

ระบบบำบัดน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่

รองศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ เพ็ชรมนกุล

ดร.ณัฐวิญญู ชาวเลิศพรศิยา

นายรัฐพล เจียวิริยะบุญญา

นายกริชชาติ ว่องไวลิขิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปวงชนชาวไทยทั้งประเทศรู้สึกโศกเศร้าอาลัยอย่างที่สุด เมื่อสำนักพระราชวังออกประกาศสำนักพระราชวังใจความว่า พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มหิตลาธิเบศรรามาธิบดี จักรีนฤพดินทรสยามมินทรราชธิราช บรมนาถบพิตร เสด็จสวรรคต เมื่อวันที่พฤหัสบดี ที่ 13 ตุลาคม พุทธศักราช 2559 เวลา 15 นาฬิกา 52 นาที ณ โรงพยาบาลศิริราช ด้วยพระอาการสงบ สิริพระชนมพรรษาปีที่ 89 ทรงครองราชสมบัติได้ 70 ปี เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างไม่ทันตั้งตัว ประชาชนจำนวนมากพร้อมใจกันไปถวายอาลัยแต่ “ในหลวง” ตามประกาศและกำหนดการจากสำนักพระราชวัง รวมถึงคณะรัฐบาลที่ได้เชิญชวนให้พี่น้องประชาชนคนไทยที่รักทุกท่านแต่งกายถวายความอาลัย เป็นเวลา 1 ปี ส่งผลให้ **เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายสีดําขาดตลาดและมีราคาพุ่งสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้มีรายได้น้อย** ในการนี้ ประชาชน และจิตอาสาจากหลายภาคส่วนจึงได้มีการนำเสื้อผ้าที่มีอยู่แล้วไป **ย้อมเป็นเสื้อผ้าสีดํา** สำหรับสวมใส่ในการร่วมถวายความอาลัย รวมถึงช่วยลดค่าใช้จ่ายให้กับประชาชนที่มีรายได้น้อยซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งของความสามัคคีและช่วยเหลือเกื้อกูลกันของคนไทยที่มีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม ผลพลอยได้หรืออีกหนึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการย้อมผ้า คือน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนสีย้อม (Dye – color wastewater) ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำบัดและจัดการอย่างถูกต้องตามหลักการด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยหลายท่านอาจจะไม่ทราบว่าน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมได้หลายด้านหากมีการระบายน้ำเสียจากการย้อมผ้าลงตามลำคลองสาธารณะโดยไม่มีการบำบัดอย่างเหมาะสม อาทิ มลทัศน์ในแหล่งน้ำ อุณหภูมิแหล่งน้ำสูงขึ้น ปัญหากลิ่นเหม็น สิ่งมีชีวิตในน้ำตายเนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูงจึงทำให้ขาดออกซิเจน รวมถึงโอกาสในการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม เป็นต้น นอกจากนี้ น้ำเสียหรือน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าก็ยังส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน เนื่องจากองค์ประกอบบางส่วนของสีย้อมเป็นตัวยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพซึ่งเป็นรูปแบบการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ใช้กันอยู่ทั่วประเทศในปัจจุบัน ดังนั้น เพื่อสนับสนุน “การย้อมผ้าสีดํา” และ “กิจกรรมจิตอาสา” ของภาคส่วนต่าง ๆ ทั่วประเทศเพื่อร่วมถวายความอาลัยแด่องค์พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช และลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสภาพแวดล้อม **ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** จึงได้ร่วมมือกับ **บริษัท ดับบลิวเอชเอ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) หรือ WHA** ใน

การศึกษาวิจัยและต่อยอดผลลัพธ์ไปสู่การออกแบบ “ระบบบำบัดน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่ (Mobile treatment unit)” เพื่อตอบโจทย์ประเด็นเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของน้ำเสียดีย้อมที่กล่าวถึงข้างต้นให้กับประชาชนในพื้นที่ต่าง ๆ รอบกรุงเทพมหานครผ่านการประสานงานกับ**สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร**

ในทางทฤษฎี **ประเภทของสีในแหล่งน้ำ** แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ 1) **สีแท้หรือสีจริง (True color)** หมายถึง สีที่เกิดจากสารต่าง ๆ ในน้ำและละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ โดยสารที่มีผลต่อการเกิดสีแท้ส่วนใหญ่ ได้แก่ สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก (เช่น กรดฮิวมิกและฟัลวิค) และสารเคมีบางชนิดที่มีการสังเคราะห์ขึ้นสำหรับกระบวนการย้อมทางอุตสาหกรรม ลักษณะสำคัญของสีประเภทนี้ คือมีความคงตัวสูงมากจนไม่สามารถย่อยสลายหรือแยกออกโดยการกรอง และ 2) **สีปรากฏ (Apparent color)** หมายถึง สีที่เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำที่สะท้อนแสงปรากฏให้เห็นแก่สายตา เช่น แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ เกล็ดของซากพืชซากสัตว์ ตะกอนของดินและทราย ซึ่งสามารถกำจัดออกได้โดยวิธีทางกายภาพทั่วไป เช่น การกรอง

ทั้งนี้ **เทคโนโลยีการบำบัดสีที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย** มีการศึกษาวิจัยในด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมาอย่างต่อเนื่องกว่า 200 ปี โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1. **การบำบัดด้วยกลไกทางกายภาพ (Physical treatment mechanism)** อาทิ การดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์ (Adsorption by activated carbon) และการกรองด้วยเยื่อแผ่น (Membrane filtration) เป็นต้น
2. **การบำบัดด้วยกลไกทางเคมี (Chemical treatment mechanism)** อาทิ การสร้างรวมตะกอน (Coagulation-flocculation) และการออกซิเดชันทางเคมี (Chemical Oxidation) เป็นต้น
3. **การบำบัดด้วยกลไกทางชีวภาพ (Biological treatment mechanism)** อาทิ การย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย (Bacteria decomposition) การดูดซับด้วยสาหร่าย (Algae adsorption) การย่อยสลายโดยเชื้อรา (Fungi decomposition) เป็นต้น

กลไกการบำบัดต่าง ๆ ที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น มีข้อดี-ข้อเสีย รวมไปถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีย้อมที่แตกต่างกันออกไป โดยเมื่อพิจารณาถึงเป้าหมายหลักในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่ ซึ่งจำเป็นต้องมี**คุณสมบัติที่สำคัญ 5 ประการ** ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพการบำบัดสูง 2) ระบบมีขนาดเล็กสามารถติดตั้งอยู่บนรถยนต์ที่เคลื่อนที่ได้สะดวก 3) สามารถรองรับชนิด ประเภท และความสกปรกของน้ำเสียดีย้อมแตกต่างกันได้ 4) สามารถควบคุมการทำงานและปฏิบัติงานในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ง่าย และ 5) ก่อให้เกิดผลพลอย (by-product) ได้จากบำบัดน้อย (ตัวอย่างเช่น ฟล็อกสารเคมีที่เป็นผลพลอยได้จากการบำบัดด้วยกลไกทางเคมี) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงเลือกทำการศึกษาและทดลองการกำจัดสีย้อมออกจากน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมี เพื่อสร้างระบบบำบัดแบบเคลื่อนที่สำหรับการจัดการกับน้ำเสียดีย้อมที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถนำไปใช้งานได้จริง

โดยคุณสมบัติเฉพาะตัวของน้ำเสียจากสีย้อมผ้า นั้น เมื่อตั้งทิ้งไว้จะไม่เกิดการตกตะกอนและไม่สามารถแยกอนุภาคของสีย้อมด้วยการกรองด้วยถังกรองทรายได้ อีกทั้งการบำบัดด้วยการรวมตะกอน (Coagulation-flocculation) และการออกซิเดชันทางเคมี (Chemical Oxidation) ให้ประสิทธิภาพต่ำ ใช้ปริมาณสารเคมีสูง และก่อให้เกิดฟล็อกสารเคมีที่ต้องจัดการกำจัดต่อปริมาณมาก

แนวทางการบำบัดที่เลือกใช้จึงเป็นการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Adsorption by Powder Activated Carbon: PAC) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีรูพรุนสูงและมีคุณสมบัติในการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในของเหลวหรือก๊าซเอาไว้ได้ในปริมาณสูง เนื่องจากมีรูขนาดเล็ก (Microporosity) จึงทำให้สามารถกำจัดสีแท้และสีปรากฏได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดผงในการดูดซับสีย้อมนั้นก่อให้เกิดปัญหาในการแยกของแข็งและของเหลวออกจากกันเนื่องจากถ่านกัมมันต์ชนิดผงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กมาก ประมาณ 15-80 ไมครอน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มกระบวนการแยกของแข็งออกจากของเหลว โดยเลือกใช้ระบบรีดด้วยความดัน (Filter press) ดังรูปที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กหลายแผ่นประกบกันอยู่บนโครง โดยมีวัสดุกรองแทรกอยู่ระหว่างแผ่นเหล็ก ตัวแผ่นเหล็กจะเจาะรูขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อให้น้ำไหลออก เมื่อสูบน้ำเสียเข้าเครื่องรีดตรงกลางโครงแผ่นเหล็กจนเต็ม แผ่นเหล็กจะถูกแรงดันอัดเข้าหากันด้วยระบบไฮดรอลิกรีดน้ำเสียให้ผ่านวัสดุกรองและรูเล็ก ๆ ที่เจาะเอาไว้ โดยระบบรีดด้วยความดันจะช่วยลดเวลาในการแยกสารดูดซับออกจากน้ำเสียและขนาดของระบบลงได้



(ก)

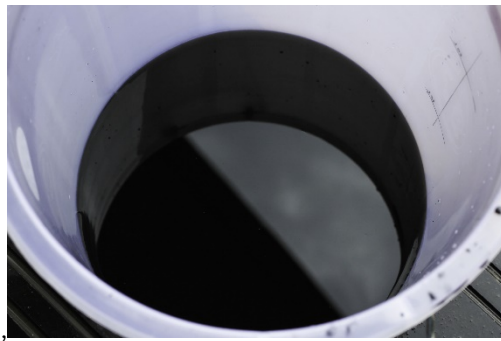


(ข)

รูปที่ 1 (ก) ถ่านกัมมันต์ชนิดผง และ (ข) ระบบรีดด้วยความดันแบบเคลื่อนที่

โดยทางภาควิชาฯ ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร จัดหาน้ำเสียจากการย้อมผ้าสีดำที่ใช้งานจริงจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ (รูปที่ 2) เพื่อทำการทดสอบกระบวนการดูดซับและการกรองดังกล่าว โดยใช้อัตราส่วนถ่านกัมมันต์ต่อปริมาณน้ำเสีย 1:10 (1 กิโลกรัมต่อน้ำเสีย 10 ลิตร) ซึ่งผลการทดสอบการบำบัดน้ำเสียสีย้อมแสดงดังตารางที่ 1 โดยมีการทดสอบการกรองผ่านผ้ากรอง

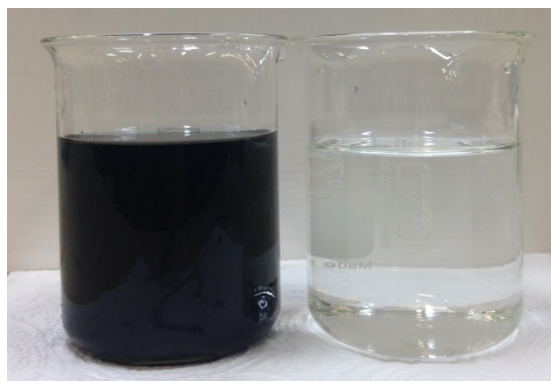
ที่ใช้งานในจริงในระบบรีดด้วยความดันซึ่งมีขนาดรูพรุนของชั้นกรอง 30 ไมโครเมตร และการกรองผ่านเยื่อกรอง GF/C ที่ใช้งานในระดับห้องปฏิบัติการ โดยเยื่อกรองนี้มีขนาดรูพรุนเล็กกว่ามาก คือ 1 ไมโครเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า ทั้งค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความขุ่นของน้ำที่ผ่านการกรองด้วยทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก และมีค่าลดลงจากน้ำเสียสีย้อมเริ่มต้นอย่างชัดเจน โดยน้ำที่ผ่านการกรองมีค่าความขุ่นต่ำกว่า 10 NTU และมีความใสเทียบเคียงกับน้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 3 อย่างไรก็ตาม การจัดการหรือการแยกถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่ใช้งานแล้วออกจากน้ำเสียจัดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยตรง นอกจากนี้ถ่านกัมมันต์ดังกล่าวยังต้องการกำจัดและจัดการอย่างถูกต้องและเหมาะสมอีกด้วย



รูปที่ 2 ลักษณะน้ำเสียจริงจากการย้อมผ้าสีดำ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้เป็นตัวกรองในระบบรีดด้วยความดัน 2 ชนิด

น้ำตัวอย่าง	พารามิเตอร์ที่ศึกษา		
	ค่าพีเอช (pH)	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	ค่าความขุ่น (NTU)
น้ำเสียสีย้อม	10.66	6.69	16.6
ผ่านการกรองด้วยผ้ากรอง	9.28	2.28	4.50
ผ่านการกรองด้วย GF/C	9.25	2.55	9.77



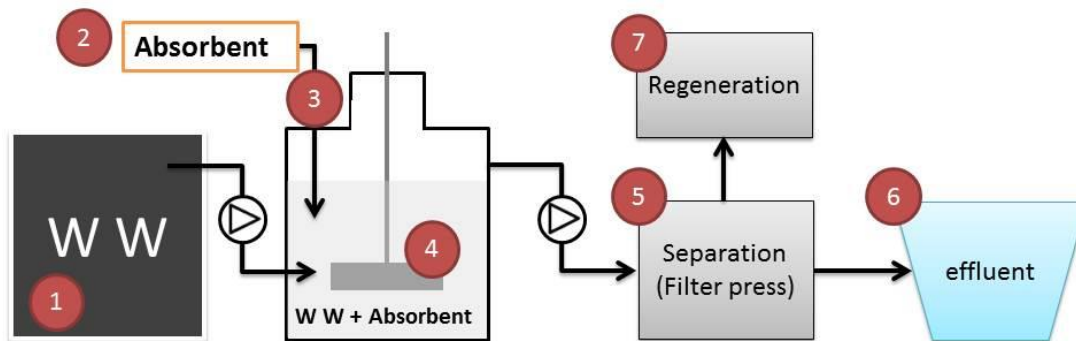
รูปที่ 3 น้ำเสียสีย้อมเริ่มต้น และน้ำหลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกรองด้วยผ้ากรอง

จากหลักการและแนวคิดการออกแบบที่กล่าวถึงข้างต้น สามารถสรุปภาพรวมของกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้ดังรูปที่ 4 โดยบริษัท ดับบลิวเอชเอ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ให้การสนับสนุนรถยนต์ที่จะใช้ในการเคลื่อนย้ายระบบบำบัดน้ำไปยังจุดที่มีน้ำเสียสีย้อม เพื่อทำการบำบัดอย่างเหมาะสม



รูปที่ 4 ภาพรวมระบบบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่

แนวทางในการดำเนินงาน



ระบบบำบัดน้ำเสียจากการย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่ ประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำเสียที่ต้องการบำบัด : อาจสูบตรงจากแหล่งกำเนิด หรือสูบเก็บไว้ในถังเก็บน้ำเสียก่อนจ่ายเข้าระบบบำบัด
2. สารดูดซับ : ถ่านกัมมันต์ชนิดผง Ecosorp ซึ่งใช้ดูดซับอนุภาคของสีย้อมก่อนเข้าสู่กระบวนการแยกของแข็งในขั้นตอนต่อไป โดยสารดูดซับ Ecosorp ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท อิซิตะ จำกัด
3. จุดป้อนตัวกรองดูดซับ : จุดเติมลักษณะปากแตรที่สามารถเติมสารดูดซับได้อย่างสะดวก

4. อุปกรณ์กวนผสม (Mixing) : ใช้การกวนผสมแบบกวนช้าโดยมีค่าความเร็วเกรเดียนท์ (Velocity Gradient, G) = $10-75 \text{ s}^{-1}$
5. เครื่องแยกสารดูดซับที่ใช้แล้ว : ระบบรีดด้วยความดัน (Filter Press) โดยได้รับการสนับสนุนและให้คำปรึกษาด้านการติดตั้งจากบริษัท พลาคินัม เคมีคอล เอ็นจิเนียริง จำกัด และบริษัท วาติโอ จำกัด ตามลำดับ ซึ่งระบบรีดด้วยความดันประกอบด้วยวัสดุกรองที่แทรกอยู่ระหว่างแผ่นเหล็ก เมื่อแผ่นเหล็กถูกแรงดันอัดเข้าหากันด้วยระบบไฮดรอลิก รีดน้ำเสียให้ผ่านวัสดุกรองและรูเล็ก ๆ ที่เจาะเอาไว้ สารดูดซับ Ecosorp จะติดอยู่ภายใน เมื่ออัดดันแรงดันจะสูงขึ้นจนถึงจุดที่ตะกอนแห้งเครื่องจึงหยุดทำงาน จากนั้นคลายแผ่นเหล็กออก กวาดเอาสารดูดซับ Ecosorp ที่ติดอยู่ออกมาและนำเข้าสู่กระบวนการจัดการกับสารดูดซับที่ใช้แล้วในขั้นตอนต่อไป
6. ถังเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัด : เพื่อวิเคราะห์ผลก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป
7. ระบบจัดการสารดูดซับที่ใช้แล้ว : สารดูดซับที่ใช้แล้วนั้นต้องถูกกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเนื่องจากจัดอยู่ในประเภทขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย โดยในการนี้ บริษัท ดับบลิวเอชเอ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) จะรับหน้าที่จัดการกับสารดูดซับที่ใช้แล้วต่อไป

บทสรุป

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมมือกับบริษัท ดับบลิวเอชเอ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และสำนักงานการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้าแบบเคลื่อนที่สำหรับจัดการกับน้ำเสียด่างที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครและพื้นที่ใกล้เคียง จากกิจกรรมจิตอาสาการย้อมผ้าสีดำ เพื่อร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการถวายเป็นบุญคุณแด่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชของประชาชนชาวไทย โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วย การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และระบบการกรองเพื่อแยกถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้วออกจากน้ำ ระบบบำบัดนี้จะถูกติดตั้งบนรถยนต์สำหรับเดินทางไปยังบริเวณที่มีกิจกรรมย้อมผ้าสีดำ เพื่อบำบัดน้ำเสียด่างที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ผ่านการประสานงานของสำนักงานการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร

ในการนี้ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใคร่ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือและการสนับสนุนจากทุกภาคส่วน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ากิจกรรมนี้จะเป็นส่วนหนึ่งในการสนับสนุนของภาคประชาชนและจิตอาสาในการถวายเป็นบุญคุณแด่พ่อหลวงของปวงชนชาวไทย