现状与展望

能源创造和社会基础设施解决方案的现状与展望

Energy Creation and Social Infrastructure Solutions: Current Status and Future Outlook

藤原　正洋 FUJIWARA, Masahiro

1　引言

全世界的电力需求，预计在经济合作与发展组织（OECD）非加盟国将以年率 1.9% 的速度持续增长，而在需求饱和的 OECD 加盟国也将以年率 0.6% 的速度持续增长。从全球视野来看，原油价格呈不稳定趋势，需要根据 2016 年秋生效的“巴黎协定”削减以 CO_2 为代表的地球温室化气体的排放。日本开始确实推行电力改革，如何履行 2015 年制定的“长期能源供需预测”措施、如何对应“可再生能源定价收购制度”（FIT）相关政策的修订，并怎样针对 2017 年 4 月起实施的气体零售全面自由化等是一大课题。为了解决这些课题，富士电机不断努力提高运行效率和维护性等，以便为改善客户的综合经济性做贡献。在能源创造方面，火力发电、地热发电、核能发电、太阳能发电、风力发电、燃料电池等诸多领域，正致力于技术开发和产品化。

社会基础设施解决方案能够为人们的生活和经济活动提供支持，长久以来我们始终以建立舒适且高效的机制为目标不断强化了这一解决方案。但是，从因设备老化导致的事故及经历多次地震来看，应对本质安全性、环境性能、复原力等新评价指标已成当务之急。

富士电机将“通过能源和环境技术革新，为安全安心、可持续发展的社会做贡献”作为经营方针之一，对能源、环境相关各种技术不断实行革新。尤其是在能源创造和社会基础设施解决方案方面，推进业务时以“贯彻 5K（环境、效率、经济性、价值创造、革新）”为口号开展日常活动。本文将从富士电机实施的能源创造和社会基础设施解决方案中选取典型案例，对其现状与展望进行介绍。

2　火力发电领域

在海外，以电力需求旺盛的台湾、韩国、东南亚、非洲的部分地区为中心，火力发电的需求较大。在日本国内，以核电站的运转问题、与 FIT 相呼应的生物质发电(*1)和利用新电力确保电源等为背景，也存在火力发电的需求。

富士电机在致力于提高火力发电经济性的同时，努力降低对环境的负担、大幅提高效率，为创造顾客价值而承担部分任务。具体而言，就是通过实现蒸汽条件的高温、高压化、中小容量涡轮的再热化、汽轮机的小型化和削减壳体数量等，提供确实且可靠性高的技术。目前，我们承揽了内陆型大型燃气轮机联合循环发电、超超临界压火力发电(*2)、生物质发电等多个项目，充分利用上述技术和经验，为保证按时竣工，不断推进设计、制作和建设工作。今后，我们将继续致力于技术革新和提高工程能力，以满足日本国内外顾客的需求。

在售后服务方面，我们也将不仅局限于定期维修和延长寿命，还将积极运用最新技术提高效率和改善运用。同时，还通过采用了各种诊断技术的预防保全，为大幅提高运转率等做出贡献。此外，在扩充海外服务据点（美洲、台湾、韩国、东南亚、中东和近东）的同时，我们还通过现场的维修技术开发等，为实现发电站停止期间的最短化做出贡献。而且，我们还在川崎地区设置了“成套设备运行支援中心”，远程监控国内外的成套设备运行情况，并为运行和维护提出有效建议。今后，我们将在确实满足顾客各种各样需求的同时，积极提供各种解决方案。

3　地热发电领域

包括温泉发电在内的地热发电，不受天气等自然条件左右、作为稳定的可再生能源，再次受到了国内外的关注。可以适用闪蒸循环发电(*3)的地热源有的已在发电站运行，也有的正在计划、开发之中。另一方面，可以运用低位热源的双循环发电(*4)今后也将有很大的发展潜力，每年的新设规模超过闪蒸循环发电也只是时间问题。

在印度尼西亚、菲律宾、墨西哥、意大利、冰岛、肯尼亚等地热发电盛行的国家，有继续建设地热发电站的计

(*1) 生物质发电

生物质是指源自动物、植物等的有机性资源。生物质发电是将之作为火力发电的燃料使用来发电。生物质分为废弃物类和栽培作物类两种，作为燃料使用时，可以干燥后使用，也可以加工成片状、粒状后使用。

(*2) 超超临界压火力发电

超临界压发电是指通过在超过水临界压力的高温、高压条件下，削减将水蒸发所需的热能源，实现高效发电的方式。为了提高发电效率而逐步实现高温高压化，压力在 24.1 MPa 以上且温度超过 566℃时，就属于超超临界压发电。

(*3) 闪蒸循环发电

从坑口喷出的蒸汽含有大量的热水时，利用汽水分离器提取蒸汽，直接旋转汽轮机的发电方式。

划。日本根据长期能源供需预测，计划到 2030 年将地热发电的比例扩大到现在的 3 倍。而且，作为国家对有风险的地热源探测和挖井支援项目，可以使用日本石油天然气金属矿物资源机构（JOGMEC）的援助资金，现在很多计划都已提上议事日程[1]。

富士电机作为地热发电领域的世界顶级制造商，正在持续进行技术开发，以改善成套设备的经济性和运行效率，提高设备的耐腐蚀性、可靠性和维护性等。此外，在售后服务方面，与火力发电领域一样扩充服务据点和服务项目，为保证顾客成套设备安全、稳定、经济的运用，积极加强服务、提供解决方案。

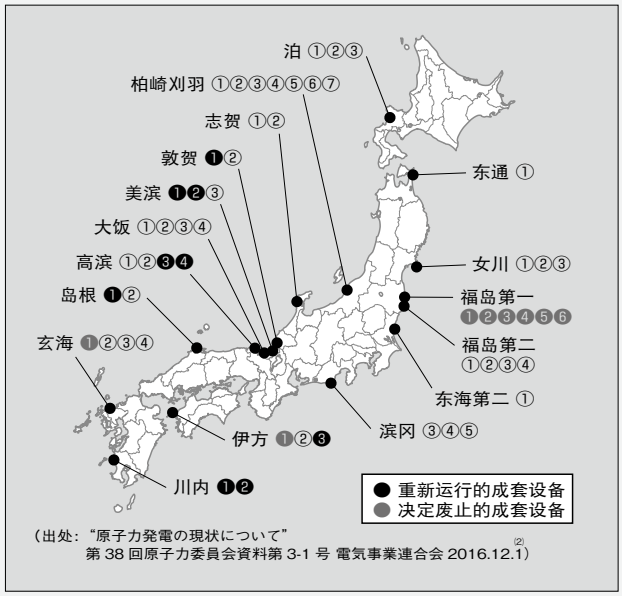
在闪蒸循环发电方面，富士电机在印度尼西亚完成了 4 座成套设备的建设，目前正在建设用于冰岛、墨西哥和菲律宾的成套设备或设备（参照第 76 页“印度尼西亚的 Lahendong 地热发电站 5 号机、6 号机和 Ulubelu 地热发电站 3 号机、4 号机”）。在双循环发电方面，2017 年 3 月完成了以工作介质代替氟利昂类的日本国内最大规模的 5 MW 成套设备，另外还正在制作工作介质与正戊烷同等容量的另 1 座成套设备。此外，我们还在积极进军温泉发电领域。

4 核能领域

根据长期能源供需预测，2030 年核能发电将占据电源的 20 ～ 22%。但是，确保安全是大前提，怎样从福岛第一核电站事故中吸取教训、满足新管制基准是重新运转和继续建设的必要条件。为此，已决定停运 12 座发电炉，考虑重新运转的发电站有 37 座，截至 2016 年底已重新运转 5 座（**图 1**）。

目前，以原子力损害赔偿与废炉支援机构（NDF）为中心，为达成停运计划日本举国锐意推进治理污染水和用以取出燃料碎片的技术开发和装置的设计。同时，还在努力推进核燃料的循环利用，如对已使用燃料进行再处理，然后和平、有效地利用回收的铀钚混合物。在接下来的一段时间内，核能领域将被要求核电站重新运转和停运两个方面的持续性的解决方案技术。

富士电机能够安全地处理、处置、保管核能设施运行和停运过程中产生的放射性废弃物，与英国的阿美科福斯特惠勒公司一起研究、开发可充分利用拥有各种出色特性的地聚合物材料的固化技术。此外，我们还向混合氧化物燃料（MOX 燃料）的制造设备、远程操作装置、耐震配电柜等提供符合新管制基准的技术和产品，从而为核燃料的循环利用做贡献（参照第 81 页“符合商业用核能发电炉相关新管制基准的耐震配电柜）。



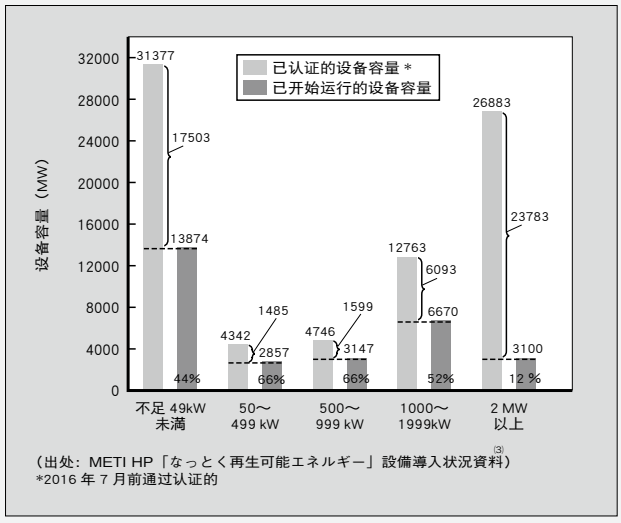
（出处：“原子力発電の現状について”
第 38 回原子力委員会資料第 3-1 号 電気事業連合会 2016.12.1[2]）

图 1　日本国内核电站的运转情况

5 太阳能发电领域

日本自从 2012 年导入 FIT 以来，至今为止接受认证的设备容量累计达到 80 GW，但开始运用的设备却一直停留在 30 GW。在尚未开始运用的设备中，49 kW 以下的低压互联发电设备为 17.5 GW，2 MW 以上的特高压互联发电设备为 23.8 GW，形成了小规模设备和大规模设备二极分化的市场（**图 2**）。

富士电机拥有功率调节器（PCS）和特高变电设备等系统设备产品，发挥了在 EPC（包括土地建成等在内的



（出处：METI HP「なっとく再生可能エネルギー」設備導入状況資料[3]）
*2016 年 7 月前通过认证的

图 2　2016 年 7 月前通过认证的太阳能发电设备的设备容量，和其中已开始运行的设备容量（按容量分）

(*4) 双循环发电

使用温度较低的蒸汽和热水等热源时，热会传向正戊烷等低沸点的介质，产生高压蒸汽，从而旋转涡轮发电的方式。是一种适用于闪蒸循环发电方式无法使用的低位（低温）热源的发电方式。

交钥匙总承包模式）上积累的技术经验优势，满足了 500 kW 以上设备容量的市场需求。PCS 的累计交付量为 1800 MW，包括建设中的成套设备在内，EPC 的累计交付量达到了 400 MW。

近来，如何在 FIT 收购价格下降时降低成本以确保收益性，以及如何在可再生能源导入量增加时确保系统稳定成为重要课题。为了确实解决这类课题，富士电机开发出了可实现高性能、低价格的 PCS 和系统稳定化系统，并已交付使用（参照第 85 页“DC71 MW/AC51 MW 上北六所太阳能发电站”）。

高性能、低价格 PCS 预计开发 1 MW 室外型作为主力产品，并于 2017 年 10 月开始销售。

系统稳定化系统则已决定在原来的稳定化系统基础上追加搭载大容量蓄电池，开发低价格的新系统稳定化系统，并向多个成套设备交付。导入该系统可降低蓄电池的容量，并利用与蓄电池低价格化的相乘作用，使在严格条件下的多个项目同时成立，作为一项事业成功起步。

6 风力发电领域

风力发电也受益于 FIT 的恩泽，有望促进导入，但是 7.5 MW 以上设备必须实施约 3 年的环境评估，因此 2016 年度才正式开始建设大规模的风电场。此外，虽然太阳能发电收购价格大幅下降，但风力发电依然维持在 22 日元 /kWh，因此出现太阳能发电公司将风力发电转为新投资对象的动向，预测在一段时间内，导入计划将呈现增加趋势。

富士电机还着手几 MW 级发电站的 EPC 等项目，全力致力于并网设备和电力稳定化设备等工程和系统设备产品的销售。

众所周知，适合进行风力发电的风况良好地区大多集中在北海道和东北。在送电网容量较小的地区，如何避免风况变化导致的输出变动对电力质量造成影响是一大课题。例如，北海道电力株式会社于 2016 年发布了“关于风力发电设备输出变动缓和措施的技术条件”，要求在新建的风力发电站中设置蓄电池等，将输出变动抑制在不受影响电力系统频率调整的范围内。

富士电机将电力稳定化系统实用化，并已有交付实绩。该系统通过将蓄电池和 PCS 组合在一起和进行最佳控制，从而利用蓄电池适当地充放电，抑制风力发电站的输出变动，将电压和频率稳定在要求值以内（**图 3**）。

此系统在东北电力管内、日本国内孤岛和加拉帕戈斯群岛等地有交付实绩（参照第 105 页“用于加拉帕戈斯群岛的铅蓄电池、锂离子电池并用的电力稳定化系统”）。

今后，我们将以电力稳定化系统为轴心，充分运用在太阳能发电设备的 EPC 方面积累的技术经验，向风力发电设备的 EPC 事业进军。

图 3　电力稳定装置用功率调节器

7 燃料电池领域

燃料电池是，燃料中只要包含发生化学反应后能生成氢气的物质即可，因此可以使用各种各样的燃料。较实用的有城市燃气、LPG 和下水分解气体等生物气，此外还经常使用氢气。

燃料电池有容量小、发电效率高，废气中几乎不包含 NO_X 和 SO_X 等大气污染物质的特点，还是一种低噪音、低振动且环境特性良好的发电装置。因此，最适合作为分布式电源使用，如果回收废热后形成热电联产系统，将成为综合效率可达 90% 的非常出色的电源。

燃料电池的种类因使用的电解质而异，有磷酸型（PAFC）、固体高分子型（PEFC）、熔融碳酸盐型（MCFC）、固体氧化物型（SOFC）等。它们的运行温度和发电效率均不相同，因此适用的用途也不同（**表 1**）。

富士电机自从 1973 年起着手开发磷酸型燃料电池，在国家的支援和与电力公司、燃气公司的合作下，对 90 多台 5 MW 机以下单元的各种输出和用途实施了现场测试。此外，利用从中获得的知识经验，从 1998 年开始交付 100 kW 现场型商用机，截至 2016 年，已在世界各地共交付了 75 台（**表 2**）。每台的累积运行时间最长超过 124000 小时（约 15 年），验证了装置的高可靠性和充实的售后服务体制。

现在，富士电机为了普及磷酸型燃料电池，正积极采取措施提高功能、扩大用途和降低价格。在日本国内，主要运用在独立供电的灾害应对功能和相应 FIT 的生物气发

表 1　燃料电池的种类和用途

种类	磷酸型（PAFC）	固体高分子型（PEFC）	熔融碳酸盐型（MCFC）	固体氧化物型（SOFC）
运行温度	190 ～ 200℃	70 ～ 90℃	600 ～ 700℃	700 ～ 1000℃
发电效率	40 ～ 45%	35 ～ 40%	45 ～ 50%	45 ～ 60%
主要用途	业务用	家庭用、汽车用	业务用	业务用、家庭用

表 2　磷酸型燃料电池商用机的交付对象
（截至 2016 年 12 月）

交付对象		交付台数
日本国内	办公大楼	6
	培训设施、 展示设施	5
	大学、 政府大楼	8
	病院、 宾馆	8
	工厂	8
	下水处理厂	28
	实证试验	1
海外 （德国、 韩国、 美国、 南非）		11
合计		75

电中，在海外，则以使用废气[(*5)]在整个对象空间中创造低氧环境的防火系统为轴力图扩大销售。此外，作为新一代的高效率热电联产系统，还在锐意推进固体氧化物型的开发（参照第 91 页“关于燃料电池的最新开发动向及销售战略”）。

8　电力流通领域

东日本大地震后，长时间停电和计划停电等电力供应的脆弱性暴露了出来。因此，为了提高能源安全，国家和自治体正在采取各种措施。特别是导入 FIT 后，以太阳能发电为主体、利用可再生能源的发电设备建设取得了飞跃性增长。结果，使系统的稳定化这一课题露出水面。具体而言，可以举上由于太阳能发电和风力发电等不稳定的发电输出导致的系统频率问题，以及由于分布式电源的逆潮流引起的配电线电压问题等。

此外，在同一时期，日本还采取了一系列措施，如通过电力系统改革抑制电费、稳定供应电力、扩大新电力公司进军的机会等，并于 2015 年设立了大区域电力运营推进机构，自从 2016 年起电力零售实现了全面自由化。今后，费用管制的撤销废除和发送电分离等的进一步改革将继续深化。

从地区能源管理系统（CEMS）进化而来的虚拟电厂（VPP），作为全新的稳定电力供应系统正在进行实证（**图 4**）。

此外，作为新的电力交易市场，正在进行检讨依次导入“1 小时前市场”、“实时市场”、“容量市场”、“负瓦特市场”等框架（**图 5**）。

并且，在各个地区，以能源的自产自销和创造就业为目标，推进地区能源供应服务业务的企划、设立；在企业等用户方，则不断推进能源成本的最小化，以及在发生自然灾害时能够将业务资产损失控制在最小限度内的业务持续性计划（BCP：Business Continuity Plan）中建立新能源系统的工作。

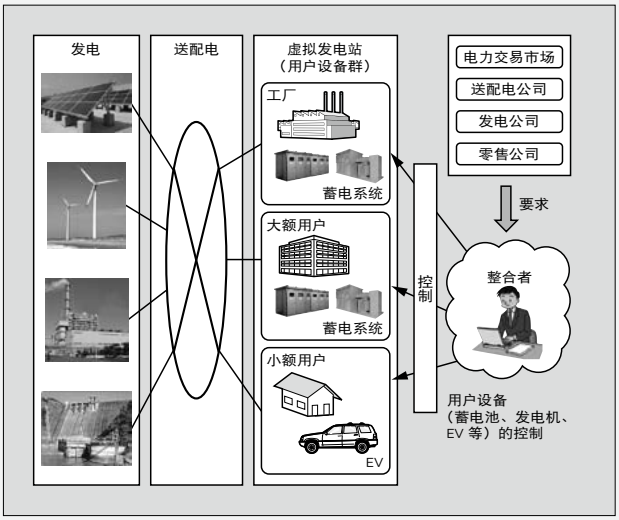
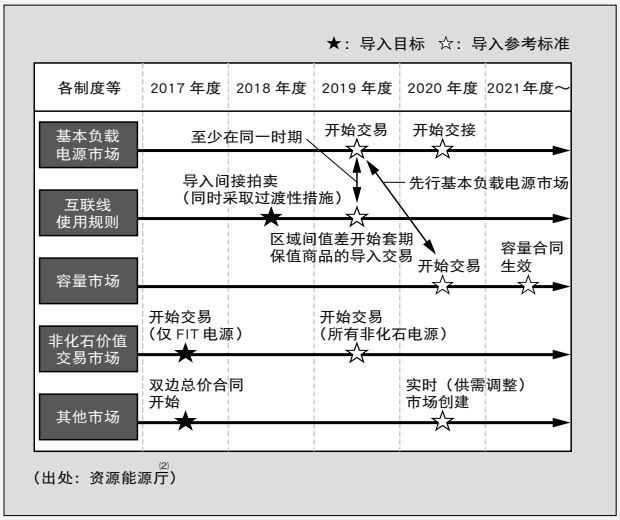


图 4　虚拟电厂的实证示意图



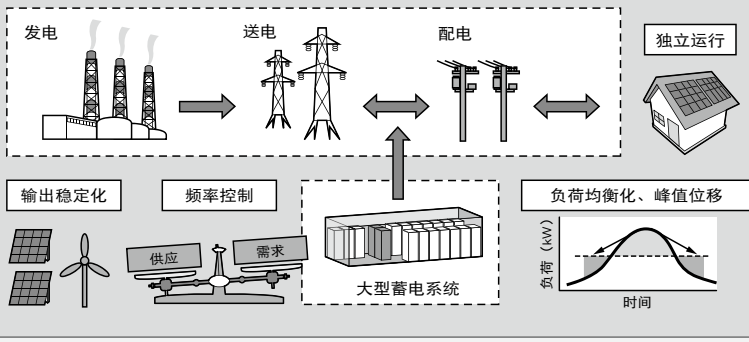
（出处：资源能源厅[(2)]）

图 5　今后电力交易市场的动向（导入目标、导入参考标准）

富士电机通过在监控、运用、控制发电设备和受变电设备相关技术和产品中反映各种实证业务中获得的意见和自主开发的成果等，并进一步加入 ICT（Information and Communication Technology），从而确实应对顾客各种各样的需求。具体而言，就是开发可实现系统最佳运用的计算机系统、可实现系统稳定化和需求方峰值位移的大型蓄电系统，以及使系统电压保持在规定值以内的静止型无效功率补偿装置（SVC：Static Var Compensator）等，并依次投入市场。引入事例如下所示。

富士电机的蓄电系统如**图 6** 所示，可以根据各种需求，

(*5) 生物气发电
生物气是指以厨房垃圾和污泥等有机性资源为原料，通过厌氧微生物的力量而产生的气体。生物气发电是指使用此生物气进行发电的方法。



客户	需求	功能
系统运用者	○通过负荷调整提高设备运转率 ○系统频率稳定化	○峰值位移 ○频率控制
电力公司	○调整能力 ○应对负瓦特 ○计划时同时同量	○来自外部的输出调整 ○基于日程表控制
可再生能源公司	○输出稳定化 ○回避发电抑制	○稳定化控制 ○峰值位移
用户（工厂、大型设施等）	○削减电力成本 ○BCP	○峰值位移 ○独立运行

图 6　电力系统中蓄电池系统的用途

组合适当的 PCS 和控制装置，从而实现图中所有种类的蓄电池控制功能。

面向电力公司等系统运用者的规模则更大，很多系统的容量甚至达到几十 MWh。2015 年，我们向北海道电力株式会社的南早来变电所交付了能够针对住友电工株式会社制造的氧化还原液流电池（15 MW、60 MWh）的多个组实现最佳综合控制的系统（**图 7**）。一般而言，蓄电池拥有响应快和容易扩充等特点，此外，与原峰值位移中使用的抽水蓄能发电相比，还有前导时间短、设置场所限制少等优点。因此，今后有望继续扩大导入（参照第 100 页“利用世界最大级 60 MWh 氧化还原液流电池的系统蓄电池用大容量交直转换系统”）。

富士电机配电系统的电压控制方法并不是目前主流的、有动作次数限制的自动电压调节器（SVR：Step Voltage Regulator），而是动作次数无限制的 SVC。根据产生无效功率的方式不同，将 SVC 分为自励式和他励式 2 种。其中，他励式配电系统所用 SVC 是与东北电力株式会社共同开发的装置，可利用可变电感器进行无级连续控制。此外，还可以利用无冷却扇方式，比传统 SVC 更加小型、轻量化，可靠性也良好，还可设置在柱子上。目前，我们正面向国立研究开发法人 新能源产业技术综合开发机构（NEDO）的“分布式能源新一代电力网构建实证工程”，利用 SiC（碳化硅）模块，开发具有更高性能、可更加小型轻量化，且可安装在一根柱子上的新一代 SVC。为了帮助维持整个配电系统的电压，将其与进行监视控制的计算机系统配合一起投入市场（参照第 96 页“有助于解决电压变动问题的配电系统用静止型无效功率补偿装置”）。

图 7　南早来变电所的大型蓄电系统

9　水环境领域

从工厂和事务所排放出的工业污水的水质，受到“水质污浊防止法”和各自治体条例的“追加基准”严格管制，各公司被要求必须严格处理。这样，工厂新设和增设设备时等，就必须配备污水处理设备（**图 8**）。对水质的管制越来越严格，企业如何在严格遵守污水基准的基础上削减运营成本已成为一大课题。

例如，食品、饮料行业，随着速食食品和软罐头食品需求的增加，以及以广大年龄层为目标的各种饮料的销售，需要不断增加生产量和生产品种、变更制造工程等。这样，污水量和污水水质就会发生变化，污水处理管理的难度增加。而且，还需要从保护周边环境和改善劳动环境等观点出发，抑制氨和硫化氢等导致的恶臭。食品、饮料工厂的污水大多为高浓度有机性污水，一般采用以标准活性污泥法为代表的生物处理。此时，如果污水量增加或者污水水质发生变化，无论是兴建土木工程增强处理能力，还是追加前处理、后处理设备，均需要巨大的设备投资。

富士电机使用芽孢杆菌(*6)开发了可同时削减污水处理成本和防止恶臭的新污水处理解决方案。在此解决方案中，

图 8　污水处理设施

(*6) 芽孢杆菌
参照第 115 页“解说”

我们使用了能够高效分解有机物质的芽孢杆菌，通过深入解析基因和酶，开发、组合出了能够使芽孢杆菌的分解能力达到最大化的专用活性剂（**图 9**）。

新污水处理解决方案具有不需要大规模设备投资，能在削减运营成本的同时抑制恶臭的优异性能。具体而言，就是拥有能够在短时间内分解高浓度有机物质，同时抑制产生工业废弃物之一的剩余污泥的特点，不仅能够将恶臭抑制在检测下限以下，污泥的处理费用也能比原来减少 20 ～ 40%。并且，由于其有兼性厌氧性，因此曝气鼓风机的动力也能够比原来减少 10 ～ 40%。

富士电机通过与宇都宫大学共同研究，进一步运用芽孢杆菌，开发出了能够在新设和增设污水处理设备时大幅削减初期投资和运营成本的“无污泥污水处理系统”。该系统是将宇都宫大学的“磁化活性污泥法”与芽孢杆菌组合而成的系统，能够同时削减初期投资、运营成本和设置空间。具体而言，因为在生物处理中采用了**图 10** 所示的磁气分离装置进行固液分离，所以可将生物处理槽的容量压缩到原来的 1/2 ～ 1/3。此外，不再需要沉淀槽，因此能够大幅削减建设成本（初期投资）。并且，使用芽孢杆菌可以增强生物的自我氧化，将剩余污泥变为零。这样，就不需要污泥处理所需的污泥脱水机，以及药品费、电费、处理费，因此可以大幅削减运营成本（参照 110 页“利用芽孢杆菌的新污水处理解决方案”）。

图 9　芽孢杆菌发酵剂和活性剂

图 10　无污泥污水处理系统（磁气分离装置）

10　后记

本文从富士电机实施的能源创造和社会基础设施解决方案中选取一些典型案例，对其现状与展望进行了介绍。此外，我们还针对与德国福伊特公司合作的水力发电领域、日本国内市场份额最高的电力智能电表，以及面向行政的无害化业务软件包等开展各种工作。

今后，富士电机也将继续把目光投向客户，倾听客户的心声，与客户合作，为了帮助客户创造价值，坚持不懈地努力开展技术革新、提高服务水平。并且，还将通过提供安全、安心且环保的能源创造和社会基础设施解决方案，不断为实现可持续发展的社会做出巨大贡献。

参考文献

⑴　平成 28 年度助成金交付および出資・債務保証実績. 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）. http://www.jogmec.go.jp/geothermal/geothermal_10_000007.html#002,（参考 2016-11-01）.

⑵　市場整備 WG における検討結果. 資源エネルギー庁. http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kihonseisaku/denryoku_system_kaikaku/pdf/03_03_00.pdf,（参考 2016-11-01）.

⑶　なっとく再生可能エネルギー. 経済産業省. http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/statistics/index.html,（参考 2016-11-01）.

藤原　正洋
富士电机株式会社执行董事，发电和社会基础设施事业本部长。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。