

## 실험실 기구 세척 가이드

### A GUIDE TO LABWARE WASHER CLEANING

#### 올바른 세척제 선택과 사용을 통해 더 좋고 더 안전한 실험환경 구축

연구실에서 유리 기구, 도구, 장비를 사용하는 과정에서 방해잔류물로부터 완벽하게 해방될 수 있을까? 하는 문제는 과학자와 기술자들의 주요한 고민이다.

보이지 않는 잔류물은 종종 잘못된 분석 결과를 초래한다. 예를 들어, 잔류물은 미셀(micelle) 안에서 부분적으로 고농도가 되어 시험을 쓸데없이 촉진하거나 둔화시킨다. 이들은 배양물의 성장을 억제하고, 배치에 교차오염을 가져오고 또 재현성 없는 결과를 초래한다.

이런 문제를 해결하려면 기계를 철저히 세척하고 방해가 되는 잔류물을 제거해야 한다. 그러기 위해서는 적절한 실험실용 세척제를 선정하고 효과적인 세척 방법을 사용해야 한다

#### 일반적 지침 General Directions

**기계 세척 Machine Washing** — 기계 세척은 대량의 재사용 실험기구 세척에 사용된다. 올바른 세척제를 선택 및 사용하고, 세척기의 바른 사용과 적절한 적재를 함으로써, 유리제품과 장비를 보다 쉽게 세척할 수 있다.

#### 세척기 유지 방법 Machine Maintenance Tips

##### (1) 산성 세척의 필요성 Acid Rinsing

산성 세척은 월 또는 분기 간격으로 내부에 쌓이는 스케일(물때)을 제거하기 위한 산성 세척 사이클이다. 세척기 내부에 쌓이는 스케일은 노즐을 막기도 하고, 백색의 칼슘 침전물을 남기기도 한다. 때로는 비용해성 금속 수산화물이 형성되고, 양성 단백질(amphoteric proteins)이 침전되며, 비용해성 알칼리 잔류물인 일부 폴리머는 알칼리 세척 중에도 제거가 되지 않는 경우도 있다. 이러한 잔류물들을 제거하기 위해서는 산성 세척 과정이 필요하다.

##### (2) 헹굼 보조제의 사용 여부 Rinse Aids

헹굼보조제는 실험실 유리 품 세척에는 권장하지 않는다.

Jet Dry™ 와 같은 종류의 헹굼보조제는 소수성이기 때문에 유리표면에 침전되고, 건조과정에서는 물을 밀어내게 되는데, 이 성질 때문에 물의 증발을 방해하고 물자국을 남긴다. 대부분의 헹굼보조제는 양이온 전하 혼합물이기 때문에, 표면에는 달라붙고 물을 밀어내는 성질을 가진다. 이 과정에서 물을 밀어낸 헹굼보조제가 표면에 남을 가능성이 높아진다.

실험실 기구의 세척에는, 비이온수(DI Water)를 이용하여 헹굼작업을 하는 것이 더 올바른 방법이다. 기구가 서로 영키는 것을 막기 위해서 세척기 내부에 올바르게 세척 대상들을 적재하고, 물방울을 제거할 수 있도록 세척기를 운용해야 한다.

주의 : 만약 여건상 수돗물만 사용 가능한 경우라면, 세척기 사용 후 건조 방법을 공기건조(air dry)로 설정하는 것이 좋다. 첫 번째 행굼과정이 종료되면 즉시 세척기의 문을 연다. 그 다음, 공기건조를 실시하기 전에 비이온수를 이용하여 수동 행굼을 하거나 열건조 사이클을 실시해도 된다.

## 세척기 밸리데이션 Machine Validation

GMP 조항 중 Part 133.4, 1963, 및 Part 211.67, 1978 에는 세척기와 건조기 설계와 구축에 관한 구체적인 가이드라인이 있다. 그러나 안타깝게도 이 가이드라인에는 다양한 해석의 가능성이 남아 있다. 그래서 명확한 기준이 없는 상태에서 '연구실에 적용 가능한' 세척기들이 개발되었고, 이 세척기들의 한계는 오랫동안 사용한 후도 불명확한 경우가 있다. 밸리데이션을 실시하고 세척 시스템을 평가하기 위해서는 문서화가 필요하다. 이 문서들에는 다음의 '최소한의' 항목들이 포함되어야 한다.

- 사용자 매뉴얼 User's manual
- 유지 매뉴얼 Maintenance manual
- 장비 목록 Instrument list
- 회로도 Electrical diagram
- 배관 및 구성도 Piping and instrumentation diagram
- 여분 부품 목록 Spare parts list
- 분해도 Exploded view
- 용접내용과 용접증명 Welding report and welder certificate
- 소스코드 Source codes (인쇄문서, 디스크, E-prom 형태)
- 부동태화 자료 Passivation report
- 도면 As-built drawings
- 수입검사/출하검사 문서 IQ/OQ documentation

## 세척제 사용 용량 How to Dose Detergents

### (1) 분말 Powder

세척기에 계량컵 또는 세척제 수납용기가 있다면, 세척제 용기에 세척기 제조사의 지침에 따라 세척제를 채운다. 언더-카운터(under-counter) 방식의 세척제들을 대부분 분말 세척제를 사용 가능하다. 만약 세척제 용기가 없는 제품이라면, 세척 전에 세척기의 바닥에 정확한 양의 분말 세척제를 넣어 사용할 수 있다. 이 경우, 사전-세척 과정을 생략하거나 또는 사전세척 과정이 끝난 후에 분말을 추가할 수도 있다.

정확한 분말 세척제의 사용량을 계산하기 위해서는 세척기 사용설명서에서 세척 사이클에 어느 정도의 물을 사용하는지를 확인한다. 일반적으로 언더카운터 세척기의 경우, 약 8 L(2 갤론)의 물을 사용한다. 중간 사이즈의 세척기는 약 16 L(4 갤론)의 물을 사용하며, 큰 사이즈의 바닥 설치형 세척기의 경우에는 38 L(10 갤론)의 물을 사용한다.

분말세척제는 1 갤론당 5 ~ 10 그램을 사용한다.

따라서 8 리터 제품은 10 ~ 20 그램, 16 리터 제품은 20 ~ 40 그램, 38 리터 제품은 50 ~ 100 그램 정도의 분말 세척제가 사용된다.

### (2) 액체 Liquids

액체 세척제의 사용은 세척기 제조사의 지시에 따른다. 분말세척제 수납용기를 사용하지 않는다. 가능하면 튜브나 계량펌프가 연결된 액체세척제 전용 용기를 사용한다.

일반적으로 0.5 ~ 1 % 의 비율로 희석된 세척제를 Hot Water Cycle로 설정하여 사용한다.  
(리터당 5 ~ 10 mL, 또는 갤론당 1.25 ~ 2.5 Tbsp. 또는 갤론당 0.75 ~ 1.25 oz. — 대부분의 세척기는 2 갤론의 물을 사용하는 세척 사이클이므로 2.5 oz.의 액체세척제를 사용한다.)  
까다로운 오물의 경우에는, 물의 온도를 높이고 세척제를 더 많이 사용한다.  
작업자는 보호장갑과 보호안경을 착용한다.  
세척 후에는 철저한 행굼작업을 실시한다.  
중요세척(critical cleaning)을 위해서는 마지막 행굼 단계 또는 모든 행굼 단계에서 비이온수, 정제수, 또는 증류수를 사용한다.  
음식물과 접촉하는 표면의 경우, 행굼액은 식용가능한 물을 사용한다.정확한 액체세척제의 용량을 계산하기 위해서는 반드시 세척기 제조사의 사용설명서에 기재된 물 사용량을 확인한다. 일반적으로 언더카운터 형태의 세척기는 8 리터(2 갤론)이며, 1.0 ~ 2.5 온즈(29 g ~ 70 g)의 액체세척제를 사용한다.

## 유리 제품의 문제점

### Problem Glassware

눈금 실린더(Graduated cylinders)는 아랫 부분에 에 많은 양의 세척액과 오염된 행굼액이 붙지 않도록 모서리 부분을 바닥에 향하도록 세척기 안에 적재한다.  
실린더 내부에 들어갔던 세척액과 행굼액이 쉽게 배수되는 경사 구조가 없는 실린더의 경우에는, 세척 코스가 끝나는 시점에서 멈추고 추가적인 행굼작업을 한다. 수동으로 실린더의 입구로 물을 넣었다가 다시 쏟아내는 작업도 도움이 된다.  
피펫은 세척액이 안으로 들어가 세척될 수 있도록, 세척기 내에 특별한 렉을 만들어야 한다. 피펫 전용 렉은 세척기 제조사에서 구매한다.

## 적합한 실험실 세척기 세척제를 선정 방법

### How to Select the Appropriate Lab Washer Detergent

- 아래의 세척제 선정 가이드를 이용하여 실험실 세척기에 적합한 세척제를 고른다.
- 세척제 선택 과정에는 미국독소학회(College of American Pathology)의 잔류물 검출 방법과 미연방과 주 그리고 NLAC 의 금지잔류물검사 증명이 필요하다.
- 잔류물 검출 방법에 대한 밸리데이션이 필요한 경우, 알코낙스가 제공하는 세척제별 검출방법 가이드를 따른다.

세척제 선택 가이드  
 DETERGENT SELECTION GUIDE

	무인산염 세척제			일반 목적의 세척제			미량금속 Trace metal
실험실 종류	기계 세척			기계 세척			기계 세척
세척제	TERGAJET	SOLUJET	CITRAJET	ALCOJET	DETOJET	CITRAJET	CITRAJET
	알칼리	알칼리	산성/행금	알칼리	알칼리	산성/행금	산성
	분말	액체	액체	분말	액체	액체	액체
환경미량분석 <sup>(2)</sup>	●	●	●				
미생물학	●	●	●				
폐수처리 <sup>(2)</sup>	●	●	●				
물/식수 <sup>(2)</sup>	●	●	●				
생화학/생물학				■	■	■	▲
화학 분석				■	■	■	▲
식음료				■	■	■	▲
과학 수사				■	■	■	▲
유전학				■	■	■	▲
병원/의료				■	■	■	▲
재료테스트				■	■	■	▲
미생물학				■	■	■	▲
핵(방사능)				■	■	■	▲
병리학 <sup>(1)</sup>				■	■	■	▲
약학				■	■	■	▲
석유화학				■	■	■	▲
제약				■	■	■	▲
QA/QC				■	■	■	▲
독소/독물				■	■	■	▲

표시 (1) CAP(College of American Pathology)의 잔류물검출방법 필요 (삼보교역상사에 한글판 자료 요청하세요)

표시 (2) Inhibitory Residue Test, COA 필요 (삼보교역상사에서 안내 받으십시오)

표준 실험실 세척제 가이드 I

<b>Laboratory/ Environmental 실험실</b> •재현성 있는 시험결과 •방해 잔류물 제거 •기계 수명 연장 •실험실에 대한 승인 유지 •실험실 안전	유리, 금속 및 플라스틱 시험기구, 세라믹, 조직 배양, 도기류, 청정실, 동물사육 케이지, 바이오리액터 튜브류, 벤치, 안전기계.	수동, 초음파, 침지 기계, 동력 스프레이, 시험기구, 세척기, 세척-살균기, 케이지 워셔	약 알칼리성  저기포 알칼리성	ALCONOX  ALCOJET TERGAJET (p-free)	LIQUINOX (p-free)  DETOJET SOLUJET (p-free)
	튜브, 재사용할 수 있는 피펫	사이펀식 세척-헹굼기	약알칼리성 정제	ALCOTABS (tablet)	
	미생물시험, 물 시험, 그리고 환경시험용 샘플링. 인산염에 약한 시험기구. EPA 절차(산: 물 헹굼사이클)	현장, 수동, 초음파, 침지	P-free 알칼리성	TERGAJET	LIQUINOX
		기계 세척기, 시험기구 세척기	저기포 P-free 알칼리성/ 저기포 P-free 산	TERGAJET	SOLUJET-base (염기성) CITRAJET-acid (산성)
	방사성 물질용 기계/봉쇄 Stopcock용 Grease	수동, 초음파, 침지	약 알칼리성	ALCONOX	LIQUINOX
		기계 세척기, 기구 세척기	저기포 알칼리성	ALCOJET	SOLUJET
	미량 금속, 금속산화물, 스케일, 염류, 전분류, 아민류.	수동, 초음파, 침지	약산		CITRANOX
		기계 세척기, 집기 세척기	저기포 약산		CITRAJET
	단백질성 오물, 생물학적 폐기물, 조직, 혈액 및 기타 체액, 발효 찌꺼기	수동, 초음파, 침지	발효 약알칼리성	TERGAZYME	
		유리집기 세척기	저기포 알칼리성	ALCOJET	SOLUJET

p-free=무 인산염

## 분야별 실험실 세척제 가이드 II

적용 분야	세척 대상	추천 분말세척제	추천 액체세척제
<b>보건의료/수의학분야</b> • 효과적인 멸균준비와 기구 수명 연장 효과	수술도구, 마취 및 진찰도구	ALCOJET	DETOJET
<b>제약/의료장비/생명공학</b> •FDA GMP 세척밸리데이션 통과 •스테인레스 스틸, 유리, 플라스틱, 엘라스토머 세척	이산화 티탄, 바셀린, 오일, 연고(화장품 크림), 카보폴(carbopols) 아연 산화물(zinc oxides), 라커(lacquer), 단백질, 스테로이드, 유리질 중화체(Eudragit* polymers), 코팅제, 아민	ALCOJET	SOLUJET
	무기 잔류물, 염, 금속, 안료, 유드라짓*(E/RL/RS/E100) 중합체, 산과 염기 양성 물질, 코팅제, 아민, 에테르, 전분, 알카로이드.		
<b>실험실/환경연구</b> •재현성 확보 •방해 물질 제거 •실험실 인가 •실험실 안전	유리, 금속, 플라스틱 재질의 실험기구, 세라믹 조직배양, 포슬린(자기)	ALCOJET 또는 TERGAJET (무인산염)	DETOJET SOLUJET (무인산염)
<b>금속/정밀생산/광학</b> •부품세척 •취탈성 용매, 강산성 및 유해한 화학 세척제 사용 회피	정밀한 기질(substrates)		LUMINOX
<b>전자</b> •전도성 잔류물 제거 •CFC 회피 •세척기준 통과	회로판, 전도성잔류물, 플럭스(fluxes)		DETERGENT 8