

# 내후성 실험의 필수 요소

## The Essentials of Laboratory Weathering

Q-Lab Corporation

IJ Inc. 이응제 팀장

녹음하기

# Housekeeping

You'll receive a follow-up email from [info@email.q-lab.com](mailto:info@email.q-lab.com) with links to a survey, registration for future webinars, and to download the slides

- Our ongoing webinar series can be found at: [q-lab.com/webinarseries](https://q-lab.com/webinarseries)
- Our archived webinars are hosted at: [q-lab.com/webinars](https://q-lab.com/webinars)
- Use the **Q&A feature in Zoom** to ask us questions today!

# Q-Lab Corporation

- 1956 창업
- 내후/내광성/부식 시험 전문 기업



**Westlake, Ohio  
Headquarters &  
Instrument Division**



**볼튼, 영국  
Q-Lab(社) 유럽**



**상하이, 중국  
Q-Lab(社) 중국**



**자르뷔르켄, 독일  
Q-Lab(社) 독일**



# Q-Lab 옥외폭로/인증시험 시설









Exciting  
News!

Q-Lab is excited  
to announce the  
acquisition of

# Arizona Desert Testing, LLC!

We make testing simple.



# What We Will Talk About

- **내후성의 기초**
- 내후성 실험(laboratory)을 하는 이유
- 내후성 실험
  - 제논(xenon)
  - 형광(Fluorescent) UV
- 효과적인(effective) 실험 프로그램의 요소

# What is Weathering?

물질이 대기 환경에 노출되어 **햇빛** 및 **열**(온도 변화에 따른), **수분**(주로 습기, 이슬, 강우 등) 인자의 복합적 영향으로 변화되는 것을 의미.

Changes in material properties resulting from exposure to the radiant energy present in **sunlight** in combination with **heat** (including temperature cycling) and **water** in its various states, predominately as humidity, dew, and rain.



# Forces of Weathering

## Know Your Enemy!

- 햇빛 (Sunlight)
- 열 (Heat)
- 수분 (Water)



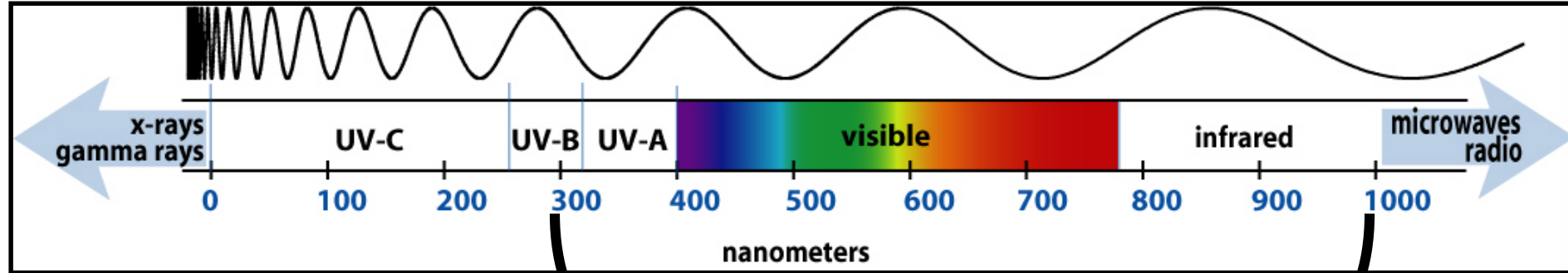
*\*Other factors can impact weathering as well but we will not focus on those today*

# Sunlight





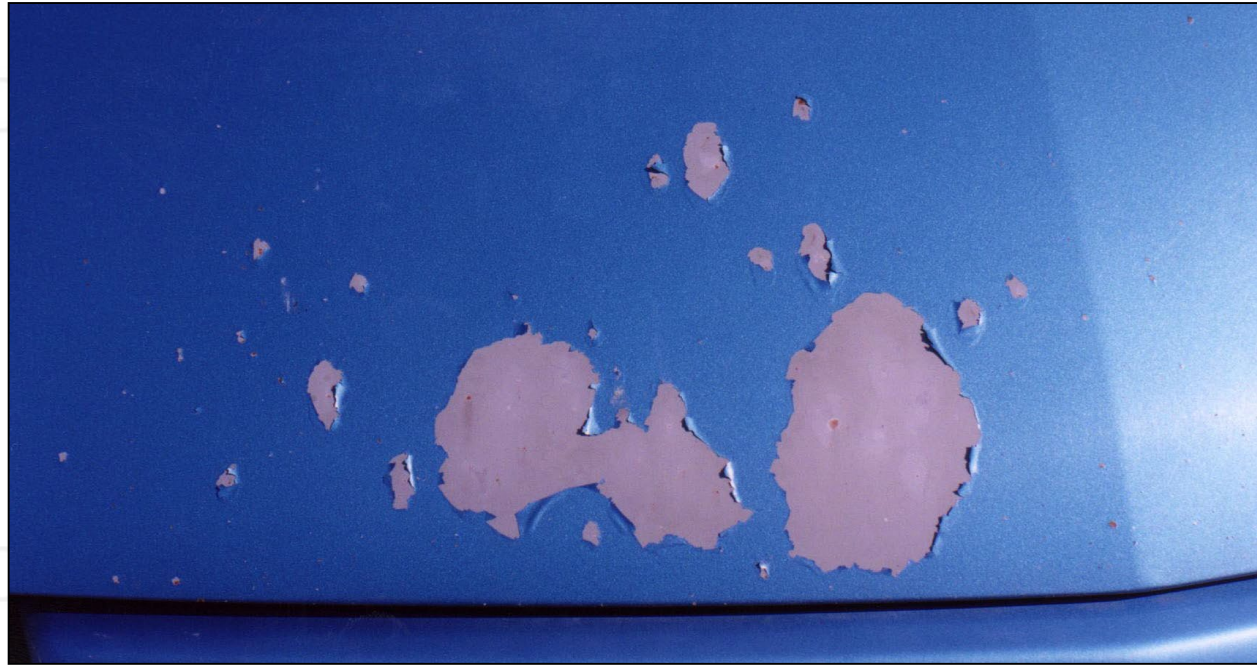
# Electromagnetic Spectrum



## Sunlight

UV	295-400 nm	~7%
Visible	400-800 nm	~55%
IR	800-3000 nm	~38%

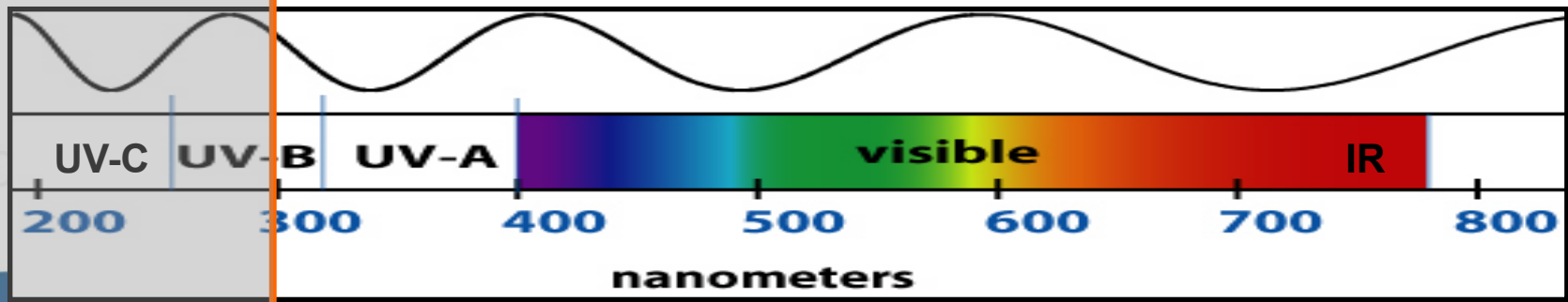
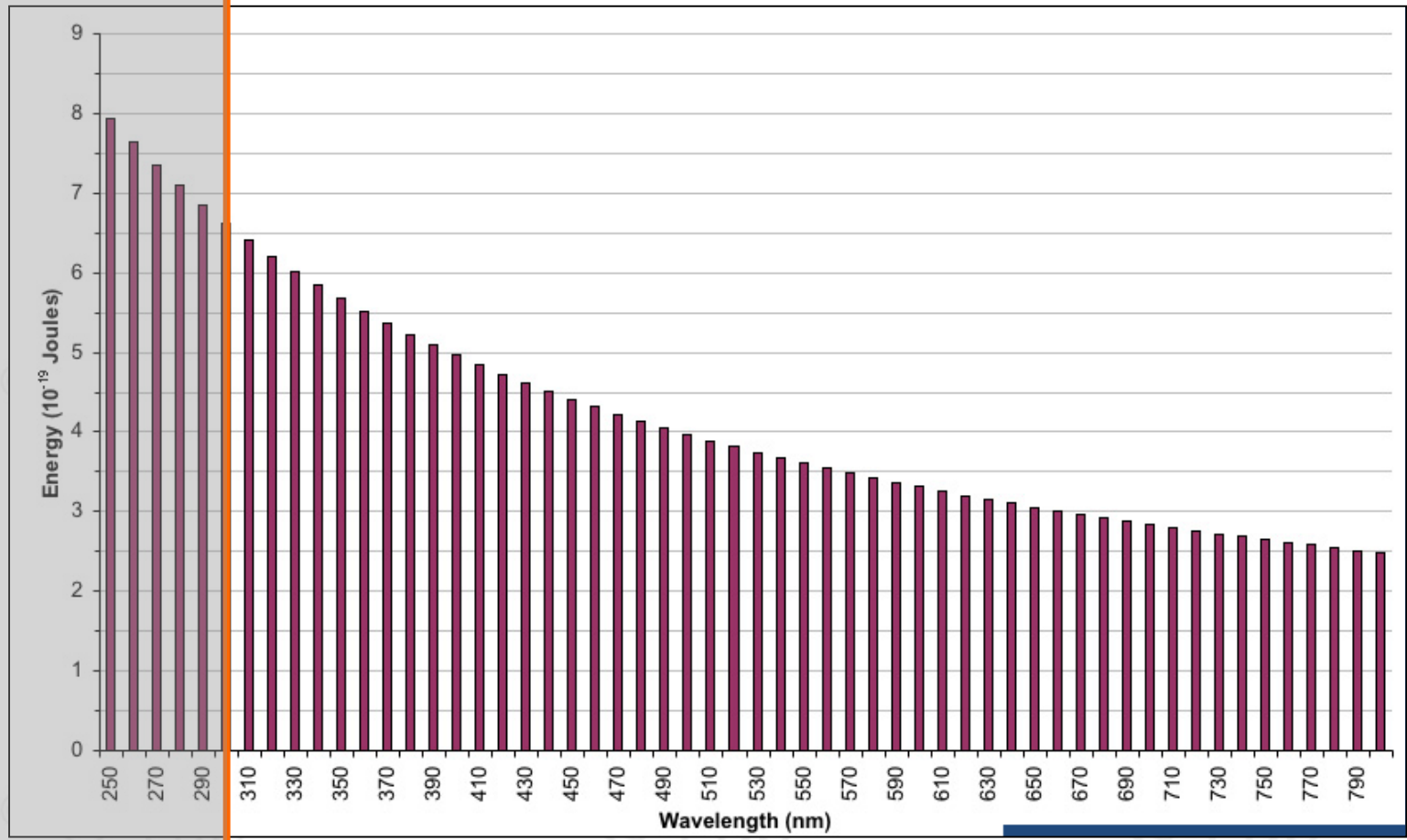
# 햇빛의 총 복사에너지 중 7%에 불과하지만...



UV 사실상 모든 폴리머 품질저하의 원인

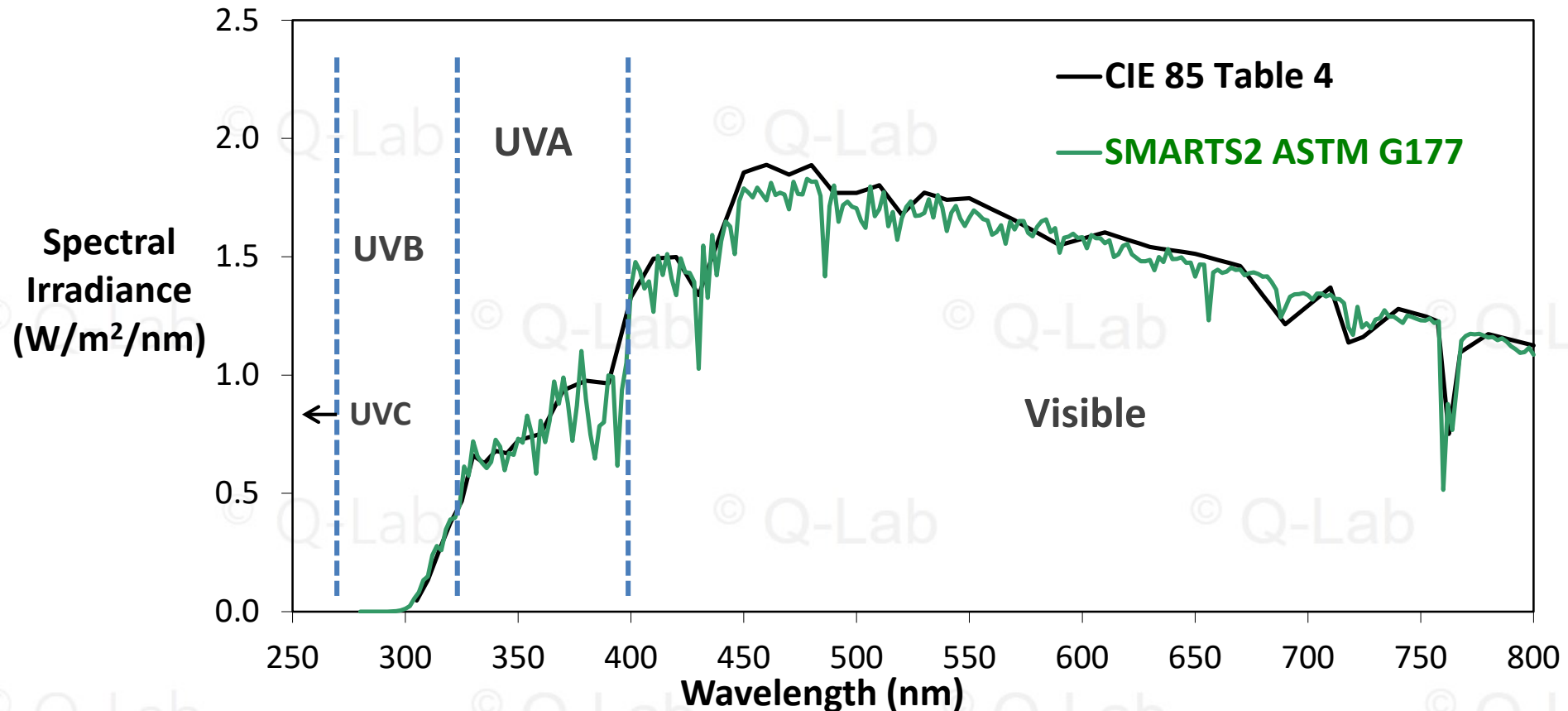
UV causes virtually all polymer degradation!





# Spectral Power Distribution (SPD)

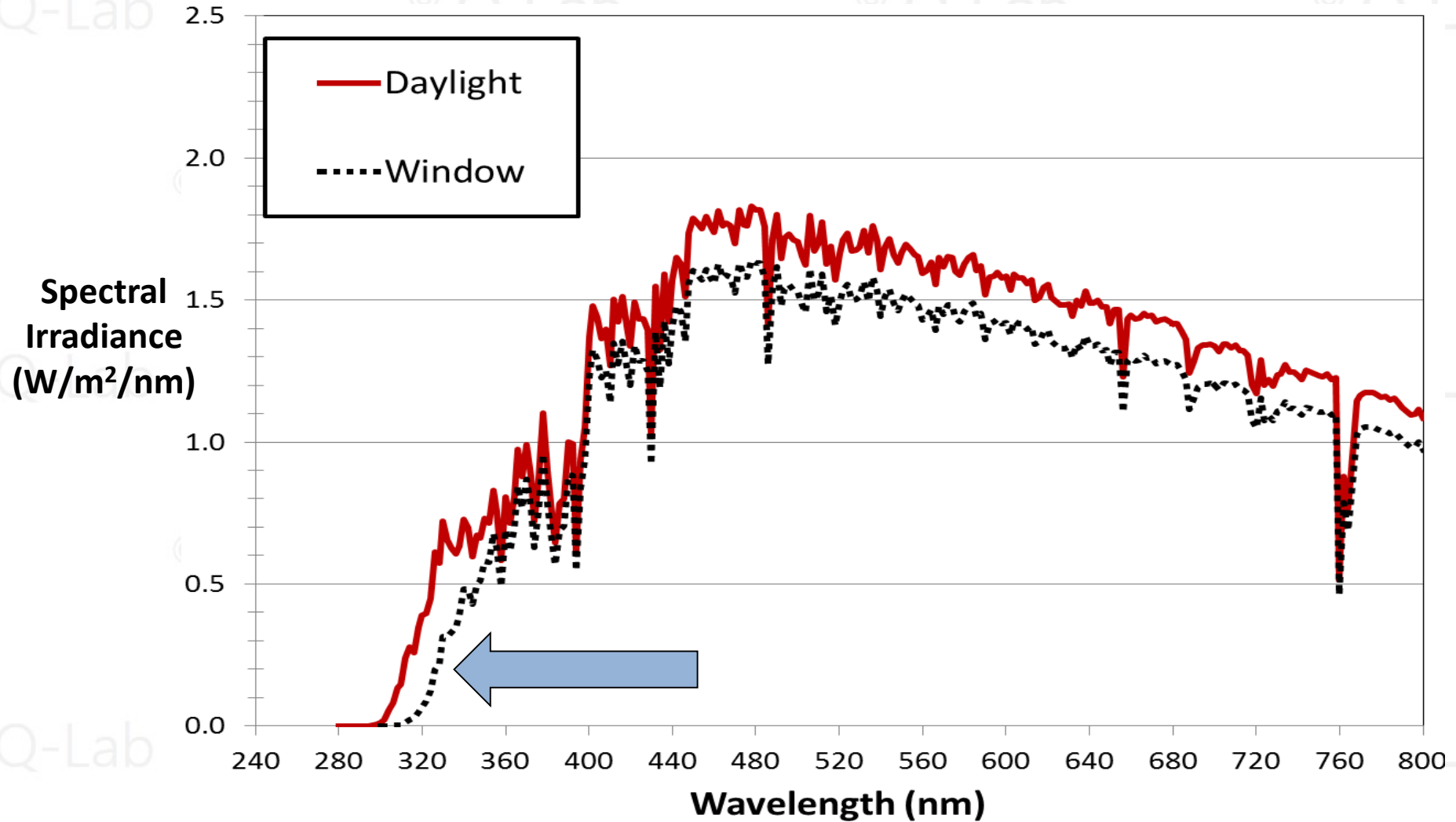
## 한여름 정오 태양빛



*SPD: The absolute or relative radiant power emitted by a source, or incident upon a receiver as a function of wavelength. (ASTM G113)*



# 유리창을 통과한 태양 빛

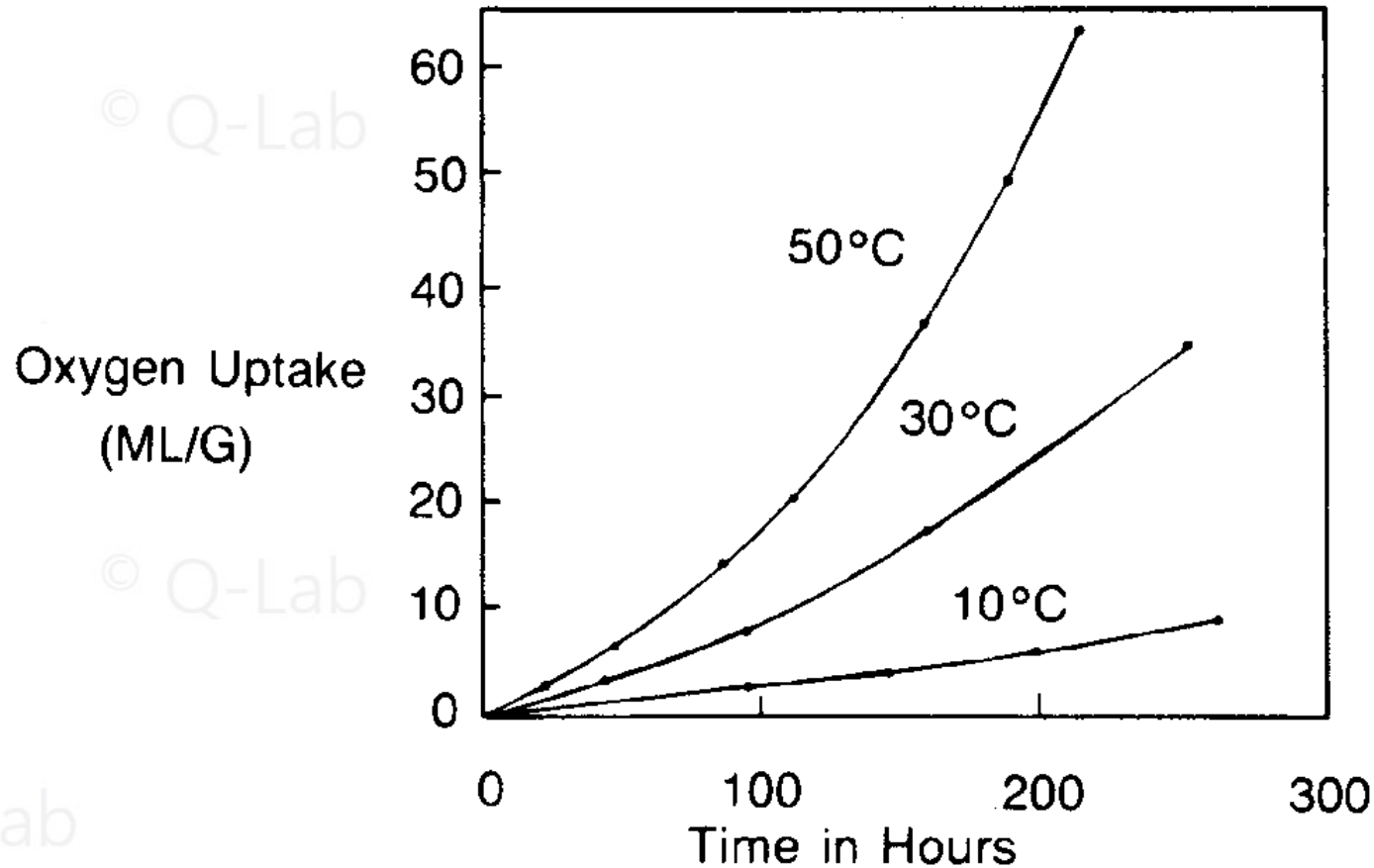


# Heat



# 온도의 효과:

## 폴리에틸렌(Polyethylene)의 산화율

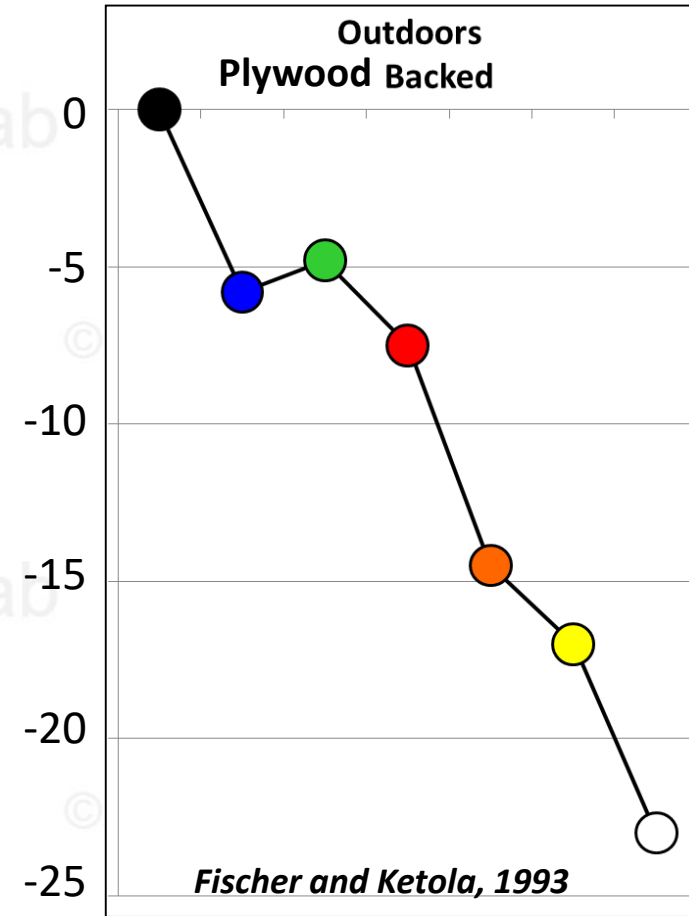
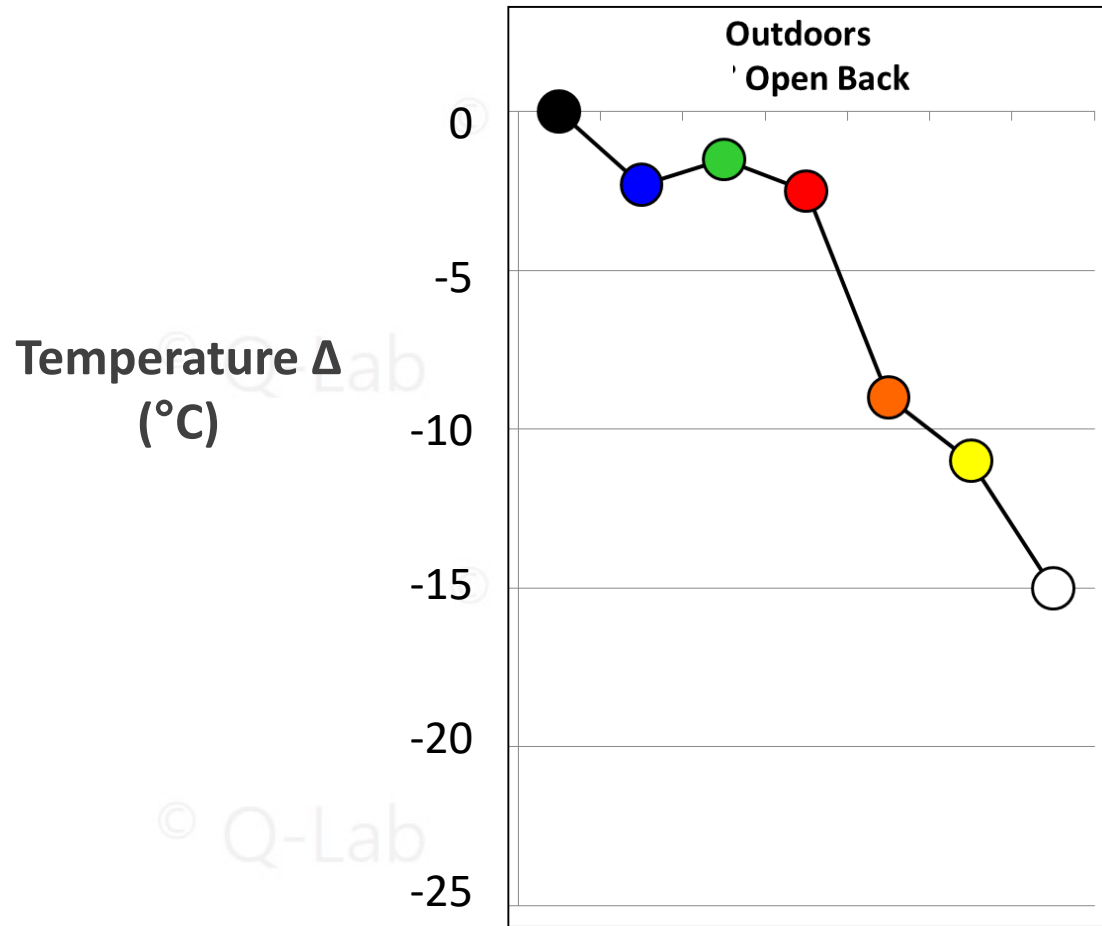


\*Time In Hours Exposed to UV lamps



# 온도와 색

어두운 색이 더 높은 온도를 갖게 된다!

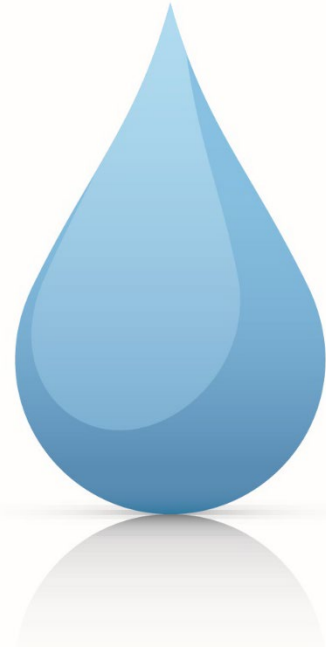


# 유리창 뒤의 열



유리창 뒤에 있는 자동차 내장품의 온도는  
100 °C까지도 상승한다

# Water





# 수분의 주요 효과

## Major Effects of Water

### 화학적 반응

- 솔루션의 반응
- 산소 이동량의 증가에 의한 반응 촉진

### 물리적 효과

- 침식(erosion)
- 흡수(absorption)/결빙(free-thaw)
- 열 충격
- 타격 (질량 감소)



# 습도

## Humidity

- 공기중 수분의 양
- 물리적 스트레스로 이어질 수 있음
- 습도는 내장, 외장 제품 모두 영향을 끼친다
- 흔히 상대습도 (RH)로 표시되며, 100%는 해당 온도에서 최대 수분량을 의미한다



# 강우

## Rainfall

- 표면효과
  - 표면층 세척
  - chalking
  - 오염제거
- 열 충격





# 이슬

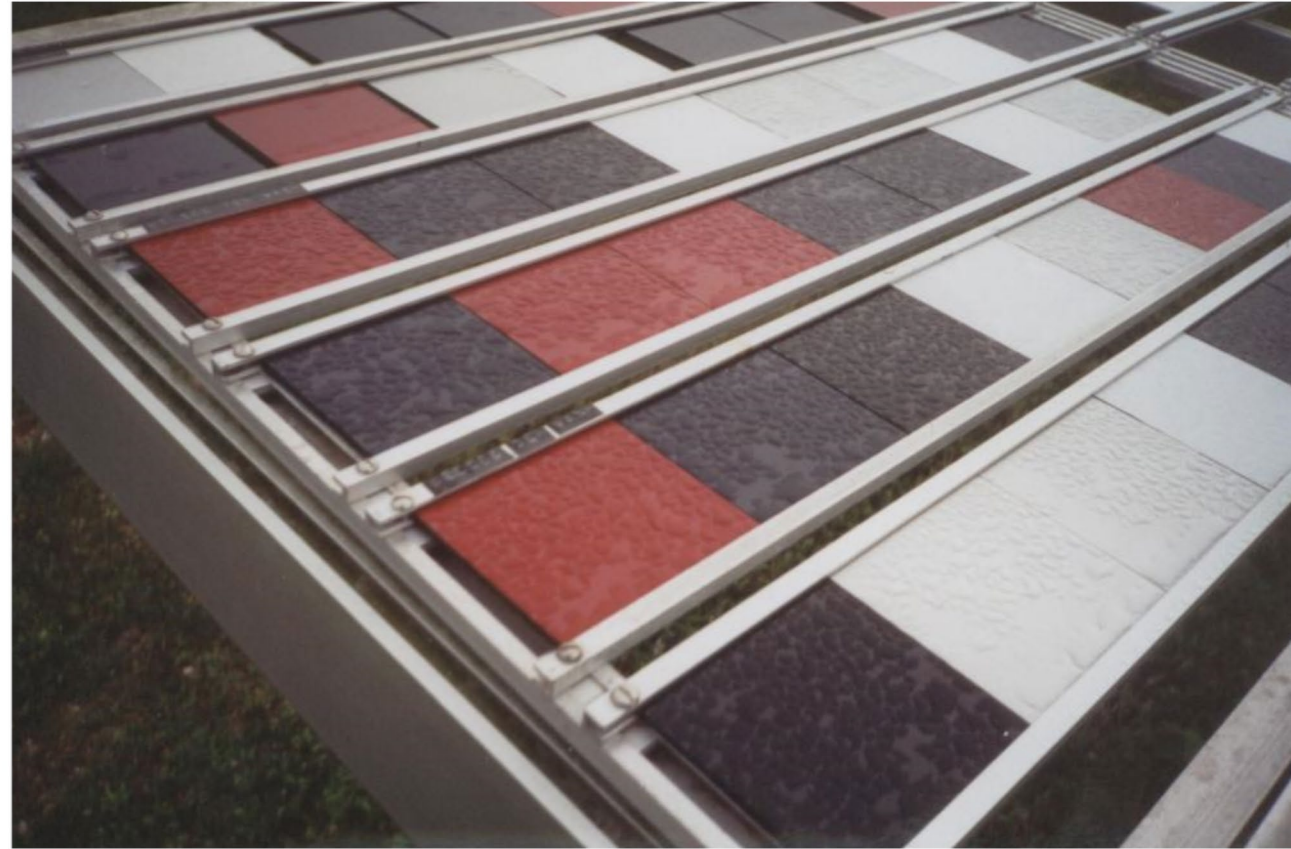
Dew



차가운 표면에 작은 방울 형태로 형성되는  
대기중의 수분

높은 산소량  $O_2$   
긴 접촉 시간

# 비가 아니라 이슬이 대부분의 야외 습기의 원인이다 !!



# 수분 효과를 과소평가 하면 안된다!

- 품질저하 속도의 변화
- 품질저하 방식의 변화
- 가속의 어려움

# Summary: Forces of Weathering

## 햇빛

- UV는 사실상 모든 폴리머 분해의 원인이 된다
- 재료 조합 및 스펙트럼의 작은 변화가 재료 품질 저하의 큰 영향을 끼칠 수 있다

## 열 (온도)

- 햇빛 + 열 = 품질저하 속도 증가
- 재료의 색은 햇빛에 의해 얼마나 뜨거워지는가에 대해 큰 영향을 끼친다

## 수분 (습도)

- 햇빛 + 열 + 수분 = 내후성
- 비가 아닌 이슬이 야외 습기의 근원이다
- 야외의 제품은 생각보다 오랜 시간 젖어 있다

*내후성은 이 요소들 사이의 시너지를 포함한다!*



# 이야기할 내용

- 내후성의 기초
- **내후성 실험을 하는 이유**
- 실험실 내후성 실험
  - 제논
  - 형광 UV
- 효과적인 테스트 프로그램의 요소

# 왜 실험을 하는가?

- 기술 규격에 대응
- 예측 못한 재해 방지
- 신뢰도 고양
- 품질 불량건의 검증
- 제품 내구성 향상
- 원자재 비용 절감
- 제품의 활용도 확대
- 새로운 시장 진입
- 경쟁 우위 확보
- 규제보다 앞선 행보

# 어떤 테스트를 해야 하나?

Accelerated Test Type	Result	Test Time	Results compared to
Quality Control	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"><li>• Defined</li><li>• Short</li></ul>	Material specification

# What Kind of Test Should I Run?

<b>Accelerated Test Type</b>	<b>Result</b>	<b>Test Time</b>	<b>Results compared to</b>
Quality Control	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"><li>• Defined</li><li>• Short</li></ul>	Material specification
Qualification / validation	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"><li>• Defined</li><li>• Medium-long</li></ul>	Reference material or specification



# What Kind of Test Should I Run?

<b>Accelerated Test Type</b>	<b>Result</b>	<b>Test Time</b>	<b>Results compared to</b>
Quality Control	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"><li>• Defined</li><li>• Short</li></ul>	Material specification
Qualification / validation	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"><li>• Defined</li><li>• Medium-long</li></ul>	Reference material or specification
Correlative	Rank-ordered data	<ul style="list-style-type: none"><li>• Open-ended</li><li>• Medium</li></ul>	Natural exposure (Benchmark site)

# What Kind of Test Should I Run?

Accelerated Test Type	Result	Test Time	Results compared to
Quality Control	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defined</li> <li>• Short</li> </ul>	Material specification
Qualification / validation	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defined</li> <li>• Medium-long</li> </ul>	Reference material or specification
Correlative	Rank-ordered data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open-ended</li> <li>• Medium</li> </ul>	Natural exposure (Benchmark site)
Predictive	Service life Acceleration factor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open-ended</li> <li>• Long</li> </ul>	Natural exposure (Service environment)

# What We Will Talk About

- 내후성의 기초
- 시험실 내후성 시험을 하는 이유
- **시험실 내후성 시험**
  - 제논
  - 형광 UV
- 효과적인 테스트 프로그램의 요소



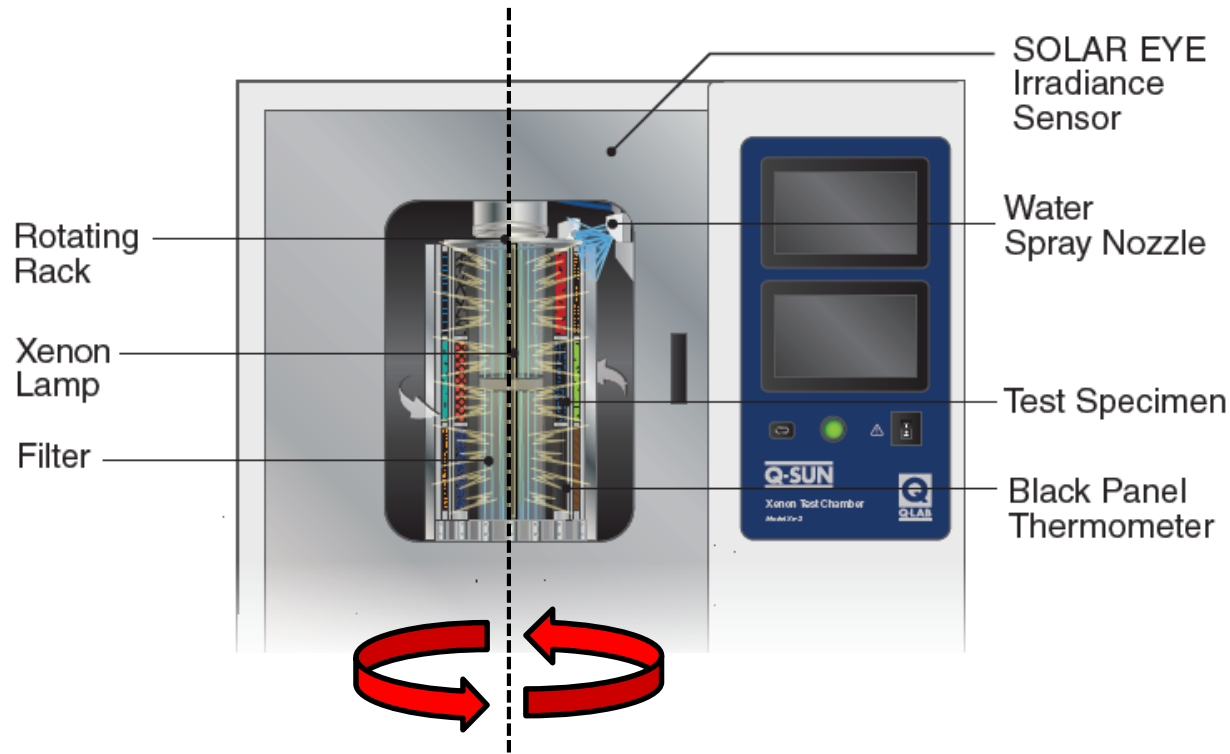
# 제논 아크 실험

## (Xenon Arc Laboratory Weathering)

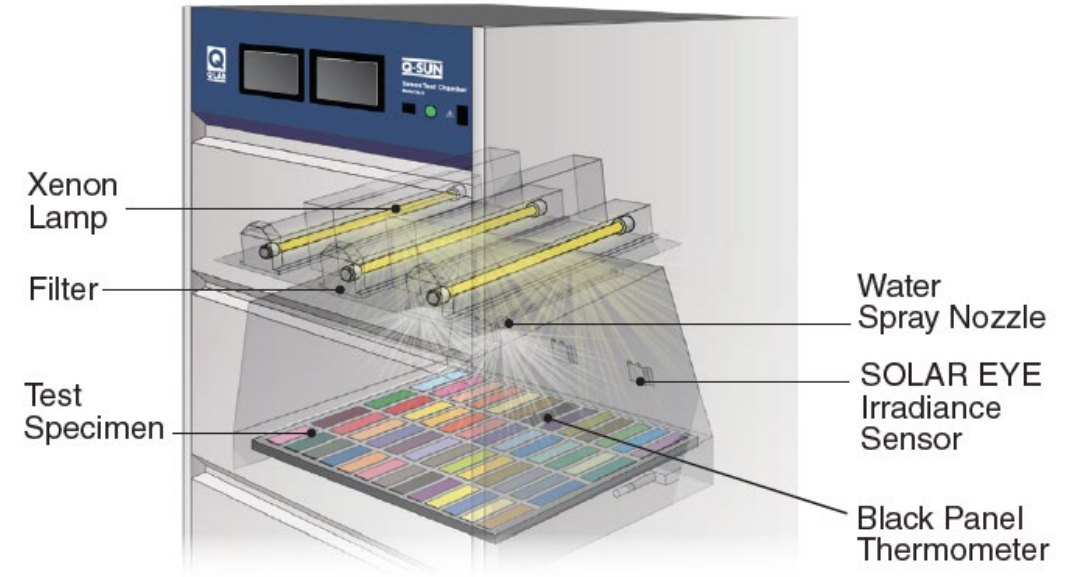


# 제논 아크 실험 챔버

## Xenon Arc Test Chamber



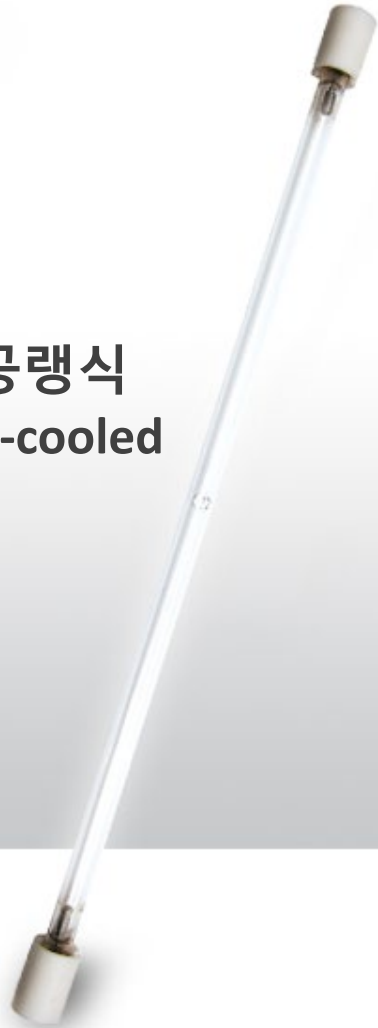
Rotating Drum



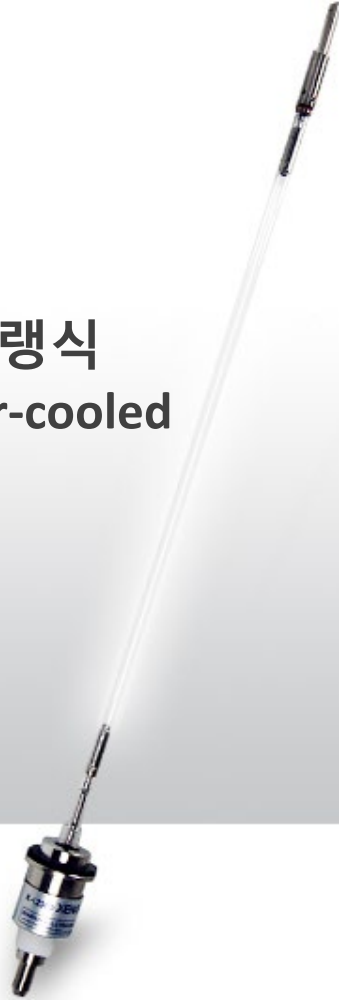
Flat Array

# 제논 아크 램프(Xenon Arc Lamps)

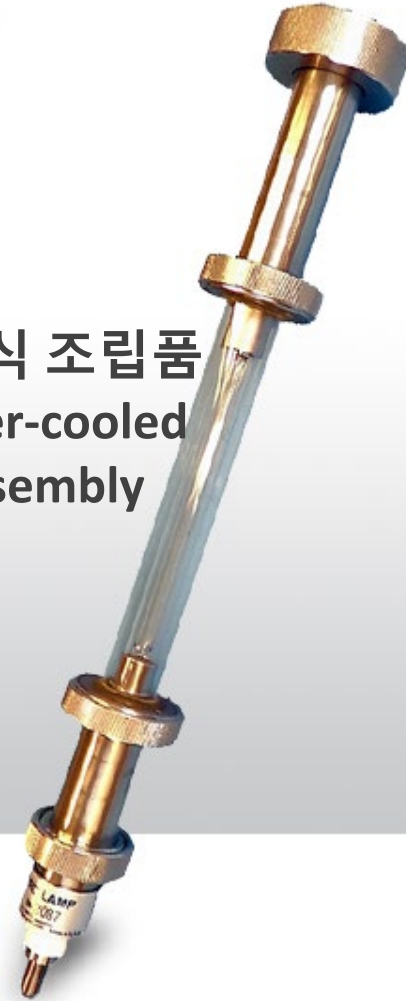
공랭식  
Air-cooled



수랭식  
Water-cooled



수랭식 조립품  
Water-cooled  
Assembly



# 필터 개요

- Daylight
- Window
- Extended UV

*\*Other specialized filters used occasionally*

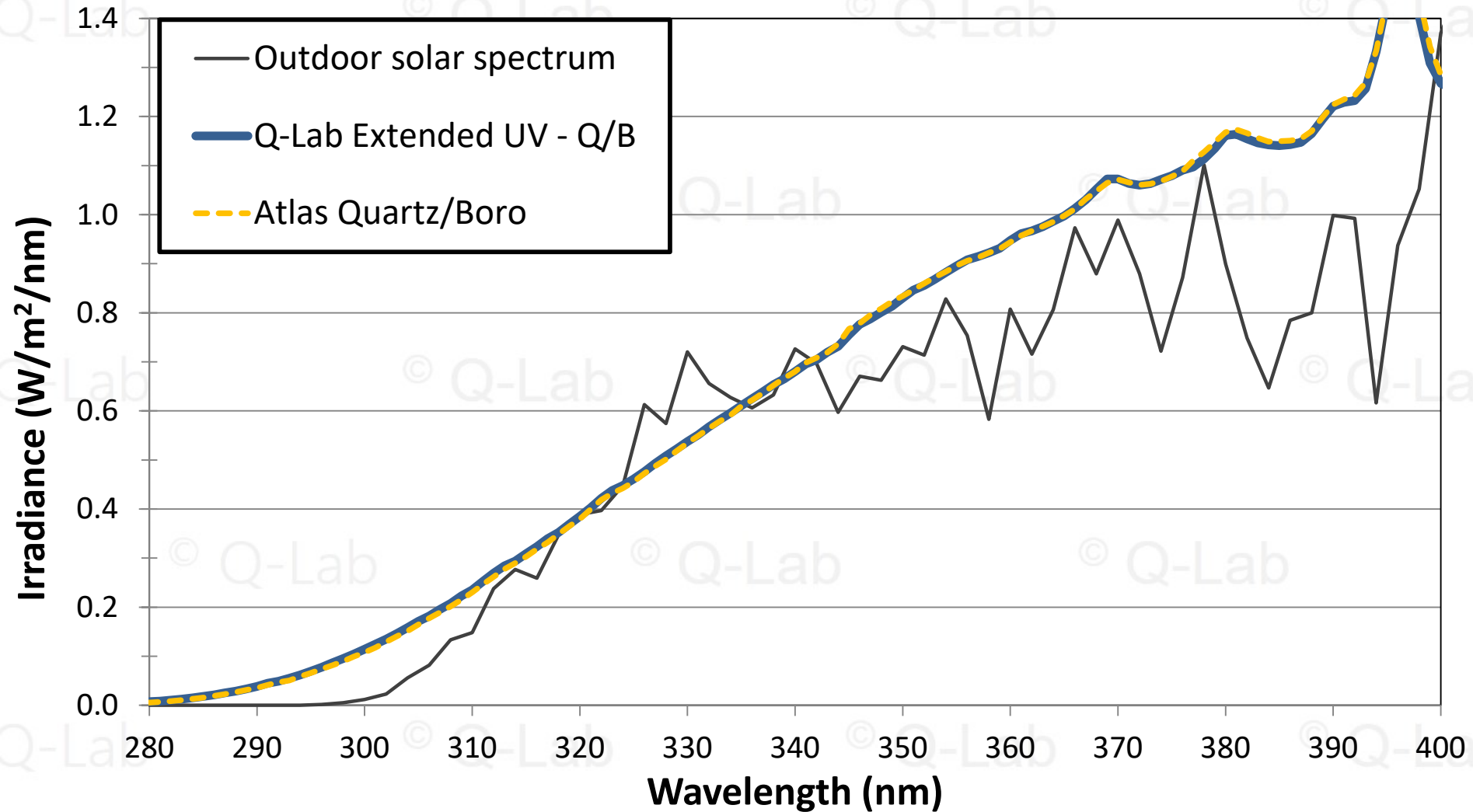
Rotating drum  
“lantern”



Flat array filter

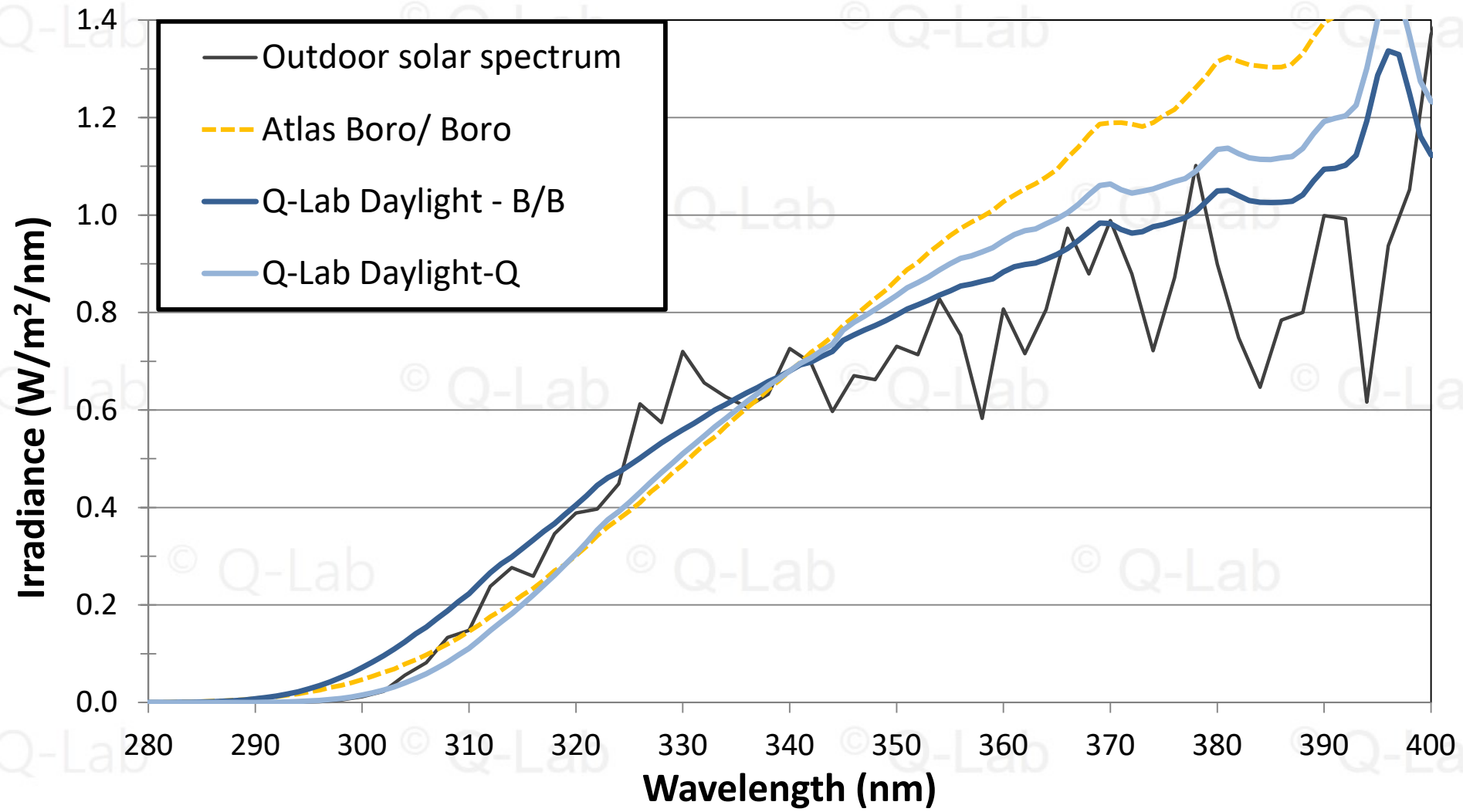


# Extended UV 필터 비교

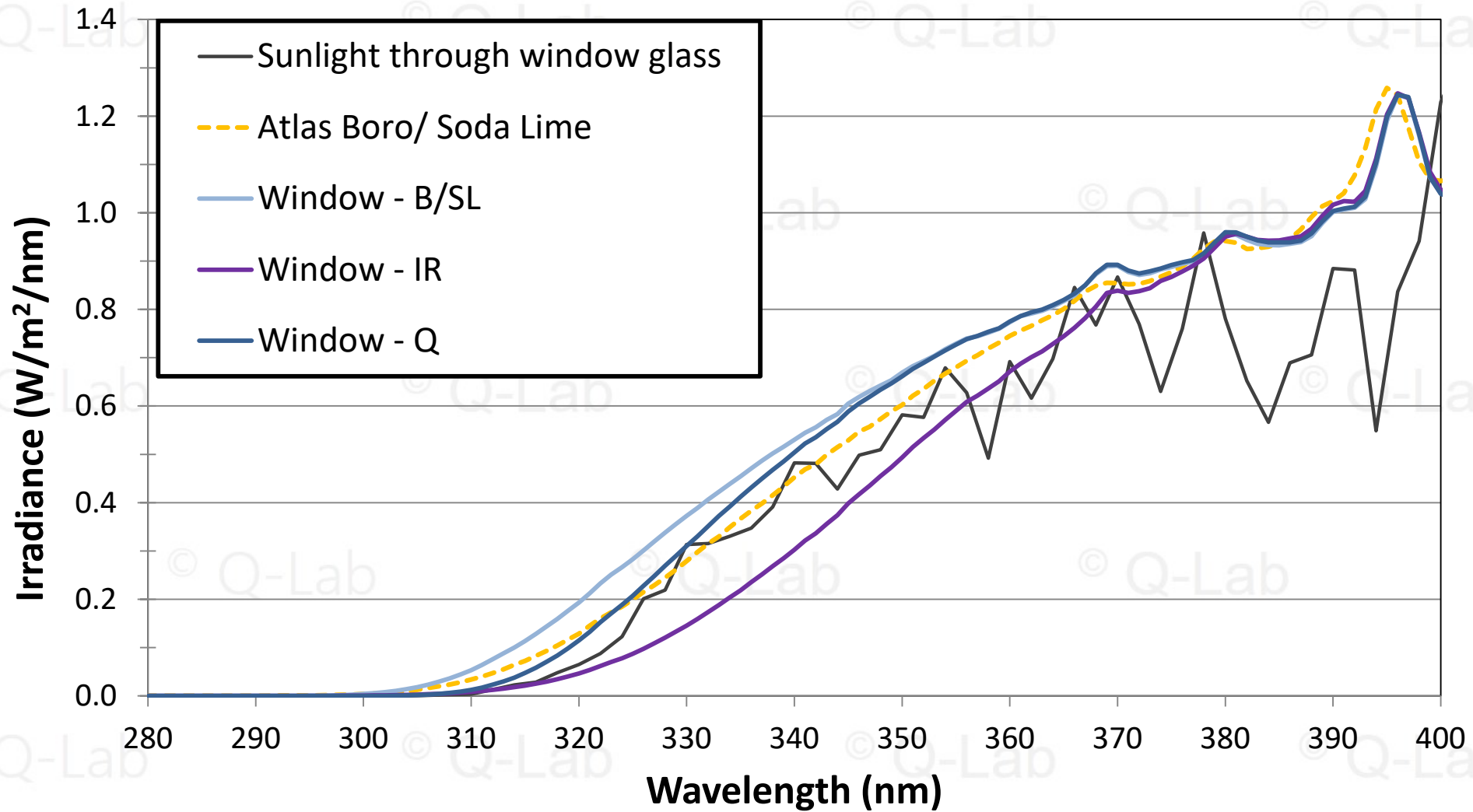




# Daylight 필터 비교



# Window 필터 비교



# 광필터의 노화

## Water-Cooled vs Air-Cooled

- 수냉식 램프의 필터는 매 400~2000 시간마다 교체가 필요하다
  - 초 순수에서도 오염물질로 인해 필터 투과율이 감소한다
- 모든 공냉식 램프의 필터는 노화되지 않고 교체가 필요하지 않다

# 조도 컨트롤 포인트 옵션

## 협대역 (Narrow Band)

- 340 nm
- 420 nm

## 광대역 (Wide Band)

- Total UV TUV (300-400 nm)
- Global (300-800 nm) – not recommended

다음의 두 가지 맥락에서 권장되지 않음

- 단파장 영역이 물질의 구조적 변화를 초래함에 더 영향력이 있다는 것
- 제논 램프의 스펙트럼 분포는 시간이 경과함에 따라 이동(shift)이 발생한다는 것임.

# 블랙 패널 (Black panel) 온도 제어

- 시험 규격에서 가장 흔하게 사용
- 시편 표면 최대 온도의 근사값
- 챔버 에어 온도 센서와 조합하여 사용할 수 있음



# 블랙패널 온도 센서

Panel	Construction	ASTM Designation	ISO Designation
	Black painted stainless steel	Uninsulated Black Panel	Black Panel
	Black painted stainless steel mounted on 0.6 cm white PVDF	Insulated Black Panel	Black Standard

*\* White Panel versions of the above are available but far less commonly used*

# 챔버 에어 온도 제어

- 특정 실험 규격에서 사용됨
- 상대습도 (RH) 제어를 위해 필요
- 센서가 빛으로부터 보호 되어야 함
- 블랙패널 온도는 복사열을 흡수하여 항상 공기 온도보다 뜨거움

# 상대 습도 제어

- 많은 시험 규격에서 요구
  - 직물 (Textiles)
  - 자동차 (SAE)
- 많은 제논 시험기는 상대습도 생성과 제어를 할 수 있다
  - 보일러형 시스템
  - 분무기 시스템
- 많은 내구성 재료에서, 스프레이와 응축에서 RH의 차이가 매우 적다

# 제논 아크 워터 스프레이

## 전면 스프레이

- 수분 공급의 주요 방법
- 전면 스프레이의 검교정 기술이 최근 개발 됨 (ASTM D7869)

## 후면 스프레이

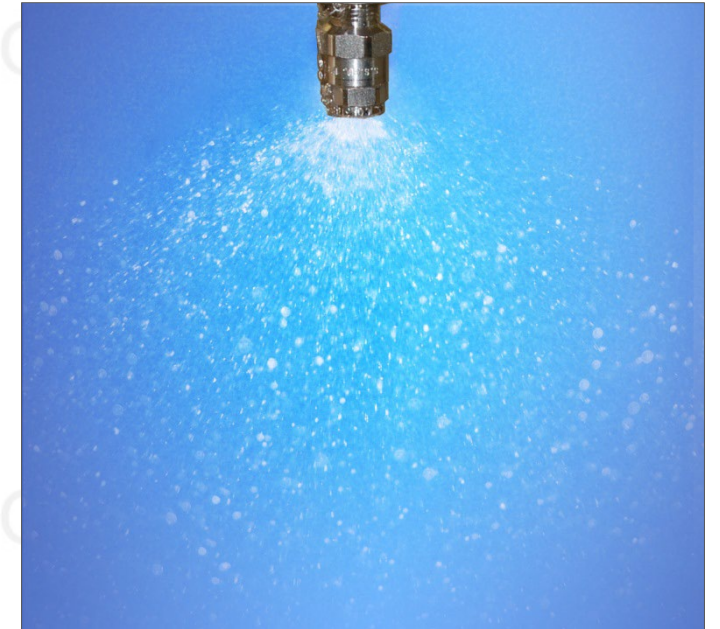
- 응축 발생을 의도한 방법이었지만 결과적으로 실패함.; 일부 표준에서 유지

## 듀얼 스프레이

- 이차 솔루션 공급 방법 예) 산성비, 비누

## 침수 (Immersion, ponding)

- 일부 표준에서 제시된 전면 스프레이의 대안



# 제논 아크 요약

- 태양광 전체 스펙트럼에 대한 최고의 시뮬레이션
- 램프 노화 (유효 효과)
- 온도 효과
- 워터 스프레이와 상대습도
- 형광 UV 시험기에 비해 추가비용 발생 및 유지보수가 복잡함



# Q-SUN 제논 아크 시험기

© Q-Lab

© Q-Lab

© Q-Lab

© Q-Lab

Xe-1

Xe-2

Xe-3

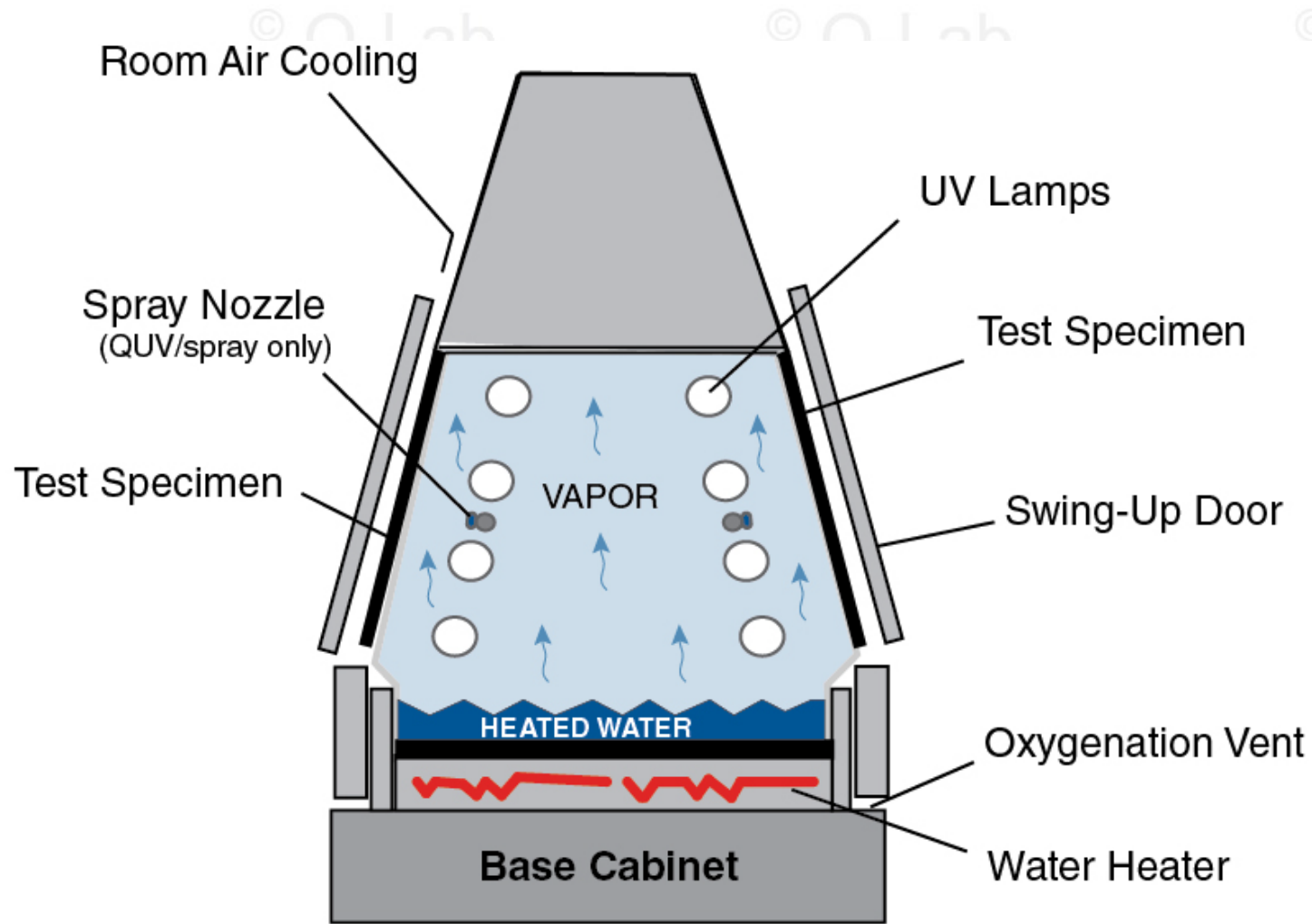




# 형광 UV 실험

## Fluorescent UV Laboratory Weathering

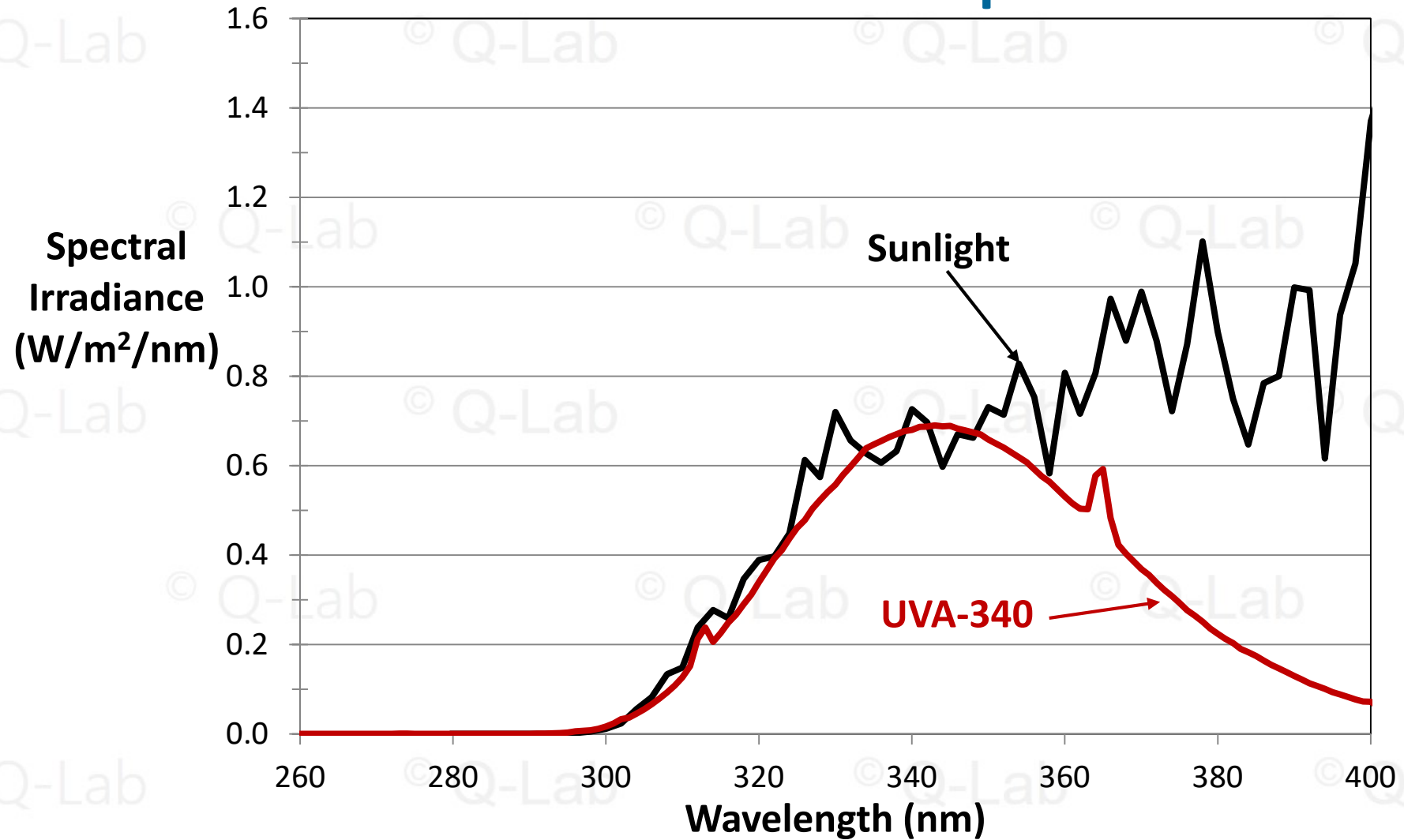
# 형광 UV 개요



# QUV 램프 요약

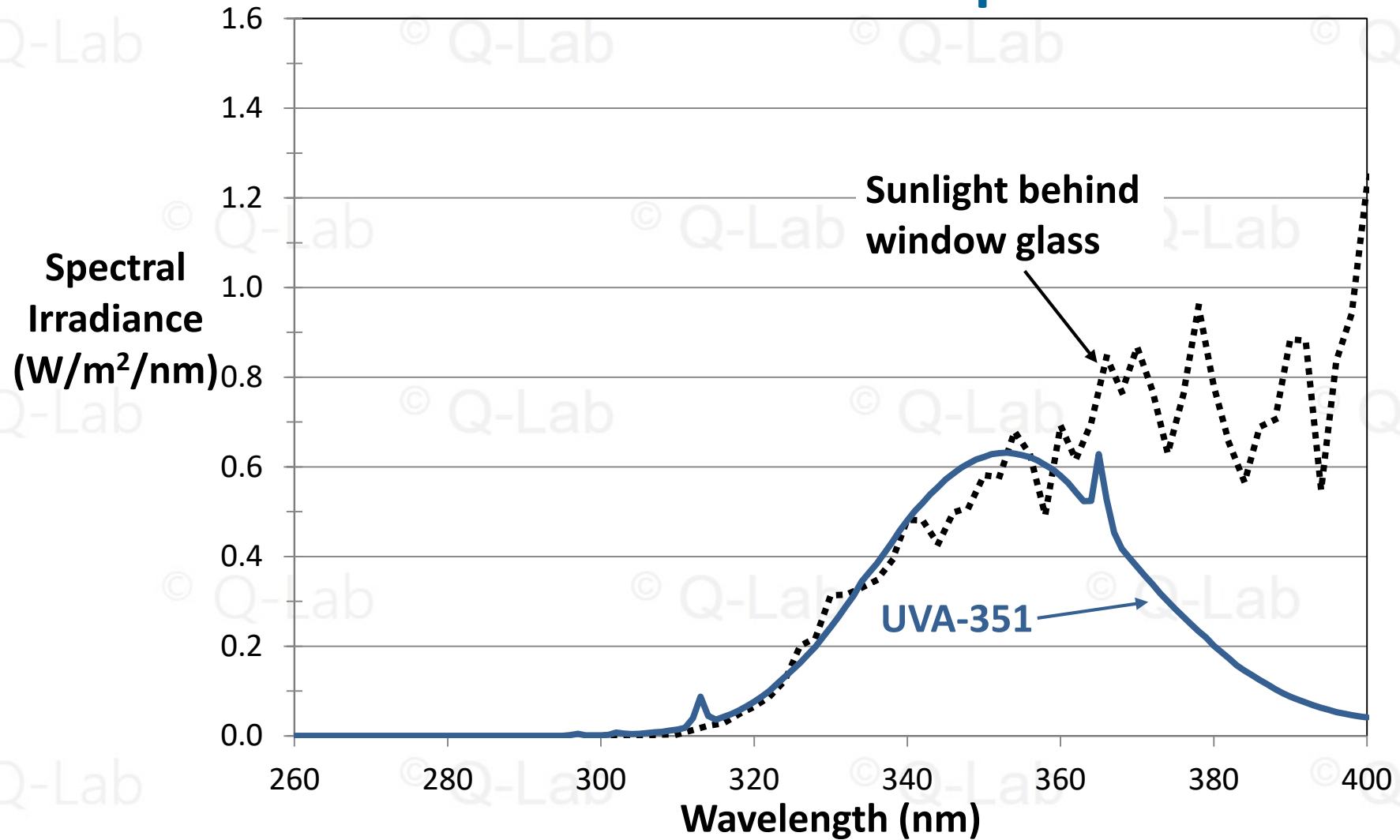
- UVA-340 (Daylight UV)
- UVA-351 (Window UV)
- UVB-313EL/FS-40 (Extended UV)
- Cool White (Indoor)

# UVA-340 Lamps

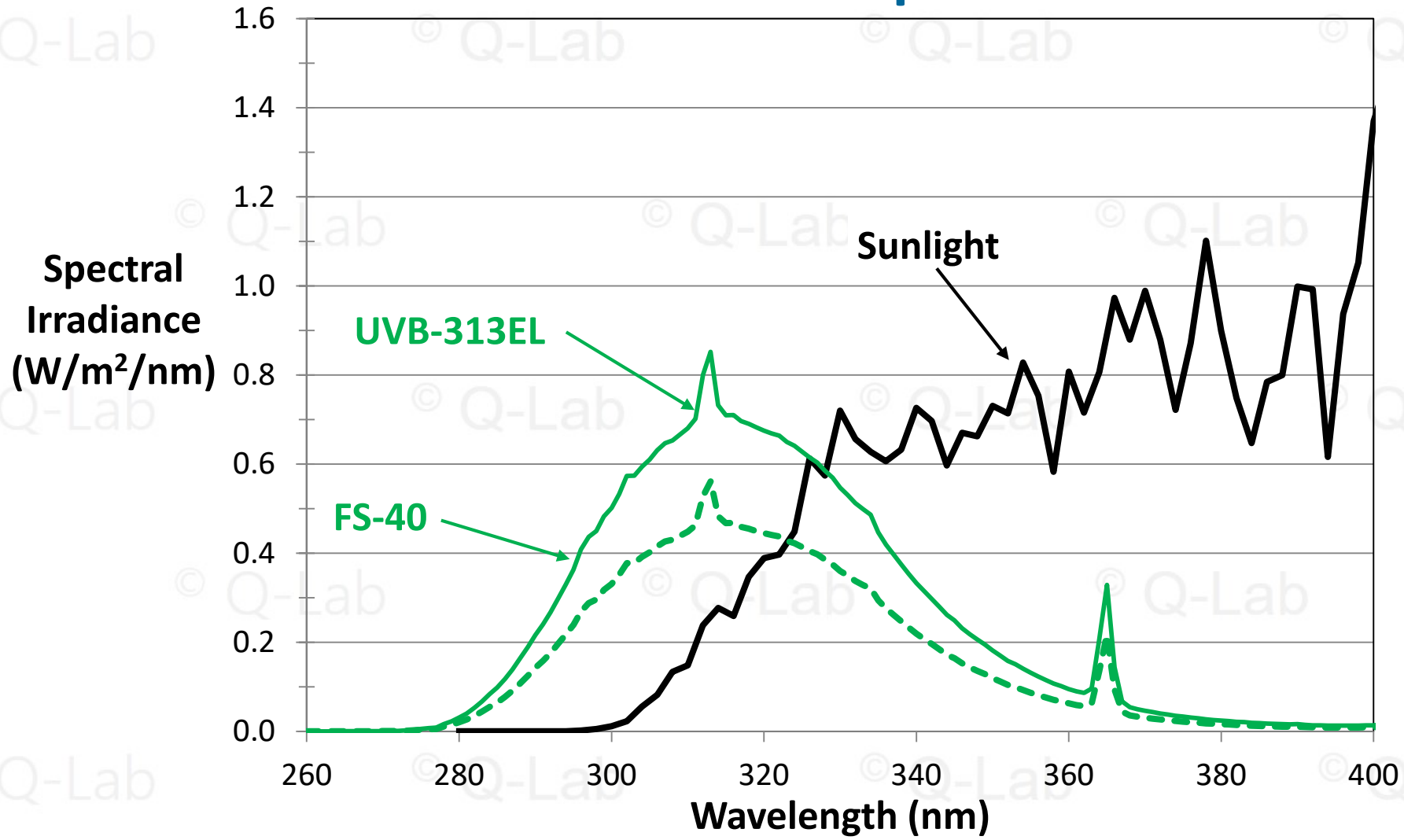




# UVA-351 Lamps

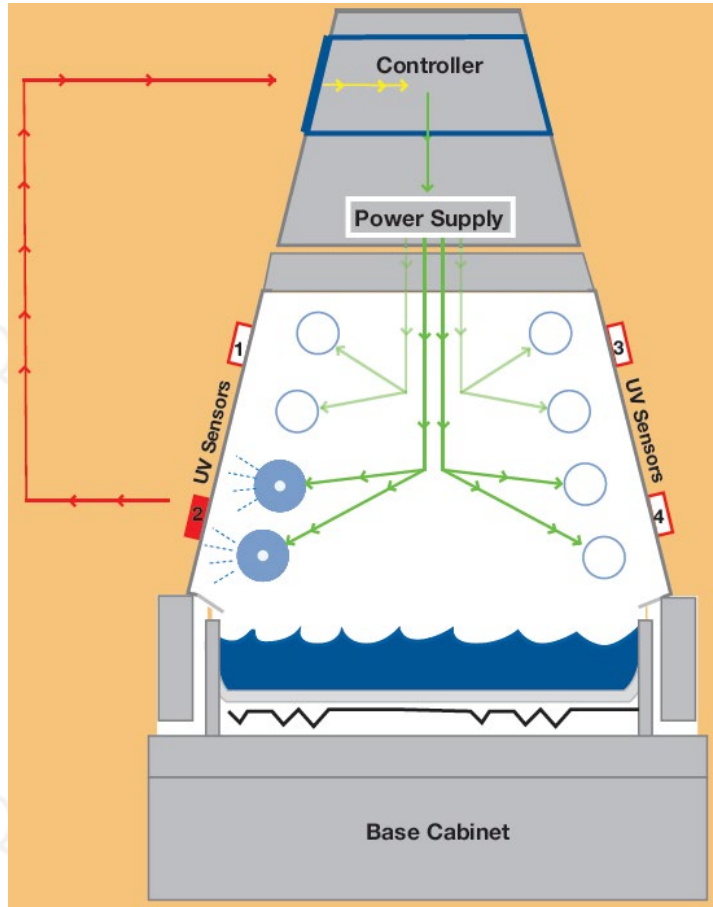


# UVB Lamps



# QUV SOLAR EYE™

## 조도 제어

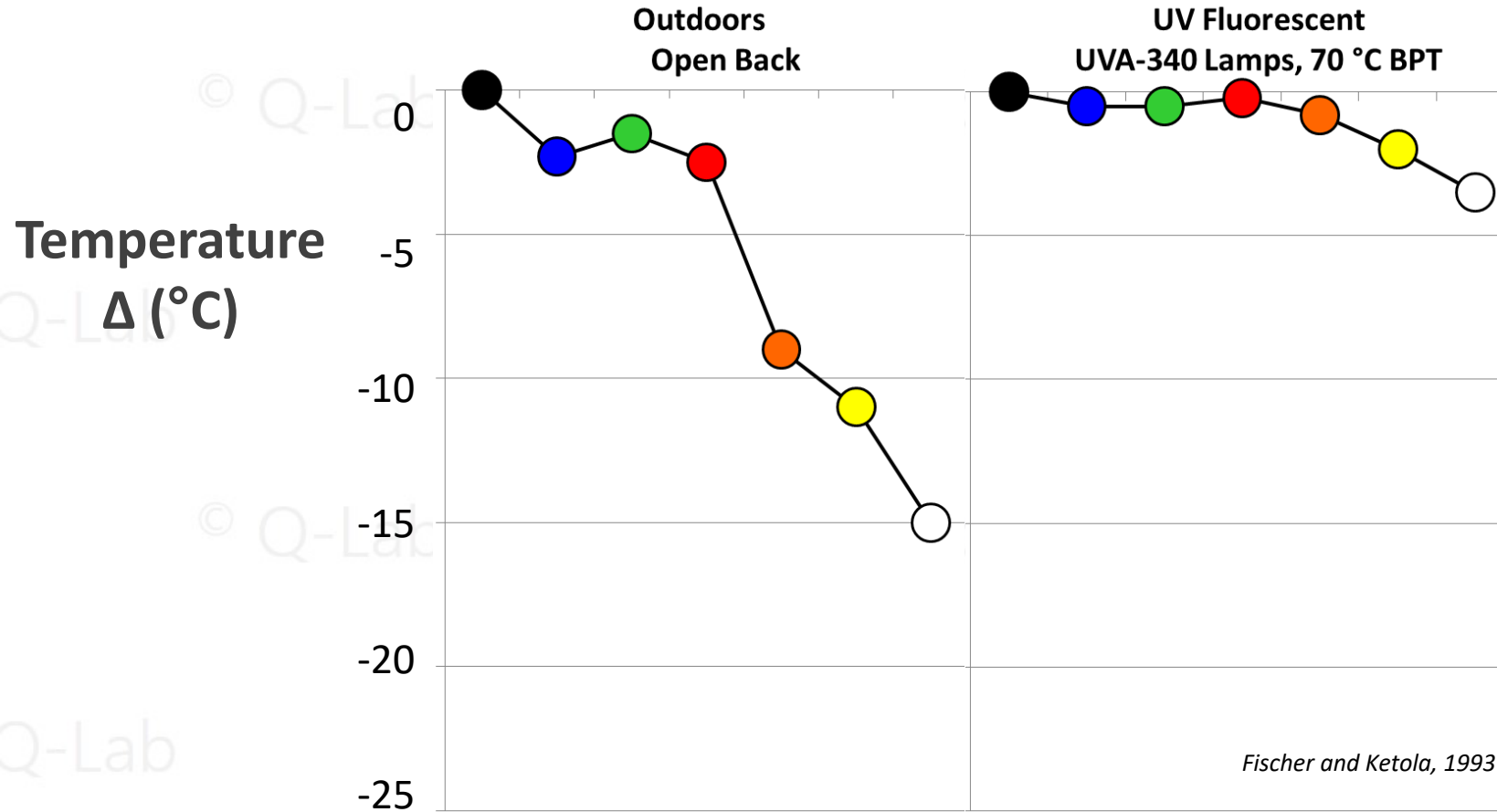


## Feedback Loop Control

- 형광 UV 램프
- 광센서
- 제어 모듈

# 온도 & 색상

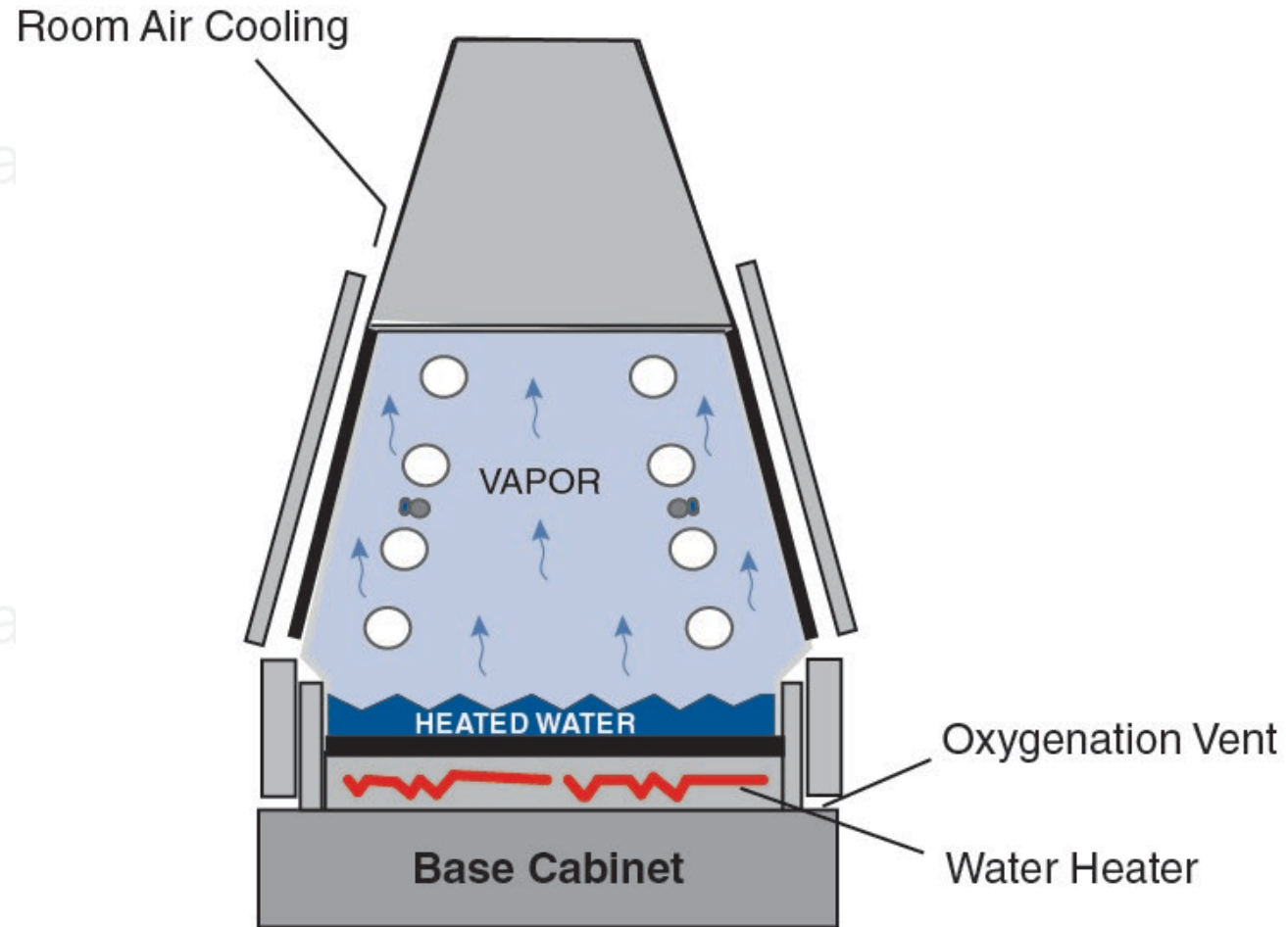
## 컬러 패널과 블랙 패널 간의 온도 차이



Fischer and Ketola, 1993

# 응축

## Condensation





# 응축의 장점

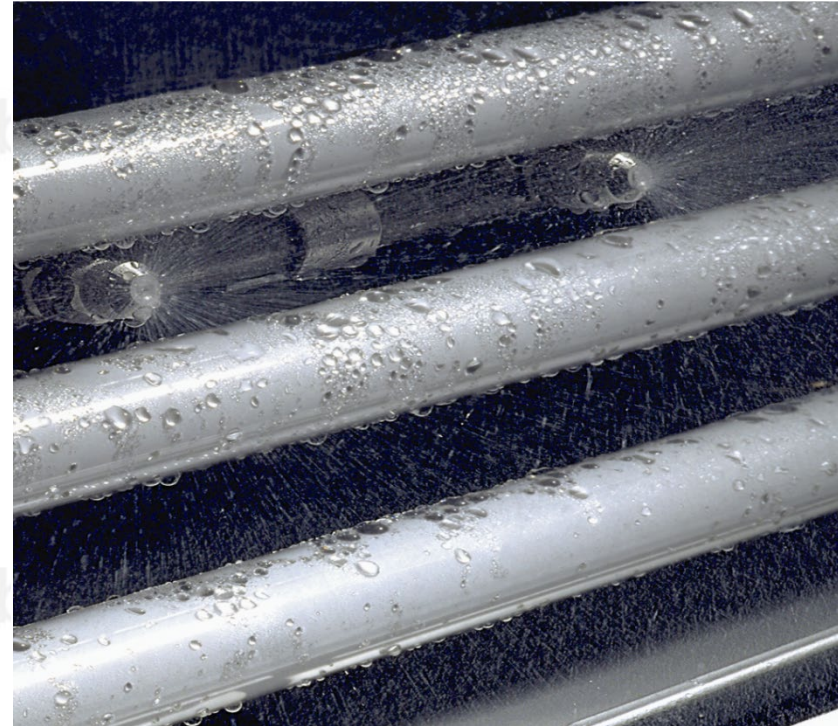
- 자연 습기와 가장 가까운 매칭
- 실험실 실험에서 습기를 가속화 하는 가장 좋은 방법
- 온도의 상승
- 높은 산소 O<sub>2</sub> 함량
- 시험기가 증류를 수행 - 깨끗한 물을 시편에 공급함.



QUV에서 습윤 효과를 내는 것은 간단하며, 비싼 순도 높은 물을 필요로 하지 않는다.

# 워터 스프레이

- 시편을 완전히 적셔줌
- 침식 및 열 충격 생성



QUV에서 스프레이를 사용하는 것은 어렵고 상대적으로 비싼 비용을 필요로 한다

# 형광 UV 요약

- UVA-340 단 파장 UV 최고의 시뮬레이션
- UVB-313 가장 빠르고 가혹한 조건
- 안정적인 스펙트럼 - 노화 없음
- 가시광선 없음
- 응축이 현실적이고 엄격함
- 워터 스프레이가 가능하지만 RH 제어는 불가함

# QUV 촉진 내후성 시험기

## Model QUV/se



# QUV/uvc



# UVC 자외선 살균

## UVC light as a disinfecting agent

- UVC 빛은 자외선 살균(UVGU, ultraviolet germicidal irradiation) 부분에서 해로운 바이러스와 박테리아를 제거하는 기술로 널리 사용되고 있습니다.
- 단파장의 높은 에너지를 갖고 있는 UVC 빛은 다음과 같은 제품 및 표면에 품질 저하 현상을 일으킵니다
  - 플라스틱 Plastics
  - 가죽 Leather
  - 코팅 Coatings
  - 전자제품 Electronics
  - 자동차 인테리어 제품 Auto/aero interiors
  - 환기, 난방, 공기정화 제품(HVAC)
  - 병원 Hospital rooms
  - 공공 장소 및 시설

**UVC 빛을 이용한 살균처리에 제품이 견딜 수 있을까요?**



# UVC 를 이용하여 살균처리 하는 제품들

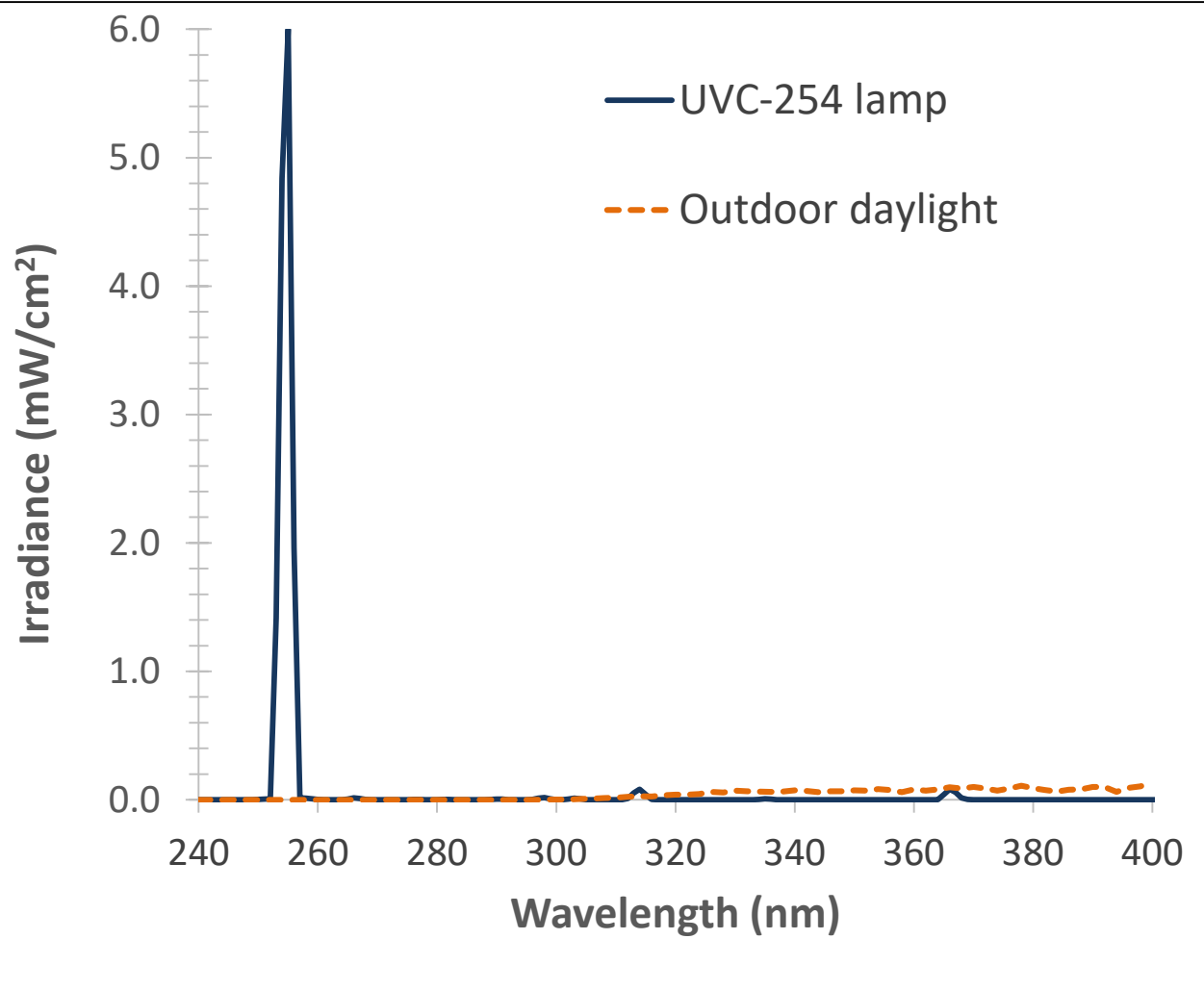


# Testing with the QUV/uvc

- QUV/uvc 는 254nm 의 집중화된 자외선 전달
- UVC 살균 실험에 적합한 내구성
- 전 세계에서 가장 많이 사용되는 내후성 시험기 QUV/se 와 유사
- SOLAR EYE 시스템으로 정확하게 조도를 제어하며 조절
- 한글이 지원되는 Gen 4 인터페이스로 사용이 편리(8개 언어 지원)



# Delivering UVC light



- 254nm 의 강력한 UVC 빛
- 간단하고 정확한 검교정
- Built-in safety features



# Testing 3D specimens



*Testing can be performed on 3D products with quadrant boxes*

# 형광 UV 와 제논 아크

## 상호 보완적 기술

### 형광 UV

- UVA-340 단파장 UV 최고의 시뮬레이션
- UVB-313 너무 가혹한 조건
- 가시광선이 없다
- 안정적인 스펙트럼
- RH 제어 불가
- 응축 또는 워터 스프레이
- 저렴하고 사용이 간편함

### 제논 아크

- 풀 스펙트럼 (UV-가시광선-IR)
- 상대적으로 장파장의 UV 와 가시광선의 최선의 재현
- 스펙트럼의 변화
- RH 제어 가능
- 워터 스프레이
- 좀더 복잡한 시스템

# What We Will Talk About

- 내후성의 기초
- 내후성 실험을 하는 이유
- 내후성 실험
  - 제논
  - 형광 UV
- **효과적인 테스트 프로그램의 요소**



# 총체적 판단이 기요

- 어떤 프로세스의 촉진시험(Test Protocol)을 할 것인지 검증 필요
  - 자연 노출시험의 데이터는 상호연관성 및 내구성 수명 시험에 필수적 사항
- 해당 제품의 사용 환경 점검 기요
  - 실내인지 옥외인지
  - 습도가 높은 곳인지 아니면 건조한 곳인지
  - 고온의 환경인지 아니면 서늘한 환경인지

# 총체적 판단이 낫다

- 최선, 최적의 시험 수행
  - 검증하고자 하는 항목에 대한 결과가 나올 때까지 시험을 지속
  - 동일한 시편의 복제품을 충분히 준비하여 시험
  - 시험 상태를 간헐적으로 확인하고 시편의 위치를 적정 간격을 두고 교체하라.  
특히 제논시험
- 최선, 최적의 시험방법 구축
  - 해당 시험 방법(Test Protocol) 완벽 이해
  - 햇빛의 전파장대 스펙트럼이 필요한가?
  - 시편에 대한 수분 살포는 필요하고, 그 방법은 적정한가?

# Questions?



[info@q-lab.com](mailto:info@q-lab.com)

[sales@ij-inc.com](mailto:sales@ij-inc.com), 02-546-9071