

취기 샘플링 및 분석

안 강 호
 생산기술연구원
 가공기술정보실/박사

1. 서 론

취기는 공기 중에 있는 화학 물질이 코 상부에 위치한 *olfactory area*에서 반응 그 자극이 뇌에 전달됨으로써 맡게 된다. 공기 중에 존재하는 모든 물질이 냄새를 갖고 있는 것은 아니다.

일반적으로 휘발성이 있고 어느 정도 극성(polarity)을 갖고 있는 화학 물질은 *elicit odor*를 띄지만 가끔 휘발성이 낮은 물질도 매우 강한 냄새를 갖고 있는 것도 있다. 특히, 화학 물질 구조상만으로 어떤 냄새를 뿜 것인가 예측할 수 없으며, 일반적으로 여러가지 화학 물질의 작용에 의해 냄새를 띄게 된다. 취기의 강도는 그 농도에 비례하나, 인간이 느낄 수 있는 최소 취기 농도의 범위는 $10^6 \sim 10^8$ 에 이르는 매우 넓은 범위에 걸쳐 있다. 예를 들면 *o*-idophenol과 *o*-bromophenol의 경우 0.000001ppm의 낮은 농도도 취기를 맡을 수 있으나, *methylene chloride*의 경우는 214ppm이상 되어 인지할 수 있다¹⁾. 표 1은 몇몇 화합물의 인간이 느낄 수 있는 최소 취기농도를 보여주고 있다.

표에 나타난 최소취기농도는 4명의 훈련된 *panelist*들이 모두 인지할 수 있는 농도를 나타내며, 이 최소 농도는 고정된 값은 아니며, 범위를 의미한다. 낮은 농도의 취기가 공기중에 존재할때 냄새의 존재를 인식하지 못하지만 최소취기농도 정도가 되면 몇몇 사람은 느낄 수 있을 가능성이 커진다. 최소취기농도 이상으로 되면 훈련된 *panelist*들은 표 2에 나타난 등급에 따라 취기의 강도를 인지할 수 있게 된다. 최소취기농도(0.2)은 *panelist*의 50% 정도가 인지할 수 있는 농도이며, 0.5~1 (*very slight*에서 *slight*)농도에서는 *panelist* 100%가 인지할 수 있는 농도이다. 취기의 강도 *scale*은 농도의 *log scale*로 증가한다.

취기의 4가지 차원에서 평가되며 이는 *detectability*, *intensity*(강도), *quality*(취기의 특징), *hedonics*(좋은 냄새, 나쁜 냄새)들이 있다. 잘 훈련된 사람은 *detectability*, *intensity* 그리고 *quality* 등 3가지 만을 평가할 수 있으나, 어떤 냄새의 좋고 나쁨은 사람의 취향에 따라 다르므로 *hedonics*에 대한 *data*는 많지 않다.

취기의 특징(*quality*)은 화학물질명(이에 상응한 *descriptive term*)으로 나타난다. 예를

표 1. Recognition Odor Thresholds and Odor Quality Descriptors of Selected Chemicals

Chemical	Recognition Odor Threshold ^{a)} ppm, V/V	Odor Description
Acetone	100.0	Sweet, Pungent
Acrolein	0.21	Burnt sweet, pungent
Amine, Trimethyl	0.00021	Fishy
Ammonia	47.0	Pungent
Benzene	4.7	Solvent
Benzyle Sulfide	0.0021	Sulfide
Butyric acid	0.001	Sour
Dimethyl sulfide	0.001	Vegetable sulfide
Dipheyle sulfide	0.0047	Burnt rubbery
Ethyl acrylate	0.00047	Hot plastic, earthy
Hydrogen sulfide	0.00047	Eggy sulfide
Methylene chloride	214.0	—
Methylene ethyle ketone	10.0	Sweet
Nitrobenzene	0.0047	Shoe polish, pungent
iodophenol	0.000001	Medicinal
obromophenol	0.000001	Medicinal
Phosgene	1.0	Haylike
Pyridine	0.021	Burnt, Pungent, Diamine
Sulfur dioxide	0.47	—
Trichloroethylene	21.4	Solvent

a) Based on 100% panel response⁽³⁾

표 2. Intensity Scale

3.0	Strong
2.5	Moderate to strong
2.0	Moderate
1.5	Slight to moderate
1.0	Slight
0.5	Very slight
0.2	Threshold, Just recognizable
0	No odor

들면, H₂S의 경우 화학물질명이나 달걀 유황 냄새(eggy sulfide), trimethylamine은 생선 비린내(fishy)로 나타낸다. 2가지 물질의 혼합체인 경우 각각의 물질의 취기와 다른 경우가 있다. 표 1은 몇몇 물질의 취기 특징을 나타냈다.

2. 취기 오염 문제의 정의

취기는 여러 근원에 의해 발생하며, 연소 굴뚝, 환기구 혹은 유출, 누수, 분출 등에 의한 일시적인 원인과 하수 처리장, 오폐수 처리장 같은 넓은 면적에 의한 오염 원인 등이 있다. 또한 건물이나 취기를 발생하는 건물의 환기구 가스는 지역 주민의 불만을 야기시킬 수 있다.

취기 문제를 줄이기 위해서는 대기 중 취기의 가장 큰 인자가 되는 것들을 먼저 확인해야 하고, 취기의 강도를 측정해 목표 수준까지 내리도록 한다.

단일 발생 근원에 의한 취기의 발생은 多發生源에 비해 쉽게 제어할 수 있다. 그러나 단일 발생 근원이라 하더라도 현장 실사를 하여 확실한 근원인가를 확인하여야 한다. 어떤 현장에서의 취기 측정은 근본적으로 2단계가 필요하다. 즉, 주위 환경 조사, 환경 조사, 그리고 샘플링 및 평가를 들 수 있다.

2.1 주위 환경 취기 조사

취기 발생 근원 확인시 가장 먼저 해야 할 단계로 건물 주위 취기 조사를 들 수 있다. 이 조사는 현장 조사와 같이 병행하여 실시할 수 있다. 이 주위 환경 조사의 주 목적은 주위 환경이 취기 특징과 강도를 측정하고,

그 발생 빈도 및 지속 시간을 측정하는데 있다. 이 조사는 잘 훈련된 관측자들에 의해 행해지며, 이 관측자들은 취기의 특징을 잘 표현할 수 있어야 한다. 취기의 강도 또한 reference standard에 따라 표시할 수 있어야 한다. 이들 조사는 여러 기후 조건하에서 그리고 시간대 별로 측정하여야 한다. 조사 중에는 바람의 방향과 속도를 고려해 미리 설정된 루트를 따라 측정한다. 이 측정은 천천히 움직이는 자동차를 사용하거나 도보로 움직이며 행한다. 한 조를 1~3명으로 구성하여 움직이며 조사하는 것이 바람의 하류측 지정된 장소에 상주하여 조사하는 것보다 낫다. 움직이며 조사하는 방법은 냄새에 취해 곧 마비되는 것을 방지할 수 있으며 취기의 인지력을 유지할 수 있다. 또한 이 방법은 소수의 훈련된 팀 만으로도 넓은 면적을 조사할 수 있다.

조사는 조사팀을 무취지역부터 시작하여 취기가 있는 지역으로 그리드 패턴(Grid pattern)을 따라 조사한다. 취기를 감지했을 경우, 냄새의 특성, 강도 뿐만 아니라 시간, 장소도 기록해야 한다. 1.0~1.5를 넘으면 취기의 특성에 관계없이 민원이 들어오며, 특히 악취의 경우 취기의 강도가 0.2~0.5만 되도 민원의 대상이 된다.

2.2 현장 조사

이 조사 과정은 주위환경 조사와 연결하여 할 수 있다. 이 과정에서 조사팀은 주위 환경 조사시 측정된 취기의 특성과 연결시켜 취기의 근원을 측정할 수 있으며, 또한 누출, 분출 및 일시적인 취기 발생 근원을 추적하여야 한다. 특히 원료 자재의 운반시 발생하는

유출 현상을 유의 해야 하며, 예를 들면 배관 라인에서 매우 조금씩 유출되는 ethylacrylate 는 1.6km 떨어진 곳에서도 냄새가 인지된다.

하수 처리장, 오니 처리장과 같이 대면적 source들은 source주위를 차를 타거나 걸어서 측정하며, source로부터 풍향의 하류 측에서 취기의 특징 및 강도를 측정하면 된다.

주위 환경 조사와 현장 조사를 마치면 취기의 주원인들을 어느 정도 예측할 수 있다.

2. 3 샘플링 및 평가

취기의 주 원인이 밝혀지면 취기의 특징 및 강도 분석을 위해 샘플링을 한다. 취기 오염 정도 측정을 위하여 예전에는 최소취기농도 개념을 이용한 회석 방법을 사용하였다. 이 방법은 굴뚝이나 환기구에서 방출되는 공기를 유리병이나 bag에 포집한 후 무취의 공기로 회석시킨다.

이 최소취기농도 회석 방법은 취기 강도 측정은 할 수 없으며, 단지 회석에 의한 취기의 유무만 판단할 수 있다.

상기의 주위 환경 조사와 현장 조사를 통해 취기의 주원인으로 짐작되는 것의 sample 들은 polymeric absorbent(Chromosorb 102)에 포집 dynamic testroom에서 추후 평가 한다.

2. 3. 1 Chromosorb 102 샘플링 방법

이 방법은 굴뚝이나 환기구 같은 point source에서의 샘플링에 적합하다. 그 응용예로, 커피 분무 건조기, agglomerator, spent ground scrubber, green bean drier, 디젤 배기 가스, 제트 엔진 및 터빈 배기 가스, sewage sludge processing exhaust, primary sedimentation tank exhaust, aerated grit chamber

exhaust, 자동차 페인트 건조기, refractory brick oven exhaust 등에서의 sampling에 적합하다. 그러나 실험실에서 발생하는 trimethylamine의 채취 혹은 산소나 황이 결합한 경분자(C_2-C_3)등의 포집은 이 Chromosorb 샘플링 방법의 사용이 어렵다.

1×6 inch되는 스테인레스 sorbent trap에 잘 세척된 Chromosorb 102 10g을 놓는다. 이 sampling system은 스테인레스 스틸 프로브, 가열 필터(응축 방지시 가열함), 취기 흡수 trap, bellow pump 그리고 샘플 유량 체크를 위한 가스 매터의 순으로 직렬로 구성되어 있다. 취기가 지속적으로 발산하는 것에서의 샘플 채취는 샘플링의 강도에 따라 1~4시간에 걸쳐 채취한다.

그러나 간헐적으로 발산되는 경우 source의 유무에 따라 선택적으로 샘플링한다. 샘플의 유량은 약 10l/min이다.

2. 3. 2 취기의 평가 절차

취기 평가는 immersion dynamic testroom에서 4명의 훈련된 평가원들에 의해 평가되며 회석도가 다른 최대 12개의 샘플이 사용된다. 각각의 샘플 테스트는 15초 동안 시행되며 평가원들은 각각의 샘플 테스트 시행 전 1~2분간 무취의 공기에 노출시켜 후각 마비현상을 없게 한다. 각 평가원들은 취기의 특성 및 강도를 기록 보고한다.

2. 3. 3 Dose-Response 커브

각각의 회석 샘플에 대한 취기의 강도는 평균값을 취한다. 표 3은 하수 오니 소각 장치 배기 가스에 대한 평가 결과이다. Dose-response 커브는 취기 강도-회석도 데이터로

표 3. Panel Odor Data for Sludge Incinerator Scrubber Exhaust⁽⁸⁾

$\frac{L_e \text{ exh}}{L_e \text{ air}}$	Dilutions	Average Panel Intensity	Probability of Detection
0.0026	1 : 390	2.13	1
0.0017	1 : 620	1.78	1
0.0092	1 : 1090	1.41	1
0.00054	1 : 1850	1.09	1
0.00042	1 : 2550	0.78	1
0.00025	1 : 3990	1.19	1
0.00016	1 : 6200	0.75	1
0.000092	1 : 10900	0.41	1
0.000054	1 : 18500	0.25	0.63
0.000043	1 : 23500	0.06	0.13

Regression analysis : intensity = a log₁₀(dilution) + b

Correlation coefficient : 0.950

(a) slope : 1.017

(b) intercept : 4.53

Extrapolated threshold dilution : 0.000055 $\frac{L_e \text{ exh}}{L_e \text{ air}}$ or 1:18200
(intensity=0.2)

source odor strength : 18200

부터 linear regression 방법을 사용하여 구하며, 그 관계식은 다음과 같다.

취기의 강도 = a log₁₀(희석도) + b (1)
여기서 a는 기울기 b는 절편이다.

식 (1)에서 외삽법(extrapolate)에 의한 최소취기농도(0.2)에 해당하는 희석값을 구한다.

취기 발생근원의 강도(source odor strength, SOS)는 외삽법에 의한 최소취기농도 희석값의 역값으로 정의된다. 그림 1은 하수처리장에서 발생한 4곳의 취기를 샘플링하여 dose-response 커브로 나타낸 것이다.

2. 3. 4 취기 데이터 분석

최소취기 희석법에 의한 취기 발생지의 취기 강도 자체만으로는 주위 환경에 미치는 영향의 정도를 파악하기는 어렵다. 이에 취기 발생지로부터의 발생유량을 파악함으로써 취기 강도와 함께 취기 발생량(Q)를 구할 수 있다. 취기 발생량은 대기중 취기 분산 예측과 아래 식(2)에 의한 최대 대기 희석비(X)를 예측 결정하기 위해 필요하다.

$$\text{대기중 취기 강도} = a \log_{10} X + 0.2 \quad (2)$$

a는 식(1)에서 구한 기울기이고, 표 4는 하수

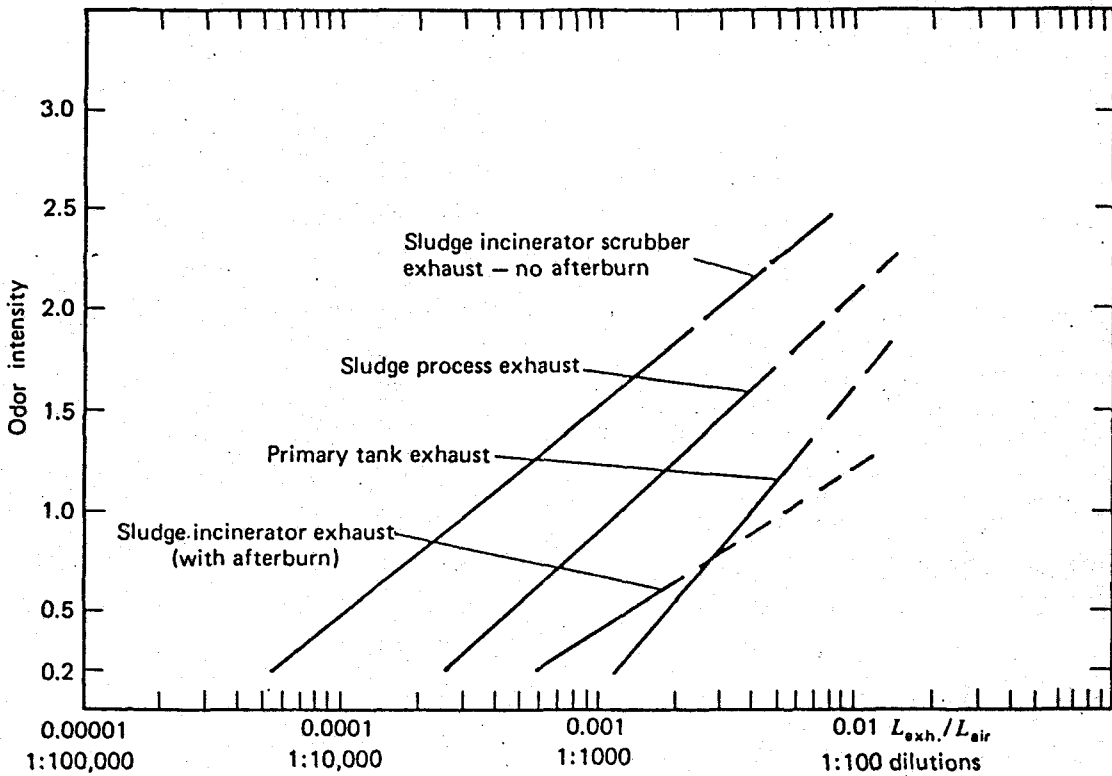


그림 1 Odor dose-response curves for primary sewage treatment plant exhausts.

표 4. Odor Emission From Sewage Treatment Plant

source	source odor strength	Vol. Flow rate, m ³ /sec	odor Emission rate, Q	Release Point (ΔH)	Max, x value	slope	Ambient odor Intensity
Sludge incinerator Scrubber exhaust (no afterburn)	18,200	9.77	176,000	20m	123	1.02	2.3
Sludge process exhaust	3,800	7.36	27,700	10m	8.4	1.18	1.1
Primary tank exhaust	800	7.36	6,000	10m	1.8	1.54	0.6
Sludge incinerator exhaust (with afterburn)	1,700	9.77	16,500	30m	0.48	0.80	0

처리장 내 4곳에서 샘플링한 취기 데이터를 나타낸다. 앞의 2장에서 언급한 scale에서 보면 표 4의 처음 2곳의 취기 발생지는 취기 강도 1.0을 넘으므로 취기 제어가 필요하다.

primary tank에서 발생하는 취기 강도는 기준치를 약간 밑돌으나 이곳의 취기 제어는 취기의 발생 빈도와 발생 지속 시간을 고려 결정해야 한다. 취기강도를 낮추는 간단한 방법으로 release point를 10m이상 떨어뜨리면 대기중 취기 강도는 인지할 수 있는 강도 이하로 낮아지게 된다. After burner에서 발생하는 취기의 강도는 primary tank에서 발생하는 것보다 높으나 release point가 멀고 dese-response 커브의 경도가 낮아 결과적으로 대기중 취기 강도는 낮은 값을 갖는다.

3. 취기 샘플링

샘플링 시스템의 선택은 취기의 화학물질과 물리적 특징에 따라 다르다. 취기의 분자량은 최고 300~400정도까지 되며 극성 정도는 다양하다. 습기는 취기 샘플링에 영향을 미칠 수도 있으며, 취기 종류의 다양성에 의해 한가지 샘플링 방법의 적용은 여러 종류의 취기를 평가 분석하는데 문제가 있다. 샘플링시 가장 중시해야 할 사항은 샘플링 용기내의 취기 성분 응축 혹은 흡수 현상이 발생하지 않도록 하는 것이다.

3. 1 Grab Sampling

250~1000ml 크기의 유리병과 ASTM 주사기 회석 방법⁽¹¹⁾을 수정한 Mills 방법을 사용 샘플링 하는 방법이다. 이는 병안에 수은을 채운 뒤 수은이 빠져 나가면서 발생하는 진공으로 공기를 샘플링한다. 이 방법은 수은의

유독성, 취기 성분과 수은과의 화학 반응 가능성등으로 현재는 사용하지 않는다.

이와 다른 방법은 진공 혹은 부분 진공의 스테인레스병을 사용 샘플링하는 것으로 취기가 정상 상태에서 가스로 존재할 경우 유용한 방법이다.

3. 2 Bag Sampling

현재 가장 신뢰성이 높은 취기 샘플링 방법으로 dynamic olfactometer의 개발과 이에 따른 대용량 샘플의 필요성에 상응하는 방법으로 사용되고 있다. 샘플링 백은 폴리에틸렌, 테프론, Saran, Mylar, Tedlar와 같은 다양한 종류의 플라스틱 물질로 제작된다. 백 사용시 고려해야 할 사항과 문제점들을 나열하면, 백 재질은 (1) 무취여야 하며, (2) 충분한 강도를 갖고 있어야 하고, (3) 취기를 투과시키지 않아야 한다. 또한 (4) 취기나 습기의 흡착 및 응축이 일어날 가능성 등을 고려해야 한다. 샘플의 저장기간은 한정되어 있으며 샘플은 일반적으로 24시간 내 분석되어야 한다. 연구 결과⁽¹²⁾에 의하면 Tedlar재질은 응축이나 흡착이 일어날 수 있는 취기의 샘플링에 적합하며, 회석을 하면서 샘플링하면 취기의 손실을 최소화 할 수 있다. 페인트 건조 오븐발생 취기 샘플시 Tedlar 백 샘플링 방법과 sorbent 샘플링 방법을 비교한 연구 결과⁽¹³⁾에 의하면 백 샘플링 방법은 취기의 주성분이 휘발성이고 샘플링시 충분히 회석시키면 stack emission 샘플링시에도 응용 가능한 방법으로 언급하였다.

백 샘플링 방법은 취기의 성분이 H₂S나 분자 무게가 작은 알데하이드, 황화물 계통일 경우 적합한 방법으로 여겨진다. 대기중

trimethylamine 샘플링시 Tedlar 백 사용법은 샘플 정량 분석용으로는 부적합한 방법이다.

3. 3 Solvent 샘플링

활성탄, 실리카 겔 등의 흡착 물질은 유기 물이나 취기 물질의 샘플링용으로 사용되어 왔다.

활성탄은 포집 효율과 포집량에 있어 매우 좋은 재료지만 취기의 정량 분석을 위해서는 부적합하다. 실리카 겔은 습도가 높은 곳에서의 사용에 제한을 받는 단점이 있다.

Chromosob 102(styrene divinylbenzene resin)은 다양한 종류의 취기 물질이나 화학 물질의 분석/분리를 위한 샘플링에 적합하다. XAD, Poropak (styrene based resin), Tenax GC(polyphenol ether resin)과 같은 Chromosob 102는 중간 내지 고분자량의 포집에는 적합하지 않다. 예를 들면 H_2S , 저분자량 mercaptan, trimethylamine 종류는 포집이 안된다. Chromosob은 solvent 50g을 750ml의 메탄올, pentane으로 세척한 후 공기 건조시켜 사용한다. 이때 용제는 고순도 용제를 사용해야 한다.

화학 분석을 위한 Chromosob 샘플링 방법의 장점은 많은 유량을 포집할 수 있으며, 취기의 농축이 가능하다.

- 참고문헌 -

1. Leonardos, G., A Critical Review of Regulations for the Control of Odors, J. Air Poll. Cont. Assoc 24(5) (1974)
2. Levins, P. L., et al., Chemical Analysis of Exhaust Oder Species, Society of Automotive Engineers, Publication 740216, March 1974.
3. Leonardos, G., The Profile Approach to odor Measurement, Proceedings: Mid-Atlantic States Section, Air Pollution Control Association Semi Annual Technical Conference on Odors: Their Detection, Measurement and Control, May 1970, pp. 18-36. Pittsburgh. PA.
4. Hellman T. M., and Small, F. H., Characterization of the Odor Properties of 101 Petrochemicals Using Sensing Methods, J. Air Poll. Cont. Assoc 24, 979-982(1974)
5. Leonardos, G., et al., Odor Threshold Determinations of 53 Odorant Chemicals, J. Air-Poll. Cont. Assoc., 19(2) (1969)
6. Fazzalari, F. A., ed Compilation of Oder and Taste Threshold Values Data, ASTM DS 48A, American Society for Testing and Materials, 1978.
7. Sullivan, F., and Leonardos, G., Determination of Oder Sources for Control, Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 231, September 1974.
8. Leonardos, G., Oder Measurement at Waste Water Treatment Plants, Presented to Genessee Valley Chapter, New Yory Water Pollution Control Association, May 16, 1979.
9. Wahl, G. H., Jr., Regulatory Options for the Control of Odors, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-450/5-80-003, Feb. 1980.
10. Prokop, W. H., Developing Oder Control Regulations: Guidelines and Considerations, J. Air Poll. Cont. Assoc 29, 9(1978)
11. Mills, J. R., et al., Quantitative Oder

- Measurement, J. Air Poll. Cont. Assoc. 13, 467-475-(1963)
12. Schuetzle, D., et al., Sampling and Analysis of Emissions from Stationary Sources-I. Oder and Total Hydrocarbons, J. Air Poll. Cont. Assoc. 25, 925(1975)
13. Leonardos, G., et al., A Comparison of Polymer Adsorbent and Bag Sampling Techniques for Paint Bake Oven odorous Emissions, J. Air Poll. Cont. Assoc. 30. 22 (1980)
14. Odors from Stationary and Mobile Sources, National Academy of Sciences, Washington, D. C., January 1979.
15. Huey, N. A., et al., objective Odor Pollution Control Investigations, J. Air Poll. Cont. Assoc. 10,441(1960)
16. American Society for Testing and Materials, ASTM D 1391, Standard Test Method for Measurement of Odor on Atmospheres (Dilution Method), Philadelphia, ASTM, 1978.

알림

■ 사 원 모 집 ■

당사는 설비설계(냉난방, C/R, 공장공조) 및 공기정화장치 전문업체로서, 사업확장으로 인한 유능하고 참신한 인재를 아래와 같이 공개채용 합니다.

1. 모집부문 및 응시자격

부 문	인 원	응 시 자 격	공 통 사 항
설 계 부	남여 0명	<ul style="list-style-type: none"> • HVAC 설계 및 CAD 경력자 • 전문대졸 이상 	① 해외여행 무결격자 ② 병역필 및 면제자 ③ 영어, 일어 가능자 우대
영 업 부 (기 획 · 관 리)	남여 0명	<ul style="list-style-type: none"> • 공기정화장치 영업경력자 • HVAC 기술영업 경력자 • 영업기획, 관리 경력자 	
기 술 부	남 0명	<ul style="list-style-type: none"> • 전기 또는 전장분야 유경험자 • 전기기사 자격증 소지자 우대 	
기 획 · 무 역	남여 0명	<ul style="list-style-type: none"> • 신입/어학, 상경, 법정제 	
경 리	남여 0명	<ul style="list-style-type: none"> • 경리 2-3년 경력자 	

2. 제출서류

- 1) 자필이력서(응시부문, 전화번호 명기)1통
- 2) 자기소개서

3. 선정방법

- 1) 서류심사
- 2) 면접(1차 합격자에 한함) 및 시험

4. 접수기간

1993년 7월 5일-15일

5. 접 수 처

서울 은평구 불광1동 281-113(KAF B/D 2F)
문의전화 : (02)356-4755(代)

(株) KAF ENGINEERING
Korean Air Filter & Engineering Co., Ltd.