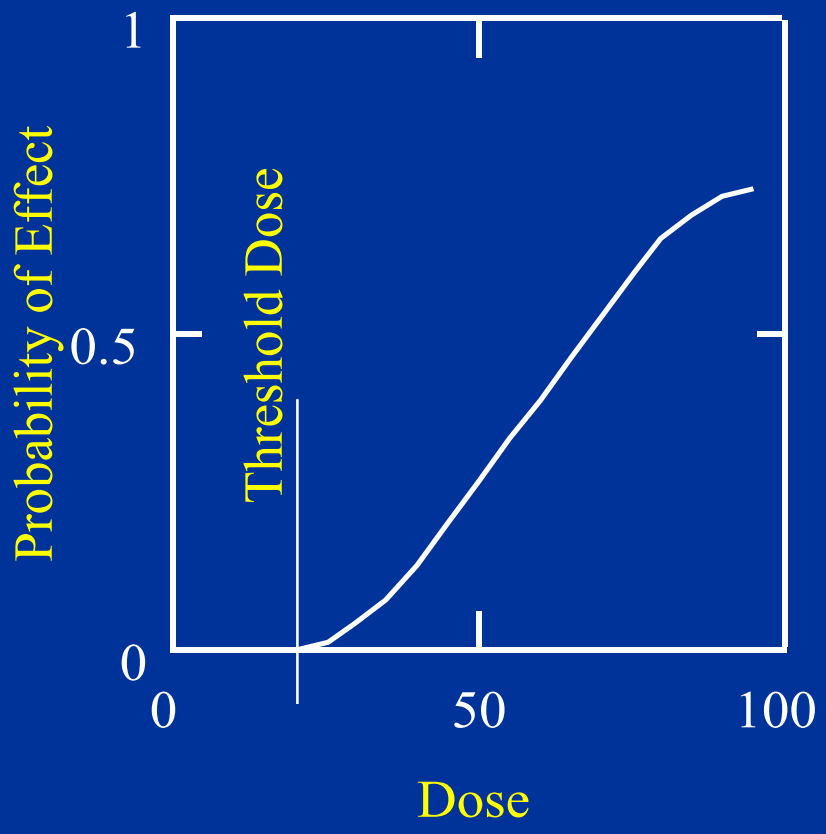
The effect (Hazard) on Health

The Effect on Health

- **Deterministic (non-stochastic) effects**
- **Stochastic effects**



Non-stochastic Effects



- Threshold dose

  a certain minimum dose must be exceeded before occurrence
- The magnitude of the effect increases as dose increases

Deterministic effects (non stochastic)

- Only occur once a threshold of exposure has been exceeded
- Severity of deterministic effects increases as the dose of exposure increases
- Effect can be acute radiation exposure or chronic radiation exposure
- Mechanisms – caused by significant cell damage or death
- The physical effects will occur when the cell death burden is large enough to cause obvious function impairment of a tissue or organ

HPS

Deterministic Effects (non stochastic)

- Skin Erythema/Necrosis/Epilation
- Cataract
- Acute Radiation Syndrome (Radiation Sickness)
- Teratogenesis/Fetal death

Deterministic Effects

- **Skin erythema – redness of the skin or mucous membranes**

The different stages depend on the dose and the location of the exposure

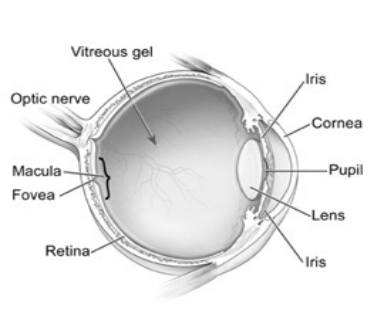
Summary of Radiation Effects on Skin

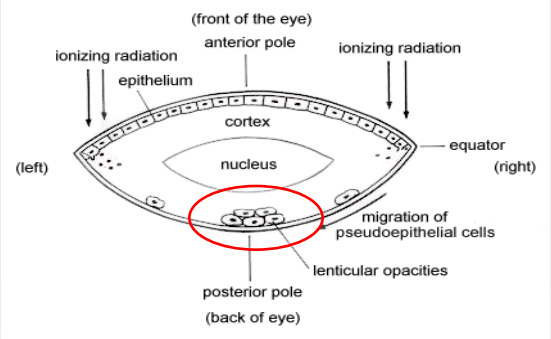
Spectrum of Effects on Skin		
Early Effects	Late Effects	Effect on Accessory Structures
Erythema Inflammation Dry Desquamation Moist Desquamation	Atrophy Fibrosis Hyper/hypo pigmentation Ulceration Necrosis Cancer	Epilation Destruction of sweat and sebaceous glands

Dose/Time—Response Relationship			
Dose	Radiation Dose Area	Exposure Interval	Type of Reaction or Damage
<1 Gy (100 rads)	Small	Short	No visible effect
2–6 Gy (200–600 rads)	Small	Short	Erythema in 1–2 days after exposure; persists until day 5–6; reappears on day 10–12; maximum on day 18–20; persists until day 30–40. Temporary hair loss if >3 Gy (300 rads)
6–10 Gy (600–1,000 rads)	Small	Short	More serious erythema caused by damage of basal cells. Symptoms appear earlier, are more intense, and healing is delayed.
15 Gy (1,500 rads) or	Small	Short	Severe erythema, followed by dry desquamation and delayed/incomplete healing.
30 Gy (3,000 rads)	Small	~4 weeks	
20–50 Gy (2,000–5,000 rads) or	Limited	Short	Intense erythema, acute radiation dermatitis with moist desquamation, edema, dermal hypoplasia, vascular damage and permanent hair loss, permanent tanning, destruction of sweat glands, vascular damage. If >5 Gy (5,000 rads) followed by ulceration/necrosis
40 Gy (4,000 rads)	Limited	~4 weeks	
20 Gy (2,000 rads)	Hands or other small area	Several years small daily doses (1–2 rads)	No early or intermediate changes. Late changes manifested by dry cracked skin, nails curled and cracked, intractable ulcers, possible cancerous changes.

Deterministic Effects

- Radiation-induced Cataract – due to accumulation of damaged or dead cells within the lens, no mechanism to remove damaged cells
- Eye lens is radiosensitive
- Occurs after receiving 2 to 10 Gy
- Coagulation of proteins occurs with doses greater over 2 Gy
- Detectable opacities and Visual impairment (cataract)
- May take years to develop





The ICRP has stated in 2011 that the threshold for tissue reactions in lens of the eye is 0.5 Gy based on epidemiological evidence.
http://www.icrp.org/docs/icrp%20statement%20on%20tissue%20reactions.pdf

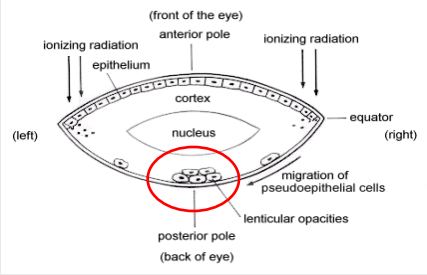
HPS

Deterministic Effects

- **Radiation Induced Cataract**

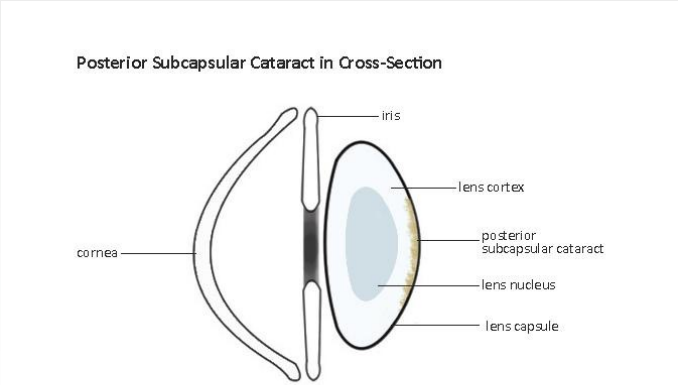
Begin as a dot at posterior pole

(location specific)

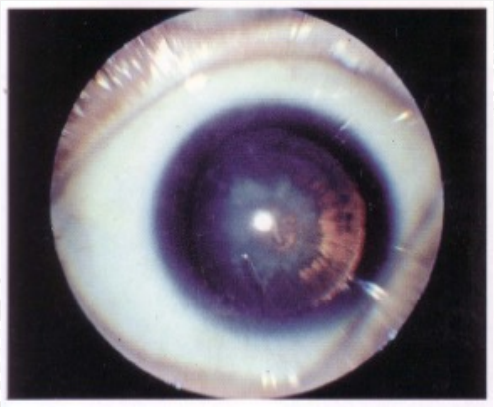


Small granules and Vacuoles (abnormal mitosis)

Opacity further enlarge with a relative clear centre (donut)

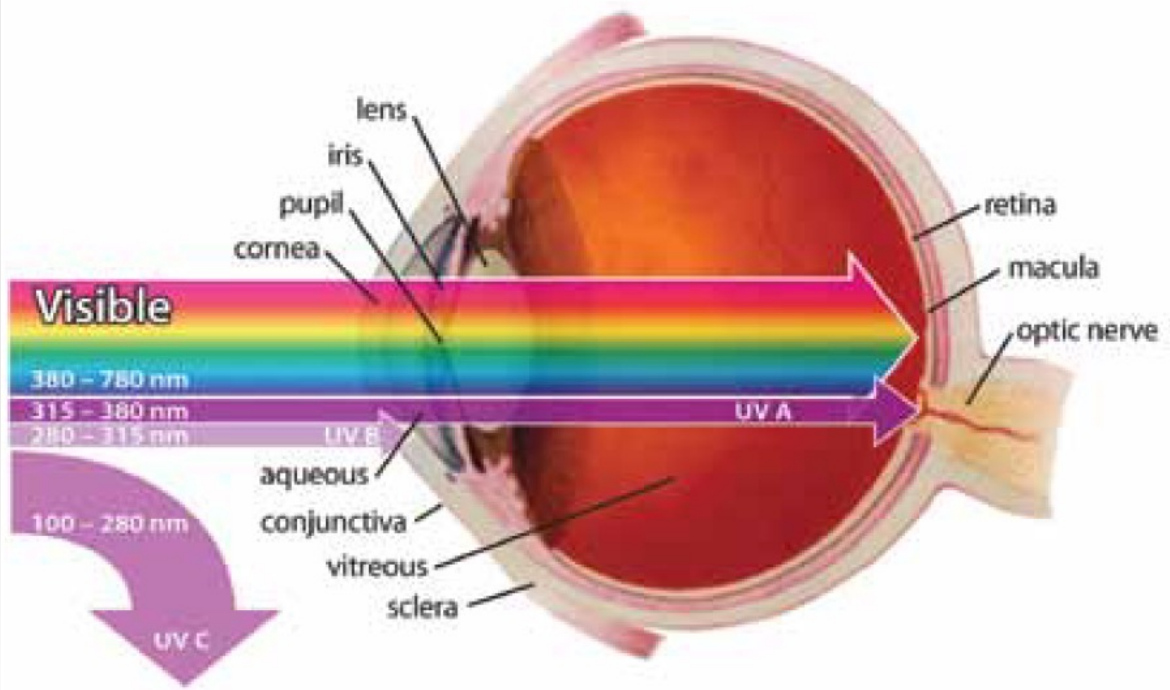


Posterior Subcapsular Cataract



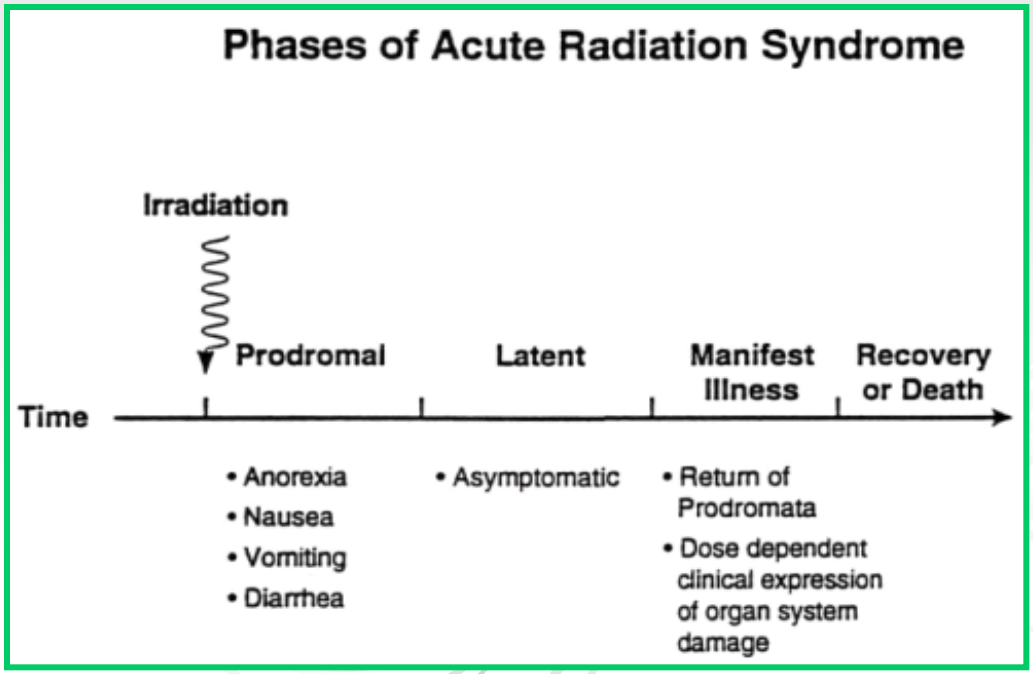
Deterministic effects

- Can cause by non-ionising radiation or ionising radiation
- Non-ionising radiation - infrared, UV light (Photochemical Cataract)



Deterministic Effects

- Acute radiation syndrome (radiation sickness)
- Acute radiation syndrome or acute radiation sickness is a term used to describe a constellation of signs and symptoms that occurs after whole-body or significant partial-body irradiation of certain amount of radiation (>0.5 Gy) delivered at high-dose rate
- Sequence of events that follow high-level radiation exposure leading to death within days or weeks

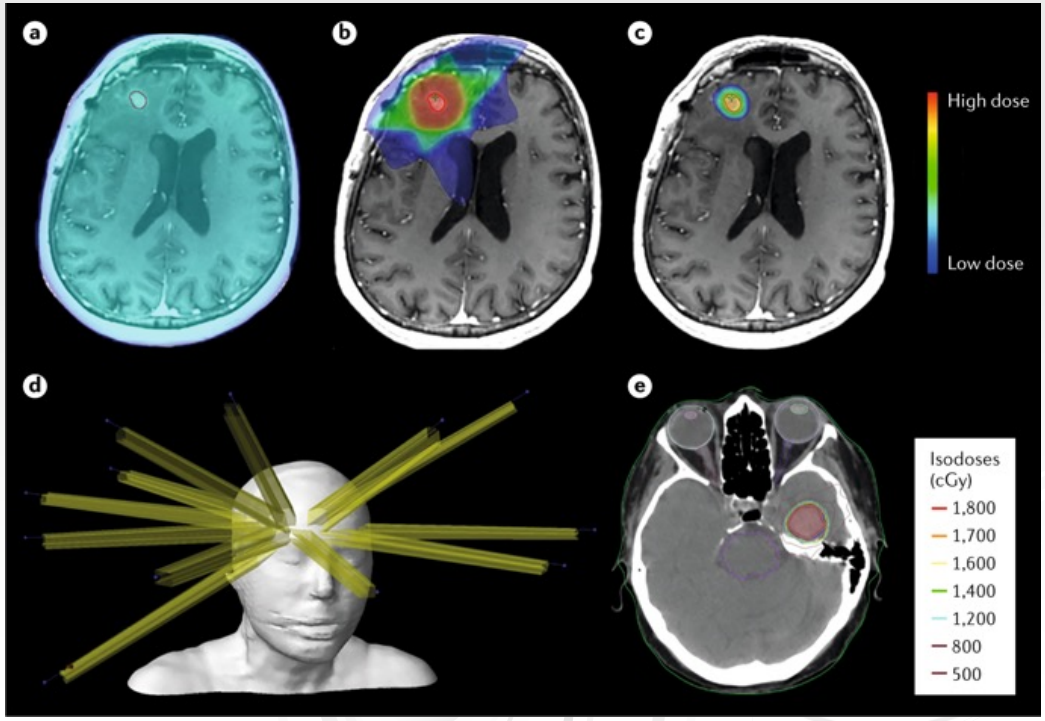


Early symptoms of the acute radiation syndrome (extracted from Table VIII–Prodromal phase of acute radiation syndrome (IAEA and WHO 1998); WBE: Whole-body exposure

Symptoms	ARS degree and approximate dose of acute WBE (Gy)				
	Mild (1–2 Gy)	Moderate (2–4 Gy)	Severe (4–6 Gy)	Very severe (6–8 Gy)	Lethal (>8 Gy)
Vomiting	Present	Present	Present	Present	Present
Onset	~2 h	1–2 h	Earlier than 1 h	Earlier than 30 min	Earlier than 10 min
Incidence	10–50%	70–90%	100%	100%	100%
Diarrhoea	–	–	Mild	Heavy	Heavy
Onset	None	None	3–8 h	1–3 h	Within minutes or 1 h
Incidence	–	–	<10%	>10%	~100%
Headache	Slight	Mild	Moderate	Severe	Severe
Onset	–	–	4–24 h	3–4 h	1–2 h
Incidence	–	–	50%	80%	80–90%
Consciousness	Unaffected	Unaffected	Unaffected	May be altered	Unconsciousness
Onset	–	–	–	–	Seconds/minutes
Incidence	–	–	–	–	100% (at >50 Gy)
Body temperature	Normal	Increased	Fever	High fever	High fever
Onset	–	1–3 h	1–2 h	<1 h	<1 h
Incidence	–	10–80%	80–100%	100%	100%

How about Radiotherapy ?

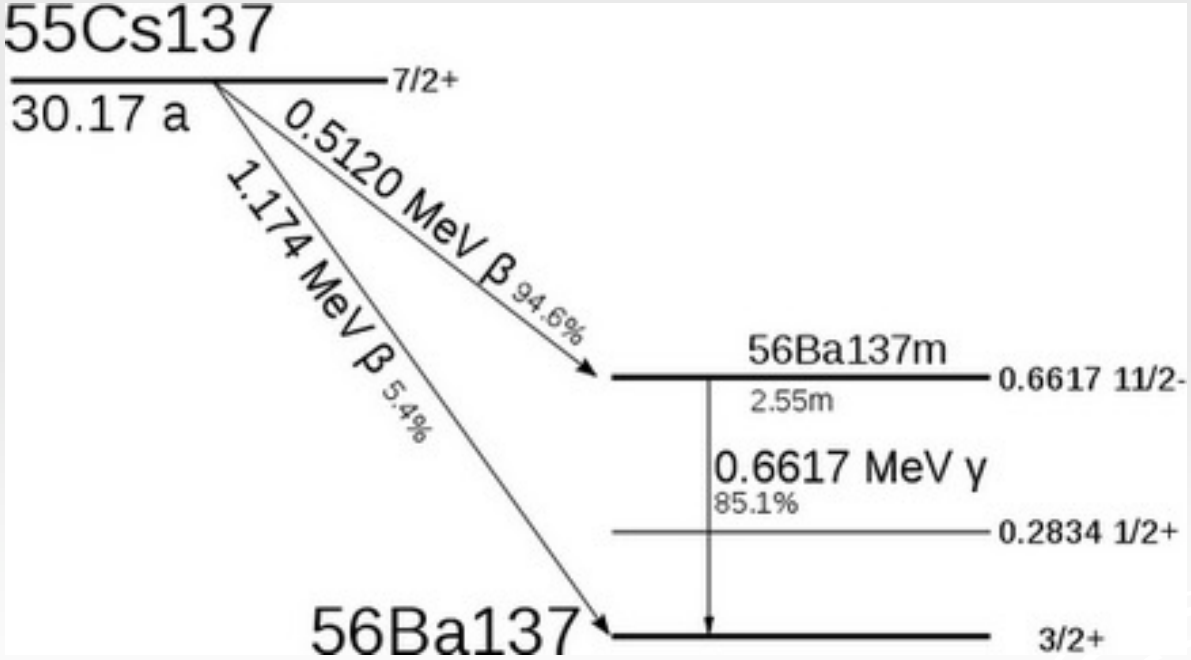
- Optimal dose to cancer with minimal damage to normal tissue located in the area
- Use fractionation principle (daily over several weeks for treatment e.g. 60Gy/30 – 60 Gy in 30 Fractions)
- Prolongation of treatment spares early reactions



How to apply with Cs-137 incident in Thailand?

Cesium-137

- **Cesium-137** หรือ **ซีเซียม-137** คือ สารไอโซโทปของซีเซียมซึ่งเป็นสารกัมมันตรังสี ที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 55 มีครึ่งชีวิต 30 ปี สลายโดยปล่อยรังสีบีตาและรังสีแกมมา



0.000505 กรัม
(505 ไมโครกรัม)

โรงไฟฟ้าเชอร์โนบิล 27 กิโลกรัม
มากกว่า 56.76 ล้านเท่า

Level Gauge

รูปภาพแสดงลักษณะของวัสดุกัมมันตรังสีที่เกิดเหตุ

ปริมาณของไอโซโทปรังสีซีเซียม-137 ที่บรรจุอยู่ภายในมีค่าเริ่มต้นที่ 80 มิลลิคูรี (80 mCi) วัดเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2538 ปัจจุบันเหลือปริมาณอยู่ที่ 41.14 มิลลิคูรี โดยประมาณ

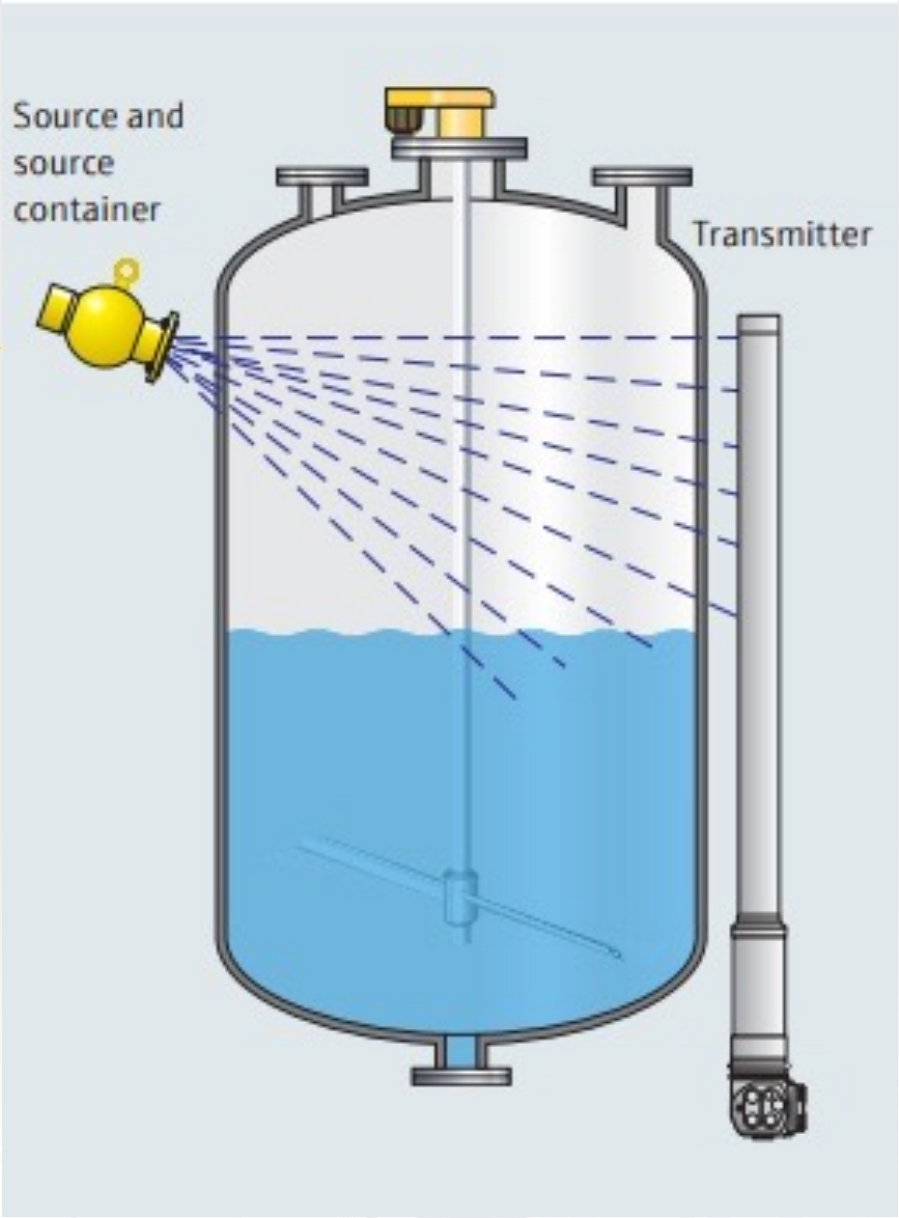
อัตราปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากซีเซียม-137 นี้ มีค่า ดังนี้;

- ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 1.29 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง
- ที่ระยะ 60 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 0.12 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง
- ที่ระยะ 120 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 0.03 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง
- ที่ระยะ 180 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 0.01 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง

80 mCi (ปัจจุบัน 41.4 mCi)

HPS

ข้อมูลจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ



ที่มา https://automationforum.co/nuclear-level-measurement/

ความแรงรังสี (radioactivity) ของ Cs-137

- วัดในหน่วย **SI (standard international) – Becquerel (Bq)**
- **1 Ci = 3.7×10^{10} Bq = 3.7×10^{10} dps**
- **Cs-137 ที่เกิดเหตุ 80 mCi (ปัจจุบัน 41.4 mCi)** (ความแรงรังสีเริ่มต้นอยู่ที่ 80 mCi วัดเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2538)

- Specific Activity Cs-137 = 3.215 TBq/g

Terabecquerel = 10^{12} Bq

41.4 mCi ถ้าคิดเป็นน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 0.000505 กรัม (505 ไมโครกรัม)

HPS

Cs-137 ที่ใช้งานในโรงพยาบาล

212 µCi

0.5 µCi

0.25 µCi

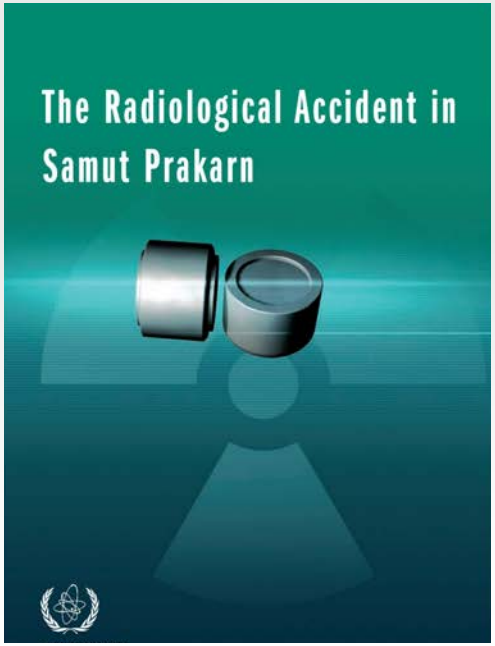
Compare to other Incident

- ปริมาณรังสี ^{137}Cs ในอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล (Chernobyl) เมื่อวันที่ 26 เมษายน 1986 คาดว่ามีการปนเปื้อน ^{137}Cs สู่สิ่งแวดล้อม 27 kg หรือ 2.35×10^9 mCi - ปริมาณรังสีมากกว่ากรณีที่เกิดเหตุ 56.76 ล้านเท่า (http://large.stanford.edu/courses/2012/ph241/wessells1/)

- ปริมาณรังสี ^{137}Cs ในอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟูกุชิมา (Fukushima Daiichi) เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2011 คาดว่ามีการปนเปื้อน ^{137}Cs สู่สิ่งแวดล้อม 17 PBq = 4.60×10^8 mCi - ปริมาณรังสีมากกว่ากรณีที่เกิดเหตุนี้ 11 ล้านเท่า (โดยประมาณ 24% จากเหตุการณ์นี้ถูกปล่อยลงสู่ทะเลโดยตรง)
https://fukushima.jaea.go.jp/QA/en/q112.html#:~:text=JAEA's%20research%20shows%20that%20the,directly%20released%20into%20the%20sea

Compare to Cobalt-60

- 420 Ci as per February 2000
- ปราจีนบุรี 41.4×10^{-3} Ci (1,000-10,000 times lower)



Property	Co-60	Cs-137
Production mode	Neutron absorption in nuclear reactors	Chemical separation from spent nuclear fuel, e.g. uranium
Half-life	5.271 years	30.07 years
Photon energy	1.17 and 1.33 MeV (in equal proportions)	0.66 MeV
50% dose-decrease (depth in water)	23 cm	21 cm

https://doi.org/10.1201/9781003035572 ,Pages 1216. eBook ISBN 9781003035572

HPS

Cs-137

ปริมาณของไอโซโทปรังสีซีเซียม-137 ที่บรรจุอยู่ภายในมีค่าเริ่มต้นที่ 80 มิลลิคูรี (80 mCi)
วัดเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2538 ปัจจุบันเหลือปริมาณอยู่ที่ 41.14 มิลลิคูรี โดยประมาณ
อัตราปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากซีเซียม-137 นี้ มีค่า ดังนี้;

- ที่ระยะ 30 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 1.29 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง
- ที่ระยะ 60 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 0.12 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง
- ที่ระยะ 120 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 0.03 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง
- ที่ระยะ 180 เซนติเมตรจากวัสดุกัมมันตรังสีด้านช่องเปิด ประมาณ 0.01 มิลลิซีเวิร์ต/ชั่วโมง

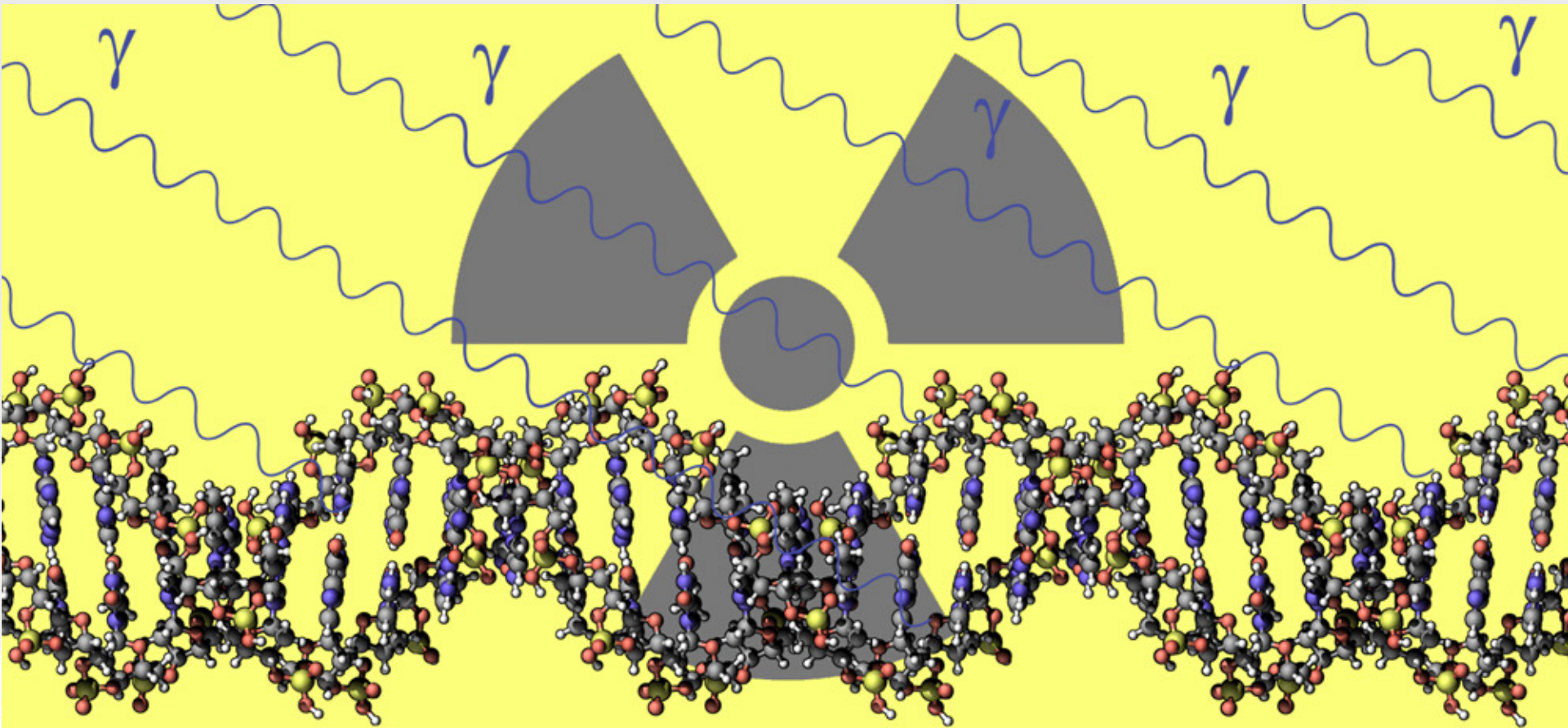
Cs-137 – photons (mGy = mSv) W_R=1

(not apply for alpha)

ถ้าเรา(บังเอิญ)นอนข้าง ๆ Cs-137ที่หาย

- 5 cm = 50 mSv/h
- WBC (500 mGy) – 10 h
- Skin erythema (2000 mGy) – 40 h

Stochastic Effect ?

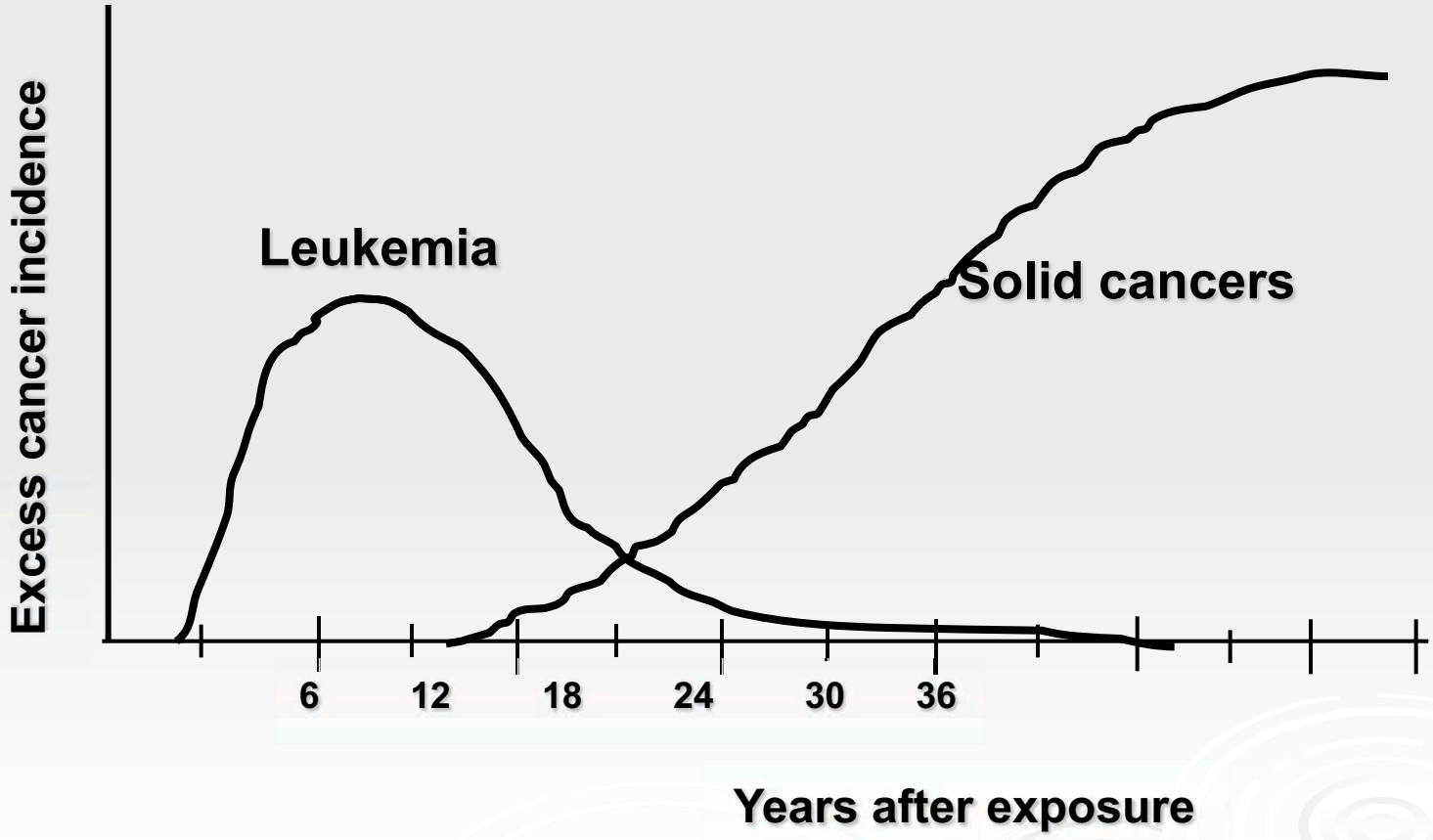


Stochastic Effect

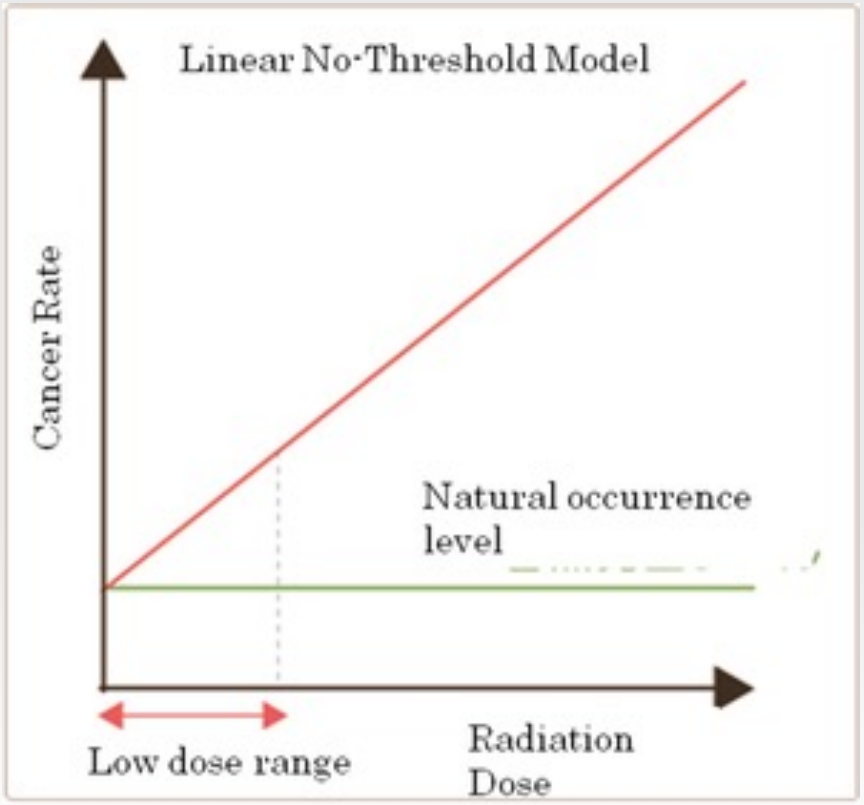
- No threshold dose exists
- Assumed no safe data
- Probability is increased with dose, but severity is independent of the dose
- Late appearance (years)
- Latency period:
  - Several years for cancer
  - Hundreds of years for hereditary effects

HPS

Latent period for radiation-induced cancers



Linear No Threshold Response



- The LNT model assumes there is no lower threshold at which stochastic effects start and assumes a linear relationship between dose and the stochastic health risk
- In other words, LNT assumes that radiation has the potential to cause harm at any dose level

HPS

Stochastic Effect

a) Somatic Stochastic Effect

These effects of radiation limited to expose individual and they are distinguished from genetic effect. These effects are harming that expose individuals suffer during their lifetime e.g., cancer, leukemia

b) Genetic Effect

The ionizing radiation damage the genetic material in reproductive cell and by the result of which these effects are transmits from generation to generation. Radiation induced material to an individual gene and D.N.A that can contribute to the birth of defective descendants.

Sources of Data on Human Effects of Radiation Over-exposure

- Occupational exposure
  - Early radiologist and medical physicists
  - Radium dial painters
  - U-miners, nuclear industry workers
- Medical overexposure
- A-bomb victims
- Overexposure due to nuclear weapons test
- Accidents
- Inhabitants of high natural background areas

HPS

“Radium Girl”

Many of the women later began to suffer from anemia, bone fractures and necrosis of the jaw, a condition now known as radium jaw.

Radiation-induced cancer: sources of data

Type or localization of cancer						
Population groups	Leuke-mia	Thyroid gland	Lung	Breast	Bone	Skin
A-bomb survivors	+	+	+	+		
Ra-dial painters					+	
Early radiologists						+
U-miners			+			
Exposed in a nuclear accident		+				

Cancer developed is depended on the radiation type and location of critical organ/tissue that radiation accumulated

HPS

Cancer Deaths Attributable to A-bombs

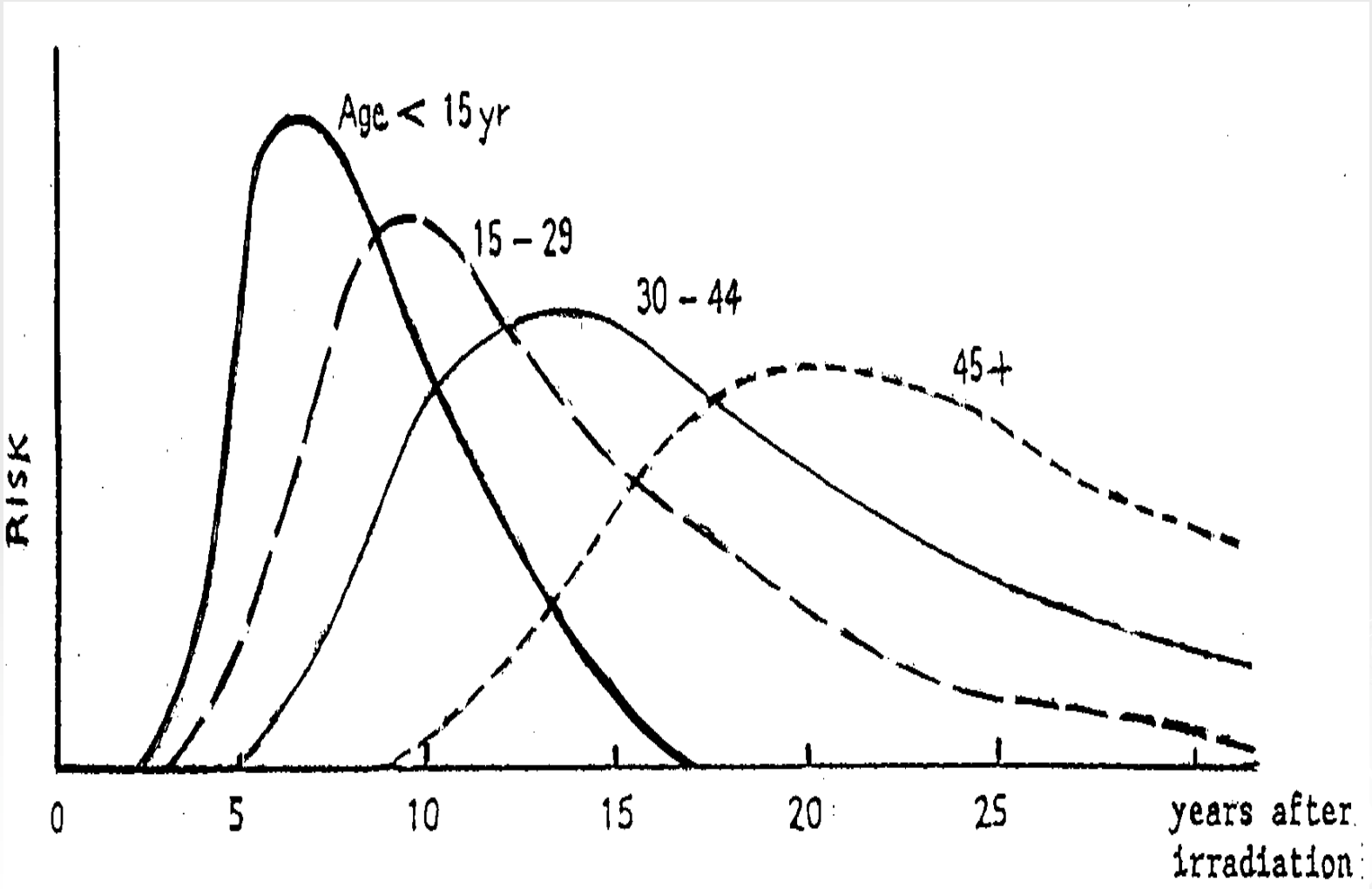
Epidemiological studies from 86572 survivors **of Hiroshima and Nagasaki A-bombing**

7827 persons died of cancer in 1950-90:

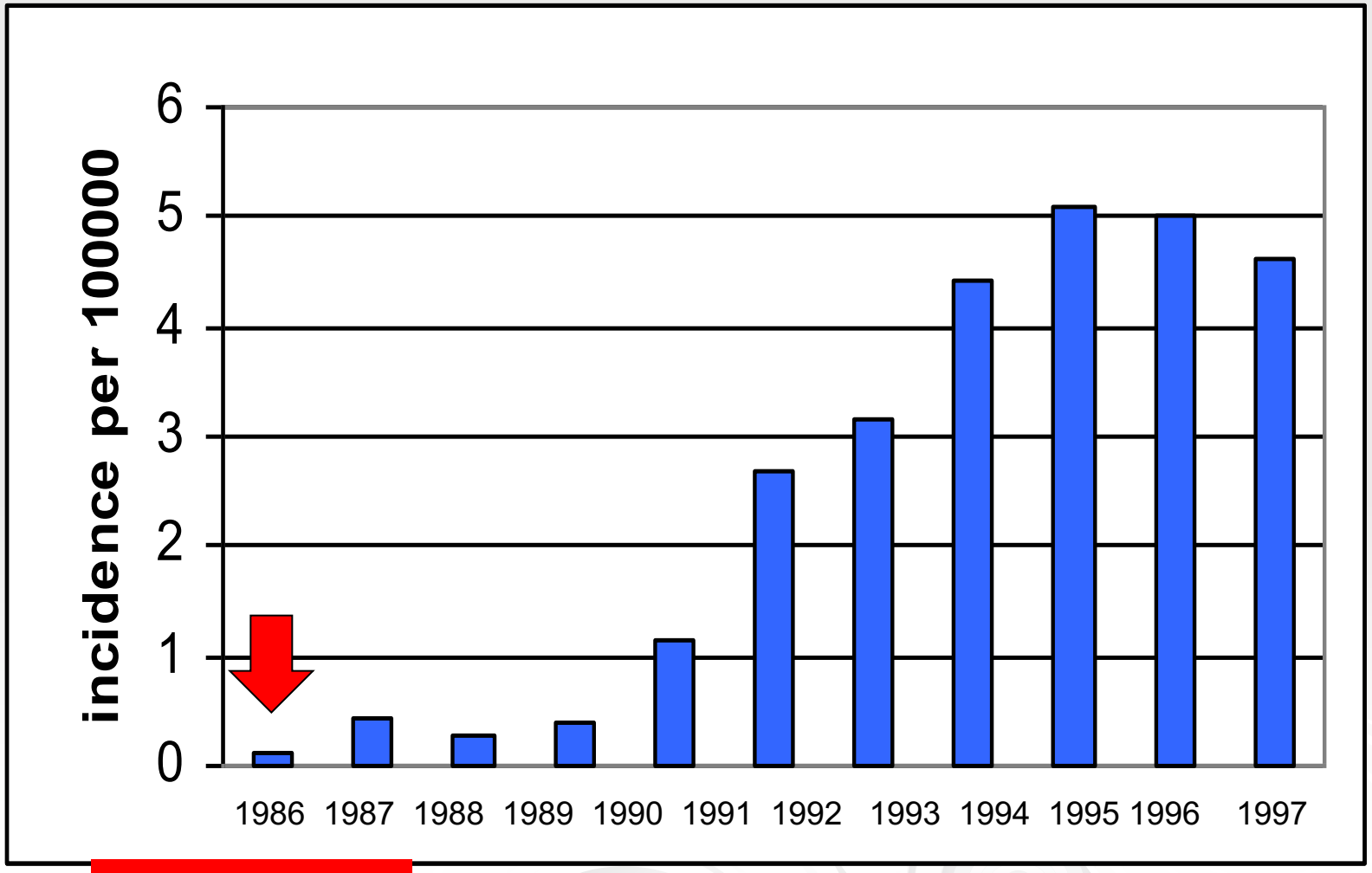
	Observed	Expected	Excess	(%)
All tumors	**7578**	**7244**	**334**	**(4.4)**
Leukaemia	**249**	**162**	**87**	**(35.0)**
All cancers	**7827**	**7406**	**421**	**(5.4)**

HPS

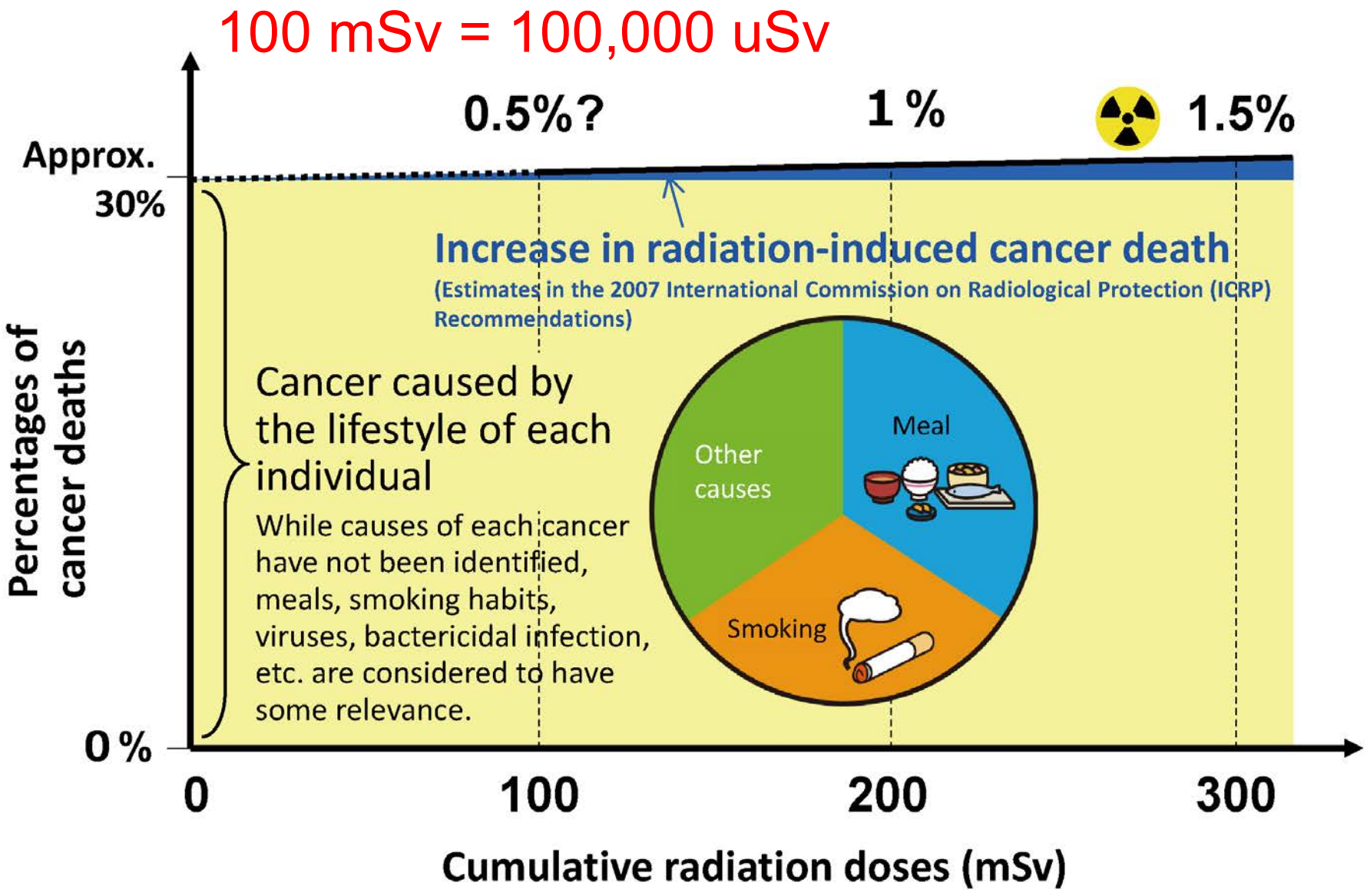
Risk of Leukaemia Depending on the Age at Exposure to A-bombs



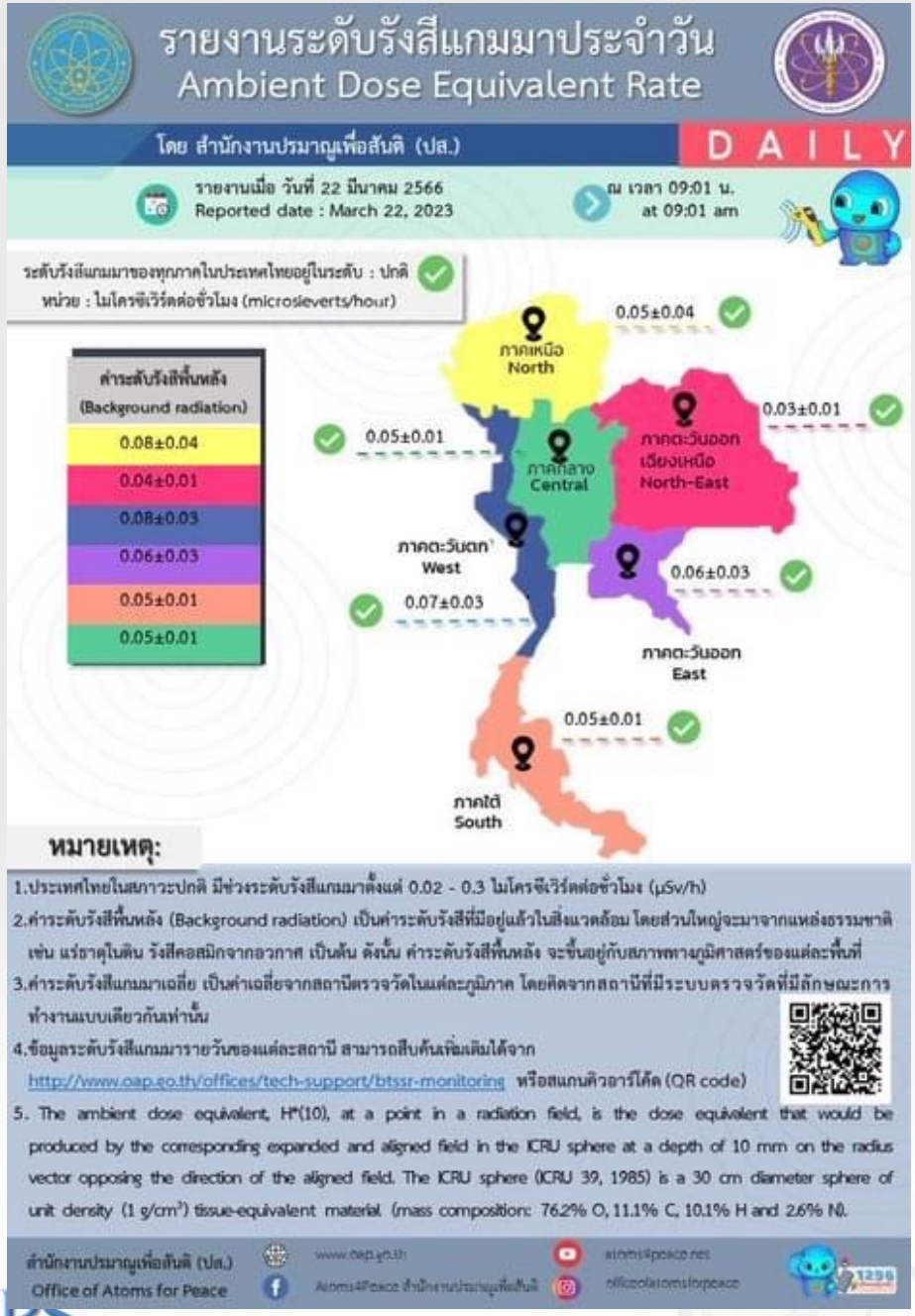
Thyroid cancer among exposed due to Chernobyl accident children of Belarus



Risks Risks of Cancer Death from Low-Dose Exposure



https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/03-04-03.html


รายงานระดับรังสีแกมมาประจำวัน
Ambient Dose Equivalent Rate
โดย สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (สส.)
DAILY
รายงานเมื่อ วันที่ 22 มีนาคม 2566
Reported date : March 22, 2023
ณ เวลา 09:01 น.
at 09:01 am
ระดับรังสีแกมมาของทุกภาคในประเทศไทยอยู่ในระดับ : ปกติ
หน่วย : ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง (microsieverts/hour)
ค่าระดับรังสีพื้นหลัง
(Background radiation)
0.08±0.04
0.04±0.01
0.08±0.03
0.06±0.03
0.05±0.01
0.05±0.01
ภาคเหนือ
North
0.05±0.04
ภาคกลาง
Central
0.05±0.01
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
North-East
0.03±0.01
ภาคตะวันตก
West
0.07±0.03
0.06±0.03
ภาคตะวันออก
East
ภาคใต้
South
0.05±0.01
หมายเหตุ:
1.ประเทศไทยในสภาวะปกติ มีช่วงระดับรังสีแกมมาตั้งแต่ 0.02 - 0.3 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง (μSv/h)
2.ค่าระดับรังสีพื้นหลัง (Background radiation) เป็นค่าระดับรังสีที่มีอยู่แล้วในสิ่งแวดล้อม โดยส่วนใหญ่จะมาจากแหล่งธรรมชาติ เช่น แร่ธาตุในดิน รังสีคอสมิกจากอวกาศ เป็นต้น ดังนั้น ค่าระดับรังสีพื้นหลัง จะขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่
3.ค่าระดับรังสีแกมมาเฉลี่ย เป็นค่าเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดในแต่ละภูมิภาค โดยคิดจากสถานีที่มีระบบตรวจวัดที่มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกันเท่านั้น
4.ข้อมูลระดับรังสีแกมมารายวันของแต่ละสถานี สามารถสืบค้นเพิ่มเติมได้จาก
http://www.oap.go.th/offices/tech-support/btssr-monitoring หรือสแกนคิวอาร์โค้ด (QR code)
5. The ambient dose equivalent, H*(10), at a point in a radiation field, is the dose equivalent that would be produced by the corresponding expanded and aligned field in the ICRU sphere at a depth of 10 mm on the radius vector opposing the direction of the aligned field. The ICRU sphere (ICRU 39, 1985) is a 30 cm diameter sphere of unit density (1 g/cm³) tissue-equivalent material. (mass composition: 76.2% O, 11.1% C, 10.1% H and 2.6% N).
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (สส.)
Office of Atoms for Peace
www.oap.go.th
Atoms4Peace สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
atoms4peace.net
officeofatomsforpeace
1296

ผลการวัดระดับรังสีบริเวณโดยรอบโรงงานหลอมโลหะ
ตำบลหาดนางแก้ว อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2566
จุดที่ 1 ระดับรังสี 0.08 μSv/h
จุดที่ 2 ระดับรังสี 0.06 μSv/h
จุดที่ 3 ระดับรังสี 0.08 μSv/h
จุดที่ 4 ระดับรังสี 0.09 μSv/h
จุดที่ 5 ระดับรังสี 0.07 μSv/h
จุดที่ 6 ระดับรังสี 0.08 μSv/h
โรงงานหลอมโลหะ
จุดที่ 1 ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 6 ห่างจากโรงงาน 2 กิโลเมตร ทางทิศเหนือ
จุดที่ 2 ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 8 ห่างจากโรงงาน 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
จุดที่ 3 หน้าโรงงาน
จุดที่ 4 ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 10 ห่างจากโรงงาน 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตก
จุดที่ 5 หลังโรงงาน ห่างจากโรงงาน 200 เมตร ทางทิศตะวันตก
จุดที่ 6 ศูนย์วิจัยบำรุงพันธ์สัตว์ปราจีนบุรี ห่างจากโรงงาน 500 เมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการวัดระดับรังสีบริเวณโดยรอบโรงงานหลอมโลหะ
ตำบลหาดนางแก้ว อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2566
จุดที่ 1 ระดับรังสี 0.08 μSv/h
จุดที่ 2 ระดับรังสี 0.09 μSv/h
จุดที่ 3 ระดับรังสี 0.11 μSv/h
จุดที่ 4 ระดับรังสี 0.11 μSv/h
จุดที่ 5 ระดับรังสี 0.10 μSv/h
จุดที่ 6 ระดับรังสี 0.11 μSv/h
โรงงานหลอมโลหะ
จุดที่ 1 ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 6 ห่างจากโรงงาน 2 กิโลเมตร ทางทิศเหนือ
จุดที่ 2 ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 8 ห่างจากโรงงาน 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
จุดที่ 3 หน้าโรงงาน
จุดที่ 4 ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 10 ห่างจากโรงงาน 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตก
จุดที่ 5 หลังโรงงาน ห่างจากโรงงาน 200 เมตร ทางทิศตะวันตก
จุดที่ 6 ศูนย์วิจัยบำรุงพันธ์สัตว์ปราจีนบุรี ห่างจากโรงงาน 500 เมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

Radiation Hazard (From) Health Effects to Controls

Krisanat Chuamsaamarkkee Ph.D.

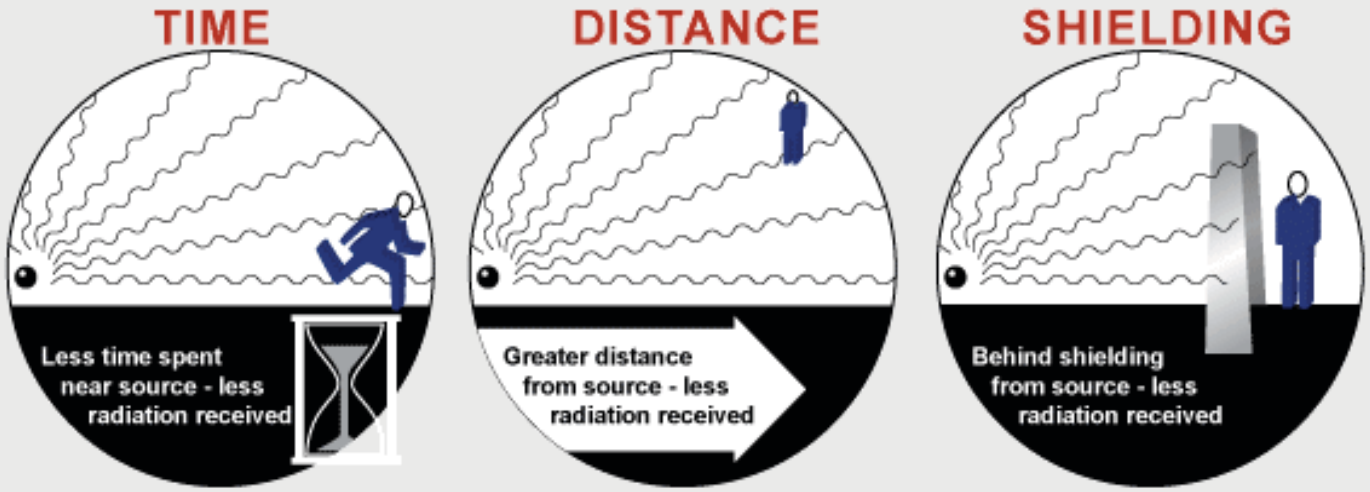
Lecturer, Division of Nuclear Medicine

Department of Diagnostic and Therapeutic Radiology,

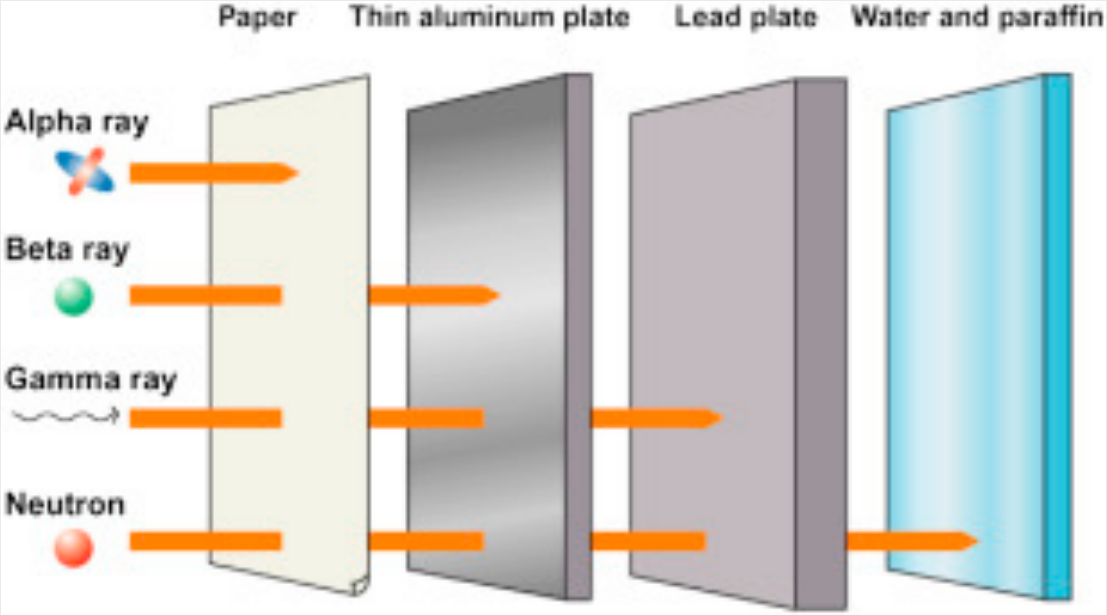
Ramathibodi Hospital, Mahidol University

E-mail: krisanat.ch@gmail.com

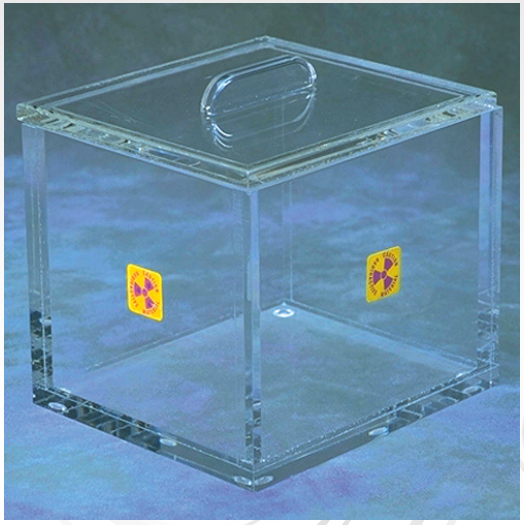
Radiation Protection



Radiation Protection

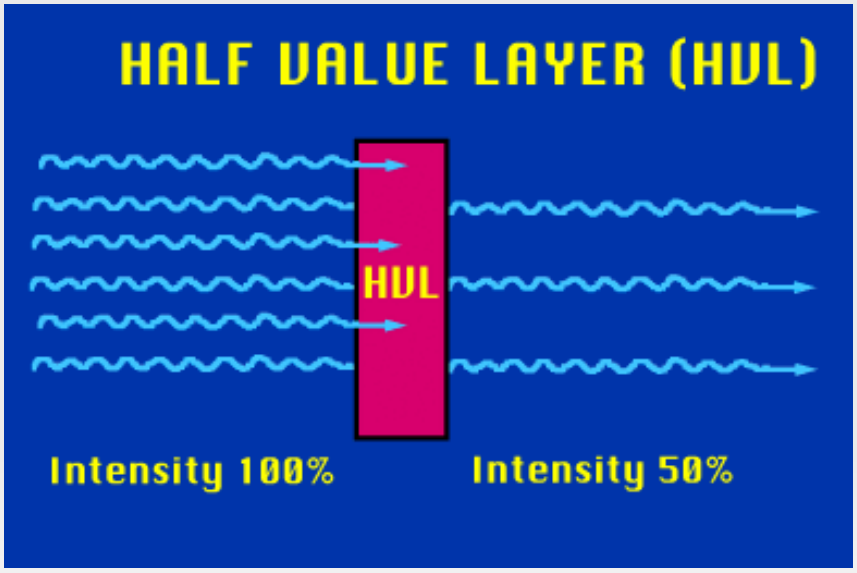


ความหนาของตะกั่วขึ้นกับพลังงานของรังสีแกมมา



HVL – Shielding Thickness

		HVL (cm)		
Isotope	Photon E (MeV)	Concrete	Steel	Lead
^{137}Cs	0.66	4.8	1.6	0.65
^{60}Co	1.17, 1.33	6.2	2.1	1.2
^{198}Au	0.41	4.1		0.33
^{192}Ir	0.13 to 1.06	4.3	1.3	0.6
^{226}Ra	0.047 to 2.4	6.9	2.2	1.66



HVL for 80 kV X-ray = 0.29 cm, 100 kV = 0.36 cm

IAEA

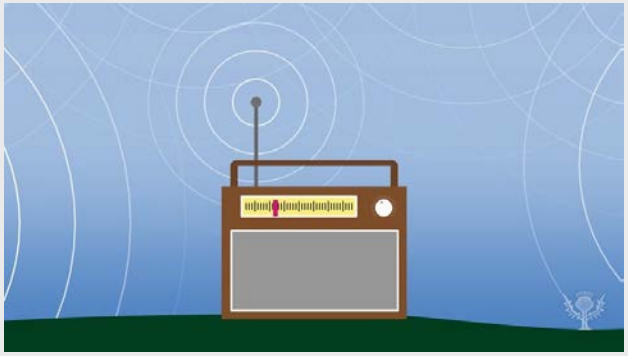
HPS

Cs-137 and Lead Shield

Lead Apron 2-3 mm Pb equivalent

รู้ได้อย่างไร เมื่อมีรังสี ?

- รังสีไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่มีรส สัมผัสไม่ได้

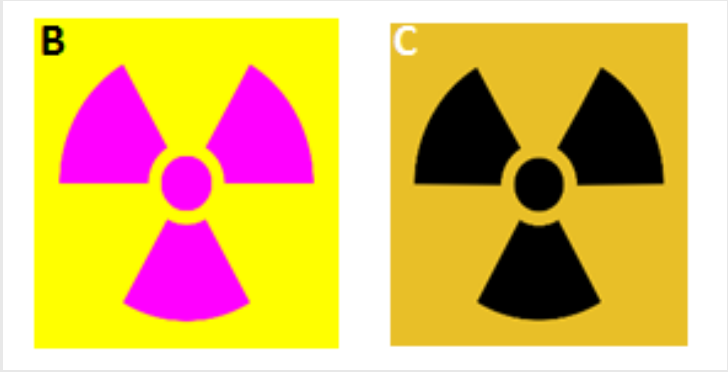


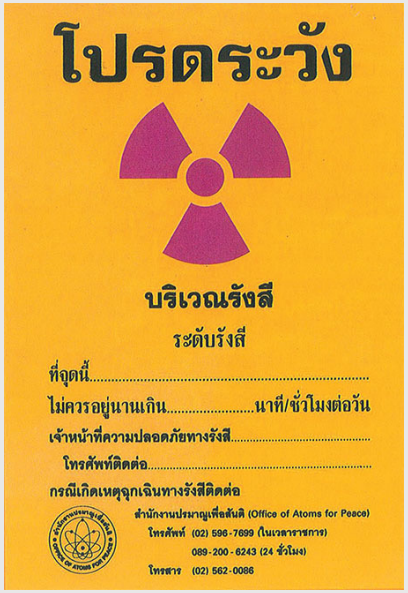
- สัญลักษณ์รังสี

- อุปกรณ์วัดรังสี

Radiation Sign

- International symbol of radiation, usually accompanied by more specific text.
- Symbol can be magenta or black, on a yellow background.
- Sign must be posted where radioactive materials are handled or where radiation-producing equipment is used.
- Sign is used as a warning to protect people from being exposed to radioactivity





Radiation Symbol – Thai Law

- Radiation Supervised, Radiation Controled Area
- Sealed Source, Door of Examination Room
- เครื่องกำเนิดรังสี วัสดุนิวเคลียร์

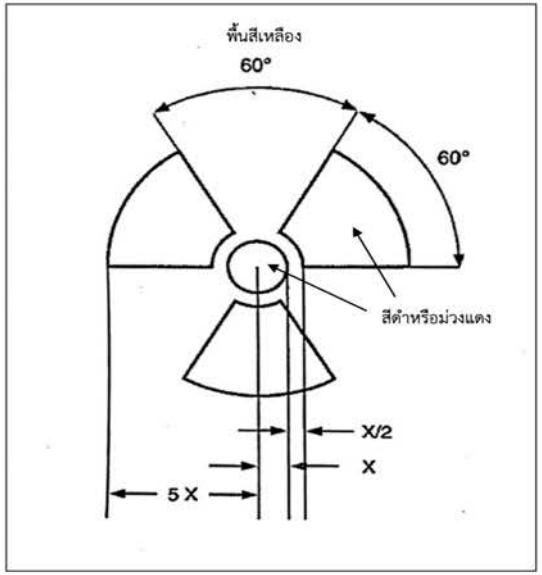
หมวด ๔
สัญลักษณ์ทางรังสี

ข้อ ๙ ผู้รับใบอนุญาตหรือผู้แจ้งต้องติดตั้งสัญลักษณ์ทางรังสีพร้อมข้อความเตือนภัยที่เหมาะสมแสดงให้เห็นได้ชัดเจนที่บริเวณทางเข้าพื้นที่ควบคุมและพื้นที่ตรวจตรา แหล่งอุปกรณ์ทางรังสี วัสดุกัมมันตรังสี เครื่องกำเนิดรังสี วัสดุนิวเคลียร์ และตำแหน่งอื่นที่เหมาะสมทั้งภายในและภายนอกพื้นที่ควบคุมและพื้นที่ตรวจตรา

สัญลักษณ์ทางรังสีตามวรรคหนึ่งให้เป็นไปตามแบบท้ายกฎกระทรวงนี้

ข้อ ๑๐ ห้ามมิให้ผู้รับใบอนุญาตหรือผู้แจ้งใช้สัญลักษณ์ทางรังสีเพื่อการอื่นใดนอกจากที่กำหนดไว้ในข้อ ๙

แบบสัญลักษณ์ทางรังสี
ท้ายกฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี
พ.ศ. ๒๕๖๑



หมายเหตุ ๑. สัญลักษณ์ทางรังสี มีสัดส่วนของวงกลมตรงกลางมีรัศมี X และมีรายละเอียดดังรูป

๒. สัญลักษณ์ทางรังสี ต้องมีพื้นป้ายสีเหลือง วงกลมและแฉกมีสีดำหรือม่วงแดง

Radiation Symbol

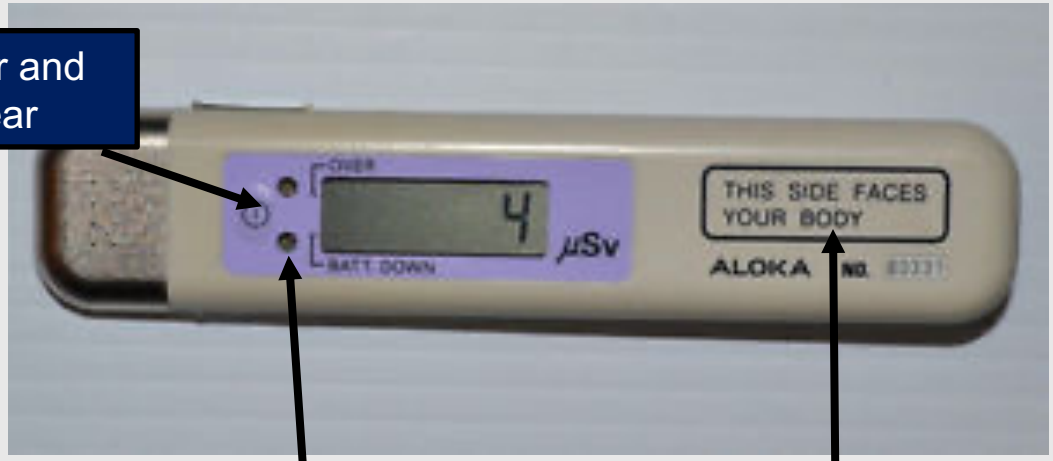
- The new symbol (IAEA,2007) will alert more people to the potential dangers of large sources of ionizing radiation and save lives
- The new symbol **does not replace the trefoil symbol but** is in addition to it.
- Furthermore, the symbol won't be located on the external surfaces of transport packages, freight containers, conveyances or building access doors

Drop It and Run!!!

Personal Dose Monitoring

Personal

(effective dose, extremity dose – OSL, TLD, Real-time monitor)



- Real-time display
- Contamination
- Contact Radioactive Patient
- Emergency

Area Monitoring

(external dose rate, contamination, survey meter)

G-M counter with pancake type probe

IC – Ionization Chamber

Used for

- Contamination monitor

Thank You for Your Attention

ANY
QUESTIONS?