



การประเมินการปลดปล่อยก๊าซและฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีสารคาร์บอนเป็นองค์ประกอบจากการเผาป่า
พรุควนเคร็ง

Estimation of carbonaceous gases and aerosols emitted from forest fires at
Kuan Kreg peat forest

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยการปลดปล่อยสารคาร์บอนที่ปล่อยสู่บรรยากาศจากไฟป่าหรือการเผาในที่โล่งในพื้นที่ป่าพรุในภาคใต้ของประเทศไทย สารคาร์บอนมลพิษทางอากาศที่ศึกษาประกอบด้วยก๊าซ CO, CO₂, CH₄ และ BC ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} โดยใช้ระเบียบวิธีตามหลักการ Carbon Mass Balance (CMB) ระหว่างคาร์บอนที่ป้อนเข้าเชื้อเพลิง และคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้สู่บรรยากาศ เพื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor, EF) ของมลพิษทางอากาศ โดยได้ดำเนินการวางแผนทดลองจำลองการเผา 12 แปลง จำแนกเป็น ประเภทป่าพรุที่ดอน ป่าพรุที่ลุ่ม และทุ่งหญ้าในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช และตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลเชื้อเพลิงก่อนทำการเผา และตรวจวัดปริมาณการปล่อย CO, CO₂, PM_{2.5} และ BC โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดแบบ Real-time ตลอดช่วงเวลาที่เกิดการเผาไหม้ พร้อมทั้งเก็บรวบรวมวัสดุหลังการเผาที่ประกอบด้วยเถาและชีวมวลที่ถูกเผาไม่สมบูรณ์ (Unburned) ด้วยป่าพรุเป็นป่าที่มีการย่อยสลายของพืชที่อยู่ใต้ผิวดินหรือในชั้นดินในอัตราสูง จึงได้ทำการวัดอัตราการปล่อยก๊าซ CH₄ ก่อนและหลังการเผาด้วย จากผลการศึกษา พบว่าในพื้นที่ป่าพรุมีชีวมวลเชื้อเพลิงเหนือผิวดิน ประกอบด้วยใบไม้ เปลือกไม้ ซากพืช (Litter) และไม้พื้นล่าง โดยมีซากพืชเป็นชีวมวลเชื้อเพลิงหลัก และผลจากการวัดในพื้นที่แปลงทดลองทั้ง 12 แปลง ชี้ว่ามีปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินรวมอยู่ในช่วง 0.98-2.83 กิโลกรัม/ตรารางเมตร ทั้งนี้ ในพื้นที่ป่าพรุที่ดอน มีความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินมากที่สุด รองลงมาคือป่าพรุที่ลุ่ม และพื้นที่ทุ่งหญ้า และเมื่อเกิดการเผา พบว่าชีวมวลจำพวกซากพืชและไม้พื้นล่างจะถูกเผาไหม้ไปมากที่สุด โดยในแต่ละแปลงทดลองมีคาร์บอนการเผาไหม้รวมของชีวมวลอยู่ในช่วงร้อยละ 44.2-72.8 ของปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลในพื้นที่ โดยชีวมวลในพื้นที่ทุ่งหญ้าจะถูกเผาไหม้ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ป่าพรุที่ดอน และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม เมื่อชีวมวลถูกเผาไหม้ ปริมาณคาร์บอนในเนื้อชีวมวลจะลดลงเนื่องจากถูกแปรสภาพปลดปล่อยสู่บรรยากาศ โดยจากการประเมินปริมาณคาร์บอนที่แปรสภาพเป็นก๊าซสู่บรรยากาศ (Carbon Released, C_{Released}) พบว่า มีปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยเทียบเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ได้ค่าอยู่ในช่วง 1.03 - 2.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ โดยในพื้นที่ป่าพรุที่ดอนมีปริมาณคาร์บอนปลดปล่อยสู่บรรยากาศสูงที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม ในส่วนของ EF พบว่าได้ค่า EF- CO₂ ค่า EF- CO ค่า EF- BC และค่า EF- PM_{2.5} อยู่ในช่วง 1,508-1,622 กรัม CO₂/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล 81-108 กรัม CO/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล 1.0-1.3 กรัม BC/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล และ 14.3-47.6 กรัม PM_{2.5}/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล ตามลำดับซึ่งค่าใกล้เคียงกับค่า EF ของสารมลพิษที่ศึกษาเหล่านี้ที่ได้มีการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ แต่ยังมีความแตกต่างและความคลาดเคลื่อนในการประเมินอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในส่วนของฝุ่นขนาดเล็ก และ BC ในส่วนของก๊าซ CH₄ ผลการตรวจวัดยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน เนื่องจากตัวอย่างตรวจวัดส่วนใหญ่มีปริมาณการปลดปล่อยน้อยกว่าที่สามารถวัดได้ เพื่อสามารถปรับปรุง และตรวจสอบค่า EF ให้เป็นค่าเฉพาะของประเทศไทยตามมาตรฐานสากล จึงควรมีการศึกษาต่อยอด โดยทำการจำลองการเผาในพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีชั้นพรุอยู่ใต้ผิวดิน



Abstract

In this study, the emission of carbonaceous compounds to the atmosphere from forest fires and biomass open burning in peatlands in southern region of Thailand was investigated. The studied carbonaceous air pollutants included carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and black carbon (BC) in fine fraction of particulate matter (PM_{2.5}). The principle of Carbon Mass Balance (CMB) methodology was used to characterize the emissions (i.e. emission rate, emission flux and more particularly emission factor (EF)) in order to relate the carbon released to the atmosphere to the carbon input from biomass fuel. To this end, 12 experimental plots including upland peat, lowland swamp, and grassland on peat soil, were set in the Kuan Kreng peat forest, Nakhon Sri Thammarat. For each experiment, biomass before burning, biomass after burning, and ash, were collected experiment. During the experimental burning, emissions of CO, CO₂, BC, and PM_{2.5} were measured using real-time measurement equipments. For each plot, methane emission potentially resulted from anaerobic degradation of dead litter and peat soil was also collected before and after burning. The results showed that the peatland biomass fuel is composed of dead leaves, bark, undergrowth and especially litter, which constituted the main fuel. It was found that the biomass fuel density ranged between 0.98-2.83 kg dry matter/m² (9.8-28.3 tonnes dry biomass/ha). Upland peat contained the highest density, followed by lowland swamp and grassland. Litter and undergrowth corresponded to the biomass fuel fractions that were the most consumed by fires. The biomass consumed by fires amounted 44.2% - 72.8% of the initial biomass fuel. The biomass consumption rate was the highest for grassland, followed by upland peat and lowland swamp. The amount of carbon released (C_{Released}) was found to range 1.03-2.10 kg CO₂equivalent/m². The upland peat was the land cover to have the highest rate of C_{Released}, followed by grassland and lowland swamp. Regarding the emission factor, the results showed that EF- CO₂, EF- CO, EF- BC, and EF- PM_{2.5} were 1,508-1,622 g CO₂/kg dry biomass, 81-108 g CO/kg dry biomass, 1.0-1.3 g BC/kg dry biomass, and 14.3-47.6 g PM_{2.5}/kg dry biomass, respectively, which are in the same range with the EF values found in the literature for the emission from peatland fires in tropical regions for compounds documented in this study. However, significant difference and uncertainty were observed especially for PM_{2.5} and BC. Concerning methane, it was found that the flux before or after burning was in many cases lower than the limit of detection, or under condition for which it could not be measured. To improve the quality of estimated EF for future use as country-specific values and methane emission measurement, it is strongly recommended to set up additional experimental plots, especially in the area with high depth of peat soil.

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศป่าไม้โดยผ่านทางความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในแต่ละปีที่มีความรุนแรงขึ้น เช่นความแห้งแล้ง อุณหภูมิที่สูงขึ้นฯ ส่งผลต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่กระทบต่อระบบนิเวศป่าไม้โดยตรง เช่นความชื้นของบรรยากาศและโดยเฉพาะความชุ่มชื้นของดินที่ลดลงมากผิดปกติ ด้วยฤดูแล้งที่เกิดขึ้นเร็วและยาวนานกว่าปกติ รวมทั้งเกิดขึ้นบ่อยกว่าปกติ ส่งผลต่อลักษณะของเชื้อเพลิงในป่า ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าสูงขึ้น และระบบนิเวศได้รับความเสียหายมากขึ้น

ในขณะเดียวกัน สารมลพิษที่ปลดปล่อยจากไฟป่าและการเผาชีวมวลในที่โล่งอื่นๆ เช่น การเผาฟางข้าวหรือใบอ้อยในพื้นที่การเกษตร ส่งผลต่อการเกิดมลภาวะทางอากาศและปัญหาหมอกควัน ที่เนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่างๆ และฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งประกอบด้วย PM₁₀ และ PM_{2.5} (Particulate matter with diameter lesser than 10 micron and 2.5 micron, PM₁₀ and PM_{2.5}) ที่มีสารคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้แล้ว ก๊าซและฝุ่นละอองเหล่านี้สามารถทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากมีสรรพคุณเดียวกันกับก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาของ Bond และคณะ (Bond et al., 2013) ได้ชี้ให้เห็นว่าสารคาร์บอนในฝุ่นละอองขนาดเล็กชนิด Black Carbon (BC) มีศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนสูงกว่าก๊าซ CO₂ และจัดเป็นสารมลพิษทางอากาศลำดับที่สองรองจากก๊าซ CO₂ ในเชิงปริมาณควบคู่กับศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนอีกด้วย นอกจากนี้ การศึกษาของ Bond และคณะ (Bond et al., 2013) พบว่าระดับองค์ความรู้ด้านการปลดปล่อยมลพิษจากไฟป่าและการเผาชีวมวลในที่โล่งในพื้นที่เกษตรกรรมยังอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ และต่ำมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยข้อมูลจากไฟป่าพรุในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการทำวิจัยเลย

เนื่องจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาชีวมวลในที่โล่ง ได้แก่ ปริมาณและลักษณะของชีวมวลเชื้อเพลิง และ ลักษณะของไฟป่าหรือระบอบการเผา (fire regime) ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะเปลี่ยนแปลงไปจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากเมื่อลักษณะของไฟป่าเปลี่ยนแปลงไป ทั้งในด้านความถี่ (frequency) ขนาดพื้นที่ไฟไหม้ (damaged area) ประเภทของไฟ (fire type) ความรุนแรง (fire intensity) รวมทั้งฤดูไฟป่า (fire season) จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากสมดุลในด้านต่างๆ ในพื้นที่ได้เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปของไฟป่าในอนาคตจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงได้มีการพยายามศึกษาในหลายพื้นที่ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ได้ทำการคาดการณ์ลักษณะของไฟป่าในอนาคตจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแล้วพบว่าลักษณะไฟป่าด้านต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากโดยเฉพาะ โดยเฉพาะในประเด็นของความถี่ของไฟที่จะเกิดบ่อยมากขึ้นจากสภาพอากาศที่แห้งมากขึ้นและยาวนานขึ้น(Flannigan and Van Wagner, 1991; Wotton and Flannigan, 1993; Price and Rind, 1994; Goldammer and Price, 1998; Stocks et al., 1998; Flannigan et al., 2000; Mouillot et al., 2002; Wotton et al., 2003; Flannigan et al., 2006; Liu et al., 2010) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อลักษณะของไฟป่าในอนาคตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

นอกจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแล้ว การบริหารจัดการพื้นที่ก็ยังมีผลต่อลักษณะของเชื้อเพลิงและพฤติกรรมได้อย่างมากเช่นกัน สำหรับในกรณีของป่าพรุควนเคร็ง จ. นครศรีธรรมราชนั้นได้มีการดำเนินการขุดลอกคลองขนาดใหญ่ เพื่อระบายน้ำลงสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอปากพนัง ส่งผลให้น้ำในบริเวณป่าพรุลดระดับลงมากในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ชั้นพรุซึ่งปกติจะมีน้ำขังตลอดปีนั้นแห้ง ซึ่งชั้นพรุที่แห้งร่วมกับสังคมพืชในบริเวณนี้อันประกอบด้วยสังคมไม้เสม็ดขาวและทุ่งกระจูดซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเพลิงอันมหาศาลในพื้นที่ในช่วงฤดูแล้ง ประกอบกับการจุดไฟในพื้นที่โดยชาวบ้านเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่นเพื่อความสะดวกในการหาปลา การเก็บกระจูด หาดั่วต่อๆ แล้วเกิดการลุกลามเข้าสู่พื้นที่ป่า ดังนั้นเมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้นจึงทำให้ไฟที่ลุกลามมีลักษณะที่เผาไหม้อย่างรุนแรงและรวดเร็วบริเวณเหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นไฟผิวดิน (surface fire) ในขณะเดียวกันหากระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลงไฟก็จะมีเผาไหม้ชั้นพรุใต้ดินด้วยทำให้เกิดเป็นไฟใต้ดิน (ground fire) ซึ่งเป็นไฟที่มีอันตรายอย่างมาก ยากแก่การควบคุมและดับเนื่องจากไม่สามารถมองเห็นเปลวไฟบนดินได้ชัดเจน สร้างความเสียหายต่อสังคมพืชและสิ่งแวดล้อม โดยต้นไม้ในบริเวณที่เกิดไฟใต้ดินมักจะตายเนื่องจากระบบรากถูกทำลาย นอกจากนี้ไฟที่ไหม้ในป่าพรุประเภทไฟใต้ดินนี้จะมีควันที่หนาที่บวมมากเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งลักษณะพฤติกรรมไฟ ความเสียหายต่อระบบนิเวศ การปลดปล่อยคาร์บอนจากการเผา และความยากง่ายของการดับไฟประเภทนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของสังคมพืชด้านบนและความลึกของชั้นพรุเป็นปัจจัยสำคัญ ดังนั้นข้อมูลของลักษณะของแหล่งเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ พลวัตการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งลักษณะของพรุภายในพื้นที่ป่าพรุ ลักษณะพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นในแหล่งเชื้อเพลิงต่างๆ จึงเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนการในการบริหารจัดการไฟในพื้นที่ป่าพรุ อีกทั้งยังเป็นข้อมูลที่สำคัญในการนำไปใช้ในการสร้างแผนที่การกระจายของแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้สำหรับประเมินอันตรายและความเสี่ยงจากการเกิดไฟในป่าพรุควนเคร็งอีกด้วย นอกจากนี้ข้อมูลด้านเชื้อเพลิงและลักษณะพฤติกรรมไฟ ต่างๆ ดังกล่าวมาข้างต้นนี้จะ เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการประเมินการสูญเสียคาร์บอนหากเกิดการเผาป่าพรุควนเคร็งในแต่ละแหล่งเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันไป ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินปริมาณการสูญเสียของคาร์บอนออกไปได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดนโยบายด้านการรับมือกับปัญหาภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าเสียดายว่าข้อมูลลักษณะของแหล่งเชื้อเพลิง ชั้นความหนาของพรุ รวมทั้งพฤติกรรมของไฟในป่าพรุโดยเฉพาะลักษณะของไฟใต้ดินสำหรับประเทศไทยนั้นยังไม่เคยมีการศึกษา ตีพิมพ์ และเผยแพร่มาก่อน การบริหารจัดการไฟในป่าพรุปัจจุบันจึงขาดข้อมูลทางวิชาการด้านการจัดการไฟป่าที่สำคัญ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการศึกษาวิจัยในเรื่องของลักษณะแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟในป่าพรุควนเคร็งเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการวางแผนบริหารจัดการไฟป่าในพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศป่าไม้โดยผ่านทางความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในแต่ละปีที่มีความรุนแรงขึ้น เช่นความแห้งแล้ง อุณหภูมิที่สูงขึ้นฯ ส่งผลต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่กระทบต่อระบบนิเวศป่าไม้โดยตรง เช่นความชื้นของบรรยากาศและโดยเฉพาะความชุ่มชื้นของดินที่ลดลงมากผิดปกติ ด้วยฤดูแล้งที่เกิดขึ้นเร็วและยาวนานกว่าปกติ รวมทั้งเกิดขึ้นบ่อยกว่า

ปกติ ส่งผลต่อลักษณะของเชื้อเพลิงในป่า ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าสูงขึ้น และระบบนิเวศได้รับความเสียหายมากขึ้น

ในขณะเดียวกัน สารมลพิษที่ปลดปล่อยจากไฟป่าและการเผาชีวมวลในที่โล่งอื่นๆ เช่น การเผาฟางข้าวหรือใบอ้อยในพื้นที่การเกษตร ส่งผลต่อการเกิดมลภาวะทางอากาศและปัญหาหมอกควัน ที่เนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่างๆ และละอองฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งประกอบด้วย PM₁₀ และ PM_{2.5} (Particulate matter with diameter lesser than 10 micron and 2.5 micron, PM₁₀ and PM_{2.5}) ที่มีสารคาร์บอนเป็นองค์ประกอบนอกจากนี้แล้ว ก๊าซและฝุ่นละอองเหล่านี้สามารถทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากมีสรรพคุณเดียวกันกับก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาของ Bond และคณะ (Bond et al., 2013) ได้ชี้ให้เห็นว่าสารคาร์บอนในฝุ่นละอองขนาดเล็กชนิด Black Carbon (BC) มีศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนสูงกว่าก๊าซ CO₂ และจัดเป็นสารมลพิษทางอากาศลำดับที่สองรองจากก๊าซ CO₂ ในเชิงปริมาณควบคู่กับศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนอีกด้วย นอกจากนี้ การศึกษาของ Bond และคณะ (Bond et al., 2013) พบว่าระดับองค์ความรู้ด้านการปลดปล่อยมลพิษจากไฟป่าและการเผาชีวมวลในที่โล่งในพื้นที่เกษตรกรรมยังอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ และต่ำมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยข้อมูลจากไฟป่าพรุในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการทำวิจัยเลย

จากการศึกษานักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ได้ทำการคาดการณ์ลักษณะของไฟป่าในอนาคตจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่าฤดูกาลเกิดไฟป่าจะยาวนานขึ้น จำนวนวันที่มีสภาพอากาศเหมาะสมต่อการเกิดไฟมากขึ้น ไฟมีความรุนแรงขึ้น ไฟป่าบ่อยขึ้น พื้นที่เสี่ยงภัยจากไฟป่ามากขึ้น ไฟป่ามีความถี่สูงขึ้น สังคมพืชพัฒนาไปในทางที่ติดไฟได้ง่ายขึ้น และมีความยากลำบากในการควบคุมไฟมากขึ้น (Flannigan and Van Wagner, 1991; Wotton and Flannigan, 1993; Price and Rind, 1994; Goldammer and Price, 1998; Stocks et al., 1998; Flannigan et al., 2000; Mouillot et al., 2002; Wotton et al., 2003; Flannigan et al., 2006) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อลักษณะของไฟป่าในอนาคตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะในประเด็นของความถี่ของไฟที่จะเกิดบ่อยมากขึ้นจากสภาพอากาศที่แห้งมากขึ้นและยาวนานขึ้นซึ่งจะส่งผลกระทบต่อประเภทของเชื้อเพลิง ความยากง่ายของการติดไฟของเชื้อเพลิง สภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเกิดไฟและความยาวนานของฤดูไฟป่า การศึกษาลักษณะของแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟจึงมีความจำเป็นที่จะทำให้อบรมข้อมูลสำหรับการจัดการไฟอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

พฤติกรรมของไฟป่า (forest fire behavior) มีความหมายอย่างกว้างๆว่า เป็นคำพรรณนาทั่วไปที่ใช้ระบุถึงสิ่งที่เป็นอาการของไฟ โดยเป็นผลผลิตที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมภายในไฟที่กำลังเผาไหม้ ได้รับอิทธิพลจากเชื้อเพลิง อากาศ และภูมิประเทศ ลักษณะของพฤติกรรม คือ เมื่อไฟที่เกิดขึ้นแล้วมีอัตราไฟลามเร็วขนาดไหน พลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกปลดปล่อยออกมาเท่าไร อัตราเร็วของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเป็นอย่างไร ความยาวเปลวไฟเท่าใดและถ้ามีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความเร็วลม ความลาดชันของพื้นที่ช่วยเสริมด้วย พฤติกรรมไฟจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร (สันต์, 2526; Byram, 1959; Pyne et al., 1996) ลักษณะที่บ่งถึงพฤติกรรมไฟประกอบด้วยอัตราไฟลาม (rate of fire spread, ROS) ความรุนแรงของไฟ (fire intensity) และความยาวของเปลวไฟ (flame length)

พฤติกรรมของไฟป่าถูกกำหนดโดยปัจจัยสำคัญ 3 ประการได้แก่ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และลักษณะของเชื้อเพลิง (Pyne et al., 1996) โดยปัจจัยทางด้านเชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องอย่างมากกับลักษณะและองค์ประกอบของระบบนิเวศป่าไม้หนึ่งๆ ปัจจัยทางด้านเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

ต่อลักษณะไฟป่ามีหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณเชื้อเพลิง (fuel loading) ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง (fuel continuity) ขนาดของเชื้อเพลิง (fuel size) และความชื้นของเชื้อเพลิง (fuel moisture content) ฯ การศึกษาลักษณะของเชื้อเพลิงในหลายพื้นที่ พบว่ามีความผันแปรแตกต่างกันไปอย่างมากตามประเภทของป่า สถานที่ และช่วงเวลา (Himmapan, 2004; Toda *et al.*, 2007; Wanthongchai, 2008) สมบัติของเชื้อเพลิงจึงเป็นสิ่งที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละพื้นที่ของแต่ละช่วงเวลา สำหรับพฤติกรรมของไฟนั้นคือลักษณะที่ไฟแสดงออกมาในรูปของอัตราเร็วของการลุกลาม (rate of spread) ความยาวของเปลวไฟ (flame length) และความรุนแรง (fire intensity) ซึ่งพฤติกรรมไฟแต่ละพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลามีความผันแปรแตกต่างกันไปด้วยเช่นเดียวกับลักษณะของเชื้อเพลิง การศึกษาพฤติกรรมไฟป่าสำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่ในป่าประเภทผลัดใบ ทั้งป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ รวมถึงป่าสน และสวนป่า ซึ่งทั้งหมดเป็นลักษณะของไฟผิวดิน (surface fire) (ตารางที่ 5-1) แต่สำหรับไฟในป่าไม่ผลัดใบและไฟในป่าพรุซึ่งมีลักษณะเฉพาะของไฟใต้ดิน (ground fire) นั้นยังไม่เคยมีการศึกษาสำหรับประเทศไทยมาก่อน ซึ่งลักษณะของพฤติกรรมของไฟ โดยเฉพาะความรุนแรงของไฟ (fire intensity) การลุกลามของไฟ (fire spread) ของไฟที่อยู่ใต้ดินนั้น จะมีความแตกต่าง ไปจากไฟผิวดินอย่างมาก

ศิริ (2543) ได้กล่าวถึงลักษณะของไฟในป่าพรุของประเทศไทยในแง่ของการจัดการไฟป่าว่ามีลักษณะเป็นไฟแบบกึ่งผิวดินและกึ่งใต้ดิน (semi ground fire) โดยมีการลุกลามบนดินให้เห็นเป็นเปลวไฟและในขณะที่เดียวกันก็มีการลุกลามของไฟที่อยู่ใต้ดินด้วย ซึ่งไฟที่เกิดขึ้นนั้นเป็นไฟที่มีอันตรายและสร้างความเสียหายให้กับระบบนิเวศมากที่สุด เนื่องจากการดับไฟที่ยากเนื่องจากไม่สามารถคาดเดาทิศทางการลุกลามและพื้นที่ที่ไฟใหม่ของไฟที่อยู่ใต้ดินได้ จึงทำให้การดับไฟในป่าพรุซึ่งเป็นไฟใต้ดินนี้มีความยากลำบากที่สุด ปัจจัยสำคัญที่จะสามารถช่วยให้การควบคุม ดับไฟป่าพรุซึ่งเป็นไฟใต้ดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นคือการทราบข้อมูลความลึกของพรุ และความลึกของการเผา (depth of burn) รวมถึงลักษณะของไฟที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง สำหรับความลึกของการเผาที่เกิดขึ้นจะมีผลโดยตรงต่อความเสียหายของระบบนิเวศโดยเฉพาะการตายของต้นไม้ การสูญเสียธาตุอาหาร การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของดินด้านต่างๆ (Neary *et al.* 2005) ซึ่งข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะทำให้เจ้าหน้าที่สามารถวางแผนอัตรากำลังและอุปกรณ์ในการทำงานได้อย่างมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสำหรับประเทศไทยนั้นยังไม่มีการดำเนินการมาก่อน

ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างการศึกษาพฤติกรรมของไฟป่าในประเทศไทย

แหล่งเชื้อเพลิง	สถานที่	อัตราไฟลาม (m/min)	ความรุนแรงไฟ (kW/m)	ความยาวเปลวไฟ (m)	ผู้ทำการศึกษา
ไร่ร้าง	ดอยอ่างขาง	400.2	38627	10	ศิริรัตน์ (2528)
ไร่ร้าง	ดอยอ่างขาง	7.8	38753	9.89	Kaitpraneet and Thaitutsa (1987)
เต็งรัง	ภูกระดึง	0.3-1	57.77	0.2-0.7	คณิงนิจ (2539)
เบญจพรรณ	ภูกระดึง	0.6-1	102.09	0.3-1	คณิงนิจ (2539)
ดิบแล้ง	ภูกระดึง	0.3-1	35.59	0.3-0.5	คณิงนิจ (2539)
ดิบเขา	ภูกระดึง	0.3-1	35.59	0.3-0.5	คณิงนิจ (2539)
ป่าสน	ภูกระดึง	1.5-1.8	3940	2.42	คณิงนิจ (2539)



แหล่งเชื้อเพลิง	สถานที่	อัตรา ไฟลาม (m/min)	ความ รุนแรงไฟ (kW/m)	ความยาว เปลวไฟ (m)	ผู้ทำการศึกษา
เต็งรัง	สะแกราช	4.46	194.13	0.7-1.1	มนูญศักดิ์ (2530)
เต็งรัง	สะแกราช	1.6-4.3	34-363	0.54	มนูญศักดิ์ (2530)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	-	98.11	-	Bhumpakphan (1997)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	-	134.95	-	Bhumpakphan (1997)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	0.47	66.17	0.45	Himmaphan (2006)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	0.44	44.33	1.51	Himmaphan (2006)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	2.7	361.1	1.53	Wanthongchai (2011)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	2.6	466.8	1.27	Wanthongchai (2011)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	1.3	291.2	5.5	Wanthongchai (2011)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	0.67	110.71	0.7	บุญส่ง (2541)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	2.74	543.54	1.61	ศิริ และคณะ (2546)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	0.82	167.98	0.95	สุนทร (2546)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	1.07	286.98	1.35	สุนทร (2546)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	1.34	184.71	0.86	Wiriya (2009)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	2.75	414.76	1.27	Wiriya (2009)
เต็งรัง	ห้วยขาแข้ง	2.39	408.61	1.24	Wiriya (2009)
เต็งรัง	สลักพระ	2.81	-	-	ศิริ (2543)
เต็งรัง	กาญจนบุรี	0.45	-	0.2-0.4	วีระพล (2546)
เต็งรัง	ดอยสุเทพ-ปุย	1.72	249.26	-	ศิริ (2539)
เต็งรัง	ดอยสุเทพ-ปุย	-	243.22	1	ชัยรัตน์ (2546)
เบญจพรรณ	ห้วยขาแข้ง	0.595	91.37	0.64	บุญส่ง (2541)
เบญจพรรณ	ดอยสุเทพ-ปุย	3.41	-	-	กรีธา (2540)
เบญจพรรณ	ดอยสุเทพ-ปุย	-	227.19	0.97	ชัยรัตน์ (2546)
เบญจพรรณ	ป่าสาธิตแม่หวด	0.73	179	0.84	ชาญชัยและคณะ (2519)

แหล่งเชื้อเพลิง	สถานที่	อัตรา ไฟลาม (m/min)	ความ รุนแรงไฟ (kW/m)	ความยาว เปลวไฟ (m)	ผู้ทำการศึกษา
ดิบแล้ง	เขาอ่างฤๅไน	0.31	32.57	0.39	อรรถพล (2548)
ดิบแล้ง	ดอยสุเทพ-ปุย	-	25.85	0.28	ชัยรัตน์ (2546)
ทุ่งหญ้า	ทุ่งแสลงหลวง	2.24	3,965.85	2.44	สมศักดิ์ (2550)
ทุ่งหญ้า	มวกเหล็ก	8.29	2,165.80	5.7	ศิริ (2534)
แปลงปลูกป่า FPT	พบพระ-อุ้มผาง	0.92	108.35	0.78	พงษ์ศักดิ์ (2549)
สวนป่ายูคาลิปตัส	สวนป่าคลองตะเกรา	2.6	1341.31	3	ชัชวาลย์ (2548)
สวนป่ายูคาลิปตัส	สวนป่าคลองตะเกรา	1.65	7614.7	9.89	ชัชวาลย์ (2548)
สวนป่ากระถินเทพา	สวนป่าลาดกระทิง	0.68	189.49	1.3	พองแก้ว (2549)
สวนป่ายูคาลิปตัส	สวนป่าลาดกระทิง	0.28	87.44	1.5	พองแก้ว (2549)
ไร่ร้าง	อุทยานแห่งชาติ ดอยภูคา	1.1-1.9	120-2118	-	กอบศักดิ์ และ คณะ (2553)

สถานการณ์ไฟป่าในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง

จากสถิติการเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งของสำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 12 นครศรีธรรมราช ระหว่างปี 2549-2556 พบว่ามีพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งที่ถูกไฟป่าทำลายรวมพื้นที่เสียหายสะสม 20,730 ไร่ โดยในปี 2555 เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งสูงที่สุด โดยมีพื้นที่เสียหายถึง 12,179 ไร่ รวมดับไฟป่าแล้วเสร็จจำนวน 129 ครั้ง แบ่งเป็นพื้นที่เสียหายในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย 66 ครั้ง รวมพื้นที่เสียหาย 7,336 ไร่ พื้นที่เตรียมการประกาศเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบ่อล้อ 36 ครั้ง พื้นที่เสียหาย 3,459 ไร่ พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ 25 ครั้ง พื้นที่เสียหาย 1,347 ไร่ และพื้นที่ สปก. 2 ครั้ง พื้นที่เสียหาย 37 ไร่ [กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช] โดยสาเหตุหลักของการเกิดไฟป่าในพื้นที่ควนเคร็ง ล้วนมีสาเหตุมาจากคน อาทิเช่น การลามจากพื้นที่เกษตรซึ่งมีการเผากำจัดวัชพืช สำหรับเตรียมการเพาะปลูกเข้าพื้นที่ป่าพรุ การจุดไฟเพื่อจับจองพื้นที่ นอกจากนี้ พฤติกรรมของคนยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ อาทิเช่น การขุดคูคลอง เพื่อระบายน้ำจากพื้นที่ป่าพรุ มาใช้ในการเกษตร เป็นผลให้ ระดับน้ำในพื้นที่ป่าพรุลดลง ชาวักพืชที่ทับถมเป็นพรุ จึงแห้ง กลายเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีในการเกิด หรือการลามของไฟ [สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 12 นครศรีธรรมราช] ทั้งนี้ ด้วยลักษณะของพื้นที่ป่าพรุ ที่มีซากพืชทับถมกัน ด้วยในพื้นที่มีน้ำขังตลอดเวลาทำให้ ซากพืชย่อยสลายได้ช้า ทับถมกลายเป็นชั้นพรุ ไฟป่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งจึงเป็นไฟป่าที่เกิดขึ้นบนผิวดิน และไฟป่าใต้ดิน จากการเผาไหม้ในชั้นพรุ ซึ่งยากต่อการป้องกันการเกิดไฟ และการดับไฟเมื่อเกิดไฟป่าขึ้น

3. ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการศึกษาและคำนวณผลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาชีวมวลในที่โล่งหรือไฟป่า

3.1.1 การประเมินปริมาณการปลดปล่อยของมลพิษ

การประเมินปริมาณการปลดปล่อยของมลพิษแต่ละชนิดจากการเผาชีวมวลในที่โล่ง ได้ดำเนินการโดยใช้สมการของ 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories ดังนี้

$$L_{fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

โดย	L_{fire}	คือ ปริมาณของมลพิษชนิดที่ศึกษา (ตัน)
	A	คือ ปริมาณพื้นที่ที่ถูกเผา (เฮกแตร์)
	M_B	คือ ปริมาณน้ำหนักของชีวมวลที่จะถูกเผา (ตันน้ำหนักแห้งต่อเฮกแตร์)
	C_f	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ (ไร้หน่วย)
	G_{ef}	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษชนิดที่ศึกษา (กรัมต่อกิโลกรัมชีวมวลแห้งที่ถูกเผา)

ในการนี้ ค่า A , M_B , C_f , และ G_{ef} จะได้มาจากผลการตรวจวัดในการทดลองเผาภาคสนาม ค่าที่ได้นี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่นำเสนอใน 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories และค่าที่นำเสนอในงานวิจัยอื่นๆในต่างประเทศที่รวบรวมได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบความเป็นตัวแทนของค่าของประเทศไทย และใช้เป็นค่าตัวแทนของการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากไฟป่าพรุของประเทศไทยและในภูมิภาคได้ในอนาคต

3.1.2 การประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ในพื้นที่ป่าพรุ

ในส่วนของก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญประเภทหนึ่ง แต่มีปริมาณปลดปล่อยในปริมาณต่ำถึงต่ำมากจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งในขณะนี้ยังไม่มีเครื่องมือตรวจวัดแบบต่อเนื่อง สำหรับก๊าซมีเทนในระดับความเข้มข้นต่ำ และสามารถพกพาสะดวกเหมือนกับกรณีของก๊าซ CO และ CO₂ ในการศึกษา จึงไม่ได้จัดเก็บก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยจากการเผา อนึ่งในพื้นที่ป่าพรุ ก๊าซมีเทนอาจมีการปลดปล่อยได้จากดินพรุที่มีกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic degradation) โดยเฉพาะในช่วงที่มีน้ำขังในพื้นที่ป่าพรุ หรือในบริเวณดินพรุที่มีความชื้นสูง ก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการดังกล่าวสามารถสะสมอยู่ที่ดิน และกลายเป็นเชื้อเพลิงเสริม เมื่อพื้นที่ป่าพรุถูกไฟเผาไหม้ได้ ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงได้ทำการตรวจวัดปริมาณอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากดินพรุโดยใช้วิธีการจัดเก็บแบบ Statitic Chamber และจัดเก็บตัวอย่างในทุกๆช่วงเวลาที่กำหนด จากนั้นนำตัวอย่างไปตรวจวัดในห้องปฏิบัติการในภายหลังต่อโดยใช้ Gas chromatography (GC) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนของทุกๆช่วงเวลาและประเมินอัตราการปลดปล่อยรวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยต่อไป ทั้งนี้ ผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากการทดลองภาคสนามอาจมีความคลาดเคลื่อนสูงเพราะเป็นพื้นที่ที่จัดตั้ง Chamber ได้อย่างยากลำบาก ดังนั้น ในกรณีที่ตัวอย่างที่คณะผู้วิจัยได้ตรวจวัดมีค่าเบี่ยงเบนสูงกว่าที่จะยอมรับได้ในเชิงจงการเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างได้ คณะผู้วิจัยจะคัดเลือกตัวอย่างดังกล่าวออก และนำเสนอแต่ค่าที่ได้ตรวจวัดและตรวจสอบ เทียบกับค่าที่ทบทวนได้จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องต่างก่อนเท่านั้น

3.1.3 การประเมินปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้จริง

การประเมินปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกเผา (fuel consumption) ได้ดำเนินการโดยคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่อยู่เหนือดิน (Above-ground biomass fuel load) หักลบปริมาณสิ่งที่หลงเหลือหลังการเผา (Residues after combustion load) โดยใช้น้ำหนักแห้งทั้งในส่วนของชีวมวลและสิ่งที่หลงเหลือหลังการเผา ทั้งนี้ ในส่วนของเชื้อเพลิงที่อยู่เหนืาดินได้ประเมินปริมาณของเปลือกเสมีดด้วย เนื่องจากเมื่อมีไฟในพื้นที่ป่าพรุได้มีกรณีที่พบเห็นว่าการลุกลามตามลำต้นเพราะมีการเผาไหม้ของเปลือกไม้ดังกล่าว

3.1.4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่มีสารคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

ในการนี้ ได้ดำเนินการโดยใช้หลักการดุลยภาพของคาร์บอน (Carbon Mass Balance, CMB) ในปฏิกิริยาการเผาไหม้ ดังสมการต่อไปนี้

$$C_{biomass\ burned} = C_{released} + C_{ash}$$

โดย	$C_{biomass\ burned}$	คือ ปริมาณคาร์บอนในชีวมวลที่ถูกเผาจริง
	$C_{released}$	คือ ปริมาณคาร์บอนที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศในรูปฝุ่นละอองขนาดเล็กและก๊าซ
	C_{ash}	คือ ปริมาณคาร์บอนที่คงอยู่ในพื้นที่ในรูปเถ้า

ในการนี้ ค่า $C_{biomass\ burned}$ และ C_{ash} สามารถตรวจวัดได้ด้วยความแม่นยำสูงกว่าค่า $C_{released}$ เนื่องจาก $C_{released}$ นี้มีองค์ประกอบที่ซับซ้อนที่มีทั้งส่วนที่อยู่ในรูปของก๊าซและในรูปของฝุ่นละออง และคณะผู้วิจัยสามารถตรวจวัดมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยจากการเผาชีวมวลในที่โล่งในการศึกษานี้ได้ทั้งสิ้น 4 สารมลพิษอากาศเท่านั้น คือ CO, CO₂, PM_{2.5} และ BC ดังนั้น จึงใช้ค่า $C_{biomass\ consumed}$ และ C_{ash} เพื่อประเมินค่า $C_{released}$ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตรวจวัดหรือประมาณค่าปริมาณการปลดปล่อยของก๊าซ CO, CO₂, PM_{2.5} และ BC เพื่อใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยของสารเหล่านี้ต่อไป

3.1.5 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาชีวมวลในป่าพรุที่ศึกษา

ในการนี้ได้ดำเนินการแปรสมการของวิธีการที่ใช้ตามวิธีการของ 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories ให้อยู่ในรูปสมการต่อไปนี้

$$EF_i = \frac{E_i}{B_{consumed}}$$

โดย	EF	= สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซมลพิษ (กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง)
	E_i	= ปริมาณมลพิษ i สูงที่สุดที่ในหนึ่งหน่วยเวลา (1 นาที) (มิลลิกรัม/ นาที)
	$B_{consumed}$	= ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ในหนึ่งหน่วยเวลา (1 นาที) (กิโลกรัม/ นาที)
	i	= ประเภทของก๊าซมลพิษ CO ₂ , CO, BC, PM _{2.5}

ในการหาค่า E_i ซึ่งได้ตรวจวัดแบบต่อเนื่อง แต่ที่จุดๆเดียวของแปลง ดังนั้น จึงได้เลือกค่า E_i ที่สูงที่สุดที่ตรวจวัดได้ในหนึ่งหน่วยเวลาใช้ในการคำนวณค่า E_i โดยคำนึงถึงการเจือจางของควันที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้ชีวมวลเมื่อออกจากจุดที่เผามาถึงจุดที่ตั้งเครื่องมือตรวจวัด ดังสมการต่อไปนี้



$$E_i = E_{i-max} \times \text{dilution}$$

เมื่อ E_{i-max} = ปริมาณมลพิษ i สูงที่สุดที่ได้จากการตรวจวัด (มิลลิกรัม/นาที่-ลูกบาศก์เมตร)
 Dilution Factor = อัตราส่วนการเจือจางความเข้มข้นของควันที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้ชีวมวล ซึ่งสามารถประเมินได้จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้ชีวมวลกับปริมาณคาร์บอนในก๊าซ CO₂ ที่ตรวจวัดได้ ในหนึ่งหน่วยเวลา (นาที่) กล่าวคือ

$$\text{Dilution factor} = \frac{C_{released}}{C_{CO_2}}$$

เมื่อ C_{CO_2} = ปริมาณคาร์บอนในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด (มิลลิกรัมคาร์บอน/นาที่)
 $C_{released}$ = ปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้ในหนึ่งหน่วยเวลา (มิลลิกรัมคาร์บอน/นาที่) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$C_{released} = C_{consumed} - C_{ash}$$

โดย $C_{biomass\ consumed}$ = ปริมาณคาร์บอนของชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ในหนึ่งหน่วยเวลา (กิโลกรัมคาร์บอน/นาที่);

$$C_{biomass\ consumed} = [D_{B-before} - D_{B-after}] \times \text{Area burned} \times \%C_B$$

โดย $D_{B-before}$ = ปริมาณชีวมวลก่อนเผาในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ตัน/เฮคแตร์)
 $D_{B-after}$ = ปริมาณชีวมวลหลังเผาในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ตัน/เฮคแตร์)
 Area burned = ปริมาณพื้นที่ที่ถูกเผาในหนึ่งหน่วยเวลา (1 นาที่) (ตารางเมตร/นาที่)
 $\% C_{B-after}$ = ร้อยละคาร์บอนในชีวมวลหลังเผา (%)

C_{ash} คือ ปริมาณคาร์บอนในเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล (กิโลกรัมคาร์บอน/นาที่) ซึ่ง สามารถคำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

$$C_{ash} = D_{ash} \times \text{Area burned} \times \%C_{ash}$$

โดย D_{ash} = ปริมาณเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ตัน/เฮคแตร์)
 Area burned = ปริมาณพื้นที่ที่ถูกเผาในหนึ่งหน่วยเวลา (1 นาที่) (ตารางเมตร/นาที่)
 $\% C_{ash}$ = สัดส่วนคาร์บอนในเถ้า (%)

ในส่วนของ $B_{consumed}$ หรือปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาไหม้จริงในหนึ่งหน่วยเวลา (1 นาที่) (กิโลกรัม/ นาที่) สามารถคำนวณได้ดังนี้



$$B_{consumed} = \text{Area burned} \times D_{consumed}$$

โดย Area burned = ปริมาณพื้นที่ที่ถูกเผาในหนึ่งหน่วยเวลา (1 นาที) (ตารางเมตร/นาที)
 $D_{consumed}$ = ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ตัน/เฮกแตร์) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$(D_{consumed} = D_{B-before} - D_{B-after})$$

โดย $D_{B-before}$ = ปริมาณชีวมวลก่อนเผาในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ตัน/เฮกแตร์)
 $D_{B-after}$ = ปริมาณชีวมวลหลังเผาในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ตัน/เฮกแตร์)

3.2 การวางแผนทดลอง

ทำการศึกษาในป่าพรุควนเคร็งโดยจำแนกพื้นที่ศึกษาตามประเภทของแหล่งเชื้อเพลิงออกเป็น 6 พื้นที่ คือ ป่าเสม็ดในที่ดอนที่มีเรือนยอดทึบ ป่าเสม็ดในที่ดอนที่มีเรือนยอดโปร่ง ป่าเสม็ดในที่ลุ่มที่มีเรือนยอดทึบ ป่าเสม็ดในที่ลุ่มที่มีเรือนยอดโปร่ง ทุ่งกระจูด และทุ่งหญ้าอื่นๆ (การจำแนกพื้นที่ป่าเรือนยอดโปร่งและทึบ ใช้ค่า ดรรชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) โดยวิธีการ Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ในแต่ละแหล่งเชื้อเพลิง จำนวน 2 แปลง และทำแนวกันไฟขนาดกว้างประมาณ 10 เมตรรอบแปลง โดยการขุดเป็นร่องจนถึงชั้นดินที่แท้จริงรอบแปลง จากนั้นถ่ายภาพเรือนยอดในแต่ละแปลงโดยใช้ Fish-eye photography เพื่อศึกษาดัชนีพื้นที่ผิวใบและการปกคลุมพื้นที่

3.2.1 การเก็บข้อมูลก่อนการทดลองเผา

ก. การเก็บข้อมูลลักษณะเชื้อเพลิงในแปลงที่มีต้นไม้ใหญ่ (ไม้เสม็ด)

1. วางแปลงขนาด 1 x 1 เมตร จำนวน 12 แปลง ภายในแปลงขนาด 30 x 30 เมตรเพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างและปริมาณเชื้อเพลิงประเภทไม้พื้นล่าง และเศษซากพืช โดยจำแนกกลุ่มไม้พื้นล่างออกเป็น ไม้พุ่ม (shrub) ไม้ล้มลุก (herb) และหญ้า (grass) ไม้หนุ่ม (sapling) และลูกไม้ (seedling) โดยสำรวจก่อนทำการเผาแปลงทดลองประมาณ 3-5 วัน ในช่วงฤดูไฟป่า ซึ่งสมบัติเชื้อเพลิงก่อนเผาและขณะเผาไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 5-1)

2. ประมาณความต่อเนื่องของเชื้อเพลิงโดยประมาณการเปอร์เซ็นต์การปกคลุมพื้นที่แยกไปตามแต่ละประเภทของเชื้อเพลิง ซึ่งได้แก่ ซากพืช, กิ่งที่ร่วงหล่น, หญ้า, ไม้พุ่ม, ไม้ล้มลุกและกล้าไม้ยืนต้น โดยให้ผู้ทำการเก็บตัวอย่าง จำนวน 4 คน ทำการประมาณเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย

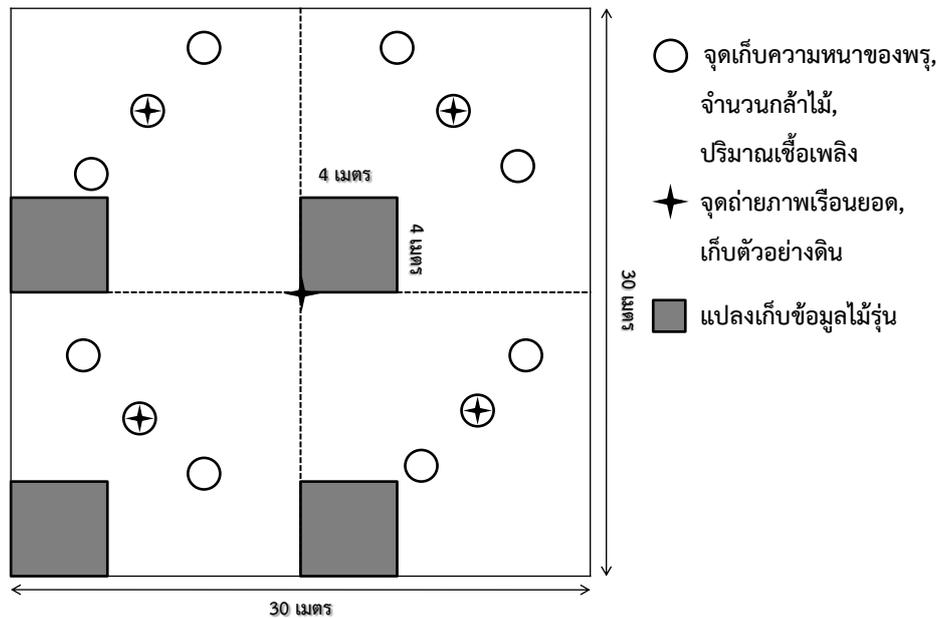
3. วัดความสูงของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท โดยเชื้อเพลิงประเภทเศษซากพืช และหญ้า ซึ่งมีความสูงค่อนข้างสม่ำเสมอ จะทำการสุ่มวัดแปลงละ 3 จุด บริเวณที่เชื้อเพลิงมีความสูงที่สุด ความสูงปานกลาง และความสูงต่ำสุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย สำหรับพืชล้มลุก ไม้พุ่ม และลูกไม้ของไม้ยืนต้น ซึ่งมีความสูงไม่สม่ำเสมอจะทำการวัดความสูงของเชื้อเพลิงทุกต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้ค่าเฉลี่ยความสูงที่ได้นำมาคูณด้วย 2/3 จะได้ค่าความสูงของเชื้อเพลิง

4. ศึกษาสมบัติและปริมาณของเชื้อเพลิง โดยทำการตัดซังน้ำหนักรวมเชื้อเพลิงทั้งหมดที่อยู่ภายในแปลงขนาด 1×1 ม. ซึ่งแยกประเภทเชื้อเพลิงเป็น เศษซากพืช หญ้า พืชล้มลุก ไม้พุ่ม และลูกไม้ของไม้ยืนต้น แล้วทำการสุมตัวอย่างเชื้อเพลิงในแต่ละประเภทๆ ประมาณ 400 กรัม เพื่อนำไปหาความชื้น วิเคราะห์หา น้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิงทั้งหมด และสำหรับวิเคราะห์ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง

5. วัดขนาดความโต ความสูง ความหนาของเปลือกของต้นเสมีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 4.5 ซม. ขึ้นไป ทุกต้นในแปลงพร้อมทั้งติดหมายเลขกำกับ

6. เนื่องจากพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่คือไม้เสมีดและไม้ชนิดนี้เมื่อถูกไฟไหม้บริเวณเปลือกจะถูกไฟไหม้สูงขึ้นไปตามลำต้นและในบางต้นทำให้เกิดการตาย ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินมวลชีวภาพของต้นเสมีดและเปลือกของไม้เสมีดด้วย โดยการคัดเลือกตัวอย่างไม้เสมีดจากในพื้นที่ศึกษา โดยแบ่งตามขนาดความโตที่ความสูงระดับอก จัดชั้นขนาดจากนั้นคัดเลือกไม้ตามชั้นขนาดๆ ละ 3 ต้น เพื่อทำการวัดขนาดในมิติต่างๆ (ความโต ความสูง ความหนาของเปลือกฯ) จากนั้นตัดซังน้ำหนักรวมเพื่อศึกษามวลชีวภาพ ตามวิธีการศึกษามวลชีวภาพด้วยการตัด (Stratify clip techniques) และสุมตัวอย่างไม้เสมีด (ใบ ต้น กิ่ง เปลือก) ไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพื่อประมาณมวลชีวภาพต่อไป

7. ภายในแปลงที่เก็บตัวอย่างเชื้อเพลิง สุ่มตรวจสอบความลึกของชั้นพรุ โดยการเจาะดินลึกลงไปแล้ววัดความลึก (ความหนา) ของชั้นพรุ และเก็บตัวอย่างพรุเพื่อนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณพรุในพื้นที่แปลงทดลอง และปริมาณความร้อนของพรุ



ภาพที่ 5-1 แปลงศึกษาลักษณะเชื้อเพลิง (ก่อนการทดลองเผา) ขนาด 30×30 เมตร

ข. การเก็บข้อมูลลักษณะเชื้อเพลิงในแปลงที่ไม่มีต้นไม้ใหญ่(ทุ่งกระจงและทุ่งหญ้าประเภทต่างๆ)

1. วางแปลงขนาด 1×1 เมตร จำนวน 12 แปลง ภายในแปลงขนาด 30×30 เมตรเพื่อศึกษา ลักษณะโครงสร้างและปริมาณเชื้อเพลิงประเภทไม้พื้นล่าง และเศษซากพืช โดยจำแนกกลุ่มไม้พื้นล่างออกเป็น



ไม้พุ่ม (shrub) ไม้ล้มลุก (herb) และหญ้า (grass) โดยสำรวจก่อนทำการเผาแปลงทดลองประมาณ 3-5 วัน ในช่วงฤดูไฟป่า ซึ่งสมบัติเชื้อเพลิงก่อนเผาและขณะเผาไม่แตกต่างกัน

2. ศึกษาสมบัติของเชื้อเพลิงในด้านต่างๆ เช่นเดียวกับการศึกษาในแปลงที่มีไม้เสม็ดชั้นอยู่ ละศึกษาความหนาของชั้นพรุเช่นเดียวกับการศึกษาในแปลงที่มีไม้เสม็ด

ค. การเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศ

1. ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดลักษณะอนุกรมวิธาน โดยใช้ชุดสถานีอนุกรมวิธานแบบพกพาที่สามารถบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Lacrosse Technologies) ในบริเวณของแปลงขนาด 40 x 40 เมตร เพื่อศึกษาความเร็วและทิศทางของลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาคุณภาพอากาศและระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ ชุดสถานีอนุกรมวิธานนี้จะติดตั้งอยู่บนเสาไม้ที่เคลื่อนที่ได้และมีความสูงในช่วง 2-3 เมตร

2. ทำการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กและก๊าซแบบต่อเนื่องและ Real-time ประกอบด้วยเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละออง (Dust Trak, TSI) ซึ่งสามารถตรวจวัดฝุ่นละอองในขณะเดียวกันได้ 4 ขนาด ได้แก่ PM₁₀, PM_{4.0}, PM_{2.5} และ PM_{1.0} และในการศึกษานี้ได้ใช้ค่าตรวจวัดในขนาด PM_{2.5} สำหรับการแปลผลตรวจวัด เครื่องมือตรวจวัด BC (Micro-Aethalometer, Magee Science), และก๊าซ CO, CO₂ (AQ 5000, Quest Technology) เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ (Ambient air) ของแปลงศึกษา ในขณะที่ยังไม่ได้รับผลกระทบจากการทดลองเผา กล่าวคือ Background concentration ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่าการปลดปล่อยของสารคาร์บอนในรูปฝุ่นละอองและก๊าซ การตรวจวัด Background concentration นี้ต้องดำเนินการอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนเริ่มการทดลองเผา ชุดเครื่องมือจะติดตั้งอยู่บนเสาไม้ที่เคลื่อนที่ได้และมีความสูงในช่วง 2-3 เมตร อนึ่ง ในการศึกษาคุณภาพของบรรยากาศของพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง คณะนักวิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดโดยกรมอนุกรมวิธานในฤดูกาลต่างๆ เพื่อกำหนดลักษณะสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ในเวลาเกิดไฟป่าพรุอีกทางหนึ่งอีกด้วย

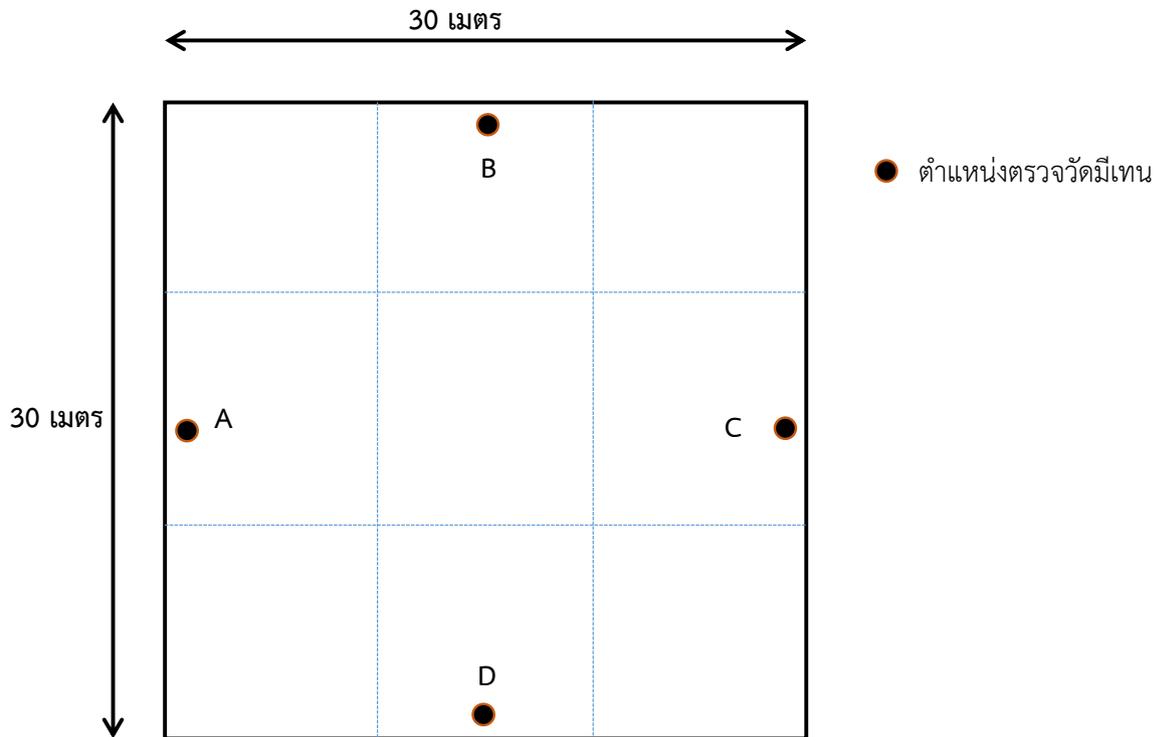
ง. การเก็บข้อมูลมีเทนในดินพรุ

3.2 แบ่งพื้นที่แปลงทดลอง 30 x 30 เมตร เป็นพื้นที่ย่อยแบบสมมาตร ขนาด 10 x 10 เมตร ได้พื้นที่รวม 9 พื้นที่ย่อย

3.3 ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของมีเทนในดินพรุอันประกอบด้วย ถัง Chamber สำหรับครอบอากาศ สายยางดูดอากาศ บั๊มดูดอากาศ กระจกฉีดยกเก็บก๊าซ และถุงเก็บก๊าซขนาด 0.5 ลิตร โดยทำการเก็บตัวอย่างใน 4 จุดที่บริเวณตำแหน่งที่ A, B, C, D (แสดงดังภาพที่ 5-2)

3.4 ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซเข้าถุงเก็บก๊าซ โดยดูดก๊าซจากชั้นดินพรุที่อัตรา 5 ลิตรต่อนาที (flow rate 5L/min) โดยเก็บตัวอย่างก๊าซทุกๆ 15 นาที จนครบเวลา 1 ชั่วโมง

3.5 นำตัวอย่างก๊าซที่เก็บได้มาวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของมีเทนโดยใช้เครื่อง GC (Gas Chromatography) ในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 5-2 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนในชั้นดินพรุ

3.2.2 การเก็บข้อมูลระหว่างการเผา

1. วางแผนการเผาแปลงทดลองร่วมกับสถานีควบคุมไฟฟ้าลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และศูนย์ปฏิบัติการไฟป่านครศรีธรรมราช เพื่อกำหนดช่วงเวลาการทดลองเผา ซึ่งช่วงฤดูแล้งในพื้นที่ที่มีการเกิดไฟไหม้คือช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม

2. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมของไฟ โดยปักหลักด้วยแท่งเหล็กที่มีความสูง 3 เมตร ปักเป็นแนวยาวตามทิศทางการเผา ห่างกันแท่งละ 5 เมตร เพื่อใช้ศึกษาความสูงเปลวไฟและอัตราไฟลาม

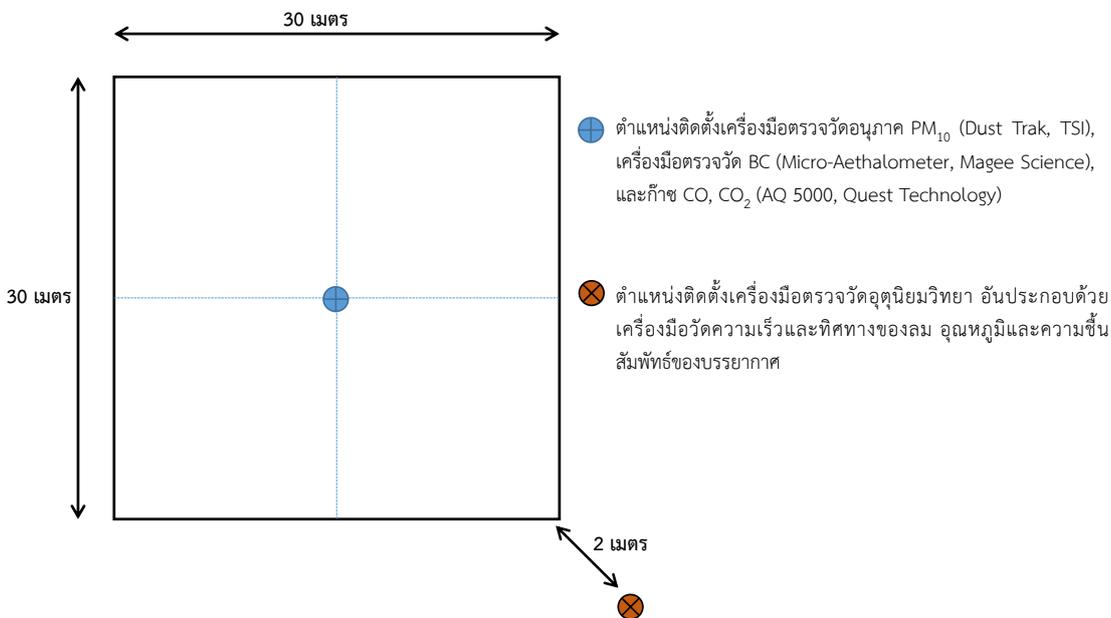
3. ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดลักษณะอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ชุดสถานีอุตุนิยมวิทยาแบบพกพาที่สามารถบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Lacrosse Technologies) ในบริเวณข้างแปลงขนาด 40 x 40 เมตรที่ทดลองเผา เพื่อศึกษาความเร็วและทิศทางของลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศระหว่างการเผา ชุดสถานีอุตุนิยมวิทยานี้จะติดตั้งอยู่บนเสาไม้ที่เคลื่อนที่ได้และความสูงในช่วง 2-3 เมตร

4. จุดไฟจากขอบแปลงเป็นแนวระนาบจากขอบแปลงด้านหนึ่งไปยังขอบแปลงอีกด้านเพื่อให้การลุกลามเป็นแนวระนาบเดียวกัน เก็บข้อมูลอัตราการลุกลามของไฟ ความสูงของเปลวไฟ ด้วยการประมาณระยะทางที่ไฟเคลื่อนที่ไปตามแนวที่ปักแท่งเหล็กไว้โดยจับเวลาเมื่อไฟเคลื่อนที่ผ่านแท่งเหล็ก แล้วทำการถ่ายรูปเปลวไฟเพื่อเปรียบเทียบความสูงกับขีดวัดระดับความสูงของแท่งเหล็ก และจับเวลาเริ่มจุดไฟจนกระทั่งไฟดับทั่วทั้งแปลงด้วย

5. วัดอุณหภูมิของดิน/ชั้นพรุโดยใช้เครื่อง Thermocouple รุ่น Testo-171 (TESTO Company, Lenzkich) และเครื่องมือวัดความชื้นในดินอื่นๆ ที่มีอยู่ และวัดอุณหภูมิต่อเนื่องทุก 2 วินาที พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิในอากาศ ความเร็วลม ทิศทางลม ความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศแบบเคลื่อนที่ รุ่น Kestrel-4500 (Nielsen-Kellerman Company, Boothwyn, PA) และวัดอุณหภูมิของไฟโดยสุ่มวัดทั่วแปลง 15-20 จุด ด้วยเครื่อง Spot infrared รุ่น MINOLTA TA 510 โดยวัดอุณหภูมิที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 20 และ 50 เซนติเมตร

6. ศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของชั้นพรุในระหว่างเกิดไฟไหม้ประเภทสังคมพีชละ 1-2 แปลง โดยวางแปลขนาด 2 x 2 เมตร ชุดแนวรอบแปลงจนลึกเกินความหนาของชั้นพรุ โดยแนวที่ชุดรอบแปลงต้องกว้างพอที่จะสามารถสังเกตการเผาไหม้ของชั้นพรุในด้านข้างได้ จากนั้นทดลองเผาแปลงและวัดการอัตราการลุกลามภายในชั้นพรุทั้งในแนวระนาบ (horizontal burning) และแนวตั้ง (Vertical burning) และตรวจวัดอุณหภูมิของดิน/พรุ ขณะเผาไหม้โดยใช้กล้องตรวจจับความร้อน (Thermal scanner camera)

7. ทำการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กและก๊าซแบบต่อเนื่องและ Real-time และแบบนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองและก๊าซ ((Portable pump + Filter holder), และ (Portable pump + Tedlar bag)) , เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองซึ่งสามารถตรวจวัดฝุ่นละอองในขณะเดียวกันได้ 4 ขนาด ได้แก่ PM₁₀, PM_{4.0}, PM_{2.5} และ PM_{1.0} และในการศึกษานี้ได้ใช้ค่าตรวจวัดในขนาด PM_{2.5} สำหรับการแปลผลตรวจวัด เครื่องมือตรวจวัด BC (Micro-Aethalometer, Magee Science), และก๊าซ CO, CO₂ (AQ 5000, Quest Technology) เพื่อศึกษาปริมาณการปลดปล่อยของสารมลพิษทางอากาศจากการเผาชีวมวลในแปลงป่าพรุที่ทำการทดลอง ชุดเครื่องมือตรวจวัดจะติดตั้งอยู่บนเสาไม้ที่เคลื่อนที่ได้และมีความสูงในช่วง 2-3 เมตร บริเวณกึ่งกลางของแปลงทดลองเผา (ดังแสดงในภาพที่ 5-3) โดยทำการตรวจวัดจะเริ่มพร้อมกันกับการจุดไฟจนกระทั่งไฟมอด



ภาพที่ 5-3 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กและก๊าซ

3.3 การเก็บข้อมูลภายหลังการเผา

ก) การเก็บตัวอย่างชีวมวลหลังเผา

1. ภายหลังการเผาทั่วทั้งพื้นที่ในแต่ละแปลงเสร็จทันที วางแปลงย่อยขนาด 0.5 X 0.5 เมตร จำนวน 4 แปลง ใช้เครื่องดูดฝุ่นทำการเก็บสิ่งที่เหลือจากการเผา (residues) ได้แก่ ขี้เถ้า (ash) ถ่าน (charred material) และส่วนที่ไม่ไหม้ไฟ (unburned material) โดยเก็บสิ่งต่างๆ ให้หมดภายในแปลงที่วางไว้ โดยระวังอย่าให้ดินติดมาด้วย เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน และคำนวณคุณภาพของคาร์บอนในปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Carbon balance of the combustion reaction)

2. เจาะสำรวจความลึกของการเผา (Depth of burn) ของชั้นพรุ โดยการขุดหลุมวัดความลึกที่ชั้นพรุถูกเผาไหม้ลงไปใต้ดิน จำนวน 10 จุด กระจายทั่วแปลง พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างพรุที่ถูกเผาไหม้ เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้ (Combustion factor) ที่ต้องใช้ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยของสารคาร์บอนในรูปฝุ่นละอองและก๊าซ

ข) การเก็บปริมาณก๊าซมีเทนในดินพรุ

1. ภายหลังการเผาทั่วทั้งพื้นที่ในแต่ละแปลงเสร็จทันที ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซในชั้นดินพรุ โดยแบ่งพื้นที่แปลงทดลอง 30 x 30 เมตร เป็นพื้นที่ย่อยแบบสมมาตร ขนาด 10 x 10 เมตร ได้พื้นที่รวม 9 พื้นที่ย่อย เช่นเดียวกับการเก็บปริมาณก๊าซมีเทนก่อนเผา

2. ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของมีเทนในดินพรุใน 4 จุดที่บริเวณตำแหน่งที่ A, B, C, D (ดังแสดงในภาพที่ 5-2)

3. ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซเข้าถุงเก็บก๊าซ โดยดูดก๊าซจากชั้นดินพรุที่อัตรา 5 ลิตรต่อนาที (flow rate 5L/min) โดยเก็บตัวอย่างก๊าซทุกๆ 10 นาที จนครบเวลา 30 นาที

4. นำตัวอย่างก๊าซที่เก็บได้มาวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของมีเทนโดยใช้เครื่อง GC (Gas Chromatography) ในห้องปฏิบัติการ

3.4 การดำเนินการในห้องปฏิบัติการ

1. นำตัวอย่างเชื้อเพลิงแต่ละประเภทและสิ่งที่หลงเหลือจากการเผาทั้งหมด (ขี้เถ้า ถ่าน และส่วนที่ไม่ไหม้ไฟ) ที่เก็บมาจากภาคสนามที่ได้บันทึกน้ำหนักสดไว้ มาทำการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักที่อบแห้งได้เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังสมการ

$$F_m = [(F_w - D_w)/D_w] \times 100$$

โดย F_m = เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

$$F_w = \text{น้ำหนักสดตัวอย่าง (กรัม)}$$

$$D_w = \text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง (กรัม)}$$

2. วิเคราะห์ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท นำตัวอย่างแยกตามประเภทของเชื้อเพลิงมาอบให้แห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้ววัดโดยละเอียด นำไปวิเคราะห์ค่าปริมาณความร้อนโดยใช้เครื่อง adiabatic bomb calorimeter

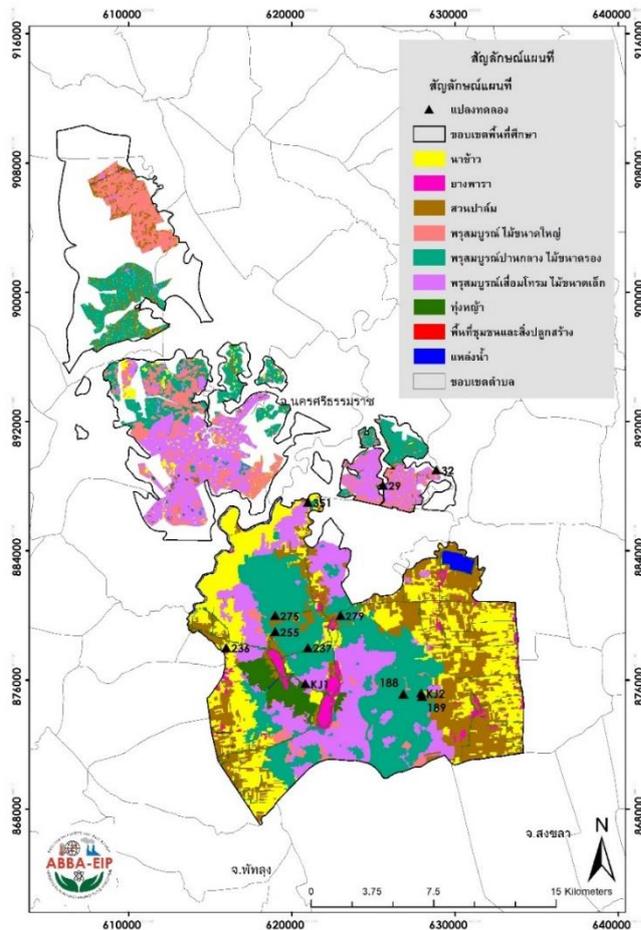
3. นำตัวอย่างเชื้อเพลิงแต่ละประเภทและสิ่งที่หลงเหลือจากการเผาทั้งหมด (ขี้เถ้า ถ่าน และส่วนที่ไม่ไหม้ไฟ) ที่เก็บมาจากภาคสนามที่ได้บันทึกน้ำหนักสดไว้ มาทำการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ แล้ววัดโดยละเอียด จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบคาร์บอนโดยใช้เครื่อง Elemental Analyzer

4. ผล และการวิจารณ์ผล

4.1 ลักษณะแปลงทดลอง

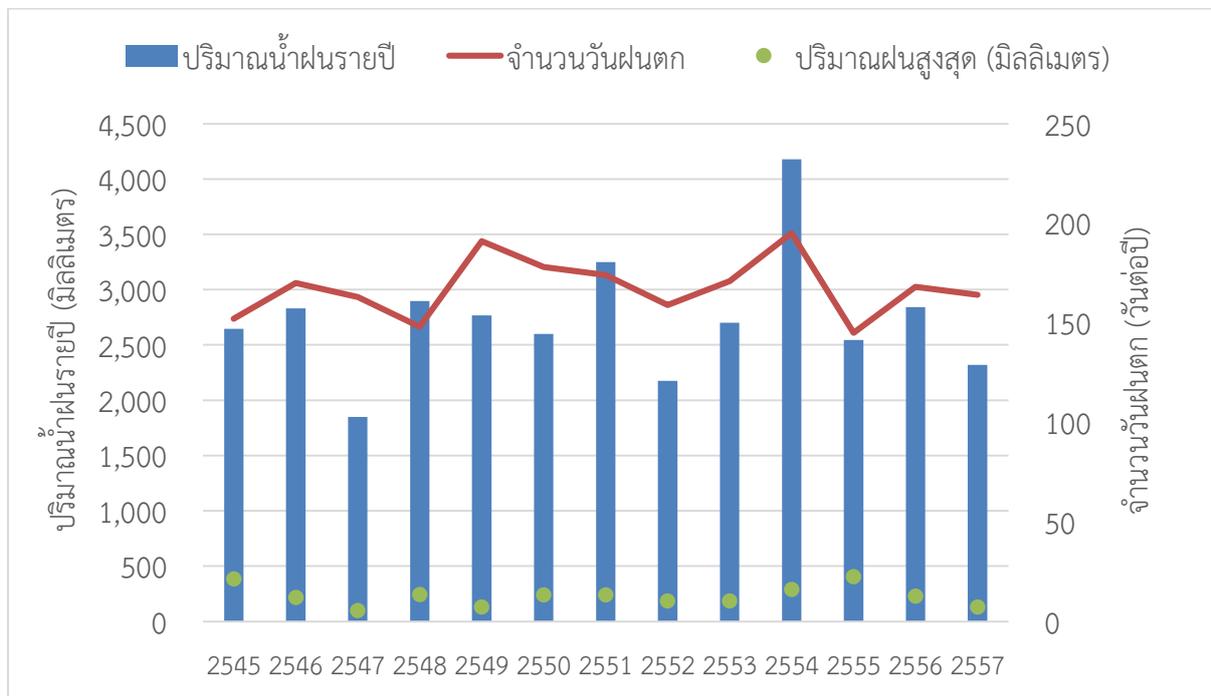
ในการศึกษานี้ทำการทดลองการเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง เพื่อศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องต่อการเกิดไฟ ความรุนแรงของไฟ ลักษณะชีวมวลซึ่งเป็นเชื้อเพลิง และปริมาณก๊าซมลพิษและฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุ โดยสุ่มคัดเลือกแปลงทดลองเผา 12 แปลง ที่มีระบบนิเวศวิทยาที่แตกต่างกันทั้งบริเวณพื้นที่ลุ่ม พื้นที่ดอน และพื้นที่ทุ่งหญ้า กระจายในบริเวณพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งของจ. นครศรีธรรมราช ดังแสดงในภาพที่ 5-4 โดยทำการทดลองใน 12 แปลงทดลอง ระหว่างช่วงเดือนเมษายน 2557 มิถุนายน 2557 และสิงหาคม 2557



ภาพที่ 5-4 ตำแหน่งพื้นที่แปลงทดลอง

5.1.1 สภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษานี้ทำการทดลองการเกิดไฟฟ้าในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง ซึ่งมีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ 5 อำเภอ ได้แก่ อ.เชียรใหญ่ อ.ชะอวด อ.เฉลิมพระเกียรติ อ.ร่อนพิบูลย์ และอ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช ลักษณะพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งมีน้ำท่วมขังตลอดทั้งปี ทั้งนี้ จากสถิติปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่สถานีตรวจวัด สถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช พบว่า แนวโน้มปริมาณน้ำฝนใน จ.นครศรีธรรมราช ตั้งแต่ปี 2545 ถึงปี 2547 มีแนวโน้มลดลง (ดังแสดงในภาพที่ 5-5) ยกเว้นในปี 2554 ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าปกติ อันเนื่องมาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยในปี 2554 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีของประเทศสูงกว่าค่าปกติประมาณร้อยละ 24 [กรมอุตุนิยมวิทยา, 2015] สำหรับในปี 2557 ซึ่งเป็นปีที่ทำการเก็บข้อมูลนั้น เป็นปีที่ประเทศไทยมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ โดยปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั้งประเทศต่ำกว่าค่าปกติประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์



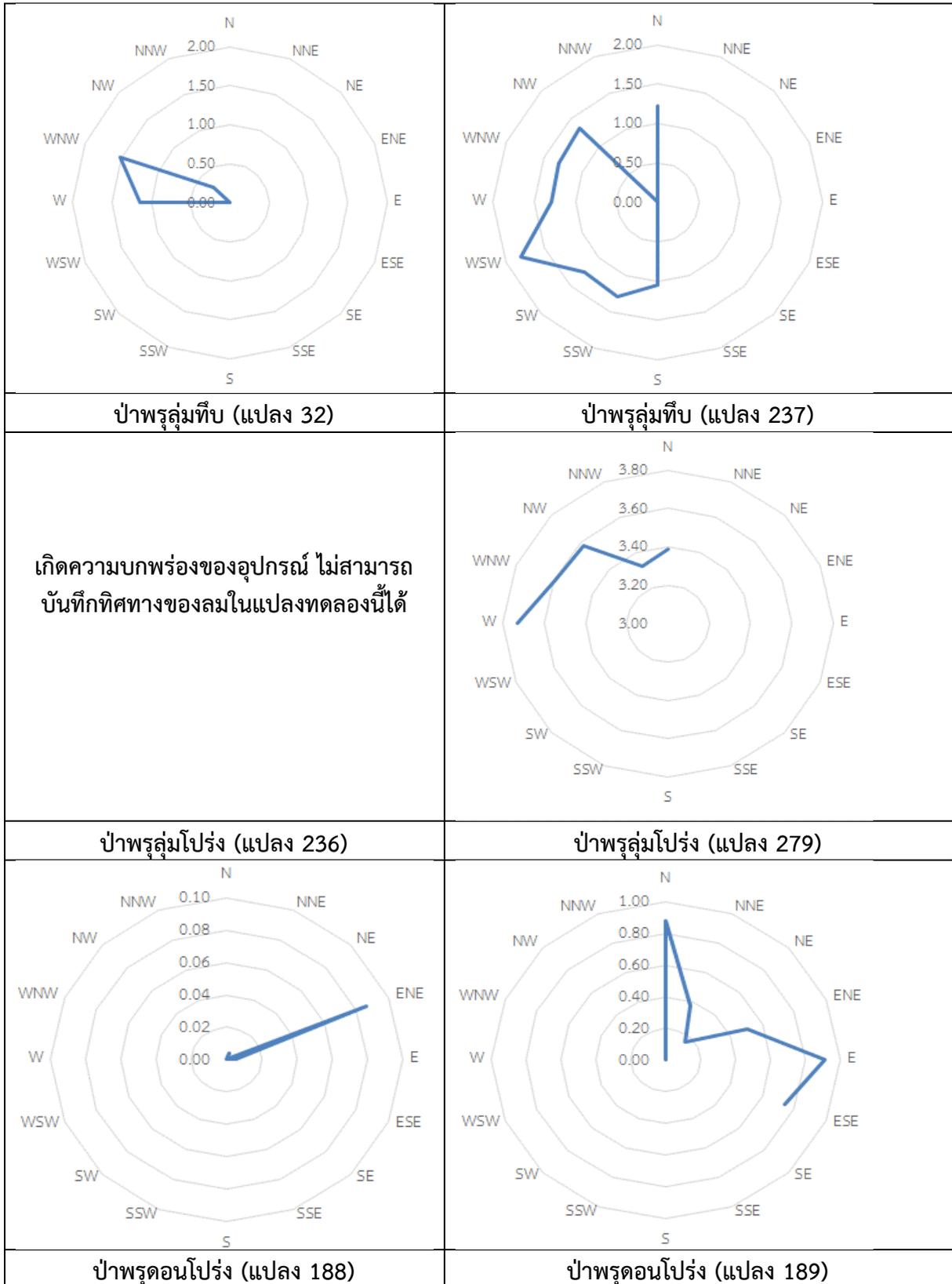
ภาพที่ 5-5 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี ปริมาณน้ำฝนสูงสุด และจำนวนวันที่ฝนตก จากสถานีตรวจวัดสถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช

ในส่วนของอุณหภูมิระหว่างการทดลอง ตรวจวัดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ที่ 34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 57.56% และความเร็วลมเฉลี่ยที่ 1.17 เมตร/วินาที ลักษณะสภาพอากาศในช่วงเวลาการทดลองการเผาในแต่ละแปลง สรุปลงได้ดังแสดงในตารางที่ 5-2 และภาพที่ 5-6

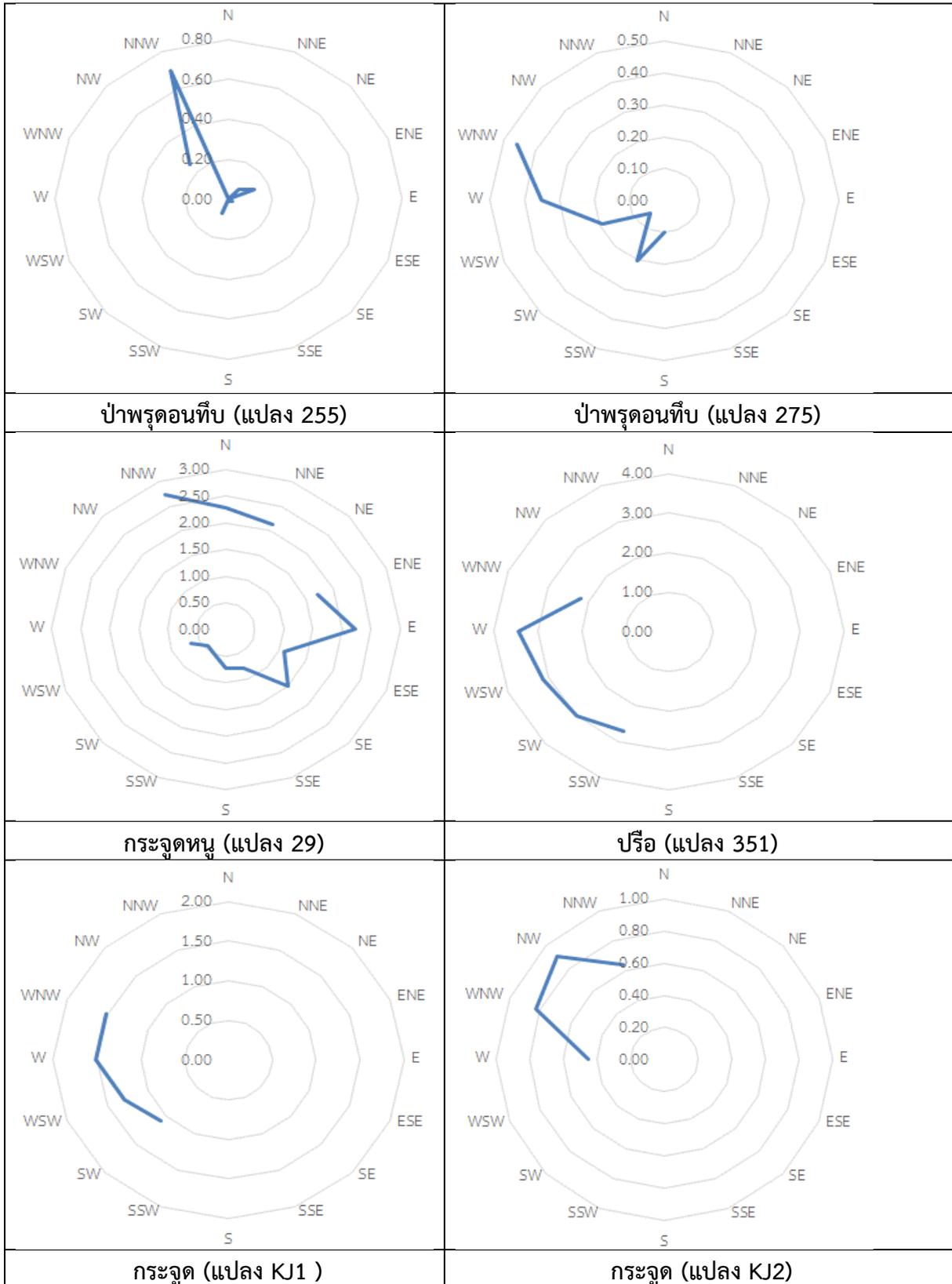


ตารางที่ 5-2 วันที่ ช่วงเวลา และลักษณะสภาพอากาศ ในช่วงเวลาการทดลอง ในแต่ละแปลง

ลำดับที่	วันที่ทำการเก็บข้อมูล	ช่วงเวลาในการทดลอง	ช่วงเวลาในการทดลองการเผา	เลขที่แปลง	ลักษณะแปลง	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
1	1 ส.ค. 57	14.56-15.51	15.12-15.31	32	ที่ลุ่ม	ป่าพรุุ่มทึบ	52.59	1.16
2	1 ส.ค. 57	10.28-11.52	10.41-11.31	237		ป่าพรุุ่มทึบ	57.04	1.31
3	2 ส.ค. 57	8.50-10.18	9.19-9.53	236		ป่าพรุุ่มโปร่ง	63.09	0.14
4	29 มิ.ย. 57	10.23-12.00	11.30-11.45	279		ป่าพรุุ่มโปร่ง	59.36	3.59
5	29 เม.ย. 57	13.20-15.45	14.20-15.30	188	ที่ดอน	ป่าพรุุดอนโปร่ง	53.50	0.04
6	29 เม.ย. 57	10.41-12.00	11.11-11.21	189		ป่าพรุุดอนโปร่ง	46.41	0.58
7	28 เม.ย. 57	14.10-15.59	14.09-15.05	255		ป่าพรุุดอนทึบ	60.81	0.04
8	28 มิ.ย. 57	15.06-16.30	15.38-16.03	275		ป่าพรุุดอนทึบ	64.44	0.22
9	30 เม.ย. 57	10.17-12.11	11.22-11.52	29	ทุ่งหญ้า	กระจูดหนุ	64.40	1.63
10	28 มิ.ย. 57	9.56-12.00	11.25-11.40	351		ปรีอ	57.19	3.57
11	2 ส.ค. 57	11.29-12.35	11.59-12.16	KJ1		กระจูด	54.24	1.24
12	3 ส.ค. 57	9.00-10.36	9.52-10.24	KJ2		กระจูด	57.69	0.54



ภาพที่ 5-6 ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)



ภาพที่ 5-6 ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) (ต่อ)

5.1.2 ปริมาณความหนาแน่นของชีวมวล

คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินของพื้นที่ป่าพรุใน 12 แปลงทดลอง ที่มีความแตกต่างกันในเชิงของสังคมพันธุ์พืช ลักษณะภูมิประเทศ และความหนาแน่นของเรือนยอดไม้ในพื้นที่ โดยแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มประเภทพื้นที่ ได้แก่ ป่าพรุในที่ลุ่ม ป่าพรุในที่ดอน และทุ่งหญ้า ดังแสดงตัวอย่างลักษณะพื้นที่ป่าในภาพที่ 5-7 โดยทำการตรวจวัดความหนาแน่นของชีวมวลที่สามารถเป็นเชื้อเพลิงเมื่อเกิดไฟป่าพรุได้ และจำแนกตามประเภทของชีวมวล ได้แก่ ใบไม้ (Leaf) เปลือกไม้ (Bark) ซากพืช (Litter) และไม้พื้นล่าง (Undergrowth) ผลการตรวจวัดความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินจำแนกตามประเภทของชีวมวลในแต่ละแปลงทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5-3



ภาพที่ 5-7 ลักษณะพื้นที่ป่าพรุที่ทำการตรวจวัดความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดิน



ภาพที่ 5-7 ลักษณะพื้นที่ป่าที่ทำการตรวจวัดความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดิน (ต่อ)

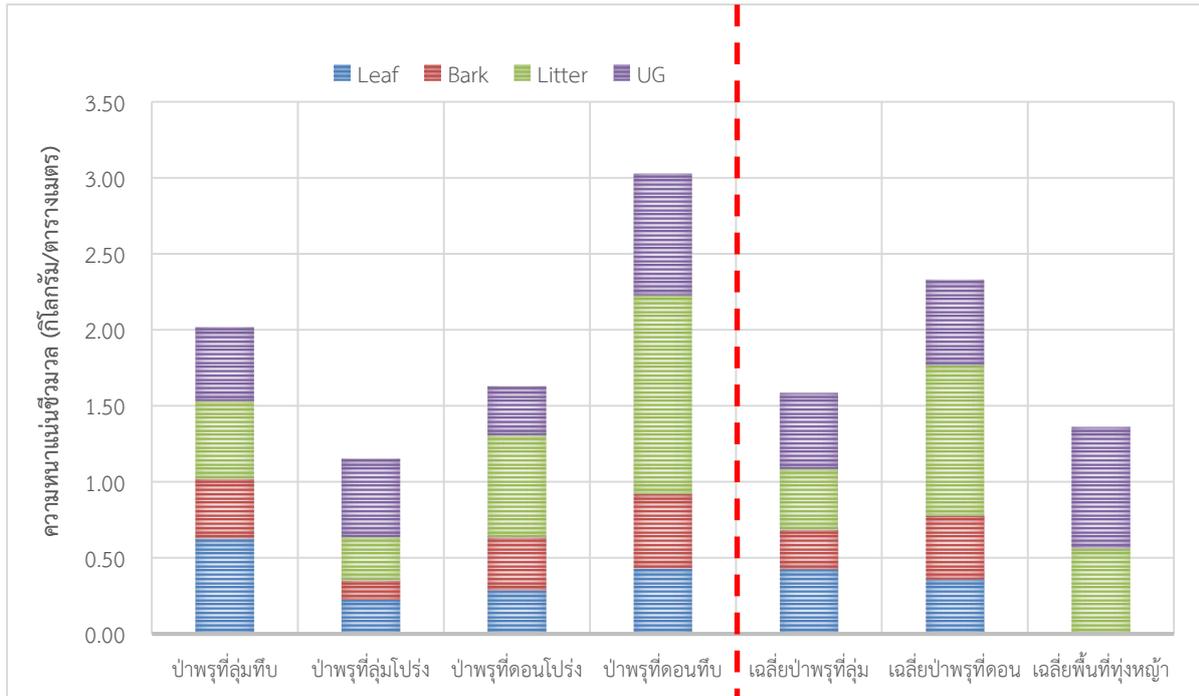
ตารางที่ 5-3 ผลการตรวจวัดความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินในแต่ละแปลงทดลอง

ลำดับที่	เลขที่แปลง	ลักษณะแปลงทดลอง		ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ตร.ม.)				
				ใบไม้ (Leaf)	เปลือกไม้ (Bark)	ซากพืช (Litter)	ไม้พินล่าง (UG)	รวม
1	32	ป่าพรุ ที่ลุ่ม	ป่าพรุลุ่มทึบ	0.384	0.270	0.857	0.151	1.663
2	237		ป่าพรุลุ่มทึบ	0.870	0.512	0.171	0.817	2.370
3	236		ป่าพรุลุ่มโปร่ง	0.242	0.173	0.078	0.492	0.984
4	279		ป่าพรุลุ่มโปร่ง	0.205	0.083	0.495	0.536	1.318
ค่าเฉลี่ย (Ave.)				0.425	0.259	0.400	0.499	1.584
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)				0.306	0.185	0.353	0.273	0.593
5	188	ป่าพรุ ที่ดอน	ป่าพรุดอนโปร่ง	0.360	0.529	0.846	0.400	2.134
6	189		ป่าพรุดอนโปร่ง	0.212	0.168	0.502	0.240	1.121
7	255		ป่าพรุดอนทึบ	0.415	0.301	1.378	1.133	3.227
8	275		ป่าพรุดอนทึบ	0.444	0.679	1.239	0.468	2.831
ค่าเฉลี่ย (Ave.)				0.358	0.419	0.991	0.560	2.328
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)				0.103	0.229	0.396	0.394	0.923
9	29	ทุ่ง หญ้า	กระจุคหนู	0.000	0.000	0.715	0.300	1.015
10	351		ปรือ	0.000	0.000	0.827	0.398	1.226
11	KJ1		กระจุค	0.000	0.000	0.355	1.626	1.981
12	KJ2		กระจุค	0.000	0.000	0.357	0.864	1.221
ค่าเฉลี่ย (Ave.)				-	-	0.563	0.797	1.361
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)				-	-	0.244	0.605	0.425

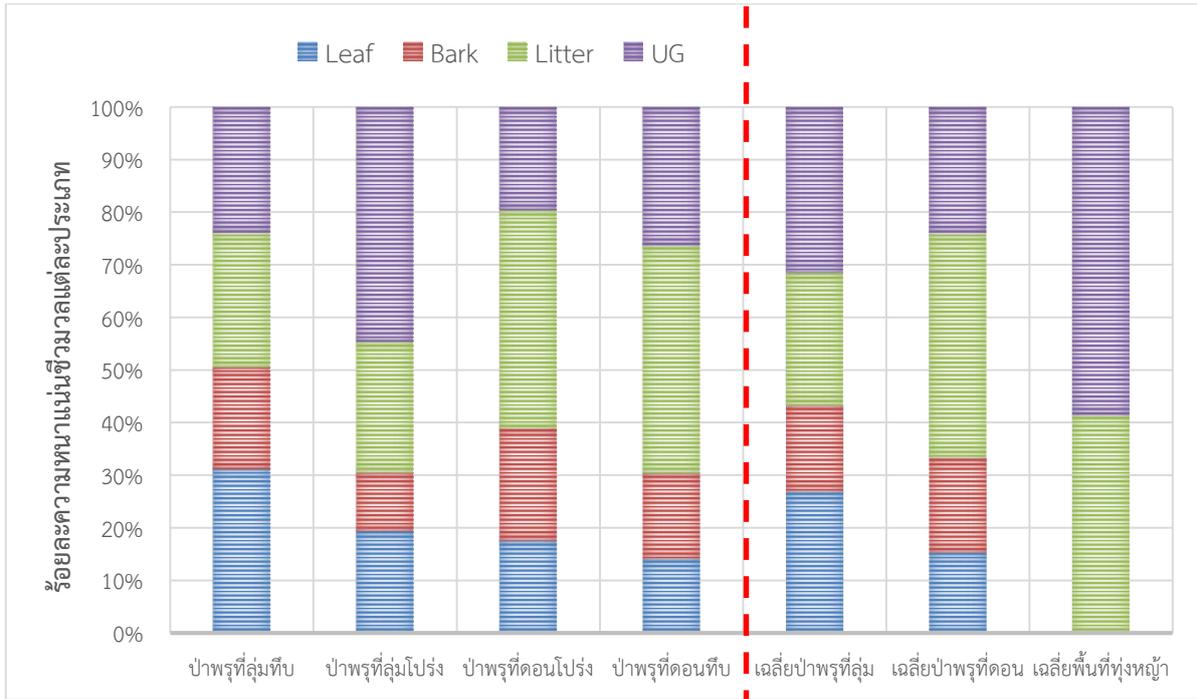
จากการตรวจวัดความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดิน ในแต่ละแปลง พบว่า มีความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินรวมอยู่ในช่วง 0.98-2.83 กิโลกรัม/ตารางเมตร (9.8-28.3 ตัน/เฮคแตร์) โดยในพื้นที่ป่าพรุที่ดอนทึบพบความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินมากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มทึบ ป่าพรุที่ดอนโปร่ง พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มโปร่ง (ภาพที่ 5-8) อันเป็นผลมาจากลักษณะของพื้นที่ดอนที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ จึงทำให้พบซากพืชและใบไม้ ในพื้นที่มาก และเมื่อพิจารณาจากความหนาแน่นของเรือนยอดไม้ จะพบว่า พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเรือนยอดไม้มาก (พื้นที่ทึบ) จะมีความหนาแน่นของเชื้อเพลิงมากกว่าในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเรือนยอดไม้ต่ำ (พื้นที่โปร่ง) ดังนั้น พื้นที่ป่าพรุที่ดอนเรือนยอดไม้ทึบจึงมีปริมาณความหนาแน่นของเชื้อเพลิงสูงที่สุด และในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มเรือนยอดไม้โปร่งมีความหนาแน่นของเชื้อเพลิงน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาในส่วนของประเภทของชีวมวลเหนือผิวดิน จะพบว่าในแต่ละแปลงจะมีสัดส่วนของชีวมวลเหนือผิวดินแต่ละประเภทในปริมาณที่ต่างกันไป โดยในพื้นที่ลุ่มทึบจะมีชีวมวลจำพวกใบไม้มากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 31 ของชีวมวลเหนือผิวดินทั้งหมด ในส่วนของพื้นที่ดอนโปร่ง พื้นที่ดอนทึบ และพื้นที่ลุ่มโปร่ง จะมีชีวมวลจำพวกซากพืชมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 41 ร้อยละ 43 และร้อยละ 43 ของชีวมวล

เหนือผิวดินทั้งหมดตามลำดับ ในส่วนของพื้นที่ทุ่งหญ้านั้นจะมีจำพวกไม้พื้นล่างมากที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละ 59 ของชีวมวลเหนือผิวดินทั้งหมดในพื้นที่ (ภาพที่ 5-9) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าในพื้นที่ป่าพรุซากพืชเป็นชีวมวลจำที่ปกคลุมทับถมอยู่บนพื้นดินเป็นส่วนใหญ่



ภาพที่ 5-8 ความหนาแน่นของชีวมวล จำแนกตามประเภทของชีวมวล และประเภทป่าพรุ



ภาพที่ 5-9 ร้อยละความหนาแน่นของชีวมวลแต่ละประเภท จำแนกตามประเภทพื้นที่

5.2) ลักษณะการเผาไหม้ของชีวมวล

5.2.1) ลักษณะของชีวมวลก่อนและหลังการเผาไหม้

ภายหลังการทดลองการเผาไหม้ของป่าพรุประเภทต่างๆ เพื่อศึกษาอัตราการลุกลามของไฟ ความรุนแรงของไฟ และตรวจวัดปริมาณมลพิษและฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยจากการเกิดไฟในป่าพรุ พบว่าลักษณะของชีวมวลภายในพื้นที่ภายหลังการเกิดไฟมีบางส่วนที่ถูกเผาไหม้ และบางส่วนที่ไม่ถูกเผาไหม้ (ดังแสดงในภาพที่ 5-10) การศึกษาตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินภายหลังการเผาไหม้ของพื้นที่ป่าพรุใน 12 แปลงทดลอง แสดงให้เห็นว่าส่วนที่ไม่ถูกเผาไหม้สามารถแยกออกได้เป็น ใบไม้ เปลือกไม้ และชีวมวลอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยซากพืชและไม้พื้นล่างที่ไม่สามารถตัดแยกอย่างชัดเจนได้ นอกจากนี้ได้วัดปริมาณความหนาแน่นของชี้ถ้าจากการเผาไหม้ด้วย ทั้งนี้การตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นนี้ได้ใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินหาปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ และค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้ของชีวมวล (Combustion Factor: C_f) ผลการตรวจวัดความหนาแน่นของชีวมวลแต่ละประเภทที่เหลือหลังการเผาไหม้ และชี้ถ้า ดังแสดงในตารางที่ 5-4



(ก) ลักษณะพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มหลังเผา



(ข) ลักษณะพื้นที่ป่าพรุที่ดอนหลังเผา



(ค) ลักษณะพื้นที่ทุ่งหญ้ากระจัดหลังเผา

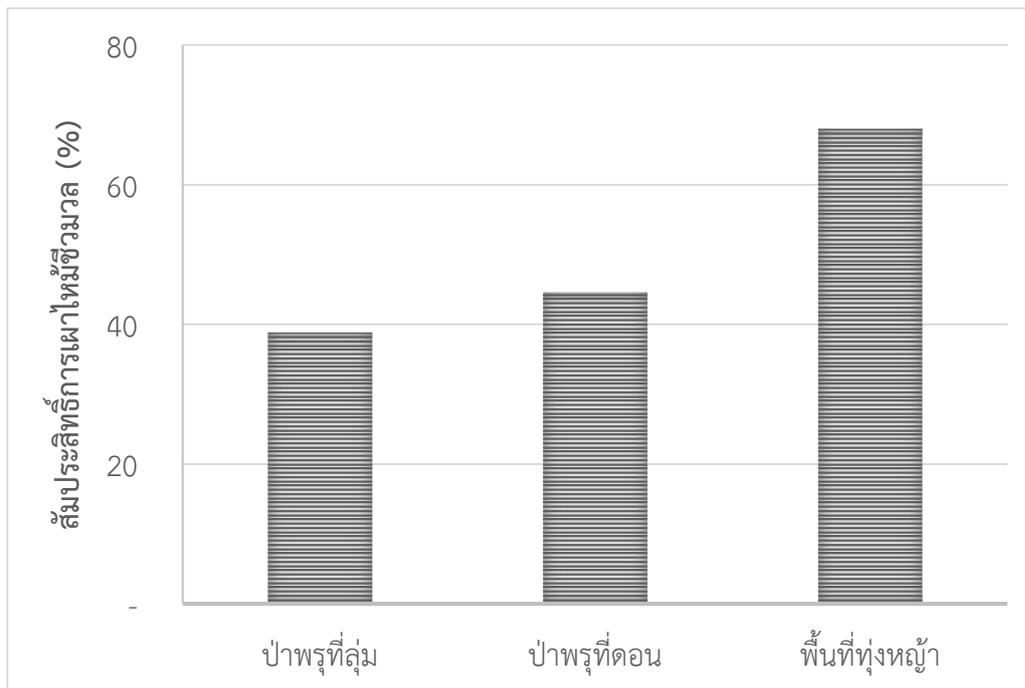
ภาพที่ 5-10 ลักษณะชีวมวลหลังการเผาไหม้

ตารางที่ 5-4 ความหนาแน่นของชีวมวลก่อน-หลัง เผาไหม้ ชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ และสัมประสิทธิ์การเผาไหม้ของชีวมวลแต่ละประเภท จำแนกตามลักษณะแปลง

ลำดับที่	ลักษณะแปลง	เลขที่แปลง	leave				bark				Litter & UG				ความหนาแน่นของซีเถ้า (กก./ตร.ม.)
			ความหนาแน่นชีวมวลก่อนเผา (กก./ตร.ม.)	ความหนาแน่นชีวมวลหลังเผา (กก./ตร.ม.)	ชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ (กก./ตร.ม.)	สัมประสิทธิ์การเผาไหม้ (% C _f)	ความหนาแน่นชีวมวลก่อนเผา (กก./ตร.ม.)	ความหนาแน่นชีวมวลหลังเผา (กก./ตร.ม.)	ชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ (กก./ตร.ม.)	สัมประสิทธิ์การเผาไหม้ (% C _f)	ความหนาแน่นชีวมวลก่อนเผา (กก./ตร.ม.)	ความหนาแน่นชีวมวลหลังเผา (กก./ตร.ม.)	ชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ (กก./ตร.ม.)	สัมประสิทธิ์การเผาไหม้ (% C _f)	
1	ป่าพรุที่ลุ่ม	32	0.384	0.383	0.001	0.38%	0.270	0.222	0.049	17.98%	1.008	0.827	0.181	17.96%	0.053
2		237	0.870	0.537	0.333	38.28%	0.512	0.426	0.086	16.78%	0.988	0.108	0.880	89.09%	0.005
3		236	0.242	0.168	0.074	30.62%	0.173	0.089	0.083	48.27%	0.570	0.199	0.371	65.06%	0.106
4		279	0.205	0.193	0.011	5.50%	0.083	0.072	0.010	12.38%	1.030	0.619	0.412	39.98%	0.073
Ave.			0.425	0.24	0.105	18.69%	0.259	0.202	0.057	23.85%	0.899	0.440	0.461	53.02%	0.059
SD.			0.306	0.10	0.155	18.57%	0.185	0.163	0.036	16.45%	0.220	0.340	0.297	30.80%	0.043
5	ป่าพรุที่ดอน	188	0.360	0.336	0.023	6.49%	0.529	0.515	0.014	2.63%	1.245	1.135	0.110	8.87%	0.062
6		189	0.212	0.166	0.046	21.75%	0.168	0.121	0.046	27.60%	0.742	0.111	0.630	84.98%	0.276
7		255	0.415	0.342	0.073	17.66%	0.301	0.241	0.060	19.88%	2.511	0.497	2.014	80.20%	0.241
8		275	0.444	0.359	0.085	19.08%	0.679	0.645	0.034	5.00%	1.708	0.690	1.018	59.62%	0.029
Ave. ^a			0.357	0.289	0.068	19.50%	0.383	0.336	0.047	17.49%	1.654	0.433	1.221	74.93%	0.182
SD. ^a			0.126	0.107	0.020	2.08%	0.265	0.275	0.013	11.49%	0.886	0.295	0.714	13.48%	0.134
9	ทุ่งหญ้า	29	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000	-	1.015	0.708	0.307	30.27%	0.228
10		351	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000	-	1.226	0.388	0.837	68.33%	0.205
11		KJ1	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000	-	1.981	0.154	1.827	92.23%	0.040
12		KJ2	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000	-	1.221	0.229	0.991	81.20%	0.042
Ave.			0.000	0.000	0.000	-	0.00	0.000	0.000	0.000	1.361	0.370	0.991	68.01%	0.129
SD.			0.000	0.000	0.000	-	0.00	0.000	0.000	0.000	0.425	0.246	0.630	26.99%	0.102

หมายเหตุ ^a เป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่รวมผลจากการทดลองในแปลง 188 เนื่องจากในการทดลองดังกล่าวอัตราการกลุกลามของไฟต่ำกว่าระดับที่สามารถตรวจวัดได้

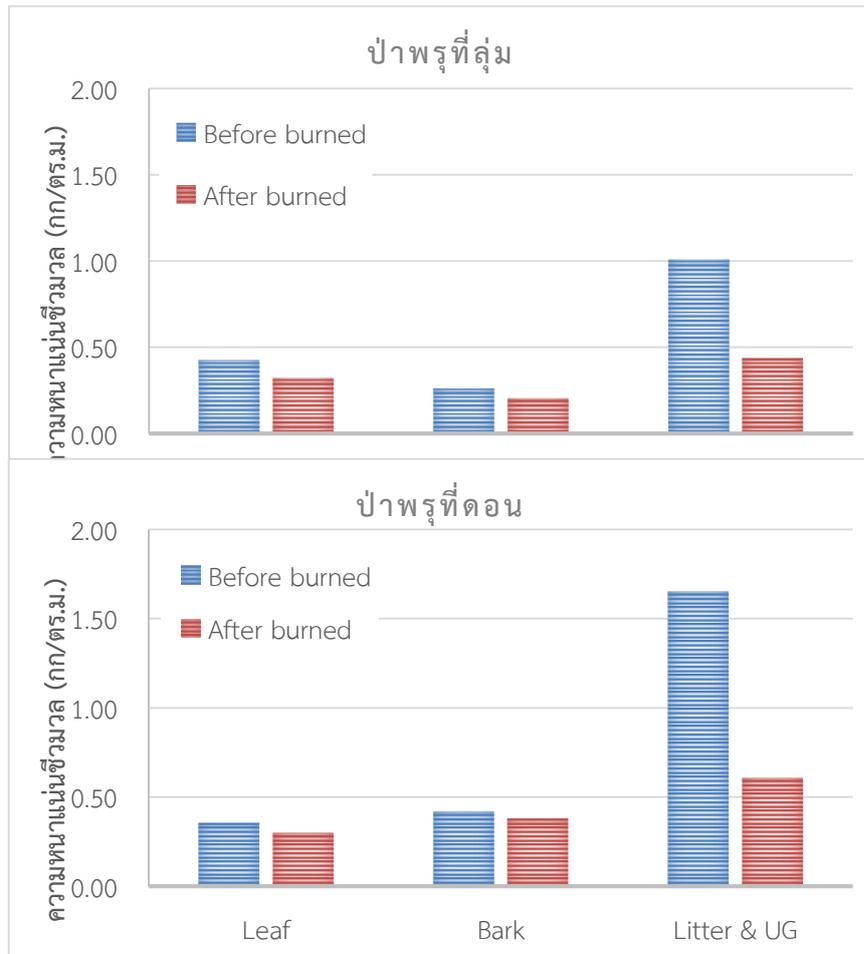
จากการวัดปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินก่อนและหลังการเผาไหม้ ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม พื้นที่ป่าพรุที่ดอน และพื้นที่ทุ่งหญ้า พบว่า ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม มีความหนาแน่นของชีวมวลผิวดิน (ใบไม้ เปลือกไม้ ซากพืช และไม้พื้นล่าง) ก่อนเผาไหม้รวม 1.583 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และความหนาแน่นชีวมวล หลังเผาไหม้คงเหลือ 0.882 กิโลกรัมต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละการเผาไหม้ของชีวมวลที่ร้อยละ 44.28 สำหรับพื้นที่ป่าพรุที่ดอน มีความหนาแน่นของชีวมวลผิวดินก่อนเผาไหม้รวม 2.394 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และความหนาแน่นชีวมวลหลังเผาไหม้คงเหลือ 1.058 กิโลกรัมต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละการเผาไหม้ของชีวมวลที่ร้อยละ 55.81 และในพื้นที่ทุ่งหญ้า มีความหนาแน่นของชีวมวลผิวดินก่อนเผาไหม้รวม 1.361 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และความหนาแน่นชีวมวลหลังเผาไหม้คงเหลือ 0.370 กิโลกรัมต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละการเผาไหม้ของชีวมวลที่ร้อยละ 72.81 จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ทุ่งหญ้ามียีสต์ส่วนของชีวมวลที่ถูกเผาไหม้มากที่สุด รองลงมาคือป่าพรุที่ดอน และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มที่บ (ดังแสดงในภาพที่ 5-11) ตามลำดับ ทั้งนี้ อัตราการเผาไหม้ของชีวมวลขึ้นอยู่กับความชื้นของชีวมวลเช่นกัน ซึ่งในพื้นที่ทุ่งหญ้าที่เป็นทุ่งโล่ง ไม่มีไม้ยืนต้น ทำให้ชีวมวลประเภทซากพืชและไม้พื้นล่าง ได้รับแสงแดดส่องได้อย่างทั่วถึง ส่งผลให้มีความชื้นต่ำและเกิดการเผาไหม้ได้ง่าย ในส่วนของพื้นที่ดอนและพื้นที่ลุ่มนั้นมีสังคมพืชที่มีไม้ยืนต้น แต่ในพื้นที่ดอนมีน้ำท่วมขังน้อยกว่าในพื้นที่ลุ่ม ทำให้ความชื้นของชีวมวลในพื้นที่ดอนต่ำกว่าความชื้นของชีวมวลในพื้นที่ลุ่ม จึงเป็นผลให้ชีวมวลในพื้นที่ลุ่มเกิดการเผาไหม้ได้น้อยที่สุด



ภาพที่ 5-11 สัมประสิทธิ์การเผาไหม้ชีวมวลรวม จำแนกตามประเภทป่าพรุ

เมื่อพิจารณาถึงการเผาไหม้ของชีวมวลในแต่ละประเภทป่าพรุ พบว่า ในแต่ละพื้นที่ป่าพรุมีสัดส่วนของชีวมวลที่ถูกเผาไหม้แตกต่างกัน (ดังแสดงในภาพที่ 5-12) โดยในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม ส่วนของใบไม้ถูกเผาไหม้ไปร้อยละ 18.69 ของความหนาแน่นของใบไม้ที่มีอยู่ก่อนไฟไหม้ ส่วนของ เปลือกไม้ถูกเผาไหม้ไปร้อยละ 23.85 ของความหนาแน่นของเปลือกไม้ที่มีอยู่ก่อนไฟไหม้ และส่วนของซากพืชและไม้พื้นล่างถูกเผาไหม้ไปร้อยละ 53.02 ของความหนาแน่นของซากพืชและไม้พื้นล่างที่มีอยู่ก่อนไฟไหม้ ในส่วนของพื้นที่ป่าพรุที่ดอน พบว่า ส่วนของใบไม้ถูกเผาไหม้ไปร้อยละ 19.50 ของความหนาแน่นของใบไม้ที่มีอยู่ก่อนไฟไหม้ ส่วนของ

เปลือกไม้ถูกเผาไหม้ไปร้อยละ 17.49 ของความหนาแน่นของเปลือกไม้ที่มีอยู่ก่อนไฟไหม้ และส่วนของซากพืชและไม้พื้นล่างถูกเผาไหม้ไปร้อยละ 74.93 ของความหนาแน่นของซากพืชและไม้พื้นล่างที่มีอยู่ก่อนไฟไหม้ สำหรับพื้นที่ทุ่งหญ้า นั้น พบว่า ส่วนของซากพืชและไม้พื้นล่างถูกเผาไหม้ไปร้อยละ 68.01 ของความหนาแน่นของซากพืชและไม้พื้นล่างที่อยู่ก่อนไฟไหม้ จากข้อมูลศึกษานี้เห็นได้ว่าชีวมวลส่วนของซากพืชและไม้พื้นล่างเป็นส่วนที่ถูกเผาไหม้มากที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนที่แห้งและมี Bulk density ที่ต่ำ ทำให้สามารถติดไฟได้ง่ายและเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่สอดคล้องกับผลการศึกษาของกอบศักดิ์ และคณะ (2556) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพที่คงเหลือภายหลังจากการเกิดไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็งในปี 2555



ภาพที่ 5-12 สัมประสิทธิ์การเผาไหม้ชีวมวล จำแนกตามประเภทชีวมวล และประเภทพื้นที่



ภาพที่ 5-12 สัมประสิทธิ์การเผาไหม้ชีวมวล จำแนกตามประเภทชีวมวล และประเภทพื้นที่ (ต่อ)

5.2.2) ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากการเผาไหม้ชีวมวล

ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากการเผาไหม้ชีวมวล ประเมินได้จาก ผลต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนในชีวมวลก่อนและหลังการเผาไหม้ โดยในการศึกษานี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างชีวมวลเหนือผิวดินแต่ละประเภทก่อนและหลังการเผาไหม้ที่รวมถึงเถาที่เกิดขึ้นด้วย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบคาร์บอน (% Carbon) ในห้องปฏิบัติการ โดยผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 5-5 และสามารถสรุปเป็นข้อมูลการศึกษาได้ดังนี้

องค์ประกอบคาร์บอน (% Carbon) ของใบไม้ เปลือกไม้ ชากพืช และไม้พุ่มล่างก่อนการเผาไหม้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 51.51 ร้อยละ 56.31 ร้อยละ 42.95 และ ร้อยละ 42.80 ตามลำดับ โดย ชากพืชในพื้นที่ทุ่งหญ้าเป็นประเภทชีวมวลที่มีองค์ประกอบคาร์บอนน้อยสุดที่ร้อยละ 41.60 และไม้พุ่มล่างในพื้นที่ทุ่งหญ้าเป็นประเภทชีวมวลที่มีองค์ประกอบคาร์บอนสูงที่สุดที่ร้อยละ 43.60 ภายหลังจากการเผาไหม้ องค์ประกอบคาร์บอนของใบไม้และใบไม้ยังมีค่าคงเดิมเท่ากับค่าที่วิเคราะห์ได้ก่อนเผา แต่องค์ประกอบคาร์บอนของชากพืชและไม้พุ่มล่าง ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกันได้นั้น มีค่าเฉลี่ยรวมน้อยลงอยู่ที่ร้อยละ 41.63 โดยในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มมีสัดส่วนลดลงมากที่สุด ตามด้วยพื้นที่ป่าพรุที่ดอน ในส่วนขององค์ประกอบคาร์บอนของเถา ซึ่งแปรรูปมาจากชากพืชและไม้พุ่มล่างเป็นหลักนั้น จากผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม ป่าพรุที่ดอน และพื้นที่ทุ่งหญ้ามียุทธศาสตร์อยู่ที่ร้อยละ 15.46 ร้อยละ 28.77 และร้อยละ 13.50 ตามลำดับ ซึ่งเป็นข้อมูลชี้ให้เห็นว่าในพื้นที่ทุ่งหญ้ามีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มและพื้นที่ป่าพรุที่ดอน

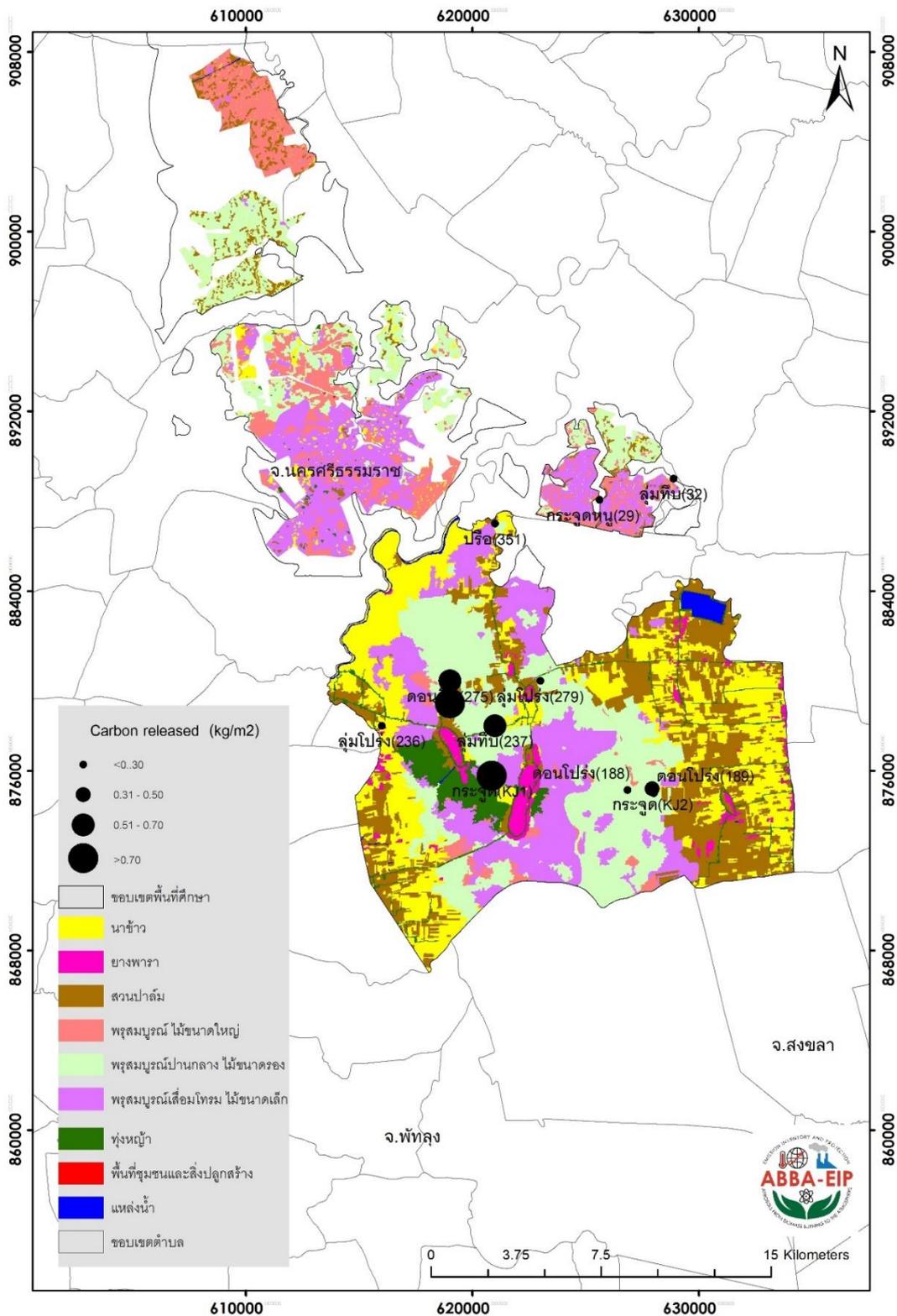
ในส่วนของปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินก่อนการเผาไหม้ พบว่าในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มมีค่าเฉลี่ยรวมที่ 0.749 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยเป็นคาร์บอนที่สะสมอยู่ในใบไม้ ไม้พุ่มล่าง และชากไม้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 29 ร้อยละ 28 และร้อยละ 23 ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดก่อนเผา ตามลำดับ ภายหลังจากการเผาไหม้ มีปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินคงเหลือที่ 0.468 กิโลกรัมต่อตารางเมตรโดยส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนที่มีอยู่ในใบไม้ และชากพืชและไม้พุ่มล่าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 35 และร้อยละ 38 ของปริมาณคาร์บอนที่คงเหลือหลังการเผาไหม้ ตามลำดับ ทั้งนี้ มีคาร์บอนส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นจากเถา (0.009 กิโลกรัมต่อ

ตารางเมตร) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปสู่บรรยากาศ (C_{Release}) ที่ 0.282 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือร้อยละ 37.65 ของปริมาณคาร์บอนรวมก่อนเผา หรือเทียบเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศที่ 1.034 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ถ้าสมมติว่าคาร์บอนที่สูญหายไปสู่บรรยากาศนั้นได้ถูกแปรรูปไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

สำหรับในพื้นที่ป่าพรุที่ตอน พบว่า มีปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินก่อนการเผาไหม้รวมที่ 1.142 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยเป็นคาร์บอนที่สะสมอยู่ในซากพืชเป็นหลัก คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 40 ของปริมาณคาร์บอนก่อนการเผาไหม้ทั้งหมด ภายหลังการเผาไหม้มีปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินคงเหลือที่ 0.567 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนที่สะสมในซากพืชและไม้พื้นล่างคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 38 ของปริมาณคาร์บอนที่คงเหลือหลังการเผาไหม้ ทั้งนี้ มีคาร์บอนส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นจากถ้ำ (0.052 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปสู่บรรยากาศที่ 0.575 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือร้อยละ 39.02 ของปริมาณคาร์บอนรวมก่อนการเผาไหม้ ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศที่ 2.108 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ถ้าสมมติว่าคาร์บอนที่สูญหายไปสู่บรรยากาศนั้นได้ถูกแปรรูปไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

สำหรับในพื้นที่ทุ่งหญ้า พบว่า มีปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินก่อนการเผาไหม้รวมที่ 0.588 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นคาร์บอนที่สะสมในส่วนของซากพืชและไม้พื้นล่าง ภายหลังการเผาไหม้มีปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินคงเหลือที่ 0.166 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยส่วนหนึ่งเป็นคาร์บอนที่เกิดขึ้นจากถ้ำ (0.017 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปสู่บรรยากาศที่ 0.422 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือร้อยละ 71.77 ของปริมาณคาร์บอนรวมก่อนการเผาไหม้ ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศที่ 1.547 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ถ้าสมมติว่าคาร์บอนที่สูญหายไปสู่บรรยากาศนั้นได้ถูกแปรรูปไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

ผลการศึกษาที่ได้ชี้ให้เห็นว่า การเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุที่ตอนจะมีการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศมากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม ตามลำดับ (ดังแสดงในภาพที่ 5-13) เนื่องจากในพื้นที่ป่าพรุที่ตอนเป็นพื้นที่ที่มีชีวมวลเหนือผิวดินมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆ แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงความรุนแรงของการเผาไหม้ชีวมวลจะพบว่า การเผาไหม้ในพื้นที่ทุ่งหญ้านั้น มีสัดส่วนของชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ไปมากที่สุด และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มและพื้นที่ป่าพรุที่ตอนนั้นมีสัดส่วนของชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 5-13 ความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยในแต่ละแปลงทดลอง

ตารางที่ 5-5 สัดส่วน และปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดิน ก่อนเผา และหลังเผา ของชีวมวลต่างๆ และปริมาณคาร์บอนที่สูญหายจากการเกิดไฟฟ้า

ลำดับ ที่	ลักษณะ แปลง	เลขที่ แปลง	% C ก่อนเผาไหม้				ปริมาณคาร์บอนก่อนเผา (กก C /ตร.ม.)					% C หลังเผาไหม้				ปริมาณคาร์บอนหลังเผา (กก C /ตร.ม.)					ปริมาณ คาร์บอนที่ ปลดปล่อย (กก C /ตร. ม.)
			Leave	Bark	Litter	UG	Leave	Bark	Litter	UG	รวม	Leave	Bark	Litter & UG	Ash	Leave	Bark	Litter & UG	Ash	รวม	
1	ป่าพรุ ที่ลุ่ม	32	51.51	56.31	43.37	42.29	0.198	0.152	0.372	0.064	0.786	51.51	56.31	44.43	15.73	0.197	0.125	0.367	0.008	0.698	0.088
2		237			43.37	42.29	0.448	0.288	0.074	0.346	1.156			44.43	15.73	0.277	0.240	0.048	0.001	0.565	0.591
3		236			42.25	42.27	0.125	0.097	0.033	0.210	0.465			37.01	15.18	0.086	0.050	0.074	0.016	0.227	0.238
4		279			42.25	42.27	0.105	0.047	0.209	0.229	0.590			37.01	15.18	0.100	0.041	0.229	0.011	0.380	0.209
Ave.			51.51	56.31	42.81	42.50	0.219	0.146	0.172	0.212	0.749	51.51	56.31	40.72	15.46	0.165	0.114	0.179	0.009	0.468	0.282
SD.			-	-	0.65	0.24	0.158	0.104	0.153	0.116	0.302	-	-	4.28	0.32	0.089	0.092	0.149	0.006	0.207	0.216
5	ป่าพรุ ที่ดอน	188	51.51	56.31	41.98	41.56	0.185	0.298	0.355	0.166	1.004	51.51	56.31	42.90	34.71	0.173	0.290	0.487	0.022	0.972	0.032
6		189			41.98	41.56	0.109	0.094	0.211	0.100	0.514			42.90	34.71	0.085	0.068	0.048	0.096	0.297	0.216
7		255			46.92	43.04	0.214	0.170	0.646	0.488	1.518			40.52	22.82	0.176	0.136	0.201	0.055	0.568	0.949
8		275			46.92	43.04	0.229	0.382	0.582	0.202	1.394			40.52	22.82	0.185	0.363	0.279	0.007	0.834	0.560
Ave. ^a			51.51	56.31	44.45	42.30	0.184	0.236	0.448	0.239	1.142	51.51	56.31	41.71	28.77	0.155	0.214	0.254	0.052	0.567	0.575
SD. ^a			-	-	2.85	0.85	0.065	0.129	0.202	0.171	0.547	-	-	1.37	6.86	0.047	0.136	0.183	0.045	0.268	0.367
9	ทุ่งหญ้า	29	-	-	38.87	41.10	-	-	0.278	0.123	0.401	51.51	56.31	36.99	7.33	0.000	0.000	0.262	0.017	0.279	0.123
10		351			40.44	41.65	-	-	0.335	0.166	0.500			41.57	19.14	0.000	0.000	0.161	0.039	0.201	0.300
11		KJ1			43.54	45.82	-	-	0.154	0.745	0.899			45.61	13.76	0.000	0.000	0.070	0.005	0.076	0.824
12		KJ2			43.54	45.82	-	-	0.155	0.396	0.551			45.61	13.76	0.000	0.000	0.105	0.006	0.110	0.441
Ave.			-	-	41.60	43.60	-	-	0.231	0.358	0.588	51.51	56.31	42.45	13.50	-	-	0.150	0.017	0.166	0.422
SD.			-	-	2.33	2.58	-	-	0.090	0.285	0.217	-	-	4.11	4.83	-	-	0.084	0.016	0.092	0.298

หมายเหตุ ^a เป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่รวมผลจากการทดลองในแปลง 188 เนื่องจากในการทดลองดังกล่าวอัตราการลุกลามของไฟต่ำกว่าที่สามารถตรวจวัดได้

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินที่สูญเสียจากการเกิดไฟป่าควนเค็งจากการศึกษานี้ ยังคงมีค่าน้อยกว่าผลการศึกษาของ กอบศักดิ์และคณะ (2556) ที่ได้ทำการประเมินปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินที่สูญเสียจากการเกิดไฟป่าควนเค็ง ในปี พ.ศ. 2555 โดยประเมินไว้ว่ามีปริมาณคาร์บอนเหนือผิวดินที่สูญเสียไปที่ 2.242 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือคิดเทียบเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 8.228 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของประเภทชีวมวลผิวดินที่ทำการศึกษา โดยในการศึกษานี้ พิจารณาชีวมวลผิวดินโดยแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ใบไม้ เปลือกไม้ ซากพืช และไม้พื้นล่าง ในขณะที่การศึกษาของ กอบศักดิ์และคณะ ทำการประเมินจากชีวมวลผิวดิน 4 ประเภท ได้แก่ ต้นเสม็ด ไม้รุ่ม เศษซากพืชและไม้พื้นล่าง อนึ่ง หากเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียคาร์บอนกับไฟไหม้ป่าในพื้นที่ป่าอื่นๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมา (ดังแสดงในตารางที่ 5-6) พบว่า ไฟป่าในพื้นที่ป่าพรุก่อให้เกิดความสูญเสียคาร์บอนสูงกว่าไฟป่าในพื้นที่ป่าเต็งรัง สวนป่า และป่าสน แต่จะสูญเสียคาร์บอนน้อยกว่าไฟป่าในพื้นที่ไร่หมุนเวียน

ตารางที่ 5-6 การเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียคาร์บอนจากไฟป่า จากงานวิจัยนี้ กับงานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมา

ประเภทป่า	การสูญเสียคาร์บอน (กก. C /ตร.ม.)	การสูญเสียคาร์บอนเทียบเท่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (กก CO ₂ / ตร.ม)	แหล่งข้อมูล
ป่าพรุที่ลุ่ม	0.282	1.034	การศึกษานี้
ป่าพรุที่ดอน	0.575	2.108	การศึกษานี้
ป่าพรุ หุบหญ้า	0.422	1.547	การศึกษานี้
Cental Kalimantan in 1997	-	35.00	Susan E. Page et al. (2002)
Sumatra in 1997	-	4.20	Murdiyaso et al. (2002)
Cental Kalimantan in 2002	-	4.238	Usup (2006)
ป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง 1	0.214-0.413	0.785-1.516	Wanthongchai et al. (2008)
สวนป่าแม่เกาะ จ.ลำปาง1	0.213-0.328	0.782-1.207	กอบศักดิ์ (2554)
สวนป่าแม่ลิ้ม จ.ลำพูน	0.234	0.859	นพพันธ์ (2555)
ป่าสน อุทยานแห่งชาติดงน้ำหนาว	0.213-0.476	0.782-1.747	กอบศักดิ์ (2554)
ป่าเต็งรังผสมสน โครงการหลวงวัดจันทร์	0.179-0.181	0.657-0.664	สุดารัตน์ (2555)
ไร่หมุนเวียน	1.210-1.730	4.440-6.350	กอบศักดิ์และพลสถิตย์ (2555)
ป่าพรุควนเค็ง	2.242	8.228	กอบศักดิ์และคณะ (2556)

แหล่งที่มา รวบรวมข้อมูลโดย กอบศักดิ์และคณะ (2556)

5.3) การตรวจวัดปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ชีวมวลในป่าพรุ

ในการศึกษานี้ได้ทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นสุทธิของสารมลพิษทางอากาศ ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และสาร Black Carbon (BC) ในฝุ่นละอองขนาดเล็กดังกล่าว ที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้ชีวมวล

ในป่าพรุ โดยทำการติดตั้งเสาชุดเครื่องมือตรวจวัดไว้ที่จุดศูนย์กลางของแปลงทดลอง และทำการตรวจวัดแบบต่อเนื่องในช่วงเวลาต่างๆของการทดลองการเผาไหม้ ได้แก่ ตั้งแต่ก่อนเริ่มทำการทดลองการเผาไหม้ ระหว่างการทดลองการเผาไหม้ และจนกระทั่งไฟมอด ทั้งนี้เพื่อตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารมลพิษและฝุ่นละอองขนาดเล็กในช่วงสภาวะปกติ (Background concentration) และความเข้มข้นของสารมลพิษและฝุ่นละอองขนาดเล็กในช่วงที่มีการเผาไหม้ชีวมวล (Emission concentration) ในพื้นที่แปลงทดลองทั้ง 12 แปลง ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นสุทธิสูงสุดที่สุดของ CO₂, CO, BC, และ PM_{2.5} (ความเข้มข้นของสารมลพิษที่หักลบความเข้มข้นของสารมลพิษและฝุ่นละอองในช่วงสภาวะปกติแล้ว) ที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศจากไฟในป่าพรุปรากฏดังในตารางที่ 5-7 และภาพที่ 5-14 ตามลำดับ และผลการติดตามตรวจวัดภาวะการปลดปล่อย CO₂, CO, BC, และ PM_{2.5} ตลอดช่วงเวลาของการทดลองในแต่ละแปลง ได้นำเสนอในภาคผนวกที่ 1-4

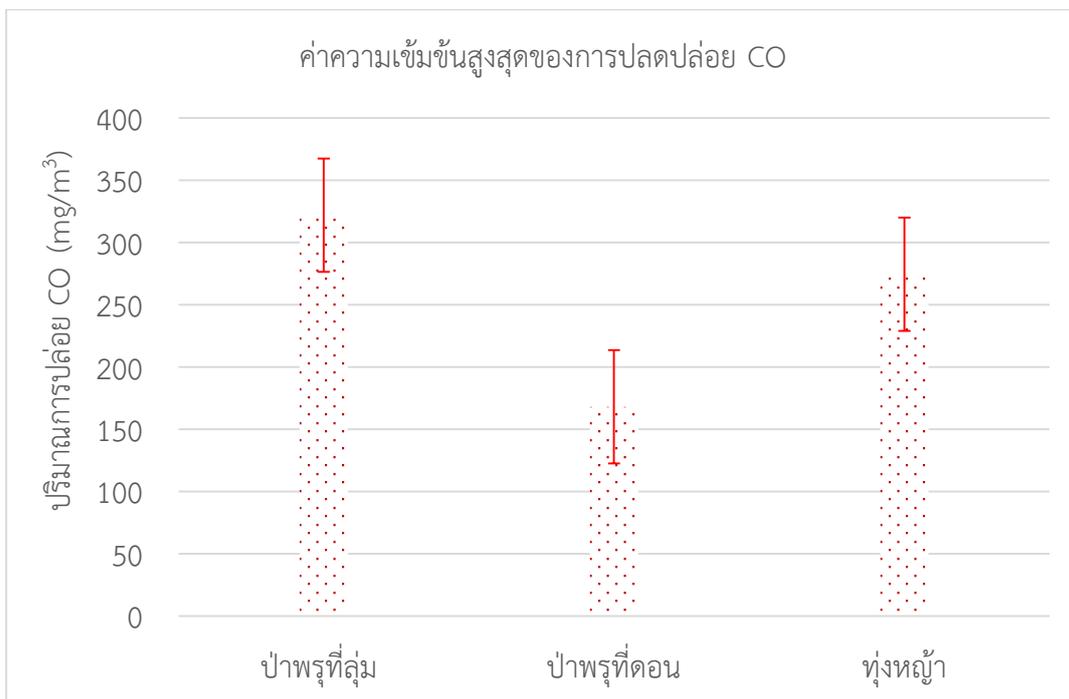
ตารางที่ 5-7 ค่าความเข้มข้นปลดปล่อยมลพิษและฝุ่นละอองสูงสุดที่ตรวจวัดได้

ลำดับที่	เลขที่แปลง	ลักษณะแปลง		ค่ามลพิษสูงสุดที่ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)			
				CO ₂	CO	BC	PM _{2.5}
1	32	ป่าพรุ ที่ลุ่ม	ป่าพรุลุ่มทึบ	4,293.0	160.0	2.2	75.0
2	237		ป่าพรุลุ่มทึบ	3,140.0	160.0	1.9	94.9
3	236		ป่าพรุลุ่มโปร่ง	6,816.0	744.0	7.8	90.2
4	279		ป่าพรุลุ่มโปร่ง	3,122.0	120.0	0.9	35.1
ค่าเฉลี่ย (Ave.)				4,342.8	296.0	3.2	73.8
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)				1,737.5	299.3	3.1	27.2
5	188	ป่าพรุ ที่ดอน	ป่าพรุดอนโปร่ง	2,023.0	37.3	2.5	12.2
6	189		ป่าพรุดอนโปร่ง	6,518.0	254.0	2.4	37.1
7	255		ป่าพรุดอนทึบ	1,590.0	123.0	1.3	-
8	275		ป่าพรุดอนทึบ	2,080.0	81.8	2.7	64.9
ค่าเฉลี่ย (Ave.) ^a				3,396.0	152.9	2.2	34.0
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ^a				2,714.8	89.9	0.7	32.6
9	29	ทุ่งหญ้า	กระจูดหนู	2,046.0	121.0	0.9	28.3
10	351		ปรีอ	3,878.0	428.0	4.2	-
11	KJ1		กระจูด	7,602.0	-	5.8	48.0
12	KJ2		กระจูด	6,433.0	-	3.6	47.3
ค่าเฉลี่ย (Ave.)				4,989.8	274.5	3.6	30.9
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)				2,503.9	217.1	2.0	22.5

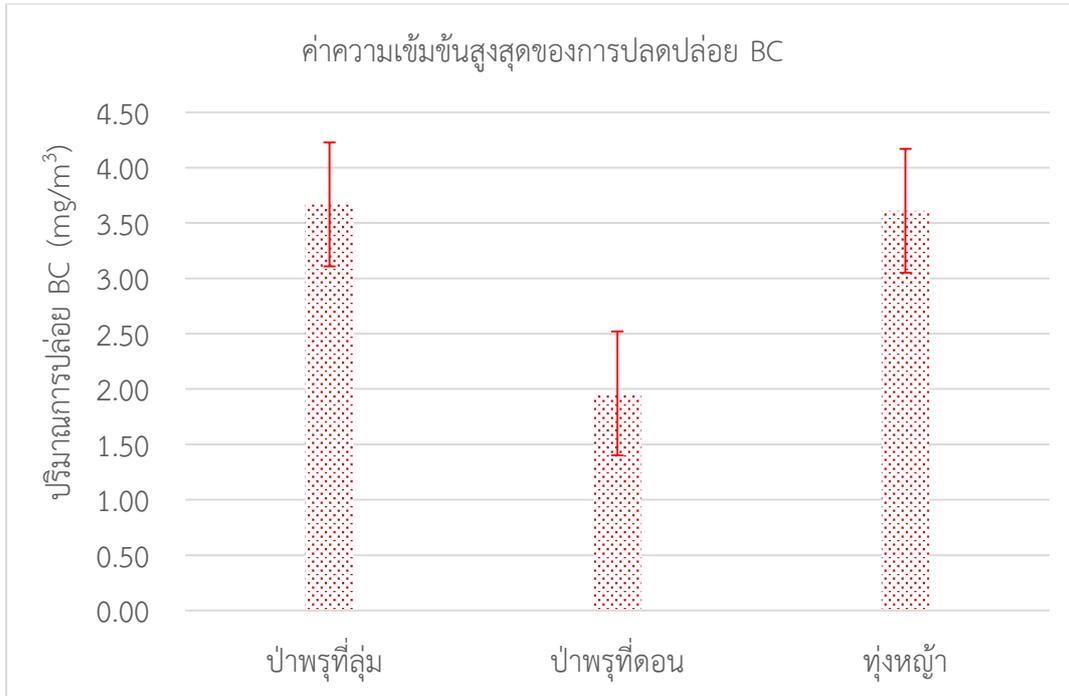
หมายเหตุ ^a เป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่รวมผลจากการทดลองในแปลง 188 เนื่องจากในการทดลองดังกล่าวอัตราการลุกลามของไฟต่ำกว่าที่สามารถตรวจวัดได้



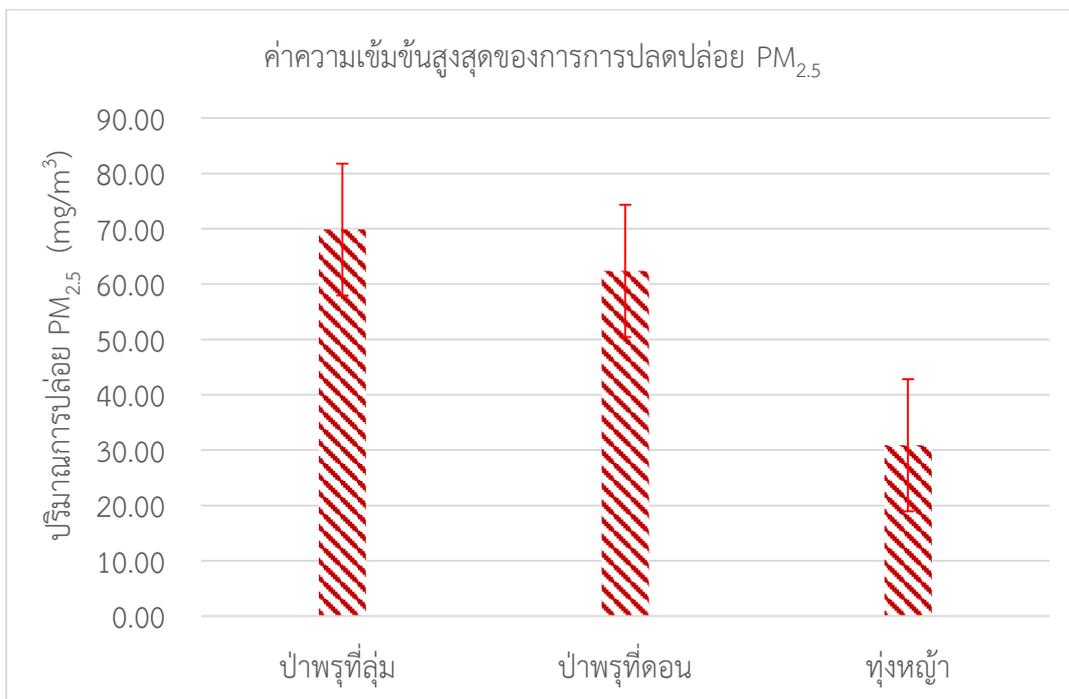
ภาพที่ 5-14 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในแต่ละประเภทพื้นที่



ภาพที่ 5-15 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของการปลดปล่อย CO ในแต่ละประเภทพื้นที่



ภาพที่ 5-16 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของการปลดปล่อย BC ในแต่ละประเภทพื้นที่



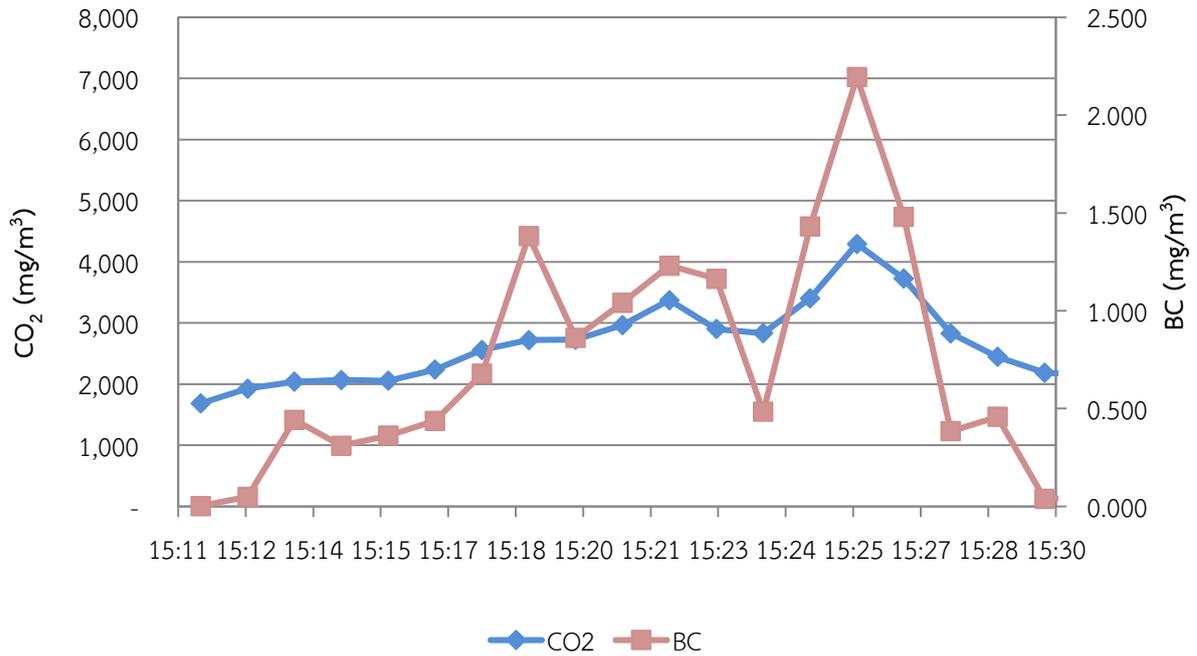
ภาพที่ 5-17 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของการปลดปล่อย PM_{2.5} ในแต่ละประเภทพื้นที่

จากผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นการปลดปล่อยสารมลพิษสู่บรรยากาศจากการเผาในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม พบว่า มีความเข้มข้นสูงสุดโดยเฉลี่ยของการปลดปล่อย CO₂ อยู่ที่ 4,342.8 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ของการ

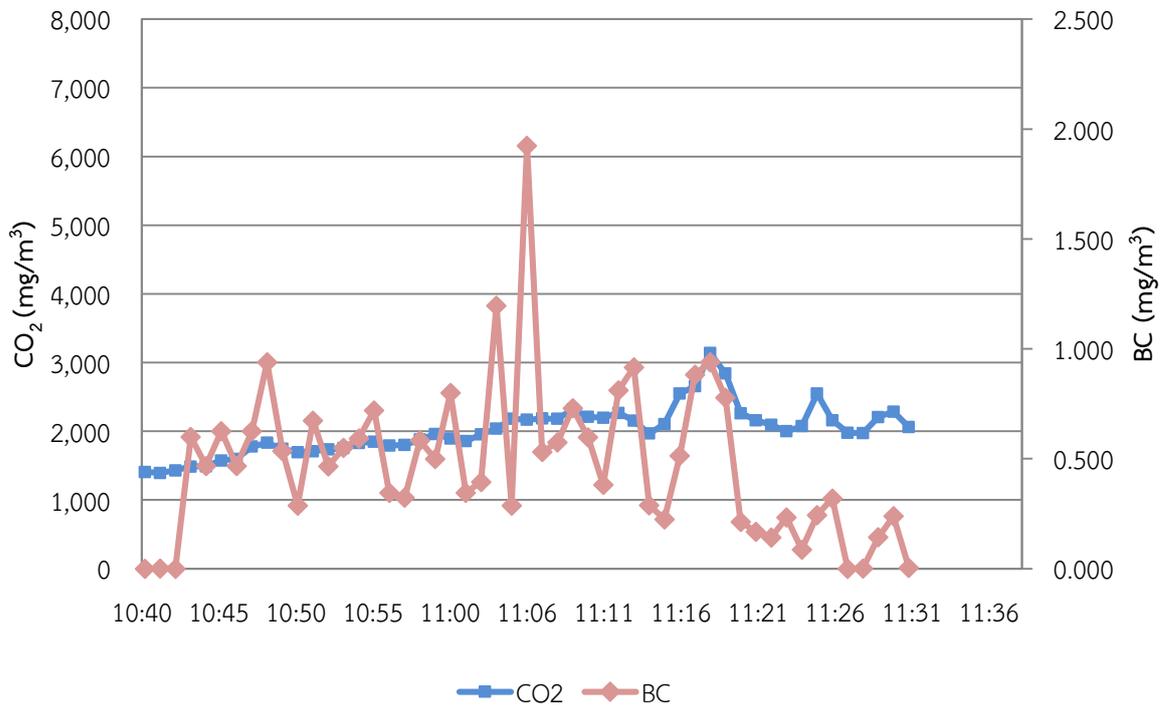


ปลดปล่อย CO ที่ 296 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ของการปลดปล่อย BC ที่ 3.2 มิลลิกรัม/ลบ.ม. และ ของการปลดปล่อย PM_{2.5} ที่ 73.8 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ในส่วนของการเผาในพื้นที่ป่าพรุที่ดอน มีความเข้มข้นสูงสุดโดยเฉลี่ยของการปลดปล่อย CO₂ อยู่ที่ 3,396.0 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ของการปลดปล่อย CO ที่ 152.9 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ของการปลดปล่อย BC ที่ 2.2 มิลลิกรัม/ลบ.ม. และ ของการปลดปล่อย PM_{2.5} ที่ 34.0 มิลลิกรัม/ลบ.ม. และในส่วนของ การเผาในพื้นที่ทุ่งหญ้า นั้น มีความเข้มข้นสูงสุดโดยเฉลี่ยของการปลดปล่อย CO₂ อยู่ที่ 4,989.8 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ของการปลดปล่อย CO ที่ 274.5 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ของการปลดปล่อย BC ที่ 3.6 มิลลิกรัม/ลบ.ม. และ ของการปลดปล่อย PM_{2.5} ที่ 30.9 มิลลิกรัม/ลบ.ม. จากผลการตรวจวัดดังกล่าว เห็นได้ว่า ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มมีการปลดปล่อยก๊าซ CO และฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} มากที่สุด และในส่วนของพื้นที่ทุ่งหญ้านั้น มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ BC มากที่สุด

เมื่อนำข้อมูลการศึกษานี้ไปเชื่อมโยงกับลักษณะของชีวมวลเชื้อเพลิง ซึ่งมีผลกระทบต่อพฤติกรรมไฟ พบว่าความชื้นของชีวมวลเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญของการปลดปล่อยสารมลพิษ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การเผาไหม้ดำเนินการแบบที่มีเปลวไฟเป็นหลัก (Flaming dominant) โดยไฟประเภทนี้จะปลดปล่อย CO₂ และ BC เป็นส่วนใหญ่ หรือแบบระอุครุ่นเป็นหลัก (Smoldering dominant) ที่ปลดปล่อย CO และสารมลพิษอื่นๆที่ยังไม่ได้รวมตัวกับออกซิเจน (Oxidation) หรือถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

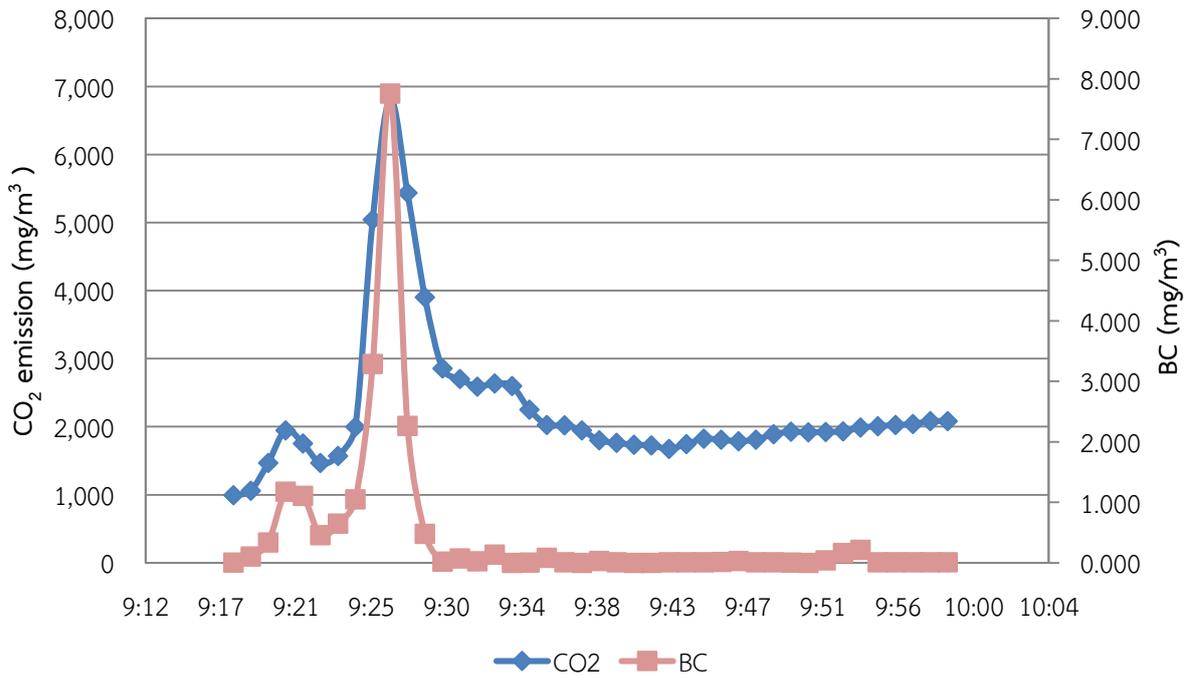


ป่าพรุกลุ่มทึบ (แปลง 32)

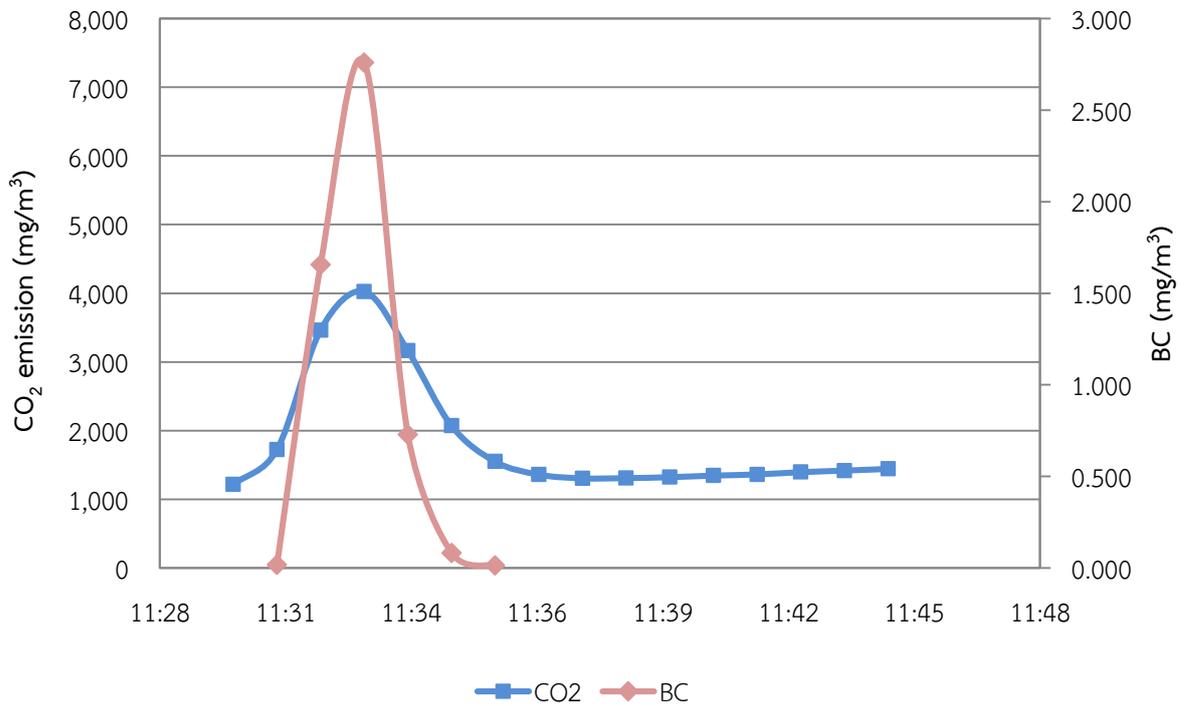


ป่าพรุกลุ่มทึบ (แปลง 237)

ภาพที่ 5-18 ตัวอย่างภาวะการณ์ความเข้มข้นของการปลดปล่อย CO₂ และ BC จากไฟในพื้นที่ป่าพรุกลุ่มทึบ ตลอดช่วงเวลากการทดลองการเผาไหม้

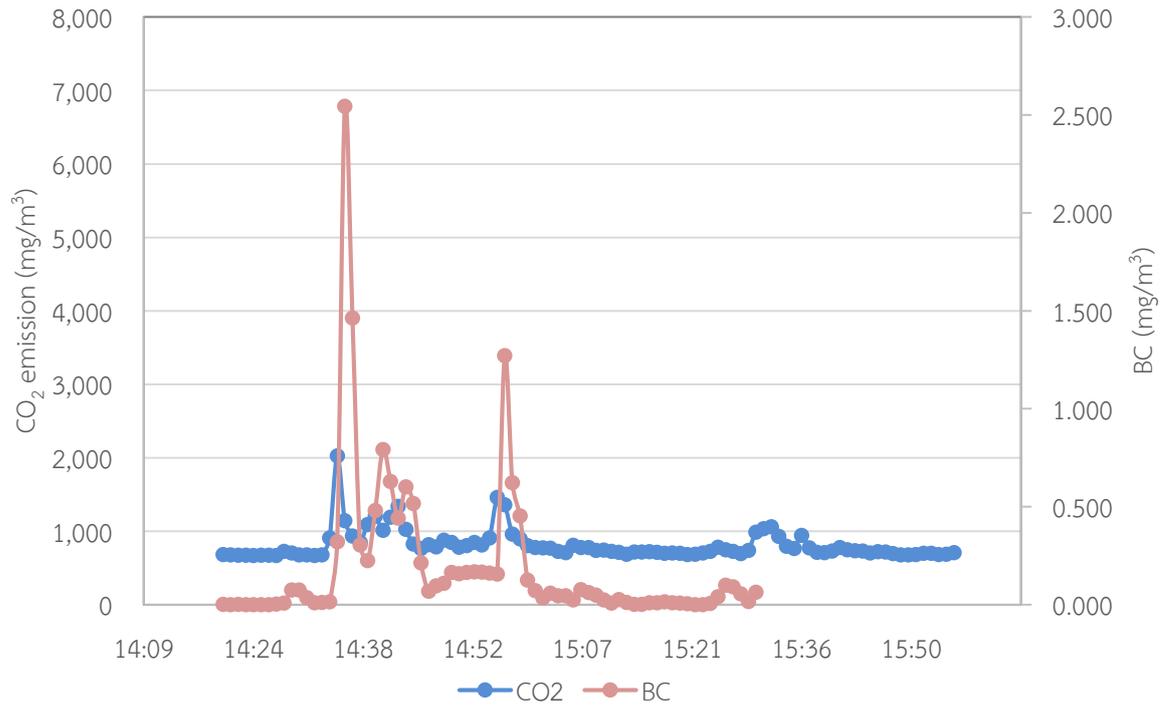


ป่าพรุกลุ่มโปรง (แปลง 236)

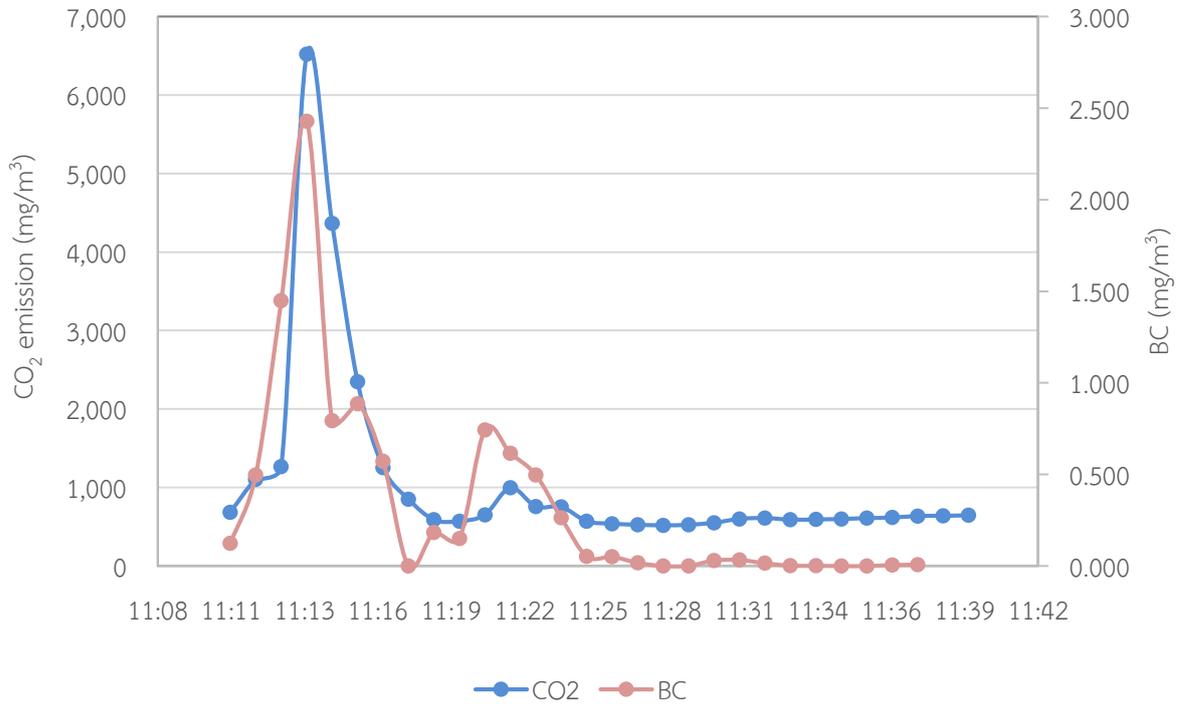


ป่าพรุกลุ่มโปรง (แปลง 279)

ภาพที่ 5-18 ตัวอย่างภาวะการณ์ความเข้มข้นของการปลดปล่อย CO₂ และ BC จากไฟในพื้นที่ป่าพรุกลุ่มโปรง ตลอดช่วงเวลากการทดลองการเผาไหม้ (ต่อ)

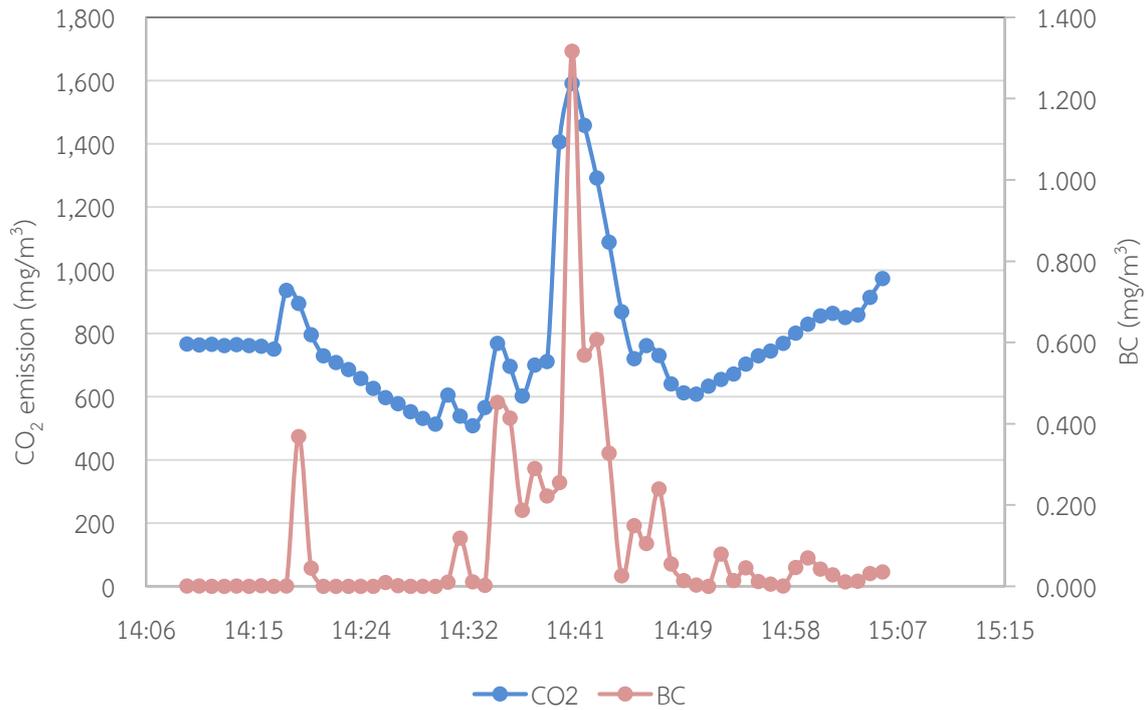


ป่าพรุดอนโปร่ง (แปลง 188)

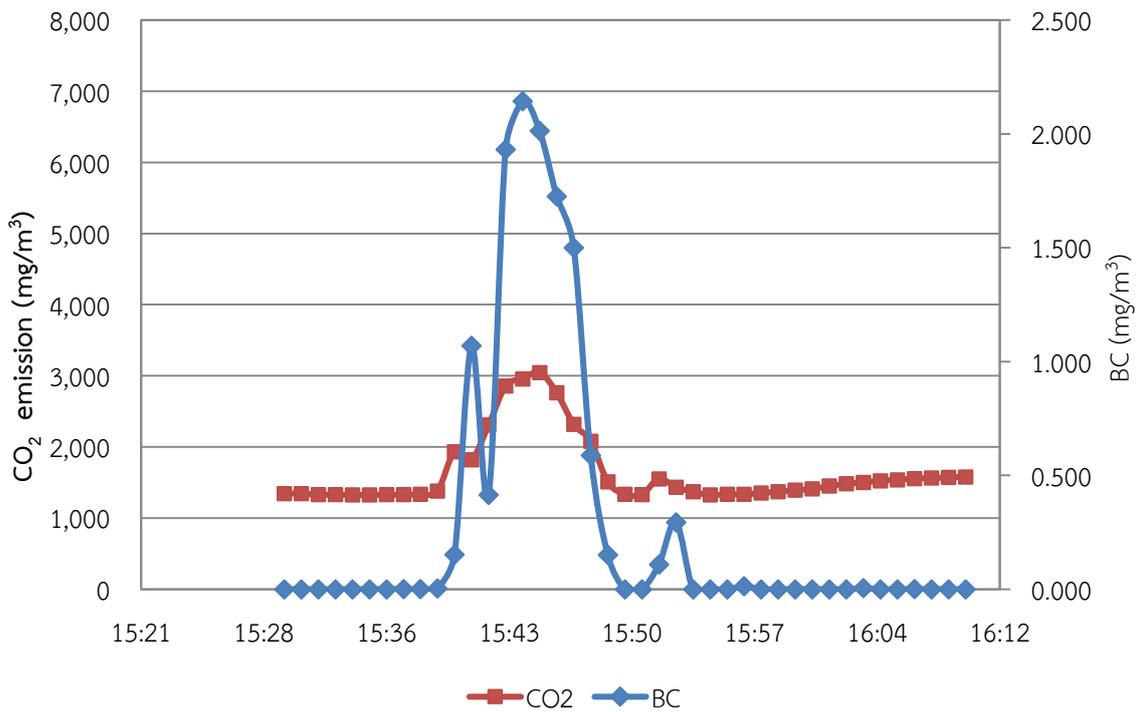


ป่าพรุดอนโปร่ง (แปลง 189)

ภาพที่ 5-18 ตัวอย่างภาวะการณ์ความเข้มข้นของการปลดปล่อย CO₂ และ BC จากไฟในพื้นที่ป่าพรุดอนโปร่ง ตลอดช่วงเวลากการทดลองการเผาไหม้ (ต่อ)

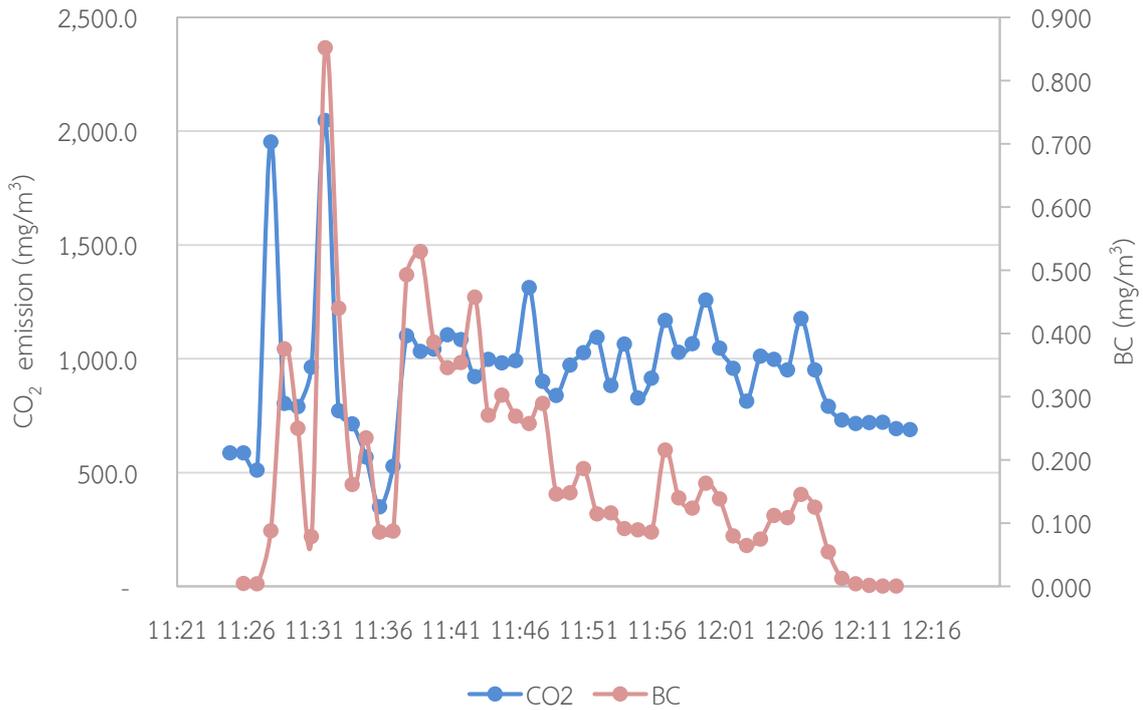


ป่าพรุดอนทึบ (แปลง 255)

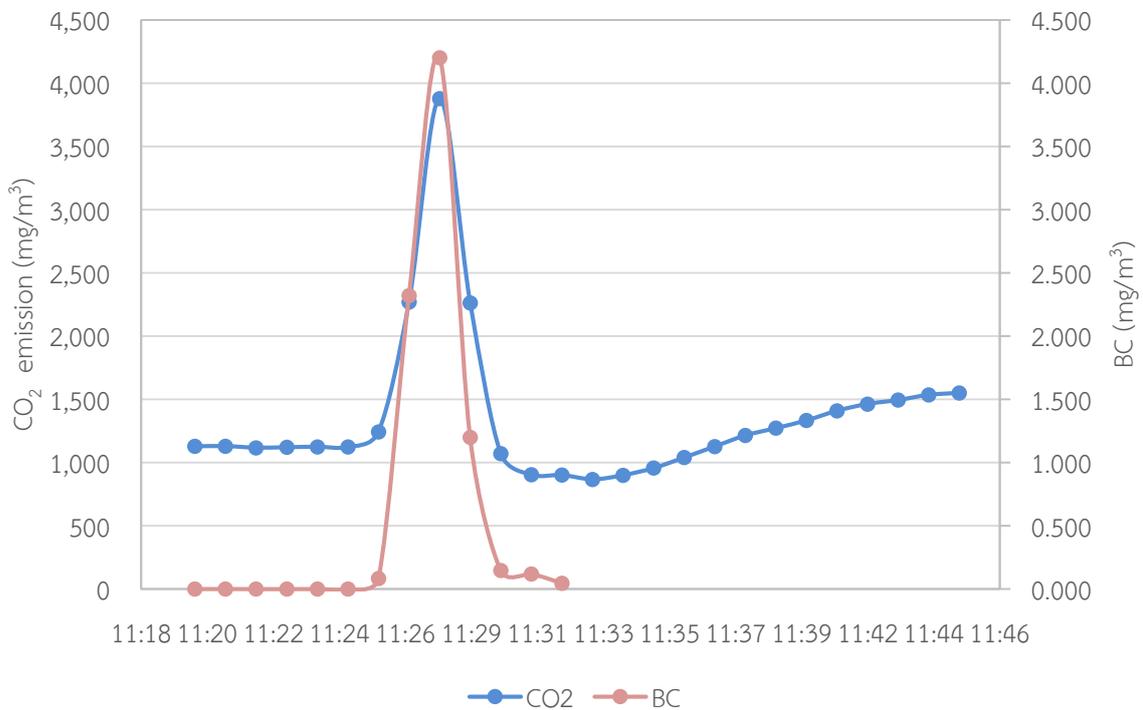


ป่าพรุดอนทึบ (แปลง 275)

ภาพที่ 5-18 ตัวอย่างภาวะการณความเข้มข้นของการปลดปล่อย CO₂ และ BC จากไฟในพื้นที่ป่าพรุดอนทึบ ตลอดช่วงเวลากการทดลองการเผาไหม้ (ต่อ)

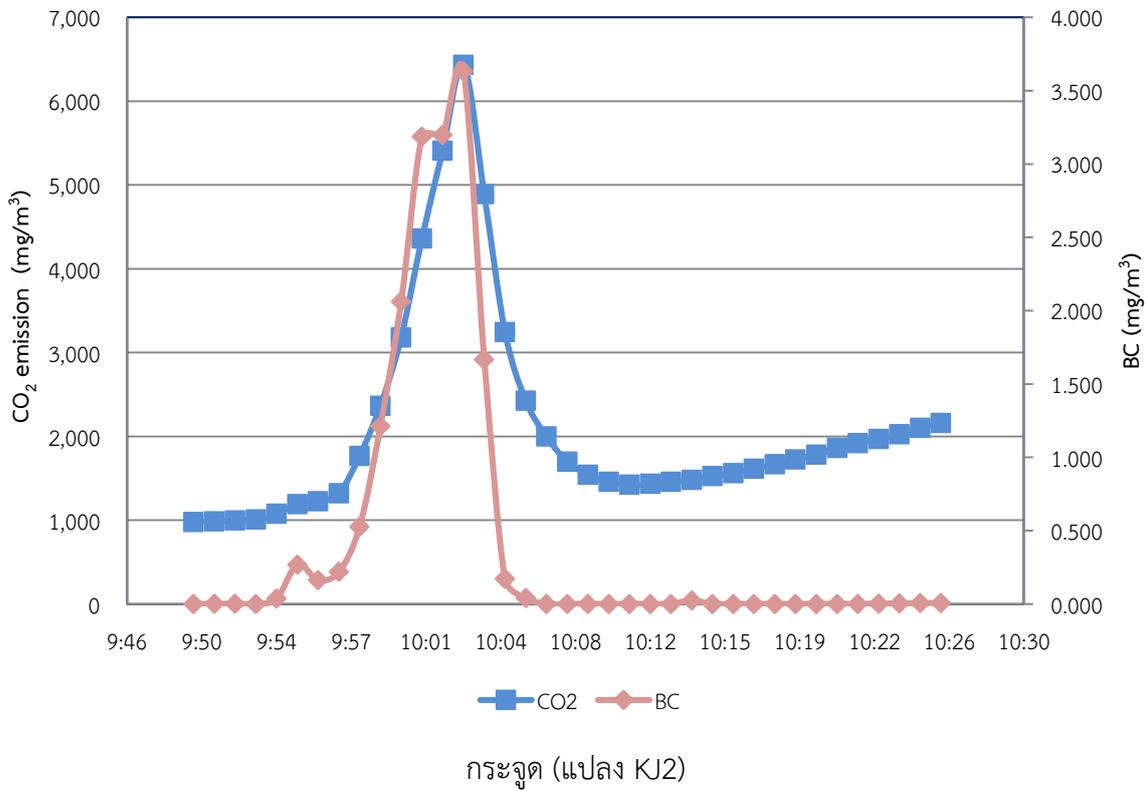
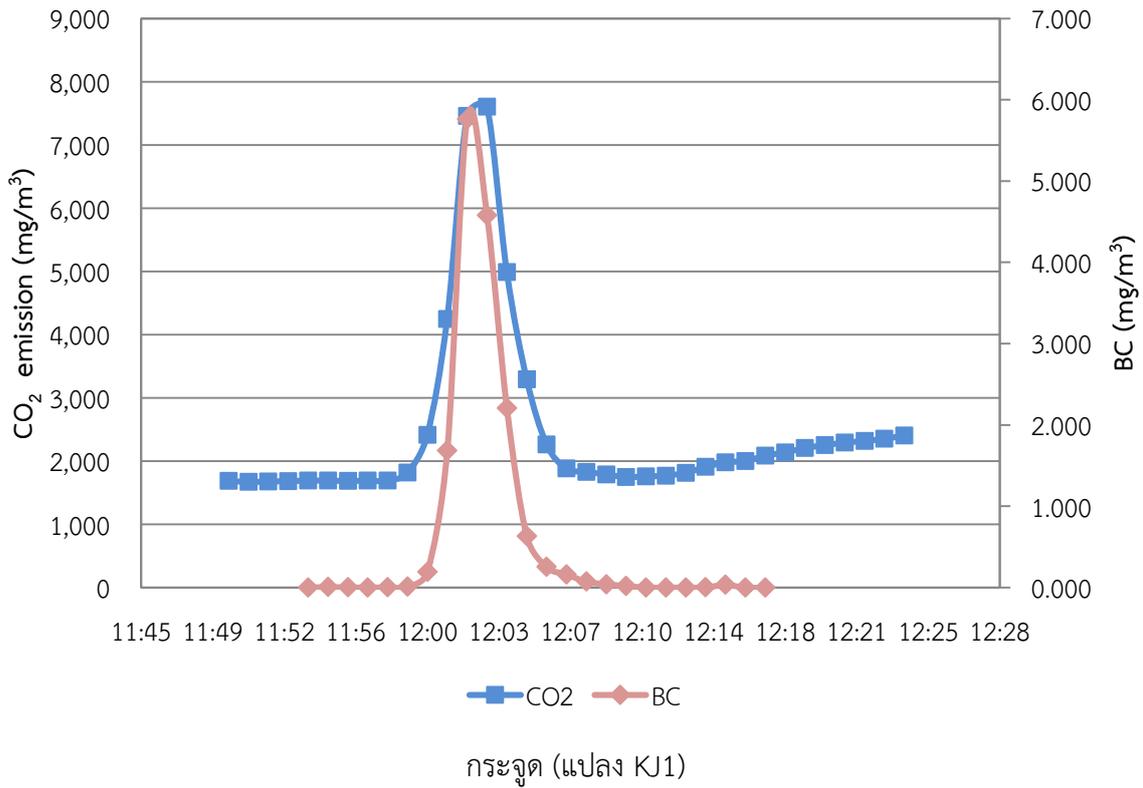


กระจุตหนู (แปลง 29)



ปรีอ (แปลง 351)

ภาพที่ 5-18 ตัวอย่างภาวะการณ์ความเข้มข้นของการปลดปล่อย CO₂ และ BC จากไฟในพื้นที่ทุ่งหญ้า ตลอดช่วงเวลากการทดลองการเผาไหม้ (ต่อ)



ภาพที่ 5-18 ตัวอย่างภาวะการณ้ความเข้มข้นของการปลดปล่อย CO₂ และ BC จากไฟในพื้นที่ทุ่งหญ้า ตลอดช่วงเวลากการทดลองการเผาไหม้ (ต่อ)

5.4) การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ

ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษที่ประเมินได้โดยใช้หลักการการสมดุลระหว่างปริมาณคาร์บอนก่อนเผา และปริมาณคาร์บอนหลังเผา (Carbon Mass Balance; CMB) นอกจากนี้ ได้ใช้หลักการของ CMB ในการประเมินหาค่าความเจือจาง (Dilution factor) ของความเข้มข้นของสารมลพิษที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้ที่จุดตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัด เพื่อนำมาใช้คำนวณค่าความเข้มข้นของการปลดปล่อยสารมลพิษดังกล่าวที่จุดตำแหน่งที่เกิดการเผาไหม้ ทั้งนี้ปัจจัยหลักที่ทำให้ค่าความเจือจางนี้แปรผันคือความเร็วลมหรือความรุนแรงของลมผวนที่เนื่องมาจากพฤติกรรมการเผา จากผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าความเจือจางโดยเฉลี่ยที่ประเมินได้ในการศึกษานี้อยู่ในช่วง 200-600 เท่า โดยค่าความเจือจางของความเข้มข้นของสารมลพิษระหว่างจุดที่เกิดการเผาไหม้และจุดที่ตรวจวัดในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มมีค่าน้อยที่สุด และในพื้นที่ทุ่งหญ้ามีค่าสูงที่สุด รายละเอียดของผลการประเมินค่า Dilution factor ในแต่ละแปลงทดลองดังแสดงในตาราง 5.7

ตารางที่ 5-8 ปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้ชีวมวล ปริมาณคาร์บอนที่ได้จากการตรวจวัด และค่าความเจือจางของมลพิษ จำแนกตามลักษณะแปลง

ลำดับที่	ลักษณะแปลง	เลขที่แปลง	ปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อย (มิลลิกรัม C/นาที)	ปริมาณ CO ₂ สูงสุดจากการตรวจวัด (มิลลิกรัม/ลบ.ม.-นาที)	ปริมาณ C จากการตรวจวัด (มิลลิกรัม C/ลบ.ม.-นาที)	Dilution
1	ป่าพรุที่ลุ่ม	32	72,914	4,293	1,171	62
2		237	266,468	3,140	856	311
3		236	388,845	6,816	1,859	209
4		279	190,958	3,122	851	202
ค่าเฉลี่ย (Ave.)			229,796	4,343	1,184	196
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)			132,617	1,737	474	102
5	ป่าพรุที่ดอน	188	5,887	2,023	552	11
6		189	246,895	6,518	1,778	139
7		255	177,286	1,590	434	409
8		275	633,614	2,080	567	762
ค่าเฉลี่ย (Ave.) ^a			352,599	3,053	926	437
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ^a			245,843	2,321	740	313
9	ทุ่งหญ้า	29	140,711	2,046	558	252
10		351	447,889	3,878	1,058	423
11		KJ1	3,319,178	7,602	2,073	1,601
12		KJ2	782,943	6,433	1,754	446
ค่าเฉลี่ย (Ave.)			1,172,680	4,990	1,361	681
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)			1,454,835	2,504	683	620

หมายเหตุ^a เป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่รวมผลจากการทดลองในแปลง 188 เนื่องจากในการทดลองดังกล่าวอัตราการลุกลามของไฟต่ำกว่าที่สามารถตรวจวัดได้



ตารางที่ 5-9 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของการปลดปล่อยสารมลพิษที่ตรวจวัดได้ ค่าความเจือจาง (Dilution factor) ปริมาณชีวมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้จริง ผลการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยสารมลพิษ และค่า Modified Combustion Efficiency (MCE) ในแต่ละแปลงทดลอง

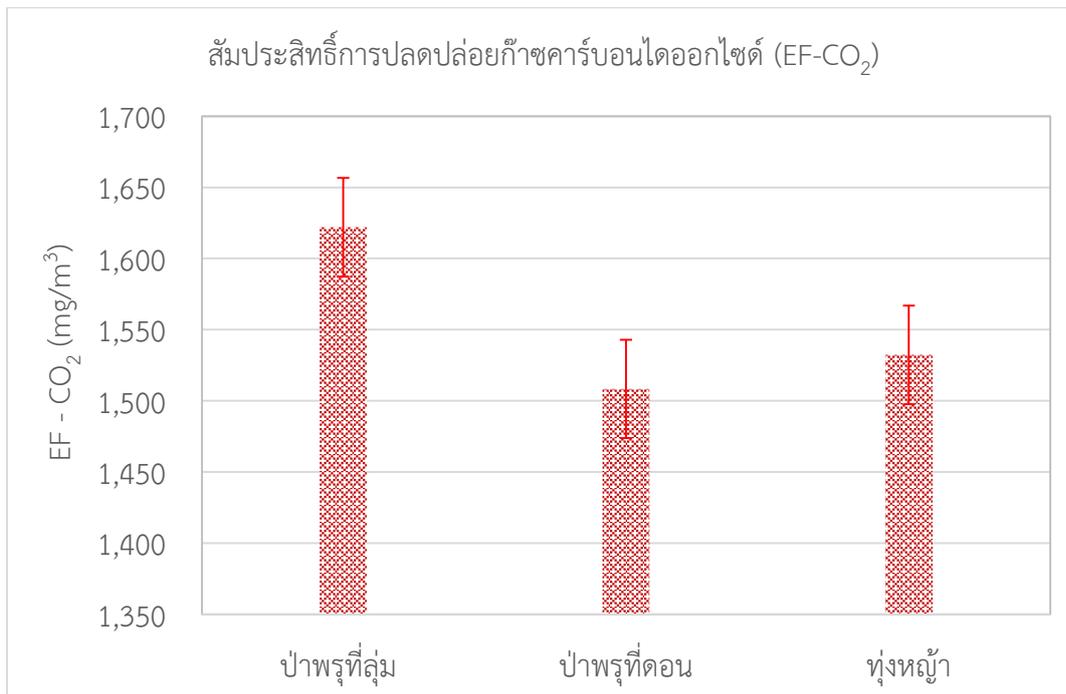
ลำดับที่	ลักษณะแปลง	เลขที่แปลง	Dilution factor	ปริมาณชีวมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ (กก./นาที่)	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของการปลดปล่อยสารมลพิษที่ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)				ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยสารมลพิษ (EF; กรัม/กิโลกรัมชีวมวล)				MCE
					CO ₂	CO	BC	PM _{2.5}	CO ₂	CO	BC	PM _{2.5}	
1	ป่าพรุที่ลุ่ม	32	62	0.19	4,293	160.0	2.2	75.0	1,395.7	52.0	0.7	24.4	0.977
2		237	311	0.59	3,140	160.0	1.9	94.9	1,667.9	85.0	1.0	50.4	0.982
3		236	209	0.86	6,816	744.0	7.8	90.2	1,653.8	180.5	1.9	21.9	0.990
4		279	202	0.40	3,464	223.9	2.8	19.3	1,770.7	114.4	1.4	9.9	0.998
		Ave.	196	0.51	4,428	322.0	3.7	69.9	1,622.0	108.0	1.3	26.6	0.987
		SD.	102	0.29	1,644	283.0	2.8	34.8	159.6	54.7	0.5	17.1	0.009
5	ป่าพรุที่ดอน	188	11	0.03	2,023	37.3	2.5	12.2	805.2	14.8	1.0	4.9	0.989
6		189	139	0.82	6,518	254.0	2.4	37.1	1,098.2	42.8	0.4	6.3	0.980
7		255	409	0.40	1,590	123.0	1.3	-	1,621.1	125.4	1.3	-	0.899
8		275	762	1.29	3,047	127.3	2.1	150.0	1,805.6	75.4	1.3	88.9	0.983
		Ave. ^a	437	0.84	3,718	168.1	2.0	62.4	1,508.3	81.2	1.0	31.7	0.954
		SD. ^a	313	0.44	2,531	74.4	0.6	78.1	366.9	41.6	0.5	49.6	0.047
9	ทุ่งหญ้า	29	252	0.35	2,046	121.0	0.9	28.3	1,464.6	86.6	0.6	20.3	0.977
10		351	423	1.21	3,878	428.0	4.2	-	1,352.0	149.2	1.5	-	0.995
11		KJ1	1,601	7.33	7,602	-	5.8	48.0	1,661.5	-	1.3	10.5	0.957
12		KJ2	446	1.74	6,433	-	3.6	47.3	1,651.0	-	0.9	12.1	0.993
		Ave.	681	2.66	4,989	274.5	3.6	30.9	1,532.3	117.9	1.1	14.3	0.981
		SD.	220	3.16	2,503	217.1	2.0	22.5	150.4	44.3	0.4	5.2	0.018

หมายเหตุ ^a เป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่รวมผลจากการทดลองในแปลง 188 เนื่องจากในการทดลองดังกล่าวอัตราการลุกลามของไฟต่ำกว่าที่สามารถตรวจวัดได้

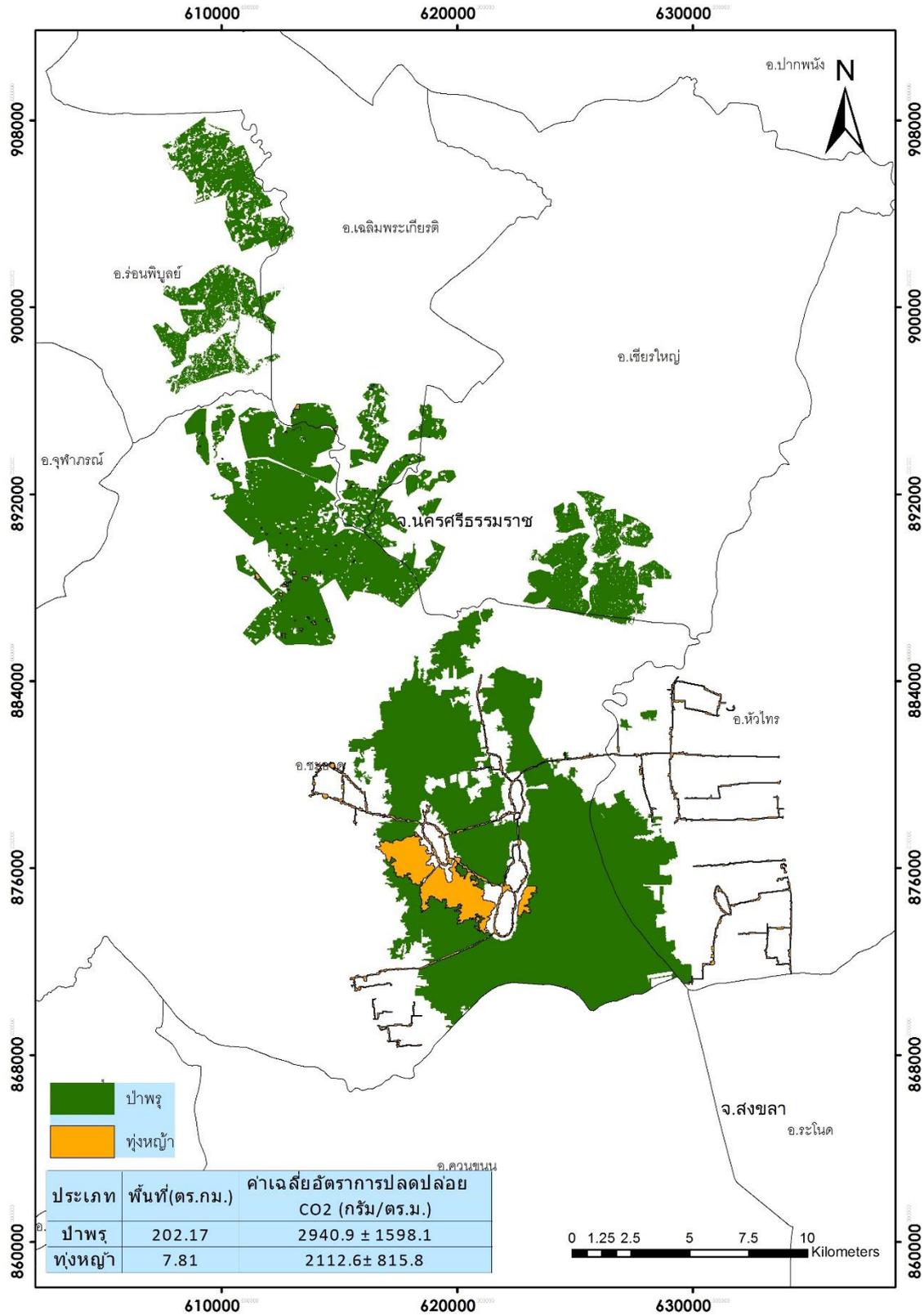
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (EF-CO₂)

จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (EF-CO₂) โดยหลักการ CMB ในแต่ละแปลงทดลองเผา รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5-9 พบว่า ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม มีค่า EF-CO₂ เฉลี่ยที่ 1,622 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง ในพื้นที่ป่าพรุที่ตลอน มีค่า EF-CO₂ เฉลี่ยที่ 1,508 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง และพื้นที่ทุ่งหญ้า มีค่า EF-CO₂ เฉลี่ยที่ 1,532 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง แสดงให้เห็นว่า EF-CO₂ ในพื้นที่ทั้งสามประเภทมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสูงที่สุดในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม และมีค่าน้อยที่สุดในพื้นที่ป่าพรุที่ตลอน ผลการเปรียบเทียบค่า EF-CO₂ จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภท พื้นที่ในป่าพรุควนเคร็งดังแสดงในภาพที่ 5-19

จากค่า EF-CO₂ และปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลในแต่ละประเภทพื้นที่ สามารถวิเคราะห์หา อัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ (Emission flux- CO₂) ได้ ดังแสดงในภาพที่ 5-17 ซึ่งชี้ให้เห็นได้ว่าในพื้นที่ลุ่มที่มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ สูงที่สุด ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาในส่วนของความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หากเกิดไฟป่าในป่าควนเคร็งระหว่างพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นป่าพรุ เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้านั้น (ดังแสดงในรูป 5.18) จะพบว่า ในพื้นที่ที่เป็นป่าพรุ จะมีค่าความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ที่ประมาณ 2,940 กรัม/ตารางเมตร ในขณะที่ในพื้นที่ทุ่งหญ้ามี่ค่าความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ อยู่ที่ประมาณ 2,112 กรัม/ตารางเมตร แสดงให้เห็นว่า ในพื้นที่ป่าพรุมีความเสี่ยงของระดับความรุนแรงของไฟสูงกว่าในพื้นที่ทุ่งหญ้า ซึ่งนำไปสู่ความเสี่ยงในการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในอัตราที่สูงกว่าด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 5-19 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (EF-CO₂) จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง

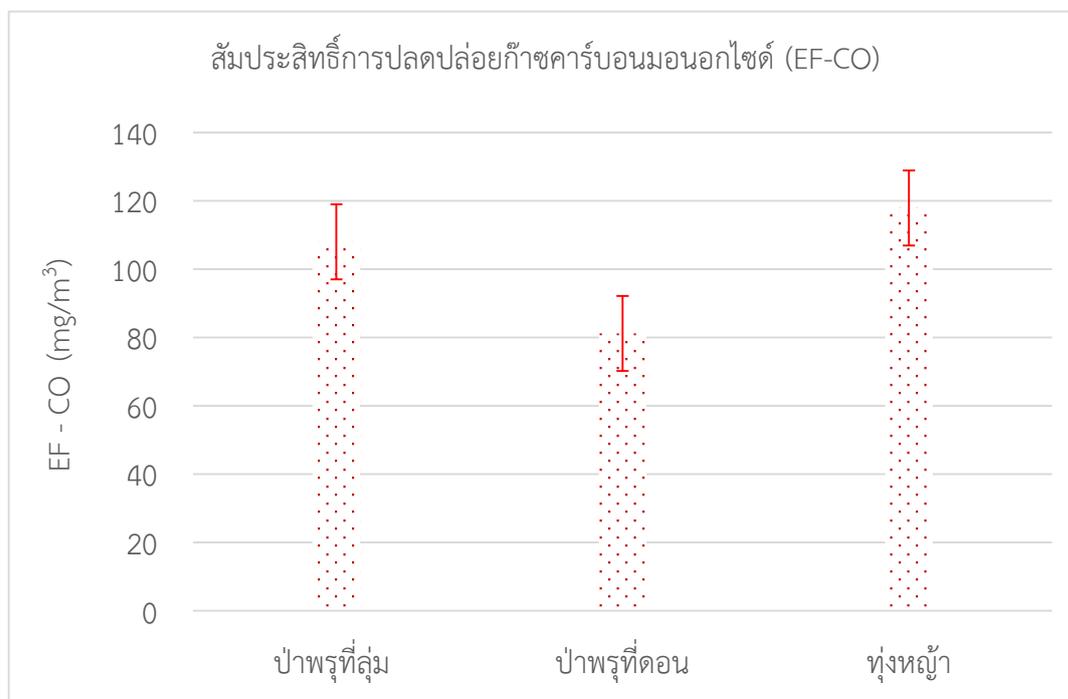


ภาพที่ 5-21 ความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ จากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุ และพื้นที่ทุ่งหญ้า

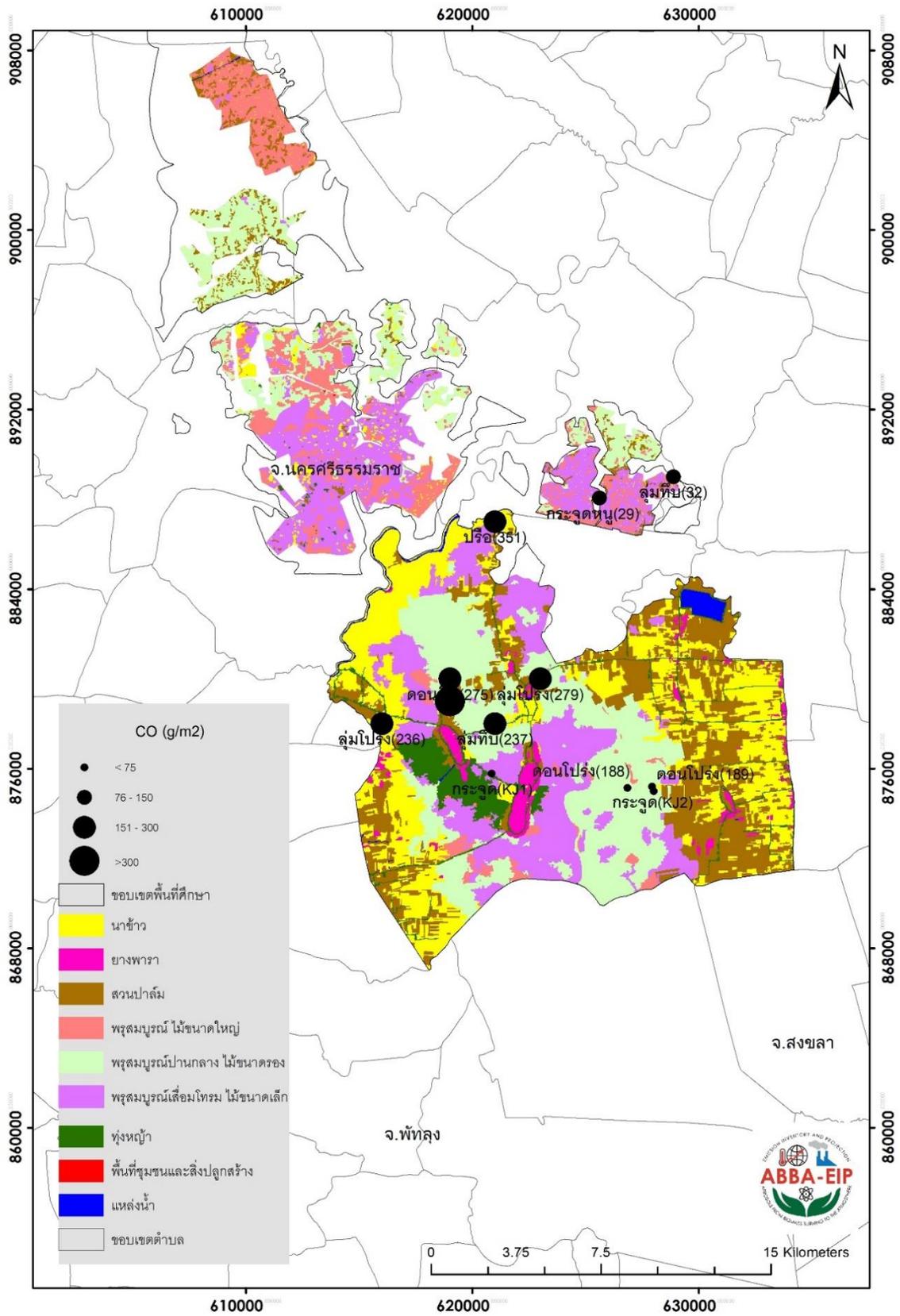
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (EF-CO)

จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (EF-CO) ในแต่ละแปลงทดลองเผา รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5-9 พบว่า ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม มีค่า EF-CO เฉลี่ยที่ 108 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง ในพื้นที่ป่าพรุที่ดอน มีค่า EF-CO เฉลี่ยที่ 81 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง และพื้นที่ทุ่งหญ้า มีค่า EF-CO เฉลี่ยที่ 117 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง แสดงให้เห็นว่า EF-CO ในพื้นที่ป่าพรุทั้งสามประเภทมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม มีการปลดปล่อยก๊าซ CO ในปริมาณสูงที่ใกล้เคียงกัน และในพื้นที่ป่าพรุที่ดอนมีการปลดปล่อยก๊าซ CO ต่ำที่สุด ผลการเปรียบเทียบค่า EF-CO จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็งดังแสดงในภาพที่ 5-22

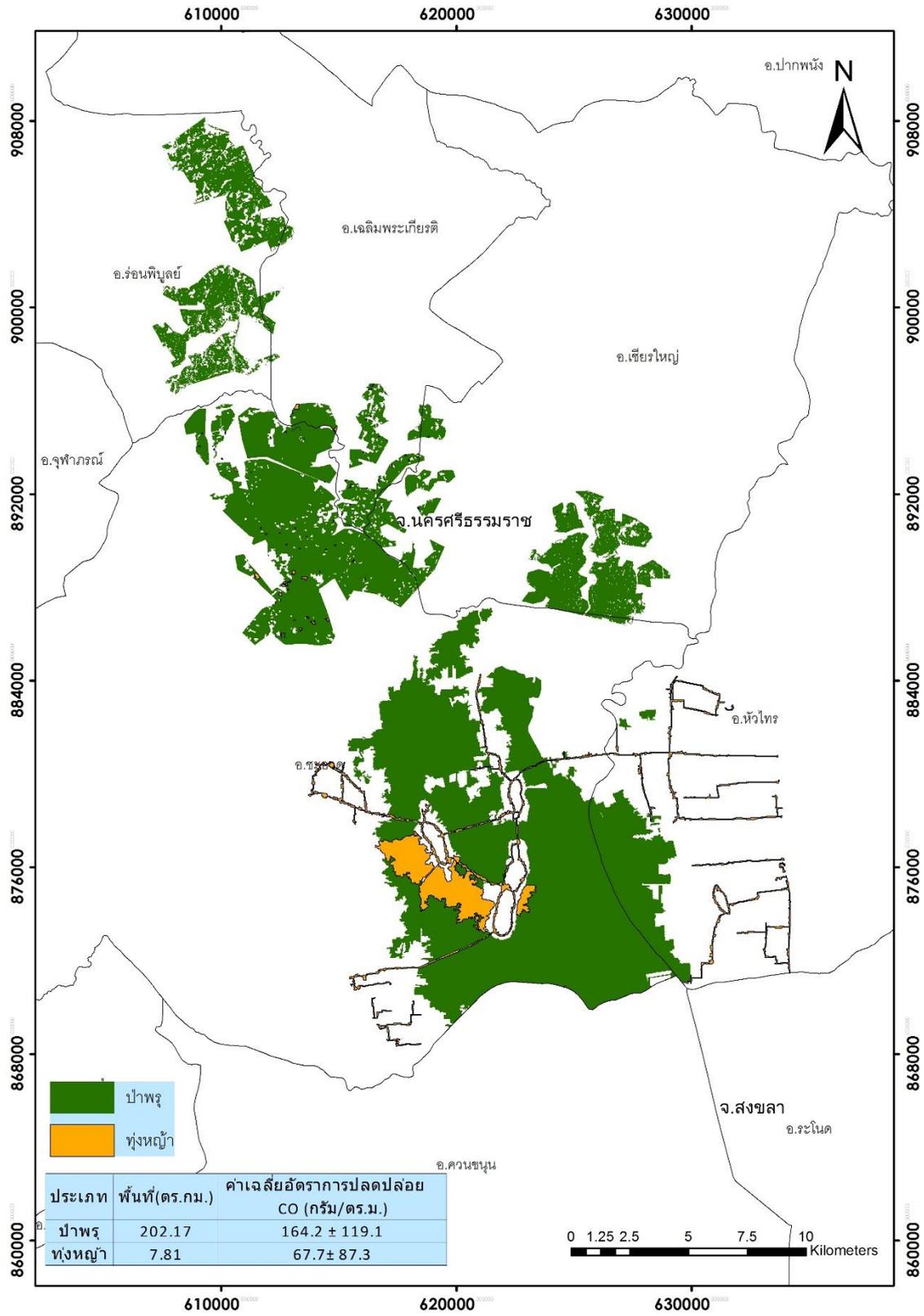
จากค่า EF-CO และปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลในพื้นที่ สามารถวิเคราะห์หาอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ (Emission flux-CO) ได้ ดังแสดงในภาพที่ 5-23 ซึ่งชี้ให้เห็นได้ว่าในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม มีการปลดปล่อยก๊าซ CO สูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในส่วนของความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ระหว่างพื้นที่ป่าพรุ และพื้นที่ทุ่งหญ้า (ดังแสดงในภาพที่ 5-24) จะพบว่า ในพื้นที่ที่เป็นป่าพรุมีความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO ที่ประมาณ 164 กรัม/ตารางเมตร ในขณะที่ในพื้นที่ทุ่งหญ้ามี่ค่าความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO อยู่ที่ประมาณ 67 กรัม/ตารางเมตร เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์ดังกล่าวทั้งหมดร่วมกับข้อมูลลักษณะของชีวมวลเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่ พบว่าในพื้นที่ป่าพรุมีความเสี่ยงของระดับความรุนแรงของไฟสูงกว่าในพื้นที่ทุ่งหญ้า ทั้งนี้ด้วยความชื้นของชีวมวลเชื้อเพลิงในพื้นที่ ที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณการปลดปล่อย CO จากไฟป่าพรุ ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับผลที่คาดการณ์ได้โดยทางทฤษฎี กล่าวคือ ยิ่งชีวมวลเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงการเผาไหม้ก็ยิ่งไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้มีการปลดปล่อยสารที่ยังรวมตัวกับออกซิเจนไม่สมบูรณ์ เช่น CO ในปริมาณที่ยิ่งสูงขึ้น



ภาพที่ 5-22 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (EF-CO) จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง



ภาพที่ 5-23 อัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเค็ง (Emission flux-CO)

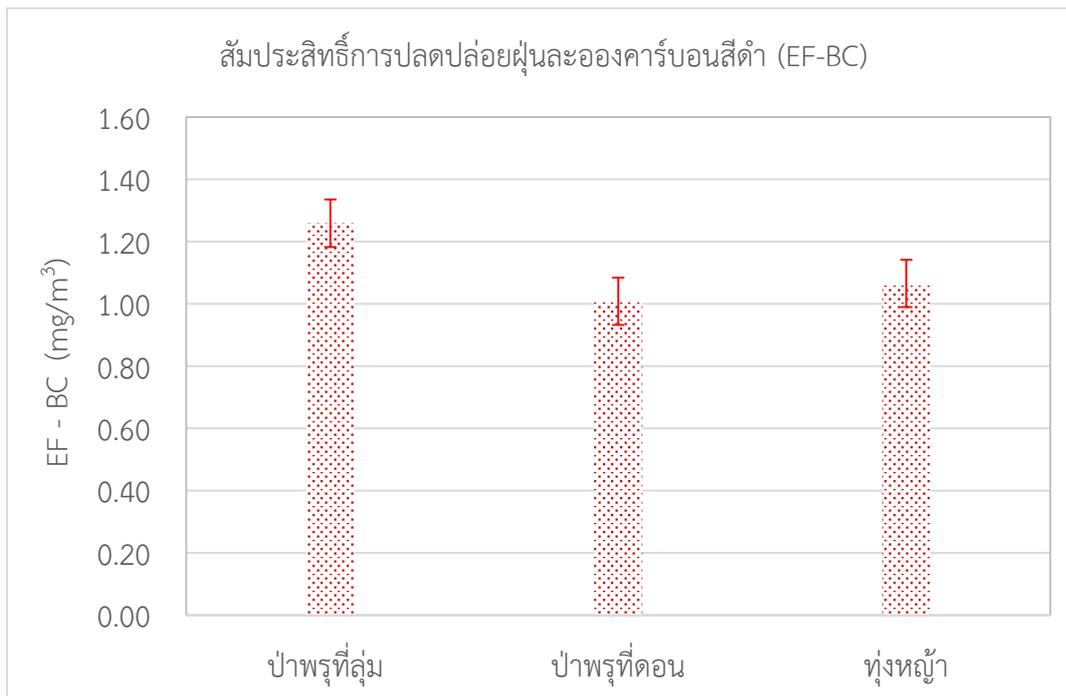


ภาพที่ 5-24 ความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ จากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุ และพื้นที่ทุ่งหญ้า

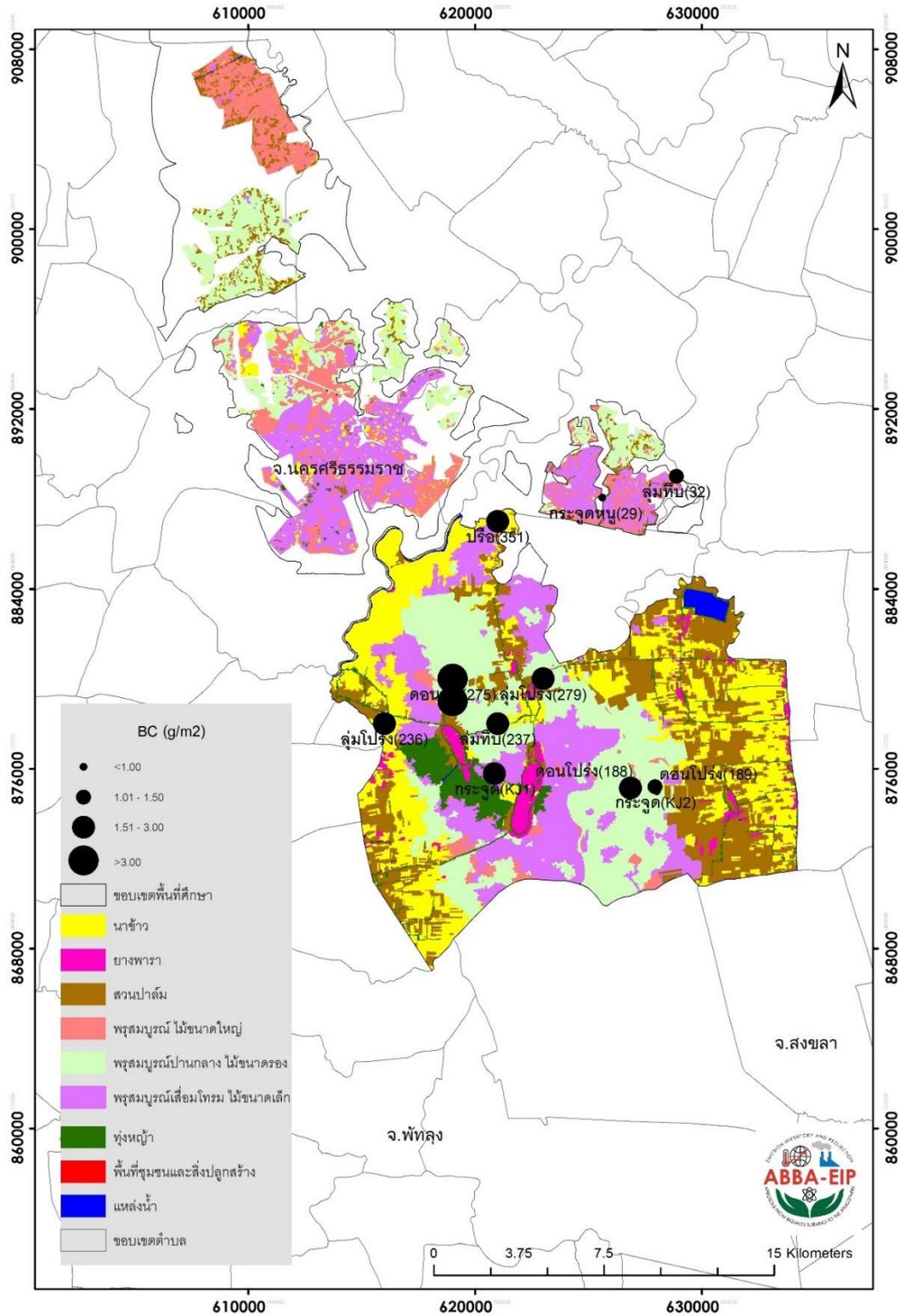
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยฝุ่นละอองคาร์บอนสีดำ (EF Black Carbon: EF-BC)

จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยสาร Black Carbon (BC) (EF-BC) ในแต่ละประเภททดลองเผา รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5-9 พบว่า ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม มีค่า EF-BC เฉลี่ยที่ 1.3 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง ในพื้นที่ป่าพรุที่ดอน มีค่า EF-BC เฉลี่ยที่ 1.0 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง และพื้นที่ทุ่งหญ้า มีค่า EF-BC เฉลี่ยที่ 1.1 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง แสดงให้เห็นว่า EF-BC ในพื้นที่ป่าพรุทั้งสามประเภทมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มมีการปลดปล่อย BC สูงที่สุด และพื้นที่ป่าพรุที่ดอนมีการปลดปล่อย BC น้อยที่สุด ผลการเปรียบเทียบค่า EF-BC จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็งดังแสดงในภาพที่ 5-25

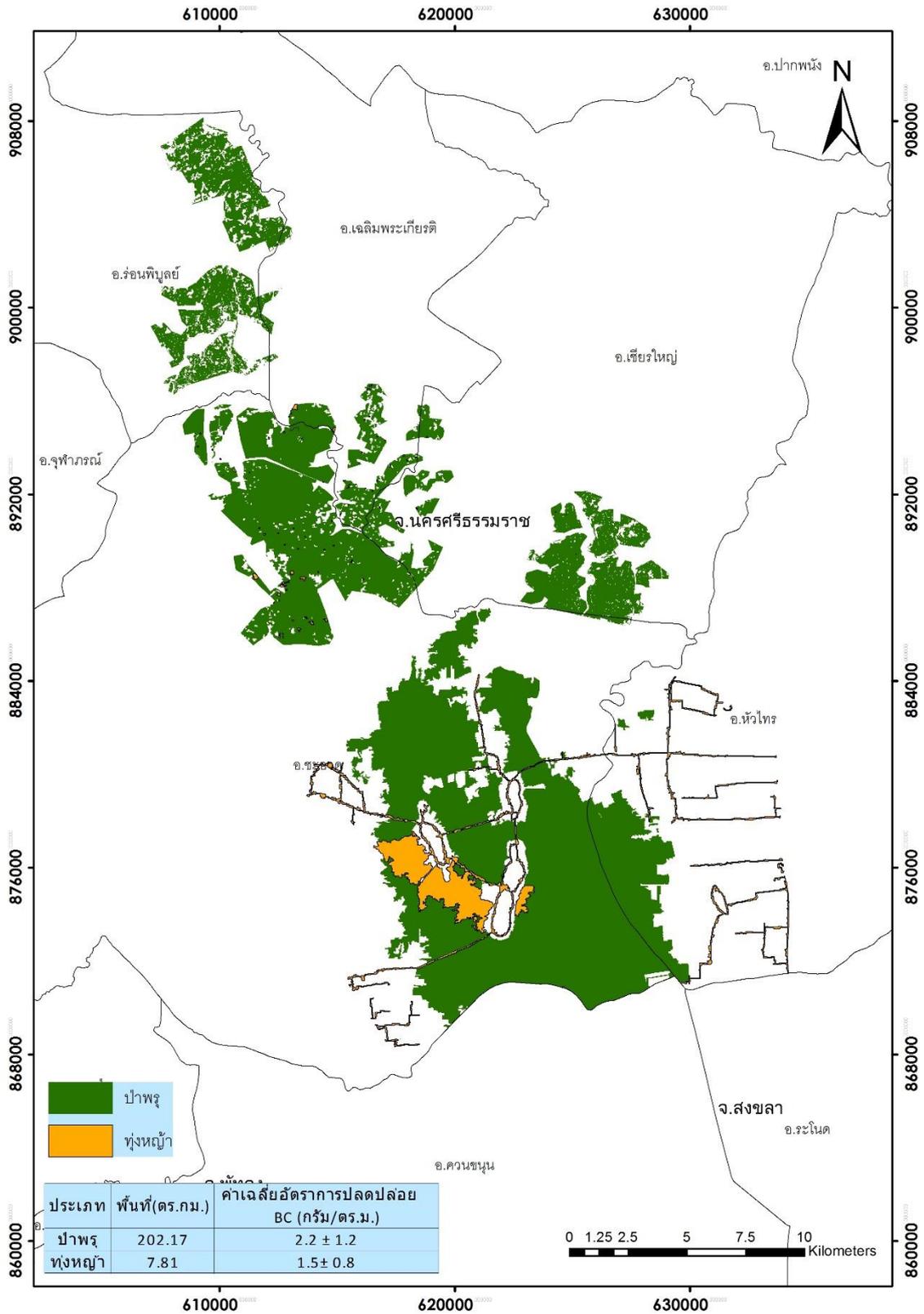
จากค่า EF-BC และปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลในพื้นที่ สามารถวิเคราะห์หาอัตราการปลดปล่อยก๊าซ BC จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ (Emission flux-BC) ได้ ดังแสดงในภาพที่ 5-26 ซึ่งชี้ให้เห็นได้ว่าในพื้นที่ลุ่ม มีการปลดปล่อยสาร BC ในรูปฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในส่วนของความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ BC ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ระหว่างพื้นที่ป่าพรุ และพื้นที่ทุ่งหญ้า (ดังแสดงในภาพที่ 5-27) จะพบว่า ในพื้นที่ที่เป็นป่าพรุมีความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ BC ที่ประมาณ 2.2 กรัม/ตารางเมตร ในขณะที่ในพื้นที่ทุ่งหญ้ามี่ค่าความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ BC อยู่ที่ประมาณ 1.5 กรัม/ตารางเมตร จากข้อมูลทั้งหมด จะเห็นว่า ในพื้นที่ป่าพรุจะมีการปลดปล่อยก๊าซ BC ในระดับที่สูงกว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า หากเกิดไฟป่าในพื้นที่



ภาพที่ 5-25 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยสาร BC ในรูปฝุ่นละอองขนาดเล็ก (EF-BC) จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง



ภาพที่ 5-26 อัตราการปลดปล่อยสาร BC ในรูปฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพาร์ควงเวียน (Emission flux- BC)

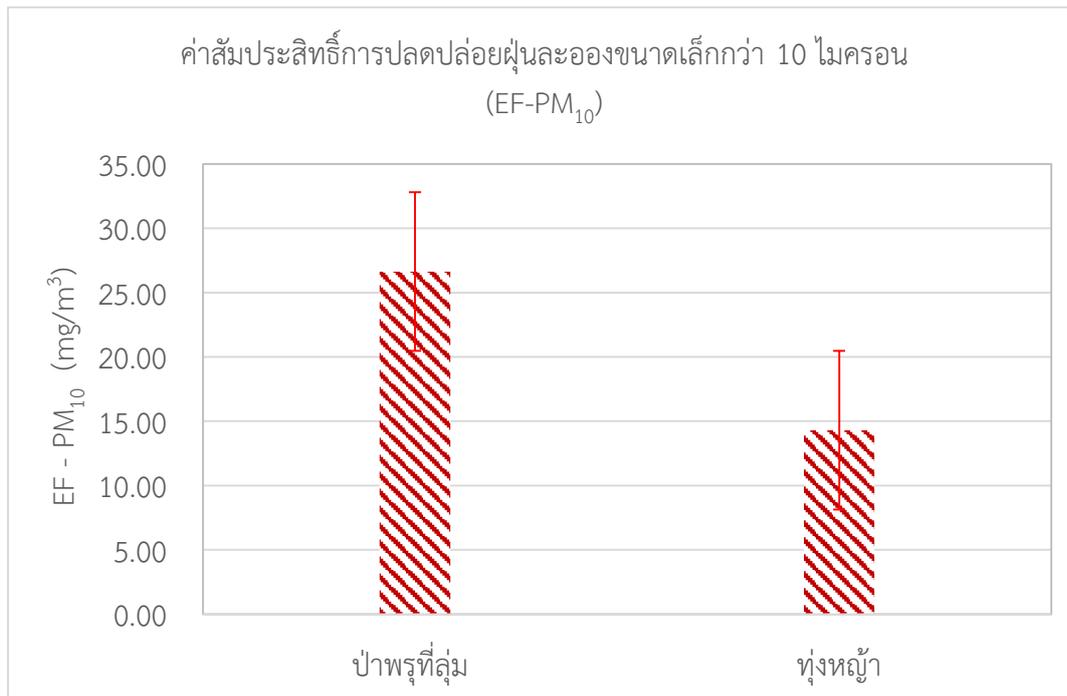


ภาพที่ 5-27 ความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซ BC ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ จากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุ และพื้นที่ทุ่งหญ้า

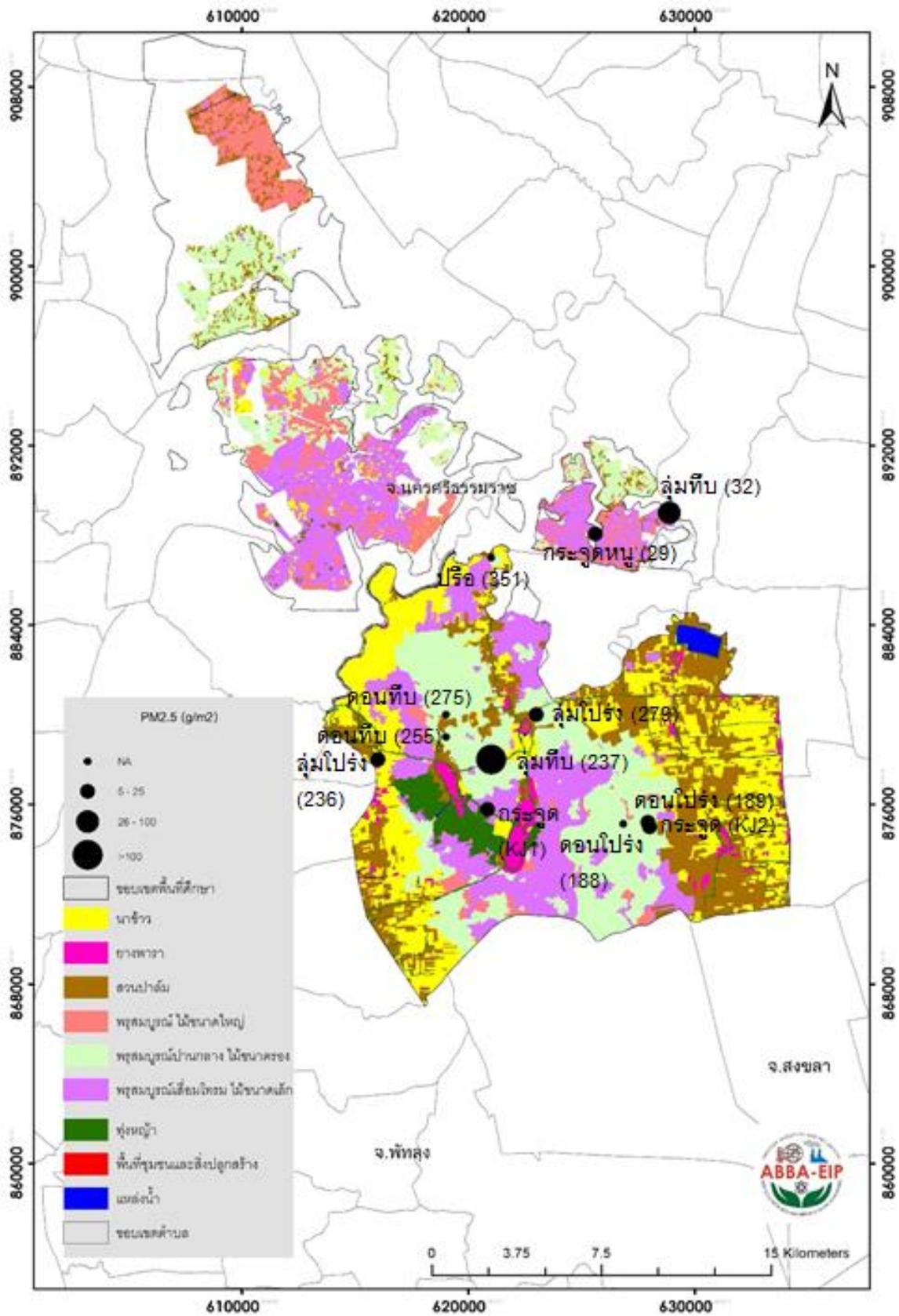
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (EF-PM₁₀)

จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (EF-PM₁₀) ในแต่ละแปลงทดลองเผา รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5-9 พบว่า ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม มีค่า EF- PM₁₀ เฉลี่ยที่ 26.6 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง พื้นที่ทุ่งหญ้า มีค่า EF- PM₁₀ เฉลี่ยที่ 14.3 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง ในส่วนของพื้นที่ป่าพรุที่ดอนนั้น ไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดผิดพลาด เพราะเกิดการบดพร่องของเครื่องมือตรวจวัด ดังนั้นจึงเปรียบเทียบได้เพียงพื้นที่ป่าพรุสองประเภทเท่านั้น ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของการปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ จะพบว่า ในพื้นที่ป่าพรุ มีอัตราการปลดปล่อย PM₁₀ เฉลี่ยที่ประมาณ 15.4 กรัม/ตารางเมตร ในขณะที่ทุ่งหญ้ามียุทธการปลดปล่อย PM₁₀ ที่ 14.0 กรัม/ตารางเมตร จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า หากเกิดไฟป่าขึ้น ในพื้นที่ป่าพรุมีอัตราการปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก มากกว่าในพื้นที่ทุ่งหญ้า ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (EF-CO) และสาร BC ในรูปฝุ่นละอองขนาดเล็ก (EF-BC) ผลการเปรียบเทียบค่า EF- PM₁₀ จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็งดังแสดงในภาพที่ 5-28

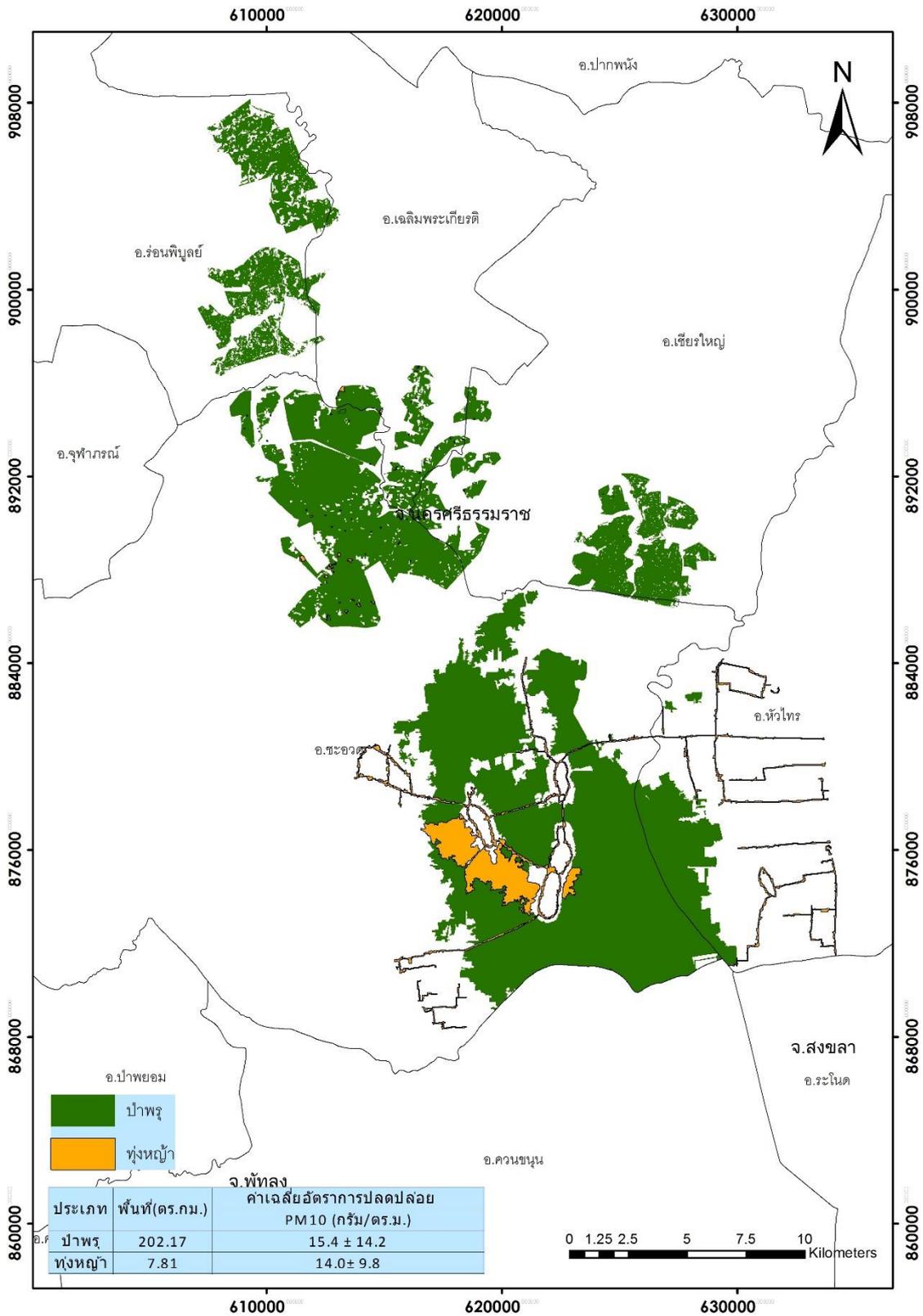
จากค่า EF- PM₁₀ และปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลในพื้นที่ สามารถวิเคราะห์หาอัตราการปลดปล่อยก๊าซ PM₁₀ จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ (Emission flux- PM₁₀) และความเข้มข้นของการปลดปล่อย PM₁₀ ได้ดังแสดงในภาพที่ 5-29 และภาพที่ 5-30 ตามลำดับ



ภาพที่ 5-28 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (EF-PM₁₀) จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง



ภาพที่ 5-29 อัตราการปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากการเผาไหม้ในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง (Emission flux- PM₁₀)

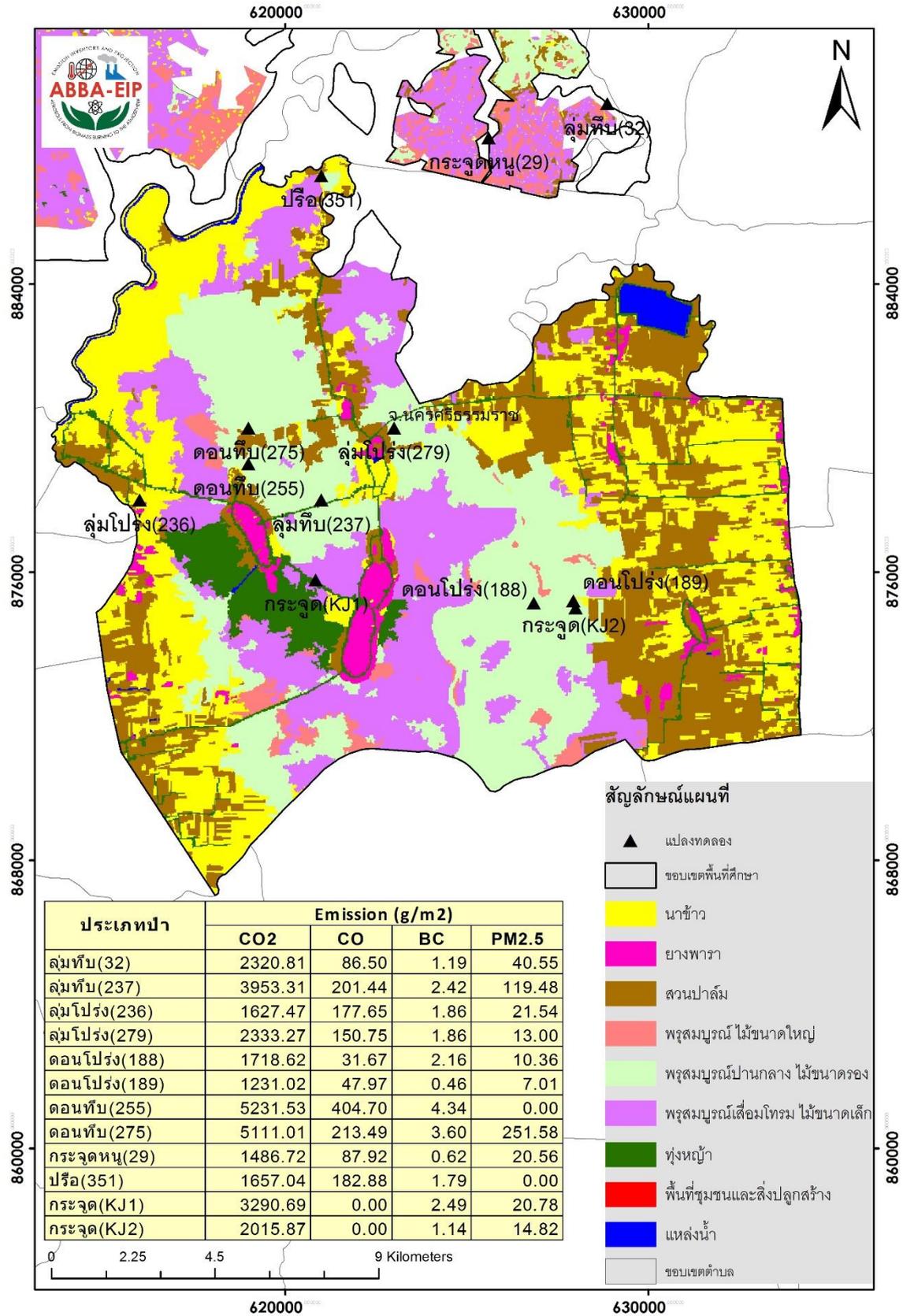


ภาพที่ 5-30 ความเข้มข้นของการปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (EF-PM₁₀) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ จากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุ และพื้นที่ทุ่งหญ้า

จากค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ศึกษา และปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่แปลงทดลอง สามารถสรุปอัตราการปลดปล่อยมลพิษดังกล่าวจากการเกิดการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุ ได้ดังแสดงในภาพที่ 5-31

จากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ศึกษาจากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุควมเคร่งของการศึกษานี้ กับงานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมา ดังแสดงในตารางที่ 5-10 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ที่ได้จากการศึกษานี้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาที่ผ่านมาก แต่ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซ CO และฝุ่นละอองขนาดเล็กรวมถึงสาร BC ด้วยนั้น ยังคงแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา ทั้งนี้ มีหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว เช่นวิธีการประเมิน วิธีการตรวจวัด ประเภทของชีวมวล คุณสมบัติของชีวมวล และแหล่งที่มาของชีวมวลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประเมิน ทำให้ผลการประเมินนั้นมีค่าที่แตกต่างกันได้ โดยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซและฝุ่นละอองของ Robert J. Yokelson (1997) เป็นค่าที่ได้จากการทดลองเผาชีวมวลจากป่าพรุในประเทศสหรัฐอเมริกา (รัฐมิชิแกน) ซึ่งมีร้อยละคาร์บอนอยู่ที่ 49.3 และเป็นการทดลองเผาในเตาเผาภายในห้องปฏิบัติการ และทำการตรวจวัดการปลดปล่อยจากการเผาไหม้แบบระอุครุกุ่น (smoldering) ในส่วนของการศึกษาของ Christian และคณะ (2003) ได้จากการทดลองเผาชีวมวลที่ได้จากป่าพรุในประเทศอินโดนีเซีย ที่มีร้อยละของคาร์บอนอยู่ที่ 54.7 โดยทดลองเผาในเตาเผาภายในห้องปฏิบัติการเช่นกัน สำหรับการศึกษานี้ของ S. K. Akagi และคณะ (2011) ได้จากการประมาณค่าแบบถ่วงน้ำหนัก (weighted average) ของป่าพรุ และป่าดิบชื้น (Evergreen forest) โดยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซและฝุ่นละอองของป่าพรุใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างผลการศึกษาของ Robert J. Yokelson (1997) และ Christian และคณะ (2003) ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซและฝุ่นละอองของป่าดิบชื้น ได้จากการศึกษาของ Ferek และคณะ (1998) โดยให้ค่าถ่วงน้ำหนักไปที่ป่าพรุที่ 0.73 และค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับป่าดิบชื้นที่ 0.27

เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซและฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ในพื้นที่ทุ่งหญ้า ในการศึกษานี้ กับงานวิจัยของ Andreae และคณะ (2001) พบว่า ได้ค่าที่ค่อนข้างแตกต่างกันแต่ยังคงอยู่ในช่วงของความคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($\text{PM}_{2.5}$) ซึ่งอาจเป็นผลอันเนื่องมาจากความแตกต่างของวิธีการเก็บข้อมูลก๊าซและฝุ่นละออง ประเภทของชีวมวลที่เผา และวิธีการประเมิน โดยในการศึกษาของ Andreae และคณะ (2001) ใช้การทดลองเผาชีวมวลจากทุ่งหญ้า Savannah โดยตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในควันไฟ (Fire plume) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยจากความเข้มข้นของสารมลพิษที่ศึกษาในควันไฟที่ปรับแก้ด้วยความเข้มข้นของสารมลพิษดังกล่าวในบรรยากาศไร้การเผาไหม้ (Ambient concentration) กล่าวคือ จากค่า Excess concentration



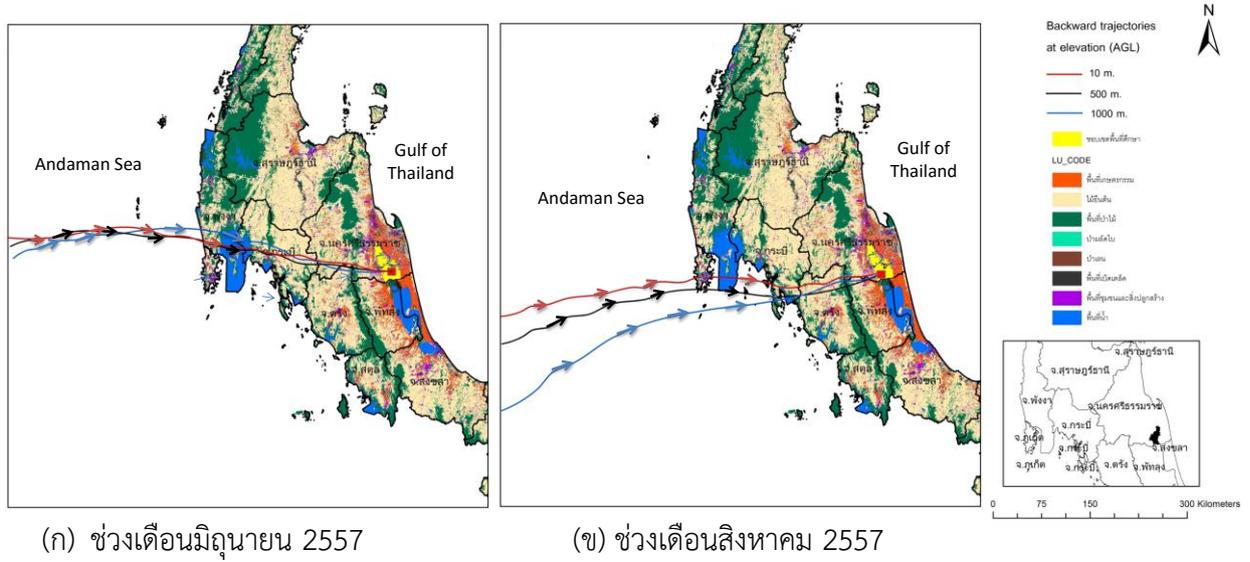
ภาพที่ 5-31 ภาพรวมอัตราการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ศึกษาจากการเผาไหม้ในแต่ละพื้นที่แปลงทดลองในป่าพรุควนเค็ง

ตารางที่ 5-10 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากการศึกษานี้ กับผลงานวิจัยอื่นๆที่ผ่านมา

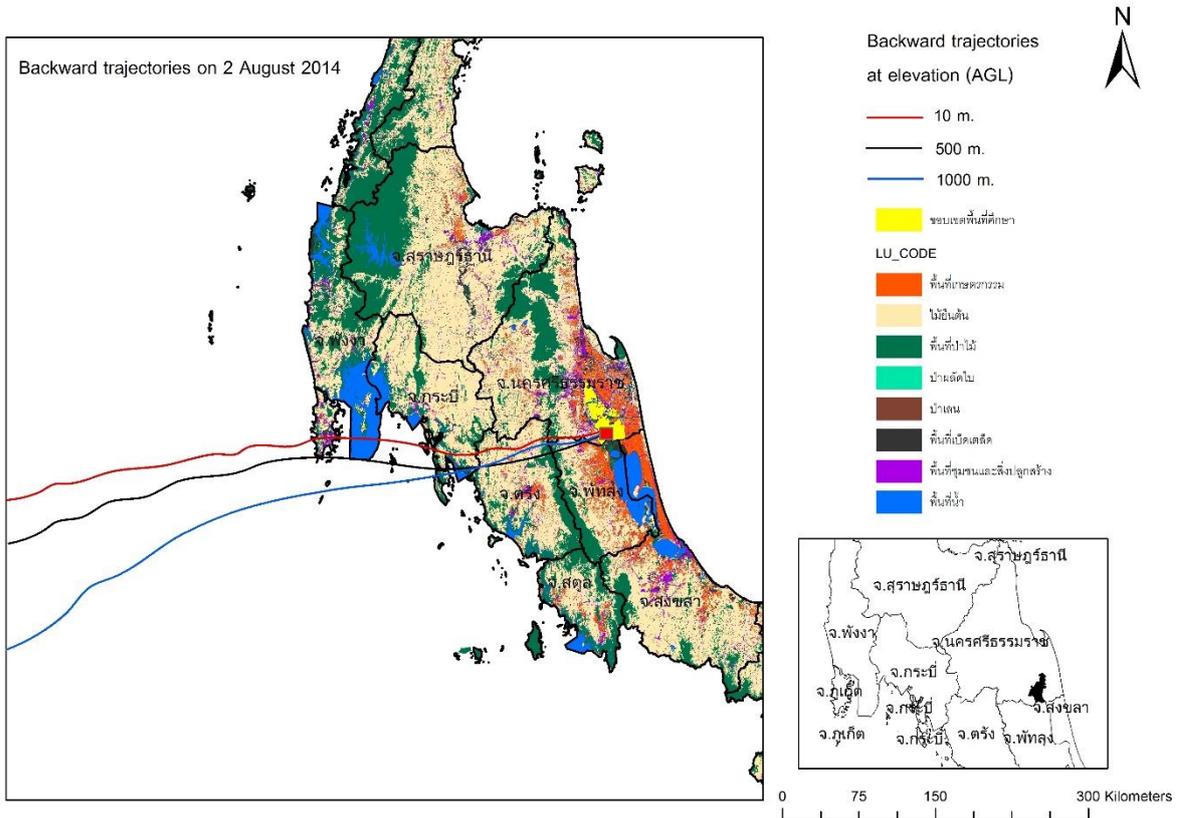
แหล่งข้อมูล	ประเภทป่า	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล)			
		CO ₂	CO	BC	PM _{2.5}
การศึกษานี้	ป่าพรุที่ลุ่ม	1,622±159	108±54	1.3±0.5	26.6±17.1
	ป่าพรุที่ดอน	1,508±366	81±41	1.0±0.5	47.6±49.6
	ทุ่งหญ้า	1,532 ±150	117 ±44	1.1±0.4	14.3 ±5.2
S. K. Akagi และคณะ (2011)	Tropical Forest-Peat	1,563±65	182±60	0.20±0.11	-
Christian และคณะ (2003)	Indonesian Peat	1,703±510	210±63	0.04±0.012	-
Andreae และคณะ (2001)	ทุ่งหญ้า Savanna	1,613 ± 95	65 ± 20	0.48 ± 0.18	5.4 ± 1.5
Robert J. Yokelson (1997)	Boreal Peat	1,395±52	209±68	-	-

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อนของการศึกษาของ Christian และคณะ (2003) ประเมินจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนที่ ร้อยละ 20-40% [S. K. Akagi และคณะ, 2011]

นอกจากนี้ จากการศึกษาการเคลื่อนตัวของลม ณ ช่วงเวลาต่างๆ จะพบว่า ในช่วงเดือนมิถุนายน และช่วงเดือนสิงหาคม ทิศทางของลมจะพัดจากฝั่งทะเลอันดามันขึ้นฝั่ง ผ่านจังหวัดกระบี่ ตรัง และเข้าสู่จังหวัดนครศรีธรรมราช จนถึงแปลงทดลอง (ดังแสดงในภาพที่ 5-32) ทั้งนี้เมื่อ วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของมวลอากาศย้อนหลัง 24 ชั่วโมง (backward trajectories) มาถึงจุดที่ตรวจวัดในแปลงทดลอง 236 ของวันที่ 2 สิงหาคม 2557 ณ ระดับความสูง 10 เมตร 500 เมตร และ 1,000 เมตร จากระดับพื้นดิน ดังแสดงในภาพที่ 5-33 ซึ่งเป็นวันที่ตรวจวัดค่ามลพิษทางอากาศในทุกก๊าซ (CO₂, CO, PM_{2.5}, BC) ได้สูงที่สุด จะพบว่า การเคลื่อนที่ของมวลอากาศพัดผ่านเฉพาะพื้นที่ที่เป็นป่า และพื้นที่ไม้ยืนต้นมวลอากาศมิได้พัดผ่านพื้นที่ที่เป็นเขตอุตสาหกรรมหรือแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ดังนั้น ค่ามลพิษที่ตรวจวัดได้ในช่วงที่ทำการทดลองผานั้นจึงเป็นค่ามลพิษที่เกิดขึ้นจริงจากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุของช่วงเวลาที่ทำการทดลองเผา



ภาพที่ 5-32 ทิศทางการเคลื่อนตัวของลม ณ ระดับความสูงต่างๆ ในช่วงเวลาต่างๆ



ภาพที่ 5-33 การเคลื่อนที่ของมวลอากาศย้อนหลัง 24 ชั่วโมง ถึงจุดตรวจวัดในแปลงทดลอง (แปลง 236) ในวันที่ 2 สิงหาคม 2557

5.5) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุในป่าพรุควนเคร็ง

ในการศึกษานี้ได้ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในชั้นดินพรุ ก่อนและหลังการเผาไหม้ โดยทำการตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแปลงทดลอง 4 จุด ทั้งก่อนและหลังการเผา โดยทำการตรวจวัดซ้ำทุกๆ 15 นาที จนครบ 1 ชั่วโมงสำหรับก่อนการเผา และทำการตรวจวัดซ้ำทุก 10 นาที จนครบ 30 นาที สำหรับหลังการเผา ผลจากการตรวจวัดได้ปริมาณความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุเฉลี่ยก่อนและหลังการเผาไหม้ ดังแสดงในตารางที่ 5-11 และภาพที่ 5-34 และ 5-35 ตามลำดับ โดยปริมาณก๊าซมีเทนในชั้นดินพรุของป่าเสม็ดที่ลุ่ม มีค่าเฉลี่ยที่ 0.148 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วงก่อนการเผา และมีปริมาณก๊าซมีเทนน้อยมากจนตรวจวัดไม่ได้ในช่วงหลังการเผา ในขณะที่ชั้นดินพรุของป่าพรุที่ดอน มีค่าเฉลี่ยที่ 0.022 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วงก่อนการเผา และ 0.009 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วงหลังการเผา และในชั้นดินพรุของทุ่งหญ้า มีค่าเฉลี่ยที่ 0.019 กรัมต่อตารางเมตรในช่วงก่อนการเผา และ 0.011 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วงหลังเผา จากข้อมูลตรวจวัดนี้เห็นได้ว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุ มีปริมาณน้อยมากทั้งในกรณีก่อนและหลังการเผา โดยในช่วงหลังการเผาอัตราการปลดปล่อยที่ลดลง และสัดส่วนการลดลงนั้นขึ้นอยู่กับประเภทพื้นที่ ซึ่งในกรณีของป่าพรุที่ลุ่มลดลงจนอยู่ในระดับที่ตรวจวัดไม่ได้ ทั้งนี้ ในพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่มมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุในช่วงก่อนการเผาสูงกว่าในพื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ดอน ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุของงานวิจัยนี้ กับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่ตรวจวัดได้ในการศึกษานี้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.019-0.148 กรัม/ตารางเมตร.วัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลการศึกษาของ สุพร บุญประคับ และคณะ ที่ทำการตรวจวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในชั้นดินพรุของป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส ระหว่างปี 2538-2540 โดยใช้วิธี close chamber method แบบลอยน้ำ (Floating Chamber) และแบบวางอยู่กับที่ (Static Chamber) โดยผลการตรวจวัดในปี 2538 วัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้ที่ 0.07-0.17 กรัม/ตารางเมตร.วัน การตรวจวัดในปี 2539 วัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้ที่ 0.09-0.47 กรัม/ตารางเมตร.วัน และการตรวจวัดในปี 2540 วัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้ที่ 0.03-0.12 กรัม/ตารางเมตร.วัน ทั้งนี้ ความแตกต่างของผลการตรวจวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนอาจเกิดจากความแตกต่างของวิธีการตรวจวัด โดยในการศึกษานี้ใช้การตรวจวัดแบบวางอยู่กับที่ (Static Chamber) ดังแสดงในภาพที่ 5-36

จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ร่วมกับการวิเคราะห์แผนผังการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุและความหนาของชั้นพรุในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง (ภาพที่ 5-34 และ ภาพที่ 5-35) พบว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในชั้นดินพรุ ขึ้นกับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ อันประกอบด้วย ความหนาของชั้นดินพรุ ประเภทพื้นที่ ประเภทและลักษณะของชีวมวลที่ปกคลุมผิวของชั้นดินพรุ และความชื้นของชีวมวลที่ปกคลุมผิวดินรวมถึงปริมาณน้ำข้างบนพื้นที่เนื้อชั้นดินพรุ อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของจำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลในการศึกษานี้ ประกอบกับข้อจำกัดของพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ จึงยังไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งส่งผลต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในชั้นดินพรุได้

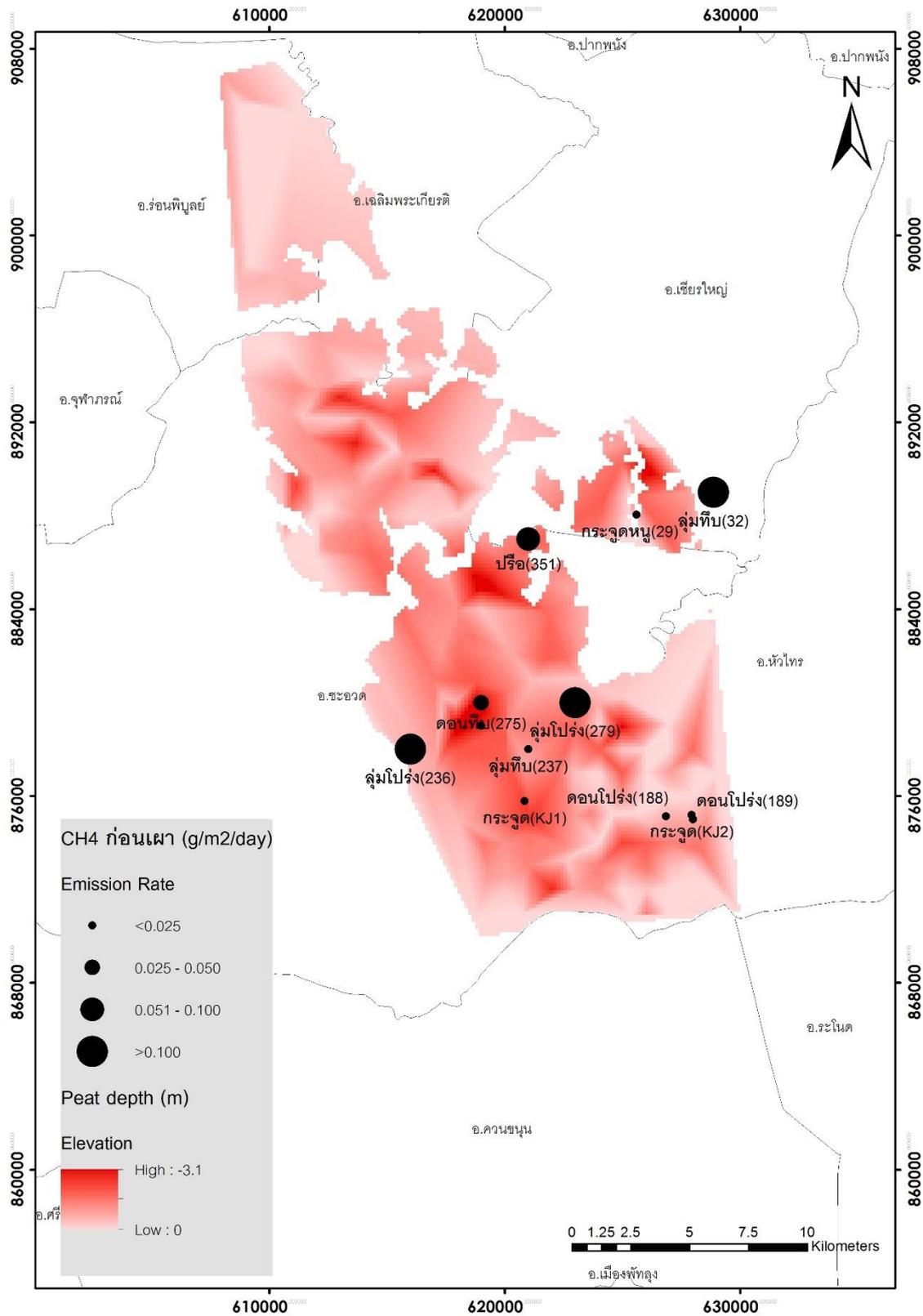
ตารางที่ 5-11 อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุก่อนและหลังการเผาไหม้ชีวมวลในแต่ละประเภทพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง

ลำดับที่	เลขที่แปลง	ลักษณะแปลง		ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (กรัม/ตารางเมตร/วัน)	
				ก่อนเผา	หลังเผา
1	32	ป่าพรุที่ ลุ่ม	ป่าพรุลุ่มทึบ	0.258	-
2	237		ป่าพรุลุ่มทึบ	0.005	0.000
3	236		ป่าพรุลุ่มโปร่ง	0.109	-
4	279		ป่าพรุลุ่มโปร่ง	0.220	-
ค่าเฉลี่ย (Ave.)				0.148	0.000
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)				0.114	0.000
5	188	ป่าพรุที่ ดอน	ป่าพรุดอนโปร่ง	0.000	0.000
6	189		ป่าพรุดอนโปร่ง	0.018	0.000
7	255		ป่าพรุดอนทึบ	0.000	0.018
8	275		ป่าพรุดอนทึบ	0.047	-
ค่าเฉลี่ย (Ave.)^a				0.022	0.009
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)^a				0.024	0.010
9	29	ทุ่งหญ้า	กระจูดหนุ	0.000	0.000
10	351		ปรีอ	0.077	0.037
11	KJ1		กระจูด	0.000	0.003
12	KJ2		กระจูด	0.000	0.005
ค่าเฉลี่ย (Ave.)				0.019	0.011
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)				0.039	0.017

หมายเหตุ 0.000 หมายถึง ปริมาณก๊าซมีเทนที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของวิธีการตรวจวัด (Detection limit)

- หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวัดก๊าซมีเทน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ และสภาพพื้นที่ที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน

^a เป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่รวมผลจากการทดลองในแปลง 188 เนื่องจากในการทดลองดังกล่าวอัตราการลุกลามของไฟต่ำกว่าที่สามารถตรวจวัดได้



ภาพที่ 5-34 อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุก่อนการจำลองการเผาในแต่ละพื้นที่แปลงทดลองในป่าพรุควนเคร็ง



ภาพที่ 5-36 ตัวอย่างการตรวจวัดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุในพื้นที่ทุ่งหญ้าในป่าพรุควนเคร็ง

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการเผาในพื้นที่แปลงทดลอง 12 แปลง ในระหว่างเดือนเมษายน – สิงหาคม 2557 โดยจำแนกประเภทพื้นที่ออกเป็นป่าพรุที่ดอน ป่าพรุที่ลุ่ม และทุ่งหญ้า ในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อศึกษาถึง ความหนาแน่นของชีวมวลเชื้อเพลิงของการเผาไหม้ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO, CO₂, และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (TPM) จากการเผาไหม้ชีวมวลในพื้นที่ป่าพรุ และวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (EF) ของก๊าซ CO, CO₂, และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (TPM) ตามหลักการ Carbon Mass Balance (CMB) รวมถึงการตรวจวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการเน่าเปื่อยของชีวมวลในชั้นดินพรุ ผลสรุปการศึกษามีดังต่อไปนี้

- ผลการตรวจวัดปริมาณชีวมวลเหนือผิวดินในพื้นที่ป่าพรุ พบว่า ในพื้นที่ป่าพรุมีชีวมวลเหนือผิวดิน ประกอบด้วย ใบไม้ เปลือกไม้ ซากพืช และไม้พื้นล่าง โดยมีซากพืชเป็นชีวมวลเหนือผิวดินหลัก โดยจากการวัดในพื้นที่แปลงทดลองทั้ง 12 แปลง พบว่า มีปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลเหนือผิวดินรวมอยู่ในช่วง 0.98-2.83 กิโลกรัม/ตารางเมตร (9.8-28.3 ตัน/เฮคแตร์) ทั้งนี้ ในพื้นที่ป่าพรุที่ดอน มีความหนาแน่นของชีวมวลเชื้อเพลิงมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม และพื้นที่ทุ่งหญ้า
- ผลการประเมินปริมาณการเผาไหม้ของชีวมวล พบว่า เมื่อเกิดการเผาไหม้ ชีวมวลประเภทซากพืชและไม้พื้นล่างจะถูกเผาไหม้มากที่สุด โดยในแต่ละแปลงทดลองมีค่าร้อยละการเผาไหม้รวมของชีวมวลอยู่ในช่วงร้อยละ 44.2-72.8 ของปริมาณความหนาแน่นของชีวมวลในพื้นที่ และชีวมวลในพื้นที่ทุ่งหญ้าจะถูกเผาไหม้ไปได้มากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ป่าพรุที่ดอน และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม

- ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยที่ประเมินตามหลักการ Carbon Mass Balance Method (CMB) พบว่า เมื่อชีวมวลถูกเผาไหม้ปริมาณคาร์บอนในเนื้อชีวมวลจะลดลงเนื่องจากแปรสภาพเป็นก๊าซและฝุ่นละอองขนาดเล็กและปลดปล่อยสู่บรรยากาศ โดยจากการประเมินปริมาณคาร์บอนที่แปรสภาพและปลดปล่อยสู่บรรยากาศ พบว่ามีค่าเทียบเท่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อยู่ในช่วง 1.03 - 2.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ โดยในพื้นที่ป่าพรุที่ดอนมีปริมาณคาร์บอนปลดปล่อยสู่บรรยากาศสูงที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม
- ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของปริมาณก๊าซ CO₂ ก๊าซ CO สาร BC ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก และฝุ่นละออง PM_{2.5} โดยชุดเครื่องมือตรวจวัดแบบต่อเนื่อง พบว่า ปริมาณก๊าซและฝุ่นละอองสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 3,396-4,989 มิลลิกรัม CO₂/ลูกบาศก์เมตร 152.9-296.0 มิลลิกรัม CO/ลูกบาศก์เมตร 2.2-3.6 มิลลิกรัม BC/ลูกบาศก์เมตร และ 30.9-73.8 มิลลิกรัม PM_{2.5}/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยมีค่า Modified Combustion Efficiency (MCE) มีค่าในช่วง 0.954-0.987 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งเป็นการเผาไหม้ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ โดยในพื้นที่ทุ่งหญ้าเป็นพื้นที่ที่ตรวจวัดความเข้มข้นการปลดปล่อยของปริมาณก๊าซ CO₂ และ BC ได้ค่าสูงที่สุด และพื้นที่ป่าพรุที่ลุ่ม ตรวจวัดความเข้มข้นของปริมาณก๊าซ CO และ PM_{2.5} ได้สูงที่สุด ทั้งนี้ ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นและยืนยันว่า ความชื้นของชีวมวลเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญต่ออัตราการปลดปล่อยของก๊าซ CO และ PM_{2.5}
- ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซ จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศตามหลักการ CMB ร่วมกับ ผลการตรวจวัดความเข้มข้นการปลดปล่อยของก๊าซ CO₂ ก๊าซ CO สาร BC ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก และฝุ่นละออง PM_{2.5} โดยชุดเครื่องมือตรวจวัดแบบต่อเนื่อง รวมถึงการประมาณค่าความเจือจาง (Dilution Factor) ของการตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศที่ศึกษา พบว่า ได้ค่า EF-CO₂ ค่า EF-CO ค่า EF-BC และค่า EF-PM_{2.5} อยู่ในช่วง 1,508-1,622 กรัม CO₂/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล 81-108 กรัม CO/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล 1.0-1.3 กรัม BC/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล และ 14.3-47.6 กรัม PM_{2.5}/กิโลกรัมน้ำหนักแห้งชีวมวล ตามลำดับ จากข้อมูล จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่ป่าพรุที่มีลักษณะสังคมพืชที่แตกต่างกัน มีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซมลพิษดังกล่าวในระดับที่แตกต่างกัน แต่ยังคงอยู่ในช่วงระดับนัยสำคัญเดียวกันสำหรับทุกก๊าซมลพิษ ทั้งนี้ความแตกต่างยังขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมภายในป่าอีกด้วย อาทิเช่น ปริมาณความหนาแน่นของชีวมวล ความต่อเนื่องของชีวมวลในแปลงเผา ความชื้นของชีวมวล ความชื้นของดิน ระดับน้ำเหนือผิวดิน เป็นต้น
- ผลการตรวจวัดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุก่อนและหลังการเผา พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากชั้นดินพรุซึ่งเนื่องมาจากการเน่าเปื่อยของชีวมวลในชั้นดินพรุ ทั้งก่อนและหลังการเกิดไฟในระดับอัตราการปลดปล่อยที่น้อยมาก ถึงในบางกรณีอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าขีดจำกัดของวิธีการตรวจวัดได้ โดยตรวจวัดได้เพียง 0.019-0.148 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับกรณีก่อนเผา และ 0.000-0.011 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับกรณีหลังเผา แสดงให้เห็นว่า การเกิดไฟ ทำให้ปริมาณการอัตราการปลดปล่อยมีเทนจากดินพรุลดลง ทั้งนี้ ด้วยอัตราการปลดปล่อยมีเทนจากชั้นดินพรุของพื้นที่ลุ่มสูงกว่าพื้นที่ทุ่งหญ้าและพื้นที่ดอน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ลุ่มเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟใต้ดินสูงกว่าพื้นที่ทุ่งหญ้าและพื้นที่ดอน

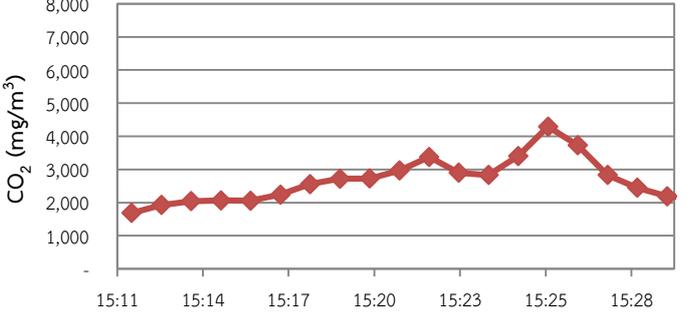
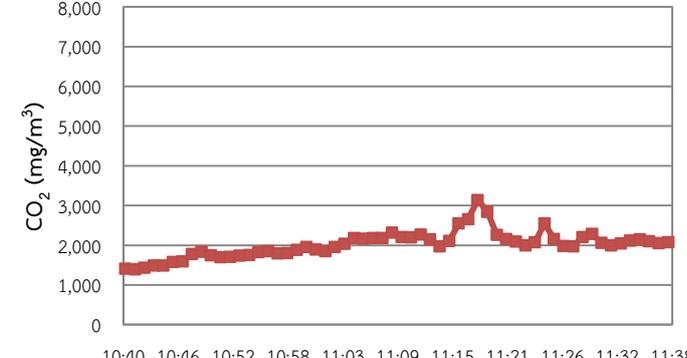
ผลสรุปของการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ข้อมูลที่ได้จากการศึกษายังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก ด้วยความหลากหลายของระบบนิเวศและสังคมพืชที่ศึกษา ลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละประเภทพื้นที่ป่าพรุ สภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนในช่วงเวลาที่ดำเนินการทดลอง รวมถึงความแปรปรวนของพฤติกรรมไฟ ซึ่งส่งผลให้เก็บตัวอย่างได้ในจำนวนจำกัด และความบกพร่องของเครื่องมือตรวจวัดในบางการทดลองหรือสำหรับมลพิษบางประเภท จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาในเชิงรายละเอียด ทั้งในแง่ของลักษณะชีวมวลเชื้อเพลิงของการเผาไหม้ พฤติกรรมไฟ การปลดปล่อยมีเทนจากชั้นดินพรุ และการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ชีวมวลในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งเพิ่มเติม โดยดำเนินการทำการทดลองซ้ำสำหรับกรณีที่มีปัญหา เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ศึกษาที่มีคุณภาพในระดับสากลสามารถใช้เป็นค่าตัวแทนของการปลดปล่อยมลพิษดังกล่าวจากไฟป่าพรุของพื้นที่ป่าพรุในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง และพื้นที่ป่าพรุของประเทศไทยได้

7. บรรณานุกรม

- [1] กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2558) สถิติปริมาณฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช พ.ศ. 2545 – 2557.
- [2] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า ประมวลสรุปสถานการณ์การดำเนินการควบคุมไฟป่าในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง (ในห้วงเดือนมิถุนายน – สิงหาคม 2555), หน้า 1.
- [3] กอบศักดิ์ และคณะ (2556) การจัดทำแผนอนุรักษ์ ป่าพรุและปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยและป่าพรุควนเคร็ง ฐานข้อมูลพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยและป่าพรุควนเคร็ง, หน้า 1-13.
- [4] สุพร บุญประดับ สุรินทร์ ไวยเจริญ พิสุทธิ วิจารสรณ์ และชิงโกะ เวตะ การปลดปล่อยมีเทนจากพื้นที่พรุ จังหวัดนราธิวาส การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 หน้า 269-274
- [5] Ferek, R. J., Reid, J. S., Hobbs, P. V., Blake, D. R., and Liousse, C. (1998) Emission factors of hydrocarbons, halocarbons, trace gases, and particles from biomass burning in Brazil, *J. Geophys. Res.*, **103** (D24), pp. 32107–32118.
- [6] M. O. Andreae and P. Metlet (2001) Emission of trace gases and aerosols from biomass burning, *Global Biogeochemical Cycles*, **15** (4), pp. 955-966.
- [7] Robert J. Yokelson (1997) Emissions from smoldering combustion of biomass measured by open-path Fourier transform infrared spectroscopy, *Journal of Geophysical Research*, **102**, pp 18865-18877.
- [8] S. K. Akagi, R. J. Yokelson, C. Wiedinmyer, M. J. Alvarado, J. S. Reid, T. Karl, J. D. Crouse, and P. O. Wennberg (2011) Emission factors for open and domestic biomass burning for use in atmospheric models, *Atmos. Chem. Phys.*, **11**, pp. 4039–4072.
- [9] T. J. Christian, B. Kleiss, R. J. Yokelson, R. Holzinger, P. J. Crutzen, W. M. Hao, B. H. Saharjo, and D. E. Ward (2003) Comprehensive laboratory measurements of biomass-burning emissions: 1. Emissions from Indonesian, African, and other fuels, *Journal of Geophysical Research*, **108**, pp. ach 3-1 - ach 3-13.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก 5-1 ช่วงเวลาในการทดลองเผา ระยะเวลาในการเผาไหม้ และปริมาณ CO₂ ที่ตรวจวัดได้

ช่วงเวลาการทดลองเผา	ระยะเวลาเผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO ₂ สูงสุด ที่ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)	ปริมาณ CO ₂ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)
15.12 - 15.31 น.	19	4,293.40	<p style="text-align: center;">ปริมาณ CO₂ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)</p> 
ป่าพรุที่ลุ่มทึบ (แปลง 32)			
10.41 - 11.31 น.	50	3,139.63	
ป่าพรุที่ลุ่มทึบ (แปลง 237)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO ₂ สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ ลบ.ม.)	ปริมาณ CO ₂ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)
9.19-9.53 น.	34	6,815.51	<p>CO₂ emission (mg/m³)</p> <p>9:17 9:20 9:23 9:25 9:28 9:31 9:34 9:37 9:40 9:43 9:46 9:48 9:51 9:54 9:57</p>
ป่าพรุที่ลุ่มโปรง (แปลง 236)			
11.30-11.45 น.	15	3,464.62	<p>CO₂ emission (mg/m³)</p> <p>11:30 11:32 11:34 11:36 11:39 11:41 11:43 11:45</p>
ป่าพรุที่ลุ่มโปรง (แปลง 279)			
14.20-15.30 น.	70	2,023.43	<p>CO₂ emission (mg/m³)</p> <p>14:19 14:26 14:34 14:41 14:48 14:55 15:02 15:10 15:17 15:24</p>

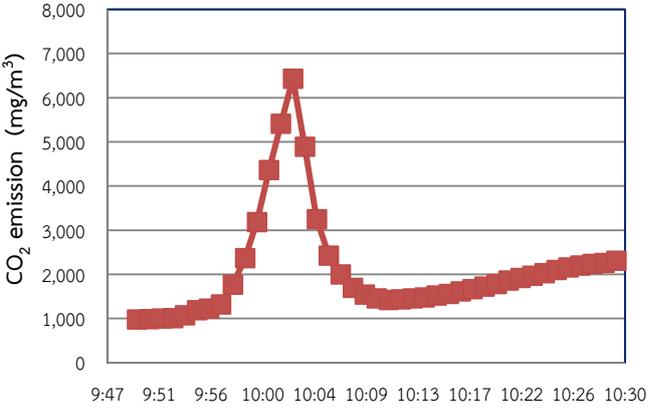


ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO ₂ สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ ลบ.ม.)	ปริมาณ CO ₂ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 188)			
11.11-11.21 น.	10	6,517.82	
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 189)			
14.09-15.05 น.	56	1,590.70	
ป่าพรุที่ดอนทึบ (แปลง 255)			
15.38-16.03 น.	25	3,047.34	

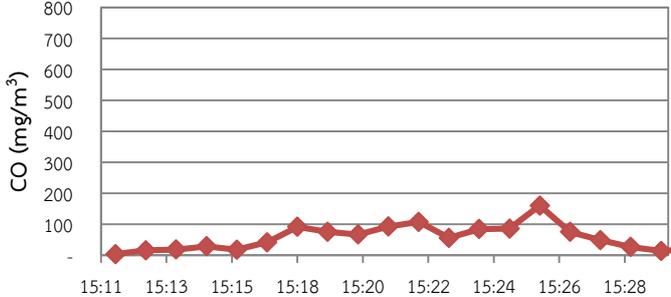
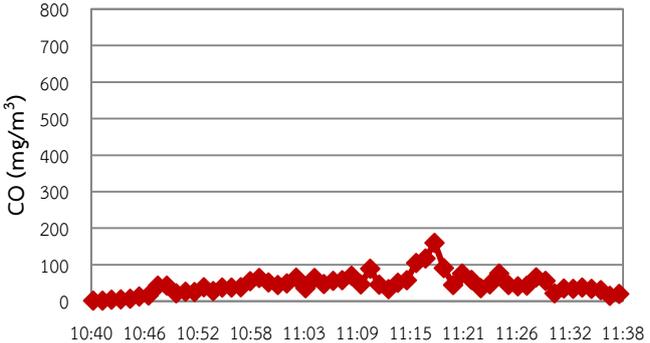
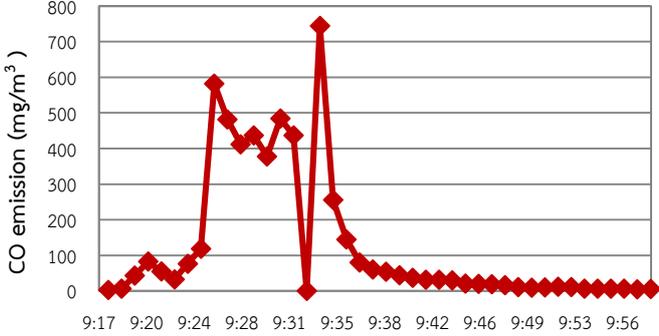


ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO ₂ สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ ลบ.ม.)	ปริมาณ CO ₂ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)
ป่าพรุที่ดอนทึบ (แปลง 275)			
11.22-11.52 น.	30	2,046.06	
กระจุตหนู (แปลง 29)			
11.25-11.40 น.	15	3,878.91	
ปรือ (แปลง 351)			
11.59-12.16 น.	17	7,602.08	



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO ₂ สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ ลบ.ม.)	ปริมาณ CO ₂ ตรวจวัดได้ (มิลลิกรัม/ลบ.ม.)																												
กระจุต (แปลง KJ1)																															
9.52-10.24 น.	32	6,433.15	 <table border="1"><caption>Estimated data for CO₂ emission (mg/m³)</caption><thead><tr><th>Time</th><th>CO₂ emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>9:47</td><td>1,000</td></tr><tr><td>9:51</td><td>1,200</td></tr><tr><td>9:55</td><td>1,500</td></tr><tr><td>9:59</td><td>2,500</td></tr><tr><td>10:01</td><td>6,500</td></tr><tr><td>10:03</td><td>3,500</td></tr><tr><td>10:05</td><td>2,000</td></tr><tr><td>10:09</td><td>1,500</td></tr><tr><td>10:13</td><td>1,800</td></tr><tr><td>10:17</td><td>2,000</td></tr><tr><td>10:22</td><td>2,200</td></tr><tr><td>10:26</td><td>2,400</td></tr><tr><td>10:30</td><td>2,500</td></tr></tbody></table>	Time	CO ₂ emission (mg/m ³)	9:47	1,000	9:51	1,200	9:55	1,500	9:59	2,500	10:01	6,500	10:03	3,500	10:05	2,000	10:09	1,500	10:13	1,800	10:17	2,000	10:22	2,200	10:26	2,400	10:30	2,500
Time	CO ₂ emission (mg/m ³)																														
9:47	1,000																														
9:51	1,200																														
9:55	1,500																														
9:59	2,500																														
10:01	6,500																														
10:03	3,500																														
10:05	2,000																														
10:09	1,500																														
10:13	1,800																														
10:17	2,000																														
10:22	2,200																														
10:26	2,400																														
10:30	2,500																														
กระจุต (แปลง KJ2)																															

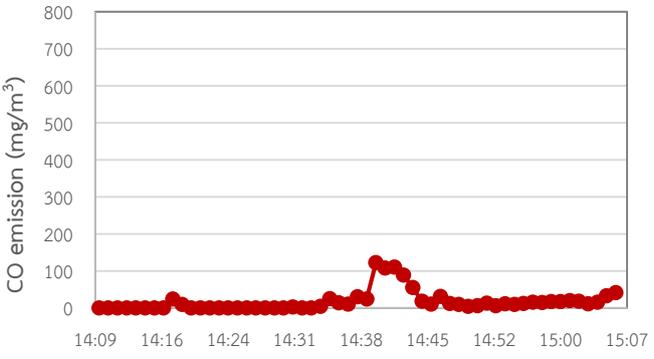
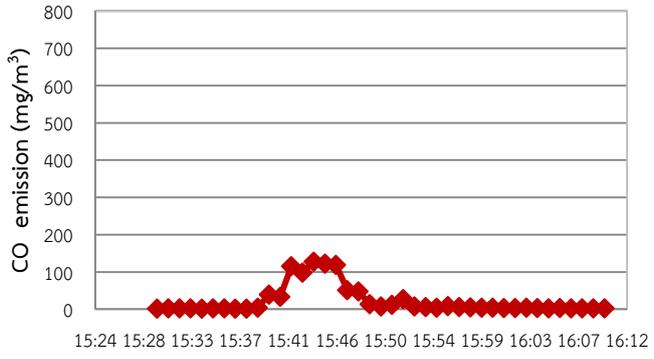
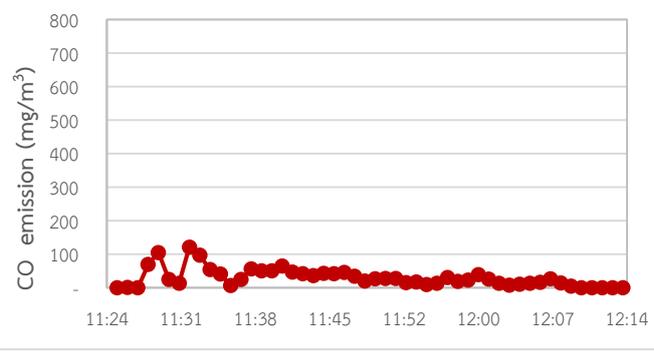
ตารางภาคผนวกที่ 5-2 ช่วงเวลาในการทดลองเผา ระยะเวลาในการเผาไหม้ และปริมาณ CO ที่ตรวจวัดได้

ช่วงเวลาการทดลองเผา	ระยะเวลาเผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO สูงสุดที่ตรวจวัดได้ (mg/m ³)	ปริมาณ CO ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
15.12 - 15.31 น.	19	160.38	
ป่าพรุที่ลุ่มทึบ (แปลง 32)			
10.41 - 11.31 น.	50	159.98	
ป่าพรุที่ลุ่มทึบ (แปลง 237)			
9.19-9.53 น.	34	744.03	
ป่าพรุที่ลุ่มโปร่ง (แปลง 236)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO สูงสุด ที่ตรวจวัด ได้(mg/m ³)	ปริมาณ CO ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
11.30-11.45 น.	15	223.85	
ป่าพรุที่ลุ่มโปร่ง (แปลง 279)			
14.20-15.30 น.	70	-	
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 188)			
11.11-11.21 น.	10	254.44	
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 189)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO สูงสุด ที่ตรวจวัด ได้(mg/m ³)	ปริมาณ CO ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
14.09-15.05 น.	56	122.51	
ป่าพรุที่ดอนทีบ (แปลง 255)			
15.38-16.03 น.	25	127.29	
ป่าพรุที่ดอนทีบ (แปลง 275)			
11.22-11.52 น.	30	121.38	
กระจุตหนู (แปลง 29)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ CO สูงสุด ที่ตรวจวัด ได้(mg/m ³)	ปริมาณ CO ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
11.25-11.40 น.	15	428.00	
ปรีอ (แปลง 351)			
11.59-12.16 น.	17	925.10	
กระจุต (แปลง KJ1)			
9.52-10.24 น.	32	-	
กระจุต (แปลง KJ2)			



ตารางภาคผนวก 5-3 ช่วงเวลาในการทดลองเผา ระยะเวลาในการเผาไหม้ และปริมาณ BC ที่ตรวจวัดได้

ช่วงเวลาการทดลองเผา	ระยะเวลาเผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ BC สูงสุด ที่ตรวจวัดได้ (mg/m ³)	ปริมาณ BC ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
15.12 - 15.31 น.	19	2.19	
ป่าพรุที่ลุ่มทึบ (แปลง 32)			
10.41 - 11.31 น.	50	1.92	
ป่าพรุที่ลุ่มทึบ (แปลง 237)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ BC สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (mg/m ³)	ปริมาณ BC ตรวจวัดได้ (mg/m ³)																																
9.19-9.53 น.	34	7.75	<p>BC emission (mg/m³)</p> <table border="1"><caption>Approximate data for 9.19-9.53 n. test</caption><thead><tr><th>Time</th><th>BC emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>9:17</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:20</td><td>1.2</td></tr><tr><td>9:22</td><td>1.2</td></tr><tr><td>9:24</td><td>1.0</td></tr><tr><td>9:26</td><td>3.5</td></tr><tr><td>9:28</td><td>7.75</td></tr><tr><td>9:30</td><td>2.5</td></tr><tr><td>9:31</td><td>0.5</td></tr><tr><td>9:35</td><td>0.2</td></tr><tr><td>9:38</td><td>0.2</td></tr><tr><td>9:42</td><td>0.2</td></tr><tr><td>9:46</td><td>0.2</td></tr><tr><td>9:49</td><td>0.2</td></tr><tr><td>9:53</td><td>0.2</td></tr><tr><td>9:56</td><td>0.2</td></tr></tbody></table>	Time	BC emission (mg/m ³)	9:17	0.0	9:20	1.2	9:22	1.2	9:24	1.0	9:26	3.5	9:28	7.75	9:30	2.5	9:31	0.5	9:35	0.2	9:38	0.2	9:42	0.2	9:46	0.2	9:49	0.2	9:53	0.2	9:56	0.2
Time	BC emission (mg/m ³)																																		
9:17	0.0																																		
9:20	1.2																																		
9:22	1.2																																		
9:24	1.0																																		
9:26	3.5																																		
9:28	7.75																																		
9:30	2.5																																		
9:31	0.5																																		
9:35	0.2																																		
9:38	0.2																																		
9:42	0.2																																		
9:46	0.2																																		
9:49	0.2																																		
9:53	0.2																																		
9:56	0.2																																		
ป่าพรุที่ลุ่มโปรง (แปลง 236)																																			
11.30-11.45 น.	15	2.76	<p>BC (mg/m³)</p> <table border="1"><caption>Approximate data for 11.30-11.45 n. test</caption><thead><tr><th>Time</th><th>BC (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>11:30</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:31</td><td>1.8</td></tr><tr><td>11:32</td><td>2.76</td></tr><tr><td>11:33</td><td>0.8</td></tr><tr><td>11:34</td><td>0.2</td></tr><tr><td>11:36</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:39</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:41</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:43</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:45</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Time	BC (mg/m ³)	11:30	0.0	11:31	1.8	11:32	2.76	11:33	0.8	11:34	0.2	11:36	0.0	11:39	0.0	11:41	0.0	11:43	0.0	11:45	0.0										
Time	BC (mg/m ³)																																		
11:30	0.0																																		
11:31	1.8																																		
11:32	2.76																																		
11:33	0.8																																		
11:34	0.2																																		
11:36	0.0																																		
11:39	0.0																																		
11:41	0.0																																		
11:43	0.0																																		
11:45	0.0																																		
ป่าพรุที่ลุ่มโปรง (แปลง 279)																																			
14.20-15.30 น.	70	2.54	<p>BC emission (mg/m³)</p> <table border="1"><caption>Approximate data for 14.20-15.30 n. test</caption><thead><tr><th>Time</th><th>BC emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>14:19</td><td>0.0</td></tr><tr><td>14:26</td><td>0.0</td></tr><tr><td>14:34</td><td>2.54</td></tr><tr><td>14:41</td><td>0.5</td></tr><tr><td>14:48</td><td>0.2</td></tr><tr><td>14:55</td><td>1.5</td></tr><tr><td>15:02</td><td>0.2</td></tr><tr><td>15:10</td><td>0.0</td></tr><tr><td>15:17</td><td>0.0</td></tr><tr><td>15:24</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Time	BC emission (mg/m ³)	14:19	0.0	14:26	0.0	14:34	2.54	14:41	0.5	14:48	0.2	14:55	1.5	15:02	0.2	15:10	0.0	15:17	0.0	15:24	0.0										
Time	BC emission (mg/m ³)																																		
14:19	0.0																																		
14:26	0.0																																		
14:34	2.54																																		
14:41	0.5																																		
14:48	0.2																																		
14:55	1.5																																		
15:02	0.2																																		
15:10	0.0																																		
15:17	0.0																																		
15:24	0.0																																		



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ BC สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (mg/m ³)	ปริมาณ BC ตรวจวัดได้ (mg/m ³)																										
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 188)																													
11.11-11.21 น.	10	2.42	<table border="1"><caption>Estimated data for Plot 188 BC Emission</caption><thead><tr><th>Time (hh:mm)</th><th>BC Emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>11:05</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:09</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:11</td><td>0.5</td></tr><tr><td>11:13</td><td>2.42</td></tr><tr><td>11:15</td><td>1.0</td></tr><tr><td>11:18</td><td>0.5</td></tr><tr><td>11:22</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:26</td><td>0.5</td></tr><tr><td>11:31</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:35</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:39</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:44</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)	11:05	0.0	11:09	0.0	11:11	0.5	11:13	2.42	11:15	1.0	11:18	0.5	11:22	0.0	11:26	0.5	11:31	0.0	11:35	0.0	11:39	0.0	11:44	0.0
Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)																												
11:05	0.0																												
11:09	0.0																												
11:11	0.5																												
11:13	2.42																												
11:15	1.0																												
11:18	0.5																												
11:22	0.0																												
11:26	0.5																												
11:31	0.0																												
11:35	0.0																												
11:39	0.0																												
11:44	0.0																												
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 189)																													
14.09-15.05 น.	56	1.31	<table border="1"><caption>Estimated data for Plot 189 BC Emission</caption><thead><tr><th>Time (hh:mm)</th><th>BC Emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>14:09</td><td>0.0</td></tr><tr><td>14:16</td><td>0.0</td></tr><tr><td>14:24</td><td>0.0</td></tr><tr><td>14:31</td><td>0.0</td></tr><tr><td>14:38</td><td>0.5</td></tr><tr><td>14:40</td><td>1.31</td></tr><tr><td>14:45</td><td>0.5</td></tr><tr><td>14:52</td><td>0.0</td></tr><tr><td>15:00</td><td>0.0</td></tr><tr><td>15:07</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)	14:09	0.0	14:16	0.0	14:24	0.0	14:31	0.0	14:38	0.5	14:40	1.31	14:45	0.5	14:52	0.0	15:00	0.0	15:07	0.0				
Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)																												
14:09	0.0																												
14:16	0.0																												
14:24	0.0																												
14:31	0.0																												
14:38	0.5																												
14:40	1.31																												
14:45	0.5																												
14:52	0.0																												
15:00	0.0																												
15:07	0.0																												
ป่าพรุที่ดอนทึบ (แปลง 255)																													



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ BC สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (mg/m ³)	ปริมาณ BC ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
15.38-16.03 น.	25	2.14	<p>BC emission (mg/m³)</p> <p>15:24 15:28 15:33 15:37 15:41 15:46 15:50 15:54 15:59 16:03 16:07 16:12</p>
ป่าพรุที่ดอนทึบ (แปลง 275)			
11.22-11.52 น.	30	0.85	<p>BC emission (mg/m³)</p> <p>11:24 11:31 11:38 11:45 11:52 12:00 12:07 12:14</p>
กระจุตหนู (แปลง 29)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ BC สูงสุด ที่ ตรวจวัดได้ (mg/m ³)	ปริมาณ BC ตรวจวัดได้ (mg/m ³)																																																																																										
11.25-11.40 น.	15	4.20	<p>BC emission (mg/m³)</p> <table border="1"><caption>BC Emission Data for 11.25-11.40 n. Test</caption><thead><tr><th>Time (hh:mm)</th><th>BC Emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>11:19</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:20</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:21</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:22</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:23</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:24</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:25</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:26</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:27</td><td>2.4</td></tr><tr><td>11:28</td><td>4.2</td></tr><tr><td>11:29</td><td>1.2</td></tr><tr><td>11:30</td><td>0.2</td></tr><tr><td>11:31</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:32</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:33</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:34</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:35</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:36</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:37</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:38</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:39</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:40</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:41</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:42</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:43</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:44</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)	11:19	0.0	11:20	0.0	11:21	0.0	11:22	0.0	11:23	0.0	11:24	0.0	11:25	0.0	11:26	0.0	11:27	2.4	11:28	4.2	11:29	1.2	11:30	0.2	11:31	0.0	11:32	0.0	11:33	0.0	11:34	0.0	11:35	0.0	11:36	0.0	11:37	0.0	11:38	0.0	11:39	0.0	11:40	0.0	11:41	0.0	11:42	0.0	11:43	0.0	11:44	0.0																																				
Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)																																																																																												
11:19	0.0																																																																																												
11:20	0.0																																																																																												
11:21	0.0																																																																																												
11:22	0.0																																																																																												
11:23	0.0																																																																																												
11:24	0.0																																																																																												
11:25	0.0																																																																																												
11:26	0.0																																																																																												
11:27	2.4																																																																																												
11:28	4.2																																																																																												
11:29	1.2																																																																																												
11:30	0.2																																																																																												
11:31	0.0																																																																																												
11:32	0.0																																																																																												
11:33	0.0																																																																																												
11:34	0.0																																																																																												
11:35	0.0																																																																																												
11:36	0.0																																																																																												
11:37	0.0																																																																																												
11:38	0.0																																																																																												
11:39	0.0																																																																																												
11:40	0.0																																																																																												
11:41	0.0																																																																																												
11:42	0.0																																																																																												
11:43	0.0																																																																																												
11:44	0.0																																																																																												
ปรีอ (แปลง 351)																																																																																													
11.59-12.16 น.	17	5.76	<p>BC emission (mg/m³)</p> <table border="1"><caption>BC Emission Data for 11.59-12.16 n. Test</caption><thead><tr><th>Time (hh:mm)</th><th>BC Emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>11:52</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:53</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:54</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:55</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:56</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:57</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:58</td><td>0.0</td></tr><tr><td>11:59</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:00</td><td>1.8</td></tr><tr><td>12:01</td><td>5.8</td></tr><tr><td>12:02</td><td>4.8</td></tr><tr><td>12:03</td><td>2.2</td></tr><tr><td>12:04</td><td>0.8</td></tr><tr><td>12:05</td><td>0.2</td></tr><tr><td>12:06</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:07</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:08</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:09</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:10</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:11</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:12</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:13</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:14</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:15</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:16</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:17</td><td>0.0</td></tr><tr><td>12:18</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)	11:52	0.0	11:53	0.0	11:54	0.0	11:55	0.0	11:56	0.0	11:57	0.0	11:58	0.0	11:59	0.0	12:00	1.8	12:01	5.8	12:02	4.8	12:03	2.2	12:04	0.8	12:05	0.2	12:06	0.0	12:07	0.0	12:08	0.0	12:09	0.0	12:10	0.0	12:11	0.0	12:12	0.0	12:13	0.0	12:14	0.0	12:15	0.0	12:16	0.0	12:17	0.0	12:18	0.0																																		
Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)																																																																																												
11:52	0.0																																																																																												
11:53	0.0																																																																																												
11:54	0.0																																																																																												
11:55	0.0																																																																																												
11:56	0.0																																																																																												
11:57	0.0																																																																																												
11:58	0.0																																																																																												
11:59	0.0																																																																																												
12:00	1.8																																																																																												
12:01	5.8																																																																																												
12:02	4.8																																																																																												
12:03	2.2																																																																																												
12:04	0.8																																																																																												
12:05	0.2																																																																																												
12:06	0.0																																																																																												
12:07	0.0																																																																																												
12:08	0.0																																																																																												
12:09	0.0																																																																																												
12:10	0.0																																																																																												
12:11	0.0																																																																																												
12:12	0.0																																																																																												
12:13	0.0																																																																																												
12:14	0.0																																																																																												
12:15	0.0																																																																																												
12:16	0.0																																																																																												
12:17	0.0																																																																																												
12:18	0.0																																																																																												
กระจุต (แปลง KJ1)																																																																																													
9.52-10.24 น.	32	3.63	<p>BC emission (mg/m³)</p> <table border="1"><caption>BC Emission Data for 9.52-10.24 n. Test</caption><thead><tr><th>Time (hh:mm)</th><th>BC Emission (mg/m³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>9:47</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:48</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:49</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:50</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:51</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:52</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:53</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:54</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:55</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:56</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:57</td><td>0.0</td></tr><tr><td>9:58</td><td>1.5</td></tr><tr><td>9:59</td><td>2.5</td></tr><tr><td>10:00</td><td>3.2</td></tr><tr><td>10:01</td><td>3.6</td></tr><tr><td>10:02</td><td>1.8</td></tr><tr><td>10:03</td><td>0.2</td></tr><tr><td>10:04</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:05</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:06</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:07</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:08</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:09</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:10</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:11</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:12</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:13</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:14</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:15</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:16</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:17</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:18</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:19</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:20</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:21</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:22</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:23</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:24</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:25</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:26</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:27</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:28</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:29</td><td>0.0</td></tr><tr><td>10:30</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)	9:47	0.0	9:48	0.0	9:49	0.0	9:50	0.0	9:51	0.0	9:52	0.0	9:53	0.0	9:54	0.0	9:55	0.0	9:56	0.0	9:57	0.0	9:58	1.5	9:59	2.5	10:00	3.2	10:01	3.6	10:02	1.8	10:03	0.2	10:04	0.0	10:05	0.0	10:06	0.0	10:07	0.0	10:08	0.0	10:09	0.0	10:10	0.0	10:11	0.0	10:12	0.0	10:13	0.0	10:14	0.0	10:15	0.0	10:16	0.0	10:17	0.0	10:18	0.0	10:19	0.0	10:20	0.0	10:21	0.0	10:22	0.0	10:23	0.0	10:24	0.0	10:25	0.0	10:26	0.0	10:27	0.0	10:28	0.0	10:29	0.0	10:30	0.0
Time (hh:mm)	BC Emission (mg/m ³)																																																																																												
9:47	0.0																																																																																												
9:48	0.0																																																																																												
9:49	0.0																																																																																												
9:50	0.0																																																																																												
9:51	0.0																																																																																												
9:52	0.0																																																																																												
9:53	0.0																																																																																												
9:54	0.0																																																																																												
9:55	0.0																																																																																												
9:56	0.0																																																																																												
9:57	0.0																																																																																												
9:58	1.5																																																																																												
9:59	2.5																																																																																												
10:00	3.2																																																																																												
10:01	3.6																																																																																												
10:02	1.8																																																																																												
10:03	0.2																																																																																												
10:04	0.0																																																																																												
10:05	0.0																																																																																												
10:06	0.0																																																																																												
10:07	0.0																																																																																												
10:08	0.0																																																																																												
10:09	0.0																																																																																												
10:10	0.0																																																																																												
10:11	0.0																																																																																												
10:12	0.0																																																																																												
10:13	0.0																																																																																												
10:14	0.0																																																																																												
10:15	0.0																																																																																												
10:16	0.0																																																																																												
10:17	0.0																																																																																												
10:18	0.0																																																																																												
10:19	0.0																																																																																												
10:20	0.0																																																																																												
10:21	0.0																																																																																												
10:22	0.0																																																																																												
10:23	0.0																																																																																												
10:24	0.0																																																																																												
10:25	0.0																																																																																												
10:26	0.0																																																																																												
10:27	0.0																																																																																												
10:28	0.0																																																																																												
10:29	0.0																																																																																												
10:30	0.0																																																																																												
กระจุต (แปลง KJ2)																																																																																													



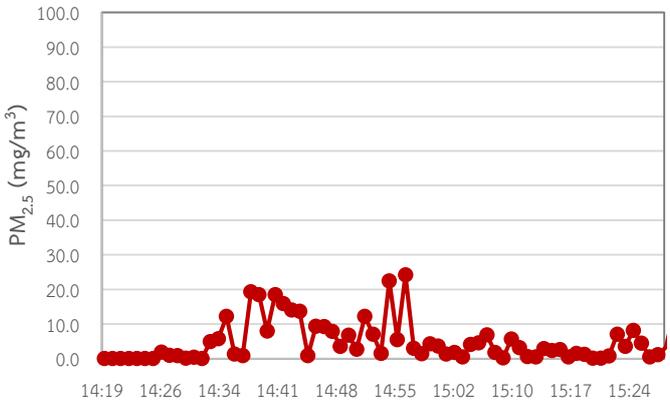
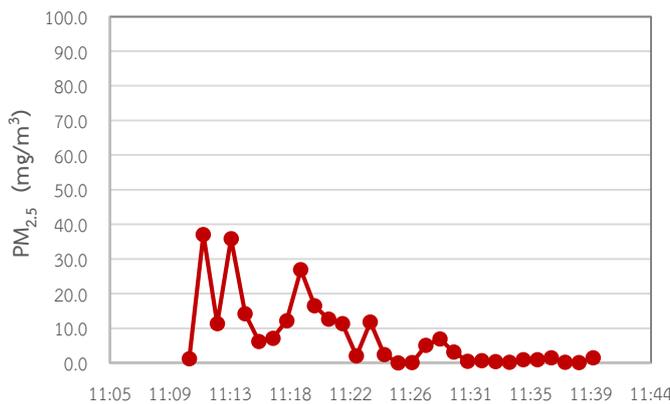
ตารางภาคผนวกที่ 5-4 ช่วงเวลาในการทดลองเผา ระยะเวลาในการเผาไหม้ และปริมาณ PM_{2.5} ที่ตรวจวัดได้

ช่วงเวลาการทดลองเผา	ระยะเวลาเผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ PM _{2.5} สูงสุดที่ตรวจวัดได้ (mg/m ³)	ปริมาณ PM _{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
15.12 - 15.31 น.	19	75.00	<p>ป้าพรที่ลุ่มทึบ (แปลง 32)</p>
10.41 - 11.31 น.	50	94.90	<p>ป้าพรที่ลุ่มทึบ (แปลง 237)</p>



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ PM _{2.5} สูงสุด ที่ตรวจวัด ได้(mg/m ³)	ปริมาณ PM _{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
9.19-9.53 น.	34	90.20	<p>ป้าพรที่ลุ่มโปร่ง (แปลง 236)</p>
11.30-11.45 น.	15	19.30	<p>ป้าพรที่ลุ่มโปร่ง (แปลง 279)</p>



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ PM _{2.5} สูงสุด ที่ตรวจวัด ได้(mg/m ³)	ปริมาณ PM _{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
14.20-15.30 น.	70	24.20	 <p>14:19 14:26 14:34 14:41 14:48 14:55 15:02 15:10 15:17 15:24</p>
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 188)			
11.11-11.21 น.	10	37.10	 <p>11:05 11:09 11:13 11:18 11:22 11:26 11:31 11:35 11:39 11:44</p>
ป่าพรุที่ดอนโปร่ง (แปลง 189)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ PM _{2.5} สูงสุด ที่ตรวจวัด ได้(mg/m ³)	ปริมาณ PM _{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
14.09-15.05 น.	56	31.90	
ป่าพรุที่ดอนทึบ (แปลง 255)			
15.38-16.03 น.	25	150.00	
ป่าพรุที่ดอนทึบ (แปลง 275)			
11.22-11.52 น.	30	28.30	
กระจุตหนู (แปลง 29)			



ช่วงเวลาการทดลอง เผา	ระยะเวลา เผาไหม้ (นาที)	ปริมาณ PM _{2.5} สูงสุด ที่ตรวจวัด ได้(mg/m ³)	ปริมาณ PM _{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m ³)
11.25-11.40 น.	15	146	<p>ปริมาณ PM_{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m³)</p>
ปรือ (แปลง 351)			
11.59-12.16 น.	17	48.00	<p>ปริมาณ PM_{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m³)</p>
กระจุต (แปลง KJ1)			
9.52-10.24 น.	32	47.30	<p>ปริมาณ PM_{2.5} ตรวจวัดได้ (mg/m³)</p>
กระจุต (แปลง KJ2)			

