



羽田空港

WEATHER TOPICS



春季号

通巻 第 91 号

2022 年 (令和 4 年)

5 月 31 日

発行

東京航空地方気象台

羽田空港で観測した凍雨 — 2022 年 3 月 23 日の事例紹介 —

1. はじめに

羽田空港では、2022 年 3 月 23 日に凍雨 (PL) を観測しました。当日の日中は、関東地方は北日本にある高気圧に覆われて晴れまたは薄曇となっていました。しかし、夕方以降は高気圧が日本の東に移動し、日本の南にある前線及び低気圧の北側に広がる中下層雲域がかかって、夜は雨となりました。羽田空港では 19 時頃から弱い雨となりましたが、21 時 19 分から 30 分程度の間、-PL を観測しました。

METAR RJTT 231200Z 04008KT 9999 -RA BKN030 BKN040 07/M03 Q1017 NOSIG RMK 5SC030 7SC040 A3003=

SPECI RJTT 231219Z 36009KT 9999 -PL BKN030 06/M02 Q1017 RMK 7SC030 A3004=

METAR RJTT 231230Z 34010KT 9000 -PL BKN030 05/M01 Q1017 NOSIG RMK 7SC030 A3005=

SPECI RJTT 231253Z 36012KT 9999 -RA BKN030 BKN045 04/00 Q1017 RMK 5SC030 7SC045 A3004=

METAR RJTT 231300Z 01012KT 9999 -RA SCT030 BKN045 04/01 Q1017 NOSIG RMK 4SC030 7SC045 A3004=

(METAR は定時飛行場実況気象通報式、SPECI は特別飛行場実況気象通報式)

今号では、この事例について紹介します。羽田空港での観測において、凍雨は 2014 年 2 月 15 日以来となる珍しい現象であり、民間航空会社からも多くの問い合わせを頂きました。なお、凍雨をはじめとした航空機の運航に影響を及ぼす冬季の現象については、前号 (第 90 号) でも紹介しています。

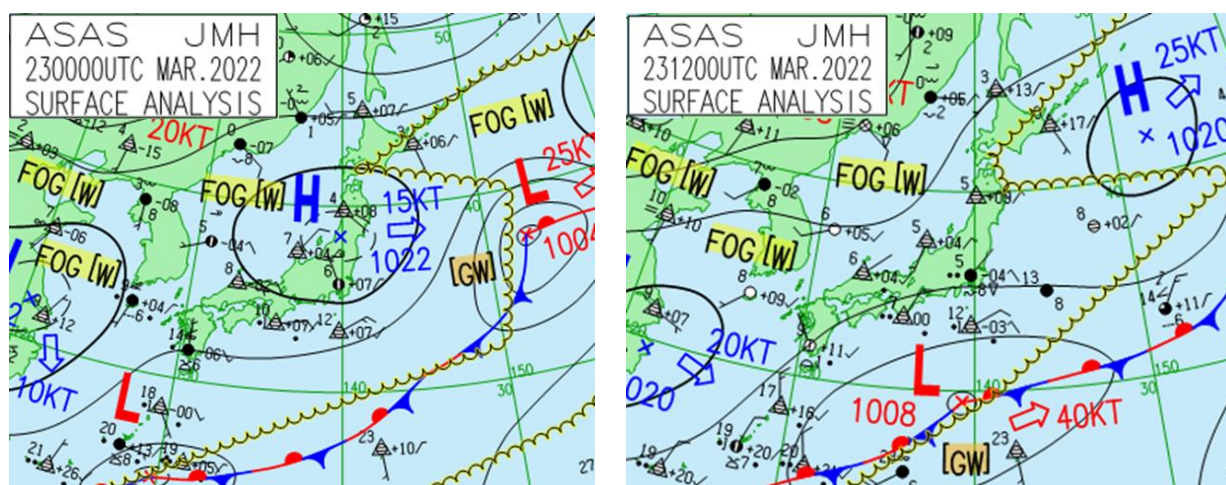


図 1 2022 年 3 月 23 日のアジア地上解析天気図 (左 : 9 時、右 : 21 時)

2. 凍雨とは？

航空気象観測指針では、凍雨について、「透明または半透明の氷の粒の降水」「直径は5mm未満」「一般に高層雲か乱層雲から降る」「部分的には液体であってもよい」といった説明となっています（表1）。

表1 凍雨の説明（航空気象観測指針抜粋）

凍雨 Ice pellets (PL)		透明又は半透明の氷の粒の降水。粒は球状又は不規則な形でまれに円すい状である。直径は 5mm 未満である。凍雨は一般に高層雲か乱層雲から降る。この粒は、普通堅い地面にあたるとはずみ、音をたてる。また、容易につぶれない。 凍雨は部分的には液体であってもよい。凍雨の密度は氷の密度 (0.92gcm^{-3}) に近い、あるいはそれ以上である。しゅう雨性降水としては降らない。
---------------------------	---	---

凍雨が発生する大気の鉛直構造として、上空に気温 0°C 以上の暖気層があり、その下層に気温 0°C 以下の寒気層が存在していることが挙げられます。メカニズムとしては、雪片が上側の暖気層で融解して雨滴になり、下側の寒気層で雨滴が冷却されて過冷却状態となって、再凍結することが知られています（図2）。

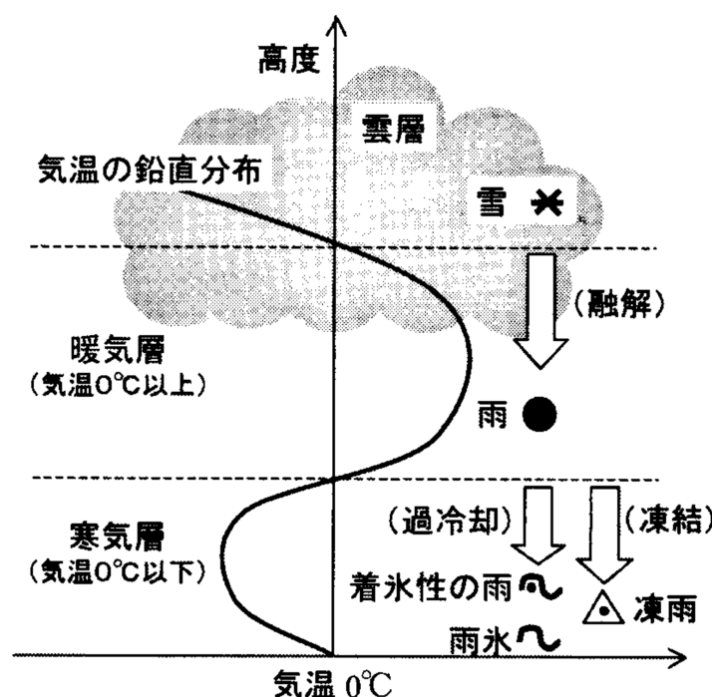


図2 凍雨が発生するメカニズム（松下、西尾 2004 より引用）

3. 観測値から考えるメカニズム

羽田空港とその周辺観測所の観測値、そして館野の高層観測の結果から、凍雨を観測したメカニズムを考えます。

羽田空港の観測値の時系列を、図3と図4に示します。凍雨を観測する前の21時00分頃から気温の低下と露点温度の上昇がみられ、相対湿度が急上昇しています。そして、ほぼ同じタイミングで風向が北東→北→北北西へと変化しました。21時40分頃に、この変化傾向は小さくなって、気温は約4℃、相対湿度は約80%、風向は北北東になりました。つまり、凍雨の観測中は一時的に北北西の風となり、気温と湿度が変化傾向にあることがわかります。

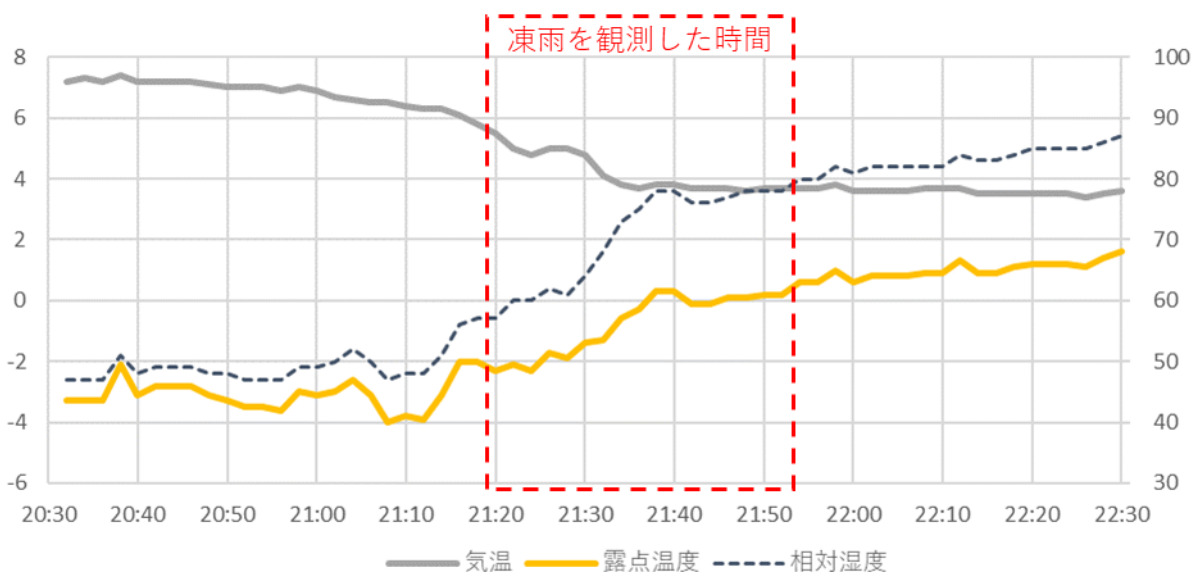


図3 羽田空港の20時30分から22時30分までの気温と湿度の観測値
(左軸：気温・露点温度 [℃]、右軸：相対湿度 [%])

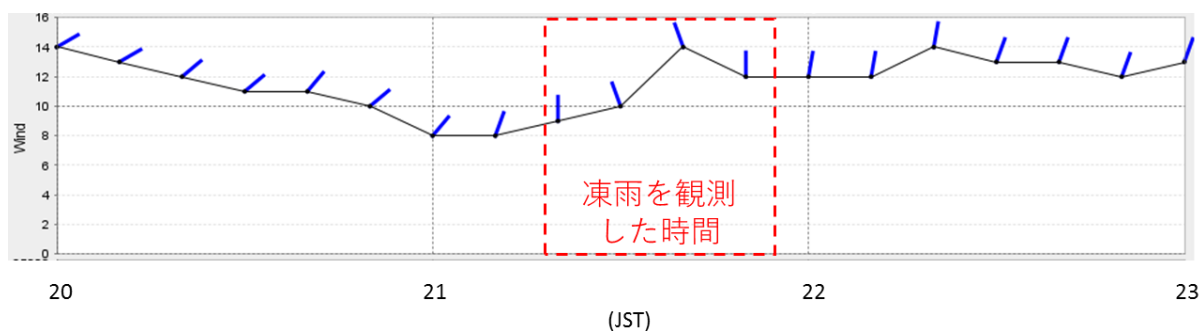


図4 羽田空港の20時00分から23時00分までの風向と風速の観測値
(左軸：10分間平均風速 [kt])

凍雨を観測している21時30分の周辺観測所の観測値と天気を図5に示します。羽田空港周辺では、北北西の風で気温低下の状況がみられ、特に東京では2.9℃と周囲よりも著しく気温が低くなっています。この低温な気塊に対応して、みぞれの観測域が出現しています。

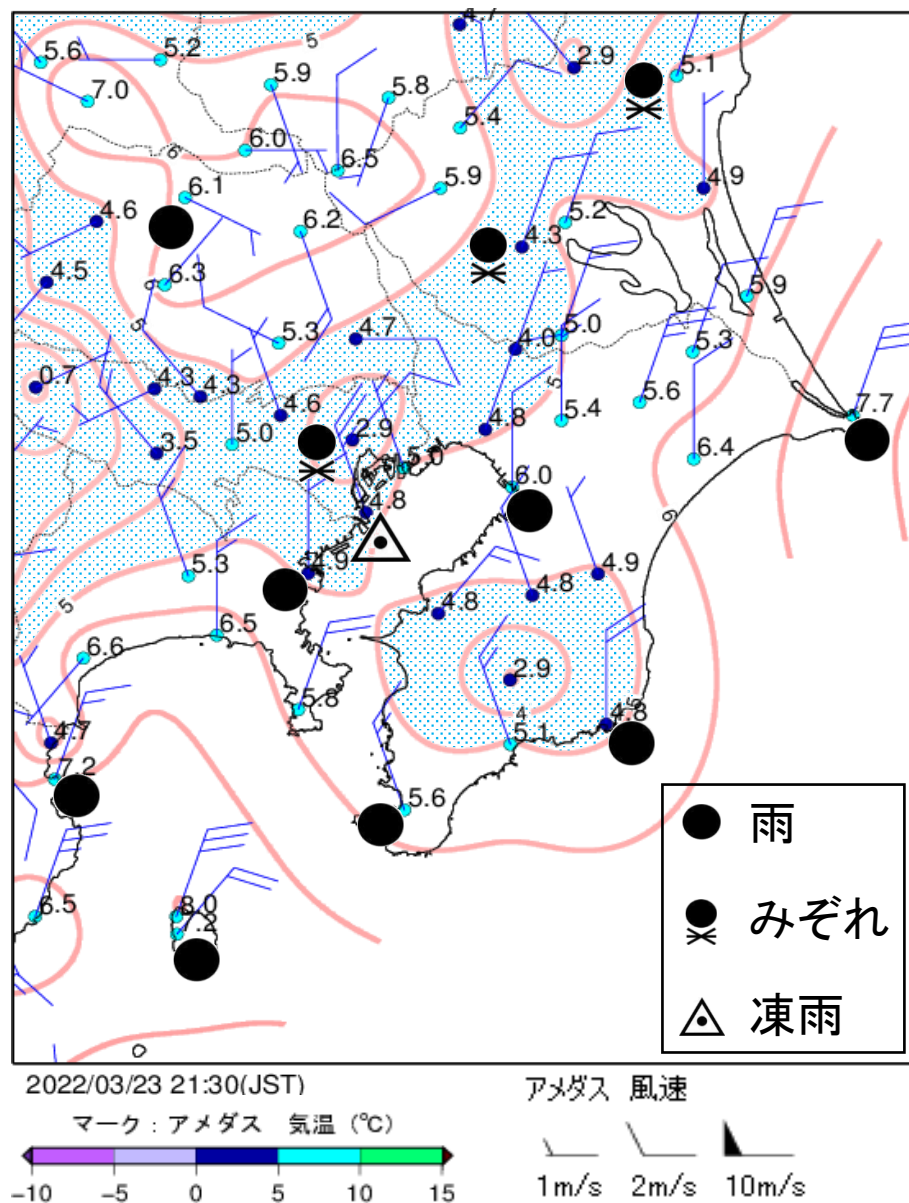
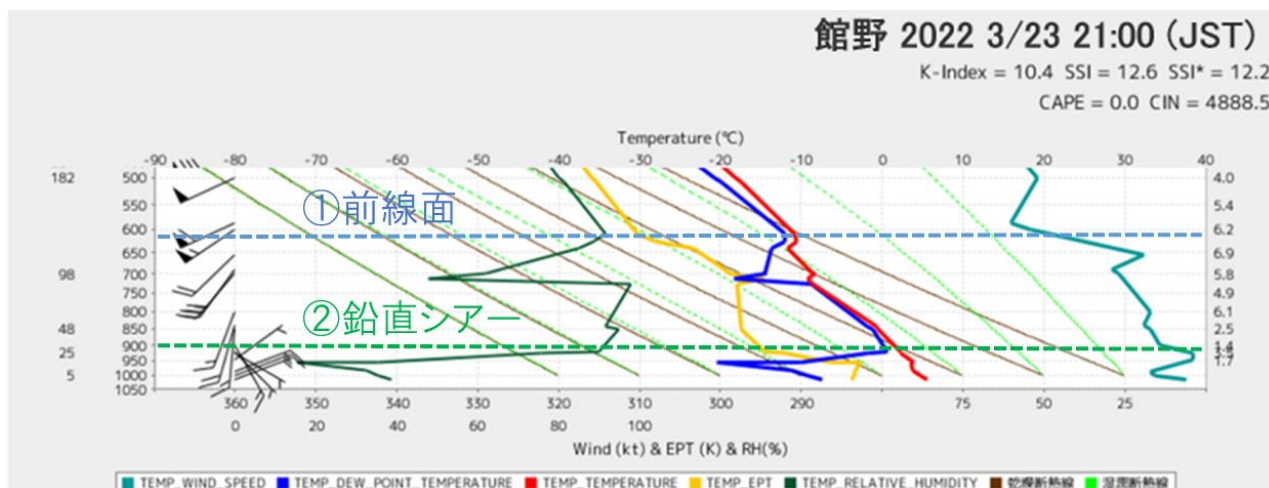


図5 周辺観測所の観測値と天気（数値と等値線は気温、青網掛は気温5℃以下の領域）

館野の高層観測の結果を図6に示します。ここから鉛直構造を考えると、以下の3点の特徴を見出すことができます。

- ① 650-600hPa に気温の逆転層と風向風速の鉛直差があり、相対湿度が85%以上と高くなっています。これは図1で表現されている停滞前線の前線面であり、降水粒子が雪の形態で形成されている層だと考えられます。これより下層は相対湿度が低く、雪片はあまり成長していないとみられます。
- ② 950-800hPa では、風向風速の鉛直差が大きいことから、鉛直シアが現れている様子がわかります。鉛直シアの上側では、気温が-1～0℃で相対湿度も90%を上回っており、南から湿った空気が滑昇して凝結している状況になっているとみられます。
- ③ 1000-950hPa では、気温は3～4℃前後ですが、露点温度が-10℃未満となり、相対湿度も40%を下回る乾燥した状態となっています。日中に高気圧に覆われていた際に乾燥した気塊が関東平野の広い範囲に残っている状態であると考えられます。



	気圧(hPa)	高度(m)	気温(°C)	露点温度(°C)	湿度(%)	風向(deg)	風速(kt)
	500.0	5540	-18.1	-20.7	80	245	52
	508.0	5422	-17.5	-19.9	82	245	53
	586.0	4341	-12.2	-13.6	90	245	60
①	608.0	4063	-10.9	-12.0	92	238	47
	626.0	3839	-10.5	-12.0	89	233	36
	641.0	3658	-11.7	-13.7	85	229	27
	656.0	3480	-10.8	-13.9	78	225	19
	690.0	3092	-8.9	-14.4	65	215	29
	698.0	3003	-8.5	-14.5	62	219	27
	700.0	2981	-8.3	-14.3	62	220	27
	712.0	2849	-9.3	-18.3	48	218	26
	727.0	2688	-8.5	-8.8	98	215	25
②	838.0	1569	-1.0	-2.2	92	195	19
	843.0	1522	-0.7	-1.9	92	191	18
	850.0	1456	-0.5	-1.2	95	185	17
	919.0	828	2.2	0.7	90	135	6
	925.0	775	2.2	-1.6	76	120	4
	945.0	602	3.5	-7.4	45	55	4
③	954.0	525	4.0	-10.0	35	58	7
	957.0	499	3.6	-20.4	15	59	8
	981.0	298	3.8	-11.2	33	68	15
	988.0	240	4.2	-10.5	34	70	17
	1000.0	142	4.8	-9.2	36	70	16
	1014.0	31	5.6	-7.4	39	70	6

図6 2022年3月23日21時の館野の高層気象観測結果（上：エマグラム、下：帳票）

図2のメカニズムを仮定して降水過程を考えると、雪片が融解する「0°C以上の暖気層」と再凍結する「0°C以下の寒気層」の特定が焦点となります。

「0°C以上の暖気層」について、羽田空港が館野よりも南に位置し、各層の気温が1°C程度高いことを考えると、②の層で雪片が融解した可能性が考えられます。また、この層では相対湿度が高いことから、降水粒子が融解と同時に急成長したことが示唆されます。

「0°C以下の寒気層」について、③は気温が0°C以下ではありませんが、乾燥した状態となっています。そのため、降水粒子の表面が蒸発することによって、周囲の気塊に蒸発熱が奪われて、気温が低下した可能性が考えられます。

以上より、観測値からは「0°C以下の寒気層」が明瞭に確認されませんでした。が、相対湿度に応じた蒸発熱による周辺の気塊との熱交換によって、融解・再凍結が発生した可能性を考えることができます。この過程をまとめた模式図を図7に示します。

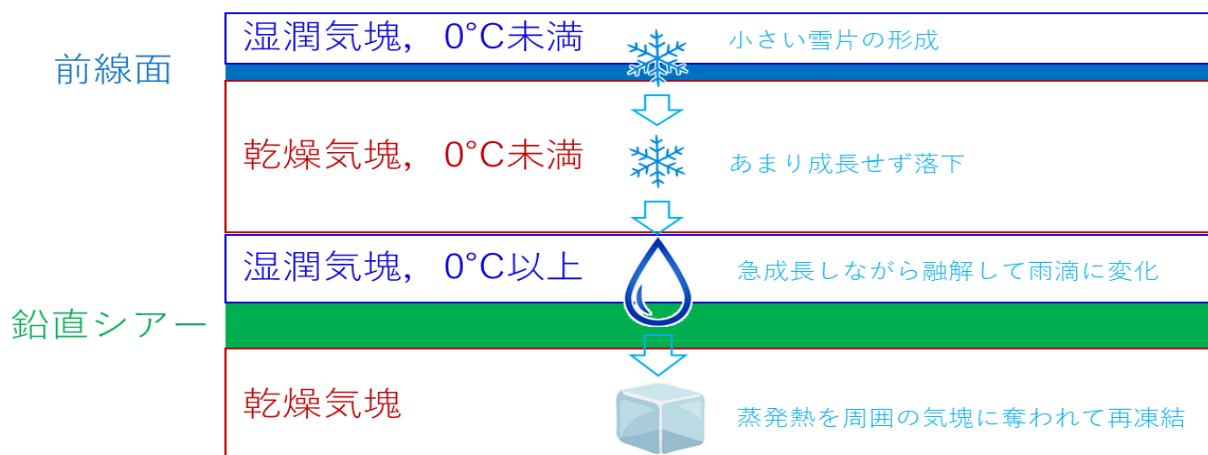


図7 融解・再凍結が発生した場合の降水過程

4. おわりに

今回は、凍雨の際の典型的な成層状態として知られている「0°C以上の暖気層」より下層に「0°C未満の寒気層」が確認されない希少な事例を取り上げました。そして、気温だけでなく、相対湿度との関係で、融解・再凍結が発生するメカニズムを仮定した考察を行いました。しかしながら、氷粒子の生成や融解などの雲物理過程を明確にするのは、事例数が少ない上に下層の観測データも限られていることから極めて難しいことです。そのため、より詳細な解析を行い、今回仮定したメカニズム以外の可能性についても検討していきたいと思います。

羽田空港では、2016年に二重偏波を用いた空港気象ドップラーレーダー（DRAW）の運用を開始しました（第59号で紹介）。今回の事例のように降水形態の変化を伴う現象については、二重偏波ドップラーレーダーを活用して、ブライトバンド（第15号で紹介）の動向や、降水粒子の形や一様性について把握することで、詳細なメカニズムを明らかにできる可能性があります。

今回の事例は、地上に近い高度で過冷却水滴が存在しており、そのまま地上まで到達した場合は、航空機への着氷の可能性があります。前号（第90号）でも紹介したように、凍雨や着氷などの過冷却水滴の凍結による現象が発生した場合は、航空機の運航に大きな影響があることから、航空予報業務に活かすための研究の進展が期待されます。

参考資料

松下拓樹, 西尾文彦 (2004): 着氷性降水の気候学的特徴と地域性について. 雪氷, 66-5, 541-552.

発行 東京航空地方気象台
〒144-0041
東京都大田区
羽田空港 3-3-1