

نیروگاه‌های هسته‌ای در ژاپن

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

مقدمه

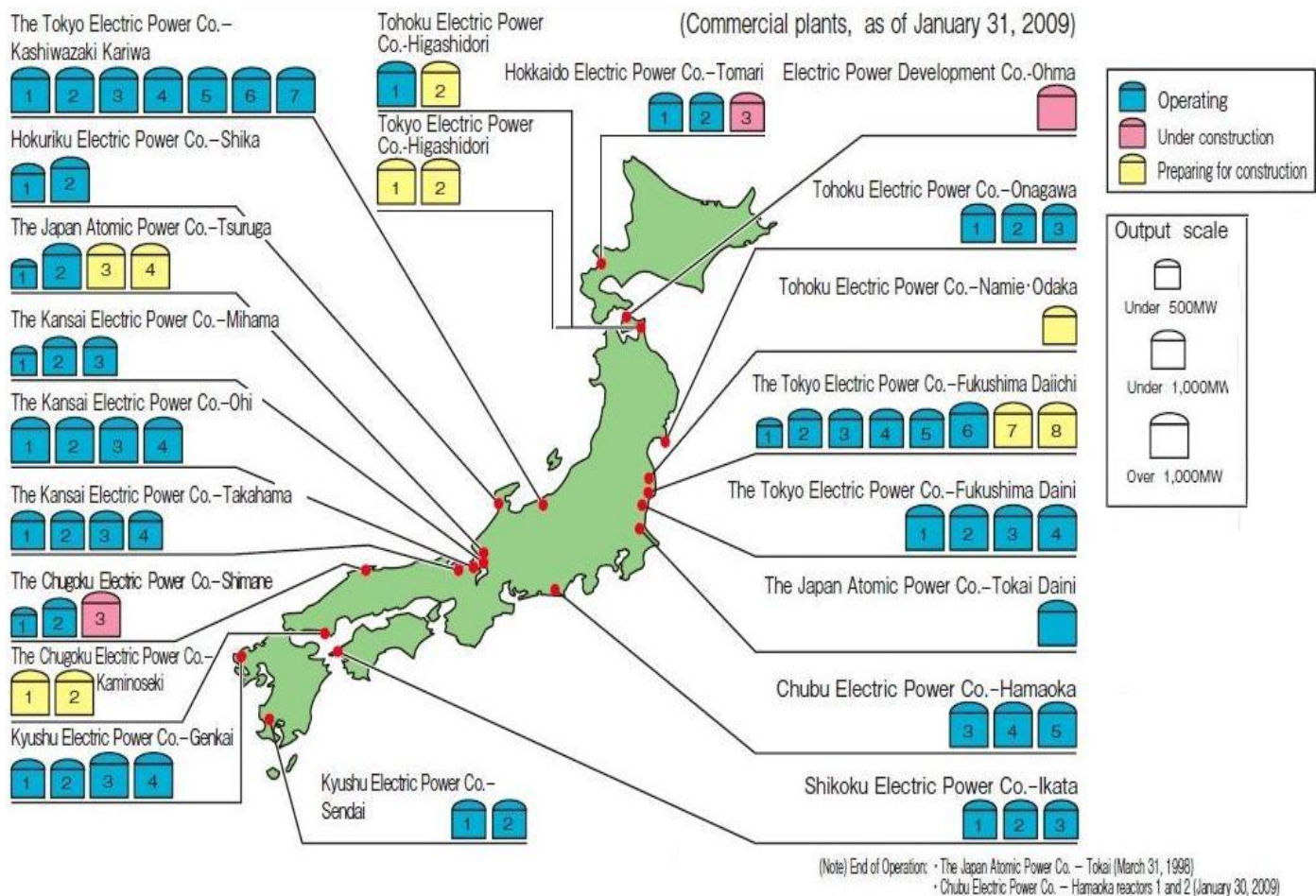
کشور ژاپن یکی از کشورهای مهم در تولید انرژی برق هسته‌ای در سطح جهان می باشد، بطوریکه ۵۴ واحد نیروگاه اتمی در قدرت های متفاوت در حال کار، ۲ واحد در حال ساخت و ۱۰ واحد در حال آمادگی برای ساخت و در مرحله طراحی دارد. برخی واحدهای قدیمی تر هم پس از اتمام طول عمر خود تعطیل شده‌اند. بطوریکه ظرفیت نصب شده تولید برق هسته‌ای حدود ۴۹۰۰۰ مگا وات می باشد که تقریباً " ۳۰٪ برق تولیدی آن کشور را به خود اختصاص می دهد. ژاپن در نظر دارد این توان را با واحدهای در حال ساخت و تحت طراحی به ۶۵۰۰۰ مگاوات توسعه دهد.

جدول ۱- تعداد راکتورهای در حال کار و در حال ساخت کشور ژاپن

ظرفیت بر حسب مگاوات	تعداد واحدها	
۴۹۰۰۰	۵۴	در حال کار
۲۷۰۰	۲	در حال ساخت
۱۳۵۰۰	۱۰	در حال آماده‌سازی برای ساخت
۶۵۰۰۰	۶۶	کل

فراوانی نیروگاه های اتمی در نواحی مختلف کشور ژاپن با توجه به نقشه جغرافیایی آن کشور به صورت زیر توزیع

شده‌اند.



شکل ۱: توزیع فراوانی جغرافیایی راکتورهای در حال کار و در حال ساخت و تحت طراحی کشور ژاپن

با توجه به موقعیت مکانی وقوع زلزله و سونامی بعد از آن نیروگاه‌های واقع در شمال شرق ژاپن تحت تاثیر قرار گرفتند. به خصوص در سه واحد نیروگاهی فوکوشیما دایچی (شامل ۶ راکتور هسته‌ای)، شرایط اضطراری برقرار گردید (شکل ۱ و ۲).

تمامی نیروگاه‌های هسته‌ای مجهز به سیستم تشخیص زلزله و قطع کننده واکنش زنجیره‌ای یا سیستم شات-داون اضطراری در هنگام وقوع زلزله هستند که با استفاده از میله‌های کنترل واکنش زنجیره‌ای را متوقف و راکتور را "خاموش" می‌کند. که در تمامی واحدهای تحت تاثیر زلزله این اتفاق به درستی انجام گرفت اما با توجه به وجود حرارت باقیمانده در راکتور بایر حرارت از راکتور تخلیه گردد تا راکتور به وضعیت ایمن خاموش سرد (cold shut-down) برسد که معمولاً با استفاده از برق شبکه یا دیزل ژنراتورهای اضطراری این وضعیت محقق می‌گردد. با توجه به سونامی در برخی از واحدهای هسته‌ای ژاپن برق به صورت کامل قطع گردید و منجر به ایجاد حادثه گردید.



شکل ۲: موقعیت رخداد زلزله و نیروگاههای تحت تاثیر آن

انواع راکتورهای هسته‌ای مورد استفاده در ژاپن

اصول تولید برق در راکتورهای هسته‌ای، مشابه نیروگاههای معمولی بخار می‌باشد. بدین معنی که انرژی حاصل از سوخت (شکافت هسته‌ای ناشی از واکنش زنجیره‌ای در راکتور) به بخار تبدیل شده و سپس با استفاده از انرژی بخار آب توربو-ژنراتور به حرکت در آمده و انرژی الکتریکی تولید می‌شود. در حال حاضر حدود ۴۴۲ واحد راکتور هسته‌ای نیروگاهی در دنیا با ظرفیت ۳۷۶ گیگاوات مسئولیت تولید ۱۶٪ انرژی الکتریکی دنیا را بر عهده دارند. سیستمهای مختلفی برای راکتورهای هسته‌ای طراحی شده‌اند که عمدتاً عبارتند از:

- آب سبک تحت فشار: PWR^1 یا $VVER^2$ با حدود ۶۱٪ از کل تعداد راکتورهای هسته‌ای
- راکتورهای آب جوشان (BWR^3) با حدود ۲۱٪ از کل تعداد
- سایر انواع دیگر با حدود ۱۸٪ از کل ظرفیت.

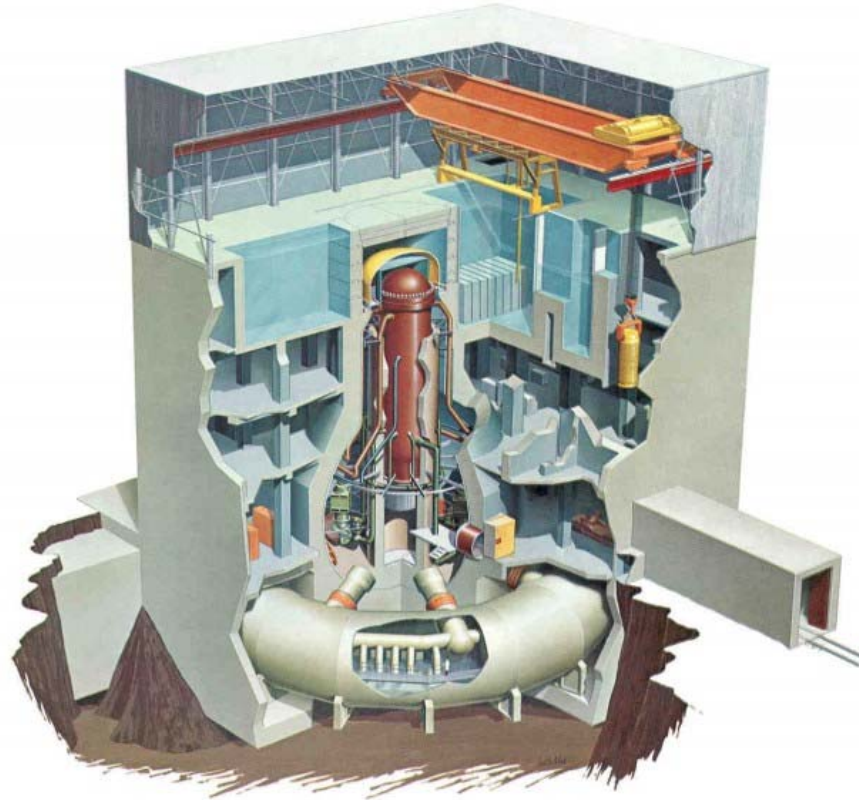
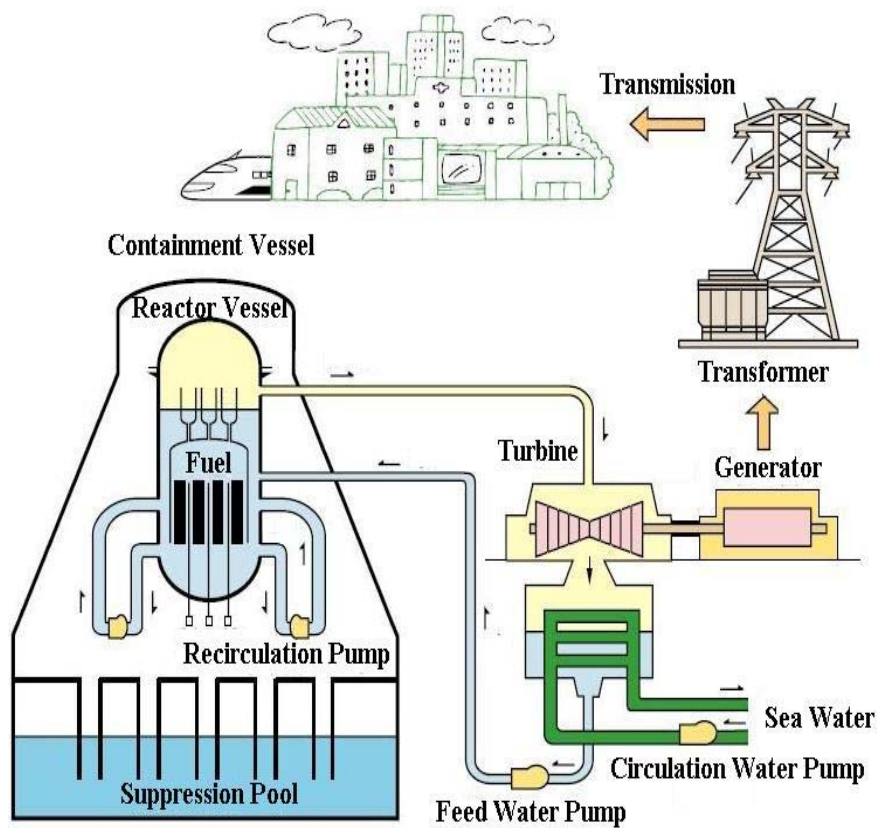
راکتورهای PWR عمدتاً توسط شرکت وستینگهاوس، راکتورهای با تکنولوژی مشابه $VVER$ عمدتاً توسط شوروی سابق، و راکتورهای BWR توسط شرکت جنرال الکتریک در دهه ۶۰ میلادی به بازار انرژی معرفی شدند و در سالهای اخیر با پیشرفت فناوری اصلاحات زیادی روی انواع جدید و پیشرفته این راکتورها صورت پذیرفته است. راکتورهای مورد استفاده در کشور ژاپن عموماً از انواع راکتورهای آب جوشان BWR (۳۰ واحد) ساخته شده توسط جنرال الکتریک، توشیبا و هیتاچی و

¹ Pressurized Water Reactor

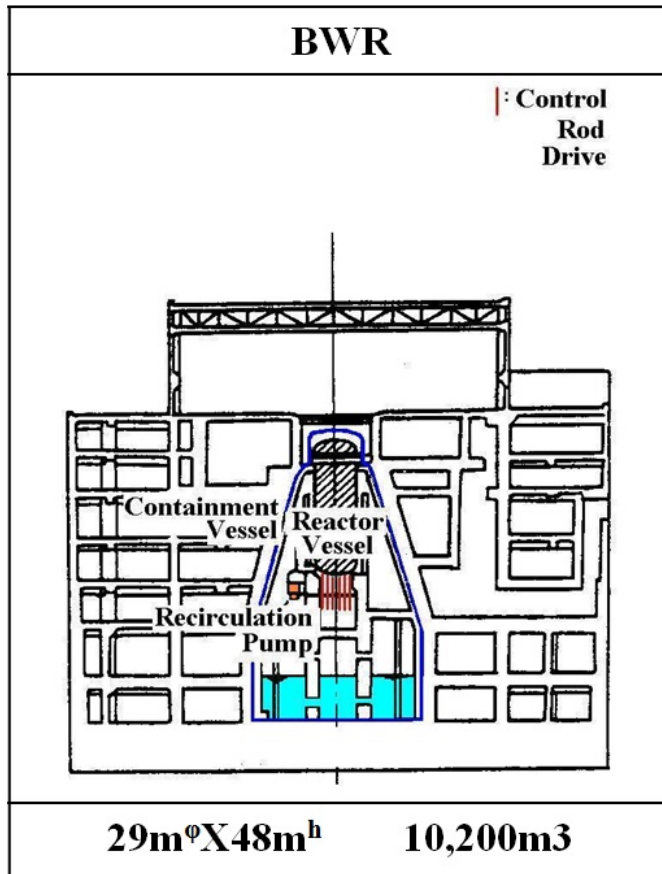
² Voda-Voda Energy Reactor به زبان روسی. نیروگاه هسته‌ای بوشهر از نوع $VVER-1000$ می‌باشد.

³ Boiling Water Reactor

آب سبک تحت فشار PWR (۲۴ واحد) می‌باشند. اتمسفر موجود در containment راکتور آب سبک از جنس هوا و لی در راکتور های آب جوشان از جنس نیتروژن می باشد. راکتورهای آسیب دیده فوکوشیما هم از همین نوع هستند.



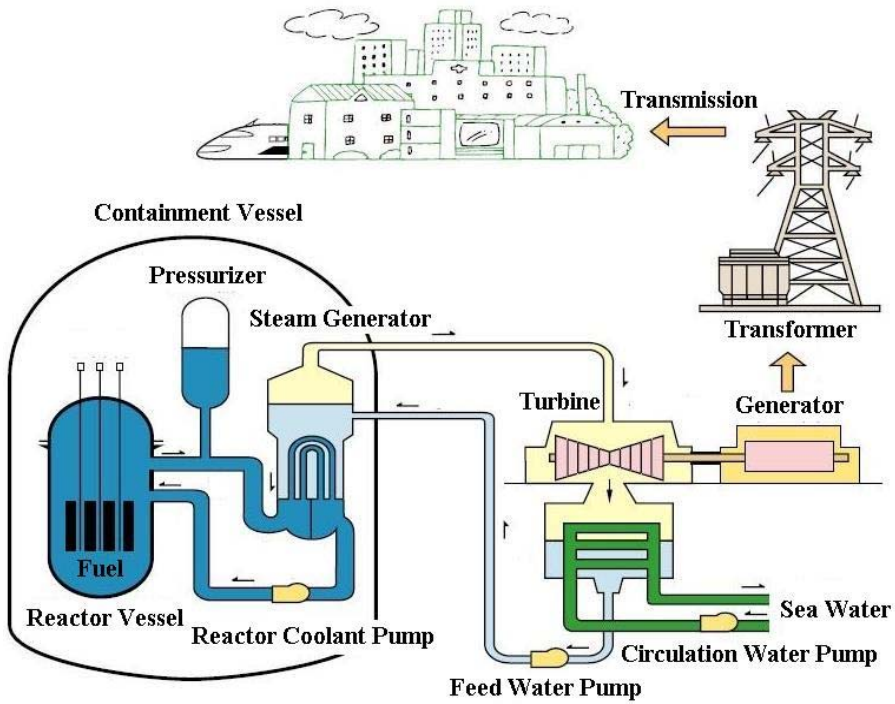
شکل ۲- شمای کلی راکتور آب جوشان



شکل ۳- شماتیک بدنه راکتور آب جوشان (طرح مارک ۱ جنرال الکتریک)

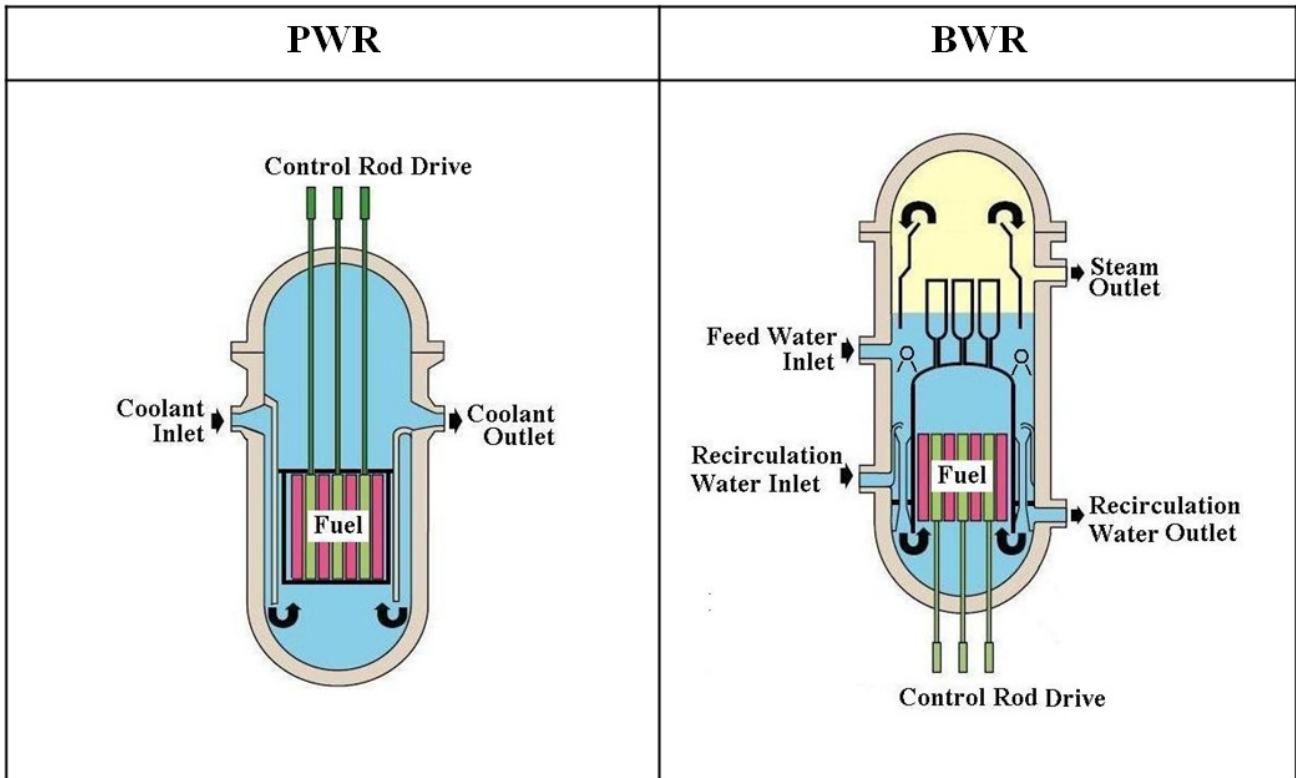


شکل ۴: راکتور آسیب دیده شماره ۱ فوکوشیما دایچی. بر حسب اعلان انفجار به بدنه اصلی راکتور آسیب وارد نکرده است.



شکل ۵- شمای کلی راکتور آب سبک تحت فشار

Reactor Core



شکل ۶: مقایسهٔ راکتورهای آب جوشان و آب تحت فشار

ویژگی های راکتور آسیب دیده

تاسیسات هسته ای فوکوشیما در ۳۵۰ کیلومتری شهر توکیو قرار دارد و این تاسیسات غالباً به تاسیسات فوکوشیما دای - ایچی و داینی معروف هستند. واحد اول این تاسیسات در شهر اوکاما در منطقه فوتابا از استان فوکوشیما در شمال شرقی کشور ژاپن واقع شده است. تاسیسات مذکور از ۶ راکتور آب جوشان تشکیل شده است که می تواند جمعا "۴.۷ گیگا وات قدرت الکتریکی تولید نماید و واحد اول این نیروگاه یکی از ۲۵ راکتورهای بزرگ در حال کار در جهان می باشد که توسط شرکت قدرت الکتریکی توکیو (TEPCO) بهره برداری می گردد. راکتور آب جوشان معولا" در فشارهای بالا (حدود ۷ مگا پاسکال) و در مقایسه با فشار موجود در راکتورهای آب سبک تحت فشار در فشار پائین تری کار می کنند. از آنجا نیکه آب درون این راکتورها بصورت بخار است^۱ راکتور نیاز به مبدل حرارتی ندارد و بخار آب موجود در قلب راکتور مستقیماً به توربین ها منتقل می شوند. لذا این نوع راکتورها به چرخه مستقیم معروفند و از این جهت احتمال نشت مواد پرتوزا در صورت وقوع حادثه در قلب راکتور بیشتر از راکتورهای تحت فشار می باشد. قدرت در این راکتورها با میله های کنترل و همچنین با تغییر در میزان آب ورودی به قلب راکتور کنترل می شود.

یکی از نکات مهم ایمنی در این راکتورها، این است که حتی پس از توقف فرایند شکافت هسته ای، واپاشی هسته ای در قلب حرارت تولید می کند و در صورت عدم یا عدم کفایت برداشت و انتقال حرارت از قلب، افزایش حرارت موجب آسیب به قلب و راکتور می شود. به خصوص در اثر اندرکنش آب یا بخار داغ و غلاف میله های سوخت (از جنس زیرکونیوم) نیدروژن تولید می شود و خطر انفجار بوجود می آید که در ۳ واحد منجر به انفجار گردید. راکتورهای واحد ۱ و ۲ و ۶ توسط شرکت جنرال الکتریک، واحد های ۳ و ۵ بوسیله شرکت توشیبا و واحد ۴ بوسیله شرکت هیتاچی طراحی و ساخته شده اند. راکتور واحد ۱ تاسیسات مذکور از نوع راکتور آب جوشان از نوع ۳ (BWR3) می باشد که در سال ۱۹۶۷ میلادی ساخته شده است و قرار بوده است که در مارچ سال ۲۰۱۱ از کاراندازی شود. مشخصات فنی ۶ راکتور موجود در تاسیسات فوکوشیما در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۵- شمای ظاهری راکتور فوکوشیما دایچی

جدول ۲ - مشخصات فنی راکتورهای موجود در تاسیسات فوکوشیما

Unit	Type ^[9]	First criticality	Electric power	Reactor supplier	Architecture	Construction
Fukushima I – 1	BWR-3	October 1970 ^[8]	460 MW	General Electric	Ebasco	Kajima
Fukushima I – 2	BWR-4	July 18, 1974	784 MW	General Electric	Ebasco	Kajima
Fukushima I – 3	BWR-4	March 27, 1976	784 MW	Toshiba	Toshiba	Kajima
Fukushima I – 4	BWR-4	October 12, 1978	784 MW	Hitachi	Hitachi	Kajima
Fukushima I – 5	BWR-4	April 18, 1978	784 MW	Toshiba	Toshiba	Kajima
Fukushima I – 6	BWR-5	October 24, 1979	1,100 MW	General Electric	Ebasco	Kajima
Fukushima I – 7 (planned)	ABWR	October 2016 ^[10]	1,380 MW			
Fukushima I – 8 (planned)	ABWR	October 2017 ^[10]	1,380 MW			

لینکهای مفید:

<http://www.iaea.org/>

<http://www.iaea.org/newscenter/news/tsunamiupdate01.html>

<http://www.iaea.org/programmes/a2/>

<http://www.nisa.meti.go.jp/english/>