



洗浴中心和热水供应设施中军团菌的防控措施

~使用ATP检测(液体检测法及涂抹检测)进行清洁度评估的现场事例~

株式会社関東保全サービス 董事长/レジオネラ対策センター 代表 堀井 孝志

注:下文将株式会社関東保全サービス译为Kanto Hozen Service Co.,Ltd.;
将レジオネラ対策センター译为军团菌防控对策研究中心

本文是根据2018年8月2日龟甲万百欧凯米发株式会社于东京中央区日本桥社会教育会馆里举行的第119期Lumitester研讨会上,Kanto Hozen Service Co.,Ltd.董事长堀井孝志先生特别演讲整理所得。

堀井先生在1981年成立Kanto Hozen Service Co.,Ltd.,并于2001年开始投身于洗浴中心内军团菌的防控措施研究。2009年成立军团菌防控对策研究中心,并担任其代表。目前,堀井先生正在开展军团菌防控措施的相关培训,指导洗浴中心从业人员制作卫生管理指南等各项活动。

1 军团菌和军团菌病的基本知识

(1) 什么是军团菌

军团菌是一种栖息于土壤、河流和湖泊等自然环境中的环境细菌,它能与自然界中的多种细菌平衡共存,特别是能在浴池水和冷却水塔等封闭水域中快速增殖。军团菌的最适繁殖温度为36°C左右,即使在55°C的热水中也能存活数十分钟至数小时。军团菌不能自行生长,却拥有着“细胞内寄生性”,可以被变形虫吞食后在其体内繁殖(一只变形虫体内含有1,000~2,000个军团菌)。

(2) 什么是军团菌病

① 主要症状

军团菌病是一种被定义为第四类传染病的呼吸道疾病,严重时可能会致命。临床症状包括军团菌肺炎(肺炎型)和庞蒂亚克热(非肺炎型)。

肺炎型的主要症状有畏寒、高烧、头痛、全身乏力和肌肉疼痛等。呼吸道症状体现为咳嗽、痰少而黏、腹泻、胸痛和呼吸困难等症状。严重的患者可能伴有腹痛、水性腹泻、意识障碍和行走困难。潜伏期为2~10天(平均4~5天),且有可能会留下后遗症。

非肺炎型会出现类似流感的发热症状。潜伏期为1~2天(平均38小时),具有一定免疫力且暴露量低的患者在发热数日后便可自愈。

② 历史背景

1976年,美国费城退伍军人大会(Legion)的与会人员引起了该疾病的大规模爆发(患者221人,死亡病例34例,均为肺炎

型病症)。此病也因此得名为“退伍军人病”(legionnaires' disease)。经查明,该疾病的病原菌为嗜肺军团菌(Legionella pneumophilla)。随后,在密歇根州的庞蒂亚克卫生局爆发了类似流感的发热性疾病,于是将此症状命名为“庞蒂亚克热”。

1980年,日本长崎医科大学从死于重症肺炎的患者体内分离出了军团菌。经调查,该病例的感染源是冷却水塔。

③ 上报情况

诊察过军团菌病患者的医生有义务向卫生部门上报情况。2017年总计上报了1,722宗病例(比2016年增长了30%)。

既然洗浴中心及物业的管理者对军团菌的了解不断加深,管理技术也不断提高,但为何病例的上报数量仍不断增加呢?笔者认为原因在于人们为了享有舒适生活和节约水资源,能产生悬浮微粒(含有水分的细小颗粒)的设施(冷却塔、加湿器、按摩浴缸、喷泉及其他水景设施)以及使用循环水的洗浴中心逐渐增加,从而增加了感染军团菌病的几率。另外,去洗浴中心的老年人(抵抗力较低的人群)的增加、军团菌检测技术的进步(检测灵敏度的提高等)等因素也会影响军团菌病的上报数量。

(3) 军团菌防控对策的现状与课题

① 必须进行军团菌病相关的风险教育

军团菌的防控措施还未在整个洗浴行业中充分推广。其中一点原因就是“人们尚未充分了解军团菌的相关风险”。

一旦爆发军团菌病,洗浴中心的管理者将承受巨大的损失。回顾过往在洗浴中心中出现军团菌病感染者的案例,其中一宗案例里中心的负责人被追究了刑事责任,另外一宗案例里负责人被处以3,500万日元的民事赔偿。

军团菌病的风险教育将会是今后的一项课题。

② 行政文件未能充分反映现场的实际情况

2015年3月31日，厚生劳动省健康局生活卫生科发布了《循环式浴缸中军团菌防控手册》。手册中记载了氯化消毒法的相关说明，并为卫生部门对洗浴中心进行指导时提供了依据。但是不得不说，手册中某些部分存在“没有基于现场的充分验证”或“没有与现场工作情况相一致”的漏洞。这可能是军团菌防控措施推进情况不理想的原因之一。

③ 选择相关服务时应注重“效果”而非“价格”

军团菌防控有多种材料、技术和服务可以选择。但许多洗浴中心在选择防控措施时的判断标准通常都是“价格的高低”而不是“是否有效果”。

洗浴中心可以向军团菌防控对策研究中心提出“我们在设施中检测到军团菌，希望防控中心帮忙进行调查并采取防控措施”的申请。我们专注于“找出军团菌产生的根本原因，并采取有效的解决措施”。因为仅仅从表面上解决问题只会导致类似的问题再次发生，所以我们希望洗浴中心管理者能够以“选择一种有效的解决措施来消除军团菌产生的根本原因”这种态度来面对军团菌的防控措施。

2 循环式浴池中军团菌防控的基本思路

(1) 洗浴中心内军团菌的传播途径

我们认为洗浴中心内军团菌的传播途径是：含有军团菌的悬浮微粒在水中漂浮，然后被吸收到洗浴者体内。换句话说，“防止悬浮微粒的产生”是一种有效的预防措施。另一方面，为了提升客人的洗浴体验，最近的洗浴中心都配备了各种气雾生成设备（喷射式浴缸、按摩浴缸等）。

综合考虑以上情况，采取措施防止军团菌的繁殖尤为重要。本文开头提到过“军团菌无法自行繁殖”，“被变形虫胞吞后，可在其体内增殖”。也就是说，“保持细菌无法繁殖，变形虫无法生存的环境”是防止军团菌繁殖的有效措施。

(2) 循环式浴池的基本结构

循环式浴池的基本结构是，池水从浴池底部吸入后经过毛发收集器、过滤器，加热器，最后从浴池侧面重新注入浴池（图1）。有些浴池还会从侧面吸入池水，然后从侧面或上方将水重新注入。但是，务必注意的一点是，从浴池上方重新注入池水会增加悬浮微粒产生的可能性。因此，我们必须根据设备的结构清楚掌握军团菌污染风险的源头在哪里。

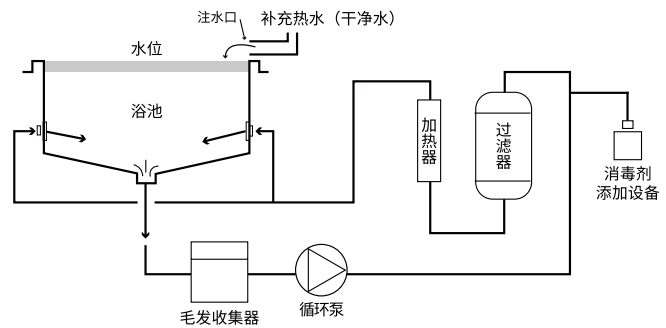


图1 循环式浴池的结构(摘自厚生劳动省主页)



图2 洗浴者所带入的主要污垢

(3) 洗浴中心内的污垢

将污垢带入浴池的就是洗浴者。洗浴者所带入的主要污垢除了98%的水分，还有氨、脂肪、皮脂、盐和铁元素等物质。氨可以中和水中的氯，影响沐浴设施中氯化消毒的效果。据说每个洗浴者身上所携带的脂类约为500mg，而脂肪和皮脂都是细菌繁殖所需的营养成分（图2）。此外还需注意的是汗液和其他物质中所含的铁元素。铁元素是军团菌赖以生存不可缺少的物质。

(4) “静止水域”需特别注意

在循环式浴池的卫生管理中，必须管理好容易积聚污垢的地方。当循环设备停止运作时，循环水停留的地方（静止水域）滋生细菌并形成生物膜的可能性便会增加。此外，如果静止水域中产生了污垢或生物膜，就会降低氯化消毒的效果。当循环设备重新运作时，生物膜可能会因循环水流的冲击而被剥离。

例如，池水经常停滞在连接两个浴池之间的管道，最好把管道改造成能完全排出池水的结构（不会出现静止水域）。

(5) 消毒前先进行“清洗”以去除污垢

如图3所示，脂类和有机物等污垢会积聚在过滤砂中，然后再在表面产生一层生物膜，这就是过滤器中污垢的状态。

目前，日本政府要求“每周使用一次高浓度的含氯消毒

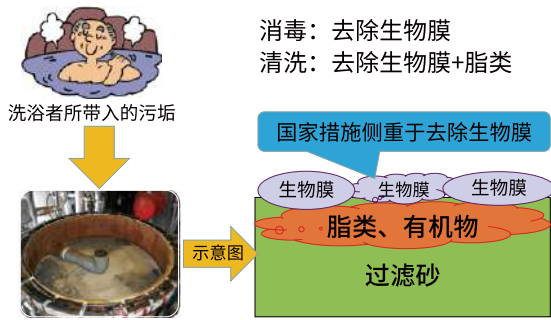
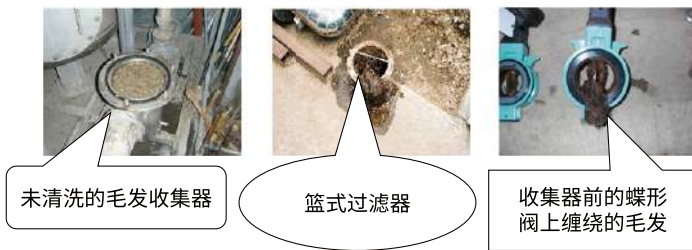


图3 即使去除了生物膜，只要仍然残留着脂类和有机物，生物膜就会重新产生(示意图)。因此除消毒外还要通过清洗去除脂类和有机物，这也是军团菌防控措施的重点。



照片1 浴池以外其他容易积聚污垢的地方

检测场所		家庭数	样本数	LAMP法	培养法
水龙头	厨房	10	14	4	1
	浴室	11	12	1	0
	洗面池	7	12	6	1
	庭院的水龙头	1	2	0	0
其他	花洒	7	8	2	0
	浴缸入水口	12	17	8	1
	座便器水箱	6	7	3	0
	座便座	1	2	0	0
合计		55	74	24	3

摘自厚生劳动科学研究补助金(健康安全与危机管理对策综合研究项目)“自来水水质评价与管理的综合研究”组的相关资料

表1 家庭供水系统中军团菌的检测情况

医疗机构	样本数	LAMP法	培养法(%)	游离残留氯的浓度	异养菌总数
A	15	9	10 (67%)	0.05	260.2
B	15	1	4 (27%)	0.23	161.3
C	16	15	6 (37.5%)	0.09	708.1

表2 医疗机构供水系统中军团菌的污染实况

液和过氧化氢进行消毒，以去除生物膜”。但是，即使去除了生物膜，只要仍然残留着脂类和有机物等污垢，生物膜就会重新产生(以污垢为养分)。尽管许多洗浴中心的管理者都能认识到去除生物膜的重要性，但也有不少相关人士会混淆“清洗”和“消毒”的意思。

“消毒”说到底也只不过是一种去除生物膜的方法而已。在此之前，通过“清洗”去除脂类和生物膜(要从根源清除导致生物膜产生的原因)是军团菌防控的重要措施。然而，目前行政和书面指导中仍然缺乏这种认识。

(6) 浴池外其他地方的军团菌防控措施

① 毛发收集器

除了浴池，容易积聚污垢的地方(即军团菌增殖速度较快的区域)还包括未清洗的毛发收集器、篮式过滤器和收集器前面的蝶形阀(缠绕在阀体上的毛发等(照片1))。首先，通过“清洗”去除这些地方的污垢，是军团菌防控措施的基础。

② 热水供应处

即使在水温约 60°C 的静止水域中，军团菌也会被变形虫捕获并寄生在其体内(虽然高温能杀灭军团菌，但寄生在变形虫体内的军团菌会随变形虫一同进入休眠)。表1 是家庭的自来水中军团菌污染状况调查的部分结果。结果显示，即便是经过氯化消毒的自来水中也发现了军团菌。表2 则是医疗机构中的调查结果。可以看出医疗机构中军团菌的感染风险比家庭更高。应该是“医疗机构的水管比家庭的更长”或“医疗机构中氯的浓度较低”等因素造成的。

③ 热水储存池、供水管道

《建筑卫生法》规定“热水储存池必须每年清洗一次”。由于热水储存池为密封结构，需要配备安全装置“膨胀管”以防水量膨胀。当热水温度下降时，膨胀管中的水会收缩并回流到热水储存池中。因此，如果膨胀管中的水受军团菌污染，该污染可能会流入热水储存池，再通过供水系统进一步扩散。

还有一点需注意的是几乎所有洗浴中心内的膨胀管和供水管都是铁制的。如上所述，铁元素是军团菌赖以生存不可缺少的物质。彻底清除管道和设备上的锈斑是军团菌防控的有效措施。在寻找军团菌的来源时，建议以“产生铁元素的地方(生锈的地方)”这一角度来勘察现场。

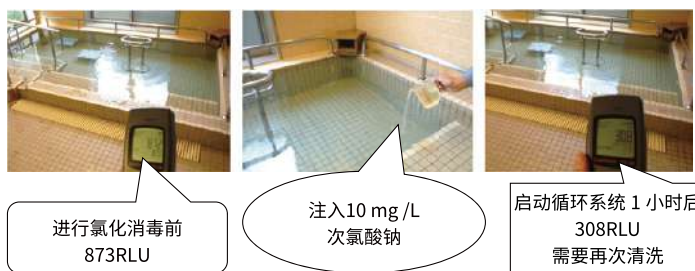
3 循环式浴池中 ATP 荧光检测的有效运用

(1) ATP 荧光检测的引进情况

军团菌防控对策研究中心与温泉、温泉酒店、运动场所、高尔夫球场、老年保健机构、社会福利机构、循环设备清洁公司、储水池及供水设备清洁公司、空调设备管理公司合作，致力推进军团菌的防控措施。这时，我们便积极地将 ATP 荧光检测运用到污染状况调查等方面(参照附件)。

ATP 荧光检测包括涂抹检测和液体检测(以下称“水中法”)，政府分别为其制定了推荐基准值。但目前也出现了涂抹检测(推荐基准值:1,000RLU)和水中法(推荐基准值:25RLU)被混淆的情况。涂抹检测与水中法的根本目的各不相同。涂抹检测是为了确认浴池和洗浴中心的清洁情况。而水中法则是为了确认浴池池水的卫生情况(即消毒效果)。

若是采用军团菌检测(培养法)，从委托相关机构到获得检测结果大约要耗费两周时间。而采用 ATP 荧光检测(水中法)可以当场看出清洁情况



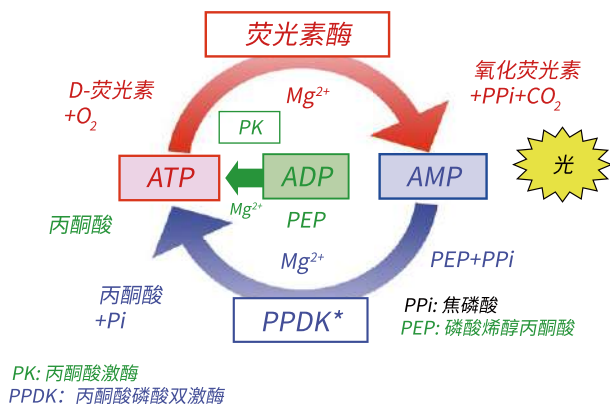
照片2 用ATP荧光检测(水中法)验证高浓度氯化消毒的效果

(尽管不能检测出是否存在军团菌)。如果 ATP 荧光检测的结果偏离基准值,就可以立即调查污染原因或要求重新清洗。

(2) 验证消毒效果的 ATP 荧光检测(水中法)

水中法是 2010 年,地方保健综合推进项目“卫生部门军团菌防控措施中,实际应用便捷的检测方法及推进自主管理相关研究”中采用的方法。这项研究对水中法的 ATP 检测值(RLU 值*)与军团菌的关系进行了调查和验证,然后将“水中法检测值低于 25RLU”设定为洗浴中心的推荐基准值。

【附件】同时检测 ATP、AMP、ADP(A3 法)



ATP 荧光检测(以下简称 ATP 检测)是一种能快速检测残留在环境表面上的有机来源污染物的检测方法,收录于食品卫生检测指南(微生物篇,2015 年)。

龟甲万百欧凯米发株式会社的 ATP 检测试剂棒“LuciPac A3 Surface”和“LuciPac A3 Water”能同时检测 ATP(三磷酸腺苷)、ADP(二磷酸腺苷)和 AMP(一磷酸腺苷) (“LuciPac A3 Surface”是涂抹检测用的试剂棒,“LuciPac A3 Water”是液体检测用的试剂棒)。

龟甲万百欧凯米发株式会社将同时检测 ATP、AMP 和 ADP 的方法称为“A3 法”。传统的 ATP 检测只能检测 ATP,而 A3 法却能完成较传统方法灵敏度更高的检测。如上图所示,A3 法的原理就是使用了将 AMP 转换为 ATP 的酶(PPDK,丙酮酸磷酸双激酶)和将 ADP 转换为 ATP 的酶(PK,丙酮酸激酶)。

照片 2 是某洗浴中心进行 ATP 荧光检测（水中法）的结果。氯化消毒前检测结果为 872RLU，注入次氯酸钠(10mg/L)并启动循环系统 1 小时后，检测结果降至 308RLU。由于检测结果仍然超过推荐基准值 (25RLU)，所以又对该洗浴中心进行了内部调查，结果发现过滤器中残留着脂类和有机物。随后我们也向该中心负责人解释，“不除掉过滤器中的脂类和有机物，就会降低消毒效果，会重新生成生物膜”、“彻底清洁去除脂类和有机物十分重要”。

※ RLU=Relative Light Unit (表示相对发光量的强度，是 ATP 荧光检测特有单位)

(3) 验证清洁效果的 ATP 荧光检测

《循环式浴池军团菌病防控手册》指出，进行 ATP 荧光检测时将管理目标设定在 1,000RLU 以内，可以作为确认浴池清洁和消毒效果的一种方法。但需要补充一点，1,000RLU 并不是充分依据现场验证数据而得出的数值。虽然 ATP 荧光检测在有效防止生物膜产生的作用上毋庸置疑，但政府文件单纯指出“涂抹检测有效”、“基准值为 1,000RLU”，确实会引起相关人士对水中法的有效性及其基准值 (25RLU) 提出否定或质疑意见 (参考上文 1 (1) ②中“行政文件未充分反映现场的实际情况”)。

【水中法与涂抹检测法的事例】

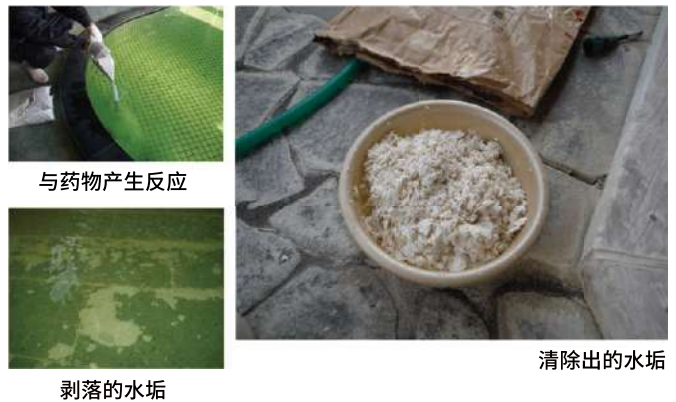
某个使用桧木浴池的洗浴中心委托军团菌防控对策研究中心调查军团菌的产生源头。水中法的检测结果为 12RLU，相对于推荐基准值(25RLU)而言的确是合格的。但是，氯化消毒会使桧木变质，从而成为细菌的栖息地。因此，我们对浴池进行涂抹检测时，结果竟高达 212,796RLU (照片 3)。考虑到日后的安全风险，该洗浴中心决定不再使用桧木作为浴池的材质。

(4) 清除水垢也是防控军团菌的重要举措

某洗浴中心（水源为井水）两个月内就发生了四起军团菌病病例，于是委托军团菌防控对策研究中心进行原因调查。在调查过程中，工作人员推测起因是水垢，于是对设施中的水垢进行清洗，结果在现场清理出了大量的水垢 (照片 4)。由于氯化消毒很难深入水垢内部，容易在此造成细菌滋生。而且，水垢还会引起管道堵塞，降低换热器的效率及过滤器的过滤能力，因此要经常维护设备以防止水垢积聚。



照片 3 桧木浴池污染情况调查事例



照片 4 水垢内部积聚了污染物，要经常维护设备以防止水垢积聚

水垢中含有有机污染物。酸化溶解水垢后再对池水进行 ATP 荧光检测(水中法)，结果如表 3 所示。放入药物前，A 浴池池水检测值为 3RLU，放入溶解水垢的药物后，检测值变成 234RLU。对浴池进行清洗后重新检测，检测值又降至 21RLU。

(5) 对天然温泉进行 ATP 荧光检测(例)

表 4 为温泉区内共享碱性温泉源头的 7 个设施(A~G)中 ATP 荧光检测(水中法)的调查结果，对各个温泉设施中的温泉水进行调查，是为了了解连接源头泉水池与浴池间水管内的污染情况。通过 ATP 荧光检测(水中法)检测各个设施的源头温泉水和浴池水，再根据两者检测结果的差异推断出污染情况。

调查结果表明，各温泉设施的水源和水管受污染程度甚少。另外，根据调查结果还能得出以下结论：露天温泉即使没有人使用，也会受到外在因素的影响；进行最低限度的氯化消毒也能产生效果；氯化消毒即使在有循环设备的碱

	A浴池		B浴池	
	pH值	RLU值	pH值	RLU值
放入药物前	8.2	3	8.2	31
放入药物 15分钟后	3.7	234	3.7	213
放入药物 30分钟后	4.7	181	4.6	342
清洗两次后	8.3	21	8.3	9

表3 水垢溶解后的RLU值,放入药物后(水垢溶解后)RLU值上升,说明水垢中积聚了有机污染物。

设施名称	室内温泉 (RLU值)	是否进行过消毒	露天温泉 (RLU值)	是否进行过消毒
A	57 (30)	否	180 (30)	否
B	3 (17)	氯化消毒	1 (11)	氯化消毒
C	27 (21)	否	※1001 (21)	否
D	335 (注)	否	68	否
E	6	否	270	否
F	9 (4)	氯胺消毒	25 (4)	氯胺消毒
G	95 (25)	否	214	否

- ◆ 检测条件: 在旅客一大早泡完温泉后的AM9:30~10:30内进行检测。温泉源头有10个,每个温泉设施共用其中2~4个源头
- ◆ 括号内为源头温泉水的RLU值
- ◆ ※C设施的露天温泉为半露天,推测检测数值较高是因为早上下完暴雨后屋顶上的污垢随雨水流入温泉所致
- ◆ (注)D设施的室内温泉配有加热循环水管

表4 天然温泉的污染情况调查(例)



照片5 PC法中使用的三种试剂。
只要配备循环系统,无需任何特殊技术便能有效清洗浴池

性天然温泉中也能轻易达到消毒效果;即便天然温泉浴池池水的RLU值升高(与循环式浴池水相比),只要持续供应热水,RLU值就会下降。

C设施的露天温泉的检测值高达1,001RLU,推测是早上下完暴雨后屋顶上的污垢随雨水流入温泉所致。

4 参考:过碳酸钠清洗法

最后,为大家介绍一种由笔者开发的浴池循环设备清洗方法——清洗中使用了过碳酸钠,下称“PC法”。过碳酸钠是碳酸钠和过氧化氢的混合物,被广泛用作漂白剂、消毒剂和除臭剂,同时也作为清洁剂的原料被用来溶解油脂,制作肥皂水。在战后亦被应用于纺织和印染工业。

政府方针中只提及了氯化消毒和过氧化氢消毒,没有提及过碳酸钠。但笔者40多年来一直使用过碳酸钠清洗厨房设备中的油污和浴池的循环设

备,而且其清洗效果已得到了认可。最近,一部分县、市的法规已批准使用过碳酸钠来进行消毒。

PC法只需使用A试剂(酸性,溶解钙质),B试剂(碱性,溶解脂质)和C试剂(中和剂,中和活性氧)三种类型的试剂,即可同时进行酸性和碱性清洗(照片5,照片6)。进行PC法无需特殊的知识和技能,因此一些洗浴中心会将每年进行一次PC法作为自主管理的项目。

下面介绍PC法的清洗步骤。(照片7)列举了一个用ATP荧光检测(水中法)验证过碳酸钠清洗效果的事例,以供参考。

步骤①酸性清洗

首先,加入试剂A,使钙质溶解。如果水中含有钙质,钙质就会溶解在水中,使池水呈现出绿色。

PC法的基础是“去除生物膜的产生根源”。首先,循环式浴池中的污染以钙垢作为“立足点”聚集脂类和有机物,然后细菌吸收脂类和有机物的养分后开始繁殖,最后在浴池表面形成生物膜。只要去除“立足点”钙垢,细菌便难以繁殖,从而减慢生物膜的形成速度。



照片 6-1 PC 法的步骤：①酸性清洗



照片 6-2 PC 法的步骤：②碱性清洗



照片 6-3 PC 法的步骤：③中和



照片 6-4 PC 法的步骤：④水洗~消毒

步骤②碱性清洗

接下来放入 B 试剂。在过碳酸钠作用下，溶解的脂类会反应为泡状肥皂水。而当含有铁元素的汗液等物质存在时，铁元素便会与过碳酸钠发生反应，呈现出褐色。

步骤③中和

在水中放入 C 试剂来中和反应产生的过氧化氢。

步骤④水洗~消毒

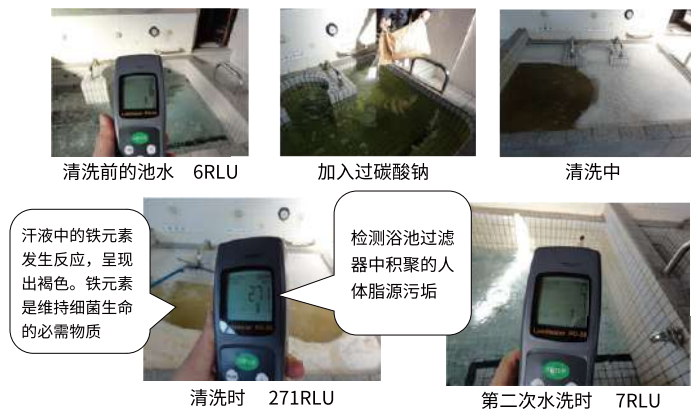
最后，经过排水、水洗、氯化消毒、消毒后的二次水洗等一系列工作，浴池的清洗工作就完成了。

结语

政府方针中虽然指出氯化消毒是循环式浴池的军团菌防控措施，但大家不能因为确认过水中的含氯浓度就抱有“氯化消毒一定有效”的侥幸心理。消毒说到底只不过是去除生物膜的一种手段。若是由于清洗不充分导致脂类和有机物等污垢的残留，那么无论消毒多少次，生物膜都会（以污垢为营养物）重新产生。关键是要通过清洗彻底清除污垢。希望大家能充分理解“清洗是为了去除脂类和有机物等污垢”、“消毒是为了去除生物膜”这两项工作的目的区别，在此基础上认识到“生物膜难以在缺乏脂类和有机物的条件下产生”。

此外，铁元素对于军团菌的繁殖至关重要。清除储水池或供水管道中的铁元素，即去除铁锈，同样也是管理的重点。

ATP 荧光检测是确认清洗和消毒效果的有效工具，我们期待 ATP 荧光检测能对日常的自主卫生管理作出更大的贡献。同时希望洗浴中心的相关人士与政府及相关行业人员携手，共同建立自主卫生管理体制，届时我们将会全力支援这项倡议。



照片 7 浴池循环设备进行过碳酸钠清洗后的清洁度评估(例)

kikkoman

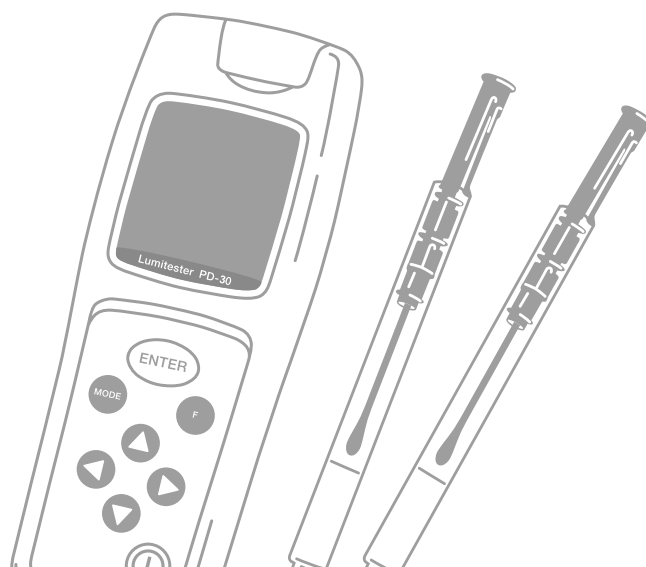
**龟甲万百欧凯米发株式会社
(Kikkoman Biochemifa Company)**

地址:日本东京都港区西新桥2-1-1

Tel: +81-3-5521-5481 Fax: +81-3-5521-5498

E-mail: biochemifa@mail.kikkoman.co.jp

URL: <https://biochemifa.kikkoman.co.jp/c/>



富士胶片和光(广州)贸易有限公司

广州市越秀区先烈中路69号东山广场30楼
3002-3003室

北京 Tel: 010 64136388/13611333218

上海 Tel: 021 62884751

广州 Tel: 020 87326381

香港 Tel: 852 27999019

询价: wkgz.info@fujifilm.com

官网: labchem.fujifilm-wako.com.cn

官方微信



目录价查询



- 1) 本资料是由Kikkoman中国代理商富士胶片和光制作
- 2) 本资料所刊载的内容和数据,皆来自生产商Kikkoman