

# 日本福岛核电事故对水环境和水生态的影响调研

水环境所 黄伟, 杜彦良, 杜霞, 彭文启

福岛核电站（Fukushima Nuclear Power Plant）建于上世纪 60 年代，位于日本福岛县双叶郡大熊町（ $37^{\circ}25'23''N;141^{\circ}01'59''$ ）（图 1）。由福岛一站、福岛二站共 10 台机组组成是世界最大的核电站之一，至 2011 年 3 月 11 日发生事故时已经服役 40 年。福岛核事故被认定为国际核事件最高级别-7 级，由此产生的环境问题引起世界各国的高度关注。



图 1

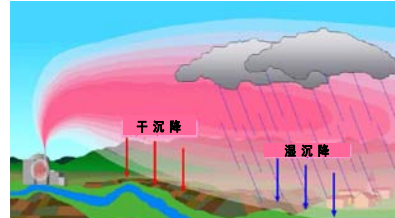


图 2

调查研究表明，福岛核电事故的主要原因包括以下四个方面：（1）地震海啸的双重打击；（2）早期沸水堆的设计缺陷；（3）操作人员人为失误；（4）核安全意识较淡薄。

福岛核事故主要通过爆炸和泄露向外排放有害的放射性同位素，主要为铯 137（Cs-137）和碘 131（I-131）。

福岛核事故的放射性废水主经通过直接和扩散及降水等方式（图 2）排入毗邻的太平洋海域中周边地表水、土壤及地下水造成影响。

**对饮用水影响：**对饮用水的影响范围较大，200km 之外的东京葛飾区的水厂监测出来  $210\text{Bq/L}$  的 I-131 超标。东京附近的千叶县、茨城县等水厂也检测到 I-131 等放射性物质。但总体超标程度不大。

**对陆域水体影响：**福岛县河流、湖泊、水库等水体的监测结果表明，地表水中所检出放射性的物质均小于相应的标准值，表明对水体沉积物的影响较小。至 2013 年年底，在地表水的监测中，未检测到放射性 Cs。陆域河流 90% 以上的放射性物质来自于降水所带来的颗粒态物质中的 Cs-134 和 Cs-137，无降水时河流水体放射性小。河流沉积物的放射性衰减明显，而湖库由于沉积作用，初期呈上

升趋势，随后放射量缓慢衰减并维持一定水平。因此，福岛核事故对河流沉积物中的放射性物质影响时间较短，而对湖库沉积物的影响时间较长。

**对海水的影响：**监测结果表明福岛核事故对周边海域的影响巨大。福岛第一核电站南排水口处放射性 I-131 浓度严重超标，达到法定限值的 3355 倍；北排水口处放射性碘-131 浓度也严重超标，达到法定限值的 1262 倍。距离核电站排水口东 15km 处的海域 I-131 的浓度最高超过 200Bq/L，福岛核事故的影响严重范围为排放口周边 50km 的海域。受福岛核事故影响，附近海域沉积物的放射性较事故发生前大幅升高，且无明显下降趋势。放射性物质随洋流向东扩散，影响了西北太平洋的较大海域。

**对土壤的影响：**测量结果表明福岛事故的放射性物质通过大气扩散造成了大范围土壤污染，其中福岛县大熊町铯 137 的浓度最高，数值为 1 平方米约 154 万 Bq，加上铯 134 共计达到 2946 万 Bq。铯 137 浓度超过 300 万 Bq 的地区超过 16 个地点。浓度较高的地点位于核电站西北方向，福岛核电站附近耕地土壤的放射性铯浓度达到了 25000 Bq/kg，远远高于日本政府规定的铯-134 和铯-137 在土壤中活度上限值 5000 Bq/kg，所受的影响最大。福岛核电站所释放的铯主要通过大气沉降于附近 250Km 的区域，其中 20Km 区域铯的浓度较高，放射能浓度大于 3000Bq/kg，其他区域影响较小。放射性物质大多分布在土壤表层 10cm 内。

**对地下水的影响：**事故发生后，开展了 16 次地下水水质调查，共计 379 个调查点，结果表明所有调查点的碘（I-131）、铯（Cs-134）、铯（Cs-137）的浓度均小于 1Bq/kg，表明福岛核事故基本上未对地下水造成污染。

**对水生生物的影响：**调查结果表明，事故发生后全国范围内均检出了水生生物放射性物质超标（大于 100 Bq/kg）的情况。超标的水生生物全部来自在福岛县境内，福岛县境外区域的水生生物没有放射性物质超标现象。由于食物链的富集作用，福岛核事故对鱼类的影响较浮游生物、底栖动物和大型水生植物等其他生物的影响大。对鱼类的影响主要集中在福岛县内，而且核泄漏对底层鱼类的影响大于上层鱼类和中层鱼类。

**结论与启示：**（1）核电站选址应慎之又慎，需要充分考虑内陆建核电站较沿海存在诸多不利因素，以及对水文、地质、气象、人口和交通等影响，并提高对极端气候和自然灾害等造成危害的预期。（2）安全可靠的设计是核电站最为

核心的内容，定期检修、维护是核电站安全运行的保障，有效的应急措施和事故应对能力是核电站管理的必要组成部分。