



บรรณานุกรม

1. Weber, H.T., Van Willigen, J.H.H.G., and Van Derlinden, W.E.
"Determination of Total Sulfur in Coal by X-ray Fluorescence Spectrometry." Analytica Chimica ACTA, 160 (1984) 271-275
2. Page, D., and Piggins, T. "Development of and X-ray Fluorescence Method for On-Line Determining of Sulfur in Coal.",
Applied Radiation and Isotopes, 1985
3. Berman, M., and Ergun, S. "Analysis of Sulfur in Coals by X-ray Fluorescence.", Fuel, 47, 285 (1968)
4. Ronald, G., Hurley., and Eugene, W., Whittel. "New Sof X-ray Method for Determining the Chemical Forms of Sulfur in Coal.",
Analytical Chemistry, Vol.46, No. 14, December 1974.
5. Fine, S., and Hendee. "Nucleonics" 13 (3) 36, 1955
6. แสงโรจน์ กวางษ์ศักดิ์. 2531. เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบรังสีไอโซโทป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531
7. สมเกียรติ อุ่นวงศ์. 2532. การหาปริมาณแก๊สในลิแกนด์โดยใช้เทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532
8. สนิท หงษ์ร่อน. 2530. "ถ่านลิแกนด์." ข่าวสาร กพผ. ปีที่ 17: 40-41
9. ประเสริฐ ชุ่มรม. ถ่านลิแกนด์. ฝ่ายเหมืองลิแกนด์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย : แผนภาพและการพิมพ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.
10. ประกาศ วิชากุล. 2530. "กำมะถันและลิแกนด์ (ตอนที่ 1) วัฏจักรของกำมะถัน." ข่าวสาร กพผ. ปีที่ 17 : 34 - 39



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการวัดความเข้มรังสีและตัวอย่างการคำนวณ

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดความเข้มรังสีเอกซ์ เฉพาะตัวของ แคลเซียม กำมะถัน เหล็ก อะลูมิเนียม และ ซิลิคอน จากตัวอย่างลิกไนต์ 61 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แบบ WDX

Coal No.	%S Chemical Analysis	%ASH Chemical Analysis	X-ray Intensity *				
			Ca (60 sec)	S (60 sec)	Fe (50 sec)	Al (60 sec)	Si (80 sec)
1	1.60	14.40	245788	32678	587129	450	1430
2	1.70	15.00	261510	33332	687766	500	0
3	1.30	15.20	208665	19173	468337	480	2000
4	1.70	15.20	184167	25022	580236	450	1330
5	2.30	17.10	205347	38715	699133	550	0
6	2.10	18.40	255403	35184	624962	350	0
7	1.70	21.50	355115	29887	680750	700	0
8	2.20	21.90	333864	36335	551532	550	0
9	4.20	23.80	42650	42764	1118695	2100	5100
10	3.30	24.70	107414	48110	847426	1170	4000
11	4.40	24.80	47433	47029	1105813	1800	4700
12	3.90	25.70	126914	45412	782220	1400	2800
13	2.20	27.35	159492	30063	667227	1550	3000
14	2.10	30.72	122261	30036	747135	1600	5500
15	4.10	32.18	467647	67695	519616	450	590
16	2.20	34.60	292720	31263	443462	400	5000
17	3.60	35.30	208882	48023	848322	1800	3100
18	3.70	35.65	453239	68058	512126	300	650
19	4.20	35.70	471475	63893	516932	420	0
20	4.40	35.80	432771	72543	582520	390	0
21	3.40	35.80	469845	67499	524776	450	400
22	4.00	36.30	475087	62859	489585	320	0
23	3.20	36.80	484402	67465	486972	220	0
24	4.90	37.60	399787	69603	657538	510	900
25	4.30	37.80	477689	63934	568563	500	0
26	3.60	37.90	525835	65493	537282	400	0
27	7.70	38.10	236232	83167	1252759	760	0
28	4.90	39.10	387050	65387	671199	500	1300
29	2.90	39.50	45958	27658	781471	2950	9500
30	3.50	39.75	558668	61061	479487	330	0

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Coal No.	%S Chemical Analysis	%ASH Chemical Analysis	X-ray Intensity *				
			Ca (60 sec)	S (60 sec)	Fe (50 sec)	Al (60 sec)	Si (80 sec)
31	9.00	40.10	268029	103005	1343201	1100	2350
32	3.70	40.50	493044	62584	510017	400	850
33	7.20	40.70	331353	96366	1175292	780	1900
34	5.70	40.80	312954	65649	816831	900	300
35	8.90	41.30	193776	81555	1451351	1150	3000
36	2.30	41.30	43071	26325	739969	3250	10750
37	2.40	42.00	121645	29531	749872	2400	8200
38	6.50	43.70	372248	92192	560232	890	2850
39	7.30	44.40	233753	74706	1235682	1400	3800
40	5.10	44.50	418506	78096	755651	980	3500
41	7.20	46.10	261953	70345	1015970	1500	1500
42	7.00	46.20	327406	78150	1081767	800	2150
43	7.40	46.50	332437	78932	1101351	1000	2250
44	7.10	46.60	210824	65749	1016109	2100	3650
45	2.90	48.00	38833	28729	797155	2700	12000
46	6.80	48.60	182817	64425	1104414	2100	4300
47	6.70	49.10	391901	73383	968775	970	0
48	5.90	53.20	46897	87907	1273722	3500	8200
49	4.70	53.80	58008	56683	1104114	3250	7350
50	4.60	53.90	47054	60272	975013	4100	14300
51	4.20	54.50	399796	59301	706588	1113	3300
52	5.40	54.90	88883	64517	656972	3500	12700
53	4.50	55.30	39917	78445	1151297	3770	9100
54	2.80	56.30	32515	24464	730584	3100	13300
55	3.90	62.90	25926	82369	1017770	4080	7150
56	4.10	64.10	29887	66625	904014	4600	10000
57	4.10	64.20	39828	42871	983233	5000	16000
58	4.80	65.80	181275	51340	884833	3800	15300
59	4.60	66.20	49761	73586	1062435	4200	7850
60	4.20	66.70	43776	74148	1042879	4350	7900
61	5.80	68.60	60951	54337	1246689	5100	15350

หมายเหตุ : * ตัวเลขในวงเล็บใต้สัญลักษณ์ธาตุคือ เวลาที่ใช้นับรังสี ในหน่วย "วินาที"



ตารางที่ ก.2 ผลการวัดความเข้มข้นรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของ แคลเซียม เหล็ก โทททาเนียม และรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ จากตัวอย่างลิกไนต์ 61 ตัวอย่าง โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์แบบ EDX ที่ใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

Coal No.	%Ash Chemical Analysis	%S Chemical Analysis	X-ray Intensity *				
			Ca (1000sec)	Fe (300sec)	Ti (1000sec)	Mn K X-Rays (1000sec)	U L X-Rays (300sec)
1	14.40	1.60	45837	17014	0	18999	96492
2	15.00	1.70	38109	19694	0	15455	78659
3	15.20	1.30	29904	14673	0	20059	106870
4	15.20	1.70	27248	17132	0	19722	110074
5	17.10	2.30	29888	19862	0	18220	94622
6	18.40	2.10	46112	19728	0	16174	84701
7	21.50	1.70	54883	18811	0	14092	75941
8	21.90	2.20	46722	17097	0	15007	79558
9	23.80	4.20	7713	30574	1651	15521	69744
10	24.70	3.30	18668	21331	1150	15042	78161
11	24.80	4.40	7775	28009	1253	16544	74627
12	25.70	3.90	18488	24357	0	14518	68843
13	27.35	2.20	27537	18801	237	15262	82983
14	30.72	2.10	20766	19666	764	15653	84788
15	32.18	4.10	77126	14025	0	10550	59838
16	34.60	2.20	45623	13457	0	14359	77804
17	35.30	3.60	33879	22251	606	12642	63343
18	35.65	3.70	76394	13373	0	10391	61377
19	35.70	4.20	76393	12856	0	9988	62509
20	35.80	4.40	69634	15815	0	9641	54145
21	35.80	3.40	76505	13412	0	10250	65338
22	36.30	4.00	78842	12801	0	10380	65208
23	36.80	3.20	81479	12794	0	10191	63248
24	37.60	4.90	66241	17065	0	10787	60606
25	37.80	4.30	76268	13979	0	9997	62023
26	37.90	3.60	84363	14047	0	9887	61941
27	38.10	7.70	39179	28667	0	11289	56974
28	39.10	4.90	67147	17885	0	10560	62720
29	39.50	2.90	7912	20351	4106	12805	69996
30	39.75	3.50	89217	18317	0	11273	64985

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Coal No.	%Ash Chemical Analysis	%S Chemical Analysis	X-ray Intensity *				
			Ca (1000sec)	Fe (300sec)	Ti (1000sec)	Mn K X-Rays (1000sec)	U L X-Rays (300sec)
31	40.10	9.00	36482	28506	0	10910	52529
32	40.50	3.70	83633	13533	0	9833	59344
33	40.70	7.20	44449	26966	0	10981	53246
34	40.80	5.70	52081	20957	0	10515	59990
35	41.30	8.90	31992	33929	0	10803	46325
36	41.30	2.30	8415	18342	2200	13526	73474
37	42.00	2.40	22427	18470	953	12881	71121
38	43.70	6.50	49987	26513	0	10288	51049
39	44.40	7.30	37115	28450	0	10185	50042
40	44.50	5.10	57237	18501	0	10548	59910
41	46.10	7.20	39505	24498	0	10213	54994
42	46.20	7.00	52203	25693	0	9955	52211
43	46.50	7.40	52021	26163	0	10160	52171
44	46.60	7.10	33242	25371	0	10655	55338
45	48.00	2.90	6130	21488	7500	12178	64967
46	48.60	6.80	28377	25759	685	10705	54321
47	49.10	6.70	59418	22117	0	9575	50893
48	53.20	5.90	8097	32376	2350	10407	49490
49	53.80	4.70	10455	27496	2500	10410	55893
50	53.90	4.60	8457	24913	2800	10007	55890
51	54.50	4.20	70261	17149	0	9182	48121
52	54.90	5.40	14650	29413	2000	10414	50637
53	55.30	4.50	7563	29926	2660	10665	51802
54	56.30	2.80	6122	20821	4455	12152	64565
55	62.90	3.90	5956	25544	3400	9710	52354
56	64.10	4.10	6220	22878	4300	9277	53822
57	64.20	4.10	5681	24986	4227	8633	52134
58	65.80	4.80	25830	22131	1500	9388	50088
59	66.20	4.60	9047	26206	3150	9885	51402
60	66.70	4.20	7542	25567	4600	8348	49908
61	68.60	5.80	9774	28617	2650	9645	42330

หมายเหตุ : * ตัวเลขในวงเล็บใต้สัญลักษณ์คือ เวลาที่ใช้นับรังสีในหน่วย "วินาที"

1. รังสีเอกซ์ที่กระเจิงจากตัวอย่างเมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 ใช้สำหรับ แก๊สมทริกซ์เอฟเฟคต์ ในการคำนวณปริมาณแคลเซียม
2. รังสีเอกซ์ที่กระเจิงจากตัวอย่างเมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีทอเนียม-238 ใช้สำหรับแก๊สมทริกซ์เอฟเฟคต์ ในการคำนวณปริมาณเหล็ก

ตารางที่ ก.3 ผลการวัดความเข้มข้นรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของแคลเซียม กำมะถัน เหล็ก และรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ จากตัวอย่างลิกไนต์ 61 ตัวอย่าง โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์แบบ EDX ที่ใช้หัววัดพรอพอร์ชันนัล

Coal No.	% Ash Chemical Analysis	% Total Sulfur Chemical Analysis	X-ray Intensity *				
			Ca (1000sec)	S (1000sec)	Fe (100sec)	Mn K X-Rays (1000sec)	U L X-Rays (100sec)
1	14.40	1.60	405073	6115	61103	70586	98523
2	15.00	1.70	510973	8919	79372	74789	81888
3	15.20	1.30	359416	4447	48886	84405	109511
4	15.20	1.70	346873	6138	60243	86398	111523
5	17.10	2.30	362508	9537	75511	83461	92984
6	18.40	2.10	503580	9829	75797	65155	84872
7	21.50	1.70	594848	6523	75170	59028	74401
8	21.90	2.20	560710	8548	62667	70563	82271
9	23.80	4.20	91063	7481	127071	75511	67809
10	24.70	3.30	199318	10261	86059	67995	78456
11	24.80	4.40	84349	9135	113710	72939	74287
12	25.70	3.90	253216	8117	98728	70713	67747
13	27.35	2.20	311678	7579	73284	63896	83686
14	30.72	2.10	232255	6918	78324	68234	83897
15	32.18	4.10	801708	14709	51775	40478	59687
16	34.60	2.20	510745	6490	49159	64988	71987
17	35.30	3.60	383548	11626	89956	51695	61214
18	35.65	3.70	844446	14877	48969	44154	60791
19	35.70	4.20	791886	14540	47385	46233	59650
20	35.80	4.40	818087	16355	61500	51779	49850
21	35.80	3.40	762771	16426	49949	41260	58810
22	36.30	4.00	808248	14561	46285	41735	58247
23	36.80	3.20	843619	15178	48241	44102	56901
24	37.60	4.90	681537	14701	67311	43965	55708
25	37.80	4.30	813895	14024	55964	35819	54890
26	37.90	3.60	853145	14382	53336	42289	54241
27	38.10	7.70	414314	21470	124133	56644	48938
28	39.10	4.90	675218	15258	70300	47546	53881
29	39.50	2.90	102111	5527	81385	58930	67231
30	39.75	3.50	555836	15120	73377	35743	56865

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

Coal No.	% Ash Chemical Analysis	% Total Sulfur Chemical Analysis	X-ray Intensity *				
			Ca (1000sec)	S (1000sec)	Fe (100sec)	Mn K X-Rays (1000sec)	U L X-Rays (100sec)
31	40.10	9.00	382986	18553	123611	54450	46403
32	40.50	3.70	838826	14941	52371	41016	54728
33	40.70	7.20	463020	17074	119421	45756	45522
34	40.80	5.70	522221	14624	83943	51247	51491
35	41.30	8.90	319534	17578	151653	54657	42037
36	41.30	2.30	104283	4205	71650	69181	73195
37	42.00	2.40	255493	5456	74622	56001	69060
38	43.70	6.50	536631	16211	113150	44145	42304
39	44.40	7.30	383345	14347	125392	54923	43399
40	44.50	5.10	611671	13222	74895	46995	51279
41	46.10	7.20	420097	13516	103074	46915	46723
42	46.20	7.00	519262	17207	109396	50841	45883
43	46.50	7.40	541618	15486	112207	43068	43814
44	46.60	7.10	347774	11877	105529	48083	48315
45	48.00	2.90	112876	5985	89630	52922	64773
46	48.60	6.80	321223	12848	108525	51208	47642
47	49.10	6.70	638785	14051	92312	45539	44686
48	53.20	5.90	117114	11293	139635	56687	40286
49	53.80	4.70	130568	8791	117107	51966	47238
50	53.90	4.60	112129	7929	104492	59804	48042
51	54.50	4.20	794643	13783	70082	35055	46962
52	54.90	5.40	164625	8998	129166	56486	42087
53	55.30	4.50	104988	8306	126282	57561	41559
54	56.30	2.80	133683	5769	84810	53566	60901
55	62.90	3.90	97808	5755	107924	58786	44367
56	64.10	4.10	99491	4173	95085	50470	46628
57	64.20	4.10	115116	4329	107367	49255	43617
58	65.80	4.80	293273	6559	90942	44879	42455
59	66.20	4.60	126255	5644	111270	52261	41962
60	66.70	4.20	133509	5943	106505	51459	40804
61	68.60	5.80	144556	5547	125977	51862	34820

หมายเหตุ : * ตัวเลขในวงเล็บใต้สัญลักษณ์คือ เวลาที่ใช้นับรังสีในหน่วย "วินาที"

1. รังสีเอกซ์ที่กระเจิงจากตัวอย่างเมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 ใช้สำหรับ แก๊สมทริกซ์เอฟเฟลคท์ ในการคำนวณปริมาณแคลเซียม
2. รังสีเอกซ์ที่กระเจิงจากตัวอย่างเมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีพลูโทเนียม-238 ใช้สำหรับแก๊สมทริกซ์เอฟเฟลคท์ ในการคำนวณปริมาณเหล็ก

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดความเข้มรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของกำมะถัน แคลเซียม เหล็ก
และรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ ของตัวอย่างลิกไนต์ 10 ตัวอย่าง และ
กำหนดมาตรฐาน 2 ตัวอย่าง เมื่อใช้หัววัดรังสีทรอพอร์ซินัล

Coal No.	% Ash Chemical Analysis	% Total Sulfur Chemical Analysis	X-ray Intensity *				
			Ca (1000sec)	S (1000sec)	Fe (100sec)	Mn K X-Rays (1000sec)	U L X-Rays (100sec)
A	53.8	2	96105	2173	61799	63719	63719
B	24.4	3.2	465947	9958	71887	76624	76624
C	27.5	2.9	475449	9173	75926	76191	76191
D	43.8	1.4	69501	1672	56935	73693	92131
E	37.2	1.4	43897	2703	55852	82237	116269
F	2.4	1.8	52545	5041	10840	88207	149312
G	11.3	2.8	17873	6842	109074	81456	100676
H	3.4	0.64	154869	353	43260	81775	115996
I	12.7	4	144156	9411	115950	78406	87553
J	37.4	6.7	509142	14645	100092	69627	50338
SRM 2683	6.85	1.85	36055	5478	45783	87218	140218
SRM 2685	16.53	4.62	66327	10693	82151	89921	92372

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณปริมาณแคลเซียม และ เหล็ก ใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\% \text{ Ca (sample)} = \% \text{ Ca (std)} \times (I_{\text{Ca}} / I_{\text{scat}})_{\text{sample}} \times (I_{\text{scat}} / I_{\text{Ca}})_{\text{std}}$$

และ

$$\% \text{ Fe (sample)} = \% \text{ Fe (std)} \times (I_{\text{Fe}} / I_{\text{scat}})_{\text{sample}} \times (I_{\text{scat}} / I_{\text{Fe}})_{\text{std}}$$

เมื่อ

$\% \text{ Ca (sample)}$ และ $\% \text{ Fe (sample)}$ เป็นปริมาณแคลเซียม และ เหล็ก ในตัวอย่างลิกันต์ ตามลำดับ

$\% \text{ Ca (std)}$ และ $\% \text{ Fe (std)}$ เป็นปริมาณแคลเซียม และ เหล็ก ในสารมาตรฐาน ตามลำดับ

$(I_{\text{Ca}} / I_{\text{scat}})_{\text{sample}}$ เป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของแคลเซียม ต่อ รังสีเอกซ์กระเจิงกลับของแมงกานีส ของตัวอย่างลิกันต์

$(I_{\text{scat}} / I_{\text{Ca}})_{\text{std}}$ เป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับของแมงกานีส ต่อ ความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของแคลเซียม ของสารมาตรฐาน

$(I_{\text{Fe}} / I_{\text{scat}})_{\text{sample}}$ เป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของเหล็ก ต่อ รังสีเอกซ์กระเจิงกลับของยูเรเนียม ของตัวอย่างลิกันต์

$(I_{\text{scat}} / I_{\text{Fe}})_{\text{std}}$ เป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับของยูเรเนียม ต่อ รังสีเอกซ์เรืองของเหล็ก ของสารมาตรฐาน

ตัวอย่าง เช่น ตัวอย่างที่ 1 จากตารางที่ ก.3

$$\begin{aligned} \% \text{Ca}_{(\text{sample})} &= \% \text{Ca}_{(\text{std})} \times (I_{\text{Ca}} / I_{\text{scat}})_{\text{sample}} \\ &\quad \times (I_{\text{scat}} / I_{\text{Ca}})_{\text{std}} \\ &= 2.2 \times (405073 / 70586) \times (56865 / 174685) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Fe}_{(\text{sample})} &= \% \text{Fe}_{(\text{std})} \times (I_{\text{Fe}} / I_{\text{scat}})_{\text{sample}} \\ &\quad \times (I_{\text{scat}} / I_{\text{Fe}})_{\text{std}} \\ &= 4.45 \times (61103 / 98523) \times (37415 / 78823) \end{aligned}$$

หมายเหตุ : เนื่องจาก $(I_{\text{scat}} / I_{\text{Ca}})_{\text{std}}$ และ $(I_{\text{scat}} / I_{\text{Fe}})_{\text{std}}$ เป็นค่าที่ต้องทำการวัดซ้ำทุก ๆ ครั้ง ขณะที่ทำการวัดตัวอย่างลิกันต์เพื่อใช้ตรวจสอบผลขณะทำการวัด ดังนั้น $(I_{\text{scat}} / I_{\text{Ca}})_{\text{std}}$ และ $(I_{\text{scat}} / I_{\text{Fe}})_{\text{std}}$ ก็จะใช้เทียบได้เฉพาะช่วงนั้น ๆ เท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ลิกไนต์ และวัฏจักรของถ่านหิน

1. ลิกไนต์

คำว่า lignite เกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส โดยหมายถึงถ่านหินที่จัดอยู่ในชั้นต่ำ มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้มเมื่อเปียก มีค่าความร้อน (Heating value) ต่ำกว่า 8,300 BTU ต่อ ปอนด์ (8)

กำเนิดทางธรณีวิทยา ถ่านลิกไนต์ถือกำเนิดมาจากการสะสมของส่วนที่สลายตัวของพืช ซึ่งเกิดจากพืชพันธุ์ไม้ที่ทับถมอยู่ในหนองบึง นานนับสิบล้านปี ต่อมาการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลก เช่นภูเขาไฟระเบิด บางแห่งถูกทับถม บางแห่งถูกยกให้สูงขึ้นหรือต่ำลง ความกดดัน ความร้อนที่มีอยู่ในพื้นโลก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพืชพันธุ์ไม้เหล่านี้ไปเป็นถ่านหิน โดยเริ่มต้นจาก Peat, Lignite or Brown Coal, Subbituminus, Bituminus, Semibituminus, Anthracite

คุณสมบัติของถ่านลิกไนต์ ถ่านลิกไนต์เป็นสารที่มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาล เมื่อแตกหักใหม่ ๆ จะเปลี่ยนเป็นสีดำภายใน 2 - 3 นาที เพราะเกิดปฏิกิริยา Oxidation บนผิวของถ่าน เราสามารถใช้มีดขูดหรือตัดถ่านลิกไนต์ออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้ ถ่านลิกไนต์มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นผสมอยู่สูงมาก ความแข็งและความถ่วงจำเพาะจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของความชื้น

ถ่านลิกไนต์จะแตกตัวออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยไม่มีความแน่นอนที่จะพิจารณาได้

การแตกตัวมักขึ้นอยู่กับอากาศที่แตก และมักเกิดจากผิวด้านนอกของก้อนถ่านแห้งตัว การแตกตัวมากน้อยขึ้นอยู่กับกาแห้ง อัตราการแห้งขึ้นอยู่กับพื้นที่ ที่ถูกอากาศ ซึ่งมีปฏิริยากับออกซิเจนอยู่ตลอดเวลา และสามารถดูดซึมออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว คุณสมบัติของถ่านหินจะดีหรือเลวขึ้นอยู่กับลักษณะ ชนิดของพันธุ์ไม้ที่กลายสภาพเป็นถ่าน โดยกาเปลี่ยนแปลง การผุพัง การเน่าเปื่อยจากการที่บดในระยะเวลาเริ่มแรกไปจนเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางคุณสมบัติของเนื้อถ่านหินในระยะต่อมา

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของลิกไนต์ (9)

1. มีสีดำหรือสีน้ำตาล
2. แสดงลักษณะของธรรมชาติ (เนื้อไม้) ให้เห็น
3. มีความชื้น (Moisture) สูง
4. สลายตัวได้เร็วเมื่อเก็บไว้
5. เปราะ แตกร่อนได้ง่ายเมื่อนำมาเผา
6. ลุกไหม้ได้ง่ายเมื่อกองไว้ในอากาศ
7. มีออกซิเจนรวมตัวอยู่สูงจึงทำให้เกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

สูงกว่าปกติ เมื่อเกิดการเผาไหม้

การลุกไหม้โดยตนเอง ถ่านลิกไนต์มีคุณสมบัติที่จะลุกไหม้ได้เอง เพราะเหตุที่ว่า ถ่านลิกไนต์ดูดเอาออกซิเจนจากอากาศเข้าไปในตัว ในขณะที่กำลังแห้ง จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ก็จะทำให้เกิดการลุกไหม้ขึ้นด้วยตนเองได้

2. วัฏจักรของกำมะถัน (10)

กำมะถันเกิดอย่างกว้างขวางทั่ว ๆ ไปในธรรมชาติ โดยอยู่ในรูปของ

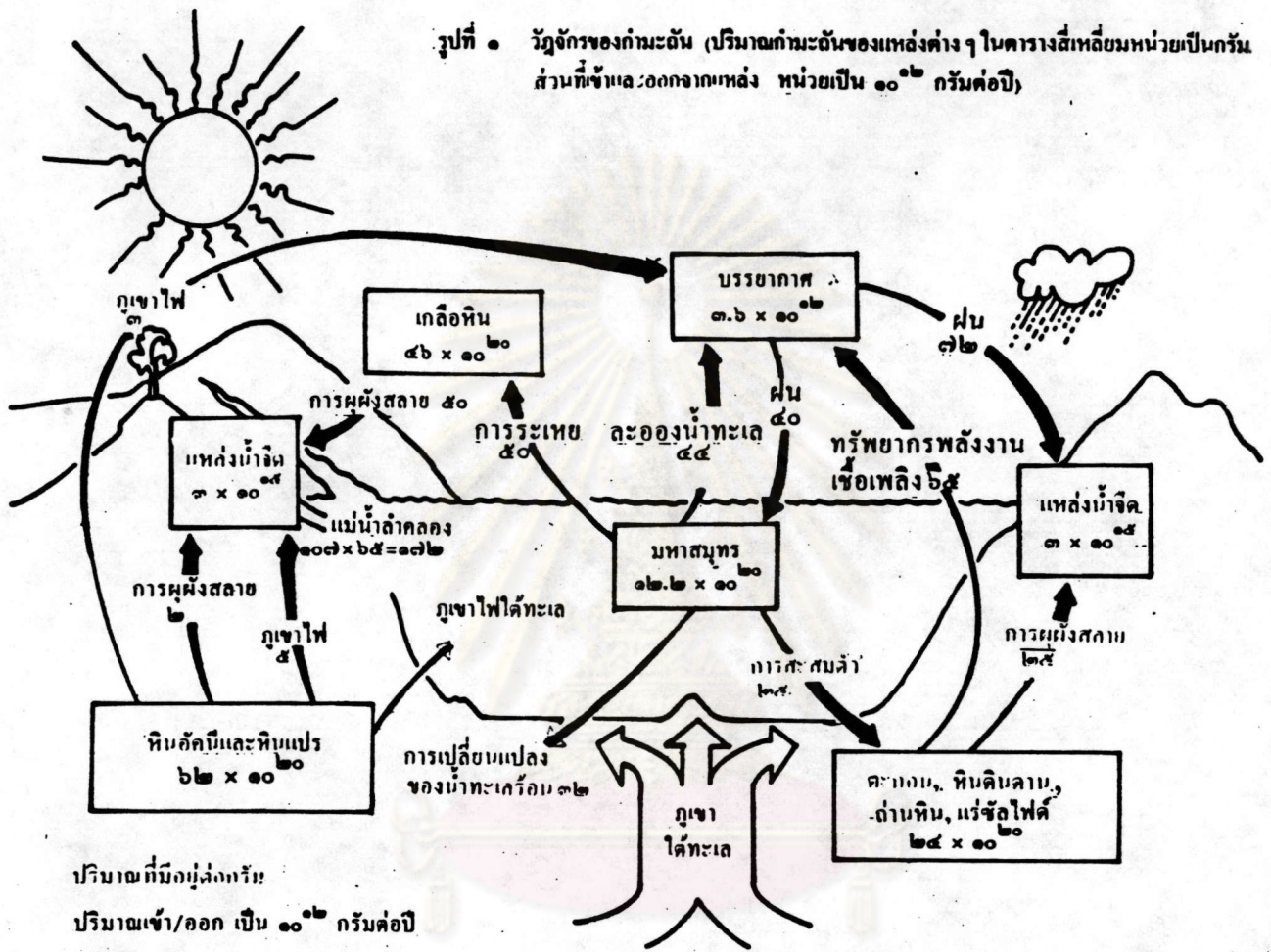
สารประกอบอินทรีย์ (organic) และอนินทรีย์ (inorganic) ของแหล่งทรัพยากรพลังงาน ทั้งใน น้ำ ดิน และ อากาศ

2.1 กำมะถันในอากาศ

กำมะถันในอากาศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งส่วนมากเกิดจากการเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงในกิจการอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป นอกจาก SO_2 แล้วกำมะถันในอากาศยังปรากฏในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และกรดกำมะถัน (H_2SO_4) โดยขบวนการสังเคราะห์เคมีของ SO_2 ในอากาศ ซึ่งจะให้ SO_3 แล้วต่อมา SO_3 ผสมกับน้ำในอากาศ กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฝนกรด ขึ้นตอนต่าง ๆ ของวัฏจักรของกำมะถันแสดงอยู่ในรูปที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๑ วัฏจักรของก่าะดิน (ปริมาณก่าะดินของแหล่งต่างๆ ในตารางสี่เหลี่ยมหน้าเป็นก่าะดิน ส่วนที่เข้าและออกจากแหล่ง หน่วยเป็น 10^{12} กรัมต่อปี)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1 วัฏจักรของก่าะดิน

2.2 กำมะถันในน้ำ Hydrosphere

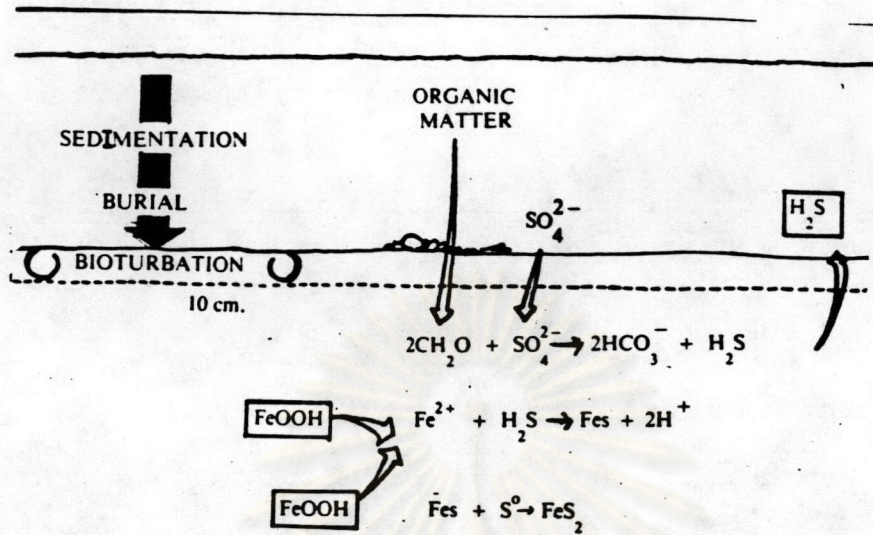
วงจรของกำมะถันจากอากาศลงสู่น้ำ กำมะถันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของซัลเฟต (SO_4) ซัลเฟตเป็นไอออน (ion) ที่มีมากที่สุด ในมหาสมุทร

2.3 กำมะถันในดิน (Lithosphere)

กำมะถันในมหาสมุทรจะถูกนำออกโดยผ่านทางตะกอนในทะเล และถูกเขาใต้ทะเล ในรูปของพวกที่ถูกลดออกซิเจน (reduced form เช่น SO , S_2) และพวกที่ถูกเพิ่มออกซิเจน (oxidized form เช่น SO_4)

พวกที่ถูกลดออกซิเจน (reduced form) จะรวมตัวกลายเป็นชั้นดินและหินต่างๆ ของเปลือกโลกในที่สุด ขบวนการสะสมตัวของ กำมะถัน ใน ดินและ หินสามารถอธิบายได้ตามรูปที่ 2 เริ่มจากเกิดการออกซิเดชัน (Oxidation) อย่างรวดเร็วของสารอินทรีย์ของตะกอนในทะเล ทำให้น้ำที่แทรกอยู่ในตะกอนซึ่งมีความหนาตั้งแต่ 1 มิลลิเมตรถึงหลายเซนติเมตร หมดลื่นไปอย่างสิ้นเชิง ใต้ชั้นนี้ลงไปขบวนการลดออกซิเจนจากซัลเฟต (sulfate reduction) โดย bacteria จะทวีความสำคัญมากขึ้น และย่อยสลายสารอินทรีย์ในตะกอนมาก ปริมาณซัลเฟตในตะกอนนั้น ๆ จะหมดไปในช่วงความลึกนั้น

ปฏิกิริยาเคมีในรูปที่ 2 แสดงการเกิดพวกซัลไฟด์ (FeS และ FeS_2) เริ่มตั้งแต่ลดออกซิเจนจากซัลเฟต (sulfate reduction) ทำให้เกิดก๊าซไข่เน่า (H_2S) เป็นปริมาณมากแล้ว H_2S เปลี่ยนธาตุเหล็กแบบ Fe^{+3} ให้กลายเป็นธาตุเหล็กแบบ Fe^{+2} ซึ่งจะได้กำมะถัน (S^0) เกิดเป็นวัตถุพลอยได้ H_2S จะทำปฏิกิริยาเคมีกับธาตุเหล็กแบบ Fe^{+2} จะได้แร่จำพวกซัลไฟด์ (FeS) จากนั้นหากมีกำมะถัน (S^0) มากเพียงพอ FeS จะทำปฏิกิริยากับ S^0 ได้ไพไรต์ (pyrite - FeS_2) สะสมตัวในตะกอนดังกล่าว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างสารอินทรีย์ (organic matter) และปริมาณไพไรต์หรือซัลไฟด์อื่น ๆ ในตะกอน



รูปที่ 2 ขบวนการเกิดซัลไฟด์ในดิน และถ่านหิน

สำหรับพวกกำมะถันที่ถูกเพิ่มออกซิเจน (Oxidized Form - SO_4) ที่สะสมตัวในตะกอนนั้นส่วนใหญ่เกิดจากการระเหยของน้ำทะเล

2.4 วัฏจักรรวม (Overall Cycle)

วงจรชีวิตของกำมะถันจากน้ำ ดิน และชั้นสู่อากาศนั้น จากการวิเคราะห์ถึงปริมาณกำมะถันในแต่ละแห่ง และการถ่ายเทกำมะถันจากแหล่งหนึ่งไปอีกแห่งหนึ่ง พบว่าวัฏจักรรวมไม่อยู่ในภาวะสมดุลย์ตามธรรมชาติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้เขียน

นายเสมา สอนประสม เกิดเมื่อวันที่ 9 มกราคม พ.ศ.2505 ที่อำเภอเมือง
จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิตวิชาเอกนิสิต จากมหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี เมื่อปีการศึกษา 2526 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิต
ศึกษานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสำเร็จการศึกษาและ
ศึกษาต่อระดับปริญญาโทในสาขาเดียวกัน ในปีการศึกษา 2527

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย