

# 液体への気体の溶解度 (1/3) (化学工学便覧 改訂6版, 丸善(株), (社)化学工学会編, 他)

## ヘンリー (Henry) の法則

$$p_2 = y_2 p = H_{21} x_2$$

ここで,  $p_2$ はガス成分2の気相の分圧 [Pa],  $y_2$ は気相中の成分2のモル分率,  $p$ は全圧 [Pa],  $H_{21}$ はHenry定数 [Pa] であり,  $x_2$ がガス成分のモル分率表示の溶解度である。この式は, ヘリウムや水素などを除いた分圧が数気圧以下のガスについて,  $x_2$ が0.03以下で成立する。ここで, Henry定数は溶質, 溶媒, 温度および圧力によって変化する値である。

### ガスの水に対するヘンリー定数H

### ガスの有機溶媒に対するヘンリー定数H

ガス	$H_0$ [MPa]	$A$ [-]	$B$ [-]	$C$ [-]	温度範囲 [K]	溶媒	$H_0$	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
CF <sub>4</sub>	26 530	51.745	-45.669		276~324	ヘキサン	$H_0$	153	73.6	51.2	20.1	-
He	14 480	14.287	-14.009		273~349		$A$	-1.424	1.681	5.520	0.826	-
N <sub>2</sub>	8 569	28.952	-24.798		273~349		$B$	0	-2.125	0	0	-
空気	7 262	26.149	-21.652		273~354	温度範囲[K]	$T_L \sim T_H$	213~299	213~299	295~314	290~313	-
H <sub>2</sub>	7 179	18.543	-16.889		273~354	四塩化炭素	$H_0$	314	158	84.4	35.5	9.51
CO	5 878	27.828	-23.337		273~349		$A$	-2.373	1.368	0.550	2.635	3.739
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	4 612	55.336	-44.862		273~349		$B$	0	-2.363	-0.554	-1.466	0
O <sub>2</sub>	4 420	29.339	-24.453		273~349	温度範囲[K]	$T_L \sim T_H$	273~334	253~334	273~334	253~334	283~304
CH <sub>4</sub>	4 041	30.561	-25.038	0.0428	273~354	ベンゼン	$H_0$	391	230	125	49.0	10.4
Ar	4 023	25.076	-20.140		273~349		$A$	-2.730	4.087	2.932	3.858	3.779
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3 747	53.400	-44.324		273~354		$B$	0	-5.646	-3.530	-3.230	0
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3 029	44.837	-37.553	0.6861	273~354	温度範囲[K]	$T_L \sim T_H$	283~339	280~334	283~344	286~334	283~314
NO	2 914	27.618	-22.816		273~359	アセトン	$H_0$	337	187	120	54.8	5.42
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1 181	26.697	-20.511		287~346		$A$	-0.399	1.266	2.411	3.613	6.24
O <sub>3</sub> *	439	6.592			277~294		$B$	-1.727	-2.349	-2.936	-2.957	0
COS	264.2	40.332	-30.366		273~304	温度範囲[K]	$T_L \sim T_H$	193~314	193~324	193~314	196~314	283~314
N <sub>2</sub> O	232	29.793	-21.253		273~314	エタノール	$H_0$	492	284	174	793	15.3
CO <sub>2</sub> *	165.8	29.319	-21.669	0.3287	273~354		$A$	-1.473	1.815	2.765	1.478	49.77
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	135.5	27.369	-21.402		273~344		$B$	0	-2.056	-2.353	0	-44.91
H <sub>2</sub> S*	54.75	27.592	-20.231	-0.3858	273~334	温度範囲[K]	$T_L \sim T_H$	193~314	213~324	248~344	290~314	283~314

注:  $\ln(H/H_0) = A(1 - T_0/T) + B \ln(T/T_0) + C(T/T_0 - 1)$ ;  $T_0 = 298.15K$ .

\*水中の反応を無視

[Wilhelm, E., R. Battino and R. J. Wilcock: *Chem. Rev.*, 77, 219 (1977); IUPAC Solubility Data Series: vol. 1 (He, Ne), vol. 2 (Kr, Xe, Rn), vol. 4 (Ar), vol. 5/6 (H<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>), vol. 7 (O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), vol. 8 (N<sub>2</sub>, O, NO), vol. 9 (Ethane), vol. 10 (N<sub>2</sub>, air), vol. 12 (SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>O, ClO<sub>2</sub>), vol. 24 (Propane, Butane, 2-Methylpropane), vol. 27/28 (Methane), vol. 43 (CO), Pergamon, Oxford since vol. 1 (1979) and now]

注:  $\ln(H/H_0) = A(1 - T_0/T) + B \ln(T/T_0)$ ;  $T_0 = 298.15K$ ,  $H_0$ [MPa]

### 各種ガスの水に対するヘンリー定数E

\*補間値

ガス	E×10 <sup>-4</sup>															
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃	45℃	50℃	60℃	70℃	80℃	90℃	100℃
He	12.9		12.6		12.5		12.4		12.1		11.5					
H <sub>2</sub>	5.79	6.08	6.36	6.61	6.83	7.07	7.29	7.42	7.51	7.60	7.65	7.65	7.61	7.55	7.51	7.45
N <sub>2</sub>	5.29	5.97	6.68	7.38	8.04	8.65	9.24	9.85	10.4	10.9	11.3	12.0	12.5	12.6	12.6	12.6
空気	4.32	4.88	5.49	6.07	6.64	7.20	7.71	8.23	8.70	9.11	9.46	10.1	10.5	10.7	10.8	10.7
CO	3.52	3.96	4.42	4.89	5.36	5.80	6.20	6.59	6.96	7.29	7.61	8.21	8.45	8.45	8.46	8.46
O <sub>2</sub>	2.55	2.91	3.27	3.64	4.01	4.38	4.75	5.07	5.35	5.63	5.88	6.29	6.63	6.87	6.99	7.01
CH <sub>4</sub>	2.24	2.59	2.97	3.37	3.76	4.13	4.49	4.86	5.20	5.51	5.77	6.26	6.66	6.82	6.92	7.01
NO	1.69	1.93	2.18	2.42	2.64	2.87	3.10	3.31	3.52	3.72	3.90	4.18	4.38	4.48	4.52	4.54
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.26	1.55	1.89	2.26	2.63	3.02	3.42	3.83	4.23	4.63	5.00	5.65	6.23	6.61	6.87	6.92
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.552	0.653	0.768	0.895	1.02	1.14	1.27									
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>		0.365*	0.446	0.523*	0.599*											
O <sub>3</sub>	0.194	0.218	0.248	0.288	0.376	0.457	0.598	0.818	1.20		2.74					
COS	0.092	0.117	0.148	0.182	0.219	0.259	0.304									
N <sub>2</sub> O		0.117	0.141	0.166	0.198	0.225	0.259	0.302								
CO <sub>2</sub>	0.0728	0.0876	0.104	0.122	0.142	0.164	0.186	0.209	0.233	0.257	0.283	0.341				
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.072	0.084	0.096	0.108	0.121	0.133	0.146									
H <sub>2</sub> S	0.0268	0.0315	0.0367	0.0423	0.0483	0.0545	0.0609	0.0676	0.0745	0.0814	0.0884	0.103	0.119	0.135	0.144	0.148
Br <sub>2</sub>	0.00213	0.00275	0.00366	0.00466	0.00593	0.00737	0.00905		0.0133			0.0191	0.0251	0.0321	0.0404	

ヘンリーの法則  $p = Ex$  ここでxは液相中の溶質ガスのモル分率, pはこの液と平衡にある気相中の溶質ガス分圧[atm]で, Eはヘンリー定数[atm/モル分率]である。Eの値は難溶性ガスほど大きい。

液体への気体の溶解度 (2/3)

NH<sub>3</sub> の水に対する溶解度

$\frac{\text{kg-NH}_3}{100\text{kg-H}_2\text{O}}$	$x \times 10^2$	$p$ [atm]							
		0℃	10℃	20℃	25℃	30℃	40℃	50℃	60℃
100	51.4	1.25							
90	48.8	1.03							
80	45.8	0.837	1.30	1.91			4.34		
70	42.5	0.658	1.03	1.54			3.63		
60	38.8	0.500	0.790	1.24			2.80		
50	34.6	0.362	0.578	0.903			2.00		
40	29.7	0.250	0.396	0.618		0.946	1.40		
30	24.1	0.157	0.250	0.392		0.597	0.911		
25	20.9	0.118	0.190	0.298		0.463	0.703	1.09	
20	17.5	0.0842	0.136	0.218		0.342	0.520	0.784	1.10
15	13.7	0.0562	0.0922	0.150		0.236	0.359	0.533	0.767
10	9.57	0.0330	0.0550	0.0916		0.145	0.220	0.325	0.475
7.5	7.35	0.0233	0.0393	0.0658		0.105	0.158	0.236	0.343
5	5.02	0.0147	0.0251	0.0417		0.0671	0.101	0.151	0.217
4	4.06		0.0212	0.0328		0.0528	0.0800	0.120	0.170
3	3.08		0.0149	0.0239	0.0309	0.0389	0.0592	0.0883	0.124
2.5	2.58			0.0197	0.0255	0.0321	(0.0495)	(0.0733)	0.101
2	2.07			0.0158	0.0201	0.0254	(0.0395)	(0.0586)	0.0803
1.6	1.66				0.0158	0.0201	(0.0317)	(0.0467)	0.0641
1.2	1.25				0.0120	0.0151	(0.0241)	(0.0351)	0.0478
1.0	1.05				0.00974		(0.0203)	(0.0292)	0.0397
0.5	0.526				0.00447				

Cl<sub>2</sub> の水に対する溶解度

$p$ [atm]	$x \times 10^4$								
	0℃	10℃	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃	80℃	100℃
0.00658	1.24	1.15	1.12	1.08	1.06	1.02	0.990	0.918	0.864
0.0132	1.73	1.53	1.46	1.41	1.36	1.32	1.27	1.17	1.10
0.0395	3.10	2.60	2.38	2.23	2.10	2.01	1.92	1.76	1.66
0.0658	4.36	3.44	3.08	2.82	2.62	2.47	2.36	2.13	1.98
0.132	7.08	5.28	4.51	4.01	3.65	3.38	3.17	2.84	2.62
0.197	9.67	6.93	5.77	5.01	4.49	4.11	3.83	3.38	3.11
0.263	12.1	8.51	6.97	5.97	5.25	4.77	4.41	3.87	3.53
0.329	14.5	10.0	8.11	6.86	5.99	5.37	4.94	4.29	3.92
0.395		11.5	9.23	7.73	6.68	5.94	5.42	4.69	4.27
0.461		13.0	10.3	8.54	7.32	6.50	5.89	5.07	4.60
0.526		14.5	11.4	9.41	7.96	7.04	6.38	5.44	4.91
0.592		15.9	12.4	10.1	8.60	7.55	6.82	5.81	5.23
0.658		17.4	13.5	11.0	9.23	8.07	7.23	6.15	5.51
0.790		20.2	15.6	12.5	10.4	9.04	8.08	6.77	6.07
0.921		23.1	17.5	14.0	11.6	9.99	8.88	7.43	6.62
1.05		25.9	19.5	15.5	12.8	11.0	9.68	8.05	7.13
1.18			21.5	17.0	13.9	11.9	10.4	8.63	7.66
1.32			23.5	18.5	15.1	12.8	11.3	9.23	8.13
2.63			43.3	33.1	26.1	21.5	18.4	14.7	12.7
3.95				47.6	36.9	30.0	25.3	19.7	16.9
5.26				62.6	48.0	38.5	32.3	24.9	21.0
6.58				78.0	59.3	47.2	39.3	29.8	25.1

液体への気体の溶解度 (3/3)

SO<sub>2</sub> の水に対する溶解度

$\frac{\text{kg-SO}_2}{100\text{kg-H}_2\text{O}}$	$x \times 10^3$	$p$ [atm]							
		0°C	7°C	10°C	15°C	20°C	30°C	40°C	50°C
20	53.3	0.850	0.865						
15	40.5	0.624	0.838	0.955					
10	27.4	0.405	0.549	0.624	0.746	0.918			
7.5	20.7	0.300	0.404	0.459	0.551	0.680	0.905		
5.0	13.9	0.195	0.261	0.297	0.355	0.442	0.595	0.875	
2.5	6.98	0.0908	0.121	0.138	0.167	0.212	0.284	0.424	0.603
1.5	4.20	0.0500	0.0671	0.0776	0.0934	0.121	0.165	0.245	0.350
1.0	2.80	0.0307	0.0408	0.0487	0.0579	0.0776	0.104	0.159	0.226
0.7	1.96	0.0200	0.0271	0.0311	0.0368	0.0513	0.0684	0.115	0.153
0.5	1.40	0.0130	0.0178	0.0205	0.0254	0.0342	0.0474	0.0750	0.108
0.3	0.843	0.00671	0.00908	0.0104	0.0132	0.0186	0.0259		
0.2	0.562	0.00368	0.00487	0.00605	0.00750	0.0112	0.0155		0.0408
0.15	0.422	0.00250	0.00342	0.00408	0.00500	0.00763	0.0107	0.0170	0.0263
0.10	0.281	0.00158	0.00197	0.00230	0.00290	0.00421	0.00618	0.00987	0.0158
0.05	0.141	0.000789	0.000921	0.000987	0.00105	0.00158	0.00224	0.00368	0.00618
0.02	0.0562	0.000329	0.000395	0.000395	0.000395	0.000658	0.000789	0.00105	0.00171

HCl の水に対する溶解度

$\frac{\text{kg-HCl}}{100\text{kg-H}_2\text{O}}$	$x \times 10^2$	$p$ [atm]							
		0°C	10°C	20°C	30°C	50°C	80°C	110°C	
78.6	28.0	$6.71 \times 10^{-1}$	1.11						
66.7	24.8	$1.71 \times 10^{-1}$	$3.07 \times 10^{-1}$	$5.25 \times 10^{-1}$	$8.25 \times 10^{-1}$				
56.3	21.8	$3.82 \times 10^{-2}$	$7.42 \times 10^{-2}$	$1.39 \times 10^{-1}$	$2.47 \times 10^{-1}$	$7.04 \times 10^{-1}$			
47.0	18.9	$7.50 \times 10^{-3}$	$1.55 \times 10^{-2}$	$3.09 \times 10^{-2}$	$5.86 \times 10^{-2}$	$1.86 \times 10^{-1}$	$8.19 \times 10^{-1}$		
38.9	16.1	$1.32 \times 10^{-3}$	$2.99 \times 10^{-3}$	$6.45 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-2}$	$4.70 \times 10^{-2}$	$2.47 \times 10^{-1}$	1.00	
31.6	13.5	$2.30 \times 10^{-4}$	$5.66 \times 10^{-4}$	$1.32 \times 10^{-3}$	$2.86 \times 10^{-3}$	$1.17 \times 10^{-2}$	$7.17 \times 10^{-2}$	$3.33 \times 10^{-1}$	
25.0	11.0	$4.16 \times 10^{-5}$	$1.11 \times 10^{-4}$	$2.70 \times 10^{-4}$	$6.32 \times 10^{-4}$	$2.91 \times 10^{-3}$	$2.05 \times 10^{-2}$	$1.09 \times 10^{-1}$	
19.05	8.60	$7.37 \times 10^{-6}$	$2.11 \times 10^{-5}$	$5.63 \times 10^{-5}$	$1.39 \times 10^{-4}$	$7.24 \times 10^{-4}$	$6.13 \times 10^{-3}$	$3.68 \times 10^{-2}$	
13.64	6.31	$1.30 \times 10^{-6}$	$4.01 \times 10^{-6}$	$1.16 \times 10^{-5}$	$3.08 \times 10^{-5}$	$1.79 \times 10^{-4}$	$1.76 \times 10^{-3}$	$1.22 \times 10^{-2}$	
8.70	4.12	$1.55 \times 10^{-7}$	$7.67 \times 10^{-7}$	$2.34 \times 10^{-6}$	$6.78 \times 10^{-6}$	$4.53 \times 10^{-5}$	$5.13 \times 10^{-4}$	$4.08 \times 10^{-3}$	
4.17	2.02	$2.37 \times 10^{-8}$	$9.08 \times 10^{-8}$	$3.16 \times 10^{-7}$	$1.01 \times 10^{-6}$	$8.42 \times 10^{-6}$	$1.25 \times 10^{-4}$	$1.22 \times 10^{-3}$	
2.04	0.998		$1.54 \times 10^{-8}$	$5.79 \times 10^{-8}$	$1.99 \times 10^{-7}$	$1.84 \times 10^{-6}$	$3.22 \times 10^{-5}$	$3.68 \times 10^{-4}$	