

テーマ

## 成長期待高まる深紫外 LED 市場を特許の観点で解析する

深掘りレポート：薬剤耐性菌への対抗手段である UV 殺菌は新型コロナにも有効！

### 注目度が高まる UV 殺菌市場

新型コロナウイルスの世界的な感染拡大を契機に、深紫外線による殺菌方法に対する注目が高まっている。コロナウイルスそのものは脂質の膜であるエンベロープで覆われているため石鹼、アルコール、熱、酸などで容易に不活化はできるが、広範囲に拡散した場合の対策が難しい。そこで、空気中や物質表面を広範囲に効率よく効果的に殺菌する手段として深紫外線が大いに活躍しそうだ。感染者をゼロにすることは困難だが、これまでなかった殺菌市場拡大は経済活動と感染防止の両立をサポートすることになる。尚、それらに関連する除菌・殺菌装置の潜在市場は 5,000 億円以上あると弊社では試算する。尚、本レポートではウイルス、細菌等の不活化（感染力を失わせる）をもって殺菌と表現する。

### 水殺菌用途の深紫外線市場は既に離陸している

すでに浄水殺菌用（クリプトスポリジウムなど薬剤耐性菌対策）の紫外線照射装置は世界的な普及で市場規模は 1,000 億円を優に超える。小規模な浄水場が大半だが日本でも 2007 年から適用が認められ、昨年 5 月の省令改正で適用範囲は広がった。現状、同用途の光源は水銀ランプ等が主役だが、今後、深紫外 LED は高出力化（低コスト化）さえ進めば長寿命、小型化等で優位性があることから主役の座を奪うことになる。

### 空気と表面の殺菌用途

多様な感染経路を想定せざるを得ない新型コロナウイルス対策には空調システム等に取り込んだ空気に紫外線を照射する、壁や机、ベッドなど様々な表面に紫外線を照射する方法などがある。空間及び表面への紫外線照射装置は有人環境で使用可能なウシオ電機の Care222 が有力な選択肢となるが、無人環境なら深紫外 LED（260~280 nm）も効果的だ。除菌・消臭用途として日機装がセントラル空調システムのダクト内に組み込む深紫外 LED ユニット、空間除菌消臭装置を近日市場投入する予定。弊社では空気殺菌用の深紫外線照射装置の潜在市場を空調システム市場の 1~2%と仮定し 3,000 億円超と試算している。

### コスト競争力重視のサファイア基板と高出力化に適した AIN 基板

殺菌に有効な波長 260~280 nm の深紫外 LED 市場にはスタンレー電気（6923）、豊田合成（7282）、旭化成（3407）、Seoul Viosys、など多くの企業が参入している。

各社の戦略は使用する基板に現れている。殆どの企業は安価なサファイア基板を使用している。その中で豊田合成は青色 LED で培った技術力で出力を向上させ、価格対比性能で他社との差別化を図る。

スタンレー電気と旭化成は高出力化に適した AIN 基板を使用する。AIN 基板はサファイア基板より高価だが、電流値を上げて出力が落ちにくく、温度上昇に伴う出力の低下が起こりにくい点が長所だ。

UV-LED 関連の累積公開特許件数は韓国の Seoul Viosys がトップで、スタンレー電気、旭化成、豊田合成の順で続く（図表 21）。

長谷川 義人

シニアアナリスト

03-6627-5286

hasegawa-yoshihito@sc.mufg.jp

木下 敦寛

アナリスト

03-6627-5276

kinoshita-atsuhiko@sc.mufg.jp

岩井 徹

シニアアナリスト

03-6627-5312

iwai-tooru@sc.mufg.jp

山崎 みえ

アナリスト

03-6627-5311

yamazaki-mie@sc.mufg.jp

岩下 彩聖

アナリスト

03-6627-5259

iwashita-ayato1@sc.mufg.jp



## 目次

1.殺菌とは.....	3
1-1.殺菌の分類.....	3
1-2.化学的殺菌.....	3
1-3.薬剤耐性.....	4
1-4.照射殺菌.....	4
2.UV 殺菌市場.....	6
2-1.市場の分類と基本的事項.....	6
2-2.水殺菌市場.....	7
2-3.表面殺菌市場.....	10
2-4.空気殺菌市場.....	11
3.光源.....	12
3-1.ランプとLED.....	12
3-2.ランプ.....	13
3-3.LED.....	14
4.深紫外LEDの考察.....	15
4-1.LEDの構造と仕組み.....	15
4-2.デバイス層の結晶性.....	16
4-3. デバイス層の組成・膜厚エンジニアリング.....	16
4-4. 光の取出し効率向上.....	16
5.技術動向から見たプレイヤー分析.....	17
5-1.UV-LEDの技術俯瞰図と特許出願動向.....	17
5-2. 技術の観点からは、スタンレー電気と旭化成が優位.....	20
6.企業概要.....	22

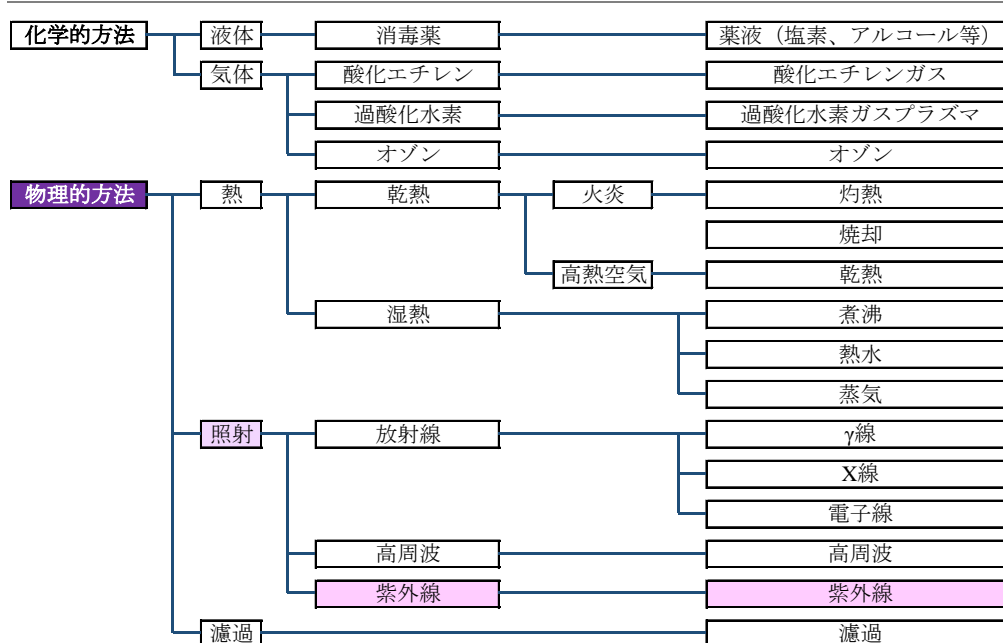
## 1.殺菌とは

### 加熱殺菌

#### 1-1.殺菌の分類

図表1の通り、除菌・殺菌には化学的方法（薬剤を用いる）と物理的方法（熱や紫外線等）がある。飲料水や食品等に対する加熱は古くから伝わる殺菌方法の一つ。

図表1：主な除菌・殺菌方法



出所：日本医師会資料、厚生労働省資料等より MUMSS 作成

### 薬剤殺菌

#### 1-2.化学的殺菌

ただ、加熱による殺菌は細菌やウイルスそのものだけではなく、菌等が存在する周辺環境等にも変化を与える。当たり前だがスマホには加熱殺菌は使わない。また、浄水場では規模が大きすぎて現実的ではない。そこで薬液による化学的殺菌方法の出番となる。アルコールによる手指やスマホの殺菌や浄水場での塩素殺菌などが身近な例として挙げられる。

1-3.薬剤耐性





薬剤耐性菌

この化学的方法は、残留成分の人体への影響、耐性菌を発生させる恐れ、薬剤が効かない細菌等の存在、が問題となる。耐性菌とは薬剤に対して抵抗力を持つ細菌である。例えば、かつて肺炎球菌に対しペニシリンの有効性が認められたが、後に耐性菌も確認された。ペニシリンを使用すればするほど非耐性菌の数が減少する一方で、耐性菌が増殖し、やがてペニシリンが効かなくなる。水道水に混入し大規模な集団感染を引き起こすクリプトスポリジウムは強い塩素耐性を持つ5μm程の原虫(図表5)。

ウイルスの分類

ウイルスの不活化においても有効性の観点から問題がある。ウイルスにはDNA/RNAの2タイプがあり、それぞれエンベロープ(膜)の有無により種類が分かれる(図表2)。エンベロープは脂溶性のためアルコールに弱い、これを持たないノロウイルスなどにはアルコールの有効性は低い。

図表2：ウイルスの分類

特徴	DNA		RNA	
	二本鎖 遺伝情報が安定するためワクチンの有効性が継続		一本鎖 遺伝情報が安定せず流行を繰り返す	
エンベロープ	あり	なし	あり	なし
イメージ				
具体例	天然痘など	アデノウイルスなど	新型コロナウイルスなど	ノロウイルスなど

出所：MUMSS作成

1-4.照射殺菌

放射線殺菌

化学的方法、加熱以外の殺菌方法に照射殺菌がある。高周波の照射で対象物を発熱させる方法や、紫外線や放射線を照射する方法だ。物質を透過する放射線はペットボトルや、香辛料、野菜(日本はジャガイモの芽止めのみ)などに使用されることがある。紫外線による殺菌は照射範囲のみ有効だが、使用環境及び使用条件等は放射線と比べ格段に手軽で経済的な方法である。紫外線照射は食品工場等でよく使われる。

紫外線殺菌とその仕組み  
(不活化により細胞分裂機能を停止)

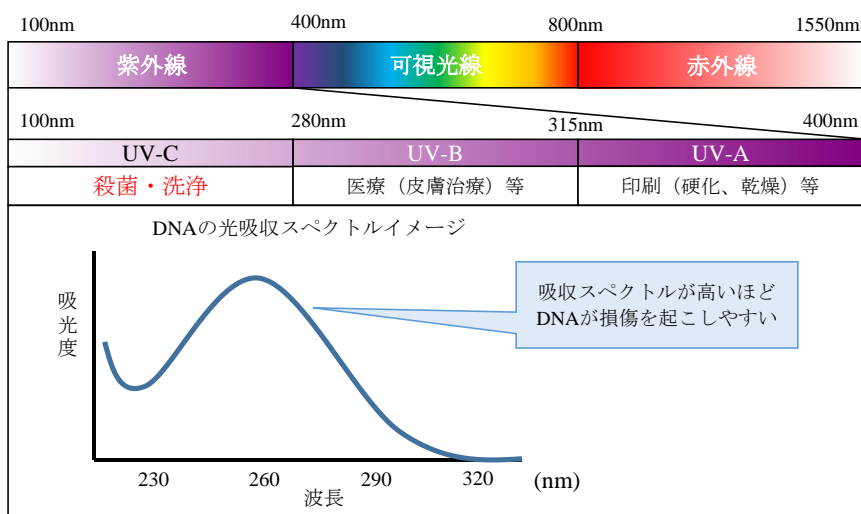
紫外線照射による殺菌の仕組みは、細菌やウイルス等の遺伝情報を持つ核酸(DNA・RNA)を変化・損傷させることで細胞分裂の機能を停止させ、増殖を防ぐ不活化にある。紫外線殺菌の対象となり得る微生物は小さい方はコロナウイルスやインフルエンザ、ノロなどのウイルスから大腸菌、レジオネラ菌、サルモネラ菌、白癬菌や白カビや黒カビ、大きい方ではクリプトスポリジウムやジアルジアなどが挙げられる。

殺菌効果では紫外線感受性のピークの発光波長が最適

殺菌効果の考え方は、対象とする細菌やウイルスの核酸の感受性ピークにマッチした波長の光出力(図表3)と、照度と照射時間の積算光量が焦点となる。例えば、核酸の感受性ピーク波長265nmを持つウイルスに対し、同じピーク波長265nmの紫外線照射と比べ275nmの紫外線照射では殺菌効果は劣る(その他同条件)と推察できる。

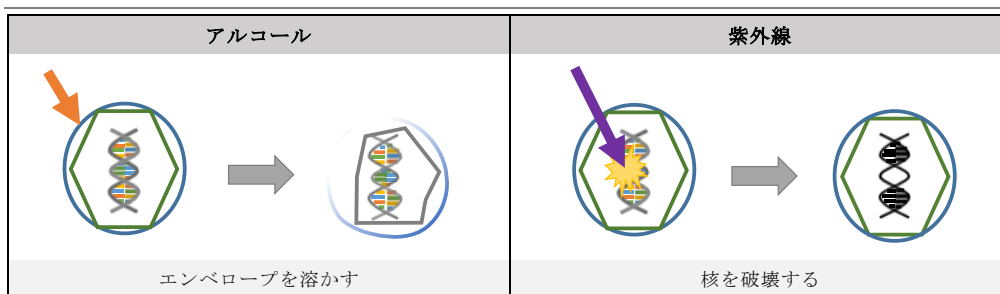
ちなみに最近「新型コロナウイルスの不活化を実証」した発表を数多く見かける(図表27)が、深紫外線なら一定程度の効果があるのは想像に難しくなく、実際の性能評価には光源の構成、照射時間や距離など条件をそろえることが不可欠と考える。

図表3：波長と効果



出所：各社資料より MUMSS 作成 注：UV-Cは大気層（オゾン層等）で吸収され地表には到達しない。

図表4：殺菌方法（不活化のメカニズム）



出所：各社資料より MUMSS 作成

図表5：クリプトスポリジウム症

概要	寄生虫の一種であるクリプトスポリジウムによる感染症。衛生環境の整備されていない途上国を中心に世界に広く分布。塩素消毒が十分に効かないため、先進国においても水道水を介しての集団感染が生じ問題となることがある。
原因、感染経路	病原体はクリプトスポリジウム属原虫で消化管に寄生し糞便中に排出される。主な感染経路は水→ヒト（放牧場、畜舎周囲、有機肥料による農地などの環境汚染）、家畜→ヒト（直接接触感染および飲料水、食品汚染による経口感染）、ヒト→ヒト（糞便の経口感染）。
症状	潜伏期は4～10日程度と考えられ、無症状のものから食欲不振、嘔吐、腹痛、下痢などを呈するものまで様々。免疫不全状態にある人は、重症化する場合がある。
治療	特別な治療法は無く、症状に応じた対症療法が行われる。通常は1～2週間程度で自然治癒する。
予防	予防接種はない。トイレの後や調理・食事の前には、石けんと流水で十分に手を洗うこと、動物に接した後も手洗いを心がけることなど。
診断、感染症法関連	感染症法では五類感染症（全数把握対象）に定められている。診断した医師は7日以内に最寄の保健所へ届け出る義務がある。

出所：東京都感染症センターより MUMSS 作成

## 2.UV殺菌市場

### 2-1.市場の分類と基本的事項

現状で深紫外LEDの潜在市場は2,000億円以上

図表6の通り、紫外線殺菌装置の市場は水殺菌・表面殺菌・空気殺菌に分類できる。現状の市場規模は水殺菌の内、従来から存在する浄水用途だけで1,000億円以上あり、空気と表面殺菌、除菌や消臭用途等を加えれば5,000億円を超えると推察する。新型コロナウイルス感染拡大により顕在化した空気や表面の殺菌市場は発展途上にある。同市場の今後の成長には技術要件に加え必要性、経済性も求められるが、ポテンシャルは大きい。

深紫外LEDの殺菌効果は積算光量がポイント

基本的に紫外線殺菌は照射範囲のみ可能で、その効果は照度（mW/cm<sup>2</sup>）と照射時間（秒）の積算光量に比例する。その為、単位当たり低出力の光源であっても、多数並べることや、長時間照射することで同じ積算光量となれば殺菌効果も等しくなる。

光源メーカーとすれば、安価で低出力の素子を多数個実装することで高出力の発光モジュールとする、高価で高出力の素子を少数実装することで高出力の発光モジュールとする、の違いでしかない。あえて細かく言えば、実装スペースの問題、故障リスクなどからコスト同等なら部品点数は少ない方が通常は選ばれることになる。

水や空気の殺菌の場合、通常は照射範囲に対象となる菌体を誘導する為に、配管や空調システム、加湿器、空気清浄機等の内部に光源ユニット等を組み込む必要がある。従って、機器の小型化が必要な民生用途は深紫外LEDの有望市場の一つとなろう。

図表6：UV殺菌市場の分類



出所：スタンレー電気株式会社 HP

## 2-2.水殺菌市場

水殺菌の市場は、前述した浄水場の他に水処理施設、工場給排水や養殖場などの分野から、加湿器や製氷機、スパや温泉、温水便座などの分野まで幅広い需要があると推察する。世界的にみて浄水場の除菌・殺菌装置はRO膜による濾過方式が主流ではあるが、紫外線照射による殺菌方式も一定程度占めている。現状、紫外線照射装置の光源はランプだが、深紫外LEDの高出力化（低コスト化）が置き換えにつながる。

昨今、インドなど地下水の汚染が厳しく、大規模で高性能な浄水設備が十分に整っていない地域で安全、安心、安価な飲料水に対する需要が増え続けている。その需要に応えるにはきちんとした性能の浄水器が必要であり、紫外線照射装置の需要も浄水器市場の拡大とともに増加しよう。

尚、浄水器は設置する場所によりPOU方式（Point of Use：各家庭の中に設置する浄水器）とPOE方式（Point of Entry：集合住宅のタンクなどの末端の貯水装置に設置する浄水器）があり、電気を必要とするRO膜ろ過式、UV殺菌式と非電化地域でも使えるカートリッジ式に分類できる。UV殺菌は金属汚染などが懸念される地下水より地表水の浄化に向いている。紫外線照射装置や浄水器のメーカーにとっては、浄水場用と比べ装置単価は低いものの数量の多い点が魅力に映る可能性がある。

また、家庭内やオフィス、病院、介護施設等における小型機器内蔵用として加湿器、温水洗浄便座、手洗い器向けなども有望市場と考えている。

図表7：水殺菌装置関連企業

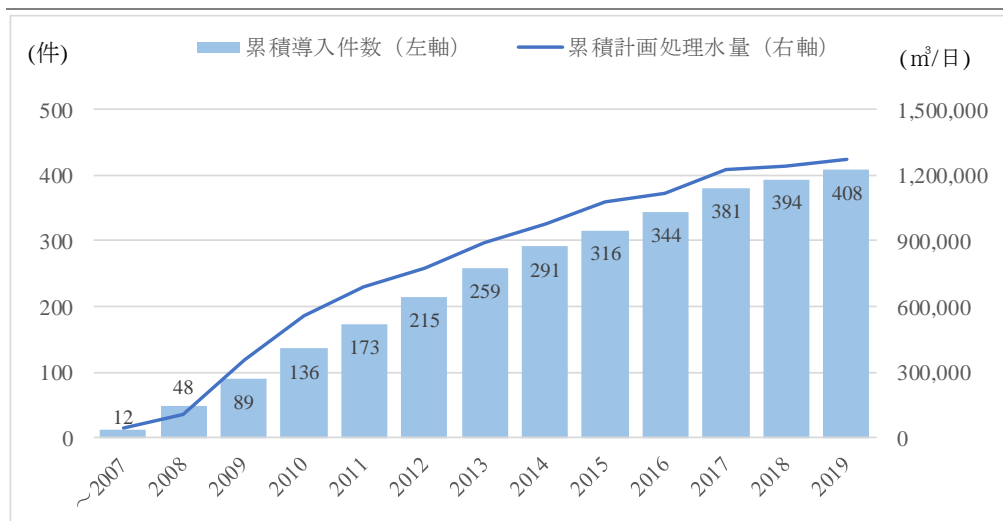
	企業名	Ticker	所在地	装置分類	決算期
主要企業群	XYLEM INC.	XYL	アメリカ	水処理	19/12
	TROJAN TECHNOLOGIES		カナダ	水処理	
	HALMA PLC	HLMA	イギリス	水処理	20/3
	ATLANTIC ULTRAVIOLET CORPORATION		アメリカ	水処理、表面、空気殺菌	
	EVOQUA WATER TECHNOLOGIES LLC	AQUA	アメリカ	水処理	19/9
	ADVANCED UV, INC.		アメリカ	水処理	
	AMERICAN ULTRAVIOLET		アメリカ	水処理、表面、空気殺菌	
UV装置企業	ATLANTIUM TECHNOLOGIES LTD.		イスラエル	水処理	
	LIT COMPANY		ドイツ	水処理、表面、空気殺菌	
	OZONIA		スイス	水処理	
	ALFAA UV		インド	水処理、空気殺菌	
	UV PURE		カナダ	水処理	
	ULTRAAQUA		デンマーク	水処理	
	AUSTRALIAN ULTRA VIOLET SERVICES PTY. LTD.		オーストラリア	水処理、空気殺菌	
	AQUALINE II WATER SYSTEMS		アメリカ	水処理	
	SITA SRL		イタリア	水処理	
	HITECH ULTRAVIOLET PVT. LTD.		インド	水処理、表面、空気殺菌	
新興企業	TYPHON TREATMENT SYSTEMS LTD.		イギリス	水処理	
	AQUATIC SOLUTIONS		イタリア	水処理	
	INTEGRATED AQUA SYSTEMS, INC.		アメリカ	水処理	
	AQUANETTO GROUP GMBH		スイス	水処理、表面、空気殺菌	
	NECTAR SOLUTIONS		インド	水処理	

出所：各社資料より MUMSS 作成

※上場企業のみ Ticker、決算期を掲載。上場企業は全て所在地の市場に上場。

図表 8 の通り、国内の浄水場における 2020 年 3 月末の紫外線消毒装置導入施設数は 408、処理能力は 128 万 m<sup>3</sup>/日（国内全体は約 7,000 万 m<sup>3</sup>/日）に留まる。

図表 8：国内の浄水場における紫外線消毒施設の普及状況



出所：（公財）水道技術研究センター資料より MUMSS 作成

図表 10 では国内の浄水設備における、クリプトスポリジウムやジアルジアなど感染症を引き起こす原生生物の発生事例をまとめた。感染者が発生するケースは少ないが、毎年のように原生生物が検出されており、これらは身近なリスクと考えるべきであろう。こうした状況の中、昨年 5 月の水道法省令の一部改正により紫外線消毒装置の適用範囲が拡大した（図表 9）。成熟した国内浄水殺菌用途では深紫外 LED の大幅な需要増は期待し難いが、少なくともプラスには違いないとみている。

図表 9：水道施設の技術的基準を定める省令の一部を改正する省令について（2019 年 5 月 29 日公布、施行）

改正前	改正後
<p>原水に耐塩素性病原生物が混入するおそれがある場合にあつては、これらを除去することができる濾過等の設備が設けられていること。ただし、次に掲げる要件を備えている場合はこの限りではない。</p> <p>イ 地表水を原水としないこと</p> <p>ロ 紫外線が照射される水の濁度、色度その他の水質が紫外線処理に支障がないものであること</p> <p>ハ 原水中の耐塩素性病原生物を不活化することができる紫外線設備が設けられていること</p>	<p>原水に耐塩素性病原生物が混入するおそれがある場合にあつては、次に掲げる<b>いずれかの</b>要件を備えられていること。</p> <p>イ 濾過等の設備であつて、耐塩素性病原生物を除去することができるものが設けられていること。</p> <p>ロ 地表水を原水とする場合にあつては、濾過等の設備に加え、濾過等の設備の後に、原水中の耐塩素性病原生物を不活化することができる紫外線処理設備が設けられていること。ただし、当該紫外線処理設備における紫外線が照射される水の濁度、色度その他の水質が紫外線処理に支障がないものである場合に限る。</p> <p>ハ 地表水以外を原水とする場合にあつては、原水中の耐塩素性病原生物を不活化することができる紫外線処理設備が設けられていること。ただし、当該紫外線処理設備における紫外線が照射される水の濁度、色度その他の水質が紫外線処理に支障がないものである場合に限る。</p>

出所：厚生労働省資料より MUMSS 作成



図表 10：国内の水道におけるクリプトスポリジウムなど原生生物の発生例

年度	件数	自治体	種別	浄水処理	長期的対応	備考
平成 8	1	埼玉県越生町	上水道	急速ろ過処理	膜ろ過施設設置	浄水からクリプトスポリジウムを検出。 住民 14,000 人のうち 8,800 人が感染。
平成 9	2	鳥取県鳥取市	簡易水道	塩素処理のみ	上水道事業に併合	原水からクリプトスポリジウムを検出。
		兵庫県山崎町	簡易水道	塩素処理のみ	膜ろ過施設設置	原水からクリプトスポリジウムを検出。
平成 10	2	福井県永平寺町	簡易水道	急速ろ過処理	浄水処理管理強化	原水及び浄水からジアルジアを検出。
		兵庫県夢前町	簡易水道	塩素処理のみ	膜ろ過施設設置	原水からクリプトスポリジウムを検出。
平成 11	1	山形県朝日村	上水道	塩素処理のみ	広域用水供給事業から受水	原水からクリプトスポリジウム及びジアルジアを検出。
平成 12	3	青森県三戸町	簡易水道	塩素処理のみ	膜ろ過施設設置	浄水からジアルジアを検出。
		沖縄県名護市	小規模水道	簡易ろ過及び塩素処理	上水道事業に併合	浄水からクリプトスポリジウムを検出。
		岩手県平泉町	簡易水道	塩素処理のみ	水源変更、急速ろ過施設設置	浄水からジアルジアを検出。
平成 13	5	愛媛県今治市	上水道	塩素処理のみ	当該水源は使用中止	浄水からクリプトスポリジウムを検出。
		岩手県釜石市	簡易水道	緩速ろ過処理	浄水処理管理強化	原水及び浄水からジアルジアを検出。
		兵庫県山崎町	簡易水道	塩素処理のみ	膜ろ過施設設置	原水からクリプトスポリジウムを検出。
		鹿児島県財部町	上水道	塩素処理のみ	膜ろ過施設設置予定	原水からクリプトスポリジウムを検出。
		愛媛県北条市	上水道	急速ろ過、活性炭処理	ろ材入替、浄水処理管理強化を予定	浄水からクリプトスポリジウムを検出。
平成 14	1	山形県新庄市	簡易水道	塩素処理のみ	応急対策として膜処理装置設置、長期的には上水道事業と統合予定	原水からジアルジアを検出。
平成 15	2	大分県別府市	上水道	塩素処理のみ	当該水源は使用中止	原水からジアルジアを検出。
		山形県米沢市	小規模水道	塩素処理のみ	応急対策として膜ろ過施設設置、長期的には水源変更	浄水からジアルジアを検出。
平成 16	1	兵庫県宝塚市	上水道	急速ろ過処理	安全確認迄の間飲用制限、浄水処理管理強化を実施	原水及び浄水からジアルジアを検出。
平成 17	0	該当なし				
平成 18	1	大阪府能勢町	簡易水道	急速ろ過	濁度計を設置し常時濁度管理を徹底	原水及び浄水からクリプトスポリジウムを検出。
平成 19	2	富山県富山市	簡易水道	塩素処理のみ	上水道事業に併合	原水からジアルジアを検出。
		富山県高岡市	簡易水道	急速ろ過	紫外線処理施設設置予定	原水からジアルジアを検出。
平成 20	1	山形県村山市	簡易水道	塩素処理のみ	膜ろ過施設設置	原水からジアルジアを検出。
平成 21	0	該当なし				
平成 22	2	富山県南砺市	専用水道	塩素処理のみ	紫外線処理施設の設置あるいは隣接簡易水道への切り替え	原水からジアルジアを検出。
		千葉県成田市	小規模貯水槽水道	—	貯水槽を更新	給水栓水からクリプトスポリジウム及びジアルジアを検出。小規模貯水槽水道の利用者 43 人のうち 28 人が体調不良。4 人がジアルジアに感染。
平成 23	1	長野県伊那市	簡易水道	急速ろ過		原水及び浄水からクリプトスポリジウムを検出。
平成 24	1	群馬県	用水給水	急速ろ過		浄水からジアルジアを検出。
平成 25	3	北海道島牧村	飲料水供給施設	塩素消毒のみ	膜ろ過施設設置	原水及び浄水からクリプトスポリジウムを検出。
		東京都八王子市	専用水道	塩素消毒のみ	紫外線照射設備の設置	原水からジアルジアを検出。
		岐阜県	専用水道	急速ろ過	濁度管理強化、危機管理マニュアル作成	原水からクリプトスポリジウムを検出。
平成 26	4	北海道島牧村	簡易水道	塩素消毒のみ	膜ろ過施設設置	原水及び浄水からクリプトスポリジウムを検出。
		岐阜県	専用水道	急速ろ過	濁度管理強化	原水からクリプトスポリジウム及びジアルジアを検出。
		長野県伊那市	簡易水道	塩素消毒のみ	紫外線照射設備の設置	原水からジアルジアを検出。
		長野県辰野町	飲料水供給施設	塩素消毒のみ	飲料水供給施設の統合	原水からクリプトスポリジウムを検出。
平成 27	0	該当なし				
平成 28	4	長野県箕輪町	簡易水道	塩素消毒のみ	深井戸への水源切替	原水からジアルジアを検出。
		長野県辰野町	簡易水道	塩素消毒のみ	膜ろ過施設の設置	原水からクリプトスポリジウムを検出。
		千葉県千葉市	専用水道	沈砂、塩素消毒	検討中	原水からジアルジアを検出。
		愛媛県大洲市	簡易水道	緩速ろ過	高感度濁度計を設置予定	原水からジアルジアを検出。
平成 29	1	鹿児島県長島町	簡易水道	塩素消毒のみ	応急対策として別水源から取水、長期的には紫外線照射設備を検討	原水からジアルジアを検出。
平成 30	1	山形県村山市	上水道	塩素消毒のみ	当面、用水供給事業者からの受水に切替 既設水源の廃止について検討	原水からジアルジアを検出。
計	39					

出所：厚生労働省資料より MUMSS 作成

## 2-3.表面殺菌市場

表面殺菌の対象の多くは食品容器や梱包材、卵等の表面殺菌を含む食品工場や、薬剤の生産ラインなど限られた業務用が主で、無人環境での使用を前提としていた。現状の表面殺菌用の紫外線照射装置の市場規模は200~300億円程と弊社では推察する。

新型コロナウイルス感染拡大を契機に壁、机、扉、トイレなど一般的な生活環境エリアやスマホ、キーボードなど周辺機器類への殺菌ニーズは高まっている。特に足もとでは、医療関連施設における感染抑止が強く求められており、殺菌ニーズは極めて強いことなどからも、今後新たな装置が登場することになるだろう。

図表11の通り、現時点で有人環境において使用可能（波長222nm）な表面殺菌装置はウシオ電機のCare222のみ。同社ではOEM含め関連ビジネスで今後2~3年で年商100億円以上の事業に育てようとしている。

個性的な装置としては、赤外線センサ（人感センサ）を内蔵し、人が近傍にいる場合は停止するモレーンコーポレーションのUVDI-360やレーザーस्क্যানナと3Dカメラを搭載した完全自律型システムロボットのUDV ROBOTSなどが挙げられる。

また、200~315nmの紫外線を環境表面にパルス照射する米Xenex社のLightStrike（日本ではテルモが独占販売権を保有）、N95レスピレーター対応の日機装の表面除菌装置パールサーフェスなどは医療施設向けならではの装置と言えよう。LightStrikeは単価が12.5万ドルと高額ながら、過去数年の累計販売台数は500台を超える。

図表11：主な表面殺菌装置

会社	製品名	波長 (nm)	特徴
日機装	スクエア	250~280	食品工場、医薬品製造工場向け、既存の工場ラインに後付け可能
サソエナジー	HSWシリーズ	254	
DNライティング*	MSI	254	
日機装	パールサーフェス	250~280	医療現場のマスクN95レスピレーター対応の殺菌装置
モレーンコーポレーション	UVDI-360	254	1630mm紫外線照射ランプ4本搭載、リモコン操作、人感センサ付き
Xenex	LightStrike	200~315	パルスドキセノンを用いて短時間で殺菌、単価12万5,000ドル
UVD ROBOTS	UVD ROBOTS	254	紫外線ランプによる殺菌、完全自律型ロボット
ウシオ電機	Care222	222	有人環境で使用可能、ユニット型と機器に組み込むモジュール型がある

出所：各社資料より MUMSS 作成

## 2-4.空気殺菌市場

図表12の通り、現在はポータブルやスタンドアロン型の殺菌・除菌装置が主流で、その市場規模は200~300億円程と弊社では推察する。今後は、空気感染対策の観点からビル、住宅等の空調システムへの内蔵が有望市場になると考える。弊社では同市場において紫外線殺菌システムが浸透可能な潜在市場を約3,000億円(空調システムの1~2%と仮定)と試算する。

なお、これらは今まで存在しなかった市場のため、前述の仮定は単価上昇の許容範囲をイメージしている。勿論、許容範囲は賃貸ビル等における新型コロナ対策の効果とビル稼働率の関係性等により変化することになる。

また、不特定多数の人が長時間密集するバスやタクシー、鉄道、航空機などにおける組み込み型空調システムを対象とする空気殺菌も潜在需要として期待できよう。

また、乗用車用においても感染症予防に加え花粉、カビ対策としての有効性が明らかになれば需要は広がることになろう。

これら空調関連機器への紫外線照射システムの潜在市場は優に1,000億円を上回るとみる。ただ、空気流量に追従する不活化能力を発揮するには省スペースと高出力を両立する必要があり、光源サプライヤーからみればハードルが高い領域と言える。従って、性能や対象機器等により除菌・消臭・殺菌などと効果を区分するケースが増えそうだ。

図表12：主な空気殺菌・除菌装置

会社	製品名	タイプ	波長 (nm)	特徴
エアロシールド*	エアロシールド	S	254	2.1M以上の壁に設置、天井付近に水平照射して自然対流で通過する空気を殺菌
日機装	エアロビュア	S	250~280	取り込んだ空気中のウイルスを光触媒フィルタにとどめUV LEDで除菌消臭
	エアロビュア・ダクト	B	250~280	ダクト内に設置、仕組みはエアロビュアと同様
岩崎電気	エアーリア	S	254	器具内に水銀ランプを内蔵し、吸入した空気を除菌
Seoul Viosys	violeds AS1	S	275/365	小型・軽量(350g)。2種類の波長で殺菌・消臭
	VAC	P	275	USBポートで稼働、車内などの殺菌装置
ナイトライト*・セミコンタ*クター	LED PURE	S/P	275/365	2種類の波長で殺菌・消臭

出所：各社資料より MUMSS 作成

※S:スタンドアロン、B:ビルトイン、P:ポータブル を示す。

### 3.光源

#### 3-1.ランプとLED

紫外線照射装置の光源は管球（ランプ）と固体光源（LED）の二種類がある。

管球型のランプの特徴は面光源であるため広範囲を一度に照射できることにある。この点では、固体光源型のLEDは点光源の為、広範囲を照射するには複数のレイアウトと指向性の制御が求められる。

LEDの特徴は光源サイズの小型化や点灯、非点灯の制御性の良さがあり、材料に水銀を含まないことから環境負荷も軽い。ランプより長寿命でもある点などを勘案すれば、更なる高出力化（低コスト化）がランプを代替していく条件となろう。

図表 13 : UV-CにおけるLED／ランプの比較

	水銀ランプ等	エキシマランプ	UV-C LED
発光波長	253.7nm	222nmほか(※1)	250～280nm (※2)
	複数波長	特定波長にピーク	単一波長
環境負荷	水銀使用	水銀フリー	
点灯	時間を要する	瞬時点灯	
動作電圧	高電圧		低電圧
大きさ	大型		小型から可能

出所：各社資料より MUMSS 作成

※1 エキシマランプは希ガス原子や希ガス原子とハロゲン原子によって形成されるエキシマからの光を放射する放電ランプ。放電ガスの種類により波長が変わる。222nm (KrCl) 以外にも、126nm(Ar<sub>2</sub>)、146nm(Kr<sub>2</sub>)、172nm(Xe<sub>2</sub>)、308nm(XeCl) などがある。

※2 現状の各社カタログで確認できる波長。

## 3-2. ランプ

図表 14 の通り、殺菌用ランプの波長は無人環境でしか使えない 254nm (253.7nm) がほとんどを占める。この波長の光源は CCFL (冷陰極管) など低圧水銀ランプ主流で、微量の水銀を含有する。「水銀に関する水俣条約」により 2021 年以降は一般照明用の水銀ランプの製造・輸出・輸入が禁止されるものの殺菌・消毒を目的とした紫外線ランプは適用除外のため現時点では何も変わらないと言える。

センエンエンジニアリングとウシオ電機はピーク波長 222nm のエキシマランプを光源とする。通常、エキシマランプの発光成分には人体へ有害な 230nm より長波長が含まれるが、ウシオ電機はバンドパスフィルタと併用することで有害波長をカットし、有人環境での使用を可能にしている。

図表 14 : UV-C ランプ比較

会社名	Ticker	所在地	ピーク波長 (nm)	ランプ電力 (W)	殺菌灯出力 (W)	ランプ電流 (A)	管長 (mm)
ヘレウス		ドイツ	254	35.0	10.0		260
			254	85.0	20.0		395
			254	125.0	30.0		480
			254	300.0	100.0		1,552
三共電気		日本	254	4.0	0.8		135
			254	39.0	15.0		436
			254	65.0	31.0		1,554
			254	8.0	2.4		189
DNライティング		日本	254	15.0	4.1		339
			254	4.0	0.8		135
			254	10.0	2.7		330
			254	30.0	13.4		893
極光電気		日本	254	35.0			540
			254	65.0			1,040
			254	110.0			1,130
パナソニック	6752	日本	254	4.0	0.8	0.162	135
			254	10.0	2.7	0.230	330
			254	40.0	19.8	0.415	1,198
PHILIPS	PHIA	オランダ	254	4.0	0.9	0.170	136
			254	20.0	6.0	0.450	398
			254	75.0	28.1	0.840	1,199
三菱電機	6503	日本	254	15.0	4.9	0.300	436
			254	30.0	13.4	0.355	893
			254	4.0	0.8	0.162	135
東芝ライテック		日本	254	10.0	2.7	0.230	330
			254	30.0	13.4	0.355	893
			254	1.4	0.2	0.010	70
スタンレー電気	6923	日本	254	4.7	1.1	0.015	240
			222	20.0			120
ウシオ電機	6925	日本	222	12.0			

出所：各社資料より MUMSS 作成。小数点以下は四捨五入  
 ※各社資料に記載がない部分は空白  
 ※上場企業のみ Ticker を掲載。すべて所在地の市場に上場。

## 3-3.LED

深紫外領域に中心波長がある LED をリストアップした (図表 15)。波長 275nm は多数の参入があるものの 265nm は少ないことが一目瞭然である。スタンレー電気と Crystal IS/旭化成が短波長領域での発光に優位性がある AlN 基板を採用しているのに対し、他社はサファイア基板を採用していることが最大の要因と推察する (詳細は後述)。

先述の通り殺菌性能を左右する DNA の光感受性のピークは 260nm 付近が多く、クリプトスポトジウムは 260~270nm に感受性のピークがある。当然のことながらピーク波長が違えば、その分殺菌の効果も低下する。従って、少なくとも水殺菌用途では波長 265nm の LED が最適と推察する。

また、LED はデバイス構造並びに気相成長により素子を製造する為などから、素子ごとに性能がばらつくことを避けられない。その為、事業戦略としては生産した製品をいかに売り切るかがポイントだ。例えば、スタンレー電気は同じ 265nm でも異なる光出力の製品を用意している。高出力品である程度コスト回収できれば、低出力品の価格設定を柔軟にできるため、サファイア基板対抗の価格戦略も打ち易いだろう。

図表 15 : 深紫外領域の LED 比較

会社名	Ticker	所在地	ピーク波長 (nm)	光出力 (mW)	条件電流 (mA)	電圧 (V)	消費電力 (W)	出力効率 (%)	最大電流 (mA)
Seoul Viosys	092190	韓国	275	60.0	600	5.9	3.5	1.7	800
			275	3.3	30	5.6	0.2	2.0	45
			255	3.5	100	7.5	0.8	0.5	200
SETi		アメリカ	275	11.5	100	5.6	0.6	2.1	250
			285	13.0	150	5.8	0.9	1.5	200
日亜化学工業		日本	280	55.0	350	5.2	1.8	3.0	500
ナイトライド・セミコンダクター		日本	275	50.0	600	7.0	4.2	1.2	700
			275	3.1	30	6.5	0.2	1.6	45
スタンレー電気	6923	日本	265	25.0	440	6.9	3.0	0.8	500
			265	30.0	440	6.9	3.0	1.0	500
			265	35.0	440	6.9	3.0	1.2	500
			265	50.0	440	6.9	3.0	1.6	500
			275	43.0	350	5.8	2.0	2.1	
			275	3.0	20	5.2	0.1	2.9	
DOWA	5714	日本	308	47.0	350	5.9	2.1	2.3	600
豊田合成 (サンプル品)	7282	日本	275-280	40.0	350	6.5	2.3	1.8	350
Crystal IS (旭化成の子会社)	(3407)	アメリカ (日本)	265	70.0	500	9.0	4.5	1.6	700
			265	60.0	500	9.0	4.5	1.3	700
			250	3.0	100	10.0	1.0	0.3	100
LUMEX		アメリカ	275	10.0	100	6.0	0.6	1.7	150
American Opto Plus		アメリカ	275	3.0	30	7.5	0.2	1.3	60
			270	21.6	300	7.0	2.1	1.0	300
Luminus		アメリカ	280	2.6	20	5.2	0.1	2.5	40
			275	45.0	350	6.5	2.3	2.0	800
Violumas		アメリカ	265	3.6	50	5.8	0.3	1.2	120
			275	3.8	50	6.3	0.3	1.2	120
			265	170.0	1,400	12.8	17.9	0.9	2000
			275	192.0	1,400	13.2	18.5	1.0	2000
High Power Lighting		台湾	272	13.0	150	7.0	1.1	1.2	150
			272	7.5	50	7.0	0.4	2.1	50
EDISON		台湾	270	1.0	20	5.0	0.1	1.0	
			270	8.0	100	8.0	0.8	1.0	
Ledtech	6164	台湾	280	3.5	20	5.2	0.1	3.4	30
Lextar	3698	台湾	278	10.0	150	7.5	1.1	0.9	
San'an	600703	中国	278	3.0	40	5.3	0.2	1.4	100
			278	35.6	350	5.2	1.8	1.9	500
			280	150.0	350	30.0	10.5	1.4	500
LatticePower		中国	275	2.8	40	5.8	0.2	1.2	40
UVphotonics		ドイツ	300	24.0	200	12.0	2.4	1.0	

出所：各社資料より MUMSS 作成

※基板空白はサファイア基板を使用と推定。※上場企業のみ Ticker を掲載。すべて所在地の市場に上場。

## 4. 深紫外LEDの考察

### 4-1. LEDの構造と仕組み

半導体には直接遷移型と間接遷移型の2種類があり、直接遷移型の半導体中でマイナスの電子とプラスの正孔が結びつくと、光が発生する。LED (Light Emitting Diode, 発光ダイオード) はこの性質を利用した半導体発光デバイスである。

基本的な組成に加えるとInは長波長へ、Alは短波長へ発光波長がシフト

注：発光強度を高めるため短波長化においてもInを混ぜることがある

化合物半導体は、組成によってバンドギャップが変わり、バンドギャップに対応した波長の光を発する。400nm以下の紫外波長領域で発光する化合物半導体としてはGaN (窒化ガリウム) 系半導体が最もよく使われる。

発光波長 365nm の GaN に In (インジウム) を混ぜると InGaN になり、発光波長を 1.9 $\mu$ m の赤外領域まで長くできる。また、Al (アルミニウム) を混ぜれば AlGaN になり、発光波長を短くすることができ、現状ではピーク波長 260~280nm まで量産化が実現している。尚、Al の組成を 100% にした AlN は理論上、200nm まで短くすることができる (図表 16) が、技術的なハードルも高く量産は容易ではないと弊社では考えている。LED は図表 17 のような断面構造をしている。基板上に、バッファ層、デバイス層の順に単結晶膜が積層され、デバイス層の両側に電極が付いている。デバイス層はさらに N 型層、発光層 (活性層: active layer)、P 型層からなり、N 型層から電子が、P 型層から正孔が、それぞれ発光層に注入されて発光する。

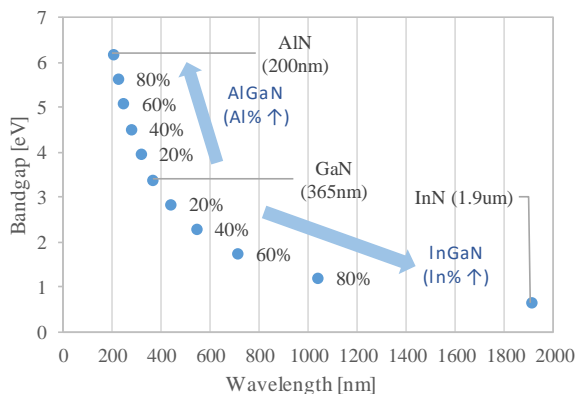
技術課題は発光効率の向上

デバイス層は、基板上に CVD (化学気相成長法) などによって、半導体結晶を層状に成長させることで作られる。デバイス層の結晶性が悪いと、LED の発光効率が著しく劣化してしまうため、高品質なデバイス層の作成技術は極めて重要である。特に AlGaN は Al の濃度が高いものほど高品質な結晶を成長させることが難しくなるため、デバイス構造はもちろん、装置やプロセス条件まで最適化する必要がある。

この「デバイス層の結晶性」以外にも、LED の発光効率を決める要因として「デバイス層の組成・膜厚エンジニアリング」や「光の取り出し効率向上」などが挙げられる。これらの技術には、結晶品質、ひいては結晶成長手法が関係しており、紫外領域で使用される高 Al 組成の場合に難易度が上がるものばかりである。

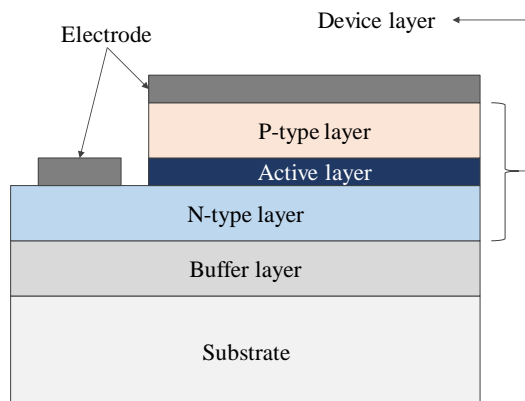
次に、これらの技術課題について述べる。

図表 16 : GaN 系半導体の組成と発光波長



出所：MUMSS 作成

図表 17 : LED の断面構造



出所：MUMSS 作成

### 4-2. デバイス層の結晶性

デバイス層の結晶性

AlGaN と最も格子定数や熱膨張係数が近い、AlN や GaN などの基板は非常に高価なため、LED 基板には、より安価な SiC やサファイアや Si などがよく用いられる (図表 18)。しかし、これらの安価な基板を用いると、デバイス層を結晶成長させる際、格子定数の違いによって貫通転位と呼ばれる結晶欠陥が多く発生して結晶品質が悪くなる。また、熱膨張係数の違いによってクラックが発生することもある。

このため、AlN や GaN 以外の基板の場合に発光効率を上げるには、貫通転位を曲げる特殊な成長条件下でバッファ層を厚く積み、デバイス層まで届く貫通転位の密度を減らす必要がある (図表 19)。これも難しい技術開発になる。

### 4-3. デバイス層の組成・膜厚エンジニアリング

デバイス層の組成・膜厚エンジニアリング

デバイス層の N 型層、P 型層、発光層はそれぞれ組成が変えてあり、N 型層、P 型層の Al 組成は、発光層のそれよりも高い。これは、発光層に注入した電子や正孔が逆流して発光効率が劣化しないよう、バンドギャップを大きくする必要があるのである。

発光層も、バンドギャップの大きい層で小さい層を挟み込んだ、量子井戸構造にして発光効率を高める必要がある。量子井戸構造の各層の膜厚は数 nm~数十 nm と極めて薄くなることが多く、膜厚も精度よく均一に作る必要がある。

このように、発光効率を高めるためには、デバイス層の組成・膜厚の精密なエンジニアリングが必要となるが、AlGaN の発光効率は、もともと InGaN に比べて低いため、そのままでは発光層に使うことが難しい。

解決策としてはまず、本来長波長側で発光する InGaN を、量子井戸構造を工夫して短波長化し発光層に使うことが考えられるが、組成・膜厚エンジニアリングの難易度は増す。また、AlGaN に In を混ぜた発光効率が高い InAlGaN を発光層とすることも考えられる。しかしこれも、元素の種類が増えることで結晶成長プロセスの制御が複雑化し、技術開発の困難度は増す。

### 4-4. 光の取り出し効率向上

光の取り出し効率向上

発光層から出た光は、基板や P 型層によって吸収・反射されて一部しか外に出てくることができない。発光効率を上げるためにはこれらを抑える必要がある。

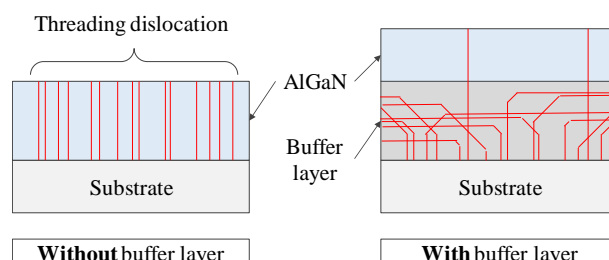
P 型層は、Mg (マグネシウム) をドーピングした AlGaN だが、Al 組成の高い AlGaN ほど Mg が活性化しづらく、結果的に正孔の濃度を高くするのが難しい。正孔濃度が低いと、発光効率が下がってしまうため、Mg の活性化率を高くするために、膜厚・組成を制御した超格子構造を作成するなどの工夫が必要になる。しかし、このように作られた P 型層は上記のように発光層で生じた紫外光を吸収してしまう。

図表 18 : 各種基板の格子不整合と価格

基板	格子定数 [Å]	格子不整合		価格
		対 AlN	対 GaN	
サファイア	4.76	13%	16%	やや高価
SiC	3.08	1%	4%	高価
AlN	3.11	---	3%	非常に高価
GaN	3.19	-2%	---	
Si	3.84	-19%	-17%	安価

出所 : MUMSS 作成

図表 19 : バッファ層によって貫通転位を減らす



出所 : MUMSS 作成



## 5.技術動向から見たプレイヤー分析

### 5-1.UV-LEDの技術俯瞰図と特許出願動向

キーワード検索で抽出したUV-LED関連特許をテキストマイニングによって解析し、技術の俯瞰図を作成した(図表20)。検索対象は、米国(US)、欧州(EP)、世界(WO)の、2000年1月1日から2020年10月7日までの公開特許である。

概ね、「デバイス技術」を中心として、左側に基盤技術、右下にアプリケーションが位置している。

#### デバイス技術

中心に位置する「デバイス技術」には、先に述べた技術課題としては「デバイス層の組成・膜厚エンジニアリング」に関連しそうな特許が多く含まれており、UV-LEDの中心的な研究開発項目であることがわかる。

#### ポイントになりそうなAIN基板

「AIN基板」が「デバイス技術」のすぐ右側に位置している。これは、半導体基板の製造技術であるため、特許的に他と比べると異質であるものの、AIN基板によってデバイス層の結晶性の向上や、裏面からの光取り出しが可能になるなど、「デバイス技術」に深く関わっていることを反映しているのだろう。

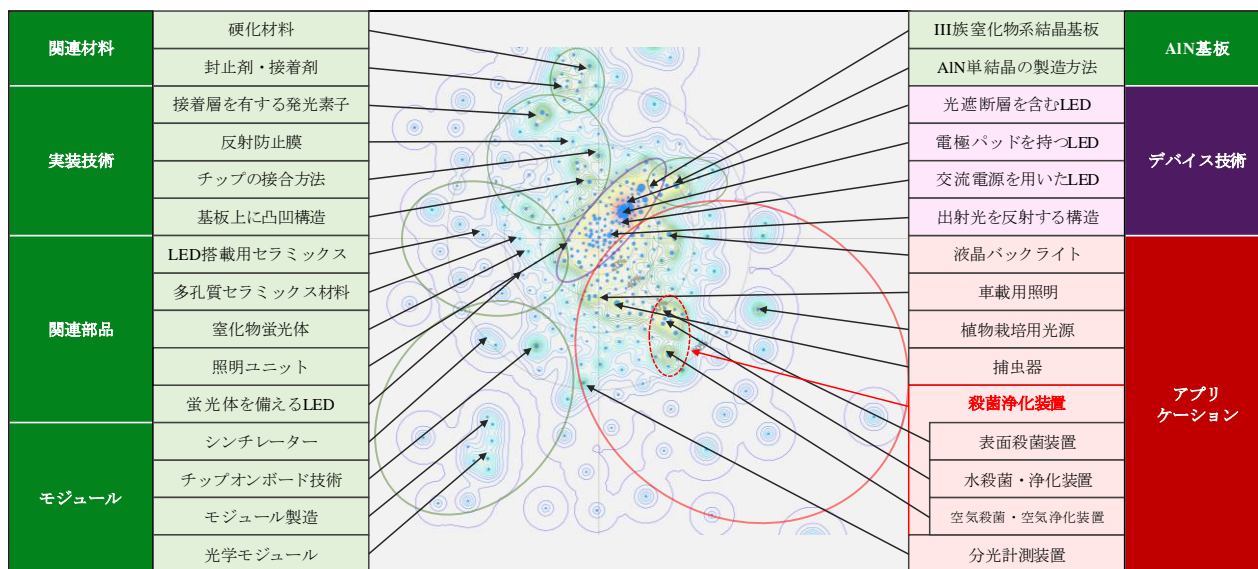
#### 基盤技術

基盤技術としては、上から下に向かって「関連材料」→「実装技術」→「関連部品」→「モジュール」と、デバイスをモジュールとして仕上げるためのバリューチェーンの順序で技術が位置している。

#### アプリケーション

「アプリケーション」としては「液晶バックライト」「植物栽培用光源」「捕虫器」「分光計測装置」などのほか、「表面殺菌装置」「水殺菌・浄化装置」「空気殺菌・空気浄化装置」など、本レポートの主眼である殺菌・浄化装置が含まれている。

図表20：UV-LED関連特許の技術俯瞰図(2000年~2020年)



出所：PatentField および Valuenex より MUMSS 作成

注) 2020 年は、10/8 時点の PatentField 公開特許データベース登録分まで

主要プレイヤーの研究開発動向と保有技術の特徴を可視化するため、各プレイヤーの累積公開特許件数を図表 21 に、件数上位 6 プレイヤーの技術俯瞰図を図表 22 に示した。

UV-LED 関連の研究開発は 2000 年ごろから始まっているが、青・紫色 LED の製品を持っていた豊田合成、次いで日亜化学工業がいち早く UV-LED の研究開発を開始、スタンレー電気（トクヤマ含む）と、旭化成（Crystal IS 含む）が続いている。

豊田合成と日亜化学工業にとって UV-LED 技術は成熟しているようにみえる

豊田合成の累積特許件数が 2012 年以降、ほとんど増えていないことから、サファイア基板を採用する青・紫色 LED の技術を発展させた形の UV-LED 技術はこの頃にはほぼ完成したと思われる。日亜化学工業は、累積特許件数が豊田合成よりも若干少ないこともあってか、2017 年まではじりじりと件数が増えていたが、直近ではほぼ横ばいとなっている。やはり技術的には成熟してきているのだろう。

この 2 社の技術ポートフォリオは比較的似通っており、デバイス技術に幅広い特許網を持つほか、基盤技術やアプリケーションにも比較的多くの特許を持つ。ただし、殺菌・浄化装置に関するアプリケーション特許はそれほど多くないようだ。

AIN 基板が新しい技術開発領域を開拓

スタンレー電気が 2013 年に、旭化成が 2016 年に豊田合成の特許件数を上回った。成熟期を迎えつつあったサファイア基板の UV-LED 技術に対し、AIN 基板の採用が現実味を帯びてきたことで、新しい技術開発領域が開拓されたように見受けられる。

スタンレー電気はデバイス技術と AIN 技術、アプリケーション領域にも拡大

スタンレー電気は自社で積み上げたデバイス技術の特許網に加え、トクヤマから AIN 基板の技術を取得したことで、他社にない技術ポートフォリオを築くことが出来ている。アプリケーション領域でも車載向けを中心に多くの特許を持っている。

旭化成の特徴は AIN 基板と実装及び関連材料分野

旭化成は、デバイス関連の特許は他社比で少ないものの、Crystal IS の持つ AIN 基板の技術を取得したことで発光効率には上位に位置すると考えられる。また、関連材料と実装などの基盤技術では一歩抜きんできているため、これらの技術を軸に差別化を図ってくるものと推察する。

Seoul Viosys はデバイス構造とアプリケーションでトップの出願件数

Seoul Viosys は、初期は基礎研究レベルの検討が中心だったと思われるが、2012 年以降急速に件数を増やし、2018 年以降は累積件数で主要プレイヤー中トップになっている。アプリケーションとデバイス構造に集中的に特許を出願しており、このあたりで技術的な差別化を図る戦略のようだ。

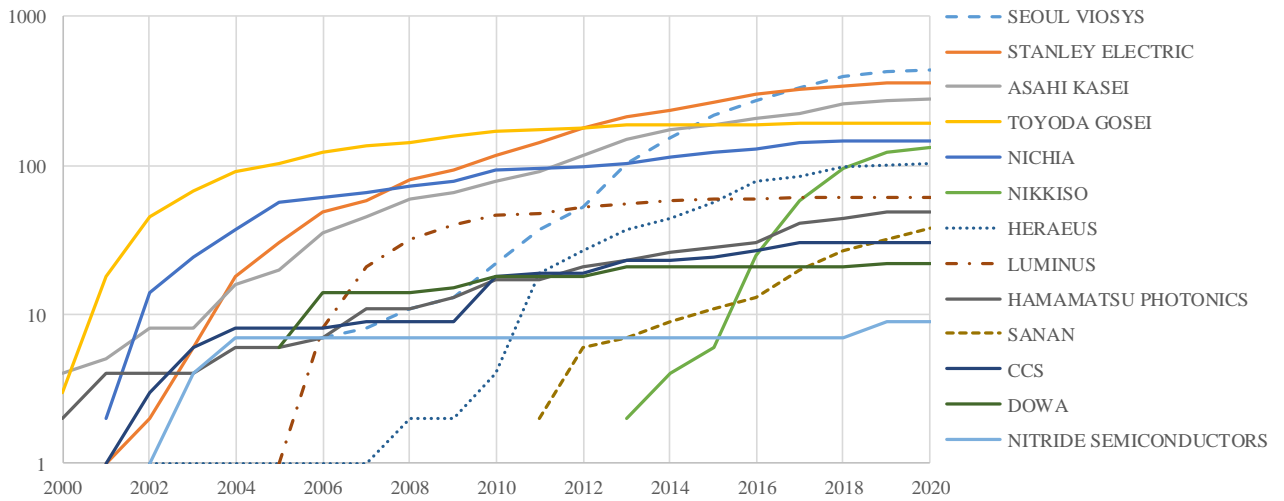
日機装はアプリケーション特許で件数を伸ばす

日機装は後発だが、アプリケーション特許を軸とした典型的な後発の特許戦略により、2016 年以降急速に件数を伸ばしている。その結果、累積件数では主要プレイヤー中 6 位と、上位に入っている。

殺菌・浄化装置市場での各社の状況から推察する

殺菌・浄化装置に絞って見れば、AIN 基板による高い発光効率を武器としたスタンレー電気や旭化成と、既存技術をベースとしデバイス構造に圧倒的な特許網を持つ Seoul Viosys、アプリケーション特許の多い日機装がそれぞれしのぎを削ることになりそうだ。

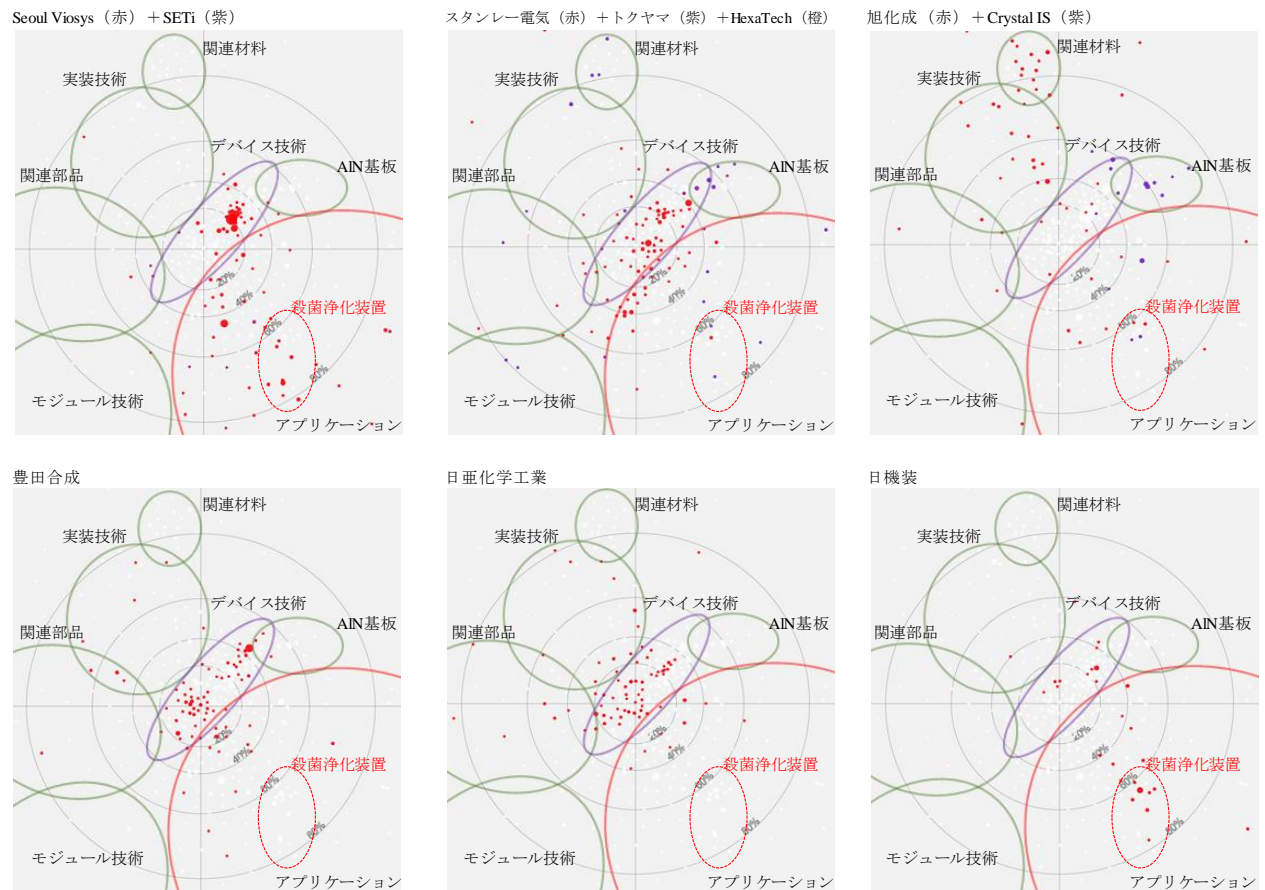
図表 21：主要プレイヤーの UV-LED 関連の累積公開特許件数（2000 年～2020 年）



出所：PatentField より MUMSS 作成、2020 年は MUMSS 推定

注) ASAHI KASEI は Crystal IS を、STANLEY ELECTRIC は TOKUYAMA を含む

図表 22：主要プレイヤーの UV-LED 関連特許 技術俯瞰図（2000 年～2020 年）



出所：PatentField、Valuenex より MUMSS 作成

※HexaTech の特許は AlN 基板のトクヤマと同じ領域に属する。

5-2. 技術の観点からは、スタンレー電気と旭化成が優位

技術課題の解決策

特許の内容から、各社の技術課題に対する取り組みをまとめたものが図表 23 である。技術課題解決の観点からは、スタンレー電気が、次いで旭化成が優位と弊社は見る。

AIN 基板の採用でデバイス層の結晶性を劇的に改善

主要プレイヤーの多くがコストを重視してサファイア基板を使う中、スタンレー電気と旭化成は AIN 基板を使っている。AIN 基板は、デバイス層と物性が近く、厚いバッファ層を使わなくても結晶品質の良好なデバイス層を成長できるからだろう。また、電流値を上げて出力が落ちにくく、温度上昇に伴う出力の低下がしにくい AIN 基板の特性を考慮していると推察する。

この 2 社が、極めて高価なはずの AIN 基板を採用できるのは、スタンレー電気はトクヤマ、旭化成は Crystal IS の基板ないし技術（特許）の提供を受けているからだと思われ推察される。トクヤマはハイドライド気相成長（HVPE）法、Crystal IS は昇華法を用いて、高品質な AIN 基板を高速製造できる特許を持っている。

サファイア基板と同等のコストにすることは難しいだろうが、厚いバッファ層が不要となることで製造コストが下がるため、トータルで見れば、コスト上のデメリットはそれほど問題にならないと見る。尚、一般的には昇華法のほうが HVPE よりもコストは低く、その代わり結晶性は劣るといわれている。

デバイス層の組成・膜厚エンジニアリングは大きな差別化要因になりにくい

デバイス層の組成・膜厚エンジニアリングは、高度な技術開発が必要となるものの、各社の特許は比較的似通っていて大きな差別化要因にはなりそうにない。これは、InGaN を発光層に用いる青紫色 LED の技術を発展応用できること、各社とも早期から重要課題として認識しており、研究開発に注力してきたことなどが理由だろう。

スタンレー電気は基板面の反射を抑制し光の取出し効率を向上

発光層の発光効率が同じ場合、P 型層や基板などによる光吸収・反射をどれだけ抑えられるかで紫外 LED の発光効率が決まる。サファイア基板は紫外光を吸収するため、光の取出し効率が悪く、結果的に発光効率が悪くなる。この点、紫外光を吸収しない AIN 基板を採用しているスタンレー電気と旭化成の紫外 LED は、発光効率の点で優位と考えられる。

加えてスタンレー電気は、AIN 基板の表面に光の反射率をコントロールできる特殊な構造、フォトニック結晶を作りこみ、反射を抑えることで光の取出し効率を高くする技術を有している。

図表 23 : 技術課題解決策

解決策	デバイス層の結晶性		光の取り出し効率向上
	AIN基板		基板面の反射を抑え取り出し効率を向上
	昇華法	HVPE法	
Pros	良好な結晶性による発光効率向上 厚いバッファ層が不要（低コスト、高効率化）		発光効率向上
Cons	高基板コスト、結晶性はHVPEに劣る	昇華法AINよりさらに高コスト	わずかに製造コスト上昇
技術を持つ企業	旭化成（Crystal IS）		スタンレー電気またはトクヤマ

出所： MUMSS 作成

5-3. 高い発光効率を活かしたアプリケーション開発がカギ

図表 24 で、これまでの技術開発の流れと、今後の開発のポイントについて弊社の考えを示す。

発光効率の向上は「P型層での光吸収の抑制」で一  
通り完了  
光の取出し効率向上につ  
いて

デバイス層の発光効率向上は、InAlGaN 発光層と AlN 基板の採用によってひとまず完了したと見る。

次いで、光の取出し効率も、AlN 基板の採用によって基板による光吸収が激減し、大幅に改善された。これに基板表面での反射を低減するためのフォトニック結晶の導入が行われて、光の取出し効率、ひいては発光効率がさらに高まった。

取出し効率を上げるために残された大きな技術開発項目は、P型層で吸収される光を減らすことだけだと考えられる。

これに関しては、理化学研究所などが、P型層の下層部にフォトニック結晶を導入、反射率を高めることで、そもそもP型層中に入り込む光を激減させ、吸収を抑制するという技術を発表している。同様の技術を用いれば、取出し効率の改善、すなわち、発光効率の向上も一通り完了することになるだろう。

スタンレー電気の優位性

スタンレー電気は、この完成形に近い紫外 LED の実用化に、現時点で最も近いといっているだろう。「P型層での光吸収の抑制」以外のすべての技術を有しているからだ。旭化成も AlN 基板を有しているため、「光の取出し効率向上」を行ってスタンレー電気に対抗してくるものと推察する。

次の主眼は低コスト化と  
アプリケーション開発

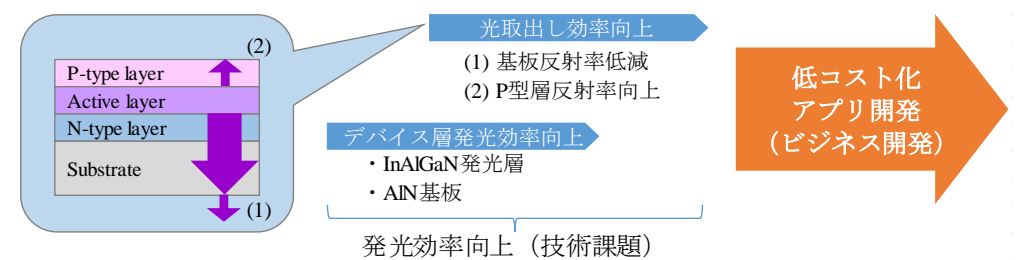
ここまで、各社の技術的優位性を論じるために発光効率を中心に述べてきたが、発光効率だけでは、ビジネスの勝敗は決まらない。仮に、発光効率が他社の半分の紫外 LED しか作れないプレイヤーでも、コストが半分以下であれば、所望の光強度を実現するために必要なコストで見ればむしろ有利になる。

この点、AlN 基板を発光効率向上の主軸としている 2 社は、AlN 基板のコストインパクトをどれだけ抑えられるかがビジネスの勝敗を分けるポイントになりそうだ。

高付加価値品を頂点とする  
幅広い製品ラインナップで生産規模拡大を図り  
圧倒的な価格競争力を高めたい

特に、発光効率が決め手となる高付加価値アプリケーションをできるだけ多く開発する必要があるだろう。進むべき道は LED を高度化したレーザーダイオード (LD) などの高付加価値製品を頂点に低コスト品までの幅広い製品ポートフォリオを持つことで、生産規模の拡大を図り、競合の追従を許さない価格競争力を確保することと考える。

図表 24 : 開発のポイントは技術課題からビジネス開発にシフト



出所 : MUMSS 作成

## 6.企業概要

### 日機装 (6376)

経緯：開発開始は2006年

同社は2006年に、赤崎勇教授（名城大学）、天野浩教授（名古屋大学）の有する深紫外線LEDの事業化を目的に設立された名城大学のベンチャー（創光科学）に参画、実用化に向けた開発を開始した。

2012年に量産技術を確立。2014年に初期量産工場を設立する。2015年には、光出力50mW、耐久時間10,000時間超のチップ開発に成功した。2017年にはFormosa Plastics Groupと同事業に関する合弁契約を締結（合弁会社設立は2019年）、日機装は、主に深紫外線LEDチップやモジュールの開発を担う。

技術：基板はサファイア、特許はアプリケーション領域が多い

同社の深紫外線LEDは、基板にサファイア、バッファ層をAlN、発光材料にAlGaInを使用する。発光波長255~350nmの深紫外線領域が可能で、特に280nm以下の波光領域に特化している。同社は、製品の耐久性を重視し、出力や波光が安定的に継続できる、空気殺菌用途でのモジュール開発を進め、事業拡大を図る方針である。特許では装置関連の技術を多く保有しているようだ。

製品：デバイス販売より装置販売に軸足

同社は、水浄化装置、表面殺菌装置、等の製品を取り扱っている。直近では、コロナウイルス感染対策を背景に、空気殺菌装置へ需要が増大している模様。

2020年1月に空間除菌消臭装置「Aeropure」を発売。同製品は、装置内部にある光触媒フィルターにウイルスをとどめ、深紫外LEDの照射によりウイルスや菌を除菌する仕組み。限定された空間で、最高度の出力や波長がなくても洗浄が可能である点が特徴。医療機関をはじめ、飲食店や宿泊施設からの引き合いが強いとのことである。

また、空調設備向け除菌消臭ユニット「Aeropure・Duct」を開発。「Aeropure」と構造は同じだが、セントラル空調システムのダクト内にフィルターを設置して空気の除菌・消臭を行う。三菱地所ホームと業務提携契約を締結し、展開する戸建て住宅/マンション向け全館空調システム「エアロテック」への導入を予定する。

2020年9月には、医療機関向けにN95レスピレーター対応（N95規格微粒子用防護マスク）の表面除菌装置「PearlSurface」を発売。「PearlSurface」は、コロナ禍で入手困難となったN95レスピレーターの再利用のための除染を目的とした装置。装置内に深紫外光源を3カ所設置、20分間に深紫外線1,000mJ/cm<sup>2</sup>をN95レスピレーターの90%以上の部分へ照射が可能である。

業績：中期的な売上高目標は100億円

深紫外線LED事業の業績は、Formosa Plasticとの合弁会社設立による開発費用負担減少などから、19/12期には営業黒字化に至る。「Aeropure」の需要拡大を受け、20/12期上期には生産体制を拡張、年間10万台の供給体制が整った。同社は中期的な事業規模売上高100億円の早期到達を目指したいとしている。

**スタンレー電気（6923）**

経緯：1976年に製造開始

LED製造の歴史は1976年より始まる。青色LEDでも素子の自社開発に取り組み、デバイス製造や実装の技術、関連部品および材料等などの幅広い領域で豊富な知見と経験値がある。深紫外LEDの開発では当初サファイア基板で始めたが、AIN基板に切り替え今日に至る。2017年1月、トクヤマから深紫外LED関連の特許、ノウハウ及び開発生産設備を取得、2019年11月にはAIN基板の開発・製造・販売のヘキサテック株式を取得し子会社化。深紫外LEDに関する幅広い技術等を獲得。

因みにトクヤマはヘキサテックと東京農工大学と共同で、昇華法AIN基板を種基板とし、その上にHVPE法で低転位欠陥のAIN基板を形成する技術を2013年に開発。2015年にはNICTと波長265nm、出力90mW超の深紫外LEDの開発に成功した。

技術：AIN基板を採用、特許はウエハから結晶成長、パッケージからアプリケーションまで幅広い

同社の深紫外線LEDはAIN基板から結晶成長、素子及びパッケージ等まで内製化できる技術、ノウハウが特徴の一つ。また、AIN基板には電流値をあげても出力が落ちにくく、温度上昇に伴う出力低下もし難い長所があり、これがサファイア基板との差別化要因の一つと会社側では位置付けている。

製品：265nm、50mW光出力デバイスやCCFLを扱う。ヘキサテックではAIN基板の外販も視野

現在、深紫外LED業界トップクラス性能の波長265nm、出力50mW品を量産し、来年には出力200mW品の市場投入を計画している。また、深紫外線ラインナップとして波長254nmのCCFL（冷陰極管）も扱う。液晶テレビ用バックライトで盛衰を経験したCCFLではあるが、現在は家庭用の浄水器や加湿器、温水便座洗浄機などで採用されている。また、インドで取り組む安全安価な飲料水供給のための紫外線消毒装置の普及策が、JICAにより「安全で安価な飲料水供給のための紫外線冷陰極ランプ普及・実証・ビジネス化事業」に採択（SDGsビジネス支援型）された。

2001年設立されたヘキサテックではAIN基板製品を製造、販売する。用途は紫外LED以外では紫外LD（レーザーダイオード）、電力変換用パワーデバイス、高周波デバイスの領域を視野に入れる。

業績：殺菌ソリューションで2025年までに年商500億円を目指す

20年7月より深紫外線LEDの量産を開始。CCFLは年商20億円程と推察する。LEDとCCFLを合算した紫外線殺菌ソリューションの売上高を22/3期100億円、23/3期200億円超を予想する。これまで会社側では浄水を中心とする水殺菌市場だけで1,000億円以上の規模を想定し、2025年までに500億円の売上高を目標としていた。新型コロナウイルス感染拡大により空気及び表面殺菌用途市場が顕在化した結果、目下の注目点は「計画達成の前倒し」と弊社では推察する。

**ウシオ電機 (6925)**

経緯：きっかけは 2015 年	同社が殺菌領域に注力し始めたきっかけは、米コロンビア大学が 2012 年に特許化した「エキシマランプと特殊なバンドパスフィルタを組みあわせて人に害のない紫外線波長域のみを照射する技術」に着目、2015 年に本技術の独占ライセンス契約、研究委託契約を締結した時のことだ。以降、研究・製品開発をすすめ、2017 年には 222nm 紫外線を利用した細菌消毒の成功を発表、2020 年 3 月には安全性を実証し、9 月には新型コロナウイルスの不活化効果を確認している。
技術：エキシマランプとバンドパスフィルタの組合せ	米コロンビア大学は KrBr (207nm) と KrCl (222nm) のエキシマランプを使用した場合に 230nm 以上の波長をカットする特許を保有する。ウシオは特に KrCl ランプに関する技術を用いて製品開発を進めた。200~230nm の波長は、細菌を貫通し死滅させることが出来るが、人体の組織レベルでは皮膚上皮や目の水晶体の感受性細胞まで到達することがなく実質的には無害。エキシマランプは人体に有害な 230nm 以上の長波長も発生するが、バンドパスフィルタの併用で有人環境でも使用可能となった。
製品：Care222 ユニットとモジュールを展開	2020 年 6 月より、米国大手照明器具メーカー向けに 222nm 紫外線殺菌・ウイルス不活化モジュール「Care222」の供給を開始。国内は 8 月から同モジュールを組み込んだ「Care222 U3 ユニット」の販売を開始し、東芝ライテックと業務提携を締結するなど販路拡大に注力する。今後はユニットの販売に加え、モジュールを OEM 展開する方針。
業績：売上高目標は 23/3 期 100 億円以上	23/3 期に「Care222」関連の売上高 100 億円以上が現時点の目標。生産規模拡大に向けた設備投資は既存ラインの転用等で 10 億円程に収まる見込み。また、生産・調達面での他社協業によりコストを抑制しながら売上高増大を目指す方針である。OEM 先はすでに引き合いが活発な一般施設の照明機器や空調設備等に加え、将来的にはシビアな使用環境条件である自動車や航空機、鉄道分野、さらには手術室等、院内感染の予防市場への参入も視野に入れている。

図表 25 : Care222 モジュール



出所：ウシオ電機株式会社 HP

図表 26 : Care222 ユニット



出所：ウシオ電機株式会社 HP



**豊田合成（7282）**

経緯：1986年開発に着手

同社は1986年に名古屋大学の赤崎勇教授の指導、豊田中央研究所の支援を受け青色LEDの開発に着手。1995年に高輝度青色LEDの生産・販売を開始。2001年には高輝度白色LEDの生産・販売を開始。液晶バックライト・照明分野で培った高輝度青色LED技術を応用し、2017年から深紫外LEDの開発を開始している。

技術：基板はサファイア、特許は青色LEDで培ったデバイスノウハウが中心

InGaN系青色LEDで培った技術を活用し、AlGaIn系であるUV-C LED及び応用製品を提案。同社の現時点での深紫外LEDの基本特性は、中心波長275～280nm、出力50mW、耐熱性40度以上など。深紫外LED光源モジュールの特長は、放熱設計が不要、耐湿・耐水設計が不要、光学設計が可能など。2020年9月には深紫外LED光源モジュールでの新型コロナウイルス不活化に対する高い有効性を確認したと発表している。基板は、コストメリットと出力バランスを考慮しサファイアを使用。更なる性能向上、効率アップを目指しており、目標出力は100mWとしている。

製品：来年1月に空間浄化装置を量産開始予定

2020年7月、深紫外LED光源モジュールを開発したと発表。量産化第1弾として、同社も出資したベンチャーWOTA社が2020年11月販売の水循環型のポータブル手洗いスタンド「WOSH」に同社の「深紫外LED水浄化ユニット」が搭載される予定。2020年12月には、表面除菌として除菌BOX（応用分野：食品加工機器、トイレ等）、2021年1月には空間浄化として空間除菌消臭装置（応用分野：エアコン、冷蔵庫、空気清浄機など）、の量産開始も予定している。来期以降は、水浄化向けでは、引き合いが多いトイレや家電といった中流量タイプ、浄水設備といった大流量タイプの量産を目指しているもよう。中期では、自動車部品事業で培った高い品質管理を活かし車載への本格展開を狙う意向とみられる。

業績：2025年に売上高100億円以上

現状の同事業の規模や今後の目標などは非開示。ただし、深紫外LEDの世界市場規模として会社側は2025年に400億円を想定（パッケージベース：コロナ拡大前のパッケージベースで会社側もやや保守的とみている）、市場シェアは少なくとも25-30%を目指すとする。前工程中心で投資負担が重かった青色LEDの苦い経験を活かし、同製品の事業領域は、開発及び販売とし、生産は外部パートナーを活用する。開発も大学やスタートアップ企業との連携を積極的に行う方針である。光源モジュールをコモディティ化し、LEDを変えることでユーザーの様々な要求に応える方針である。アセットライトなビジネスモデルで会社側も中長期経営計画「2025事業計画」で掲げる【新技術】の目標営業利益率15%をターゲットに事業を推進している。

同事業に関する定量的な開示は上述のように現時点では乏しい。だが、弊社では青色LEDを中心としたオプトエレクトロニクス事業は、20/3期の売上規模で20-30億円程度、営業損益は16/3期以降恒常的に赤字であったと推察する。株式市場で同社のLED関連事業に対する期待値はまだ織り込まれていないと考えており、今後の事業展開を大いに注目したい。

### 旭化成（3407）子会社：Crystal IS

概要と経緯：1997年設立

1997年、Crystal ISはAIN基板技術の開発を目指すレンセラー工科大学のLeo Schowalter教授とGlen Slack教授により設立された。

2003年に超低転位（欠陥）の12mmAIN基板を製品化、2004年に2インチのAIN基板の開発に成功した。

2010年にはUV-Cの光出力を実証し、同年旭化成からの出資（翌2011年買収される）を受けて共同開発をスタート。2014年にAIN基板をベースにした計測機器向けのUV LED「Optan」を、2016年には殺菌用光源の「Klaran」を市場に投入した。

技術・製品

同社は結晶性の高いAIN基板の基礎技術を持つ。例えば、熱勾配制御によりAIN単結晶を成長させる方法や、AIN結晶を精製するための方法と装置、UV-Cの透過性が高いパッケージについての特許等を保有している。

浄水器や医療機関等で利用可能な小型の流水殺菌器モジュールも販売している。

「WR」シリーズはコーヒーマシンなど家電製品用のポイント消毒用に設計された小型モジュール、「WS」シリーズはウォーターサーバー用の消毒モジュールで、多くのサーバーと互換性があり既存のシステムに追加出来る設計となっている。

今年10月、旭化成は新型コロナウイルス感染症対策ソリューションの事業化に向けた取り組みを本格化することを発表。「Klaran」を従来の流水殺菌用途に加え、表面殺菌用途への拡大を推進することを明らかにした。

### 三安光電（600703：Shanghai）

概要と経緯：2000年設立

2000年設立。本社は厦門。LED製造を主力とし、子会社では化合物半導体などを手掛ける。19/12期売上高は7,460百万元、営業利益は1592百万元。

技術・製品

LED事業は生産規模を活かしたコスト競争力を武器とする。UV-LEDではパッケージング関連の特許を有する。UV-B、UV-Cの領域においては265～320nmの波長のチップがあり、顧客ニーズに合わせて波長と設計をカスタムで対応する。

### 日亜化学工業（非上場）

概要と経緯：1956年設立

1956年12月設立。現在は化学品（蛍光体及びリチウム電池等）と光半導体（LED、LD等）事業を展開する。19/12期業績は売上高4,049億円、営業利益550億円。その内、光半導体部門の売上高は2,784億円を占める。

研究開発

研究開発活動ではLED関連ではADB本格普及を控えた車載用途での製品競争力向上のため大電流化と小型パッケージでの量産化に成功。LD関連では競争力の源泉であるチップの高性能化において、青色品（波長455nm）で電力変換効率48.1%（1チップ当たり光出力5.67W）、緑色品は同18.5%（同1.53W）を達成している。

製品

深紫外領域では2019年4月に280nmのUV-LEDの量産を始めている。

### Seoul Viosys (092190 KS)

#### 概要と経緯：2002年設立

ソウルセミコンダクタの子会社として2002年に設立。紫外線から赤外線まで様々な波長のLEDを販売。関連技術特許を多数保有している。19/12期業績は売上高3,506億ウォン、営業利益103億ウォン。2005年にUV-LED専門企業の米SETi (Sensor Electric Technology, Inc.)との共同開発を開始、2015年には米国防総省の承認を得て経営権を取得した。同社はナイトライド・セミコンダクター、SETiと共同開発してきたUV-LEDの清浄技術を総称して「Violeds」というブランド名で展開する。

#### 製品

今年4月以降、同社HPから抜粋した製品採用例は以下の通り。

2020年4月、自動車の室内殺菌用途での採用を発表。自動車の室内天井に設置し、人が不在なことを感知して紫外線をシートやハンドルに照射する仕組み。

2020年5月、ハイセンスとハイアールの家庭用洗濯機向けに供給していることを公表した。洗濯槽の殺菌と脱臭が狙い。

2020年5月、ポータブルタイプの個人用空気洗浄機(モデル名:VAC)を6月から韓国と米国でオンラインにて販売すると発表。清浄器内のフィルターに捕集された新型コロナウイルスなどの有害菌を紫外線照射により不活化する仕組み。

2020年6月、中国のエアコンメーカーである珠海格力電器(GREE)の新製品「フレッシュエア」に採用されたこと、米国の空気清浄システムRGFの冷暖房機にも供給中であることを発表した。

### ナイトライド・セミコンダクター (非上場)

#### 概要と経緯：2000年設立

徳島大学との産学連携で2000年に設立。世界で初めてUV LEDの開発に成功した。UV LED技術等におけるソウルセミコンダクタとの協力関係は2001年以来続く。

#### 技術

製造方法に関する特許を中心に、発光効率を向上させる技術やMOCVD装置関連の特許を取得済み。具体例としては欠陥となる結晶転位を低減するため、高温SiN中間層及び低温GaNPバッファ層、低温SiNバッファ層を用いる技術や、高出力化に対応するため、放熱性を向上させてチップサイズを拡大する技術なども保有する。

#### 製品

2017年6月、家庭用殺菌器「LED PURE」シリーズの発売を開始。「LED PURE HH1+」は、275nmのUV-LEDでタンク内の水を殺菌し加湿、365nmのUV-LEDが光触媒に働きかけて臭いを分解し、揮発性有機化合物も除去する殺菌加湿消臭器である。

また、同じく275nmのUV-LEDを使用し、消毒したいものをボックスの中に入れることで有害な細菌・ウイルスを殺菌する「LED PURE SM1」等も販売している。

2020年8月、PCR検査現場での二次感染を防ぐため、フェイスシールドや防護服を着用したまま全身を不活化できるシャワーBOXを発売した。

図表 27：各社が公表した新型コロナウイルス不活化実験結果

研究発表日 (一般公表日)	会社名	共同研究先	光源	効果
2020/04/02	ソウルバイオシス	高麗大学	波長不明 (violeds LED)	30秒間照射すると99.9%不活化
2020/07/31	日機装	宮崎大学	280nm	3.75mJ/cm <sup>2</sup> 照射で87.4%不活化 37.5mJ/cm <sup>2</sup> 照射で99.9%以上不活化
2020/08/07	スタンレー電気	山口大学	265nm	5.1mJ/cm <sup>2</sup> 照射で99.9%以上不活化
2020/09/04	ウシオ電機	広島大学	222nm (エキシマランプ)	1mJ/cm <sup>2</sup> 照射で88.5%不活化 3mJ/cm <sup>2</sup> 照射で99.7%不活化
2020/09/24	豊田合成	バイオメディカル サイエンス研究会	276nm	13mJ/cm <sup>2</sup> 照射で99.999%以上不活化
2020/10/13	Crystal IS	ボストン大学	268nm	3.75mJ/cm <sup>2</sup> 照射で96.8%不活化 5mJ/cm <sup>2</sup> 照射で99.8%不活化

出所：各社資料より MUMSS 作成

※ウシオ電機以外は LED 光源

※mJ (ミリジュール) は照度 (mW/cm<sup>2</sup>) × 照射時間 (秒) の積算光量。

※宮崎大学 (日機装の LED 使用) はウイルスを  $2.0 \times 10^4$  PFU (ブランク形成単位) /ml に調整し、ウイルスを 60mm シャーレの中心において 20mm の距離から 3.75mW/cm<sup>2</sup> の照度で照射。ブランク法による測定。1 秒で 87.4%、10 秒で 99.9% 以上の不活化を確認。

※山口大学 (スタンレー電気の LED 使用) はシャーレにウイルス希釈液 (初期濃度は、 $5 \times 10^5$  PFU/ml) を投入し、一定時間照射後にウイルスカ価をブランク法によって測定。

※広島大学 (ウシオ電機のランプ使用) は TCID<sub>50</sub> (50% tissue culture infectious dose) 法を用いてウイルスカ価を測定。また、同条件で RT-qPCR (定量的逆転写ポリメラーゼ連鎖反応) 法を用いて SARS-CoV-2 RNA を測定した。照度は 0.1 mW/cm<sup>2</sup>、10 秒で 88.5%、30 秒で 99.7% の不活化を確認。

※バイオメディカルサイエンス研究会 (豊田合成の LED 使用) はシャーレにウイルス希釈液を投入し、深紫外 LED 照射後ウイルスカ価をブランク法にて測定。距離 50mm で中心照度 2.6 mW/cm<sup>2</sup> にて照射。5 秒以内に 99.999% 以上の不活化を確認。

※ボストン大学 (Crystal IS の LED 使用) は 1.25mW/cm<sup>2</sup> の照度で測定。3 秒で 96.8%、4 秒で 99.8% の不活化を確認。

## Appendix A

**アナリストによる証明**

本レポート表紙に記載されたアナリストは、本レポートで述べられている内容（複数のアナリストが関与している場合は、それぞれのアナリストが本レポートにおいて分析している銘柄にかかる内容）が、分析対象銘柄の発行企業及びその証券に関するアナリスト個人の見解を正確に反映したものであることをここに証明いたします。また、当該アナリストは、過去・現在・将来にわたり、本レポート内で特定の判断もしくは見解を表明する見返りとして、直接又は間接的に報酬を一切受領しておらず、受領する予定もないことをここに証明いたします。

**重要な開示事項**

三菱UFJモルガン・スタンレー証券株式会社（以下「MUMSS」）及びその関連会社等は、次の会社の発行済み普通株式等総数の1%以上を保有しています：旭化成、トクヤマ、テルモ、日機装、スタンレー電気、ウシオ電機、豊田合成

MUMSS及びその関連会社等は、次の会社の発行済み普通株式等総数の0.5%超を保有しています：旭化成、トクヤマ、テルモ、日機装、スタンレー電気、ウシオ電機、豊田合成

上記保有開示について、上場から1ヵ月以内の会社については有価証券募集要綱(Offering Memorandum)の記載によります。また、保有割合は米国の適用法令に基づく計算方式により計算します。

MUMSS及びその関連会社等は過去12ヵ月間に、次の会社の有価証券の募集又は売出し等に際し、主幹事又は共同幹事を務めたことがあります：旭化成

MUMSS及びその関連会社等は過去12ヵ月間に、次の会社に提供した投資銀行業務の対価として、当該企業から報酬を受領しており及び／又は対価を得て投資銀行業務を提供するような契約を締結しています：旭化成、テルモ、スタンレー電気

MUMSS及びその関連会社等は今後3ヵ月以内に、次の会社に提供した投資銀行業務の対価として、当該企業から報酬を受領することを見込んでいるか、もしくは得ようとするを予定しています：旭化成、トクヤマ、テルモ、日機装、スタンレー電気、ウシオ電機、豊田合成

**三菱UFJモルガン・スタンレー証券レーティングシステム:**

個別銘柄に対するレーティングの定義

Overweight (OW) 当社が定めるサブセクター内において、当該銘柄の投資成果が上位であるとアナリストが予想する場合

Neutral (N) 当社が定めるサブセクター内において、当該銘柄の投資成果が中位であるとアナリストが予想する場合

Underweight (UW) 当社が定めるサブセクター内において、当該銘柄の投資成果が下位であるとアナリストが予想する場合

NR レーティング及び目標株価を付与しない

RS 一時的にレーティング及び目標株価を付与しない

中小型に分類された銘柄に対するレーティングの定義

Buy 絶対株価が上昇するとアナリストが予想する場合

Hold 絶対株価の変化が小さいとアナリストが予想する場合

Sell 絶対株価が下落するとアナリストが予想する場合

NR レーティング及び目標株価を付与しない

RS 一時的にレーティング及び目標株価を付与しない

本レポートに目標株価が記載されている場合、特に断りがない限り、その達成の予測期間は今後12ヵ月間です。

**三菱UFJモルガン・スタンレー証券のレーティング分布 (2020年10月16日付)**

レーティング項目	全対象銘柄	投資銀行部門顧客*
Buy (Overweight, Buy)	35.9%	27.5%
Hold (Neutral, Hold)	55.7%	34.7%
Sell (Underweight, Sell)	4.9%	56.5%
その他	3.4%	37.5%

当該レーティング項目において、「Buy」は「Overweight」（個別銘柄）と「Buy」（中小型株）の合計、「Hold」は「Neutral」（個別銘柄）と「Hold」（中小型株）の合計、「Sell」は「Underweight」（個別銘柄）と「Sell」（中小型株）の合計に該当します。

\*投資銀行部門顧客は過去12ヵ月間のデータに基づいて抽出され、レーティング項目ごとの投資銀行部門顧客比率を計算して表示しています。

**その他開示事項**

MUMSS は、MUMSS のリサーチ部門・他部門間の活動及び／又は情報の伝達、並びにリサーチレポート作成に関与する社員の通信・個人証券口座を監視するための適切な基本方針と手順等、組織上・管理上の制度を整備しています。

MUMSS の方針では、アナリスト、アナリスト監督下の社員、及びそれらの家族は、当該アナリストの担当カバレッジに属するいずれの企業の証券を保有することも、当該企業の、取締役、執行役又は顧問等の任務を担うことも禁じられています。また、リサーチレポート作成に関与し未公表レポートの公表日時・内容を知っている者は、当該リサーチレポートの受領対象者が当該リサーチレポートの内容に基づいて行動を起こす合理的な機会を得るまで、当該リサーチに関連する金融商品（又は全金融商品）を個人的に取引することを禁じられています。

アナリストの報酬の一部は、投資銀行業務収入を含む MUMSS の収益に基づき支払われます。

MUMSS 及びその関連会社等は、本レポートに記載された会社が発行したその他の経済的持分又はその他の商品を保有することがあります。MUMSS 及びその関連会社等は、それらの経済的持分又は商品についての売り又は買いのポジションを有することがあります。

MUMSS の役員（以下、会社法（平成 17 年法律第 86 号）に規定する取締役、執行役、又は監査役又はこれらに準ずる者をいう）は、次の会社の役員を兼任しています：三菱UFJフィナンシャル・グループ、三菱倉庫

本レポートの開示情報は以下のリンクにある WEB ディスクローチャーよりご参照ください。

<https://www.er.sc.mufg.jp/disclosure/disclosure.php>

また、その他開示事項など本資料に関するお問い合わせは、三菱UFJモルガン・スタンレー証券の最寄の店舗までご連絡ください。

欧州市場濫用規制に関する開示については、以下のリンクを参照してください。

<https://research.musi.com/DisclosuresSummary.aspx>

### 免責事項

本資料は、MUMSS が、本資料を受領される MUMSS 及びその関係会社等のお客様への情報提供のみを目的として作成したものであり、特定の有価証券又は金融商品の売買の推奨、あるいは特定の証券取引その他の金融商品取引の勧誘又は申込みを目的としたものではありません。

本資料内で MUMSS が言及した全ての記述は、公的に入手可能な情報のみに基づいたものです。本資料の作成者は、インサイダー情報を使用することはもとより、当該情報を入手することも禁じられています。MUMSS は株式会社三菱UFJフィナンシャル・グループ(以下「MUFG」)の子会社等であり、MUMSS の方針に基づき、MUFG については投資判断の対象としておりません。

本資料に含まれる情報は、正確かつ信頼できると考えられていますが、その正確性、信頼性が客観的に検証されているものではありません。本資料はおお客様が必要とする全ての情報を網羅することを意図したものではありません。また、MUMSS 及びその関係会社等は本資料に掲載された情報の正確性・信頼性・完全性・妥当性・適合性について、いかなる表明・保証をするものでもなく、一切の責任又は義務を負わないものとします。本資料に含まれる情報は、金融市場や経済環境の変化等のために、最新のものではない可能性があります。本資料内で示す見解は予告なしに変更されることがあり、また、MUMSS は本資料内に含まれる情報及び見解を更新する義務を負うものではありません。ここに示したすべての内容は、MUMSS の現時点での判断を示しているに過ぎません。本資料でインターネットのアドレス等を記載している場合がありますが、そのアドレス等が MUMSS 自身のものである場合を除き、ウェブサイト等の内容について MUMSS は一切責任を負いません。MUMSS は、本資料の論旨と一致しない他の資料を発行している、あるいは今後発行する場合があります。また、MUMSS は関係会社等と完全に独立して資料を作成しています。そのため、本資料中の意見、見解、見通し、評価及び目標株価は、異なる情報源及び方法に基づき関連会社等が別途作成する資料に示されるものと乖離する場合があります。

本資料で直接あるいは間接に採り上げられている有価証券又は金融商品は、価格の変動や、発行者の経営・財務状況の変化およびそれらに関する外部評価の変化、金利・為替の変動などにより投資元本を割り込むリスクがあります。

本資料は、お客様に対し税金・法律・投資上のアドバイスとして提供する目的で作成されたものではありません。本資料は、特定のお客様のための投資判断に向けられたものではなく、本資料を受領される個々のお客様の財務状況、ニーズもしくは投資目的を考慮して作成されているものではありません。本資料で言及されている有価証券や金融商品に関連する投資及びサービスは、全てのお客様にとって適切とは限りません。お客様は、独自に特定の投資及び戦略を評価し、本資料に記載されている有価証券又は金融商品に関して投資・取引を行う際には、専門家及びファイナンシャル・アドバイザーに法律・ビジネス・金融・税金その他についてご相談ください。

MUMSS 及びその関係会社等は、お客様が本資料を利用したこと又は本資料に依拠したことによる結果のいかなるもの（直接・間接の損失、逸失利益及び損害を含みますが、これらに限られません）についても一切責任を負わないとともに、本資料を直接・間接的に受領するいかなる者に対しても法的責任を負うものではありません。最終投資判断はお客様自身においてなされなければならない、投資に対する一切の責任はお客様にあります。

過去のパフォーマンスは将来のパフォーマンスを示唆、又は保証するものではありません。特に記載のない限り、将来のパフォーマンスの予想はアナリストが適切と判断した材料に基づくアナリストの予想であり、実際のパフォーマンスとは異なることがあります。従って、将来のパフォーマンスについては明示又は黙示を問わずこれを保証するものではありません。

MUMSS その他 MUFG 関係会社等、又はこれらの役員、提携者、関係者及び社員は、本資料に言及された有価証券、同有価証券の派生商品及び本資料に記載された企業によって発行されたその他の有価証券を、自己の勤定もしくは他人の勤定で取引もしくは保有したり、本資料で示された投資判断に反する取引を行ったり、マーケットメーカーとなったり、又は当該証券の発行体やその関係会社等に幅広い金融サービスを提供しもしくは同サービスの提供を図ることがあります。本資料の利用に際しては、上記の一つ又は全ての要因あるいはその他の要因により現実的もしくは潜在的な利益相反が起こりうることに留意ください。なお、MUMSS は、会社

法第135条の規定により自己の勘定でMUFG株式の取得を行うことを禁止されています。

本資料で言及されている有価証券、金融商品等は、いかなる地域においても、またいかなる投資家層に対しても販売可能とは限りません。本資料の配布及び使用は、資料の配布・発行・入手可能性・使用が法令又は規則に反する、地方・州・国やその他地域の市民・国民、居住者又はこれらの地域に所在する個人もしくは法人を対象とするものではありません。

**英国及び欧州経済地域:** 本資料が英国において配布される場合、本資料はMUFGのグループ会社であるMUFG Securities EMEA plc. (以下「MUS(EMEA)」)。電話番号: +44-207-628-5555)により配布されます。MUS(EMEA)は、英国で登録されており、Prudential Regulation Authority (ブルーデンス規制機構、「PRA」)の認可及びFinancial Conduct Authority (金融行動監視機構、以下「FCA」)とPRAの規制を受けています(FS Registration Number 124512)。本資料は、professional client (プロ投資家)又はeligible counterparty (適格カウンターパーティー)向けに作成されたものであり、FCA規則に定義されたretail clients (リテール投資家)を対象としたものではありませんので、誤解を回避するため、同定義に該当する顧客に交付されてはならないものです。MUS(EMEA)は、本資料を英国以外の欧州連合加盟国においてもprofessional investors (若しくはこれと同等の投資家)に配布する場合があります。本資料は、MUS(EMEA)の組織上・管理上の利益相反管理制度に基づいて作成されています。同制度には投資リサーチに関わる利益相反を回避する目的で、情報の遮断や個人的な取引・勧誘の制限等のガイドラインが含まれています。本資料はルクセンブルク向けに配布することを意図したものではありません。

**米国:** 本資料はMitsubishi UFJ Morgan Stanley Securities Co., Ltd. (以下「MUMSS」)によって作成されたものです。MUMSSは日本で証券業務その他の金融商品取引業の登録を受けております。本資料が米国において配布される場合、本資料はMUFGのグループ会社であるMUFG Securities Americas Inc. (以下「MUSA」)。電話番号: +1-212-405-7000)により配布されます。MUSAは、United States Securities and Exchange Commission (米国証券取引委員会)に登録されたbroker-dealer (ブローカー・ディーラー)であり、Financial Industry Regulatory Authority (金融取引業規制機構、「FINRA」)による規制を受けています (SEC# 8-43026; CRD# 19685)。本資料がMUSAの米国外の関係会社等により米国内へ配布される場合、本資料の配布対象者は、1934年米国証券取引所法の規則15a-6に基づくmajor U.S. institutional investors (主要米国機関投資家)に限定されております。MUSA及びその関係会社等は本資料に言及されている証券の引受業務を行っている場合があります。

本資料は有価証券の売買及びその他金融商品への投資等の勧誘を目的としたものではありません。また、いかなる投資・取引についてもいかなる約束をもするものでもありません。本資料はFINRAの規制に基づいて作成されています。本資料が米国で大手機関投資家以外の個人に配布される限りにおいて、MUSAはその内容について責任を負っています。本資料の執筆者であるアナリストは、リサーチアナリストとしてFINRAへの登録ないしFINRAの資格取得を行っておらず、MUSAの関係者ではない場合があります。したがって、調査対象企業とのコミュニケーション、パブリックアピランス、アナリスト本人の売買口座に関するFINRAの規制に該当しない場合があります。FLOESはMUSAの登録商標です。

IRS Circular 230 Disclosure (米国内国歳入庁 回示230に基づく開示): MUSAは税金に関するアドバイスの提供は行っておりません。本資料内(添付文書を含む)の税金に関する記述はMUSA及び関係会社以外の個人・法人が本資料において研究する事項に関する勧誘・推奨を行う目的、又は米国納税義務違反による処罰を回避する目的で使用することを意図したのではなく、これらを目的とした使用を認めておりません。

**日本:** 本資料が日本において配布される場合、その配布はMUFGのグループ会社であり、金融庁に登録された金融商品取引業者であるMUMSSが行います。

国内株式の売買取引には、約定代金に対して最大1.43% (税込み) (ただし約定代金193,000円以下の場合最大2,750円 (税込み))の手数料が必要となります。

債券取引には別途手数料はかかりません。手数料相当額はお客様にご提示申し上げる価格に含まれております。

外国株式に関する資料は、Form 10-K等当該外国法に基づく「有価証券報告書」と同等の公的書類、年次報告書 (Annual Report)、四半期報告書、アーニングリリース等の会社発表による公開情報をもとに作成しております。当社によるレーティング、投資判断、業績予想等は含みません。また、データの取得・入力時期の違い等により、本資料と外国証券情報の数値等が異なる場合があります。

本資料で取り上げられている外国証券は、我が国の金融商品取引法に基づく企業内容の開示は行われておりません (金融商品取引法上の情報開示銘柄を除く)。当該外国証券の開示情報は、主要取引所の所在する国の開示基準に基づいています。

外国株式を委託取引で売買する際は、現地委託手数料と国内取次手数料の両方がかかります。現地委託手数料等は、その時々々の市場状況、現地情勢等に応じて決定されますので、その金額等をあらかじめ記載することはできません。詳細はお取引のある部店までお問合せください。国内取次手数料は、約定代金に対して最大1.1% (税込み)の手数料が必要となります。外国株式を国内店頭取引で売買する際は、対価のみの支払いとなります。外国株式は、為替相場の変動等により損失が生じるおそれがあります。

非上場債券 (国債、地方債、政府保証債、社債) を当社が相手方となりお買付けいただく場合は、購入対価のみお支払いいただきます。債券は、金利水準の変動等により価格が上下し、損失を生じるおそれがあります。外国債券は、為替相場の変動等により損失が生じるおそれがあります。

**シンガポール:** 本レポートがシンガポールにおいて配布される場合、MUFG Securities Asia Limited Singapore Branch (以下、MUS(Asia) シンガポール支店) とのアレンジに基づき配布されます。MUFG Securities Asia Limited は香港の法律に準じた組織であり、Hong Kong Securities and Futures Commission (香港証券先物取引委員会; Central Entity Number AAA889) の規制を受けています。MUS(Asia) シンガポール支店は Securities and Futures Act (“SFA”) in Singapore の規制に基づき、キャピタルマーケッツ・サービス・ライセンス (“CMS Licence”) を有しております。

本レポートの配布対象者は、Financial Advisers Regulation の Regulation 2 に規定される institutional investors、accredited investors、expert investors に限定されます。本レポートは、これらの投資家のみによる使用を目的としており、それ以外の者に対して配布、転送、交付、頒布されてはなりません。本レポートが accredited investors 及び expert investors に配布される場合、MUS(Asia) シンガポール支店は Financial Advisers Act の次の事項を含む一定の事項の遵守義務を免除されます。第25条: 一定の投資商品に関してファイナンシャル・アドバイザーが全ての重要情報を開示する義務、第27条: ファイナンシャル・アドバイザーが合理的な根拠に

基づいて投資の推奨を行う義務、第36条：ファイナンシャル・アドバイザーが投資の推奨を行う証券に対して保有する権利等について開示する義務。本レポートを受領されたお客様で、本レポートから又は本レポートに関連して生じた問題にお気づきの方は、MUS(Asia) シンガポール支店にご連絡ください。

**香港:** 本資料が香港において配布される場合、本資料は MUFG のグループ会社である MUFG Securities Asia Limited (以下「MUS(ASIA)」)。電話番号：+852-2860-1500) とのアレンジに基づき配布されます。MUS(ASIA)は Hong Kong Securities and Futures Ordinance に基づいた認可、及び Securities and Futures Commission (香港証券先物取引委員会；Central Entity Number AAA889) の規制を受けています。本資料は Securities and Futures Ordinance により定義される professional investor を配布対象として作成されたものであり、この定義に該当しない顧客に配布されてはならないものです。

**その他の地域:** 本資料がオーストラリアにおいて配布される場合、MUS(ASIA)又は MUS(SPR)により配布されています。MUS(ASIA)は Australian Securities and Investment Commission (ASIC) Class Order Exemption CO 03/1103 に基づき、Corporations Act 2001 が定める金融サービスの提供者によるオーストラリア金融業免許の保有義務を免除されています。MUS(SPR)は ASIC Class Order Exemption CO 03/1102 により同様に義務を免除されています。本資料はオーストラリアの Corporations Act 2001 に定義される wholesale client のみを配布対象としております。本資料がカナダにおいて配布される場合、本資料は MUS(EMEA)又は MUSA により配布されます。MUSA は international dealer exemption の措置により次の各州、準州において金融取引業者としての登録を免除されています：アルバータ州、ケベック州、オンタリオ州、ブリティッシュ・コロンビア州、マニトバ州、ニュー・ブランズウィック州、ニューファンドランド・ラブラドール州、ノースウエスト準州、ノバ・スコシア州、ヌナブト準州、プリンス・エドワード・アイランド州、サスカチュワン州、ユーコン準州。MUS(EMEA) は international dealer exemption の措置により次の各州において金融取引業者としての登録を免除されています：アルバータ州、ケベック州、オンタリオ州、ブリティッシュ・コロンビア州、マニトバ州。本資料はカナダにおける National Instrument 31-103 によって定義された permitted client のみを配布対象としております。本資料に含まれる情報は、いかなる場合においても、カナダの州、準州において、目論見書、広告、公募又は特定の証券の売買の勧誘若しくは申込みを目的としたものではありません。また、いかなる場合においても、本資料に含まれる情報は、カナダの州、準州において投資上のアドバイスとして解釈されるものではなく、また顧客のニーズを考慮して作成されているものではありません。

本資料は、インドネシアにおいて複製・発行・配布されてはなりません。また中国（中華人民共和国「PRC」を意味し、PRCの香港特別行政区・マカオ特別行政区、及び台湾を除く）において、複製・発行・配布されてはなりません（ただし、PRCの適用法令に準拠する場合を除きます）。

Copyright © Mitsubishi UFJ Morgan Stanley Securities Co., Ltd. All rights reserved.

本資料は MUMSS の著作物であり、著作権法により保護されております。MUMSS の書面による事前の承諾なく、本資料の全部もしくは一部を変更、複製・再配布し、もしくは直接的又は間接的に第三者に交付することはできません。

〒100-8127

東京都千代田区大手町1丁目9番2号 大手町フィナンシャルシティ グランキューブ

三菱UFJモルガン・スタンレー証券株式会社

(商号) 三菱UFJモルガン・スタンレー証券株式会社 金融商品取引業者 関東財務局長（金商）第2336号

(加入協会) 日本証券業協会、一般社団法人日本投資顧問業協会、一般社団法人金融先物取引業協会、一般社団法人第二種金融商品取引業協会