

내후성 실험의 필수 요소

The Essentials of Laboratory Weathering

Q-Lab Corporation

U Inc. 이응제 팀장

[녹음하기](#)

Housekeeping

You'll receive a follow-up email from 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
- Our archived webinars are hosted at: 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





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!

- 햇 빛(Sunlight)
- 열(Heat)
- 수 분(Water)



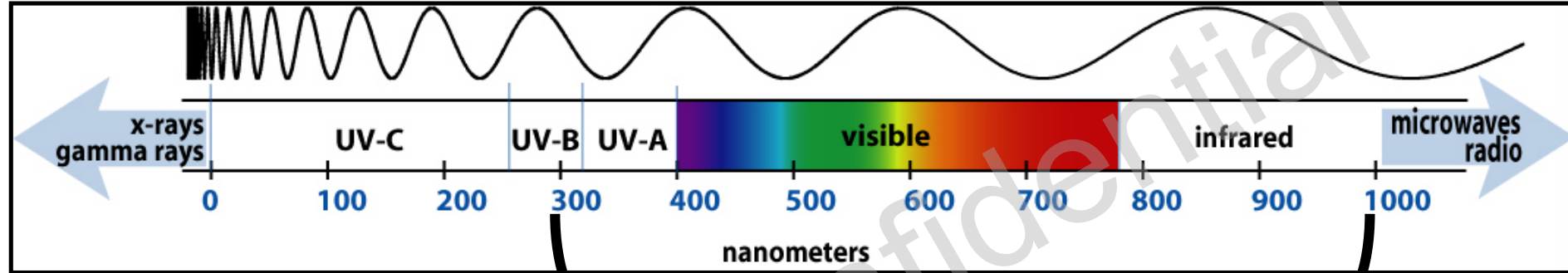
**Other factors can impact weathering as well but we will not focus on those today*

Sunlight



Q-Lab Confidential

Electromagnetic Spectrum



Sunlight

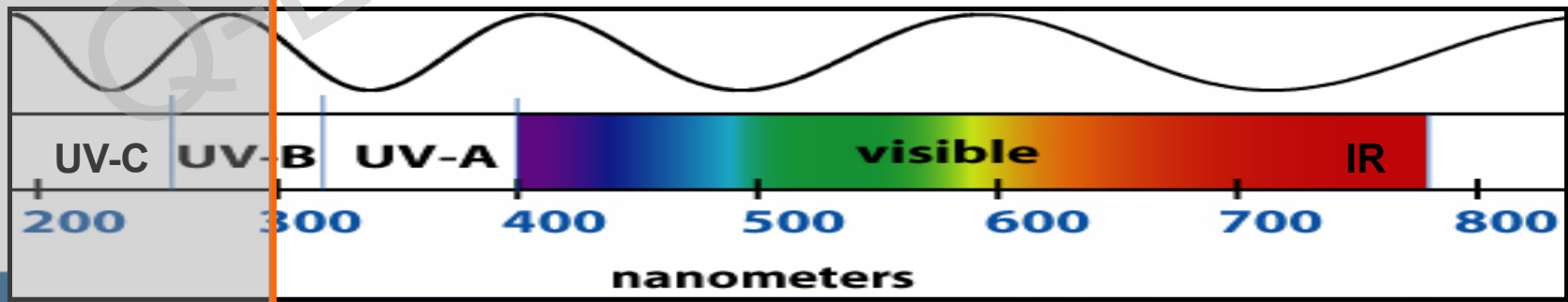
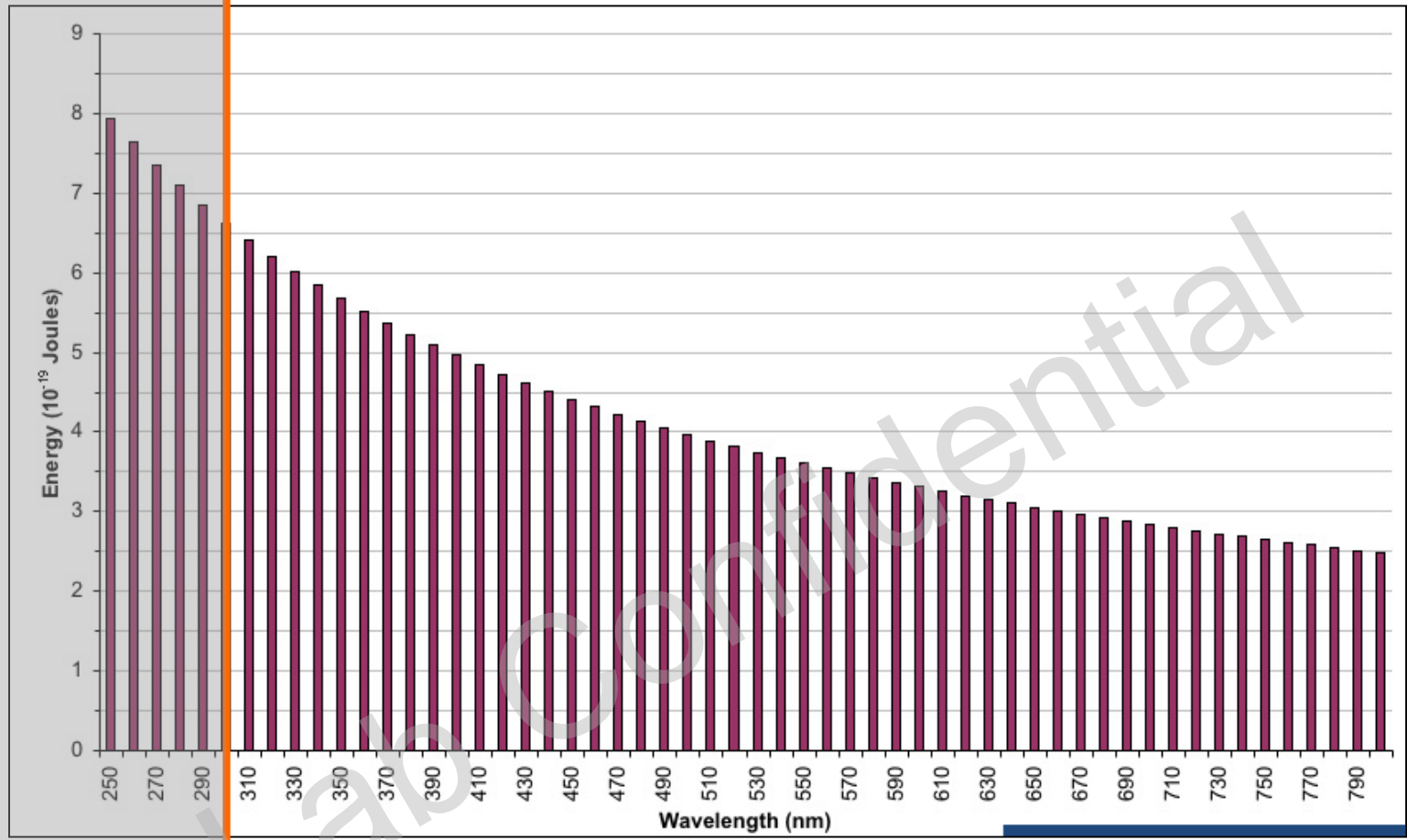
UV	295-400 nm	~7%
Visible	400-800 nm	~55%
IR	800-3000 nm	~38%

햇빛의 총 복사에너지 중 7% 에 불과 하지만...



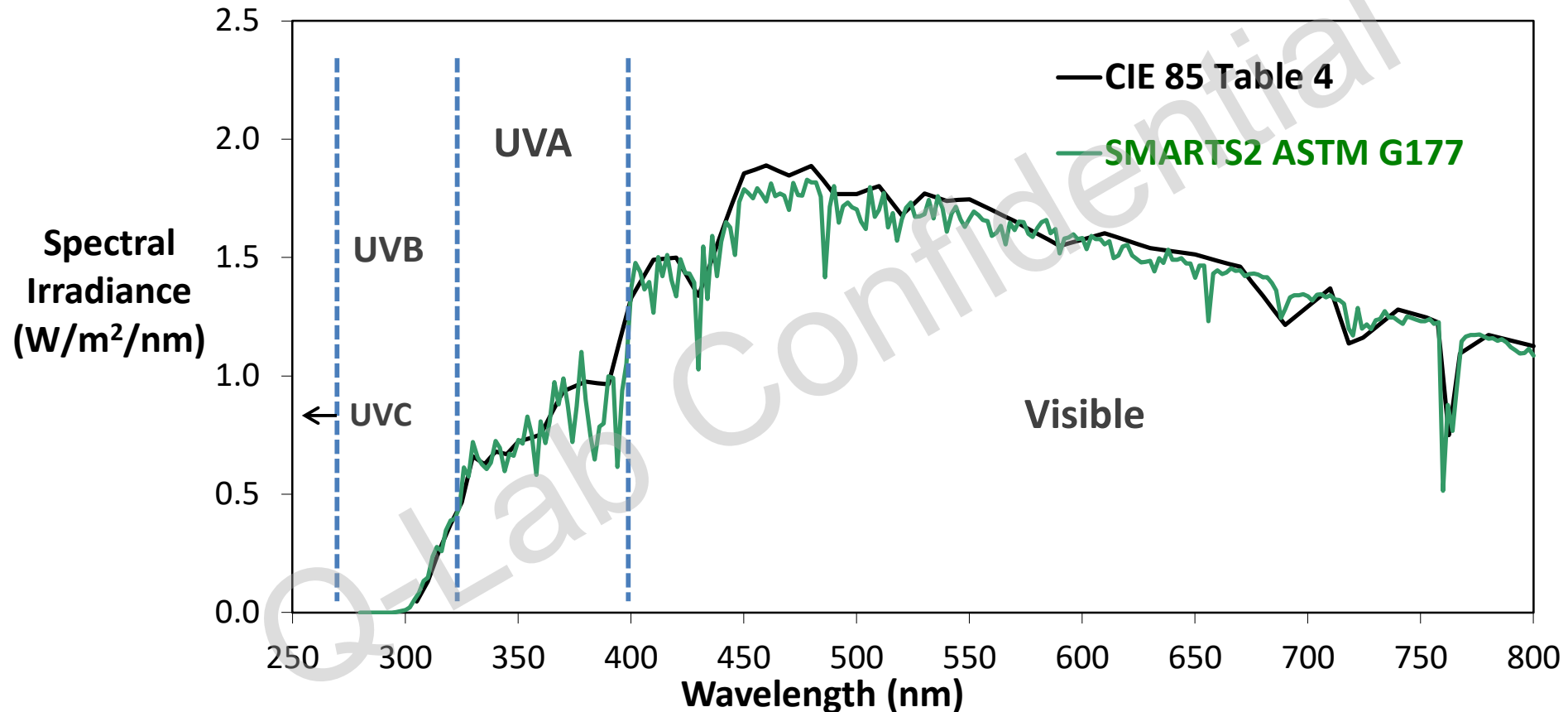
UV 사실상 모든 폴리머 품질저하의 원인

UV causes virtually all polymer degradation!



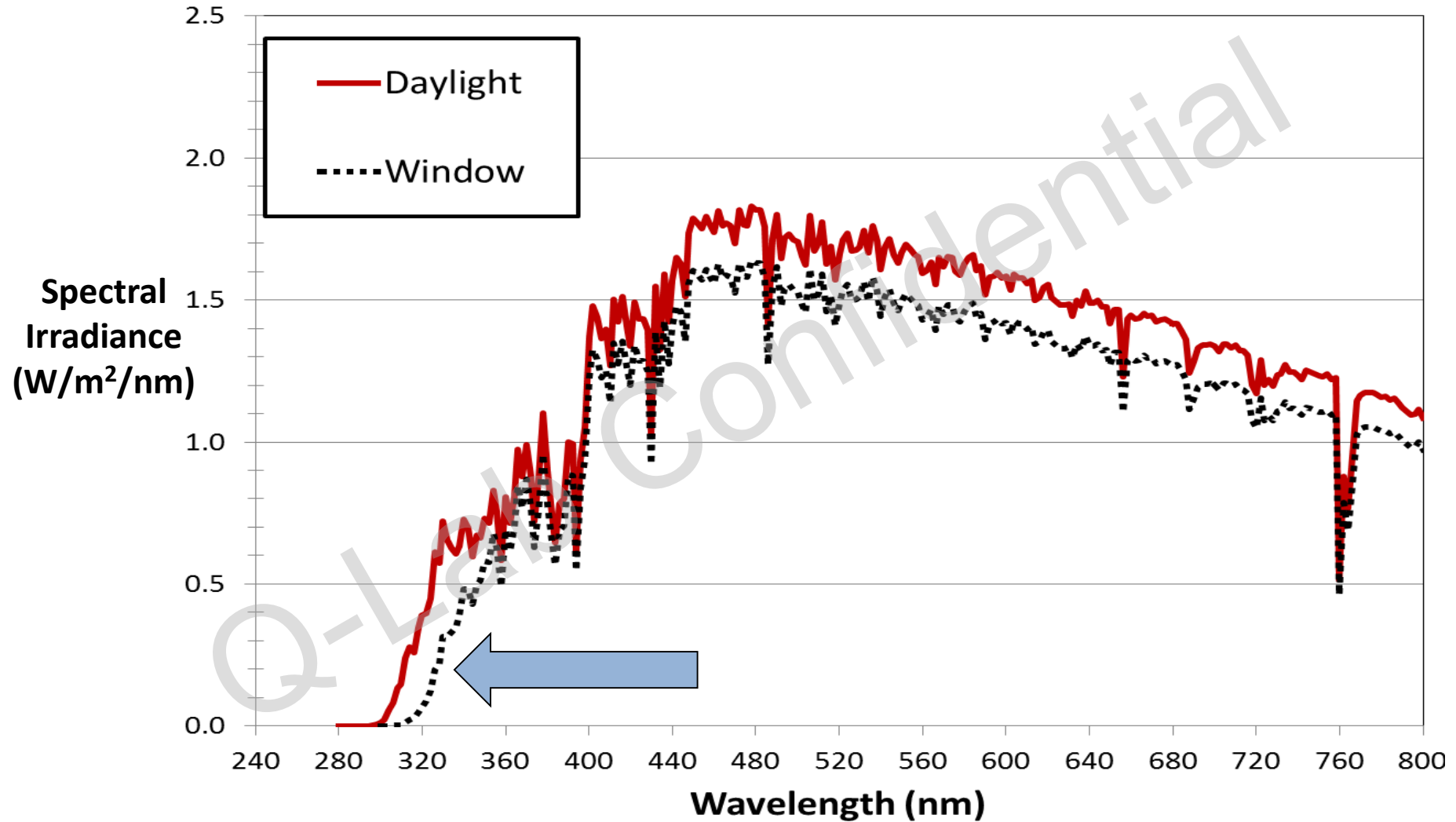
Spectral Power Distribution (SPD)

한여름 정오 태양빛

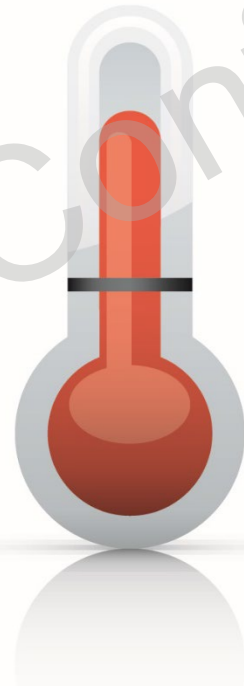


SPD: The absolute or relative radiant power emitted by a source, or incident upon a receiver as a function of wavelength. (ASTM G113)

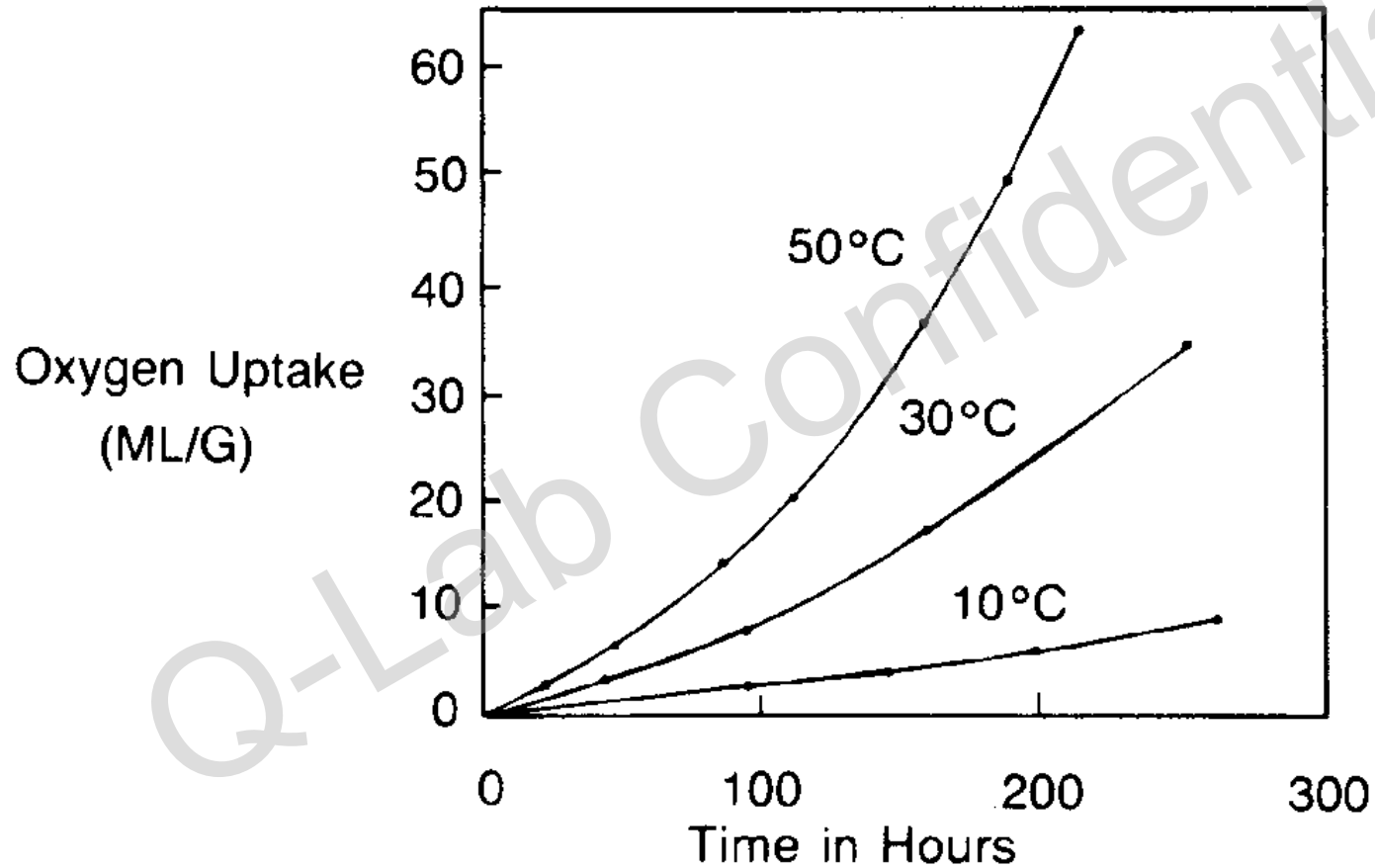
유리창을 통과한 태양 빛



Heat



온도의 효과: 폴리에틸렌(Polyethylene)의 산화율

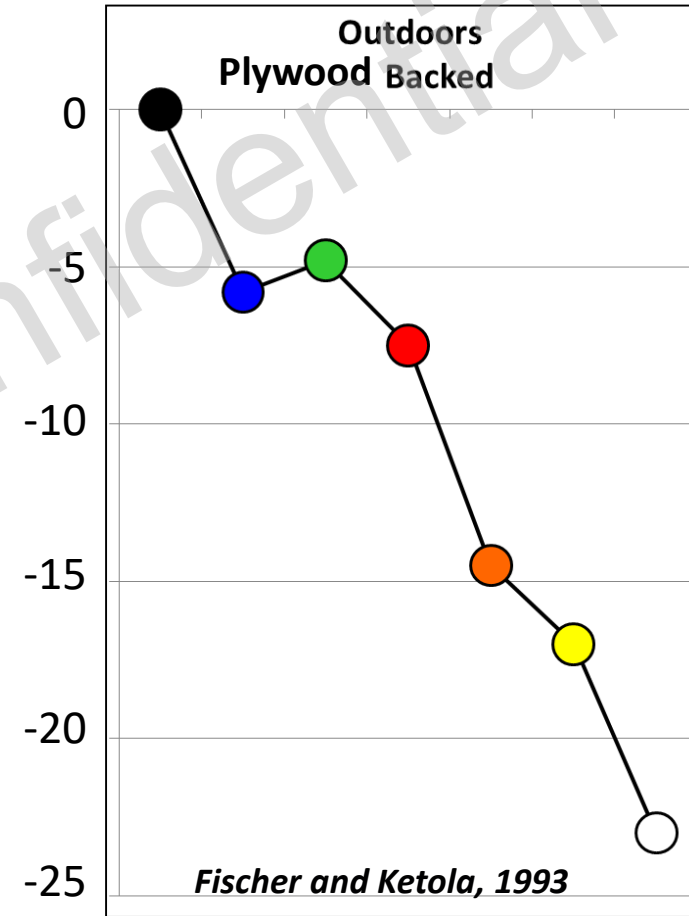
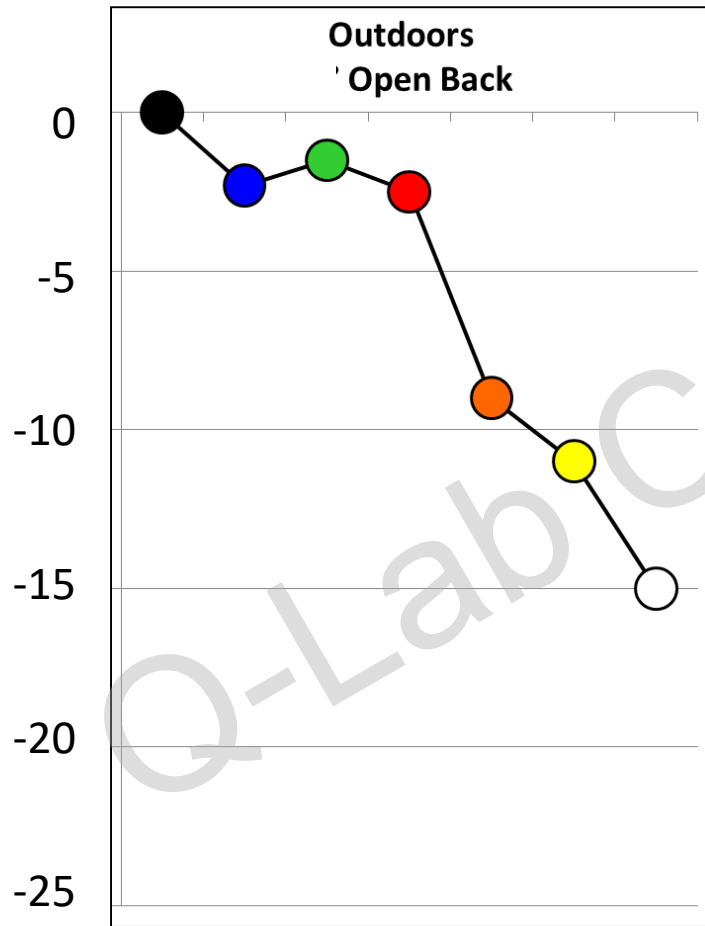


*Time In Hours Exposed to UV lamps

온도와 색

어두운 색이 더 높은 온도를 갖게 된다!

Temperature Δ
($^{\circ}\text{C}$)

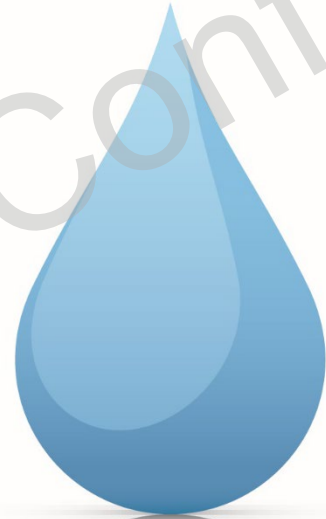


유리창 뒤의 열



유리창 뒤에 있는 자동차 내장품의 온도는
100 °C까지도 상승한다

Water



Q-Lab Confidential

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



Q-Lab Confidential

이슬

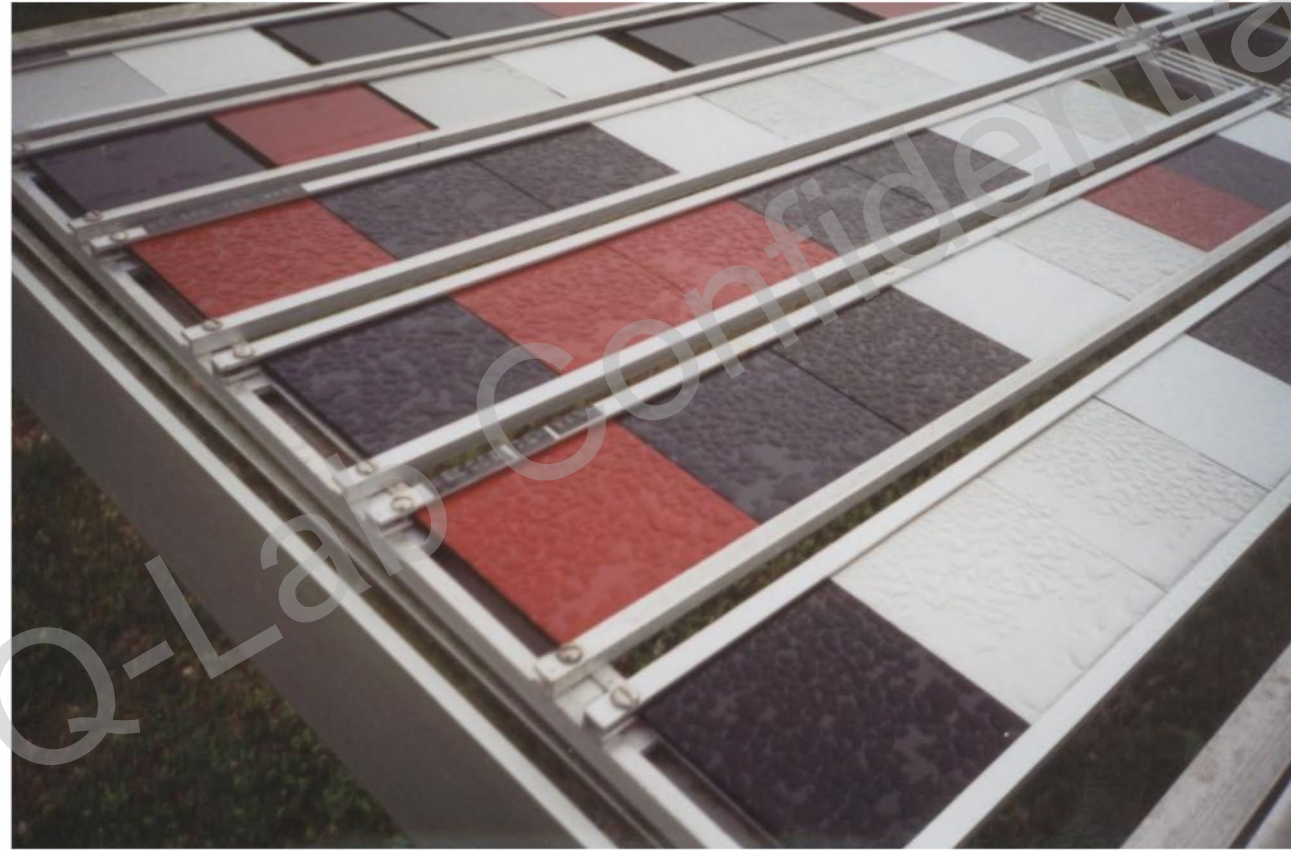
Dew



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

Q-Lab Confidential

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">• Defined• Short	Material specification

Q-Lab Confidential

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">• Defined• Short	Material specification
Qualification / validation	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none">• Defined• Medium-long	Reference material or specification

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">• Defined• Short	Material specification
Qualification / validation	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none">• Defined• Medium-long	Reference material or specification
Correlative	Rank-ordered data	<ul style="list-style-type: none">• Open-ended• Medium	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"> • Defined • Short 	Material specification
Qualification / validation	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"> • Defined • Medium-long 	Reference material or specification
Correlative	Rank-ordered data	<ul style="list-style-type: none"> • Open-ended • Medium 	Natural exposure (Benchmark site)
Predictive	Service life Acceleration factor	<ul style="list-style-type: none"> • Open-ended • Long 	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



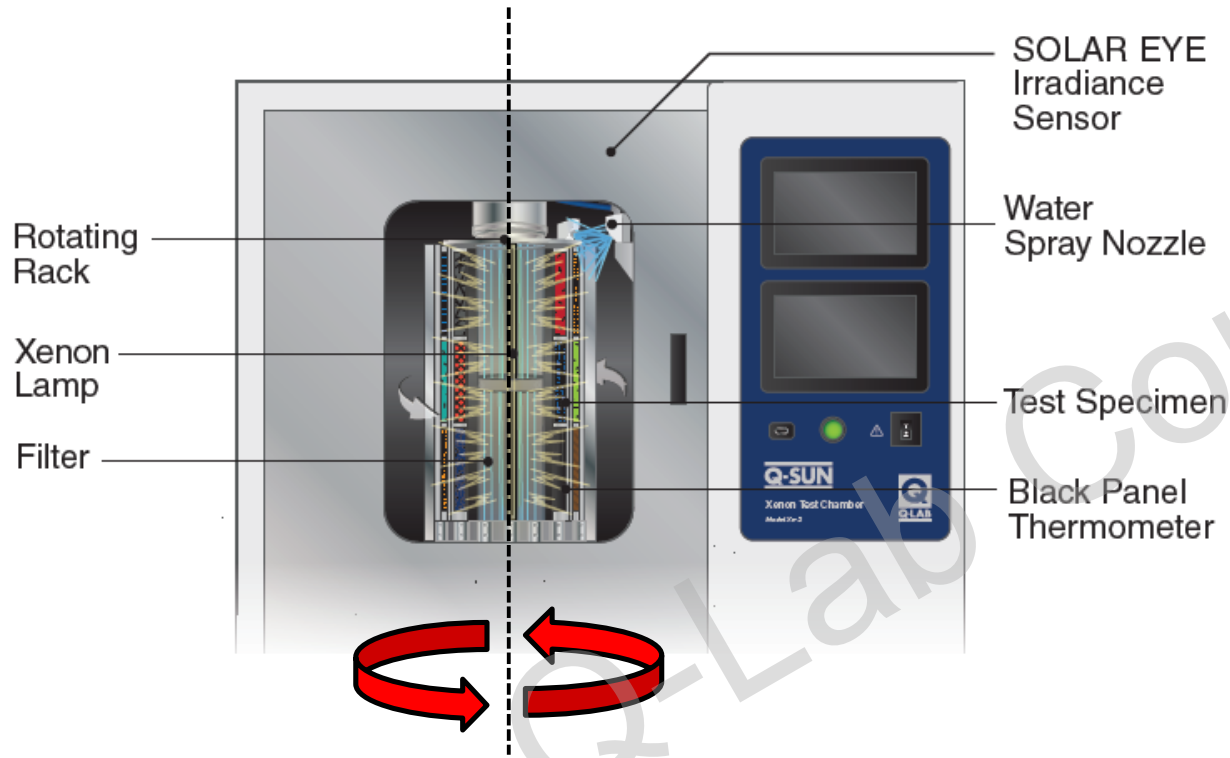
제논 아크 실험

(Xenon Arc Laboratory Weathering)

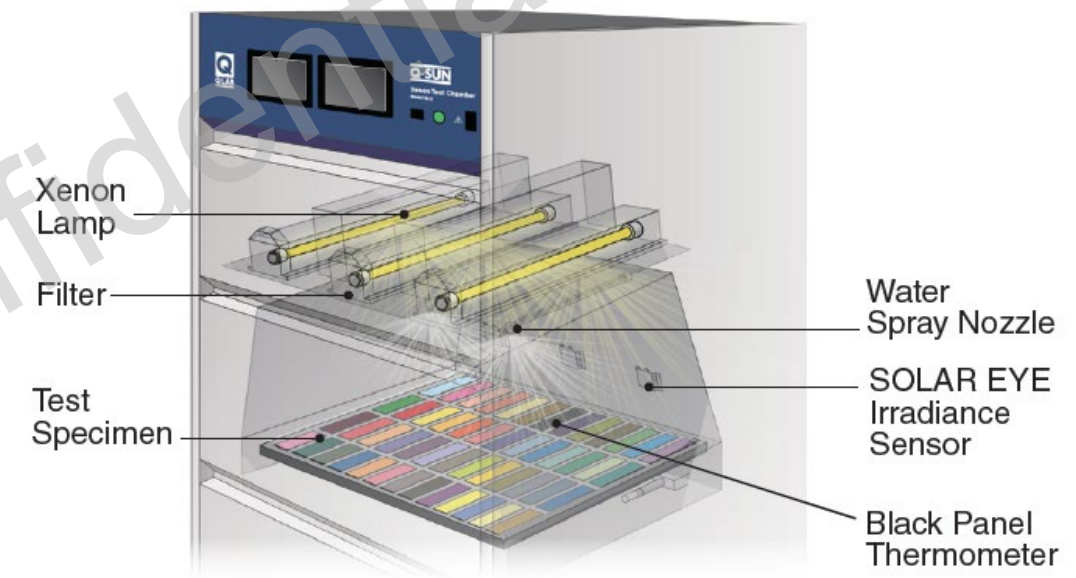
Q-Lab Confidential

제논 아크 실험 챔버

Xenon Arc Test Chamber



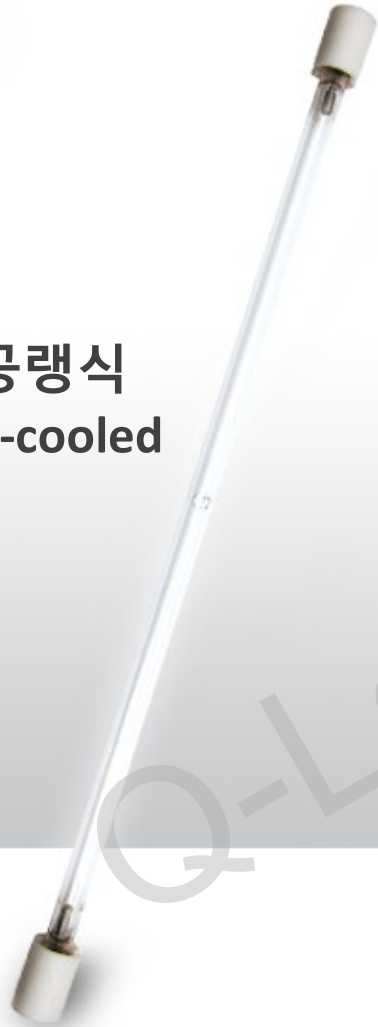
Rotating Drum



Flat Array

제논 아크 램프(Xenon Arc Lamps)

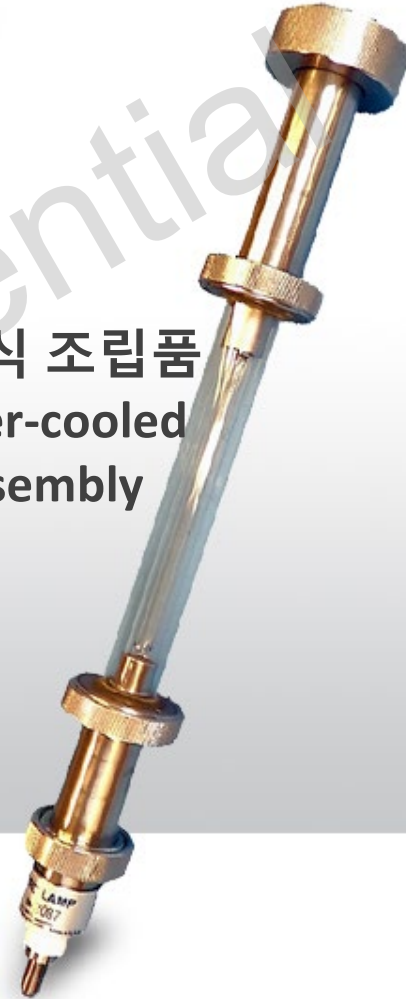
공랭식
Air-cooled



수랭식
Water-cooled



수랭식 조립품
Water-cooled
Assembly



필터 개요

- Daylight
- Window
- Extended UV

Rotating drum
“lantern”

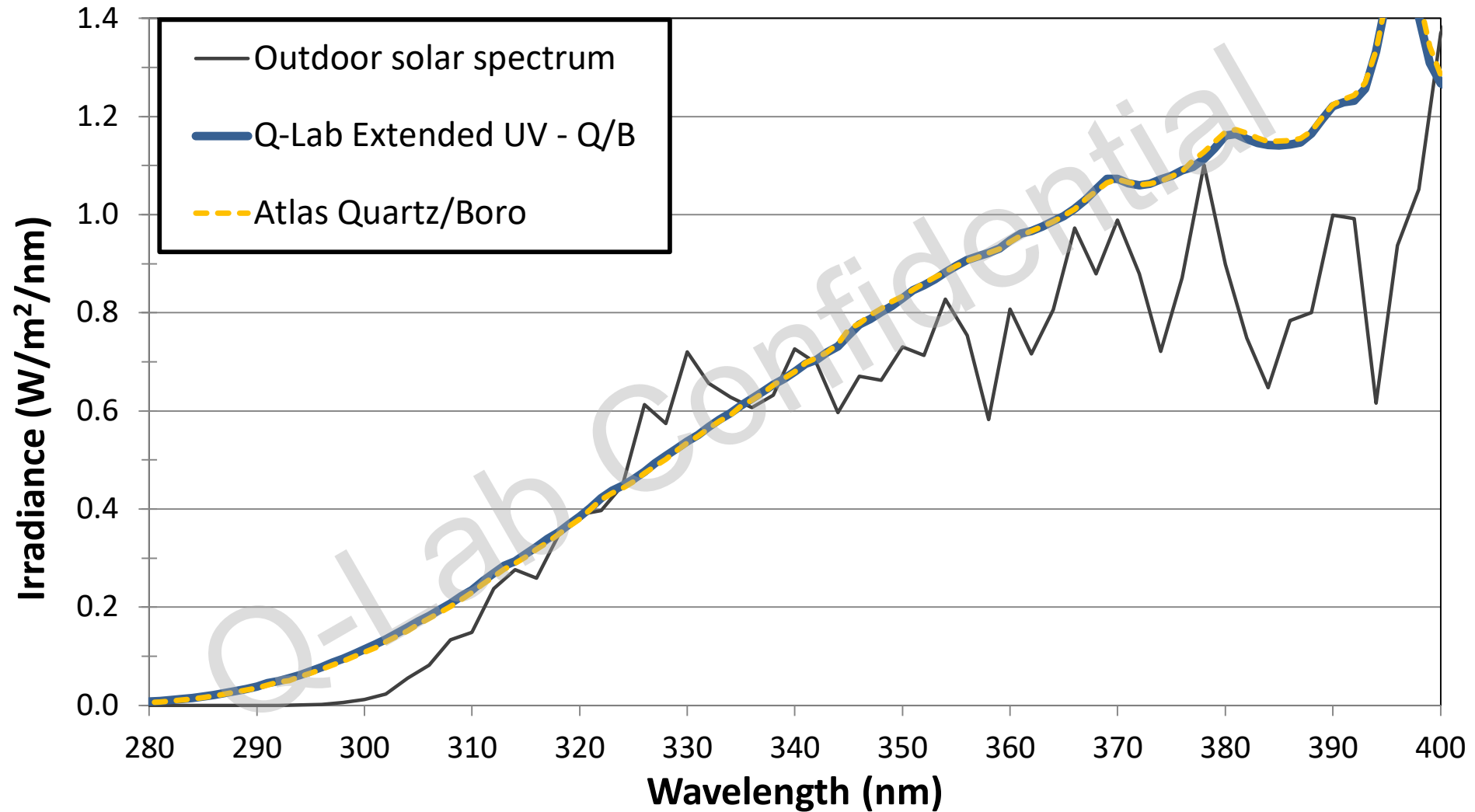


Flat array filter

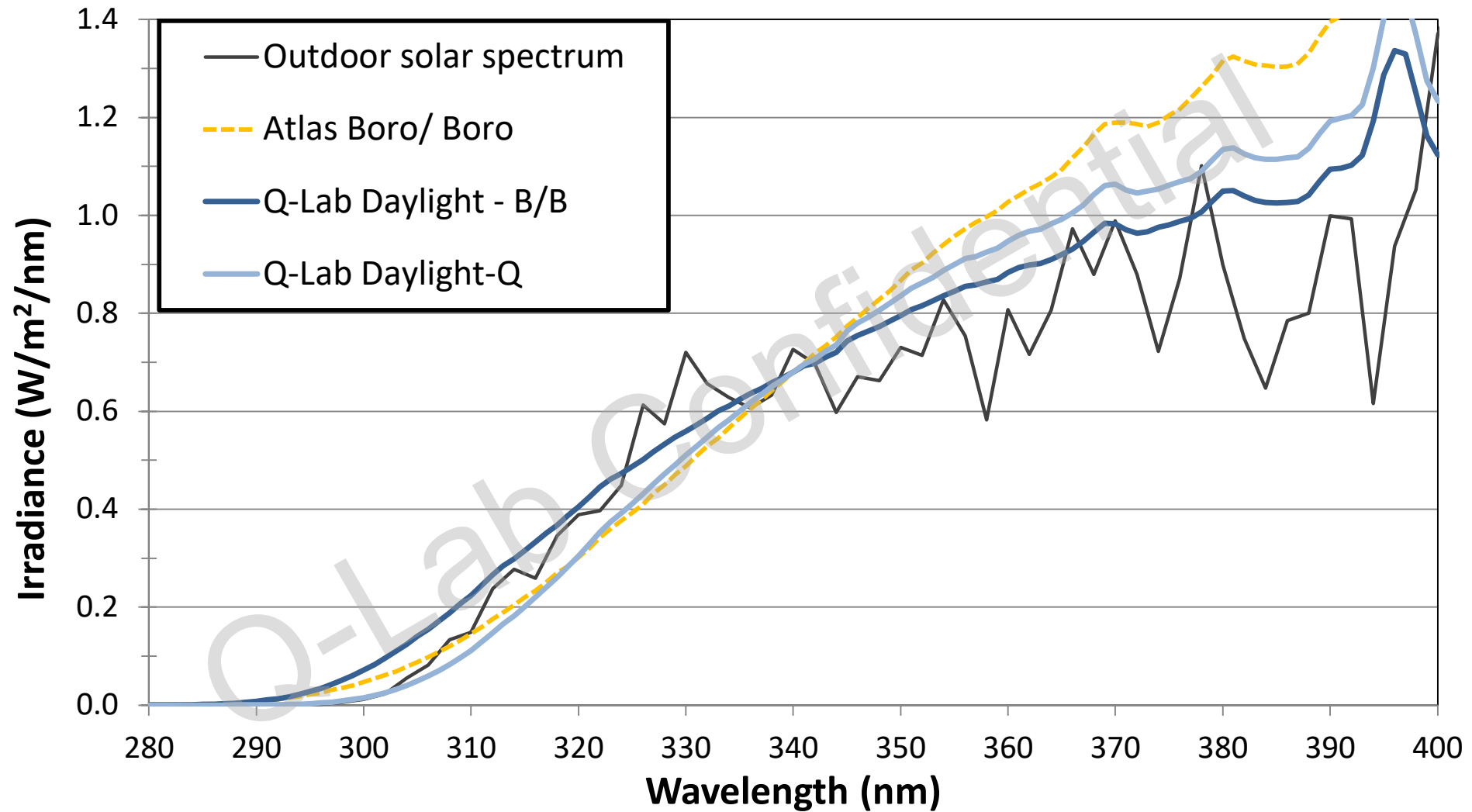


**Other specialized filters used occasionally*

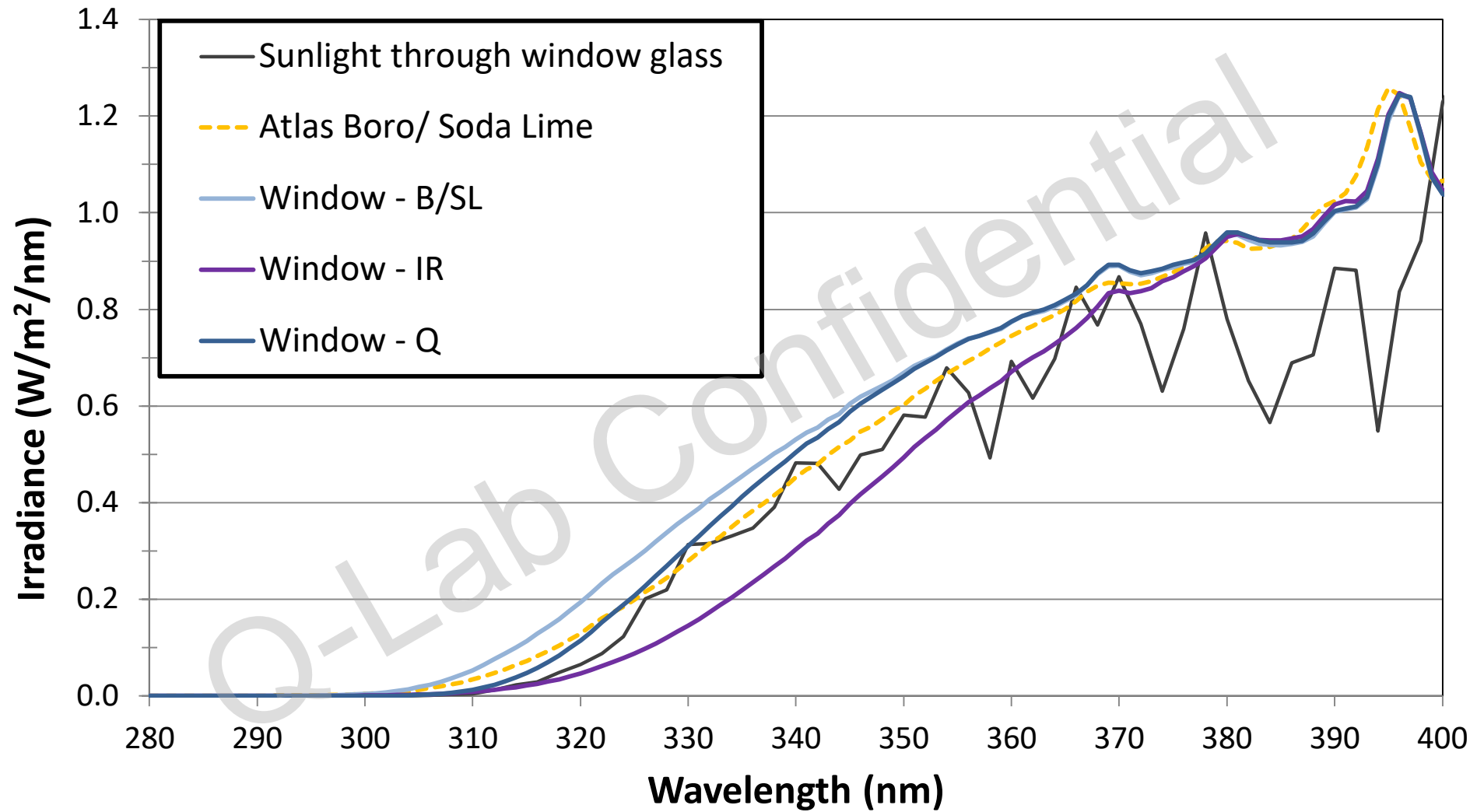
Extended UV 필터 비교



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
 <p>A photograph showing a black rectangular panel with a black sensor probe attached to its top surface. A blue pen with the 'q-lab.com' logo is placed horizontally above the panel for scale.</p>	<p>Black painted stainless steel</p>	<p>Uninsulated Black Panel</p>	<p>Black Panel</p>
 <p>A photograph showing a black rectangular panel mounted on a white rectangular base. A black sensor probe is attached to the top surface. A blue pen with the 'q-lab.com' logo is placed horizontally above the panel for scale.</p>	<p>Black painted stainless steel mounted on 0.6 cm white PVDF</p>	<p>Insulated Black Panel</p>	<p>Black Standard</p>

** 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
 - 보일러 형 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

Xe-1



Xe-2



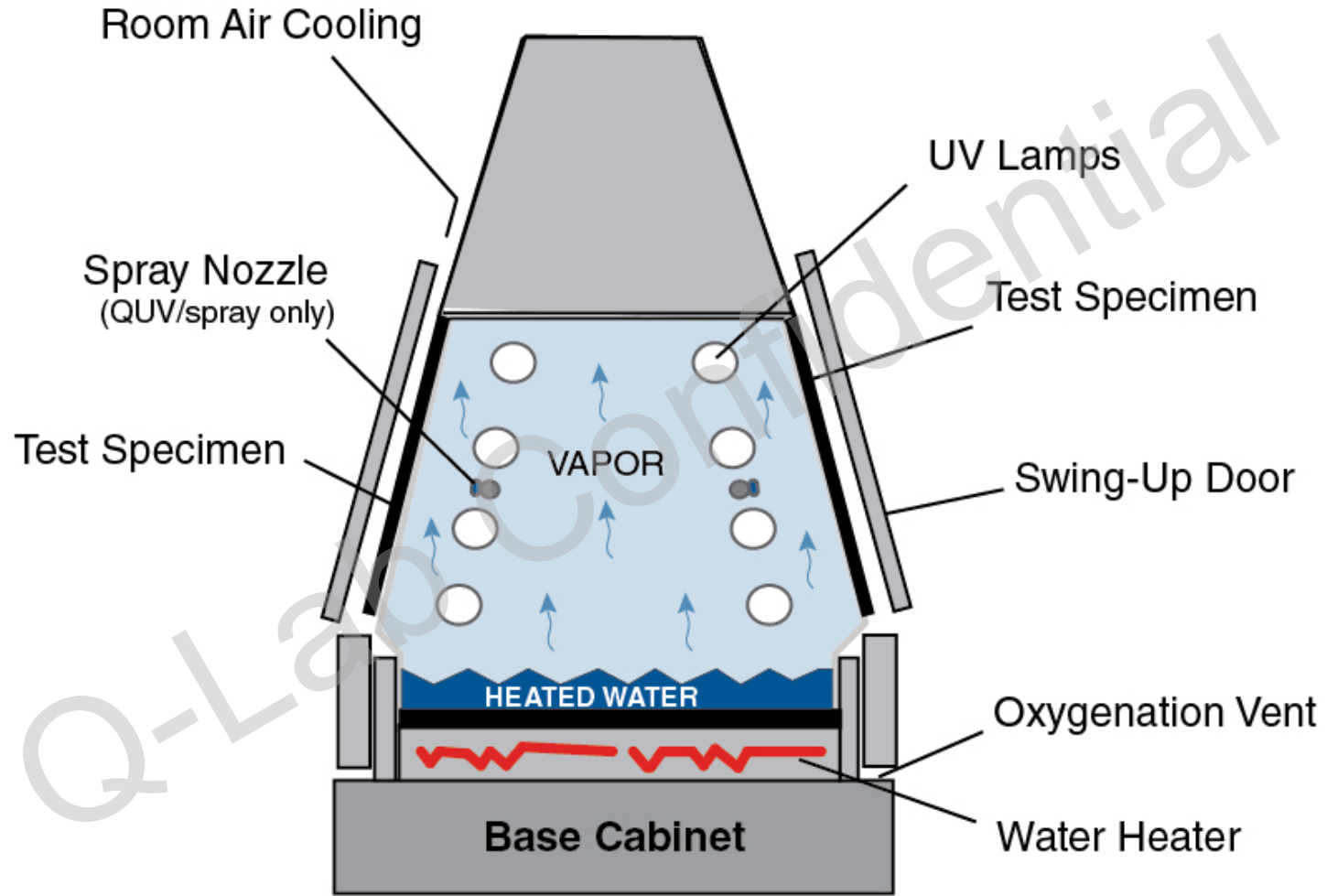
Xe-3



형광 UV 실험

Fluorescent UV Laboratory Weathering

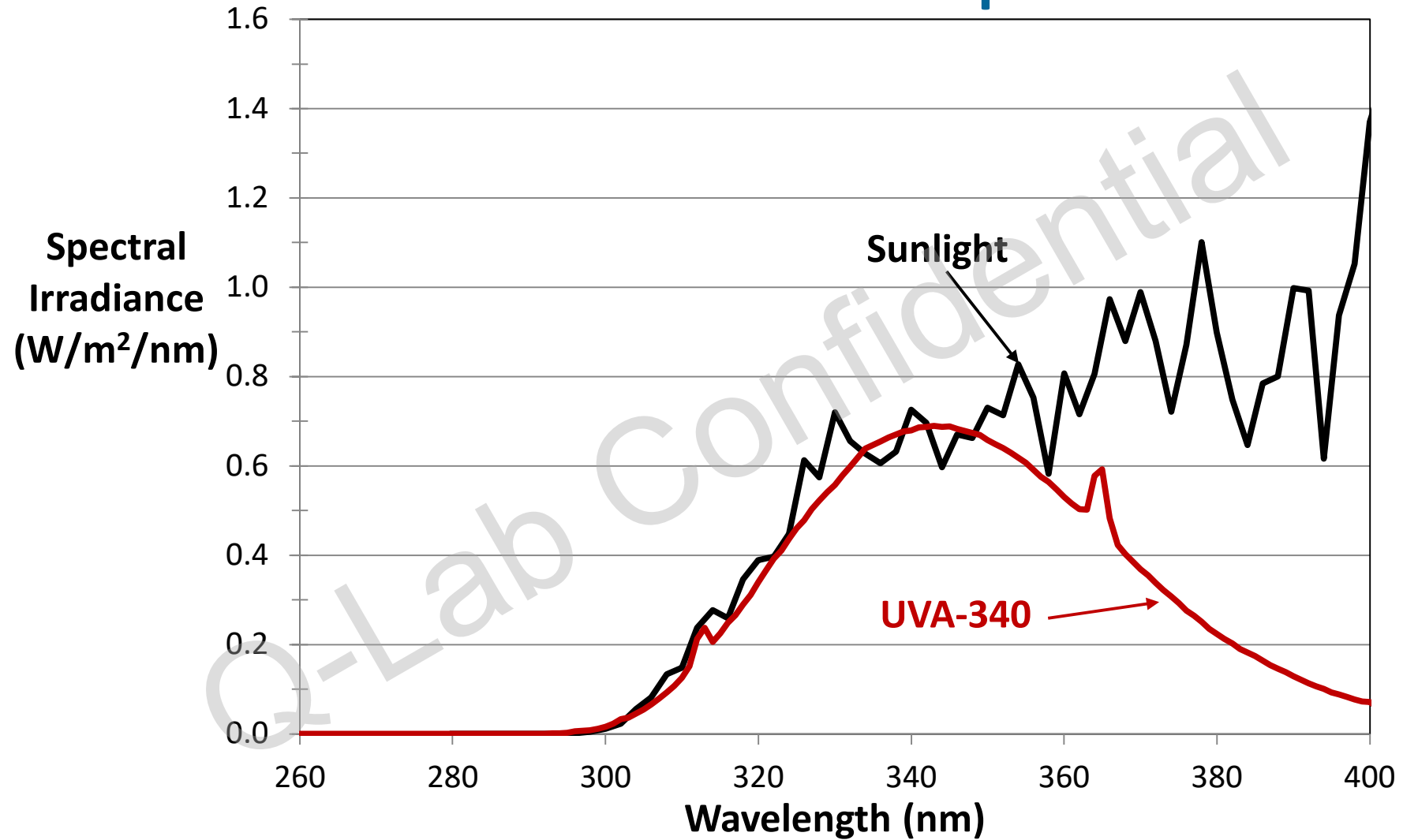
형광 UV 개요



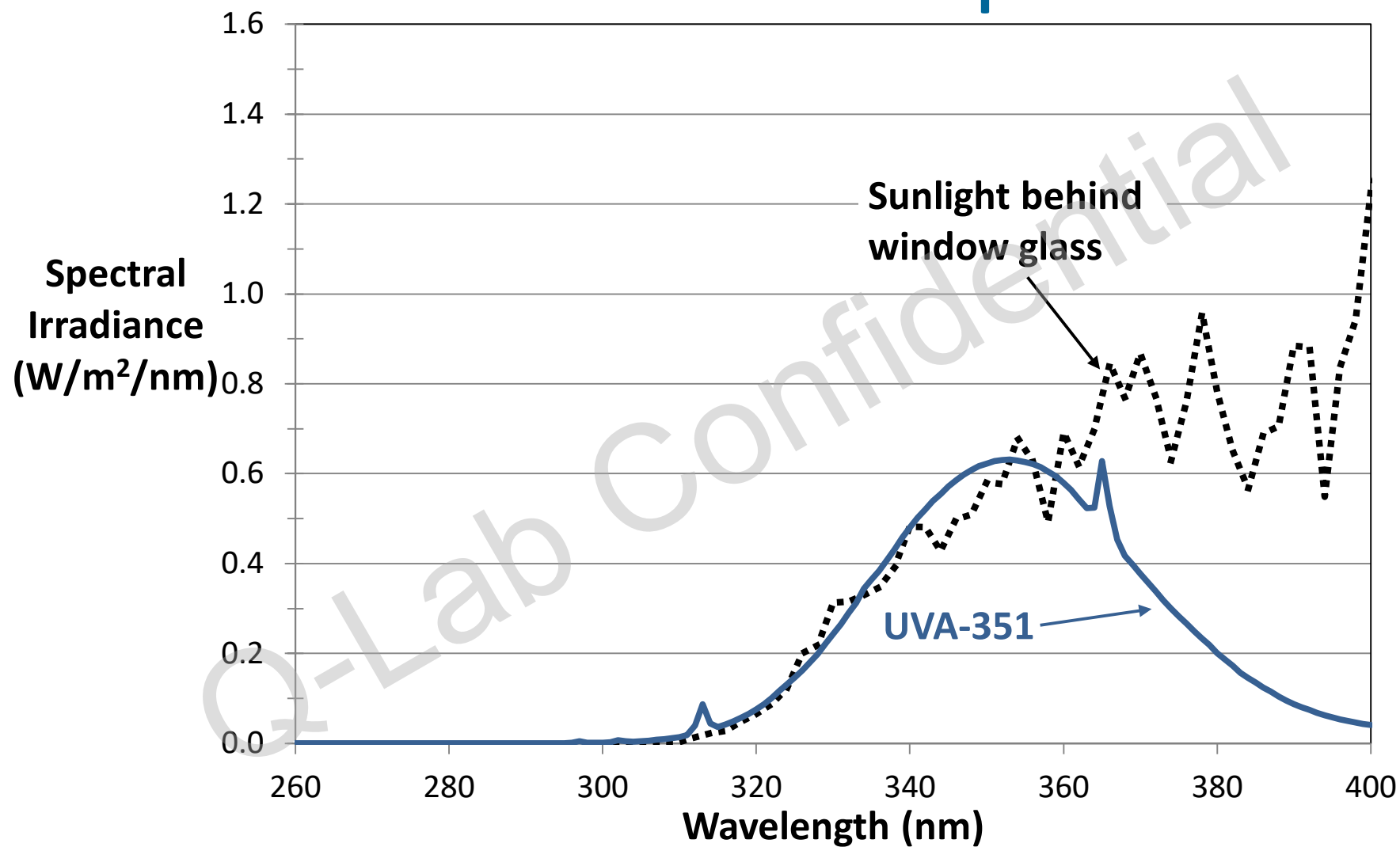
QUV 램프 요약

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

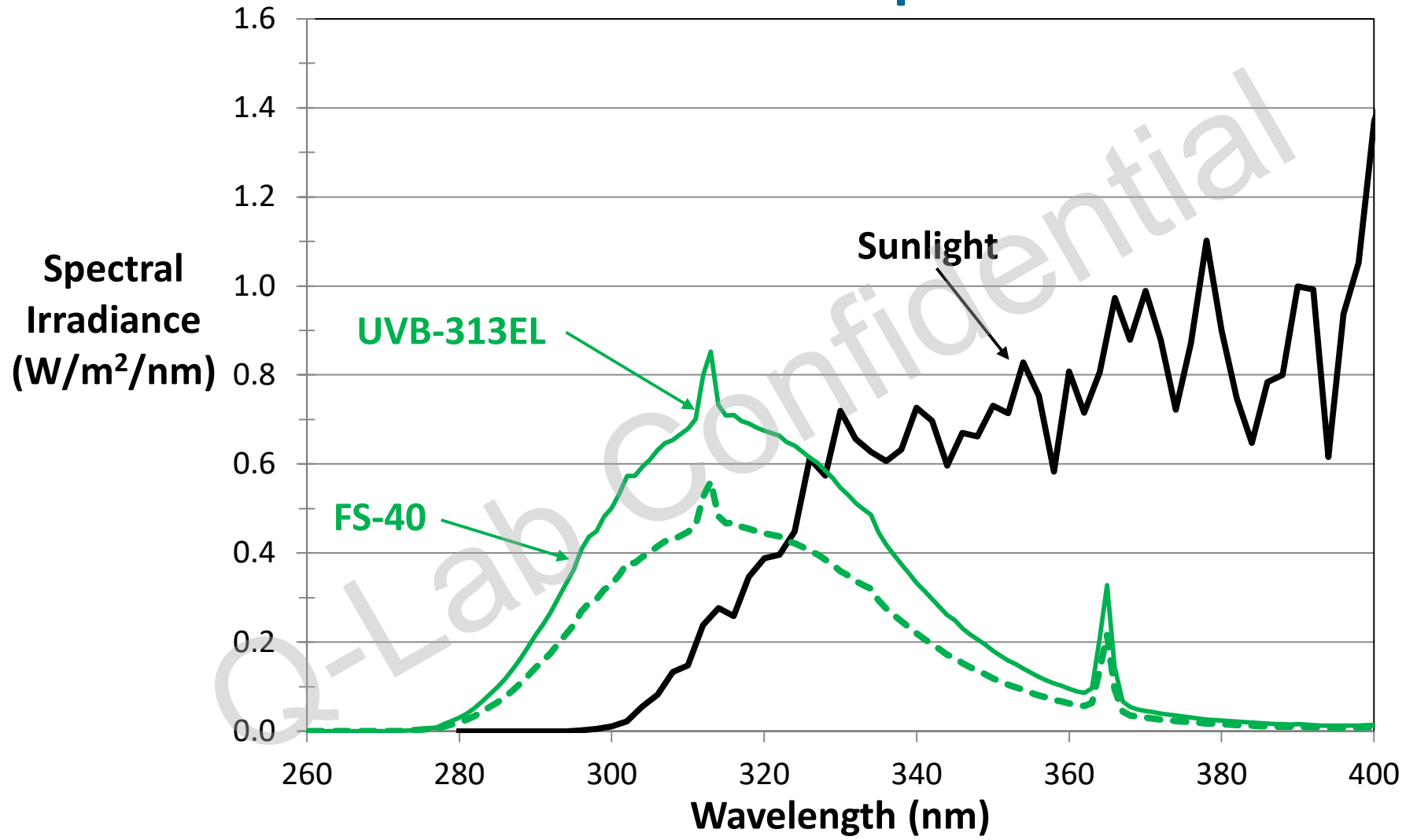
UVA-340 Lamps



UVA-351 Lamps

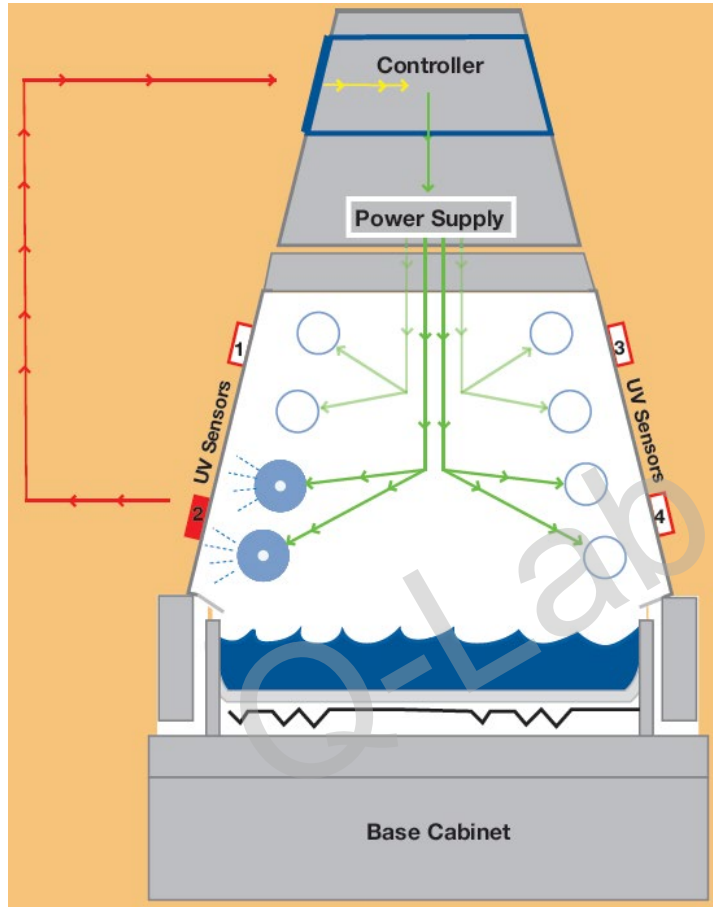


UVB Lamps



QUV SOLAR EYE™

조도 제어

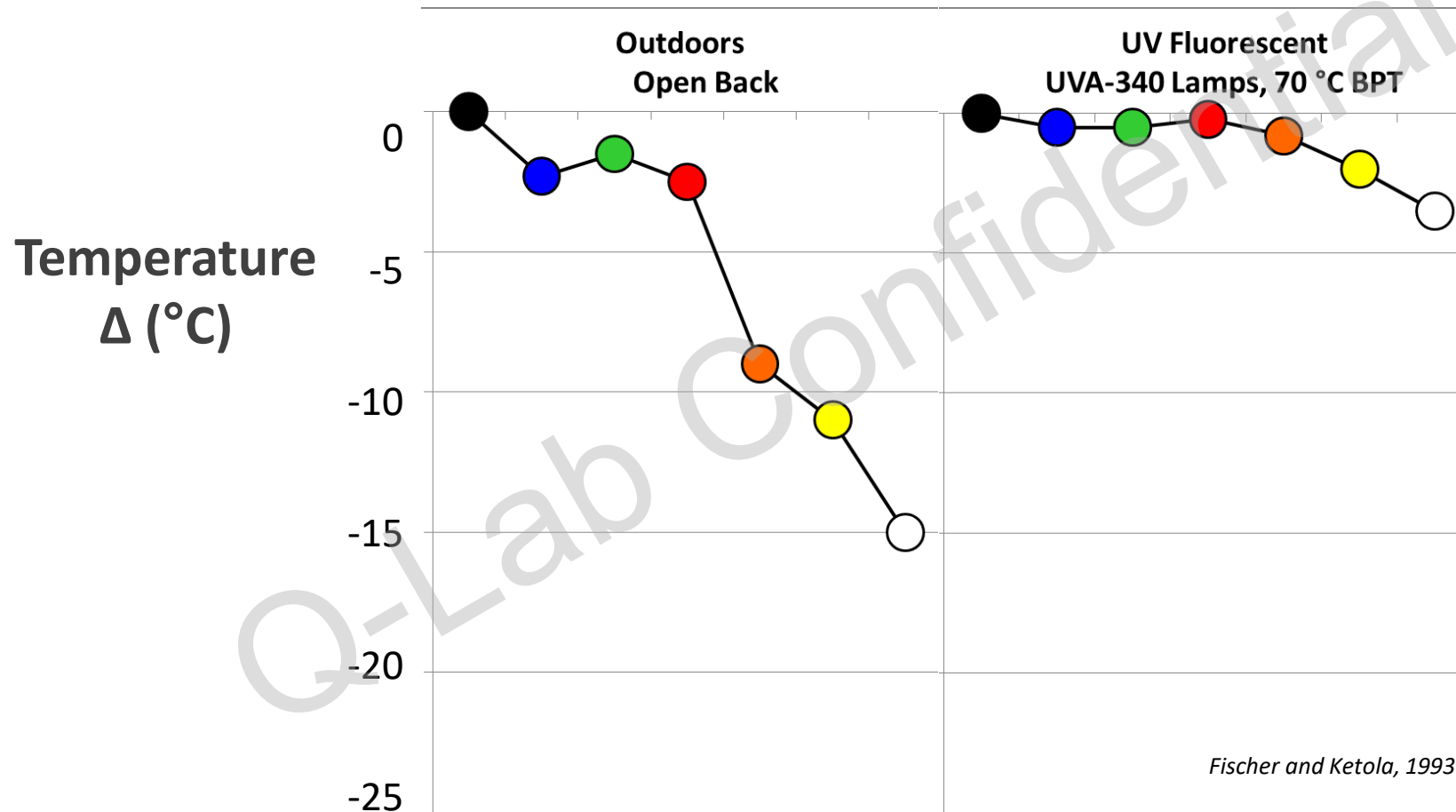


Feedback Loop Control

- 형광 UV 램프
- 광센서
- 제어 모듈

온도 & 색상

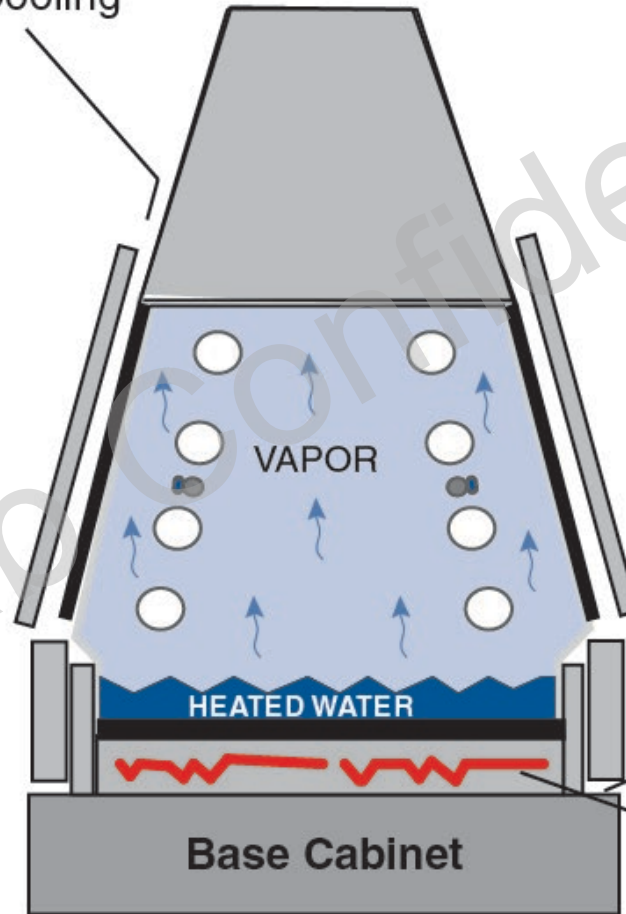
컬러 패널과 블랙 패널 간의 온도 차이



응축

Condensation

Room Air Cooling



응축의 장점

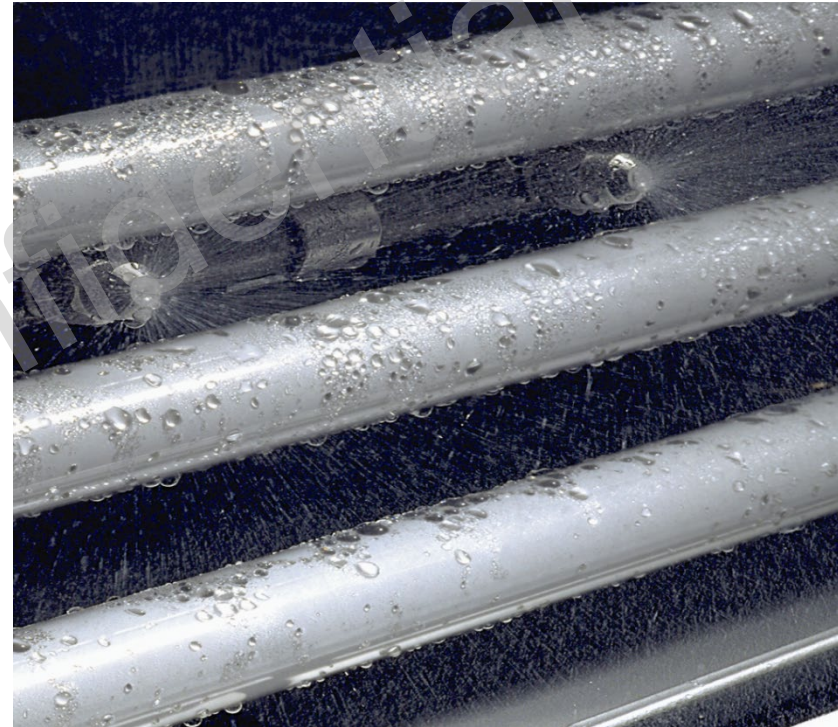
- 자연 습기와 가장 가까운 매칭
- 실험실 실험에서 습기를 가속화 하는 가장 좋은 방법
- 온도의 상승
- 높은 산소 O₂ 함량
- 시험기가 증류를 수행 - 깨끗한 물을 시편에 공급함.



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

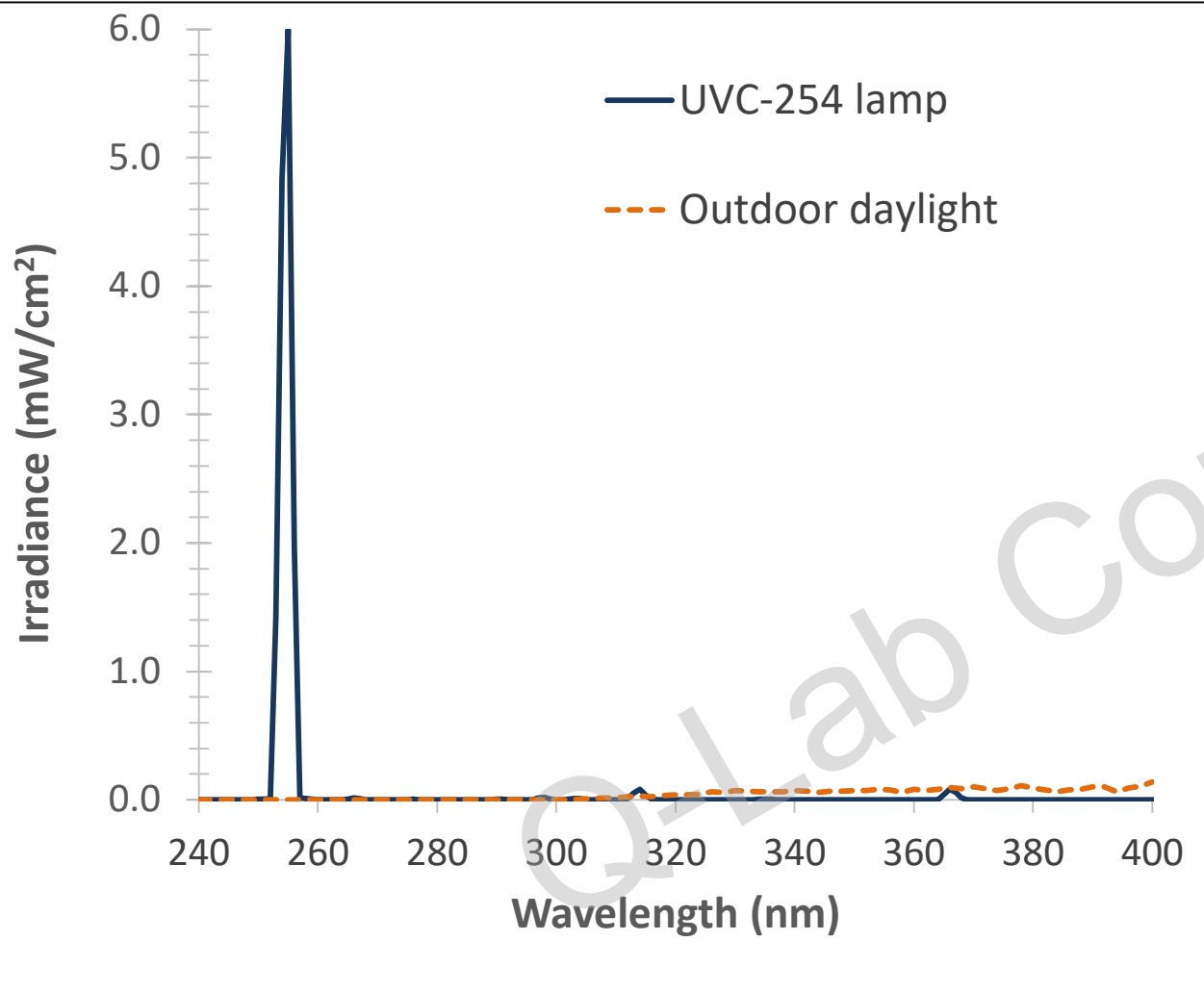


Testing with the QUV/uvc

- 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 낫요

- 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

sales@ij-inc.com, 02-546-9071