

คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจก คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์
โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

Qualitative and Quantitative Analysis of Greenhouse Gases : Carbon Dioxide, Methane and
Nitrous Oxides, by Gas Chromatography



C

หทัยกาญจน์ ไพรัตน์นกร
Hataikan Phairattanakorn

๑

| | |
|---------|-------------------------|
| เลขหมู่ | QD117.C515 น๑๖ 2543 ๙.2 |
| Bib Key | 208543 |
| | 1. 3 เม.ย. 2544 |

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Master of Science Thesis in Analytical Chemistry
Prince of Songkla University

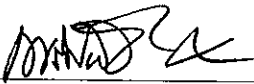
2543

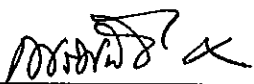
ชื่อวิทยานิพนธ์ คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจก คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และ ไนตรัสออกไซด์ โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

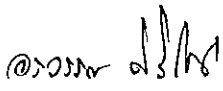
ผู้เขียน นางสาวหทัยกาญจน์ ไพรัตน์กร
สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์

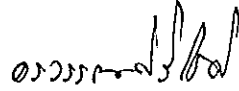
คณะกรรมการที่ปรึกษา

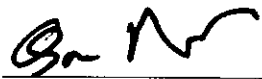
คณะกรรมการสอบ

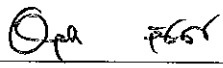
 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คุณาธารณา)

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คุณาธารณา)


 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริโชติ)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริโชติ)

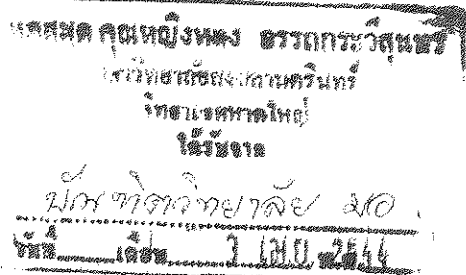
 กรรมการ
(ดร. อุดม จริงจิตร)

 กรรมการ
(ดร. อนุชิต พลับรู้งการ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์


(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติ ทฤษฎีคุณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ชื่อวิทยานิพนธ์ คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจก คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และ ไน
ตรัสออกไซด์ โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

ผู้เขียน นางสาวหทัยกาญจน์ ไพรัตน์นกร

สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดที่มีปริมาณน้อย คือมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ พร้อมกันโดยใช้ตัวตรวจวัดชนิดเดียวกันคือ เทอร์มัลคอนดักติวิตี ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีโดยตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง แก๊สที่วิเคราะห์ศึกษาจากเฟสอยู่กับที่สองชนิด คือ HayeSep Q กับ Carbosphere ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองเมื่อเปรียบเทียบจากลักษณะของพีคที่แยกได้ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ พบว่าคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเฟสอยู่กับที่ชนิด Carbosphere สามารถแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดได้ดีกว่า เลือกใช้คอลัมน์ที่มีขนาด 1/8 นิ้ว x 2.5 เมตร (1/8" x 2 m S.S., Carbosphere, 80/100 mesh) มีอัตราการไหลของแก๊สพา 30.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของคอลัมน์ 180 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวฉีด 135 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตีเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส กระแสที่ให้กับตัวตรวจวัด 110 มิลลิแอมแปร์ ปริมาตรตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ในการวิเคราะห์ตัวอย่างคาร์บอนซันท์เท่ากับ 2.85-2.87, 4.27-4.28 และ 5.60-5.61 นาที สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ

ในการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดให้ช่วงการตอบสนองเชิงเส้นตรงสำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เท่ากับ 99.6 ถึง 80.0x10⁴, 50.0 ถึง 20.0 x10⁴ และ 20 ถึง 20.0 x10⁴ ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ตามลำดับ ให้ขีดจำกัดทางการตรวจวัดด้วยวิธี IUPAC Model เท่ากับ 152.73, 34.17 และ 36.63 ส่วนในพันล้านส่วน จากขีดจำกัดทางการตรวจวัดต้องตรวจวิเคราะห์ปริมาณแก๊สตัวอย่างซึ่งมีอยู่น้อยในธรรมชาติด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธีนี้พบว่าให้ค่าใกล้เคียงกันเมื่อใช้แก๊สมาตรฐานที่มีความเข้มข้นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงต่อแก๊สแต่ละชนิด

จากการนำตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตีมาศึกษาตัวอย่างจริงจากแปลงข้าวโพด เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 นาข้าวและอุทธานอุซุด เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 เปรียบเทียบกับการใช้ตัวตรวจวัดแบบจำเพาะ(FID, TCD และ ECD) ผลจากการวิเคราะห์และนำมาคำนวณค่าฟลักซ์เฉลี่ยสำหรับแก๊สตัวอย่างที่เก็บจากแปลงข้าวโพด พบว่าค่าที่ได้จากการใช้ตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลแตกต่างจากการใช้ตัวตรวจวัดแบบจำเพาะเป็นดังนี้ แก๊สมีเทนอยู่ในช่วง $0.59-1.70 \text{ kg-C-ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ $1908.64-1991.32 \text{ kg-C-ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ และแก๊สไนตรัสออกไซด์ $139.58-296.83 \text{ kg-N-ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ตัวอย่างแก๊สที่เก็บจากนาข้าวและอุทธานอุซุด พบว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลแตกต่างจากการใช้ตัวตรวจวัดแบบจำเพาะเป็นดังนี้ แก๊สมีเทนอยู่ในช่วง $32.58-37.81 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ $4.18-4.59 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ และแก๊สไนตรัสออกไซด์ $0.09-13.64 \text{ }\mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$

Thesis Title Qualitative and Quantitative Analysis of Greenhouse Gases; Carbon Dioxide,
Methane and Nitrous Oxide, by Gas Chromatography

Author Miss Hataikan Phairattanakorn

Major Program Analytical Chemistry

Academic Year 2000

Abstract

The aim of this work was to study the ability of method for the simultaneous determination of trace greenhouse gases, Carbon dioxide, Methane and Nitrous oxide, from samples using Gas Chromatography (GC) with thermal conductivity detection. Flux measurement of three gases by thermal conductivity detector and flux measurement of three gases by selective detector, flame ionization detector (FID) for methane, thermal conductivity detector (TCD) for carbon dioxide and electron capture detector (ECD) for nitrous oxide, were compared. Two stationary phases, HayeSep Q and Carbosphere, were compared regarding the best resolution for the peaks of carbon dioxide, methane and nitrous oxide to select the most appropriate separation. Well separated peaks were obtained on 1/8" x 2 m. S.S., Carbosphere, 80/100 mesh with optimum flow rate of helium carrier gas 30.0 mL/min, column temperature 180 °C, injection temperature 135 °C, detection temperature of thermal conductivity 250 °C, current 110 mA and volume injection 0.5 mL. The retention times for methane, carbon dioxide and nitrous oxide were 2.85-2.87, 4.27-4.28 and 5.59-5.61 min, respectively.

In this experiment, methane, carbon dioxide and nitrous oxide were able to be over the concentration range $99.6-80.0 \times 10^4$ ppmv, $50-20.0 \times 10^4$ ppmv and $20-20.0 \times 10^4$ ppmv, respectively. A limit of detection by IUPAC Model for methane was 152.73 ppmv, for carbon dioxide was 34.17 ppmv and for nitrous oxide was 36.63 ppmv. From the limit of detection, many samples were found to contain more than the permissible limit of methane. So, this method was validated by addition method with known concentrations of standard gases to evaluate the concentration by gas chromatography with thermal conductivity detection. The performance of the method was tested and detected with specific detectors, flame ionization detector for methane, thermal conductivity detector for carbon dioxide and electron capture detector for nitrous oxide.

Use of a universal detector (TCD) for determination samples from cornfield in February, 1999, paddy fields and Khu Khud in January, 2000, has been compared with selective detector (FID, TCD and ECD). In the analysis of greenhouse gas samples from cornfield, a comparison of the flux measurement with a universal detector and selective detector showed the difference in the range of 0.59-1.70 kg-C-ha⁻¹d⁻¹ for methane, 1908.64-1991.32 kg-C-ha⁻¹d⁻¹ for carbon dioxide and 139.58-296.83 kg-N-ha⁻¹d⁻¹ for nitrous oxide. In the analysis of greenhouse gas samples from paddy fields and Khu Khud, a comparison of the flux measurement with a universal detector and selective detector showed the difference in the range of 32.58-37.81 mg m⁻² h⁻¹ for methane, 4.18-4.59 mg m⁻² h⁻¹ for carbon dioxide and 0.09-13.64 µg m⁻² h⁻¹.

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร. เพรศพิชญ์ คณาธารณา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างทำวิทยานิพนธ์มาตลอดจนจบการศึกษารวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ สิริโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์สำหรับวิทยานิพนธ์ ผู้ทำวิทยานิพนธ์จึงขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ อรัญนารด พี่นรินทร์ บุญตานนท์ พี่ขวัญจิตร มณีอ่อน พี่ปาริฉัตร สุขแข็ง ที่ให้คำปรึกษาบางประการและเป็นกำลังใจให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนบุคลากรภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับอุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆ อีกทั้งเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทเคมีวิเคราะห์และน้องๆ โปเจกอีกหลายคนที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการเตรียมสารตัวอย่าง

ขอบคุณ Assoc. Prof. Dr. Eitaro Wada และ Center for Ecological Research (CER) มหาวิทยาลัยเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ และแก๊สมาตรฐานผสมที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยเพื่อซื้อสารเคมี วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินการได้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอบคุณคณะกรรมการควบคุมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้อย่างทุกท่าน ที่กรุณาเสนอแนะแก้ไขเพิ่มเติมทำให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณต่อคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้ความกรุณาสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ตลอดมาจนสำเร็จ

หทัยกาญจน์ ไพรัตน์นगर

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | (3) |
| Abstract | (5) |
| กิตติกรรมประกาศ | (7) |
| สารบัญ | (8) |
| รายการตาราง | (11) |
| รายการภาพประกอบ | (13) |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| บทนำตั้งเรื่อง | 1 |
| การตรวจเอกสาร | 6 |
| วัตถุประสงค์ | 15 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 15 |
| ขอบเขตของการศึกษา | 16 |
| 2. วิธีการวิจัย | 17 |
| สารเคมี | 17 |
| วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ | 17 |
| การทดลอง | 20 |
| 1. จุดเก็บตัวอย่าง | 20 |
| 2. การเตรียมอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง | 21 |
| 3. ศึกษาชนิดของสแตชันเนรีเฟสที่เหมาะสมในการแยกแก๊สเรือนกระจก จากสแตชันเนรีเฟส 2 ชนิด (HayeSep Q และ Carbosphere) | 28 |
| 4. ศึกษาประสิทธิภาพการแยกแก๊สเรือนกระจกจากสแตชันเนรีเฟส 2 ชนิด | 28 |
| 5. เปรียบเทียบผลการแยกแก๊สเรือนกระจกจากสแตชันเนรีเฟส 2 ชนิดเพื่อ เลือกชนิดของสแตชันเนรีเฟสสำหรับใช้ในการทดลอง | 31 |
| 6. ศึกษาสภาวะการทดลองต่างๆเมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 32 |

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

| | |
|--|----|
| 7. ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัด (Detection Limit) ของการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 33 |
| 8. ศึกษาช่วงการตอบสนองเชิงเส้นตรง (Linear Range) ของการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 35 |
| 9. ศึกษาประสิทธิภาพของจุกยางในการถ่ายโอนแก๊สตัวอย่างจากขวดแก้วใสเพื่อนำไปวิเคราะห์แล้วทำให้ความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ | 35 |
| 10. ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจก (จากตัวอย่างสมมติ) ด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน (Standard Addition Method) | 36 |
| 11. ศึกษาสถานะและทำการทดลองซ้ำตามสถานะการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์และตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง | 38 |
| 12. ศึกษาแฟกเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัด (Detector response factor, R) ของการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 39 |
| 13. ศึกษาวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดจากแหล่งเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน (Standard Addition Method) | 40 |
| 3.ผลและการอภิปรายผล | 41 |
| 1.ศึกษาชนิดของสแตชันเนรีเฟสที่เหมาะสมและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการแยกแก๊สเรือนกระจกด้วยสแตชันเนรีเฟส 2 ชนิด (HayeSep Q และ Carbosphere) | 46 |
| 2. ศึกษาสถานะการทดลองต่างๆเมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 56 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3. ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัด (Detection Limit) ของการแยกแก๊ส เรือนกระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้สแตนด์เนร์เฟสชนิด Carbosphere และ ตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 60 |
| 4. ศึกษาช่วงการตอบสนองเชิงเส้นตรง (Linear Range) ของการแยกแก๊สเรือน กระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้สแตนด์เนร์เฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วย ตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 62 |
| 5. ศึกษาประสิทธิภาพของจุกยางในการถ่ายโอนแก๊สตัวอย่างจากขวดแก้วใส เพื่อนำไปวิเคราะห์แล้วทำให้ความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ | 64 |
| 6. ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจก (จากตัวอย่างสมมติ) ด้วยวิธี การเติมแก๊สมาตรฐาน (Standard Addition Method) | 65 |
| 7. ศึกษาสถานะและทำการทดลองซ้ำตามสถานะการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊ส เรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์และตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง | 67 |
| 8. ศึกษาแอฟเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัด (Detector response factor, R) ของการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้สแตนด์เนร์เฟส ชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลชนิดเทอร์มัล คอนดักติวิตี | 72 |
| 9. ศึกษาวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดจากแหล่งเก็บตัวอย่าง ด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน (Standard Addition Method) | 73 |
| 4.บทสรุป | 78 |
| บรรณานุกรม | 83 |
| ภาคผนวก | 91 |
| ประวัติผู้เขียน | 107 |

รายการตาราง

| ตาราง | | หน้า |
|-------|--|------|
| 1 | ประมาณการผลจากแก๊สเรือนกระจกชนิดต่างๆแยกตามภาคกิจกรรม เศรษฐกิจ ปี ค.ศ. 1980-2030 | 3 |
| 2 | ปริมาณแก๊สต่างๆที่ต้องลดการปล่อยสู่บรรยากาศเพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของ แก๊สเรือนกระจกในระดับปัจจุบัน | 5 |
| 3 | แสดงลักษณะของสถานีเก็บตัวอย่าง | 20 |
| 4 | แสดงสถานะการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q และตรวจวัด ด้วยเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 29 |
| 5 | แสดงสถานะการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัด ด้วยเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 30 |
| 6 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของ เพลตทางทฤษฎี กรณีแก๊สมีเทน เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q | 47 |
| 7 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของ เพลตทางทฤษฎี กรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q | 48 |
| 8 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของ เพลตทางทฤษฎี กรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q | 49 |
| 9 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของ เพลตทางทฤษฎี กรณีแก๊สมีเทน เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 52 |
| 10 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของ เพลตทางทฤษฎี กรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 53 |
| 11 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของ เพลตทางทฤษฎี กรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 54 |
| 12 | แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์กรณีแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์) จำนวน 25 ครั้ง | 59 |

รายการตาราง(ต่อ)

| ตาราง | หน้า |
|---|------|
| 13 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณรบกวนที่สูงที่สุดในช่วงคาร์เทนชั้นใหม่ 2 ถึง 8 จากการทดลอง 30 ครั้งและคำนวณค่าพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณรบกวนที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการวิเคราะห์ | 61 |
| 14 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกผสมด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน | 65 |
| 15 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดด้วยวิธีเติมแก๊สมาตรฐาน | 66 |
| 16 เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ที่ปลดปล่อยจากแปลงข้าวโพดเมื่อวิเคราะห์และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีกับตัวตรวจวัดแบบจำเพาะชนิดเฟลมไอออไนเซชันเทอร์มัลคอนดักติวิตี และอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ | 74 |
| 17 เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ที่ปลดปล่อยจากนาข้าวและอุทยานกุ่มเมื่อวิเคราะห์และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีกับตัวตรวจวัดแบบจำเพาะชนิดเฟลมไอออไนเซชัน เทอร์มัลคอนดักติวิตี และอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ | 76 |
| 18 แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์กรณีแก๊สมีเทนความเข้มข้น 113.99 ppmv จำนวน 25 ครั้ง | 102 |
| 19 แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์กรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 352.68 ppmv จำนวน 25 ครั้ง | 103 |
| 20 แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์กรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 91.31 ppmv จำนวน 25 ครั้ง | 104 |
| 21 แสดงลักษณะพื้นที่ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี บริเวณจุดเก็บตัวอย่างแปลงข้าวโพด คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา วันที่ 21 และ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 | 105 |
| 22 แสดงลักษณะพื้นที่ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี บริเวณจุดเก็บตัวอย่างในนาข้าวและอุทยานกุ่มตอนนอก อ.สทิงพระ จ.สงขลา วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2543 | 106 |

รายการรูป

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 แสดงลักษณะพื้นที่ สถานี A บริเวณแปลงข้าวโพดคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา | 20 |
| 2 แสดงลักษณะพื้นที่ สถานี B บริเวณนาข้าว อ.สทิงพระ จ.สงขลา | 20 |
| 3 แสดงลักษณะพื้นที่ สถานี C บริเวณอุทยานกูดคอนนอก อ.สทิงพระ จ.สงขลา | 20 |
| 4 แสดงขวดเก็บตัวอย่างแก้วใส จุกยาง ฝาอะลูมิเนียม ที่ผนึกขวด และเข็มชนิดใช้ฉีดแก๊สพร้อมวาล์วปิด-เปิด | 22 |
| 5 แสดงลักษณะอุปกรณ์สำหรับวิธีบีบเปิดใช้เก็บฟองอากาศ | 22 |
| 6 แสดงลักษณะแชมเบอร์แบบปิดที่ใช้เก็บแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยจากผิวดิน | 22 |
| 7 แสดงเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14A ตัวตรวจวัดชนิด TCD, FID พร้อมเครื่องประมวลผล C-R4A | 24 |
| 8 แสดงเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14B ตัวตรวจวัดชนิด ECD พร้อมเครื่องประมวลผล C-R7A | 24 |
| 9 แสดงแก๊สมาตรฐานความบริสุทธิ์สูงที่ใช้ทดลองพร้อมภาชนะแก้วใสสำหรับเก็บแก๊สมาตรฐาน ขนาด 500 มิลลิลิตร | 24 |
| 10 แสดงวิธีนำตัวอย่างแก๊สออกจากกระบอก(ท่อ)ปิดที่ได้จากการแทนที่น้ำ | 42 |
| 11ก.แสดงลักษณะของแชมเบอร์ที่ติดตั้งเสร็จพร้อมใช้เก็บตัวอย่าง | 44 |
| 11ข.แสดงวิธีการเก็บแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยจากผิวดินและอยู่ในแฮดสเปซของแชมเบอร์ | 44 |
| 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีกรณีแก๊สมีเทน เมื่อใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q | 48 |
| 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีกรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q | 49 |
| 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีกรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q | 50 |
| 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด เมื่อใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q | 50 |

รายการรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีกรณีแก๊สมีเทน เมื่อใช้สเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 52 |
| 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีกรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้สเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 53 |
| 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีกรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้สเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 54 |
| 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด เมื่อใช้สเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 55 |
| 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิคอลัมน์กับพื้นที่ผิวของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด | 57 |
| 21 แสดงโครมาโทแกรมที่ได้จากการแยกที่สภาวะที่เหมาะสมเมื่อใช้สเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 57 |
| 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีกับพื้นที่ผิวของแก๊สเรือนกระจกทั้งสาม | 58 |
| 23 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดมีเทน เมื่อวิเคราะห์ด้วยสเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 63 |
| 24 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อวิเคราะห์ด้วยสเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 63 |
| 25 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดไนตรัสออกไซด์ เมื่อวิเคราะห์ด้วยสเตรชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere | 64 |
| 26 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดมีเทนเมื่อใช้ตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชัน | 67 |

รายการรูป(ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 27 | แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกมาตรฐานชนิดคาร์บอน ไดออกไซด์ เมื่อใช้ตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | 68 |
| 28 | แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกมาตรฐานชนิดไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้ตัวตรวจวัดอิเล็กตรอนแคปเจอร์ | 69 |
| 29 | เปรียบเทียบ โครมาโทแกรมของแก๊สเรือนกระจก ก. เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วย TCD ข. เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิดโมเลกุลาร์ซีท 5 เอ และตัวตรวจวัด FID และ ECD สำหรับ CH_4 และ N_2O สแตชันเนรีเฟสชนิด โพรพาแนคควมและตัวตรวจวัด TCD สำหรับ CO_2 | 70 |

บทที่ 1

บทนำ

บทนำสั้นเรื่อง

ปัจจุบันอุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น (Global Warming) เป็นผลจากปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเกิดจากการที่มีกลุ่มควันหรือแก๊สต่างๆ ที่มีคุณสมบัติดูดซับความร้อนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในชั้นบรรยากาศโลก ซึ่งทำให้การสะท้อนพลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์กลับออกไปจากผิวโลกได้น้อยลง เพราะวากลุ่มแก๊สดังกล่าวมาปิดกั้นรังสีความร้อนเป็นจำนวนมาก เป็นผลทำให้โลกได้รับความร้อนเพิ่มมากขึ้นคล้ายกับสภาพที่เกิดขึ้นภายในเรือนกระจก และในปัจจุบันมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ข้อมูลจาก IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) รายงานผลการเก็บข้อมูลปริมาณแก๊สต่างๆ ในชั้นบรรยากาศย้อนหลังไปในอดีต โดยการขุดเจาะชั้นน้ำแข็งในทวีปแอนตาร์กติกา เพื่อวิเคราะห์ฟองอากาศที่ติดอยู่ในชั้นน้ำแข็ง พบว่าตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของการปฏิวัติอุตสาหกรรมในปี ค.ศ. 1750 ปริมาณแก๊สเรือนกระจก ได้แก่ มีเทน (Methane, CH₄) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO₂) และไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide, N₂O) ในชั้นบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2534)

ในอดีตอัตราการเพิ่มของแก๊สมิเทนต่ำมาก มีรายงานในปี ค.ศ. 1970 เป็น 20 ppbv y⁻¹ (Blake และ Rowland, 1988) ในปี ค.ศ. 1980 เป็น 10 ppbv y⁻¹ (Steele และคณะ, 1992) และในปี ค.ศ. 1992 เป็น 4.7 ppbv y⁻¹ (IPCC, 1994) จากข้อมูลจะเห็นว่าอัตราการเพิ่มของมีเทนไม่แน่นอน เนื่องจากมีตัวรับมีเทนเพิ่มขึ้น (Mosier, 1997 : 71-83, อ้างจาก IPCC, 1994) ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของมีเทนที่พบในบรรยากาศทั้งหมดได้มาจากกิจกรรมของมนุษย์และอีก 30 เปอร์เซ็นต์ได้จากธรรมชาติ (IPCC, 1992) ปริมาณแก๊สมิเทนที่ปล่อยสู่บรรยากาศทั้งหมดมีปริมาณ 400-600 Tg y⁻¹ ในปัจจุบันความเข้มข้นของแก๊สมิเทนในบรรยากาศประมาณ 1.7 ppmv ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าเมื่อ 300 ปีก่อนถึง 2.5 เท่า เพิ่มขึ้นคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 1 ต่อปี และคิดเป็น 1/100 เท่าของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น แก๊สมิเทนมีคุณสมบัติในการดูดซับรังสีอินฟราเรดจากดวงอาทิตย์และมีผลทำให้เกิดผลกระทบเรือนกระจกคิดเป็น 15-20 เปอร์เซ็นต์ แก๊สมิเทนมีช่วงอายุเฉลี่ยในบรรยากาศนานถึง 10 ปี

บางชนิด ในบริเวณที่มีปริมาณออกซิเจนจำกัดเช่นในบึงหรือหนองน้ำ นอกจากนี้ปลวกซึ่งเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติเองก็สามารถจะผลิตแก๊สมีเทนในกิจกรรมบางอย่างของมันและปล่อยมีเทนสู่บรรยากาศได้เช่นกัน ส่วนแหล่งกำเนิดมีเทนอีกแหล่งคือ จากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งจัดเป็นแหล่งที่สำคัญมาก ได้แก่ การขุดเจาะน้ำมันและแก๊สธรรมชาติใต้ดิน รวมทั้งการทำเหมืองถ่านหิน การเลี้ยงสัตว์และการเพาะปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำนาในที่ลุ่มน้ำขัง จากการศึกษาพบว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของแก๊สมีเทนทั้งหมดเกิดจากการทำนาข้าวและอีก 20 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการเลี้ยงสัตว์พวกวัวและควาย (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2534)

ในอดีตก่อนยุคอุตสาหกรรมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยเฉลี่ยประมาณ 280 ppmv (part per million by volume) และพบว่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ความเข้มข้นเฉลี่ย 315 ppmv ในปี ค.ศ. 1957 เพิ่มขึ้นเป็น 350 ppmv ในปี ค.ศ. 1988 และในปัจจุบันมีความเข้มข้นประมาณ 353 ppmv ซึ่งความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปัจจุบันสูงกว่าระดับก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมคิดเป็นร้อยละ 25 โดยมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 0.5 ต่อปีและมีช่วงอายุเฉลี่ยในบรรยากาศเป็น 50-200 ปี (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2534) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นี้ให้ผลกระทบต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกน้อยกว่าแก๊สชนิดอื่น แต่มีความสำคัญมากเพราะว่าเป็นแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากมนุษย์มากที่สุดและนอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระบบชีวภาพอีกด้วย แหล่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในธรรมชาติได้มาจากเมื่อพืชหรือสัตว์ตายคาร์บอนที่สะสมอยู่จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังรวมถึงการสลายตัวและเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ด้วย ในดินตามธรรมชาติจะมีคาร์บอนอยู่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อมีการไถพลิกหน้าดินคาร์บอนจำนวนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจากมนุษย์ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ กิจกรรมเหล่านี้จะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศประมาณ 5 พันล้านตันต่อปี ได้จากการทำลายป่าและการเกษตรเชิงพาณิชย์อีกประมาณ 1-2 พันล้านตันต่อปี นั่นคือคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งหมดคิดเป็น 6-7 พันล้านตันต่อปี (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2534)

แก๊สไนตรัสออกไซด์ที่มีอยู่ในบรรยากาศมีความเข้มข้นน้อยมากในระดับส่วนในพันล้านส่วน (part per billion, ppb) โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.25 ต่อปี ไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศแม้ว่าจะมีปริมาณอยู่เพียงเล็กน้อยก็ตามแต่พบว่าในช่วงอายุเฉลี่ยในบรรยากาศนานมากประมาณ 150 ปี และให้ผลกระทบต่อเรือนกระจกคิดเป็น 300 เท่าเมื่อเทียบกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นแก๊สไนตรัสออกไซด์ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเล็กน้อยแต่ก็ให้ผลกระทบต่อเนื่องในระยะเวลานานมาก (เพริศ พิษณุ ฅณาธารณา, 2540) กระบวนการเกิดไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศนั้นยังไม่ทราบแน่ชัดนัก

แต่จากการศึกษาพบว่าประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ได้จากกิจกรรมการย่อยอนินทรีย์สารของแบคทีเรียในดินแบบไม่ใช้ออกซิเจน การใช้ปุ๋ยในการเกษตรที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต (Ammonium Nitrate, NH_4NO_3) เป็นต้น และการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลก็มีส่วนในการเพิ่มปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์สู่บรรยากาศด้วยกันทั้งสิ้น

จากข้อมูลข้างต้นถ้าหากไม่มีมาตรการใดๆเพื่อลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกแล้ว ทางโปรแกรม “โมเดลการหมุนเวียนของอากาศ” (General Circulation Models, GCMs) ได้ประมาณสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบเรือนกระจกโดยแยกตามภาคกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ในช่วงปี ค.ศ. 1980-2030 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประมาณการผลจากแก๊สเรือนกระจกชนิดต่างๆแยกตามภาคกิจกรรม เศรษฐกิจ
ปี ค.ศ. 1980 - 2030

| ภาค | คาร์บอนไดออกไซด์ | มีเทน | โอโซน | ไนตรัสออกไซด์ | CFCs | รวม(%) |
|-------------|------------------|-------|-------|---------------|------|--------|
| พลังงาน | 35 | 4 | 6 | 4 | 0 | 49 |
| การทำลายป่า | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| การเกษตร | 3 | 8 | 0 | 2 | 0 | 13 |
| อุตสาหกรรม | 2 | 0 | 2 | 0 | 20 | 24 |
| รวม% | 50 | 16 | 8 | 6 | 20 | 100 |

ที่มา : UNEP/BEIJER INSTITUTE, 1989 (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2534)

รายงานผลจาก IPCC พยากรณ์ว่าอุณหภูมิโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2030 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 องศาเซลเซียส ภายในศตวรรษหน้าหากมนุษย์ยังปล่อยแก๊สเรือนกระจก (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์) ในปริมาณเดิมขึ้นสู่บรรยากาศโดยไม่มี การป้องกันแล้ว นักวิทยาศาสตร์ได้ประเมินว่า ในปี ค.ศ. 2100 การสะสมของแก๊สดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าของระดับก่อนหน้าที่จะมีการปฏิวัติทางอุตสาหกรรม เมื่อปี ค.ศ. 1850 และผลที่ตามมา ก็คือ โลกร้อนขึ้นอีก 1-3.5 องศาเซลเซียส ทำให้ภูเขาน้ำแข็งละลาย ผิวโลกที่เดิมเคยถูกปกคลุมด้วย น้ำแข็งก็อาจจะถูกแทนที่ด้วยน้ำหรือพื้นดินธรรมดาแทน ปกติ น้ำแข็งมีคุณสมบัติที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ดี ดังนั้นถ้า น้ำแข็งละลายหมดกลายเป็นพื้นดินหรือพื้นน้ำหมด ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ สามารถจะดูดซับความร้อนได้ดี ก็จะทำให้ อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ยิ่งเมื่ออุณหภูมิสูงจะยิ่งทำให้มี

ไอน้ำในบรรยากาศที่คอยดักความร้อนเพิ่มขึ้นนั่นเอง จากการคำนวณของ IPCC คาดว่าภายในปี ค.ศ. 2030 ระดับน้ำทะเลน่าจะสูงขึ้นประมาณ 20 เซนติเมตร และถ้าโลกยังมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อาจจะทำให้ระดับน้ำสูงถึง 30-100 เซนติเมตรได้ ภายในศตวรรษหน้า นอกจากนี้ยังทำให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เกิดอุทกภัยบ่อยครั้ง เนื่องจากอุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น การระเหยของน้ำจาก มหาสมุทรและแหล่งน้ำอื่นๆก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้มีไอน้ำในบรรยากาศมาก ส่งผลให้ฝนตกชุกมากขึ้น IPCC ทำนายว่าในปี ค.ศ. 2030 ฝนจะตกมากขึ้นเพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น แต่ลักษณะการตกของ ฝนจะไม่ตกกระจายทั่วไปโดยจะตกมากในเขตประเทศร้อนขึ้นที่มีฝนตกมากอยู่แล้วและบริเวณใกล้ ชายฝั่งทะเล จากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อประชากร ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ ราบในเมืองใหญ่ตามชายฝั่งทะเล ทำให้ประชากรที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นต้องอพยพหนีและแย่งที่อยู่ อาศัยกัน นอกจากนี้ทั่วพื้นที่ที่ใช้ทำเกษตรกรรม และแหล่งน้ำจืดจะมีปัญหาเรื่องการปนเปื้อน ของน้ำเค็มทำให้ขาดทรัพยากรในการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ และผลกระทบที่สำคัญมากที่สุดคือ ทำ ให้ประชากรทั่วโลกมีสุขภาพจิตเสื่อมโทรมจากสภาพอากาศที่ร้อนและจากภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ที่ส่งผลให้มีความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก (สุวิทย์ ยอดมณี, 2541) ผลกระทบที่เกิดจากความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น และถ้าไม่มีมาตรการป้องกัน หรือลดปริมาณแก๊สดังกล่าวแล้วนั้น จะทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกมีความแปรปรวนไปอย่างมาก ทาง IPCC ได้พยากรณ์สถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุดที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุดังกล่าวไว้ว่า อุณหภูมิของโลกจะเพิ่มขึ้น 1.5 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2030 และระดับน้ำทะเลจะยกตัวขึ้น 4.5 เซนติเมตร และปลายคริสต์ศตวรรษที่ 21 อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 4.5 องศาเซลเซียส และระดับน้ำ ทะเลจะสูงขึ้น 1 เมตรจากระดับปัจจุบัน นอกจากนี้คณะกรรมการ IPCC ยังได้เสนอมาตรการในการ รักษาระดับความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกให้คงที่ โดยลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ต่างๆลงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณแก๊สต่างๆที่ต้องลดการปล่อยสู่บรรยากาศเพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของ
แก๊สเรือนกระจกในระดับปัจจุบัน

| แก๊สเรือนกระจก | % การปล่อยแก๊สที่ต้องลดลง |
|------------------|---------------------------|
| คาร์บอนไดออกไซด์ | 60 |
| มีเทน | 5-20 |
| ไนตรัสออกไซด์ | 70-80 |
| CFC-11 | 70-75 |

ที่มา : Policymakers Summary of the Scientific Assessment of Climate Change, IPCC
Working Group I Report, June 1990 (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2534)

การตรวจเอกสาร

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจก (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์) ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ การวิเคราะห์โดยไม่ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี และการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

กลุ่มแรกเป็นการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกโดยไม่ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งมีน้อยมาก

Gulluk และคณะ (1998) วิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดโดยสกัดแก๊สตัวอย่างออกมาจากแกนส่วนในสุดของน้ำแข็งที่มีขั้ว (polar ice cores) จากทวีปแอนตาร์กติกา แล้วตรวจวัดปริมาณแก๊สที่มีอยู่ในปริมาณน้อยมาก (trace) พร้อมกันจากการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียวด้วย ฟรีควอนซีโมดูลเลตพูนานเบิลโคโอดเลเซอร์แอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Frequency-modulated tunable diode laser absorption spectroscopy) ในการทดลองได้ใช้ตัวอย่างน้ำแข็งประมาณ 10-50 กรัม โดยสกัดแก๊สมีเทน, คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ออกมาได้ 1-5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปกติในกระบวนการขุดเจาะเอาน้ำแข็งที่อยู่ลึกๆ ขึ้นมาวิเคราะห์จะถูกทำภายใต้สภาวะความดันสูงแต่ก็ไม่พบว่ามีผลกระทบต่อกระบวนการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้วิธีนี้ ได้รายงานว่าการวิเคราะห์ที่ได้ให้ผลสอดคล้องกันกับกลุ่มวิจัยอื่นๆที่ใช้เทคนิคสกัดโดยการหลอม

เทคนิคดังกล่าวนี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่มีความเข้มข้นต่ำๆ ได้ดี จากการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียวก็สามารถตรวจวัดได้ทั้งสามชนิด มีความถูกต้องสูง ปริมาณตัวอย่างน้อยสามารถใช้ได้กับตัวอย่างที่เป็นน้ำแข็งและแก๊สแบบธรรมดา แต่เครื่องมีราคาแพงและการใช้งานซับซ้อน

Priem และคณะ (1996) วัดปริมาณมีเทนจากดินในป่าประเทศเดนมาร์กโดยใช้แชมเบอร์แบบปิดครอบคลุมบนพื้นที่ขนาด 0.0078 ตารางเมตร วิเคราะห์เฮกสเปกซ์มีเทนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและใช้ฟูรีเย่ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการวิเคราะห์หาปริมาณมีเทนด้วยแชมเบอร์ขนาดใหญ่ (megachamber) ครอบคลุมบนพื้นที่ขนาด 64 ตารางเมตร

Simpson และคณะ (1999) ศึกษาอัตราส่วนผสมของแก๊สมีเทนและแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่มีผลมาจากอิทธิพลของฤดูที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันและในช่วงฤดูต่างๆ โดยศึกษาจากบริเวณป่าบอเรียล (Boreal forests) ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศแคนาดา ในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครเมทธิโอโรโลจิคัล (Micrometeorological) ซึ่งเป็นแบบเลเซอร์-เบสแก๊สมอนิทอริง (Laser-Based Gas Monitoring System) ทั้งแก๊สมีเทนและไนตรัสออกไซด์จะถูกศึกษาลักษณะเฉพาะตัวและวัฏจักรการปลดปล่อยแก๊สสุทธิของแก๊สแต่ละชนิดในแต่ละวัน

Kaneko และคณะ (1996) เสนอการวัดปริมาณความเข้มข้นแก๊สมีเทนจากแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นที่เวลานั้นๆ (real time) ในบรรยากาศของโลกโดยใช้ไฮเรสโซลูชันควอดรูโพลแมสสเปกโตรมิเตอร์ (A high resolution Quadrupole Mass Spectrometer, QMS) ซึ่งไฮเรสโซลูชันควอดรูโพลแมสสเปกโตรมิเตอร์แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ แบบไฮเรสโซลูชัน (high resolution mode) กับ แบบธรรมดา (normal mode) ในระบบธรรมดาไอออนที่มีค่าอัตราส่วนมวลต่อประจุเป็น 15 ต่อ 14 (Mass 15/ Mass 14) จะถูกวัดเพื่อนำมาใช้หาค่าความเข้มข้นของแก๊สมีเทนใช้ปริมาณเป็น 0-0.08 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐาน ส่วนระบบไฮเรสโซลูชันใช้วัดความเข้มข้นของแก๊สมีเทนที่ต่ำกว่า 0.02 เปอร์เซ็นต์ โดยวัดอัตราส่วนที่ของ $\text{CH}_3^+ / ^{15}\text{N}^+$ ที่ของ $\text{CH}_3^+ (15.0235 \text{ u})$ แยกออกจากที่ของ $^{15}\text{N}^+ (15.0001 \text{ u})$ ซึ่งเป็นที่ของไอโซโทปไอออนของไนโตรเจนอย่างสมบูรณ์ ความเข้มข้นของแก๊สมีเทนทั้งหมดที่วัดได้คาดว่าอยู่ในช่วง 0.001-30 เปอร์เซ็นต์ จากการใช้ระบบไฮเรสโซลูชันกับแบบธรรมดา

Christensen และคณะ (1996) ศึกษาการปลดปล่อยของแก๊สไนตรัสออกไซด์จากพื้นที่เกษตรกรรม บริเวณฟลอริดา ที่มีการบุกเบิกพื้นที่เพื่อให้สามารถทำการเกษตรได้ แก๊สไนตรัสออกไซด์เก็บด้วยเทคนิคแชมเบอร์แบบเปิดและปิด วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แล้วนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับเทคนิคไมโครเมทริโอโรโลจิคัลซึ่งวัดฟลักซ์เกรเดียนต์ (flux gradient) และวิเคราะห์ด้วยฟูริเยร์ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ กับวิธีคอนดิชันนัลแซมปลิง (conditional sampling) ซึ่งวิเคราะห์ด้วย ทูนาเบิ้ลไดโอดเลเซอร์แอมบอร์พชั่นสเปกโทรสโกปี

ปกติในการตรวจวัดฟลักซ์ของแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากดินด้วยเทคนิคแชมเบอร์ ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานนั้นสามารถตรวจวัดครอบคลุมพื้นที่ได้ไม่เกิน 1 ตารางเมตร Hargreaves และคณะ (1996) ได้พัฒนานำเอาเทคนิคไมโครเมทริโอโรโลจิคัล (Meteorological Technique) ซึ่งสามารถอินทิเกรตฟลักซ์ของแก๊สไนตรัสออกไซด์ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ 0.1-1 ตารางกิโลเมตร มาประยุกต์ใช้ร่วมกับตรวจวัดด้วย ทูนาเบิ้ลไดโอดเลเซอร์แอมบอร์พชั่นสเปกโทรสโกปี ฟูริเยร์ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี และแก๊สโครมาโทกราฟี โดยตรวจวัดปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยจากดินอินทรีย์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยใดๆทั้งสิ้นเป็นเวลา 10 วันที่ Lammefjord ประเทศเดนมาร์ก

Tanikawa และคณะ (1995) ใช้คอนตินิวอัสไนตรัสออกไซด์สเปกโตรโฟโตเมตริกแอนาไลเซอร์ (A continuous nitrous oxide spectrophotometric analyzer) ตรวจวัดปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากเตาเผาของเทศบาล (municipal incinerators) เปรียบเทียบผลกับวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีในห้องปฏิบัติการ ค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีกับไนตรัสออกไซด์แอนาไลเซอร์จะแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของแก๊ส

คาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นตัวรบกวนในการวิเคราะห์ พบว่าจะรบกวนเมื่อมีความเข้มข้นช่วง 1 ส่วนในล้านส่วน ส่วนน้อยๆในล้านส่วนถึงประมาณ 20 ส่วนในล้านส่วน (a few ppm to ~ 20 ppm)

ความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกที่วิเคราะห์ได้จากวิธีข้างต้น มีความถูกต้องแม่นยำสูง สามารถวิเคราะห์แบบตรวจติดตามได้ตลอดเวลาโดยมีตัวเซ็นเซอร์ (sensor) ทำหน้าที่ควบคุมและตรวจวัดแบบอัตโนมัติ (automatically) วิธีข้างต้นมีข้อเสียคือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์มีราคาแพง การใช้งานยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากต้องมีความรู้โปรแกรมเฉพาะทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม ทำให้ต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์สูง

กลุ่มที่สองเป็นการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกแบบใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มนี้จะเป็นที่นิยมสูง เนื่องจากนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ใช้วิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากนาข้าว แปลงข้าวโพด แปลงข้าวสาลี รวมไปถึงใช้ศึกษาระบบการหมุนเวียนเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊สเรือนกระจกเหล่านั้นในระบบนิเวศน์ต่างๆ เช่น ป่าชายเลน ป่าพรุ ระบบนิเวศน์รอบๆทะเลสาบน้ำจืด และน้ำเค็ม บริเวณขั้วโลกซึ่งจัดเป็นพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งสลับกับพื้นดิน และระบบนิเวศน์ที่ปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งตลอดปี เป็นต้น ตัวอย่างแก๊สที่เก็บและวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ในส่วนหลังนี้มีทั้งการวิเคราะห์แบบธรรมดาคือไม่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์จนถึงสามารถตรวจติดตามตลอด 24 ชั่วโมงโดยตรวจวัดและควบคุมแบบอัตโนมัติจากคอมพิวเตอร์แต่การวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นการวิเคราะห์แบบจำเพาะคือ ใช้คอลัมน์ซึ่งบรรจุด้วยสแตชันนารีเฟส (stationary phase) ที่เหมาะสม และต้องใช้ตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะต่อแก๊สชนิดนั้นๆสูง เช่น การวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้สแตชันนารีเฟสชนิดโพราแพค คิว (Porapak Q) ตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี (Thermal conductivity detector, TCD) การวิเคราะห์แก๊สมีเทน ใช้สแตชันนารีเฟสชนิดฮาเยเซป คิว (HayeSep Q) ตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเปลวไอออนไนซ์เซชัน (Flame Ionization Detector, FID) และการวิเคราะห์แก๊สไนตรัสออกไซด์ใช้สแตชันนารีเฟสชนิดโครโมซอบ 106 (Chromosob 106) ตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กตรอนแคปเจอร์ (Electron Capture Detector, ECD) ทำให้เสียเวลาในการวิเคราะห์มากถึงสามครั้ง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์จากตัวอย่าง

Yagi และคณะ (1990) ศึกษาฟลักซ์ (flux) ของแก๊สมีเทนจากนาข้าวในประเทศญี่ปุ่นด้วยวิธีแชมเบอร์แบบปิด (closed chamber method) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแก๊สมีเทนที่ปล่อยออกมาจากนาข้าวในช่วงต่างๆของการทำนา กับปริมาณสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ (mineralizable carbon) ได้แก่ ปุ๋ยและฟางข้าวแห้งที่มีในนาข้าวซึ่งมีผลกระทบต่อการปลดปล่อยแก๊สมีเทน โดยศึกษาอัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากนาข้าวที่มีโครงสร้างและองค์ประกอบ

ของดินต่างชนิดกัน และดูความสัมพันธ์ของค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (redox potential, Eh) ของดินอีกด้วย แก๊สตัวอย่างจะถูกแยกด้วยคอลัมน์ชนิดโมเลกุลาร์ซีฟ 5 เอ (Molecular Sieve 5A) วิเคราะห์ที่อุณหภูมิคอลัมน์ 70 องศาเซลเซียสโดยใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพาด้วยอัตราเร็ว 40 มิลลิลิตรต่อนาที

Hahn (1972) และ LaHue และคณะ (1973) ได้ศึกษาปริมาณไนตรัสออกไซด์ ที่มีอยู่ในบรรยากาศโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่มีตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี พบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับความเข้มข้นของแก๊สที่วิเคราะห์ กล่าวคือจะต้องคูณด้วยแฟกเตอร์ 1000 หรือมากกว่านี้ จึงจะลดผลความผิดพลาดของค่าความเข้มข้นที่ได้

Rasmussen และคณะ (1976) ได้ศึกษาปริมาณไนตรัสออกไซด์ที่มีในบรรยากาศโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่มีตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กตรอนแคปเจอร์ คอลัมน์ชนิดโพราซิล บี (Porasil B) และ โพราซิล ซี (Porasil C) จากการศึกษพบว่าสามารถวิเคราะห์แก๊สไนตรัสออกไซด์ได้โดยตรง มีสภาพไววิเคราะห์สูง และสามารถวิเคราะห์ปริมาณไนตรัสออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่ำในระดับส่วนในพันล้านส่วน ได้โดยที่มีความถูกต้องสูง ปัญหาที่พบคือสามารถจะวิเคราะห์ได้แต่แก๊สไนตรัสออกไซด์เพียงชนิดเดียว

Terry และคณะ (1981) ศึกษาผลกระทบจากน้ำที่ท่วมขังต่อปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทน ออกจากพื้นที่ที่เพาะปลูกข้าวโพดหวาน (sweet corn) ด้วยอะลูมิเนียมแซมเบอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงเป็น 76 เซนติเมตร และ 17.8 เซนติเมตร วัดปริมาณฟลักซ์ของแก๊สไนตรัสออกไซด์โดยเก็บตัวอย่างด้วยเข็มฉีดยาชนิดแก๊ส (gas type syringes) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ทุกๆ 30 นาที วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่มีแซมปลิงลูป (sampling loop) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตัวอย่างแก๊สจะถูกแยกด้วยคอลัมน์ที่บรรจุด้วยสเตชันเนรีเฟสชนิดโพราแพคทีฟ อุณหภูมิคอลัมน์และอุณหภูมิหัวฉีดเป็น 50 องศาเซลเซียส และ 330 องศาเซลเซียส แก๊สตัวพาเป็นแก๊สผสมของ 5 เปอร์เซ็นต์ มีเทนในอาร์กอน ด้วยอัตราเร็ว 30 มิลลิลิตรต่อนาที

การวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกด้วยวิธีนี้สามารถทำได้รวดเร็ว ใช้ปริมาณสารตัวอย่างน้อย แต่ก็สามารถตรวจวัดได้เพียงแก๊สไนตรัสออกไซด์ชนิดเดียว

นอกจากนี้ Terry ยังรายงานการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่ละลายน้ำอีกด้วย โดยตัวอย่างน้ำในบริเวณน้ำท่วมของแต่ละแหล่งที่ศึกษาจะเก็บน้ำปริมาตร 125 มิลลิลิตร ด้วยขวดแก้วที่มีความจุเป็น 250 มิลลิลิตร โดยเลือกเก็บบริเวณทางระบายน้ำที่ออกจากแปลงข้าวโพด ไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในน้ำจะเกิดสมดุลกันและเกิดเป็นเฮดสเปซ (headspace gas) ขึ้น ใช้เข็มฉีดยาทำตัวอย่างแก๊สออกมาปริมาตร 5 มิลลิลิตรฉีดเข้าสู่ส่วนแซมปลิงลูปและวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

Corre และคณะ (1996) ศึกษาแบบแผนลักษณะสภาพภูมิประเทศกับฤดูกาลของพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยมากกับปริมาณการปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ การวิเคราะห์แก๊สไนตรัสออกไซด์ในงานวิจัยนี้ใช้แชมเบอร์ที่ปิดสนิทซึ่งมีการออกแบบคล้ายกับแชมเบอร์แบบปิดที่ถูกออกแบบโดย Hutchinson กับ Mosier (1981) ตัวอย่างแก๊สที่อยู่เหนือพื้นดินภายใต้ระบบปิดของแชมเบอร์แบบปิดจะถูกเก็บทุกๆวันด้วยเข็มฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ถ่ายเก็บลงในภาชนะที่เป็นสุญญากาศขนาด 20 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กตรอนแคปเจอร์ ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และมีคอลัมน์ชนิดโพราแพค คิว เป็นสแตชันเนรีเฟส อุณหภูมิคอลัมน์เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส

งานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่มีปริมาณน้อยได้ แต่ต้องใช้ปริมาณแก๊สตัวอย่างมากถึง 20 มิลลิลิตร ไม่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ที่มีปริมาณแก๊สตัวอย่างน้อยๆ

Bowden และคณะ (1986) ศึกษาการขนถ่ายและการสูญเสียแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในน้ำใต้ดินและสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นแก๊สทุกชนิดที่ได้จากขบวนการ ไนทริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนทริฟิเคชัน (denitrification) เมื่อสภาพป่าถูกทำลาย วิเคราะห์หาปริมาณด้วยแชมเบอร์แบบปิดโดยวัดเป็นฟลักซ์ของแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยสู่บรรยากาศโดยตรง ใช้เข็มที่มีปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บตัวอย่างน้ำ นำไปวิเคราะห์ภายใน 5 - 24 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่าง แก๊สไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะถูกทำให้เข้าสู่สมดุลด้วยแก๊สฮีเลียมบริสุทธิ์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่คอลัมน์บรรจุด้วยโพราแพคคิวขนาด 80 - 100 เมช วิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีแก๊สผสม 95 เปอร์เซ็นต์ อาร์กอนใน 5 เปอร์เซ็นต์ มีเทน เป็นแก๊สพาด้วยอัตราเร็ว 40 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดด้วยอิเล็กตรอนแคปเจอร์ที่อุณหภูมิ 320 องศาเซลเซียส

วิธีนี้เหมาะกับแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่สามารถละลายน้ำได้ แต่ไม่เหมาะกับแก๊สมีเทน เนื่องจากมีเทนมีคุณสมบัติการละลายน้อยมาก โดยมันจะอยู่ในรูปฟองอากาศแล้วปล่อยสู่บรรยากาศ ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถึงแม้จะละลายน้ำได้แต่ก็มีบางส่วนถูกรีดิวซ์ (reduce) เปลี่ยนไปเป็นมีเทนได้ ทำให้ปริมาณความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้คลาดเคลื่อนไป เพราะในน้ำมีจุลินทรีย์ที่สามารถรีดิวซ์เพื่อเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นมีเทนได้ เนื่องจากไม่ได้ตรวจวัดปริมาณทันทีที่เก็บตัวอย่าง

Lindau และคณะ (1990) วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นแก๊สไนตรัสออกไซด์และมีเทนจากนาข้าวแบบน้ำขังที่ลุยเซียน่า (Louisiana) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อดูผลกระทบชนิดของปุ๋ยที่ใช้กับพื้นที่ของดินข้าว ต่อปริมาณแก๊สไนโตรเจน ไนตรัสออกไซด์ และมีเทนที่ปล่อยสู่บรรยากาศ ตัวอย่างแก๊สจะถูกเก็บด้วยกระบอกพลาสติกพีวีซีชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride, PVC cylinder) ยาว 30 เซนติเมตรที่ติดตั้งอย่างถาวรลงในดินหลังปล่อยให้น้ำขัง 1 วัน ลึก 10 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างหลังจากใส่ปุ๋ย นำแก๊สตัวอย่าง ไนโตรเจน ไนตรัสออกไซด์ และมีเทนที่อยู่

ในแชมเบอร์ไปตรวจวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี คอลัมน์บรรจุสแตนเนรีเฟสชนิดโครโมซอบ 106 ตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์อนแคปเจอร์ ปริมาตรแก๊สตัวอย่างเป็น 2 มิลลิลิตร แก๊สพาเป็นแก๊สผสมของแก๊สอาร์กอนในมีเทน อัตราเร็ว 30 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิคอลัมน์ และตัวตรวจวัดเป็น 70 กับ 395 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนแก๊สมีเทนตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนเซชัน ปริมาตรสารตัวอย่าง 1.5 มิลลิลิตร จะแยกด้วยคอลัมน์ที่บรรจุด้วยสแตนเนรีเฟสชนิดฮาซีเซป ดี (Haye Sep D polymer) อุณหภูมิคอลัมน์ และอุณหภูมิหัวฉีด เป็น 40 องศาเซลเซียส 110 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

จากรายงานการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกจะเห็นได้ว่าต้องแยกวิเคราะห์โดยการเลือกใช้คอลัมน์และตัวตรวจวัดที่เหมาะสมจึงสามารถวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจกดังกล่าวได้

Ball และคณะ (1999) ได้ประยุกต์ระบบการเก็บตัวอย่างที่เป็นอัตโนมัติ (A novel automatic gas sampling system) ร่วมกับ Automated determination วิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกจากแหล่งเก็บตัวอย่างในภาคสนามได้รวดเร็วและง่ายมากขึ้นในการตรวจวัดปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ การวัดฟลักซ์ของแก๊สจะใช้ระบบแชมเบอร์แบบปิด ตัวอย่างอากาศจะถูกเก็บทุกๆ ชั่วโมงภายหลังที่เริ่มวางแชมเบอร์ ได้รายงานการพัฒนาเทคนิคการเก็บตัวอย่าง 2 ระบบ คือระบบไม่อัตโนมัติและระบบอัตโนมัติโดยใช้แชมเบอร์ชนิดปิด โดยในระบบไม่อัตโนมัติใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเป็นกระบอกโพลีโพรพิลีน (polypropylene cylinders) สูง 0.2 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเป็น 0.4 เมตร วางลึกจากผิวหน้าดิน 15 มิลลิเมตร และมีช่องว่างเหนือพื้นดินภายในแชมเบอร์คิดเป็น 16 ลูกบาศก์เมตร แก๊สตัวอย่างไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดูดผ่านเข็มและเก็บไว้ในถุงเก็บแก๊สเพื่อนำกลับไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แบบที่สองคือเก็บตัวอย่างด้วยระบบแชมเบอร์อัตโนมัติ ขนาด 0.7 เมตร X 0.7 เมตร หรือ 1 เมตร X 0.5 เมตร ระบบนี้ฝาแชมเบอร์จะปิดหรือเปิดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ตั้งเวลาเก็บแก๊สตัวอย่างปริมาณ 1 ลิตรทุกๆ 24 ชั่วโมงไว้ในท่อทองแดงซึ่งห่อหุ้มด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเพื่อตรวจวัดโดยตรง แก๊สไนตรัสออกไซด์ตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์อนแคปเจอร์ ที่อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส มีแก๊สอาร์กอนเป็นแก๊สพาด้วยอัตราเร็ว 35 มิลลิลิตรต่อนาที คอลัมน์บรรจุด้วยสแตนเนรีเฟสฮาซีเซปคิว ขนาด 60-80 เมช อุณหภูมิคอลัมน์เป็น 55 องศาเซลเซียส ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตี อุณหภูมิตัวตรวจวัดเป็น 60 องศาเซลเซียส คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์ใช้สแตนเนรีเฟสชนิด โพรราแพค คิว ขนาด 50-80 เมช อุณหภูมิคอลัมน์ 80 องศาเซลเซียส และใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพาที่อัตราเร็ว 40 มิลลิลิตรต่อนาที

วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ค่อนข้างจะสะดวกสามารถวิเคราะห์ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบไม่อัตโนมัติ แต่ราคาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สูง ใช้ปริมาตรตัวอย่างมาก และไม่สามารถตรวจวัดแก๊สเรือนกระจกพร้อมกันได้

Cabrera และคณะ (1994) ศึกษาแก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากดินที่ใส่ปุ๋ยคอกจากสัตว์ปีกรวมกับฟางข้าวที่มีลักษณะแบบเป็นก้อนและแบบไม่เป็นก้อน แพลตฟอร์มที่ควบคุมปริมาณการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน โดยส่วนใหญ่คาร์บอนไดออกไซด์จากดินที่ปล่อยสู่บรรยากาศมาจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น จากขบวนการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ และไนตรัสออกไซด์มาจาก 2 กระบวนการ คือ ไนทริฟิเคชัน กับ ดีไนทริฟิเคชัน พื้นที่ที่ใส่ปุ๋ยคอกจะพบว่าปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยสู่บรรยากาศมาก จากการศึกษาพบว่าปุ๋ยมีสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อการปล่อยแก๊สเหล่านั้น จึงนำตัวอย่างดินที่เก็บด้วยท่อพลาสติกอะคลิลิกรูปทรงกระบอกเก็บดินขึ้นมาศึกษา ตัวอย่างดินจะผ่านขบวนการมากมายแต่ดินทุกๆส่วนที่ได้จะถูกนำไปเก็บไว้ในเหยือกแก้ว (glass jar) ที่มีความจุภายใน 0.95 ลิตร ปิดแน่นด้วยจุกยาง แล้วเก็บไว้ในตู้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแก๊สจากเขคสเปซจะถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ทุกๆ 8 ชั่วโมง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แก๊สไนตรัสออกไซด์จะวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์ แคลปเจอร์ที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส แก๊สพบเป็นแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับมีเทนอัตราส่วนเป็น 95 ต่อ 5 อัตราเร็วแก๊สหาเป็น 25 มิลลิลิตรต่อนาที คอลัมน์ชนิด โพรพาแกค คิว ขนาด 80-100 เมช วิเคราะห์ที่อุณหภูมิคอลัมน์ 50 องศาเซลเซียส ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี อุณหภูมิตัวตรวจวัดเป็น 200 องศาเซลเซียส มีแก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สหาด้วยอัตราเร็ว 20 มิลลิลิตรต่อนาที คอลัมน์ชนิด โพรพาแกค คิว 80-100 เมช อุณหภูมิคอลัมน์เป็น 75 องศาเซลเซียส

จากรายงานผลการวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสองชนิดใช้คอลัมน์ชนิดเดียวกัน และอุณหภูมิที่ใช้แยกแก๊สทั้งสองชนิดก็ใกล้เคียงกันมาก แต่ต้องวิเคราะห์ซ้ำถึง 2 ครั้ง เนื่องจากใช้ตัวตรวจวัดต่างชนิดกันและใช้แก๊สพาหชนิดฮีเลียมกับอาร์กอนซึ่งแก๊สทั้งสองชนิดนี้ราคาค่อนข้างสูง ทำให้การวิเคราะห์ต้องใช้เวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง ไม่เหมาะในการนำมาใช้ในงานวิเคราะห์แบบประจำวัน

LaHue และคณะ (1970) ได้วิเคราะห์แก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีในบรรยากาศของป่าชื้นเขตร้อน ประเทศปานามา โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี และ

คอลัมน์ชนิดโพรมเพคคิว ปัญหาที่พบคือจะต้องใช้เทคนิควิเคราะห์แบบโปรแกรมอุณหภูมิและใช้เวลาในการวิเคราะห์นานถึง 30 นาทีต่อการวิเคราะห์หนึ่งตัวอย่าง

Revesz และคณะ (1990) ได้พัฒนาเอาเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีมาใช้ในคุณภาพวิเคราะห์และแยกเอาแก๊สไนตรัสออกไซด์ออกจากตัวอย่างแก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับไนตรัสออกไซด์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไอโซโทปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปกติการแยกเอาแก๊สไนตรัสออกไซด์ออกจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะยากมาก เนื่องจากแก๊สทั้งสองมีคุณสมบัติทางกายภาพที่คล้ายคลึงกันมาก เพราะมีมวลโมเลกุลเท่ากัน คือ 44 จึงทำให้ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างมวลต่ออิเล็กตรอน (m/e) จากสเปกตรัมไอโซโทปคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีค่าเป็น 45/44 และ 46/44 คลาดเคลื่อน ในการทดลองจะใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีเพื่อแยกเอาแก๊สผสมออกจากกันก่อนที่จะนำเอาตัวอย่างแก๊สส่วนที่ต้องการไปวัดอัตราส่วนไอโซโทป (Isotope Ratio) เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ แซมเปิลอินเจกชันลูป (sample-injection loop) ส่วนที่สองคือคอลัมน์สแตนเลสบรรจุด้วยสแตนเลสไนเรเฟสชนิดโครโมซอบ 102 ขนาด 80-100 เมทอณหภูมิที่ให้กับคอลัมน์เป็น 40 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพาด้วยอัตราเร็ว 25 มิลลิลิตรต่อนาที และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนแซมปลิงคอลเล็กชันลูป (sampling-collection loop) ทำจากสแตนเลส ในการแยกแก๊สทั้งสองและตรวจวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟนั้น จะต้องมีการเก็บแก๊สตัวอย่างเพื่อเตรียมให้มีความเข้มข้นสูงๆ โดยเก็บตัวอย่างไว้ในแซมเปิลคอลเล็กชันลูปซึ่งแช่อยู่ในไนโตรเจนเหลว หลังจากนั้นจึงให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส ด้วยอ่างน้ำร้อน (water bath) เพื่อไล่แก๊สตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงเข้าสู่ส่วนวิเคราะห์และแยกแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์-ไนตรัสออกไซด์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สามารถจะแยกได้เพียงแก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น แต่ต้องผ่านขั้นตอนที่ยุงยากมีการใช้วาล์วและข้อต่อหลายตำแหน่งเสี่ยงต่อการรั่วของแก๊สตัวอย่าง ต้องอาศัยผู้ชำนาญการในการวิเคราะห์และเสียค่าใช้จ่ายสูง

Loftfield และคณะ (1992) วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์โดยใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วย วิธีนี้จะวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สทั้งสองชนิดที่ถูกละลายออกมาสู่ผิวหน้าดินโดยตัวอย่างแก๊สที่ถูกละลายออกมาจะถูกเก็บอยู่ในแซมเบอร์ที่ทำด้วยเพล็กซิกลาสชนิดผนังสองชั้น (double - walled plexiglass chamber) บริเวณด้านบนของแซมเบอร์จะมีฝาปิดซึ่งฝานี้จะปิด-เปิดได้ด้วยการควบคุมจากมอเตอร์ ภายในแซมเบอร์จะมีปั๊มสุญญากาศเพื่อดูดตัวอย่างอากาศเข้าสู่ฟลักส์เก็บตัวอย่างที่เป็นสุญญากาศและลูปตัวอย่างที่อยู่ภายในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ โดยวิเคราะห์แก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ทุกช่วงเวลา 30 และ 60 นาที ตามลำดับ หลังจากฝาแซมเบอร์ปิดแล้ว ตัวอย่างอากาศที่ใช้มีปริมาตร 5 มิลลิลิตร เครื่องแก๊ส

โครมาโทกราฟที่ใช้มีตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์แบบเจอร์ และคอลัมน์ที่ใช้เป็นโพรพาแกค กิว วิเคราะห์แบบไอโซเทอร์มัล (Isothermal) โดยอุณหภูมิคอลัมน์เป็น 80 องศาเซลเซียส มีแก๊สพาเป็น แก๊สผสมของมีเทนกับอาร์กอน อัตราเร็ว 18 มิลลิลิตรต่อนาที

การวิเคราะห์ไม่ต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมที่ยุ่งยาก ให้ค่าความแม่นยำและถูกต้องสูง เพราะควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ แต่ระบบค่อนข้างจะซับซ้อน และอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาแพง เนื่องจากต้องใช้ วาล์ว ป้อนอากาศ และตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้ควบคุมระบบปิดเปิด ฟาแชนเบอร์หลายตัวแม้ว่าจะ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง คาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ได้พร้อมๆกัน โดยใช้สแตนเนรี เฟสชนิดเดียวกัน แต่ก็ไม่สามารถตรวจวัดแก๊สมิเทนได้

Miura และคณะ (1997) วิเคราะห์หาปริมาณแก๊สที่มีปริมาณน้อย ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ ที่ถูกปล่อยออกมาเมื่อเผาฟางข้าวแห้งจากนาข้าว ในประเทศญี่ปุ่นภายหลังฤดูเก็บเกี่ยว ด้วยวิธีแชมเบอร์แบบเปิดซึ่งแชมเบอร์ที่ใช้มีลักษณะคล้ายบ้าน (pipe-house) ภายในแชมเบอร์จะจัดเป็นเกรเดียนท์อุณหภูมิ (Temperature Gradient Chamber, TGC) เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่ให้แก่ฟางข้าวต่างชนิดกัน กับปริมาณของแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ ตัวอย่างแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์มีเทน และ ไนตรัส ออกไซด์ โดยเก็บทุกๆ 2 นาที บรรจุไว้ในถุงเก็บแก๊สขนาดความจุ 1 ลิตร นาน 15 วินาที วิเคราะห์หา ปริมาณด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ แล้วตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี ตัว ตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนเซชัน และตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์แบบเจอร์ ตามลำดับ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือน กระจกทั้งสามชนิดพร้อมกันโดยใช้ตัวตรวจวัดชนิดเดียวกัน เพื่อให้การวิเคราะห์สะดวกเหมาะสมกับนักศึกษาแก๊สเรือนกระจกมากขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์กับกรณีที่งานวิจัยมีข้อจำกัดในด้านเครื่องมือที่ใช้คือ ไม่มีตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงต่อแก๊สทุกชนิด งานวิจัยนี้ใช้เทอร์มัลคอนดักติวิตีเป็นตัวตรวจวัดซึ่งตัวตรวจวัดชนิดนี้สามารถตรวจวัดได้ในช่วงกว้างและที่ใช้กันทั่วไป ทำให้เสียค่าใช้จ่ายต่ำ ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ และสามารถตรวจวัดได้พร้อมกันทั้งสามแก๊ส คือ แก๊สมิเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆของเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี เช่น ชนิดของสเตชันเนรีเฟส ชนิดของตัวตรวจวัด อัตราการไหลของแก๊สพา และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการแยกแก๊สเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์)
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามตัวพร้อมๆกันโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่มีตัวตรวจวัดเป็นเทอร์มัลคอนดักติวิตี
3. เพื่อนำข้อ 1 และข้อ 2 มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์) ที่มีปริมาณน้อยในธรรมชาติ จากแหล่งเก็บตัวอย่างจริงให้ได้ข้อมูลที่ต้องการมากที่สุด โดยเปรียบเทียบผลกับการวิเคราะห์แก๊สแต่ละชนิดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปัจจัยต่างๆของเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี เช่น ชนิดของสเตชันเนรีเฟส ชนิดของตัวตรวจวัด อัตราการไหลของแก๊สพา และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการแยกแก๊สเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์)
2. สามารถวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกได้รวดเร็ว ถูกต้องโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีเมื่อใช้ตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี
3. ประยุกต์นำไปใช้งานในการวิเคราะห์ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดได้ จากการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว
4. สามารถวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์) ที่มีปริมาณน้อยได้ถูกต้อง

ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาชนิดของสแตชันนารีเฟส 2 ชนิด คือ HayeSep Q กับ Carbosphere และตัวตรวจวัดที่เหมาะสมต่อการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์)
2. ศึกษาปัจจัยต่างๆและสภาวะการทดลองที่มีผลต่อการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์)
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้คอลัมน์และตัวตรวจวัดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์แยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์) จากการวิเคราะห์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีด้วยตัวตรวจวัดชนิดเดียว
4. นำสภาวะการทดลองดังกล่าววิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจก(คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์) ที่มีปริมาณน้อยในธรรมชาติ จากแหล่งเก็บตัวอย่างจริงได้ถูกต้อง โดยเปรียบเทียบผลกับการวิเคราะห์แก๊สแต่ละชนิดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 สารเคมี วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้

2.1.1 สารเคมีที่ใช้ประกอบด้วย

- แอคติเวตเต็ดคาร์บอน ชนิดคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ (Carbosphere[®] ขนาด 80-100 เมช)
(Alltech, U.S.A.)
- ไดไวนิลเบนซีนพอลิเมอร์ (Divinylbenzene polymer, HayeSep Q ขนาด 80-100 เมช)
(Alltech, U.S.A.)
- โมเลกุลาร์ซีฟชนิด 5 เอ (Molecular Sieve 5A ขนาด 80-100 เมช) (Supelco, Bellefonte, USA)
- โพรพาเกค คิว (Porapak Q ขนาด 80-100 เมช) (Supelco, Bellefonte, USA)
- แก๊สมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง (GL Science, Japan) 3 กระป๋อง มีความเข้มข้นดังนี้
 - แก๊สมาตรฐานมีเทน CH_4 99.7%
 - แก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 99.9%
 - แก๊สมาตรฐานไนตรัสออกไซด์ N_2O 99.5%
- แก๊สมาตรฐานผสม (Sumitomo Seika Co., Ltd., Japan) 2 ท่อ มีความเข้มข้นดังนี้
 1. แก๊สมีเทน 9.92 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร (ppmv)
 - แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 998.0 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร (ppmv)
 - แก๊สไนตรัสออกไซด์ 50.10 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร (ppmv)
 2. แก๊สมีเทน 99.60 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร (ppmv)
 - แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1996.0 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร (ppmv)
 - แก๊สไนตรัสออกไซด์ 10.13 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร (ppmv)
- แก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์ (N_2 , OFN)
- แก๊สฮีเลียมบริสุทธิ์ (He)

2.2 วัสดุและอุปกรณ์

2.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจก

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatograph) รุ่น GC-14A (Shimadzu, Japan) โดยมีตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี (Thermal Conductivity Detector, TCD) และตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนเซชัน (Flame Ionization Detector, FID) พร้อมเครื่องประมวลผล (Chromatopac) รุ่น C-R4A (Shimadzu, Japan)

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatograph) รุ่น GC-14B (Shimadzu, Japan) โดยมีตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี (Thermal Conductivity Detector, TCD) และตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กตรอนแคปเจอร์ (Electron Capture Detector, ECD) พร้อมเครื่องประมวลผล (Chromatopac) รุ่น C-R7A (Shimadzu, Japan)

2.2.2 อุปกรณ์เก็บและฉีดแก๊สตัวอย่าง

เข็มสำหรับฉีดแก๊สชนิดมีวาล์ว (Gas Tight Syringe, Dynatech, Louisiana, U.S.A.), รุ่น A-2 ขนาด 1, 2, 5 และ 10 มิลลิลิตร

ขวดเก็บตัวอย่างแก้วใส (Vial) ขนาด 60 มิลลิลิตร

จุกยาง (Chlorobutyl Rubber Stopper type Ferhyophylization long stem grey) ขนาด 20 มิลลิลิตร

เข็มและกระบอกฉีดยาพลาสติกปริมาตร 60 มิลลิลิตร (Plastic Syringe)

วาล์ว 3 ทางสำหรับต่อเข็มฉีดยาพลาสติก (3 ways stop cock, Nipro, Japan)

ฝาอะลูมิเนียม (Galamedical, Thailand)

คลิมเปอร์เย็บฝาอะลูมิเนียม (Crimp Seal, U.S.A.)

กรวยปากกว้าง และ ท่อพลาสติกใส

นาฬิกาจับเวลา

เครื่องวัดความชื้น (Humidity Meter, Yokokawa, Finland)

บารอมิเตอร์ (Barometer, Shortland Bowen Instrument, Ltd., England)

ยูนิเวอร์ซอลมิเตอร์สำหรับตรวจวัด pH, mV และ DO (Multiliner P4 F/set-1, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Germany)

แชมเบอร์อะครีติก (Acrylic Chamber) ขนาด 45 X 45 X 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 ฐานรองแชมเบอร์อะลูมิเนียม
 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital Thermometer, Sato Keiryoki MFG. Co., Ltd.,

Japan)

เซปตัมชนิดซิลิโคนรับเบอร์ (Shimadzu, Japan)

2.2.3 อุปกรณ์อื่นๆ

คอลัมน์สแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร และ 2.0 เมตร

(Shimadzu, Japan)

เครื่องฟรีสตราย (Freeze Dryer)(Dura-Stop™ MP, U.S.A.)

เครื่องสั่นสะเทือน (Electric Engraver, Dremel. USA)

ปั๊ม (Pump, Gast, Benton Harbor Mich, USA)

อัลตราโซนิคคลีนเนอร์ (Ultrasonic Cleaner)(Elma, transsonic digitals, Germany)

เครื่องทำความสะอาดเข็ม (Syringe Cleaner)(Hamilton company, Reno, Nevada,

USA)

ภาชนะแก้วเก็บแก๊สขนาด 500 มิลลิลิตร (Pyrex, U.S.A.)

แผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็ก (Diskettes)

โฟลมิเตอร์ (Flow meter, SGE International PTY Ltd., Australia)

แผ่นอะลูมิเนียมแสดงรายละเอียดคอลัมน์

ใยแก้ว (Glass wool)

กรวยสำหรับถ่ายสเตรนเนอร์เฟสเข้าคอลัมน์

2.3 การทดลอง

2.3.1 จุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะของสถานีเก็บตัวอย่าง

| สถานี | จุดเก็บ | วิธีเก็บ | รูปที่ |
|-------|-------------|----------------|--------|
| A | แปลงข้าวโพด | เทคนิคแชมเบอร์ | 1 |
| B | นาข้าว | เทคนิคบับเบิ้ล | 2 |
| C | อุทยานกุซุด | เทคนิคบับเบิ้ล | 3 |



รูปที่ 1 แสดงลักษณะพื้นที่ สถานี A บริเวณแปลงข้าวโพดคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา



รูปที่ 2 แสดงลักษณะพื้นที่ สถานี B บริเวณนาข้าว อ.สทิงพระ จ.สงขลา



รูปที่ 3 แสดงลักษณะพื้นที่ สถานี C บริเวณอุทยานกุซุดคอนนอก อ.สทิงพระ จ.สงขลา

2.3.2 การเตรียมขวดเก็บตัวอย่าง

เตรียมขวดเก็บตัวอย่างแก้วใสที่ผ่านการล้างและอบแห้งขนาด 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมจุกยางชนิดคลอโรบิวทิลรีบเบอร์ ฝาอะลูมิเนียม และที่หนีกล้ออะลูมิเนียม นำขวดไปเรียงใส่ถาดเพื่อทำให้ภายในขวดเป็นสุญญากาศโดยเทคนิคฟรีสไดรยอิงค์ (Freeze Drying) ระบบนี้จะลดความดันภายในขวดให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศจนเหลือประมาณ 60 ถึง 70 มิลลิทอร์ (mTorr) และกระตุ้นให้ความชื้นที่เหลืออยู่ภายในขวดเกิดการควบแน่นแล้วใช้ปั๊มดูดเอาอากาศเหล่านั้นออกมาเมื่อลดความดันได้ถึงจุดที่ต้องการแล้วจึงเลื่อนถาดเพื่อให้จุกยางปิดขวดสนิท โดยยังอยู่ภายใต้ระบบสุญญากาศนั้น แล้วจึงปิดเครื่องลดความดันเพื่อนำเอาขวดออกจากเครื่องฟรีสไดรย และนำมาผึ่งด้วยฝาอะลูมิเนียมป้องกันไม่ให้จุกยางหลุดอีกครั้งหนึ่ง ขวดที่ผ่านขั้นตอนนี้พร้อมที่จะนำไปใช้เก็บตัวอย่างมีลักษณะดังรูปที่ 4

2.3.3 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับวิธีบีบเบิลหรือแก๊สแทนที่น้ำในกระบอก(ท่อ)ปิดใช้เก็บฟองแก๊สจากแหล่งน้ำ

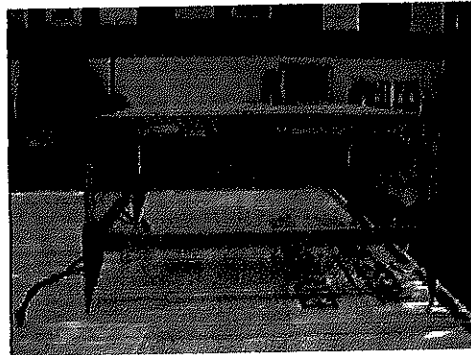
อุปกรณ์เก็บแก๊สฟองด้วยวิธีบีบเบิลหรือแก๊สแทนที่น้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นเองโดยกรวยทำจากพลาสติกหนาที่สามารถทนแรงดันของน้ำได้ ที่ปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับข้อต่อเกลียวพลาสติกพีวีซีเพื่อนำไปต่อเข้ากับท่อพลาสติกใส ซึ่งข้อต่อเกลียวพลาสติกพีวีซีนี้ทำให้สามารถเปลี่ยนขนาดของปากกรวยที่ใช้ได้ตามระดับความสูงของน้ำที่จะต้องเติมให้เต็มอุปกรณ์ก่อนที่จะนำไปเก็บแก๊สตัวอย่าง ปลายอีกด้านหนึ่งของท่อพลาสติกเหลือไว้สำหรับปิดด้วยจุกยางซึ่งเป็นทางที่นำเอาแก๊สตัวอย่างออกจากท่อพลาสติก ก่อนใช้น้ำกรวยต่อเข้ากับท่อพลาสติกและนำไปเชื่อมรอยรั่วของแก๊สเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศภายในแพร่ผ่านออกไปโดยเติมน้ำให้เต็มและตรวจสอบตามข้อต่อต่างๆทุกครั้งที่กระบอกปิดสำหรับเก็บแก๊สตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบรอยรั่วและพร้อมที่จะนำไปเก็บตัวอย่างแก๊สในน้ำแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6

รูปที่ 4 แสดงขุดเก็บตัวอย่างแก้วใส จุกยาง ฟลาอูมิเนียม ที่ผืนกขวด และเข็ม
ชนิดใช้ถักแก๊สพร้อมวาล์วปิด-เปิด

5 แสดงลักษณะอุปกรณ์สำหรับวิธีบับเบิ้ลใช้เก็บฟองแก๊ส

6 แสดงลักษณะแอมเบอร์แบบปิดที่ใช้เก็บแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยจากคิวคิน

2.3.4 การเตรียมแชมเบอร์แบบปิดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสสำหรับเก็บตัวอย่างแก๊สจากผิวดิน

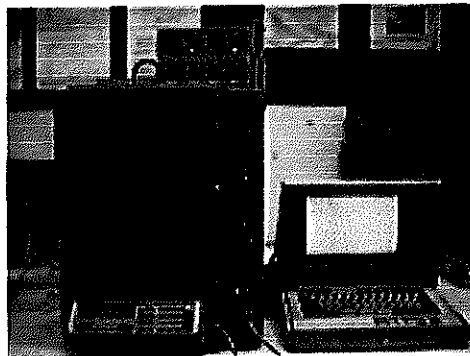
แชมเบอร์ที่ใช้สำหรับเก็บแก๊สตัวอย่างบริเวณผิวดินเป็นอุปกรณ์ชนิดประกอบทำจากพลาสติกอะคริลิกหนา 0.5 มิลลิเมตร ขนาด 45 x 45 x 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้านบนจะมีช่องสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิภายในแชมเบอร์ และช่องพร้อมเชปตั้มสำหรับนำตัวอย่างแก๊สออกจากแชมเบอร์ใส่ขวดตัวอย่าง ก่อนนำไปใช้จะต้องผ่านการตรวจเช็ครอยรั่วของแก๊ส โดยทำวิธีเดียวกันกับการเช็คกรวยพร้อมท่อพลาสติกใส เมื่อนำแชมเบอร์ไปใช้จะต้องวางแชมเบอร์ลงบนฐานอะลูมิเนียมที่ตอกลึกลงไปได้ดิน ฐานแนบสนิทและฝังลึกลงในพื้นที่ดินและที่ฐานของแชมเบอร์ต้องหล่อด้วยน้ำตลอดระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง เพื่อให้เป็นระบบปิดป้องกันไม่ให้แก๊สรั่วภายนอกและภายในแพร่ผ่านถึงกัน แชมเบอร์ที่ใช้มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 6

2.3.5 การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีปั๊มเบิ้ลหรือแก๊สแทนที่น้ำในกระบอก(ท่อ)ปิด

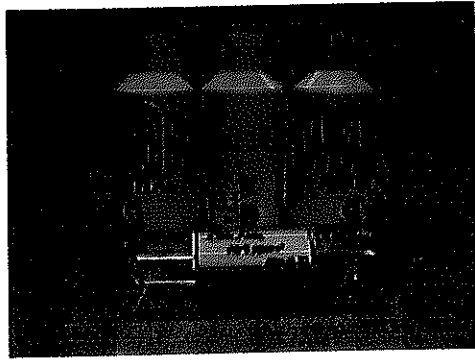
เทคนิคการเก็บแก๊สตัวอย่างด้วยวิธีปั๊มเบิ้ลใช้หลักการแก๊สแทนที่น้ำที่อยู่ภายในท่อพลาสติกปิดและใส่ ดังนั้นวิธีนี้จึงมีข้อจำกัดที่ต้องใช้ท่อพลาสติกแบบใสและมองเห็นระดับน้ำที่อยู่ภายในท่อพลาสติกเท่านั้น เพื่อให้มั่นใจว่าแก๊สที่เข้าไปแทนที่น้ำมีเพียงแก๊สตัวอย่างจากแหล่งเก็บตัวอย่างเพียงอย่างเดียว ไม่ได้ถูกเจือจางจากแก๊สที่เดิมมีอยู่แล้วภายในท่อพลาสติก ก่อนจะเก็บตัวอย่างด้วยท่อพลาสติกจึงต้องเติมน้ำให้เต็มกรวยและท่อพลาสติกจริงๆทุกครั้ง พลิกคว่ำกรวยได้ระดับน้ำ ในขั้นตอนนี้จะต้องระวังไม่ให้ปากกรวยไหลหิ้นระดับน้ำเนื่องจากจะทำให้อากาศจากภายนอกเข้าไปแทนที่น้ำที่มีอยู่ก่อนที่จะเริ่มเก็บแก๊สตัวอย่างจริง เพราะทำให้แก๊สที่เก็บได้ไม่ใช่แก๊สตัวอย่างเพียงอย่างเดียว เมื่อพลิกคว่ำกรวยแล้วจึงเริ่มเก็บแก๊สที่ถูกไล่ออกมาจากพื้นดิน โดยให้ช่องแก๊สเหล่านั้นเข้าไปแทนที่น้ำในท่อพลาสติก ส่วนในแหล่งเก็บตัวอย่างที่มีระดับน้ำลึกจะใช้ลูกตุ้มเหล็กกระทุ้งดินเพื่อรบกวนระบบและไล่แก๊สให้ขึ้นมาสู่ผิวน้ำแล้วเข้าไปแทนที่น้ำที่อยู่ภายในกรวยและท่อพลาสติกนั้นๆ จนกระทั่งเต็ม แล้วจึงใช้กระบอกฉีดยาที่ต่อเข้ากับวาล์ว 3 ทางดูดเก็บแก๊สตัวอย่างออกทางปลายด้านบนที่มีเชปตั้มปิดอยู่ ถ้ายกแก๊สที่เก็บได้ลงไปในช่วงแก้วที่เตรียมเป็นสุญญากาศไว้แล้วในข้อ 2.3.2 และบันทึกค่าความดันบรรยากาศ ทีเอช วีคอกซ์โพเทนเชียล และปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำขณะที่เก็บตัวอย่าง



รูปที่ 7



รูปที่ 8



รูปที่ 9

- รูปที่ 7 แสดงเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A ตัวตรวจวัดชนิด TCD, FID
พร้อมเครื่องประมวลผล C-R4A
- 8 แสดงเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 B ตัวตรวจวัดชนิด ECD
พร้อมเครื่องประมวลผล C-R7A
- 9 แสดงแก๊สมาตรฐานความบริสุทธิ์สูงที่ใช้ทดลองพร้อมภาชนะแก้วใส
สำหรับเก็บแก๊สมาตรฐานขนาด 500 มิลลิลิตร

2.3.6 การเก็บตัวอย่างด้วยแอมเบอร์แบบปิดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสสำหรับเก็บตัวอย่างแก๊สจากผิวดิน

นำฐานอะลูมิเนียมตอกลงไปผิวดินติดตั้งไม่ให้มีช่องโหว่ นำแอมเบอร์ที่ผ่านการใช้ครอยรั้วแล้ว วางลงบนฐานที่หล่อด้วยน้ำสะอาด เมื่อเริ่มวางแอมเบอร์ลงบนฐานก็จะเริ่มเก็บตัวอย่างทันที เริ่มนับเป็นเวลาเป็นนาทีที่ 0 ($t=0$ นาที) การเก็บตัวอย่างจะต้องเก็บอย่างรวดเร็วโดยใช้เข็มฉีดยาที่ต่ออยู่กับ วาล์วปิด-เปิด 3 ทางพร้อมกระบอกฉีดยาขนาด 60 มิลลิลิตร โดยก่อนที่จะใช้เข็มและกระบอกฉีดยา ต้องกลั้วและทำความสะอาดเข็มด้วยตัวอย่างแก๊สที่เวลานั้นๆก่อนเสมอ เมื่อดูดแก๊สตัวอย่างจนเต็ม กระบอกฉีดยาแล้วจึงถ่ายแก๊สที่เก็บได้ลงไปในช่วงแก้วที่เตรียมเป็นสุญญากาศไว้แล้วในข้อ 2.3.2 ตัวอย่างแก๊สจะถ่ายลงไปในช่วงทันที สามารถสังเกตได้จากเมื่อเสียบเข็มและเปิดวาล์ว 3 ทาง พลังค์เจอร์ (plunger) จะถูกดูดแล้วคั่นนำเอาแก๊สตัวอย่างเข้าสู่ช่วงแก้วทันที ซึ่งถ้าช่วงไม่ผ่านการทำสุญญากาศพลังค์เจอร์จะหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่ ในการเก็บตัวอย่างแต่ละช่วงเวลานั้นที่ค่า ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิผิวดิน อุณหภูมิภายในและภายนอกแอมเบอร์ และเขียนผลการปิดขวดแสดงรายละเอียดของแก๊สตัวอย่างแต่ละขวด

2.4 ศึกษาการวิเคราะห์

2.4.1 การเตรียมคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการบรรจุสแตชันเนรีเฟสลงในคอลัมน์ชนิดแพคคอลัมน์ (Packed Column)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

คอลัมน์เปล่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร และ 2.0 เมตร

สแตชันเนรีเฟสชนิดแอกติเวเต็ดคาร์บอน (Carbosphere)

สแตชันเนรีเฟสชนิดฮาเยเซป คิว (HayeSep Q)

อัลตราโซนิคบาร์ท (Ultrasonic bath)

ปั๊มสุญญากาศ (Pump)

กรวยกรอง (Funnel)

เส้นใยควอตซ์ (Quartz wool) ที่ผ่านการกำจัดสารปนเปื้อนออกแล้ว

คีมจับ (Forceps)

เครื่องสั่น (Vibrator)

แผ่นอลูมิเนียมใช้สำหรับเขียนข้อความ (Aluminum sheet)

ขวดรูปชมพู่ขนาดใหญ่ ประมาณ 1000 มิลลิลิตร

จุกยางที่มีรูเปิด 2 รู

สายยางที่มีขนาดพอดีกับปลายคอลัมน์

คำนวณปริมาตรของคอลัมน์ที่ใช้บรรจุสแตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q และ Carbosphere ได้เท่ากับ 15.35 ถึง 19.18 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดวงสแตชันเนรีเฟสให้ได้ปริมาณมากกว่าที่คำนวณได้เล็กน้อยหรืออาจจะซังน้ำหนักของสแตชันเนรีเฟสแทนก็ได้ในกรณี HayeSep Q เพราะทราบค่าความหนาแน่น จากการคำนวณใช้น้ำหนักเท่ากับ 5.39 กรัมและเติมให้มากกว่าเล็กน้อย นำเส้นใยควอตซ์ใส่ที่ปลายข้างหนึ่งของคอลัมน์ เพื่อป้องกันไม่ให้สแตชันเนรีเฟสถูกดูดเข้าไปในปั๊ม (อัดให้แน่นพอประมาณแต่ต้องไม่แน่นจนเกินไป) ต่อปลายคอลัมน์ด้านที่ใส่ใยควอตซ์เข้ากับสายยางแล้วต่อปลายอีกด้านหนึ่งเข้ากับปั๊ม นำคอลัมน์วางลงในอัลตราโซนิคบาร์ท โดยจะต้องมั่นใจว่าปลายของคอลัมน์ทั้งสองข้าง ไม่อยู่ใต้ผิวน้ำ แต่ปลายทั้งสองข้างจะต้องอยู่ในระดับเดียวกัน นำปลายคอลัมน์ด้านที่เหลือต่อเข้ากับกรวยกรอง เปิดปั๊มและอัลตราโซนิคบาร์ทแล้วจึงค่อยๆเทสแตชันเนรีเฟสที่เตรียมไว้ลงไป ในกรวยที่ละน้อยๆ ในขณะที่เดียวกันใช้ไวเบอร์เตอร์ตะบิวบริเวณปลายคอลัมน์ค่อยๆไล่สแตชันเนรีเฟสที่เติมลงไปให้ไปอยู่ที่ปลายสุดอีกด้านหนึ่ง การไล่ด้วยไวเบอร์เตอร์นี้จะต้องไล่สแตชันเนรีเฟสไปตามทิศทางของการไหลและจะต้องไล่ไปในทิศทางเดียวกันนี้ตลอด หลังจากบรรจุสแตชันเนรีเฟสลงใน

คอลัมน์เสร็จแล้ว นำกรวยออกแล้วเติมไฮควอร์ซลงไปที่ปลายคอลัมน์นั้นพอประมาณ โดยต้องมั่นใจว่าไม่แน่นเกินไปจนทำให้แก๊สไหลเคลื่อนที่ผ่านไม่ได้และไม่หลวมจนทำให้สแตชันเนรีเฟสหลุดออกมา ทำเครื่องหมายทิศทางการไหลของสแตชันเนรีเฟสหรือทิศทางของบีบโดยใช้ไวเบเรเตอร์ การทำเครื่องหมายดังกล่าวนี้เพื่อให้ทิศทางการไหลของแก๊สเท่ากับทิศทางของบีบเป็นไปในทางเดียวกันตลอดไม่สวนทิศทาง ดังนั้นปลายคอลัมน์ที่ต่อเข้ากับบีบจะต้องเป็นปลายด้านที่ต่อเข้ากับตัวตรวจวัด (เขียนฉลากรายละเอียดเกี่ยวกับสแตชันเนรีเฟสลงบนแผ่นป้ายอลูมิเนียม) ตรวจสอบว่าต้องต่อปลายของคอลัมน์แต่ละด้านเข้ากับบอดี้แอดAPTER (adapter) ก่อนใช้งานหรือไม่เพราะคอลัมน์บางชนิดต้องต่อเข้ากับแอดAPTER ก่อนจึงจะใช้งานได้ เมื่อต่อเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำการเตรียมพร้อมคอลัมน์ก่อนใช้งาน (aging column) ทำได้โดยนำปลายคอลัมน์ด้านที่ต่อกับกรวยไปต่อเข้ากับด้านหัวฉีดของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเพียงด้านเดียว (ด้านตัวตรวจวัดไม่ต้องต่อเข้ากับตัวเครื่อง) เปิดแก๊สพาดด้วยความเร็วสูงประมาณ 30-40 มิลลิลิตรต่อนาที (ในกรณี pack column) ตั้งค่าอุณหภูมิของคอลัมน์เพียงอย่างเดียว โดยค่าที่ตั้งคำนวณได้จาก

$$\text{ค่าที่ตั้ง} = \text{อุณหภูมิสูงสุดที่สแตชันเนรีเฟสรับได้} - 30 \text{ ถึง } 50 \text{ องศาเซลเซียส}$$

เช่น อุณหภูมิ สูงสุดที่สแตชันเนรีเฟสรับได้คือ 350 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ตั้งในขั้นเตรียมพร้อมคอลัมน์นี้อาจจะเป็น 320 หรือ 300 องศาเซลเซียสก็ได้ ให้เฉพาะอุณหภูมิของคอลัมน์เพียงอย่างเดียว ส่วนอุณหภูมิของหัวฉีดและตัวตรวจวัดไม่ต้องให้ ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำปลายที่เหลืออีกด้านต่อเข้ากับตัวตรวจวัด ตั้งค่าอุณหภูมิทั้งหัวฉีดและตัวตรวจวัด ตรวจสอบเส้นสัญญาณพื้น (base line) ว่าพร้อมที่จะวิเคราะห์หรือไม่ ถ้าเส้นสัญญาณพื้นไม่เรียบให้ตั้งอุณหภูมิทิ้งไว้อีกหนึ่งคืน แล้วจึงค่อยตรวจสอบอีกครั้ง เมื่อค่าสัญญาณพื้นเรียบแสดงว่าคอลัมน์นั้นพร้อมที่จะนำไปใช้งาน

2.4.2 ศึกษาชนิดของสเตรนเนอร์เฟส ตัวตรวจวัด ที่เหมาะสม ต่อการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์) จากสเตรนเนอร์เฟส 2 ชนิด

2.4.2.1 ศึกษาสภาวะการทดลองในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจก ด้วยสเตรนเนอร์เฟสชนิดไดไวนิลเบนซีนพอลิเมอร์

นำคอลัมน์สแตนเลสขนาด 1/8 นิ้ว ยาว 2.0 เมตร ที่บรรจุด้วยสเตรนเนอร์เฟสชนิดไดไวนิลเบนซีนพอลิเมอร์หรือมีชื่อเรียกทางการค้าว่า HayeSep Q ที่ผ่านขั้นตอนของการเตรียมความพร้อมของคอลัมน์โดยการให้อุณหภูมิสูงเท่ากับ 225 องศาเซลเซียส (เมื่ออุณหภูมิสูงสุดที่คอลัมน์รับได้เท่ากับ 275 องศาเซลเซียส) ไล่สารที่อาจจะดูดซับเอาไว้ในระหว่างการเตรียมคอลัมน์และไล่สารปนเปื้อนที่ตกค้างอยู่บนสเตรนเนอร์เฟสออกไปก่อนจะนำไปใช้งานจริง และนำไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A ดังนี้

ก. ศึกษาอัตราเร็วที่เหมาะสมของแก๊สตัวพา (Optimum Flow Rate)

อัตราเร็วแก๊สตัวพาที่เหมาะสมศึกษาโดยใช้แก๊สมาตรฐานผสมซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ คือ แก๊สมาตรฐานมีเทนความเข้มข้น 657.37 ppmv แก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์ 261.84 ppmv และแก๊สมาตรฐานไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 460.40 ppmv ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A เมื่อตั้งสภาวะการทดลองของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟดังตารางที่ 4 ซึ่งใช้สภาวะการทดลองจาก HayeSep Application (Alltech, USA) แต่ปรับอัตราเร็วของแก๊สตัวพาชนิดฮีเลียมเป็น 10, 15, 20, 25, 30 35, 40 และ 45 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ วัดค่ารีเทนชันไทม์ และค่าความกว้างของพีคที่ครึ่งหนึ่งของความสูง (Half Height Width, $W_{1/2}$) จากนั้นนำข้อมูลไปคำนวณและเขียนกราฟแวนดิมเตอร์ระหว่างอัตราเร็วของแก๊สตัวพา กับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎี (Height equivalent to a theoretical plate, HETP) เพื่อหาอัตราเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

ตารางที่ 4 สภาวะการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรสออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

| สภาวะการทดลอง | CH ₄ , CO ₂ , N ₂ O |
|--|--|
| อุณหภูมิคอลัมน์ (องศาเซลเซียส) | 50 |
| อุณหภูมิหัวฉีด (องศาเซลเซียส) | 80 |
| อุณหภูมิตัวตรวจวัด (องศาเซลเซียส) | 100 |
| ค่ากระแสที่ให้กับตัวตรวจวัด (มิลลิแอมแปร์) | 170 |
| ปริมาตรแก๊สที่ฉีด (มิลลิลิตร) | 0.5 |
| ตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | |

ข. ศึกษาการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดศึกษาโดยตั้งสภาวะการทดลองของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีตามข้อ 2.4.2.1 และตั้งอัตราเร็วของแก๊สหาตามผลการทดลองที่ได้จากข้อ 2.4.2.1 (ก.) (35 มิลลิลิตรต่อนาที) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลอง นำแก๊สมาตรฐานผสมที่มีแก๊สมาตรฐานมีเทนความเข้มข้น 657.37 ppmv แก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรสออกไซด์ความเข้มข้นเท่ากับ 261.84 ppmv และ 460.40 ppmv ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี บันทึกค่ารีเทนชันไทม์ของพีคแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับเป็นมาตรฐานของแก๊สแต่ละตัว

2.4.2.2 ศึกษาสภาวะการทดลองในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจก ด้วยสแตชันเนรีเฟสชนิด คาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ

นำคอลัมน์สแตนด์เลสขนาด 1/8 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร ที่บรรจุด้วยสแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere ที่ผ่านขั้นตอนของการเตรียมความพร้อมของคอลัมน์โดยการให้อุณหภูมิสูงเท่ากับ 350 องศาเซลเซียส (เมื่ออุณหภูมิสูงสุดที่คอลัมน์รับได้เท่ากับ 400 องศาเซลเซียส) ได้สารที่อาจจะดูดซับเอาไว้ในระหว่างการเตรียมคอลัมน์และได้สารปนเปื้อนที่ตกค้างอยู่บนสแตชันเนรีเฟสออกไปก่อนจะนำไปใช้งานจริง และนำไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี 14 A ดังนี้

ก. ศึกษาอัตราเร็วที่เหมาะสมของแก๊สตัวพา (Optimum Flow Rate)

อัตราเร็วแก๊สตัวพาที่เหมาะสมทำการทดลองเช่นเดียวกันกับ ข้อ 2.4.2.1 (ก) โดยใช้แก๊สมาตรฐานผสมซึ่งมีแก๊สมาตรฐานมีเทนความเข้มข้น 675.37 ppmv แก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์ 261.84 ppmv และแก๊สมาตรฐานไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 460.40 ppmv ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี 14 A เมื่อตั้งสภาวะการทดลองของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีดังตารางที่ 5 ซึ่งใช้สภาวะการทดลองจาก Carbosphere Application (Alltech, USA)

ตารางที่ 5 สภาวะการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere ตรวจสอบด้วยวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

| สภาวะการทดลอง | CH ₄ , CO ₂ , N ₂ O |
|--|--|
| อุณหภูมิคอลัมน์ (องศาเซลเซียส) | 200 |
| อุณหภูมิหัวฉีด (องศาเซลเซียส) | 135 |
| อุณหภูมิตัวตรวจวัด (องศาเซลเซียส) | 250 |
| ค่ากระแสที่ให้กับตัวตรวจวัด (มิลลิแอมแปร์) | 110 |
| ปริมาตรแก๊สที่ฉีด (มิลลิลิตร) | 0.5 |
| ตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี | |

ข. ศึกษาการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดศึกษาโดยตั้งสภาวะการทดลองของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีตามข้อ 2.4.2.1 และตั้งอัตราเร็วของแก๊สหาตามผลการทดลองที่ได้จากข้อ 2.4.2.1 (ก.) (30 มิลลิลิตรต่อนาที) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลอง นำแก๊สมาตรฐานผสมซึ่งมีแก๊สมาตรฐานมีเทนความเข้มข้น 657.37 ppmv แก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นเท่ากับ 261.84 ppmv และ 460.40 ppmv ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี บันทึกค่ารีเทนชันไทม์ของพีคแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเป็นมาตรฐานของแก๊สแต่ละตัว

2.4.3 เปรียบเทียบผลการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดจากสเตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q และ Carbosphere

นำแก๊สมาตรฐานผสมชุดใหม่ที่มีความเข้มข้นของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 657.37, 261.84 และ 460.40 ppmv ตามลำดับ เพื่อนำไปใช้ทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกของสเตชันเนรีเฟส 2 ชนิดคือ HayeSep Q และ Carbosphere โดยตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.4.2.1 (ก.) และ 2.4.2.2 (ก.) นำแก๊สมาตรฐานผสมไปฉีดเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการแยกแก๊สผสม บันทึกผล เปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ ค่ากำลังการแยก ค่าพื้นที่ใต้พีค ลักษณะของพีคที่แยกออกจากกัน ลักษณะสมมาตรของพีค เพื่อเลือกชนิดของสเตชันเนรีเฟสที่เหมาะสมจะนำไปใช้แยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดออกจากกันได้ดีที่สุด ซึ่งสเตชันเนรีเฟสชนิดนั้นจะถูกเลือกและนำไปใช้ทดลองเพื่อแยกและวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ได้มาจากแหล่งเก็บตัวอย่างจริงต่อไป

2.4.4 ศึกษาอุณหภูมิคอลัมน์ที่เหมาะสม

อุณหภูมิคอลัมน์ที่เหมาะสมในการแยกแก๊สเรือนกระจกเมื่อใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere ศึกษาโดยนำแก๊สมาตรฐานผสมเตรียมใหม่ๆประกอบด้วย แก๊สมีเทนความเข้มข้น 10767.80 ppmv, คาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 3865.64 ppmv และไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 7400.06 ppmv ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A ซึ่งมีตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี โดยปรับอุณหภูมิของคอลัมน์เป็น 170, 180, 190, 200, 220, 240, 250 และ 260 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าที่ให้แก่วงจรตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี 110 มิลลิแอมแปร์ พิจารณาลักษณะการแยกของพีค เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่หาได้จริงจากการทดลองกับอุณหภูมิคอลัมน์จากเอกสารอ้างอิง และเลือกอุณหภูมิคอลัมน์ที่เหมาะสมที่ทำให้ได้การแยกที่ดี มีคาร์เทนชันใหม่ไม่นานเกินไป

2.4.5 ศึกษาอุณหภูมิตัวตรวจวัดที่เหมาะสม

อุณหภูมิของตัวตรวจวัดที่เหมาะสมในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกเมื่อใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere ทดลองในลักษณะเดียวกับหาอุณหภูมิคอลัมน์ที่เหมาะสมโดยนำแก๊สมาตรฐานผสม 3 ชนิด คือ แก๊สมีเทนความเข้มข้น 14.9×10^4 ppmv คาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 58.9×10^3 ppmv และไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 13.4×10^4 ppmv ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A ปรับอุณหภูมิของตัวตรวจวัดที่อุณหภูมิ 190, 210, 230, 240, 250 และ 260 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยกระแสไฟฟ้าที่ให้แก่วงจรตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี 110 มิลลิแอมแปร์ วัดคาร์เทนชันใหม่ พื้นที่ใต้พีค พิจารณาลักษณะการแยกของพีค เพื่อเลือกอุณหภูมิตัวตรวจวัดที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าสัญญาณสูงสุด

2.4.6 ศึกษาความแม่นยำในการวิเคราะห์ (Precision)

ในการศึกษาความแม่นยำในการวิเคราะห์ศึกษาโดยใช้สภาวะการทดลองตามสภาวะเหมาะสมที่ได้จากการทดลองข้อ 2.4.2.2 (ก.) 2.4.4 และ 2.4.5 กล่าวคือ อุณหภูมิหัวฉีด คอลัมน์ และตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีเท่ากับ 135, 180 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าที่ให้กับวงจรตัวตรวจวัด 110 มิลลิแอมแปร์ อัตราการไหลของแก๊สพาหนิคฮีเลียมเท่ากับ 30 มิลลิลิตรต่อนาทีที่ศึกษาความแม่นยำโดย ใช้แก๊สมาตรฐานมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 113.99 ppmv 352.68 ppmv และ 91.31 ppmv ตามลำดับ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี 14 A แต่ละชนิดจำนวน 25 ครั้ง วัดค่าพื้นที่ที่ได้พีค เพื่อนำไปคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากพื้นที่ที่ได้พีค

2.4.7 ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (Limit of Detection) ของการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์ที่มีสแตชันนารีเฟสชนิดคาร์บอนโมเลกูลาร์ซีฟแบบแยกวิเคราะห์แก๊สแต่ละชนิดและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดของแก๊สเรือนกระจกโดยตั้งสภาวะการทดลองที่สภาวะที่เหมาะสมตามข้อ 2.4.6 กำหนดค่าสัญญาณต่ำสุดที่เครื่องคิดเป็นสัญญาณที่ต่ำกว่า 0 (Minimum Area = 0) และตั้งค่ากำลังขยายสัญญาณสูงสุด หากค่าพื้นที่เฉลี่ยของสัญญาณรบกวน โดยใช้แก๊สฮีเลียมบริสุทธิ์ (Pure Helium 99.9%) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร (ใช้เป็นแบลงค์ (blank) ในขั้นตอนเจือจางแก๊สเรือนกระจกมาตรฐานให้มีความเข้มข้นตามต้องการ) ฉีดเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี จำนวน 30 ครั้ง วัดพื้นที่ที่ได้พีคในช่วงที่พีคแก๊สเรือนกระจกทั้งสาม (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และ ไนตรัสออกไซด์) ปรากฏ ซึ่งเป็นค่าการตอบสนองของค่าสัญญาณแบลงค์ (X_B) แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นค่าการตอบสนองของสัญญาณแบลงค์เฉลี่ย (\bar{X}_B) ซึ่งคิดเป็นสัญญาณรบกวน (noise) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสัญญาณแบลงค์ (σ_B) นำค่าตัวแปรต่างๆที่ได้ไปแทนลงในสมการ $X_L = \bar{X}_B + k\sigma_B$ เพื่อหาค่าการตอบสนองของสัญญาณรบกวนที่น้อยที่สุด (X_L) เมื่อกำหนดให้ σ_B มีการกระจายตัวแบบ normal distribution โดย $X_L = 3\sigma_B$ แล้วจึงนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of detection concentration value; C_L) ตามวิธีของ IUPAC ซึ่งคำนวณความเข้มข้นได้จาก IUPAC Model ดังสมการ

$$C_L = kS_B/m$$

- เมื่อ C_L = ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้
 k = ระดับความเชื่อมั่น เมื่อ $k=3$ ระดับความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 99.86 %
 S_B = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณแบลด์จ็ ในการทดลองจำนวน n_B
 m = ความชันหรือสภาพไววิเคราะห์

จากสมการกราฟมาตรฐาน เมื่อค่าความชันหรือสภาพไววิเคราะห์ (m) ของแก๊สมีเทนเท่ากับ 0.4003 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1.7895 และแก๊สไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 1.6691 เมื่อ $k = 3$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสัญญาณแบลด์จ็ (S_B) จากการทดลอง 30 ครั้งมีค่าเท่ากับ 20.38 แทนตัวแปรค่าต่างๆไปในสมการ IUPAC Model กำหนดค่าความเข้มข้นต่ำสุดของแก๊สมีเทนได้เท่ากับ 152.73 ppmv แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 34.17 ppmv และแก๊สไนตรัสออกไซด์ 36.63 ppmv เตรียมแก๊สมาตรฐานเรือนกระจกแต่ละชนิดตามความเข้มข้นที่กำหนดได้ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเพื่อตรวจสอบว่าสามารถวิเคราะห์ได้จริงที่ความเข้มข้นนั้น

2.4.8 ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (Limit of Detection) ของการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกจากแก๊สมาตรฐานผสมทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์ที่มีสเตชันเนรีเฟสชนิดคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักทีวิตี

ศึกษาขีดจำกัดทางการตรวจวัดจากแก๊สมาตรฐานผสมทั้งสามชนิดทดลองโดยตั้งสภาวะการทดลองที่สภาวะเหมาะสมตามข้อ 2.4.6 กำหนดค่าสัญญาณต่ำสุดที่เครื่องตรวจวัดและคิดเป็นสัญญาณฟีดเท่ากับ 0 เริ่มทดลองจากแก๊สมาตรฐานผสมมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์จาก ความเข้มข้นเป็น 1367.63 ppmv 1370.37 ppmv และ 1364.88 ppmv ตามลำดับ ฉีดเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร สังเกตค่าสัญญาณได้ฟีด ทำการทดลองต่อโดยเจือจางแก๊สมาตรฐานผสมด้วยแก๊สฮีเลียมบริสุทธิ์ที่ละน้อย แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ทำการทดลองในลักษณะเดียวกันจนกระทั่งค่าสัญญาณพื้นที่ใต้พีคของแก๊สมาตรฐานผสมแต่ละชนิดมีค่าเป็นสามเท่าของค่าสัญญาณรบกวน ค่าความเข้มข้นที่ให้พื้นที่ใต้พีคเป็นสามเท่าของสัญญาณรบกวนนี้ ถือเป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้

2.4.9 ศึกษาช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรง (Linear Range) ของการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์ที่มีสแตชันเนรีเฟสชนิดคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

ศึกษาช่วงความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดที่ให้ผลการตอบสนองเป็นเส้นตรงโดยนำแก๊สมาตรฐานมีเทนความเข้มข้น 19.76 ppmv เตรียมในขวดแก้วไอขนาด 60 มิลลิลิตร ปิดแน่นด้วยจุกยางและอลูมิเนียม ใช้ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร วิเคราะห์โดยใช้สภาวะการทดลองที่สภาวะเหมาะสมตามข้อ 2.4.6 โดยตั้งค่าสัญญาณต่ำสุดที่เครื่องคิดเป็นพื้นที่ใต้พีคเท่ากับ 100 วัตค่าพื้นที่ใต้พีคที่ปรากฏ จากนั้นค่อยๆเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานมีเทนลงไปในช่วงแก้วใบเดิม และนำไปวิเคราะห์ภายในสภาวะการทดลองเดิม วัตค่าพื้นที่ใต้พีค นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของแก๊สมีเทน กับ ค่าสัญญาณที่ตรวจวัดได้ ทำการทดลองเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกระทั่งกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวมีการเบี่ยงเบนไปจากความเป็นเส้นตรง

กรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ ก็ทำการทดลองเช่นเดียวกัน โดยเริ่มใช้แก๊สมาตรฐานจากความเข้มข้น 34.30 และ 10.13 ppmv ตามลำดับ

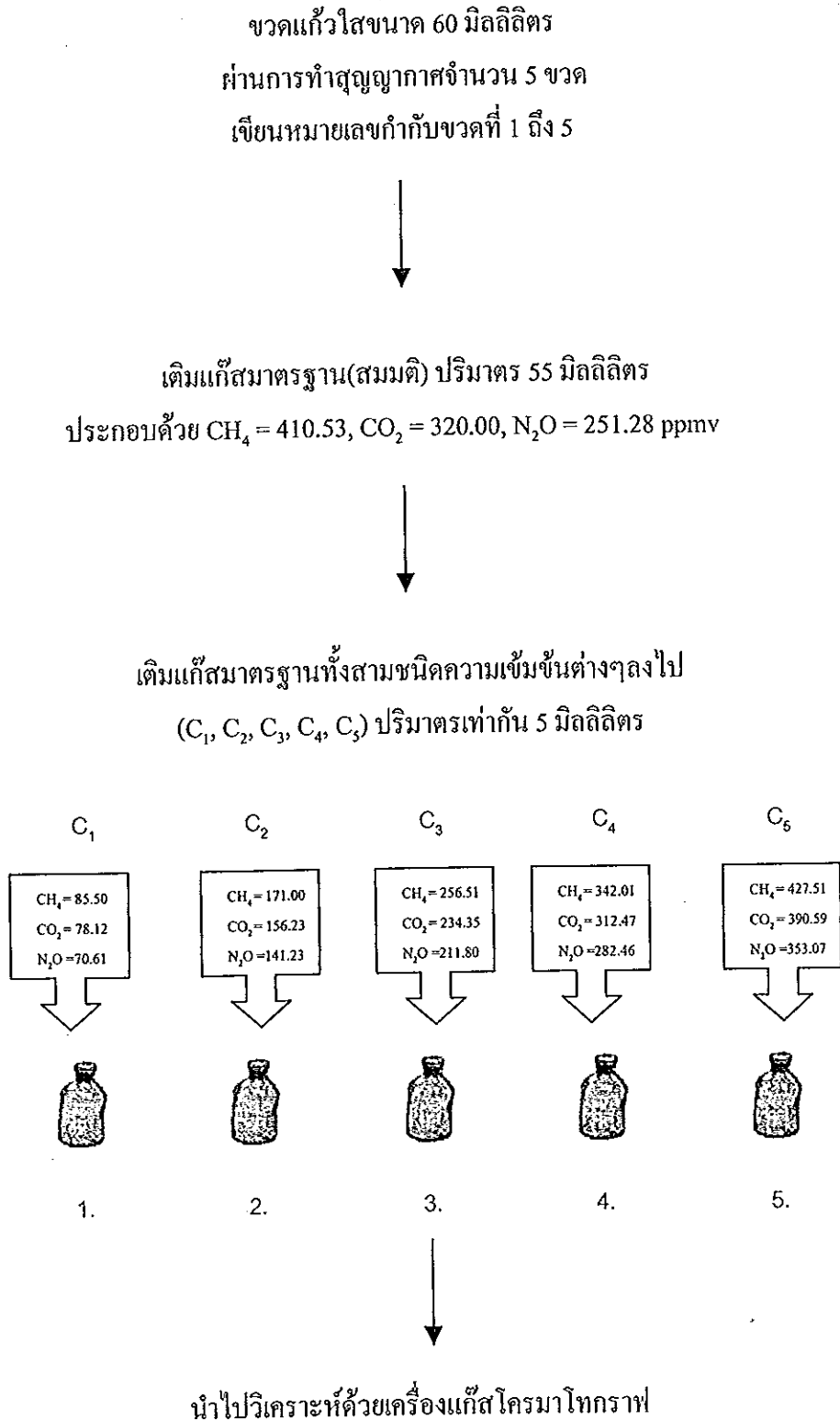
2.4.10 ศึกษาประสิทธิภาพของจุกยางในการถ่ายโอนแก๊สตัวอย่างจากขวดแก้วไอเพื่อนำไปวิเคราะห์แล้วทำให้ค่าความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไป

ทดสอบประสิทธิภาพของจุกยางที่ใช้สำหรับปิดขวดแก้วเก็บแก๊สตัวอย่าง จุกยางที่ใช้มีพื้นที่ที่สามารถใช้เข็มเจาะได้คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมด 13 ตารางมิลลิเมตร โดยทดลองกับแก๊สมาตรฐานเรือนกระจกทั้งสามชนิด นำแก๊สมาตรฐานมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 653.31 ppmv 1779.52 ppmv และ 1788.91 ppmv ตามลำดับ ใช้เข็มชนิดฉีดแก๊สตัวอย่างนำแก๊สแต่ละชนิดไปฉีดปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ โดยใช้สภาวะการทดลองที่สภาวะเหมาะสมตามข้อ 2.4.6 บันทึกค่าพื้นที่ใต้พีค นำข้อมูลดังกล่าวไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่ทดลองกับพื้นที่ใต้พีค พิจารณาพื้นที่ใต้พีคที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาจำนวนครั้งสูงสุดที่สามารถใช้เข็มเจาะได้ของแก๊สทั้งสามชนิด

2.4.11 ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจก (จากแก๊สตัวอย่างสมมติ) ด้วยวิธีการเติม แก๊สมาตรฐาน (Standard Addition)

ตั้งสภาวะการทดลองที่สภาวะเหมาะสมตามข้อ 2.4.6 เตรียมขวดแก้วใสขนาด 60 มิลลิลิตรที่ผ่านการทำสุญญากาศแล้วจำนวน 5 ขวด นำแต่ละขวดมาเติมแก๊สที่มีความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานมีเทน มีความเข้มข้นเท่ากับ 410.53 ppmv คาร์บอนไดออกไซด์ 320.00 ppmv และ ไนตรัสออกไซด์ 251.28 ppmv ปริมาตร 55 มิลลิลิตร ใช้เป็นตัวอย่างสมมติ นำแก๊สตัวอย่างที่เตรียมขึ้นมาเติมแก๊สมาตรฐานทั้งสามชนิดที่มีความเข้มข้นต่างกันไป (C_1 , C_2 , C_3 , C_4 และ C_5) จำนวนปริมาตรเท่าๆกันคือ 5 มิลลิลิตร (โดยความเข้มข้น C_1 ที่เติมลงไปนั้นจะต้องมีค่ามากกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้) เมื่อ $C_1=85.50$, $C_2=171.00$, $C_3=256.51$, $C_4=342.01$ และ $C_5=427.51$ ppmv สำหรับแก๊สมีเทน เมื่อ $C_1=78.12$, $C_2=156.23$, $C_3=234.35$, $C_4=312.47$ และ $C_5=390.59$ ppmv สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และ เมื่อ $C_1=70.61$, $C_2=141.23$, $C_3=211.84$, $C_4=282.46$ และ $C_5=353.07$ ppmv สำหรับแก๊สไนตรัสออกไซด์ นำแก๊สตัวอย่างที่เตรียมขึ้นทั้งหมดไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A ดังแผนภาพที่ 1 บันทึกพื้นที่ที่ได้พีค แล้วนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่เติมลงไป ความเข้มข้นของแก๊สตัวอย่างสมมติหาได้จากการประมาณค่า (extrapolating) ไปตัดแกนความเข้มข้น (แกน X)

แผนภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณแก๊สตัวอย่างด้วยวิธีเติมแก๊สมาตรฐาน



2.4.12 ศึกษาสถานะและทำการทดลองซ้ำตามสถานะการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ แต่ละชนิดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง

2.4.12.1 กรณีแก๊สมีเทน

ทำการทดลองซ้ำตามสถานะการทดลองของ ขวัญจิต ฮกทา (ขวัญจิต ฮกทา, 2541) โดยใช้ คอลัมน์สแตนเลสขนาด 1/8 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร บรรจุสแตนเนรีเฟสชนิด โมเลกุลาร์ซีฟชนิด 5A ขนาด 80-100 เมช อุณหภูมิที่ให้กับคอลัมน์ หัวฉีด และตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนซ์เซชัน เป็น 70, 70 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A อัตราการไหลของ แก๊สพาชนิดไนโตรเจน 20 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 30 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรฉีด 1.0 มิลลิลิตร

2.4.12.2 กรณีแก๊скарบอนไดออกไซด์

ทำการทดลองซ้ำตามสถานะการทดลองของ อรสา ขันการ (อรสา ขันการ, 2536) โดยใช้ คอลัมน์สแตนเลสขนาด 1/8 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร บรรจุสแตนเนรีเฟสชนิด โพรพาแกคทีว ขนาด 80-100 เมช อุณหภูมิที่ให้กับคอลัมน์ หัวฉีด และตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี เป็น 95, 100 และ 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าที่ให้แก่วงจรตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตีเป็น 70 มิลลิแอมแปร์ วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 B อัตราการไหลของแก๊สพาชนิดไนโตรเจน 15 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรฉีด 1.0 มิลลิลิตร

2.4.12.3 กรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์

ทำการทดลองซ้ำตามสถานะการทดลองของ ขวัญจิต ฮกทา (ขวัญจิต ฮกทา, 2541) โดยใช้ คอลัมน์สแตนเลส ขนาด 1/8 นิ้ว ยาว 2.0 เมตร บรรจุสแตนเนรีเฟสชนิด โมเลกุลาร์ซีฟชนิด 5A ขนาด 60-80 เมช อุณหภูมิที่ให้กับคอลัมน์ หัวฉีด และตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์เป็น 240, 180 และ 320 องศาเซลเซียส ตามลำดับ วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 B อัตราการไหลของ แก๊สพาชนิดไนโตรเจน 25 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรฉีด 1.0 มิลลิลิตร

หลังจากศึกษาสภาวะต่างๆ ที่ทำการทดลองซ้ำแล้วนั้น ก็จะทดลองสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณของแก๊สตัวอย่างเรือนกระจก ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟโดยตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะของแก๊สแต่ละชนิดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างชุดเดียวกันที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเดิมแก่มาตรฐาน

2.4.13 ศึกษาแฟกเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัด (Detector response factors, R) ของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดที่มีต่อตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

หาค่าแฟกเตอร์ของสัญญาณการตอบสนอง (response factors) ของตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี ศึกษาโดยเตรียมแก๊สมาตรฐานเรือนกระจกที่มีแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากันคือ 920.00 ppmv และผสมกันอยู่ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ โดยตั้งสภาวะการทดลองที่สภาวะเหมาะสมตามข้อ 2.4.6 ทำการทดลองและบันทึกค่าพื้นที่ใต้พีคของแก๊สเรือนกระจกทั้งสาม เมื่อกำหนดให้แก๊สตัวใดตัวหนึ่งเป็นนอร์ม (norm) คือ มีค่า $R=1.00$ นำค่าพื้นที่ใต้พีคที่ได้ไปคำนวณค่าแฟกเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัดสัมพัทธ์ของแก๊สแต่ละชนิด

2.4.14 วิเคราะห์ความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดจากแหล่งเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐานและเปรียบเทียบผลกับการวิเคราะห์แก๊สแต่ละชนิดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง

วิเคราะห์ปริมาณของแก๊สตัวอย่างแก๊สเรือนกระจกโดยอาศัยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน นำมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณแก๊สตัวอย่างที่เก็บมาจากสอง 2 วิธี คือตัวอย่างแก๊สเรือนกระจกที่เก็บจากแหล่งเก็บตัวอย่าง โดยให้แซมเบอร์และตัวอย่างแก๊สเรือนกระจกที่เก็บด้วยวิธีบับเบิล ตัวอย่างแก๊สจากแปลงข้าวโพดที่เก็บด้วยด้วยเทคนิคแซมเบอร์แบบปิดแก๊สตัวอย่างจะถูกเก็บไว้ในขวดแก้วใสขนาด 60 มิลลิลิตร ที่ผ่านการทำสุญญากาศแล้ว โดยแต่ละช่วงเวลาจะเก็บตัวอย่างจำนวน 6 ขวด (วิธีเก็บดังข้อ 2.3.6) นำไปวิเคราะห์ปริมาณแบบเติมแก๊สมาตรฐานจำนวน 5 ขวด และเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์แยกด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะเพื่อนำไปเปรียบเทียบความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้เมื่อใช้ตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงอีก 1 ขวด นำตัวอย่างแก๊สเรือนกระจกแต่ละชุดมาเติมแก๊สมาตรฐานทั้งสามชนิดที่มีความเข้มข้นต่างๆกันลงไป ปริมาตรที่เท่าๆกัน แต่ความเข้มข้นจะต้องมีค่ามากกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ นำแก๊สตัวอย่างที่ผ่านการเติมแก๊สมาตรฐานผสมทั้งหมดไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟด้วยสถานะการทดลองที่สถานะเหมาะสมตามข้อ 2.4.6 บันทึกค่าพื้นที่ใต้พีคที่ตรวจวัดได้ แล้วนำไปเขียนกราฟกับความเข้มข้นที่เติมลงไป หากค่าความเข้มข้นของแก๊สตัวอย่างจากแปลงข้าวโพดที่เวลาต่างๆกันโดยการประมาณค่าไปตัดแกนความเข้มข้น นำแก๊สตัวอย่างที่เก็บไว้อีก 1 ขวด ไปตรวจวัดปริมาณแก๊สแต่ละชนิดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟเมื่อใช้ตัวตรวจวัดแบบมีจำเพาะสูงตามสถานะการทดลองในข้อ 2.4.12.1 2.4.12.2 และ 2.4.12.3 ตามลำดับ เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่หาได้จากทั้งสองวิธีเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ กรณีแก๊สตัวอย่างที่เก็บจากแปลงนาข้าวและอุทยานภูเขาคอนนอกซึ่งเก็บตัวอย่างด้วยวิธีบับเบิลทำการทดลองในลักษณะเดียวกัน

บทที่ 3

ผลและการอภิปรายผล

3.1 ศึกษาการเก็บตัวอย่างแก๊สเรือนกระจก (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์) โดยเทคนิคแอมเบอร์แบบปิดและแบบเปิด

3.1.1 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

ในการเลือกจุดเก็บตัวอย่างจะพิจารณาจากลักษณะของพื้นที่โดยรวม โดยเน้นลักษณะของระบบนิเวศน์ที่แตกต่างกันได้แก่ พืชพันธุ์ในบริเวณที่เก็บทั้งบริเวณพื้นดิน ได้แก่ แปลงข้าวโพด และในน้ำ ได้แก่ จากนาข้าวและอุทยานกูด บริเวณที่เก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3 ลักษณะทั่วไปของสถานี A เป็นบริเวณที่อยู่เหนือระดับน้ำและเพาะปลูกข้าวโพด จัดเป็นพื้นที่ที่มีผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์โดยตรงเนื่องจาก ข้าวโพดได้รับการดูแลตั้งแต่ระยะก่อนปลูกโดยการไถพรวนดิน เมื่อเริ่มปลูกข้าวโพดก็มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย รดน้ำ ข้าวโพดที่ปลูกจะได้รับการดูแลจนกระทั่งสามารถเก็บเกี่ยวผลนำไปขายได้ ส่วนของต้นข้าวโพดที่เหลืออยู่ก็จะตัดให้มีขนาดเล็กพอประมาณปล่อยให้ตายทับถมกันกลายเป็นปุ๋ยแก่ดิน ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกจะมีผลต่อปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดในช่วงที่แตกต่างกัน (Chen และคณะ, 1990, 1992) คือ ช่วงที่เพาะปลูกและไถพรวนดินจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วงที่ใส่ปุ๋ยก็จะมีผลต่อปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์ (Chen และคณะ, 1995) และช่วงที่ต้นข้าวโพดตายทับถมกันจะมีผลต่อปริมาณแก๊สมีเทนเป็นอย่างมาก ตัวอย่างแก๊สที่เก็บจากสถานีนี้ใช้วิธีแอมเบอร์แบบปิด ส่วนสถานี B₁, B₂ และ C จะมีความคล้ายคลึงกันเนื่องจากเก็บตัวอย่างแก๊สที่อยู่ใต้ผิวน้ำ สถานี B₁ และ B₂ เป็นบริเวณเพาะปลูกข้าว ต้นข้าวจัดเป็นพืชที่เป็นแหล่งผลิตแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญมากชนิดหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ แก๊สมีเทน (Yagi และ Minami, 1990; Lindau และคณะ, 1990; Wada และคณะ, 1991; Miura และ Kanno, 1997; Nugroho และคณะ, 1997; Yue และคณะ, 1997; Wang และคณะ, 1997; Yuan และ Cai, 1997; Nene และคณะ, 1997; Sass และคณะ, 1997; Koyama และคณะ, 1997; Kesheng และ Zhen, 1997; Kanno และคณะ, 1997; Kimura, 1997) เนื่องจากต้นข้าวเองมีลักษณะโครงสร้างเฉพาะตัวที่แตกต่างไปจากต้นไม้อื่นๆ คือ ความสามารถในการขอมให้ของเหลวไหลซึมออกมาจากราก

(root exudation) กับ การพัฒนาของอินเตอร์เซลล์ลาร์แอร์สเปซ (intercellular air space) ที่เรียกว่า อะเร็นไคมา (aerenchyma) ที่อยู่ในส่วนตา รอยต่อของใบ ยอด และราก ของต้นข้าวที่มีผลต่อปริมาณ แก๊สที่มีเทนมากเพราะว่าส่วนต่างๆเหล่านี้ทำหน้าที่ขนส่งแก๊สจากช่องว่างในพื้นดิน (bulk soil) ไปสู่บรรยากาศเหนือพื้นดิน (Kludze และคณะ, 1993) นอกจากนี้พบว่าพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกและระยะเวลาเจริญเติบโตในช่วงต่างๆ และก็มีผลต่อปริมาณแก๊สที่มีเทนที่ปลดปล่อย (Nugroho และคณะ, 1997) จำนวนหน่อต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรก็มีผลต่อปริมาณแก๊สที่ปลดปล่อยอีกเช่นกัน (Mariko และคณะ, 1991) ในกรณีนาข้าวนี้จะพบดินทั้งสองสภาวะ คือทั้งสภาวะรีดักชันและออกซิเดชันโดยขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเพาะปลูก สถานี B ถูกเลือกนำมาศึกษาเพราะปริมาณความต้องการข้าวในอนาคตเพิ่มขึ้นมากเนื่องจากมีประชากรเพิ่มจำนวนมากขึ้น (Sass และ Fisher, 1997) และประเทศไทยจัดเป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวส่งออกที่สำคัญประเทศหนึ่งด้วย จึงศึกษาปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากนาข้าว ส่วนสถานี C เป็นพื้นที่ที่จัดได้ว่าได้รับผลกระทบจากมนุษย์น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสถานี A และ B (B_1 และ B_2) โดยสถานี C ต่ออยู่กับทะเลสาบสงขลา แต่น้ำไม่ค่อยมีการหมุนเวียนจึงทำให้มีลักษณะคล้ายบึงใหญ่ น้ำมีสีคล้ำ เป็นที่อยู่ของหอยเชอร์รี่เป็นจำนวนมาก ที่ซึ่งเจริญเติบโตส่วนมากจะเป็นนก และสาหร่าย

ทั้งสถานี B และ C เก็บตัวอย่างแก๊สด้วยวิธีบับเบิลหรือให้แก๊สแทนที่น้ำในระบบบ่อ(ท่อ)ปิดจากการรบกวนให้ดินปลดปล่อยแก๊สเหล่านั้นขึ้นมา เนื่องจากแก๊สเหล่านี้มีความสามารถในการละลายน้ำไม่สูงนักโดยเฉพาะแก๊สมีเทน จึงมักอยู่ในรูปฟองอากาศ (bubble) และพยายามที่จะเคลื่อนที่สู่บรรยากาศในที่สุด (Wada, 1991) จึงเก็บฟองอากาศเหล่านั้นด้วยอุปกรณ์สำหรับเก็บฟองแก๊สก่อนที่ฟองแก๊สจะลอยสู่ผิวน้ำ วิธีการเก็บตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 10



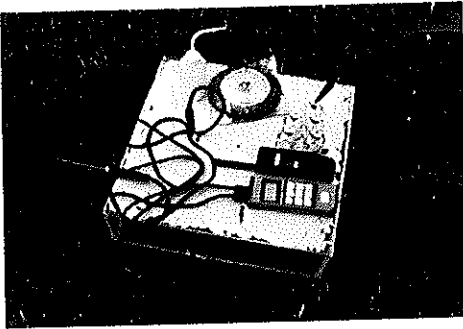
รูปที่ 10 แสดงวิธีนำตัวอย่างแก๊สออกจากระบบบ่อ(ท่อ)ปิดที่ได้จากการแทนที่น้ำ

3.1.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับวิธีบีบเปิดหรือแก๊สแทนที่น้ำในกระบอก(ท่อ)ปิด

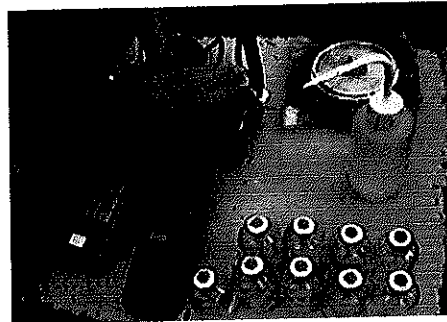
ท่อพลาสติกที่ใช้เป็นชนิดใสมองเห็นระดับน้ำภายในท่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1.8 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 เซนติเมตร ยาว 1.15 เมตร ส่วนกรวยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.5 เซนติเมตร เลือกใช้ชนิดหนาประมาณ 0.3 มิลลิเมตร ใช้ประกอบกับท่อพลาสติกเพราะว่าสามารถทนต่อแรงดันน้ำและแรงกดในขณะที่เก็บตัวอย่างได้สูง สามารถทนต่อความร้อนในขั้นตอนหลอมเพื่อต่อเข้ากับข้อต่อพีวีซีได้ ซึ่งการหลอมและต่อด้วยความร้อนนี้จะทำให้กรวยเชื่อมต่อกับข้อต่อได้สนิทไม่มีรอยรั่วของแก๊สจริงๆ นอกจากนี้ยังสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของปากกรวยให้เหมาะสมกับระดับน้ำที่มีในแหล่งเก็บตัวอย่างเพื่อให้สะดวกต่อการเติมน้ำให้เต็มก่อนจะเก็บตัวอย่างแก๊ส ท่อพลาสติกที่นำมาใช้เป็นชนิดใส มองเห็นระดับน้ำ และฟองอากาศที่อยู่ภายในท่อปิดได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาตรและจำนวนของตัวอย่างแก๊สที่ต้องการเก็บ ท่อพลาสติกที่ใช้ต้องมีความแข็งแรงและสามารถต้านแรงดันน้ำขณะเก็บตัวอย่างได้ ปลายด้านหนึ่งจะหลอมด้วยความร้อนต่อเข้ากับข้อต่อเกลียวที่รองรับข้อต่อส่วนที่อยู่ปลายกรวย พันด้วยเทฟลอนเพื่อให้แน่นและกันการรั่วไหลก่อนใช้ และส่วนปลายอีกด้านหนึ่งถูกปิดให้แน่นด้วยเชบดัม ซึ่งแก๊สตัวอย่างที่ถูกแทนที่น้ำแล้วจะนำออกมาจากท่อทางปลายด้านนี้ด้วยเข็มชนิดวาล์ว 3 ทาง อุปกรณ์เก็บตัวอย่างด้วยวิธีบีบเปิดก่อนจะใช้ต้องตรวจสอบตำแหน่งรอยเชื่อมต่อก่อนใช้ทุกครั้งเพื่อป้องกันการรั่วไหล และต้องล้างทำความสะอาดก่อนใช้ทุกครั้ง ป้องกันไม่ให้มีดินหรือโคลนเกาะติดอยู่ตามผิวของกรวยหรือท่อพลาสติก เนื่องจากดินและโคลนสามารถจะดูดซับแก๊สไว้ได้บางส่วน

3.1.3 การเตรียมแชนเบอร์แบบปิดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสสำหรับเก็บตัวอย่างแก๊สบริเวณผิวดิน

วัสดุที่เลือกนำมาประกอบเป็นแชนเบอร์ขนาด 45 x 45 x 15 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ใช้พลาสติกอะคริลิกหนา 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากป้องกันการถ่ายเทแก๊สภายในแฮตสเปซออกไปสู่ภายนอก มีความแข็งแรงทนต่อการเคลื่อนย้าย ไม่เปราะแตกง่ายจนเกินไป ด้านบนของแชนเบอร์จะปิดด้วยกระดาษกาวช่วยบังแดดป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมความร้อนภายในแชนเบอร์ ก่อนใช้ต้องตรวจสอบรอยเชื่อมหรือตะเข็บของแชนเบอร์ทุกครั้ง ลักษณะแชนเบอร์ที่ติดตั้งเสร็จพร้อมใช้และวิธีการเก็บดังแสดงในรูปที่ 11 ก และ 11 ข ตามลำดับ



ก.



ข.

รูปที่ 11 ก แสดงลักษณะของแชนเบอร์ที่ติดตั้งเสร็จพร้อมใช้เก็บตัวอย่าง

11 ข แสดงวิธีการเก็บแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยจากผิวน้ำดินและอยู่ภายในแฮตสเปซของแชนเบอร์

บริเวณฐานอะลูมิเนียมของแชมเบอร์มีลักษณะเป็นร่องลึกประมาณ 1.5 เซนติเมตร ภายในร่องนี้ ต้องหล่อด้วยน้ำตลอดเวลาที่เริ่มวางแชมเบอร์ลงไปบนฐาน เป็นการปิดระบบ (sealed) เพื่อป้องกันไม่ให้แก๊สถ่ายเทไปมาระหว่างภายนอกและภายในแชมเบอร์ แชมเบอร์ที่นำมาใช้ต้องทำความสะอาดดินหรือโคลนที่อาจติดอยู่ภายในแชมเบอร์ในระหว่างการขนย้ายทุกครั้งเพื่อให้ปริมาตรภายในของแชมเบอร์คงที่ตลอดการทดลองและป้องกันการดูดซับแก๊ส

การเก็บตัวอย่างแก๊สใช้เข็มฉีดยาที่มีปริมาตร 60 มิลลิลิตรซึ่งต่อด้วยวาล์ว 3 ทาง หรือใช้เข็มสองทางก็พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกันดังการทดลองของ ขวัญจิต สกทา (ขวัญจิต สกทา, 2541) โดยเมื่อใช้เข็มสองทางจะเสียบเข็มที่ต่อเข้ากับขวดเก็บตัวอย่างสุญญากาศโดยจับเวลาทิ้งไว้ 10 วินาที เท่ากันทุกขวด

3.2 การวิเคราะห์

3.2.1 ศึกษาชนิดของสเตรนเนรีเฟสที่เหมาะสม ต่อการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์) จากสเตรนเนรีเฟส 2 ชนิด

สเตรนเนรีเฟสที่ศึกษามี 2 ชนิด คือโคไวนิลเบนซีนพอลิเมอร์ซึ่งมีชื่อเรียกทางการค้าว่า HayeSep Q ส่วนสเตรนเนรีเฟสอีกชนิดหนึ่งเป็นแอคทีเวเต็ดคาร์บอน ชนิด คาร์บอน โมเลกุลาร์ซีฟ มีชื่อเรียกทางการค้าว่า Carbosphere แก๊สเรือนกระจกสามารถแยกออกจากกันได้เนื่องจากความสามารถในการดูดซับของแก๊สแต่ละชนิดที่ผิวของตัวดูดซับได้แตกต่างกัน สเตรนเนรีเฟสทั้งสองถูกเลือกนำมาใช้ศึกษาการแยกและหาปริมาณของแก๊สเรือนกระจกเนื่องจากสามารถแยกและตรวจวัดแก๊สได้ครบทั้งสามชนิด คือ แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ จากการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่นานจนเกินไป ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพาเพื่อช่วยเพิ่มสภาพไวให้กับตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักทีวิตีซึ่งเป็นตัวตรวจวัดที่หาได้ทั่วไป

คอลัมน์ทั้งสองชนิดหลังจากบรรจุสเตรนเนรีเฟส และผ่านขั้นตอนของการเตรียมความพร้อมของคอลัมน์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก่อนใช้ต้องนำมาหาสภาวะการทดลองที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการแยกสูงสุด ซึ่งในทางปฏิบัติทำได้จากการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สตัวพากับความสูงของเพลททางทฤษฎี โดยอาศัยหลักการและทฤษฎีของแวนดีมเตอร์

3.2.1.1 ศึกษาสภาวะการทดลองในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจก ด้วยสเตรนเนรีเฟสชนิดโคไวนิลเบนซีนพอลิเมอร์

ก. ศึกษาอัตราเร็วที่เหมาะสมของแก๊สตัวพา (Optimum Flow Rate)

จากผลการทดลองหาอัตราเร็วแก๊สตัวพาที่เหมาะสมเมื่อใช้สเตรนเนรีเฟสชนิด HayeSep Q โดยนำแก๊สมาตรฐานมีเทน ความเข้มข้น 657.37 ppmv แก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์ 261.84 ppmv และแก๊สมาตรฐานไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 460.40 ppmv ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A โดยตั้งสภาวะการทดลองดังตารางที่ 4 และปรับเปลี่ยนอัตราเร็วของแก๊สตัวพาชนิดฮีเลียมเป็น 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ วัดค่ารีเทนชันไทม์ และค่าความกว้างของพีคที่ครึ่งหนึ่งของความสูง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณและเขียนกราฟแวนดีมเตอร์เพื่อหาอัตราเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด พบว่าอัตราเร็วของแก๊สตัวพาที่ให้ค่า HETP ต่ำสุด คือที่อัตราเร็ว 35 มิลลิลิตรต่อนาที

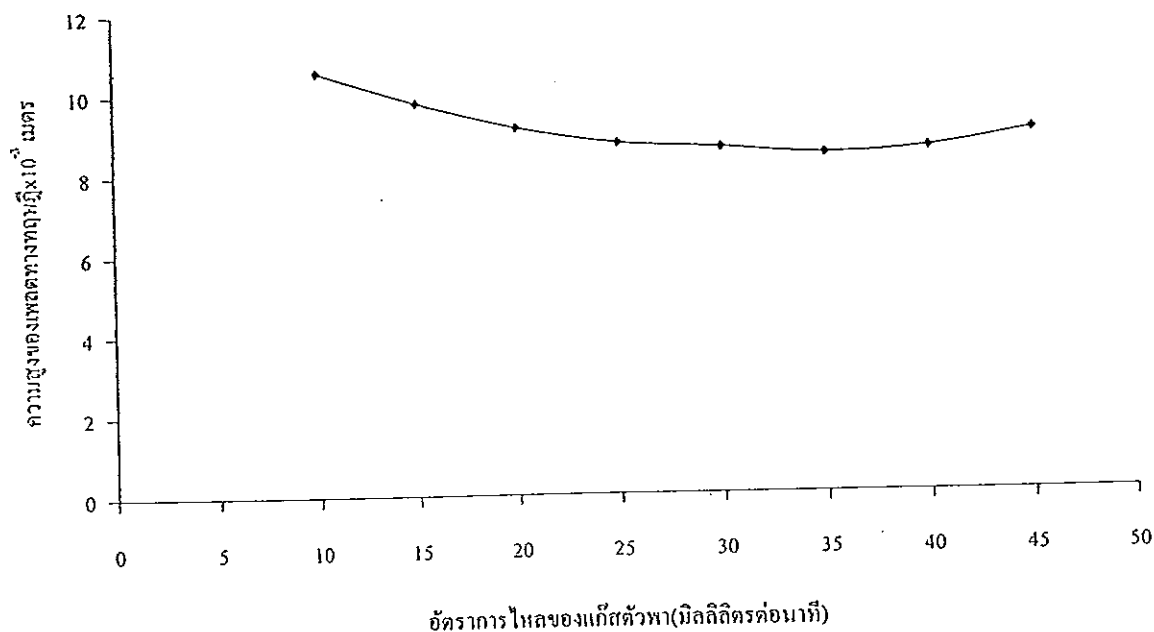
ดังแสดงในตารางที่ 6, 7 และ 8 รูปที่ 12, 13 และ 14 สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และ ไนโตรสออกไซด์ ตามลำดับ รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของหลอดทางทฤษฎีของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของหลอดทางทฤษฎีกรณีแก๊สมีเทน

| อัตราการไหลของแก๊ส (มิลลิลิตรต่อนาที) | ความสูงของหลอดทางทฤษฎี* ($\times 10^{-3}$ เมตร) |
|--|---|
| 10 | 10.57 |
| 15 | 9.78 |
| 20 | 9.15 |
| 25 | 8.74 |
| 30 | 8.61 |
| 35 | 8.42 |
| 40 | 8.56 |
| 45 | 8.97 |

*เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง (%RSD < 1)

รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของเพลตทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สมีเทน

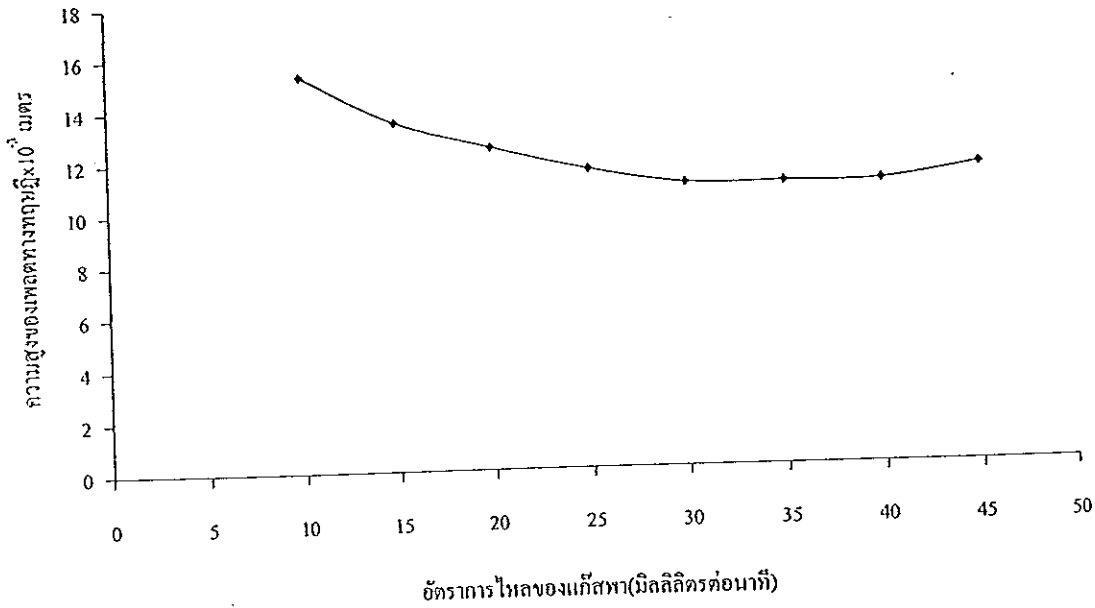


ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของเพลตทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

| อัตราการไหลของแก๊สพา (มิลลิลิตรต่อนาที) | ความสูงของเพลตทางทฤษฎี* ($\times 10^{-3}$ เมตร) |
|--|---|
| 10 | 15.32 |
| 15 | 13.46 |
| 20 | 12.44 |
| 25 | 11.53 |
| 30 | 10.92 |
| 35 | 10.89 |
| 40 | 10.90 |
| 45 | 11.45 |

* เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง (%RSD < 1)

รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ของแก๊สกับความสูงของหลอดทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

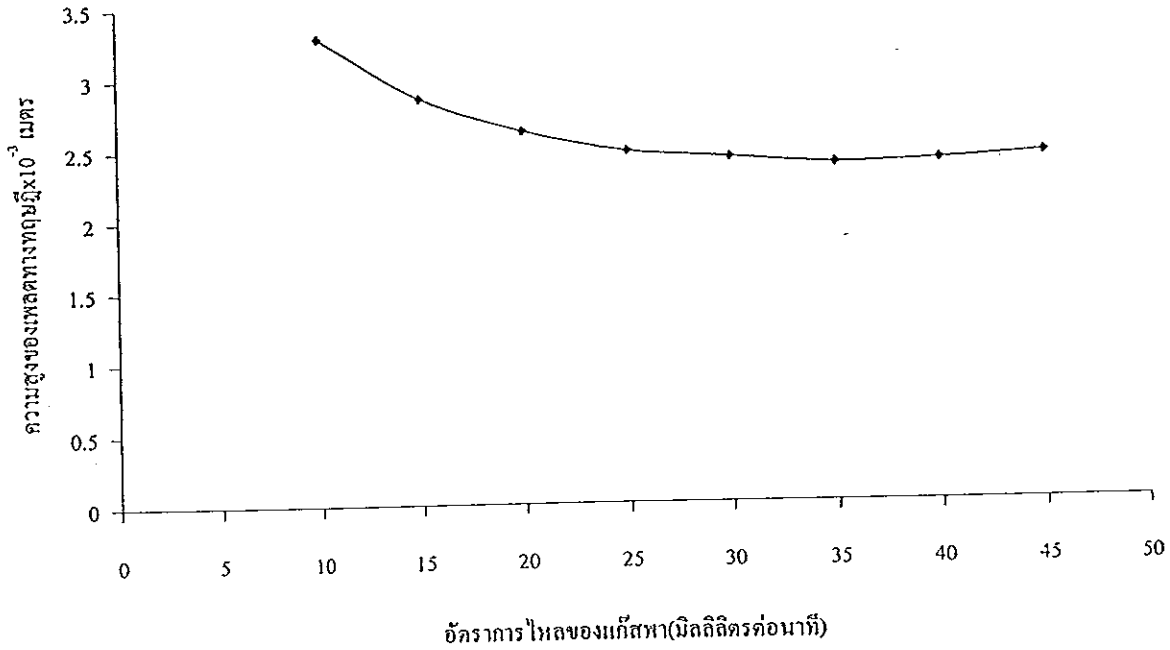


ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ของแก๊สกับความสูงของหลอดทางทฤษฎี
กรณีแก๊สไนโตรเจนออกไซด์

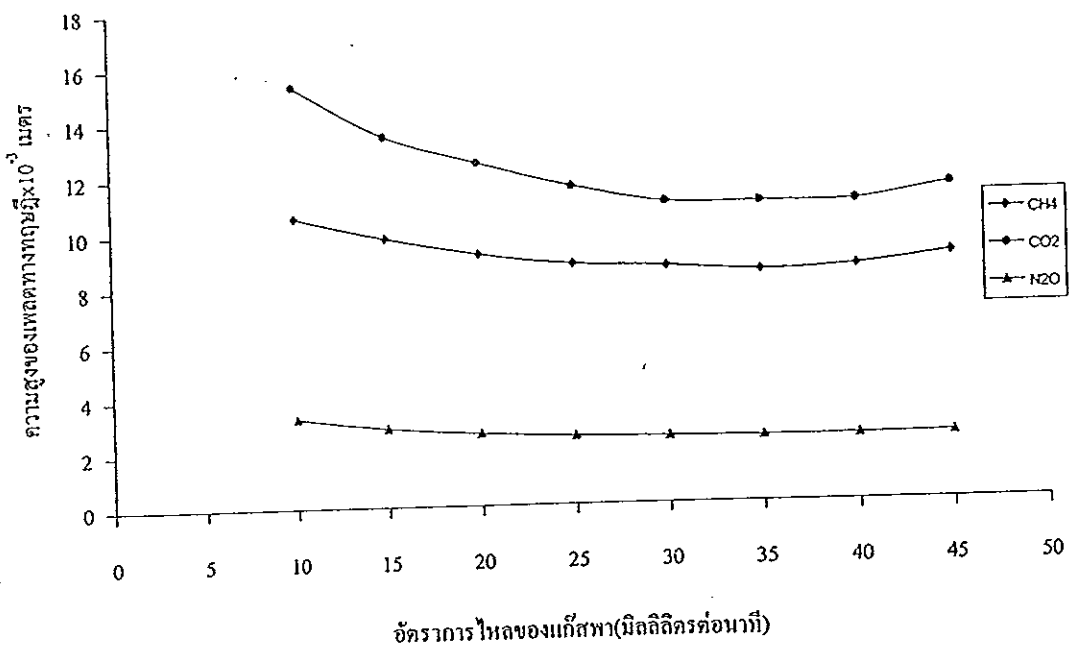
| อัตราการใช้ของแก๊ส (มิลลิลิตรต่อนาที) | ความสูงของหลอดทางทฤษฎี* ($\times 10^3$ เมตร) |
|--|--|
| 10 | 3.29 |
| 15 | 2.86 |
| 20 | 2.62 |
| 25 | 2.47 |
| 30 | 2.42 |
| 35 | 2.37 |
| 40 | 2.39 |
| 45 | 2.43 |

* เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง (%RSD < 1)

รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของหลอดทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สไนโตรเจนออกไซด์



รูปที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของหลอด
ทางทฤษฎีของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด



ข. ศึกษาการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

ในขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพนี้ใช้เข็มชนิด Gas-tight Syringe ซึ่งการฉีดแก๊สเข้าไปในคอลัมน์จะต้องฉีดครั้งเดียวให้ตัวอย่างในเข็มทั้งหมดเข้าไปในคอลัมน์และทำการฉีดอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการเกิด Band Broadening ซึ่งทำให้การแยกไม่ดี เนื่องจากพีคที่ได้ไม่สมมาตร มีหางของพีค (peak tailing) เนื่องจากสารตัวอย่างที่ใช้มีสถานะเป็นแก๊ส ดังนั้นอุณหภูมิของส่วนหัวฉีดที่ตั้งต้องเหมาะสมในที่นี้อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของตัวตรวจวัดจำเป็นต้องมีความร้อนเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดการควบแน่น (condensation) ที่บริเวณตัวตรวจวัดเพราะมีผลต่อค่าสัญญาณที่ได้ ผลการทดลองเชิงคุณภาพเมื่อใช้สภาวะการทดลองข้อ 2.4.2.1 (ข.) ได้ค่ารีเทนชันไทม์ของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เท่ากับ 0.660 ± 0.0014 , 0.721 ± 0.0008 และ 2.302 ± 0.0008 นาที ตามลำดับ

3.2.1.2 ศึกษาสภาวะการทดลองในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกด้วยสแตชันเนรีเฟสชนิด คาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ

ก. ศึกษาอัตราเร็วที่เหมาะสมของแก๊สตัวพา (Optimum Flow Rate)

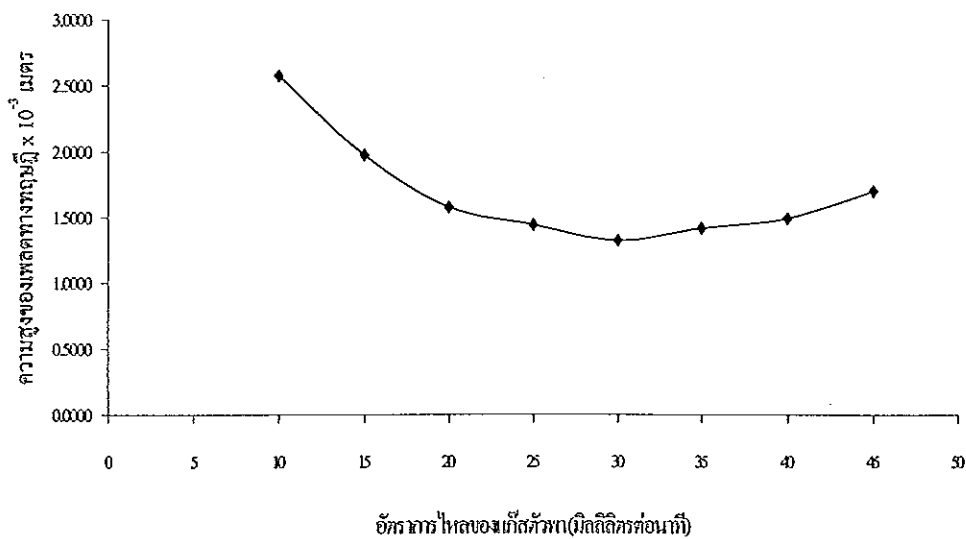
จากผลการทดลองหาอัตราเร็วแก๊สตัวพาที่เหมาะสมเมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere โดยใช้แก๊สมาตรฐานมีเทนความเข้มข้น 657.37 ppmv แก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์ 261.84 ppmv และแก๊สมาตรฐานไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 460.40 ppmv ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี 14 A เมื่อตั้งสภาวะการทดลองดังตารางที่ 5 และปรับอัตราเร็วของแก๊สตัวพานิคอีเลียมเป็น 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ วัดค่ารีเทนชันไทม์ และค่าความกว้างของพีคที่ครึ่งหนึ่งของความสูง จากนั้นนำข้อมูลไปคำนวณและเขียนกราฟแวนดิมเตอร์เพื่อหาอัตราเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด พบว่าอัตราเร็วของแก๊สตัวพาที่ให้ค่า HETP ต่ำสุด คือที่อัตราเร็ว 30 มิลลิลิตรต่อนาที ดังแสดงในตารางที่ 9, 10 และ 11 รูปที่ 16, 17 และ 18 สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ รูปที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของแก๊สพากับความสูงของหลอดทางทฤษฎีของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของหลอดทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สมีเทน

| อัตราการไหลของแก๊สพ (มิลลิลิตรต่อนาที) | ความสูงของหลอดทางทฤษฎี* ($\times 10^{-3}$ เมตร) |
|---|---|
| 10 | 3.31 |
| 15 | 2.33 |
| 20 | 2.01 |
| 25 | 1.82 |
| 30 | 1.60 |
| 35 | 1.81 |
| 40 | 2.00 |
| 45 | 2.20 |

*เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง (%RSD < 2)

รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของ
หลอดทางทฤษฎีกรณีแก๊สมีเทน

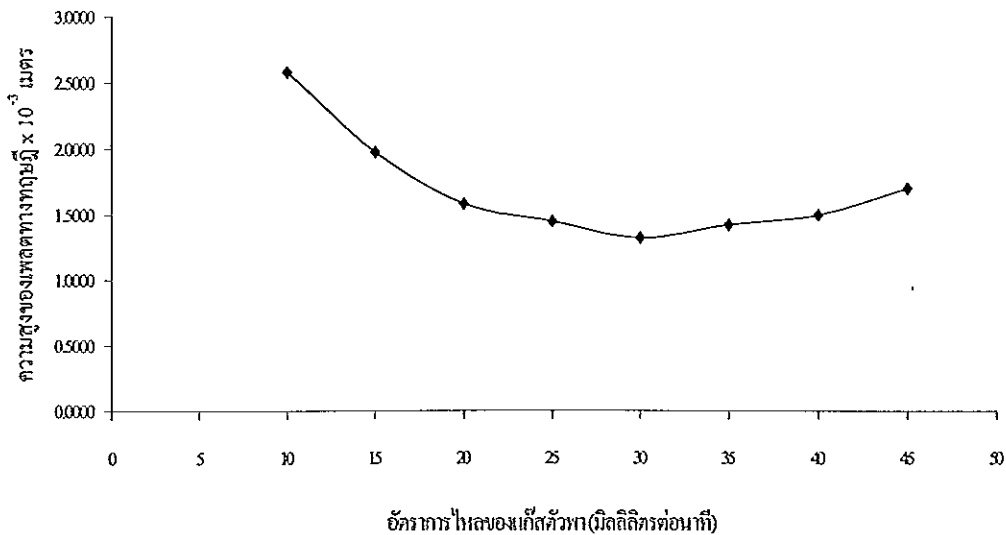


ตารางที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของหลอดทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

| อัตราการไหลของแก๊สพา (มิลลิลิตรต่อนาที) | ความสูงของหลอดทางทฤษฎี* ($\times 10^3$ เมตร) |
|--|--|
| 10 | 2.57 |
| 15 | 1.97 |
| 20 | 1.57 |
| 25 | 1.44 |
| 30 | 1.32 |
| 35 | 1.42 |
| 40 | 1.49 |
| 45 | 1.70 |

*เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง (%RSD <1)

รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของหลอดทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

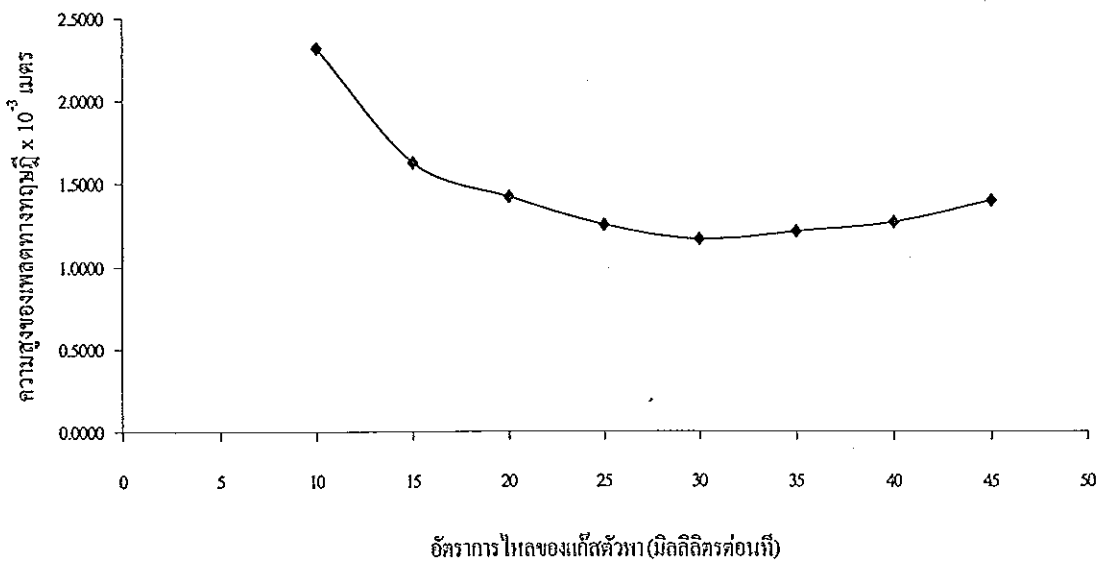


ตารางที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์

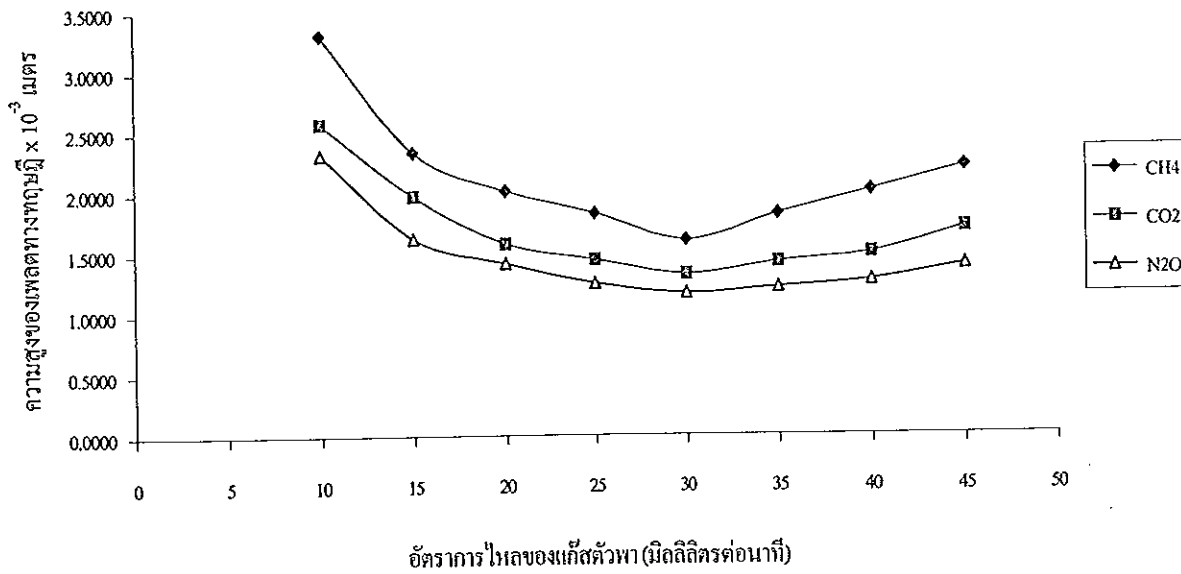
| อัตราการไหลของแก๊สพา (มิลลิลิตรต่อนาที) | ความสูงของเพลตทางทฤษฎี* ($\times 10^{-3}$ เมตร) |
|--|---|
| 10 | 2.31 |
| 15 | 1.62 |
| 20 | 1.42 |
| 25 | 1.25 |
| 30 | 1.16 |
| 35 | 1.21 |
| 40 | 1.26 |
| 45 | 1.39 |

* เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง (%RSD < 2)

รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับค่าความสูงของเพลตทาง
ทฤษฎีกรณีแก๊สไนตรัสออกไซด์



รูปที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สกับความสูงของหลอดทาง
ทฤษฎีของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด



ข. ศึกษาการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

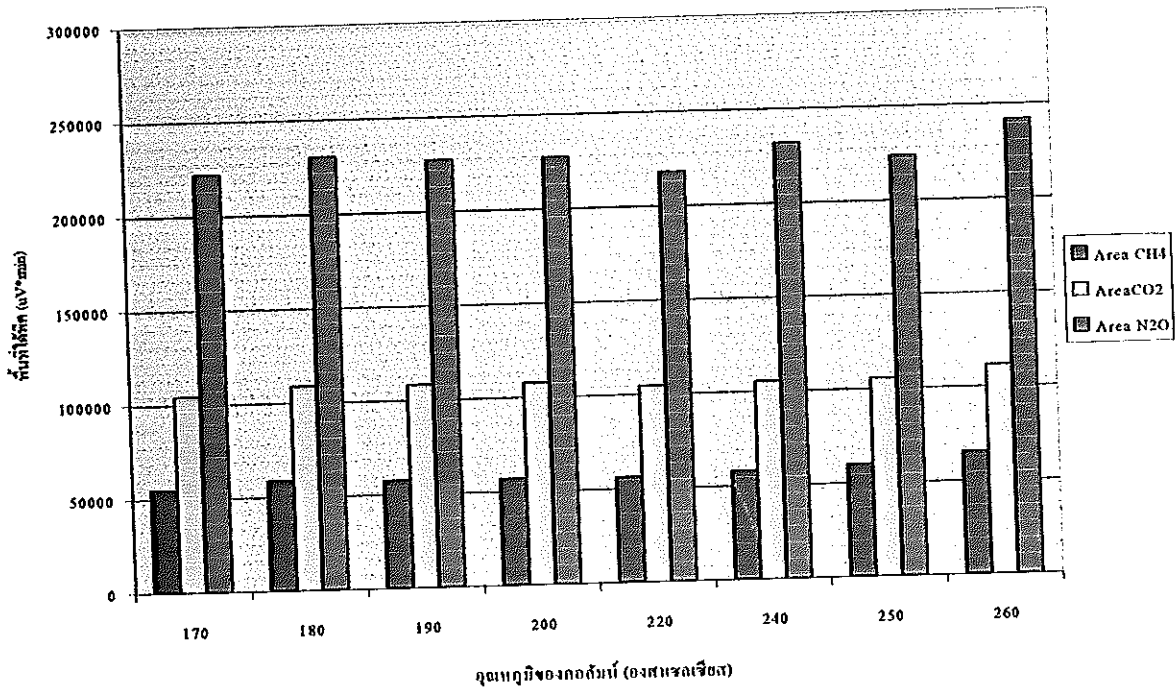
การวิเคราะห์เชิงคุณภาพเมื่อใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere ทำในลักษณะเดียวกันกับกรณี
ใช้สเตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q ผลการทดลองเชิงคุณภาพเมื่อใช้สภาวะการทดลองข้อ 2.4.2.2
(ข.) ได้ค่ารีเทนชันไทม์ของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เป็น 2.861 ± 0.008 ,
 4.274 ± 0.009 และ 5.602 ± 0.012 นาที ตามลำดับ

3.2.2 เปรียบเทียบผลการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดจากสแตนดีนรีเฟสทั้งสองชนิด

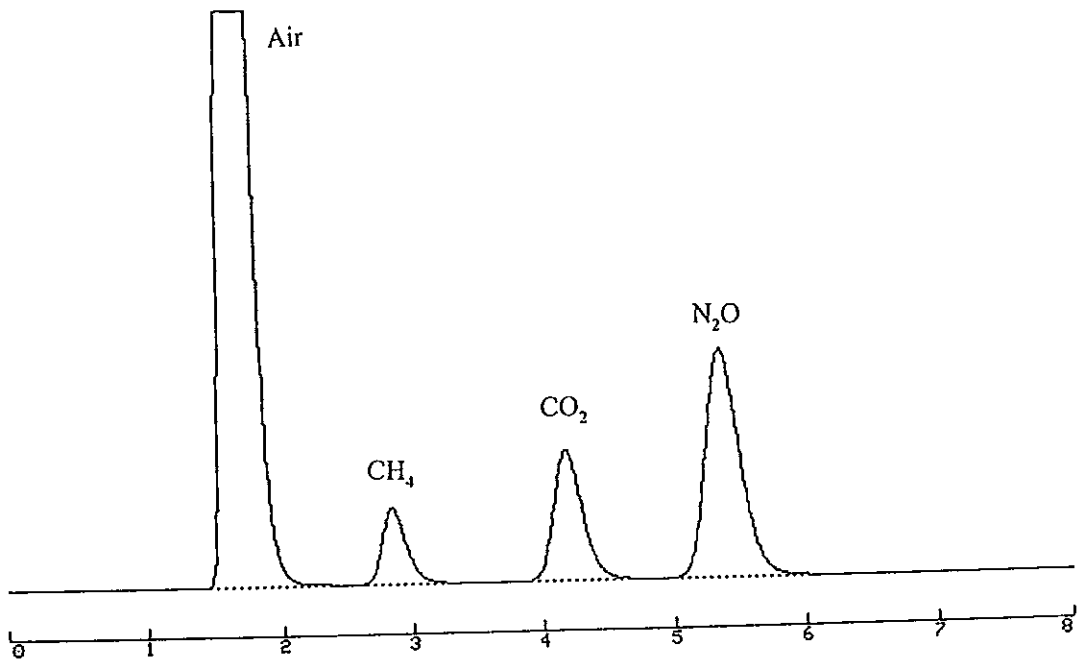
ผลการทดลองเปรียบเทียบการแยกด้วยสแตนดีนรีเฟสชนิด HayeSep Q กับ Carbosphere ตามข้อ 2.4.3 จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หรือคาร์เทนชันใหม่ ลักษณะของพีคที่แยกออกจากกัน ลักษณะสมมาตรของพีค เพื่อเลือกชนิดของสแตนดีนรีเฟสที่เหมาะสมจะนำไปใช้แยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดออกจากกันได้ดีที่สุด จากผลการทดลองที่ได้เลือกสแตนดีนรีเฟสชนิด Carbosphere เป็นตัวแยกแก๊สเรือนกระจก เนื่องจากพีคที่ได้จากการแยกสามารถแยกออกจากกันได้ดีแม้ว่าจะใช้แก๊สที่มีความเข้มข้นสูง โดยเฉพาะพีคของอากาศ พีคมีเทน และพีคคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่มีการซ้อนทับกันเลย ไม่ต้องใช้การวิเคราะห์แบบโปรแกรมอุณหภูมิ ในขณะที่สแตนดีนรีเฟสชนิด HayeSep Q ถ้าต้องการแยกพีคของอากาศ มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ออกจากกันต้องวิเคราะห์แบบโปรแกรมอุณหภูมิ ซึ่งทำให้ไม่สะดวกเนื่องจากไม่สามารถฉีดสารตัวอย่างครั้งถัดไปได้ทันที เพราะต้องคอยให้อุณหภูมิคอลัมน์ลดลงถึงอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนจึงจะฉีดตัวอย่างใหม่ได้และถ้าพีคของมีเทนมีขนาดใหญ่มากจะซ้อนทับกับพีคของอากาศรวมกันกลายเป็นพีคเดียวกันจนไม่สามารถแยกได้ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากคอลัมน์ทั้งสองชนิดบรรจุสแตนดีนรีเฟสเองทำให้จำนวนเพลตของคอลัมน์ที่บรรจุสแตนดีนรีเฟสชนิด HayeSep Q มีจำนวนเพลตน้อยกว่าสแตนดีนรีเฟสชนิด Carbosphere นอกจากนี้ สแตนดีนรีเฟสชนิด Carbosphere ใช้เวลาในการแยกแก๊สทั้งสามชนิดเพียง 6 นาทีซึ่งน้อยมาก

3.2.3 ศึกษาอุณหภูมิคอลัมน์ที่เหมาะสม

ผลการศึกษาอุณหภูมิคอลัมน์ที่เหมาะสมในการแยกแก๊สเรือนกระจกเมื่อใช้สแตนดีนรีเฟสชนิด Carbosphere ตามข้อ 2.4.4 เมื่อปรับอุณหภูมิของคอลัมน์จาก 170, 180, 190, 200, 220, 240, 250 และ 260 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลพบว่าที่อุณหภูมิคอลัมน์ 180 องศาเซลเซียสเหมาะสมที่สุดเพราะให้พื้นที่ใต้พีคทั้งสามชนิดสูง ลักษณะของพีคที่แยกพบว่าสามารถแยกจากกันอย่างสมบูรณ์ พีคทั้งสามมีลักษณะสมมาตรไม่มีหางของพีค และใช้เวลาในการวิเคราะห์ไม่นาน พิจารณาอุณหภูมิคอลัมน์ช่วง 240-260 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าพื้นที่ใต้พีคของแก๊สทั้งสามเพิ่มขึ้นเนื่องจากการซ้อนทับกันจึงไม่ศึกษาต่อที่อุณหภูมิสูงกว่า 260 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาดังรูปที่ 20 และ 21



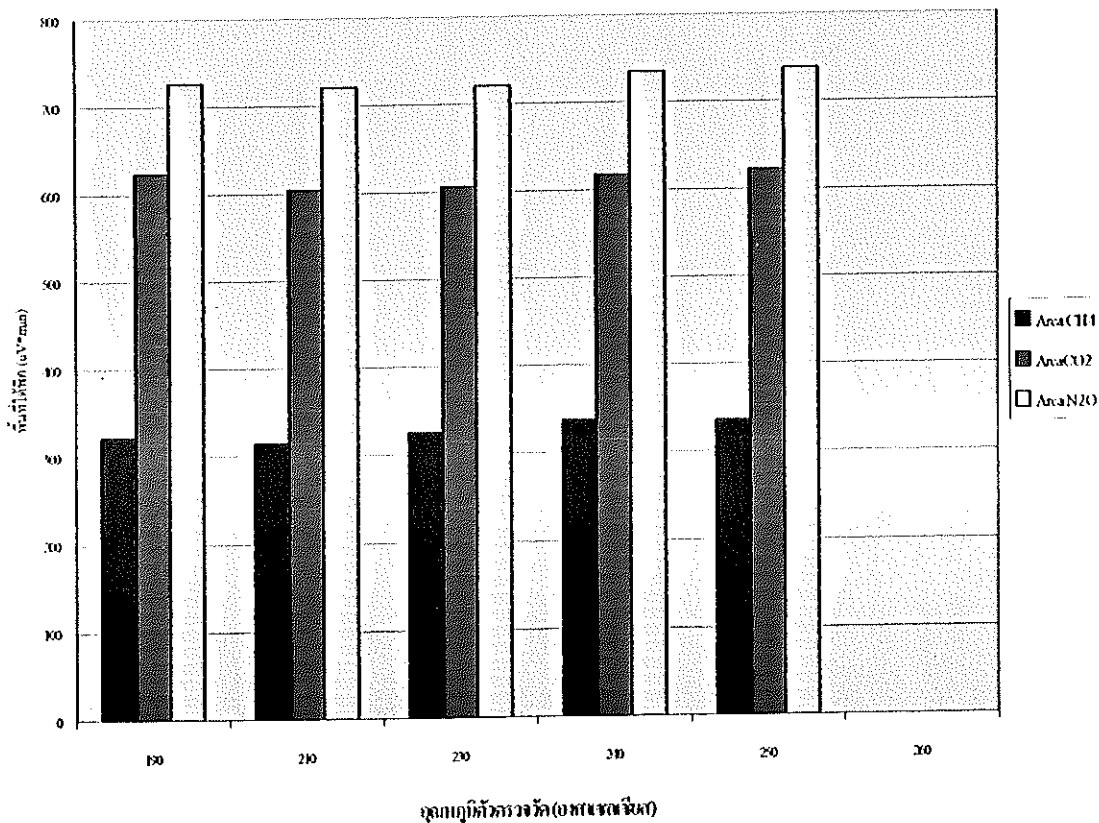
รูปที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิคอลัมน์กับพื้นที่ใต้พีคของแก๊สรีออน
 กระจกทั้งสามชนิด(อุณหภูมิตั้งแต่ 240 องศาเซลเซียสขึ้นไปมีการซ้อนทับของพีค)



รูปที่ 21 แสดงโครมาโทแกรมที่ได้จากการแยกที่สภาวะที่เหมาะสมเมื่อใช้สเตชันเนรีเฟส
 ชนิด Carbosphere

3.2.4 ศึกษาอุณหภูมิตัวตรวจวัดที่เหมาะสม

ผลการศึกษาอุณหภูมิของตัวตรวจวัดที่เหมาะสมในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกที่ให้ค่าการตอบสนองสูงสุดเมื่อใช้สเตรนเนอร์เฟสชนิด Carbosphere ตามข้อ 2.4.5 เมื่อปรับอุณหภูมิของตัวตรวจวัดจาก 190, 210, 230, 240, 250 และ 260 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากค่าสัญญาณตอบสนองซึ่งแสดงเป็นค่าพื้นที่ใต้พีค พบว่าให้ค่าสัญญาณดีที่สุดเมื่อตั้งอุณหภูมิตัวตรวจวัดเป็น 250 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียสให้ค่าสัญญาณการตรวจวัดลดลง ผลการทดลอง ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักทีวิตีกับพื้นที่ใต้พีคของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด

3.2.5 ศึกษาความแม่นยำในการวิเคราะห์ (Precision)

ผลการศึกษาความแม่นยำในการวิเคราะห์ เมื่อตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.4.2.2 (ก.) และ ศึกษาความแม่นยำโดย ใช้แก๊สมาตรฐานมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 113.99 ppmv, 352.68 ppmv และ 91.31 ppmv ตามลำดับ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 14 A แต่ละชนิดจำนวน 25 ครั้ง วัดค่าพื้นที่ใต้พีค แล้วนำไปคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของแต่ละแก๊สได้ค่าเท่ากับ 3.96, 3.49 และ 2.97 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์) จำนวน 25 ครั้ง

| ชนิดแก๊ส | t_R | RSD** |
|------------------|-------|-------|
| CH ₄ | 2.861 | 3.96 |
| CO ₂ | 4.274 | 3.49 |
| N ₂ O | 5.602 | 2.97 |

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 25 ครั้ง

** ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของพื้นที่ใต้พีคจากการวิเคราะห์ 25 ครั้ง

3.2.6 ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (Limit of Detection) ของการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจก ทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์ที่มีสเตชันแนรีเฟสชนิดคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟแบบแยกวิเคราะห์แก๊สแต่ละ ชนิดและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดของแก๊สเรือนกระจกโดยตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.4.2.2 (ก.) หาค่าพื้นที่เฉลี่ยของสัญญาณรบกวน โดยใช้แก๊สฮีเลียมบริสุทธิ์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร (ใช้เป็นแบลนค์ (blank) เพื่อเจือจางแก๊สเรือนกระจกมาตรฐานให้มีความเข้มข้นตามต้องการ) ฉีดเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟจำนวน 30 ครั้ง วัดพื้นที่ที่ได้พีคในช่วงที่พีคแก๊สเรือนกระจกทั้งสาม (มีเทน, คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์) ที่ปรากฏซึ่งถือเป็นค่าการตอบสนองของค่าสัญญาณแบลนค์ (X_B) ข้อมูลดังตารางที่ 13 นำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นค่าการตอบสนองของสัญญาณแบลนค์เฉลี่ย (\bar{X}_B) ซึ่งคิดเป็นสัญญาณรบกวน (noise) ได้เท่ากับ 30 และนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสัญญาณแบลนค์ (S_B) ได้เท่ากับ 20.38 และเมื่อแทนค่า \bar{X}_B และ S_B ลงไปในสมการ $X_L = \bar{X}_B + kS_B$ เพื่อคำนวณหาค่าการตอบสนองของสัญญาณรบกวนที่น้อยที่สุด (X_L) ที่เครื่องยอมรับว่าเป็นสัญญาณพีค (minimum area) ได้ X_L เท่ากับ 91 แต่เพื่อความสะดวกในการกำหนดโปรแกรมการทำงานของเครื่องเลือกใช้ค่าที่ 100 แทน จากการแทนค่าตัวแปรต่างๆลงในสมการ IUPAC Model เพื่อคำนวณค่าความเข้มข้นต่ำสุดของแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดในข้อ 2.4.7 ซึ่งพบว่าความเข้มข้นต่ำสุด ที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ มีค่าเป็น 152.73 ppmv, 34.17 ppmv และ 36.63 ppmv ตามลำดับ เมื่อเตรียมแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดตามค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟเพื่อตรวจสอบว่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ได้จากการคำนวณนั้นสามารถจะวิเคราะห์ได้จริง และจากผลการทดลองพบว่าสามารถจะตรวจวัดได้จริงเช่นกัน

ตารางที่ 13 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณรบกวนที่สูงที่สุดในช่วงคาร์เทนชั้นโทรม 2 ถึง 8 นาที่ จากการทดลอง 30 ครั้ง และการคำนวณค่าพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณรบกวนที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการวิเคราะห์

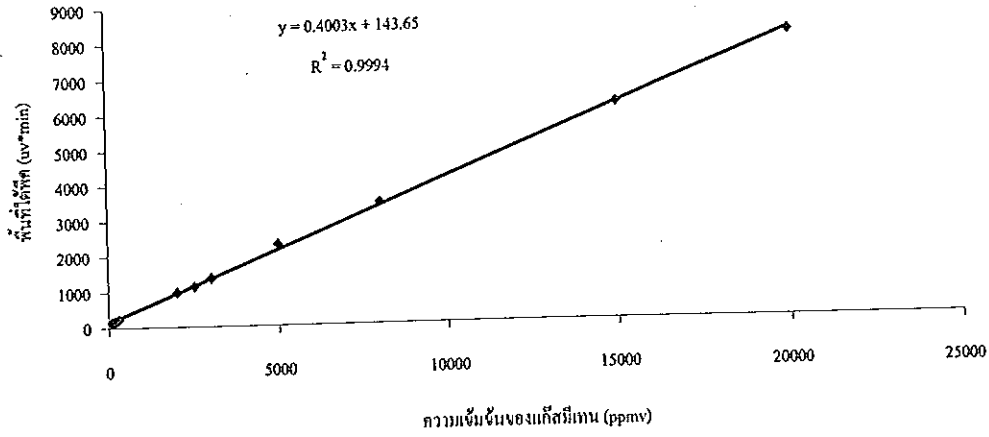
| ครั้งที่เกิด | พื้นที่ใต้พีค ($\mu\text{V}\cdot\text{min}$) | ครั้งที่เกิด | พื้นที่ใต้พีค ($\mu\text{V}\cdot\text{min}$) |
|--------------|--|--------------|--|
| 1 | 45.50 | 16 | 17.67 |
| 2 | 17.00 | 17 | 27.83 |
| 3 | 39.00 | 18 | 65.50 |
| 4 | 0 | 19 | 24.67 |
| 5 | 0 | 20 | 52.50 |
| 6 | 78.00 | 21 | 44.44 |
| 7 | 15.67 | 22 | 5.00 |
| 8 | 45.63 | 23 | 3.20 |
| 9 | 36.50 | 24 | 36.89 |
| 10 | 21.00 | 25 | 0 |
| 11 | 11.33 | 26 | 22.00 |
| 12 | 47.67 | 27 | 6.50 |
| 13 | 23.50 | 28 | 12.00 |
| 14 | 19.00 | 29 | 12.50 |
| 15 | 48.50 | 30 | 22.60 |

3.2.7 ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (Limit of Detection) ของการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกผสมทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์ที่มีสแตชันเนรีเฟสชนิดคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

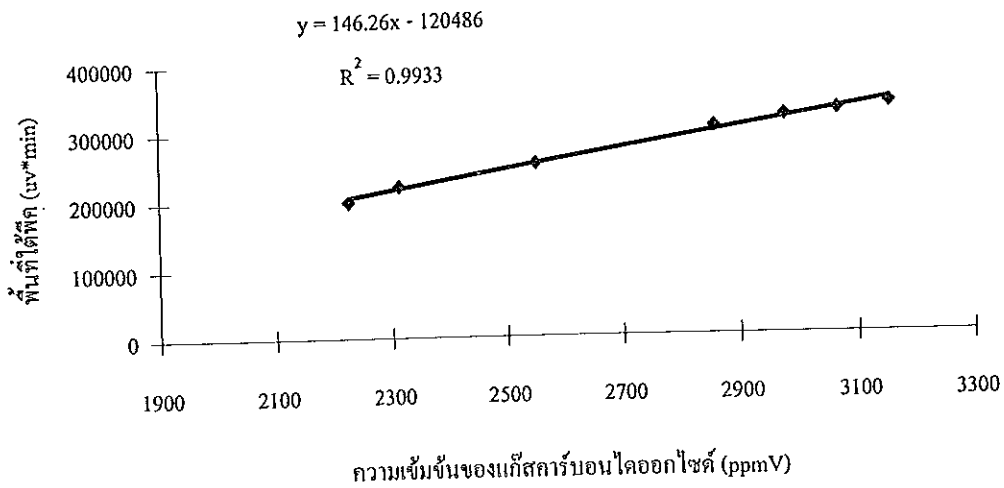
ผลการศึกษาค่าขีดจำกัดการตรวจวัดจากแก๊สมาตรฐานผสมตามข้อ 2.4.8 โดยเริ่มทดลองจากแก๊สมาตรฐานมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นเท่ากับ 1367.63 ppmv, 1370.37 ppmv และ 1364.88 ppmv ตามลำดับ การทดลองทำโดยเจือจางแก๊สมาตรฐานผสมเหล่านั้นด้วยลำดับของการเจือจางจากการเจือจางมากไปจนถึงน้อย และฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจนกระทั่งให้ค่าสัญญาณพื้นที่ใต้พีคเท่ากับสามเท่าของค่าสัญญาณรบกวน ซึ่งถือว่าเป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ของแก๊สแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับ 151.96 ppmv, 16.92 ppmv และ 16.85 ppmv ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าขีดจำกัดทางการตรวจวัดที่วิเคราะห์แบบรวมให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดแบบผสมคิดเป็น 0.45, 50.48 และ 54.00 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ

3.2.8 ศึกษาช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรง (Linear Range) ของการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์ที่มีสแตชันเนรีเฟสชนิดคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

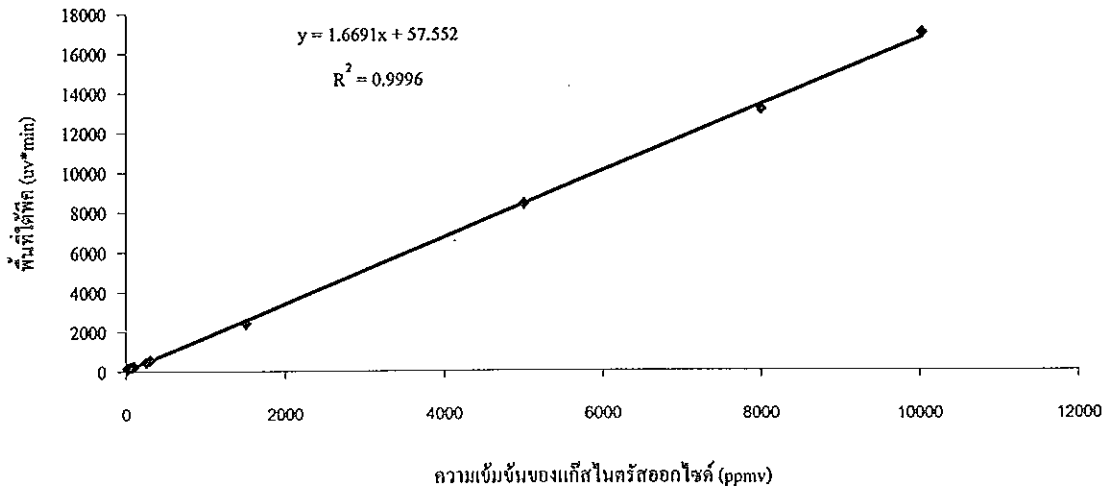
จากการศึกษาช่วงความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดที่ให้ผลการตอบสนองเป็นเส้นตรงโดยใช้แก๊สมาตรฐานมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น ต่างๆกันฉีดที่สถานะเครื่องที่เหมาะสมตามข้อ 2.4.2.2 (ก.) โดยตั้งค่าสัญญาณต่ำสุดที่เครื่องคิดเป็นพื้นที่ใต้พีคเท่ากับ 100 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้น กับ พื้นที่ใต้พีค เทคนิคที่ทำการทดลองที่สถานะดังกล่าวนี้สามารถจะวิเคราะห์แก๊สมีเทนความเข้มข้นช่วง $99.6-80.0 \times 10^4$ ppmv แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นช่วง $50.0-20.0 \times 10^4$ ppmv แก๊สไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นช่วง $20.0-20.0 \times 10^4$ ppmv ซึ่งความเข้มข้นของแก๊สเหล่านั้นเป็นช่วงที่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีให้การตอบสนองเป็นเส้นตรงและให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องมากที่สุด ช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงมีสมการของกราฟมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 23, 24 และ 25 ตามลำดับ



รูปที่ 23 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดมีเทน



รูปที่ 24 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 25 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดแก๊สไนตรัสออกไซด์

3.2.9 ศึกษาประสิทธิภาพของจุกยางในการถ่ายโอนแก๊สตัวอย่างในขวดแก้วใส(ขวดหลอดเปช) เพื่อนำไปวิเคราะห์แล้วทำให้ค่าความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไป

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของจุกยางที่ใช้สำหรับปิดขวดแก้วเก็บแก๊สตัวอย่าง เมื่อทดลองกับแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด แก๊สมีเทน คาร์บอน ไดออกไซด์ และ ไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้น 653.31 ppmv, 1779.52 ppmv และ 1788.91 ppmv ตามลำดับ ในการทดลองเลือกใช้ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานสูงกว่าที่พบทั่วไปในธรรมชาติเพราะต้องการเลียนแบบสภาวะการทดลองจริง เนื่องจากในการทดลองต้องเติมแก๊สมาตรฐานที่มีความเข้มข้นสูงลงไปในตัวอย่างจริงเพื่อให้สามารถตรวจวัดได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบเติมแก๊สมาตรฐาน จากการทดลองพบว่าจำนวนครั้งที่สามารถใช้เข็มดูดสารตัวอย่างออกมาแล้วทำให้ค่าพื้นที่ที่ได้พืชเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ (กำหนดที่ 3 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากแก๊สมีเทนเมื่อพื้นที่ที่ได้พืชเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยก็ทำให้ค่าความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไปมาก)นั้น ผลการทดลองพบว่าขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊ส โดยแก๊สมีเทนซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กสุด สามารถนำแก๊สออกมาได้จำนวนครั้งน้อยที่สุดเท่ากับ 4 ครั้ง แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 11 และ 12 ครั้ง ตามลำดับ ทำให้การแพร่ของแก๊สทั้งสามชนิดขณะที่ใช้เข็มดูดออกมาจึงแตกต่างกัน เนื่องจากโมเลกุลมีโครงสร้างแบบเตตระฮีดรอน (regular tetrahedron) เป็นโมเลกุลที่สมมาตร ไม่มีขั้ว คาร์บอนไดออกไซด์มีโครงสร้างแบบเส้นตรง

(linear triatomic molecules) โมเลกุลไม่มีขั้ว แก๊สไนตรัสออกไซด์มีโครงสร้างแบบเส้นตรงเช่นเดียวกันกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แต่โมเลกุลมีสภาพขั้ว มีค่าไดโพลโมเมนต์ (dipole moment) เท่ากับ 0.39 (Price, 1969) การจับกันระหว่างโมเลกุลของแก๊สกับสเตชันเนรีเฟสและผลของมวลโมเลกุลทำให้อัตราการแพร่กระจายของแก๊สทั้งสามชนิดขณะที่ใช้เข็มดูดออกมาจึงแตกต่างกัน โดยเฉพาะแก๊สไนตรัสออกไซด์โครงสร้างมีเรโซแนนซ์ (Smyth, 1955) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของคู่อิเล็กตรอนอิสระบนอะตอมไนโตรเจนจึงทำให้เกิดอันตรกิริยากับโมเลกุลของแอกซีไฟคาร์บอนภายในรูพรุนซึ่งแรงนี้เรียกว่า อันตรกิริยาแบบจำเพาะ (specific interaction) (Buzon และคณะ, 1969) การแพร่กระจายจึงช้ากว่าแก๊สชนิดอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างโมเลกุลของแก๊สไนตรัสออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากันแต่เคลื่อนที่ด้วยเวลาต่างกันเนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีขั้วจึงไม่เกิดอันตรกิริยากันระหว่างโมเลกุลของแอกซีไฟคาร์บอนกับโมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงเคลื่อนที่ออกมาก่อน

3.2.10 ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจก (จากแก๊สตัวอย่างผสม) ด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน (Standard Addition)

จากการทดลองข้อ 2.4.11 วิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากแก๊สตัวอย่างผสมซึ่งเตรียมจากแก๊สมาตรฐานมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ความเข้มข้นเท่ากับ 410.53 ppmv, 320.00 ppmv และ 251.28 ppmv ตามลำดับ แล้วนำไปวิเคราะห์โดยอาศัยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น ความเข้มข้นของแก๊สตัวอย่างผสมหาได้จากการประมาณค่าไปตัดแกนความเข้มข้น เพื่อนำค่าความเข้มข้นที่ได้จากการประมาณไปเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นที่เตรียมขึ้นและคำนวณเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกผสมด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐาน

| ชนิดแก๊ส | ความเข้มข้นจริง (ppmv) | ความเข้มข้นที่ได้จากการวิเคราะห์ (ppmv) | ความคลาดเคลื่อน (ppmv) | เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (ppmv) |
|------------------|------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|
| CH ₄ | 410.53 | 292.30 | 118.23 | 40.45 |
| CO ₂ | 320.00 | 379.86 | 59.86 | 18.71 |
| N ₂ O | 251.28 | 225.15 | 26.13 | 10.40 |

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดด้วยวิธีการเดิมแก่มาตรฐาน

| ชนิดแก๊ส | ความเข้มข้นจริง (ppmv) | ความเข้มข้นที่ได้ จากการวิเคราะห์ (ppmv) | ความคลาดเคลื่อน (ppmv) | เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน (ppmv) |
|-----------------|---------------------------|--|---------------------------|--|
| CH ₄ | 0.37 | 0.49 | 0.12 | 31.72 |
| | 1.14 | 1.21 | 0.07 | 6.14 |
| | 1.92 | 2.33 | 0.41 | 21.35 |

| ชนิดแก๊ส | ความเข้มข้นจริง (ppmv) | ความเข้มข้นที่ได้ จากการวิเคราะห์ (ppmv) | ความคลาดเคลื่อน (ppmv) | เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน (ppmv) |
|-----------------|---------------------------|--|---------------------------|--|
| CO ₂ | 0.29 | 0.66 | 0.37 | 128.02 |
| | 0.33 | 0.82 | 0.49 | 148.03 |
| | 1.40 | 1.94 | 0.54 | 38.57 |

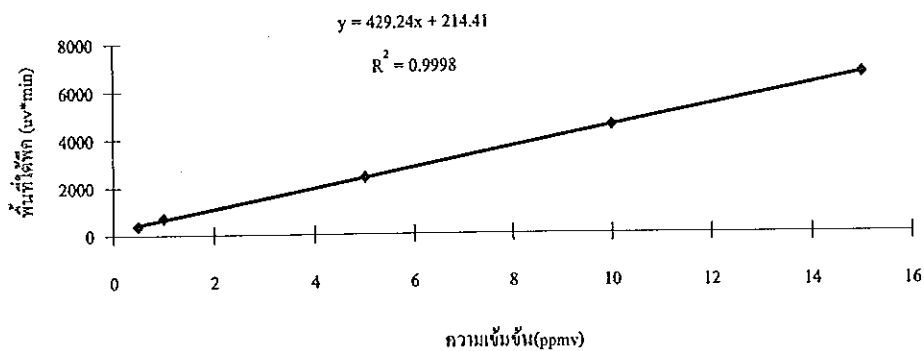
| ชนิดแก๊ส | ความเข้มข้นจริง (ppmv) | ความเข้มข้นที่ได้ จากการวิเคราะห์ (ppmv) | ความคลาดเคลื่อน (ppmv) | เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน (ppmv) |
|------------------|---------------------------|--|---------------------------|--|
| N ₂ O | 0.27 | 0.52 | 0.25 | 91.88 |
| | 0.83 | 0.91 | 0.09 | 10.65 |
| | 1.33 | 1.36 | 0.03 | 2.26 |
| | 300.00 | 314.00 | 14.00 | 4.67 |

3.2.11 ศึกษาสถานะและทำการทดลองซ้ำตามสภาวะการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ แต่ละชนิดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง

3.2.11.1 กรณีแก๊สมีเทน

จากผลการทดลองเมื่อตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.4.12.1 ซึ่งเป็นสภาวะการทดลองที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์แก๊สมีเทนและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงชนิดเฟลมไอออไนเซชัน ให้ค่ารีเทนชันไทม์เท่ากับ 6.7 นาที และมีสมการของกราฟมาตรฐานเป็น

$$y = 429.24x + 214.41 \quad \text{ดังรูปที่ 26}$$

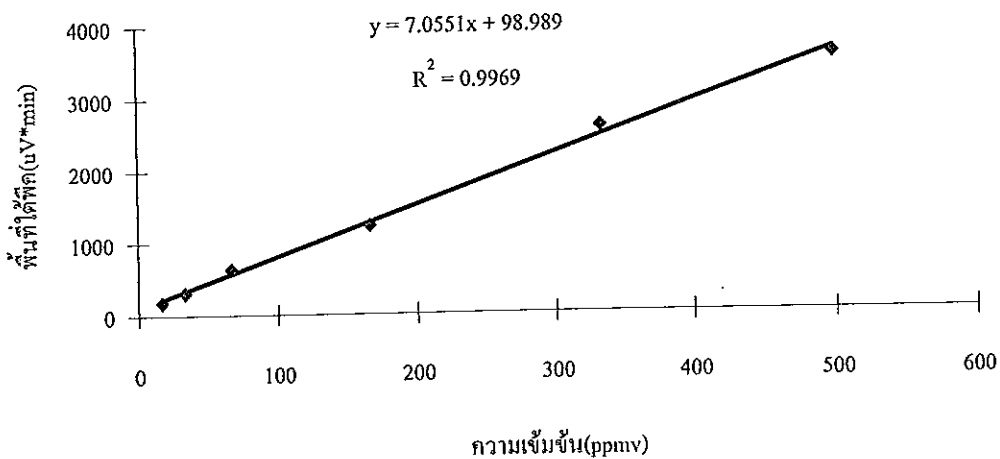


รูปที่ 26 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดมีเทนเมื่อใช้ตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชัน

3.2.11.2 กรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

จากผลการทดลองเมื่อตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.4.12.2 ซึ่งเป็นสภาวะการทดลองที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี ให้ค่ารีเทนชันไทม์เท่ากับ 2.4 นาที และมีสมการของกราฟมาตรฐานเป็น

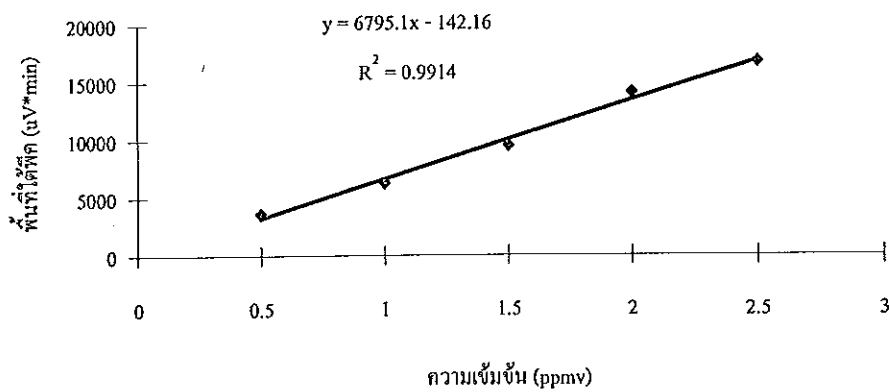
$$y = 7.0551x + 98.989 \text{ ดังรูปที่ 27}$$



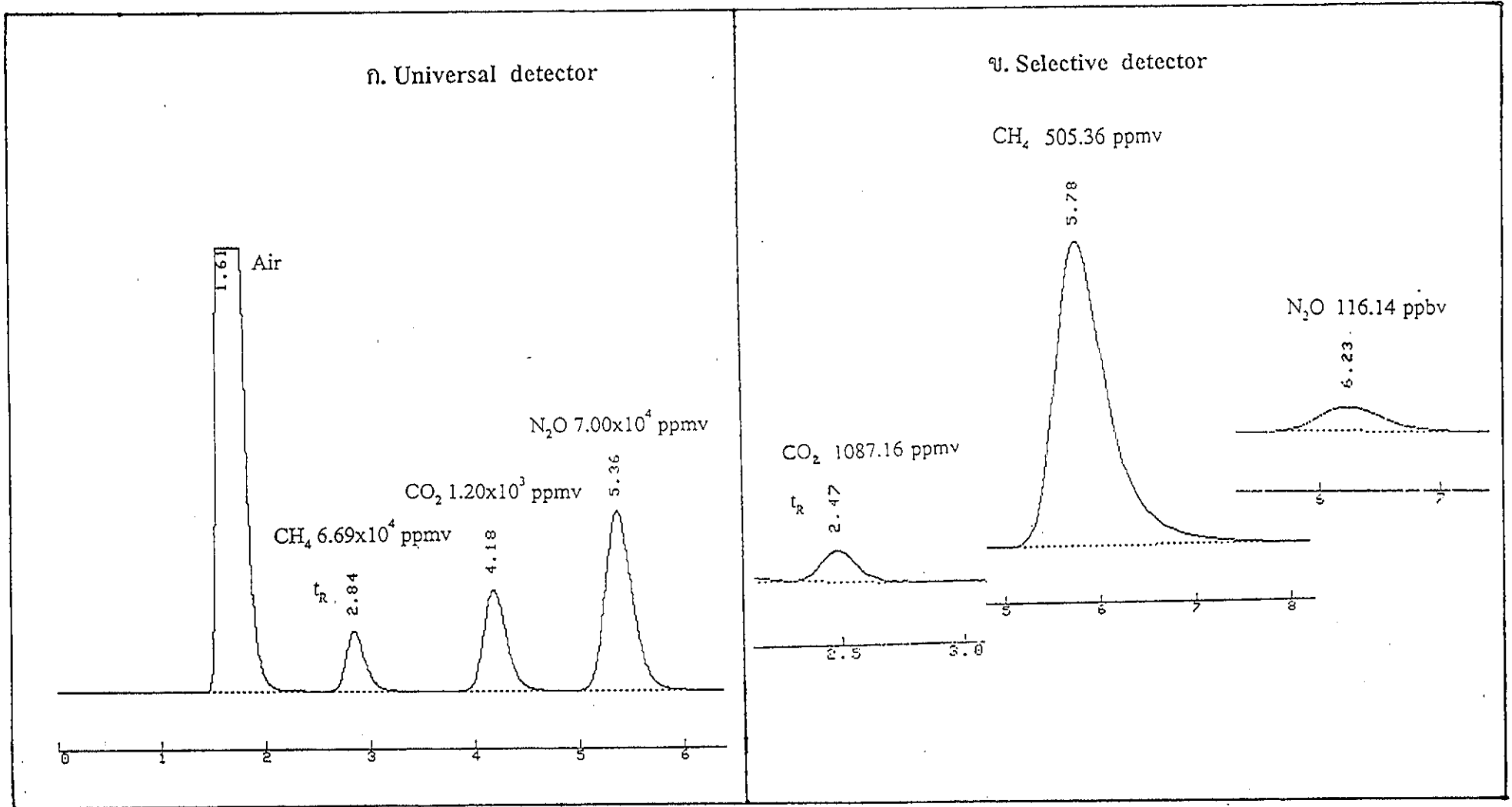
รูปที่ 27 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรือนกระจกชนิดคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อใช้ตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

3.2.11.3 กรณีแก๊สไนโตรสออกไซด์

จากผลการทดลองเมื่อตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.4.12.3 ซึ่งเป็นสภาวะการทดลองที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์แก๊สไนโตรสออกไซด์และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงชนิดอิเล็กทรอนิกส์แบบเจอร์ ให้ค่ารีเทนชันไทม์เท่ากับ 6.4 นาทีและมีสมการของกราฟมาตรฐานเป็น $y = 6795.1x - 142.16$ ดังรูปที่ 28



รูปที่ 28 แสดงกราฟมาตรฐานของแก๊สเรื้อนกระจกชนิดไนโตรสออกไซด์เมื่อใช้ตัวตรวจวัดอิเล็กทรอนิกส์แบบเจอร์



รูปที่ 29 เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของแก๊สเรือนกระจก ก. เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วย TCD ข. เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด โมเลกูลาร์ซีฟ 5 เอ ตรวจวัดด้วย FID และ ECD สำหรับ CH₄ และ N₂O ตามลำดับ สแตชันเนรีเฟสไพราแพคคิวและตรวจวัดด้วย TCD สำหรับ CO₂

จากรูปที่ 29 ก. แสดงโครมาโทแกรมของแก๊สเรือนกระจกที่แยกได้เมื่อใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีซึ่งเป็นตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอล ให้พีคของแก๊สมีเทนความเข้มข้น 6.69×10^4 ppmv ค่ารีเทนชันไทม์ 2.84 นาที แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 1.20×10^3 ppmv ค่ารีเทนชันไทม์ 4.18 นาที และแก๊สไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 7.00×10^4 ppmv ค่ารีเทนชันไทม์ 5.36 นาที ตามลำดับ รูป 29 ข. แสดงโครมาโทแกรมของแก๊สเรือนกระจกที่แยกด้วยสแตชันเนรีเฟสและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดจำเพาะ โดยใช้สแตชันเนรีเฟสชนิดโมเดลดูอาร์ซีพี 5 เอ และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวิเคราะห์แก๊สมีเทนและไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ และใช้สแตชันเนรีเฟสชนิดโพราแพคคิวและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีสำหรับวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากรูป ข. เมื่อใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 1087.16 ppmv ค่ารีเทนชันไทม์ 2.47 นาที แก๊สมีเทนความเข้มข้น 505.36 ppmv ค่ารีเทนชันไทม์ 5.78 นาที และแก๊สไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 116.14 ppbv ค่ารีเทนชันไทม์ 6.23 นาที จากรูป 29 ก. และ ข. จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการตรวจวัดแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดเมื่อใช้ตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีซึ่งเป็นตัวตรวจวัดยูนิเวอร์ซอลมีประสิทธิภาพดี้อยกว่าการตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะซึ่งสังเกตได้จากขนาดของพีคและความเข้มข้นที่แสดงในโครมาโทแกรม ทั้งนี้เนื่องมาจากความจำกัดในการตรวจวัดสารแต่ละชนิดที่จำเพาะกับตัวตรวจวัดซึ่งพิจารณาได้จากค่า R นั้นเอง

3.2.12 ศึกษาแฟคเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัด (Detector response factor, R) ของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดที่มีต่อตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

ผลการศึกษาค่าแฟคเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัดตามข้อ 2.4.14 เมื่อใช้แก๊สมาตรฐานผสมทั้งสามชนิดซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 920.00 ppmv และนำค่าพื้นที่ใต้พีคไปคำนวณค่าแฟคเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัดสัมพัทธ์ของแก๊สแต่ละชนิด จากการทดลองจำนวน 10 ครั้ง เมื่อกำหนดให้แก๊สไนตรัสออกไซด์เป็นนอร์ม คือมีค่า $R=1.00$ ได้ค่าแฟคเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัดสัมพัทธ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนเป็น $R=3.15$ และ $R=0.82$ ตามลำดับ ค่า R ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแก๊สแต่ละชนิดที่มีความเข้มข้นเดียวกันและวิเคราะห์ภายใต้สภาวะเดียวกันไม่จำเป็นต้องให้ค่าสัญญาณการตอบสนองต่อตัวตรวจวัดเดียวกันเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากแก๊สแต่ละชนิดมีความจำเพาะเจาะจงต่อตัวตรวจวัดได้ไม่เท่ากัน เช่นในการทดลองนี้จากค่า R จะเห็นได้ว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความจำเพาะต่อตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตีสูงสุด จึงทำให้ที่ความเข้มข้นเท่ากันมีพีคขนาดใหญ่ที่สุด และแก๊สมิเทนซึ่งเป็นแก๊สที่มีความจำเพาะน้อยที่สุดพีคจึงมีขนาดเล็กที่สุด

3.2.13 วิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดจากแหล่งเก็บตัวอย่าง ด้วยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐานและเปรียบเทียบผลกับการวิเคราะห์แก๊สแต่ละชนิดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง

จากการวิเคราะห์ปริมาณตัวอย่างแก๊สเรือนกระจกโดยอาศัยวิธีการเติมแก๊สมาตรฐานจากตัวอย่างจริงที่เก็บมาจากแหล่งต่างๆด้วยวิธีที่ต่างกันตามความเหมาะสม 2 วิธี คือ วิธีแชมเบอร์แบบปิดกับวิธีบับเบิลหรือแก๊สแทนที่น้ำในกระบอก(ท่อ)ปิดดังข้อ 2.4.14 ตัวอย่างแก๊สที่เก็บจากสถานี A คือแปลงข้าวโพดคณะทรัพยากรธรรมชาติใช้วิธีแชมเบอร์แบบปิด เก็บตัวอย่างวันที่ 21 และ 24 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 เวลา 8.00-10.00 เป็นช่วงหลังจากใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ปริมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นช่วงเวลาวันที่ 10 และ 14 วัน ตามลำดับ เริ่มเก็บตัวอย่างทันทีที่วางแชมเบอร์ เริ่มนับเป็นนาทีที่ 0 ($t=0$) และเก็บตัวอย่างทุกๆ 15 นาที นาน 2 ชั่วโมง ตัวอย่างละ 6 ขวด นำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีเติมแก๊สมาตรฐาน 5 ขวด ดังข้อ 2.4.11 และที่เหลืออีก 1 ขวดนำไปวิเคราะห์และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง ดังข้อ 2.4.12 ได้ผลดังตารางที่ 16 ส่วนตัวอย่างแก๊สที่เก็บจากนาข้าวและอุทยานกูดตอนนอก อ.สทิงพระ จ.สงขลา ใช้วิธีบับเบิลหรือแทนที่น้ำในกระบอก(ท่อ)ปิด เก็บตัวอย่างวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 เวลา 17.30-18.10 ซึ่งสถานี B₁ เป็นนาข้าวที่มีต้นข้าวอยู่ในช่วงกำลังออกรวง มีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 30 เซนติเมตร สถานี B₂ ซึ่งอยู่ใกล้กันแต่ต้นข้าวกำลังออกรวงสูงเหลืองในนาข้าวมีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 18 เซนติเมตร สถานี C อุทยานกูดตอนนอกซึ่งอยู่ห่างออกไปจากสถานี B เป็นระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตร อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนเล็กน้อย สภาพน้ำค่อนข้างจะคล้ำดำ ทั้งสถานี B₁, B₂ และ C เก็บตัวอย่างด้วยวิธีบับเบิลสถานีละ 6 ขวด และนำไปวิเคราะห์แบบเติมแก๊สมาตรฐาน 5 ขวด ดังข้อ 2.4.11 และวิเคราะห์ด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงดังข้อ 2.4.12 อีก 1 ขวด ดังข้อ 2.4.12 ได้ผลดังตารางที่ 17 สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเติมแก๊สมาตรฐานลงไปในตัวอย่างเป็นจริงให้ค่าแตกต่างจากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง แม้ว่าตอนศึกษาจากแก๊สตัวอย่างสมมติในข้อ 2.4.11 ให้ค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากเมตริกซ์และอินเตอร์เฟียร์เรนต์ที่อยู่ในตัวอย่างทำให้ไม่สามารถจะตรวจวัดได้ค่าที่แท้จริง และตัวอย่างที่เก็บได้จากสถานี B₁, B₂ และ C พบว่ามีปริมาณมีเทนสูงมาก ในการวิเคราะห์ทั้งแบบเติมสารมาตรฐานและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงให้ค่าอยู่นอกช่วงการตอบสนองเชิงเส้นตรง (over load) ทำให้การตรวจวัดต้องใช้วิธีเจือจางเข้ามาช่วยจึงจะตรวจวัดได้ ค่าที่ได้จึงเบี่ยงเบนไปมากเพราะต้องเจือจางหลายครั้ง ในขณะที่ตัวอย่างแก๊สที่เก็บมาจากสถานี A มีปริมาณ

อยู่ในช่วงที่การตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะสามารถตรวจวัดได้ ค่าที่ได้จึงให้ความถูกต้องสูงกว่าที่วิเคราะห์จากสถานี B₁, B₂ และ C

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ที่ปลดปล่อยจากแปลงข้าวโพดเมื่อวิเคราะห์และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีกับตัวตรวจวัดแบบจำเพาะชนิดเฟลมไอออไนเซชัน เทอร์มัลคอนดักติวิตี และอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์

| ชนิด แก๊ส | ฟลักซ์ (kg-C-ha ⁻¹ d ⁻¹) | | | | | | ฟลักซ์ (kg-N-ha ⁻¹ d ⁻¹) | | |
|------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| | CH ₄ ^a | CH ₄ ^b | CH ₄ ^c | CO ₂ ^a | CO ₂ ^b | CO ₂ ^c | N ₂ O ^a | N ₂ O ^b | N ₂ O ^c |
| I [*] | -1.14 | -2.84 | 1.70 | -201.79 | -2193.11 | 1991.32 | +230.22 | -90.64 | 139.58 |
| II ^{**} | -0.03 | +0.62 | 0.59 | +507.36 | +2416.00 | 1908.64 | -466.80 | -169.97 | 296.83 |

- I^{*} สถานี A แปลงข้าวโพดคณะทรัพยากรธรรมชาติ วันที่ 21 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 หลังใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ปริมาณ 50 kg/ไร่ นาน 10 วัน
- II^{**} สถานี A แปลงข้าวโพดคณะทรัพยากรธรรมชาติ วันที่ 24 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 หลังใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ปริมาณ 50 kg/ไร่ นาน 14 วัน
- a ค่าฟลักซ์เฉลี่ยในหนึ่งวันเมื่อตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดจำเพาะชนิดเฟลมไอออไนเซชัน เทอร์มัลคอนดักติวิตี และอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ
- b ค่าฟลักซ์เฉลี่ยในหนึ่งวันเมื่อวิเคราะห์แบบเดิมแก่มาตรฐานและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตี
- c ค่าความแตกต่างของฟลักซ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเดิมแก่มาตรฐานและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีกับตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดจำเพาะ

สูตรที่ใช้คำนวณฟลักซ์ คือ

$$flux = \frac{V(C_1 - C_0)^2}{At_1(2C_1 - C_2 - C_0)} \ln \frac{C_1 - C_0}{C_2 - C_1}$$

- เมื่อ V = ปริมาตรของแชมเบอร์ (cm³)
 A = พื้นที่ที่ครอบคลุมบนพื้นดิน (m²)
 C₀ = ความเข้มข้นเริ่มต้นในแชมเบอร์ (ppmv, ppbv)
 C₁ และ C₂ = ความเข้มข้นที่เวลา t₁ และ t₂ เมื่อ t₂ = 2t₁ (min)

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ที่ปลดปล่อยจากนาข้าวและอุทยานกฤษณาเมื่อวิเคราะห์และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีกับตัวตรวจวัดแบบจำเพาะชนิดเฟลมไอออไนเซชันเทอร์มัลคอนดักติวิตี และอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอน ไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์

| ชนิด แก๊ส | ฟลักซ์ ($\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) | | | | | | ($\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) | | |
|----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|------------------------|------------------------|
| | CH_4^a | CH_4^b | CH_4^c | CO_2^a | CO_2^b | CO_2^c | N_2O^a | N_2O^b | N_2O^c |
| B ₁ | 46.74 | 80.66 | 33.92 | 1.20 | 5.38 | 4.18 | 0.14 | 0.05 | 0.09 |
| B ₂ | 42.79 | 75.37 | 32.58 | 1.26 | 5.77 | 4.51 | 0.16 | 13.80 | 13.64 |
| C | 24.09 | 61.90 | 37.81 | 0.86 | 5.45 | 4.59 | 0.11 | 5.27 | 5.16 |

B₁ เป็นนาข้าวที่มีต้นข้าวอยู่ในช่วงกำลังออกรวง มีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 30 เซนติเมตร

B₂ เป็นนาข้าวซึ่งอยู่ใกล้กันแต่ต้นข้าวกำลังออกรวงสุกเหลือง มีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 18 เซนติเมตร

C อุทยานกฤษณาตอนนอกซึ่งอยู่ห่างออกไปจากสถานี B เป็นระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตร อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนเล็กน้อย

a ค่าฟลักซ์เฉลี่ยในหนึ่งวันเมื่อตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดจำเพาะชนิดเฟลมไอออไนเซชัน เทอร์มัลคอนดักติวิตี และอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอน ไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ

b ค่าฟลักซ์เฉลี่ยในหนึ่งวันเมื่อวิเคราะห์แบบเดิมแก่มาตรฐานและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตี

c ค่าความแตกต่างของฟลักซ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเดิมแก่มาตรฐานและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีกับตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดจำเพาะ

สูตรที่ใช้คำนวณฟลักซ์ คือ

$$F = \rho \frac{V \Delta c}{A \Delta t (T + 273)}$$

- เมื่อ F = ฟลักซ์ ($\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$)
 ρ = ความหนาแน่นของแก๊ส (mg m^{-3})
 V = ปริมาตรของแซมเบอร์ (m^3)
 A = พื้นที่ที่ครอบคลุมบนพื้นดิน (m^2)
 $\Delta C/\Delta t$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในหนึ่งหน่วยเวลา (ppmv h^{-1})
 T = อุณหภูมิเฉลี่ยในแซมเบอร์ ($^{\circ}\text{C}$)

บทที่ 4

บทสรุป

ผลการศึกษานิวคลีอัสของสเตชันเนรีเฟสที่เหมาะสมต่อการแยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด คือ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ จากสเตชันเนรีเฟสสองชนิด คือ HayeSep Q กับ Carbosphere โดย HayeSep Q จัดเป็นตัวดูดซับชนิดสังเคราะห์เป็นพวกซอลิเมอร์ที่มีรูพรุนแยกสาร โดยอาศัยความสามารถในการแพร่กระจายของสารไปบนตัวดูดซับในขณะที่ Carbosphere เป็นผงถ่านชนิดแอกทีฟ (Activated Carbon) แยกสารโดยอาศัยผลของสภาพัฒระหว่างสารที่แยกกับโมเลกุลของคาร์บอนที่เป็นโครงสร้างของสเตชันเนรีเฟสเป็นหลักและความสามารถในการแพร่กระจายของสารในรูพรุนของแอกทีฟคาร์บอน ซึ่งจากผลของแรงดึงดูดระหว่างสารกับการแพร่กระจายทำให้สารตัวอย่างซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกสามารถแยกออกจากกันด้วยคอลัมน์ที่บรรจุสเตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere ได้ดีกว่า ดังที่ทำการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบ ผลการเปรียบเทียบจากจำนวนเพลตทางทฤษฎี ลักษณะสมมาตรของพีค ความสมบูรณ์ในการแยก และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดด้วยคอลัมน์ที่บรรจุด้วยสเตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere มีดังนี้ อัตราการไหลของแก๊สพาเท่ากับ 30 มิลลิลิตรต่อ นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ทำให้ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์แก๊สทั้งสามชนิดได้ดีที่สุด ค่ารีเทนชันไทม์ของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เท่ากับ 2.85-2.87, 4.27-4.28 และ 5.59-5.61 นาที ตามลำดับ ใช้ตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตี อุณหภูมิคอลัมน์ อุณหภูมิหัวฉีด และอุณหภูมิตัวตรวจวัดเท่ากับ 180, 135 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่ากระแสที่ให้กับตัวตรวจวัด 110 มิลลิแอมแปร์ ปริมาตรฉีด 0.5 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ด้วยสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องดังกล่าวมีขีดจำกัดค่าสูงสุดของการตรวจวัดเมื่อใช้วิธี IUPAC Model ของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ มีค่าเท่ากับ 152.73, 34.17 และ 36.63 ppmv ตามลำดับ ซึ่งค่าเหล่านี้ได้จากการวิเคราะห์แบบแยกวิเคราะห์แก๊สแต่ละชนิด ส่วนขีดจำกัดทางการตรวจวัดที่ได้จากการวิเคราะห์จากแก๊สมาตรฐานผสมทั้งสามชนิดให้ค่าเท่ากับ 151.96, 16.92 และ 16.85 ppmv สำหรับแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ มีช่วงการตอบสนองเชิงเส้นตรงในการวิเคราะห์แก๊สมีเทนเท่ากับ 99.6-

80.0×10^4 ppmv แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ $50.0-20.0 \times 10^4$ ppmv และแก๊สไนโตรสออกไซด์ $20.0-20.0 \times 10^4$ ppmv

จากการศึกษาประสิทธิภาพของจุกยางชนิดคลอโรบิวทิลรับเบอร์ พบว่าจำนวนครั้งที่ใช้เพิ่มนำตัวอย่างออกจากขวดแล้วทำให้ค่าสัญญาณที่ได้เบี่ยงเบนไป 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้ความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าจุกยางสามารถใช้งานได้ประมาณ 4 ครั้งต่อจุกยาง 1 อัน

จากการทดลองใช้อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นทั้งสองชนิด คือ อุปกรณ์สำหรับวิธีบับเบิลหรือแก๊สแทนที่น้ำในกระบอก(ท่อ)ปิด กับแชมเบอร์แบบปิดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการใช้จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ที่ใช้เก็บตัวอย่าง โดยใช้อุปกรณ์สำหรับวิธีบับเบิลเก็บตัวอย่างแก๊สจากแหล่งน้ำโดยให้ฟองแก๊สเข้าไปแทนที่น้ำในกระบอก(ท่อ)ปิด และใช้แชมเบอร์แบบปิดเก็บแก๊สตัวอย่างที่ปล่อยสู่ผิวหน้าดิน

จากการศึกษาสถานะและทำการทดลองซ้ำตามสถานะการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดด้วยตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูง กรณีแก๊สมีเทน อุณหภูมิที่ให้กับคอลัมน์ หัวฉีดและตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนซ์ชันเป็น 70, 70 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 20 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 30 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรฉีด 1.0 มิลลิลิตร คาร์เทนชันไทม์ 6.7 นาที กรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิที่ให้กับคอลัมน์ หัวฉีดและตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตีเท่ากับ 95, 100 และ 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าที่ให้แกตัวตรวจวัดเท่ากับ 70 มิลลิแอมแปร์ อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 15 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรฉีด 1.0 มิลลิลิตร คาร์เทนชันไทม์ 2.4 นาที กรณีแก๊สไนโตรสออกไซด์ อุณหภูมิที่ให้กับคอลัมน์ หัวฉีดและตัวตรวจวัดชนิดอิเล็กตรอนแคปเจอร์เท่ากับ 240, 180 และ 320 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 25 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรฉีด 1.0 มิลลิลิตร คาร์เทนชันไทม์ 6.4 นาที

จากการศึกษาแอฟเฟกเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจวัด เมื่อใช้แก๊สมาตรฐานผสมทั้งสามชนิดที่มีความเข้มข้นเท่ากันเท่ากับ 920.00 ppmv เมื่อกำหนดให้แก๊สไนโตรสออกไซด์เป็นนอร์ม คือมีค่า $R=1.00$ ได้ค่าแอฟเฟกเตอร์ของสัญญาณการตอบสนองสำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ $R=3.15$ และแก๊สมีเทนเท่ากับ $R=0.82$

ผลการศึกษาด้านคุณภาพและปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดพร้อมกัน โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิดเดียวกัน พบว่าจากคำจำกัดทางการตรวจวัดไม่สามารถจะตรวจวัดแก๊สตัวอย่างเหล่านั้นที่มีอยู่ในบรรยากาศได้โดยตรง จำเป็นต้องอาศัยวิธีการทางเคมีวิเคราะห์เข้าไปช่วยเพื่อเตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจนสามารถจะตรวจวัดได้ที่สภาวะที่เหมาะสมที่หาได้จากการทดลอง ซึ่งวิธีการทางเคมีวิเคราะห์ที่ทำให้แก๊สตัวอย่างมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การใช้ตัวดูด

ชับเพื่อให้แก๊สมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ใช้แก๊สตัวอย่างในปริมาณมากเพื่อให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจนสามารถตรวจวัดได้ และการเติมแก๊สมาตรฐานลงในตัวอย่าง ในการทดลองนี้เลือกใช้วิธีการเติมแก๊สมาตรฐานลงในแก๊สตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เนื่องจากในการทดลองมีข้อจำกัดด้านปริมาณของสารที่คอลัมน์สามารถจะรองรับได้ และเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด และสะดวกที่สุดในกรณีที่มีเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจำกัด คอลัมน์ที่บรรจุด้วยสแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere สามารถจะแยกแก๊สทั้งสามชนิดออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์ นั่นคือสามารถนำมาใช้วิเคราะห์เชิงคุณภาพได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ แต่ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณพบว่า ความเข้มข้นของตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเติมแก๊สมาตรฐานให้ค่าแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ด้วยตัวตรวจวัดแบบที่มีความจำเพาะสูงผลแสดงดังตารางที่ 16 และ 17 ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดเดียวกันนี้ยอมให้ผลการวิเคราะห์เทียบกับการตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะสูงไม่ได้อย่างแน่นอน เนื่องจากความจำกัดในการตรวจวัดแก๊สหรือสารแต่ละชนิดแตกต่างกันซึ่งพิจารณาได้จากค่า R และการเตรียมสารมาตรฐานที่เป็นแก๊สให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ ซึ่งวิธีการเตรียมแก๊สมาตรฐานนี้มี 2 วิธี คือ การเตรียมแก๊สมาตรฐานคงที่ (Static gas standard) กับการเตรียมแก๊สมาตรฐานแบบไดนามิกส์ (Dynamic gas standard) ในการทดลองนี้เลือกใช้การเตรียมแก๊สมาตรฐานคงที่ ไม่ใช้การเตรียมแก๊สมาตรฐานแบบไดนามิกส์เนื่องจากในการทดลองนั้นเก็บตัวอย่างเป็นช่วงเวลา ดังนั้นในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีเติมแก๊สมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นลงในตัวอย่างนี้ถ้าเตรียมแก๊สผสมที่มีความเข้มข้นต่ำช่วง 1-100 ส่วนในล้านส่วน (ปริมาตร/ปริมาตร) ก่อนข้างจะเตรียมยากเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาและเกิดปัญหาการดูดซับแม้ว่าแก๊สที่เตรียมก่อนข้างจะเฉื่อยต่อปฏิกิริยาก็คงตาม หรือข้อผิดพลาดสำคัญที่อาจพบได้ในกรณีที่เตรียมแก๊สผสมวิธีนี้ คือ การผสมระหว่างเนื้อของแก๊สทุกชนิดที่อยู่ภายในภาชนะไม่ดีพอคือไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ทำให้ได้ปริมาณเนื้อแก๊สที่นำไปวิเคราะห์แต่ละครั้งไม่เท่ากันซึ่งมีผลต่อความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ (เพริศพิชญ์ ฤทธารัตนา, 2526) ส่วนผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจริงได้จากการเติมแก๊สมาตรฐานและตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดชนิดยูนิเวอร์ซอลคือ เทอร์มัลคอนดักติวิตี ซึ่งตัวอย่างแก๊สต้องผ่านขั้นตอนการเพิ่มความเข้มข้นก่อนนำไปตรวจวัดจึงให้ค่าแตกต่างไปจากการวิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกันด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะของแก๊สแต่ละชนิด โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนใดๆเลยดังเหตุผลข้างต้น แต่ถ้าต้องการจะใช้วิธีนี้และตรวจวัดให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำนั้นสามารถทำได้โดยอาศัยเครื่องมือที่มีความละเอียดและวิธีทางเคมีวิเคราะห์อื่นๆเข้ามาช่วยซึ่งมีอยู่หลายวิธีแต่วิธีเหล่านั้นต้องอาศัยเครื่องมือที่มีความจำเพาะสูงต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์จึงจะให้ผลที่แม่นยำซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในปริมาณมาก แต่อาจจะทำให้ง่ายขึ้นด้วยวิธีทางเคมีเหล่านี้ ได้แก่ การเติมอินเทอร์เนลสแตนดาร์ด การเติมสารมาตรฐานด้วยอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการเตรียม

แก่ส่วร่วมกับการเลือกใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความละเอียดรวมทั้งมีความจำเพาะในการตรวจวัดสูง จากการเปรียบเทียบค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของแก๊สทั้งสามชนิดเมื่อใช้ตัวตรวจวัดแบบยูนิเวอร์ซอล คือใช้ตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีให้ค่าการตรวจวัดที่สูงกว่าการตรวจวัดที่ใช้ตัวตรวจวัดแบบจำเพาะของแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ มีค่าเป็น 200, 15 และ 286 เท่า ตามลำดับ การวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะให้ช่วงการตรวจวัดที่ต่ำกว่ากรณีที่ใช้ตัวตรวจวัดแบบยูนิเวอร์ซอลถึงแม้ว่าจะเป็นตัวตรวจวัดชนิดเดียวกันก็ตาม ทั้งนี้เนื่องมาจากสแตชันเนรีเฟสและสภาวะการทดลองที่ใช้วิเคราะห์แตกต่างกัน โดยกรณีวิเคราะห์ด้วยตัวตรวจวัดแบบจำเพาะและใช้สแตชันเนรีเฟสชนิดโพราแพคทิว ซึ่งสแตชันเนรีเฟสชนิดนี้จะจำเพาะกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้นคือในกรณีนี้ในตัวอย่างจึงเปรียบเสมือนกับมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่เพียงชนิดเดียว ไม่มีแก๊สชนิดอื่นมารบกวนการวิเคราะห์ ค่าขีดจำกัดการตรวจวัดและช่วงการตอบสนองเชิงเส้นตรงในกรณีนี้จึงสามารถตรวจวัดได้ต่ำกว่าในกรณีที่วิเคราะห์ด้วยตัวตรวจวัดแบบยูนิเวอร์ซอลโดยใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere ซึ่งเป็นสแตชันเนรีเฟสที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิดนี้ นั่นคือสภาวะการทดลองที่ใช้สแตชันเนรีเฟสชนิด Carbosphere นี้จึงเปรียบเสมือนกับเป็นการวิเคราะห์แบบแก๊สผสม และนอกจากนี้อุณหภูมิชนิดของแก๊สพา และกระแสไฟฟ้าที่ให้แก่วงจรตัวตรวจวัดของการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณี ยังแตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งอาจจะเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ขีดจำกัดทางการตรวจวัดของและช่วงการตอบสนองเชิงเส้นตรงในการตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยตัวตรวจวัดชนิดเดียวกันคือ เทอร์มัลคอนดักติวิตี แบบจำเพาะจึงให้ค่าต่ำกว่าเมื่อใช้ตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีเป็นแบบยูนิเวอร์ซอล

ดังนั้นจากผลการทดลองสรุปได้ว่า ตัวตรวจวัดแบบยูนิเวอร์ซอลซึ่งในการทดลองนี้ใช้เป็นตัวตรวจวัดเทอร์มัลคอนดักติวิตีไม่เหมาะสมกับการศึกษาแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด คือ แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ พร้อมกันและในกรณีที่ต้องการได้ค่าความถูกต้องของข้อมูลสูงแต่อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้จัดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะเลือกนำมาใช้เพื่อทำให้การวิเคราะห์สะดวกขึ้นเมื่อผู้ศึกษาแก๊สเรือนกระจกมีข้อจำกัดในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือไม่มีตัวตรวจวัดที่มีความจำเพาะสูงต่อแก๊สชนิดนั้นๆ เนื่องจากใช้ตัวตรวจวัดชนิดเทอร์มัลคอนดักติวิตีซึ่งเป็นตัวตรวจวัดที่ใช้กันทั่วไป แต่จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีนี้ไม่น่าจะนำไปใช้วิเคราะห์ด้านปริมาณเมื่อแก๊สมีความเข้มข้นต่ำ แต่จะใช้ได้ดีในกรณีที่แก๊สทั้งสามชนิดมีความเข้มข้นตั้งแต่ 300 ppmv ขึ้นไป แต่ถ้าแก๊สตัวอย่างมีความเข้มข้นต่ำกว่านี้และต้องการจะวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ก็สามารถจะวิเคราะห์ได้เช่นกันโดยนำวิธีเพิ่มความเข้มข้น (preconcentration) อื่นๆมาใช้ร่วมด้วย เทคนิคการวิเคราะห์แก๊สเรือนกระจกที่กล่าวมานี้ ใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้น ประหยัดค่าใช้จ่าย และยังสามารถตรวจวัดแก๊สทั้งสามชนิดได้พร้อมกัน คือ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์

จากการทดลองศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์และได้นำวิธีการทดลองนี้ไปใช้ศึกษาตัวอย่างจริงโดยทำการทดลองจากสถานีแปลงข้าวโพด สถานีนาข้าว และสถานีกุชูด ก็พบว่าวิธีดังกล่าวนี้สามารถใช้ได้จริง ดังผลการทดลอง นำตัวตรวจวัดแบบยูนิเวอร์ซอล(Universal detector, TCD) มาศึกษาตัวอย่างจริงจากแปลงข้าวโพด เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 นาข้าวและอุทยานกุชูด เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 เปรียบเทียบกับการใช้ตัวตรวจวัดแบบจำเพาะ(Selective detector, FID TCD และ ECD) ผลจากการวิเคราะห์และนำมาคำนวณค่าฟลักซ์ สำหรับแปลงข้าวโพดพบว่าค่าที่ได้จากตัวตรวจวัดแบบยูนิเวอร์ซอลแตกต่างจากตัวตรวจวัดแบบจำเพาะเป็นดังนี้ แก๊สมีเทนอยู่ในช่วง $0.59-1.70 \text{ kg-C-ha}^{-1}\text{d}^{-1}$ คาร์บอนไดออกไซด์ $1908.64-1991.32 \text{ kg-C-ha}^{-1}\text{d}^{-1}$ และ ไนโตรสออกไซด์ $139.58-296.83 \text{ kg-N-ha}^{-1}\text{d}^{-1}$ ส่วนตัวอย่างแก๊สที่เก็บจากนาข้าวและอุทยานกุชูดพบว่าค่าที่ได้จากตัวตรวจวัดแบบยูนิเวอร์ซอลแตกต่างจากตัวตรวจวัดแบบจำเพาะเป็นดังนี้ แก๊สมีเทนอยู่ในช่วง $32.58-37.81 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ คาร์บอนไดออกไซด์ $4.18-4.59 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ และ ไนโตรสออกไซด์ $0.09-13.64 \text{ } \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$

บรรณานุกรม

- ขวัญจิต ฮกทา. 2541. การศึกษาฟลักซ์ของแก๊สเรือนกระจก(มีเทนและไนตรัสออกไซด์)ที่มีปริมาณน้อย: กรณีศึกษาป่าชายเลนบริเวณอ่าวพังงา โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ฉบบ. 2538. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน. ใน อาริยา สิทธิจิรวัตร (บรรณาธิการ), สิ่งแวดล้อมโลก, หน้า 173-211. กรุงเทพฯ: เอส.พี.เอ็น.
- ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. 2539. พันธะเคมี: หลักเคมี 1, 495 หน้า. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นรินทร์ บุญตานนท์. 2539. ปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/Purge&Trap. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บัญญัติ สุขศรีงาม. 2542. จุลชีววิทยาของดิน. จุลชีววิทยาทั่วไป, หน้า 448-461. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- บุญพฤกษ์ จาฎามระ และคณะ. 2529. แก๊ส. ใน บุญพฤกษ์ จาฎามระ (บรรณาธิการ), เคมีเล่ม 1, หน้า 157-182. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- เพริศพิชญ์ คณาธารณา. 2526. หลักการของแก๊สโครมาโทกราฟี: ทฤษฎีแก๊สโครมาโทกราฟี, 136 หน้า. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- โพลเลย์, เจอร์รัล. 2538. โลกร้อนบทเรียนจากอนาคต. แปลจาก Glowbal Warming Who is Taking The Heat? โดย วิฑูรย์ ปัญญากุล. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพฯ: สถาบันชุมชนท้องถิ่นพัฒนา.

ศุภชัย ไข่เทียมวงศ์. 2537. การวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมีวิเคราะห์. เคมีวิเคราะห์, หน้า 9-46. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แม่น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2535. แก๊สโครมาโทกราฟี(Gas Chromatography, GC). หลักการ และเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ, หน้า 811-882. กรุงเทพฯ: ชวนพิมพ์.

สมัย อภาภิรม, เจตน์ เจริญโท, ประวิทย์ มาศรังสรรค์, ภูมศักดิ์ วงษ์ทิพย์, วันเพ็ญ อัครสมิต, ญาณาริป์ สุดเด็ชวไกร, สุณี ไชยรส, ศศิธร อิทธานุเวคิน และนเรศ ปราบทอง. 2535. ปราบกฏ การณ์เรือนกระจก. อากาศ, หน้า 66-77. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง.

สุวิทย์ ยอดมณี. 2541. สภาวะโลกร้อน: อาการน่าเป็นห่วง. ว.ส่งเสริมการอนุรักษ์ธรรมชาติและคุ้มครองสิ่งแวดล้อม. 10(42): 2-3.

อรสา ขันการ. 2536. การวิเคราะห์ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ถูกปลดปล่อยจากดิน บริเวณป่าชายเลน อ่าวพังงา จ. พังงา โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีและวิธีแชมเบอร์. โครงการงานทางเคมีวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Alltech, 1986. Material safety data sheet, Deerfield, Illinois: Alltech Associates, Inc. USA.

Ball, B.C., Scott, A. and Parker, J.P., 1999. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil Tillage Res.* 53: 29-39.

Blake, D. R., and Rowland, F. S., 1988. Containing worldwide increase in tropospheric methane, 1978 to 1987. *Science.* 239: 1129-1131.

Bowden, W. B. and Bormann, F. H., 1986. Transport and loss of nitrous oxide in soil water after forest clear-cutting. *Science.* 233: 867-869.

Bremner, J.M. 1997. Source of nitrous oxide in soils. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 7-16.

- Buzon, J., Guichard, N., Lebbe, J., Pre'vo't, A., Serpinet, J., and Tranchant, J. 1996. Packing for gas-solid chromatography. In Tranchant, J. (eds.), *Practical Manual of Gas Chromatography*, pp 121-126. New York: Elsevier.
- Cabrera, M.L., Chiang, S.C., Merka, W.C., Pancorbo, O.C. and Thompson, S.A. 1994. Nitrous Oxide and carbon dioxide emissions from pelletized and nonpelletized poultry litter Incorporated into soil. *Plant Soil*. 163: 189-196.
- Chang-Fu Wu, Yosta, M.G., Hashmonaya, R.A. and Parkb, D.Y. 1999. Experimental evaluation of a radial beam geometry from mapping air pollutants using optical remote sensing and computed tomography. *Atmos. Environ.* 33(28): 4709-4716.
- Chen, G.X., et al., 1990. Investigation on the emission of N₂O by plant. *J. Appl. Ecol.* 1(1): 94-96.
- Christensen, S., Ambus, P., Arah, J.R.M., Clayton, H., Galle, B., Griffith, D.W. T., Hargreaves, K.J., Klemedtsson, L., Lind, A. -M., Maag, M., Scott, A., Skiba, U., Smith, K.A., Welling, M. and Wienhold, F.G. 1996. Nitrous oxide emission from an agricultural field: comparison between measurements by flux chamber and micrometeorological techniques. *Atmos. Environ.* 30(24): 4183-4190.
- Corre, M.D., Kessel, C. V., and Pennock, D. J. 1996. Landscape and seasonal patterns of nitrous oxide emission in a semiarid region. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1806-1815.
- Dulohery, C.J., Morris, L. A. and Lowrance, R. 1996. Division 5-7-Forest & range soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 291-298.
- Fishbeing, L. 1974. Nitrogen gas (Oxides of nitrogen, ammonia). *Chromatography of Environmental harzadous (Vol. II)*, pp. 245-251. New York: Elsevier.

- Freney, J.R. 1997. Emission of nitrous oxide from soil used for agriculture. *Nut. Cycling Agroecosyst.* 49: 1-6.
- Gulluk, T., Slemr, F., and Stauffer, B., 1998. Simultaneous measurements of CO₂, CH₄, and N₂O in air extracted by sublimation from Antarctic ice cores: Confirmation of the data obtained using other extraction techniques. *J. Geophys. Res.* 103(13): 15971-15978.
- Hahn, J. 1972. Improved gas chromatographic method for field measurement of nitrous oxide in air and water using a 5A molecular sieve trap. *Anal. Chem.* 44(11): 1889-1892.
- Handbook of Chemistry and Physics special student edition, David R. Lide Editor-in-chief, 73RD edition, 1992-1993.
- Hargreaves, K.J., Wienhold, F.G., Klemedtsson, L., Arah, J.R.M., Beverland, I. J., Fowler, D., Galle, B., Griffith, D.W.T., Skiba, U., Smith, K.A., Welling, M. and Harris, G.W. 1996. Measurement of nitrous oxide emission from agricultural land using micrometeorological methods. *Atmos. Environ.* 30(10-11): 1563-1571.
- International Panel on Climate Change (IPCC), 1992. Climate Change 1992, the supplementary reports to the IPCC scientific assessment. Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S. K., (eds) Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kanatharana, P. 1997. Flux measurements from soil and plant system. *Proceedings of the 3rd DIWPA International Field Biology Course*, Songkla, Thailand, 11-31 August, 1997, pp. 1-8.
- KaneKo, K., Hiroki, S., Abe, T. and Murakami, Y. 1996. Proposal for an *in situ* measurement of the atmospheric methane concentration using a high-resolution quadrupole mass spectrometer. *Vacuum.* 47(11): 1313-1316.

- Kanno, T., Miura, Y., Tsuruta, H., and Minami, K., 1997. Methane emission from rice paddy fields in all of Japanese prefecture. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 147-151.
- Karger, B.L., Snyder, L.R. and Horvath C. 1973. Chromatography. *An Introduction to Separation Science*, pp. 121-167. New York: A Wiley-Interscience.
- Kesheng, S., and Zhen, L., 1997. Effect of rice cultivars and fertilizer management on methane emission in a rice paddy in Beijing. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 139-146.
- Kimura, M., 1997. Sources of methane emitted from paddy fields. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 153-161.
- Kludze, H. K., Delaune, R. D., Patrick, W. H. Jr., 1993. Aerenchyma formation and methane and oxygen exchange in rice. *Soil Soc. Am. J.* 57: 386-391.
- Koyama, T., and Kimura, M., 1997. Methane emission fluxes from rice paddies and the methane productive potential in the soils. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 129-138.
- LaHue, M.D., Pate, J.B. and Lodge, J.P. 1970. Atmospheric nitrous oxide concentrations in the humid tropics. *J. Geophys. Res.* 75(10): 2922-2926.
- Lindau, C.W., DeLaune, R.D., Patrick, W.H., Jr. and Bollich, P.K. 1990. Fertilizer effects on Dinitrogen, Nitrous oxide, and Methane emissions from lowland rice. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 54: 1789-1794.
- Loftfield, N.S., Brumme, R. and Beese, F. 1992. Automated monitoring of nitrous oxide and carbin dioxide flux from forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1147-1150.
- Long, G.L. and Winefordner, J.D. 1983. Limit of detection: A closer look at the IUPAC definition. *Anal. Chem.* 55(7): 712A-724A.

- Mariko, S., Harazono, Y. N., and Nouchi, I., 1991. Methane in flooded soil water and the emission through rice plants to the atmosphere. *Environ Exp. Bot.* 31(3): 343-350.
- Miller, J.C. and Miller, J. N. 1993. Significance tests: *Statistics for Analytical Chemistry* (3rd ed.), 233 pp. New York: Ellis Horwood.
- Min, H., Zhao, Y.H., Chen, M.C. and Zhao, Y., 1997. Methanogens in paddy rice soil. *Nut. Cycling Agroecosyst.* 49: 163-169.
- Minami, K. 1997. Atmospheric methane and nitrous oxide: sources, sinks and strategies for reducing agricultural emissions. *Nut. Cycling Agroecosyst.* 49: 203-211.
- Miura, Y. and Kanno, Tadanori. 1997. Emissions of trace gases (CO₂, CO, CH₄, and N₂O) resulting from rice straw burning. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 43(4): 849-854.
- Neue, H.U., Wassman, R., Kludze, H.K., Bujun, W., and Lantin, R.S. 1997. Factors and Processes Controlling methane emissions from rice fields. *Nut. Cycling Agroecosyst.* 49: 111-117.
- Nugroho, S.G., Sunyoto, Lumbanraja, J., Suprpto, H., Ardjasa, W.S. and Kimura, M. 1997. Effect of rice variety on methane emission from an Indonesian paddy field. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43(4): 799-809.
- Price, A.H. 1969. The dielectric properties of gases. In Sugden, T.M. (eds.), *Dielectric properties & Molecular behavior*, pp. 191-228. London: Van Nostrand Reinhold.
- Priem, A., Christensen, S., Galle, B., Klemetsson, L. and Griffith, D.W.T. 1996. Spatial variability of CH₄ uptake in Danish forest soil and its relation to different measurement techniques. *Atmos. Environ.* 30(9): 1375-1379.

- Rasmussen, R.A., Krasnec, J. and Pierotti, D. 1976. N₂O analysis in the atmosphere via electron capture-gas chromatography. *Geophys. Res. Lett.*, 3(10): 615-618.
- Revesz, K. and Coplen, T.B. 1990. Gas Chromatographic separation of carbon dioxide and nitrous oxide for stable isotopic analysis of carbon dioxide. *Anal. Chem.* 62: 972-973.
- Sass, R. L., and Fisher Jr., F. M., 1997. Methane emissions from rice paddies: a process study summary. *Nut.Cycling Agroecosyst* . 49: 119-127.
- Simpson, I.J., Edwards, G.C. and Thurtell, G.W. 1999. Variations in methane and nitrous oxide mixing ratios at the southern boundary of a Canadian boreal forest. *Atmos. Environ.* 33 (7): 1141-1150.
- Smyth, C.P. 1955. The dielectric constants and losses of solids. *Dielectric Behavior and Structure*, pp. 153-155. New York: McGraw-Hill.
- Steele, L. P., Dlugokencky, E. J., Lang, P. M., Tans, P. P., Martin, R. C. and Masarie, K. A., 1992. slowing down of the global accumulation of atmospheric methane during the 1980s. *Nature*. 358: 313-316.
- Supina, W.R. 1931. Solid supports: The Packed Column in Gas Chromatography, 166 pp. Pennsylvania: Supelco, Inc.
- Tanikawa, N., Imai, T. and Urano, K. 1995. Characteristics of continuous analyzers for nitrous oxide in flue gas from municipal incinerators. *Sci.Total Environ.* 175(3): 189-198.
- Terry, R.E., Tate III, R.L., and Duxbury, J.M. 1981. The effect of flooding on nitrous oxide emissions from an organic soil. *Soil Sci.* 132 (5): 228-232.

- Tsuruta H., Kanda, K. and Hirose T. 1997. Nitrous oxide emission from a rice paddy field in Japan. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 51-58.
- Wada, E., Lee, J. A., Kimura, M., Koike, I., Reeburgh, W.S., Tundisi, J. G., Yoshinari, T., Yoshioka, T., and van Vuuren, M.M. I. 1991. Gas exchange in ecosystems: Framework and Case studies. *Jpn. J. Limnol.*, 52(4): 263-281.
- Wang, Z. P., Zeng, D., and Patrick Jr., W. H. 1997. Characteristics of methane oxidation in a flooded rice soil profile. *Soil Sci. Plant Nutr.* 49: 97-103.
- Yagi, K. and Minami, Katsuyuki. 1990. Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 36(4): 599-610.
- Yuan, Y. X., and Cai, Z. C., 1997. Laboratory study of methane oxidation in paddy soils. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 105-109.
- Yue, L., Erda, L., and Minjie, R., 1997. The effect of agricultural practices on methane and nitrous oxide emissions from rice field and pot experiments. *Nut.Cycling Agroecosyst.* 49: 47-50.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

คุณสมบัติของสแตนเลสที่แยกแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์

1. สแตนเลสเฟสชนิด Carbosphere

ส่วนที่ 1 ข้อมูลชื่อสารเคมี

| | |
|---------------|-----------------------------|
| ชื่อทางการค้า | : Carbosphere |
| ชื่อทั่วไป | : Carbon molecular sieve |
| ตระกูลสารเคมี | : Carbon (Activated Carbon) |

ส่วนที่ 2 ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

| | |
|----------------------|---|
| สูตร | : C |
| อุณหภูมิใช้งานสูงสุด | : 400 องศาเซลเซียส |
| น้ำหนักสูตร | : 12.011 |
| หมายเลขดัชนีเมอร์ค | : 1792 |
| ลักษณะทางกายภาพ | : เป็นเม็ดเล็กๆทรงกลมสีดำ แห้ง ไม่มีกลิ่น |
| ขนาด | : 80-100 เมช |

ส่วนที่ 3 ข้อมูลความเป็นพิษ

| | |
|------------------------|--|
| ความเป็นพิษต่อการทำงาน | : ไม่มีความเป็นพิษต่อสถานที่ทำงานหรือวัสดุ อื่นๆที่ใช้ร่วม |
| ความเป็นพิษต่อสุขภาพ | : ให้ผลเช่นเดียวกับของแข็งและสารเคมีทั่วไป คือระคายเคืองตาเมื่อเข้าตา และระคายผิว |
| วิธีการปฐมพยาบาล | : ล้างตาด้วยน้ำสะอาดปริมาณมากไหลผ่านนาน 15 นาที และถ้าบริเวณผิวหนังก็ให้ล้างด้วยน้ำ สบู่แล้วล้างตามด้วยน้ำสะอาดมากๆ เช็ดผิวให้ แห้งด้วยผ้าขนหนู |

ส่วนที่ 4 ข้อมูลการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| | |
|------------------------|--|
| ความเสถียร | : เสถียรสูง |
| สถานะที่ต้องหลีกเลี่ยง | : บริเวณใกล้ๆตัวทำละลายอินทรีย์ที่ระเหยง่าย, เปลวไฟ, สารเคมีที่มีความสามารถในการออก ซิไดส์หรือรีดิวซ์สูง |

| | |
|--|---------|
| ความเป็นพิษเนื่องจากการเกิด ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน | : ไม่มี |
|--|---------|

ส่วนที่ 5 การป้องกันในการใช้งาน

| | |
|----------------------|--------------------------|
| ระคายต่อระบบหายใจ | : ใช้หน้ากากกันฝุ่นละออง |
| การระคายเคืองผิวหนัง | : ใช้ถุงมือกันสารเคมี |
| ระคายเคืองตา | : ใช้แว่นตากันสารเคมี |

ส่วนที่ 6 การหกและรั่วไหล

เก็บสเดชันเนรีเฟสด้วยไม้กวาดที่สะอาดหรือไม้ปัดขนไก่ โดยสวมถุงมือ หน้ากากกันฝุ่น และแว่นตาคอนเท็กซ์ แล้วเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาด คุณเอาออกซิเจนออกจากภาชนะก่อนเก็บเพื่อป้องกันความชื้น

ที่มา : Material safety data sheet, Alltech associates, USA.

2. สเตชันเนรีเฟสชนิด HayeSep Q

ส่วนที่ 1 ข้อมูลชื่อสารเคมี

| | |
|---------------|--------------------------|
| ชื่อทางการค้า | : HayeSep Q |
| ตระกูลสารเคมี | : Analytical polymers |
| ชื่อทางเคมี | : Divinylbenzene polymer |

ส่วนที่ 2 ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

| | |
|-------------------------------|--|
| สูตร | : $(C_8H_8)^n$ |
| ขนาด | : 80-100 เมช |
| ค่าความถ่วงจำเพาะ | : 0.351 กรัม/ลบ.ซม. |
| อุณหภูมิใช้งานสูงสุด | : 275 องศาเซลเซียส |
| ลักษณะทางกายภาพ | : เป็นเม็ดกลมเล็กๆสีขาวนวล แข็ง ไม่มีกลิ่น |
| จุดเดือด (°F) | : ของแข็ง |
| ความดันไอ (mm Hg) | : ของแข็ง |
| การละลายน้ำ | : ของแข็ง (อากาศ=1) |
| เปอร์เซ็นต์การระเหยต่อปริมาตร | : 0 |
| อัตราการระเหย | : 0 |

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการติดไฟและการระเบิด

| | |
|-------------|---|
| การดับเพลิง | : น้ำ โฟม และ เครื่องดับเพลิงชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ |
|-------------|---|

ส่วนที่ 4 ข้อมูลความเป็นพิษต่อสุขภาพ

หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับดวงตา ถ้าเข้าตาให้ล้างเอาอนุภาคพอลิเมอร์ออกด้วยน้ำสะอาด

ส่วนที่ 5 ข้อมูลการไวต่อปฏิกิริยา

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| สารที่ต้องหลีกเลี่ยง | : H ₂ SO ₄ |
| สภาวะที่ต้องหลีกเลี่ยง | : อุณหภูมิเกิน 300 องศาเซลเซียส |
| สารที่ทำให้พอลิเมอร์สลายตัว | : CO และ CO ₂ |

ส่วนที่ 6 การหกและรั่วไหล

ใช้ปั๊มดูดหรือกวาดเอาอนุภาคพอลิเมอร์ขึ้นมาแล้วจึงกำจัดทิ้งภายหลัง

ส่วนที่ 7 ข้อมูลการป้องกันด้านสุขภาพ

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| การป้องกันระบบหายใจ | : ไม่มีพิษต่อระบบหายใจ |
| การป้องกันด้วยถุงมือ | : ไม่มีพิษต่อการสัมผัส |
| การป้องกันเครื่องมือที่ใช้ | : ไม่กัดกร่อนและทำลาย |
| การป้องกันดวงตา | : ใช้แว่นหรือหน้ากากป้องกัน |

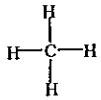
ส่วนที่ 8 ข้อมูลที่ต้องระมัดระวังในการเก็บรักษา

เก็บในภาชนะบรรจุมีดichtungเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดออกซิไดส์

ที่มา : Material safety data sheet, Alltech associates, USA.

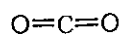
คุณสมบัติของแก๊สเรือนกระจกทั้งสามชนิด มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์

1. แก๊สมีเทน



| | |
|-------------|--|
| สูตร | : CH ₄ |
| โครงสร้าง | : regular tetrahedron หรือ cubic lattice |
| โมเลกุล | : ไม่มีขั้ว (non polar gas) |
| น้ำหนักสูตร | : 16.04 |
| ความหนาแน่น | : 0.428 g/l (640 mm Hg, 25 °C) |
| จุดหลอมเหลว | : -182 °C |
| จุดเดือด | : -164 °C |

2. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



| | |
|-------------|--------------------------------|
| สูตร | : CO ₂ |
| โครงสร้าง | : linear triatomic molecules |
| โมเลกุล | : ไม่มีขั้ว (non polar gas) |
| น้ำหนักสูตร | : 44.01 |
| ความหนาแน่น | : 1.977 g/l (640 mm Hg, 25 °C) |
| จุดหลอมเหลว | : -56.6 °C (5.2 atm) |
| จุดเดือด | : -78.6 °C sub |

3. แก๊สไนตรัสออกไซด์



| | |
|-----------------|---|
| สูตร | : N ₂ O |
| โครงสร้าง | : linear triatomic molecules |
| โมเลกุล | : มีขั้ว (polar gas) |
| ค่าไดโพลโมเมนต์ | : 0.39 μ(D) เมื่ออยู่ในสถานะแก๊ส (Debye Units) |
| ความหนาแน่น | : 1.539 g/l (640 mm Hg, 25 °C) |
| น้ำหนักสูตร | : 44.01 |
| จุดหลอมเหลว | : -91 °C (5.2 atm) |
| จุดเดือด | : -88 °C sub |

ที่มา : Handbook of Chemistry and Physics special student edition, David R. Lide Editor-in-Chief, 73RD edition, 1992-1993

ภาคผนวก ข.

นิยามคำจำกัดความของศัพท์ในวิทยานิพนธ์

1. ไนทริฟิเคชัน (Nitrification)

1.1 จาก Soil Science Society of American : 1987

คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของพวกไบโอโลจิคัล (biological) ที่เปลี่ยนแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไปเป็น ไนเตรต (NO_3^-) และไนไตรต์ (NO_2^-) หรือปฏิกิริยาที่เกิดจากไบโอโลจิคัลที่เหนียวน้ำ ทำให้เลขออกซิเดชันของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

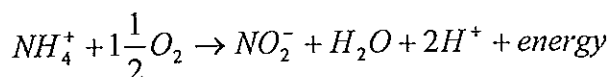
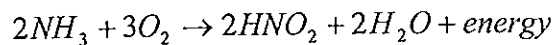
1.2 จาก Focht และ Verstraete; 1997; Schmidt; 1982

คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของพวกไบโอโลจิคัลหรือการออกซิไดส์แอมโมเนียเพื่อเปลี่ยนไปเป็นไนเตรต โดยมีไนไตรต์เป็นตัวกลางของปฏิกิริยา

1.3 โดย รศ.บัญญัติ สุขศรีงาม; 2542

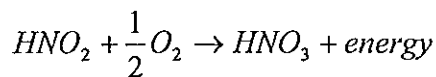
เป็นการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียเป็นสารประกอบไนเตรตด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันของแบคทีเรียในดิน เรียกแบคทีเรียเหล่านี้ว่า nitrifying bacteria สำหรับขบวนการไนทริฟิเคชัน มี 2 ระยะ คือ

1. ไนโตรซิฟิเคชัน (Nitrosification) เป็นการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียไปเป็นไนไตรต์ ดังสมการ



แบคทีเรียที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ Nitrosococcus, Nitrosocystis (เช่น N.oceanus) Nitrosogloea และ Nitrospira

2. Nitrification เป็นการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนเป็นไนเตรต ดังสมการ



แบคทีเรียที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ Nitrobacter (เช่น N. winogradskyi) Nitrocystis นอกจากนี้ยังพบในฟังไจพวก Aspergillus spp. (เช่น A. flavus) อีกด้วย

หมายเหตุ นิยามดังกล่าวนี้ค่อนข้างจะมีความจำกัดสูงก็เพราะว่าเฮเทอโรโทรฟิค ไมโครออร์แกนิซึม (heterotrophic microorganism) บางชนิดสามารถจะเปลี่ยนจากแอมโมเนียไปเป็นไนเตรตและไนไตรต์ได้โดยเกิดผ่านปฏิกิริยารีดักชัน

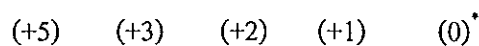
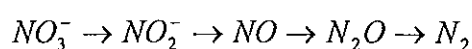
2. ดีไนทริฟิเคชัน (Denitrification)

2.1 จาก Soil Science Society of American; 1987

คือ การรีดักชันของไนเตรตหรือไนไตรต์ไปเป็นโมเลกุลของไนโตรเจน (N_2) หรือไนโตรเจนออกไซด์ (NO) โดยเกิดผ่านกิจกรรมของพวกไมโครเบียล (microbial activity)

ไมโครไบโอโลจิสต์ (microbiologists) ส่วนใหญ่จะเกิดปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชัน โดยกระบวนการหายใจของพวกแบคทีเรียโดยเกิดเป็นปฏิกิริยารีดักชันของ ไนเตรต หรือไนไตรต์ แล้วเปลี่ยนไปเป็นไนโตรเจนออกไซด์ แก๊สไนตรัสออกไซด์ และแก๊สไนโตรเจน ร่วมกันกับอิลคตรอนทรานสปอร์ตฟอสฟอริเลชัน (electron transport phosphorylation)

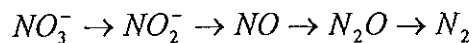
แนวทางของปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชัน มีดังนี้



*คือ เลขออกซิเดชันของไนโตรเจนในสารประกอบ

2.2 โดย รศ. บัญญัติ สุขศรีงาม; 2542

เป็นการเปลี่ยนแปลงไนเตรตเป็นแก๊สไนโตรเจนโดยแบคทีเรียพวก denitrifying bacteria ดังสมการ

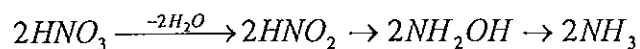


denitrifying bacteria ได้แก่แบคทีเรียบางชนิดในสกุล Pseudomonas (เช่น P. aeruginosa และ P. denitrificas) Bacillus (เช่น B. licheniformis) Paracolon (เช่น P.denitrificas) และ Thiobacillus denitrificans

3. ไนเตรตรีดักชัน (Nitrate reduction)

โดย รศ.บัญญัติ สุขศรีงาม; 2542

เป็นการเปลี่ยนแปลงไนเตรตเป็นไนไตรต์และแอมโมเนีย ซึ่งเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของขบวนการไนทริฟิเคชัน ดังสมการ



จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการเปลี่ยนแปลงนี้มีทั้งแบคทีเรีย รา และยีสต์ แบคทีเรีย ได้แก่ Agrobacterium, Azotobacter, Bacillus, Clostridium รา ได้แก่ Alternaria, Aspergillus, Fusarium, Penicillium ส่วนยีสต์ ได้แก่ Citeromyces, Cryptococcus, Hansenular และ Rhodotorula

4. ไนโตรเจนฟิกซ์เซชัน (Nitrogen fixation)

โดย รศ.บัญญัติ สุขศรีงาม, 2542

เป็นการนำแก๊สไนโตรเจนจากอากาศมาเปลี่ยนแปลงให้เป็นสารประกอบของไนโตรเจน เช่น กรดอะมิโน การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากจุลินทรีย์ 2 กลุ่ม ได้แก่ จุลินทรีย์ที่อยู่เป็นอิสระในดิน (non symbiotic nitrogen fixation) และจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกับพืชชั้นสูง (symbiotic nitrogen fixation)

จุลินทรีย์ที่อยู่เป็นอิสระเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยเป็นอิสระในดินและสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ มีทั้งแบคทีเรีย ไซยาโนแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

จุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกับพืชชั้นสูงเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงแก๊สไนโตรเจนได้และมีการดำรงชีวิตแบบมิวทัวลิซึม (mutualism) กับพืชชั้นสูง ได้แก่ *Rhizobium* ซึ่งเป็นแบคทีเรียในปมรากพืชตระกูลถั่ว

5. ขีดจำกัดการตรวจวัดต่ำสุด (Limit of detection, LOD)

5.1 นิยามโดย IUPAC: ขีดจำกัดการตรวจวัดต่ำสุดจะแสดงในหน่วยความเข้มข้น (C_L) หรือหน่วยปริมาณ (q_L) โดยจะเป็นหน่วยอะไรขึ้นอยู่กับปริมาณที่วัด เมื่อ X_L คือค่าการตอบสนองสัญญาณที่น้อยที่สุดที่สามารถจะตรวจวัดได้จากกระบวนการนั้นๆที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.2 นิยามโดย ACS: คือความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สนใจและสามารถตรวจวัดได้อย่างถูกต้องด้วยกระบวนการนั้นๆที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากนิยามทั้งสองนี้ คำว่าสามารถตรวจวัดได้ในที่นี้หมายถึง สามารถตรวจวัดสัญญาณอื่นๆที่เราไม่ทราบด้วยได้ รวมทั้งสามารถตรวจวัดสัญญาณรบกวน (noise response) ได้ดีพอๆกับการวัดสัญญาณของสารที่เราสนใจ

ในงานทางการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุที่มีปริมาณน้อยมาก (trace element) จะพิจารณาเทอม ขีดจำกัดการตรวจวัดต่ำสุด (detection limit) กันโดยที่ขีดจำกัดการตรวจวัดต่ำสุดเป็นค่าที่มัก จะแสดงในหน่วยความเข้มข้น หรือปริมาณของธาตุที่วิเคราะห์ สามารถจะหาได้ในทางสถิติที่แตกต่างไปจากค่าของแบบจำลองที่หาได้ ที่กล่าวว่าหาได้ในทางสถิติก็เพราะว่า เทอมความเข้มข้นต่างๆที่หาได้มีค่าน้อยมาก จะต้องเป็นเลขคูณสิบยกกำลังน้อยๆ

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 18 แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์ กรดแอสคอร์บิกที่มีความเข้มข้น 113.99 ppmv จำนวน
25 ครั้ง

| ครั้งที่ | ค่ารีเทนชันไทม์ (t_R) | พื้นที่ใต้พีค ($\mu\text{V}\cdot\text{min}$) |
|----------|---------------------------|--|
| 1 | 2.860 | 191 |
| 2 | 2.850 | 180 |
| 3 | 2.860 | 180 |
| 4 | 2.860 | 182 |
| 5 | 2.853 | 181 |
| 6 | 2.861 | 184 |
| 7 | 2.857 | 184 |
| 8 | 2.872 | 180 |
| 9 | 2.861 | 193 |
| 10 | 2.860 | 182 |
| 11 | 2.872 | 189 |
| 12 | 2.863 | 181 |
| 13 | 2.851 | 198 |
| 14 | 2.871 | 190 |
| 15 | 2.855 | 187 |
| 16 | 2.852 | 188 |
| 17 | 2.871 | 201 |
| 18 | 2.872 | 188 |
| 19 | 2.863 | 201 |
| 20 | 2.846 | 187 |
| 21 | 2.860 | 200 |
| 22 | 2.861 | 193 |
| 23 | 2.867 | 203 |
| 24 | 2.868 | 199 |
| 25 | 2.870 | 190 |

จากการทดลองทั้ง 25 ครั้ง (%RSD = 3.96)

ตารางที่ 19 แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์ กรณีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 352.68 ppmv จำนวน 25 ครั้ง

| ครั้งที่ | ค่ารีเทนชันไทม์ (t_r) | พื้นที่ใต้พีค ($\mu\text{V}\cdot\text{min}$) |
|----------|---------------------------|--|
| 1 | 4.263 | 879 |
| 2 | 4.257 | 864 |
| 3 | 4.261 | 873 |
| 4 | 4.269 | 868 |
| 5 | 4.269 | 805 |
| 6 | 4.266 | 819 |
| 7 | 4.283 | 849 |
| 8 | 4.281 | 893 |
| 9 | 4.272 | 806 |
| 10 | 4.266 | 821 |
| 11 | 4.268 | 832 |
| 12 | 4.275 | 893 |
| 13 | 4.271 | 846 |
| 14 | 4.269 | 812 |
| 15 | 4.277 | 861 |
| 16 | 4.270 | 876 |
| 17 | 4.283 | 828 |
| 18 | 4.273 | 844 |
| 19 | 4.290 | 852 |
| 20 | 4.277 | 807 |
| 21 | 4.280 | 856 |
| 22 | 4.277 | 877 |
| 23 | 4.289 | 836 |
| 24 | 4.293 | 890 |
| 25 | 4.283 | 802 |

จากการทดลองทั้ง 25 ครั้ง (%RSD = 3.49)

ตารางที่ 20 แสดงความแม่นยำในการวิเคราะห์ กรดแอสไทรอิกในตัวอย่างสกัดความเข้มข้น 91.31 ppmv จำนวน 25 ครั้ง

| ครั้งที่ | ค่ารีเทนชันไทม์ (t_R) | พื้นที่ใต้พีค ($\mu\text{V}\cdot\text{min}$) |
|----------|---------------------------|--|
| 1 | 5.606 | 215 |
| 2 | 5.584 | 217 |
| 3 | 5.560 | 207 |
| 4 | 5.605 | 204 |
| 5 | 5.603 | 216 |
| 6 | 5.603 | 216 |
| 7 | 5.606 | 207 |
| 8 | 5.610 | 200 |
| 9 | 5.600 | 207 |
| 10 | 5.600 | 201 |
| 11 | 5.610 | 205 |
| 12 | 5.606 | 209 |
| 13 | 5.611 | 210 |
| 14 | 5.600 | 205 |
| 15 | 5.603 | 217 |
| 16 | 5.580 | 213 |
| 17 | 5.608 | 212 |
| 18 | 5.601 | 219 |
| 19 | 5.618 | 219 |
| 20 | 5.617 | 217 |
| 21 | 5.598 | 217 |
| 22 | 5.594 | 200 |
| 23 | 5.618 | 207 |
| 24 | 5.600 | 206 |
| 25 | 5.603 | 203 |

จากการทดลองทั้ง 25 ครั้ง (%RSD = 2.97)

ตารางที่ 21 แสดงลักษณะพื้นที่ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี บริเวณจุดเก็บตัวอย่างแปลงข้าว โปดคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา วันที่ 21 และ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542

| 21/02/43 แปลงข้าว โปดคณะทรัพยากรธรรมชาติ เวลา 8.00-10.00 น. | |
|---|-----------------------------|
| %RH | อุณหภูมิอากาศ (°C) |
| 74.2 | 26.0 |
| | มีแสงแดด ลมพัด ท้องฟ้าโปร่ง |

| 24/02/43 แปลงข้าว โปดคณะทรัพยากรธรรมชาติ เวลา 8.00-10.00 น. | |
|---|----------------------------------|
| %RH | อุณหภูมิอากาศ (°C) |
| 70.6 | 30.2 |
| | มีแสงแดด ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีลมพัด |

ตารางที่ 22 แสดงลักษณะพื้นที่ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของน้ำบริเวณจุดเก็บตัวอย่างในนาข้าว และอุทยานอูยุดตอนนอก อ.สทิงพระ จ.สงขลา
วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2543

| สถานี | pH | Eh (mV) | DO (mg/L) | %DO | %RH | ความดัน (mbar) | อุณหภูมิน้ำ (°C) | อุณหภูมิอากาศ (°C) | ลักษณะของดิน บริเวณเก็บตัวอย่าง |
|----------------|------|---------|-----------|-----|-----|----------------|------------------|--------------------|----------------------------------|
| B ₁ | 8.00 | -51.0 | 0.36 | 5.0 | 88 | 989 | 30.4 | 30.0 | ดินเหนียวปนดินทราย สีแดงปนน้ำตาล |
| B ₂ | 6.99 | +10.0 | 0.22 | 2.8 | 88 | 989 | 29.8 | 30.0 | ดินเหนียวปนดินทราย สีแดงปนน้ำตาล |
| C | 6.88 | +17.0 | 0.17 | 2.0 | 91 | 91 | 31.0 | 26:0 | ดินเหนียวปนดินเลน สีดำคล้ำ |

*เมื่อ B₁ และ B₂ เป็นนาข้าวที่ข้าวกำลังออกรวง กับนาข้าวที่รวงเริ่มสุกและมีสีเหลือง

ประวัติผู้เขียน

| | | | |
|------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|
| ชื่อ | นางสาวหทัยกาญจน์ ไพรัตน์นกร | | |
| วัน เดือน ปีเกิด | 9 มีนาคม 2516 | | |
| วุฒิการศึกษา | วุฒิ | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
| | วิทยาศาสตรบัณฑิต | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2539 |
| | (เคมี) | วิทยาเขตหาดใหญ่ | |