

现代电力工业管理丛书



核能发电

北京水利电力经济管理學院


XIANDAI
DIANLI GONGYE
GUANLI CONGSHU

水利电力出版社

内 容 提 要

本卷专门讲述核能发电技术，重点介绍目前应用最广的轻水堆（压水堆、沸水堆）核电厂。全书共八章：总论，核能基础，核电厂的安全性，核电厂分类，放射性的防护与管理，放射性废物，核电厂的设计规划、建设及运行维护，核电厂由设置到运行的法律手续。除环境保护、核燃料循环及原子能法律体系等方面的问题在本套丛书的其他卷中讲述外，概括了核电厂建设、运行及维护所有方面的问题，总结了日本在核能发电实践中的宝贵经验，对我国发展核电事业很有参考价值。

編集委員会の構成（敬称略・順不同）

中野友雄	北海道電力株式会社	取締役副社長
白井秀吉	東北電力株式会社	取締役副社長
長島忠雄	東京電力株式会社	取締役副社長
水越貫一	中部電力株式会社	取締役副社長
森本芳夫	北陸電力株式会社	取締役副社長
笠川元治	関西電力株式会社	取締役副社長
丸山賢三郎	中国電力株式会社	取締役副社長
平井滋二	四国電力株式会社	取締役副社長
川合辰雄	九州電力株式会社	取締役副社長
正規見一	電気事業連合会	副会長

編集責任者

酒井節雄 株式会社電力新報社 代表取締役社長

序 言

日本电力新报出版的《新电气事业讲座》(十二册),经于开泉同志推荐,部指定由北京水利电力经济管理学院和水利电力出版社共同负责,组织了东北和北京的电业部门几十位同志完成了翻译、校订工作。出版这套书的目的,是供各地电业管理人员研究和推行现代化管理参考,因而将这套书定名为《现代电力工业管理丛书》。

党的十二大提出,到2000年,我国要实现工业、农业、国防和科学技术的现代化,电业当然也要实现现代化。未来十五年间,我们将兴建1300万千瓦容量的三峡水电站,采用单元60万千瓦的火电机组代替当前普遍采用的20~30万千瓦机组,建成几座60~90万千瓦的核电机组,建设七个1500~3000万千瓦规模的50万伏电网,电站和电网将实现高度自动化;在技术装备上,我们将达到八十年代国外电业的水平,有些项目甚至赶上当时国外电业先进水平。

电业生产实现了现代化,电业管理必然也要现代化。什么是电业管理?什么是现代化的电业管理?至今并无成文的课本,在大学里也没有相应的系科。这种情况在国外也是如此。国外电业部门的技术人员多是学电机、机械或土木的;管理人员多是学经济、法律和会计的。他们熟悉电业管理,主要是在工作中学习。日本电业管理人员,在大学毕业参加工作后,要由电厂至营业所全面地实习三年,然后再定岗位。

近几年,在推行现代化管理中,在大连,由国家经委主办了美国人讲授的学习班。我们曾派过两批厂长级干部参加学习,但听的课多是一般制造行业的现代化管理,学员们反映所学习的内容对电业不太适合。制造行业的管理是不能套用于电业的。电业有它的特点:它技术性强,自动化程度高;在工业中一向是比较先进的行业;电业的产品必须随发随用,随用随发,突然停电将给用户带来巨大危害。一九五三年初,当各行各业大搞查定,推行定额管理和计划管理时,当时燃料工业部决定在电业部门强调安全第一,着力加强技术管理。三十多年的实践结果,说明这个决定是符合客观实际的,是有效的。在经营管理上,电业既简单、又复杂:产品单一,市场固定,比其他行业简单;但电网运行瞬息万变,日夜不同,寒暑不同,成百台机组、成千条线路、成百万用户都紧密地联在一起,则又较其他行业复杂。电业是装置性产业,在生产和经营管理上,其效益的高低,很大程度取决于设备条件,因而规划的好与差,往往有决定性意义。

国际上,公用电业是1882年开始出现的。至今104年的电业,一直是有一套管理办法的;我国电业也一直也有一套管理办法。这些管理办法大都与当时的设备和规模相适应。解放前,上海电力公司采用的美国电业当时的管法。日本占领时期,满洲电业、华北电业和蒙疆电业则采用日本电业当时的管法。解放后,我们仿照苏联电业的管法,抓了安全第一,抓了

建立责任制,设备检修,运行规程,技术管理,“一、二、三、四、五”^①,三基工作^②等等。在经营管理方面,实行成本核算,两部电价,但经营方式一直是统收统支,电价则三十多年基本不变。

六十年代以后,国外电业设备有了很大变化,电网规模也大大增大,自动化程度大大提高,因而管理上也有了很大变化。例如:水电站更多是流域集中控制,电站无人值班;火电厂更多是每单元机组由二人值班;二次变电站集中控制,现场无人;电网实行调频、调功率自动化。因而,十几年间,在日本、在英国、在法国,全国发电设备容量增加一倍、二倍,而电业从业人员却不增加,甚至略有减少,效率大大提高。在技术管理方面更加科学,精确。在经营管理方面,为了节约能源,推行累进电价制。为了提高工效,广泛采用了计算机。一般在能源大大涨价时,电费也有所上涨,但幅度比能源涨价小得多。不过从总的管理体制来说,由于电业生产过程仍然是“发、送、变、配、用”并未变化,所以各国的电业管理体制,大体上没有改变,仍然是以电网作为完整的核算单位,而电厂只作为生产车间。无论是统一管理的电网,或者是联营的电网,均力求取得全网最大的综合效益,实行经济调度。

从五十年代以来,我们的电业管理工作在1958年大跃进期间受到冲击,1962年以后逐步恢复;十年动乱期间又受到更大的冲击;四人帮打倒之后,几经整顿,又逐步恢复过来。1982~1985年四年间,由于设备遗留问题甚多,人员水平大大下降,我们在最近这次整顿工作中,仍以在加强安全生产基础上达到和超过文化大革命前水平作为目标;对于现代化管理,只提出作若干准备工作,如可靠性管理及可行性研究。四年来,我们在发供电设备完善化的同时,通过企业整顿和验收,推动了各项管理,从电厂和供电局目前所达到的安全纪录来看,我们所期望的目标已经达到。最近,国务院召开的全国经济工作会议宣布,企业整顿的任务已告结束;自今年开始,将进一步在企业中推行现代化管理。

前面已说过,什么是电业的现代化管理,并无成文的东西可以遵循。从一般道理来讲,国外的现代化电业的管理应该就是电业的现代化管理。但是,我们知道,国外电业有管得好的,也有管得较差的。他们的管法有适合于我国情况的,也有不适合的。应该说:凡是适合于我国电业情况,而又能管得好的,就是我们应该学习的电业现代化管理。

不管哪个国家,电力工业都以供给用户以“充足的、可靠的、合格的、廉价的”电力为其基本任务。凡是能充分达到这个要求的管理都是我们应该学习的。

日本电力新报在1978年出版的《新电气事业讲座》这一套书,包括:电力事业经营总论,电力事业经营管理,电力事业发展史,电力事业法令,电力事业财会管理,电价,电力系统的计划与运行,发电设备的建设与运行,输配电设备的建设与运行,核能发电,电力事业燃料,电力事业环境保护等共十二本书。它全面叙述了日本电业的经营、生产、建设

① 1963年10月水利电力部在西安召开了“电力生产技术管理经验交流会”,在其决议中明确电力生产技术管理工作要抓好:“一项资料、两个计划、三种规程、四项监督和五项制度”。具体内容请参见1985年5月水利电力部电化教育中心和华北电管局华北电力电视大学知识更新部编印的《电力企业管理基本知识》(电视录相教材文字版)第8页。

② 指基层建设、基础工作和基本功,详细内容请参见李代耕编著的《新中国电力工业发展史略》第162~170页,企业管理出版社,1984年12月第一版。

等等如何管理，并介绍了美、英、法、西德等一些主要国家的电业管理情况。1978年的日本电业，已经是实现了现代化的电业；他们的管理也已由四十年代的管理，学习了美国和方法国的方法，转而建立了一个更有效的适合于大机组、大电厂、大电网的管理。其中有很多地方是值得我们思考的。书内讲到日本电业的四个特点：一是公用事业；二是能源产业，三是地区性、垄断性产业，四是自由企业，并从而说明其管理原则。前三者对其他国家的电业，包括我国的电业都是一样的，并不因社会制度不同而有差别。只是自由企业这一条，则因所有制不同而有所不同。但是，当我们在按照有计划的商品经济这一特征，来改革我们的城市经济，要求我们的企业能够具有自我发展、自我完善的能力时，他们的一些内部核算形式和外部集资方式，也可供我们研究问题时参考。在为用户服务方面的公共关系管理，在技术管理方面的可靠性管理，在建设方面的投标制度和为生产服务的制度，在各项管理中计算机的运用，以及为了解决选厂困难的电源三法，为了解决公害问题的环保办法，为了节约电能的累进电价制等等，有的在书中专节叙述，有的做了实际工作而书中在某些地方进行了概略介绍，都是值得我们注意、学习和研究的。

我们将这套书介绍给所有电业管理工作——从领导干部到每个管理成员，无论是做技术管理的或是经营管理的，希望人手一套，至少是工程师和处级以上干部每人必须要有一套，使大家尽快了解国外电业是怎么管理的。“他山之石，可以攻玉”。我们应该择其善者而从之，根据我们的情况，参照那些好的做法，来探索我们自己的电业现代化管理。现在，各地电业已经分别在许多领域推行了一些新的管理方法，如有的在基建和检修施工中采用了关键路径法，有的在修造企业推行全面质量管理，有的在计划工作中推行了目标管理，在电厂和供电局普遍推行了可靠性统计等等。我们将在大家议论和试验、研究的基础上，总结大家的经验，斟酌今后的发展需要，在下一步写出我国自己的电业现代化管理的教材。

现代化管理不应是空想的，也不是一般性的漫谈。它必须适合我们的设备情况，必须符合我们的人员水平，必须能够与我们原有的管理相衔接。它必然会使电力供应更充足，更可靠，更合格，更廉价，使我们的工作效率更为提高。现代化管理不是生搬硬套，不是希奇古怪，不是“一厂变一厂半”，也不是“拆庙搬神烧规程”；……。有些其他行业通行的现代化管理方法，凡适合我们某种工作情况的，我们也可借用，不适合的就不要勉强。三十多年来，我们是有过各种各样的经验教训的。一切从实际出发，是搞好现代化和现代化管理的前提条件。只有实事求是，不断地总结经验，才能探索出适合我国电业发展的管理方法来。愿与读者共勉之。

沈根才

一九八六年二月二日

译 者 的 话

本书是日本新电气事业讲座的第十卷，讲述核能发电。参加本书翻译工作的有唐树范（第一章至第三章）、高巍（第四章至第八章）两同志，张荣权同志对全书进行了校订。本书译稿曾请东北电业管理局核电办公室张健同志审阅，在此表示深切谢意。

核电在我国是一项新事业，本书的译校又十分仓促，译述不妥之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

译 者

1985年6月

原 版 前 言

人类社会的发展绵延不断，能源需求的增长更无止境。人类依靠自己的智慧，成功地从原子核内部发掘出核能。核能与作为当前能源中心的石油、煤炭并列，被称为“第三能源”。

核能发电是核能利用的根本途径，世界各国都竞相开发。自五十年代达到实用化以来，取得了令人惊叹的技术进步。

在世界范围内，运行、建设或计划中的核电厂，到1976年末已达709座，容量达598800兆瓦之多。1963年，日本原子能研究所建成了动力试验反应堆（12.5兆瓦）。以此为开端，到1976年末，包括施工准备中的在内，日本的核电厂已达31座，计21000兆瓦。

可见，作为一种能源，日本自不待言，世界各国也都在广泛地寻求核能发电的实用化。特别是1973年世界石油危机以来，各国分别以各自的能源现状为背景，竭尽全力发展核能发电。

日本国产资源贫乏，能源的大半依靠从国外进口石油来解决。因此认识到核能发电作为准国产能源的重要性。1975年12月，在讨论综合能源对策的内阁会议上决定，把推进核能发电，减轻对石油进口的依赖和能源多样化作为日本的国策。

当然，今天核能发电还存在核燃料供应、核废料的处理等亟待解决的问题。但是这些问题需要政府和国民一致努力去解决。推进核能的开发，对于能源资源贫乏的日本来说，有着特殊重要的意义。

本卷旨在以日本应用最多的轻水堆核电厂为中心，通俗地全面地讲述核能发电技术。并且由有核能实践经验的专家详细讲述核能技术进步的过程或介绍在核电厂建设、运行及维护实践中的宝贵经验。特别是把有关安全设计、射线管理、核废料的处理与弃置等论述充实到各章节中。

本卷对于从事电力工业的读者自不待言，如能对社会上想深入了解核能发电的各阶层人士有所裨益，则将十分荣幸。

此外，有关核电厂的环境保护问题，核燃料循环问题，原子能法律体系方面的问题，请参阅本讲座其它各卷。

新电气事业讲座编辑委员会

1977年8月

目 录

序 言

译者的话

原版前言

第一章 总论	1
第一节 能源问题与核能	1
一、前言	1
二、代替能源	1
三、核能开发的必要性	2
第二节 核能发电的开发现状	2
一、世界核能开发现状	2
二、日本核能开发现状	6
第三节 核能发电的构成	6
一、反应堆的构成	6
二、反应堆的种类	7
第四节 核能发电的经济性	8
一、建设投资	8
二、燃料费	9
第二章 核能基础	10
第一节 反应堆原理	10
一、前言	10
二、反应堆基本原理	10
三、原子核与中子	11
四、核裂变与链式反应	17
五、中子的慢化和扩散	21
六、临界条件	23
第二节 反应堆特性	25
一、反应堆的动态特性	26
二、反应堆的核特性	28
三、反应堆的热力学特性	30
第三节 反应堆材料	32
一、反应堆材料的特点	32
二、核燃料	33
三、反应堆材料	35
第四节 核电厂的检测与控制	40

一、核电厂的控制	40
二、安全保护系统	42
三、放射性测量	43
四、中子通量检测系统	45
五、测量仪表	48
六、计算机在核电厂的应用	48
第三章 核电厂的安全性	50
第一节 安全设计	50
一、安全设计的基本观点	50
二、安全防护设计	52
三、抗震设计	62
第二节 反应堆选址准则	64
一、日本的选址准则	65
二、美国的选址准则	66
第三节 安全评价	66
一、安全准则	67
二、运行中的异常瞬变过程	68
三、假想事故	68
四、安全评价	68
第四章 核电厂分类	74
第一节 压水堆核电厂	74
一、概论	74
二、堆芯及燃料	75
三、反应堆有关设备	80
四、汽轮发电机有关设备	85
五、检测控制设备	87
第二节 沸水堆核电厂	93
一、概论	93
二、堆芯及燃料	94
三、反应堆有关设备	99
四、汽轮发电机有关设备	102
五、检测控制设备	104
第三节 气冷堆核电厂	107
一、概论	107
二、改进型气冷堆 (AGR)	108
三、高温气冷堆 (HTGR)	109
第四节 重水堆核电厂	111
一、概论	111
二、加拿大重水堆 (CANDU)	112
三、改进型热中子堆 (ATR)	114

第五节 快中子增殖堆核电站	115
一、概论	115
二、液态金属增殖堆 (LMFBR)	116
三、气冷增殖堆 (GCFBR)	119
第五章 放射性防护与管理	120
第一节 放射性防护基础	120
一、概论	120
二、放射性的影响	120
三、放射性防护的基本原则	123
四、射线的种类、性质及单位	124
第二节 允许剂量	128
一、剂量限制的观点	128
二、工作人员的最大允许剂量	129
三、一般民众的剂量限度	129
四、放射性物质的允许浓度	130
第三节 放射性的屏蔽	130
一、屏蔽基础	130
二、屏蔽方法	131
第四节 放射性管理用测量仪器	132
一、检测方式	132
二、检测器种类	134
第五节 核电厂的辐射防护	135
一、设备措施	135
二、污染的去除 (以下简称“去污”) 及防护衣具	138
三、辐照剂量管理与健康管理	140
四、环境监测体系	144
第六章 放射性废物	147
第一节 放射性废物的种类及来源	147
一、来源	147
二、气体及液体废物	147
三、固体废物	147
第二节 核电厂的废物处理	148
一、气体废物的处理方法	148
二、液体废物的处理方法	151
三、固体废物的处理方法	151
第三节 后处理设施的废物处理	153
一、气体废物的处理	153
二、液体废物的处理	153
三、固体废物的处理	153

第四节 固体废物的最终处置	154
一、海洋处置	154
二、陆地处置	155
第七章 核电厂的设计规划、建设及运行维护	156
第一节 核电厂的设计规划	156
一、建设地点的选定	156
二、核电厂的规模及建设安装	157
第二节 核电厂的建设	158
一、工程建设	158
二、施工设备	159
三、施工工作法	159
四、试验与试运行	161
第三节 核电厂的运行维护	164
一、核电厂运行维护上的特点	164
二、运行	165
三、负荷的随动性(伺服性)	172
四、维护管理	173
五、燃料更换	175
六、水质管理	177
第八章 核电厂由设置到运行的法律手续	178
一、概况	178
二、关于建厂的申请、呈报	178
三、建设过程中的申请、呈报、报告	182
四、投运后需办理的的申请、呈报、报告	184
主要参考文献	187

第一章 总 论

第一节 能源问题与核能

一、前言

日本曾以丰富而低廉的石油能源为后盾，达到了高度的经济增长。但是，以1973年中东战争为发端，因所谓“石油危机”，使我们认清了过去未曾意识到的石油是不稳定的资源这个现实。尤其日本能源约90%依赖于进口，这种状态确似漂浮在石油的海洋上，风浪起处首当其冲。世界其他先进工业国家也都以石油危机为契机，以节约能源、开发代替能源、减少对石油的依赖为目标，认真探索能源政策。

二、代替能源

有许多物质可以作为能源代替石油。但是，这些物质还不可能一下子就用来做代替能源。这是因为构成代替能源的条件随各国的国情不同而有所不同，其种类也就自然受到限制。

代替能源应具备的条件，通常认为有以下几点：

- ①技术上是否达到了实用化程度，或者在最近的将来能够进入实用化阶段；
- ②作为能源，从技术上说有大规模开发的可能性；
- ③从经济上说，能为社会所接受；
- ④资源分布均匀，储量多，供应稳定；
- ⑤易于转运、处理；
- ⑥对环境的影响小。

从这样的观点出发，现就各方面都在讨论的各种代替能源，做如下的展望。

1. 太阳能

注入地球的太阳能总量是无法估量的，而且是无穷无尽的。卓有成效的利用这种能量是理所当然的。太阳能没有污染，故是理想的能源。但也有其缺点，就是能量的密度非常小。例如，建造1000兆瓦级的发电厂，约需20~30平方公里这样广阔的面积。另外受日照时间的影响也极大。为了一年之中能够平均利用，就需要同时开发储能手段。

因此，以日本这样一个地理条件不利的工业国，要期望得到大规模的能源显然是有局限性的。然而开展分散的小规模的利用，将会起到填平补齐的作用。

2. 水力

水力是一种理想的能源。有一种观点认为，日本大规模的水力资源几乎开发殆尽，今后能够经济利用的地点是极少的。因此今后即使把剩余的开发地点全部利用，占整个能源的比例仍是相当小的。只能起一种填平补齐的功能，不能抱过多希望。

3. 地热

地热，从整个地球看可认为是无穷无尽的能源。利用这种能源，将伴有排放硫化氢等

公害，同时还存在破坏自然景观的问题。从现有技术水平看，还不能进行大规模的开发。

4. 煤炭

比起石油来，煤炭虽是储量较多的能源，但过去由于石油价格低廉和容易利用而被排斥，从来就不大被人重视。然而，自受石油冲击以来，煤炭作为代替能源与核能同时受到人们的关注。特别是储量丰富的美国处于重新认识的时代。但是煤炭在运输上与加工处理上有一定的难度，像常说的“Dirty Energy”（污染的能源）一样，还存在着环境保护方面的问题。像日本这样一个几乎没有煤炭资源的国家，结果还是不得不依靠进口。和石油一样也会产生能源枯竭的问题。所以不能成为根本的解决办法。

其它代替能源，如风力、潮汐、波力等种种能源都正处于开发研究中。但在能源多样化的意义上，还不能指望哪种能源单独去完成补偿不足的功能而进行大规模的应用。

三、核能开发的必要性

如上所述，虽指出了可作为石油代替能源的各种物质，但像日本这样资源贫乏的国家，核能将注定成为代替能源的主力。

核能有核裂变、核聚变两种方式，现在达到实用化程度的是前者。关于核聚变，若能成功地做到实用化，那么海水中的重氢可以作为燃料加以利用，可以说人类的能源问题将会一劳永逸地得到解决。所以各国都在专心致志地加以研究，迄今还仅处于基础研究阶段，其实用化或许是下一个世纪的事了。因此，今天可以利用的代替能源就是核裂变能。下面所讲的核能一词均指核裂变能而言。

根据以上理由，核能作为一种代替能源，具有非常适合日本国情的特点。

①日本所处的地位是从国外进口能源，分别用于不同的目的。核能因在很小的质量中含有大量的能，所以运输效率非常之高。

②只要一次装入燃料，即使长时间（约一年）不更换燃料，核电厂也能持续运行。因此能量储备性好，不会直接遭受国际上突发事件的影响。

这是一个比石油能源更能引起关注的特点。

③核能发电与火力发电相比，建设费用高。但相对地说燃料费所占的比重要小得多。因此，铀资源或核燃料制造成本即使将来发生变化，其所受影响的程度将是很小的。

④从上述理由出发，进口核燃料与进口石油比较，外汇消耗少。

如上所述，核能发电作为石油的代替能源具有极其有利的一面，作为下一代能源将发挥重要作用。

第二节 核能发电的开发现状

一、世界核能开发现状

1973年因“石油危机”而引起的石油价格猛涨，给世界各石油高消费国在社会上、经济上以极大的影响。自那时起，各国都对能源政策认真地加以研究。

为此，各国都在努力减少能源的消费量；另一方面采取措施提高能源的自给率。为保障能源供给的稳定性，各国都力求能源多样化，所以都在竭尽所能地推进本国能源的开

发, 并且更进一步的大力推进核能的开发。

世界核能开发现状如表1-1所示。

表 1-1 世界核电厂的设备容量 (截止1976年末)
(日本原子能产业会议资料)

项 目 国 名	运 行 中		建 设、计 划 中		合 计	
	容 量 [兆瓦(电)]	反应堆数	容 量 [兆瓦(电)]	反应堆数	容 量 [兆瓦(电)]	反应堆数
美 国	47145.8	64	186677.8	164	233823.6	228
日 本	7428	13	13844.6	17	21272.6	30
英 国	7520.15	31	14616	15	18136.15	46
苏 联	7185.6	20	10920	13	18105.6	33
联邦德国	6417	10	39069	32	45485	42
加 拿 大	4216	8	13279	19	17495	27
瑞 典	3310	5	7618	8	10928	13
法 国	3012	10	45164	45	48176	55
比 利 时	1740	3	3905	4	5645	7
西 班 牙	1120	3	37043	37	38163	40
瑞 士	1054	3	7412	7	8466	10
保加利亚	880	2	5040	6	5920	8
民主德国	960	3	4400	10	5360	13
意 大 利	659	3	20994	23	21653	26
印 度	620	3	1100	5	1720	8
荷 兰	535	2	4000	4	4535	6
阿 根 廷	340	1	2424	4	2764	5
巴基斯坦	137.6	1	600	1	737.6	2
捷克斯洛伐克	143	1	11420	18	11463	19
伊 朗			10816	11	10816	11
芬 兰			7606	10	7606	10
台 湾			5218	6	5218	6
墨 西 哥			1348	2	1348	2
匈 牙 利			1760	4	1763	4
澳大利亚			3724	4	3724	4
巴 西			11473	9	11473	9
南斯拉夫			2232	3	2232	3
南 朝 鲜			3723	5	3723	5
其 他			31058	37	31058	37
合 计	94423.15	186	504383.4	523	598806.55	709

美国是能源自给率超过85%的得天独厚的国家。但能源的消费量也极大, 是世界第一位的石油输入国。所以“石油危机”以来, 积极地推行石油自立计划; 开发美国国内蕴藏丰富的煤炭以及倡导开发核能。美国是以军用浓缩铀工厂为后盾, 以使用浓缩铀核燃料的轻水堆为中心开发核能, 从而赢得了今天轻水堆的全盛。其开发量为世界第一。

在西欧各国中, 法国则执行最大胆的核能开发政策, 今后能源开发几乎完全由核能发电所取代。在核能利用的初期阶段, 法国所使用的是以天然铀为燃料的气冷堆。因为这种反应堆在提高经济性上有一定的困难, 最近开发的则完全采用美国的轻水堆, 做了政策上

表 1-2

日本能源长期供需计划一览表

〔() 内数值为折算值, 单位: 10^{13} 大卡〕

项 目 \ 年 度		73 年 度(实际数)	80 年 度	85 年 度
节能前的需要量		383(10 ¹³ 大卡) 折合原油4.1亿千升	566(10 ¹³ 大卡) (6.0亿千升)	784(10 ¹³ 大卡) (8.3亿千升)
节 能 率			6.4%	9.4%
节能后的需要量			530(10 ¹³ 大卡) (5.6亿千升)	710(10 ¹³ 大卡) (7.6亿千升)

分 类		数 量	构成比例 (%)	数 量	构成比例 (%)	数 量	构成比例 (%)	
一次能源类别								
国 产 能 源	水 电	普通水电	2120万千瓦 (18)	4.6	2350万千瓦 (22)	4.2	2830万千瓦 (26)	3.7
		抽水蓄能式	140万千瓦		680万千瓦		1410万千瓦	
	地 热	3万千瓦(0.06)	0.0	30万千瓦(0.6)	0.1	210万千瓦(3.6)	0.5	
	国内石油、天然气	370万千升(3.5)	0.9	640万千升(6.0)	1.2	1400万千升(13.3)	1.8	
	国内煤炭	2168万吨(15)	3.8	2000万吨(13.4)	2.5	2000万吨(13.3)	1.9	
国产能源合计		(37)	9.5	(44)	8.1	(57)	8.0	
准国 产 能 源	核 电	230万千瓦(2.4)	0.6	1660万千瓦(23)	4.4	4900万千瓦(68)	9.6	
	国产、准国产能源合计	(39)	10.1	(67)	12.5	(125)	17.6	
进 口 能 源	液化天然气	237万吨(3.2)	0.8	2060万吨(27)	5.2	4200万吨(56)	7.9	
	煤 炭	5800万吨(45)	11.7	9200万吨(71) 其中普通煤炭 470万吨	13.4	10240万吨(80) 其中普通煤炭 1460万吨	11.2	
	石 油	31800万千升(296)	77.4	39300万千升(365)	68.9	48500万千升(445)	63.3	
	进口能源合计	(344)	89.9	(463)	87.5	(585)	82.4	
一次能源合计		(383)	100	(530)	100	(710)	100	
一次能源折合原油		4.1亿千升		5.6亿千升		7.8亿千升		
电 量 (参 考)	总发电量	4701亿千瓦小时 (115.2)	30.0	6744亿千瓦小时 (165.2)		9220亿千瓦小时 (225.9)	31.8	
	(总用电量)	(4218亿千瓦小时)		(6011亿千瓦小时)		(8154亿千瓦小时)		

注 本供需计划是以政府在政策上的努力、也包括能源生产者与消费者在内的国民的努力为前提, 才能完成的长期努力目标值。

(摘自1975年综合能源调查会汇报材料)

表 1-3

日本核电厂分布 (截止1976年末)

(日本原子能产业会议资料)

厂 名	主 管 部 门	反 应 堆 型	容 量 (兆瓦)	投 运 时 间
动力试验堆	日本原子能研究所	沸 水 堆	12.5	1963年10月
福岛第1-1	东京电力公司	沸 水 堆	460	1971年 3 月
福岛第1-2	东京电力公司	沸 水 堆	784	1974年 7 月
福岛第1-3	东京电力公司	沸 水 堆	784	1976年 3 月
玄海-1	九州电力公司	压 水 堆	559	1975年10月
浜冈-1	中部电力公司	沸 水 堆	540	1976年 3 月
美浜-1	关西电力公司	压 水 堆	340	1970年11月
美浜-2	关西电力公司	压 水 堆	500	1972年 7 月
美浜-3	关西电力公司	压 水 堆	826	1976年12月
岛 根	中国电力公司	沸 水 堆	460	1974年 3 月
高浜-1	关西电力公司	压 水 堆	826	1974年11月
高浜-2	关西电力公司	压 水 堆	826	1975年11月
东海第 1	日本原子能发电公司	气 冷 堆	166	1966年 7 月
敦 贺	日本原子能发电公司	沸 水 堆	357	1970年 3 月
普 贤	动 燃 团	沸 水 堆	165	建设中(—)
(重水慢化轻水冷却)				
福岛第1-4	东京电力公司	沸 水 堆	784	建设中(1978年10月)
福岛第1-5	东京电力公司	沸 水 堆	784	建设中(1978年 4 月)
福岛第1-6	东京电力公司	沸 水 堆	1100	建设中(1979年10月)
福岛第2-1	东京电力公司	沸 水 堆	1100	建设中(1982年 4 月)
玄海-2	九州电力公司	压 水 堆	559	建设中(1981年 3 月)
浜冈-2	中部电力公司	沸 水 堆	840	建设中(1978年 9 月)
伊方-1	四国电力公司	压 水 堆	566	建设中(1977年 4 月)
大饭-1	关西电力公司	压 水 堆	1175	建设中(1978年 6 月)
大饭-2	关西电力公司	压 水 堆	1175	建设中(1978年12月)
女川-1	东北电力公司	沸 水 堆	524	建设中(1980年 8 月)
东海第 2	日本原子能发电公司	沸 水 堆	1100	建设中(1977年12月)
福岛第2-3	东京电力公司	沸 水 堆	1100	计划中(1983年 4 月)
伊方-2	四国电力公司	压 水 堆	566	计划中(1980年 6 月)
柏崎				
刈羽 -1	东京电力公司	沸 水 堆	1100	计划中(1983年 9 月)
川内-1	九州电力公司	压 水 堆	890	计划中(1983年 3 月)
文 殊	动 燃 团	快中子增殖堆	—	计划中(1982年)

的转变。

西德和日本一样,核能开发的起步比其他先进国家为晚。最初是吸收由美国引进的轻水堆技术,独立地完成技术开发。西德国内虽有丰富的煤炭资源,但核能开发的积极性始终不懈。其研究的特点是,不仅用于发电而且也用于供热,其目标是多方面的。

英国是世界上第一个成功开发商业反应堆(气冷堆)的国家。最近由于经济增长率下降等原因,使核能开发本身停滞不前,但作为一个先进的核能国家,其技术水平是高超的。

另外,加拿大在开发利用以本国丰富的天然铀为燃料的重水堆方面,一如既往地向前

迈进。

其他国家如表1-1所示，先进国家自不必说，就是发展中国家也在大力推行开发核能的政策。

二、日本核能开发现状

日本约90%的能源需从国外进口，对日本来说制订一项长期的综合能源政策要比其他先进国家更为迫切。

通产省的“综合能源调查会”提出，把促进能源节约、为降低对石油的依赖而要求非石油能源多样化、促进新能源的开发等项作为1975年以后10年能源政策的重点。根据以上方针制订的到1985年为止的能源供需计划见表1-2。其中作为非石油能源多样化的标志，加大了核能的比重。1985年核能发电的规模以4900万千瓦为目标，这将使电力设备中核电设备的构成增大到25.6%。但是，预料实现4900万千瓦的可能性是极其困难的，大约能达到3000万千瓦。虽然如此，为使日本将来能源供应稳定，必须竭尽全力推进核能开发（参阅表1-3）。

第三节 核能发电的构成

虽然称为核能发电，但其结构仍然是汽轮机带动发电机旋转的发电系统，和火力发电没有差别。唯独热力系统与火力发电不同，从而构成核能发电特有的结构。

下面把核能发电的结构与火力发电相比较做简要的说明。

一、反应堆的构成

1. 燃料

火力发电是利用煤炭或石油化学反应释放出的化学能；核能发电则是利用铀的核裂变产生的核能。核电厂所用的核燃料有以未经加工的天然铀为燃料的堆型，或者提高天然铀中容易发生核裂变的同位素（ ^{235}U ）的比率，形成浓缩铀，而以浓缩铀为燃料的堆型。天然存在的核燃料仅仅是铀，然而其中只有铀235能进行实质性的燃烧。此外还有人工提取的钚239及铀233。钚239可由铀238吸收中子后生成，铀233可由钍（ ^{232}Th ）吸收中子生成。

2. 慢化剂

火力发电没有相当于慢化剂的技术过程。有关慢化剂的理论将在后一章里详细的讲述。慢化剂的作用是使核裂变放出的中子速度减慢，提高与原子核反应的几率。慢化材料的必要条件是应含有轻量原子，吸收中子少。因此可利用含氢的轻水（普通水）或含重氢的重水（天然水中含有0.015%）；在固体方面，广泛应用石墨。另有一种反应堆不使用慢化剂，而让快中子保持原有速度去引发新的核裂变，使中子大量产生，过剩的中子由铀238吸收，从而生成新的裂变核燃料钚239（即快中子增殖堆，将在后面讲述）。

3. 冷却剂

冷却剂相当于火力发电锅炉中的水。作为冷却剂使用最多的是普通水。正如前项（2）中所述，水也用做慢化剂。如果用水便可做到冷却剂与慢化剂兼用，则能实现设计