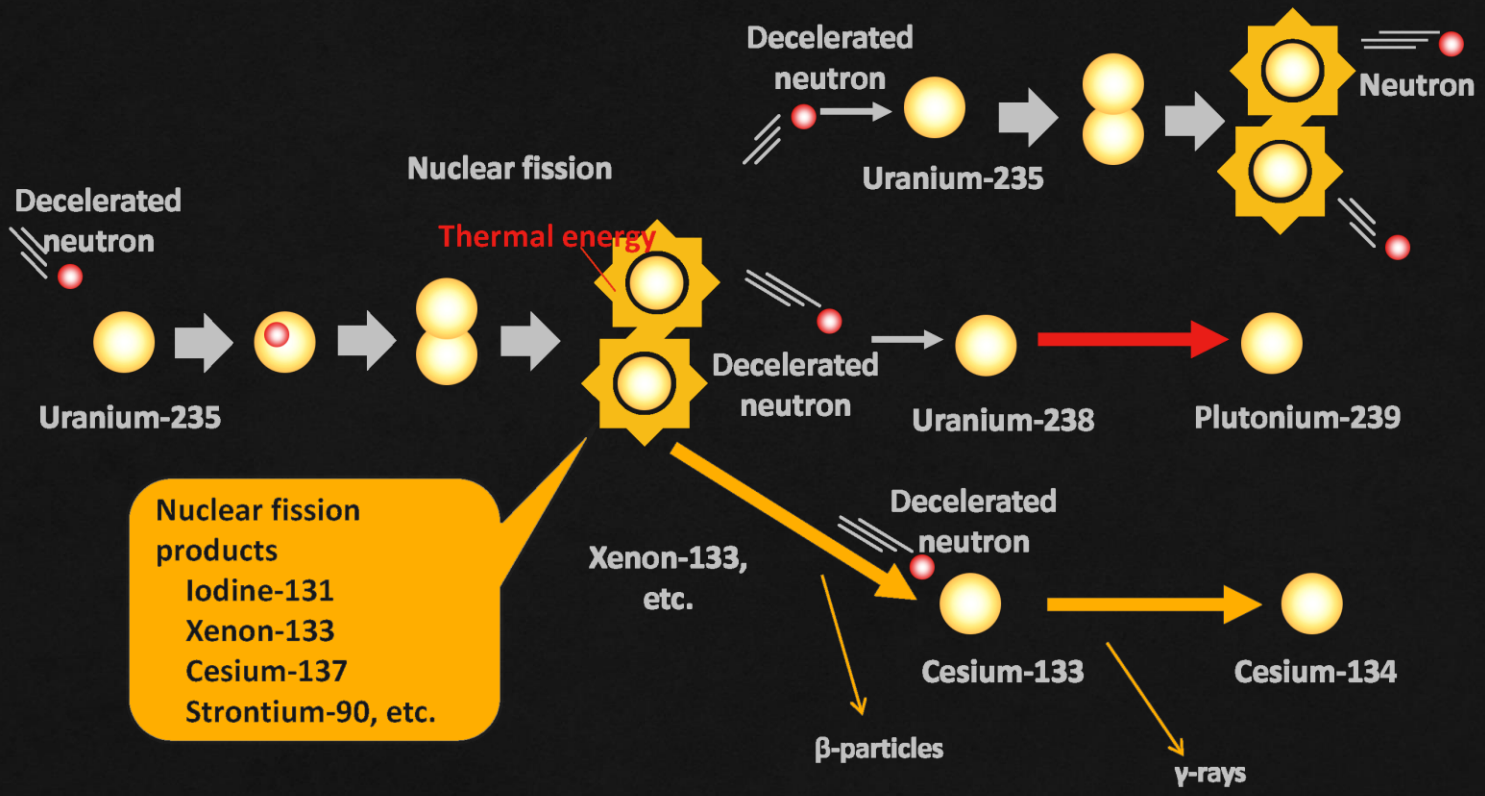
انجمن حفاظت در برابر اشعه ایرانیان
Iranian Radiation Protection Society

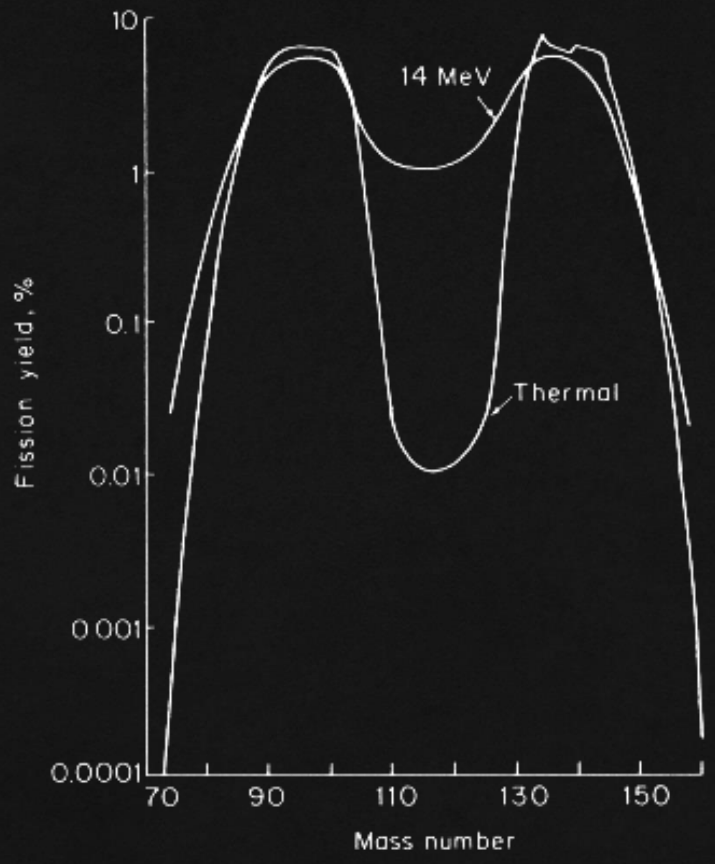
پیامدهای رادیولوژیکی حادثه‌ی فوکوشیما

مسعود وهابی مقدم

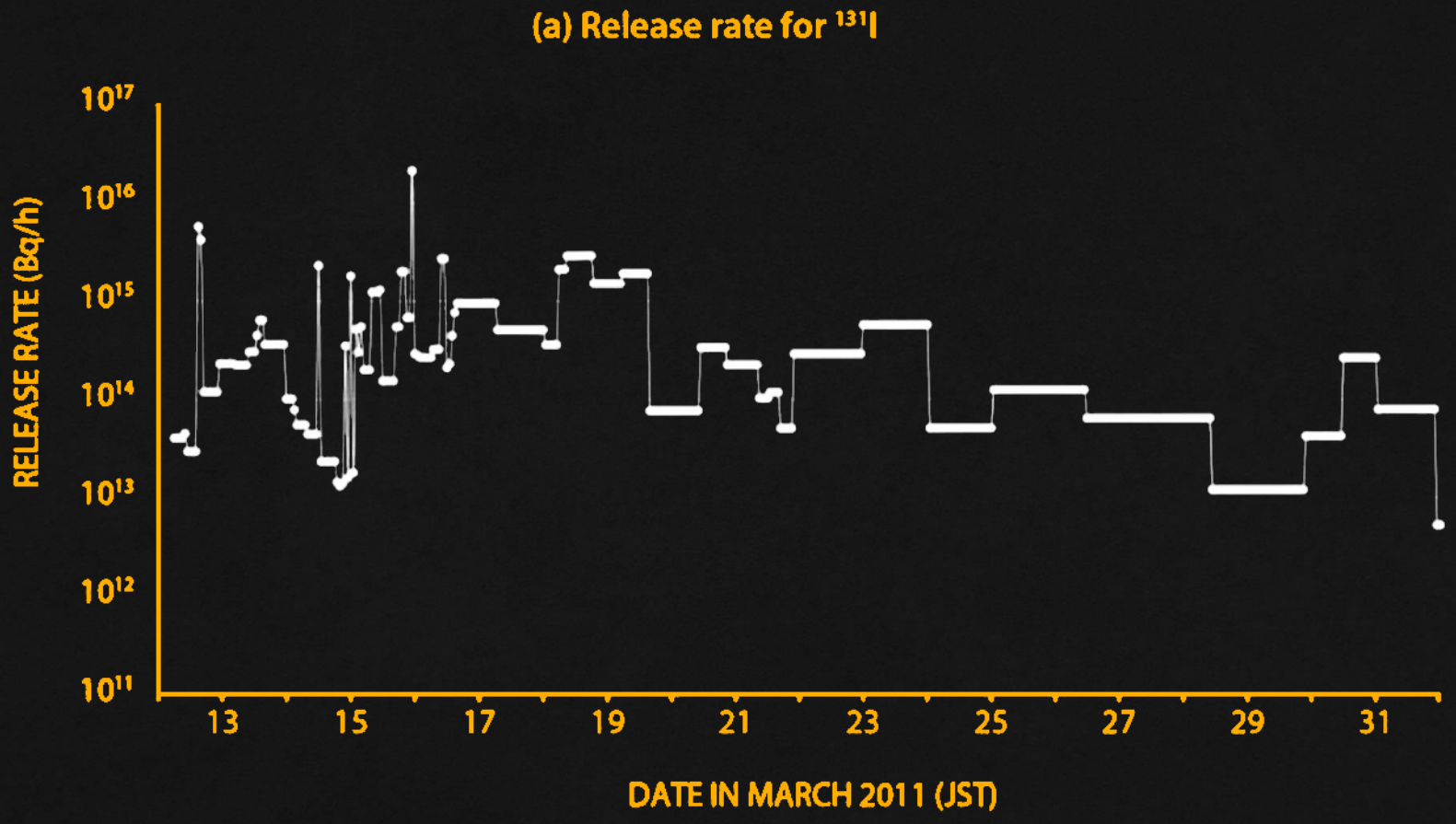
منبع آلودگی‌های پرتوزا

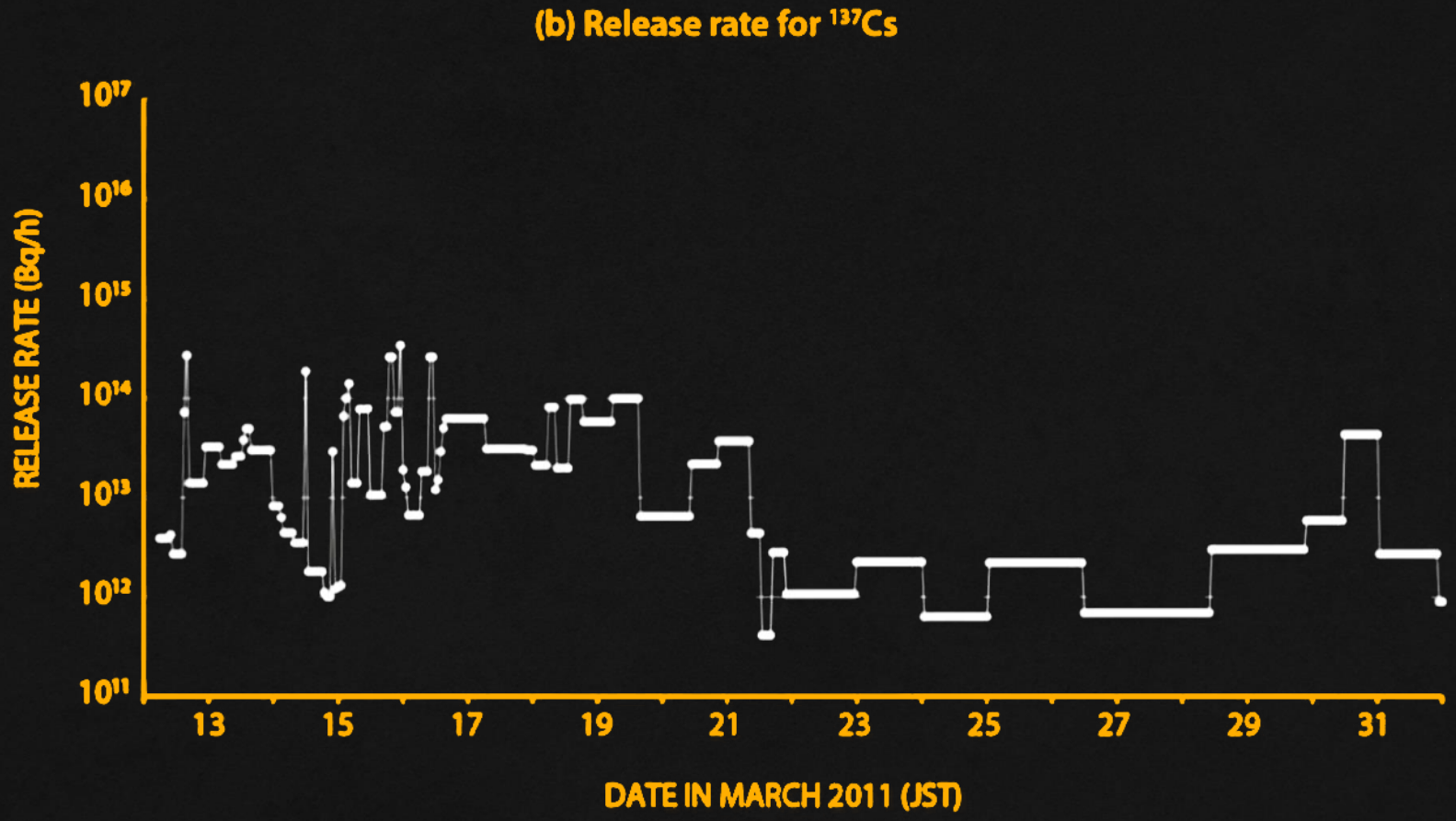


فراوانی پاره‌های شکافت U-235

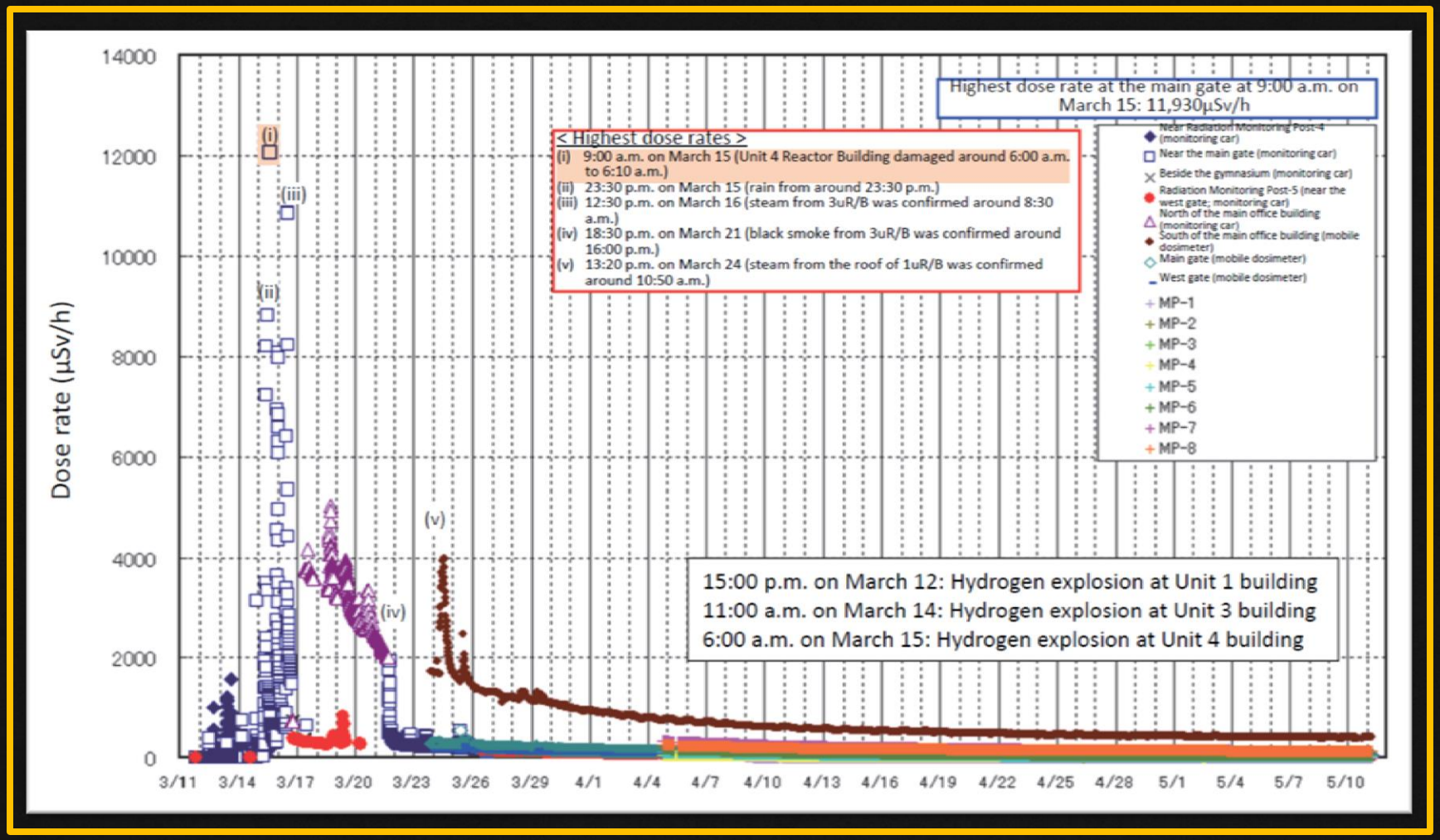


	H-3 Tritium	Sr-90 Strontium-90	I-131 Iodine-131	Cs-134 Cesium-134	Cs-137 Cesium-137	Pu-239 Plutonium-239
Types of radiation	β	β	β, γ	β, γ	β, γ	α, γ
Biological half-life	10 days	50 years	80 days	70-100 days	70-100 days	Liver: 20 years
Physical half-life	12.3 years	29 years	8 days	2.1 years	30 years	24,000 years
Effective half-life (calculated from biological half-life and physical half-life)	10 days	18 years	7 days	64-88 days	70-99 days	20 years
Organs and tissues where radioactive materials accumulate	Whole body	Bones	Thyroid	Whole body	Whole body	Liver and bones

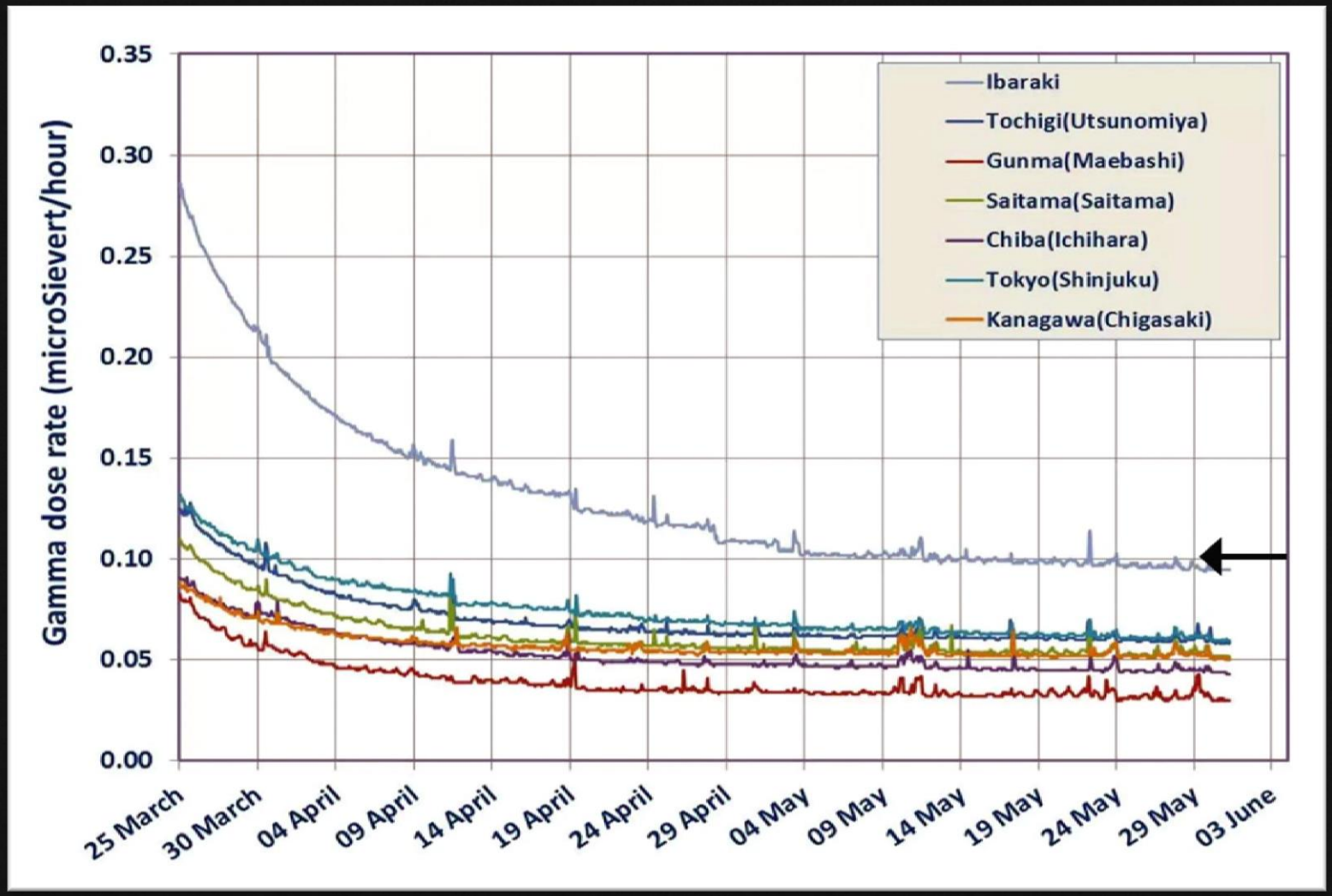

(a) Release rate for ^{131}I
RELEASE RATE (Bq/h)
10^{17}
10^{16}
10^{15}
10^{14}
10^{13}
10^{12}
10^{11}
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
DATE IN MARCH 2011 (JST)


(b) Release rate for ^{137}Cs
RELEASE RATE (Bq/h)
10^{17}
10^{16}
10^{15}
10^{14}
10^{13}
10^{12}
10^{11}
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
DATE IN MARCH 2011 (JST)

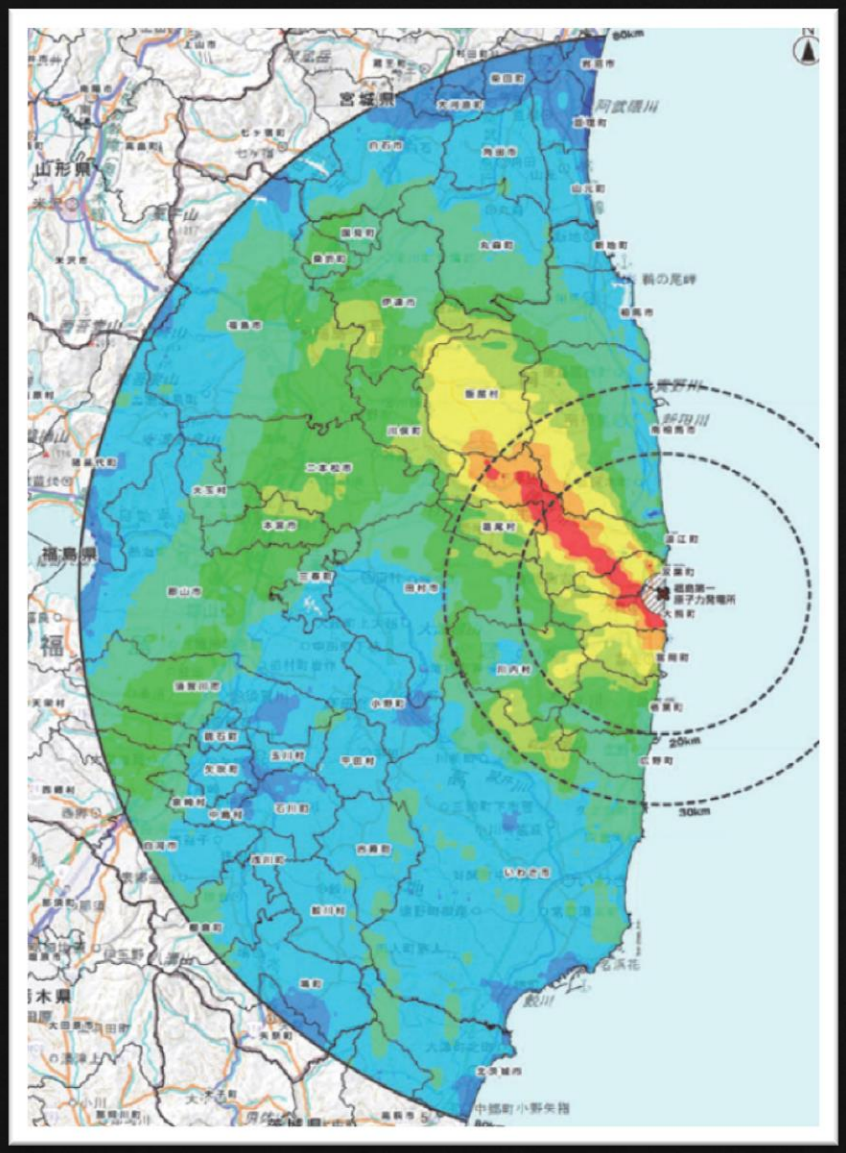
Radionuclide	Total Release (PBq)		FDNPS/Chernobyl
	International Organizations	Japanese Authorities	
^{131}I	100-500	160	10%
^{137}Cs	6-20	15	20%


Highest dose rate at the main gate at 9:00 a.m. on March 15: 11,930μSv/h
< Highest dose rates >
(i) 9:00 a.m. on March 15 (Unit 4 Reactor Building damaged around 6:00 a.m. to 6:10 a.m.)
(ii) 23:30 p.m. on March 15 (rain from around 23:30 p.m.)
(iii) 12:30 p.m. on March 16 (steam from 3uR/B was confirmed around 8:30 a.m.)
(iv) 18:30 p.m. on March 21 (black smoke from 3uR/B was confirmed around 16:00 p.m.)
(v) 13:20 p.m. on March 24 (steam from the roof of 1uR/B was confirmed around 10:50 a.m.)
Near Radiation Monitoring Post-4 (monitoring car)
Near the main gate (monitoring car)
Beside the gymnasium (monitoring car)
Radiation Monitoring Post-5 (near the west gate; monitoring car)
North of the main office building (monitoring car)
South of the main office building (mobile dosimeter)
Main gate (mobile dosimeter)
West gate (mobile dosimeter)
MP-1
MP-2
MP-3
MP-4
MP-5
MP-6
MP-7
MP-8
15:00 p.m. on March 12: Hydrogen explosion at Unit 1 building
11:00 a.m. on March 14: Hydrogen explosion at Unit 3 building
6:00 a.m. on March 15: Hydrogen explosion at Unit 4 building
Dose rate (μSv/h)
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
3/11
3/14
3/17
3/20
3/23
3/26
3/29
4/1
4/4
4/7
4/10
4/13
4/16
4/19
4/22
4/25
4/28
5/1
5/4
5/7
5/10

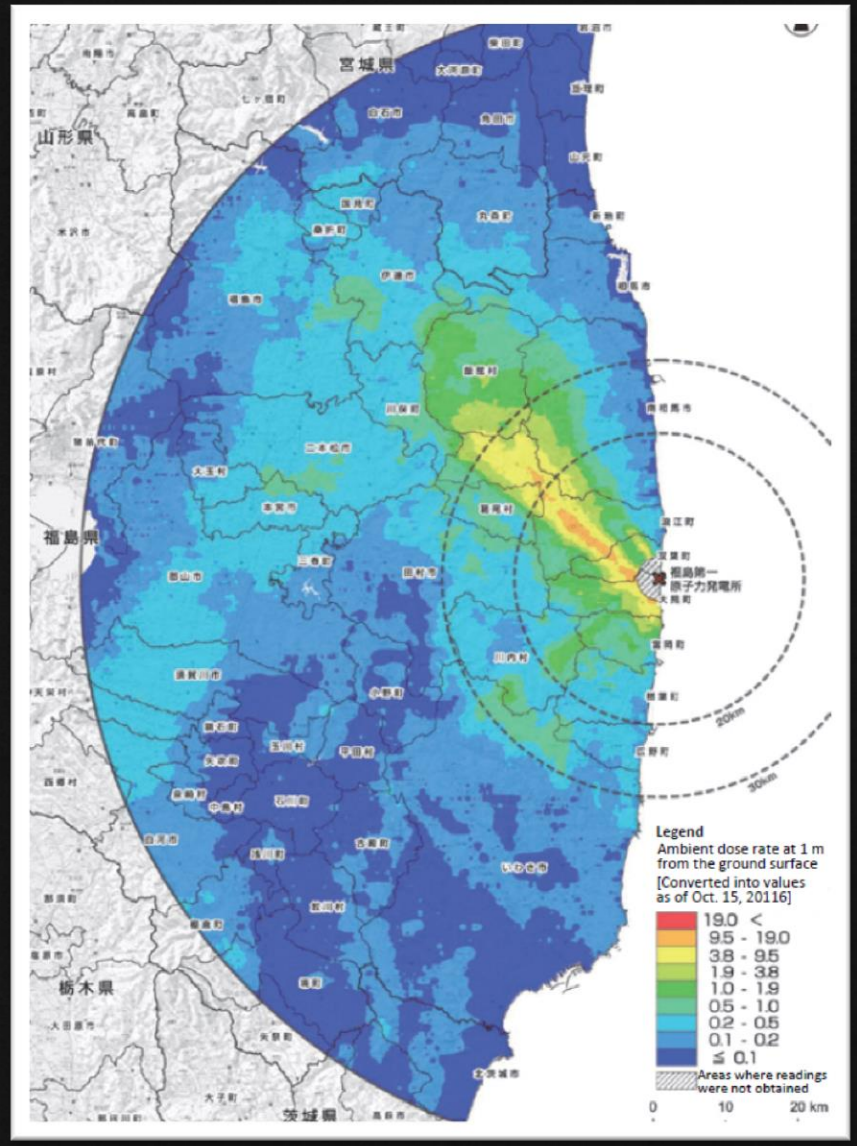
روند تغییر آهنگ دُز محیطی در مناطق مجاور FDNPS



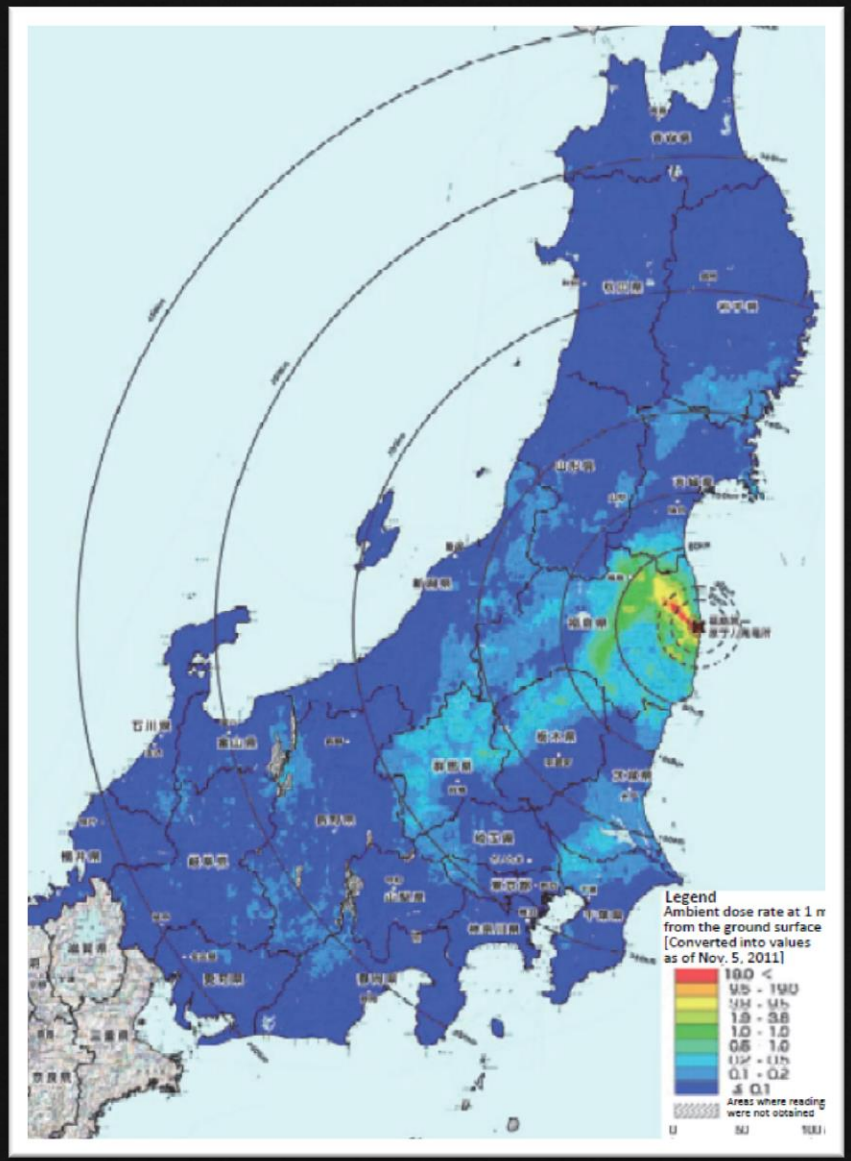
توزیع آهنگ دُز محیطی



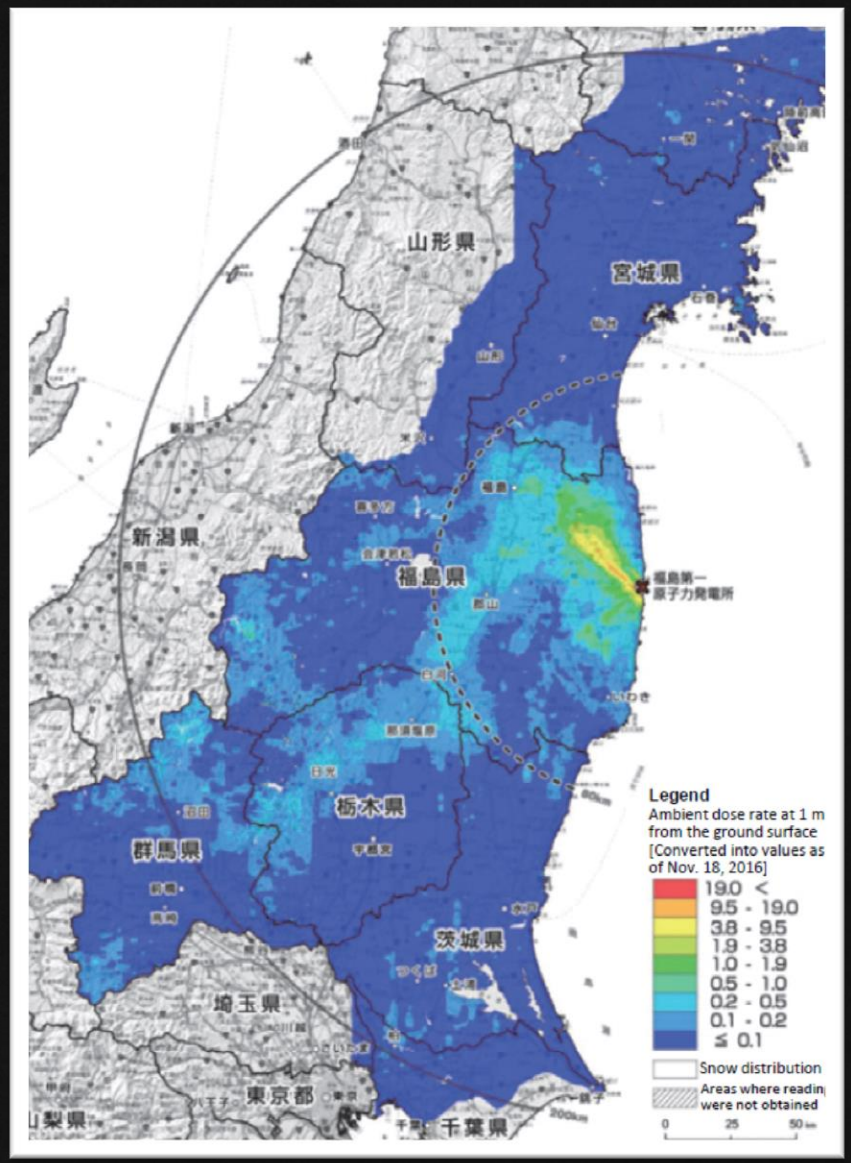
Dec. 2011



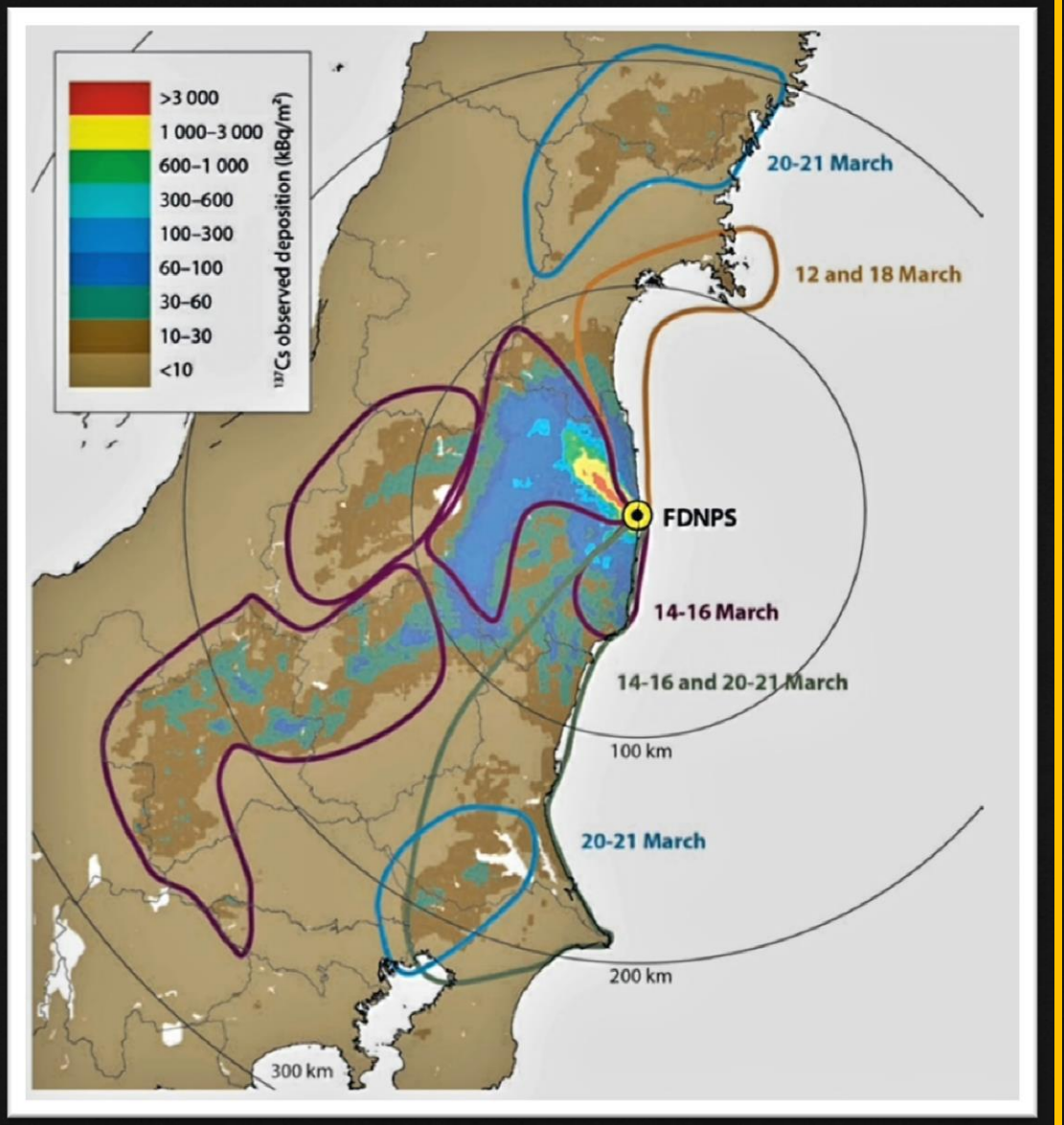
Feb. 2017



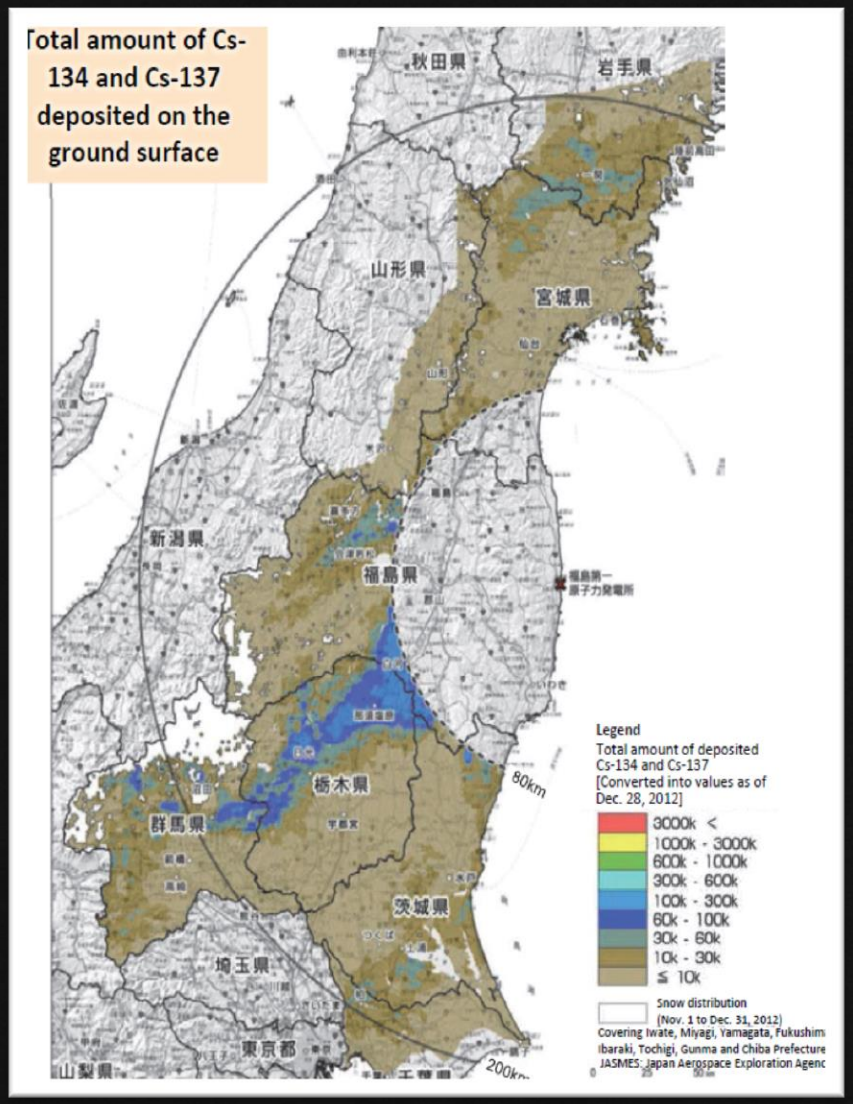
Dec. 2011

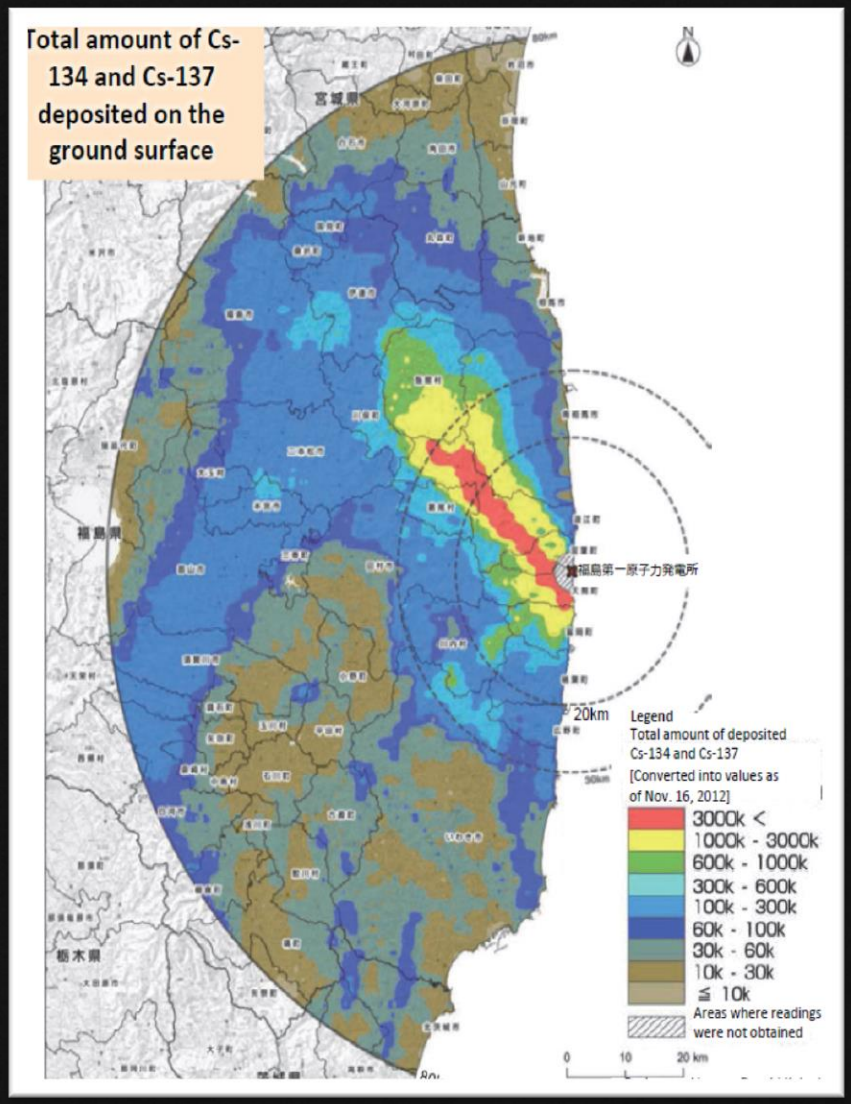


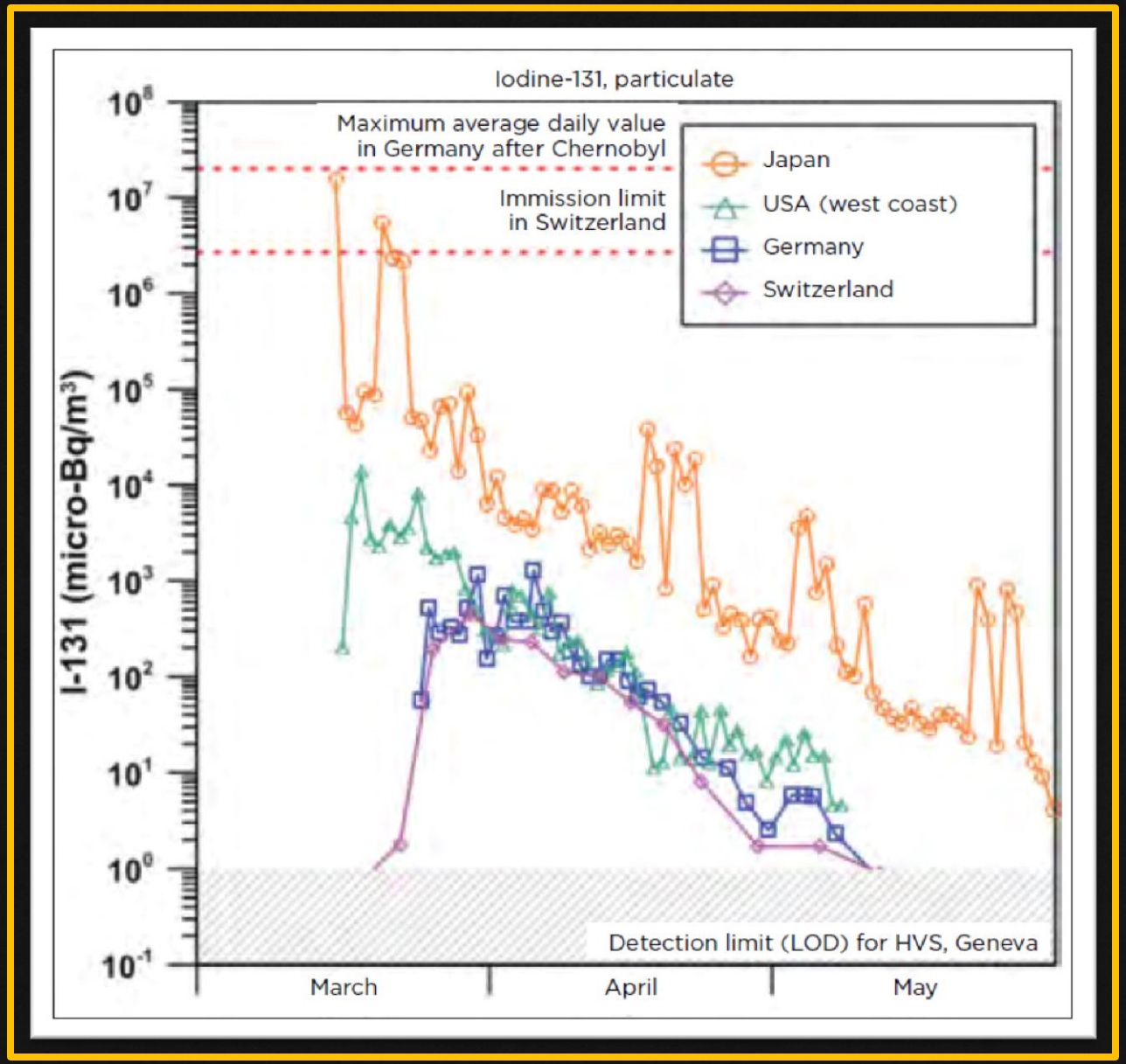
Feb. 2017

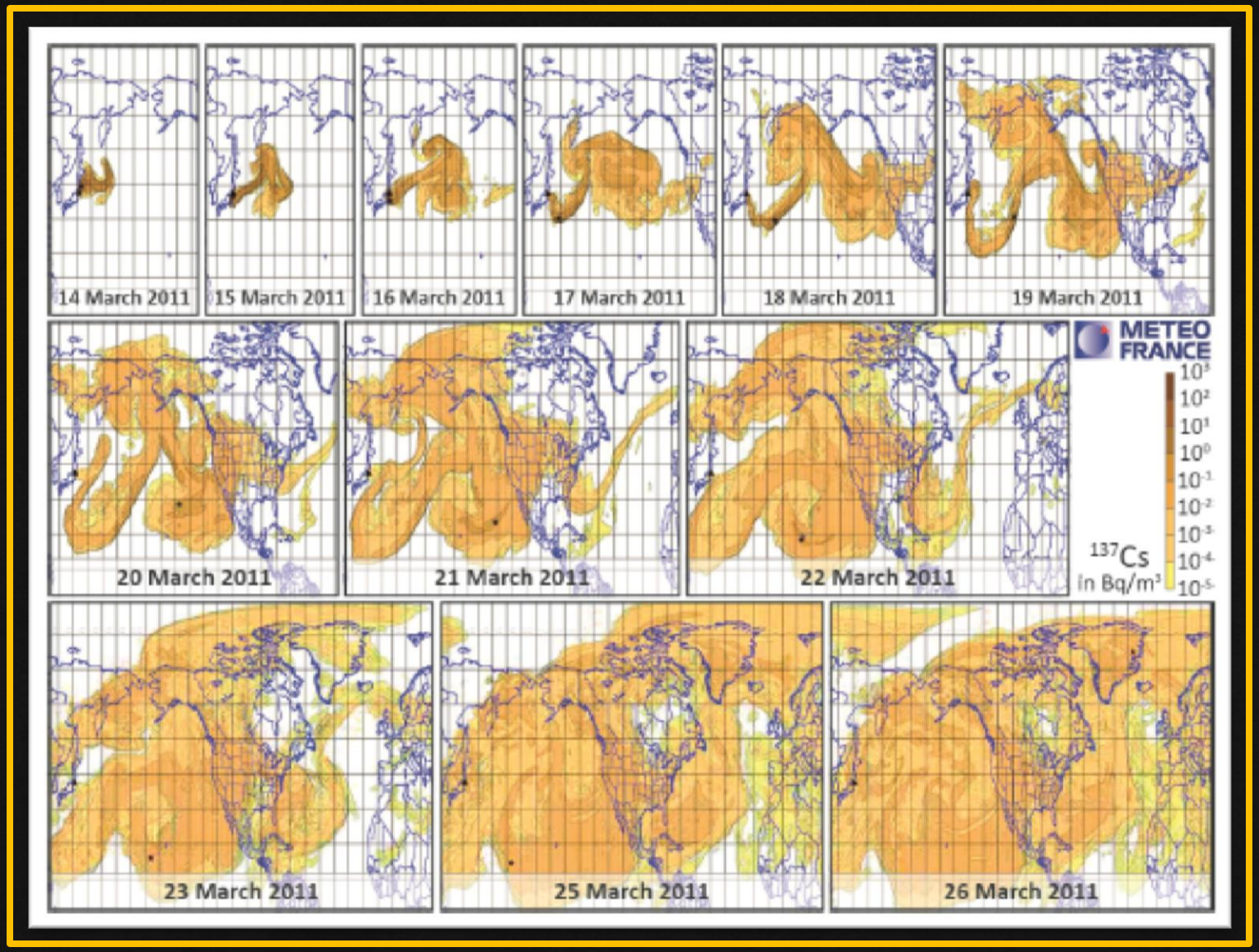

>3 000
1 000–3 000
600–1 000
300–600
100–300
60–100
30–60
10–30
<10
^{137}Cs observed deposition (kBq/m^2)
20-21 March
12 and 18 March
FDNPS
14-16 March
14-16 and 20-21 March
100 km
20-21 March
200 km
300 km

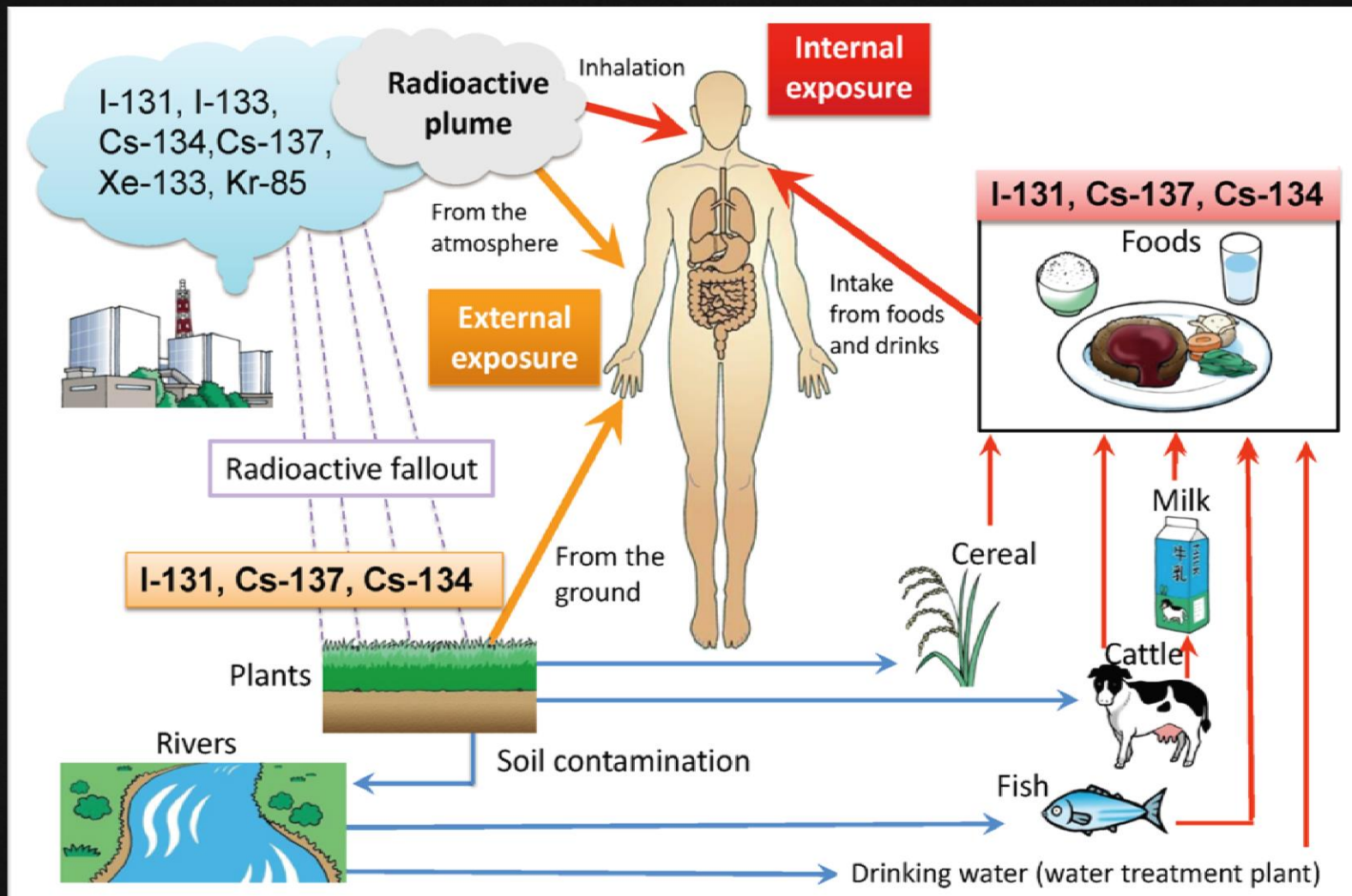
برآورد میزان نهشت Cs بر سطح زمین (Bq/m^2)

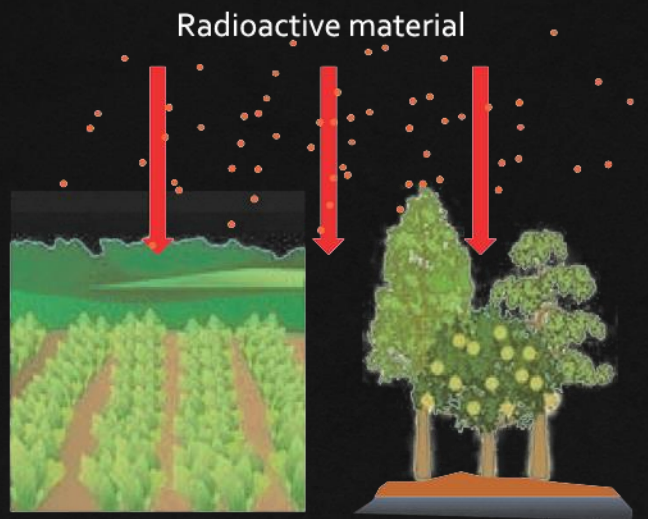




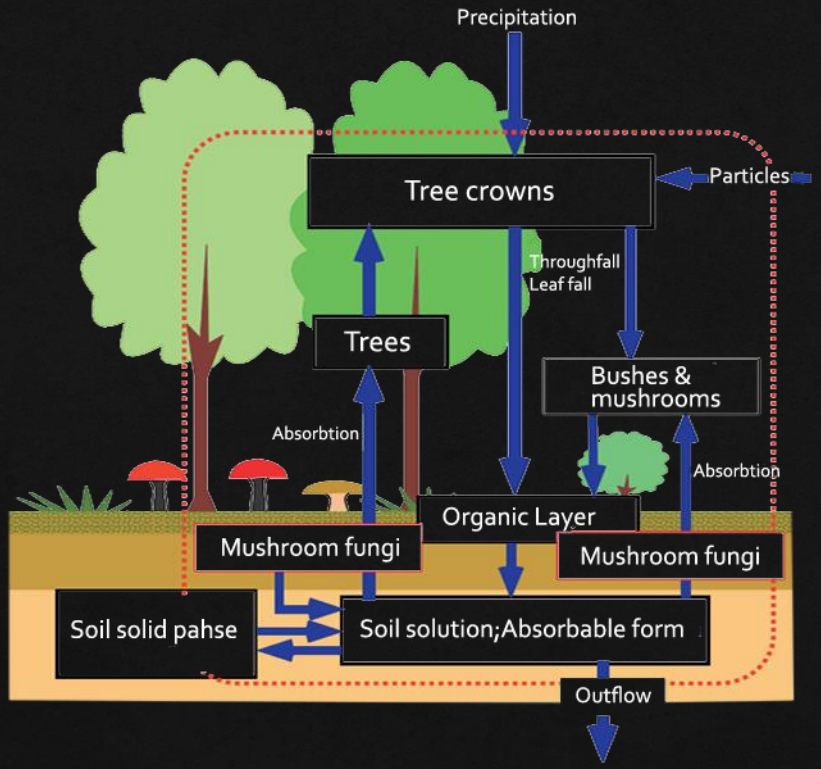

Iodine-131, particulate
Maximum average daily value in Germany after Chernobyl
Immission limit in Switzerland
Japan
USA (west coast)
Germany
Switzerland
I-131 (micro-Bq/m³)
10⁸
10⁷
10⁶
10⁵
10⁴
10³
10²
10¹
10⁰
10⁻¹
Detection limit (LOD) for HVS, Geneva
March
April
May


14 March 2011
15 March 2011
16 March 2011
17 March 2011
18 March 2011
19 March 2011
20 March 2011
21 March 2011
22 March 2011
METEO FRANCE
10^{3}
10^{2}
10^{1}
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
^{137}Cs in Bq/m³
23 March 2011
25 March 2011
26 March 2011

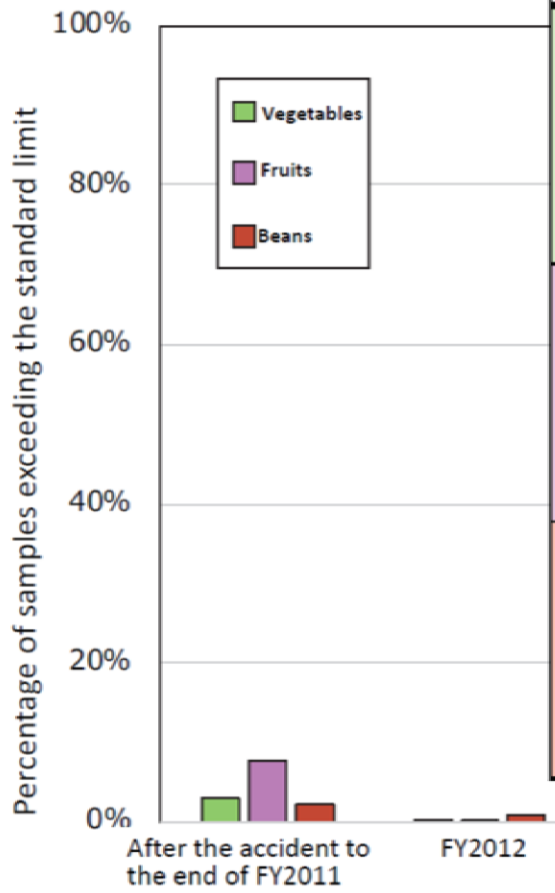

I-131, I-133,
Cs-134,Cs-137,
Xe-133, Kr-85
Radioactive plume
Inhalation
Internal exposure
From the atmosphere
External exposure
Intake from foods and drinks
I-131, Cs-137, Cs-134
Foods
Radioactive fallout
I-131, Cs-137, Cs-134
From the ground
Milk
Cereal
Plants
Cattle
Rivers
Soil contamination
Fish
Drinking water (water treatment plant)


Radioactive material
Leafy vegetables
Fruit trees and tea trees

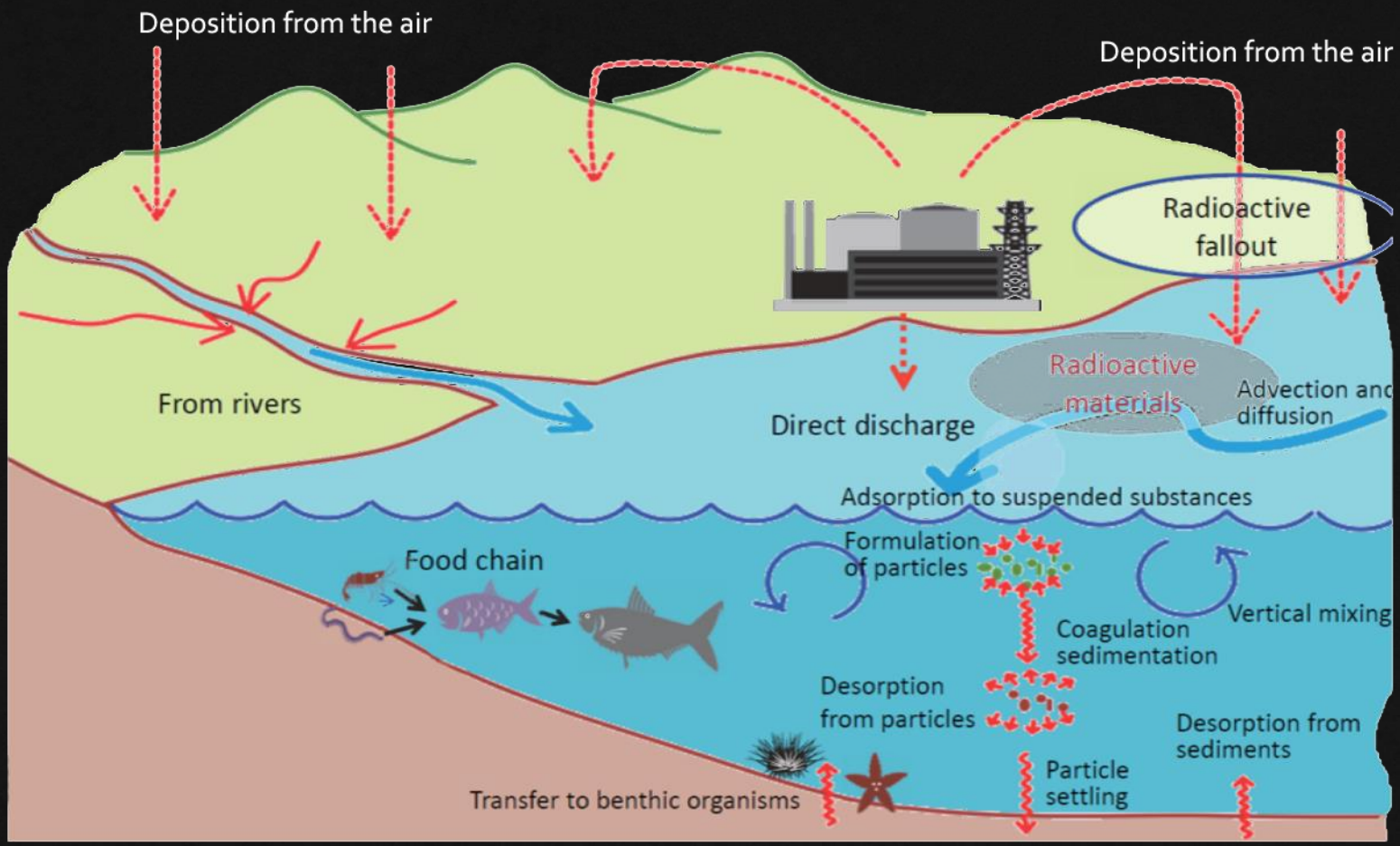
Radioactive materials


Precipitation
Tree crowns
Particles
Throughfall
Leaf fall
Trees
Bushes &
mushrooms
Absorbtion
Absorbtion
Organic Layer
Mushroom fungi
Mushroom fungi
Soil solid pahse
Soil solution;Absorbable form
Outflow

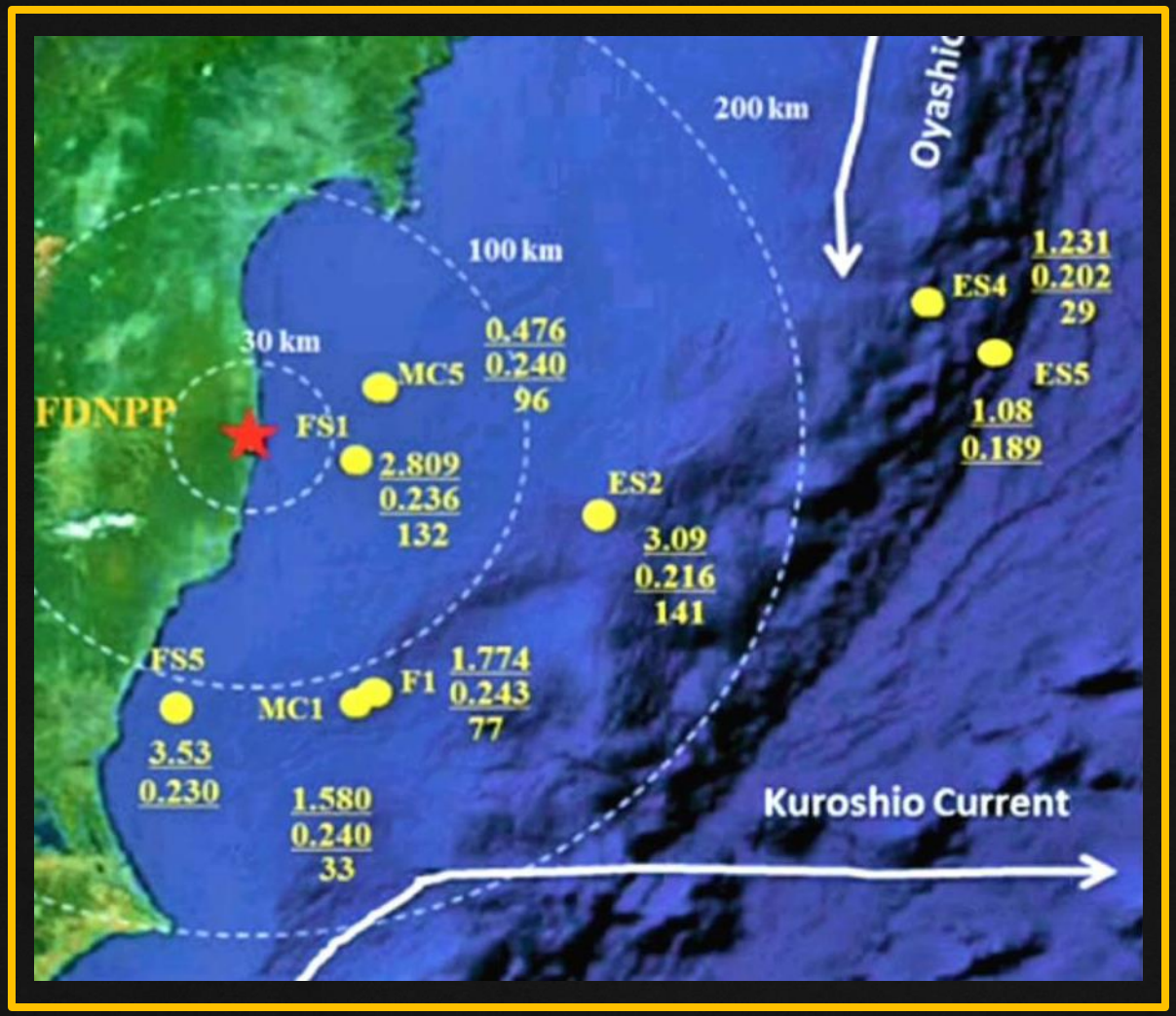
پرتوپایی سبزیجات، میوه‌ها و غلات



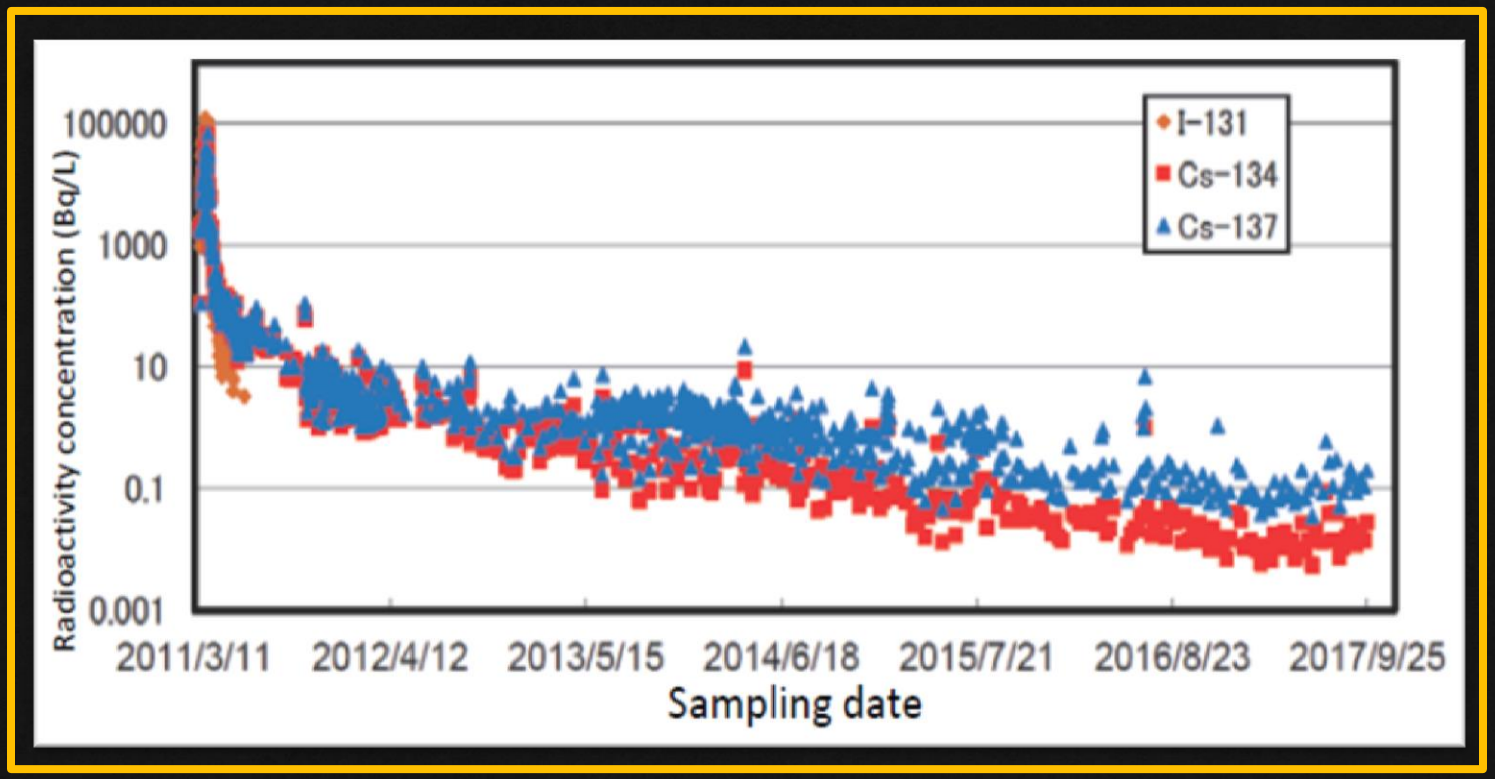
	Inspection period	Number of samples	Number of samples exceeding the standard limit	Percentage of samples exceeding the standard limit
Vegetables	After the accident to the end of FY2011	12,671	385	3.0%
	FY2012	18,570	5	0.03%
	FY2013	19,657	0	0%
	FY2014	16,712	0	0%
	FY2015	12,205	0	0%
	FY2016	10,810	0	0%
	FY2017 (up to December 26)	6,919	0	0%
Fruits	After the accident to the end of FY2011	2,732	210	7.7%
	FY2012	4,478	13	0.3%
	FY2013	4,243	0	0%
	FY2014	3,302	0	0%
	FY2015	2,783	0	0%
	FY2016	2,155	0	0%
	FY2017 (up to December 26)	1,484	1	0.1%
Beans	After the accident to the end of FY2011	689	16	2.3%
	FY2012	5,962	63	1.1%
	FY2013	5,167	21	0.4%
	FY2014	3,459	4	0.1%
	FY2015	1,813	0	0%
	FY2016	957	0	0%
	FY2017 (up to December 26)	477	0	0%


Deposition from the air
Deposition from the air
Radioactive fallout
From rivers
Direct discharge
Radioactive materials
Advection and diffusion
Adsorption to suspended substances
Formulation of particles
Food chain
Vertical mixing
Coagulation sedimentation
Desorption from particles
Desorption from sediments
Particle settling
Transfer to benthic organisms

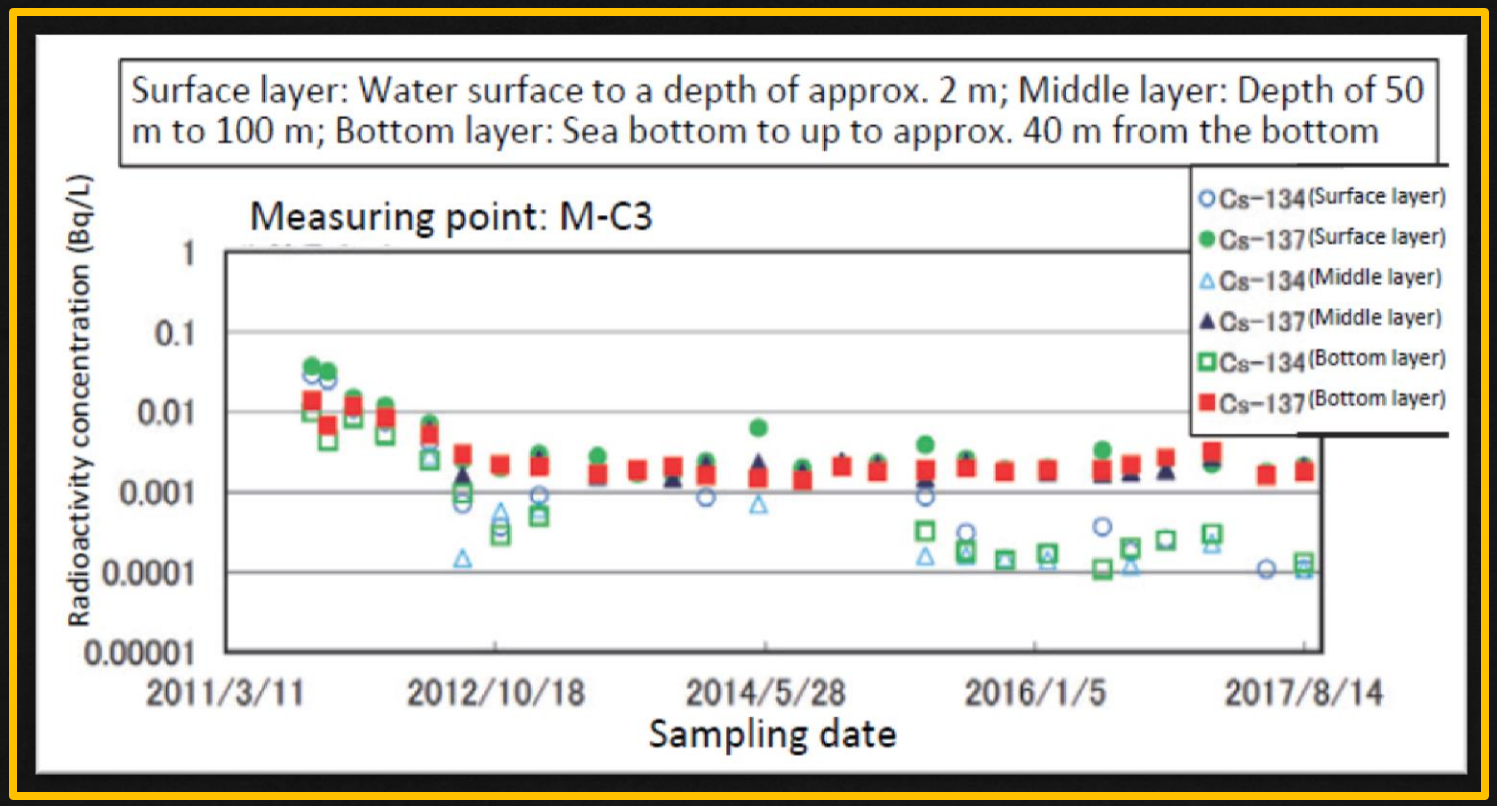
Radionuclide	Releases into Pacific Ocean		
	Direct Release (PBq)	Atmospheric Deposition (PBq)	Direct Releases (TBq)
^{131}I	10-20	60-100	
^{137}Cs	3-6	5-8	60


200 km
Oyashio
100 km
30 km
FDNPP
MC5
FS1
0.476
0.240
96
2.809
0.236
132
ES4
1.231
0.202
29
ES5
1.08
0.189
ES2
3.09
0.216
141
FS5
MC1
F1
1.774
0.243
77
3.53
0.230
1.580
0.240
33
Kuroshio Current

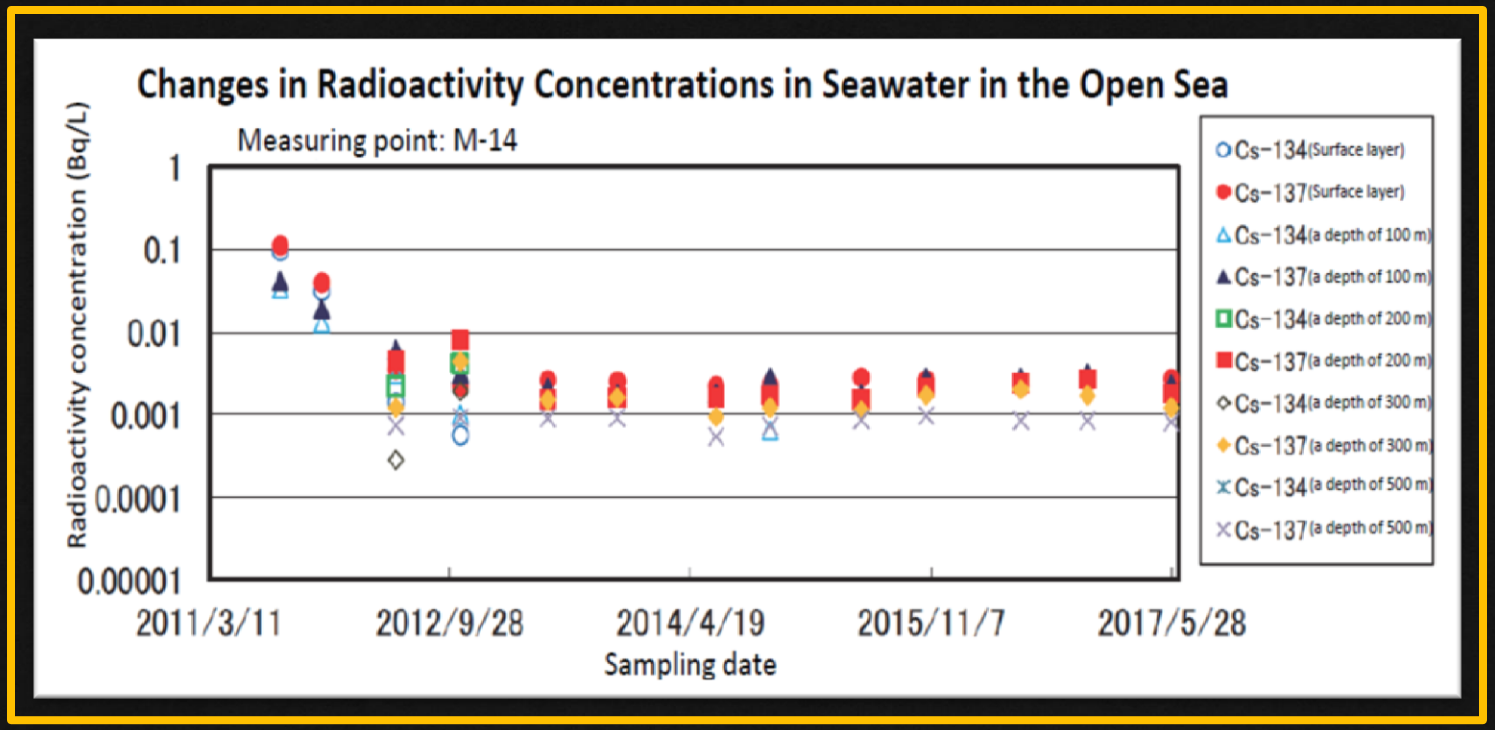
تغییرات غلظت هسته‌های پرتوزا در آب‌های ساحلی جایگاه FDNPS



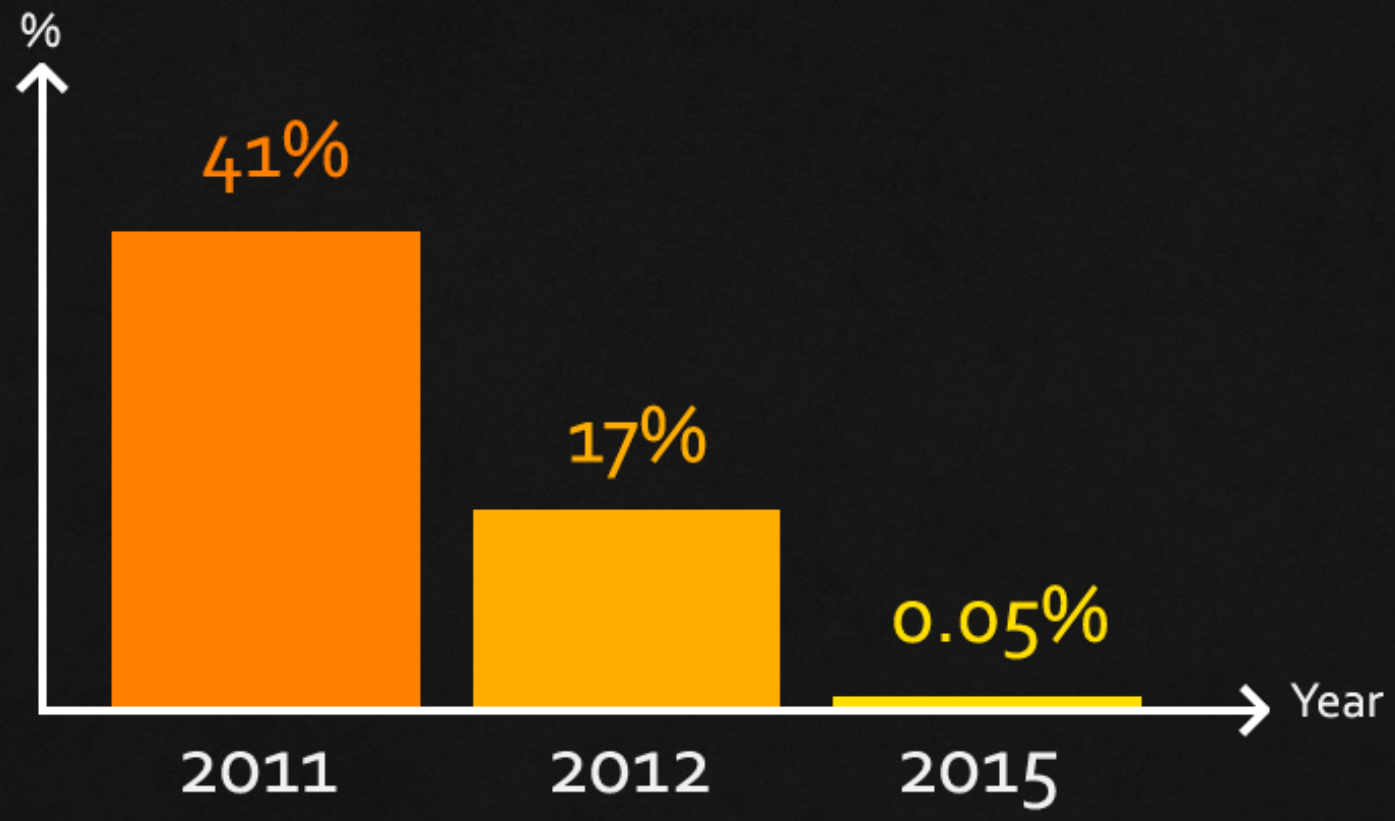
تغییرات غلظت هسته‌های پرتوزا در فراتر از آب‌های ساحلی



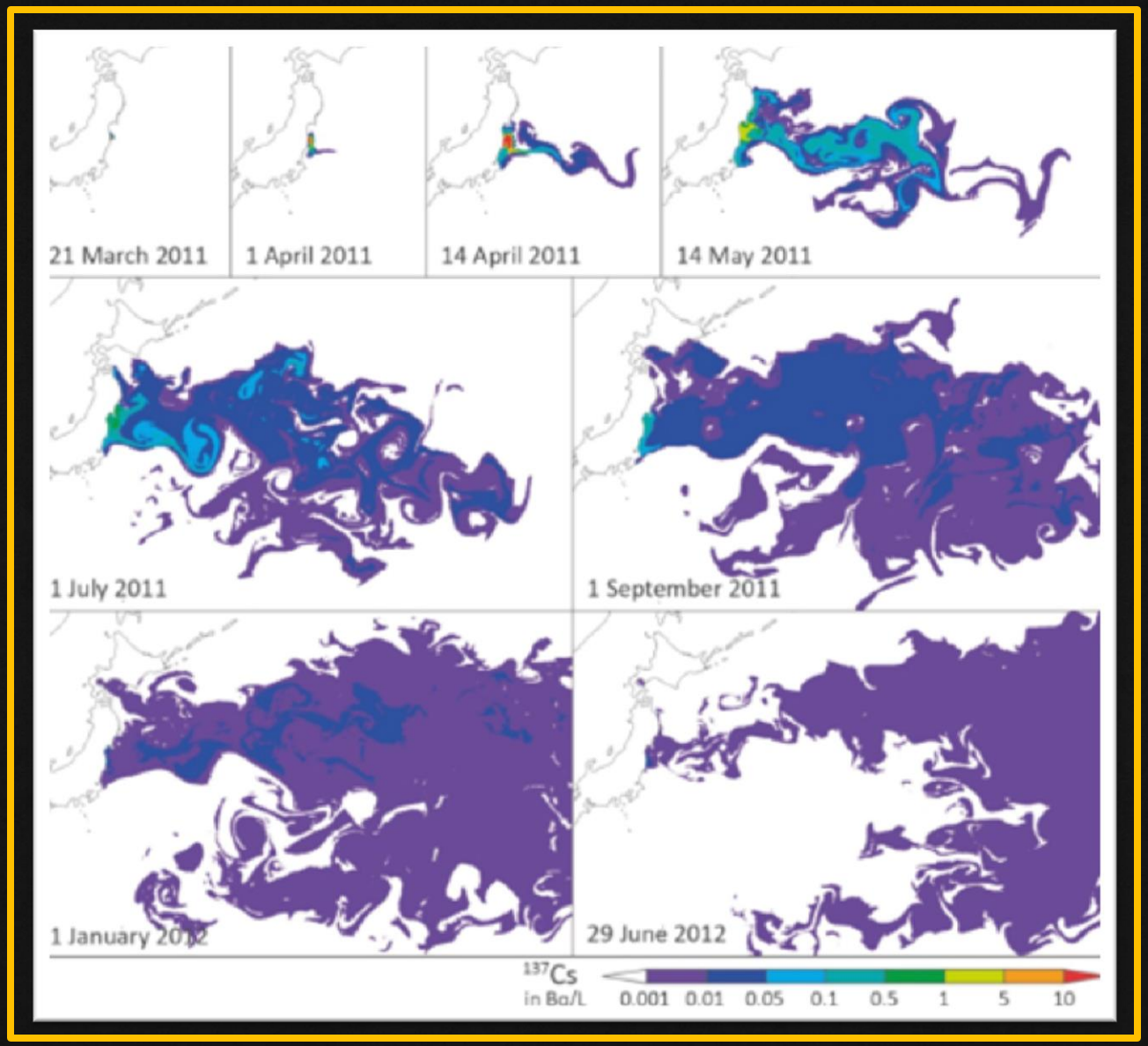
تغییرات غلظت هسته‌های پرتوزا در دریای آزاد



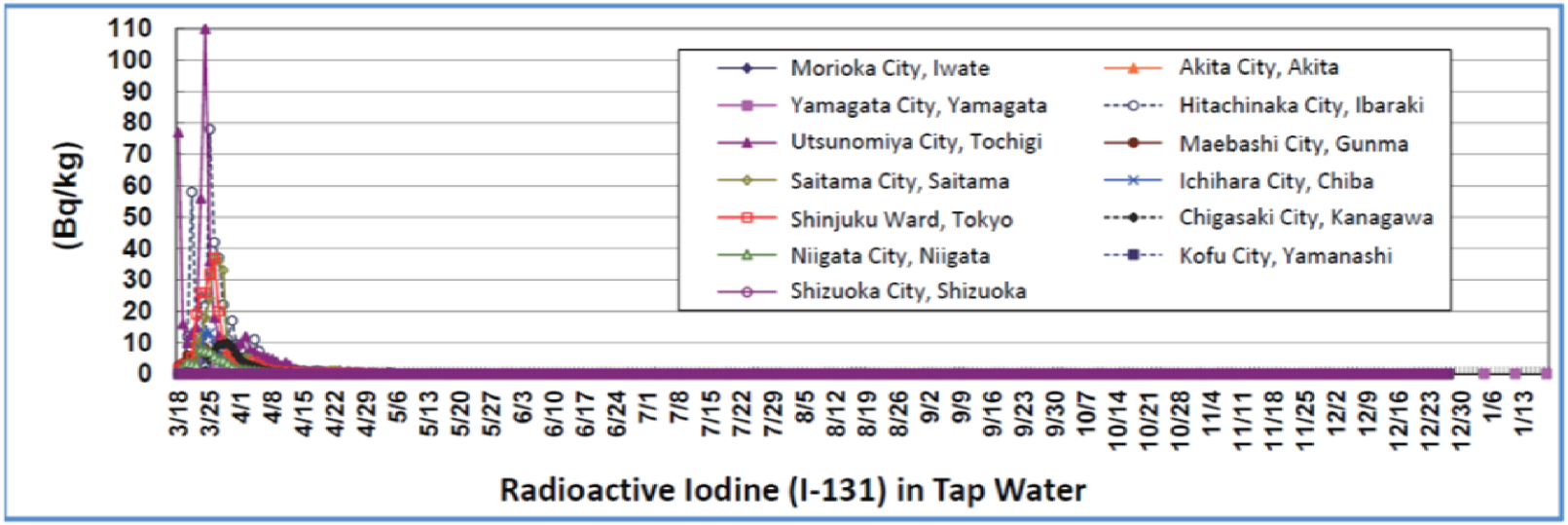
غلظت ^{137}Cs در آب‌های ساحلی جایگاه FDNPS در سال ۲۰۱۲
تقریباً به میزان پیش از حادثه برمی‌گردد



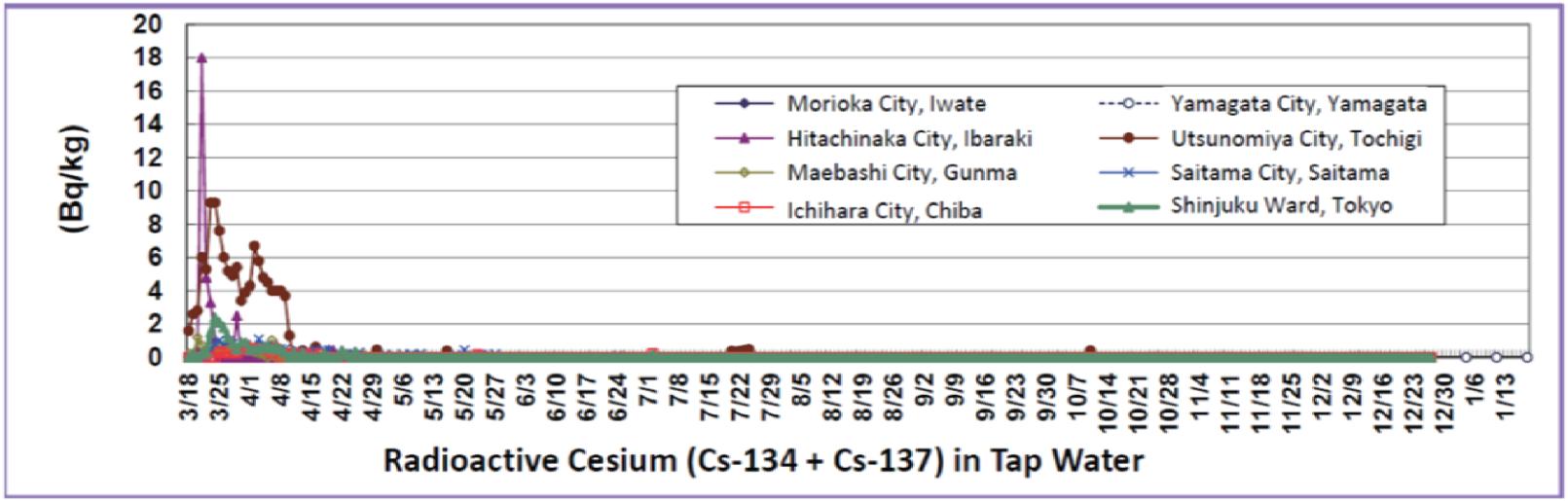
اولین ثبت سزیم ناشی از فوکوشیما در شرق اقیانوس آرام
June 2012 در ۱۵۰۰ کیلومتری غربِ British Colombia



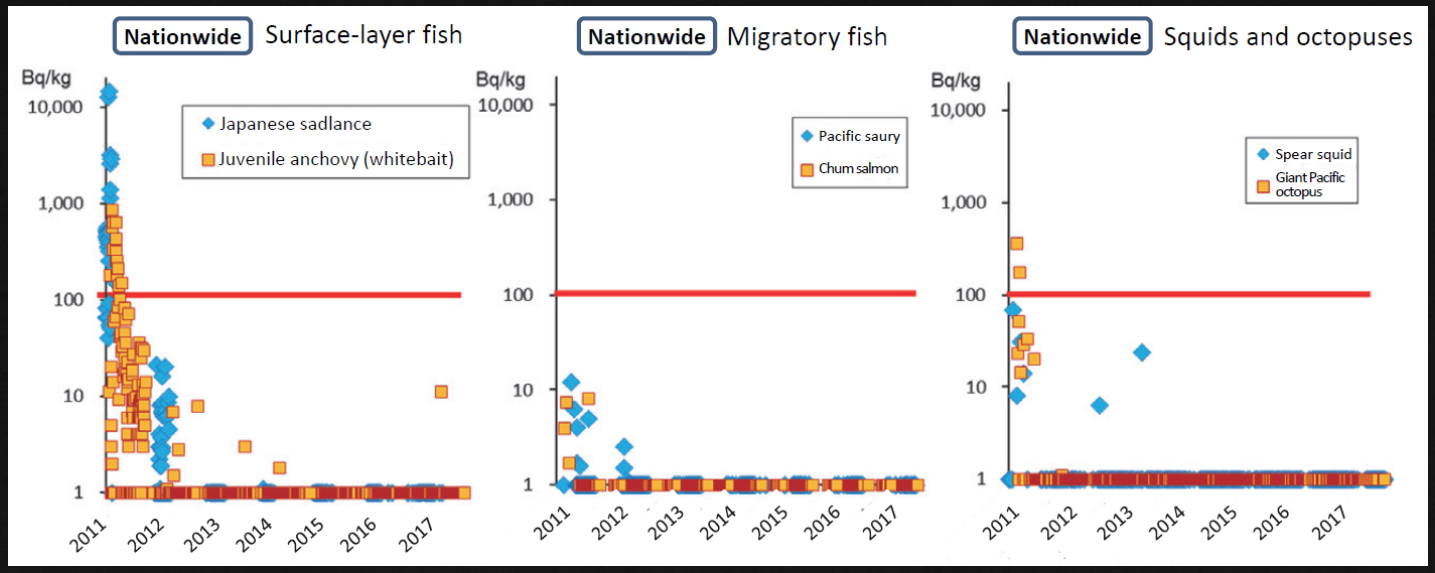
پرتوپایی آب آشامیدنی

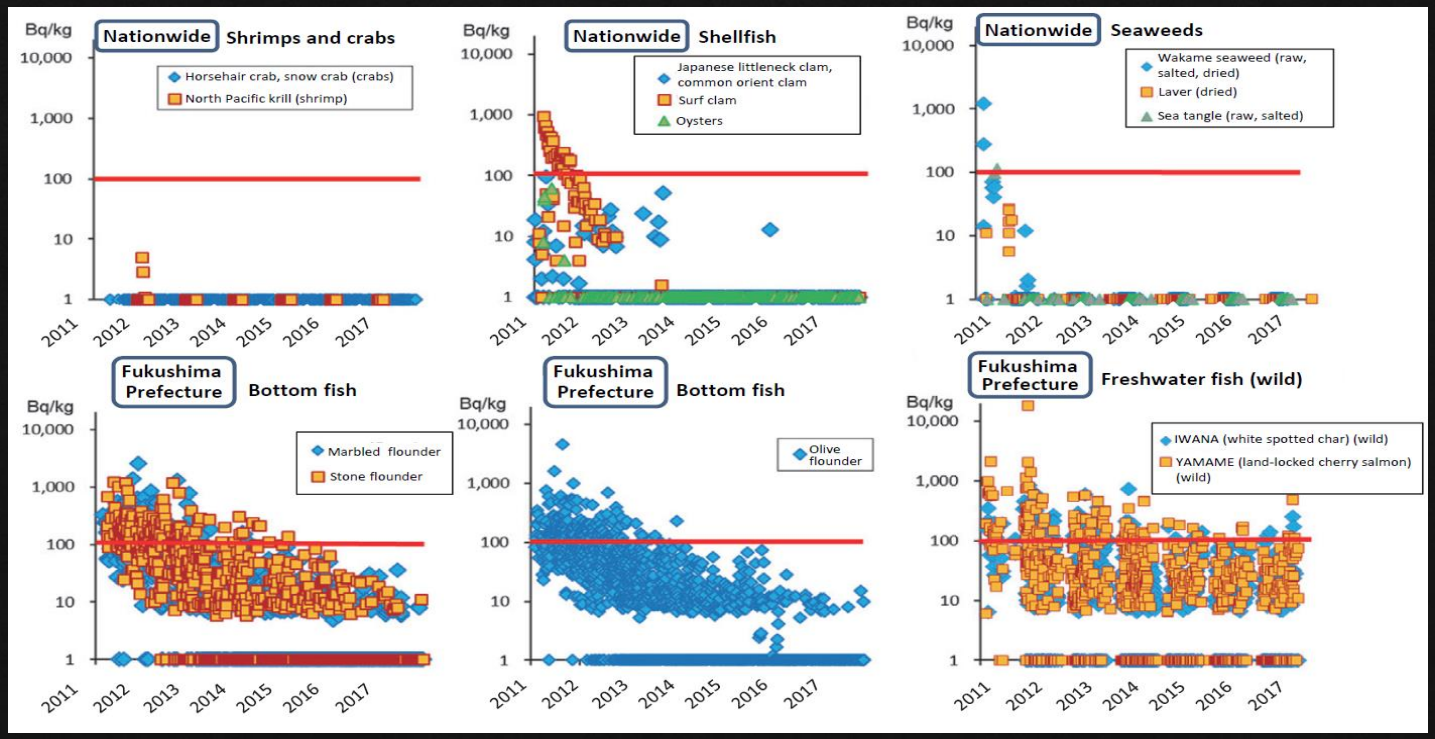


Radioactive Iodine (I-131) in Tap Water



Radioactive Cesium (Cs-134 + Cs-137) in Tap Water


Nationwide
Surface-layer fish
Bq/kg
10,000
1,000
100
10
1
Japanese sadlance
Juvenile anchovy (whitebait)
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
Nationwide
Migratory fish
Pacific saury
Chum salmon
Nationwide
Squids and octopuses
Spear squid
Giant Pacific octopus

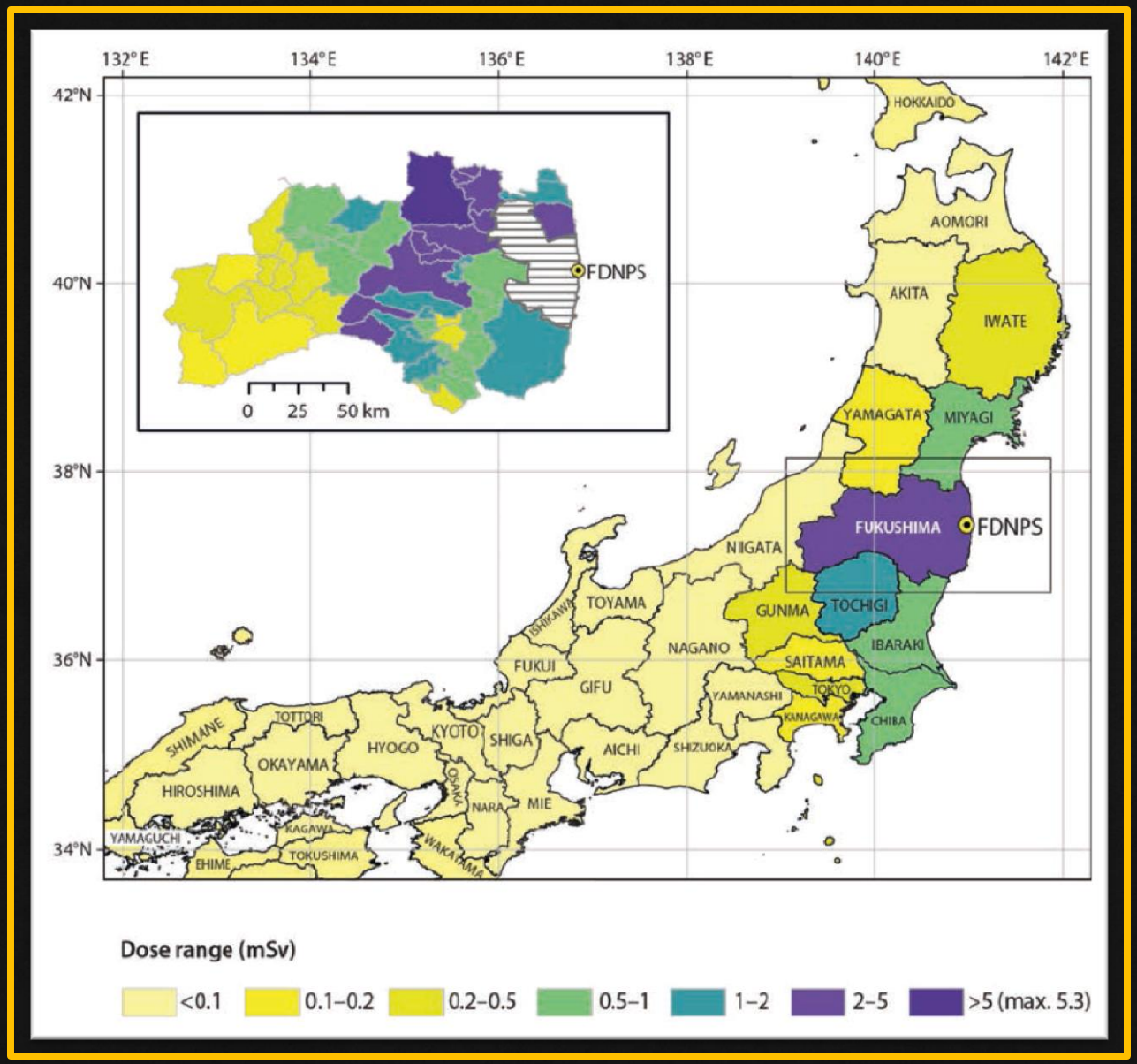

Nationwide
Shrimps and crabs
Horsehair crab, snow crab (crabs)
North Pacific krill (shrimp)
Nationwide
Shellfish
Japanese littleneck clam, common orient clam
Surf clam
Oysters
Nationwide
Seaweeds
Wakame seaweed (raw, salted, dried)
Laver (dried)
Sea tangle (raw, salted)
Fukushima Prefecture
Bottom fish
Marbled flounder
Stone flounder
Fukushima Prefecture
Bottom fish
Olive flounder
Fukushima Prefecture
Freshwater fish (wild)
IWANA (white spotted char) (wild)
YAMAME (land-locked cherry salmon) (wild)

بازه‌ی برآورد میانگین دُز ساکنین فوکوشیما، استان‌های مجاور و بقیه ژاپن در سال اول

Geographical area	*Ranges of effective dose (mSv)*			*Ranges of absorbed dose to the thyroid (mGy)*		
Age group[a]	*Adult*	*10-year-old*	*1-year-old*	*Adult*	*10-year-old*	*1-year-old*
Group 2[b] – Fukushima Prefecture	0.079–3.8	0.10–4.5	0.12–5.3	0.48–11	1.0–17	1.2–21
Group 3 – neighbouring prefectures[c]	0.10–0.92	0.13–1.1	0.15–1.3	0.31–3.3	0.52–5.2	0.62–6.3
Group 4[d] – rest of Japan	0.004–0.36	0.005–0.43	0.005–0.51	0.034–0.48	0.073–0.63	0.087–0.74

بررسی UNSCEAR حاکی از آنست که کوچ گروه‌های جمعیتی موجب کاهش دُز موثر بزرگ‌سالان به میزان 40 mSv و دُز جذبی تیروییید نوزادان به میزان 500 mGy شده‌است

میانگین دُز دریافتی نوزادان در سال اول



بازه‌ی برآورد میانگین دُز ساکنین فوکوشیما، استان‌های مجاور، و بقیه ژاپن در سال اول، ۱۰ سال اول، و تا ۸۰ سالگی

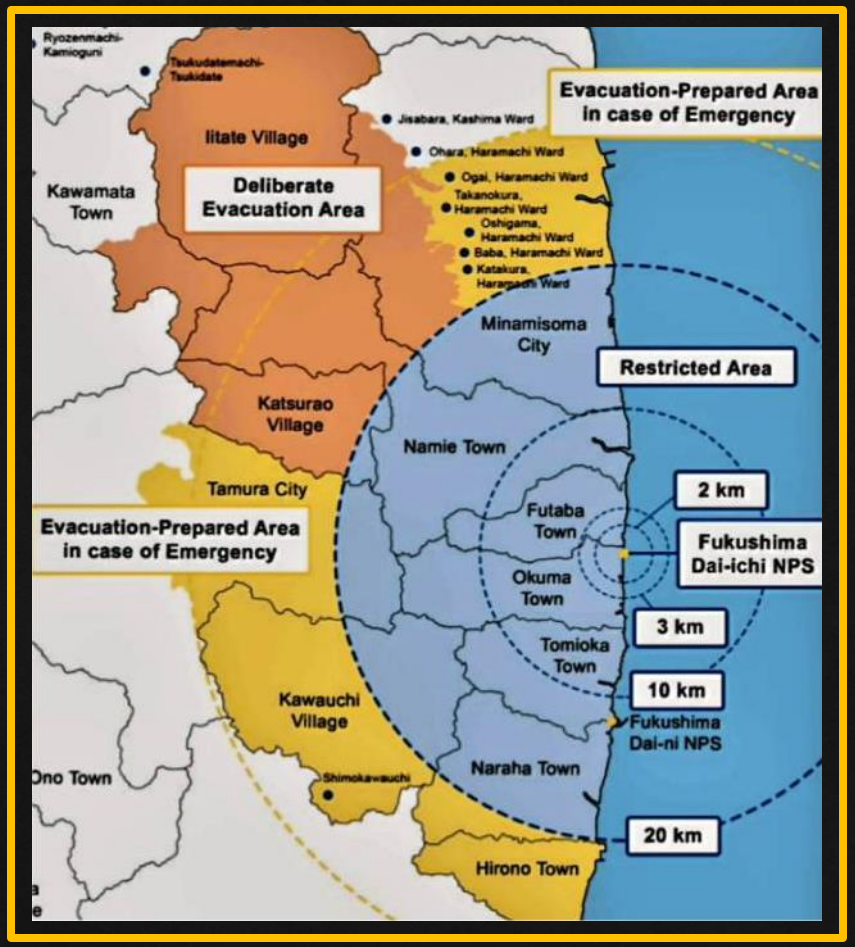
Age group in March 2011	*Ranges of municipality- or prefecture-average effective dose[a] (mSv)*		
	Group 2[b] – Fukushima Prefecture	*Group 3[c] – neighbouring prefectures*	*Group 4[d] – rest of Japan*
1-YEAR EXPOSURE			
Adult	0.079–3.8	0.10–0.92	0.004–0.36
10-year-old	0.10–4.5	0.13–1.1	0.005–0.43
1-year-old	0.12–5.3	0.15–1.3	0.005–0.51
10-YEAR EXPOSURE			
Adult	0.16–11	0.25–2.5	0.009–1.0
10-year-old	0.19–12	0.30–2.9	0.008–1.2
1-year-old	0.22–14	0.34–3.4	0.007–1.3
LIFETIME EXPOSURE TO AGE 80 YEARS[e]			
Adult	0.22–15	0.32–3.6	0.010–1.4
10-year-old	0.24–17	0.38–4.0	0.009–1.6
1-year-old	0.27–19	0.43–4.5	0.008–1.8

بازه‌ی برآورد میانگین دُز موثر ساکنین فوکوشیما، استان‌های مجاور، و بقیه ژاپن در سال 2021

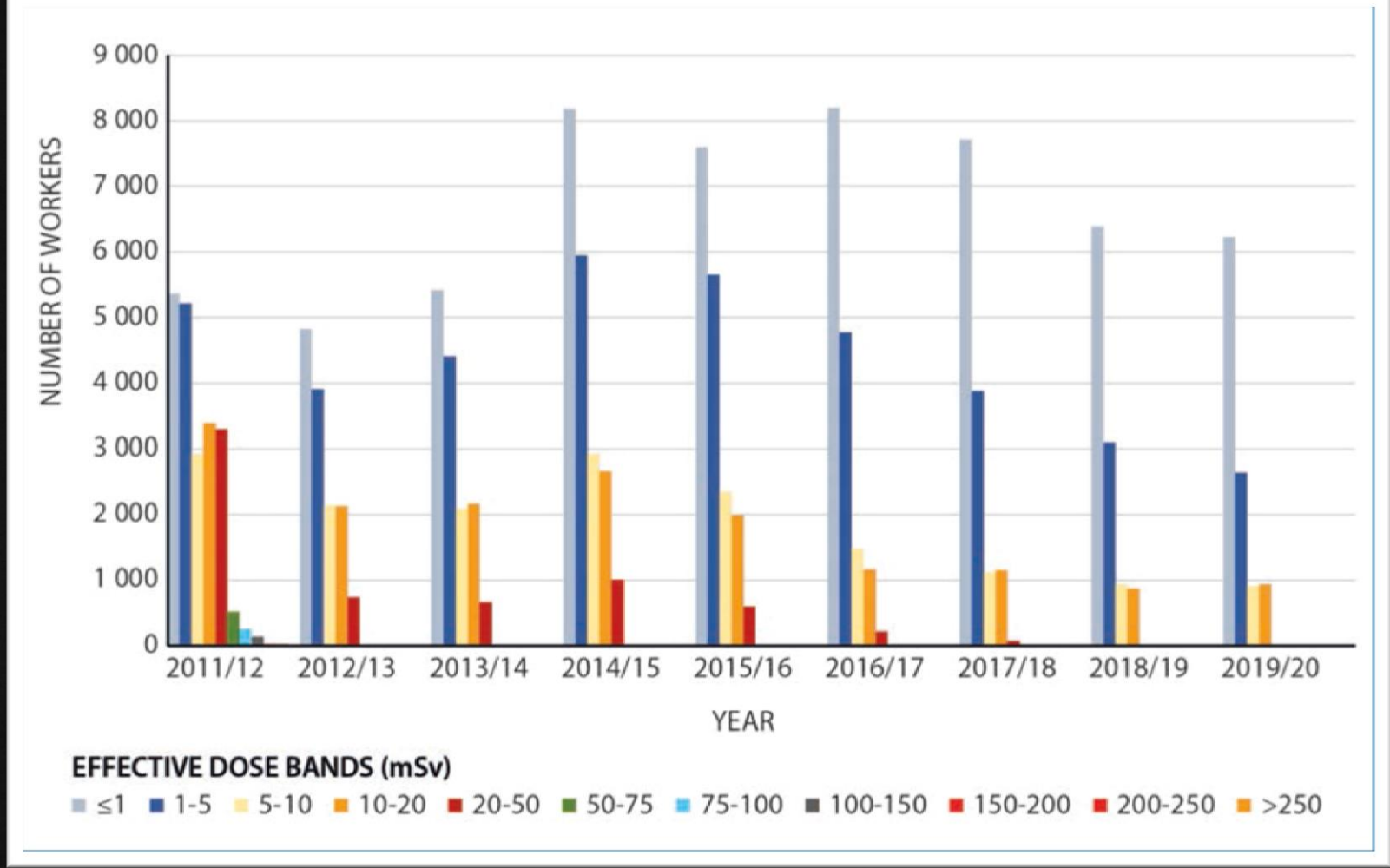
Geographical area	*Ranges of municipality- or prefecture-average annual effective dose[a] (mSv)*		
	Adult	*10-year-old*	*1-year-old*
Group 2[b] – Fukushima Prefecture	0.004–0.31	0.004–0.36	0.004–0.42
Group 3[c] – neighbouring prefectures	0.005–0.070	0.006–0.082	0.006–0.097
Group 4[d] – rest of Japan	<0.001–0.028	<0.001–0.033	<0.001–0.039

برآورد UNSCEAR از دُز موثر، و دُز معادل تیروییید برای ساکنین کشورهای همجوار ژاپن، در نخستین سال پس از حادثه،کمتر از 0.01 mSv است

Tetsuo Ishikawa در بررسی انجام‌شده در سال ۲۰۲۰ مدعی‌ست که بازنگری بر مبنای شواهد توسط دانشمندان ژاپنی حاکی از آنست که برآوردهای دُز WHO و UNSCEAR فراتر از میزان واقعی بوده؛ به عنوان نمونه: میانگین دُز موثر دریافتی ساکنین شهر Namie و دهکده Litate در سال اول به 10 mSv، که کمینه دُز برآورد شده توسط سازمان بهداشت جهانی‌ست، نمی‌رسد!!



توزیع دُز کارکنان FDNPS از زمان حادثه



در سال اول، میانگین دُز فراتر از ۲۰۰۰۰ کارکنان، گروه‌های امداد و نجات، و کارکنان پیمانی: 13 mSv
۳۶ درصد دُز فراتر از 10 mSv و تنها ۸/. درصد (۱۷۴ نفر) دُز فراتر از 100 mSv دریافت کرده‌اند

S source term

T environmental transport

E exposure transport

D conversion to dose

R conversion of dose to risk

پرتوگیری

ریسک

اهم نتایج بررسی
"کمیسیون علمی سازمان ملل در مورد آثار تابش‌های اتمی"
پیرامون آثار زیستی حادثه فوکوشیما

در مورد ساکنین فوکوشیما، هیچ اثر سوء جسمی ناشی از پرتوگیری مستند نشده‌است

با بررسی شواهد موجود، افزایش خارج از انتظار تعداد سرطان‌های تیرویید کودکان، حاصل غربالگری گسترده، و نه ناشی از پرتوگیری‌ست

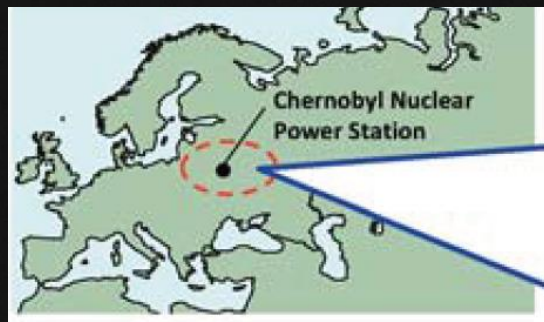
در مورد تاثیرات منطقه‌ای حادثه بر گروه‌های زیستی (جانوری و گیاهی)، ارتباط علت و معلولی ناشی از پرتوگیری نامحتمل است؛ هرچند، احتمال برخی تاثیرات غیر گسترده، و بر یک تک گونه، منتفی نیست

تاثیرات روانی بر جامعه

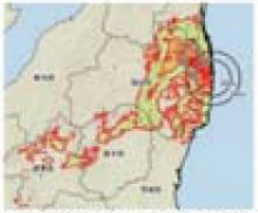
آسیب‌های روانی ناشی از حادثه، بزرگترین مشکل بهداشت عمومی بشمار می‌رود

منشاء این آسیب‌ها، غیر از مواجهه با رویداد هولناک زمین‌لرزه و سونامی، مصایب جابجایی، اسکان موقت، هراس و نگرانی از آثار اشعه، تنگناهای درمانی، فقدان اطلاع‌رسانی به‌موقع و دقیق، آینده نامعلوم و سلب اعتماد از مسؤلین بوده است

تاثیرات عمیق بر اقتصاد منطقه و کشور، بویژه بر کشاورزی، نیز بر نگرانی‌ها افزوده‌است.



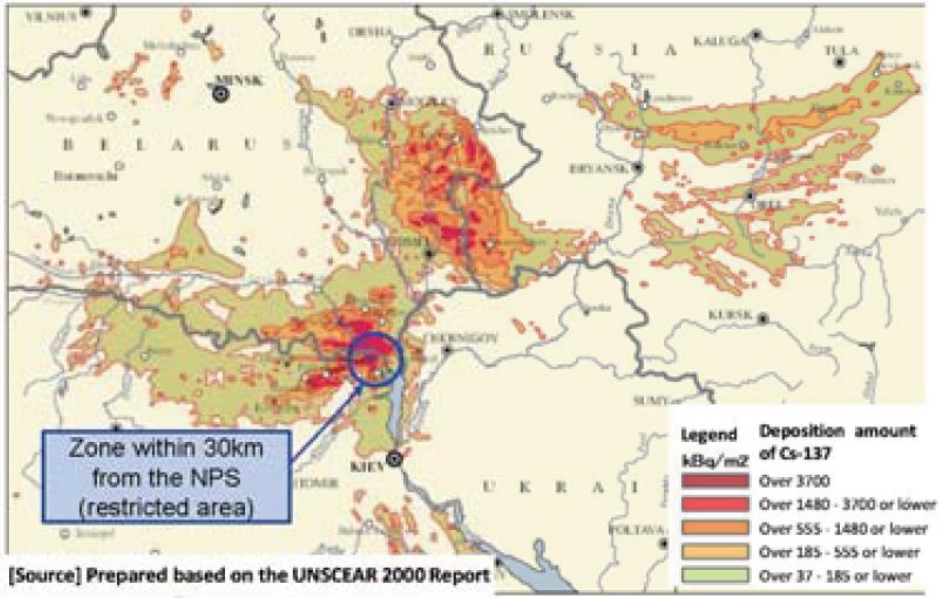
Contamination due to the TEPCO's Fukushima Daiichi NPS Accident (as of November 2011)



[Source] Prepared based on the materials published by MEXT (November 2011)

Two figures on the same scale

Contamination due to the Chernobyl NPS Accident (as of December 1989)



[Source] Prepared based on the UNSCEAR 2000 Report

Contamination concentration (kBq/m²)	Area of the contaminated region (km²)		Size of the TEPCO's Fukushima Daiichi NPS Accident compared with that of the Chernobyl NPS Accident
	Chernobyl NPS Accident	TEPCO's Fukushima Daiichi NPS Accident	
> 1,480	3,100	200	6 %
555 – 1,480	7,200	400	6 %
185 – 555	18,900	1,400	7 %
37 –185	116,900	6,900	6 %
Total area	146,100	8,900	6 %

تجارب حاصل از دو حادثه مهم در نیروگاه‌های هسته‌ای چرنوبیل و فوکوشیما
اهمیت توجه سازمان‌های مسؤل به جنبه‌های زیستی و روانی جوامع درگیر
در توازن با تمرکز بر مخاطرات پرتوی را نشان داده و ضرورت اعمال
« مدیریت جامع سلامت » را در رویدادهای مشابه می‌طلبد

God will not seek thy race,
Nor will He ask thy birth
Alone, He will demand of thee

> What hast thou done with the land that I gave thee

Persian Proverb