คู่มือปฏิบัติการ

วิชา มลพิษทางอากาศ เสียงและการควบคุม

Laboratory Manual (Part 3)

for

Air & Noise Pollution and Controls

(Course No. 617 322)

โดย นเรศ เชื้อสุวรรณ

สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

แก้ไขครั้งที่ 2 (ตุลาคม 2547)

School of Environmental Health, Institute of Medicine

Suranaree University of Technology (SUT)

Nakorn Rachasrima, Thailand

2nd Edition (October 2004)

20.–

บทนำ หน้า 3

เนื้อหา

ข้อแนะนำเบื้องต้น: รูปแบบของรายงานปฏิบัติการ หน้า 4

ปฏิบัติการตรวจวัดควันดำ (ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) หน้า 6

ปฏิบัติการตรวจวัดไอเสีย (ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน) หน้า 18

พื้นฐานการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ หน้า 28

ปฏิบัติการเก็บตัวอย่างสารมลพิษที่อยู่ในรูปก๊าซ (เน้น NO_2) หน้า 33

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. เอกสารประกอบของสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา หน้า 13

ภาคผนวก ข. เอกสารประกอบของกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ หน้า 24

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทนำ

เนื้อหาของคู่มือฉบับนี้เป็นฉบับที่มีการแก้ไขเพิ่มเติมครั้งที่ 2 (ตุลาคม 2547) ในส่วนของปฏิบัติการวิชามลพิษอากาศ เสียงและการควบคุม (รายวิชา 617 322) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนของนักศึกษาสาธารณสุขศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์หลักของคู่มือฉบับนี้ คือ การใช้เป็นแนวทางสำหรับเตรียมความพร้อมในการเสริมสร้างความรู้ก่อนและหลังลงมือปฏิบัติ การใช้เป็นคู่มือเขียนรายงาน รวมทั้งสร้างความเข้าใจให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนให้มีมากขึ้นในเรื่องของการใช้เครื่องมือตรวจวัดด้านมลพิษอากาศ เนื้อหาของแต่ละปฏิบัติการในส่วนนี้ครอบคลุมทั้งสิ้น 4 ปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

- ปฏิบัติการตรวจวัดควันดำ (ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล)
- การตรวจวัดไอเสีย (ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน)
- ปฏิบัติการเก็บตัวอย่างสารมลพิษที่อยู่ในรูปก๊าซ (เน้น NO_2)
- พื้นฐานการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ

รายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละปฏิบัติการสามารถนำมาประกอบกับความรู้ที่ได้จากการบรรยายในชั้นเรียนจะช่วยเสริมทักษะด้านการใช้เครื่องมือและการตรวจวัดมลพิษอากาศให้กับผู้เรียน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

นเรศ เชื้อสุวรรณ

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
สำนักวิชาแพทยศาสตร์

ตุลาคม 2547

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อแนะนำเบื้องต้น: รูปแบบของรายงานปฏิบัติการ

1. รายงานฯ จะใช้การเขียนหรือพิมพ์ก็ได้ หากเขียนให้ใช้ "ตัวบรรจง" และให้ผู้อื่นสามารถอ่านและเข้าใจได้ ข้อแนะนำของรูปแบบของรายงานฯ อย่างน้อยต้องประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

   ก. ปกรายงานฯ ให้มีรายละเอียดของรายวิชา ชื่อปฏิบัติการ ชื่อ-สกุลของผู้จัดทำ ชั้นปี หมายเลขประจำตัว วันที่ทำปฏิบัติการ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.

รูปที่ 1. รูปแบบของปกรายงาน

รายงานปฏิบัติการ

วิชา มลพิษทางอากาศ เสียงและการควบคุม

(617 322)

เรื่อง

(ใส่หัวข้อของปฏิบัติการ)

วันที่...(ปฏิบัติการ).....

โดย

ชื่อ-สกุล (นักศึกษา) หมายเลขประจำตัว.....

ชั้นปีที่ .....

สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข. วัตถุประสงค์ของปฏิบัติการ ให้ระบุว่าปฏิบัติการที่ได้ทำไปแล้วมีวัตถุประสงค์เป็นอย่างไร

ค. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ให้ระบุว่ามีการใช้เครื่องและอุปกรณ์ชนิดใดบ้างในการฝึกปฏิบัติการ

ง. วิธีทดลอง ให้ระบุถึงวิธีทดลองเป็นขั้นเป็นตอนตั้งแต่การเตรียมอุปกรณ์ การสอบเทียบเครื่องมือ (แนะนำให้เขียนเป็นแผนภูมิประกอบด้วย)

จ. ผลการทดลอง ให้แสดงรายละเอียดของผลการทดลอง เช่น การตรวจวัดมลพิษต่าง ๆ ให้ผลเป็นอย่างไร มลพิษมีระดับความเข้มข้นเท่าไร เป็นต้น

ฉ. สรุปผลการทดลองและข้อสังเกต ให้สรุปผลที่ได้จากการทดลองและแสดงข้อสังเกตที่ได้ เช่น ค่าการตรวจวัดเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน เป็นต้น

ช. การตอบคำถาม ให้ตอบคำถามที่มีอยู่ในด้านท้ายของคู่มือปฏิบัติการในแต่ละเรื่อง

2. ข้อบังคับในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ก. นักศึกษาต้องปฏิบัติตามข้อบังคับของการใช้ห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด หากไม่ปฏิบัติตามจะมีการตักเตือนและจดชื่อในความผิดครั้งแรก และจะทำการตัดคะแนนหากทำผิดข้อบังคับในครั้งต่อไป

ข. นักศึกษาต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ หากทำเสียหายต้องถูกปรับชดเชยให้กับมหาวิทยาลัย

ค. ห้ามนักศึกษาเล่นในห้องปฏิบัติการอย่างเด็ดขาด เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายและการบาดเจ็บ รวมทั้งอุปกรณ์เสียหายได้

ง. นักศึกษาควรสวมแว่นป้องกันเศษสิ่งของกระเด็นเข้าตาขณะใช้ห้องปฏิบัติการ

3. ข้อแนะนำทั่วไป

- หน่วยที่ใช้กันทั่วไปในการรายงานปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ คือ ส่วนในล้านส่วน (part per million – ppm) หรือ มคก.ต่อลบ.ม. การแปลงระหว่างหน่วยทั้งสองมีสูตรง่าย ๆ ดังนี้

มคก.ต่อลบ.ม. = [ppm x Molecular Weight]/0.02445 (ที่ 25°C, 1 atm)

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการตรวจวัดควันดำ (ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล)

บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศจากไอเสียของยานพาหนะเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของมนุษย์โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ที่มีสภาพการจราจรติดขัด ปฏิบัติการนี้เน้นเฉพาะควันดำจากเครื่องยนต์ดีเซล รถยนต์ดีเซลเป็นส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลบ่อยครั้งปล่อยเขม่าออกจากท่อไอเสียทำให้เกิดควันดำออกสู่บรรยากาศ ซึ่งควันดำมีองค์ประกอบของสารเคมีบางชนิดที่เป็นสารก่อมะเร็ง เช่น polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) เป็นต้น รวมทั้งก๊าซบางชนิดที่ปล่อยออกมาจากท่อไอเสียยังเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดสภาพฝนกรดขึ้นอีกด้วย เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดอ๊อกไซด์ (SO_2) เป็นต้น กรณีเหล่านี้ยังไม่รวมถึงความไม่น่าดู (non aesthetic) การควบคุมควันดำจากรถยนต์ดีเซลจึงเป็นส่วนหนึ่งของข้อบังคับทางกฎหมายที่นำมาบังคับใช้ อย่างไรก็ตามการตรวจวัดควันดำเป็นเพียงส่วนหนึ่งของมาตรการทางกฎหมายที่ใช้ควบคุมป้องกันปัญหามลพิษเท่านั้น การทำให้คุณภาพอากาศดีขึ้นจำเป็นต้องใช้มาตรการอื่นเข้ามาช่วยด้วย เช่น การให้ความรู้แก่ประชาชน การใช้อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจวัดควันดำจากเครื่องยนต์ดีเซล
2. เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการตรวจวัดควันดำจากเครื่องยนต์ดีเซล
3. เพื่อให้นักศึกษารู้จักวิธีการใช้เครื่องมือตรวจวัดควันดำจากยานพาหนะ

หลักการเบื้องต้น

วิธีการตรวจวัดตามกฎหมายของการตรวจวัดควันดำของยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลสามารถดำเนินการได้ 2 วิธี คือ

กรณีที่ 1 เครื่องยนต์มีภาระและอยู่บนเครื่องทดสอบ (Dynamometer)

กรณีที่ 2 เครื่องยนต์ไม่มีภาระ (หรือจอดอยู่กับที่)

นอกจากนี้ วิธีการตรวจวัดที่เป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมาย คือ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2540) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ลงวันที่ 17 มิถุนายน 2540 แบ่งชนิดของเครื่องมือไว้ดังนี้ เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง (filter) เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด (Full Flow Opacity)) เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบ

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แสงแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow Opacity) โดยเครื่องมือตรวจวัดใช้ค่าของความทึบแสงที่วัดได้จากเครื่องมือตรวจวัดแสดงออกมาในรูปของปริมาณควันดำที่ปล่อยจากยานพาหนะเครื่องยนต์ดีเซล

อุปกรณ์

1. คู่มือปฏิบัติการวิชามลพิษอากาศและเสียงและการควบคุม
2. เครื่องตรวจวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด (Full flow opacity)ของ Wager รุ่น 6500 (รูปที่ 1.) พร้อมอุปกรณ์

รูปที่ 1. ตัวเครื่องตรวจวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านของ Wager รุ่น 6500

3. เครื่องยนต์ดีเซลหรือยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ในปฏิบัติการนี้จะใช้รถแทรคเตอร์ 4 ล้อ ณ อาคารปฏิบัติการ 5 (หรือ รถกะบะบรรทุก หรือ รถตู้โดยสารในบางกรณี)
4. เครื่องคิดเลขและเทปวัดระยะ
5. สมุดจดบันทึก ปากกา/ดินสอ
6. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น แว่นตา safety, ถุงมือ เป็นต้น

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อพึงระวัง

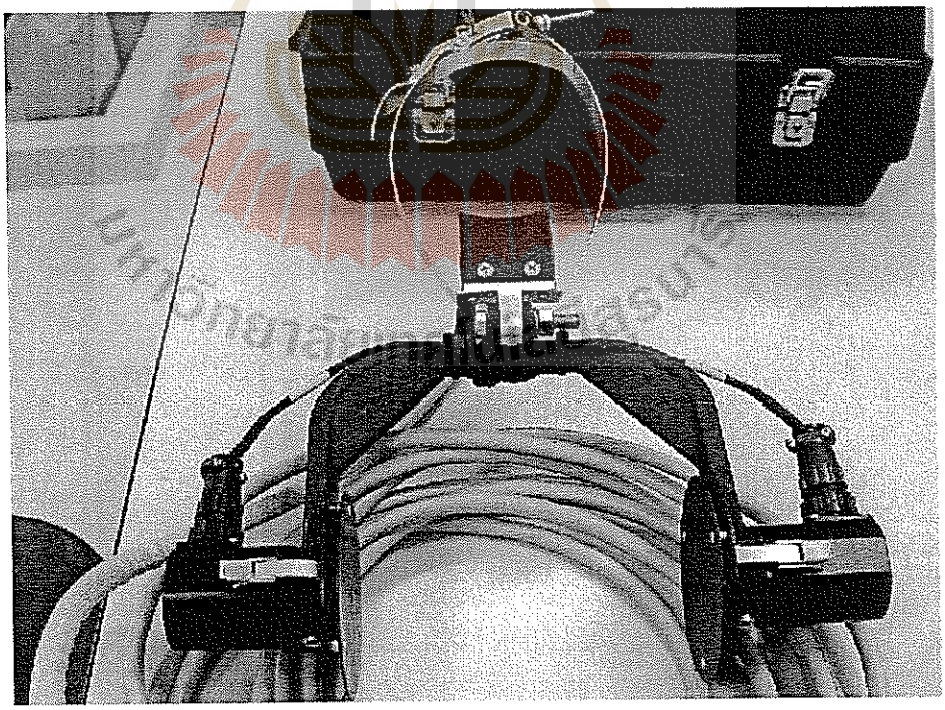
ปฏิบัติการนี้เกี่ยวข้องกับเครื่องมือและรถยนต์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายขึ้นได้ โดยเฉพาะ ดังนั้น การปฏิบัติตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่และการมีจิตสำนึกถึงความปลอดภัยของนักศึกษาและผู้ปฏิบัติงานเป็นสิ่งจำเป็นและพึงปฏิบัติ!

ปฏิบัติการ

ส่วนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดควันดำของ Wager รุ่น 6500

1. เตรียมเครื่องมือตรวจวัดควันดำ Wager รุ่น 6500 พร้อมอุปกรณ์ ที่มีอยู่ในกล่องใส่เครื่องมือออกมาประกอบ ดังนี้
    - นำตัวเครื่องตรวจวัดควันดำ (เครื่องสี่เหลี่ยมสีน้ำเงิน ดังแสดงในรูปที่ 1) ออกมาตั้งบนโต๊ะ ระวังมิให้ตกหรือกระแทก
    - นำส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดหรือ Optical sensor พร้อมสายต่อสัญญาณ (ลักษณะคล้ายหูฟังสีดำ รูปที่ 2.) ออกมาตั้งบนโต๊ะ ระวังมิให้ตกหรือกระแทก

รูปที่ 2. ส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดหรือ Optical sensor พร้อมสายต่อสัญญาณ



Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

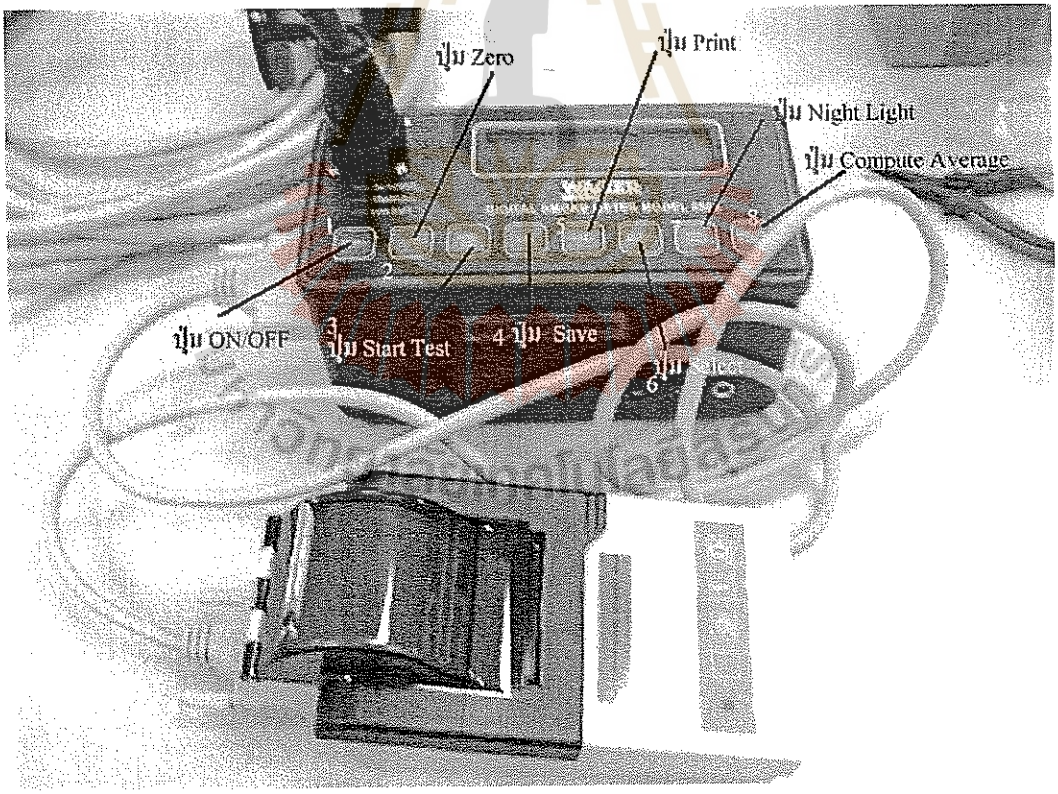
2. นำสวิตช์เชื่อมต่อที่มีลักษณะเป็นปลั๊กทรงกลมสีดำที่อยู่ปลายสุดของสายต่อสัญญาณสายเสียบเข้ากับเบ้ารับด้านหน้าของตัวเครื่องวัดควันดำ รูปที่ 3. ใช้ความระวังในการต่อสวิตช์เพราะจะทำให้เข็มบิดหรือสวิตช์ชำรุด หากไม่แน่ใจให้ถามเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลเครื่องมือ ถ้าตัวสวิตช์เชื่อมต่อกันดีแล้วให้บิดไปทางขวาประมาณ ¼ รอบ จะทำให้การต่อเชื่อมสัญญาณสนิทมากขึ้น

3. กรณีที่เครื่องผ่านการตรวจวัดมาแล้วให้ทำความสะอาดเลนส์รับแสง และปรับเทียบเครื่องมือตามคำแนะนำของคู่มือ (ปรึกษาผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ)

4. เมื่ออุปกรณ์ตรวจวัดทุกชิ้นเชื่อมต่อกันหมดแล้ว ให้กดแป้น ON/OFF (รูปที่ 3. หมายเลข 1) บริเวณด้านหน้าของเครื่อง Wager รุ่น 6500 เพื่อทดสอบเครื่องมือ

5. หากผ่านการปรับเทียบภายในแล้ว (self calibration) แสดงว่าเครื่องมือพร้อมใช้งานตรวจวัดควันดำ

รูปที่ 3. ลักษณะของสวิตช์เชื่อมต่อที่ต่อเข้ากับเครื่องตรวจวัดควันดำ Wager รุ่น 6500



6. หากรถยนต์ที่จะนำไปตรวจวัดมีท่อไอเสียอยู่สูงจากพื้นจนไม่สามารถวางอุปกรณ์ตรวจวัดให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมได้ ให้นำเอาด้ามจับ (extension pole) ของ

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณต่อเข้าด้วยกัน เพื่อยื่นให้อยู่ที่ปลายท่อไอเสีย เช่น กรณีของรถแทรกเตอร์ ณ อาคารเครื่องมือ 5 เป็นต้น

7. ติดตั้งหัววัดกับท่อไอเสียให้ระยะทางของแสงที่ตรวจวัดเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย (ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2540) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ลงวันที่ 17 มิถุนายน 2540 และฉบับที่ 4 พ.ศ.2541 ลงวันที่ 9 กันยายน 2541) ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขป คือ ให้ส่วนที่เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดหรือ Optical sensor อยู่ห่างจากปลายท่อไอเสียไม่เกิน 5 ซม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของท่อไอเสีย 4 ประเภท ดังนี้

   (ก) ท่อไอเสียวงกลมชนิดท่อตรง ให้อุปกรณ์ตรวจวัดห่างจากปลายท่อไอเสียไม่เกิน 5 ซม.

   (ข) ท่อไอเสียวงกลมชนิดท่อบากทำมุม ให้อุปกรณ์ตรวจวัดอยู่ที่ปลายสุดของท่อไอเสียในส่วนที่เป็นท่อบากเมื่อวัดจากกึ่งกลางท่อไอเสียแต่ไม่เกิน 5 ซม.

   (ค) ท่อไอเสียวงกลมชนิดท่อโค้ง ให้อุปกรณ์ตรวจวัดห่างจากปลายท่อไอเสียไม่เกิน 5 ซม.

   (ง) ท่อไอเสียวงกลมชนิดท่อตรง ให้อุปกรณ์ตรวจวัดห่างจากปลายท่อไอเสียไม่เกิน 5 ซม.

ส่วนที่ 2 การเตรียมรถยนต์ดีเซลสำหรับตรวจวัดควันดำ

1. นำรถยนต์ไปจอดในบริเวณที่ทำการตรวจวัดควันดำ ซึ่งควรเป็นบริเวณที่ไม่ได้รับการรบกวนจากปัจจัยภายนอก เช่น กระแสลม แสงรบกวน ฝุ่นละออง เป็นต้น และให้ระบบส่งกำลังอยู่ในตำแหน่งว่าง (Neutral) หรือเกียร์ว่าง

2. หากมีการติดตั้งระบบปรับอากาศ และระบบเบรคไอเสียให้ทำการปิดระบบดังกล่าวให้หมด

3. ก่อนทำการทดสอบให้ใส่ห้ามล้อและค้ำยันที่ล้อรถยนต์ไม่ให้เคลื่อนที่ขณะทำการทดสอบ

4. ทำการติดเครื่องยนต์ให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งานตามปกติ (กรณีรถที่เครื่องยนต์ยังเย็นอยู่ให้ทำการเดินเครื่องอยู่กับที่ไม่น้อยกว่า 5 นาที)

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. สังเกตและตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องยนต์ ด้วยการเร่งเครื่องช้า ๆ จนความเร็วรอบสูงสุด ให้ฟังเสียงหรือสังเกตความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น หากพบให้ระงับการตรวจวัดไว้ก่อนจนกว่าเครื่องยนต์อยู่ในสภาพปกติ

ส่วนที่ 3 การตรวจวัดควันดำจากยานพาหนะดีเซลด้วยเครื่อง Wager รุ่น 6500

1. เมื่ออุปกรณ์ตรวจวัดทุกชิ้นเชื่อมต่อกันหมดแล้ว ให้กดแป้น ON/OFF (รูปที่ 3. หมายเลข 1) บริเวณด้านหน้าของเครื่อง Wager รุ่น 6500 เมื่อเครื่องผ่านการปรับเทียบภายในแล้วเครื่องมือจะอยู่ในสถานะพร้อมใช้งานสำหรับตรวจวัดควันดำ

2. **นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการนี้ห้ามอยู่บริเวณที่อาจเกิดอันตรายอย่างเด็ดขาด หากรถมีการไหลหรือเคลื่อนออกจากที่ เช่น ด้านหน้าและหลังของรถยนต์ เป็นต้น เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ ผู้ที่ฝ่าฝืนจะต้องถูกลงโทษตามระเบียบของมหาวิทยาลัย**

3. พยายามให้สายต่อสัญญาณอยู่ห่างจากผนังท่อไอเสีย และหลีกเลี่ยงมิให้สายต่อสัญญาณสัมผัสกับส่วนที่ร้อนอันอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้

4. กดแป้น Select (รูปที่ 3. หมายเลข 6) บริเวณด้านหน้าของเครื่อง Wager รุ่น 6500 เพื่อเลือกขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไอเสีย เมื่อได้ขนาดที่ต้องการแล้วให้กดแป้น Save (รูปที่ 3. หมายเลข 4)

5. กดแป้น Select หากแรงม้า (HP) เพื่อเลือกตัวเลขที่ตรงกับชนิดของเครื่องยนต์ของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไอเสีย เมื่อได้แรงม้าที่ต้องการแล้วให้กดแป้น Save

6. ผ่านมือไปบริเวณอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อบังแสงไม่ให้ผ่านไปยังตัวรับ (Light detector) อ่านค่าที่ได้จากจอว่าเป็น 100% ก่อนเลื่อนมือออกแล้วอ่านค่าอีกครั้งจากจอแสดงผล ค่าที่ได้ควรเป็น 0% หากไม่ได้ให้กดแป้น Zero (รูปที่ 3. หมายเลข 2)

7. ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดยังคงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามข้อ 6 ของส่วนที่ 1 หรือไม่ ปรับระยะได้หากจำเป็น

8. กดแป้น Start Test (รูปที่ 3. หมายเลข 2) เพื่อเริ่มทำการวัด สังเกตจอแสดงผลจะขึ้นตัว T1 แสดงถึงการวัดค่าควันดำครั้งที่ 1

9. เร่งเครื่องยนต์จนสุดคันเร่งอย่างเร็วพร้อมตรวจวัด

10. บันทึกค่าความทึบแสงที่ได้ และทำซ้ำข้อ 8 และ 9 อีก 1 ครั้งพร้อมบันทึกผล

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

11. หากค่าความทึบแสงที่ได้จากการตรวจวัดทั้งสองครั้งต่างกันเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ให้เริ่มทำการวัดใหม่ พร้อมบันทึกผลและรายละเอียดของรถยนต์ที่ใช้ทดสอบ (ยี่ห้อ รุ่น ปีปริมาตรความจุกระบอกสูบ)

12. เมื่อตรวจวัดเสร็จให้ปิดเครื่อง Wager และเก็บอุปกรณ์ทั้งหมดให้เรียบร้อยพร้อมใช้งาน

คำถาม

1. ตามกฎหมายของไทยค่าความทึบแสงจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ตรวจวัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเป็นอย่างไร? อภิปราย

2. วิธีการตรวจวัดควันดำแบบที่ได้ปฏิบัติไปแล้วมีความแตกต่างจากวิธีอื่นตามกฎหมายของไทยอย่างไร? อภิปราย

แบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าควันดำ

<u>ปฏิบัติการตรวจวัดค่าควันดำจากยานพาหนะเครื่องยนต์ดีเซล</u>

ชื่อ-สกุล.....เลขประจำตัว.....กลุ่มที่.....

สถานที่ทดสอบ.....

ลักษณะของยานพาหนะ (รายละเอียด)

.....

.....

ลักษณะของสภาพอากาศ.....

การตรวจวัดครั้งที่ 1				
หมายเลขรถ (VIN)	วันที่ทดสอบ	ค่าความทึบแสง 1 (T1)%	ค่าความทึบแสง 2 (T2) %	ค่าความทึบแสง 3 (T3) %
ค่าความทึบแสงเฉลี่ย (%)				
ค่าความแตกต่าง (Spread) %				

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจวัดครั้งที่ 2 (กรณีตรวจวัดซ้ำ)				
หมายเลขรถ (VIN)	วันที่ทดสอบ	ค่าความทึบแสง 1 (T1)%	ค่าความทึบแสง 2 (T2) %	ค่าความทึบแสง 3 (T3) %
ค่าความทึบแสงเฉลี่ย (%)				
ค่าความแตกต่าง (Spread) %				

ภาคผนวก ก.

เอกสารประกอบของสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา

วิธีการตรวจวัดค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลได้กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2540 และมีการแก้ไขเพิ่มเติมด้วยประกาศกระทรวงวิทย์ฯ ฉบับที่ 4 พ.ศ.2541 เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล มีรายละเอียดจากเอกสารของสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา (หรืออาจใช้สำเนาจากราชกิจจานุเบกษา) ดังรายละเอียดในเอกสารของสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Naras Chuenuswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก
ท้ายประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๔๐)
เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

ข้อ ๑ ความหมายของคำ

"รถยนต์" หมายความว่า รถยนต์ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

"ความเร็วรอบสูงสุด" หมายความว่า ความเร็วของเครื่องยนต์ขณะเร่งเครื่องยนต์สูงสุดโดยไม่มีภาระ และระบบถ่ายกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังล้อรถยนต์ อยู่ในสภาพไม่ทำงาน

"สภาพภาระสูงสุด" หมายความว่า สภาพของเครื่องยนต์ขณะที่ให้กำลังสูงสุดโดยมีภาระ และอยู่บนเครื่องทดสอบ

"เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง (Filter)" หมายความว่า เครื่องมือตรวจวัดควันดำโดยใช้กระดาษกรอง และวัดค่าของแสงที่สะท้อนจากกระดาษกรอง ซึ่งวัดค่าเป็นหน่วยร้อยละ

"ระยะความยาวของทางเดินแสง (Optical Path Length)" หมายความว่า ระยะความยาวของทางเดินแสงที่ถูกปิดกั้นด้วยควันดำในขณะตรวจวัด

"เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง แบบไหลผ่านทั้งหมด (Full Flow Opacity)" หมายความว่า เครื่องมือตรวจวัดควันดำ ที่ให้ควันดำทั้งหมดไหลผ่านช่องวัดแสง และวัดค่าของแสงที่ทะลุผ่านควันดำ โดยวัดค่าเป็นหน่วยร้อยละที่ระยะความยาวของทางเดินแสงที่ ๗๖ มิลลิเมตร หรือเทียบเท่า

"เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง แบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow Opacity)" หมายความว่า เครื่องมือตรวจวัดควันดำ ที่ให้ควันดำไหลผ่านช่องวัดแสงบางส่วนและวัดค่าของแสงที่ทะลุผ่านควันดำ โดยวัดค่าเป็นหน่วยร้อยละที่ระยะความยาวของทางเดินแสงที่ ๔๓๐ มิลลิเมตร หรือเทียบเท่า

ข้อ ๒ การเตรียมรถยนต์ก่อนการทดสอบให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) จอดรถยนต์อยู่กับที่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง

(๒) ปิดระบบเครื่องปรับอากาศของรถยนต์ และระบบเบรคไอเสีย (ถ้ามี)

(๓) เดินเครื่องยนต์ ให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งานปกติ

(๔) ตรวจสอบความผิดปกติ ของอุปกรณ์เครื่องยนต์ เช่น ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (Governor) โดยการทดลองเหยียบคันเร่งอย่างช้าๆ ให้ความเร็วของเครื่องยนต์ค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นทีละน้อย จนกระทั่งถึงความเร็วรอบสูงสุด ขณะเร่งเครื่องยนต์ให้สังเกต หรือฟังเสียงสิ่งผิดปกติของเครื่องยนต์ ถ้าพบอาการผิดปกติที่อาจทำให้เครื่องยนต์เสียหาย หรือไม่ปลอดภัย ให้ระงับการทดสอบยานพาหนะจนกว่าจะซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์

(๕) กรณีที่มีท่อไอเสียมากกว่าหนึ่งท่อ ให้ตรวจวัดค่าควันดำจากท่อไอเสียที่มีปริมาณควันดำมากที่สุด

ข้อ ๓ การเตรียมเครื่องมือตรวจควันดำให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) กรณีใช้เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด

(ก) การทำความสะอาดเครื่องมือ เช่น หัววัด (Probe) เลนส์กระจกรับแสง และการปรับแต่งเครื่องมือ (Calibrate) ต้องเป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือ

(ข) จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันเครื่องมือจากการรบกวนภายนอก เช่น ลม ฝุ่นละออง หรือแสงรบกวน ที่จะมีผลให้การตรวจวัดผิดพลาด

(ค) การติดตั้งหัววัดกับท่อไอเสียของรถยนต์ และระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง ให้เป็นไปตามรูปที่ ๑-๔

(๒) กรณีใช้เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านบางส่วน

(ก) การทำความสะอาดเครื่องมือ เช่น หัววัด เลนส์กระจกรับแสง และการปรับแต่งเครื่องมือ ต้องเป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือ

(ข) จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันเครื่องมือจากการรบกวนภายนอก เช่น ลม ฝุ่นละออง หรือแสงรบกวน ที่จะมีผลให้การตรวจวัดผิดพลาด

(ค) สอดหัววัดเข้าไปในท่อไอเสียของรถยนต์ โดยให้ปลายของหัววัดอยู่ห่างจากผนังท่อไอเสียไม่น้อยกว่า ๐.๕ เซนติเมตร

(ง) ระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง ให้เป็นไปตามกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ ของระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสง (Light Source) และตัวรับแสง (Light Detector) ของเครื่องมือ

(๓) การแปลงค่าควันดำที่ตรวจวัดได้ เป็นค่าควันดำที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐานให้เป็นไปตามสมการที่ ๑

$$ค_{๗๖} = ๑๐๐\left[๑ - \left(๑ - \frac{ค_{๑}}{๑๐๐} \right)^{(ย_{๗๖}/ย_{๑})} \right] \qquad \text{สมการที่ ๑}$$

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$ด_{๗๖}$ = ค่าควันดำที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐาน (%)

$ด_{ว}$ = ค่าควันดำที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือ (%)

$ย_{๗๖}$ = ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐาน (๗๖ มิลลิเมตร)

$ย_{ว}$ = ระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง (มิลลิเมตร)

(๔) กรณีใช้เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง

(ก) การทำความสะอาดเครื่องมือ เช่น หัววัด (Probe) และการปรับแต่งเครื่องมือ (Calibrate) ต้องเป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือ

(ข) สอดหัววัดเข้าไปในท่อไอเสียของรถยนต์ โดยให้ปลายของหัววัดอยู่ห่างจากผนังท่อไอเสียไม่น้อยกว่า ๐.๕ เซนติเมตร

ข้อ ๔ วิธีการตรวจวัดควันดำของรถยนต์ สามารถดำเนินการได้ ๒ วิธี ดังต่อไปนี้

(๑) ขณะเครื่องยนต์ไม่มีภาระ

(ก) การจัดเตรียมรถยนต์และเครื่องมือวัดควันดำให้เป็นไปตามข้อ (ข) และ (ค)

(ข) จอดยานพาหนะอยู่กับที่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง

(ค) เร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่งพร้อมตรวจควันดำดังนี้

(๑.๑) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด หรือแบบไหลผ่านบางส่วน ให้บันทึกค่าสูงสุดของควันดำที่ตรวจวัดได้

(๑.๒) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง (Filter) ให้เก็บตัวอย่างควันดำลงกระดาษกรองขณะเริ่มกดคันเร่ง

(ง) ให้วัดค่าควันดำสองครั้ง โดยใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นเกณฑ์ตัดสิน

(จ) ถ้าค่าควันดำที่วัดได้ทั้งสองครั้งแตกต่างกันเกินกว่าร้อยละห้า ให้วัดค่าควันดำใหม่

(๒) ขณะเครื่องยนต์มีภาระและอยู่บนเครื่องทดสอบให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(ก) การจัดเตรียมรถยนต์และเครื่องมือวัดควันดำ ให้เป็นไปตามข้อ (ข) และ (ค)

(ข) จัดให้ล้อส่งกำลังของรถยนต์ที่จะตรวจวัดควันดำอยู่บนลูกกลิ้ง (Roller Unit) ของเครื่องทดสอบ

(ค) ให้เร่งเครื่องยนต์เพื่อขับเคลื่อนล้อไปตามปกติ พร้อมใส่ภาระให้กับเครื่องยนต์จนกระทั่งเครื่องยนต์อยู่ในสภาพภาระสูงสุด

(ง) หลังจากนั้นให้ลดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลงมาเหลือร้อยละหกสิบ พร้อมดำเนินการตรวจวัดควันดำ หลังจากที่คงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ในระดับนั้นไว้แล้ว ไม่น้อยกว่าห้าวินาที ดังนี้

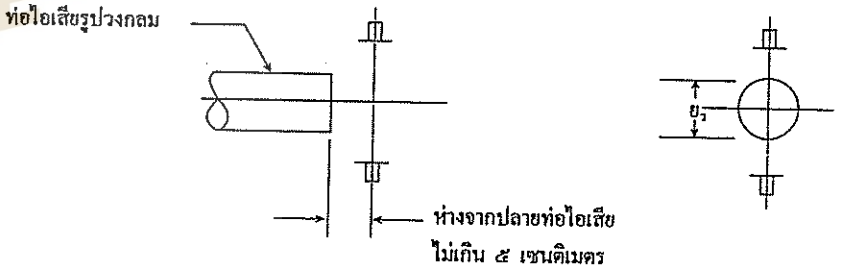
(๑.๑) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมดหรือแบบไหลผ่านบางส่วนให้บันทึกค่าสูงสุดของควันดำที่ตรวจวัดได้

(๑.๒) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรองให้เก็บตัวอย่างควันดำลงกระดาษกรองขณะเริ่มกดคันเร่ง

(จ) ให้วัดค่าควันดำสองครั้ง และให้ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ตัดสิน

ภาพแสดงการติดตั้งหัววัดเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมดกับท่อไอเสียของรถยนต์และระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง ตามภาคผนวกท้ายประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๔๐) เรื่องการกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามข้อ ๓ (๑) (ค)

ภาพที่ ๑ สำหรับท่อไอเสียวงกลมชนิดท่อตรง



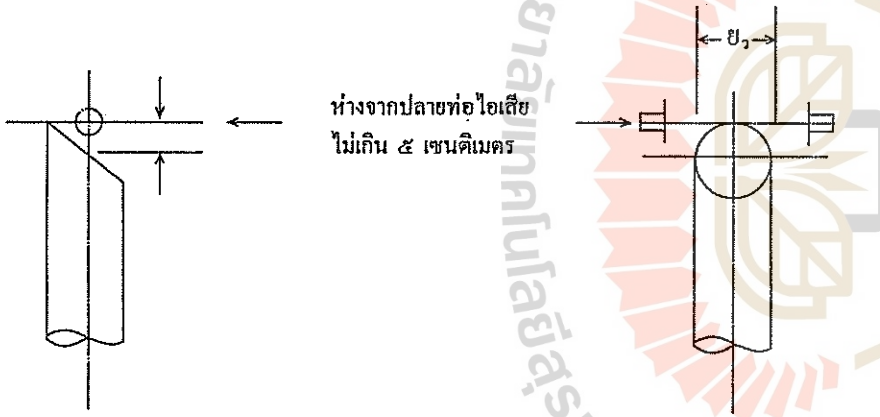
หมายเหตุ

๑) ⊣—⊢ หมายความถึง หัววัดของเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด

๒) $ย_{ว}$ หมายความถึง ระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง

ภาพแสดงการติดตั้งหัววัดเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมดกับท่อไอเสียของรถยนต์และระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง ตามภาคผนวกท้ายประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๔๐) เรื่องการกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามข้อ ๓ (๑) (ค)

ภาพที่ ๒ สำหรับท่อไอเสียวงกลมชนิดท่อปากทำมุม



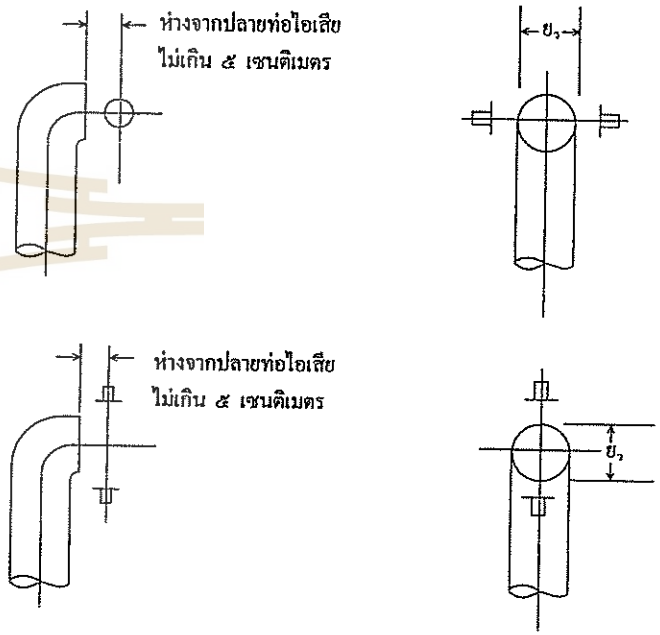
หมายเหตุ

๑) หมายความถึง หัววัดของเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด

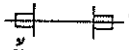
๒) ย$_1$ หมายความถึง ระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง

ภาพแสดงการติดตั้งหัววัดเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมดกับท่อไอเสียของรถยนต์และระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง ตามภาคผนวกท้ายประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๔๐) เรื่องการกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามข้อ ๓ (๑) (ค)

ภาพที่ ๓ สำหรับท่อไอเสียวงกลมชนิดโค้ง



หมายเหตุ

๑)  หมายความถึง หัววัดของเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด

๒) ย$_1$ หมายความถึง ระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง

หน้า 19 / 36
Nares Chueanuswan © 2004 สำนักวิชาเทคนิคยานยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน้า 17/36 Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(ง) ให้วัดค่าควันดำสองครั้ง โดยใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นเกณฑ์ตัดสิน

(จ) ถ้าค่าควันดำที่วัดได้ทั้งสองครั้งแตกต่างกันเกินกว่าร้อยละห้าให้วัดค่าควันดำใหม่

(๒) ขณะเครื่องยนต์มีภาระและอยู่บนเครื่องทดสอบให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(ก) การจัดเตรียมรถยนต์และเครื่องมือวัดควันดำ ให้เป็นไปตามข้อ ๒ และ ๓

(ข) จัดให้ล้อส่งกำลังของรถยนต์ที่จะตรวจวัดควันดำอยู่บนลูกกลิ้ง (Roller Unit) ของเครื่องทดสอบ

(ค) ให้เร่งเครื่องยนต์เพื่อขับเคลื่อนล้อไปตามปกติ พร้อมใส่ภาระให้กับเครื่องยนต์จนกระทั่งเครื่องยนต์อยู่ในสภาพภาระสูงสุด

(ง) หลังจากนั้นให้ลดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลงมาเหลือร้อยละหกสิบพร้อมดำเนินการตรวจวัดควันดำ หลังจากที่คงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ในระดับนั้นไว้แล้ว ไม่น้อยกว่าห้าวินาที ดังนี้

(๒.๑) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมดหรือแบบไหลผ่านบางส่วนให้บันทึกค่าสูงสุดของควันดำที่ตรวจวัดได้

(๒.๒) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรองให้เก็บตัวอย่างควันดำลงกระดาษกรอง

(จ) ให้วัดค่าควันดำสองครั้ง และให้ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ตัดสิน"

ประกาศ ณ วันที่ ๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๑
ยิ่งพันธ์ มนะสิการ
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๑๕ ตอนพิเศษ ๑๐๐ ง วันที่ ๒๗ ตุลาคม ๒๕๔๑)

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ ๔ (พ.ศ. ๒๕๔๑)
เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษและโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกความในข้อ ๔ ของภาคผนวกท้ายประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๔๐) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ข้อ ๔ วิธีการตรวจวัดควันดำของรถยนต์ สามารถดำเนินการได้ ๒ วิธี ดังต่อไปนี้

(๑) ขณะเครื่องยนต์ไม่มีภาระ

(ก) การจัดเตรียมรถยนต์และเครื่องมือวัดควันดำให้เป็นไปตามข้อ ๒ และ ๓

(ข) จอดยานพาหนะอยู่กับที่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง,

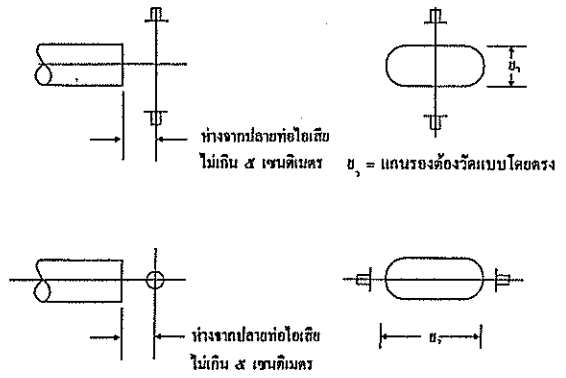
(ค) เร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่งพร้อมตรวจควันดำดังนี้

(๑.๑) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมดหรือแบบไหลผ่านบางส่วนให้บันทึกค่าสูงสุดของควันดำที่ตรวจวัดได้

(๑.๒) กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง (Filter) ให้เก็บตัวอย่างควันดำลงกระดาษกรองขณะเริ่มกดคันเร่ง

ภาพแสดงการติดตั้งหัววัดเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมดกับท่อไอเสียของรถยนต์และระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง ตามภาคผนวกท้ายประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๔๐) เรื่องการกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามข้อ ๓ (๑) (ก)

ภาพที่ ๔ สำหรับท่อไอเสียที่ไม่เป็นวงกลมชนิดท่อตรง



หมายเหตุ

๑) ⊣——⊢ หมายความถึง หัววัดของเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด

๒) $ย_1$ หมายความถึง ระยะความยาวของทางเดินแสงขณะตรวจวัดจริง

ปฏิบัติการตรวจวัดไอเสีย (ยานพาหนะใช้เครื่องยนต์เบนซิน)

บทนำ

รถยนต์เป็นยานพาหนะที่ให้ความสะดวกและรวดเร็วต่อการเดินทางของมนุษย์ การใช้รถยนต์ทวีความสำคัญมากขึ้นทุกขณะและกลายเป็นสิ่งจำเป็นต่อผู้คนจำนวนมาก จำนวนรถยนต์ที่มากขึ้นประกอบกับสภาพการจราจรที่ติดขัดก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศมากขึ้นเป็นเงาตามตัว ไอเสียของยานพาหนะเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของมนุษย์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นสารมลพิษสำคัญที่ถูกปล่อยออกจากท่อไอเสียของรถยนต์เบนซิน ก๊าซดังกล่าวส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ที่ได้รับ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มนุษย์หายใจจะทำให้เกิดคาร์บอกซีฮีโมโกลบิลขึ้นในเลือดและไปแย่งการจับอ๊อกซิเจนกับฮีโมโกลบิลทำให้มีอ๊อกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่เพียงพอและทำให้เสียชีวิตได้ เป็นต้น ปฏิบัติการนี้เน้นวิธีการตรวจวัดเฉพาะไอเสียจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินด้วยเครื่องมือตรวจวัดที่เป็นมาตรฐานสำหรับก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจวัดไอเสียจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน
2. เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการตรวจวัดไอเสียจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน
3. เพื่อให้นักศึกษารู้จักวิธีการใช้เครื่องมือตรวจวัดไอเสียจากยานพาหนะ

หลักการเบื้องต้น

วิธีการตรวจวัดตามกฎหมายของการตรวจวัดไอเสียของยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินหรือแก๊สโซลีนกำหนดว่าต้องเป็นเครื่องระบบนันดีสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด (non dispersive infrared หรือ NDIR) ที่ใช้การส่องผ่านแสงในย่านความถี่อินฟราเรดออกมาในห้องดูดไอเสียมาเก็บไว้ก่อนแปลงค่าความเข้มแสงออกเป็นค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอน

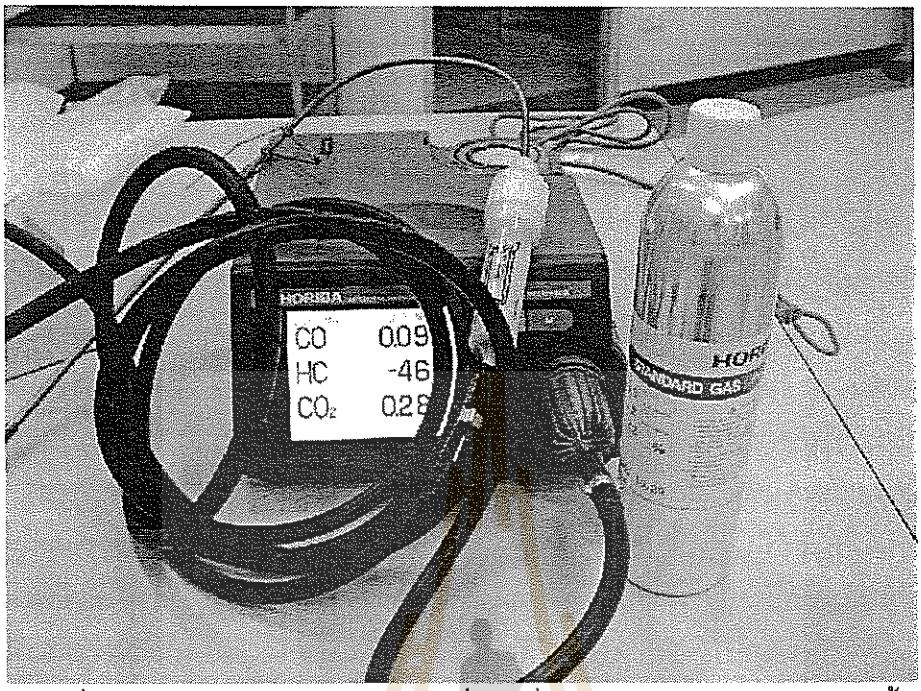
อุปกรณ์

1. คู่มือปฏิบัติการวิชามลพิษอากาศและเสียงและการควบคุม

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เครื่องตรวจวัดก๊าซไอเสียของ Horiba รุ่น MX554J (รูปที่ 4.) พร้อมอุปกรณ์

รูปที่ 4. ตัวเครื่องตรวจวัดไอเสียของ Horiba รุ่น MX 554J พร้อมอุปกรณ์



3. เครื่องยนต์เบนซินหรือยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ในปฏิบัติการนี้จะใช้รถยนต์นั่งส่วนบุคคล 4 ล้อ ณ อาคารปฏิบัติการ 8 (หรือรถยนต์เบนซินชนิดอื่น ๆ ในบางกรณี)
4. รถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะ
5. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น แว่นตา safety, ถุงมือ เป็นต้น
6. เครื่องคิดเลขและเทปวัดระยะ
7. สมุดจดบันทึก ปากกา/ดินสอ

ข้อพึงระวัง

ปฏิบัติการนี้เกี่ยวข้องกับเครื่องมือและรถยนต์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายขึ้นได้ โดยเฉพาะ ดังนั้น การปฏิบัติตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่และการมีจิตสำนึกถึงความปลอดภัยของนักศึกษาและผู้ปฏิบัติงานเป็นสิ่งจำเป็นและพึงปฏิบัติ!

ปฏิบัติการ

ส่วนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดไอเสียของ Horiba รุ่น MX554J

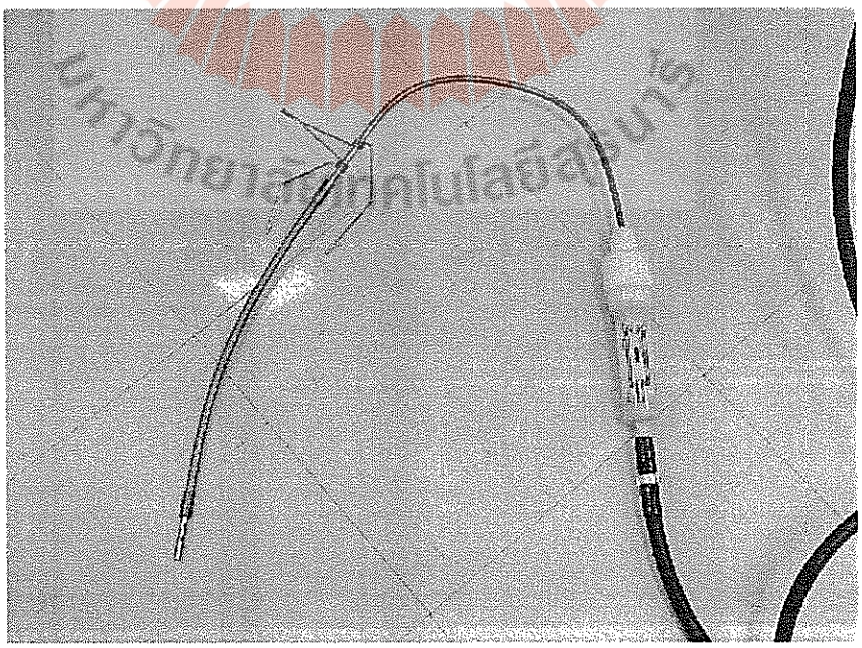
1. เตรียมเครื่องมือตรวจวัดไอเสียของ Horiba รุ่น MX554J พร้อมอุปกรณ์ ที่มีอยู่ในกล่องใส่เครื่องมือออกมาประกอบ ดังนี้

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- นำตัวเครื่องตรวจวัดไอเสีย (เครื่องสี่เหลี่ยมสีน้ำเงิน ดังแสดงในรูปที่ 4.) สายนำตัวอย่าง ตัวกรอง ออกมาตั้ง/วางบนโต๊ะ ระวังมิให้ตกหรือกระแทก
- ประกอบสายสัญญาณ (ปลักสีดำมุมล่างขวา ดังแสดงในรูปที่ 5.)
- ประกอบตัวดัก/กรองน้ำเข้ากับสายสัญญาณ (ปลักสีดำมุมล่างขวา ดังแสดงในรูปที่ 6.) และต่อร่วมเข้ากับท่อเก็บตัวอย่าง (ท่อทองแดง)

รูปที่ 5. ตัวเครื่องตรวจวัดไอเสียของ Horiba รุ่น MX 554J และการต่อปลั๊กสัญญาณ

รูปที่ 6. ปลายท่อ (probe) ของครื่องตรวจวัดไอเสียของ Horiba รุ่น MX 554J



Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 2 การเตรียมรถยนต์เบนซินสำหรับตรวจวัดไอเสีย

1. นำรถยนต์ไปจอดในบริเวณที่ทำการตรวจวัดไอเสีย ซึ่งควรเป็นบริเวณที่ไม่ได้รับการรบกวนจากปัจจัยภายนอก เช่น กระแสลม แสงรบกวน ฝุ่นละออง เป็นต้น และให้ระบบส่งกำลังอยู่ในตำแหน่งว่าง (Neutral) หรือเกียร์ว่าง

2. ก่อนทำการทดสอบให้ใส่ห้ามล้อและค้ำยันที่ล้อรถยนต์ไม่ให้เคลื่อนที่ขณะทำการทดสอบ

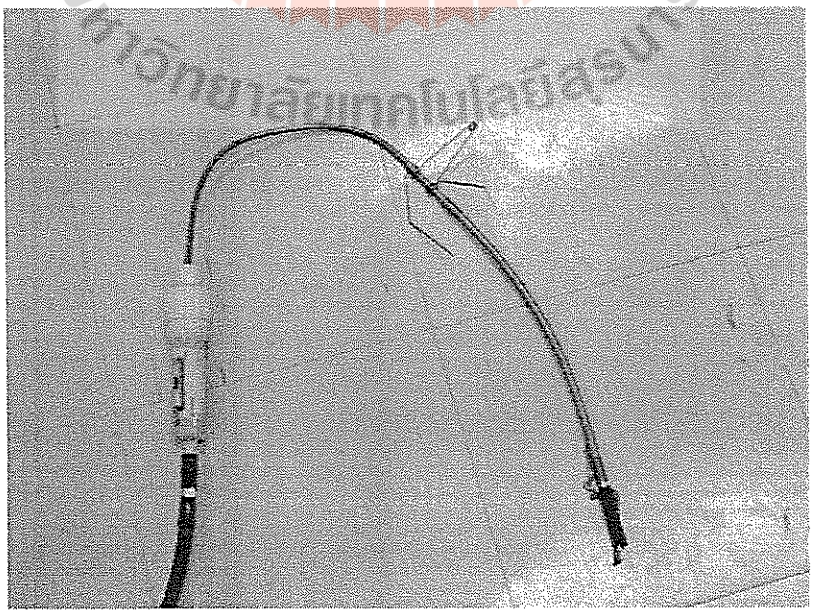
3. ทำการติดเครื่องยนต์ให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งานตามปกติ (กรณีรถที่เครื่องยนต์ยังเย็นอยู่ให้ทำการเดินเครื่องอยู่กับที่ไม่น้อยกว่า 5 นาที)

4. สังเกตและตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องยนต์ ด้วยการเร่งเครื่องช้า ๆ จนความเร็วรอบสูงสุด ให้ฟังเสียงหรือสังเกตความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น หากพบให้ระงับการตรวจวัดไว้ก่อนจนกว่าเครื่องยนต์อยู่ในสภาพปกติ

ส่วนที่ 3 การตรวจวัดไอเสียจากยานพาหนะเบนซินด้วยเครื่อง Horiba รุ่น 554J

1. เมื่ออุปกรณ์ตรวจวัดทุกชิ้นเชื่อมต่อกันหมดแล้ว ให้ทดสอบการรั่วไหลของอุปกรณ์ (leak test) ก่อนทำการทดสอบจริงทุกครั้ง ด้วยการสวมจุกยางที่ด้านปลายของหัววัด(probe) ให้สุด (รูปที่ 7.) แล้วกดแป้น M เครื่องจะนับถอยหลังเป็นเวลา 5 วินาที หลังจากนั้นสัญลักษณ์ Pass จะแสดงให้เห็นบนจอ ซึ่งแสดงว่าเครื่องมือพร้อม หากมีการรั่วไหลให้ทำการตรวจสอบสายต่อทั้งหมดโดยเริ่มต้นขั้นตอนในส่วนที่ 1 ใหม่

รูปที่ 7. ปลายท่อ (probe) และจุกยางสำหรับทดสอบการรั่วไหล (leak test)



Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เมื่อพร้อมทำการตรวจวัดให้สอดหัววัดให้ลึกที่สุดในท่อไอเสียขณะเครื่องยนต์เดินเบาอ่านค่า CO และ HC ที่จดเมื่อได้ค่าค่อนข้างคงที่ หากค่าไม่คงที่ให้จดบันทึกค่าสูงสุดและต่ำสุดไว้เพื่อทำการเฉลี่ย

3. ให้ทำการวัดซ้ำตามข้อ 1 และ 2 แล้วใช้ค่าเฉลี่ยจากการทำซ้ำสองครั้งเป็นค่าที่ใช้ในรายงานฯ

4. ตรวจดูตัวกรองของเครื่องมือ หากสกปรกให้ทำการเปลี่ยนและทำความสะอาดเครื่องมือโดยเฉพาะปลายหัววัด (probe) ก่อนตรวจวัดยานพาหนะคันต่อไป หากเสร็จสิ้นการตรวจวัดให้ทำความสะอาดเครื่องมือก่อนเก็บให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

ส่วนที่ 4 การตรวจวัดไอเสียในส่วนของก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากจักรยานยนต์ด้วยเครื่อง Horiba รุ่น 554J

1. เมื่ออุปกรณ์ตรวจวัดทุกชิ้นเชื่อมต่อกันหมดแล้ว ให้ทดสอบการรั่วไหลของอุปกรณ์ (leak test) ก่อนทำการทดสอบจริงทุกครั้ง ด้วยการสวมจุกยางที่ด้านปลายของหัววัด(probe) ให้สุด (รูปที่ 7.) แล้วกดแป้น M เครื่องจะนับถอยหลังเป็นเวลา 5 วินาที หลังจากนั้นสัญลักษณ์ Pass จะแสดงให้เห็นบนจอ ซึ่งแสดงว่าเครื่องมือพร้อมใช้งาน หากมีปัญหาการรั่วไหลให้ทำการตรวจสอบสายต่อทั้งหมดโดยเริ่มต้นนขั้นตอนในส่วนที่ 1 ใหม่

2. เมื่อพร้อมทำการตรวจวัดให้สอดหัววัดให้ลึกที่สุดในท่อไอเสียขณะเครื่องยนต์เดินเบาอ่านค่า CO และ HC ที่บันทึกค่าเมื่อได้ค่าค่อนข้างคงที่ หากค่าไม่คงที่ให้จดบันทึกค่าสูงสุดและต่ำสุดไว้เพื่อทำการเฉลี่ย

3. ให้ทำการวัดซ้ำตามข้อ 1 และ 2 แล้วใช้ค่าเฉลี่ยจากการทำซ้ำสองครั้งเป็นค่าที่ใช้ในรายงานฯ

4. ตรวจดูตัวกรองของเครื่องมือ หากสกปรกให้ทำการเปลี่ยนและทำความสะอาดเครื่องมือโดยเฉพาะปลายหัววัด (probe) ก่อนตรวจวัดยานพาหนะคันต่อไป หากเสร็จสิ้นการตรวจวัดให้ทำความสะอาดเครื่องมือก่อนเก็บให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

5. เมื่อเสร็จสิ้นการตรวจวัดให้ดับเครื่องยนต์ทันทีเพื่อหยุดการปล่อยมลพิษออกสู่อากาศและป้องกันปัญหาของตัวรบกวน

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถาม

1. ตามกฎหมายของไทยค่าไอเสียที่ตรวจวัดได้จากยานพาหนะที่ทำการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเป็นอย่างไร? อภิปราย
2. ทำไมจึงต้องให้ความสำคัญกับมลพิษอากาศที่ปล่อยจากยานพาหนะ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน? อภิปราย
3. หากยานพาหนะที่ทำการตรวจวัดมีค่าไอเสียเกินมาตรฐาน อะไรคือหนทางแก้ไข? อภิปราย

แบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าไอเสีย

ปฏิบัติการตรวจวัดค่าควันดำจากยานพาหนะเครื่องยนต์เบนซิน

ชื่อ-สกุล.....เลขประจำตัว.....กลุ่มที่.....

สถานที่ทดสอบ.....

ลักษณะของยานพาหนะ (รายละเอียด)

.....

.....

ลักษณะของสภาพอากาศ.....

การตรวจวัดครั้งที่ 1					
หมายเลขรถ(VIN)	วันที่ทดสอบ	HC 1	HC 2	CO 1	CO 2
ค่าเฉลี่ยการตรวจวัดครั้งที่ 1					
การตรวจวัดครั้งที่ 2					
หมายเลขรถ(VIN)	วันที่ทดสอบ	HC 1	HC 2	CO 1	CO 2
ค่าเฉลี่ยการตรวจวัดครั้งที่ 2					
ค่าเฉลี่ยของยานพาหนะ					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข.

เอกสารประกอบของกระทรวงวิทย์ฯ

วิธีการตรวจวัดค่าไอเสียจากท่อไอเสียของยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินหรือก๊าซโซลีนได้กำหนดไว้ในวิธีการตรวจวัดค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลได้กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2537 เรื่องกำหนดมาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ลงวันที่ 14 กันยายน 2537 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ลงวันที่ 17 มีนาคม 2536 โดยมีรายละเอียดจากเอกสารของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ส่วนประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2540 เกี่ยวข้องกับรถยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งมีการกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียไว้เช่นกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Naras Chueruswan © 2004 สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๗)
เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

"เครื่องมือ" หมายความว่า เครื่องที่ทำงานด้วยระบบนัน-ดีสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด (NON-DISPERSIVE INFRARED) หรือ NDIR สำหรับใช้วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสีย ที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่าร้อยละ ๔.๕ โดยปริมาตร หรือเครื่องวัดระบบอื่นที่มีมาตรฐานเทียบเท่า

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับแก่รถจักรยานยนต์ที่ใช้ในทางตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

ข้อ ๓ ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ต้องไม่เกินร้อยละ ๔.๕ โดยปริมาตรที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ ๔ การตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ให้ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(๑) ปรับเทียบ (CALIBRATE) เครื่องมือด้วยก๊าซมาตรฐาน (STANDARD GAS) ตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมือ เพื่อให้เครื่องมืออ่านค่าได้ถูกต้อง

(๒) เดินเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ ให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งานปกติ

(๓) ขณะเครื่องยนต์เดินเบา ให้สอดหัววัด (PROBE) ของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียให้ลึกมากที่สุดอย่างน้อยตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือ

ในกรณีที่สอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียไม่ได้ เนื่องจากติดอุปกรณ์ระงับเสียง ให้ใช้ท่อพิเศษเสริมต่อปลายท่อไอเสียแล้ว จึงสอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อพิเศษที่เสริมต่อปลายท่อไอเสีย เพื่อเป็นการป้องกันอากาศภายนอกเข้าไปเจือจางไอเสียอันจะทำให้ผลการวัดผิดพลาด

(๔) ให้อ่านค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อเครื่องมือแสดงผลคงที่แล้ว ในกรณีที่เครื่องมือแสดงผลไม่คงที่ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในการวัดครั้งนั้น

(๕) ให้ปฏิบัติตาม (๓) และ (๔) ซ้ำอีกหนึ่งครั้ง แล้วใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด ๒ ครั้ง เป็นเกณฑ์ตัดสิน

ข้อ ๕ การทำความสะอาดและเปลี่ยนไส้กรองของเครื่องมือต้องทำตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมือ

ประกาศ ณ วันที่ ๑๔ กันยายน ๒๕๓๗
พิศาล มูลศาสตรสาทร
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๑๑ ตอนพิเศษ ๔๔ ง วันที่ ๗ ตุลาคม ๒๕๓๗)

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ ๓ (พ.ศ. ๒๕๔๐)
เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอน จากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

"รถยนต์" หมายความว่า รถยนต์ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน แต่ไม่รวมถึงรถยนต์สามล้อส่วนบุคคล รถยนต์รับจ้างสามล้อ รถจักรยานยนต์ รถแทรกเตอร์ รถบดถนน รถใช้งานเกษตรกรรม และรถพ่วง

"เครื่องมือ" หมายความว่า เครื่องวัดระบบนันดีสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด (Nondispersive Infrared, NDIR) สำหรับใช้วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่าร้อยละ ๔.๕ โดยปริมาตร และเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่า ๖๐๐ ส่วนในล้านส่วน (ppm) ของค่าเทียบเท่านอร์มัล เฮ็กเซน (N-Hexane) หรือเครื่องวัดระบบอื่นที่มีมาตรฐานเทียบเท่า

"ทาง" หมายความว่า ทางตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับกับรถยนต์ที่ใช้ในทางตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

ข้อ ๓ ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียรถยนต์นั่งลักษณะเก๋งไม่เกิน ๗ คน ที่จดทะเบียนก่อนวันที่ ๑ พฤศจิกายน ๒๕๓๖ ไม่ว่ารถยนต์ดังกล่าวจะจดทะเบียนเป็นรถยนต์ประเภทใด ไว้ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ ๔.๕ ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(๒) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอน ไม่เกิน ๖๐๐ ส่วนในล้านส่วนที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ ๔ ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียรถยนต์นั่งลักษณะเก๋งไม่เกิน ๗ คน ที่จดทะเบียนตั้งแต่วันที่ ๑ พฤศจิกายน ๒๕๓๖ ไม่ว่ารถยนต์ดังกล่าวจะจดทะเบียนเป็นรถยนต์ประเภทใด ไว้ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ ๑.๕ ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(๒) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอน ไม่เกิน ๒๐๐ ส่วนในล้านส่วนที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ ๕ ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียรถยนต์ประเภทอื่นนอกจากรถยนต์ตามข้อ ๓ และข้อ ๔ ไม่ว่ารถยนต์นั้นจะจดทะเบียนก่อนหรือหลังวันที่ ๑ พฤศจิกายน ๒๕๓๖ ไว้ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ ๔.๕ ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(๒) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอน ไม่เกิน ๖๐๐ ส่วนในล้านส่วนที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ประกาศ ณ วันที่ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๐
อดิศร เพียงเกษ
รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวง รักษาราชการแทน
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๑๔ ตอนที่ ๗๖ ง วันที่ ๒๓ กันยายน ๒๕๔๐)

Nares Chueaswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

ท้ายประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ฉบับที่ ๓ (พ.ศ. ๒๕๔๐)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอน จากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ข้อ ๑ ความหมายของคำ

"รถยนต์" หมายความว่า รถยนต์ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน แต่ไม่รวมถึงรถยนต์สามล้อส่วนบุคคล รถยนต์รับจ้างสามล้อ รถจักรยานยนต์ รถแทรกเตอร์ รถบดถนน รถใช้งานเกษตรกรรม และรถพ่วง

"เครื่องมือ" หมายความว่า เครื่องวัดระบบนันดีสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด (Nondispersive Infrared, NDIR) สำหรับใช้วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่าร้อยละ ๔.๕ โดยปริมาตร และเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่า ๖๐๐ ส่วนในล้านส่วน (ppm) ของค่าเทียบเท่านอร์มัล เฮ็กเซน (N-Hexane) หรือเครื่องวัดระบบอื่นที่มีมาตรฐานเทียบเท่า

"ทาง" หมายความว่า ทางตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

ข้อ ๒ การตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ ให้ทำตามขั้นตอน ดังนี้

(๑) ปรับเทียบ (Calibrate) เครื่อมือด้วยก๊าซมาตรฐาน (Standard Gas) ตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมือเพื่อให้เครื่องมืออ่านค่าได้ถูกต้อง

(๒) เดินเครื่องยนต์ของรถยนต์ให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งานปกติ

(๓) ขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา ให้สอดหัววัด (Probe) ของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียให้ลึกที่สุดอย่างน้อยตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือ

ในกรณีที่ไม่สามารถสอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียเนื่องจากติดอุปกรณ์ระงับเสียง ให้ใช่ท่อพิเศษต่อปลายท่อไอเสียแล้วจึงสอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อพิเศษที่ต่อเสริมปลายท่อไอเสีย เพื่อเป็นการป้องกันอากาศภายนอกเข้าไปเจือจางไอเสียอันจะทำให้ผลจากการวัดผิดพลาด

(๔) ให้อ่านค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนเมื่อเครื่องมือแสดงผลคงที่แล้ว ในกรณีที่เครื่องมือแสดงผลไม่คงที่ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของการวัดครั้งนั้น

(๕) ให้ปฏิบัติตาม (๓) และ (๔) ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แล้วใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดทั้งสองครั้งเป็นเกณฑ์ตัดสิน

ข้อ ๓ การทำความสะอาดและเปลี่ยนไส้กรองของเครื่องมือให้กระทำตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมือ

ปฏิบัติการพื้นฐานการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความเข้มข้นของมลพิษอากาศ

บทนำ

มลพิษอากาศที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดมีการกระจายตัวไปในบรรยากาศตามทิศทางการเคลื่อนที่ของลมและสภาพบรรยากาศมีผลให้ปริมาณของสารมลพิษเจือจางลงตามระยะทาง อย่างไรก็ตาม ปริมาณของสารมลพิษอาจอยู่ในระดับที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับสิ่งมีชีวิตรวมทั้งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศเมื่อมีการกระจายตัวออกไป ส่วนหนึ่งของการศึกษาด้านมลพิษอากาศจึงเกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจกับลักษณะการกระจายตัวของสารมลพิษอากาศที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด ในส่วนนี้มีการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาใช้คำนวณประเมินความเข้มข้นของมลพิษอากาศในแต่ละสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์ว่าแหล่งกำเนิดมลพิษนั้น ๆ จะทำให้คุณภาพอากาศในบริเวณใกล้เคียงอยู่ในระดับที่อาจส่งผลกระทบต่อประชาชนหรือระบบนิเวศอย่างไร นอกจากนี้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ยังเป็นประโยชน์ในการวางแผนจัดการด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพื้นฐานการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ
2. เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Screen3 สำหรับทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ
3. เพื่อให้นักศึกษาได้รู้จักหลักการของ Gaussian dispersion equation

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หลักการเบื้องต้น

เมื่อมลพิษอากาศถูกระบายออกสู่บรรยากาศจะมีการนำพาสารมลพิษให้กระจายออกไปตามปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา การอธิบายและการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแพร่กระจายของสารมลพิษได้มีการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาใช้อธิบายเพื่อให้เกิดความเข้าใจและเห็นภาพการกระจายตัวของสารมลพิษ วิธีการที่แพร่หลายคือการนำ Gaussian dispersion equation มาใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยมีหลักการว่ากลุ่มควัน (plume) ที่ถูกปล่อยจากปล่องออกสู่บรรยากาศจะมีการกระจายตัวที่อธิบายด้วย Gaussian dispersion equation ดังสมการ

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H_e}{\sigma_z}\right)^2\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H_e}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\}$$

where H_e = the effective height, m

y, z = coordinate in cartesian axis, m

σ_y, σ_z = dispersion coefficients, m

Q = source strength, gs^{-1}

C = concentration, gm^{-3}

ค่าของ σ_y และ σ_z เปิดหาได้จากกราฟ Pasquill-Gifford หรือการคำนวณ ซึ่งการใช้สมการนี้จะช่วยทำให้การประเมินระดับของสารมลพิษตามระยะทางท้ายลมสามารถทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้นร่วมกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีการพัฒนาโปรแกรมที่มีการซับซ้อนและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

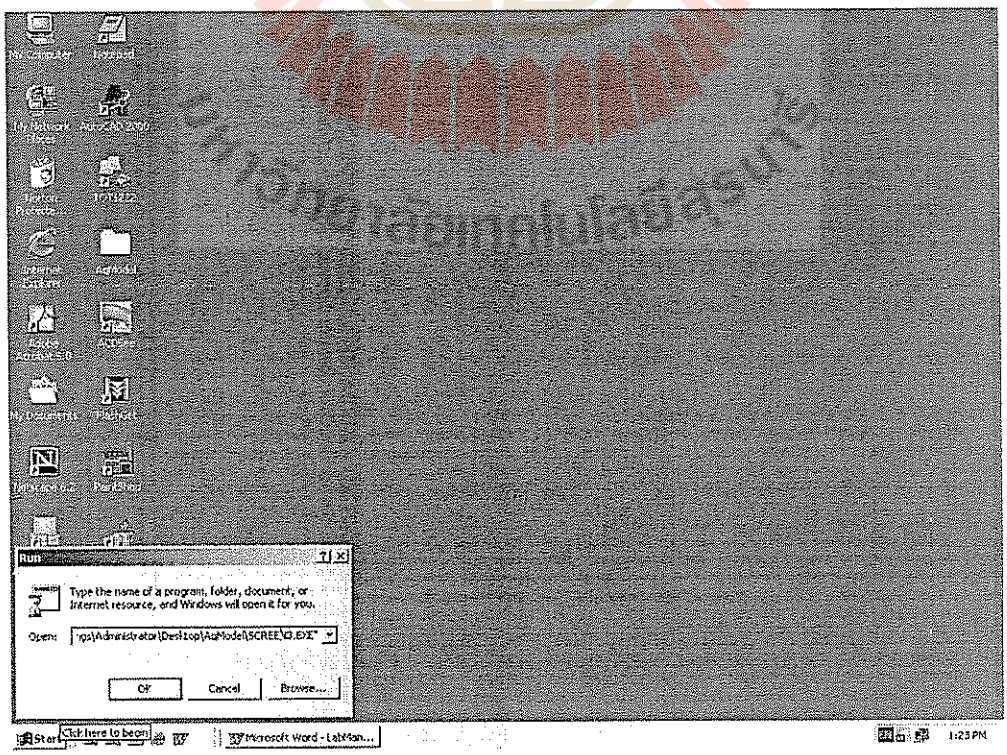
อุปกรณ์

1. คู่มือปฏิบัติการวิชามลพิษอากาศ เสียงและการควบคุม
2. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Screen3
3. เครื่องคิดเลข
4. สมุดบันทึก ปากกา/ดินสอ

ปฏิบัติการ

ส่วนที่ 1 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ Screen3

1. เปิดสวิตช์เครื่องคอมพิวเตอร์ รอจนหน้าจอแสดงให้เห็น Desktop (คล้ายรูปที่ 1 ยกเว้นในส่วนของ dialog “Run”



Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เลื่อน Mouse ไปที่มุมซ้ายและคลิ๊ก “Start” ก่อนเลือก “Run”
3. คลิ๊ก “Browse” เลือก “Desktop” ก่อนเลือก folder ชื่อ “Aqmodel” และเลือกไฟล์ชื่อ "screen3.exe" คลิ๊กปุ่ม “OK” เพื่อกลับไปที่ Run แล้ว คลิ๊ก “OK” อีกครั้ง
4. เครื่องจะเข้าสู่โปรแกรมในรูปของคำสั่งในรูปแบบของ MS-DOS เปิดสวิตซ์เครื่องคอมพิวเตอร์ รอจนหน้าจอแสดงให้เห็น Desktop”
5. เริ่มเข้าโปรแกรม หน้าจอจะแสดงข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการโดยเริ่มจากการใส่ชื่อของผลลัพธ์ที่จะได้จากการประมวลผล คือ “Enter title for this run (up to 79 characters):” ให้ใส่ภาษาอังกฤษว่า “Exercise Group No.” ต่อด้วยหมายเลขกลุ่ม ที่ทำปฏิบัติการแล้วกดแป้น “Enter”
6. จะปรากฏหน้าจอ “Enter source type and any o the above options:” ให้กดแป้น “P” เพื่อเลือกชนิดของแหล่งกำเนิดประเภท “ปล่อง” (หรือจาก Stack ที่ใช้สัญลักษณ์ P แทน) ดังแสดงในรูปที่ 3 แล้วกดแป้น “Enter”
7. จะได้หน้าจอให้ใส่ปริมาณการปล่อยมลพิษในหน่วย กรัมต่อนาที (Enter emission rate (g/s): ให้ใส่ 1000 แล้วกดแป้น “Enter”จะได้หน้าจอให้ใส่ความสูงของปล่องในหน่วยเมตร (Enter stack height (m): ให้ใส่ระดับ 69 แล้วกดแป้น “Enter”
8. จะได้หน้าจอให้ใส่เส้นผ่านศูนย์กลางของปล่อง (Enter stack inside diameter (m): ให้ใส่ 0.5 แล้วกดแป้น “Enter”
9. จะได้หน้าจอให้ใส่ความเร็วของอากาศที่ปล่อยจากปลายปล่อง (Enter stack gas exit velocity or flow rate: ให้ใส่ 1 แล้วกดแป้น “Enter”
10. จะได้หน้าจอให้ใส่อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากปลายปล่อง (Enter stack gas exit temperature (K): ให้ใส่ 573 แล้วกดแป้น “Enter”
11. จะได้หน้าจอให้ใส่อุณหภูมิของอากาศภายนอก (Enter ambient air temperature (K): ให้ใส่ 303 แล้วกดแป้น “Enter”
12. จะได้หน้าจอให้ใส่ระดับความสูงของที่อยู่ของผู้คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากระดับพื้นดิน (Enter receptor height above ground (for flagpole receptor) (m): ให้ใส่ 10 แล้วกดแป้น “Enter”
13. จะได้หน้าจอให้ใส่ชนิดของพื้นที่ (Enter urban/rural option) ให้ใส่ r แล้ว “Enter”
14. จะได้หน้าจอให้ใส่การคำนวณความผันผวนของลมจากอาคาร (Consider building downwash in calcs?) ให้ใส่ n แล้วกดแป้น “Enter”
15. จะได้หน้าจอให้ใส่ชนิดของพื้นที่ที่ราบหรือสูง ๆ ต่ำ ๆ (Use complex terrain screen for terrain above stack height?) ให้ใส่ n แล้วกดแป้น “Enter”
16. จะได้หน้าจอให้ใส่ชนิดของพื้นที่ที่ราบในการคำนวณ (Use simple terrain screen with terrain above stack height?) ให้ใส่ n แล้วกดแป้น “Enter”

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

17. จะได้หน้าจอให้ใส่ชนิดของสภาพทางอุตุนิยมวิทยาของบรรยากาศ (Enter choice of meteorology;) ให้ใส่ 1 แล้วกดแป้น "Enter"
18. จะได้หน้าจอให้ใส่ชุดของการคำนวณระยะทางแบบอัตโนมัติ (Use automated distance array?) ให้ใส่ y แล้วกดแป้น "Enter"
19. จะได้หน้าจอให้ใส่ช่วงของระยะทางที่ต้องการคำนวณ (Enter min and max distance to use) ให้ใส่ 20 แล้วกดแป้น "Enter" แล้วใส่ 2000 แล้วกดแป้น "Enter"
20. โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณออกมาได้เป็นผลลัพธ์คล้ายตารางมีสดมส์ 9 สดมส์ สำหรับค่าที่ได้จากการคำนวณในระดับความสูงที่พื้นดิน ดังนี้ ระยะทาง (ม) ความเข้มข้น (มคก/ลบม) ชนิดของความแปรปรวน ความเร็วลมที่ระดับ 10 ม (ม/ว) ความเร็วลมที่ระดับปล่อง (ม/ว) ระยะความสูงของขอบเขตการกระจายตัว (ม) ระยะความสูงที่อากาศลอยตัวสูงขึ้น (ม) ค่าสปส.แนวระนาบ (ม) ค่าสปส.แนวดิ่ง (ม) การคำนวณความแปรปรวนของอาคาร
21. ให้บันทึกค่าที่ป้อนไปทั้งหมดและค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งหมด และโปรแกรมยังมีการคำนวณหาค่าความเข้มข้นสูงสุดที่พบ ณ ระดับพื้นดินให้ด้วย (บันทึก)
22. หน้าจอถามการคำนวณเพิ่มเติมโดยใช้ระยะทางที่กำหนด ให้ใส่ n แล้วกด "Enter"
23. หน้าจอจะถามการคำนวณเพิ่มเติมสำหรับ Fumigation ให้ใส่ n แล้วกด "Enter"
24. หน้าจอจะสิ้นสุดการทำงานและถามว่าจะให้พิมพ์ผลออกมาทางเครื่องพิมพ์หรือไม่ ให้ใส่ n เพราะไม่มีเครื่องพิมพ์ต่ออยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์

ส่วนที่ 2 การลงเส้นชั้นแสดงระดับความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศที่คำนวณได้

1. การคำนวณหาระดับความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศภายใต้สภาพบรรยากาศแบบที่มีความเร็วลมน้อย 2 ม./นาที และแดดจัด (Stability class A) และภายใต้สภาพบรรยากาศตอนกลางคืนมีเมฆ ความเร็วลมประมาณ 5 ม./นาที (Stability class D) แสดงได้ดังรายละเอียดในแบบฟอร์ม 1 ถึง 4
2. ผลการคำนวณโดยใช้ Gaussian Equation ทำให้ได้ระดับความเข้มข้นทั้งในแนวระนาบ(แกน Y) และแนวดิ่ง (แกน Z) ทุก ๆ ระยะ 200 ตามแนวแกน X จากแหล่งกำเนิด (สังเกตตัวเลขในแต่ละเซลที่อยู่ในแบบฟอร์ม)
3. ให้ใช้ดินสอลากเส้นชั้นแสดงระดับความเข้มข้นที่ 50 หน่วย และ 100 หน่วยลงในแบบ ฟอร์มทั้ง 4 ใบ (ส่งพร้อมรายงานปฏิบัติการ)

คำถาม 1. ค่าสูงสุดในปล่อยมลพิษอากาศที่ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงอยู่ในระดับเท่าไหร่และพบได้ที่ระยะทางเท่าไหร่จากแหล่งกำเนิด

2. ชนิดของความคงตัวของบรรยากาศ (Stability class) ประเภทไหนที่ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นสูงสุด?
3. ท่านคิดว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางมลพิษอากาศมีประโยชน์อย่างไรต่อการประเมินระดับความเข้มข้นของสารมลพิษ?

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฟอร์มปฏิบัติการพื้นฐานการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความเข้มข้นของมลพิษอากาศ

Distant m	Conc. $\mu g/m^3$	Stability	u 10 m m/s	u stack m/s	Mix Ht m	Plume Ht m	σ_y m	σ_z m
20								
100								
200								
300								
400								
500								
600								
700								
800								
900								
1000								
1100								
1200								
1300								
1400								
1500								
1600								

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการเก็บตัวอย่างสารมลพิษที่อยู่ในรูปของก๊าซ (เน้น NO_2)

บทนำ

มลพิษอากาศที่อยู่ในสถานะก๊าซเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ก๊าซมลพิษตัวหลักในบรรยากาศทั่วไป (ambient) ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) โอโซน (O_3) เป็นต้น ซึ่งการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างสามารถทำได้โดยเครื่องมือที่เป็นเครื่องวิเคราะห์ก๊าซอัตโนมัติ (gas analyzer) หรือใช้วิธีทางเคมีที่ต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (wet chemistry) ในส่วนนี้การเก็บตัวอย่างก๊าซและการวิเคราะห์จะเน้นวิธีทางเคมีที่ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อนและมีราคาแพง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างก๊าซในอากาศภายนอกด้วยการเก็บตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี
2. เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการตรวจวัดก๊าซในบรรยากาศ
3. เพื่อให้นักศึกษารู้จักวิธีการใช้เครื่องมือเก็บก๊าซ RAC 5Gas Sampler

หลักการเบื้องต้น

การเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการเกี่ยวข้องกับการดูดซับก๊าซที่ต้องการเก็บตัวอย่างด้วยตัวดูดซับ เช่น การใช้สารละลายเป็นตัวดูดซับ ก่อนนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นต่อไป การวิเคราะห์หา NO_2 ในปฏิบัติการส่วนนี้ใช้สารละลายดูดกลืน TGS (TGS Absorbing Solution) ในการทำปฏิกิริยากับก๊าซ NO_2 ในบรรยากาศที่เก็บตัวอย่างได้ โดยก๊าซ NO_2 จะละลายในสารดูดซับในรูปของ NO_2^- ซึ่งเมื่อนำไปวัดการดูดกลืนแสงจากสี (Azo dye) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยากับสารละลาย sulfanilamide ณ ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน NO_2^- จะทำให้ทราบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ NO_2 ในบรรยากาศได้

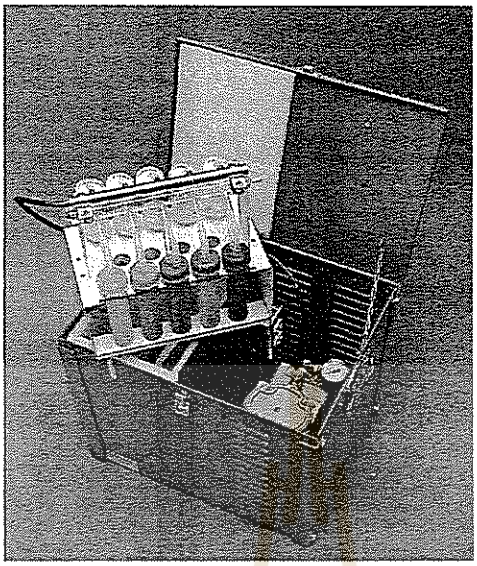
หมายเหตุ: วิธีการวิเคราะห์หาก๊าซ NO_2 ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทยขณะนี้กำหนดให้ใช้ gas analyzer

อุปกรณ์

1. คู่มือปฏิบัติการวิชามลพิษอากาศและเสียงและการควบคุม
2. เครื่องเก็บตัวอย่าง RAC 5Gas Sampler (รูปที่ 8.) พร้อมอุปกรณ์
3. เครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. สารเคมีระดับ Analytical Grade: H_2O_2, ANSA Solution, Sulfanilamide solution
5. Volumetric flask 50 mL, pipette 5, 10, 25, 50 mL



6. สมุดบันทึก ปากกา/ดินสอ

ปฏิบัติการ

ส่วนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี

- ตรวจสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง RAC 5Gas Sampler ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย เตรียมใช้งานด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากชิ้นส่วนบางชนิดเป็นแก้วที่อาจแตกหักง่าย ตรวจสอบข้อต่อของเครื่องมือ เพื่อป้องกันการรั่วของอุปกรณ์โดยเฉพาะข้อต่อต่าง ๆ
- หากหลอดพลาสติกทั้ง 5 หลอดที่อยู่ใน rack ด้านที่ไม่มีดลับกระดาษกรองต่ออยู่ยังไม่มีการเขียนหมายเลข (A1 – A5 และ B1 – B5) ให้แจ้งผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการบันทึกหมายเลขหลอดพลาสติกของแต่ละกลุ่มลงในสมุด
- นำเครื่องเก็บตัวอย่าง RAC 5Gas Sampler ไปวางในจุดที่กำหนดให้ทำการเก็บตัวอย่าง พร้อมเสียบปลั๊กไฟฟ้า บันทึกเวลาและระดับ vacuum (ปกติการเก็บตัวอย่างใช้เวลา 24 ชั่วโมง)
- เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่างให้ทำบันทึกเวลาและระดับ vacuum และทำความสะอาดพร้อมเก็บอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานครั้งต่อไป

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- ภายหลังการเก็บตัวอย่างให้แต่ละกลุ่มนำหลอดพลาสติกที่ตนเองรับผิดชอบส่งให้ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ ระหว่างนั้นให้รอประมาณ 5-10 นาที เพื่อรับมอบคืนสำหรับเตรียมการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer
- ปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ 50 mL ด้วยการปิเปตสารตัวอย่างลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mLพร้อมทำ blank ด้วย absorbing solution
- เติม H_2O_2 จำนวน 1 mL พร้อมเขย่าให้สารละลายผสมกันประมาณ 15 วินาที
- เติม Sulfanilamide solution จำนวน 5.4 mL พร้อมเขย่าให้สารละลายผสมกันประมาณ 30 วินาที แล้วเติม ANS solution จำนวน 6 mL พร้อมเขย่าให้สารละลายผสมกันอีกประมาณ 30 วินาที
- นำสารละลายที่ได้ไปวัดด้วย Spectrophotometer ทันที เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง
- เปรียบเทียบค่าการดูดแสงที่ 550 นาโนเมตร บันทึกค่าที่ได้เพื่อไปคำนวณหาความเข้มข้นของ NO_2 เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน
- การทำกราฟมาตรฐาน (แกน x เป็นความเข้มข้น แกน y เป็นค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้ข้อมูลจากตาราง

$[NO_2]$ µg/mL	Absorbent	$[NO_2]$ µg/mL	Absorbent
0.1	0.360	0.6	0.573
0.2	0.422	0.7	0.635
0.3	0.478	0.8	0.667
0.4	0.510	0.9	0.706
0.5	0.556	1.0	0.756

- ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมด พร้อมเก็บให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

คำถาม

1. ค่าความเข้มข้นของ NO_2 ที่ได้จากกราฟมาตรฐานมีลักษณะเป็นอย่างไร? และจงเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม
2. ระดับความเข้มข้นของ NO_2 ในบรรยากาศที่เก็บตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเป็นอย่างไร? จงอภิปราย

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบบันทึกปริมาณก๊าซ NO_2 ที่ตรวจวัด

ปฏิบัติการตรวจวัดปริมาณก๊าซ NO_2 ในบรรยากาศ

ชื่อ-สกุล.....เลขประจำตัว.....กลุ่มที่.....

สถานที่เก็บตัวอย่าง.....วันที่.....

เครื่องมือเก็บตัวอย่างหมายเลข .....

ลักษณะของอาคาร/ห้องเก็บตัวอย่างยานพาหนะ (รายละเอียด)

.....

.....

วัน/เวลาเริ่ม (vacuum)	วัน/เวลาหยุด (vacuum)	หลอดที่ (Abs)	หลอดที่ (Abs)	หลอดที่ (Abs)	หลอดที่ (Abs)	หลอดที่ (Abs)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nares Chueruswan © 2004 สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

D-Stability, Q = 0.013 g/s, u = 5 m/s

	x (km)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9
	LN(x)	-2.3026	-1.20397	-0.6931	-0.3567	-0.10536	0.09531	0.26236	0.405465	0.530628	0.64185	0.74194	0.83291	0.916291	0.993252	1.06471	1.1314	1.1939	1.25276	1.3083	1.36098
	TH	0.1745	0.16065	0.15419	0.14994	0.14677	0.14423	0.14212	0.140316	0.138735	0.13733	0.13607	0.13492	0.133863	0.13289	0.13199	0.13115	0.1304	0.12961	0.1289	0.12825
	σ_r (m)	8.201	22.6109	36.1462	49.1882	61.8833	74.3103	86.5187	98.54248	110.4066	122.13	133.727	145.211	156.5908	167.8751	179.071	190.185	201.22	212.186	223.08	233.914
	σ_z (m)	4.6512	12.093	18.2977	24.0351	29.4659	34.1247	38.0008	41.66951	45.16753	48.5217	51.7522	54.8749	57.90227	60.84453	63.7101	66.4204	68.98	71.4795	73.923	76.3147
	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4
	240	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4
	235	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5
	230	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5
	225	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6	6
	220	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	4	5	5	6	6	6	7	7	7	7
	215	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7
	210	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8
	205	0	0	0	0	0	1	3	4	6	7	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9
	200	0	0	0	0	1	2	4	6	7	8	9	10	10	10	11	10	10	10	10	10
	195	0	0	0	0	1	3	5	7	9	10	11	12	12	12	12	12	12	11	11	11
	190	0	0	0	0	2	5	8	10	11	12	13	13	14	14	13	13	13	12	12	12
	185	0	0	0	1	3	7	10	12	14	15	15	16	15	15	15	14	14	13	13	12
	180	0	0	0	1	6	10	14	16	17	18	18	18	17	17	16	16	15	15	14	13
	175	0	0	0	3	9	14	18	20	21	21	21	20	20	19	18	17	16	16	15	14
	170	0	0	0	5	13	20	23	24	25	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
	165	0	0	1	9	20	26	29	30	29	28	27	26	24	23	21	20	19	18	17	16
	160	0	0	3	15	28	34	36	35	34	32	30	28	27	25	23	22	20	19	18	17
	155	0	0	7	25	39	44	44	42	39	37	34	31	29	27	25	23	22	20	19	18
	150	0	0	15	40	53	55	53	49	45	41	37	34	31	29	27	25	23	21	20	19
	145	0	1	30	60	70	68	62	56	50	45	41	37	34	31	28	26	24	22	21	20
	140	0	6	56	86	89	82	72	63	56	50	44	40	36	33	30	27	25	23	22	20
	135	0	22	98	120	111	96	82	71	61	54	47	42	38	34	31	29	26	24	23	21
	130	0	67	160	159	134	110	92	77	66	58	50	45	40	36	32	30	27	25	23	22
	125	0	173	242	202	157	124	101	84	71	61	53	47	42	37	34	31	28	26	24	22
	120	1	375	340	246	179	137	109	90	75	64	55	49	43	38	35	31	29	26	24	23
	115	52	687	443	287	199	148	116	94	78	66	57	50	44	39	35	32	29	27	25	23
	110	980	1060	536	320	214	156	121	98	81	68	59	51	45	40	36	33	30	27	25	23
	105	5807	1380	601	342	223	161	125	100	82	69	60	52	46	40	36	33	30	28	26	24
Z (m)	100	10838	1513	626	350	227	163	126	101	83	70	60	52	46	41	37	33	30	28	26	24
	95	6369	1399	604	343	224	162	125	100	83	70	60	52	46	41	36	33	30	28	26	24
	90	1179	1090	542	322	215	157	122	98	81	68	59	51	45	40	36	33	30	28	26	24
	85	69	716	451	290	200	149	117	95	79	67	57	50	44	40	36	33	30	28	26	24
	80	1	396	348	249	181	138	110	90	75	64	56	49	43	39	35	32	29	27	25	24
	75	0	185	250	206	159	125	102	84	71	61	53	47	42	38	34	31	29	27	25	23
	70	0	73	166	162	136	111	93	78	67	58	51	45	40	37	33	31	28	26	25	23
	65	0	24	103	123	113	97	83	71	62	54	48	43	39	35	32	30	28	26	24	23
	60	0	7	59	89	91	83	73	64	56	50	45	40	37	34	31	29	27	25	24	22
	55	0	2	31	62	71	69	63	57	51	46	42	38	35	32	30	28	26	24	23	22
	50	0	0	15	41	54	56	53	49	45	42	38	35	33	30	28	27	25	24	22	21
	45	0	0	7	26	40	45	45	43	40	37	35	32	30	28	27	25	24	23	22	21
	40	0	0	3	16	29	35	37	36	35	33	31	30	28	27	25	24	23	22	21	20
	35	0	0	1	9	20	27	29	30	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	20
	30	0	0	0	5	14	20	23	25	26	25	25	24	24	23	22	22	21	20	19	19
	25	0	0	0	3	9	15	18	20	21	22	22	22	22	21	21	20	20	19	19	18
	20	0	0	0	1	6	11	14	16	18	19	19	20	20	20	19	19	19	18	18	17
	15	0	0	0	1	4	7	11	13	15	16	17	17	18	18	18	18	18	17	17	17
	10	0	0	0	0	2	5	8	10	12	14	15	15	16	16	16	17	16	16	16	16
	5	0	0	0	0	1	3	6	8	10	11	13	14	14	15	15	15	15	15	15	15
	0	0	0	0	0	1	2	4	6	8	9	11	12	13	13	14	14	14	14	14	14
		Ground					Ground				Ground				Ground			Ground			
		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

D-Stability, Q = 0.013 ug/s, u = 5 m/s

	x (km)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9
	LN(x)	-2.302585	-1.20397	-0.69315	-0.35667	-0.10536	0.09531	0.262364	0.405465	0.530628	0.641854	0.741937	0.832909	0.916291	0.993252	1.064711	1.131402	1.193922	1.252763	1.308333	1.360977
	TH	0.1745269	0.16065	0.154195	0.149944	0.146769	0.144234	0.142124	0.140316	0.138735	0.13733	0.136065	0.134916	0.133863	0.13289	0.131988	0.131145	0.130355	0.129612	0.12891	0.128245
	σ_y (m)	8.2009682	22.6109	36.14619	49.18823	61.8833	74.31028	86.51866	98.54248	110.4066	122.1299	133.7273	145.211	156.5909	167.8751	179.0711	190.1847	201.2215	212.1859	223.0823	233.9143
	σ_z (m)	4.6511749	12.093	18.29765	24.03515	29.46587	34.12467	38.00084	41.66951	45.16753	48.5217	51.75225	54.87492	57.90227	60.84453	63.71013	66.42043	68.98029	71.47952	73.92293	76.31466
	-250	0	0	0	0	0	1	2	4	6	9	10	12	13	13	14	14	14	14	13	13
	-240	0	0	0	0	0	1	3	5	8	10	12	13	14	15	15	15	15	14	14	14
	-230	0	0	0	0	0	1	4	7	9	12	14	15	16	16	16	16	16	15	15	14
	-220	0	0	0	0	0	2	5	8	11	14	15	16	17	17	17	17	16	16	15	15
	-210	0	0	0	0	1	3	7	10	14	16	17	18	19	19	18	18	17	17	16	15
	-200	0	0	0	0	1	4	9	13	16	18	20	20	20	20	19	19	18	17	17	16
	-190	0	0	0	0	2	6	11	16	19	21	22	22	22	21	21	20	19	18	17	17
	-180	0	0	0	0	3	9	14	19	22	24	24	24	24	23	22	21	20	19	18	17
	-170	0	0	0	1	5	12	18	23	25	27	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
	-160	0	0	0	2	8	16	23	27	29	30	29	28	27	26	24	23	22	21	19	18
	-150	0	0	0	3	12	21	28	32	33	33	32	30	29	27	26	24	23	21	20	19
	-140	0	0	0	6	18	28	34	37	37	36	35	33	31	29	27	25	23	22	21	19
	-130	0	0	1	11	25	35	41	42	41	40	37	35	32	30	28	26	24	23	21	20
	-120	0	0	3	18	35	44	48	48	46	43	40	37	34	31	29	27	25	23	22	20
	-110	0	0	6	29	47	55	56	54	51	47	43	39	36	33	30	28	26	24	22	21
Y (m)	100	0	0	14	44	61	66	65	60	55	50	45	41	37	34	31	29	26	24	23	21
	110	0	0	6	29	47	55	56	54	51	47	43	39	36	33	30	28	26	24	22	21
	120	0	0	3	18	35	44	48	48	46	43	40	37	34	31	29	27	25	23	22	20
	130	0	0	1	11	25	35	41	42	41	40	37	35	32	30	28	26	24	23	21	20
	140	0	0	0	6	18	28	34	37	37	36	35	33	31	29	27	25	23	22	21	19
	150	0	0	0	3	12	21	28	32	33	33	32	30	29	27	26	24	23	21	20	19
	160	0	0	0	2	8	16	23	27	29	30	29	28	27	26	24	23	22	21	19	18
	170	0	0	0	1	5	12	18	23	25	27	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
	180	0	0	0	0	3	9	14	19	22	24	24	24	24	23	22	21	20	19	18	17
	190	0	0	0	0	2	6	11	16	19	21	22	22	22	21	21	20	19	18	17	17
	200	0	0	0	0	1	4	9	13	16	18	20	20	20	20	19	19	18	17	17	16
	210	0	0	0	0	1	3	7	10	14	16	17	18	19	19	18	18	17	17	16	15
	220	0	0	0	0	0	2	5	8	11	14	15	16	17	17	17	17	16	16	15	15
	230	0	0	0	0	0	1	4	7	9	12	14	15	16	16	16	16	16	15	15	14
	240	0	0	0	0	0	1	3	5	8	10	12	13	14	15	15	15	15	14	14	14
	250	0	0	0	0	0	1	2	4	6	9	10	12	13	13	14	14	14	14	13	13
		Ground			Ground				Ground				Ground				Ground				
	x (km)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9

D-Stability, Q = 0.013 ug/s, u = 2 m/s

	x (km)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9
	LN(x)	-2.3026	-1.20397	-0.6931	-0.3567	-0.10536	0.09531	0.26236	0.405465	0.530628	0.64185	0.74194	0.83291	0.916291	0.993252	1.06471	1.1314	1.1939	1.25276	1.3083	1.36098
	TH	0.1745	0.16065	0.15419	0.14994	0.14677	0.14423	0.14212	0.140316	0.138735	0.13733	0.13607	0.13492	0.133863	0.13289	0.13199	0.13115	0.1304	0.12961	0.1289	0.12825
	σ_y (m)	8.201	22.6109	36.1462	49.1882	61.8833	74.3103	86.5187	98.54248	110.4066	122.13	133.727	145.211	156.5908	167.8751	179.071	190.185	201.22	212.186	223.08	233.914
	σ_z (m)	4.9512	12.093	18.2977	24.0351	29.4659	34.1247	38.0008	41.66951	45.16753	48.5217	51.7522	54.8749	57.90227	60.84453	63.7101	66.4204	68.98	71.4795	73.923	76.3147
	250	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	6	7	7	8	8
	245	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	240	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11
	235	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	5	6	7	9	10	10	11	11	12	12
	230	0	0	0	0	0	0	1	2	3	5	6	8	9	10	11	12	13	13	13	14
	225	0	0	0	0	0	0	1	3	4	6	8	10	11	12	13	14	14	15	15	15
	220	0	0	0	0	0	1	2	4	6	8	10	12	13	14	15	16	16	17	17	17
	215	0	0	0	0	0	1	3	6	8	10	13	14	16	17	18	18	18	19	19	19
	210	0	0	0	0	1	2	5	8	11	13	15	17	19	20	20	21	21	21	21	20
	205	0	0	0	0	1	4	7	10	14	17	19	21	22	23	23	23	23	23	23	22
	200	0	0	0	0	2	5	10	14	18	21	23	25	26	26	26	26	26	26	25	24
	195	0	0	0	0	3	8	14	19	23	25	28	29	30	30	30	29	29	28	27	27
	190	0	0	0	1	5	12	19	24	28	31	33	34	34	34	33	33	32	31	30	29
	185	0	0	0	2	9	18	25	31	35	37	39	39	39	38	37	36	35	34	32	31
	180	0	0	0	3	14	26	34	40	43	45	45	45	44	42	41	40	38	36	35	33
	175	0	0	0	7	22	36	44	49	52	53	52	51	49	47	45	43	41	39	37	36
	170	0	0	1	12	33	49	57	61	62	61	60	57	55	52	49	47	44	42	40	38
	165	0	0	3	22	49	66	72	74	73	71	68	64	61	57	54	51	48	45	43	40
	160	0	0	7	38	70	86	90	89	85	81	76	71	66	62	58	54	51	48	45	43
	155	0	0	17	63	98	110	110	105	98	91	85	78	72	67	62	58	54	51	48	45
	150	0	1	36	99	133	138	131	122	112	102	93	85	78	72	67	62	57	53	50	47
	145	0	4	74	149	175	170	155	140	126	113	102	92	84	77	71	65	60	56	52	49
	140	0	15	140	216	224	204	180	158	140	124	111	99	90	81	74	68	63	58	54	51
	135	0	55	246	299	278	240	205	176	153	134	119	106	95	86	78	71	66	61	56	53
	130	0	167	401	397	336	276	229	194	166	144	126	112	100	90	81	74	68	63	58	54
	125	0	431	606	505	394	311	253	210	178	153	133	117	104	93	84	76	70	65	60	56
	120	2	938	850	615	449	342	273	224	188	160	139	121	107	96	86	78	72	66	61	57
	115	130	1717	1108	716	497	369	290	236	196	166	143	125	110	98	88	80	73	67	62	58
	110	2449	2651	1339	800	534	390	304	245	202	171	147	128	112	100	90	81	74	68	63	59
	105	14517	3449	1502	855	559	403	312	250	206	174	149	129	114	101	91	82	75	69	64	59
Z (m)	100	27096	3783	1564	875	567	408	315	252	207	175	150	130	114	102	91	83	76	69	64	60
	95	15924	3497	1511	858	560	404	312	250	206	174	149	130	114	102	91	83	76	70	64	60
	90	2946	2724	1355	805	537	391	304	245	203	171	147	128	113	101	91	82	75	69	64	60
	85	172	1789	1128	724	500	371	292	237	197	167	144	126	111	99	89	81	75	69	64	60
	80	3	990	871	623	453	345	275	225	189	161	139	122	108	97	88	80	74	68	63	59
	75	0	462	624	514	398	313	254	211	179	153	134	118	105	95	86	79	72	67	63	59
	70	0	182	415	406	340	279	231	195	167	145	127	113	101	91	83	77	71	66	62	58
	65	0	60	258	307	282	243	207	178	154	135	120	107	97	88	81	74	69	65	61	57
	60	0	17	147	222	228	207	182	160	141	125	112	101	92	84	78	72	67	63	59	56
	55	0	4	78	154	179	172	157	141	127	115	104	95	87	80	74	69	65	61	58	55
	50	0	1	39	102	136	141	133	124	113	104	95	88	81	76	71	66	63	59	56	53
	45	0	0	18	65	101	112	111	106	100	93	87	81	76	71	67	63	60	57	54	52
	40	0	0	7	40	72	88	91	90	87	83	78	74	70	67	63	60	57	55	53	50
	35	0	0	3	23	51	67	74	76	75	73	70	68	65	62	60	57	55	53	51	49
	30	0	0	1	13	34	50	58	62	64	64	63	61	59	58	56	54	52	50	49	47
	25	0	0	0	7	23	37	46	51	54	55	55	55	54	53	52	51	49	48	47	45
	20	0	0	0	4	14	27	35	41	45	47	48	49	49	49	48	47	47	46	45	44
	15	0	0	0	2	9	19	26	32	37	40	42	44	44	45	45	44	44	43	43	42
	10	0	0	0	1	5	13	20	25	30	34	36	38	40	41	41	41	41	41	40	40
	5	0	0	0	0	3	9	14	20	24	28	31	34	36	37	38	38	38	38	38	38
	0	0	0	0	0	2	6	10	15	20	23	27	30	32	33	35	35	36	36	36	36
		Ground				Ground			Ground				Ground				Ground				
		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

D-Stability, Q= 0.024 q/s, u = 2 m/s

	x (km)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9
	LN(x)	-2.30	-1.20	-0.69	-0.36	-0.11	0.10	0.26	0.41	0.53	0.64	0.74	0.83	0.92	0.99	1.06	1.13	1.19	1.25	1.31	1.36
	TH	0.52	0.48	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36
	σ_y (m)	26.85	71.76	113.04	152.31	190.19	227.00	262.94	298.16	332.75	366.79	400.34	433.45	466.16	498.50	530.50	562.18	593.57	624.67	655.52	686.13
	σ_z (m)	13.95	47.44	104.65	213.33	363.13	555.30	790.83	1070.60	1395.34	1765.72	2182.34	2645.73	3156.40	3714.81	4321.39	4976.55	5000	5000	5000	5000
	-250	0	0	0	0	0	3	9	19	29	40	48	54	59	62	63	64	64	63	62	60
	-240	0	0	0	0	1	4	12	24	36	47	55	61	65	67	68	68	68	66	65	63
	-230	0	0	0	0	1	6	17	31	44	55	63	68	72	73	73	73	72	70	68	66
	-220	0	0	0	0	2	9	23	38	53	64	71	76	79	79	79	77	76	74	71	69
	-210	0	0	0	0	3	14	31	48	63	73	80	84	86	86	84	82	80	77	74	72
	-200	0	0	0	0	6	20	40	59	74	84	90	93	93	92	90	87	84	81	77	74
	-190	0	0	0	1	9	29	52	72	87	96	101	102	101	99	95	92	88	84	81	77
	-180	0	0	0	2	15	40	67	88	101	109	112	111	109	105	101	97	92	88	84	80
	-170	0	0	0	4	24	55	84	105	117	122	123	121	117	112	107	101	96	91	87	82
	-160	0	0	0	8	37	74	105	124	134	137	135	131	125	119	112	106	100	95	90	85
	-150	0	0	1	15	55	98	129	146	152	152	147	141	133	125	118	111	104	98	92	87
	-140	0	0	2	28	81	128	157	170	171	167	160	151	141	132	123	115	108	101	95	89
	-130	0	0	4	49	115	163	188	195	191	183	172	161	149	139	129	120	112	104	98	92
	-120	0	0	12	82	160	204	222	222	212	199	185	170	157	145	134	124	115	107	100	94
	-110	0	0	28	133	216	252	259	249	233	215	197	180	165	151	139	128	118	110	103	96
Y(m)	100	0	0	63	205	284	305	298	278	254	230	209	189	172	157	143	132	122	113	105	98
	110	0	0	28	133	216	252	259	249	233	215	197	180	165	151	139	128	118	110	103	96
	120	0	0	12	82	160	204	222	222	212	199	185	170	157	145	134	124	115	107	100	94
	130	0	0	4	49	115	163	188	195	191	183	172	161	149	139	129	120	112	104	98	92
	140	0	0	2	28	81	128	157	170	171	167	160	151	141	132	123	115	108	101	95	89
	150	0	0	1	15	55	98	129	146	152	152	147	141	133	125	118	111	104	98	92	87
	160	0	0	0	8	37	74	105	124	134	137	135	131	125	119	112	106	100	95	90	85
	170	0	0	0	4	24	55	84	105	117	122	123	121	117	112	107	101	96	91	87	82
	180	0	0	0	2	15	40	67	88	101	109	112	111	109	105	101	97	92	88	84	80
	190	0	0	0	1	9	29	52	72	87	96	101	102	101	99	95	92	88	84	81	77
	200	0	0	0	0	6	20	40	59	74	84	90	93	93	92	90	87	84	81	77	74
	210	0	0	0	0	3	14	31	48	63	73	80	84	86	86	84	82	80	77	74	72
	220	0	0	0	0	2	9	23	38	53	64	71	76	79	79	79	77	76	74	71	69
	230	0	0	0	0	1	6	17	31	44	55	63	68	72	73	73	73	72	70	68	66
	240	0	0	0	0	1	4	12	24	36	47	55	61	65	67	68	68	68	66	65	63
	250	0	0	0	0	0	3	9	19	29	40	48	54	59	62	63	64	64	63	62	60
		Ground			Ground			Ground			Ground			Ground			Ground				
	x (km)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9