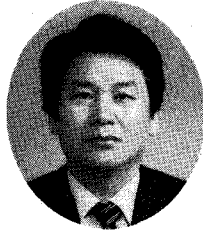


# 환경관리 기술사문제 해설

〈대기분야 1986년도 시행〉



魯鍾植

〈고려환경컨설턴트 대표,  
환경(수질·대기) 기술사〉

〈1986년 시행〉 (제1교시) (지난호에 이어 계속)

PTPLU의 반경 10km 내외의 적용에 유용성을 지니며, PTMAX로부터 보완된 기능은 아래와 같다.

• PTMAX에서 보완된 기능

① 유효연돌고 계산시 Momentum 과 Buoyance 에 의한 상승여부를 판단하여 계산

② 풍속측정높이(일반적으로 지상 10m)로부터 굴뚝높이에서의 풍속을 추정하여 계산

③ Stack downwash, gradual plume rise, buoyance-Induced 에 대한 고려 (선택조건)

(1)PTPLU의 기본식

PTPLU는 식(3)을 기초로하여 아래와 같이 계산을 수행한다.

① 안전상태 :

$$C = \frac{Q}{U} \cdot \left( \frac{g_1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_y} \right) \cdot \left( \frac{g_2}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_z} \right)$$

② 불안정 또는 중립상태 :

$$\sigma_z > 1.6L, C = \frac{Q}{U \cdot L} \cdot \frac{g_1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_y}$$

$$\sigma_z < 1.6L, C = \frac{Q}{u} \cdot \frac{g_1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_y} \cdot \frac{g_3}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_z}$$

단, H) L인 경우 C=0

여기서,

C : 농도(g/m<sup>3</sup>)

Q : 배출량(g/sec)

u : 풍속(m/sec)

L : 혼합고(m)

H : 유효연돌고(m)

Z : 지면으로부터 높이(m)

y : 연기중심선에서의 수평거리

$$g_1 = \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right]$$

$$g_2 = \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{(Z-H)^2}{\sigma_z^2}\right]$$

$$+ \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{(Z+H)^2}{\sigma_y^2}\right]$$

$$g_3 = \sum_{N=-\infty}^{\infty} \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{(Z-H+2NL)^2}{\sigma_z^2}\right] \right.$$

$$\left. + \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{(Z+H+2NL)^2}{\sigma_z^2}\right] \right\}$$

혼합고에 대한 고려는  $\sigma_z < 1.6L$ 일 때만 고려하며,  $g_3$ 식의 경우  $\Sigma$ 는  $-\infty$ 에서  $\infty$ 까지 실시되어야 하지만 이 급수는 쉽게 수렴하여 4번째 지표면 반사까지만 고려한다.

TCM, CDMQC, CDM 등 일부 장기모형의 경우 혼합고에 대한 영향을 고려하지 않는다.

(2) 풍속종단지수 (Wind profile exponent)

지표면에서의 마찰력이 풍속에 영향을 미치는 공기의 층을 행성경계층(Planetary boundary layer)라고 하는데 보통 지표로부터 수백 m내지 수천 m에 달한다.

행성경계층의 크기는 불안정상태에서 크고 안정된 대기상태일수록 작다.

일반적으로 풍속의 측정높이는 10m이나 굴뚝높이에서의 풍속은 고도에 따라 커지므로 식(4)와 같이 풍속을 보정하게 된다.

$$U = U_a \times (Z/Z_a)^P$$

여기서,

U : Z높이에서의 풍속

Za : 풍속 측정높이

Ua : Za에서의 풍속

$$P = \frac{n}{2-n} \quad n : \text{안정도에 따른 상수}$$

안정도 등급에 따른 <표-3>과 같은 P 값을 ISC, CRSTER, MPTEr, RAM, PTPLU에서 사용되고 있으며, TCM, CDMQC에서는 시골지역에 대한 P값을 사용하고 있지 않다.

<표-3> 안정도등급에 따른 P값

안정도	A	B	C	D	E	F
도시지역	0.15	0.15	0.2	0.25	0.3	0.3
시골지역	0.07	0.07	0.1	0.15	0.35	0.55

(3)수평, 수직확산계수( $\sigma_y, \sigma_z$ )

식(2)에서 확산의 표준편차  $\sigma$ 는 실제 대기확산에서  $6\sqrt{2Et}$ 를 잘 만족시키지 못하여 확산계수 E의 개념은 버리고 단지 바람이 불어가는 방향의 거리x에 따른 y 및 z방향의 확산표준 편차  $\sigma_y, \sigma_z$ 의 개념으로 대기확산을 풀이해가는 것이 일반적이다.

$\sigma_y, \sigma_z$ 의 계산식은 시골지역의 경우 <표-4>와 <표-5>를 이용하며, 도시지역을 고려하는 경우 <표-6>과 같이 Mcelroy Pooler식을 이용한다.

UNAMAP Version6가 수정·보완한 것 중에 하나가 P,  $\sigma_y, \sigma_z$ 값의 산출시 시골지역의 계수와 계산식을 근거로하여 안정도 등급을 묶어줄때 도시지역에 대해 고려했으나 Version6부터는 계산식과 계수값을 도시지역에 대해 달리 적용하고 있다.

<표-4>와 <표-5>를 채택한 모형으로는 CRSTER,MPTEr,ISC 등이다.

<표-4> Mcelroy-Pooler urban dispersion parameter

안정도	$\sigma_y$ (meter)	$\sigma_z$ (meter)
A, B	$\sigma_y = 320 * X / (\sqrt{1+0.4 * X})$	$\sigma_z = 240 * X * (\sqrt{1+X})$
C	$\sigma_y = 220 * X / (\sqrt{1+0.4 * X})$	$\sigma_z = 200 * X$
D	$\sigma_y = 160 * X / (\sqrt{1+0.4 * X})$	$\sigma_z = 140 * X / (\sqrt{1+0.3 * X})$
E, F	$\sigma_y = 110 * X / (\sqrt{1+0.4 * X})$	$\sigma_z = 80 * X / (\sqrt{1+1.5 * X})$

주) X : km,  $\sigma_z > 5000m$ 인 경우  $\sigma_z = 5000m$ 로 간주한다.

자료) PTPLU program list

<표-5> Pasquill-Gifford Horizontal Dispersion Parameter

	Stability Parameter
A	$T = 24.167 - 2.5334 \ln x$
B	$T = 18.333 - 1.8096 \ln x$
C	$T = 12.5 - 1.0857 \ln x$
D	$T = 8.3333 - 0.72382 \ln x$
E	$T = 6.25 - 0.54287 \ln x$
F	$T = 4.1667 - 0.3619 \ln x$

Note:  $\sigma_z$ (meters) =  $465.116x \tan T$ ; x is downwind distance in km; T is one-half Pasquill's  $\theta$  (degrees).

(4)부력상승에 의한 확산계수의 수정.

연기상승이 부력에 의해 지배되는 경우 연기 확산의 폭이 다소 커지므로 경험식으로 확산계수 값을 보정한다.

$$\sigma_{ze} = (\sigma_z^2 + \sigma_{zo}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{ye} = (\sigma_y^2 + \sigma_{yo}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{yo} = \sigma_{zo} = \Delta H / 3.5$$

여기서

$\Delta H$  : 연기상승높이

$\sigma_y, \sigma_z$  : 거리 X에서의 수평, 수직확산계수 이러한 확산계수의 보정은 PTPLU,CRSTER,MPTEr의 단기모형에서 적용되고 있으며, 안정도 A 등급 0.5m/s이하 풍속에서는 최대농도가 약23% 감소한 결과를 도출하며, B~D 등급의 경우 2~10%정도 최대농도를 증가시킨 결과를 출력하게 된다.

PTPLU의 경우 사용자의 선택에 의해서 확산계수의 보정을 할 때, 연기상승이 Momentum또는 buoyance에 의한 것인지에 관계없이  $\sigma_y, \sigma_z$ 값을 보정시키므로 사용을 선택할때 유의를 하는것이

바람직하다.

〈표-6〉 Pasquill-Gifford Vertical Dispersion Parameter

Stability	Distance(km)	a	b	$\sigma_z^a$
A	>3.11			5000m
	0.5-3.11	453.85	2.1166	
	0.4-0.5	346.75	1.7283	104.7
	0.3-0.4	258.89	1.4094	71.2
	0.25-0.3	217.41	1.2644	47.4
	0.2-0.25	179.52	1.1262	37.7
	0.15-0.2	170.22	1.0932	29.3
	0.1-0.15	158.08	1.0542	21.4
<0.1	122.8	0.9447	14.0	
B	>35			5000m
	0.4-35	109.30	1.0971	
	0.2-0.4	98.483	0.98332	40.0
	<0.2	90.673	0.93198	20.2
C	all x	61.141	0.91465	
D	>30	44.053	0.51179	
	10-30	36.650	0.56589	251.2
	3-10	33.504	0.60486	134.9
	1-3	32.093	0.64403	65.1
	0.3-1	32.093	0.81066	32.1
	>0.3	34.459	0.86974	12.1
	E	>40	47.618	0.29592
20-40	35.420	0.37615	141.9	
10-20	26.970	0.46713	109.3	
4-10	24.703	0.50527	79.1	
2-4	22.534	0.57154	49.8	
1-2	21.628	0.63077	33.5	
0.3-1	21.628	0.75660	21.6	
0.1-0.3	23.331	0.81956	8.7	
<0.1	24.260	0.83660	3.5	
F	>60	34.219	0.21716	
	30-60	27.074	0.27436	83.3
	15-30	22.651	0.32681	68.8
	7-15	17.836	0.4150	54.9
	3-7	16.187	0.4649	40.0
	2-3	14.823	0.54503	27.0
	1-2	13.953	0.63227	21.6
	0.7-1.0	13.953	0.68465	14.0
	0.2-0.7	14.457	0.78407	10.9
	<0.2	15.209	0.81558	4.1

Note:  $\sigma_z$  (meters) =  $a^{bh}$ ; x is downwind distance in Kilometers.  
 $a\sigma_z$  at boundary of distance for all values except 5,000m.

(제 2 교시)

〈문제 1〉 비산물질의 배출시설 관리방법에 대하여 논하시오.

환경처에서 고시한 내용을 선별정리하여 보면 실제로 흔히 대두되는 문제를 밀폐식 대책과 야적시의 대책으로 설명하고자 한다.

1. 비산물질 배출시설

구분	배출시설	규 모	대상시설
1. 시멘트 석회 프라스터 및 시멘트 관련제품 제조 및 가공시설	• 혼합시설 • 선별시설 • 분쇄시설 이송시설	• 동력합계 30마력이상 • 동력합계 10마력이상 • 동력합계 20마력이상 • 벨트폭 30cm 이상 또는 단위 바깥의 내용적이 0.01m <sup>3</sup> 이상 저장시설 • 저장용량 100톤이상 • 저장능력 300m <sup>3</sup> 이상 • 저장면적 100m <sup>2</sup> 이상 • 화적자면적 0.5m <sup>2</sup> 이상 • 소성시설 및 용융시설(또는 건조시설 반응시설, 냉각시설)	• 레미콘 제조시설 • 시멘트 제조시설 • 석회 제조시설 • 프라스터 제조시설 • 기타 시멘트제품 관련제조시설
	• 연소시설 • 산처리시설	• 발열량 10만 Kcal/시간이상 • 표면적 합계 1.5m <sup>2</sup> 이상	• 유리 및 유리제품 제조시설 • 도기, 자기 및 도기 제조시설
2. 비금속 물질 채취 제조 가공시설	• 선별시설, 혼합시설, 이송시설, 저장시설, 분쇄시설, 절단시설	• 시멘트, 석회 프라스터 및 시멘트 관련제품, 제조 및 가공시설규모와 동일	• 내화용 점토제품 제조 시설 • 석재채취 및 가공시설 • 활성탄 제조시설 • 석탄제품 제조 시설 • 골재채취시설 • 기타 분쇄상 비금속광물을 취급하는 시설
	• 용선로 주형 및 주물사 처리시설 • 탈사시설(소프트브라스트 포함) • 혼합시설, 선별시설, 이송시설 저장시설, 분쇄시설, 산처리시설	• 처리능력 1톤/시간 또는 1회 1톤이상 • 발열량 10만 Kcal/시간이상 • 전기사용량 250Kw 이상 • 주물사처리능력 1m <sup>3</sup> /일 이상 또는 처리능력 1m <sup>3</sup> /회 이상 • 동력 10마력 이상, 분사능력 100kg/분 이상 • 시멘트, 석회, 프라스터 및 시멘트 관련제품, 제조 및 가공시설 규모와 동일	• 주물시설 • 철강제품 제조시설
3. 제철 금속 제조시설	• 용해시설, 소성시설, 건조시설	• 처리능력 50kg/시간 또는 1회 50kg 이상 • 화적자면적 0.5m <sup>2</sup> 이상 • 전기사용량 250Kw 이상	• 비료제조시설 • 사료제조시설 • 곡분제조시설

구분	배출시설	규모	대상시설
	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성시설, 반응시설, 흡수시설, 정제시설, 농축시설, 분리시설, 혼합시설, 중화시설, 포화시설, 조립시설, 냉각시설</li> <li>분쇄시설, 선별시설, 저장시설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발열량 10만Kcal/시간이상</li> <li>처리능력 50kg/시간 또는 1회 50kg이상</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>시멘트, 석회, 프라스터 및 시멘트 관련제품 제조 및 가공시설 규모와 동일</li> </ul>	

## 2. 비산물질 배출시설 관리기준

배출공정	시설 관리 기준	대상공정
1. 저장	<ul style="list-style-type: none"> <li>가) 저장시설 : 사이로, 상옥시설 또는 지하저장시설(밀폐용기저장)</li> <li>나) 작업시설 : 저장물질의 상적, 하화, 이송을 위한 자동 또는 반자동시설</li> <li>다) 출입문 : 수송 및 작업차량 출입문 자동 또는 반자동시설</li> <li>라) 집진시설 : 저장시설의 국소배기부위 등에 적합한 집진시설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·주물사저장</li> <li>·석탄류저장</li> <li>·곡분, 사료저장</li> <li>·비료 및 그 원료의 저장</li> <li>·기타 분체상물질의 저장</li> </ul>
2. 상적 및 하화	<ul style="list-style-type: none"> <li>가) 상옥시설 또는 지하저장시설내에 서만 상적 및 하화</li> <li>나) 작업시 발생하는 비산분진을 제거할 집진시설</li> </ul>	
3. 수송	<ul style="list-style-type: none"> <li>가) 수송중 적재물이 흘림 또는 비산되지 않는 유개특장차에 의하여 수송</li> <li>나) 무게차량일 경우는 적재함 상단의 5cm이하까지만 적재하고 흘림 또는 비산을 방지할 수 있는 덮개를 덮어 운행</li> <li>다) 덮개는 외관상 혐오감을 주지 않는 색상과 재질의 것을 사용</li> <li>나. 분체상물질의 수송하는 도로에 관한 유지관리는 다음과 같이 하여야 한다. <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 도로가 비포장 사설도로일 경우 <ul style="list-style-type: none"> <li>가) 비산분진 발생원으로부터 비포장시설 도로연장이 1km미만일때는 포장</li> <li>나) 비포장도로 연장이 1km이상의 경우 비포장도로 반경 500m내에 10호 이상의 주거시설이 있을 경우 해당 부락으로부터 반경 1km이상을 포장</li> <li>다) 비포장도로로부터 발생하는 비산분진이 주변 농작물 또는 산림 등에 피해를 줄 우려가 있을 경우에는 포장을 하거나 살수를 실시하</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	

배출공정	시설 관리 기준	대상공정
	<ul style="list-style-type: none"> <li>여 분진의 비산방지</li> <li>2) 분체상물질을 수송하는 차량이 출발하기전에 세륜 및 세차를 실시하여 수송차량으로 인한 분진의 비산을 방지하여야 한다.</li> <li>가) 세륜시설은 다음의 조건에 적합하여야 한다. <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 수조의 넓이 : 수송차량의 1.5배 이상</li> <li>(2) 수조의 깊이 : 20cm이상</li> <li>(3) 수조의 길이 : 수송차량 전장의 2배이상</li> <li>(4) 수조수의 청정도 : 수조수의 탁도가 20도이하로 유지되도록 청정수를 순환시킬 수 있는 시설을 설치</li> <li>(5) 탁도가 20도이상 오염된 수조수는 항시 교환될 수 있도록 장치설치</li> <li>(6) 수송차량은 수조 통과시 수조내에서 3회이상 왕복하여 바퀴 등에 묻은 분진을 완전 제거한 후 통과</li> </ul> </li> <li>나) 차체의 분진을 제거할 수 있는 다음과 같이 측면 살수 시설을 설치하여야 한다. <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 살수(분사)높이는 수송차량의 바퀴부터 적재함까지 살수할 수 있어야 한다.</li> <li>(2) 살수길이 : 수송차량 전장의 1.5배이상</li> <li>(3) 살수방법 : 양측에서 동시에 살수가 가능한 자동 또는 반자동설비</li> <li>(4) 수압 : 3kg/cm<sup>2</sup>이상일 것</li> <li>(5) 3분이상 정차하여 차체나 바퀴 등에 묻은 분진을 완전히 제거한 후 출발</li> <li>(6) 측면 살수시설에서 살수한 물은 세륜수조 또는 폐수처리장으로 자연유하방식으로 유입되도록 5도 이상의 경사를 둬</li> </ul> </li> <li>다) 분체상물질을 수송하는 차량은 세륜 및 세차를 실시하지 않고는 운행하여서는 안됨.</li> </ul>	
4. 이송	<ul style="list-style-type: none"> <li>가) 이송시설의 상·하부와 입구, 출구를 완전 밀폐하여 분진의 비산을 방지</li> <li>나) 이송시설의 입구와 출구 등을 밀폐한 경우에는 국소배기부위에 집진시설을 설치</li> <li>다) 수분시설을 사용할 경우에는 살수 또는 기타 제진방법을 사용</li> </ul>	
5. 선별	<ul style="list-style-type: none"> <li>가) 선별작업을 상옥시설 또는 밀폐된 작업장내에서 실시</li> <li>나) 작업장내의 국소배기 부위에는 집진시설을 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·회전체선별</li> <li>·진동체선별</li> <li>·인력에의한선별</li> </ul>

배출공정	시 설 관 리 기 준	대 상 공 정
6. 혼합	"5. 선별"시설관리기준에 준함.	
7. 분쇄	"5. 선별"시설관리기준에 준함.	
8. 탈사	"5. 선별"시설관리기준에 준함.	
9. 제조장	가) 제조장내의 비산분진농도가 허용기준치 이상일때 제조장을 밀폐건물로 하거나 제조장 내부를 부압으로 유지 나) 제조장내의 국소배기부위에 집진시설 설치 다) 제조장 바닥은 포장 라) 바닥에 분진이 퇴적되지 않도록 진공청소, 살수, 인력 등에 의하여 1일 1회 이상 주기적으로 청소를 실시하고 살수한 물은 폐수처리장으로 유입	• 제조시설이 설치되어 제품을 생산하는 상용시설 또는 지하시설
10. 작업장 및 채취장	가) 작업장내의 포장 나) 우수, 살수한 물 등이 폐수처리장 등으로 유입되도록 배수관망(또는 배수관거)을 설치하거나 또는 적절한 조치장구 다) 발파시 발파공에 젖은 가마니 등을 덮거나 적정방진시설 설치후 발파 실시 라) 작업장은 살수시설(자동, 반자동, 수동 살수로서 수압이 1kg/cm <sup>2</sup> 이상)에 의한 정기적인 청소를 실시하여 바닥에 분진의 퇴적을 방지 마) 산업폐기물, 슬러지, 폐슬래그 등 분체상 물질이나 비산분진이 발생할 가능성이 있는 물질은 밀폐용기 등에 저장 바) 작업장내의 항상 정리정돈하여 청결	• 제조장, 저장장 및 건축물 등을 제외한 사업장내의 작업장소나 차량통행장소
11. 공사장	가) 공사장에는 출입차량의 청결유지를 위하여 출입구에 다음과 같은 세륜 및 세차시설 등을 설치할 것. (1) 공사기간이 3개월 이상이거나 또는 공사장소가 노폭 20m이상의 도로변으로부터 10m이내이고 공사기간이 1개월 이상인 경우에는 3. 수송 나의 2)의 가) 및 나)에 정한 기준에 따라 세륜 및 세차시설을 설치 (2) 세륜, 세차수 및 공사장에서 발생하는 폐하수를 처리할 폐수처리시설을 설치하여 적당하게 처리 (3) 설치장소 부족 또는 부득이한 사유로 세륜 및 세차시설, 폐수처리시설을 설치할 수 없는 경우에는 이와 유사한 효과를 가진 방지시설 설치계획을 수립하여 관할 시·도지사(환경지청장)에게 제출하여 승인을 받아야 함 나) 공사장을 출입하는 차량은 반드시 세륜 및 세차를 실시	

배출공정	시 설 관 리 기 준	대 상 공 정
	다) 공사장에서 굴착, 철거, 매립 등에 의하여 발생한 토사 등 분체상 물질은 즉시 제거하여야하며, 공사장내에 적치하여서는 안됨. 단, 부득이한 사유로 공사장내에 적치하고자 할때에는 적치한 토사가 차도와 인도 등 도로에 유입되거나 유출되지 않도록 필요한 조치를 강구 라) 건축, 철거, 굴착공사 등 공사중에 비산분진이 발생할 우려가 있는 경우에는 방진막, 방진벽 또는 방진덮개 등을 사용하여야 하며, 또한 적정개소에 살수장치를 설치하여 살수 실시 마) 세륜, 세차수와 살수한 물 및 공사장에서 발생하는 물 등은 차도와 인도 등에 유수되거나 또는 살포하여서는 안됨. 바) 공사장에서 발생한 토사 등 분체상 물질의 산적과 하화시에는 "2. 상적 및 하화"의 시설관리기준에 준하여 시행 사) 매립, 조정, 보도블럭 공사 등을 완료한 후에 우수 또는 차량통행과 보행 등에 의하여 토사가 도로나 보도에 유입되거나 유출되지 않도록 필요한 조치장구 아) 도로신설공사 또는 공사중 출입을 위하여 비포장도로를 통행하여야 할 경우에는 살수장치를 설치하거나 적절한 비산분진 방지시설을 설치 자) 공사규모가 "가)의 (1)보다 적은 규모일 경우의 세륜 세차시설 설치"는 "3. 수송 나의 2)의 가) 및 나)"의 기준에 따르거나 또는 유사한 효과를 거둘 수 있는 시설을 설치 차) 토사 등 분체상 물질을 수송하는 차량은 "3. 수송의 1)의 가)"기준에 준함 카) 방진벽, 방진막, 방진덮개 또는 기타 비산분진을 방지하기 위한 시설, 장치, 기계, 기구 등은 외관상 혐오감을 주지 않는 색채나 재질의 것을 사용하여야 하며, 시설 등의 설치는 차량통행과 보행에 불편을 주지 않도록 설치	

\* 지면관계로 (문제1)의 풀이는 다음호에 계속됩니다.

상담 및 문의 전화(02)434-1867