日本鹿儿岛实证：晶科飞虎3弱光优势凸显，对比N型BC增益超7%

一、重要结论

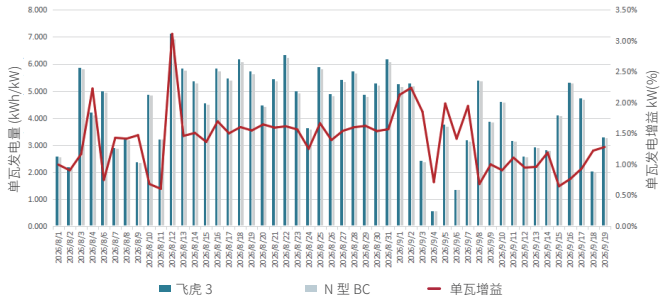
综合发电量领先：测试周期内，飞虎 3 对比同功率 N 型 BC 组件，实现 1.59% 的稳定单瓦发电增益。

弱光低辐照优势显著：测试周期内阴雨与台风天气占比较高，在 0 ～ 100 W/m² 低辐照区间，飞虎 3 对比 N 型 BC 组件发电增益达 7.13%，弱光响应优势尤为突出。

1、综合发电量领先

日本鹿儿岛实证项目于 2026 年 8 月 1 日至 9 月 19 日完成发电量对比测试。实测数据显示，测试周期内晶科飞虎 3 组件单瓦累计发电量达 **216.19 kWh/kW**，同功率 N 型 BC 组件为 **212.79 kWh/kW**，飞虎 3 实现 **1.59%** 的稳定单瓦发电增益，充分印证了其在低辐照、高湿沿海环境下的综合发电优势。

日本鹿儿岛实证 2026.8.1-2026.9.19 单瓦发电量对比



2、弱光低辐照优势显著

分辐照度数据显示，在 0～ 100 W/m² 低辐照区间，飞虎 3 发电增益达 **7.13%**；在 0 ～ 200 W/m² 区间，累计增益达 **4.13%**，反映出其优异的弱光响应能力。这一稳定增益表现，充分印证了飞虎 3 在低辐照、弱光环境下的卓越响应能力。

日本鹿儿岛实证 2026.8.1-2026.9.19 分辐照单瓦发电量对比

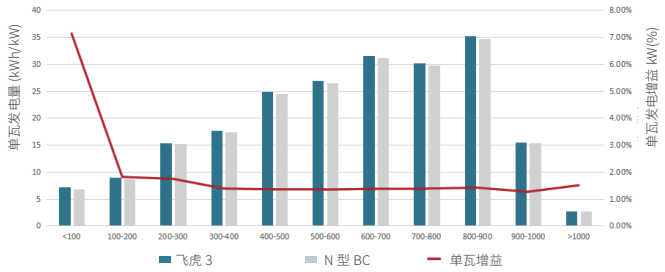




图 1：项目实景照片

二、项目背景

为验证飞虎 3 在真实运行环境下的发电表现，并探究其在日本及东亚典型沿海电站场景中的实际应用价值，晶科在日本鹿儿岛开展了飞虎 3 与 N 型 BC 组件的对比实证，并由第三方权威机构 TÜV 北德（TÜV NORD）进行独立数据监测。

项目所在地日本鹿儿岛出水市位于九州南部，属亚热带季风气候。测试期间（8 月至 9 月中旬）正值日本台风季，鹿儿岛地处台风路径高发区，整体炎热潮湿、降水偏多。多云、降雨与台风天气使测试周期内低辐照时段占比较高；这一气候条件叠加高温高湿的沿海环境，使当地成为检验组件弱光响应能力与综合发电性能的典型区域。与此同时，随着日本及东南亚光伏市场快速发展，沿海及岛屿地区的地面电站已成为该区域的重要应用场景。因此，本项目采用固定支架安装方式开展实证，使测试结果更贴近当地电站的真实运行条件。

三、项目设计

为确保对比结果客观有效，本项目采用组串级平行对比方案，并严格控制变量。

1、测试样本：选取晶科飞虎 3 组件（铭牌功率 650W）与 N 型 BC 组件（铭牌功率 650W）各 8 块，两款组件均为双面组件。

样品类型	飞虎 3	N 型 BC
铭牌功率 (W)	650	650
组件尺寸 (mm)	2382×1134	2382×1134
数量	8	8

2、安装方式：两组组件均采用固定支架安装，组件最低点距地面 0.5 米，朝向一致、周围无遮挡，确保辐照接收条件基本一致。

3、对比目的：固定支架安装，反映典型日本及东亚沿海地区安装条件下的发电能力，重点考察两类组件在亚热带季风气候与地面电站场景下的综合发电表现。

4、电气配置：两路组串接入同一型号组串式逆变器，采用独立 MPPT 通道，同步采集发电量数据。

5、监测周期：2026 年 8 月 1 日至 2026 年 9 月 19 日，覆盖近 50 天完整运行周期，包含夏季阴雨台风期及初秋过渡期。

6、核心监测指标包括：单瓦累计发电量（kWh/kW）、分时段单瓦发电量（kWh/kW）、相对发电增益（%）、辐照度（W/m²）。

四、数据洞察

在 50 天的测试周期内，实测数据显示晶科飞虎 3 组件单瓦累计发电量达 216.19 kWh/kW，同功率 N 型 BC 组件为 212.79 kWh/kW，飞虎 3 实现 1.59% 的稳定单瓦发电增益。测试周期正值日本台风季，台风影响频繁，鹿儿岛处于全年降水高峰期；飞虎 3 的综合优势可从以下两个维度得到验证。

1、全时段稳定增益：整个测试周期内，飞虎 3 始终对 N 型 BC 保持正向增益，累计单瓦增益达 **1.59%**，未因高温高湿的严苛环境出现增益衰减，呈现稳定、可靠的全时段性能表现。

2、低辐照弱光优势突出：分辐照度数据显示，飞虎 3 在 0 ～ 100 W/m² 低辐照区间发电增益达 **7.13%**，清晨与傍晚时段增益尤为明显，体现出优异的弱光响应能力，可有效延长每日有效发电时段、提升全天发电量。

五、原理分析

从技术机理来看，飞虎 3 在弱光时段的发电优势主要得益于更低的内部漏电损失。随着辐照度下降，组件产生的光生电流随之减小，漏电流在总输出中的占比相对上升，对组件工作电压、填充因子和输出功率的影响也更加明显。TOPCon 电极结构对于长波段的光吸收比 BC 更好；由于瑞利散射，长波更易穿透大气层。在清晨和傍晚时段，由于太阳光经过更长大气路径传播，蓝光、紫光 (400nm 以下短波) 被散射；红光、近红外光 (600nm 以上长波) 占比变高。光谱中的红光比例显著增加。TOPCon 能够更充分利用这些长波光资源，从而获得更高输出能力。飞虎 3 能够在低辐照条件下维持更稳定的电学输出，因此其相对发电优势在早晚及阴雨时段进一步放大。

相比之下，N 型 BC 电池的正、负极交叉分布于背面，图形化与隔离工艺更加复杂，对局部绝缘、边界复合及并联电阻控制提出了更高要求。相关电学损失在低辐照条件下更容易被放大，从而影响弱光时段的功率输出。这也与实证中 **7.13%** 结果相吻合。

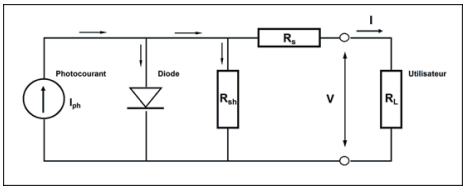


图 2：光伏电池等效电路模型：提高并联电阻（Rshunt）有助于提升弱光性能