บทที่ 2

ฝุ่นในอากาศ

2.1 แหล่งที่มาของฝุ่นในอากาศ

ฝุ่นละออง เป็นอนุภาคที่ฟุ้งกระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากธรรมชาติ อีกส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ จากรายงานของ SCEP (The Study of Critical Environmental Problems, 1970) ได้จำแนกแหล่งที่มาของฝุ่นละอองไว้ 3 แหล่ง ได้แก่

2.1.1 แหล่งทั่วไปตามธรรมชาติ ได้แก่

ก. จากพายุฝุ่น และจากบริเวณทะเลทราย ขนาดของอนุภาคจะมีรัศมีมากกว่า 0.3 ไมครอน

ข. จากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคอลของก๊าซ (Photochemical gas reactions) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างก๊าซโอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ๆ ซึ่งมีรัศมีน้อยกว่า 0.2 ไมครอน

ค. จากการระเบิดของภูเขาไฟ ซึ่งจะพ่นทั้งอนุภาคฝุ่นละออง และก๊าซ

2.1.2 ละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากแหล่งมหาสมุทร

ละอองพวกนี้เกิดขึ้นจากละอองของน้ำทะเลที่แพร่กระจายในบรรยากาศแล้วเกิดการระเหยกลายเป็นอนุภาคของเกลือ (Oceanic salt) อนุภาคพวกนี้จะมีขนาดรัศมีมากกว่า 0.3 ไมครอน

2.1.3 ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ (Man-made aerosols) ได้แก่

ก. ฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้

ข. อนุภาคที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคอล ระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอน (ซึ่งเรียกว่า Smog reaction) อนุภาคที่เกิดขึ้นนี้ จะมีรัศมีน้อยกว่า 0.2 ไมครอน

ตารางที่ 2.1 การคาดคะเนการปล่อยฝุ่นละอองสู่บรรยากาศของโลกจากแหล่งต่าง ๆ ใน ค.ศ. 1968

ESTIMATED GLOBAL PARTICULATE EMISSIONS IN 1968

Source	Emissions, Tg	
	Natural	Anthropogenic
Primary particle production :		
Fly ash from coal	.....	36.0
Iron and steel industry emission	.....	9.0
Nonfossil fuels (wood, mill wastes)	.....	8.0
Petroleum combustion	.....	2.0
Incineration	.....	4.0
Agicultural emission	.....	10.0
Cement manufacturing	.....	7.0
Miscellaneous	.....	16.0
Sea salt	1000	
Soil dust	200	
Volcanic particles	4.0	
Forest fires	200	
Subtotal	1404	92.0
Gas-to-particle conversion:		
Sulfate from H2S	202	
Sulfate from SO2	.....	147
Nitrate from NOx	430	30
Ammonium from NH3	269	
Organic aerosol from terpenes, hydrocarbons, etc.	198	27
Subtotal	1099	204
Total	2503	296

จากตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงการคาดคะเนแหล่งที่มาของฝุ่นบรรยากาศของโลกในปี ค.ศ.1968 จะเห็นได้ว่าจำนวนฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีประมาณร้อยละ 10 ของจำนวนของฝุ่นละอองที่เกิดจากธรรมชาติ

John H.Seinfeld (Seinfeld, John H., 1975) ได้พิจารณาแหล่งที่มาของฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งธรรมชาติเป็น 2 ส่วน ได้แก่ แหล่งธรรมชาติปฐมภูมิ (Primary natural source) และแหล่งธรรมชาติทุติยภูมิ (Secondary natural source) แหล่งธรรมชาติปฐมภูมิเป็นแหล่งใหญ่ที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองในธรรมชาติ จะประกอบด้วยฝุ่นที่เกิดจากลมพัด หรือพายุ ละอองของน้ำทะเล (Sea spray) ฝุ่นจากภูเขาไฟ และฝุ่นที่เกิดจากไฟป่าหรือไฟไหม้อื่น ๆ สำหรับแหล่งธรรมชาติทุติยภูมิจะเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของคาร์บอน กำมะถัน และไนโตรเจน และการเปลี่ยนจากก๊าซเป็นของแข็ง

Environmental Protection Agency (EPA) (National Air Pollution Control Administration Publication AP-73, 1970) ได้รายงานเกี่ยวกับปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1966-1968 แสดงดังตารางที่ 2.2 ซึ่งแหล่งที่มาของฝุ่นละอองเกือบทั้งหมดเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์

สำหรับการปล่อยฝุ่นละอองออกสู่สิ่งแวดล้อม จากแหล่งชบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแสดงไว้ในตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก ก.) ปริมาณของฝุ่นละอองที่แสดงไว้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมของฝุ่นละอองต่อผลผลิตสำเร็จรูป 1 ตัน (kilograms of particulate matter per tonne of finished product) ค่าแฟคเตอร์ของการปล่อย (emission factor) หมายถึง น้ำหนักของฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมาต่อวัตถุดิบที่ใช้ 1 ตัน

สำหรับประเทศไทยนั้น สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้มีการสำรวจปริมาณฝุ่นละอองจากแหล่งต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานครและจากต่างจังหวัด ข้อมูลที่ได้แสดงในตารางที่ 2.3 ตารางที่ 2.4 และ รูปที่ ก.1 (ภาคผนวก ก.) สำหรับข้อมูลที่เกี่ยวกับอัตราการปล่อยฝุ่นละอองและสารมลพิษอื่น ๆ ที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิงต่าง ๆ และแหล่งที่ใช้เชื้อเพลิงนั้น ๆ แสดงในตารางที่ ก.2 (ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองสู่สิ่งแวดล้อมทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา จากแหล่งต่าง ๆ ในแต่ละปี

Nationwide emissions of particulates by year

Source	1966	1967	1968	Change from 1966 to 1968
		10^6 tons		
Transportation	1.2	1.1	1.2	N*
Motor vehicles	0.7	0.7	0.8	+0.1
Other	0.5	0.4	0.4	-0.1
Fuel combustion	9.2	8.9	8.9	-0.3
Coal	8.5	8.2	8.2	-0.3
Fuel oil	0.3	0.3	0.3	N
Natural Gas	0.1	0.2	0.2	+0.1
Wood	0.3	0.2	0.2	-0.1
Industrial processes	7.6	7.3	7.5	-0.1!
Soil-waste disposal	1.0	1.1	1.1	+0.1
Miscellaneous	9.6	9.6	9.6	N
Man made	2.9	2.9	2.9	N
Forest fires	6.7	6.7	6.7	N
Total	28.6	28.0	28.3	-0.3

*N = Negligible.

!Apparent change.

ตารางที่ 2.3 ปริมาณฝุ่นละอองในเขตกรุงเทพมหานคร (ค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง)

แหล่งสำรวจ	ประเภทพื้นที่	ฝุ่นละออง (มก./ลบ.ม.)			
		ปี	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
สถานีของกระทรวงสาธารณสุขและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (โครงข่ายที่ 1)					
1. สำโรง	อุตสาหกรรม	2522	0.063	0.156	0.364
		2523	0.019	0.158	0.413
		2524	0.068	0.253	0.706
		2525	0.096	0.243	0.897
		2526	0.074	0.215	0.999
		2527	0.057	0.197	0.767
2. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ที่อยู่อาศัย	2521	0.072	0.152	0.293
		2522	0.084	0.150	0.350
		2523	0.022	0.099	0.386
		2524	0.043	0.112	0.288
		2525	0.054	0.136	0.403
		2526	0.072	0.155	0.394
		2527	0.076	0.184	0.458
3. ลาดพร้าว	ที่อยู่อาศัย	2522	0.090	0.184	0.409
		2525	0.039	0.159	0.305
		2526	0.043	0.163	0.405
		2527	0.063	0.234	0.622
สถานีของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (โครงข่ายที่ 2)					
1. สำนักงาน วล.	ที่อยู่อาศัย	2526	0.030	0.107	0.240
		2527	0.050	0.102	0.160
2. ลาดพร้าว จันทร์เกษม	ที่อยู่อาศัย	2526	0.030	0.121	0.410
		2527	0.030	0.117	0.300
3. บ้านสมเด็จ	หลายประเภท	2526	0.040	0.136	0.500
		2527	0.010	0.118	0.270
4. ราษฎร์บูรณะ	อุตสาหกรรม	2526	0.030	0.103	0.420
		2527	0.040	0.126	0.260
5. เสาวภา	พาณิชยกรรม	2526	0.040	0.094	0.420
		2527	0.050	0.098	0.240
6. สุขุมวิท	ที่อยู่อาศัย	2526	0.040	0.114	0.280
		2527	0.040	0.096	0.200
7. บางนา	อุตสาหกรรม	2526	0.040	0.115	0.390
		2527	0.040	0.143	0.250
8. ลาดกระบัง	ชานเมือง	2526	-	-	-
		2527	0.020	0.062	0.130

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กรมวิเทศสหการ และ USAID 2531

ตารางที่ 2.4 ปริมาณฝุ่นละอองบนถนนสายหลักในเมืองในปี 2526 (ค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง)

แหล่งสำรวจ	สูงสุด (มก./ลบ.ม.)
กรุงเทพฯ	0.23 - 1.05
เชียงใหม่	0.41 - 0.47
หาดใหญ่	0.42 - 0.45

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กรมวิเทศสหการ และ USAID 2531

ตารางที่ 2.5 ปริมาณสารมลพิษอากาศจากแหล่งต่าง ๆ ประเมินสำหรับปี 2525

หน่วย : ตัน/ปี

แหล่ง	ฝุ่นละออง	SO_x	NO_x	HC	CO
การคมนาคมขนส่ง	7,515	47,339	35,390	17,952	406,570
	(3 %)	(15 %)	(23 %)	(46 %)	(60 %)
โรงไฟฟ้า	96,300	153,087	43,027	1,054	2,143
	(33 %)	(48 %)	(28 %)	(3 %)	(0 %)
อุตสาหกรรม	62,701	106,735	23,970	6,569	110,212
	(21 %)	(34 %)	(16 %)	(17 %)	(16 %)
การบริการ	4,221	2,145	5,114	1,525	108,937
	(1 %)	(1 %)	(3 %)	(12 %)	(16 %)
การประมง	0	1,220	12,204	2,306	4,972
	(0 %)	(0 %)	(8 %)	(6 %)	(1 %)
เกษตรกรรม	54,022	3,607	8,166	1,882	34,566
	(19 %)	(1 %)	(5 %)	(5 %)	(5 %)
ครัวเรือน	67,109	2,997	24,843	4,942	4,941
	(23 %)	(1 %)	(16 %)	(13 %)	(1 %)
รวม	291,868	317,130	152,714	39,229	672,441
	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)

หมายเหตุ : SO_2 = ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ NO_x = ไนโตรเจนออกไซด์
HC = ไฮโดรคาร์บอน CO = คาร์บอนมอนอกไซด์

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กรมวิเทศสหการ และ USAID 2531

2.2 ชนิดของฝุ่น

เนื่องจากฝุ่นละอองประกอบด้วยอนุภาคชนิดต่าง ๆ และมีขนาดต่าง ๆ กัน มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ รวมถึงการที่มีแหล่งที่มาที่แตกต่างกันอีกด้วย ดังนั้นในการแบ่งแยกประเภทของฝุ่นละอองอย่างแน่นอนอาจกระทำได้ยาก จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายๆ แขนง เช่น เคมี ฟิสิกส์ ไมโครสโคปี (Microscopy) ผลึกวิทยา (Crystallography) เป็นต้น

McCrone (McCrone, Walter C., 1972) ได้เสนอไว้ว่า ในการศึกษาตัวอย่างฝุ่น สิ่งสำคัญ คือจะต้องจัดให้อยู่ใน 3 ลำดับย่อยนี้ให้ได้ ลำดับย่อยทั้ง 3 ลำดับได้แก่

ก. ผลผลิตที่เกิดจากการกัดเซาะของลม (Wind-erosion products)

- ทางด้านชีววิทยา เช่น ไฟเบอร์ ละอองเกสร (pollens) เมล็ด (seed) และอื่น ๆ
- ทางด้านแร่ (Mineral)

ข. ฝุ่นที่เกิดจากอุตสาหกรรม (Industrial dust)

- ไฟเบอร์ (กระดาษ และสิ่งทอ)
- ผลิตภัณฑ์เคมี (ปุ๋ย ซีเมนต์ สี สีย้อม และอื่น ๆ)
- ฝุ่นที่เกิดจากการหล่อโลหะ
- พวกโพลิเมอร์ และอื่น ๆ

ค. ผลผลิตที่เกิดจากการเผาไหม้

- จากเตาเผาขยะ และเตาเผาใบไม้
- จากเตาที่ใช้ภายในครัวเรือน
- จากเตาขนาดเล็กที่ใช้ต้มน้ำในการผลิตไอน้ำ
- จากอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และเตาต้มน้ำที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ สำหรับสาธารณชน

ขนาดของฝุ่นละอองเป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญซึ่งสามารถใช้ในการจำแนกประเภทของฝุ่นละออง U.S.EPA (U.S. Environmental Protection Agency, 1982a) ได้กำหนดขนาดของฝุ่นละอองไว้ คือ จาก 0.005 ไมครอน ถึงประมาณ 100 ไมครอน และจำแนกประเภทของฝุ่นไว้ 2 ชนิด ได้แก่

ก. ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก (Fine particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละอองประเภทนี้ จะเป็นอันตรายอย่างมากต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

ข. ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (Coarse particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2.5 ไมครอน

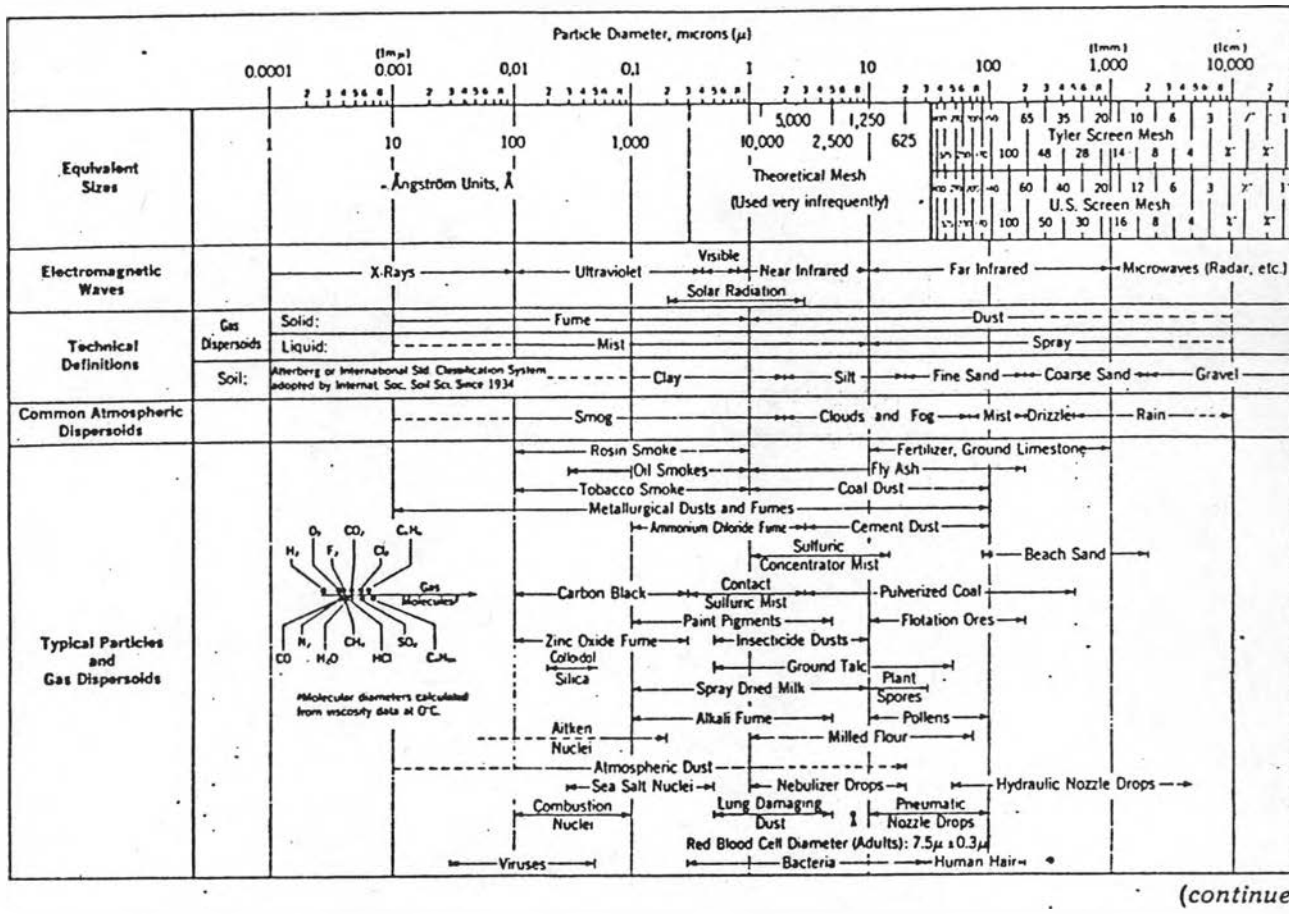
สำหรับการเรียกชื่อชนิดของฝุ่นละออง อาจเรียกได้ตามลักษณะโครงสร้าง หรือองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น หรือประเภทของอุตสาหกรรม หรือขบวนการทางอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ฝุ่นถ่านหิน (Coal dust) ขี้เถ้าถ่านหิน (Coal fly ash) ฝุ่นปูน (Cement dust) ฝุ่นดิน (Soil dust) ฝุ่นซิลิกา (Silica dust) ฝุ่นคาร์บอน (Carbon black dust) และ ฝุ่นของแอสเบสตอส เป็นต้น

2.3 ลักษณะทางกายภาพของฝุ่น

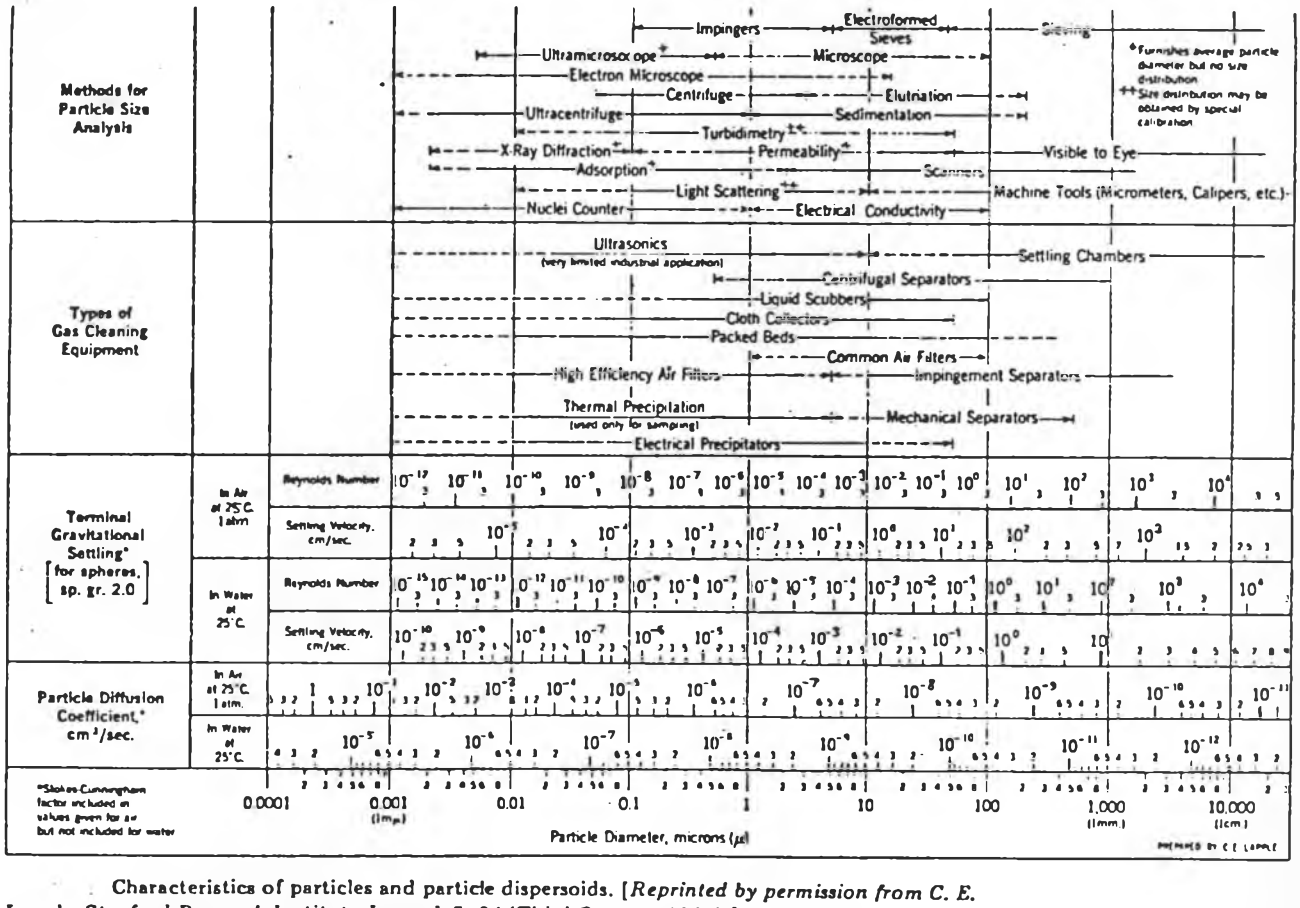
เนื่องจากฝุ่นละอองที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศนั้น มีแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันทั้งขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น องค์ประกอบทางเคมี การเกาะตัวกัน (Cohesiveness) และโครงสร้าง นอกจากนั้นในขณะที่อยู่ในบรรยากาศอาจเกิดการกระทำหรือเกิดปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้เกิดความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น ที่สถาบันวิจัยสแตนฟอร์ดในสหรัฐอเมริกา (Perkins, Henry C., 1974) ได้จัดพิมพ์แผนภูมิแสดงลักษณะเฉพาะของอนุภาคขนาดต่าง ๆ จากแหล่งที่มาของอนุภาคต่าง ๆ กัน (แสดงในรูปที่ 2.1) เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับงานวิจัย และงานทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับอนุภาค

ฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ จะมีการเคลื่อนที่ในลักษณะที่ไม่เป็นระเบียบ การแพร่กระจายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยอาศัยลมพัดพาไป ดังนั้นลักษณะทางภูมิประเทศภูมิอากาศและสภาพทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) จะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนย้าย หรือ การแพร่กระจายของฝุ่นละอองมากที่สุด

โดยทั่วไปธรรมชาติจะมีขบวนการที่จะลดจำนวนฝุ่นในบรรยากาศลง เช่น การเกิดฝนตก ฟ้าคะนอง ขบวนการเช่นนี้จะทำให้ฝุ่นละอองเกิดการจับตัวกัน หรือรวมกับเมฆ และตกลงมาพร้อมกับฝน หรือฝุ่นละอองจะถูกชะล้างโดยน้ำฝน สำหรับฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่จะเกิด



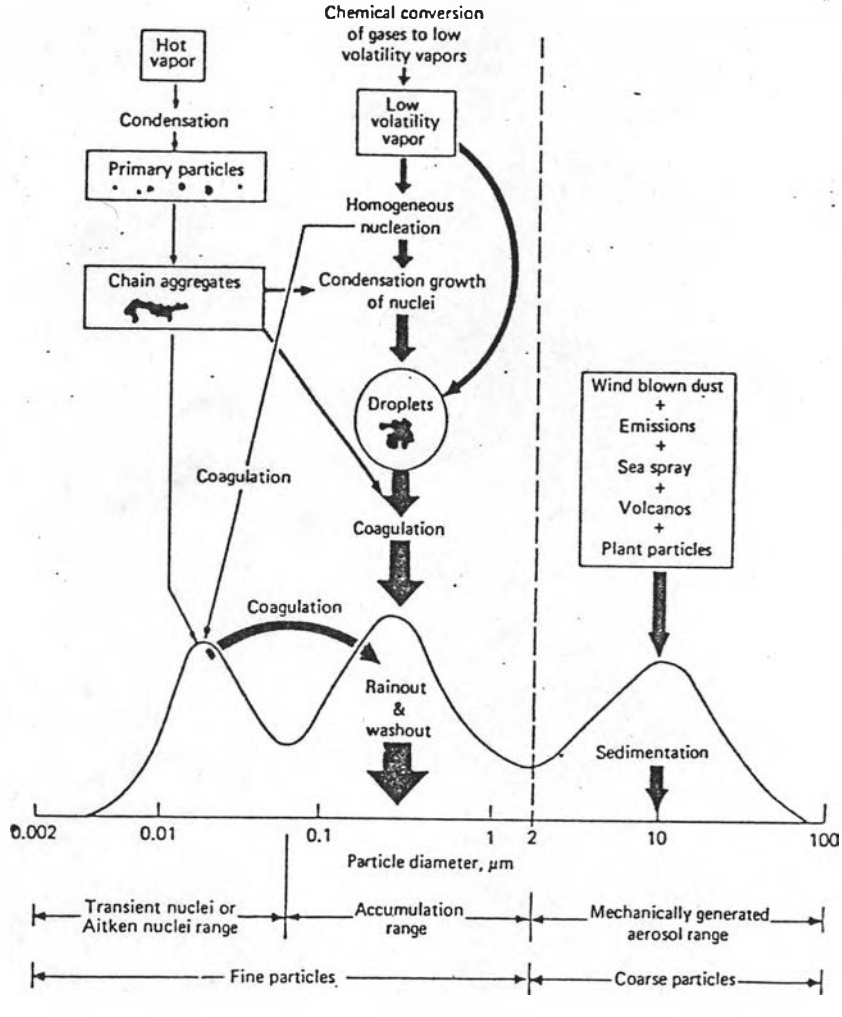
(continued)



Characteristics of particles and particle dispersoids. [*Reprinted by permission from C. E. Lapple, Stanford Research Institute Journal, 5, 94 (Third Quarter, 1961).*]

รูปที่ 2.1 ลักษณะเฉพาะของอนุภาคและอนุภาคของแข็งที่แพร่กระจายได้

การตกลงมาเองเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitaional settling) ในรูปที่ 2.2 แสดงการแจกแจงขนาดของอนุภาคในบรรยากาศและกลไกการเกิดละออง ซึ่งจะพบว่าฝุ่นละอองที่มีสัดส่วนมากกว่า ได้แก่ พวกฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2 ไมครอน) โดยทั่วไปเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น พวกซัลเฟต จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นตะกั่วจากไอเสียของยานพาหนะ ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 2 ไมครอน ส่วนมากเกิดขึ้นจากธรรมชาติ



Schematic diagram of the size distribution (expressed as surface area per increment in particle diameter) and formation mechanisms for atmospheric aerosols (reproduced from *Atmos. Environ.* 12, 136 with permission of Pergamon Press).

รูปที่ 2.2 การแจกแจงขนาดของอนุภาคในบรรยากาศ และกลไกของการเกิดละออง ในบรรยากาศ

018604

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่น

ฝุ่นละอองในบรรยากาศจะมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา (Dynamic system) และเนื่องจากฝุ่นละอองมีที่มาจากแหล่งต่าง ๆ กัน นอกจากนั้นสภาพภูมิอากาศ และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาจะมีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละอองด้วย ดังนั้น ทั้งรูปร่าง ขนาด โครงสร้าง การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี การเกาะกันเป็นก้อน (Coagulation) จะเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งจะมีผลต่อการแพร่กระจาย (Diffusion) และการตกลงสู่พื้นของฝุ่น จากสภาพเหล่านี้จะทำให้ทั้งปริมาณ และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้น ในการพิจารณาปริมาณ และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองจึงเป็นไปในลักษณะของค่าเฉลี่ย

อย่างไรก็ตาม การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองในบรรยากาศควบคู่ไปกับข้อมูลของฝุ่นจากแหล่งกำเนิดโดยตรง อาจทำให้สามารถบอกแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณที่สนใจได้

ในตารางที่ 2.6 เป็นตัวอย่างของข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของธาตุจากตัวอย่างฝุ่นเกลือทะเล (Sea salt) ฝุ่นที่เกิดจากไอเสียของรถยนต์ (Automobile particulate emissions) และฝุ่นจากขี้เถ้าจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil fly ash)

ในตารางที่ 2.7 เป็นการเปรียบเทียบให้เห็นถึงข้อมูลทางด้านปริมาณธาตุของตัวอย่างฝุ่นดินในบรรยากาศ (Airborne soil dust) กับปริมาณธาตุของดินที่รู้แหล่งที่มาแล้ว ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าเทียบเคียงกันได้

2.5 ธาตุปริมาณน้อยในฝุ่น

ธาตุปริมาณน้อยในฝุ่นในอากาศที่สำคัญ ได้แก่ พวกโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง สารหนู (Arsenic, As) แมงกานีส โครเมียม แคดเมียม ปรอท และ เซลิเนียม (Se) เป็นต้น

แหล่งที่มาของโลหะหนักส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์โดยเฉพาะแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่งที่ใช้ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และทางด้านการเกษตรซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้ปุ๋ยเคมี หรือ เคมีภัณฑ์อื่น ๆ

ตารางที่ 2.6 ปริมาณธาตุในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักของเกลือทะเล ฝุ่นละอองจากไอเสียของรถยนต์ และขี้เถ้าจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง

PERCENTAGE BY WEIGHT OF ELEMENTS IN SEA SALT, AUTOMOBILE PARTICULATE EMISSIONS, AND FUEL OIL FLY ASH

	Sea Salt (12a, b)	Automobile	Fuel Oil Particulate		
			PS 400(17)	4 API (17)	(18)
Al	0.00046–0.0055		0.8	7.9	0.8
Ba	0.00014		0.36	0.09	0.1
Br	0.19	7.9 (13)			
C (noncarbonate)	0.0035–0.0087		58.1	18.1	
Ca	1.16		0.14	0.28	1.3
Cl	55.04	6.8 (13)		0.5	
Cu	—		0.008	0.20	0.2
Fe	0.00005–0.0005	0.4 (13)	2.16	2.59	6 ± 1
I	0.00014				
K	1.1				0.2
Mg	3.69		0.12	0.42	0.06
Mn	0.0000025–0.000025		0.02	0.02	0.06
Na	30.61		0.67	2.22	5 ± 1
NH_4^+	0.0000014–0.000014				
NO_3^-	0.000003–0.002				
Pb	0.000012–0.000014	40 (13)	0.09	0.18	0.07
Si	0.00014–0.0094		0.28	0.45	1
$SO_4^=$	7.68		17.5	25.0	
V	0.0000009		1.70	3.20	7 ± 2
Zn	0.000014–0.000040	0.14 (16)		0.05	0.02

ที่มา : Miller, M.S., Friedlander, S.K., and Hidy, G.M., 1972

ตารางที่ 2.7 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นดินในอากาศเปรียบเทียบกับของดิน

AVERAGE COMPOSITION OF AIRBORNE SOIL DUST AS COMPARED WITH PRECURSOR SOIL

	% in Dust[b]	% in Soil[c]
Al	8.2 ± 1.1	6.9 ± 1.5
Ba	0.06 ± 0.01	0.10 ± 0.05
Ca	1.5 ± 0.6	1.0 ± 0.4
Co	0.002 ± 0.0005	0.0008 ± 0.0002
Cu	0.005 ± 0.0005	0.002 ± 0.001
Fe	3.2 ± 0.05	2.0 ± 0.4
In	0	0
K[a]	1.5 ± 0.8	2.5 ± 1
Mg	1.4 ± 0.5	0.7 ± 0.4
Mn	0.11 ± 0.02	0.06 ± 0.02
Na	2.5 ± 0.3	2.4 ± 0.4
Ni	0.004 ± 0.001	0.002 ± 0.001
Pb	0.02 ± 0.005	0.006 ± 0.001
Si	20 ± 2	26 ± 2
Ti	0.4 ± 0.05	0.3
V	0.006 ± 0.002	0.004 ± 0.002
Zn	<0.01	<0.01

[a] Analyzed by X-ray fluorescence; all other elements determined by spectrographic analysis.
[b] Average of two soil dust samples.
[c] Average of two soil samples used as sources for dust samples.

ที่มา : Miller, M.S., Friedlander, S.K., and Hidy, G.M., 1972

โลหะหรือสารประกอบของโลหะที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศ อาจแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ (Harrison, R.M., 1986) ได้แก่ อนุภาคที่เป็นของแข็ง (Solid particulate matter) หยดของเหลว (Liquid droplets, Mists) และไอ (Vapor) และมีขนาดอนุภาคต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ขนาดเล็กมากจนถึงขนาดใหญ่

U.S. National Air Sampling Network (Harrison, R.M., 1986) ได้รายงานเกี่ยวกับระดับปริมาณโลหะต่างๆ ในฝุ่นละออง (Suspended particulate matter) ณ สถานีตรวจวัดในเมือง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ความเข้มข้นเฉลี่ยและความเข้มข้นสูงสุดของมลพิษในบรรยากาศ ณ สถานีตรวจวัดในเมือง ประเทศสหรัฐอเมริกา

Average and maximum concentration of airborne pollutants measured at urban stations by the US National air sampling network, 1964–65 [2]

Pollutant	*Concentration* ($\mu g\ m^{-3}$)[a] *Arithmetic average*	*Maximum*
Total suspended particulate matter	105	1254
Antimony (Sb)	0.001	0.160
Arsenic (As)	0.02	
Beryllium (Be)	<0.0005	0.010
Bismuth (Bi)	<0.0005	0.064
Cadmium (Cd)	0.002	0.420
Chromium (Cr)	0.015	0.330
Cobalt (Co)	0.0005	0.060
Copper (Cu)	0.09	10.00
Iron (Fe)	1.58	22.00
Lead (Pb)	0.79	8.60
Manganese (Mn)	0.10	9.98
Molybdenum (Mo)	<0.005	0.78
Nickel (Ni)	0.034	0.460
Tin (Sn)	0.02	0.50
Titanium (Ti)	0.04	1.10
Vanadium (V)	0.050	2.200
Zinc (Zn)	0.67	58.00

[a] Bi-weekly 24 h samples.

ที่มา : Harrison, R.M., 1986

สำหรับประเทศไทยนั้น สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530) ได้รายงานเกี่ยวกับระดับปริมาณตะกั่วในบรรยากาศในเขตกรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ. 2526-2529 ข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ ก.2 (ภาคผนวก ก.)

2.6 ผลกระทบของฝุ่นต่อมนุษย์

ฝุ่นละออง เป็นสารมลพิษในอากาศที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ อันตรายของฝุ่นละอองต่อมนุษย์นั้นขึ้นอยู่กับ

ก. ตำแหน่งของการสะสมตัวของฝุ่นละอองในปอด ซึ่งสัมพันธ์กับ ขนาด รูปร่าง และความหนาแน่นของฝุ่นนั้น

ข. ผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อเนื้อเยื่อ ซึ่งจะสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ การเข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยการหายใจจะเกิดขึ้นได้ยาก ฝุ่นละอองประเภทนี้ไม่ค่อยจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากนัก นอกเสียจากองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น มีสารที่อาจจะทำให้เกิดอันตรายหรือเกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังภายนอกของมนุษย์โดยตรง

ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก เป็นประเภทที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถเข้าสู่ร่างกายโดยตรงโดยผ่านทางระบบทางเดินหายใจ และจะเกิดการสะสมตัวภายในถุงลมของปอด ทำให้เกิดการอักเสบเป็นแผลเรื้อรัง และก่อให้เกิดมะเร็งในปอดได้

ตัวอย่างฝุ่นละอองของสารบางอย่างที่เป็นต้นเหตุทำให้เนื้อเยื่อของปอดเกิดการอักเสบเป็นแผลขึ้น พร้อมทั้งชื่อของโรคที่มีสาเหตุมาจากสารนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 2.9

ฝุ่นละอองที่มีโลหะหนักปนเปื้อน หรือฝุ่นละอองของโลหะหนัก และฝุ่นละอองของสารประกอบโลหะหนัก ฝุ่นละอองประเภทนี้จะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากพิษภัยของโลหะหนักที่มีต่อมนุษย์

ฝุ่นละออง นอกจากจะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์แล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาทางด้านทัศนวิสัยอีกด้วย

ตารางที่ 2.9 สารที่เป็นต้นเหตุก่อให้เกิดแผลที่เนื้อเยื่อของปอด

Agents That Cause Scar Formation in Lung Tissue

Material	*Disease Designation*
Inorganic fibers and dusts	
Crystalline silica	Silicosis
Asbestos	Asbestosis
Talc	Talcosis
Coal (pure)	Coal workers' pneumoconiosis
Kaolin	Kaolinosis
Graphite	Graphite lung
Organic fibers and dusts	
Cellulose	Bagassosis
Cotton	Byssinosis
Flax	Byssinosis
Hemp	Byssinosis
Metallic Fumes	
Tin oxide	Stannosis
Iron oxide	Siderosis
Berylium oxide	Berylliosis

ที่มา : Kupchella, Charles E., and Hyland, Margaret C., 1989

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย