最近の光放射応用技術と光源の動向

Recent Trends of Applied Engineering of Optical Radiation and Related Light Sources

1962年3月大阪大学工学部電気工学科卒業。現在東芝ライテック㈱技術本部研究所長附。照明学会光放射の応用・関連計測研究専門部会委員長。東京農工大学工学部非常勤講師。

専門会員 河本 康太郎
Kohtaro Kohmoto

◀キーワード：光放射，光源，視覚，光エネルギー，情報メディア，光環境，光産業

1. まえがき

照明学会誌「最近の新光源応用と光放射応用の新展開」特集号の総論として、地球環境と人間社会における光放射の役割・機能とその重要性、および関連の人工光放射源（視覚関連光源だけでなく、光エネルギー利用や情報処理などのメディアとしての光利用を目的とした光放射源も含む）の総括的概況などについて述べる。なお、以下の記述の要点については、筆者が所属している「光放射の応用・関連計測研究専門部会」の定例の会合における議論も参考にしている。

2. 地球環境と人間社会における光の機能と重要性

地球環境や人間社会において、光が最重要な環境要素のひとつとなっている第1の理由は、地球環境における最大の光放射源である太陽は、人類どころか地球そのものが創生されるずっと以前から存在しており、太陽からの光によって形成される諸環境条件が、地球、ひいては地球上に生息している植物や動物、人類などの創造の前提要件となってきたことであると考えられる¹⁾。

しかも、太陽の光による環境条件は、人類の出現後も現在に至るまで、変化無く継続されてきており、地球上の人間や動植物は出現以降も、(太陽からの)光とは直接・間接に、かつ密接に関連を保持してきてしていると共に、種々影響を受けてきている。

例えば、改めて述べるまでも無いことであるが、人間が生活をしていく上での最重要な感覚は5感の中の視覚である（人間は、周囲の環境からの情報の80%以上は視

覚を通じて得ていると言われている）が、この視覚を通じての情報収集作業（視作業といわれる）には光が必要不可欠である。したがって、光（光放射）の視覚支援の機能およびその関連事項は、光と人間との関わりを考える場合、人間に対する最重要な光の作用であるということが出来る。

ところが、光が地球や人類にとって重要なのは、視覚支援を中心とする環境要素としての面だけではない。人類や動植物が生活を営んでいくためには、いろいろなエネルギーが必要であるが、地球や人類の場合、現在までのところ、このエネルギーの大部分は、太陽から時々刻々供給されているものおよび、今までに供給された分を地球上で蓄積してきたものである。太陽から地球へのエネルギーの伝達（輸送）は、光（光放射）の様態によっているので、实际的に言えば、太陽からの光というのは、単に地球上の光環境を形成しているだけではなくて、人類の生活のエネルギーを供給してくれている、ということになり、この面でも光は非常に重要な機能を果たしているということになる²⁾。

また最近では、光通信や光を利用したディスプレイなど情報処理のメディアとしても広く利用されている。

これらの光（光放射）の機能や作用についてまとめたものを表1に示す。

3. 太陽光と人工光放射源

前項で述べたように、光は地球や人類に対して種々の機能や役割を果たしてきているが、その光を供給している源（光源または光放射源という）として重要なのは、言うまでも無く太陽である。ところで、この太陽（から

表1 光（光放射）の機能・作用効果

区 分	内 容	機能・作用効果の例
視覚・視作業支援のための環境要素	生活環境における視覚・視作業（視感覚器官を通じての情報収集など）を支援するために不可欠の基本要素。 [不可欠のこの要素（光放射）の存在する環境のことを光環境という。]	人間の視覚 動物の視覚
エネルギーの様態	放射の様態により、移動・伝達されるエネルギーの実体。太陽から地球へのエネルギーの伝達は、この様態に拠っている。エネルギーの実体としての放射が生物・生体や物質に供与され、吸収されると、そのエネルギーの大きさに対応して、色々な作用効果を及ぼす。	(植物の)光合成、紅斑、日焼け、変退色、光重合、光架橋、光解離、光分解、光電離、蛍光、加熱・乾燥、光加工、光治療など
情報処理のためのメディア	人間や動物の視覚情報、動植物の受光器官への情報、および情報伝達、情報処理(情報の記録、保管、読み出しなど)、情報の加工、などのメディア。	光周性、概日リズム、屈光性、走光性、光通信、光ディスク、写真、光複写、光コンピュータ、視覚信号、標識、ディスプレイ

表 2 最近の各種光放射源とその用途

光エネルギー への変換過程	光 放 射 源 の 種 類		用途区分と適合性 [表 1 参照]		
			視感覚支援	光エネルギー利用	情報処理のメディア
直接抵抗加熱形熱放射	白熱電球		◎	○	○
	ハロゲン電球		◎	◎	
	ニクロムヒータ			◎	
間接抵抗加熱形熱放射	遠赤外ヒータ			○～◎	
放電プラズマ形熱放射	カーボン・アーク			○	
放電プラズマ形 ルミネセンス (+蛍光体)	蛍光ランプ	一般形	◎	○	
		小形・細形, 特殊形状			◎
	低圧水銀ランプ (殺菌ランプ)			○	
	低圧ナトリウムランプ		○		
	ネオンサイン管				○
	ネオングローランプ				△～○
	エキシマランプ			○	
	PDP				◎
	HID ランプ	一般形	◎		
		その他		○～◎	
	無電極 HID ランプ		△	○	
	クラスターランプ			△	
誘導放出ルミネセンス	レーザ	気体レーザ		◎	△
		固体レーザ		◎	△
		色素レーザ		○	
		半導体レーザ			◎
		エキシマレーザ		○～◎	
加速電子+蛍光体	CRT				◎
	薄形電子式蛍光発光ディスプレイ				△
	蛍光表示管				○
電子-ホール再結合	LED			△	◎
電界+蛍光体	FED				△
	EL				○
制動放射	シンクロトロン放射光			△～○	

(注) ◎：良く使用されている。 ○：比較的使用されている。 △：使用が検討されている。

の光)は重要ではあるが、現在までの技術では、配光や放射照度などの光学特性をコントロールすることや、溜めておくことが困難であるため、例えば、夜間には利用出来ないなどの難点がある。

そのために、種々のエネルギー変換原理に基づいた各種の人工の光放射源が開発され、実際に使用されている。これら人工光放射源は、当初は夜間や、昼間でも太陽の光の入ってこない建物の奥などのような場所の視作業支援のために利用することを第1の目的として開発された

が、その後視覚支援だけでなく、表1に示した光エネルギーとしての利用や、情報処理のメディアとしても利用されるようになってきている。

表2に最近の各種人工光放射源をエネルギー変換原理別にまとめたものを示す。表2には、対応・関連している光の機能・作用(表1参照)およびそれらに対する適合性も合せて示してある。また、最近開発された光放射源もできるだけ含めてある。この表2により明らかなように、最近では、視覚支援を目的としない、光エネルギー

表3 光放射の生体・生物への作用効果

区 分		内 容	関連波長域 [nm]	関連光放射源
生体 関連	紫外性眼炎	光放射（紫外放射）の照射により、人間の眼の角膜または結膜に急性の炎症を生じ、光過敏（眼を開けていられなくなる状態）、流涙、霧視などが起り、一時的に視機能が低下すること。	200～320	オゾンランプ、殺菌ランプ、 石英水銀ランプ、 キセノンランプ、 溶接アーク
	殺 菌	光放射を照射して、細菌や微生物を死滅させたり、増殖しないよう不活性化すること。	200～320	殺菌ランプ、 石英水銀ランプ
	紅 斑	光放射の照射により、表皮中の毛細血管が炎症的に拡張し、皮膚の色調が赤色（紅色）へと変化すること。	250～330	太陽光、 健康線用蛍光ランプ、 医療用 UV-B 蛍光ランプ
	ビタミンD 生成	光放射の照射により、体内のエルゴステロールをビタミンDに変換すること。	220～340	太陽光、 健康線用蛍光ランプ
	直接色素 沈着	光放射の照射により、表皮や真皮内にメラニン色素が生成・沈着され、皮膚の色が褐色味を帯びて見えるようになること。 [上記の紅斑に引き続いて、色素沈着が生じるが、こちらは「第2次色素沈着」と呼んで区別する。紅斑+色素沈着を「日焼け」とも言われる。]	320～440	UV-A 蛍光ランプ UV-AHID ランプ
	青色光網膜 傷害	輝度の高い短波長可視放射源を直視した時に生じる網膜の光化学的傷害。過度の場合、網膜剥離の原因となる。	400～520	太陽光、溶接アーク、 キセノン短アークランプ、 レーザー
	視 覚	光環境の重要構成要素としての光放射により、人間の視作業（視器官を通じての情報収集など）の円滑な推進を支援すること。	380～760	白熱電球、ハロゲン電球、 蛍光ランプ、HID ランプ （一般照明用）
生物 関連	温 熱 感	光放射の照射によって温熱感覚（暖かく感じられること）が得られること。	800～10μm	赤外電球、石英管ヒータ、 遠赤外ヒータ
	（植物の） 光合成	植物が（太陽などの）光放射により、水と二酸化炭素から炭水化物を合成すること。	400～830	白色蛍光ランプ、 白色 HID ランプ
	光形態形成	植物が（太陽などの）光放射の照射条件によって、細胞や組織の生長、分化、発達などの制御を行うこと。	400～830	白色蛍光ランプ、 白色 HID ランプ
	光 周 性	明暗が周期的に交代する場にある生物が、その暗期の長さの変化に反応する性質。	500～850	太陽光、白熱電球、 白色蛍光ランプ
	屈 光 性	植物が光放射による刺激に対して、自らの状態・状況を変化させる性質。	400～500	太陽光
	走 光 性	自由に運動できる生物が、光放射の照射を受けて、光放射源の方向と一定の関係がある方向に運動する性質。	300～550	UV-A 蛍光ランプ、 青色蛍光ランプ、 メタルハライドランプ

利用や情報処理のメディアとしての利用を直接の目的とした人工光放射源も開発・実用化されている。最近開発された新光源の中には、これら視覚支援以外の使用を第1の目的としているものも多数含まれている。

4. 光放射応用の最近の動向

前項までのところで、光放射と地球や人間との関わり、光放射の機能や役割の基本やその重要性などについて述べてきたが、これら光放射の作用の結果として生じるいろいろな効果を探求し、その成果を地球全体や人類に対して活用し、より良く住み良い社会や環境を実現していくことを研究する学問分野のことを「光放射応用工学」という³⁾。

総論のまとめとして、この光放射応用工学の現状およびその成果の総括的概況を述べておくこととする。光放射と地球の関わりの中で中心的なものである、生体・生

物への作用効果についてまとめたものを表3に示す。
また表4には、光放射応用工学の分野の中で、比較的当照明学会に関連の深い光エネルギーの利用に関連する分野の最近の技術動向をまとめたものを示す。
表3および表4の中の、各項目の個別の内容の詳細については、ここに記述する余裕が無いので、割愛させていただく。必要に応じ、関連の文献^{4)～20)}の参照をお願いしたい。
表3・表4の中で、最近の状況として注目度の高い項目については、本特集号の各論で、それぞれのご専門の識者に、最近の動向について記述していただいているのでご参照下さい。

5. あとがき——照明産業と光産業

以上、「最近の新光源応用と光放射応用の新展開」特集号の総論として、最近の関連技術と新光放射源を中心と

表 4 最近の光放射の産業応用

区 分	内 容	関連波長域 [nm]	関連光放射源
光リソグラフィ	フォトレジスト性の基板上に、マスク上に描かれたパターンを密着・投影等により、露光・転写・形成すること。	0.1～480	光化学用水銀ランプ、エキシマランプ、エキシマレーザ、X線源、電子ビーム
光 CVD	光エネルギーにより、原料となる水素化合物などを光分解し、発生したラジカルを基板上で再合成させ、薄膜を形成すること。	150～400	光化学用水銀ランプ、エキシマランプ、エキシマレーザ、シンクロトロン放射光
光洗浄, 光灰化 (光アッシング)	基板表面上の微細不純物としての有機物を光放射の照射(+オゾンの併用)により、分解除去すること。	150～300	低圧水銀ランプ、光化学用水銀ランプ、エキシマランプ
光エッチング	基板上に導入した反応性気体を光放射で励起してラジカルを発生させ、その部分の基板をエッチングすること。	150～300	エキシマレーザ
オゾン生成	光放射により酸素を分解し、オゾンを生成すること。	150～200	低圧石英水銀ランプ
陰イオン生成	金属などに光放射を照射して、光電効果により電子を放出させ、近傍の気体分子などに付着させてその分子などをイオン化すること。	150～200	低圧石英水銀ランプ
殺 菌	光放射の照射により、細菌や微生物を死滅させたり、増殖しないよう不活性化すること。	220～320	殺菌ランプ、石英水銀ランプ
脱臭, 分解	光放射の照射により、悪臭原因物などを分解・処理すること。光触媒物質を併用することもある。	220～380	殺菌ランプ、石英水銀ランプ
光触媒作用	光触媒性の材料に光放射を照射し、光分解などの化学反応を進行させること。	200～380	蛍光ランプ、水銀ランプ
光硬化, 光乾燥	(高分子)化合物が光酸化, 光重合, 光架橋などにより、固化したり、溶剤に不溶性になったり、腐食性薬品に対する耐性を増したりすること。	220～480	光化学用水銀ランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプ
光複写	光導電効果や、光分解などを利用して文字や画像など、情報やパターンの複製物を作成すること。	300～700	蛍光ランプ、ハロゲン電球
光合成	物質構成分子が、光放射のエネルギーを吸収し、より分子量の大きい物質を生成すること。	250～600	水銀ランプ、メタルハライドランプ
加熱・乾燥	光放射が物質などに吸収された後、他のエネルギーに変換されることなく熱エネルギーに変換され、その物質などの温度を上昇させること。またその結果物質に含有されている液状分が減少すること。	1μm～10μm	赤外電球、ハロゲン電球、ニクロム・ヒータ、石英管ヒータ
		4μm～10μm	遠赤外ヒータ
熱加工	光放射などによる熱エネルギーにより、整形、切断、穿孔、切削などの加工をすること。	1.06μm	YAG レーザ
		10.6μm	CO ₂ レーザ

する光源についての概況をまとめてきたが、最後に、光放射応用関連産業の将来の課題のひとつとしての、光産業との関連について触れておきたい。

学会の所轄する分野の学術や技術が活性化し、振興・発展していくかどうかは、その学会の活動領域に関連する産業が将来とも常に活性度の高い状況を継続できるかどうかにかかっている。この考えを、照明学会に当てはめて考えて見る。

照明学会の活動領域に関連している産業（必ずしも明確な領域設定が無いかも知れない。照明学会に賛助会員として加入している各企業の総括的事業領域とでも理解すれば分かり易いかも知れない？）のわが国における産業規模（国内総生産高）は、1996年の数字でいうと、ほぼ1兆円である。

ところで、以前別のところにも記述した⁽²⁾ことがあるが、この1兆円という数字は、表1に示した「光放射の

機能・作用効果」に関連している、わが国の全ての企業の総生産高に相当しているのでは無い。実はこの数字を構成する産業の他に、光放射に関連する産業群があって、それはそれで「光産業」として、別の産業統計をまとめている²¹⁾。図1に、照明産業と光産業についての産業規模の推移をまとめたものを示す。

この光産業分野というのは、光伝送機器、光センシング機器、大型ディスプレイ装置、デジタル複写機を含む光入出力装置、各種レーザ装置、ディスプレイ素子、光ファイバー、光ディスクなどを含むもので、表1の範疇でいえば、光放射の視覚関連以外の分野である光エネルギー利用や情報処理のメディアとしての利用の分野を中心としている。

おそらく、かつては光一照明で総括される技術の一部分に過ぎなかったと思われるこれらの領域が、現在では、総生産高：4兆円以上と、照明産業の4倍以上の産業規

図1 わが国における照明産業と光産業の生産高の推移
(日本電球工業会, 日本照明器具工業会, 光産業技術振興協会の統計資料による)

模となり, しかも今も, 年率10%以上の成長率で伸長しており, 今や国際的にわが国を支える基幹産業のひとつに成長しつつある。

照明学会(照明産業)が, 今後一層の発展・展開を図るためには, 視覚支援関連事項だけでなく, 現状以上に, 光エネルギー利用や情報処理のメディアとしての利用分野を学会活動に取込むことに関心を持つべきであることは明らかであろう。

以上記述してきた内容が, この一助となり, 照明学会, ひいては, 照明学会の賛助会員である諸企業が, 将来一層発展することを期待している。

参考文献

- (1) 照明学会誌・特集号: 光環境の基本要素である光について今改めて考える, 照学誌, 80-01, (平8)
- (2) 河本康太郎: 光放射の応用と計測技術についての展望, 照学誌, 75-11, pp635-641 (平3)
- (3) 電気学会編: 電気専門用語集 No.13 照明, 改正版, コロナ社 (平8)
- (4) 照明普及会編: 光放射の応用(I), 照明教室61, 照明学会(昭60)

- (5) 照明普及会編: 光放射の応用(II), 照明教室62, 照明学会(昭61)
- (6) 照明学会編: ライティング・ハンドブック, オーム社 (昭62)
- (7) 加藤治文: レーザーの医療応用, オプトロニクス, 13-06, pp108-109 (平6)
- (8) 安田耕三: 重工業分野におけるレーザ加工の応用, オプトロニクス, 13-07, p119-126 (平6)
- (9) 福島司, 水野正紀, 竹野祥瑞: 高ピーク短パルス CO₂レーザとその応用, 光アライアンス, 6-09, p22-25 (平7)
- (10) 町田一三: 工業用水の殺菌について, 光アライアンス, 6-10, p29-32 (平7)
- (11) 佐々木康雄: エキシマレーザとその応用, 光アライアンス, 7-06, p01-03 (平8)
- (12) 宇理須恒雄: 放射光とその応用, 光アライアンス, 7-06, p30-32 (平8)
- (13) 安田耕三: レーザー熱プロセス技術, 光技術コンタクト, 96-10, pp514-522 (平8)
- (14) 橋本大定: レーザープロセス技術の医療への応用, 光技術コンタクト, 96-10, pp546-555 (平8)
- (15) 石井久男: LCD とカラーPDP の市場動向と今後の展望, 電子技術, 38-07, p08-12 (平8)
- (16) 鬼切彰: LED ディスプレイ, 実装技術, 10-03, p34-37 (平6)
- (17) 安武正廣: 車載用光源としてのLED, 月刊ディスプレイ, 2-06, p61-66 (平8)
- (18) 豊田浩一: 新しいレーザーエネルギー応用を広げるレーザー技術——高出力レーザー・短波長・超短パルスレーザー, オプトロニクス, 15-01, p79 (平8)
- (19) 藤嶋昭: 光触媒—照明分野への応用展開, 照学誌, 80-12, pp925-929 (平9)
- (20) 藤嶋昭, 橋本和仁, 渡部俊也: 光クリーン革命——酸化チタン光触媒が活躍する, (株)シーエムシー, (平9)
- (21) 松倉浩司: 光産業の発展のために今何が必要か, オプトロニクス, 16-01, p55-56 (平9)
- (22) 須賀昭雄: 光応用技術の展望, オプトロニクス, 16-01, p59-61 (平9)
- (23) 石田宏司: 光産業の現状と動向, オプトロニクス, 16-01, p63-67 (平9)
- (24) 藤井俊夫: 光技術の現状と動向, オプトロニクス, 16-01, p69-74 (平9)