

図 7.3 モニタリング調査の濃度分布図(1)

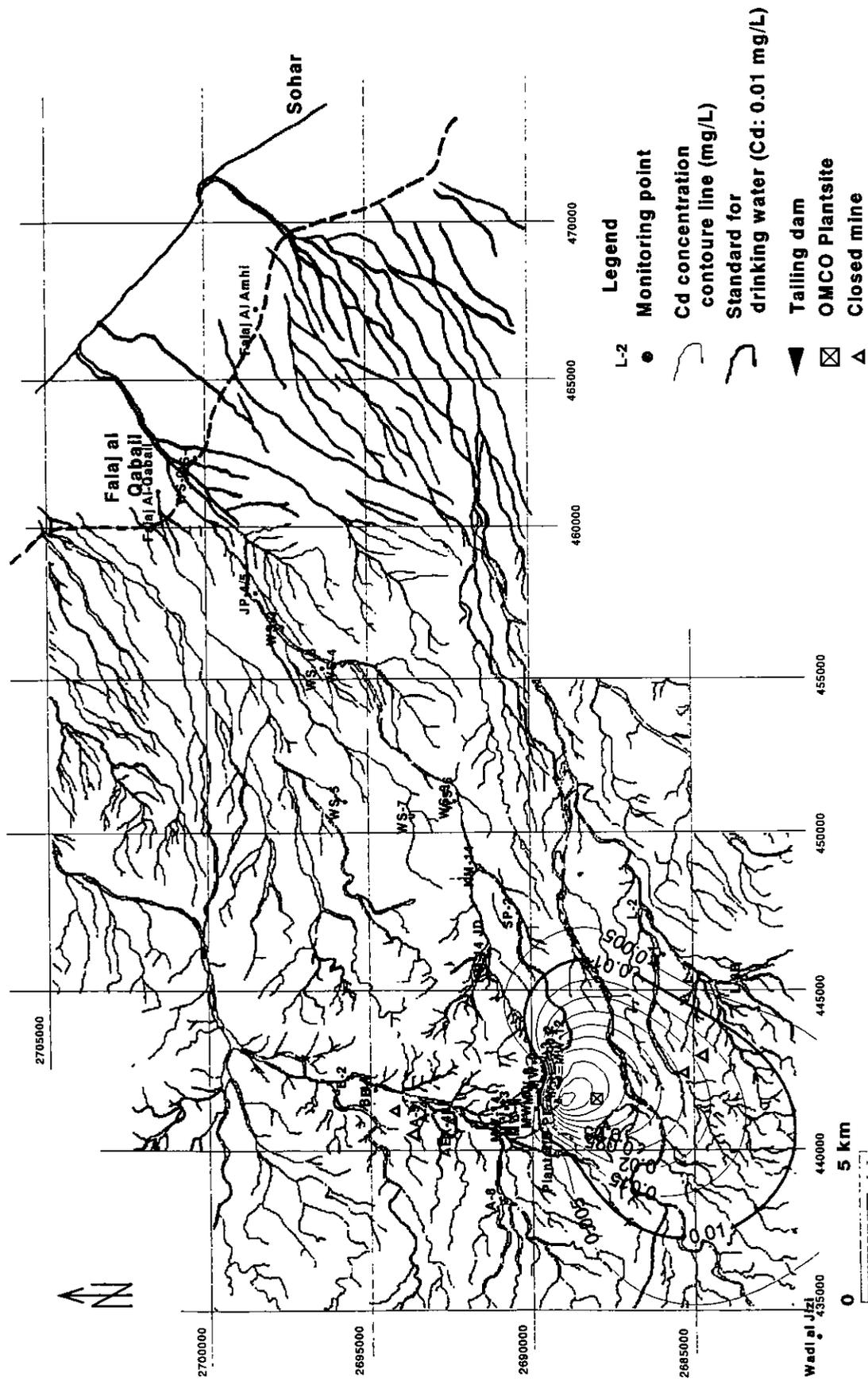


図 7.3 モニタリング調査の濃度分布図(2)

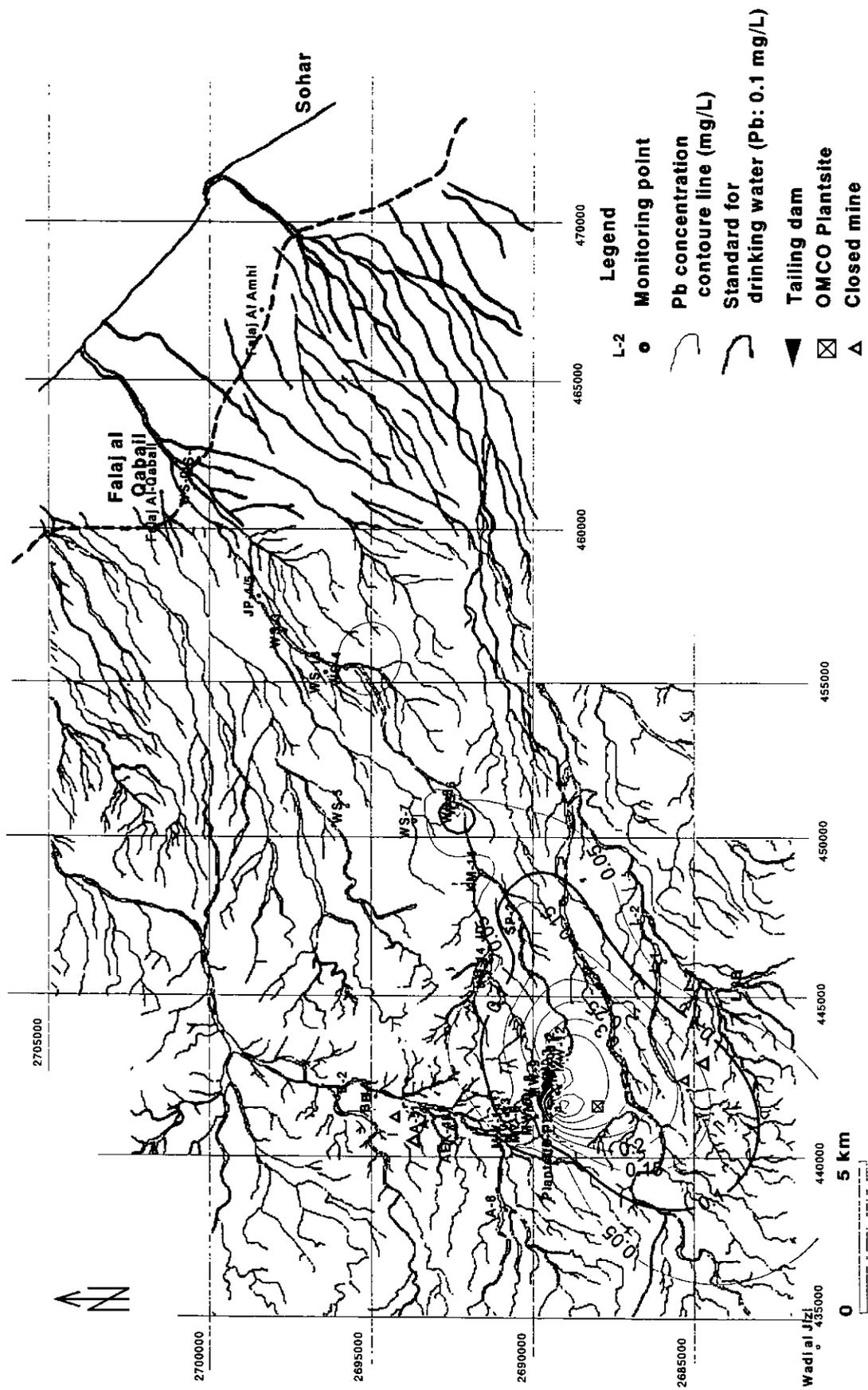


図 7.3 モニタリング調査の濃度分布図(3)

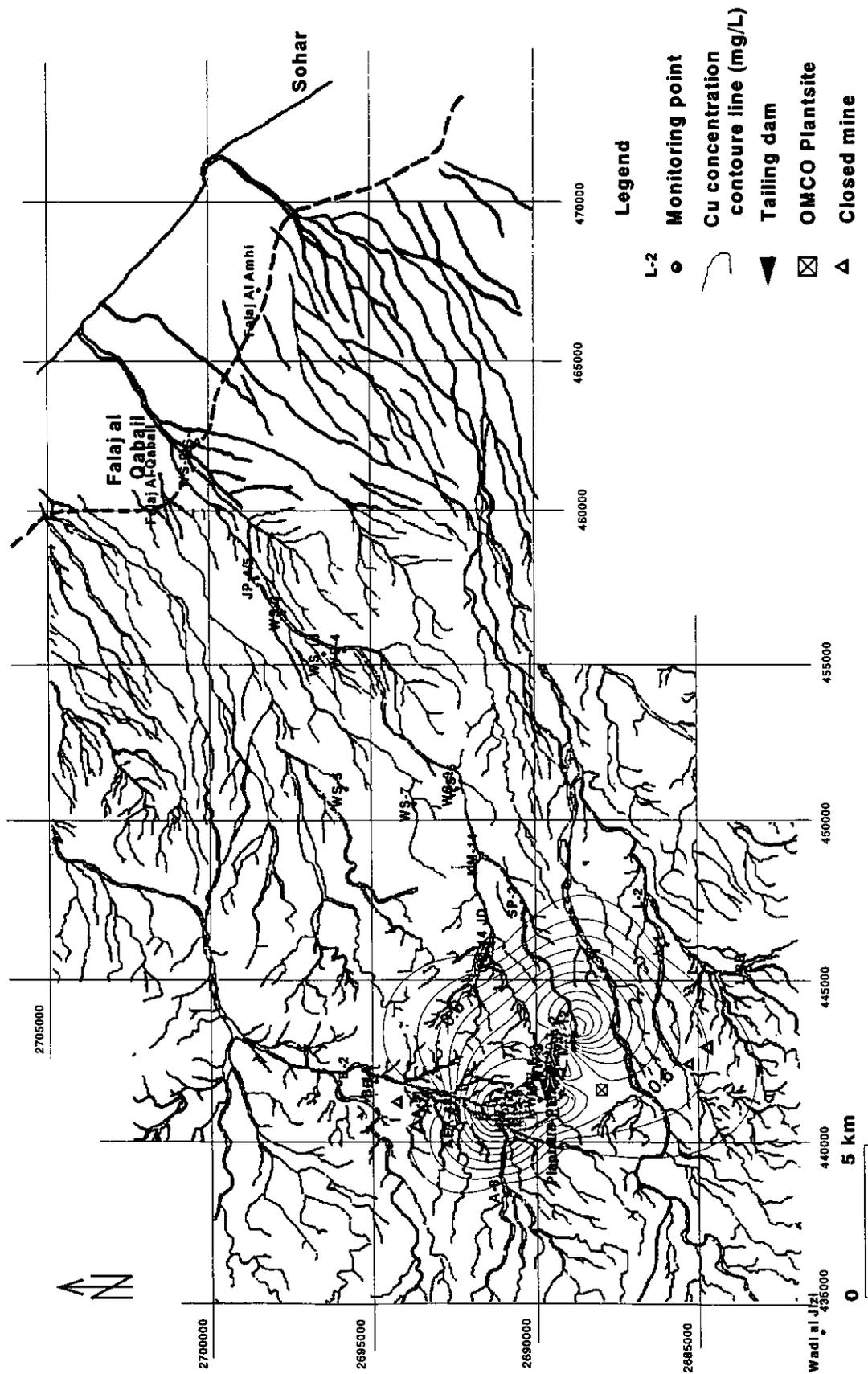


図 7.3 モニタリング調査の濃度分布図(4)

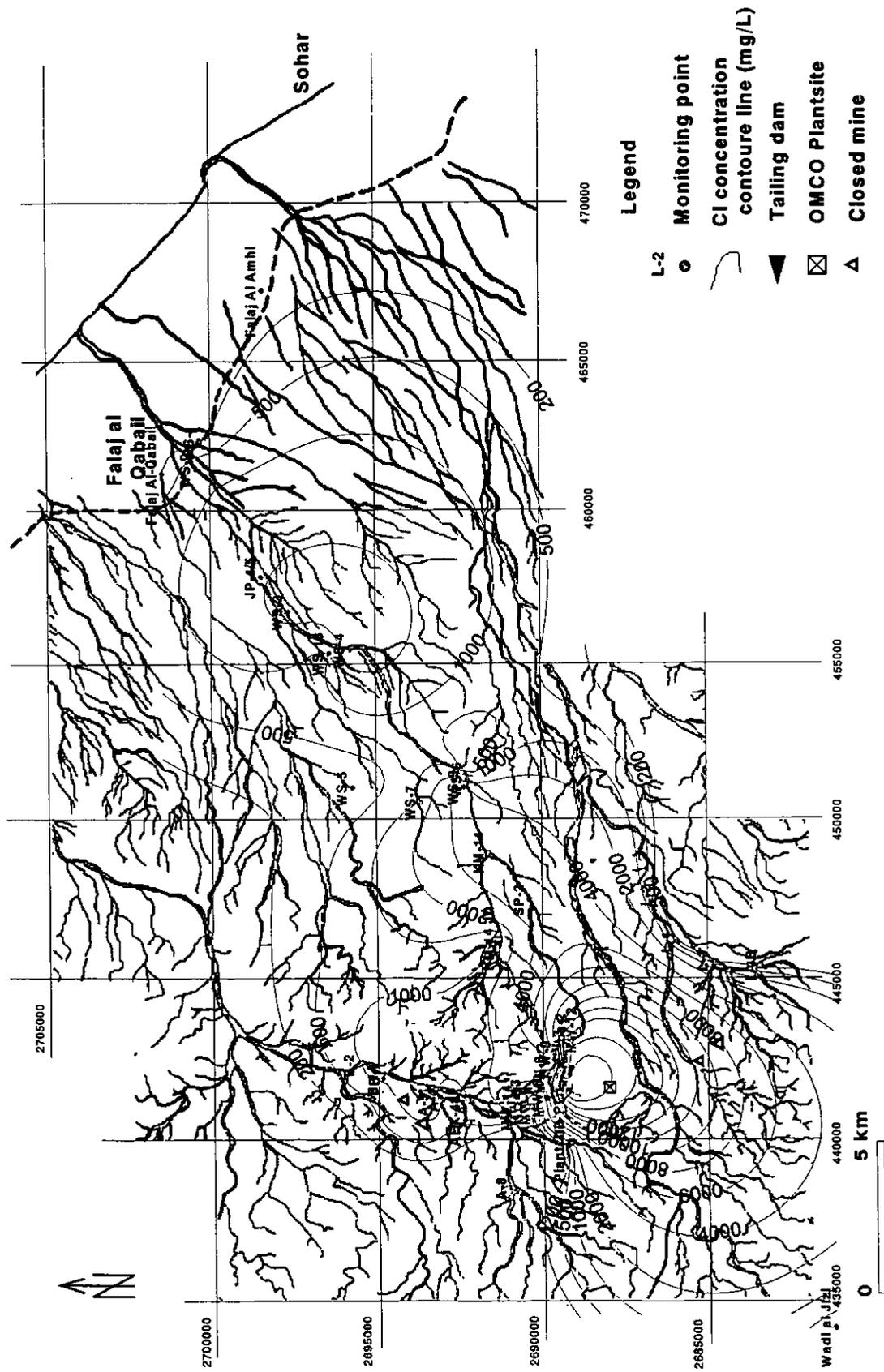


図 7.3 モニタリング調査の濃度分布図(6)

エストの鉱水が高い濃度を示す。

- ・ SO_4 は廃さい堆積場内、堆積場の北西方向、アージャの鉱水、ラサイル・ウエストの鉱水およびマガン周辺が高い濃度を示す。
- ・ Cl は廃さい堆積場内、堆積場の北西方向、ワジ・スーク川に沿って下流側まで高い濃度を示す。

7.3.3 水質の相関

各モニタリング地点の水質（平均値）の相関を表 7.3(1)～(2)および図 7.4 に示し、各水質間の特徴を以下に述べる。

- ・ 季節的变化はほとんどない。
- ・ 水質から 6 グループ (W-1～W-6) に区分される。
- ・ グループ W-1 は、廃さい堆積場からその下流部 MW-12 孔までであり、堆積場からの浸透水の影響を直接受けている。
- ・ グループ W-2 は廃さい堆積場の北部の支流であり、堆積場からの浸透水の影響を強く受けている。支流の河川水による希釈を受けていると推定される。
- ・ グループ W-3 は、ワジ・スーク川の上流部～中流部およびワジ・バニ・ウマール・アル・ガルビ川の上流部からベイダ部落までの範囲である。堆積場からの浸透水の影響を受けている。
- ・ グループ W-4 は、ワジ・スーク川の中流部に位置し、比較的 Cl の高い地下水であり、グループ W-3 と W-5 の中間的水質である。
- ・ グループ W-5 は、ワジ・スーク川の中流部～下流部に位置し、ワジ・スーク川の河川水を示していると考えられる。
- ・ グループ W-6 は、ワジ・アル・ジジ川の水質であり、ワジ・スーク川の下流側にも相関を有している。ワジ・アル・ジジ川の河川水の影響も推定される。
- ・ ボーリング調査におけるグループ区分と極めてよく一致している。

グループ G-1 = グループ W-1、W-3

グループ G-2 = グループ W-5、W-4

グループ G-3 = グループ W-6

7.3.4 水質汚染範囲

廃さい堆積場を汚染源として、ワジ・スーク川の下流側および北西部のワジ・バニ・ウマール・アル・ガルビ川の上流部に塩分および重金属類が拡散しており、汚染範囲はボーリング調査における汚染範囲の結果とほぼ一致している。

表 7.3 水質相關表(1)

No.	Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	MW-1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	MW-2	0.853	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	MW-3	0.981	0.748	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	MW-4	0.919	0.984	0.837	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	MW-5	-0.404	-0.497	-0.385	-0.513	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	MW-6	-0.738	-0.792	-0.654	-0.796	0.649	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	MW-7	-0.359	-0.408	-0.341	-0.394	0.243	0.254	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	MW-8	-0.577	-0.786	-0.430	-0.747	0.269	0.665	-0.142	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	MW-9	-0.549	-0.696	-0.484	-0.695	0.649	0.399	0.221	0.586	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	MW-11	0.790	0.583	0.777	0.682	-0.494	-0.787	0.055	-0.576	0.383	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	MW-12	-0.099	-0.541	0.077	-0.426	0.333	0.418	-0.101	0.797	0.570	-0.105	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	MW-13	-0.413	-0.594	-0.257	-0.530	-0.054	0.506	0.058	0.825	0.347	0.363	0.684	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	MW-14	-0.765	-0.870	-0.688	-0.885	0.561	0.734	-0.010	0.807	0.664	-0.684	0.522	0.387	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Planistie-1	-0.162	-0.225	-0.147	-0.229	-0.363	0.203	0.218	0.243	0.034	0.104	0.043	-0.032	0.396	1	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Trench-1	0.389	0.659	0.252	0.603	-0.564	-0.745	0.217	-0.879	-0.553	0.546	-0.851	-0.621	-0.762	0.029	1	-	-	-	-	-	-	-
16	Trench-2	0.902	0.756	0.888	0.833	-0.600	-0.877	-0.152	-0.568	-0.445	0.927	-0.122	-0.293	-0.807	-0.010	0.554	1	-	-	-	-	-	-
17	A-4	-0.339	-0.180	-0.391	-0.246	-0.377	-0.198	-0.014	0.009	-0.057	0.286	-0.029	0.354	0.195	0.286	0.886	0.315	-0.146	1	-	-	-	-
18	A-5	0.232	0.322	0.203	0.317	-0.188	-0.362	-0.701	0.123	0.173	0.025	0.144	0.122	-0.125	-0.063	-0.106	0.241	-0.179	1	-	-	-	-
19	A-7	-0.283	-0.504	-0.235	-0.495	0.794	0.469	-0.128	0.459	0.635	-0.347	0.527	-0.062	0.758	0.187	-0.684	-0.474	-0.023	-0.057	1	-	-	-
20	B-1	-0.054	-0.274	0.035	-0.236	-0.042	0.215	-0.581	0.595	0.023	0.175	0.499	0.235	0.582	0.657	-0.579	-0.193	0.335	0.050	0.503	1	-	-
21	B-1A	-0.282	-0.223	-0.294	-0.258	-0.408	-0.121	-0.146	0.169	-0.107	-0.077	-0.163	-0.064	0.368	0.955	0.133	-0.139	0.958	-0.183	0.051	0.571	1	-
22	B-2	-0.348	-0.245	-0.375	-0.297	-0.350	-0.077	-0.033	0.101	-0.112	-0.024	-0.027	-0.128	0.363	0.909	0.196	-0.206	0.976	-0.290	0.039	0.475	0.987	1
23	KM-14	-0.135	0.079	-0.202	-0.007	-0.527	-0.414	-0.255	-0.070	-0.143	0.011	-0.414	-0.228	0.099	0.824	0.406	0.030	0.925	0.075	-0.152	0.310	0.878	0.871
24	KM-14JD	-0.545	-0.226	-0.597	-0.288	-0.093	0.433	-0.232	0.242	-0.207	-0.589	-0.261	0.194	0.310	0.088	-0.149	-0.601	0.274	0.095	-0.132	0.178	0.290	0.308
25	Falaj al Qhail	-0.433	-0.151	-0.505	-0.227	0.404	0.513	0.526	-0.246	-0.112	-0.470	-0.463	-0.146	-0.015	-0.576	0.126	-0.535	-0.214	-0.481	-0.126	-0.555	-0.345	-0.205
26	JP-4/3	-0.002	0.246	-0.081	0.186	-0.495	-0.528	-0.517	-0.017	0.053	0.048	-0.248	-0.050	-0.074	0.432	0.281	0.179	0.483	0.746	-0.246	0.066	0.406	0.342
27	WS-1	0.244	-0.221	0.401	-0.083	0.196	0.357	0.008	0.397	-0.016	0.154	0.734	0.396	0.166	-0.114	-0.598	0.088	-0.475	-0.294	0.315	0.448	-0.238	-0.301
28	WS-2	0.367	0.251	0.420	0.318	-0.059	-0.079	-0.628	0.279	0.064	0.047	0.478	0.379	-0.144	-0.364	-0.414	0.255	-0.619	0.800	-0.014	0.139	-0.504	-0.628
29	WS-3	-0.188	0.016	-0.222	-0.032	0.406	0.522	0.233	-0.135	-0.170	-0.477	-0.230	0.023	-0.123	-0.828	-0.091	-0.409	-0.597	-0.219	-0.130	-0.465	-0.650	-0.560
30	WS-4	-0.305	-0.092	-0.352	-0.150	0.373	0.444	0.624	-0.281	-0.105	-0.356	-0.388	-0.079	-0.152	-0.699	0.161	-0.383	-0.366	-0.512	-0.214	-0.666	-0.498	-0.360
31	WS-5	0.377	0.192	0.447	0.278	-0.130	-0.128	-0.654	0.355	0.097	0.133	0.570	0.417	-0.075	-0.175	-0.445	0.306	-0.494	0.794	0.036	0.280	-0.350	-0.494
32	WS-6	-0.295	-0.433	-0.222	-0.392	0.338	0.729	0.374	0.230	-0.179	-0.300	0.179	0.203	0.317	-0.162	-0.382	-0.468	-0.170	-0.760	0.200	0.204	-0.046	0.012
33	WS-7	-0.474	-0.042	-0.593	-0.159	0.243	0.330	0.357	-0.307	-0.113	-0.506	-0.651	-0.221	-0.056	-0.452	0.282	-0.517	-0.018	-0.224	-0.239	-0.593	-0.203	-0.070
34	WS-9	-0.156	-0.027	-0.203	-0.081	-0.502	-0.469	0.257	-0.190	0.010	0.237	-0.393	-0.160	-0.059	0.671	0.583	0.179	0.826	-0.145	-0.310	-0.080	0.703	0.731
35	WS-13	-0.557	-0.081	-0.695	-0.218	-0.075	0.088	0.228	-0.264	0.124	-0.414	-0.761	-0.282	0.065	0.120	0.449	-0.463	0.550	-0.168	-0.272	-0.336	0.361	0.472
36	SP-2	0.213	0.110	0.235	0.129	-0.597	-0.653	-0.051	-0.016	0.079	0.497	0.035	0.039	-0.142	0.663	0.355	0.523	0.556	0.187	-0.231	0.144	0.539	0.476
37	A-8	-0.223	0.030	-0.268	-0.006	0.262	0.430	-0.138	0.052	-0.068	-0.504	-0.118	0.179	-0.042	-0.707	-0.220	-0.397	-0.542	0.300	-0.140	-0.321	-0.575	-0.530
38	AEX-48	0.054	-0.150	0.138	-0.076	0.532	0.585	-0.042	0.299	0.084	-0.243	0.516	0.330	0.120	-0.685	-0.646	-0.221	-0.832	-0.012	0.295	0.040	-0.721	-0.741
39	Wadi al Jizi	-0.572	-0.357	-0.620	-0.426	0.226	0.517	0.586	-0.126	-0.175	-0.416	-0.454	0.145	0.216	-0.041	0.150	-0.595	0.281	-0.780	-0.048	-0.203	0.202	0.341
40	L-1	0.104	-0.044	0.179	0.032	0.333	0.485	-0.174	0.295	-0.023	0.213	0.468	0.411	0.009	-0.690	-0.587	-0.139	-0.847	0.173	0.105	0.024	-0.713	-0.754
41	L-2	-0.060	-0.242	0.026	-0.173	0.446	0.685	0.185	0.243	-0.094	-0.258	0.373	0.318	0.129	-0.590	-0.532	-0.308	-0.680	-0.371	0.179	0.038	-0.547	-0.528
42	L-3	0.263	-0.171	0.415	-0.036	0.219	0.376	-0.099	0.417	-0.015	0.098	0.749	0.428	0.144	-0.222	-0.653	0.072	-0.586	-0.150	0.305	0.428	-0.346	-0.20
43	L-3B	-0.424	-0.220	-0.467	-0.275	0.440	0.609	0.534	0.161	-0.133	-0.467	0.344	0.080	0.052	-0.556	0.011	-0.558	-0.252	-0.582	-0.054	-0.436	-0.335	-0.202
44	Falaj al Amhi	-0.365	-0.318	-0.355	-0.329	0.457	0.707	0.524	-0.012	-0.152	-0.406	-0.113	0.038	0.150	-0.473	-0.171	-0.538	-0.295	-0.712	0.064	-0.213	-0.293	-0.182
45	T/D Piezo DH-2	0.529	0.599	0.449	0.577	0.139	-0.369	0.320	-0.790	-0.263	0.387	-0.446	-0.589	-0.702	-0.646	0.549	0.441	-0.483	-0.187	-0.244	-0.722	-0.628	-0.550

表 7.3 水質相關表(2)

No.	Sample No.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
1	MW-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	MW-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	MW-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	MW-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	MW-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	MW-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	MW-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	MW-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	MW-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	MW-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	MW-12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	MW-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	MW-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Planisite-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Trench-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Trench-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	A-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	A-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	A-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	B-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	B-1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	B-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	KM-14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	KM-14JD	0.192	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Falaj al Oubail	-0.356	0.405	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	JP-4/3	0.676	0.250	-0.466	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	WS-1	-0.581	-0.296	-0.216	-0.692	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	WS-2	-0.419	0.014	-0.392	0.247	0.274	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	WS-3	-0.623	0.338	0.869	-0.513	0.030	0.054	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	WS-4	-0.472	0.182	0.958	-0.568	-0.113	-0.348	0.883	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	WS-5	-0.316	-0.031	-0.563	0.300	0.333	0.976	-0.147	-0.526	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	WS-6	-0.430	0.261	0.527	-0.838	0.605	-0.315	0.499	0.502	-0.340	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	WS-7	-0.087	0.549	0.921	-0.088	-0.559	-0.353	0.750	0.829	-0.523	0.218	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	WS-9	0.826	-0.118	-0.255	0.494	-0.560	-0.605	-0.625	-0.264	-0.500	-0.424	-0.060	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	WS-13	0.484	0.626	0.595	0.315	-0.806	-0.566	0.254	0.432	-0.638	-0.030	0.814	0.442	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	SP-2	0.664	-0.431	-0.746	0.553	-0.214	-0.128	-0.880	-0.673	0.027	-0.620	-0.592	0.804	-0.127	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	A-8	-0.515	0.609	0.608	-0.051	-0.125	0.450	0.811	0.539	0.279	0.180	0.644	-0.664	0.260	-0.792	1	-	-	-	-	-	-	-	-
38	AEX-48	-0.909	0.045	0.291	-0.638	0.680	0.523	0.631	0.341	0.431	0.549	0.031	-0.961	-0.497	-0.771	0.596	1	-	-	-	-	-	-	-
39	Wadi al Jizi	0.036	0.454	0.818	-0.450	-0.157	-0.764	0.503	0.722	-0.832	0.676	0.728	0.111	0.680	-0.457	0.178	-0.035	1	-	-	-	-	-	-
40	L-1	-0.852	0.172	0.228	-0.454	0.595	0.678	0.614	0.269	0.584	0.427	0.035	-0.946	-0.461	-0.719	0.701	0.961	-0.138	1	-	-	-	-	-
41	L-2	-0.826	0.143	0.475	-0.822	0.715	0.204	0.695	0.516	0.120	0.823	0.159	-0.825	-0.329	-0.797	0.507	0.916	0.302	0.848	1	-	-	-	-
42	L-3	-0.658	-0.270	-0.197	-0.639	0.981	0.432	0.118	-0.103	0.469	0.560	-0.516	-0.688	-0.819	-0.310	0.037	0.780	-0.229	0.726	0.763	1	-	-	-
43	L-3B	-0.431	0.391	0.980	-0.608	-0.031	-0.391	0.873	0.943	-0.546	0.683	0.835	-0.341	0.482	-0.796	0.572	0.400	0.844	0.315	0.614	-0.022	1	-	-
44	Falaj al Ambhi	-0.520	0.308	0.857	-0.800	0.286	-0.367	0.795	0.839	-0.482	0.882	0.610	-0.440	0.243	-0.794	0.443	0.538	0.812	0.422	0.786	0.273	0.942	1	-
45	T/D Piezo DH-2	-0.385	-0.539	0.371	-0.356	-0.104	-0.122	0.417	0.525	-0.254	-0.083	0.284	-0.145	-0.048	-0.203	0.071	0.116	0.051	0.039	0.102	-0.106	0.318	0.215	1

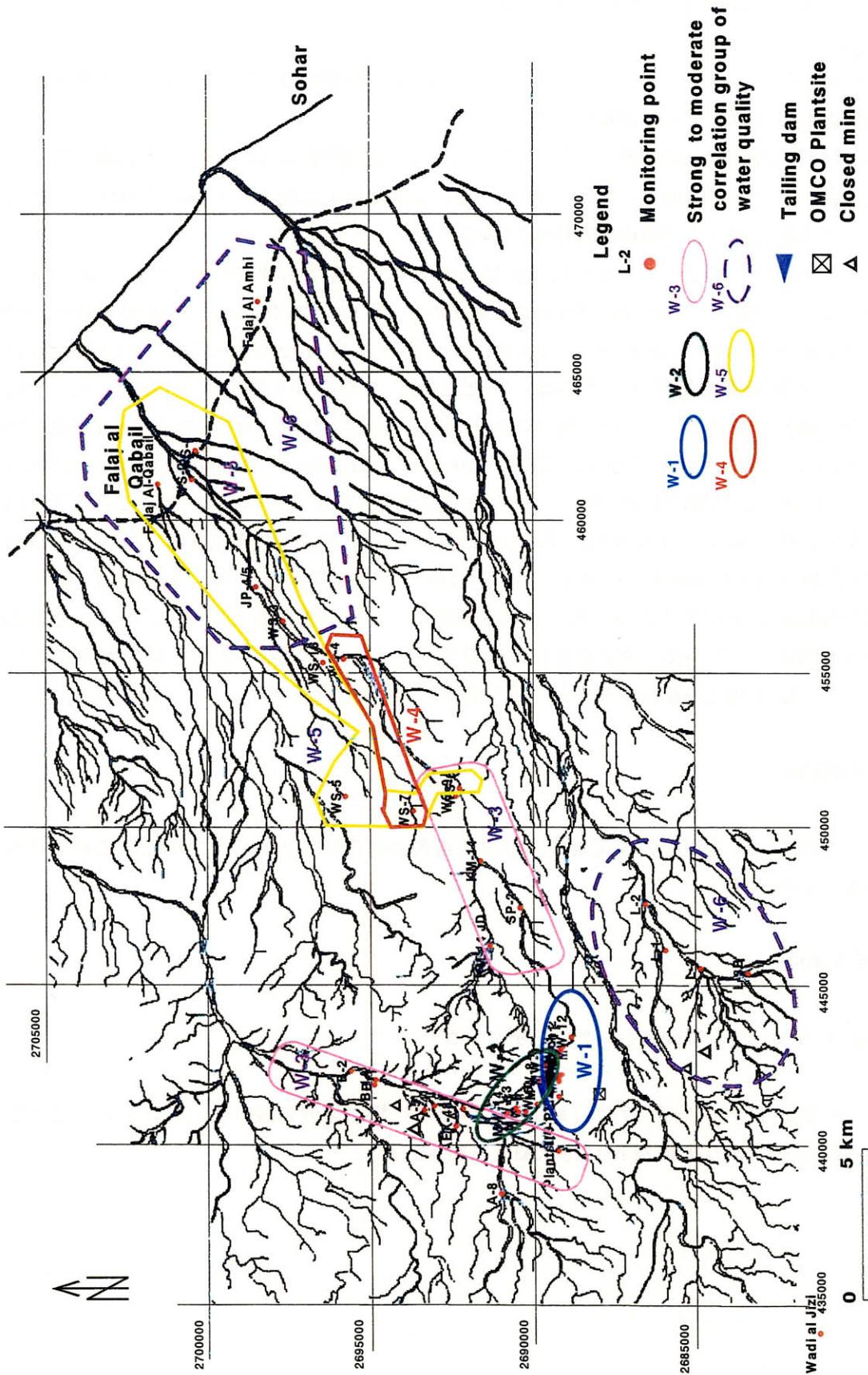


图 7.4 水质関連図

7.4 ワジ・スーク川における地下水のモデリング

本調査の一環として、ワジ・スーク川の地下水汚染対策の長期的な効果を評価するために地下水および汚染物質輸送のモデリングを行った。

地下水および汚染物質輸送のモデリングでは、いくつかの定量的な情報・データが必要である。必要な情報・データとしては地質、地形、現況の地下水水位および地下水水質があるが、これらの情報・データは本調査および既存調査結果に基づいた。

ワジ・スーク川の地下水モデリングにはコンピュータ・プログラム MODFLOW (McDonald, M. G., & A. W. Harbaugh, 1988, *A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model, Techniques of Water Resources Investigations 06-A1, United States Geological Survey*) を用いて行った。汚染物質のモデリングには、コンピュータ・プログラム MT3DMS (Zheng, C., Wang, P., 1998, *“MT3DMS: A Modular Three-Dimensional Multispecies Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems, University of Alabama*) を用いて行った。これらのプログラムはユタ州のプローブにあるブリハム・ヤング大学で Environmental Modeling Research Laboratory (EMRL) が作成され、United States Department of Defense Groundwater Modeling System GMS Ver. 3.0 として市販されている。

モデル対象域は図 7.5 に示すように廃さい堆積場からオマーン湾に至るワジ・スーク川全体およびその支流を領域としている。地下水水位は最近のワジ・スーク川における測定結果 (2000 年 12 月) を採用した。地下水水位の初期条件を図 7.6 に示す。

7.4.1 浄化対策案

ワジ・スーク川の地下水汚染の浄化対策案は本報告書の他の項で述べられている。これらの対策の要約を表 7.4 に示す。

7.4.2 モデル条件

(1) Trenches -1 および Trenches -2 のモデリング

トレンチ -1 および トレンチ -2 には地下の一定深度に排水領域を設けた。トレンチ-1 については地下 1.0m から 4.0m の標高 224m に排水領域を設定した。