

長省炭鑛의 坑內出水가 生産量에 미치는 影響에 關한 研究

金 斗 榮* 金 榮 達**

A Study on the Influence of Underground In-flow Water to Coal Production in Changsung Coal Mine.

Doo Young Kim and Young Dal Kim

Abstract: A various kinds of harmful gases in the gallery and the increasing quantity of in-flow water are the important factors causing mainly the decline in production.

In this thesis, the increase and decrease of in-flow water which effects the out put have been investigated and analysed in the statistical method.

Through the results obtained together with the statistical data some typical interreation formula between the quantity of in-flow water and production have been induced and the productive percentage in season was examined with special reference to Changsung Coal Mine.

The formulas are as follows: ① Underground in-flow water to production; $Y = -5.74x^2 + 108.9x + 6,346.6$ where, Y: production(tons/day); x: in-flow water(m^3/min), ② Rain and Snow fall to production; $P = 6.555 - 1.591R + 1.282S$ where, P: production(tons/day); R: rain fall(mm); S: snowfall(cm), ③ Productivity ratio in season compared with the average annual production; 1st quarter of year: 100.1%, 2nd quarter of year: 100.3%, 3rd quarter of year: 97.2%, 4th quarter of year: 102.4%.

1. 序 論

石炭鑛山이 漸次 深部化 됨에 따라 地壓과 地熱의 增加 및 坑內出水의 增加 등으로 作業條件이 날로 惡化 되고 있다.

其中 坑內의 出水問題는 大型災害를 이르킬 수 있는 保安上 危險뿐 아니라 生産에 支障을 주게 되므로 炭鑛 經營上 매우 主要한 要素를 차지하고 있다.

坑內 出水의 類型은 大體로 다음의 네가지 要因을 가지고 있는바, 첫째 地下採掘로 인한 地表의 龜裂을 따라 降雨나 降雪이 浸水되는 境遇, 둘째 河川이나, 湖沼下部의 龜裂이나 石灰岩內의 空洞을 따라 河川水가 浸水되는 境遇, 셋째 採掘跡의 空洞에 溜水되었던 물이 下部 採掘時 突出하는 境遇 및 넷째 自然地下水가 斷層등을 따라 流入되는 境遇등이라 할 수 있다. 이들 要因中 첫째의 降雨나 降雪이 坑內 出水의 增減

에 密接한 關係가 있음은 確實하며, 特히 降雨期에는 地表水의 流入으로 全坑道가 水沒되어 作業이 不能케 되는 炭鑛도 國內에서 많이 볼수 있다. 따라서 本 研究는 長省炭鑛의 坑內 出水量과 降雨, 降雪量이 生産 實績에 影響을 주는 狀態를 統計學的인 分析으로 調査 하여 相關關係式을 誘導하였고 이를 根據로 하여 降雨 降雪時에 生産量의 變動추세를 恒常 파악할수 있게 하였다.

長省炭鑛의 境遇는 降雨, 降雪時에 坑內 出水가 增加하여도 生産量의 變動은 크지 않으나 敏感하게 影響을 받는 炭鑛들은 이와 같은 誘導方法을 適用하므로써 炭鑛運營에 많은 도움이 될 것으로 본다.

2. 調査分析方法

本 研究를 遂行하기 위하여 다음과 같이 세가지 項目으로 調査하였다.

即, 첫째: 坑內出水量과 生産量과의 關係.

둘째: 降雨, 降雪量과 生産量과의 關係.

* 正會員

** 三涉專門大學教授

Table 1. Pumping status of underground in-flow water(1978)

drainage Pits	Pumping depth			Capacity of pump					Actual pumping time (hr/							
	Level of sump (ML)	Pump- ing level (ML)	Pump- ing height (M)	Sump (m ³)	Pump			1 9								
					IP	No.	quantity ^{m³} / min/EA	1	2	3	4	5	6	7		
															Ave.	Max.
Jungang	-75	0	75	30	20	1	0.49	0.7							0.7	1.66
	-50	0	50	30	30	1	0.49	0.7	1.72	1.6	2.4	1.75	1.98	3.08	2.81	
	0	150	150	1,700	100	2	1.12	1.6	13.25	16.96	17.3	17.25	17.53	17.4	16.93	
	150	300	150	1,560	250	4	2.59	3.7	25.81	24.38	20.43	18.4	18.6	17.96	19.13	
	300	600	300	900	400	4	2.649	3.785	28.11	27.0	24.16	21.83	23.4	23.83	27.96	
298	300	2	30	30	1	0.49	0.7	9.26	8.63	10.14	9.44	10.39	16.58	15.14		
Total				4,250	2,880	13			78.15	78.57	74.43	64.67	71.85	79.55	83.63	
Changsung	450	600	150	700	250	2	2.59	3.7	1.78	1.15	1.11	1.06	1.08	1.1	1.33	
Kumchon	450	600	150	400	250	2	2.59	3.7	4.68	4.21	3.96	3.86	3.05	3.36	4.0	
	600	603	3	400	40	1	3.5	7.0	15.53	15.51	14.93	14.18	13.2	10.78	8.25	
	597	600	3	30	30	1	2.38	3.4						1.93	6.63	
Total				830	570	4			20.21	19.72	18.89	18.04	16.25	16.07	18.88	
Mungok	75	150	75	10	30	1	0.49	0.7	1.68	1.64	2.3	1.85	1.89	3.12	2.85	
	150	300	150	440	250	2	2.59	3.7	7.09	7.06	5.99	5.55	5.75	5.97	6.25	
	300	600	300	440	400	2	2.649	3.78	10.66	10.24	9.16	8.28	8.87	9.04	10.6	
Total				890	1,330	5			19.43	18.88	17.45	15.68	16.51	18.13	19.7	
Kaebal	669	713	44	10	30	1	0.49	0.7	4.36	4.03	4.74	4.41	4.86	7.75	7.61	
Grand total				6,680	5,280	25			122.12	122.35	116.62	107.86	110.55	122.6	131.15	

Table 1. (continued)

drainage Pits	Calculated quantity of in-flow water (m ³ /min)											
	1 9 7 8											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jungang	0.035	0.033	0.049	0.036	0.039	0.014	0.034	0.024	0.060	0.021	0.029	0.031
	0.583	0.758	0.758	0.769	0.779	0.063	0.057	0.040	0.063	0.041	0.033	0.033
	2.167	1.840	1.840	1.181	1.189	0.735	0.699	0.691	0.650	0.690	0.716	0.727
	0.318	0.349	0.349	0.423	0.576	1.126	1.274	1.870	2.847	2.211	1.678	1.615
	0.189	0.176	0.176	0.193	0.212	0.692	1.022	2.221	1.998	2.248	2.202	1.402
Total	3.292	3.156	3.156	2.602	2.795	2.969	3.395	5.175	5.960	5.434	4.834	3.987
Chang sung	0.192	0.124	0.124	0.114	0.117	0.119	0.144	0.551	0.848	0.444	0.332	0.314
Kumchon	0.505	0.454	0.454	0.417	0.329	0.363	0.432	0.503	0.653	0.567	0.491	0.432
	1.760	1.808	1.808	1.651	1.596	1.209	0.771	2.007	1.619	1.520	1.326	2.098
Total	2.265	2.262	2.262	2.068	1.925	1.763	1.860	2.699	3.085	2.971	2.383	2.530
Mungok	0.034	0.033	0.033	0.038	0.039	0.064	0.058	0.041	0.063	0.043	0.037	0.033
	0.731	0.729	0.729	0.581	0.581	0.580	0.616	0.774	1.015	0.840	0.716	0.685
	0.412	0.368	0.368	0.315	0.359	0.354	0.496	1.023	1.052	1.093	1.013	0.726
Total	1.177	1.130	1.130	0.914	0.979	0.998	1.170	1.838	2.130	1.976	1.766	1.444
Kaebal	0.088	0.082	0.082	0.090	0.099	0.158	0.155	0.167	0.173	0.115	0.091	0.084
grand total	7.014	6.754	6.754	5.780	5.915	6.007	6.724	10.430	12.196	10.940	9.406	8.359

day per each pump)					Total quantity of pumped water (including repumped water)											
7 8					1 9 7 8											
8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.18	2.95	1.01	1.43	1.5						0.014	0.034	0.024	0.060	0.021	0.029	0.031
1.98	3.11	2.03	1.6	1.63	0.035	0.033	0.049	0.036	0.039	0.063	0.057	0.040	0.063	0.041	0.033	0.033
16.18	16.56	16.12	16.68	16.95	0.618	0.791		0.805	0.818	0.812	0.790	0.765	0.773	0.752	0.778	0.791
24.33	33.55	27.46	22.76	22.3	2.785	2.631	2.205	1.986	2.007	1.938	2.064	2.625	3.620	2.963	2.456	2.406
43.91	50.9	47.21	42.2	34.50	3.103	2.980	2.667	2.409	2.583	2.630	3.086	4.846	5.618	5.211	4.658	3.808
16.12	16.76	10.93	8.63	8.77	0.189	0.176	0.207	0.193	0.212	0.339	0.309	0.329	0.342	0.223	0.176	0.179
103.70	123.83	104.76	93.3	85.65	6.730	6.611	5.935	5.429	5.659	5.796	6.340	8.619	10.476	9.211	8.130	7.248
5.11	7.86	4.11	3.08	2.91	0.192	0.124	0.120	0.114	0.117	0.119	0.144	0.551	0.848	0.444	0.332	0.314
4.66	6.05	5.25	4.55	4.0	0.505	0.454	0.427	0.417	0.329	0.363	0.432	0.503	0.653	0.567	0.491	0.432
17.21	15.58	14.31	12.46	17.35	2.265	2.262	2.177	2.068	1.925	1.572	1.203	2.510	2.272	2.087	1.817	2.530
1.91	8.2	8.91	5.71							0.191	0.657	0.189	0.813	0.884	0.566	
23.78	29.83	23.47	22.72	21.35	2.770	2.716	2.604	2.485	2.254	2.126	2.292	3.202	3.738	3.538	2.874	2.962
2.02	3.11	2.11	1.8	1.63	0.034	0.033	0.047	0.033	0.039	0.054	0.058	0.041	0.063	0.043	0.037	0.033
7.55	9.99	8.18	6.98	6.65	0.765	0.762	0.646	0.593	0.620	0.644	0.674	0.815	1.078	0.883	0.753	0.718
16.65	19.3	17.9	16.0	13.08	1.177	0.130	1.011	0.914	0.979	0.198	1.170	1.838	2.130	1.976	1.766	1.444
26.22	32.40	28.19	24.78	21.36	1.976	1.925	1.704	1.551	1.638	1.706	1.902	2.694	2.271	2.902	2.556	2.195
8.16	8.49	5.62	4.44	4.12	0.088	0.032	0.097	0.090	0.099	0.158	0.155	0.167	0.173	0.115	0.091	0.084
166.97	202.41	171.15	148.32	135.33	11.756	11.458	10.460	9.669	9.767	9.905	10.833	15.233	18.506	16.210	13.983	12.803

Power consumption for drainage (K. W. H.)												Remarks
1 9 7 8												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					313	768	546	1,320	467	640	694	
1,193	1,003	1,665	1,175	1,336	2,608	1,950	1,374	2,088	1,408	1,074	1,131	
30,642	35,426	40,008	38,606	40,540	38,941	39,152	37,418	37,061	37,279	37,330	39,199	
149,221	127,312	118,116	102,948	107,536	100,486	110,600	170,664	187,712	158,760	127,342	128,927	
260,029	225,90	223,490	195,422	216,459	213,326	258,641	406,185	455,657	436,711	377,774	319,139	
6,424	5,408	7,035	6,338	7,208	11,132	10,504	11,184	11,253	7,583	5,794	6,084	
447,509	394,739	390,314	344,489	373,082	366,266	421,615	597,371	696,091	642,208	549,954	495,174	
10,291	6,005	6,417	5,931	6,244	6,155	7,689	29,543	43,977	23,762	17,233	16,824	
27,057	12,985	22,895	21,597	17,634	18,799	23,126	26,942	33,850	30,353	25,457	23,126	
14,366	12,959	13,811	12,694	12,211	9,650	7,632	15,920	13,947	13,237	11,154	16,049	
					1,296	4,600	1,325	5,505	6,182	3,834		
41,423	34,944	36,706	34,291	29,845	29,745	35,358	44,087	53,302	49,772	40,445	39,175	
1,166	1,028	1,596	1,242	1,311	2,095	1,977	1,401	2,088	1,464	1,209	1,131	
40,991	36,867	34,631	31,052	33,242	33,402	36,134	43,650	55,894	47,293	39,053	38,447	
98,609	85,557	84,734	74,123	82,052	80,926	98,054	154,019	172,774	165,582	143,322	120,995	
140,766	123,452	120,961	106,417	116,605	116,423	136,165	199,070	230,756	214,339	183,494	160,573	
3,004	2,525	3,289	2,961	3,373	5,378	5,280	5,661	5,700	3,899	2,981	2,858	
642,993	561,665	557,684	494,089	529,149	523,967	606,107	875,732	1028,826	933,980	794,107	714,604	

Table 2. Monthly production of last ten years in Changsung coal mine

year	Month item	1	2	3	1/4	4	5	6	2/4
6 9	W. D	28	25	27	80	27	28	27	82
	A. D	6,505	6,021	6,522	6,360	6,128	6,034	6,333	6,163
	T. P	182,142	150,535	176,098	508,775	165,452	168,948	170,981	505,381
7 0	W. D	29	26	26	81	29	29	28	86
	A. D	6,901	6,815	6,630	6,786	7,060	7,073	7,029	7,054
	T. P	200,136	177,185	172,379	549,700	204,742	205,117	196,817	606,676
7 1	W. D	28	26	29	83	28	29	28	85
	A. D	6,142	6,474	6,350	6,319	6,156	6,079	6,221	6,151
	T. P	171,985	168,317	184,136	524,438	172,375	176,290	174,197	522,862
7 2	W. D	28	26	27	81	26	28	26	80
	A. D	6,392	5,981	5,559	5,982	5,970	5,861	6,008	5,944
	T. P	178,976	155,513	150,090	484,579	155,223	164,100	156,200	475,523
7 3	W. D	29	26	28	83	27	29	27	83
	A. D	6,606	6,462	6,507	6,527	6,587	6,539	6,576	6,567
	T. P	191,565	168,014	182,182	541,761	177,862	189,630	177,556	545,048
7 4	W. D	29	26	29	84	28	29	28	85
	A. D	6,858	6,753	6,727	6,781	6,491	6,763	6,748	6,668
	T. P	198,884	173,583	195,096	569,563	181,758	196,123	188,939	566,820
7 5	W. D	29	26	32	83	28	29	27	84
	A. D	6,728	6,716	6,688	6,711	6,666	6,719	6,753	6,712
	T. P	195,112	174,612	187,269	556,993	186,649	194,862	182,328	563,839
7 6	W. D	28	27	28	83	27	29	28	84
	A. D	6,056	5,974	6,493	6,177	6,649	6,114	6,733	6,493
	T. P	169,568	161,301	181,797	512,666	179,535	177,318	188,525	545,378
7 7	W. D	28	25	28	81	28	28	28	84
	A. D	6,942	6,573	6,662	6,731	6,750	6,787	6,733	6,756
	T. P	194,372	164,336	186,526	545,234	188,986	190,032	188,510	567,528
7 8	W. D	28	25	28	81	27	28	27	82
	A. D	6,709	6,612	6,761	6,697	6,878	6,922	6,812	6,871
	T. P	187,856	165,306	189,313	542,475	185,693	193,815	183,920	563,428
total	W. D	254	258	278	820	275	286	274	835
	A. D	6,587	6,437	6,492	6,508	6,539	6,490	6,598	6,542
	T. P	1,870,596	1,660,702	1,804,886	5,336,184	1,798,275	1,856,235	1,807,973	5,462,483

W. D: worked day, A. D: average per day, T. P: total production

7	8	9	3/4	10	11	12	4/4	total
27	28	28	83	29	28	29	86	331
6,172	5,900	6,622	6,232	7,035	6,309	6,669	6,765	6,321
166,635	165,193	185,418	511,246	204,019	176,655	193,404	574,078	2,105,480
29	28	28	85	29	28	30	87	339
6,249	6,072	5,889	6,072	6,419	6,786	6,712	6,638	6,637
181,244	170,020	164,873	516,157	186,176	190,010	201,351	577,543	2,250,076
29	28	28	85	29	28	29	86	339
5,285	5,237	5,581	5,366	5,920	6,429	6,686	6,344	6,044
153,255	146,628	156,261	456,144	171,680	180,000	193,885	545,566	2,049,010
28	27	28	83	29	28	29	86	330
5,999	3,668	1,552	3,741	3,455	6,296	7,207	5,645	5,321
167,962	99,042	43,465	310,469	100,203	176,294	209,012	485,509	1,756,080
28	28	27	83	29	28	29	86	335
6,326	6,337	6,051	6,240	6,603	6,730	6,879	6,738	6,510
177,130	177,446	163,372	517,948	191,485	188,443	199,497	579,425	2,184,182
29	28	28	85	29	28	29	86	340
6,601	6,445	6,307	6,469	6,665	6,659	6,694	6,673	6,647
191,424	180,456	177,982	549,862	193,286	186,445	194,129	573,860	2,260,105
29	28	29	86	29	28	29	86	339
6,683	6,559	6,251	6,497	6,550	6,364	6,631	6,517	6,608
193,807	183,659	181,287	558,753	189,951	178,201	192,206	560,448	2,240,033
28	28	27	83	29	28	29	86	336
6,983	6,912	6,643	6,849	6,396	6,753	7,588	6,914	6,610
195,581	193,535	179,365	568,431	185,492	189,095	220,048	594,635	2,221,110
28	28	27	83	29	26	29	84	332
6,899	6,333	6,530	6,588	6,847	7,474	6,102	5,855	6,480
193,164	177,320	176,310	546,794	198,560	116,312	176,953	491,825	2,151,381
28	28	28	84	29	28	29	86	333
6,755	6,755	6,790	6,767	6,915	6,925	7,050	6,964	6,826
189,133	189,165	190,110	568,408	200,548	193,908	204,450	598,906	2,273,217
283	279	278	840	290	278	291	859	3,354
6,393	6,030	5,822	6,084	6,281	6,386	6,821	6,498	6,407
1,809,285	1,682,464	1,618,463	5,110,212	1,821,400	1,775,363	1,985,032	5,581,795	21,490,674

Table 3. Monthly rain and snow fall through last ten years in Changsung area

year		month	1	2	3	1/4	4	5	6	2/4
'69	Rain fall		81.0	64.9	54.5	200.4	22.7	—	—	22.7
	Snow fall		0.2	—	—	0.2	150.8	78.0	55.3	284.1
70	R		13.5	45.5	16.5	75.5	—	—	—	—
	S		—	17.0	—	17.0	48.7	124.8	142.1	315.6
71	R		23.2	6.5	34.0	63.7	—	—	—	—
	S		32.9	38.4	54.6	125.9	38.6	124.8	151.0	314.4
72	R		42.5	33.5	1.7	77.7	—	—	—	—
	S		87.1	15.0	171.9	274.0	88.8	152.9	71.9	313.6
73	R		100.5	—	3.0	103.5	—	—	—	—
	S		32.0	6.5	6.0	44.5	140.6	145.0	191.1	476.7
74	R		28.5	38.5	8.0	75.0	—	—	—	—
	S		—	4.4	34.4	38.8	187.7	—	53.8	241.5
75	R		8.1	20.0	58.6	86.7	—	—	—	—
	S		2.6	—	26.1	28.7	125.0	127.5	186.1	438.6
76	R		4.5	6.8	17.0	28.3	—	—	—	—
	S		—	62.4	26.9	89.3	84.0	23.0	82.0	189.0
77	R		10.0	0.3	11.0	21.3	—	—	—	—
	S		—	—	23.9	23.9	210.8	51.5	140.7	403.6
78	R		35.9	29.0	16.0	80.9	—	—	—	—
	S		10.7	—	36.5	47.2	23.5	19.0	286.2	328.7
total	R		347.7	245.0	220.3	813.0	22.7	—	—	22.7
	S		165.5	143.7	380.3	689.5	1,098	846.5	1,360.2	3,305.2
Ave.	R		34.8	24.5	22.0	81.3	2.3	—	—	2.3
	S		16.6	14.4	38.0	69.0	109.8	84.7	136.0	330.5

셋째 : 生産實績値의 統計學的 季節指數의 誘導 等의 順序로 進行했다.

本 研究 遂行에 있어서 가장 基本이 되는 坑內出水 現況의 資料를 얻기 爲하여 國內 主要炭礦들의 出水 現況을 調査하였으나 統計値가 備置된 炭礦이 없었다.

따라서 正確한 統計資料가 整理되어 있는 大韓石炭 公社 長省礦業所의 10個年間 實績을 根據로 排水 現況을 調査하여 坑內出水量을 table 1 과 같이 算出하였다.

即, 區域別로 揚水施設現況과 揚水機의 機種, 性能에 따라 平均 揚水量을 調査하고 揚水機 稼動時間을 作業 日誌로 確認하여 總排水量을 算出했다. 여기에서 揚水 機 및 集水槽의 位置에 따른 坑內排水가 아니고 下部에서 揚水된 坑內水의 中斷分을 除外시켜 實 坑內出水

量을 導出하였다.

또한 坑內 出水量과 生産量과의 關係를 分析하기 爲하여 table 2 와 같이 長省礦業所의 10個年間 生産實績을 調査하였고 坑內出水에 關係가 있는 降雨 및 降雪量이 生産에 미치는 影響을 알아보기 爲하여 table 3 과 같이 同 炭礦地域의 10個年間 降雨 및 降雨量表를 收錄하였다.

(1) 坑內 出水量과 生産量과의 關係

坑內 出水量과 生産量과의 關係는 反比例의 性質을 가지고 있다. 이는 坑內出水가 增加하여 生産에 支障을 招來하면 生産量이 減少하기 때문이다.

勿論 生産支障要因은 坑內所水 以外에도 故障, 人員 不足, 停電等 많이 있겠으나 이들 支障들은 統計的으

unit : R : mm
S : cm

7	8	9	3/4	10	11	12	4/4	total
—	—	—	—	—	7.0	10.0	17.0	240.1 cm
302.1	362.4	195.3	859.8	1.2	11.7	—	12.9	1,157.0mm
—	—	—	—	—	—	2.7	2.7	78.2
318.2	291.2	274.4	883.8	49.8	26.9	31.3	108.0	1,324.4
—	—	—	—	—	—	—	—	63.7
209.5	254.9	65.0	529.4	8.0	10.0	17.9	35.9	1,005.6
—	—	—	—	—	—	—	—	89.1
165.1	631.5	98.9	895.5	1.69	88.1	56.7	206.7	1,689.8
—	—	—	—	—	4.7	13.6	18.3	121.8
141.5	88.9	137.6	368.0	70.2	26.6	—	96.8	986.0
—	—	—	—	—	0.2	2.4	2.6	77.6
370.0	166.2	96.7	632.9	32.4	10.6	10.9	53.9	967.1
—	—	—	—	—	—	3.0	3.0	89.7
330.5	95.0	366.8	792.3	68.9	123.0	22.7	214.6	1,474.2
—	—	—	—	—	12.5	2.0	14.5	42.8
70.3	413.8	28.9	513.0	65.0	2.5	21.0	88.5	879.8
—	—	—	—	—	0.2	4.0	4.2	25.5
255.6	138.3	192.8	586.7	35.0	92.4	19.3	146.7	1,160.3
—	—	—	—	—	—	60.0	60.0	140.9
187.2	173.5	58.2	418.9	101.7	35.6	23.9	161.2	956.0
—	—	—	—	—	36.0	97.7	133.7	969.4
2,350.0	2,615.7	1,514.6	6,480.3	494.1	427.4	203.7	1,125.2	11,600.2
—	—	—	—	—	3.6	9.8	13.4	97.0
235.0	217.9	151.4	648.0	49.4	42.7	20.4	112.5	1,160.0

로 年中 거의 같은 支障要因을 가졌다고 볼수 있으므로 降雨 및 降雪에 依한 支障만이 生産에 影響을 미치는 것으로 보았다.

이의 相關關係를 求하기 위하여 坑內出水量을 $X m^3/min$, 生産量을 $Y ton/day$ 라 하면 이들의 關係는 一般적으로 一次函數關係로 처리할 수 있겠으나 整密한 相關度를 求하기 위하여 다음과 같이 二次函數關係를 適用하였다.

따라서 그 一般式은

$$Y = ax^2 + bx + c \text{ 로 表示된다.}$$

이 一般式을 偏微分에 依하여 풀면 다음과 같다.

$$\Sigma Y = a \Sigma x^2 + b \Sigma x + Nc$$

$$\Sigma XY = a \Sigma X^3 + b \Sigma X^2 + c \Sigma X$$

$$\Sigma X^2 Y = a \Sigma X^4 + b \Sigma X^3 + c \Sigma X^2$$

表 1 및 表 2 에서 坑內 出水量(X)과 生産量(Y)를 適用하여 table 4 를 算出한 結果를 上記式에 代入하면 다음과 같이 된다.

$$\text{即 } 81,973a + 95.82b + 12c = 81,884$$

$$7,499.14a + 819.73b + 95.82c = 654,300.75$$

$$72,779.13a + 7,499.14b + 81,973 = 5,600,797.67$$

위式에서 a, b, c를 구하기 위하여 行列式으로 풀면

$$a = -5.74$$

$$b = 108.9$$

$$c = 6,346.6 \text{ 가 各各 求해진다.}$$

따라서 上記 一般式은 다음의 式으로 表示된다.

$$Y = -5.74x^2 + 108.9x + 6,346.6 \dots \dots \dots \text{①}$$

Table 4. Inducing calculations for formula ①

factors month(N)	in-flow water (m ³ /min) X	production (T/day) Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	remarks
1	7.1	6,709	49.14	344.47	2,414.75	47,039.09	329,680.29	
2	6.75	6,612	45.56	307.55	2,075.94	44,631	301,242.72	
3	6.28	6,761	39.44	247.67	1,555.39	42,459.08	266,653.84	
4	5.79	6,878	33.52	194.10	1,123.87	39,823.62	230,550.56	
5	5.92	6,922	35.05	207.47	1,228.25	40,978.24	242,612.10	
6	6.01	6,812	36.12	217.08	1,304.66	40,940.12	246,049.44	
7	6.72	9,755	45.16	303.46	2,039.28	45,393.06	305,055.80	
8	10.43	6,755	108.78	1,134.63	11,834.15	70,455.65	734,808.90	
9	12.20	6,790	148.84	1,815.85	22,153.35	82,838	1,010,623.60	
10	10.94	6,915	119.68	1,309.34	14,324.16	75,650.10	827,587.20	
11	9.41	6,925	88.55	833.24	7,840.77	65,164.25	613,208.75	
12	8.36	7,050	69.89	584.28	4,884.56	58,938	492,724.50	
Σ	95.82	81,884	81,973	7,499.14	72,779.13	654,300.75	5,600,797.67	

Table 5. Inducing calculations for formula ②

factors month	production (per/day) P	snow fall (mm) R	rain fall (cm) S	PR	PS	RS	P ²	R ²	S ²	rema- rks
1	6,587	16.6	38.4	109,344.2	229,227.6	577.68	43,388,569	275.56	1,211.04	
2	6,437	14.4	24.5	92,692.8	157,706.5	352.8	41,434,969	207.36	600.25	
3	6,492	38.0	22.0	246,696.0	142,824.0	836.0	42,146,064	1,444.0	484.0	
4	6,539	109.8	2.3	717,982.0	15,039.7	252.54	42,758,521	12,056.04	529.05	
5	6,490	84.7	0	549,703.0	0	0	42,120,100	7,174.09	0	
6	6,598	136.0	0	897,328.0	0	0	43,533,604	18,496.0	0	
7	6,393	235.0	0	1,502,355.0	0	0	40,870,448	55,225.0	0	
8	6,030	261.6	0	1,577,448.0	0	0	36,360,900	68,434.56	0	
9	5,822	151.4	0	881,450.8	0	0	33,895,984	22,921.96	0	
10	6,281	49.4	0	310,281.4	0	0	39,450,961	2,440.36	0	
11	6,386	42.7	3.6	272,682.2	22,989.6	153.72	40,780,996	1,823.29	12.96	
12	6,821	20.4	9.8	139,148.4	66,845.8	199.92	46,526,041	416.16	96.04	
Σ	76,876	1,160.0	97.0	7,297,112.0	634,633.2	2,372.66	493,266,858	190,914.38	4409.58	

(2) 降雨 및 降雪量과 生産量과의 關係

降雨 및 降雪量과 生産量과의 關係도 亦是 反比例의 函數關係를 가지고 있다. 精密한 相關關係를 求하기 위하여 2次函數를 適用할 경우 降雨量과 降雪量의 두 變數를 各各 2次函數로 하여야 하므로 複雜해지고 두 變數가 서로 相殺할 것으로 보아 1次函數를 그대로 適用하여도 큰 無理가 없는 것으로 보았다. 上記 坑內 出水量과 生産量과의 關係式과 記號의 重復을 피하기 위하여 降雨量을 R(mm), 降雪量을 S(cm) 및 生産量을 P(ton/day)라 하면

$$P = a + bR + cS \text{ 로 表示된다.}$$

위의 關係를 풀기 위하여 다음 公式에 適用할 수 있으

므로 이를 表示하면

$$\sum P = aN + b \sum R + c \sum S$$

$$\sum P \cdot R = a \sum R + b \sum R^2 + c \sum R \cdot S$$

$$\sum P \cdot S = a \sum S + b \sum R \cdot S + c \sum S^2 \text{ 로 된다.}$$

Table 2 와 Table 3 에서 降雨量(R) 및 降雪量(S)과 生産量(P)을 適用하여 table 5 를 算出하였고 이를 代入하면 다음式과 같이 된다.

$$12a + 1,160b + 97c = 76,876$$

$$1,160a + 190,914.38 + 2,372.66c = 7,297,112$$

$$97a + 2,372.66b + 2,409.58 = 634,633.2$$

여기서 常數 a, b, c 를 얻기 위하여 역시 行列式으로 풀면

a=6,555

b=-1.591

c=1.282 가 되고

결국 生産量과 降雨 및 降雪量과의 相關關係式은 式②로 表示된다.

$$P=6,555-1.591R+1.282S\cdots\cdots\cdots\textcircled{2}$$

(3) 生産實績值의 統計學的 分析에 依한 季節指數

生産量은 坑內出水에 가장 큰 要因이되는 降雨, 降雪量의 影響을 받았으므로 生産量의 實績은 坑內出水量 및 降雨, 降雪量과 密接한 關係가 있다고 볼수 있다.

그러므로 이러한 要因의 結果值라고 볼수 있는 季節的 生産實績을 統計學的으로 分析하여 앞서의 ①式과 ②式의 結果值와 比較해 볼 必要가 있으므로 다음과 같이 季節指數를 求하였다.

즉 前月實比 實績值를 連環指數法을 適用하여 求한 후 이들 數值의 中位數를 求하여 季節指數를 table 6과 같이 算出하였다.

이를 根據로 하여 分期別 季節指數를 月別指數의 3個月間 平均値를 적용하여 求하면 다음과 같이됨을 알 수 있다.

1/4分期	.....100.1%
2/4 "	.....100.3%
3/4 "	..... 97.2%
4/4 "	.....102.4%
年 間	..... 100%

3. 結果 및 考察

이상과 같이 生産量이 坑內出水量에 依하여 받을 수 있는 影響과 또한 坑內 出水量에 直接影響을 주는 降雨 및 降雪量으로 因하여 받은 影響을 理論的으로 誘導하는 同時 上記 두가지의 要因에 依하여 나타나는 季節別(月別) 生産實績의 時系列上 分析値를 各各 導出하였다.

이 結果를 考察해 볼것 같으면 長省炭鑛의 경우 坑內出水量이 가장 적은 4월에 約 5.8m³/min의 出水가 있었는데 비하여 9월에는 12.2m³/min 많은 量을 보이고 있으나 4月の 生産量이 平均 6,539 ton 인 反面 9월에는 오히려 적은 5.822 ton으로 나타나 있다. 이는 部分的으로 長省炭鑛의 경우 坑內出水量이 生産量에 직접 影響을 적게 미친다는 것으로 判斷된다.

한편 降雪量은 1月の 平均 34.8cm가 가장 많고 降雨量은 7月 및 8月이 最高値인 235mm와 218mm를 各各 나타내고 있다. 이 結果는 12月과 1月の 降雪期에 쌓여있던 地表의 눈이 解氷期인 3月부터 녹아서 坑內

로 流入되고 7, 8월에 많이 내린 降雨가 一定時期가 지난 후 坑內로 流入되는 것을 알수 있다. 이 流入速度로 보아서 長省炭鑛의 경우는 地表에서부터 坑內의 主作業場까지의 岩盤의 性質, 斷層등의 地質的인 構造 및 探掘로 因한 岩盤의 龜裂등에 依한 坑內, 浸水度가 比較的 적은 便이다 볼 수 있다. 한편 生産量은 年中 큰 變動이 없는 것으로 보아 出水나 降雨 및 降雪에 依한 生産支障은 크지 않는 것으로 判斷되며 이는 生産量과 坑內出水量과의 相關關係式을 보아도 알수 있다. 이식을 考察하면 分當 10m³까지는 生産量에 支障을 起來하지 않으나 그 以上の 出水에는 生産量이 減少함을 알 수 있다.

한편 季節指數의 結果로 보아 降雨期의 生産量은 年間平均値對比 97.2%로서 約3%의 減少가 일어났고 最大로 生産된 分期에 比하여 約5%의 減産을 나타냈음을 확인할 수 있다.

上記 세가지 研究의 結果를 精密히 分析하기 위하여 生産量과 坑內出水 및 降雨, 降雪量과의 相關關係의 時系列에 依한 季節指數의 結果值를 檢討 考察하기 위하여 實績과 理論上의 計算値를 對比할것 같으며 table 7과 같다.

이表에서 實績值와 理論值 사이에 多小의 差異가 생기는 것은 不得已하나 이 表는 許容値안에 包含된다고 볼수 있으며 降雨나 出水의 增減에 依한 減産을 推定하는데는 좋은 資料가 될 것이다. 한편 降雨에 依한 坑內出水의 增加幅이 큰 炭鑛에서는 上記와 같은 統計値 및 誘導方法을 引用하여 個個의 炭鑛別 生産量과 坑內出水量 및 降雨, 降雪量과의 相關關係式을 誘導해 놓으므로서 經營上 많은 도움이 될것으로 判斷된다.

4. 結 論

深部開發에 따른 探炭作業에 있어서 坑內出水量과 生産量과의 關係와 降雨, 降雪量과 生産量과의 關係를 究명한 結果는 다음과 같다.

- (1) 坑內出水量과 生産量과의 關係式

$$Y=-5.74X^2+108.9X+6346.6$$
- (2) 降雨, 降雪量과 生産量과의 關係式

$$P=6,555-1.591R+1.282S$$
- (3) 連環指數法에 依한 季節指數

1/4分期	.....100.1%
2/4 "	.....100.3%
3/4 "	..... 97.2%
4/4 "	.....102.4%
年 間	..... 100%

以上에서 誘導된 關係式을 適用함에 있어서는 무엇

Table 6. Production ratio in season induced by link connection method of time order

factor	Compared producin ratio to last month										1	2	
	'69	70	71	72	73	74	75	76	77	78			
month													
1	—	103	92	96	92	100	101	91	91	110	91	91	
2	93	99	105	94	98	98	100	99	95	99	93	94	
3	108	97	98	93	101	100	100	109	101	102	93	97	
4	94	106	97	107	101	99	100	102	99	102	94	96	
5	98	100	99	98	99	104	101	92	101	101	82	98	
6	105	99	102	103	101	100	101	110	99	98	98	99	
7	97	89	85	100	96	98	99	104	102	99	85	89	
8	96	97	99	61	100	98	98	99	92	100	61	92	
9	112	97	107	42	95	99	95	96	103	101	42	95	
10	106	109	106	223	109	105	105	96	105	102	96	102	
11	90	106	109	182	102	100	97	106	65	100	65	90	
12	106	99	104	114	102	101	104	112	136	102	99	101	
Ave.	100.45	100.08	100.25	109.41	99.66	99.91	100.08	101.33	99.08	101.33	84.08	95.33	

Table 7. Comparison of actual production to calculated quantity with the application of formulas

Year	1969~1978				1978				remarks
	Actual Production (daily)	Calculated Out Put applied by 10year rain fall	Calculated Out applied by one year Ave in flow water	Calculated Out put applied by season index	Actual Production (daily)	Calculated Out Put applied by 10year rainfall	Calculated Out put applied by one years av. in-flow water	Calculated Out put applied by season index	
1	6,587	6,477	6,828	6,571	6,709	6,901	6,828	6,584	
2	6,437	6,369	6,820	6,564	6,612	6,785	6,280	6,592	
3	6,492	6,401	6,820	6,523	6,721	6,819	6,820	6,517	
4	6,539	6,433	6,784	6,383	6,878	6,853	6,784	6,517	
5	6,490	6,394	6,790	6,420	6,922	6,812	6,790	9,525	
6	6,589	6,458	6,794	6,339	6,812	6,881	6,294	6,100	
7	6,393	6,356	6,819	6,181	6,755	6,771	6,819	6,257	
8	6,030	6,221	6,858	6,208	6,755	6,628	6,858	6,279	
9	5,822	6,099	6,821	6,314	6,790	6,498	6,821	6,462	
10	6,281	6,433	6,851	6,476	6,915	6,853	6,851	6,393	
11	6,386	9,497	6,863	6,487	6,925	9,922	6,863	6,498	
10	6,821	6,747	6,856	9,523	7,050	6,188	6,856	6,517	
Ave.	6,407	6,407	6,825	6,416	6,829	6,826	6,825	6,437	

보다 正確한 統計資料가 비치되어 있어야 하고 이들 資料의 保存이 必要하다고 본다.

降雨, 降雪에 依한 坑內出水 影響度 등에 對한 보다 많은 研究가 따라야 할것으로 본다.

한편 이 以外 坑內出水量과 生産原價와의 關係 및

參 考 表 獻

金東基, 1968. 恩城炭礦의 出水와 piping 現象에 依한 地表沈下.

대한광산학회지 vol. 5 no.1
Shoard, 1973. R. L. A. history of water problem in

amount order from min. to max.								average medium	link index	Correc- ted amout	Correc- ted index	ratio index in season	remarks
3	4	5	6	7	8	9	10						
92	92	96	—	100	101	103	110	96	100	0.	100	101.1	
95	98	98	99	99	99	100	105	98.5	98.5	-0.1	98.4	99.4	
98	100	100	101	101	102	108	109	100.5	99	-0.1	98.9	99.9	
97	99	100	101	102	102	106	107	100.5	88.5	-0.2	99.3	100.4	
98	99	99	100	101	101	101	104	99.5	99	-0.2	98.8	99.8	
99	100	101	101	102	103	105	110	101	100	-0.3	99.7	100.8	
96	97	98	99	99	100	102	104	98.5	98.5	-0.3	98.2	99.2	
96	97	98	98	99	99	100	100	98	96.5	-0.4	96.1	97.1	
05	96	97	90	101	003	107	112	98	94.6	-0.4	9402	95.2	
105	105	105	106	106	109	109	223	105.5	99.8	-0.5	99.3	100.4	
97	100	100	102	106	106	109	182	101.	100.8	-0.5	100.3	101.4	
102	102	104	104	106	112	114	136	104.	104.8	-0.6	104.2	105.3	
97.50	98.66	99.66	100.90	101.83	103.80	105.33	125.16	100.08	99.25	-0.3	98.95	100.0	

sonth lancashire coalfield. Mining Engineering Sep

Danib. A. W. 1976. Water Dangers, Mining Engineering Dec

鄭炳日, 任尙鐸, 1973. 鳳鳴炭鑛의 坑內出水와 指數에 關한 研究
대한광산학회지 vol 10.

金載極, 玄炳九, 1969. 採炭으로 因한 地表龜裂帶의 發達에 關한 研究.
대한광산학회지 vol 16. no3.

金鍾得, 1973. 採掘跡 上盤陷落限界 概算方法
대한광산학회지 vol 10. no 4.

Cumimins, 1973. Given. Mining Engineering Hand book

Peele, R., 1945. Mining Engineer's Hand book
Porous rock permeability with confining pressure,
Inst J. Rock. Mech Min, Sci Geomech vol 15.
1976.

伊木正二, 1963. 炭鑛保安實用便覽
金載極, 徐廷熙, 1977. 우리나라 石炭鑛의 深部開發에 關한 研究.
대한광산학회지 vol 14. no 3.

鳳鳴炭鑛 坑內出水에 關한 研究.
대한광산학회지 vol 19. 1972.

石灰岩地帶의 地下水流路와 坑內出水.
대한광산학회지 vol 17. no 3. 1970.

R. B. Scoff, R. D. Hill, 1972. Society of Mining.
Engineer June