

トピックス

- GSユアサによるパワーコンディショナの開発の歩み（その1）
ー蓄電池付き太陽光発電システムに至る道のりー
- GSユアサによるパワーコンディショナの開発の歩み（その2）
ーピークカット対応蓄電システムの開発ー
- GSユアサによるパワーコンディショナの開発の歩み（その3）
ー高効率・冷却ファンレスパワーコンディショナの開発ー

GSユアサによるパワーコンディショナの
開発の歩み（その1）

ー蓄電池付き太陽光発電システムに至る道のりー

現在広く普及している一般住宅向け太陽光発電システムは、太陽電池が発電した直流電力をパワーコンディショナによって交流電力に変換し、住宅内の電気機器（負荷）に電力を供給する（図1参照）。また、太陽電池の電力が足りない時は電力会社からも受電し、太陽電池の電力は系統に売電（逆潮流）することもできる。

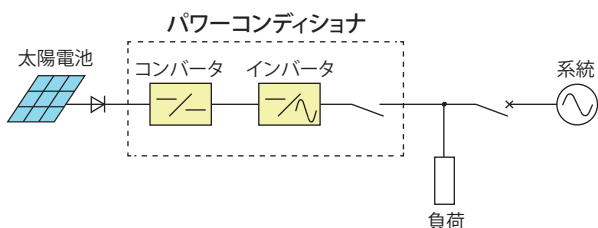


図1 典型的な太陽光発電システム

GSユアサは、この太陽光発電システムにおいて中心的な役割を果たすパワーコンディショナを、1990年代から先駆的に開発してきた歴史をもつ。そして、長年の蓄電池メーカーとしての知見も活かして、「蓄電池付き太陽光発電システム」のコンセプトを提唱するとともに、その実現に不可欠なキーテクノロジーを2000年に発明した。本稿では、初期のパワーコンディショナから蓄電池付き太陽光発電システムの発明に至る開発の歩みを紹介する。

1. 「ラインバック」シリーズの開発

GSユアサが1993年に発売した「ラインバック」は、電力会社の系統に接続（系統連系）が可能な最初のパワーコンディショナである（図2参照）。1993

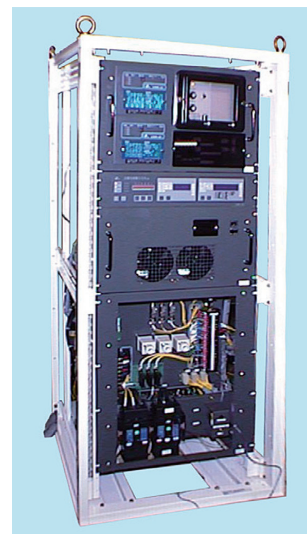


図2 「ラインバック」の本体

年は、経済産業省が系統連系技術要件ガイドラインを改訂し、太陽光発電システムなどの自家発電から「逆潮流あり」の系統連系が可能となった年である。「ラインバック」はこの改訂ガイドラインに対応したもので、1994年には一般財団法人電気安全環境研究所（JET）による「系統連系インバータの任意認証制度」における認証登録第1号を取得した^{※1}。

1995年に開発された「ラインバック EX」では、太陽電池の電力を増幅するために従来使われていた絶縁トランスを、昇圧チョップと呼ばれる電気回路に置き換えた。絶縁トランスを用いずに直流成分が系統に流出することを防止するために、センサの選定や電気回路の制御を慎重に検討した。こうして大型部品である絶縁トランスを省略することで、大幅な小型・軽量化（従来品に対して体積比43%、重量比32%）と低価格化を実現した^{※2}。

1997年に開発された「ラインバック FX」では、家庭用としても使用可能な4.5 kW容量のインバータとして設計をおこない、トランスレス設計にて従来機種よりさらなる小型・軽量化を達成した。こちらもJETの認証を取得し、個人住宅から公共施設まで、幅広い市場へ展開した。

2. 「パワーソーラーシステム」の開発

GSユアサは、一般住宅向け太陽光発電システムに、蓄電池による電力貯蔵機能を組み合わせるといった斬新な発想を採り入れた「パワーソーラーシステム」を2003年に開発した。このシステムは、太陽電池の余剰電力を電力会社に売電する機能のほか、夜間電力により蓄電池を充電する機能、昼間に太陽電池の電力が足りない時に蓄電池からも電力を供給する機能を備えている^{※3}。

電力貯蔵機能をもたない太陽光発電システムでは、災害時などの非常時に電力会社の系統が停電した場合、太陽電池の電力のみでは住宅内の消費電力をまかなえない可能性がある。また、夜間は太陽電池の発電が不十分で、停電が継続していれば、夜間は住宅で電気を使えない。「パワーソーラーシステム」は、複数の蓄電池からなる蓄電ユニットにより昼夜を問わず電力を安定確保できるため、災害に強い住宅を実現できる（図3参照）。

3. キーテクノロジー「蓄電池からの逆潮流防止」の発明

「パワーソーラーシステム」の開発に先立ち、蓄電池付き太陽光発電システムの実現のために不可欠なキーテクノロジーが、2000年に発明された。

太陽電池で発電した電力は、電力会社の系統に逆潮流が認められているが、蓄電池に貯めた電力は、系統への逆潮流が認められていない。そのため、蓄電池からの電力が系統に逆潮流しないように技術的な措置を講じる必要がある。

GSユアサは、太陽電池からの電力に加えて蓄電池からの電力も負荷に供給する時には、系統から少量の電力を受電し続けることを考案した。具体的には、受電電力検出器によって検出される系統からの受電電力が所定の電力を下回らないように、パワーコンディショナ（蓄電池に接続された双方向チョップ）を制御する（図4参照）。

夜間など、太陽電池の電力が不足する時は、蓄電池

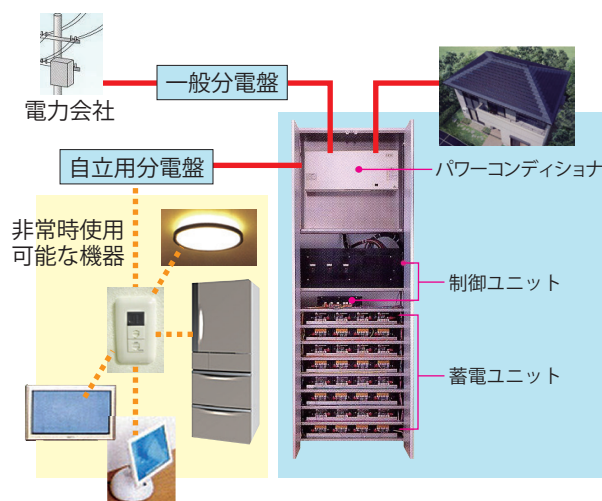


図3 「パワーソーラーシステム」の構成

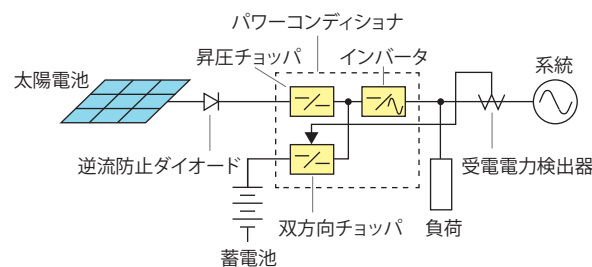


図4 発明の構成^{※4}

からの電力供給が最大となり、系統からの電力と協働して、住宅内の電気機器の電力をまかなう（図5上参照）。朝から昼にかけて太陽電池の電力が増加する時は、太陽電池からの電力は絞ることなく最大限利用し、蓄電池からの電力供給をパワーコンディショナが絞る。この時、太陽電池と蓄電池のみで負荷が必要とする電力をすべてまかなおうとすると、蓄電池からの電力が系統に逆潮流する可能性がある。そこで、系統からも少量の電力を受電し続けて、系統から負荷への電気の流れを継続する（図5下参照）。こうすることで、蓄電池からの電力が系統に逆潮流することを確実に防止できる。

以上、本稿では、GSユアサの初期のパワーコンディショナと、時代を先取りした「蓄電池付き太陽光発電システム」の開発の歩みを振り返った。「その2」では、パワーコンディショナのその後の発展を紹介する。

- ※1 GS News Technical Report 第53巻 第1号 1994年
- ※2 GS News Technical Report 第54巻 第2号 1995年
- ※3 GS News Technical Report 第62巻 第1号 2003年
- ※4 日本特許第4765162号（2000年出願）

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部

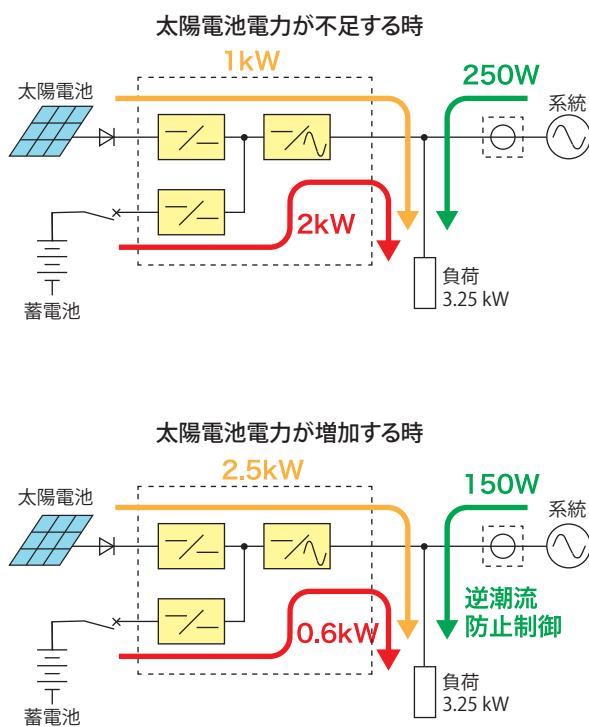


図5 蓄電池からの逆潮流防止

**GSユアサによるパワーコンディショナの
開発の歩み (その2)**
—ピークカット対応蓄電システムの開発—

東日本大震災以降、電力不足が社会問題となり、停電対応のみならず節電対策の重要性が一段と増している。節電対策には、電力需要が少ない夜間や太陽電池が発電する昼間にエネルギーを蓄電池に蓄積し、電力逼迫時に蓄電池から放電して電力需要のピークをカットすることにより、最大需要電力（デマンド値）の低減を可能とする「ピークカット」が有効である。

GSユアサは、長年培った蓄電池およびパワーコンディショナの技術を、ピークカットシステムに応用する試みを2000年代初頭から開始した。また、産業用の大型リチウムイオン蓄電池を、鉛蓄電池の代わりに用いて蓄電システムを構築することにも積極的に取り組んできた。本稿では、ピークカット対応リチウムイオン蓄電システム（図1参照）に至る、開発の歩みを振り返る。

**1. 蓄電池の性能を最大限発揮するための
制御技術**

ピークカットシステムにおいては、太陽電池や蓄電池が出力する直流電力を、パワーコンディショナに内蔵されているインバータによって交流電力に変換して電気機器（負荷）に供給することで、電力会社からの電力の使用を減らしている。蓄電池は、電力の放出（放電）に伴って、電圧が徐々に低下していく。

蓄電池は、低温時には常温時に比べて、放電に伴う電圧低下のスピードが速いという特性をもつ（図2上参照）。つまり低温環境下では、短時間で蓄電池の電圧が下がって、使用下限の電圧（放電終止電圧）に到る。蓄電池が劣化（例えば経年劣化）した場合にも、

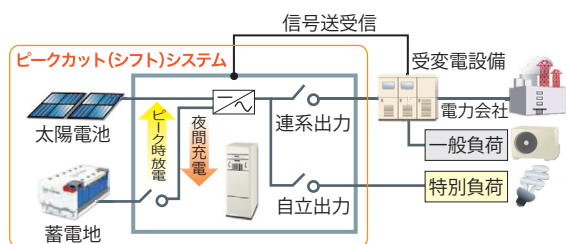


図1 ピークカット対応蓄電システム

低温時と同様の傾向が見られる。従来は、蓄電池が放電終止電圧に到達した時点で、インバータによる電力変換動作を停止することで蓄電池からの放電を停止していた。蓄電池は、放電終止電圧を超えて電圧が低下し続けると、過放電という状態になって劣化が進むため、このようなインバータ制御がおこなわれていた。

GSユアサは、従来の手法では蓄電池の性能を使い切れていないことに着眼した。従来のように蓄電池がある電圧に到達した時点ですぐにインバータの動作を停止すると、その時点から電力会社の電力を使う必要が生じる。節電の観点からは、蓄電池からの放電を可能な限り長い時間、継続することが望ましい。

そこで、蓄電池の電圧がある電圧（変換電力低減電圧）にまで低下しても、すぐにはインバータの動作を停止せずに、インバータによる出力電力を絞りつつ、蓄電池の放電を継続することが考案された（図2下参照）。具体的には、従来は時間T1付近でインバータを停止していたのに対し、インバータの出力電力を徐々に下げながら、時間T2までインバータを動作させるようにした。

この制御技術により、常温環境下（25℃）で蓄電池から取り出せる総電気量の14%に相当する電気量を、低温環境下（0℃）において余分に取り出すことができた。この技術は、2004年に発売された、鉛蓄電池付き太陽光発電システム「パワーソーラーⅡ」で採用された。

GSユアサは、ピークカットシステムにリチウムイ

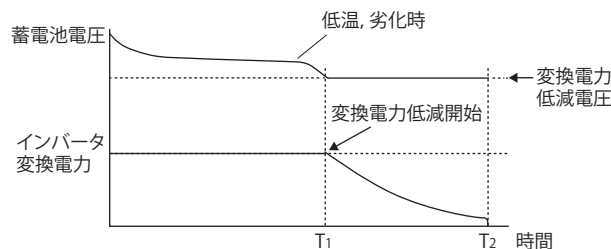
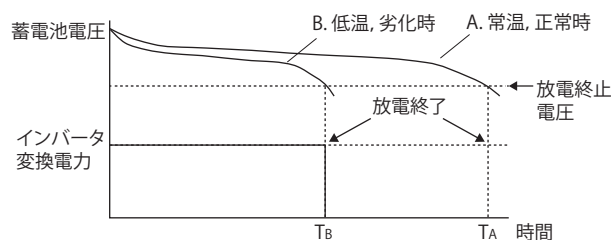


図2 蓄電池電圧とインバータ変換電力との関係 ※1

オン蓄電池（図3参照）を用いる場合の制御技術も、2001年に業界に先駆けて考案した^{※2}。これは、リチウムイオン蓄電池の特性を考慮し、電力消費量が多い時期や蓄電池が劣化していない時には蓄電池を高い電圧にまで充電するが、電力消費量が少ない時期や蓄電池が劣化した時には蓄電池の充電終止電圧をやや低くすることで、蓄電池を長寿命化する技術である。

リチウムイオン蓄電池は、充電と放電を繰り返す用途において耐久性が高いという特性をもつ。そのため、夜間に充電し日中に放電する、ピークカット用途に適している。

2. 製品ラインナップの拡充と技術の蓄積

1993年に発売した系統連系可能なパワーコンディショナ「ラインバック」を皮切りに、GSユアサは、太陽光発電市場の拡大とともに、多様なニーズに応える製品を市場に提供してきた。

2004年には、100 kWの大容量パワーコンディショナ「ラインバックオメガ」を開発した。2009年には、メガソーラーと呼ばれる1000 kW以上の太陽光発電設備への適用を想定した、250 kWの大容量パワーコンディショナ「ラインバックガンマ」を開発した（図4参照）。

こうして、個人住宅からメガソーラーまで、幅広いニーズに対応できるようになった。また、様々な用途、環境に適切に対応するための技術・ノウハウが蓄積された。

3. ピークカット対応「ラインバックΣⅢ（シグマスリー）」

GSユアサは、2012年に日本で最初に、「定置用



図3 産業用大型リチウムイオン蓄電池

リチウムイオン蓄電池導入促進対策事業補助金」対象となる大型カスタム蓄電システム製造事業者として、一般社団法人環境共創イニシアチブ（S I I）より認定を受けた^{※3}。

このとき開発された「ラインバックΣⅢ」は、それまでに社内に蓄積した技術を結集して、リチウムイオン蓄電池に対応可能とした。これにより、ピークカットシステムにおける蓄電池の配置床面積を、鉛蓄電池のときと比較して大幅に減らすことができた。

普段は、太陽電池からの発電電力を負荷に供給し、また必要に応じて電力会社からの電力を買電する（図5上参照）。パワーコンディショナが蓄電池の放電信号を受信すると、太陽電池からの発電の有無にかかわらず、リチウムイオン蓄電池からの放電を開始し、負荷に電力を供給する（図5下参照）。

以上、本稿では、ピークカット対応リチウムイオン蓄電システムに至る開発の歩みを振り返った。「その3」では、パワーコンディショナの高効率化およびファンレス化の取組みを紹介する。

※1 日本特許第 3858673 号（2001 年出願）

※2 日本特許第 4019734 号，米国特許第 6674265，
欧州特許第 1667308（2001 年出願）

※3 GS Yuasa Technical Report 第 9 巻 第 2 号 2012 年

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部



図4 ラインバックガンマ

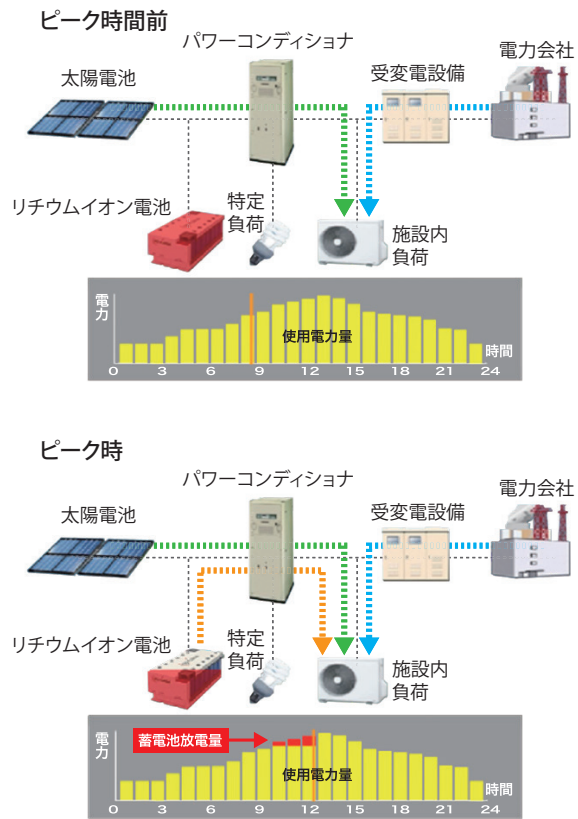


図5 「ラインバックΣⅢ」の動作概要

GSユアサによるパワーコンディショナの 開発の歩み (その3)

—高効率・冷却ファンレスパワーコンディショナの開発—

太陽光発電で得られたエネルギーを、売電可能な電力に変換するパワーコンディショナには、「変換効率」の向上が望まれている。変換効率が高いほど、エネルギーを無駄なく利用できる。加えて、パワーコンディショナが屋外に設置される用途では、高度な防塵性及び防水性が求められる。

GSユアサは、中容量タイプのパワーコンディショナ「ラインバック α シリーズ」を、学校や病院、工場といった公共・産業施設に数多く納入している。2016年には、冷却ファンを用いない自冷方式を採用し、海岸付近などの塩害地域（図1参照）にも設置可能としたパワーコンディショナを発売した。本稿では、高効率かつ冷却ファンレスのパワーコンディショナに至る、開発の歩みを振り返る。

1. 変換効率の向上

GSユアサが2011年に開発した「ラインバック α III（アルファスリー）」は、画期的な電力変換用プログラムの発明に基づいて、変換効率の向上を達成した（図2参照）。

太陽電池の出力は日射量などにより変化するが、それをパワーコンディショナが規定の交流電力に変換して電力会社の系統に売電する（図3参照）。具体的には、太陽電池からの変動する入力電圧（例えば、DC200～550V）を、パワーコンディショナに内蔵された昇圧チョッパにより一定の電圧（例えば、DC550V）

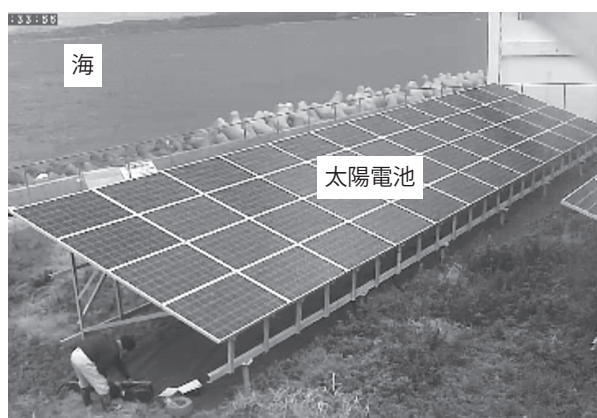


図1 塩害地域の太陽光発電システム

に昇圧してインバータ回路に入力する。インバータ回路は、昇圧された直流電力を、規定の交流電力（AC200V）に変換する。

GSユアサは、従来手法では、インバータ回路の直流入力電圧（DC550V）と交流出力電圧（AC200V）との乖離が大きく、インバータ回路で電力変換ロスが生じることに着眼した。AC200Vの交流電力を出力するには、DC330V程度の直流電圧が入力されればよい。そこで、太陽電池の出力電圧が、DC330V未満のときは昇圧チョッパによりDC330Vに昇圧してインバータ回路に入力し、DC330V以上のときは昇圧チョッパによる昇圧をおこなわずに太陽電池の出力電圧をそのままインバータ回路に入力することが考案された（図4、G1参照）。

このような電力変換用プログラムを用いることで、従来手法（図4、G2参照）に比べてインバータ回路での電力変換ロスを低減でき、「ラインバック α III」は変換効率94.5%を達成した（従来品と比較して2%向上）。

さらに「ラインバック α III」は、防水性を高めた設計により、国際保護等級IP35（第1数字が防塵性、第2数字が防水性を示し、数字が大きいくほど環境に強い）を取得した。



図2 ラインバック α III

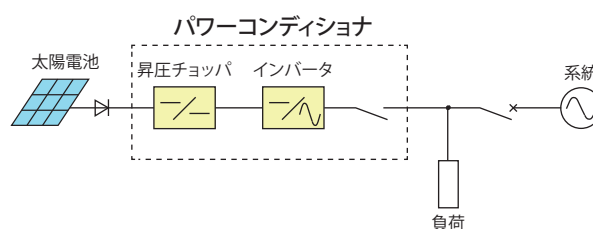


図3 昇圧チョッパとインバータ回路

2. さらなる高効率化と塩害対策

GSユアサが2016年に販売を開始した「ラインバック α IV (アルファフォー)」は、高効率化のために、損失が少ないSiCデバイス(シリコンと炭素で構成される化合物半導体デバイス)を、業界に先駆けてインバータ回路に適用している。さらに「ラインバック α IV」は、独自の筐体空冷技術により、冷却ファンレスを実現している。

パワーコンディショナにおいて、直流電力を交流電力に変換するインバータ回路は、変換動作中に発熱するため、冷却が必要となる。そのため、冷却ファンをパワーコンディショナに内蔵し、冷却ファンによる風をあてることでインバータ回路を冷却することが一般的である。しかし、冷却ファンを内蔵すると、パワーコンディショナは大型化し、重量も重くなる。パワーコンディショナが塩害地域に設置される場合、インバータ回路に風をあてるために外気を取り込む冷却ファン、および、その風をうけるインバータ回路が、塩害を受けて耐久性が低くなる可能性がある。

「ラインバック α IV」は、パワーコンディショナの筐体(ケース)に收容室をもうけ、その中に発熱体を配置している(図5上参照)。発熱体に対向する收容室の隔壁には熱伝導性をもたせ、隔壁の收容室とは反対側に、冷却空気通路をもうけている(つまり隔壁が、收容室と冷却空気通路とを隔てている)。

冷却空気通路(図5下参照)は、下方開口と上方開口とを有するが、冷却ファンは内蔵していない。收容室の発熱体が発熱してその熱が隔壁に伝わると、收容

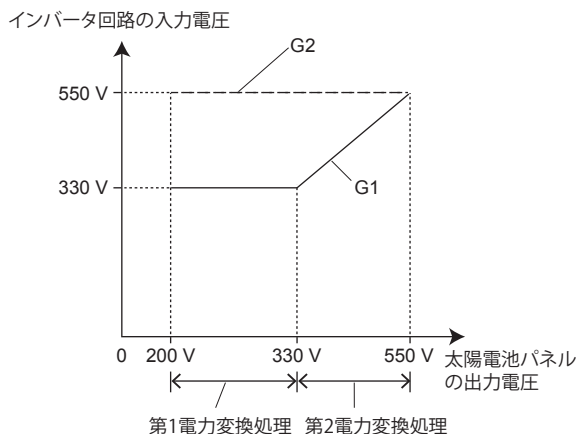


図4 太陽電池の出力電圧とインバータ回路の入力電圧 ※1

室とは反対側の、冷却空気通路の空気が昇温し、冷却空気通路に上昇気流が生じる。下方開口から取り込まれた外気(冷却空気)は、隔壁に沿って流れて、隔壁を通じて発熱体を冷却し、上方開口から排出される。発熱体(インバータ回路)は、隔壁によって隔離されているため塩分を含む風があたらず、塩害を受けない。

「ラインバック α IV」は、変換効率96.5%(最大変換効率は業界最高クラスの98.0%)を達成し、また、国際保護等級IP56を取得している。海に囲まれ、台風が多い日本の環境を考慮し、防水性を特に強化した設計になっている。

GSユアサの、高い技術力と長年の経験に基づく高品質なパワーコンディショナは、社会が必要とする再生可能エネルギーの拡大に貢献している。

※1 日本特許第5953698号(2011年出願)

※2 日本特許公開2017-085017号(2015年出願)

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部

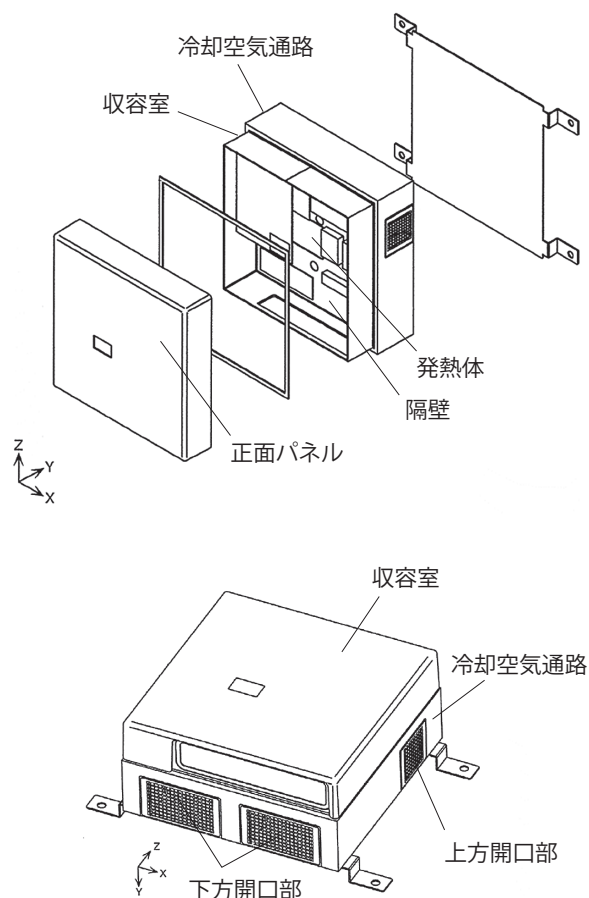


図5 ラインバック α IVの筐体空冷技術 ※2