アメリカにおける粒子状物質排出規制について

伊ヶ崎 文 和* 田 森 行 男**
Fumikazu IKAZAKI Ikuo TAMORI

1. はじめに

わが国では、ばいじんの排出規制が大気汚染防止法に定められ、1971年に強化改訂されて今日に至っている。著者らはアメリカにおける排出基準の実情を調査しようとして、2, 3の文献を入手した。これをもとに、アメリカのばいじん（規制用語として粒子状物質（particulates）という語を用いている）の州規制の現状を整理し、最後に連邦政府による規制値の一覧表を比較のため掲げた。なお主に用いた文献は PEDCo Environmental Inc. の George Beaujon による “Summary of Existing Regulations”（誌名不詳）で京都大学井伊谷教授から入手したものである。

2. 各州のばいじん規制

粒子状物質（particulates）に対する有効な集じん技術を検討するため、合衆国における各州の法規制のレビューを行なう。これらの法規制は一般には特定の集じん技術を規定しているわけではないが、各州において妥当と考えられている集じんの水準に関するバックグラウンドを提供する。多くの場合、粒子状物質に対する一般的な規制は、重要な各種産業—アスファルト工業、レミコン工業、採石業、鉄および非鉄鑄造業—を網羅しているが、州によっては特定の産業に対してだけ規制を行なっている。そのほか、多くの州では、これらの産業に共通して適用される飛散性粉じん（fugitive dust*）に対する規制を行なっている。

Table 1 は浮遊粒子状物質排出に対する各州の規制を要約したもので、これらの式を図示したものが Fig. 1 である。表から明らかなように、ジョージア州の不透明度（opacity**）限界10%を除いて、多くの州は20%を採

用している。

掲げた多くのプロセス生産量に対する排出許容式のうち、“b”がもっとも広く用いられている。式“a”は、“b”より厳しいものであるが、この式も広く採用されている。式“d”“f”がもっとも厳しい内容となっている。マサチューセッツ州は特定地域における既存施設に対して、式“f”を適用しており、これが現在の技術水準から見て一般的に粒子状物質発生源に対するもっとも厳しい規制といえることができる。

一般的な粒子状物質排出限界に加うるに、21の州はアスファルト工業にのみ適用する規制を設けている。ニューハンプシャー州を含むいくつかの州は Table 2 とほぼ同等のアスファルトプラントからの許容排出値を採用している。前掲の Fig. 1 には一般の粒子状物質排出量とアスファルトプラントからの許容排出量との比較も示してある。一方他州は排出ガス量に基づいた規制方式をとっている。このうち比較的厳しい例として、マサチューセッツ州の $0.06\text{grain/dscf}^{***}$ (0.14g/Nm^3)、コネチカット州の $0.3\text{lb}/1000\text{lb}$ 空気 (0.39g/Nm^3) がある。上述の規制値は既存プラントに関するものであり、新規

*fugitive dust を飛散性粉じんと訳した。アメリカでは煙突、ダクト以外から排出されるダストで、産業活動や建設作業に伴い、発生するものにこの語をあてられているが、日本ではこれに該当する適当な言葉はほかにない。

**opacity は日本ではオパシティともいう。いま入射光 I_0 に対する透過光量 I_x の割合を透明度（transmittance） T とする不透明度 OP との間には次の関係がある。

$$OP = 1 - T \quad 0 \leq T \leq 1$$

ここで透明度または不透明度と濃度との間には有名な Lambert-Beer の法則で知られる対数式がある。したがって、等目盛上に濃度を表示するため、光学濃度 OD （optical density）が用いられる。これらの関係は次式で示される。

$$OD = \log_{10}(1/T) \\ = -\log_{10}(1-OP)$$

なお opacity の測定法について規定する JIS は存在しない。測定は一般に光透過式測定器を用いて行ない、装置の据付けにあたっては1)ベント、ダンパーその他の障害物による流れの乱れの影響を避ける、2)ダクト開口部など外部から光の入る場所は避ける、3)保守点検の容易な場所、4)振動のない場所、などを考慮しなければならない。

***dscf は dry standard cubic foot の略である。いわゆる乾きの標準状態値に換算したもので、日本の規制とまったく同じ考え方をしているわけである。なお、わが国の法律ではこれを Nm^3 と表しているが、最近の JIS では mn^3 の表現に変更している。

Table 1 各州のばいじん規制値

州名	規制式	排出規制濃度 grain/scf (g/Nm ³)	opacity %	州名	規制式	排出規制濃度 grain/scf (g/Nm ³)	opacity %
Alabama	a		20	North Dakota	b		20
	b		20	Ohio	b		20
Alaska		0.1 (0.23)	20	Oklahoma	b		20
		0.05(0.11)	20	Oregon	e	0.2 (0.46)	20
Arizona	b		40			0.1(0.23) ⁽²⁾	20
Arkansas	a		20	Pennsylvania	h	0.02(0.046)	60
California				Puerto Rico	b		20
Colorado	a		20	Rhode Island	b		20
Connecticut	a		20	South Carolina	b		20
Delaware		0.2 (0.46)	20	South Dakota	b		20
District of Columbia	b (1)		20	Tennessee	b		20
		0.03(0.07)	20		a		20
Florida	a		20	Texas	i		20
Georgia	c		10	Utah			20
	b		10	Vermont			60
Hawaii	c		20	Virginia	b		20
Idaho	b		20				20
Illinois	b		30	Washington		0.2 (0.46)	40
	d		30			0.1(0.23) ⁽²⁾	40
Indiana	b		40	West Virginia			20
Iowa	b		40	Wisconsin	a		20
Kansas	b		40	Wyoming	b		20
Kentucky	b	0.02(0.046)	40		a ⁽²⁾		20
Louisiana	b		20				
Maine	a		40				
Maryland			20				
Massachusetts	e		20				
	f		20				
Michigan	b		20				
Minnesota	b		20				
Mississippi	c	0.3 (0.69)	20				
Missouri	b		40				
Montana	b		20				
Nebraska	b		20				
Nevada	b		20				
New Hampshire	g		20				
	b		20				
New Jersey			20				
New Mexico		690mg/m ³	20				
New York		0.3lb/100lb (3.87)	20				
		0.5(1.14) ⁽²⁾	20				
North Carolina	b		20				

(1) 30ton/hr 以上の場合のみ

(2) 新規設備

式の記号	$P < 30$ (ton/hr)	$P > 30$ (ton/hr)
a	$E' = 1.63P^{0.62}$	$E' = 7.85P^{0.16}$
b	$E' = 1.86P^{0.67}$	$E' = 24.9P^{0.11} - 18.1$
c	$E' = 1.86P^{0.67}$	
d	$E' = 1.15P^{0.584(*)}$	$E' = 11.25P^{0.16}$
e	$E' = 24.9P^{0.11} - 18.1$	
f	$E' = 12.5P^{0.11} - 9.1$	
g	$E' = 2.29P^{0.67}$	$E' = 29.9P^{0.11} - 21.8$
h	$E' = 8.75P^{0.42}$	
i	$E' = 1.42P^{0.985(**)}$	$E' = 11.5P^{0.287}$

ただし P = プロセス生産量 (ton/hr) E' = 許容排出量 (kg/hr)

*) 450ton/hr 以下 **) 20ton/hr 以下

Fig. 1 各州のばいじん許容排出量の比較

Table 2 アスファルトプラントからの許容排出量
(ニューハンプシャー州ほか)

プロセス生産量 lb/hr (ton/hr)	許容排出量 lb/hr (kg/hr)
10,000 (4.5)	10 (4.5)
20,000 (9.1)	16 (7.3)
30,000 (13.6)	22 (10.0)
40,000 (18.1)	28 (12.7)
50,000 (22.7)	31 (14.1)
100,000 (45.4)	33 (15.0)
200,000 (90.7)	37 (16.8)
300,000 (136.1)	40 (18.1)
400,000 (181.4)	43 (19.5)
500,000 (226.8)	47 (21.3)
以上	

プラントに対しては通常、0.04grain/dscf (0.09g/Nm³) が採用されている。

3州のみがポルトランドセメントプラントに対して規制している。コネチカット州では、飛散性粉じんに対して集じん率90%の集じん装置を設けるか、または0.02lb/cyコンクリート(約12g/m³コンクリート)の規制値のうち厳しい方を採用している。アイオワ州では0.1grain/cf(0.23g/m³)、ニューハンプシャー州では飛散性粉じんの集じんを必要とし、不透明度限界は20%となっている。

採石業に対してほとんどの州が特別の規制をもっていない。存在する規制は飛散性粉じんの制御に関連している。もっとも特殊な規制はアーカンソー州のもので、ここでは、採石業は不必要な発じんを抑えるように要求されており、特別に次のように述べている。“……粉砕機

Table 3 ニューハンプシャー州における鉄、非鉄
鋳造に対する許容排出量

プロセス生産量 lb/hr	新規設備に対する 許容排出量 lb/hr	既存設備に対する 許容排出量 lb/hr
(ton/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)
50(0.023)	0.36(0.16)	0.43(0.20)
100(0.045)	0.55(0.25)	0.68(0.31)
500(0.23)	1.53(0.69)	1.99(0.90)
1,000(0.45)	2.58(1.17)	3.17(1.44)
5,000(2.3)	7.50(3.4)	9.35(4.24)
10,000(4.5)	12.0(5.4)	14.85(6.74)
20,000(9.1)	19.2(8.7)	23.62(10.71)
60,000(27.2)	40.0(18.1)	49.31(22.3)
80,000(36.2)	42.5(19.3)	51.03(23.1)
120,000(54.4)	46.3(21.0)	55.55(25.2)
160,000(72.5)	49.0(22.2)	58.88(26.7)
200,000(90.6)	51.2(23.2)	61.53(27.9)
1,000,000(454)	69.0(31.3)	82.75(37.5)
2,000,000(906)	77.6(35.1)	93.11(42.2)

の出入口に湿式スプレーまたはそれに相当する発じん防止装置が最小限度必要である。”

鋳造業に対しての規制は14州にある。これらの規制のうち、規制方法および設定された限界値に関して、著しい差異がみられる。プロセス生産量に基づいて許容排出量をきめた州のうち、ニューハンプシャー州がもっとも厳しい規制をしている。既存の鉄、非鉄鋳造業に対する許容排出値はTable 3に与えられる。これをFig. 1に図示した。プロセス生産量が6万lb/hr(≒27ton/hr)以下に対する内そう値は次の式によって表現される。

$$E = 4.10P^{0.67} \quad P \leq 30 \text{ ton/hr} \cdots \cdots \text{新規設備}$$

$$(E' = 1.86P^{0.67})$$

$$E = 5.05P^{0.67} \quad P \leq 30 \text{ ton/hr} \cdots \cdots \text{既存設備}$$

$$(E' = 2.29P^{0.67})$$

6万lb/hr以上に対する内そう・外そう値を表す式は次のようになる。

$$E = 55.0P^{0.11} - 40 \quad P \geq 30 \text{ ton/hr} \cdots \cdots \text{新規設備}$$

$$(E' = 24.9P^{0.11} - 18.1)$$

$$E = 66.0P^{0.11} - 48 \quad P \geq 30 \text{ ton/hr} \cdots \cdots \text{既存設備}$$

$$(E' = 29.9P^{0.11} - 21.8)$$

ここで、

$$E = \text{許容排出値 (lb/hr)}$$

$$E' = \text{ " (kg/hr)}$$

$$P = \text{プロセス生産量 (ton/hr)}$$

他の州は排出空気に対して最大許容濃度を設けることによって粒子状物質の排出を制限している。マサチューセッツ州の規制がこの種のうちで厳しいものの一つであ

Table 4 ミシガン州における特定装置および特定操作に対する規制値

特定装置あるいは操作	容 量 (ton/hr)	許容排出量 lb/10 ³ lb 排出ガス量 (g/Nm ³)
鉄鑄造キューポラ	0～10	0.40(0.52)
	10～20	0.25(0.32)
	>20	0.15(0.19)
鉄ジョービングキューポラ		0.40(0.52)
電気アーク溶融		0.1(0.13)
砂の取扱い作業		0.1(0.13)

る。マサチューセッツ州において鉄鑄造業は2グループ—すなわち製造（production）鑄造とジョービング（jobbing）鑄造—に分けられており、製造鑄造からの排出物は0.13grain/cf（0.30g/m³）、ジョービング鑄造の場合はゆるく、0.21grain/cf（0.48g/m³）であり、非鉄鑄造は0.08grain/cf（0.18g/m³）である。

他方ミシガン州などでは特定の装置あるいは操作に対して規制値を設けている。ミシガン州の鑄造業の規制は**Table 4**に要約される。

いくつかの州は新規のキューポラや反射炉に0.022 grain/cf（0.05g/m³）の排出規制をしている。

すべての粒子状物質排出プロセスに適用される一般的な規制や特定の産業に対する規制に加えて、多くの州は飛散性粉じんの規制をしている。これまでに検討してきた5種の産業のおおのほは、飛散性粉じんの発生源と関連しており、それゆえ多くの飛散性粉じん規制もまた興味あるところである。一般に、多くの州の規制は同一形

式のもので、ロードアイランド州の規制はその典型である。その規制は下の通りである。

飛散性粉じん

要求—いかなる個人といえども粒子状物質の飛散を抑制する適切な配慮なしに物を扱い、運搬し、貯蔵してはならないし、建物およびその付属物や道路を使用、建設、変更、補修、破壊してはならない。そのような適切な配慮は、長官によって決定された良き産業慣習（good industrial practice）と一致し、次の諸条項に限定はしないが、それを含む。

- 可能なところでは、既存の建物、構造物の破壊建設、道路の勾配緩和、土地の開墾に際し、発じん防止のための水または化学薬品を使用する。
- 浮遊粉じんを生じる可能性のある未舗装道路、資材の積み置き、その他の表面へのアスファルト、油、水、化学薬品の使用あるいは被覆をする。
- ダストを扱う場所の囲い、換気をするフード、ファンの使用、バグフィルターを設置。サンドブラストおよび類似作業の際には適切な囲いを使用する。
- 浮遊粉じんを発生させやすい資材を輸送する開放した荷物トラックには常に覆いをつける。
- トラック輸送や道路の切削装置、水による腐食、道路などの砂や塩によって土や他の資材が、舗装道路上に落下し積した場合、これらをすみやかに除去する。

3. 連邦政府によるばいじん規制

以上述べた各州の規制値との比較のため **Table 5** に

Table 5 連邦政府によるばいじん規制

排出源〔公布または改正年度〕	対 象 施 設	排 出 基 準	opacity
ボ イ ラ ー (>250×10 ⁶ Btu/hr) [79. 5. 24]	石炭ボイラー	0.13lb/10 ⁶ Btu (≐0.034g/Nm ³)	20 %
	油ボイラー	0.1lb/10 ⁶ Btu (≐0.18g/Nm ³)	20 %
	ガスボイラー	0.1lb/10 ⁶ Btu (≐0.18g/Nm ³)	20 %
焼 却 炉 (>50tons/day) [74. 6. 14]	焼 却 炉	0.80gr/dscf (1.8g/Nm ³) (12% CO ₂ 換算)	—
ポートランドセメント製造 [75.10. 6]	キ ル ン	0.30lb/ton (0.14kg/ton)	20 %
	クリンカークーラー	0.10lb/ton (0.045kg/ton)	20 %
	飛散性粉じん発生源	—	10 %
アスファルトコンクリート製造 [75.10. 3]	乾燥機、ふるい 計量システム、その他	0.04gr/dscf (0.09g/Nm ³)	20 %
石 油 精 製 [75.10. 6]	接触分解塔	1.0lb/1,000lb (10kg/ton)	30 %

Table 5 (続き)

排出源〔公布または改正年度〕	対 象 施 設	排 出 基 準	opacity
鉛 二 次 製 練 〔75.10. 6〕	反射炉と溶鋳炉	0.022gr/dscf (0.05g/Nm³)	20 %
	ポット炉	—	10 %
真ちゅう・青銅二次精練 〔75.10. 6〕	反 射 炉	0.022gr/dscf (0.05g/Nm³)	20 %
	溶鋳炉と電気炉	—	10 %
鉄 鋼 製 造 〔74. 3. 8〕	酸素工程炉	0.022gr/dscf (0.05g/Nm³)	—
下水処理施設 〔74. 8. 3〕	スラッジ焼却炉	1.30lb/ton (0.6kg/ton)	20 %
銅 一 次 精 練 〔76. 2.26〕	乾 燥 機	0.022gr/dscf (0.05g/Nm³)	20 %
	溶鋳炉, 銅転炉	—	20 %
亜鉛一次精練 〔76. 1.15〕	焼 結 機	0.022gr/dscf (0.05g/Nm³)	20 %
	焙 焼 炉	—	20 %
鉛 一 次 精 練 〔76. 1.15〕	溶鋳炉, 反射炉	0.022gr/dscf (0.05g/Nm³)	20 %
	焼結機, 電気炉	—	20 %
石 炭 施 設 〔76. 1.15〕	熱乾燥機	0.031gr/dscf (0.070g/Nm³)	20 %
	空気式石炭洗浄施設	0.018gr/dscf (0.040g/Nm³)	10 %
	貯蔵, 輸送, 積出	—	20 %
アルミニウム一次精練 〔76. 1.26〕	ポットルーフ方式	全フッ化物	
	・ゼーダーベルグ式	2.0lb/ton (0.9kg/ton)	10 %
	・プレベーク式	1.9lb/ton (0.9kg/ton)	10 %
	陽極焼成装置	0.1lb/ton (0.05kg/ton)	20 %
鉄合金製造施設 〔76. 5.20〕	電気アーク炉		
	・高シリコン合金	0.99lb/Mw-hr (0.45kg/Mw-hr)	15 %
	・クロムマンガン合金	0.51lb/Mw-hr (0.23kg/Mw-hr)	15 %
	ダスト処理装置	—	10 %
鉄 鋼 施 設 〔75. 9.23〕	電気アーク炉	0.0052gr/dscf (0.012g/Nm³)	
	ダスト処理装置	—	10 %
クラフトパルプ製造 〔78. 2.23〕	回 収 炉	0.044gr/dscf (0.10g/Nm³)	
		8 % O₂ 換算	
	溶解タンク	0.2lb/ton (0.1kg/ton)	
	石 灰 炉		
	・ガス燃料	0.067gr/dscf (0.15g/Nm³)	
		10% O₂ 換算	
	・液体燃料	0.13gr/dscf (0.30g/Nm³)	
		10% O₂ 換算	
穀 倉 〔78. 8. 3〕	ドライヤー以外の設備	0.01gr/dscf (0.023g/Nm³)	
石灰製造施設 〔78. 3. 7〕	回転石灰炉	0.30lb/ton (0.15kg/ton)

Fig. 2 連邦および各州のばいじん許容排出量の比較

連邦政府によるばいじん規制値の一覧表を示す。大部分排出ガス量基準の値であり、各州の規制値との直接比較はできないが、生産量に対する規制値を採用しているセメントプラントなど 2, 3 の値について各州規制値との比較を行なったのが Fig. 2 である。

4. おわりに

アメリカにおけるばいじんの規制などに関してまとめた資料を得ることができなかったので、数少ない文献からとりあえず報告した。今後新たに資料がととのえば、その時点で改めて紹介したいと考えている。なんらかの御参考になれば幸いである。

1981: 2nd European Symposium on the Mixing of Particulate Solids

1981年5月10日より12日まで
英国, Birmingham において,
(問合せ先) Dr. R. J. Akers,

Dept. of Chemical Engineering,
Loughborough University of Technology,
Loughborough, Leicestershire LE 11. 3TU
Great Britain.