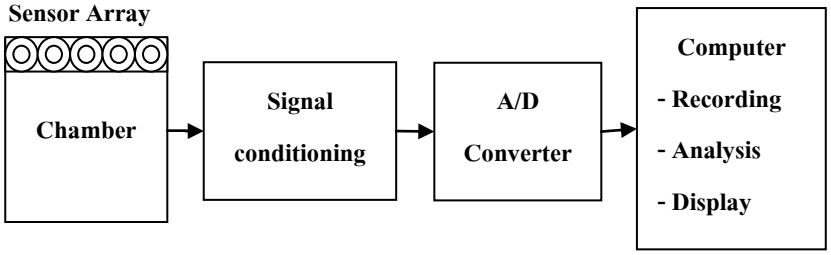
บทที่ 4

ระบบวัดกลิ่นและจำแนกพันธุ์กระเทียม

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบวัดและจำแนกพันธุ์กระเทียมด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์ โดยเริ่มจากการรวบรวมพันธุ์กระเทียมตัวอย่าง การวัดกลิ่นกระเทียมด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์และการจำแนกพันธุ์กระเทียมด้วยเทคนิค PCA โดยใช้ผลตอบสนองของเซนเซอร์ต่อกลิ่นกระเทียม

4.1 ระบบวัดด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์

ระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะใช้กลุ่มของเซนเซอร์ (Sensor array) เพื่อตรวจรู้หรือจำแนกกลิ่น โดยจะพิจารณาจากรูปแบบของตอบสนองของเซนเซอร์ทุกตัวในกลุ่มไม่เฉพาะตัวใดตัวหนึ่ง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจรู้กลิ่นของกระเทียมชนิดทินออกไซด์ (SnO_2) 7 ตัว ที่มีโดเมนความจำเพาะต่อกลิ่นของสารระเหยแตกต่างกันได้แก่ MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ135 (Hanwei Inc., China), TGS2602, TGS2611 และ TGS2620 (Figaro Inc., Japan) ซึ่งค่าความต้านทานของเซนเซอร์เหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของก๊าซตัวอย่างที่ทำการวัดดังแสดงในตารางที่ 4.1 ระบบที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบไปด้วยส่วนวงจรวัดและส่วนวิเคราะห์ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1

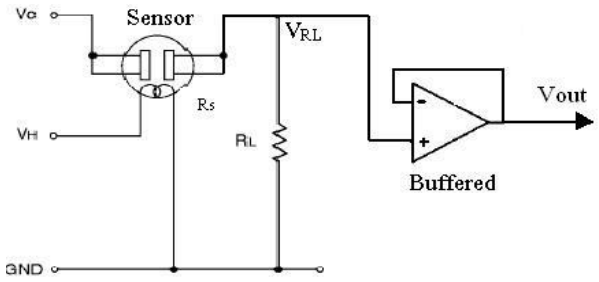


รูปที่ 4.1 ระบบวัดด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.1 ชนิดของเซนเซอร์

Sensor	Applications
MQ-2	H_2, LPG, Methane, CO, Alcohol, Smoke, Propane
MQ-3	Alcohol, Benzene, Hexane, LPG, CO
MQ-6	LPG, H_2, Methane, CO, Alcohol
MQ-135	CO_2, NH_3, NO_x, Alcohol, Benzene, Smoke
TGS2602	CH_3, Ethanol, NH_3, Hydrogen sulphide
TGS2611	Methane, Iso-butane, Hydrogen, Ethanol
TGS2620	Ethanol, Hydrogen, Iso-butane, CO, Methane

ในระบบวัดนี้จะวัดสัญญาณตอบสนองของเซนเซอร์เป็นค่าแรงดันจากวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งดังรูปที่ 4.2



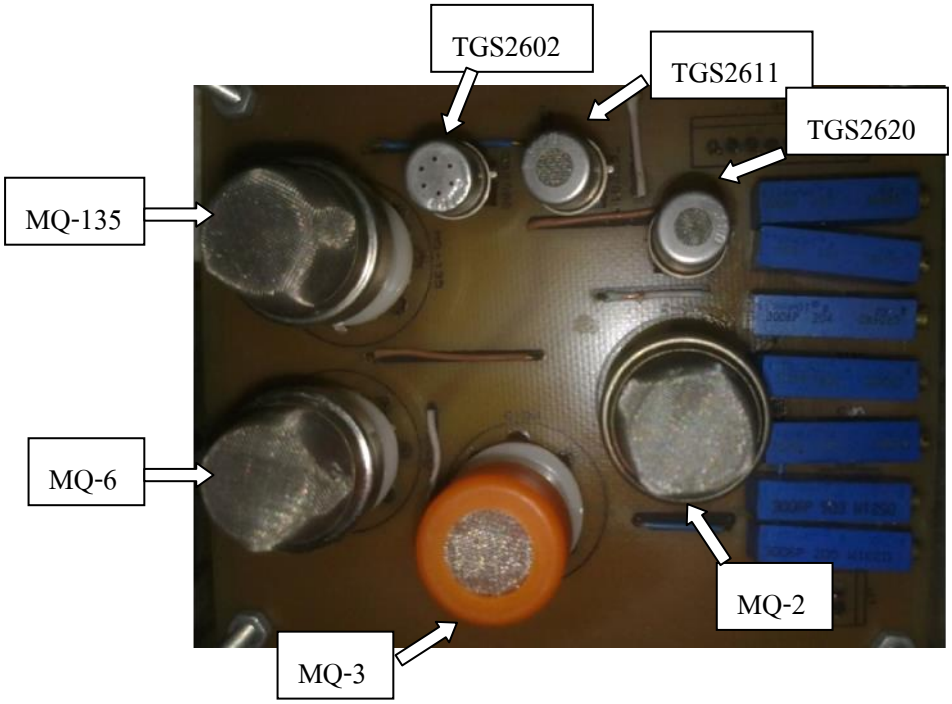
รูปที่ 4.2 วงจรแบ่งแรงดัน

จากรูปที่ 4.2 สัญญาณที่วัดได้คือแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานโหลด R_L (V_{RL}) ซึ่งความสัมพันธ์ของ V_{RL} กับแรงดันขาเข้า (V_C) จะเป็นไปตามสมการ 4.1

$$V_{RL} = R_L V_C /(R_L + R_S) \quad (4.1)$$

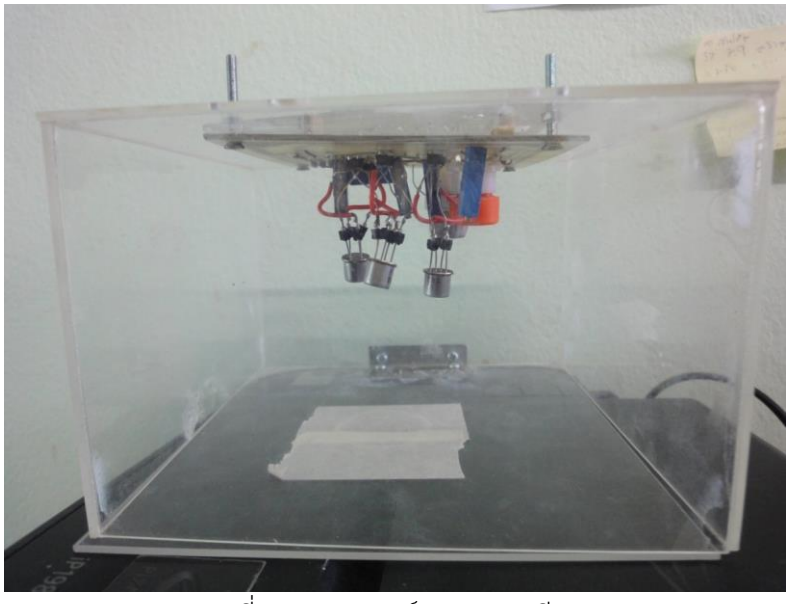
โดยที่ R_S คือความต้านทานภายในของเซนเซอร์ และ R_L คือความต้านทานโหลดที่ต่อในวงจร ในระบบวัดนี้จะวัดสัญญาณตอบสนองของเซนเซอร์เป็นค่าแรงดันจากวงจรแบ่งแรงดัน

การออกแบบวงจรวัดที่ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ทั้ง 7 ตัวบนแผ่น PCB ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรวัดที่ออกแบบ

ในการทดลองจะทำให้ระบบปิดโดยมีแชมเบอร์ (Chamber) สำหรับบรรจุกระเทียมซึ่งประกอบขึ้นจากแผ่นอะคริลิกใสโดยมีขนาดกว้าง 0.15 m ยาว 0.15 m และ สูง 0.10 m โดยมีเซนเซอร์ติดอยู่ที่ฝาด้านบน ดังรูปที่ 4.4 สัญญาณที่ได้จากวงจรวัดจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลโดย A/D card (USB6009, National Instrument Inc.) ซึ่งมีความละเอียด 14 บิต ข้อมูลจะถูกเก็บและแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ทุกวินาทีตลอดช่วงเวลา 15 นาที ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมที่พัฒนาบน LabView



รูปที่ 4.4 แชมเบอร์บรรจุกระเทียม

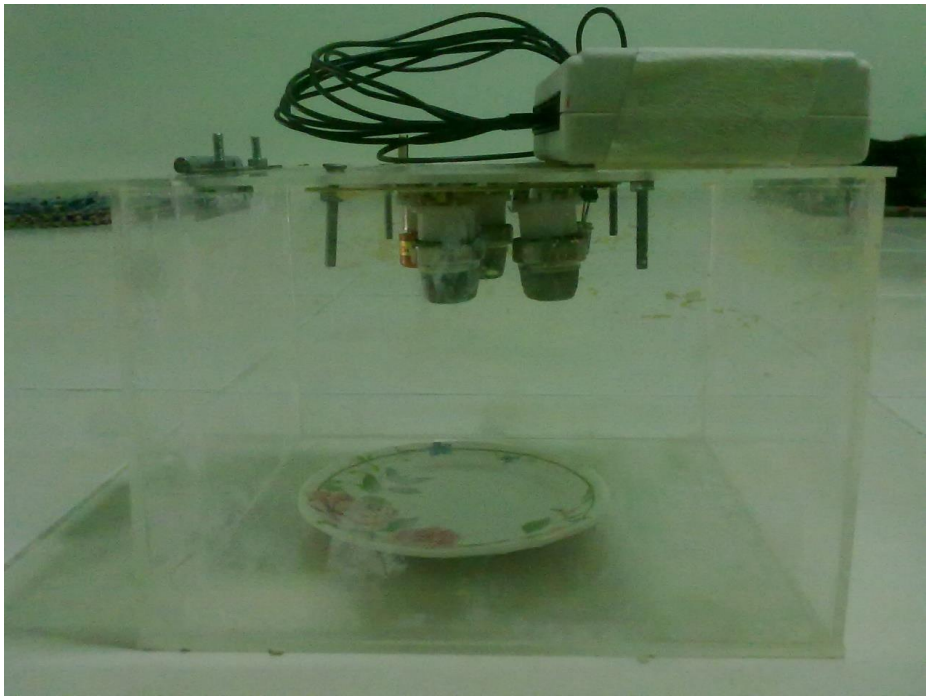
จากนั้นเทคนิคการประมวลผลสัญญาณและการวิเคราะห์ทางสถิติ (MATLAB) จะถูกนำมาใช้ในการหาคุณลักษณะเฉพาะของผลตอบสนองทางไฟฟ้าที่ได้จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ของกระเทียมแต่ละชนิด ค่าคุณลักษณะที่ได้นั้นจะนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์กระเทียมด้วยเทคนิคการจัดกลุ่มโดยวิธี Principal component analysis (PCA) การทำงานของระบบวัด การจัดเก็บข้อมูล และระบบประมวลผลทั้งหมดจะทำการเชื่อมต่อและควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเองบนโปรแกรม LabVIEW

4.2 การทดลองวัดกลิ่นกระเทียม

4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ลอกเปลือกและบดกระเทียม
2. ชั่งกระเทียมที่บดแล้วน้ำหนัก 1 g
3. ตั้งค่าในโปรแกรม LabView กำหนดเวลาในการวัด 15นาที และอัตราสุ่มข้อมูล 1 ครั้งต่อวินาที โดยทำการทดสอบระบบวัดให้อยู่ในสภาวะพร้อมที่จะวัดใช้งานดังรูปที่ 4.6
4. นำกระเทียมที่บดแล้วใส่เข้าไปในระบบวัด ตามรูปที่ 4.7
5. บันทึกและแสดงค่าแรงดันจากเซนเซอร์บนโปรแกรม LabView

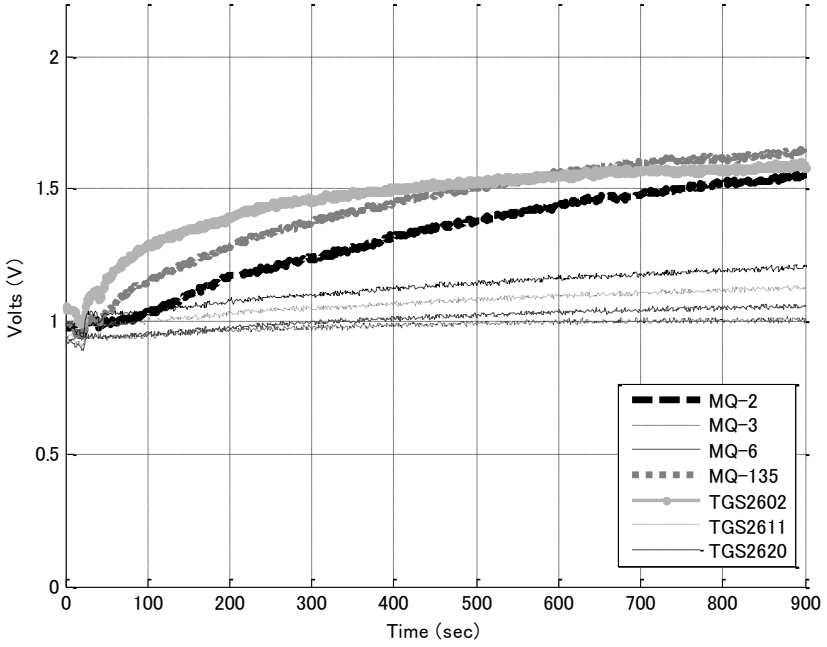
รูปที่ 4.5 ระบบวัดในสภาวะพร้อมใช้งาน



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งการวางกระเทียมที่บดแล้ว

4.2.2 ผลการทดลอง

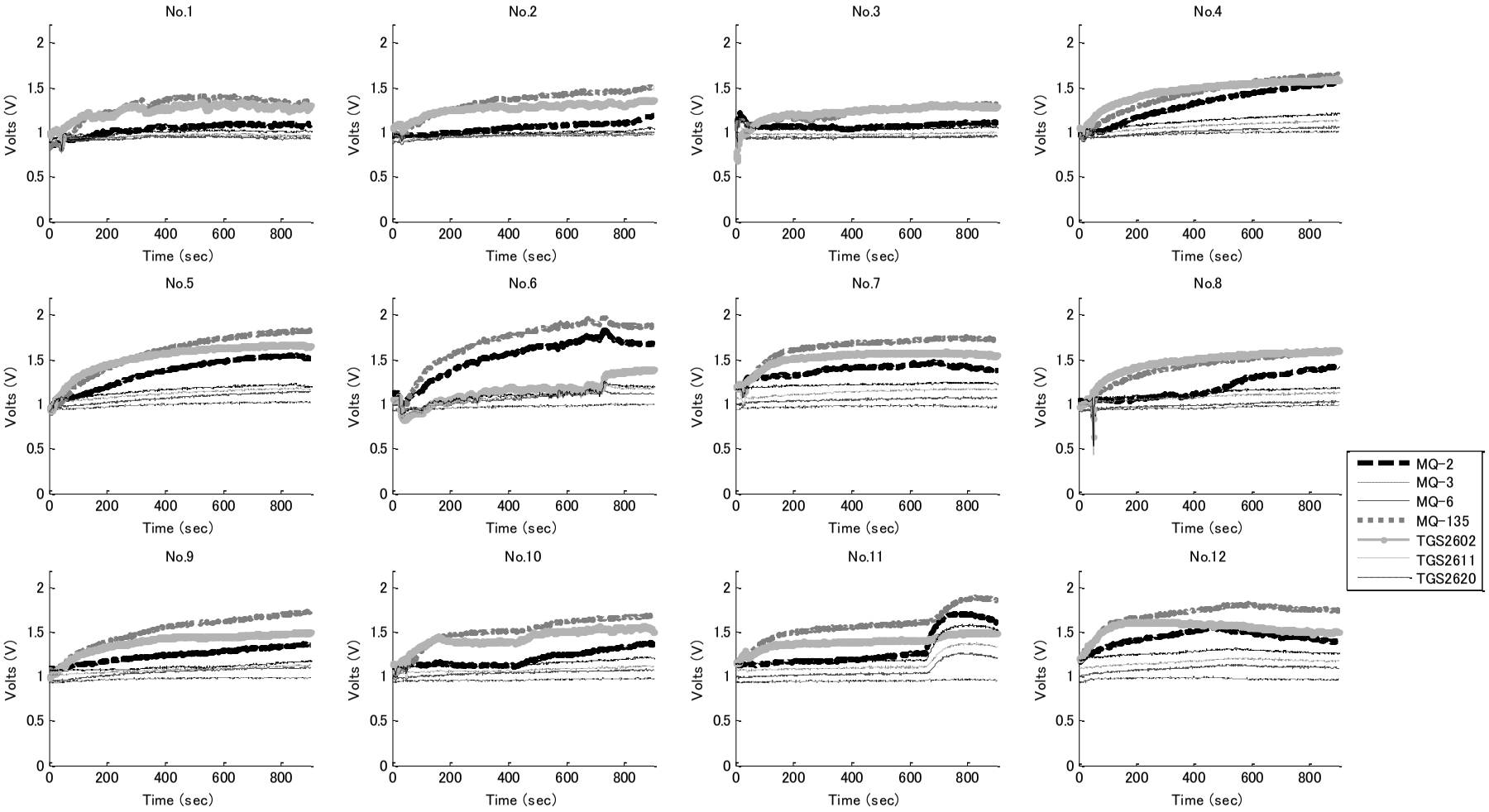
รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของก๊าซเซนเซอร์ทั้ง 7 ตัวต่อกลิ่นของกระเทียมศรีสะเกษ จะเห็นว่าเซนเซอร์แต่ละตัวมีความไวในการตอบสนองต่อกลิ่นของกระเทียมต่างกัน สำหรับกลุ่มเซนเซอร์ที่ตอบสนองต่อกลิ่นของกระเทียมสูงคือ TGS2602, MQ-135 และ MQ-2 ตามลำดับ เมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 4.1 จะพบว่า TGS2602 และ MQ-135 นั้นแตกต่างจากเซนเซอร์ตัวอื่น ๆ ที่มีการตอบสนองต่อแอมโมเนีย ในขณะที่ MQ-2 เป็นตัวเดียวที่ตอบสนองต่อ Propane ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเซนเซอร์ที่ตอบสนองต่อแอมโมเนียและโพรเพนจะตอบสนองต่อกลิ่นของกระเทียมได้ดี



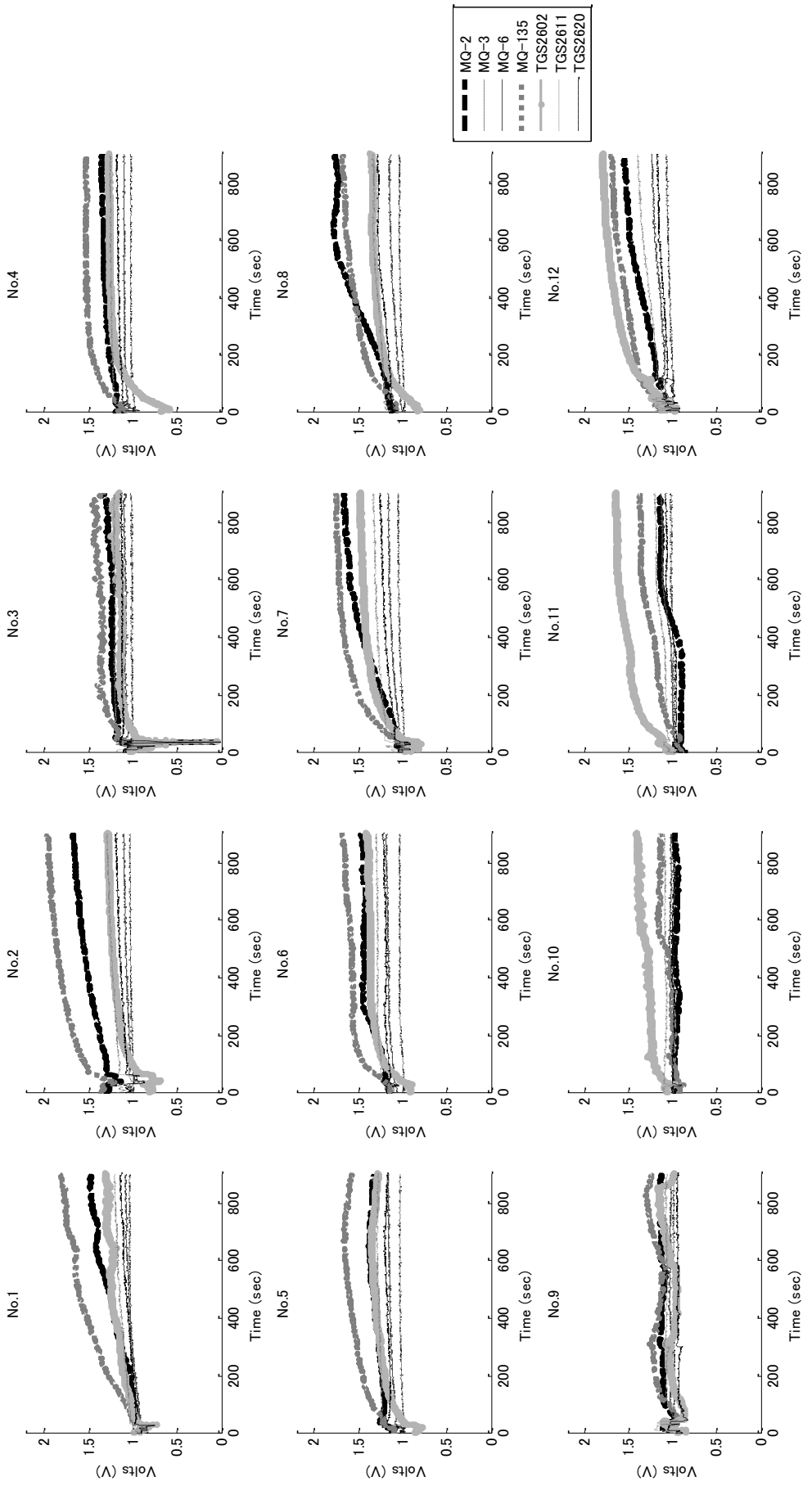
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างผลตอบสนองของก๊าซเซนเซอร์ในการวัดกระเทียมศรีสะเกษ

รูปที่ 4.8 – 4.10 แสดงผลตอบสนองของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 7 ตัวต่อกลิ่นของกระเทียมศรีสะเกษ อุตรดิตถ์และลำพูน ตามลำดับ โดยแต่ละตัวอย่างทำการวัดซ้ำ 12 ครั้ง

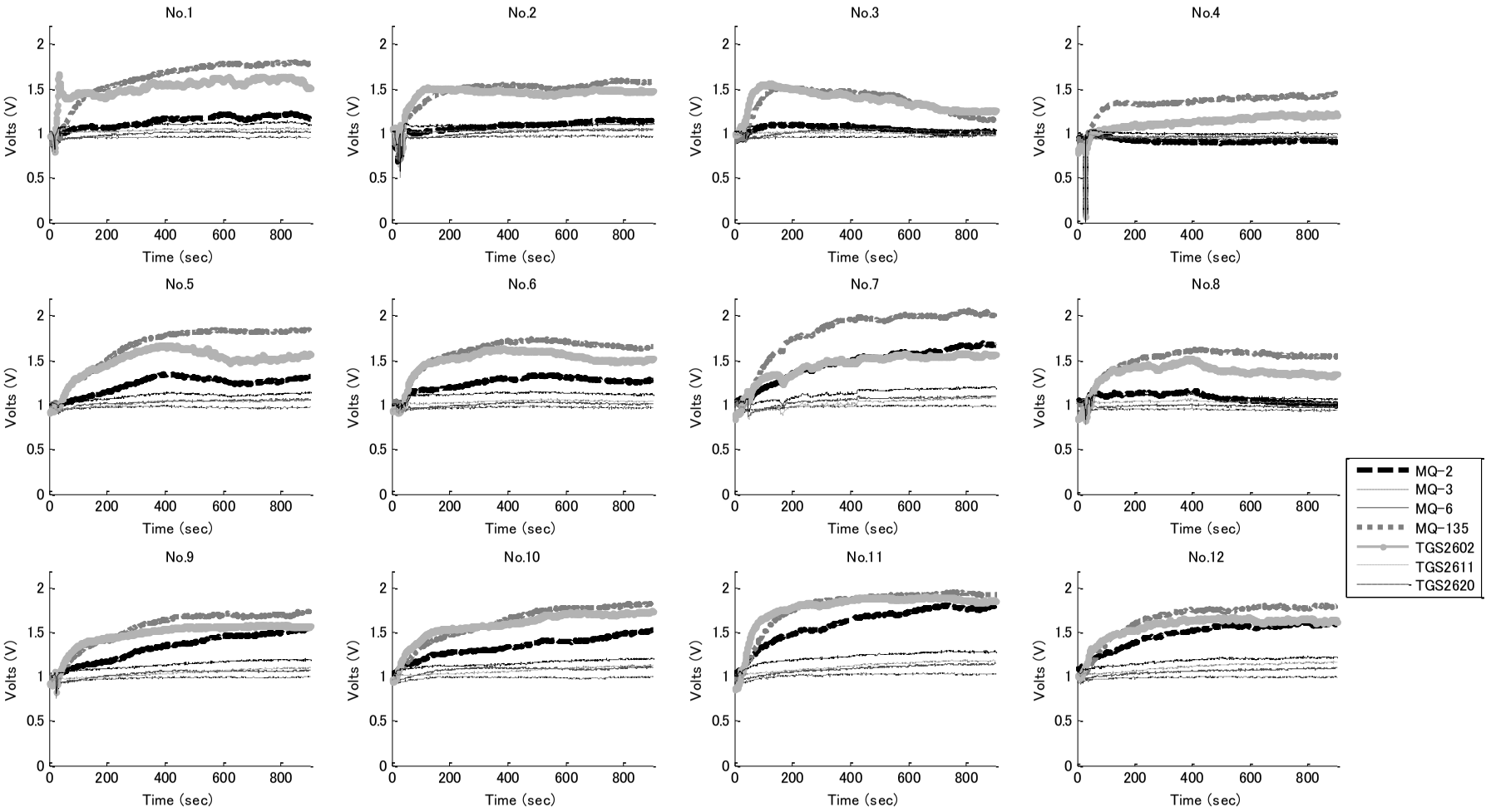
เป็นที่ทราบกันดีว่าความไวของการวัดกลิ่นด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ ด้วยเหตุนี้ จึงพิจาณาผลตอบสนองสัมพัทธ์ระหว่างกลุ่มของเซนเซอร์ซึ่งทำให้ละเลยการพิจารณาผลของอุณหภูมิได้



รูปที่ 4.8 ผลตอบสนองของก๊าซเซนเซอร์ในการวัดกระเทียมศรีสะเกษวัดซ้ำ 12 ครั้ง



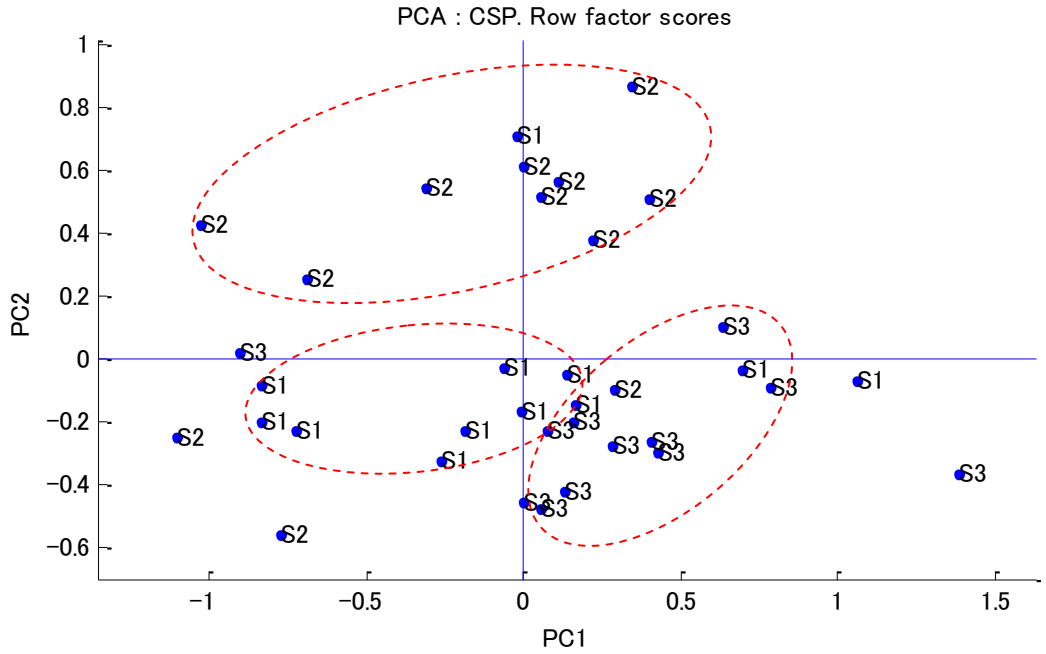
รูปที่ 4.9 ผลตอบสนองของก๊าซเซนเซอร์ในการวัดกระเทียมอุตรดิตถ์วัดซ้ำ 12 ครั้ง



รูปที่ 4.10 ผลตอบสนองของก๊าซเซนเซอร์ในการวัดกระเทียมลำพูนวัดซ้ำ 12 ครั้ง

4.3 การวิเคราะห์จำแนกพันธุ์กระเทียมด้วยเทคนิค PCA

เทคนิค PCA เป็นการแปลงเชิงตั้งฉาก (Orthogonal transformation) เทคนิคหนึ่งซึ่งจะทำการแปลงตัวแปรจากการสังเกตหรือการวัดไปยังพิกัดใหม่หรือองค์ประกอบมุขสำคัญ (Principal component) ที่เป็นอิสระต่อกัน โดยที่องค์ประกอบมุขสำคัญหลักตัวแรก (First principal component : PC1) จะมีค่าความแปรปรวน (Variance) สูงที่สุดและตัวแปรหลักตัวถัดไปจะมีค่าความแปรปรวนลดหลั่นกันลงไป เทคนิค PCA นี้นิยมใช้ในการจำแนกข้อมูลแบบ Unsupervised และใช้ในการลดขนาดของข้อมูลก่อนนำไปประมวลผลต่อไปอีกด้วย ข้อมูลที่นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PCA นี้เป็นค่าแรงดันจากวงจรวัดของเซ็นเซอร์ทั้ง 7 ตัวที่ได้จากการวัดกลิ่นของกระเทียมพันธุ์ละ 12 ครั้ง โดยใช้ข้อมูล ณ เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6 นาที ในการวิเคราะห์จำแนก



รูปที่ 4.11 ผลการจำแนกด้วย PCA โดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้ง 7 ตัว

เมื่อนำแรงดันที่ได้จากการวัดกลิ่นของกระเทียมแต่ละพันธุ์มาทำการจัดกลุ่มด้วยเทคนิค PCA โดยกำหนดให้ชุดแรงดันที่ได้จากการวัดดังนี้

S1 แทนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 หรือกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ

S2 แทนกลุ่มตัวอย่างที่ 2 หรือกระเทียมพันธุ์อุตรดิตถ์

S3 แทนกลุ่มตัวอย่างที่ 3 หรือกระเทียมพันธุ์ลำพูน

ผลการจัดกลุ่มค่าแรงดันที่นาทีที่ 1 ถึง 6 ด้วยเทคนิค PCA แสดงในรูปที่ 4.11 โดยใช้องค์ประกอบมุขสำคัญที่ 1 และ 2 (PC1 และ PC2) ซึ่งครอบคลุมค่าแปรปรวน 57.01% และ 23.95% ตามลำดับ แม้ว่าจะพบการซ้อนทับระหว่างกลุ่ม แต่จะเห็นว่าข้อมูลของแต่ละพันธุ์เกาะกลุ่ม

อยู่ใกล้ ๆ กัน ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นความสามารถในการจำแนกพันธุ์กระเทียมด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์

อย่างไรก็ตามระบบที่พัฒนาขึ้นยังต้องการการปรับปรุงเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลจากอุณหภูมิ รวมถึงการเลือกใช้เซนเซอร์ตัวอื่น ๆ และในส่วนของการวิเคราะห์ยังสามารถเลือกใช้เฉพาะข้อมูลจากเซนเซอร์ที่มีผลตอบสนองสูงเท่านั้น ส่งผลให้ใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลลดลงและลดภาระของหน่วยประมวลผลด้วย ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการพัฒนาระบบขนาดเล็กเคลื่อนย้ายได้