

ウシオ電機 USHIO



IGARASHI Tatsushi

五十嵐 龍志

事業統括本部
インキュベーションセンター
Care222プロジェクト



KOI Toru

厚井 融

事業統括本部
インキュベーションセンター
Care222プロジェクト

自信を持って提案

「人体に悪影響を及ぼさない 222nm紫外線の除菌技術」

1964年に創業したウシオ電機（以下、ウシオ）は、「光」を「あかり」としてだけではなく、紫外線を「光化学エネルギー」、赤外線を「熱エネルギー」とする“光”市場の創造を掲げてきた。事業分野としてインダストリアルプロセス、ビジュアルイメージング、ライフサイエンスに取り組んでいるが、このライフサイエンス分野で人体に悪影響を及ぼさない抗ウイルス・除菌用紫外線技術「Care222[®]」の研究開発に取り組むインキュベーションセンター Care222プロジェクトの五十嵐 龍志氏と厚井 融氏に同技術について聞いた。有人環境でも使用できる抗ウイルス・除菌が可能となる技術提案である。（構成：吉井 勇・本誌編集部、図データ提供：ウシオ電機）

米コロンビア大Brenner 博士の論文と出会う

—— 紫外線の特徴は、可視光よりも波長が短く、光子のエネルギーが高いことです。国際照明委員会は紫外線を波長で、UV-A（315nm～380nm）、UV-B（280nm～315nm）、UV-C（200nm～280nm）の3つに分類していますが〔図1〕、ウシオの着眼はど

こですか。

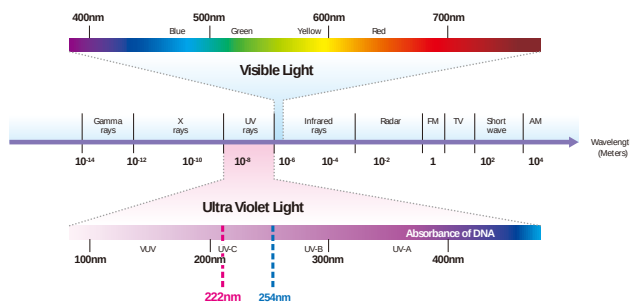
五十嵐 紫外線の用途の一つとして殺菌があります。この発見は古く、1887年に表面の細菌が殺菌されたことの確認から始まり、1903年には波長約250nm（ナノメートル：10億分の1メートル）で殺菌効率が上がるという発見があったので、今日まで約250nm近辺の波長が使われてきました。一方、同じ紫外線でも、例えば液晶パネル製造工程の光

洗浄に利用される172nmや、医療分野で白斑などの治療に使う308nm、そして222nmの紫外線光源である「エキシマランプ」を、ウシオは世界で最も早く開発、実用化してきました。このエキシマランプから出る波長222nmが強い殺菌性を発揮するのですが、開発当時は利用分野がない「お荷物」扱いでした。

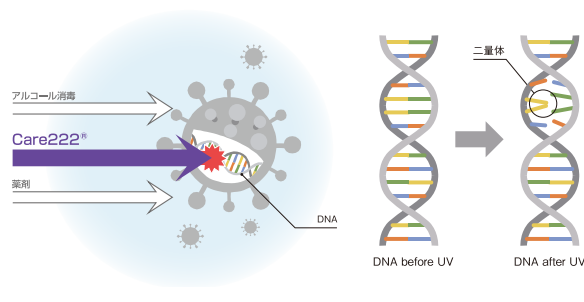
—— それはなぜですか。

五十嵐 すでに殺菌力で実用化されていた

【図1】紫外線の種類



【図2】殺菌・不活性化メカニズム



波長254nmに比べ、製造コストが高いこと、同時に、紫外線はおしなべて人に照射すると皮膚がんや角膜炎を発症させる危険があると考えられていたからです。

ですが、2012年に米コロンビア大学放射線研究センター長David Brenner博士のチームが「190nm～230nm 紫外線は人の組織を損傷せず、選択的にバクテリアを殺菌、ウイルスを不活化させる」という論文を発表したのです。これをウシオアメリカの社員が見つけてくれました。出会った時、「これだ!」と体に電撃が走り、すぐに訪問し、2015年からBrenner博士と共同研究を開始しました。その後、ウシオはコロンビア大で特許化されていた技術の全世界における独占販売実施権を取得したのです。

—— 米コロンビア大学の放射線研究センターには由緒を感じます。

五十嵐 その通りで、放射線研究のキュリー夫人に学んだ研究者が米国で最初に作った放射線研究機関で、訪問した当時は100人以上のスタッフが研究に従事していました。

ウイルスのDNA・RNAに直接働きかける

—— 紫外線に殺菌力があるというメカニズムを教えてください。

厚井 〔図2〕を見てください。紫外線が細胞で遺伝情報を担う物質であるDNA、RNA（核酸）に吸収されて化学反応を起こし、「二量体」が生まれます。これにより機能を持っていた核酸の構造が破壊され、遺伝情報の利用や複製が阻害されて増殖が止まってしまう。つまり、バクテリアやウイル

スは自分のコピーが作れない状態＝不活化されてしまうのです。

—— アルコール消毒とは根本から違う殺菌法ですか。

厚井 はい、アルコールの殺菌メカニズムは細胞の外側から膜を破ってダメージを与えるのですが、紫外線が細胞の元になるDNA・RNAに直接働きかけ、構造を変えるのです。このため、膜構造をもたないノロウイルスに対しても、紫外性は高い不活化効果を持つのです。

人体に有害な波長域をカットするフィルター

—— 紫外線のUV-C（200nm～280nm）にある波長254nmは広くモノの殺菌に使われていますが、人体に影響するのに対し、波長222nmが人体に悪影響を及ぼさないのはなぜですか。

五十嵐 それは人体に対する侵入深度に違いがあるからです。人体を形成するタンパク質は紫外線の波長によって吸収係数に違いがあるのです。222nmと254nmを比較すると、吸収係数で10倍以上の差があります。〔図3〕のように、皮膚では222nmの角質層の透過率は0.01%で、皮膚内部まで紫外線が浸透しないのです。一方、254nmは表皮から真皮の基底層まで届くので障害をもたらす、がんの発生要因となる危険性があります。眼の場合も同様で、222nmは角膜の表面で吸収されるので角膜炎を起こさず、254nmは細胞を何層も破壊してしまうので角膜炎の原因になってしまうのです。

—— 222nmと254nmの殺菌力に違いは

ありますか。

五十嵐 不活化の仕組みは同じなので、殺菌能力はほぼ同じだと考えて間違いはありませんが、一部の病原体によっては効果を発揮する照射量に違いがあります。例えば、バクテリアの一つで土壌など自然界にもありふれたセレウス菌を1/1000まで殺菌する場合、222nmは44mJ/cm²（UV光量の単位）ですが、254nmは90mJ/cm²です。新型コロナウイルス（SARS-CoV2）の場合、222nmは3mJ/cm²という少ない照射量で効果を発揮しています。

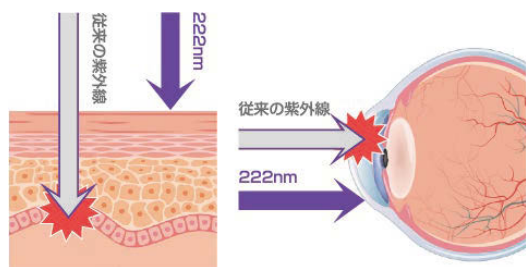
—— 人体に悪影響を及ぼさない波長222nmは〔図1〕からもわかるのですが、超短波長での選別になります。そのための技術を開発されたのですか。

五十嵐 従来の紫外線ランプから人体に有害な波長域をカットするフィルター技術を独自開発しました。カット開始波長である230nmは透過する222nmと波長が近いので、苦労したところです。シャープなカット特性を備えた透過性のある光学薄膜の形成〔図4〕で、しかも入射角が広いランプ光に対応する必要があります。また、使用する人々の安全のため、何枚作っても性能が変わらず、経時変化もなく、リーズナブルなコストにするという課題もありました。

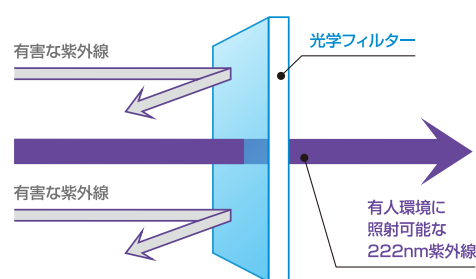
米・英・日の大学などで安全性を検証

五十嵐 技術開発を説明してきましたが、「人体への安全性」の検証が一番重要です。このために米コロンビア大学をはじめ、日本やシンガポール、英国の大学、医療機関に協力を得て行いました。その検証を経てウシオの抗ウイルス・除菌用紫外線技術「Care222®」

【図3】波長222nmと254nmの安全性比較



【図4】222nmを生かす光学フィルターのイメージ



を搭載した製品の販売に至ったのです。

—— 具体的に教えてください。

五十嵐 具体的には皮膚と眼の分野で取り組みました。皮膚では、米コロンビア大でマウスの正常皮膚、弘前大感染防御学 中根教授グループとハーバード大が共同でマウスの正常・角質欠損皮膚への照射を行い、DNA損傷がないことを確認。人体では神戸大整形外科 黒田教授グループで正常皮膚の臨床試験、また英国 NHS Tayside では1日当たりの規定照射量 22 mJ/cm^2 をはるかに超える $1,500\text{ mJ/cm}^2$ を人体正常皮膚に照射し、いずれも紅斑が確認されませんでした。さらに、神戸大皮膚科学 錦織教授グループではマウスの皮膚に繰り返し照射しても発がんしないことを検証していただいています。乾皮症の皮膚がん、UV-B による発がんの権威である錦織教授から「皮膚の基底層に届いていないので、発がんの心配はない」というコメントをいただき、実際にマウスに6ヵ月間繰り返し照射して慢性障害が発生しないことが確認されています。米コロンビア大でもマウスに60週間毎日 500 mJ/cm^2 を照射し、発がんしなかったと聞いています。

眼も同様で、島根大眼科学 谷戸教授グループの角膜炎確認テストでは、ラットの眼で222nmは 600 mJ/cm^2 、254nmは 150 mJ/cm^2 を照射し検証、さらにマウス、うさぎ、ブタでも眼の急性障害テストを行い、角膜炎が発症しないことを確認しました。また、谷戸教授グループでは、5人の眼科医がいる診察室の天井に照射器を配置して照射試験を行い、1年間、先生方の目や皮膚に異常がないことを確認するテストを

行っており、現在10ヵ月が経過しています。これらの研究のほとんどが論文化されており、10報以上となっています。

—— こうした実験成果は、1世紀近く人体に影響すると危険視されてきた紫外線の中で、222nmの安全性を示したのではありませんか。

五十嵐 紫外線の権威である国際紫外線協会が今年5月に発表したホワイトペーパー「Far UV-C Radiation : Current State-of Knowledge」に、「Far UV-C (200-230nmの遠紫外線)が有人環境下で、COVID-19の空気伝播を遮断する有効な技術」として掲載されました。有人環境下で使用可能な紫外線として大きな一歩です。また、表面に付着しているコロナウイルス、さらに最近重要性が増してきている、エアロゾル感染の原因となるエアロゾル中のコロナウイルスは、空气中に滞留しているので不活化できるというシミュレーション結果が出ています。

—— ウシオのCare222® 搭載製品をどういった場所に設置すればいいのですか。

五十嵐 まずは病院や医院の待合室、診察室、病室、トイレなど。また学校や幼稚園、保育園、介護施設、空港、駅等の公共施設、飲食店、一般の会社の事務室など、用途は広いと思います。1日当たりの照射量ですが、アメリカ産業衛生専門官会議 (ACGIH) が1972年に222nmの許容限界値として1日当たり8時間以内で 22 mJ/cm^2 以下と出しています。この値は半世紀にわたり変わっていませんが、2022年1月より皮膚は 450 mJ/cm^2 、眼は 150 mJ/cm^2 に変更するという予告が出ています。異論がなければ変更されます。

ポストコロナでの応用提案

—— 人体に悪影響を及ぼさない紫外線除菌技術ですから、もっと広めたいではありませんか。

五十嵐 提案として考えているのは、SARSやMERSなど他のコロナウイルスに対しても同様の感度で効果があるので、これからベーシックな照明器具などに組み込むことです。いかなる感染症の発生にも対応できる環境づくりになると考えています。2021年1月より国内大手の照明器具会社からウシオのCare222® 技術を搭載した製品が販売開始されており、近々、米大手の照明器具会社からも発売される予定です。

—— 新型コロナウイルスが落ち着いた後、医療分野での活用はありますか。

厚井 バクテリアによる手術の感染対策があります。米国の調査では、年間で約30万人が外科手術によって感染し、その3%近い8,000人が亡くなっています。抗生物質が効かない薬剤耐性菌が増えており、紫外線で対処することへの期待が高まっています。

—— 紫外線の殺菌能力に19世紀の終わりに気づいた人類は1世紀を経て、人体に悪影響を及ぼさない紫外線波長222nmの実用化をウシオが切り拓いた成果に驚きました。

五十嵐 1964年の会社設立からウシオが一貫して信じてきたのは、光の無限の可能性でした。この成果を人類の財産にできるようCare222® 搭載製品のさらなる開発に進んでいきます。

—— 今日はウイルス対策に前向きになれる科学の自信を得ました。さらなる期待をしています。

