

県内スギ・ヒノキ花粉の飛散予測および情報提供に関する研究

高岡 大・酒井忠彰・泉 宏導・花粉情報提供システム推進チーム

Survey Research on Forecast and Information of Airborne *Cryptomeria Japonica* and *Cupressaceae* Pollen in Fukui Prefecture

Dai TAKAOKA, Tadaaki SAKAI, Hiromichi IZUMI, Propulsive team of Pollen Information

当センターでは平成 19 年から福井および敦賀においてスギ・ヒノキ花粉飛散数の観測を行っており、本研究ではこれらのデータを活用して花粉の飛散開始日や翌日の日飛散数予測を実施した。飛散開始日の予測は日最高気温の累積値を過去の測定データと照らし合わせて行い、差はすべて 2 日以内に収まり、予測精度は非常に高かった。日飛散数については、シグモイド関数を基にベースとなる数値を算出し、予測日の気象条件を数値化した式で補正して予測した。日飛散数予測のシーズンを通した適中率は 60%~83%とあまり高いとは言えず、現行の手法では正確な予測情報を得ることは難しいと考えられる。

1. はじめに

スギ花粉症については、1963 年に堀口らにより最初の報告¹⁾がなされて以来、様々な調査研究が実施されているが、ヒノキ花粉やブタクサ花粉なども含めた花粉症全般の患者数は未だに多く、社会的、経済的な損失が大きいことからその有用な対処法が強く望まれている。

また、スギおよびヒノキ樹は、優れた加工性や成長速度の早さから戦災復興や経済発展の需要に伴い人工林の造成面積が拡大した経緯があり、現在の花粉症患者数増加の要因となっている。スギは樹齢が 25 年を越える頃から花粉量が増加し、30 年を超えると花粉の多い状態がその後数十年に渡って継続すると言われている²⁾。

そこで本研究では、当センターが平成 19 年から実施しているスギ・ヒノキ花粉飛散数の測定データを基に花粉の飛散開始日や翌日の日飛散数予測の情報を提供し、以って県民の健康維持に資することを目的とした。

2. 方法

2. 1 花粉飛散観測

2. 1. 1 捕集装置

自動交換機構を備えたダラム型（重力法）捕集装置にワセリンを塗布した格子線入りスライドガラスを装着し、自然落下してくる花粉を捕集した。装置の外観および機構の概要を図 1 に示す。



図 1 花粉捕集装置の外観および機構の概要

2. 1. 2 調査地点

花粉の捕集は、嶺北地域として衛生環境研究センター屋上（以下「福井地点」という。）、嶺南地域として二州健康福祉センター屋上（以下「敦賀地点」という。）の 2 地点で実施した（図 2）。なお、敦賀地点の調査については二州健康福祉センター衛生検査課が実施した。

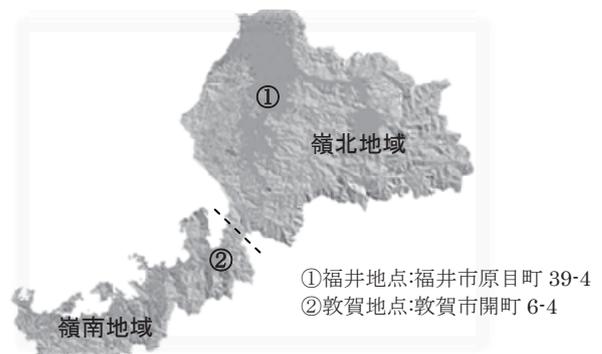


図 2 調査地点

2. 1. 3 調査期間

調査実施期間は、平成 19 年から 27 年までの毎年 1 月下旬～ヒノキ花粉の飛散終了日までとし、1 日の捕集時間は午前 9 時～翌日午前 9 時までの 24 時間とした。

2. 1. 4 飛散数測定

捕集した花粉は、0.1%ゲシチアナバイオレットエタノール溶液で染色し、光学顕微鏡（OLYMPUS BX41）で個数を計測した（図 3）。検鏡においては、スライドガラス上の 18mm 四方（3.24cm²）に付着している花粉を、スギ・ヒノキ・その他に分類して計測し、1cm² あたりの数値に換算した（花粉飛散数＝計測数／3.24cm²）。

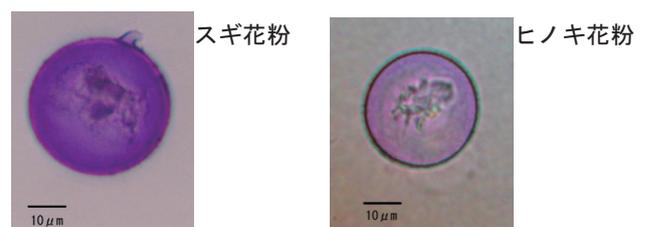


図 3 スギ・ヒノキ花粉の顕微鏡写真

2. 1. 5 用語の定義

花粉飛散に関する用語の定義は(財)日本アレルギー協会の「空中花粉測定および花粉情報標準化委員会(平成6年合意事項)」に基づく(表1)。

表1 用語の定義

飛散開始日	1月1日より初めて連続2日以上1個/cm ² 以上を観測した最初の日	
飛散終了日	花粉飛散終了期に3日間連続して0個が続いた最初の日	
花粉飛散 ランク基準 (4段階)	少ない	1平方cmあたり 10個未満
	やや多い	同 10~30個未満
	多い	同 30~50個未満
	非常に多い	同 50個以上

2. 2 花粉飛散予測

2. 2. 1 飛散開始日

スギ花粉の飛散開始日については、先行研究で日最高気温の累積値との関連性が報告されている^{3, 4)}ことから、本研究でもこれに準拠することとした。

また特に気温積算の起点日については、各観測年の飛散開始日の日最高気温累積値を平均し、この気温に相当する各観測年の日と実際の飛散開始日の標準偏差が最小となる日に設定した⁵⁾。起点日設定方法の詳細を以下に示す。

変数 A: 起点日[day]
変数 Bi: 各シーズンiにおける変数Aから飛散開始実測日までの最高気温累積値[°C] (i: 年度 H19~H26)
変数 C: 変数 B ₁₉ ~ B ₂₆ 平均値[°C]
変数 Di: 各シーズンiにおける変数Aから飛散開始実測日までの日数[day]
変数 Ei: 各シーズンiにおける変数Aからの最高気温累積値が変数Cを越えた日までの日数[day]
変数 F: 変数 [D ₁₉ - E ₁₉] ~ 変数 [D ₂₆ - E ₂₆] の標準偏差 [day]
操作: 変数Aを前年11/1~翌年2/9(過去最も早い飛散開始日)の間で変えていき、変数Fが最小となったときの変数Aを最適な起点日とする

上記の手法で求められた最適な起点日と飛散開始日の日最高気温累積値は、それぞれ福井地点が1/21, 258.9°C、敦賀地点が1/16, 308.2°Cであった。

2. 2. 2 日飛散数

1日の間に飛散する花粉の数(日飛散数)の推移パターンは、日最高気温の累積値を変数とした次式のシグモイド関数(図4)で近似でき⁶⁾、予測日とその前日の相対比の差から基本日飛散数を求めた。

<シグモイド関数>

$$Y=100 \times \exp \{ a \times \exp (b \times T) \}$$

Y: 花粉日飛散数の累積値の相対比(総飛散数比)

T: 日最高気温の累積値

(Tの起点日は2.2.1で求めた日)

a, b: 定数

<基本日飛散数算定式>

$$\text{基本日飛散数} = \{ Y(T_1) - Y(T_2) \} \times M$$

T₁: 予測日までの日最高気温の累積値

T₂: 予測日前日までの日最高気温の累積値

M: シーズン中の総飛散数

なお、シグモイド関数中の定数 a, b については、予測の度に Microsoft Excel ソフトのソルバー機能を用いて最小二乗法により求めた。

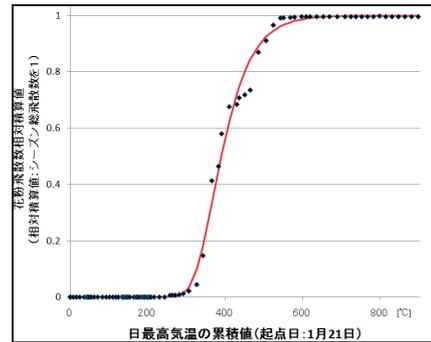


図4 H25 福井の花粉飛散数の相対比と累積気温の関係(シグモイド関数)

2. 2. 3 総飛散数

スギ・ヒノキそれぞれのシーズン中の総飛散数は、環境省が毎年公表している福井市の予測平年値比⁷⁾に福井地点または敦賀地点の平年値を乗じて求めた。

ただし、日最高気温の累積値が相対比 50% 推定値を越えた時点で、その時までの花粉日飛散数の累積値(実測値)の2倍量を総飛散数とした。なお50% 推定値は、平成19年から26年までの2.2.1で求めた起点日から花粉日飛散数の累積値の相対比が50%を超えた日までの日最高気温の累積値の平均から求めた。

2. 2. 4 補正式

日々の花粉飛散数は天気が良い暖かい日に多くなるとされており^{6, 8)}、またスギ林の分布と風向も影響することが分かっている⁵⁾。このことから、2.2.2で求めた基本日飛散数を予測日の気象条件等で補正する式を求めた。補正式の導出に当たっては、日飛散数の実測値と予測値の相対比(次式)と降雨の有無、降水量、風向、風速、日照時間を重回帰解析して求めた。

なお、補正式はスギ花粉についてのみ導出し、ヒノキ花粉については飛散数が比較的少ないことと、重回帰解析によって相関が高い式が得られなかったことから補正を行わないこととした。

<実測値と予測値の相対比>

$$\text{相対比} = (\text{実測値} - \text{予測値}) / \text{予測値}$$

<補正式>

$$\begin{aligned} (\text{福井地点}) &= -0.6862 \times X_1 + 0.1656 \times X_2 \\ &\quad - 0.7473 \times X_3 + 0.179 \\ X_1: &\text{降雨の有無 (0.5mm以上の降雨ありで1、なしで0)} \\ X_2: &\text{平均風速(予測日の午前9時~翌日午前0時)} \\ X_3: &\text{北風頻度(予測日の午前9時~翌日午前0時)} \\ (\text{敦賀地点}) &= 0.0548 \times X_1 + 0.6234 \times X_2 \\ &\quad - 0.2652 \times X_3 - 0.3083 \end{aligned}$$

X₁: 日照時間

X₂: 南風頻度

X₃: 降雨の有無

※福井地点および敦賀地点いずれも係数は平成19年~25年までのデータを基準としている。

2. 2. 5 気象データの取得

予測に必要な日最高気温や翌日の気象条件等のデータは気象庁のホームページ⁹⁾から取得した。特に翌日の気象予測は、予測日前日の午後5時時点での地域時系列予報を

参考とした。

また、補正式を導出する際に用いた風向・風速のデータは、大気汚染常時監視測定局のセンター局および敦賀局での測定値とした。

2. 3 花粉情報の提供

2.2 で求めた花粉飛散予測の情報は、当センターのホームページに特設ページを設け、県民に公開した。図 5 にそのトップページを示す。

また、当該ホームページでは予測情報の他に、過去の実測値や花粉に関する基礎知識、花粉症の予防法に関する情報等を併せて掲載した。

なお、日飛散数の予測情報はスギ・ヒノキ花粉の合計値とした。



図 5 花粉情報ホームページ

3. 結果

3. 1 花粉飛散観測結果

福井地点および敦賀地点における平成 19 年から 27 年までの花粉飛散の観測結果を表 2 に示す。また特にスギおよびヒノキ花粉のシーズンごとの総飛散数の推移を図 6 に示す。

福井地点のスギ花粉飛散数は平成 21, 23, 25 年の奇数年に 5,000 個/cm² を超え、平成 22, 24, 26 年の偶数年には 800 個/cm² 未満となっており、飛散数が多い年と少ない年を交互に繰り返す表年裏年の関係¹⁰⁾が見られた。ただし、平成 19, 20, 27 年のように必ずしもこのような隔年変動に適合しない年も見られた。

またヒノキ花粉についてはスギ花粉に比べて飛散数のものが少ないことから、隔年変動の明瞭な傾向は確認できなかった。

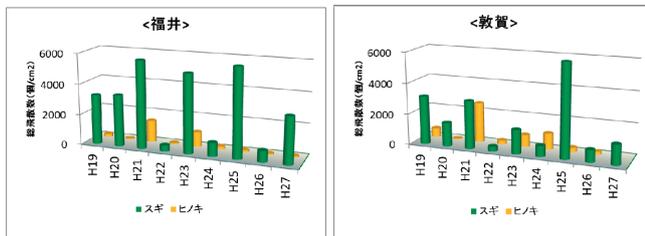


図 6 総飛散数の推移

3. 2 花粉飛散予測結果

3. 2. 1 飛散開始日

福井地点と敦賀地点それぞれについて、平成 25 年から 27 年のスギ花粉飛散開始日を予測した結果を表 3 に示す。

予測日と実測日の差はすべて 2 日以内に収まっており、予測精度は非常に高かった。

表 3 スギ花粉飛散開始日の予測と実測

シーズン	福井地点		敦賀地点	
	予測	実測	予測	実測
H25	2/27	2/28	2/27	2/27
H26	2/27	2/26	2/26	2/25
H27	2/24	2/23	2/23	2/25

3. 2. 2 日飛散数

福井地点および敦賀地点における平成 25 年から 27 年までの日飛散数の予測結果を表 4 に示す。また、概要としてシーズンを通じた予測の適中率を表 5 に示す。

平成 25 年は福井地点、敦賀地点ともに 76~83% と適中率は比較的高かったが、平成 26, 27 年の適中率は 60~71% と低かった。

花粉飛散ランク基準では、「やや多い」および「多い」と予測した場合の適中率が低く、これらの出現頻度が高い程、シーズン通しての適中率が低くなる傾向が見られた(表 5, 6)。「やや多い」および「多い」の出現頻度が高かったのは、総飛散数が平年値以下である平成 26, 27 年であったことから、総飛散数の少ない年には適中率が低くなると言える。

また、総飛散数の予測値を算出する際に用いた環境省の予測値と実測値の差が大きい程、予測の適中率は低下する傾向にあった(表 5, 7)。

今回用いた予測手法では、90%以上の高い精度を得ることは困難であると考えられ、特に総飛散数が平年値以下のシーズンへの対応に問題があると考えられる。

表 5 日飛散数予測の適中率と総飛散数

シーズン	適中率		総飛散数[個 / cm ²]	
	福井地点	敦賀地点	福井地点	敦賀地点
H25	76 %	83 %	5,916	6,902
H26	60 %	71 %	832	984
H27	66 %	71 %	3,147	1,520
H19-27 平均	—	—	3,503	2,771

表 6 花粉飛散ランク基準ごとの予測適中率

シーズン	適中率 (予測回数)			
	少ない	やや多い	多い	非常に多い
H25	93 % (43 回)	30 % (10 回)	50 % (2 回)	80 % (25 回)
H26	89 % (56 回)	28 % (18 回)	27 % (11 回)	0 % (3 回)
H27	87 % (57 回)	26 % (19 回)	50 % (6 回)	50 % (10 回)

表 7 環境省のスギ・ヒノキ総飛散数予測値と実測値 (福井地点)

シーズン	環境省予測値 [個 / cm ²]	実測値 [個 / cm ²]	差の割合
H25	7,070	5,916	19.5 %
H26	3,290	832	295.4 %
H27	5,676	3,147	80.4 %

4. まとめ

平成 19 年から 27 年まで福井地点および敦賀地点においてスギ・ヒノキ花粉の飛散数を観測し、これらのデータを用いて平成 25 年から 27 年の 3 年間、飛散開始日と日飛散数の予測を行い、その情報をホームページで県民に提供

した。

予測の結果は、飛散開始日については精度が非常に高かったが、日飛散数については高いとは言えず、現行の手法では正確な予測情報を得ることは難しいと考えられる。

謝辞

花粉飛散数の測定にご協力いただきました、二州健康福祉センター衛生検査課に深謝いたします。

参考文献

- 1) 堀口申作：栃木県日光地方におけるスギ花粉症 Japanese Cedar Pollinosis の発見, アレルギー **13(5)**, 370 (1964)
- 2) 新田裕史：我が国における花粉症対策の展望, 科学技術動向(Science & Technology Trends) **59**, 11-18 (2006)
- 3) 安田京：降雪地帯におけるスギ花粉飛散状況とその予測—弘前市における検討—, 日本耳鼻咽喉科学会会報 **106(2)**, 135-142 (2003)
- 4) 松原篤：降雪地域におけるスギ花粉飛散開始日の予測, 耳鼻と臨床 **51(3)**, 220-225 (2005)
- 5) 酒井忠彰：福井県におけるスギ・ヒノキ花粉の飛散観測, 日本海地域の自然と環境(Science & Technology Trends) **20**, 49-54 (2013)
- 6) 関子光太郎：気象予報を用いたスギ花粉の日飛散量予測, 富山県林業技術センター研究報告 **15**, 25-32 (2002)
- 7) 環境省ホームページ：花粉情報サイトより <http://www.env.go.jp/chemi/anzen/kafun/>
- 8) 環境省：花粉症環境保健マニュアル—2014年1月改訂版—
- 9) 気象庁ホームページ：過去の気象データ検索より <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 10) 高橋祐一：気象変動がスギ花粉飛散数に及ぼす影響の予測, 日本花粉学会第37回大会講演要旨集 34 (1996)

表 2 花粉飛散観測結果 (H19~H27)

スギ花粉
福井地点

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
測定開始日	1月25日	1月24日	1月26日	2月1日	2月14日	1月30日	1月28日	1月27日	1月26日
花粉初観測日	2月16日	2月16日	2月10日	2月2日	2月14日	2月12日	1月31日	1月30日	2月7日
花粉飛散開始日	2月16日	3月7日	2月14日	2月23日	2月25日	3月6日	2月28日	2月26日	2月23日
飛散ピーク日	3月2日	3月18日	3月5日	3月8日	3月20日	3月29日	3月9日	3月17日	3月17日
花粉飛散終了日	4月15日	4月9日	4月5日	3月31日	5月11日	4月28日	4月15日	4月26日	4月24日
飛散期間[日]	59	34	51	37	76	53	47	60	63
花粉総飛散数 [個/cm ²]	3,245	3,363	5,736	388	5,138	903.3	5,793.3	751.7	3,050.2
H19~27の平均値	3,152.1								

敦賀地点

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
測定開始日	1月25日	1月24日	1月26日	1月29日	2月7日	1月30日	1月28日	1月27日	1月26日
花粉初観測日	2月6日	1月24日	1月29日	2月21日	2月20日	2月17日	1月30日	1月29日	2月11日
花粉飛散開始日	2月9日	3月7日	2月11日	2月24日	2月25日	3月6日	2月27日	2月25日	2月25日
飛散ピーク日	3月2日	3月13日	3月5日	3月8日	3月13日	3月16日	3月9日	3月17日	3月17日
花粉飛散終了日	4月12日	4月15日	4月15日	3月26日	5月7日	4月25日	5月2日	4月21日	4月16日
飛散期間[日]	63	40	64	31	72	54	65	56	51
花粉総飛散数 [個/cm ²]	3,123	1,517	3,089	297	1,556	704.7	6,619.7	789.3	1,299.1
H19~27の平均値	2,110.5								

ヒノキ花粉
福井地点

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
花粉初観測日	4月6日	3月27日	3月19日	3月19日	3月29日	3月29日	2月27日	3月21日	3月6日
花粉飛散開始日	4月6日	3月下旬	3月19日	4月5日	3月29日	4月2日	3月21日	3月24日	3月21日
飛散ピーク日	4月6日	5月1日	4月10日	5月5日	4月14日	4月12日	4月9日	3月29日	4月4日
花粉飛散終了日	4月22日	5月1日	4月23日	5月10日	5月15日	5月1日	4月30日	4月26日	4月24日
飛散期間[日]	17	-	36	36	48	30	41	34	35
花粉総飛散数 [個/cm ²]	182	45	1,414	82	972	184	122.8	80.1	96.6
H19~27の平均値	353.2								

敦賀地点

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
花粉初観測日	2月22日	3月13日	3月23日	3月18日	3月23日	3月27日	2月8日	3月24日	3月8日
花粉飛散開始日	3月28日	3月20日	3月23日	4月18日	4月1日	3月27日	4月3日	3月24日	3月21日
飛散ピーク日	4月20日	4月13日	4月11日	4月19日	4月15日	4月15日	4月5日	3月24日	4月12日
花粉飛散終了日	5月15日	5月4日	4月30日	5月13日	5月9日	5月5日	4月29日	4月30日	5月3日
飛散期間[日]	49	46	39	26	39	40	27	38	44
花粉総飛散数 [個/cm ²]	584	36	2,578	247	781	1020.2	282.4	195.1	220.6
H19~27の平均値	660.5								

表4 花粉日飛散数予測結果 (H25~H27)

適中

H25

月日	福井地点	敦賀地点
2月27日	-	少ない
2月28日	少ない	少ない
3月1日	少ない	少ない
3月2日	少ない	少ない
3月5日	やや多い	多い
3月6日	非常に多い	非常に多い
3月7日	非常に多い	非常に多い
3月8日	多い	非常に多い
3月9日	非常に多い	非常に多い
3月12日	非常に多い	非常に多い
3月13日	非常に多い	非常に多い
3月14日	非常に多い	非常に多い
3月15日	非常に多い	非常に多い
3月16日	非常に多い	非常に多い
3月19日	非常に多い	非常に多い
3月20日	非常に多い	非常に多い
3月22日	非常に多い	非常に多い
3月23日	非常に多い	非常に多い
3月26日	やや多い	やや多い
3月27日	やや多い	やや多い
3月28日	少ない	やや多い
3月29日	やや多い	やや多い
3月30日	やや多い	やや多い
4月2日	少ない	少ない
4月3日	少ない	少ない
4月4日	少ない	少ない
4月5日	少ない	少ない
4月6日	少ない	少ない
4月9日	少ない	少ない
4月10日	少ない	少ない
4月11日	少ない	少ない
4月12日	少ない	少ない
4月13日	少ない	少ない
4月16日	少ない	少ない
4月17日	-	少ない
4月18日	-	少ない
4月19日	-	少ない
4月20日	-	少ない
4月21日	-	少ない
4月22日	-	少ない
4月23日	-	少ない
4月24日	-	少ない
4月25日	-	少ない
4月26日	-	少ない
4月27日	-	少ない
4月28日	-	少ない
4月29日	-	少ない

適中率 76% 83%

H26

月日	福井地点	敦賀地点
2月25日	-	少ない
2月26日	少ない	少ない
2月27日	少ない	少ない
2月28日	少ない	少ない
3月1日	少ない	少ない
3月4日	少ない	やや多い
3月5日	少ない	少ない
3月6日	少ない	少ない
3月7日	少ない	少ない
3月8日	少ない	少ない
3月11日	やや多い	多い
3月12日	多い	非常に多い
3月13日	やや多い	多い
3月14日	少ない	やや多い
3月15日	多い	多い
3月18日	多い	多い
3月19日	多い	非常に多い
3月20日	やや多い	やや多い
3月21日	やや多い	少ない
3月25日	非常に多い	多い
3月26日	やや多い	やや多い
3月27日	やや多い	やや多い
3月28日	多い	多い
3月29日	やや多い	やや多い
4月1日	やや多い	やや多い
4月2日	やや多い	やや多い
4月3日	少ない	やや多い
4月4日	少ない	少ない
4月5日	少ない	少ない
4月8日	少ない	少ない
4月9日	少ない	少ない
4月10日	少ない	少ない
4月11日	少ない	少ない
4月12日	少ない	少ない
4月15日	少ない	少ない
4月16日	少ない	少ない
4月17日	少ない	少ない
4月18日	少ない	少ない
4月19日	少ない	少ない
4月22日	少ない	少ない
4月23日	少ない	少ない
4月24日	少ない	少ない
4月25日	少ない	少ない
4月26日	少ない	少ない
4月29日	-	少ない

適中率 60% 71%

H27

月日	福井地点	敦賀地点
2月24日	少ない	-
2月25日	少ない	少ない
2月26日	少ない	少ない
2月27日	少ない	少ない
2月28日	少ない	少ない
3月3日	少ない	少ない
3月4日	少ない	少ない
3月5日	少ない	少ない
3月6日	少ない	やや多い
3月7日	少ない	多い
3月10日	やや多い	やや多い
3月11日	やや多い	少ない
3月12日	やや多い	やや多い
3月13日	多い	多い
3月14日	非常に多い	やや多い
3月17日	非常に多い	非常に多い
3月18日	非常に多い	非常に多い
3月19日	非常に多い	やや多い
3月20日	非常に多い	多い
3月21日	非常に多い	多い
3月24日	やや多い	少ない
3月25日	やや多い	少ない
3月26日	非常に多い	やや多い
3月27日	非常に多い	やや多い
3月28日	多い	やや多い
3月31日	やや多い	やや多い
4月1日	少ない	やや多い
4月2日	やや多い	やや多い
4月3日	少ない	少ない
4月4日	少ない	やや多い
4月7日	少ない	少ない
4月8日	少ない	少ない
4月9日	少ない	少ない
4月10日	少ない	少ない
4月11日	少ない	少ない
4月14日	少ない	少ない
4月15日	少ない	少ない
4月16日	少ない	少ない
4月17日	少ない	少ない
4月18日	少ない	少ない
4月21日	少ない	少ない
4月22日	少ない	少ない
4月23日	少ない	少ない
4月24日	少ない	少ない
4月25日	-	少ない
4月28日	-	少ない
4月29日	-	少ない
5月1日	-	少ない
5月2日	-	少ない

適中率 66% 71%