



# 가스 크로마토그래피의 혁신을 통한 수익 개선

Agilent Intuvo 9000 GC 시스템의 경제적 가치 향상

## 백서

### 저자

Eric Denoyer, Ph.D.  
마케팅 디렉터,  
GC & Workflow Automation  
Agilent Technologies, Inc.  
2850 Centerville Road  
Wilmington, DE 19808  
US

### 소개

한동안 가스 크로마토그래피는 더이상 발전이 일어나지 않는 정체된 분야로 여겨져 왔습니다. 그러나 이러한 생각은 최근에 깨어졌습니다. Agilent Intuvo 9000 GC 시스템에 내재된 혁신은 가스 크로마토그래피가 얼마나 쉬울 수 있는지, 또한 GC 실험실의 생산성과 경제성이 얼마나 향상될 수 있는지에 대한 패러다임의 변화를 나타냅니다.

Intuvo의 혁신에는 기존의 공기 가열 오븐에 비해 더 빠르고, 전력 소모를 반으로 절감하며, 기존 GC 공간의 절반만 차지하는 직접 가열 시스템이 포함되어 있습니다. 페룰(ferrule) 없는 직접 연결과 플러그 앤 플레이 흐름 경로 덕분에 복잡성과 누출 가능성의 주요 원인을 제거했습니다. 독보적인 일회용 Guard Chip은 컬럼 커팅 작업의 필요성을 제거했습니다. Intuvo에 대한 투자 고려 시, Intuvo의 혁신은 경제적 가치의 추정에 도움이 될 수 있습니다.

이 백서에서 Intuvo의 경제적 가치 향상이 기존의 공기 가열 오븐 GC 시스템에 비해 심지어 첫해에도 \$50,000 달러 이상이라는 점을 설명하도록 하겠습니다. 이는 GC 실험실 관리자의 ROI 또는 혁신을 통한 수익 개선을 실현할 수 있습니다. 실험실 관리자는 기기 자산 기반을 최적화하고 최신으로 유지하는 것이 자산 관리 결정들을 정당화하는데 한 기준이 될 수 있습니다.



**Agilent Technologies**

## 누출 없는 연결의 가치

### 과제

많은 GC 실험실 관리자들이 실험실 생산성 저하의 주요 원인으로 잘못된 GC로 인한 누출로 예상치 못한 기기 가동 중단 상황이 발생하는 것을 우려합니다. 또한 관리자들은 페룰(ferrule) 연결을 제대로 할 수 있는 작업자를 훈련시키는 어려움에 대해 토로합니다. 손으로 조이고 1/4바퀴 돌리는 기존 연결의 방식에 대한 설명은 도움이 되나, 제대로 훈련을 받지 못한 작업자들은 종종 1/4바퀴가 좋다면, 그 이상 돌리는 것은 더 좋다는 식으로 생각하곤 합니다. 사실은 그렇지 않습니다.

서서히 발생하는 누출은 보통 거의 전체 시료 배치가 분석될 때까지 감지되지 않으며, QC 검사를 통과하지 못하는 것만 발견됩니다. 흐름 경로의 누출을 진단, 해결, 확인하기 위해 워크플로를 중단하고 시료 배치를 다시 분석하는 동안 생산성은 저하되고 결과를 제시간에 얻기 어려워집니다. 그리고 단순한 생산성 저하보다 더 무서운 상황은 대체가 어렵거나 불가능한 소중한 시료를 손실하는 경우입니다.

### 혁신

Intuvo는 흐름 경로의 연결에서 너트와 페룰(ferrule)을 사용하지 않습니다. 대신 직접적인 면대면의 원터치 끼움(click-and-run) 연결 방식으로, 토크 드라이버의 1회 클릭만으로 간단한 연결이 가능합니다. 소리로도 들리고 손으로도 느낄 수 있는 클릭은 작업자로 하여금 누출 없는 성공적인 연결을 가능케 합니다. Intuvo의 독보적 기능인 자동 누출 감지는 또한 시료 배치 처리 과정에서 연결이 제대로 되었는지 지속적으로 확인합니다.

## 경제적 가치

잘못된 흐름 경로 누출로 인한 기기 가동 중단 가능성을 제거함으로써 실험실 관리자가 매일 결과를 제시간에 생성하고 중단 없는 워크플로를 계획할 수 있다는 것은 크나큰 이점입니다. 이는 사업상의 불확실성을 낮춤으로써 바쁜 실험실에 실제적인 이득을 가져다줍니다 (표 1).

이 가치를 경제적 가치로 환산하는 것은 실험실이 속한 기업 구조에 따라 달라지나, 많은 GC 실험실이 매년 연결 누출로 인해 상당한 시간을 낭비하고 있다는 점만큼은 사실입니다. 많은 실험실 관리자들이 분기당 최소 6~8시간이 흐름 경로 누출 관련 문제 진단 및 해결로 인해 낭비되고

있다고 불평합니다. 분기당 6시간은 연간 72개의 시료를 추가적으로 분석할 수 있는 시간입니다. 대부분의 관리자들이 생산성 향상과 72시간의 추가 시료 분석에 대한 경제적 가치를 이야기합니다.

만약 실험실이 환경 관련 시장에서 일반적인 단가인 시료당 \$125를 받는다면, 72개의 추가 시료는 총 \$9,000의 연간 매출 증가를 의미합니다. 많은 환경 실험실들은 인력 및 기반 시설에 대해 높은 고정 비용을 보유하고 있으므로, 매출 증가의 상당 부분이 손익분기점까지 떨어질 수 있습니다. 그러나 이 매출 증가 중 20%가 순익률이라 하더라도, 실험실은 연간 \$1,800의 순익을 거두게 됩니다.

표 1. Agilent Intuvo 9000 GC로 누출을 방지함으로써 얻을 수 있는 경제적 가치

파라미터	값
누출 관련 문제 진단 및 해결 횟수	분기당 2회 1년당 8회
문제 진단 및 해결, 복구, 확인, 재실행에 소요되는 시간	1회당 3시간 1년당 24시간
EPA 8270D 분석법 실행 주기	시료당 20분
Intuvo로 분석 시 증가 가능한 분석 시료 수	1년당 72개
매출	시료당 \$125
수입 증가, Intuvo	1년에 \$9,000
순익률	20%
순익 증가, Intuvo	1년에 \$1,800

## 빠른 직접 가열 및 냉각의 가치

### 과제

많은 GC 실험실에게 있어 불과 몇분도 소중합니다. 과학수사 실험실은 형사 또는 기소 사건에 대해 빠른 결과를 요구받습니다. 분석 대형 실험실은 급행 처리에 대해 추가 요금을 청구합니다. 하루에 더 비싼 시료를 더 많이 처리할수록, 수익도 높아집니다. QA 실험실에서는 생산성 흐름의 저하를 원치 않습니다. 또한 매출 창출에서 QA 결과 보고 능력이 제한 요소가 되지 않기를 원합니다. R&D 실험실은 종종 제품 배송과 매출 문제가 달려 있는 곳에서 공정 중단 또는 품질 문제를 지원해야 하는 압력을 받게 되고, 필요한 결과를 빠르게 제공해야 하는 상황이 많습니다. 많은 기업에서 결과 획득 시간은 시간당 수만에서 수십만 달러를 의미하며, 따라서 결과를 빠르게 얻는 것은 큰 수익을 의미합니다.

### 혁신

GC 시료 흐름 경로의 가열 및 냉각 속도를 높이는 것은 하나의 시료 주입 후 다음 시료 준비를 완료하기까지 소요되는 주입 주기의 감소로 이어집니다. Intuvo는 빠르고 혁신적인 직접 가열 및 냉각 시스템을 통해 이러한 처리량 향상을 성취합니다. 기존의 공기 가열 오븐 GC 시스템과 달리 Intuvo 컬럼은 250°C/분의 속도로 가열되고 1~2분 빠르게 냉각될 수 있으며, 이 과정에서 전력과 공간 소모는 절반밖에 되지 않기 때문에 실험실 공조(HVAC) 시스템에 대한 부하도 역시 절반으로 줄어듭니다.

### 경제적 가치

전 세계의 실험실 관리자들은 실험실 공간 배치의 중요성을 인식하고 있습니다. 많은 화학 실험실이 공간을 확장하기 위한 더이상의 재정 지원 및 자원 확보가 어렵거나, 필요한 허가 및 면허를 획득할 수 없는 상황에 있습니다. 그럼에도 불구하고 생산성을 향상시키고자 하는 열망을 가지고 있습니다. 기업들이 실험실 공간의 규모를 확장하지 않고도 생산성을 향상시킬 수 있다면 그것은 매우 큰 가치를 실현하는 일입니다(표 2).

Intuvo를 이용하면 전력 소모 감소로 인한 비용 절약도 가능합니다. 식품 내 잔류 농약을 측정하기 위한 일반적인 20분 정도의 분석법을 예로 들면<sup>1</sup>, Intuvo의 크로마토그래피 주기 1회 실행에 소요되는 에너지는 0.105kWh로 측정되었으며, 동일한 분석법을 기존의 공기 가열 오븐에서 실행 시 소요 전력은 그 2배가 넘는 0.228kWh로 측정되었습니다.

미국 기준의 전기 요금인 \$0.12/kWh 기준으로, 기존 시스템의 경우 전기 요금이 \$492 가량 소요되나 Intuvo의 경우는 \$227만 소요되므로 연간 절약 액수는 \$265입니다. 만약 환경 시료에 대한 석유계 총 탄화수소(TPH) 분석과 같은 빠른 GC 분석법, 또는 석유계 제품의 모의 종류 분석이라면 이와 같은 비용 절약 효과는 2~3배로 높아집니다. 이 액수는 처음에는 그다지 많아보이지 않으나, 기기의 총 수명인 10~15년간의 절약 액수를 계산하면 이야기가 달라집니다.

이토록 큰 비용 절감 효과도 매력적인 요인이지만 많은 이들은 Intuvo의 에너지 및 공간 절약이 어떻게 엄격한 탄소배출량 규제 대응 등 더 중요하고 지속가능한 목표를 달성하는지에 관심을 기울입니다(표 3).

경제적인 관점에서 시료 간 주기 감소는 단 몇 분이라 할지라도 많은 GC 실험실에서 큰 가치를 지닙니다. 예를 들어 토양 내 준휘발성 유기화합물(SVOC)을 분석하기 위해 US EPA 8270<sup>2</sup>을 수행하는 실험실은 약 20~25분의 크로마토그래피 주기를 가지는데, 주기를 단 90초 단축하는 것만으로 하루에 3~5개의 시료를 추가적으로 분석할 수 있습니다.

실험실이 하루에 시료 1개만 더 분석하는 것으로 계산해 일주일에 5일, 1년에 50주 운영 기준으로 1년에 총 250개의 시료를 추가로 분석할 수 있습니다. 이는 어떤 실험실에서도 관심을 가질 수밖에 없는 생산성의 향상입니다.

만약 실험실이 시료당 \$125를 청구한다면, 시료 250개의 추가는 연간 \$31,250의 매출 증가를 의미합니다. 이 정도의 매출 증가에서 순이익률이 20%라면, 실험실은 \$6,250의 추가 순이익을 얻는 것입니다.

표 2. Agilent Intuvo 9000 GC로 절약된 에너지

파라미터	값
농약 분석에 소모되는 전력, Intuvo	0.105kWh
농약 분석에 소모되는 전력, 기존 기기	0.228kWh
농약 분석 소요 시간	20분
분석 횟수	매일 72회
기기 사용 빈도	1년에 50주 1주일에 5일
전력 소모량, Intuvo	1,890kWh
전력 소모량, 기존 시스템	4,104kWh
에너지 비용	\$0.12/kWh
에너지 비용, Intuvo	1년에 \$227
에너지 비용, 기존 시스템	1년에 \$492
Intuvo 에너지 소모/기존 시스템 에너지 소모	46%
에너지 절약 비용, Intuvo	1년에 \$266

## 컬럼 커팅 필요성을 제거함으로써 얻는 가치

### 과제

시료 매트릭스 물질로 인한 오염을 제거하기 위해 캐필러리 컬럼을 커팅하는 것은, GC 실험실에서 유지보수로 시간이 소모되는 주요 활동입니다. 안타깝게도 컬럼 커팅은 제대로 하려면 상당한 수준의 기술 및 시간이 필요합니다. 많은 실험실에서 충분한 기술을 보유한 단 몇 명의 직원에게만 이 작업을 하도록 허용함으로써 일이 잘못될 가능성을 방지하고 있습니다. 종종 제대로 커팅되지 않은 컬럼은 시료 배치 내에서 QA 검사 시에 기준을 만족시키지 못하는 시료를 통해서만 발견되곤 합니다. 커팅 오류는 예상치 못한 기기 가동 중단 시간을 야기하고 시료 재분석이 필요한 상황을 발생시킬 뿐 아니라, 소중한 시료가 손실되는 결과를 가져오기도 합니다. 이는 실험실 관리자가 피하고 싶은 생산성 손실입니다.

분석 컬럼 커팅이 잘못되면 커팅될 때마다 컬럼 길이가 짧아집니다. 컬럼 길이 감소는 2가지 문제를 일으킵니다. 첫 번째, 컬럼의 크로마토그래피 성능이 저하됩니다. 두 번째, 컬럼 길이가 변하면 분석물질의 머무름 시간도 변하게 됩니다. 이렇게 되면 머무름 시간을 다시 조정하기 위해 결국 분석 조건을 조정해야 합니다. 이를 위해서는 시료 분석을 위해 쓰여야 할 상당한 시간이 소요됩니다.

### 혁신

Intuvo는 주입구와 컬럼 사이에 일회용 Guard Chip을 사용하여 분석 컬럼의 커팅 필요성을 제거합니다. Guard Chip은 원치 않는 고분자량 물질을 가두기 위한 머무름 갭으로 기능하며, 컬럼에 축적 현상이 일어나는 것을 방지합니다. Guard Chip이 없다면 원치 않는 물질은 컬럼을 오염시켜 컬럼의 성능과 수명을 모두 저하시킵니다.

표 3. 1일당 추가 분석 가능한 환경 시료의 경제적 가치

파라미터	값
추가 시료 분석	매일 1개
기간	일주일에 5일 1년에 50주
Intuvo로 분석 시 증가 가능한 분석 시료 수	1년당 250개
매출	시료당 \$125
수입 증가, Intuvo	\$31,250
가정 순익률	20%
순익 증가, Intuvo	\$6,250

Guard Chip은 대략 단 3~5분만에 변경 가능하므로 기존 컬럼의 커팅 및 재설치에 드는 20~30분의 시간보다 훨씬 짧습니다. Guard Chip을 교체하는 것은 또한 종종 적절치 못한 컬럼 탈착, 커팅, 재설치로 발생하는 누출과 관련된 문제 해결 및 교정으로 인한 가동 중단 시간을 피할 수 있게 해줍니다. 컬럼 커팅 이후의 머무름 시간 변화 역시 중요한데, 여기에는 머무름 시간 재조정과 작동 확인을 포함해 최소 20~30분의 시간이 소요됩니다. 이와 반대로 Guard Chip 교체 시에는 머무름 시간이 변경되지 않으므로, 이러한 시간 소모가 사라집니다.

Guard Chip의 추가적 이점은, 컬럼에 유해한 매트릭스 물질이 축적되는 것을 방지함으로써 분석 컬럼의 수명이 연장된다는 것입니다. 설치 시 30m였던 컬럼이 그 수명이 다할 때까지 30m로 유지되는 상황은 이제 더이상 상상만이 아닙니다.

### 경제적 가치

Intuvo의 경제적 가치를 측정하기 위해 환경 실험실이 EPA Method 8270으로 토양 추출물 내 SVOC를 분석하며, 크로마토그램 실행은 20분이 걸린다고 가정했습니다. 이 분석을 Intuvo에서 수행한 것과 기존의 공기 가열 오븐 GC에서 수행한 것을 비교했습니다(표4).

보수적으로 잡았을 때 Intuvo Guard Chip 교체는 5분, 기존의 컬럼을 커팅하는 데는 20분, 기존 GC에서 머무름 시간을 재조정하는 데는 20분이

소요된다고 가정하였습니다. 일반적으로 컬럼은 일주일에 2회 커팅됩니다. 많은 실험실이 사실은 커팅할 때마다 머무름 시간을 재조정해야 한다고 말하나, 이는 커팅된 길이마다, 그리고 실험실마다 편차가 있습니다. 보수적으로 가정했을 때 기존 GC에서 머무름 시간 조정은 컬럼 커팅 2회마다 한 번씩 이루어집니다.

이렇게 보수적인 추정을 통해서도 Intuvo가 필요로 하는 유지보수 횟수는 기존의 시스템에 비해 6회나 적었습니다. 이는 1년에 Intuvo가 분석할 수 있는 추가 시료가 125개나 늘어난다는 뜻입니다. 시료당 \$125의 단가로 계산하면 Guard Chip 비용을 감안해도 1년에 \$7,625의 매출이 늘어나며, 20% 순익률이라면 \$1,525의 순익 증가가 발생합니다.

이제 컬럼 수명 연장의 가치를 살펴보도록 하겠습니다. 늘어난 컬럼 수명은 일반적으로 머무름 갭 기술을 이용해 관찰 가능합니다. 식품 내 잔류 농약 측정을 위한 분석법과 마찬가지로, 우리가 행한 EPA 8270D 응용에서 Intuvo Guard Chip은 분석 컬럼의 수명을 2주 연장할 수 있었습니다. 따라서 기존 컬럼을 보통 4주간 사용했다면, Intuvo 컬럼은 6주까지 사용 가능합니다. 이 분석법은 분석 컬럼 교체와 같은 중요한 유지보수 작업 후 GC가 재검량되어야 함을 명시합니다. 따라서 컬럼 수명 연장의 중요한 이점은 GC 재검량의 필요성 감소입니다. 이러한 검량은 보통 1회에 6~8 정도의 장시간이 소요됩니다.

분석 컬럼의 수명은 실험실별로, 분석법별로 다르며, 특히 GC에 주입된 시료에 따라 달라집니다. 그러나 위에 언급한 환경 및 식품 응용에서 Intuvo 컬럼은 기존 컬럼의 4주 수명과 대비되는 6주간의 수명을 나타내었고, 그에 따라 기존의 시스템에서 12.5회였던 재검량 횟수는 Intuvo에서 8.3회로 줄어들었습니다.

경제적 가치의 계산을 위해 이 분석법 이용 시 일반적인 재검량 주기가 새로운 컬럼 교체 시마다 6시간이라고 가정하겠습니다. 이는 Intuvo가 25시간의 재검량 시간을 절약함으로써, 75개 시료(20분 주기)를 추가적으로 분석할 수 있다는 뜻입니다. 이 경우 매출은 \$9,375, 순익은 \$1,875 증가합니다(표 5).

표 4. 컬럼 커팅 필요성 제거로 인한 경제적 가치

파라미터	값
Guard Chip 교체 시간	5분
기존 컬럼 커팅 시간	20분
머무름 시간 재조정 소요 시간	20분
크로마토그래피 실행 시간	20분
컬럼 커팅 또는 Guard Chip 교체 횟수	1주일에 2회
머무름 시간 재조정 빈도	2회 커팅마다
머무름 시간 재조정 빈도	1주일에 1회
Guard Chip 유지보수 시간, Intuvo	1주에 10분
컬럼 커팅 유지보수 시간, 기존 기기	1주에 60분
Intuvo에서 절약된 유지보수 시간	일주일에 50분 1년에 50주
Intuvo로 절약된 시간	1년에 2,500분
Intuvo로 분석 시 증가 가능한 분석 시료 수	1년에 125개
시료당 매출	\$125
Intuvo로 성취 가능한 총 매출 증가	\$15,625
사용된 Guard Chip 수	1년에 100개
Guard Chip 가격	칩 1개당 정가 \$80
Guard Chip 총 비용	1년에 \$8,000
Intuvo로 성취 가능한 매출 증가	\$7,625/1년
실험실 순익률	20%
Intuvo로 성취 가능한 순익	\$1,525/1년

표 5. 컬럼 수명 증가로 인한 재검량 감소의 경제적 가치

파라미터	값
재검량 시간	컬럼 교체당 6시간
GC 분석법 사례	US EPA 8270D
이 사례에서 관찰된 Intuvo 컬럼 수명	6주
이 사례에서 관찰된 기존 컬럼 수명	4주
Intuvo 재검량	1년에 8.3회
일반 컬럼 재검량	1년에 12.5회
1년당 재검량 시간, Intuvo	1년에 50시간
1년당 재검량 시간, 기존 시스템	1년에 75시간
Intuvo로 절약된 재검량 시간	1년에 25시간
Intuvo로 분석시 증가 가능한 분석 시료 수	1년에 75개
수입 증가, Intuvo	1년에 \$9,375
순익률	20%
순익 증가	1년에 \$1,875

## Agilent Intuvo의 증가하는 경제적 가치

이와 같은 몇몇 사례는 Intuvo의 혁신이 어떻게 기존 GC 시스템에 비해 월등한 ROI와 혁신을 통한 수익 개선율로 연간 \$50,000 이상의 경제적 가치 증가를 가져오는지 보여줍니다.

이 백서에서는 인건비, 특히 기존 GC에서는 필요했지만 Intuvo에서는 더이상 필요치 않은 유지보수 절차와 관련된 인건비가 높은 편차로 인해 고려되지 않았다는 점에 유의하십시오. 그러나 인건비 역시 위에 제시된 시간을 이용해 쉽게 계산할 수 있으며, 이는 1년에 대략 수만 달러에 이를 것으로 보입니다. 또한 여기서 계산된 총 증가 가치는 시스템이 사용되는 1년간 얻어진 증가입니다. 애질런트 GC의 수명은 보통 10년 이상입니다. 따라서, 투자 수익율이 어느 정도인지 쉽게 추정할 수 있습니다 (기기 수명 기간 동안 수십만 달러 정도).

또한 Intuvo의 가장 큰 장점 중 하나가 예상치 못한 기기 가동 중단 시간으로 인한 사업 불확실성의 감소라는 점입니다. 일별, 운용자별, 세계 곳곳의 사업장별 사업 결과를 보다 일관적이고 예상 가능하게 만들어 주기 때문에 사업적 연속성과 생산성을 보장할 수 있게 됩니다. 이것은 Intuvo 기기에 대한 투자로 얻을 수 있는 가장 중요한 수익이라고 할 수 있습니다.

표 6. Agilent Intuvo 9000 GC를 통해 얻은 경제적 가치 추정치

혁신	특성	경제적 가치 추정치
Guard Chip	커팅 유지보수 필요성 제거	\$7,625
	재검량 시간 감소	\$9,375
원터치 끼움(click-and-run) 연결	연결 누출 방지	\$9,000
직접 가열	낮은 전력 소모	\$266
	주기 개선	\$31,250
1년당 증가된 경제적 가치 총액		\$57,516

## 참고문헌

1. Agilent Intuvo 9000 GC System, *Agilent Technologies*, publication number 5991-7273EN, 2016.
2. R. Veeneman, J. Stevens, Multiresidue Pesticide Analysis with the Agilent Intuvo 9000 GC and Agilent 7000 Series Mass Spectrometer, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-7256EN, 2016.
3. M. Giardina, Analysis of Semivolatile Organic Compounds Using the Agilent Intuvo 9000 Gas Chromatograph, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-7216EN, 2016.

이 정보는 설명 목적만을 위한 것이며, 어떠한 보증도 하지 않습니다. 귀하의 특수 용도 등에 관해서는 애질런트 판매 담당자에게 문의하시기 바랍니다.

[www.agilent.com/chem](http://www.agilent.com/chem)

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2017  
2017년 4월 25일, 한국에서 발행  
5991-7833KO

서울시 용산구 한남대로 98, 일신빌딩 4층 우)04418  
한국애질런트테크놀로지스(주) 생명과학/화학분석 사업부  
고객지원센터 080-004-5090 [www.agilent.co.kr](http://www.agilent.co.kr)



**Agilent Technologies**