2

แร่ธาตุในธรรมชาติ

2.1 บทนำ

2.2 แร่ (minerals) และ สินแร่ (ores)

2.3 โลหะและสารประกอบที่สำคัญ

2.1 บทนำ

เนื่องจากแร่ธาตุเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากธาตุ (สารอนินทรีย์) มารวมตัวกันด้วยสูตรทางเคมีที่แน่นอน และต้องเกิดจากธรรมชาติเท่านั้น เช่น จากเปลือกโลก หิน เป็นต้น ดังนั้นธาตุต่างๆจากตารางธาตุในรูป 2.1 สรุปพอสังเขปได้ดังนี้

1. ธาตุมีทั้งหมด 18 หมู่ (groups) 7 คาบ (periods)
2. ธาตุในหมู่เดียวกันจะมีสมบัติคล้ายคลึงกัน แบ่งเป็นหมู่ A และ หมู่ B อย่างละ 8 หมู่ โดยธาตุในหมู่ 1-7A มีชื่อเรียกว่า main group elements และบางหมู่จะมีชื่อเรียกเฉพาะตามคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละหมู่ดังต่อไปนี้

   หมู่ 1A เรียกว่า โลหะอัลคาไลน์

   หมู่ 2A เรียกว่า โลหะอัลคาไลน์เอิอร์ท

   หมู่ 7A เรียกว่า ฮาโลเจน (F, Cl, Br, I)

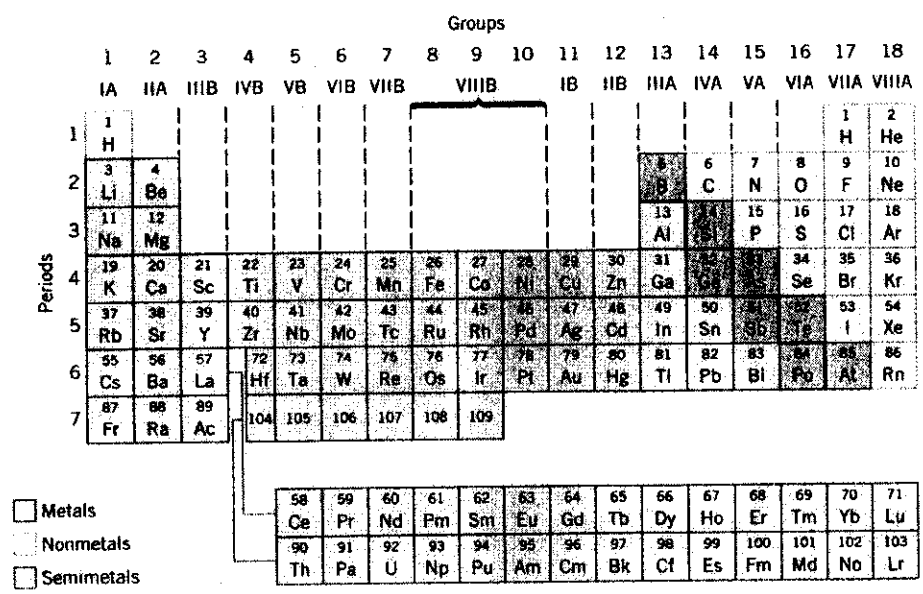
   หมู่ 8A เรียกว่า หมู่ O หรือ แก๊สเฉื่อย

3. ธาตุในหมู่ B เรียกว่า ธาตุทรานสิชัน

นอกจากนี้สามารถแบ่งตามคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่คล้ายคลึงกันได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มโลหะ ธาตุในหมู่ 1A และ 2A และธาตุในหมู่ B ทั้งหมด รวมถึง Al ด้วย
2. กลุ่มอโลหะ ธาตุส่วนใหญ่อยู่ในหมู่ 4A –8A
3. กลุ่มกึ่งโลหะ หรือเมทัลลอยด์

รูป 2.1 ตารางธาตุ



ในธรรมชาติจะพบว่าโลหะสามารถอยู่ได้ทั้งในสภาพอิสระ (ไม่รวมกับธาตุใด) และอยู่ในรูปของสารประกอบ ซึ่งมีสูตรที่ซับซ้อนกับธาตุอื่นได้ และโลหะแต่ละอย่างยังมีสมบัติที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยามากน้อยแตกต่างกันออกไป

บางธาตุมีปริมาณน้อยแต่มีความสำคัญมาก เช่น ยูเรเนียม ธอเรียม ซึ่งเป็นสารกัมมันตภาพรังสี ให้พลังงานออกมาได้มาก ตะกั่ว ปรอท มีประโยชน์ทางเทคโนโลยีมากมาย แต่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิต แม้ได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อย

ตารางที่ 2.1 แสดงชื่อเต็มและสัญลักษณ์ธาตุในตารางธาตุ

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Mass
Actinium	Ac	89	227.0278
Aluminum	Al	13	26.981539(5)
Americium	Am	95	243.0614
Antimony	Sb	51	121.757(3)
Argon	Ar	18	39.948(1)
Arsenic	As	33	74.92159(2)
Astatine	At	85	209.9871
Barium	Ba	56	137.327(7)
Berkelium	Bk	97	247.0703
Beryllium	Be	4	9.012182(3)
Bismuth	Bi	83	208.98037(3)
Boron	B	5	10.811(5)
Bromine	Br	35	79.904(1)
Cadmium	Cd	48	112.411(8)
Calcium	Ca	20	40.078(4)
Californium	Cf	98	251.0796
Carbon	C	6	12.011(1)
Cerium	Ce	58	140.115(4)
Cesium	Cs	55	132.90543(5)
Chlorine	Cl	17	35.4527(9)
Chromium	Cr	24	51.9961(6)
Cobalt	Co	27	58.93320(1)
Copper	Cu	29	63.546(3)
Curium	Cm	96	247.0703
Dysprosium	Dy	66	162.50(3)
Einsteinium	Es	99	252.083
Erbium	Er	68	167.26(3)
Europium	Eu	63	151.965(9)
Fermium	Fm	100	257.0951
Fluorine	F	9	18.9984032.9
Francium	Fr	87	233.0197
Gadolinium	Gd	64	157.25(3)
Gallium	Ga	31	69.723(4)
Germanium	Ge	32	72.61(2)
Gold	Au	79	196.96654(3)
Hafnium	Hf	72	178.49(2)
Helium	He	2	4.002602(2)
Holmium	Ho	67	164.93032(3)
Hydrogen	H	1	1.00794(7)
Indium	In	49	114.82(1)
Iodine	I	53	126.90447(3)
Iridium	Ir	77	192.22(3)
Iron	Fe	26	55.847(3)
Krypton	Kr	36	83.80(1)
Lanthanum	La	57	138.9055(2)
Lawrencium	Lr	103	262.11
Lead	Pb	82	207.2(1)
Lithium	Li	3	6.941(2)
Lutetium	Lu	71	174.967(1)
Magnesium	Mg	12	24.3050(6)
Manganese	Mn	25	54.93805(1)
Mendelevium	Md	101	258.10
Mercury	Hg	80	200.59(2)
Molybdenum	Mo	42	95.94(1)
Neodymium	Nd	60	144.24(3)
Neon	Ne	10	20.179(6)
Neptunium	Np	93	237.0482
Nickel	Ni	28	58.6934(2)
Niobium	Nb	41	92.90638(2)
Nitrogen	N	7	14.00674(7)
Nobelium	No	102	259.1009
Osmium	Os	76	190.2(1)
Oxygen	O	8	15.9994(3)
Palladium	Pd	46	106.42(1)
Phosphorus	P	15	30.973762(4)
Platinum	Pt	78	195.08(3)
Plutonium	Pu	94	244.0642
Polonium	Po	84	208.9824
Potassium	K	19	39.0983(1)
Praseodymium	Pr	59	140.90765(3)
Promethium	Pm	61	144.9127
Protactinium	Pa	91	231.03588(2)
Radium	Ra	88	226.0254
Radon	Rn	86	222.0176
Rhenium	Re	75	186.207(1)
Rhodium	Rh	45	102.90550(3)
Rubidium	Rb	37	85.4678(3)
Ruthenium	Ru	44	101.07(2)
Samarium	Sm	62	150.36(3)
Scandium	Sc	21	44.955910(9)
Selenium	Se	34	78.96(3)
Silicon	Si	14	28.0855(3)
Silver	Ag	47	107.8682(2)
Sodium	Na	11	22.989768(6)
Strontium	Sr	38	87.62(1)
Sulfur	S	16	32.066(6)
Tantalum	Ta	73	180.9479(1)
Technetium	Tc	43	98.9072
Tellurium	Te	52	127.60(3)
Terbium	Tb	65	158.92534(3)
Thallium	Tl	81	204.3833(2)
Thorium	Th	90	232.0381(1)
Thulium	Tm	69	168.9342(3)
Tin	Sn	50	118.710(7)
Titanium	Ti	22	47.88(3)
Tungsten	W	74	183.85(3)
Unnilennium[a, b]	Une	109	(266)
Unnilhexium	Unh	106	263.118
Unniloctium	Uno	108	(265)
Unnilpentium	Unp	105	262.114
Unnilquadium	Unq	104	261.11
Unnilseptium	Uns	107	262.12
Uranium	U	92	238.0289(1)
Vanadium	V	23	50.9415(1)
Xenon	Xe	54	131.29(2)
Ytterbium	Yb	70	173.04(3)
Yttrium	Y	39	88.90585(2)
Zinc	Zn	30	65.39(2)
Zirconium	Zr	40	91.224(2)

2.2 แร่ (minerals) และ สินแร่ (ores)

แร่จัดเป็นสารอนินทรีย์เคมี ซึ่งขุดขึ้นมาจากเปลือกโลกหรือนำมาจากหิน ดังนั้น แร่ ก็คือ ธาตุ หรือสารประกอบทางเคมีที่มีเนื้อเดียวกัน มีสูตรแน่นอน และต้องเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติจากสิ่งไม่มีชีวิต ดังนั้นแร่จะมีสภาพทั้งที่เป็นโลหะและอโลหะ เช่น เพชรและแกรไฟต์ เป็นอโลหะ มาจากธาตุคาร์บอน จัดเรียงตัวกัน หรืออยู่ในลักษณะที่เป็นธาตุเดี่ยวๆ (native elements) เช่น ทองคำ เพชร แต่ส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสารประกอบ (เกิดจากธาตุ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน เช่น สารประกอบ ซิลิเกต ($ZrSiO_4$) หรือสารประกอบออกไซด์ (MnO_2, CaO, ZnO) เป็นต้น

ดังนั้นถ้านำแร่ในรูปของสารประกอบมาแยกให้ได้ธาตุอิสระบริสุทธ์ เราก็นำมาผ่านวิธีการถลุงเพื่อให้ได้ธาตุที่ต้องการ ธาตุที่ได้จะเรียกว่า สินแร่ (ores) และกรรมวิธีเรียกว่า การถลุงโลหะ (metallurgy)

แร่ธาตุทางเศรษฐกิจแบ่งได้เป็น 3 พวกใหญ่ๆ

1. แร่ธาตุที่ให้พลังงาน เช่น พวกเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (ยูเรเนียม) และเชื้อเพลิงจากการทับถมกันของฟอสซิลของหินหรือชั้นหิน (fossil fuel เช่น ถ่านหิน และน้ำมัน ฯลฯ)
2. แร่ธาตุที่เป็นโลหะ แบ่งเป็น 2 ประเภทย่อยๆ คือ

   โลหะที่มาจากธาตุเหล็ก เช่น เหล็ก เหล็ก-อัลลอย

   โลหะที่ไม่ได้มาจากธาตุเหล็ก เช่น เครื่องประดับต่างๆ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของอัลลอย ธาตุที่มีน้ำหนักเบาเช่น อลูมิเนียม เป็นต้น
3. แร่ธาตุที่ใช้ในอุสาหกรรม แบ่งเป็น 2 ประเภทย่อยๆคือ

   วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เช่น หิน ซีเมนต์ อิฐ ทราย เป็นต้น

   วัสดุที่ไม่ได้ใช้ในการก่อสร้าง เช่น สารเคมีชนิดต่างๆ ปุ๋ย เซรามิค เป็นต้น

2.3 โลหะและสารประกอบที่สำคัญ

2.3.1 เหล็ก (Fe)

โดยปกติเหล็กอิออนซึ่งอยู่ในรูปของเหลวจะมีประจุ +2 (Fe^{2+}) และพบว่าจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในสิ่งมีชีวิต คือ ฮีโมโกลบินในเซลเม็ดเลือดแดง ส่วนเหล็กซึ่งอยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งเป็นแร่ธาตุจะอยู่ในรูปประจุ +3 (Fe^{3+}) ที่พบได้ตามเปลือกโลก เช่น Fe_2O_3 (เฮมาไทต์) สีแดง หรือ Fe_3O_4 (แมกนีไทต์) มีสมบัติเป็นแม่เหล็ก

<u>การถลุง</u>

ผ่านอากาศร้อนเข้าไปตอนล่างของเตาเผา → CO_2 + C (ถ่านโค้ก) → CO + Fe_2O_3

↓

เหล็กบริสุทธิ์ขึ้น ← ขจัดพวก P, S, Si ← FeO หรือ Fe + CO_2(g) + SiO_2 (มลทิน)

+

ผสมสารบางอย่าง

↓

เหล็กกล้า (steel)

↓

กำจัดโดยใส่ $CaCO_3$

↓

$CaSiO_3$ (ขี้แร่)

(แคลเซียมซิลิเกต)

ตัวอย่างโลหะผสม เช่น stainless steel เป็นโลหะผสมของ

เหล็กกล้า + โครเมียม (Cr) 14-18 % + นิเกิล (Ni) 7-9 %

2.3.2 อลูมิเนียม (Al)

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีอยู่ที่ผิวโลกมากที่สุด ในรูปแร่บอกไซด์ ($Al_2O_3.nH_2O$) หรือสารประกอบคอมเพล็กซิลิเกต ($KAlSiO_3$) ตัวอย่างของสารประกอบเหล่านี้คือ อัญมณีต่างๆ เช่น นิล มรกต บุษราคัม ซึ่งมาจากผลึกของอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)

สำหรับวิธีการแยก Al ออกมาให้บริสุทธ์จะใช้เทคนิคอิเลคโตรไลซิส (แยกด้วยกระแสไฟฟ้า) โดยเครื่องมือที่เรียกว่า Hall cell

<u>ประโยชน์ Al</u>

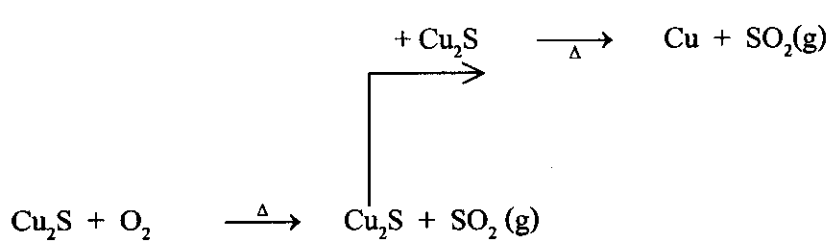
เนื่องจาก Al มีความหนาแน่นต่ำ วาว เมื่อถูกอากาศ จุดหลอมเหลวสูง แต่เหนียวและเบา ดังนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น เป็นส่วนประกอบของอากาศยานทุกชนิด รถไฟ sprinter กล้องเทเลสโคป อลูมินัมฟลอย อุปกรณ์หุงต้ม เป็นต้น

ถ้าผสมกับนิเกิล (Ni) โคบอลล์(Co) และอลูมิเนียม (Al) จะกลายเป็นโลหะผสมเรียกว่า อัลนิโคล และนำไปใช้ทำแม่เหล็ก

2.3.3 ทองแดง (Cu)

ทองแดงจะเป็นธาตุที่อยู่ในธรรมชาติได้อย่างอิสระ สำหรับในสภาพสารประกอบมีสินแร่ ที่สำคัญ คือ ซาลโคไซด์ (Cu_2S) และ คอปเปอร์ไพไรท์ ($CuFeS_2$)

<u>การถลุง</u>



ผลจากการถลุงทองแดงจะทำให้มีการผลิตแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งจะมีผลต่อสิ่งแวดล้อมคือ เมื่อรวมตัวกับไอน้ำหรือน้ำฝน จะทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด นั่นคือกรดซัลฟุริค (H_2SO_4) ทองแดงจะมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ดี ถ้ามีมลทินคือ As, P, และ Fe จะทำให้การนำไฟฟ้าลดลง

ประโยชน์

ถ้ามีการนำทองแดงมาผสมกับโลหะชนิดอื่นๆ จะทำให้เกิดโลหะผสมขึ้นใหม่หลายชนิดดังนี้

1. ทองแดงกับสังกะสี 5-45% จะได้ ทองเหลือง

2. ทองแดงกับดีบุก (Tin) 5-15% จะได้ บรอนซ์ ซึ่งมีสมบัติ แข็ง เหนียว ทนทานต่อ การผุกร่อน

3. ทองแดงผสมนิเกิล 25 % จะได้ เหรียญกษาปณ์

นอกจากนั้นทองแดงยังช่วยป้องกันอันตรายผิวหนังจากแสง UV โยเป็นส่วนหนึ่งของเอนไซม์ในการสร้างเมลานินของผิวหนัง

2.3.4 ตะกั่ว (Pb)

สินแร่ที่สำคัญของตะกั่วคือ แร่กาลีนา (PbS) ตะกั่วคาร์บอเนต ($PbCO_3$) และตะกั่วซัลเฟต ($PbSO_4$) โดยทั่วๆไปมักมีสังกะสี (Zn) ปนอยู่ด้วย

การถลุง

ขั้นตอนแรกจะเป็นการนำแร่กาลีนาผ่านวิธีการลอยแร่เพื่อแยกมลทินออกก่อน

$$PbS + O_2 \xrightarrow[roasting]{\Delta} 2PbO + 2SO_2\,(g)$$

(หัวแร่)

↓ ใส่เตาบลาสท์

ใส่ Fe, C, CO

$$PbO + C \longrightarrow Pb$$

$$PbO + CO \longrightarrow Pb$$

$$PbO + Fe \longrightarrow PbO$$

ประโยชน์

ตะกั่ว เป็นโลหะสีเทาเงิน อ่อน หน้าตัดเป็นเงา แผ่นตะกั่วจะสามารถกั้นกัมมันตภาพรังสีได้ ใช้เป็นส่วนผสมในสีทาบ้าน อาคาร ใส่ในแก๊สโซลีนเพื่อกันการน็อคของรถยนต์ และที่สำคัญคือทำแบตเตอรี

2.3.5 โซเดียม (Na)

โซเดียมเป็นโลหะสีเงินแกมขาว อ่อนนุ่มตัดได้ด้วยมีด เนื่องจากว่องไวต่อปฏิกิริยา ดังนั้นจะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับสารหลายชนิด มีการนำคุณสมบัติของโซเดียมมาแยกโลหะออกจากสารประกอบ เช่น ติตาเนียม เซอร์โคเนียม ดังนี้

$$TiCl_4 + Na \longrightarrow NaCl + Ti$$

$$ZrCl_4 + Na \longrightarrow NaCl + Zr$$

(เกลือแกง)

ประโยชน์

ใช้ทำสี ยา น้ำหอม ดวงไฟติดตามถนนให้แสงสีเหลือง มีมากที่สุดในน้ำทะเล ถ้าต้องการแยกอาจแยกด้วยวิธีแยกด้วยไฟฟ้า

$$NaCl \xrightarrow{eletrolysis} Na^+ + Cl^-$$

สำหรับคลอรีนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการแยกเกลือแกงด้วยวิธีไฟฟ้า สามารถนำไปใช้ในการกำจัดแบคทีเรีย กำจัดสารอินทรีย์ สารฟอกสี เช่น การทำกระดาษ และน้ำตาล การเตรียมสาร DDT เป็นต้น

2.3.6 ซิลิกอน (Si)

ซิลิกอนเป็นธาตุกึ่งโลหะ บางครั้งมีการประพฤติตัวคล้ายโลหะหรือบางครั้งคล้ายอะโลหะ สำหรับเครื่องใช้ที่รู้จักกันดีโดยทั่วไปก็คือ แก้ว ประเภทต่างๆ ซึ่งใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน องค์ประกอบหลักของแก้วมี 3 ชนิด คือ

Si (ซิลิกา) + ออกไซด์ของธาตุที่มีวาเลนต์ซีเท่ากับ 1 + ออกไซด์ของธาตุที่มีวาเลนต์ซีเท่ากับ 2

<u>ตัวอย่างสูตร</u>

$$6SiO_2 + RO + R_2O \xrightarrow[\text{(สูง)}]{\Delta} \text{แก้ว (glass)}$$

R = แคลเซียม (Ca), ตะกั่ว (Pb), สังกะสี (Zn)

R_2 = โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K), ลิเทียม (Li)

SiO_2 = ซิลิกอนออกไซด์ (ทรายขาว) หรือ ควอทซ์

ซึ่งทรายขาวนี้จะได้มาจากจังหวัดระยอง สงขลา สตูล กระบี่ และนครศรีธรรมราช สำหรับประเทศที่รู้จักการทำแก้วและใช้มาตั้งแต่อดีตคือ ประเทศฟินิเซียและอียิปต์ ต่อมาได้มีการขยายต่อไปยังกรุงเวนิส โรม ของประเทศอิตาลี และประเทศเยอรมัน

การทำแก้ว

ทรายขาวบริสุทธิ์ 65-75% + หินปูน 12-20% และโซดาคาร์บอเนตมีโซเดียมออกไซด์ 10-20%
(โดยบดละเอียดและอาจมีเหล็กปนเล็กน้อย)
+ ออกไซด์ธาตุอื่นๆ เช่น K, Mg, Zn, Pb หรือ บอแรกซ์
+ เศษแก้วบดละเอียด
↓ Δ ในเตาซึ่งทำด้วยวัตถุทนไฟที่อุณหภูมิ 1300-1600 °C

↓ ใส่ตัวฟอกสี (Decolouring agent) เพื่อช่วยให้แก้วใส เช่น โซเดียมไนเตรท แมงกานีสออกไซด์

↓ หลอมเป็น

น้ำแก้ว

↓ ตัดด้วยน้ำหนักเกือบเท่ากัน

ขึ้นรูปด้วยการเป่า (ปัจจุบันขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรตามแบบพิมพ์

ชนิดของแก้ว

เนื่องจากส่วนผสมของสารต่างๆไม่คงที่ จึงทำให้ได้ชนิดของแก้วต่างกันออกไป ดังนี้

1. แก้วธรรมดา เช่น ถ้วยแก้ว ขวด ประกอบด้วยโซเดียมซิลิเกต หรือ แคลเซียมซิลิเกต เป็นหลัก
2. แก้วเหลว (water glass) จะเป็นของเหลวข้นละลายน้ำได้ หลอมจากทรายและโซเดียมคาร์บอเนตเท่านั้น เรียกว่า โซเดียมซิลิเกต ใช้ทำเป็นวัตถุประสานแก้วหรือซีเมนต์ทนไฟ
3. แก้วสี เป็นการเติมออกไซด์ของโลหะบางตัวซึ่งให้สีได้เช่น แมงกานีส (Mn) สีชมพู โคบอลท์ (Co) สีน้ำเงิน โครเมียม (Cr) สีน้ำเงินแกมเหลือง ทองแดง สีเขียว เซเลเนียม สีเหลือง แคดเมียม สีเหลืองและ ทองคำ สีแดง
4. แก้วผลึก (crystal) มีคุณสมบัติวาวแสงและหักเหแสงได้มาก จะมีการผสมด้วยออกไซด์ของตะกั่ว ออกไซด์ของเบเรียม ถ้าใช้โบรอนออกไซด์ผสมจะให้แสงสว่างแวววาวและขับสีออกมาได้หลายสี ใช้ทำพลอยและเพชรเทียม เรียกว่า starss (สตราส)
5. แก้วไพเร็กซ์ ทนความร้อนได้สูงถึง 1100°C ทนกรดและกระแสไฟฟ้า ใช้ทำหม้อกาแฟ ใส่ของอบอาหาร เครื่องใช้ทางวิทยาศาสตร์ แก้วชนิดนี้ลดโซดาคาร์บอเนต แต่เพิ่มปริมาณซิลิกาและโบริกออกไซด์
6. แก้วแว่นตา เช่น แว่นกันแดด มีเกลือของเหล็กซึ่งอยู่ในรูปเฟอรัสละลายผสมอยู่ สามารถป้องกันอันตรายจากแสง UV ซึ่งจะทำอันตรายต่อตามนุษย์ได้
7. แก้วควอทซ์หรือ แก้วหินเขี้ยวหนุมาน คุณสมบัติพิเศษไม่มีการหดหรือขยายตัวเลยแม้แต่น้อย ไม่แตกง่ายเมื่อเผาไฟร้อนจัด การทำต้องใช้อุณหภูมิสูง

ซิลิกอนนอกจากนำมาใช้ทำเป็นแก้วแล้ว ซิลิกอนในรูปแอสเบสทอสซึ่งมีลักษณะเส้นใยหินแก้วสีขาว มีสูตรเป็น $(Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})_2(OH_2))_x$ จะใช้ทำผ้าเบรค

แผ่นรองเตารีดไฟฟ้า ม่านกันไฟ ฉนวนความร้อน(บุรอบท่อแอร์) แต่การหายใจแอสเบสทอสเข้าไปจะทำให้เป็นมะเร็งปอด ถ้ามีการปนเปื้อนในอาหารและกินเข้าไปจะทำให้เป็นมะเร็งที่กระเพาะอาหาร นอกจากนั้นถ้าซิลิกอน (Si) และเจอมาเนียม (Ge) ในสภาพบริสุทธ์มากๆ จะถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม เช่น semiconductor ทรานซิสเตอร์ อุปกรณ์เหนี่ยวนำทางแสง เป็นต้น

2.3.7 ออกซิเจน (O)

แก๊สออกซิเจนจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ในการหายใจ แต่แก๊สออกซิเจนที่จะพูดถึง จะเป็นแก๊สออกซิเจนในรูปที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม นั่นคือ โอโซน (O_3)

โอโซน จะเกิดจากปฏิกิริยาของแสงแดดที่ความยาวคลื่นต่ำกว่า 242 นาโนเมตร (nm) กับแก๊สออกซิเจน (O_2) แล้วทำให้โมเลกุลแก๊สออกซิเจนแตกตัวออกจากกัน ดังสมการ

$$O_2(g) + h\nu \longrightarrow O(g) + O(g)$$

เมื่อ $h\nu$ คือ พลังงานของแสงแดด

แล้วออกซิเจนแต่ละอะตอมก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโมเลกุลเพื่อให้ได้ O_3

$$O(g) + O_2(g) \longrightarrow O_3(g)$$

ซึ่งเมื่อมีการเกิดขึ้นของโอโซนก็จะมีปฏิกิริยาที่จะทำลายโอโซนด้วยเช่นกัน เพื่อให้เกิดสมดุล นั่นคือ

$$O_3(g) + h\nu \longrightarrow O_2(g) + O(g)$$

$$O_3(g) + O(g) \longrightarrow 2O_2(g)$$

สำหรับสารซึ่งเป็นตัวเร่งให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลงก็คือ สารคลอรีน (Cl) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่อยู่ในสาร CFC (คลอโรฟลูออโรคาร์บอน) สารประกอบไนตริกออกไซด์ (NO, nitric oxide) ซึ่งออกมาจากเครื่องบินๆเร็วกว่าเสียงและจากรถยนต์ หรือสารประกอบไนตรัสออกไซด์ (N_2O, nitrous oxide) ซึ่งเป็นแก๊สที่ลอยตัวเข้าไปในชั้น stratosphere รวมถึงสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จะมีการทำลายชั้นโอโซนด้วยปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

$$NO(g) + O_3(g) \longrightarrow O_2(g) + NO_2(g)$$

$$NO_2(g) + O(g) \longrightarrow NO(g) + O_2(g)$$

$$N_2O(g) + O_2 \longrightarrow 2NO(g)$$

$$O_3(g) + Cl_2 \longrightarrow O_2(g) + ClO(g)$$

$$ClO(g) + O(g) \longrightarrow O_2(g) + Cl(g)$$

ดังนั้นถ้าโอโซน ซึ่งปกติอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลกและมีหน้าที่ในการดูดกลืนแสง UV ให้เหลือปริมาณน้อยลงก่อนเข้าสู่บรรยากาศโลก สามารถถูกทำลายไปโดยขบวนการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผลที่ตามมาก็คือ สิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์ ก็จะถูกกระตุ้นให้เป็นโรคมะเร็งผิวหนังเร็วมากขึ้นเท่านั้น

2.3.8 ไนโตรเจน (N)

แก๊สไนโตรเจน (N_2) จะเป็นแก๊สที่มีอยู่ถึง 78 % ในโลกของเรา สำหรับปริมาณแก๊สที่รองลงมาก็คือ แก๊สออกซิเจน $O_2(g)$ ในปริมาณ 21% โดยปกติแก๊สไนโตรเจน จะเสถียรแตกตัวได้ยากไม่เหมือนกับแก๊สออกซิเจน ดังนั้นสารประกอบซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ จึงมีความจำเป็นและสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งต้องดูดมาจากดิน เนื่องจากพืชไม่สามารถนำไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ได้โดยตรง ดังนั้นแก๊สไนโตรเจน จะต้องถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ พืชก็สามารถนำมาไปใช้ หรืออาจจะถูกจับมาเป็นไนโตรเจนที่รากพืชตระกูลถั่วด้วยแบคทีเรียในรูปของ $-NH_2$ (อะมิโน) ในโครงสร้างของโปรตีนก่อน

แหล่งสำคัญจากธรรมชาติที่สามารถเพิ่มปริมาณของแก๊สไนโตรเจนในอากาศคือปรากฏการณ์จากฟ้าผ่า พบว่าจะให้แก๊สไนโตรเจนลงมาสู่พื้นดินในปริมาณที่สูง และเมื่อรวมกับแก๊สออกซิเจน จะให้แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ต่างๆออกมา เมื่อละลายน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนเตรท (NO_3^-) ซึ่งพืชนำไปใช้ได้ หรือไนโตรเจนในรูปอื่น เช่น แอมโมเนียมอิออน(NH_4^+) โดยสมการการเปลี่ยนแปลงแสดงได้ดังนี้

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow NO_x \xrightarrow{+H_2O} NO_3^-$$

ซึ่งพืชสามารถนำไปไนเตรท (NO_3^-) ไปใช้ได้ในรูปของปุ๋ย เพื่อการเจริญเติบโตของพืชต่อไป

2.3.9 ปุ๋ย (Fertilizer)

ธาตุหรือสารหรือวัสดุที่ใส่เพิ่มเติมลงในดิน เพื่อทำให้พืชที่ปลูกมีผลผลิตสูงขึ้นจะถูกเรียกว่า ปุ๋ย โดยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีไม่น้อยกว่า 16 ธาตุ

ธาตุอาหารหลักที่พืชดูดไปใช้มากที่สุด คือ N, P, และ K ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ คือ ปุ๋ยที่ได้หรือทำจากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ โดยสามารถแบ่งประเภทของปุ๋ยเคมีออกตามส่วนประกอบของธาตุอาหารหลักได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ปุ๋ยเชิงเดี่ยว หมายถึงปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักเพียงธาตุเดียว เช่น

   ปุ๋ย N ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0)

   ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ (25-0-0)

   ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)

2. ปุ๋ย P ได้แก่ ปุ๋ยหินฟอสเฟส (0-3-0)

   ปุ๋ยหินซุปเปอร์ฟอสเฟส (0-20-0)

3. ปุ๋ย K ได้แก่ ปุ๋ยโปแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

   ปุ๋ยโปแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50) เป็นต้น

3. ปุ๋ยเชิงประกอบ หมายถึง ปุ๋ยที่ทำขึ้นโดยกรรมวิธีทางเคมีและมีธาตุอาหารหลักอย่างน้อย 2 ธาตุขึ้นไป เช่น

   ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (10-50-0)

   ปุ๋ยแอมโมเนียมไดฟอสเฟต (18-46-0)

   ปุ๋ยโปแทสเซียมไนเตรท (13-0-45) ฯลฯ

4. ปุ๋ยเชิงผสม หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่ได้จากการผสมปุ๋ยเคมีประเภทต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ธาตุอาหารหลัก ไม่ว่าการผสมนั้นจะเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ก็ตาม เช่น

   ปุ๋ย เกรด 15-15-15, 16-16-18 และ 18-12-6 เป็นต้น

ธาตุอาหารรอง จะประกอบด้วย ธาตุแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ ธาตุกำมะถัน (S) ซึ่งแต่ละธาตุมีหน้าที่ดังนี้

ธาตุแคลเซียม มาจากปูนขาว จะช่วยเร่งให้เมล็ดงอก

ธาตุแมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิล

ธาตุกำมะถัน เป็นองค์ประกอบของโปรตีนและน้ำมันพืช

ธาตุอาหารเสริม พืชจะต้องการธาตุอาหารในหมู่นี้ในปริมาณน้อย ได้แก่

1. เหล็ก (Fe) จะทำหน้าที่เป็นตัวคะตะลิสในขบวนการต่างๆ
2. แมงกานีส (Mn) จะช่วยเร่งปฏิกิริยาต่างๆ
3. สังกะสี (Zn) ช่วยสร้างคลอโรฟิล
4. โบรอน (B) มีหน้าที่ในการแบ่งเซลที่จะเป็นดอกและราก
5. ทองแดง (Cu) สร้างวิตามินเอและคลอโรฟิล
6. โมลิบดินัม (Mo) จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยน NO_3^- ไปเป็น NH_4^+
7. คลอไรด์ (Cl) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชชั้นสูง