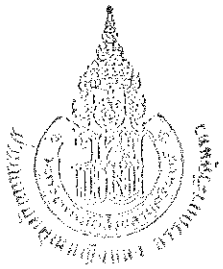


การศึกษาหาปริมาณแก๊สมลพิษบางชนิด ในจังหวัดนครศรีธรรมราช

STUDIES AND DETERMINATION OF SOME GAS POLLUTANTS IN AMBIENT AIR IN NAKORNSRITHUMMARAT PROVINCE

วิวัฒน์ ปาหินา

WIWAT PAHINA

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

MASTER OF SCIENCE THESIS IN CHEMICAL STUDIES

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

2532

0

เลขหมู่ TD883.15 P65 2532 ก. 2

Bib Key 15522

19 มิ.ย. 2551

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาหาปริมาณแก๊สมลพิษบางชนิด ในจังหวัดนครศรีธรรมราช
ผู้เขียน นายวิวัฒน์ ปาหินา
สาขาวิชา เคมีศึกษา

คณะกรรมการที่ปรึกษา

ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พนิต เชิดชูพงษ์)

คณะกรรมการสอบ

ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตาจารย์ พนิต เชิดชูพงษ์)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์)

กรรมการ
(ดร.อุดม จริงจิตร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์หรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บทคัดย่อ-ภาษาไทย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาปริมาณแก๊สมลพิษบางชนิด ในจังหวัดนครศรี-ธรรมราช
ผู้เขียน	นายวิวัฒน์ ปาหินา
สาขาวิชา	เคมีศึกษา
ปีการศึกษา	2532

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปริมาณแก๊สมลพิษในอากาศ 3 ชนิด คือ คาร์บอนมอ-นอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างเดือนมีนาคม 2530 ถึง เดือนสิงหาคม 2530 โดยการเก็บตัวอย่างอากาศ 12 สถานี ใน 4 อำเภอ คือ อำเภอทุ่งสง 3 สถานี อำเภอปากพนัง 2 สถานี อำเภอเมือง 5 สถานี และอำเภอชนอม 2 สถานี โดยแบ่งสถานีตรวจเป็น 2 ลักษณะคือบริเวณที่มีการจราจรเบาบางมีผู้คนสัญจรไปมาน้อย 5 สถานี และบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นมีผู้คนสัญจรไปมามาก 7 สถานี ในการวิเคราะห์ จะเก็บตัวอย่างอากาศที่ระดับความสูง 1.50 เมตร จากพื้น โดยวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยวิธีใช้หลอดตรวจแก๊ส (GAS DETECTOR TUBE) วิเคราะห์หาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยวิธีคัลเลอริเมตริก (COLORIMETRIC METHOD) และวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธีพาราโรซานิลีน (PARAROSANILENE METHOD)

จากการศึกษานี้ได้พิสัยของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อยู่ในช่วงไม่สามารถตรวจวัดได้ถึง 0.7 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 0.6 ถึง 7.4 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm.) สำหรับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบในช่วงที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ถึง 0.7 ส่วน ในร้อยล้านส่วน (pphm.)

บทคัดย่อ-ภาษาอังกฤษ

Thesis title Studies and Determination of Gas Pollutants in Ambient Air in Nakornsrithummarat Province
Author Mr. Wiwat Pahina
Major Program Chemical Studies
Academic year 1989

Abstract

Three gas pollutants i.e.,carbon monoxide,nitrogen dioxide and sulfur dioxide in ambient air in Nakornsrithummarat province area were studied during March 1987 to August 1987. Air samples were taken from 12 designated stations covering four Amphurs. Amphur Thungsong 3 stations, two stations in Amphur Pakpanang 5 from Amphur Muang and 2 from Amphur Kanoum. Five of 12 these stations are in the area of light traffic and low inhabitants, others are in the area of heavy traffic and densed inhabitants. Air sampling were taken at 1.50 meters above ground level. Determination of carbon monoxide by gas detector tube method, nitrogen dioxide was determinated by colorimetric method and sulfur dioxide was determinated by pararosaniline method.

The range of carbon monoxide was nondetecable - 0.7 part per million while that of nitrogen dioxide was 0.6 - 7.4 part per hundred million, sulfur dioxide was nondetecable - 0.7 part per hundred million

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา ผู้ให้แนวความคิดคำแนะนำ และความช่วยเหลือทุก ๆ ด้าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พนิต เชิดชูพงษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และแนะนำด้านเครื่องมือที่ให้ประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้ และได้กรุณาตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ และ ดร.อุดม จริงจิตร ที่ให้คำแนะนำ ตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

วิวัฒน์ บาหินา

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
รายการตาราง	ฉ
รายการรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
1.3 ความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาค้นคว้า	4
1.4 ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.6 ทฤษฎี	6
1.6.1 คาร์บอนมอนอกไซด์	6
1.6.2 ไนโตรเจนไดออกไซด์	11
1.6.3 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	17
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า	24
2.1 กลุ่มตัวอย่าง	24
2.2 เวลาในการเก็บตัวอย่าง	29
2.3 วิธีการวิเคราะห์และเครื่องมือเก็บตัวอย่าง	29
2.3.1 คาร์บอนมอนอกไซด์	29
2.3.2 ไนโตรเจนไดออกไซด์	38
2.3.3 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	39
2.4 หลักการทำงานของเครื่องมือ	43
บทที่ 3 การทดลอง	45
3.1 สารเคมี	45
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	47
3.3 วิธีทดลอง	48
3.3.1 วิธีหลอดตรวจแก๊ส	48
3.3.2 วิธีคัลเลอริเมตริก	49
3.3.3 วิธีพาราโรซานิลีน	63

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลและบทวิจารณ์	74
4.1 ผลการทดลอง	74
4.2 การศึกษาปริมาณแก๊สมลพิษในจังหวัดนครศรีธรรมราช	106
4.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง	106
4.4 ข้อเสนอแนะ	107
4.5 บทสรุป	107
ภาคผนวก 1 แสดงสภาพอากาศในระหว่างเก็บตัวอย่าง	110
ภาคผนวก 2 ผลจากการศึกษาปริมาณแก๊สมลพิษบางชนิดในประเทศไทย	113
ภาคผนวก 3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย	151
เอกสารอ้างอิง	152

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	ภัยพิบัติเนื่องจากอากาศเป็นพิษ	3
2	ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมา โดยประมาณจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา 1970	8
3	ปริมาณคาร์บอกซีฮีโมโกบิน (HbCO) ในเลือดและผลต่อสุขภาพมนุษย์	11
4	อัตราการเกิดออกซิเดชั่นของไนตริกออกไซด์ ในอากาศ ($20\%O_2$) อุณหภูมิ 20^0C	12
5	ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ปล่อยออกมาโดยประมาณจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา 1970	13
6	ระดับและอิทธิพลของไนโตรเจนไดออกไซด์	16
7	ปริมาณซัลเฟอร์ออกไซด์ ที่ปล่อยออกมาโดยประมาณจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา 1970	18
8	ผลของซัลเฟอร์ออกไซด์ต่อสุขภาพของมนุษย์	21
9	องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์และแห้งที่ระดับน้ำทะเล	22
10	ระดับการทนได้และความเป็นพิษสัมพัทธ์ของแก๊สมลพิษที่สำคัญ	23
11	สมบัติของหลอดตรวจแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	35
12	การแก้ไขความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่อ่านได้จากหลอดตรวจแก๊สที่อุณหภูมิต่าง ๆ	36
13	สารเคมี ที่รบกวนการวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยหลอดตรวจแก๊ส	37
14	ค่าแอบซอฟแบนซ์ของสารละลายโซเดียมไนไตรต์ เข้มข้น 20.30 ppm. 0.5 มิลลิลิตร ในสารละลายดูดกลืนแสง 24.5 มิลลิลิตร ในช่วงความยาวคลื่น 548-552 นาโนเมตร	51
15	ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตรของไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 15 นาที	55
16	ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตรของไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 1 วัน	56
17	ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตรของไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 3 วัน	57

ตารางที่		หน้า
18	ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตรของไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 5 วัน	58
19	ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตรของไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 7 วัน	59
20	ค่าแอบซอฟแบนซ์ของสารละลายซัลไฟท์-โพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต (SULFITE - TCM) เข้มข้น 11.611 ppm. ในสารละลายพาราโรซานิลีนในช่วงความยาวคลื่น 548-552 นาโนเมตร	68
21	ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครกรัมของ SO_2 ต่อมิลลิลิตร	70
22	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีใช้หลอดตรวจแก๊ส)	75
23	(ก-ฎ) ปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ	78
24	ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีคัลเลอริเมตริก)	84
25	(ก-ฎ) ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ	88
26	ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีพาราโรซานิลีน)	94
27	ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ	98
28	ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ	99
29	ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ	100
30	ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สแต่ละชนิด ที่สถานีต่าง ๆ	105
31	สภาพอากาศในระหว่างเก็บตัวอย่าง	110
32	ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสารมลพิษจากสถานีเก็บตัวอย่าง 8 แห่ง	115
33	ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในระดับ พีพีเอ็ม จากหลายสถานที่ในบริเวณถนนของกรุงเทพมหานคร	116
34	ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศ ในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	117

ตารางที่		หน้า
35	ผลการวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศในบริเวณ ถนนพระราม 1 สุขุมวิท	119
36	แสดงปริมาณความเข้มข้นสูงสุด-ต่ำสุดของแก๊สแต่ละชนิด-ตามสถานีต่าง ๆ	124
37	ผลการวิเคราะห์ในเดือน กรกฎาคม-กันยายน 2519 บริเวณสุขุมวิท	125
38	ผลการวิเคราะห์ในเดือน มกราคม-เมษายน 2520 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสุขุมวิท	126
39	ผลการวิเคราะห์ในเดือน มกราคม-เมษายน 2520 บริเวณถนนสุขุมวิท	127
40	ผลการวิเคราะห์ในเดือน เมษายน 2520 - เมษายน 2521 บริเวณปู่เจ้าสมิงพราย	129
41	ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณต่าง ๆ ในกรุงเทพฯ	130
42	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ บริเวณแหลมฉะบัง ที่จุดสำรวจต่าง ๆ	140
43	ผลการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ในอากาศที่ กรุงเทพมหานคร ณ สถานีตรวจวัดต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2528 - 2530	143
44	กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข ได้ตรวจวัดปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บริเวณสำโรง และลาดพร้าว	144
45	มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย (พ.ศ. 2524)	151

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	แผนที่แสดงอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช	27
2	แผนที่แสดงบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างในอำเภอต่าง ๆ ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	28
3	ลักษณะและส่วนประกอบของปั๊มป์มือชนิด KITAGAWA ASPIRATION PUMP โมเดล 400	30
4	ลักษณะของหลอดตรวจแก๊สแสดงส่วนประกอบภายใน	32
5	ลักษณะของหลอดตรวจแก๊ส 2 ชนิด	32
6	หลอดตรวจแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	33
7	การอ่านความเข้มข้นของหลอดตรวจแก๊ส โดยเทียบกับ CONCENTRATION CHART	34
8	โฟลว์มิเตอร์แบบฟองสบู่	40
9	MIDGET BUBBER ขนาด 30 มิลลิลิตร	42
10	แผนภาพการทำงานของเครื่องมือ	44
11	ขั้นตอนการใช้หลอดตรวจแก๊สโดยใช้ปั๊มป์มือ	48
12	วิธีเบิลสเปคตรัมของสารละลายโซเดียมไนโตรต์ ในสารละลายดูดกลืนแสง	52
13	กราฟมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไนโตรต์ ในสารละลายดูดกลืนแสง	60
14	การติดตั้งเครื่องมือในการหาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์	62
15	วิธีเบิลสเปคตรัมของสารละลายซัลเฟอร์-ทีซีเอ็ม ในสารละลายพาราโรซานิลีน	67
16	กราฟมาตรฐานของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์	71
17	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ	77
18	ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ	87
19	ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ	97
20	เปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตอำเภอทุ่งสงในแต่ละช่วงเวลา	101

รูปที่		หน้า
21	เปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเขตอำเภอปากพนัง และอำเภอขนอม ในแต่ละช่วงเวลา	102
22	เปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตอำเภอเมืองในแต่ละช่วงเวลา	103
23	เปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ	104
24	แสดงค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง สูงสุดในแต่ละเดือนของแก๊ส - คาร์บอนมอนอกไซด์ตามสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ในปี 2526 - 2529	148
25	ผลการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ในจังหวัดเชียงใหม่ ปี 2526 - 2528 และ 2530	149
26	ผลการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ก่อน และระหว่าง - โครงการเดินรถทางเดียว ณ สถานีตรวจวัดริมถนน 10 แห่งในกรุงเทพมหานคร	150

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

เมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2515 บรรดาประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก 113 ประเทศรวมทั้งประเทศไทย ได้ส่งผู้แทนรัฐบาลถึง 1,200 คน และผู้สังเกตการณ์จากองค์การสหประชาชาติ และรัฐบาลประเทศต่าง ๆ สื่อมวลชน ผู้นำเยาวชน นักศึกษา ตลอดจนผู้แทนจากหน่วยงานของรัฐบาลอีกกว่า 1,600 คน ได้ไปร่วมประชุมที่กรุงสต็อคโฮล์ม ประเทศสวีเดน เพื่อปรึกษาหารือและทำข้อตกลงที่ว่า ทำอย่างไรที่จะให้โลกพ้นจากวิกฤตการด้านสิ่งแวดล้อมที่ทำลายมนุษยชาติด้านต่าง ๆ จึงได้เกิด "ปฏิญญาสต็อกโฮล์ม" ขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่า นานาประเทศทั่วโลกกำลังประสบกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ และปัญหานี้ก็ได้รับความสนใจกันอย่างกว้างขวางมานานแล้ว

ถ้าหากจะมองถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม ที่คร่าชีวิตมนุษย์อย่างเลือดเย็นแล้วอาจจะมองได้ไม่ชัดนัก เนื่องจากประเทศไทยยังไม่ประสบกับปัญหานี้มากมาย ในขณะที่หลายประเทศได้ตื่นตัวในการหาทางขจัดและแก้ไขสิ่งแวดล้อมที่ก่อมลภาวะเป็นพิษ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของกลุ่มควันโรงงานอุตสาหกรรม ยวดยานพาหนะ หรือการปล่อยน้ำเสียจากการพัฒนาในเขตเมือง ยิ่งการนำเทคโนโลยีมาใช้ในรูปของการพัฒนาอุตสาหกรรม หรือเกษตรกรรมก็ดี หากขาดการควบคุมที่มีประสิทธิภาพแล้ว ปัญหานี้ย่อมเกิดขึ้นตามมาอย่างแน่นอน นั่นก็คือ โรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาเพื่อทำลายชีวิตของมนุษย์ สัตว์ พืช ก็จะมากขึ้นเป็นเงาตามตัว

อากาศเป็นพิษจะส่งผลให้เกิดอันตรายร้ายแรงที่สุด เพราะอากาศเป็นสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้ชิด และเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อชีวิตมนุษย์ โดยปกติคนต้องหายใจประมาณ 22,000 ครั้งต่อวัน ถ้าคิดเป็นจำนวนอากาศที่เข้าไปในร่างกายทั้งหมดประมาณ 5 ปอนด์ต่อวัน[18] ซึ่งถ้านำไปเปรียบเทียบกับการต้องการน้ำเพียง 3 - 4 ปอนด์ต่อวัน และต้องการอาหาร (คิดเป็นอาหาร-แห้ง) เพียง 1.5 ปอนด์ต่อวัน[23] ถ้าอากาศเป็นพิษก็จะทำให้มนุษย์หายใจเอาสารพิษเจือปน เข้าไปทำอันตรายต่อสุขภาพร่างกายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้รวมทั้งชีวิตของสัตว์ และพืชที่ต้องการอากาศเป็นปัจจัยสำคัญด้วย ในบรรดาสารมลพิษในอากาศที่ได้รับความสนใจมากก็คือ ออกไซด์ของคาร์บอน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เนื่องจากสารประกอบพวกนี้จะทำให้เกิดอันตรายร้ายแรง นอกจากนี้แล้วพวกโลหะหนักบางชนิด เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แมงกานีส วาเนเดียม ไอปรอท และพวกอนุภาค เช่น ฝุ่นละออง หมอก

ดวัน หรือสารกัมมันตรังสี ก็เป็นตัวการสำคัญ ที่ก่อให้เกิดมลพิษในอากาศ สำหรับการศึกษาปริมาณของแก๊สมลพิษที่กล่าวมามักทำในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เช่น ศึกษาออกไซด์ของคาร์บอนในรูปของคาร์บอนมอนอกไซด์ ศึกษาออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนออกไซด์ และศึกษาออกไซด์ของซัลเฟอร์ในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจากสารเหล่านี้เป็นสารที่มีในอากาศและเป็นอันตรายมาก

USHEW ได้รวบรวมรายงานเกี่ยวกับจำนวนผู้เสียชีวิต เนื่องจากอากาศเป็นพิษระหว่างปี 1930 -1962[32] ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งก่อนหน้านี้รูสเซล (RUSSEL) ได้รายงานว่าได้เกิดอากาศเป็นพิษ ในลอนดอน ประเทศอังกฤษ เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปี 1880 ทำให้มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 1,000 คน[35]

อากาศเป็นพิษนอกจากมีผลต่อมนุษย์โดยตรงแล้วยังมีผลต่อสัตว์ พืช และวัสดุสิ่งก่อสร้างตลอดจนมีผลต่อบรรยากาศของโลกด้วยซึ่งในรายละเอียดจะกล่าวในผลของแก๊สพิษชนิดนั้น ๆ ต่อสิ่งเหล่านี้อีกครั้งหนึ่ง

สำหรับประเทศไทยในขณะนี้ แม้ยังไม่มีรายงานถึงภัยที่เกิดจากอากาศเป็นพิษ ถึงขั้นเสียชีวิต แต่ก็ควรตระหนักไว้ว่าสิ่งเหล่านี้อาจเกิดขึ้นได้เหมือนกันหากยังไม่มีการควบคุม ทั้งนี้องค์การอนามัยโลกประมาณว่าปริมาณอากาศเสียที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดในกรุงเทพฯ ทั้งหมดประมาณ 300,000 ตันต่อปี เป็นฝุ่นละออง 12,000 ตัน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 120,000 ตัน แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ 32,000 ตัน ไฮโดรคาร์บอน 26,000 ตัน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 110,000 ตัน โดยมียานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดใหญ่ปล่อยมลสารถึง 57 % ของทั้งหมด[8] และจากการตรวจวัดฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร โดยกรมอนามัย และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย ระหว่าง พ.ศ. 2521 - 2524 พบว่า ในเขตอุตสาหกรรมความเข้มข้นของฝุ่นเฉลี่ยทั้งปีเปลี่ยนจาก 0.153 ถึง 0.224 มิลลิกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนในชุมชนที่อยู่อาศัยความเข้มข้นเปลี่ยนจาก 0.115 ถึง 0.118 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยที่มาตรฐานระดับคุณภาพ กำหนดไว้ว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นทั้งปีไม่ควรเกิน 0.100 มิลลิกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร แสดงว่าปริมาณฝุ่นในกรุงเทพฯ เกินกว่าระดับที่ปลอดภัย โดยเฉพาะเขตอุตสาหกรรม (สำโรง) เกินมาตรฐานกว่า 2 เท่า และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น[8] นอกจากนี้แล้วในการศึกษาถึงปัญหาของฝนกรด (ACID RAIN)ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี 2524 พบว่า ในเขตอุตสาหกรรมน้ำฝนมี pH ค่อนข้างต่ำ (5.3)[10] นั่นแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยก็กำลังประสบภัยจากสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

ตารางที่ 1 ภัยพิบัติเนื่องจากอากาศเป็นพิษ[32]

สถานที่	วันเดือนปีที่เกิดเหตุ	สารที่สงสัยเป็นต้นเหตุ	ความเข้มข้น	จำนวนผู้เสียชีวิต	รายงานค.ศ.
หุบเขาเมยุส	1-5ธันวาคม 1930	SO_2และ H_2SO_4	25,000	63	ไฟเก็ท (FIRKET)
โดโรนา เพนซิลเวเนีย	ตุลาคม 1948	หลายชนิด รวมทั้ง SO_2	มากกว่า 1,140	20	ไฟเก็ท (FIRKET)
ลอนดอน อังกฤษ	5-8ธันวาคม 1952	SO_2 ควัน	4,000 4,500	4,000	วิลกินส์ (WILKINS)
ลอนดอน อังกฤษ	ธันวาคม 1952	SO_2 ควัน	*1,100 *1,200	400	แบรสเซอร์ (BRASSER)
ลอนดอน อังกฤษ	มกราคม 1959	SO_2 ควัน	*800 *1,200		แบรสเซอร์ (BRASSER)
นิวยอร์ค สหรัฐอเมริกา	23-25 กันยายน (วันขอบคุณพระเจ้า)	SO_2	*1,460 *1,344 *1,175 **2,915		แบรสเซอร์ (BRASSER)

หมายเหตุ * ความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดใน 24 ชั่วโมง
** ความเข้มข้นสูงสุดใน 1 ชั่วโมง

1.2 ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อใช้ปั๊มป์มือขนาดเล็ก มาใช้ในการหาความเข้มข้นของแก๊สมลพิษในอากาศ และประยุกต์อุปกรณ์ที่หาได้ในท้องถิ่น ราคาไม่แพงมาใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างอากาศ

2. เพื่อหาความเข้มข้นของแก๊สบางชนิด (คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ของจังหวัด นครศรีธรรมราช

1.3 ความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ได้เครื่องมือสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ โดยใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ในท้องถิ่นในราคาถูก

2. ทำให้ทราบความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช

3. ทำให้ทราบว่าในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช มีปริมาณแก๊สมลพิษเหล่านี้ในอากาศถึงขั้นที่จะเป็นอันตรายหรือไม่ และบริเวณใดถือว่าอากาศเป็นพิษ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

4. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการแสดงถึงปริมาณแก๊สพิษ เหล่านี้ในอากาศและเป็นตัวชี้ว่าบริเวณนี้อากาศเป็นพิษหรือไม่ เพื่อที่จะช่วยกันหาทางป้องกันและแก้ไขต่อไป

1.4 ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ศึกษาทางด้านปริมาณวิเคราะห์ ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2. ศึกษาเฉพาะในเขต อำเภอทุ่งสง อำเภอเมือง อำเภอปากพนัง และอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยแบ่งเป็น 2 บริเวณ คือ

   2.1 บริเวณริมถนนที่มีการจราจรและชุมชนหนาแน่น

   2.2 บริเวณริมถนนที่มีการจราจรและชุมชนเบาบาง

3. การเก็บตัวอย่างดังกล่าว จะเก็บที่บริเวณริมถนนที่ความสูง 150 เซนติเมตร

4. การเก็บตัวอย่างอากาศแต่ละครั้งใช้เวลาครั้งละ 50 นาที ทุก ๆ ชั่วโมงระหว่างเวลาประมาณ 8.00 - 16.00 นาฬิกา

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อากาศเป็นพิษหรือมลพิษทางอากาศ (AIR POLLUTION) หมายถึง สภาวะของบรรยากาศที่มีสารประกอบที่รบกวนความสุข และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่าง ๆ

2. สารมลพิษ (POLLUTANT) หมายถึง สารที่ก่อให้เกิดความมัวหมองหรือความสกปรกที่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 แก๊ส (GAS) ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน ฯลฯ

2.2 พาร์ติเคิล (PARTICLE) หมายถึง อนุภาคที่เป็นของแข็งและของเหลวในอากาศ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ และสารพวกกัมมันตรังสี

3. สารละลายมาตรฐาน (STANDARD SOLUTION) หมายถึง สารละลายที่รู้ความเข้มข้นแน่นอนนำมาใช้ในการไตเตรทหาความเข้มข้นของสารอื่นที่ไม่รู้ความเข้มข้น

4. วิธีคัลเลอริเมตริก (COLORIMETRIC METHOD) หมายถึง วิธีการหาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยการให้ไนโตรเจนไดออกไซด์ ในอากาศทำปฏิกิริยากับสารตัวอื่น (สารละลายดูดกลืน) แล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสี แล้วนำสารนี้มาวัดการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

5. วิธีพาราโรซานิลีน (PARAROSANILINE METHOD) หมายถึง วิธีการหาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียม หรือโซเดียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต (POTASSIUM OR SODIUM TETRA CHLOROMERCURATE) TCM แล้วได้สารประกอบเชิงซ้อน ไดคลอโรซัลฟิโตเมอร์คิวเรต ซึ่งสารนี้จะทำปฏิกิริยากับพาราโรซานิลีน แล้วเกิดสารที่มีสีเรียกว่า พาราโรซานิลีน เมธิลซัลโฟนิคแอซิด (PARAROSANILINE METHYL SULFONIC ACID) แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

6. ระดับการทนได้ (TOLERENT LEVEL) หมายถึง ปริมาณสูงสุดของสารมลพิษในอากาศ ที่ยอมให้อยู่ได้โดยไม่มีโทษต่อร่างกายมนุษย์ (ตารางที่ 10)

7. ความเป็นพิษสัมพัทธ์ (RELATIVE TOXICITY) หมายถึง ค่าแสดงความเป็นพิษโดยถือเกณฑ์สูงสุดเป็น 1.000

1.6 ทฤษฎี

1.6.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CARBON MONOXIDE,CO)

เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เบากว่าอากาศเล็กน้อย ละลายน้ำได้เล็กน้อย (3.00 มิลลิลิตร/100 มิลลิลิตรของน้ำที่ 0°C) มีจุดเดือด -192°C ในบรรยากาศคาร์บอนมอนอกไซด์ทำปฏิกิริยากับโลหะต่าง ๆ ได้สารประกอบเชิงซ้อนหลายชนิด เช่น เหล็กคาร์บอนีล (IRON CARBONYL) นิเกิล คาร์บอนีล (NICKEL CARBONYL)

แหล่งกำเนิด

คาร์บอนมอนอกไซด์เกิดขึ้นได้ทั้งจากขบวนการทางธรรมชาติ และการกระทำของมนุษย์ จากการศึกษาพบว่าปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศที่เกิดจากธรรมชาตินั้นมีน้อยมากเมื่อเทียบกับที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ จั๊ง (JUNGE)[18] เสนอว่าร้อยละ 70 เกิดจากการกระทำของมนุษย์

สำหรับขบวนการทางธรรมชาติพบว่า 77.6 % เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของมีเทนที่เกิดจากทะเล การย่อยสลายในธรรมชาติ การสลายตัว และการสร้างคลอโรฟิล และแหล่งธรรมชาติอื่น ๆ ในปริมาณ ประมาณ 3.9, 9.4, 2.6 และ 6.5 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

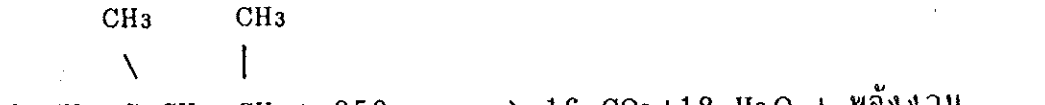
กรณีเกิดจากการกระทำของมนุษย์แล้ว ส่วนใหญ่เกิดจากขบวนการเผาไหม้ คือ

1. เกิดขึ้นทันทีที่ออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรคาร์บอน หรือสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นรวดเร็วมาก และปฏิกิริยาที่ตามมาคือการเปลี่ยนคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นได้ช้ากว่าปฏิกิริยาแรกประมาณ 10 เท่า จึงต้องการเวลาและปริมาณออกซิเจนให้พอเพียง การสันดาปจึงจะสมบูรณ์ ดังนั้นในเครื่องยนต์ที่สภาพไม่ดี และใช้งานหนักเกินควร แม้ว่าออกซิเจนเพียงพอก็อาจจะให้คาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาจำนวนมากได้

2. คาร์บอนมอนอกไซด์ อาจเกิดจากการรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีคาร์บอนเป็นตัวช่วยในบรรยากาศที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ (สมการ 1.1)

$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO \qquad (1.1)$$

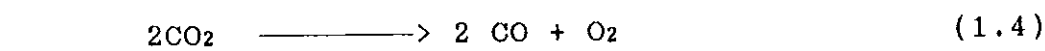
ดังนั้นถึงแม้ว่าขบวนการสันดาป จะเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก็ตาม และถ้าคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านเข้าสู่สภาพที่มีออกซิเจนน้อย เช่น ในท่อไอเสียก็อาจทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ ตัวอย่างเช่น การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ถ้าการเผาไหม้สมบูรณ์ผลที่ได้คือคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำพร้อมกับพลังงาน (สมการ 1.2) แต่ถ้าการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ก็จะมีคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วย (สมการ 1.3)



$$2\ CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_2-CH + 25O_2 \longrightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O + \text{พลังงาน} \qquad (1.2)$$

$$2\ CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_2-CH + 7O_2 \longrightarrow 6\ CO + CO_2 + 6H_2O + 3CH_3-CH_2-CH_3 \qquad (1.3)$$

3. คาร์บอนมอนอกไซด์อาจเกิดจากการแตกตัวของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ที่อุณหภูมิสูง (สมการ 1.4)



$$2CO_2 \longrightarrow 2\ CO + O_2 \qquad (1.4)$$

พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 1 เปอร์เซนต์จะแตกตัวให้คาร์บอนมอนอกไซด์และออกซิเจนที่อุณหภูมิ 1745°C และ 5 เปอร์เซนต์ที่ 1940°C[20]

จากการศึกษาของ U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY พบว่าคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ จะถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยประมาณจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา 1970[31]

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของ CO ที่ปล่อยออกมา	
	ล้านตันต่อปี	เปอร์เซนต์ของทั้งหมด
1. การคมนาคมและการขนส่ง	111.0	75.4
ก.รถยนต์	96.6	65.6
- แก๊สโซลีน	95.8	60.1
- ดีเซล	0.8	0.5
ข.เครื่องบิน	3.0	2.0
ค.เรือสินค้า	1.7	1.2
ง.รถไฟ	0.1	0.1
จ.การคมนาคมโดยใช้ยานพาหนะทางอื่นที่ไม่ใช่ทางหลวง	9.5	6.5
2. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่	0.8	0.5
ก.ถ่านหิน	0.5	0.3
ข.น้ำมัน	0.1	0.1
ค.แก๊สธรรมชาติ	0.1	0.1
ง.ฟืน	0.1	0.1
3. ขบวนการทางอุตสาหกรรม	11.4	7.7
ก.โรงงานผลิตคาร์บอน	3.8	2.6
ข.โรงกลั่นน้ำมัน	2.5	1.7
ค.โรงงานผลิตเหล็กกล้า	2.1	1.4
ง.โรงงานถลุงเหล็ก	1.8	1.2
จ.โรงงานทำกระดาษ	1.0	1.7
ฉ.อื่น ๆ	0.2	0.1

ตารางที่ 2 (ต่อ) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยประมาณจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของ CO ที่ปล่อยออกมา	
	ล้านตันต่อปี	เปอร์เซนต์ของทั้งหมด
4. การกำจัดขยะหรือของเสียที่เป็นของแข็ง	7.2	4.9
ก. การเผาไหม้ในระบบเปิด	4.5	3.1
ข. การเผาไหม้ในที่แคบ ๆ	1.9	3.1
ค. การเผาขยะที่ได้จากเขตเมือง	0.4	0.4
ง. การเผาขยะในบ้านเรือน	0.4	0.3
5. เบ็ดเตล็ด	16.8	11.4
ก. การเผาไหม้ในงานเกษตรกรรม	13.8	9.4
ข. ไฟป่า	2.5	1.7
ค. การเผาเศษถ่านหิน	0.3	0.2
ง. ไฟไหม้อาคารบ้านเรือน	0.2	0.1
รวม	147.2	100.0

ปฏิกิริยาของคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศ

นอกจากจะทำปฏิกิริยากับโลหะหลายชนิดที่กล่าวแล้วยังเกิดปฏิกิริยาดังนี้

1. เกิดปฏิกิริยารีดักชันกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ และออกไซด์ของไนโตรเจน (สมการที่ 1.5,1.6 และ 1.7)

$$2CO + SO_2 \longrightarrow 2CO_2 + (1/2)S_2 \qquad (1.5)$$

$$CO + S \longrightarrow COS \qquad (1.6)$$

$$CO + NO \longrightarrow CO_2 + (1/2)N_2 \qquad (1.7)$$

2. คาร์บอนมอนอกไซด์สามารถถูกออกซิไดซ์ เป็นคาร์บอนไดออก-ไซด์ได้ โดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น I_3O_5 และ HgO (สมการ 1.8 และ 1.9)

$$I_2O_5 + 5CO \xrightarrow{150^oC} 5CO_2 + I_2 \qquad (1.8)$$

$$HgO + CO \xrightarrow{300^oC} CO_2 + Hg \qquad (1.9)$$

3. คาร์บอนมอนอกไซด์จะถูกดูดไว้ด้วยสารละลายกรด และสารละลายอัมโมเนียของคิวบรัสคลอไรด์ และเกิดสารประกอบ $CuCl.CO.2H_2O$ และ $CuCl.CO.NH_3$ จึงใช้สารละลายดังกล่าวเป็นสารดูดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้

4. คาร์บอนมอนอกไซด์สามารถเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในที่มีแสงได้ (สมการ 1.10)

$$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2 \qquad (1.10)$$

ผลของคาร์บอนมอนอกไซด์

ผลต่อสุขภาพของมนุษย์ คือ จะทำให้ความสามารถในการลำเลียงออกซิเจนของฮีโมโกบิน (Hb) ในเม็ดเลือดแดงไปยังส่วนต่าง ๆของร่างกายลดน้อยลง เนื่องจากคาร์บอนมอนอกไซด์จะไปแทนที่ออกซิเจนในอะตอมของเหล็กในฮีโมโกบิน ทั้งนี้เนื่องจากคาร์บอนมอนอกไซด์จะรวมตัวกับอะตอมของเหล็กในฮีโมโกบินได้ดีกว่าออกซิเจนนั่นเอง (มากกว่าประมาณ 120 เท่า) เมื่อคาร์บอนมอนอกไซด์เข้ารวมตัวกับฮีโมโกบินจะเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกบิน (HbCO) ทำให้ความสามารถในการลำเลียงออกซิเจนของเลือดไปยังเนื้อเยื่อและเซลลดลง นอกจากนี้การที่มีคาร์บอนมอนอกไซด์บนตำแหน่งของเหล็ก ทำให้เหล็กในโมเลกุลอื่นของฮีโมโกบินสามารถยึดออกซิเจนไว้แน่นกว่าเดิม เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนของฮีโมโกบินลดลง[24]

สำหรับการวัดปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์นั้นจะวัดในรูปของเปอร์เซนต์ของคาร์บอกซีฮีโมโกบิน (HbCO) ในเลือด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณของคาร์บอกซีฮีโมโกบิน (HbCO) ในเลือดและผลต่อสุขภาพมนุษย์[29]

ระดับ HbCO ในเลือด (%)	ผลที่ปรากฏ
น้อยกว่า 1-0	ไม่มีผล
1.0 - 2.0	มีอาการบางอย่างปรากฏออกมาทางพฤติกรรม
2.0 - 5.0	มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง การตัดสินใจช้าลง สายตาพร่ามัว สมองมึนทึบ และเสื่อมโทรมทางจิตใจ
มากกว่า 5.0	มีความเปลี่ยนแปลงการทำงานของหัวใจ และเส้นเลือด
10.0 - 80.0	ปวดศีรษะ อ่อนเปลี้ย ง่วงนอน หายใจไม่ออก และตาย

1.6.2 ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NITROGEN DIOXIDE, NO_2)

ไนโตรเจนสามารถรวมตัวกับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์ ได้หลายชนิด แต่ 3 ชนิดที่พบมากในบรรยากาศได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนตริก-ออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไนตรัสออกไซด์ เป็นแก๊สไม่มีสี รสหวานเล็กน้อย ไม่ติดไฟ และไม่เป็นพิษ ไนตริกออกไซด์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ แต่เป็นพิษ สำหรับไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีสีน้ำตาลแดง ไม่ติดไฟ มีกลิ่นฉุน และเป็นพิษ (จะพบว่าไนโตรเจนไดออกไซด์จะเป็นพิษมากกว่าไนตริกออกไซด์ประมาณ 4 เท่าในปริมาณที่เท่ากัน)[31]

แหล่งกำเนิด

พบว่าไนตริกออกไซด์ในบรรยากาศ จะเกิดขึ้นโดยขบวนการทางธรรมชาติ 80 เปอร์เซนต์ และอีก 20 เปอร์เซนต์ เกิดจากการกระทำของมนุษย์ และไนโตรเจนไดออกไซด์เกือบทั้งหมดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ส่วนใหญ่แล้ว (ประมาณ 95.6 เปอร์เซนต์) จะเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในรูปต่าง ๆ ที่อุณหภูมิสูง (สมการ 1.11)

$$N_2 + XO_2 \longrightarrow 2NOx \qquad (1.11)$$

NOx แทนออกไซด์ของไนโตรเจน ทั้งนี้เพราะเป็นออกไซด์ของไนโตรเจนหลายชนิดผสมกันอยู่ แต่อย่างไรก็ตามแก๊สผสมนี้ที่อุณหภูมิสูง จะประกอบด้วยไนตริกออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์เท่านั้น โดยที่ไนตริกออกไซด์ที่ออกมาอยู่ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนหรือโอโซนในอากาศเกิดเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ (สมการ 1.12)

$$2\ NO + O_2 \longrightarrow 2\ NO_2 \qquad (1.12)$$

จากการศึกษาอัตราการเกิดออกซิเดชั่นของไนตริกออกไซด์เป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการเกิดออกซิเดชั่นของไนตริกออกไซด์ในอากาศ (20% O_2) ที่อุณหภูมิ 20^oC[33]

ความเข้มข้นของ NO (ppm)	เวลาในการเกิดออกซิเดชั่น		
	25 %	50 %	90 %
10,000	8.4 sec	24.0 sec	3.6 sec
1,000	1.4 min	4.0 min	36.0 min
100	14.0 min	40.0 min	6.0 hours
10	2.3 hours	7.0 hours	63.0 hours
1	24.0 hours	72.0 hours	648.0 hours

หมายเหตุ ในบริเวณที่เกิดการสันดาป (COMBUSTION ZONE) ความเข้มข้น NO ประมาณ 3,000 ppm.

สำหรับปริมาณของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดการกระทำของมนุษย์จากการศึกษาของ U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยประมาณจากแหล่งกำเนิดต่างๆในสหรัฐอเมริกา 1970[31]

แหล่งกำเนิด	บริมาณของ NO_2 ที่ปล่อยออกมา	
	ล้านตันต่อปี	เปอร์เซนต์ของทั้งหมด
1. การคมนาคมและการขนส่ง	11.7	51.5
ก.รถยนต์	9.1	40.1
- แก๊สโซลีน	7.8	34.4
- ดีเซล	1.3	5.7
ข.เครื่องบิน	0.4	1.8
ค.เรือสินค้า	0.2	0.9
ง.รถไฟ	0.1	0.4
จ.การคมนาคมโดยใช้ยานพาหนะทางอื่นที่ไม่ใช่ทางหลวง	1.9	8.4
2. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่	10.0	44.1
ก.แก๊สธรรมชาติ	4.7	20.7
ข.ถ่านหิน	3.9	17.2
ค.น้ำมัน	1.3	5.7
ง.ไม้ฟืน	0.1	0.4
3. ขบวนการทางอุตสาหกรรม	0.2	0.9
ก.โรงงานผลิตกรดไนตริก	0.1	0.4
ข.อื่น ๆ	0.1	0.4
4. การกำจัดขยะหรือของเสียที่เป็นของแข็ง	0.4	1.8
ก.การเผาไหม้ในระบบเปิด	0.3	1.3
ข.อื่น ๆ	0.1	0.4

ตารางที่ 5 (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยประมาณจากแหล่งกำเนิดต่างๆในสหรัฐอเมริกา 1970

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของ NO_2 ที่ปล่อยออกมา	
	ล้านตันต่อปี	เปอร์เซนต์ของทั้งหมด
5. เบ็ดเตล็ด	0.4	1.8
ก.การเผาไม้ในงานเกษตรกรรม	0.3	1.3
ข.ไฟป่า	0.1	0.4
รวม	22.7	100.0

ปฏิกิริยาของไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ

1. ไนโตรเจนไดออกไซด์ ละลายน้ำได้ดี จะรวมกับละอองน้ำในอากาศหรือน้ำฝนได้กรดไนตรัสและกรดไนตริก (สมการ 1.13 หรือ 1.14)

$$2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HNO_2 \qquad (1.13)$$

หรือ $$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO \qquad (1.14)$$

แต่จากการศึกษาพบว่า ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นช้ามาก จึงได้มีการศึกษากลไกของการเกิดและคิดกันว่า ไนโตรเจนไดออกไซด์ น่าจะเกิดปฏิกิริยากับโอโซนก่อนแล้วได้สารมัธยันตร์ (INTERMIDIATE) (N_2O_5)(สมการ 1.15) แล้ว N_2O_5 จะไปละลายในน้ำได้กรดไนตริก (สมการ 1.16)ซึ่งเกิดได้เร็ว

$$2NO_2 + O_3 \longrightarrow N_2O_5 + O_2 \qquad (1.15)$$

$$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 \qquad (1.16)$$

2. ไนโตรเจนไดออกไซด์ จะดูดกลืนพลังงานช่วงอุลตราไวโอเลต (ULTRAVIOLET) จากแสงอาทิตย์แล้วแตกตัวให้ไนตริกกับออกซิเจน (สมการ 1.17)

$$NO_2 + ENERGY \longrightarrow NO + 1/2\ O_2 \qquad (1.17)$$

ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์

1. ผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ไนโตรเจนไดออกไซด์มีผลต่อมนุษย์มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปริมาณที่ร่างกายรับเข้าไป กล่าวคือ ถ้าได้รับ 50 - 100 ppm. ในเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จะทำให้บอดทำงานผิดปกติ ถ้าได้รับสูงถึง 150 - 200 ppm. ทำให้เกิด BRONCHIOLITISFIBROSA OBLILERAUS ถ้าได้รับติดต่อกัน 3 - 5 สัปดาห์ อาจถึงตายได้ และถ้าได้รับ 500 ppm. ทำให้คนและสัตว์ตายทันที จากการทดลองในสัตว์ ที่ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์แสดงในตารางที่ 6[2]

2. ผลของไนโตรเจนออกไซด์ต่อพืช ทำให้ใบมีจุดแห่ง ทะลุเป็นรูสีของใบซีดขาดคลอโรฟิล ใบร่วง จากการทดลองกับผ้ายและถั่วลาย พบว่าถ้าให้ไนโตรเจนไดออกไซด์เข้มข้น 10 ppm. 48 ชั่วโมง จะทำให้เนื้อเยื่อของใบช้ำและตาย และจากการทดลองโดยให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำ ๆ เป็นเวลานาน โดยทดลองกับถั่วลายที่ความเข้มข้น 0.3 ppm.และมะเขือเทศที่ความเข้มข้นช่วง 0.15 - 0.26 ppm. พบว่าจะทำให้ใบซีดลงและขาดคลอโรฟิล จากการทดลองในต้นส้ม ที่ความเข้มข้นของไนโตรเจน-ไดออกไซด์ 0.25 ppm. เป็นเวลา 8 เดือน พบว่าจะทำให้ใบหล่นจำนวนมาก ผลผลิตที่ได้ก็ลดลง[20]

ตารางที่ 6 ระดับและอิทธิพลของไนโตรเจนไดออกไซด์[2]

ระดับ NO_2 ppm.	ผลที่ปรากฏ
0.11	ระดับต่ำสุดที่ดมกลิ่นออก
0.5	การลดขนาดของ MITOCHONDRIA ใน ALVEOCELL และการเปลี่ยนแปลงใน MASTOCELL ของหนูที่สัมผัสกับมลสารเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เกิด PULMONARY EMPHYSEMS ในหนูที่สัมผัสกับมลสาร เป็นเวลา 12 เดือน ติดเชื้อโรค (INFECTION) ได้ง่ายขึ้น และมีความสามารถน้อยลงในการกำจัดแบคทีเรียที่สูดหายใจเข้า
0.8	เกิด EMPITHERIAL HYPERTROPHY ของหลอดลมย่อย (BRONCHIOLE) ในหนูที่สัมผัสกับมลสาร 3 เดือน
1.0	ชักนำให้เกิด LIPID PEROXIDE ในปอดของหนูที่สัมผัสกับมลสาร 4 ชั่วโมง
1.6-2.0	ความต้านทานต่อการไหลผ่านของอากาศเพิ่มขึ้น ในคนไข้โรคหลอดลมแยกอักเสบเรื้อรังที่สัมผัสกับมลสาร นาน 15 นาที
5.0	ความต้านทานต่อการไหลผ่านทางลมเพิ่มขึ้น และความดันย่อย (PARTIAL PRESSURE) ของออกซิเจนในเลือดแดงลดลง ในคนสุขภาพแข็งแรงที่ถูกสัมผัสกับมลสารนาน 2 ชั่วโมง โดยมีการเคลื่อนไหวเป็นครั้งคราว
13	เกิดการกระตุ้นของตา และจมูก และมีความรู้สึกว่ามีความไม่สบายในหน้าอก
25-75	เกิดโรคหลอดลมแยกอักเสบและโรคปอดบวม ในตัวทดลองที่สัมผัสกับมลภาวะน้อยกว่า 1 ชั่วโมง
80	เกิดความรู้สึกหายใจไม่ออก (CHOKED) ในหน้าอกของตัวทดลองที่สัมผัสกับมลสารนาน 3 - 5 นาที
300-500	เกิดโรคหลอดลมแยกอักเสบ หรือ PULMONARY OEDEMA ในตัวทดลองที่สัมผัสกับมลสารเป็นเวลาหลายนาที และนำไปถึงความตายของตัวทดลอง

1.6.3 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SULFUR DIOXIDE, SO_2)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่ติดไฟ ไม่ทำให้เกิดการระเบิด มีน้ำหนักโมเลกุล 64 จุดหลอมเหลว และจุดเดือด -75.5°C และ -10.0°C ตามลำดับ

อากาศที่สะอาด จะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ประมาณ 0.001-0.01 ppm. ถ้ามีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่า 0.02 ppm. ถือว่าอากาศเป็นพิษ ในบรรยากาศปกติจะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 0.002 ppm.[7]

แหล่งกำเนิด

1. แหล่งเคลื่อนที่ ได้แก่ ยานยนต์ต่าง ๆ เช่น รถยนต์ รถไฟ รถมอเตอร์ไซด์

2. แหล่งไม่เคลื่อนที่ ได้แก่

2.1 การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ ซึ่งจะมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และมีไนโตรเจนกับซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบเล็กน้อยสารพวกนี้เมื่อมีออกซิเจนและความร้อนเพียงพอจะเกิดการเผาไหม้ให้พลังงานออกมา (สมการที่ 1.18)

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 94.0 \text{ Kcal/mole} \qquad (1.18)$$

ส่วนซัลเฟอร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยก็จะเกิดปฏิกิริยาให้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (สมการที่ 1.19)

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2 \qquad (1.19)$$

2.2 การกำจัดขยะ ได้แก่ ขยะจากบ้านเรือน จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากการเกษตร

2.3 อุตสาหกรรมเคมี เช่น การผลิตดินระเบิด มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา 15 กิโลกรัมต่อวัน

2.4 อุตสาหกรรมถลุงโลหะ เช่น ในขบวนการถลุงทองแดงจะมีซัลเฟอร์ออกมา 15 กิโลกรัมต่อวัน

2.5 อุตสาหกรรมน้ำมัน ในการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ว่าเป็นขั้น SEPARATING, CONVERTING, TRATING หรือ BLENDING ก็ตามจะมี

เข่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์พร้อมทั้งมลพิษอื่น ๆ ออกมาทุกขั้นตอน สำหรับปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ จากการศึกษาของ U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณซัลเฟอร์ออกไซด์ ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา ปี 1970[31]

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของ SOx ที่ปล่อยออกมา	
	ล้านตัน	เปอร์เซนต์ของทั้งหมด
1.การคมนาคมและการขนส่ง	1.0	2.9
ก. รถยนต์	0.3	0.9
- แก๊สโซลีน	0.2	0.6
- ดีเซล	0.1	0.3
ข. เรือสินค้า	0.3	0.9
ค. เครื่องบิน	0.1	0.3
ง. รถไฟ	0.1	0.3
จ. การคมนาคมที่ใช้ยานพาหนะทางอื่นที่ไม่ใช่ทางหลวง	0.2	0.6
2.การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่	26.5	78.2
ก. ถ่านหิน	22.2	65.5
ข. น้ำมัน	4.2	12.4
ค. แก๊สธรรมชาติ	neg	-
ง. ฟืน	0.1	0.3
3.ขบวนการทางอุตสาหกรรม	6.0	17.7
ก. โรงงานหลอมทองแดง	3.6	10.6
ข. โรงงานหลอมสังกะสีและตะกั่ว	0.9	2.7
ค. โรงงานผลิตกรดซัลฟูริก	0.5	1.5
ง. โรงงานผลิตอาหาร	0.5	1.5

ตารางที่ 7(ต่อ) ปริมาณซัลเฟอร์ออกไซด์ ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา ปี 1970

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของ SOx ที่ปล่อยออกมา	
	ล้านตัน	เปอร์เซนต์ของทั้งหมด
จ. โรงงานกลั่นน้ำมัน	0.4	1.2
ฉ. อื่น ๆ	0.1	0.3
4.การกำจัดขยะของเสียที่เป็นของแข็ง	0.1	0.3
5.เบ็ดเตล็ด	0.3	0.9
ก. การเผาเศษถ่านหิน	0.2	0.6
ข. อื่น ๆ	0.1	0.3
รวม	33.9	100.0

หมายเหตุ neg หมายถึง NEGLIGIBLE (ปริมาณน้อยกว่า 0.05 ล้านตันต่อปี)

ฝ่ายหนังสือ
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

ปฏิกิริยาเคมีของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่ออยู่ในอากาศ จะถูกเปลี่ยนเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์หรือกรดซัลฟูริก หรือเกลือซัลเฟต โดยขบวนการต่อไปนี้

1. ขบวนการเร่งปฏิกิริยา (CATALYTIC PROCESS) จะเกิดได้ดีเมื่อมีความชื้นสูง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกน้ำดูดซับเอาไว้ แล้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยจะมีเกลือของโลหะ เช่น เกลือของไอร์ออน (III) และเกลือของแมงกานีสเป็นตัวเร่ง (สมการ 1.20)

$$2SO_2 + 2H_2O + O_2 \xrightarrow{\text{CATALYST}} 2H_2SO_4 \qquad (1.20)$$

เกลือของโลหะเหล่านี้ อยู่ในอากาศในรูปของ สิ่งแขวนลอย (SUSPENDED MATTER) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการกลั่นตัวเมื่อมีความชื้นสูง แล้วดูดซับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และออกซิเจนไว้แล้วเกิดปฏิกิริยาในสภาพของเหลว การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะช้าลง ถ้าหยดน้ำมีความเป็นกรดสูง เพราะเมื่อความเป็นกรดสูงการละลายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในหยดน้ำจะลดลง แต่ถ้าหยดน้ำมีอัมโมเนียปฏิกิริยาก็จะเกิดเร็ว เพราะอัมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกที่เกิดขึ้น และเพิ่มการละลายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหยดของของเหลว

2. กระบวนการปฏิกิริยาโฟโตเคมี (PHOTOCHEMICAL PROCESS) ปฏิกิริยานี้เกิดได้ดีเมื่อมีแสงและมีความชื้นต่ำเป็นกระบวนการที่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยการกระตุ้นของแสง (สมการ 1.21)

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3 \qquad (1.21)$$

กลไกของปฏิกิริยาแต่ละขั้นตอนคือ

$$SO_2 \longrightarrow SO_2^*$$
$$SO_2^* + O_2 \longrightarrow SO_4$$
$$SO_4 + O_2 \longrightarrow SO_3 + O_3$$

SO_2^* คือโมเลกุลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งอยู่ในสภาวะกระตุ้น

แต่อย่างไรก็ตาม แบลคเซต[19] (BLACET) เสนอว่าปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้น้อยเนื่องจากประสิทธิภาพของการเกิด (QUANTUM EFFICIENCY) ต่ำ

3. ปฏิกิริยาการรวมตัว (ADDITION REACTION) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ รวมตัวกับน้ำในอากาศได้กรดซัลฟูรัส ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจน (สมการ 1.22 และ 1.23)

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3 \qquad (1.22)$$

$$2H_2SO_3 + O_2 \longrightarrow 2H_2SO_4 \qquad (1.23)$$

ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

1. ผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะก่อให้เกิด การระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและนัยน์ตา ทั้งนี้เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความสามารถในการละลายน้ำได้สูง ดังนั้นส่วนใหญ่ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งหายใจเข้าไปจะตกค้างอยู่ในเยื่อบุจมูก นอกจากนี้แล้วยังถูกดูดซึมเข้าไปในกระแสเลือดด้วย และจะหลงเหลืออยู่ส่วนน้อยเข้าสู่ปอดและถุงลม[21] แต่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในเลือดบางส่วน อาจถูกขับออกมาอยู่ในถุงลมในปอดได้ ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพมนุษย์ แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพของมนุษย์[22]

ปริมาณ SO_2 (ppm.)	ผลที่ปรากฏ
3 - 5	สามารถรู้สึกได้จากกลิ่น
8 - 12	ทำให้รู้สึกระคายคอ
20	ระคายเคืองตา เกิดอาการไอ เป็นปริมาณสูงสุดที่มนุษย์สามารถทนได้เป็นเวลาติดต่อกัน
50 - 100	เป็นปริมาณสูงสุดที่มนุษย์สามารถรับได้ในเวลาสั้นๆ
400 - 500	ระดับอันตรายถึงชีวิต

2. ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อพืช ผลอย่างเฉียบพลันต่อพืช คือ ทำให้เนื่อเยื่อของใบแห้งและช้ำ ทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ส่วนผลเรื้อรังได้แก่ การสะสมซัลเฟตในเนื้อเยื่อของใบมากเกินไป ทำให้ใบร่วง สีของใบซีดและขาดคลอโรฟิล การเจริญเติบโตของพืชช้า ผลผลิตต่ำลง ใบเป็นจุดแหว่งหะลุเป็นรู

3. ผลต่อวัสดุและสิ่งก่อสร้าง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อถูกความชื้นในอากาศจะกลายเป็นกรดซัลฟูริก ซึ่งทำให้เกิดการผุกร่อน และทำลายวัสดุก่อสร้าง เช่น หินปูน หินอ่อน ทำให้กระเบื้องมุงหลังคาสีจางลง และมีผลทำให้ผลงานทางศิลปะหมดความสวยงาม

จากการศึกษาของ อุฟแฮม (UPHAM) พบว่าถ้ามีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.12 ppm. (345 Mg/m^3) จะทำให้แผ่นเหล็กผุกร่อนเร็วกว่าปกติถึง 50 %[23]

4. ผลต่อบรรยากาศของโลก จะพบเสมอว่าในฤดูหนาวในเมืองมักมีหมอกมากกว่าในชนบท โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริเวณที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาก พบว่าบริเวณที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 0.1 ppm.จะมีทัศนวิสัยลดลง 0.5 ไมล์[7]

องค์ประกอบของบรรยากาศ

ในการพิจารณาอากาศที่อยู่รอบตัวว่ามีอะไร และมีปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้น ได้พิจารณาจากองค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์และแห้งที่ระดับน้ำทะเล ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์และแห้งที่ระดับน้ำทะเล[14]

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% โดยปริมาตร)	ส่วนในล้านส่วน (ppm.)
ไนโตรเจน	78.09	780,000
ออกซิเจน	20.94	209,400
อาร์กอน	0.93	9,300
คาร์บอนไดออกไซด์	3.15×10^{-3}	315
ไฮโดรเจน	5.0×10^{-5}	0.5
มีเทน	1.4×10^{-4}	1.4
นีออน	1.8×10^{-3}	1.8
ฮีเลียม	5.1×10^{-4}	5.1
คริฟตอน	1.1×10^{-4}	11
ซีนอน	8.0×10^{-6}	0.08
ไนตรัสออกไซด์	5.0×10^{-5}	0.5

ตารางที่ 9 (ต่อ) องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์และแห้งที่ระดับน้ำทะเล

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% โดยปริมาตร)	ส่วนในล้านส่วน (ppm.)
ไนโตรเจนไดออกไซด์	2.0×10^{-6}	0.02
โอโซน	2.0×10^{-6}	0.02
คาร์บอนมอนอกไซด์	3.0×10^{-5}	0.3
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1.0×10^{-4}	1.0
อัมโมเนีย	น้อยมาก	น้อยมาก

ระดับการทนได้และความเป็นพิษสัมพัทธ์

ตารางที่ 10 ระดับการทนได้และความเป็นพิษสัมพัทธ์ของแก๊สมลพิษที่สำคัญ[3]

แก๊สมลพิษ	ระดับการทนได้		ความเป็นพิษสัมพัทธ์
	ppm.	กรัม/ลูกบาศก์เมตร	
คาร์บอนมอนอกไซด์	320	40,000	1.00
ไฮโดรคาร์บอน	-	19,300	2.07
ออกไซด์ของซัลเฟอร์	0.5	1,430	28.0
ออกไซด์ของไนโตรเจน	0.25	514	77.8

บทที่ 2

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ อากาศในเขตจังหวัดนครศรี-ธรรมราช โดยจะทำการศึกษาใน 4 อำเภอ

1.1 อากาศบริเวณอำเภอทุ่งสง กำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง 3 สถานี

1.2 อากาศบริเวณอำเภอปากพนัง กำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง 2 สถานี

1.3 อากาศบริเวณอำเภอเมือง กำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง 5 สถานี

1.4 อากาศบริเวณอำเภอขนอม กำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง 2 สถานี

ทั้งนี้ เนื่องจากทั้ง 4 อำเภอนี้ เป็นอำเภอที่ค่อนข้างใหญ่ มีการจราจรคับคั่ง และเนื่องจากแหล่งกำเนิดแก๊สมลพิษที่สนใจ อันเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมมีน้อย จึงคาดว่าแก๊สมลพิษเหล่านี้ มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะเป็นส่วนใหญ่ ฉะนั้น การเก็บตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาถึงสภาพของการจราจร การอยู่อาศัยและความเป็นไปได้ ในการติดตั้งเครื่องมือในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะแบ่งเป็นลักษณะของสถานีเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ลักษณะ ด้วยกันคือ

ก. บริเวณที่มีการจราจรเบาบาง และมีผู้คนสัญจรไปมาน้อย

ข. บริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง และมีผู้คนสัญจรไปมาหนาแน่น

ทั้งนี้เพื่อต้องการแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณแก๊สมลพิษที่สนใจในบริเวณที่แตกต่างกันทั้งสองลักษณะด้วย จึงกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างดังนี้

สถานีที่ 1 สามแยกควนไม้แดง ตำบลควนกรด อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : ใกล้สามแยกถนนสายเอเชีย (ทุ่งสง-สุราษฎร์ธานี) ห่างจากตัวอำเภอทุ่งสง ประมาณ 6 กิโลเมตร การจราจรเบาบางเป็นสถานที่โล่งแจ้ง

สถานีที่ 2 หน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด สาขาทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : บริเวณสี่แยก มีการจราจรหนาแน่น

สถานีที่ 3 หน้าโรงภาพยนตร์ชื่นจิตต์ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : มุมถนนหน้าโรงภาพยนตร์ ใกล้สี่แยก มีการจราจรและคนสัญจรไปมาหนาแน่น

สถานีที่ 4 ด่านตรวจคลองน้อย ถนนนครศรีธรรมราช - ปากพนัง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ห่างจากตัวอำเภอปากพนังประมาณ 7 กิโลเมตร

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : หน้าด่านตรวจตำรวจคลองน้อย การจราจรเบาบาง

สถานีที่ 5 ท่าข้ามแพขนานยนต์ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : ศาลาพักผู้โดยสาร ใกล้ที่รถจอด เพื่อรอข้ามแพขนานยนต์ ทางฝั่งคลองปากพนังด้านทิศตะวันตก

สถานีที่ 6 หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์ ถนนกะโรม ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : ริมถนนหน้าโรงเรียน ถนนกำลังก่อสร้าง ห่างจากตัวอำเภอเมืองประมาณ 4 กิโลเมตร การจราจรเบาบาง

สถานีที่ 7 สี่แยกตลาดแขก อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : ริมถนนหน้าวัดมเหยงค์ ใกล้สี่แยก มีการจราจรหนาแน่น

สถานีที่ 8 วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : ริมถนนหน้าป้อมตำรวจ มีการจราจรหนาแน่น

สถานีที่ 9 สี่แยกท่าวัง ตำบลคลัง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : บนทางเท้าหน้าวัดบูรฆารามใกล้สี่แยก มีการจราจรและผู้คนสัญจรไปมาหนาแน่น

สถานีที่ 10 สี่แยกหัวถนน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

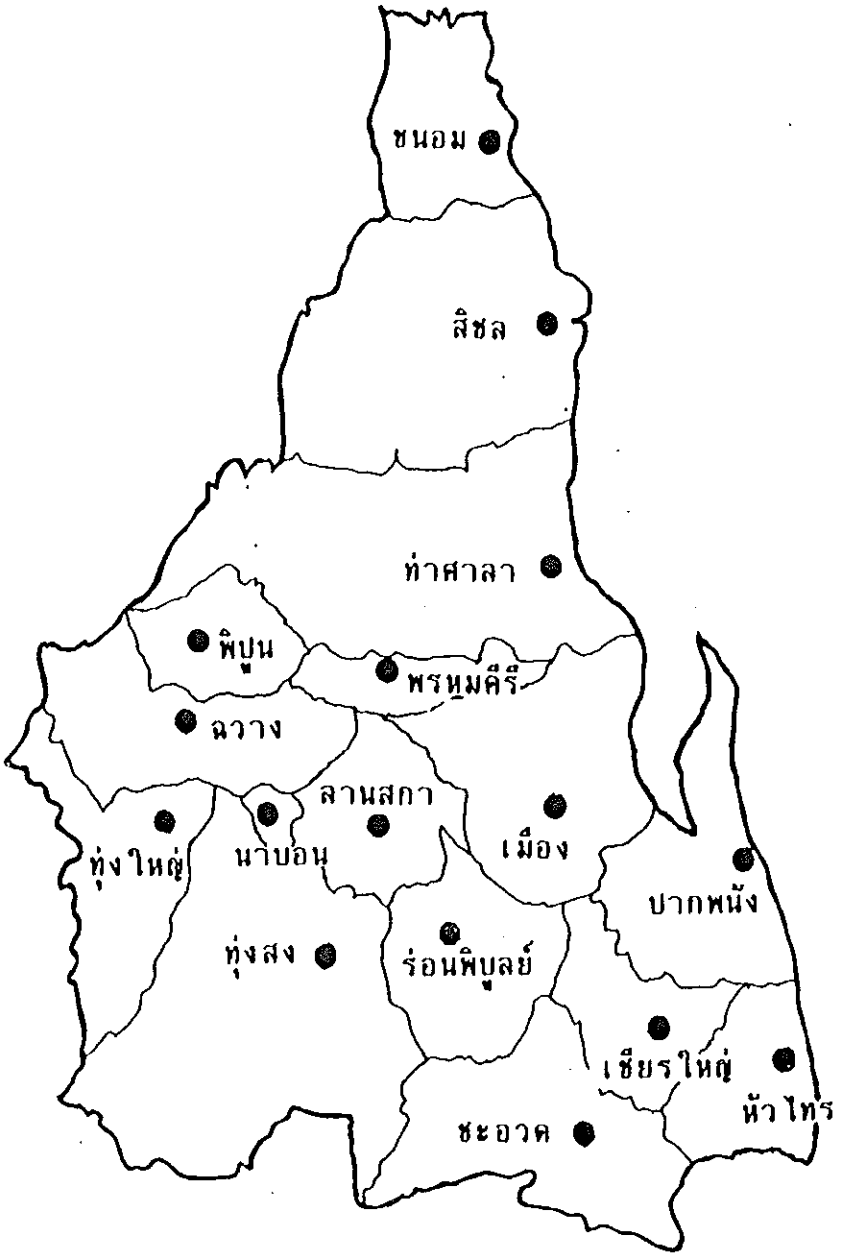
ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : หน้าป้อมตำรวจ ใกล้สี่แยก มีการจราจรหนาแน่น สถานที่โล่งแจ้ง

สถานีที่ 11 สามแยกคลองเหลง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรี-ธรรมราช

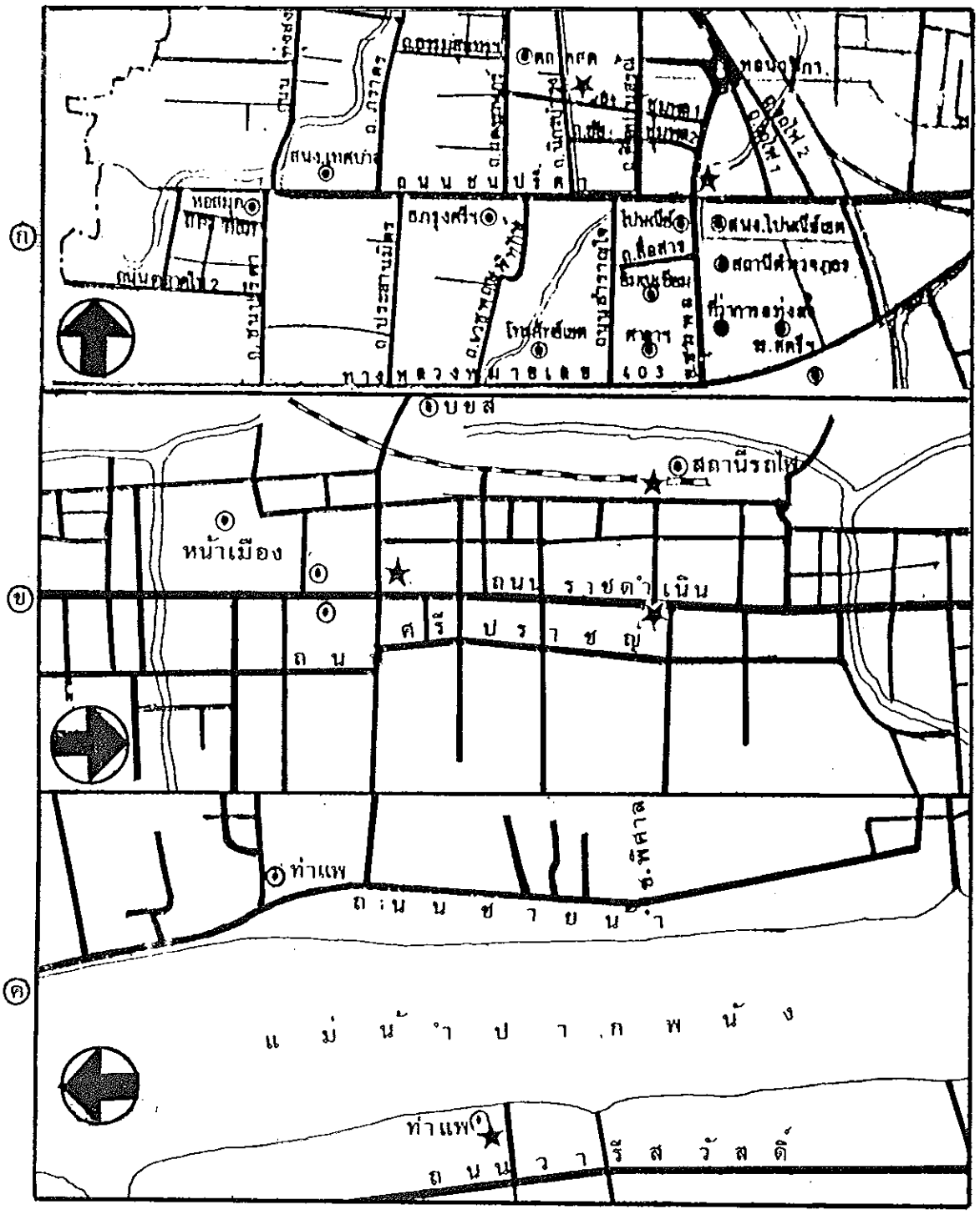
ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : ใกล้ป้อมตำรวจ การจราจรเบาบาง เป็นที่โล่งแจ้ง

สถานีที่ 12 โรงงานไฟฟ้าขนอม อำเภอขนอม จังหวัดนครศรี-ธรรมราช

ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม : ติดชายทะเลหลังโรงงานไฟฟ้าประมาณ 500 เมตร เป็นที่โล่งแจ้ง มีเรือวิ่งเข้า - ออก



รูปที่ 1 แผนที่แสดงอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 2 แผนที่แสดงบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างอากาศในอำเภอต่าง ๆ ของจังหวัดนครศรีธรรมราช

ก. อำเภอทุ่งสง

ข. อำเภอเมือง

ค. อำเภอปากพนัง

2.2 เวลาในการเก็บตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้จะเริ่มเก็บตัวอย่างอากาศตั้งแต่วันที่ 22มีนาคม 2530 ถึง วันที่ 23 สิงหาคม 2530 โดยแบ่งช่วงเวลาที่เก็บเป็น 2 ลักษณะตามความเหมาะสมในการศึกษา แต่ละวิธี คือ

ก. วิธีใช้หลอดตรวจแก๊ส สำหรับหาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงเช้าเวลาประมาณ 9.00 น. - 11.00 น.และช่วงบ่ายเวลาประมาณ 13.00 น. - 15.00 น.

ข. วิธีคัลเลอริเมตริก สำหรับหาปริมาณ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และวิธีพาราโรซานิลีน สำหรับหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะเก็บทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลาประมาณ 08.00 น. ถึง 16.00 น.โดยใช้เวลาครั้งละ 50 นาที

สำหรับตัวอย่างอากาศที่เก็บจะเก็บที่ระดับความสูงประมาณ 1.50 เมตร

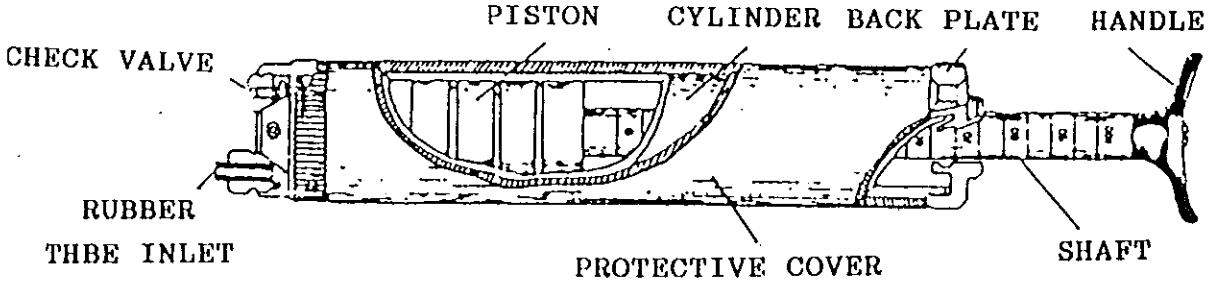
2.3 วิธีการวิเคราะห์และเครื่องมือเก็บตัวอย่าง

2.3.1 คาร์บอนมอนอกไซด์

การวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์ ในอากาศทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้หลอดตรวจแก๊ส (GAS DETECTOR TUBE) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมากวิธีหนึ่ง เนื่องจากมีความสะดวกต่อการนำเครื่องมือ อุปกรณ์ติดตัวไปตามจุดต่าง ๆ และเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ให้ผลการวิเคราะห์รวดเร็ว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้หลอดตรวจแก๊สนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือที่สำคัญ คือ

1. ปั๊มป์มือ (HAND PUMP) ทำหน้าที่ดูดอากาศเข้าไปในหลอดตรวจแก๊ส สำหรับปั๊มป์มือที่ใช้จะเป็นชนิด KITAGAWA ASPIRATION PUMP โมเดล 400 ซึ่งปั๊มป์มือชนิดนี้จะมีปริมาตรภายในสูงสุด 100 มิลลิลิตร มีความยาว 26.0 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 4.2 เซนติเมตร การทำงานของปั๊มป์นี้จะใช้วิธีดึงด้วยมือ ลักษณะและส่วนประกอบดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะและส่วนประกอบของปั๊มมือชนิด KITAGAWA ASPIRATION PUMP โมเดล 400

2. หลอดตรวจแก๊ส (GAS DETECTOR TUBE) ทำหน้าที่เป็นตัวชี้ว่าแก๊สที่ต้องการหานั้นมีความเข้มข้นเท่าไร หลังจากที่ผ่านตัวอย่างอากาศเข้าไปในปริมาตรที่แน่นอน มีลักษณะเป็นหลอดแก้วรูปทรงกระบอก มีความยาวประมาณ15 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร หัวท้ายปิด (รูปที่ 4) ภายในจะบรรจุไว้ด้วยสาร รีเอเจนต์ (REAGENT) ซึ่งจะเปลี่ยนสีเมื่อทำปฏิกิริยากับแก๊ส ที่ต้องการศึกษาอย่างรวดเร็ว หลอดตรวจแก๊สปกติมี 2 ชนิด คือ

ก. ชนิดที่อ่านความเข้มข้นได้โดยตรง (DIRECTLY READING METHOD) หลอดตรวจแก๊สชนิดนี้ จะมีสเกลบอกความเข้มข้นบนหลอดตรวจเลย ซึ่งอาจจะบอกในหน่วยของ เปอร์เซนต์หรือ ส่วนในหนึ่งล้านส่วน (PART PER MILLION, ppm.) ดังรูปที่ 5 ก.

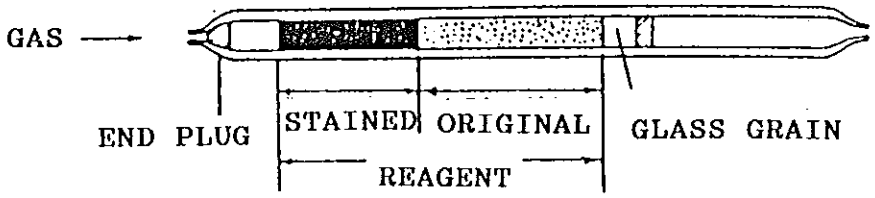
ข. ชนิดที่อ่านความเข้มข้น ได้จากแผนภูมิความเข้มข้น (CONCENTRATION CHART) หลอดตรวจแก๊สชนิดนี้ ไม่มีสเกลสำหรับบอกความเข้มข้น การอ่านค่าความเข้มข้นจะต้องนำไปเทียบกับ CONCENTRATION CHART ซึ่งทางบริษัทจะให้มาพร้อมกับหลอดตรวจแก๊ส ดังรูปที่ 5 ข.

สำหรับหลอดตรวจ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในจะบรรจุสารรีเอเจนต์ คือ โพแทสเซียม ไดซัลฟิโต พาลาเดต (II) (POTASSIUM DISULFITO PALLADATE) ($K_2Pd(SO_3)_2$ ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนมอนอกไซด์ได้โลหะพาลาเดียม (Pd) (สมการ 2.1)

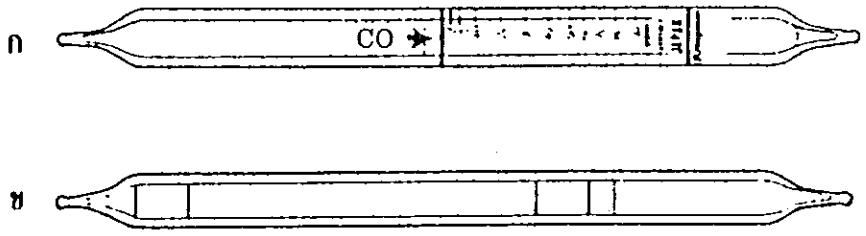
$$K_2Pd(SO_3)_2 + CO \longrightarrow K_2SO_3 + Pd + CO_2 + SO_2 \qquad (2.1)$$

จากปฏิกิริยาข้างบน (2.1) ทำให้สีของรีเอเจนต์ในหลอดตรวจแก๊ส เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้ม (รูปที่ 6) จากนั้นอ่านค่าความเข้มข้น โดยดูจากแถบสีที่เปลี่ยนไปตรงกับสเกลบนหลอด สำหรับชนิด DIRECTLY READING METHOD และนำไปวัดเทียบกับCONCENTRATION CHART (ดังรูป 7) สำหรับชนิด CONCENTRATION CHART METHOD แล้วนำค่าที่ได้ไปแก้ไขตาม CORRECTION FACTOR ต่าง ๆ ที่ทางบริษัทให้มาพร้อมกับหลอดตรวจแก๊ส เพื่อแก้ไขให้อ่านค่าได้ใกล้เคียงความจริงที่สุด

สำหรับค่า DETECTION LIMIT ขึ้นกับปริมาณของอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในหลอดตรวจ ถ้าในบรรยากาศมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่น้อยจะต้องผ่านอากาศเข้าไปมาก ซึ่งค่าเหล่านี้ทางบริษัทผู้ผลิตจะให้มาพร้อมกับหลอดตรวจ เช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 11

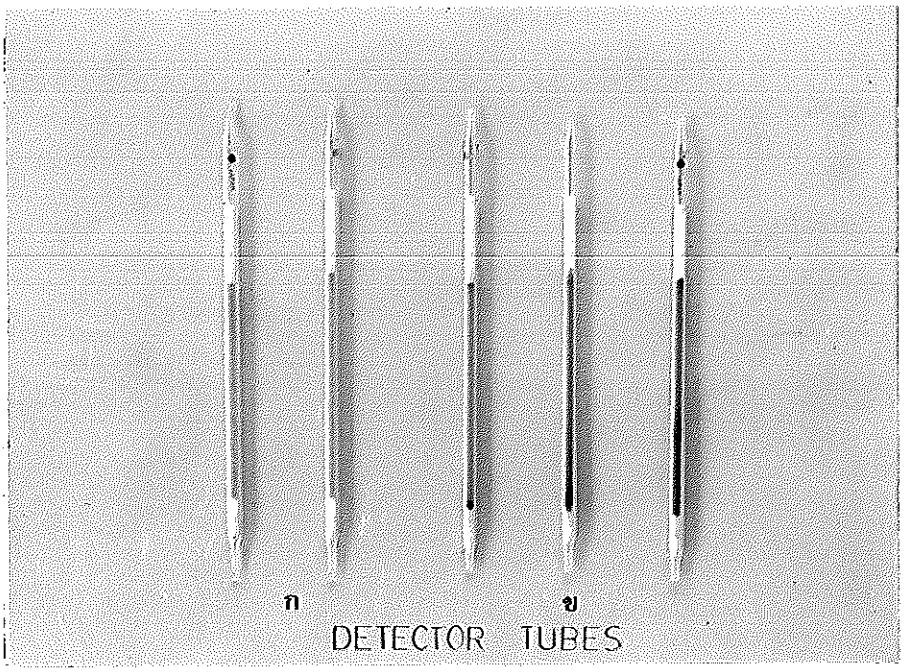


รูปที่ 4 ลักษณะของหลอดตรวจแก๊ส แสดงส่วนประกอบภายใน

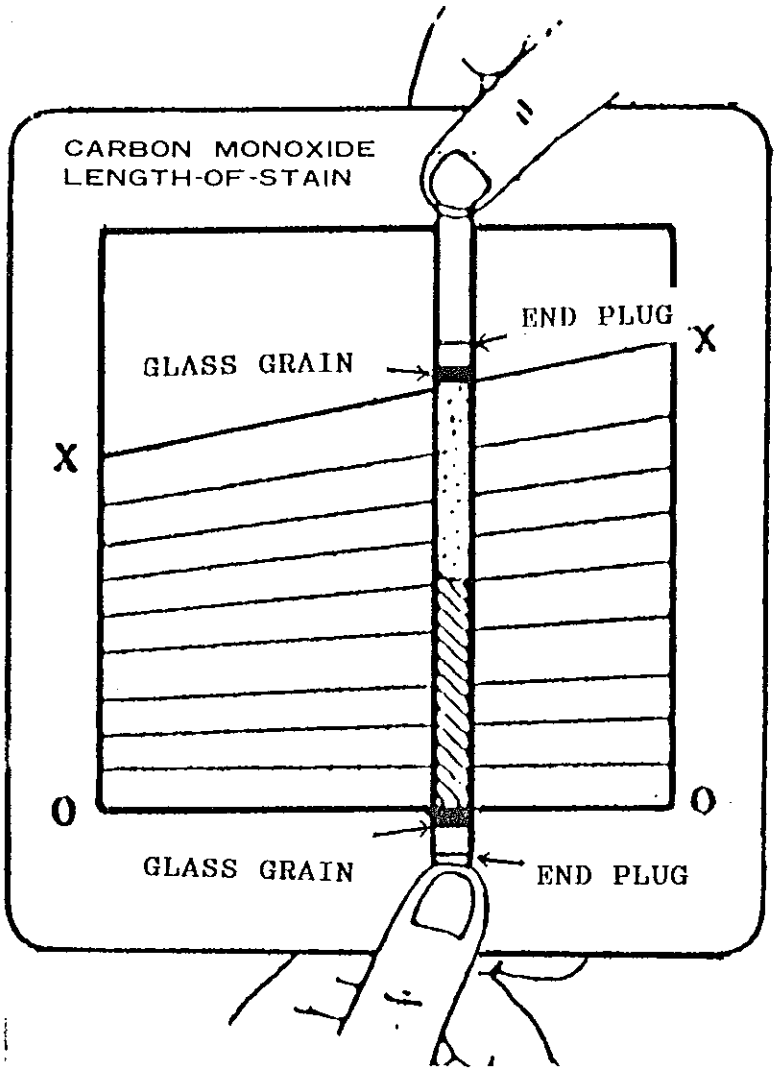


รูปที่ 5 ลักษณะของหลอดตรวจแก๊ส 2 ชนิด

ก. ชนิด DIRECTLY READING METHOD
ข. ชนิด CONCENTRATION CHART METHOD



รูปที่ 6 หลอดตรวจแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
ก. ยังไม่ผ่านอากาศ
ข. เมื่อผ่านอากาศที่มีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 7 การอ่านความเข้มข้นของหลอดตรวจแก๊สโดยเทียบกับ CONCENTRATION CHART

ตารางที่ 11 สมบัติของหลอดตรวจแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์[18]

CALIBRATION SCALE	25-250 ppm. (BASED ON 1 STOCK)		
COLOR CHANGE	YELLOW - DARK BROWN		
SHELF LIFE	1.5 YEARS		
MEASURING RANGE	8-150	25-500	500-1,000
NUMBER OF STOCK	3	1	0.5
DETECTION LIMIT	1 ppm.	5 ppm.	10 ppm.
SOMPLING TIME	12 min.	4 min.	3 min.

สำหรับค่า CORRECTION FACTOR ที่ใช้ในการแก้ไขการอ่านความเข้มข้นให้ถูกต้องนั้น ได้แก่อุณหภูมิ เนื่องจากว่าในการทำสเกลบนหลอดตรวจหรือ CONCENTRATION CHART นั้นทางบริษัทผู้ผลิตจะทำที่ อุณหภูมิ 20°C (68°F) ก็จะทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้องจึงต้องแก้ไขตาม TEMPERATURE CORRECTION TABLE ด้วย ดังตาราง 12

นอกจากอุณหภูมิแล้วปัจจัยอื่นที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ฉะนั้นเครื่องมือที่สำคัญในการวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยวิธีการนี้ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วยังมีเทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์ ไฮโกรมิเตอร์และ นาฬิกาจับเวลา

ตารางที่ 12 การแก้ไขความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อ่านได้จากหลอดตรวจแก๊สที่อุณหภูมิต่าง ๆ[16]

ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จาก CONCENTRATION CHART (ppm.)	ค่าความเข้มข้นที่ถูกต้อง (ppm.)				
	0°C 32°C	10°C 50°C	20°C 68°C	30°C 86°C	40°C 104°C
300	250	270	300	320	340
250	210	230	250	260	280
200	160	180	200	210	220
150	130	140	150	160	170
100	80	90	100	105	110
50	40	45	50	50	55
25	25	25	25	25	25

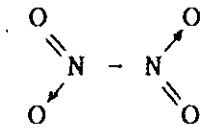
นอกจากนี้ค่าที่อ่านได้อาจผิดพลาดได้ เพราะถูกรบกวนได้โดยสารเคมีตัวอื่น ๆ ดังตารางที่ 13 ทำให้การวิเคราะห์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์โดยวิธีนี้มีค่าผิดพลาดต่ำสุดค่อนข้างสูง คือประมาณ 35%[16]

ตารางที่ 13 สารเคมีที่รบกวนการวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยหลอดตรวจแก๊ส[16]

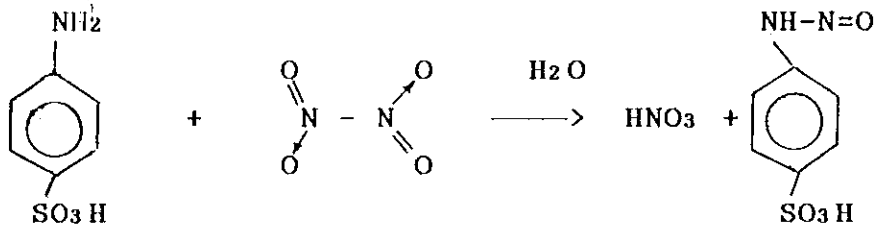
สารรบกวน	ความเข้มข้น	ผลที่ได้	หมายเหตุ
คาร์บอนไดซัลไฟด์	มากกว่า 1/50 เท่าของคาร์บอนมอนอกไซด์	ค่าผิดพลาดทางบวก	สีคล้ายผลของคาร์บอนมอ - นอกไซด์
เฮโลเจน เมอร์แคบแทน	มากกว่า 1/5 เท่าของคาร์บอนมอนอกไซด์	ค่าผิดพลาดทางบวก	สีคล้ายผลของคาร์บอนมอ - นอกไซด์
ฟอสฟีน ฟอสจีน	มากกว่า 1/10 เท่าของคาร์บอนมอนอกไซด์	ค่าผิดพลาดทางบวก	สีคล้ายผลของคาร์บอนมอ - นอกไซด์
อาเซทธิลีน	มากกว่า 1/50 เท่าของคาร์บอนมอนอกไซด์	ค่าผิดพลาดทางบวก	เกิดสีน้ำตาลดำ
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	มากกว่า 1/5 เท่าของคาร์บอนมอนอกไซด์	ค่าผิดพลาดทางบวก	เกิดสีน้ำตาลดำ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	มากกว่า 1/10 เท่าของคาร์บอนมอนอกไซด์	ค่าผิดพลาดทางบวก	ไม่เกิดสีด้วยตัวเอง
ไนโตรเจนออกไซด์	มากกว่า 40	ไม่เกิดผล - แต่คาร์บอนมอนอกไซด์จะไปฟอก - จางสีที่เกิดจากผลของ NO_2	ทำให้เกิดสีแดงจาง ๆ
เอทธิลีน	มากกว่า 2,000	ไม่เกิดผล	สีของหลอดเป็นสีเหลืองน้ำตาล

2.3.2 ไนโตรเจนไดออกไซด์

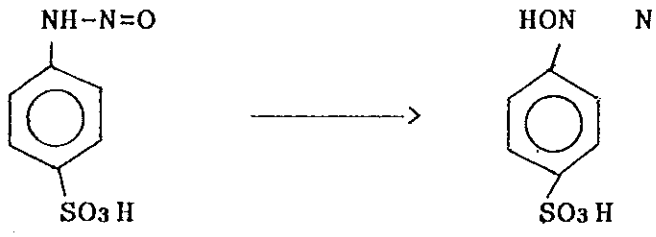
การหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ ในงานวิจัยครั้งนี้ จะใช้วิธีคัลเลอริเมตริก (COLORIMETRIC METHOD) เนื่องจากวิธีนี้มีความนิยมกันมากในปัจจุบัน และให้ความถูกต้องสูง ให้ DETECTION LIMIT ต่ำ วิธีการนี้เป็นวิธีการทดลองของ ซอลทซ์แมน (SALTZMAN)[17] โดยการผ่านอากาศตัวอย่างไปใน MIDGET BUBBLER (รูปที่ 9) ที่ภายในมีสารละลายดูดกลืนไนโตรเจนไดออกไซด์ (ABSORBING SOLUTION) อยู่ สารละลายดูดกลืนนี้ จะเกิดปฏิกิริยากับไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศตัวอย่าง เกิดเป็นสารประกอบ เชิงซ้อนสีชมพูแดง (สมการ 2.2-2.4)



$\longrightarrow \quad NO^{+} + NO_3^{-} \qquad (2.2)$



(2.3)



(2.4)

DIAZO SULFANILIC ACID

ผลที่ได้คือสาร DAIZO SULFANILIC ACID ซึ่งให้ค่าแอบซอฟแบนซ์สูงสุดที่มีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ค่าแอบซอฟแบนซ์ที่ได้จะแปรตามปริมาณของไนโตรเจนไดออกไซด์ซึ่งแปรค่ามาจากปริมาณของโซเดียมไนไตรต์

2.3.3 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

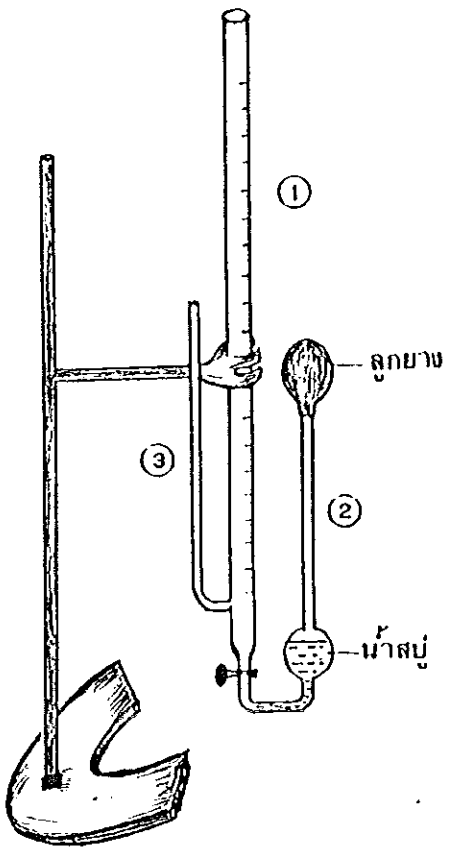
การหาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากคือวิธีพาราโรซานิลีน (PARAROSANILINE) เช่นเดียวกัน งานวิจัยครั้งนี้ก็จะใช้วิธีพาราโรซานิลีน ในการศึกษาวิธีนี้ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยเวสท์ และเกด (WEST AND GAEKE) โดยใช้หลักว่า แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ จะถูกจับไว้ในสารละลายของโซเดียมหรือโพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอคิวเรต (SODIUM OR POTASSIUM TETRA CHLOROMERCURATE, TCM) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากัน ได้สารประกอบเชิงซ้อนของ 1,2 ไดคลอเรซัลฟิโตเมอคิวเรต (1,2 - DICHLOROSULFITOMECURATE)[26] สารประกอบนี้จะเสถียรไม่ถูกออกซิไดซ์ โดยตัวออกซิแดนซ์ที่แรง เมื่อเติมพาราโรซานิลีนและฟอร์มัลดีไฮด์ จะเกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อน พาราโรซานิลีน เมธิลซัลโฟนิก แอซิด (PARAROSANILINEMETHYL SULFONIC ACID)[34] ซึ่งมีสีม่วงแดงเข้มสามารถวัดแอบซอฟแบนซ์ได้โดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เครื่องมือที่ออกแบบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊ส โดยวิธีคัลเลอริเมตริก และพาราโรซานิลีน ประกอบด้วยสารประกอบที่สำคัญดังนี้

1.เครื่องดูดอากาศ มีหน้าที่ดูดอากาศเข้าทำปฏิกิริยากับสารละลายดูดกลืนเครื่องดูดอากาศที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้ปั๊มบ์สำหรับให้อากาศปลาชนิด GIANT โดยนำมาดัดแปลงให้เหมาะสมเครื่องดูดอากาศนี้ จะอาศัยกระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ ในการทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก เพื่อทำให้เกิดการสั่นของแผ่นยาง (DIAPHRAGM) ทำให้เกิดแรงดูดอากาศผ่านลิ้นทางเดียวเข้าไปยังสารละลายใน MIDGET BUBBLE สามารถนำมาใช้ในการเก็บอากาศได้ตลอดวัน มีขนาดกว้าง 10.5 เซนติเมตร สามารถนำมาประกอบกับชุดเครื่องมือได้สะดวกและมีอัตราการดูดอากาศสูงกว่า 0.7 ลิตร/นาที

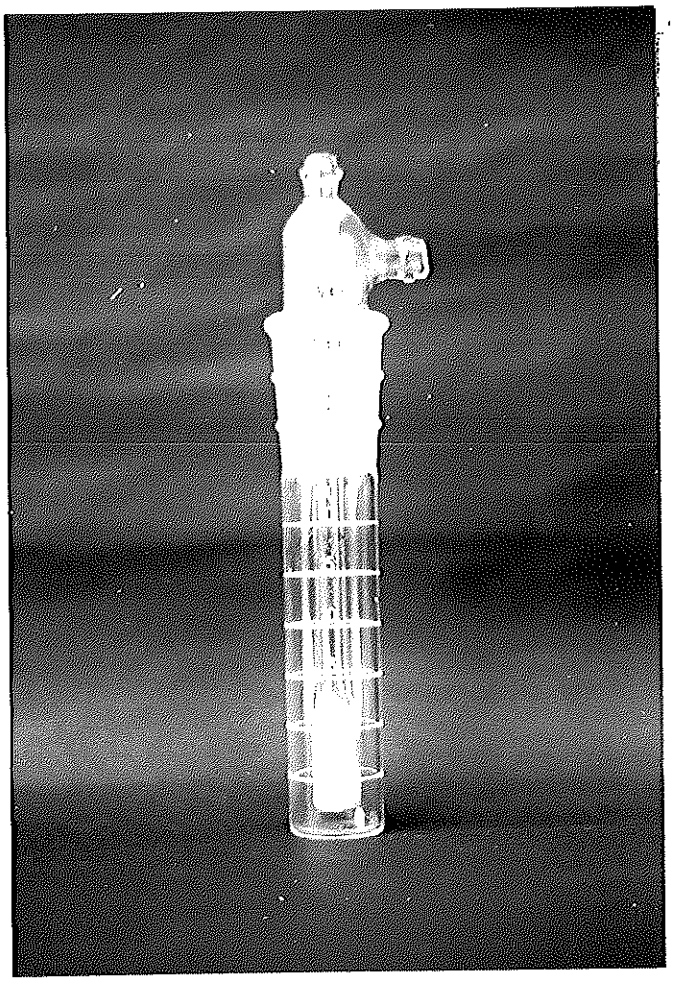
2.เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ จะใช้โฟลว์มิเตอร์ แบบลูกลอยกลมมีลักษณะเป็นหลอดแก้วตรง ภายนอกมีขีดมาตราส่วนตลอดความยาวของหลอด ภายในมีลูกลอย ปลายหลอดด้านล่างต่อกับทางออกของเครื่องดูดอากาศ ด้านบนต่อไปยังวาล์วสำหรับปิด-เปิด เมื่ออากาศไหลเข้าไปในโฟลว์มิเตอร์ด้วยแรงดันจากปั๊มบ์ลูกลอยจะสูงขึ้น ความสูงของลูกลอยจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศ

3. เครื่องตรวจสอบอัตราการไหล จะใช้โฟลว์มิเตอร์แบบฟองสบู่ (SOAP BUBBLE FLOWMETER) ซึ่งเป็นชนิดที่ดัดแปลงจากบิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 8 มีลักษณะเป็น 3 แขน โดยแขนแรกมีขนาดใหญ่ที่สุด จะมีขีดบอกปริมาตร ทำหน้าที่ให้ฟิล์มของสบู่ถูกดันขึ้นไปด้วยอากาศ แขนที่ 2 จะมีกระเปาะสำหรับใส่น้ำสบู่ และทางปลายบนสุดจะมีลูกยาง สำหรับดันให้น้ำสบู่ในกระเปาะไหลตามท่อเล็ก ๆ ไปสู่แขนแรก แขนที่ 3 เป็นแขนขนาดเล็กสำหรับให้อากาศผ่านเข้าไปดันฟิล์มของสบู่ในแขนแรก ขึ้นไป ปริมาตรของฟิล์มสบู่ที่ถูกดันขึ้นไปในเวลาที่แน่นอนนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศได้



รูปที่ 8 โฟลว์มิเตอร์แบบฟองสบู่

4. MIDGET BUBBLER สำหรับใส่สารละลายดูดกลืนทำด้วยแก้วมีส่วนประกอบ 2 ส่วน ส่วนแรกสำหรับใส่สารละลายเป็นทรงกระบอก มีความยาวทั้งหมด 17.8 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.5 เซนติเมตร จะมีขีดสำหรับบอกปริมาตรบนหลอด และส่วนที่เป็นฝาปิดทำด้วยสารอย่างเดียวกัน มีหลอดแก้วยาว (DISPERSER) ที่ส่วนปลายมีรูพรุนสำหรับให้อากาศออกมาเป็นฟองขนาดเล็กเมื่ออากาศถูกผ่านไปทางหลอดแก้วยาวส่วนที่เป็นฝาปิดนี้จะมีรูสำหรับให้อากาศออกอีกรูหนึ่ง ดังรูปที่ 9 ส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องมือก็ได้แก่ วาล์ว สำหรับปิด - เปิด ปรับอัตราการไหลของท่อนำแก๊สขนาดเล็ก ข้อต่อ และเทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 9 MIDGET BUBBLER ขนาด 30 มิลลิลิตร

2.4 หลักการทำงานของเครื่องมือ

พิจารณา รูปที่ 10 และรูปที่ 14 ประกอบ

2.4.1 MIDGET BUBBLER A และ B บรรจุสารละลายดูดกลืนสารละลายตัวจับสำหรับใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตามลำดับ (MIDGET BUBBLE ที่ใช้ในการเก็บซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะหล่อเย็นไว้ด้วยน้ำแข็งสำหรับควบคุมอุณหภูมิ) หลอดคู่นี้หุ้มด้วยแผ่นอะลูมิเนียม เพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายถูกแสง

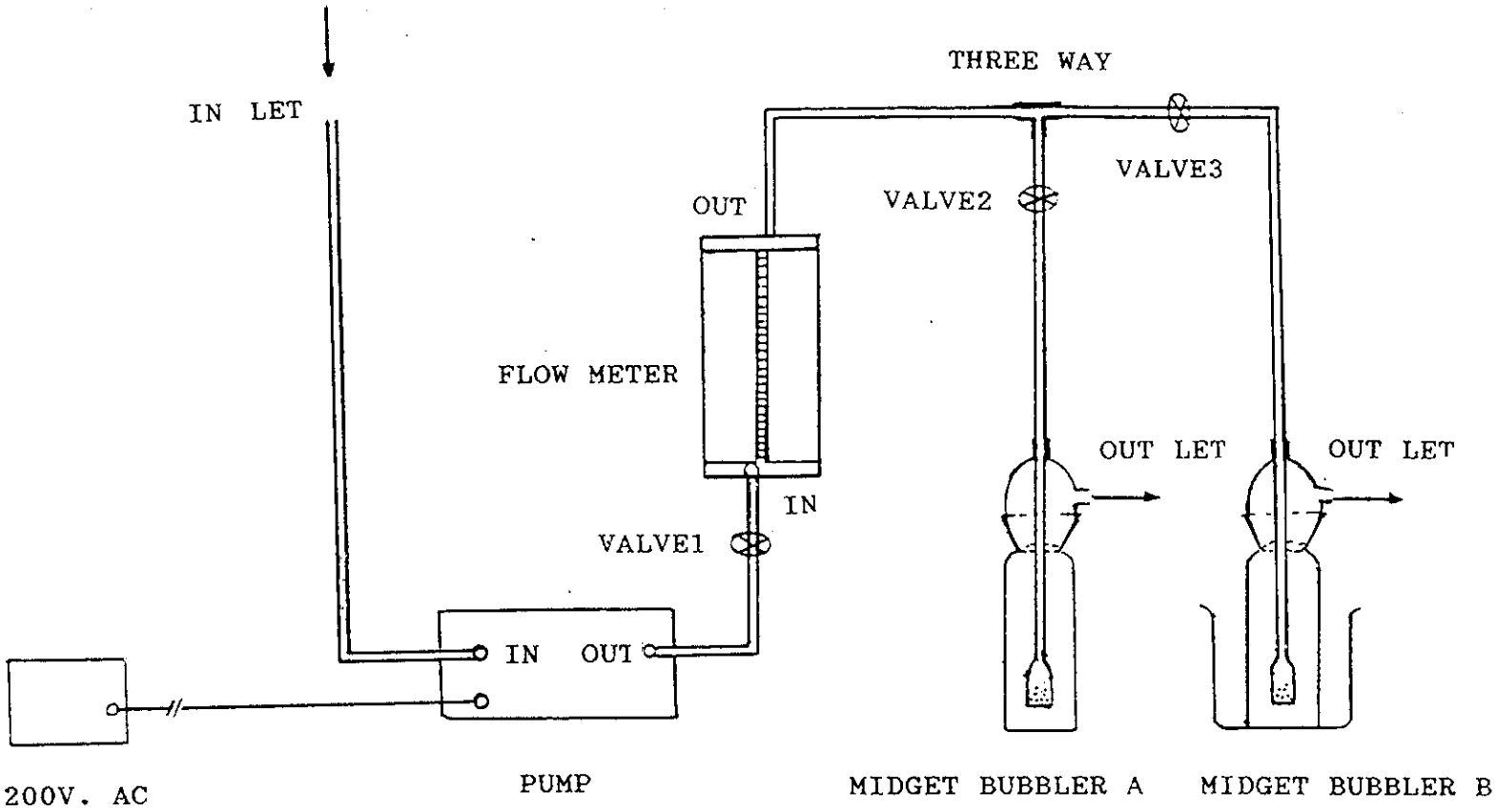
2.4.2 เปิดเครื่องดูดอากาศ และปรับอัตราการไหลของอากาศ (วาล์ว 1) ให้ลูกลอยในโฟลว์มิเตอร์อยู่ในระดับที่ต้องการ

2.4.3 ตรวจสอบอัตราการไหลอากาศที่ผ่าน MIDGET BUBBLER โดยใช้โฟลว์มิเตอร์แบบฟองสบู่ (สามารถปรับอัตราการไหลของอากาศได้โดยปรับ วาล์ว 1,2)

บันทึกเวลาในการดูดอากาศ กับอัตราการไหล แล้วคำนวณหาปริมาตรของอากาศที่ผ่านเข้าไปในสารละลายใน MIDGET BUBBLER A และ B

ปริมาตรของอากาศที่ผ่านสารละลาย = อัตราการไหล x เวลา

2.4.4 เมื่อผ่านอากาศไปในสารละลายใน MIDGET BUBBLER แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก็จะทำปฏิกิริยากับสารละลายใน MIDGET BUBBLER A และ B ตามลำดับ ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการที่เหมาะสมต่อไปได้


IN LET
THREE WAY
VALVE3
VALVE2
OUT
FLOW METER
IN
VALVE1
OUT LET
OUT LET
IN
OUT
200V. AC
PUMP
MIDGET BUBBLER A
MIDGET BUBBLER B

บทที่ 3
การทดลอง

สารเคมีและเครื่องมือ

3.1 สารเคมี

ชื่อสารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
1. ACETIC ACID, (GLACIAL), AR GRADE (CH_3COOH)	BDH. CHEMICAL LTD. POOLE, ENGLAND.
2. ETHYLENEDIAMINETETRA - ACETIC ACID (EDTA), AR GRADE ($(CHOOCCH_2)_2\ NCH_2CH_2N(CH_2COOH)$	MAY & BAKER LTD. DAGENHAM, ENGLAND.
3. FORMALDEHYDE 40% ($HCHO$)	EMERCK, DAMSTADE GERMANY.
4. HYDROCHLORIC ACID, AR GRADE (HCl)	MERCK, DAMSTADE, GERMANY.
5. IODINE, AR GRADE (I_2)	FARMITALIA CARLOERBA
6. MERCURIC CHLORIDE, AR GRADE ($HgCl_2$)	JUNSEI PURE CHEMICAL CO.,LTD.
7. MERCURIC IODIDE, AR GRADE (HgI_2)	BDH. CHEMICAL LTD. POOLE, ENGLAND.
8. N-(1-NAPHTHYL)-ETHYLENEDIAMINE DIHYDROCHLORIDE, GPR GRADE ($C_{10}H_7\ NHNHCH_2CH_2NH_2.2HCl$)	BDH. CHEMICAL LTD. POOLE, ENGLAND.
9. PARAROSANILINE HYDROCHLORIDE, AR GRADE ($C_{18}H_{18}ClN_3$)	FLUKA - GARANITE, SWITZERLAND.
10. PHOSPHORIC ACID, AR GRADE (H_3PO_4)	HOPKIN & WILLIAMS, ENGLAND.
11. POTASIUM CHLORIDE, AR GRADE (KCl)	E-MARCK DAMSTADE, GERMANY.

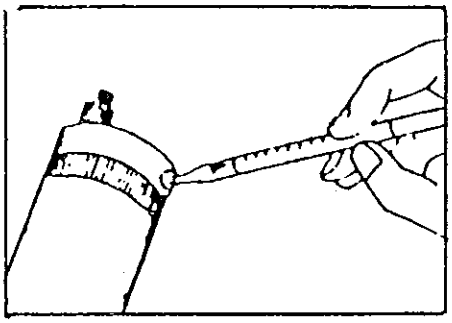
ชื่อสารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
12. POTASSIUM IODATE, AR GRADE (KIO_3)	FLUKA - GARANITE, SWITZERLAND.
13. POTASSIUM IODINE, AR GRADE (KI)	MALLINCKRODT, U.S.A.
14. SODIUM CARBONATE, AR GRADE (Na_2CO_3	MALLINCKRODT, U.S.A.
15. SODIUM METABISULFITE, AR GRADE OR SODIUM SULFITE ($Na_2S_2O_5$ OR Na_2SO_3)	MALLINEKRODT, U.S.A.
16. SODIUM NITRITE, AR GRADE ($NaNO_2$)	E - MERCK DAMSTADT, GERMANY.
17. SODIUM THIOSULFATE, AR GRADE ($Na_2S_2O_3 . 5H_2O$)	MALLINCKRODT, U.S.A.
18. SOLUBLE STARCH, AR GRADE	HOPKIN & WILLIAMS SEARLE COMPANY, ENGLAND.
19. SULFAMIC ACID, AR GRADE (NH_2SO_3H)	FLUKA - GARANITE. SWITZERLAND.
20. SULFANILIC ACID, AR GRADE ($C_6H_7NO_3S$)	RIEDEL. DE HAEN AG SEELZE HANHOVER, GERMANY.

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

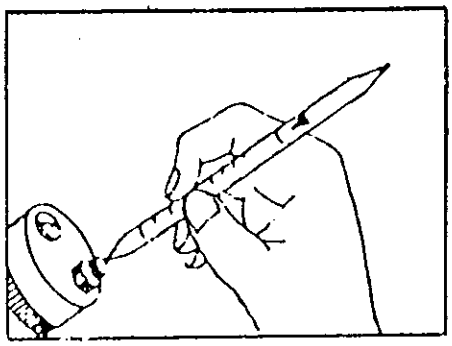
ชื่อเครื่องมือ	โมเดล	บริษัทผู้ผลิต
1. AC. GENERATOR	KA. 0841	KUBOTA LTD., JAPAN.
2. FLOW METER	-	-
3. AIR PUMP	GIANT	-
4. GAS DETECTOR TUBE	CO 1La 25-500 ppm.	GASTEC, CORPORATION TOKYO, JAPAN.
5. HAND PUMP	KITAGAWA 400	OGAWA SEIKI Co.,LTD. TOKYO, JAPAN.
6. SPECTROPHOTOMETER	SPECTRONIC 21	BAUSCH & LOMB ANALYTICAL SYSTEM DIVISION ROCHESTER, N.Y., U.S.A.
7. MIDGET BUBBLER 30 ml.	No. 8254	ARTHER H. THOMAS Co. PHILADELPHIA, P.A., U.S.A.
8. UV. VISIBLE	26	BACKMAN INSTRUMENT I FULLERTION, CALIFORNIA, U.S.A.

3.3 วิธีการทดลอง

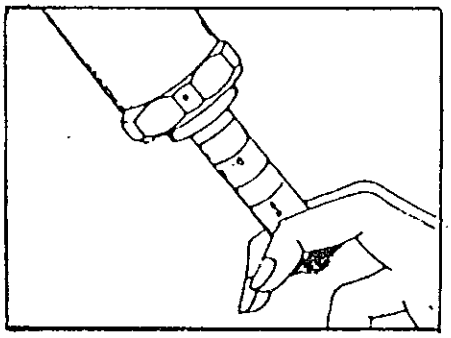
3.3.1 วิธีใช้หลอดตรวจแก๊ส



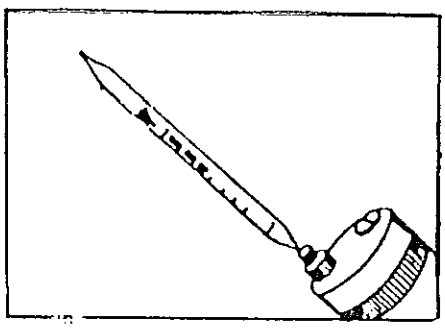
1. นำหลอดตรวจแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มาตัดปลายทั้งสองข้างออก โดยใช้รูสำหรับตัดหลอด (TUBE TIP BREAKER) ที่ติดอยู่ข้างปั๊มมือ (HAND PUMP)



2. นำหลอดตรวจแก๊ส ไปต่อกับที่จับของปั๊มป์ (RUBBER TUBE INLET) โดยให้ปลายด้านที่มีลูกศรชี้เข้าต่อกับด้านอากาศเข้า และให้ปลายด้านอากาศเข้า อยู่สูงจากพื้นประมาณ 1.50 เมตร



3. ดึงก้านสูบ (HANDLE) ของปั๊มป์ให้สุดแล้วหมุนไป 90 องศา ก้านสูบก็จะถูกล็อกให้คงที่ อากาศจะถูกดูดผ่านเข้าไป ในหลอดตรวจแก๊ส ทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที อากาศจะถูกดูดผ่านเข้าไปครบ 100 มิลลิลิตร แล้วจะถูกดันออกทางรูออกที่เรียกว่า CHECK VALVE แล้วจึงเริ่มต้นใหม่ จนได้ปริมาตรของอากาศที่เข้าไปตามต้องการ



4. หลังจากนั้นก็ อ่านค่าความเข้มข้นโดยดูจากสีของ REAGENT ที่เปลี่ยนไปโดยอาศัยสเกลที่บอกไว้บนหลอดตรวจ หรือนำไปเทียบกับ CONCENTRATION CHART แล้วแต่กรณี

รูปที่ 11 ขั้นตอนการใช้หลอดตรวจแก๊สโดยใช้ปั๊มป์มือ

ขณะทำการทดลองจะต้องบันทึก ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ด้วย เนื่องจากการอ่านความเข้มข้น ให้ตรงกับความเป็นจริงนั้นจะต้องแก้ไข ตามความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์นั่นเอง

สเกลที่บอกความเข้มข้นบนหลอดตรวจแก๊สหรือ CONCENTRATION CHART เป็นสเกลที่ทดลองไว้ที่อุณหภูมิ 20^0C ความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% ดังนั้นความเข้มข้นที่อ่านได้จากสเกลหรือ CONCENTRATION CHART จึงต้องแก้ไขให้ถูกต้องตามสภาพของอากาศตัวอย่าง โดยใช้กฎของแก๊ส (GAS LAW) หรืออาจจะใช้สูตรดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นที่ถูกต้อง} = \text{ค่าความเข้มข้นที่ได้หลังจากการแก้ไขตาม TEMPERATURE CORRECTION TABLE แล้ว} \times \frac{760 \text{ มิลลิลิตรปรอท}}{\text{ความดันบรรยากาศ (มิลลิลิตรปรอท)}}$$

ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในบริเวณที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 50-90% จึงไม่มีความจำเป็นต้องแก้ไข

3.3.2 วิธีคัลเลอริเมตริก

เป็นวิธีการทดลองของซอลทซ์แมน (SALTZMAN) ในการหาปริมาณของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ซึ่งมีวิธีการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมสารเคมี

1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์ ($NaNO_2$) ที่มีความเข้มข้น 2030 ppm. จำนวน 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งโซเดียมไนไตรต์ 2.030 กรัม ละลายในน้ำ DEIONIZED คนจนละลายหมดแล้วใส่ในขวดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำ DEIONIZED จนมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าจนเข้ากัน จะได้สารละลายโซเดียมไนไตรต์ที่มีความเข้มข้น 2030 ppm.

1.2 เตรียมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ที่มีความเข้มข้น 20.30 ppm. จำนวน 100 มิลลิลิตร

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์ (ข้อ 1.1) จำนวน 1.00 มิลลิลิตรด้วยไมโครปิเปต ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ DEIONIZED จนมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าจนเข้ากัน จะได้สารละลายโซเดียมไนไตรต์ที่มีความเข้มข้น 20.30 ppm. ตามต้องการ

1.3 เตรียมสารละลาย N-(1-NAPHTHYL) ETHYLENDIAMINE DIHYDROCHLORIDE 1% 100 มิลลิลิตร

ชั่ง N-(1-NAPTHYL) ETHYLENDIAMINE DIHYDROCHLORIDE 1.00 กรัมละลายในน้ำ DEIONIZED คนจนละลายหมด ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ DEIONIZED จนมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลาย N-(1-NAPTHYL) ETHYLENEDIAMINE DIHYDROCHLORIDE 1%

1.4 เตรียมสารละลายดูดกลืน จำนวน 1,000 มิลลิลิตร

ละลายกรดซัลฟานิลิก 5.000 กรัม ในน้ำ DEIONIZED ที่มีกรดอาซิติกเข้มข้นอยู่ 140.0 มิลลิลิตร เติมสารละลาย N-(1-NAPHYL) ETHYLENDIAMINE DIHYDROCHLORIDE 1% (ข้อ 1.3) จำนวน 20.00 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำ DEIONIZED จนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายดูดกลืนตามต้องการ

การเก็บรักษา ใส่ในขวดสีน้ำตาล เก็บไว้ในตู้เย็น ก่อนใช้อาจเติม 1% อาซิโตน เพื่อกำจัดสิ่งรบกวนบางชนิดในการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีนี้ เช่น ไอโซนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น

แต่ถ้าเติม 1% อาซิโตนก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืน (ABSORBANCE) จะใช้เวลาในการเกิดสีสมบูรณ์ ประมาณ 4-5 ชั่วโมง ซึ่งนานกว่าปกติคือประมาณ 15 นาที

2. การหาความยาวคลื่นของการดูดกลืนและกราฟมาตรฐาน

2.1 การหาความยาวคลื่นของการดูดกลืนสูงสุด

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน ของไซเตียมไนไตรต์ ที่มีความเข้มข้น 20.30 ppm. จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ด้วยไมโครปิเปต ลงในขวดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร ทำให้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายดูดกลืน (ในข้อ 1.4) ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จนเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายสมบูรณ์ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 - 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์(UV-VISIBLE SPECTROPHOTOMETER) จะได้ค่าการดูดกลืน (ABSORBANCE) สูงสุดที่ช่วงความยาวคลื่น 548-552 นาโนเมตร (รูปที่ 12)

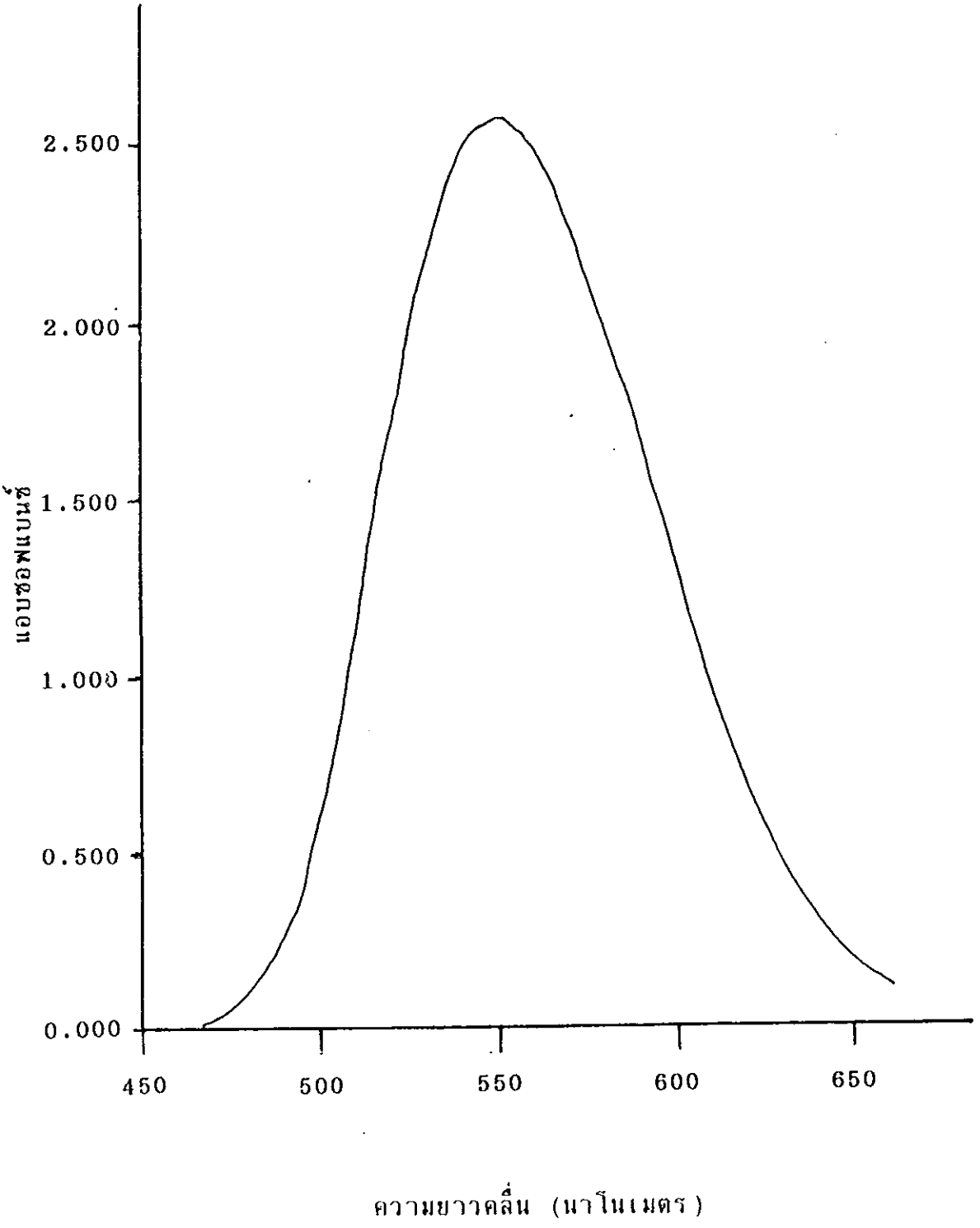
2.2 หาความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด โดยใช้เครื่องสเปกโตรนิก 21

นำสารละลายที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบูรณ์แล้ว (จากข้อ 2.1) มาวัดค่าการดูดกลืนอีกครั้งหนึ่งด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ สเปกโตรนิค 21 (SPECTROPHOTOMETER SPECTRONIC 21) ที่มีความยาวคลื่น 548, 550 และ 552 นาโนเมตร (ตารางที่ 14) พบว่าความยาวคลื่นที่ให้การดูดกลืนสูงสุดเป็น 550 นาโนเมตร

ตารางที่ 14 ค่าแอบซอฟแบนซ์ของสารละลายไซเตียมไนไตรต์เข้มข้น 20.30 ppm. 0.5 มิลลิลิตร ในสารละลายดูดกลืนแสง 24.5 มิลลิลิตร ในช่วงความยาวคลื่น 548-552 นาโนเมตร

ความยาวคลื่น (nm.)	ค่าแอบซอฟแบนซ์ เฉลี่ย $\pm$ SD*
548	0.256 $\pm$ 0.001
550	0.260 $\pm$ 0.001
552	0.258 $\pm$ 0.001

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้ง



รูปที่ 12 วิซิเบิล สเปคตรัมของสารละลายโซเดียมไนไตรต์ ในสารละลายดูดกลืนแสง

2.3 กราฟมาตรฐาน (CALIBRATION CURVE) ของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์

การแปรค่าระหว่างความเข้มข้น ของสารละลายโซเดียมไนไตรต์กับความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ จากการทดลองของซอลทซ์แมน (SALTZMAN) ได้กำหนดไว้ดังนี้

0.72 โมลของโซเดียมไนไตรต์จะให้สีของสารประกอบเชิงซ้อนเท่ากับ 1 โมลของไนโตรเจนไดออกไซด์[29]

MOLAR VOLUME ของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 24.47 ลิตรที่ STP[27]

การเตรียมสารละลายเพื่อทำกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์ ที่มีความเข้มข้น 20.30 ppm. (ข้อ 1.2) จำนวน 0.10, 0.20, 0.30,.....1.00 มิลลิลิตร ด้วยไมโครปิเปตใส่ลงในขวดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตรตามลำดับ

2. เติมสารละลายดูดกลืนแสงจนมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 25 มิลลิลิตร จะได้จำนวนไมโครลิตรของไนโตรเจนไดออกไซด์เป็น 1.0,2.0,3.0,... 10.0 ตามลำดับและถ้าคิดใน 10 มิลลิลิตร ของสารละลายดูดกลืนจะได้จำนวนของไนโตรเจนไดออกไซด์เป็น 0.4,0.8,1.2,...4.0 ตามลำดับ

3. ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จนสารละลายเกิดการเปลี่ยนแปลงสีสมบูรณ์

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (ABSORBANCE) ที่มีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร (ตารางที่ 15)

5. เตรียมสารละลายอีก 4 อนุกรม (ชุด) เหมือนข้อ 1 และข้อ 2 ทุกประการโดยชุดที่ 1,2,3 และ 4 จะวางทิ้งไว้ 1,3,5, และ 7 วัน ตามลำดับ จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (ตามข้อ 4) ซึ่งจะได้ค่าการดูดกลืนแสงดังตารางที่ 16,17,18 และ 19 ตามลำดับ

6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน ระหว่างค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตรของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ต่อจำนวน 10 มิลลิลิตร ของสารละลายดูดกลืนแสง (รูปที่ 13) ค่าที่ได้เป็นไปตามกฎของเบียร์ (BEER'S LAW) หาค่าความชัน (SLOPE) ของเส้นกราฟแล้วสามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ จากสูตร

$$NO_2\ (ppm.) = \frac{AXM}{V_R} \qquad (3.2)$$

เมื่อ A คือ เอปซอฟแบนซ์

M คือ ส่วนกลับของความชันของเส้นกราฟ

V_R คือ ปริมาตรของอากาศตัวอย่างเป็นลิตร ที่ STP. โดยที่

$$V_R \text{คือ} \quad \frac{PV}{(T+273)K} \times \frac{298\ K}{760\ torr}$$

P คือ ความดันบรรยากาศ เป็น torr

V คือ ปริมาตรของอากาศที่เก็บได้เป็นลิตร

t คือ อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่างเป็นเซลเซียส

ตารางที่ 15 ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตร ของไนโตรเจนไดออกไซด์เมื่อวางทิ้งไว้ 15 นาที

ไมโครลิตรของ NO_2 ต่อ 10.00 มิลลิลิตรของสารดูดกลืน	ค่าแอบซอฟแบนซ์เฉลี่ย*
0.4	0.054
0.8	0.108
1.2	0.152
1.6	0.212
2.0	0.260
2.4	0.319
2.8	0.370
3.2	0.416
3.6	0.474
4.0	1.524

*เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 8 ครั้ง

ตารางที่ 16 ค่าแอบซอพแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตร ของไนโตรเจนไดออก-ไซด์เมื่อวางทิ้งไว้ 1 วัน

ไมโครลิตรของ NO_2 ต่อ 10.00 มิลลิลิตรของสารดูดกลืน	ค่าแอบซอพแบนซ์เฉลี่ย*
0.4	0.054
0.8	0.107
1.2	0.152
1.6	0.211
2.0	0.257
2.4	0.316
2.8	0.367
3.2	0.413
3.6	0.471
4.0	0.521

* ค่าเฉลี่ยจากการวัด 8 ครั้ง

ตารางที่ 17 ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตร ของไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 3 วัน

ไมโครลิตรของ NO_2 ต่อ 10.00 มิลลิลิตรของสารดูดกลืน	ค่าแอบซอฟแบนซ์เฉลี่ย*
0.4	0.053
0.8	0.105
1.2	0.149
1.6	0.205
2.0	0.246
2.4	0.305
2.8	0.354
3.2	0.398
3.6	0.455
4.0	0.502

* เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 8 ครั้ง

ตารางที่ 18 ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตร ของไนโตรเจนไดออก-ไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 5 วัน

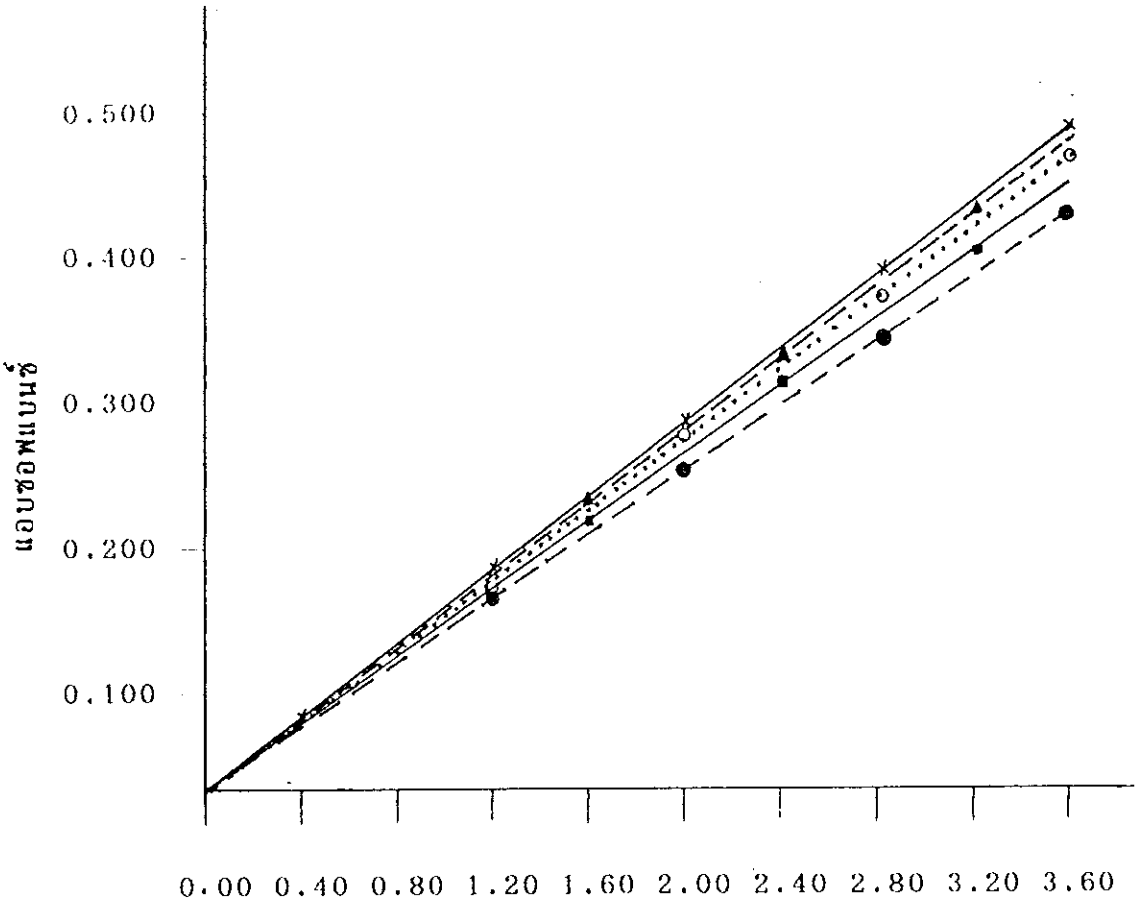
ไมโครลิตรของ NO_2 ต่อ 10.00 มิลลิลิตรของสารดูดกลืน	ค่าแอบซอฟแบนซ์เฉลี่ย*
0.4	0.050
0.8	0.096
1.2	0.139
1.6	0.192
2.0	0.240
2.4	0.290
2.8	0.330
3.2	0.376
3.6	0.432
4.0	0.475

* เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 8 ครั้ง

ตารางที่ 19 ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครลิตร ของไนโตรเจนไดออก-ไซด์ เมื่อวางทิ้งไว้ 7 วัน

ไมโครลิตรของ NO_2 ต่อ 10.00 มิลลิลิตรของสารดูดกลืน	ค่าแอบซอฟแบนซ์เฉลี่ย*
0.4	0.048
0.8	0.094
1.2	0.130
1.6	0.182
2.0	0.221
2.4	0.274
2.8	0.309
3.2	0.354
3.6	0.407
4.0	0.445

* เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 8 ครั้ง



ไมโครลิตรของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อ 10 มิลลิลิตรของสารดูดกลืน

		INTERCEPT	SLOPE	r	$M=\frac{1}{SLOPE}$
ทิ้งไว้ 15 นาที	X----X----X	1.267×10^{-3}	0.13083	0.999841	7.6435
ทิ้งไว้ 1 วัน	▲····▲····▲	8.000×10^{-3}	0.13005	0.99814	7.6897
ทิ้งไว้ 3 วัน	⊖--------⊖	2.467×10^{-3}	0.12488	0.999750	8.0078
ทิ้งไว้ 5 วัน	■——●——■	1.800×10^{-3}	0.11836	0.999745	8.4485
ทิ้งไว้ 7 วัน	●---●---●	2.267×10^{-3}	0.11102	0.999573	9.0078

รูปที่ 13 กราฟมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไนไตรต์ในสารละลายดูดกลืนแสง

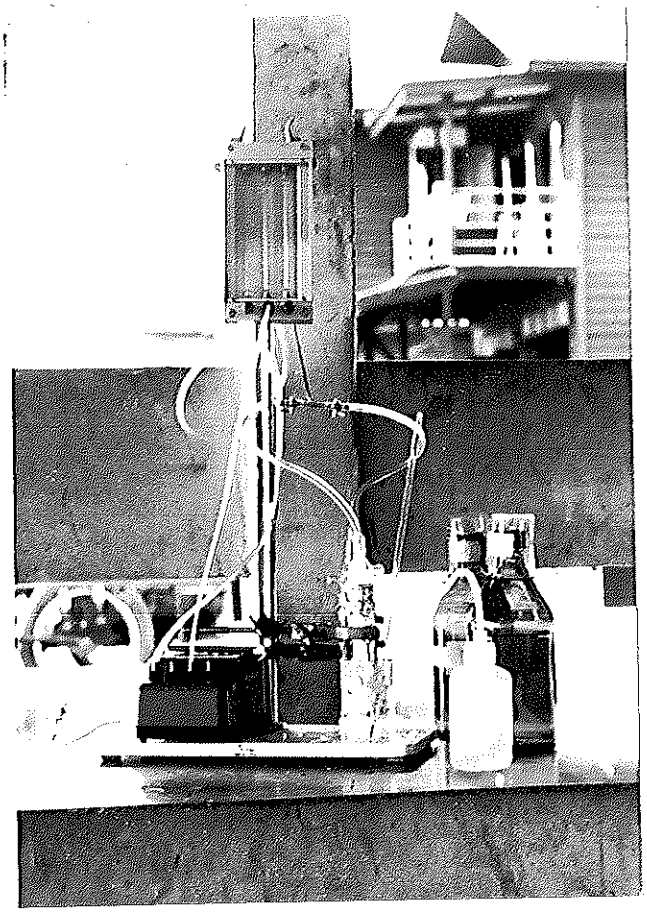
3. การเก็บตัวอย่าง

ปิเปตสารละลายดูดกลืนจำนวน 10.00 มิลลิลิตร ใส่ลงใน MIDGET BUBBLER ขนาด 30 มิลลิลิตร MIDGET BUBBLER นี้จะถูกหุ้มไว้ด้วยแผ่นอลูมิเนียม (ALUMINIUM FOIL) แล้วต่อเข้ากับเครื่องปั๊มบ์ (รูปที่ 14) แล้วนำไปวางไว้ตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ปรับอัตราการไหลของอากาศให้เหมาะสม ใช้เวลาเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 50 นาที จนเกิดการเปลี่ยนสีของสารละลายดูดกลืน บันทึกปริมาตรของอากาศ ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ เพื่อแปรค่าไปที่สภาวะมาตรฐาน

เก็บสารละลายที่ได้ไว้ในขวดเก็บสารตัวอย่าง โดยหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมไว้นำเข้าห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปวัดค่าแอบซอฟแบนซ์และวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อไป

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์

นำสารละลายที่เก็บได้ (ข้อ 3) มาวัดค่าแอบซอฟแบนซ์ ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ สเปคโตรนิค 21 (SPECTROPHOTOMETER SPECTRONIC 21) ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายดูดกลืนที่ไม่ผ่านอากาศและไม่มีการเปลี่ยนแปลง นำค่าแอบซอฟแบนซ์ ที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ตามสูตรที่ 3.2



รูปที่ 14 การติดตั้งเครื่องมือในการหาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก เครื่องดูดอากาศ
ข เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (FLOW METER)
ค MIDGET BUBBLER

3.3.3 วิธีพาราโรซานิลีน

เป็นวิธีหาปริมาณของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วิธีการหนึ่ง ซึ่งมีวิธีการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การเตรียมสารเคมี

1.1 สารเคมีสำหรับการเก็บตัวอย่าง

1.1.1 น้ำ DEIONZED หรือน้ำกลั่นบริสุทธิ์ไม่มีสารออกซิแดนท์อยู่เลย

1.1.2 สารละลายตัวจับ (ABSORBING SOLUTION) จะใช้สารละลายโพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอคิวเรต (TCM) 0.04 โมลาร์ โดยการละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) 10.86 กรัม เอธิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติก แอซิด (EDTA) 0.066 กรัม และโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 5.96 กรัม ในน้ำ DEIONIZED แล้วเจือจางจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร (สารละลายที่ได้มี pH ประมาณ 6.2 และ เก็บได้นาน 6 เดือน)

1.2 สารเคมีสำหรับการตรวจวิเคราะห์

1.2.1 สารละลายกรดซัลฟามิก (NH_2SO_3H) เข้มข้น 0.6% เตรียมโดยการละลายกรดซัลฟามิก 0.6 กรัม ในน้ำ DEIONIZED แล้วเจือจางให้ได้ 100 มิลลิลิตร (สารตัวนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้)

1.2.2 สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (CH_2O) เข้มข้น 0.2% เตรียมโดยนำ 5.0 มิลลิลิตร ของฟอร์มัลดีไฮด์ที่เข้มข้น 40% มาเจือจางด้วยน้ำ DEIONIZED จนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (สารตัวนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้)

1.2.3 สารละลายมาตรฐานไอโอดีน (IODINE STOCK SOLUTION) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยการละลายไอโอดีน 12.7 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 40.0 กรัม และน้ำ DEIONIZED ประมาณ 25 มิลลิลิตร คนจนสารละลายหมดแล้วเจือจางได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

1.2.4 สารละลายอินดิเคเตอร์แป้ง เตรียมโดยสารละลายแป้งชนิด SOLUBLE STARCH จำนวน 0.4 กรัม และเมอร์คิวริกไอโอไดด์ (HgI_2) 0.002 กรัม ในน้ำ DEIONIZED จำนวนเล็กน้อยแล้วค่อย ๆเติมน้ำที่เพิ่งเดือดลงไปจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปต้มต่อจนสารที่ได้ใส แล้วทิ้งไว้ให้เย็นก่อนเก็บใส่ขวดแก้วปิดจุกอย่างดี

1.2.5 สารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล เตรียมโดยนำ 50.0 มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานไอโอดีนเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (ในข้อ 1.2.3)มาเจือจางจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร

1.2.6 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต (SODIUM THIOSULFATE STOCK SOLUTION) เข้มข้น 0.1 นอร์มัลโดยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) ประมาณ 25.0 กรัมในน้ำ DEIONIZED เจือจางจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ลงไป 0.1 กรัม ตั้งทิ้งไว้ 1 วัน แล้วนำไปตรวจสอบความเข้มข้นที่แท้จริงอีกครั้งหนึ่งตามวิธีการดังนี้

วิธีตรวจสอบความเข้มข้น (STANDARDIZATION)

ก. ชั่งโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) อบแห้งที่ 180°C นาน 1-2 ชั่วโมงประมาณ 1.5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วนำไปละลายน้ำ DEIONIZED ทำปริมาตรสุดท้ายเป็น 500 มิลลิลิตร

ข. ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (ในข้อ ก.) จำนวน 50.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ (ERLENMERGER FLASK) ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2.0 กรัม และกรดเกลือเข้มข้น 1.0 โมลาร์ลงไป 10.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ค. ปิดจุกแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

ง. นำสารผสมดังกล่าวมาไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไธโอซัลเฟต(ในข้อ 1.2.6)จนได้สีเหลืองจางแล้วจึงเติมน้ำแป้ง(ในข้อ 1.2.4) ลงไป 5.0 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงิน ทำการไตเตรทต่อไปจนสีน้ำเงินหายไป

จ. คำนวณหาความเข้มข้นที่แท้จริง ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตได้จากสูตรที่ 3.3

$$N = M/W \times 2.80 \qquad (3.3)$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นเป็นนอร์มัล ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ต้องการทราบ

W คือ ปริมาตรเป็นมิลลิลิตร ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตทั้งหมดที่ใช้ในการไตเตรท

M คือ น้ำหนักเป็นกรัม ของโพแทสเซียมไอโอเดตที่ใช้เตรียมสารละลาย

2.80 คือ ตัวเลขที่ได้จาก $10^3 \times 0.1/35.67$

โดย 10^3 เป็นตัวเลข ที่ได้จากการเปลี่ยนหน่วยกรัมเป็นมิลลิกรัม

0.1 เป็นตัวเลขแสดงปริมาณ โพแทสเซียมไอโอเดต จาก-สารละลายทั้งหมด

35.67 เป็นน้ำหนักสมมูลย์ของโพแทสเซียมไอโอเดต

1.2.7 สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้นประมาณ 0.01 นอร์มัล โดย นำสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่รู้ความเข้มข้นแน่นอนแล้วจากการไตเตรท (ในข้อ 1.2.6) จำนวน100.0 มิลลิลิตร มาเจือจางจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรแล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนได้

1.2.8 สารละลายซัลไฟท์ โดยการละลายโซเดียมซัลไฟท์ ($Na_2S_2O_5$) จำนวน 0.30 กรัม ในน้ำ DEIONIZED ทำปริมาตรสุดท้ายเป็น 500 มิลลิลิตร

1.2.9 สารละลายซัลไฟท์-โพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต โดยการปิเปตสารละลายซัลไฟท์ (ในข้อ 1.2.8) 2.0 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปตรวจสอบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายซัลไฟท์-โพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอคิวเรต ด้วยวิธีการไตเตรทย้อนกลับดังนี้

วิธีการไตเตรทย้อนกลับ (BACK TITRATION)

ก. ปิเปตสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล (ในข้อ 1.2.5) ลงในขวดรูปชมพู่ 500 มิลลิลิตร 2 ใบ ใบละ 50 มิลลิลิตร

ข. ขวดใบที่ 1 (A) เติมน้ำ DEIONIZED ลงไป 25.0 มิลลิลิตร ขวดใบที่ 2 (B) เติมสารละลายซัลไฟท์ (ในข้อ 1.2.8) ลงไป 25.0 มิลลิลิตร

ค. ปิดจุกขวดทั้งสอง แล้ววางทิ้งไว้ 5 นาที

ง. ไตเตรทสารละลายในขวดทั้งสอง ด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่มีความเข้มประมาณ 0.01 นอร์มัล (รู้ความเข้มข้นที่แน่นอนจากข้อ 1.2.7) จนได้สีเหลืองจางจึงเติมน้ำแป้งลงไป 5.0 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินแล้วทำการไตเตรทต่อไปจนได้สารละลายใส

จ. คำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายซัลไฟท์โพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรตได้ โดยใช้สูตร ที่ 3.4

ไมโครกรัม SO_2/มิลลิลิตร = ((A-B)(N)(32,000)/25)x0.02 (3.4)

เมื่อ A คือ ปริมาณของโซเดียมไธโอซัลเฟตเป็นมิลลิลิตร ที่ใช้ในการไตเตรทสารในขวด A

B คือ ปริมาณของโซเดียมไธโอซัลเฟตเป็นมิลลิลิตร ที่ใช้ในการไตเตรทสารในขวด B

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรทเป็นนอร์มัล

32,000 คือ ค่ามิลลิกรัมสมมูลย์ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

0.02 คือ อัตราส่วนของสารละลายซัลไฟท์ในสารละลายซัลไฟท์-โพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต

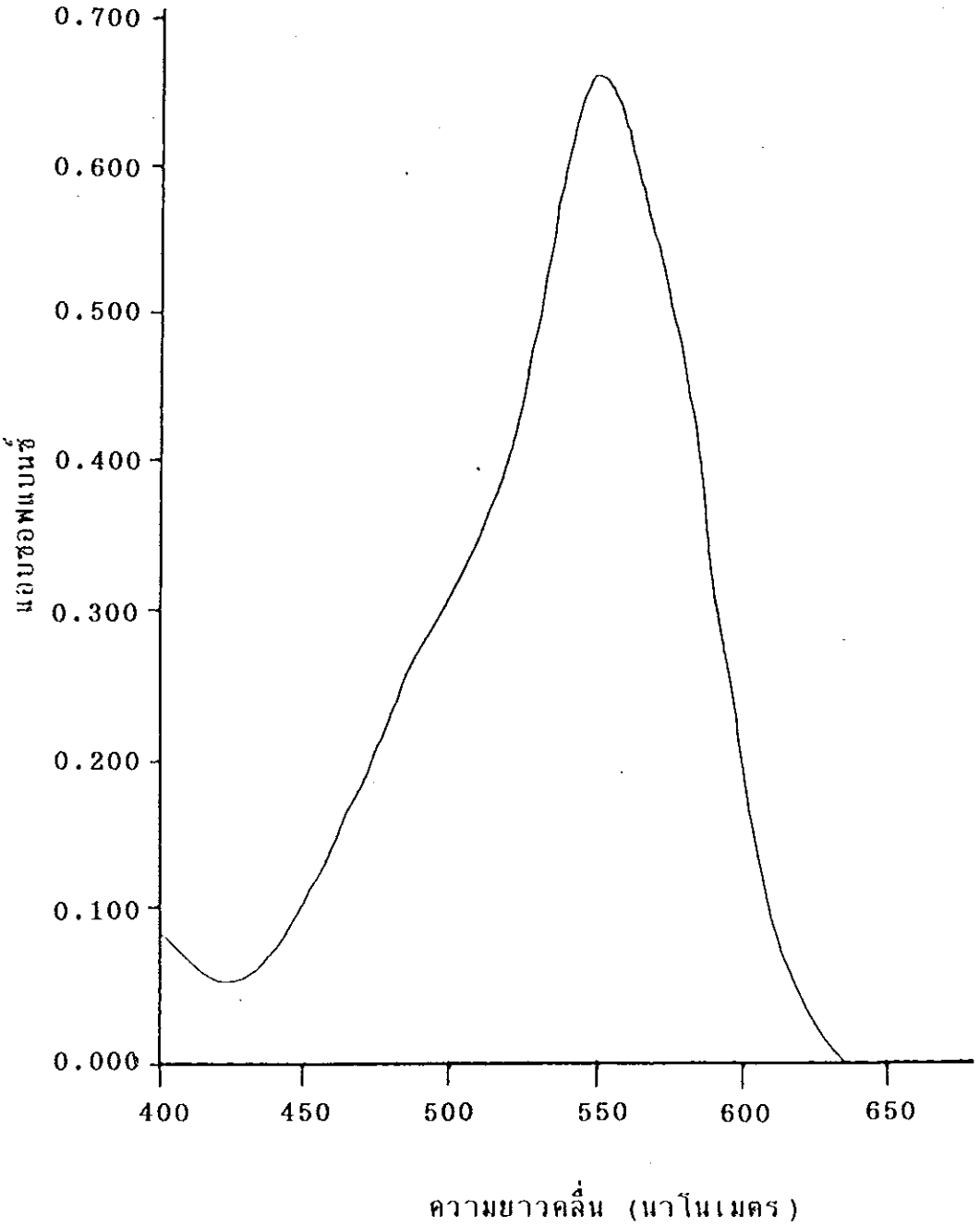
25.0 คือ ปริมาตรของสารละลายซัลไฟท์ที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

1.2.10 สารละลายพาราโรซานิลีน เตรียมโดยนำ 0.2% ของสารละลายพาราโรซานิลีนใน 1.0 โมลาร์ ของกรดเกลือ (HCI) จำนวน 20.0 มิลลิลิตร ใส่ขวดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์จำนวน 25.0 มิลลิลิตร ลงไปเจือจางจนได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 250 มิลลิลิตร (สารละลายนี้จะมีอายุการใช้งาน 9 เดือน)

2. การหาความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงมาตรฐาน

2.1 การหาความยาวคลื่นของการดูดกลืนสูงสุด

ปิเปตสารละลายซัลไฟท์ -ทีซีเอ็ม (ในข้อ 1.2.9) จำนวน 2.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต (TCM) 0.04 โมลาร์ (ในข้อ 1.1.1) ลงไป เติม 1.0 มิลลิลิตรของสารละลายกรดซัลฟามิก 0.6% ทิ้งไว้ 10 นาทีเพื่อให้ไนไตรต์สลายตัวแล้วจึงเติม 2.0 มิลลิลิตร ของ 0.2% สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ และ 5.0 มิลลิลิตรของสารละลายพาราโรซานิลีน (ในข้อ 1.2.10) ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงเติมน้ำ DEIONIZED จนได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30-60 นาที เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีที่สมบูรณ์ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิซิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV - VISBLE SPECTROPHOTOMETER) โดยใช้น้ำ DEIONIZED เป็นตัวปรับศูนย์ จะได้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงยาวคลื่น 548-552 นาโนเมตร (รูปที่ 15)



รูปที่ 15 วิชิเบิล สเปคตรัมของสารละลายซัลไฟท์ - ทีซีเอ็ม ในสารละลายพาราโรซานิลีน

2.2 หาความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนสูงสุดโดยใช้เครื่องสเปกโตร-นิค 21

นำสารละลายที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบูรณ์แล้ว (จากข้อ 2.1) มาวัดค่าการดูดกลืนอีกครั้งหนึ่งด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ - สเปกโตรนิค 21 (SPECTROPHOTOMETER SPECTRONIC 21) ที่ความยาวคลื่น 548,550 และ 552 นาโนเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 20) พบว่าความยาวคลื่นที่ให้การดูดกลืนสูงสุดคือที่ 550 นาโนเมตร

ตารางที่ 20 ค่าแอบซอฟแบนซ์ของสารละลายซัลไฟท์-โพแทสเซียมเตตระ - คลอโรเมอร์คิวเรต (SULFITE - TCM) เข้มข้น 11.611 ppm. ในสารละลายพาราโรซานิลีนในช่วงความยาวคลื่น 548 - 552 นาโนเมตร

ความยาวคลื่น(nm.)	ค่าแอบซอฟแบนซ์ เฉลี่ย + SD*
548	0.642 + 0.001
550	0.674 + 0.001
552	0.641 + 0.001

* เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้ง

2.3 กราฟมาตรฐาน (CALIBRATION CURVE) ของแก๊สซัล-เฟอร์ไดออกไซด์

1. ปิเปตสารละลายซัลไฟท์ - โพแทสเซียมเตตระคลอโร - เมอร์คิวเรต (ในข้อ 1.2.9) จำนวน 0.0, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 และ 4.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ

2. เติมสารละลาย โพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต 0.04 โมลาร์ (ในข้อ 1.1.2) ลงไปทุกขวด จำนวน 10.0 มิลลิลิตร

3. เติม 1.0 มิลลิลิตรของ 0.6% สารละลายกรดซัลฟามิก (ในข้อ 1.2.1) ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้ไนโตรต์สลายตัว

4. เติม 2.0 มิลลิลิตรของ 0.2% สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (ในข้อ 1.2.2) วางทิ้งไว้ 30 นาที

5. เติมน้ำ DEIONIZED จนได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 25 - มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ 30-60 นาที เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีที่สมบูรณ์

6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

7. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาสร้างกราฟมาตรฐานโดยให้แกนนอนเป็นความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหน่วยไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร และแกนตั้งเป็นค่าการดูดกลืนแสง (ดังรูปที่ 16) ซึ่งความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หาได้จากสูตร

$$\text{ไมโครกรัมของ } SO_2/\text{ml. (ppm.)} = \begin{bmatrix}\text{ไมโครกรัมของ}\\ SO_2/\text{ml. ของ}\\ \text{สารละลาย}\\ \text{SULFITE-TCM}\\ \text{(ในข้อ 1.2.9)}\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}\text{ปริมาณของ}\\ \text{SULFITE-}\\ \text{TCM เป็น}\\ \text{มิลลิลิตรที่-}\\ \text{เติมลงไป}\end{bmatrix} \qquad (3.5)$$

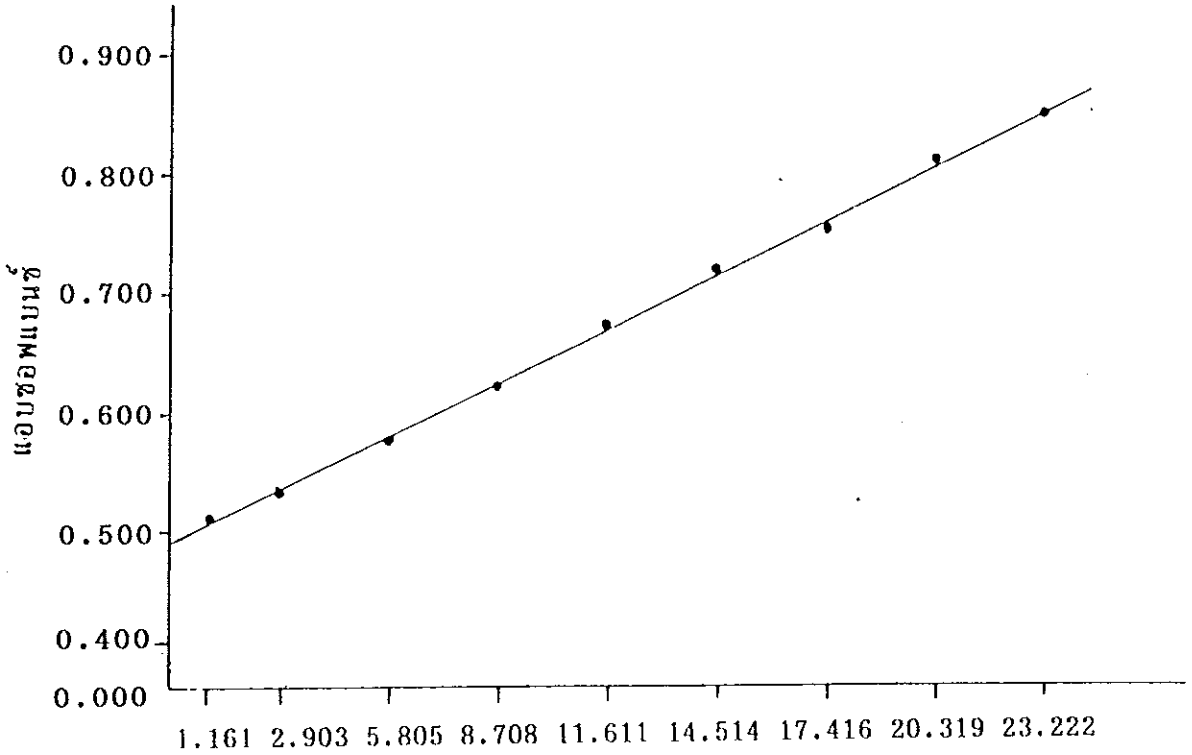
ตารางที่ 21 ค่าแอบซอฟแบนซ์กับจำนวนไมโครกรัมของ SO_2 ต่อมิลลิลิตร

ความเข้มข้นของ SO_2 (ppm.)	ค่าแอบซอฟแบนซ์เฉลี่ย*
0.000	0.494
0.161	0.512
2.903	0.533
5.805	0.380
8.706	0.624
11.611	0.673
14.514	0.718
17.416	0.754
20.319	0.811
23.222	0.849

* เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 8 ครั้ง

3. การเก็บตัวอย่าง

เตรียมเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศดังรูปที่ 14 แล้วปิเปตสารละลายโพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต (TCM) 0.04 โมลาร์ จำนวน 10.0 มิลลิลิตร ลงไปใน MIDGET BUBBLER ซึ่งหุ้มไว้ด้วยแผ่นอลูมิเนียม (ALUMINIUM FOIL) เพื่อป้องกันสารละลาย TCM สัมผัสกับแสง และควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 7-17°C ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สลายตัว แล้วจึงเปิดปั๊มโดยควบคุมอัตราการไหล ของอากาศประมาณ 0.5 ลิตรต่อนาทีและเก็บตัวอย่างอากาศนาน 50 นาทีจะมีปริมาตรอากาศประมาณ 22 ลิตร ที่สถานีต่าง ๆ ที่กำหนด บันทึกระยะเวลา อัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่างไว้ถ้าไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทันทีควรเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5°C



จำนวนไมโครกรัมของซัลเฟอร์ไดออกไซด์/มิลลิลิตร

INTERCEPT = 0.4899

SLOPE = 0.1514

r = 0.9996

$Bs = \frac{1}{SLOPE} = 64.358$

รูปที่ 16 กราฟมาตรฐานของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

4. การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

4.1 ถ้าสารตัวอย่างมีตะกอนต้องใส่เครื่องหมุนเหวี่ยง (CENTRIFUGE) เพื่อเอาตะกอนออก

4.2 ถ่ายสารตัวอย่างใส่ขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ล้างหลอดตัวจับหรือขวดเก็บตัวอย่างด้วยน้ำ DEIONIZED ประมาณ 1-5 มิลลิลิตร ทำให้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 25 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร

4.3 ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที เพื่อให้ไอโซนสลายตัวไป

4.4 ปิเปตสารตัวอย่าง ที่วางทิ้งไว้ให้ไอโซนสลายตัวไป แล้วนี้จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

4.5 เติมสารละลายตัวจับ โพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต เข้มข้น 0.04 โมลาร์ ลงไป 10.0 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน

4.6 เติม 1.0 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดซัลฟามิก เข้มข้น 0.6% ลงไปแล้วทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้ไนไตรต์สลายตัวไป

4.7 เติม 2.0 และ 5.0 มิลลิลิตร ของสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ความเข้มข้น 2.0% และสารละลายพาราโรซานิลีน (ในข้อ 1.2.10) ตามลำดับแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

4.8 เจือจางด้วยน้ำ DEIONIZED จนได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30-60 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

4.9 บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (ABSORBANCE) ที่อ่านได้เพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อไป

5. การคำนวณ

5.1 หาปริมาตรอากาศที่เก็บทั้งหมด

$$V = F \times t \qquad (3.6)$$

เมื่อ V = คือ ปริมาตรของอากาศที่เก็บทั้งหมด เป็นลิตร
F = คือ อัตราการไหลของอากาศเป็น ลิตร/นาที
t = คือ เวลาในการเก็บตัวอย่างเป็นนาที

5.2 เปลี่ยนปริมาตรอากาศไปที่สภาวะมาตรฐาน

การเปลี่ยนปริมาตรอากาศทั้งหมดที่เก็บตัวอย่าง ให้เป็นปริมาตรที่สภาวะมาตรฐาน (STANDARD TEMPERATURE AND PRESSURE, STP) โดยใช้สูตรที่ 3.7

$$V_R = \frac{PV \times 298K}{(t+273)K \ 760torr} \qquad (3.7)$$

เมื่อ V_R = คือ ปริมาตรอากาศเป็นลิตรที่ STP
P = คือ ความดันบรรยากาศเป็น ทอร์
V = คือ ปริมาตรของอากาศที่เก็บได้เป็นลิตร (ในข้อที่ 5.1)
t = คือ อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่างเป็นเซลเซียส

5.3 การคำนวณหาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$SO_2 (ppm.) = \frac{(A-Ao)\ 0.382\ Bs \times D}{V_R} \qquad (3.8)$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้ (ในข้อ 4.9)
Ao คือ ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์
Bs คือ ส่วนกลับของความชัน (SLOPE) ของกราฟมาตรฐาน
V_R คือ ปริมาณของอากาศตัวอย่างเป็นลิตรที่ STP
D คือ DILUTION FACTOR (กรณีตัวอย่างอากาศที่เก็บ 30-60 นาที เท่ากับ 1)
0.382 คือ ปริมาตรของ SO_2 จำนวน 1.0 ไมโครกรัม ในหน่วยไมโครลิตรที่ STP

บทที่ 4
ผลและบทวิจารณ์

4.1 ผลการทดลอง

ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่า ในเขตอำเภอเมืองมีปริมาณมากที่สุด คือโดยเฉลี่ยมีความเข้มข้น 0.3224 ppm. โดยเฉลี่ยสถานีที่ 9 สี่แยกท่าวัง มีค่าเฉลี่ยจากการวัด 5 ครั้ง 0.52 ppm. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสถานีที่ 7 สี่แยกตลาดแขก มีค่าเฉลี่ยจากการวัด 6 ครั้ง 0.517 ppm. และพบว่าในเขตอำเภอชนอมมีปริมาณน้อยมากจนอ่านค่าจากสเกลของหลอดตรวจแก๊สนี้ไม่ได้ ปริมาณเฉลี่ยของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 17 และผลการตรวจวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 22

ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์

จากการตรวจวิเคราะห์พบว่า ในเขตอำเภอเมืองมีปริมาณมากที่สุด โดยเฉลี่ยมีความเข้มข้น 3.587 pphm. และสถานีที่พบมากที่สุดคือ สถานีที่ 7 สี่แยกตลาดแขกมีค่าเฉลี่ยจากการวัด 24 ครั้ง 5.516 pphm. และพบว่าในเขตอำเภอชนอมมีปริมาณน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยทั้ง 2 สถานี 1.326 pphm. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย ที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 18 สำหรับผลการตรวจวิเคราะห์ที่สถานีต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 23 ก-23 ฎ และตารางที่ 24

ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

พบว่าในเขตอำเภอเมืองมีปริมาณมากที่สุด และบริเวณที่พบน้อยที่สุด ได้แก่ ในเขตอำเภอชนอมเช่นเดียวกับปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.274 และ 0.031 pphm. ตามลำดับ โดยพบมากที่สุดที่สถานีที่ 7 สี่แยกตลาดแขกมีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.317 pphm. และที่สถานีที่ 11 สามแยกคลองเหลง จะมีปริมาณน้อยที่สุดคือเฉลี่ย 0.005 pphm. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 19 สำหรับผลการตรวจวิเคราะห์ที่สถานีต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 25 ก - 25 ฎ และตาราง ที่ 26

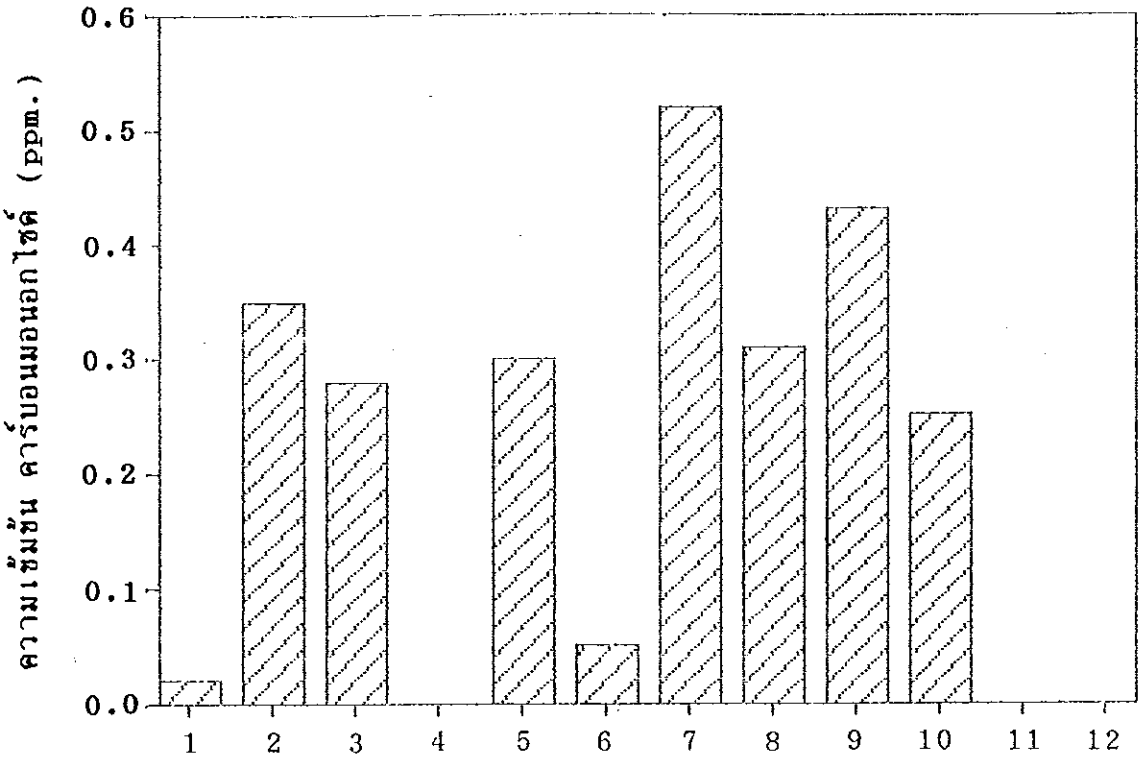
ขณะทำการทดลองได้บันทึกอุณหภูมิ ความดันอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ดังแสดงไว้ในภาคผนวก 1

ตารางที่ 22 ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีใช้หลอดตรวจแก๊ส)

สถานีที่	ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	ความเข้มข้น (ppm.) เวลา9-11น.	เวลา13-15น.	หมายเหตุ
1)สามแยก-	1	22 มี.ค.30	น	-*	*ไม่ทดลอง
คานไม้แดง	2	11 พ.ค.30	0.1	น	เพราะคาดว่า
อ.ทุ่งสง	3	23 มิ.ย.30	น	-*	จะไม่พบ
2)สี่แยกหน้า	1	23 มี.ค.30	0.4	0.4	**ไม่ทดลอง
ธนาคาร	2	12 พ.ค.30	0.3	-**	เพราะฝนตก
กรุงไทย	3	14 มิ.ย.30	0.4	0.3	
อ.ทุ่งสง					
3)สี่แยกหน้า	1	24 มี.ค.30	0.3	0.2	***ไม่ทดลอง
โรงภาพ	2	13 พ.ค.30	0.4	-**	เพราะหลอด
ยนต์ชื่นจิตต์	3	25 มิ.ย.30	0.3	0.2	ตรวจเหลือ-
อ.ทุ่งสง					น้อย
4)ด่านตรวจ	1	25 มี.ค.30	น	-*	น. น้อยมาก
คลองน้อย	2	14 พ.ค.30	น	-*	ไม่สามารถ-
อ.ปากพนัง	3	26 มิ.ย.30	น	-*	อ่านความ-
					เข้มข้นได้
5)ท่าข้ามแพ	1	26 มี.ค.30	0.4	0.3	
ขนานยนต์	2	15 พ.ค.30	0.3	0.2	
อ.ปากพนัง	3	27 มิ.ย.30	0.3	0.3	
6)หน้าโรง	1	11 เม.ย.30	0.1	น	
เรียนอนุ	2	25 พ.ค.30	0.1	-**	
บาลพริ้ม	3	06 ก.ค.30	0.1	-*	
พิทยานุสรณ์					
อ.เมือง					

ตารางที่ 22 (ต่อ) ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีใช้หลอดตรวจแก๊ส)

สถานีที่	ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	ความเข้มข้น (ppm.) เวลา9-11น.	เวลา13-15น.	หมายเหตุ
7)สี่แยก	1	12 เม.ย.30	0.7	0.5	
ตลาดแขก	2	26 พ.ค.30	0.4	0.4	
อ. เมือง	3	07 ก.ค.30	0.6	0.5	
8)วงเวียน	1	13 เม.ย.30	0.4	0.3	
หน้าสถานี	2	26 พ.ค.30	0.3	-***	
รถไฟนคร	3	08 ก.ค.30	0.2	0.2	
ศรีธรรมราช					
อ. เมือง					
9)สี่แยกท่าวัง	1	14 เม.ย.30	0.6	0.6	
อ.เมือง	2	28 พ.ค.30	0.5	-***	
	3	09 ก.ค.30	0.5	0.4	
10)สี่แยก	1	15 เม.ย.30	0.2	0.2	
หัวถนน	2	29 พ.ค.30	0.3	-***	
อ.เมือง	3	10 ก.ค.30	0.2	0.2	
11)สามแยก	1	25 ก.ค.30	น	-*	
คลองเหลง	2	16 ส.ค.30	น	-*	
อ. ชนอม	3	22 ส.ค.30	-*	-*	
12)โรงไฟฟ้า	1	26 ก.ค.30	น	-*	
ชนอม	2	17 ส.ค.30	น	-*	
อ. ชนอม	3	23 ส.ค.30	-*	-*	



รูปที่ 17 ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ

1 สามแยกคานไม้แดง
2 หน้าธนาคารกรุงไทยจำกัด
3 หน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์
4 ด่านตรวจคลองน้อย
5 ท่าข้ามแพขนานยนต์
6 หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์
7 สี่แยกตลาดแยก
8 วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช
9 สี่แยกท่าวัง
10 สี่แยกห้วถนน
11 สามแยกคลองเหลง
12 โรงงานไฟฟ้าขนอม

ตารางที่ 23 ก.ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 1 (สามแยกควนไม้แดง อ.ทุ่งสง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.777	10.876	10.874	1.7	1.7	1.6	ครั้งที่ 1
9-10	10.745	10.797	10.813	1.5	1.6	1.3	22/3/30
10-11	10.716	10.730	10.775	1.3	1.7	1.7	ครั้งที่ 2
11-12	10.688	10.680	10.724	1.4	1.7	1.4	11/5/30
12-13	10.638	10.650	10.670	1.4	1.5	0.8	ครั้งที่ 3
13-14	10.600	10.650	10.627	1.8	1.3	1.0	23/6/30
14-15	10.580	10.648	10.606	1.6	1.5	1.5	
15-16	10.593	10.657	10.623	2.0	1.7	1.5	

ตารางที่ 23 ข. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 2 (สี่แยกหน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด อ.ทุ่งสง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.793	10.880	10.836	2.8	3.0	3.1	ครั้งที่ 1
9-10	10.747	10.792	10.753	1.6	3.0	3.0	23/3/30
10-11	10.694	10.706	10.686	1.7	2.2	2.8	ครั้งที่ 2
11-12	10.620	10.616	10.644	2.2	2.5	2.5	12/5/30
12-13	10.534	10.609	10.600	1.7	2.4	2.0	ครั้งที่ 3
13-14	10.492	10.613	10.566	1.6	2.1	2.2	24/6/30
14-15	10.509	-	10.563	1.7	-	2.5	-ฝนตก
15-16	10.551	-	10.592	2.0	-	2.6	วัดไม่ได้

ตารางที่ 23 ค. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 3 (สี่แยกหน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์ อ.ทุ่งสง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.804	10.870	10.834	2.5	3.0	3.3	ครั้งที่ 1
9-10	10.769	10.805	10.759	2.5	2.7	3.0	24/3/30
10-11	10.727	10.726	10.713	2.4	2.1	2.9	ครั้งที่ 2
11-12	10.693	-	10.646	1.4	-	2.2	13/5/30
12-13	10.643	-	10.600	1.7	-	2.1	ครั้งที่ 3
13-14	10.596	-	10.566	1.9	-	2.1	25/6/30
14-15	10.567	-	10.563	2.3	-	2.3	-ฝนตก
15-16	10.573	-	10.596	2.6	-	2.6	วัดไม่ได้

ตารางที่ 23 ง. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 4 (ด่านตรวจคลองน้อย อ. ปากพนัง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.820	10.916	10.883	1.1	1.0	0.7	ครั้งที่ 1
9-10	10.786	10.838	10.791	1.1	0.7	0.9	25/3/30
10-11	10.753	10.775	10.723	1.0	0.7	0.6	ครั้งที่ 2
11-12	10.750	10.727	10.668	0.8	0.8	0.7	14/5/30
12-13	10.698	10.708	10.655	0.7	0.6	0.7	ครั้งที่ 3
13-14	10.655	10.707	10.637	0.8	0.8	0.7	26/6/30
14-15	10.641	10.729	10.829	0.8	0.8	0.9	
15-16	10.668	10.760	10.641	1.0	0.9	0.9	

ตารางที่ 23 จ. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 5 (ท่าแพ ขนานยนต์ อ. ปากพนัง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.860	10.907	10.878	3.7	3.0	3.2	ครั้งที่ 1
9-10	10.825	10.825	10.827	2.9	2.7	3.3	26/3/30
10-11	10.803	10.812	10.761	2.7	2.7	3.0	ครั้งที่ 2
11-12	10.791	10.769	10.714	2.9	2.6	2.9	15/5/30
12-13	10.769	10.751	10.664	2.0	2.3	2.3	ครั้งที่ 3
13-14	10.724	10.754	10.615	1.9	2.1	2.5	27/6/30
14-15	10.738	10.767	10.590	2.6	2.5	2.7	
15-16	10.765	10.777	10.603	2.9	2.8	3.0	

ตารางที่ 23 ฉ. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 6 (หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์ อ. เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.845	10.865	10.869	2.2	2.4	1.9	ครั้งที่ 1
9-10	10.781	10.791	10.790	2.0	2.7	1.3	11/4/30
10-11	10.738	10.681	10.708	1.6	2.4	1.3	ครั้งที่ 2
11-12	10.691	10.686	10.649	1.7	1.3	1.1	27/5/30
12-13	10.675	10.702	10.641	1.4	1.1	0.8	ครั้งที่ 3
13-14	10.605	10.758	10.658	1.5	1.3	1.3	06/7/30
14-15	10.567	-	10.676	1.8	-	1.5	-ฝนตก
15-16	10.598	-	10.771	2.0	-	1.6	วัดไม่ได้

ตารางที่ 23 ช. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 7 (สี่แยกตลาดแขก อ.เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.892	10.862	10.891	6.8	7.4	5.4	ครั้งที่ 1
9-10	10.824	10.808	10.833	5.4	6.6	5.2	12/4/30
10-11	10.790	10.770	10.747	5.5	6.4	5.2	ครั้งที่ 2
11-12	10.731	10.724	10.683	6.1	5.4	5.2	26/5/30
12-13	10.673	10.676	10.666	4.4	4.7	5.2	ครั้งที่ 3
13-14	10.646	10.651	10.657	4.1	4.5	4.8	07/7/30
14-15	10.620	10.649	10.644	4.5	6.4	5.2	
15-16	10.634	10.667	10.695	5.8	6.6	5.6	

ตารางที่ 23 ช. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 8 (วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช อ.เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.822	10.818	10.837	4.2	5.3	3.4	ครั้งที่ 1
9-10	10.788	10.748	10.759	3.8	3.9	3.3	13/4/30
10-11	10.706	10.693	10.691	3.1	2.7	3.2	ครั้งที่ 2
11-12	10.662	10.656	10.658	4.2	2.5	3.8	27/5/30
12-13	10.631	10.643	10.616	3.8	2.5	3.7	ครั้งที่ 3
13-14	10.624	10.643	10.630	2.7	2.9	3.7	08/7/30
14-15	10.620	10.661	10.664	2.9	3.7	3.5	
15-16	10.634	10.699	10.686	3.2	3.9	3.6	

ตารางที่ 23 ฌ. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 9 (สี่แยกท่าวัง อ.เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.834	10.835	10.847	5.2	6.4	5.0	ครั้งที่ 1
9-10	10.760	10.766	10.829	4.5	6.3	5.4	15/4/30
10-11	10.700	10.708	10.812	4.0	5.1	4.8	ครั้งที่ 2
11-12	10.656	167180	10.743	4.1	5.0	3.4	28/5/30
12-13	10.611	10.658	10.676	3.2	3.9	3.2	ครั้งที่ 3
13-14	10.586	10.676	10.668	3.0	4.7	3.0	09/7/30
14-15	10.582	10.697	10.693	2.3	6.0	3.4	
15-16	10.600	10.718	10.722	4.1	6.3	4.6	

ตารางที่ 23 ญ. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 10 (สี่แยกหัวถนน อ. เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.842	10.880	10.855	3.0	3.4	2.8	ครั้งที่ 1
9-10	10.797	10.803	10.812	2.9	3.3	2.7	15/4/30
10-11	10.754	10.735	10.761	2.8	3.4	2.9	ครั้งที่ 2
11-12	10.710	10.676	10.714	2.6	3.2	2.6	29/5/30
12-13	10.686	10.646	10.672	2.0	3.0	2.3	ครั้งที่ 3
13-14	10.683	10.636	10.655	2.9	2.3	2.9	10/7/30
14-15	10.697	10.664	10.710	2.5	3.0	2.9	
15-16	10.713	10.634	10.718	2.9	3.3	2.7	

ตารางที่ 23 ฎ. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 11 (สามแยกคลองเหลง อ. ขนอม)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.898	10.811	10.821	0.7	0.9	1.4	ครั้งที่ 1
9-10	10.737	10.750	10.774	1.3	1.2	1.3	25/7/30
10-11	10.686	10.743	10.739	1.2	1.3	1.1	ครั้งที่ 2
11-12	10.668	10.747	10.692	1.4	1.6	1.6	16/8/30
12-13	10.712	10.747	10.649	1.1	1.3	1.2	ครั้งที่ 3
13-14	-	10.743	10.635	-	1.3	1.3	22/8/30
14-15	-	10.760	10.679	-	1.3	1.7	-ฝนตก
15-16	-	10.867	10.715	-	1.4	1.6	วัดไม่ได้

ตารางที่ 23 ฎ. ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 12 (โรงงานไฟฟ้าขนอม อ. ขนอม)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	10.791	10.902	10.832	1.1	1.2	1.2	ครั้งที่ 1
9-10	10.733	10.868	10.781	1.2	1.5	1.4	26/7/30
10-11	10.733	10.860	10.748	1.2	1.6	1.5	ครั้งที่ 2
11-12	10.733	10.786	10.732	1.2	1.5	1.4	17/8/30
12-13	10.749	10.752	10.730	1.2	1.8	1.4	ครั้งที่ 3
13-14	10.754	10.744	10.739	1.1	1.6	1.2	23/8/30
14-15	10.754	10.740	10.740	1.2	1.5	1.4	
15-16	10.819	10.740	10.758	1.1	1.7	1.4	

ตารางที่ 24 ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีคัลเลอริเมตริก)

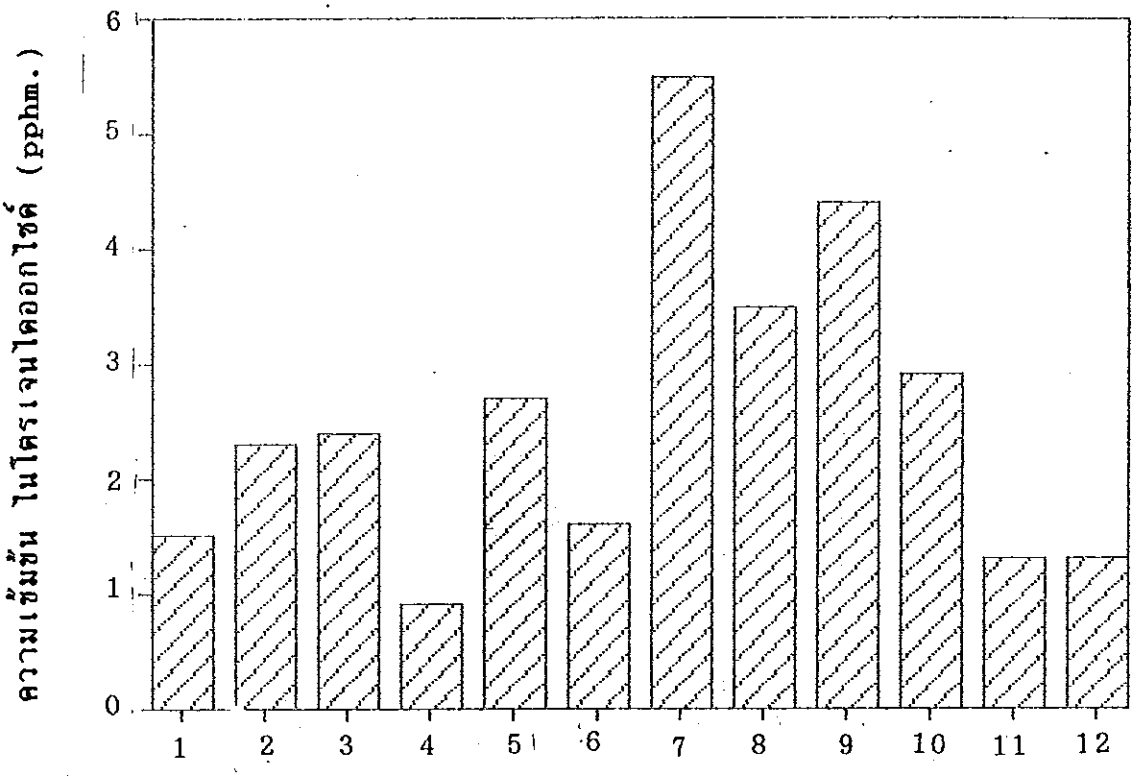
สถานีที่	ครั้งที่	เวลา วัน	ความเข้มข้นของ NO_2 (pphm.)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
1) สามแยกควนไม้แดง	1	22มี.ค.30	1.7	1.5	1.3	1.4	1.4	1.8	1.6	2.0
อ. ทุ่งสง	2	11พ.ค.30	1.7	1.6	1.7	1.7	1.5	1.3	1.5	1.7
	3	23มิ.ย.30	1.6	1.3	1.7	1.4	0.8	1.0	1.5	1.5
2) สี่แยกหน้าธนาคาร	1	23มี.ค.30	2.8	1.6	1.7	2.2	1.7	1.6	1.7	2.0
กรุงไทย จำกัด	2	12พ.ค.30	3.0	3.0	2.2	2.5	2.4	2.1	-	-
อ. ทุ่งสง	3	24มิ.ย.30	3.1	3.0	2.8	2.5	2.0	2.2	2.5	2.6
3) สี่แยกหน้าโรงภาพ	1	24มี.ค.30	2.5	2.5	2.4	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6
ยนต์ชื่นจิตต์	2	13พ.ค.30	3.0	2.7	2.1	-	-	-	-	-
อ. ทุ่งสง	3	25มิ.ย.30	3.3	3.0	2.9	2.2	2.1	2.1	2.3	2.6
4) ด่านตรวจคลองน้อย	1	25มี.ค.30	1.1	1.1	1.0	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9
อ. ปากพนัง	2	14พ.ค.30	1.0	0.7	0.7	0.8	0.6	0.8	0.8	0.9
	3	26มิ.ย.30	0.7	0.9	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9

ตารางที่ 24 (ต่อ) บริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีคัลเลอริเมตริก)

สถานีที่	ครั้งที่	เวลา วัน	ความเข้มข้นของ NO_2 (pphm.)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
5) ท่าแพขนานยนต์	1	26มี.ค.30	3.7	2.9	2.7	2.9	2.0	1.9	2.6	2.9
อ. ปากพนัง	2	15พ.ค.30	3.0	2.7	2.7	2.6	2.3	2.1	2.5	2.8
	3	27มิ.ย.30	3.2	3.3	3.0	2.9	2.3	2.5	2.7	3.0
6) หน้าโรงเรียนอนุบาล	1	11เม.ย.30	2.2	2.0	1.6	1.7	1.4	1.5	1.8	2.0
พริ้มพิทยานุสรณ์	2	12พ.ค.30	2.4	2.7	2.4	1.3	2.4	1.3	-	-
อ. เมือง	3	6ก.ค.30	1.9	1.3	1.3	1.1	0.8	1.3	1.5	1.6
7) สี่แยกตลาดแขก	1	12เม.ย.30	6.8	5.4	5.5	6.1	4.4	4.1	4.5	5.5
อ. ทุ่งสง	2	26พ.ค.30	7.4	6.6	6.4	5.4	4.7	4.5	6.4	6.6
	3	7ก.ค.30	5.4	5.2	5.2	5.2	5.2	4.8	5.2	5.7
8) วงเวียนหน้าสถานีรถ	1	13เม.ย.30	4.2	3.8	3.1	4.2	3.8	2.7	2.9	3.2
ไฟนครศรีธรรมราช	2	27พ.ค.30	5.3	3.9	2.7	2.5	2.5	2.9	3.7	3.9
อ. เมือง	3	8ก.ค.30	3.4	3.3	3.2	3.8	3.7	3.7	3.5	3.6

ตารางที่ 24 (ต่อ) ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีคัลเลอริเมตริก)

สถานีที่	ครั้งที่	เวลา วัน	ความเข้มข้นของ NO_2 (pphm.)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
9) สี่แยกท่าวัง	1	14เม.ย.30	5.2	4.5	4.0	4.1	3.2	3.0	2.3	4.1
อ. เมือง	2	28พ.ค.30	6.4	6.3	5.1	5.0	3.9	4.7	6.0	6.3
	3	9ก.ค.30	5.0	5.4	4.8	3.4	3.2	3.0	3.4	4.6
10) สี่แยกห้วถนน	1	15เม.ย.30	3.0	2.9	2.8	2.6	2.0	2.9	2.5	2.9
อ. เมือง	2	29พ.ค.30	3.4	3.3	3.4	3.2	3.0	2.3	3.0	3.3
	3	10ก.ค.30	2.8	2.7	2.9	2.6	2.3	2.9	2.9	2.8
11) สามแยกคลองเหลง	1	25ก.ค.30	0.7	1.3	1.2	1.4	1.1	-	-	-
อ. ขนอม	2	16ส.ค.30	0.9	1.2	1.3	1.6	1.8	1.3	1.3	1.4
	3	22ส.ค.30	1.4	1.4	1.1	1.6	1.2	1.3	1.7	1.6
12) โรงงานไฟฟ้าขนอม	1	26ก.ค.30	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1
อ. ขนอม	2	14พ.ค.30	1.2	1.5	1.6	1.5	1.8	1.6	1.5	1.7
	3	23ส.ค.30	1.2	1.4	1.5	1.4	2.4	1.2	1.4	1.4



รูปที่ 18 ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ

1 สามแยกดวนไม้แดง
2 หน้าธนาคารกรุงไทยจำกัด
3 หน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์
4 ด่านตราจดลองน้อย
5 ท่าข้ามแพขนานยนต์
6 หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์
7 สี่แยกตลาดแยก
8 วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช
9 สี่แยกท่าวัง
10 สี่แยกหัวถนน
11 สามแยกคลองเหลง
12 โรงงานไฟฟ้าขนอม

ตารางที่ 25 ก. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 1 (สามแยกควนไม้แดง อ. ทุ่งสง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	21.989	22.174	22.169	น	0.1	น	ครั้งที่ 1
9-10	21.905	22.012	22.044	น	0.1	0.3	22/3/30
10-11	21.846	21.876	21.966	น	น	น	ครั้งที่ 2
11-12	21.789	24.774	41.863	น	น	น	11/5/30
12-13	21.703	21.713	21.752	น	0.1	น	ครั้งที่ 3
13-14	21.611	21.713	21.666	น	น	น	23/6/30
14-15	21.570	21.707	21.622	น	น	0.1	
15-16	21.596	21.727	21.657	0.1	น	0.1	

ตารางที่ 25 ข. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 2 (สี่แยกหน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด อ.ทุ่งสง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.003	22.181	22.091	0.3	0.2	0.2	ครั้งที่ 1
9-10	21.909	22.001	21.922	0.2	0.3	-	23/3/30
10-11	21.873	21.826	21.786	0.3	0.3	0.2	ครั้งที่ 2
11-12	21.652	21.695	21.700	0.2	0.1	น	12/5/30
12-13	21.475	21.627	21.610	0.2	0.2	0.2	ครั้งที่ 3
13-14	21.390	21.637	21.542	น	น	0.2	24/6/30
14-15	21.425	-	21.534	0.1	-	0.2	-ฝนตก
15-16	21.792	-	21.594	0.2	-	0.3	วัดไม่ได้

ตารางที่ 25 ค. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 3 (สี่แยกหน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์ อ. ทุ่งสง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.026	22.161	22.088	0.2	0.5	0.3	ครั้งที่ 1
9-10	21.956	22.028	21.935	0.3	0.3	0.3	24/3/30
10-11	21.869	21.940	21.805	0.2	0.1	0.3	ครั้งที่ 2
11-12	21.854	-	21.703	น	-	0.2	13/5/30
12-13	21.698	-	21.610	0.2	-	0.1	ครั้งที่ 3
13-14	21.602	-	21.542	0.2	-	น	25/6/30
14-15	21.544	-	21.534	0.2	-	0.2	-ฝนตก
15-16	21.556	-	21.602	0.3	-	0.5	วัดไม่ได้

ตารางที่ 25 ง. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 4 (ด่านตรวจคลองน้อย อ.ปากพนัง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.059	22.255	22.187	น	น	น	ครั้งที่ 1
9-10	21.990	22.096	22.000	น	น	น	25/3/30
10-11	21.916	21.967	21.861	น	น	น	ครั้งที่ 2
11-12	21.865	21.870	21.749	น	น	น	14/5/30
12-13	21.811	21.830	21.722	น	น	น	ครั้งที่ 3
13-14	21.722	21.828	21.686	น	น	น	26/6/30
14-15	21.694	21.873	21.669	น	น	น	
15-16	21.749	21.954	21.694	น	น	น	

ตารางที่ 25 จ. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 5 (ท่าแพขนานยนต์ อ.ปากพนัง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.141	22.236	22.177	0.3	0.2	0.5	ครั้งที่ 1
9-10	22.068	22.123	22.052	0.2	0.2	0.3	26/3/30
10-11	22.024	22.041	21.938	0.3	0.2	0.3	ครั้งที่ 2
11-12	21.000	21.955	21.843	0.3	0.2	0.3	15/5/30
12-13	21.954	21.919	21.742	น	0.2	0.2	ครั้งที่ 3
13-14	21.900	21.925	21.640	0.1	0.2	0.2	27/6/30
14-15	21.892	21.951	21.590	0.3	0.4	0.2	
15-16	22.091	21.971	21.617	0.3	0.2	0.3	

ตารางที่ 25 ฉ. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 6 (หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์ อ.เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.073	22.150	22.158	0.2	0.3	0.1	ครั้งที่ 1
9-10	21.979	22.010	21.998	0.2	0.1	น	11/4/30
10-11	21.891	21.775	21.831	0.1	0.3	น	ครั้งที่ 2
11-12	21.796	21.785	21.710	0.2	น	น	25/5/30
12-13	21.702	21.818	21.694	น	น	น	ครั้งที่ 3
13-14	21.619	21.933	21.729	น	น	0.1	06/7/30
14-15	21.543	-	21.765	น	-	น	-ฝนตก
15-16	21.603	-	21.836	0.1	-	0.1	วัดไม่ได้

ตารางที่ 25 ช. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 7 (สี่แยกตลาดแขก อ.เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.205	22.198	22.203	0.7	0.7	0.5	ครั้งที่ 1
9-10	22.068	22.046	22.086	0.5	0.6	0.5	12/4/30
10-11	21.998	21.957	21.910	0.5	0.6	0.5	ครั้งที่ 2
11-12	21.877	21.862	21.780	0.5	0.3	0.2	26/5/30
12-13	21.756	21.765	21.745	0.5	0.3	0.5	ครั้งที่ 3
13-14	21.705	21.714	21.727	0.3	0.3	0.5	07/7/30
14-15	21.651	21.711	21.700	0.3	0.6	0.5	
15-16	21.679	21.746	21.803	0.3	0.6	0.6	

ตารางที่ 25 ช. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 8 (วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช อ.เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.063	22.054	22.093	0.3	0.3	0.2	ครั้งที่ 1
9-10	21.921	21.913	21.933	0.3	0.5	0.2	13/4/30
10-11	21.765	21.800	21.796	0.2	0.2	0.2	ครั้งที่ 2
11-12	21.736	21.724	21.729	0.2	0.2	0.3	27/5/30
12-13	21.674	21.699	21.644	0.1	0.2	0.2	ครั้งที่ 3
13-14	21.659	21.699	21.671	0.2	0.2	0.2	08/7/30
14-15	21.651	21.339	21.742	0.2	0.2	0.2	
15-16	21.679	21.813	21.785	0.2	0.2	0.5	

ตารางที่ 25 ฌ. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 9 (สี่แยกท่าวัง อ. เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.088	22.090	22.114	0.5	0.6	0.6	ครั้งที่ 1
9-10	21.937	21.984	22.078	0.3	0.6	0.6	14/4/30
10-11	21.850	21.831	22.041	0.3	0.6	0.5	ครั้งที่ 2
11-12	21.725	21.755	21.902	0.1	0.6	0.3	28/5/30
12-13	21.632	21.729	21.765	0.2	0.6	0.3	ครั้งที่ 3
13-14	21.582	21.765	21.749	0.3	0.3	0.3	09/7/30
14-15	21.574	21.808	21.800	0.2	0.6	0.3	
15-16	21.609	21.851	21.859	0.3	0.6	0.3	

ตารางที่ 25 ญ. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 10 (สี่แยกหัวถนน อ. เมือง)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.104	22.182	22.130	0.2	0.3	0.3	ครั้งที่ 1
9-10	22.011	22.023	22.041	0.2	0.3	0.3	15/4/30
10-11	21.921	21.885	22.938	0.2	0.1	0.2	ครั้งที่ 2
11-12	21.834	21.765	21.843	น	0.1	0.1	29/5/30
12-13	21.768	21.706	21.757	น	0.1	0.1	ครั้งที่ 3
13-14	21.779	21.683	21.722	0.1	0.2	0.1	10/7/30
14-15	21.808	21.742	21.772	0.1	0.3	0.1	
15-16	21.837	21.820	21.851	0.2	0.3	0.1	

ตารางที่ 25 ฎ. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 11 (สามแยกคลองเหลง อ. ขนอม)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.030	22.041	22.062	น	น	น	ครั้งที่ 1
9-10	21.890	21.917	21.966	น	0.1	น	25/7/30
10-11	21.785	21.901	21.893	น	น	น	ครั้งที่ 2
11-12	21.750	21.909	21.799	น	น	น	16/8/30
12-13	21.839	21.909	21.710	น	น	น	ครั้งที่ 3
13-14	-	21.901	21.682	-	น	น	22/8/30
14-15	-	21.937	21.751	-	น	น	-ฝนตก
15-16	-	21.989	21.845	-	น	น	วัดไม่ได้

ตารางที่ 25 ฎ. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีที่ 12 (โรงงานไฟฟ้า อ.ขนอม)

เวลา	ปริมาตรตัวอย่าง (ลิตร)			ความเข้มข้น (pphm.)			หมายเหตุ
(นาฬิกา)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
8-9	22.000	22.227	22.083	น	น	น	ครั้งที่ 1
9-10	21.881	22.140	21.979	น	0.2	น	26/7/30
10-11	21.881	21.078	21.912	0.1	0.6	0.5	ครั้งที่ 2
11-12	21.8	21.988	21.879	น	น	น	17/8/30
12-13	21.914	21.920	21.876	0.1	น	0.1	ครั้งที่ 3
13-14	21.925	21.904	21.894	น	0.1	0.1	23/8/30
14-15	21.25	21.896	21.986	0.1	น	น	
15-16	21.075	21.896	21.932	0.3	0.6	0.3	

ตารางที่ 26 ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีพาราโรซานิลีน)

สถานีที่	ครั้งที่	เวลา วัน	ความเข้มข้นของ SO_2 (pphm.)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
1) สามแยกควนไม้แดง	1	22มี.ค.30	น	น	น	น	น	น	น	0.1
อ. ทุ่งสง	2	11พ.ค.30	0.1	0.1	น	น	0.1	น	น	น
	3	23มิ.ย.30	น	0.3	น	น	น	น	10.1	0.1
2) สี่แยกหน้าธนาคาร	1	23มี.ค.30	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	น	10.1	0.2
กรุงไทย จำกัด	2	12พ.ค.30	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	น	-	-
อ. ทุ่งสง	3	24มิ.ย.30	0.2	0.3	0.2	น	0.2	0.2	0.2	0.3
3) สี่แยกหน้าโรงภาพ	1	24มี.ค.30	2.5	2.5	2.4	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6
ยนต์ชื่นจิตต์	2	13พ.ค.30	0.5	0.3	0.1	-	-	-	-	-
อ. ทุ่งสง	3	25มิ.ย.30	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	น	0.2	0.5
4) ด่านตรวจคลองน้อย	1	25มี.ค.30	น	น	น	น	น	น	น	น
อ. ปากพนัง	2	14พ.ค.30	น	น	น	น	น	น	น	น
	3	26มิ.ย.30	น	น	น	น	น	น	น	น

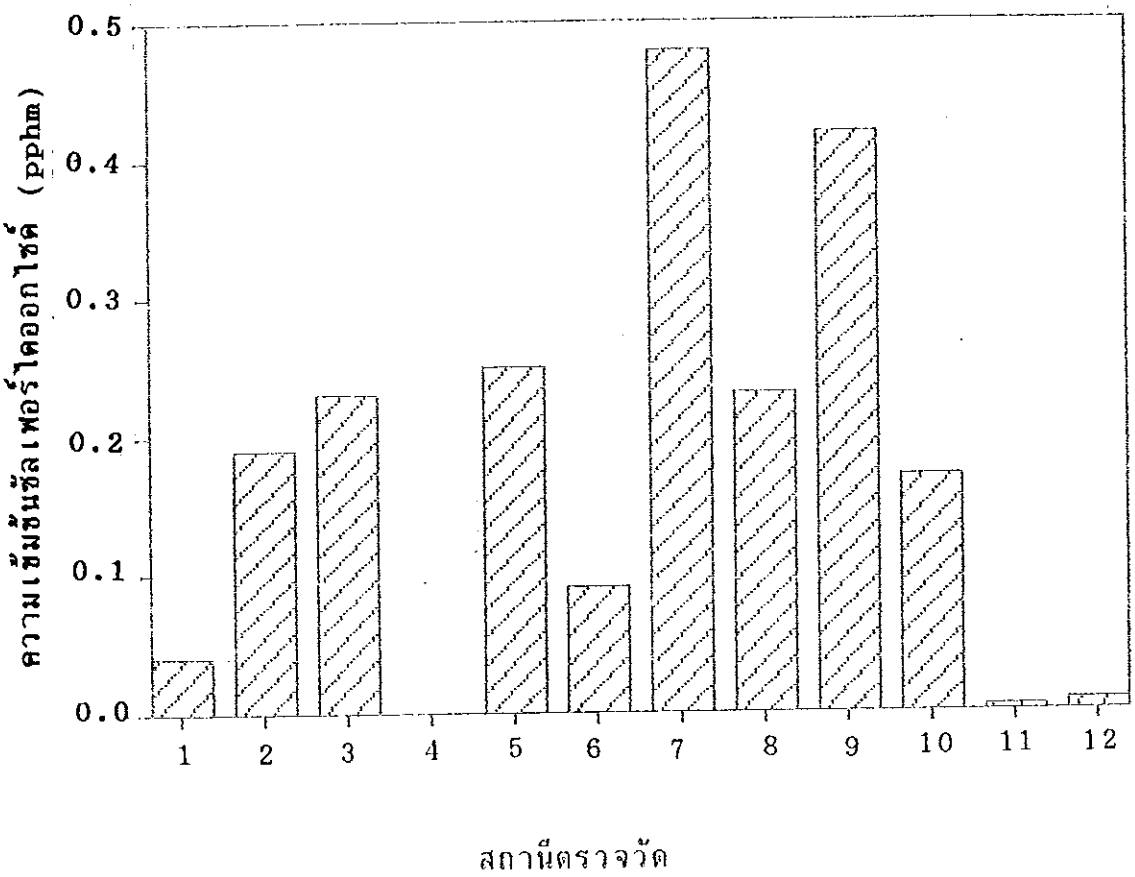
ตารางที่ 26 (ต่อ) ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีพาราโรซานิลีน)

สถานีที่	ครั้งที่	เวลา วัน	ความเข้มข้นของ SO_2 (pphm.) 8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
5) ท่าแพขนานยนต์	1	26มี.ค.30	0.3	0.2	0.3	0.3	น	0.1	0.3	0.3
อ. ปากพนัง	2	15พ.ค.30	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	3	27มิ.ย.30	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
6) หน้าโรงเรียนอนุบาล	1	11เม.ย.30	0.2	0.2	0.1	0.2	น	น	น	0.1
พริ้มพิทยานุสรณ์	2	12พ.ค.30	0.3	0.1	0.3	น	น	น	-	-
อ. เมือง	3	6ก.ค.30	0.1	น	น	น	น	0.1	น	0.1
7) สี่แยกตลาดแขก	1	12เม.ย.30	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
อ. ทุ่งสง	2	26พ.ค.30	0.7	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6
	3	7ก.ค.30	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.6	0.6
8) วงเวียนหน้าสถานีรถ	1	13เม.ย.30	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
ไฟนครศรีธรรมราช	2	27พ.ค.30	0.3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
อ. เมือง	3	8ก.ค.30	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.5

ตารางที่ 26 (ต่อ) ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ (วิธีพาราโรซานิลีน)

สถานีที่	ครั้งที่	เวลา วัน	ความเข้มข้นของ NO_2 (pphm.)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
9) สี่แยกท่าวัง	1	14เม.ย.30	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3
อ. เมือง	2	28พ.ค.30	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.6	0.6
	3	9ก.ค.30	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
10) สี่แยกหัวถนน	1	15เม.ย.30	0.2	0.2	0.2	น	น	0.1	0.1	0.2
อ. เมือง	2	29พ.ค.30	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
	3	10ก.ค.30	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
11) สามแยกคลองเหลง	1	25ก.ค.30	น	น	น	น	น	-	-	-
อ. ชนอม	2	16ส.ค.30	น	0.1	น	น	น	น	น	น
	3	22ส.ค.30	น	น	น	น	น	น	น	น
12) โรงงานไฟฟ้าชนอม	1	26ก.ค.30	น	น	0.1	น	0.1	น	0.1	น
อ. ชนอม	2	14พ.ค.30	น	0.2	น	น	น	น	น	น
	3	23ส.ค.30	น	น	0.1	น	0.1	0.1	น	น

หมายเหตุ น หมายถึง น้อยมากไม่สามารถบอกปริมาณที่ถูกต้องได้, - หมายถึงฝนตกวัดไม่ได้



รูปที่ 19 ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ

1 สามแยกควนไม้แดง
2 หน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด
3 หน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์
4 ด่านตรวจคลองน้อย
5 ท่าข้ามแพขนานยนต์
6 หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์
7 สี่แยกตลาดแขก
8 วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช
9 สี่แยกท่าวัง
10 สี่แยกหัวถนน
11 สามแยกคลองแหลง
12 โรงงานไฟฟ้าขนอม

ตารางที่ 27 ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ

สถานีที่	จำนวนครั้งที่ทดลอง	ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ต่ำสุด (ppm.)	สูงสุด (ppm.)
อำเภอทุ่งสง			
1) สามแยกควนไม้แดง	4	0.0	0.1
2) สี่แยกหน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด	5	0.3	0.4
3) สี่แยกหน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์	5	0.2	0.4
อำเภอปากพนัง			
4) ด่านตรวจคลองน้อย	3	0.0	น
5) ท่าแพขนานยนต์	6	0.2	0.4
อำเภอเมือง			
6) หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์	4	0.0	0.1
7) สี่แยกคลาดแขก	6	0.4	0.7
8) วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช	5	0.2	0.4
9) สี่แยกท่าวัง	5	0.4	0.6
10) สี่แยกหัวถนน	5	0.2	0.3
อำเภอชนอม			
11) สามแยกคลองเหลง	2	0.2	น
12) โรงงานไฟฟ้าชนอม	2	0.0	น

หมายเหตุ น หมายถึงน้อยมากไม่สามารถบอกปริมาณที่ถูกต้องได้

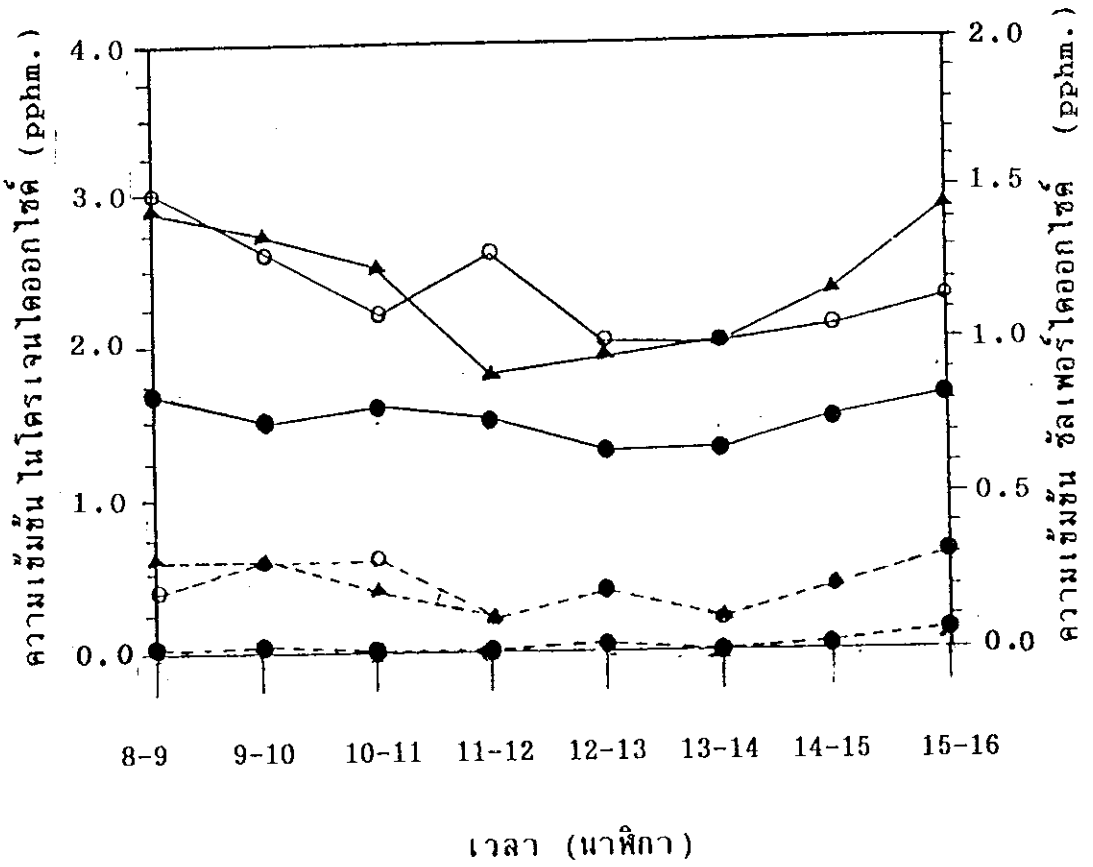
ตารางที่ 28 ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์สถานีต่าง ๆ

สถานีที่	จำนวนครั้งที่ทดลอง	ปริมาณของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ต่ำสุด (pphm.)	สูงสุด (pphm.)
อำเภอทุ่งสง			
1) สามแยกควนไม้แดง	24	0.3	2.0
2) สี่แยกหน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด	22	1.6	3.1
3) สี่แยกหน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์	19	1.4	3.3
อำเภอปากพนัง			
4) ด่านตรวจคลองน้อย	24	0.6	1.1
5) ท่าแพขนานยนต์	24	1.9	3.7
อำเภอเมือง			
6) หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์	22	0.6	2.7
7) สี่แยกตลาดแขก	24	4.1	7.4
8) วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช	24	2.5	5.3
9) สี่แยกท่าวัง	24	2.3	6.4
10) สี่แยกหัวถนน	24	2.0	3.4
อำเภอขนอม			
11) สามแยกคลองเหลง	21	0.7	1.7
12) โรงงานไฟฟ้าขนอม	24	1.1	1.8

ตารางที่ 29 ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สถานีต่าง ๆ

สถานีที่	จำนวนครั้งที่ทดลอง	ปริมาณของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์	
		ต่ำสุด (pphm.)	สูงสุด (pphm.)
อำเภอทุ่งสง			
1) สามแยกควนไม้แดง	24	น	0.3
2) สี่แยกหน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด	22	น	0.3
3) สี่แยกหน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์	19	น	0.5
อำเภอปากพนัง			
4) ด่านตรวจคลองน้อย	24	น	น
5) ท่าแพขนานยนต์	24	น	0.5
อำเภอเมือง			
6) หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์	22	น	0.3
7) สี่แยกคลาดแขก	24	0.2	0.7
8) วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช	24	0.1	0.5
9) สี่แยกท่าวัง	24	0.1	0.6
10) สี่แยกหัวถนน	24	น	0.3
อำเภอขนอม			
11) สามแยกคลองเหลง	21	น	0.2
12) โรงงานไฟฟ้าขนอม	24	น	0.1

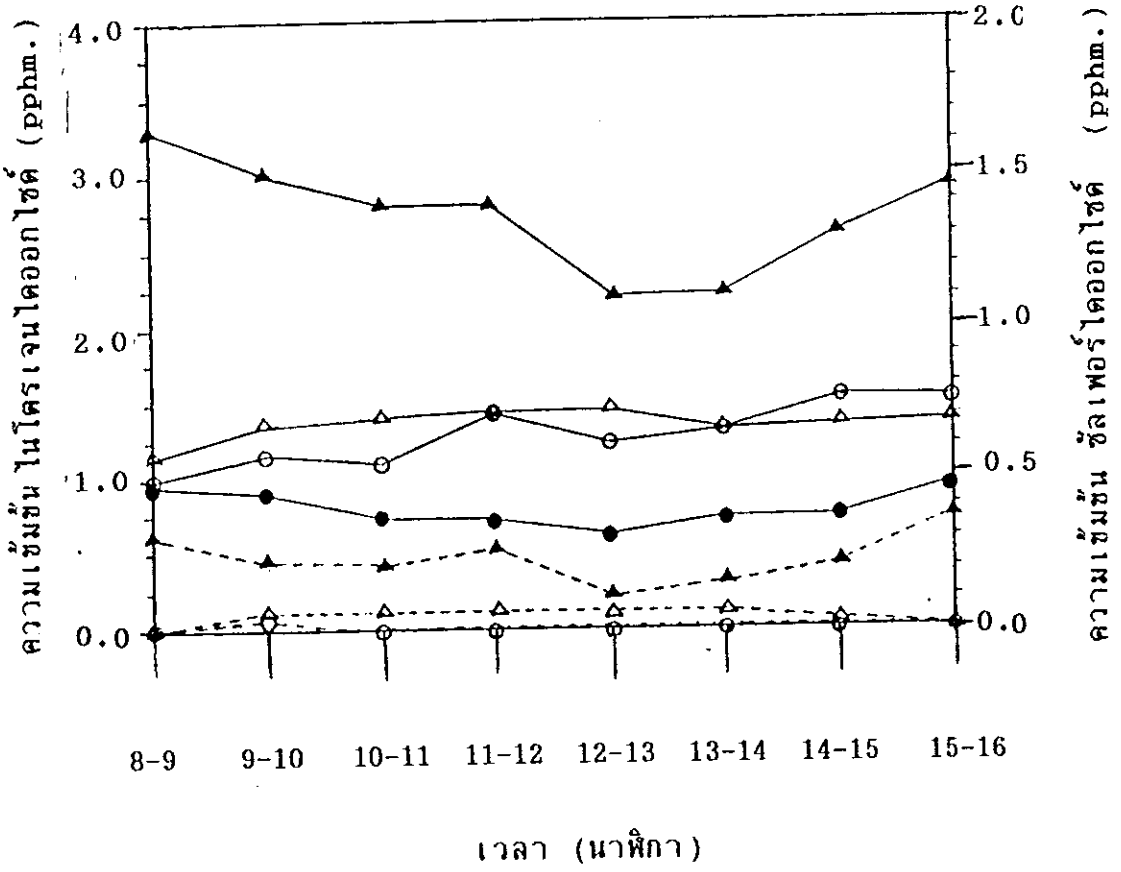
หมายเหตุ น หมายถึงน้อยมากไม่สามารถบอกปริมาณที่ถูกต้องได้



รูปที่ 20 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเขตอำเภอทุ่งสงในแต่ละช่วงเวลา (8-16 นาฬิกา)

———— ไนโตรเจนไดออกไซด์
-------- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

● สามแยกควนไม้แดง
o สี่แยกหน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด
▲ สี่แยกหน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์

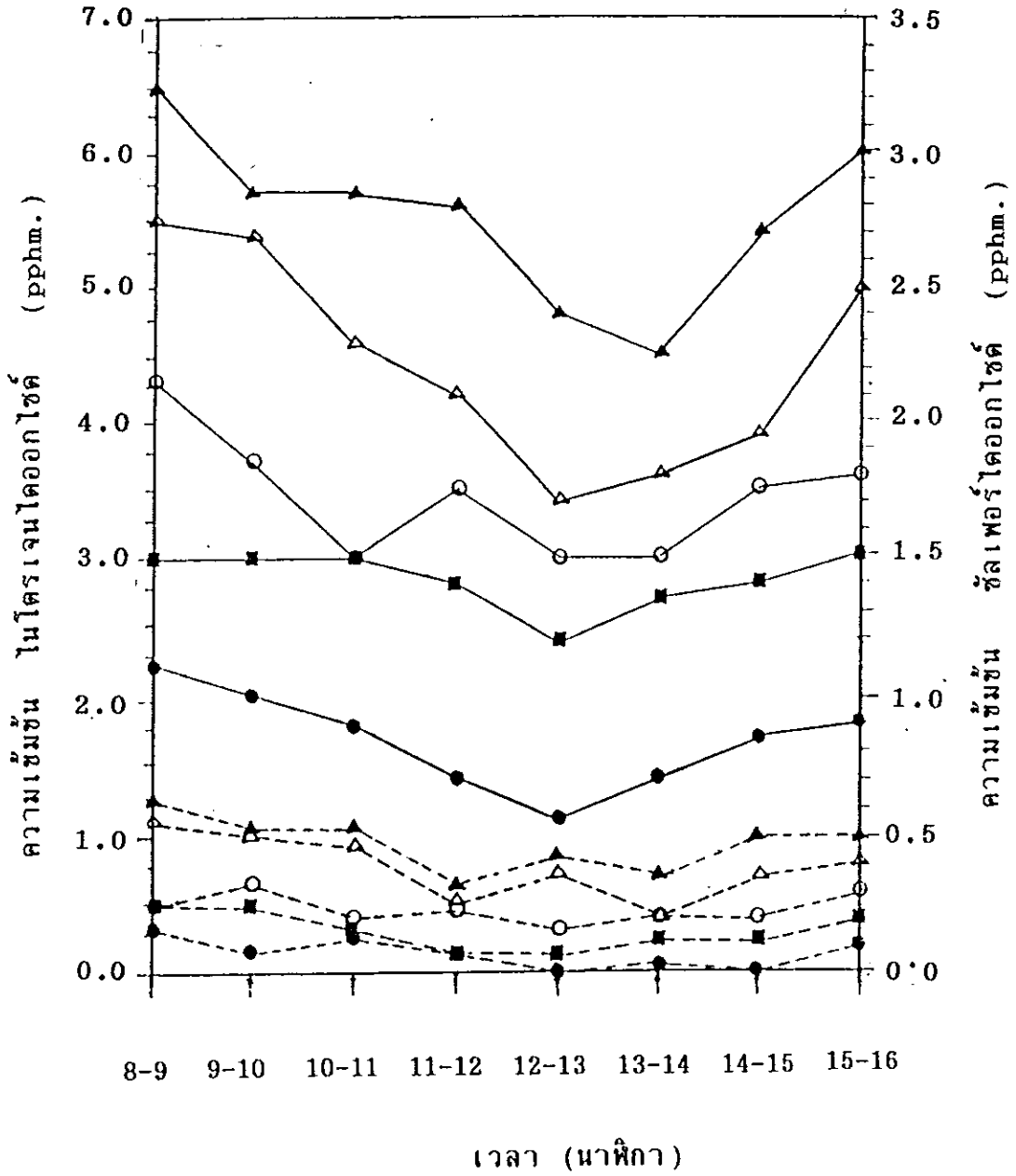


รูปที่ 21 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเขตอำเภอปากพนังและอำเภอขนอมในแต่ละช่วงเวลา (8-16 นาฬิกา)

———— ไนโตรเจนไดออกไซด์
-------- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

อำเภอปากพนัง
● ด่านตรวจคลองน้อย
▲ ท่าแพขนานยนต์

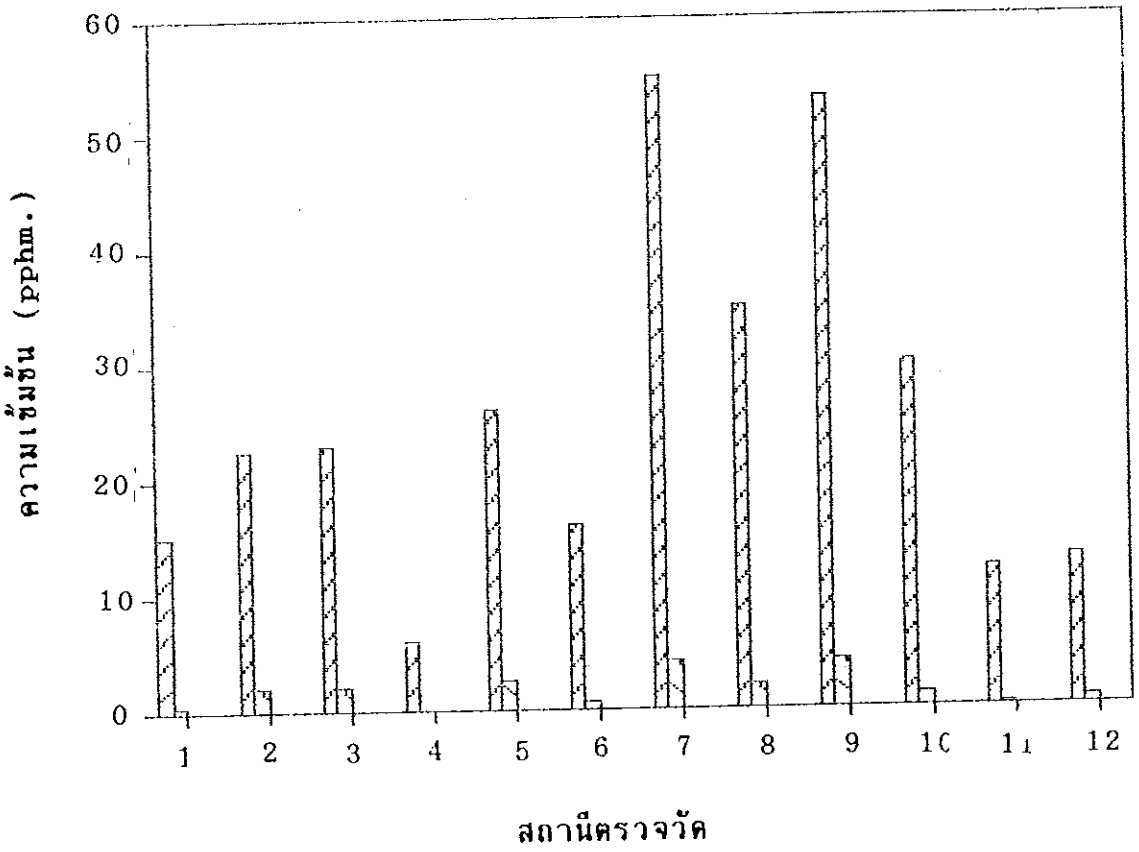
อำเภอขนอม
○ สามแยกคลองเหลง
△ โรงงานไฟฟ้าขนอม



รูปที่ 22 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเขตอำเภอเมืองในแต่ละช่วงเวลา (8-16 นาฬิกา)

———— ไนโตรเจนไดออกไซด์
-------- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

● หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์
▲ สี่แยกตลาดแขก
○ วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช
△ สี่แยกท่าวัง
■ สี่แยกหัวถนน



รูปที่ 23 เปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีต่าง ๆ

1. สามแยกควนไม้แดง
2. หน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด
3. หน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์
4. ด่านตรวจคลองน้อย
5. ท่าข้ามแพขนานยนต์
6. หน้าโรงเรียนพริ้มพิทยานุสรณ์
7. สี่แยกตลาดแขก
8. วงเวียนหน้าสถานีรถไฟนครศรีธรรมราช
9. สี่แยกท่าวัง
10. สี่แยกหัวถนน
11. สามแยกคลองเหลง
12. โรงงานไฟฟ้าขนอม

ตารางที่ 30 ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สแต่ละชนิด ที่สถานีต่าง ๆ

สถานี	คาร์บอนมอนอกไซด์(ppm.)*		ไนโตรเจนไดออกไซด์(pphm.)**		ซัลเฟอร์ไดออกไซด์(pphm)***	
	ปริมาณต่ำสุด	ปริมาณสูงสุด	ปริมาณต่ำสุด	ปริมาณสูงสุด	ปริมาณต่ำสุด	ปริมาณสูงสุด
สามแยกคานไม้แดง	0.0	0.1	0.8	2.0	น	0.3
สี่แยกหน้าธนาคารกรุงไทย จำกัด	0.3	0.4	1.6	3.1	น	0.3
สี่แยกหน้าโรงภาพยนต์ชื่นจิตต์	0.2	0.4	1.4	3.3	น	0.5
ด่านตรวจคลองน้อย	0.0	น	0.6	1.1	น	น
ท่าแพขนานยนต์ปากพนัง	0.2	0.4	1.9	3.7	น	0.5
หน้าโรงเรียนอนุบาลพริ้มพิทยานุสรณ์	0.0	0.1	0.8	2.7	น	0.3
สี่แยกคลาดแขกวงเวียนหน้าสถานีรถไฟ	0.4	0.7	4.1	7.4	0.2	0.7
นครศรีธรรมราช	0.2	0.4	2.5	5.3	0.1	0.5
สี่แยกท่าวัง	0.4	0.6	2.3	6.4	0.1	0.6
สี่แยกหัวถนน	0.2	0.3	2.0	3.4	น	0.3
สามแยกคลองเหลง	0.0	น	0.7	1.7	น	0.1
โรงงานไฟฟ้าขนอม	0.0	น	1.1	1.8	น	0.2

หมายเหตุ * วิธีหลอดตรวจแก๊ส, ** วิธีคัลเลอริเมตริก, *** วิธีพาโรซานิลีน, น น้อยมากไม่สามารถบอกปริมาณที่ถูกต้องได้

4.2 การศึกษาปริมาณแก๊สมลพิษในจังหวัดนครศรีธรรมราช

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เลือกใช้วิธีหลอดตรวจแก๊ส (GAS DETECTOR TUBE) เนื่องจากเป็นวิธีที่ มีความสะดวกรวดเร็ว สามารถรู้ผลการตรวจวัดทันที ประกอบกับการคาดว่าจะมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ค่อนข้างสูง จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้วิธีการนี้ในการศึกษา

แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ เลือกใช้วิธีคัลเลอริเมตริก (COLORIMETRIC METHOD) เนื่องจากคาดว่ามีปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศน้อยและวิธีการนี้จะให้ความแม่นยำสูง และมีขีดจำกัดต่ำสุด ต่ำ กล่าวคือ สามารถวัดได้ในระดับความเข้มข้นเป็นส่วนในร้อยล้านส่วน (PART PER HUNDRED MILLION) หากเลือกวิธีใช้หลอดตรวจแก๊ส อาจจะหาค่าที่ถูกต้องไม่ได้ และให้ค่าความผิดพลาดสูงขึ้น

สำหรับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เลือกใช้วิธีพาราโรซานิลีน (PARAROSANILINE METHOD) เนื่องจากให้ค่าที่แม่นยำกว่า และมีขีดจำกัดต่ำสุดต่ำ และเป็นแก๊สที่มีปริมาณน้อยในอากาศเช่นเดียวกับแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์

หลังจากทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแก๊สชนิดต่าง ๆ แล้วพบว่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณมากพอที่จะตรวจพบ โดยวิธีการใช้หลอดตรวจแก๊สได้สำหรับแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก็พบในปริมาณน้อย ซึ่งสมควรที่จะวิเคราะห์โดยวิธีคัลเลอริเมตริก และวิธีพาราโรซานิลีนตามลำดับ ซึ่งจะให้ผลสอดคล้องกับการคาดคะเนไว้แต่เบื้องต้นจริง จึงนับเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาวิเคราะห์

4.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง

1. ขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ซึ่งมีราคาแพงมาก สำหรับงานวิจัยครั้งนี้แก้ปัญหาโดยการจัดซื้อวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นมาดัดแปลงทำเป็นเครื่องดูดอากาศในการเก็บตัวอย่าง แต่ยังคงมีปัญหาในการนำติดตัวเพราะมีขนาดใหญ่

2. เนื่องจากภาคใต้มีฝนตกชุก ทำให้การเก็บตัวอย่างอากาศไม่สะดวก การเก็บตัวอย่างบางครั้งต้องยกเลิกไป ต้องเริ่มใหม่อยู่บ่อย ๆ เป็นการเสียเวลาและวัสดุ

3. การกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างทำได้โดยไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณในเขตเมืองที่มีการจราจรและมีผู้คนสัญจรมาก ดังนั้นจึงต้องเลือกบริเวณที่สะดวกต่อการติดตั้งเครื่องมือในที่ไม่กีดขวางการจราจรและการสัญจรของประชาชน และประชาชนมักไม่เข้าใจเรื่องมลภาวะทางอากาศ ทำให้ไม่ค่อยให้ความร่วมมือเท่าที่ควร ดังนั้นสิ่งสำคัญต้องให้ประชาชนเข้าใจเรื่องนี้ด้วย

4.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มสถานีที่เก็บตัวอย่าง และจำนวนครั้งในการวิเคราะห์ เพราะจะทำให้การวิจัยมีความเชื่อมั่นสูง

2. ควรหาปริมาณแก๊สมลพิษแต่ละชนิดโดยวิธีต่าง ๆ แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกัน ทั้งนี้หมายความว่าทำการวิเคราะห์หาแก๊สแต่ละชนิดที่สถานีเดียวกันและวันเวลาเดียวกันแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

3. ควรมีเวลาในการวิจัยมาก ๆ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ได้เป็นตัวแทนของปริมาณแก๊สมลพิษในสภาพอากาศปกติ

4. การหาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ควรจะเก็บตัวอย่างอากาศจำนวนมาก เนื่องจากจังหวัดนครศรีธรรมราชมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยทำให้ผลการทดลองผิดพลาดได้

5. ควรเสนอข่าวสารต่อประชาชนเกี่ยวกับ สภาวะแวดล้อมเป็นพิษและอันตราย ที่เกิดจากแก๊สมลพิษที่มีต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เพื่อให้หาทางป้องกันต่อไป

4.5 บทสรุป

จากการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (ตารางที่ 22) แสดงให้เห็นว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ตรวจพบมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละสถานีและวันเวลาที่เก็บตัวอย่างอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพการจราจร ตลอดจนลักษณะภูมิประเทศ สิ่งกีดขวาง ทิศทาง และความเร็วลมในขณะนั้นจากการศึกษาพบว่าบางสถานีมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยมากจนอ่านค่าไม่ได้ เช่น ที่ด่านตรวจคลองน้อย อำเภอปากพนัง สามแยกคลองเหลง และโรงงานไฟฟ้าขนอม อำเภอขนอม ซึ่งเป็นที่โล่งแจ้งและการจราจรเบาบาง และพบว่าปริมาณสูงสุดที่สี่แยกตลาดแขก อำเภอเมือง (0.7 ppm.) ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดที่มีการจราจรหนาแน่น และถนนแคบ ตลอดจนมีสิ่งก่อสร้างกีดขวางมากแต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอน-

มอนอกไซด์ ในจังหวัดนครศรีธรรมราชมีปริมาณน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับในเขตอำเภอหาดใหญ่จังหวัดสงขลา คือประมาณ 0.5-3.5 ppm. ในบริเวณเมืองหาดใหญ่ (ปี 2527)[11] คือพบในปริมาณต่ำสุด 0.5 ppm. ที่บริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ และปริมาณสูงสุดที่บริเวณเดียวกันคือ 3.5 ppm. สำหรับบริเวณเขตนอกเมืองที่ตึกเคมีชั้นสี่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์จะพบแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณน้อยมาก และหากเปรียบเทียบกับในเขตกรุงเทพมหานครจะพบว่าในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชจะมีน้อยมาก คือจากการสำรวจของกองมาตรฐาน สำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ปี 2528 - 2530)[13] พบว่าจะพบมากที่สุดถึง 31.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่วงเวียนใหญ่ (ตารางที่ 43) และเมื่อเปรียบเทียบกับเมืองใหญ่อื่น ๆ เช่น ในจังหวัดเชียงใหม่ก็มีน้อยมากเช่นกัน คือพบในปริมาณสูงสุดประมาณ 19.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ปี 2530)[13] ที่โรงพยาบาลเชียงใหม่ (รูปที่ 25)

จากการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (ตารางที่ 24) พบว่าจะอยู่ในช่วง 0.6-7.4 pphm. โดยค่าที่วัดได้ต่ำสุดที่ด่านตรวจคลองน้อย อำเภอปากพนัง (14 พ.ค. 30 เวลา 10.00-11.00 น.) และพบมากที่สุดที่สี่แยกตลาดแขก อำเภอเมือง (26 พ.ค. 30 เวลา 8.00-9.00 น.) ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ คือที่ด่านตรวจคลองน้อยจะมีปริมาณน้อยที่สุด และสี่แยกตลาดแขกจะมีปริมาณมากที่สุด จากการเปรียบเทียบที่สถานีตรวจวัดอื่น ๆ ก็สอดคล้องกัน นอกจากนี้การเก็บตัวอย่างอากาศเป็นช่วงเวลาทุก ๆ 1 ชั่วโมง ทำให้ทราบว่าในช่วงเช้าและช่วงเย็นมีการจราจรมากกว่าในช่วงกลางวัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ในจังหวัดนครศรีธรรมราชมีน้อยมากเมื่อเทียบกับกรุงเทพมหานคร คือพบมากที่สุด 0.043 ppm. (ปี 2517)[26] ดังตารางที่ 32 และเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (ปี 2529-2530)[12] ดังตารางที่ 42 และจากการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่ามีปริมาณน้อยมากจนตรวจวัดไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ด่านตรวจคลองน้อย อำเภอปากพนัง จะมีค่าน้อยมากจนตรวจวัดไม่ได้ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณนี้มีการจราจรเบาบางและอยู่ห่างจากบริเวณเขตเมือง ตลอดจนอยู่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ และตั้งอยู่ในบริเวณที่โล่งแจ้ง สำหรับปริมาณสูงสุดที่วัดได้ 0.7 pphm. ที่สี่แยกตลาดแขก อำเภอเมือง (12 - เม.ย. 30 เวลา 8.00-9.00 น.) และพบว่ามีปริมาณมากในช่วงเวลาเช้าและเย็น สำหรับช่วงเวลากลางวันนั้นมีปริมาณน้อยเช่นเดียวกับปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และพบว่าปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจังหวัดนครศรี

ธรรมราชมีน้อยมากเมื่อเทียบกับในเขตกรุงเทพมหานคร (ปี 2523)[1] ซึ่งแสดงใน ตารางที่ 41

จากการศึกษาวิจัยจะเห็นว่าอากาศภายใน นครศรีธรรมราชยังไม่ถึงขั้นเป็นพิษ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทย (ปี 2524)[13] ซึ่งแสดงในตารางที่ 45 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจังหวัดนครศรีธรรมราชมีการจราจรหรือยวดยานพาหนะไม่แออัดเท่าเมืองใหญ่ และอีกทั้งโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ น้อยหรืออาจเป็นเพราะจังหวัดนครศรีธรรมราชอยู่ในเขตภาคใต้ มีฝนตกชุกและมีความชื้นในอากาศสูงทำให้เกิดการรวมตัวกับสารมลพิษเหล่านั้นเกิดเป็นลักษณะหยดของเหลว แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นในอนาคตจะต้องเกิดขึ้นแน่นอน ดังนั้นจึงควรหาทางป้องกันไม่ให้มีปริมาณสูงกว่านี้ จนถึงขั้นที่เป็นอันตรายต่อไปภายหน้า

อนึ่ง การศึกษาปริมาณแก๊สมลพิษที่สำคัญบางชนิดในอากาศครั้งนี้เป็นการวิจัยเบื้องต้นซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาสภาวะแวดล้อมทางอากาศของภาคใต้เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาในโอกาสต่อไป

ตารางที่ 31 แสดงสภาพอากาศในระหว่างเก็บตัวอย่างอากาศ

วัน เดือน ปี	อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง (°C)	ความดันอากาศขณะเก็บตัวอย่าง (มม.ปรอท)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม./ชม.)	หมายเหตุ
22 มี.ค.30	21-36	752-756	65-75	0-14	
23 มี.ค.30	30-37	649-754	68-70	0-7	
24 มี.ค.30	30-36	751-756	69-72	0-10	
25 มี.ค.30	31-36	755-758	65-77	5-12	
26 มี.ค.30	30-34	757-760	66-80	5	
11 เม.ย.30	31-37	755-759	65-71	0-12	
12 เม.ย.30	31-36	755-765	59-68	0-7	
13 เม.ย.30	31-36	755-760	56-69	0	
14 เม.ย.30	31-37	755-760	57-60	5-10	
15 เม.ย.30	31-35	757-760	67-81	0-6	
11 พ.ค.30	28-34	752-756	80-85	6	
12 พ.ค.30	27-35	753-756	79-81	0-8	
13 พ.ค.30	28-32	754-756	70-79	0-15	
14 พ.ค.30	28-33	755-758	61-87	0-7	
15 พ.ค.30	28-34	756-759	69-76	0-10	

ตารางที่ 31 (ต่อ) แสดงสภาพอากาศในระหว่างเก็บตัวอย่างอากาศ

วัน เดือน ปี	อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง (°C)	ความดันอากาศขณะเก็บตัวอย่าง (มม.ปรอท)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม./ชม.)	หมายเหตุ
25 พ.ค.30	29-34	755-757	68-88	0	
26 พ.ค.30	29-35	755-758	79-85	0-5	
27 พ.ค.30	30-35	754-757	74-78	0-5	
28 พ.ค.30	30-35	755-758	71-79	0-6	
29 พ.ค.30	29-35	754-759	65-77	0-7	
23 มิ.ย.30	28-35	752-756	78-88	0-10	
24 มิ.ย.30	29-37	752-756	68-88	0-12	
25 มิ.ย.30	29-37	752-756	69-84	0-8	
26 มิ.ย.30	29-36	755-758	53-76	0-10	
27 มิ.ย.30	29-36	753-758	59-70	5-14	
6 ก.ค.30	29-36	755-758	55-84	0	
7 ก.ค.30	29-36	756-758	60-80	0-7	

ตารางที่ 31 (ต่อ) แสดงสภาพอากาศในระหว่างเก็บตัวอย่างอากาศ

วัน เดือน ปี	อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง (°C)	ความดันอากาศขณะเก็บตัวอย่าง (มม.ปรอท)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม./ชม.)	หมายเหตุ
8 ก.ค.30	30-36	754-758	76-88	0-14	
9 ก.ค.30	30-35	755-758	71-88	0-7	
10 ก.ค.30	30-35	755-758	74-82	0-10	
25 ก.ค.30	29-33	751-753	70-72	0-8	
26 ก.ค.30	30-33	753-756	76-78	20	
16 ส.ค.30	229-33	753-754	76-78	0-10	
17 ส.ค.30	28-32	754-757	74-80	20	
22 ส.ค.30	29-35	752-754	61-77	0-7	
23 ส.ค.30	30-32	754-757	66-60	20	

ภาคผนวก 2

สถาบันเทคโนโลยี แห่งเอเชีย (AIT) ร่วมกับบริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด ได้ทำการศึกษาถึงสารมลพิษในท้องถนนของกรุงเทพมหานครที่ปล่อยโดยยานพาหนะในท้องถนนในปี พ.ศ. 2517 โดยทำการเก็บตัวอย่างจากจุดต่าง ๆ 8 จุด ของถนน 5 สาย ในท้องที่ต่าง ๆ กัน คือ เจริญกรุง เยาวราช พระรามสี่ บางรัก และประตูน้ำ ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 32[26]

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติร่วมกับกรุงเทพมหานคร กระทรวงสาธารณสุขและกรมตำรวจ ทำการสำรวจปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศ ผลที่ได้จากการสำรวจแสดงไว้ในตารางที่ 33[27]

รายงานผลการวิจัย เรื่องการศึกษาตัวการ ที่ทำให้อากาศเป็นพิษในเมืองใหญ่ ๆ ของสถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2519 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 34 และตารางที่ 35[4]

สมบัติ ธนรัช มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้หาปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ ในเขตเทศบาลเมืองหาดใหญ่ และใกล้เคียง ปี พ.ศ. 2527 ได้ผลดังตารางที่ 36[11]

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สุขุมวิท ถนนปู่เจ้าสมิงพราย อำเภอพระประแดง โดยอาจารย์เพริศพรรณ คณาธารณาและคณะพบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณต่าง ๆ ดังตารางที่ 37,38,39 และ 40[5]

จุฬารัตน์ พิบูลสวัสดิ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร ได้หาปริมาณของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานครเมื่อปี พ.ศ. 2523 ได้ผลดังตารางที่ 41[1]

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ตรวจสอบวัดคุณภาพอากาศ บริเวณแหลมฉะบัง อ.ศรีราชา จ. ชลบุรี ในช่วงเดือนธันวาคม 2529-เดือนสิงหาคม 2530 ได้ผลดังตารางที่ 42[12] และตรวจวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ที่กรุงเทพมหานคร ณ สถานีตรวจวัดต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2528-2530 ได้ผลดังตารางที่ 43[13]

กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข ได้ตรวจวัดปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ บริเวณ สำโรง และลาดพร้าว ในช่วงปี พ.ศ. 2524-2528 ได้ผลดังตารางที่ 44[28]

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ตามสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร ในปี 2526-2529 ได้ผลดังรูปที่ 24[13] และตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ ในจังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2526-2528 และ พ.ศ. 2530 ได้ผลดังรูปที่ 25[13] และทำการตรวจวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ในเขตกรุงเทพมหานคร ก่อนเดินรถทางเดียว และระหว่างการเดินรถทางเดียวได้ผลดังรูปที่ 26[13]

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสารมลพิษจากสถานีเก็บตัวอย่าง 8 แห่ง[26]

สถานีที่เก็บตัวอย่าง	CO(ppm.)			NO(ppm.)			NO_2(ppm.)			Particulates (CoH/1000 lin.ft)			Traffic Volume Veh/hr.			Arg Wind Speed Km/hr.		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
เจริญกรุง	13.0	3.0	32.5	.023	.00	.07	.034	.00	.09	3.2	0.9	9.1	3695	3120	6362	4.4	0.4	9.3
เยาวราช1	11.0	0.5	40.0	.024	.00	.10	.021	.00	.10	1.9	0.5	6.5	4106	1384	5740	4.0	0.4	6.9
เยาวราช2	28.0	8.0	54.0	.032	.00	.09	.028	.00	.10	4.4	1.2	8.2	4091	1230	6282	2.4	0.1	4.7
เยาวราช3	10.0	2.0	23.5	.023	.00	.07	.028	.00	.08	2.8	1.0	7.1	3047	1293	5825	3.6	4.5	7.4
รามา4 1	9.0	0.5	34.0	.023	.00	.09	.033	.00	.08	2.3	0.7	6.6	4048	936	4147	6.0	0.5	11.6
รามา4 2	12.0	3.5	35.5	.037	.00	.10	.035	.00	.09	3.4	0.7	7.9	4068	1381	5867	5.1	1.9	8.0
กรุงเทพฯ	12.0	1.5	27.5	.027	.00	.08	.043	.00	.12	3.3	1.1	8.6	2477	1171	3997	4.1	1.1	7.5
ปทุมวัน	15.0	3.5	32.5	.028	.00	.10	.032	.00	.12	4.5	.08	7.8	3695	2388	6374	5.1	2.4	8.4

ตารางที่ 33 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในระดับพีพีเอ็ม จากหลายสถานที่ในบริเวณถนนของกรุงเทพมหานคร[27]

วันที่ มี.ค.	7	8	9	10	11	14	15	16	17
สถานที่ / เวลา (นาฬิกา)	เสาชิงช้า	พาหุรัด	ศาลาแดง	บางลำพู	สะพานควาย	ประตูน้ำ	ราชประสงค์	บางรัก	เยาวราช
09.00-10-00	14	-	16	-	17	-	-	-	-
10.00-11.00	20	22	20	25	17	-	24	18.4	-
11.00-12.00	22	26	17	17.5	19	23.7	25	15	37.5
12.00-13.00	20	12.5	9	15	17	18.5	22	12	30
13.00-14.00	20	12	9	15	15	21.0	23	11	29
14.00-15.00	23	14	13	19	13	18.6	26	11	30
15.00-16.00	18	14	12	12	9	26.0	29	14	29
16.00-17.00	21	15	13	20	10	31.0	28	17	33.9
17.00-18.00	-	17	-	18	-	-	32	13	40
ค่าเฉลี่ย	19.9	16.6	13.6	17.6	14.6	23.1	26.1	13.9	32.4
ค่าสูงสุด	23.0	26.0	20.0	25.0	19.0	21.0	32.0	18.4	40.0
ค่าต่ำสุด	14.0	12.0	9.0	12.0	9.0	18.5	12.0	11.0	29.0

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย[4]

สถานที่	Air Sampling		Air pollutants found				สภาพแวดล้อมขณะ Sampling
	วัน	เวลา	Gases(ppm.)		Respirable Dusts ug/m^3		
หน้าตึกพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี (ข้างสนามฟุตบอล ถนนพญาไท)	พฤ.28 ส.ค. 19	10.35-12.35	CO CO_2 Cl_2	4.0 300 0.05	Pb^{2+} Cu^{2+} Zn^{2+}	57.3 35.8 49.6	มีเมฆฝนปกคลุมไม่มีแดด ลมอ่อนมาก อุณหภูมิ 31°C ความชื้น 53-56%
		13.32-15.32	CO CO_2 Cl_2	3.3 300 0.02	Pb^{2+} Zn^{2+}	70.8 49.6	เมฆฝนปกคลุมบางส่วน แดดอ่อน ลมอ่อน อุณหภูมิ 34°C ความชื้น 44-46%
ข้างตึกรัฐศาสตร์ 3 (สนามบาสเกตบอล ถนนอังรีดูนังค์)	ศ.27 ส.ค. 19	10.15-12.15	CO CO_2 Cl_2	3.3 500 0.02	Cu^{2+} Zn^{2+}	35.8 54.8	เมฆฝนคลุม แดดอ่อน ไม่มีลม อุณหภูมิ 33°C ความชื้น 38-52%
		13.00-15.00	CO CO_2	2.3 300	Pb^{2+} Cu^{2+}	43.8 43.0	เมฆฝนปกคลุมบางส่วน แดดปานกลาง ไม่มีลม อุณหภูมิ 34-36 °C ความชื้น 31-44%

ตาราง ที่ 34 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่	Air Sampling		Air pollutants found				สภาพแวดล้อมขณะ Sampling
	วัน	เวลา	Gases(ppm.)		Respirable Dusts ug/m³		
หลังตึกเคมี 2 (ข้างสระน้ำ)	พฤ. 9 ก.ย. 19	09.55-11.55	CO	3.3	Pb^{2+}	57.3	มีเมฆฝนปกคลุมบ้างแดดปานกลาง ลมอ่อนมาก อุณหภูมิ 30°C ความชื้น 62% (มีฝนตกหนักคืนวันที่ 8 ก.ย.19) มี Lab Org & Chem.
			CO_2	300	Cu^{2+}	43.0	
					Zn^{2+}	36.9	
		13.32-15.32	CO	3.3	Pb^{2+}	70.8	มีเมฆฝนบ้าง แดดปานกลาง ไม่มีลมอ่อน อุณหภูมิ 32°C ความชื้น 60-65% มี Lab Org -Qual Org & Gen Chem.
			CO_2	450	Cu^{2+}	43.0	
					Zn^{2+}	37.9	
	จ. 13 ก.ย. 19	13.00-15.00	CO	2.3	Pu^{2+}	57.3	ฟ้าคลื้มฝน (มีฝนตกหนักคืนวันที่ 12 ก.ย.19 และเช้าวันที่ 13 ก.ย.19 มีฝนโปรยอ่อน ๆ ถึงเที่ยงจึงหยุด) ไม่มีแดด ลมอ่อน อุณหภูมิ 30°C ความชื้น 58%
			CO_2	350	Cu^{2+}	35.8	
					Zn^{2+}	36.9	

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศในบริเวณ ถนนพระราม 1 - สุขุมวิท[4]

สถานที่	Air Sampling		Air pollutants found				สภาพแวดล้อมขณะ Sampling
	วัน	เวลา	Gases(ppm.)		Respirable Dusts ug/m^3		
ข้างป้อมยามตำรวจ ตรงข้ามหน้าโรงหนัง สยาม (ถนนพระราม1)	ส.10 ก.ค. 19	10.15-11.15	CO	6.0	Pb^{2+}	108.3	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิ 34°C ความชื้น 48-50% มีรถผ่านตลอดเวลา
			CO_2	350			
			NO	0.4			
			Cl_2	0.30			
		13.30-15.30	CO	8.0	Pb^{2+}	100.0	มีเมฆฝนบ้าง แดดจัด ลมอ่อนมาก อุณหภูมิ 39°C ความชื้น 40-42 % มีรถผ่านตลอดเวลา และรถติดในฝั่งตรงข้าม
			CO_2	400			
			NO	0.4			
			Cl_2	0.07			
			SO_2	0.06			

ตารางที่ 35 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศในบริเวณ ถนนพระราม 1 - สุขุมวิท

สถานที่	Air Sampling		Air pollutants found				สภาพแวดล้อมขณะ Sampling
	วัน	เวลา	Gases(ppm.)		Respirable Dusts ug/m^3		
หน้า บ. อุตสาหกรรมพรมไทย (ตรงข้ามที่จอดรถเซ็นทรัลชิดลม ถนนพระราม 1)	ส.03 ก.ค. 19	10.15-11.15	CO	12.5	Pb^{2+}	100.0	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิ 34°C ความชื้น 48-50% มีรถผ่านตลอดเวลา
			CO_2	500			
			NO	0.30			
			Cl_2	0.07			
		13.45-15.15	CO	25.0	Pb^{2+}	33.3	มีเมฆฝนบ้าง แดดจัด ลมอ่อนมาก อุณหภูมิ 34°C ความชื้น 51-53 % มีรถผ่านตลอดเวลา และรถติดในฝั่งตรงข้าม
			CO_2	500			
			NO	0.4			
			SO_2	0.12			
	อา.11 ก.ค. 19	10.20-11.50	CO	5.0	Pb^{2+}	33.3	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิ 34°C ความชื้น 49% มีรถผ่านตลอดเวลา (มีฝนตกหนักวันที่ 10 ก.ค.19)
			CO_2	375	Cd^{2+}	11.1	
			NO	0.20			
			Cl_2	0.03			
		13.35-15.35	CO	6.0	Pb^{2+}	150.0	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิ 35°C ความชื้น 47% มีรถผ่านตลอดเวลา
			CO_2	375			
			NO	0.30			

ตารางที่ 35 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศในบริเวณ ถนนพระราม 1 - สุขุมวิท

สถานที่	Air Sampling		Air pollutants found				สภาพแวดล้อมขณะ Sampling
	วัน	เวลา	Gases(ppm.)		Respirable Dusts ug/m^3		
หน้า Gestetner (ซอยอโศก หรือสุขุมวิท ซอย 21)	ส.27ส.ค. 19	10.30-12.30	CO CO_2 Cl_2 SO_2	12.5 500 0.07 0.10	Pb^{2+} Cu^{2+} Zn^2	33.3 50.7 44.3	ท้องฟ้าแจ่มใส มีเมฆฝนบ้าง แดดจัด ลมอ่อนมาก อุณหภูมิ 35°-41° มีรถผ่านตลอดเวลา และรถติดในฝั่งตรงข้าม (ฝนตกหนักหลัง Sampling เสร็จแล้ว)
	ส.04ก.ย. 19	10.35-12.35	CO CO_2 Cl_2 SO_2	7.3 300 0.07	Pb^{2+} Cu^{2+} Zn^2	70.8 50.7 44.2	มีเมฆฝนบ้าง แดดปานกลาง ลมอ่อนมาก อุณหภูมิ 34°C ความชื้น 46-50% มีรถผ่านตลอดเวลา (มีฝนตกหนักคืนวันที่ 3ก.ย.19 มีน้ำท่วมในซอยเล็ก
		13.24-12.35	CO CO_2 Cl_2	7.3 300 0.10	Pb^{2+} Cu^{2+} Zn^2	193.8 35.8 36.9	ท้องฟ้าแจ่มใส มีเมฆฝนบ้าง แดดจัด ลมอ่อนมาก อุณหภูมิ 34° ความชื้น 52-53%

ตารางที่ 35 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศในบริเวณ ถนนพระราม 1 - สุขุมวิท

สถานที่	Air Sampling		Air pollutants found			สภาพแวดล้อมขณะ Sampling
	วัน	เวลา	Gases(ppm.)		Respirable Dusts ug/m^3	
ร.ร. สายน้ำทิพย์ ร.ร. สายน้ำผึ้ง (สุขุมวิท ซอย 22)	ส.18ก.ย. 19	10.30-12.30	CO	5.0	ยังไม่ได้วิเคราะห์	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิ 34°C ความชื้น 54-57% มีรถผ่านตลอดเวลา (มีรถเมล์เล็ก ฝนตกหนักคืนวันที่ 7 ก.ย. 19
			CO_2	400		
			NO_2	0.05		
			O_3	0.03		
		13.20-15.20	CO	4.2	ยังไม่ได้วิเคราะห์	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิ 34°-36°C ความชื้น 40-48% มีรถผ่านตลอดเวลา
			CO_2	325		
	อ.19ก.ย. 19	10.00-12.00	CO	5.0	ยังไม่ได้วิเคราะห์	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิ 33°C ความชื้น 57% มีรถผ่านตลอดเวลา (มีฝนตกหนักคืนวันที่ 18ก.ย.19)
			CO_2	350		
		12.50-14.50	CO	6.7	ยังไม่ได้วิเคราะห์	มีเมฆฝนคลุม ไม่มีแดด ลมปานกลาง อุณหภูมิ 33°C ความชื้น 56-58%
			CO_2	325		

ตารางที่ 35 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์สารมลภาวะทางอากาศในบริเวณ ถนนพระราม 1 - สุขุมวิท

สถานที่	Air Sampling		Air pollutants found		สภาพแวดล้อมขณะ Sampling
	วัน	เวลา	Gases(ppm.)	Respirable Dusts ug/m^3	
ปากซอยสุขุมวิท 40 (ซอยอโศก หรือสุขุมวิท ซอย 21)	ส.25ก.ย. 19	10.40-12.10	CO 11.7 CO_2 350 Cl_2 0.08 benzene & deriv 7.0 Acyl gr 3.3	ยังไม่ได้วิเคราะห์	ท้องฟ้าแจ่มใส แดดจัด ไม่มีลม อุณหภูมิ 36°C ความชื้น 49% มีรถผ่านตลอดเวลา มีกลิ่น orgsolvent น้ำเน่า และกลิ่นน้ำมัน ซึ่งมาจากสถานที่เติมน้ำมันที่อยู่ตรงข้าม
		13.00-14.00	CO 10.3 CO_2 425 Cl_2 0.02 benzene & deriv 3.0	ยังไม่ได้วิเคราะห์	มีเมฆฝนบ้าง แดดปานกลาง อุณหภูมิ 34° ความชื้น 42-48% มีรถผ่านตลอดเวลามีกลิ่น Org solvent น้ำเน่า (ฝนตกหลังจาก Sampling เสร็จแล้ว)

ตารางที่ 36 แสดงปริมาณความเข้มข้น สูงสุด ของแก๊สแต่ละชนิด ตามสถานีต่าง ๆ[14]

สถานที่	CO(ppm.)*		SO_2 (ppm.)*		NO_2 (ppm.)**	
	ปริมาณต่ำสุด	ปริมาณสูงสุด	ปริมาณต่ำสุด	ปริมาณสูงสุด	ปริมาณต่ำสุด	ปริมาณสูงสุด
หน้าประตูโรงพยาบาลสงขลานครินทร์	0.8	2.0	0	ม	0.4	1.1
สี่แยกพลาซา	1.0	2.6	0	ม	1.1	2.2
สี่แยกสะพานลอย	1.2	3.3	0	ม	0.8	2.5
หน้าธนาคารไทยพาณิชย์	0.5	3.5	0	ม	1.0	2.5
สี่แยกหอพ้า	0.9	2.8	0	ม	0.8	2.0
ตึกเคมี ชั้น 4 คณะวิทยาศาสตร์	0	น	0	ม	0.2	0.9

หมายเหตุ * วิธีหลอดตรวจแก๊ส, ** วิธีคัลเลอริเมตริก, ม - ไม่สามารถวัดได้, น - น้อยมากไม่สามารถบอกค่าได้ถูกต้อง

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ในเดือน ก.ค.-ก.ย.2519 บริเวณสุขุมวิท5

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.)
1. ข้างป้อมตำรวจตรงข้ามโรงหนังสยาม	เสาร์ 10 ก.ค. 19 เวลา 10.30-15.00	0.06
2. สี่แยกราชประสงค์	เสาร์ 19 มิ.ย. 19 เวลา 10.05-12.25	0.03
	14.00-16.15	0.04
	อาทิตย์ 4 ก.ค. 19 เวลา 13.50-14.50	0.03
3. หน้าบริษัทอุตสาหกรรมพรมไทย ตรงข้ามที่จอดรถเซ็นทรัลชิดลม	เสาร์ 03 ก.ค. 19 เวลา 10.25-11.55	0.06
	13.45-15.15	0.12
	อาทิตย์ 11ก.ค. 19 เวลา 10.20-11.50	ไม่พบ
	13.30-14.35	ไม่พบ
4. หน้าบริษัท Gestetner (ซอยอโศก)	เสาร์ 27 ส.ค. 19 เวลา 10.30-12.30	0.10
	เสาร์ 4 ก.ย. 19 เวลา 10.35-12.35	0.06
	13.24-15.24	0.05
5. ปากซอยสุขุมวิท 40 อู่ซ่อมรถกันพัดแสง	เสาร์ 25 ก.ย. 19 เวลา 10.40-12.10	0.08
	13.00-14.00	ไม่พบ
	อาทิตย์ 26 ก.ย. 19 เวลา 10.30-12.30	ไม่พบ
	13.20-15.20	ไม่พบ
6. ซอยสายน้ำทิพย์	เสาร์ 18 ก.ย. 19 เวลา 10.30-12.30	ไม่พบ
	13.20-15.20	ไม่พบ
	อาทิตย์ 19 ก.ย. 19 เวลา 10.00-12.00	ไม่พบ
	12.50-14.50	ไม่พบ

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ในเดือน มกราคม - เมษายน 2520 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสุขุมวิท5

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ppm.)
1. หลังตึกเคมี	อาทิตย์ 25 ม.ค. 20	
	เวลา 13.40-15.45	0.02
2. ทางระหว่างตึกเคมี 1 และ 3	อาทิตย์ 3 ก.พ. 20	
	เวลา 10.00-12.00	0.02
3. หน้าตึกพาณิชย์-ศาสตร์และการบัญชี ข้างสนามฟุตบอล ถนนพญาไท	จันทร์ 4 ก.พ. 20	
	เวลา 10.00-12.00	0.06
4. ตึกครุศาสตร์	จันทร์ 21 ก.พ. 20	ไม่พบ
5. หน้าตึกสัตวแพทย์ ถนนอังรีดูนังค์	พฤหัสบดี 24ก.พ.20	
	เวลา 09.45-11.40	0.10
	12.50-14.50	ไม่พบ
6. ข้างตึกรัฐศาสตร์ สนามบาสเกตบอล ถนนอังรีดูนังค์	ศุกร์ 25 ก.พ.20	
	เวลา 09.40-11.40	ไม่พบ
	13.10-12.00	0.08
7. ใต้สะพานพระโขนง บริเวณริมคลอง	พุธ 30 มี.ค. 20	
	เวลา 10.00-12.00	0.02
	12.55-14.25	0.03
8. ซอยสุขุมวิท 93 หน้าบริษัทด้าย บางจาก	เสาร์ 02 เม.ย. 20	
	เวลา 10.20-11.50	0.07
	12.45-14.10	0.03
9. หน้าตลาดอุดมสุข ร้านสมใจ ซอยสุขุมวิท 103	พุธ 6 เม.ย. 20	
	เวลา 10.05-11.35	0.10
10. โกดังตรงข้ามโรงงานสมบูรณ์ผ้าเบรค (บางนาถ สุขุมวิท)	เสาร์ 09 เม.ย. 20	
	เวลา 10.30-11.30	0.10
11. ซอยเทพารักษ์ ช่วงโรงงานทำแปรง	อาทิตย์ 24 เม.ย.20	
	เวลา 10.05-11.55	0.07

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ในเดือนม.ค.-เม.ย. 2520 บริเวณถ.สุขุมวิท[5]

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ppm.)
1. หมู่บ้านกองขยะอ่อนนุชปากซอยกองขยะ	พุธ 23 มี.ค. 20 เวลา 11.00-12.00	ไม่พบ
2. ใต้สะพานพระโขนง	อังคาร 26 มี.ค. 20 เวลา 10.10-11.40	ไม่พบ
	พุธ 30 มี.ค. 20 เวลา 10.00-12.00	0.02
	12.55-14.25	0.03
3. หน้าบริษัทถ้วยและจานสุขุมวิท 93 บางจาก	เสาร์ 02 เม.ย. 20 เวลา 10.20-11.50	0.07
	12.45-14.45	0.03
4. เคหนคร1 ซอย2 สุขุมวิท 103 (อุดมสุข)	อาทิตย์ 03 เม.ย.20 เวลา 10.45-11.55	ไม่พบ
	13.00-14.30	ไม่พบ
5. หน้าตลาดอุดมสุข ร้านสมใจ ซอย103	พุธ 06 เม.ย. 20 เวลา 10.05-11.35	0.10
6. เยื้องตลาดอุดมสุข	พุธ 06 เม.ย. 20 เวลา 12.45-14.15	0.02
7. ปากซอยสุขุมวิท 56 ซอยน้ำทิพย์	พฤหัสบดี 7 เม.ย.20 เวลา 09.55-11.25	0.02
	13.00-14.30	ไม่พบ
8. ใกล้ต้นไม้ตรงข้ามโรงงานสมบูรณ์ผ้าเบรค ถ.สุขุมวิท	เสาร์ 09 เม.ย. 20 เวลา 10.30-11.30	0.08
	13.00-14.00	0.10
	อาทิตย์ 10เม.ย. 20 เวลา 10.05-11.05	0.02

ตารางที่ 39 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ในเดือน ม.ค.-เม.ย. 2520 บริเวณถนนสุขุมวิท

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.)
9. หลังโรงงาน S.K.M. เคมีกล ซอยแบริ่งค์ ถนนสุขุมวิท	เวลา 13.20-14.02	0.02
10. ข้างบริษัทสินแสง อุตสาหกรรม หลังอู่เมล์ขาว ซอยเทพารักษ์ ถนนสุขุมวิท ต.สำโรง	เสาร์ 23 เม.ย. 20 เวลา 13.25-14.25	ไม่พบ
	อาทิตย์ 24 เม.ย. 20 เวลา 13.20-14.20	ไม่พบ
11. ข้างโรงงานทำแปรงตรงข้ามบริษัทไทยไซเพ็นท์ เยื้อง Clinted Milk ซอยเทพารักษ์	พฤหัสบดี 21 เม.ย. 20 เวลา 10.05-11.35	ไม่พบ
	13.00-14.30	ไม่พบ
	อาทิตย์ 24 เม.ย. 20 เวลา 10.05-11.35	0.07

ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ในเดือนเมษายน 2520 - เมษายน 2521 บริเวณปู่เจ้าสมิงพราย[5]

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ppm.)
1. ซอยสัญญา ถนนปู่เจ้าสมิงพราย	เสาร์ 20 เม.ย.20 เวลา 10.00-12.00	ไม่พบ - 0.07
	อาทิตย์ 1 พ.ค. 20 เวลา 13.00-15.00	ไม่พบ - 0.07
2. ซอยที่มีการทำถ่านไฟฉาย ม.17 ถนนปู่เจ้าสมิงพราย	พุธ 11 พ.ค. 20 เวลา 10.00-12.00	0.02
	13.00-15.00	0.03
3. ซอยกลางวัดสำโรงเหนือ ถ.ปู่เจ้าสมิงพราย	พฤหัสบดี 12 พ.ค.20 เวลา 10.00-12.00	0.10
	13.00-15.00	0.13
4. ซอยโรงงานอุตสาหกรรมจักรยาน ม. 22 ถ.ปู่เจ้าสมิง	เสาร์ 14 ส.ค. 20 เวลา 10.00-12.00	0.07
	13.00-15.00	0.27
5. สุดซอยแสงตะวัน ม. 22	อาทิตย์ 15พ.ค. 20 เวลา 10.00-12.00	0.03
	เสาร์ 25 มิ.ย. 20 เวลา 13.00-15.00	0 - 0.05
6. ซอยโรงงานกระดาษไทยและไซโล ม.6	เสาร์ 13 ม.ค. 20 เวลา 10.00-12.00	0.02
	พฤหัสบดี12ก.พ. 20 เวลา 13.00-15.00	0.10
8. หน้าที่ว่าการอำเภอพระประแดง	พฤหัสบดี 2ก.พ. 20 เวลา 10.00-12.00	0.01
	พฤหัสบดี 15ก.พ. 20 เวลา 13.00-15.00	0.03

ตารางที่ 41 ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร[1]

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
ในซอยกุศลศิลป์หลังโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก)	09 มิถุนายน 2523			
	เวลา 14.00-14.30	-	0.01(100%)	ลมแรง ท้องฟ้ามืดคลื้ม
	16.00-16.30	-	ไม่พบ	ลมแรงฝนตกพร่ำ ๆ
	10 มิถุนายน 2523			
	เวลา 14.00-14.30	1	ไม่พบ	ลมปานกลาง มีกลิ่นเหม็นคล้ายแก๊สโซยมาบางครั้ง
	16.00-16.30	-	0.01(100%)	ลมปานกลาง ค่อนข้าง-อ่อน มีกลิ่นเหม็นคล้ายแก๊สโซยมาบางครั้ง

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
หน้าโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก)	11 มิถุนายน 2523	-		
	เวลา 14.00-14.30	535	0.10 (18%)	การจราจรปานกลาง (ถนนเล็ก) ลมแรงมีกลิ่นเหม็นของน้ำมันและแก๊ส
	16.00-16.30	496	0.09 (19%)	การจราจรปานกลาง ลมแรงมีกลิ่นแก๊สฉุน
ข้างสะพานรถไฟข้างโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก)	12 มิถุนายน 2523			
	เวลา 14.00-14.30	-	0.04 (36%)	ลมปานกลาง มีกลิ่นน้ำมันฉุน
	16.00-16.30	-	0.02 (52%)	ลมปานกลาง ท้องฟ้าคลื้ม

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
ด้านหน้าบริษัท	16 มิถุนายน 2523			
อุตสาหกรรม เครื่อง	เวลา 14.00-14.30	39	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมแรง
แก้วไทย จำกัด	16.00-16.30	24	ไมพบ	การจราจรเบาบาง ลมแรง
ถนนสุขสวัสดิ์				
(ราชบูรณะ)				
หน้าโรงสีไทยเจริญ	17 มิถุนายน 2523			
ถนนสุขสวัสดิ์	เวลา 14.00-14.30	26	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมแรง
(ราชบูรณะ)	16.00-16.30	34	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมแรง ฝนตก เวลา 16.25 น.

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
หน้าธนาคารศรีนครสาขาเพชรบุรีตัดใหม่ (เชิงสะพานลอยอโศก)	14 มิถุนายน 2523			
	เวลา 14.00-14.30	766	0.03 (38%)	การจราจรปานกลาง
	16.00-16.30	1045	0.04 (36%)	การจราจรหนาแน่น (ไม่ติด) ลมปานกลาง
หน้าป้อมตำรวจประตูน้ำ (สี่แยกใกล้สะพานลอยประตูน้ำ	16 พฤษภาคม 2523			
	เวลา 14.00-14.30	874	0.07 (22%)	การจราจรหนาแน่น (ติดขัดเล็กน้อย) ลมปานกลาง
	16.00-16.30	1418	0.09 (19%)	การจราจรหนาแน่น (ติดขัดเล็กน้อย ลมอ่อน)
หน้าเซ็นทรัลชิดลม (ราชประสงค์)	19 พฤษภาคม 2523			
	เวลา 14.00-14.30	1085	0.06	การจราจรหนาแน่น (ไม่ติดขัด) ลมอ่อน

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
หน้าเซ็นทรัลชิดลม (ราชประสงค์)	16.00-16.30	1205	0.07 (23%)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
ตรงข้ามโรงหนังพระโขนงเธียเตอร์ (หน้า C.P.coffee HOUSE พระโขนง)	20 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.08-14.38	1280	0.04 (36%)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
	16.10-16.40	1103	0.05 (33%)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัดมาก) ลมอ่อน เหม็นควัน
หน้าร้านศรีทองพานิชย์ (เยาวราช)	22 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00-14.30	1309	0.09 (19%)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
	16.00-16.30	1016	0.04 (36%)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมปานกลาง เหม็นควันรถมาก

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
หน้าตลาดวรจักร	23 พฤษภาคม 2523			
	เวลา 14.00-14.30	765	0.07 (23%)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
	16.00-16.30	584	0.06 (27%)	การจราจรหนาแน่นมาก ลมปานกลาง
สนามหลวง หน้าแผงหนังสือ เบอร์ 5	24 พฤษภาคม 2523			
	เวลา 14.00-14.30	1089	0.06 (27%)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมปานกลาง
	16.00-16.30		0.08 (20%)	การจราจรหนาแน่นมาก ลมอ่อน เหม็นควันรถ

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
สนามหลวง หน้าแผงหนังสือ เบอร์ 5	25 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.02-14.32	993	0.04	การจราจรหนาแน่นปานกลาง (ไม่ติดขัด) ลมแรง
	16.00-16.30	1057	0.04 (36%)	การจราจรหนาแน่น ลมปานกลาง
หน้าเซ็นทรัลสีลม	28 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00-14.30	1068	0.07 (23%)	การจราจรหนาแน่น ปานกลาง เหม็นควันรถ
	16.00-16.30		0.08 (20%)	การจราจรหนาแน่น ลมอ่อน เหม็นควันรถ

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
หน้าร้านสินทองนาฬิกา (สะพานควาย)	03 มิถุนายน 2523			
	เวลา 14.00-14.30	660	0.02 (52%)	การจราจรปานกลาง (ไม่ติดขัด) ลมปานกลาง
	16.00-16.30	892	0.05 (33%)	การจราจรค่อนข้างหนาแน่น (ติดขัด) ลมอ่อน
หน้าบริษัทสี่เหรียญวิสาหกิจ จำกัด (สุขุมวิท 31)	13 พฤษภาคม 2523			
	เวลา 14.00-14.30	325	0.01 (100%)	การจราจรปานกลาง ลมแรง
	16.00-16.30	446	0.02 (52%)	การจราจรปานกลาง ลมแรง
ซอยด้านข้างโรงเรียนบูรณวิทย์ (บางพลัด)	27 พฤษภาคม 2523			
	เวลา 14.00-14.30	38	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมอ่อน
	16.00-16.30	56	0.01 (100%)	การจราจรเบาบาง ลมอ่อน

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
หน้าตลาดวัดวิเศษ	30 พฤษภาคม 2523			
ใกล้โรงพยาบาล	เวลา 14.00-14.30	436	0.07	การจราจรหนาแน่นมาก
ศิริราช			(23%)	(ติดขัด)ลมอ่อนเหม็นควันรถ
(บางกอกน้อย)	16.00-16.30	861	0.08	การจราจรหนาแน่นมาก ไม่
			(20%)	ติดขัด ลมอ่อน เหม็นควันรถ
หน้าร้านสุทธิบริการ	13 มิถุนายน 2523			
เชิงสะพานพุทธฯ	เวลา 14.00-14.30	1940	0.03	การจราจรหนาแน่น ไม่ติด
ฝั่งธนบุรี			(38%)	ขัด ลมค่อนข้างแรง
	16.00-16.30		0.02	การจราจรหนาแน่น ไม่ติด
			(52%)	ขัด ลมแรงมาก ฝนตกเวลา
				16.30 น.

ตารางที่ 41 (ต่อ) ผลการวิจัยปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณการจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm.) และ % ความผิดพลาด	การจราจรและสภาพอากาศ
ซอยราชพฤกษ์ (เสนานิเวศน์)	5 พฤษภาคม 2523			
	เวลา 14.00-14.30	10	ไม่พบ	การจราจรเบาบางมาก ลมปานกลาง
	16.00-16.30	13	ไม่พบ	การจราจรเบาบางมาก ลมอ่อน
หน้าธนาคารออมสิน (จัดสรรปูนซิเมนต์)	6 มิถุนายน 2523			
	เวลา 14.00-14.30	18	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมอ่อน
	16.00-16.30	42	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมอ่อน

ตารางที่ 42 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณแหลมฉะบัง จุดสำรวจที่ 1 สถานีวิจัยเกษตรศรีราชา[12]

สารมลพิษ	ธันวาคม 2529		เมษายน 2530		สิงหาคม 2530	
	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1. คาร์บอนมอนนอกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppm)	0.9924	0.1545	1.2	0.52	0.8	0.183
2. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,ppb)	41.86	15.52	10.04	6.22	7	3.667
3. โอโซน (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppb)	33.73	7.34	38	28.416	24	13.87
4. ไนตริกออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1ชั่วโมง ,ppb)	62.02	15.59	37	8.648	33	7.667
5. ไนโตรเจนไดออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppb)	10.54	5.73	31	7.15	14	2.833
6. ฝุ่น (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,mg/m^3)	0.3045	0.2187	0.1215	0.1085	0.1514	0.0816
7. ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,g/m^3)	0.1743	0.0939	0.2712	0.0772	0.0809	0.039

ตารางที่ 42 (ต่อ) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณแหลมฉะบัง จุดสำรวจที่ 2 คลังปิโตเลียมศรีราชา

สารมลพิษ	ธันวาคม 2529		เมษายน 2530		สิงหาคม 2530	
	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1. คาร์บอนมอนนอกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppm)	3.534	0.4264	0.6	0.306	2.5	0.1
2. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,ppb)	73.87	44.14	9.79	4.676	14	6.428
3. โอโซน (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppb)	60.57	21.6	79	23.64	55	16.86
4. ไนตริกออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1ชั่วโมง ,ppb)	274.17	26.0	24	0.647	275	9.714
5. ไนโตรเจนไดออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppb)	51.35	4.15	47	3.891	83	2.0
6. ฝุ่น (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,mg/m^3)	0.1489	0.0950	0.051	0.0417	0.2514	0.0736
7. ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,g/m^3)	0.3553	0.1637	0.1788	0.470	0.0809	0.0477

ตารางที่ 42 (ต่อ) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณแหลมฉะบัง จุดสำรวจที่ 3 ลานจอดรถ บริษัทโรงกลั่นน้ำมันไทย จำกัด

สารมลพิษ	ธันวาคม 2529		เมษายน 2530		สิงหาคม 2530	
	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1. คาร์บอนมอนนอกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppm)	9.46	0.4955	0.8	0.33	0.5	0.15
2. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,ppb)	-	-	9.25	3.908	39	22.17
3. โอโซน (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppb)	-	-	44	21.846	18	2.83
4. ไนตริกออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1ชั่วโมง ,ppb)	-	-	18	2.717	21	2.5
5. ไนโตรเจนไดออกไซด์ (ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ,ppb)	-	-	16	4.278	10	2.67
6. ฝุ่น (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,mg/m^3)	0.2812	0.1238	0.1022	0.0902	0.2514	0.1209
7. ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย 1 วัน ,g/m^3)	0.2435	0.1137	0.3106	0.1731	0.2327	0.1223

หมายเหตุ - หมายถึง มีเหตุขัดข้องทางเครื่องมือวัด จึงไม่มีผลการตรวจวัด

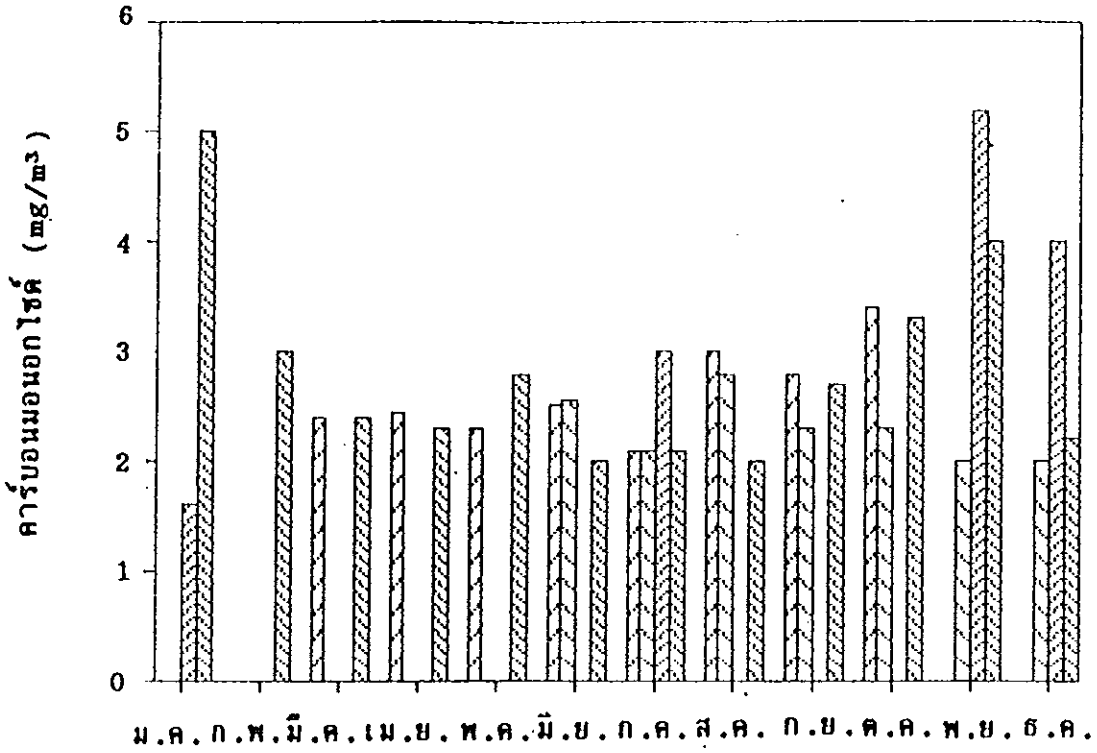
ตารางที่ 43 ผลการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ในอากาศที่กรุงเทพมหานคร ณ สถานีตรวจวัดต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2528 - 2530[13]

สถานีตรวจวัด	ปีที่ตรวจ	ปริมาณ CO (mg/m^3)
สหธนาคาร สาขาเยาวราช	2528	9.0
เมอร์รี่คิงส์ ถนนจักรเพชร์	2528	11.0
วงเวียนใหญ่	2528	31.5
บางพลัด	2528	3.5
สยามเซ็นเตอร์	2529	6.0
โรงพยาบาลจุฬา ฯ	2529	5.0
โรงพยาบาลกลาง	2530	5.0
กระทรวงวิทยาศาสตร์	2530	2.5

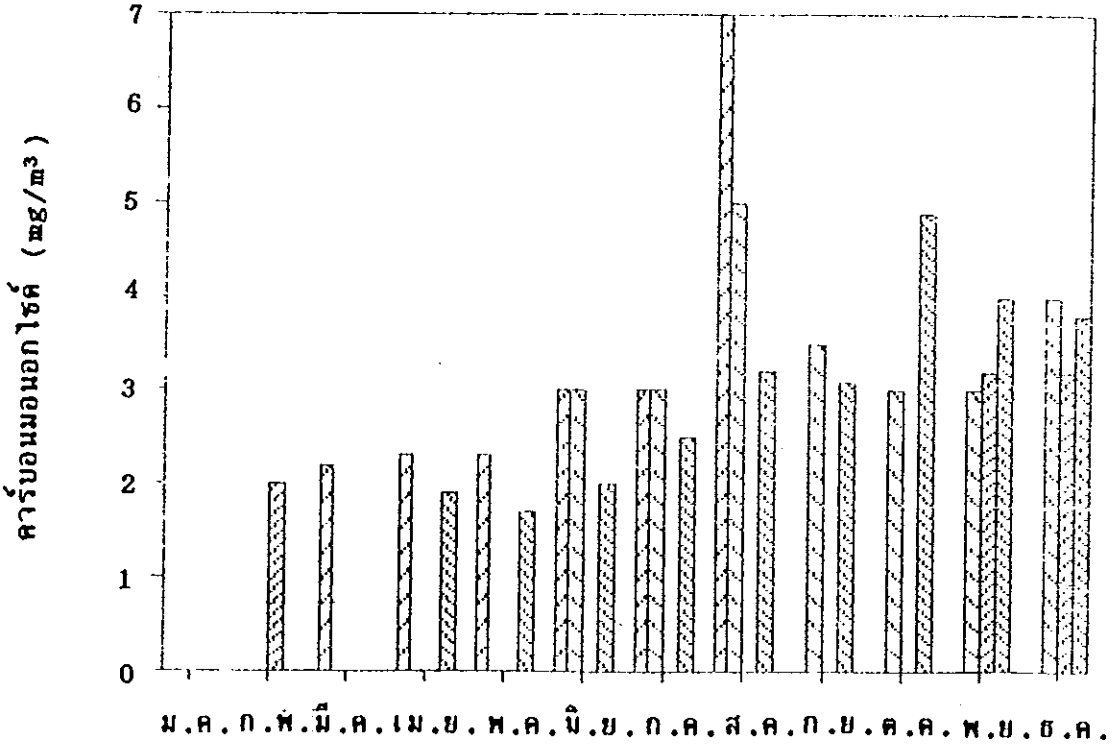
ตารางที่ 44 กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข ได้ตรวจวัดปริมาณ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่บริเวณสามโรง และลาดพร้าว ได้ผลดังนี้[28]

ปี	สามโรง			ลาดพร้าว		
	ความเข้มข้น (mg/m^3)	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mg/mA^3)	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (mg/m^3)	ความเข้มข้น (mg/m^3)	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mg/m^3)	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (mg/m^3)
2524	0.81-63.44	17.39	12.47	-	-	-
2525	9.87-88.84	44.22	38.17	-	-	-
2526	7.14-143.86	17.67	16.00	8.17-163.5	19.63	16.90
2527	1.59-39.02	10.59	8.10	0.33-63.46	23.06	15.61

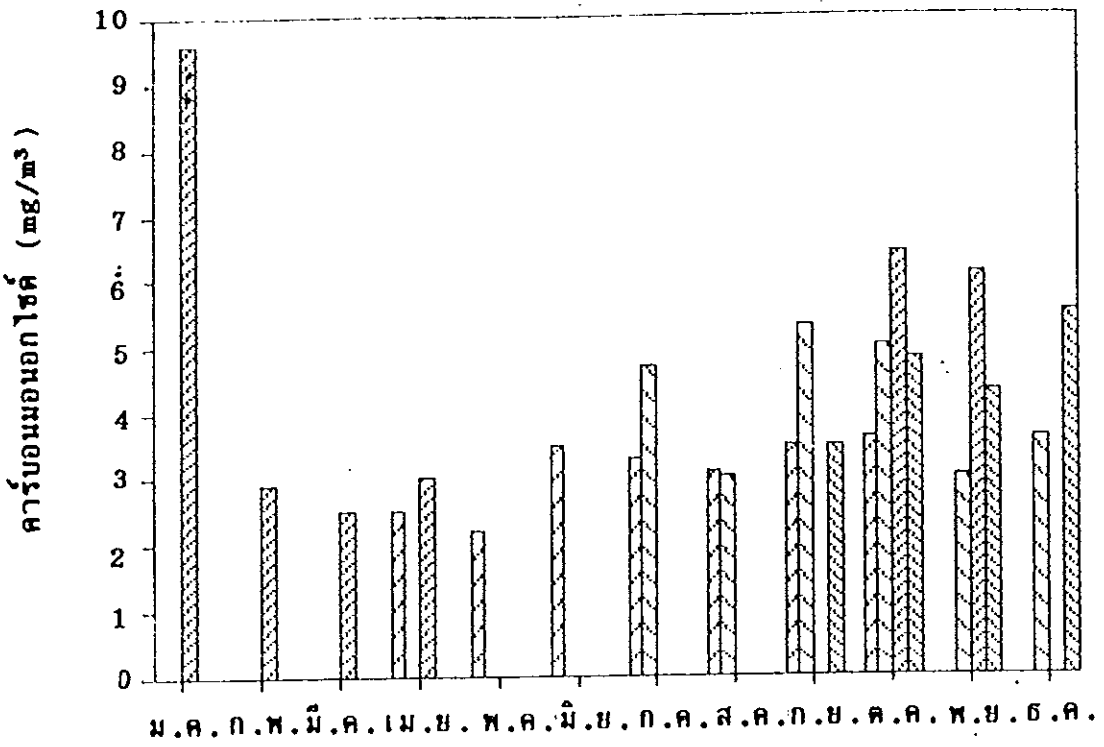
หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวัด



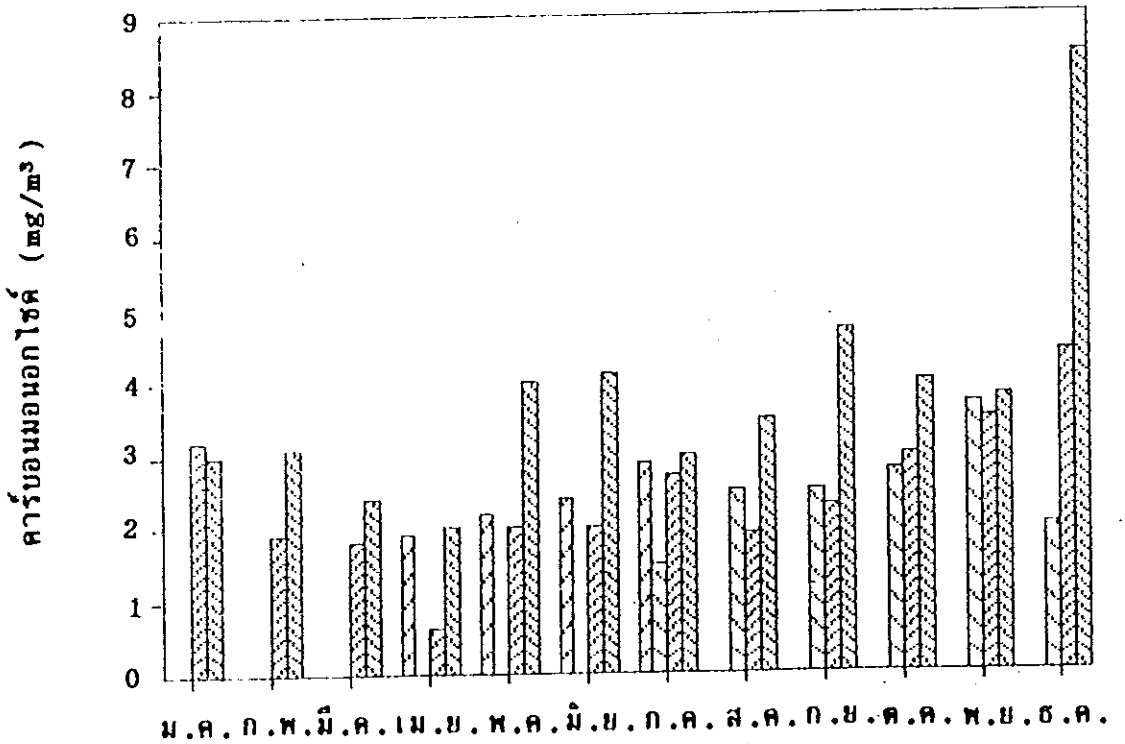
สำนักงานสิ่งแวดล้อม



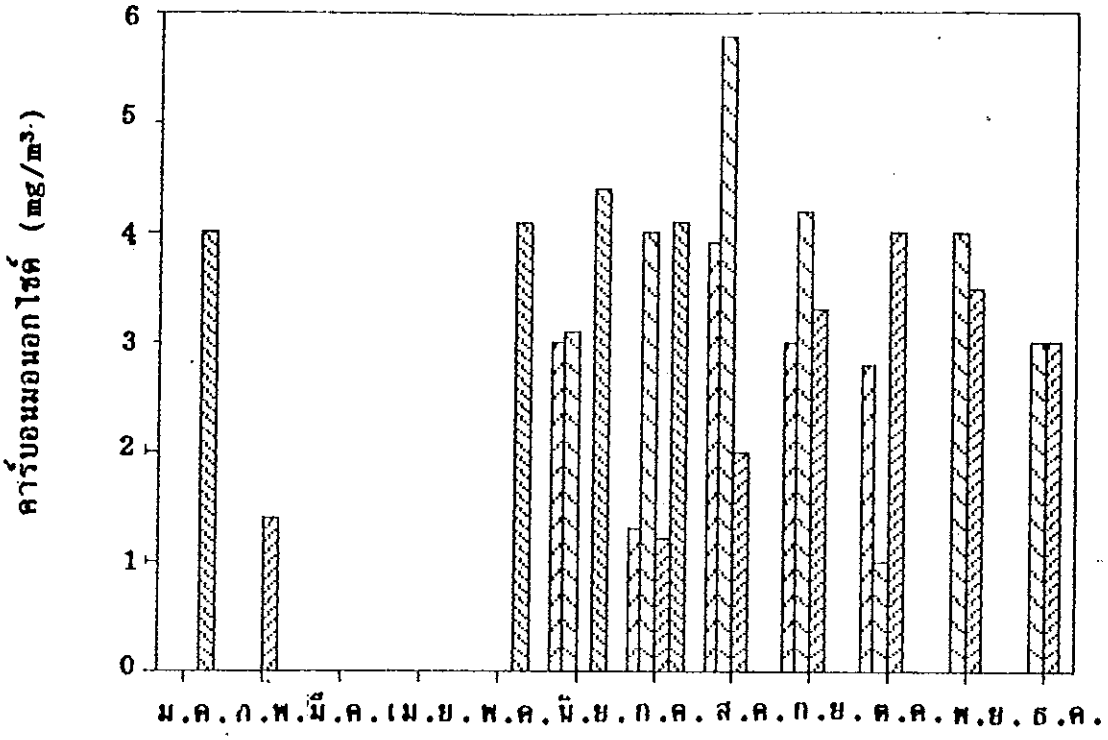
จันทรเกษม



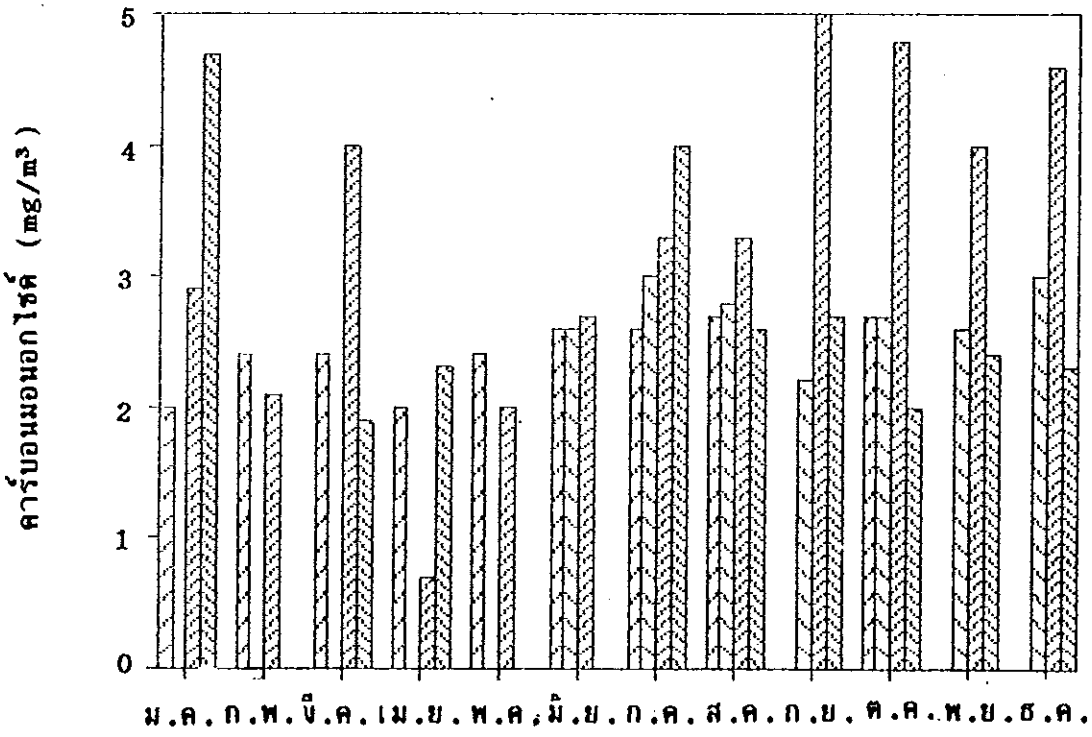
บ้านสมเด็จ



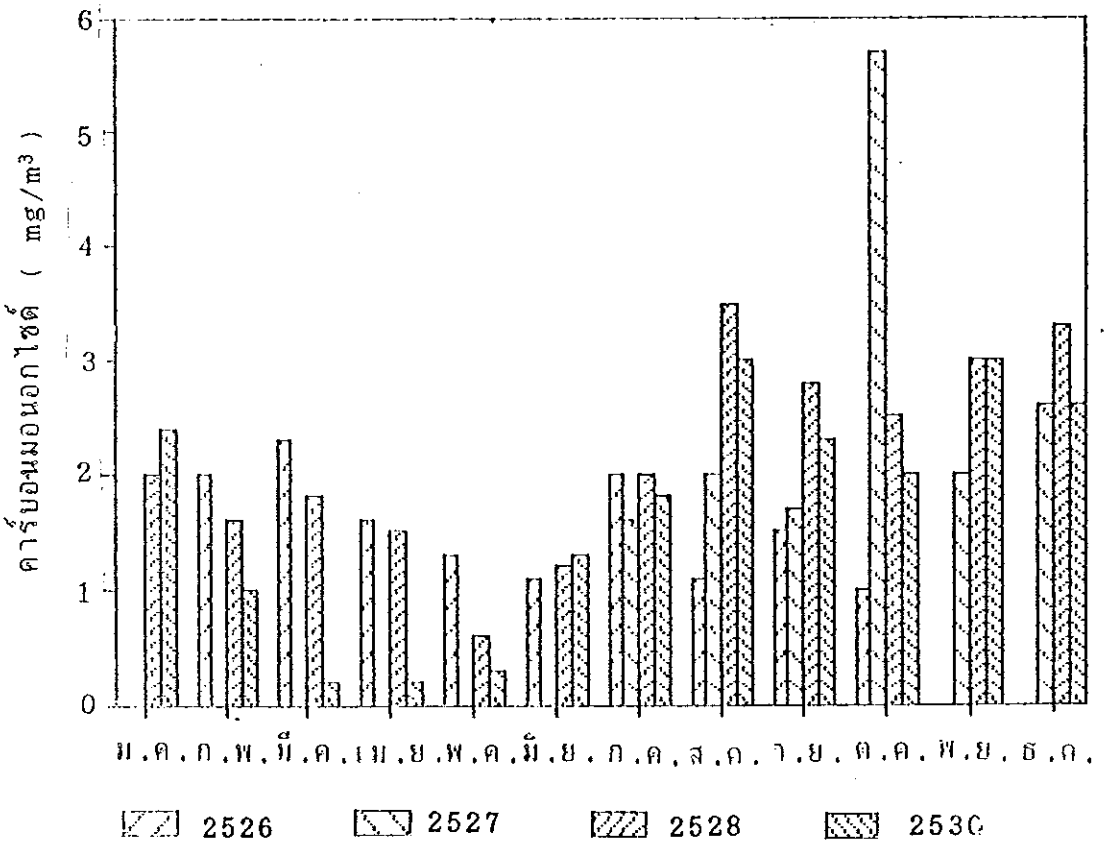
ราษฎร์บูรณะ


คาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m³)
0
1
2
3
4
5
6
ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค.

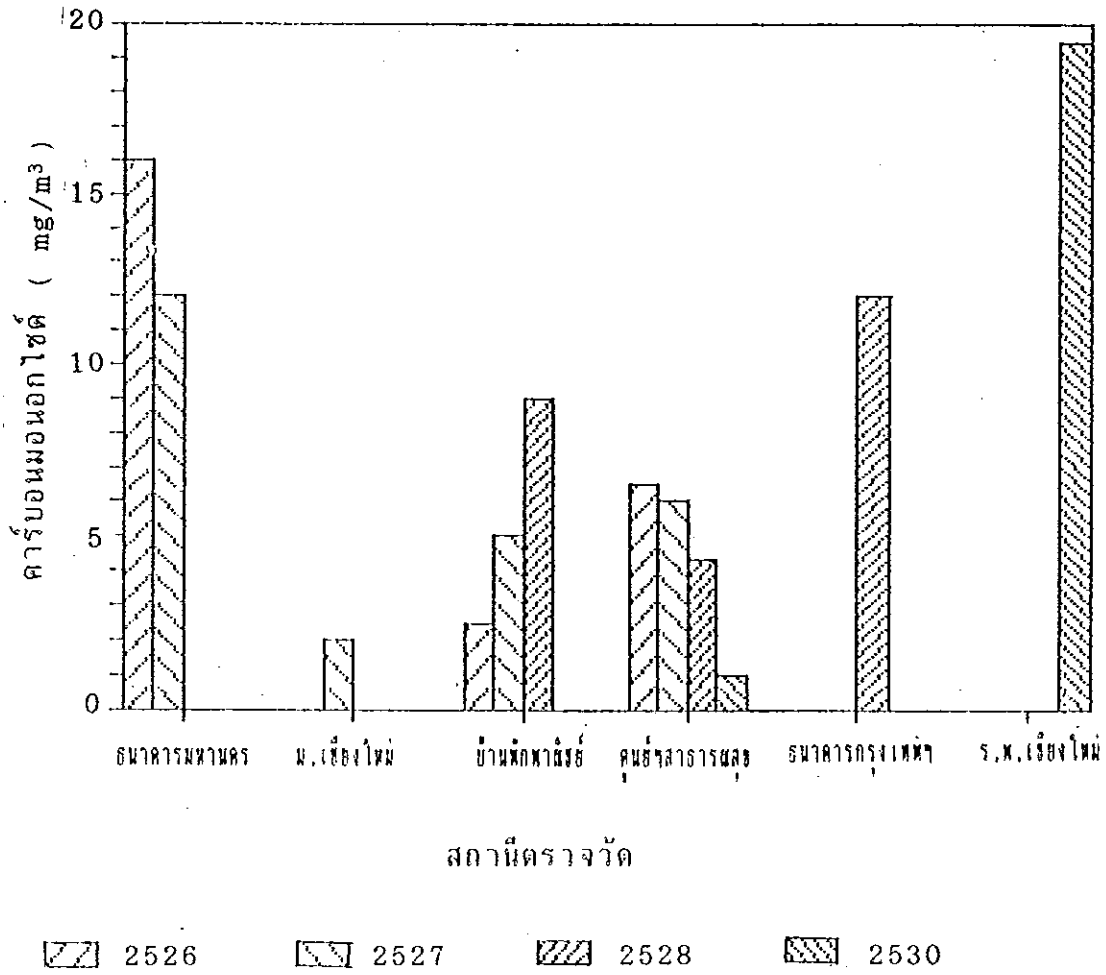
เสาภา


คาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m³)
0
1
2
3
4
5
ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค.

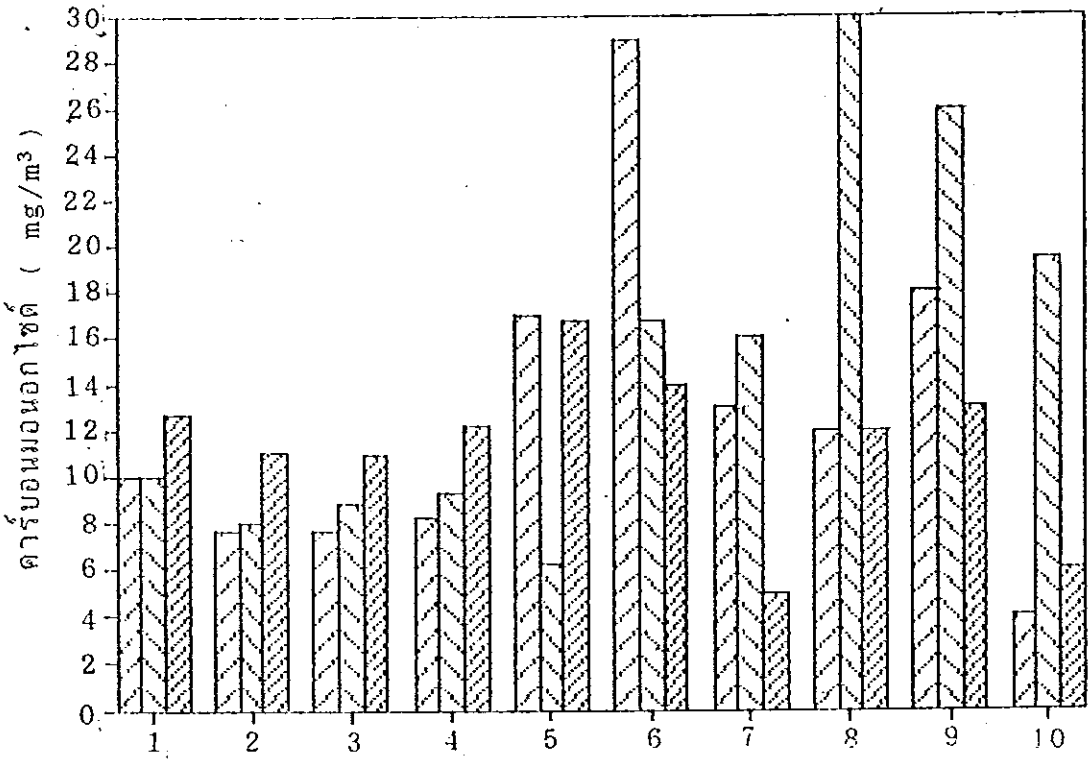
สุขุมวิท



รูปที่ 24 แสดงค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุด ในแต่ละเดือนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ตามสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศใน ปี 2526 - 2529 และ 2530



รูปที่ 25 ผลการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ในจังหวัดเชียงใหม่ ปี 2526 - 2528 และ 2530



รูปที่ 26 ผลการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ก่อนและระหว่างโครงการเดินรถทางเดียว ณ สถานีตรวจวัดริมถนน 10 แห่ง ในกรุงเทพ ฯ (ม.ค. - ก.พ. 2527)

ครั้งที่ 1 ก่อนเดินรถทางเดียว
ครั้งที่ 2 ระหว่างเดินรถทางเดียว
ครั้งที่ 3 ระหว่างเดินรถทางเดียว

สถานีตรวจวัด

1. โรงพยาบาลรามาธิบดี
2. โรงเรียนวัดพระยายัง
3. กรมปศุสัตว์
4. โรงพยาบาลพระมงกุฎฯ
5. ซอยพระยานาค
6. สี่แยกประตูน้ำ
7. โรงเรียนอาชีวะคอนบอสโก
8. ซอยอโศก
9. สี่แยกนานาใต้
10. หน้าโรงแรมสยามอินเตอร์-คอนติแนนตัล

ตารางที่ 45 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย (พ.ศ. 2524)[13]

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย1ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย6ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย24ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย1ปี	วิธีการตรวจวัด
แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m^3)	50	20	-	-	นันดิสเปอร์ซีพอินฟราเรดดีเทคชั่น
แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (mg/m^3)	0.32	-	-	-	เคมิลูมิเนสเซน
แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (mg/m^3)	-	-	0.30	0.10*	พาราโรซานิลีน
ฝุ่นละออง (mg/m^3)	-	-	0.33	0.10*	กราวิเมตริก ไฮโวลุ่ม
โอโซน (mg/m^3)	0.02	-	-	-	เคมิลูมิเนสเซน
ตะกั่ว (mg/m^3)	-	-	0.01	-	อะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโตรมิเตอร์

หมายเหตุ * คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต

เอกสารอ้างอิง

1. จุฑารัตน์ พิบูลสวัสดิ์ "การศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร" ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2524.
2. ชิคาโอะ คานาโอกะ และวิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล มลภาวะอากาศ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) พระโขนง กรุงเทพฯ, 2528.
3. พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ เคมีสภาวะแวดล้อม โอเดียนสโตร์ กรุงเทพมหานคร, 2526.
4. เพริศพรรณ คณาธารณา และคณะ จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อม, 16, 2519.
5. เพริศพรรณ คณาธารณา และคนอื่น ๆ "การศึกษาตัวการที่ทำให้อากาศเป็นพิษในเมืองใหญ่" รายงานผลการวิจัยครั้งที่ 3-6, 2521.
6. รัชนี โล่ห์วัชรสันติ "เนื่องในวันสิ่งแวดล้อมโลก 5 มิถุนายน" ธรรมชาติศึกษา มิถุนายน 2521.
7. วิฑูรย์ ดวงแก้ว "มลพิษอากาศ" สิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เมษายน 2525.
8. วีณา ตะบินดา "อากาศเสียและแนวทางการขจัด" คหเศรษฐศาสตร์ กันยายน 2521.
9. วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ "ปัญหาอากาศเสียของกรุงเทพมหานคร" สิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มกราคม-กุมภาพันธ์ 2526.
10. สุริยะ ศุภธนสินเขษม "ฝนกรด" สิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีนาคม-เมษายน 2526.
11. สมบัติ ธนรัช "การศึกษาหาปริมาณแก๊สมลพิษบางชนิด ในเขตเทศบาลเมืองหาดใหญ่ และใกล้เคียง" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2527.
12. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ บริเวณแหลมฉบัง, 2530.
13. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ รายงานคุณภาพอากาศและเสียงในประเทศไทย 2530 โรงพิมพ์การศาสนา กรุงเทพฯ, 2531.
14. อุดม เอกตาแสง "สภาพแวดล้อมของไทย" ชมรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม สจม. 59, 2518.

15. Arther C. Stern Air Polllution 2 ed Acadeimic press Inc. ,New York 1968.
16. Bendix / Gastec , Instruction manual for operating Gas Detector Tube (Co-detector), Bendix / Gastec , Japan.
17. B.E. Saltzman "Colorimetric Microdetermination of Nitrogen - Dioxide in the Atmosphere" Anal Chem. 26, 1949.
18. C.W. Junge, Seiler and P. Wamck Geophysical Res. 76, 1971.
19. F.E. Blacet "Photochemistry in the Low atmosphere" Chem. ,44, 1952.
20. H. Stephen Stoker & Spencer L. Seager "Air and Pollution" Environmental Chemistry 2 ed Scott, Foresman Company, Illinois USA. 1968.
21. I. Greenwald Ard. Ind. ahagg. aoaccupational Med., 10, 1954.
22. J. Bockris Environmental Chemistry Phenum Priss, New York, 1977.
23. J.B. Upham "Atmosperic corrosion studies in two metropolitanaresa" Air Pollut cortr. Ass. 17, 1967.
24. J.H. Seinfeld "Air Pollution" Physical and chemical fundamental Mc. Grow - Hill ,Ny, 1975.
25. L.S. Jaffe "Carbon Monoxide in the Biophere :Sources Distribution, and Concentration" Geophyside Res. 20, 1973.
26. M.B. Pescod, R.H.B. Excell, and W. Htun, ATT SHELL Research, Asian Institute of Technology. Bangkok. 1975.
27. NAPCA. Report, AP 62 March, 1970.
28. Noppaporn Panich "Air Plooution in Thailand" Thai Country Paper.

29. P.C.Wolf "Carbon Monoxide Measurement and Monitoring in Urban Air" Environmental Science and Technology, March , 1971 .

30. T.H. Maugh "Carbon Monoxide :Natural Sources Dwarf Man's Output" Science 28, 1972 .

31. U.S. Environmental Protection Agency Nationwide Air Pollutant Emission Trends January 1973.

32. USHEW. "Air Pollution Measurements of the National Air Sampling Network" Analysis of Suspended Parte Culates. 1957-1961. Public Health Service, 1962.

33. W. Braker and Allen L. Mossman Matheson Gas Data Book 5 ed Matheson Gas Product, 1971.

34. West and Gaeke Anal Chem. , 28 , 1956.

35. W.T. Russel "The Relative Influece of Fox and Low Temperature on the Mortality from Respiratory Disease" The Lancet 1926 .