บทที่ 9
การเกิดอุทกภัยและการควบคุม

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจรวมทั้งสามารถตอบคำถามหรืออธิบายสิ่งต่อไปนี้ได้

1. อธิบายความสำคัญของการเกิดอุทกภัยและการควบคุมได้
2. บอกความหมายและชนิดของอุทกภัยได้
3. อธิบายการวิเคราะห์อุทกภัยได้
4. สามารถบอกขีดจำกัดในการวิเคราะห์อุทกภัยได้
5. อธิบายวิธีการควบคุมอุทกภัยได้
6. สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการเกิดอุทกภัยได้

สาระสำคัญ

1. ความสำคัญ

ความสำคัญของอุทกภัยนั้นในทางการจัดการลุ่มน้ำถือได้ว่า มีความสำคัญทัดเทียมกับภาวะความแห้งแล้ง ทั้งนี้ นอกเหนือจากปัญหาของน้ำในเรื่องของคุณภาพน้ำแล้วปัญหาของน้ำที่เหลือก็คือ ปัญหาในเรื่องน้ำน้อยเกินไปหรือน้ำมากเกินไป ซึ่งในบางเวลาที่ต้องการน้ำกลับไม่มีน้ำแต่ในบางเวลากลับมีน้ำมากเกินไป ปัญหาความไม่พอดีในเรื่องปริมาณของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ

นั้นเป็นสิ่งที่นักจัดการลุ่มน้ำจำเป็นต้องศึกษาเพื่อหาแนวทางแก้ไขต่อไป ปัญหาน้ำท่วมหรืออุทกภัยนี้พบเห็นอยู่ทั่วไปในฤดูฝนของภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกรวมทั้งประเทศไทยด้วย อุทกภัยนั้นก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ความเสียหายที่เกิดแก่ชีวิตนั้นหมายความรวมถึงทั้งชีวิตมนุษย์และสัตว์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ของโลก เช่น ลุ่มน้ำฮวงโห ลุ่มน้ำแยงซีเกียง ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำคงคา ฯลฯ เป็นต้น ในแต่ละปีมักจะมีอุทกภัยเกิดขึ้นอยู่เสมอ ทำให้ชีวิตมนุษย์และสัตว์ต้องสูญเสียไป นอกจากการสูญเสียชีวิตแล้วทรัพย์สินยังถูกทำลายอีกด้วย ทรัพย์สินต่าง ๆ มีทั้งที่เป็นของส่วนบุคคลและทรัพย์สินที่เป็นสาธารณะ เช่น เส้นทางคมนาคม อาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ รวมทั้งระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ก็อาจถูกทำลายด้วยอุทกภัย

ในส่วนที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม อุทกภัยยังสามารถทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ระบบนิเวศของพื้นที่ลุ่มน้ำได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากเกิดอุทกภัย การสูญเสียดินและทำให้ดินเสื่อมค่า อย่างไรก็ตามในระบบนิเวศของพื้นที่ลุ่มน้ำบางแห่ง สภาวะน้ำท่วมอาจเป็นเพียงองค์ประกอบส่วนหนึ่งของกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแห่งนั้น ซึ่งในลักษณะเช่นนี้ถือเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ แต่โดยทั่วไปแล้วอุทกภัยจะนำความเสียหายมาให้กับพื้นที่นั้นเสียเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าอุทกภัยจะเป็นเหตุการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นเองซึ่งอาจจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ถ้ามนุษย์สามารถเรียนรู้และเข้าใจถึงปัญหาและสาเหตุของการเกิดอุทกภัยแล้ว มนุษย์จะสามารถควบคุมหรือลดระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดจากอุทกภัยได้บ้างอย่างน้อยที่สุดก็เพื่อการพยากรณ์ให้มีเวลาเตรียมการเพื่อป้องกันภัยอันเกิดจากอุทกภัยได้อย่างทันเวลาและมีประสิทธิภาพ

2. ความหมายของอุทกภัย

ความหมายของอุทกภัย (Floods) ในทางอุทกวิทยา หมายถึง การที่น้ำไหลบ่าสูงกว่าระดับฝั่งในช่วงลำน้ำใดลำน้ำหนึ่ง หรืออาจมีความหมายว่าปริมาณน้ำที่ไหลบ่ามาทำความเสียหายให้กับชีวิตและทรัพย์สิน ความหมายโดยสรุปก็คือ หมายถึงระดับของพื้นผิวน้ำที่สูงผิดปกติไปจากสภาพธรรมดาของลำน้ำนั้น ๆ จึงจะถือได้ว่า เกิดอุทกภัยหรือน้ำท่วมขึ้นแล้วในบริเวณดังกล่าว อุทกภัยนั้นนอกจากจะมีสาเหตุมาจากการได้รับน้ำในปริมาณมากเกินไปแล้วยังเกิดจากผลของการพังทลายของดินด้วย เนื่องจากเม็ดฝนที่ตกกระทบลงสู่ผิวหน้าดินทำให้อนุภาคของดินแตกกระจาย อนุภาคเล็ก ๆ ที่แตกกระจายนั้นจะไปอุดช่องว่างในดินทำให้อัตราการซึมน้ำของดินลดลง ดังนั้น ในขณะที่ฝนตกน้ำส่วนใหญ่จึงไหลอยู่บนผิวดินมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ซึมลงไปในดินเบื้องล่าง ด้วยเหตุนี้ ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจึงมีมาก เมื่อลำน้ำไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำจำนวนมากได้จึงเกิดภาวะน้ำล้นฝั่งของลำน้ำขึ้นนั่นคือ อุทกภัยนั่นเอง

3. สาเหตุของการเกิดอุทกภัย

สาเหตุของการเกิดอุทกภัยมีอยู่หลายประการ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์เป็นสำคัญ เนื่องจากสภาพทางภูมิศาสตร์ต่าง ๆ เช่น ภูมิอากาศ, ภูมิประเทศ, ที่ตั้ง, ประชากรและสภาพทางสังคมเศรษฐกิจ ฯลฯ เป็นต้น มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ความแตกต่างดังกล่าวจะมีผลต่อการเกิดอุทกภัยไม่ทางตรงก็ทางอ้อม ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่อยู่ในเขตร้อนชื้นฝนตกชุก จะทำให้ได้รับปริมาณน้ำฝนมากโดยธรรมชาติซึ่งเป็นผลโดยตรง ในขณะที่ประชากรในภูมิภาคส่วนนั้นมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการพังทลายของดินสูง โดยอาจมีการถางป่า

เพื่อทำไร่หรือการเปิดที่ดินให้โล่งปราศจากพืชคลุมดิน กิจกรรมของมนุษย์เหล่านี้ต่างก็มีผลให้เกิดการพังทลายของดินมากขึ้น พื้นดินจะเลวลงความสามารถในการซึมน้ำผ่านดินจะต่ำ ในขณะเดียวกันปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจะเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นผลทางอ้อมให้เกิดภาวะน้ำท่วมหรืออุทกภัยได้ง่ายขึ้น โดยทั่วไปแล้วสาเหตุของการเกิดอุทกภัยมีอยู่ 4 ประเภท คือ

3.1 อุทกภัยที่เกิดจากฝนตกเป็นเวลายาวนาน

อุทกภัยที่เกิดจากฝนตกหนักเป็นเวลายาวนาน (Long-rain floods) เป็นอุทกภัยที่เกิดจากฝนตกเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน เช่น ฝนตกติดต่อกันเป็นเวลาหลายวัน เป็นต้น ทำให้ปริมาณน้ำฝนที่พื้นที่ลุ่มน้ำได้รับมีปริมาณมากเกินไปจนเกินขนาดความจุของลำน้ำสายหลัก ทำให้ระดับน้ำสูงกว่าปกติและล้นฝั่งลำน้ำทั้งสองด้านเกิดเป็นภาวะน้ำท่วมขึ้น อุทกภัยประเภทนี้มักเกิดจากฝนที่เกิดในฤดูมรสุมหรือพายุหมุน (Cyclonic rain) ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของหย่อมความกดอากาศของบริเวณต่าง ๆ ในฤดูมรสุม จากความแตกต่างของความกดอากาศดังกล่าวทำให้เกิดมีกระแสลมพัดเข้าสู่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ ลักษณะของกระแสลมนั้นจะหมุนเวียนเข้าสู่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำมีรูปเหมือนก้นหอย สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนในแผนที่อากาศผิวพื้น กระแสลมร้อนที่ถูกพัดหมุนเวียนให้สูงขึ้นไปจะลดอุณหภูมิลงด้วยอัตราแอดิเบติก (Adiabatic rate) นั่นคือจะลดอุณหภูมิลงประมาณ 5.5° ฟ. ต่อ 1,000 ฟุต เมื่อเป็นอากาศแห้ง และจะลดอุณหภูมิลงประมาณ 3.3° ฟ. ต่อ 1,000 ฟุต ซึ่งเป็นขั้นตอนของการก่อตัวของเมฆและเกิดเป็นฝนในที่สุดนั่นเอง ความเร็วของลมพายุนี้จะมีแตกต่างกัน พายุนี้จะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าปกติจะเคลื่อนที่ไปยังทิศทางของหย่อมความกดอากาศต่ำ ในขณะเกิดพายุนี้จะมีฝนตกตลอดเวลาจนกระทั่งพายุนี้จะสลายตัวไป ซึ่งอาจจะสลายตัวเนื่องจากพายุเคลื่อนตัวขึ้นสู่ฝั่งทำให้พายุอ่อนกำลังลงจนสลายตัวไปในที่สุด การเรียกชื่อพายุแบบนี้

เรียกชื่อตามความเร็วของลม เช่น ความเร็วลมขนาดเกินกว่า 64 knot เรียกว่า **"ไต้ฝุ่น"** (Typhoon) ความเร็วลมขนาด 34-63 knot เรียกว่า **"พายุโซนร้อน"** (Tropical storm) และความเร็วลมขนาดต่ำกว่า 34 knot เรียกว่า **"ดีเปรสชั่น"** (Depression) เป็นต้น ลักษณะของฝนที่ตกจะมีทั้งที่ฝนตกหนัก (High-intensity) และมีกระแสลมแรง ได้แก่ พายุไต้ฝุ่นและพายุโซนร้อน ซึ่งความรุนแรงของกระแสลมจะทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ ส่วนฝนที่เกิดจากพายุดีเปรสชั่นจะเป็นฝนตกเบา (Low - intensity)กระแสลมอ่อน แต่ฝนประเภทนี้ทั้งหมดจะมีระยะเวลาที่ฝนตกยาวนาน (Long - duration)ซึ่งอาจตกติดต่อกันหลาย ๆ วัน จนปริมาณน้ำที่ได้รับเกินกว่าลุ่มน้ำจะรับไว้ได้ เมื่อฝนยังตกลงมาอย่างต่อเนื่อง ปริมาณน้ำที่ไหลไปรวมกันอยู่ในลำน้ำก็จะเอ่อล้นฝั่งเกิดอุทกภัยขึ้น ทำความเสียหายต่อพื้นที่ลุ่มน้ำได้อย่างกว้างขวาง สาเหตุส่วนใหญ่ของการเกิดอุทกภัยในส่วนต่าง ๆ ของโลกมักมีสาเหตุมาจากฝนที่ตกเป็นระยะเวลายาวนาน ซึ่งตามปกติแล้วก็จะเกิดขึ้นในฤดูฝน

นอกจากพายุฝนในลักษณะของลมมรสุมดังกล่าวแล้ว ฝนที่เกิดจากแนวปะทะ (Frontal rain) ซึ่งมีทั้งแนวปะทะอากาศร้อน (Warm front) และแนวปะทะอากาศเย็น (Cold front) ก็อาจจะก่อให้เกิดเป็นฝนตกต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาที่ยาวนานได้เช่นกัน แต่ระดับของความรุนแรงของอุทกภัยจะมีน้อยกว่า ในบางพื้นที่ที่มีภูมิประเทศที่สูงชันและเป็นด้านรับลม เมื่อมีมวลอากาศชื้นพัดมาปะทะแล้วถูกบังคับให้ลอยสูงขึ้นไปตามความลาดชันของพื้นที่ด้านรับลม อากาศชื้นดังกล่าวจะถูกบังคับให้ลดอุณหภูมิลงตามอัตราแอดิเบติกเช่นกัน ในที่สุดก็ก่อตัวเป็นเมฆและเกิดฝนตกเรียกว่า **"ฝนที่เกิดจากภูมิประเทศ"** (Orographic rain) อย่างไรก็ตาม ฝนในลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวนี้มักจะเกิดอยู่ร่วมกันในฤดูฝน

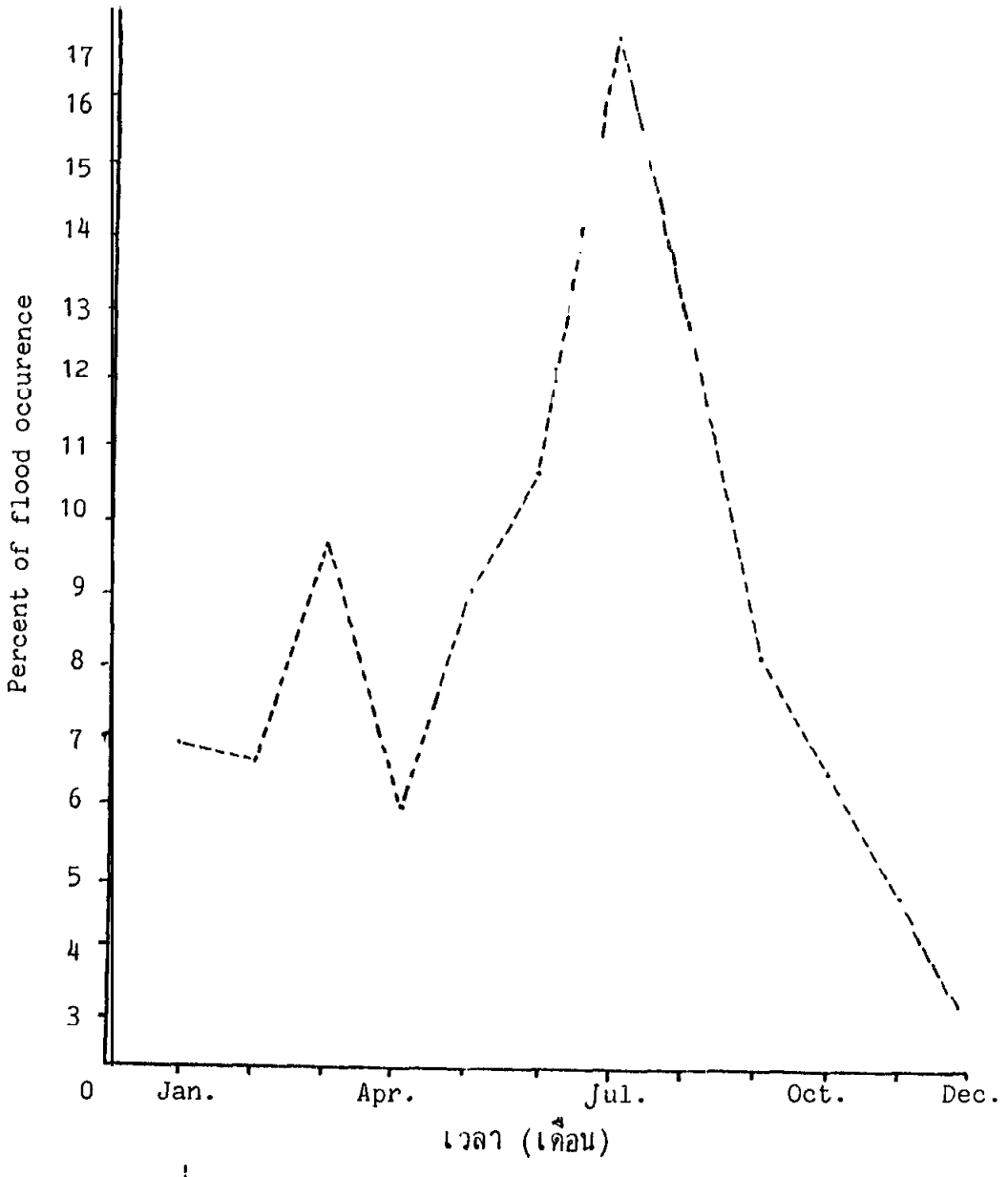
3.2 อุทกภัยที่เกิดจากฝนที่เกิดจากการพาความร้อน

อุทกภัยที่เกิดจากฝนที่เกิดจากการพาความร้อน (Flash floods) เป็นอุทกภัยที่เกิดจากฝนที่ตกหนัก ฝนตกรุนแรงและหนาแน่นมากแต่ตกในระยะเวลาอันสั้น ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามีมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว ผลคือ ทำให้เกิดน้ำท่วมอย่างฉับพลัน ระดับน้ำจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อฝนหยุดตกทำให้ไม่เกิดการท่วมขังเป็นระยะเวลายาวนาน อุทกภัยแบบนี้มักเกิดในบริเวณพื้นที่จำกัดไม่กว้างขวางเหมือนกับอุทกภัยที่เกิดจากฝนตกเป็นเวลายาวนาน ส่วนใหญ่จะเกิดในที่เฉพาะแห่งความเสียหายค่อนข้างรุนแรง เนื่องจากฝนชนิดนี้มักจะทำลายหน้าดินได้มาก เมื่อมีองค์ประกอบเกี่ยวกับพื้นที่มีความลาดชันมาก ดินตื้น และไม่มีพืชคลุมดิน ผลเสียหายก็จะยิ่งรุนแรงขึ้น

ฝนที่เกิดจากการพาความร้อนมักจะเกิดขึ้นในผืนแผ่นดินที่ลึกเข้าไปห่างจากอิทธิพลของทะเล การสะสมของพลังงานความร้อนในเวลากลางวันเมื่อพื้นโลกได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์แล้ว พื้นโลกจะแผ่รังสีความร้อนให้กับอากาศที่อยู่เหนือพื้นดินนั้นให้ร้อนขึ้น ทำให้มวลอากาศเหนือผิวพื้นร้อนกว่ามวลอากาศโดยรอบ เนื่องจากอากาศเป็นตัวพาความร้อนที่ดี อากาศที่ร้อนจะขยายตัวและมีน้ำหนักเบาจะลอยตัวสูงขึ้นโดยมีอากาศเย็นกว่าเข้ามาแทนที่ การลอยตัวสูงขึ้นไปของมวลอากาศร้อนเท่ากับเป็นชนวนในการก่อตัวเป็นหยดน้ำและเมฆในที่สุด เมื่ออากาศลอยขึ้นไปก็จะลดอุณหภูมิลงในอัตราแอดิเบติก ทำให้มีเมฆฝนก่อตัวขึ้นในตอนบ่ายและค่ำของฤดูร้อนทางตอนใต้ของทวีป การก่อตัวของเมฆฝนในลักษณะดังกล่าวมักจะเป็นเมฆฝน (Cumulus) และเมฆก่อตัวในทางดิ่ง (Cumulonimbus) โดยเฉพาะเมฆก่อตัวในทางดิ่งนั้นฐานเมฆ (Cloud base) จะต่ำมากอยู่ในระดับเมฆฝนหรือเมฆชั้นต่ำเลยทีเดียว แต่ส่วนยอดของเมฆก่อตัวในทางดิ่งจะอยู่สูงถึงระดับเมฆชั้นสูง ทำให้ส่วนบนของเมฆนี้มีสภาพเป็นเกล็ดน้ำแข็งอยู่ทั่วไป เกล็ดน้ำแข็งเหล่านี้เมื่อร่วงหล่นลงมา

ตารางที่ 9.2 แสดงค่า Percent of flood occurence

onth	Number of flood	Percent of flood occurence
Jan.	21	6.976
Feb.	20	6.644
Mar.	29	9.634
Apr.	18	5.980
May.	27	8.970
Jun.	32	10.631
Jul.	50	16.611
Aug.	38	12.608
Sep	24	7.973
Oct.	19	6.312
NOV.	14	4.651
Dec.	9	2.990
'otal	301	100



รูปที่ 9.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Percent of flood occurence กับเวลา (เดือน)

เพิ่มสูงขึ้นในเดือนเมษายนเป็นต้นไป ปริมาณน้ำจะสูงสุดอยู่ประมาณเดือนกรกฎาคม-เดือนสิงหาคม จากนั้น ปริมาณน้ำก็จะลดลงจนถึงระดับต่ำสุดในเดือนธันวาคม

ในการหาความถี่ของอุทกภัย (Flood frequency) มีวิธีการโดยกำหนดช่วง (Rank) ของ Flood peak ในที่นี้กำหนดให้แบ่งช่วงเป็น 9-10, 10-20, 20-30,...,90-100, 100-300 จากนั้นให้หาจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นของแต่ละช่วงที่กำหนดให้โดยเริ่มจากระดับต่ำสุดก่อนโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 9.1 จำนวนที่นับได้ใส่ลงไปในช่องจำนวนของอุทกภัยในแต่ละช่วง ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 301 ครั้ง ขั้นต่อไปคือหาจำนวนโอกาสที่จะเกิดอุทกภัย (Total occurence) ในแต่ละช่วงโดยวิธี Accumulate ค่า Number of flood จากล่างขึ้นบนซึ่งจะทำให้ระดับอุทกภัยที่ต่ำสุดนั้นมีค่าเท่ากับผลรวมของจำนวนอุทกภัยทั้งหมด (Mass total) สำหรับช่วงต่อไปก็จะลดลงเท่ากับจำนวนโอกาสที่จะเกิด (Occurence) ของช่วงนั้น

จากนั้น นำไปหาจำนวนเปอร์เซนต์ของโอกาสที่จะเกิดขึ้นทั้งหมด (Percent total occurence) โดยวิธีการคำนวนธรรมดา

ตัวอย่างการหา Percent total occurence ในช่อง Total occurence 301 : มีค่าเท่ากับ $\frac{301}{301} \times 100 = 100$ และใน Total occurence 273 จะมีค่าเท่ากับ $\frac{273}{301} \times 100 = 90.697$ ในช่วงอื่น ๆ ก็ทำในทำนองเดียวกันแล้วนำข้อมูลไปลงไว้ในตารางที่ 9.3

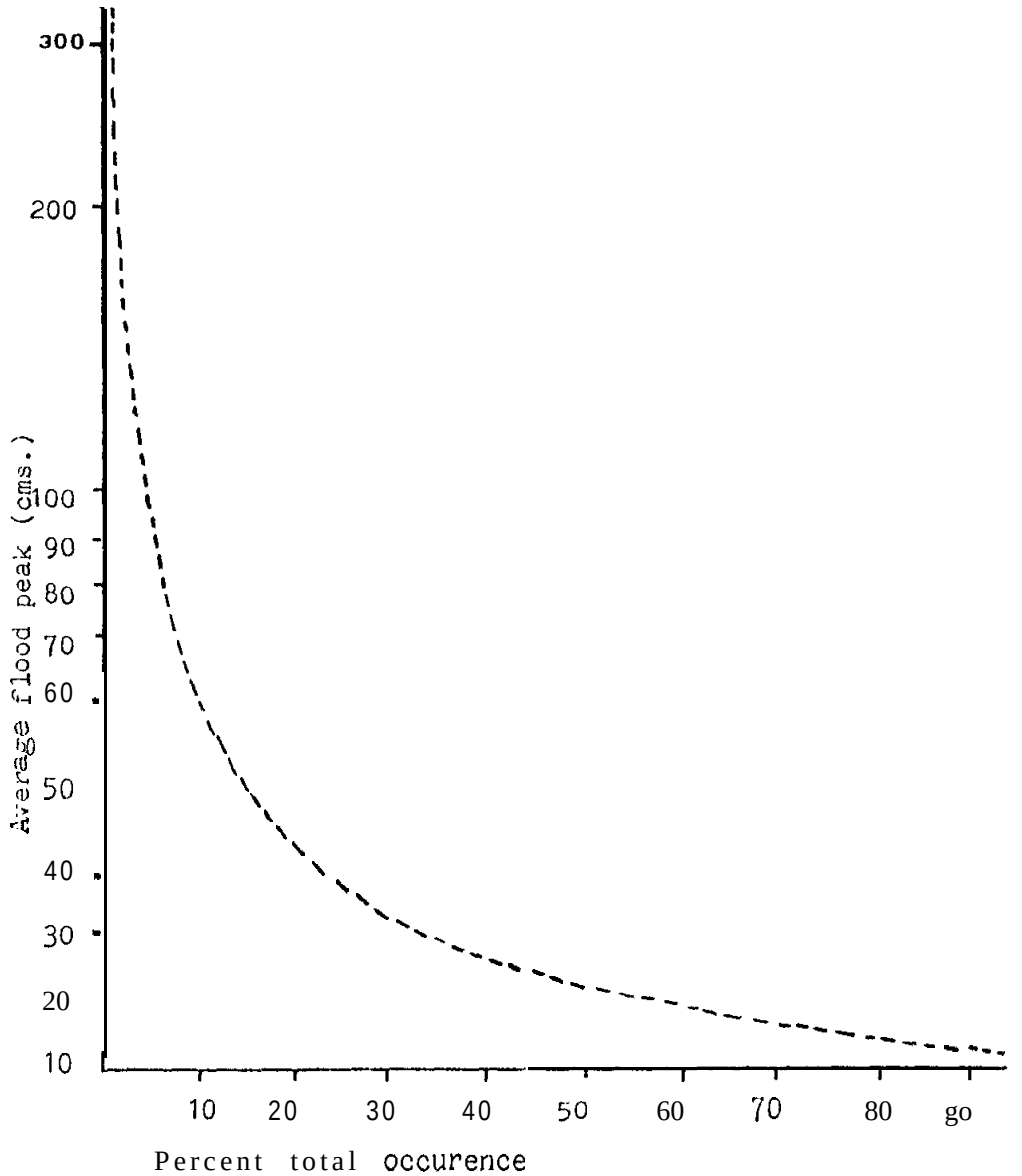
จากข้อมูลที่ได้ในตารางที่ 9.3 จะแสดงให้เห็นว่า โอกาสในการเกิดอุทกภัยขนาดต่าง ๆ นั้นจะมีมากน้อยแตกต่างกัน อุทกภัยขนาดค่าเฉลี่ย 9.5 cms. นั้น มีโอกาสเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ในขณะที่อุทกภัยขนาดค่าเฉลี่ย 55 cms. มีโอกาสเกิดขึ้นได้เพียง

13.621 เปอร์เซนต์ และอุทกภัยขนาดค่าเฉลี่ยสูงกว่า 300 cms. มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 9.3 นี้ สามารถนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเปอร์เซนต์ของโอกาสที่จะเกิดขึ้นทั้งหมดกับค่าเฉลี่ยของช่วงของ Flood peak. (Percent total occurence/Average flood peak) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 9.2 ซึ่งในกรณีนี้อาจต้องปรับค่าในแนวแกน y เป็นสองจังหวะ เนื่องจากมีความแตกต่างกันของข้อมูลมาก จากนั้นปรับส่วนโค้งของกราฟให้เหมาะสม การใช้กระดาษกราฟแบบ Logarithmic จะทำให้สามารถอ่านค่าเปอร์เซนต์ต่ำ ๆ มากได้ เช่น เปอร์เซนต์ของการเกิดอุทกภัยที่มีค่าน้อยกว่า 1.0 เป็นต้น

จากภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ของโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมทั้งหมดกับค่าเฉลี่ยความสูงของระดับน้ำ ทำให้สามารถหาโอกาสที่จะเกิดอุทกภัยและขนาดของระดับน้ำสูงสุดที่จะไม่ทำความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ (Design flood) ได้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการก่อสร้างโดยพิจารณาจากผลการคำนวน จากข้อมูลตัวอย่างที่กำหนดให้สมมุติว่าต้องการคำนวนหาอุทกภัยขนาดใหญ่ที่สุด (Maximum flood) ที่อาจจะเกิดขึ้นในลำน้ำแห่งนี้ โดยกำหนดให้เกิดมีได้เพียงครั้งเดียวในรอบ 1,000 ปี ความต้องการคือ ต้องการทราบว่าอุทกภัยขนาดใหญ่ที่สุดที่จะเกิดขึ้นครั้งเดียวในรอบ 1,000 ปี จะมีขนาดใหญ่เพียงใด จากรายละเอียดของข้อมูลน้ำท่วมพบว่าในรอบ 22 ปี มีอุทกภัยเกิดขึ้น 301 ครั้ง คิดเป็น 13.68 ครั้งต่อปี ดังนั้น ในเวลา 1,000 ปี จึงมีโอกาสเกิดได้ 13,681.8 ครั้ง และอุทกภัยที่ใหญ่ที่สุดที่จะเกิดได้ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีโอกาสเกิดขึ้นได้ 100/13681.8 เท่ากับ 0.007 เปอร์เซนต์ จากจำนวนเปอร์เซนต์ของโอกาสที่จะเกิดอุทกภัยนั้นจะสามารถอ่านค่าโดยประมาณจากกราฟได้ว่า อุทกภัยนั้นมีขนาดเท่าใด

ตารางที่ 9.3 แสดงความถี่ของอุทกภัยที่กำหนดให้

Range o f flood peak.	Av.of lood peak	No.of flood	Total accurence	Percent total accurence
9-10	9.5	20	301	100
IO-30	15	142	273	90.697
20-30	25	52	131	43.521
30-40	35	26	79	26.245
40-50	45	12	53	17.607
50-60	55	7	41	13.621
so-70	6.5	10	34	11.295
70-80	75	4	24	7.973
80-90	, 85	3	20	6.644
90-100	95	2	17	5.647
100-300	200	13	15	4.983
> 300	350	2	2	0.664
Total		301		



รูปที่ 9.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเปอร์เซนต์ของโอกาสที่จะเกิดขึ้นกับค่าเฉลี่ยของ Flood peak

6. ขีดจำกัดในการวิเคราะห์อุทกภัย

ขีดจำกัดในการวิเคราะห์อุทกภัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการของความน่าจะเป็น (Probability method) ซึ่งต้องใช้ข้อมูลที่ดีในการเป็นพื้นฐานการวิเคราะห์ ดังนั้น จำนวนของข้อมูลจึงเป็นผลโดยตรงต่อความถูกต้องของการวิเคราะห์ ถ้าจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีจำนวนมาก ซึ่งหมายถึงต้องทำการเก็บข้อมูลย้อนหลังเป็นระยะเวลานานหลายสิบปี ค่าที่หาได้จะถูกต้องใกล้เคียงความจริง ในทางกลับกันหากข้อมูลปริมาณน้ำย้อนหลังมีไม่มาก ความผิดพลาดจะย่อมเกิดขึ้นได้ง่าย ทั้งนี้เพราะสภาวะการณ์ของอุทกภัยเป็นผลต่อเนื่องโดยตรงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ความแปรปรวนของสภาพอากาศนั้นเป็นสิ่งนอกเหนือความคาดหมาย แม้ว่าในปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิชาการจะทำให้มนุษย์ได้เรียนรู้และเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของลมฟ้าอากาศได้ แต่สิ่งที่อยู่นอกเหนือกฎเกณฑ์ก็อาจเกิดขึ้นได้เสมอ ดังนั้น ถ้ามีฐานข้อมูลย้อนหลังไม่กี่ปีอาจจะทำให้หามาตรฐานของข้อมูลได้ไม่ดีเท่าที่ควร ตัวอย่างในกรณีที่ต้องการหาค่าอุทกภัยสูงสุดของลำน้ำแห่งหนึ่งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ 1 ครั้ง ในรอบระยะเวลา 10 ปี แต่มีจำนวนข้อมูลที่เก็บได้จากลำน้ำนั้นเพียง 10 ปี นั่นคือ จะมีตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้นย่อมทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก แต่ถ้าสมมุติว่ามีการเก็บข้อมูลย้อนหลังไปถึง 100 ปี จำนวนตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นเป็น 10 ตัวอย่าง ทำให้ความคลาดเคลื่อนลดน้อยลง เนื่องจากค่าเฉลี่ยที่ได้จะทำให้ถูกต้องมากขึ้น ในทำนองเดียวกันถ้าข้อมูลย้อนหลังที่เก็บได้มีถึง 1,000 ปี เท่ากับมีจำนวนตัวอย่างถึง 100 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจะได้มาตรฐานยิ่งขึ้น ทำให้ค่าที่ได้จะใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น แต่ในทางปฏิบัติคงเป็นไปได้ยาก

ในอีกกรณีหนึ่งนั้น ถ้ามีข้อมูลเพียง 50 ปี แต่นำไปใช้คาดคะเนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้เพียงครั้งเดียวในรอบ 100 ปีหรือ 1,000 ปี ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นได้มากเนื่องจากฐานของข้อมูลไม่พอเพียงสำหรับนำมาใช้คาดคะเนได้ โดยปกติแล้วในทางสถิติที่พอยอมรับได้ทุก ๆ ลำน้ำควรมีข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์อย่างน้อยประมาณ 10 ตัวอย่าง เพื่อใช้ในการประมาณขนาดและความถี่ของอุทกภัยที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ถ้าตัวอย่างข้อมูลมีน้อยแล้วค่าปริมาณน้ำของอุทกภัยสูงสุดที่คำนวนได้จะผิดพลาดมากและปริมาณต่ำกว่าความเป็นจริงเสมอ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการเก็บข้อมูลตัวอย่างของอุทกภัยในลุ่มน้ำต่าง ๆ จะต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก บางประเทศจึงมีข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล นอกจากนั้นนโยบายของรัฐก็จะเป็นตัวช่วยส่งเสริมงานด้านจัดเก็บข้อมูลด้วย หากรัฐมีความสนใจและส่งเสริมงานด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การจัดเก็บรวบรวมก็จะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้ารัฐไม่ส่งเสริมงานด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งอาจจะส่งเสริมกิจกรรมในสาขาอื่น ๆ เช่น กิจกรรมด้านอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม ตัวงบประมาณที่ได้รับจัดสรรในส่วนของงานจัดเก็บข้อมูลทางอุทกวิทยาก็จะมีน้อย ผลกระทบก็จะเกิดกับงานด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำต่าง ๆ รวมทั้งการจัดการลุ่มน้ำด้วย อย่างไรก็ตามในประเทศต่าง ๆ ก็มีแม่น้ำเพียงไม่กี่สายที่มีข้อมูลน้ำที่เก็บติดต่อกันเกิน 50 ปี ดังนั้น การใช้ข้อมูลทางสถิติจะต้องพิจารณาข้อมูลส่วนอื่น ๆ ประกอบด้วย เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

7. การควบคุมอุทกภัย

การควบคุมอุทกภัย (Flood control) มีจุดประสงค์เพื่อการลดระดับความรุนแรงของอุทกภัยเป็นหลัก เนื่องจากอุทกภัยในบางพื้นที่เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้แต่

สามารถควบคุมให้ความเสียหายลดน้อยลงได้ แนวความคิดในงานด้านการควบคุมอุทกภัยนั้น มีความคิดเห็นที่แตกต่างกันอยู่บ้างในรายละเอียด นั่นคือ แนวความคิดในเรื่องการควบคุมอุทกภัยระหว่างวิศวกรหรือผู้มีหน้าที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง กับแนวความคิดในเรื่องการควบคุมอุทกภัยของนักอนุรักษ์ ความแตกต่างทางแนวความคิดที่สำคัญระหว่างกลุ่มบุคคลสองกลุ่มนี้ก็คือ วิศวกรจะหาวิธีการในการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อการควบคุมอุทกภัย แต่นักอนุรักษ์จะพยายามหาวิธีการที่จะไม่ทำให้เกิดอุทกภัยขึ้นหรือเกิดได้น้อยที่สุด นั่นคือ หมายถึงวิศวกรจะดำเนินการเมื่อเกิดอุทกภัยขึ้นแล้วแต่นักอนุรักษ์จะดำเนินการตั้งแต่ยังไม่เกิดอุทกภัยขึ้นเลย แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดก็คือ การดำเนินงานร่วมกันทั้งสองลักษณะ ในขณะที่มีการดำเนินการก่อสร้างเพื่อชลอความเร็วของน้ำนั้น การหาวิธีการให้มีพืชคลุมดินไม่ว่าจะเป็นสภาพป่าตามธรรมชาติหรือการกสิกรรมอื่นใดในแง่การอนุรักษ์ดินก็ต้องดำเนินการไปด้วย ในกรณีที่ฝนตกหนักมาก ๆ ในพื้นที่ป่าอุดมสมบูรณ์ การสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นน้ำในพื้นที่ป่าดังกล่าวจะช่วยทำให้ความเร็วกระแสน้ำลดลงได้บ้าง ความเสียหายก็จะลดน้อยลง ในทางกลับกันถ้าไม่มีพื้นที่ป่าไม้หรือพืชคลุมดินช่วยในการลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน มีเพียงเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำต่าง ๆ เพื่อใช้ในการควบคุมอุทกภัย เมื่อเกิดมีน้ำไหลบ่าหน้าดินในปริมาณมากในที่สุดเขื่อนก็อาจจะรับน้ำไว้ไม่ได้ บางกรณีตะกอนที่มากับน้ำจำนวนมากจะทำให้อ่างเก็บน้ำบริเวณเหนือเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำตื้นเขินอย่างรวดเร็ว จนหมดอายุใช้งานก่อนกำหนด การขุดลอกอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายพอ ๆ กับการสร้างใหม่ ดังนั้น ผลสุดท้ายของการสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำก็คือ จะไม่มีที่จะก่อสร้างอีกต่อไป

7.1 การควบคุมอุทกภัยในทางวิศวกรรม

การควบคุมอุทกภัยในทางวิศวกรรมเป็นการควบคุมโดยใช้วิธีการก่อสร้าง

ต่าง ๆ จุดประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสน้ำที่ไหลบ่ามาทำลายชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์โดยทั่วไป วิธีการก่อสร้างที่สำคัญ ๆ มีดังนี้

7.1.1 คันกั้นน้ำ (Dikes and Levees) เป็นสิ่งก่อสร้างที่ยื่นออกไปจากฝั่งเพื่อลดความเร็วของกระแสน้ำลง วิธีการนี้ใช้กันอยู่ทั่วไปซึ่งได้ผลดีแต่ต้องบำรุงรักษาให้มีสภาพดีอยู่เสมอ

7.1.2 อ่างเก็บน้ำ (Reservoirs) สร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการเก็บกักน้ำไว้ชั่วคราวเมื่อมีปริมาณน้ำไหลบ่ามาจำนวนมาก ต่อเมื่อความรุนแรงหรือปริมาณน้ำไหลบ่าลดน้อยลง ก็จะค่อย ๆ ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำลงสู่พื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่าง ด้วยวิธีการนี้จะลดความเสียหายให้แก่พื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างลงได้บ้างโดยเฉพาะในระยะใกล้ ๆ แต่ในขณะเดียวกันพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนก็จะต้องถูกน้ำท่วมไปบ้างในการใช้เป็นอ่างเก็บกักน้ำเหนือเขื่อน ทั้งนี้ต้องยอมเสียพื้นที่ตอนบนไปบ้างเพื่อรักษาพื้นที่ส่วนใหญ่ทางตอนล่างเอาไว้ โดยทั่วไปแล้วการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจำนวนมากในบริเวณต้นน้ำลำธารจะป้องกันอุทกภัยได้ดีกว่าการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่เพียงแห่งหรือสองแห่ง เนื่องจากค่าก่อสร้างที่แพงมากและเมื่อหมดอายุใช้งานจากการตกตะกอนจนตื้นเขินค่าใช้จ่ายในการขุดลอกก็จะสูงมากด้วย นอกจากนั้น ผลจากการตกตะกอนเหนือเขื่อนยังมีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนต่าง ๆ อีกด้วย เพราะตะกอนที่ทับถมเหนือเขื่อนอาจทำให้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ได้

7.1.3 การปรับปรุงลำน้ำ (Channel improvement) หมายถึง การปรับปรุงขัดลอกลำน้ำ คู คลองต่าง ๆ ให้ลึกและกว้างขึ้น เพื่อเพิ่มความจุในการรับน้ำและลดความเร็วของกระแสน้ำได้ด้วย แต่การปรับปรุงสภาพของท้องน้ำและลำน้ำ

ต่าง ๆ นี้อาจจะทำลายระบบนิเวศของลำน้ำได้ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ได้ ดังนั้น การพิจารณาปรับปรุงสภาพของลำน้ำใด ๆ จะต้องมีการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย จึงจะไม่เกิดปัญหาในภายหลัง

7.1.4 การวางแผนป้องกันอุทกภัย นอกเหนือไปจากงานก่อสร้างหลัก ๆ แล้วในบางกรณีอาจต้องมีการวางแผนเฉพาะที่เพื่อเสริมมาตรการป้องกันน้ำท่วม ในพื้นที่ที่มีอัตราเสี่ยงสูงต่อการเสียหายอันเกิดจากอุทกภัย อาจมีการเสริมสองฝั่งลำน้ำด้วยคอนกรีตหรือคันดินให้สูงขึ้น เพื่อให้เป็นแนวป้องกันน้ำท่วมหรืออาจจะใช้วิธีย้ายสิ่งของหรือสิ่งก่อสร้างที่สำคัญไปที่อื่น การกำหนดเขตหรือบริเวณที่มีน้ำท่วมขังอยู่เสมอ (Flood zone) ห้ามการก่อสร้างถาวรวัตถุหรือการใช้ที่ดินที่สำคัญอื่น ๆ จะเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยบรรเทาความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากอุทกภัย นอกจากนั้น การเตือนภัยจากอุทกภัย (Flood warning) โดยอาศัยข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาเพื่อการพยากรณ์อากาศ เป็นการเตือนภัยล่วงหน้าก่อนที่จะมาถึงตัว ด้วยวิธีนี้จะทำให้มีเวลาในการตระเตรียมการป้องกันภัยและขนย้ายทรัพย์สินทันปัจจุบันข้อมูลทางด้านการพยากรณ์อากาศเป็นสิ่งที่เชื่อถือได้มาก จึงนับว่าเป็นวิธีการที่ลดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินลงไปได้มาก

7.2 การควบคุมอุทกภัยในทางการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การควบคุมอุทกภัยในทางการอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากในทางการอนุรักษ์ดินและน้ำพบว่า เมื่อฝนตกหนักผิดปกติ ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจำนวนมากจะเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมหรืออุทกภัย ดังนั้น การป้องกันและควบคุมอุทกภัยจึงต้องหาทางในการลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินให้น้อยลง วิธีการก็คือ ต้องทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาส่วนหนึ่งถูกดูดซับโดยดินและ

ต้นไม้ น้ำส่วนที่เหลือจากที่ดินและต้นไม้ดูดซับเอาไว้จึงจะไหลไปตามผิวดินลงสู่ลำน้ำในที่สุด ด้วยหลักการกว้าง ๆ เช่นนี้การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างถูกต้องจะช่วยให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์ ลดการเกิดการพังทลายของดิน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณตะกอนในน้ำเป็นการช่วยเพิ่มความจุของลำน้ำอีกส่วนหนึ่งด้วย ทำให้ลำน้ำสามารถรับน้ำได้อย่างเต็มที่ การที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์จะทำให้สมรรถนะในการอุ้มน้ำของดินและอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินมีสูง ทำให้ดินดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นผลดีต่อการไหลของน้ำในช่วงฤดูแล้งต่อไป วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้กันมีอยู่หลายชนิด เช่น การปลูกพืชตามแนวระดับ การปลูกพืชสลับ การทำขั้นบันได การคลุมดิน และการใช้พืชคลุมดิน ฯลฯ เป็นต้น วิธีการปฏิบัติต่าง ๆ ล้วนมีจุดมุ่งหมายในการลดปริมาณและความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือ การควบคุมให้มีพืชคลุมดินอยู่เสมอ ซึ่งอาจเป็นป่าไม้ตามธรรมชาติหรือพืชพรรณที่ปลูกขึ้นโดยมนุษย์ก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามสภาพป่าธรรมชาติเท่านั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดในการป้องกันและบรรเทาการไหลบ่าของน้ำ เนื่องจากป่าไม้ตามธรรมชาติสามารถดำรงเผ่าพันธุ์อยู่ได้โดยธรรมชาติ ระบบนิเวศของป่าไม้จะช่วยควบคุมตัวเองได้ทำให้เสียงบประมาณในการบำรุงรักษาน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่จะให้มีพืชคลุมดินชนิดอื่น หากมีการเสริมโดยการก่อสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำในบางส่วนที่สำคัญของป่าต้นน้ำลำธารด้วยแล้ว ประสิทธิภาพในการควบคุมและป้องกันอุทกภัยของป่าต้นน้ำลำธารจะเพิ่มขึ้น วิธีการที่เหมาะสมในทางปฏิบัติก็คือ ควรกันเขตป่าธรรมชาติไว้เป็นป่าป้องกันหรือป่าต้นน้ำ ซึ่งดำเนินการโดยนักอนุรักษ์วิทยาสาขาต่าง ๆ สำหรับส่วนของลุ่มน้ำตอนล่างก็เป็นพื้นที่ที่ใช้หลักการทางวิศวกรรมในการควบคุมและป้องกันอุทกภัย สำหรับผู้ปฏิบัตินั้นก็อาจแบ่งตามภาระหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ของแต่ละหน่วยงาน เช่น กรมป่าไม้ดูแลในส่วนที่เป็นป่าต้นน้ำลำธาร หน่วยงานอื่นได้แก่ กรมชลประทาน กรมส่งเสริมพลังงาน ฯ กรมส่งเสริมการเกษตร ฯลฯ เป็นต้น จะดูแลในส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างเท่านั้น

8. การใช้ประโยชน์ที่ดินกับการเกิดอุทกภัย

การใช้ประโยชน์ที่ดินกับการเกิดอุทกภัยมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ทั้งนี้เพราะนักวิชาการป่าไม้และนักอนุรักษ์ต่างตระหนักดีว่า การรักษาให้มีสภาพป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ปกคลุมดินและการใช้ที่ดินโดยให้มีพืชคลุมดินตลอดเวลา จะเป็นการบรรเทาและป้องกันอุทกภัยได้ในระดับหนึ่ง การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ถูกต้องกับการปล่อยที่ดินไว้เฉย ๆ โดยมีป่าไม้ปกคลุมอยู่นั้น การไหลบ่าของน้ำและตะกอนที่มากับน้ำจะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมหรือผิดวิธีเท่านั้นที่เป็นสาเหตุในการสูญเสียหน้าดินและเกี่ยวโยงไปถึงการเกิดอุทกภัยในที่สุด การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างผิดวิธีก็คือ การปล่อยให้พื้นดินเปิดโล่งปราศจากสิ่งปกคลุมที่พอเหมาะ การขาดพืชคลุมดินเป็นสาเหตุหลักของการพังทลายของดินและอุทกภัย

ป่าไม้และพืชคลุมดินที่เหมาะสมจะช่วยยึดดินไม่ให้ถูกน้ำพัดพาไปโดยง่าย ในสังคมของหมู่ไม้จะมีระบบรากต่าง ๆ หลั่งลึกลงไปในดิน รากพืชเหล่านี้จะช่วยยึดดินไว้ไม่ให้ถูกทำลายโดยน้ำอย่างง่ายดาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีความลาดชันมาก การพังทลายของดินมีอัตราสูงมากเนื่องจากป่าไม้และพืชคลุมดินถูกตัดออกหมด ตะกอนที่ไหลไปกับน้ำทำให้ลำน้ำตื้นเขิน รับปริมาณน้ำได้น้อยลง ทำให้เกิดอุทกภัยได้ง่าย นอกจากนั้นป่าไม้และพืชคลุมดินที่เหมาะสมจะมีคุณสมบัติโดยตรงในการเก็บกักน้ำ เนื่องจากต้นไม้ดูดน้ำไว้ได้ส่วนหนึ่ง ด้วยเหตุนี้ความชุ่มชื้นในบริเวณพื้นที่ป่าไม้จึงมีมากกว่าพื้นที่ที่ปราศจากพืชคลุมดิน แม้ว่าความชื้นส่วนหนึ่งจะถูกต้นไม้นำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการคายระเหย แต่อย่างไรก็ตาม อิทธิพลของต้นไม้จะทำให้สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปดีขึ้น ป่าไม้และพืชคลุมดินที่เหมาะสมจะช่วยรักษาการดูดซับน้ำของดินได้ดี สภาพพื้นที่ที่ถูกตัดไม้ทำลายป่าออกไป พื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ป่าหรือพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่ถูกต้อง สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นการ

ทำลายความสามารถในการดูดซับน้ำของดินเป็นผลให้ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การกระทำที่ก่อให้เกิดการลดลงของอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน จนเป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัยได้นั้นที่ดินจะต้องถูกทำลายเป็นพื้นที่กว้างขวางมาก

ในกรณีที่ฝนตกมากผิดปกติไม่ว่าพื้นที่นั้นจะมีป่าหรือพืชคลุมดินหรือไม่ก็ตาม การไหลบ่าของน้ำมักจะรุนแรงและเกิดอุทกภัย เนื่องจากปริมาณน้ำฝนจำนวนมากทำให้ระดับของน้ำใต้ดินสูงขึ้น น้ำฝนจะไหลลงสู่ลำธารต่าง ๆ อย่างรวดเร็วในเขตที่มีดินตื้นหรือมีความลาดชันมาก ๆ การไหลบ่าของน้ำจะรุนแรงยิ่งขึ้น นอกจากกรณีพิเศษดังกล่าวนี้แล้วป่าไม้และพืชคลุมดินที่เหมาะสมจะช่วยรักษาให้น้ำมีคุณภาพดี ลดการพังทลายของดิน ตลอดจนบรรเทาความรุนแรงของอุทกภัยได้

9. สรุป

การศึกษาในเรื่องของอุทกภัยและการควบคุมอุทกภัยเป็นสิ่งจำเป็นต่อการจัดการลุ่มน้ำมาก ยิ่งในสภาวะการณ์ในปัจจุบันซึ่งจำนวนประชากรเพิ่มสูงขึ้นมาก ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว กระแสของความเปลี่ยนแปลงที่สวนทางกันเช่นนี้ยิ่งจะเป็นตัวส่งเสริมให้ความเสียหายจากอุทกภัยรุนแรงมากขึ้น ในแต่ละปีจะปรากฏว่าความเสียหายอันเกิดจากอุทกภัยนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ความสูญเสียจากอุทกภัยนอกจากจะมีต่อชีวิตและทรัพย์สินทั้งที่เป็นส่วนบุคคลและทรัพย์สินสาธารณะแล้ว ความต่อเนื่องของความเสียหายยังทำให้ต้องสูญเสียงบประมาณในการฟื้นฟูความเสียหายให้กลับคืนสู่สภาพเดิมอีกด้วย แทนที่งบประมาณจะถูกใช้ไปในการพัฒนาด้านต่าง ๆ กลับต้องถูกนำมาใช้ในการบูรณะฟื้นฟู เป็นการกระทบกระเทือนต่อสภาพทางเศรษฐกิจของประเทศชาติเป็นส่วนรวม

ดังนั้น การศึกษาในเรื่องของอุทกภัยจึงถือเป็นสิ่งสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ผลที่ได้จากการศึกษานอกจากจะเป็นแนวทางในการจัดการลุ่มน้ำแล้วยังมีผลในการพิจารณาออกแบบสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ สะพาน ท่อระบายน้ำ คลองส่งน้ำ และอื่น ๆ เป็นต้น การออกแบบสิ่งก่อสร้างเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณน้ำสูงสุดได้หากไม่ทำการศึกษาข้อมูลให้ดีแล้ว การก่อสร้างสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เพื่อการป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอุทกภัยอาจเกิดความเสียหายได้ เนื่องจากไม่สามารถรองรับน้ำได้หรืออาจจะทำให้อายุการใช้งานสั้นหรือสูญเสียงบประมาณในการก่อสร้างมากเกินไป นอกจากนั้นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำและอุทกภัยเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อที่จะได้นำข้อมูลดังกล่าวเก็บไว้ใช้เป็นฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพต่อไป การมีฐานข้อมูลจำนวนมากในระยะเวลาที่ยาวนานจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณน้ำฝน

10. คำถามและกิจกรรมประกอบท้ายบท

ตอนที่ 1 ให้นักศึกษาตอบคำถามต่อไปนี้ให้ชัดเจน

1. ในพื้นที่ลุ่มน้ำแห่งหนึ่งมีป่าไม้ปกคลุมอย่างอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน ภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น ต่อมามีการตั้งถิ่นฐานอยู่บริเวณลุ่มน้ำตอนล่าง สมมุติว่ามีการทำลายป่าทั้งในพื้นที่ตอนบนและตอนล่าง ท่านคิดว่า จะเกิดผลเสียหายในบริเวณใดมากกว่ากัน

2. ถ้าต้องการตัดไม้เพื่อการค้า ควรพิจารณาอย่างไรบ้างจึงจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

3. พายุนอกโซนร้อน (**wave cyclone**) คืออะไร อธิบายให้ชัดเจน

ตอนที่ 2 ให้นักศึกษาทดลองจัดงานวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลที่กำหนดให้

ก. สิ่งที่กำหนดให้ กำหนดลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำให้ดังรายการต่อไปนี้

1. พื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดประมาณ 150 ตารางกิโลเมตร รูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีจุดสูงสุดที่ต้นน้ำ 1800 เมตร และต่ำสุดที่ Out let 500 เมตร จาก msl.

2. มีแม่น้ำใหญ่ระบายตั้งแต่จุดที่ห่างจากจุดยอดสุดประมาณ 500 เมตร แม่น้ำแห่งนี้ไหลผ่านกลางพื้นที่ โดยไหลจากทิศเหนือสู่ทิศใต้ พร้อมทั้งมีลำน้ำย่อยมากเหมือนลุ่มน้ำโดยทั่วไป

3. พื้นที่แห่งนี้มีป่าดิบเขาประมาณ 30 เปอร์เซนต์อยู่ตอนบน และป่าสนประมาณ 5 เปอร์เซนต์ (มักจะอยู่คละกับป่าดิบเขาเป็นบางแห่ง) ตั้งแต่ความสูง 500 ม.

ขึ้นไป พื้นที่ตอนล่าง ๆ เป็นป่าเต็ง-รัง ประมาณ 7 เปอร์เซนต์ และป่าสัก 15 เปอร์เซนต์

4. พื้นที่ลุ่มน้ำนี้มีพื้นที่ราบเรียบ 23 เปอร์เซนต์ โดยมากมักจะอยู่ตอนล่าง ๆ และใกล้กับฝั่งน้ำทั้งสองข้าง ที่สูงขึ้นไปจากที่ราบเล็กน้อยจะมีความลาดชันเพิ่มขึ้นประมาณ 5-15 เปอร์เซนต์

5. ดินโดยทั่วไปอุดมสมบูรณ์เกิดจากหินเกรนิต แต่มีความคงทนต่ำ คือ ง่ายต่อการพังทลายโดยเฉพาะบนที่สูงกว่า 900 เมตรขึ้นไปจะง่ายต่อการพังทลายมากกว่าที่ต่ำมาก ดินบางแห่งลึกเกือบ 2 เมตรในป่าดิบเขา แต่ป่าเต็ง-รัง ลึกเพียง 50 เซนติเมตร ป่าสักลึกประมาณ 80 เซนติเมตร

6. ปริมาณฝนตกไม่น้อยกว่า 2000 มิลลิเมตรต่อปี ในระดับความสูงเกิน 900 เมตรขึ้นไป ต่ำลงมามักมีฝนตกประมาณ 70 เปอร์เซนต์ของที่สูง อุณหภูมิที่แห่งนี้ตอนบนเย็นเกือบตลอดปี ตอนล่างมักร้อนมากในฤดูร้อน ความชื้นสูงบนที่สูงในที่ราบจะต่ำในฤดูร้อนสูงในฤดูฝน อัตราการระเหยน้ำโดยทั่วไปต่ำในตอนบน พื้นที่ตอนล่างมักสูงกว่าประมาณ 50 เปอร์เซนต์

7. บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแห่งนี้มีประชากรอยู่หลายครอบครัว ๆ ละ 6 คน ครอบครัวหนึ่งต้องใช้พื้นที่ทำกสิกรรมประมาณ 25 ไร่ จึงจะได้ผลผลิตทางเกษตรพอเพียง ในทำนองเดียวกันจำเป็นมีอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำด้วย ตลอดจนต้องมีถนน อ่างเก็บน้ำ ที่พักอาศัย และอื่น ๆ

ข. ถ้าท่านเป็นผู้วางแผนในการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ จงดำเนินการตามรายการต่อไปนี้

1. ให้วาดภาพลุ่มน้ำแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพป่า แม่น้ำ ที่กสิกรรม อุตสาหกรรม ถนน ตลอดจนที่อยู่อาศัย และอื่น ๆ

2. ระบายสีพื้นที่ต่าง ๆ ที่ได้วางแผนใช้ที่ดินตามที่กำหนดให้ในข้อ ก. พร้อมทั้งแสดงบริเวณของพื้นที่แต่ละแห่งด้วย และแสดงรายละเอียดประกอบด้วย

3. อธิบายภาพประกอบเล็กน้อย และอธิบายเพิ่มเติมว่า การปลูกพืชกสิกรรมควรจะปลูกที่ใด และควรเป็นพืชชนิดไหน และมีมาตรการในการป้องกันพังทลายของดินอย่างไรบ้าง

4. ให้คำนวณหาจำนวนครอบครัวที่ทำการกสิกรรมในลุ่มน้ำ พร้อมทั้งวางแผนให้มีที่พักอาศัย ถนน และอื่น ๆ ด้วย ควรเป็นไปในรูปใด

5. ถ้าประชากรอีก 2000 ครอบครัวจะต้องย้ายเข้าไปทำมาหากินในลุ่มน้ำแห่งนี้ ท่านจะทำอย่างไร จะเป็นไปได้หรือไม่ ถ้าจำเป็นต้องจัดพื้นที่ให้อยู่เพราะท่านต้องจำยอมทำ ท่านจะให้อยู่ที่ใด และอยู่อย่างไร จงให้เหตุผลพร้อมทั้งแสดงตำแหน่งในแผนที่ลุ่มน้ำด้วย.

11. เฉลย

ตอนที่ 1

1. เมื่อมีการตัดไม้ทำลายป่าจะมีผลติดตามมาดังต่อไปนี้

ก. เกิดการพังทลายของดินในอัตราสูง เนื่องจากการทำลายป่าทำให้ดินแน่นทึบ อาจเนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ขาดพวกอินทรีย์วัตถุ, กิจกรรมของสิ่งมีชีวิต และไม่มีรากพืชทำให้ดินร่วนซุย อัตราการซึมของน้ำฝน (Infiltration) น้อยลง น้ำฝนส่วนใหญ่จะเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface flow) ผ่านหน้าดินอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมาก ทำให้หน้าดินถูกทำลาย

ข. เป็นผลสืบเนื่องจากข้อแรก เมื่อฝนตกลงมาน้ำฝนส่วนใหญ่จะกลายเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน ไหลลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดอุทกภัยในที่ราบลุ่มที่อยู่ทางตอนล่าง และหลังจากน้ำลดแล้วปริมาณน้ำในแม่น้ำลำธารอาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ เนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำที่เก็บไว้ในดินโดยเฉพาะในดินป่าไม้มาหล่อเลี้ยงลงสู่ระบบระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น จึงเกิดปัญหาด้านปริมาณของน้ำที่มีทั้งมากเกินไปและน้อยเกินไป

ค. อุณหภูมิของอากาศโดยทั่วไปสูงขึ้น เนื่องจากต้นไม้ได้ดูดเอาพลังงานความร้อนจากอากาศไปใช้ในขบวนการคายน้ำ นอกจากจะทำให้อากาศร้อนขึ้นเนื่องจากไม่มีป่าไม้แล้ว ปริมาณความชื้นในอากาศก็ลดน้อยลงด้วย อันจะมีผลเกี่ยวข้องกับหยาดน้ำฟ้า ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงทั้งด้านปริมาณและระยะเวลาที่ฝนตก

ง. ผลด้านปฏิกริยาลูกโซ่ เมื่อป่าถูกทำลายปริมาณธาตุอาหารที่เคยมีอยู่เดิมก็จะลดจำนวนลง

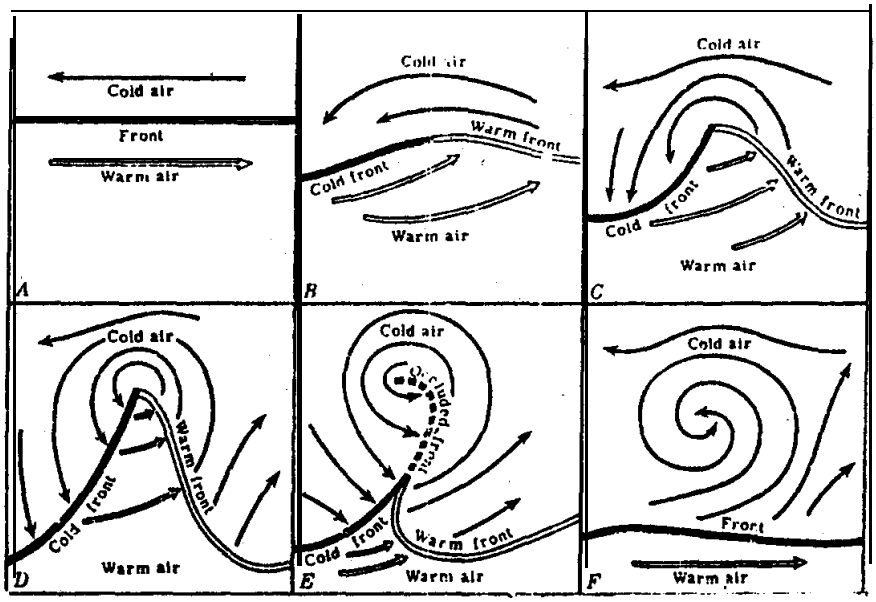
จากเหตุผลดังกล่าว ประกอบกับพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่ใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบตอนล่าง ดังนั้น ผลกระทบที่มีต่อระบบลุ่มน้ำทั้งหมด ผลเสียหายในบริเวณที่ราบตอนล่างจึงมากกว่าและแม้ว่าดินที่ถูกสลายมาจากทางเหนือจะมาตกทับถมในบริเวณที่ลุ่มก็ตามแต่ก็เป็นดินที่ยังไม่เหมาะสมในการเกษตร อาจมีเนื้อดินที่ละเอียดเกินไป เป็นต้น รวมทั้งผลกระทบอื่น ๆ ซึ่งจะมีผลเสียโดยตรงกับการทำการเกษตรในพื้นที่ตอนล่างดังกล่าวแล้ว

2. ถ้าต้องการตัดไม้เพื่อการค้า ควรจะแบ่งพื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งอยู่ทางตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดชันค่อนข้างสูง จัดเป็นป่าป้องกัน (Protection forest) หรือป่าต้นน้ำลำธาร เพื่อวัตถุประสงค์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ อีกส่วนหนึ่งจัดเป็นป่าผลผลิต (Production forest) เป็นป่าที่อยู่ในระดับความสูงที่ต่ำลงมา อนุญาตให้มีการตัดฟันได้

วิธีการตัดควรใช้ระบบตัดหมด (Clear cutting) โดยแบ่งพื้นที่ป่าที่จะตัดออกเป็นแปลง ๆ สมมุติว่ามีพื้นที่ป่าสัมปทานทั้งสิ้น 60,000 ไร่ จัดแบ่งที่ดินออกเป็นแปลง ๆ แปลงละ 1000 ไร่ จำนวน 60 แปลง ในแต่ละปีจะตัดจำนวน 1 แปลง โดยวิธีตัดหมดแล้วปลูกทดแทน ด้วยวิธีการนี้จะทำให้มีไม้ใช้งานได้ตลอดปี เมื่อถึงแปลงที่ 60 (60 ปี) ไม้ในแปลงแรกก็จะโตเต็มที่พอที่จะตัดฟันได้ต่อไป หมุนเวียนเป็นเช่นนี้ตลอดไป วิธีการดังกล่าวจะช่วยรักษาสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าวิธีเลือกตัด (Selecting cutting) วิธีการเลือกตัดจะนำไปสู่การทำลายสภาพแวดล้อมในที่สุด

3. พายุนอกโซนร้อน หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า " Wave cyclone " ซึ่งเกิดอยู่ตามแนวปะทะอากาศเย็น ทางตอนปลายสุดของมวลอากาศขั้วโลก เป็นบริเวณที่มี

พายุนอกโซนร้อนเคลื่อนไป พายุนอกโซนร้อนมีบทบาทที่สำคัญต่อลมฟ้าอากาศในเขตละติจูดกลางเป็นอย่างมาก การก่อตัวขึ้นของพายุนอกโซนร้อนนี้ เรียกว่า Cyclogenesis เมื่อมีกระแสลมวน (Disturbance) หรือลักษณะผิวพื้นดินผิดปกติตามย่านแนวปะทะระหว่างมวลอากาศสองมวลแล้วจะมีการก่อตัวของพายุ (Wave) ก่อตัวขึ้นในแนวปะทะ ความกดในบริเวณการก่อตัวของพายุจะเริ่มตก (ลดลง) กระแสลมแต่ละด้านของการก่อพายุจะเปลี่ยนมีลักษณะเป็นการหมุนเวียนเป็นก้นหอย (Cyclonic)



รูปที่ 9.3 แสดงการก่อตัวของพายุนอกโซนร้อน
(ที่มา : W.Donn, 1975)

อีก 2-3 ชั่วโมงต่อมา ความกดจะตกหลายมิลลิบาร์ ในขณะเดียวกันลมจะแรงขึ้น และลักษณะตาพายุในแนวปะทะจะปรากฏชัดขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวสัมพันธ์กับทิศทางของกระแสลมทั้งสองส่วน ถึงแม้ว่ากระแสลมวนทั้งหมดจะเคลื่อนมาตามแนวปะทะที่แนวเดิมที่ผิวพื้น ส่วนที่อยู่ข้างหน้าจะเอียงกลายเป็นแนวปะทะอากาศร้อน ส่วนที่อยู่ข้างหลังจะเคลื่อนไปข้างหน้าเรื่อย ๆ เป็นแนวปะทะอากาศเย็น และเมื่อมาทันแนวปะทะอากาศร้อน การก่อตัวของพายุจะทำให้เกิดเป็นกระแสลมเปลี่ยนทิศขึ้น ต่อไปขั้นสุดท้ายอากาศจะหมุนเป็นวงกลมและสลายตัว ตามปกติก่อนที่จะสลายตัวมันจะมีลักษณะอากาศรุนแรงเป็นบริเวณกว้างขวางตามแนวปะทะก่อน

ตอนที่ 2

วิธีการ

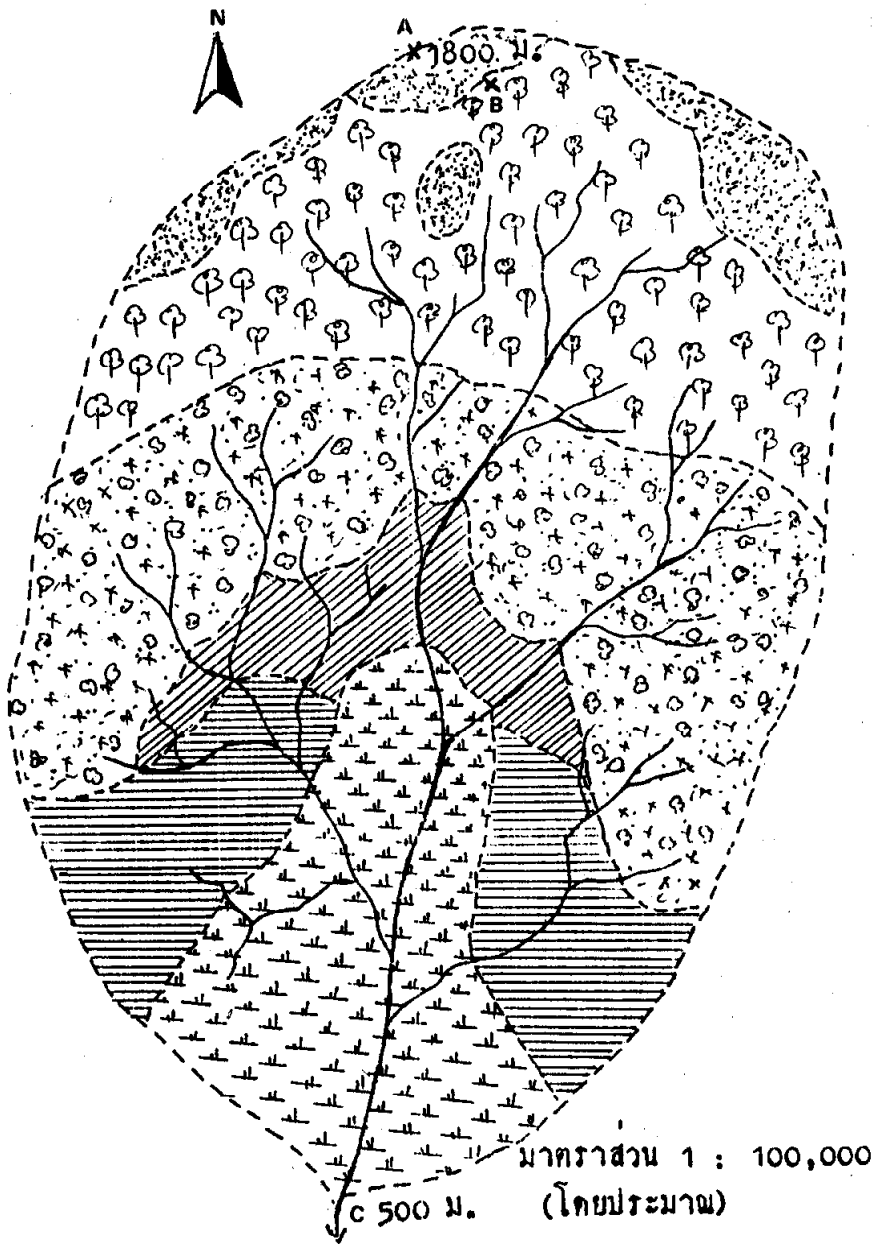
วาดแผนที่ลุ่มน้ำตามที่กำหนดให้โดยใช้วิธีสมมุติแบบประมาณการในที่นี้ใช้มาตราส่วน 1 : 100,000 โดยประมาณ

จากแผนที่ลุ่มน้ำ รูปที่ 9.4

กำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นรูปคล้ายสี่เหลี่ยนผืนผ้า มีจุดสูงสุดอยู่ที่จุด A ความสูง 1800 ม. จากระดับน้ำทะเลต่ำสุดที่จุด C สูง 500 ม. จากระดับน้ำทะเล

มีแม่น้ำใหญ่ระบายน้ำอยู่ห่างจากจุดยอดสุดที่จุด B อยู่ห่างจากจุด A ประมาณ 500 ม. ไหลผ่านกลางพื้นที่ลุ่มน้ำมีสาขามากมาย

รูปแบบของการระบายน้ำเป็นแบบ Dendritic Pattern เกิดจากหินพื้นฐานคือ หินแกรนิตที่มีความคงทนต่ำ



รูปที่ 9.4 แสดงสภาพดั้งเดิมของลุ่มน้ำที่กำหนดให้

ลักษณะดั้งเดิมของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Origin of watershed area) เป็นไปตามที่กำหนดให้ โดยแสดงด้วยพื้นสีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

แสดงพื้นที่ป่าสน

แสดงพื้นที่ป่าดิบเขา

แสดงพื้นที่ป่าสัก

แสดงพื้นที่ป่าเต็งรัง

แสดงพื้นที่ค่อนข้างราบ มีความลาดชันเล็กน้อย

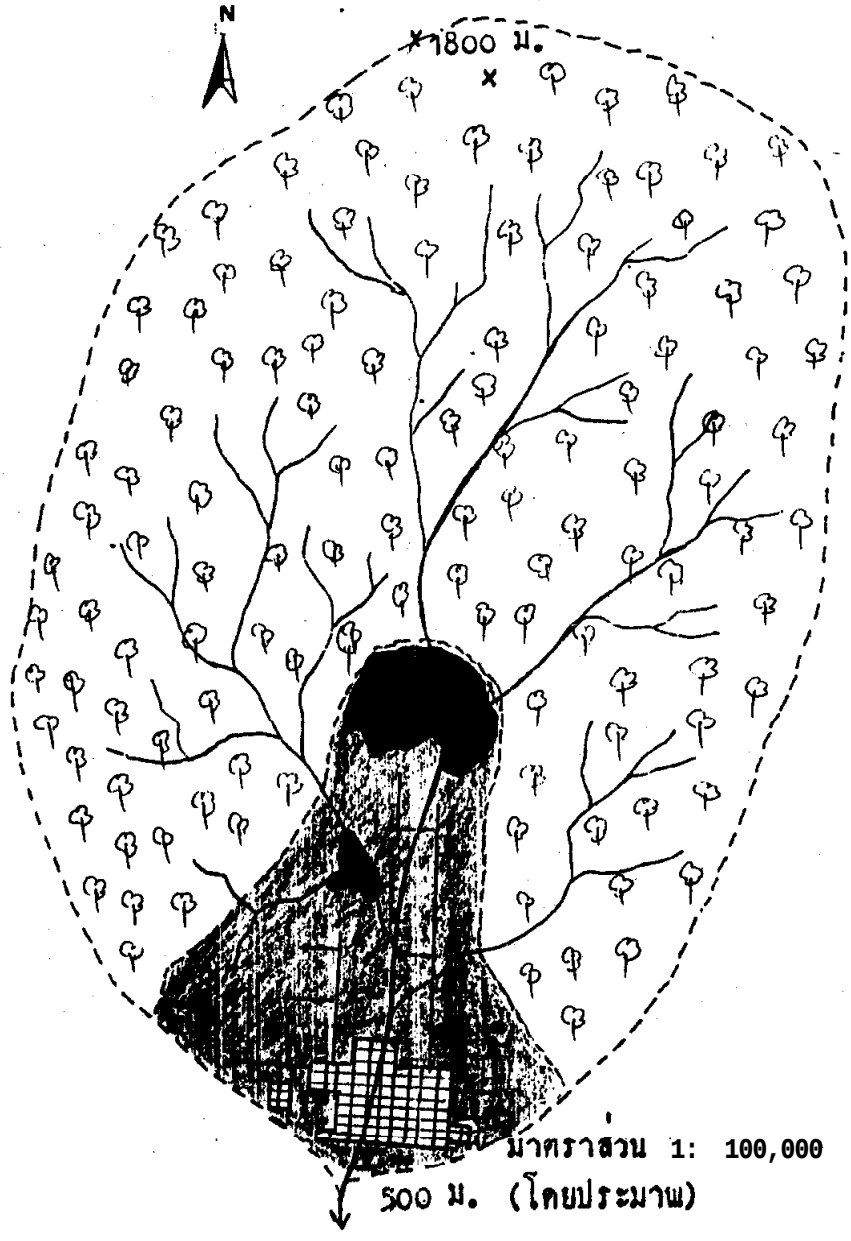
แสดงพื้นที่ราบเรียบ

จากพื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำ มีประมาณ 150 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 93,750 ไร่ แบ่งออกเป็นพื้นที่ป่าสนประมาณ 5% (4,687.5 ไร่) พื้นที่ป่าดิบเขาประมาณ 30% (28,125 ไร่) พื้นที่ป่าเต็งรังประมาณ 7% (6,562.5 ไร่) พื้นที่ป่าสัก 15% (14,062.5 ไร่) พื้นที่ราบเรียบ 23% (21,562.5 ไร่) ที่เหลือนอกจากนั้นสมมุติให้เป็นพื้นที่ที่ค่อนข้างเรียบมีความลาดชันปานกลางโดยเฉลี่ยประมาณ 20% (18,750 ไร่)

สภาพดินโดยทั่วไปเป็นดินอุดมเกิดจากหินแกรนิต แต่มีความคงทนต่ำ กำหนดให้ดินในบริเวณป่าเขาและที่สูงมีชั้นดินบางกว่าดินในบริเวณที่ราบที่อยู่ต่ำลงมาโดยทั่วไป

ประชากร

สมมุติว่ามีประชากรอาศัยอยู่เดิมในลุ่มน้ำแห่งนี้ประมาณ 1300 ครอบครัว ถ้าครอบครัวหนึ่งมีสมาชิก 6 คน ดังนั้น ประชากรเดิมจึงมีอยู่ราว 7,800 คน ในจำนวนนี้ถ้ากำหนดให้ครอบครัวเกษตรกรมีพื้นที่ทำกินครอบครัวละ 25 ไร่ ผลผลิตจึงจะพอเพียงในการเลี้ยงชีพ ดังนั้น ถ้าทั้งหมดทำการเกษตรกรรมต้องใช้พื้นที่ถึง 32,500 ไร่



รูปที่ 9.5 แสดงการวางแผนจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำที่กำหนดให้

แผนที่ลุ่มน้ำ รูปที่ 9.5

เป็นภาพวาดแสดงให้เห็นถึงการวางแผนจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ตามข้อมูลที่กำหนดให้ ภาพดังกล่าวได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ที่ดิน ได้แก่ สภาพป่า แม่น้ำและแหล่งน้ำ ที่ทำการเกษตร เขตชนบท เมืองตลอดจนเขตอุตสาหกรรมและเส้นทางคมนาคม สัญลักษณ์ที่แสดงไว้ในรูปที่ 9.5 ได้แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

พื้นที่สงวนและพื้นที่ป่า

แหล่งน้ำ

พื้นที่เพื่อการกสิกรรมและเขตชนบท

เส้นทางคมนาคม, ถนน

เขตเมืองและแหล่งอุตสาหกรรม

แผนที่แสดงการใช้ที่ดินในรูปที่ 9.6 ดังกล่าวมาจากข้อสมมุติฐานที่ว่า ในกรณีที่พื้นที่ลุ่มน้ำนี้มีแหล่งน้ำต้นกำเนิดทั้งหมดจากฝน นอกจากฝนแล้วยังไม่มีแหล่งหล่อเลี้ยงน้ำอื่นใด เช่น หิมะหรือธารน้ำแข็ง (Snow field or Glacier) เหมือนกับประเทศในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวในเขตละติจูดที่สูงขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้เมื่อฝนตกลงมา ป่าไม้จะช่วยดูดซับความชื้นและเป็นแหล่งส่งน้ำหล่อเลี้ยงให้มีน้ำในแม่น้ำลำธารได้ตลอดปี

จากภาพแสดงการใช้ที่ดินดังกล่าว ได้กันพื้นที่ป่าไม้และที่ลาดชันเล็กน้อยเอาไว้ประมาณกว่า 2 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อให้สภาพแวดล้อมและความสมดุลย์ในธรรมชาติอยู่ในขั้นดีเลิศ

ดังนั้น จึงเหลือพื้นที่ในการใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่ราบทั้งหมดซึ่งมีอยู่แล้วตามธรรมชาติราว 23% ซึ่งเป็นดินที่อุดม

จากสภาพการจัดในหลักการใหญ่ ๆ นี้จะทำให้สถานการณ์ทั่ว ๆ ไปในพื้นที่ลุ่มน้ำอยู่ในชั้นดีเลิศ เพราะจะมีฝนตกสม่ำเสมอ อันเกิดจากความชุ่มชื้นของป่าไม้ สาเหตุประการหนึ่งก็คือ พื้นที่ตอนล่างมีอัตราการระเหยน้ำสูงมาก กล่าวคือ สูงกว่าพื้นที่ตอนบนถึง 50% ดังนั้น ความชุ่มชื้นจากป่าจึงมีความสำคัญมาก ระดับความสูงต่ำที่ต่างกันประมาณ 1300 ม. จากจุดต่ำสุดถึงจุดสูงสุด จะสามารถทำให้อากาศร้อนจากบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำ ลดอุณหภูมิลงได้ถึงประมาณ 23.5° F เมื่อเคลื่อนตัวสูงขึ้นไปตามความลาดชันของพื้นที่จนถึงจุดสูงสุดของลุ่มน้ำเมื่อคิดตามหลักการลดอุณหภูมิของอากาศแบบ Dry adiabatic rate (แต่จะลดอุณหภูมิน้อยกว่านี้ได้ เนื่องจากเกิดการกลั่นตัวและอากาศจะลดอุณหภูมิตามความสูงในอัตรา 3.3° F /1000 ft. หรือที่เรียกว่า Wet adiabatic rate) สำหรับ Dry adiabatic rate นั้นคิดตามอัตรา 5.5°F /1000 ft. อย่างไรก็ตาม การลดอุณหภูมิดังกล่าวจะสามารถทำให้อากาศถึงจุดอิ่มตัว (Saturated air) ได้ง่ายอันจะเป็นการก่อให้เกิดการกลั่นตัวเป็นเมฆและฝนในที่สุด

ดังนั้น จากเหตุผลดังกล่าวบริเวณพื้นที่ลุ่มน้านี้จะมีฝนประเภท Orographic rain และ Convectional rain ได้มาก

เหตุผลอีกประการหนึ่งที่สำคัญในการจัดการลุ่มน้ำในลักษณะนี้คือ ดินที่มีความคงทนต่ำ ง่ายต่อการพังทลาย โดยเฉพาะในที่สูงกว่า 900 เมตรขึ้นไปและสภาพโดยทั่วไปในบริเวณที่สูงกว่า 900 เมตรเหล่านี้จะมีชั้นดินบาง ดังนั้น การคงสภาพป่าไว้เป็นจำนวนมากจะช่วยลดอัตราการพังทลายของดินลงได้มาก ในขณะเดียวกับที่จะช่วยรักษาความอุดมของโข่อาหาร (Nutrient cycling)ของดินเอาไว้ได้ดีอีกด้วย

รายละเอียดบางประการ ในรูปที่ 9.5

บริเวณที่ใช้ประโยชน์ คือ บริเวณที่ราบลุ่มทั้งหมด (นอกเขตพื้นที่ป่าไม้) มีประมาณ 23% หรือประมาณ 21,562.5 ไร่ แบ่งออกเป็น

1. **แหล่งน้ำ** แสดงไว้ด้วยสีดำทั้งหมด ประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำและคลองส่งน้ำชลประทาน ส่งน้ำไปทั่วบริเวณทำการเกษตร โดยพยายามมิให้มีบริเวณใดอยู่ห่างจากแหล่งน้ำมากเกินกว่า 5 กม. ใช้เนื้อที่ประมาณ 3% ของพื้นที่ใช้ประโยชน์

2. **เส้นทางคมนาคม** เช่น ถนน มีตลอดทั่วทั้งพื้นที่ ใช้เนื้อที่ราว 5% ของพื้นที่ใช้ประโยชน์ ตัดผ่านเป็นรูปตาราง

3. **เขตเมือง** (Urban area) ใช้พื้นที่ประมาณ 5% ของพื้นที่ใช้ประโยชน์ ประกอบด้วยเขต Central Business District, Residential area, Manufacturing area, Residentrial suburb เป็นต้น

3.1 **ที่ตั้ง** (Location) ของเมือง ตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มตอนล่างของลุ่มน้ำ แม้ว่าจะไม่เหมาะเนื่องจากอาณาบริเวณดังกล่าวเป็นที่ที่เหมาะต่อการเกษตรกรรม แต่เนื่องจากความสดวกสบายในเรื่องของการเข้าถึง (Accessibility) และขนาด

ของเมืองก็ไม่ใหญ่เกินไป จึงไม่กระทบกระเทือนการใช้ที่ดินมากเกินไป การตั้งเมืองในพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหรืออย่างอื่นไม่ได้แล้วบางครั้งก็กระทำได้ยาก ดังนั้นจึงชอบที่จะตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ควรใช้เป็นที่ประกอบการเกษตรได้หากมีการควบคุมอย่างรัดกุม

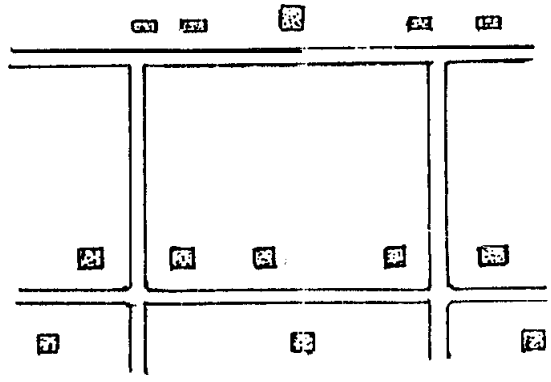
3.2 รูปแบบของเมือง เป็นแบบ Multiple nuclei คือ มีลักษณะหลายศูนย์กลาง เพื่อป้องกันการเกิดลักษณะเอกนคร (Primate city) ซึ่งมีศูนย์กลางที่ใหญ่เกินไปเหมือนกับกรุงเทพในปัจจุบัน เมืองในลักษณะนี้จะก่อให้เกิดการกระจายความเจริญไปสู่จุดต่าง ๆ ของเมืองโดยทั่วถึงกัน ในลักษณะนี้ก่อให้เกิดมีหลายศูนย์กลาง ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการที่เมืองขยายตัวเร็วเกินไป ซึ่งจะก่อให้เกิดมีปัญหาทั้งด้านสังคม , เศรษฐกิจและวัฒนธรรมติดตามมา

4. เขตทำการเกษตรกรรม (Agriculture area)และเขตชนบท (Rural area) อยู่ในพื้นที่โดยรอบทั้งหมดนอกเขตเมือง บริเวณดังกล่าวใช้เป็นที่นาปลูกธัญญพืชสลับกับพืชเศรษฐกิจอย่างอื่น ๆ เพื่อป้องกันการเสื่อมของดิน นอกจากนั้นก็มีการเลี้ยงสัตว์ควบคู่ไปด้วย เพื่อสามารถเลี้ยงประชากรในเขตชนบทและเมืองได้ ส่วนมาตรการในการป้องกันการพังทลายของดินนั้นก็ได้แก่การไม่ปล่อยให้ที่ดินรกร้างโดยไม่ปลูกพืชเพื่อป้องกันการพังทลายของดินและมาตรการในการป้องกันน้ำท่วมซึ่งกระทำโดยระบบการชลประทานที่ดี

ลักษณะการตั้งบ้านเรือนในชนบท โดยทั่วไปอยู่กันไม่หนาแน่น ควรทำเป็นแบบตาราง อยู่ใกล้เส้นทางคมนาคม ทั้งนี้ก็เพื่อสดวกในการขนส่งสินค้าเกษตรกรรมออกสู่ตลาด

รายละเอียดบางอย่างเกี่ยวกับประชากร

มีประชากรอยู่ราว 1,300 ครอบครัว หรือประมาณ 7,800 คน เป็นครอบครัวเกษตรกรรม 700 ครอบครัว หรือประมาณ 4,200 คน ซึ่งต้องใช้พื้นที่ราว 17,500 ไร่



รูปที่ 9.6 แสดงการตั้งถิ่นฐานแบบ Linear

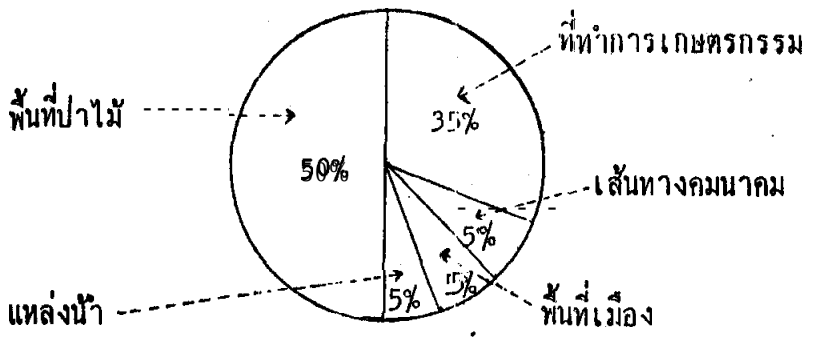
ที่เหลือเป็นที่ดินเพื่อใช้ในกิจการอื่นอีกประมาณ 4,062.5 ไร่ (เนื้อที่ทั้งหมดมีประมาณ 21,562.5 ไร่) 3,600 คน เป็นชาวเมืองประกอบอาชีพค้าขบริการและอุตสาหกรรม

สำหรับการหาจำนวนครอบครัวที่ทำการกสิกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำสมมุตินี้ โดยได้กำหนดให้มีพื้นที่ทำการกสิกรรมอยู่ประมาณ 17,500 ไร่ และถ้าให้ครอบครัวหนึ่งต้องมีพื้นที่ทำกิน 25 ไร่จึงจะได้ผลผลิตเพียงพอ ดังนั้น จะมีครอบครัวทำการกสิกรรมอยู่ $\frac{17,500}{25}$ = 700 ครอบครัว และถ้าครอบครัวหนึ่งมีสมาชิกประมาณ 6 คน ดังนั้นจะมีจำนวนประชากรที่อยู่ในภาคการเกษตรอยู่ถึง 4,200 คน

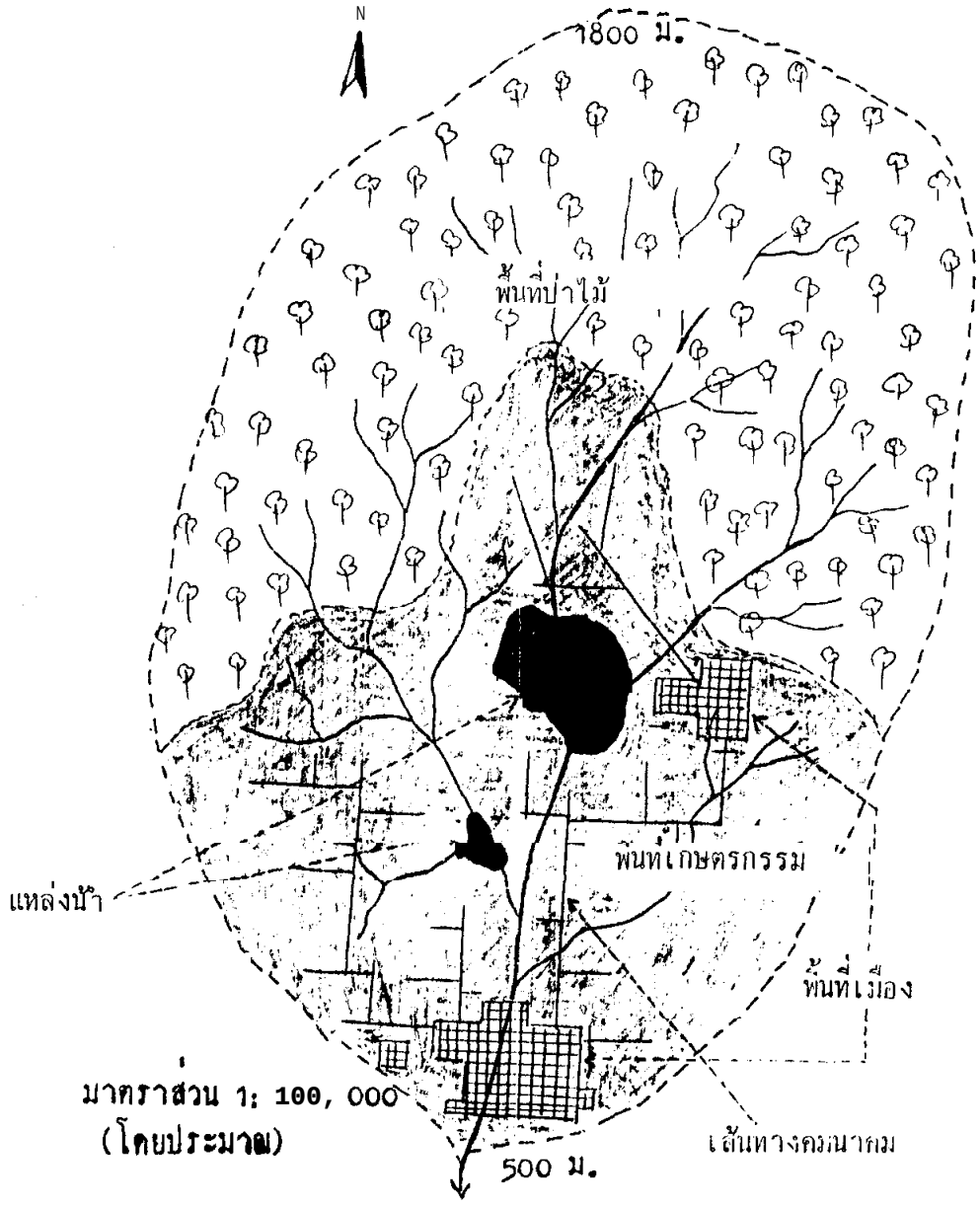
ด้านการวางแผนจัดที่พักอาศัย โดยทั่วไปสภาพชนบทมักจะมีการตั้งถิ่นฐานแบบ Linear pattern คือ เรียงกันไปเป็นแนวยาวตามเส้นทางคมนาคม เช่น ริมคลอง หรือสองฝั่งถนน เป็นต้น วิธีการคือ พยายามจัดสร้างเส้นทางคมนาคม หรือคลองส่งน้ำชล-ประทานเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรมให้ทั่วถึง รวมทั้งพยายามเพิ่มอาชีพและรายได้ให้แก่ชนบท

โดยการนำอุตสาหกรรมหรือการบริการ ซึ่งชนบทนั้นสามารถกระทำได้เข้าไปสู่พื้นที่นั้น เช่น การอุตสาหกรรมในครัวเรือน เพื่อเป็นการกระจายความเจริญสู่ชนบท (Decentralization) ทำให้ชนบทมีความแตกต่างกับเมืองน้อยที่สุด การอพยพแรงงานจากภาคเกษตรกรรมจากชนบทเข้าสู่เมืองจะน้อยลง ทำให้ไม่เกิดปัญหามากเกินไป และผลผลิตทางการเกษตรก็จะได้เต็มเม็ดเต็มหน่วยด้วย

สมมุติให้ประชากรจำนวน 2000 ครอบครัวหรือประมาณ 12,000 คน อพยพเข้ามาอีกก็จะพอเข้าอยู่อาศัยได้ เนื่องจากได้กันพื้นที่ป่าไม้ไว้เป็นจำนวนมากในระยะเริ่มแรก เพื่อรอรับจำนวนประชากรที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 18,800 คน ซึ่งจะต้องมีพื้นที่ทำกินมากขึ้น โดยขยายจากพื้นที่ราบไปสู่ที่ที่มีความลาดชันมากขึ้น และพื้นที่ป่าเต็งรังและป่าสักบางส่วนในบริเวณตอนล่าง ส่วนตอนบนก็ขยายไปตามบริเวณริมฝั่งแม่น้ำขยายลึกขึ้นไปทางตอนเหนือ เข้าสู่บริเวณพื้นที่ป่าดิบชื้น



รูปที่ 9.7 แสดงหลักการใช้ที่ดิน



รูปที่ 9.8 แสดงแผนการขยายตัวของการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ยังคงยึดหลักการมีป่าไม้ไว้อย่างน้อย 50% ของพื้นที่ทั้งหมด เนื่องจากต้องรักษาดุลย์แห่งธรรมชาติมิให้เสียไป เพราะอาชีพหลักคือ การเกษตรซึ่งต้องอาศัยน้ำจากธรรมชาติ นอกจากนั้นก็เป็นพื้นที่เพื่อกิจการอื่นดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 9.8

ประชากรจำนวนหนึ่งซึ่งเป็นส่วนมากจะอาศัยอยู่ในเขตชนชท ในเขตการเกษตรกรรม อีกส่วนหนึ่งอาจอยู่ในบริเวณป่าไม้สำหรับผู้เข้าทำอาชีพด้านกิจการป่าไม้และอาชีพอันสืบเนื่องจากป่า บางส่วนอาจทำการประมงน้ำจืดตามแหล่งน้ำต่าง ๆ

บริเวณเมืองก็ได้ตั้งเมืองหรือแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ขึ้นบริเวณทางตอนบนของลุ่มน้ำ อาจเพื่อคอยให้บริการแก่เกษตรกรและกิจการการทำป่าไม้ เพื่อไม่จำเป็นต้องลงมาถึงเมืองซึ่งตั้งอยู่เดิมทางตอนใต้

ลักษณะของเมืองอาจเป็นแบบ Sector Theory คือ เมืองจะขยายตัวเป็นรูปลิ่มไปตามเส้นทางคมนาคม เพื่อสดวกในการขยายตัวต่อไปในอนาคต การตั้งเมืองใหม่เป็นการกระจายความเจริญสู่ทุกภาคของพื้นที่มิให้ความเจริญอยู่ที่ศูนย์กลางแต่เพียงแห่งเดียว.