

## 揚湯管付着物の化学組成と鉱物組合せ (その1)

### Chemical compositions and mineral assemblages of adhesion materials on pumping up pipes (part 1)

鈴木 隆広  
Takahiro Suzuki

キーワード: 温泉水, 腐食, スケール, 化学組成, 鉱物組合せ, X線回折, 蛍光X線分析

Key words: geothermal water, corrosion, scale, chemical composition, mineral assemblage, X-ray diffraction, X-ray fluorescence

#### I はじめに

温泉井戸では, 水中モーターポンプと揚湯管によって温泉水を汲み上げることが多い。温泉水の泉質によっては, 井戸側管や揚湯管に腐食が起こったり, 温泉スケールが管の内外に付着する。このため, 揚湯管については, 定期的な交換を余儀なくされる。その交換にかかる労力および費用は莫大なものであり, 揚湯管の材質選定や使用期間を延ばす方法が課題となっている。

当所では平成14年度から「坑井障害に関する研究」を開始したが, この中で筆者は坑井仕上げ管および揚湯管の腐食メカニズムについて研究を担当している。本報告では, 平成13年度の受託研究等の調査, および平成14年度の調査で採取した計41個の揚湯管付着物について, 化学組成と鉱物組合せに関する検討を行ったので, その結果を資料として取りまとめた。

#### II 試料採取と分析方法

第1表に採取した試料の泉源名, 採取箇所, 試料名および管材料について示した。分析用の試料は, 採集後にオープン (60°C) で約24時間乾燥させ, 瑪瑙乳鉢で粉末にしたものである。

##### II. 1 X線回折

X線回折には, リガク社製のX線回折装置 (RINT2000) を用いた。X線はCuK $\alpha$ を用い, 管電圧30 kV, 管電流16mA, 走査速度を4°/min, 走査範囲を2.5°~65°とした。分析するにあたり, 試料としては, 無反射ガラス板上にアルコールで均一に塗布したものをを用いた。X線回折で検出された鉱物は第2表に, 回折パターンは第1図から第15図に, それぞれ示した。

##### II. 2 蛍光X線分析

蛍光X線分析には, 日本電子社製のエネルギー分散型蛍光X線分析装置 (JSX-3201エレメントアナライザ) を用い, ファンダメンタルパラメータ法で分析し

た。管電圧30kV, ライブタイム360秒とし, 分析するにあたり, 試料としては, プラスチックカップホルダーに20t/cm<sup>2</sup>で圧力充填したものをを用いた。蛍光X線分析で検出された元素は第3表に示したが, 測定強度比が0.001以上の元素のみを取り扱い, mol%を0.1~1%, 1~10%, 10~100%に区分し表示した。

#### III 分析結果から得られた鉱物組合せの傾向

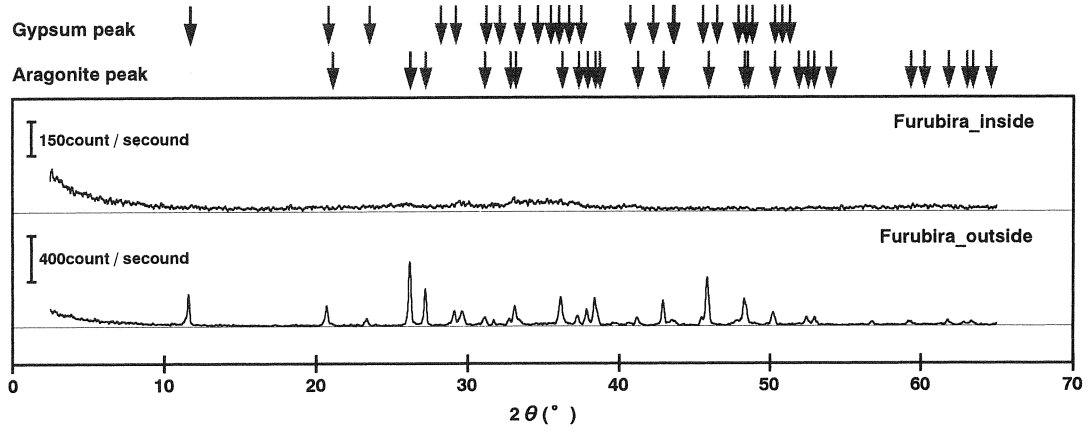
分析の結果, 揚湯管付着物の鉱物は, 大きく以下の組合せに分類できた。

- (1) アモルファス (非結晶)
- (2) 金属腐食系鉱物のみの組合せ (Magnetite・Goethite・Sphaleriteなど)
- (3) スケール系鉱物のみの組合せ (Aragonite・Calcite・Gypsum・Haliteなど)
- (4) 金属腐食系鉱物とスケール系鉱物の組合せ

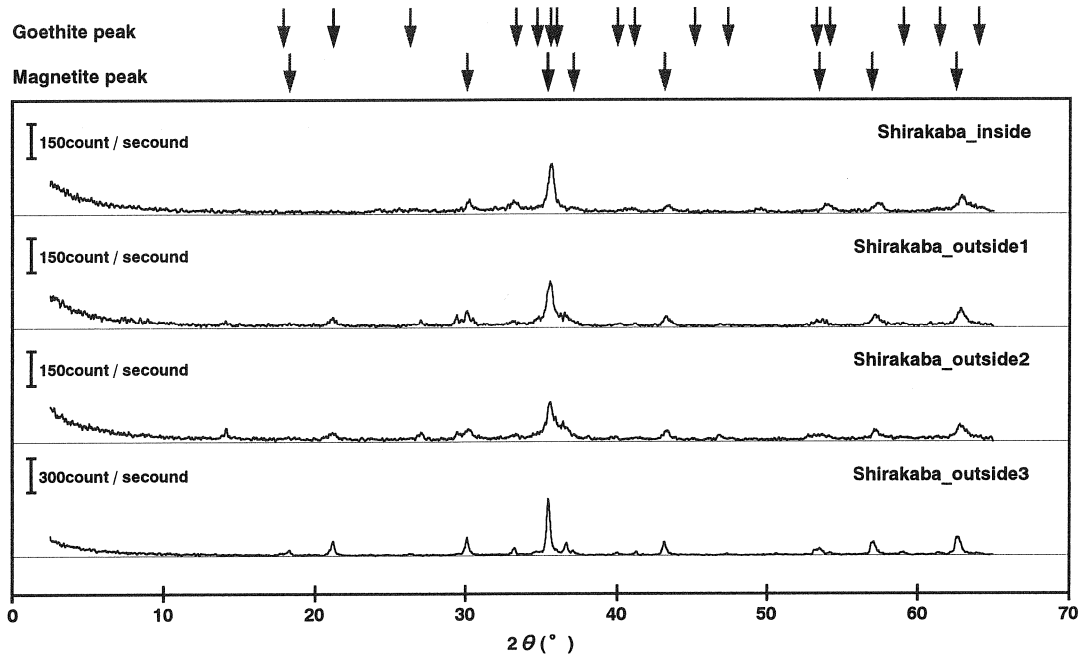
揚湯管材質との関係を見ると, チュービングパイプや配管用炭素鋼鋼管の場合は(2)のMagnetiteとGoethiteの組合せが多く, 亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管の場合は(2)のMagnetiteとGoethiteの組合せやMagnetiteとSphaleriteの組合せが多い。(3)や(4)のスケール系鉱物は, ほとんどがカルシウムスケールであり, 温泉水の泉質や化学条件によってAragonite・Calcite・Gypsumというように鉱物が異なっている。

#### 謝 辞

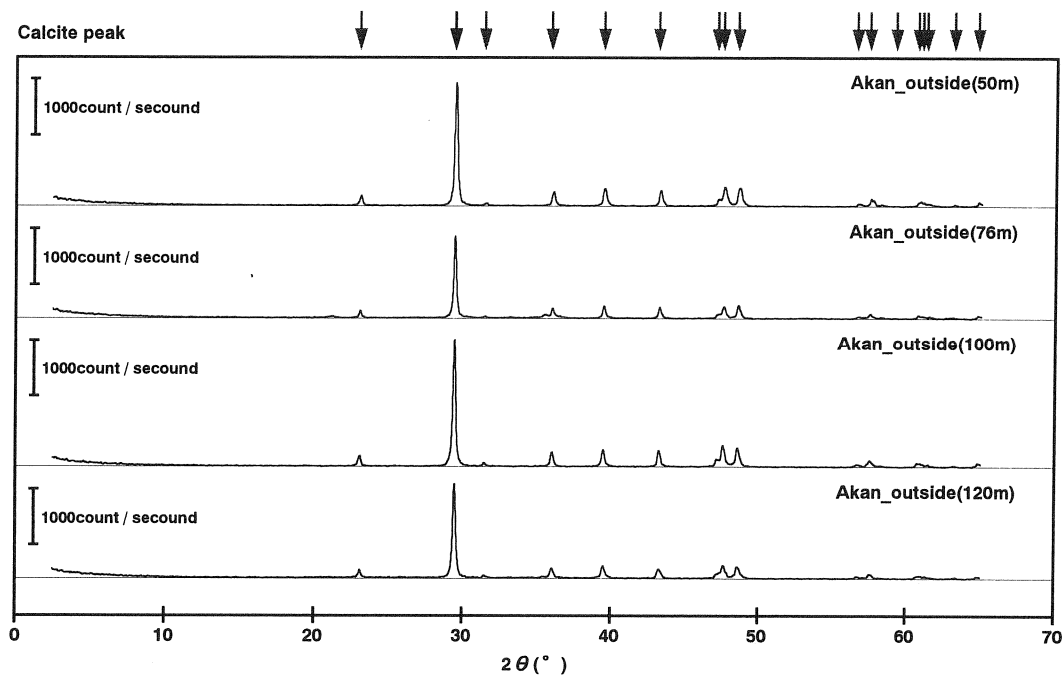
調査にあたり, 泉源所有者には試料の提供に協力していただいた。北海道温泉ポンプ株式会社, 株式会社ドリリング計測および上山試錐工業株式会社には, 作業中にもかかわらず試料の採取に協力していた。当所の黒沢邦彦海洋地学部長と八幡正弘素材資源科長からは, X線回折および蛍光X線分析の際にご指導をいただいた。当所の藤本和徳企画情報課長と高橋徹哉技術情報科長からは, 本報告をまとめるにあたり貴重な意見をいただいた。当所の川森博史地域地質部長と広田知保環境地質部長には, 原稿の校閲をしていただいた。以上の方々に, ここに記して感謝の意を表する。



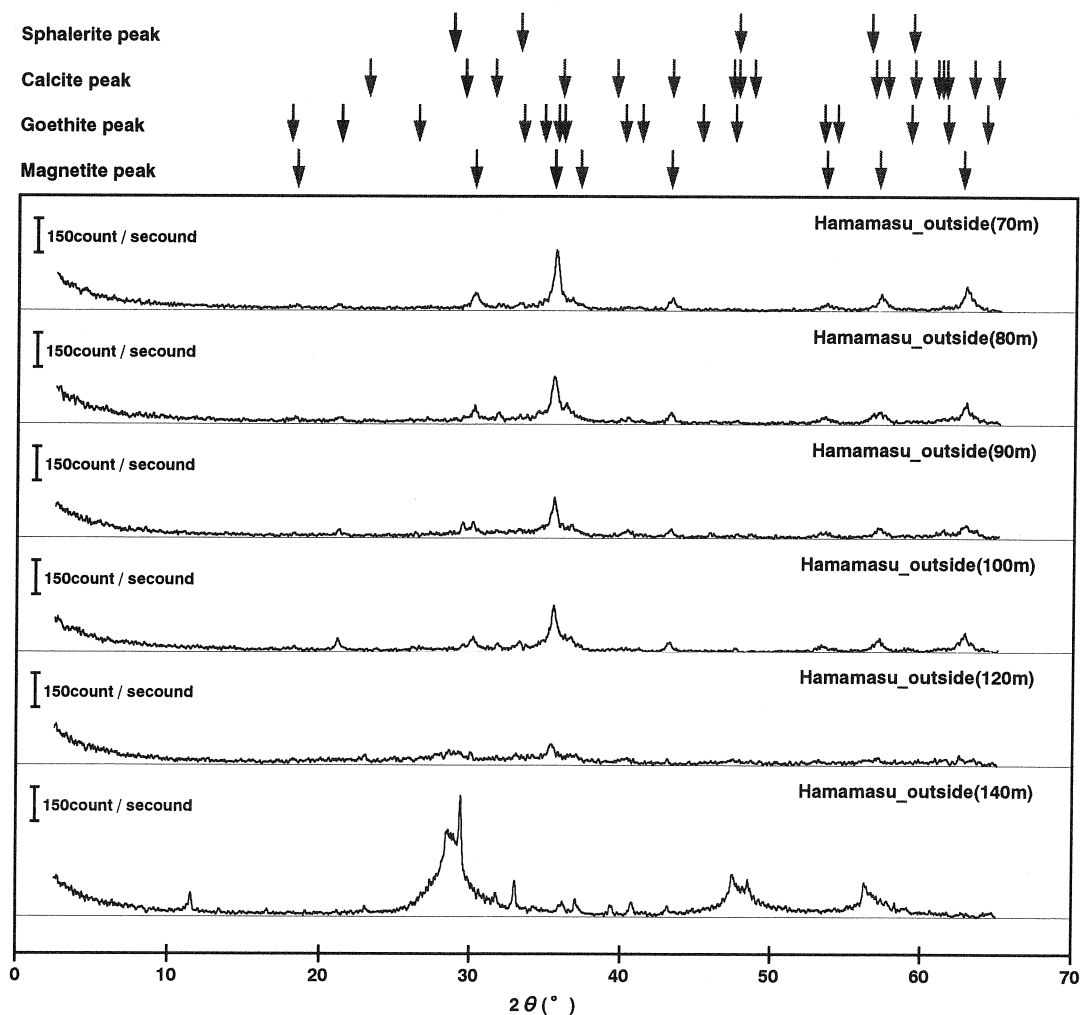
第1図 X線回折結果(古平町泉源)  
 Fig. 1 Result of X-ray diffraction analysis (Furubira town well)



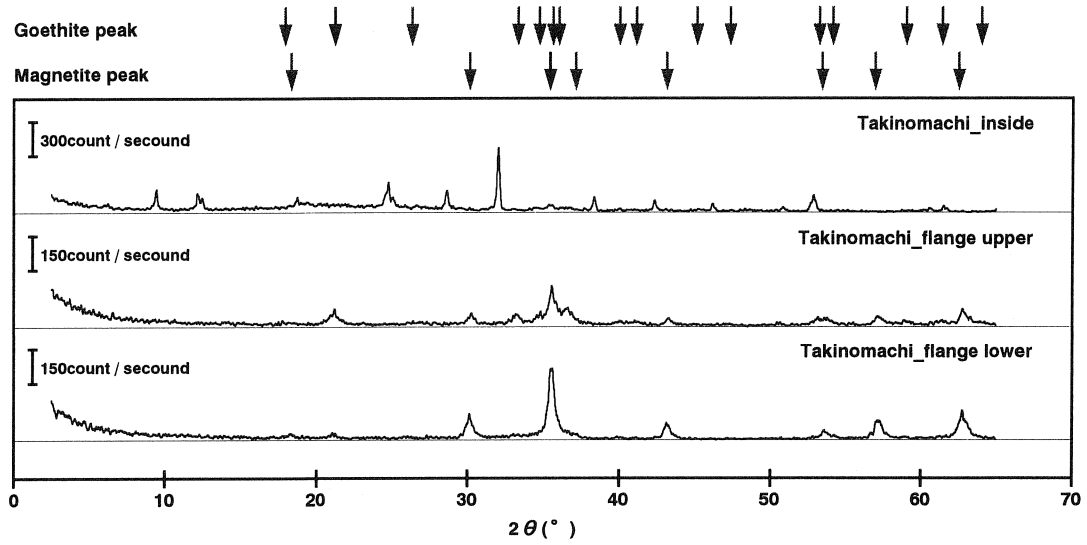
第2図 X線回折結果(白樺温泉井)  
 Fig. 2 Result of X-ray diffraction analysis (Shirakaba spa well)



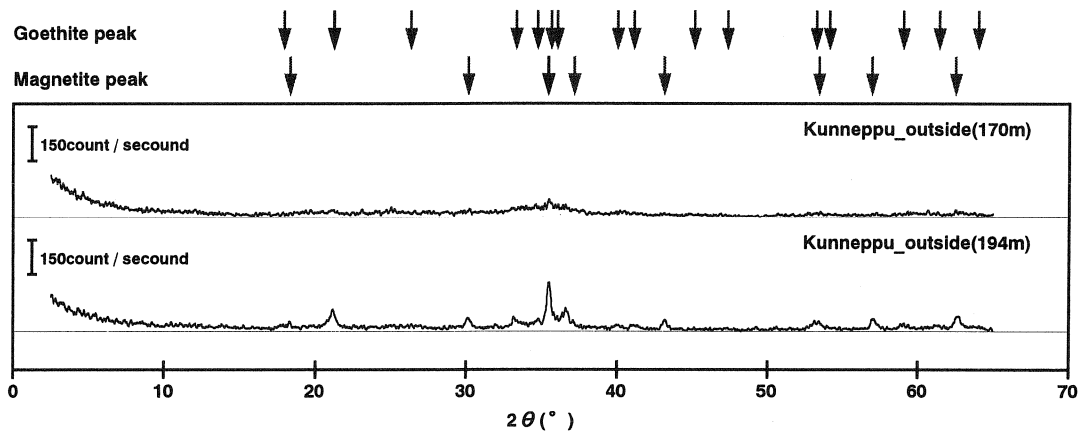
第3図 X線回折結果 (阿寒町泉源)  
 Fig. 3 Result of X-ray diffraction analysis (Akan town well)



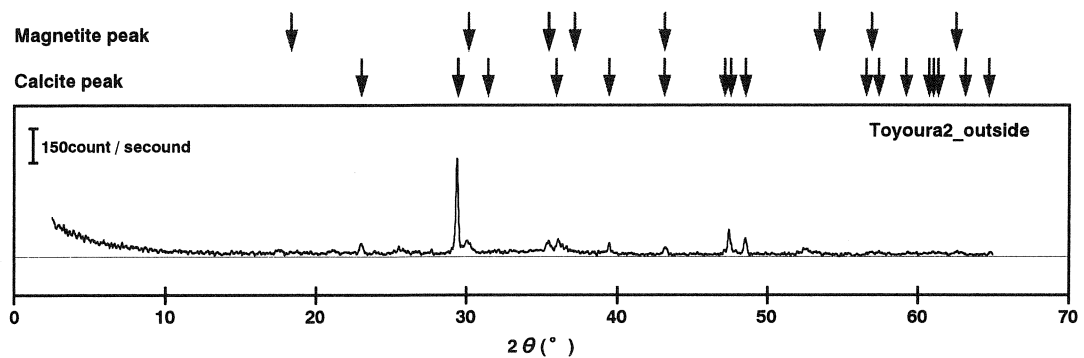
第4図 X線回折結果 (浜益村泉源)  
 Fig. 4 Result of X-ray diffraction analysis (Hamamasu village well)



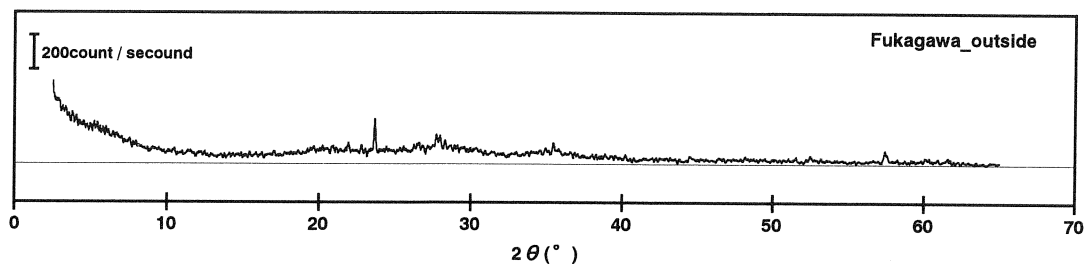
第5図 X線回折結果(壮瞥町滝之町泉源)  
 Fig. 5 Result of X-ray diffraction analysis (Sobetsu town Takinomachi well)



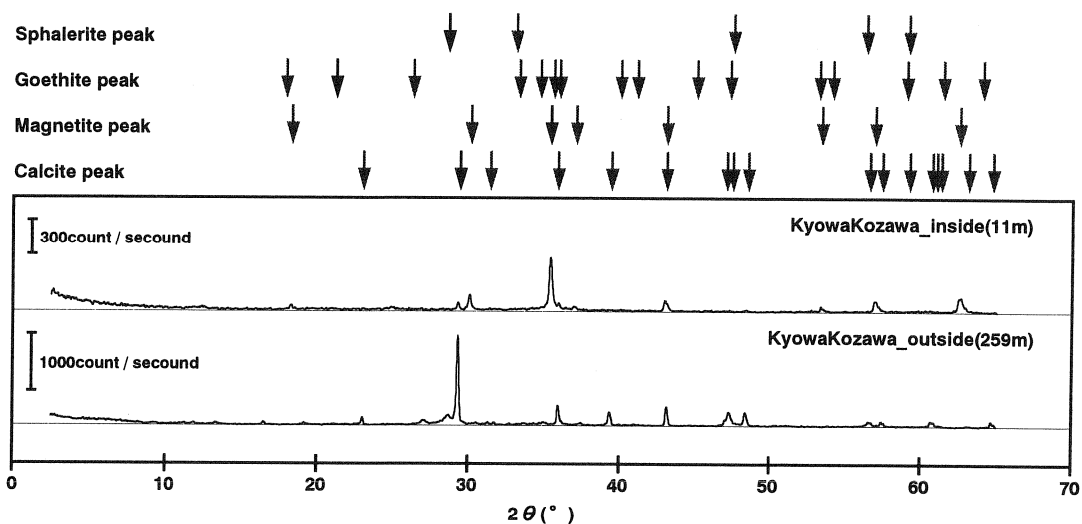
第6図 X線回折結果(訓子府町泉源)  
 Fig. 6 Result of X-ray diffraction analysis (Kunneppu town well)



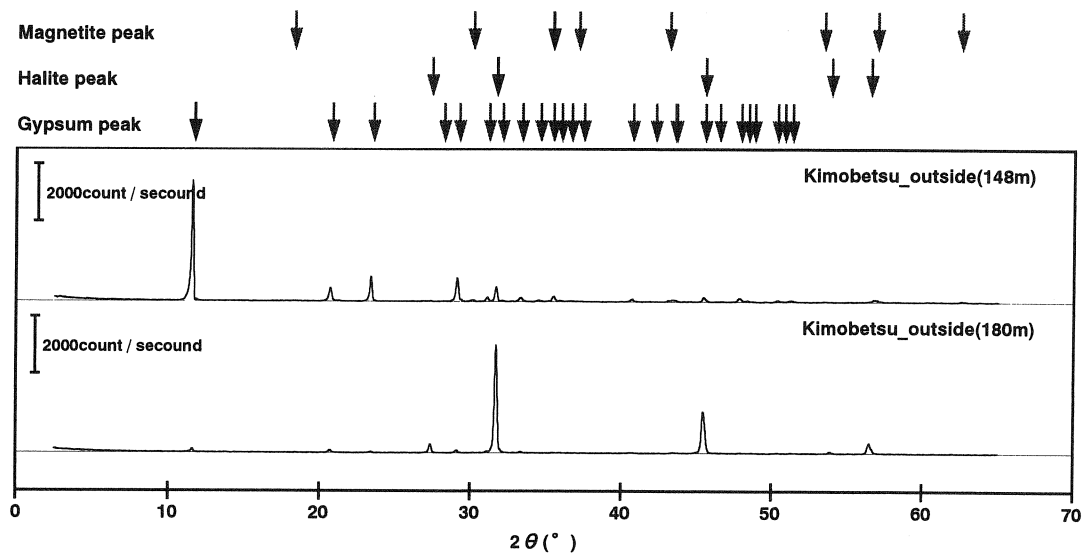
第7図 X線回折結果(豊浦町2号井)  
 Fig. 7 Result of X-ray diffraction analysis (Toyoura town No.2 well)



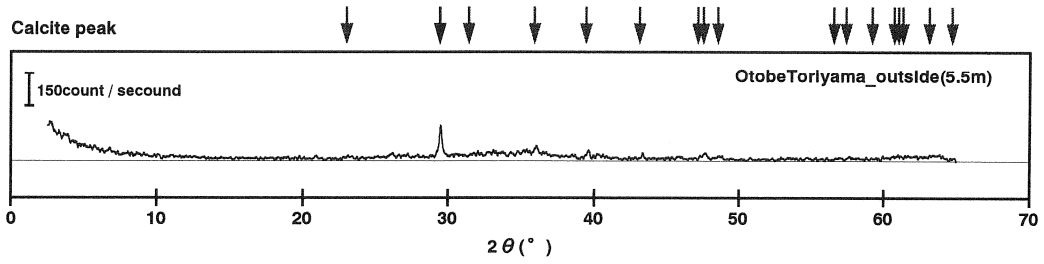
第8図 X線回折結果 (深川市泉源)  
Fig. 8 Result of X-ray diffraction analysis (Fukagawa city well)



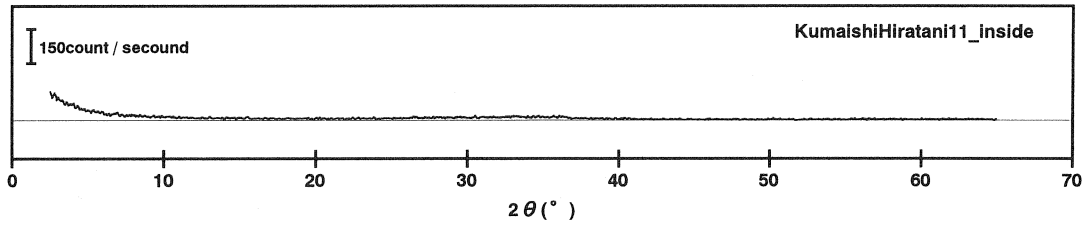
第9図 X線回折結果 (共和町小沢泉源)  
Fig. 9 Result of X-ray diffraction analysis (Kyowa town Kozawa well)



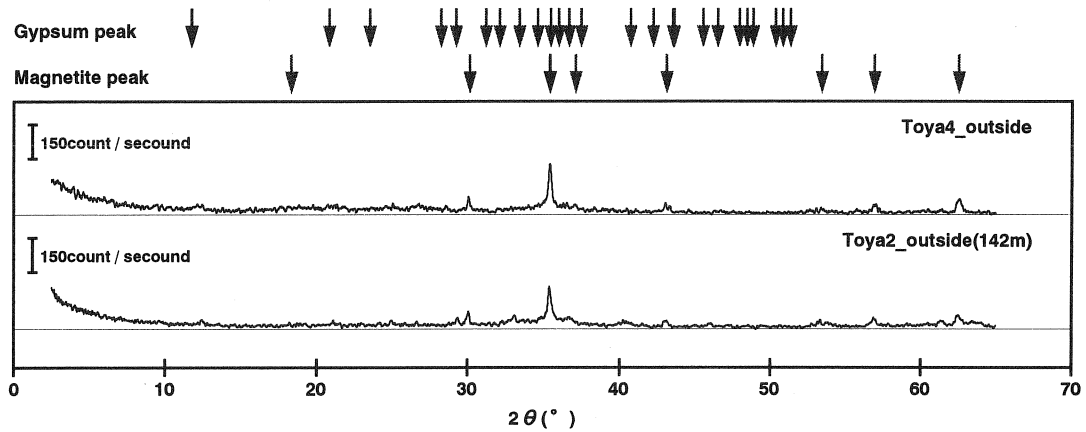
第10図 X線回折結果 (喜茂別町泉源)  
Fig. 10 Result of X-ray diffraction analysis (Kimobetsu town well)



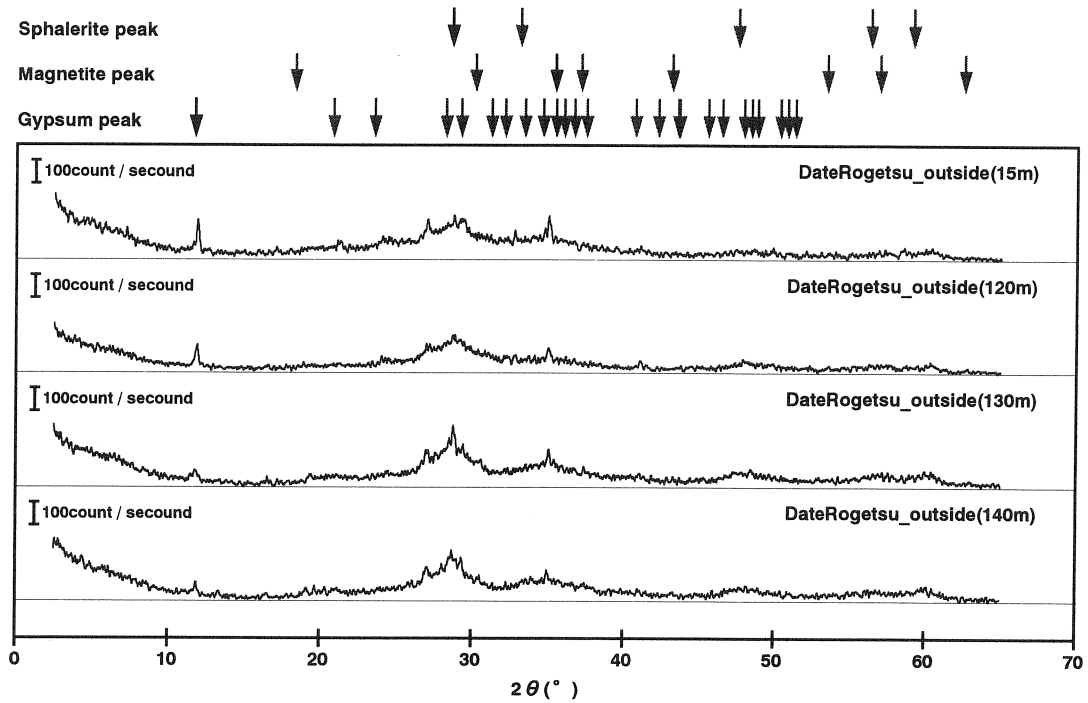
第11図 X線回折結果 (乙部町鳥山泉源)  
 Fig. 11 Result of X-ray diffraction analysis (Otobe town Toriyama well)



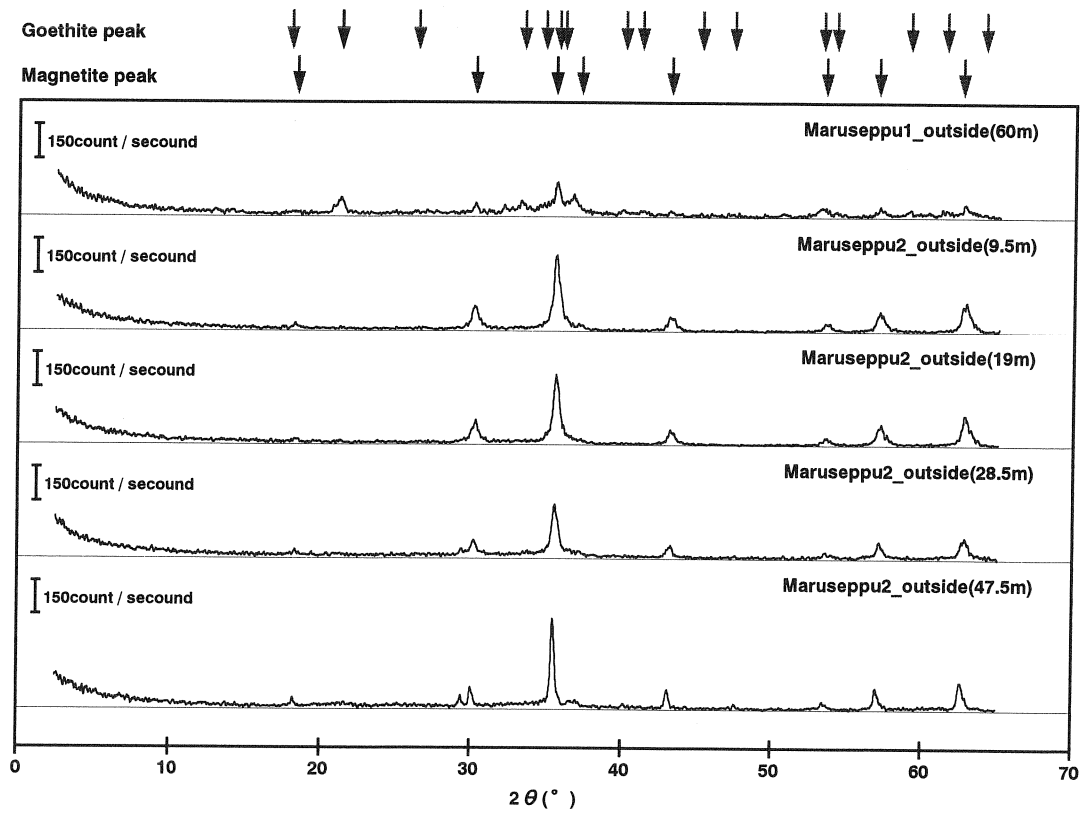
第12図 X線回折結果 (熊石町平田内11号井)  
 Fig. 12 Result of X-ray diffraction analysis (Kumaishi town Hiratanai No.11 well)



第13図 X線回折結果 (洞爺村2号井と4号井)  
 Fig. 13 Result of X-ray diffraction analysis (Toya village No.2 well and No.4 well)



第14図 X線回折結果 (伊達市弄月泉源)  
Fig. 14 Result of X-ray diffraction analysis (Date city Rogetsu well)



第15図 X線回折結果 (丸瀬布町1号井と2号井)  
Fig. 15 Result of X-ray diffraction analysis (Maruseppu town No.1 well and No.2 well)

第1表 分析試料一覧

Table 1 A table of samples analyzed

採取年月日	泉源名	採取箇所	試料名	管材質
2001.12.27	古平町泉源	管内側 (深度不明)	Furubira_inside	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2001.12.27	古平町泉源	管外側 (深度不明)	Furubira_outside	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.3.18	白樺温泉	管内側 (深度不明)	Shirakaba_inside	チュービングパイプ
2002.3.18	白樺温泉	管外側 (深度不明)	Shirakaba_outside1	チュービングパイプ
2002.3.18	白樺温泉	管外側 (深度不明)	Shirakaba_outside2	チュービングパイプ
2002.3.18	白樺温泉	管外側 (深度不明)	Shirakaba_outside3	チュービングパイプ
2002.5.27	阿寒町泉源	管外側 (-50m)	Akan_outside(50m)	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.5.27	阿寒町泉源	管外側 (-76m)	Akan_outside(76m)	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.5.27	阿寒町泉源	管外側 (-100m)	Akan_outside(100m)	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.5.27	阿寒町泉源	管外側 (-120m)	Akan_outside(120m)	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.6.3	浜益村泉源	管外側 (-70m)	Hamamasu_outside(70m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.6.3	浜益村泉源	管外側 (-80m)	Hamamasu_outside(80m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.6.3	浜益村泉源	管外側 (-90m)	Hamamasu_outside(90m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.6.3	浜益村泉源	管外側 (-100m)	Hamamasu_outside(100m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.6.3	浜益村泉源	管外側 (-120m)	Hamamasu_outside(120m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.6.3	浜益村泉源	管外側 (-140m)	Hamamasu_outside(140m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.6.4	壮瞥町滝之町泉源	管内側 (深度不明)	Takinomachi_inside	配管用炭素鋼鋼管 (防食テープ)
2002.6.4	壮瞥町滝之町泉源	管フランジ上面 (深度不明)	Takinomachi_flange_upper	配管用炭素鋼鋼管 (防食テープ)
2002.6.4	壮瞥町滝之町泉源	管フランジ下面 (深度不明)	Takinomachi_flange_lower	配管用炭素鋼鋼管 (防食テープ)
2002.6.17	訓子府町泉源	管外側 (-175m)	Kunneppu_outside(175m)	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.6.17	訓子府町泉源	管外側 (-194m)	Kunneppu_outside(194m)	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.7.1	豊浦町2号井	管外側 (深度不明)	Toyoura2_outside	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.7.3	深川市泉源	管外側 (深度不明)	Fukagawa_outside	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.7.8	共和町小沢泉源	管内側 (-11m)	KyowaKozawa_inside(11m)	配管用炭素鋼鋼管 (防食テープ)
2002.7.8	共和町小沢泉源	管外側 (-259m)	KyowaKozawa_outside(259m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.8.27	喜茂別町泉源	管外側 (-148m)	Kimobetsu_outside(148m)	グラスファイバー管
2002.8.27	喜茂別町泉源	管外側 (-180m)	Kimobetsu_outside(180m)	グラスファイバー管
2002.8.28	乙部町鳥山泉源	管外側 (-5.5m)	OtobeToriyama_outside(5.5m)	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.8.29	熊石町平田内11号井	管内側 (深度不明)	KumaishiHiratanai11_inside	配管用ステンレス鋼鋼管
2002.10.10	洞爺村4号井	管外側 (深度不明)	Toya4_outside	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.10.28	洞爺村2号井	管外側 (-142m)	Toya2_outside(142m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.11.18	伊達市弄月泉源	管外側 (-15m)	DateRogetsu_outside(15m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.11.18	伊達市弄月泉源	管外側 (-120m)	DateRogetsu_outside(120m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.11.18	伊達市弄月泉源	管外側 (-130m)	DateRogetsu_outside(130m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.11.18	伊達市弄月泉源	管外側 (-140m)	DateRogetsu_outside(140m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.11.25	丸瀬布町1号井	管外側 (-60m)	Maruseppu1_outside(60m)	亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管
2002.11.26	丸瀬布町2号井	管外側 (-9.5m)	Maruseppu2_outside(9.5m)	チュービングパイプ
2002.11.26	丸瀬布町2号井	管外側 (-19m)	Maruseppu2_outside(19m)	チュービングパイプ
2002.11.26	丸瀬布町2号井	管外側 (-28.5m)	Maruseppu2_outside(28.5m)	チュービングパイプ
2002.11.26	丸瀬布町2号井	管外側 (-47.5m)	Maruseppu2_outside(47.5m)	チュービングパイプ



第2表 分析試料の鉱物組合せ  
Table 2 Mineral assemblages of samples analyzed

Sample	Minerals								other mineral
	Amorphous	metal group			scale group				
		Magnetite Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Goethite FeO(OH)	Sphalerite ZnS	Aragonite CaCO <sub>3</sub>	Calcite CaCO <sub>3</sub>	Gypsum CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	Halite NaCl	
Furubira_inside	○								
Furubira_outside					○		○		
Shirakaba_inside		×							
Shirakaba_outside1		○	×						
Shirakaba_outside2		○	○						
Shirakaba_outside3		○	○						
Akan_outside(50m)						○			
Akan_outside(76m)						○			
Akan_outside(100m)						○			
Akan_outside(120m)						○			
Hamamasu_outside(70m)		○							
Hamamasu_outside(80m)		○							
Hamamasu_outside(90m)		○	×						
Hamamasu_outside(100m)		○	×						
Hamamasu_outside(120m)		×							
Hamamasu_outside(140m)				○		○			
Takinomachi_inside									○
Takinomachi_flange upper		○	○						
Takinomachi_flange lower		○							
Kunneppu_outside(175m)	○								
Kunneppu_outside(194m)		○	○						
Toyoura2_outside		○				○			
Fukagawa_outside	○								
KyowaKozawa_inside(11m)		○				○			
KyowaKozawa_outside(259m)				×		○			
Kimobetsu_outside(148m)		○					○	○	
Kimobetsu_outside(180m)							○	○	
OtobeToriyama_outside(5.5m)						○			
KumaishiHiratanai11_inside	○								
Toya4_outside		○							
Toya2_outside(142m)		○					○		
DateRogetsu_outside(15m)		×		○			○		
DateRogetsu_outside(120m)		×		○			○		
DateRogetsu_outside(130m)		×		○			○		
DateRogetsu_outside(140m)		×		○			○		
Maruseppu1_outside(60m)		○	○						
Maruseppu2_outside(9.5m)		○							
Maruseppu2_outside(19m)		○							
Maruseppu2_outside(28.5m)		○							
Maruseppu2_outside(47.5m)		○							

推定される鉱物は×印とした

第3表 分析試料の化学組成  
Table 3 Chemical compositions of samples analyzed

Sample	Elements																			
	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb
Furubira_inside	⊙				○		○			○				⊙						
Furubira_outside	⊙				x		○			⊙		x		○	x			x	x	
Shirakaba_inside	⊙				○		○			x		x	x	⊙				x		
Shirakaba_outside1	⊙				○		x			○		x	x	⊙						
Shirakaba_outside2	⊙				○		x			○		x	x	⊙						
Shirakaba_outside3	⊙				○		x	x		x		x	x	⊙						
Akan_outside(50m)	⊙		○		○		x			⊙				x						
Akan_outside(76m)	⊙		x		○					⊙			x	○						
Akan_outside(100m)	⊙		○		○					⊙				x						
Akan_outside(120m)	⊙		○		○					⊙				○						
Hamamasu_outside(70m)	⊙	○			○		x			x				⊙			○			
Hamamasu_outside(80m)	⊙	○			○		x			x				⊙			○			
Hamamasu_outside(90m)	⊙	○			○		x			○				⊙			○			
Hamamasu_outside(100m)	⊙	○			○		x			x				⊙			○			
Hamamasu_outside(120m)	⊙	○			○		○			x				⊙			○			
Hamamasu_outside(140m)	⊙	⊙			x		⊙			○				○			⊙			
Takinomachi_inside	⊙		○	○	⊙	x	○			x	x		x	⊙		○	x			x
Takinomachi_flange upper	⊙				○		x			x			x	⊙						
Takinomachi_flange lower	⊙				○		x			x			x	⊙						
Kunneppu_outside(175m)	⊙				○	x				x			x	⊙		x				
Kunneppu_outside(194m)	⊙			x	○	x	x			x			x	⊙		x	x			
Toyoura2_outside	⊙				○		○			○			x	⊙						
Fukagawa_outside	⊙		○	○	⊙	x	○		x	x	x			○			○			
KyowaKozawa_inside(11m)	⊙				○		x	x		○				⊙						
KyowaKozawa_outside(259m)	⊙	○			○		○			⊙				x			○			
Kimobetsu_outside(148m)	⊙	○			x		⊙	○		⊙				○						
Kimobetsu_outside(180m)	⊙	⊙			x		○	⊙		○				x						
OtobeToriyama_outside(5.5m)	⊙		x		○		x			○				⊙						
KumaishiHiratanai11_inside	⊙				○	x				x				⊙					x	
Toya4_outside	⊙		x	x	○		○	x		x				⊙						
Toya2_outside(142m)	⊙	x			○		x			x				⊙			○	x		
DateRogetsu_outside(15m)	⊙	⊙			⊙		○			x			x	○			⊙	x		
DateRogetsu_outside(120m)	⊙	⊙			○		○			x			x	○			⊙			
DateRogetsu_outside(130m)	⊙	⊙			⊙		○			x			x	○			⊙	x		
DateRogetsu_outside(140m)	⊙	⊙			⊙		○			x			x	○			⊙			
Maruseppu1_outside(60m)	⊙	○			○		x							⊙			○			
Maruseppu2_outside(9.5m)	⊙				x					x			x	⊙						
Maruseppu2_outside(19m)	⊙				○	x	x			x			x	⊙						
Maruseppu2_outside(28.5m)	⊙				○	x	x			○			x	⊙						
Maruseppu2_outside(47.5m)	⊙				○		x			x			x	⊙						

⊙ : 100~10% ○ : 10~1% x : 1~0.1%