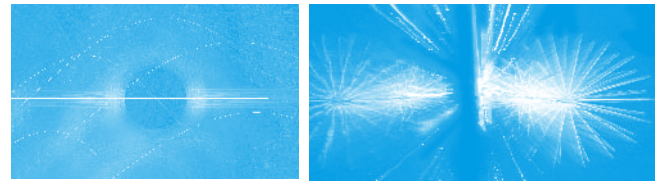


# ความเข้มแสงเชิงสเปกตรัม Spectral Irradiance

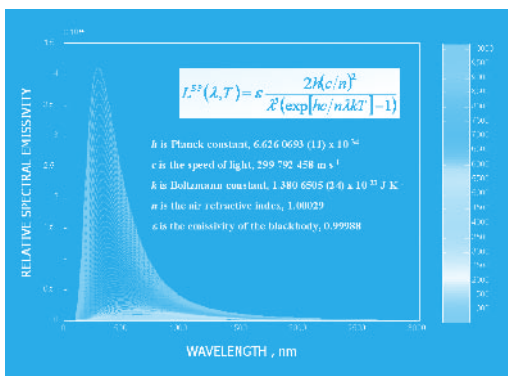
## ● ปริมาณความเข้มแสงเชิงสเปกตรัม คือ อะไร มีประโยชน์อย่างไร (What is spectral irradiance and how could it be useful?)

ปริมาณความเข้มแสงเชิงสเปกตรัม (Spectral Irradiance) คือ กำลังฟลักซ์ของแสง (Radiant Flux) ที่แต่ละความยาวคลื่น (Per Unit Wavelength) ซึ่งตกลงบนหนึ่งหน่วยของพื้นที่รับ (Per Unit Wavelength) ซึ่งตกลงบนหนึ่งหน่วยของพื้นที่รับ (Per Unit Receiving Area) มีหน่วยภายใต้ระบบเอสไอ (SI Units) หรือระบบหน่วยวัดสากล เป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อเมตร ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-3}$ ) หรือที่นิยมใช้มากกว่า คือ วัตต์ ตารางเมตรต่อนาโนเมตร ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ ) เป็นหน่วยวัดที่นิยมใช้ในการบ่งบอกปริมาณเชิงสเปกตรัม หรือการกระจายคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดแสง ไม่ว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ หรือแหล่งกำเนิดแสงสังเคราะห์ เช่น หลอดไฟประเภทต่างๆ เป็นต้น เครื่องมือวัดที่ต้องมีการสอบเทียบเพื่อให้สอบกลับมายังปริมาณนี้ ได้แก่ เครื่องสเปกโตรเรดิโอมิเตอร์ (Spectroradiometers) เครื่องวัดแสงยูวี (UV Meters) มาตรฐานรังสีแถบความถี่กว้าง (Broadband Radiometer) นอกจากนี้ในงานทดสอบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากลต่างๆ อาทิเช่น มาตรฐานของ IEC ก็ต้องมีการสอบกลับได้มายังหน่วยวัดของปริมาณความเข้มแสงเชิงสเปกตรัม หรือเครื่องมือ ทางการแพทย์ที่ต้องมีการฉายแสงก็ต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด หรือหลอดไฟที่ใช้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าคนไข้ได้รับปริมาณยา ซึ่งในที่นี้ก็คือ โฟตอน ที่ถูกต้องในจำนวนที่เหมาะสมและไม่เป็นอันตราย ต้องได้รับการสอบเทียบก่อนใช้



## ● การสร้างสเกลของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัม (Spectral Irradiance Scale Realization)

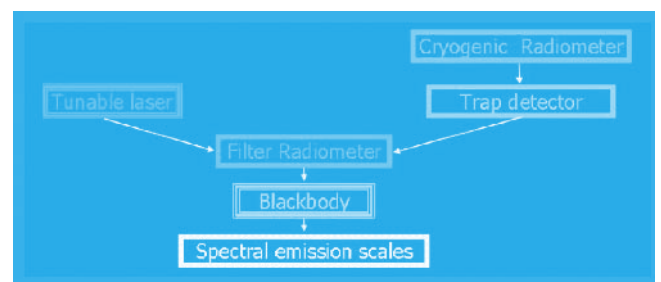
การสร้างสเกลของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมในห้องปฏิบัติการแสงของหลายประเทศ นิยมใช้การแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิสูงโดยประมาณ 2,900 ถึง 3,200 เคลวิน ซึ่งการแผ่รังสีของวัตถุดำจะเป็นไปตามสมการของแพลังก์ ดังแสดงในรูปที่ 1 และเพื่อให้รู้อุณหภูมิที่แน่นอนของวัตถุดำจะต้องมีการใช้กล้องวัดแบบมีฟิลเตอร์ ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิสีสัมมูล (Correlated Color Temperature, CCT) ซึ่งในห้องปฏิบัติการบางแห่งสอบเทียบกล้องนี้ โดเนการอ้างอิงกลับไปยังมาตรฐานปฐมภูมิแบบสมบูรณ์ คือ มาตรฐานรังสี ณ อุณหภูมิความเย็นยิ่งยวด (Cryogenics Radiometer) แต่ในบางกรณี เช่นที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติประเทศญี่ปุ่น (NMIJ) จะทำการสอบเทียบกล้องนี้กลับไปยังวัตถุดำที่มีค่าอุณหภูมิคงที่ ที่จุดหลอมเหลวของโลหะบางชนิด เช่น ทองและทองแดง เป็นต้น ตัวอย่างการสร้างสเกลของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมของประเทศสหรัฐอเมริกา (NIST) ประเทศสหราชอาณาจักร (NPL) และประเทศญี่ปุ่น เป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 2 รูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ



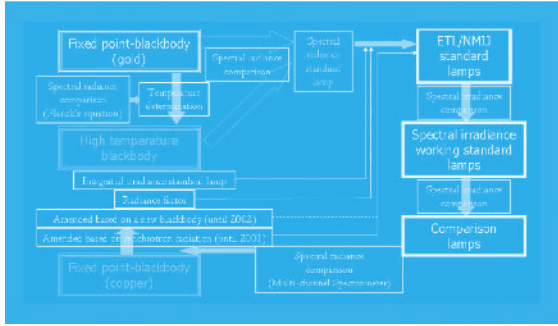
▲ รูปที่ 1 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิต่างๆ



▲ รูปที่ 2 แสดงการสร้างสเกลความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมของ NIST



▲ รูปที่ 3 แสดงการสร้างสเกลความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมของ NPL



▲ รูปที่ 4 แสดงการสร้างสเกลความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมของ NMIJ

● การถ่ายทอดสเกลของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัม (Spectral Irradiance Scale Dissemination)

หลังจากที่ได้สร้างสเกลของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมขึ้นมาแล้ว ค่าสเกลจะถูกถ่ายทอดไปเก็บไว้ในหลอดไฟทั้งสแตน-แฮโลเจน ซึ่งสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสัมบูรณ์เท่ากับ 3,200 เคลวินโดยประมาณและหลอดดังกล่าวจะใช้เป็นมาตรฐานในการถ่ายค่าและมาตรฐานในการใช้งาน เพื่อให้ถ่ายค่าไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ต่อไป การถ่ายค่าจะต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่าสเปกโตรเรดิโอมิเตอร์ ที่โดยส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยตัวเก็บโมโนโครเมเตอร์ที่ทำหน้าที่คัดกรองแสง เพื่อส่งไปยังหัววัดที่ละความยาวคลื่น และหัววัดอาจมีมากกว่า 1 แบบ เช่น หัววัดแบบ Photo Multiplier Tube PMT จะเหมาะสมสำหรับวัดแสง ตั้งแต่ช่วงความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ไปจนถึง 800 นาโนเมตรโดยประมาณ หัววัดแบบ Si Photodiode เหมาะสำหรับวัดแสงตั้งแต่ช่วงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ไปจนถึง 1,100 นาโนเมตรโดยประมาณ หัววัดแบบ InGaAs Photodiode เหมาะสำหรับวัดแสงช่วงอินฟราเรด คือ ตั้งแต่ความยาวคลื่น 1,100 นาโนเมตรเป็นต้นไป

● มาตรฐานแห่งชาติของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัม (National Primary Standard of Spectral Irradiance)

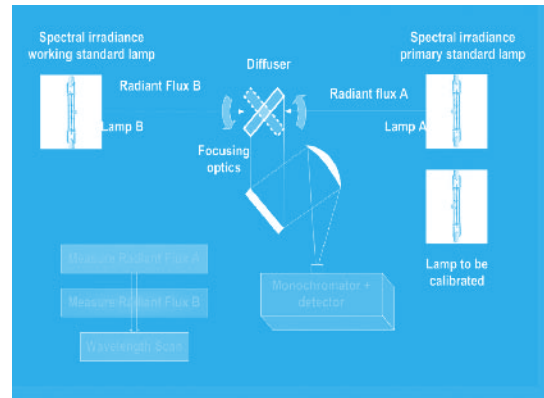
สำหรับห้องปฏิบัติการการกระจายคลื่นแสง (Radiometry Laboratory) ที่ มว. นั้น ยังไม่มีวัตต์ลูมิที่แม่นยำที่อุณหภูมิสูงได้และยังไม่มีโครโวจเนกส์ เรดิโอมิเตอร์ ทำให้ไม่สามารถสร้างสเกลของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมขึ้นมาได้เอง แต่ มว. ได้จัดหามาตรฐานแห่งชาติของความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมในรูปแบบของหลอดทั้งสแตน-แฮโลเจน ยี่ห้อ Ushio จากประเทศญี่ปุ่น จำนวน 3 หลอด (รูปที่ 5) ซึ่งเป็นหลอดขนาดกำลัง 500 วัตต์ และกินกระแสไฟฟ้า 5 แอมป์ แรงดันไฟฟ้า 100 โวลต์โดยประมาณและได้ส่งหลอดมาตรฐานทั้งสามหลอดไปสอบเทียบที่ NMIJ ซึ่งขีดความสามารถด้านการวัดในพารามิเตอร์นี้ของ NMIJ ได้รับการยอมรับแล้ว ตามที่แสดงใน CMC ของ BIPM นอกจากนี้ทางห้องปฏิบัติการมีเครื่องสเปกโตรเรดิโอมิเตอร์ แบบตัวเก็บโมโนโครเมเตอร์ (รูปที่ 6) ที่ทำให้สามารถถ่ายค่าสเกลจากหลอดมาตรฐานปฐมภูมิ ไปยังหลอดมาตรฐานใช้งานได้อย่างเที่ยงและแม่นยำ โดยวิธีการสอบเทียบที่ใช้เป็นวิธีเปรียบเทียบ และมีหลักการเป็นไปตามแผนภาพในรูปที่ 7



▲ รูปที่ 5 หลอดมาตรฐานปฐมภูมิความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมของ มว.



▲ รูปที่ 6 แสดงระบบสเปกโตรเรดิโอมิเตอร์ของ มว.



▲ รูปที่ 7 แสดงหลักการสอบเทียบความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมโดยวิธีการเปรียบเทียบ

ในปี พ.ศ. 2551 ห้องปฏิบัติการการกระจายคลื่นแสงได้รับการรับรองขีดความสามารถในการวัดสำหรับความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมตามระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 (2005) จาก IAJapan ซึ่งเป็นหน่วยประเมินการรับรองของประเทศญี่ปุ่น โดย CMC ที่ได้เป็นดังต่อไปนี้

Calibration of Measurement Services		Measured Range	Measurement Conditions	U (k=2)%	
Quantity	Artifacts	Method	Parameter		
Spectral Irradiance	Tungsten Halogen Lamp	Monochromator	315-05 to 4k-02 W m <sup>-2</sup> nm <sup>-1</sup>	250 nm ≤ λ ≤ 500 nm Bandwidth 5 nm	5.3
Spectral Irradiance	Tungsten Halogen Lamp	Monochromator	6E-03 to 0.13 W m <sup>-2</sup> nm <sup>-1</sup>	500 nm ≤ λ ≤ 600 nm Bandwidth 5 nm	3.3
Spectral Irradiance	Tungsten Halogen Lamp	Monochromator	2E-02 to 0.2 W m <sup>-2</sup> nm <sup>-1</sup>	600 nm ≤ λ ≤ 800 nm Bandwidth 5 nm	3.9
Spectral Irradiance	Tungsten Halogen Lamp	Monochromator	5E-03 to 0.2 W m <sup>-2</sup> nm <sup>-1</sup>	800 nm ≤ λ ≤ 1500 nm Bandwidth 5 nm	6.5

ที่มา: บทความจากวารสาร Metrology Info สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ