

## บทที่ 17

# สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิล์มถ่ายภาพทางอากาศ

รศ. วันทนี ศรีรัฐ

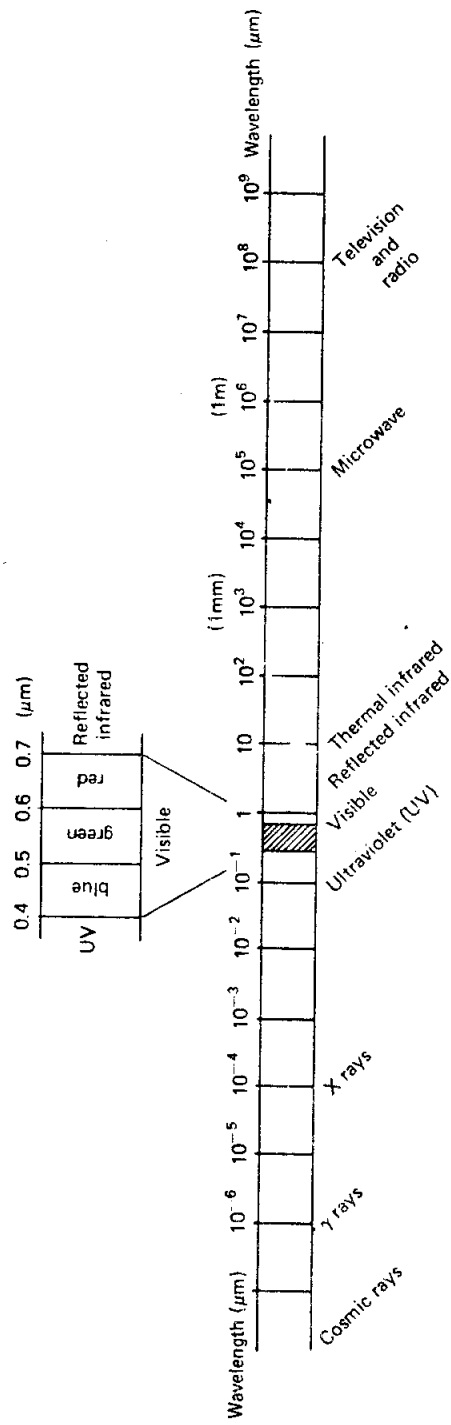
### วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าและช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีประโยชน์ต่อการถ่ายภาพทางอากาศ
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายเกี่ยวกับระบบพลังงานต่าง ๆ ที่ใช้ช่วยในการบันทึกหรือถ่ายภาพทางอากาศได้
3. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจถึงลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก
4. เพื่อให้ศึกษาทราบถึงประโยชน์ของการใช้ฟิลเตอร์
5. เพื่อให้ศึกษาทราบเกี่ยวกับฟิล์มและความไวแสงของฟิล์มแต่ละประเภทที่ใช้ในการถ่ายภาพทางอากาศ

## 17.1 แหล่งพลังงานและสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดของแสงในรูปของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายไปทุกทิศทาง บางส่วนของพลังงานนี้จะให้ความสว่างแก่พื้นผิวโลกและมีคุณสมบัติที่สำคัญต่อการสำรวจทางอากาศ พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะแตกต่างกันตามความยาวช่วงคลื่น (WAVELENGTH) พลังงานในทุกช่วงคลื่นนี้รวมเรียกว่า สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTROMAGNETIC SPECTRUM) หน่วยที่ใช้วัดความยาวช่วงคลื่นในสเปกตรัมที่ใช้มากที่สุดคือ ไมโครมิเตอร์ (MICROMETER) สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะแผ่จากคลื่นสั้นรังสีคอสมิกที่มีความถี่สูงจนถึงคลื่นยาวของวิทยุที่มีความถี่ต่ำ แต่ไม่มีผู้ใดรู้ถึงขอบเขตของคลื่นสั้นและคลื่นยาวนี้แน่นอนซึ่งอาจจะอยู่ที่ระยะอนันต์ก็ได้ ช่วงสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละช่วงก็ไม่ได้แบ่งไว้แน่นอน การแบ่งโดยประมาณจะแบ่งออกเป็นรังสีคอสมิก (COSMIC RAYS) รังสีแกมมา (GAMMA RAYS) รังสีเอ็กซ์ (X-RAYS) รังสีเหนือม่วง (ULTRAVIOLET) แสงที่ตามองเห็น (VISIBLE LIGHT) รังสีอินฟราเรด (INFRARED RAYS) คลื่นไมโครเวฟ (MICROWAVE) และคลื่นวิทยุ (RADIO WAVE) จากรูปที่ 17.1 จะเห็นว่าเพียงช่วงแคบ ๆ ของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าเท่านั้นที่ตามนุษย์มองเห็นได้ การดำรงชีวิตของมนุษย์ในโลกอาจจะเกี่ยวข้องกับพลังงานบางชนิดโดยที่เราไม่สนใจ เช่น เมื่อเรานอนหลับมากเกินไปจะรู้สึกสับสนตามผิวหนังเนื่องจากการเผาไหม้ของแสงอาทิตย์นั่นก็คือ รังสีเหนือม่วงนั่นเอง หรือเมื่อเปิดโทรทัศน์ดูคลื่นวิทยุที่เรามองไม่เห็นจะถูกส่งผ่านสถานีวิทยุโทรทัศน์ (ที่ตั้งอยู่ไกลออกไป) และเปลี่ยนเป็นพลังงานที่เราได้ยินหรือเห็นในจอโทรทัศน์ได้ ซึ่งหมายถึงเราได้เข้าไปเกี่ยวข้องกับคลื่นวิทยุแล้ว

ช่วงของสเปกตรัมที่ตามองเห็นได้จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 0.4-0.7 ไมโครมิเตอร์ ( $\mu\text{m}$ ) ช่วงความยาวคลื่นที่สั้นประมาณ 0.35-0.4 ไมโครมิเตอร์ คือรังสีเหนือม่วง และช่วงความยาวคลื่นที่สั้นกว่า 0.35 ไมโครมิเตอร์ขึ้นไปเป็นรังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา รังสีคอสมิก และช่วงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.7-0.9 ไมโครมิเตอร์ คือรังสีอินฟราเรด และช่วงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1 ไมโครมิเตอร์ขึ้นไปเป็นช่วงไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ ในช่วงของรังสีเหนือม่วง และอินฟราเรดนี้ตามนุษย์มองไม่เห็น



รูปที่ 17.1 สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTROMAGNETIC SPECTRUM)

ในแต่ละช่วงของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีลักษณะของพลังงานและความยาวช่วงคลื่นที่แตกต่างกันออกไปเฉพาะตัว ระบบสำรวจข้อมูลระยะไกล (REMOTE SENSOR SYSTEM) แบบต่าง ๆ จะมีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นแตกต่างกัน ในกรณีของกล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ติดตั้งในเครื่องบินจะมีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น ดังนั้นกล้องถ่ายภาพทางอากาศจะสามารถบันทึกภาพและได้ภาพตามที่ตาเรามองเห็นนั่นเอง ส่วนระบบสำรวจข้อมูลระยะไกลประเภทอื่น ๆ ได้รับการออกแบบให้มีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นอื่น ๆ ของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างไปจากช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ ในที่นี้จะขอกกล่าวเฉพาะช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น และในช่วงคลื่นที่สั้นหรือยาวกว่าช่วงของแสงที่ตามองเห็นได้เล็กน้อย ซึ่งอาจเรียกว่า “NEAR VISIBLE” เท่านั้น

การถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้นี้ รูปของพลังงานที่แผ่กระจายออกที่สำคัญคือแสงสีขาว เมื่อแสงสีขาวผ่านปริซึมจะแยกออกเป็นสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง โดยมีสีหลัก (PRIMARY COLOUR) คือ สีน้ำเงิน เขียว และแดง โดยแบ่งออกเป็นช่วงคลื่นต่าง ๆ ดังนี้คือ ช่วงคลื่น 0.4-0.5 ไมโครมิเตอร์ คือช่วงแสงสีน้ำเงิน 0.5-0.6 ไมโครมิเตอร์ คือ ช่วงแสงสีเขียว 0.6-0.7 ไมโครมิเตอร์ คือช่วงแสงสีแดง แม้ว่าในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้จะไม่กว้างมากแต่ก็นับว่ามีความสำคัญในฐานะเป็นแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของโลกเราเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการได้ข้อมูลจากระยะไกลประเภทอื่น ๆ ที่ได้จากช่วงคลื่นอื่น ๆ ที่เพิ่งพัฒนาเมื่อไม่นานมานี้เอง ทั้งนี้เพราะตาของมนุษย์เราเคยชินกับการมองเห็นความแตกต่างในภาพถ่ายโดยผ่านลักษณะของสีที่แตกต่างกัน ความคมชัดของภาพ การมองเห็นภาพสามมิติ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นส่วนจำเป็นในการอ่านแปลวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศ

## 17.2 ต้นกำเนิดพลังงานที่ใช้ในการบันทึกภาพ

การบันทึกภาพจากระยะไกลหรือจากอวกาศ คือ การบันทึกเอาพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อน หรือส่งออกมาจากวัตถุให้ปรากฏเป็นภาพ ภาพจะปรากฏอย่างไรจะขึ้นอยู่กับรูปร่าง คุณสมบัติของวัตถุในการสะท้อน (REFLECTION) และส่งออก (EMISSION) ที่มีต่อช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ ระยะความสูงที่ใช้ในการบันทึกภาพรวมทั้งต้นกำเนิดของพลังงานสำหรับต้นกำเนิดที่ทำให้เกิดพลังงานมี 2 ระบบคือ

1. ระบบแอ็คทีฟ (ACTIVE) คือ การบันทึกภาพโดยอาศัยพลังงานที่สร้างขึ้นแล้วส่งไปยังวัตถุที่จะบันทึกภาพ เช่น การถ่ายภาพด้วยแฟลชเป็นการส่งพลังงานแสงที่เกิดขึ้นจาก

ดวงไฟที่ทำงานไปกระทบวัตถุ แล้วจึงส่งกลับออกมา หรือการถ่ายภาพ SLAR ซึ่งต้องส่งคลื่นไมโครเวฟ ไปยังพื้นผิวโลกแล้วจึงสะท้อนกลับมายังเครื่องบันทึกภาพ

2. ระบบพาสซีฟ (PASSIVE) คือการบันทึกภาพโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น การถ่ายภาพที่อาศัยแสงอาทิตย์ การถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพทางอากาศก็เป็นวิธีการบันทึกภาพด้วยระบบนี้เช่นกัน

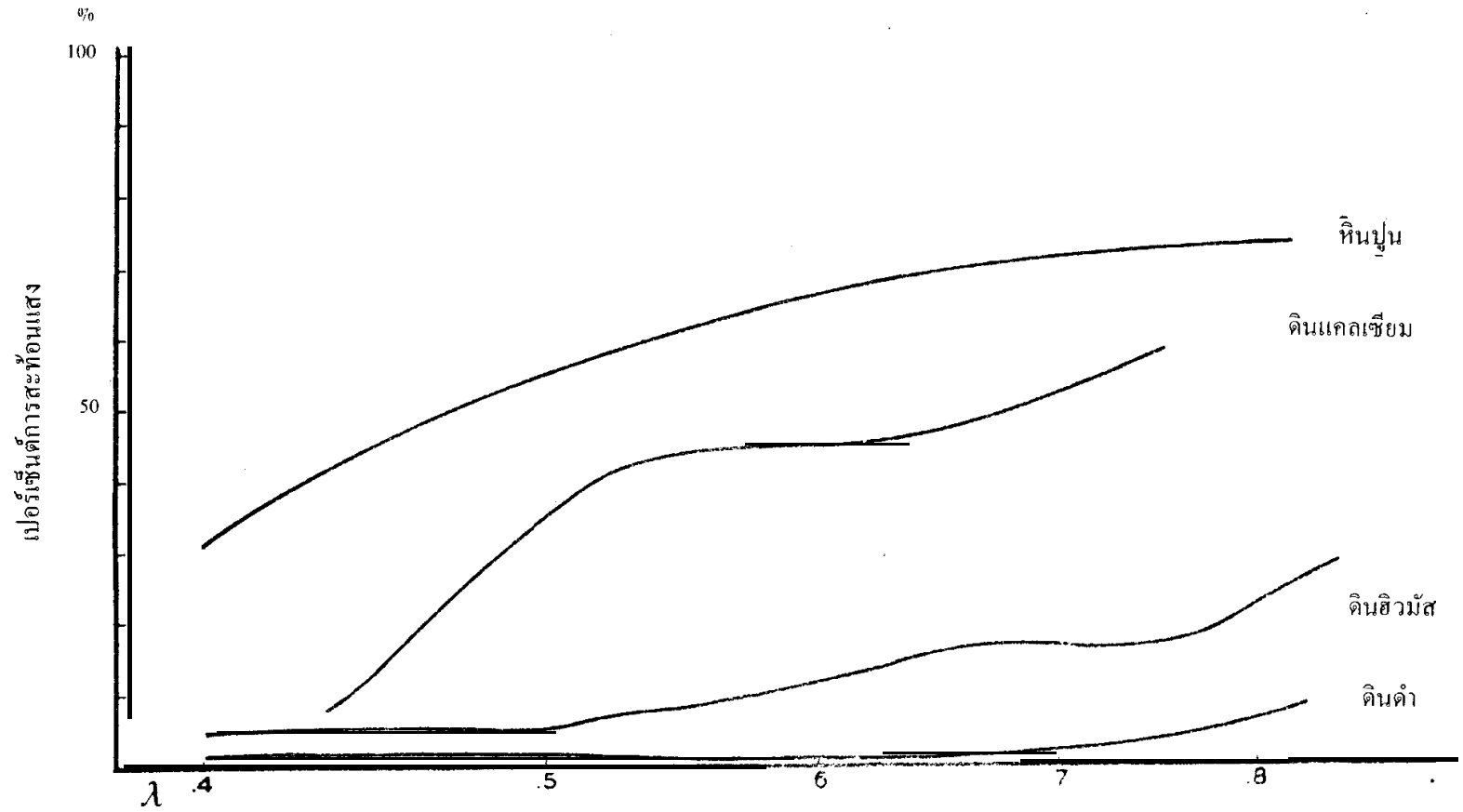
### 17.3 ลักษณะการสะท้อนแสง

เรามองเห็นวัตถุและถ่ายภาพวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ ได้เพราะวัตถุเหล่านั้นสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่ตกลงมากระทบวัตถุนั้น ๆ วัตถุจะเห็นเป็นสีขาวถ้าสะท้อนแสงที่ตกลงมากระทบวัตถุนั้นทั้งหมด และถ้าวัตถุดูดกลืนแสงไว้ทั้งหมดโดยไม่สะท้อนแสงเลยวัตถุหรือสิ่งนั้นก็จะเป็นสีดำ ถ้าวัตถุสะท้อนแสงน้อยก็จะเป็นสีเทา ดังนั้น ความเข้าใจเกี่ยวกับการสะท้อนแสงของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นโลกจึงเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยในการอ่านและแปลภาพถ่ายทางอากาศ สำหรับพื้นผิวโลกที่เราถ่ายภาพจากทางอากาศนั้นจะประกอบด้วยลักษณะใหญ่ ๆ 3 ประการคือ

1. พื้นดินและหิน
2. พืชพรรณธรรมชาติ
3. พื้นน้ำ

1. **พื้นดินและหิน** จะประกอบด้วยทั้งดิน ทราย หิน หินปูน รวมทั้งสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ตึก อาคารบ้านเรือน ถนน เป็นต้น ในรูปที่ 17.2 แสดงการสะท้อนแสงของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นบนภาพถ่ายทางอากาศขาวดำ หินปูน และดินแคลเซียมจะสะท้อนแสงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จึงปรากฏเป็นสีค่อนข้างขาวในภาพถ่าย ในขณะที่การสะท้อนแสงของดินฮิวมัสและดินสีดำเกือบเป็นศูนย์เปอร์เซ็นต์ จึงปรากฏเป็นสีดำในภาพถ่าย

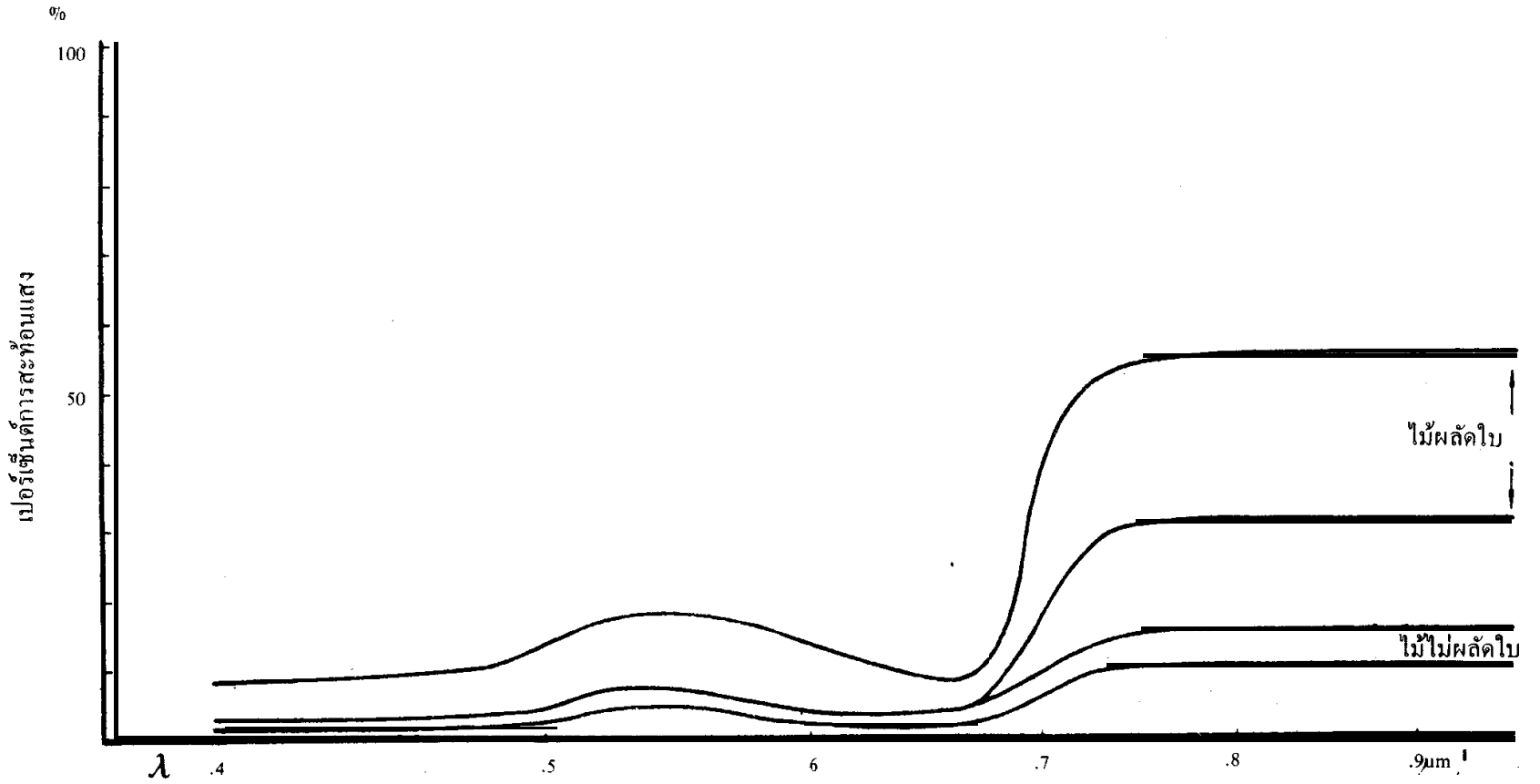
ถ้าเป็นบริเวณดินแห้งจะให้สีขาวบนภาพถ่ายขาวดำ ดินซึ่งเพิ่งไถพรวนความชื้นยังมีอยู่จะให้สีเข้มมากกว่าดินแห้ง ปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อนแสงของดินที่สำคัญ เช่น ปริมาณความชื้นในดิน ความหยาบละเอียดของเนื้อดิน ความราบเรียบของผิวพื้น จำนวนอินทรีย์วัตถุและออกไซด์ของเหล็ก สำหรับสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ เช่น ถนน ทางเดินเท้า ทางรถไฟ ท่อน้ำ ตึก รางต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะปรากฏเป็นสีค่อนข้างขาวแตกต่างกันเป็นสัดส่วนกัน ในภาพถ่ายขาวดำ อินฟราเรดพื้นดินที่เพิ่งไถพรวนจะปรากฏเป็นสีเทาอ่อนข้างดำ



รูปที่ 17.2 ลักษณะการสะท้อนแสงของดินประเภทต่างๆ และหินปูน

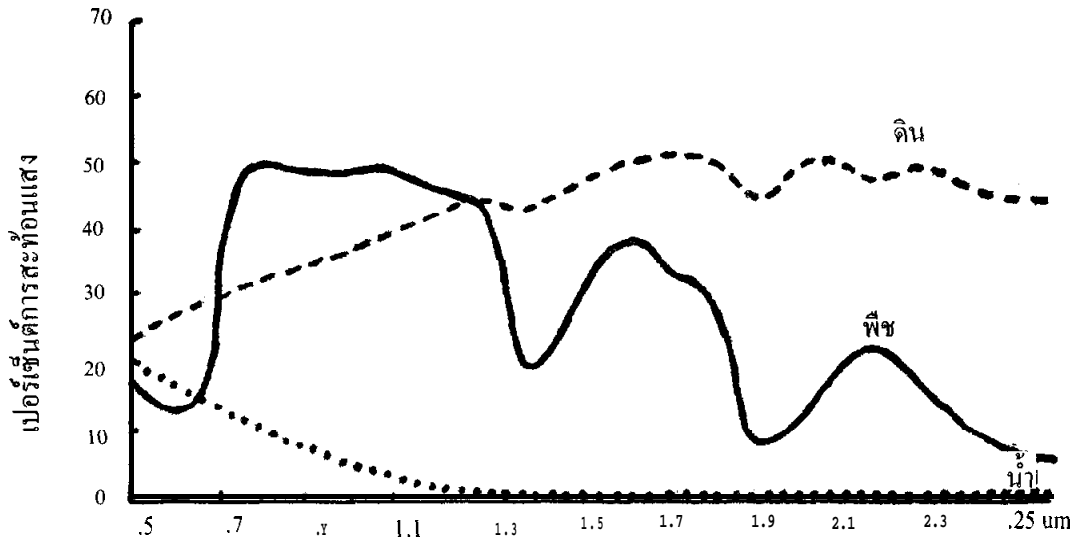
2. พืชพรรณธรรมชาติ ในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ประมาณ 0.45-0.65 ไมโคร-  
มิเตอร์ โครโรฟิลล์ในใบพืชจะดูดกลืนแสงทำให้การสะท้อนแสงน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ พืช  
พรรณธรรมชาติที่ปรากฏในภาพถ่ายขาวดำทั่วไปจะเป็นสีค่อนข้างดำ ถ้าพืชขึ้นอยู่เป็นแถว  
จะเห็นเป็นเส้นสีดำ หรืออาจจะเห็นเป็นจุดดำ ๆ ถ้าพืชขึ้นอยู่โดด ๆ เป็นต้น อาจจะยกเว้นสำหรับ  
พืชที่มีใบมันมากอาจปรากฏเป็นสีขาวในภาพถ่าย ใบไม้ผลัดใบจะมีสีเข้มในภาพถ่ายมากกว่า  
ใบไม้ผลัดใบดั่งในรูปที่ 17.3 แต่การสะท้อนของแสงจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงคลื่นอินฟราเรด (แม้ว่า  
ในช่วงคลื่นอินฟราเรดตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ แต่การสะท้อนของแสงจะถูกบันทึก  
ได้โดยใช้ฟิล์มอินฟราเรด) พืชที่เป็นโรคหรือถูกศัตรูพืชรบกวนหรือไม่สมบูรณ์จะให้สีที่เข้ม  
กว่าพืชที่สมบูรณ์ ในช่วงคลื่นอินฟราเรดโครงสร้างของใบไม้เป็นปัจจัยสำคัญในการสะท้อน  
ของแสง ซึ่งใบไม้จะสะท้อนแสงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ตกกระทบ โดยเหตุที่  
โครงสร้างของใบในพืชต่างชนิดกันจะแตกต่างกันมาก การวัดการสะท้อนของแสงในช่วงนี้  
จะช่วยให้เราจำแนกพืชต่างชนิดกันได้แม้ว่าลักษณะของพืชเหล่านั้นจะดูเหมือนกันในช่วงคลื่น  
ที่ตามองเห็นได้

3. พื้นน้ำ มีทั้งทะเล มหาสมุทร แม่น้ำ คลอง หนอง บึง เป็นต้น แหล่งน้ำจะดูดกลืน  
แสงได้ดีในช่วงคลื่นอินฟราเรดจึงทำให้แหล่งน้ำมีสีดำเข้มในภาพถ่ายขาวดำอินฟราเรด ส่วน  
น้ำขุ่นเสียที่มีสารแขวนลอยอยู่หรือปกคลุมด้วยพืชน้ำจะมีสีจางกว่า จึงเหมาะที่จะใช้ภาพถ่าย  
ประเภทนี้ในการแบ่งแยกที่ลุ่มชื้นแฉะจากพื้นดินที่แห้งหรือชายฝั่งทะเล เพราะในภาพขาวดำ  
ธรรมดาพืชพรรณธรรมชาติจะปรากฏมีสีคล้ายกับที่ชื้นแฉะ ในขณะที่ในภาพขาวดำอินฟราเรด  
การสะท้อนแสงของพืชมีมากกว่าจะทำให้เห็นความแตกต่างเด่นชัดมาก



รูปที่ 17.8 ลักษณะการสะท้อนแสงของไม้ผลัดใบและไม้ไม่ผลัดใบ



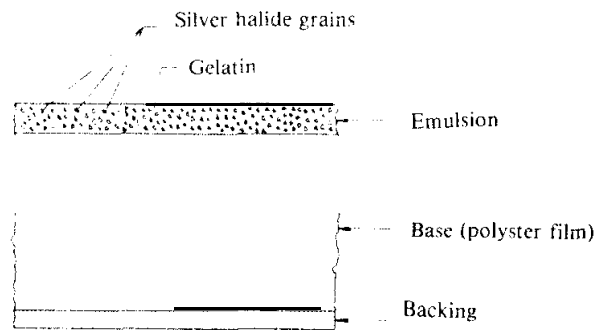


รูปที่ 17.4 ลักษณะการสะท้อนแสงของน้ำ พืช และดิน

ถ้าเรานำพืช ดิน และน้ำมาเปรียบเทียบการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ดังในรูปที่ 17.4 จะเห็นว่าในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายขาวดำคือ น้ำมีสีเข้มที่สุดเพราะสะท้อนแสงน้อยที่สุด พืชมีสีเทาปานกลางค่อนข้างคล้ำและดินมีสีเทาอ่อนค่อนข้างขาวเพราะดินที่แห้งมีการสะท้อนแสงมากที่สุด ส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรดน้ำยังคงมีสีเข้มที่สุดแต่ดินจะมีสีคล้ำกว่าพืชเพราะในช่วงคลื่นนี้พืชจะสะท้อนแสงมากกว่าดิน

#### 17.4 फिल्मถ่ายภาพทางอากาศ

ฟิล์มถ่ายภาพทางอากาศก็เช่นเดียวกับฟิล์มที่ใช้ถ่ายภาพทั่ว ๆ ไป จะประกอบด้วยสารไวแสง (EMULSION) พวกเงินโบรไมด์ผสมกับเงินไอโอไดด์ สารไวแสงจะฝังอยู่ในเจลาติน (GELATIN) ซึ่งมีลักษณะเป็นวัสดุเหนียว ๆ เจลาตินจะช่วยยึดสารไวแสงให้ติดกับฐานฟิล์ม (BASE) ซึ่งจะเป็นพวกกระดาษกระจกหรือพลาสติกที่มีคุณสมบัติใสเหนียว ไม่ยืดหดง่ายเมื่อถูกความร้อนหรือความเย็น สำหรับในงานถ่ายภาพทางอากาศฐานฟิล์มจะต้องมีลักษณะที่ยืดหดน้อยที่สุดเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของขนาด รูปร่างในระหว่างการล้างภาพ เพื่อให้ผลที่ถูกต้องในการคำนวณรังวัดจากภาพถ่าย ส่วนด้านหลังของฟิล์ม (BACKING) ยังมีสารเคลือบเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงอีกด้วย



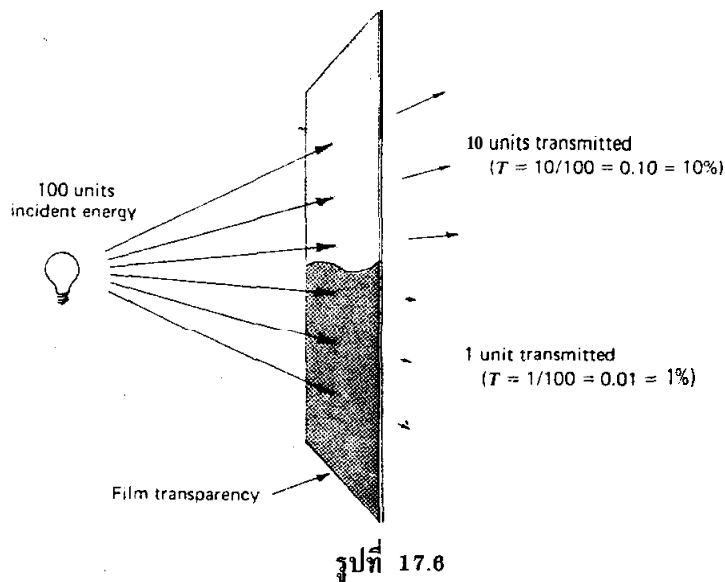
รูปที่ 17.5 ภาพตัดขวางของฟิล์มถ่ายภาพ

เมื่อแสงในช่วงคลื่นของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าไปตกกระทบฟิล์ม และเรานำฟิล์มไปล้างในน้ำยาสร้างภาพ (DEVELOPER) เกลือเงินจะเปลี่ยนเป็นสีดำเฉพาะบริเวณฟิล์มที่ถูกแสง ส่วนบริเวณฟิล์มที่ไม่ถูกแสงยังคงมีเกลือเงินและไวต่อแสงอยู่ เมื่อฟิล์มผ่านน้ำยาสร้างภาพแล้วให้นำไปจุ่มในน้ำยาหยุดสภาพ (STOP BATH) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดซึ่งจะช่วยให้เนื้อฟิล์มมีสภาพเป็นกลาง หลังจากนั้นจึงนำฟิล์มไปล้างต่อในน้ำยาคงสภาพ (FIXER) เพื่อให้เกลือเงินที่ไม่ถูกแสงหลุดออกจากฟิล์ม คงอยู่แต่ส่วนที่เป็นเกลือเงินสีดำที่ติดแน่นอยู่บนฟิล์มเนกาตีฟที่พร้อมจะนำไปอัดขยายภาพต่อไป

ความแตกต่างในความเข้มของแสงที่ตกกระทบวัสดุไวแสงทำให้เกิดความแตกต่างของระดับความดำ (DEGREE OF DARKNESS) ระดับความดำของฟิล์มที่ล้างแล้วสามารถวัดได้ เรียกว่าความเข้ม (DENSITY) ความเข้มจะหมายถึงความทึบ (OPACITY) ซึ่งวัดได้จากปริมาณสัดส่วนของแสงที่ส่องผ่านฟิล์ม (TRANSMITTANCE) หน่วยของความเข้มเป็นลอการิทึมฐานสิบของความทึบ

$$D = \text{LOG}_{10} \quad \quad \quad O = \text{LOG}\left(\frac{1}{T}\right)$$

- เมื่อ
- D คือความเข้ม
  - O คือความทึบ
  - I คือแสงที่ตกกระทบฟิล์ม
  - T คือแสงที่ส่องผ่านฟิล์ม



จากรูปที่ 17.6 แสดงการวัดแสงที่ส่องผ่านฟิล์ม โดยให้มีการส่องสว่างของแสงด้านหนึ่งของฟิล์ม และทำการวัดแสงที่ส่องผ่านฟิล์มไปอีกด้านหนึ่ง จะเห็นว่า ณ จุดภาพหนึ่งแสงจะส่องผ่าน 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 0.01 หรือ 1 เปอร์เซ็นต์ ณ อีกจุดภาพหนึ่ง

เครื่องมือที่ใช้วัดความเข้มโดยวิธีนี้เรียกว่า TRANSMISSION DENSITOMETER ถ้าภาพยิ่งดำ ปริมาณของแสงที่ผ่านยิ่งน้อย เมื่อปริมาณแสงที่ผ่านยิ่งน้อย ความทึบจะยิ่งสูง และความเข้มก็จะยิ่งสูงตามด้วย ตัวอย่างค่าของ TRANSMITTANCE (T) OPACITY (O) และ DENSITY (D) แสดงไว้ในตาราง 17.1

ตาราง 17.1

% TRANSMITTANCE	T	O	D
100	1.0	1	0.00
50	0.50	2	0.30
25	0.25	4	0.60
10	0.10	10	1.00
1	0.01	100	2.00
0.1	0.001	1000	3.00

การดูดกลืนแสงของฟิล์มขาวดำและฟิล์มสีมีความแตกต่างกัน การวัดความเข้มของฟิล์มขาวดำควบคุมโดยจำนวนเกล็ดเงินในบริเวณภาพที่ทำการวัดแต่ในฟิล์มสีการเกิดภาพไม่เกี่ยวข้องกับเกล็ดเงิน ความเข้มเกิดจากการดูดกลืนของสีเหลือง สีมาเจนต้า (MAGENTA) และสีไซแอน (CYAN) ของฟิล์มสี จึงวัดความเข้มจากปริมาณการดูดกลืนของสีทั้ง 3 นี้

## 17.5 การเลือกใช้ฟิล์มถ่ายภาพ

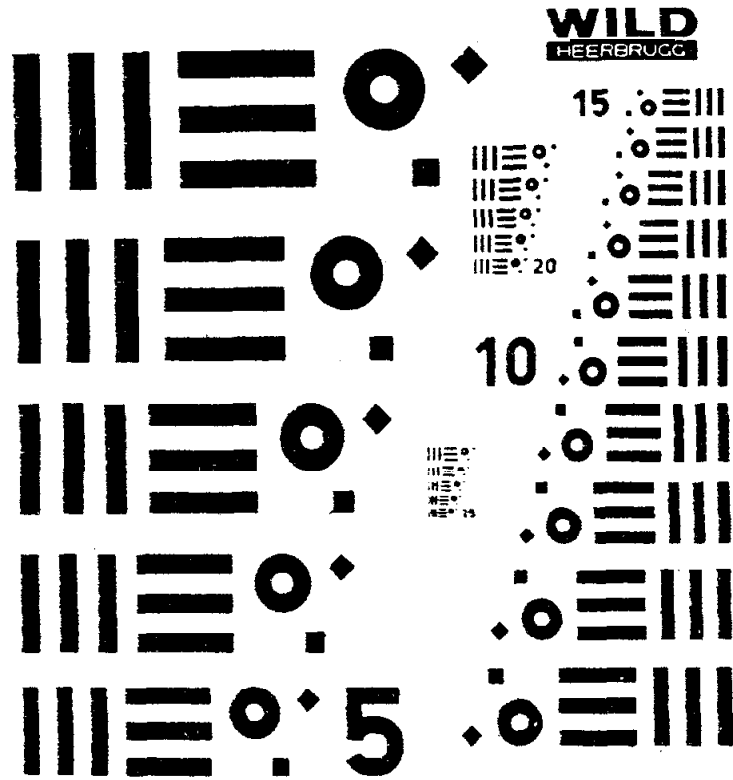
ในการเลือกฟิล์มเพื่อนำมาใช้ในงานถ่ายภาพทางอากาศนั้น ควรพิจารณาจากคุณสมบัติของฟิล์มที่สำคัญ 4 ประการคือ

1. คอนทราสต์ (CONTRAST)
2. ความไวแสง (SPEED)
3. ความสามารถในการบันทึกรายละเอียดอย่างชัดเจน (RESOLVING POWER)
4. ความไวต่อแสงสเปกตรัม (SPECTRAL SENSITIVITY)

1. **คอนทราสต์ของฟิล์ม** หมายถึง ความแตกต่างของความเข้มระหว่างส่วนที่ดำที่สุดและส่วนที่ขาวที่สุดในภาพ ฟิล์มที่มีคอนทราสต์สูงมากจะให้ภาพที่มีความเข้มแตกต่างกันมาก ส่วนฟิล์มที่มีคอนทราสต์ต่ำจะให้ภาพที่มีความเข้มแตกต่างกันน้อย ตัวอย่างเช่น ถ้าถ่ายภาพวัตถุที่มีสีเทาอ่อนและสีเทาแก่ ถ้าใช้ฟิล์มที่มีคอนทราสต์สูงภาพของวัตถุที่ได้จะมีสีขาวและสีดำ แต่เมื่อใช้ฟิล์มที่มีคอนทราสต์ต่ำภาพของวัตถุทั้งสองจะมีสีเกือบคล้ายกัน

2. **ความไวแสงของฟิล์ม** หมายถึง ความไวของสารที่เคลือบฟิล์มที่มีต่อแสงที่ใช้ในการถ่ายภาพ ฟิล์มที่มีความไวสูงต้องการเวลาเปิดหน้ากล้องถ่ายภาพเร็วกว่าฟิล์มที่มีความไวต่ำ ซึ่งนับว่ามีประโยชน์ในการถ่ายภาพทางอากาศมาก เพราะช่วยลดความพร่องของภาพอันเนื่องมาจากความจำเป็นที่ต้องถ่ายภาพในขณะที่เครื่องบินเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ความไวแสงของฟิล์มถ่ายภาพทางอากาศขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตฟิล์ม ปริมาณและขนาดของผลึกเงินเฮไลด์ของฟิล์มแต่ละชนิด การวัดความไวแสงของฟิล์มที่ใช้กันทั่วไปมี 2 วิธีคือ

2.1 ระบบอเมริกันเรียกว่า ASA (AMERICAN STANDARD ASSOCIATION) ฟิล์มที่มี ASA สูงจะมีความไวของแสงมากกว่าฟิล์มที่มี ASA ต่ำกว่า เช่น ฟิล์มชนิด 400 ASA จะมีความไวแสงเป็น 4 เท่าของฟิล์มชนิด 100 ASA



รูปที่ 17.7 แบบทดสอบเพื่อใช้หาเรโซลชันฟิงเพาเวอร์

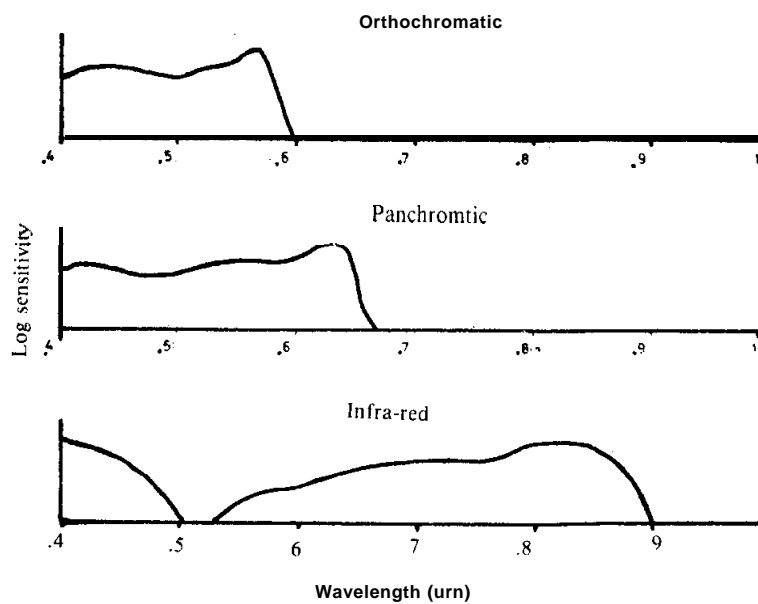
2.2 ระบบเยอรมัน เรียกว่า DIN (DEUTCHE INDUSTRIE NORM) फिल्मที่มี DIN สูงจะมีความไวของแสงมากกว่าฟิล์มที่มีค่า DIN ต่ำกว่า ถ้ามีค่าความไวแสงของฟิล์มต่างกัน 3 จะมีความไวแสงต่างกัน 2 เท่า เช่น ฟิล์มชนิด 21 DIN จะไวแสงเป็น 2 เท่าของฟิล์มชนิด 18 DIN

ฟิล์มที่มีความไวแสงต่างกัน เนื้อของฟิล์มก็จะต่างกันไปด้วย ฟิล์มที่มีความไวแสงต่ำเนื้อฟิล์มจะละเอียด แต่ถ้าเป็นฟิล์มที่มีความไวแสงสูง เนื้อฟิล์มจะหยาบเมื่อขยายเป็นภาพขนาดใหญ่เนื้อฟิล์มของภาพจะแตกถ้าภาพใหญ่มา ๆ จะเห็นภาพเป็นเม็ด ๆ ทั่วไป

3. ความสามารถในการบันทึกรายละเอียดอย่างชัดเจน ในการประเมินคุณภาพของภาพถ่ายนั้น จำเป็นต้องพิจารณาความสามารถของฟิล์มในการบันทึกรายละเอียดของภาพ หรือหมายถึงการวัดความคม (SHARPNESS) ของภาพที่ได้มานั้นเอง การวัดจะใช้หน่วยเป็นจำนวนเส้นต่อมิลลิเมตร ในการวัดจะใช้แบบทดสอบดังในรูปที่ 15.7 ซึ่งประกอบด้วยเส้นสีดำขนานกันมีขนาดต่าง ๆ กัน และมีช่องสีขาวอยู่ตรงกลาง ความกว้างของเส้นสีดำจะเท่ากับช่อง

สีขาวยที่อยู่ระหว่างเส้นเหล่านั้น ความหนาของเส้นแต่ละเส้นอาจมีค่าตั้งแต่ 10-100 เส้นต่อมิลลิเมตร เมื่อถ่ายภาพมาแล้วก็จะนำภาพมาพิจารณาเทียบกับแบบทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการบันทึกรายละเอียดของฟิล์ม ค่าตัวเลขจะน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับความหนาของสารไวแสงที่ฉาบอยู่บนฐานฟิล์ม โดยทั่วไปฟิล์มที่มีเนื้อหยาบความหนาของสารไวแสงมากจะมีความสามารถในการบันทึกความคมชัดต่ำแต่จะเป็นฟิล์มที่มีความไวแสงสูง ส่วนฟิล์มที่มีเนื้อละเอียดกว่าหรือมีความหนาของสารไวแสงไม่มากจะมีความสามารถในการบันทึกความคมชัดได้ดี แต่จะเป็นฟิล์มที่มีความไวแสงต่ำด้วย

4. ความไวของฟิล์มต่อแสงในสเปกตรัม สารไวแสงที่ฉาบฐานฟิล์ม คือเงินเฮไลด์ เช่น เงินไอโอไดด์ เงินคลอไรด์ เงินโบรไมด์นี้จะไวต่อแสงไม่ครบทุกความยาวช่วงคลื่นในสเปกตรัมที่ตามองเห็น เงินเฮไลด์นี้จะไวเฉพาะแสงสีน้ำเงินในช่วงคลื่นสั้นเท่านั้น ถ้าจะให้ฟิล์มมีความไวต่อช่วงคลื่นแสงที่ยาวกว่า คือแสงสีเขียว สีเหลืองและสีแดงด้วยจำเป็นต้องผสมสีอินทรีย์ที่เรียกว่า “SENSITISING DYES” ลงในสารไวแสงด้วย เราอาจจำแนกฟิล์มตามคุณสมบัติที่ฟิล์มไวต่อแสงต่าง ๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 17.8 เส้นโค้งแสดงความไวของฟิล์มประเภทต่าง ๆ ที่มีต่อคลื่นแสงในสเปกตรัม

1. **ฟิล์มออร์โทโครมาติก (ORTHOCHROMATIC FILM)** เป็นฟิล์มที่ไวต่อช่วงแสงสีน้ำเงินและสีเขียว ซึ่งมีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.6 ไมโครมิเตอร์

2. **ฟิล์มขาวดำธรรมดา (PANCHROMATIC FILM)** เป็นฟิล์มที่ไวต่อแสงในช่วงสเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ทั้งหมด คือช่วงแสงสีน้ำเงิน เขียว และแดง ซึ่งมีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.7 ไมโครมิเตอร์

3. **ฟิล์มขาวดำอินฟราเรด (BLACK AND WHITE INFRARED FILM)** เป็นฟิล์มที่ไวต่อแสงในช่วงสเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ทั้งหมดและยังไวต่อช่วงแสงอินฟราเรดใกล้ (NEAR INFRARED) ซึ่งตามองไม่เห็นด้วย

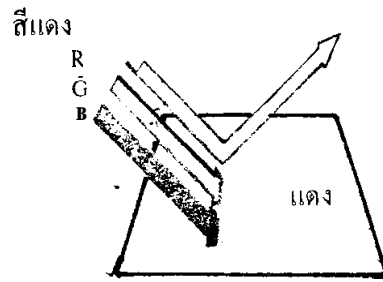
ฟิล์มทั้ง 3 ประเภทนี้มีประโยชน์ในงานถ่ายภาพทางอากาศ แต่โดยทั่วไปจะใช้ฟิล์มขาวดำธรรมดามากที่สุด นอกจากนี้ยังมีฟิล์มสีอีก 2 ประเภท คือ ฟิล์มสีธรรมชาติและฟิล์มสีประดิษฐ์ ฟิล์มต่าง ๆ เหล่านี้จะได้กล่าวถึงอีกครั้งในเรื่องเกี่ยวกับชนิดของฟิล์ม

## 17.6 ความรู้เกี่ยวกับเรื่องแสงสีและฟิลเตอร์

ในการถ่ายภาพทางอากาศทั้งภาพขาวดำและภาพสี เราใช้แสงอาทิตย์ช่วยในการถ่ายภาพ สีในภาพถ่ายขาวดำทุกสีจะปรากฏออกมาเป็นสีที่อยู่ระหว่างสีขาวกับสีดำคือสีเทา ฟิล์มขาวดำธรรมดาคะไวต่อทุกช่วงแสงในสเปกตรัมที่ตามองเห็นแต่ความไวจะไม่เท่ากันในทุกช่วงแสง และในขณะที่เดียวกันจะแตกต่างกันกับความไวของตาที่มีต่อแสงสีนั้น ๆ ด้วย เช่น ตาเราจะมีความรู้สึกว่าสีน้ำเงินเป็นสีที่เข้ม สีเขียวเป็นสีที่อ่อน แต่เมื่อเราถ่ายภาพด้วยฟิล์มขาวดำจะพบว่าการบันทึกลงบนฟิล์มจะแตกต่างกันออกไป เช่น สีน้ำเงินจะปรากฏเป็นสีเทาอ่อนแทนที่จะเป็นสีเทาแก่ตามความรู้สึกที่ตามองเห็นซึ่งเราจะแก้ไขได้ด้วยการใช้ฟิลเตอร์เข้าช่วยเพื่อให้ได้ภาพตามที่ตามนุษย์มองเห็นได้ หนึ่งการที่สีที่ปรากฏบนฟิล์มเนกาตีฟ (NEGATIVE) จะเข้มหรืออ่อนขึ้นอยู่กับการสะท้อนของวัตถุผ่านเลนส์ไปทำปฏิกิริยากับฟิล์มไม่เท่ากัน ถ้าวัตถุสะท้อนแสงมากส่วนของฟิล์มเนกาตีฟจะเปลี่ยนเป็นสีดำจัด วัตถุที่สะท้อนแสงปานกลางจะเป็นสีเทา และส่วนที่สะท้อนแสงน้อยหรือไม่สะท้อนแสงเลยจะเป็นสีขาวบนเนื้อฟิล์ม เมื่อนำฟิล์มเนกาตีฟ (NEGATIVE) มาอัดเป็นโพสิตีฟ (POSITIVE) สีจะเปลี่ยนกลายเป็นตรงกันข้าม

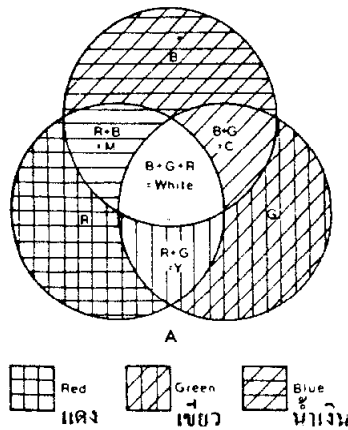
สำหรับภาพสีธรรมชาติ นั้น ดังที่ทราบแล้วว่าในช่วงสเปกตรัมที่ตามองเห็นได้นั้น แสงสีขาวจะประกอบด้วยสีหลักคือ สีน้ำเงิน เขียว และแดง เราจะมองเห็นวัตถุเป็นสีใดก็เพราะวัตถุสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นของสีนั้น ถ้าคลื่นแสงทั้งสามสีตกกระทบวัตถุและวัตถุสะท้อน

แสงทั้งหมด เราก็จะมองเห็นวัตถุมีสีขาว และถ้าวัตถุดูดกลืนแสงทั้งหมดไม่สะท้อนแสงเลยก็  
จะมองเห็นวัตถุเป็นสีดำ ถ้าวัตถุดูดกลืนแสงสีเขียวและน้ำเงินไว้ทั้งหมดและสะท้อนแสงสีแดง  
ก็จะเห็นวัตถุเป็นสีแดง เพื่อความเข้าใจในเรื่องสีเราควรทราบเกี่ยวกับการเกิดสี



รูปที่ 17.9 วัตถุดูดกลืนแสงสีเขียวและน้ำเงินไว้ ทำให้วัตถุมีสีแดง

สีที่เกิดจากการรวมสี



รูปที่ 17.10 แสดงสีที่เกิดจากการรวมสี

สีแดง + สีเขียว = สีเหลือง

สีแดง + สีน้ำเงิน = สีมาเจนต้า (MAGENTA)

สีเขียว + สีน้ำเงิน = สีไซแอน (CYAN)

สีแดง + สีเขียว + สีน้ำเงิน = สีขาว

สีเหลือง สีมาเจนต้า และสีไซแอน เรียกว่า สีประกอบ (COMPLEMENTARY COLOURS)



สีเหลืองเป็นสีประกอบของสีน้ำเงิน (สีเหลืองจะดูดกลืนสีน้ำเงิน)

สีมาเจนต้าเป็นสีประกอบของสีเขียว (สีมาเจนต้าจะดูดกลืนสีเขียว)

สีไซแอนเป็นสีประกอบของสีแดง (สีไซแอนจะดูดกลืนสีแดง)

เมื่อสีบางสีถูกดูดกลืนไว้ เราก็สามารถมองเห็นสีที่เหลือ ที่เรียกว่าสีที่เกิดจากการดูดกลืน

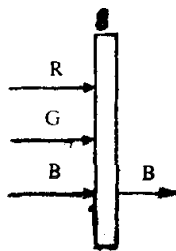
สีเหลือง + สีมาเจนต้า = สีแดง

สีเหลือง + สีไซแอน = สีเขียว

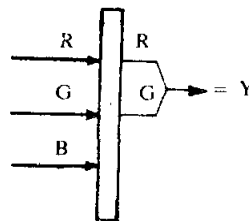
สีมาเจนต้า + สีไซแอน = สีน้ำเงิน

สีเหลือง + สีมาเจนต้า + สีไซแอน = สีดำ

สำหรับฟิลเตอร์เป็นเครื่องมือสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ช่วยในการถ่ายภาพ ฟิลเตอร์จะทำด้วยวัสดุโปร่งแสง เช่น เจลาติน (GELATIN) หรือแก้วและติดตั้งอยู่ข้างหน้าเลนส์ ฟิลเตอร์อาจจะมีรูปแบบต่าง ๆ กันแต่จะมีคุณสมบัติยอมให้แสงบางช่วงคลื่นที่สะท้อนจากวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ ผ่านไปยังฟิล์ม และดูดกลืนแสงในบางช่วงคลื่นที่ไม่ต้องการไว้ และในการถ่ายภาพบางครั้งเราต้องการให้แสงบางช่วงคลื่นผ่านและไม่ต้องการให้แสงบางช่วงคลื่นผ่านเลนส์เข้าไปทำปฏิกิริยากับฟิล์ม ฟิลเตอร์ก็จะเป็นตัวทำหน้าที่ดังกล่าวนี้ ฟิลเตอร์มีหลายสีเช่น เหลือง แดง ส้ม เขียว น้ำเงิน ฟ้า ซึ่งฟิลเตอร์เหล่านี้จะมีคุณสมบัติในการให้แสงผ่านต่าง ๆ กัน หลักเบื้องต้นในการใช้ฟิลเตอร์ก็คือ ฟิลเตอร์ใดใน 3 สีหลักคือ น้ำเงิน แดง เขียว จะยอมให้สีเดียวกันผ่านและดูดกลืนสีอื่นไว้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 17.11 และ 17.12 นี้



รูปที่ 17.11



รูปที่ 17.12

ฟิลเตอร์สีน้ำเงินจะดูดกลืนสีแดงและสีเขียวไว้ แต่จะยอมให้แสงสีน้ำเงินผ่าน ฟิลเตอร์สีเหลือง (สีแดง + เขียว) จะดูดกลืนสีน้ำเงินไว้ แต่จะยอมให้แสงสีแดงและเขียวผ่าน

การใช้ฟิลเตอร์ช่วยในการถ่ายภาพขาวดำ มี 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. **ฟิลเตอร์แก้ข้อบกพร่อง (CORRECTION FILTER)** เป็นฟิลเตอร์ใช้แก้ไขให้สีทุกสีถูกถ่ายภาพเหมือนกับที่ตาเห็นจริงในธรรมชาติ ฟิล์มขาวดำธรรมดาจะไวต่อทุกช่วงคลื่นในสเปกตรัมที่ตามองเห็น แต่เมื่อถ่ายภาพแล้วจะไม่ให้สีที่ถูกต้องกับที่ตาเรามองเห็น เช่น ตาเรามองเห็นสีน้ำเงินคล้ำกว่าสีเขียว แต่ถ้าถ่ายภาพแล้วสีเขียวจะกลายเป็นสีที่คล้ำกว่า เราจำเป็นต้องใช้ฟิลเตอร์สีเหลืองเพื่อให้ได้ภาพตามที่ตามองเห็น

2. **คอนทราสต์ฟิลเตอร์ (CONTRAST FILTER)** เป็นฟิลเตอร์ที่ช่วยให้สีสองสีที่ใกล้เคียงกันมีสีตัดกัน เช่น สีแดงและเขียวเมื่อถ่ายภาพจะดูสีคล้ายกัน แต่ถ้าใช้ฟิลเตอร์เข้าช่วย สีแดงจะสว่างกว่าสีเขียวเกิดความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

3. **ฟิลเตอร์ตัดหมอกแดด (HAZE FILTER)** เป็นฟิลเตอร์ที่ช่วยลดผลจากหมอกแดดในบรรยากาศ ถ้าใช้ฟิลเตอร์สีเหลืองก็จะดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นสีม่วงและแสงสีน้ำเงินในบรรยากาศซึ่งจะทำให้ภาพมีความแจ่มใสมากยิ่งขึ้น

### 17.7 ชนิดของฟิล์มภาพถ่ายทางอากาศ

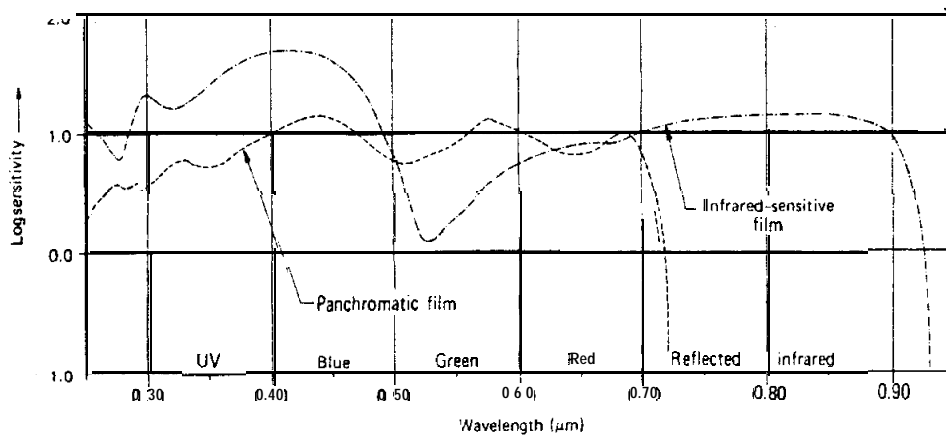
ฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายภาพทางอากาศ มีทั้งฟิล์มขาวดำ และฟิล์มสี แต่จะนิยมใช้ฟิล์มขาวดำมากกว่าเพราะประหยัดกว่า ฟิล์มขาวดำที่ใช้มีหลายประเภท และมีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ กัน เพื่อประโยชน์ที่จะนำมาใช้ในงานต่าง ๆ กัน สำหรับฟิล์มขาวดำที่ใช้มี 3 ประเภทคือ

1. ฟิล์มออร์โทโครเมติก (ORTHOCHROMATIC FILM)
2. ฟิล์มขาวดำธรรมดา (PANCHROMATIC FILM)
3. ฟิล์มขาวดำอินฟราเรด (BLACK AND WHITE INFRARED FILM)

1. **ฟิล์มออร์โทโครเมติก** เป็นฟิล์มที่ไวต่อรังสีเหนือม่วง สีน้ำเงิน และสีเขียว แต่จะไม่ไวต่อแสงสีแดง ฟิล์มชนิดนี้เคยใช้เป็นฟิล์มมาตรฐานในการถ่ายภาพเพื่อทำแผนที่ในสหรัฐอเมริกา แต่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนมาใช้ฟิล์มขาวดำธรรมดาแทน อย่างไรก็ตามฟิล์มชนิดนี้มีประโยชน์ในการใช้ที่สำคัญ 2 ประการคือ ในการศึกษาเกี่ยวกับชายฝั่งทะเล และพืชพรรณธรรมชาติ ในช่วงคลื่นที่กล่าวนี้ฟิล์มประเภทนี้สามารถถ่ายภาพลึกลงไปในน้ำได้ และสำหรับการถ่ายภาพพืชพรรณธรรมชาติจะให้สีที่ตัดกันมากในภาพเนื่องจากฟิล์มมีความไวต่อคลื่นแสงสีเขียวมาก

2. **ฟิล์มขาวดำธรรมดา** เป็นฟิล์มที่ไวต่อทุกช่วงคลื่นที่ตามองเห็น คือ ไวต่อแสงสีน้ำเงิน เขียว และแดงซึ่งอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครมิเตอร์ ภาพที่ได้จากการใช้ฟิล์มประเภทนี้จะมีคอนทราสต์กันมาก รวมทั้งมีความคมชัดดีพอสมควร และยังสามารถควบคุมการผลิตสีของภาพได้โดยใช้ฟิลเตอร์เข้าช่วย การผลิตภาพถ่ายประเภทนี้ยังมีราคาถูกและประหยัดกว่าด้วย จึงนิยมนำภาพถ่ายที่ได้จากฟิล์มประเภทนี้มาใช้ในงานอ่านแปลภาพถ่าย การทำแผนที่ และการคำนวณรังวัดเพื่อประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ มากที่สุด

3. **ฟิล์มขาวดำอินฟราเรด** เป็นฟิล์มที่ไวต่อแสงในทุกช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแล้วยังไวต่อช่วงคลื่นอินฟราเรด (0.7 – 0.9 um) ที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย ในการถ่ายภาพจะใช้ฟิลเตอร์สีเหลืองหรือแดงเพื่อตัดคลื่นแสงที่ไม่ต้องการ เพื่อจะได้บันทึกเฉพาะคลื่นแสงอินฟราเรด สีที่ปรากฏในภาพเป็นผลเนื่องมาจากการสะท้อนพลังงานอินฟราเรดของวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้น ภาพถ่ายขาวดำอินฟราเรดมีประโยชน์ในการศึกษาเกี่ยวกับป่าไม้ แหล่งน้ำ ดิน และธรณีวิทยา ในด้านป่าไม้จะเห็นได้จากรูปที่ 17.3 ในหน้า 480 ป่าไม้ผลัดใบจะสะท้อนคลื่นแสงอินฟราเรดได้ดีภาพที่ได้จะมีสีอ่อน ส่วนป่าไม้ไม่ผลัดใบจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรด จึงปรากฏในภาพเป็นสีเข้มดำกว่ามาก ลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้ฟิล์มขาวดำอินฟราเรดมีประโยชน์ในการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของป่าไม้ นอกจากนั้นยังช่วยในการศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของพืช เมื่อพืชเกิดเป็นโรคหรือถูกศัตรูพืชรบกวนจะมีผลต่อเนื้อเยื่อของใบพืชซึ่งทำให้พืชลดความสามารถในการสะท้อนรังสีอินฟราเรด การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้จะปรากฏให้เห็นในสีของพืชที่เข้มขึ้นกว่าปกติในภาพถ่าย การทราบเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวนี้นี้ตั้งแต่ในระยะแรก ๆ จะช่วยในการป้องกันทำให้ประหยัดการสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ได้ จากความรู้ดังกล่าวนี้ทำให้เราสามารถกำหนดชั้นความเจริญเติบโตของพืชและติดตามดูได้ว่าพืชจะเจริญเติบโตตามแผนที่วางไว้หรือไม่ นอกจากนี้ยังให้ประโยชน์ในด้านการทหารเกี่ยวกับการพรางตาโดยใช้สีเขียวทาหรือนำใบไม้มาคลุมไว้ เพราะฟิล์มประเภทนี้จะแยกให้เห็นความแตกต่างในความเข้มของสีระหว่างต้นไม้มีชีวิต และต้นไม้ที่ตัดออกมา ฟิล์มขาวดำอินฟราเรดยังสามารถถ่ายทะเลลุมหมอกได้อย่างดี จึงมีประโยชน์มากในการถ่ายภาพทางอากาศในบริเวณที่หมอกเป็นปัญหาสำคัญในการถ่ายภาพทางอากาศ



รูปที่ 17.13 ความไวแสงของฟิล์มขาวดำธรรมดาและฟิล์มขาวดำอินฟราเรด

ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องดิน ฟิล์มขาวดำอินฟราเรดจะช่วยในการจำแนกชนิดของดินโดยอาศัยปริมาณความชื้นในดิน โดยเหตุที่น้ำดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดี ฉะนั้นดินที่ชื้นที่สุดจะมีสีเข้มที่สุดในภาพถ่ายขาวดำอินฟราเรด แต่ถ้าพื้นดินมีพืชพรรณธรรมชาติปกคลุม ความแตกต่างของสีในภาพจะไม่ถูกต้อง เพราะสีที่ปรากฏไม่ใช่ผลจากปริมาณความชื้นในดิน สำหรับการศึกษเกี่ยวกับแหล่งน้ำจากคุณสมบัติที่น้ำดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีจึงทำให้ภาพของบริเวณแหล่งน้ำมีสีดำเข้ม จึงช่วยในการกำหนดขอบเขตของแม่น้ำและสาขา คลอง ที่ลุ่มชื้นแฉะหรือทางน้ำเก่าและการศึกษาเกี่ยวกับชายฝั่งทะเล นอกจากนี้ยังช่วยในการศึกษาหาแหล่งน้ำเสีย เพราะน้ำใสสะอาดเมื่อถ่ายด้วยฟิล์มขาวดำอินฟราเรดจะมีสีดำเข้ม ในขณะที่น้ำโคลนขุ่นจะมีสีอ่อนกว่าในภาพถ่าย ในการศึกษาทางธรณีวิทยาจะปรากฏว่าหินต่างชนิดกันบนพื้นผิวภูมิประเทศจะสะท้อนแสงไม่เท่ากันเมื่อถ่ายด้วยฟิล์มขาวดำอินฟราเรดจะให้สีที่ต่างกันในภาพดีกว่าภาพขาวดำธรรมดา จึงช่วยในการจำแนกชนิดของหิน เช่น หินดินดานและหินปูนได้ง่ายขึ้น แต่ก็ขึ้นกับระดับของการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของหินแต่ละชนิดด้วย นอกจากนี้ฟิล์มขาวดำอินฟราเรดยังใช้ศึกษาทางโบราณคดีและประวัติศาสตร์ ร่องรอยต่าง ๆ บนพื้นดินที่มองไม่เห็นบนภาพถ่ายขาวดำธรรมดาจะเห็นได้ชัดในภาพถ่ายขาวดำอินฟราเรด อันจะช่วยนำไปสู่การค้นคว้าหาที่ตั้งการตั้งถิ่นฐานในสมัยก่อน

แม้ว่าภาพถ่ายขาวดำอินฟราเรดจะนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ได้มากแต่ก็มีข้อจำกัดอยู่หลายประการคือ เป็นฟิล์มที่มีความไวแสงช้ากว่าฟิล์มขาวดำธรรมดา ความ

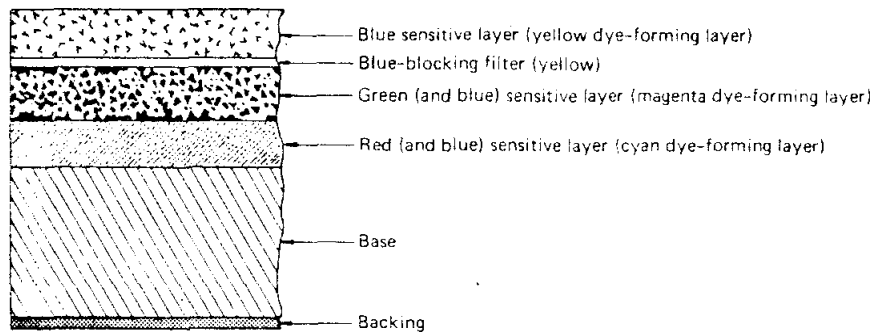
สามารถในการบันทึกรายละเอียดอย่างชัดเจนมีน้อยกว่า फिल्मขาวดำอินฟราเรดจะมีราคาแพงกว่าฟิล์มขาวดำธรรมดา มาก จึงจำเป็นต้องตัดสินใจว่าข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจะคุ้มกับจำนวนเงินที่ต้องจ่ายเพิ่มหรือไม่ การเก็บรักษาฟิล์มขาวดำอินฟราเรดยุ่งยากกว่าฟิล์มขาวดำธรรมดา เพราะต้องเก็บไว้ในที่ที่เย็นอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสหรือเย็นกว่านี้ และภายหลังจากถ่ายภาพแล้วจะต้องทำการอัดล้างทันทีเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหาย

นอกจากฟิล์มขาวดำแล้วยังมีฟิล์มอีกประเภทที่ใช้ในงานด้านนี้คือ ฟิล์มสี ฟิล์มสีที่ใช้มี 2 ประเภทคือ

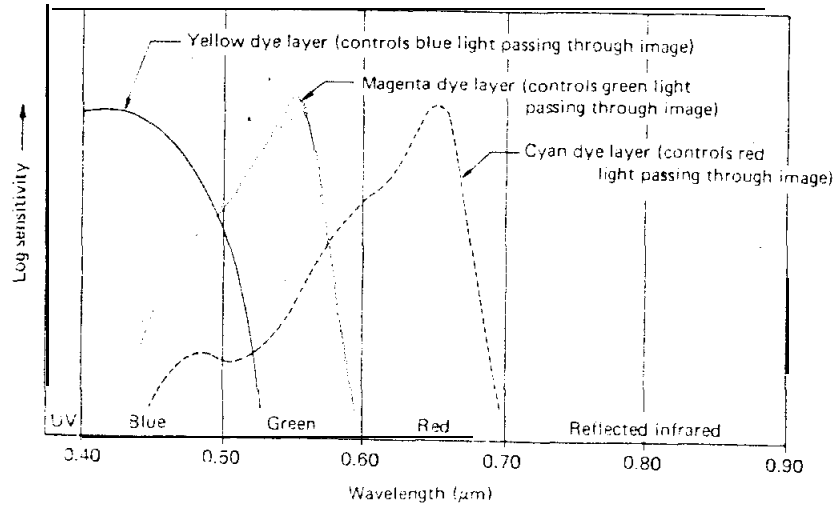
1. ฟิล์มสีธรรมชาติ (COLOUR FILM)
2. ฟิล์มสีผิดธรรมชาติ (FALSE – COLOUR FILM)

1. ฟิล์มสีธรรมชาติ จะมีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ ฟิล์มสีจะให้ภาพของวัตถุต่าง ๆ ตามสีที่ตามองเห็นจริง ๆ เช่น สนามหญ้า มีสีเขียว ข้าวโพดมีสีเหลือง น้ำมีสีฟ้า เป็นต้น จึงช่วยให้งานแปลภาพถ่ายทำได้ง่ายกว่าภาพถ่ายขาวดำที่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของความเข้มของสีเทา (GRAY TONE) ในการถ่ายภาพสีธรรมชาติ ฐานฟิล์มจะฉาบด้วยเงินเฮไลด์สามชั้นดังในรูปที่ 17.14a ชั้นที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินจะให้สีเหลือง ชั้นที่ไวต่อแสงสีเขียวจะให้สีมาเจนต้า และชั้นล่างสุดที่ไวต่อแสงสีแดงจะให้สีไซแอน ภาพถ่ายจากฟิล์มสีธรรมชาติได้นำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ เช่น การเกษตรและป่าไม้ ภาพถ่ายสีธรรมชาติช่วยในการแยกชนิดของพืชได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นยังใช้ศึกษาเกี่ยวกับโรคพืช เพราะเมื่อพืชเกิดโรคใบของมันจะมีสีต่างออกไปจากใบไม้ปกติ สำหรับการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานวิทยานั้นจะพบว่า โครงสร้างของหิน รอยเลื่อนของหินในบริเวณที่มีพืชพรรณธรรมชาติปกคลุมไม่มาก จะมองเห็นได้จากภาพสีธรรมชาติซึ่งจะช่วยให้การค้นหาแร่ธาตุต่าง ๆ ได้ แต่ถ้ามีพืชปกคลุมมากก็ยากแก่การมองเห็นในด้านการใช้ที่ดินภาพถ่ายสีธรรมชาติเหมาะที่จะใช้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ที่ดินภายในเมือง แม้แต่ในภาพถ่ายมาตราส่วนขนาดเล็ก เช่น 1 : 50,000 ก็ใช้แปลเพื่อแบ่งเขตการใช้ที่ดินของเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรมได้ ในมาตราส่วนที่ใหญ่ขึ้นภาพสีธรรมชาติก็ใช้ศึกษาในชั้นรายละเอียดเพื่อจำแนกแหล่งชุมชนแออัดได้

2. **ฟิล์มสีฉดธรรมชาติ** เป็นฟิล์มที่ให้สีของวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ ผิดจากความเป็นจริง เพื่อจะช่วยให้การแปลภาพถ่ายทางอากาศได้ผลดีขึ้นจากสีที่คอนทราสต์กันอย่างมากนี้เองฟิล์มบางประเภทนี้จะมีสารไวแสงของชั้นฟิล์ม ซึ่งแทนที่จะไวต่อสามสีหลักคือ สีน้ำเงิน เขียว และแดง แต่กลับไวต่อแสงสีเขียวแดงและอินฟราเรดแทน ในการถ่ายภาพจะใช้ฟิลเตอร์สีเหลืองเพื่อกรองแสงสีน้ำเงินเมื่ออัดภาพโพสิทีฟออกมา ชั้นที่ไวแสงสีเขียวจะให้สีเหลือง ชั้นที่ไวแสงสีแดงจะให้สีมาเจนต้า และชั้นที่ไวต่อแสงอินฟราเรดจะให้สีไซแอน สีที่ฉดธรรมชาติของวัตถุต่าง ๆ ที่ปรากฏในภาพจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการสะท้อนแสงสีเขียวแดงและอินฟราเรดของวัตถุนั้น ๆ ตัวอย่างในตาราง 17.14 แสดงชนิดของวัตถุบางชนิดและสีที่ได้จากการถ่ายด้วยฟิล์มสีฉดธรรมชาติของโกดักมีดังนี้คือ

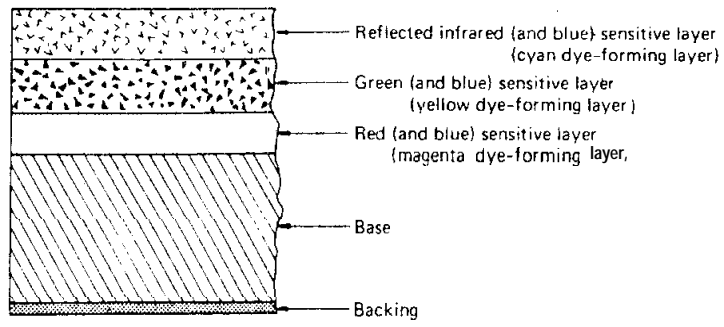


(a) ภาพตัดขวางของฟิล์มสีธรรมชาติ

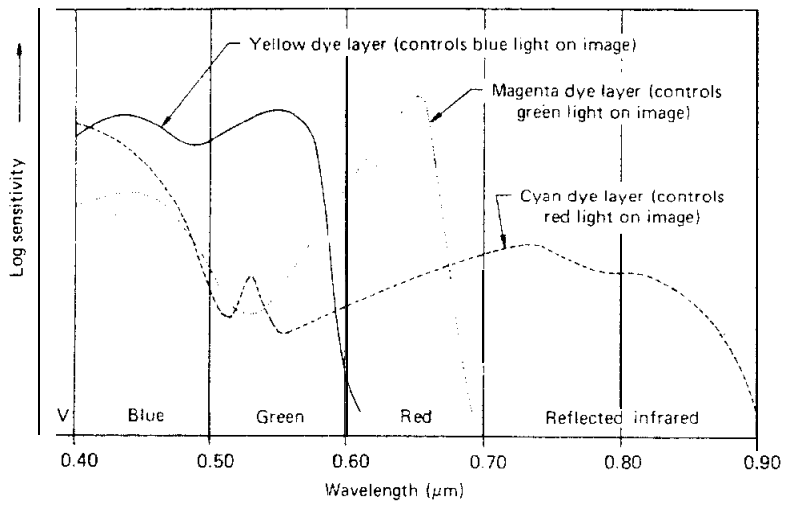


(b) การไวแสงของฟิล์มสีธรรมชาติ

รูปที่ 17.14



(a) ภาพตัดขวางของฟิล์มสีชนิดธรรมดา



(b) การไวแสงของฟิล์มสีชนิดธรรมดา

รูปที่ 17.15

ตาราง 17.3

วัตถุ	สีที่ได้ในภาพ
ไม้สีเขียวผลัดใบที่อุดมสมบูรณ์	แดง ม่วงแดง
ใบไม้ที่เป็นโรค	เขียว น้ำเงิน
ไม้ไม่ผลัดใบ	ม่วงแก่
กุหลาบสีแดง	เหลือง
ดอกไม้สีน้ำเงิน	เหลือง
สีเขียวของวัตถุบางประเภท	ม่วงแดง
ผ้าสีดำบางชนิด	แดงดำ
ผ้าสีเทา	แดงส้ม
หินโดโลไมท์-หินปูน	เทาน้ำตาล

ฟิล์มสีผิวดธรรมชาติมีประโยชน์มากที่สุดเกี่ยวกับการศึกษาด้านการใช้ที่ดินทางด้านป่าไม้ และเกษตรกรรม ในการศึกษาเกี่ยวกับป่าไม้จะพบว่าจากสีที่แตกต่างกันจะช่วยให้เราจำแนกไม้ที่อุดมสมบูรณ์กับไม้ที่เป็นโรคพืชแม้ว่าอาการของโรคพืชจะมองไม่เห็นด้วยตา ซึ่งดีกว่าฟิล์มสีธรรมชาติที่จะจำแนกไม้ที่เป็นโรคพืชและไม้ไม่เป็นโรคเมื่ออาการของโรคพืชแสดงออกมาตามใบหรือยอดไม้เท่านั้น พันธุ์ไม้ใบกว้างที่อุดมสมบูรณ์ซึ่งจะสะท้อนคลื่นแสงอินฟราเรดเป็นส่วนใหญ่และสะท้อนคลื่นแสงสีเขียวเพียงเล็กน้อยจะปรากฏในภาพเป็นสีแดง ในขณะที่ไม้ไม่ผลัดใบซึ่งสะท้อนคลื่นแสงสีเขียวมาก และสะท้อนแสงอินฟราเรดน้อยจะปรากฏในภาพเป็นสีค่อนข้างดำน้ำเงินและมีแดงปนเล็กน้อย นอกจากนี้ฟิล์มสีผิวดธรรมชาติยังใช้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องดิน น้ำ ชุมชน เป็นต้น เราอาจกล่าวได้สั้น ๆ ว่า ฟิล์มสีผิวดธรรมชาติใช้ศึกษากับงานทุกด้านที่เราใช้ฟิล์มสีธรรมชาติ แต่การใช้ฟิล์มสีผิวดธรรมชาติมีแนวโน้มจะให้ผลดีกว่า

แม้ว่าฟิล์มสีจะให้ภาพถ่ายสีที่ใช้ประโยชน์ในงานด้านแปลภาพถ่ายทางอากาศอย่างมากเช่นกัน แต่การนำมาใช้ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ อาทิเช่น กรรมวิธีในการผลิตภาพถ่ายสีจะสลับซับซ้อนกว่าภาพถ่ายขาวดำ ทำให้ภาพถ่ายสีที่ได้มีราคาแพงกว่าคุณภาพและความถูกต้องทางเรขาคณิตของภาพถ่ายสีจะไม่ดีเท่าภาพถ่ายขาวดำ เมื่อพิจารณาจากข้อจำกัดเหล่านี้



เราจึงควรถ่ายภาพขาวดำในบริเวณที่จะศึกษาและถ่ายภาพสีเฉพาะบางบริเวณ เช่นในกรณี  
ที่ภาพถ่ายขาวดำไม่ให้ความแตกต่างของรายละเอียดที่สำคัญได้เพียงพอและภาพสีให้ความ  
แจ่มชัดหรือรายละเอียดได้ดีกว่า จึงอาจกล่าวได้ว่าภาพถ่ายสีจะใช้แทนภาพขาวดำทั้งหมด  
ยังไม่ได้ แต่ควรจะใช้ภาพสีเป็นการเสริมเพื่อให้งานได้ผลสมบูรณ์มากขึ้น

## สรุป

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดของแสงในรูปของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเรียกรวมว่า สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะแบ่งออกไปตามความยาวช่วงคลื่น โดยแบ่งจากคลื่นสั้นรังสีคอสมิกที่มีความถี่สูงจนถึงคลื่นยาวของวิทยุที่มีความถี่ต่ำ ช่วงที่มีประโยชน์ต่อการถ่ายภาพทางอากาศคือ ช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็นได้ ซึ่งมีความยาวคลื่นระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครมิเตอร์ และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 0.7-0.9 ไมโครมิเตอร์

ในการบันทึกหรือถ่ายภาพนั้นต้องอาศัยพลังงานเข้าช่วย พลังงานที่ใช้อยู่มี 2 ระบบคือ ระบบแอคทีฟซึ่งจะอาศัยพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งออกไปยังวัตถุที่จะถ่ายภาพและระบบพาสซีฟซึ่งอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์เข้าช่วย สำหรับการถ่ายภาพทางอากาศจะเป็นวิธีการถ่ายภาพด้วยระบบพาสซีฟ

การถ่ายภาพ การอ่าน และแปลภาพถ่ายทางอากาศอาศัยหลักการของการสะท้อนแสงของวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกในช่วงคลื่นต่าง ๆ กัน กล่าวคือในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศขาวดำนั้น ดินจะปรากฏเป็นสีเทาอ่อนหรือค่อนข้างขาวเพราะมีการสะท้อนแสงมากที่สุด พืชพรรณจะปรากฏเป็นสีเทาปานกลางค่อนข้างคล้ำ ส่วนน้ำจะมีสีเข้มที่สุดเพราะมีการสะท้อนแสงน้อยที่สุด ส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ สิ่งที่ปรากฏคือน้ำจะมีสีเข้มมากค่อนข้างดำ และดินจะมีสีคล้ำกว่าพืช

สำหรับฟิลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการถ่ายภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ฟิลเตอร์มีคุณสมบัติยอมให้แสงบางช่วงคลื่นที่สะท้อนออกจากวัตถุต่าง ๆ ผ่านไปยังฟิล์มและดูดกลืนแสงที่ไม่ต้องการไว้ ทั้งนี้เพื่อปรับการผลิตรายที่ปรากฏในสภาพให้ถูกต้องตามที่ตาเห็น ช่วยในการตัดหมอกแดด และยังสามารถช่วยเปลี่ยนคอนทราสระหว่างวัตถุที่มีสีและสิ่งอยู่รอบ ๆ ได้ ในการที่จะเข้าใจหลักการดูดกลืนแสงสีของฟิลเตอร์จำเป็นต้องทราบการเกิดสีโดยการรวมและการดูดกลืนสีด้วย

ฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายภาพทางอากาศโดยทั่วไปมี 4 ชนิดคือ ฟิล์มขาวดำธรรมดาจะมีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ ภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ส่วนใหญ่จะถ่ายด้วยฟิล์มประเภทนี้ เพราะมีราคาถูกและให้ความคมชัดดีพอสมควร ฟิล์มขาวดำอินฟราเรดจะไวต่อแสงทั้งในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ใช้นามาศึกษาเกี่ยวกับป่าไม้ แหล่งน้ำ ความชื้นในดิน เป็นต้น ฟิล์มสีธรรมชาติมีความไวต่อช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ ให้ภาพสีที่เหมือนกับตาเรามองเห็น ส่วนฟิล์มสีพิเศษธรรมชาติจะมีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นสีเขียว

แดง และช่วงแรกของอินฟราเรด จะให้ภาพถ่ายที่สีของวัตถุต่าง ๆ ผิดจากความเป็นจริง จึงช่วยให้เห็นความแตกต่างของวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามฟิล์มสียังใช้กันไม่กว้างขวางนักเพราะทั้งราคาฟิล์มและค่าใช้จ่ายในการอัดยังสูงกว่าฟิล์มขาวดำ

## คำถามท้ายบท

1. การถ่ายภาพโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการถ่ายภาพตามระบบใด?
  - 1) REFLECTION
  - 2) EMISSION
  - 3) PASSIVE
  - 4) ACTIVE
2. PANCHROMATIC FILM ใช้ถ่ายภาพในช่วงคลื่นยาวเท่าใด?
  - 1) 0.3-0.4 ไมโครมิเตอร์
  - 2) 0.4-0.7 ไมโครมิเตอร์
  - 3) 0.7-0.8 ไมโครมิเตอร์
  - 4) 0.8-1.1 ไมโครมิเตอร์
3. ในภาพถ่ายขาวดำที่ถ่ายในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ รายละเอียดใดจะมีสีดำที่สุด
  - 1) ดินดำ
  - 2) ดินฮิวมัส
  - 3) ดินแคลเซียม
  - 4) หินปูน
4. ฟิลเตอร์ใช้ประโยชน์ในการถ่ายทำภาพถ่ายทางอากาศในข้อใด?
  - 1) ขยายให้เห็นวัตถุใหญ่ขึ้น
  - 2) กันแสงเข้ากล้องถ่ายภาพ
  - 3) กรองแสงที่ไม่ต้องการออกซึ่งมีผลทำให้ภาพมีสีตัดกันชัดเจน
  - 4) แก้ไขทิศทางและระยะทางของแสง
5. ฟิล์มที่ถ่ายภาพทางอากาศแล้วเห็นสีของพืชพรรณธรรมชาติผิดปกติไปเรียกว่า
  - 1) COLOR FILM
  - 2) SPECTROZONAL FILM
  - 3) INFRARED FILM
  - 4) FALSE COLOR FILM

1. 3)      2. 2)      3. 1)      4. 3)      5. 4)

๒๒๗