

17. 温度の定點

a. 温度の6定點定點 (水の3重点をのぞき圧力は1標準気圧)

項	目	温度 °C
1	液体酸素とその蒸気との平衡温度 (酸素の沸點)	-182.97
2	水、水および蒸気との平衡温度 (3重点)	0.01
3	液体の水とその蒸気との平衡温度 (水の沸點)	100.0
4	液体イオウとその蒸気との平衡温度 (イオウの沸點)	444.6
5	固体銀と液体銀との平衡温度 (銀の凝固點)	960.8
6	固体金と液体金との平衡温度 (金の凝固點)	1063.0

b. 温度の二次基準點 (標準1気圧下、3重点は別)

項	目	温度 °C
	固体無水炭酸とその蒸気との平衡温度	-78.5
	水銀の凝固温度	-38.87
	水と蒸気で飽和している水との平衡温度 (水の融點)	0.
	フェノキシベンゼン (ジフェニルオキシド) の3重点の温度	26.88
	水10分子を含む硫酸ナトリウムの過剰温度	32.38
	安息香酸の3重点の温度	122.36
	ナフタリンとその蒸気との平衡温度	218.0
	イソジラムの凝固温度	156.61
	スズの凝固温度	231.91
	ベンゾフェノンとその平衡温度	305.9
	カドミウムの凝固温度	321.03
	鉛の凝固温度	327.3
	水銀とその蒸気との平衡温度	356.58
	アルミニウムの凝固温度	660.1
	還元性雰囲気における銅の凝固温度	1083
	ニッケルの凝固温度	1453
	コバルトの凝固温度	1492
	バナジウムの凝固温度	1552
	白金の凝固温度	1769
	ロジラムの凝固温度	1960
	イリジラムの凝固温度	2443
	タンタルの溶解温度	3380

c. アメリカ・カネギー地球物理学研究所の温度定點

化学組成	大気下の融點 (°C)
CaO·MgO·2SiO ₂	1391.5
CaO·SiO ₂	1544

18. 各種熱電対規準起電力

18.1 白金-白金ロジウム

a. 白金-白金ロジウム 13% (Pt-PtRh 13%) 熱電対

温度 [°C]	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	温度 [°C]
0	0.000055	0.646075	1.464089	2.395098	3.399104	4.457108	5.565113	6.719118	7.924123	9.174128	10.471132	11.817137	13.193139	14.582139	15.970138	17.355138	18.727137	0
10	0.055057	0.721077	1.553090	2.493098	3.503104	4.565109	5.678114	6.837119	8.047123	9.302128	10.603133	11.954137	13.332139	14.721139	16.108138	17.493138	18.864137	10
20	0.112059	0.798078	1.643091	2.591099	3.607105	4.674110	5.792114	6.956119	8.170124	9.430129	10.736133	12.071137	13.471139	14.860139	16.246139	17.631137	19.001136	20
30	0.171062	0.876080	1.734092	2.690100	3.712105	4.784110	5.906115	7.075120	8.294124	9.559129	10.869134	12.228137	13.610139	14.999139	16.385139	17.768137	19.137136	30
40	0.233064	0.956082	1.826093	2.790100	3.817106	4.894111	6.021115	7.195120	8.418125	9.688129	11.003134	12.365138	13.749139	15.138138	16.524139	17.905137	19.273136	40
50	0.297066	1.038083	1.919094	2.890101	3.923106	5.005111	6.136116	7.315121	8.543125	9.817130	11.137135	12.503138	13.888139	15.276139	16.663139	18.042137	19.409137	50
60	0.363068	1.121084	2.013094	2.991101	4.029106	5.116112	6.252116	7.436121	8.668126	9.947130	11.272136	12.641138	14.027139	15.415138	16.802139	18.179137	19.546136	60
70	0.431070	1.205085	2.107095	3.092102	4.135107	5.228112	6.368117	7.557122	8.794126	10.077131	11.408136	12.776138	14.166139	15.553139	16.941138	18.316137	19.682136	70
80	0.501072	1.290086	2.202096	3.194102	4.242107	5.340112	6.485117	7.679122	8.920127	10.203131	11.544136	12.917138	14.305138	15.692139	17.079138	18.453137	19.818136	80
90	0.573073	1.376088	2.298097	3.296103	4.349108	5.452113	6.602117	7.801123	9.047127	10.339132	11.680137	13.055138	14.443139	15.831139	17.217138	18.590137	19.934136	90
100	0.646	1.464	2.395	3.399	4.457	5.565	6.719	7.924	9.174	10.471	11.817	13.193	14.582	15.970	17.355	18.727	20.090	100

備考 (1) 上表の熱起電力は abs. mV で表わし、基準接点温度は 0°C とする。
 (2) 上表の温度は1948年の国際温度目盛の規定によるものである。
 (3) 基準接点の温度を 20°C とするときには上表の値から 0.112 mV を差引くものとする。

d. 白金ロジウム 40%—白金ロジウム 20% (PtRh 40%—PtRh 20%) 熱電対

温度 [°C]	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
0	0.000 2	0.030 4	0.095 8	0.163 7	0.243 10	0.353 13	0.496 16	0.668 20	0.875 22	1.109 26	1.379 29	1.683 31	2.018 35	2.384 38	2.779 40	3.201 44	3.636 43	4.049 39	4.426 37
10	0.002 2	0.034 5	0.103 7	0.170 7	0.253 10	0.366 14	0.512 16	0.688 20	0.897 22	1.135 26	1.408 29	1.714 32	2.053 36	2.422 39	2.819 41	3.245 44	3.679 42	4.088 38	4.463 36
20	0.004 2	0.039 6	0.110 7	0.177 7	0.263 10	0.380 14	0.528 16	0.708 20	0.919 22	1.161 26	1.437 30	1.746 33	2.089 36	2.461 39	2.860 41	3.289 44	3.721 42	4.126 38	4.499 36
30	0.006 3	0.045 6	0.117 7	0.184 8	0.273 11	0.394 14	0.544 17	0.728 20	0.941 23	1.187 26	1.467 30	1.779 33	2.125 36	2.500 39	2.901 42	3.333 44	3.763 41	4.164 38	4.535 36
40	0.009 3	0.051 6	0.124 6	0.192 8	0.284 11	0.408 14	0.561 17	0.748 20	0.964 23	1.213 26	1.497 31	1.812 34	2.161 37	2.539 40	2.943 42	3.377 44	3.804 41	4.202 38	4.571 35
50	0.012 3	0.057 7	0.130 7	0.200 8	0.295 11	0.422 14	0.578 17	0.768 21	0.987 23	1.239 27	1.528 31	1.846 34	2.198 37	2.579 40	2.985 43	3.421 43	3.845 41	4.240 38	4.606 35
60	0.015 3	0.064 7	0.137 7	0.208 8	0.306 11	0.436 14	0.595 18	0.789 21	1.010 24	1.266 27	1.559 31	1.880 34	2.235 37	2.619 40	3.028 43	3.464 43	3.886 41	4.278 37	4.641 34
70	0.018 4	0.071 8	0.144 6	0.216 8	0.317 12	0.450 15	0.613 18	0.810 21	1.034 25	1.293 28	1.590 31	1.914 34	2.272 37	2.659 40	3.071 43	3.507 43	3.927 41	4.315 37	4.675 34
80	0.022 4	0.079 8	0.150 6	0.224 9	0.329 12	0.465 15	0.631 18	0.831 22	1.059 25	1.321 29	1.621 31	1.948 35	2.309 37	2.699 40	3.114 43	3.550 43	3.968 41	4.352 37	4.709 33
90	0.026 4	0.087 8	0.156 7	0.233 10	0.341 12	0.480 16	0.649 19	0.853 22	1.084 25	1.350 29	1.652 31	1.983 35	2.346 38	2.739 40	3.157 44	3.593 43	4.009 40	4.389 37	4.742 33
100	0.030	0.095	0.163	0.243	0.353	0.496	0.668	0.875	1.109	1.379	1.683	2.018	2.384	2.779	3.201	3.636	4.049	4.426	4.775

熱起電力: 絶対mV 温度: °C 冷接点温度: 0°C

18.2 銅—コンスタンタン熱電対

温度 [°C]	-100	-0	0	100	200	300	温度 [°C]
0	-3.349 275	0 380	0 389	4.277 472	9.288 535	14.864 584	0
10	-3.624 263	-0.380 371	0.389 398	4.749 478	9.823 540	15.448 587	10
20	-3.887 251	-0.751 361	0.787 407	4.227 485	10.363 546	16.035 592	20
30	-4.138 239	-1.112 351	1.194 416	5.712 492	10.909 550	16.627 595	30
40	-4.377 226	-1.463 341	1.610 425	6.204 498	11.459 555	17.222 599	40
50	-4.603 214	-1.804 331	2.035 433	6.702 505	12.014 561	17.821 603	50
60	-4.817 201	-2.135 320	2.468 441	7.207 512	12.575 565	18.424 607	60
70	-5.018 187	-2.455 309	2.909 448	7.719 517	13.140 570	19.031 611	70
80	-5.205 174	-2.764 298	3.357 456	8.236 523	13.710 575	19.642 614	80
90	-5.379	-3.062 287	3.813 464	8.759 529	14.285 579	20.250 617	90
100	-3.349	4.277	9.288	14.864	20.873	20.873	100

- 備考 (1) 上表の熱起電力は abn. mV で表わし、基準接点温度は 0°C とする。
 (2) 上表の温度は 1948 年の国際温度目盛の規定によつたものである。
 (3) 基準接点の温度を 20°C とするときには上表の値から 0.787mV を差引くものとする。
 (4) 0°C 以下の温度は JIS には含まれていない。

18.3 クロムルーアルルル熱電対(1)

LC

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	-5.60	-5.62	-5.63	-5.65	-5.67	-5.68	-5.70	-5.71	-5.73	-5.74
-180	-5.43	-5.45	-5.46	-5.48	-5.50	-5.52	-5.55	-5.57	-5.59	-5.61
-170	-5.24	-5.26	-5.28	-5.30	-5.32	-5.34	-5.37	-5.39	-5.41	-5.43
-160	-5.03	-5.05	-5.08	-5.10	-5.12	-5.16	-5.18	-5.20	-5.22	-5.24
-150	-4.81	-4.84	-4.88	-4.90	-4.92	-4.95	-4.97	-4.99	-5.01	-5.03
-140	-4.58	-4.60	-4.62	-4.65	-4.67	-4.70	-4.72	-4.74	-4.77	-4.79
-130	-4.32	-4.35	-4.37	-4.40	-4.42	-4.45	-4.48	-4.50	-4.52	-4.55
-120	-4.08	-4.08	-4.11	-4.14	-4.16	-4.19	-4.22	-4.24	-4.27	-4.30
-110	-3.78	-3.81	-3.84	-3.85	-3.89	-3.92	-3.95	-3.98	-4.00	-4.03
-100	-3.43	-3.52	-3.55	-3.58	-3.61	-3.64	-3.66	-3.69	-3.72	-3.75
-90	-3.19	-3.22	-3.25	-3.28	-3.31	-3.34	-3.37	-3.40	-3.43	-3.46
-80	-2.87	-2.90	-2.93	-2.96	-3.00	-3.03	-3.06	-3.09	-3.12	-3.15
-70	-2.54	-2.57	-2.61	-2.64	-2.67	-2.71	-2.74	-2.77	-2.80	-2.84
-60	-2.20	-2.24	-2.27	-2.30	-2.34	-2.37	-2.41	-2.44	-2.47	-2.51
-50	-1.86	-1.89	-1.93	-1.96	-2.00	-2.03	-2.07	-2.10	-2.13	-2.17
-40	-1.50	-1.54	-1.57	-1.61	-1.64	-1.68	-1.72	-1.75	-1.79	-1.82
-30	-1.14	-1.17	-1.21	-1.25	-1.28	-1.32	-1.36	-1.39	-1.43	-1.47
-20	-0.77	-0.80	-0.84	-0.88	-0.92	-0.95	-0.99	-1.03	-1.06	-1.10
-10	-0.39	-0.42	-0.46	-0.50	-0.54	-0.58	-0.62	-0.66	-0.69	-0.73
0	-0.00	-0.04	-0.08	-0.12	-0.16	-0.19	-0.23	-0.27	-0.31	-0.35
(+)	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
10	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76
20	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15
30	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.49	1.53	1.57
40	1.61	1.65	1.69	1.73	1.77	1.81	1.85	1.90	1.94	1.98
50	2.02	2.06	2.10	2.14	2.18	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
60	2.43	2.47	2.51	2.56	2.60	2.64	2.68	2.72	2.76	2.80
70	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	3.05	3.10	3.14	3.18	3.22
80	3.26	3.30	3.33	3.39	3.43	3.47	3.51	3.56	3.60	3.64
90	3.68	3.72	3.76	3.81	3.85	3.89	3.93	3.97	4.01	4.06
100	4.10	4.14	4.18	4.22	4.26	4.31	4.35	4.39	4.43	4.47
110	4.51	4.55	4.60	4.64	4.68	4.72	4.76	4.80	4.84	4.88
120	4.92	4.96	5.01	5.05	5.09	5.13	5.17	5.21	5.25	5.29
130	5.33	5.37	5.41	5.45	5.49	5.53	5.57	5.61	5.65	5.69
140	5.73	5.77	5.81	5.85	5.89	5.93	5.97	6.01	6.05	6.09
150	6.13	6.17	6.21	6.25	6.29	6.33	6.37	6.41	6.45	6.49
160	6.53	6.57	6.61	6.65	6.69	6.73	6.77	6.81	6.85	6.89
170	6.93	6.97	7.01	7.05	7.09	7.13	7.17	7.21	7.25	7.29
180	7.33	7.37	7.41	7.45	7.49	7.53	7.57	7.61	7.65	7.69
190	7.73	7.77	7.81	7.85	7.89	7.93	7.97	8.01	8.05	8.09
200	8.13	8.17	8.21	8.25	8.29	8.33	8.37	8.41	8.46	8.50
210	8.54	8.58	8.62	8.66	8.70	8.74	8.78	8.82	8.86	8.90
220	8.94	8.98	9.02	9.06	9.10	9.14	9.18	9.22	9.26	9.30
230	9.34	9.38	9.42	9.46	9.50	9.54	9.58	9.62	9.66	9.71
240	9.75	9.79	9.83	9.87	9.91	9.95	9.99	10.03	10.07	10.11
250	10.16	10.20	10.24	10.28	10.32	10.36	10.40	10.44	10.48	10.52
260	10.57	10.61	10.65	10.69	10.73	10.77	10.81	10.85	10.89	10.93
270	10.98	11.02	11.06	11.10	11.14	11.18	11.22	11.26	11.30	11.34
280	11.39	11.43	11.47	11.51	11.55	11.59	11.63	11.67	11.72	11.76
290	11.80	11.84	11.88	11.92	11.96	12.01	12.05	12.09	12.13	12.17
300	12.21	12.25	12.29	12.34	12.38	12.42	12.46	12.50	12.54	12.58

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	12.21	12.25	12.29	12.34	12.36	12.42	12.46	12.50	12.54	12.58
310	12.63	12.67	12.71	12.75	12.79	12.83	12.88	12.92	12.96	13.00
320	13.04	13.08	13.12	13.17	13.21	13.25	13.29	13.33	13.37	13.42
330	13.46	13.50	13.54	13.58	13.62	13.67	13.71	13.75	13.79	13.83
340	13.88	13.92	13.96	14.00	14.04	14.09	14.13	14.17	14.21	14.25
350	14.29	14.34	14.38	14.42	14.46	14.50	14.55	14.59	14.63	14.67
360	14.71	14.76	14.80	14.84	14.88	14.92	14.97	15.01	15.05	15.09
370	15.13	15.18	15.22	15.26	15.30	15.34	15.39	15.43	15.47	15.51
380	15.55	15.60	15.64	15.68	15.72	15.76	15.81	15.85	15.89	15.93
390	15.98	16.02	16.06	16.10	16.14	16.19	16.23	16.27	16.31	16.36
400	16.40	16.44	16.48	16.52	16.57	16.61	16.65	16.69	16.74	16.78
410	16.82	16.86	16.91	16.95	16.99	17.03	17.07	17.12	17.16	17.20
420	17.24	17.29	17.33	17.37	17.41	17.46	17.50	17.54	17.58	17.62
430	17.67	17.71	17.75	17.79	17.84	17.88	17.92	17.96	18.01	18.05
440	18.09	18.13	18.17	18.22	18.26	18.30	18.34	18.39	18.43	18.47
450	18.51	18.56	18.60	18.64	18.68	18.73	18.77	18.81	18.85	18.90
460	18.94	18.98	19.02	19.07	19.11	19.15	19.19	19.24	19.28	19.32
470	19.36	19.41	19.45	19.49	19.54	19.58	19.62	19.66	19.71	19.75
480	19.79	19.84	19.88	19.92	19.96	20.01	20.05	20.09	20.13	20.18
490	20.22	20.26	20.31	20.35	20.39	20.43	20.48	20.52	20.56	20.60
500	20.65	20.69	20.73	20.77	20.82	20.86	20.90	20.94	20.99	21.03
510	21.07	21.11	21.16	21.20	21.24	21.28	21.32	21.37	21.41	21.45
520	21.50	21.54	21.58	21.63	21.67	21.71	21.75	21.80	21.84	21.88
530	21.92	21.97	22.01	22.05	22.09	22.14	22.18	22.22	22.26	22.31
540	22.35	22.39	22.43	22.48	22.52	22.56	22.61	22.65	22.69	22.73
550	22.78	22.82	22.86	22.90	22.95	22.99	23.03	23.07	23.12	23.16
560	23.20	23.25	23.29	23.33	23.38	23.42	23.46	23.50	23.54	23.59
570	23.63	23.67	23.72	23.76	23.80	23.84	23.89	23.93	23.97	24.01
580	24.05	24.10	24.14	24.18	24.23	24.27	24.31	24.36	24.40	24.44
590	24.48	24.53	24.57	24.61	24.65	24.70	24.74	24.78	24.83	24.87
600	24.91	24.95	25.00	25.04	25.08	25.12	25.17	25.21	25.25	25.29
610	25.34	25.38	25.42	25.47	25.51	25.55	25.59	25.64	25.68	25.72
620	25.76	25.81	25.85	25.89	25.93	25.98	26.02	26.06	26.11	26.15
630	26.19	26.23	26.27	26.32	26.36	26.40	26.44	26.48	26.53	26.57
640	26.61	26.65	26.70	26.74	26.78	26.82	26.86	26.91	26.95	26.99
650	27.03	27.07	27.12	27.16	27.20	27.24	27.28	27.33	27.37	27.41
660	27.45	27.49	27.54	27.58	27.62	27.66	27.71	27.75	27.79	27.83
670	27.87	27.92	27.96	28.00	28.04	28.08	28.13	28.17	28.21	28.25
680	28.29	28.34	28.38	28.42	28.46	28.50	28.54	28.59	28.63	28.67
690	28.72	28.76	28.80	28.84	28.88	28.93	28.97	29.01	29.05	29.10
700	29.14	29.18	29.22	29.26	29.30	29.35	29.39	29.43	29.47	29.52
710	29.56	29.60	29.64	29.68	29.72	29.77	29.81	29.85	29.89	29.93
720	29.97	30.02	30.06	30.10	30.14	30.18	30.23	30.27	30.31	30.35
730	30.39	30.44	30.48	30.52	30.56	30.60	30.65	30.69	30.73	30.77
740	30.81	30.85	30.90	30.94	30.98	31.02	31.06	31.10	31.14	31.19
750	31.23	31.27	31.31	31.35	31.40	31.44	31.48	31.52	31.56	31.60
760	31.65	31.69	31.73	31.77	31.81	31.85	31.90	31.94	31.98	32.02
770	32.06	32.10	32.15	32.19	32.23	32.27	32.31	32.35	32.39	32.43
780	32.48	32.52	32.56	32.60	32.64	32.68	32.72	32.76	32.81	32.85
790	32.89	32.93	32.97	33.01	33.05	33.09	33.13	33.18	33.22	33.26
800	33.30	33.34	33.38	33.42	33.46	33.50	33.54	33.59	33.63	33.67
810	33.71	33.75	33.79	33.83	33.87	33.91	33.95	33.99	34.04	34.08
820	34.12	34.16	34.20	34.24	34.28	34.32	34.36	34.40	34.44	34.48
830	34.53	34.57	34.61	34.65	34.69	34.73	34.77	34.81	34.85	34.89
840	34.93	34.97	35.02	35.06	35.10	35.14	35.18	35.22	35.26	35.30
850	35.34	35.38	35.42	35.46	35.50	35.54	35.58	35.63	35.67	35.71

18.4 クロメル-アルメル熱電対(2)

°C	Millivolts								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

850	35.34	35.38	35.42	35.46	35.50	35.54	35.58	35.63	35.67	35.71
860	35.75	35.79	35.83	35.87	35.91	35.95	35.99	36.03	36.07	36.11
870	36.15	36.19	36.23	36.27	36.31	36.35	36.39	36.43	36.47	36.51
880	36.55	36.59	36.63	36.67	36.71	36.75	36.79	36.83	36.87	36.91
890	36.95	37.00	37.04	37.08	37.12	37.16	37.20	37.24	37.28	37.32
900	37.36	37.40	37.44	37.48	37.52	37.56	37.60	37.64	37.68	37.72
910	37.76	37.80	37.84	37.88	37.92	37.96	38.00	38.04	38.08	38.12
920	38.16	38.20	38.24	38.28	38.32	38.36	38.40	38.44	38.48	38.52
930	38.56	38.60	38.64	38.68	38.72	38.76	38.80	38.84	38.88	38.92
940	38.95	38.99	39.03	39.07	39.11	39.15	39.19	39.23	39.27	39.31
950	39.35	39.39	39.43	39.47	39.51	39.55	39.59	39.63	39.67	39.71
960	39.75	39.79	39.83	39.86	39.90	39.94	39.98	40.02	40.06	40.10
970	40.14	40.18	40.22	40.26	40.30	40.34	40.38	40.42	40.46	40.49
980	40.53	40.57	40.61	40.65	40.69	40.73	40.77	40.81	40.85	40.89
990	40.92	40.96	41.00	41.04	41.08	41.12	41.16	41.20	41.24	41.28
1000	41.31	41.35	41.39	41.43	41.47	41.51	41.55	41.59	41.63	41.67
1010	41.70	41.74	41.78	41.82	41.86	41.90	41.94	41.98	42.02	42.06
1020	42.09	42.13	42.17	42.21	42.25	42.29	42.33	42.37	42.40	42.44
1030	42.48	42.52	42.56	42.60	42.63	42.67	42.71	42.75	42.79	42.83
1040	42.87	42.90	42.94	42.98	43.01	43.04	43.08	43.11	43.14	43.17
1050	43.25	43.29	43.33	43.37	43.40	43.44	43.48	43.52	43.56	43.60
1060	43.63	43.67	43.71	43.75	43.79	43.83	43.87	43.90	43.94	43.98
1070	44.02	44.06	44.10	44.14	44.17	44.21	44.25	44.29	44.33	44.37
1080	44.40	44.44	44.48	44.52	44.55	44.59	44.63	44.67	44.71	44.74
1090	44.78	44.82	44.86	44.90	44.93	44.97	45.01	45.05	45.09	45.12
1100	45.16	45.20	45.24	45.27	45.31	45.35	45.39	45.43	45.46	45.50
1110	45.54	45.58	45.62	45.65	45.69	45.73	45.77	45.80	45.84	45.88
1120	45.92	45.96	46.00	46.03	46.07	46.11	46.14	46.18	46.22	46.25
1130	46.29	46.33	46.37	46.41	46.44	46.48	46.52	46.55	46.59	46.63
1140	46.67	46.70	46.74	46.78	46.82	46.85	46.89	46.93	46.97	47.00
1150	47.04	47.08	47.12	47.15	47.19	47.23	47.26	47.30	47.34	47.38
1160	47.41	47.45	47.49	47.52	47.56	47.60	47.63	47.67	47.71	47.75
1170	47.78	47.82	47.86	47.89	47.93	47.97	48.00	48.04	48.08	48.12
1180	48.15	48.19	48.23	48.26	48.30	48.34	48.37	48.41	48.45	48.48
1190	48.52	48.56	48.59	48.63	48.67	48.70	48.74	48.78	48.81	48.85
1200	48.89	48.92	48.96	49.00	49.03	49.07	49.11	49.14	49.18	49.22
1210	49.25	49.29	49.32	49.36	49.40	49.43	49.47	49.51	49.54	49.58
1220	49.65	49.69	49.72	49.76	49.80	49.83	49.87	49.90	49.94	49.98
1230	49.98	50.01	50.05	50.08	50.12	50.16	50.19	50.23	50.26	50.30
1240	50.34	50.37	50.41	50.44	50.48	50.52	50.55	50.59	50.62	50.66
1250	50.69	50.73	50.77	50.80	50.84	50.87	50.91	50.94	50.98	51.02
1300	52.46	52.50	52.53	52.57	52.60	52.64	52.67	52.71	52.74	52.78
1310	52.81	52.85	52.88	52.92	52.95	52.99	53.02	53.06	53.09	53.13
1320	53.16	53.20	53.23	53.27	53.30	53.34	53.37	53.41	53.44	53.48
1330	53.51	53.54	53.58	53.61	53.65	53.68	53.72	53.75	53.79	53.82
1340	53.85	53.89	53.92	53.96	53.99	54.03	54.06	54.10	54.13	54.16
1350	54.20	54.23	54.27	54.30	54.34	54.37	54.40	54.44	54.47	54.51
1360	54.54	54.57	54.61	54.64	54.68	54.71	54.74	54.78	54.81	54.85
1370	54.88	54.91	...	...	...	...	...	...	...	...

備考 (1) 上表の熱起電力は abs. mV で表わし、基準接点温度は 0°C とする。
 (2) 上表の温度は 1948 年の国際温度目録の規定による。
 Handbook of Chemistry and Physics, 42nd ed. 1960-1961

18.5 鉄-コニスタン熱電対

°C	Millivolts								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

190	-7.66	-7.69	-7.71	-7.73	-7.76	-7.78	-7.81	-7.83	-7.86	-7.88
180	-7.40	-7.43	-7.46	-7.49	-7.51	-7.54	-7.57	-7.60	-7.63	-7.66
170	-7.12	-7.15	-7.18	-7.21	-7.24	-7.27	-7.30	-7.33	-7.36	-7.39
160	-6.82	-6.85	-6.88	-6.91	-6.94	-6.97	-7.00	-7.03	-7.06	-7.09
150	-6.50	-6.53	-6.56	-6.60	-6.63	-6.66	-6.69	-6.72	-6.76	-6.79
140	-6.16	-6.19	-6.22	-6.26	-6.29	-6.33	-6.36	-6.40	-6.43	-6.46
130	-5.80	-5.84	-5.87	-5.91	-5.94	-5.98	-6.01	-6.05	-6.08	-6.12
120	-5.42	-5.46	-5.50	-5.54	-5.58	-5.61	-5.65	-5.69	-5.72	-5.76
110	-5.03	-5.07	-5.11	-5.15	-5.19	-5.23	-5.27	-5.31	-5.35	-5.38
100	-4.63	-4.67	-4.71	-4.75	-4.79	-4.83	-4.87	-4.91	-4.95	-4.99
90	-4.21	-4.25	-4.30	-4.34	-4.38	-4.42	-4.46	-4.50	-4.55	-4.59
80	-3.78	-3.82	-3.87	-3.91	-3.96	-4.00	-4.04	-4.08	-4.13	-4.17
70	-3.34	-3.38	-3.43	-3.47	-3.52	-3.56	-3.60	-3.65	-3.69	-3.74
60	-2.89	-2.94	-2.98	-3.03	-3.07	-3.12	-3.16	-3.21	-3.25	-3.30
50	-2.43	-2.48	-2.52	-2.57	-2.62	-2.66	-2.71	-2.75	-2.80	-2.84
40	-1.96	-2.01	-2.06	-2.10	-2.15	-2.20	-2.24	-2.29	-2.34	-2.38
30	-1.48	-1.53	-1.58	-1.63	-1.67	-1.72	-1.77	-1.82	-1.87	-1.91
20	-1.00	-1.04	-1.09	-1.14	-1.19	-1.24	-1.29	-1.34	-1.39	-1.43
10	-0.50	-0.55	-0.60	-0.65	-0.70	-0.75	-0.80	-0.85	-0.90	-0.95
0	0.00	-0.05	-0.10	-0.15	-0.20	-0.25	-0.30	-0.35	-0.40	-0.45
(+)0	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
10	0.50	0.56	0.61	0.66	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.97
20	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.33	1.38	1.43	1.48
30	1.54	1.59	1.64	1.69	1.74	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
40	2.06	2.11	2.16	2.22	2.27	2.32	2.37	2.42	2.48	2.53
50	2.58	2.64	2.69	2.74	2.80	2.85	2.90	2.96	3.01	3.06
60	3.11	3.17	3.22	3.27	3.33	3.38	3.43	3.49	3.54	3.60
70	3.65	3.70	3.76	3.81	3.86	3.92	3.97	4.02	4.08	4.13
80	4.19	4.24	4.29	4.35	4.40	4.46	4.51	4.56	4.62	4.67
90	4.73	4.78	4.83	4.89	4.94	5.00	5.05	5.10	5.16	5.21
100	5.27	5.32	5.38	5.43	5.48	5.54	5.59	5.65	5.70	5.76
110	5.81	5.86	5.92	5.97	6.03	6.08	6.14	6.19	6.25	6.30
120	6.36	6.41	6.47	6.52	6.58	6.63	6.68	6.74	6.79	6.85
130	6.90	6.96	7.01	7.07	7.12	7.18	7.23	7.29	7.34	7.40
140	7.45	7.51	7.56	7.62	7.67	7.73	7.78	7.84	7.89	7.95
150	8.00	8.06	8.12	8.17	8.23	8.28	8.34	8.39	8.45	8.50
160	8.56	8.61	8.67	8.72	8.78	8.84	8.89	8.95	9.00	9.06
170	9.11	9.17	9.22	9.28	9.33	9.39	9.44	9.50	9.56	9.61
180	9.67	9.72	9.78	9.83	9.89	9.95	10.00	10.06	10.11	10.17
190	10.22	10.28	10.34	10.39	10.45	10.50	10.55	10.61	10.67	10.72
200	10.78	10.84	10.89	10.95	11.00	11.06	11.12	11.17	11.23	11.28
210	11.34	11.39	11.45	11.50	11.56	11.62	11.67	11.73	11.78	11.84
220	11.89	11.95	12.00	12.06	12.12	12.17	12.23	12.28	12.34	12.39
230	12.45	12.50	12.56	12.62	12.67	12.73	12.78	12.84	12.89	12.95
240	13.01	13.06	13.12	13.17	13.23	13.28	13.34	13.40	13.45	13.51
250	13.56	13.62	13.67	13.73	13.78	13.84	13.89	13.95	14.00	14.06
260	14.12	14.17	14.23	14.28	14.34	14.39	14.45	14.50	14.56	14.61
270	14.67	14.72	14.78	14.83	14.89	14.94	15.00	15.06	15.11	15.17
280	15.22	15.28	15.33	15.39	15.44	15.50	15.55	15.61	15.66	15.72
290	15.77	15.83	15.88	15.94	16.00	16.05	16.11	16.16	16.22	16.27
300	16.33	16.38	16.44	16.49	16.55	16.60	16.66	16.71	16.77	16.82

°C	Millivolts								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

300	16.33	16.38	16.44	16.49	16.55	16.60	16.66	16.71	16.77	16.82
310	16.88	16.93	16.99	17.04	17.10	17.15	17.21	17.26	17.32	17.37
320	17.43	17.48	17.54	17.60	17.65	17.71	17.76	17.82	17.87	17.93
330	17.98	18.04	18.09	18.15	18.20	18.26	18.32	18.37	18.43	18.48
340	18.54	18.59	18.65	18.70	18.76	18.81	18.87	18.92	18.98	19.03
350	19.09	19.14	19.20	19.26	19.31	19.37	19.42	19.48	19.53	19.59
360	19.64	19.70	19.75	19.81	19.86	19.92	19.97	20.03	20.08	20.14
370	20.20	20.25	20.31	20.36	20.42	20.47	20.53	20.58	20.64	20.69
380	20.75	20.80	20.86	20.91	20.97	21.02	21.08	21.13	21.19	21.24
390	21.30	21.35	21.41	21.46	21.52	21.57	21.63	21.68	21.74	21.79
400	21.85	21.90	21.96	22.02	22.07	22.13	22.18	22.24	22.29	22.35
410	22.40	22.46	22.51	22.57	22.62	22.68	22.73	22.79	22.84	22.90
420	22.95	23.01	23.06	23.12	23.17	23.23	23.28	23.34	23.39	23.45
430	23.50	23.56	23.61	23.67	23.72	23.78	23.83	23.89	23.94	24.00
440	24.06	24.11	24.17	24.22	24.28	24.33	24.39	24.44	24.50	24.55
450	24.61	24.66	24.72	24.77	24.83	24.88	24.94	25.00	25.05	25.11
460	25.16	25.22	25.27	25.33	25.38	25.44	25.49	25.55	25.60	25.66
470	25.72	25.77	25.83	25.88	25.94	25.99	26.05	26.10	26.16	26.22
480	26.27	26.33	26.38	26.44	26.49	26.55	26.61	26.66	26.72	26.77
490	26.83	26.89	26.94	27.00	27.05	27.11	27.17	27.22	27.28	27.33
500	27.39	27.45	27.50	27.56	27.61	27.67	27.73	27.78	27.84	27.90
510	27.95	28.01	28.07	28.12	28.18	28.23	28.29	28.35	28.40	28.46
520	28.52	28.57	28.63	28.69	28.74	28.80	28.86	28.91	28.97	29.02
530	29.08	29.14	29.20	29.25	29.31	29.37	29.42	29.48	29.54	29.59
540	29.65	29.71	29.76	29.82	29.88	29.94	29.99	30.05	30.11	30.16
550	30.22	30.28	30.34	30.39	30.45	30.51	30.57	30.62	30.68	30.74
560	30.80	30.85	30.91	30.97	31.02	31.08	31.14	31.20	31.26	31.31
570	31.37	31.43	31.49	31.54	31.60	31.66	31.72	31.78	31.83	31.89
580	31.95	32.01	32.06	32.12	32.18	32.24	32.30	32.36	32.41	32.47
590	32.53	32.59	32.65	32.71	32.76	32.82	32.88	32.94	33.00	33.06
600	33.11	33.17	33.23	33.29	33.35	33.41	33.46	33.52	33.58	33.64
610	33.70	33.76	33.82	33.88	33.94	34.00	34.05	34.11	34.17	34.23
620	34.29	34.35	34.41	34.47	34.53	34.58	34.64	34.70	34.76	34.82
630	34.88	34.94	35.00	35.06	35.12	35.18	35.24	35.30	35.36	35.42
640	35.48	35.54	35.60	35.66	35.72	35.78	35.84	35.90	35.96	36.02
650	36.08	36.14	36.20	36.26	36.32	36.38	36.44	36.50	36.56	36.62
660	36.69	36.75	36.81	36.87	36.93	36.99	37.05	37.11	37.18	37.24
670	37.30	37.36	37.42	37.48	37.54	37.60	37.66	37.72	37.78	37.85
680	37.91	37.97	38.04	38.10	38.16	38.22	38.28	38.34	38.41	38.47
690	38.53	38.59	38.66	38.72	38.78	38.84	38.90	38.97	39.03	39.09
700	39.15	39.22	39.28	39.34	39.40	39.47	39.53	39.59	39.65	39.72
710	39.78	39.84	39.91	39.97	40.03	40.10	40.16	40.22	40.28	40.35
720	40.41	40.48	40.54	40.60	40.66	40.73	40.79	40.85	40.92	40.98
730	41.06	41.11	41.17	41.24	41.30	41.36	41.43	41.49	41.56	41.62
740	41.68	41.75	41.81	41.87	41.94	42.00	42.07	42.13	42.19	42.26
750	42.32	42.38	42.45	42.51	42.58	42.64	42.70	42.77	42.83	42.90
760	42.96	...	...	...	...	...	...	...	...	...

備考 (1) 上表の熱起電力は abs. mV で表わし、基準接点温度は 0°C とする。
 (2) 上表の温度は 1948 年の国際温度目録の規定による。
 Handbook of Chemistry and Physics, 42th ed., 1960~1961

18.6 タングステン-5%レニウム/タングステン-26%レニウム標準熱起電力表 (ホスキン社)

Degrees C	0°	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	Degrees C
0°	-	1.382	2.988	4.768	6.655	8.573	10.508	12.450	14.374	16.266	18.120	19.944	0°
10°	0.103	1.535	3.158	4.954	6.845	8.767	10.702	12.644	14.565	16.453	18.304	20.124	10°
20°	0.234	1.689	3.330	5.142	7.036	8.960	10.896	12.837	14.755	16.640	18.488	20.304	20°
30°	0.369	1.846	3.504	5.330	7.227	9.154	11.091	13.030	14.945	16.826	18.671	20.484	30°
40°	0.506	2.003	3.679	5.518	7.418	9.347	11.285	13.223	15.135	17.012	18.854	20.663	40°
50°	0.645	2.163	3.857	5.707	7.610	9.541	11.480	13.415	15.324	17.198	19.036	20.842	50°
60°	0.788	2.324	4.036	5.896	7.802	9.734	11.674	13.608	15.513	17.383	19.218	21.020	60°
70°	0.933	2.487	4.217	6.085	7.995	9.928	11.868	13.800	15.702	17.568	19.400	21.197	70°
80°	1.080	2.652	4.400	6.275	8.187	10.121	12.063	13.991	15.890	17.753	19.582	21.374	80°
90°	1.230	2.820	4.583	6.465	8.380	10.315	12.257	14.183	16.078	17.937	19.763	21.559	90°
100°	1.382	2.988	4.768	6.655	8.573	10.508	12.450	14.374	16.266	18.120	19.944	21.724	100°
Degrees C	1200°	1300°	1400°	1500°	1600°	1700°	1800°	1900°	2000°	2100°	2200°	2300°	Degrees C
0°	21.724	23.424	25.033	26.583	28.078	29.528	30.922	32.298	33.632	34.915	36.089	36.929	0°
10°	21.899	23.588	25.191	26.734	28.226	29.669	31.061	32.435	33.762	35.041	36.191	37.004	10°
20°	22.072	23.751	25.348	26.885	28.373	29.809	31.199	32.571	33.891	35.167	36.278	36.078	20°
30°	22.244	23.914	25.505	27.035	28.520	29.949	31.337	32.706	34.020	35.291	36.368	36.368	30°
40°	22.416	24.076	25.661	27.185	28.666	30.089	31.474	32.841	34.149	35.414	36.455	36.455	40°
50°	22.587	24.237	25.817	27.335	28.812	30.229	31.612	32.975	34.277	35.535	36.538	36.538	50°
60°	22.757	24.397	25.972	27.484	28.957	30.368	31.750	33.108	34.405	35.654	36.619	36.619	60°
70°	22.925	24.557	26.126	27.633	29.101	30.507	31.887	33.240	34.533	35.769	36.698	36.698	70°
80°	23.093	24.716	26.279	27.782	29.244	30.645	32.024	33.372	34.661	35.881	36.776	36.776	80°
90°	23.260	24.874	26.431	27.930	29.387	30.784	32.161	33.502	34.788	35.987	36.853	36.853	90°
100°	23.424	25.033	26.583	28.078	29.528	30.922	32.298	33.632	34.915	36.089	36.929	36.929	100°

18.7 タングステン/タングステン-26%レニウム標準熱起電力表 (ホスキン社)

Degrees C	0°	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	Degrees C
0°	—	0.342	1.007	1.990	3.283	4.794	6.488	8.330	10.300	12.319	14.393	16.497	0°
10°	0.024	0.402	1.078	2.109	3.424	4.954	6.666	8.522	10.500	12.523	14.603	16.709	10°
20°	0.050	0.464	1.154	2.228	3.569	5.116	6.846	8.714	10.701	12.728	14.813	16.922	20°
30°	0.076	0.526	1.244	2.351	3.716	5.281	7.027	8.909	10.902	12.934	15.023	17.135	30°
40°	0.103	0.592	1.338	2.478	3.864	5.449	7.210	9.105	11.103	13.140	15.233	17.350	40°
50°	0.132	0.660	1.437	2.606	4.015	5.620	7.394	9.302	11.304	13.347	15.443	17.565	50°
60°	0.164	0.728	1.539	2.735	4.168	5.793	7.579	9.501	11.507	13.555	15.654	17.781	60°
70°	0.200	0.797	1.645	2.867	4.322	5.966	7.764	9.701	11.709	13.764	15.865	17.997	70°
80°	0.242	0.867	1.756	3.002	4.478	6.139	7.951	9.900	11.911	13.973	16.075	18.214	80°
90°	0.289	0.937	1.871	3.142	4.635	6.313	8.140	10.100	12.115	14.183	16.286	18.431	90°
100°	0.342	1.007	1.990	3.283	4.794	6.488	8.330	10.300	12.319	14.393	16.497	18.648	100°

Degrees C	1200°	1300°	1400°	1500°	1600°	1700°	1800°	1900°	2000°	2100°	2200°	2300°	Degrees C
0°	18.648	20.767	22.814	24.841	26.850	28.842	30.814	32.589	34.246	35.851	37.435	38.897	0°
10°	18.865	20.973	23.017	25.043	27.050	29.041	31.004	32.757	34.408	36.010	37.592	39.018	10°
20°	19.080	21.178	23.220	25.245	27.249	29.239	31.191	32.924	34.570	36.170	37.748	39.133	20°
30°	19.294	21.383	23.424	25.446	27.449	29.438	31.376	33.091	34.732	36.329	37.903		30°
40°	19.508	21.588	23.627	25.648	27.648	29.637	31.557	33.257	34.893	36.487	38.057		40°
50°	19.722	21.793	23.830	25.847	27.847	29.835	31.734	33.422	35.053	36.646	38.208		50°
60°	19.934	21.997	24.032	26.049	28.046	30.033	31.909	33.588	35.213	36.804	38.355		60°
70°	20.145	22.202	24.235	26.250	28.245	30.230	32.081	33.754	35.373	36.963	38.498		70°
80°	20.354	22.406	24.437	26.450	28.444	30.426	32.251	33.918	35.533	37.120	38.636		80°
90°	20.561	22.610	24.639	26.650	28.643	30.621	32.421	34.082	35.692	37.277	38.769		90°
100°	20.767	22.814	24.841	26.850	28.842	30.814	32.589	34.246	35.851	37.435	38.897		100°

資料

18.8 イリジウム60%・ロジウム40%-イリジウム熱電対規準熱起電力表 (エンゲルハート社)

温度 C	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,800	1,900
0	5.54	6.07	6.59	7.11	7.64	8.17	8.69	9.22	9.74	10.27
10	5.59	6.12	6.64	7.16	7.69	8.22	8.74	9.27	9.79	10.32
20	5.65	6.17	6.69	7.22	7.75	8.27	8.80	9.32	9.85	10.37
30	5.70	6.23	6.75	7.27	7.80	8.33	8.85	9.38	9.90	10.43
40	5.75	6.28	6.80	7.32	7.85	8.38	8.90	9.43	9.95	10.48
50	5.80	6.33	6.85	7.37	7.90	8.43	8.95	9.48	10.00	10.53
60	5.86	6.38	6.90	7.43	7.96	8.48	9.01	9.53	10.06	10.58
70	5.91	6.43	6.95	7.48	8.01	8.53	9.06	9.58	10.11	10.63
80	5.96	6.49	7.01	7.53	8.06	8.59	9.11	9.64	10.16	10.69
90	6.02	6.54	7.06	7.59	8.12	8.64	9.17	9.69	10.22	10.74
100	6.07	6.59	7.11	7.64	8.17	8.69	9.22	9.74	10.27	10.79

資料

18.9 熱電対の許容差

種別	測定温度	熱電対の階級	許容差
P	600°C 以上常用限度以下	0.5級	測定温度の±0.5%
		1.0	測定温度の±1.0%
C	400°C 以上常用限度以下	0.75	±3deg
		1.5	±6deg
I	400°C 以上常用限度以下	0.75	測定温度の±0.75%
		1.5	測定温度の±1.5%
C	0°C 以上 400°C 未満	0.75	±3deg
		1.5	±6deg
C	0°C 以上 300°C 以下	0.75	±2.3deg
		1.5	±4.5deg

する。
つきに最も普通に使用される熱電対の材質と起電力を示したものは表1.8である。一般に高温用熱電対として用いられる白金-白金ロジウム対は絶縁を完全にすれば、最高温度1500°Cまで使用することができる。

表1.8 主要熱電対の材質と熱起電力(mV)

種類	白金-白金ロジウム	クロム-アルミニウム	鉄-コンスタンタン	銅-コンスタンタン
組成	Pt 87%, Rh 13%	Ni 90%, Cr 10% Ni 94%, Al 3% Si 1%, Mn 2%	Cu 55%, Ni 45%	Cu 55%, Ni 45%
温度(°C)	-200 -100 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600	-5.75 -2.49 0.00 4.10 8.13 12.21 16.40 20.65 24.91 29.14 33.31 37.36 41.31 45.16 48.89 52.47 55.89 58.22	-8.27 -4.82 0.00 5.32 10.87 16.44 22.00 27.62 33.39 39.44 45.89 52.29 58.22	-5.54 -3.35 0.00 4.28 9.29 14.86 20.87

(注) 基準接点温度を0°Cとする。これを20°Cとする場合にはPt-Pt-Rhでは0.11mVを、またクロム-アルミニウムでは0.80mVをそれぞれ本表の値から差し引く。

熱電対温度計は比較的精度が高く、遠隔測定や記録計、調節計として使用されるので、応用の範囲もきわめて広い。特に各種炉内、ガス、蒸気および反応器内の温度を遠隔測定するに便である。実際の業務では高価な熱電対線は測定部だけに使用するから熱電対端子の温度は基準接点より高いのが普通であり、これによる誤差を補償しなければならぬ。このために比較的低温(100°C附近)でその熱電対と熱起電力のほぼ等しい熱電対代用線を普通アスベストまたはガラス綿で被覆して用いる。熱電対接点(基準接点)を一定温度に保つため冷却器としては氷冷式、水冷式あるいは地中埋没式などがある。表示計器にはミリボルト計と電位差計とがあり、さらに付加装置を組合せた自動温度調節計または警報計としたものもある。ミリボルト計には懸垂型(suspension type)と軸受型(pivot type)とがある。記録計はトルクが小さいため打点式が採用され、これらの方

式ではインクの色別による多箇所記録ができる。
測定温度の誤差を小さくして精度を要求する場合にはしばしば検定を行なわねばならぬ。この目的には純粋な物質の凝固点における起電力を測定することにより容易に補正できる。最低標準温度には水の沸騰点を用い、高い温度では標準温度として表1.9に示す各種の金属の融点がいられる。金属は凝固点において熱を放出するため冷却の時間温度曲線に停止するところが現われるからこの温度を採れば良いのである。

表1.9 熱電対補正用各種金属の融点

金属	熔点(°C)	度	金属	熔点(°C)	精度(°C)
金	231.9	0.2	銀	961	2.0
銅	520.9	0.3	白金	1063	3.0
カドミウム	327.4	0.3	銅	1083	3.0
鉛	419.4	0.5	アル	1450	15.0
亜鉛	631	1.5	鉄	1530	-
アルミニウム	659.2	-	パラジウム	1550	15.0

貴金属対を検定する場合には約1500°Cまで30分間加熱するような電流を通じ、完全に燃焼することが望ましい。また検定後は均質性を失わしめたいために、線を急激に折曲げることなども避けねばならない。

近年高温の試験や作業が多くなったので、1500°C以上の高温で使用できる熱電対が必要とされ、これに伴って耐火性保護管も問題となって来た。かかる熱電対には金属および非金属で高融点の材料が利用され、その主なものは表1.10に示すようである。

表1.10 高温用熱電対

種 類	使用温度(°C)	雰囲気
イリジウム-イリジウム80%-ルチニウム10% ^{a)}	2300まで	空気中
イリジウム-イリジウム40%-ロジウム60% ^{b)}	1600~2500	空気中
タンタル-タングステン	1500~1750	中性ガス
タンタル-イリジウム ^{c)}	1000~2200	中性ガス、真空
炭化タングステン ^{d)}	2500まで	-
炭化ニオブ ^{e)}	-	-

これらのうちでW-Ir対の熱起電力はほとんど直線的で、Pt-Pt-Rh対の2倍の値を有し、最も有望である。しかし一般に高温用熱電対は雰囲気の影響を受け、白金族の元素を除けばすべての金属は酸化雰囲気では使用することはできないし、また白金やイリジウム

- 1) I.E. Campbell: *High-temperature Technology*, pp 357, ~76 (1957)
- 2) A. Schulze: *J. Inst. Fuel*, 12, 541 (1932).
- 3) O. Fossner: *Z. Tech. Physik*, 54, 155 (1932).
- 4) B. Osann and E. Schroeder: *Z. Physik*, 1, 89 (1933).
- 5) G.R. Fetterer: *Trans. A.I.M.E.*, 105, 290 (1933).
- 6) R.R. Ridgway: *U.S. Patent*, 2,152,153 (1939).

に達する温度を得た。その後この方法は長く忘れられていたが、1921年ドイツ Zeiss 社の Straubel らは始めて反射鏡式太陽炉を造り 3000°C 位の温度に達せしめた。現在世界で最大の太陽炉はフランスのピレネ山脈中の Montlouis にあるもので、径 35 ft の拋物面を有する大反射鏡を使用しており、さらに径 100 ft の炉も設計された。アメリカでは 1930~32年 カリフォルニア大学がレンズ式太陽炉を建造し、現在高温材料の研究に使用している。この太陽炉は図 1.4 に示したもので、径 2 ft のレンズ19個を太陽に向け、各像を第二の径 7.5 in の半球状レンズの上

に集め焦点を結ばせるようになっている。わが国には昭和31年に竣工した名古屋工業技術試験所の反射鏡式太陽炉がある。この反射鏡はアルミ板を拋物面に加工後研磨したものを使用し、径 2 m、焦点距離 64 cm、太陽像の径 6 mm である。

太陽炉で発生する熱は pure heat と呼ばれ熱線束を固体の一部に集中せしめて高温を生ぜしめるので、その内部で熔融が起り加熱容器を必要としない。したがって他の加熱方法に見るように燃焼ガス、電気加熱体あるいは容器による化学的汚染を受けることがない。

図 1.4 カリフォルニア大学のレンズ式太陽炉の概観。炉内には、石英製の透明な容器に置いたならば、任意の雰囲気または真空内で加熱や熔融を行なうこともできる。しかも熱処理による変化の様子を始終観察することのできる利点もある。操作としては太陽炉の焦点を移動させれば、試料を急に加熱したり、あるいは急冷することも自由にでき、また必要な完全な焦点から徐々にずらすことにより徐冷を行なうこともできる。

太陽炉による超高温の応用はいろいろあり、ピレネの炉は酸素と窒素との直接化合による空中窒素固定を半工業的に行うことに成功した。またカリフォルニア大学におけるレンズ式の Caltech 炉では主として超耐火物の研究に利用しており、最高温度は 3400°C に達



図 1.4 カリフォルニア大学のレンズ式太陽炉

1) Pol Duwez: Am. Cer. Soc. Bull., 36, 410-411 (1957).
 2) 久田本郎: 化学と工業, 8, 9-13 (1956).
 3) F. Daniels: Am. Cer. Soc. Bull., 35, 406-409 (1957).

2 高温発生と温度測定

し、融点 3200°C のトリプ(ThO₂)を熔融することができる。

2.2 温度測定

温度の測定は耐火物の製造、高温挙動の試験ならびに窯炉の操業管理の上からきわめて重要な問題である。この測温の目的に用いられる温度計には種々の形式があり、それらを一覧に比較表示したものは表 1.7 である。

表 1.7 各種温度計の比較

種	測定範囲 (°C)	精度 (°C)	計器原理	計器種類	記録方式	測定時間 (秒)	主要用途
水銀温度計	-30 ~ 600	0.4 ~ 5.0	膨張膨脹	直立式 記録指示計	なし	20 ~ 60秒	各種
ガラス式温度計	-200 ~ 600	1 ~ 3	膨張膨脹	直立式 記録指示計	ペン式	2 ~ 10分	各種
振子温度計	-190 ~ 400	0.5 ~ 1	膨張膨脹	直立式 記録指示計	ペン式	1 ~ 5分	各種
熱電対温度計	0 ~ 1400	5 ~ 10	熱電効果	直立式 記録指示計	打点式	1 ~ 5分	各種
光電対温度計	1000 ~ 3000	5	光電効果	直立式 記録指示計	打点式	1 ~ 5分	各種
光電対温度計	100 ~ 1300	10	光電効果	直立式 記録指示計	打点式	1 ~ 5分	各種
光電対温度計	1000 ~ 1800	1 ~ 2	光電効果	直立式 記録指示計	打点式	1 ~ 5分	各種
光電対温度計	1000 ~ 1800	1 ~ 2	光電効果	直立式 記録指示計	打点式	1 ~ 5分	各種
光電対温度計	1000 ~ 1800	1 ~ 2	光電効果	直立式 記録指示計	打点式	1 ~ 5分	各種

2.2.1 熱電対温度計

異種の金属の線を結び、これと並列に電流計を連結すると熱電流回路ができる。もし図 1.5 において接合点 A (熱接点) が接合点 B (冷接点) より高い温度に熱せられたらば、A, B の 2 点間の温度差に比例して電流計の指針は振れる。かかる熱電対に用いる金属線の条件としては、(1) 熔融点の高いこと、(2) 高温において酸化その他の変質をしないこと、(3) 起電力の大きいこと、(4) 温度差の増加とともに起電力は均一に増加することなどである。これらの条件を同時に満足することはできないから異なる種類の熱電対を温度に応じて使いわけるのが必要である。すなわち低温度では起電力の大きい卑金属対 (base-metal couple) を使用、高温度では起電力は小さいが高融点を有し変質し難い貴金属対 (precious-metal couple) を使用

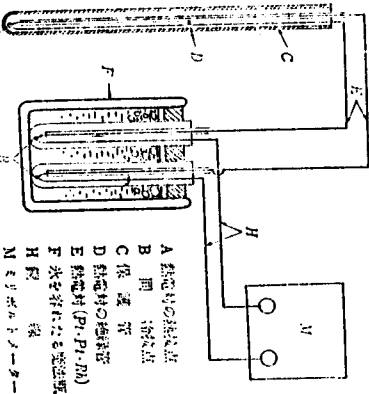


図 1.5 熱電対による測温原理図

異なる種類の熱電対を温度に応じて使いわけるのが必要である。すなわち低温度では起電力の大きい卑金属対 (base-metal couple) を使用、高温度では起電力は小さいが高融点を有し変質し難い貴金属対 (precious-metal couple) を使用

調器によって交流に変化し、真空管などで増幅して平衡電動機に入れ、直流 I' の方向にライド抵抗を変えて $I' = 0$ で停止する。この計器の特點は、駆動トルクが大きく、自動記録、自動制御に通し、精度の高いことである。

(vii) 測定温度の補正 熱電度計によって測定した温度は熱電対の特性低下、補償導線、計器の性能、規準温度の差などにより実際の温度と違って現われることが多い。したがって測定温度によって実際の温度を補正する必要がある。その前提として最もたいせつなのは、熱電対の特性が正しいことである。しかし永く使用すると、使用温度、素線の材質によってその特性が低下するので検定を要する。

表-3.1.8 冷接点温度の補正 [(deg) (a) PR 熱電対]

t	t (°C)					t	t (°C)				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	700	4.7	9.5	14.5	19.7	25.0
20	9.3	18.6	27.8	37.3	46.8	750	4.6	9.3	14.1	19.3	24.5
40	8.6	17.3	26.0	35.0	44.0	800	4.5	9.1	13.9	18.9	24.1
60	8.1	16.3	24.6	33.2	41.9	850	4.4	9.0	13.7	18.6	23.7
80	7.6	15.5	23.5	31.7	40.0	900	4.3	8.8	13.4	18.2	23.2
100	7.3	14.8	22.4	30.2	38.4	950	4.2	8.6	13.2	17.9	22.8
120	7.1	14.3	21.6	29.2	36.9	1000	4.2	8.5	12.9	17.6	22.4
140	6.7	13.6	20.7	28.1	35.7	1050	4.1	8.3	12.7	17.2	21.9
160	6.6	13.3	20.2	27.4	34.8	1100	4.0	8.2	12.5	17.0	21.7
180	6.4	13.0	19.7	26.6	33.8	1150	4.0	8.1	12.4	16.9	21.5
200	6.2	12.6	19.1	25.9	32.9	1200	4.0	8.1	12.3	16.8	21.4
250	5.9	11.9	18.2	24.7	31.5	1250	4.0	8.1	12.3	16.8	21.4
300	5.6	11.4	17.5	23.7	30.2	1300	4.0	8.1	12.3	16.8	21.4
350	5.5	11.1	16.9	23.0	29.3	1350	4.0	8.1	12.3	16.8	21.4
400	5.3	10.8	16.4	22.4	28.5	1400	4.0	8.1	12.3	16.9	21.5
450	5.2	10.6	16.1	22.0	27.9	1450	4.0	8.1	12.3	16.8	21.4
500	5.1	10.4	15.8	21.5	27.3	1500	4.0	8.1	12.4	16.9	21.5
550	5.0	10.1	15.4	20.9	26.6	1550	4.0	8.2	12.5	17.0	21.7
600	4.9	9.9	15.1	20.5	26.1	1600	4.0	8.2	12.5	17.0	21.7
650	4.7	9.7	14.7	20.1	25.6	1650	4.0	8.2	12.5	17.0	21.8

次に問題となるのは規準温度が 0°C である場合である。この二つの問題について補正方法を示そう。

a) 規準温度による熱電対の測定 この方法は、国際温度自盛の純物質の定常点に一定であって再現されやすいことから温度を測定する。金属の凝固点を測定するには、黒鉛質、アルミナ質、トリヤ質などのルツボで溶融し、その中へ熱電対の熱接点を収めた保護管を挿入しておき、金属が凝固する際の起電力を測定する。凝固点ではある程度、一定の起電力を示すので測定できる。

b) 補正された熱電対との比較測定 この方法は a) のような方法によって測定された熱電対と比較測定することで、標準と測定との熱電対の熱接点を十分に絶縁して、電気炉の等温槽で測定する。その測定値をグラフ

表-3.1.9 測温抵抗体の分類

種別	使用温度範囲(°C)		
	低通用	中通用	高通用
白金測温抵抗体	-200~60	0~350	0~500
ニッケル測温抵抗体	-50~60	0~300	—
銅測温抵抗体	—	0~120	—

おけば便利である。規準温度が 0°C のとき 0°C として示しにくい場合は温度計の指示温度を補正する必要がある。起電力と温度には一定の関係があり、それによって補正する。その補正方法を表-3.1.8 に示す。

その他の方法 規準温度による電流の変化で補償しておく自動的補償などがあるが詳細は省略する。

(iii) 熱電度計の使用上の注意 (1) 電線の誤差を少なくする。裸熱電対ならば接点を保護管に入れたものはその差込みに注意する。(2) 補償導線の使用 (3) 熱電接点の恒温 (4) 接続端子の正しさ (5) 零点調節の調整 (6) 故障もしくは誤った部分の早期発見 (指針のフレ状態、指針の予想外のときなどは多くは接続を誤っている)。

(iv) 電気抵抗温度計 (electric-resistance thermometer) 体の電気抵抗は、温度の昇降によって変化するからその抵抗を測ることによって温度を知ることができる。この原理によって素線材料、抵抗との関係を見出しおけば二つの温度計となしうる。自動制御、記録、測定にも適している。

1) 抵抗温度計の構造と部分

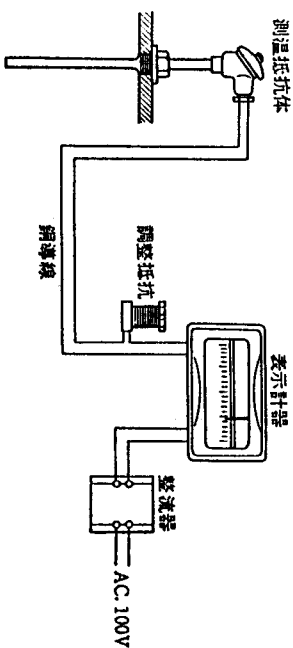


図-3.2 抵抗温度計の構成図

抗体、導線、調整抵抗などの計器から構成され 図-3.2 のようである。

a) 測温抵抗体 抵抗素子、内部導線、保護管、端子から組み立てられる。

1) 抵抗素子 白金、ニッケル、銅が大きく使用される。その使用温度範囲を表-3.1.9 に示した。また白金の R_t ($t^{\circ}\text{C}$ における抵抗)/ R_0 (0°C における抵抗) を表-3.1.10 に示す。ニッケル銅については省略する。

2) 銅線 保護管内部で素子と端子、端子から計器を結ぶ導線とがある。いずれもその抵抗が測定誤差を招くようではいけない。

3) 保護管 熱電対に比して測温範囲が低いから保護管としては軟銅、黄銅、銅などが使用される。その長さは $250 \sim 1000\text{mm}$ 、外径は $5 \sim 15\text{mm}$ で用途に応じて選択する。

b) 計器 この種の計器として2種ある。

1) 可動コイル比率式 可動コイルとは鉄心に2個のコイルが小さい角度で交差して結

温度係数が0に近い特性がある。

それらの熱起電力を表-3.1.4に示す。

(iii) 熱電対の線径と使用限界 熱起電力は素線の太さ、長さに無関係であるが、熱伝導率についてはその材質と線径が影響する。耐久力にも関係するから注意を要する。使用限界というのには明確な限界ではないが、素線の線径、温度、よん固気などによって熱電対の使用限界を JIS では表-3.1.5のように示している。またその連続使用時間に対

表-3.1.4 規準熱起電力

温度°C	クロメル・コプラ クロムタン(mV)	コプラニオン コプラタン(mV)
200	-8.72	
100	-5.18	
100	6.32	4.12
200	13.41	9.00
300	21.03	14.48
400	28.94	20.44
500	37.00	26.74
600	45.09	33.31
700	53.14	
800	61.09	
900	68.06	
1000	76.44	

しても起電力の変化許容差を表-3.1.6のよう

表-3.1.5 規準熱電対の使用限界

種別	線径(mm)	常用限度(°C)	過熱使用限度	
			線径(mm)	常用限度(°C)
PR	0.5	1400	1600	
	0.65	650	850	
CA	1.00	750	950	
	1.60	850	1050	
	2.30	900	1100	
	3.20	1000	1200	
IC	0.65	400	500	
	1.00	450	550	
	1.60	500	630	
CC	2.30	550	750	
	3.20	600	800	
	0.65	200	250	
	1.65	250	300	
	1.60	300	350	

表-3.1.6 熱起電力の変化の許容差

種別	連続使用時間(時)		起電力の変化
	常用限度で	過熱使用限度で	
PR	75	5	±0.50
CA	1000	25	±0.75
IC	1000	25	±0.75
CC	1000	25	±0.75

表-3.1.7 保護管の種類と材質

材	質	保護管の種類と材質		用途
		高温使用温度(°C)	常用温度(°C)	
特殊耐火物				
高純度半溶アルミナ質		1500	1700~1800	主として白金ロジウム熱電対に使用する。(サフライナーは熱衝撃に強い)
サフライナー(単結晶を穴開けしたもの)		1900	1700~1800	
磁器質		1600	1550	主として白金ロジウム-白金熱電対に使用し、比較的化学的、外部および熱衝撃に対し安定。
普通半溶アルミナ質		1600	1500	
シリチアト質		1500	1400	
磁器質		1400	1300	白金ロジウム-白金熱電対に使用し熱衝撃に安定だが塩基性物質に対し弱い。
石英質		1350	1200	
透明質		1300	1200	
不透明質		1300	1200	
鋼		1000	800	アルメル・クロメル熱電対などに使用し、機械的強さは大きい、耐熱度が弱い。
カロナイテ鋼		1300	1200	
サンプドビツク(高クロム質)		1300	1100	
不銹鋼		975	900	

3. 状態と性質の測定

うに定めている。

- (iv) 熱電対の保護管 熱電対の素線を短絡させないように、また絶縁した素線が直接に外部と接触しないため耐熱保護管が必要である。材質の条件は使用温度に耐え、熱および外部衝撃に強く、化学的に安定気密であり、熱伝導度の小さなものがよい。代表的なものを表-3.1.7に示す。
- (v) 補償導線と規準温度装置(冷接点冷却器) 熱起電力は測温接点と規準接点の端子の温度で決定するから、規準温度を一定とすることが必要である。この温度を一定とするためには熱電対の素線を長くする必要があり、素線が高価であるため短くても測温に不都合を生じないものがよい。補償導線と規準温度装置はこのようにして不可分の関係がほぼ同一であり、熱電対の熱起電力と温度範囲で使用する時、熱電対の熱起電力との関係がほぼ同一であり、熱電対の種類によって合金の組成も違う。その接続は熱電対の正端子と導線の正端子で規準温度は熱電対と接続しない端子となる。補償導線は一般用は60°C、耐熱用は150°Cで絶縁の低下しないものがよい。ただし精密な温度測定には補償導線を使用しない。

規準温度装置は規準温度を一定にするために必要であり、熱電対の種類によって材質が違う。温度を一定にするための方式として次の各種がある。

a) 氷浴式冷接点装置 魔法びんに氷と蒸留水(清浄水)の混合物を満たし、その中に冷接点(熱電対と計器への導線との接続部)を油の入った管に収納しているもの。

b) 通水式 魔法びんに水を流して一定とする。

水温は季節によって変化するから測温部がある。

c) 電熱式 電熱によって一定温度が保持されるが、自動温度調節が必要である。

d) 地中埋設式 地下約3mでは一定温度を示し±3°Cで季節に關係なく保持されておりそこに冷接点を埋設する。ただ防水、防湿と耐蝕の注意が必要である。

(vi) 計器 熱電対、補償導線、規準温度装置を接続すれば、その熱起電力を測定するために計器がいる。これには電圧式と電流式とがある。

a) 電圧式 一般にミリボルトメーターのことであるがその作動方式によって可動コイル形ともいわれ、また宝石軸受とピボットで作動部が支持されているのでピボット式ともいうが、標準用として精密測定によい。この形式では熱電対に生じた起電力が、接続回路の部分抵抗によって降下した電圧が計器の端子電圧となる。したがって熱起電力Eと計器の読み取り電圧E₀との間には、

$$E = E_0 \times R_t + R_w + R_i + R_j / R_t + R_j$$

の関係が成立する。(R_t: 測定時の熱電対の抵抗, R_w: 補償導線の抵抗, R_i: 熱電対の補償導線以外の外部導線の抵抗, R_j: 計器の内部抵抗, R_L: 計器外の導線の抵抗)

ここで内部抵抗R_iが他の抵抗よりも十分大きく、またR_L≪R_t+R_w+R_jである場合にE=E₀となる。

b) 電位差式 熱電対に電流が流れない状態で測定でき外部抵抗の影響がないため、精密な温度測定ができるのが特長である。これには次の方式がある。(i) 電流Iを一定にして抵抗rを測る方式、(ii) 抵抗rを一定にして電流Iを測る方式とがある。電子管自動平衡計器は(i)の方式に属するものである。その作動原理は定電圧装置により、自動的にIが一定に保持される。電流Iが0でなく、自動的にrを変化してI=0になって変化が停止する。ここでIは微小な直流であり、これを振動接点式変調器、もしくは磁気式変

れない。圧力計はU字管式のものを用いられ
るが、工業用温度計としては、ブルドン管
(Bourdon 管) 形式のうず巻き形のもの
が利用されている。

(i) 液体圧力式温度計 有機液体、水
銀が用いられ、それらの液体が容器に充満
され封じこめられている。温度と圧力との関係
をあらかじめ測定しておけば再現できる。し
かし実際には容器、圧力導管、うず巻き管な
どの容積変化が厳密に保持されないと、液体
の体積も不変とはいえないので多少問題が
残る。水銀が $-30^{\circ}\text{C}+600^{\circ}\text{C}$ までの測定範囲
であり、工業用として有効に使用されてい
る。有機液体ではアルコールの 200°C 、ア
ニリンの 400°C 用のもがある。

(ii) 蒸気圧力式温度計 感温部は液体
(エチルエーテル、ヘキサン、トルエン、キ
シロールなど) とその蒸気で満たされてお
り、うず巻き形の圧力計と連絡している。使
用液によって測定範囲も決定するが、 350°C
くらいまでである。また、U字管式のもの
は液などを使って -210°C くらいまで測定
できる。

e. 熱電温度計

熱電温度計(thermoelectric thermometer)
では、2種類の金属A、Bの両端を接合して
接点 T_1 を他の接点 T_2 よりも高温度に保
つと熱起電力(thermo-electromotive force)
を生じて電流が流れる。この現象をゼーベック
(Seebeck) 効果という。熱起電力は T_1, T_2
における温度差の大きいほど、大きく現われ
る。この際一つの接点を一定温度に保てば、
熱起電力を測定することによって他の接点に
おける温度を知ることができる。

このような金属対を熱電対といひ、熱起電
力を測定するミリボルト計などに温度目盛を
して温度計とし、これらを併して熱電温度計
という。

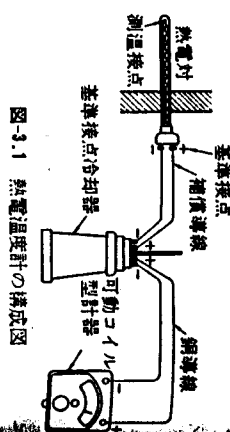


図3-1.1 熱電温度計の構成図

(i) 熱電温度計の構成 熱電温度計の
構成を図-3.1に示した。熱電対 (thermo-
couple) の一つの接点 (測温接点) は溶接さ
れ、他の接点 (基準接点) はろうう付けされ
ている。測温接点を除き金属線の接合を防ぐた
めに、1孔もしくは2孔の磁器製あるいは
セラミクス製の電気絶縁管で絶縁し、さら
にそれを溶融石英、磁器、ジンターアルミナ
などの耐熱性保護管の中に収めて測温用
の電対を構成する。次に基準接点は水を浮か
した水(魔法瓶に入れる)によって 0°C に保た
れる。保護された熱電対はそのまま規準接
(冷接点ともいふ)に連結されるが、連結さ
れにくいときには、この間に補償導線を入れ
て接合する。規準接点と温度計との間は被
覆線で接続する。熱電対および規準接点に
おける構造がある。(1) は工業用の熱電対で
規準接点は室温に保たれるが、室温を測定
して測温値を補正する。(2) 熱電対を写す
ように張ったもので、表面温度計ともい
われるが熱接点を物の表面に押しつけて測
温する。規準接点が室温となるので測温値を補
正する。(3) は銅-コンスタンタン組み合わせ
のように銅を素線とする熱電対にだけ使用さ
れる構造である。(4) は熱電対を数個直列に
ないたもので、感度を高くする構造である。
(ii) 熱電対の種類と起電力 熱電
対としては起電力が大きくその再現性の高
い属線(素線といふ)の組み合わせがよい
在最も広く実用化されている種類とし

3. 状態と性質の測定

表3-1.1 PR (10) の規準熱起電力 (mV)

温度 $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
600	5.217	5.319	5.422	5.524	5.627	5.731	5.834	5.939	6.043	6.148	6.253
700	6.257	6.358	6.464	6.570	6.677	6.784	6.891	6.998	7.106	7.214	7.323
800	7.332	7.432	7.541	7.651	7.760	7.871	7.981	8.092	8.204	8.315	8.427
900	8.427	8.539	8.652	8.765	8.879	8.992	9.106	9.220	9.335	9.450	9.566
1,000	9.566	9.681	9.797	9.914	10.030	10.148	10.265	10.383	10.501	10.618	10.738

工業規格 (JIS C1602(1957)) に定められた
ものを付録17. に規準起電力とともに示す。
表中の記号、PR は白金+ロジウム (13%)
と白金、CA はクロメル (90% Ni+10%
Cr) とアルメル (94% Ni+3% Al+1% Si
-2% Mn), IC は鉄とコンスタンタンの
(Cu+45% Ni), CC は銅とコンスタンタンの
合金(ロジウム)が+白金である。ま
たこれらについてその許容差も定めてい
る。このほか JIS規格ではないが、きわめて有
意に使用されている熱電対として、PR (10)
といわれる白金+ロジウム (10%) と白金の
もの、これはとくに国際温度目盛の規約にお
いて、アンチモン点 (630.5°C , $I_{sb}=5550\mu\text{V}$),
銀点 (960.8°C , $I_{Ag}=9115\mu\text{V}$), 金点 (1063°C ,
 $I_{Au}=10300\mu\text{V}$) の目盛に採用されており、
その起電力を表-3.1.1に示した。RHは白
金+ロジウム (30%) と白金+ロジウム (6%)
で 1500°C 以上の高温測定に用いられている。

表3-1.2 PRh(30%) / PRh(6%) の
規準熱起電力

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	熱起電力 (mV)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	熱起電力 (mV)
100	0.056	1000	4.889
200	0.162	1100	5.791
300	0.419	1200	6.811
400	0.790	1300	7.880
500	1.245	1400	9.000
600	1.796	1500	11.130
700	2.442	1600	11.260
800	3.162	1700	12.390
900	3.964	1800	13.520

表3-1.3 高温用熱電対の一覧表

製造者名	+極 (%)	-極 (%)	最高使用温度 ($^{\circ}\text{C}$)	備考
チタニウム	Pt 70, Rh 30	Pt 94, Rh 6	1800	酸化中性炭素使用 (名称PRh 18)
ニッケル	Pt 80, Rh 20 Ir 60, Rh 40	Pt 95, Rh 5 Ir 100	1800 2000	同上、特性は安定だがいろいろ 不活性または還元性炭素で使用 酸化-中性炭
コバルト	Pt 60, Rh 40 W 100	Pt 80, Rh 20 Ir 100	2100 1950	同上
白金-ロジウム	Pt 60, Rh 20 Pt 60, Rh 40	Pt 80, Rh 20 Pt 95, Rh 5	1700(1800) 1800(1900)	同上
白金	Pt, Rh	Pt Rh 10 or 40	1800 2000	同上 (ELL 18)

(注) 国内では山本金属研究所などが製造している。