

# 메인주 Saco시 폐수 처리장에서 바이오 살수 여상기에 HD Q-PAC<sup>®</sup>을 사용하여 악취 민원 해결

Saco시 폐수 처리장 운전 주임, Howard Carter씨와 Lantec사

## 소개

1998년 가을 WEF 무역 박람회 부스에서 Saco시 폐수 처리장의 Howard Carter씨와 Lantec제 HD Q-PAC<sup>®</sup>에 대하여 상담 후, Saco시의 처리 시스템 여러 곳에서 바이오 폐기 세정기로만 황화수소를 생물학적으로 처리해 보기로 결정되었습니다. 이것은 오랫동안 생각해 왔었으나, 이 원가 절감 처리를 성취하기 위하여 사용할 적합한 미생물 서식 담체를 찾고 있었던 Howard씨의 하나의 Idea였습니다.



Windy Point에 있는 20" 직경의 2단 폐기 세정기

HD Q-PAC<sup>®</sup>은 Saco시에서 더운 여름 수 개월 동안 항상 나타나는 높은 H<sub>2</sub>S 농도와 접촉할 충분히 활성화된 미생물들을 얻기에 필요하였던 미생물 막용 표면(완전히 성장한 미생물들의 전성기에 200~300ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>까지)을 제안 하였습니다. Howard씨는 그의 미 북동부민의 재주를 발휘하여, 1998년 11월 1일까지 스러지 탱크로부터 나오는 연무를 처리하기 위한 첫 번째 폐기 세정기를 가동시킬 수 있도록, 그 플랜트에서 구할 수 있는 재료들로 두 대의 폐기 세정기를, 그 직후에 Windy Point의 양수장을 위한 한 대의 폐기 세정기를 빨리 만들 수 있었습니다.

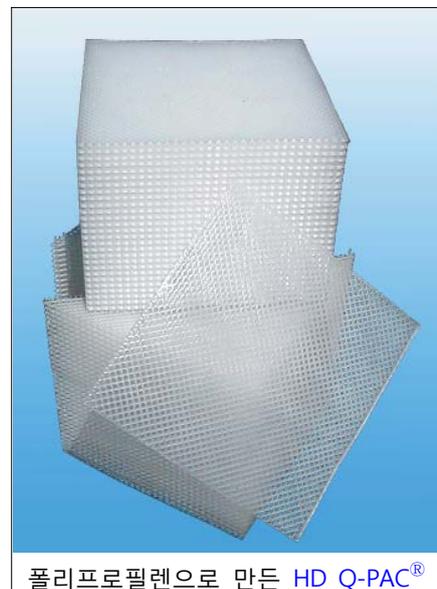
## 1)Windy Point 양수장

20" 직경의 빈 폴리에틸렌 드럼들을 사용하여 한 드럼의 밑 부분을 자르고 나서, 그것들을 플라스틱으로 서로 용접함으로써 Howard씨는 작은 설치 면적을 갖는 매우 효과적이고 비싸지 않은 폐기 세정기를 제작, 설치했습니다.

그 폐기 세정기는 4ft의 Lantec제 폴리프로필렌 HD Q-PAC<sup>®</sup>, 한대의 작은 철물점에서 파는 순환 펌프, 시 공급 수 (그 폐기 세정 수)에서 염소를 제거하는 하수구 밑에 설치된 한대의 탄소 여과기와 정원용 호스를 통과하여 비료를 공급하기 위하여 사용된 한대의 Miracle Grow<sup>®</sup> 용기로 구성됩니다.

그 폐기 세정기는 양수장 Sump들로부터의 연무를 그 폐기 세정기를 통과하여 빨아드리기 위하여 100ACFM 송풍기와 외부에서 연결되었습니다.

악취가 나는 연무들은 Sump로부터 자작된 폴리에틸렌제 폐기 세정기의 밑으로 유입되어, 총 유량이 3~4GPM으로 염소 제거된 시 공급수의 작은 물 줄기와 교차하여 상향 유동합니다.



폴리프로필렌으로 만든 HD Q-PAC<sup>®</sup>

물의 목적은 HD Q-PAC®의 침상 봉의 표면들 위에 형성된 미생물들(또는 미생물 막)의 층을 습기가 있게 유지하기 위해서입니다. 얼마 동안의 배양 기간 후 HD Q-PAC®의 표면들 위에는, H<sub>2</sub>S 가스 함유 공기에 익숙해져서 0.4ppbv(부피로 10억 분의 1)의 약취 반응 역을 가진 나쁜 냄새가 나는 혼합물에 대한 식욕이 급속히 나타나는, 제자리를 잡은 미생물 막이 형성되었습니다.

탈염소를 위한 활성 탄소 여과기는 영양제를 공급하는 비료 통과 같이 3~4개월마다 교체됩니다. 이 소모품들의 총 비용은 \$50 이하이며, 연간 2회입니다. 그 이외에는 해롭거나 잠재적으로 위험한 공업용 화학품들은 필요치 않습니다.

간단한 물 뿌리는 시스템의 Timer 한 개가 백만분의 몇 개의 영양제들을 함유한 몇 갤런의 보충수를 하루에 두 번 주입하기 위하여 사용됩니다. 그 보충수는 증발을 보상하고, 동시에 생기는 작은 양의 하부 배수를 교체하기 위하여 필요합니다. 그 하부 배수는 재 순환수의 pH가 너무 저하되는 것을 막아 줍니다. 미생물 층에 지배적으로 성장하는 황화된 바실루스 세균은 황화수소를 섭취하고, 재순환수 안에 축적되는 황산을 배설하기 때문에 pH는 감소합니다. pH 4에서 위의 황화된 바실루스균은 가장 활성화되는 것으로 나타났습니다. 그 하부 배수는 pH를 시 공급수의 원래의 pH(6.3) 근처로 회복시킵니다. 그 시스템은 운전자가 없고, 매주 한번 정도 정비 감시만 필요한 완전 자동식입니다.

Windy Point에서의 H<sub>2</sub>S 농도는 메인주의 한 겨울에 5ppmv에서 7월과 8월에 110ppmv까지의 범위에 있습니다. 그 양수장 주변에는 매우 경치 좋은 주택지에 사는 이웃 주민들이 형성되어 있어서, 4월의 첫 따뜻한 날부터 폐수 처리장에 민원이 제기되었습니다. 4월에는 평균 이틀에 한 건의 민원 제기가 있었습니다. 그 다음 달들에는 민원 빈도가 매일 여러 건의 매우 화난 이웃 주민들의 불평이 제기될 정도로 가속되었습니다.

첫 온전한 한해 동안의 운전(1999년) 중 메인주는 20세기 중 가장 더운 여름을 경험했습니다. 그 양수장은 주변의 단독 주택들로 둘러 쌓여 있음에도 불구하고 (사진을 보시고 배경에 나와 있는 주변 이웃집들에 유의하십시오.), 그 여름 그 폐수 처리장은 단 한 건의 민원도 접수되지 않았습니다. 그리고, 2000년과 2001년에도 민원 한 건이 없었습니다. 해로운 공업용 화학품들을 사용하지 않고, 어디서나 철물점에서 살 수 있는 매우 소량의 액체 비료의 작은 비용으로 Windy Point 양수장은 H<sub>2</sub>S 약취와 모든 이웃 주민들로부터의 민원을 성공적으로 제거하였습니다.

## 2) 주 처리장의 스러지 탱크들

Saco시 폐수 처리장의 Howard Carter씨는 그 처리장 주변에 있는 여러 가지 재료들과 플라스틱 용접기를 사용하여, 하나의 덩그러진 스러지(오니) 탱크용으로 4'x4'의 사각 폐기 세정기를 만들어 설치했습니다. 200ACFM 용량의 송풍기를 사용하여, 4ft 두께의 Lantec제 HD Q-PAC®으로 충전된 자가 제작의 폐기 세정기를 통과하여, 그 스러지(오니) 탱크의 윗 부분으로부터 H<sub>2</sub>S의 연무를 흡입할 수 있었습니다. 유해한 공업용 화학품들은 나쁜 냄새가 나는 그 연무를 파괴(산화)시키고, 용해시키기 위해 사용되지 않았습니다. 미생물들의 식욕만이 그 H<sub>2</sub>S를 파괴하기 위한 전부였습니다. Windy Point의 조업과 비슷하게, 약 6~7GPM의 공정수(제거 할 염소 성분 없음.)가 미생물 막을 축적하게 유지시키기 위하여 HD Q-PAC® 위에 뿌려집니다. 그 공정수는 충분한 영양제들을 공급하여서 철물점에서 구할 수 있는 비료가 필요치 않았습니다. 스러지(오니) 탱크로부터 유입되는 공기중 H<sub>2</sub>S의 유입 농도는, 자주 200ppmv 또는 여름에는 그보다 많아 Windy Point 양수장에서 보다 훨씬 높았습니다.

H<sub>2</sub>S의 유입 농도가 더 높으므로 바이오 살수 여상기 내의 기체 속도는 더 느려서, Windy Point의 폐기 세정기에서는 45FPM인 대신에 약 12~13 FPM 입니다. 이것이 미생물 층이 주위에 존재하는 완전히 감소된 유황 혼합물들을 섭취할 수 있도록 더 접촉할 시간을 허용합니다. H<sub>2</sub>S만 측정되었지만, 다른 감소된 유황 혼합물들도 확실히 존재한다고 안전을 위해 가정할 수 있습니다. 메칠 이황화물, 메칠 황화물 또는 메르캡탄의 징후가 폐기 세정기의 배기 중에 없음은 분명합니다. 이 혼합물들은 H<sub>2</sub>S와 같이 매우 낮은 악취 반응역을 가지고 있습니다. Windy Point는 HD Q-PAC<sup>®</sup>을 미생물 막 서식 담체로 사용한 바이오 살수 여상기의 설치 이 후, 1998년 한해 동안 악취 민원이 전혀 없는 성과를 성취했습니다. 다른 두 대의 바이오 살수 여상기들도 스렛지(오니) 탈수 탱크들로부터의 악취 나는 공기를 처리하여, 주 처리장에서 성공적으로 운전되고 있어 왔습니다.

### 3) Windy Point 살수 여상기의 증가된 성능.

Windy Point의 그 폐기 세정기의 조업을 더 개선하기 위하여, 제1단의 세정기에서 공기를 받아, 그것을 더 처리하기 위하여 제2단의 세정기가 설치되었습니다. 그 첫 단이 H<sub>2</sub>S의 98-100%를 제거하고 있었기 때문에, 그 제2단은 공기가 미생물들에 도달하기 전에 먹이들의 고갈 상태가 되기 때문에 성공할 기회를 별로 갖고 있지 못했습니다. 이러한 상태를 완화시키기 위하여, 양쪽 반응조들 안에 미생물들의 층이 형성되도록 공기 흐름을 주기적으로 역류시켰습니다. 왕성한 미생물막이 두 단 모두에 형성되면, 갑작스런 부하의 과격한 증가가 일어나더라도, 그에 대한 저항력이 더 증가하여야 합니다. 아래에 보여진 운전 데이터가 2001년 여름동안 이 두 단의 시스템에 의하여 달성된 매우 높은 제거율을 보여줍니다. 7월 12일부터 10월 18일까지의 데이터가 보여집니다. 대부분의 데이터상 점들이 100% 제거 또는 그에 매우 근접 점들을 나타내는 것은 분명합니다. 8월 16일부터 9월 6일까지의 데이터에는 관련 인원들의 휴가로 인하여 차이가 있습니다.

### 4) 다른 바이오 살수 여상기용 담체와의 비교(토탄 덩어리, 배합토 및 용암석)

HD Q-PAC<sup>®</sup>의 설계는 미생물들의 건강한, 활성화된 호기층의 형성과 유지가 쉽게 되도록 합니다. 서로 경쟁하는 미생물들은 바이오 살수 여상기 내에서 안정적인 평형 상태가 구축되기 때문에 제어되고, 한계를 갖게됩니다. 이 설계는 수직의 방향을 향하고 있으며, 미생물 막 위로 하향으로 흐르는 물의 균일한 분산을 유지하도록 돕는 지지 격자로부터 매달려 있는, 길고 가는 침상의 봉들의 밀도 높은 배열로 구성되어 있습니다. 이 액체의 분산은 미생물 층의 일부분이 건조해 지는 것과 H<sub>2</sub>S 파괴 효율의 결과적인 손실을 막습니다.

그 바이오 살수 여상기의 효율에 영향을 주는 또 하나의 요인은 상향으로 흐르는 공기 흐름으로부터 습한 미생물들 층으로 이동하는 H<sub>2</sub>S가스 전달율입니다.

HD Q-PAC<sup>®</sup>의 그 플라스틱 침상 설계는 미생물 막에 함유된 모든 수분이 미생물 층의 노출된 표면에 근접하여 있으며, 공기 흐름 속에 있는 H<sub>2</sub>S 분자들에 매우 근접하거나, 접촉 되는 것을 확실하게 합니다. 오염된 공기의 층류 유동층에 물의 넓은 표면을 노출함은 H<sub>2</sub>S 가스의 그 물로의 높은 물질 전달율이 쉽게 이루어지도록 합니다. 이것이 생물학적 분해를 달성하는 첫 걸음입니다.

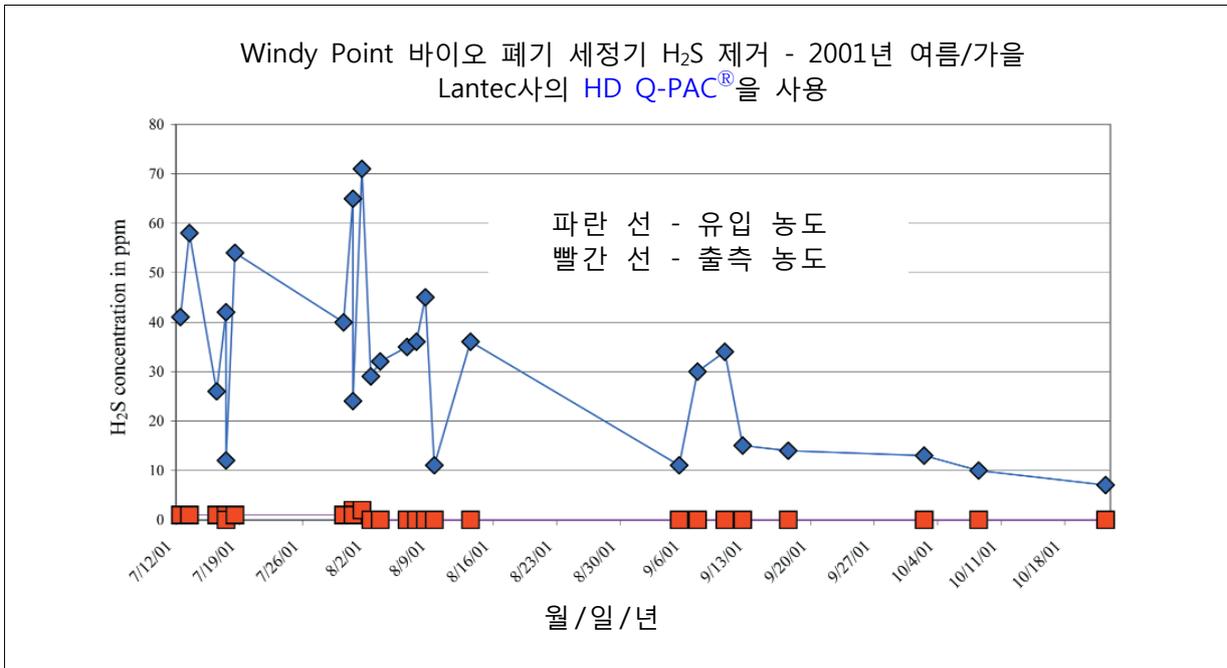
다공질 담체(용암석이 좋은 예입니다.)는 물이 그 담체의 구멍들 안으로 깊이 들어가도록 허용합니다. 그러한 하나의 구멍에 위치하게 되는 미생물 서식처는 그 어떤 것도 지나가는 H<sub>2</sub>S 가스에 노출되는 것이 가려질 것이며, 그리하여 악취 제어에 사용될 수 없게 됩니다.



뒷 마당에 이웃집을 가진  
Windy Point 양수 펌프장

대조적으로, HD Q-PAC<sup>®</sup>의 가는 침상 봉들은 미생물들의 얇은 층을 지지합니다. 이러한 하나의 층에서 미생물 막 내에 함유된 수분은 그 서식처의 표면 근처 또는 그 표면에 있습니다. 그러므로, H<sub>2</sub>S(가스 형태)의 세균(액체 형태)안으로의 물질 전달이 미생물 성장을 지원하기 위하여 HD Q-PAC<sup>®</sup>을 사용할 때 최적화됩니다. 미생물 막 안으로 H<sub>2</sub>S의 전달의 최적화는 어떤 생물학적 처리 시스템에서도 까다로운 설계 기준입니다.

토탄 덩어리나 배양토와 같은 다공질 담체들은 그 단면 전체에 많은 구멍들이나 도랑들을 가지고 있습니다. 이 구멍들의 일부는 1 또는 2 미크론까지 작아집니다. 이것은 미생물 막 안에 있는 미생 유기물들의 일부가 너무 커서, 그 구멍 안으로 들어 갈 수 없을 정도로 작습니다. 그리고, 또한 미량의 H<sub>2</sub>S 기체가 그러한 한 구멍 안으로 확산되는데 성공 할 때에는, 혐기성 활동이 초래됩니다. HD Q-PAC<sup>®</sup>의 폴리프로필렌의 소수성 성질이 물이 미생물들 층에서 발산되어, 담체 자체의 구조 안으로 들어가는 것을 막습니다. 이것이 모든 수분을 미생물 막 안에 보유되도록 하며, 미생물들의 활성화된 성장을 지원하는, 강하고 안정적인 구조를 제공합니다. HD Q-PAC<sup>®</sup>을 사용하면 시간이 지나면 약해지고(젖은 토탄 덩어리나 배양토처럼) 압손을 증가시켜서, 자주 담체를 교체하게 되는 현상이 없을 것입니다. 수직 방향을 향한 HD Q-PAC<sup>®</sup>의 침상 봉들의 원형 구조는 자정 기능을 가지고 있습니다. 미생물들이 길고 가는 원통형 요소들 위에서 배가되면서, 기체 상태와 접촉하는 표면은 미생물 막의 두께가 선형적으로 증가함에 따라 기하학적으로 성장합니다. 그 결과적인 큰 유효 표면적은 담체 본래의 플라스틱 표면들의 2~3배로 성장할 수 있습니다. 추가하여, 그 미생물 막이 더 두꺼워지고 무거워지면, 그 자중 하에서 미생물의 일부가 탈리하는 점까지 도달하게 됩니다. 이것이 미생물들 층이 너무 두꺼워지는 것과, 플라스틱 표면 근처의 더 깊은 곳에 있는 미생물들로 산소와 H<sub>2</sub>S가 전달되는 것을 억제하는 것을 막습니다. 호기성 활동이 발생할 수 없는, 깊은 접근할 수 없는 동굴들에 숨길 수 있는 다공질 담체와 달리 HD Q-PAC<sup>®</sup>은 항상 호기성 상태를 유지하는 상대적으로 얇은 재생 가능한 막들을 유지합니다.



### 5) 바이오 폐기 세정의 미래

Lantec사의 미생물 성장 담체, HD Q-PAC<sup>®</sup>을 사용하여, Saco시 폐수 처리장에 의하여 설치된 매우 성공적인 생물학적 폐기 세정기들은 유해한 공업용 화학품들을 사용하지 않습니다. 이것이 가성소다, 차아염소산 나트륨, 염소 또는 다른 독한 화학품들의 필요를 완전히 없게 합니다. HD Q-PAC<sup>®</sup>의 특이한 특허 등록된 설계는 미생물 막이 완전히 성장할 때 ft<sup>3</sup>당 300ft<sup>2</sup>까지 극히 큰 유효 면적을 제공합니다. HD Q-PAC<sup>®</sup>의 예술 경지의 설계는 미생물들의 층이 너무 두꺼워 지는 것과 그리하여, 산소가 미생물 막을 통과하여 플라스틱 표면과 접촉부의 미생물 막의 하부에 서식하는 미생물들로 이송되는 것을 방해하는 것을 막습니다. 이 기능은 2차적으로 악취를 발생시키는 원인이 되는 이 표면들에서의 혐기성 가동을 피하게 합니다. 미생물들 층을 지지하기 위하여 HD Q-PAC<sup>®</sup>을 사용하는 바이오 폐기 세정기는 Windy Point 양수장에서의 악취 민원의 제거로 보신 바와 같이, 하나의 주 폐기 세정기로 사용될 수도 있고, 또는 화학품의 소모를 대폭 최소화하기 위하여 하나의 전통적인 습식 폐기 세정기에서 처리 전에 H<sub>2</sub>S의 전부 또는 대부분을 제거하기 위한 세정 전 처리 시스템으로도 사용될 수도 있습니다. 대규모 시영 폐수 처리장의 이 바이오 및 습식의 2단 세정 전략은 자연적으로 발생하는 미생물들만 사용하여, 장기간 동안 95%의 화학품 사용량과 그 비용을 절약할 수 있습니다. 유전학적으로 개조된 박테리아의 도움을 청할 필요가 없습니다.