遠赤外放射の概念と区分波長[†]

専門会員 河本康太郎*

1. まえがき——最近の遠赤外放射の利用状況の動向

「赤外放射」は西暦 1800 年頃、イギリスの天文学者として有名なハーシェル (Frederick William Herschel, 1738~1822) によって物理的にその存在が確認されて以来¹⁾、時代の推移とともに、少しずつ応用される分野が広がってきたが、用途開発が急速に進み、日常生活においても広く活用されるようになってきたのは、1960 年代以降になってからのことである²⁾³⁾。

その利用状況の変遷をみると、赤外放射応用技術の端緒となった初期の自動車工業や木材工業など、産業中心に利用されていた時代から、今日では、これらに加えて電気・電子工業や食品工業、プラスチック工業、通信、情報処理など、業種的にも多岐に亘ってきているとともに、防犯システムや家庭用機器、家庭用品などの民生用機器や、鉄道など運輸・輸送業の分野などにも広く活用されるようになってきている。

また、このような赤外放射の利用技術の開発、発展の経過に伴い、「赤外放射」が更にいくつかの種類に区分されて技術開発が進められるようになってきたが、近年、赤外放射の中の波長の長い部分の区分域である「遠赤外放射」が特に注目され、遠赤外放射の利用技術の拡大や応用製品の商品化が大いに進んでいるのは、よく知られている通りである⁴⁾⁵⁾。

ところで、これらの応用開発や商品開発が進んでいくにつれて、「遠赤外放射」の概念や区分波長についての標準化や統一化が十分に行われていない分野があるため、技術分野間や場合によっては個々の技術者・研究者間で概念や波長区分が必ずしも同じでなく、このことが原因で関連商品や関連の技術についての共通理解が得られなかったり、議論が噛み合わなかったり、また実際の商品に関係したトラブルが発生して、消費者・使用者の不信感を誘起したりすることがある⁶⁾⁷⁾。

そこで以下に、「遠赤外放射」の概念と区分波長についての現在までの状況と標準化の動向について、既に国際の

場に発表してある筆者の見解も若干交えながら、まとめてみることにした。

2. 「遠赤外放射」の概念と区分波長の標準化は何故必要か？

最近急速に注目度が高くなっている遠赤外放射応用商品に、いわゆる「遠赤外グッズ」といわれている各種の商品がある。これらの中には、例えば「遠赤外ふとん」、「遠赤外毛布」、「遠赤外ベスト」などの衣類や「調理用の遠赤外セラミック」や冷蔵庫の食品保存用に使用されている「遠赤外シート」、更には「遠赤外サウナ」などがある。

そして、これらの商品の中には、「遠赤外〇〇〇〇」とネーミングしたことにより、売上げが倍増したものもあるとの由である。

これらの商品の「遠赤外放射」との関連の機構の詳細については、本特集号の別の資料に譲りたいが、一例として「遠赤外ふとん」についていうと以下の通りである。すなわちこれは、遠赤外放射性のセラミック粉末を塗着した繊維による布を使用した布団のことであり、人体の体温によって暖められ、ブランクの法則により「遠赤外放射」を放出すると商品紹介されている。

この場合、この使用条件により人体に対して遠赤外放射によるエネルギーが伝達されるとか、その結果人間に本当に何がしかの作用効果があるか、といったような議論は本稿の主題ではないので、触れないこととするが、ブランクの放射則により電磁波が放出されているとしても、遠赤外放射の波長範囲が明確に標準化されていない場合には、その電磁波が遠赤外放射かどうかの評価が画一的にできないことになり、製造社と使用者との間で理解のズレが生じてしまうことになる。

このことは、加熱用の「遠赤外ヒータ」についても同じことであり、製造社のカタログなどで、ヒータの遠赤外放射束の値を表示する場合に、やはり使用者との間に理解のズレを生じる原因になってしまう。

また、「遠赤外サウナ」については、消防法との関連で業界団体による自主規制が協議・検討されている。更に、「遠赤外〇〇〇〇」というネーミングをする上で、一定の基準を設けることを検討している業界団体の動きもある。

これらの動きに対しては、「遠赤外放射」の概念と波長

[†] Definition and Wavelength Range of Far Infrared Radiation

* 東芝ライテック株式会社 技術本部

Kohtaro Kohmoto

表1 無線通信に使用する周波数帯および波長帯の呼称

周波数帯の番号	周波数の範囲	波長による区分	形容詞的表示に対する略語	慣習的呼称
4	3kHz～30kHz	ミリメートル波 (100,000～10,000m)	VLF (Very Low Frequency)	} 長波
5	30kHz～300kHz	キロメートル波 (10,000～1,000m)	LF (Low Frequency)	
6	300kHz～3,000kHz	ヘクトメートル波 (1,000～100m)	MF (Medium Frequency)	中波-中短波
7	3MHz～30MHz	デカメートル波 (100～10m)	HF (High Frequency)	短波
8	30MHz～300MHz	メートル波 (10～1m)	VHF (Very High Frequency)	超短波
9	300MHz～3,000MHz	デシメートル波 (1～0.1m)	UHF (Ultra High Frequency)	} 極超短波 } マイクロ波
10	3GHz～30GHz	センチメートル波 (0.1～0.01m)	SHF (Super High Frequency)	
11	30GHz～300GHz	ミリメートル波 (0.01～0.001m)	EHF (Extreme High Frequency)	
12	300GHz～3,000GHz	デシミリメートル波 (0.001～0.0001m)		ミリ波

本表は国際電気通信条約無線通信規則に基づいて作成したものである。

区分の明確化・標準化が基本的必要条件であり、これがなければ、いかなる規制も基準もその有効度が著しく低くなることが容易に想定されるであろう。したがって、遠赤外産業の発展や円滑な展開のためには「遠赤外放射」の明確な概念付け、なかなずく区分する波長域の標準化を優先的に進める必要がある。

3. 赤外放射の区分波長

「遠赤外放射」の区分波長に関連する事項について述べる前に、「赤外放射」の区分波長について簡単に触れておくこととする。

周知のように、赤外放射も遠赤外放射も共に、電磁波の一特定区分波長域の放射であることを、1つの要素として概念付けされる。(遠赤外放射は赤外放射の更に一部分である。)

この区分する波長については、赤外放射の方は、760 nm～1 mm の区分波長により国際的にもほぼ統一され、共通理解が得られている。即ち、赤外放射の短波長側の区分は、前述のハーシェルが赤外放射を発見した経過により「人間の可視波長域の長波長限界」によってなされ、概念的にも実際的にも数字的にも明確である。(厳密にいうと、人間の視覚には若干の個人差があり、人間の可視波長域の長波長限界というのは、1点の波長に特定し難い面がある。CIEの国際照明用語集第4版(International Lighting vocabulary-4th Edition)では、この限界波長を「およそ760 nm から830 nm の間にある」としている⁸⁾。

また赤外放射の長波長区分限界の方は、無線通信に使用されるマイクロ波の短波長限界と一致しているが、マイクロ波の短波長限界は「国際電気通信条約無線通信規則」(表1参照)によって、(慣習的呼称による)マイクロ波は周波数帯番号11まで(即ち、短波長限界は1 mm)と制定されており、こちらの方も実用的、数字的にも明確である⁹⁾。

4. 遠赤外放射の区分波長

4.1 遠赤外放射の区分波長の現状

前項で述べたように、赤外放射の概念付けのための区分波長は明確かつ広くコンセンサスが取れているが、遠赤外放射については、特に短波長側の区分波長(長波長側の区分波長は赤外放射の長波長側の区分波長と一致する)が、関連している分野によって異なっており、必ずしも全ての分野を通してその概念や区分波長についての共通理解が得られていないのが現状である。現在の代表的な分野における状況の一例をまとめたものを図1に示す。(なお、図1に掲げたのは、国際規格・国家規格・団体規格およびこれらに準ずるもの、並びに各技術分野で発行されている技術ハンドブック的な公開出版物に記載されているものに限定した。個人の著作物、論文・資料などの文献に記載されているものおよび個人的に伝えられた見解などは、第三者の批評やスクリーニングなどを経ていることが確認できず、本稿のポイントである“広く共通理解を得て標準化を行う”という要件を具備していない可能性が大きいので、同じ俎上に乗せるべきでないと判断し、一切割愛させていただくこととした。)

この図1によると、遠赤外放射の短波長側を区分する波長の数字は、分野によって実に3 μm から50 μm にまで亘っていることが分る。これらを更に細かく分析的にみると、4 μm～5.6 μm の範囲と、15 μm～50 μm の範囲の2つのグループに分けることができる。前者は主として、赤外放射をパワー(エネルギー)として利用する分野における専門技術的または学術的理由や背景などにより概念付けと区分が行われていると考えられるのに対して、後者はリモートセンシングや遠赤外分光分析、赤外通信など、赤外放射を情報処理関連に利用する分野における専門技術的または学術的理由や背景などにより概念付けと波長区分が行われていると考えられる。

4.2 IEC 国際電気技術用語による波長区分

前項の図1の③に示した区分は、IEC(国際電気標準会

波長 (μm)	0.78	1.0	10	100	1000
①光学技術ハンドブック (1) 山地良一 朝倉書店 (昭 43)	近赤外線		遠赤外線		
	0.76	1.3		60	
②Handbuch für Beleuchtung (Bundesrepublik Deutsch- land (1975)	IR-A		IR-B	IR-C	
	0.78	1.4	3.0		1000
③IEC International Electro- technical Vocabulary, Chap. 841 (1989)	short wave IR		meau w IR	long wave infrared radiation	
		2.0	4.0		1000
④新版 電気工学ハンドブック 電気学会 (昭 63)	近赤外放射		中赤外	遠赤外放射	
	0.78	2.0	4.0		1000
⑤赤外加熱用語集 日本電熱協会 (昭 63)	近赤外放射		中赤外	遠赤外放射	
	0.78	2.0	4.0		1000
⑥電気専門用語(No.2電気加熱) 電気学会 (平 2)	近赤外放射		中赤外	遠赤外放射	
	0.78	2.0	4.0		1000
⑦工業大辞典 平凡社 (昭 36)	近赤外線			遠赤外線	400
	0.76		5.0		
⑧新編 照明のデータブック オーム社 (昭 43)	近赤外線			遠赤外線	1000
	0.76		5.0		
⑨IES Lighting Handbook IES of North America (1981)	near infrared	intermediate	far infrared		
	0.77	1.4	5.0		1000
⑩リモートセンシング・ノート (昭 50)	近赤外線	中赤外線	遠赤外線		
	0.75	1.5	15	100	
⑪世界大百科事典 平凡社 (昭 56)	近赤外線			遠赤外線	1000
	0.75		20		
⑫光学技術ハンドブック (2) 三石 明善 朝倉書店 (昭 43)	近赤外	普通赤外	遠赤外		
		2.5	25		
⑬理化学辞典 岩波書店 (昭 37)	近赤外線		中間赤外	遠赤外線	1000
	0.77		15	30	
⑭McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology (1971)	near IR	intermediate IR	far IR		1000
	0.8	2.5	50		
⑮Dictionary of Scientific & Technical Terms, MGH (1974)	near-infrared rad.	intermediate-infrared rad.	far-infrared radiation		1000
	0.75	2.5	50		

(注) 以上のほか、CIE International Lighting Vocabulary, 4th Edition (1987) に、上記②の区分が示されているが、あくまで例示であるので、本図には入れなかった。

図 1 遠赤外放射の区分波長例

議)によって制定されている国際電気技術用語集 (IEC International Electrotechnical Vocabulary) により標準化されている区分波長である¹⁰⁾。

この IEC の国際電気技術用語は、主として産業用電気加熱の分野を対象として標準化されたものであるが、区分の論拠も明確かつ妥当と考えられ、日本工業標準調査会 (工業標準化法により通商産業省内に設置された標準化推進のための組織) の付託により組織された IEC の日本国内委員会 (出電気学会内に組織されている) でも支持され、日本としても (通商産業省経由) 正式に賛成投票したものである。

したがって、これからの日本の JIS や各団体規格の制定に際しては、GATT のスタンダード・コードなど^{11), 12)}により、通商産業省の標準化に対する基本方針として、この IEC 規格と整合が図られることになる。図 1 の⑤赤外加熱用語集 (日本電熱協会規格) や、⑥電気専門用語などはこの基本方針に沿ったものである。

ただし、この IEC 国際規格は産業用電気加熱の分野においての標準化であるから、他の分野に対して自動的に適用される訳ではない。他の分野との間には相互にコンセンサスを得る作業が必要であることはいうまでもない。

5. IEC 国際電気技術用語による区分の論拠

5.1 区分の論拠

最後に、各位のご参考にしていただくために、この産業用電気加熱の分野において標準化されている IEC 国際電気技術用語による遠赤外放射の区分波長の根拠について、今までの IEC における議論その他の内容を基に、若干触れておくこととする。

5.2 赤外電球の放射との区分

赤外加熱技術の産業への応用についての過去の経過を、放射源の立場から見ると、初期のガラス製管球による赤外電球だけの時期から、赤外電球の他に、ガラス管球とは全く構造の異なったいわゆる「遠赤外ヒーター」も使用されるようになった時期へと変遷してきている。

「遠赤外ヒーター」は、応用面の波長的適合性を改良す

ることを目的として開発・製品化されたものであり、赤外電球に比べて長波長域の放射束を多く放射している。そのため、この遠赤外ヒーターからの放射の主波長域を赤外電球からのそれと区分することが必要となり、区分する波長が検討された。

赤外電球は、その構造上、使用しているガラス管球の、放射に対する透過限界よりも長波長の放射は少量しか放出されない。図 2 に代表的な管球用ガラスについての赤外域の分光透過特性を示す。ガラスの種類によって若干の違いはあるが、透過限界波長はほぼ $4\mu\text{m}$ と見なすことができる。IEC では、この理由と背景により波長 $4\mu\text{m}$ をもって赤外放射を区分し、 $4\mu\text{m}$ よりも長波長の赤外放射を遠赤外放射とすることとした。

5.3 赤外放射の作用の形態との関連

赤外放射の波長域においては、光子のエネルギーが小さいので、赤外放射が物質や生体に吸収されても、原子間の結合などに直接影響したりすることがなく熱エネルギーに変換されることが多い。しかし、「赤外写真」などの例でも分るように、一部の波長域の赤外放射は写真作用 (光化学作用) を促進することができる。

このことから、光化学作用促進の可能性が全く無くなる波長により赤外放射を区分することは意味のあることと考えられる。光化学作用の促進の全く無い状態とは、分子スペクトルでいうと、振動状態および回転状態の遷移だけによるスペクトルが現れる状態である。これらはそれぞれ振動領域、回転領域と呼ばれる。光化学作用の促進が無くなる波長はこの振動領域の短波長限界に一致すると考えられる。振動領域の短波長限界はほぼ $2.5\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ であるといわれている¹³⁾。しかし、この波長を一波長に特定することは困難であるように思われる。

現在、照明学会の照明専門用語研究調査委員会 (小原清成 委員長) において原案作成中の「照明専門用語」では、遠赤外放射を「ガラスの透過限界波長より長波長で、物質などに吸収されると他の形態のエネルギーに変換されることなく、直接的に分子や原子の振動エネルギーや回転エネルギーに変換される波長域の赤外放射」と概念付けしている¹⁴⁾。

波長 $4\mu\text{m}$ で区分することは、少なくともこの「照明専門用語」の概念とは矛盾していないと考えられる。

6. あとがき

別に遠赤外放射関連産業に限ったことではないが、生産者が製品やサービスの生産、供給、流通などの適正化・公正化を図ることは、使用者・消費者にこれらを提供するに当たり重要なことである。特に、本格的国際化時代が到来して、製品やサービスの関係する範囲が国際的に広くなり、また使用者・消費者個々の製品やサービスに対する選択に関する行動も多様化、高度化してきている最近の状況においては、これらの重要性は一層増大しつつあるといっても過言ではないであろう。

図 2 代表的な管球用ガラスの分光透過特性

このような状況においては、何事についても適切な標準化が重要な施策のひとつとなってくる。

本特集号の他の資料で詳細に述べられているように、最近、遠赤外放射に関連した産業や商品についての話題性や注目度が大きくなってきている。また、それと共に、一方では生産・流通面の状況に比べて標準化面の対応が遅れており、そのことが使用者・消費者に対する不都合や誤解の端緒になっているとの指摘もある。

本資料は、遠赤外放射関連の標準化の中では一番の基本ともいえる「遠赤外放射」の概念と区分波長についての現状をまとめたものである。現状は残念ながら全ての分野に互って共通理解が得られている概念と区分波長はまとまっていない。本資料がきっかけのひとつとなって、産業用電気加熱以外の分野についてもコンセンサスが得られる標準化が進められることを願っている。

参 考 文 献

- (1) Hackforth, H. L., (和田正信, 中野朝安 共訳): 赤外線工学, 近代科学社 (昭 38)
- (2) 森田 政明: 赤外線加熱技術の開発とその経緯, 照学誌, 73, 5, (平元) 267
- (3) 河本 康太郎: 遠赤外線放射セラミックス応用上の諸問

題, 繊維機械学会誌, 42, 12, (平元) 623

- (4) 根岸 直樹, 菊地 真: 医学における遠赤外線応用, 照明学会公開研究資料 No. AR-88-4 (昭 63)
- (5) 松井 松長, 玉重 繁良: 民生用遠赤外線応用製品に関する調査, 照明学会公開研究会資料 No. AR-88-8 (昭 63)
- (6) 河本 康太郎: 遠赤外放射の概念と波長区分(1)——エネルギー利用の立場から, 電情連大予稿集 9-2 (昭 61) 2-29
- (7) 阪井 清美: 遠赤外放射の概念と波長区分(2)——遠赤外分光分析の立場から, 電情連大予稿集 9-3 (昭 61) 2-33
- (8) CIE International Lighting Vocabulary, 4th Edition (1987)
- (9) テレビジョン学会編: テレビジョン画像工学ハンドブック, オーム社 (昭 55)
- (10) IEC International Electrotechnical Vocabulary, Chap. 841 (1989)
- (11) GATT Standard Code: 貿易の技術的障害に関する協定, 昭和 54 年 12 月
- (12) 日本工業標準調査会編: 工業標準化推進長期計画の策定に関する建議, 平成 2 年 6 月
- (13) 玉虫 文一 ほか編: 理化学辞典 第 3 版増補版, 岩波書店 (昭 57)
- (14) 照明学会 照明専門用語研究調査委員会: 照明専門用語 (研究調査報告書), 平成元年 9 月

(受付 1990 年 9 月 12 日)