

자동차 부품의 촉진 부식 내구성 시험

Accelerated Corrosion Testing for Automotive Applications

Q-Lab Corporation



Charlie Lee(이응제 팀장), IJ Inc

[녹음하기](#)

Housekeeping



We make testing simple.



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 archived webinars are hosted at: q-lab.com/webinars
- Use the **Q&A feature in Zoom** to ask us questions today!



Thank you for attending our webinar!

We hope you found our webinar on *Automotive Corrosion Testing* to be helpful and insightful.

Q-Lab Corporation

- 1956년 창업
- 내후/내광성/부식 시험 전문 기업



볼튼, 영국
Q-Lab(社)유럽



상하이, 중국
Q-Lab(社) 중국



자르뷔르켄,
Q-Lab(社) 독일

Q-Lab(社) 옥외폭로/인증시험 시설



마이애미, 플로리다



피닉스, 아리조나



Topics

- 자동차 부식 개요 Automotive Corrosion overview
- 복합 부식시험 (Cyclic Corrosion Testing)의 최근 추세 Recent developments in Cyclic Corrosion Testing
 - 상대 습도 제어 Relative humidity control
 - 전해질 용액의 변이 Electrolyte (salt) solutions
- 최신 복합 부식 시험의 방법과 시험 장비 Modern cyclic corrosion test methods and laboratory equipment

자동차 부품의 부식

Corrosion of Automotive Components



자동차 부식의 원인은?

What Causes Automotive Corrosion?

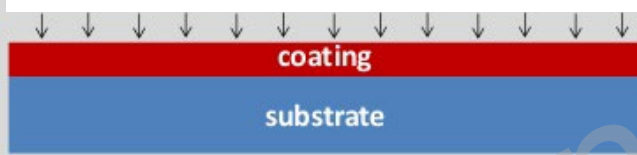
- 부식인자를 지닌 기후에 노출 Exposure to a corrosive climate
 - 젖음 과 마름 사이클 반복 Wet and dry cycles
- 기후환경에 화합물요소 첨가로 가속화 Accelerated if chemicals present
 - 염분, 산성 비 Salt, Acid Rain
- 금속물에 외부 충격 Metal becomes exposed
 - 스크래치, 충격, 칩(이 빠짐 현상) Scratch, impact, chip
- 때로는 충격 발생 이후 도장이나 코팅의 보호능력 미흡
Paint or coating may not protect after the initial damage

Mechanics of Corrosion

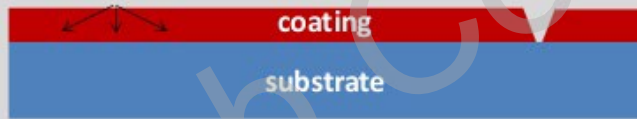
부식 방지 코팅 : 실생활 시나리오

Anti-corrosion coating: real-life scenario

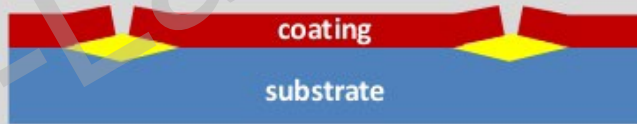
대기, 기계적 손상



부식 방지 코팅이
부식성 대기를
차단한다



부식 방지 코팅의
손상: 수분과 부식
인자가 코팅을 통과
한다



부식 방지 코팅
전방위 손상 →
시스템 붕괴

부식 구분

Corrosion Types

외관 부식 Cosmetic corrosion

- 페인트의 보호 역할 Paint Protection
- 높은 수분 High Moisture
- 도로 물 튀김 Road Splash Effect



구조 부식 Structural Corrosion

- No UV
- 부품의 코팅여부 Parts are coated?



부식의 유형

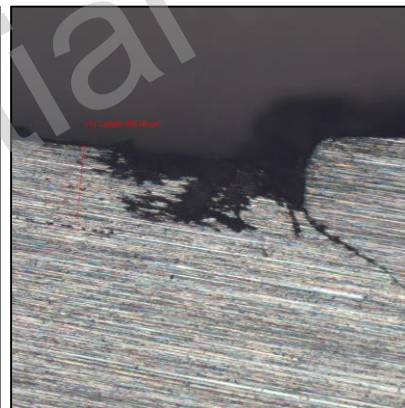
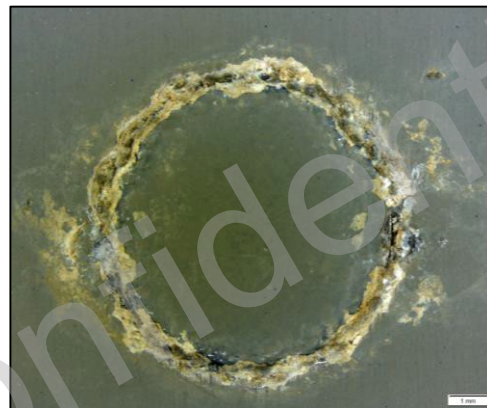
Corrosive failure modes



탄소 섬유와 결합한 5xxx 시리즈 알루미늄

5xxx series Aluminium joined to Carbon Fiber

- 혼합 재료 구성 Mixed material construction
 - 이종금속접촉 부식 Galvanic corrosion
 - 틈새 부식 Crevice corrosion
 - 사상 부식 Filiform corrosion



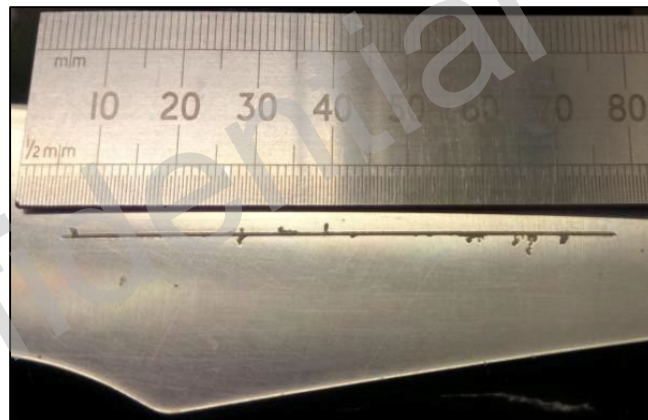
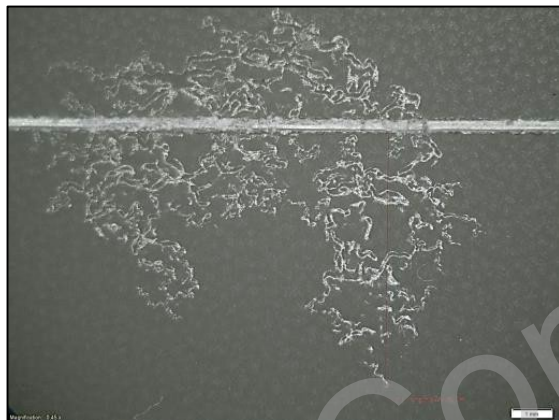
알루미늄 판재에 강철 리벳 결합

Steel rivets into sheet aluminium

- 실제 옥외의 환경조건과 실험실의 시험법과의 상호 연관성을 규명하는 것은 아주 중요함
Critical to correlate laboratory test methods to real world conditions

부식의 유형

Corrosive failure modes



6xxx 시리즈 알루미늄도장 판의 사상 부식

Filiform corrosion on 6xxx series painted sheet aluminium.

다이아몬드 절삭 로드 휠 표면 (Al-Si, Mg)의 사상 부식

Filiform corrosion on (lacquered) diamondcut road wheel surface, Al-Si, Mg

이종금속접촉 및 틈새 조건, 절단된 모서리, 보수 코팅 된 표면 등에서 가속화 됨

Accelerated by galvanic & crevice conditions, cut edges, reworked surfaces

자동차 부식 시험 부품 시험

Automotive Corrosion Testing Component level

테스트 방법 별 Test Method Types

- 중성염수 분무 Neutral Salt Spray
- CCT
- CASS

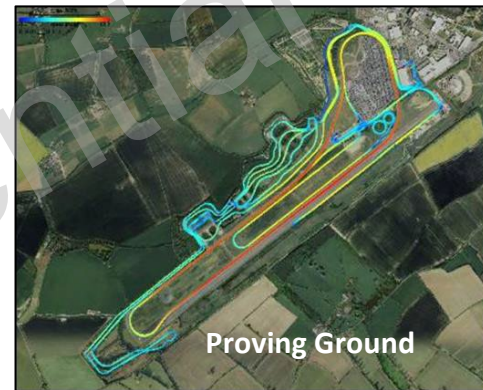
시편 종류 별 Test Specimen Types

- 평판형 패널/쿠폰 Flat panels/coupons: open, crevice, cosmetic
- 전체 구성품: 예시) 고정장치, 배기 장치, 로고(badge), 휠 Full components: e.g. fasteners, exhaust trim, badges, wheels



자동차 부식 시험 전체 차량(whole vehicle)

Automotive Corrosion Testing Whole Vehicle



- 습도 & 온도 Humidity & temperature
- 염수 분무 Salt spray
- 주행 사이클 (먼지 트랙, 오프로드, 내구성 시험 도로)
Drive cycles (dust tracks, off road, durability roads)
- 해체 및 평가 Teardown & evaluations

자동차 부식 시험의 목적

Automotive Corrosion Testing Objectives

- **목적 1:** 부식 이전과 이후의 성능 비교, 판단
Objective 1: Determine performance *before* and *after* damage
- **목적 2:** 현실적인 시험 방법의 선택과 실행
Objective 2: Select and use realistic test methods
- **목적 3:** 자연상태 결과와 상호 근접한 결과를 얻는 가속시험 함수 설정
Objective 3: Accelerate test and generate correlative results

**복합 부식 시험의 최신 발전으로 이러한
목적 달성에 현실 성 있게 접근**

Recent advances in cyclic corrosion testing help us to reach these objectives

실험실 촉진 부식 시험

Laboratory Accelerated Corrosion Testing

복합부식부식 시험 (CCT) 및 상대 습도 제어

Cyclic Testing and Relative Humidity Control



복합 부식시험의 변화와 그 이유는?

What is changing about cyclic corrosion testing, and why?

- PV1210 와 JASO M609 같은 복합 부식시험은 ASTM B117과 같은 단순한 시험에 비해 현실적이지만 모든 경우에 적용하긴 어렵다. Cyclic tests like PV1210 and JASO M609 more realistic than simple tests like ASTM B117 but not good enough for all applications
- **최신의 현대식 부식 시험은 상대습도를 50-90%로 제어하고 유지한다** Modern Corrosion tests control and maintain RH between 50-90%

최신 부식 시험의 주요 측면

Key Aspects of Modern Corrosion Tests

- 특정 상대습도의 설정 (대기, 습기, 건조 조건 설정에 덧붙임)
Specific relative humidity settings (not just ambient, wet, or dry)
- 재현성 증가 목적으로 온도 및 RH, 그리고
변환조건(transitions) 제어
Controlled temp/RH and transitions to improve reproducibility
- 맞춤형 전해질(염수) 용액(고객 맞춤)
Custom electrolyte (salt) solutions
- 염수 “Fog” 경우, 때로는 직분사 (“Shower”)로 대체
Salt “Fog” sometimes replaced by direct spray (“Shower”)

현대식 자동차 부식 표준의 환경 조건 요약

Summary of Environmental Conditions in Modern Automotive Corrosion Standards

Cycle	Solution	Spray Type	RH < 50%	50%≤RH<76%	RH≥76%
Ford L-467/Volvo (ACT2)	NaCl 0.5% pH uncontrolled	Shower	0%	66%	34%
GMW 14872	NaCl 0.9% CaCl ₂ 0.1% NaHCO ₃ 0.075% pH uncontrolled	Shower	46% (22% below RH30%)	16%	38%
Renault D17 2028 (ECC1)	NaCl 1.0% pH =4.0 (H ₂ SO ₄)	Fog	8%	62%	30%
VDA 233-102	NaCl 1.0% pH neutral	Fog	1%*	39%	60%
Volvo ACT1	NaCl 1.0% pH =4.2 (H ₂ SO ₄)	Shower	17%	31%	52%

Variety of electrolyte solutions and acidities

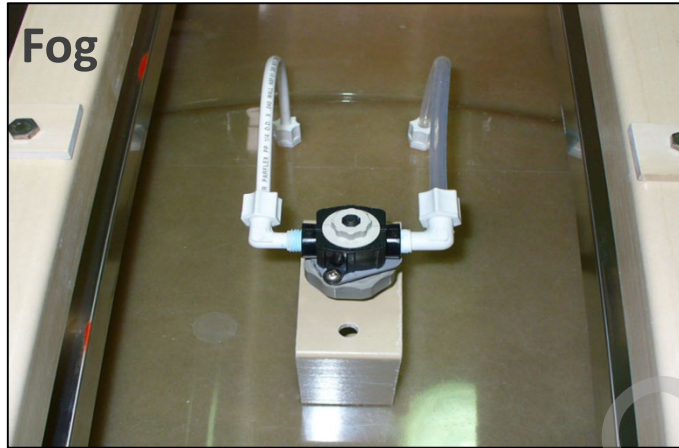
현대식 자동차 부식 표준의 환경 조건 요약

Summary of Environmental Conditions in Modern Automotive Corrosion Standards

Cycle	Solution	Spray Type	RH < 50%	50%≤RH<76%	RH≥76%
Ford L-467/Volvo (ACT2)	NaCl 0.5% pH uncontrolled	Shower	0%	66%	34%
GMW 14872	NaCl 0.9% CaCl ₂ 0.1% NaHCO ₃ 0.075% pH uncontrolled	Shower	46% (22% below RH30%)	16%	38%
Renault D17 2028 (ECC1)	NaCl 1.0% pH =4.0 (H ₂ SO ₄)	Fog	8%	62%	30%
VDA 233-102	NaCl 1.0% pH neutral	Fog	1%*	39%	60%
Volvo ACT1	NaCl 1.0% pH =4.2 (H ₂ SO ₄)	Shower	17%	31%	52%

Shower and Fog still both used widely

Fog and Shower

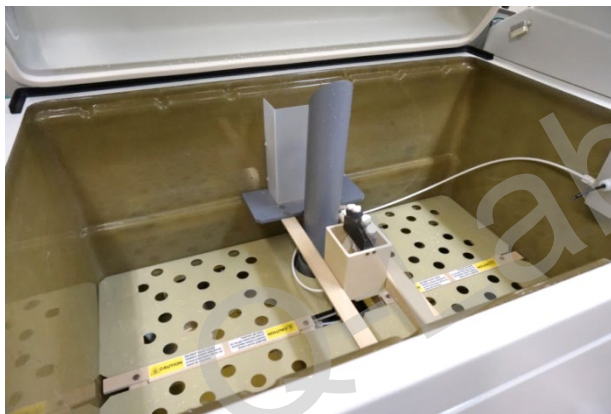


- 분무 노즐 Atomizing nozzle
- 개별 압축공기와 액체 솔루션 라인
Separate compressed air and liquid solution lines
- 펌프 스피드(pump speed)와 공기 압력(air pressure)으로 제어 Controlled by pump speed and air pressure



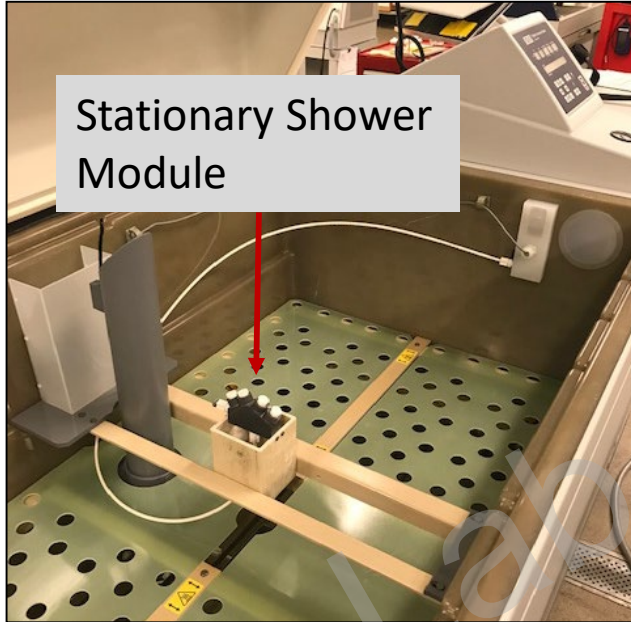
- 기존 fog 분무 노즐 위에 비압축 공기 노즐이 설치됨 Non-compressed air nozzles installed over existing atomizing fog nozzle
- 조절가능한 펌프 압력과 분무 on/off 사이클에 의해 제어 Controlled by adjustable pump pressure and spray on/off cycling

Advantages of Shower (Spray)



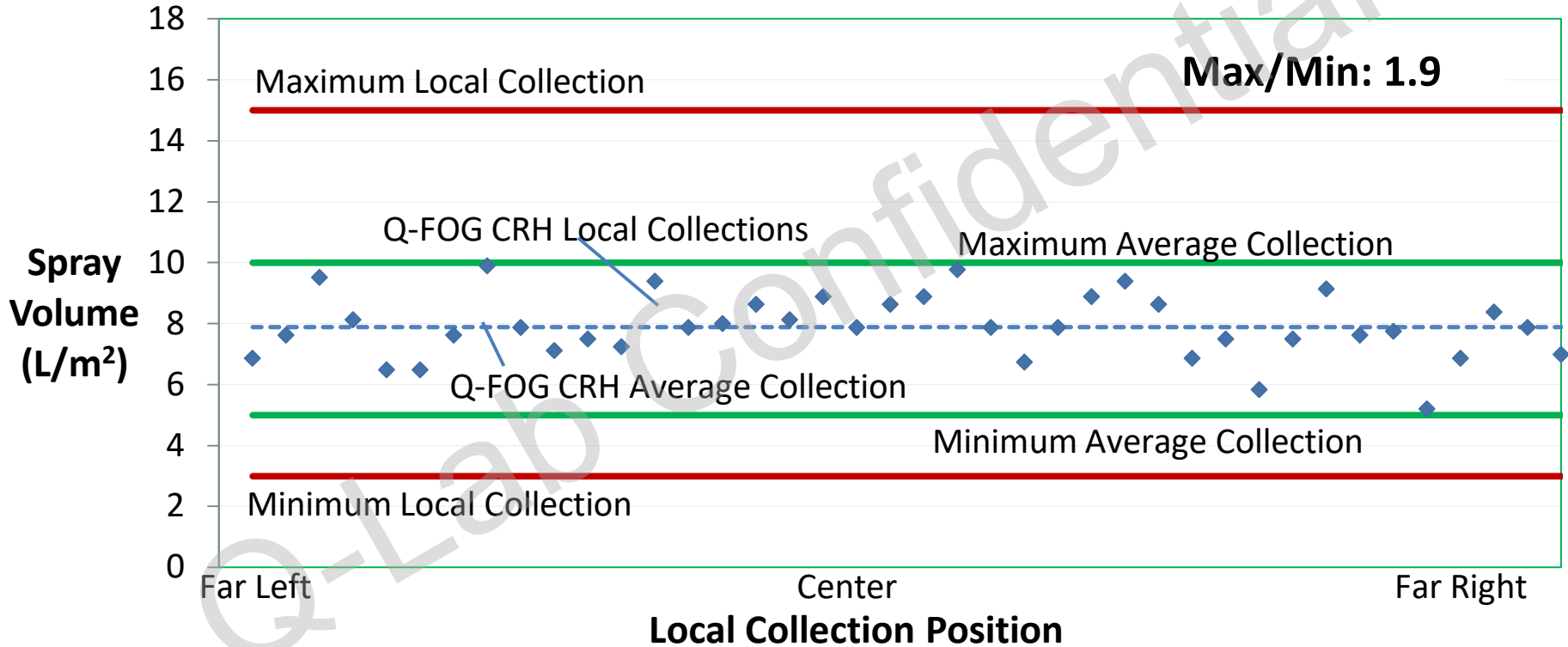
- 기존 fog 분사 보다 빠르게 시편을 적시는 대용량 스프레이 (~100 배 이상) High volume spray wets specimens faster than traditional fog (~100× more volume)
- 분사량을 제어하여 부식률 조정 가능 Spray volume can be controlled to adjust corrosion rates
- 챔버를 균일하게 커버하는 고정된 위치; 사용자가 위치 조정을 할 필요가 없음 Fixed position with uniform coverage of chamber; no need for constant user adjustment
- 노즐이 막혀 있는 경우 유량을 감지하여 경고 발생 Flow rate detection alerts user if a nozzle is plugged
- 초순수를 이용한 자가 세척(self cleaning) Self-cleaning with DI water

Shower System Types



Q-FOG CRH Shower Uniformity

40 positions (Ford L-467, Volvo ACT2)



현대식 자동차 부식 표준의 환경 조건 요약

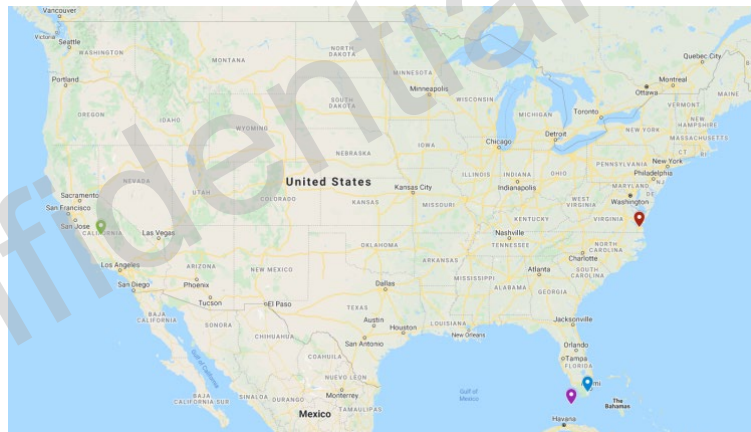
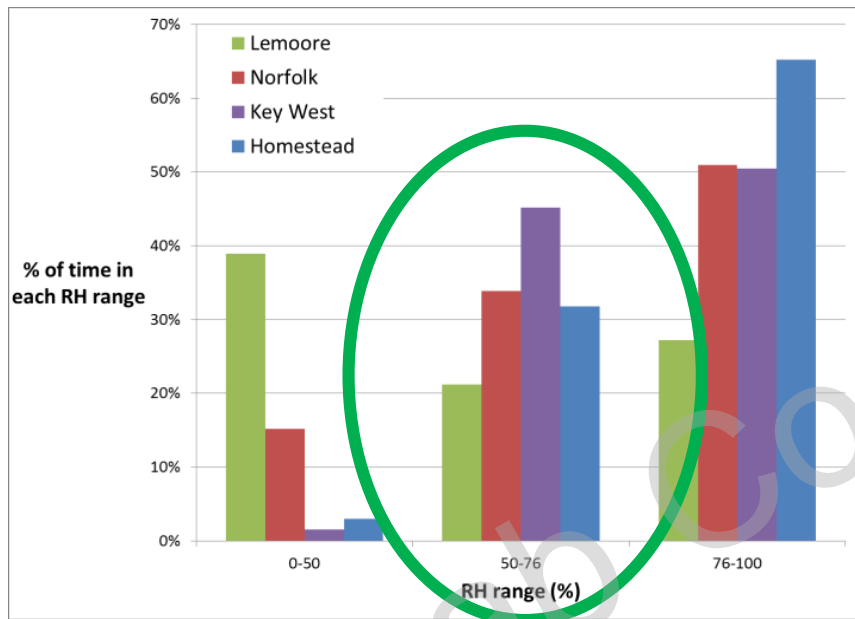
Summary of Environmental Conditions in Modern Automotive Corrosion Standards

Cycle	Solution	Spray Type	RH < 50%	50%≤RH<76%	RH≥76%
Ford L-467/Volvo (ACT2)	NaCl 0.5% pH uncontrolled	Shower	0%	66%	34%
GMW 14872	NaCl 0.9% CaCl ₂ 0.1% NaHCO ₃ 0.075% pH uncontrolled	Shower	46% (22% below RH30%)	16%	38%
Renault D17 2028 (ECC1)	NaCl 1.0% pH =4.0 (H ₂ SO ₄)	Fog	8%	62%	30%
VDA 233-102	NaCl 1.0% pH neutral	Fog	1%*	39%	60%
Volvo ACT1	NaCl 1.0% pH =4.2 (H ₂ SO ₄)	Shower	17%	31%	52%

All standards require control at intermediate values of Relative Humidity

자연 환경의 RH 조건

RH Conditions in the Natural Environment



- 지역 대부분에서 중간 단계의 RH (50~90%)가 분기점 역할
All regions spend considerable time at intermediate RH (around 76%)
- 따라서 현대 부식 시험은 RH를 해당 레벨에서 제어한다
- Modern test standards recognize this and control RH at these levels!

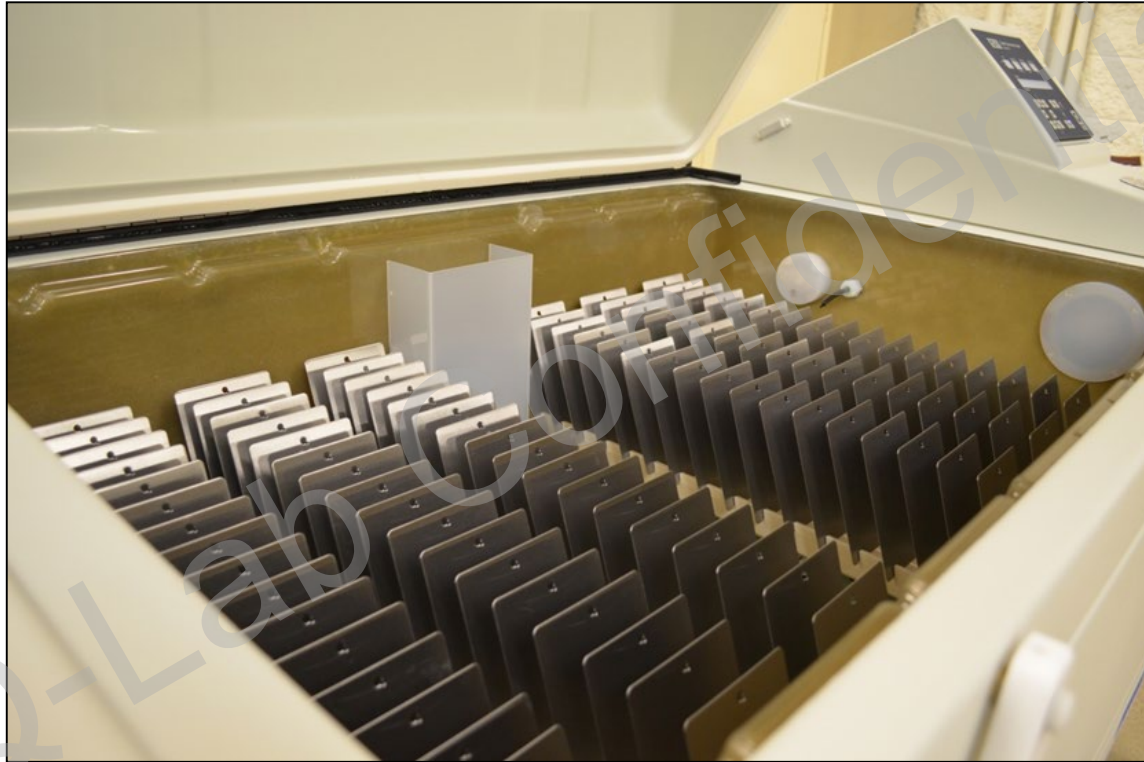
상대 습도 “중간 값 제어”

Relative Humidity “Controlling the Middle”

- 50%에서 90% 사이의 RH 제어는 중요하다 RH control between 50% and 90% is critical
- 습식, 건식 사이클링으로는 불가능 Wet and Dry Cycling cannot do this
 - 습식, 건식 그리고 대기(ambient) 환경으로 가능 Can only do wet, dry, ambient
 - RH 전환 시간 제어 불가능 No control of RH transition times
 - 서로 다른 건조율을 지닌 시편 Variable specimen dry-off rates

금속 패널이 거치된 부식 챔버

Corrosion Chamber with Metal Panels



Environmental Chamber



테스트 챔버 종류

Test Chamber Types

부식 / 염수분무

Corrosion/Salt Spray

환경 (온도 / RH)

Environmental (Temp & RH)

- 정사각 형태보다 직사각 형태
- 단층 시편 장착
- 스테인레스 강은 환경에 약함
- 염수 분무 시 일정한 압축공기 필요
- 액상 용액 & 침전된 염분이 밀집된 부분에 특정 환경 형상 (microclimates) 초래
- 미세한 제어가 어려움이슬점 감소가 일정하지 않음

- 큐빅/큐보이드 형태
- 다층 시편 장착
- 내부는 보통 스테인레스 강으로 되어 있음
- 일정한 공기 흐름 (낮거나 높은 유형)
- 수분 분사가 거의 없음
- 정밀한 온도 & RH
- 이슬점 감소가 일정함

Q-FOG CRH



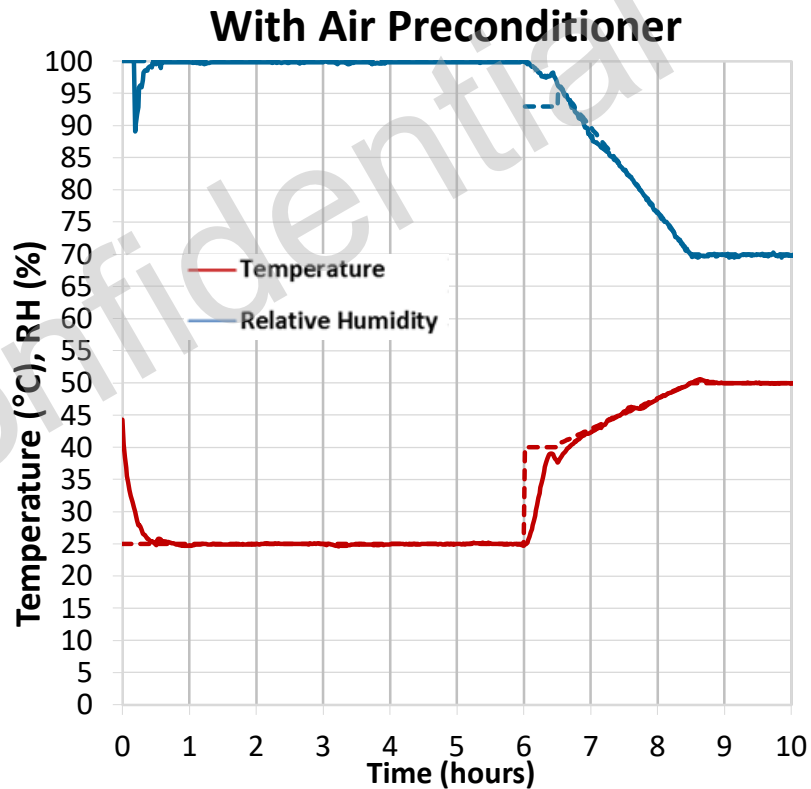
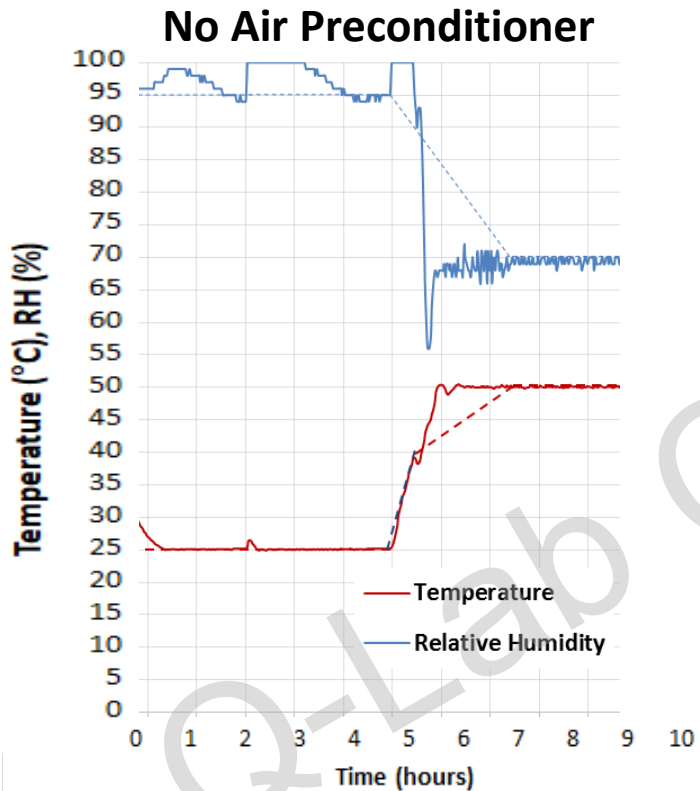
- 두가지 방식의 염수 분무 Two types of salt spray delivery (Fog, Shower)
- 온도 및 RH 선형 전환 제어 Controlled linear transitions of temperature & RH
- 에어 프리컨디셔너(air preconditioner)를 통한 제습 Dehumidification via air preconditioner
- 빠른 온도 전환을 위한 Rapid Ramp Heater -HSCR model features Rapid Ramp Heater for fast transitions

Q-FOG CRH Air Pre-Conditioner

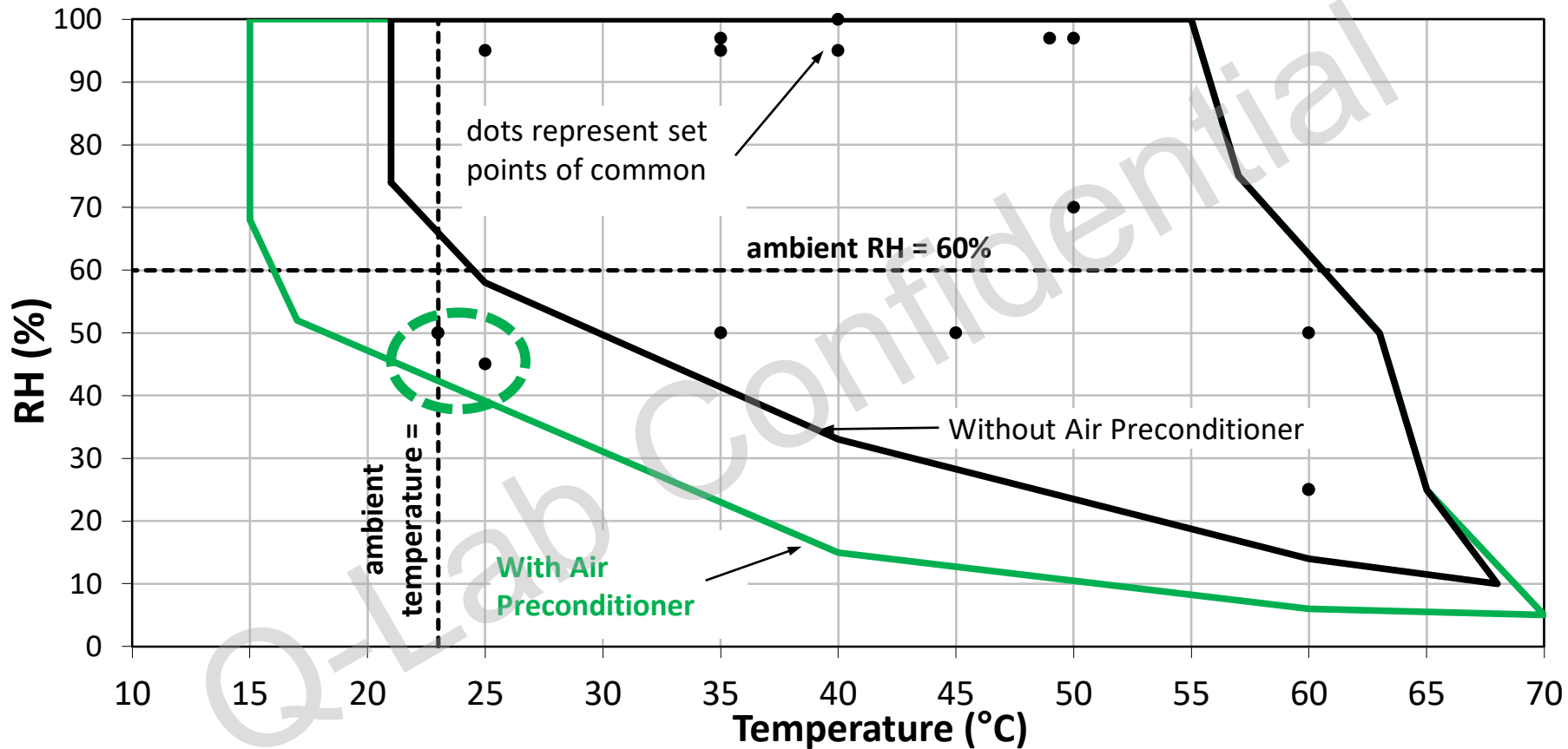


- 건조한 공기를 지속적으로 시스템에 공급 Delivers consistently dry air to system
- Hot or cold
- 만족 시킬 수 있는 시험 조건 확대 Expands range of achievable conditions
- 온도 및 RH의 정밀한 제어 가능 Allows precise control of temp and RH transitions

Performance Improvement with Air Preconditioner

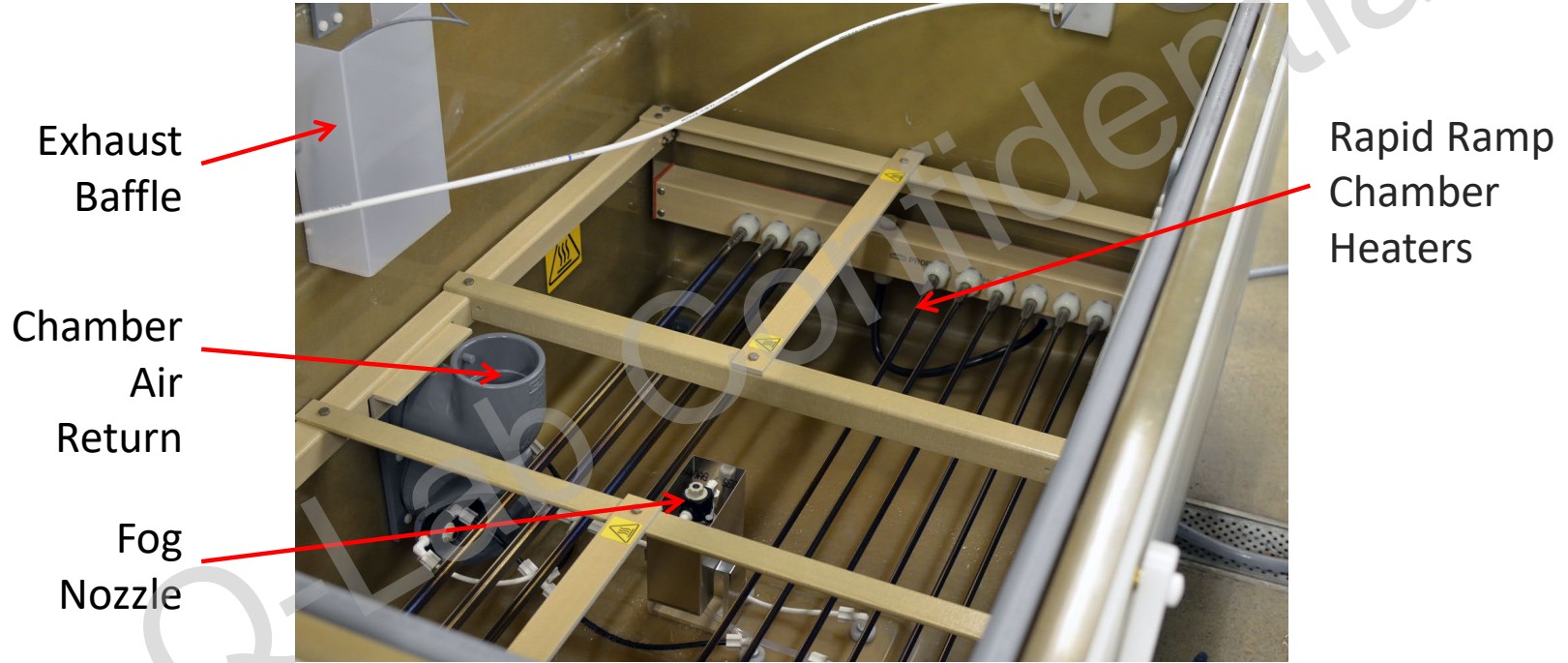


Q-FOG CRH: Meets Test Conditions in All Major Automotive Standards



Rapid Ramp Heater

JASO M609 & Other Challenging Auto Corrosion Tests



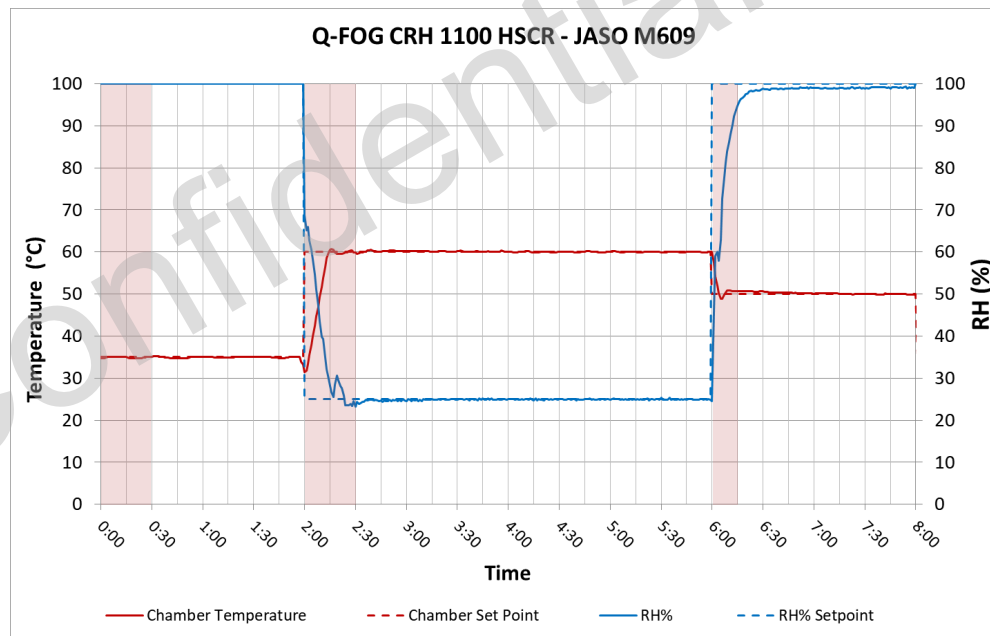
Q-FOG CRH: Standards Met

Test Standard	Standard Model	Rapid Ramp Heater
JASO M609		✓
CCT-C		✓
CCT-I		✓
CCT-IV		✓
Renault D17-2028 (ECC1)	✓	✓
Volvo VCS 1027, 149 (ACT I)	✓	✓
Volvo VCS 1027, 1449 (ACT II)	✓	✓
GMW 14872	✓	✓

JASO M609 (ISO 14993, 11997-1)

- Chamber Volume – 1100 L
- Chamber Load – 250 Steel Panels, 3" × 6"
- FOG Solution – 5% NaCl Solution
- Laboratory Room Temperature – 28-30 °C

Step	Function	Chamber Air Temp (°C)	RH (%)	Step Time (hh:mm)	Ramp
1	FOG	35 °C		2:00	< 0:30
2	RH	60 °C	25 %	4:00	< 0:30
3	RH	50 °C	100 %	2:00	< 0:15
4	Final Step – Go To Step 1				



JASO M609

Transition times for JASO M609 in full Q-FOG CRH 1100 HSCR Chamber.

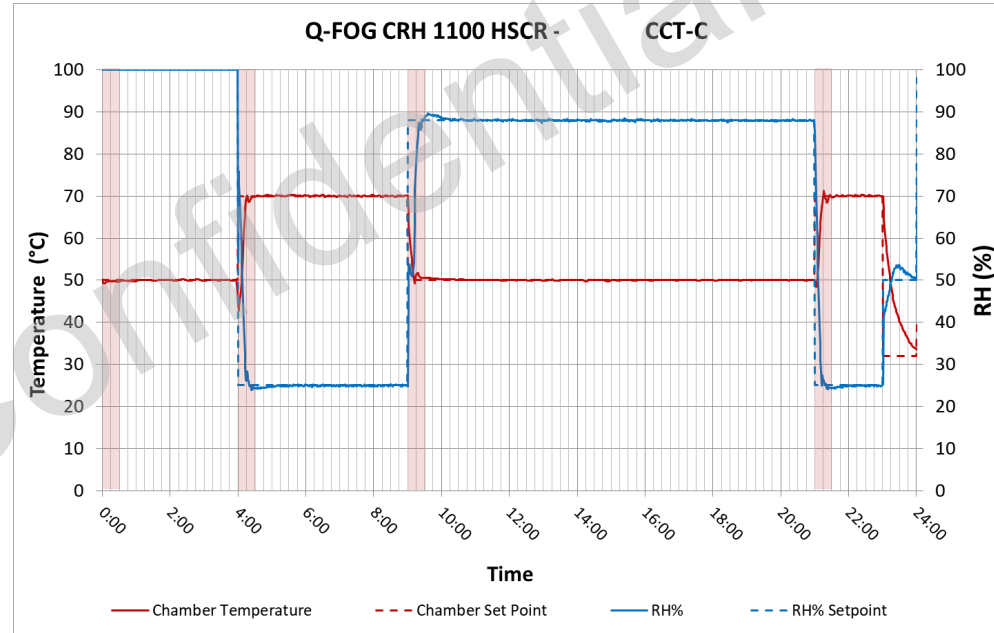
Function	Transition	Transition Time Requirement	Actual Temperature Transition Time	Actual RH Transition Time
Fog to Dry	35 °C → 60 ± 1 °C FOG → < 30% RH	< 0:30	0:13	0:14
JASO M609 Dry to Wet	60 ± 1 °C → 50 ± 1 °C < 30% RH → > 95% RH	< 0:15	0:04	0:15
Wet to Fog	50 ± 1 °C → 35 °C > 95% RH → FOG	< 0:30	0:06	

CCT-C

- Chamber Volume – 1100 L
- Chamber Load – 250 Steel Panels, 3" × 6"
- FOG Solution – 5% NaCl Solution
- Laboratory Room Temperature – 30-35 °C

Step	Function	Chamber Air Temp (°C)	RH (%)	Step Time (hh:mm)	Ramp
1	FOG	50 °C		4:00	< 0:30
2	RH	70 °C	25 %	5:00	< 0:30
3	RH	50 °C	87 %	12:00	< 0:30
4	RH	70 °C	25 %	2:00	< 0:30
5	RH	23 °C*	60 %*	1:00	
6	Final Step – Go To Step 1				

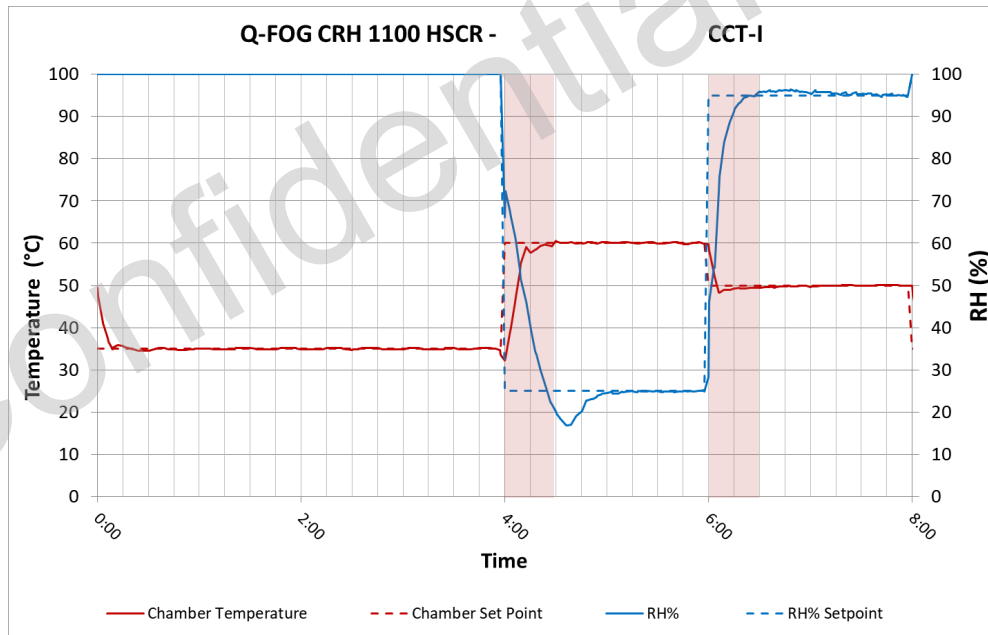
*Indicates no value specified in the test method but a value is programmed into the tester



CCT-I

- Chamber Volume – 1100 L
- Chamber Load – 210 Aluminum & Steel Panels
- FOG Solution – 5% NaCl
- Laboratory Room Temperature – 26-28°C

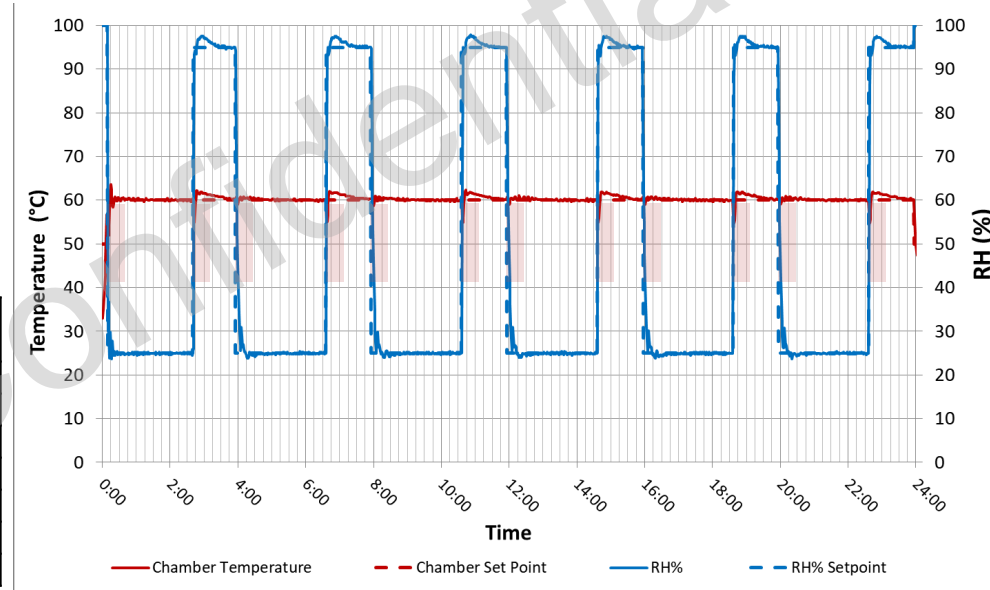
Step	Function	Chamber Air Temp (°C)	RH (%)	Step Time (hh:mm)	Ramp
1	FOG	35 °C		4:00	
2	RH	60 °C	25 %	2:00	< 0:30
3	RH	50 °C	95 %	2:00	< 0:30
4	Final Step – Go To Step 1				



CCT-IV

- Chamber Volume – 1100 L
- Chamber Load – Empty
- FOG Solution – DI Water
- Laboratory Room Temperature – 22-25°C

Step	Function	Chamber Air Temp (°C)	RH (%)	Step Time (hh:mm)	Ramp
1	FOG	50 °C		0:15	
2	RH	60 °C	25 %	2:30	< 0:30
3	RH	60 °C	95 %	1:15	< 0:30
4	Subcycle*	Repeat steps 5-6 5x			
5	RH	60 °C	25 %	2:40	< 0:30
6	RH	60 °C	95 %	1:20	< 0:30
7	Final Step – Go To Step 1				



Closing remarks

- Corrosion is a major problem that paint, galvanization, and anodization methods try to prevent
- Modern corrosion test methods are used to evaluate these techniques
 - Combine salt spray and environmental tests
 - Use linear temperature/RH transitions & accurate RH control
- A variety of tests are available, including both salt fog and shower
- Q-FOG CRH delivers stable test conditions, controlled transitions, and the –HSCR model can meet even demanding cyclic automotive tests like JASO M609

Thank you for your attention!



Questions?

info@q-lab.com

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