

日本福岛核事故后的 恢复与补救行动

郑丽馨 刘福东 孙学智 孟 德 张 浩 等编著

柴国旱 陈晓秋 审校

中国原子能出版社

日本福岛核事故后的恢复与补救行动

郑丽馨 刘福东 孙学智 孟 德 张 浩 等编著

柴国早 陈晓秋 审校

中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

日本福岛核事故后的恢复与补救行动 / 郑丽馨
等编著. —北京 : 中国原子能出版社, 2016.11

ISBN 978-7-5022-7613-3

I. ①日… II. ①环… III. ①放射性事故-处理-日本 IV. ①TL732

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 259814 号

日本福岛核事故后的恢复与补救行动

出版发行	中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)
责任编辑	孙凤春
装帧设计	崔 彤
责任校对	冯莲凤
责任印制	潘玉玲
印 刷	保定市中画美凯印刷有限公司
经 销	全国新华书店
开 本	787 mm×1092 mm 1/16
印 张	11
字 数	275 千字
版 次	2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5022-7613-3 定 价 69.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>

发行电话: 010-68452845

E-mail: atomep123@126.com

版权所有 侵权必究

前 言

2011年3月11日,日本东北部海域发生了大地震。地震及其引发的海啸在日本造成了惨重的生命损失和广泛的破坏,1.5万余人丧失生命,6 000余人受伤,约2 500人下落不明。建筑物和基础设施遭到了严重的损毁,特别是日本东北海岸沿线,使得40万人家园被毁、撤离故土。

地震和海啸袭击了东京电力公司的福岛第一核电厂,引发核事故,导致大量放射性核素释放到大气中,随后沉积到陆地和海洋,也发生了向海洋的直接排放。在该厂址20 km半径范围内和其他指定区域的居民被撤离,在20~30 km半径范围内的居民则被指示进行隐蔽,后被建议自愿撤离。福岛核事故导致周围12个市町村的约11.4万人被政府强制撤离,后续约有5万人自愿撤离。事故也导致对食物的分发、消费及饮用水的消费施加了限制。在本书撰写时,仍有许多人生活在他们所撤离的区域之外。

福岛核事故对国际核能界产生了巨大的震撼。涉及核能利用的国家均组织了专门的队伍,研究和汲取福岛核事故的教训,并采取了一系列的核安全行动,有些工作还在继续。总的来说,福岛核事故引起的经济损失是巨大的,对社会和环境产生的影响是不可接受的,但幸运的是对人和非人类物种的辐射影响却是有限的。

福岛核事故后,厂内稳定化和设施退役准备、受事故影响区域的场外环境修复、补救行动的放射性废物管理、重建家园与社区复兴以及利益相关者的广泛参与都备受关注。

如今,福岛核事故已过去5年多,事故后的恢复行动仍在继续,然而如何制定并实施事故后的恢复与补救行动的政策和战略,如何划分中央政府、地方政府、营运单位和公众在重建家园中的责任,如何实施事故后恢复行动,这些不只是日本政府所要处理的一项重大灾害的一部分,也是我们应该思考的。有一点我们永远不能忘记,尽管核与辐射安全是当事国政府的责任,但福岛核事故凸显出核事故的影响是可以跨越国界的。不断地质疑和从经验中学习的开放态度是核安全文化的关键所在。

《日本福岛核事故后的恢复与补救行动》以福岛核事故灾后恢复治理路线图

的制定和修订为主线,介绍日本政府关于福岛灾后重建的政策和措施,以及国际组织对事故的分析和评估,梳理出福岛核事故后厂内外的一些重要恢复和补救行动,总结了灾后恢复与治理的经验教训,以期从中获得启示。需要说明的是,本书大部分信息截至2015年6月,部分内容更新至最新状态。

本书共分6章。第1章由郑丽馨、马国强编写;第2章由王亮、孙学智编写;第3章由张浩、段军编写;第4章由余少青、刘福东编写;第5章由孟德、陈鲁编写;第6章由张琼、焦峰编写。郑丽馨、刘福东和孙学智对全书进行了统筹编著,柴国早、陈晓秋研究员对本书进行了校审。本书在编写过程中得到了环境保护部(国家核安全局)、核与辐射安全中心领导的大力支持。同时,本书也获得了潘自强、赵成昆、赵亚民、林诚格、郭秋菊等专家的指导,对各位专家的辛勤付出和提出的良好建议,编著者在此表示衷心感谢!另外,本书在出版过程中得到了国家核安全局侯伟、刁锦辉等同志的大力支持,在此一并表示感谢!

本书在撰写过程中对日本福岛核事故的恢复与补救、国际组织采取的行动等内容开展了广泛、深入的调研,虽竭尽所能,但毕竟编著者学识水平有限,书中难免存在疏漏或不妥之处,深切希望关注核安全的社会各界人士、专家、学者以及对本书有兴趣的广大读者不吝赐教、批评指正。

编著者

2016年4月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 地震和海啸对核电厂的影响	1
1.2 事故后果	2
1.3 应急响应	2
1.4 厂内恢复与退役	3
1.5 日本及国际社会对事故采取的对策	3
1.6 福岛核事故的偶然性	4
参考文献	5
第 2 章 事故后日本政府的响应	6
2.1 灾后重建政策	6
2.2 核安全监管机构改组	8
2.3 核电厂安全基准的修订	9
2.4 应急准备与响应方面的改进	12
2.5 日本的核电现状	16
参考文献	17
第 3 章 事故后的厂内恢复与退役	19
3.1 事故后的现场恢复	19
3.2 福岛第一核电厂 1~4 号机组的退役计划	20
3.3 退役计划的进展	23
3.4 退役相关技术研发(R&D)及人才培养	47
3.5 事故后的泄漏事件	49
3.6 辐射工作人员和其他相关人员的受照情况	60
3.7 小结	66
参考文献	67
第 4 章 事故后场外恢复与治理	69
4.1 事故后场外辐射水平	69
4.2 辐射防护	94
4.3 事故后场外环境修复计划	105
4.4 废物管理	117
4.5 小结	124
参考文献	124
第 5 章 国际组织针对事故采取的行动	130
5.1 IAEA 的行动与对策	130

5.2 其他国际组织 142

5.3 小结 161

参考文献 161

第 6 章 借鉴与启示 163

6.1 我国对福岛核事故的响应行动 163

6.2 借鉴与启示 167

第1章 概述

2011年3月11日,日本东北部海域发生里氏9.0级地震,地震震中距三陆海岸约130 km,震源深度24 km^[1]。该地震是日本有地震记录以来最强的一次地震,也是自18世纪以来世界范围内地震震级排名第四的地震。地震引发了大规模的海啸,对东北地区岩手、宫城、福岛等县的公路、铁路、公共设施和工业设施造成了巨大的破坏。截至2015年3月,此次灾难已造成超过1.5万人丧生,超过6 000人受伤,约2 500人失踪^[2]。

地震和海啸对日本东北部海岸的4座核电厂造成了影响,位于福岛县辖区内的福岛第一核电厂的影响最为严重,引发了震惊世界的核事故。福岛核事故导致大量的放射性物质释放,对日本的经济、社会造成了极大的破坏,由此引发的社会混乱至今仍然未能完全恢复。

1.1 地震和海啸对核电厂的影响^[1]

福岛第一核电厂共有6台核电机组,皆为沸水堆,由东京电力公司(TEPCO)负责营运,总发电装机容量为4 696 MW,是全世界装机容量最大的核电厂之一。地震发生当日,福岛第一核电厂1~3号机组处于功率运行状态;4号机组处于停堆维修状态,所有燃料组件已经从堆芯转移到乏燃料水池;5号和6号机组也处于维修检查中,所有燃料组件已装入堆芯,其中5号机组反应堆压力容器正在进行打压测试,6号机组处于冷停堆状态。

地震发生后,福岛第一核电厂1~3号机组的反应堆自动停堆。正常情况下,应有六条输电线路可以向核电厂提供电源,然而由于地震导致断路器等遭到破坏以及输电塔倒塌,全部六路外电源均停止供电,核电厂丧失所有厂外电源。应急柴油发电机按照预期启动并负载。

海啸发生后,由于海啸波高远超越机组所在的厂坪标高,福岛第一核电厂6台机组的反应堆厂房和汽轮机厂房均遭受了不同程度的水淹。海啸导致位于核岛辅助厂房内的10台应急柴油发电机因水淹而失效,尚有3台应急柴油发电机由于位于独立的应急柴油发电机厂房而没有受到水淹损坏;除6号机组DG-6B的应急配电盘外,其他所有应急柴油发电机的应急配电盘和供电电缆均受水淹损坏。因此,海啸袭击之后福岛第一核电厂整个区域仅6号机组的1台应急柴油发电机可用,其他12台应急柴油发电机均已失效。此外,海啸及其导致的残骸严重损坏了海水冷却泵、滤网和设备,加之水淹导致电力的丧失,福岛第一核电厂丧失了所有最终热阱。

海啸还导致1、2号机组的蓄电池直流供电系统失效,导致核电厂进入“盲”状态,即没有照明、控制系统失灵、仪表指示和显示系统(包括事故后监测系统)失效、没有驱动阀门动作的动力(包括交流、直流、压缩空气),要操作阀门必须到现场临时供电、临时供气或现场手动操作,难度很大。海啸虽然没有直接导致3号机组的蓄电池直流供电系统失效,但在事故后30小时蓄电池耗尽时,由于其充电器水淹失效而不能充电,随后也进入“盲”状态。

地震和海啸导致福岛第一核电厂长期丧失供电和最终热阱，TEPCO 采取排气、通过消防泵注入海水等方式缓解事故后果。然而，应对措施却未能阻止事态的恶化，福岛第一核电厂 1~3 号机组均出现了堆芯熔毁，1、3、4 号机组反应堆厂房亦发生氢气爆炸，大量放射性物质释放到环境中；福岛第一核电厂 5、6 号机组没有发生堆芯损坏，并成功实现了冷停堆。

1.2 事故后果

福岛第一核电厂 1~3 号机组安全壳的泄压排放和泄漏，以及反应堆厂房的氢气爆炸，导致放射性物质向环境的大量释放。显著的放射性物质释放开始于 2011 年 3 月 12 日，持续了近一周左右，而后开始逐步降低，到 2011 年 4 月初，释放率已降低到事故第一周释放率的千分之一或更低，并持续了数周时间。

许多组织对放射性物质的大气释放量进行了估算，主要采用两种方式：一种是基于堆芯状态诊断结果进行的评估，通过收集到的事故后核电厂数据对反应堆堆芯状态进行诊断分析，根据堆芯状态诊断分析结果估算总的释放量^[3]；另一种是根据环境监测结果进行的评估，利用改进后的环境应急剂量信息预测系统（SPEEDI）和环境监测资料，在考虑监测数据和获得的事故初期其他因素的基础上，对放射性物质大气释放量进行反向计算，以此估算总的释放量^[1]。虽然两种评估方法都有其局限性和不确定性，但是估算结果都显示碘-131 的释放量在 $(1\sim5)\times10^{17}$ Bq 之间，占事故时 1~3 号机组碘-131 总量的 2%~8%；铯-137 的释放量在 $(0.6\sim2)\times10^{16}$ Bq 之间，占事故时 1~3 号机组铯-137 总量的 1%~3%^[4]。与切尔诺贝利核事故相比，福岛核事故释放的碘-131 和铯-137 的量约为切尔诺贝利核事故的 10% 和 20%。根据《国际核与辐射事件分级手册》（2008 版），本次事故被定为 7 级——特重大事故（放射性物质的环境释放量大于 5×10^{15} Bq 的碘-131 放射性当量活度）。

大部分大气释放被盛行的季风吹向东方，进而沉积和弥散在北太平洋。然而，风向的改变也导致小部分大气释放沉积在陆地上，主要在福岛第一核电厂的西北方向。除了大气释放，放射性物质的环境释放还包括福岛第一核电厂向海洋环境的放射性污水排放和泄漏，其中较高浓度的放射性污水来自福岛第一核电厂的海水取水管沟。

为了掌握和评估福岛核事故对环境的影响，日本政府通过制定监测计划对参与组织进行详细的分工，通过采用航空测量、巡测车、设置固定监测点等方式对环境（包括空气、土壤、海水、沉积物和生物群）中的碘-131、铯-134 和铯-137 等放射性核素的活度浓度开展了广泛的监测活动。利用这些测量结果，估算大气和海洋释放的弥散情况，并进行放射性核素在海洋和陆地上的沉积研究。根据研究结果，日本对陆地上环境的治理制定了修复策略和计划。此外，还针对废物分类、废物管理流程、废物管理计划等制定了针对性的导则。

福岛核事故同时造成了一定的职业照射和公众照射，TEPCO、联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）和世界卫生组织（WHO）等国际机构和组织对此进行了相应的评估。

1.3 应急响应

福岛核事故发生后，为了防止辐射照射，福岛第一核电厂厂址周边的一定范围立即实施

了紧急撤离和室内隐蔽,部分区域还采取了稳定碘预防措施,后续又根据机组情况的恶化和氢爆分别调整了紧急撤离区和室内隐蔽区的范围。为了指导防护行动,日本政府划定了“撤离区”“计划撤离区”和“准备撤离区”;随着福岛第一核电站进入冷停堆状态,日本政府重新划定了防护行动区域,分为“准备解除撤离区”“限制居住区”和“难以返回区”,并根据辐照剂量的降低对防护行动区域进行相应调整。时隔四年后,目前仍然有很多当时撤离的人员未能返回家园。

由于在饮用水、食品和一些非食用消费品中发现了碘-131、铯-134 和铯-137 等放射性核素^[2],日本政府还对食品和饮用水采取了管制措施。

1.4 厂内恢复与退役

福岛核事故后,为了稳定机组和乏燃料水池的冷却状态、减少放射性物质的释放,东京电力公司制定了福岛第一核电站事故后的现场恢复计划,即“事故恢复路线图”,主要解决五类 10 个方面的问题,如冷却反应堆/乏燃料池、缓解地下水/积水等。直到 2011 年 12 月,即事故发生 9 个月后,福岛第一核电站 1~3 号机组终于维持在稳定的冷却状态,事故后的现场恢复阶段完成,福岛第一核电站 1~4 号机组随即进入退役阶段。

福岛第一核电站 1~4 号机组的退役,按照“福岛第一核电站 1~4 号机组退役中长期路线图”实施,整个退役计划预计分三个阶段完成,预期花费 40 年。为配合退役计划的实施,同时还制定了研发计划,主要用于解决现场退役过程中面临的高技术难题,如燃料碎片清理、固体放射性废物处理与处置等。

1.5 日本及国际社会对事故采取的对策

福岛核事故发生后,为避免由于海啸导致所有交流电源和最终热阱丧失而诱发堆芯损坏的事故,日本核安全监管机构要求对日本所有核电站实施紧急安全对策。之后,针对福岛核事故的场景,日本还实施了核设施超设计基准外部事件综合安全评估,即“压力测试”。通过总结福岛核事故的经验教训,在严重事故预防与应对方面,提出了一系列改进措施。此外,日本还对核安全监管机构进行了改组,修订了核电站安全基准、应急准备和响应方面的法规标准等。

日本政府也一直致力于福岛事故后的复兴,基于《复兴基本法》提出的复兴基本理念,制订、发布了《福岛复兴再生特别措施法》《福岛复兴再生基本方针》和《福岛十年重建计划概要》等一系列文件。此外,还成立了复兴厅专门处理灾后重建的相关事务。

针对福岛核事故,国际社会亦高度关注。事故初期,国际原子能机构(IAEA)对事故进行了 24 h 跟踪,并每日在网站上更新事故的最新进展。之后,IAEA 开展了一系列的响应行动,如积极参与福岛核事故的现场调查,以收集事故信息,调查事故原因、发展过程及核电站受损状态,开展初步的分析和评价,形成经验反馈;制定“核安全行动计划”,为核安全相关活动的开展提供指导;组织各类研讨活动,努力寻找各领域可能存在的不足等。2015 年 8 月,IAEA 发布了《福岛第一核电站事故-总干事报告》及其五个技术卷,对福岛核事故的原因、后果及吸取的教训进行了全面的阐述。

此外,联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)、世界卫生组织(WHO)、国际放射防护委员会(ICRP)、经合组织核能署(OECD/NEA)、西欧核监管协会(WENRA)也在各自领域开展了针对福岛核事故的响应行动。

1.6 福岛核事故的偶然性

日本位于环太平洋地震带上,是遭受地震灾害最强烈的国家之一。日本岛位于板块碰撞带边界,欧亚板块、菲律宾板块、太平洋板块汇聚于此,形成了复杂的地质结构。太平洋板块与欧亚大陆板块在日本东部海域发生强烈碰撞形成日本岛链,同时太平洋板块向欧亚大陆板块下部俯冲形成日本东侧的深海沟。伴随板块碰撞和俯冲运行,构造应力不断地积累,最终造成破裂产生大地震,这就是造成日本“3·11”地震发生的原因。虽然有舆论认为我国属于地震灾害多发国家,但是我国的地震活动在地震频度和地震强度方面远低于处于板块碰撞带的日本。我国属于欧亚大陆板块,大地构造上属于板块内部地区。我国东部地区、东北地区一些深源地震与板块俯冲带有关但是其能量大部分消耗在上地幔和地壳中,一般对地表不构成影响。主要的破坏性地震活动为大陆板块内部及地壳内部的浅源地震,由于震源浅,震级不高时也时常带来较严重的破坏,但这类地震与板块俯冲带产生的地震相比能量要小很多,地震产生的形变位移远远达不到产生海啸的条件。此外,我国海域有宽缓的大陆架,水深条件不利于海啸能量的积累。因此,不论从地震的震源条件还是从海域的水深条件,都反映出我国沿海与日本完全不同,因而我国沿海不具备发生类似日本那样的大规模地震海啸的条件^[5]。

此外,基于我国沿海核电厂选址中的评价,包括历史海啸影响的调查分析、沿海区域地震活动特征研究以及根据海啸源计算出的海啸影响结果,表明我国沿海地区洪水影响主要受风暴潮控制,在设计基准洪水组合因素中的极端事件确定为风暴潮与我国沿海的地震和水文气象条件是一致的。另外,根据我国沿海地区历史海啸沉积物调查结果,表明我国沿海历史上没有大规模的海啸记录。在日本“3·11”地震后,还对我国沿海地震海啸风险进行了复核研究,研究结果表明我国沿海受地震海啸风险主要来自马尼拉海沟发生大地震产生的影响。根据最新的分析结果,核电厂现有的堤防设施能够抵御该影响。

福岛核事故涉及的反应堆机组采用的是沸水堆设计,与压水堆虽同属轻水堆,但在许多方面存在差异,如沸水堆的堆内压力低于压水堆,堆芯内允许冷却剂沸腾、形成空泡,具有负的空泡系数,安全壳采用抑压型湿式安全壳等。与压水堆相比,沸水堆的主要安全缺点如下:①压水堆的控制棒组件安装在堆芯上部,在失电时可依靠重力下落插入堆芯底部,阻止链式反应;而沸水堆控制棒从堆芯底部插入,在停堆过程中一旦丧失动力就会停止动作,因此发生未能紧急停堆的预期瞬态(ATWS)的可能性比压水堆大。②压水堆的一回路和二回路通过蒸汽发生器隔开,且蒸汽发生器安置在安全壳内,只要蒸汽发生器完整,放射性物质就不会释放到环境中,即使蒸汽发生器故障破损,利用安全壳贯穿件关闭,放射性也不会释放到环境中;而沸水堆没有蒸汽发生器,堆内直接产生蒸汽并引入汽轮机,因此常规岛布置有一回路的冷却剂管道,管道失效可能引起冷却剂泄漏。我国现有核电机组均采用压水堆设计,在安全方面相比沸水堆具有一定的优势。在机组设计、建造和运行方面,较好地吸收了国际成熟经验,具有一定的严重事故预防和缓解能力,安全是有保障的。

综上所述, 由于我国不具备引发类似“3·11”地震海啸的背景条件, 核电厂选址、设计中也已经较充分地考虑了适用的极端外部事件, 且堆型及防洪设计具有预防和缓解严重事故的能力, 因此类似福岛核事故不大可能在我国发生。

参考文献

- [1] Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan. Report of the Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety- The Accident at TEPCO' s Fukushima Nuclear Power Stations [R] . Tokyo : Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan, 2011.
- [2] IAEA. The Fukushima Daiichi Accident [R] . Vienna: IAEA, 2015.
- [3] 日本经济产业省原子力安全・保安院 (NISA) . 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機、2号機及び3号機の炉心の状態に関する評価について [R] . 東京: 日本经济产业省原子力安全・保安院, 2011.
- [4] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation - UNSCEAR 2013 Report, Volume I, Scientific Annex A: Levels and Effects of Radiation Exposure Due to the Nuclear Accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and Tsunami. New York: UNSCEAR, 2014. [http: //www. unscear. org/docs/reports/2013/14-06336_Report_2013_Annex_A_Ebook_website. pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/2013/14-06336_Report_2013_Annex_A_Ebook_website.pdf).
- [5] 中国工程院“我国核能发展的再研究”项目组. 我国核能发展的再研究. 北京: 清华大学出版社, 2015, 30.

第2章 事故后日本政府的响应

2.1 灾后重建政策

“3·11”大地震后，日本政府面临的最重要的课题是灾后重建、处理核电厂事故和振兴经济。四年多来，日本政府一直致力于灾后重建和福岛事故后的恢复与治理，包括调整组织机构、颁布和实施法律政策、推行恢复家园的特别措施等一系列的举措。尽管灾后重建工作在诸多方面未尽如人意，但却在步履艰难中有序进行。

(1) 《东日本大地震灾后复兴基本法》^[1]奠定复兴家园的基础

“3·11”大地震后，《东日本大地震灾后复兴基本法》于2011年6月20日获得国会通过，提出了“安心、安全的地域建设”和“社会经济的重生”的基本理念。该法案规定，在日本内阁成立由全体阁僚组成的“复兴对策本部”。复兴对策本部由首相任总部长，官房长官和复兴对策大臣担任复兴对策本部的副部长，负责制定相关政策、方针和策略，以及重建计划的拟定、协调及落实。该法案宣布之后，将把复兴对策本部的工作以成立“复兴厅”的方式予以继续贯彻落实；而在复兴厅成立之前，依然由复兴对策本部行使其职能。

《东日本大地震灾后复兴基本法》将推出若干复兴计划，包括为了确保复兴财源而发行复兴国债；建立复兴特区从而发挥各个灾区的自主复兴意愿；以及在宫城、岩手及福岛三个重灾区建立常设复兴对策本部等。

2011年12月6日，日本国会表决通过了“复兴厅设置法”^[2]。根据此法案，“复兴厅”作为日本政府处理灾后（含福岛核事故引发的灾害）重建事务的专门机构，行使政策制定、行政协调和监督等职能，包括制定基本政策方针、确定“复兴特区”范围、管理和分配重建资金、综合协调各省厅重建政策等。

2012年2月10日，“复兴厅”正式成立，原复兴对策大臣兼防灾大臣平野达男出任第一任复兴大臣，现任复兴大臣为根本匠。复兴厅本部设在东京，盛冈市、仙台市和福岛市则设有“复兴局”，另有6个支所、2个事务所，编制为250人。

(2) 《福岛复兴再生特别措施法》^[3]促进福岛灾后重建与复兴

在福岛地区的灾后重建中，除地震灾难外，面临的重要问题是福岛核事故引发灾害后的复兴。处理核事故并非局限于福岛第一核电厂本身，还包括核电厂附近地区放射性污染的处理及废物处置。

2012年3月30日，旨在帮助福岛县在核事故后重建的《福岛复兴再生特别措施法》在日本参院全体会议上获得一致通过。该法案中明确写入了“推进原子能政策带来的社会责任”由国家承担，以及福岛核事故后重建工作中的政府责任和确保财源等内容。具体包括：①努力保障从“警戒区”及“撤离准备区”疏散的人员及居民返回家园后的就业及生活安定；②就核事故引起的健康危害，将在卫生、医疗和福利方面采取法律及财政援助措施；③采取积极的财政措施推进可再生能源的利用；④对福岛县“县民健康管理基金”“原子能损

害应急对策基金”及市町村基金提供财政支援等内容。

2012年7月13日,日本内阁会议通过了支援福岛重建的《福岛复兴再生基本方针》^[4],福岛县的恢复与治理成为“国政最重要的课题”。基本方针强调,为使居民安心生活,将加紧展开放射性物质的去污工作,长期目标是把除天然辐射照射以外的年辐射剂量控制在1 mSv以下。基本方针中规定,对福岛县19岁以下居民实行免费医疗,并通过设立“县民健康管理基金”给予财政援助;中央政府将长期为重建确保充足的财源;对于返回家园的居民,方针还规定,所有公共基础设施由国家出资建设完善,如道路、给排水、农业用水设施及学校等。“企业招商补助金”被当地政府认为是振兴当地产业的关键和“重建的基础”,但福岛县强烈要求的“企业招商补助金”的增额,因“要考虑全体受灾地区的均衡和经济动向等因素,需要和福岛县进行进一步协商”等理由,并没有包含在内。

2013年2月17日,日本政府在福岛市与福岛县受核事故影响而被迫撤离的12个市町村主要负责人召开了意见交换会。会上提出了《福岛十年重建计划概要》,包括在今后十年内推进道路整修、完善医疗及福利等内容。复兴大臣根本匠在会议上称:“将通过福岛重建本部整合各组织,加快重建进度”。他还介绍了写入新年度预算案中的“临时城镇”建设计划,表明政府加快重建速度的决心。

(3) 再修《福岛复兴再生特别措施法》落实重建家园财源

地震、海啸和福岛核事故造成了基础设施(包括学校、医院和商业企业)的严重毁坏或废弃,福岛县实施的复兴和重建项目是在认识到事故造成的社会经济后果的情况下制订的,国家和地方一级的恢复和复兴计划应认识到实体重建和社会经济重建的重要性,并应处理基础设施重建、社区支持和赔偿等问题。这些项目用于处理基础设施重建、社区复兴和支持与赔偿等问题。

2014年12月29日,日本政府复兴厅向国会提交了《福岛复兴重建特别措施法》的修正案,目的是为因核事故正在避难的居民重返家园做准备,推进集中建设行政机构和住宅区等功能配套的新基地工作。修正案指出,对于福岛县大熊町拟在大川原地区建设新基地的计划,为能够顺利地获得土地所有权,如果地权人同意转让土地,将对地权人所获收入中的5 000万日元免除征税。为推进福岛县复兴重建的进程,设立“加快福岛复兴补助金”,考虑到居民重返家园的因素,将扩大这项补助金的使用范围和用途,使之可以用于在发出避难指示地区的公路维修和下水道建设等基础设施。撤离导致失去了农场和企业,停止了商业和旅游活动,受影响人员失去就业机会和谋生方式,认识到工作和就业机会的提供也是促进居民重返家园的推动因素,修正案还决定,将建立税制方面的特别措施,以便使那些避难的公司重返原地开展业务时,可以将其设备投资的资金作为亏损进行财务处理。

随着居民陆续回到福岛核事故的避难所,并以此作为生活和经济活动的依托站点,日本复兴厅制定了新制度,设立了支援福岛核电厂周边自治体重建家园的“回归环境整備交付金”,并将此新制度加入到《福岛复兴再生特别措施法》的修订案中,在建设依托站点的道路或下水道等基础设施时使用国费。

日本政府计划到2016年为止的5年期间,对“3·11”大地震的救灾拨款约为2 380亿美元。日本政府内阁会议再次修订的《福岛复兴再生基本方针》(2015年6月12日),设定在福岛核事故6年后的2016年末,解除“居住限制区域”和“避难指示解除准备区域”的避难指示。

在撤离居民返回家园方面，居民对此想法不一：有些人坚持尽快返回，尤其是老年人；而有些人迫切希望在现居住地重建家园；还有些人则对是否返还没有做出最终决定。对不愿意返回家园的居民，除了考虑辐射安全问题外，他们还关心居住的环境和条件，如商店、医院等基础设施，以及人文环境等。对此，政府向人们发放可以检测放射性水平的仪表由灾民自行掌握个人辐射量，作为判断返乡与否的基准，且已经开始开展对当地商店、诊所等设施的重建工作。

2014年4月和10月，日本政府先后解除了福岛县田村市和川内村部分地区的避难指示，但很多居民对于返乡尚抱有不安情绪，田村市返回的居民占40%，而川内村仅占10%。2015年4月，日本政府又开始允许楢叶町居民尝试返回，但是响应的人却寥寥无几；9月4日，经过去污降低该区域的放射性水平后，日本政府解除了楢叶町的避难指示，楢叶町成为第三个解除撤离指示的城镇，同时它也是首个允许撤离居民回家永久居住的城镇。尽管如此，很多当地人仍然表示还没有做好回去的准备，民意调查显示，只有46%的居民愿意返回家园。截至2016年3月11日，尚有17万人未能返回家园^[5]。

2.2 核安全监管机构改组

2.2.1 核安全监管机构改组概况

2012年年初，日本在制定新的《原子力政策大纲》时，推出了核安全监管体制改革草案，该草案规定：将原子力安全保安院（NISA）的核安全监管职能从经济产业省分离出来，并将各省的相关业务一体化，在环境省设立独立性更强的原子力规制厅（根据《国家行政组织法》第三条第二款的规定）；设置原子力安全调查委员会，作为保证原子力规制厅监管职能独立性的监督机构，对监管的有效性进行核查，对事故的原因进行调查，并根据需要提出建议；确立原子力规制厅在紧急事态应对中发挥重要作用的地位。

2012年6月20日，日本国会通过了《原子力规制委员会设置法》^[4]，标志着日本在福岛核事故发生一年零三个月之后确定了新的核安全监管框架。

根据设置法的规定，“原子力规制委员会”（NRA）具有很强的独立性，将肩负起反应堆的监管职责，在紧急情况下，NRA将独立行使职责，不受首相制约。在NRA成立后，日本把核电的发展与监管明确地分离开来，此前由隶属于内阁府的原子力委员会、经济产业省下属的NISA以及实际的技术支持机构即原子力安全基盘机构（JNES）构成的“三层结构”被取消，相关的安全监管职能得以合并与统一，从而使NRA成为真正奉行“安全第一”理念的机构，力求达到独立、透明、专业、可靠和具有前瞻性。

2.2.2 NRA的组织结构

NRA由1名委员长和4名委员组成，委员长及委员从具有较高声望、熟悉核与辐射安全方面的专业知识、有远见卓识和丰富经验的人员中选出，经国会批准后由首相亲自任命。

NRA的每项决议均须经集体商议做出。但是，在首相发布核紧急事态宣言的紧要时刻，委员长可以单独做出决议。NRA设有原子力规制厅，作为其事务局行使核安全监管职能。在NRA下，还设立反应堆安全专业审查会、核燃料安全专业审查会以及辐射专业审查会。

2.2.3 NRA 的职能

NRA 成立后,原来由经济产业省 NISA 行使的对核电反应堆的监管职能、原来由文部科学省行使的对研究堆和核燃料使用的监管职能,以及原来由国土交通省行使的对船舶用反应堆的监管职能,改由 NRA 行使统一的监管职能。

经济产业省与文部科学省曾经承担的对核材料保护的监管职能以及 NRA 曾经承担的对各省厅有关核材料保护事务的调节职能将统一由 NRA 行使。另外,文部科学省曾经承担的有关核不扩散保障措施的监管职能也移交 NRA。此外,NRA 还承担对各省厅间辐射监测情况进行协调的职能。同时,文部科学省曾经承担的环境应急剂量信息预测系统(SPEEDI)的运用、辐射监测以及对放射性同位素的监管等职能也将移交 NRA。原子力安全委员会的职能合并到 NRA,即所谓的“双重审核”机制被废除,必要的方针和标准等将由 NRA 制定。

NRA 成立后,原子力安全基盘机构(JNES)合并到原子力规制厅中。日本原子力研究开发机构(JAEA)以及放射线医学综合研究所(NIRS)的部分业务也由 NRA 参与监管。

2.2.4 NRA 的特点

NRA 的最大特点是具有很强的独立性,主要体现在以下六个方面:

(1) NRA 作为“第三条委员会”(“第三条委员会”是根据《国家行政组织法》第三条规定设立的委员会),具有很强的独立性(设于环境省),其特点是兼具公正性、中立性和专业性;

(2) 监管与开发应用彻底分离,如 NISA 的核安全监管部门从经济产业省分离出来;

(3) 对于原子力规制厅的职员,不得与从事负责推进核能利用事务的相关行政机关进行岗位轮换;

(4) NRA 自行制定有关核安全有关的标准和指南;

(5) 在确保核安全方面,NRA 对各相关行政机关的最高行政长官具有建议权;

(6) 在能源对策特别预算账目中,增设“核安全监管对策”项目,使“确保核安全”明确体现在财政措施上(修改相关特别预算法)。

2.3 核电厂安全基准的修订

2.3.1 新安全基准出台背景

(1) 监管体制问题

日本的核电发展遵循所谓“国策民营”的二元体制,即政府规划,民间电力公司运营。在应对福岛第一核电厂核泄漏事故上的种种失策和混乱,正是这种“国策民营”的二元体制惹了祸。此外,与核电相关的行政管理部门,如核安全委员会、内阁府的原子力委员会和文部科学省等部门,在核电安全和乏燃料回收等工作中存在着分工不明确的现象。日本国会参议院于 2012 年 6 月通过了设立“原子力规制委员会”(NRA)的法案。当年 9 月,NRA 正式成立,其中迫在眉睫的任务之一就是“倾尽全力挽回已跌至谷底的信赖和信心”,制定新

的核电安全标准。

(2) 安全标准问题

在福岛核事故的调查反思中,更多的指责是指向福岛核事故发生前安全标准的缺陷。日本国会事故调查委员会^[6]指出的主要缺陷包括:

1) 一直没有研讨、制定外部事件引起的严重事故应对策略,完全由核电公司自主决定是否以及如何采取应对措施。

2) 对于获得建造许可的核电厂,没有明确的跟踪改进(Backfit)的法规要求。

3) 日本没有积极将国际最先进的技术见解向国家标准引入,缺乏应对不确定风险的目标和态度。

此外,日本政府事故调查委员会^[7]也指出:

1) 没有进行充分的地震、海啸安全评估,也没有针对可能引起事故的火灾、火山活动、山体滑坡等外部事件开展综合危险性评价。

2) 《原子炉等规制法》以及《核原料、核燃料及反应堆的法律法规要求》与《电气事业法》的相关条文有重叠。正是由于法规重叠的交叉、负责官厅机关的分散,使得管理陷入混乱。因此,为确保核与辐射安全,有必要变成一元化的法定监管体系。

2.3.2 新安全基准制定的基本原则^[8]

(1) 周全地考虑纵深防御

制定有效的多层次防御对策,以确保核安全。在考虑每一层次的对策时,不计及其他层次的对策,确保达到本层次的防御目标。若推断出本层次可能对前段对策造成突破,就要否定前段对策,即使本层次后段有对策也予以否定。

(2) 强化安全基础的可靠性

涉及强化火灾防御对策,制定内部水淹对策,特别是增强安全重要设备的可靠性。

(3) 加强极端自然灾害的防护对策

严格执行地震和海啸的安全评价,制定海啸侵袭时的对策,充分考虑对策的多样性和独立性。

2.3.3 新安全基准制定程序

新安全基准的制定始于2012年9月,按照以下程序进行(如图2-1所示)。

2.3.4 新安全基准的主要内容^[8]

新基准针对福岛事故出现的问题和旧标准的漏洞,提出了强化核电厂的设计标准和发生超设计基准事故时的应对措施,其中新增部分更强调保护核电安全设施、抵御自然灾害和恐怖袭击。

基准要求对核电厂进行新的设计,配备应对大规模自然灾害及恐怖袭击的各种安全设备,以应对地震、海啸等极端自然灾害以及飞机撞击等恐怖活动;增设拥有反应堆冷却设备、电源和第二控制室等的“特定安全设施”,一旦堆芯损坏也能有效遏制放射性物质大量泄漏。另外,还要求增设具有抗震功能、可在事故发生时用作现场对策总部的“紧急应急对策所”。