

促進耐候(光)性試験の歴史と発展 (19)

前号より続く 須賀茂雄 木村哲也

4.4 メタルハライドランプを用いた促進耐候(光)性試験機

(1) メタルハライドランプとは

メタルハライドランプは、スガテクニカルニュース No. 223、促進耐候(光)性試験の歴史と発展(13)にその概要を記載したように、高圧水銀灯や高圧ナトリウムランプと同系列の高輝度放電灯 (High Intensity Discharge Lamp) であり、JIS における用語の定義では、下記のように記載されている。JIS Z 8113 照明用語 (IEC 60050 – 845 International Electrotechnical Vocabulary : Chapter 845 : Lighting) では、「光の大部分が、金属蒸気及びハロゲン化物の解離生成物の混合物から発生する高輝度放電ランプ」、又 JIS C 7623 メタルハライドランプ—性能仕様 Metal halide lamps—performance specification (IEC 61167 Metal halide lamps—performance specification に MOD) では、「光の大部分が、金属蒸気・金属ハロゲン化物及び金属ハロゲン化物の解離生成物から得る高輝度放電ランプ」と記載されている。メタルハライドランプの初歩的な研究は、1900年頃より始まったが、高圧水銀ランプの改良が先

行し、それがほぼ完成した 1960 年代になって研究が再開され実用化された。現在は、他の光源に対して高輝度・高効率の利点を利用し、又演色性の改善も進んでいるので、大規模な商業施設、道路やトンネル、公園やスポーツ施設の照明などに広く用いられている。メタルハライドランプの発光管内に封入される金属は、一般照明用には可視部の発光に寄与する元素を用いることが多いが、促進耐候(光)性試験機に用いるランプは、劣化に大きな影響を持つ紫外部に強力なエネルギーを有することが必要である。発光金属をハロゲン化物の形で用いるのは、①金属の蒸気密度の増大 ②金属蒸気による発光管(石英ガラス)の侵食の防止 ③金属ハロゲン化物自身の分子スペクトルを積極的に利用するためである。特に①については、金属のハロゲン化物は金属単体に比べ一般に融点が低くなり、蒸気圧が高くなる特徴をうまく利用している。表 11 に金属とそのハロゲン化物の原子量(分子量)・密度・融点・沸点の比較表を、図 50 に金属ハロゲン化物(沃化物)の蒸気圧と温度の関係を示す。

表 11 金属とそのハロゲン化物の原子量(分子量)・密度・融点・沸点

原子番号	英名	原子量	分子量	密度 (g/cm ³)	融点 (°C)	沸点 (°C)
26	Iron (Fe) 鉄	55.85		7.874	1536	2863
	FeI ₂		309.66	5.32	594	879
50	Tin (Sn) 錫	118.71		7.31	232	2603
	SnI ₂		372.52	5.29	320	720
	SnBr ₂		278.52	5.12	216	620
11	Sodium (Na) ナトリウム	22.99		0.971	98	883
	NaI		149.89	3.67	662	1304
21	Scandium (Sc) スカンジウム	44.96		2.989	1539	2831
	ScI ₃		425.67	4.70	953	912(昇華)
39	Yttrium (Y) イットリウム	88.91		4.469	1520	3388
	YI ₃		469.62	4.59	997	1301
49	Indium (In) インジウム	114.82		7.31	157	2072
	InI		241.72	5.31	359	714
66	Dysprosium (Dy) ジスプロシウム	162.50		8.550	1412	2562
	DyI ₃		543.21	5.35	983	1320
69	Thulium (Tm) ツリウム	168.93		9.321	1545	1950
	TmI ₃		549.65	5.53	1030	1440
81	Thallium (Tl) タリウム	204.38		11.85	304	1473
	TlI		331.29	7.10	442	823

出展：元素・・・理科年表 ハロゲン化物・・・APL カタログ

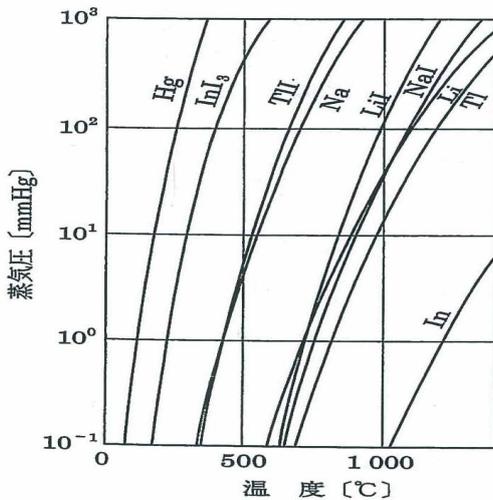


図50 金属ハロゲン化物の蒸気圧と温度

図中に示すように、金属とそのハロゲン化物(沃化物)の温度と蒸気圧の関係を比較すると、一般にハロゲン化物(沃化物)の方が融点が低く、その蒸気圧が高くなっている。②については一般にアルカリ金属(第2族元素で、2価の陽イオンになりやすい)は高温の石英ガラスと反応しやすいが、ハロゲン化物にすることによりその反応を抑制することができる。発光物質として用いられる金属のハロゲン化物の満たすべき条件は、(a) 発光管(石英ガラス)の管壁温度 650 ~ 850°C では安定で、発光に寄与するに十分な蒸気圧を持つこと (b) 希望の波長域に強い原子スペクトルを発光するか、又は金属ハロゲン化物が有効な分子スペクトルを発光することが必要である。特に分子スペクトルの場合は分子励起状態に遷移した電子の振動励起・回転励起によるもので、電子レンジがマイクロ波により水分子を励起状態にし、そのエネルギー(熱)を放出するのと同じ原理で、一般に帯状のスペクトルとなることもある。

(2) 金属の主な輝線スペクトル

一般に原子は、元素の周期律表に記載されているように、原子番号の順に配列し、原子の価電子の数は周期的に変化する。縦の系列(族)は同族元素と呼ばれ、その性質は似ている。原子は中心の原子核内に陽子・中性子を、その周囲に電子を有する。原子番号Zの原子は、Z個の陽子を持っているので+Zeなる電荷を持ち、周囲にZ個の電子を持ち中性を保つ。原子核内の中性子は電氣的

には中性なので全体としては、原子は中性である。原子の質量は電子を無視して原子核内の陽子に中性子を加えた数で決まる。原子は定常状態では、原子核を中心に決められた殻に陽子の電荷に等しい電子が内側から外側の殻に順次埋められて回転している。

電子殻は原子核に近い方からK殻(n=1)、L殻(n=2)、M殻(n=3)、N殻(n=4)、O殻(n=5)、P殻(n=6)・・・と名づけられてその殻に收容される電子の数は原子により決められ、一番外側にある殻のある数によりその性格が決まる。原子核にもっとも近い軌道上の電子殻は基底状態と呼ばれ、エネルギーが最も低い。そのため電子は内側の電子殻から順に配置されていく。原子にスパーク放電やアーク放電などでエネルギーが与えられると、殻外電子は励起されそれより高い準位に上がる。この励起状態は不安定な状態なので、再び通常のエネルギー準位に戻ろうとして、この時スペクトル線を放射する。この発光のスペクトルは原子に固有の波長のスペクトルで、輝線スペクトルという。

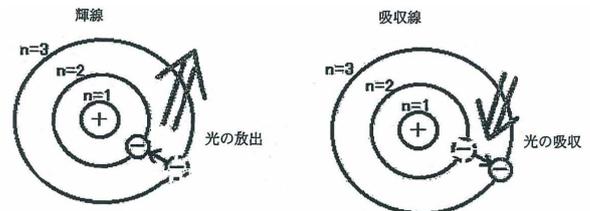


図51 原子の輝線・吸収線の概念図

電子が原子核へ近い軌道へ移る時に「発光」、逆の場合に「吸収」の現象が起こる。図51にその概念図を示す。一例として水銀原子(原子量 200.59 密度 13.546)は、原子番号 80 なので、図52の水銀原子の電子軌道図に示すように、原子核中の陽子・中性子を中心に、最外電子殻(P殻(n=6))に2個の電子を持つ合計で80個の電子で構成される。

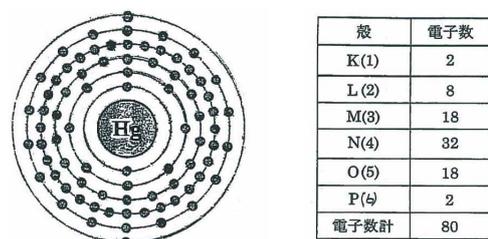


図52 水銀(Hg)の電子軌道図

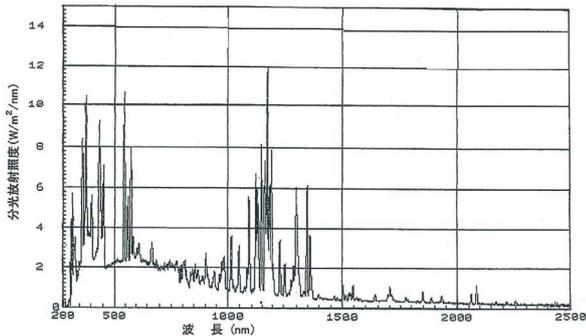


図 55-3 水銀 + 沃化錫 封入

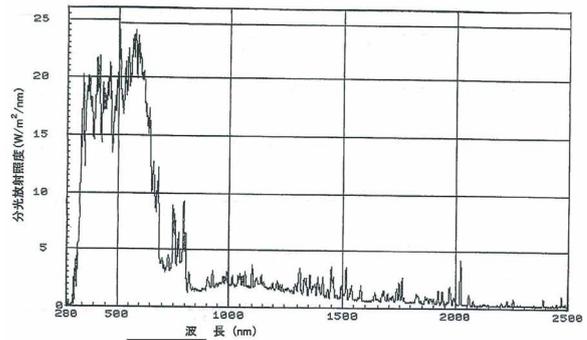


図 55-7 水銀 + 沃化ツリウム 封入

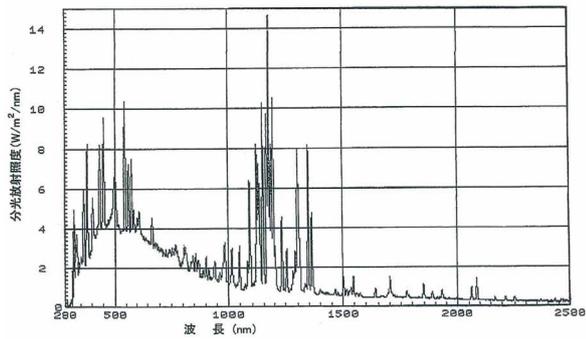


図 55-4 水銀 + 臭化錫 封入

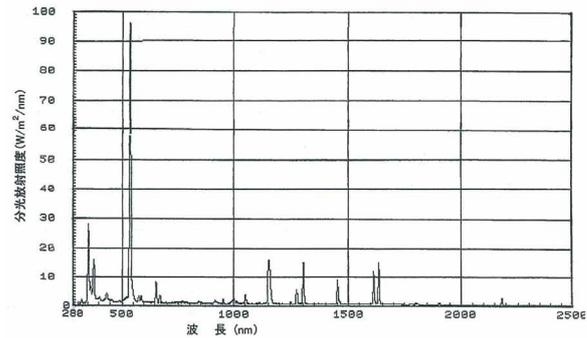


図 55-8 水銀 + 沃化タリウム 封入

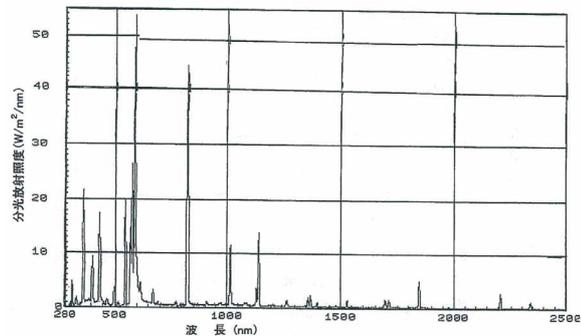


図 55-5 水銀 + 沃化ナトリウム 封入

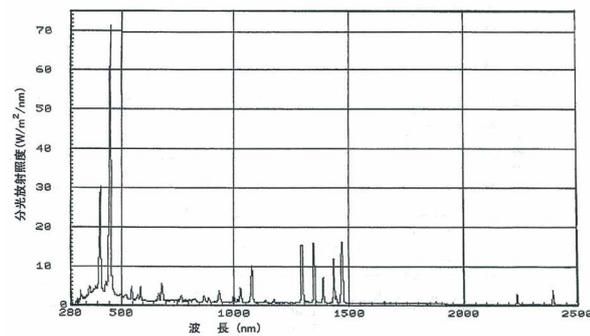


図 55-6 水銀 + 沃化インジウム 封入

(3) 水平点灯方式メタリング®ウェザーメーター

電極間距離の長い大電力用のロングアークランプは、産業用として、製版、インキ・塗料の硬化、集魚灯、植物育成などに用いられている。発光管内部に金属或いはハロゲン化物を封入するので、放電中のランプ内部の蒸気圧の均一さを保つため水平点灯方式が大半である。スガ試験機では促進耐候性試験専用のメタルハイドランプを独自に開発しメタリングランプと称しており、劣化に大きな影響を持つ紫外部に強大なエネルギーを有する。試験に用いられているフィルタの分光透過率を図 56 に、メタリングランプと組み合わせた時の分光放射照度分布を図 57 に示す。水平点灯方式のメタリングウェザーメーター M6T 型に使用しているメタリングランプは間接水冷方式でその構造図を図 58 に示す。定格放電電力 6kW・発光長 500mm のランプで外周にインナーフィルタ・ OUTER フィルタを設け、その間に冷却水を流し、ランプ発光管の表面温度を制御する構造をしている。ランプハウスの構造は図 59 に示すように、ランプは一体構造の高輝度アルミニウム製の反射

※ “メタリング®” はスガ試験機(株)の登録商標です。

ミラーで覆われ、ランプからの直射光と反射ミラーからの反射光が入り乱れて、ランプハウス下部方向に位置する試料台上を均一に照射する。試験室の温湿度を制御する湿度発生機・冷凍機・攪拌扇モータ等を備えた水平点灯方式メタリングウェザーメーター M6T 型の構造を図 60 に示す。

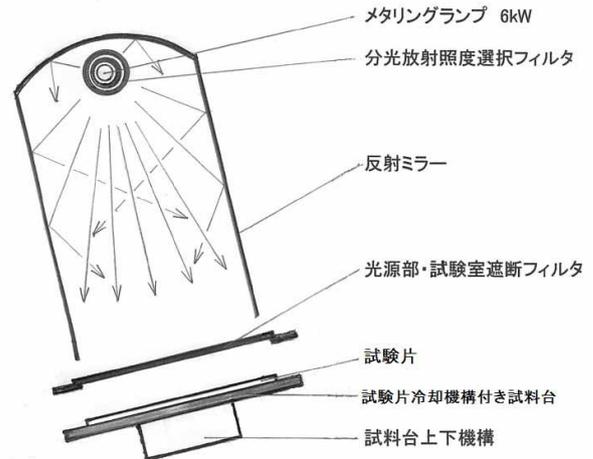


図 59 水平点灯方式 6kW メタリングウェザーメーターのランプと試験片の位置関係図

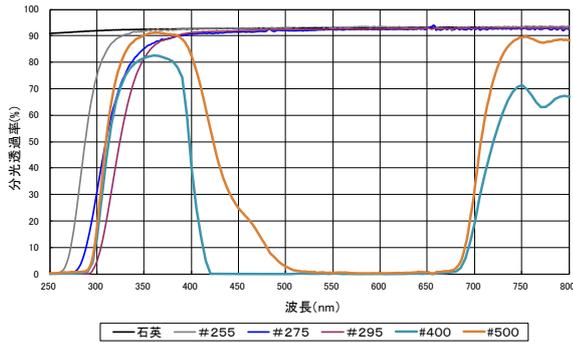


図 56 水平点灯方式 6kW メタリングウェザーメーターのフィルタの分光透過率

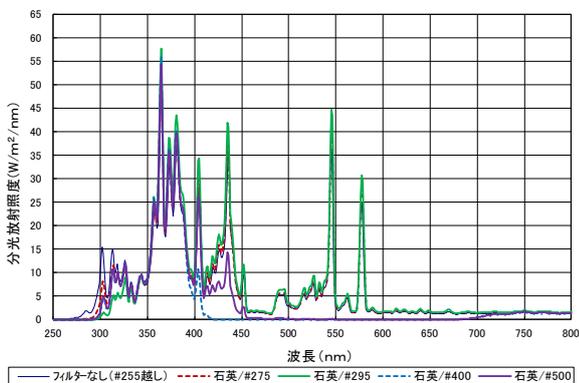


図 57 水平点灯方式 6kW メタリングランプの分光放射照度分布

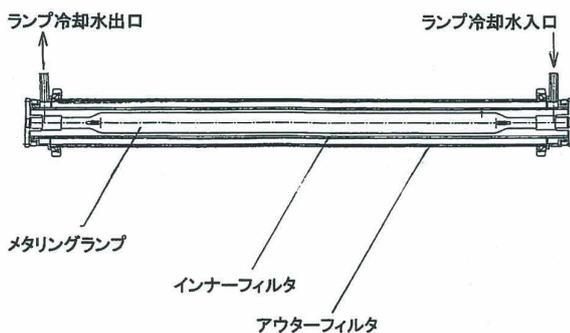


図 58 水平点灯方式 6kW メタリングランプ (M6.0 型) の構造

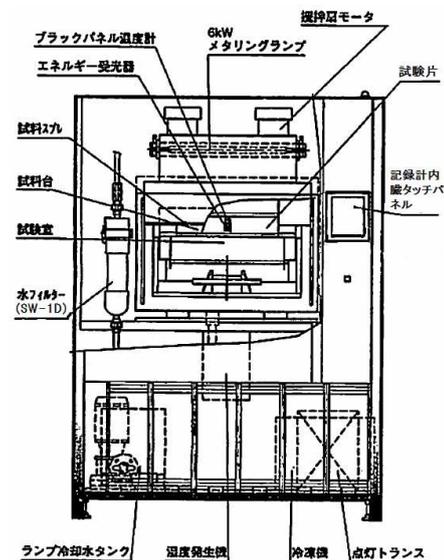


図 60 水平点灯方式 6kW メタリングウェザーメーターの構造図

【参考文献】

- 1) JIS C 7623 メタルハライドランプ—性能仕様
Metal halide lamps—performance specification
(ISO 61167 Metal halide lamps—performance specification (c MOD))
- 2) JIS Z 8113 照明用語 (IEC 60050 – 845 International Electrotechnical Vocabulary : Chapter 845 : Lighting)
- 3) 照明学会誌 第 73 巻 メタルハライドランプの発光原理と点灯動作の理論解析 東 忠利 著
- 4) 理科年表 自然科学研究機構 国立天文台
- 5) APL Engineered Materials, Inc. カタログ
- 6) 照明ハンドブック 照明学会
- 7) 照明工学 電気学会
- 8) NBS Line Spectra of the Elements