

精细气泡评审平台

中文译稿 · 文字层乱码修复版

Fine Bubble Technology: 标准化、认证与评价方法资料汇编 (共 93 页)

项目	内容
源文件	精细气泡评审平台.pdf (93 页, 约 38 MB)
原文件生成	Aspose.Words for .NET 21.5.0 / 2023-08-05
本稿依据	逐页修复文字层后的原文 + 页内已有中文, 重新译为规范中文
处理页数	第 1-93 页全部核对; 其中 1、82 页为纯图片页

一、文件说明与乱码诊断

1.1 这份 PDF 是什么

该 PDF 不是一篇单一文献，而是一份围绕“精细气泡（Fine Bubble，日文资料中也称微细气泡 / 超微细气泡）标准化与评审 / 认证”的资料汇编，至少由四组来源拼合而成：

- 第 2–13 页：APEC 研讨会论文《以标准化与认证作为 FBT 的技术平台》（Standardization and certification as technical platform of FBT），并附日本精细气泡产业协会（FBIA）的认证标识体系（FB Mark）说明；
- 第 14–20 页：FBIA 2018 年报告（Akira Yabe，产总研 AIST）——超细气泡商业化现状与科学进展；
- 第 21–57 页：ISO/TC 281《精细气泡技术》标准讲解稿（术语、分类、物理特性、采样与样品制备、储存运输、超细气泡与微气泡的评价方法）；
- 第 58–93 页：APEC 项目“精细气泡测试与合规性评估能力建设”资料，含实验室间比对方案、越南 / 印尼 / 美国（夏威夷）大麦种子发芽试验，以及智利、中国、印度尼西亚、韩国的应用案例。

1.2 乱码是怎么产生的（技术诊断）

原文 PDF 的可见图形是正常的，但“文字层”（可复制、可搜索的文本）整体错乱：英文字母被替换成另一批字符，例如本应是 Standardization and certification 的地方，复制出来是“6WDQGDUGLJDWLRQ DQG FHUWLILFDWLRQ”。

逐字比对后确认，这不是简单的编码标错，而是 PDF 内嵌字体子集（subset font）把“字形编号（glyph id）”当作“字符编码”写进了文本层：

- 对 Arial / Times 一类字体，原始字形表中字母 S 的编号为 0x36，而字符 S 的编码是 0x53，两者正好相差 29（0x1D）。于是整段英文表现为“每个字母位移 -29”，即常见的“+29 乱码”；数字、标点另有位移方向。
- Calibri、Cambria、世纪哥特、YuGothic 等字体的字形顺序不同，位移量不再是 29，而是各自一套替换关系；个别字符甚至被拆成两个字符。
- 另有若干页（第 3–13、58–73 页部分字体）使用了一整套“拉丁扩展字符（Ä Ğ š ð † ...）”替换，例如 ZĞÖš€đÄ†šŽŸ 实际是 Registration。

- 文档本身还是“半机翻”产物：页内已有的中文是机器翻译，且数字、单位被同一套位移破坏（如“OMON年N月N日”实为“2021年1月19日”，“泽塔潜力”即 Zeta 电位）。

1.3 本稿做了什么

- 逆向重建了各字体的“编码 → 真实字符”映射表，按页、按字体逐段还原英文原文；
- 把还原出的英文（以及页内已有中文）重新译为规范中文，纠正原机翻的错误术语（如“辣椒” → “智利”、“泽塔潜力” → “Zeta 电位”、“埋葬-实验室协作测试” → “实验室间协作比对”、“字母 o” → “O”等）；
- 对确实无法从文字层还原的内容（纯图页、图表内嵌文字、被替换关系彻底破坏的短标签），在文中以 *[方括号斜体]* 注明“原文文字层损坏，内容据图示/上下文推断”，不臆造数据。

附：修复后的英文原文（逐页）另见同目录下“英文原文_乱码修复稿.txt”。

二、第 2–13 页：以标准化与认证作为 FBT 的技术平台

第 2 页 标题、副标题与摘要

标题：以标准化与认证作为 FBT 的技术平台 (Standardization and certification as technical platform of FBT)

副标题：符合性评估基础及符合性评估实例介绍 (Basics of conformity assessment and introduction of an example of conformity assessment)

原文该页作者/单位行文字层已损坏 (残留 “hMr)US(... 美元...” 等) , 无法可靠还原。

摘要 (ABSTRACT) :

为支持亚太经合组织 (APEC) 地区发展中经济体正在积极参与讨论的、健康的市场形成, 国际标准化组织成立了技术委员会 “ISO/TC 281 精细气泡技术” 。到目前为止, 精细气泡技术领域的国际标准 (IS)、技术规范 (TS) 与技术报告 (TR) 的研发进展, 以及 TC 中标准化工作的推进情况, 将在本文中介绍。

对于市场上已有的产品与技术, 需要有客观证据, 并建立相应的评价基础设施。国际公认的符合性评估 (conformity assessment) 将成为保证成熟技术评价可信度的最终目标。目前精细气泡产品领域的技术仍在快速演进, 市场也刚刚成长起来; 本文将介绍一个与当前技术演进阶段相适应的符合性评估体系实例。

页内另有示意图: FBIA 的 “标记体系” (FB Mark system) ——日本精细气泡产业协会 (FBIA) 通过向用户与消费者传递对其产品/服务的信心, 来帮助行业发展; 图中列出 Product (产品)、Registration (注册)、Certification (认证)、Testing (检测)、Designation (指定) 等环节, 以及 FB Mark 的不同级别标识。

第 3 页 ISO/TC 281 的 “三层” 标准架构

主题：通过 “三层结构” 推进精细气泡技术 (FBT) 的 ISO 标准制定 (Developing ISO standards on Fine Bubble Technology through three-layer configurations) 。

层级	标准类型	覆盖内容
第一层	基础标准 (Basic standards)	通用术语 (terminology)、基本概念 (basic concepts) 与基本原则 (principles)

第二层	测量标准 (Measurement standards)	各类测量方法学 (various measurement methodologies)
第三层	个别应用标准 (Individual application standards)	针对具体应用 (individual applications)

页内并给出 ISO/TC 281 已发布标准清单（第 3–4 页，标准号按原文清点）：

标准编号	题名 (原文含义)
ISO 20480-1:2017	精细气泡技术——使用与测量的通用原则——第 0 部分：术语 (Terminology)
ISO 20480-2	使用与测量的通用原则——第 2 部分：精细气泡属性的分类 (Categorization of the attributes)
ISO 20298-0	测量用采样与样品制备——第 0 部分：水中超细气泡分散体 (Ultrafine bubble dispersion in water)
ISO 21255	水中超细气泡分散体的储存与运输 (Storage and transportation)
ISO/TR 23015	精细气泡表征的测量技术矩阵 (Measurement technique matrix for the characterization)
ISO 21910-0	微气泡 (microbubbles) 的表征——第 0 部分：尺寸指数的离线评价 (Off-line evaluation of size index)
ISO 24261-1:2020	精细气泡技术——样品表征的消除法 / 评价程序 (原文该行文字层部分损坏)
ISO/TS 21256-0 / -2	清洗应用——第 0 部分：盐 (NaCl) 污渍表面清洗的试验方法；第 2 部分：机油污渍表面的试验方法
ISO/TS 23016-0 / -2	农业应用——第 0 部分：水培生菜生长促进的评价试验方法；第 2 部分：发芽促进的评价试验方法
ISO 20304-0	水处理应用——脱色性能评价的试验方法 (原文该行有损坏)

上表标准号依据原文文字层还原；“-0/-2”等分册号处原文存在个别字形替换，如需引用具体标准号，建议以 ISO 官网现行版本为准。

第 4 页 标记的使用方式与认可体系

“How to use the mark?” (标识如何使用) ——原文列出标识可施加的位置：

- 产品表面 (On the surface of the products)
- 包装 (On the package)
- 产品目录 (On the catalogue)
- 网站 (On the web-site)
- 名片 (On the name card)
- FB 网站与名录 (FB web-site & list)

页内同时给出“认可链”示意：国际标准 / ISO 论坛 (International Standard / ISO Forum) 支撑全球市场信心 (Confidence of Global Market)；论坛认可的符合性评估 (Forum-accepted conformity assessment) 支撑国内市场信心 (Confidence of Domestic Market)；由精细气泡技术领域的专家与学术界进行审查与检测 (Examination & Test by Experts, Academia)。

第 5-12 页 FBIA 认证标识 (FB Mark) 体系

核心内容：FBIA 的注册 / 认证标识制度。第 5 页给出标识格式 (Format of Marks) 与示例：

- “Registered FB Mark”——已注册的 FB 标识；
- 示例编号体系：如 FB 2004001、C1AUFB84001 等 (原文为图形化编号，文字层仅部分可读)；
- 产品示例：淋浴花洒 (Shower Head)、2019-2020 年 UFB 发生器 (UFB Generator)；
- 数量规模：累计约 40 万件 (原文 “Total $\approx$ 400,000 pieces”，旁边另有 250,000、20,000 等分项)；
- 标识核心要素：“R:”表示 Registration (注册)， “C:”表示 Certification (认证)； “O: Certification Level 0”为认证等级； “&:”为精细气泡特性的类别 (Category of Char.)； “UF: Ultrafine bubble”为超细气泡、“M: Microbubble”为微气泡；
- 标识说明 (Explanation on the Mark)：FBIA 对该产品的精细气泡特性作出确认，并在标识中标出该产品所属的 FB 类别与超细气泡等级 (Level 0)。

第 6 页：FBIA 的精细气泡特性分类表 (Category of Fine bubble Characteristic)。表中以“应用 (Application) / 技术 (Technology) / 性能 (Performance)”三类描述项，配合尺寸指数 (Size index)、气泡数浓度 (Number concentration)、介质 (固体介质 / 液体介质) 等信息，对清洁、沐浴、加温、增强性能等用途分类。

该页为表格型页面，文字层混入了机翻残留（如“沐浴的身体”“变暖”“绩效”等），含义据表头与上下文复原。

第 7-12 页：注册 / 认证台账式表格，字段包括：注册编号（Reg. No.）、申请者（Applicant）、初始注册日（Initial Registration Date）、注册标识（Registration Mark）、认证标识（Certification Mark）、产品类别（Type of Product）、适用范围（Applied Field）、技术（Technology）、申请者信息（Information of Applicant）等。

可辨认的条目示例（申请人 / 日期 / 产品）：

申请者（原文）	初始注册 / 认证日期	产品与技术
WM Science（原文企业名字形有损，待核）	2015/10/03	家用，利用 FB 的清洗用途
Nitto Seiko	2017/08/02	微气泡发生器，多用途
Ligaric	2019/01/05（有效至 2021/01/04）	多用途气体发生器，微气泡 / 超细气泡
Hatano	2019/08/30	超细气泡发生器，用于花洒适配器，家用
Rinnai	2020	超细气泡 / UFB 相关产品
Toshiba Lifestyle	2017/06/05（有效至 2021/06/04）	洗衣机、淋浴等 UFB 应用

表中日期与编号按文字层还原；部分公司名与编号在原文字体中已被替换，如需正式引用请核对 FBIA 公开名录。

第 11-12 页：认证所需“证据（evidences）”的构成，原文列举：

- 0. 自我声明（Self-declaration，公司标准）；
- 2. 第三方声明（Third-party declaration：ISO/IEC 17000 系列、FBIA 指定实验室等）；
- 公司标准、FBIA 标准、JIS、ISO/IEC 等作为证据引用来源；
- 证据类型包括：精细气泡的特性（尺寸、数浓度）、性能测试（如质量增加量）、测量能力的熟练度测试（proficiency test）、服务中质量控制的文件与人员记录等。

第 12 页表格“FB 审查项目（FB Examination Item）”把审查对象分为三类：0. 精细气泡技术的使用；2. FB 赋能性能（fine bubble-enabled performance）；3. 标识的正确使用及其结果。每类

下再分“测量方法 / 测量结果 / 能力测试”等子项，并注明依据 ISO/TC 281 标准或 FBIA 标准。

第 13 页 认证相关方的三方关系

该页以关系图说明精细气泡符合性评估中的三方结构：

- 第一方（first party）：供应商自我声明符合性（Supplier's Declaration of Conformity）；
- 第二方（second party）：采购方（Purchaser），可进行第二方审核（Second party audit）；
- 第三方（third party）：认证机构或检测实验室（Certification Body or Testing Lab）、注册机构或检测实验室（Registration Body or Testing Lab）。

图中依次给出：证据（evidence）、广告宣传（advertisement）、技术支持（support）以及产品 / 服务 / 过程（product, service or process）在供应链中的流向。

三、第 14–20 页：FBIA 2018 年报告—超细气泡的商业化与科学进展

本部分为 Akira Yabe（日本产业技术综合研究所 AIST，精细气泡产业协会 FBIA）在 2018 年 FBIA 资料中的报告，页脚版权为“Copyright 2018 Fine Bubble Industries Association”。

第 14 页 精细气泡技术商业化的大发展

“精细气泡技术实际商业化的大规模发展，主要面向包括花洒（淋浴喷头）在内的消费类设备；预计今后在世界范围内还会有进一步发展。”

页内图表给出日本精细气泡相关市场的规模变化（2008–2020 年，纵轴单位“亿日元”），数值自 2008 年的 0.46 亿日元起，逐年上升至 2020 年的约 42 亿日元。并列出了 2015–2018 年“与精细气泡技术相关的科学论文大量发表，特别是超细气泡技术”。

关于超细气泡长寿命（近稳定）机制的说明：直径小于 1000 nm 的超细气泡，其长寿命机制被解释为气—液界面与疏水物质之间的相互作用；电子显微镜（TEM）测量对此贡献很大。

第 15 页 已试验的应用与清洗效果

报告人简介：Akira Yabe，特别顾问 / 名誉研究员，日本产业技术综合研究所（AIST）、新能源产业技术综合开发机构（NEDO）技术战略中心，精细气泡产业协会（FBIA）理事。

要点：

- “基本上已经试验了利用超细气泡的各种应用技术。（新数据与特性调查：厕所清洁、半导体清洗、栽培水中的超细气泡测量等）”
- UFB 水清洗可去除样品表面的水垢（scale）；页内给出清洗前后样品的 SEM 图像对比（UFB 水 vs. 不含 UFB 的水）。
- 引用 Yasui 等人的“动态平衡模型”（dynamic equilibrium model），以疏水材料在超细气泡表面的作用解释其长寿命（Yasui et al., 2016, 2018）。
- 引用 Sugano K. 等人的 TEM 观察：在超细气泡表面观察到 100 nm 量级、覆盖约 50% 表面的疏水物质，给出稳定气泡的半径与内部气体饱和度、表面覆盖率的计算关系。

第 16 页 水垢去除机理

“关于水垢（鳞片状附着物）去除机理的基础研究”给出两条机理：

- 1. 水垢的分离与去除：浸泡在超细气泡水中的水垢与基材表面之间，因超细气泡的作用而发生分离；
- 2. 水垢的结构被削弱：超细气泡使水垢的特征结构变得疏松。

第 17–18 页 精细气泡技术应用的系统化视角

第 17 页标题为 “3. 精细气泡技术应用的系统观点 (System view of fine bubble technology applications) ”，把应用领域分为四类：

- 1. 工程应用 (engineering)
- 2. 环境应用 (environment)
- 3. 农业与食品应用 (agriculture and food)
- 4. 医疗与化妆品应用 (medical and cosmetic)

第 18 页进一步把精细气泡的功能效果分为 A–G 七类，并列出的具体用途：

功能类别	典型用途
A. 清洁效果	厕所清洁；桥梁盐分去除；蔬菜清洗；半导体晶圆污染物去除；口腔清洁、陶瓷膜清洗
B. 水处理 (含土壤处理)	池塘与湖泊缺氧的溶解氧改善；矿物浮选；受污染水处理；土壤中放射性物质去除；减少臭氧总用量
C. 灭菌 / 消毒促进	改变 pH 值以最大化消毒液效果；减少臭氧用量；促进用于处置处理的细菌生长
D. 生长促进	蔬菜 (生菜等叶菜) 生长促进、提高总产量与番茄品质；发芽促进；细胞培养；鱼类生长促进；预防养殖鱼类缺氧
E. 润滑效果	半导体晶圆运输的润滑
F. 化学反应的促进与控制	控制限域传输现象
G. 食品质量控制	蛋黄酱热量控制；保持鱼的新鲜度；添加香味

第 17 页同时列出 2015–2018 年与精细气泡技术相关的主要科学论文 (作者、题名、期刊)，涉及共振质量测量法、透射电镜冷冻断裂复型法、动态平衡模型、激光衍射法、超细气泡对种子发芽的氧化能力等研究方向。

第 19–20 页 生活应用与基础设施 / 工程应用

第 19 页为 “食品·生活应用 (Food & Living Application) ” 示意：发芽、蔬菜生长促进、清洗、沐浴、润滑等生活场景中，超细气泡（直径更小、性能更高）与精细气泡的作用对比。

第 20 页为 “基础设施与工程应用 (Infrastructure and Engineering Application) ”：

- 工程应用：更高的加工性能、研磨、清洗——面向半导体制造装置与工具；
- 基础设施应用：高速公路服务区厕所清洁，可减少约 99% 的污水量；桥梁、水处理等场景。

四、第 21–57 页：ISO/TC 281 标准讲解稿

本部分为 ISO/TC 281《精细气泡技术》系列标准的讲解幻灯片，页脚版权为“Copyright 2018 Fine Bubble Industries Association”，内容按标准分册逐页介绍。第 21 页为结论页，列出所覆盖的主题：

主题（英文）	中文
Terminology	术语
Categorization	分类
Physical Properties of Ultrafine Bubbles	超细气泡的物理特性
Sampling and Sample Preparation	采样与样品制备
Storage and Transportation	储存与运输
Evaluation Method of Ultrafine Bubbles	超细气泡的评价方法
Physical Properties of Microbubbles	微气泡的物理特性
Evaluation Method of Microbubbles	微气泡的评价方法

结语：报告从已商业化技术与迄今开展的科学研究的视角，说明了精细气泡技术的现状；为实现“精细气泡技术应用”的系统化视野，需要理解若干功能效果层面的观点，并应持续复核，以扩大应用目标。

4.1 术语与定义（第 22–25 页）

第 22 页：演讲者 Hironori KOBAYASHI、Seika OHUCHI（日本国立技术与评估研究所 NITE），题目为“术语（Terminology）”，时间 2021 年 1 月 19 日 19:10–20:10。

第 23 页：ISO 20480-1《术语、引言与范围》——该文件规定了精细气泡技术领域使用的术语与定义，覆盖精细气泡技术的通用原则、测量与个别应用。

第 24 页：基本概念——Bubble（气泡）、Fine bubble（精细气泡）、Microbubble（微气泡）、Ultrafine bubble（超细气泡）；并定义“气泡数浓度（bubble number concentration）”为单位体积内的气泡个数。

第 25 页：分类（Categorization）——以“体积当量直径（volume equivalent diameter）”作为分类尺度。

4.2 分类（第 26–28 页）

第 26 页：该文件规定通用原则与描述符，使用户能够描述液体介质的质量，以及精细气泡的尺寸与浓度；并可按上升速度（rise velocity）、浮选（floatation）、收缩（shrinkage）、聚并（coalescence）对精细气泡进行分类。

第 27 页：按上升速度分类（Classification of Fine Bubbles by Rise Velocity）；并规定应使用“尺寸指数（size index）”与“数量浓度指数（number concentration index）”两个术语；给出微气泡浮选（Floatation of Microbubbles）的示意。

第 28 页：上升速度（Rise Velocity）与尺寸指数、浓度指数——布朗运动（Brownian motion）对应极低上升速度，另一侧对应高上升速度。

4.3 超细气泡的物理特性（第 29–31 页）

第 29 页：稳定性（Stability）——引用 Shunya Tanaka 等，“Generation and Long-Term Stability of Ultrafine Bubbles in Water”，*Chemie Ingenieur Technik*；并给出按上升速度划分的精细气泡属性。

第 30–31 页：Zeta 电位（Zeta Potential）——引用 Shunya Tanaka 等，“Destabilization of ultrafine bubbles in water using indirect ultrasonic irradiation”，*Ultrasonics Sonochemistry*。

第 31 页另起“采样与样品制备”，并引出超细气泡物理特性中的溶解氧（Dissolved Oxygen）。

4.4 采样与样品制备（第 31–37 页）

第 32 页（ISO 20298-0 引言与范围）：该文件规定水中超细气泡分散体采样与样品制备的程序与要求；适用于在采样、样品制备与测量期间尺寸与数量相对稳定的、较稳定的分散体；不适用于稳定性较差的精细气泡分散体或微气泡分散体。

第 33–35 页：均质化（Homogenization）——包括电动滚筒（motor driven drum roller）与电动搅拌器（motor driven stirrer）两种均质化方式。

第 36 页：样品制备（Sample Preparation）——使用移液管缓慢向下抽取的方式采样；并标注“No Good”的错误操作示例。

第 37 页：按质量或体积用稀释剂（diluent）稀释（Dilution）。

4.5 储存与运输（第 38–39 页）

第 38 页 (ISO 21255)：该文件描述水中超细气泡分散体储存与运输的程序与设备，并规定相关要求，以保持气泡的尺寸与数量浓度等特性。储存容器应为刚性、气体渗透性低的材料（如玻璃器皿），且容器应充满水（不留顶部空间）。

第 39 页：环境条件（温度、压力）应保持不变；温度应保持在某一限值以上；运输时应尽量减小温度、压力与振动的影响；运输前应通过“测试运输”评价其稳定性。

4.6 超细气泡的评价方法（第 39–44 页）

以粒子追踪分析 (Particle Tracking Analysis, PTA) 为例，讲解超细气泡的测量流程：

- 测量准备 (Measurement Preparation)：把模块装入设备、检查样品池 (cell)、设定条件、注入样品；
- 测量要点 (Points of Measurement)：区分超细气泡与污染物；确认检测下限；确认浓度范围（如 particles/mL）；确认重复性；
- 分析 (Analysis)：由粒子散射光的运动可视化，追踪粒子的布朗运动，依据 Stokes–Einstein 公式计算粒径；
- 数据处理与结果表示；参考文献。

4.7 微气泡的物理特性与评价方法（第 44–56 页）

第 44 页：微气泡的定义 (What are Microbubbles?) ——与气泡、精细气泡、超细气泡并列，按体积当量直径区分。

第 45 页：稳定性 (Stability)、浮选 (Floatation)、收缩 (Shrinkage)、聚并 (Coalescence)；引用 Takahashi M. (AIST) 等关于微气泡崩塌产生自由基、以及微气泡 Zeta 电位的研究 (J. Phys. Chem. B)。

第 47–56 页：微气泡的评价方法——先列举常规方法（浊度 Turbidity、溶解氧 Dissolved oxygen、显微镜 Microscope），再逐一介绍测量系统：

测量方法	原理 / 结构要点
激光衍射 (Laser Diffraction)	激光光源、散射光强分布、检测器；由散射光强反演粒径分布；适用于小粒子与大粒子区间
动态图像分析 (Dynamic Image Analysis)	粒子、光电二极管 (photodiode)、光源、流动池

	(flow cell) ； 由图像分析尺寸分布
光消减液体颗粒计数器 (Light Extinction Liquid-borne Particle Counter)	光源、检测器、测量仪；含流量 (L/min)、微气泡发生系统、保留容器 (retention container)

样品传输 (Sample Transfer) 部分的要点：

- 保留容器 (Retention Container) 与取样：样品由发生 / 分散系统经管路送入测量区；
- 入口管口位置 (Position of Inlet Tube Mouth) ：入口管应疏水、不软化、不溶出、带负电；出口为喷嘴 (outlet nozzle) ；
- 滞留时间 (Retention Time) ：与管内径 (inner diameter)、载样管长度 (loading tube length)、样品池体积 (cell volume)、流量 (flow rate) 有关；
- 雷诺数 (Reynolds Number) ：由流速、内径、运动黏度判定层流 (laminar) 或湍流 (turbulent) 。

4.8 第 57 页：实验室间比对的作用（论文摘要）

题目：实验室间比对的作用 (Role of interlaboratory comparison) ；副题与第 2 页同源：“基于实验室间比对的可靠符合性将被介绍”。

摘要要点：为保证与评价相关的测量方法、程序、环境与人员能力的可信度，当前精细气泡技术领域关注的典型评价对象是精细气泡的特性，以及应用精细气泡后的性能增强（通常以尺寸与数量浓度表示）。由于相关参数仍在演进，需要有客观证据来支撑测量结果的等效性；同样，表征性能的参数选择也需要依据。不同测量对同一对象应显示等效性，实践中的等效性证据由比对结果支持。报告以若干实例说明实验室间比对的流程与结果现状，并提出在 APEC 地区开展新一轮精细气泡特性实验室间比对的建议。

五、第 58–93 页：APEC 项目“精细气泡测试与合规性评估能力建设”

项目名称（第 58 页）：精细气泡（原文机翻为“精细泡沫”）测试与合规性评估的能力建设——亚太经合组织地区农业 / 水产养殖和水处理中使用的技术。时间为 2021 年 1 月 19 日，形式为线上研讨会（Virtual Workshop）。

主要报告人：Mitsuru T. 教授（东京大学，食品安全研究中心 / 农业与生命科学研究科）等；项目编号与联络方式见页脚。

5.1 项目背景与实验室间比对（第 59 页）

标题：“实验室间协作比对（Inter-laboratory collaborative tests）”。说明该项目的作用：为亚太地区的大麦种子发芽促进测试建立共同的评价基础。引用文献涉及“超细气泡水对种子发芽的促进”。

5.2 发芽试验方法（第 60–67 页）

实验方法（越南河内、印尼茂物、美国夏威夷、日本等地采用统一方案）：

- 使用 5 个 2 L 玻璃瓶；蒸馏水量约 1.5 L；每瓶放置 150 粒种子；
- 所有瓶子置于 23 °C 恒温培养箱中，避光催芽；
- 按时计数发芽种子数，计算平均发芽时间；
- 对照组使用蒸馏水，处理组使用超细气泡水（UFB water）。

第 64–66 页给出各地装置与现场条件：河内安装的 UFB 发生器、夏威夷 MetroGrow 安装的 UFB 发生器、茂物安装的 UFB 发生器；并记录室温、蒸馏水温度、溶解氧（DO）等（如 UFB 水 DO 约 10.83 mg/L、25.5 °C 等）。

第 67 页结果：大麦种子发芽促进效果——UFB 水处理组的平均发芽时间约 13.0 h，对照组约 14.8 h（原文以 t_{50} 表示）；说明超细气泡水对发芽有促进作用。

5.3 实验室间比对与能力验证（第 68–73 页）

第 68 页：FBIA“精细气泡特性分类”与实验室间比对的作用——为每份 FB 水样指定类别、确定评价参数（尺寸类别、产物质量增加量、数量浓度、所用 FB 的尺寸等），以实现“实验室等效性（equivalence of laboratories）→ 实验室间测试结果 → 互信（mutual confidence）”。

第 69 页：性能示例（Examples of Performance）——脱色（decolorization）、DAF（溶气气浮）性能、生长、糖度、发芽、灭菌、除磷、寄生病原、甜度、鲜度、鱼类运输、BOD/COD/SS、溶解氧等指标。

第 70 页：自愿参加的三方实验室间比对（Voluntary Trilateral Inter-Laboratory Comparison）的参与要求：

- 测量仪器：NanoSight（Malvern）、ZetaView（Particle Metrix）、SALD（Shimadzu）等；
- 需准备去离子水（清洗用）、玻璃瓶（暂定容器）、均质化设备、手套（防污染取样）；
- 比对周期：一天（1 月 / 4 月），按可用日期协调确定；
- 报名联络：项目组织者（fbia-apec-ws 邮箱，原文部分字符损坏）。

第 71-72 页：结果评价方法——通过扣除空白（blank，纯水）得到 UFB 的数量浓度；三家实验室（A、B、C）的测量结果；结论：

- 各实验室测得的尺寸指数基本一致；
- 可认为超细气泡的储存与运输是可行的；
- 需研究的问题：不同实验室间数量浓度指数存在差异的原因；运输后发现漏水与毫米级气泡（milli-bubbles），应调查并选择最优容器。

第 73 页：使用 PTA（粒子追踪分析）的实验室间比对结果表，列出各实验室的峰值粒径（nm）、平均粒径等统计量。

5.4 智利（第 74-78 页）

原文页内中文为机翻，且有“辣椒”（应为“智利”）、“克兰”（Kran 公司名）、“泽塔潜力”（Zeta 电位）、“激进分子形成”（自由基形成）、“埋葬”等错误，已在下文更正。

报告人：Manuel Vial，Kran Nanobubble 研发主管（Manuel.vial@kran-nanobubble.com）。

第 75 页“智利概览与成功案例”：农业、水产养殖、水处理三大板块；并给出国土与产业数据（海岸线长度、农作物产值、出口额等，原文数字被位移破坏，此处不逐一引用）。

第 76-78 页成功案例：

应用领域	项目	目标	参与的 UFB 特性	结果
农业	橙子采后消毒	延长产品保质期	Zeta 电位、自由基形成、表面张力	保质期延长约 4 周；不再需要使用

				氯
农业	生菜生长监测	缩短周期、提高产量	氧气转移效率、Zeta 电位、自由基形成	周期缩短约 10 天；产量提高约 33%
水产养殖	FONSA（海床健康）	修复海床、恢复需氧状态	中性浮力、氧气转移效率、Zeta 电位、自由基形成	有害菌被清除；淤泥分解加速；生物多样性恢复
水产养殖	三文鱼运输	以环保方案保持鱼体新鲜	Zeta 电位、自由基形成、表面张力	Zeta 电位约 -14.7 mV（原文数值部分损坏）；延长保质期
水处理	DAF（溶气气浮）	减少化学品消耗	尺寸分布、Zeta 电位	减少约 25% 混凝剂用量，维持效率

表中数值按原文可辨认部分整理，原文数字层存在替换错误，正式引用前请与报告人核实。

5.5 中国（第 79–85 页）

报告人：Zhaojun Li 先生，中国科学院过程工程研究所；报告题目《中国的精细气泡技术——应用与标准化》，时间 18:15–18:30。

发展脉络：

- 1970 年代起，精细气泡技术用于金属提取；
- 1990 年代出现关于精细气泡曝气器的第一项标准；
- 2018 年，中国颗粒学会微 / 纳气泡专业委员会成立；
- 2019 年，全国标准化技术委员会（ISO/TC 281 的镜像委员会）成立。

FBT 已广泛应用于农业、水产养殖、水处理、清洗、浮选柱、化学工业、超声造影剂等领域。

第 81 页“FBT 应用——水”：随着经济快速增长，水污染问题受到关注；地表水按 I–III 类分级（原文给出 2012 年等年份的水质数据与图示）。

第 83 页“FBT 应用——农业”：

- 番茄：产量提高 30.3%，维生素 C 提高 68.1%，番茄红素提高 52.0%；
- 黄瓜：产量与品质提升（原文数据部分损坏）。

第 84 页：用于土壤消毒的 FB 发生器、用于水培的 FB 发生器、用于豆类发芽的 FB 发生器；水产养殖方向包括鱼类孵化等。

第 85 页：Jelawat（一种淡水鱼）养殖案例，以及“FBT 的标准化”一节——FBT 在许多领域都是出色的技术，可用于水处理、农业、水产养殖等。

5.6 印度尼西亚（第 86–91 页）

报告人：Aris Purwanto 教授（印尼茂物农业大学 IPB），题目《将精细气泡技术应用于农业与水产业》，时间 18:30–18:45，2021 年 1 月 21 日。

主要内容：以大蒜（garlic）种子 / 蒜瓣破眠与发芽促进为核心案例：

- 大蒜球茎因休眠机制，播种后发芽慢且不整齐；
- 用超细气泡水处理后，可打破休眠、促进发芽；
- 试验设置对照（水）与 UFB 水处理，统计发芽率、芽长、根系等指标；
- 跟踪 18 个月，并在海拔 900 m 以上农田试种（2020 年 10 月 8 日种植，2021 年 1 月 14 日收获）。

另有大蒜在采收后 1 个月的球茎破眠试验、淡水鱼 / 虾塘中溶氧改善等应用。

5.7 韩国与其他（第 92–93 页）

第 92 页：Chang Gyun Kim 教授（仁川大学 Inha University），题目《在农业与水产养殖中引入精细气泡应用》，2021 年 1 月 21 日。

第 93 页：紫外线（UV）与精细气泡技术结合的术语 / 标准化相关页面，涉及 UV 消毒与精细气泡标准（原文文字层损坏较多）。

六、附录 A 术语与缩略语对照

英文 / 缩写	中文	说明
Fine Bubble (FB)	精细气泡	ISO/TC 281 与 FBIA 的总称，含微气泡与超细气泡
Ultrafine Bubble (UFB)	超细气泡	直径较小的精细气泡（原文常以 <1000 nm 描述）
Microbubble	微气泡	尺寸较大的精细气泡
Volume equivalent diameter	体积当量直径	分类依据
Bubble number concentration	气泡数浓度	单位体积内气泡个数
Size index	尺寸指数	ISO 术语，用于表征分散体系尺寸
Number concentration index	数量浓度指数	ISO 术语
Zeta potential	Zeta 电位	原文机翻作“泽塔潜力”，已更正
Rise velocity	上升速度	分类依据之一
Floatation / Shrinkage / Coalescence	浮选 / 收缩 / 聚并	微气泡行为
Homogenization	均质化	采样前处理
Retention container	保留容器	评价装置部件
Retention time	滞留时间	评价装置参数
PTA (Particle Tracking Analysis)	粒子追踪分析	超细气泡测量方法
Laser diffraction	激光衍射	微气泡测量方法
Light extinction liquid-borne particle counter	光消减液体颗粒计数器	微气泡测量方法
DAF (Dissolved Air Floatation)	溶气气浮	水处理工艺
Conformity assessment	符合性评估	认证体系核心概念
FBIA	日本精细气泡产业协会	FB Mark 认证体系的主持机构
ISO/TC 281	ISO 精细气泡技术委员会	标准制定主体
APEC	亚太经合组织	本项目资助方
NITE	日本国立技术与评估研究所	术语标准报告单位

AIST	日本产业技术综合研究所	报告人所属机构
------	-------------	---------

七、附录 B 修复说明与残余问题清单

本次处理对 93 页逐页重建了文字层映射，可按页追溯。残余问题与说明如下：

页码	情况说明
1	纯图片页（封面），无文字层，未含可译内容
2	正文已还原；作者/单位行文字层损坏（残留“美元”等），未还原
3-4	标准清单已还原；个别分册号存在字符替换，已按原文标注
5-12	标识体系与台账表已还原；公司名、编号、日期按文字层还原，正式引用请核对 FBIA 名录
13	关系图文字已还原为“第一/二/三方”表述
14-20	英文正文已还原；页内原机翻中文错误较多，本稿按英文重译
21-57	ISO 标准讲解页已还原，以标准要点方式整理（原页为大量图示，图内文字不可复制）
58-73	英文正文与页内中文互补还原；数字层存在位移（如“OMON”=2021），本稿已尽量换算
74-93	原为机翻中文，已按上下文与英文原稿重写；智利案例的百分比、电位数值等请以原始报告为准
82	纯图片页，无文字层

如需逐页核对，可对照同目录下的“英文原文_乱码修复稿.txt”；该文件保留了每页修复后的英文（含少量仍以替换字符存在的短标签）。