سازمان انرژی اتمی ایران
شرکت مادر تخصصی تولید مواد اولیه و سوخت هسته‌ای ایران
شرکت مدیریت پسماندهای پرتوزای ایران
IRWA

مدیریت پسماندهای پرتوزا
حادثه فوکوشیما

علی مالکی

زمستان ۱۴۰۲

فهرست

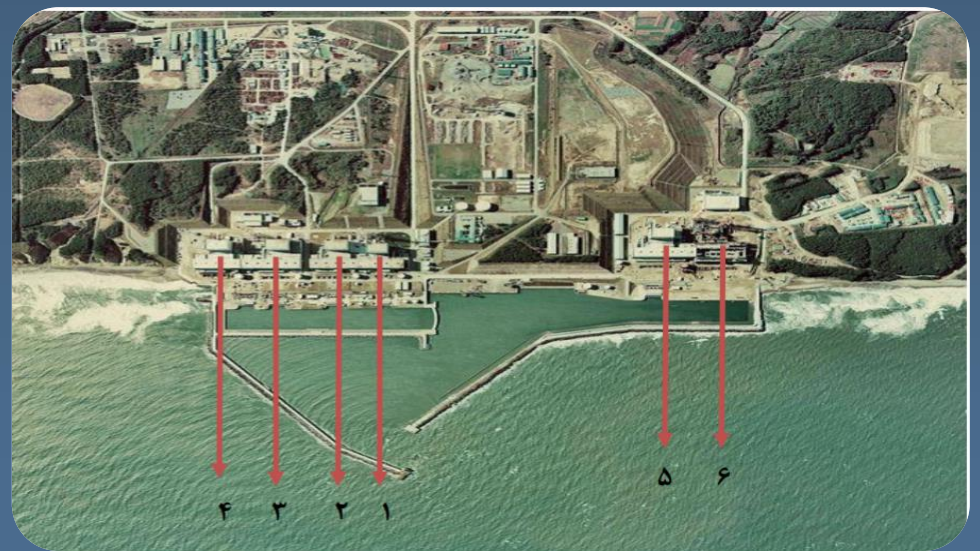
- ✓ معرفی کشور ژاپن
- ✓ معرفی نیروگاه اتمی فوکوشیما
- ✓ وقوع زلزله
- ✓ وقوع سونامی
- ✓ انتشار مواد رادیواکتیو به محیط
- ✓ مدیریت پسماندهای رادیواکتیو در حادثه فوکوشیما
- ✓ مدیریت پسماندهای رادیواکتیو قبل از حادثه فوکوشیما
- ✓ مدیریت پسماندهای رادیواکتیو بعد از حادثه فوکوشیما
- ✓ معیارهای طبقه بندی پسماند در خارج از سایت فوکوشیما
- ✓ مقادیر پسماند در خارج از سایت فوکوشیما
- ✓ معیار طبقه بندی پسماند در داخل سایت فوکوشیما
- ✓ مقادیر پسماند در داخل سایت فوکوشیما
- ✓ روش انبارش موقت پسماندهای جمع آوری شده در نیروگاه فوکوشیما
- ✓ مدیریت آب رادیواکتیو
- ✓ وضعیت واحدهای نیروگاه فوکوشیما دای ایچی و سوخت مصرف شده آنها
- ✓ حادثه اخیر در نیروگاه ه هسته ای فوکوشیما دای ایچی
- ✓ درس آموخته ها
- ✓ تمهیدات شرکت مدیریت پسماندهای پرتوزای ایران

معرفی کشور ژاپن

- محصور شده در آب و همسایگی با کشورهای چین، کره جنوبی، کره شمالی و روسیه از طریق مرزهای آبی
- تشکیل شده از ۶۸۰۰ جزیره
- ۹۵٪ مساحت ژاپن از چهار جزیره به نام های هوکایدو، هونشو، شیکوگور و کیوشو تشکیل شده است که بزرگترین آنها هونشو است.
- ژاپن ۴۷ استان دارد که فوکوشیما یکی از آنها است.
- این استان در جزیره هونشو و ناحیه هوکوتو واقع شده و مرکز این استان شهر فوکوشیما است.

معرفی نیروگاه اتمی فوکوشیما

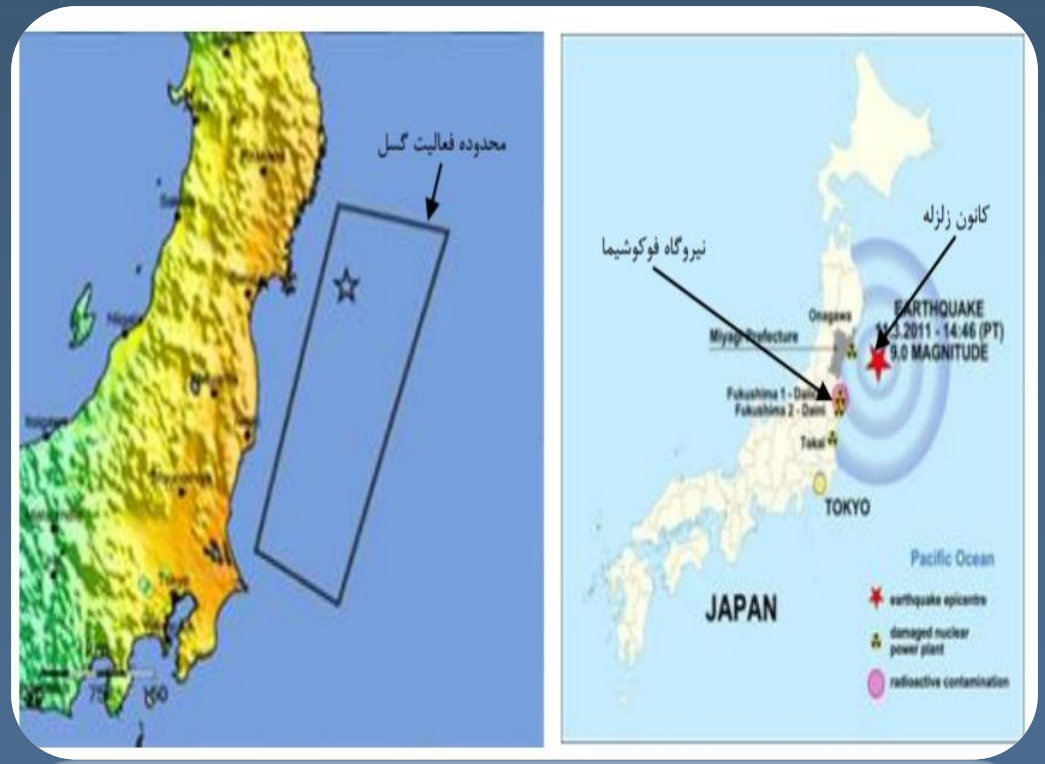
- سایت فوکوشیما دایچی در حدود ۲۲۱ کیلومتری شمال توکیو
- نقطه میانی سواحل اقیانوس آرام در استان فوکوشیما
- نیروگاه اتمی شامل نیروگاه های هسته ای فوکوشیما دای ایچی و دای اینی
- نیروگاه فوکوشیما دای ایچی در شهر اوکاما در منطقه فوتابا از استان فوکوشیما
- وسعت نیروگاه ۳/۵ کیلومتر مربع، مجهز به شش راکتور
- راکتورها نیروگاه همگی از نوع راکتور آب جوشان



عنوان	راکتور ۱	راکتور ۲	راکتور ۳	راکتور ۴	راکتور ۵	راکتور ۶
قدرت (Mw)	۴۶۰	۷۸۴	۷۸۴	۷۸۴	۷۸۴	۱۱۰۰
تاریخ شروع ساخت	سپتامبر ۱۹۶۷	می ۱۹۶۹	اکتبر ۱۹۷۰	سپتامبر ۱۹۷۲	دسامبر ۱۹۷۱	می ۱۹۷۳
تاریخ بهره‌برداری	مارس ۱۹۷۱	جولای ۱۹۷۴	مارس ۱۹۷۶	اکتبر ۱۹۷۸	آوریل ۱۹۷۸	اکتبر ۱۹۷۹
نوع راکتور	BWR-3	BWR-4	BWR-4	BWR-4	BWR-4	BWR-5
نوع محفظه راکتور[۳]	Mark I	Mark I	Mark I	Mark I	Mark I	Mark II
تعداد مجتمع سوخت	۴۰۰	۵۴۸	۵۴۸	۵۴۸	۵۴۸	۷۶۴
تعداد میله‌های کنترل	۹۷	۱۳۷	۱۳۷	۱۳۷	۱۳۷	۱۸۵

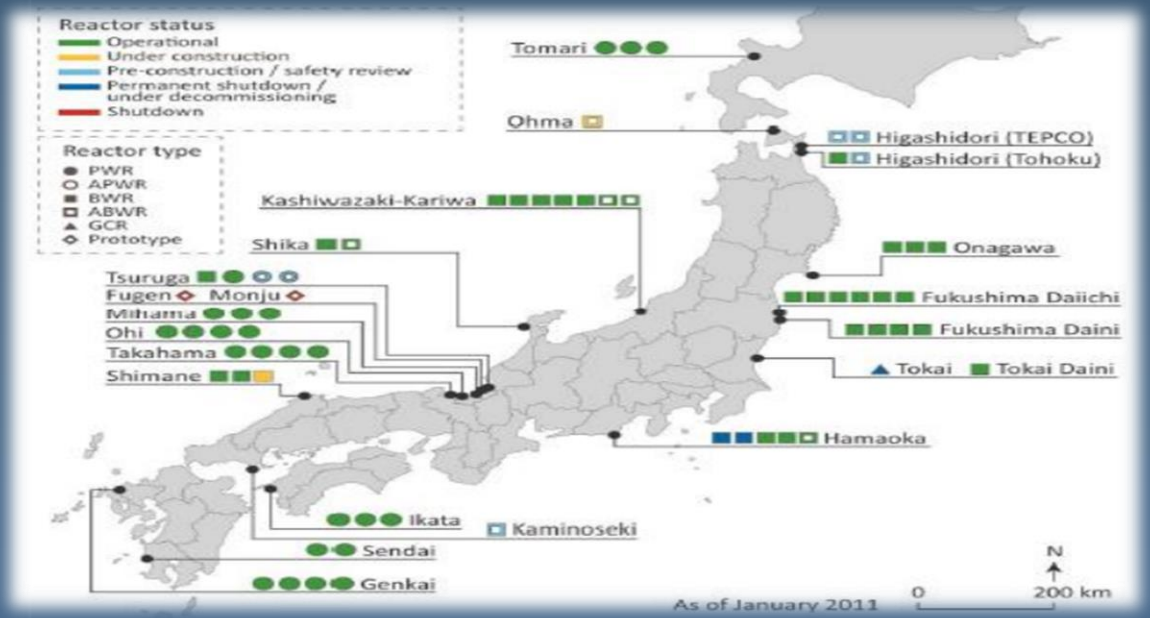
وقوع زلزله

- وقوع زلزله توهوکو سندای ژاپن در ساعت ۱۴:۴۶ به وقت محلی روز جمعه ۱۱ مارس ۲۰۱۱
- بزرگای ۹ ریشتر در ۱۲۵ کیلومتری شرق ژاپن ساحل هونشو ژاپن
- کانون زلزله در عمق ۲۵ کیلومتری زمین و در محدوده ای به طول ۵۰۰ کیلومتر و عرض ۲۰۰ کیلومتر
- زمان زلزله ۱۷۳ ثانیه (نزدیک به ۳ دقیقه)
- بزرگترین زلزله تاریخ ژاپن
- پنجمین در جهان از زمان آغاز ثبت زلزله ها
- مبنای طراحی نیروگاه براساس زلزله ۸/۲ ریشتر



وقوع سونامی

- آغاز اقدامات جهت مقابله با سونامی در ژاپن و ۲۰ کشور حاشیه اقیانوس آرام شمالی و جنوبی از جمله آمریکای شمالی و شیلی
- ۱۵ متر ارتفاع سونامی در محل نیروگاه
- در زمان وقوع زلزله ۵۴ راکتور هسته ای در حال کار، ۲ راکتور در حال ساخت و ۱۰ راکتور در مرحله طراحی و ساخت



وقوع سونامی

- تحت تاثیر قرار گرفتن نیروگاه های واقع در شمال شرقی باتوجه موقعیت مکانی وقوع زلزله
- خاموش شدن راکتورهای موجود در چهار نیروگاه منطقه منطقه بصورت اضطراری
- راکتورها شامل ۳ راکتور در نیروگاه فوکوشیما دای ایچی، ۴ راکتور در نیروگاه فوکوشیما دای اینی، ۳ راکتور در نیروگاه اوناگاوا، یک رکتور در نیروگاه توکایی
- وارد شدن امواج سونامی به نیروگاه بدلیل کم بودن ارتفاع کم سدهای دریایی

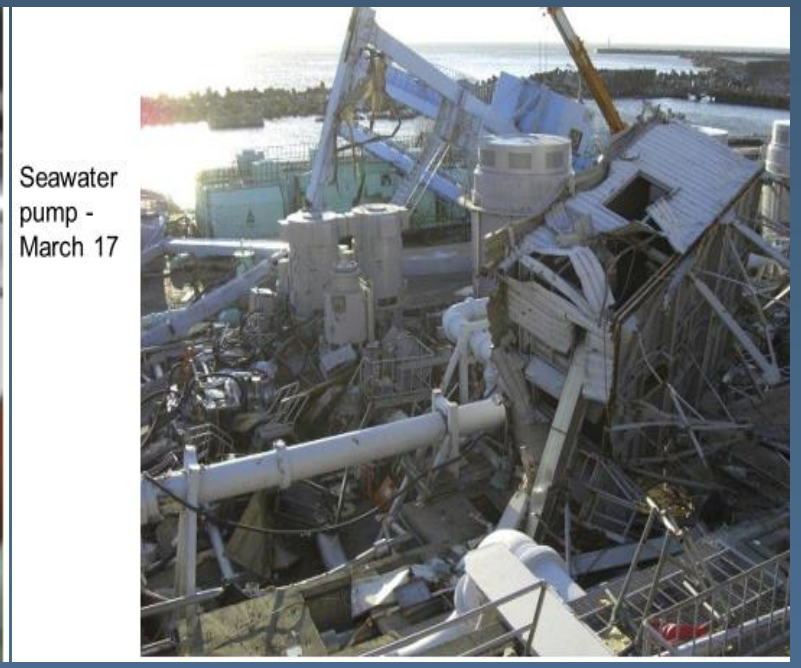
شماره راکتور	۱	۲	۳	۴	۵	۶	قسمت شمالی	قسمت جنوبی
ارتفاع سونامی	۸,۷	۹,۳	۸,۴	۸,۴	۱۰,۲	۱۰,۲	۱۳,۷	۱۵,۷

وقوع سونامی

- خاموش شدن راکتورهای فعال ۱، ۲ و ۳ به محض دریافت لرزش ناشی از زلزله سیستم حفاظت از راکتور
- عدم امکان جلوگیری از افزایش دمای قلب راکتور بدلیل صدمه دیدن تمامی منابع برق خارجی نیروگاه فوکوشیما
- نفوذ امواج ۱۵ متری ناشی از زلزله تا عمق ۱۰ کیلومتری خشکی و در آب فرو رفتن محوطه کامل نیروگاه

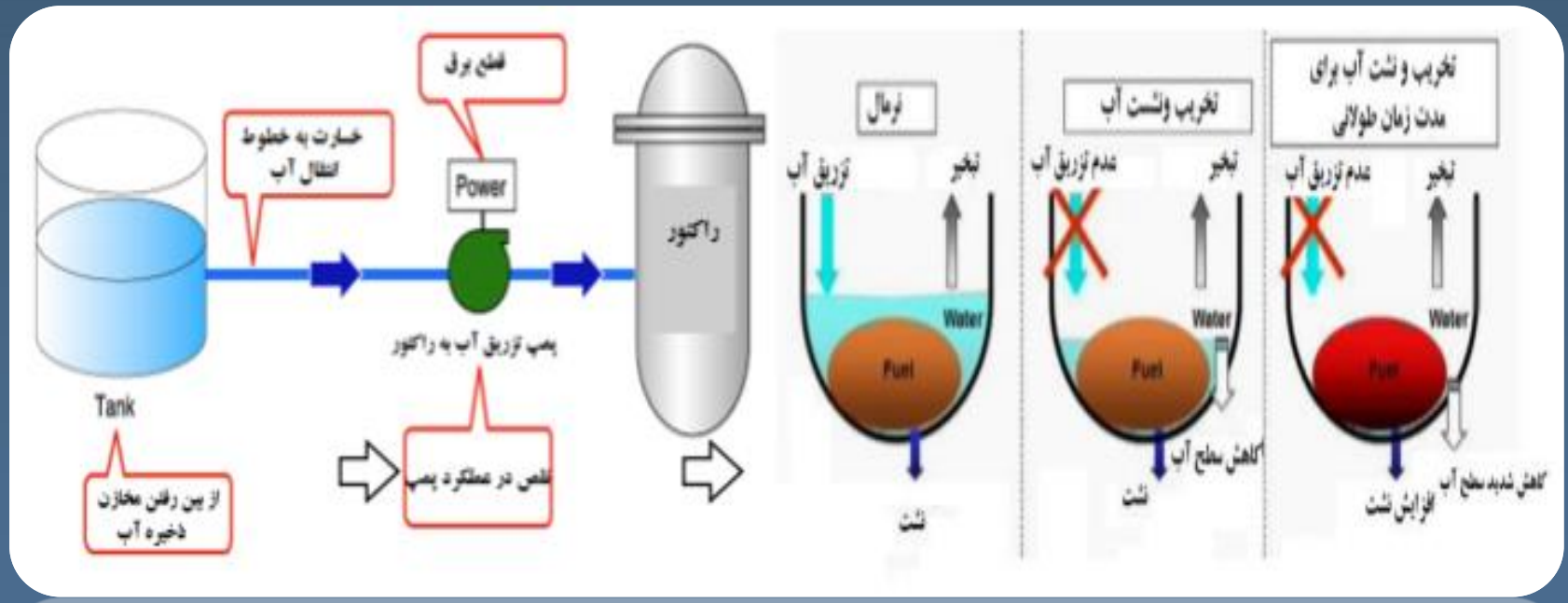
وقوع سونامی

- وارد شدن آب به تمامی ساختمان شامل ساختمان های راکتور و توربین، ساختمان نگهداری سوخت مصرف شده و ساختمان دیزل ژنراتور
- آسیب دیدن ساختمان ها و تجهیزات الکتریکی و مکانیکی در سطح زمین و طبقات زیرین
- آسیب به دیزل ژنراتورها، تابلوها و خطوط انتقال برق و نهایتاً از دست رفتن برق اضطراری نیروگاه



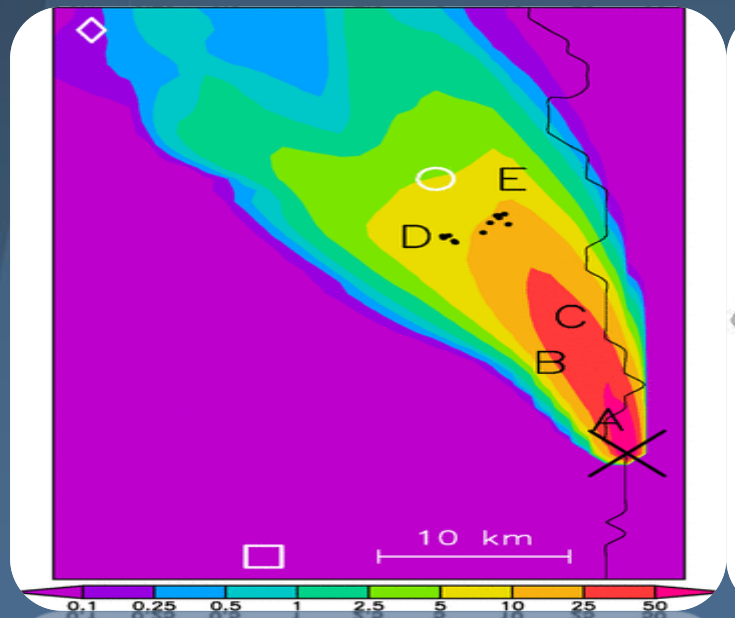
وقوع سونامی

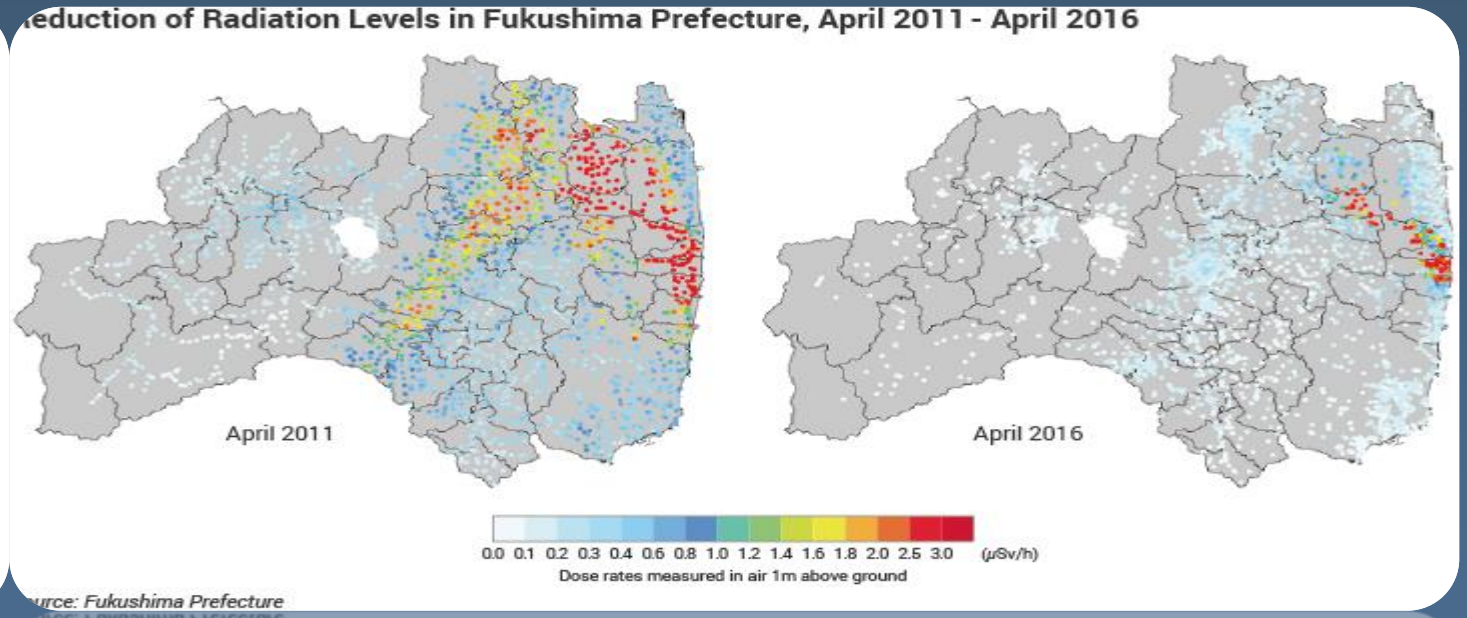
- بالا رفتن دمای راکتور بدلیل از کار افتادن پمپ های خنک کننده قلب
- تبخیر آب و کاهش سطح آن در قلب راکتور
- شکافت برداشتن غلاف زیرکونیومی میله های سوخت و واکنش با آب در اثر حرارت بالا
- تبدیل زیرکونیوم به دی اکسید زیرکونیوم و آزاد شدن هیدروژن آب در اثر تجزیه
- بوجود آمدن وضعیت قابل اشتعال و انفجار



انتشار مواد رادیواکتیو به محیط

- انتشار رادیونوکلئیدها بر اثر صدمه به سوخت و غلاف آن و نیز بروز نقص در مخزن تحت فشار راکتور
- انتقال رادیونوکلئیدها از راکتورهای ۱، ۲ و ۳ به محیط بیرون
- پراکندگی در دریا و زمین توسط باد و باران
- آلودگی با رادیواکتیویته بالا در مناطق شمال غربی نیروگاه به ویژه در استان فوکوشیما





انتشار مواد رادیواکتیو به محیط

- انتشار عمده بین ۱۲ و ۲۱ مارس ۲۰۱۱
- رادیونوکلئیدهای اصلی منتشر شده شامل xenon-133، iodine-131، cesium-134 و cesium-137
- کاهش پرتوزایی رادیونوکلئیدهای با نیمه عمر کوتاه مانند I-131 و Xenon-133
- مشکل اصلی Cs-137 بدلیل نیمه عمر نسبتاً بالا
- تبدیل Cs-134 و Cs-137 به گاز و ذره به ترتیب در نقاط جوش و ذوب
- (۶۷۱ و ۲۸ درجه سانتی گراد)
- انتشار (Pu-238، Pu-239 ، Pu-240) و Sr-90 در مقادیر بسیار کم
- عدم اهمیت Xe-133 بدلیل نیمه عمر بسیار کم (۵ روز) حتی با توجه به انتشار بیشتر نسبت به Cs-134 و Cs-137

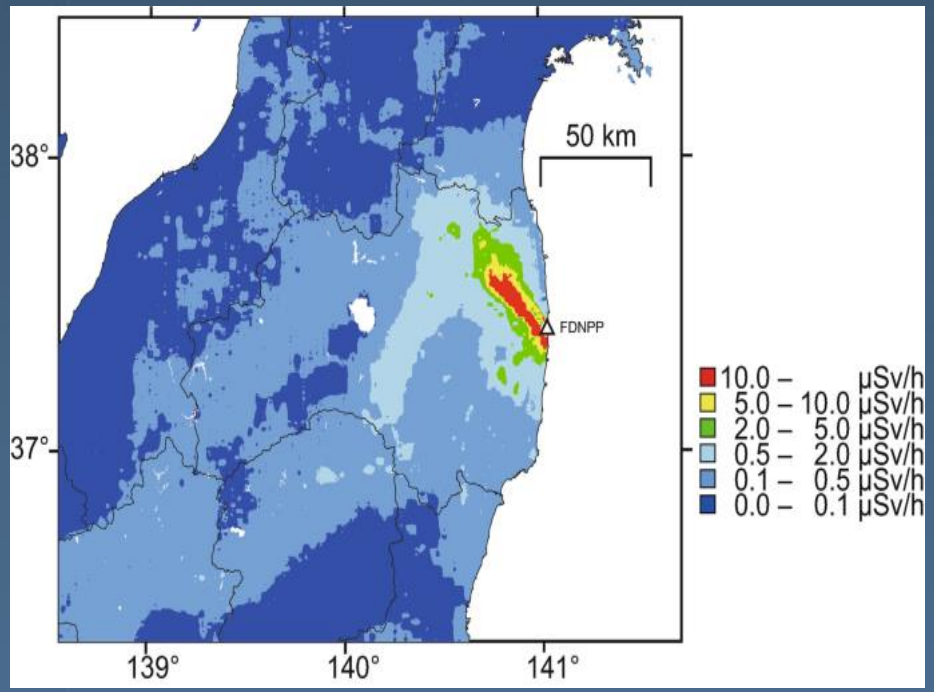
Nuclide	Half-life	Released amount to the environment (PBq: peta becquerel)	
		Fukushima accident	Chernobyl accident
Xenon-133 (^{133}Xe)	5 days	11,000	6500
Iodine-131 (^{131}I)	8 days	160	~1760
Cesium-134 (^{134}Cs)	2 years	18	~47
Cesium-137 (^{137}Cs)	30 years	15	~85
Strontium-90 (^{90}Sr)	29 years	0.14	~10
Plutonium-238 (^{238}Pu)	88 years	1.9×10^{-5}	1.5×10^{-2}
Plutonium-239 (^{239}Pu)	24,100 years	3.2×10^{-6}	1.3×10^{-2}
Plutonium-240 (^{240}Pu)	6540 years	3.2×10^{-6}	1.8×10^{-2}

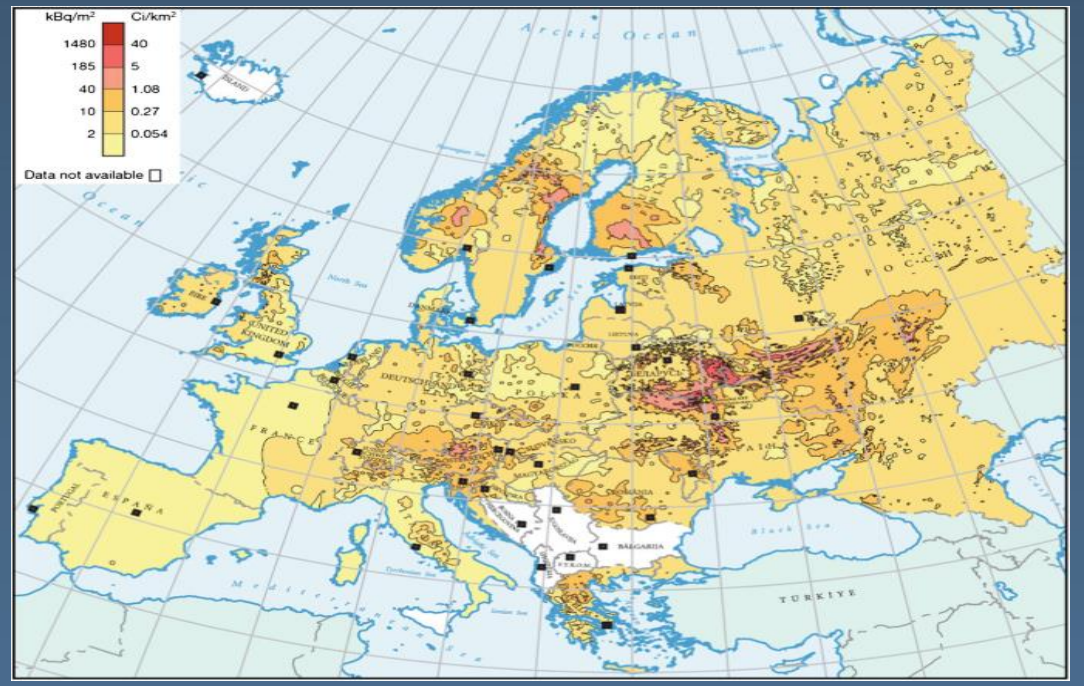
Note: A peta is 10^{15}, or a thousand trillion

Source: Data from Ministry of the Environment, BOOKLET to Provide Basic Information Regarding Health Effects of Radiation (First Edition), "Chap. 2 Radiation Exposure, 2.2 Nuclear Disaster, Comparison of Estimated Amounts of Released Radionuclides between Chernobyl and Fukushima Daiichi NPS Accidents" [1]

انتشار مواد رادیواکتیو به محیط

- مقایسه حادثه هسته ای فوکوشیما با حادثه نیروگاه هسته ای چرنوبیل با سطح ۷
- میزان رادیونوکلئیدهای آزاد شده در حادثه فوکوشیما کمتر از حادثه نیروگاه هسته ای چرنوبیل



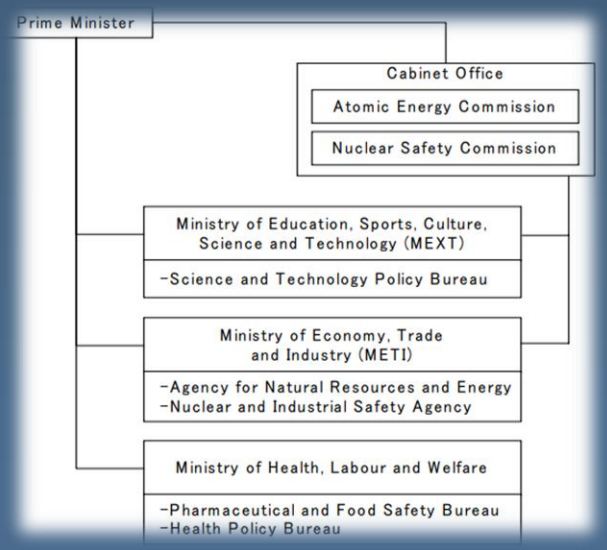


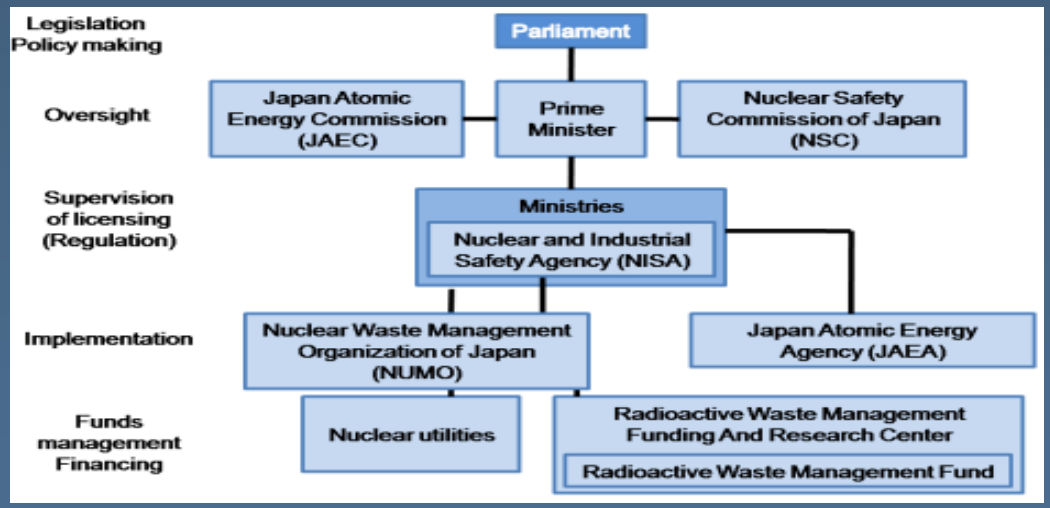
مدیریت پسماندهای رادیواکتیو در حادثه فوکوشیما

- آلوده شدن مناطق داخل و خارج از نیروگاه بدلیل رهاسازی مواد پرتوزا از قلب راکتور
- پسماندهای با سطح پرتوزایی بسیار بالاتر از پسماندهای حاصل از عملیات معمول
- گستره ای متفاوت از ترکیب شیمیایی، فیزیکی و ویژگی هایی همچون سطح پرتوزایی

مدیریت پسماندهای رادیواکتیو قبل از حادثه فوکوشیما

- ❑ وزارتخانه محیط زیست دولت ژاپن
- ✓ مسئول توسعه سیاست های مدیریت پسماند و مقررات ایمنی
- ✓ مسئول نظارت بر فعالیت های پسماند
- ❑ کمیسیون انرژی اتمی ژاپن (JAEC)، آژانس انرژی و منابع طبیعی (ANRE) و سازمان انرژی اتمی ژاپن)
- ✓ مسئول ارتقاء و اجرای فعالیت های مدیریت پسماندهای رادیواکتیو
- ❑ آژانس ایمنی صنعتی و هسته ای و کمیسیون ایمنی هسته ای
- ✓ مسئول اجرای مقررات ارائه شده توسط آیین نامه های فعالیت های قانونی راکتور
- ❑ سازمان مدیریت پسماند هسته ای ژاپن (NUMO)
- ✓ مسئول پیاده سازی قانون دفع پسماند هسته ای و سیاست عمومی برای دفع نهایی پسماند
- ✓ مسئول تعیین محل و خصوصیات سایت دفع پسماند، طراحی و ساخت و مدیریت پس از بسته شدن سایت دفع پسماند





مدیریت پسماندهای رادیواکتیو قبل از حادثه فوکوشیما

طبقه بندی پسماندهای رادیواکتیو

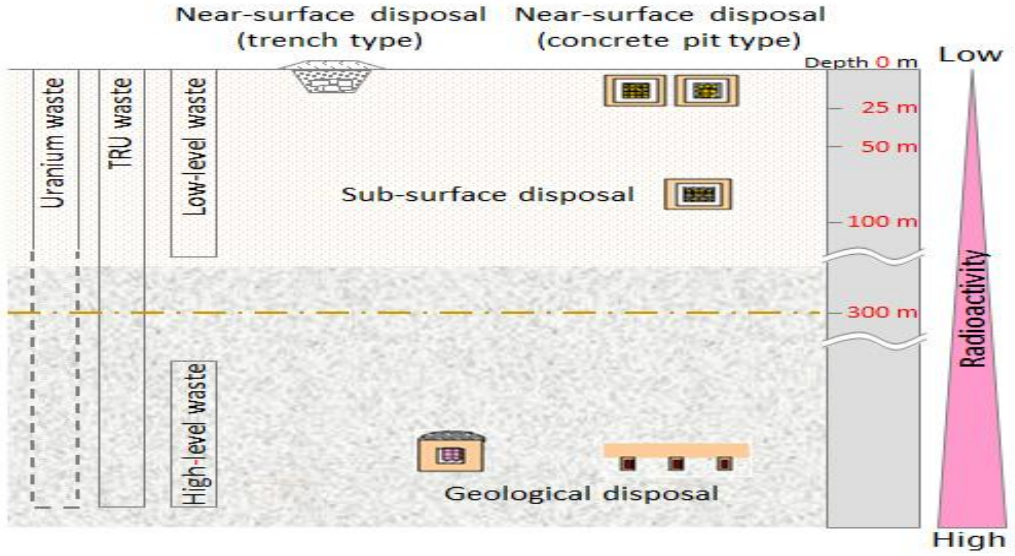
- پسماندهای با اکتیویته کم
- پسماندهای با اکتیویته بالا

دفن پسماندهای رادیواکتیو در ژاپن

- دفن زمین شناختی
- دفن زیر سطحی
- دفن نزدیک به سطح
- دفن به روش ترانشه

Implementing organisations for disposal (JAEA)

			Disposal concept	Implementing organisation
High-level radioactive waste (HLW)			Geological Disposal	NUMO
Low-level radioactive waste (LLW)	Long-lived low-heat generating radioactive waste (TRU waste)		Geological Disposal Intermediate-depth disposal Near-surface disposal	NUMO not specified not specified
	Waste from power reactors	Waste of core structures etc. (Relatively higher radioactive waste)	Intermediate-depth disposal	not specified
		Low-level radioactive waste (Relatively lower radioactive waste)	Near-surface disposal (pit)	JNFL
		Very low-level radioactive waste (VLLW)	Near-surface disposal (trench)	(each nuclear facility)
	Uranium waste		Intermediate-depth disposal Near-surface disposal	not specified
	Waste from research facilities, etc.		Intermediate-depth disposal Near-surface disposal	not specified JAEA



مدیریت پسماندهای رادیواکتیو قبل از حادثه فوکوشیما

- **وزارت محیط زیست کشور ژاپن**

- توسعه و اجرای فعالیت های مرتبط با دفع پسماند در خارج از سایت
- ایجاد امکانات برای مدیریت، بازیافت، ذخیره سازی و دفع پسماندهای آلوده در ناحیه مخصوص رفع آلودکی (ناحیه ۲۰ کیلومتری اطراف سایت)

- **شرکت تپکو (بهره بردار تاسیسات هسته ای فوکوشیما)**

- مدیریت پسماند در داخل تاسیسات
- اصلاح آیین نامه مقررات راکتور استانداردهای نظارتی در خصوص پسماند در زمان وقوع حادثه و بروز رسانی جهت مدیریت پسماندها
- نگهداری موقت پسماندها به مدت تقریبی ۳ سال در محدوده های شهری یا روستایی بصورت ایمن با مسئولیت شهرداری های محلی و همکاری وزارت محیط زیست
- حمل و نقل به تأسیسات انبارش میانی تقریباً ۳ سال پس از شروع فرآیند انبارش موقت
- انتقال و دفن پسماندهای انبار شده در تاسیسات انبارش میانی در یک سایت نهایی در خارج از استان فوکوشیما تا ظرف ۳۰ سال

مدیریت پسماندهای رادیواکتیو بعد از حادثه فوکوشیما

- طبقه بندی و شناسایی مواد آلوده پس از حادثه
- دسته بندی مواد آلوده به رادیواکتیو براساس نوع و منشاء شامل خاک، شاخه و برگ درختان، پسماندهای تولید شده توسط فعالیت های صنعتی، خاکستر حاصل از احتراق پسماند در زباله های سوزهای شهرداری ها، لجن فاضلاب و لجن حاصل از رفع آلودگی،
- مدیریت پسماند تولید شده در داخل منطقه ویژه رفع آلودگی توسط دولت
- مدیریت پسماند (انبارش، کاهش حجم و دفع) خارج از منطقه ویژه رفع آلودگی (SDA) بدلیل آلودگی کمتر از حد مجاز توسط شهرداری ها
- انتخاب سایت های دفع پسماند از طریق مشورت با شهرداری های محلی در مورد پسماندهای موجود در منطقه ویژه رفع آلودگی
- انتخاب سایت های انبارش در مورد خاک برداشته شده و ... با مشارکت ساکنان و همکاری شهرداری های محلی

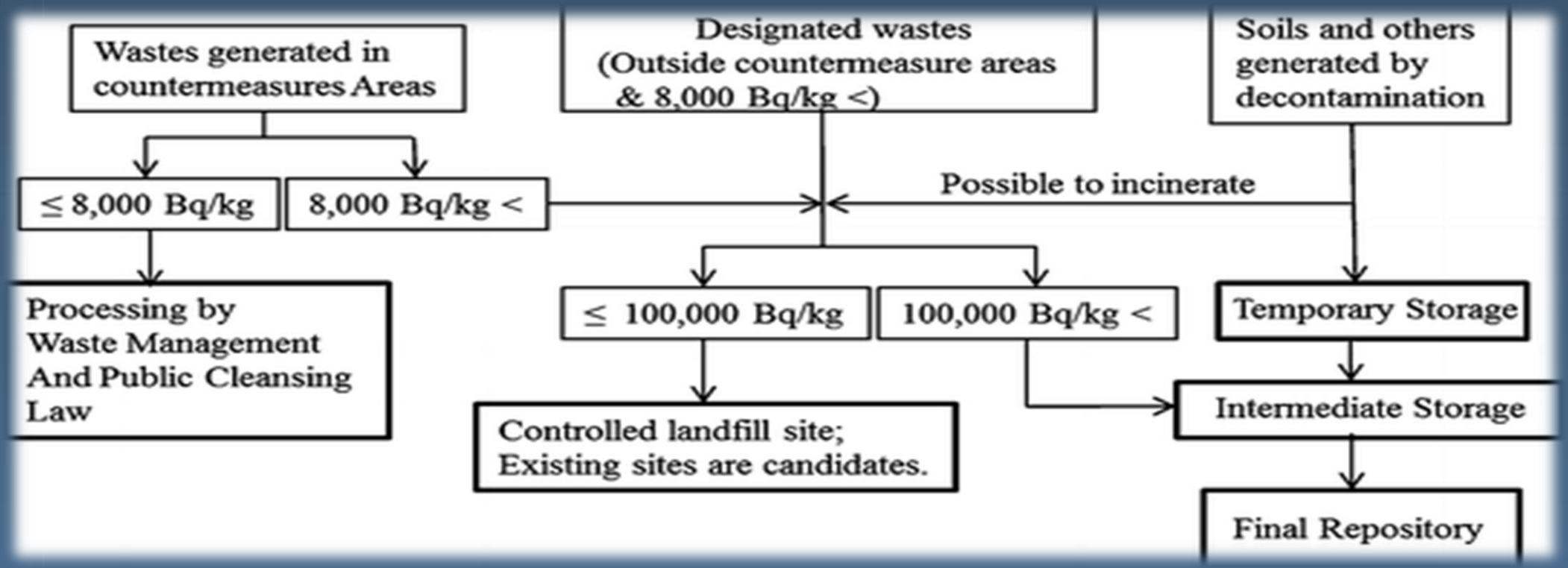
مدیریت پسماندهای رادیواکتیو بعد از حادثه فوکوشیما

استراتژی مدیریت پسماند در خارج از سایت توسط دولت ژاپن و به ویژه وزارت محیط زیست ژاپن به شرح زیر بودند:

- جمع آوری پسماند در سایت های انبارش اولیه در نزدیکی مراکز رفع آلودگی
- انتقال پسماندها از سایت های انبارش اولیه به مرکز انبارش موقت
- کاهش حجم مواد قابل احتراق از طریق سوزاندن پسماندها در زباله سوزهای شهری مجهز به جذب گازهای Cs-134 و Cs-137
- کاهش حجم خاک با استفاده از تکنیک های شستشو خاک برای جداسازی سزیم یا اجزای سازنده خاک
- تخمین مواد جمع آوری شده برای اندازه گیری اکتیویته و مقدار انباشته شده
- انتخاب محل دفع پسماند باتوجه به میزان اکتیویته مانند محل های دفع پسماند شهری، تاسیسات دفع پسماند نزدیک به سطح
- ساخت یک مرکز ذخیره سازی موقت پسماند در شهر OKUMA در سال ۲۰۱۴ و در شهر فوتابا در ژانویه سال ۲۰۱۵،
- حمل و نقل خاک آلوده به مرکز انبارش موقت در سال ۲۰۱۵

معیارهای طبقه بندی پسماند در خارج از سایت فوکوشیما

- آمایش پسماندهای تولید شده در استان فوکوشیما بعد از زلزله با تصمیم کابینه براساس قانون اقدامات ویژه
- اکتیویته ۸۰۰۰ Bq/kg و ۱۰۰۰۰۰ Bq/kg بعنوان معیارهای انتخاب روش آمایش و دفن



معیارهای طبقه بندی پسماند در خارج از سایت فوکوشیما

دلایل انتخاب معیارهای ۸۰۰۰ Bq/kg و ۱۰۰۰۰۰ Bq/kg:

- میزان دز دریافتی ساکنان اطراف محل های دفن پسماندها کمتر از ۱۰ uSv/y در صورتیکه اکتیویته پسماندها کمتر از ۱۰۰۰۰۰ Bq/kg
- آهنگ دز دریافتی کمتر از ۱ mSv/h در حین انجام عملیات در محل های دفن پسماند برای پسماندهای با اکتیویته کمتر از ۱۰۰۰۰۰ Bq/kg
- دز دریافتی سالانه کارکنان کمتر از ۱ mSv هنگام انتقال پسماندهای با اکتیویته کمتر از ۸۰۰۰ Bq/kg به سایت دفن

طبقه بندی پسماندهای تولید شده در مناطق اقدام متقابل (مناطقی که ساکنان آن مجاز به زندگی نیستند، و انتظار می رود ساکنان آن برای مدت طولانی در بازگشت با مشکل مواجه شوند):

- پسماندهای با اکتیویته ۸۰۰۰Bq/kg یا کمتر و مدیریت توسط شهرداری های محلی یا دفع کنندگان زباله مطابق با قانون مدیریت پسماندو پاکسازی عمومی
- پسماندهای با اکتیویته بیش از ۸۰۰۰ Bq/kg است به عنوان پسماند رادیواکتیو و برچسب گذاری توسط وزارت محیط زیست
- صرف نظر از مکان، پسماندهای بیش از ۸۰۰۰–۱۰۰۰۰۰ Bq/kg یا کمتر در یک محل دفن کنترل شده در هر استان دفن می شود.

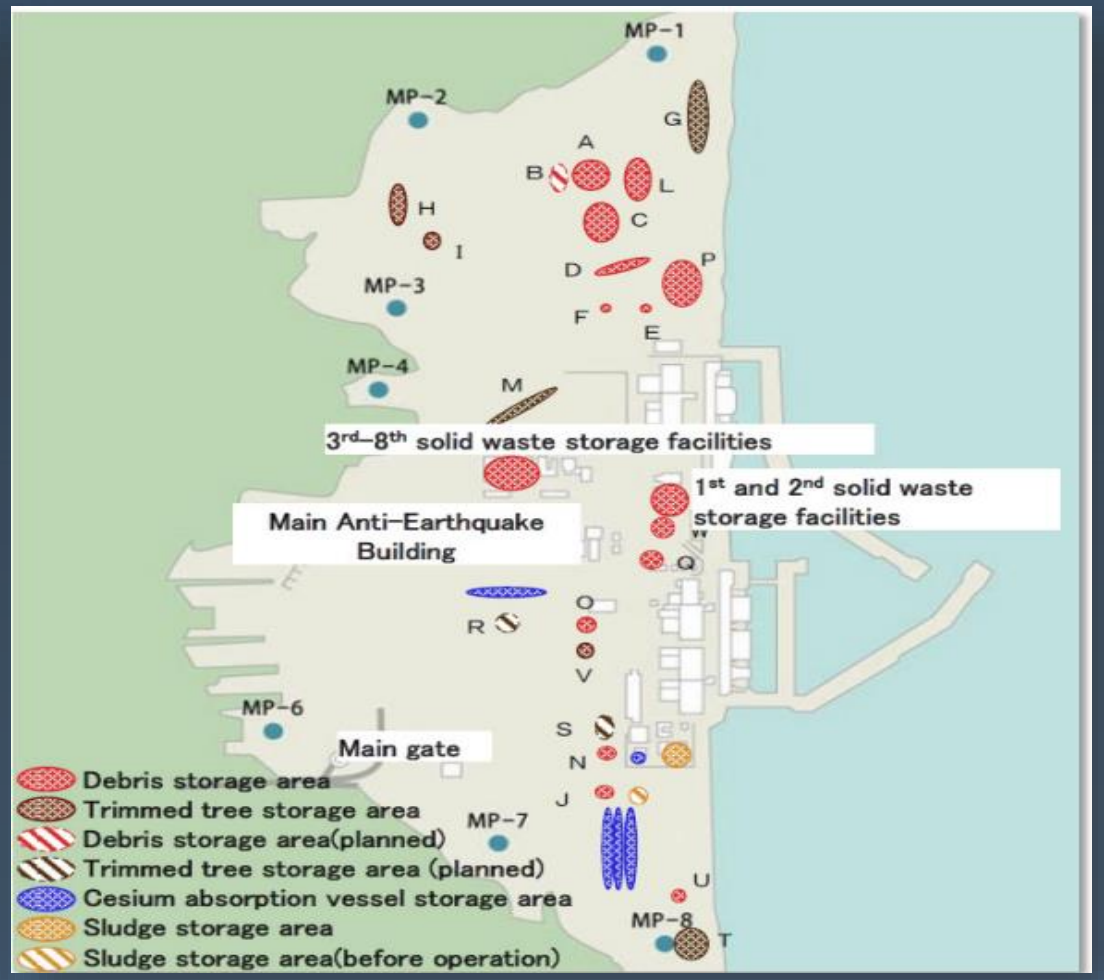
مقادیر پسماند در خارج از سایت فوکوشیما

- ❑ وابستگی مستقیم مقدار پسماند به ویژگیهای محیط آسیب دیده (شهری، جنگل ها ، کشاورزی و...) و روش های رفع آلودگی
- ❑ وابستگی مستقیم روش های پاکسازی، انتقال و انبارش نیز به مقدار پسماند و اکتیویته آن
- ❑ تخمین مقدار پسماند با عوامل زیر
  - ✓ رفع آلودگی تجهیزات و محیط، مانند پشت بام و مزارع و...
  - ✓ کاربری محیط مانند مناطق مسکونی، مدارس، پارک ها و مزارع و..
  - ✓ روش های رفع آلودگی انتخاب شده
- ❑ برآورد پسماند ناشی از این حادثه حدود Mg ۸۰۲۰۰۰

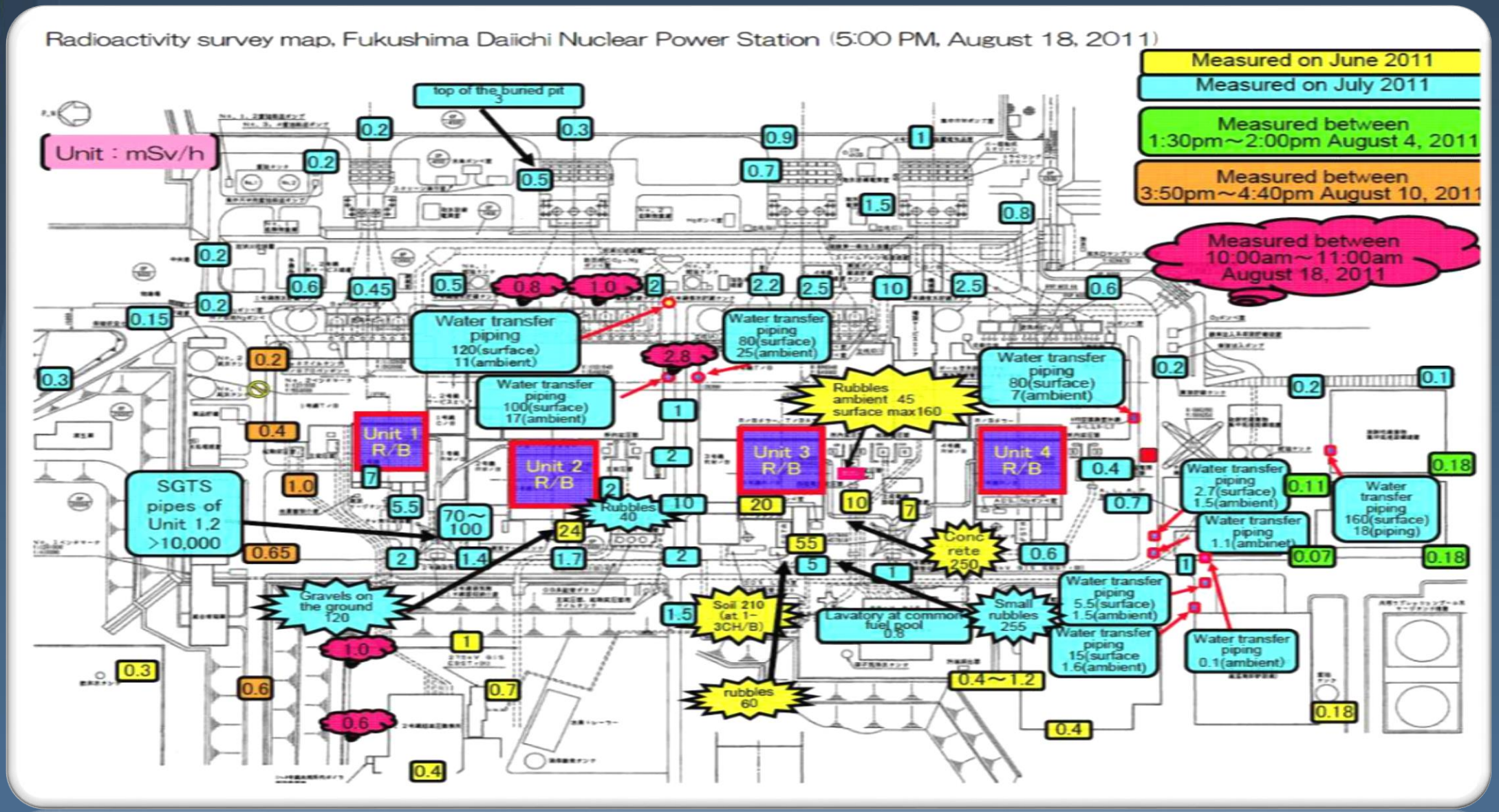
ردیف	منطقه / شهر	پسماند حاصل از حادثه(Mg)	پسماند حاصل از پاک‌سازی منازل(Mg)	مجموع پسماند تولیدشده در منطقه(Mg)
۱	Minamisoma City	۲۴۷۰۰۰	۱۳۰۰۰	۲۶۰۰۰۰
۲	Namie Town	۲۶۳۰۰۰	۲۶۰۰۰	۲۸۹۰۰۰
۳	Futaba Town	۱۳۰۰۰	۱۸۰	۱۳۰۰۰
۴	Okuma Town	۳۴۰۰	۵۰۰	۳۹۰۰
۵	Tomioka Town	۹۱۰۰۰	۱۳۰۰۰	۱۰۵۰۰۰
۶	Naraha Town	۶۲۰۰۰	۱۴۰۰۰	۷۶۰۰۰
۷	Iitate Village	۶۶۰	۴۱۰۰۰	۴۲۰۰۰
۸	Kawamata Town	۸۶۰	۲۴۰۰	۳۳۰۰
۹	Katsurao Village	۶۶۰	۶۱۰۰	۶۷۰۰
۱۰	Tamura City	۱۳۰۰	۱۱۰۰	۲۳۰۰
۱۱	Kawauchi Village	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۲۵۰۰
	مجموع(Mg)	۶۸۴۰۰۰	۱۱۹۰۰۰	۸۰۲۰۰۰

معیار طبقه بندی پسماند در داخل سایت فوکوشیما

	Categories	Storage location*	Storage method	Storage quantity (m³)	Storage capacities (m³)
Debris	Less than 0.1 mSv/h	C	Outdoor accumulation	54 900	177 900
		F		5 000	
		J		3 000	
		N		3 800	
		O		26 200	
		P		22 000	
		U		700	
	0.1-1 mSv/h	D	Sheet covering	2 600	57 300
		E		7 200	
		P		600	
		W		21 000	
	1-30 mSv/h	L	Temporary storage facility	12 000	27 700
		A	Temporary storage tent	1 100	
		E	Container	300	
		F		600	
		Q		5 700	
	Over 30 mSv/h	Solid waste storage building	Container	6 200	12 000
Debris total				172 900	
Trimmed trees	Tree trunk roots	H	Outdoor accumulation	14 700	81 500
		I		10 500	
		M		39 100	
		V		2 400	
	Tree branch leaves	G	Temporary storage for trimmed tree	7 300	24 900
		T		11 100	
Trimmed trees total				85 100	



نقشه آهنگ دز جهت طبقه بندی پسماند در سایت فوکوشیما



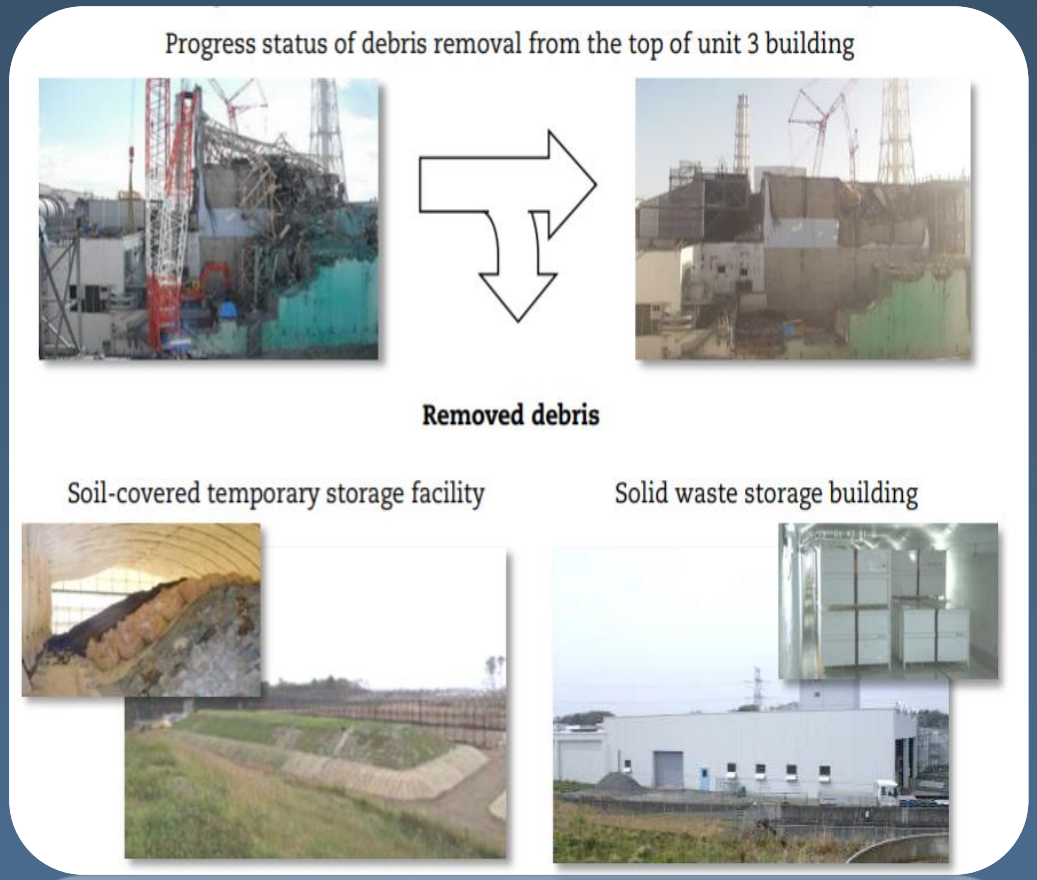
مقادیر پسماند تولید شده در سایت فوکوشیما

- حدود ۱۷۳۰۰۰ مترمکعب ضایعات بتن و فلز و حدود ۸۵۰۰۰ مترمکعب درخت قطع شده تا پایان سال ۲۰۱۵
- انتظار تولید بیش از ۷۰۰۰۰۰ مترمکعب پسماند در ده سال آینده در محل سایت
- انبارش بیش از یک میلیون مترمکعب از انواع پسماندهای رادیواکتیو در سایت فوکوشیما تا سال ۲۰۲۱

Waste		Storage volume
Debris (metal, concrete)	Less than 0.1 mSv/h	115 600 m³
	0.1-1.0 mSv/h	31 400 m³
	1.0-30 mSv/h	19 700 m³
	Over 30 mSv/h	6 200 m³
	Total	172 900 m³
Trimmed trees	Total	85 100 m³
Used protection clothes	Total	66 000 m³

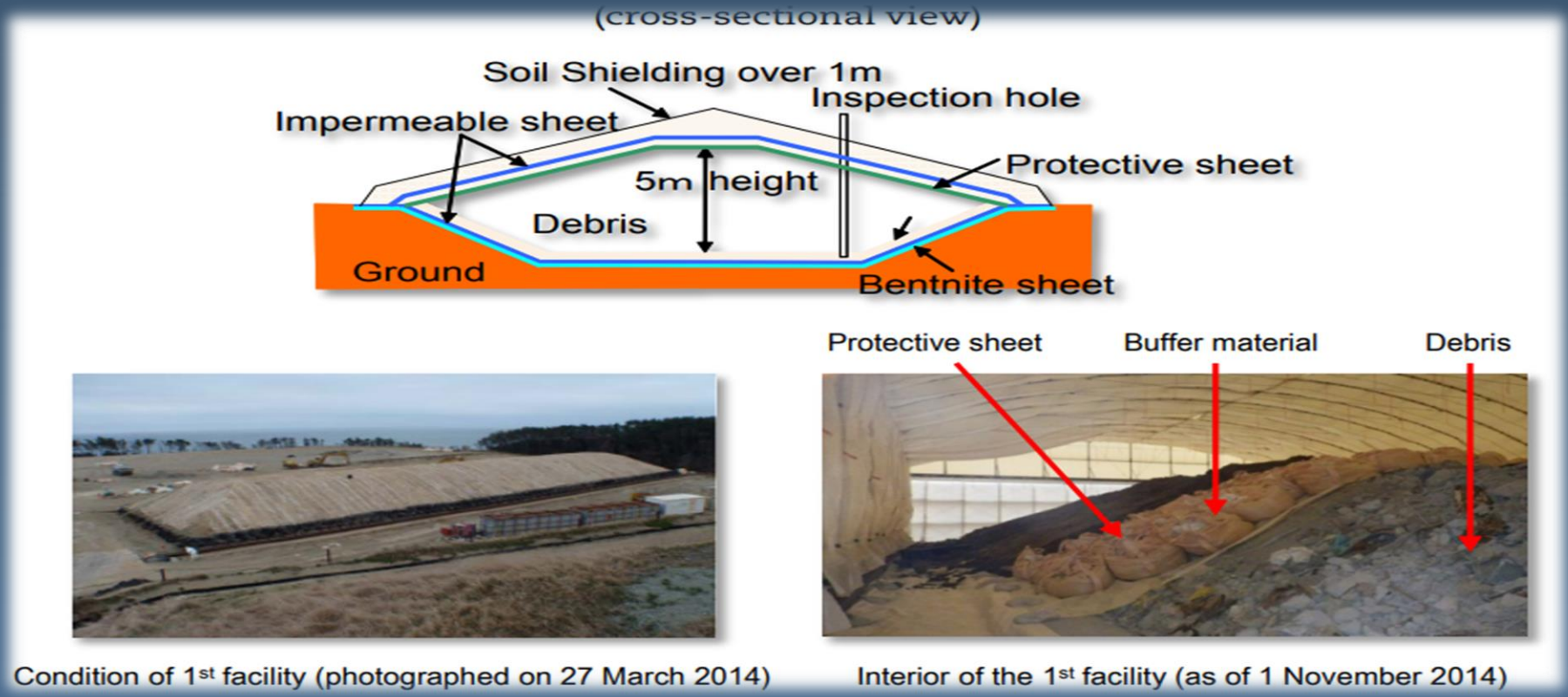
روش انبارش موقت پسماندهای جمع آوری شده در نیروگاه فوکوشیما

- طبقه بندی پسماندهای جمع آوری شده در سایت فوکوشیما بر اساس عملیات پاکسازی طبق نرخ دز سطحی در چهار گروه و پنج ناحیه



روش انبارش موقت پسماندهای جمع آوری شده در نیروگاه فوکوشیما

- استفاده از کانتینر و حفاظ رادیولوژیکی برای پسماندهای با آهنگ دز بیشتر از ۳۰ mSv/h جهت جلوگیری از پخش شدن پسماند
- استفاده از چادر و پوشش خاک در مورد پسماندهای کمتر از ۳۰ mSv/h جهت جلوگیری از پراکندگی



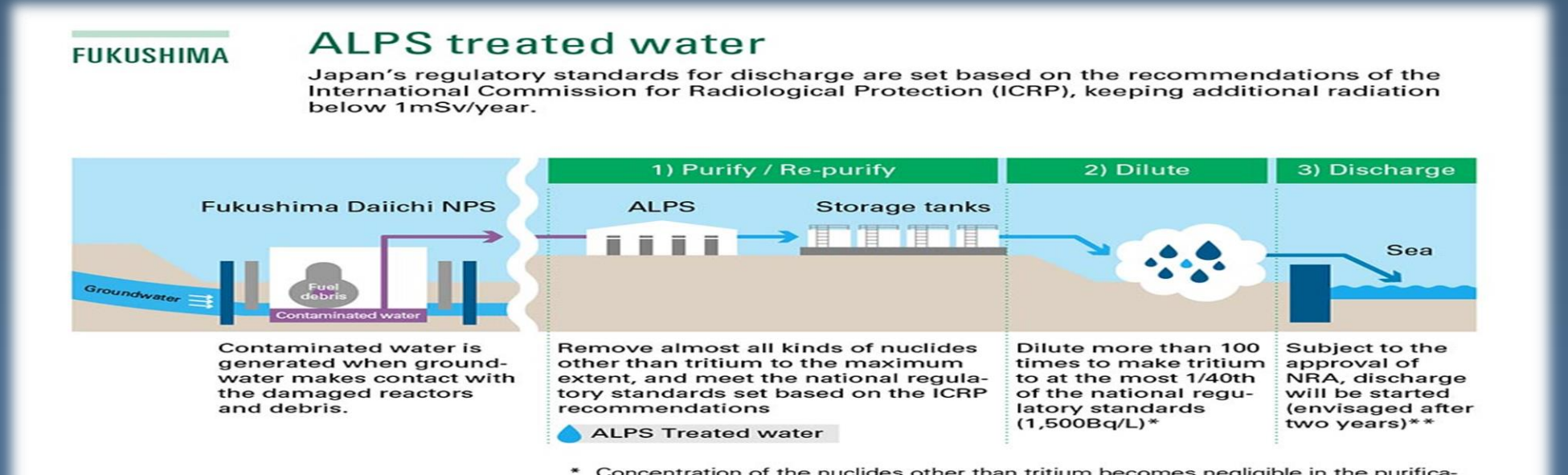
مدیریت آب رادیواکتیو

دلایل تولید آب رادیواکتیو

- آب استفاده شده از زمان وقوع زلزله در نیروگاه فوکوشیما، برای خنک کردن مداوم سوخت ذوب شده و بقایای سوخت در استخر سوخت مصرف شده
- نفوذ آب های زیر زمینی و آب باران نیز از محیط اطراف به داخل سایت و ساختمان های راکتور و توربین آسیب دیده
- آلودگی آب با پسماندهای سوخت و سایر مواد رادیواکتیو مانند I-131 ، Cs-134 ، Cs-137 و Sr-90
- رهاسازی بیش از ۵۰۰۰۰۰ تن فاضلاب آمایش نشده (شامل ۱۰۰۰۰ تن رها شده برای آزاد کردن فضای انبارش) اندکی پس از حادثه به اقیانوس

مدیریت آب رادیواکتیو

- نیاز به یک راه حل دائمی برای کمک به اطمینان از ازکارانداختن سایت توسط شرکت TEPCO
- شروع به آمایش آب های آلوده ذخیره شده توسط سیستم آمایش مایع پیشرفته ALPS شامل سیستم پمپاژ و فیلتراسیون
- صدور خط مشی اساسی در آوریل ۲۰۲۱ توسط دولت ژاپن جهت دورریزی آب آمایش شده توسط سیستم ALPS (Advanced Liquid Processing System) بصورت کنترل شده به دریا مشروط به تایید مقررات داخلی
- حذف بیشتر رادیونوکلئیدها توسط ALPS، به جز تریتیوم با نیمه عمر ۱۲/۳۲ سال
- نصب ۱۰۰۰ مخزن در سایت فوکوشیما با ظرفیت نگهداری ۱/۳ میلیون مترمکعب از آب آمایش شده
- کاهش میزان آب آلوده تولید شده در روز از میانگین ۵۴۰ تن در می ۲۰۱۴ به ۱۴۰ تن در سال ۲۰۲۰

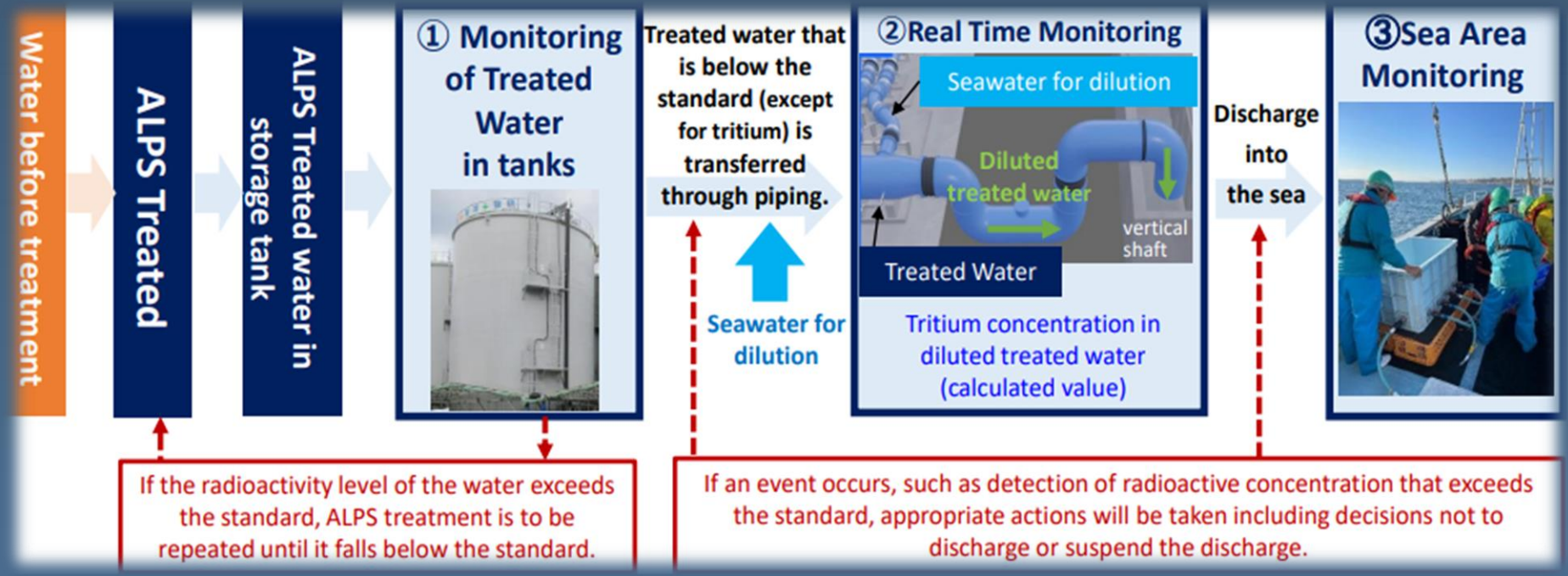


مدیریت آب رادیواکتیو

- مقدار تریتیوم موجود در تخلیه کمتر از ۱۵۰۰ Bq/l با رقیق کردن آب آمایش شده توسط ALPS بیش از ۱۰۰ برابر غلظت آن با آب دریا
- غلظت تریتیوم آب رهاسازی شده ۱:۴۰ میزان مجاز طبق استانداردهای ایمنی ژاپن و حدود ۱:۷ دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای آب آشامیدنی
- حجم سالانه تریتیوم رهاسازی شده کمتر از هدف عملیاتی نیروگاه هسته ای فوکوشیما دای ایچی قبل از حادثه (۲۲ تریلیون بکرل در سال)
- تاثیر رادیولوژیکی آب تخلیه شده توسط ALPS در حدود کمتر از ۱:۱۰۰۰۰۰ دز ناشی تابش زمینه
- برآورده نمودن استاندارد ایمنی آب ژاپن و دستورالعمل های WHO برای آب آشامیدنی در ۲ کیلومتری نیروگاه هسته ای
- تشکیل یک کارگروه زیر نظر آژانس بین المللی انرژی اتمی متشکل از کارشناسان آژانس بین المللی انرژی اتمی، و کارشناسان شناخته شده بین المللی با سوابق مختلف از آرژانتین، استرالیا، کانادا، چین، فرانسه، جزایر مارشال، جمهوری کره، فدراسیون روسیه، بریتانیا، ایالات متحده آمریکا و ویتنام جهت نظارت بر انجام فرایند آمایش توسط ALPS و رهاسازی آن به دریا
- جمع آوری و اندازه گیری سطح تشعشع در نمونه های آب دریا، رسوبات دریایی و محصولات شیلات از سواحل نیروگاه توسط آژانس بین المللی انرژی اتمی و تایید نتایج آزمایشگاه های ژاپنی از سال ۲۰۱۴

مدیریت آب رادیواکتیو

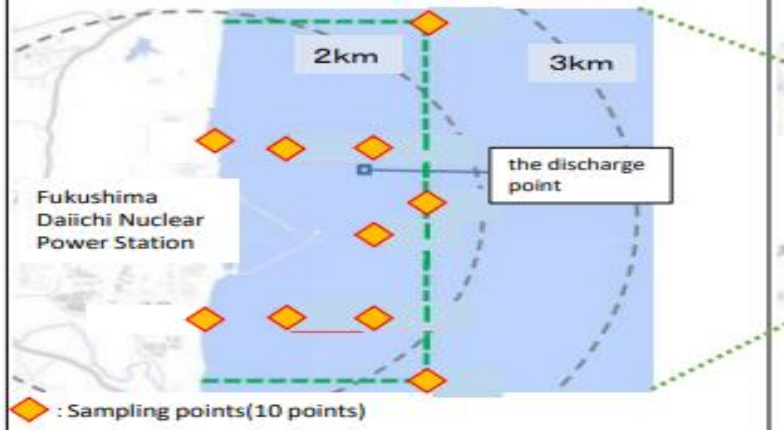
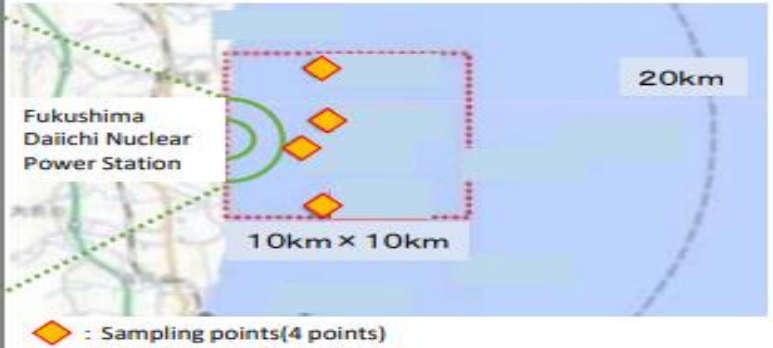
- پایش فرایند انجام شده توسط ALPS :
- پایش آب آمایش شده در مخازن
- مانیتورینگ زمان واقعی یا در زمان رهاسازی آب رقیق سازی شده به دریا
- مانییتورینگ آب دریا



مدیریت آب رادیواکتیو

- پایش آب دریا بعد از رهاسازی آب آمایش و رقیق شده

【Reference】Details of Sea Area Monitoring

	Vicinity of the discharge point (10 points within 3 km of the discharge point at FDNPS)	Outside the vicinity of the discharge point (4 points in a 10 km x 10 km area around the discharge point)
Suspension Level for Discharge	✓ Tritium concentration of 700 Bq/L(※1) ✓ Sampling once per week ※1 700 Bq/L suspension level for discharge is set at the level more stringent than the upper limit of tritium concentration(1500 Bq/L)【1/40 of regulatory standard】in the implementation plan.	✓ Tritium concentration of 30 Bq/L(※2) ✓ Sampling once per week or per month ※2 The maximum tritium concentration detected in the sea area around the nuclear power stations in Japan over the past three years is 20 Bq/L. 30 Bq/L suspension level is set at the level that clearly surpasses 20 Bq/L.
Sampling Points	 ※3 When unusual situations are confirmed in the detailed monitoring by each organization, appropriate actions will be taken.	 ※3 When unusual situations are confirmed in the detailed monitoring by each organization, appropriate actions will be taken.

مدیریت آب رادیواکتیو

- در جریان گذاشتن آژانس بین المللی انرژی اتمی از طرح برنامه ریزی شده برای آمایش آب های آلوده رادیواکتیو و رهاسازی به دریا بعد از فیلتراسیون و رقیق سازی
- شروع به رهاسازی بخش آمایش شده آب های آلوده رادیواکتیو به اقیانوس در ۲۴ آگوست ۲۰۲۳ نیروگاه
- نگرانی و انتقاد سایر کشورها و سازمان های بین المللی از تصمیم دولت ژاپن برای رهاسازی
- اعلام آژانس بین‌المللی انرژی اتمی مبنی بر عدم افزایش سطح تریتیوم دریا از زمان رهاسازی آب آمایش شده توسط سیستم ALPS
- معیار مقدار تریتیوم و محدوده غلظت تریتیوم در محیط

WHO Standards for Drinking Water

10,000 Bq/L Details

*page 228 in linked pdf

TEPCO ALPS Treated Water Discharge Standards

1,500 Bq/L Details

*page 8 in linked pdf

Regulatory Standards of Tritium for safety

60,000 Bq/L Details[PDF 114KB]

Ambient tritium concentration range (throughout Japan)

Seawater

20 Bq/L or less Details[PDF 705KB]

*Japanese Only

Tap Water

1.2 Bq/L or less Details[PDF 705KB]

*Japanese Only

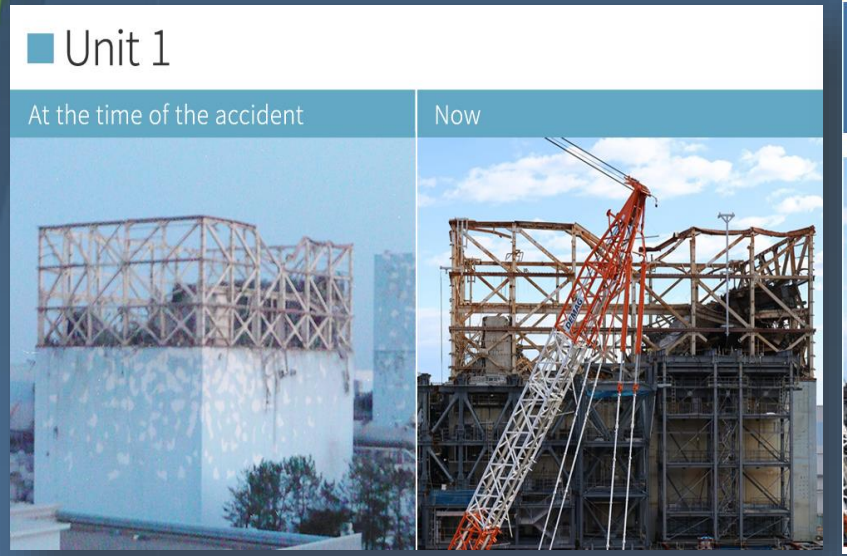
Rainwater (precipitation)

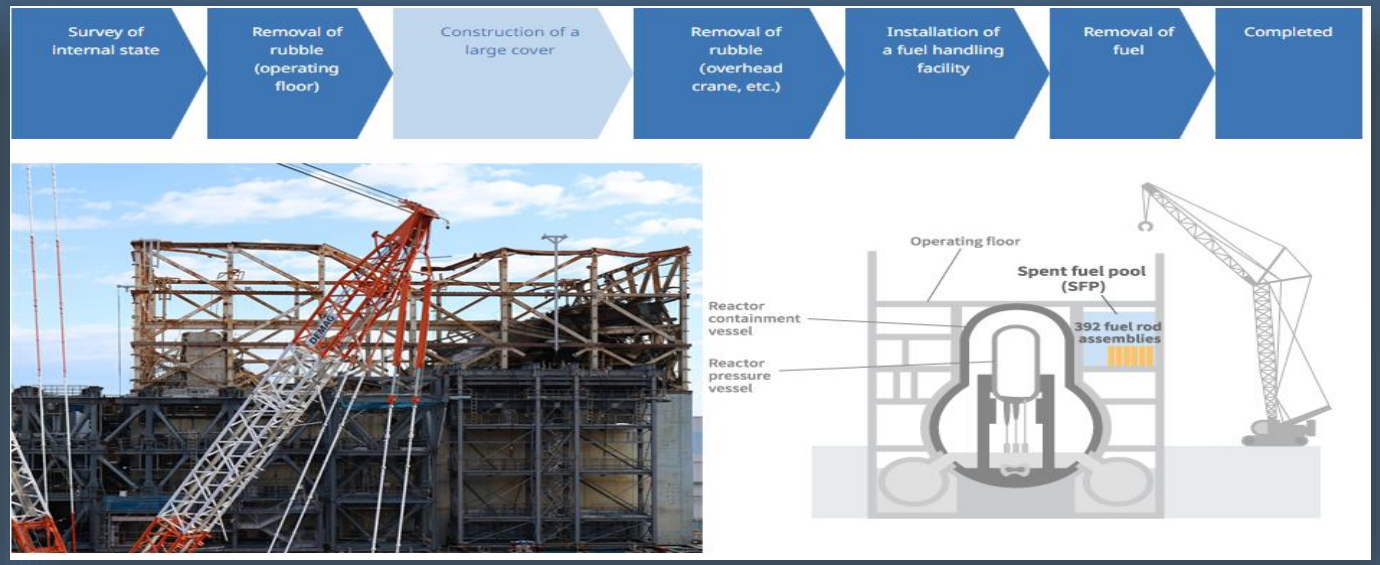
7.3 Bq/L or less Details[PDF 705KB]

*Japanese Only

وضعیت واحدهای نیروگاه فوکوشیما دای ایچی و سوخت مصرف شده آنها – واحد ۱

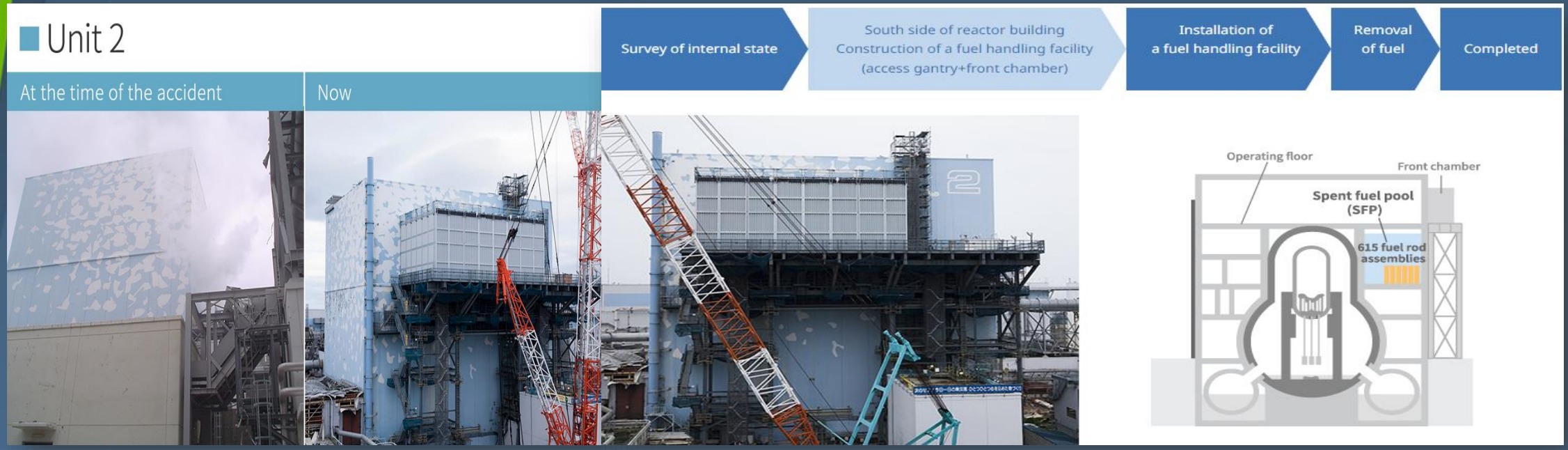
- تا ۱۱ مارس ۲۰۱۱ در حال بهره برداری بوده و در ۱۹ آوریل ۲۰۱۲ بطور دائم خاموش گردید.
- خاموش شدن در زمان وقوع زلزله توسط میله های کنترل
- از دست دادن برق اضطراری ، عدم امکان خنک کردن، انفجار هیدروژن و عدم توانایی نگهداشت مواد رادیواکتیو
- آغاز آوار برداری از قسمت مرکزی ضلع شمالی طبقه عملیاتی،در قسمت بالایی ساختمان راکتور در ژانویه ۲۰۱۸
- اتمام پشتیبانی از جرثقیل سقفی و ماشین جابجایی سوخت در ضلع جنوبی طبقه عملیاتی در نوامبر ۲۰۲۰
- برنامه ساخت یک پوشش بزرگ برای کل ساختمان و برنامه ریزی برای جمع آوری آوار و سوخت مصرف شده
- طراحی یک دروازه دسترسی و یک مخزن تا جهت خارج نمودن سوخت ها از ضلع جنوبی
- ۳۹۲ مجتمع سوخت در واحد ۱





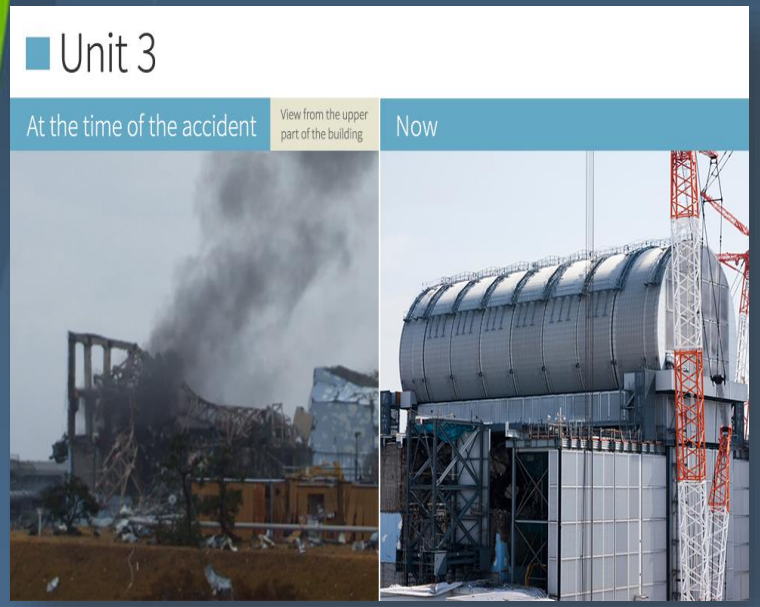
وضعیت واحدهای نیروگاه فوکوشیما دای ایچی و سوخت مصرف شده آنها – واحد ۲

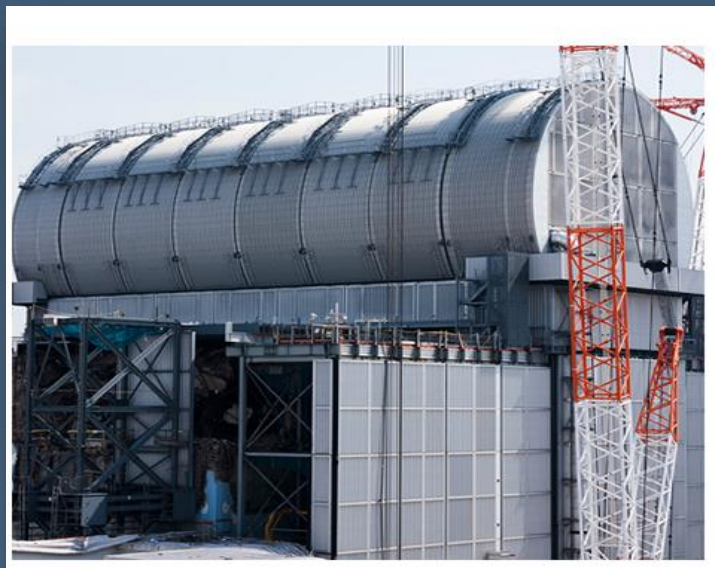
- تا ۱۱ مارس ۲۰۱۱ در حال بهره برداری بوده و در ۱۹ آوریل ۲۰۱۲ بطور دائم خاموش گردید.
- از دست دادن برق اضطراری ، عدم امکان خنک کردن و تولید هیدروژن
- آسیب دیوار راکتور واحد ۲ بدلیل انفجار ناشی از واحد ۱ و فرار هیدروژن تولید شده
- بازنگری روش خارج نمودن سوخت بعد از بررسی های میدانی
- ابداع روش جدید انتقال سوخت متشکل از یک دروازه دسترسی و محفظه جلویی جهت خارج نمودن سوخت از ضلع جنوبی ساختمان
- ۶۱۵ مجتمع سوخت در واحد ۲

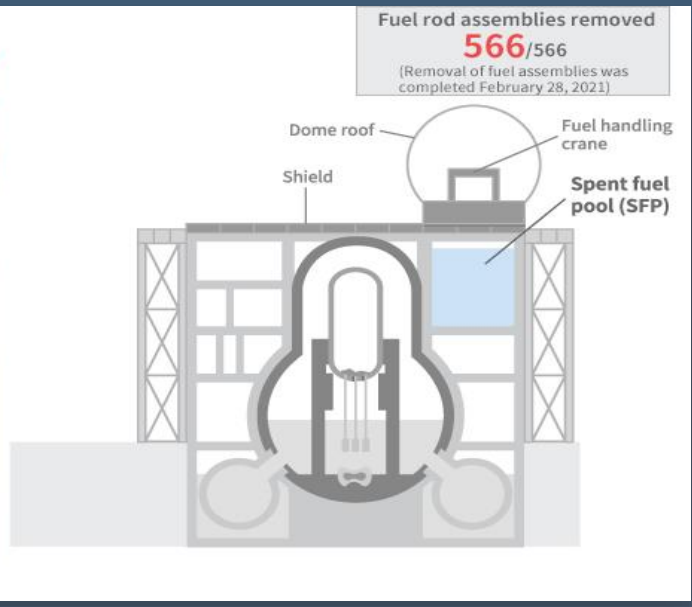


وضعیت واحدهای نیروگاه فوکوشیما دای ایچی و سوخت مصرف شده آنها – واحد ۳

- تا ۱۱ مارس ۲۰۱۱ در حال بهره برداری بوده و در ۱۹ آوریل ۲۰۱۲ بطور دائم خاموش گردید.
- خاموش شدن در زمان وقوع زلزله توسط میله های کنترل
- از دست دادن برق اضطراری ، عدم امکان خنک کردن، انفجار هیدروژن
- خارج نمودن میله سوخت مصرف شده در آوریل ۲۰۱۹ و انتقال همه آنها به استخری در بیرون ساختمان در فوریه ۲۰۲۱
- ۵۶۶ مجتمع سوخت از استخر سوخت مصرف شده خارج شدند.

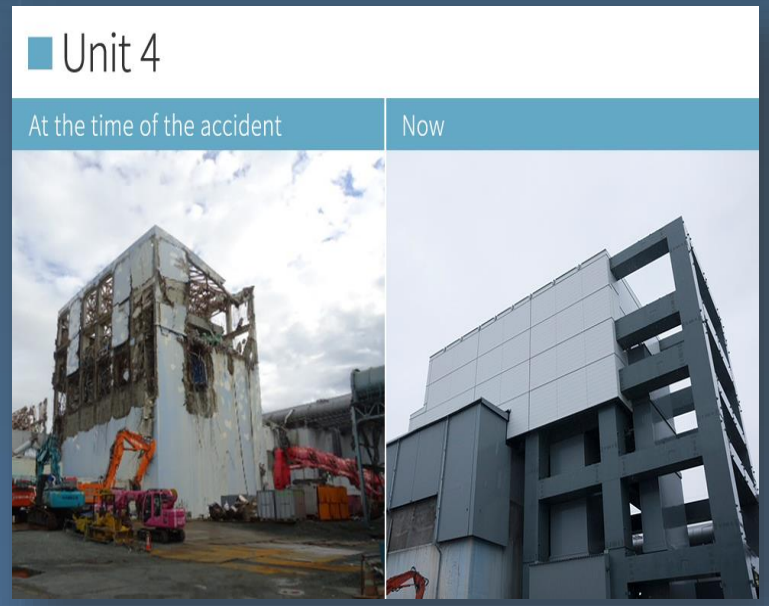






وضعیت واحدهای نیروگاه فوکوشیما دای ایچی و سوخت مصرف شده آنها – واحد ۴

- در راکتور ۴ سوخت از قلب به استخر نگهداری سوخت مصرف شده منتقل شده و در قلب سوختی وجود نداشت
- استخر سوخت مصرف شده و مخزن تحت فشار راکتور مملو از آب بود.
- در ۱۱ مارس ۲۰۱۱ در حال عملیات بازرسی دوره‌ای بود و در ۱۹ آوریل ۲۰۱۲ بطور دائم خاموش گردید.
- آسیب به ساختمان راکتور بدلیل انفجار در واحد ۳
- خارج نمودن تمامی سوخت مصرف شده از ساختمان راکتور به بیرون تا دسامبر ۲۰۱۴
- ۱۵۳۵ مجتمع سوخت از استخر سوخت مصرف شده خارج شدند.



وضعیت واحدهای نیروگاه فوکوشیما دای ایچی و سوخت مصرف شده آنها – واحد ۵

- در راکتور ۵ مجتمع‌های سوخت در قلب راکتور قرار گرفته بودند. محفظه فشار با آب پر و ایزوله شده بود و توسط پمپ فشار داخل آن جهت اجرای تست نشت افزایش یافته بود؛
- در ۳۱ ژانویه ۲۰۱۴ برای همیشه خاموش شد.
- استفاده احتمالی در تاییدیه تست ها در تحقیق و توسعه و سایر پروژه های احتمالی
- ۱۵۴۲ مجموعه میله سوخت در استخر سوخت مصرف شده ذخیره شده است.

وضعیت واحدهای نیروگاه فوکوشیما دای ایچی و سوخت مصرف شده آنها – واحد ۶

- راکتور ۶ در مرحله خاموش " سرد" قرار داشت.
- مجتمع های سوخت با تولید گرمای کمی در قلب راکتور قرار داشت.
- در ۳۱ ژانویه ۲۰۱۴ برای همیشه خاموش شد.
- استفاده احتمالی در تاییدیه تست ها در تحقیق و توسعه و سایر پروژه های احتمالی
- وضعیت مجموعه میله سوخت ۱۸۸۴ به شرح زیر است. [از ۲۵ مه ۲۰۲۳]
- ۴۴ مجتمع سوخت از قلب خارج گردیده است.
- ۱۶۱۰ مجتمع سوخت در استخر سوخت مصرف شده نگهداری می شود.
- ۲۳۰ مجتمع سوخت در انبار سوخت های تازه قرار داده شده است.

حادثه اخیر در نیروگاه هسته ای فوکوشیما دای ایچی

- اطلاع رسانی شرکت تپکو (TEPCO) بهره بردار نیروگاه هسته ای فوکوشیما به سازمان تنظیم مقررات هسته ای ژاپن و آژانس بین المللی انرژی اتمی در مورد وقوع یک حادثه
- نشت آب حاوی مواد رادیواکتیو از یک برج جذب سزیم
- نشت ۵,۵ متر مکعب آب از یک دریچه باز مانده در حین کار تمیز کردن در برج جذب
- عدم ارتباط این حادثه به سیستم پیشرفته آمایش پسماند (ALPS)
- عدم تغییر قابل توجه در اندازه گیری نرخ دز ثبت شده در سایت
- پرتوزایی حجم آب نشت کرده در حدود ۰/۰۲۲ TBq
- احتمال وجود آلودگی جزئی در خاک اطراف برج جذب
- انجام اقدامات احتیاطی شامل ایجاد محدودیت دسترسی به منطقه و ارسال نمونه از خاک جهت آنالیز پرتوی

درس آموخته ها

- تخمین میزان فیزیکی پسماندهای رادیواکتیو تولید شده حداقل تا ده سال آینده توسط بهره بردار در سطح حادثه ای مثل زلزله فوکوشیما و اقدامات لازم در خصوص جلوگیری از تولید و کاهش حجم پسماند و همچنین یک برنامه مدون برای انبارش
- شناسایی کامل بهره بردار از عواقب حوادث احتمالی مانند انفجار و متعاقب آن باعث پرتاب شدن پسماندهای رادیواکتیو به محیط و آلودگی پوشش گیاهی، خاک و آب های زیر زمینی
- افزایش ظرفیت آزمایشگاه های آنالیز پرتوی به منظور ارائه اطلاعات لازم در خصوص وضعیت میزان اکتیویته و نوع خطرات آنها به مدیران مربوطه جهت تصمیم گیری های صحیح
- نیاز به توسعه و بهینه سازی روش های تحلیلی. در زمان حادثه برای تجزیه و تحلیل همه موارد مورد نیاز در صورت دسترس نبودن رادیونوکلئیدها
- استفاده گسترده تر از سیستم های تشخیص رادیوشیمیایی در محل (مانند سیستم های طیف سنجی گاما) که باعث درک بهتر و تصمیم گیری درست تر می شود.
- تهیه و اجرای برنامه ها در شرایط اضطراری با در نظر گرفتن مقادیر و انواع داده های رادیولوژیکی و بهترین رویکردها برای بدست آوردن این داده ها
- توجه کافی به روش های انبارش موقت ایمن با در نظر گرفتن مشخصه های پسماند رادیواکتیو تولید شده
- آماده نکه داشتن تاسیسات نزدیک به سطح بدلیل حجم بالای پسماندهای با اکتیویته کم ناشی از حوادث با سطح بالا
- توجه به تاسیسات دفع عمیق زمین شناختی در کلیه کشورهای دارنده نیروگاه های اتمی با هر رویکردی نسبت به مدیریت سوخت مصرف شده بعد از خارج شدن از قلب راکتور

درس آموخته ها

- جانمایی صحیح تاسیسات هسته ای با در نظر گرفتن عوامل جمعیتی و رود و دریاهای نزدیک
- اهمیت جایگاه گروه ها و سازمان های محلی بعنوان بازیگران بسیار مهمی در بهبودی طولانی مدت از زمان شروع حادثه
- از بین رفتن سطح اعتماد و اطمینان (ذینفعان اصلی) به مقامات دولتی و سازمان های عملیاتی بدون در نظر گرفتن اثر قابل توجه پیامدهای حادثه (خطرات رادیولوژیکی و اثرات بهداشتی، اجتماعی و روانی)
- تعریف، ایجاد و حمایت از یک سازمان/کمیسیون یا گروه خاصی از افراد (متخصصان، مشاوران، دانشمندان) برای ارائه تمام اطلاعات (شامل گزارش دهی) مورد نیاز عموم مردم با در نظر گرفتن سطح خطرات .
- فقدان اطلاعات کامل، کافی و واقعی برای مدت طولانی باعث مشکلات اجتماعی و روانی اضافی را در جمعیت آسیب دیده (مانند ایجاد سندرم های روانی قربانی یا طرد اجتماعی).

تمهیدات شرکت مدیریت پسماندهای پرتوزای ایران

- تهیه گزارش سنتز شامل مشخصات محیطی سایت های تاسیسات هسته ای
- بررسی وضعیت موجود مواد پرتوزا و شیمیایی خطرناک مناطق هسته ای
- شبیه سازی میزان پخش مواد پرتوزا و خطرناک در داخل یا خارج سایت های هسته ای
- جانمایی محل مدیریت پسماندهای حاصل از حادثه
- بررسی تجهیزات مورد نیاز در عملیات پسمانداری در صورت وقوع حادثه
- معیارهای تصمیم گیری در مدیریت پسماندهای پرتوزا
- مدیریت پسماندهای پرتوزای ناشی از حادثه (جامد، مایع و گاز)

زندگی سالم و پایدار در گرو
رفتار منطقی ما
با قوانین طبیعت است

چون شکافی ذره را، هست آفتاب
در بیابی قطره را، دریای آب

باتشکر از حسن توجه شما