



Spray Analysis  
and Research Services  
From Spraying Systems Co.



## 컴퓨터 유체 역학 (CFD)으로 스프레이 성능 최적화



**Spraying Systems Co.**  
Experts in Spray Technology



Spray  
Nozzles



Spray  
Control



Spray  
Analysis



Spray  
Fabrication

# 컴퓨터 유체 역학 (CFD) 사용

## CFD는 예측의 과학이다:

- 유체 흐름
- 열 이동
- 질량 이동
- 화학 반응

CFD는 유체 흐름과 관련한 문제를 해결하고 분석하기 위해 수치적 방법과 알고리즘을 사용한다. 정교한 소프트웨어는 유체와 가스의 상호작용과 관련된 물리적인 현상을 시뮬레이트하기 위해 필요로 되는 수없이 많은 계산을 수행한다.

## CFD는 아래와 같은 수많은 산업에 널리 이용된다:

- 항공 우주 산업/방위 산업
- 자동차
- 생물 의학/제약
- 화학/석유 화학 공정
- 환경/수질
- 식품/음료
- 전력 생산
- 터보기계



## CFD는 예측을 위해 사용:

- 스크러버(Scrubber), 타워, 덕트, 건조기의 유체와 가스 흐름
- 스프레이 노즐의 내부 흐름 특성
- 이류체 노즐의 가스와 유체 혼합
- 벽면 충격력과 쉐도잉 (shadowing)

CFD 모델은 전체 시스템 내에서의 흐름 패턴, 속도, 온도, 가스/유체 분포, 입자 궤도, 압력과 유체 흐름에 의해 발생하는 충격력과 압력을 도식화한다

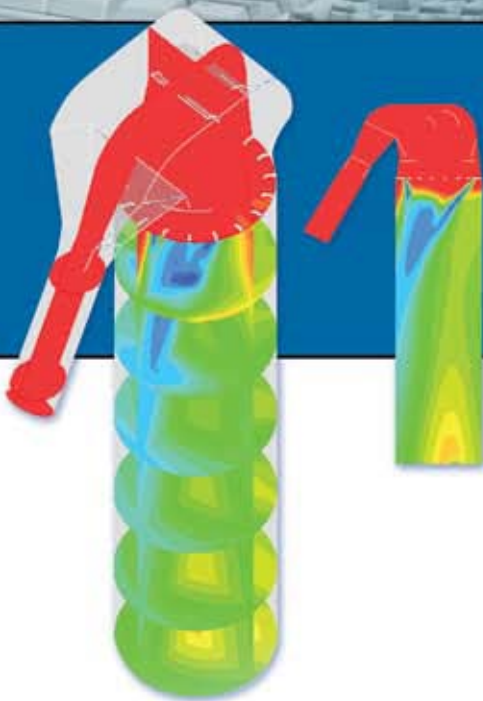


# 진보된 스프레이 분석

스프레이 문제점 해결,  
스프레이 시스템 성능의 최적화와  
새로운 스프레이 방법을 강구하는 것이  
우리의 임무이다.

대부분의 경우, 스프레이 특성화와  
스프레이 성능 예측은 최신의 특수 장비가  
구비된 스프레이 연구소에서 행해진다.  
스프레이 성능에 대한 많은 변수 -  
공기 흐름, 온도, 압력 변화, 노즐 위치,  
유체 타입/밀도, 구조물의 재질 등 - 의 영향을  
판단하기 위해 고객의 작업 환경을  
시뮬레이트한다.

몇몇 스프레이 작업은 실험실에서 재현이  
불가능하다. 물 이외의 다른 용액을  
스프레이 할 수 있지만 테스트에 사용하기가  
안전하지 않은 몇몇 가스와 액체가 있다.  
또한, 몇몇 혼합 조건과 화학 반응을  
재현하는 것이 항상 가능한 것은 아니다.  
실제 스프레이 조건을 시뮬레이트하기 위해  
종종 울타리 그리고/또는 스프레이 헤더를  
제작하기도 하지만 어떤 구조물과  
스프레이 환경의 구성은 실행하기 어렵다.  
그럴 때가 우리의 방대한 전용 스프레이 특성  
데이터와 CFD를 활용할 때이다.



타워 내부의 FloMax®  
이류체 미세분무 노즐을  
사용하여 가스 냉각을  
나타내는 온도 단면도



# CFD에 대한 다른 접근 방법으로 개선된 결과를 산출한다

## 표준과 맞춤 CFD의 차이점

표준 CFD 모델은 광범위한 사용자 시간 개입과 컴퓨터 수단을 필요로 하는 이론적인 수적 코드를 사용한다.

사용자는 종종 몇 주의 작업시간을 필요로 하는 다양한 특정 정보를 수집하고 통합해야만 한다. 일단 데이터가 CFD 모델 프로그램에 입력되면, 컴퓨터 작업이 시작된다. 산출 시간은 모형의 복잡성에 따라 달라진다. 일반 데스크탑 컴퓨터가 사용될 수도 있지만 계산이 완료되기까지는 몇 주가 걸릴 수 있다.

스프레이시스템의 맞춤 CFD 모델은 스프레이 실험실에서 수집된 데이터를 사용하며 데이터 준비와 입력을 위해 필요로 되는 시간의 양을 상당히 감소시킨다. 종종 몇 주가 아닌 며칠 안에 준비 단계를 완료할 수 있다. 우리가 사용하는 특별히 장착된 하드웨어 때문에 계산 시간 또한 상당히 감소된다.

각각의 모델이 다름에도 불구하고, 최근의 한 프로젝트는 최근 하드웨어 업그레이드 이전에 거의 이틀이 소요된 것과 비교하여 한 시간 내에 완료되었다.

이것은 전반적인 프로젝트 시간을 몇 개월에서 몇 주로 감소시켰다.

## 실제 스프레이 성능 데이터의 사용은 모델의 정확성을 증가시킨다.

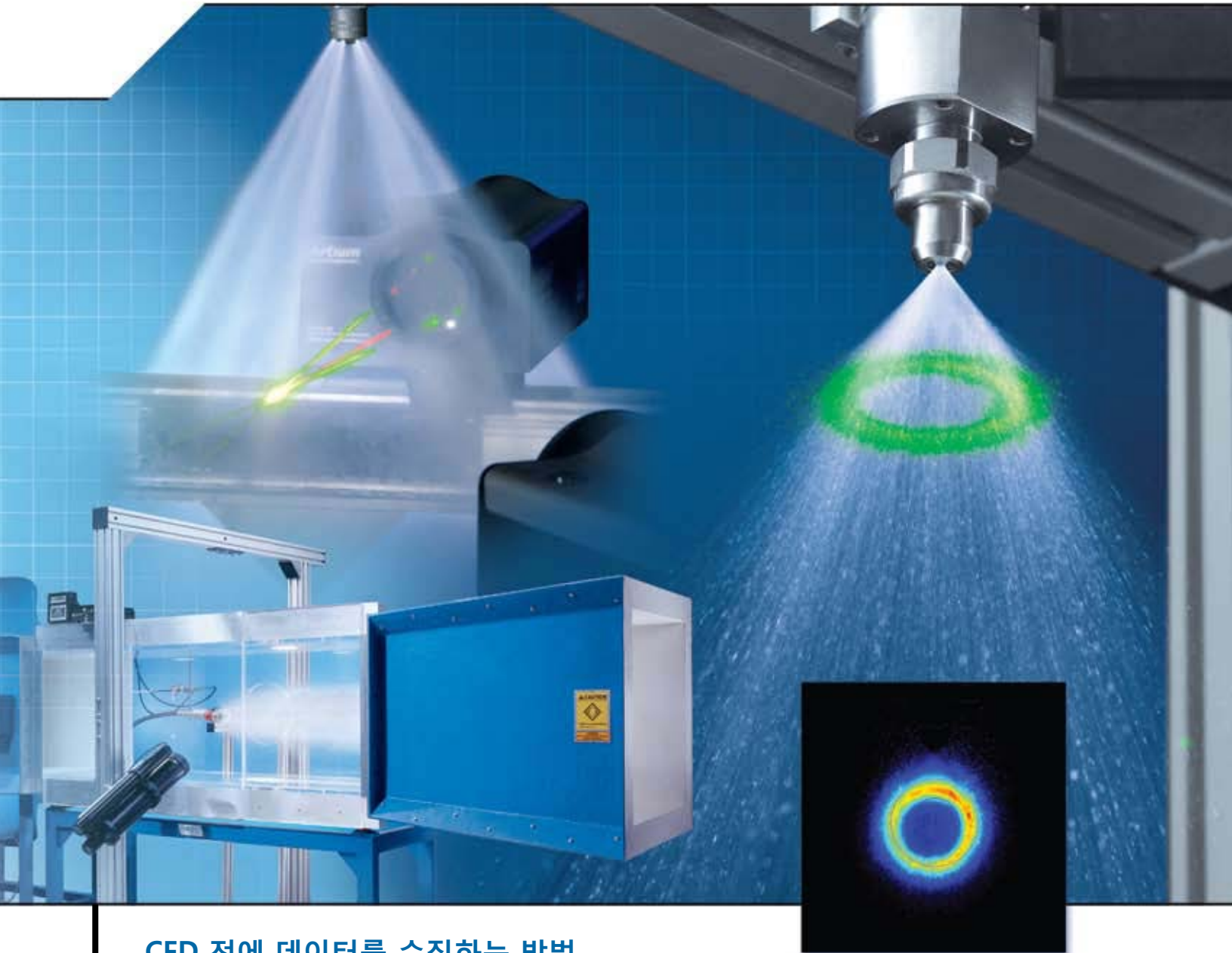
추측 데이터를 사용하는 것은 CFD 모델링의 에러 요소를 증가시킨다.

예를 들어, 커버리지의 이론적 계산은 실제 스프레이 커버리지를 과대평가하며 동류 또는 역류 가스 흐름, 열 장벽 등과 같이 스프레이에 영향을 주는 특정 조건을 설명하지 못한다.

또한, 우리의 연구는 이론적 계산에서의 에러 요소가 노즐에서 목표물까지의 거리가 증가할 때 증가한다는 것을 보여준다.

스프레이시스템의 CFD 모델링은 실험실에서 수집된 실제 입자경과 속도 데이터를 사용한다. 우리는 물리적 공정에서 입자경과 속도가 역할을 하는 모든 모델에서 성능 데이터의 광범위한 데이터 베이스를 사용한다. 우리의 숙련된 엔지니어, 스프레이 기술 전문가들은 필요한 정확성 수준을 보증하기 위해 우리의 전용 데이터를 신뢰해야 할 시기와, 실험실에서 추가적인 테스트를 수행해야 할 시기를 잘 파악하고 있다.





## CFD 전에 데이터를 수집하는 방법

### 스프레이 커버리지

커버리지는 스프레이가 목표물을 커버하는 표면 구역이다. 스프레이 혼합 그리고/또는 석출을 필요로 하는 어플리케이션에서 중요하다. 패터네이터(patternator)는 목표물로부터 다양한 거리에서 스프레이 되는 액체를 수집하기 위해 사용된다. 노즐이 가스 흐름에서 사용될 경우, 데이터는 실제 스프레이 조건을 시뮬레이트하기 위해 데이터는 풍동(wind tunnel)에서 수집된다

### 스프레이 분포

스프레이 분포는 목표물에 대한 액체 부피의 분포이다. 일반적으로 공정의 반응 또는 혼합 특성을 결정하는 데에 요구된다. 데이터는 역학 또는 광학 패터네이터를 사용하여 수집된다.

### 입자경 분포

입자경은 증발 또는 다른 입자와의 특정 상호 작용이 필수적인 많은 어플리케이션에서 상당한 영향력을 지닌다. 가스 컨디셔닝, 집진, 스프레이 건조와 농업 스프레이가 그 예이다. 광학 분석기는 입자경과 입자경 속도를 측정하기 위해 사용된다. 몇몇 타입의 분석기가 사용되고, 스프레이의 타입은 측정에 최적인 분석기를 결정한다. 입자경 데이터는 CFD에서 투입(injection)을 정의하기 위한 입력(input)으로써 수집되고 적절히 사용된다.



# CFD를 이용한 문제 해결

## 사례 연구:

### 냉각 타워에서의 가스 컨디셔닝 (Conditioning)

#### 문제점:

주요 정제소 중 하나가 정부의 환경 기준에 따라 컨디셔닝 타워를 업그레이드 할 필요가 있었다. 스프레이 노즐 성능에 부정적인 영향을 끼쳐서 벽면 습윤과 효과적인 냉각의 방해로 초래하는 많은 장애물과 급격한 굴곡(sharp bends)이 타워 전반에 있다.

#### 요구사항:

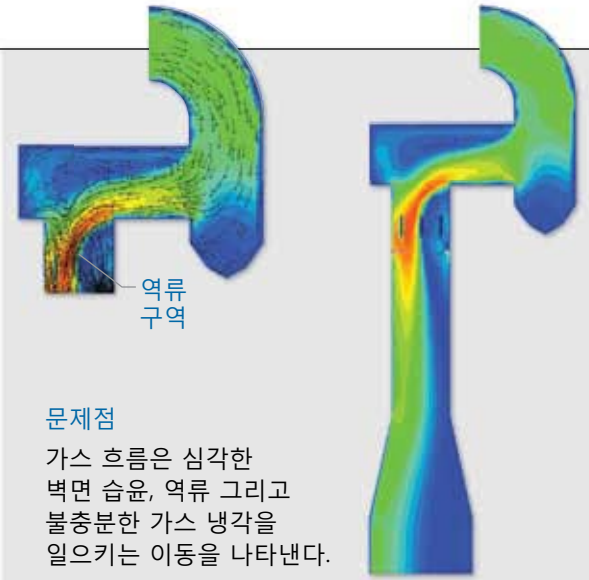
5:1 턴다운 비율
7 bar (100 psi)이하의 미세분무 증기(steam) 압력 범위와 미세분무 압력 범위 내의 물 분사 압력에서 작동
배출 가스 흐름에서 조밀한 입자경 분포
벽면 습윤이 없음을 보증하는 낮은 스프레이 궤도
하류 장비에 대한 어떠한 손상도 피하기 위해 덕트의 출구 전에 스프레이 된 액체는 증발되어야 한다.
막힘을 줄이기 위한 대형 이물통과경 노즐

#### 해결책:

FloMax® 가스 미세분무 노즐을 사용하는 고객의 요구사항에 근거한 타워 냉각 시스템을 설계한 후 디자인을 검증을 요청하였다.

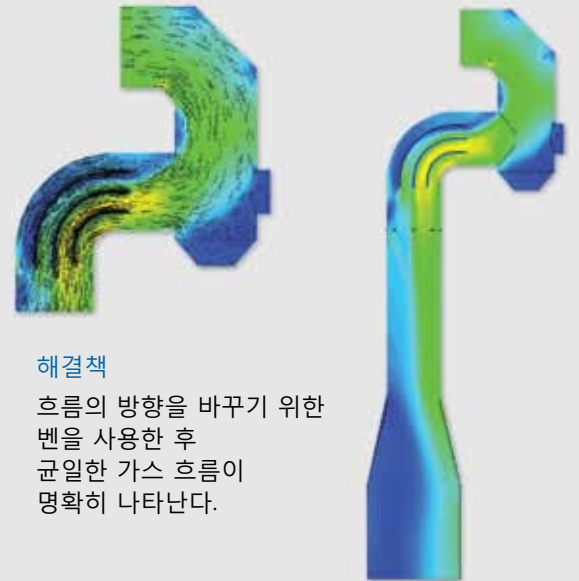
CFD와 우리 연구소에서 수집된 실제 FloMax 노즐 성능 데이터를 사용하여 제안된 디자인이 벽 라이닝(lining)과 궁극적인 시스템 에러에 대한 손상을 일으키는 벽면 습윤(wall wetting), 축벽의 열점(hot spot)을 발생시킬 수 있음을 확인하였다.

**우리는 축벽 열점을 제거하고 10%까지 증발을 개선시킨 대체 디자인을 개발하였다.**



#### 문제점

가스 흐름은 심각한 벽면 습윤, 역류 그리고 불충분한 가스 냉각을 일으키는 이동을 나타낸다.

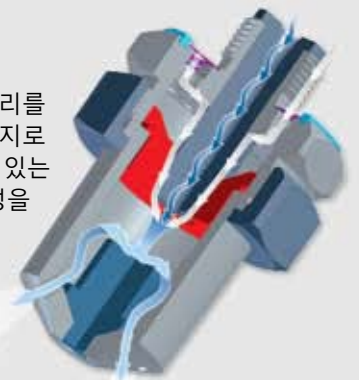


#### 해결책

흐름의 방향을 바꾸기 위한 벤을 사용한 후 균일한 가스 흐름이 명확히 나타난다.

#### FloMax 가스 미세분무 노즐은

적절한 미세분무 원리를 이용하여 적은 에너지로 100% 증발 시킬 수 있는 매우 작은 입자 생성을 보증한다



사례 연구

**반응 탱에서 플래싱 (flashing) 에 의해 발생하는 습윤**

문제점:

한 화학 공정 설비는 반응 탱에서 슬러리 공급원료 분사를 개선할 필요가 있었다. 현재 디자인은 스프레이 패턴 저하를 일으키는 분사로부터 발생하는 가스 플래싱에 의해 만들어지는 복잡한 흐름 범위를 극복하지 못했다.

요구사항:

<p>탱크 벽면에 대한 최소한의 슬러리 충돌을 보증하고 탱크 내면에 대한 손상을 예방하기 위한 최적의 노즐 배치를 결정</p>
<p>대부분의 과잉 슬러리는 탱크의 바닥으로 흐르는 것을 확인하기 위한 스프레이 궤도를 설계</p>
<p>탱크 전체에 걸친 뛰어난 스프레이 커버리지 달성</p>

해결책:

예비 디자인은 60° 스프레이 패턴의 고유량 WhirlJet® 중공원형 (hollow cone) 노즐이 장착된 6개의 렌스를 필요로 하였다. 필요 성능 달성을 보증하기 위해, 디자인을 확인하는 것을 시작하였다.

최우선은 플래싱 가스에 의해 발생하는 흐름 패턴을 모형화 하는 것이었다. 그 다음에 배관 배열의 영향력을 평가할 필요가 있었다. 배관 배치는 각 렌스가 얼마나 멀리 탱크에 삽입될 수 있는지 제한하였다. 이것은 훌륭한 커버리지를 보증하고 벽면 습윤의 위험을 최소화하기 위해 개별적으로 각 노즐 위치를 결정할 필요가 있었다.

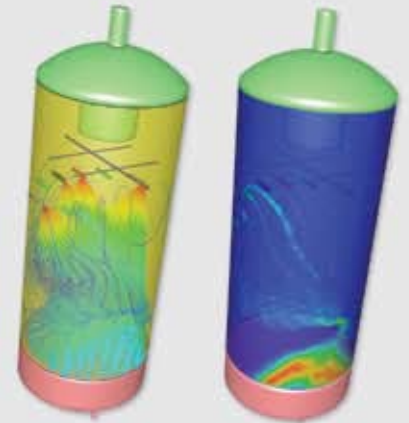
중공원형 노즐과 CFD의 실제 테스트 데이터를 이용하여, 입자의 크기 분포, 항력(drag force)에 의한 최초 속도, 방향, 입자 궤도를 모형화 할 수 있었다. 이후, 벽면 습윤을 최소화하기 위해 렌스에 각 노즐을 배치할 수 있었다.

**우리의 새로운 노즐 구성은 40%까지 습윤을 감소시키고 고객의 요구사항을 만족시켰다.**



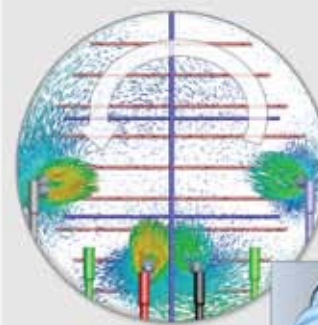
문제점

심각한 벽면 습윤을 일으키는 탱크 내부의 초기 스프레이 노즐 위치



해결책

최소화된 벽면 습윤과 개선된 스프레이 커버리지를 나타내는 최적의 스프레이 노즐 위치



Secondary Flow "In-plane" Gas Motion Inside the Tank

WhirlJet Hollow Cone Spray Nozzle



## 기타 유용한 자료

### 스프레이 분석 및 연구 서비스 블리틴 520C

8페이지의 블리틴은 다양한 작업 환경 하에서 어플리케이션의 성공을 보장하기 위해 선진 스프레이 테스트로 어떻게 성능을 확인하는 지 보여준다.



### 제약 가공용 스프레이 기술 가이드 블리틴 599A

6페이지 블리틴은 정제 코팅, 탱크 세척 및 스프레이 건조용 스프레이 노즐에 대해 다룬다.



### 스프레이 기술 참조 가이드: 입자경의 이해 블리틴 459C

36페이지 교육적인 가이드는 미세 분무, 입자경 측정 기술, 분석기, 자료 수집 및 분석 등 상세한 정보를 포함하고 있다.



### 스프레이 기술을 통한 화학물 생산 분야의 공정 및 제품 품질 개선 블리틴 568

12페이지 블리틴은 광범위한 어플리케이션에 스프레이 기술이 어떻게 사용되는 지 설명한다.



### 귀하의 스프레이 시스템 최적화 기술 매뉴얼 410

52 페이지 핸드북은 귀하의 스프레이 시스템 평가, 많은 비용이 발생하는 숨겨진 문제들에 대한 진단 및 해결, 품질 개선 및 유지 보수 시간 감소 방법 등을 설명한다.



### 가스 냉각 및 컨디셔닝 가이드 블리틴 540B

12 페이지 블리틴은 가스 냉각 및 컨디셔닝 어플리케이션에서 어떻게 효율성 및 성능을 극대화 할 수 있는지 설명한다.



**Spraying Systems Co.**  
Experts in Spray Technology



Spray  
Nozzles



Spray  
Control



Spray  
Analysis



Spray  
Fabrication

인천광역시 남동구 남촌동 613-10번지 33BL-10L

Tel: 032-821-5633 Fax: 032-811-6629

www.spray.co.kr

