

日本东海村事故介绍

郭秋菊

一、事故的发生

1999 年 9 月 30 日(星期四)上午 10 时 35 分左右,位于日本茨城县东海村的 JCO 株式会社(住友金属矿山株式会社的子会社)的核燃料加工设施内,操作者在将浓度为 18.8% 的铀溶液倒入沉淀槽时,发生了临界反应事故。

此次事故中共有 3 名作业人员受到了辐射照射,其中,O 氏于 1999 年 12 月 21 日死于多脏器不全;S 氏于 2000 年 4 月 27 日死于肺功能衰竭;Y 氏在放射线医学综合研究所经过治疗于 1999 年 12 月 20 日出院。

到目前为止经确认由于事故而受到照射的人员(包括上述 3 名操作人员及消防队员等)共 69 名。另外,在为止终止临界反应而实施的排放冷却水等作业中又有 24 名作业人员受到照射。表 1 是因事故而受到照射人员情况一览表。

表 1 事故所致人员辐射照射情况一览表

受照人员类别	人数	受照剂量
设施内作业人员		
事故发生时的操作者	3 人	分别是 2.5 Gy, 10 Gy, 18 Gy
其他	56 人	43 人接受 WBC 检查,其中 36 人被确认受到照射,最大剂量为 3.8-23 mGy 检测胶片个人剂量计,确认 22 人受到照射,最大剂量为 6.2 mSv(照射)
排放水作业的操作者	18 人	0.05 mSv(最小)-120 mSv(最大)
硼酸溶液注入操作者	6 人**	0.03 mSv(最小)-0.61 mSv(最大) (以上均为剂量计测量)
消防队员 (事故发生时的救援人员)	3 人	WBC 检测,分别为 0.5-3 mGy 0.6-3.9 mGy 0.6-3.8 mGy
一般居民	7 人	WBC 检测,推算值为 0.4-2.6 mGy(最小) ~ 1.5-9.1 mGy(最大)

注: * :其中有 2 人为 WBC 和胶片个人剂量计均检测到。

* * :其中 1 人通过胶片个人剂量计也被检测到。

二、事故后的应急

1. 事故发生当天下午,设施周围的剂量仍然没有降低,

科学技术厅设置了由相关省、厅组成的以有马大臣为本部长的事故应急本部。

2. 之后,政府进一步考虑到事态的严重性,设置了由小渊总理任本部长,相关内阁成员组成的政府应急本部。同时设置了以稻叶科学技术政务副官为本部长的现场应急本部。

3. 茨城县和东海村向当地居民发出了:直径 350 米以内的居民撤离,10 公里以内的居民室内隐蔽的通告。

4. 10 月 1 日上午,根据原子力安全委员会紧急技术顾问组织的建议,实施了以终止临界反应为目的的排放冷却水等作业。临界反应停止。

5. 政府应急本部根据原子力安全委员会紧急技术顾问组织对设施周围环境监测结果的确认,对事故进行了评价。根据政府的评价,10 月 1 日上午,茨城县解除了 10 公里以内的居民室内隐蔽的通告。10 月 2 日下午,解除了 350 米以内的居民撤离的通告。

三、事故级别的判定

根据国际核事件分级制(INES),判定此次的 JCO 事故为 4 级,即主要在设施内的事故(accident mainly in installation)或无显著设施外风险的事故。其理由如下:

对设施内的影响。根据放射线医学综合研究所(千叶)的报告,3 名受到照射的工作人员中有 2 名受到了极大剂量的照射。对设施内障壁的损坏程度目前正在调查中。

对设施外的影响。设施外检测到了事故所致的放射性核素。公众所受到的照射有超过法定限值的可能。

纵深防御降级,不存在纵深防御。

对环境监测结果作简要说明:

^{24}Na 和 ^{56}Mn 是天然环境中不存在的放射性核素,可通过中子的活化反应而生成。事故后在土壤样品检测到了 ^{24}Na 和 ^{56}Mn 的存在,受照人员体内也检测到了 ^{24}Na 的存在,可以证明发生了中子泄露,提示有可能发生了临界反应。除此之外,核反应生成物,如短半衰期的碘以及惰性气体的衰变产物 ^{91}Sr 和 ^{138}Cs 的检出也提示了临界反应的发生。

被检测到的核素除 ^{131}I 和 ^{137}Cs 之外均是从数十 min 到数十 h 的短半衰期的核素。 ^{131}I 的最大检出浓度为 0.037 Bq/g,相当于日本原子力安全委员会制定的指针(关于原子力发电所等周边的防灾对策:1999 年 9 月部分更改)中规定的食品摄取限值(蔬菜:2 Bq/g)的 1/50 水平。

关于 ^{137}Cs JCO 认为:由于受核试验影响,常规监测时检测得到 ^{137}Cs ,鉴于本次测量值也是常规水平(根据茨城县环境放射性监测季报,东海大洗地区土壤中 ^{137}Cs 水平为

作者单位:100371 北京大学,技术物理系

0.001-0.037 Bq/g),故可以认为本次的检出也是核试验的影响所致。

由于在环境中检测到的由事故所致的放射性核素的水平极低,且是短时间内即可衰变的核素,故可以认为这些核素对居民的健康没有影响。

四、作业人员的受照剂量推算

临界事故是在上午 10 时 35 分发生的,但受照作业人员到达放射线医学综合研究所时已是当日下午 3 时 25 分。在受照条件、照射源类型、主要是内照射还是外照射等均不明的情况下,首先用 Ge 探测器对粘附在 O 氏口腔四周的呕吐物进行了测量,测量结果显示只有²⁴Na 的波形,同时注意到没有波形显示体内有铀污染。接下来对患者的工作服、内衣、携带电话、手表等物进行的测量,从携带电话中测量到了多种核素,经去污处理仍不能使其改变,由此判断这些核素是发生了活化反应所产生的。在对内衣和毛发的测量过程中,测到了⁹¹Sr、¹⁴⁰La 和¹⁴⁰Ba,经探讨,推断这些核素来自核分裂产物中的惰性气体⁹¹Kr 和¹⁴⁰Xe,其根据是:如上所述没有检测到铀以及核分裂产物中的固体核素。故由此可以进一步推断:临界反应发生时没有发生大量放射性物质的扩散,仅有挥发性物质从室内扩散到了室外环境中。

在当天深夜放医研举行的记者接见会上,就下述观点对外界进行了说明:从服装、鼻腔采样以及呕吐物中测量到了人体因发生放射活化反应产生的²⁴Na、⁸⁰Br、⁸²Br 和⁴²K。通过检测到¹⁴⁰Ba 和⁹¹Sr 的存在,可以间接地推断发生了惰性气体(⁹¹Kr、¹⁴⁰Xe)的扩散。没有检测出碘和铀。对周边环境的剂量贡献主要是中子辐射以及惰性气体,对症状严重的两名患者的剂量贡献是中子辐射。

毫无疑问,患者血液中²⁴Na 的测量数据是剂量估算的重要依据,但由于一些重要因素如:中子的能谱、临界反应发生时操作人员(即患者)与临界点的体位关系,以及中子与射线的比例关系等的不明确,很难准确估算照射剂量。治疗方案的制定要求以受照剂量为依据,在这种情况下,剂量的估算主要参考了 1997 年 6 月 17 日在俄罗斯共和国的 Sarov 发生的临界事故时,IAEA 在进行受照剂量估算时采用的换算系数(260~290 Bq/ml 相当于 14 Gy,其中,Bq/ml 是血样中²⁴Na 的放射活度单位)。同时,在当量剂量的求算过程中,参考了放医研的动物-生物实验和中子治疗等成果,取 RBE 值为 1.7,来估算相当于照射的生物效应,即 GyE: Ge equivalent to gamma ray。

事故发生两周后,剂量小组结合全身剂量测量仪(WBC)的测量结果,以及染色体和淋巴细胞的测量数据,公布了对 3 名作业人员受照剂量的推算结果,分别为:10~20,6~10,0.7-5.5 GyE。

五、教训和经验

这次临界事故在不应该发生,也不可能发生的核燃料加工设施内发生了。之所以这样说是因为轻水堆核燃料加工厂的核燃料中铀的浓缩度为 5%,在这样的浓度下,达到临

界反应是非常困难或者可以说是不可可能的。因而在日本,这样的核燃料加工设施没有被列入核应急的对象范围之内。对核能大国和核技术先进国的日本人来说,临界反应只是教科书中的术语,是曾在美国发生过的不幸的核事故^[1]的一种而已。

事故发生后,JCO 承认内部存在擅自更改编制的操作规程,但操作人员甚至连违法的操作规程也没有遵循,连续向沉淀槽内倒入大量(约 16 公斤)铀溶液,致使铀浓度高达 19%以上。更令人震惊的是,操作人员竟然不知道什么是临界反应。和我国一样,在日本对从业人员进行安全教育也是法定的,并配有推荐材料和教科书,如《核燃料的临界安全》^[2]、《临界安全手册》^[3,4]等。法制观念的淡薄和安全教育的缺乏可以说是此次事故引发的直接原因。

事故发生后,日本科学技术厅和通商产业省联合设置了核安全与防灾对策室,研究和探讨在此领域建立新的法规,并对现有的反应堆等法规进行更改,目前正在具体探讨和操作协调之中。其法案要点可归纳如下:

1. 与安全法规相关的有:添加对核燃料加工设施等的定期检查。有必要建立和形成不仅对设施的硬件部分实施监督,同时也对运行等软件部分实施监督的体制。业主赋有对运行人员和作业人员进行教育训练责任的明确化。安全法规指针等的更改。

2. 与核应急相关的有:应急情况下可以充分对应的政府本部应有的体制。有必要强化国家、都道府县、市镇村之间的协调性和合作性(核设施所在地应有的应急体制,必要设施的完善等)。核事故应急时确保国家各种对应机能迅速对应事故现场的体制的建立。造成灾难的企业(业主)的责任与义务(事故通报、防火灾体制的完善、应急对策等)。综合性的核应急训练的实施

我国的核工业发展方兴未艾,经验与教训的积累也还浅显,在核应急方面也是刚刚起步。他人的经验和教训是难得的活生生的教科书,可以帮助我们少走弯路,值得我们各个角度学习和借鉴。

详细资料可参考日本科学技术厅的主页(<http://www.sta.go.jp/genan/jco.html>)或日本保健物理学会的主页(<http://www.soc.nacsis.ac.jp/jhps/>)。

参 考 文 献

- 1 Stratton,WR,Revised by Smith,DR:DOE/NCT-04,1989.
- 2 (财)原子力安全研究协会.实务教科书系列 No.2《核燃料的临界安全》,1984.
- 3 科学技术厅原子力安全局核燃料规制课.《临界安全手册》,1988.
- 4 原研核燃料设施安全性研究委员会临界安全性专门部会临界安全性实验数据检讨组.《临界安全手册》第 2 版,JAERI 1340,1999.

(收稿日期:2000-06-02)