

8年了 福岛核灾废炉 遥遥无期

刘健芝 何志雄

福岛核灾难发生已经 8 年了！在主流传媒上，关于福岛核灾难的善后工作的资讯，越来越少。可是，如果我们认真审视 8 年来清理工作的进展，是难以释怀的。最关键的问题是，福岛第一核电厂 3 座反应堆损毁，里面 250 吨 1600 多根燃料棒在高温熔化后“估计”掉落在反应堆安全壳底部，该处辐射之高，人类根本无法接近，遑论取出熔毁的核残渣。日本政府和东京电力公司（东电）给出一个数字：报废工作需时 40 年。40 年这个数字，没有相应的程序步骤作为根据，至今已经 8 年，只有蜗牛般的进展。40 年这个数字，大概给出一个安慰，事故在两代人之内有望解决。能吗？

在核电站外面，福岛全县超过 4 万人仍然过着难民生活，超过 300 平方公里约占福岛县 2.3%的土地，依然被划为“返乡困难区域”——这个委婉的词，指的是事实上的核禁区。





少年不知愁滋味

政府为福岛县内约 38 万儿童在 2011-13 年和 2014-15 年检测甲状腺检查，诊断 187 人患甲状腺癌，比一般的儿童患癌比例高出很多倍。2015 年 3 月，日本政府核灾害本部对最靠近政府划定的强制疏散区域的三个地区磐城市、川俣町、饭馆村 1150 名 15 岁以下的儿童进行健康检查，报告显示 45% 的儿童甲状腺内检测到核辐射；政府强调辐射水平较低，不会对健康构成威胁。（碘 131 的半衰期只有 8 天，可是若人体过度暴露可能增加多年后罹患甲状腺癌的机率；铯 134 的半衰期是 2 年，铯 137 的半衰期是 30 年。）

在当局淡化福岛核事故后遗症的时候，福岛灾难似乎逐渐在公众眼中消失，除了每年的纪念日——3.11，还会有几篇报道之外。

什么造成这种“集体”遗忘？我们是否可以告慰自己，事故已然过去，让我们乐观地迎接明天，相信现代化与科技会给我们带来舒适安稳的生活？

日本政府是营造歌舞昇平景象的高手。明年暑假，奥运会将在东京举行。2013 年申奥时，东京申奥委员会主席竹田恒和致信国际奥委会，“承诺”福岛核泄漏事件不会对东京主办 2020 年奥运会造成任何不利影响；距离福岛核电厂 230 公里的东京，生活“完全正常与安全”，水与空气没有受到福岛核泄漏的任何影响。日本首相安倍晋三声称污染水“完全控制”在福岛第一核电站港湾内的 0.3 平方公里范围内；他没提，港湾和外洋是没有隔断的，港湾内的海水在一周时间内有 90% 会和外洋的海水置换。

稍有常识的人，不会轻信这种“承诺”；奥委会成员为啥偏信一言承诺呢？今年 1 月法国检控日本申奥委员会主席涉嫌行贿拉票，贿款约 2.3 亿日元（1400 多万人民币），我们才大概看到申办成功后面的故事。但是，成功申办东京奥运会，却是一种高明的公关手段：国际组织都不担心福岛核泄漏会影响正常生活，普通市民干嘛杞人忧天呢？于是，明年我们将会看到，3 月开始东京奥运会的圣火传递，出发地点将是位于福岛县沿海地区柊叶町、广野町的 J-VILLAGE；报道称，福岛县的执行委员会在 2018 年末以作为“震灾复兴的象征”为由，向组委会提出相关圣火传递方案。福岛，将正面地、鼓舞人心地象征“震灾复兴”。

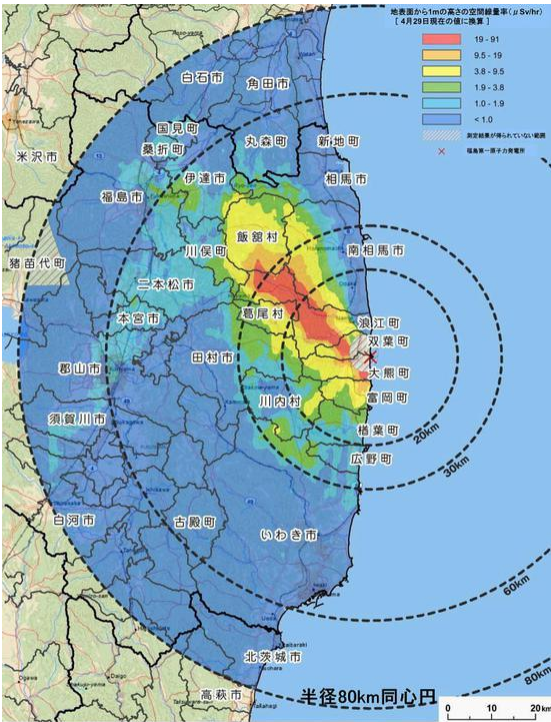
奥运圣火将点燃希望，抚平伤口。

不仅如此，重返奥运比赛项目的棒垒球比赛，将在福岛市进行。为打造回复正常的形象，政府大力推动解除福岛核电站周边的“居住限制区”等核污染区域的居住禁令，涉及 5.5 万民众。2016 年 3 月，居住在临时屋的难民有 6.5 万人，一年后，减为 3.5 万人。为促进居民返乡，当局在 2018 年 3 月停发民众的避难补贴。很多辐射水平仍存疑的地区，都要赶在 2020 年奥运会召开前解除避难指示。尽管一些地区陆续解禁，但愿意返乡的居民少之又少。愿意返乡的居民以老年人为主，很多年轻夫妇带着孩子不愿返回仍在核事故阴影下的故乡，对政府解除“禁区”的依据（年辐射量低于 20 毫西弗 mSV）不能接受。

《联合国危险物质及废料的无害环境管理和处置对人权的影响问题特别报告》在 2018 年 10 月 25 日提交给联合国大会，专家通贾克（Baskut Tuncak）表示，日本政府在福岛灾后将公众可接受的累积辐射暴露水平，从每年 1 毫西弗提高到每年 20 毫西弗，提高了 20 倍，令人深感不安；通贾克表示，“2017 年联合国人权监督机制提出，希望日本将可接受的辐射量降回灾难发生前的水平，对于这一建议，日本政府似乎完全置若罔闻，这一点令人失望。”根据联合国数据库的资料，德国政府曾建议日本将可接受的辐射暴露标准重新降回每年 1 毫西弗特的水平，日本政府“答应开展后续工作”，但通贾克认为，这一建议并未得到落实。

按照国际辐射防护组织 ICRP 的标准，来自非背景辐射的游离辐射，一般人

为造成的辐射年剂量规定不超过 1 毫西弗 mSV, 换算就是每小时 0.1 微西弗 uSV。



文部科学省及び米国DOEによる航空機モニタリングの結果

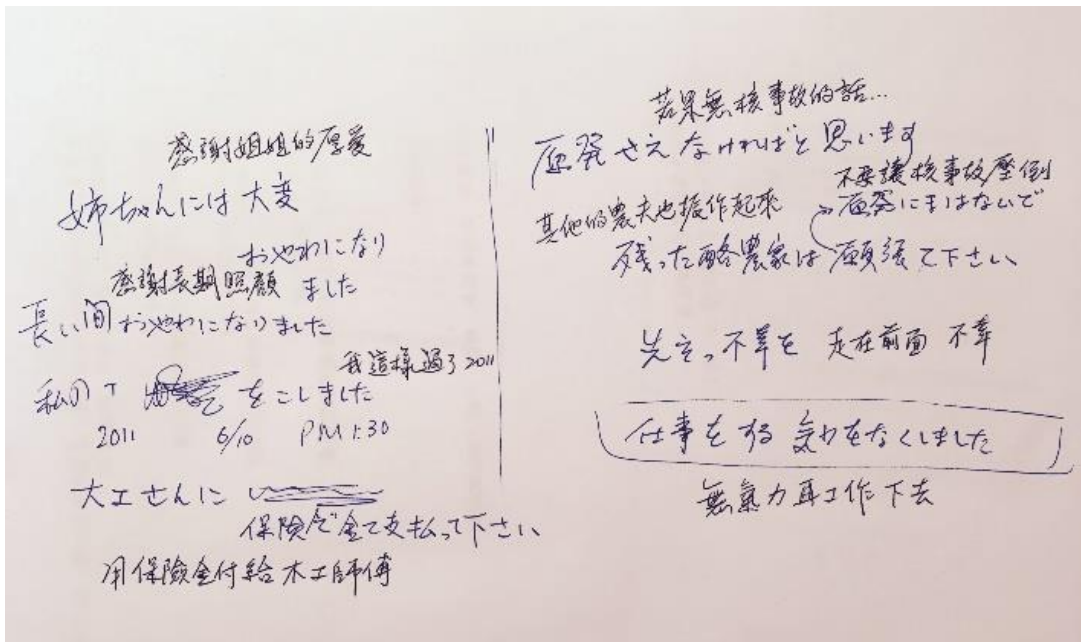
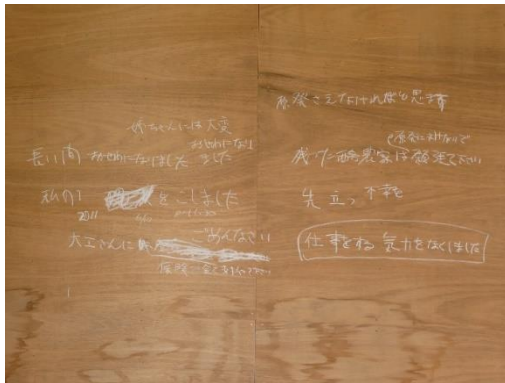
2011 年 4 月 29 日探测到的辐射水平(每小时微西弗 uSV)

核污染对民生的影响

日本农村社区内部有深厚的情感连带，节日舞龙舞狮，社区里的人互相熟悉，邻里之间和谐友善，较少个体化、原子化。社区集市上卖的鸡蛋会写着是哪一家养的鸡下的蛋，充满人情味，绝少欺诈。但是一场核灾难，导致村民最后分散各地。奶农不得不把牛送去屠宰房，结束奶业。



有一些故事令人心酸：一位奶农把牛送去屠宰场后，伤心欲绝，在牛棚里立了祭牛魂的牌位，说我们对不起你们，然后自杀了。



有的地方，人离去了，剩下被拴的牛活生生饿死在牛棚里。

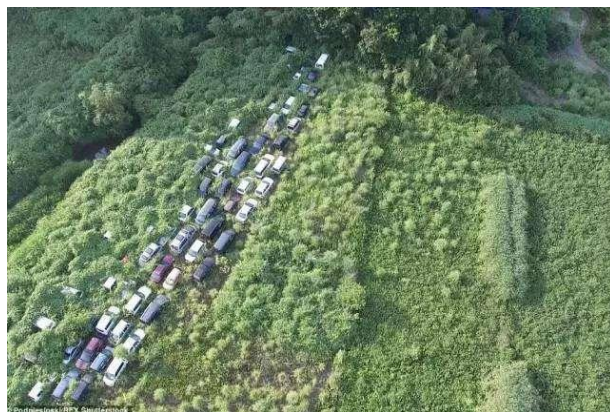


但是，也有一些人与地深切连系的感人故事：一对老夫妻，每天开一小时车回原来的高辐射污染区内的家种田，尽管当地辐射太高，作物收成无法食用。“我们不种田不知道还能做什么”，他们说起自己是农民，非常自豪，却难掩当前的无奈。



荒废的稻田

一组拍摄于日本福岛的照片向世人展示了被遗忘的核禁区，在这片被污染的土地上，植物覆盖了被遗弃的家园。原先生机勃勃的村庄成为只有在电影里才能看到的荒凉的无人鬼镇。



这片杂草丛生的地方曾经是繁忙公路，灾民逃生弃车而去

福岛核电站附近的双叶镇、奈美镇、富冈镇已变成鬼镇，数以万计的人离开家园。如今，禁区内原先人类活动的印迹俨然已被大自然覆盖，成为一片荒原。



受到辐射污染的汽车淹没在比人还要高的杂草中

这两年，尽管政府拒绝村民要求全村迁移到外地重建，用强硬手法逼迫居民回迁，在受污染的地区如奈美镇，大概只有 5%到 10%的居民回乡。他们面对的困境，是原来的社区连带破碎，缺乏社区教育医疗等设施，也缺乏就业机会。即便他们愿意耕种，也面临巨大的挑战。日本放送协会（NHK）今年 3 月 7 日报道，日本环境省宣布，福岛县内污染土壤和草木等污染物，至今仍然堆积在 104938 处民房庭院和停车场，以及 933 个临时存放处。

农田的辐射污染没法完全清理，一下雨，山上树林被辐射污染的水土，又再流下来。还有一个极为头疼的问题：核事故无人区里，带着辐射的野猪迅速繁衍，数量从 2011 年的 3 千只，激增到 2016 年的 1.3 万只。产生变异的野猪，被猎杀之后无法食用，野猪尸体大量堆积。



凡此种种，都是“回迁正常化”的官方形象所试图掩盖的。

2010 年，福岛县农产品出口量约为 153 吨，在福岛核事故后的 2012 年，农产品出口量锐减至约 2 吨，陷入低迷。之后逐渐回升，2016 年达到约 67 吨。尽管如此，福岛仍然能看到大量荒废的稻田和村落。当地出产的桃子、西红柿、蔬菜，甚至从福岛迁往东京的人，备受歧视，像感染了梅毒病菌的人与物。

2017 年 4 月，福岛核电站想向太平洋排放 100 万吨放射性废水的消息曝光，遭到当地居民抗议；约五分之一的日本居民拒绝吃福岛的鱼类和食品，大多数人认为，污水不安全，应该被储存而不是排放到大海！

2016 年，日本沿海捕捞量仅仅约 2000 吨，这个数字是福岛核事故发生前的 8%，深海捕捞量也只有灾前的一半而已。秋季是福岛秋刀鱼和比目鱼的捕捞旺季，灾前每天早上渔民忙得不可开交，但现在需求量骤减，当地 1000 名渔民，只有一半人外出捕捞，每周只出去 2 次。消费者对可能已被污染的海产仍然持不信任态度。

水土污染无法处理

政府宣告，截至 2018 年 3 月，福岛县除了核禁区外，其他地方的清理地表放射性物质工作已基本完成。一片片黑色垃圾袋“暂时”存放在田间地头。为了集中保管污染土，日本政府和东电“租借”福岛第一核电站周边核禁区内的

地，2015 年 3 月起建设一个保存期限 30 年的污染土中期存放设施。整个项目费用约 1.6 万亿日元（约合 967 亿人民币）。这里每天约 5000 人从事处理污染土的工作，实际上它是核禁区内一个 5000 人劳作的巨大工地！



900 多万袋核污染土壤被储存在堆积场

据日本《朝日新闻》报道，福岛第一核电站事故之后，福岛县内需要除污的污染土壤达到 1400 万立方米以上。日本环境省在 2016 年 6 月召开的会议上表示：“从确保处理场的观点来看，将全部土壤进行最终处理是缺乏实现性的”。但是，环境省提出一个“乐观”的方案：二次利用。环境省在 2018 年 12 月召开的会议上推算，在降低浓度等技术开发“发展最好”的情况下，1400 万立方米的污染土壤基本上可以全部二次利用，也就是再次利用到福岛县的公共设施上。此举是为了减少污染土壤的总量，从而使最终需要处理的污染土壤只占总数约 0.22%，即 3 万立方米。

需要最终处理的污染土壤预计在 2045 年 3 月搬运至福岛县外的最终处理场。然而，围绕最终处理场的交涉还没有开始。日本环境省参事官助理山田浩司表示：“接受最终处理的污染土壤并不是简单的事情。目前我们正在努力获得全国范围内的理解”。县外居民“不理解”，抗议说“不放心放射物质”，使这一计划很难实现。



装载核废水的储罐，在储罐后面分别为一号和二号反应堆

土壤污染问题，比起水污染问题，却是小巫见大巫。福岛核事故对海洋的影响是空前的，因为泄漏的放射性物质 80%进入了海洋。而且，至今每天还有 400 吨的水通过反应堆被污染。东电必须持续地对三个反应堆泵水，以冷却过热和具有放射性的熔毁了核燃料。水流冲走反应堆的放射性物质，然后流入净化设备中，但净化过滤器不能去除水中所有放射性物质。

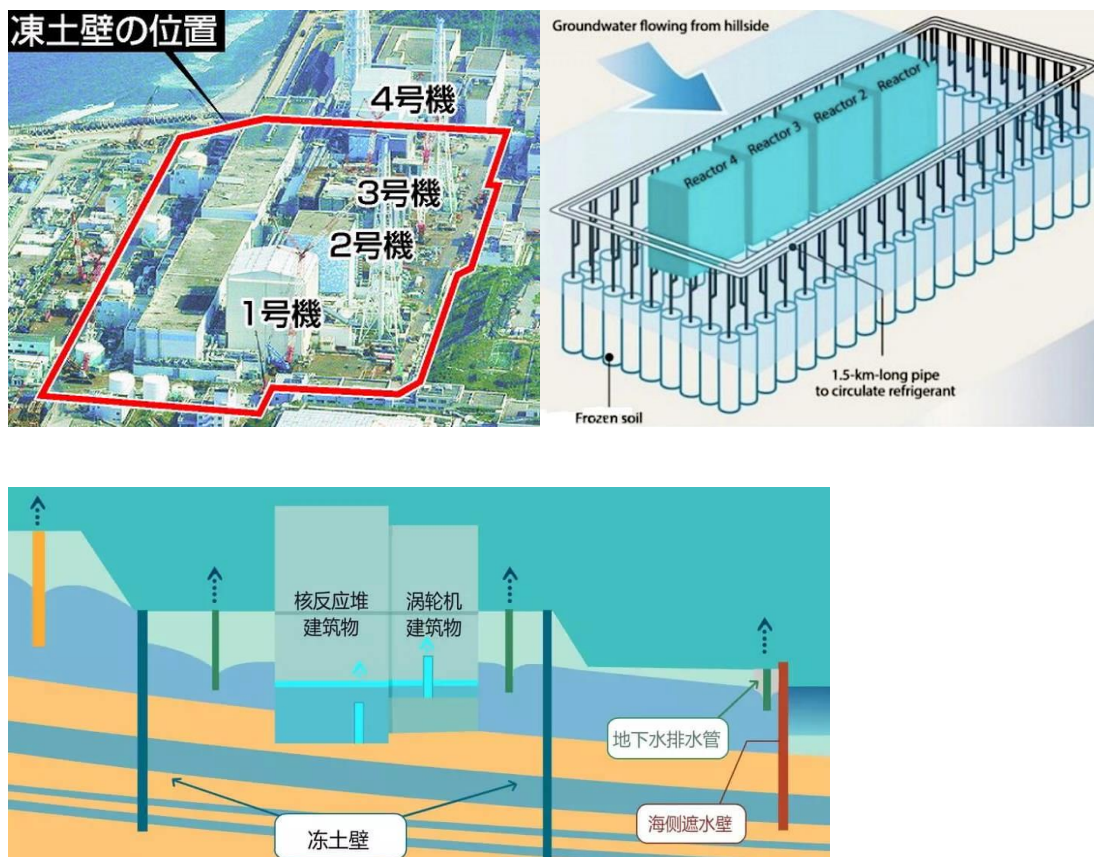
每天持续产生辐射污染的水，怎么办？只能建造巨大的钢铁储水罐。现在，核废水被存储在地面上 1100 个灰色、蓝色、白色的储罐中。截至 2017 年初，储罐已经装载了 96 万吨核废水，东电还在安装更多储罐，不久将装载超过 100 万吨的核废水。



三米多高的核废水储罐

在未来几年，核电站可以拿来存储核废水的空间将会用完。日本经济产业省官员秦茂德表示：“我们不能一直制造储罐。”

政府也尝试用高科技的办法来阻挡不断渗入反应堆的地下水。耗资 350 亿日元(约合 21 亿人民币) 的冻土壁，2017 年动工，在福岛第一核电站 1 至 4 号反应堆四周 1.5 公里的地层，埋入 30 米深的冻结管，通过循环冷却液体在地下构建冰壁。可是，冻土壁有 1% 泄漏。东电 2018 年 3 月 1 日报告指，冻土壁每日只能减少 80 吨的核污废水，单独使用的成效远逊预期。因此，除了冻土壁外，当局还结合其他方法，包括使用“竖井”，及从西侧并取地下水迂回排入大海等，让日均产生的污水由 490 吨减至 110 吨。



熔化的核残渣调查情况

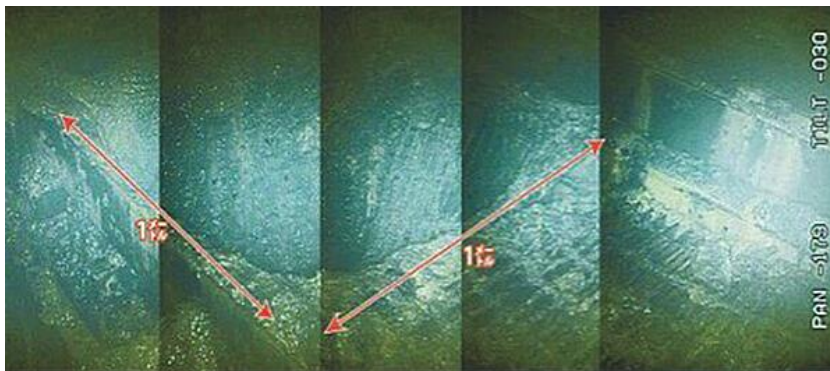
不断泵水冷却核残渣，是治标的办法。最头疼的、根本的问题，是取出 1、2、3 座反应堆内熔化的高辐射核残渣。

2011年3月11日，太平洋的巨大海啸突破了福岛核电站6个反应堆周围十米高的海堤，导致反应堆冷却系统失效，随即堆芯过热熔化，放射性物质泄漏到四面八方。政府一年后声称进入废炉作业阶段。然而1、2、3号反应堆堆芯熔化后辐射严重，人类无法接近。随后几年，东电安排多个配备温度和辐射感应器的机械人进入反应炉内检查。2016年的测试，在原本放置燃料的地方仅发现很少燃料甚至完全没有燃料，因此东电得出结论，大多数核燃料已熔化并且流入反应堆压力容器底部。

最近一年以来，关于废炉作业的资料，是围绕机器人的故事。

2017年2月16日，由东芝企业特别设计的机器人，前后搭载摄像头，可如蝎子一般后部翘起变换拍摄角度，进入2号反应堆安全壳中，推测出辐射剂量达到惊人的每小时530西弗SV（1西弗=100万微西弗），是之前测得的最大数值的7倍多。人类暴露此处数秒即死，特制的机器人也撑不过两小时，中途发生故障无法行走，未被回收，留在安全壳内。此次正式调查宣告失败。

东电对拍摄的影像进行分析，推定辐射数值，还部分确认2号反应堆内部的一些状态。比如压力容器正下方存在疑似熔落核燃料的堆积物。格栅状支架平台也有部分脱落穿孔，长宽约1米，推测也是因高温核燃料掉落而熔化变形造成的。这次拍摄到一个大洞，意味核燃料已经腐蚀穿透了原本应该待的压力容器。也就是说，核物质已经突破了第一、二层防护，从压力容器底部向第三层防护侵蚀。无法知晓第三层防护有否被侵蚀。



2号反应堆压力容器下方的支架平台出现大洞，附着大量疑似核燃料

东电于 2017 年 3 月 18 日通过机器人，对 1 号反应堆安全壳内部进行调查。这款蝎型机器人配备了测量仪和防水相机，在距离安全壳底部约 30 厘米的污染水中，测得辐射值最高为每小时 11 西弗。机器人 20 日在距离安全壳底部约 1 米的污染水中，测得辐射值为每小时 6.3 西弗。这说明越接近安全壳底部，辐射越强。堆芯熔化后的核残渣可能落在安全壳底部。

2017 年 7 月 19 号东电召开发布会，公布首次使用水下机器人拍摄的 3 号反应堆内部的具体状况。画面显示，3 号反应堆受损严重，但熔落的核燃料并未被发现。

2019 年 2 月 13 日，东电宣称朝着实现反应堆报废作业中最大难关——取出燃料碎片——迈出一步。东电在 2 号反应堆实施了触碰反应堆安全壳内熔落的核燃料碎片、确认硬度等特性的首次调查，成功拿起可能是燃料碎片的小石状堆积物。导管状仪器从安全壳侧面的贯通部分插入内部，使用 2 根“手指”开闭的远程操作装置展开调查。



福岛第一核电站 2 号反应堆燃料碎片

调查于 2 月 13 日上午 7 时至下午 3 时进行。由于安全壳内辐射量极高，使用了可远程操作的装置，从位于反应堆压力容器正下方的网格状作业踏板脱落部分，用缆绳把导管前端装置垂吊至安全壳底部，在 6 处触碰堆积物。其中 5 处确认有数厘米大的小石状堆积物与棒状构造物可以移动，一部分最高可拿起

至 5 厘米。这些堆积物均是有一定硬度、没有坍塌或变形的物体。

东电公关负责人大山胜义在记者会上表示：“通过实现移动，证明了能够取出燃料碎片。然而对于无法夹住取出的物体，还需研发相关设备。”就是说，未能取出呈粘土状的堆积物。

日本政府和东电给出的信息和数据，可能制造一种印象，就是清理工作不断有进展，同时借助高科技的机器人解决问题。可是，科学如此昌明的今天，人类面对象福岛这样的核灾难局面，几乎是束手无策的。废炉、清理、赔偿的开支，政府 2013 年的估算是 11 万亿日元（6650 亿人民币），2016 年 12 月的估算是 21.5 万亿日元（13,000 亿人民币），增加几乎一倍。问题是，核灾难对生命、对水土、对大自然的伤害，是无法用金钱来弥补的。

日本经济产业省和东电今年 2 月 25 日在东京举行联合记者会，介绍福岛第一核电站报废工作现状。东电福岛第一核电站废堆负责人小野明介绍，目前 1 至 4 号反应堆全都处于低温停止状态，事故发生时没有运转的 4 号反应堆乏燃料池中的 1535 根燃料棒已于 2014 年底全部取出。发生堆芯熔化的 1 至 3 号反应堆乏燃料池中还保存着 1600 多根燃料棒。取出 3 号反应堆乏燃料池中 566 根燃料棒的计划一再延期，主要原因是 3 号反应堆厂房顶部辐射量未降至预期水平。东电预计今年 3 月底开始取出 3 号反应堆乏燃料池中的燃料棒，同时，已经开始在 3 号反应堆上方加盖顶罩，以防止取出乏燃料棒时放射性物质飞散。

似乎有进展了！可是，2 月 13 日机器人在 2 号反应堆内触碰的堆积物是数厘米大的粒状物，最高拿起至 5 厘米。1、2、3 号反应堆里面约有 250 吨极高辐射的熔化核残渣，位置不明。我们用普通人的常识问：能否取出？如何取出？取出后储存在哪？如何储存？

日本政府和东电没有答案。看来全球最棒的科学家，也没有答案。

2019 年 3 月 11 日

【参考文献】

<福岛核电站事故 5 年后危机并未解除>，《科学美国人》中文版《环球科学》，2016 年 4 月 7 日。

<福岛核电站辐射量达预期 7 倍 机器人只能撑 2 小时>，《网易科技》，2017 年 2 月 4 日。

<福岛核事故：日本欠世界一个交代>，《瞭望》2017 年第 8 期。

<日本东电拟对福岛一核 2 号机组燃料碎片展开接触调查>，《环球网》，2018 年 7 月 26 日。

<人权专家：福岛核辐射威胁仍在 政府须停止回迁工作>，《联合国新闻》，2018 年 10 月 25 日。

<东电称能取出福岛核电站 2 号机组燃料碎片>，《观察者网》，2019 年 2 月 14 日。

<8 年过去了，福岛“核禁区”如今变成了这样>，《参考消息》，2019 年 2 月 26 日。

<福岛核污染土壤难以处理，日本政府称 99%可二次利用>，《环球时报》，2019 年 2 月 26 日。

<日拟移出福岛核电站 3 号机组燃料棒>，《中国科学报》，2019 年 2 月 28 日。