

16

เคมีกับสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาทางเคมีจะเห็นได้ว่าวิชานี้ ก่อให้เกิดความเจริญในด้านวัตถุต่าง ๆ เป็นอันมาก แต่ขณะเดียวกันมนุษย์ควรคำนึงถึงเรื่องของธรรมชาติรอบ ๆ ตัวด้วย ลองพิจารณาด้วยว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว ผลตกกระทบกับสิ่งแวดล้อมเพียงใดหรือไม่ จากพฤติกรรมที่ผ่านมาจนขณะนี้จะได้ชัดเจนว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และเกี่ยวข้องกับภาวะแวดล้อมทั้งทางอากาศพื้นดินและพื้นน้ำ เป็นไปในทางเสื่อมโทรม จำเป็นที่มนุษย์จะต้องศึกษาและพิจารณาหาทางแก้ไขให้กลับสู่สภาพดีเพื่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะคงอยู่รอดได้ต่อไป การศึกษาบทนี้เพียงแต่ชี้ให้เห็นถึงเรื่องราวทางเคมีกับสภาพแวดล้อมว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไรเพียงคร่าว ๆ

16-1 สารมลพิษ (Pollutant)

โลกทุกวันนี้มีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วในหลาย ๆ ด้าน เนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ทั้งนั้น โดยพยายามนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาก่อให้เกิดประโยชน์อันนำมาซึ่งความสะดวกสบาย ซึ่งก็อาศัยความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ในการนำมาให้ได้พลังงานต่าง ๆ ถ้าพิจารณาในแง่ความก้าวหน้าทางวิชาการ ความเฉลียวฉลาดของมนุษย์นับได้ว่ามีคุณยิ่งและเป็นสิ่งประเสริฐที่ทำให้มนุษย์ด้วยกันมีความเป็นอยู่ดีหลาย ๆ ด้าน มีความเจริญสูงส่งในด้านวัตถุ ศิลปกรรม กสิกรรม สถาปัตยกรรมอื่น ๆ อีกมากมาย แต่ถ้ามองอีกแง่หนึ่ง มนุษย์นี้แหละเป็นนักทำลายสิ่งแวดล้อมอันสวยงามของธรรมชาติให้เกิดความยุ่งยากลึกซึ้งเข้าไปทุกที หรือกล่าวได้ว่าทำให้สิ่งแวดล้อมรอบตัวเราหรือในโลกนี้ให้มีมลพิษ (pollution) เกิดขึ้นตลอดเวลาการ ที่เกิดมลพิษได้ก็ต้องมีสารต้นเหตุสารที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษนั้นเรียก สารมลพิษ (pollutant)

การเกิดสภาวะมลพิษมีได้หลายด้านคือ มลพิษทางอากาศ (air pollution) มลพิษทางน้ำ (water pollution) มลพิษทางเกษตร (agricultural pollution) มลพิษทางเสียง (noise pollution) มลพิษทางความร้อน (thermal pollution) และอื่น ๆ อีกเหล่านี้เป็นต้น

สารมลพิษมีมากมายหลายชนิด อาทิเช่นเป็นได้ทั้งที่เป็นโลหะ อโลหะ สารอินทรีย์ต่าง ๆ จุลินทรีย์บางชนิด สารกัมมันตภาพรังสีต่าง ๆ และอื่น ๆ อีกมากมาย

16-2 มลพิษทางอากาศ (Air Pollution)

สารมลพิษทางอากาศหมายถึง สารซึ่งมนุษย์ไม่ปรารถนาจะให้มีอยู่ในบรรยากาศ และสารมลพิษนี้ก็ปะปนอยู่ในอากาศโดยฝีมือของมนุษย์นั่นเอง สารมลพิษดังกล่าวได้แก่ โลหะ อโลหะ สารประกอบอินทรีย์และอินทรีย์ สารกัมมันตภาพรังสี สารทางชีวภาพ

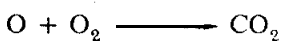
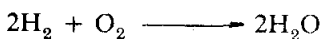
ได้มีการอธิบายว่าสารเคมีที่อยู่ในอากาศนั้น เนื่องมาจากการเผาไหม้ของถ่านหินและน้ำมัน ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจำเป็นต้องใช้พลังงาน อาทิ เช่น ในฤดูหนาวต้องการให้ที่อยู่อาศัยอบอุ่น ในหน้าร้อนต้องการรับอากาศเย็น สะดวกสบาย สิ่งเหล่านี้หมายถึงต้องมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เกิดพลังงาน สำหรับก๊าซธรรมชาติซึ่งมีการเผาไหม้นั้นนับได้ว่าไม่มีสารมลพิษเจือปน เช่น



CO_2 และ H_2O ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม แต่ได้พบกันว่ามีการใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นในอเมริกาและตลอดทั่วทั้งโลกเมื่อ 20 ปีที่แล้ว และเชื่อกันว่าประมาณ ค.ศ. 1990 อาจเกิดการขาดแคลนก๊าซธรรมชาติก็เป็นได้

เพื่อจะให้เกิดความเข้าใจว่า ทำไมเมื่อเผาถ่านหินจึงเกิดมลพิษทางอากาศขึ้นได้ เราจะต้องคิดว่า ก่อนที่จะเกิดเป็นถ่านหินนั้นเดิมก็เป็นพืชชนิดหนึ่งซึ่งกว่าจะกลายเป็นถ่านหิน ก็ต้องใช้เวลาานมาก ได้ทราบกันดีแล้วว่าภายในเซลล์ของพืชมีเซลลูโลสและโปรตีน เมื่อพืชตายลงจะจมทับถมลงในดิน บักเตรียบางชนิดที่อยู่ในดินจะเปลี่ยนพืชระยะแรก ให้กลายเป็นพีท (peat) ซึ่งเป็นระยะต้น ๆ ก่อนที่จะไปสู่การเป็นถ่านหิน ในตอนแรก ๆ พีทจะมีปริมาณของคาร์บอนต่ำมาก และเมื่อพีทจมอยู่ใต้น้ำใต้ดิน พีทนั้นจะค่อย ๆ เปลี่ยนไปจนกลายเป็นสภาพของแข็งเต็มที่ ความดันและความร้อนสูง ๆ ภายในพิภพ จะค่อย ๆ เปลี่ยนสภาพพีทให้กลายเป็นถ่านหินแบบลิกไนท์ (lignite) หรือบิทูมินัส (bituminous) หรือแอนทราไซต์ (anthracite) และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นในตอนทีลิกไนท์เปลี่ยนเป็นแอนทราไซต์ ปริมาณของไฮโดรเจนและออกซิเจนจะลดลง ส่วนปริมาณของคาร์บอนจะเพิ่มขึ้น ภายในถ่านหินได้มีธาตุต่าง ๆ อยู่มาก และทราบกันดีว่ากำมะถัน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีอยู่เป็นส่วนใหญ่ในถ่านหิน สำหรับกำมะถันจัดว่าเป็นธาตุที่สำคัญที่สุดในการก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และกำมะถันบางที่อยู่ในรูปอนุภาคเล็ก ๆ ของเหล็กซัลไฟด์ (FeS_2) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่และประเภทถ่านหิน ซึ่งปรากฏมีกำมะถันอยู่ในระหว่าง 0.3-7%

การเผาไหม้ถ่านหินและน้ำมันจัดได้ว่าเป็นความร้อนแบบปฏิกิริยาเอ็กโซ* เทอร์มิก (exothermic reaction) ซึ่งเนื่องจากปฏิกิริยาของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ดังนี้

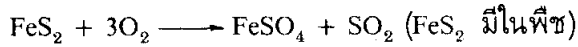
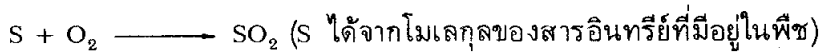


* เป็นความร้อนที่เปล่งออกมาเมื่อเกิดการทำปฏิกิริยาระหว่างสารเคมี

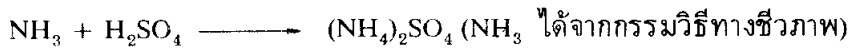
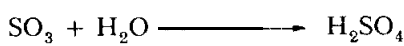
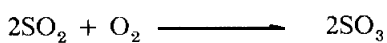
ดั่งที่ทราบแล้วว่า CO_2 และน้ำมีได้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศแต่ทว่าผลจากการเผาไหม้ ซึ่งให้ SO_2 (กำมะถันไดออกไซด์หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์) CO และออกไซด์ของไนโตรเจน นับว่าเป็นส่วนของการเกิดมลพิษอย่างมากในอากาศขึ้น

สารที่ก่อให้เกิดมลพิษในอากาศ ได้แก่

1. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์.- ปฏิกริยาจะเกิดดังนี้

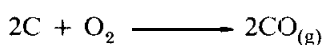


เมื่อ SO_2 ถูกกับละอองน้ำในอากาศจะได้กรดซัลฟิวรัส และ SO_2 จะถูกกับออกซิเจนได้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_3) และนำไปสู่การเป็นกรดกำมะถัน

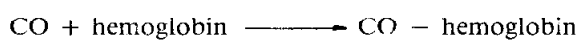


สำหรับ SO_2 และ H_2SO_4 จะทำลายเยื่อจมูก ตา และปอด แต่โชคดีที่จมูกสามารถขจัด SO_2 ได้ 95-98% และ H_2SO_4 จำนวนเล็กน้อย เมื่อสารดังกล่าวเข้าไปสู่ปอดจะเกิดปอดอักเสบ สารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นอันตรายต่อพืชต่าง ๆ คลอโรฟิลล์ก็จะถูกทำลายด้วยสารนี้ การที่พืชถูกทำลายมากน้อยแค่ไหนขึ้นกับอายุ ชนิดของพืชและส่วนของพืชที่ถูกกับสารนี้ สำหรับพืชประเภทป่าน ปอ ฝ้าย ก็ถูกทำลายด้วยเช่นกัน

2. สารมลพิษในอากาศที่สำคัญอีกอันหนึ่งก็คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งได้จากการเผาไหม้ของก๊าซโซลีนในรถยนต์ การเผาไหม้ถ่านหินและน้ำมันบางที่ก็ได้คาร์บอนมอนอกไซด์ เพราะถ้าการเผาไหม้นั้นเกิดในที่ ๆ มีอากาศจำกัด

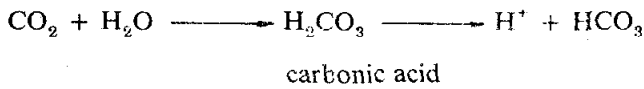


CO เป็นก๊าซไม่มีสี กลิ่น รส เป็นอันตรายถ้าหายใจเข้าไป เพราะจะเกิดการรวมกับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ขึ้นในถุงลมเล็กๆ ในปอดเกิดคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (carboxy hemoglobin)



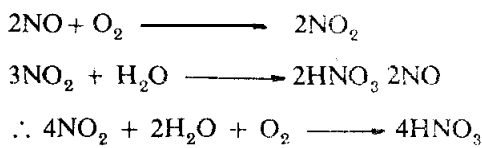
ตามปกติแล้วฮีโมโกลบินต้องรวมกับออกซิเจน แล้วเลือดจะนำไปสู่เซลล์ทั่วร่างกาย แต่ถ้าฮีโมโกลบินไปรวมกับ CO เสียแล้ว โอกาสที่ออกซิเจนจะไปรวมกับฮีโมโกลบินน้อยลง ทำให้เกิดการวิงเวียนศีรษะ และถ้ายังคงได้รับ CO อยู่เรื่อย ๆ จะถึงแก่เสียชีวิตได้

ความเป็นกรดในอากาศก็มีส่วนทำให้เกิดมลพิษในอากาศ จะเห็นได้ว่าถ้ามีการเผาฟอสซิลจะได้ CO₂ สู่อากาศอย่างมาก ก๊าซนี้จะละลายในน้ำให้กรดคาร์บอนิก ดังนี้



ปกติแล้วน้ำฝนจะไม่เป็นกรด แต่ถ้ามี H₂CO₃ ปนอยู่ด้วยจะเป็นกรดอย่างอ่อนซึ่งมีค่า pH ประมาณ 5-6 (ปกติน้ำฝนบริสุทธิ์จะมี pH = 7) ตั้งแต่ ค.ศ. 1950 เป็นต้นมา พบว่ามีการเพิ่มความเป็นกรดมากขึ้นในอากาศ และเชื่อกันว่าเป็นเพราะมีการเผาไหม้ของถ่านหินและน้ำมันเพิ่มขึ้น ระหว่างการเผาไหม้ก็จะเกิด SO₂ และออกไซด์ของไนโตรเจน

3. มลพิษที่สำคัญพวกหนึ่งคือ ออกไซด์ของไนโตรเจน ได้แก่ NO และ NO₂ เป็นส่วนใหญ่



ในกรณีนี้จะเกิดกรดไนตริก ซึ่งเป็นโทษต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง

4. มลพิษอีกพวกหนึ่งได้แก่ อนุภาคซึ่งแขวนลอยในอากาศเรียกว่าพาร์ติคิวเลต (Particulates) เช่นฝุ่นละออง ละอองเกสร ควัน วัตถุจากการระเบิดของภูเขาไฟ ยากำจัดศัตรูพืช อนุภาคที่เกิดจากปล่องไฟของโรงงานอุตสาหกรรม จากท่อไอเสียรถยนต์ พวกพาร์ติคิวเลตซึ่งมาจากแอสเบสตอส (asbestos) เหล่านี้ล้วนแต่เป็นพิษต่อร่างกายในระบบการหายใจ ก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

5. หมอกควัน ซึ่งเรียกว่าสโมก (smog) ซึ่งเกิดจากมลพิษ คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ไนโตรเจน และโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนลงสู่บรรยากาศ ซึ่งไฮโดรคาร์บอนและออกไซด์ของไนโตรเจนจะก่อให้เกิด photochemical reaction ซึ่งนำไปสู่การดูดพลังงานของแสงและปฏิกิริยานี้มีผลของการเกิด smog* ซึ่งนับว่าเป็นการเกิดมลพิษทางอากาศร้ายแรง

16-3 มลพิษทางน้ำ (Water Pollution)

เกิดจากสารมลพิษต่าง ๆ อยู่ในน้ำ ทำให้เกิดความเป็นพิษ ได้แก่ เศษขยะ โคลน

* มาจากคำว่า ควัน (smoke) และหมอก (fog)

ดิน ชั้นโลหะ สารอินทรีย์ต่าง ๆ และสารอินทรีย์หลาย ๆ ชนิด น้ำร้อนและน้ำทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรม จุลินทรีย์บางชนิด สารกัมมันตภาพรังสี

มลพิษทางน้ำจะเกิดต่อเมื่อปริมาณของออกซิเจนต่ำกว่า 3 ส่วนในล้านส่วน ทั้งนี้ถ้า มีมลพิษของสารหรือแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนเพื่อการสลายตัว จะทำให้ปริมาณของออกซิเจน น้อยลงไปด้วย ดังนั้นจึงมีการพิจารณาค่าคุณภาพของน้ำโดยอาศัยค่าบีโอดี (BOD, Biochemical Oxygen Demand) ค่า บี โอดี นี้ขึ้นกับปริมาณของสารอินทรีย์ เช่นน้ำบริสุทธิ์มีค่า บี โอดี เท่ากับ 1 น้ำทิ้งบางแห่งมีค่า บี โอดี มีค่า 100-400

เรื่องของมลพิษทางน้ำเป็นเรื่องใหญ่ จึงจำเป็นต้องมีการขจัดน้ำเสียเพื่อให้เกิดน้ำ บริสุทธิ์ และได้มีขั้นตอนการทำงานมาก เช่นต้องกำจัดสารที่เป็นของแข็งซึ่งแขวนลอยในน้ำ และต้องใช้วิธีการทางชีววิทยา ประการสุดท้ายต้องพยายามทำการลดค่า บี โอดี ให้ต่ำมาก โดยใช้ความรู้ทางเคมีและชีววิทยา

วิธีการขจัดมลพิษทางน้ำ จัดเป็นวิธีการยุ่งยากซับซ้อน เกินกว่าการศึกษาในตอนนี้

16-4 มลพิษทางโลหะ (Heavy Metals Pollution)

ร่างกายมนุษย์จำเป็นต้องรับโลหะบางชนิดเข้าไปเพื่อทำหน้าที่สำหรับปฏิกิริยาเคมี ในร่างกายให้สมบูรณ์ แต่ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่นแมงกานีส (Mn) โคบอลต์ (Co) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โมลิบดีนัม (Mo) สำหรับธาตุบางธาตุเช่นปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล สารหนู ร่างกายไม่ต้องการ ถึงแม้จะรับเข้าไปในร่างกายเล็กน้อยก็จัดว่า เป็นพิษได้ เช่น

ปรอท (Hg) เป็นโลหะที่มีสถานะของเหลวได้ในอุณหภูมิปกติก่อให้เกิดประโยชน์ อย่างมากในด้านอุตสาหกรรมทำโซดาแผลดเผา (NaOH) ทำน้ำยาซักแห้ง ทำเทอร์มอมิเตอร์ เป็นแคตาไลซ์ในการผลิตพลาสติกชนิด พีวีซี และให้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีกมากมาย

เมื่อปรอทได้นำมาใช้ประโยชน์ต่อมนุษย์ในอุตสาหกรรมนี้มากขึ้น จึงก่อให้เกิดมลพิษ ต่อโลก ได้พบว่าสารประกอบของปรอทในถ่านหิน และในการสกัดปรอทจากแร่ชินนาบาร์ (HgS) หรือการใช้ปรอทในการผลิตพลาสติก ผลิตภัณฑ์โซดาแผลดเผา อันล้วนแล้วแต่เป็นขบวนการ ที่ทำให้ปรอทแพร่เข้าสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งนำมาสู่โรคสำคัญที่กล่าวขวัญกันอยู่เสมอ ๆ คือโรคมินามาตะ อาการของโรคนี้เกิดการบวม สายตาพร่ามัว ร่างกายกลายเป็นอัมพาต ทั้งนี้เนื่องจากร่างกาย รับสารประกอบปรอทเข้าไปมาก โรคนี้พบครั้งแรกเมื่อปี 2508 ในประเทศญี่ปุ่นเพราะเนื่อง

จากโรงงานผลิตพลาสติก พีวีซี ตั้งอยู่ใกล้อ่าวแห่งหนึ่ง และใช้สารประกอบปรอทเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเกิดการรั่วไหลของโลหะนี้ลงในอ่าว ปลาได้รับสารนี้และเมื่อคนกินปลาสารนี้กลับสู่คน จึงทำให้เกิดโรคทางกรรมอย่างใหญ่หลวง

ตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักที่มีพิษมาก แหล่งที่ได้รับคือจากน้ำมันเบนซิน เพราะมนุษย์เติมสารเตตราเอทิลเลด (tetra ethyl lead, TEL) ลงในน้ำมัน เมื่อเกิดการเผาไหม้น้ำมันเบนซิน ตะกั่ว จะถูกขับออกทางท่อไอเสียรถยนต์สู่บรรยากาศ

มนุษย์ยังได้รับตะกั่วจากอุตสาหกรรมทำแบตเตอรี่รถยนต์ซึ่งเรื่องนี้เกิดในเมืองไทย แถว ๆ อำเภอพระประแดง เรียกว่าเกิดอาการเป็นพิษจากสารตะกั่ว อาการของโรคกลายเป็นผู้มีสติปัญญาต่ำ สายตาพร่ามัว

นอกจากนี้ยังได้แก่คนที่ทำงานเกี่ยวกับงานบัดกรี และโลหะเจือต่าง ๆ

ฉะนั้นตะกั่วจึงกระจายไปทั่วในอากาศ น้ำ ดิน ซึ่งนำมาสู่ความเป็นพิษต่อไป สาเหตุของการเกิดพิษเพราะตะกั่วไปหยุดยังการเกิดฮีโมโกลบินและการทำงานของเอ็นไซม์ ในร่างกายอีกด้วย

แคดเมียม (Cd) เป็นโลหะซึ่งทำของใช้ต่าง ๆ ทำโลหะเจือ ผสมสีบางชนิด ทำการชุบโลหะ ใช้ในโรงงานพลาสติก ผสมปรอทอุดฟัน ทำกระป๋องบางชนิด เมื่อโลหะนี้มีที่ใช้อย่างกว้างขวางก็เป็นการแน่นอนที่จะแพร่หลายไปในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้

แหล่งที่ได้รับโลหะนี้คือแถบบริเวณที่มีการถลุงโลหะ สังกะสี เพราะแคดเมียมเกิดปะปนกับแร่สังกะสี หรือบริเวณโรงงานทำการชุบโลหะ และได้จากควันทนุหรี

แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายโดยระบบหายใจและเข้าทางปาก ถ้ามีธาตุนี้อยู่ในร่างกายก่อให้เกิดการเป็นหมัน ความดันโลหิตสูง ทำลายตับ และเป็นมะเร็ง เป็นที่เข้าใจกันว่าแคดเมียมจะไปหยุดยังการทำงานของเอ็นไซม์บางชนิด โรคที่เกิดจากพิษแคดเมียมซึ่งมีการกล่าวถึงอีกโรคหนึ่ง คือโรค "itai itai" อาการที่เกิดคือมีสายตามืดปกติ ปวดน่อง กระดูก มีโครงสร้างหลัง ร่างกายได้รับความทุกข์ทรมานมากโรคหนึ่ง

นอกจากนี้มีโลหะอื่น ๆ ที่เป็นพิษ อาทิเช่น

นิเกิล แหล่งที่พบในน้ำมันดีเซล ถ่านหิน ควันทนุหรี สารเคมีและตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กกล้า ผลที่ได้รับโลหะนี้เข้าในร่างกายจะเกิดเป็นมะเร็งในปอด

สารหนู แหล่งที่พบในถ่านหิน ปีโตรเลียม ดีเทอร์เจนท์ ยากำจัดศัตรูพืช ผลที่สารนี้เข้าสู่ร่างกายถึงตายหรือก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

โครเมียม ถ้าเข้าสู่ร่างกายอาจเกิดมะเร็งได้

16-5 มลพิษจากกากกัมมันตภาพรังสี

ธาตุกัมมันตภาพรังสีซึ่งใช้งานแล้ว นับได้ว่าก่อให้เกิดการเป็นพิษต่อร่างกาย พบว่ามีกากกัมมันตภาพรังสีเจือปนอยู่ในอากาศ น้ำ ดินและอาหาร การแพร่กระจายของกากกัมมันตภาพรังสีก็อาจจะอยู่แถว ๆ บริเวณที่ตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูซึ่งมีการดำเนินการปฏิบัติการอยู่ด้วย หรือบริเวณโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

แหล่งที่เกิดกากกัมมันตภาพรังสี.- ได้จากธรรมชาติบริเวณที่ทำเหมือง ยูเรเนียมจากโรงไฟฟ้าปรมาณู การเตรียมยูเรเนียมจากโรงงานอุตสาหกรรมทางนิวเคลียร์ จากโรงพยาบาล กากดังกล่าวนี้จะอยู่ได้ในสภาพของแข็ง ของเหลวในลักษณะเป็นน้ำที่ได้จากอุตสาหกรรมทำเชื้อเพลิงปรมาณู จากห้องปฏิบัติการ และก๊าซที่เกิดจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

เรื่องกากกัมมันตภาพรังสีนี้ต้องทำการขจัดออก เพราะเป็นสิ่งมีพิษซึ่งการขจัดนี้อาจจะเก็บไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้เกิดการสลายตัวให้หมดสภาพ หรือเก็บไว้ในบ่อพักในกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน โดยให้น้ำผ่านเครื่องกรอง สารรังสีจะถูกจับไว้ในหม้อกรองที่เรซินแล้วนำไปเก็บไว้ในถังสีลดลงก็ได้หรือกักน้ำไว้ในบ่อพักสักระยะหนึ่ง ก็พอจะบรรเทาความมีพิษได้บ้าง

เรื่องของเคมีกับสิ่งแวดล้อมนับได้ว่าเป็นเรื่องใหญ่โต และมีความสำคัญมากเรื่องหนึ่ง ซึ่งมนุษย์จะต้องคำนึงถึงให้มาก

เรื่องราวซึ่งเกี่ยวกับมลพิษด้านต่าง ๆ ขณะนี้มีมากมาย ควรจะแสวงหาความรู้เพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Theodore L. Brown H. Eugene Le May. **JR Chemistry The central Science**. Englewood. Cliffs New Jersey Prentice-Hall 1977.
2. Fred H. Reddoure. **Fundamentals of Chemistry**, Prentice-Hail Inc. Englewood Cliffs, 1979.
3. William S. Seese and Guido H. Daub, **Basic Chemistry**, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, 1972.
4. William L. Masterton and Emil J. Slowinski, **Chemical Principles**, W.B. Saunders, 1977.
5. Charles G. Wade, **Contemporwy Chemistry Science, Energy, and Environmental Change**, Macmillan Publishing Co., Inc. 1976.
6. F. Albert Cotton C. Leroy Darlington and Lawrence D. Lynch, **Chemistry An Investigative Approach** Houghton Mifflin Company, 1976.
7. Roger D. Bauer and L. Loeschen, **Chemistry for the Allied Health Science** Prentice-Hall Inc. Englewood Cliff, 1980
8. Alan Sherman and Sharon J. Sherman, **The Elements of Life**, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliff, 1980.
9. T.R. Dickson **Introduction to Chemistry**, by John. Wiley & Sons, Inc. 1975.
10. Ronald M. Schultz and George I. Sackheim. **Chemistry for the Health Science** by Macmillan
11. Martha Orrico visscher **The Ideas of Chemistry** by Harcourt Brace Jovanovich Inc.
12. C. Le Roy Darlington & Neal D. Eigenfeld **The Chemical World activities and explorations** by Houghton Mifflin Company.
13. Stella Goostray, J. Rae Schwenck **A Text hook of Chemistry**. The macmillan Company, 1967.
14. Bernard J. Nebel and Edward J. Kormondy. **Environmental Science**. Prentice-Hall, Inc. Englewood cliffs, New Jersey, 1981.
15. Mundiayath Venugopalan. **Chemistry and Our World** Harper & Row Publisher, 1975.
16. Walter R. Brown Normand D. Anderson **Physical science A. Search for Understanding**. J.B. Lippincott Company 1972.

17. Jerry B. Marion **Physical Science in the modern World** Academic Press Inc. 1974.
18. George Moriber **Chemistry The working Science D.** Van Nostrand Company 1980.
19. Jay A Young **Chemistry A Human concern** Macmillan Publishing Co., Inc, 1978.
20. J. Calvin Gidding **Chemistry Man and Enviromental Change** A Department of Harpe & Row Publishes Inc. 1973.
21. เคมี เล่ม 1, เคมี เล่ม 2 ทบวงมหาวิทยาลัย
22. รศ.สมรวัติ พักผลงาม **เคมีพื้นฐาน** พ.ศ. 2526

ดรรชนี

(ก)

กระบอกดวง	16	กรดอะซีติลซาลิไซลิก	137
การเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์	30	กรดแอสคอบิก	137
การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	30	กรดซัลฟูริก	138
การระเหย	105	กรดออกซาลิก	218
การกลั่น	108	กรดฟอร์มิก	217
การควบแน่น	106, 107	กรดอะเซติก	133
การผ่าเหล่า	253, 189	กรดซिटริก	217
การระเหิด	113	กรดแลคติก	133
การสังเคราะห์แสง	118	กรดสเตียริก	218
การกลั่นลำดับส่วน	270	กรดเบนโซอิก	218
การหมัก	232	กรดอะมิโน	237
กฎหมายพลังงาน	31	กรดนิวคลีอิก	243
กฎหมายมวล	31	เกลือปกติ	142
กฎของตารางธาตุ	48	เกลือกรด	142
กฎของบอยล์	95	เกลือเบสิก	142
กฎของชาลส์	96	เกลือดับเบิล	142
กฎของเกย์ลัสแซค	98	เกลือ	141
กฎความดันย่อยของดาลตัน	99	กัมมันตภาพรังสี	183
กรด	137	ไกเกอร์เคาน์เตอร์	183
กรดไนตริก	137	กลูโคส	229
กรดไฮโดรคลอริก	137	ไกลโคเจน	227, 232
กรดซูเรอิก	137	กาแลคโตส	230
กรดไฮโปคลอรัส	137	กลีเซอรอล	235
กรดบอริก	137		

(ข)

ขนาดมาตรฐาน	16	ของเหลว	105
-------------	----	---------	-----

(ก)

เคมีอินทรีย์	4	แคโทด	44
เคมีอนินทรีย์	4	ความดันของก๊าซ	95-1 00
เคมีฟิสิกส์	4	ความตึงผิว	110
เคมีวิเคราะห์	5	คาร์บอนไดออกไซด์	124
เครื่องชั่ง	14	ความชื้นสัมพัทธ์	126
เคลวิน	19	แคลเซียมไฮดรอกไซด์	138
คาลอรี	186	แคลเซียมคาร์บอเนต	143
ความร้อนจำเพาะ	20	คอวันดัม	163
ความหนาแน่น	21	ครึ่งชีวิต	181
ความถ่วงจำเพาะ	21	คูรี	173
คุณสมบัติทางฟิสิกส์	29	โคบอลต์-60	197
คุณสมบัติทางเคมี	29	คาร์บอน-14	198
คลอโรฟิลล์	31	คาร์โบไฮเดรต	225
โครงสร้างของอะตอม	39	คลอเรสเตอรอล	236
คอปเปอร์ซัลเฟต	44	คีโตน	218

(จ)

จุดเดือด	107	จุดหลอมเหลว	112
จุดเยือกแข็ง	112		

(ช)

ชีวเคมี	5	เซลล์	40
เชื้อเพลิง	269		

(ซ)

เซลเซียส	19	โซเดียมไฮดรอกไซด์	168
ซิงค์ไฟต์	39	โซเดียมซัลเฟต	144

โซเดียมไอโอดด์	197	เซเลเนียม	197
โซเดียมไบคาร์บอเนต	145	เซลลูโลส	231
โซเดียม	167	ซูโครส	230
เซนอน-133	197	เซอร์แฟคแต็น	268
(ค)			
คีมอคริตัส	6	ไคแซคคาไรด์	226
คัมเบิ้ลซอลท์	142	ดีเทอร์เจ้นท์	266
(ด)			
ตารางธาตุ	46,47,151	เตรดตราเอทิลเลต	274
ตะกั่ว	165	เตรดตราเมทิลเลต	274
(ท)			
ทฤษฎีโฟลิตอน	8	ทรีอบีโพลีเมอร์	118
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	93	เทรซเซอร์	197, 199
ทรานซิชัน ธาตุ	51	ทริเทียม	177, 191
ทองแดง การถลุง	164	เทอร์โมสเฟียร์	119
ทอ	94		
(ธ)			
ธาตุ	47		
(น)			
น้ำหนัก	13	นิวตรอน	32, 174
น้ำหนักโมเลกุล	33	นิวเคลียส	174
น้ำหนักสูตร	35	นิวเคลียร์ฟิวชั่น	190
น้ำยา	44	นิวเคลียร์ฟิชชัน	187
ไนโตรเจน	119	นอนอิลคโตรไลต์	145
นาโนมิเตอร์	17	แนพธาซีน	212
ไนโตรกลีเซอริน	235		

(บ)

เบนซีน	211	บารอมิเตอร์	94
เบส	136	บรอนสเตดเลารี	131
บิวเรต	16	แบเรียมซัลเฟต	143

(ป)

ปฏิกิริยาแบบรวมกัน	81	ไปเปต	16
ปฏิกิริยาแบบสลาย	81	โปรตอน	32,40,41
ปฏิกิริยาแบบแทนที่	83	ประโยชน์ของตารางธาตุ	52
ปฏิกิริยาแบบแทนที่สองชั้น	84	แป้ง	231
ปฏิกิริยาแบบการเป็นกลาง	85	โปรตีน	236
ปฏิกิริยาลูกโซ่	188	ปิโตรเลียม	270
ปฏิกรณ์ปรมาณู เครื่องมือ	192		

(พ)

พาราเซลซัส	7	พันธะไอออนิก	61
พลังงานศักย์	31	พันธะโคเวเลนต์	63
พลังงานจลน์	31	พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์	64
พลังงานเคมี	31	โพลีเมอร์ฟิซิม	111
พลังงานไฟฟ้า	31	พีเอช	139
พีเอชมิเตอร์	140	พลังงานอะตอม	186
พลาสติก	260		

(ฟ)

ฟาเรนไฮต์ 21, 22	19	ฟีนอล	213
ฟอสฟอรัส-32	181. 182	ฟรุคโตส	230

(ภ)

ภาวะของแข็ง	110		
-------------	-----	--	--

(ม)

มวล	13	มิลคอปฟ์แมกนีเซียม	138
แมสสเปคโตรมิเตอร์	35	มีเทน	203
แมสแน้มเบอร์	41	มอลโตส	226
แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์	138	โมเตอร์เรเตอร์	192
แมกนาลิเทียม	163	โมนอแซคคาไรด์	226
เมนดาไลฟ์	47	มลพิษทางอากาศ	126
เมทริลแอลกอฮอล์	213	มลพิษทางน้ำ	281
เหม็นหืน	235	มลพิษทางโลหะ	282
มอสเลย์	47		

(ย)

ยูเรเนียม	168	ยาง	257
ยูเรีย	202		

(ร)

ระบบเมตริก	16	รัทเทอร์ฟอร์ด	39
ระบบ SI ยูนิต	17	รังสีแคโทด	44
ระบบอังกฤษ	18	รังสีแกมมา	174, 175
ระเบิดไฮโดรเจน	191	เรพรีเซนต์ตีฟ ธาตุ	48,51
ระดับพลังงาน	41	แรด	196
ระเบิดปรมาณู	189	เร็นแกน	196
เรดิโอไอโซโทป	189	เรม	197

(ล)

ลาวัวซิเยร์	8	เหล็ก การถลุงเหล็ก	157
หลอดแก้วควีร์ค	451	เหล็ก-59	156
ลักกะปิดลักกะเปิด โรค	137	แลคโตส	231
ไลมวอเตอร์	138	ไลปิด	232
ลอยแร่	154	เลซิทีน	233

(ว)

วิธีการทางวิทยาศาสตร์	9	วัฏจักรคาร์บอน	125
วิลเลียมครูค	45	วิตามิน	240-243
วัฏจักรไนโตรเจน	120		
วัฏจักรออกซิเจน	123		

(ต)

สมมติฐานยีน-ยัง	5	สปิริทออฟแอมโมเนีย	139
-----------------	---	--------------------	-----
