

低品位 銅鑛石의 細菌浸出에 關한 研究(第3報)

—*Ferrobacillus ferrooxidans*의 分布調査—

李康淳 · 閔鳳熙 · 張正淳

(韓國原子力研究所, 放射線生物學研究室)

A Study on Bacterial Leaching of Low-Grade Copper Mineral(III)

—A Survey on the Distribution of *Ferrobacillus ferrooxidans*—

RHEE, Kang Soon, Bong Hee MIN, and Chung Soon CHANG

(Radiation Biology Laboratory, Korea Atomic Energy Research Institute)

ABSTRACT

In order to investigate the distribution of an iron-oxidizing bacterium, *Ferrobacillus ferrooxidans* in Korea, the authors had carried out the chemical and microbiological analysis of mine water.

The results obtained were as follows:

1. *Ferrobacillus ferrooxidans* concerned to leaching was isolated from 10 copper mine water out of 46 sites in Korea.
2. As the results of bacterial oxidation, the contents of sulfuric acid, ferric sulphate and copper in the bacteria-bearing solutions were higher than those in bacteria-free solutions.

緒 論

鑛山에서 流出되는 坑內水中 特히 酸性坑內水에는 特殊한 細菌이 棲息하고 있으며 이들 細菌은 無機物質을 攝取하여 必要한 必須有機代謝를 通해 增殖乃至 生活 energy를 얻는 同時에 그 代謝產物의 作用에 依해 金屬鑛物이나 鑛石으로부터 有用金屬을 效果의으로 浸出한다는 事實이 알려져 細菌에 依한 有用金屬 浸出研究가 크게 注目되고 있다.

鑛山과 같은 特殊環境에 棲息하며 有用金屬浸出에 主로 關與하는 細菌으로는 *Ferrobacillus-Thiobacillus*屬의 細菌들(Corrick and Sutton, 1961)이라고 한다.

Bergey's manual에 依하면 *Ferrobaci-*

*illus*屬에는 *F. ferrooxidans* 및 *F. sulfooxidans*의 2種을, *Thiobacillus*屬에는 *T. thiooxidans*, *T. thioparus*, *T. ferrooxidans*, *T. concretivorus*, *T. novellus*, *T. coproli-ticus*, *T. denitrificans*, *T. neopolitanus* 및 *T. trautweinii*의 9種을 列擧하고 있으나 이들中 *F. ferrooxidans*, *F. sulfooxidans* 및 *T. ferrooxidans*等 3種의 鐵酸化 細菌이 主로 有用金屬 浸出에 關與한다고 報告하고 있다.

이들 鐵酸化細菌들은 鑛石이나 鑛物中에 含有되어 있는 無機의 鐵, 硫黃 또는 硫黃化合物을 酸化하여 이때 생기는 에너지를 生活에너지로하여 空氣中の 炭酸 gas 및 암모니아로 菌體를 合成하여 生育하는 眞性無機營養性細菌(Temple and Colmer, 1951)

Table 1. Composition of culture media(gm).

Media	Constitution							
	(NH ₄) ₂ SO ₄	FeSO ₄ ·7H ₂ O	KCl	K ₂ HPO ₄	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄ ·7H ₂ O	D. W.	
9K	A	3.0		0.1	0.5	0.01	0.5	700
	B		44.3					300
Leathen	A	0.15		0.05	0.05	0.01	0.5	1000
	B		1.0					10

Table 2. Composition of identification media.

Media	Solution	Constituents(grams)																				
		(NH ₄) ₂ SO ₄	MgSO ₄	CaCl ₂ ·2H ₂ O	FeSO ₄	KH ₂ PO ₄	Precipitated sulfur	KCl	MgSO ₄ ·7H ₂ O	K ₂ HPO ₄	Ca(NO ₃) ₂	FeSO ₄ ·7H ₂ O	NaNO ₃	MnSO ₄	NaNO ₂	Na ₂ S ₂ O ₃	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	Na ₂ SiO ₃ ·meta	Agar	Tap Water	Dist. Water	
I ¹⁾	A	.2	.5	.25	T	3.0	10.0														1000	
II ²⁾	A	.15						.05	.5	.05	.01											900
	B										10.0											100
III ³⁾	A		.1	.1	T	2.0								T								900
	B															10.0						50
	C	.1																				50
IV ⁴⁾	A	.1		.1	.02	2.0		.1					.02			10.0			15.0			1000
V ⁵⁾	A	6.0						.05	.5	.01												250
	B										13.5											100
	C																					100
	D											10.0						15.0				100
VI ⁶⁾	A		.5	.25	T	3.0	10.0					.2										1000
VII ⁶⁾	A		.5	.25	T	3.0	10.0								.2							1000

- 1) Formula from American Type Culture Collection, Washington, D.C.
- 2) Formula from Science, September 14, 1954, vol.114, No. 2959, pp. 280-281.
- 3) Formula from American Type Culture Collection, Washington, D.C.
- 4) Constituents for Medium IV except for slight changes made by the authors and incorporated into the above formula, were specified in an article by Starkey, R.L., Isolation of Bacteria which Oxidize Thiosulfate: *Soil Science*, vol.39, No.3, 1935, p. 202.
- 5) Formula from an article by Leathen, W.W., Kinsel, N.A., and Braley, Sr., S.A. *Ferrobacillus ferrooxidans*: A Chemosynthetic Autotrophic Bacterium: *Jour Bact.*, vol. 72, No.5, 1956, p. 701.
- 6) Constituents for Media VI and VII are the same as Medium I except for the source of nitrogen.

들이다.

이들 細菌에 依한 有用金屬의 浸出機作은 아직 研究의 對象이 되고 있지만 細菌의 棲息으로 因하여 生成되는 黃酸 및 黃酸第 2

鐵等の 代謝産物이 直接 鑛石의 溶劑로 作用함으로써 化學反應結果 有用金屬이 浸出된다(Woodcock, 1967)고 한다.

外國에서는 이러한 無機營養性細菌을 利

用하여 低品位鑛石으로부터 有用金屬을 浸出하여 回收하는 細菌浸出法을 研究開發하여 産業化하고 있으며 相當한 實效를 거두고 있다.

著者들은 우리나라에서도 本 細菌浸出法에 依한 有用金屬回收를 目的으로 全國 銅鑛山을 對象으로 浸出에 關與하는 *F. ferrooxidans*의 分離 同定實驗을 實施하여 若干의 成績을 얻었기에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 試料水

本 實驗에 使用한 試料水는 商工部 및 韓國鑛業製鍊株式會社에서 調査한 總157個 鑛山을 對象으로 坑內水採取에 필요한 豫備連絡을 實施하고 이 結果 坑內水 採取가 가능한 鑛山 46個所로부터 坑內水를 採取하여 實驗에 使用하였다.

坑內水 採取는 坑道와 採取場所를 달리하여 1個 鑛山當 1~6個의 採取容器(250ml容 滅菌 plastic bottle)에 無菌的으로 採取하여 實驗에 供試하였다.

2. 培養液

鐵酸化細菌의 豫備培養液(Table 1)으로는 9K培養液(Silverman *et al.*, 1959) 및 Leathen 培養液(Leathen *et al.*, 1951)을 使用하였으며 同定培養(Table 2)으로는 Corrick 및 Sutton(1961)의 同定培養液을 使

用하였다.

3. 細菌培養 및 同定方法

調製 滅菌한 豫備培養液 200ml씩을 滅菌된 250ml容 三角 flask에 넣은後 各鑛山에서 採取한 坑內水 4ml씩을 無菌的으로 接種하여 28°C 恒溫培養室에서 6日間 通氣連續培養하였다.

豫備培養 結果 細菌의 增殖을 認定할 수 있는 培養液 2ml씩을 同定培養液 200ml에 接種하여 9日間 4回 反復 培養하여 그 增殖 與否에 따라 分離細菌을 同定하였다.

4. 測定方法

本 實驗에 있어 pH는 Beckman pH meter, Model 72를 使用하여 測定하였고 Fe⁺⁺ 및 Cu⁺⁺測定은 Beck(1960) 및 Mehlig(1941) 方法에 依한 比色法을 利用하여 Beckman spectrophotometer, Model B로 測定하였다.

또한 Fe⁺⁺의 測定은 Fe⁺⁺를 Fe⁺⁺⁺로 完全 酸化시키어 全鐵量을 測定한 後 Fe⁺⁺⁺量을 減하여 計算하였다.

結果 및 考察

1. 對象鑛山

金屬浸出에 關與하는 鐵酸化細菌을 分離코자 全國 157個 主要 銅鑛山을 對象으로 坑內水 採取에 필요한 豫備連絡을 實施하였던 바 Table 3에서 보는 바와 같이 86個 鑛山은 廢鑛, 連絡不能 또는 坑內水가 全無하

Table 3. Details of the surveyed copper mines.

Province	No. of copper mine	Number of mine				
		Absence of mine water	Abandoned mine	Non-responed mine	Sample-collected mine	Sample to be collected mine
Seoul	1		1			
Busan	4		2		2	
Kyungki	6		3		1	2
Chungbuk	16		3	7	6	
Chungnam	13		3	7	3	
Chonbuk	16		3	8	4	1
Chonnam	8	1	3	2	1	1
Kyungbuk	31	2	4	8	11	6
Kyungnam	37		5	8	15	9
Kangwon	25	1	4	11	3	6
Total	157	4	31	51	46	25

Table 4. Chemical analysis and preliminary culture of mine waters

Mine	Chemical analysis (mg/ml)				Preliminary culture	
	pH	Fe ⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺	Cu ⁺⁺	9K	Leathen
Daeheung	6.55	0.225	0.283	0.014	—	—
	6.55	0.088	0.204	0.085		
Yongbong	6.10	Tr	Tr	0.016	—	—
	6.72	Tr	Tr	0.015		
Baekyun	6.86	Tr	Tr	0.005	—	—
	5.45	Tr	Tr	0.009		
Palgong	3.76	Tr	0.117	0.162	+	—
	4.58	Tr	0.100	0.029		
	4.68	Tr	0.100	0.120		
	5.00	Tr	0.100	0.100		
	4.20	0.006	0.020	0.030		
6.50	0.082	0.035	0.030			
Eisung	6.78	Tr	Tr	0.001	—	—
	6.98	Tr	Tr	Tr		
Jangpung	7.48	Tr	Tr	0.016	—	—
	7.60	Tr	Tr	0.004		
Kosung	4.25	0.015	0.015	0.026	+	+
	4.40	0.018	0.012	0.016		
Gyeku	6.85	Tr	Tr	0.001	—	—
	7.02	Tr	Tr	0.001		
Kumbak	5.60	0.003	0.050	0.028	—	—
	5.05	0.006	0.052	0.036		
Kumku	7.12	Tr	Tr	Tr	—	—
	7.12	Tr	Tr	Tr		
Busan	6.56	Tr	Tr	Tr	—	—
	7.00	Tr	Tr	Tr		
Boksu	7.28	Tr	Tr	0.002	—	—
	6.85	Tr	Tr	Tr		
	6.98	Tr	Tr	0.001		
	7.05	Tr	Tr	Tr		
Hamchang	7.44	0.006	0.0438	0.0121	—	—
	7.11	Tr	0.0583	0.0242		
Ohsung	7.40	Tr	Tr	0.012	—	—
	6.88	Tr	Tr	0.015		
	7.50	Tr	Tr	0.012		
	7.48	Tr	Tr	0.012		
Samka	3.10	0.023	Tr	0.048	+	+
	7.20	Tr	Tr	0.024		
	3.80	0.003	0.011	0.043		
	2.70	Tr	0.070	0.020		
Daesin	7.60	0.027	0.014	0.035	+	+
	7.50	0.043	0.116	0.018		
	7.45	0.014	0.014	0.0606		
	7.20	0.014	0.087	0.0484		
Tongyoung	7.15	0.003	Tr	Tr	—	—
	7.10	Tr	Tr	Tr		
Keumkok	6.60	0.011	0.043	0.017	+	+
	6.60	0.011	0.046	0.021		

Mine	Chemical analysis (mg/ml)				Preliminary culture	
	pH	Fe ⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺	Cu ⁺⁺	9K	Leathen
Eunkok	7.30	0.015	Tr	0.005	-	-
	7.50	0.003	0.012	0.006		
Siheung	7.60	0.003	Tr	0.001	-	-
	7.78	0.012	Tr	0.015		
Talsung	7.80	0.138	0.046	0.006	+	+
	3.47	0.081	0.094	0.185		
	3.20	0.030	0.153	0.584		
	3.07	0.030	0.154	0.150		
	4.00	-	-	-		
	6.50	-	-	-		
Kwangyoung	7.40	0.015	Tr	0.004	-	-
	7.48	0.015	Tr	0.003		
Ilkwang	2.60	0.010	0.010	0.015	+	+
	3.04					
	2.90					
Haman	7.35	0.105	0.015	0.002	-	-
	7.60	0.018	0.060	0.005		
Taehwa	7.50	0.045	0.015	0.002	-	-
	4.50	0.210	0.060	0.002		
Gyumyung	7.50	0.015	0.003	0.002	-	-
	7.62	0.015	0.003	0.001		
Ulchin	7.28	0.009	0.006	0.003	-	-
	7.00	0.018	0.006	0.004		
Amisan	7.30	0.111	0.009	0.004	-	-
	7.18	0.135	0.115	0.003		
Changryung	6.15	0.096	0.024	0.008	-	-
Koson	6.38	0.195	0.044	0.010	-	-
	7.00	Tr	Tr	0.001		
Koryong	3.02	Tr	0.073	0.055	+	+
	7.17	Tr	0.029	0.001		
Dolim	7.29	0.014	0.044	0.021	-	-
	7.21	Tr	0.044	0.010		
Daeduk	7.12	Tr	0.029	0.002	-	-
	7.24	Tr	0.029	0.001		
Sambo	7.22	0.003	0.002	0.002	-	-
	7.30	0.003	0.002	0.001		
Sinryemi	6.40	0.042	0.018	0.006	-	-
	6.64	0.024	0.006	0.004		
Chulma	6.77	Tr	Tr	0.012	+	+
	3.65	0.005	0.050	0.024		
Kunbuk	6.60	0.050	0.015	0.003	-	-
	6.72	0.045	0.015	0.003		
Keumpalsan	7.05	0.024	0.006	0.001	-	-
	6.72	0.024	0.006	0.001		

Mine	Chemical analysis (mg/ml)				Preliminary culture	
	pH	Fe ⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺	Cu ⁺⁺	9K	Leathen
Yongho	7.00	--	--	--	--	--
Taekwang	6.80	0.009	Tr	Tr	--	--
Namil	6.30 6.60	0.015 Tr	0.015 Tr	Tr Tr	--	--
Sangju	5.35 6.02	Tr 0.012	Tr Tr	0.002 0.022	--	--
Cheil	6.28	0.009	0.041	0.016	+	--
	3.20	0.003	0.050	0.019		
	6.78	Tr	0.035	0.055		
	6.80	Tr	0.050	0.015		
	4.86	0.024	0.055	0.035		
	7.00	0.009	0.044	0.024		
	6.89	0.003	0.047	0.073		
Goljiri	6.50 7.00	0.076 0.061	0.079 0.058	0.085 0.012	--	--
	Chesamuk	6.70 6.45	0.023 0.043	0.090 0.116	0.066 0.069	--
Daejang	7.00 7.20	Tr 0.102	0.015 0.015	0.042 0.006	--	--

Remarks; + ; nutrient utilized

-- ; nutrient not utilized

여坑內水採取가不可能한鑛山이었고坑內水採取가可能할 것으로豫定한71個鑛山中46個鑛山坑內水是採取하여本實驗에使用하였으며 나머지25個鑛山坑內水是現在採取中에 있다.

2. 坑內水の化學的 및 菌學的 分析

46個鑛山에서採取한坑內水のpH, Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺ 및 Cu⁺⁺의含量을測定한化學分析結果와細菌을分離하기爲한9K 및 Leathen培養液에培養한細菌學的 分析結果는 Table 4에서 보는 바와 같다.

Table 4에서 볼 수 있는 바와 같이同一한鑛山の坑內水일지라도採取場所와採取時期를 달리함에 따라分析結果의差異가 있었으며鐵酸化細菌이分離되는10個鑛山坑內水全部는全鐵量의50%以上이Fe⁺⁺⁺의형태로存在하고 있었다.

이中大新 및 金谷鑛山坑內水에서鐵酸化細菌을分離할 수 있었으나坑內水のpH가6.60~7.60으로中性에가깝고銅含量도낮은것으로보아自然水の混入이 많은 것

으로推測된다.

한편固城, 三加, 日光, 九龍, 鐵馬 및 第一鑛山の坑內水是細菌의棲息으로因하여Fe⁺⁺⁺量이 많았고pH 2.60~4.25로서強酸性을 나타내고 있었으나銅含量이比較的 낮은데 이는坑水量, 鑛石의銅含量 및坑內水の溫度等鑛山學的, 地質學的 要因에起因되는 것으로 생각된다.

그러나八公 및 達城鑛山에 있어서는流出되는多量의坑內水가pH 3.07~4.68로서強酸性을 나타내고 있었으며坑內水の銅含量도162~584ppm으로 다른鑛山坑內水에比하여顯著히 높았다.

또한全鐵量의70%以上이Fe⁺⁺⁺로酸化되어存在하고 있어浸出에關與하는細菌, 鐵酸化細菌이多量으로棲息하고 있음을 알 수 있었으며 이같은細菌의作用으로生成되는浸出劑가 쉽게銅鑛石을溶解하고 있어 그結果坑內水の銅含量도 많은 것으로解析된다.

一般的으로坑內水のpH가 낮고全鐵量

Table 5. Chemical analysis of bacteria-isolated and non-isolated mine water

Mine water Composition	Isolated mine		Non-isolated mine	
	No. of sample	Average	No. of sample	Average
pH	31	4.607	81	6.905
Fe ⁺⁺	28	0.014	79	0.027
Fe ⁺⁺⁺	28	0.078	79	0.024
Cu ⁺⁺	28	0.090	79	0.012

Table 6. Physiological characteristics of isolated bacteria

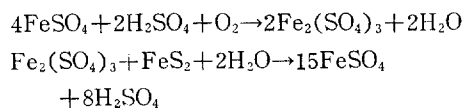
Species and mine water		Identification media					Date of isolation	Strain
		I	II	III	IV	V		
References	<i>F. ferrooxidans</i>	-	+	-	-	+	-	-
	<i>F. sulfooxidans</i>	+	-	+	+	+		
	<i>T. ferrooxidans</i>	-	+	+	+	+		
Isolated bacteria	Dalsung	-	+	-	-	+	May 1968*	R-1
		-	+	-	-	+	Oct. 1968*	
	Ilkwang	-	+	-	-	+	May 1968*	R-2
		-	+	-	-	+	Oct. 1968*	
	Kooryong	-	+	-	-	+	Oct. 1970	R-3
	Chulma	-	+	-	-	+	Oct. 1970	R-4
	Palgong	-	+	-	-	+	Aug. 1971	R-5
		-	+	-	-	+	Oct. 1971	
		-	+	-	-	+	Nov. 1971	
	Cheil	-	+	-	-	+	Aug. 1971	R-6
Kosung	-	+	-	-	+	Aug. 1971	R-7	
Samka	-	+	-	-	+	Sep. 1971	R-8	
Daesin	-	-	-	-	+	Sep. 1971	R-9	
	-	+	-	-	+	Oct. 1971		
Keumkok	-	+	-	-	+	Sep. 1971	R-10	

* Rhee, K.S., et al., 1971. *The Kor. Jour. Microbiol.*, 9, No. 3. 121-129.

의 大部分이 Fe⁺⁺⁺로 存在하는 坑內水는 Cu⁺⁺의 含量이 높고 또한 鐵酸化細菌이 分離되고 있음을 알 수 있었다.

Fe⁺⁺⁺/Fe⁺⁺비가 큰 坑內水는 Fe⁺⁺를 Fe⁺⁺⁺로 酸化하는 鐵酸化細菌의 棲息을 間接的으로 나타내고 있었으며 이 細菌은 다

음과 같은 反應에 依하여 Fe⁺⁺⁺와 酸을 生成하는 것으로 推理된다.



細菌의 作用結果 生成된 Fe₂(SO₄)₃ 및

H₂SO₄는 銅鑛石의 溶劑로 作用(Sullivan, 1933)하며 따라서 細菌이 分離되는 坑內水는 銅含量이 많은 것으로 생각된다.

實際로 著者들이 實驗한 46個 鑛山을 細菌分離鑛山과 非分離鑛山으로 區分하여 坑內水의 化學的 成分의 平均値를 比較한 結果는 Table 5에서 보는 바와 같이 既述한 여러 推理들을 뒷받침하여 줌을 알 수 있다.

3. 鐵酸化細菌의 同定實驗

全國 46個 銅鑛山 坑內水を 豫備培養한 結果 10個 鑛山 坑內水 培養에서 程度의 差異는 있으나 培養液의 pH低下, 第1鐵의 酸化 및 細菌數의 增加等 細菌의 增殖을 認定할 수 있었으며 이들 10個 鑛山 坑內水を 同定培養液에 4回 反復 培養한 結果는 Table 6에서 보는 바와 같다.

即, 同定培養結果는 同定培養液 II 및 V에서만 增殖하였고 기타 다른 同定培養液에

서는 增殖이 없는 것으로 보아 分離된 細菌은 第1鐵의 酸化能만 있으며 硫黃 또는 thio 黃酸鹽의 酸化能은 없는 細菌이었다.

Bergey's manual에 依하면 坑內水中에 棲息하는 細菌으로는 *F.ferrooxidans*, *F.sulfooxidans*, *T.thiooxidans*, *T.ferrooxidans* 및 *T.concretivorus*等 5種을 列舉하고 있으며 이들中 鐵酸化細菌 *F.ferrooxidans*, *F.sulfooxidans* 및 *T.ferrooxidans*는 다같이 第1鐵을 酸化할 수 있는 共通點을 가지나 이밖에도 *F.sulfooxidans*는 元素 硫黃 및 thio黃酸鹽을 酸化(Kinsel, 1960)할 수 있으며 *T.ferrooxidans*는 thio黃酸鹽만을 酸化(Temple et al., 1951)할 수 있어 3種間의 區別이 可能하다(八木正一)고 한다.

이들 細菌은 發育에 필요한 炭素源을 空氣中의 CO₂로부터 얻고 第1鐵을 第2鐵로 酸化함으로써 遊離되는 에너지를 利用하여 炭素를 同化하여 生活하는 化學無機營養性 細菌에 屬한다.

이들 細菌의 共通의 特徵은 크기 0.5~1.0×1.0~1.6μ의 Gram陰性 桿菌으로서 强酸性에서도 生育할 수 있는 特性을 가지고 있다.

이들 細菌의 純粹 同定培養에 關하여는 많은 研究가 있으나 一般적으로 이들 細菌은 寒天培地上에서는 잘 發育하지 못하며 Leathen培養液을 含有한 silica gel 平板培地를 利用한 純粹培養이 成功率이 높다(Kingsbury et al., 1954)고 하였으나 Kinsel(1960), Colmer(1962)等은 第1鐵 또는 thio黃酸鹽을 含有한 agar培地를 利用하여 *F.sulfooxidans* 및 *T.ferrooxidans*를 分離한 바 있다.

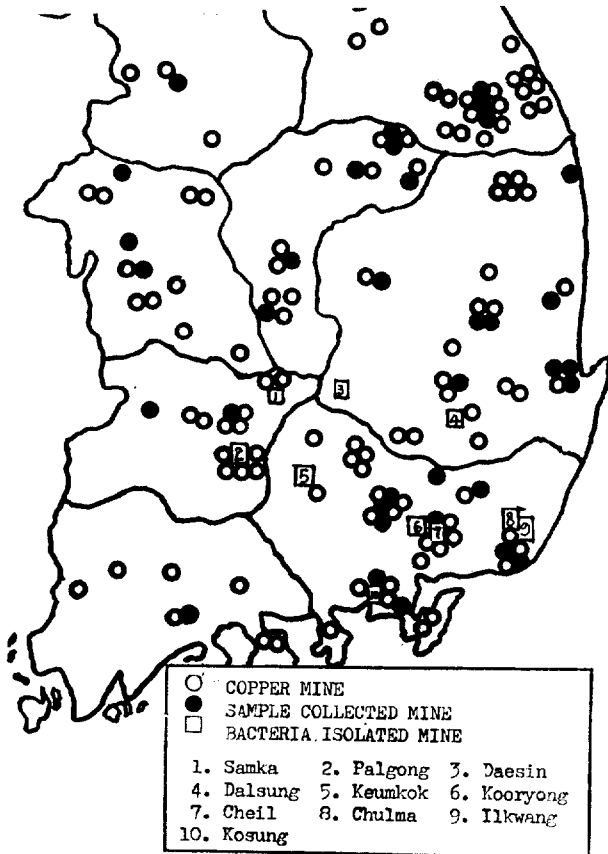


Fig. 1. Distribution of bacteria-isolated mines

上記 여러 報告들과 比較하여 볼 때 著자들이 分離한 鐵酸化細菌은 크기 0.5~1.0×1.0~1.5 μ 의 桿狀菌으로 酸性坑內水中에 棲息하며 硫黃이나 thio黃酸鹽의 酸化能은 없고 다만 第1鐵만을 酸化하여 增殖하는 點으로 보아 *F. ferrooxidans*라 同定할 수 있었다.

既述한 바와 같이 全國 157個 銅鑛山을 對象으로 銅鑛石浸出에 關與하는 細菌의 分離同定實驗을 實施하였던 바 46個 鑛山 坑內水中 10個鑛山 坑內水로부터 鐵酸化細菌 *F. ferrooxidans*를 分離 同定하였으며 細菌 分離 銅鑛山の 分布圖는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 우리나라 南東部に 位置하는 銅鑛山에서 細菌分離가 可能하였으며 地域의 隣接한 鑛山들간에도 細菌의 分布樣相은 커다란 差異를 나타내고 있었다.

本 細菌의 分布는 廣大하여 世界 여러나라 鑛山 坑內水中에 棲息하고 있는 것으로 알려져 있으나 現在까지 報告된 分布國은 美國(Corrick 및 Sutton, 1961), Canada (Harrison *et al.*, 1966), 英國(Duncan 및 Trussell, 1964), 쑤련(Kuznetsov, Ivanov 및 Lyalikova, 1963), Congo(de Cuyper,

1963), 日本(渡邊, 1967)을 비롯하여 Mexico, Scotland, Spain, Sweden, Portugal 등 10餘個國에 달한다고 한다.

本 細菌은 銅鑛 또는 瀝靑炭鑛等に 널리 分布하고 있으며 이밖에도 molybdenum 鑛(Bryner 및 Anderson, 1957), manganese 鑛(Perkins 및 Novielli, 1958), 亞鉛鑛(Rudolfs 및 Helbronner, 1922) 및 uranium 鑛(Fisher, 1966)等에도 分布하고 있어 이들 金屬이나 鑛物을 浸出하고 있다고 한다.

一般的으로 이들은 銅, 鐵, 또는 硫黃化合物이 空氣중에 露出되어 있는 곳에 흔히 存在한다(Woodcock, 1967)고 하나 O₂, CO₂, 無機窒素等의 營養物質, 溫度 및 生育抑制物質(Razzell 및 Trussell, 1963; Silverman 및 Lundgren, 1959)等에 따라 細菌의 棲息 및 活性이 影響을 받는다고 한다.

本 實驗結果 細菌이 分離되는 鑛山일지라도 坑內水 採取場所에 따라 棲息하는 菌體數의 顯著한 差異가 있었으며 細菌分離가 不可能한 場所도 있었다. 또한 細菌의 分布가 주로 東南部に 置重하는 傾向은 앞으로 이에 對한 細菌學的, 鑛山學的 調查가 實現됨에 따라 究明될 것으로 생각된다.

摘 要

有用金屬 浸出에 關與하는 鐵酸化細菌 *F. ferrooxidans*의 分布를 調査한 目的으로 46個 銅鑛山 坑內水를 採取하여 坑內水의 生物學的, 化學的 性狀을 實驗하고 細菌의 分離 및 同定實驗을 實施하였던 바 全國 46個 主要 銅鑛山中 10個 鑛山坑內水에서 *F. ferrooxidans*를 分離 同定하였다.

細菌이 分離되는 坑內水의 pH는 強酸性이었고 全鐵量의 50% 以上이 Fe⁺⁺⁺로 存在하고 있었으며 溶出되는 銅含量도 顯著하게 높았다.

引 用 文 獻

1. Beck, J. V., 1960. A ferrous-iron-oxidizing bacterium. I. Isolation and some general physiological characteristics. *J. Bacteriol.*, **79**, 502.
2. Breed, R. S., Murray, E. G. D., and Smith, N. R., 1957. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 7th ed.
3. Bryner, L. C., and Anderson, R., 1957. Microorganisms leaching sulfide minerals. *Ind. Engng. Chem.*, **49**, 1721.
4. Colmer, A. R., 1962. Relation of the iron oxidizer, *Thiobacillus ferrooxidans* to thio-sulfate. *J. Bacteriol.*, **83**, 761.
5. Corrick, J. D., and J. A. Sutton, 1961.

- Three chemosynthetic autotrophic bacteria important to leaching operations at Arizona copper mines. United State Department of the Interior Bureau of Mines.
6. De Cuyper, J.A., 1964. Bacterial leaching of low-grade copper and cobalt ore. In symposium on unit process in hydrometallurgy, p. 126.
 7. Duncan, D.W., and Trussell, P.C., 1964. Advances in the microbiological leaching of sulfide ore. *Can. Metall. Quart.*, **3**, 43.
 8. Fisher, J.R., 1966. Bacterial leaching of Elliot Lake uranium ore. *Trans. Can. Inst. Min. Metall.*, LXIX, 167.
 9. Harrison, V.F., Gow, W.A., and Ivarson, K.C., 1966. Leaching of uranium from Elliot Lake ore in the presence of bacteria. *Can. Min. J.*, **87**, 64.
 10. Kingsbury, J.M., and Barghoorn, E.S., 1954. Silica gel as a microbiological medium potentialities and a new method of preparation. *Appl. Microbiol.*, **2**, 5.
 11. Kinsel, N.A., 1960. New sulfur-oxidizing iron bacterium: *Ferrobacillus sulfooxidans* sp. *N. J. Bacteriol.*, **80**, 628.
 12. Leathen, W.W., McIntyre, L.D., and Braley, S.A., 1951. A medium for the study of the bacterial oxidation of ferrous iron. *Science*, **114**, 280.
 13. Mehlig, J.P., 1941. Colorimetric determination of copper with ammonia. *Ind. Eng. Chem.*, Analytical edition, **13**, 533.
 14. Perkins, E.C., and Novielli, F., 1958. Bacterial leaching of manganese ore. *Min. Cong. J.*, **44**, 72.
 15. Razzell, W.E., and Trussell, P.C., 1963. Isolation and properties of an iron-oxidizing *Thiobacillus*. *J. Bacteriol.*, **85**, 595.
 16. Rudolfs, W., and Helbrunner, A., 1922. Oxidation of zinc sulfide by microorganisms. *Soil Sci.*, **14**, 459.
 17. Silverman, M.P., and Lundgren, D.G., 1959. Studies on the chemosynthetic iron bacterium *Ferrobacillus ferrooxidans*. I. An improved medium and harvesting procedures for securing high cell yields. *J. Bacteriol.*, **77**, 642.
 18. Sullivan, J.D., 1933. Chemical and physical features of copper leaching. *Trans. Amer. Inst. Min. Metall. Eng.*, **106**, 515.
 19. Sutton, J.A., and Corrick, J.D., 1933. Leaching copper sulfide minerals with selected autotrophic bacteria. U.S. Bureau of mines., Rept. Invest., 6423, 1.
 20. Temple, K.L., and A.R. Colmer., 1951. The autotrophic oxidation of iron by a new bacterium *Thiobacillus ferrooxidans*. *J. Bacteriol.*, **62**, 605.
 21. Woodcock, J.T., 1967. Copper waste dump leaching. *Proc. Aust. Inst. Min. Met.*, **224**, 47.
 22. 渡邊 聖美, 内田 武司, 古谷 進, 1967. 金屬鑛山坑内水中 鐵, 硫黄酸化バクテリアの 同定および鐵酸化バクテリアの 特性について. 酸協, **25**, 155.
 23. 八木 正一, 日本産 坑内水中の バクテリアについて, Bacterial Leaching 研究會 第2回 研究討論會要旨集, p. 23.