



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	硫化水素による汚水管路腐食についての調査事例報告
Author(s)	藤嶋, 正紀; 青木, 敏文; 多胡, 克彦 他
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 7 測定・評価 . P7-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 284-289
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7629
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-7-6_p284-289.pdf



硫化水素による污水管路腐食についての調査事例報告

北海道開発コンサルタント(株) 藤嶋正紀 青木敏文
北海道阿寒町 多胡克彦 竺土栄作

1. はじめに

コンクリート構造物(特に下水管)の微生物腐食は古くて新しい問題とされており、最初の報告が約90年前、下水管の腐食が生物反応であることがわかったのは約50年前とのことである。その後、アメリカ、西ドイツで綿密な調査、研究がなされており、わが国でも1985年以降、多くの報告がなされている。¹⁾

そのような中、平成3年10月18日偶然の地震発生とともに、突然污水が湖畔終末処理場に流入してこなくなり、阿寒町で原因を調査した結果、污水管が陥没していたことが判明した。当社は、緊急の事後対策と原因の把握および污水管路の補修について協力する機会を得たが、積雪寒冷地の北海道でも腐食は起こるのだと再認識させられた。今後の下水道施設の設計、維持管理の参考とするため、事例報告することとした。

2. 阿寒町公共下水道の概要

阿寒町は、道東に位置し、観光と農林業を中心とした人口約7,000人の小都市である。当町は、阿寒湖畔処理区と阿寒処理区とに大別される。湖畔処理区は昭和50年に事業認可を受け、平成2年に80haについて下水道整備を完了している。阿寒処理区は平成3年に事業認可を受け、現在整備中である。今回、污水管路が陥没した湖畔処理区の概要を以下に示す。

表-1 阿寒湖畔処理区の概要

地区名	処理区面積 (ha)	計画人口 (人)		項目	計 画 汚 水 量 (m ³ /日)							
					分離可能な温泉排水を含む汚水量					分離可能な温泉排水		
					家庭下水	観光排水	地下水	温泉排水	合計	温泉排水	地下水	合計
東部地区	57.7	常住	2,540	日平均	1,067	2,817	775	2,250	6,909	5,310	530	5,840
		宿泊	6,910	日最大	1,524	4,044			8,593			
		日帰り	10,370	時間最大	2,286	6,064			5,625			14,750
西部地区	42.3	常住	660	日平均	277	314	109	250	950	590	60	650
		宿泊	770	日最大	396	449			1,204			
		日帰り	1,150	時間最大	594	675			625			2,003
合計	100.0	常住	3,200	日平均	1,344	3,131	884	2,500	7,859	5,900	590	6,490
		宿泊	7,680	日最大	1,920	4,493			9,797			
		日帰り	11,520	時間最大	2,880	6,739			6,250			16,753

表-2 姥川汚水中継ポンプ場

主要な施設の名称	数	構 造	能 力	摘 要
流入管	2本	φ700 i=1.5% BL=+415.22m		
沈砂池	2池	鉄筋コンクリート造 幅1.0m×長10.0m×深0.37m	池内平均流速 0.3m/秒 水面積負荷 1,800m ³ /m ² ・日 除去率 73%(0.2mm)	
污水ポンプ	3台	立軸斜流渦巻ポンプ 口径250mm(1台予備)	Q=5.9m ³ /分 H=29.5m	
調整槽	1槽	鉄筋コンクリート造 容量約73.3m ³		
温泉排水ポンプ	2台	立軸斜流渦巻ポンプ 口径250mm(1台予備)	Q=4.6m ³ /分 H=28.5m	

表-3 阿寒湖畔下水終末処理場

項 目	概 要	
下水排除方式	分流式	
処理方式	水処理 標準活性汚泥法による高級処理 汚泥処理 濃縮、嫌気性消化、機械脱水	
放 流 先	二級河川 阿寒川 AA(イ)	
計画水質(mg/ℓ)	BOD	流入 150 放流 20
	SS	流入 180 放流 40

3. 汚水管路施設腐食被害状況

阿寒湖畔処理区では、発生する汚水および温泉排水を阿寒湖に流入させないために、姥川汚水中継ポンプ場にてポンプ圧送し、その後自然流下により阿寒湖畔下水終末処理場まで運び、高級処理後、阿寒川へ放流している。今回腐食被害が発生したのは、処理区域内の汚水管路ではなく、姥川汚水中継ポンプ場～阿寒湖畔下水終末処理場までの汚水管路であり、図-1および写真-1～2に示すとおりである。

管路施設の腐食に対する判定基準は、文献、先進都市の事例等により各々基準を設定しているが、阿寒町では東京都の判定基準に拠ることとしており、以下に示すとおりである。

表-4 目視・カメラ検査による判定基準および対処法

異常内容	ラ ン ク 分 け		
	A	B	C
管の腐食	鉄筋が露出しているもの	骨材が露出しているもの	A, B以外の腐食
管の破損	欠落(陥没)	全体に亀裂	A, B以外の破損
管の継ぎ目ずれ	全体が脱却	40~60mm	20~40mm
侵入根	管断面の50%以上	管断面の10~50%	管断面の10%未満
管のクラック	5mm以上	2~5mm	2mm未満
取付管突出し	管径の50%以上	管径の10~50%	管径の10%未満
侵入水	噴き出している状態	流れている状態	にじんでいる状態
管のたるみ・蛇行	管径の3/4以上	管径の1/2~3/4	管径の1/2未満
ゴムリングの外れ	円周の1/2以上	円周の1/4以上	1/4未満のはみ出し
参 考			
油脂類の付着	管径の1/3以上の付着	管径の1/3~1/10の付着	
土砂の堆積	堆積深を表示(土砂堆積深/限界体積汚泥深)×20		

Aランク
「緊急の補修を要するもの」として管渠の維持・補修で処理する。
Bランク
「年度計画に見込んで2年から5年の期間に補修や改良を必要とするもの」として、一定量以内を一般補修、それ以上を一般改良で計画的に対応する。
Cランク
「当面補修や改良の必要はないがいずれ必要が生じるもの」とし、必要な時に対応できるように整理する。

被害のあった管路施設を目視およびカメラで検査し、表-4よりランク分けし、補修工事を行った結果を表-5に整理した。AもしくはBにランクされたヶ所を中心に耐蝕性があるとされている塩ビ管に布設替するか既設管の強度を補強する必要のあるヶ所は鞘管工法を採用して補修を行っている。

姥川汚水中継ポンプ場への流入管およびポンプ場のポンプ井壁面ともにコンクリート腐食を生じている様子はなかった。特に、ポンプ場はホテル街の中心に位置していることから脱臭のため水路部分の換気を行っており、機器、カバー等の腐食も少なかった。それに対し、ポンプに圧送後は着水井No.Aおよびトンネル部より下流の管底に段差のある区間ほど腐食が進行していた。

4. 汚水管路腐食原因の推定

下水管路施設のコンクリートを腐食、劣化する要因には気相中においては硫酸と二酸化炭素、下水中においては炭酸(浸食性炭酸)、硝酸、硫酸塩等が考えられるが、気相中の硫酸によるものを除いてほとんど問題になる濃度レベルではないとされている。²⁾

硫化水素発生および硫酸生成による管腐食は、既に調査、研究されており、次のとおりとされている。

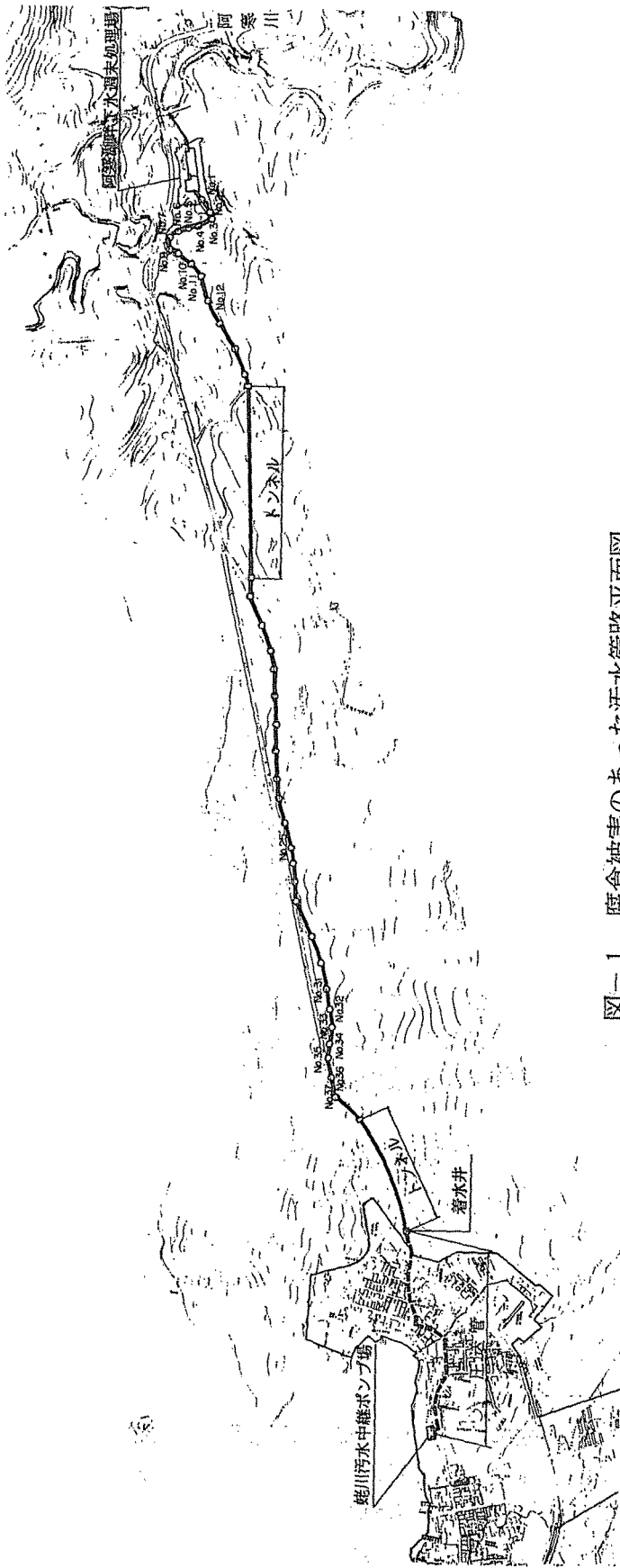


図-1 腐食被害のあった污水管路平面図



写真-1 陥没した污水管路の復旧作業状況

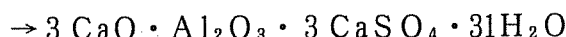
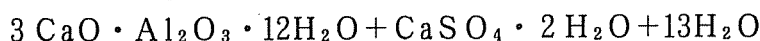
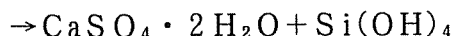
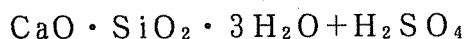
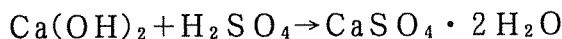


写真-2 污水管路の腐食状況

表-5 阿寒湖畔処理区污水管の腐食調査、補修状況

管渠番号	人孔番号	マンホール間距離 区間 (m)	加算 (m)	管径	段差	調査内容				防蝕工事				備考	
						管渠 結果	マンホール 結果	マンホール 結果	マンホール 結果	管渠 工法	マンホール 工法	マンホール 工法	マンホール 工法		
1	着水井	8.12	3,084.26	600	有	B	3	B	3	替	6				塩ビ管布設替
21	Na1	49.71	3,076.14	350		B	3	B	3	替	3				塩ビ管布設替
32	Na2	21.52	3,026.43	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
43	Na3	37.94	3,004.91	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
54	Na4	27.79	2,966.97	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
65	Na5	25.09	2,939.18	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
76	Na6	25.28	2,914.09	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
87	Na7	36.47	2,888.81	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
98	Na8	36.24	2,852.34	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
109	Na9	35.44	2,816.10	350	有	A	3	A	3	替	3				塩ビ管布設替
110	Na10	49.64	2,780.66	600		B	3	B	3						
121	Na11	74.02	2,731.02	600		C	3	C	3						
	Na12~15	333.98	2,657.00	600				良	3						
B	NaB-15	519.57	2,397.04	600											点検口
152-B	NaB	61.74	1,877.47	600											2号トンネル
165	Na15-B	75.07	1,815.73	600											点検口
	Na16~24	690.08	1,740.66	600				良	3						
265	Na25	74.92	1,125.65	600				良	3						
276	Na26	49.56	1,050.73	600				良	3						
287	Na27	50.12	1,001.17	600				C	3						
298	Na28	76.99	951.05	600				C	3						
309	Na29	54.63	874.06	600				C	3						
310	Na30	70.24	819.43	600		C	6	C	3						
321	Na31	59.90	749.19	600		C	6	C	3						
332	Na32	69.60	689.29	600		A	4	B	3	バ	6	D-2	6		FRM管パイプインパイプ
343	Na33	49.85	619.69	600	有	A	3	A	3	バ	5	D-2	5		FRM管パイプインパイプ
354	Na34	32.72	569.84	600	有	A	3	A	3	バ	5	D-2	5		FRM管パイプインパイプ
365	Na35	47.58	537.12	600	有	A	3	A	3	バ	4	D-2	4		FRM管パイプインパイプ
376	Na36	59.90	489.54	600	有	A	4	A	3			D-2	4		
437	Na37	78.39	429.64	600				B	3						点検口
	NaA37	351.25	351.25	600											1号トンネル
着水井	NaA			600											点検口

- ・ 下水中（嫌気性条件下、硫酸塩還元細菌）
 $SO_4^{2-} + 5H_2 \rightarrow H_2S \uparrow + 4H_2O + 2e^-$
- ・ 気相中（好気性条件下、硫黄酸化細菌）
 $H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4$
- ・ セメント内の成分と反応



このような調査・研究結果と写真-1~2に示した污水管路腐食事例とが極めて類似していることから以下のような調査を行った。

- (1) 流入下水中に占める温泉排水の割合が高く、流入水温が高い。

表-1に示したように当処理区では計画時点でも相当量の温泉排水を見込んでおり、調査を行った平成3年では流入下水のうち約4~5割が温泉排水と想定している。別系統でポンプ圧送している温泉排水の水温は36℃であり、終末処理場流入下水の水温は平均24℃と道内他処理場（10℃~18℃、平均15℃程度）と比較して9℃程度高くなっている。

- (2) 流入下水中に占める観光排水の割合が高く、流入下水のBOD濃度が高いシーズンがある。

(1)と同様に当処理区では観光排水の占める割合が高く、特に5~10月の観光シーズンに流入BODが200~300mg/lと高くなる傾向にある。計画時点では流入BODは150mg/lであり観光排水の水質は余り高く設定しておらず原因は不明であるが、観光排水のBOD濃度が予想よりも高いためと考えられる。

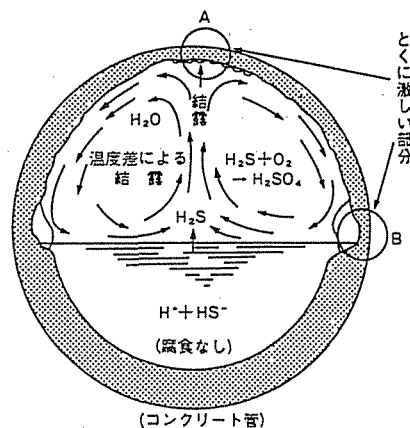


図-2 管路腐食機構図

- (3) 流入下水中の硫酸イオンは高いとはいえないが、嫌気化が進行しやすい条件である。
 温泉排水の硫酸イオン濃度は63mg/lと高いが、当処理場の流入下水の硫酸イオンは30mg/l程度であった。一般に、下水中には上水、し尿、洗剤由来の硫酸イオンが30~80mg/l含まれているとされており²⁾、決して高い値とは言えないが、(1)、(2)の理由により当処理区の下水が嫌気化しやすい条件下にあることは間違いない。
- (4) 供用開始当初は、蛭川ポンプ場からの圧送時間が6~15時間/日と間欠運転となっており、ポンプ井、圧送管内で嫌気化が進行していたと予想される。

表-6 蛭川汚水中継ポンプ場の運転状況

		S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	備 考
汚水圧送量 (m ³ /日)	年平均	1,076	1,648	2,515	3,012	3,493	3,275	3,391	3,396	
	5~10月	1,123	1,708	2,637	3,286	3,783	3,534	3,626	3,732	
ポンプ運転時間 (hr/日)	年平均	6.3	9.4	15.5	20.9	23.1	22.1	22.6	22.7	No.1ポンプのみ
	5~10月	6.3	9.6	16.3	21.5	23.8	22.7	23.1	23.4	2.5~7.5m ³ /hr

同ポンプ場は低水量対策として小容量のポンプを設置していないが、インバーター制御により、2.5~7.5m³/分まで調整可能とし、24時間運転に近い状態とする予定であった。また、圧送管のフラッシング運転は、当初1回/週程度行っていたが、ポンプ運転時間が増大してきた平成元年からは行っていなかった。

- (5) 蛭川ポンプ場~着水井までの縦断的な水質調査の結果、圧送区間でDOが減少し、H₂Sが高くなっていた。調査当時は、ほぼ24時間運転となっており、一定量圧送が可能なAM 9:30~10:30の間に3回測定し平均値を採用した。

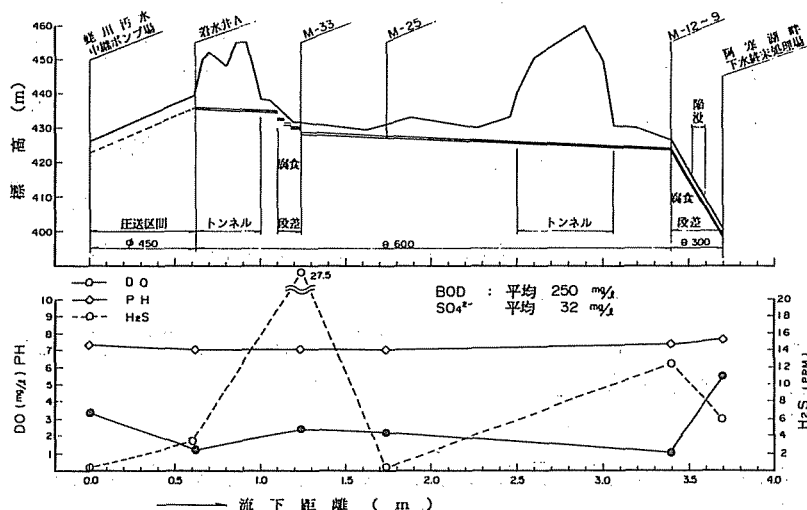


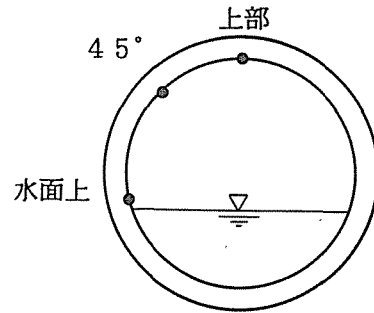
図-3 汚水管路の縦断図と水質の変化

- (6) 汚水管路内7ヶ所で管内壁面のpHを測定したところ、表-7に示すように酸性化が進行していることが確認された。

以上より、当地区の汚水管路腐食原因は、圧送管内および汚水管路内の沈澱堆積物による下水の嫌気化に伴うH₂Sの発生および管路内気相での硫酸化によるコンクリートの腐食と推定した。更に、当区間では、人孔鉄蓋の穴が少なく、換気が十分でない。特に、旧国道に布設しているため、維持管理が十分ではなく、秋は落葉、冬期は雪の下に埋もれてしまい密閉状態となったことが拍車をかけたものと考えている。

表-7 汚水管路のpH実測値

人孔No.	上部	45°	水面
10	4	3	4
12	6	6	6
16	5	—	—
25	6	—	—
26	6	7	6
29	6	4	6
35	1	—	3



5. 今後の対応策と課題

一般に硫化物の制御法としては、次のような方法が考えられるが、阿寒町では以下に示す理由により対応策の採用が難しい状況である。

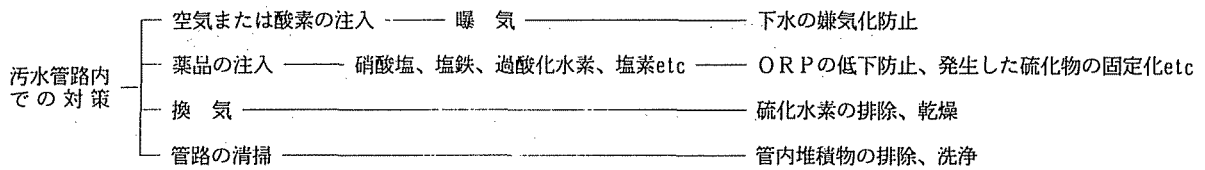


図-7 硫化物の制御法

- ① フラッシングによる清掃……ポンプ場内に調整槽なし、管内貯留を行うには人員不足。
- ② 曝気……ポンプ場内にスペースなし、着水井、管路は国立公園内で借地となっており、施設用地の確保が無理。
- ③ 換気……国立公園内で一部国道沿いであるため臭気が問題となりやすい。

従って、阿寒町としては現在でも嫌気化によるH₂Sの発生は続いており、特にトンネル部の腐食化が心配ではあるが、腐食の進行状況を把握しながら必要ヶ所の補修を行っていかざるを得ないと判断している。

一方、こういった事故を契機に設計上の反省点および課題を列記すると以下のとおりである。

- (1) 終末処理場は、用地の都合がつく限り、処理区域に近い方がよい。
- (2) 汚水管の維持管理の容易なルートを選定すること。今回の例は国立公園内の旧国道という特殊なケースであるが、冬期でも除雪されている位置が望ましい。一般に国道、道道の縦断占有は難しい状況であるが、道路と下水道の共生が必要であろう。
- (3) 距離の長いポンプ圧送の場合、着水井以下の汚水管路で段差のあるヶ所は腐食しやすいので耐蝕製の管種の採用を検討する。ただし、現在のところ補助事業で採択した事例はない。特に現在は、①ライフスタイルの変化により下水中の硫酸イオン濃度が増加傾向にあること³⁾、②MPの増大およびポンプ性能の向上、③ディスポーザーの利用の可能性等により、下水道施設の環境は悪化する傾向にあり、今後の教訓としたいと考えている。

参考文献

- 1) 森忠洋ほか：下水管生物腐食の原因と対策(1)、下水道協会誌論文集 Vol.27, No.316
- 2) 吉本国春：下水管路施設における硫化物の生成機構および制御法に関する研究、東京工業大学博士論文 1991.5
- 3) 酒井彰：下水道システムへの影響が懸念される製品の留意—下水排水管理に求められる視点—第2回下水文化研究発表会講演集 1993.11