

毛巾纤维里发现附着的菌的聚集（生物膜）

－ 确定了毛巾上会形成特有菌群 －

花王株式会社(社长：长谷部佳宏)安全科学研究所、家庭用品研究所对家庭使用的毛巾的调查发现，使用半年的毛巾，其平织部分会形成菌的聚集（生物膜）。构成这种生物膜的菌，其种类不同于手指等人体肌肤上的常在菌群，它是由包含了与植物根部附近存在的菌相同的特殊菌群^{※1}形成的。这类菌较难通过洗涤去除，是造成毛巾泛黄等的主要原因。

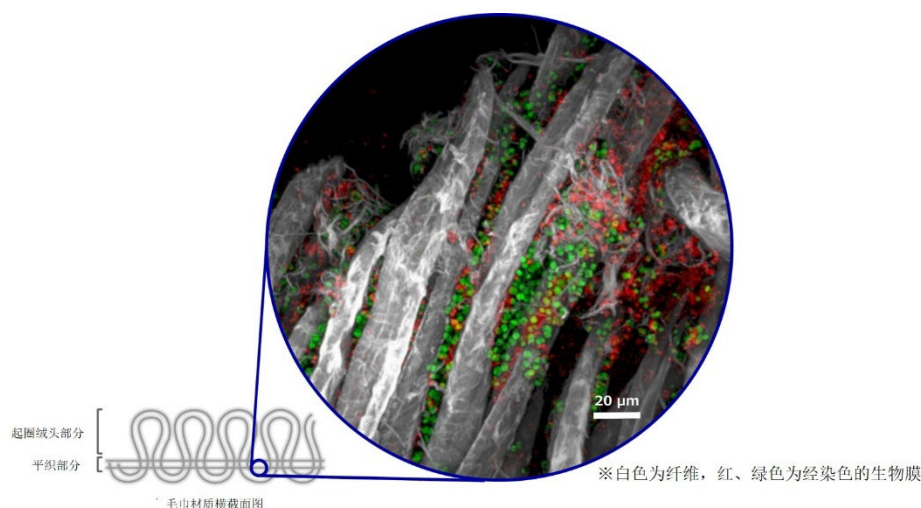


图1. 显微镜下观察到的毛巾的构造及微生物的聚集（生物膜）

该研究中的部分内容，已经在第16届日本基因组微生物学会（2022年3月2～4日于东京召开）上发表，研究成果将应用于开发新的衣物清洗技术。

※1 一定的范围内存在的所有细菌的集合

■背景

纤维中残留了增殖的菌及其代谢产物是造成常用纤维制品产生异味、泛黄等的原因之一。花王集团一直致力于针对T恤等部分衣物纤维中存在菌的相关研究。

为防止纤维制品异味和泛黄，花王持续研究如何通过洗涤来切实的控制纤维中的菌。由于纤维制品因其材质和织造、编织方法的不同，附着的菌种也不同，随之应对方法和问题点也不尽相同，花王着眼于洗手、洁面、漱口、入浴等日常生活的实际卫生行为中使用的毛巾，对其展开研究。

毛巾有着手感蓬松厚实的独特构造。日常生活中毛巾产生异味及泛黄等屡见不鲜，而目前缺乏对这类毛巾附着菌的相关研究。我们针对在毛巾表面如何附着菌，并会引起怎样的问题进行了调查研究。

■新毛巾以正常方式使用半年

本次调查是针对 24 个家庭，向其发放全新毛巾并要求他们以正常方式反复使用和洗涤，每两个月确认一次毛巾的变化。结果发现毛巾的颜色明显泛黄（图 2）。

菌在某些表面附着后会形成聚集（生物膜），在此过程中菌会把多糖和蛋白质及 DNA 等物质排出菌体外。

考虑到这些毛巾是因附着细菌形成的生物膜而泛黄，我们持续调查并记录了毛巾上的生物膜构成及其变化。结果发现，除了构成生物膜本身的菌数之外，多糖、蛋白质和 DNA 这些成分的数量也随时间推移而有所增加。



图2 反复使用和洗涤的毛巾

■ 显微镜下观察毛巾纤维

毛巾具有平织棉线和起圈棉线立体重叠的编织构造，起圈的绒头部分能让人享受到蓬松触感。我们用显微镜仔细观察菌如何在（上述实验所用的）毛巾纤维上形成附着的生物膜，意外地发现菌并没有附着在看上去最容易沾染的毛巾表面的起圈绒头部分，而拨开起圈绒头查看深部的平织部分，却观察到了纤维之间聚集着大量的菌（图 1）。这些菌的数量自第 2 个月至第 6 个月，随毛巾使用时间推移而不断增加（图 3）。

在这个位置形成生物膜有多种可能的原因，其中一个原因是，毛巾表面（起圈绒头部分）的棉线容易移动，且此部位也是洗涤剂更加容易接触到的部位，故菌不易附着在此处，而多附着于不易移动且易残留水分的平织部分。

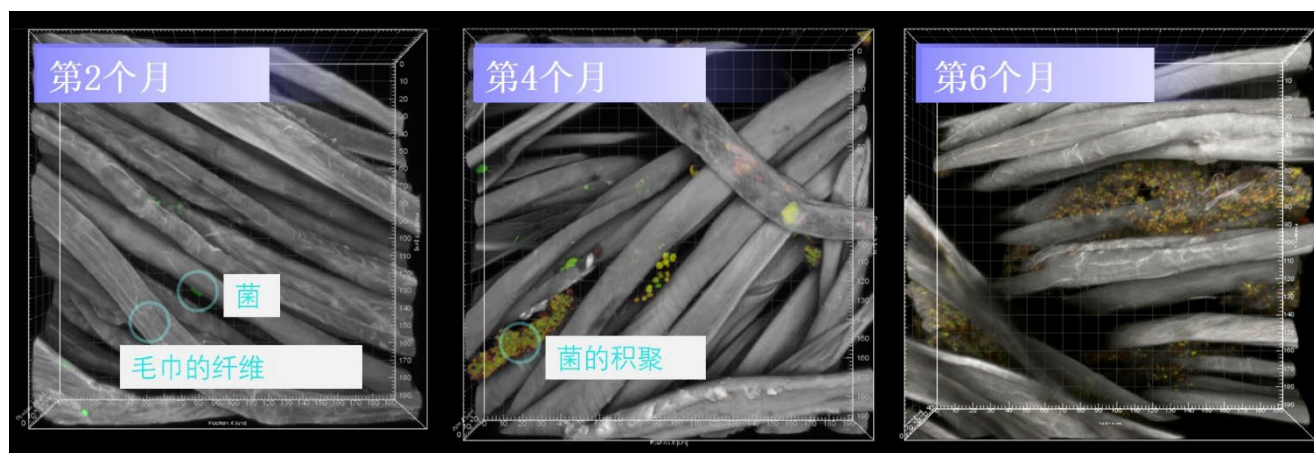


图3. 显微镜下纤维缝隙中随时间推移而产生的细菌积聚

■ 毛巾上形成的生物膜中存在的细菌的真容

花王进对毛巾上形成的生物膜中究竟存在怎样的细菌进行了深入的研究。通过提取毛巾上的 DNA，并运用 16s 宏基因组分析（该方法可知菌种及其构成比例的方法）进行分析发现，常被认为是产生阴干衣物特有的异味的莫拉菌属（*Moraxella*）的细菌高频出现，而皮肤上多见的葡萄球菌属（*Staphylococcus*）细菌几乎没有被观察到。

有趣的是，尤其是在生物膜量较多的毛巾上频繁发现以往很少报告的诸如短波单胞菌属（*Brevundimonas*）细菌及奥雷单胞菌属（*Aureimonas*）细菌（图 4）。通过整理生物膜含有的菌群中奥雷单胞菌属细菌的比例（存在比例）和作为生物膜构成成分的多糖的数量之间的关系后，发现奥雷单胞菌存在数量越多，多糖的含量也越多（图 4 左），这些菌构成了生物膜。并且，奥雷单胞菌比例越高的毛巾，与全新毛巾相比洁白度的变化值（相对泛黄程度）也有更高的倾向（图 4 右）。

根据上述研究结果可知，毛巾上除了有从人体肌肤沾染的菌之外，由于棉线不易翻动的构造和残留水分的环境，也筛选出了适合生存其中的细菌。短波单胞菌属细菌及奥雷单胞菌属细菌是属于变形菌纲（*Alphaproteobacteria*）的细菌，已知其多存在于植物的根部表面。这类细菌可能像附着在植物根部一样，顽固附着在以来自于植物的棉为材质的毛巾纤维上。

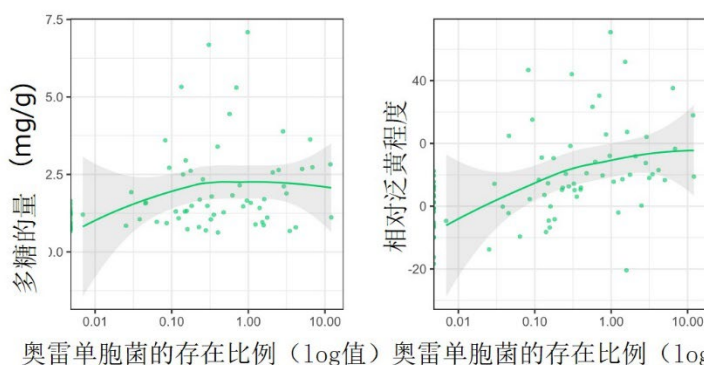


图4. 奥雷单胞菌的存在比例与多糖的量（左）及与相对泛黄程度（右）的关联性

■ 总结

以毛巾为例，花王调查了怎样的细菌会附着在蓬松的棉线上形成生物膜。这一研究结果揭示了毛巾深部的平织部分的棉线间隙中菌的聚集，其中不单有来源于肌肤的细菌，还残留有适应如毛巾这样的纤维构造的细菌，后者与毛巾的泛黄具有关联性。

由此可知，对于用洗衣机一起洗涤的纤维制品，根据其构造和使用方法不同，其附着的细菌以及产生的问题也是多样的。今后，花王还将针对不同种类纤维制品中生物膜形成情况持续研究，从而推进能够解决这些问题的洗涤技术的开发。

（完）