

○積水化学工業株式会社編：水道配水用ポリエチレン管技術資料引用

7-3 摩擦損失水頭と動水勾配

管内水の流れが持つ全エネルギーは、運動エネルギー、位置エネルギー、圧力エネルギーの和となる。水には粘性があるために、管内を水が流れると摩擦が生じ、熱エネルギーが発生してエネルギー損失が生じる。エネルギー量を水の重量で割って高さ(m)で表したものを水頭といい、各エネルギーはそれぞれ速度水頭、位置水頭、圧力水頭と呼び、エネルギー損失は摩擦損失水頭(h)と呼ぶ。また、位置水頭と圧力水頭の和をピエゾ水頭ともいう。

図7-1に示すように、管水路の各断面における全水頭を結んだ線をエネルギー線、ピエゾ水頭を結んだ線を動水勾配線、動水勾配線の傾きを動水勾配(I)という。管水路の断面積(A)が一定で、速度水頭が一定であれば、動水勾配(I)と延長距離(l)の積が摩擦損失水頭(h)になる。

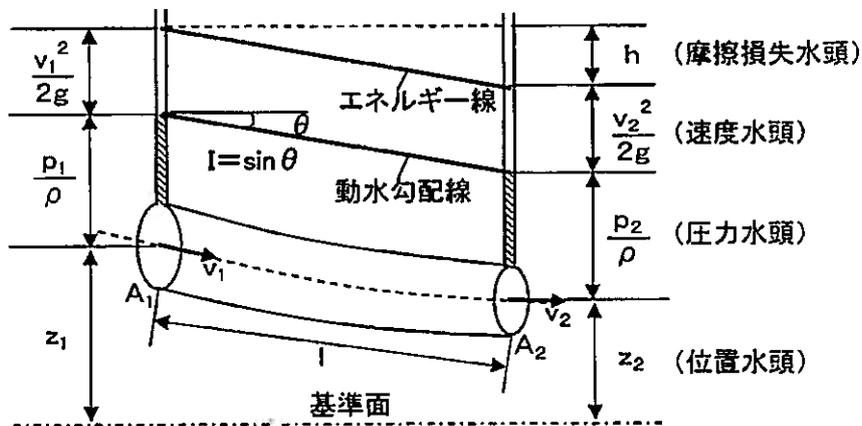


図 7-1 動水勾配線とエネルギー線

- 1) $Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$ (連続の式) より $A_1 = A_2$ のとき $v_1 = v_2$
- 2) 管の中心が動水勾配線より上にある区間では圧力水頭が負になり、これを"サイホン"という。

7-4 水理公式

配水用ポリエチレン管の流量計算は、ヘーゼン・ウィリアムズの式を使用する。

$$V = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad \dots\dots\dots \text{式 (7.1)}$$

ここに、
 V: 平均流速 (m/sec)
 C: 流速係数 (=140)
 R: 径深 = 流水の断面積 / 管路断面における接液部の周長さ (m)
 I: 動水勾配

また、円管の場合、管内径をd(m)とすると $R = d/4$ なので

$$V = 0.35464 \cdot C \cdot d^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad \dots\dots\dots \text{式 (7.2)}$$

また、流量Q(m³/sec)は、断面積をA(m²)とすると

$$Q = V \cdot A = 0.27853 \cdot C \cdot d^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad \dots\dots\dots \text{式 (7.3)}$$

これを変形すれば次のようになる。

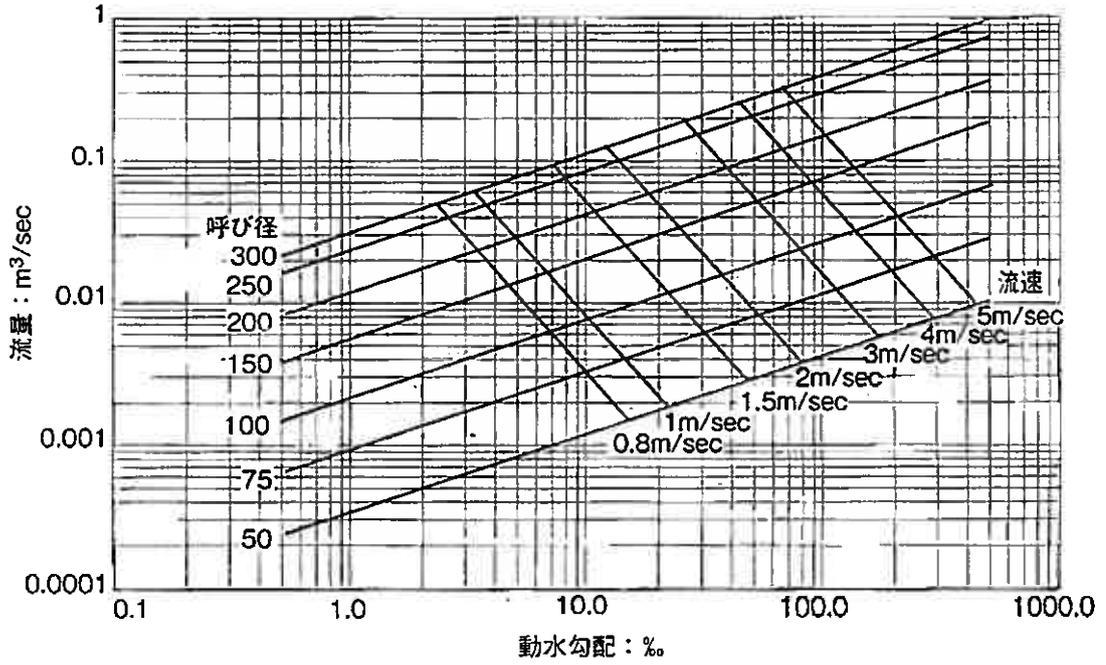
$$d = 1.6258 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.205} \quad \dots\dots\dots \text{式 (7.4)}$$

また、動水勾配Iは、摩擦損失水頭をh(m)、管の延長をl(m)とすると

$$I = h/l = 10.666 C^{-1.85} \cdot d^{4.87} \cdot Q^{1.85} \quad \dots\dots\dots \text{式 (7.5)}$$

7-5 流量線図

[JWWA K 144、PTC K 03、ISO 4427]



[PWA 001]

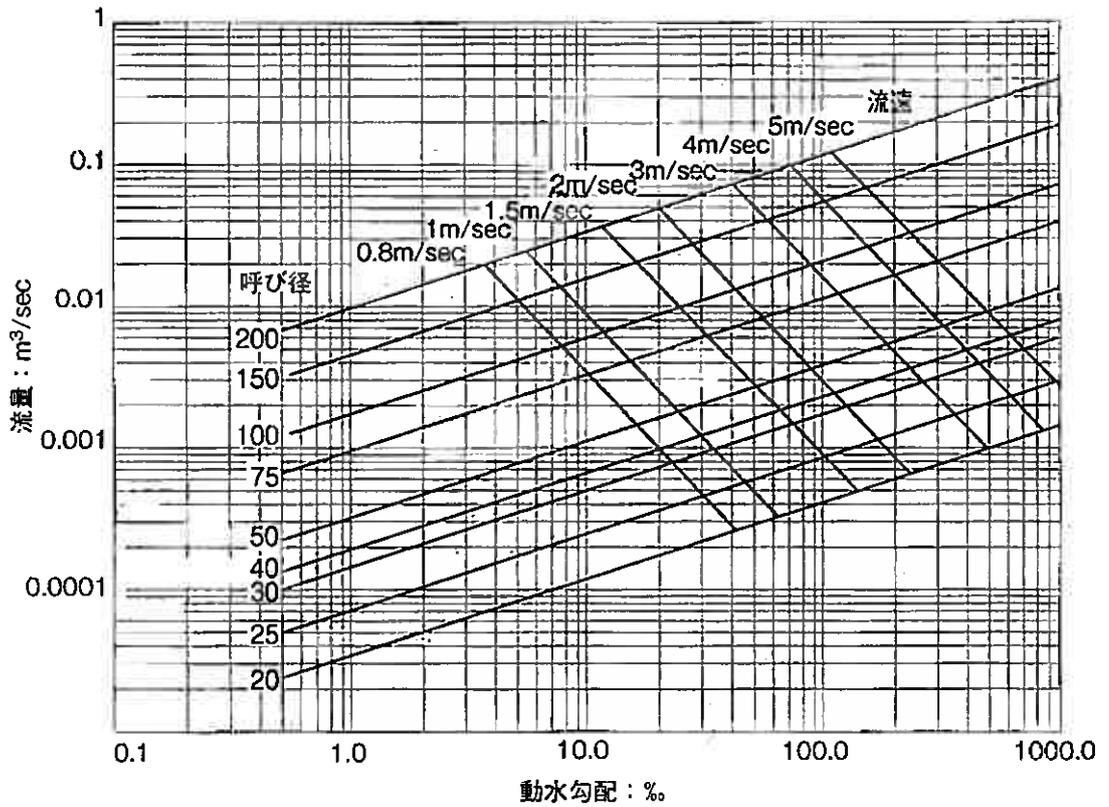


図7-1 配水用ポリエチレン管の流量図 (ヘーゼン・ウィリアムズ公式)

表 7-2 配水用ポリエチレン管の流量表 (ハーゼン・ウィリアムズ公式)

内径 (mm)	$Q=0.27853 \cdot C \cdot d^{2.63} \cdot l^{0.54} (\text{m}^3/\text{sec}) [\times 10^3]$															
	JWWA K 144				PTCK03	ISO 4427		PWA 001								
	50	75	100	150	200	250	300	20	25	30	40	50	75	100	150	200
50.7	72.6	100.8	145.3	201.9	254.7	287.2	19.6	26.6	33.6	38.5	48.2	71.7	91.9	133.3	174.4	
0.5	0.253	0.650	1.540	4.029	9.571	17.63	24.18	0.021	0.046	0.086	0.123	0.221	0.629	1.208	3.212	6.512
1.0	0.367	0.945	2.239	5.858	13.92	25.64	35.16	0.030	0.067	0.125	0.178	0.322	0.914	1.756	4.670	9.468
1.5	0.457	1.176	2.787	7.292	17.32	31.91	43.76	0.038	0.084	0.155	0.222	0.400	1.138	2.186	5.813	11.79
2.0	0.534	1.373	3.256	8.518	20.23	37.27	51.12	0.044	0.098	0.181	0.259	0.468	1.329	2.553	6.790	13.77
2.5	0.603	1.549	3.673	9.608	22.82	42.05	57.67	0.049	0.110	0.204	0.292	0.528	1.499	2.880	7.659	15.53
3.0	0.665	1.710	4.053	10.60	25.19	46.40	63.63	0.055	0.122	0.225	0.322	0.582	1.654	3.178	8.452	17.14
3.5	0.723	1.858	4.405	11.52	27.37	50.43	69.15	0.059	0.133	0.245	0.350	0.633	1.798	3.454	9.185	18.62
4.0	0.777	1.997	4.734	12.38	29.42	54.20	74.33	0.064	0.142	0.263	0.377	0.680	1.933	3.712	9.872	20.02
4.5	0.828	2.128	5.045	13.20	31.35	57.76	79.21	0.068	0.152	0.281	0.401	0.725	2.059	3.956	10.52	21.33
5.0	0.876	2.253	5.340	13.97	33.19	61.14	83.84	0.072	0.161	0.297	0.425	0.767	2.180	4.188	11.14	22.58
6.0	0.967	2.486	5.893	15.42	36.62	67.46	92.52	0.079	0.177	0.328	0.469	0.846	2.406	4.621	12.29	24.92
7.0	1.051	2.702	6.404	16.75	39.80	73.32	100.5	0.086	0.193	0.356	0.509	0.920	2.614	5.022	13.36	27.08
8.0	1.129	2.904	6.883	18.01	42.77	78.80	108.1	0.093	0.207	0.383	0.548	0.989	2.810	5.397	14.35	29.10
9.0	1.204	3.094	7.335	19.19	45.58	83.97	115.2	0.099	0.221	0.408	0.584	1.054	2.994	5.752	15.30	31.01
10	1.274	3.275	7.764	20.31	48.25	88.89	121.9	0.105	0.234	0.432	0.618	1.115	3.170	6.089	16.19	32.83
15	1.586	4.077	9.665	25.28	60.06	110.6	151.7	0.130	0.291	0.537	0.769	1.388	3.946	7.579	20.16	40.87
20	1.852	4.762	11.29	29.53	70.16	129.2	177.2	0.152	0.340	0.628	0.898	1.622	4.609	8.853	23.54	47.73
25	2.090	5.372	12.73	33.32	79.14	145.8	199.9	0.172	0.383	0.708	1.013	1.829	5.199	9.986	26.56	53.85
30	2.306	5.928	14.05	36.76	87.33	160.9	220.6	0.189	0.423	0.781	1.118	2.019	5.737	11.02	29.31	59.42
35	2.506	6.443	15.27	39.95	94.91	174.8	239.8	0.206	0.459	0.849	1.215	2.194	6.235	11.98	31.85	64.57
40	2.693	6.924	16.41	42.94	102.0	187.9	257.7	0.221	0.494	0.913	1.306	2.358	6.701	12.87	34.23	69.40
45	2.870	7.379	17.49	45.76	108.7	200.3	274.6	0.236	0.526	0.973	1.392	2.513	7.141	13.72	36.48	73.96
50	3.038	7.811	18.52	48.44	115.1	212.0	290.7	0.250	0.557	1.030	1.473	2.660	7.559	14.52	38.61	78.29
60	3.353	8.619	20.43	53.45	127.0	233.9	320.8	0.275	0.615	1.136	1.625	2.935	8.341	16.02	42.61	86.39
70	3.644	9.367	22.21	58.09	138.0	254.2	348.6	0.299	0.668	1.235	1.767	3.190	9.065	17.41	46.31	93.89
80	3.916	10.07	23.87	62.43	148.3	273.2	374.7	0.322	0.718	1.327	1.899	3.428	9.743	18.71	49.77	100.9
90	4.173	10.73	25.43	66.53	158.1	291.2	399.3	0.343	0.765	1.414	2.023	3.653	10.38	19.94	53.04	107.5
100	4.417	11.36	26.92	70.43	167.3	308.2	422.7	0.363	0.810	1.497	2.142	3.867	10.99	21.11	56.14	113.8
150	5.499	14.14	33.51	87.67	208.3	383.7	526.2	0.452	1.008	1.864	2.666	4.814	13.68	26.28	69.89	141.7
200	6.423	16.51	39.14	102.4	243.3	448.1	614.6	0.527	1.178	2.177	3.114	5.623	15.98	30.70	81.63	165.5
250	7.245	18.63	44.16	115.5	274.4	505.5	693.3	0.595	1.328	2.456	3.513	6.343	18.03	34.63	92.09	186.7
300	7.995	20.55	48.72	127.5	302.8	557.8	765.0	0.657	1.466	2.710	3.876	6.999	19.89	38.21	101.6	206.0
350	8.689	22.34	52.95	138.5	329.1	606.3	831.4	0.714	1.593	2.945	4.213	7.607	21.62	41.53	110.4	223.9
400	9.339	24.01	56.91	148.9	353.7	651.6	893.6	0.767	1.712	3.165	4.528	8.176	23.23	44.63	118.7	240.6
450	9.952	25.59	60.65	158.7	376.9	694.4	952.3	0.817	1.825	3.373	4.825	8.713	24.76	47.56	126.5	256.4
500	10.53	27.08	64.20	168.0	399.0	735.0	1008.0	0.865	1.931	3.570	5.107	9.223	26.21	50.35	133.9	271.5

- 下水道ポリエチレン管継手協会編：下水道用ポリエチレン管技術資料引用

表 2-3 各管種毎の流速係数

管	種	流速係数(C) 標準
ポリエチレン管	φ 200 以上	150
	φ 150 以下	140
塩 ビ 管	φ 200 以上	150
	φ 150 以下	140
鋼 管 (タールエポキシ塗装)	φ 800 以上	130
	φ 700 ~ φ 600	120
	φ 500 ~ φ 350	110
	φ 300 以下	100
鋳鉄管 (コールタール塗装)		100
鋳鉄管 (モルタルライニング)		130
鉄筋コンクリート管		130

出典：農林水産省構造改善局監修

【土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」基準書・技術書】

平成 21 年 3 月版