

## 特集 II

### 太陽光発電と電磁波・電磁界に関するセミナー

# 太陽光発電システムの EMC に関する 国際規格化の動向

Trends in international standardization for EMC of solar photovoltaic energy systems

吉岡康哉 \*

## 1. はじめに

筆者は、2008 年に国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission : IEC) の国際無線障害特別委員会 (Comite international Special des Perturbations Radioelectriques : CISPR) の国際エキスパートに就任し、無線障害の原因となる各種機器からの妨害波の限度値と測定法を規定する CISPR 規格の整備に従事してきた。また、IEC の太陽光発電システムに関する国際規格を整備する技術委員会 (Technical Committee : TC) TC82 にて、太陽光発電インバータ (Photovoltaic power generating inverter : PV-INV) に対する電磁両立性 (Electromagnetic compatibility : EMC) 要件の国際規格化を 2013 年に提案し、2014 年よりプロジェクトリーダーとして、PV-INV の EMC 要件 IEC 62920 の整備に従事してきた。

本稿では、筆者のそれら EMC に関する国標準化活動を基に、PV-INV の EMC 要件の国際規格化の経緯や最近の動向、そして、近年、課題となっている太陽光発電システムに関する EMC 要件整備動向について報告する。

2 章では、EMC 国際規格の基礎知識として、EMC に関する IEC の委員会の構成、EMC に関する国標準化活動を基に、PV-INV の EMC 要件の国際規格化の経緯や最近の動向、そして、近年、課題となっている太陽光発電システムに関する EMC 要件整備動向について報告する。

3 章では、PV-INV に関する EMC 要件の国際規格化の経緯を報告する。

4 章では、PV-INV の EMC 要件 IEC 62920 の改定状況を報告する。

5 章では、太陽光発電システムに関する EMC 要件整備動向と課題検討のために実施した実証試験について報告する。

## 2. EMC に関する IEC 委員会や規格策定ルール

IEC では、エミッション要件やイミュニティ要件を規定する EMC 要件の国際規格を策定する際のルールや、各技術委員会の規格策定の責務、EMC 要件整備動向などを Guide 107 で定めている。

図 1 に EMC に関する IEC の技術委員会の構成を示す。図 1 に示すように、IEC では EMC に関する技術委員会は大きく二つに分類される。一つは、図中(1) の TC77 と図中(2) の CISPR で構成される EMC 委員会、もう一つは図中(3) で構成される製品委員会である。TC77 は、電力品質確保およびイミュニティに関する要件を規定する IEC 要件の整備を行い、CISPR は、電磁環境保護 (無線業務保護) に関する要件を規定する IEC および CISPR 要件の整備を行っている。製品委員会は、個別製品に対する EMC 要件を規定する IEC 要件の整備を行っており、TC82 の他に、図 1 に示すように、モータインバータや UPS 直流電源などのパワーエレクトロニクス機器の国際規格を整備する TC22 などがある。

EMC に関する IEC の委員会には、もう一つ、図 1 中(4) の EMC 諮問委員会 (Advisory Committee

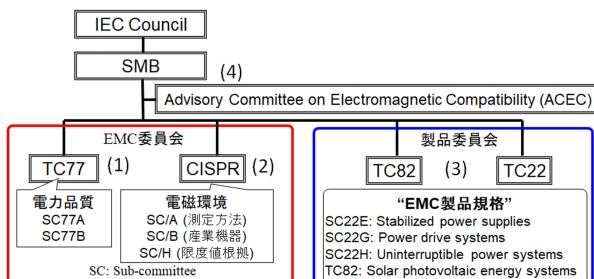


図 1 EMC に関する IEC の技術委員会構成

on Electromagnetic Compatibility : ACEC) がある。ACEC は EMC 委員会と製品委員会の代表で構成され、EMC 委員会の策定した規格が製品委員会で適切に適用されているかを管理し、EMC 委員会と製品委員会の間の調整を行う。また、EMC 規格策定ルールを定めた Guide 107 の整備も ACEC の責務の一つである。さらに、ACEC では、IEC で新たに提案もしくは改定される国際規格および技術仕様書 (Technical Specification : TS) が EMC に関連する用語を一つでも含んでいる場合には、提案書原案に対する各国意見照会の段階で、提案内容が Guide 107 を準拠しているか監視を行っている。

Guide 107 は、2009 年に IEC 標準化管理協議会で義務化された。Guide 107 は、図 2 のように EMC に関する国際規格の体系を定め、エミッションやイミュニティに関する規格を策定する場合のルールを以下のように定めている。

#### (1) エミッション規格策定の場合のルール

- TC 77 と CISPR がエミッション限度値や測定要件を作成する責務を有する
- 製品委員会は自身の製品のためのエミッション限度値や測定要件を独自に規定できない
- 製品委員会が限度値や測定要件の改定する場合には、製品委員会は TC 77 と CISPR の支援を受け、助言を仰がなければならない

#### (2) イミュニティ規格策定の場合のルール

- TC 77 がイミュニティに関する EMC 基本規格を作成する責務を有する
- 製品委員会は、EMC 基本規格で規定された試験に関する要件を参照しなければならない
- TC 77 はイミュニティレベルを設定する際の助言や支援を製品委員会に対して行う

IEC 62920 は、この Guide 107 に従って、EMC 委員会が策定する基本規格、共通規格、製品群規格を参考し、PV-INV に起因する電磁妨害

(Electromagnetic Interference : EMI) による電力品質や電磁環境への影響を低減するためのエミッション要件と、周囲からの電磁妨害に対する PV-INV の耐量 (Electromagnetic susceptibility : EMS) に関するイミュニティ要件の 2 つの要件について規定している。さらに、製品規格として、PV-INV の EMC 要件の評価結果の信頼性と再現性の向上のために、PV-INV に対する EMI 要件や EMS 要件の評価に必要な測定器の配置、試験条件、動作条件を IEC 62920 で具体的に規定している。

### 3. 太陽光発電インバータに関する EMC 規格策定の経緯

本章では、EMC 委員会における PV-INV の EMC 規格策定動向について 3.1 章で報告する。また、PV-INV の EMC 規格 IEC 62920 の策定動向を 3.2 章で報告し、第 1 版策定時に課題となつた大容量インバータの伝導妨害波電圧の測定方法の妥当性検証について報告する。

#### 3.1 EMC 委員会における太陽光発電インバータの EMC 規格策定動向

IEC では、主に太陽光発電システムを対象に、低圧電力系統に接続される分散型電源に対する電力品質に関する EMC 要件整備が 2007 年頃から進められており、「低圧系統での分散型電源に対する低周波の電磁耐性と電磁放射の要求事項の評価方法」を整理した技術報告書 (Technical Report : TR) IEC TR 61000-3-15 が 2011 年に発行された。さらに、IEC TR 61000-3-15 を基に、PV-INV 以外も対象にした「インバータ式電力供給設備の高調波電流の限度値」を規定した技術仕様書が IEC TS 61000-3-16 が、2023 年に発行された。

一方、電磁環境保護のための太陽光発電システムに対する高周波 EMI 要件の整備が 2007 年に日本から CISPR に提案された。これを受けて、日本主導の下で、工業・医療・科学装置に対する EMI 要件を規定する国際規格 CISPR 11 への太陽光発電システムに対する高周波 EMI 要件の導入を目指すプロジェクトが 2008 年より開始された。

2007 年の当初の提案では、太陽光発電システムの設置場所における放射および伝導妨害波の測定を要求する規格が提案された。この提案では、CISPR 規格では現在でも要件対象外となっている 9 kHz から 30 MHz の電界放射妨害波測定や、当時はまだ要件対象外となつていた 9 kHz から 30 MHz の交流電源ポートおよび直流電源ポートの伝導妨害波の

種類	規定内容	規格	技術委員会	要件適用優先順位	規格適用優先順位
基本規格	・測定方法や試験条件 ・電力品質の測定方法、要件 ・イミュニティの試験方法、要件	CISPR16 IEC 61000-3 IEC 61000-4	CISPR/A SC77A SC77B	高 ↑	低 ↓
共通規格	・放射および伝導の高周波エミッションの限度値 ・イミュニティの試験レベル	IEC 61000-6-3/4 IEC 61000-6-1/2	CISPR/H		
製品群規格	・工業、化学、医療機器 ・マルチメディア機器 ・車両、ポートおよび内燃機関	CISPR11 CISPR32 CISPR12	CISPR/B CISPR/I CISPR/D		
製品規格	・ドライブインバータ ・UPS ・太陽光インバータ	61800-3 62040-2 62920	SC22G SC22H TC82	低 ↓	高 ↑

図 2 EMC に関する国際規格の体系

測定方法および限度値の整備が提案された。

- この提案に対して、国際規格 CISPR 11 の整備を行う CISPR B 小委員会にて以下が合意され、日本主導の下で 2008 年よりプロジェクトが開始された。
- 太陽光発電システムを構成する系統連系電力変換装置 (Grid Connected Power Converter : GCPC) に対する高周波 EMI 要件を整備する
  - 太陽光発電システムの設置場所測定ではなく、GCPC の型式試験のための試験場における測定方法および限度値を CISPR 11 で規定する
  - 交流電源ポートの伝導妨害波については、他の電気機器と同様に、測定方法は CISPR 16-2-1 を適用し、限度値には 150 kHz から 30 MHz の CISPR 11 の既存の限度値を適用する
  - 30 MHz から 1 GHz までの放射妨害波については、太陽電池モジュールを含まず、GCPC のみの電界放射測定とし、測定方法は CISPR 16-2-3 を適用し、限度値には CISPR 11 の既存の限度値を適用する
  - 直流電源ポートの伝導妨害波については、測定方法も限度値も規定が無い (2008 年当時) ことから、CISPR 11 で新たに規定する

2008 年から始まったプロジェクトでは、主導権を保持するためには技術的な根拠に基づく規格提案が重要であると認識し、GCPC の直流電源ポート伝導妨害波測定方法の検討と限度値の妥当性検証のために、実証試験やシミュレーションによる評価検証を日本主導で行った。また、太陽光発電システムを構成する GCPC に対する高周波 EMI 要件を盛り込んだ規格案の作成も日本主導で進めた。

その結果、2007 年から 8 年間の取り組みの末、2015 年に発行された CISPR 11 第 6 版に、IEC の EMC 国際規格として初めて太陽光発電システムを構成する PV-INV に対する高周波 EMI 要件が導入された。ただし、CISPR 11 第 6 版では、要件適用に対して下記の条件が付加されていた。

- PV-INV に対する高周波 EMI 要件は、家庭用の小容量インバータからメガソーラーを構成する大容量インバータのすべて
- PV-INV は GCPC のみが対象
- 電力系統に接続されない電力変換装置は対象外
- 直流電源ポートの伝導妨害波測定は、太陽光発電システムを構成する GCPC のみ
- 蓄電池などその他の直流電源に対する直流電源ポートは適用外

しかし、CISPR 11 第 6 版が発行された 2015 年頃は、太陽光発電モジュールに直接接続される DC/

DC コンバータに起因する無線障害が欧州で問題になっており、また、蓄電装置が併設される PV-INV が市場に普及されるようになったことから、2019 年に発行された CISPR 11 第 6.2 版にて、それらを包含する改定を行った。2024 年 2 月に発行された CISPR 11 第 7 版では大きな変更は無いが、2024 年春以降に始まった CISPR 11 の第 7 版改定作業では、太陽光発電モジュールや蓄電装置以外が接続される直流電源ポートの伝導妨害波の要件整備や、最近話題になっている低圧直流系統の EMI 要件の検討を行っている。

### 3.2 太陽光発電インバータの EMC 規格 IEC 62920 の策定動向

前述したように、2013 年に IEC の TC82 にて PV-INV の EMC 国際規格策定を提案し、2014 年よりプロジェクトリーダーとして、IEC 62920 の策定を開始した。

IEC 62920 第 1 版では、図 3 に示すように、PV-INV が設置される環境を住宅環境と工業環境の二つに分類した。さらに、製品群規格 CISPR 11 で規定している高周波エミッション要件のクラス分けと整合させるために、住宅環境に設置される PV-INV を Class B、工業環境に設置される PV-INV を Class A として、二つのクラスに分類した。Class A においては、中圧電力系統に接続、もしくは降圧変圧器を介して接続される PV-INV を包含することとした。

また、公共の電力系統に接続されず、単独で動作する PV-INV も IEC 62920 の対象とした。ただし、太陽光発電システムを構成する DC/DC コンバータは、CISPR 11 で検討中であるとして、第 1 版では包含しなかった。

CISPR 11 と同様に、IEC 62920 でも、PV-INV の

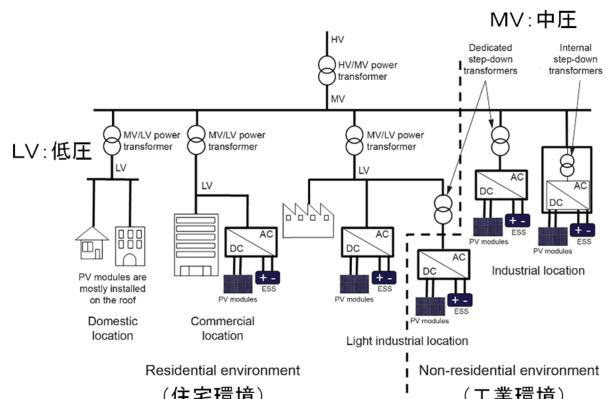


図 3 IEC 62920 第 1 版の適用範囲

EMC 要件は家庭用の小容量インバータからメガソーラーを構成する大容量インバータのすべてに適用すると規定した。しかし、CISPR 11 では、大容量インバータの EMI 要件と EMS 要件の両方において、測定方法、試験方法の妥当性が十分に検討されておらず、具体的な測定方法や条件が規定されていなかった。そこで、2015 年 1 月に、500 kW の PV-INV 実機を用いて、IEC 62920 第 1 版で提案されているエミッション要件およびイミュニティ要件とそれらの試験方法の妥当性の検証を、ドイツの PV-INV メーカーの試験場にて下記の試験項目を実施した。

- 高調波および電圧変動の低周波エミッション測定
- 高周波伝導妨害波エミッション測定
- 高周波放射妨害波エミッション測定
- 伝導イミュニティ試験
- 放射イミュニティ試験

図 4 と図 5 に高周波伝導妨害波エミッション測定の試験回路図を示す。図中の PCS が被測定器となる 500 kW の PV-INV である。AMN は交流電源ポートおよび交流補助電源ポートの高周波伝導妨害波エ

ミッション測定を行うための擬似電源回路網であり、DC-AN は直流電源ポートのための擬似電源回路網である。

図 4 は CISPR 16-2-1 で規定されている擬似電源回路網を用いた正規の伝導妨害波エミッション測定法を示す。図 5 は、擬似電源回路網を電圧プローブとして使用する代替法として CISPR 16-2-1 に記載されている伝導妨害波エミッション測定法を示す。

伝導妨害波エミッション測定の際、試験設備や測定器の容量制限により、PV-INV の運転容量は正規および代替ともに 80 kW 運転に制限した。同様の理由により、伝導イミュニティ試験の際には 8 kW 運転に、放射妨害波エミッションおよび放射イミュニティの場合は 150 kW 運転に制限した。高調波および電圧変動の低周波エミッション測定は、500 kW 定格運転にて実施することが出来た。

ドイツでの試験では、正規測定法と代替測定法の相対的な比較評価を実施することが出来、代替測定法の有用性を確認することが出来た。しかし、試験設備や測定器の容量制限により、500 kW の定格運転での検証は出来なかったことから、大容量インバータの定格容量運転状態での高周波伝導および放射妨害波エミッション測定の妥当性の検証を目的として、ドイツでの試験の約 2 年後の 2016 年 12 月に、同じ 500 kW の PV-INV 実機を用いて、福島県郡山市にある産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所（通称 FREA）の電波暗室にて、高周波伝導および放射妨害波エミッション測定の実証試験を行った。日本での試験は、ドイツでの実証試験結果の妥当性および再現性を評価検証することも目的の一つであった。

図 6 に正規の高周波伝導妨害波エミッション測定の試験環境を示す。伝導妨害波電圧測定は国内試験機関が保有する擬似電源回路網を用いて実施した。

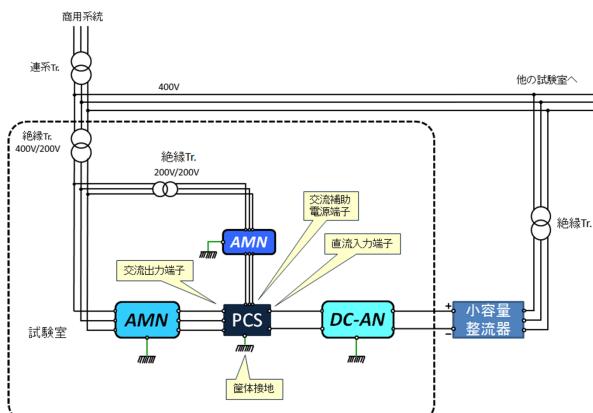


図 4 高周波伝導妨害波エミッション測定（正規）

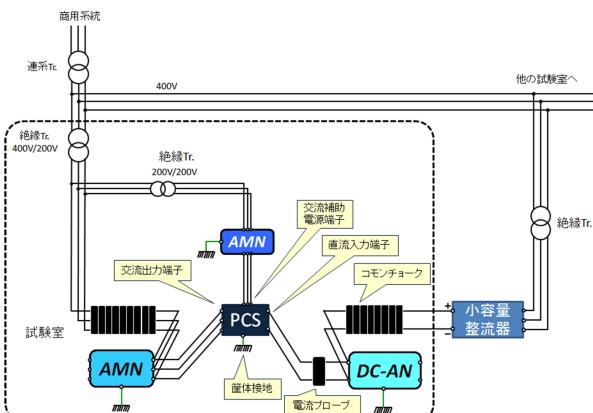


図 5 高周波伝導妨害波エミッション測定（代替）



図 6 高周波伝導妨害波エミッション測定（代替）

正規の測定方法では、擬似電源回路網の電流容量制限のため太陽光インバータは32 kW運転に制限されている。図7は高周波伝導妨害波エミッション測定の代替法の試験環境を示す。図6で使用した擬似電源回路網を電圧プローブとして使用し、図5の回路構成となるように、国内試験機関が準備したコモンチョークを設置した。擬似電源回路網による電流制限や、試験設備のフィルタ装置など電流制限が無くなつたことから、500 kW定格運転による試験が可能となった。

試験の結果、ドイツでの測定結果との整合性が確認でき、コモンチョークを適切に配置することで500kW定格運転での伝導妨害波電圧測定が可能であることが確認でき、代替測定法の妥当性が確認できた。

2017年に発行されたIEC 62920の第1版には、これらドイツおよび日本での実証試験結果を参考した大容量インバータのエミッションおよびイミュニティ要件評価試験代替法がAnnex Dとして記載されている。

IEC 62920第1版の修正版である第1.1版は、2021年に発行され、CISPR 11第6.2版で追加された太陽光発電モジュールに直接接続されるDC/DCコンバータや蓄電装置が併設されるPV-INVも対象機器として追加された。IEC 62920第1.1版では、中型サイズのPV-INVの電界放射5 m離隔距離測定の限度値を追加し、CISPR 16-2-3を基に中型サイズの定義も追加した。

#### 4. 太陽光発電インバータのEMC規格IEC 62920の改定状況

2022年2月より、IEC 62920の第2版発行を目的として、第1.1版の改定作業を開始し、2022年9月に規格改定原案第1版を各国に回付した。



図7 高周波伝導妨害波エミッション測定（代替）

改定項目の一つとして、PV-INVのEMC要件適用の分類に、共通規格で採用している下記の3つの地域の定義の導入を提案した。

- 住宅地域 (Residential location)
- 商業および軽工業地域 (Commercial and light industrial location)
- 工業地域 (Industrial Location)

さらに、この3つの地域を、第1.1版で採用しているClass AとClass Bの2つのクラスに対して以下のように分類することを提案した。

- 住宅地域に設置されるPV-INVはClass B
- 商業および軽工業地域もしくは工業地域に設置される太陽光インバータはClass A

このクラス分けに対して、一部のプロジェクトメンバーから「商業および軽工業地域に設置されるPV-INVは、住宅地域に設置される太陽光インバータと同様に公共低圧電力系統に接続されるため、Class Bと分類するべきである。」との意見があり、商業および軽工業地域に設置されるPV-INVのクラス分けで合意が得られなかった。そこで、Class Aの定義に対し「住宅地域と商業および軽工業地域が同じ公共定電圧電力系統から供給される場合は、それらの地域に設置されるPV-INVはClass Bのみとする」と言う条件付き定義の追加を提案し、クラス分けの定義について合意を得た。

その他、以下の4つをIEC62920第2版で新たに追加する要件項目として提案し、2025年末の発行を目指している。

- 1GHzから6GHzまでの電界放射妨害波限度値の追加
- 無線機能付きPV-INVに対する伝導および放射エミッション要件、イミュニティ要件の追加
- 大容量PV-INVに対する有線通信(LAN)ポートの伝導妨害波測定法及び限度値に対する条件付き要件適用の追加
- 複数直流電源ポートに対する伝導妨害波電圧全ポート個別測定の要件追加

#### 5. 太陽光発電システムに関わるEMC要件整備動向とその対応のための実証試験について

近年、太陽光発電システムからの不要な電波による無線通信への障害事例が国内外で報告されている。

オランダ最大のアマチュア無線協会VERONが、「92%の太陽光発電設備が欧州EMC指令に適合していない」と2021年5月に報告した<sup>1)</sup>。さらに、

太陽光発電関連の世界的なニュースサイト「pv magazine」の2021年12月の記事<sup>2)</sup>では、「スウェーデンの電気安全庁が市場買い上げ検査を行った。その結果、太陽光発電モジュールに直接接続されるDC/DCコンバータや多端子直流電源ポートのPV-INVのいくつかがEMC要件に適合していないと指摘し、それらを販売するメーカーに対して、スウェーデンでの販売を禁止した」と報じられた。また、「この検査は、警察、航空機、軍の無線通信が太陽光発電システムによって妨害されたとの複数の報告が切っ掛けとなって実施された」とも報じていた。

国内においても、人命に関わる無線設備に障害を与えた事例が総務省より報告<sup>3)</sup>されており、「太陽光発電システムを原因とする無線通信への障害防止について」の文書が発行された。この文書では、無線通信への影響を低減させる具体的な方法として、以下の4つを提示している。

- (1) 国際規格で規定されたEMI要件に適合した製品の選定
- (2) 無線通信への影響を考慮した製品設置及び設備施工
- (3) 製品設置後の無線通信障害発生時のEMI対策
- (4) 製品設置後の無線通信障害発生時のEMI発生源除去

上記(1)は、製品に対する要求事項であり、欧洲だけでなく、中国、韓国などのアジア各国でも、IEC国際規格を基に既に法的制度として義務化されている。一方、上記(2)、(3)、(4)は、設備やシステムに対する要求事項であり、一部の設備に対してのガイドラインやIEC文書では技術報告書として整備されているが、国際規格化までには至っていない。ただし、CISPRでは、装置設置後の設置場所でのEMI測定法をCISPR 16-2-3で規定しており、CISPR 11では、住宅環境以外に設置される機器の設置場所における放射妨害波の限度値を規定してい

る。また、大型大容量機器に対する設置場所測定法と放射妨害波限度値の任意距離換算を規定する規格 CISPR 37の作成を検討している。

CISPR 37作成検討においても、図8に示すように実際にPV-INVを用いた測定法や距離換算の検証を行い、技術的な根拠に基づく測定法や距離換算の提案を進めている。検証に使用したPV-INVは、ドイツと日本で実施した実証試験で使用した500 kW実機の電流容量を1/250にした実験用の2 kW機であるが、半導体スイッチング素子や制御装置は500 kW実機と同じものを使用している。また、スイッチング周波数も500 kW実機と同じ設定している。太陽光発電モジュールは、直流電圧動作仕様に合わせて直列数を調整し、ループを形成するように配線した。ただし、フレームアースは接地していない。

実験用PV-INVを用いた放射妨害波測定において、CISPR 37で課題となっている下記項目について検証し、提案している測定法の妥当性を確認した。

- 被測定装置周辺の放射測定用アンテナ基準点
- 基準点からの放射測定用アンテナの設置距離
- 放射測定用アンテナの方向
- 被測定装置の動作条件
- 被測定装置に接続される電力線の影響
- 周囲外乱ノイズの影響

## 参考文献

- 1) <https://www.veron.nl/nieuws/zonnepaneelinstallaties-92-voldoet-niet-aan-eu-emc-richtlijn/>
- 2) <https://www.pv-magazine.com/2021/12/23/solaredge-growatt-found-in-breach-of-swedish-electromagnetic-rules-some-products-banned-from-sale/>
- 3) <https://www.tele.soumu.go.jp/j/ele/pvsystem/>

## 著者略歴



吉岡 康哉 (ヨシオカ ヤストシ)

1993年富士電機株式会社入社。現在、分散型電源の系統連系やEMCおよび電力品質に関する研究開発とIEC国際標準化に従事。2014年、2022年にIEC1906賞受賞。博士(工学)。

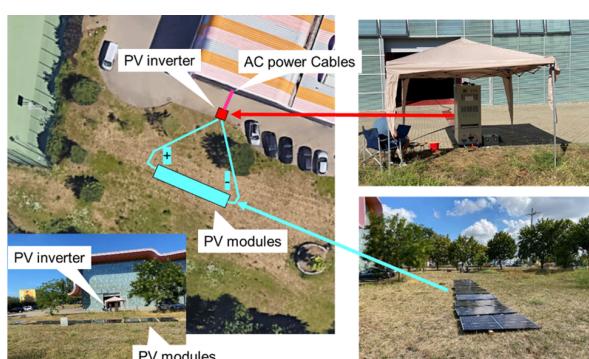


図8 実装置による設置場所測定の妥当性検証