

序章

所有交流电源无法使用

两次海啸导致所有交流电源都无法使用后，核电站已处于失控状态。虽然利用应急蓄电池使水位计成功地恢复了工作，但人们对水位计的准确性本身已产生了怀疑。

糟了！海水涌进来了

2011年3月11日14时46分，福岛第一核电站。在同时管理着1号机组和2号机组的核反应堆中央控制室里有24名正在工作的员工，挂满整面墙的各种计量仪器滴滴答答地晃动着指针。中央控制室位于控制楼之中，1号机组和2号机组的涡轮发电机房则呈合叶状交错布设在控制楼内。其背面的内侧是1号机组和2号机组的放射性废弃物处理站，外侧则是反应堆站。这里没有一扇可以朝外开的窗户。

一段时间后，晃动停止了。警报窗的红灯闪烁，同时警铃响了。白色的灯和橙色的警示灯也如同圣诞树般闪烁起来。紧接着，火灾报警器也响了起来。

地震后，值班长伊泽郁夫（时年52岁，以下人员年龄均以当时年龄为准）来到位于1号机组、2号机组所在的中央控制室后方的值班长坐席进行指挥。基于2007年新潟县中越冲地震时曾任职于东京电力柏崎刈羽核电站中央控制室的工作经验，伊泽知道：地震之后，光是室内扬起的灰尘就足以使火灾报警器开始工作。

“重置一下看看”，一名操作员将火灾报警器重置后，报警声便停息了。看起来似乎并没有发生火灾。就位于各个控制盘前的操作员们遵从值班主任的指示，开始对1号机组和2号机组的设备状态进行确认。经确认，1、2号机组的反应堆都已经被插入了控制棒，已经启动自动停止了。

此后，由于地震所致的外部电源断绝，反应堆的控制系统断电后，柴油发电机（D/G）也随之停止了运行。“警报灯还在闪！”一个操作员说道。1、2号机组中央控制室电源盘的警报灯闪烁着，之后又随着啪啪的响声一个个相继熄灭了。只有1号机组一侧的应急灯还在亮着，警报声也听不到了。无边的寂静覆盖了一切。

3号机组和4号机组的中央控制室内因为地震后扬起的灰尘而变得白茫茫一片。摇晃停止后，值班人员开始了常规的scrum操作。不久3号机组反应堆已自动停止工作的消息也得到了证实。

当时正在进行4号机组堆心槽的更换作业。为了更换堆心槽，在上一年度的10月份就已经停止了运转，并将所有已经使用过的燃料转移到5楼的燃料池中。堆心槽的更换可谓是每30年一次的大工程，当时正值这个大工程的施工期。

接着，值班人员手动启动了3号机组的冷却装置——反应堆隔离冷却系统（RCIC）。3号机组的反应堆水位升

高，预示着压力控制室（suppression chamber，简称 S/C）的水温有上升趋势。所谓压力控制室，就是用于存放炉芯冷却系统水源的、状如大型甜甜圈的一个隧道。这期间可能需要驱动应急泵来抽取海水，但此时已经收到将有大海啸来临的警报。如果在水泵启动后海啸来临的话，会因为海水回流导致的海面下降而无法抽取海水，而一直空转的话则可能导致水泵出现故障。“目前最好不要急于启动水泵，静观其变。”值班人员这样判断道。

福岛第一核电站是由反应堆楼、涡轮发电站、控制楼、服务楼、放射性废弃物处理楼等构成的。位置分布上，涡轮发电站位于靠海一侧，反应堆楼位于靠山一侧。位于大熊町、依托大熊町海岸而建的 1 至 4 号机组，其长方体的建筑被涂成了蓝色，而位于双叶町的 5、6 号机组则被涂成了代表双叶的绿色。蓝色为海，绿色为山，契合着“与环境融为一体的核电站”这一向大众昭示的形象。4 号机组南边是废物处理大楼，那里集中了处理放射性废液的所需设施，以及焚烧固体废弃物的焚化炉。福岛第一核电站从 1 号机组到 6 号机组的总发电设备容量为 469 万 6000 千瓦。

发电站站长吉田昌郎的下属有负责运营的站长 2 人、副站长 3 人，反应堆设施的运转则由东京电力的值班员工负责。值班员是个终身职业，据说为培养出一名合格的值班员的花费高达 6000 万日元（约合人民币 394 万元）之

巨。对于核电站来说，值班员就相当于驾驶反应堆这架“飞机”的飞行员。在运转部部长的管辖下，值班员又按所负责的1~6号机组分作几个小组，各个小组又分别由正副值班长各1名、值班主任2名、值班副主任1名、主机操作员2名和候补机操作员4名、共计11人组成。这样的小组共有5个，轮班维持反应堆的24小时运转。组成这5个组的核心成员大约50~55人，隶属福岛第一核电站的东京电力员工有1100人之多，另有设备厂及负责消防、警备的合作企业的从业人员大约2000人。

地震发生时，现场共计约有5600人在场。其中东京电力的职员有750人。由于当时正值4号机组到6号机组的定期检查时期，协作企业的工作人员有不少都正在工作。

“糟糕！海水涌进来了！”去外面观察情况的操作员回到1号机组和2号机组的中央控制室后大声喊道。海啸正凶猛地侵入核电站。前去进行2号机组发电机修复工作的作业人员慌张地顺着楼梯往上爬着。地底传来了空前巨大的轰鸣声，海水从服务楼的入口一涌而入。1号机组和2号机组之间的联络门不知何故被关上了，一个人根本无法打开。两人合力将门推开后，大量涌入的海水一下漫至腰际。

海啸！这才回过神来的他们浑身湿淋淋地赶紧返回中央控制室报告情况。下午15时27分第一波海啸来袭，接

着下午 15 时 35 分左右，第二波海啸袭击了福岛第一核电站^①。

海啸吞没了设置于海拔 4 米处的应急海水泵设备，并相继冲到了 10 米、13 米……袭击了反应堆楼和涡轮发电站。前往服务楼确认电路状况的操作人员试图进入楼内，却被入口处的大门拦住了。他们试图联络警备员，却联系不上。两三分钟后，海啸袭来。海水从下方侵入进来。正当操作人员以为万事休矣时，多亏另一名有经验的操作员从外面打破玻璃，才使其逃过一劫。当他们逃离这里时，水已经漫到下巴了。

其他操作员进入服务楼后望了望，只见远处的大海波涛汹涌。此时如果跑出去，会正赶上从 4 号机组方向涌过来的海啸。水流猛烈地撞击到 4 号机组前方取水口处的一块铁板上，激起了一道高达 10 多米的水柱。大家吓得腿都软了，呆在原地无法动弹。只见远处的海边，防护堤犹如多米诺骨牌一般坍塌了下去。起重机一头扎入了水泵之中。从正下方可以听到不停嗡鸣的汽车喇叭声。

防震重要楼和各中央控制室之间的直线距离相隔数百米，通往位于核电站高台处的防震重要楼的二三十米长的

① 各事故调查委员会对于海啸第二波的时间报道如下，政府事故调查委员会“中间报告”报道称是下午 15 时 35 分，国会事故调查委员会则记载称是下午 15 时 37 分。（政府事故调查委员会“中间报告”，2011 年 1 月 26 日第 147 页）

台阶因坍塌已无法使用。水从已经破损和断裂的管道中像喷泉一样喷射而出。电视里正播放着宫城县名取市的农田遭到海啸侵袭的画面。

“(靠海一侧的)重油罐被冲走并沉没了。”此时，吉田昌郎站长就在发电站的站长室内。地震来袭时，尽管感到坐立不安，但有那么一瞬间，他仍然觉得“核电站是应该能扛得住”。之后他立即朝防震重要楼的方向飞奔而去。

局面失控

从1号机组到5号机组，所有交流电源已经全部无法使用了。紧急对策室陆续接到了来自三个中央控制室的报告。

下午15时37分，1号机组；

下午15时38分，3号机组；

下午15时41分，2号机组。

“各号机组电源均已经被损毁无法使用。”“在1号机组、2号机组以及4号机组中就连直流电源也已经全部无法使用。”所有人都鸦雀无声，那一瞬间，就连吉田站长自己也感到茫然无措。操作员们借着装有便携电池的照明灯，以及LED手电筒的亮光，取出东京电力公司制作的“事故时运转操作程序手册”读了起来。“现象基准”还是

“征兆基准”？无论哪一条，都无法关联到眼前的情形上来。说到底，这些标准都是在中央控制室的控制盘能够读取设备信息的前提下制定出来的。但现在由于中央控制室处于一片漆黑中，根本无法读取监测信息。

经验丰富的值班长和值班员仍然记得盘面的布局，什么东西在哪个位置都清楚地记在脑子里面，即使在一片黑暗当中，凭感觉就能知道在哪个位置是什么计测仪。如果用东芝的技术官员的话来说，就是“连哪里有老鼠洞都知道的一群人”。即便是这样一群人，也绝对没有想到所有的交流电源会全部无法使用。本来应急信息显示系统（SPDS）应该会运转起来的。这是一个可以在紧急对策室的大屏幕上显示数据，用以把握并监视设备状态的系统。然而，由于失去了电源，连这套系统也无法使用了。发电站对策本部除了依靠中央控制室的固定电话来掌握设备的状态，别无他法。由于断电，通过中央控制室进行的监控、发电站内的照明、通信等所有功能无一能够正常发挥作用。同时，反应堆也很难冷却，因为冷却反应堆的各个工作步骤很大程度上都得有电源作为保障才行。

15时42分，根据核电灾害对策特别措施法第10条第1项的相关规定，吉田站长将所有交流电源均无法使用这一特殊情况通报给了政府。15时50分左右，反应堆的水位计和压力计等检测数据均已无法读取。反应堆内的情况如何？堆芯冷却装置是否仍在运转？因为用以判别这些情

况的数据均无从知晓，中央控制室实际已处于失控状态。

1号机组上有个反应堆应急冷却设备的双系统紧急复水器（IC）构造系统。其工作原理是这样的：炉内产生的高温水蒸气通过紧急复水器水罐之中的螺旋弹簧状管道时被冷却，凝缩成液态水后重新回到炉内。2号机组上有台名为反应堆隔离冷却系统（RCIC）的设备，这也是一个无需使用电机、仅仅依靠蒸汽涡轮来驱使水泵运转并向反应堆内注水的系统。

不论紧急复水器还是反应堆隔离冷却系统，都是将反应堆内的蒸汽引导至存储容器外面，但紧急复水器是使用热交换器使得水蒸气转换成液态水，与此相比，反应堆隔离冷却系统则是依靠蒸汽来驱动涡轮运转，依靠涡轮运转的动力来启动水泵，从而向反应堆注水。再加上管道破裂断开，为了应对反应堆的水位下降，1、2号机组也都配备有高压注水系统（HPCI）的冷却注水循环系统。

伊泽考虑到，一旦反应堆的水位下降就可以借助这个系统。但无论是紧急复水器还是高压注水系统都必须要有直流电源才可以启动。1号机组的高压注水系统在海啸来袭之后，控制盘的状态显示灯曾经发出过微弱的亮光，但很快也熄灭了。紧急复水器则在灯灭前都未能确认其显示状况。紧急复水器到底有没有启动，是否正在发挥功能，都不得而知。

水位计

16时46分。吉田向核能安全·保安院等通报了下述情况：核能灾害对策特别措施法15条第1项的规定中所描述的特定事态（应急堆芯冷却系统无法注水）已经发生。通报的原文是这样的：“因1、2号机组的反应堆水位无法监测，注水状况不明”。9分钟后的16时55分时，又因1号机组反应堆的“水位监测已经恢复”解除了紧急事态通报，并同时通报了保安院。

然而，17时许，水位计又再次无法显示。中央控制室里，既无法检测到1、2号机组的反应堆水位，也无法确认这两个机组的紧急复水器和反应堆隔离冷却系统的运转状况（后来才知道：身处防震重要楼紧急对策室的吉田站长对中央控制室里伊泽郁夫值班长他们身处的这种处境一无所知，一直以为紧急复水器还在工作）。

向反应堆注水的情况已完全不在掌握。既看不到检测仪和信号，反应堆到底是否仍在运转也不得而知。换言之，直流电源已经被破坏掉了。

外部的交流电源和内部的紧急用内燃机交流电源，甚至包括作为“最后一道防线”的电池驱动直流电源都已经被破坏了。而发生核事故时最重要的，就是要随时对水位和压力所发生的变化进行检测。

“如果水位按照这个速度开始下降的话，1号机组将在

18时15分开始露出燃料部分。”有人报告说。吉田只是简短地回答了一句：“知道了。”

17时12分，吉田又重新向保安院发出了“第15条通报”。现场工作人员被水位计的数据搞得手忙脚乱。刚刚向发电站对策本部发去“水位检测已恢复”的报告，又不得不立即修正说“又看不见了”。每每有数据报上来，吉田都会追问：“这个数据没错吧？”得到的回答却是：“呃这个……不清楚。”无法正确计测。数据不可信。也不清楚水位的高低。

与此同时，值班人员不得不依靠应急灯来记录反应堆水位计（带宽为1500毫米~4000毫米）的水位。水位无时无刻不在下降。监测人员在水位计旁边的盘面上手动记录着监测时刻和数据，并将数据报告给对策本部。因为之前一直在用的PHS已经无法使用，防震重要楼的负责人和中央控制室的值班长用热线电话保持着联系。

19时许。中央控制室（1/2号机组）的操作员报告说：他们从反应堆楼的双重门内侧用手电筒透过门缝照进去后，发现玻璃窗里充满了朦胧的白色蒸汽。

“那是刚刚形成的蒸汽。”“是不是将反应堆的蒸汽输往涡轮发电站的主蒸汽管损坏了？”“如果主蒸汽系统损坏的话，那么在这一层楼就无法再进行作业了。”“有消息说中央控制室的外侧及至非管理区域都检测出来了辐射

线。”^①“刚刚形成的新蒸汽似乎正在泄露。”

“看来这个核电站算是完了啊！东京电力公司要完了！”听着人们七嘴八舌的这番议论，此时正在防震重要楼里的某位协作企业的工作人员脑子里闪过了这样的念头。

另一位工作人员则这样想到：“在辐射线量以每3秒0.01毫西弗的速度开始上升的情况下，人是无法离开中央控制室的，此时此刻自己的人生也就到此为止了。”想要修复包括水位计在内的计测仪器，就必须先利用电池及小型发电机来恢复电源的供应。然而福岛第一核电站完全没有配备这些供电设备。对策本部的修复班从发电站内的大型巴士上卸下蓄电池，总共五个都搬运到中央控制室（1/2号机组）了。然后，将这些蓄电池中的两个串联接入到控制盘的水位计中。

协作企业的作业人员将这个电池搬运到中央控制室。值班员手持手电筒准备读取仪表数据。“哦！有光亮了啊！”进到房间后大家都惊喜万分。他们将电池直接接在仪表控制盘背后的端子上，并开始读取仪表数据。

21时19分，修复班在时隔4小时后修复了1号机组

① 政府事故调查委员会的中间报告中记载称，在1号机组反应堆楼的双重门处发现“白色朦胧气体”是在12号上午4时左右，而发现地点则记载称“无法否定反应堆压力容器、配管、贯通部位等已经发生多处泄露导致蒸汽从D/W内逃逸的可能性。”

反应堆的水位计。他们对东京电力总公司报告称：“反应堆水位已确认，通过接入蓄电池达到 TAF+200。”也就是说，水位在距离燃料顶部往上 20 厘米处。

21 时 47 分。东京电力总公司再次得到报告称反应堆水位已得到确认。但与此同时，也传来了此时 1 号机组反应堆楼的辐射量已开始上升的消息，并得到前去巡查的福岛第一核电站东京电力公司职员的确认为。这一带被要求“禁止进入”。伴随燃料的熔毁产生了大量的氢气，使得存储容器的压力开始上升，据此推测：放射性物质已经开始泄露了。

21 时 52 分。发电站对策本部向相关政府部门报告称水位在距离燃料顶部上方 450 毫米附近，反应堆水位处于有效燃料顶端（TAF）上方位置。然而操作人员却感觉“有点儿不太对劲”。虽然他们在中央控制室的白板上记录下了上升的水位数据，但却在数据旁边又补写了一笔：“水位计不可信。”压力容器准确测定水位的前提是存储容器必须保持低温。否则温度上升后，水位计基准面的水分被蒸发，由于压差下降使得反应堆水位看起来高于实际情况也是常有的事。“由于基准面基础水位下降，使得反应堆水位的显示有可能偏高，与实际水位有误差。”有些技术人员这样认为。

操作人员们并非仅仅依靠水位计来确认注水状况。而是通过观察存储容器中已经注入了多少以及热交换率的大

小来推定水位的。即便如此，水位计无法工作所带来的不便也是非常致命的。

最奇怪的是：反应堆水位计的指示已经很长时间没有发生任何变化了。这意味着反应堆水位有可能已经低于反应堆一侧的敷设管道入口（敷设管道入口位于比有效燃料下端 BAF 更下面的位置），但当时却没有任何人提及这种可能性。不论是收到报告的核能安全保安院还是核能安全委员会，当时都对这些数据深信不疑。“真太奇怪了！”看着从保安院送来的水位计监测数据，核能安全基础机构（JNES）的阿部清治统括参事好几次歪着头陷入了沉思。对事态的进展影响最大的就是炉心的水位。

阿部从一开始就一直关注着反应堆水位的动静。12 日下午，送来了 1 号机组的反应堆水位稳定在 TAF-1600 毫米到 TAF-1800 毫米之间的数据。这意味着水位已经下降到了离燃料顶端 1.6 米至 1.8 米左右的地方。

“水位之所以会稳定，是因为燃料棒的热衰变引起沸腾所损失的水量，正好与某个系统的炉芯注水量保持平衡了吗？”“也就是说，反应堆隔离冷却系统仍然在运行中吗？”

如果炉芯水位被确保在炉芯有效长度的 55%（相当于 TAF-1600 毫米）以上，也就是说所有燃料的约 55% 仍然浸泡在水里的话，至少就不会使得锆 - 水反应变得更为剧烈。这种情况下不易产生大量氢气，也就不容易发生堆芯熔毁。然而，如果水位低于炉芯有效长度的 55% 的话，锆 -

水反应就会越发剧烈，并因这种放热反应在短时间内产生大量氢气，从而引起堆芯熔毁。

“如果水位能维持在 TAF-1700 毫米上下的话，那事态估计还不至于突然恶化吧。”“只有趁现在小睡一会儿了。”阿部回到家刚想要小睡一会儿，就因为一号机组发生的氢气爆炸而不得不又立即返回 NES。第二天，也就是 13 日 13 时 30 分左右，JNES 与保安院召开了电视会议。“像这种炉芯水位完全没有任何变动的情况，在实际的事故中是不可能发生的。水位如果真的维持在这个水平的话也不可能发展成严重事故。水位的显示数据靠不住。”会上阿部这样讲到。

当天下午 14 时 30 分，JNES 将目前为止的反应堆水位显示数据送至保安院，同时还附上了“炉芯水位数据不可信”的评语。（当天 17 时 30 分左右，核能安全·保安院的根井寿规审议官在电视发布会上发言称：“保安院完全不相信反应堆水位计的数据”。）

阿部本来是原研（前日本核能研究所，现日本核能研究开发机构）的技术人员，在保安院刚成立时被挖过来担任保安院的审议官。他的专业是“轻水反应堆的堆芯熔毁事故解析研究”，并且凭借这一课题取得了工学博士学位。然而，即便阿部确信水位计已出故障，也没想到直流电源已经处于失效的状态。

“总觉得不太对劲儿啊。”核能安全委员会也开始怀疑

起来了。但是，这也是在1号机组爆炸之后才开始的怀疑。在那之前他们仍然以为水位计的监测水位“好像是正确的”。^①这种情况就好像一辆正在飞驰着的汽车，它的速度表、导航仪、仪表盘以及前照灯等所有的仪器设备却全都突然失灵了一样。”——东京电力的相关技术人员事后这样形容说。

“就好像一辆正在飞驰的汽车，它前面的速度表、汽车导航仪、仪表盘以及前照灯，所有的仪器设备全都失灵了一样。”“路边就连街灯也没有，而且这辆车还是以每小时150千米的速度行驶在高速公路上。”

吉田在海啸警报发出后就劝说协作企业的员工们避难，并在傍晚再次指示说：“目前没有作业任务的人员请尽快避难。”人们开始分配车辆，协作企业的工作人员有

① 东京电力公司于2011年5月11日，公布了在现场对1号机组的水位计重新进行修正后的结果。据此，人们终于知道实际水位已经低到了水位计都无法进行读取的程度，在那之前所读取的数值要比实际水位高出3米以上。并且2011年10月18日，通过对紧急复水器的复水器水罐水位进行现场调查，人们也知道了冷却水大部分并没有被消耗掉，而是残留了下来。总而言之，3月11日下午9时19分被暂时修复的水位计所读取的错误水位数据被认为要大幅高于实际水位。在11日水位就已经下降并使得燃料露出，燃料的大部分已经掉落到了下面，在12日凌晨压力容器已经被破坏，据推测熔解燃料已经泄露并掉落到存储容器一侧。（奥山俊宏《采访记者的特别报告（上）对“福岛核电站事故”的发表和报道进行验证》、《Journalism》朝日新闻出版社，2012年6月）

的回自己的住所，有的则回到了自己的老家。以发电站对策本部的工作人员为中心，最后以发电站对策本部的工作人员为主留下了数百人。

不论休息日、节假日或是深夜，一旦核电站发生紧急情况，本部长（核电站站长）辖下的这 12 个班共计 406 人必须马上集中。

免震重要楼

福岛第一核电站站长吉田昌郎（56 岁），就任站长一职已经第十个月了。他毕业于东京工业大学机械物理专业，并在该大学修完核能工学硕士课程后，于 1980 年进入东京电力公司工作。据熟悉吉田的前辈说，当年虽已被日本通产省看上，但吉田最后仍然选择了东京电力公司。曾任职于福岛第一、第二、柏崎这几个核电站以及总公司核能部门的吉田在供职于福岛第二核电站期间结的婚，因此对于吉田而言，“福岛东部的浜通地区”就相当于他的第二故乡。身高 184 厘米的吉田在日本人里算个子很高的。“瘦高的绅士”——福岛第一核电站事故发生后，美国核能管理委员会（NRC）为增援日本而委派来的日本支援部长查尔斯·卡斯特对吉田的第一印象也源于他的身材。这之后卡斯特注意到的，则是吉田手里拿着的监测器，也就是后来出事的那个水位计。