

40  
Young 人 since 1976

고객은 우리가족

영인과학  
소식지  
2016년  
겨울호

# 영인 Lab.Highlight

74호

2016년 12월 발행



영인과학



## 자금 SNS에서 영인과학을 만나보세요.

영인과학은 고객과 가깝게 소통하고자 2012년부터 SNS(Social Networking Service) 채널을 운영하고 있습니다. 영인과학의 팔로워&친구가 되시면 다양하고 유익한 정보를 공유하실 수 있습니다.

### 매일 새로운 소식! 페이스북, 트위터

영인과학은 페이스북과 트위터를 통해 매일 새로운 소식을 전하고 있습니다. 최신동향, 전시/세미나, 제품 및 응용자료 등 다양한 정보를 전해드립니다.



Facebook



Twitter

### 매주 카톡으로 만나는 영인과학! 엘로아이디

영인과학 엘로아이디의 친구추가를 하시면, 매주 세미나/전시/이벤트 등 각종 행사 정보와 최신 응용자료/신제품 등의 다양한 자료를 카카오톡으로 편리하게 받을 수 있습니다. 친구추가는 카카오톡 '친구탭 > 친구찾기'에서 '영인과학'을 검색하면 됩니다.



YellowID

### 동영상을 통해 쉽게 따라하는 기기 유지보수! 유튜브

영인과학 유튜브 채널은 영상을 통해 기기 사용자 스스로 분석 장비의 소모품 교체 등 유지관리를 할 수 있도록 도움을 주고자 운영되고 있습니다. 2014년 'GC column에 nut, ferrule 고정하는 방법'을 시작으로 40여건이 게시되어 있으며, 매 월 새로운 유지보수 방법을 업데이트하고 있습니다.



YouTube

## Contents

<b>04</b> <b>초청 칼럼</b> 연구와 인연	<b>34</b> <b>임상</b> CMV(Cytomegalovirus) 감염 및 진단
<b>12</b> <b>특별기획</b> Agilent MassHunter Software 전격 해부(2) Qualitative Analysis	<b>36</b> <b>세계 첨단 기업</b> 공정 모니터링 분야의 혁신 기술 MKS사
<b>16</b> <b>최신 분석 동향</b> 식품의약품안전처, 농약 허용물질목록 관리제도 (Positive List System) 도입	<b>40</b> <b>스스로 하는 기기 진단</b> Agilent LC/MS, LC/MS/MS, LC/Q-TOF Nebulizer needle 조절하기
<b>20</b> <b>분석 TIP &amp; TRICKS</b> GC/MS, GC/MS/MS 이온화원 자동 세척 : Agilent JetClean Self-Cleaning Ion Source	<b>42</b> <b>Product Story</b>
<b>22</b> <b>환경</b> 초미세 먼지 중 중간휘발성 유기 화합물의 스크리닝 분석	<b>44</b> <b>영인 계열사 소식</b>
<b>26</b> <b>정밀화학</b> HPLC 피크용량을 증대한 정밀화학 제품의 불순물 분석법 개발	<b>56</b> <b>영인뉴스</b>
<b>31</b> <b>석유화학</b> 천연가스 조성 분석을 위한 새로운 기술	<b>58</b> <b>독자카드</b>
	<b>59</b> <b>생활의 쉼표</b>

영인 Lab.Highlight 74호에 게재된 글과 사진의 무단 복제를 금합니다.



페이스북



트위터



유튜브



옐로아이디

# 연구와 인연



글 | 김만구 교수

강원대학교 환경융합학부 교수  
 환경연구소장, 공동실험실습관장, 재정위원장  
 (사)한국남서환경학회 회장(2006~2007)  
 (사)한국분석과학회 회장(2016)  
 (재)녹색미래 대표(2015~2016)  
 ISO 공기의질 기술위원회 한국대표  
 (2004~2016)

그 후 나는 온도를 올렸다 하며 저온농축과 열탈착 장치를 주로 사용하게 되었다. 그리고 분리를 하기 위해 기체크로마토그래프를 사용하게 된 것이 이제까지 휘발성유기화합물을 중심으로 연구하게 되어 “환경”, “대기”, “기체크로마토그래피”, “온도”라는 연구의 대상과 방법이 오늘까지 이어지는 것 같다. 그리고 석사과정에서 맷게 된 연구원으로서의 인연들이 필자의 연구를 이끌어 주었다.

## 석사과정 연구 생활

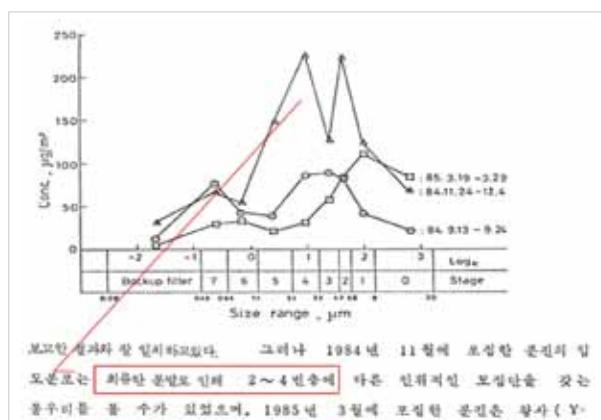
자연을 대상으로 연구하는 것이니 여러 가지 어려운 점도 많았고 이에 얹힌 애피소드도 많았다. 공기 중 먼지를 열분해할 수 있을 정도의 양을 8단의 캐스케이드 공기채취기에 모으기 위해 10일 동안 12시간마다 유량을 조정해 주며 시료를 채취하는 것은 쉬운 일이 아니었다. 시료 채취장치를 도로가 인접한 수위실 지붕 위에 설치해서 먼지를 모았다. 그 시절 데모가 많아 데모가 시작되려고 하면 누구보다 먼저 정문수위실 위로 올라가 실험장치가 파손되지 않게 널판지로 막아야 했다. 학생들과 경찰들이 대치하는 중간에 수위실 위에 올라가 있는 필자를 학생들은 사복경찰로 경찰들은 시위 주동학생으로 오인했다고 한다.

연구원이란 명칭을 듣고 있는 것이 대학원 석사 시절부터 꼽아 보면 35년 가까이 되었다. 그 동안 한국에서 석사과정, 일본에서 박사과정, 미국에서 박사후 과정을 마치고 귀국하여 바로 대학에 근무하고 있으니 모두 대학교에서 연구원 생활을 하였다. 지금까지의 연구와 연구를 하며 만나게 된 분들 그리고 그 분들과의 인연으로 발전되고 변화된 연구와 이야기들로 연구원 시절을 돌아켜 보려 한다.

## 첫 연구주제가 평생의 연구 방향을 제시

연구원으로 첫 연구 주제를 받은 것이 공기 중에 마모된 자동차 타이어가 얼마나 있는지 분석해 보라는 주제였다. 연세대학교 화학과 이용근 교수님과의 인연이었다. 공기 중 먼지를 모아 분석하는 환경관련 연구와 첫 인연을 맺어 귀국 후 필자는 환경학과에 첫 직장을 마련하였다. 자동차 타이어는 가황되어 솔벤트에 안 녹으니 열분해 장치를 사용하였다. 이때 한국에 제1호기로 수입된 큐리포인트 열분해 장치를 사용하는 행운을 얻었다.

시위가 많았던 시절 했던 연구가 필자에게는 새로운 사실을 알려주었다. 공기 중 부유 입자의 크기에 따라 8층으로 채취되는 입자들은 정상적으로는 쌍봉형 형태를 나타낸다. 그러나 최류탄 가루로 인하여 2번에서 4번 단( $2.1 \mu\text{m} \sim 5.8 \mu\text{m}$ )에 큰 봉 우리가 나타나는 이상형태의 분포를 나타냈다. 후일 국제학회



〈그림 1〉 석사학위 논문 중 최류탄을 언급한 학위논문

에서 한국의 대기업자상물질들의 분포를 설명하는데 큰 역할을 했다. 그리고 이러한 사실을 석사논문에 최류탄이라는 단어와 함께 명기한 것은 “분석은 정의로운 것이어야 하고 진리이다.”라는 생각을 갖게 하였다. 이때 자동차 타이어라는 고분자와의 인연은 후일 환경 호르몬 연구를 풀어나가는데 큰 열쇠가 되었다.

### 일본에서의 박사학위 생활

유난히 폭설과 추위가 기억되는 1986년 3월말부터 일본 게이오대학에서 유학생활이 시작되었다. 박사과정 지도교수님으로 응용화학과 T. Shirai 교수님과의 인연을 맺고 같은 과 Y. Hashimoto 교수님과도 지도교수 이상의 인연으로 보살펴 주셨다. 정말로 그 당시에는 일본은 가깝고도 먼 나라였다. 실험실 친구가 한국에서도 젊은이들이 청바지를 입느냐고 하던 질문과 모방송에서 동경 신쥬쿠 거리의 젊은이들에게 1988년 올림픽이 열리는 서울의 위치를 스티커로 세계지도 위에 붙이라는데 시베리아부터 중동까지… 너무나 한국을 모른다는 생각이 들었다.

환경 연구그룹에 속한 필자는 박사과정으로 입학해 그룹을 이끌어 가야 했다. 말도 서툴던 때 실험실에서 제일 먼저 한 일은 실험실 서랍정리였다. 청소 겸 정리를 하니 외부에는 열심히 일하는 것 같아 보이고, 필자는 실험실의 장비 및 부품들을 파악할 수 있었다. 특히 내가 생각한 대로 서랍을 정리해 놓으니 모두들 물건을 찾을 때는 꼭 내게 물어 보았다. 실험실의 핵심멤버가 되는 지름길이었다.

고분자 열분해 연구가 인연이 되어 유학을 왔으나 한국에서 사용하던 열분해 장치보다 성능이 좋지 못했다. 한국에서 인연을 맺었던 일본분석기기의 N. Oguri 사장님에게 부탁하여 신형 열분해장치 하나를 무상으로 임차하여 실험하였다. 갓 유학 온 유학생이 분석기기를 무상 임차해 온 일 또한 연구실에서 인정 받는 한 가지 요인이었다. 이 인연은 아직까지도 이어지고 있다. 박사 과정의 연구는 대기 중 미량 유기물질의 분석에 관한 연구로 대기 중 자동차 타이어 농도를 도시의 성격을 규명하는 한 가지 요소로 개발하였다.

이와 함께 발상의 전환으로 열분해 장치의 큐리포인트 순간 가열 방법을 저온 농축한 유기화합물의 신속 도입방법으로 응용



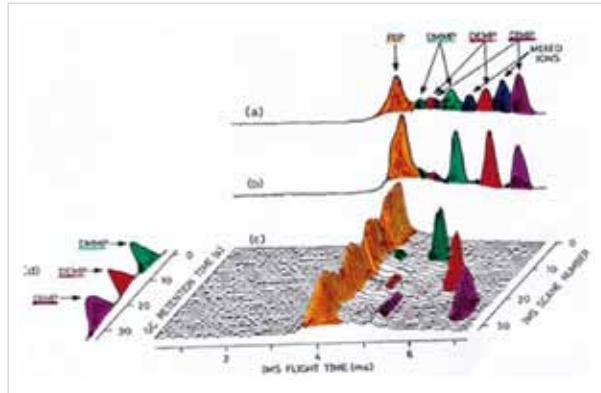
〈그림 2〉 일본 게이오대학에서 시작한 유학시절

하였다. 이때 개발된 장치가 특허와 함께 저온농축열탈착 장치로 상용화되어 널리 보급되었으며, 현재도 개량된 장치가 시판되고 있다. 〈그림 2〉는 기체크로마토그래프에 저온농축장치를 캐뉼러리 컬럼으로 만들어 액체 질소로 냉각하고, 그 위에 유도코일을 감아 가열하여 GC로 도입하는 첫 시제품이다. 박사학위 취득 후 게이오대학 응용화학과에 학생실험담당 조수로 근무하다가 지도교수님의 갑작스러운 유고로 연구실이 정리되어 미국으로 박사 후 연구원과정을 떠났다. 열분해 연구로 인연을 맺은 나고야 대학의 S. Tsuge 교수님이 추천해 주셨다.

### 미국에서의 박사후 연구원 시절

미국 유타대학에서의 박사후 과정에서 미량분석 및 반응화학 연구센터를 맡고 있었던 H. Meuzelaar 교수와 인연을 맺고, 미육군 화생방 연구과제에 참여하게 되었다. 미육군에서 화학작용제 탐지장치로 CAM(Chemical Agent Monitor)을 사용하고 있었다. 이 장치는 공기 중 화학작용제를 분리막으로 통해 IMS(Ion mobility Spectrometer)로 도입하여 검출하는 휴대용 장치였다. 내가 받은 과제는 화학작용제를 농축 분리하여 CAM의 성능을 향상시키는 것이었다.

이 과제를 진행하며 발상의 전환을 한 것은 분리막을 과감하게 뚫어 1 m 이하의 컬럼을 통한 빠른 분리과정의 도입과 이동상 기체로 공기를 사용하는 것이었다. 이렇게 개발된 GC-CAM은 이온이동도검출기의 검출능력을 높여 상용화까지 되었다. 〈그림 3〉의 (a)는 기존 CAM의 응답 신호이고, (b)는 분리도입된 3가



〈그림 3〉 화학작용제를 농축분리하여 성능을 향상시킨 CAM



〈그림 4〉 생물학폭탄 탐지장치

지 작용제의 응답이며 (C)가 실제 GC-CAM의 응답신호로 분리축과 IMS 신호축의 2차원적인 응답의 장치로 성능이 획기적으로 향상된 신호이다. 그 후 귀국하게 되었고, 생물학폭탄 탐지장치의 개발과제로 1년간 다시 방문하여 연구하게 되었다. 이때는 GC-CAM 전단에 열분해 장치를 달아 그램양성의 생물학폭탄으로 사용되는 포자균을 검출하는 과제였다. 기존에는 포자의 피콜린산 열분해물을 검출하였으나 짧은 분리컬럼을 추가하여 혼란들을 바이오마커로 사용하는 장비로 성능을 향상시켰다.

그 해 완성된 Py-GC-CAM을 대용량 입자채취기에 부착하여 미육군 실험장에서 생물학폭탄 탐지장치 필드테스트에 참여한 경험은 매우 값진 것이었다. 우리 기술을 포함한 전세계의 10여 팀이 테스트에 참여하였다. 원형경기장과 같이 철망이 쳐진 곳에 장치를 설치하고 50 m 이상 떨어진 곳에서 무선으로 분석결과를 전송받아 서로 다른 분석기술들과 비교하였다. 한달 정도 진행되었는데 매일 아침마다 각 팀들이 회의를 하였고 기상상태가 좋으면 시험장 외곽에서 모의 세균을 뿐였다. 모의 세균을 뿐리는 날이면 장치를 작동시켜 놓고 하루종일 대기하면서 장치가 설치된 필드 테스트장을 세균이 언제 통과하였는지 검출하여 보고하는 비교 경쟁 필드테스트였다.

독일, 캐나다, 영국 등 전세계의 생물학폭탄 탐지 분야 최고의 기술을 가진 연구자들과 어깨를 겨루며 한달동안 겨룬 필드 테스트는 힘든 경험이었다. 하지만 최고의 기술과 어떠한 특혜도 없이 같은 조건에서 실험결과로 당당하게 겨루어 기술을 선별하여 발전시켜 나가는 경쟁시스템은 신선한 충격이었다. 지금 돌이켜보니 이때 세균검출 신호를 기다리며 모바일 랩에서 읽었던 골프 기본이론 책이 귀국하여 많은 도움이 되었다.

미국에서 연구원 생활을 하며 어려웠던 일은 실험실의 안전 관리와 사용시약의 수거였다. 우리나라로 2006년부터 연구실 안전 환경조성에 관한 법률이 시행되고 있지만 실제 운영과 연구자들의 태도가 아직 많이 부족한 것 같다. 미국에서 필자가 사용하던 실험실은 CAM의 이온화원으로 Ni-63의 방사능물질을 사용하여 방문이 외부에서는 열쇠 없이 들어 올 수 없도록 항상 잠겨 있어야 했다. 그러나 연구실, 화장실 등 들락날락하는 것이 귀찮아 가끔 열쇠 없이도 문이 열리도록 시건장치를 조작해 놓기도 했었고 그러다 학교 안전 점검요원에게 적발되어 지적받기도 했다. 그리고 폐시약을 mL 단위로 폐시약통에 버리며 기입하는 일은 정말로 귀찮은 일이었다. 습관이 되지 않아 여러번 기입을 누락한 일도 있었다. 이러한 일들은 지금 생각해도 기본적인 안전을 지키는 것이 몸에 배지 않아 일어난 일로 얼굴이 달아오른다.

### 한국에서의 연구원생활 시작

1991년 8월, 한국의 국립대학교에 임용이 되어 귀국하였다. 책상, 의자, 책꽂이, 캐비넷과 문서함 하나씩이 지급되었다. 연구실과 두 스펜의 실험실 공간을 임용과 함께 배정받은 것은 다행이었다. 그러나 실험장비로 GC는 커녕 비어커도 하나 없었다. 첫 한학기는 실험실 만들기에 주력했다. 다른 연구실에서 버린 실험대를 주워와서 수리를 하고 샌드페이퍼로 갈고 진흙을 먹인 후 니스칠을 하고 대리석문양의 장판을 깔아 사용하였다. 흡후드는 옆방에서 버리는 것을 옮겨와 녹슨 것 같아내고 폐인트칠하여 사용하였다. 이러한 사정을 전해들은 석사과정부터 인연을 맺고 일본유학시 유학생에게 기기도 무상으로 대여해 주었던 일본분석공업의 오구리 사장님이 자기회사에 안 쓰는 GC와 필자가 개발한 저온농축/열탈착장치를 강원대학교에 기증해 주어 첫 기기를 마련하였다. 〈그림 5〉는 주워서 수리한 실험테이블이고 뒤로 기증 받은 GC와 농축장치가 보이는 초창기 실험실이다.



〈그림 5〉 강원대학교의 초창기 실험실

## 안개연구와 인연

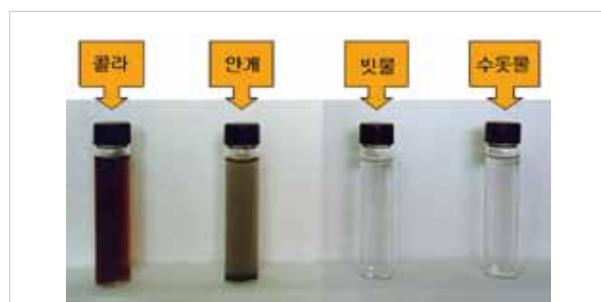
강원대학교에 부임하여 비이커 하나 없는 연구 환경에서 어떤 연구주제가 적합할까 한동안 고민하였다. “낭만과 호반의 도시 춘천” 이곳에 많은 안개가 끼어 더욱 낭만적인 풍경을 자아내고 있었다. 필자의 눈에는 연구주제로 보였다. 그래, 이제까지 한국에서는 누구도 연구도 하지 않은 “안개”는 더욱이 지정학적인 배경까지 겸비한 최고의 연구주제였다.

그러나 연구비가 하나도 없었다. 2학기에 부임하여 예산을 하나도 배정받지 못했다. 이러한 사정을 아신 선친으로부터 일천만원의 향토연구비 수혜를 받아 실험을 시작했다. 그런데 안개를 채취하기란 여간 힘든 것이 아니었다. 외국에서 안개채취기를 판매하지만 수천만원으로 구입은 엄두도 못 냈다. 그래서 안개채취기를 제작하기로 마음을 먹고 일본국립환경연구소를 찾아가 안개채취장치를 배우고 그 장치를 만든 회사의 우스이 사장을 만나 여러 가지 노하우를 배울 수 있었으나 공장 문 밖까지만 보여주고 내부로 들어오지 못하게 했다.

나중에 알아낸 것이지만 안개를 테플론 줄에 총돌시켜 큰 입자로 만들기 위해서는 테플론 줄을 샌드페이퍼로 갈아서 표면을 거칠게 만드는 것이 안개 채취 효율을 높이는 가장 큰 노하우였다. 이는 사막에서 습기를 모아 물방울로 만드는 나미브사막거저리의 껍질이나 안개 끼 날 산행을 할 때 활엽수 밑은 젓지 않았지만 소나무 등 침엽수 밑은 안개가 물방울이 되어 떨어져 젓은 것 등 자연속에 이미 해답이 있다는 것을 후일 등산을 하며 알게 되었다. 제작한 안개채취기로 안개를 처음 모았을 때 기쁨

과 함께 그 검은색에 놀랐다. 이 연구를 통해 한국의 산성안개를 처음 알렸고, 안개 연구를 “또 다른 얼굴 안개”라는 제목의 KBS 환경스페셜로 제작하여 일반인들에게 알렸다. 〈그림 6〉은 안개를 모아 콜라와 빗물, 수돗물을 비교한 사진이다. 그리고 처음 산성안개를 알린 기사는 대통령의 외국순방을 제치고 1면톱 뉴스로 보도되었다.

필자에게 첫 석사학위를 받은 여학생이 영인과학에 취직하였는데 사내 교육 중 GC를 분해해 놓고 부품의 명칭을 맞추는 시험에서 가장 많이 맞추는 신입사원이었다는 말을 전해 듣고 연구비 부족으로 부속품들을 제작해 실험장치를 만들며 연구한 보람을 느꼈다. 이렇게 연구실 초기에는 휘발성 유기화합물을 현



〈그림 6〉 안개를 모아 콜라, 빗물, 수돗물을 비교한 사진



〈그림 7〉  
안개 연구에 대한  
기사가 실린 신문



〈그림 8〉  
휴대용 농축-GC/  
PID 장비

장에서 분석할 수 있는 장비 개발에 힘을 쏟았다. 첫 작품 휴대용 농축-GC/PID 장비로 80초 주기로 BTX를 연속 분석할 수 있었으나 상용화되지는 못했다. 장비를 개발하며 작은 볼트 너트, 오링 등 제작하는데 필요한 부속품을 조달하는 것이 제일 어려웠다.

### 환경호르몬 연구

미국에서 1년간 안식년을 마치고 돌아온 1998년 1월, 한국과 일본에서 컵라면 포장용기에서 용출되는 스타이렌 이량체와 삼량체로 인한 환경호르몬 문제가 사회적 이슈가 되어 있었다. 일본에서는 스타이렌 올리고머의 위해성이, 한국은 컵라면 용기에서 스타이렌 올리고머가 용출되어 나오느냐 안 나오느냐가 이슈였다.

그러나 스타이렌 단량체, 다량체들은 저절로 중합되어 커지기 때문에 이량체와 삼량체의 표준물질이 없었다. 그래서 MS의 라이브러리에도 스펙트럼이 수록되어 있지 않다. 그러니 컵라면 용기에서 스타이렌 이량체와 삼량체를 분석하는 일은 그 당시 매우 어렵고 경험을 가진 사람이 흔치 않은 난제였다. 그런데 필자는 석사과정 때 열분해방법을 이용하여 대기 중 자동차 타이어 트래드 분진을 분석하며 스타이렌 이량체와 삼량체를 분석한 경험이 있었다. 그리고 고분자를 중합하면 이량체와 삼량체를 위시한 올리고머들이 고분자에 포함된다는 것은 화학을 조금만 알면 당연하게 생각하는 잘 알려져 있는 사실이다.

우리 연구실에서는 모 방송국의 의뢰를 받아 컵라면 중 스타이렌 이량체와 삼량체의 분석을 마치고 “환경호르몬 생명의 위기”라는 프로그램을 완성하였는데 당시 식의약청에서는 컵라면 용기에서 스타이렌 이량체와 삼량체가 검출되지 않았다고 발표했다. 며칠 후 프로그램이 방송되어 우리나라에 환경호르몬에 관한 관심이 급격히 높아졌고 식의약청과의 분석결과에 대한 논쟁도 시작되었다. 식의약청에서는 바탕값을 낮추기 위해 전자렌지를 사용한 우리 연구실의 분석 결과를 가혹조건이라며 모든 연구결과를 부정하였으나 일반인들이 실제로 사용하는 방법에 더욱 근접한 시험방법으로 인정되어 연구결과가 더욱 빛이 났다. 그 후 식의약청에서는 전자렌지 사용 금지표시를 컵라면 뚜껑에 넣게 했다. 그래서 <그림 9>와 같이 예전(오른쪽)에는 없던 뜨거



<그림 9> 스타이렌 이량체와 삼량체 검출을 증명한 후 전자렌지 사용금지 표시가 추가된 컵라면

운 물을 부어 조리하라는 표시와 전자렌지는 사용하지 말라는 표시 등이 컵라면 뚜껑(왼쪽)에 들어가게 되었다.

이렇게 시작된 환경호르몬과의 인연은 유아용 젖병, 식품용기의 비스페놀-A, PVC 완구와 장판의 프탈레이트 등의 분석으로 확대되어 많은 출입생들이 밤을 새며 분석을 하였다. 이때 1996년도에 도입된 JEOL사의 GC/MS Automass가 맹활약을 했다. 그 당시 GC/MS는 매우 고가로 신품을 살 자금이 없었다. 나고야 대학에서 S. Tsuge 교수의 정년퇴임 기념식을 겸한 Pyrolysis'94에서 JEOL사의 전시품을 저가에 구입할 수 있었고 이 기기 역시 한국 1호기였다. 그리고 환경호르몬 연구의 대상품목이 식품 보관용기, 비닐랩, 장판 벽지 등 건축자재로 다양하여 다른 분야로 연구 영역을 확대시킬 수 있는 밀거름이 되었다.

특히 비닐랩 등 고분자 포장용기의 실제 사용 온도에서의 실험에는 박사과정 때 학회에서 만나 인연을 맺었던 일본 프런티어랩의 C. Watanabe 사장님이 한국 1호기 더블샷 열분해 장치와 스테인리스스틸 캐뉼러리 컬럼을 기증해 주셔서 고분자의 환경호르몬 방출실험에 유용하게 사용하였다.

### 냄새와의 인연

1997년 춘천시 혈동리 쓰레기 매립장 환경변화를 연구하며 기기분석을 통한 VOC 분석에만 열중하였다. 그런데 매립장에서 문제가 되는 것은 악취인데 물질만 분석하고 있지 않은가 하는 생각이 들었다. 그러던 중 식품관련 논문에서 olfactometry라는 새로운 기술을 접하게 되었다. 식품의 냄새를 사람의 코를 이용하여 평가하는 방법이었다. 다시 말하면 사람의 코를 검출기로 사용하는 것이다. 그러니 지금 분석하고 있는 장치에서 GC의 컬럼 출구를 분할하여 하나는 기존과 같이 기기분석을 하고,



〈그림 10〉 영린기기 M600D GC/FID-Olfactometer

새로운 하나는 사람이 코를 이용해서 검출하는 장치다. 시판되는 장치는 있지만 구입이 여의치 않아 2000년도에 〈그림 10〉과 같이 영린기기의 M600D를 기본으로 GC/FID-Olfactometer를 제작하였다. 현재는 GC 조작판넬이 마모되고 FID가 잘 점화되지 않지만 아직도 작동하고 있다. 가장 장수하는 국산 GC 중 한 대가 아닌가 생각된다.

냄새연구를 처음 시작할 때 제일 먼저 시작한 것은 냄새와 VOCs의 차이점을 밝히고 우리가 제작한 GC/FID/Olfactometer를 이용한 복합냄새를 개별 냄새로 분리하여 냄새원인물질 연구의 필요성을 알리는 것이었다. 그래서 냄새관련 세미나 때마다 법정스님의 말을 인용하여 “냄새는 냄새요. VOC는 VOC다”라는 말로 그 차별성을 설명하였다. GC/FID/Olfactometer를 이용하여 프린터 토너, 용제 및 사과 이취 등 냄새원인 물질을 찾아 냄새문제를 해결한 제품과 과제가 다수 있었다.

대기 중 악취문제는 2000년 악취/VOC 연구회에 참여하며, 2001년도에 시화 반월 공단 악취 문제로 연구팀에 참여하였다. 그 당시 사람들에게 “왜 멀리 강원도 사람들이 경기도까지 멀리 와서 실험을 하느냐?”는 말을 많이 들었다. 그럴 때 이곳 시화에 사는 사람들의 코는 악취로 다 망가져서 깨끗한 강원 도에 살고 있는 사람의 코를 이용해 평가하고 실험한다고 하면

다들 고개를 끄떡이며 수긍하였다. 그해 악취방지법의 제정이 거론되었고, 12월에는 한국냄새환경학회도 창립되었다. 냄새환경학회의 창립 산실은 강원대학교 총장공관이다. 게스트 하우스로 활용되던 총



〈그림 11〉  
2001년 설립된 한국 냄새환경학회  
로고

장공관에 냄새관련 핵심멤버(우송대 박상진 교수, 울산대 양성봉 교수, 산기대 김덕현 교수, 필자)들이 모여 학회 창립을 준비하였다. 냄새환경학회의 로고는 처음에 디자인기획사에 부탁하였으나 적당하지 않았다. 그래서 필자가 기기분석을 의미하는 크로마토그램과 관능분석을 의미하는 코를 형상화하고 줄어드는 피크는 탈취를 나타내는 의미로 디자인하여 만들었다. 이때부터 연구가 여러 사람들을 불러 인연을 맺게 해 주었다. 자동차, 식품, 석유화학, 고분자, 지자체 등 넓은 범위의 연구를 시작하는 계기가 되었다.

### 건축분야 연구와의 인연



〈그림 12〉 건축자재 환경성 평가 연구회

2003년, 이제까지 가장 기쁘고 보람되었던 연구과제인 “소형챔버법을 이용한 건축자재의 휘발성유기화합물과 품알테하이드의 방출농도 측정방법의 표준화”가 선정되어 이듬해 안식년도 포기하고 연구를 시작했다. PVC 장판의 환경호르몬 연구경험이 바탕이 되어 정말로 쟁쟁한 연구그룹들을 제치고 선정되었다. 과제가 진행되며 건축자재환경성평가 연구회도 운영하였다. 2004년도에 아토피 등 실내공기질이 사회문제로 부각되어 “다중이용시설등의 실내공기질관리법”이 제정되고 시행되었다. 이 법 중에는 건축내장재에서 방출되는 휘발성유기화합물과 품알테하이드를 규제하고 있다.



〈그림 13〉  
클로버 5개의 HB 최우수  
인증마크

이 법과 관련하여 건축 관련 연구자들을 주축으로 하여 건축내장재의 방출시험방법과 인증제도가 만들어졌다. 그리고 관련 연구책임자이며 분석화학을 전공한 필자는 자연스럽게 건축분야 연구자들과 다양한 성격의 인연을 맺게 되었다. 특히 한국공기청

정협회의 친환경건축자재 품질인증제도인 HB마크 인증과는 아직까지 깊은 인연을 맺고 있다. 인증제도 초기에 모집된 시험기관들을 선별하고 시험담당자들을 교육하고 엄격한 정도관리를 통해 인증시험기관들을 관리하는 데는 많은 어려움이 있었으나, 필자에 대한 공기청정협회 차성일 전무의 신뢰를 바탕으로 최고의 단체표준인증 제도로 발전되었다. 그리고 이제도를 통하여 우리나라의 건축내장재 방출시험방법을 정립해 온 것은 필자에게 큰 보람이다.

### 자동차 연구와의 인연



〈그림 14〉 자동차 에어컨 모의 실험장치

자동차 실내공기질은 냄새문제로부터 시작되었다. 2003년 겨울, 춘천의 날씨는 영하 20도 가까이 내려갔다. 현대자동차 남양연구소 과동환 연구원은 춘천까지 3번을 오가며 우리 연구실의 냄새연구능력을 탐색하였다. 이듬해 유럽으로 수출되는 클릭의 실내냄새 문제 해결을 위한 내장부품별 냄새원인물질의 연구로 자동차와의 인연이 시작되었다. 그 후 버스 등 상용차의 연구와 자동차 에어컨에서 발생하는 냄새의 연구로 이어졌다.

미생물전공 대학원생이 연구실에 합류하여 전자현미경 촬영을 위한 미생물 순수배양과 시편제조까지 연구의 영역이 넓어졌다. 그리고 실내공조시스템과 관련하여 4년간 공동연구를 수행하였으나 중간에 미루었던 안식년으로 인한 연구 공백과 연구 마지막 해에서야 도입되었던 TD-GC/TOF-MS/Olfactometer 시스템으로 연구의 아쉬움이 남아있다.

### ISO표준 연구와의 인연

국제표준기구와의 인연은 2003년부터 시작한 건축내장재 방출 시험 표준화 연구가 가져다 주었다. 그 당시 기술표준원의 김동석 연구사와 함께 스웨덴 스톡홀름에서 열린 ISO/TC 146(Air quality) 총회에 참석하기 시작해 15년째 참석하고 있다. 2007년도에 우리나라 국토부에서 국가차원의 자동차실내공기질 관리를 시작한 것이 계기가 되어 ISO에서 자동차 실내공기 측정방법을 표준화하기 시작해 전 세계에 자동차 실내공기 개선 연구열풍을 몰고 왔다. 당시 런던에서 개최된 회의에 ISO/TC 22(Road vehicle) 의장이 참석하여 자동차 관련 표준이므로 자동차 기술위원회에서 해야 한다고 주장했다.

그러나 공기질 기술위원회에서는 고양이에게 생선을 맡길 수 없다는 주장으로 대응하여 ISO 중앙사무국의 중재로 두 기술위원회가 모두 참여하는 공동작업반(JWG 13)이 만들어졌으며 현재 TC 146에서 가장 활발한 작업반 중 하나로 발전해 필자가 담당하여 대응하고 있다. 자동차 실내공기질 측정에 관한 표준은 UN GTR(Global Technical Regulations)에서도 현재 뜨겁게 논의 중이다.



〈그림 15〉  
2004년도 ISO/TC 146  
한국대표단



〈그림 16〉 2016년도 JWG 13 참석한 각국대표들



〈그림 17〉 동적 및 정적 검증 방출시험챔버 전면

필자는 자동차 단위 내장부품의 방출 시험방법을 125 L 정적 방출시험 챔버를 개발하여 ISO 12219-5 국제표준으로 2014년 발간하였다. 이 연구에서 정적 방출시험챔버의 가열로 일어나는 부피의 팽창과 압력의 변화가 장벽이었다. 플라스틱 완충 백을 연결하여 간단히 해결하려 하였으나 챔버와 완충백 간에 VOCs 조성이 균질하지 않아 개발 초기에는 많은 어려움이 있었다. 그러나 발상을 전환하여 이 문제를 기존의 Swagelok 연결대신 전면에 둘레 70 cm의 큰 구멍을 뚫고 식품포장용 롤백을 연결하여 해결하였다.

그리고 전면의 구멍을 알루미늄 뚜껑으로 닫으면 동적 챔버로도 사용할 수 있다. 이는 청계천 부품상가들을 돌며 얻은 힌트가 아이디어가 된 것이다. ISO 표준 뒤에는 각국의 분석장비나 계측장비가 숨어 있는 경우가 많다. 우리나라로 실적을 위한 국제표준개발을 넘어 실질적인 국제표준 개발의 생태계가 필요한 때이다.

## 마라톤과의 인연

이제까지 뚱뚱한 체형이었던 필자는 조금씩 산행을 하다 작년부터 고등학교 친구 정일남과의 인연으로 달리기를 시작하였다. 처음 10 km로 시작하여 이제까지 2번의 풀코스를 완주하였다. 달리기 전보다 체중도 줄고 건강도 많이 좋아진 것을 느낀다. 향



〈그림 18〉  
번호표 대신 한국분석과학회  
홍보문구를 달고 출전한 마라톤 경기

상된 체력으로 한국분석과학회를 맡아 봉사하며 각 산업분야의 분석과학 인력 육성 및 국산 분석장비 산업의 활성화를 통한 우리나라 분석과학경쟁력 강화를 위해 달린다.

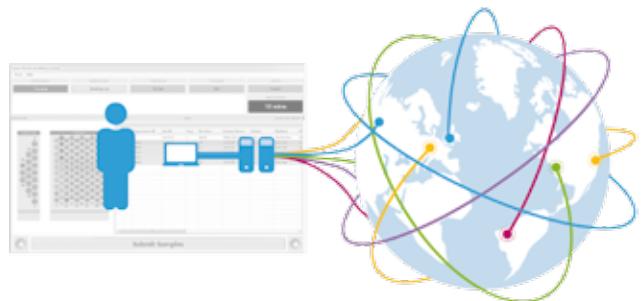
## 맺음말

이제까지 연구원 생활을 하며 맺었던 많은 인연들이 필자의 연구를 이끌어 주었다. 그리고 연구의 경험들이 쌓이며 연구가 여러 사람들과의 인연을 가져다 주었다. 이제까지 경험한 연구 인연들과 앞으로 새로이 경험할 연구 인연들을 가슴 설레며 기다린다. “분석과학의 결과는 정확하여야 하며, 이는 정의로운 것이고 진리이다.”라는 말로 이 글을 맺고 싶다. ☺

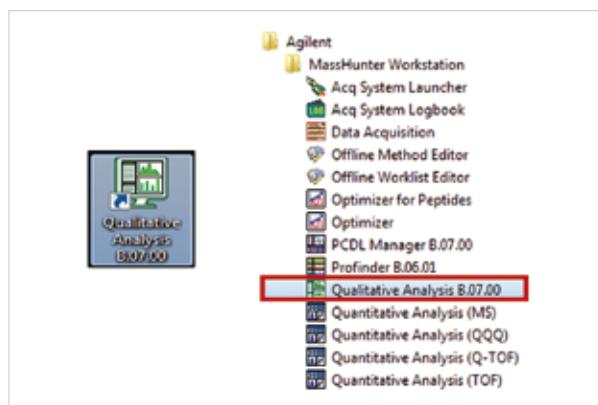
※ 이 글은 2014년도 한국분석과학회 D1학술상 수상강연 “내 연구를 이끌어 준 소중한 인연들”로 일부 발표되었다.

## Agilent MassHunter Software 전격해부(2)

# Qualitative Analysis



Agilent 사용자라면 분석이 완료된 후 분석데이터 처리를 위해 정성 및 정량 소프트웨어를 사용할 것이다. 정량 프로그램인 Quantitative Analysis를 사용자들이 친숙하게 사용하고 있더라도 Qualitative Analysis는 조금 낯설어 하는 분들이 많을 것이다. 그런 분들을 위해 이번 시리즈에서는 Qualitative Analysis의 숨은 기능들에 대해 알아보고자 한다.

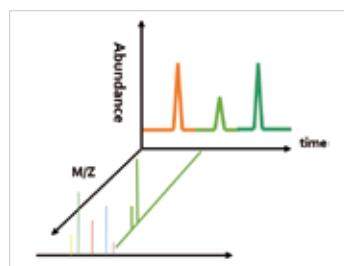


〈그림 1〉 MassHunter Qualitative Analysis : Startup

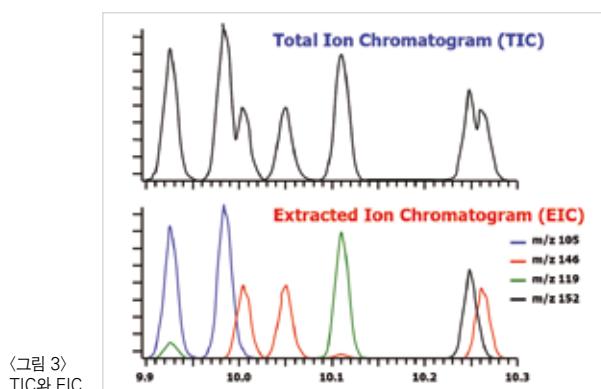
### Find Compounds(Find by MRM)

#### 적용 가능 시스템 : LC MS/MS, GC MS/MS

MS에서 얻어지는 정보는 크게 Chromatogram과 Spectrum 두 가지(〈그림 2〉)가 있다. 일반적으로 주로 사용하는 크로마토그램은 Total Ion Chromatogram(TIC)이라 하고, 특정 이온을 추출하여 보여지는 크로마토그램은 Extracted Ion Chromatogram(EIC)이라고 한다(〈그림 3〉). 〈그림 4〉의 Find by MRM 기능은 TIC 안에 있는 MRM들을 클릭 한번으로 추출하여 compound별로 한 눈에 보기 쉽게 확인이 가능하다. Integration은 물론이고 Signal to Noise까지 자동으로 구할 수 있으니 참고하도록 하자.



〈그림 2〉  
MS에서 얻어지는 정보



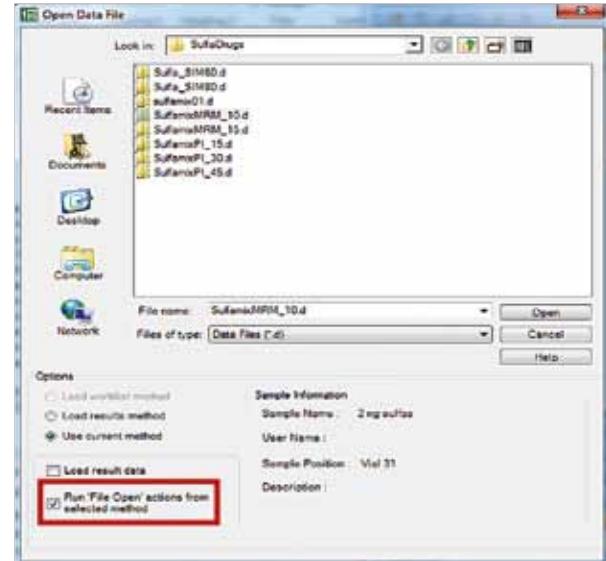
〈그림 3〉  
TIC와 EIC

## MassHunter Software 연재 시리즈

1. Data Acquisition
2. Qualitative Analysis
3. Quantitative Analysis
4. Q-TOF User를 위한 필수 기능



〈그림 4〉 Find by MRM

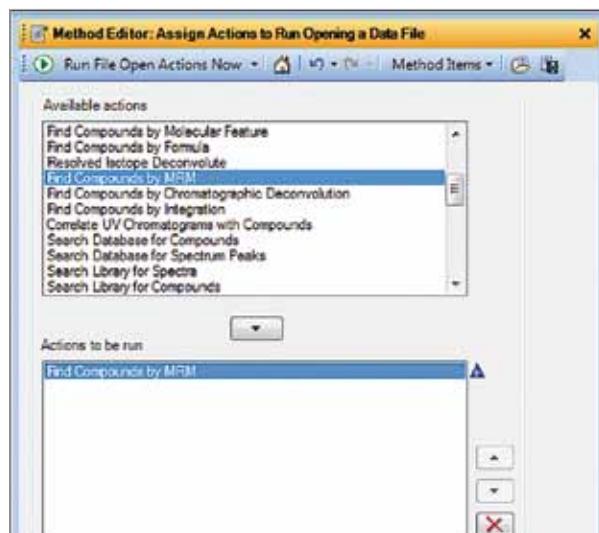


〈그림 5〉 Method Automation

## Method Automation

### 적용 가능 시스템 : LC MS/MS, GC MS/MS

Qualitative Analysis를 사용할 때마다 동일 Parameter를 적용하는데도 매번 새로 설정을 해 주어야 한다면 아주 번거울 것이다. Method Automation은 클릭 한번으로 이 번거로움을 해소시켜 줄 수 있다. 고정적으로 사용되는 Parameter를 설정한 다음 Method explorer 창 내에 있는 general tab의 File open actions를 클릭한다.

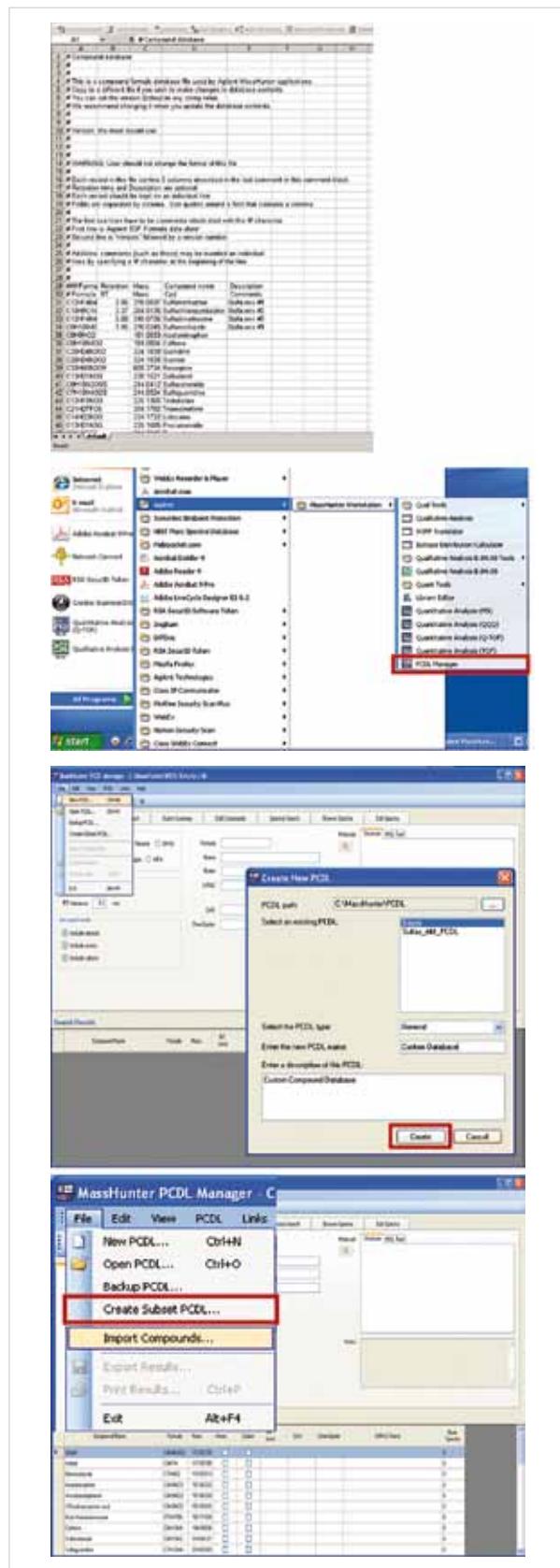


〈그림 5〉에서 보는 것처럼 Actions to be run 템으로 Find Compounds by MRM을 이동시킨 다음 Method를 저장한다. 그리고 Open Data File을 클릭하여 Data File을 불러오자. 이때 명심할 것은 Open하기 전에 Run 'File Open' actions from selected method를 체크하는 것을 잊지 말자.

## Database 만들기

### 적용 가능 시스템 : LC MS/MS

기존 Database를 수정하거나 새로운 Database를 엑셀 file (확장자:.csv) 또는 Personal Compound Database and Library(PCDL)를 통해 만들 수 있다. Custom.csv file은 .cdb(PCDL 확장자)로 연동이 가능하다. 질량 화합물 데이터 베이스 및 스펙트럼 라이브러리는 PCDL을 구성하는 정보의 기반이 되며 물질을 모니터링할 수 있는 중요한 역할을 한다. PCDL 소프트웨어는 Qualitative Analysis B.03.01 이상부터 제공된다.

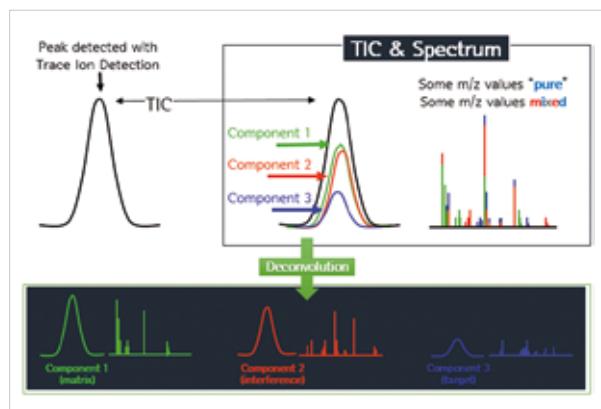


〈그림 6〉 PCDL 만들기

## Deconvolution 가능

### 적용 가능 시스템 : GC MS/MS

Deconvolution은 스캔 모드 분석레이터에 적용할 수 있는 기능으로 TIC 상에서 분리되지 못한 혼합 피크를 각각의 단일 피크에 대한 정보들로 추출하여 주는 소프트웨어적 기법이다. 기본적으로 머무름 시간(RT, Retention Time)에 의한 분류가 되지 않는 경우, 전체 이온 스펙트럼을 통째로 분류하기 어렵다.



〈그림 7〉 Deconvolution

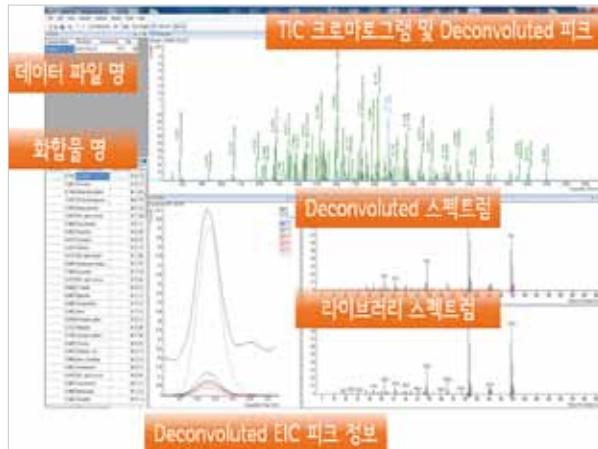
그러나, 디컨볼루션 기법을 적용하면 단일피크에 대한 스펙트럼 정보를 완전히 분류할 수 있어 이를 정보를 이용해 라이브러리 검색 및 정량까지 가능하다. 즉, 디컨볼루션을 통해 보다 정확한 정성/정량 분석에 근접할 수 있게 되는 것이다.

## Unknown analysis

### 적용 가능 시스템 : GC MS/MS

Agilent GC/MS의 MassHunter software에서는 Unknown Analysis라는 부가 기능을 제공한다. 이는 전이온 크로마토그램(TIC) 전체 또는 일부를 디컨볼루션하고, 디컨볼루션된 모든 피크에 대해 자동으로 라이브러리 검색까지 완료하여 나타낼 수 있다.

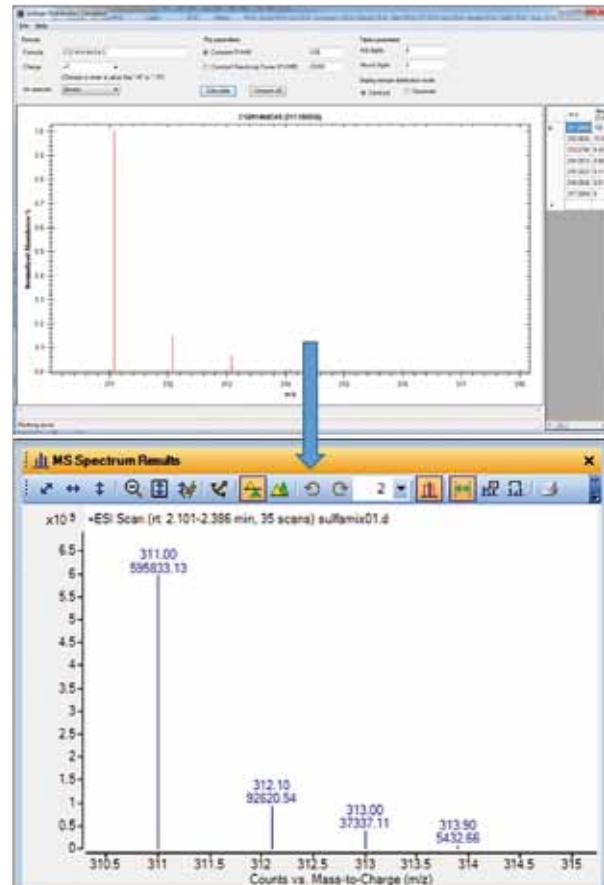
〈그림 8〉과 같이 전이온 크로마토그램과 디컨볼루션된 개별 피크에 대한 그림이 화면 상단에 나타나며, 화면의 왼쪽 하단에는 각 피크의 라이브러리 매칭율이 가장 높은 화합물 명, 그리고 그 오른쪽에는 디컨볼루션된 단일피크와 그 피크의 주요 추출이온



〈그림 8〉 Unknown analysis

크로마토그램(EIC)이 겹쳐 표시되며, 그 오른쪽 상단은 디컨볼루션된 피크의 스펙트럼, 하단은 매칭된 라이브러리 스펙트럼이 구성되어 화합물명을 클릭할 때마다 그에 해당되는 피크의 모든 정보를 한 눈에 알아볼 수 있다.

즉, 크로마토그램상에 나타나는 모든 피크에 대해 개별적으로 정보를 찾아서 확인하지 않아도 자동으로 모두 스크리닝하며 또한 이 스크리닝을 위한 데이터가 디컨볼루션되어 있다는 점에서 그 스크리닝 결과의 신뢰도를 높여주는 역할을 한다고 볼 수 있다.



〈그림 9〉 Isotope Distribution Calculator

## 보너스!

### Isotope Distribution Calculator

동위원소(Isotope)는 동일한 원자번호(양성자수)이지만 질량이 다른 즉, 중성자가 다른 원소를 말한다. 동위원소 패턴은 정확한 질량 측정과 함께 화합물의 Formula에 따라 정해지고 하나의 피크 위치 측정보다 더 다양한 정보를 제공한다. 이는 각각의 동위원소 질량을 바탕으로 고유한 상대 질량 위치와 동위원소 면적을 기초로 구성되어 있다.

〈그림 9〉와 같이 Isotope Distribution Calculator를 이용하면 이론적인 스펙트럼에 대비 측정된 스펙트럼의 유사성을 쉽게 확인할 수 있다. 특히 정성 분석시 유용하게 사용할 수 있는 소프트웨어 기능이다. ☺

# 식품의약품안전처, 농약 허용물질목록 관리제도 (Positive List System) 도입



현재 국내에는 449종 농약, 229개 식품(농산물 188, 인삼 5, 축산물 36)에 대해 8,000여 개의 농약 잔류허용기준이 있다. 그러나 점차 수입식품에 대한 의존도가 높아짐에 따라 국내 미등록농약이 사용된 식품을 수입하는 것은 불가피하다. 이에 식품의약품안전처는 2016년 말부터 안전성이 입증되지 않은 농약의 유입을 사전에 차단하고 안전한 농산물을 수입하고자 “농약 허용물질목록 관리제도”를 도입할 예정이다.

농약 허용물질목록 관리제도란 국내 사용등록 또는 수입식품의 잔류허용기준(MRLs, Maximum Residue Limits)이 설정된 농약 이외에는 일률기준(0.01 mg/kg, ppm)으로 관리하는 제도를 말한다. 농약 허용물질목록 관리제도는 2016년 12월 31일부터 우선적으로 열대과일류와 견과종실류를 대상으로 적용되고 2018년 12월(예정)까지 모든 농산물에 확대 적용될 예정이다.

※ 참고 : 식품의약품안전처 고시 2015-78호(2015,10,29)

지난 10월, 식품의약품안전처에서 국문/영문으로 각각 제작·배포한 「식품의 농약 잔류허용기준(Pesticide MRLs in Food)」책자를 살펴보면 새롭게 도입된 농약 허용물질목록 관리제도가 자세히 설명되어 있다.

## 농산물의 잔류농약 기준적용(~2016.12.30)

농산물에 잔류한 농약에 대하여 「식품의 기준 및 규격」에 별도로 잔류허용기준을 정하지 않은 경우 다음 각 항의 기준을 순차적으로 적용한다.

- ① 당해 농산물에 대한 CODEX 기준
- ② 식품공전 별표 3 농산물의 농약 잔류허용기준의 그 농약 기준 중 당해 농산물과 제1. 3. 1) 식물성 원료의 분류에서 정한 동일 대분류군(단, 소분류가 있을 경우 소분류를 우선 적용)에 속한 농산물의 최저기준
- ③ 식품공전 [별표 3] 농산물의 농약잔류허용기준의 그 농약 기준 중 최저기준

## 농산물의 잔류농약 기준적용(2016.12.31~)

① 농산물에 잔류한 농약에 대하여 「식품의 기준 및 규격」에 별도로 잔류허용기준을 정하지 않은 경우 다음 각 항의 기준을 순차적으로 적용한다. (단, 제1. 3. 1) 식물성 원료의 분류에서 견과종실류 및 과일류 중 열대과일류의 경우에는 제외)

- ② 당해 농산물에 대한 CODEX 기준
- ④ [별표 3] 농산물의 농약 잔류허용기준의 그 농약 기준 중 당해농산물과 제1. 3. 1) 식물성 원료의 분류에서 정한 동일 대분류군(단, 소분류가 있을 경우 소분류를 우선 적용)에 속한 농산물의 최저기준
- ② 제1. 3. 1) 식물성 원료의 분류에서 견과종실류 및 과일류 중 열대과일류에 잔류한 농약에 대하여 「식품의 기준 및 규격」에 별도로 잔류허용기준을 정하지 않은 경우 0.01 mg/kg을 적용한다.
- ③ 상기 “①”의 규정에 해당되지 않은 농약의 경우에는 [별표 3] 농산물의 농약 잔류허용기준 및 [별표 4] 인삼의 농약 잔류허용기준의 그 농약 기준 중 최저기준을 적용한다.(단, 해당 농약의 기준 중 기타 농산물의 기준이 있을 경우에는 기타 농산물의 기준을 우선적으로 적용한다.)

(표 1) 식물성 원재료 분류표

대분류	소분류	품목
곡류	-	쌀, 보리, 밀, 메밀, 조, 수수, 옥수수, 귀리, 호밀, 고粱미, 율무, 기장, 피, 퀴노아, 트리티케일 등
서류	-	감자, 고구마, 토란, 마, 카사바(타피오카), 곤약(구약) 등
콩류	-	대두, 녹두, 완두, 강낭콩, 동부, 팥, 짜두, 피전피, 리마콩, 이집트콩, 그린콩, 렌즈콩, 작두콩 등
견과 종실류	땅콩 또는 견과류	밤, 호두, 은행,잣, 땅콩, 아몬드, 피칸, 케슈너트, 개암, 마카다미아, 피스타치오, 도토리 등
	유지 종실류	참깨, 면실, 해바라기씨, 호박씨, 들깨, 올리브, 달맞이꽃씨, 유채(카놀라)씨, 팜, 흥화씨 등
	음료 및 감미 종실류	커피원두, 키카오원두, 콜라 너트, 과리나
과실류	인과류	사과, 배, 모과, 감, 석류 등
	감귤류	감귤, 오렌지, 자몽, 레몬, 유자, 라임, 금귤, 탱자, 시트론 등
	핵과류	복숭아, 대추, 살구, 자두, 매실, 체리, 넥타린, 앵두, 산수유, 오미자 등
	장과류	포도, 딸기, 무화과, 오디, 월귤, 커런트, 블루베리, 라즈베리, 크랜베리, 구기자, 머루, 복분자(산딸기, 나무딸기 포함), 으름 등
	열대 과일류	비나나, 파인애플, 키위(참다래), 아보카도, 파파야, 대추야자, 망고, 구아바, 코코넛, 리치, 패션프루트, 두리안, 망고스틴, 용안 등
	결구 엽채류	배추, 양배추, 브로콜리 등
채소류	엽채류	얼갈이배추(쌈배추, 봄동 등 포함), 상추, 양상추, 시금치, 들깻잎, 쑥갓, 아욱, 균대, 머위, 무(열무 포함, 잎), 취나물(금취, 참취, 미역취), 고춧잎, 참나물, 케일, 청경채,갓, 냉이, 치커리(잎), 앤디브, 피슬리, 호박잎, 신선자, 고추냉이(잎), 비름나물, 쓴바귀, 우엉잎, 겨자채, 뉴그린, 달채, 당귀잎, 쑥, 등글레(잎), 뽕잎, 유채(동초), 춘채, 고들빼기, 왕고들빼기, 민들레, 방풍나물, 고려엉겅퀴(곤드레나물), 섬쑥부쟁이(부지깽이나물), 엉겅퀴, 산마늘잎(명이나물), 다채(비타민), 원추리, 파드득나물(삼엽채), 돌나물, 비트잎 등
		파, 부추, 미나리, 고구마줄기, 토란줄기, 고사리, 이스파라거스, 셀러리, 죽순, 콜라비, 두릅, 달래, 고비, 뜬마늘(마늘쫑 포함), 락교(엄교), 갓개미자리(세발나물), 리크, 삼채 등
	근채류	무(뿌리), 양파, 마늘, 당근, 생강, 연근, 우엉, 도라지, 더덕, 비트, 사탕무, 순무, 파스퇴, 야콘, 고추냉이(뿌리), 치커리(뿌리), 인삼(산양삼 포함), 등글레(뿌리) 등
	박과 과채류	오이, 호박, 참외, 수박, 멜론, 서양호박(단호박) 등
	박과 이외 과채류	토마토, 방울토마토, 고추, 피망(파프리카 포함), 가지, 오크라, 풋콩 등

버섯류	-	느타리버섯, 송이버섯, 표고버섯, 양송이, 싸리버섯, 팽이버섯, 목이버섯, 영지버섯, 새송이버섯, 목질진흙버섯(상황버섯), 갓버섯, 나도팽나무버섯(맛버섯), 항금뿔나팔버섯, 신령버섯, 석이버섯 등
향신료	-	거자, 계지, 계피(육계), 고수열매, 고추냉이, 로즈마리, 몰약, 비실(바질), 박하, 백리향, 사프란, 산초, 서양박하, 월계잎, 육두구, 정향, 차조기, 회향, 후추, 쿠민, 카파, 강황, 심황, 소두구 등
차	-	차
호프	-	호프
조류	-	갈래곰보, 갈파래, 곰피, 김, 꼬시래기, 다시마, 돌가사리, 동근돌김, 뜰부기, 매생이, 모자반, 미역, 불등가사리, 석목, 스피루리나, 우뭇가사리, 진두발, 청각, 클로렐라, 톳, 파래 등
기타 식물류	-	사탕수수, 단수수, 결명자, 마테, 자스민, 돌외잎, 마타리, 물방기, 질경이, 참나리 등

※ 출처 : 식품의약품안전처, 식품의 농약잔류허용기준(2016.10)

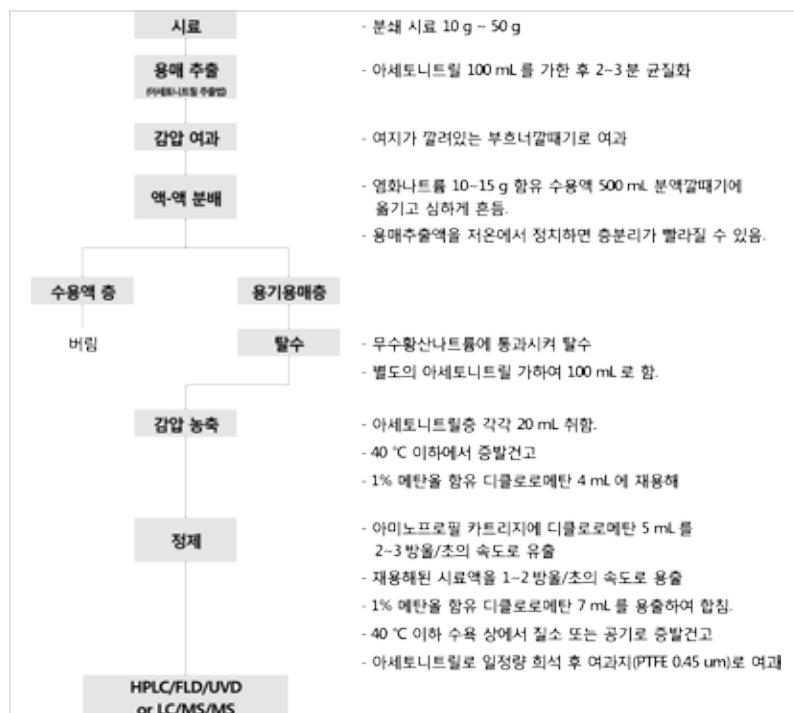
(표 2) 식품의 잔류 농약허용기준 개정 요지

	Negative List (현행)	Positive List
시행기간	~2016.12.30	2016.12.31~
관리방법	사용이 금지된 항목을 목록화, 그 외는 자율적으로 사용하되 문제 발생시 규제	사용이 가능한 항목을 목록화, 그 외는 안전성을 입증하여 허용
효과	- 상대적으로 저비용 고효율 체제 - 미등록 농약의 경우 CODEX 기준을 준용해 사용여부 결정 - 탄력적 운영으로 포지티브 리스트 제도와 유사한 기능	- 농산물 안전성 확보에 유리 - 수입농산물에 대한 비관세장벽 역할
문제점	- 수입농산물 잔류농약 관리 한계 등	- 검사대상 품목 많아 인력, 장비 수용 증가 - 소면적 작물 등 농산물 생산 위축 등

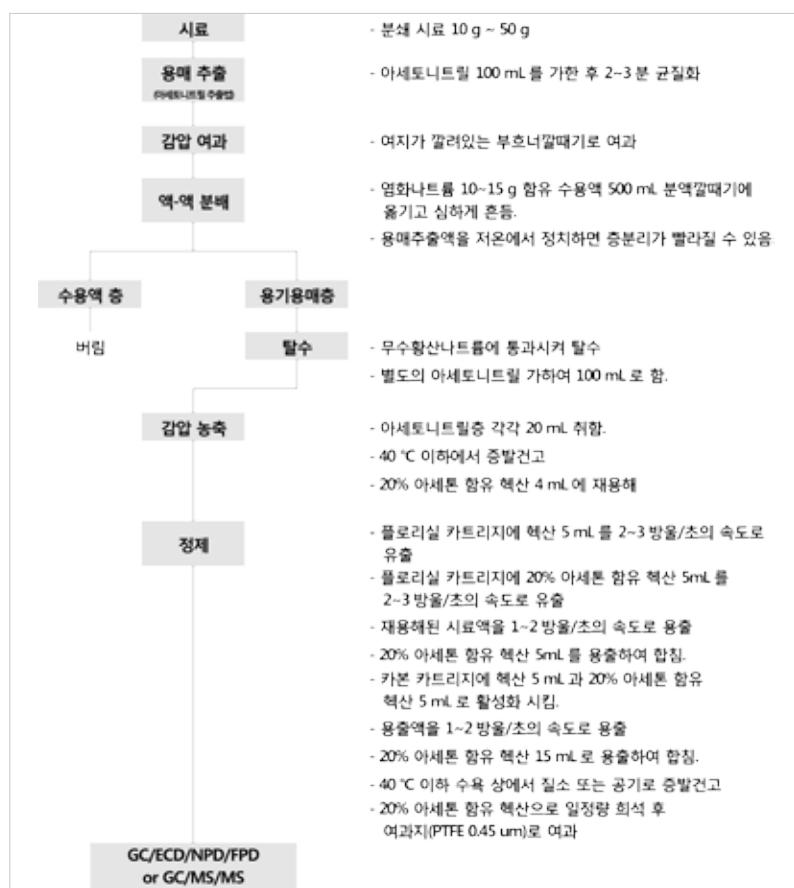
## 규제의 변화

잔류기준이 정해져 있을 경우	기준 규격에 따라 기준 적용	
잔류기준이 없는 경우	CODEX 기준 및 유사농산물 기준 적용 ⇒ 유통가능	- 일정량(0.01 ppm)을 넘는 잔류 물질을 함유하는 식품 유통금지 - 전세계 사용되는 대부분의 농약에 대해 검사 실시 - 안전성이 입증되면 기준설정 가능
인체 위해가 없는 것이 확실한 것	잔류허용기준 설정 면제	
사용금지율	사용금지	

※ 참고 : 식품의약품안전처, 농약 허용물질목록 관리제도 설명자료



〈그림 1〉 기체크로마토그래프 측정 대상 성분의 시험용액 조제



〈그림 2〉 액체크로마토그래프 측정 대상 성분의 시험용액 조제

이 법령이 적용될 경우 2016년 12월 31일부터 식물성 원료의 분류에서 정한 견과종실류와 열대과일류 중 별도 잔류허용기준이 정해져 있지 않은 케슈너트, 개암, 도토리, 호박씨, 들깨, 달맞이꽃씨, 목화씨, 팜, 홍화씨, 콜라너트, 과라나, 대추야자, 구아바, 코코넛, 리치, 두리안, 망고스틴 등은 모든 규제 잔류농약(457종)의 허용기준이 0.01 mg/kg 이하인 이른바 포지티브리스트시스템(Positive List System, PLS)이 우선 적용되는 것이다.

## 식약처, 다종농약다성분 분석법

### - 제2법 고시

위 제도 도입에 앞서 지난 9월 30일, 식약처는 국내외에서 사용되는 농약의 잔류허용기준과 관련 시험법을 개정·신설하여 식품 중 잔류물질의 안전관리를 강화하고자 「식품의 기준 및 규격 일부개정고시」(식품의약품안전처고시 제2016-106호, 2016. 9. 30.)를 일부 개정한 바 있다.

이 개정안은 농산물, 인삼 중 농약 잔류허용기준을 추가 신설하고, 국내에서 허가되어 판매되고 있다. 그리고 잔류허용기준이 설정되지 않은 동물용의약품 24종의 잔류허용기준과 시험법을 신설하고, 동물용의약품 잔류물의 정의를 개정하였다. 이는 농약 허용물질목록 관리제도 도입에 앞서 국내 잔류농약 분석 실무의 경쟁력을 강화하기 위해 마련된 개정안으로 해석된다.

특히 이 개정고시를 통해 새롭게 추가된 GC-MS/MS 및 LC-MS/MS법을 포함한 다종 농약다성분 분석법(Multi class pesticide multiresidue method)-제2법은 GC-MS/MS 분석대상 282종과 LC-MS/MS 분석대

연번	물질명 (Compound)	어무름 시간 (분)	분자량 (MW)	관측질량 (Exact mass)	선구이온 (Precursor ion, m/z)	토막이온 (Fragmention, m/z)	충돌 에너지 (Collisionenergy, eV)	순번	물질명 (compound)	이온화 (Ionization mode)	어무름 시간 (분)	분자량 (MW)	관측질량 (Exact mass)	선구이온 (Precursor ion, m/z)	토막이온 (Fragment ion, m/z)	충돌 에너지 (Collision energy, eV)
1	2,6-Diisopropylnaphthalene	11.511	212.33	212	212	197	15	1	Acetamiprid*	positive	4.99	222.7	222	223	90	33
2	Acrinathrin	24.552	541.4	541	181	152	5	126	20							
3	Aldrin	15.506	364.9	362	263	193	30	109	29							
4	Allethrin	17.187	302.4	302.2	123	226	20	110	15							
5	Allidochlor	8.078	173.6	173	132	81	10	116	9							
6	Ametryn	14.399	227.3	227	227	132	5	66	36							
7	Anilofos	23.201	367.8	367	226	56	10	277	15							
8	Aspon	15.534	378.4	378.1	211	184	10	92	15							
9	Atrazine	12.334	216.7	215	215	200	10	108	15							
10	Azaconazole	18.742	300.1	299	217	217	5	156	10							
					173	173	20	199	5							
								76	51							
								112	33							
								139	25							
								172	52							
								183	39							
								372	14							
								81	31							

〈그림 3〉 농산물 중 잔류농약 MS/MS 분석대상 및 상세조건 기재 예시

〈표 3〉 분석 장비별 대상물질 갯수

GC	HPLC	GCMSMS	LCMSMS
7890B GC	1200 Infinity LC	7000 GC-QQQ	6400 Series LC-QQQ
207종	83종	282종	115종
16종 중복			중복 없음

상 115종으로 중복되는 물질없이 총 397종의 잔류농약에 해당하는 각각의 어무름시간, 선구이온(Precursor ion, m/z), 토막이온(Fragment ion, m/z), 충돌에너지(Collision energy, eV) 등이 자세하게 기재되어 있다.

운영을 위하여 현재 운영 중인 분석법을 개선하고자 기체 및 액체 크로마토그래프·질량분석기를 이용한 320종 다성분 동시분법도 확립하여 의견 수렴 중에 있다. ☺

#### ※ 참고자료

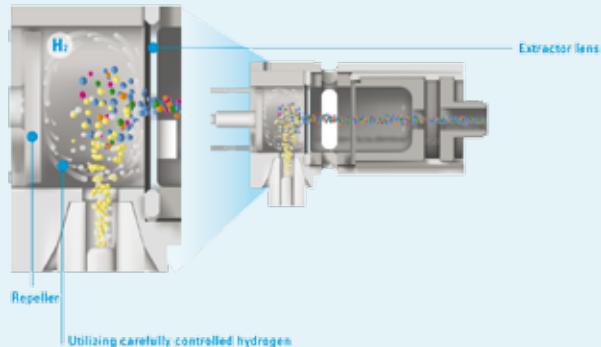
- 식품의약품안전처 고시 제2016-106호 식품의 기준 및 규격 일부개정고시
- 식품의약품안전처, 2016, 농약 허용물질목록 관리제도 (Positive List System) 설명자료
- 식품의약품안전처 공고 제2016-736호 농산물 등의 유해물질 분석법 일부개정고시(안) 행정예고

#### 농산물 등의 유해물질 분석법 일부개정고시(안) 행정예고

최근 12월 2일, 식약처에서 행정예고된 「농산물 등의 유해물질 분석법 일부개정고시(안)」(식품의약품안전처 공고 제2016-736호)에서도 생산단계 농산물의 잔류농약 안전관리의 효율적인

# GC/MS, GC/MS/MS 이온화원 자동 세척

: Agilent JetClean Self-Cleaning Ion Source



이온화원 세척, 하지 않을 수는 없습니다.  
그러나, Agilent JetClean 기술을 도입하면  
이온화원 세척 횟수를 획기적으로 줄일 수 있습니다.

GC/MS, GC/MS/MS를 이용하여 matrix가 복잡하고, 농도가 높은 시료를 자주 분석하다 보면, 기기 내부에 오염 물질들이 쌓일 수 있다. 결과적으로 장비의 성능을 최상으로 유지하기 위해서는 주기적으로 manual source cleaning을 진행해야 한다. Manual source cleaning은 기기를 vent하고 이온화원을 기기로부터 분리, 분해하여 이온화원 내부의 렌즈 및 구성 파트들을 문질러 닦아서 오염물질들을 제거하고 다시 조립하여 진공을 걸어야 하는 작업이다. 이렇듯 이온화원을 세척하기 위해서는 시간과 노력을 들여야 하며, 기기를 사용할 수도 없다.

Agilent JetClean Self-Cleaning ion source 모듈을 이용하면 수소 flow를 세밀하게 조절하여 이온화원이 오염되지 않게 유지시켜 줌으로써, Agilent Single 또는 Triple Quadrupole GC/MS 시스템에서 번거로운 manual source cleaning의 주기를 현저히 감소시킬 수 있다.

Agilent JetClean Self-Cleaning ion source 모듈은 'Clean Only' 모드와 'Acquire and Clean' 모드로 활용할 수 있다.

'Acquire and Clean' 모드에서는 분석 결과를 수집하면서 동시에 수소 flow를 조금씩 늘려가면서 이온화원을 오염시키는 물질들을 제거하는 모드이다. 이 경우 tune file 생성 및 method 설정 시에 수소 flow를 고려해야 하며, 분석 성분에 따라 수소의 존재에 민감하게 반응하는 성질이 있을 수 있어 수소 flow를 천천히 올려주면서 method를 설정해야 한다.



〈그림 1〉 Agilent JetClean Self-Cleaning ion source 모듈의 두 가지 사용 모드

'Clean Only' 모드는 데이터 수집 과정과 관계없이 수소 flow를 흘려주면서 이온화원을 세척하는 모드로서, source cleaning의 필요 시 소프트웨어에서 진행할 수 있다. 마치 manual source cleaning처럼 진행하는 것이나 이온화원을 분리하고 문질러 닦고, 재조립해야 하는 번거로움 없이 소프트웨어에서 짧은 시간에 편리하게 세척할 수 있다.

## Agilent JetClean Self-Cleaning 모듈 test 1

심각한 이온화원 오염을 만들어 보기 위해 이온화원 렌즈에 빨간색 잉크로 낙서를 해서 자국을 만들었다. JetClean self-cleaning ion source 모듈에서 단 1번의 자동 세척으로 낙서를 깨끗하게 제거할 수 있었다.



〈그림 2〉 JetClean Self-Cleaning ion source 모듈에서 빨간색 잉크로 낙서한 이온화원 렌즈의 자동 세척 전후

## Agilent JetClean Self-Cleaning 모듈 Test 2

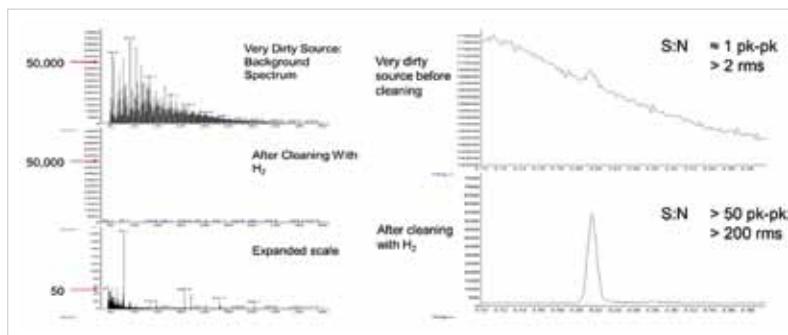
Cleaning frequency reduced **>80%**

다양한 식품의 QuEChERS 추출로부터 170종 농약 성분을 분석하는 식품 실험실에서 JetClean 모듈을 사용해 보았다. 기준에는 SANCO에서 요구되는 기준에 부합하는 결과를 얻기 위해서 한 달에 한 번 manual source cleaning을 해야 했다. 하지만 JetClean 모듈을 이용했을 때에는 manual source cleaning의 주기를 6개월에 한 번으로 줄일 수 있었다. 결과적으로 manual source cleaning의 횟수를 80% 이상 줄일 수 있었다.

## Agilent JetClean Self-Cleaning 모듈 Test 3 (Enhanced PAH Analyzer)

Agilent Self-Cleaning ion source는 유량을 아주 정밀하게 제어하는 aux EPC(auxillary pneumatic control module)를 이용하여 아주 적은 양의 수소를 이온화원 내부로 흘려보낸다. Mass spectrometer에 수소를 도입함으로써 이온화원의 표면, detector 등 Mass Spectrometer 내부가 세척된다.

〈그림 3〉은 'Clean Only' 모드를 이용했을 때 background noise가 얼마나 개선되었는지 보여주며(왼쪽), Self-Cleaning 후에 기기의 감도가 회복된 것을 볼 수 있다(오른쪽).



〈그림 3〉 Agilent JetClean Self-Cleaning 모듈의 'Clean Only' 모드 사용시 background noise(왼쪽)와 기기감도(오른쪽) 비교

Agilent JetClean Self-Cleaning Ion Source 모듈을 이용하면 GC/MS, GC/MS/MS에서 manual source cleaning의 필요를 최소화할 수 있다.

'Acquire and Clean' 모드는 이온화원의 성능을 안정적으로 오래 지속시킬 수 있는 방법으로 이 경우 분석 결과를 살펴보면서 method를 최적화해야 한다. 'Clean Only' 모드는 데이터 수집과 독립적으로 진행할 수 있는 모드로서 이온화원 세척이 필요한 경우 언제든지 사용할 수 있다.

이 두 가지 모드를 이용해서 manual source cleaning의 주기를 효과적으로 개선할 수 있고, 기기의 가동 시간을 최대화할 수 있으며 분석 결과의 신뢰성을 한층 높일 수 있다. 

※ Agilent JetClean Self-Cleaning Ion Source 모듈은 Agilent 5975/5977/7000/7010 GC/MS에 호환하여 사용하실 수 있습니다. 6890 GC, 7200 Q-TOF, SS Source 및 Diff pump & IDP-3 & Scroll pump는 적용할 수 없습니다.



# 초미세 먼지 중 중간휘발성 유기 화합물의 스크리닝 분석

## 도입

최근 3년 동안 한반도의 미세 먼지 및 초미세 먼지에 대한 관심과 논란이 끊이지 않고 있다. 초미세 먼지란 입자의 크기가  $2.5 \mu\text{m}$  이하(PM 2.5 : Particulate Matter less than  $2.5 \mu\text{m}$ )인 먼지를 말하며 학술적으로는 에어로졸(aerosol)이라고 한다. 또한 입자의 크기가 작을수록 건강에 미치는 영향이 크다는 결과에 따라 선진국에서는 미세입자에 대한 기준을 90년대 후반부터 도입하기 시작했다(네이버 지식백과 지형 공간정보체계 용어사전 참고).

한국은 위도 30~65도 사이의 편서풍 지대에 위치하고 있어서 쪽인 중국에서 발생한 대기 오염 물질의 영향을 받을 수밖에 없다. 그리고 올해 나사(NASA)에서는 한반도 공기질 연구를 통한 오염물질의 장거리 수송에 대한 연구를 하기 위해 국

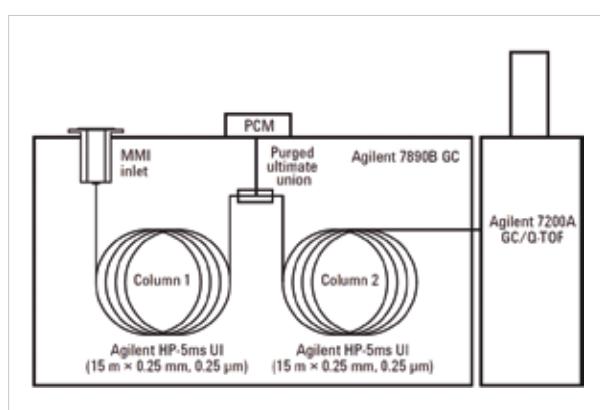
립환경과학원 등과 공동으로 293명의 과학자, 15개국이 참여한 대형 프로젝트를 진행하였다. 그리고 그 결과 중 하나로 중국의 대기오염원으로부터 한반도로 날아오는 오염물질들의 시뮬레이션 영상을 인터넷에 공개하였다(유튜브, [https://www.youtube.com/watch?v=\\_eDH2Y\\_VRvo](https://www.youtube.com/watch?v=_eDH2Y_VRvo)). 또한 중국발 대기 오염 물질 뿐만 아니라 대한민국의 자체적인 오염원 역시 적지 않다는 점을 덧붙였다(유튜브, <https://www.youtube.com/watch?v=55jZZfL4wTo>).

중간휘발성 유기 화합물(SVOCs, Semivolatile Organic Compounds)은 다양한 분자구조를 가지고 있고, 이들은 에어로졸 입자의 형성 및 건강과 관련된 영향과 상관관계가 있다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 미세 에어로졸 입자로 인한 오염에 대해 관심이 계속해서 증가되고 더불어 이들 입자에 흡착되어 있는 다양한 유기 화합물이 증가함에 따라 SVOCs 스크리닝이 더욱 요구되고, 더욱 까다로워졌다.

## 실험

### 분석기기

초미세 먼지 중의 모든 SVOCs를 최대한 스크리닝하기 위해 Agilent사 7890 GC와 7200A Q-TOF MS 시스템을 사용하였다(그림 1). 분석 화합물 목록을 정하지 않고 SVOCs 전체를 대상으로 스크리닝을 하기 때문에 검출되는 피크에 대한 정성적 확인의 정확도를 위해 Agilent사 Pesticides and Environmental Pollutants(P&EP) MRM 데이터베이스(제품번호



〈그림 1〉 초미세 먼지 중 SVOCs 스크리닝을 위한 Agilent사 7200 GC/Q-TOF 시스템 구성

&lt;표 1&gt; 초미세 먼지 중 SVOCs 스크리닝을 위한 Agilent사 7200 GC/Q-TOF 분석 조건

**GC conditions**

Columns	Agilent HP-5ms UI, 15 m × 0.25 mm, 0.25 µm film (two each)
Carrier gas	Helium
Column 1 flow	1.0 mL/min
Column 2 flow	1.2 mL/min
Inlet temperature	280 °C
Injection mode	Splitless
Injection volume	2 µL
Oven temperature program	60 °C for 1 minute, 40 °C/min to 120 °C, 0 minutes, 5 °C/min to 310 °C, 10 minutes
Run time	50.5 minutes
Backflush	5 minutes (Post run)
Transfer line temperature	310 °C

**Q-TOF MS conditions**

Ionization mode	El
Source temperature	300 °C
Quadrupole temperature	180 °C
Mass range	50 to 500 m/z
Spectral acquisition rate	5 Hz, collecting both in centroid and profile modes

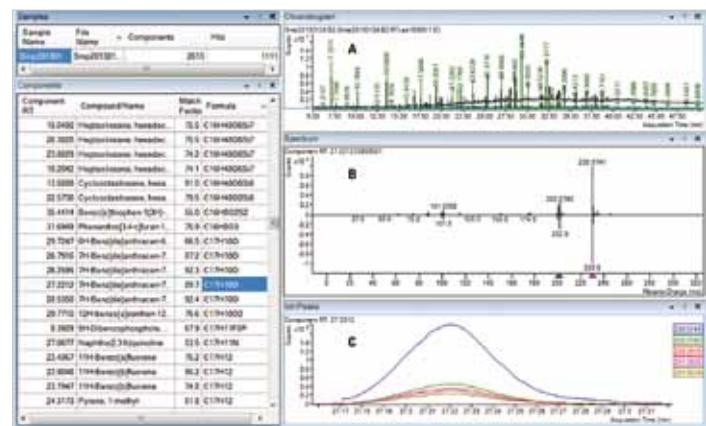
G9250AA)에 포함된 RTL GC 분석법을 활용하였다(<표 1>). 해당 데이터베이스에는 1,000종 이상의 환경오염물질(농약 등)에 대한 GC 및 MS/MS(MRM) 분석법이 포함되어 있으며 이를 분석법을 이용하여 검출되는 각 화합물의 피크별 RT 정보를 포함하고 있어 스크리닝 분석에서 정성 확인에 대한 검증 툴로 활용할 수 있다.

**전처리**

PM2.5는 샘플러 유량 300 L/min로 석영섬유필터(QFF, Quartz Fiber Filters)를 이용하여 포집하였다. 초미세 먼지 포집량의 정확한 측정을 위해 석영섬유필터는 샘플링 전후 24시간 동안 20 °C, 40% 상대습도의 클린룸 챔버 내에서 안정화시켰다. 0.001 mg 정밀도를 가진 전자 미량저울을 이용하여 초미세 먼지의 무게를 정확히 측정한 후, 48시간 동안 70 °C에서 1:1 디클로로메탄/헥산(v/v) 50 mL를 이용하여 속슬랫 추출을 실시하였다. 추출용액을 필터링 후 회전 증발기를 이용해 농축하고 질소 폐지를 통해 추가 농축 및 용매전환(n-헥산)을 하였다.

**분석 결과****① 디컨볼루션 및 라이브러리 검색**

<표 1>과 같은 조건으로 스캔 분석을 통해 얻어진 데이터는 Agilent사 Unknowns Analysis Software로 디컨볼루션하였다(<그림 2>).



&lt;그림 2&gt; Agilent Unknown Analysis Software 화면

- (A) 전이온 크로마토그램(TIC)
- (B) 피크 및 라이브러리의 스펙트럼 반사 그림
- (C) 피크의 추출이온 크로마토그램(EICs) 겹침 그림

전체 크로마토그램에서 최대한 많은 피크들을 찾아내기 위해 RT Window Size Factor 50~200 및 Extraction Window 100 ppm으로 세팅하여 디컨볼루션을 실시하였다. 또한 NIST 라이브러리 매칭 스코어를 >50으로 설정하였더니 알칸, 호판, 케톤, PAHs, O-PAHs, 에테르 및 헤테로 고리 화합물을 포함하여 약 2,600개의 피크가 매칭되었다. 이들 매칭된 피크들은 Agilent사 MassHunter Software의 MFG(Molecular Formula Generator) 및 Formula Calculator를 이용하여 추가 검증하였다.

PAHs 및 O-PAHs의 스크리닝 결과를 <그림 3> 및 <그림 4>와 같이 정리하였다. 또한 나머지 화합물들에 대해서도 그룹별로 동일하게 데이터 정리를 시행하였다.

**② PAHs & O-PAHs의 정성적 확인**

<그림 3>과 같이 Unknowns Analysis를 이용하여 복잡한 매트릭스 중에 묻혀있는 수많은 PAHs 피크에 대한 정보를 확인할 수 있었다. 라이브러리 매칭된 100여 종의 PAHs들은 TOF

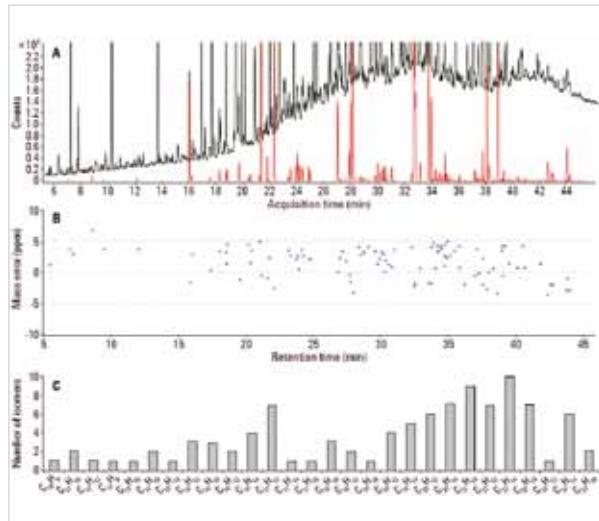


그림 3) PAHs 스크리닝 결과  
 (A) TICs(검정) 및 PAHs 피크 프로파일(빨강)  
 (B) 측정된 PAHs 피크의 모분자 이온 질량 오차  
 (C) 화학식별 이성질체의 개수

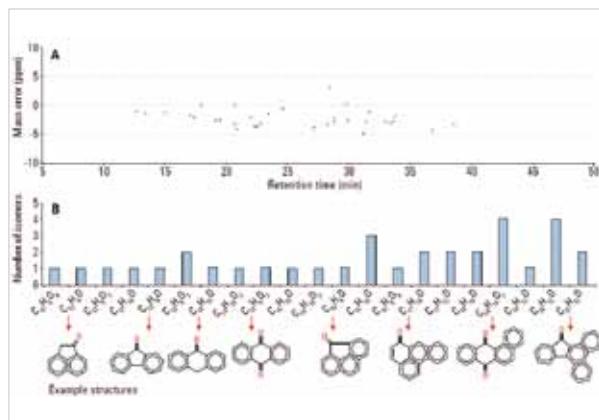


그림 4) O-PAHs의 확인  
 (A) 측정된 O-PAHs 피크의 모분자 이온 질량 오차  
 (B) 화학식별 이성질체의 개수 및 구조 예

의 높은 질량 정확도를 바탕으로 재검증할 수 있었고, 이를 질량 정확도는 5 ppm으로 매우 정확했다. 또한 P&EP MRM Database에 포함된 PAHs의 RT 정보를 이용한 추가적인 정성 확인을 통해 그 정확도를 높일 수 있었다. 이를 데이터베이스와 실제 시료 분석 결과의 RT 차이는 단지 0.03분 이내였다. 또한 이들 초미세 먼지에서 추출된 PAHs는 탄소 개수 10~28개로 다양한 범위의 화학식 분포를 나타내었다.

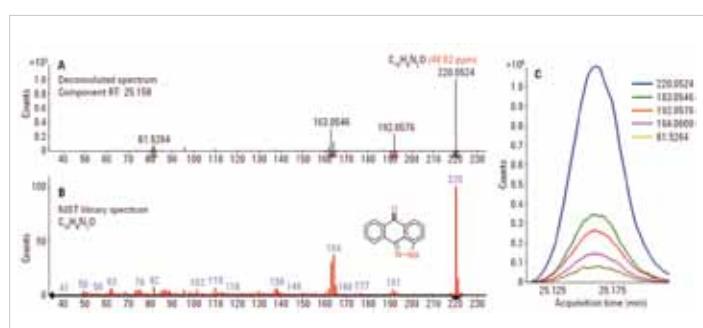
비슷하게 O-PAHs도 높은 질량 정확도에 대한 TOF 데이터를 바탕으로 34종의 화합물을 확인할 수 있었다. <그림 4>에 이상과 같이 확인된 34종의 피크에 대한 고분자 이론 질량 오차, 화학식 분포, 그리고 몇몇 O-PAHs에 대한 구조 정보를 나타내었다.

### ③ 미지 화합물의 구조 예측

앞서 살펴본 바와 같이 디컨볼루션을 통해서 미지 성분에 대한 피크들을 찾아낼 수 있었다. 그런데 <그림 5>와 같이 디컨볼루션 피크가 라이브러리 매칭된 결과와 모분자 이온의 질량 정확도(=질량 오차)가 일치하지 않는 경우가 종종 발생할 수 있다. NIST 라이브러리 매칭 스펙트럼은  $C_{14}H_8N_2O$ 인 Anthra[1,9-cd]pyrazol-6-(2H)-one인데 이들 라이브러리 검색에 의한 잠정적인 매칭은 질량 정확도의 측면은 간과된 결과이다.

디컨볼루션된 이 피크의 모분자 이온 질량값(220.0524 m/z)은 라이브러리 매칭된 Anthra[1,9-cd]pyrazol-6-(2H)-one와 48.62 ppm의 질량 오차를 갖는다. 즉, 기기의 질량 측정 정확도가 충분히 신뢰할 수준이 된다는 가정 하에 이 피크는 Anthra[1,9-cd]pyrazol-6-(2H)-one가 아니라는 결론을 내릴 수 있다. 그리고 기존의 사중극자 질량분석기로는 이들 미량의 질량 오차를 확인할 수 없다는 점이 고분해능 질량분석기인 TOF와의 큰 차이점이라고 볼 수 있다.

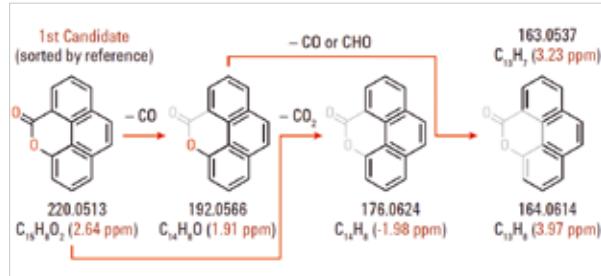
TOF의 높은 질량 분해능 및 정확도를 바탕으로 220.0524 m/z에 대한 화학식을 계산해 보면  $C_{15}H_8O_2$ 로 나타난다. 그리고 NIST 라이브러리 상에는 해당 화학식을 가진 화합물이 없다. 이상과 같이 기존의 단일 질량분석기로는 아무리 분해능이 높



다 하더라도 라이브러리 매칭이 되지 않으면 그 화합물의 정성적 확인을 위해 모분자 이온의 질량값을 확인하여 그 화학식을 이끌어 내는 것 외에는 다른 방법이 없었다. 그러나 Q-TOF의 진가는 바로 이때 발휘된다. Q-TOF MS/MS 분석을 하게 되면 다른 방해요소를 완전히 배제한 상태로 단지 모분자 이온의 조각 이온에 대한 정보만을 이용하여 보다 정확한 구조적 해석을 진행할 수 있게 된다.

〈그림 6〉은 220.0524 m/z의 MS/MS 조각 이온에 대한 스펙트럼과 그 구조의 추정에 대한 결과를 나타낸다. 이 미지 성분의 모분자 이온 및 그 조각 이온에 대한 정확한 화학식을 Formula Generator 기능을 이용하여 확인할 수 있다. 또한 이들 정보는 Agilent사 Molecular Structure Correlator(MSC) Software를 통해 그 구조적 해석에 접근할 수 있게 된다.

MSC를 이용하면 ChemSpider(무료 온라인 화학 데이터베이스, 5,800만 이상의 화합물 구조 정보 보유)와 연동됨으로써 깨끗하게 정제된 조각 이온 및 모분자 이온의 정보가 자동으로 데이터베이스 내 화합물의 구조적 정보와 매칭된다. MSC 매칭 결과가 완전히 명백하다고는 할 수 없지만, 기존의 NIST 라이브러리(25만 화합물에 대한 스펙트럼)보다 230배 이상의 화합물 정보를 대상으로 검색할 수 있다는 점, 그리고 고분해능 고정확도를 기반으로 한 질량값과 매칭한다는 점, MS/MS 분석을 통

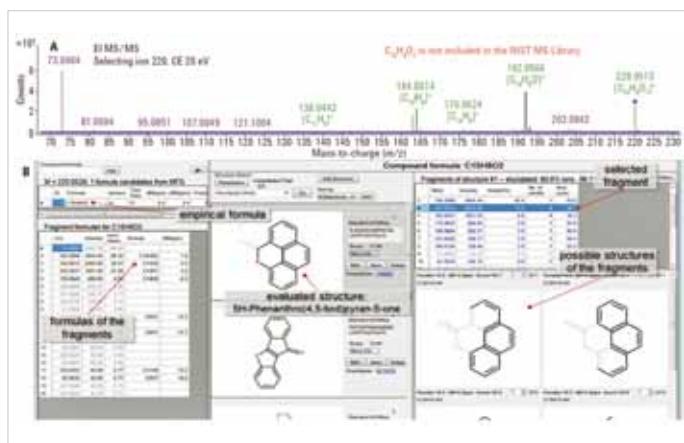


〈그림 7〉 MSC를 통해 추정할 수 있는 후보물질( $\text{C}_{15}\text{H}_8\text{O}_2$ )의 조각이온 경로 해석

해 보다 정제된 깨끗한 스펙트럼과 매칭한다는 점이 그 정확도를 더욱 높일 수 있다고 할 수 있다. 〈그림 7〉은 MSC를 통해 설명되는 후보 화합물의 조각이온 경로를 나타내었다.

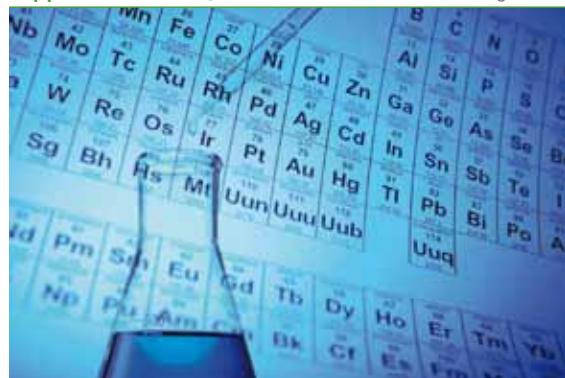
## 결론

초미세 먼지에 흡착되어 있는 SVOCs를 연구함에 있어 GC/Q-TOF를 도입함으로써 정확한 질량 정보, 고감도 스캔 분석, MS/MS 분석을 통해 보다 많은 정보를 확인할 수 있었다. 또한 이들 데이터의 디컨볼루션, 자동 조각 이온 화학식 주석, 구조 해석까지 가능하여 기존의 GC/MSD 분석에 비해 GC/Q-TOF를 이용한 비표적 SVOCs 스크리닝 및 미지 성분의 정성적 확인이 보다 월등한 연구 결과를 산출함에 의심할 여지가 없다.

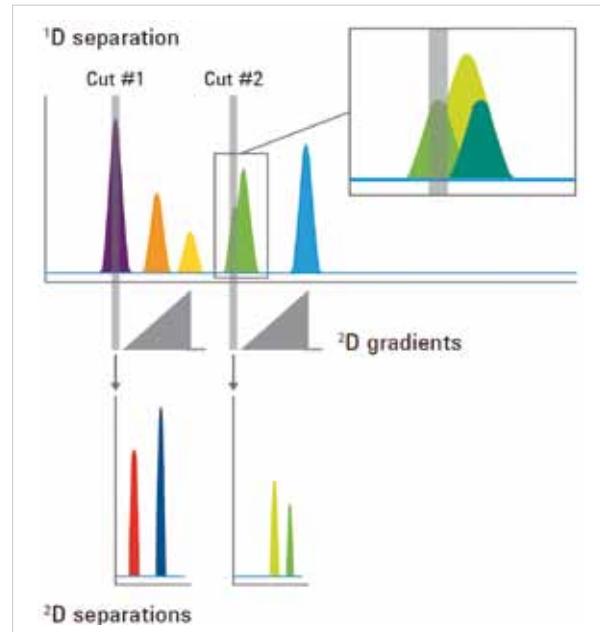


〈그림 6〉 (A) Formula Generator를 이용해 산출한 MS/MS 스펙트럼의 실험식  
 (B) 해당 스펙트럼을 MSC에 적용하였을 때 매칭되는 구조해석 결과. 각각의 조각이온의 구조는 제안된 실험식이 되기 위해 끊어져야 하는 결합이 몇 개나에 따른 패널티를 포함하도록 하여 각각의 조각이온의 질량 오차를 기준으로 그 순위가 매겨진다.





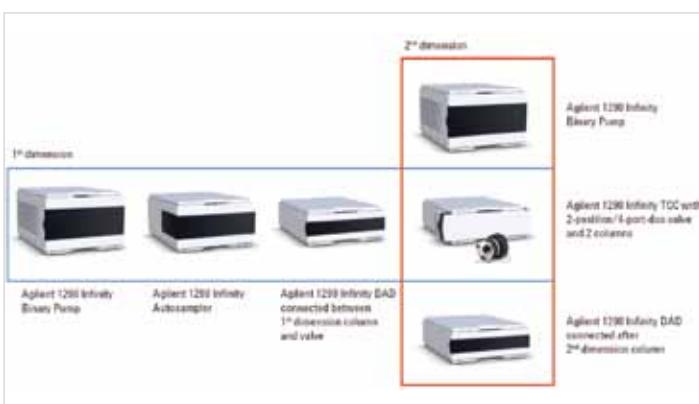
## HPLC 피크용량을 증대한 정밀화학 제품의 불순물 분석법 개발



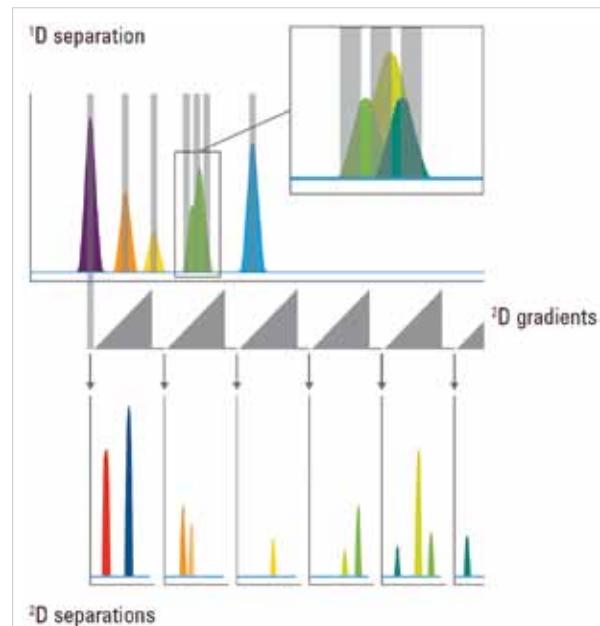
〈그림 2〉 Heart-cutting 2D-LC

### 도입

화학 산업에서 정밀화학 제품의 불순물 분석은 매우 중요한 과정으로 대부분 액체 크로마토그래피를 이용하여 분석한다. 정밀화학 제품의 불순물은 주성분과 유사한 구조를 가지고 있을 뿐만 아니라 다른 불순물 간에도 유사하다. 그래서 단순히 컬럼-용매간 결합으로 이루어진 선택성만으로 분리를 얻기가 매우 어렵다. 이러한 문제점에 대한 해결책으로 함께 용리(coelution)되는 성분들의 피크만 잘라내어(heart-cutting) 다른 분리 선택성을 가진 컬럼으로 이동시켜 분리시킬 수 있다.



〈그림 1〉 Agilent 1290 Infinity 2D-LC 솔루션의 heart-cutting 2D-LC 응용(LC-LC)을 위한 기기 구성



〈그림 3〉 Multiple heart-cutting 2D-LC

Agilent 1290 Infinity 2D-LC 솔루션(〈그림 1〉)의 heart-cutting 2D-LC 방법(〈그림 2〉)을 이용하여 주성분과 함께 용리되는 불순물이 분리되는 결과는 이미 많이 발표되었다.

불순물 분석법의 개발을 위해서는 모든 불순물들이 검출되어야 할 뿐만 아니라 주성분 또는 다른 불순물들과 함께 용리되어 숨어있는 불순물들이 없도록 해야하는데, 바로 multiple heart-cutting 2D-LC(그림 3)가 가능하게 해준다. 1290 Infinity 2D-LC 솔루션은 1차원 LC에서 분리되는 여러 피크들을 heat-cutting하여 루프에 각각 저장하고, 저장된 heart-cut을 순차적으로 2차원에서 분석한다. 1차원 LC에서 분리되어 검출된 모든 피크들은 heart-cutting 대상이 되며, 1차원에서 함께 용리되었을 것이라 추정되는 피크들을 발견할 수 있도록 2차원 LC에서 다른 선택성으로 분리하여 분석하였다.

## 실험

### 2D-LC method

First-dimension pump	
Solvent A	Water + 0.1 % formic acid
Solvent B	Acetonitrile + 0.1 % formic acid
Flow rate	0.2 mL/min
Gradient	5 %B at 0 minutes 95 %B at 20 minutes 95 %B at 25 minutes
Post time	10 minutes
Second-dimension pump	
Solvent A	Water + 0.1 % formic acid
Solvent B	Methanol + 0.1 % formic acid
Flow rate	2.0 mL/min
Gradient and gradient modulation	10 %B at 0.00 minutes to 50 %B at 22.00 minutes 70 %B at 1.50 minutes to 95 %B at 22.00 minutes
<sup>2</sup> D gradient stop time	1.50 minutes
<sup>2</sup> D cycle time	2.00 minutes
Autosampler	
Injection volume	2 $\mu$ L
Sample temperature	6 °C
Needle wash	10 seconds in methanol/water (50/50, v/v)
Thermostatted column compartment	
First-dimension column	30 °C at right side
Second-dimension column	30 °C at left side
Multiple heart-cutting	
Operation mode	<ul style="list-style-type: none"> <li>Time-based multiple heart-cutting was performed with the heart-cuts (2D time segments) set according to the first-dimension retention times.</li> <li>Heart-cutting of impurities was conducted with a sampling time of 0.40 minutes (loop filling of 200 %).</li> <li>Three closely spaced consecutive heart-cuts were taken across the main compound's peak using a sampling time of 0.10 minutes (loop filling of 50 %).</li> </ul>
Diode array detection	
First dimension	Wavelength 254 nm/4 nm, reference 360 nm/100 nm 20-Hz data rate
Second dimension	Wavelength 254 nm/4 nm, reference 360 nm/100 nm 80-Hz data rate

## 기기

Multiple heart-cutting에 대한 Agilent사 1290 Infinity 2D-LC 솔루션은 다음의 모듈로 구성되어 있다.

- Agilent 1290 Infinity Binary Pump(G4220A, 2 세트)
- Agilent 1290 Infinity Autosampler(G4226A)와 Agilent 1290 Infinity Thermostat(G1330B)
- Agilent 1290 Infinity Thermostatted Column Compartment (G1316C)
- Agilent 1290 Infinity Valve Drive(G1170A)와 2-position/4-port duo-valve (2D-LC valve head, G4236A)
- Agilent 1290 Infinity Valve Drive(G1170A, 2 세트)와 40- $\mu$ L 루프들이 장착된 multiple heart-cutting valves(G4242-64000, 2세트)
- Agilent 1290 Infinity Diode Array Detector(G4212A, 2세트)와 10-mm Max-Light cartridge cell(G4212-60008)

## 소프트웨어

- Agilent OpenLab CDS ChemStation Edition Software(version C.01.07)
- Agilent 1290 Infinity 2D-LC Acquisition Software(version A.01.02)

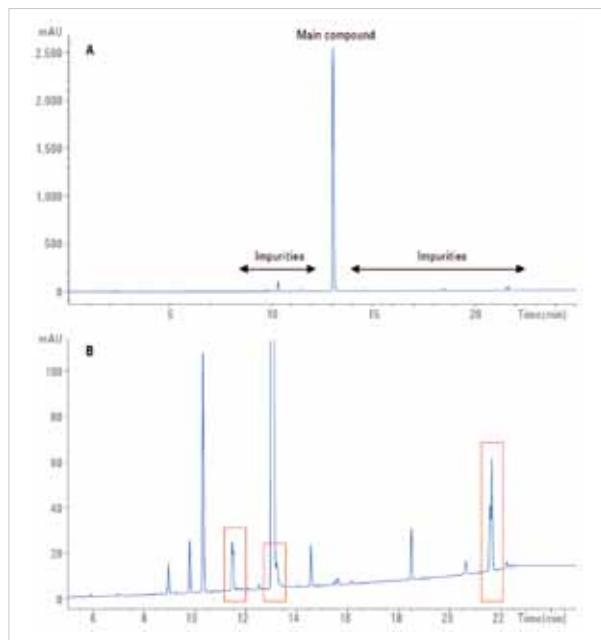
## 컬럼



- 1차원 : Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18, 2.1×150 mm, 1.8  $\mu$ m(p/n 959759-902)
- 2차원 : Agilent Poroshell 120 Bonus-RP, 4.6×50 mm, 2.7  $\mu$ m(p/n 699968-901)

## 결과 및 토론

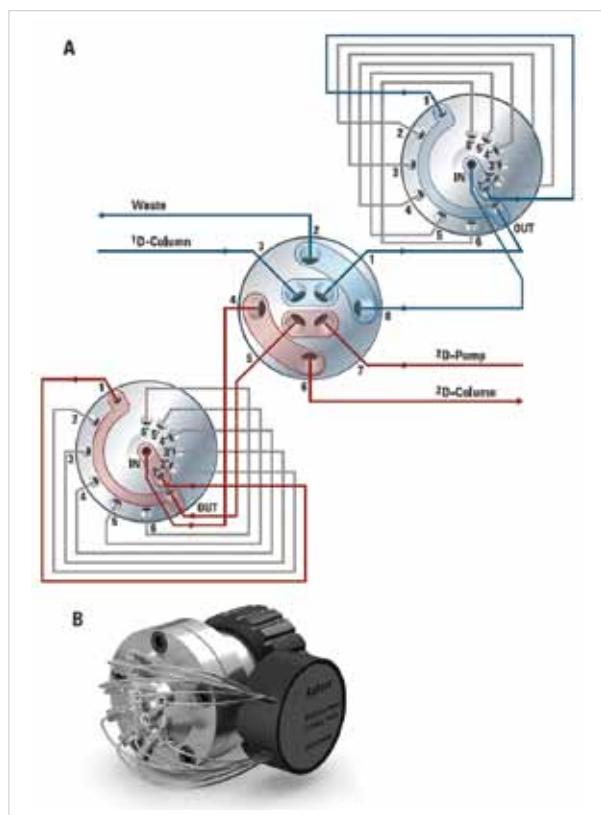
정밀화학 제품의 불순물 분석법을 개발할 때 설정된 분석법으로 모든 불순물들이 주성분 또는 다른 불순물들로부터 분리가 잘 되는지 아니면 함께 용리된 것이 있는지 중요한 의문이 생기게 된다. <그림 4>는 0.1% formic acid를 사용한 물-아세토니



〈그림 4〉 2D-LC법의 1차원 LC 조건에 따른 1차원 불순물 분석, 함께 용리된 것으로 보이는 피크들을 빨강색 박스로 표기, (A) 전체 스케일 (B) Y축 확대

트릴 기울기 조건과 C18 컬럼을 이용한 1차원에서 분석된 불순물들을 보여준다. Y축을 확대한 크로마토그램(B)에서 주성분 및 2개의 불순물 피크 부근에 함께 용리된 것을 볼 수 있다. 이렇게 함께 용리된 것으로 바로 보이는 부분들과 가능성 있을 것으로 추정되는 모든 피크들을 조사하기 위해 각각의 피크들을 heart-cutting하고 다른 분리 선택성을 갖는 2차원 LC로 전달하여 분리하였다.

〈그림 5〉의 A는 2D-LC 전용 중앙 밸브와 두 개의 multiple heart-cutting 밸브가 같이 연결된 multiple heart-cutting에 대한 배관 다이어그램이다. 〈그림 5〉의 B는 40  $\mu$ L 루프들이 장착되어 있는 multiple heart-cutting 밸브를 보여준다. Multiple heart-cutting 알고리즘은 최소한의 밸브 스위칭으로 1차원 LC의 heart-cut을 2차원 LC에서 가능한 빨리 분석할 수 있게 한다.



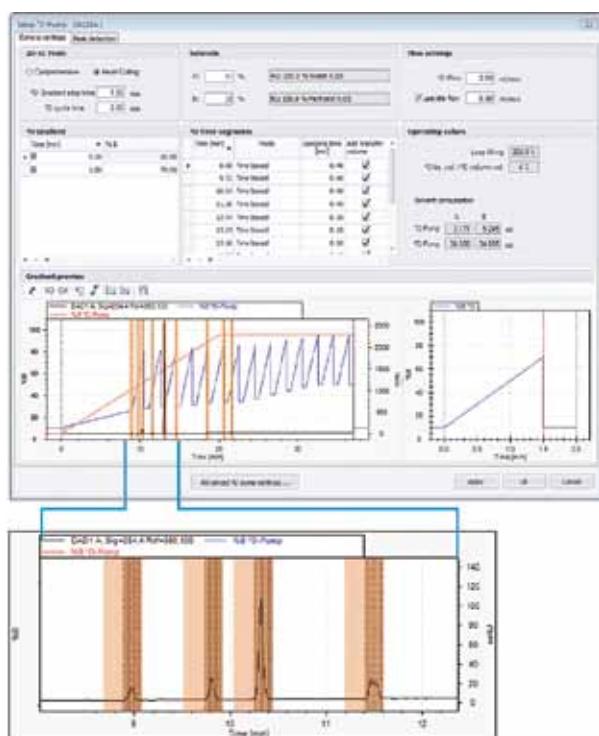
〈그림 5〉 A) 2D-LC 전용 중앙 밸브 및 2개의 multiple heart-cutting 밸브가 함께 구성된 multiple heart-cutting 밸브에 대한 배관 다이어그램  
B) 루프 캐뉼러리가 장착되어 있는 multiple heart-cutting 밸브

모든 multiple heart-cutting 2D-LC 분석을 하기 위해 첫 번째 heart-cut이 deck A(〈그림 5A〉에서 오른쪽 multiple heart-cutting 밸브)의 1번 루프에 저장된다. 2D-LC 중앙밸브가 스위칭되면 첫 번째 heart-cut이 2차원 LC 컬럼으로 이동하여 분리된다. 첫 번째 heart-cut이 2차원 LC에서 분석이 되는 동안 5개까지의 heart-cut들이 deck B(〈그림 5A〉에서 왼쪽 multiple heart-cutting 밸브)의 1~5번 루프에 저장되며 2차원 LC에서 이 heart-cut들이 분석될 때까지 저장되어진다. 각 deck(multiple heart-cutting 밸브)의 한개의 루프는 1차원에서 흘러나오는 용액과 2차원 펌프의 이동상이 각각 항상 흐른다.

첫 번째 heart-cut의 2차원 분석이 완료되어 2D-LC 중앙 밸브가 다시 스위칭될 때 deck B에 저장된 heart-cut들이 2차원에서 분석되며 그 동안 deck A의 1~5번 루프에 5개까지의 heart-cut이 저장될 수 있다. Deck에 저장된 heart-cut를 분석하기 전에 유로 세척을 위한 flush gradient가 수행되고 heart-cut들이 저장된 순서의 역순으로 2차원 분석이 완료된다. Multiple heart-cutting 알고리즘은 1차원 분석이 진행되면서 동시에 heart-cut의 2차원 분석이 시작되도록 한다. 이러한 접근은 같은 분석이 진행되는 동안 사용되었던 루프를 또 다시 사용 가능하기 때문에 장착되어 있는 루프 수보다 더 많은 heart-cut을 할 수 있게 한다.

Multiple heart-cutting은 시간 기준(알고 있는 1차원 피크의 머무름 시간에 대한 heart-cutting)이나 피크 기준(미지의 1차원 피크 검출에 대한 heart-cutting)으로 진행할 수 있다. 〈그림 4〉에서 나타난 1차원 불순물 피크의 시간 기준 multiple heart-cutting을 진행했다. 함께 용리된 시료 성분들을 발견하기 위해 모든 불순물들을 heart-cutting하는 것으로 선택했고 2차원에서 분석했다. 또한 주성분 피크를 3구간으로 인접하게 나누어 heart-cutting했다.

<그림 6>은 multiple heart-cutting에 대한 분석법 설정이다. Gradient preview 부분에서 1차원 LC로 분석한 표준물질 크로마토그램이 불러지고 heart-cutting하는 시간 구획을 자동으로 생기게 할 수 있다. 생겨난 시간 구획은 2D time segments의 표에서 수정할 수 있고 관심 구간에 더욱 근접하게 조사하기 위해 수동으로 heart-cut를 추가할 수 있다. 불순물 피크들에 대한 heart-cutting 샘플링 시간은 0.40분으로 설정되었고 루프에 200% 채워졌다고 볼 수 있다( $40 \mu\text{L}$  루프 크기, 1차원 유속:  $0.2 \text{ mL/min}$ ).



〈그림 6〉 multiple heart-cutting을 위한 분석법 설정

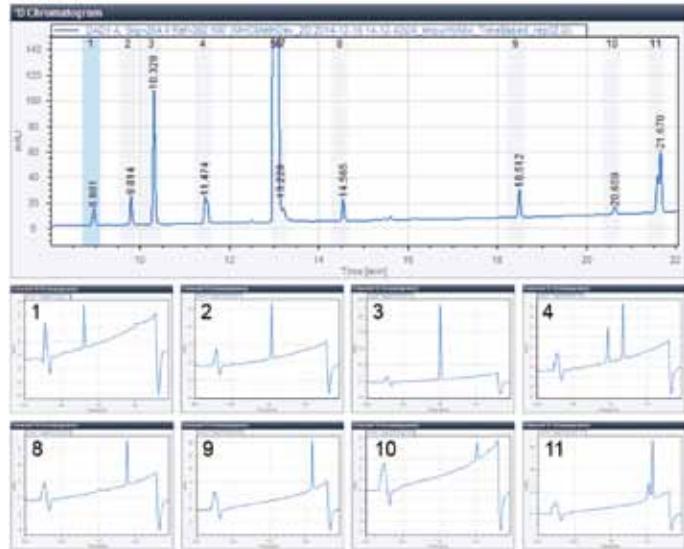
루프 용량 이상으로 채워졌기 때문에 1차원에서 나온 용액으로 루프 전체가 채워졌다. Gradient preview 구간을 확대한 그림은 먼저 나온 4가지 불순물의 heart-cutting에 대한 시간 구획을 보여준다. 주황색 구간은 1차원 용액의 샘플링 시간을 나타내는데, 이 중 좀 더 어두운 색의 주황색 구간은 2차원으로 넘어가게 되는 부분이다. 주성분을 3구간으로 나눈 heart-cutting의 샘플링 시간은 각각 0.10분(루프의 50%를 채움)이다. 이 방법은 주성분을 포함하고 있는 1차원 용액이 모두 손실되지 않고 샘플링되어야 한다.

〈그림 7〉은 2D-LC heart-cut viewer에서 나타난 multiple heart-cutting 2D-LC 분석 결과이다. 위의 2개 패널에서 heart-cut이 표기된 1차원 크로마토그램(왼쪽)과 heart-cut 표(오른쪽)를 볼 수 있다. 왼쪽 하단 패널에서 2차원 LC의 검출기로 기록된 2차원 크로마토그램을 볼 수 있다. Heart-cut이 저장된 순서가 2차원 분석이 진행된 순서와 다른 것과 flush gradient(F)가 진행된 순서를 크로마토그램 위쪽에 적혀있는 숫자로 확인할 수 있다. 오른쪽 하단에는 한 개의 2차원 크로마토그램을 보거나 여러 크로마토그램을 겹쳐서 볼 수도 있다. 불순물 피크 heart-cut의 2차원 분석 결과는 〈그림 8〉에서 볼 수 있다. 부분적으로 함께 용리된 4번 및 11번 heart-cut이 2차원에서 분리된 것을 볼 수 있다.

〈그림 9〉는 주성분 피크를 3구간으로 나눠 heart-cutting한 2차원 분석 결과이다. 전반적으로 2차원 분석에서 주성분 및 3가지 불순물이 용리되었다. 첫 번째 불순물은 주성분 피크

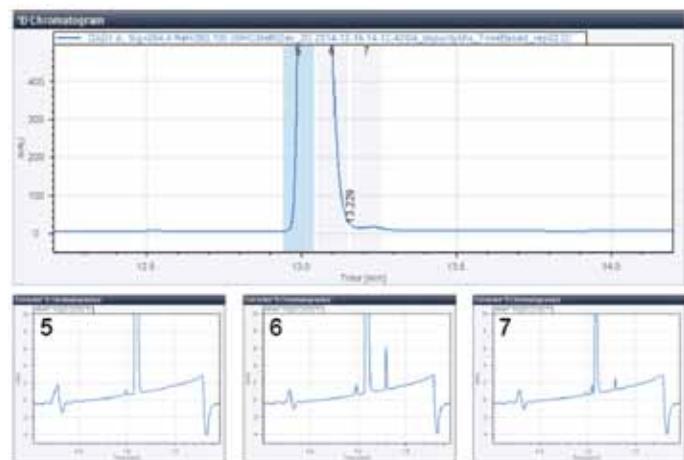


〈그림 7〉 2D-LC heart-cut viewer에서 나타내어진 multiple heart-cutting 2D-LC 결과



〈그림 8〉 불순물 피크들의 2차원 분석 결과

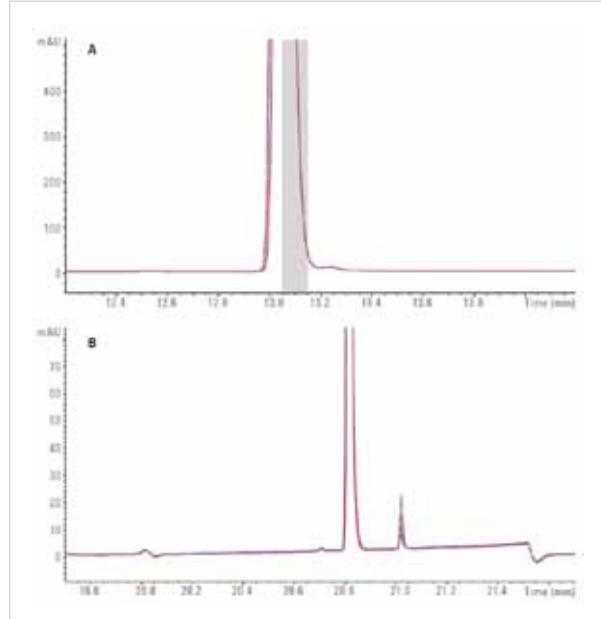
상단 패널 : heart-cut이 표기된 1차원 크로마토그램  
하단 패널 : 2차원 크로마토그램



〈그림 9〉 주성분 피크의 2차원 분석 결과

상단 패널 : heart-cut가 표기된 1차원 크로마토그램  
하단 패널 : 2차원 크로마토그램

전체에서 검출되었다(5~7 heart-cut). 두번째 불순물은 6~7 heart-cut에서 보이고 1차원에서 주성분과 부분적으로 함께 용리된 세 번째 불순물은 7번 heart-cut에서 분리되었다. 불순물을 정성적으로 확인하기 위해 의심되는 구조의 성분을 합성하고 시료에 주입하여 불순물 분석을 하였다. 1차원에서 주성분과 함께 용리되고 2차원에서 주성분과 분리된 불순물을 시료 용액과 함께 주입하였다.



〈그림 10〉 불순물 양을 증가하여 주입한 시료 분석 결과(초기 양의 2배, 3배, 4배)

A) heart-cut이 표기된 1차원 크로마토그램 겹침  
B) 2차원 크로마토그램 겹침

〈그림 10〉에서 양이 증가된 불순물 분석 결과를 볼 수 있다. Heart-cutting 후 2차원 분석이 진행되는 동안 불순물이 증가되어 검출되었다.

## 결론

Agilent사 1290 Infinity 2D-LC 솔루션의 multiple heart-cutting은 1차원에서 분리된 여러 피크의 heart-cutting을 할 수 있고 다른 분리 선택성을 가진 2차원으로 넘긴다. 본 자료에서는 multiple heart-cutting 2D-LC가 정밀화학 제품의 불순물 분석법 개발에 매우 적합한 것을 보여준다. 1차원 분리 후 검출된 피크를 2차원 분리로 넘겨 분석함으로써 함께 용리되었는지에 대한 여부를 알게 해준다. 



## 천연가스 조성 분석을 위한 새로운 기술

### 서론

LNG(Liquefied Natural Gas) 산업에서 정확하고, 단순한 저비용의 분석 솔루션은 중요하다. C1~C5 알칸류(메탄, 에탄, 프로판, 부탄과 펜탄) 가스의 조성분석은 LNG 산업 내 생산, 소유권 이전 중 품질 모니터링에서부터 전력생산까지 다양한 응용에서 활용된다. 원료와 제품의 신속하고 정확한 분석을 위해 공정 관리기술은 여러 가공단계에서 최적의 효율성과 투자 회수에 있어 매우 중요하다.

전력생산 응용에서는 최적의 연소효율과 허용가능한 배출농도를 확인하기 위해 온라인 방식의 신속한 반응센서가 필요하다. LNG 수송응용의 경우, 수송지점에서 품질을 확인하기 위해 신속하고 사용하기 쉬운 분석기가 요구된다.

LNG 산업은 일반적으로 수 년 동안 큰 지대에 기반한 공장에 중점을 두었다. 하지만 최근에는 FLNG(Floating Liquefied Natural Gas, 해상에서 천연가스를 채굴/정제/액화하는 유동식 LNG 생산설비를 포함한 작은 공장)들이 상당한 투자를 받고 있다. 이러한 공장들은 CAPEX/OPEX(설비투자비용/영업

비용) 거래 변화로 인해 단순하고, 유지보수가 용이하며 적은 비용이 소요되는 온라인 분석을 선호한다. 또한 일부 공장들은 접근이 제한되는 지역에 위치하여 복잡한 분석기기의 유지보수를 받기 위해 값비싼 비용을 지불해야 한다.

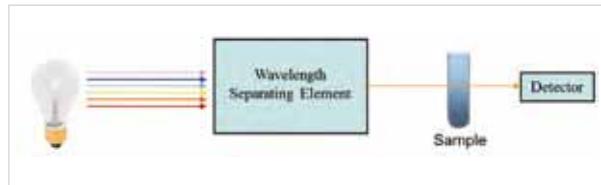
가스 선처리 시설, 수출과 수입 LNG 지역, 저장탱크 품질평가와 기화/응축시설 등은 가스 조성과 열량분석을 요구한다.

액화공장에 사용되는 천연가스 공급원료는 다른 화학물질 조성을 가질 수 있어 배출되는 LNG는 다른 발열량을 얻을 수 있다. 무거운 탄화수소를 제거하기 위한 결정은 액화현장에서 부산물(부탄 또는 프로판) 시장에 의존한다. 다양한 원료의 혼합 또는 주입은 열량을 증가시키거나 감소시키기 위해서는 전체 에너지 양 뿐만 아니라 계속적으로 변화하는 C1~C5의 알칸조성 역시 정제를 위한 다운스트림에, 특히 전력생산 응용에 영향을 미치기 때문에 그에 따른 영향을 주의깊게 고려해야 한다.

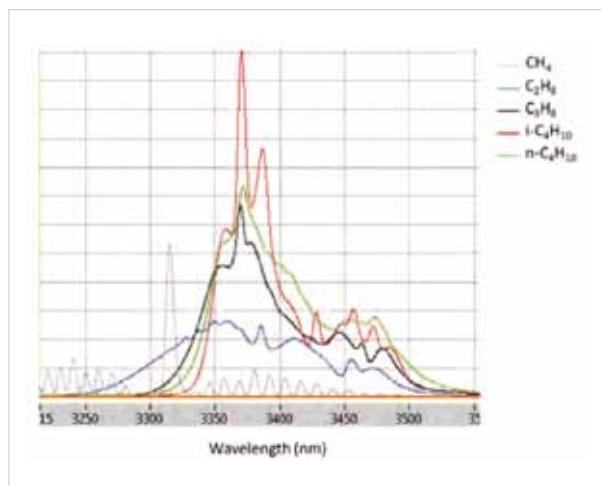
### 20세기에 도전하는 분석기술 - 현대의 분광학법

탄화수소가스 분리와 조성분석을 위해 보편적으로 사용하는 시스템은 기체 크로마토그래프(GC, Gas Chromatograph)이다. 이는 메탄, 에탄, 프로판 등과 같은 탄화수소 성분을 컬럼을 통해 시간적으로 분리한다. 시료는 컬럼의 한쪽 끝부분에 주입되고, 이동상 가스에 의해 이동하며 컬럼의 반대쪽 끝부분에 존재하는 검출기는 성분의 농도별 신호의 강도를 측정한다. C1~C5의 분석시간은 GC 유형별로 90초에서 5분까지 다양하다. 건조상태인 고순도의 이동상 가스(H<sub>2</sub> 또는 He)의 연속흐름은 GC 작동에 필요하다. GC는 주기적인 재보정 역시 필요하다.

적외선 흡수는 연소분석에서부터 음료공정 모니터링까지 다양한 온라인 공정 산업의 기상/액상 분석응용에 잘 부합되는 광학 기술이다. 적외선 흡수 분광기는 시료와 상호작용하여 흡수된 빛을 분석한다. 이 방법은 신속한 분석(수 초 또는 초 미만)이 가능하고 이동상 가스 또는 별도의 소모품없이 단순히 연속흐름방식으로 시료를 제공해 주면 된다. 게다가, 견고하고 안정한 분석을 제공하는 기본원리에 기반한(상대 또는 상관관계의 기술이 아닌) 직접 측정법이다. 일반적으로, 시스템은 광원, 파장 분리 장치(분광계), 시료 셀과 광학 검출기로 구성되어 있다(그림 1).



〈그림 1〉 빛 흡수 분광학의 단순 모식도



〈그림 2〉 C1-C4 알칸가스의 흡수 스펙트라

파장 분리장치는 광범위한 광원의 파장 영역 중 일부를 “잘라” 시료 분자와 상호작용시킨다. 파장 영역대의 일부는 흡수되고 일부는 흡수되지 않고 통과한다. 결과로 나타나는 스펙트럼은 흡수 스펙트럼(〈그림 2〉)으로 불리며, 시료의 조성 확인과 정량을 위한 “지문”으로서 작용한다. 천연가스 조성 분석을 위한 적외선 분광기는 여러 분야에서 오랫동안 구상되고 사용되어 왔다. 또한 운영하는데 있어서 GC 이상으로 많은 장점을 가지고 있다. 하지만, 일부 기술적 한계도 있으며, 제일 큰 한계점은 탄화수소 스펙트라가 겹치는 문제와 관련되어 있다.

〈그림 2〉에서 보는 것과 같이, 비록 C1~C4 알칸의 스펙트라가 독특함에도 불구하고 일부 겹치게 되는데 이는 단순한 “파크 분석” 알고리즘이 접목되었기 때문에 피크가 분리되지 않는다. 따라서 더 복잡한 “페턴 인식” 알고리즘 또는 계량분석화학이 요구된다.

## 본론

### 계량분석화학이 접목된 가변성 필터 분광학(TFS™)

개별광학 필터방식을 이용한 적외선 분광기는 일반적으로 비분산형 적외선 분석계(NDIR)로 불리우며 오늘날 다양한 온라인 모니터링 용·용에 널리 사용된다. 이는 단순한 디자인과 넓은 광학범위 때문에 그 효율성이 입증되었다. 그러나, 비슷한 화학적 성질을 가진 화합물들의 경우 스펙트라가 겹치기 때문에 그럴 경우에는 화합물을 분리하거나 구별하는 데에 있어 효율성이 떨어진다.

본 자료에서는 NDIR 시스템보다 새롭고 강력해진 시스템을 소개하고자 한다. 이 시스템은 제한된 양의 파장영역대를 가진 개별광학 필터를 사용하는 대신 조정 가능한 요소를 도입하여 일정 수준의 연속 스펙트럼을 구현함으로써 복잡한 스펙트럼을 분리할 수 있다. 가변필터 분광학(TFS™)은 현재 천연가스 중 비중이 작은 탄화수소를 빠르게 분리할 뿐만 아니라 신속하고 재현성있는 열량분석도 가능하기 때문에 매우 성공적으로 평가된다.

TFS 분석기는 가변형식의 Fabry-Perot 구성으로 넓은 파장 범위와 미리 지정된 부분 내 파장을 정확하게 스캔 할 수 있다. 하나 또는 그 이상의 파장영역 내 스펙트럼의 특징들을 디지털 방식으로 캡처하면서 연속적으로 스캔되어진다. 패턴 인식 알고리즘을 기반으로 한 계량분석화학은 여러 성분의 스펙트럼들을 분리하고 각각의 탄화수소 성분의 농도를 정량할 수 있다. 또한 진보된 알고리즘은 불가피하게 발생하는 비선형과 기타 원하지 않는 스펙트럼 작용 역시 보완할 수 있다.

### 운영자가 필요없는 광학 탄화수소 분석기

가변 필터 분광법 “엔진”을 이용하는 모든 광학 탄화수소 가스 분석기는 현재 개발되어 시추에서부터 전력 생산 내 배관 가스 분석까지 다양한 천연가스 처리용·용에 사용된다.

MKS사 Precisive 5 분석기는 NEMA4X, IP66 수준의, Div2/Zone2 인증된 박스 내에 포장되며 단독 운용이 가능한 TFS 분석기이다. 그리고 다양한 LNG 분석에서 전통적인 GC 방식에 대한 대체기술이라고 할 수 있다. 왜냐하면 메탄, 에탄, 프로판, 아이소 부탄, 노말 부탄 뿐만 아니라 펜탄의 농도까지

제공하고 그에 따른 열량과 웨버지수가 계산, 출력되어진다. 필요한 경우, CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>S 분석을 위해 추가 채널 구축도 가능하다. TFS기반의 분석기는 제조사에서 영구적으로 보정되어지고 별도의 소모성 가스가 필요하지 않다. 기상시료는 넓은 범위의 유속과 압력, 온도 하에서 분석기에 도입되어 시료 컨디셔닝에 필요한 요구사항을 최소화할 수 있다.

#### 사례 - 다운스트림 LNG 품질 분석

MKS사 Precisive 5 가스 분석기는 인도네시아에서 최대규모의 LNG 생산업체 중 하나인 업체에 LRSU(LNG Rundown System Upgrade) 응용으로 판매되었다. 이 업체는 LNG 최종 제품이 선박에 적재되기 전에 순환시킨다. 본 응용은 LNG 제품이 최종적으로 요구하는 사양에 충족하는지를 입증하는데 중요하며 가스 거래 이전 최종 확인지점 증명자료로 활용된다. LNG 최종 제품은 분석기에 도입되기 전 24 °C의 상온에 도달할 수 있도록 기존 시료처리 시스템으로 가열된다. 분석기는 아래의 분석채널로 보정한다. 열량과 웨버지수는 ISO 6976:1995 표준법에 따라 계산 후 출력된다.

- CH<sub>4</sub>(메탄) : 0~100%
- C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(에탄) : 0~25%
- C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(프로판) : 0~25%
- C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>(아이스-부탄) : 0~10%
- C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>(노말-부탄) : 0~10%
- C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>(펜탄) : 0~5%
- N<sub>2</sub>(질소) 밸런스
- 열량(CV, MJ/m<sup>3</sup>) 계산
- 웨버지수(MJ/m<sup>3</sup>) 계산

설치 초기에, MKS사 Precisive 5 가스 분석기의 연속적인 실시간 분석결과를 28일동안 매일 GC와 비교분석하였다. <그림 4>는 5초마다 업데이트되는 MKS사 가스분석기의 연속적인 실시간 데이터를 보여준다. 그리고 <그림 5>는 28일동안 매일 분석한 GC 데이터이다. 비교 분석 결과, TFS 기반의 적외선 분석은 GC 분석결과와 잘 부합하고, 특히 8/2와 8/15 부근의 낮은 메탄 함량까지 분석할 수 있었다. 더욱 중요한 것은, 적외선 분석을 통해 GC 분석에서 놓칠 수 있는 데이터 변동폭 역시 포착할 수 있다는 것이다.

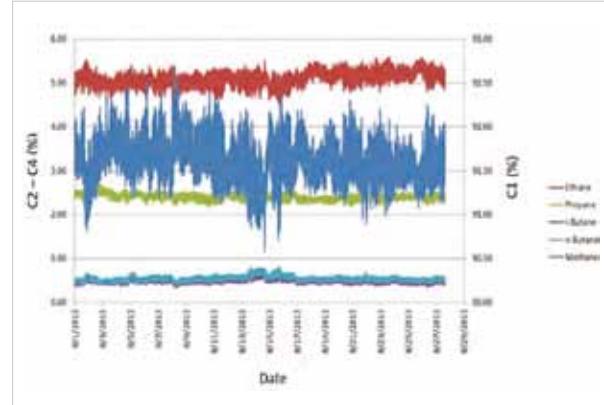


그림 4) Precisive 5 분석결과 (28일동안 5초 간격으로 업데이트)

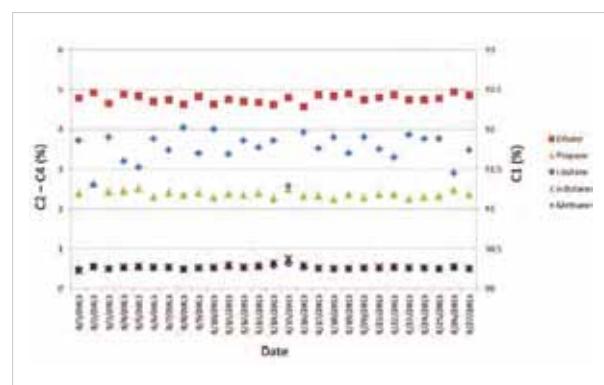


그림 5) GC 분석결과 (28일동안 매일 분석)

#### 결론

FLNG를 포함하여 규모가 작은 공장이 광범위하게 증가하기 때문에 LNG 산업에서는 단순하고, 유지비용이 낮으며, 기체 크로마토그래프를 대체하여 효율적으로 활용할 수 있는 장비에 대한 관심이 증가하고 있다. 게다가 일반적인 기체 크로마토그래프 방식의 기기는 샘플링 시스템의 유지보수와 정비, 보정가스, 이동상 가스의 비용이 상당하다.

실시간 광학방식의 분석기는 기체 크로마토그래프를 대체할 수 있다. 그리고 적외선 흡수 분광기는 다양한 온라인 프로세스 산업 응용에 접목시킬 수 있는 정확하고 쉬운 기술이다.

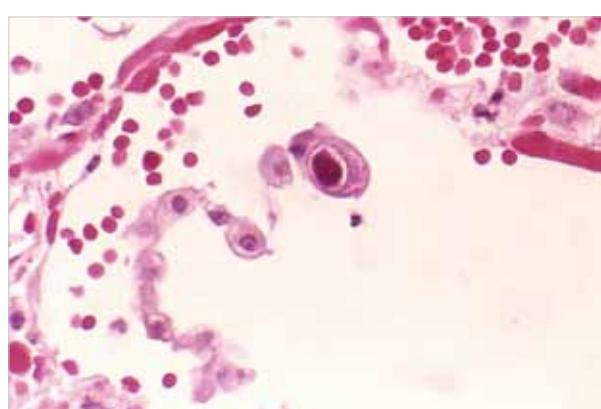




## CMV(Cytomegalovirus) 감염 및 진단

### CMV 감염

Cytomegalovirus(CMV) 감염은 성인의 40~60%, 특정 환자 집단에서는 90%를 초과하는 혈청학적 유병률을 갖는다. CMV에 감염된 사람은 증상이 없거나 약한 감기 증상을 나타낸다.



〈그림 1〉 CMV 감염된 사람의 폐포세포(출처: Wikipedia)

하지만, 평생 동안 바이러스가 잠복 형태로 존재하며 어느 순간에는 발병될 수 있다. CMV 발병은 빈번하게 발생하고 있고, 면역시스템이 손상된 환자에서 사망과 심각한 질병을 야기하는 중요한 원인이 된다.

CMV 감염은 극도의 피로, 열, 오한, 근육통을 수반하는 감염성 단핵구증과 유사한 증상을 나타내고, 폐렴, 간염, 뇌염, 골수염, 대장염, 포도막염, 망막염, 신경증을 야기하며 특정 장기를 공격할 수 있다. 특히, CMV는 장기 이식 성공 여부나 환자의 생존에 영향을 주어 이식 환자에게 임상적으로 매우 중요한 바이러스 중 하나이다.

또한 CMV 감염은 신생아에게 높은 사망과 질병을 야기하는 선천성 질환의 중요한 원인이다. 현재까지 CMV에 대한 직접적인 치료방법은 없지만, 면역력이 약해진 신생아 및 사람들의 치료를 도울 수 있는 약들은 있다.

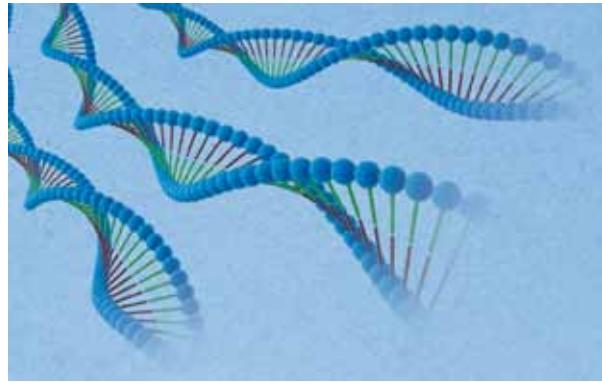
### 진단 방법

CMV 감염에 대한 진단은 바이러스 배양을 이용한 방법, 조직병리학, 항체검사, Real-Time PCR을 이용한 분자진단 등의 복합적인 여러 검사를 통하여 이루어진다. 바이러스 배양은 바이러스를 배양하고 확인하는데 14일이 소모되며, 노동집약적이며 결과를 판독하는데 검사자의 의견에 따라 주관적인 요소가 반영되는 등의 단점을 가지고 있다.

항체검사는 감염에 의해 혈액에 생성된 IgG, IgM의 항체수치를 측정한다. Real-Time PCR을 이용한 바이러스 검출은 소변, 혈액, 객담을 포함한 다양한 검체에서 바이러스를 측정한다. PCR의 정량 방식은 End-Point 방식과 Real-Time 방식으로 크게 나눌 수 있다.

End-Point PCR을 이용한 정량에서는 유전자 증폭 반응 마지막에 DNA 양을 계산한다. 따라서, PCR 단계 이후에 증폭된 DNA를 따로 측정해야 하므로 상당한 시간과 노동 소모 및 오염의 가능성이 있다.

Real-Time PCR assays는 DNA 양을 정확하게 측정하며, 더



넓은 범위의 PCR 단계에서 정량을 할 수 있다. Real-Time PCR은 감염 단계의 추측, 항바이러스의 치료확인 평가 등 임상적 목적의 CMV DNA 정량 과정에 대한 정확한 정보를 간편하고 빠르게 제공한다.

환자, 골수/줄기세포 이식 환자, HIV 감염 환자, 혈액 종양, 태아검진을 위한 임산부와 같이 다양한 환자의 시료에서 CMV 감지에 유용하게 사용되고 있다.

CMV ELITe MGB™ Kit는 Superbases™, Eclipse® Dark Quencher 기술을 통해 민감도 및 특이도를 개선시킨 두 번째 유전자검사 시약으로 2010년에 출시되었다. 

### 규격

- 테스트 수 : 96T
- 방식
  - CMV DNA(MIEA) 정량 측정
  - 샘플 종류 : 전혈, 혈장, 뇌척수액, 소변, 객담 등
  - 사용장비 : ELITe InGenius(전자동 Real-Time PCR)

### ELITechGroup의 CMV 유전자검사 시약

ELITechGroup에서 CMV 측정을 위해 만든 최초 유전자검사 시약은 2005년에 출시된 Q-CMV Real-Time Complete kit이다. Q-CMV Real-Time Complete kit는 UL123 CMV Genomic Region과 사람의 Beta-globin 유전자를 Internal Control로 타겟한 Taqman 기반의 Real-Time PCR이다.

다른 reporter 분자(FAM/MGB-NFQ 및 VIC/MGB-NFQ)로 표지된 특정 TaqMan 탐침자와 일련의 희석된 CMV DNA standards의 증폭으로 설정한 표준곡선을 이용하여 형광신호 강도의 보강을 통해 타겟을 정량한다. 현재까지 고령 장기이식



〈그림 2〉 CMV ELITe MGB™ kit

## 공정 모니터링 분야의 혁신 기술



MKS Instruments, Inc.는 1961년에 설립된 첨단의 분석기 기 개발 회사이며, 본사는 매사추세츠주 보스턴에 위치해 있다. MKS의 상호는 거리, 무게와 시간의 기초를 분석하는데에서 유래되었다(Meter, Kilos, Seconds). MKS사는 기술 솔루션 분야의 세계적인 선도업체이다. 고객이 관리하는 프로세스의 중요 변수를 측정, 제어, 모니터링할 수 있도록 시스템, 하위 시스템 및 프로세스 제어 관련 솔루션을 제공한다.

현재 널리 쓰이는 분석기기들은 현장보다는 실험실 환경에 적합한 디자인으로 설계되어 있다. 따라서 정밀 분석용 장비를 실제 현장에 적용하기 어려웠다. 이에 MKS사는 특정 산업의 현장에 알맞은 응용 프로그램 최적화를 위한 솔루션을 제공하고자 노력하였고 세계 최초로 온라인, 실시간 모니터링이 가능한 Hydrocarbon Gas Analyzer를 개발하였다. 이 혁신적인 장비는 공정 분석 또는 모니터링 응용에 있어 실험실과 같은 수준의 데이터를 얻을 수 있는 기술로 인정받고 있다.

MKS사의 대표적인 모델인 Precisive 5는 온라인 Hydrocarbon Gas Analyzer이다. MKS사에서 개발한 탄화수소 조성 모니터용 광학 센서는 실시간 분석이 가능하고, 기존 GC 장비



와 비교하여 대등한 분석 능력을 보여주며 유지 비용이 소요되지 않는 장점이 있다. 광학 센서는 원격 조정이 가능하고, 전자동이며, 장소에 구애받지 않는다.

Precisive 5만이 가진 특허 기술인 TFS(Tunable Filter Spectrometer)는 약 10년간의 연구를 거쳤으며, 가스 뿐만 아니라 복잡한 액상 화학 물질 분석과 계량분석화학에 모두 응용될 수 있다. TFS는 기존의 GC나 단일가스 NDIR 분석기를 대체할 수 있는 성능을 가졌으며 더욱 더 경제적이다. 전자동, 실시간, 저비용, 견고성, 높은 정확도 및 성능을 요구하는 응용에 알맞으며 가스터빈 투닝, 바이오 가스 공정과 순도 분석, 연소기 제어, 연속 배출 모니터링(continuous emissions monitoring), 작업 환경 모니터링 등에 적용된다.

주요 기술로는 메탄, 에탄에서 펜타까지의 알칸계 가스 정량 분석부터 BTU(British Thermal Unit, 열량단위) 측정, 천연가스 및 바이오 가스 제품 분석이 가능하며, 선택적으로 개별 화합물을 분리할 수 있는 온라인 기체 크로마토그래피이다.



〈그림 1〉 MKS사의 Precisive 5 Hydrocarbon Gas Analyzer

〈표 1〉 BTU 탄화수소 조성 모니터링 응용(NG, LNG, LPG)

	Precisive 5	GC-TCD	열량계	NDIR
정성분석	가능	가능	불가능	불가능
정확도	높음	높음	높음	낮음
시료전처리 필요유무	불필요	가스배관 필요	가스배관 필요	불필요
반응속도	< 10초	2~5분	< 10초	< 10초
총 기기설치 비용	낮음	높음	높음	낮음
기타 고려 사항	전자동시스템 이동가스/보정 가스 불필요	현재 널리 사용되고 있는 대표적인 기존 응용방식	정성분석이 불가능함에도 설치비용 높음	선택성 낮음

## MKS사 Precisive 5 Hydrocarbon Gas Analyzer

### 주요 특징

#### HIGH PERFORMANCE

외부 오염원으로부터 영향을 받지 않으며, 기존 방식에 비해 분석 정확도가 10배 향상

#### NO SAMPLING

비싸고 느리고 오류가 많았던 수동 시료 처리방식이 아닌 자동 시스템

#### CUSTOMIZABLE AND EASY TO INTEGRATE

다양한 분야의 산업 공정에 응용이 가능

#### MINIMAL MAINTENANCE

추가적인 소모품이 발생하지 않으며, 캘리브레이션이 용이 / 분석 용 이동 가스와 캘리브레이션 가스 불필요 / 초기 투자비용과 장기적 유지보수 비용이 경쟁사 모델에 비해 절반 수준임

#### REDUCE WASTE AND INCREASE EFFICIENCY

공정 제어를 강화시키고 적절한 제품 배합을 보장하여 폐기물이나 잔여물 발생을 감소시키고 높은 처리량과 수율을 제공

#### INCREASING REVENUE AND LOWERING COST

궁극적으로 우수한 품질의 제품을 생산하고 제품의 질을 더욱 향상시켜 시장에서 유리한 포지션을 얻을 수 있음

〈표 2〉 석유화학, 환경 등 미량 분석 응용

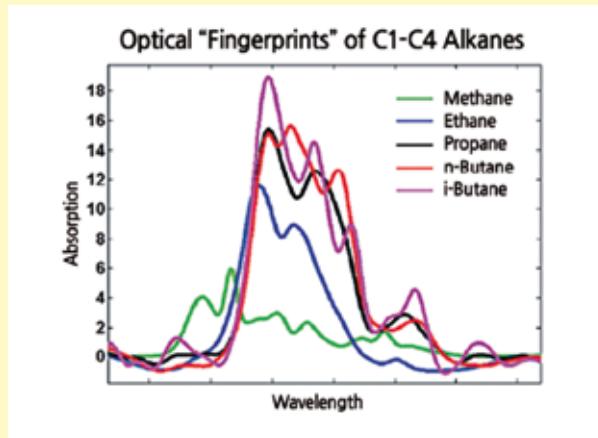
	Precisive 5	FTIR	CRDS (Cavity Ring Down Spectroscopy)	NDIR
혼합물 분석	최대 6개 화합물	가능	Multiple laser 장착시 가능	단일 화합물용
간섭저항	높음	높음(소프트웨어 최적화 요구)	높음	낮음
정확도와 작선성	높음	높음(소프트웨어 최적화 요구)	높음	낮음
총 설치비용	낮음	높음	높음	낮음
기타 고려사항	낮은 비용 /고성능	현재 널리 사용되고 있는 대표적인 기존 응용방식	ppt 수준의 감도	낮은 비용 /고성능

〈표 1〉, 〈표 2〉는 MKS사 Precisive 5와 다른 분석장비의 성능 비교표이며, 〈그림 2〉, 〈그림 3〉은 기존 방식과 Precisive 5를 이용해 공정 라인에서 탄화수소 등의 정성 및 정량 분석 과정을 간단하게 비교한 것과 도출한 C1-C4 그래프이다. 기존 방식(GC 등)으로는 실시간으로 분석 결과를 확인할 수 없지만 Precisive 5는 TFS(Tunable Filter Spectroscopy) 기술을 이용하여 공정 중에 실시간으로 확인할 수 있다.

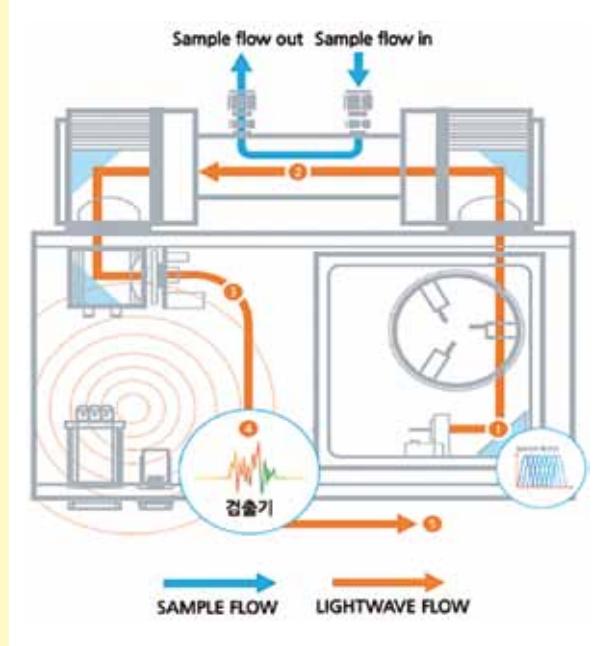
TFS를 통해 즉각적으로, 샘플링 과정 없이, 공정흐름 상에서 실시간으로 결과를 도출할 수 있다. 〈그림 4〉는 간단한 Precisive 5의 TFS 분석 모식도이다.



〈그림 2〉 기존방식과 Precisive 5의 분석과정 비교



〈그림 3〉 C1-C4 실시간 분석 결과



〈그림 4〉 Precisive 5의 TFS 분석 모식도

- ① 광원에서 스펙트럼이 생성된다.
- ② 광파(Light wave)가 시료와 만나 상호작용이 일어난다.
- ③ 화합물이 fingerprint 시그널을 발생시킨다.
- ④ 검출기에서 알고리즘을 계산하여 화합물의 조성 및 정량 분석 데이터를 얻는다.
- ⑤ 외부 모니터 장치로 결과를 내보낸다.

### Precisive 5 Hydrocarbon Gas Analyzer의 다양한 응용

- BTU 모니터링
- 전력 생산 시설(Power generation, 천연가스를 사용하는 터빈, 연료전지, 연소 엔진 및 보일러)
- 탄화수소 가스 가공 및 정제 플랜트
- 바이오메탄/바이오가스 기화 설비
- 산업용 가스 생산 시설
- 천연가스 공급 관련 시설(LNG/LPG/BOG processing, transmission, storage, distribution)
- 반도체 공정에서의 IPA(Isopropyl alcohol) 분석
- 미량 가스 분석(H<sub>2</sub>O, CO, CO<sub>2</sub> 등)

점차 현장에서(공정상에서) 곧바로 분석한 데이터의 수준을 실 험실 등급으로 요구하게 되고, 공정 모니터링 장치의 신뢰도 요구치가 높아지고 있다. 이에 따라 정밀도가 높은 MKS사의 시스템은 다양한 산업 전반에 응용될 수 있다. 

Intuovo 9000 GC와 JetClean Self-Cleaning Ion source가 있다면  
**Agilent GC/MS 유지보수,  
획기적으로 줄일 수 있습니다.**



**No-trim Column**

컬럼 커팅 불필요! 불가!

- \* RT(ピーク メタリズム時間)의 불변
- \* 컬럼 유지보수를 최소화  
: GC 가동시간의 극대화

**Ideal Partner for MS**

MS 오염의 최소화

RT(ピーク メタリズム時間)의 불변  
쉽고 편리한 Backflush

신속한 분석

이온화원 자동 세척 (JetClean)

- \* 이온화원 세척 횟수를 80% 감소
- \* GC/MS 가동시간의 극대화

**Ferrule-free & Click-and-run Connections**

진짜 진짜 쉬운 컬럼 교체!

- \* 바늘에 실을 꿰는 듯 페럴에 컬럼을 펠 필요 없음
- \* 컬럼 너트를 얼마나 조여야 하나 고민할 필요 없음
- \* 컬럼 설치에 따른 시간 및 오류를 최소
- \* GC 가동시간의 극대화

**Disposable Guard chip**

컬럼 오염은 내가 책임진다!

- \* 인렛과 컬럼 사이의 가드칩이 컬럼 오염을 방지
- \* 컬럼 커팅 대신 가드칩을 교체
- \* 컬럼 수명을 극대화

**Modular Intuovo Flow chips**

비활성 처리된 미세 유로기술  
도입!

- \* 보다 정밀한 유량 제어
- \* 보다 높은 감도
- \* 보다 쉽고 간단한 유지보수
- \* 고품질 데이터 획득
- \* GC 가동시간의 극대화

**Direct Heating**

컬럼의 온도를 직접 제어!

- \* GC 크기를 더 작게!
- \* GC 전력 소모량을 더 적게!
- \* 분석시간을 더욱 빠르게!

**Exclusive Intuovo Tool**

너는 항상 그 자리에!

- \* 일어버릴 염려 없이
- \* 컬럼 및 칩 교체 등 다양한 유지보수를  
전용 툴 하나로 뚝딱
- \* GC 가동시간의 극대화

# Agilent LC/MS, LC/MS/MS, LC/Q-TOF Nebulizer needle 조절하기

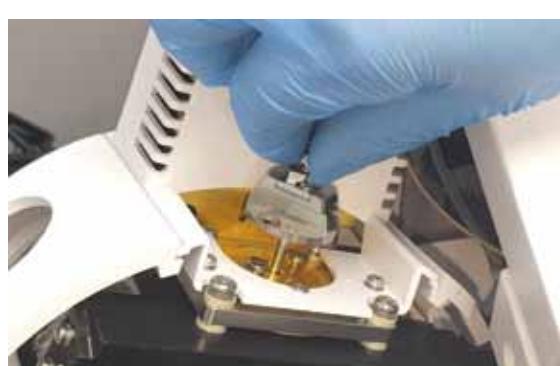
- 증상 감도 저하, Auto tune 실패, 재연성 불안정
- 원인 반복된 LC tubing 교체 등으로 Nebulizer needle의 길이 변화 발생시 또는 새로운 needle로 교체 후 발생
- 조치 Needle을 확인하여 길이 조절



① 먼저 소스의 잠금장치를 풀고, 소스를 열어줍니다.



② Nebulizer에 연결된 Nebulizer gas tubing 등을 풀고, Nebulizer를 꺼냅니다.



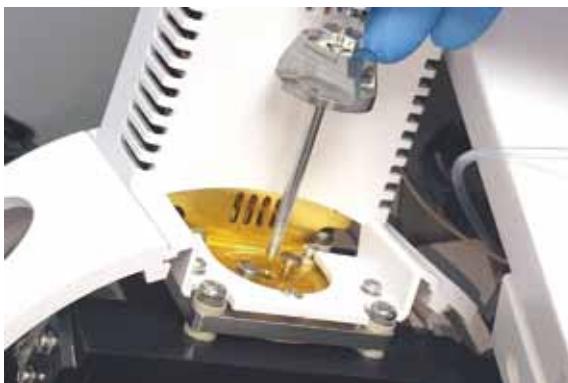
③ Nebulizer adjustment kit에 Nebulizer, LED 후레쉬, 40배 확대경을 장착합니다. 육안으로 확인합니다



④ 1/4인치 스파너를 이용하여 길이를 조절합니다.



⑤ ESI의 경우 0.003인치, APCI의 경우 0인치에 맞춰줍니다.



⑥ 조절이 완료되었으면 소스에 Nebulizer를 장착합니다.

⑦ Nebulizer에 Nebulizer gas tubing 등을 연결해 줍니다.



⑧ 소스를 닫고 잠금장치를 잠궈줍니다.

\* 유튜브(Youtube)에서 '영인과학'을 검색하시면 동영상으로 자세한 내용을 확인하실 수 있습니다.

자료번호 74-05

## 새로운 GC-QQQ [Agilent] NEW 7000 & 7010 GC-QQQ

**특징**

- 가장 안정적인 하드웨어 구성 및 편리한 소프트웨어를 기반으로 한 전세계 대표 GC-QQQ 7000 시리즈의 특성을 그대로 유지
- 유럽연합의 RoHS 인증 획득을 통한 친환경, 친인류 시스템 기반
- 데이터 획득 프로세스 업데이트를 통한 감도 향상
- Dynamic MRM 기능을 통한 손쉬운 분석법 세팅 및 정성/정량적 데이터 품질 향상
- 기존 GC/MS 분석법의 원벽 호환
- EI MRM 및 Scan 모드 S/N 감도 향상
- 더욱 빨라진 스캔 속도
- JetClean 이온화원 자동세정 옵션을 통한 질량분석기 유지보수 최소화
- Agilent 7890 GC 및 Intuvo 9000 GC와의 최적 연동을 통한 생산성 극대화

**Agilent 7000D GC-QQQ**

환경/식품 중 전류농약 분석 응용을 포함한 고감도 정량분석 또는 스크리닝 분석 등 범용적 GC-QQQ로 활용

**Agilent 7010B GC-QQQ**

환경/식품 중 다이옥신 분석 응용을 포함한 초고감도 정량분석 또는 시료량이 극히 제한적인 혈액 중 기타 유해물질(예. 다이옥신) 분석 등 고성능 GC-QQQ로 활용



자료번호 74-06

## 초순수를 수도꼭지로부터 직수 생산하는 [영인과학] Integrated Water Purification System

지금까지 가장 인기 있는 WPS(Water Purification System)를 사용하셨다면, 이제는 가장 성능이 우수한 WPS를 사용하시기 바랍니다. 1988년 첫 제품 출시 이후 실험실 초순수 공급을 책임져 온 aquapuri, 신뢰와 최고의 성능으로 새로운 30년을 시작합니다.

**Single**

- 통합형 시스템으로 순수/초순수(Type I/II/III) 생산
- 물탱크 없는 직수형 시스템

**Simple**

- Magnetic Door로 간편한 유지보수 및 필터 교체
- 5" LCD 화면을 이용한 편리한 운영 및 관리
- 비저항값/전도도, TOC, 온도, 필터 교체시기 표시

**Multiple**

- 초순수(Type I)와 순수(Type III/Type II) 선택 생산 가능
- 시험소 환경에 적합하게 다양한 생산량 설정 가능
- Dispenser 적용으로 필요한 곳에서 생산 가능
- 초순수 생산량 1 L/min
- 초순수 필요시 즉시 생산할 수 있는 시스템

**State of the Art**

- 실험실의 분위기를 밝혀줄 화려한 색상
- 절제된 곡선 디자인 도입



자료번호 74-07

자료번호 74-08

## 온라인 탄화수소 가스 분석기 [MKS] Precisive 5 Hydrocarbon Analyzer

Precisive 5는 전세계 유일한 적외선 흡수 분광법(infrared absorption spectroscopy)을 이용한 실시간 온라인 모니터링 시스템입니다. MKS사만이 가지고 있는 특허기술인 TFS(Tunable Filter Spectroscopy)를 Precisive 5에 도입시켜 하나의 광학 센서로 별도의 GC 컬럼 없이 다종의 화합물을 신속하게 분리·분석할 수 있습니다.

### 특징

- 수 초 내 빠른 분석
- 다 성분 분석
- 운반가스 및 보정가스 불필요
- 뛰어난 안정성 및 직선성
- 간섭 없음
- 원격, 전자동, 연속적인 온라인 시스템

### 응용

- LNG, LPG 시장(BTU 모니터링, pipeline 모니터링)



## Real-time PCR 분석까지 한번에 [ELITechGroup] ELITe InGenius

CMV, EBV, VZV 등의 바이러스는 transplant monitoring의 대표적인 바이러스 검사 항목입니다. Transplant monitoring이란 장기이식이나 조혈모세포이식으로 인하여 면역력이 급격히 떨어진 환자들에게 감염될 수 있는 바이러스를 실시간으로 검사하여 이식 성공과 치료에 도움을 주는 검사입니다. 이때 바이러스를 진단하는 검사방법으로는 항체검사, 바이러스 배양검사, 분자진단 PCR 바이러스 항원 검사 등이 있습니다.



### Full AUTOMATION

- Touch screen interface를 사용하여 nucleic acid extraction, real-time PCR amplification 및 result analysis 등 분자진단검사의 모든 단계를 하나의 platform에서 해결하는 bench-top 형태의 장비임.
- Primary tube를 직접 장착 가능하며 검사자의 hands-on-time을 최소화하여 줄여줍니다.

### Efficient PERFORMANCE

- Sonication, thermal 및 chemical에 의한 검체 전처리와 함께 magnetic beads technology를 사용하여 low volume sample에서 high yield의 extraction 가능
- MGB technology를 사용하여 정량 및 정성 application을 위한 CE-IVD real-time PCR menu
- 일원화된 cassette-based format 채택하여 결과의 높은 정확도와 시약 소모의 최소화

### Unrivaled FLEXIBILITY

- 다양한 sample matrices로 한번에 12개 검체까지 검사 가능
- 검사실의 환경 및 각 환자에 맞춰 추출된 한 개의 nucleic acid로 다양한 항목이 검사 가능한 multiple PCR 가능
- 추가적인 검사 및 재검사를 위한 추출된 nucleic acid를 저장 가능
- 다양한 operation mode 가능 : extraction only, amplification only 및 extraction & amplification

### Unlimited MENU

- 이식 환자를 위한 원벽한 transplant monitoring menu
- Laboratory developed assay도 적용 가능

### Simplified WORKFLOW



# 가습기 살균제 유독물질

## CMIT/MIT 분석



※ CMIT(클로로 메틸 이소티아졸리논; 5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one)  
MIT(메틸 이소티아졸리논; 2-methyl-4-isothiazolin-3-one)

‘가습기 살균제’ 공포가 화장품, 물티슈, 공기청정기·에어컨 필터에 이어 치약, 헤어에센스까지 일파만파 확산되고 있다. 가습기 살균제가 출시된 것은 1990년대이지만 그로 인한 폐손상이 원인으로 추정되는 사망사건은 2011년 4월부터 알려지기 시작했다.

이후 가습기 살균제 피해자 유족들이 제조/판매업체 및 국가를 상대로 소송을 제기하였으며, 이는 현재까지 진행 중이다. 지난 10월 17일 환경보건시민센터와 참여연대에 따르면, 가습기 살균제 피해자는 5,000명 이상, 사망자는 1,000명을 넘어선 것으로 전해졌다.

가습기 살균제에서 문제된 유독물질은 PHMG(폴리헥사메틸렌 구아디닌; polyhexamethylene guanidine), PGH(염화에톡시에틸구아디닌; Oligo(2-(2-ethoxy)ethoxyethyl guanidinium chloride), CMIT(클로로 메틸 이소티아졸리논; 5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one), MIT(메틸 이소티아졸리논; 2-methyl-4-isothiazolin-3-one)이다. 이들 물질은 살균효과가 있어 살균제로 작용하며, 곰팡이나 세균 증식을 억제하는 보존료, 즉 방부제로 사용된다.

PHMG, PGH는 CMIT, MIT에 비해 피부 자극이 상대적으로 작지만 호흡기를 통해 폐로 들어갔을 때 폐경질화를 유발하며, 인체 흡수시 치명적인 유해성을 가지는 것으로 알려져 있다.

〈표 1〉 가습기 살균제 유독물질의 화학명 및 구조

PHMG: 폴리헥사메틸렌 구아디닌; polyhexamethylene guanidine	PGH: 염화에톡시에틸구아디닌; Oligo(2-(2-ethoxy)ethoxyethyl guanidinium chloride
CMIT: 클로로 메틸 이소티아졸리논; 5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one	MIT: 메틸 이소티아졸리논; 2-Methyl-4-isothiazolin-3-one
BIT: 벤조이소티아졸리논; 1,2-Benzisothiazol-3(2H)-one	OIT: 옥틸 이소티아졸론; 2-Octyl-3(2H)-isothiazolone

CMIT/MIT 혼합물은 피부 자극성이 매우 높아 피부 발진, 호흡 과민, 각막 손상 등의 부작용을 일으키는 것으로 파악되었다. 이에 따라 PHMG 및 PGH, CMIT, MIT, BIT가 가습기 살균제 내 유독물질로 분류되었으며, CMIT와 유사계열 물질인 OIT 또한 유독물질로 지정되었다.

최근 화장품, 물티슈, 치약 등과 같은 생활용품이 또 한번 문제 제기되는 이유는 가습기 살균제에 포함되어 사망을 유발한 물질들이 이들 제품에도 포함되어 있기 때문이다.

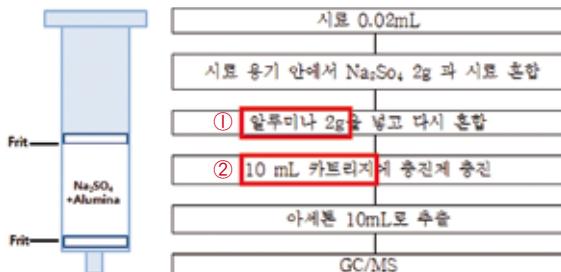
미국은 CMIT/MIT를 정부기준 없이 업계에서 자율 관리하며, 유럽은 화장품(치약 포함)에 사용 시 15 ppm 이하는 허용하도록 한다. 그러나 국내는 식약처에서 화장품, 샴푸 등 물에 셋겨 내려가는 제품에 한해서만 유럽기준으로 허용하며, 치약은 의약외품으로 분류하여 CMIT/MIT 사용을 금하고 있다.

본 자료에서는 가습기 살균제 유독물질 전처리와 분석 조건에 대해 소개하고, 그에 상응하는 Agilent 소모품을 소개한다.

### 위해우려제품 내 CMIT, MIT 측정 시험방법 - GC/MS

위해우려제품 지정 및 안전\*표시기준(환경부고시 제 2015-231호, 2015년 12월 18일) [별표3] 표준시험절차 중 제9부 방부제류(CMIT, MIT, BIT) 준용

#### GC/MS 분석을 위한 시료 전처리(추출법)



① 추천 제품번호 : 12213076 Bondesil-Al-N, 100 g

② 추천 제품번호 : 12131016 Bond Elut Empty SPE 12 mL with 2 frits, 100/pk

#### GC/MS 분석

〈표 2〉 GC/MS에 의한 CMIT/MIT 분석 조건

기체크로마토그래프	Agilent Gas Chromatography/Mass Selective Detector(GC-MSD 7890) 등
질량분석기	Agilent 5975C MSD 등
컬럼	DB-5MS (30m × 0.25 mm × 0.35 μm Film)
이동상	N <sub>2</sub>
컬럼 조건	Initial : @60°C (1min) Ramp : 10°C/min to 150°C(4min) Final : 20°C/min to 280°C(2min)
주입량	2 μL
주입 컬럼 온도	250 °C
이온화 분석모드	scan&sim mode(MIT m/z : 115, 87 CMIT m/z : 149, 85)
가스 유속	1 mL/min
스캔 범위	50~400
이온화 볼테이지	70 eV

추천 제품번호 : 122-5531 DB-5MS 30 m, 0.25 mm, 0.10 μm

### 의약품의 기준 및 시험방법 중 CMIT, MIT 측정법

〈표 3〉 GC/MS에 의한 CMIT/MIT 분석 조건

검출기	수소염이온화검출기
컬럼	15 % OV-225 / Gaschrom Q 80 ~ 100 mesh
이동상	He
컬럼 온도	100 °C
주입구 온도	200 °C
검출기 온도	250 °C
유속	30 mL/min

1) Packed 컬럼으로 주문 제작 또는

2) Capillary 컬럼으로 대체

⇒ 추천 제품번호 122-2232 DB-225 30 m, 0.25 mm, 0.25 μm

### 위해우려제품 내 CMIT, MIT 측정 시험방법 - HPLC, LC/MS

위해우려제품 지정 및 안전\*표시기준(환경부고시 제2015-231호, 2015년 12월 18일) [별표3] 표준시험절차 중 제9부 방부제류(CMIT, MIT, BIT) 준용

#### HPLC 분석을 위한 시료 전처리

- 50 mL 플라스크에 넣고 메탄을 10~20 mL 가한 후 초음파로 추출 → 실온으로 방냉 후 0.45 μm 멤브레인 필터로 여과
- (겔(메탄올에 녹지 않는 액상 포함) 및 고상시료의 경우, 시료 1 g을 삼각플라스크에 넣고 아세톤 20 mL 및 n-헥산 20 mL 가한 후 1시간 동안 초음파 추출 여과 → 회전식 감압농축기에서 1 mL 정도까지 농축 후 부피플라스크에서 메탄올로 100 mL 채워 사용

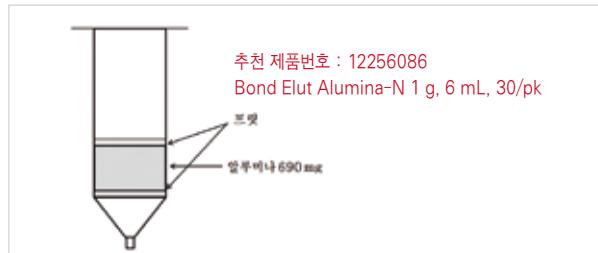
#### 1) 전처리(초음파 추출법)

- 시료 1 g을 15 mL 코니컬 튜브에 넣음 → 대체표준물질(OIT-d17)을 500 ng 첨가하고 메틸렌클로라이드 : 툴루엔 = 1 : 9 혼

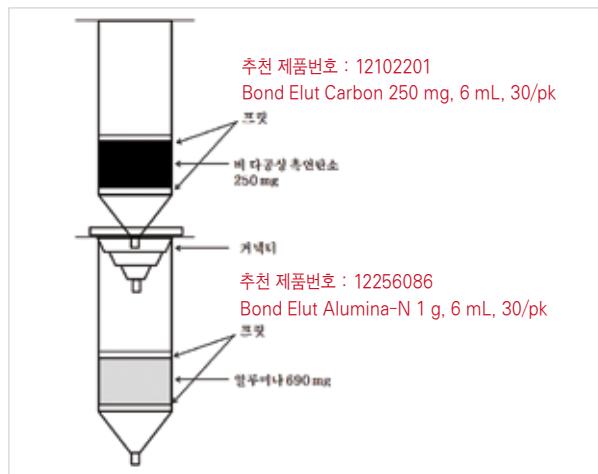
〈표 4〉 HPLC에 의한 CMIT/MIT/BIT 분석 조건

항 목	조 건		
	컬럼	C <sub>18</sub> (4.6 mm × 250 mm, 5 μm)	
		A : Water B : Methanol	
이동상	시간	A(%)	B(%)
	0 ~ 5	70	30
	8	5	95
	12	5	95
	15	70	30
	20	70	30
유속	0.7 mL/min		
파장	280 nm, 320nm		
주입량	20 μL		
컬럼 온도	30 °C		

분석컬럼 추천 제품번호 : 990967-902 Eclipse XDB-C18 4.6x250, 5u Analytical



〈그림 1〉 상등액과 분리한 유기용매 층의 시료를 알루미나 카트리지에 통과시켜 잔여 추출 시료를 빠져나오게 한다.



〈그림 2〉 세정용 제품 등 거품이 다량 포함된 시료는 알루미나 카트리지, 비 다공성 흑연탄소 카트리지에 통과시킨다.

합용액을 14 mL 넣음 → 볼텍스 믹서로 혼합 → 10분간 초음파 추출기(200 watt, 15 °C)로 추출 → 5분간 상·하 방향으로 흔들어 혼합 → 원심분리 후(4,000 rpm, 10 min) 상등액과 분리

## 2) 정제

- 상등액과 분리한 유기용매 층의 시료를 〈그림1〉과 같이 충전한 알루미나 카트리지에 통과시킴 → 메틸렌클로라이드 6 mL를 카트리지에 통과시켜 잔여 추출시료를 충분히 빠져나오게 함
- 세정용 제품 등 거품이 다량 포함된 시료는 〈그림 2〉와 같이 알루미나 카트리지, 비 다공성 흑연탄소 카트리지 통과시킴

## 3) 농축

- 추출과 정제를 한 시료를 질소농축기를 이용하여 25 °C에서 약

100 μL 까지 농축한 다음 메탄ol 0.5 mL을 넣어 용매를 치환 → 메탄올로 치환된 시료에 Isoproturon-d6를 200 ng을 첨가하고, 최종부피가 1 mL가 되도록 조절

## LC/MS 분석을 위한 시료 전처리

〈표 5〉 LC/MS에 의한 CMIT/MIT 분석 조건

액체크로마토그래프	Agilent 1200 high performance liquid chromatography system 등		
질량분석기	Agilent 1100 Series LC/MSD 등		
컬럼	Hypersil gold column (C18, 250 x 4.6 mm, 5 μm)		
가드 컬럼	ZORBAX Eclipse XDB-C18 guard cartridge(5 μm, 4.6 x 12.5 mm)		
이동상	A : Water / B : Methanol		
	Time	%B	Flow (Unit : mL/min)
용매조건	5	50	0.35
	11	50	0.35
	14	50	0.4
	25	90	0.5
	35	100	0.5
주입량	10 μL		
컬럼 온도	25 °C		
이온화 분석모드	Positive ion electrospray		
가스유속	9 L/min		
가스온도	350°C		

분석컬럼 추천 : 제품번호 990967-902 Eclipse XDB-C18 4.6x250, 5u Analytical  
가드컬럼 추천 : 제품번호 820950-925 Eclipse XDB-C18 4.6x12.5, 5u Grd Car 4/PK  
제품번호 820999-901 High Perf. ZORBAX Guard Fittings Kit

액체크로마토그래프	Agilent 1200 high performance liquid chromatography system		
질량분석기	Agilent 1100 Series LC/MSD		
컬럼	Hypersil gold column (C18, 250 x 4.6 mm, 5 μm)		
가드 컬럼	ZORBAX Eclipse XDB-C18 guard cartridge(5 μm, 4.6 x 12.5 mm)		
이동상	A : 0.5% Formic acid / B : Methanol		
	Time	%B	Flow (Unit : mL/min)
용매조건	4	60	0.6
	10	70	0.6
	15	80	0.6
	17	90	0.6
	20	80	0.6
	22	80	0.6
	23	70	0.6
	24	70	0.6
주입량	10 μL		
컬럼 온도	25 °C		
이온화 모드	Positive ion electrospray		
가스유속	9 L/min		
가스온도	350°C		
네뷸라이저 압력	40 psig		
케랄리아 플레이저	4000 V		

분석컬럼 추천 : 제품번호 990967-902 Eclipse XDB-C18 4.6x250, 5u Analytical  
가드컬럼 추천 : 제품번호 820950-925 Eclipse XDB-C18 4.6x12.5, 5u Grd Car 4/PK  
제품번호 820999-901 High Perf. ZORBAX Guard Fittings Kit

분석 문의 및 자료 요청은 영화과학 마케팅 1부(02-2140-5460)로 연락주시기 바랍니다.



# 손 안에서 바로 만나는 영린기기!



2016년 5월, 영린기기는 고객과 만나는 YouTube 채널을 개설하였다. 해당 채널은 영린기기 장비를 사용하는 고객에게 손 쉬운 유지보수를 위한 고객만족서비스의 일환으로, 스마트폰 내 유튜브 앱에서 “영린기기”를 검색하여 바로 시청 및 다운로드가 가능하다.



〈그림 1〉 영린기기 공식 유튜브 채널

개설된 유튜브에는 2016년에 새롭게 촬영된 GC, HPLC 및 channel 제품의 유지보수 동영상이 총 72건 업로드되어 있어서 간단한 유지보수는 고객이 직접 진행할 수 있도록 지원하고 있다.

또한, 유튜브를 통해 동영상을 직접 연결하는 방식으로 홈페이지 내 자료실이 리뉴얼되어 유튜브 뿐만 아니라 영린기기 홈페이지에서도 회원가입 절차없이 시청이 가능하도록 되어 있다.



〈그림 2〉 영문 유지보수 동영상-영린기기 홈페이지

홈페이지 자료실에는 국문 동영상 뿐만 아니라, 국내외에 거주하는 외국인 분석자를 위한 영문 자막 동영상도 함께 수록하여 영린 장비를 사용하시는 고객 누구나 간편하게 유지보수를 진행하도록 지원하고 있다.

이와 더불어 영린기기에서는 고객과 가까이 소통할 수 있는 온라인 채널(홈페이지, 네이버 블로그, 유튜브)에 대해 모두 QR 코드를 제작하여 번거롭게 PC를 열지 않아도 손 안에서 빠르고 간편하게 영린기를 만나볼 수 있다.



## 〈영린기기 유튜브〉

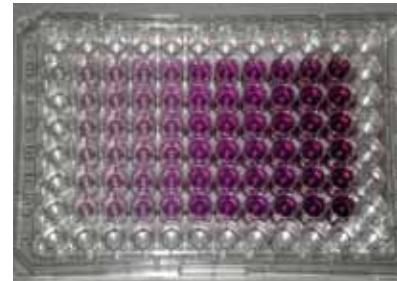
<https://www.youtube.com/channel/UC1QgyrazCdIvd-sgOZAleDA>



영린기기

경기도 안양시 동안구 안양천동로 60 영린빌딩 | 대표전화 : 1544-3744 | 웹사이트 : [www.younglin.com](http://www.younglin.com)

# 마이크로플레이트 흡광 리더와 Cell viability assay kit를 이용한 세포 증식 및 생존 능력 분석



## 세포 증식 & 독성(Cell Viability & Cytotoxicity)

세포 증식 또는 세포 사멸 정도를 정량적으로 측정하는 것은 생명과학 분야에서 필수적인 분석기법 중의 하나이다. 가장 직접적인 방법은 세포에 트립판 블루(Trypan blue) 등으로 염색한 후 현미경과 살아있는 세포를 측정하는 방법이다. 하지만 다량의 샘플 실험 시 측정시간과 노력이 많이 소요되고, 부정확한 결과를 가지고 올 수 있어 이를 대체하기 위한 여러 가지 실험방법이 개발되고 있다.

현재 많이 사용하고 있는 실험법은 색 변화를 통해 특정 과장의 흡광도에 따른 세포 증식을 쉽게 측정할 수 있는 Tetrazolium salts(MTT, XTT, MTS Assay 등)을 이용한 방법이다. 최근에는 기존 Tetrazolium salt에 비해 감도가 높고, 측정 범위가 넓은 WST-1 검색법으로 측정하고 있으며 마이크로플레이트 리더를 이용하여 검사결과를 간편하게 확인할 수 있다.

## 세포 측정 원리

세포 대사 활동을 이용하여 살아있는 세포를 정확하게 측정한 후 세포의 증식 또는 사멸도 변화를 측정하는 실험 중의 하나이다. 살아있는 세포 내 미토콘드리아 탈수소효소(Mitochondrial dehydrogenase)에 의해 노란색의 수용성 tetrazolium



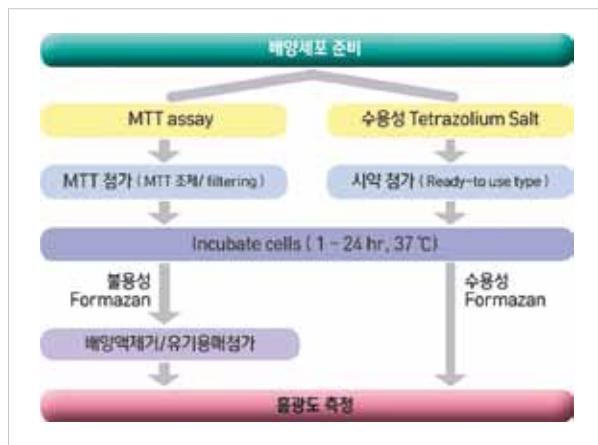
〈그림 1〉 수용성 Tetrazolium Salts를 이용한 실험과정

salt에서 보라색의 불용성 formazan으로 환원되어 발색물질이 생성되며, 이를 흡광 리더로 측정(450 nm)하여 세포증식이나 독성 등을 정량 분석할 수 있다. 즉, 대사활성이 있는 세포의 수는 직선적인 상관관계를 나타내게 된다

## 세포 증식 & 독성 측정 키트, CellVia

Cell viability assay kit는 살아있는 세포의 양을 측정하는 제품으로서 기존의 MTT 시약을 대체하여 살아있는 세포의 양을 측정할 수 있다. CellVia는 수용성 tetrazolium salt 중에서 가장 민감도가 높고 편의성이 뛰어난 WST-1을 국내 기술로 업그레이드시켜 안전성과 경제성까지 더욱 높인 제품이다.





〈그림 2〉 MTT와 수용성 Tetrazolium Salts의 실험방법 비교



Thermo Scientific Multiskan GO

### 특징

- 정확성(Accuracy):  $[3H]$ -thymidine incorporation assay와 높은 상관관계를 가짐
- 편리성(Easy): Washing 단계 및 부가적인 시약(DMSO)이 불필요
- 안전성(Safety): 시약 자체에 세포 독성이 없음
- 민감도(Sensitivity): Enhancer로 인한 MTT, MTS, XTT 기반의 분석법들보다 빠르고 안정적이며 고감도의 결과 보장
- 신속성(Fast): 별도의 준비가 필요하지 않아 연속적인 관찰 및 Multiple time point assay 가능

### 적용분야

- 면역학: 다양한 성장인자(Growth factors), 사이토카인(Cytokines), 영양소(Nutrients)를 처리하였을 때 반응하는 세포의 증식 및 세포독성 측정
- 약물학: 세포 독성 물질, 항암제 또는 다른 약물에 대한 반응 분석
- 생리학: 성장 저해 항체나 생리적 중간체(mediators)들에 대한 분석

Thermo Scientific 마이크로플레이트 리더에 대한 문의는 영인프런티어 마케팅 1팀(02-2140-3342)으로 연락주시기 바랍니다.

### 흡광 리더를 이용한 세포 측정 원리

마이크로플레이트 리더(Microplate reader)는 마이크로플레이트 Well 내에서 반응한 물질의 경량 분석에 이용되는 장비이다. 적절한 용매에 용해 또는 분산된 시료에 자외선, 가시광선 영역의 빛을 통과시켜 흡광도를 측정하여 세포 생리 및 분자생물학, 면역학 분야에서 사용된다.

광원으로부터 유래한 빛은 단색화 장치를 통해 특정 파장의 빛으로 만들어진 후 시료에 96~384개 경로를 통해 조사되어 각각 Well에서 시료 농도에 따라 투과된 빛이 검출기를 통하여 분석될 수 있다. 소프트웨어를 이용해 측정된 세포 증식 결과를 손쉽게 분석할 수 있다.

# 이차전지 응용 전기화학 분석 솔루션



이차전지란 화학에너지와 전기에너지의 가역적 상호변환을 이용하여 충전과 방전을 반복할 수 있는 화학전지이다. 이차전지는 한번 사용하고 폐기하는 일차전지와 달리 충·방전을 통해 전기를 저장했다가 반복사용이 가능한 전지로 서로 다른 양, 음극 소재의 전압 차이를 통해 전기를 저장하고 발생한다.

리튬을 이용한 이차전지 혹은 리튬 이차 전지는 고출력, 고에너지 특성으로 인해 스마트폰, 노트북 등의 휴대용 모바일 전원뿐 아니라 하이브리드 자동차(hybrid vehicle) 등의 주된 에너지원으로 활용되고 있다. 리튬 이차전지는 양극재, 음극재, 전해질, 분리막 등의 주요 4가지 물질로 구성되어 있다. 4대 소재가 이차전지 생산원가의 50%를 차지하는 만큼 원가 절감을 위한 소재 개발이 활발히 진행 중이다.

## 이차전지의 전기화학 분석

### 전기화학 분석법이란?

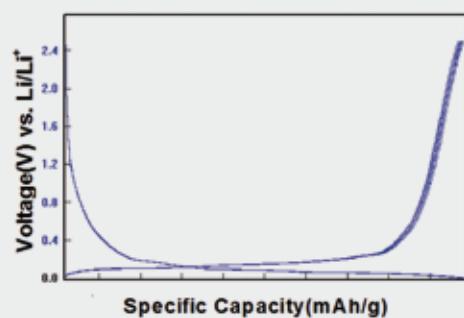
전기화학 분석법이란 물질마다 소유하는 고유한 전기 화학적 성질에 근거하여 물질에 관한 정성·정량적인 정보를 얻어내는 분석기법을 말한다. 외부 회로에서 전압을 공급하는 경우, 산화환원이 일어나기 시작하는 전압의 크기가 다음에 따라 정성 정보를, 반응에 의해 분석 대상 성분의 농도에 따라 나타나는 전류의 크기 변화로 정량 정보를 구한다. 전기화학 분석법의 테크닉

은 정전압, 정전류테크닉, 순환전압전류법, 펄스테크닉 등 전압이나 전류를 인가하는 형태에 따라 다양하다.

### 이차전지의 전기화학 분석

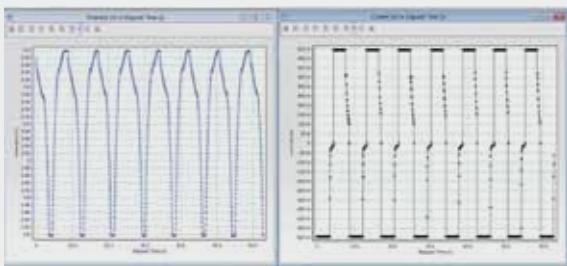
이차전지 성능을 평가하기 위하여 전기화학 분석법을 사용한다. 이차전지의 용량, 작동 전압을 측정 및 평가하기 위해서 전류를 일정하게 흘려주어 전압의 변화를 측정하는 정전류 충방전법(Galvanostatic charge-discharge)과 순환 전압 전류법(Cyclic voltammetry, CV)을 이용한다.

#### 정전류 시험법



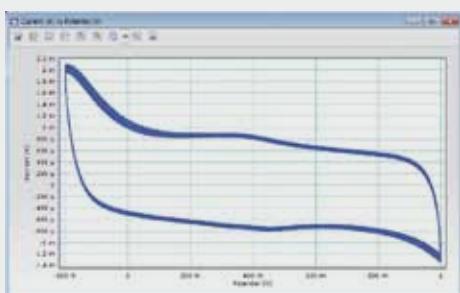
- 일정 전류를 인가하여 시간에 따른 전압의 변화를 측정하여 특성을 확인하는 방법
- 변화하는 전압의 범위를 제어하여 연속적인 충·방전 실험을 통해 측정 가능

### 정전류/정전압 시험법(배터리 충방전 테스트)



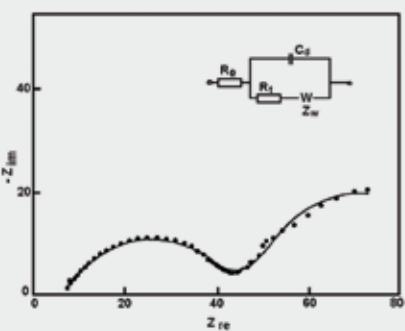
- 리튬이온의 삽입/탈리를 반복하는 물질에 주로 적용되는 방법
- 리튬이차전지의 충방전 기기에는 정전류/정전압법이 주로 활용

### 순환전압주사법(Cyclic Voltammetry)



- 전지를 특정한 전압 영역에 대해 단위 시간당 일정 전압으로 주사하는 방법
- 지정된 전압 영역에서 한계까지 도달할 경우 주사 방향을 반대 방향으로 바꿔서 주사하여 전압의 변화에 따라 전류를 측정하는 분석 방법

### 임피던스 측정법



- 전지의 내부에 두 개의 전극과 전해질 사이에서 일어나는 전기화학반응을 전기 회로의 형태로 모형화하여 해석하는 방법
- 시간에 따라 주기적으로 방향이 변하는 교류전압을 인가할 때 전류의 응답 특성을 해석하여 저항, 캐파시턴스, 인더턴스 등을 측정

### 이차전지의 전기화학 분석 시스템

#### Potentiostat/Galvanostat/Impedance Analyzer

전지의 소재 및 전지 특성을 평가하기 위한 분석 장비로, 전지 작동 전압, 용량, 속도 및 출력을 측정하고, 전지의 속도 특성과 저항측정에도 이용할 수 있는 전기화학 분석장비이다.

리튬 이온전지의 충, 방전 및 전지의 특성 파악 뿐만 아니라, 전지의 성능 개선을 위해 전지 안에서의 전하의 거동과 변화, 방전의 원인 등 2차 전지의 성능 개선 연구도 가능하며, 전지에 전기, 화학적인 변화를 주어 방전, 충전 시간 등의 변화를 연구함으로써 전지의 수명 및 전지의 크기를 줄이는 방법을 연구하는 등 다양한 응용에 적합한 용도로 사용할 수 있다.

#### PARSTAT MC/ Multi-channel Potentiostat/Galvanostat



#### Specification

Voltage Range	±10 V
Current Range	2 A~4 nA
Frequency Range	1 MHz~10 µHz
No. of Channels	1~8 ch
Technique	Constant current, Constant potential, Cyclic voltammetry, Constant power 등

### Battery Test Cycler(배터리 충방전 시험기)

Small(micro) Current 범위 시험기는 small current 범위 내의 배터리 측정 시험이 가능한 충/방전 기기로 주로 소형 전지(coin cell, phone cell, 원통형 cell 등)의 특성 시험이나 사

이를 수명 테스트 시에 이용된다. High current 범위 시험기는 배터리 측정 시험이 가능한 충/방전 기기로 주로 전기차 등에 사용하는 중대형 배터리 특성 시험이나 사이클 수명 테스트에 이용된다.

CT2001A/C &amp; CT2001B/D / Battery Test Cycler



Specification

	CT2001A/C	CT2001B/D
Voltage Range	MAX. 2 V~15 V	MAX. 2 V~100 V
Current Range	CT2001A/C MAX. 1 A~5 A	CT2001B/D MAX. 1 mA~100 A
No. of Channels	CT2001A/C 8 ch	CT2001B/D 1~8 ch
Protection Mode	Overvoltage, Undervoltage, Overcurrent, Undercurrent, Overcapacity 등	

Ultra-High Precision Coulometry(초고정밀 쿠лон미터)

고정밀 쿠лон 효율 측정법을 이용한 2차 전지 수명 측정기로 장시간의 충방전 사이클 시험이 필요했던 배터리 수명 평가를 단시간 내 예측이 가능하다.

UHPC-8 / Ultra-High Precision Coulometry



Specification

Voltage Range	0~5 V
Current Range	2 MAX (Ranges: 200 $\mu$ A, 2 mA, 20 mA, 200 mA, 2 A)
Temperature	60 °C까지 컨트롤 가능
Output Factor	Capacity(QC, QD) Coulomb efficiency(CE=QD/QC=1- $\Delta$ D/QC) Discharge Slippage( $\Delta$ D) Charge Slippage( $\Delta$ C) Capacity Loss(Fade= $\Delta$ D- $\Delta$ C)

※ 전기화학 분석기 및 배터리 충/방전기 제품 문의  
: 031-460-9340

# 연구원이 꿈꾸는 실험실이 펼쳐집니다

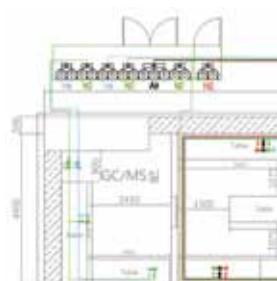
Laboratory Total Solution, LAB CONSULTING



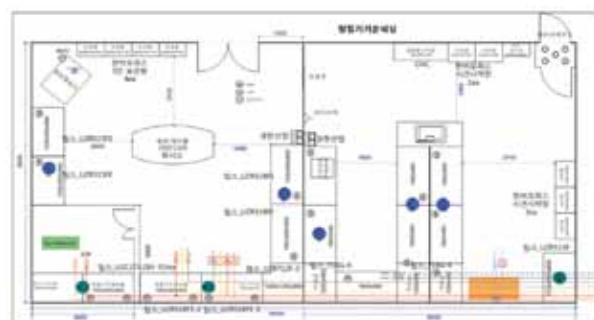
새로운 연구실을 준비 중이신가요? 혹은 기존 실험실의 변화를 준비하고 계십니까? 와이에스엔의 다양한 실험실 구축 경험을 바탕으로, 전문적인 실험실 컨설팅을 받아보세요.

- 신규 실험실 컨설팅
- 노후 실험실 리모델링, 인테리어
- 실험실 유틸리티 공사
- 실험실 이전
- 실험실 안전 컨설팅
- 실험실 인·지정 컨설팅

분석실험실, 전처리실, 현미경실, 미생물실, 클린룸 등 다양한 실험실 구성과 더불어 사무공간과 회의실, 안전장비까지 Laboratory total solution을 제공합니다.

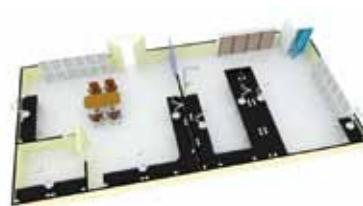


실험실 내 유틸리티 공사는 사용하는 장비와 실험방식에 따라 전문적으로 진행해야 합니다. 일반적인 공사와 다르게 실험실 전문 유틸리티 컨설팅 및 공사를 진행하며, 안전 규정을 반영하여 진행합니다.



국가 인·지정 컨설팅을 포함하여 실험실 가구 선정, 장비 선정, 분석장비 및 기초장비의 납품과 설치, 소모품 납품, 안전장비의 설치를 진행함으로써 효율적이고 효과적인 실험실 구축을 진행할 수 있습니다.

실험실 가구 및 실험실 컨설팅에 관련한 문의는 와이에스엔으로 문의해 주시기 바랍니다.



# NMR Spectrometer (핵자기공명분광기)

Nanalysis사 NMReady(60 MHz Bench-top NMR)



NMR(Nuclear Magnetic Resonance)은 자기장 속에 놓인 원자핵이 특정 주파수의 전자기파와 공명하는 현상이다. NMR은 핵 상자성(nuclear paramagnetism)을 이용하는데, 이는 원자의 자기 쌍극자가 외부 자기장과 같은 방향으로 정렬함으로써 내부 자기장의 세기를 증가시키는 성질이다.

최외각 전자가 쌍을 이루고 있는 안정된 원자 구조에서는 스핀에 의한 자기장은 서로 상쇄되어 '0(zero)'이 된다. 그러나 쌍을 이루고 있지 않은 원자는 스핀에 의한 자기 모멘트가 존재하고, 외부 자장이 가해지면 이를 자기 모멘트가 외부 자기장과 같은 방향으로 정렬되어 내부 자기장이 증가하게 되는 것이다. 전자와 핵은 스핀을 가지고 있다. 무작위로 정렬된 핵 스핀은 외부 자장을 걸어주면 유도 자기장이 생기는데, 이때 핵 스핀은 외부 자장과 같거나 반대의 방향으로 정렬된다.

외부 자장과 같은 방향으로 정렬될 경우 에너지 준위가 낮아지며, 반대 방향으로 정렬될 경우 에너지 준위가 높아진다. 이때 라디오파 주파수를 외부 에너지로 제공하면 핵 스핀은 에너지를 받아 외부 자장에 정반대 방향으로 스핀 상태를 변화시킬 수

있다. 화합물에서는 각각의 원자가 가진 핵 스핀의 강도가 다르므로 같은 세기의 자기장을 걸어 주어도 흡수하는 주파수가 다르다. 따라서 NMR에서 흡수하는 주파수를 측정하면 어떤 원자가 존재하는지 알 수 있다.

NMR은 생명과학, 크로마토그램 연구, 표면 과학, 분자 분광학, 원자 분광학, 질량 분광학, 재료학 순으로 각 분야에서 많이 사용해 온 장비이다. 대학교 또는 산업체에서 사용했던 기존의 NMR 장비는 부피가 커서 전용 공간을 많이 차지했다. 이러한 장비의 자장 세기는 수 백 MHz에서 1 GHz에 이르기 때문에 높은 해상도와 분해능을 가지는 반면 가격이 비싸다.

이에 반해 Nanalysis사 NMReady™ 시리즈는 60 MHz의 자장을 채택하여 별도의 냉각 장치 등이 필요 없는 일체형 장비이며, 내장된 터치스크린을 통해 비전문가도 간편히 작동하고 데이터를 처리할 수 있도록 하였다. 때문에 보다 간편하고 쉬운 분석환경을 제공한다. 또한 컴팩트한 사이즈로 설치가 용이하여 교육 및 연구, 산업용으로 어디서나 사용 가능한 혁신적인 전천후 장비이다.



기존의 NMR 장비와 NMR 전용 컴퓨터



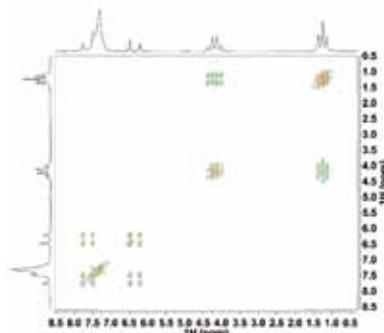
Nanalysis사 NMReady  
60 Pro Bench-top NMR

## 시료 조건

- 0.2 mol/L 농도 이상의 모노머 또는 저분자 유무기 합성
- 분석 가능한 핵종 :  $^1\text{H}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{31}\text{P}$
- 분자량 최대 500 Dalton
- 고분자 또는 중원자(heavy atoms) 분석 불가능
- 1.2 Hz 이하의 분해능
- Experiments : 1D, COSY, JRES, T1, T2, DEPT, HSQC, HMBC, HETCOR, Signal Suppression

## 응용

### Tazobactam 400 MHz와 60 MHz 비교



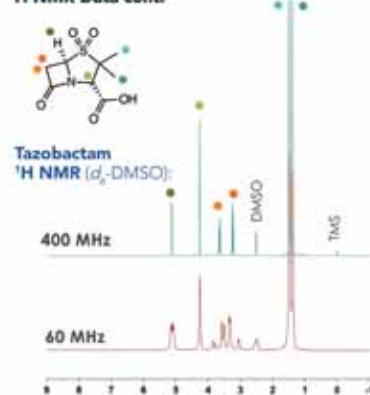
## 주요 특징

### 1) 간편한 유지보수

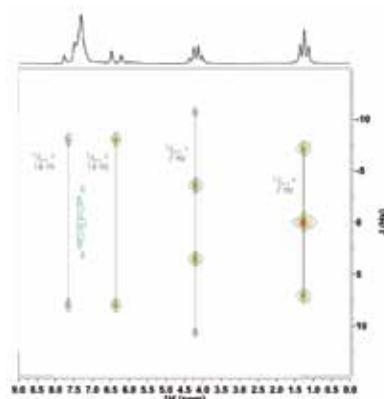
- 1.4 T hybrid Halbach NdFeB magnet(영구 자석) 사용으로 유지보수 최소화  
( $^1\text{H}$ : 60 MHz,  $^{13}\text{C}$ : 15 MHz,  $^{19}\text{F}$ : 56 MHz,  $^{31}\text{P}$ : 25 MHz)
- 냉매 가스 불필요
- 부가적인 소모품 불필요
- 내부에서 부러진 튜브 제거 용이
- 진동 흡수 발판
- 전자동/수동 shimming 모드 지원

### $^1\text{H} - ^1\text{H}$ COSY

#### $^1\text{H}$ NMR Data cont.



### JRes



### 3) 간편한 사용

- 표준 5 mm NMR용 튜브 그대로 사용
- 온라인 측정용 flow cell 사용 가능
- Ethernet, USB 통신 등 외부매체와의 호환성 우수
- NMR 데이터 가공 프로그램과 호환 가능한 JDX 파일 형식으로 데이터 저장 가능(데이터 가공 소프트웨어 종류 : Mnova, Delta, Topspin, JSNMR, Spinworks)
- API(Applications Programming Interface) 접근 용이
- 분석 전과정 자동화



영인 에스티

경기도 안양시 동안구 안양천동로 60 영린빌딩 | 대표전화 : 031-8033-0600 | 웹사이트 : www.younginST.com

Hot Issue  
최신 뉴스신규 대리점 계약,  
미국 VUV Analytics사  
Gas Chromatography 검출기

2016년 11월, 영인과학은 미국의 VUV Analytics사와 국내 독점 대리점 계약을 체결하였습니다. VUV Analytics사는 Gas chromatography(GC) 응용에 이상적인 Universal 검출기이며 정성, 정량이 가능한 Vacuum ultraviolet(VUV) 검출기를 세계 최초로 개발/생산하는 전문기업입니다. VUV 검출기는 대부분의 화학물질이 115~185 nm의 광장을 강하게 흡수하는 특성을 이용한 최신 검출 방식을 사용합니다. 기존 FID, TCD와 같은 검출기의 한계를 뛰어 넘어 스펙트럼 정보를 추가로 제공하여 정확한 정성 및 정량이 가능합니다. 관련 제품으로는 Gas Chromatography(GC)의 검출기로 활용되는 VGA 100, VGA101 모델과 단독으로 온라인 분석이 가능한 SVGA 100 모델이 있습니다.

Agilent 기기 사용자들의 커뮤니티 공간,  
User Forum

영인과학은 웹사이트를 통해 Agilent사 기기 사용자들을 위한 User Forum(사용자 포럼)을 운영하고 있습니다. 기기 사용자들이 기기에 대한 정보 및 노하우를 공유할 수 있는 차별화된 커뮤니티 공간입니다. User Forum은 Q&A 공간, 제품자료, 응용자료 게시판으로 구성되어 있습니다.



- Q&A : Q&A 게시판에서는 기기에 대해 궁금한 사항을 묻고 답할 수 있다. 전문 엔지니어들이 직접 궁금한 사항에 답변해 주며 고객 분들 또한 자신의 의견을 공유할 수 있는 공간이다. 질문과 답변을 게재해 주는 분들 중 매월 3분을 추첨하여 커피 기프티콘을 드리는 이벤트도 진행하고 있다.
- 제품자료 : 제품자료 공간에서는 Agilent사 기기에 대한 자료를 확인할 수 있다. 제품 카다로그는 물론 설치에 관한 정보 등이 등록되어 있으며 유지보수 동영상 또한 제공된다.

- 응용자료 : 응용자료 메뉴에서는 Agilent사 기기를 활용한 응용 및 분석 자료들을 만나볼 수 있다. 다양한 응용자료와 분석자료들을 확인하실 수 있다.

- 가입 방법 : 영인과학 웹사이트([www.youngin.com](http://www.youngin.com)) 접속 ▶ 고객지원 ▶ User Forum ▶ 가입 후 이용

17번째 영인사랑나눔,  
경북 상주시 청리중학교에서 열려

지난 11월 17일, 경북 상주시 청리중학교에서 제17회 영인사랑나눔 행사가 진행되었습니다. 영인그룹 전 계열사 직원 19명이 참석한 이번 행사에서는 과학 기자재 전달식을 시작으로 '용존산소량 측정'과 '빛의 원리'라는 주제로 과학교실, 스포츠 활동으로 꾸며졌습니다. 영인사랑나눔단은 다채로운 행사를 통해 학생들에게 과학의 즐거움을 전하는 시간을 가졌습니다.

영인그룹은 지난 2008년부터 매년 2회 과학기술의 혜택이 취약한 오지 학교를 선정하여 과학실험기자재를 지원하고 과학교실을 열어 미래과학자들에게 꿈을 심어주는 활동을 이어가고 있습니다.

최신 분석기술 세미나 2016  
실시

Seminar  
세미나

'최신 분석기술 세미나 2016'이 지난 10월 광주(10/18)를 시작으로, 대전(10/19), 서울(10/20), 울산(10/26), 제주(10/31), 부산(11/17), 전주(12/14)까지 총 7개 도시에서 350여 명이 넘는 고객분들과 함께 진행되었습니다. 올해로 12번째를 맞은 '최신 분



석기술 세미나'는 2005년부터 해마다 여러 도시를 순회하며, 최신 분석 동향 및 응용 솔루션들을 소개하는 영인과학의 대표적인 세미나입니다. 올해는 '실험실 생산성 향상'이라는 큰 주제를 가지고 크로마토그래피, 질량분석기, 라이브러리를 포함한 소프트웨어 등을 활용해 빠르고 편리한 분석의 다양한 사례들을 소개하였습니다. 또한 신제품인 Agilent사 Intuvo 9000 GC와 영인과학의 초순수제조장치 테모기기가 함께 전시되었습니다. 본 세미나에 참석해 주신 모든 고객분들께 지면을 빌어 다시 한번 감사드립니다.

Exhibition  
전시

## 2016 대한임상화학검사학회 참가



영인과학에서 지난 11월 5일 삼성의료원에서 개최된 2016 대한임상화학검사학회에 참가하였습니다. 본 학회는 병원의 진단검사의학과 중 임상화학검사 분야에 초점을 맞춰져 있는 학술대회로 진단검사의학과에서 검사업무를 담당하는 실무자들의 학술 발표와 정보를 공유하는 장입니다. 영인과학에서는 최근 새롭게 출시된 Trinity Biotech(아일랜드)사의 HbA1c 검사 장비인 Premier Hb9210 장비를 전시하고, 이와 동시에 주력 제품인 Beckman Coulter사의 생화학 장비인 AU series를 소개하였습니다. Trinity Biotech사의 Premier Hb9210 장비를 직접 눈으로 보고 장비의 장점을 설명들을 수 있어서 많은 분들의 방문과 호응이 있었습니다.

## MEDICA 2016

독일의 서부에 위치한 뒤셀도르프에서 매년 개최되는 MEDICA는 약 130,000명 정도가 방문하는 세계 최대 국제의료기기 박람회입니다. MEDICA는 의료기기뿐만 아니라 병원에 관련된 모든 회사들이 참여하고 있으며 매년 신제품과 그 해에 이슈가 되는 토픽 그리고 앞으로 의료기기 시장을 이끌어갈 새로운 기술들을 소개하고 있습니다. 이번 MEDICA의 토픽은 Diabetes, Implants, Networked Device로 특히 당뇨와 관련해서는 telemedicine과 diabetology가 combination된 tel-diabetology가 새로운 한 분야로 자리를 잡아 가고 있습니다. MEDICA에서는 매년 새로운 기술 및 트렌드가 반영된 제품을 전시장 곳곳에서 어렵지 않게 찾아 볼 수 있습니다.



## 2016년 한국농약과학회 추계학술발표회 참가

지난 10월 27일~28일, 영인과학은 강원 설악 델피노 골프 앤 리조트에서 개최된 한국농약과학회 추계학술대회 기기전시회에 참가하여 다양한 첨단 연구 장비와 관련 소모품을 선보였습니다. 본 학회를 통해 Agilent사에서 새롭게 출시된 Intuvo 9000 GC System과 관련 소모품 등이 전시되었습니다. 또한 영인과학에서 개발하고 2017년 1월 중 생산공급 예정인 초순수 통합형 직수타입 Water Purification System이 전시되어 방문하신 분들의 많은 관심을 받았습니다.



# ● 독자카드

영인 Lab. Highlight는 모든 연구, 실험에 종사하는 분들에게 도움을 드릴 수 있는 소식지가 되기 위해  
독자 여러분의 의견을 듣고자 합니다.

보내주시는 의견은 영인 Lab. Highlight의 발전을 위한 소중한 자료로 활용하겠습니다.

이 름	회사/부서명
전화번호	e-mail
주 소	

① 이번 호에 가장 유익했던 기사는 어떤 것입니까?

② 다음 호에 다루었으면 하는 내용이나 영인 Lab. Highlight에 바라는 점이 있다면 적어 주십시오.

③ 필요하신 제품 정보 및 응용자료가 있으시면 적어주십시오. 신속하게 보내드리겠습니다.

④ 영인 Lab. Highlight 74호 내용 중 필요하신 자료가 있으시면 체크해 주십시오.

우편이나 e-mail로 신속하게 자료를 보내드리겠습니다.

- 자료번호 74-01 초미세 먼지 중 중간휘발성 유기 화합물의 스크리닝 분석
- 자료번호 74-02 HPLC 피크용량을 증대한 정밀화학 제품의 불순물 분석법 개발
- 자료번호 74-03 천연가스 조성 분석을 위한 새로운 기술
- 자료번호 74-04 CMV(Cytomegalovirus) 감염 및 진단
- 자료번호 74-05 새로운 GC-QQQ, Agilent사 NEW 7000 & 7010 GC-QQQ
- 자료번호 74-06 초순수를 수도꼭지로부터 직수 생산하는, 영인과학 Integrated Water Purification System
- 자료번호 74-07 온라인 탄화수소 가스 분석기, MKS사
- 자료번호 74-08 Real-time PCR 분석까지 한번에, ELITechGroup사 ELITe InGenius
- 자료번호 74-09 가습기 살균제 유독물질 CMIT/MIT 분석
- 자료번호 74-10 손 안에서 바로 만나는 영린기기
- 자료번호 74-11 마이크로플레이트 흡광리더와 Cell viability assay kit를 이용한 세포 증식 및 생존 능력 분석
- 자료번호 74-12 이차전지 응용 전기화학 분석 솔루션
- 자료번호 74-13 연구원이 꿈꾸는 실험실이 펼쳐집니다.
- 자료번호 74-14 NMR Spectrometer(핵자기공명분광기)

※ 독자카드를 보내주시는 분들 중 의견이 채택된 분께는 소정의 기념품을 보내드립니다.

# 비우고 시작하기

2016년에 익숙해질 즈음인데  
새로운 숫자, 2017을 맞이하게 되었습니다.

새해를 맞이하여 해결하지 못하고  
내버려둔 일들과 걱정들을  
비워내면 좋겠습니다.

비우지 않고 또 꾸역꾸역 채우다 보면  
정말 보관해야 할 것들을  
놓치게 되거든요.

새해를 맞이하는 시간,  
새로운 것을 쌓기 전에  
오래된 것들의 비움부터  
시작해 보면 어떨까요?

편집자



영인과학

06030 서울시 강남구 압구정로 28길 22 구정빌딩 6층 | 전화 : 1544-1344 | 팩스 : 02-519-7400 | [www.youngin.com](http://www.youngin.com) | [youngin@youngin.com](mailto:youngin@youngin.com)