

大川 富雄
Tomio OKAWA

研究课题

运用热流与气液两相流的技术·研究·知识、致力于解决能源·环境问题于解决能源·环境问题

关键词

热流, 多相流, 气液两相流, 气泡, 液滴, 液膜, 喷射, 相变传热, 沸腾, 凝缩, 临界热流密度 (CHF), 原子反应堆热流, 燃料电池, 电子机器冷却, CCS, 强制对流过冷沸腾

所属专业	研究生院信息理工学研究科 智能机械工学专业
研究成员	大川 富雄 教授
所属学会	日本机械学会, 日本原子能学会, 日本多相流学会, 日本传热学会

研究概要

以热流工程学和多相流工程学的知识为基础, 促进有着基础能源·环境问题的研究

本研究室以构造安全且高效的下一代能源系统作为基础技术, 进行分析混合液体和气体的空间时的热流现象及气液界面构造 (例如牛奶皇冠的形状) 的时间发展所支配的物理机理。

火力发电和核能发电是使用高温·高压的蒸气进行发电。换言之, 火力发电是利用石油·煤炭·天然气等石化燃料燃烧后产生的热来发电, 而核能发电则是通过核分裂反应产生的热, 除了水以外还制造高温·高压的蒸气, 以这种方式推动涡轮旋转获得电力。

液体的水转化为气体蒸汽的过程, 认为是气体与液体即多相混合后状态的经过。物质的相流有固相流、液相流、气相流这 3 种, 但是一般 2 种以上混合的流体称为【多相流】。只有气体和液体的 2 种特别场合称为【气液两相流】。只有水或空气的是【单相流】, 热和流体的关系就更加复杂了。在多相流或者是气液两相流中产生的热流现象是相当难理解, 为此, 我们想要弄明白这种现象。

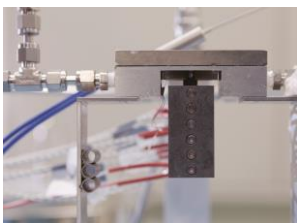
液膜干涸与临界电力

火力发电和核能发电站当蒸汽量多时, 流道墙面形成液膜这时可以知道蒸汽沿着流道中间流动。液膜像环状所以称其为环状流。发电站的管壁受到热不得不把管壁弄湿。当液膜不知不觉消失时情形与風呂 (浴室) 烧干一样, 管壁的温度上升而蒸发。当然发电站遭受到的破坏也是严重的。因此液膜干涸消失时的输出称为临界输出 (临界电力)。准确预测临界电力是发电站在热工水力学设计的重要课题。

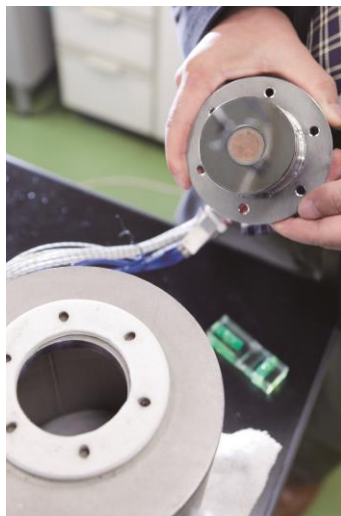
液膜表面不断产生液滴, 被高速的蒸汽热流摄取, 对这种现象取名为雾沫夹带。如著名的葛饰北斋的木版画 (神奈川冲浪里) 那样雄壮, 如果产生雾沫夹带消耗, 当然液膜消耗后变得容易干涸。因此, 雾沫夹带量的评价成为预测临界电力的重要关键。我们小心翼翼考察雾沫夹带产生的机理, 在提高临界电力的预测精度上取得飞跃性的成功。

冷却与流道、染湿的研究、能源关联机器的高性能化的研究

悉心钻研冷却材流道, 开发提高 CPU 等的半导体机器与逆变器等的电力电子学机器的冷却限制的技术, 在液体中弥散纳米大小的微粒子, 开发提高散热限制技术, 对流道的染湿性进行控制, 防止流道内液体囤积技术的开发 (这是有利于燃料电池的发电量稳定化) 等, 活用气液界面举动的相关知识, 进行以能源机器的高性能化为目的研究。



使用相变化的电子机器冷却技术的开发



通过使用纳米液体改变表面性提高散热极限

优势

实行可视化实验及数值模拟, 探索真理

由于气液两相流是非常复杂, 总之有许多单纯从经验上得到的规则。可是近年来, 以高速摄像机代表的计测技术发展显著, 数值模拟技术也在飞跃进步。因此, 我们进行可视化实验及数值模拟, 特别是关于重要的显微视下的过程在做深入的改善, 目标是摆脱单从经验上得到的规则。

例如, 通过核能发电用来固定燃料棒隔板的治具, 临界电力得到大大提高, 其原理在很长的时间里尚未被解开。因此, 我们模拟设置在流道内隔板的障碍物, 查明在环状流中液膜流量的变化。其结果证明了液滴与隔板之间的碰撞, 与临界电力的提升有很大关系。

液滴·液膜碰撞过程

环状流中液滴源源不断地与液膜碰撞。假设碰撞后的大多数情况是液滴被液膜吸收, 液膜的流量在增加。但是, 液滴不落在水面上, 碰撞后可以观察到是重新产生液滴。在环状流里, 液滴真的是被吸收了吗? 因此, 我们聚集于这些不同的碰撞角度。通常落下的液滴基本上都是垂直碰撞方式, 但是环状流却是倾斜碰撞。

除了垂直碰撞实验外也对技术上很难做到的倾斜碰撞实验对各种实验装置进行了观察。首先以 45° 碰撞角度进行实验时结果是令人震惊的。预想以为倾斜碰撞很难产生液滴, 相反却产生了垂直碰撞时约 100 倍的液滴量。这是液滴碰撞后不是液膜流量在增加而是意味着在减少。真是百闻不如一见。

可是将碰撞角度变为更小时我们可以看到大大抑制在 20° 以下液滴的产生。环状流中的碰撞角度是约 2° ~ 3°, 我们期待液滴的产生是不明显的。然而, 【碰撞后的液滴被液膜吸收】的假设是否正确, 尚未得到确定。因此想收集更加极小的碰撞角度时的实验数据。

解开通过实验·分析强制对流过冷沸腾的机理

【沸腾虽然是我们身边常见的现象, 但是用复杂现象的代名词还真是不认为所被理解的那样】。事实上以人性化想要尝试做, 特别是进行关于有难度的情况 (有相流且水是冰冷的情况) 的观察。这类的沸腾称为【强制对流过冷沸腾】, 考虑核反应堆的安全性及 CPU 等的发热体冷却时的重要现象。强制对流过冷沸腾是从 1960 年代开始有的定论, 根据表面张力气泡是否附着到管壁, 相流的样子完全被改变。然而, 我们所观察到的是气泡没有附着在管壁。当相流完成被改变, 发现了气泡的更微小动态特性有关系。

未来展望

有关二氧化碳减排技术的 CCS 技术的研究开发

今后, 除了石油、煤炭、天然气以外, 使用页岩气、甲烷水合物等的新型石化燃料资源, 预测它将强化火力发电。因此, 减少温室效应气体排放将成为越来越重要的课题。

本研究室提供安全高效的能源研究方法的同时, 正考虑研究能够削减在发电时产生的二氧化碳。其中一个就是 CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage: 二氧化碳收集·储存)。例如, 火力发电站所排放的二氧化碳用特殊的液体收集, 在分离·回收后储存在地里或海底。这是利用气液两相流的知识, 所以期待对 CCS 技术的发展必定做出贡献。