



Title	中性ODの帯スペクトル系
Author(s)	大浦, 浩文; OURA, Hirobumi
Citation	低温科学, 6, 41-70
Issue Date	1951-03-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17483">https://hdl.handle.net/2115/17483</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	6_p41-70.pdf



## 中性ODの帯スペクトル系\*

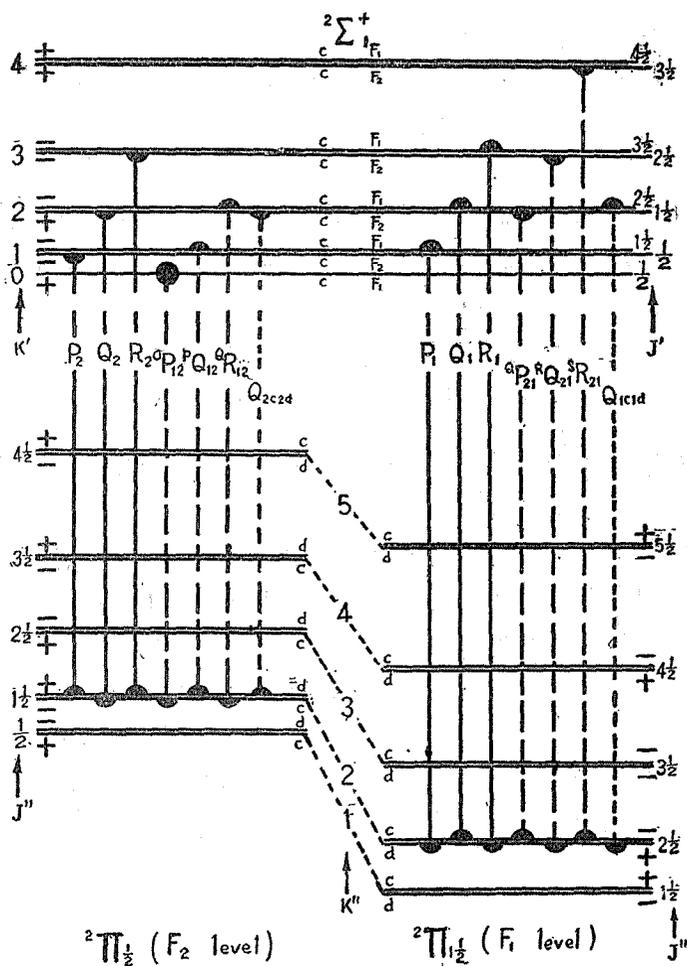
大 浦 浩 文

(低温科学研究所 応用物理学部門)

(昭和28年11月受理)

### I. ま え が き

中性ODの帯スペクトルが出る機構は、OHと同じで ${}^2\Sigma^+ \rightarrow {}^2\Pi$ である。一つの帯につい



第1圖 OD帯を生ずる ${}^2\Sigma^+ \rightarrow {}^2\Pi$  inv 遷移を表わすエネルギー図表

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第112號

て  $P, Q, R$  の各枝は次式によつてあらわされる。

$$\left. \begin{aligned} R_1(K) &= \nu^0 + F_1'(K+1) - F''_{1d}(K) \\ Q_1(K) &= \nu^0 + F_1'(K) - F''_{1c}(K) \\ P_1(K) &= \nu^0 + F_1'(K-1) - F''_{1d}(K) \\ R_2(K) &= \nu^0 + F_2'(K+1) - F''_{2d}(K) \\ Q_2(K) &= \nu^0 + F_2'(K) - F''_{2c}(K) \\ P_2(K) &= \nu^0 + F_2'(K-1) - F''_{2d}(K) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

電子の軌道運動, 分子の振動, 及び分子の廻転の間の相互作用が小さいときは, 全体のエネルギーは, 電子項  $T_e$ , 振動項  $G(\nu)$ , 及び廻転項  $F(k)$  の和と考えられ, 上式の  $\nu'$  は,

$$\nu' = T_e' - T_e'' + G'(\nu') - G''(\nu'')$$

であらわされる。

$\nu$  は振動量子数,  $K$  は廻転量子数で, “'” の附いたものは  $\Sigma$  状態に属し, “''” の附いたものは  $\Pi$  状態に属す。第 1 図に,  $R_1(2), Q_1(2), P_1(2), R_2(2), Q_2(2), \dots, P_2(2) \dots$  等の枝が, どのエネルギーレベルからどのエネルギーレベルに移るときに発生するものであるかを示した。

$\nu' = 0, \nu'' = 0$  である  $(0, 0)$  帯については既に発表した。こゝでは  $(0, 1), (1, 1), (1, 0), (1, 2), (2, 2), (2, 1)$  帯の分析を行つた。スペクトル線の強さが,  $(0, 0)$  帯に比して非常に弱いので, 分析は相当に困難であつた。

## II. 実験経過

装置は前の場合と同様で, 光源として H 型のガイスラー管の中を, 重水の蒸気を流しながら放電させた。

Eagle mounting にした曲率半径 6.5m の凹面格子で分光し, 2nd order のスペクトルを用いた。分散能は  $1.28\text{\AA}/\text{mm}$  である。露出時間は  $(1, 0), (2, 1)$  の sequence に対しては 10 時間,  $(0, 1), (1, 2)$  の sequence に対しては 20 時間であつた。これ以上の露出を行つても背景の連続スペクトルが強くなるだけで, 線の数はふえなかつた。

光源には, 別に超短波を使う発光方法もつかつた。低圧にした重水蒸気の入つている管を, 共振回路のコイルの中に入れて発光させた。コイルの軸方向に発せられる光はドップラー効果が無いから, 鮮鋭な線が得られる予定であつたが, ガイスラー放電の場合に比してそれほどよいとは思われなかつた。又超短波で発光されても, 線の数は増えなかつた。これは分子の廻転の状態がガイスラー放電の場合と大した変りが無い事を示す。

## III. 実験結果

$(0, 1), (1, 1), (1, 0), (1, 2), (2, 2), (2, 1)$  帯に属する線として分類された線を, 第 I,

II, III, IV, V, VI表に示す。(1, 2), (2, 2), (2, 1)帯の分析はあまり良好ではない。各表には  $P, Q, R, P_2, Q_2, R_2$  の波長及真空中の波数を示してある。衛枝は分析出来る程充分に現われなかつた。表中の  $i$  は線の強さを目測によりきめたものである。

第I表のa (0, 1) Band

$R_1$				$R_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	7	3337.791	29951.35	1	8	3352.557	29819.44
2	6	3336.581	29961.31	2	4	3349.855	29843.49
3	7d	3335.749	29969.69	3	4	3347.449	29864.94
4	8	3334.753	29978.63	4	4	3345.289	29884.23
5	8	3333.875	29986.53	5	5	3343.422	29900.91
6	8	3333.033	29994.10	6	8d	3341.725	29916.09
7	8	3332.240	30001.25	7	7	3340.187	29929.87
8	8d	3331.622	30006.81	8	7	3338.893	29941.46
9	9	3331.011	30012.31	9	7	3337.791	29951.35
10	9	3330.521	30016.73	10	6	3336.870	29959.62
11	9	3330.183	30019.77	11	8	3336.131	29966.25
12	9	3329.927	30022.09	12	7d	3335.533	29971.62
13	9	3329.927	30022.09	13	8	3335.191	29974.70
14	9	3329.927	30022.09	14	8	3334.991	29976.50
15	9	3330.183	30019.77	15	8	3334.991	29976.50
16	9	3330.521	30016.73	16	8	3335.191	29974.70
17	9	3331.011	30012.31	17	7d	3335.533	29971.62
18	8	3331.622	29906.81	18	3	3335.956	29967.83
19	5	3332.530	29998.63	19	6	3336.681	29961.31
20	5	3333.520	29989.73	20	6	3337.567	29953.35
21	8	3334.991	29976.50	21	3	3338.612	29943.98
22	6	3336.870	29959.62	22	4	3339.885	29932.57
23	7	3338.893	29941.46	23	7	3341.345	29919.49
24	7	3341.345	29919.49	24	3	3343.026	29904.55
25	8	3343.796	29897.57	25	8	3344.862	29888.04
26	4	3345.289	29884.23	26	6	3347.106	29868.00
27	4	3347.449	29864.94	27	4	3349.295	29848.49
28	8	3349.641	29845.39	28	3	3351.817	29826.02
29	8	3342.557	29819.44	29	3	3354.587	29801.40
30	6	3346.259	29786.54	30	3	3357.576	29774.87
31	9	3357.798	29772.90	31	3	3360.820	29746.12
32	7	3361.421	29740.80	32	6	3364.075	29717.35
33	4	3364.910	29709.97	33			
34	6	3368.932	29674.51	34	4	3371.448	29652.36

第 I 表の b (0, 1) Band

$Q_1$				$Q_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	8d	3341.725	29916.09	1	4	3356.523	29784.20
2	7	3342.779	29906.66	2	6	3355.912	29789.63
3	8	3343.796	29897.57	3	8d	3355.425	29793.95
4	8	3344.862	29888.04	4	8d	3355.425	29793.95
5	8	3345.942	29878.39	5	8d	3355.425	29793.95
6	8	3347.106	29868.00	6	6	3355.739	29791.16
7	8	3348.353	29856.87	7	6	3356.259	29786.54
8	8	3349.641	29845.39	8	7	3356.939	29780.51
9	8	3351.048	29832.86	9	9	3357.798	29772.90
10	8	3352.557	29819.44	10	7	3358.839	29763.67
11	8	3354.188	29804.94	11	7	3360.029	29753.13
12	6	3355.912	29789.63	12	7	3361.421	29740.80
13	9	3357.798	29772.90	13	7	3362.974	29727.07
14	6	3359.729	29755.78	14	7	3364.672	29712.07
15	6	3361.844	29737.08	15	8d	3366.490	29696.03
16	6	3364.075	29717.35	16	6	3368.553	29677.84
17	8d	3366.490	29696.03	17	6	3370.749	29658.51
18	6	3368.932	29674.51	18	7	3373.137	29638.40
19	6	3371.625	29650.80	19	7	3375.576	29616.09
20	5	3374.600	29624.66	20	6	3378.275	29592.44
21	4	3377.802	29596.58	21	6	3381.087	29567.83
22	4	3381.302	29565.95	22	5	3384.116	29541.36
23	4	3385.183	29532.05	23	8	3387.328	29513.36
24	5	3389.146	29497.52	24	6d	3390.633	29484.58
25	6	3393.569	29459.08	25	8	3394.289	29452.82
26	7	3396.565	29433.10	26	7	3398.004	29420.63
27	2	3400.288	29400.86	27	7	3401.752	29388.21
28	7	3404.319	29366.05	28	6	3406.024	29351.36
29	8	3408.809	29327.37	29	8	3410.439	29313.35
30	6	3414.048	29382.38	30	6	3414.983	29274.35
31	5	3417.115	29256.09	31	7	3419.731	29233.71
32	6d	3422.320	29211.60	32	6	3424.760	29190.79
33	6	3427.141	29170.51	33	5	3429.605	29149.55
34	6d	3432.655	29123.65	34	4	3434.875	29104.82

第 I 表の c (0, 1) Band

$P_1$				$P_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	8	3343.796	29897.57	1			
2	4	3346.821	29870.54	2	7	3360.029	29753.13
3	4	3349.855	29843.49	3	3	3361.641	29738.87
4	4	3352.945	29815.99	4	6	3363.536	29722.12
5	4	3356.069	29788.24	5	8d	3365.705	29702.96
6	5	3359.210	29760.38	6	7	3367.966	29683.02
7	6	3362.452	29731.69	7	6	3370.486	29660.83
8	8d	3365.705	29702.96	8	7	3373.137	29638.40
9	6	3359.165	29672.45	9	6d	3376.195	29610.67
10	6	3372.623	29642.02	10	6	3379.008	29585.32
11	6	3376.195	29610.67	11	6d	3382.232	29557.82
12	6	3379.879	29578.39	12	5	3385.652	29527.95
13	5	3383.644	29545.49	13	5	3389.146	29497.52
14	5	3387.577	29511.18	14	5	3392.813	29465.63
15	5	3391.602	29476.16	15	7	3396.565	29433.10
16	6	3395.725	29440.34	16	6	3400.486	29399.16
17	6	3400.027	29403.13	17	7	3404.553	29364.03
18	7	3404.319	29366.05	18	8	3408.809	29327.37
19	8	3408.809	29327.37	19	6	3413.192	29289.72
20	4	3413.523	29286.87	20	3	3417.691	29251.16
21	2	3418.555	29243.77	21	6d	3422.320	29211.60
22	6	3423.937	29197.80	22	6	3427.141	29170.51
23	5	3429.605	29149.55	23	5	3432.145	29127.98
24	7d	3435.432	29100.10	24	5	3437.270	29084.54
25	6	3441.474	29049.03	25	5	3442.540	29040.02
				26	5d	3447.952	28994.44
				27	6	3453.337	28949.24
				28	6	3459.420	28898.33
				29	6	3465.371	28848.71
				30	5	3471.502	28797.76
				31	4	3477.853	28745.17
				32	2d	3484.232	28692.54
				33	3	3490.737	28639.07
				34	1	3497.497	28583.72

第 II 表のa (1, 1) Band

$R_1$				$R_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	8	3107.853	32167.25	1	2	3121.060	32031.15
2	3	3107.044	32175.42	2	6	3118.894	32053.39
3	3	3106.591	32180.31	3	2	3117.153	32071.29
4	5	3106.022	32186.22	4	3	3115.433	32088.99
5	5	3105.776	32188.76	5	3	3114.158	32102.13
6	4	3105.528	32191.33	6	1	3113.021	32113.85
7	4	3105.398	32192.68	7	3	3112.283	32121.77
8	4	3105.398	32192.68	8	7	3111.740	32127.06
9	4	3105.528	32191.33	9	4	3111.436	32130.21
10	6	3105.881	32187.67	10	3	3111.301	32131.61
11	3	3106.261	32183.74	11	4	3111.436	32130.21
12	7	3106.873	32177.39	12	7	3111.740	32127.06
13	3	3107.756	32168.74	13	3	3112.283	32121.77
14	4	3108.651	32158.99	14	3	3113.107	32112.97
15	2	3109.774	32147.38	15	2	3113.997	32103.79
16	3	3111.183	32132.82	16	4	3115.197	32091.42
17	3	3112.755	32116.59	17	4	3116.591	32077.06
18	3	3114.478	32098.83	18	3	3118.213	32060.39
19	7	3116.279	32080.28	19	8	3120.104	32040.95
20	3	3118.213	32060.39	20	2	3122.186	32019.59
				21	8	3124.469	31996.20
				22	2	3126.736	31972.99

$Q_1$				$Q_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	3	3111.301	32131.61	1	2	3124.642	31994.42
2	3	3112.283	32121.77	2	7	3124.088	32000.10
3	4	3113.243	32111.57	3	4	3123.718	32003.89
4	3	3114.478	32098.83	4	5	3123.881	32002.21
5	7	3115.780	32085.42	5	8	3124.277	31998.18
6	4	3117.295	32069.83	6	6	3124.829	31992.51
7	1	3118.765	32054.72	7	5	3125.668	31983.93
8	3	3120.451	32037.39	8	5	3126.853	31971.80
9	6	3122.318	32018.24	9	4	3128.150	31958.54
10	8	3124.277	31998.18	10	5	3129.696	31942.76
11	5	3126.346	31976.98	11	6	3131.447	31924.90
12	7	3128.612	31953.83	12	4	3133.375	31905.26
13	6	3131.036	31929.08	13	6	3135.563	31882.99
14	6	3133.619	31902.77	14	6	3137.920	31859.05
15	6	3136.391	31874.57	15	6	3140.470	31833.18
16	5	3139.354	31844.49	16	7	3143.264	31804.88
17	3d	3142.467	31812.95	17	4	3146.226	31774.94
18	4	3145.825	31778.99	18	5d	3149.360	31743.32
19	5d	3149.360	31743.32	19	2	3152.967	31709.72
20	3	3143.052	31706.15	20	4	3156.434	31672.18
21	2d	3146.984	31666.66	21	4	3160.216	31634.28
				22	3	3164.287	31593.58
				23	5	3168.185	31554.71
				24	2	3172.318	31513.70

第 II 表のb (1, 1) Band

$P_1$				$P_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	1	3113.021	32113.85				
2	5	3115.657	32086.68	2	4	3127.526	31964.93
3	0	3118.413	32058.33	3	0	3128.922	31950.66
4	2	3121.060	32031.15	4	6	3130.687	31932.64
5	7	3124.088	32000.10	5	7	3132.801	31911.10
6	3	3127.297	31967.26	6	3	3135.093	31887.77
7	2	3130.573	31933.81	7	3	3137.670	31861.58
8	1	3133.891	31900.00	8	4	3140.375	31834.14
9	2	3137.378	31864.55	9	4	3143.453	31802.96
10	5	3141.034	31827.46	10	4	3146.655	31770.60
11	4	3144.804	31789.31	11	4	3150.075	31736.11
12	3	3148.702	31749.95	12	5	3153.653	31700.10
13	2	3152.805	31708.64	13	4	3157.456	31661.92
14	2 $d$	3156.984	31666.66	14	3	3161.584	31620.59
15	4	3161.308	31623.35	15	3	3165.647	31580.01
16	3	3165.881	31577.67	16	4 $d$	3170.035	31536.30
17	3	3170.594	31530.73	17	3	3174.586	31491.09
18	3	3175.481	31482.22	18	3	3179.365	31443.76
19	2	3180.586	31431.69	19	3	3184.318	31394.85
20	3	3185.855	31379.71	20	1	3189.488	31343.97
21	4	3191.326	31325.91	21	4	3194.849	31291.37
				22	3	3200.456	31236.55
				23	5	3206.210	31180.49

第 III 表の a (1, 0) Band

$R_1$				$R_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	1	2873.052	34796.00	1	$2d$	2883.892	34665.22
2	1	2872.600	34801.48	2	2	2882.333	34683.97
3	1	2872.192	34806.22	3	1	2880.808	34702.32
4	3	2871.998	34808.78	4	1	2879.614	34716.72
5	3	2871.835	34810.75	5	2	2878.807	34726.45
6	3	2871.835	34810.75	6	3	2878.213	34733.61
7	3	2871.998	34808.78	7	1	2877.869	34737.77
8	2	2872.336	34804.68	8	1	2877.743	34739.29
9	2	2872.867	34798.25	9	1	2877.869	34737.77
10	2	2873.524	34790.29	10	3	2878.213	34733.61
11	2	2874.454	34779.03	11	2	2878.807	34726.45
12	2	2875.516	34766.19	12	1	2879.614	34716.72
13	2	2876.792	34750.77	13	1	2880.618	34704.62
14	3	2878.213	34733.61	14	3	2881.938	34688.69
15	1	2879.924	34712.98	15	1	2883.450	34670.54
16	1	2881.758	34690.89	16	3	2885.314	34648.14
17	$2d$	2883.892	34665.22	17	3	2887.245	34624.97
18	1	2886.201	34637.49	18	4	2889.321	34600.09
19	1	2888.746	34606.97	19	2	2891.769	34570.91
20	2	2891.640	34572.34	20	1	2894.521	34537.93
21	1	2894.521	34537.94	21	1	2897.414	34503.44
22	1	2897.822	34498.59				
23	1	2901.322	34456.78				
24	1	2905.037	34412.91				
25	1	2908.987	34366.19				

第 III 表の b (1, 0) Band

$Q_1$				$Q_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	1	2876.014	34760.17	1	2	2886.897	34629.14
2	2	2875.955	34748.89	2	2	2886.607	34632.62
3	2	2878.034	34735.77	3	2	2886.607	34632.62
4	3	2879.217	34721.50	4	2	2886.897	34629.14
5	3	2880.510	34705.91	5	2	2887.413	34622.95
6	3	2881.938	34688.69	6	2	2888.257	34612.83
7	3	2883.450	34669.45	7	4	2889.321	34600.09
8	3	2885.314	34648.14	8	3	2890.587	34584.93
9	3	2887.245	34624.97	9	2	2892.151	34566.24
10	4	2889.321	34600.09	10	2	2893.914	34545.18
11	2	2891.612	34572.70	11	2	2895.902	34521.46
12	2	2894.124	34542.67	12	3	2898.137	34494.84
13	3	2896.781	34511.00	13	3	2900.601	34465.54
14	3	2899.639	34476.97	14	3	2903.225	34434.39
15	3	2902.714	34440.45	15	2	2906.132	34399.95
16	2	2905.997	34401.55	16	2	2909.252	34363.06
17	2	2909.438	34360.86	17	3	2912.556	34324.08
18	3	2913.102	34317.65	18	2	2916.094	34282.44
19	2	2917.017	34271.59	19	2	2919.888	34237.90
20	3	2921.096	34223.74	20	2	2923.948	34190.35
21	1	2925.671	34170.22	21	2	2928.168	34141.08
22	1	2930.012	34129.60	22	0	2932.641	34089.01
23	2	2934.850	34063.36	23	2	2937.379	34034.03
24	3	2939.858	34005.33	24	2	2932.364	33976.37

第 III 表の c (1, 0) Band

$P_1$				$P_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	1	2877.427	34743.07	1			
2	1	2879.924	34712.98	2	4	2889.321	34600.09
3	2	2882.333	34683.97	3	1	2890.991	34580.09
4	2	2884.951	34652.50	4	1	2892.697	34559.71
5	2	2887.737	34619.07	5	1	2894.706	34535.73
6	3	2890.587	34584.93	6	1	2896.963	34508.82
7	2	2893.610	34548.80	7	1	2899.436	34479.39
8	3	2896.781	34511.00	8	2d	2902.249	34445.97
9	3	2900.189	34470.43	9	1	2905.212	34410.84
10	3	2903.703	34428.72	10	2	2908.416	34372.93
11	2	2907.388	34385.09	11	1	2911.854	34332.35
12	2	2911.281	34339.11	12	1	2915.415	34290.42
13	1	2915.337	34291.34	13	2	2919.310	34244.67
14	1	2919.565	34241.56	14	1	2923.355	34197.29
15	3d	2923.948	34190.35	15	3d	2927.671	34146.87
16	2	2928.628	34134.90	16	1	2932.130	34094.95
17	1	2933.535	34078.63	17	3	2936.847	34040.19
18	1	2938.554	34020.42	18	1	2941.746	33983.50
19	2d	2943.811	33959.67	19	2	2946.946	33923.55
20	2	2949.227	33897.31	20	2	2952.281	33862.24
21	1	2954.867	33832.61	21	1	2957.854	33798.45
22	1	2961.062	33761.83	22	3	2963.685	33731.95
23	1	2966.774	33696.83	23	1	2969.721	33663.40
24	3	2973.253	33623.40	24	2	2966.013	33592.23
25	3	2979.724	33550.39				
26	2	2986.547	33473.75				
27	3	2983.536	33395.60				
28	1	3000.812	33314.62				

第 IV 表の a (1, 2) Band

$R_1$				$R_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	6	3374.422	29626.22	1	4	3390.157	29488.72
2	4	3373.785	29631.83	2	5	3387.577	29511.18
3	7	3373.137	29638.40	3	4	3385.183	29532.05
4	4	3372.263	29645.19	4	4	3383.114	29550.12
5	4	3371.448	29652.36	5	6	3381.087	29567.83
6	6	3370.749	29658.51	6	4	3379.700	29579.96
7	3	3370.157	29663.72	7	6	3378.275	29592.44
8	4	3369.599	29668.63	8	4	3377.169	29602.12
9	6d	3369.165	29672.45	9	6	3376.048	29611.96
10	3	3368.746	29676.15	10	7d	3375.576	29616.09
11	6d	3368.553	29677.84	11	5	3374.967	29621.44
12	3	3368.746	29676.15	12	6d	3374.422	29626.22
13	6d	3368.932	29674.51	13	6d	3374.422	29626.22
14	4d	3369.165	29672.45	14	6d	3374.422	29626.22
15	4	3369.599	29668.63	15	6d	3374.422	29626.22
16	3d	3370.137	29663.72	16	5	3374.967	29621.44
17	4	3371.029	29656.04	17	7d	3375.576	29616.09
18	4	3372.005	29647.47	18	4	3376.446	29608.48
				19	4	3377.169	29602.12
				20	4	3377.802	29596.58

$Q_1$				$Q_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	4	3378.659	29589.07	1	4	3394.133	29454.18
2	4	3379.703	29579.96	2	6	3393.569	29459.08
3	6	3381.087	29567.83	3	5d	3393.186	29462.40
4	6d	3382.232	29557.82	4	5	3392.813	29465.63
5	5	3383.367	29547.91	5	5d	3393.186	29462.40
6	5	3384.608	29537.07	6	6	3393.569	29459.08
7	5	3385.956	29525.31	7	4	3394.133	29454.18
8	5	3387.577	29511.18	8	6	3394.972	29446.90
9	5	3388.927	29499.43	9	6	3395.956	29438.37
10	4	3383.157	29488.72	10	7	3397.130	29428.20
11	5	3392.373	29469.46	11	9	3398.511	29416.23
12	4	3394.133	29454.18	12	4	3399.850	29404.65
13	6	3396.339	29435.05	13	7	3401.752	29388.21
14	9	3398.511	29416.23	14	7	3403.635	29371.96
15	7	3400.833	29396.15	15	7d	3405.651	29354.57
16	9	3403.267	29375.13	16	6	3407.995	29334.39
17	7d	3405.651	29354.57	17	6	3410.078	29316.46
18	6	3408.238	29332.29	18	4	3413.076	29290.71
				19	4	3415.295	29271.69
				20	5	3417.920	29249.20

第 IV 表の b (1, 2) Band

$P_1$				$P_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	5	3380.530	29572.70	1			
2	5	3383.824	29543.92	2	5	3397.520	29424.82
3	4 $d$	3386.972	29516.45	3	6	3399.172	29411.38
4	4	3390.157	29488.72	4	7	3400.833	29396.15
5	5 $d$	3393.186	29462.40	5	7	3402.963	29377.75
6	7	3396.565	29433.10	6	7 $d$	3405.651	29354.57
7	9	3400.027	29403.13	7	6	3408.238	29332.29
8	9	3403.267	29375.13	8	6	3410.993	29308.60
9	6	3406.723	29345.33	9	6	3414.983	29282.38
10	6	3410.078	29316.46	10	4	3417.115	29256.09
11	6	3414.048	29282.38	11	7	3420.449	29227.57
12	5	3417.920	29249.20	12	6 $d$	3423.937	29197.80
13	6	3421.986	29214.45	13	5	3427.580	29166.77
14	5	3425.985	29180.35	14	7	3431.408	29134.23
15	5	3430.185	29144.62	15	7	3435.432	29100.10
16	4	3434.511	29107.91	16	5	3439.510	29065.60
17	5	3438.807	29071.55	17	5 $d$	3553.620	29030.92
18	5 $d$	3443.620	29030.92	18	5	3448.277	28991.71
				19	1	3452.636	28955.11
				20	6	3456.643	28921.54

第 V 表の a. (2, 2) Band

$R_1$				$R_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	4	3149.816	31738.73	1	3	3164.287	31593.58
2	5 $d$	3149.360	31743.32	2	0	3162.212	31614.32
3	2	3149.011	31746.84	3	0	3160.381	31632.63
4	2	3148.882	31748.14	4	2	3168.517	31651.30
5	6	3148.446	31752.54	5	4	3157.456	31661.92
6	3	3148.311	31753.90	6	4	3156.434	31672.18
7	3	3148.311	31753.90	7	5	3155.443	31682.13
8	6	3148.446	31752.54	8	1 $d$	3155.084	31685.73
9	3	3148.702	31749.95	9	1 $d$	3155.084	31685.73
10	2	3149.011	31746.84	10	1 $d$	3155.084	31685.75
11	4	3149.816	31738.73	11	5	3155.443	31682.13
12	1	3156.984	31726.96	12	4	3155.912	31677.42
13	0	3151.987	31716.86				

$Q_1$				$Q_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	3	3153.052	31706.15	1	2	3167.613	31560.41
2	2	3154.496	31691.63	2	2	3167.301	31563.51
3	0	3155.797	31678.57	3	2	3167.137	31565.15
4	2 $d$	3156.984	31666.66	4	2	3167.137	31565.15
5	2	3158.517	31651.30	5	2	3167.301	31563.51
6	4	3160.216	31634.28	6	5	3168.185	31554.71
7	3	3161.584	31620.59	7	1	3168.963	31546.96
8	3	3163.544	31601.00	8	4 $d$	3170.035	31536.30
9	2	3165.343	31583.04	9	1	3171.650	31520.24
10	2	3167.301	31563.51	10	5	3173.376	31503.10
11	6	3169.594	31540.68	11	2	3175.193	31485.07
12	2	3172.308	31513.70	12	2	3177.330	31463.89
13	0	3174.915	31487.83	13	0	3179.789	31439.56
14	1	3177.637	31460.85				

第 V 表の b (2, 2) Band

$P_1$				$P_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
1	0	3155.084	31685.73	1			
2	1 $d$	3157.832	31658.16	2	3	3170.594	31530.73
3	3	3160.832	31628.12	3	2	3172.308	31513.70
4	0	3163.751	31598.93	4	0	3173.779	31499.10
5	0	3166.838	31568.13	5	5	3175.800	31479.05
6	4 $d$	3170.035	31536.30	6	0	3178.122	31456.05
7	5	3173.376	31503.10	7	2	3180.738	31430.18
8	1	3176.855	31468.60	8	1 $d$	3183.615	31401.78
9	1	3180.465	31432.88	9	4	3186.624	31372.13
10	1	3183.967	31398.31	10	0	3190.075	31338.19
11	3	3187.909	31359.49	11	4	3193.668	31302.94
12	1	3192.188	31317.46	12	2	3197.415	33266.25
13	1	3196.535	31274.87	13	1	3191.371	33227.63
14	3	3200.990	31231.35				

第 VI 表の a (2, 1) Band

$R_1$				$R_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
2	1d	2916.706	34275.24	1	2	2928.168	34141.07
3	2	2916.094	34282.44	2	0	2926.624	34159.09
4	2d	2915.893	34284.80	3	1	2925.169	34176.08
5	2d	2915.893	34284.80	4	3d	2923.948	34190.35
6	2d	2915.893	34284.80	5	2	2923.080	34200.50
7	2	2916.094	34282.44	6	2	2922.593	34206.20
8	1d	2916.706	34275.24	7	1	2922.352	34209.02
9	1	2917.417	34266.89	8	1	2922.352	34209.02
10	1	2918.262	34256.97	9	2	2922.593	34206.20
11	2	2919.301	34244.67	10	2	2923.080	34200.50
12	1	2920.705	34228.31	11	3d	2923.948	34190.35
13	1	2922.044	34212.63	12	1	2924.876	34179.50
14	3d	2923.948	34190.35	13	1	2926.058	34165.70
15	1	2925.630	34170.69	14	3d	2927.671	34146.87
16	3d	2927.671	34146.87	15	1	2929.386	34126.88
17	0	2930.177	34117.67	16	1	2931.352	34104.00
18	3	2932.638	34089.04	17	1	2933.535	34078.62
19	0	2935.552	34055.20	18	0	2936.024	34049.73
				19	2	2938.745	34018.20
				20	2	2941.852	33982.28

$Q_1$				$Q_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
2	1	2920.705	34228.31	1	3	2931.657	34100.45
3	1	2922.044	34212.63	2	1	2931.065	34107.34
4	2	2923.080	34200.50	3	2	2930.720	34111.35
5	2	2924.421	34184.82	4	1	2931.765	34107.34
6	1	2925.979	34166.62	5	3	2931.657	34100.45
7	3d	2927.671	34146.87	6	3	2932.638	34089.04
8	1	2929.386	34126.88	7	0	2933.728	34076.38
9	3	2931.657	34100.45	8	2	2935.143	34059.95
10	2	2933.933	34074.00	9	3	2936.847	34040.19
11	2	2936.396	34045.42	10	2	2938.745	34018.20
12	2	2939.048	34015.16	11	2	2940.854	33993.81
13	2	2941.852	33982.28	12	2	2943.267	33965.94
14	1	2944.969	33946.31	13	2	2945.895	33935.64
15	2	2948.221	33908.87	14	2	2948.739	33902.91
16	3d	2951.832	33867.39	15	3d	2951.832	33867.39
17	2	2955.505	33825.30	16	2	2955.210	33828.68
18	1	2959.473	33779.95	17	3	2958.791	33787.74
19	0	2563.387	33735.34	18	1	2962.440	33746.12
				19	1	2966.714	33697.51
				20	3	2970.998	33648.92

第 VI 表の b (2, 1) Band

$P_1$				$P_2$			
$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$	$K$	$i$	$\lambda \text{ \AA}$	$\nu \text{ cm}^{-1}$
2	3d	2923.948	34190.35	2	0	2933.728	34076.38
3	0	2926.058	34165.70	3	2	2935.143	34059.95
4	2	2928.698	34134.90	4	3	2936.847	34040.19
5	3	2931.657	34100.45	5	2	2939.048	34015.96
6	1	2934.595	34066.31	6	2	2941.227	33989.50
7	1	2937.732	34066.31	7	2d	2943.811	33959.67
8	1	2940.958	33992.61	8	2	2946.717	33926.18
9	2	2944.491	33951.83	9	2	2950.652	33890.83
10	2	2948.221	33908.87	10	3	2953.062	33853.28
11	0	2952.012	33865.33	11	2	2956.642	33812.30
12	2	2956.074	33818.80	12	1	2960.440	33768.92
13	1	2960.314	33770.36	13	1	2964.473	33722.98
14	3	2964.776	33719.53	14	2	2968.795	33674.32
15	1	2969.414	33666.87	15	3	2973.195	33624.06
16	1	2974.288	33611.70	16	1	2978.062	33569.11
17	2	2979.373	33554.34	17	0	2982.922	33514.42
18	1	2984.694	33494.52	18	1d	2988.104	33456.30
19	2	2990.256	33432.22	19	1	2993.318	33398.03
				20	0	2999.194	33332.60

## IV. 結合法則の応用

第 1 図を見ればわかるように,  $R_1(K) - P_1(K)$  或は  $R_2(K) - P_2(K)$  は  $\Sigma$  状態のエネルギーレベルの間隔を示す。

(0, 0) 帯と (0, 1) 帯とは,  $\Sigma$  状態は何れも  $v'=0$  で, 同じであるから,  $R_1(K) - P_1(K)$ ,  $R_2(K) - P_2(K)$  の値は (0, 0) の線を用いても (0, 1) の線を用いても等しくならなければならない。これを比較したものが第 VII 表に示されている。同様に  $v'=1$  については, (1, 0), (1, 1), (1, 2) の 3 つの帯を比較した。又  $v'=2$  については (2, 0), (2, 1), (2, 2) 帯を比較した。これ等の結果は第 VIII. IX 表に示す。

第 VII 表

$R_1(K) - P_1(K)$			$R_2(K) - P_2(K)$		
$K$	(0, 0)	(0, 1)	$K$	(0, 0)	(0, 1)
1	53.20	53.78	1	52.97	
2	90.44	89.74	2	91.15	90.36
3	126.31	126.20	3	127.18	126.07
4	162.08	162.64	4	160.37	162.11
5	198.30	198.29	5	197.53	197.95
6	233.85	233.72	6	233.05	233.07
7	269.78	269.56	7	268.27	269.04
8	304.83	303.85	8	303.78	303.06
9	340.87	339.86	9	339.67	340.68
10	374.32	374.71	10	374.71	374.30
11	408.61	409.10	11	408.86	408.43
12	443.01	443.70	12	442.77	443.67
13	477.12	476.60	13	476.97	477.18
14	510.65	510.91	14	510.40	510.87
15	543.54	543.61	15	543.23	543.40
16	576.14	576.39	16	576.31	575.54
17	608.88	609.18	17	608.40	607.59
18	641.46	640.76	18	640.09	640.46
19	671.62	671.26	19	671.65	671.59
20	703.35	702.86	20	702.20	702.19
21	732.71	732.73	21	732.37	732.38
22	762.07	761.82	22	761.91	762.06
23	791.49	791.91	23	791.02	791.51
24	820.17	819.39	24	819.77	820.01
25	848.14	848.54	25	847.68	848.02
			26	874.68	873.56
			27	899.35	899.25
			28	927.70	927.69
			29	952.57	952.69
			30	977.11	977.11
			31	1000.30	1000.95
			32	1024.07	1024.81
			33	1046.92	
			34	1068.86	1068.04

第 VIII 表

$R_1(K) - P_1(K)$				$R_2(K) - P_2(K)$			
$K$	(1, 0)	(1, 1)	(1, 2)	$K$	(1, 0)	(1, 1)	(1, 2)
1	52.93	53.40	53.52	1			
2	88.50	88.74	87.91	2	83.88	88.46	86.36
3	122.25	121.98	121.96	3	122.23	120.63	120.67
4	156.28	155.07	156.47	4	157.01	156.35	153.97
5	191.68	188.66	189.96	5	190.72	191.03	190.08
6	225.82	224.07	225.41	6	224.79	226.08	225.39
7	259.98	258.84	260.59	7	258.38	260.19	260.15
8	293.68	292.68	293.50	8	293.32	292.92	293.52
9	327.82	326.78	327.12	9	326.93	327.25	329.58
10	361.57	360.21	359.69	10	360.68	361.01	360.00
11	393.94	394.43	395.46	11	394.10	394.10	393.87
12	427.08	427.44	426.95	12	426.30	426.96	428.42
13	459.43	460.10	460.06	13	459.95	459.85	459.45
14	492.05	492.33	492.10	14	491.40	492.38	491.99
15	522.63	524.03	524.01	15	523.67	523.78	526.12
16	555.99	555.15	555.81	16	553.19	555.12	555.84
17	586.59	585.84	584.49	17	584.78	585.97	585.17
18	617.07	616.21	616.55	18	616.59	616.63	616.76
19	647.30	648.59		19	647.36	646.10	647.01
20	675.03	680.68		20	675.69	675.62	675.04
21	705.33			21	704.99	704.83	
22	736.76			22		736.44	
23	759.95			23			
24	789.51						
25	815.80						

第 IX 表

$R_1(K) - P_1(K)$				$R_2(K) - P_2(K)$			
$K$	(2, 0)	(2, 1)	(2, 2)	$K$	(2, 0)	(2, 1)	(2, 2)
1			53.00	1			
2	83.9	84.89	85.16	2	84.1	82.71	83.59
3	118.0	116.74	118.72	3	117.7	116.13	118.93
4	150.6	149.90	149.21	4	150.6	150.16	152.20
5	183.8	184.35	184.44	5	183.5	185.34	182.87
6	217.2	218.49	217.60	6	216.4	216.70	216.13
7	250.0	252.51	250.80	7	249.9	249.35	251.95
8	282.9	282.63	283.94	8	282.3	282.84	283.95
9	315.4	315.06	317.07	9	314.3	315.37	313.60
10	347.1	348.10	348.53	10	346.7	347.22	347.54
11	379.4	379.34	379.24	11	379.4	378.05	379.19
12	410.7	409.51	409.50	12	410.7	410.58	411.15
13	441.8	442.27	441.99	13	442.1	442.72	
14	473.4	470.82	473.17	14	473.0	472.55	
15	503.2	503.82	502.76	15		502.82	
16	533.6	535.17					
17	563.1	563.33					
18	593.3	594.52					
19	621.7	622.97					
20	650.6						

$R_i(K) - Q_i(K+1)$ ,  $Q_i(K) - P_i(K+1)$ ,  $i=1, 2$  の値は II 状態のエネルギーレベルの間隔を示す。 $v''=0$  については, (0, 0), (1, 0), (2, 0) 帯を比較し,  $v''=1$  については (0, 1), (1, 1), (2, 1), (3, 1) 帯を比較し,  $v''=2$  については, (1, 2), (2, 2) 帯について比較して第 X, XI, XII 表に示してある。

ここで (2, 0) (3, 1) 帯については, Ishaq<sup>(3)</sup> の値を借用した。

第 X 表

$R_1(K) - Q_1(K+1)$				$R_2(K) - Q_2(K+1)$			
$K$	(0, 0)	(1, 0)	(2, 0)	$K$	(0, 0)	(1, 0)	(2, 0)
1	46.42	47.11	45.5	1	31.16	32.60	31.3
2	65.21	65.71	64.7	2	51.86	51.36	52.6
3	84.03	84.72	84.1	3	73.09	73.18	73.3
4	102.52	102.87	103.2	4	93.10	93.77	92.7
5	122.40	122.06	122.0	5	113.58	113.62	113.8
6	141.55	141.30	141.3	6	133.97	133.52	132.9
7	160.62	160.64	160.0	7	153.18	152.84	153.6
8	179.74	179.71	179.4	8	173.24	173.05	173.2
9	198.53	198.16	198.4	9	192.87	192.59	192.9
10	217.17	217.59	217.4	10	212.95	212.15	212.2
11	236.02	236.36	236.5	11	231.90	231.61	231.7
12	255.22	255.19	255.4	12	250.71	251.18	250.7
13	273.70	273.80	273.8	13	269.88	270.23	270.0
14	293.03	293.16	292.8	14	288.75	288.74	288.6
15	311.08	311.48	310.9	15	307.30	307.48	306.9
16	329.75	330.03	329.7	16	325.74	324.06	325.8
17	347.93	347.57	347.8	17	343.72	342.53	343.5
18	366.45	365.90	365.5	18	361.83	362.19	362.2
19	383.42	383.23	381.2	19	380.00	380.56	379.9
20	402.06	402.12		20	397.08	396.85	397.4
21	418.17	418.34		21	414.87	414.43	415.1
22	435.10	435.23		22	431.33		431.8
23	452.27	451.45		23	448.12		448.2
				24	464.78		463.7
				25	481.18		480.2

$Q_1(K) - P_1(K+1)$				$Q_2(K) - P_2(K+1)$			
$K$	(0, 0)	(1, 0)	(2, 0)	$K$	(0, 0)	(1, 0)	(2, 0)
1	46.49	47.19	46.8	1	31.48	29.05	31.5
2	64.99	64.92	65.6	2	52.59	52.53	52.5
3	83.44	83.27	83.5	3	72.88	72.90	72.8
4	101.90	102.43	102.1	4	94.36	93.41	93.3
5	120.86	120.98	120.9	5	113.33	114.13	114.3
6	139.91	139.89	139.9	6	133.43	133.44	133.9
7	158.53	158.45	158.8	7	153.58	154.12	154.3
8	178.58	177.71	177.7	8	174.05	174.09	173.7
9	196.25	196.25	196.0	9	193.13	193.31	193.0
10	214.83	215.00	114.8	10	212.85	212.83	212.7
11	233.31	233.59	232.7	11	231.54	231.04	231.4
12	251.63	251.33	251.4	12	250.20	250.17	250.3
13	269.62	269.44	269.7	13	269.00	268.25	269.0
14	287.97	286.62	287.2	14	287.27	287.52	
15	305.86	305.55	305.0	15	305.51	305.00	
16	323.19	322.92	322.2	16	323.32	322.87	
17	340.37	340.44	340.1	17	340.94	340.58	
18	357.42	357.98	357.7	18	358.53	358.89	
19	374.13	374.28	379.8	19	375.60	375.66	
20	390.97	391.13	393.2	20	392.23	391.90	
21	407.27	408.39		21	409.88	409.13	
22	423.66	422.77		22	424.85	425.61	
23	439.52	439.96		23	441.49	441.80	
24	454.84	454.94		24	457.09		
25	470.19			25	472.52		

第 XI 表

$R_1(K) - Q_1(K+1)$					$R_2(K) - Q_2(K+1)$				
$K$	(0, 1)	(1, 1)	(2, 1)	(3, 1)	$K$	(0, 1)	(1, 1)	(2, 1)	(3, 1)
1	44.69	45.48		45.1	1	29.81	31.05	33.73	33.0
2	63.74	63.85	62.61	63.2	2	49.54	49.50	47.74	49.8
3	81.65	81.48	81.94	81.7	3	70.99	69.08	68.74	69.6
4	100.24	100.80	99.98	99.9	4	90.28	90.81	89.90	89.8
5	118.53	118.93	118.18	118.5	5	109.75	109.62	111.46	109.7
6	137.23	136.61	137.93	137.3	6	129.55	129.92	129.82	129.5
7	155.86	155.29	155.56	155.7	7	149.36	149.97	149.07	147.5
8	173.95	174.44	174.79	174.1	8	168.56	168.52	168.83	168.6
9	192.87	193.15	192.89	193.0	9	187.68	187.45	188.00	187.8
10	211.79	210.69	211.55	211.3	10	206.49	206.71	206.69	206.6
11	230.14	229.91	229.51	230.2	11	225.45	224.95	224.41	222.6
12	249.19	248.31	246.03	248.2	12	244.55	244.07	243.86	243.1
13	266.31	265.97	266.32	266.3	13	262.63	262.72	262.79	259.4
14	285.01	284.42	281.48	285.1	14	280.47	279.79	279.48	
15	302.41	302.89	303.30	302.4	15	298.66	298.91	298.20	
16	320.70	319.87	321.57		16	316.19	316.48	316.26	
17	337.80	337.60	337.72		17	333.22	333.74	332.50	
18	356.01	355.51	353.70		18	351.74	350.67	352.22	
19	373.93	374.13			19	368.87	368.77	369.28	
20	393.15	393.73			20	385.52	385.31		
21	410.55				21	402.62	402.62		
22	427.57				22	419.21	418.28		
23	443.94				23	434.91	436.96		
24	460.41				24	451.73			
25	464.47				25	467.41			

$Q_1(K) - P_1(K+1)$					$Q_2(K) - P_2(K+1)$				
$K$	(0, 1)	(1, 1)	(2, 1)	(3, 1)	$K$	(0, 1)	(1, 1)	(2, 1)	(3, 1)
1	45.55	44.93		45.0	1	31.07	29.49	24.07	29.9
2	63.17	63.44	62.61	63.7	2	50.76	49.44	47.39	48.9
3	81.58	80.42	77.73	81.4	3	71.83	71.25	71.16	71.2
4	99.80	98.73	100.05	99.8	4	90.99	91.11	92.18	91.1
5	118.01	118.16	118.51	118.3	5	110.93	110.41	110.95	110.9
6	136.31	136.02	136.69	136.2	6	130.33	130.93	129.37	130.4
7	153.91	154.72	154.26	154.2	7	148.14	149.79	150.20	150.1
8	172.94	172.84	175.05	172.4	8	169.84	168.84	169.12	170.4
9	190.84	190.78	191.58	190.6	9	187.58	187.94	186.91	187.9
10	208.77	208.87	208.67	208.7	10	205.85	206.65	205.90	206.7
11	226.55	227.03	226.62	226.8	11	225.18	224.80	224.89	224.8
12	244.14	245.19	244.80	244.2	12	243.28	243.34	242.96	245.6
13	261.72	262.42	262.75	261.8	13	261.44	262.40	261.32	263.0
14	279.62	279.42	279.44	279.9	14	278.97	279.04	278.85	281.7
15	296.74	296.90	297.17		15	296.87	296.88	298.28	
16	314.22	313.76	313.05		16	313.81	313.79	314.26	
17	329.93	330.73	330.78		17	331.14	331.18	331.44	
18	347.14	347.30	347.73		18	348.68	348.47	348.09	
19	363.93	363.61			19	364.93	365.75	364.91	
20	380.89	380.24			20	380.84	380.81		
21	398.78				21	397.32	397.73		
22	416.40				22	413.38	413.09		
23	431.95				23	428.82			
24	448.49				24	444.56			
25					25	458.38			

第 XII 表

$R_1(K) - Q_1(K+1)$			$R_2(K) - Q_2(K+1)$		
$K$	(1, 2)	(2, 2)	$K$	(1, 2)	(2, 2)
1	46.26	47.10	1	29.64	30.07
2	64.00	64.75	2	48.78	49.17
3	80.58	80.18	3	66.42	65.48
4	97.28	96.84	4	87.72	87.79
5	115.29	118.26	5	108.75	107.21
6	133.20	133.31	6	125.78	125.22
7	152.54	152.90	7	145.54	145.83
8	169.20	169.50	8	163.75	165.49
9	183.73	186.44	9	183.76	182.63
10	206.69	206.16	10	199.86	200.68
11	223.66	225.03	11	216.79	218.24
12	241.10	239.13	12	238.01	237.84
13	258.28	256.01	13	254.26	
14	276.30		14	271.65	
15	293.50		15	291.83	
16	309.15		16	304.98	
17	323.75		17	325.38	
			18	336.78	
			19	352.92	

$Q_1(K) - P_1(K+1)$			$Q_2(K) - P_2(K+1)$		
$K$	(1, 2)	(2, 2)	$K$	(1, 2)	(2, 2)
1	45.15	47.99	1	29.36	29.68
2	63.51	63.51	2	47.70	49.81
3	79.11	79.69	3	66.25	66.05
4	95.42	98.53	4	87.88	86.10
5	114.81	115.00	5	107.83	107.46
6	133.94	131.18	6	126.79	124.53
7	150.18	151.99	7	145.58	145.18
8	165.85	165.11	8	164.52	164.34
9	182.97	184.73	9	182.28	182.05
10	206.34	204.02	10	200.63	200.16
11	220.26	223.22	11	218.43	218.82
12	239.73	238.83	12	237.88	236.26
13	254.70	256.48	13	253.98	
14	271.61		14	271.86	
15	288.24		15	288.97	
16	303.58		16	303.47	
17	323.65		17	324.75	
18			18	335.60	
			19	350.15	

## V. 廻転常数の計算

前の報告に述べた式を用いて、最小自乗法により廻転常数を計算した。これは第 XIII 表に出ている。前に報告した (0, 0) 帯や、Ishaq の報告した (2, 0), (3, 1) 帯の値も一緒に示してある。この計算に用いた帯の線の  $K$  或は  $J$  の値を、各帯の欄の最下行のカッコ内に

示してある。

第 XIII 表

(0, 0)	$B_o' = 9.038 \pm 0.003$ $D_o' = -(5.56 \pm 0.05) \times 10^{-4}$ (10-20)	$B_o'' = 9.863 \pm 0.003$ $D_o'' = -(5.03 \pm 0.05) \times 10^{-4}$ ( $10\frac{1}{2}$ - $20\frac{1}{2}$ )
(0, 1)	$B_o' = 9.042 \pm 0.003$ $D_o' = -(5.68 \pm 0.05) \times 10^{-4}$ (10-20).	$B_i'' = 9.598 \pm 0.004$ $D_i'' = -(5.15 \pm 0.08) \times 10^{-4}$ ( $8\frac{1}{2}$ - $18\frac{1}{2}$ ).
(1, 1)	$B_i' = 8.715 \pm 0.004$ $D_i' = -(5.55 \pm 0.10) \times 10^{-4}$ (9-18).	$B_i'' = 9.602 \pm 0.006$ $D_i'' = -(5.22 \pm 0.11) \times 10^{-4}$ ( $8\frac{1}{2}$ - $18\frac{1}{2}$ ).
(1, 0)	$B_i' = 8.718 \pm 0.003$ $D_i' = -(5.69 \pm 0.07) \times 10^{-4}$ (9-18).	$B_o'' = 9.862 \pm 0.005$ $D_o'' = -(5.07 \pm 0.08) \times 10^{-4}$ ( $10\frac{1}{2}$ - $20\frac{1}{2}$ )
(1, 2)	$B_i' = 8.718 \pm 0.012$ $D_i' = -(5.57 \pm 0.25) \times 10^{-4}$ (10-18).	$B_2'' = 9.371 \pm 0.009$ $D_2'' = -(5.98 \pm 0.22) \times 10^{-4}$ ( $6\frac{1}{2}$ , $7\frac{1}{2}$ , $10\frac{1}{2}$ - $16\frac{1}{2}$ ).
(2, 2)	$B_2' = 8.437 \pm 0.023$ $D_2' = -(7.26 \pm 0.9) \times 10^{-4}$ (9-12).	$B_2'' = 9.348 \pm 0.034$ $D_2'' = -(5.64 \pm 1.9) \times 10^{-4}$ ( $5\frac{1}{2}$ - $10\frac{1}{2}$ ).
(2, 1)	$B_2' = 8.377 \pm 0.007$ $D_2' = -(5.19 \pm 0.17) \times 10^{-4}$ (8-18).	$B_i'' = 9.603 \pm 0.007$ $D_i'' = -(5.32 \pm 0.14) \times 10^{-4}$ ( $8\frac{1}{2}$ - $18\frac{1}{2}$ ).
(2, 0)	$B_2' = 8.367$ $D_2' = -5.77 \times 10^{-4}$	$B_o'' = 9.865$ $D_o'' = -4.30 \times 10^{-4}$ (Ishaq).
(3, 1)	$B_3' = 8.042$ $D_3' = -5.55 \times 10^{-4}$	$B_i'' = 9.540$ $D_i'' = -3.50 \times 10^{-4}$ (Ishaq).

第XIII表と次式

$$B_v^{x'} = B_o^{x'} - \alpha' v' = B_e^{x'} - \alpha' (v' + \frac{1}{2})$$

$$B_v^{x''} = B_o^{x''} - \alpha'' v'' = B_e^{x''} - \alpha'' (v'' + \frac{1}{2}).$$

とから、最小自乗法により  $B_o^{x'}$ ,  $B_e^{x'}$ ,  $\alpha'$ ,  $B_o^{x''}$ ,  $B_e^{x''}$ ,  $\alpha''$  が計算される。

Ishaq の値は、(2, 1) 帯と同じ重値で計算した。その結果は

$$B_o^{x'} = 9.0427, \quad B_o^{x''} = 9.8619,$$

$$B_e^{x'} = 9.208_3, \quad B_e^{x''} = 9.990_7,$$

$$d' = 0.331_3, \quad d'' = 0.257_5.$$

である。

OH について求められた値を用いて、<sup>(3)</sup> 同位元素効果を考慮して OD のものを計算すると、

$$B_o^{x'} = 9.045_2, \quad B_o^{x''} = 9.862_4$$

$$B_e^{x'} = 9.208_5, \quad B_e^{x''} = 9.996_1$$

$$d' = 0.324, \quad d'' = 0.267_4$$

である。

## VI. A の 計 算

A の値は電子の軌道角運動量とスピン角運動量との相互作用をあらわすものである。II 状態について、前の報告に示した方法で計算した値を第XIV表に示す。 $v''=1$  は (0, 1) (1, 1) 帯の平均、 $v''=2$  は (1, 2), (2, 2) の平均である。これから II 状態は Hund の結合の a の場合と b の場合との中間状態にあることがわかるが、J の値が大きくなると A の絶対値が小さくなる。すなわち、b の場合に近づく事を示す。

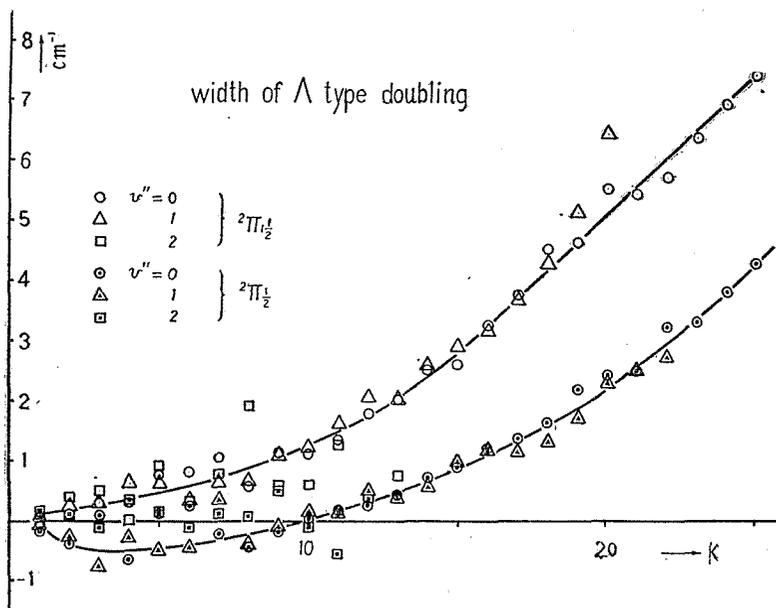
第 XIV 表

(A の 値)

J	$v''=1$	$v''=1$	$v''=2$
1	-138.9	-142.1	-143.9
2	-138.4	-141.3	-141.7
3	-138.0	-141.5	-137.4
4	-139.2	-141.8	-139.6
5	-139.2	-140.7	-139.6
6	-139.7	-140.3	-139.3
7	-139.8	-139.7	-138.9
8	-140.1	-140.3	-138.0
9	-139.2	-139.0	-138.3
10	-138.5	-138.5	-141.6
11	-137.4	-137.3	-136.1
12	-135.9	-136.2	-135.3
13	-133.9	-134.1	-131.9
14	-131.9	-131.0	-128.9
15	-128.1	-128.1	-125.9
16	-124.3	-123.5	-125.9
17	-118.5	-117.7	-119.5
18	-113.1	-112.2	-104.8
19	-99.8	-105.5	
20	-95.3	-96.2	

VII. 状態に於ける  $\Lambda$  型二重分離

$\Lambda$  型二重分離の幅を計算して第 2 図に示す。丸印は (0, 0) のもの、三角の印は  $v''=1$  のもので (0, 1), (1, 1) 帯の平均である。四角の印は  $v''=2$  のもので (1, 2), (2, 2) 帯の平均である。 $v''$  の変化にともなう二重分離の系統的な変化は見られない。



第 2 図  $\Lambda$  型二重分離の幅

VIII. 帯の原点の計算

(1) 式中の  $F'$ ,  $F''$  は次のようなものである。

$$F'_i(K) = B_{v''} [K(K+1) + \bar{G}'^2] + \gamma' \frac{S_i}{2} - \delta' K(K+1) + D_{v''} K^2 (K+1)^2.$$

ここに

$$S_i = \begin{cases} K \dots \dots \dots i=1 & J=K+\frac{1}{2} \\ -(K+1) \dots \dots i=2 & J=K-\frac{1}{2} \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

また

$$F''_i(K+s) = B_{v''} [(K+1)^2 - 1 \pm \frac{1}{2} \{4(K+1)^2 + A''/B'' (A''/B'' - 4)\}^{\frac{1}{2}} + \bar{G}''^2] - \delta'' (K+s)(K+1+s) + \frac{\gamma''}{2} [(K+\frac{1}{2})(K+\frac{3}{2}) - (K+s)(K+1+s) - \frac{3}{4}] + D_{v''} [(K+1)^2 - 1]^2$$

ここに  $s = \begin{cases} 0 \dots \dots i=1 \\ 1 \dots \dots i=2 \end{cases} \quad J=K+\frac{1}{2}$

$\bar{G}$ ,  $\delta$  は小さな常数である。

これから

$$\begin{aligned} & \nu_x^o - \frac{1}{4} (\delta_{id} - \delta_{2d} + \delta_{ic} - \delta_{2c}) K \\ &= \frac{1}{4} \{ R_1(K) + Q_1(K) + R_2(K+1) + Q_2(K+1) \} \\ & \quad - \frac{1}{2} B_v^{x'} \{ (K+1)^2 + (K+2)^2 \} - \frac{1}{2} D_v' [ \{ (K+1)^4 + (K+2)^4 \} \\ & \quad + \{ (K+1)^2 + (K+2)^2 \} ] + B_v^{x''} [ (K+1)^2 - 1 ] + D_v'' [ (K+1)^2 - 1 ]^2 \\ & \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

または

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{4} \{ P_1(K) + Q_1(K) + P_2(K+1) + Q_2(K+1) \} - \frac{1}{2} B_v^{x'} \{ K^2 + (K+1)^2 \} \\ & \quad - \frac{1}{2} D_v' [ \{ K^4 + (K+1)^4 \} + \{ K^2 + (K+1)^2 \} ] \\ & \quad + B_v^{x''} [ (K+1)^2 - 1 ] + D_v'' [ (K+1)^2 - 1 ]^2 \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

となる。こゝに

$$\begin{aligned} \nu_x^o &= \nu' + (B_v' \bar{G}'^2 - B_v'' \bar{G}''^2) - \frac{1}{8} (\gamma' - \gamma'') + \frac{3}{4} (\delta_{2d} + \delta_{2c}), \\ B_v^x &= B_v' - \delta \\ B_v^{x''} &= B_v'' - \frac{1}{2} (\delta_1 + \delta_2) \end{aligned}$$

であつて、 $\nu_x^o$  は  $\nu'$  に  $B_v^x$  は  $B_v$  に非常に近い値である。

(4), (5) 式の右辺は既にわかつている量であるから、種々の  $K$  の値に対して計算出来る。最小二乗法により  $\nu_x^o$  を計算すると、第 XV 表のようになる。 $\nu'$  の行、或は  $\nu''$  の列の間に書かれている数は、それをはさむ数の差である。

第 XV 表

$\nu'' \backslash \nu'$	0	1	2
0	32477.4 2213.9	2632.0 2215.4	29845.4
1	34691.3 2110.3	2630.5 2110.9	2540.9 29519.9 2106.8
2	36801.6	2629.9 2006.9	34171.7 2545.0 31626.7
3		36178.6	

$\nu_x^o (\nu', \nu'')$  は次式によつて表わされる。

$$\begin{aligned} \nu_x^o (\nu', \nu'') &= 32679.95 + G' (\nu') - G'' (\nu''). \\ G' (\nu') &= 2313.50 (\nu' + \frac{1}{2}) - 49.18 (\nu' + \frac{1}{2})^2 - 0.373 (\nu' + \frac{1}{2})^3, \\ G'' (\nu'') &= 2716.13 (\nu'' + \frac{1}{2}) - 42.15 (\nu'' + \frac{1}{2})^2 - 0.386 (\nu'' + \frac{1}{2})^3 \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

ここに  $(v+\frac{1}{2})^3$ ,  $(v'+\frac{1}{2})^3$  の係数は, OH のものから同位元素効果を考えに入れて, 算出したものを用いた。

この式で得られた  $\nu_{e''}$  の値は, (0, 0), (0, 1), (1, 1), (1, 0), (2, 1) 帯では  $1\text{cm}^{-1}$  以内で合っている。しかし (2, 0), (2, 2), (1, 2), (3, 1) 帯では, 1.3, 3.0, 2.4, 2.0  $\text{cm}^{-1}$  ずれている。

### IX. 振動常数の計算

(6) 式の  $(v+\frac{1}{2})^2$ , 及び  $(v+\frac{1}{2})^3$  の係数は, それぞれ  $\omega_e$ ,  $x_e \omega_e$  である。すなわち

$$\omega_e' = 2313.50, \quad x_e' \omega_e' = 49.18,$$

$$\omega_e'' = 2716.13, \quad x_e'' \omega_e'' = 42.15.$$

OH の値を使つて, 同位元素効果を考えに入れて OD の値を計算すると,

$$\omega_e' = 2312.67, \quad x_e' \omega_e' = 49.18,$$

$$\omega_e'' = 2713.96, \quad x_e'' \omega_e'' = 41.42.$$

である。

$r_e^2 = h/8\pi^2 \mu c B_e$  なる関係を使つて  $r_e$  を求めると

$$r_e' = 1.012 \text{Å}, \quad r_e'' = 0.971 \text{Å}.$$

となる。OH に比して  $0.003 \text{Å}$  程小さい。

$\left(\frac{dG(v)}{dv}\right)_{v_{max}} = 0$  なる関係を用いて,  $v'_{max}$ ,  $v''_{max}$  を計算すると,

$$v'_{max} = 18.8, \quad v''_{max} = 23.7.$$

である。

この値を用いて  $D_e'$ ,  $D_e''$ , 解離エネルギー  $D_o'$ ,  $D_o''$  が算出できる。

$$D_e' = 23632 \text{cm}^{-1} = 2.930 \text{volt},$$

$$D_o' = 22488 \text{cm}^{-1} = 2.789 \text{volt}.$$

$$D_e'' = 35575 \text{cm}^{-1} = 4.411 \text{volt},$$

$$D_o'' = 34227 \text{cm}^{-1} = 4.244 \text{volt}.$$

### X. 常数間の関係

Kratzer<sup>(4)</sup> は理論的に次の結果を得た。

$$x_e = 3B_e/\omega_e, \quad d = 6B_e^2/\omega_e, \quad D_e = -4B_e^3/\omega_e^2.$$

実験によつて得た値を代入して等号の左辺及び右辺を別々に求めると,

$$x_e' = 0.021$$

$$x_e'' = 0.015$$

$$3B_e'/\omega_e' = 0.012,$$

$$3B_e''/\omega_e'' = 0.011.$$

$$\begin{aligned} \alpha' &= 0.33 & \alpha'' &= 0.26 \\ 6B_e'^2/\omega_e' &= 0.22, & 6B_e''^2/\omega_e'' &= 0.22 \\ D_e' \sim D_o' &= -5.5 \times 10^{-4} & D_e'' \sim D_o'' &= -5.0 \times 10^{-4} \\ -4B_e'^3/\omega_e'^2 &= -5.8 \times 10^{-4}, & -4B_e''^3/\omega_e''^2 &= -5.4 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

である。大体一致している。

Birge<sup>(5)</sup> は  $x_e B_e/\alpha \doteq 0.7$  なる式を提出している。OD については、

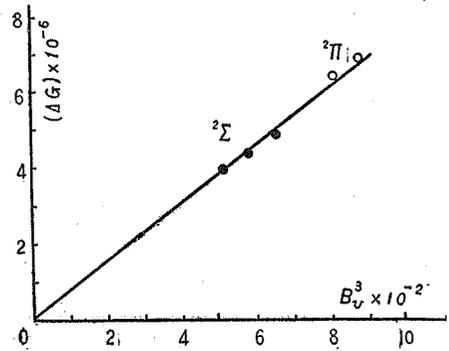
$$x_e' B_e'/\alpha' = 0.59, \quad x_e'' B_e''/\alpha'' = 0.60.$$

Mecke<sup>(6)</sup> は  $B_e/\omega_e$  はその分子に特定の常数であると云っているが、(Kratzer の理論式の第一式の右辺は、この値の 3 倍である。)  $\Sigma$  状態では  $3.97 \times 10^{-3}$ 、 $\Pi$  状態では  $3.68 \times 10^{-3}$  でほぼ一致している。

$r_e$  と  $\omega_e$  との関係について、Allen と Longair<sup>(7)</sup> とは、Morse の関係  $r_e^3 \omega_e \doteq 300 \text{Å}^3/\text{cm}$  を改良して、 $r_e^3 \omega_e \sqrt{\mu/n} = \text{const}$  を提唱している。こゝに  $\mu$  は reduced mass,  $n$  はその分子にある完全な殻の数である。 $\omega_e \sqrt{\mu}$  は平衡の位置に引き戻す力の係数である。すなわち平衡の位置附近のポテンシャルエネルギー曲線に関する量である。故に Allen-Longair の式はポテンシャル曲線の形と、 $r_e$  との関係をあらわした式となる。種々の酸化物についてこの値を計算してみると、原子番号の小さいものについては大体成立つようである。OH, OD では  $10^{-33} \text{gm}^{\frac{1}{2}} \text{cm}^2$  を単位として、4.1 である。BeO, BO, CO, NO, O<sub>2</sub> の平均は 5.0, AlO, SiO, PO, SO の平均は 5.3 である。

Rydberg<sup>(8)</sup> は、一つの分子については、電子状態が異つていても  $\Delta G^2/B_{v+}^3$  は一定であることを見

出した。第 3 図に示す様に、OD についても成り立ち、その値は  $7.7 \times 10^3$  である。



第 3 図

## XI. あとがき

1. 重水の蒸気中のガイスラー放電により OD 分子のスペクトルを得た。

(0, 1) 帯は 194 本, (1, 1) 帯は 130 本, (1, 0) 帯は 145 本, (1, 2) 帯は 113 本, (2, 2) 帯は 78 本, (2, 1) 帯は 113 本の線を、それぞれ  $P_1, Q_1, R_1, P_2, Q_2, R_2$  の枝に分類した。

2. 各帯の原点は次式で表わされる。[(0, 0), (2, 0), (3, 1) 帯も含む]。

$$\begin{aligned} \nu_0 &= 32679.95 + 2313.50 \left(v' + \frac{1}{2}\right) - 49.18 \left(v' + \frac{1}{2}\right)^2 - 0.373 \left(v' + \frac{1}{2}\right)^3 \\ &\quad - 2716.13 \left(v'' + \frac{1}{2}\right) + 42.15 \left(v'' + \frac{1}{2}\right)^2 + 0.386 \left(v'' + \frac{1}{2}\right)^3 \end{aligned}$$

3. この報告で得られた常数は OH のものと比較して同位元素効果を調べた。

4. Kratzer, Birge, Mecke, Allen & Longair, Rydberg によつて見出されたこれ等の常

数の間の関係が成立っているかどうか調べた。

終にこの実験を御指導下さつた新潟大学教授田中務先生に感謝する。

### 文 献

- 1) Oura, H. and Ninomiya, M. 1943 On the  $\lambda$  3065 Band of Neutral OD. Proc. Phys-Math. Soc. of Jap. **25**, 335.
- 2) Ishaq, M. 1937 The  $\lambda$  2708 and  $\lambda$  2756 Bands of OD. Proc. Roy. Soc. **195**, 110.
- 3) Tanaka, T. and Koana, Z. 1934 On the Band-System of Neutral OH III. Proc. Phys-Math. Soc. Jap. **16**, 365.
- 4) Jevons, W. 1932 "Report on Band Spectra of Diatomic Molecules" University press, Cambridge. P. 27.
- 5) Jevons, W. "loc. cit" P. 29.
- 6) Mecke, R. 1925 Zum Aufbau der Bandenspektren. ZS. f. Phys. **32**, 823.
- 7) Allen, H. S. and Longair, A. K. 1935 Internuclear Distance and Vibration Frequency, in Diatomic Molecules. Phil. Mag. **19**, 1032.
- 8) Rydberg, R. 1931 Graphische Darstellung einer Bandenspektroskopischer Ergebnisse. ZS. f. Phys. **73**, 376.

### R é s u m é

1. A geissler tube containing the vapour of heavy water was excited by electric discharge and ultraviolet ray emitted by neutral OD was analysed spectroscopically. The spectral lines were classified in the (0, 1), (1, 1), (1, 0), (1, 2), (2, 2) and (2, 1) bands, and tabulated in Tables I, II, III, IV, V and VI. The analysis of the (0, 0) band was reported in previous paper.<sup>(1)</sup>

2. The bands involving the same vibrational level of  $\Sigma$  state listed below are compared with each other and tabulated in Tables VII, VIII and IX.

$$(0, 0), (0, 1); (1, 0), (1, 1), (1, 2); (2, 0)^{(2)}, (2, 1).$$

The bands involving the same vibrational level of  $\Pi$  state listed below are compared with each other and tabulated in Tables X, XI and XII.

$$(0, 0), (1, 0), (2, 0)^{(3)}; (0, 1), (1, 1), (2, 1), (3, 1)^{(3)}; (1, 2), (2, 2).$$

3. Rotational constants are tabulated in Table XIII. From these values  $B_e^x$ ,  $B_0^x$ , and  $\alpha$  are calculated.

4. The values of  $A$  for  $\Pi$  state are shown in Table XIV. From these values we can see  $\Pi$  state represents a intermediate state between Fund's case  $a$  and  $b$ . The state approaches the case  $b$ , as the value of  $J$  is increased.

5. The width of the  $\Lambda$ -type doubling of the  $\Pi$  state is shown in Fig 2. The circles belong to  $v''=0$ , the triangles belong to  $v''=1$ , and the rectangles belong to  $v''=2$ .

6. The origins of the bands are shown in Table XV. The *Null-line* formula can be expressed by

$$\nu_e = 32679.95 + 2313.50 \left(v' + \frac{1}{2}\right) - 49.18 \left(v' + \frac{1}{2}\right)^2 - 0.373 \left(v' + \frac{1}{2}\right)^3 \\ - 2716.13 \left(v'' + \frac{1}{2}\right) + 42.15 \left(v'' + \frac{1}{2}\right)^2 + 0.386 \left(v'' + \frac{1}{2}\right)^3$$

7. The constants  $B$ ,  $d$ ,  $\omega$ , and  $x\omega$  are compared with those of OH considering the isotope effects.<sup>(3)</sup>

8. The relations between these constants found by Kratzer,<sup>(4)</sup> Birge,<sup>(5)</sup> Mecke,<sup>(6)</sup> Allen<sup>(7)</sup> and Longair,<sup>(8)</sup> and Rydberg were examined.