声楽・合唱における飛沫感染リスク検証実験

＃コロナ下の音楽文化を前に進めるプロジェクト

2020年12月11日

クラシック音楽公演運営推進協議会

撮影：塚田訓久

実験の目的

声楽・合唱における感染リスクを考察するため、

歌唱時に発生・周囲に飛散する飛沫などの微粒子を検出する

【留意点】

実験は、大気中に浮遊する粒子状物質などの影響を排除するためクリーンルーム内で行った。

そのため、十分な換気が行われるコンサートホールとは条件が異なる可能性がある。

方法

【使用クリーンルーム】

ISOクラス1

※0.1μm の微粒子数を1m3 10個以下の高清浄度空間

【使用測定機器】

パーティクルカウンター（10台）

6チャンネルハンドヘルドパーティクルカウンタ Model 8306

（パーティクルプラス社製・校正済み）

・吸引流量：0.1CFM（2.83LPM）

・最大可測濃度：4,000,000個//ft³@5% 計数損失

・計数効率：0.3μm PSLにて50%@0.3μm、0.45μmPSLにて100%@0.3μm

【可視化実験用撮影システム】

新日本空調　微粒子可視化システム

※光源　：微粒子可視化用光源「パラレルアイＨ」

※カメラ：微粒子可視化用超高感度カメラ「アイスコープ」

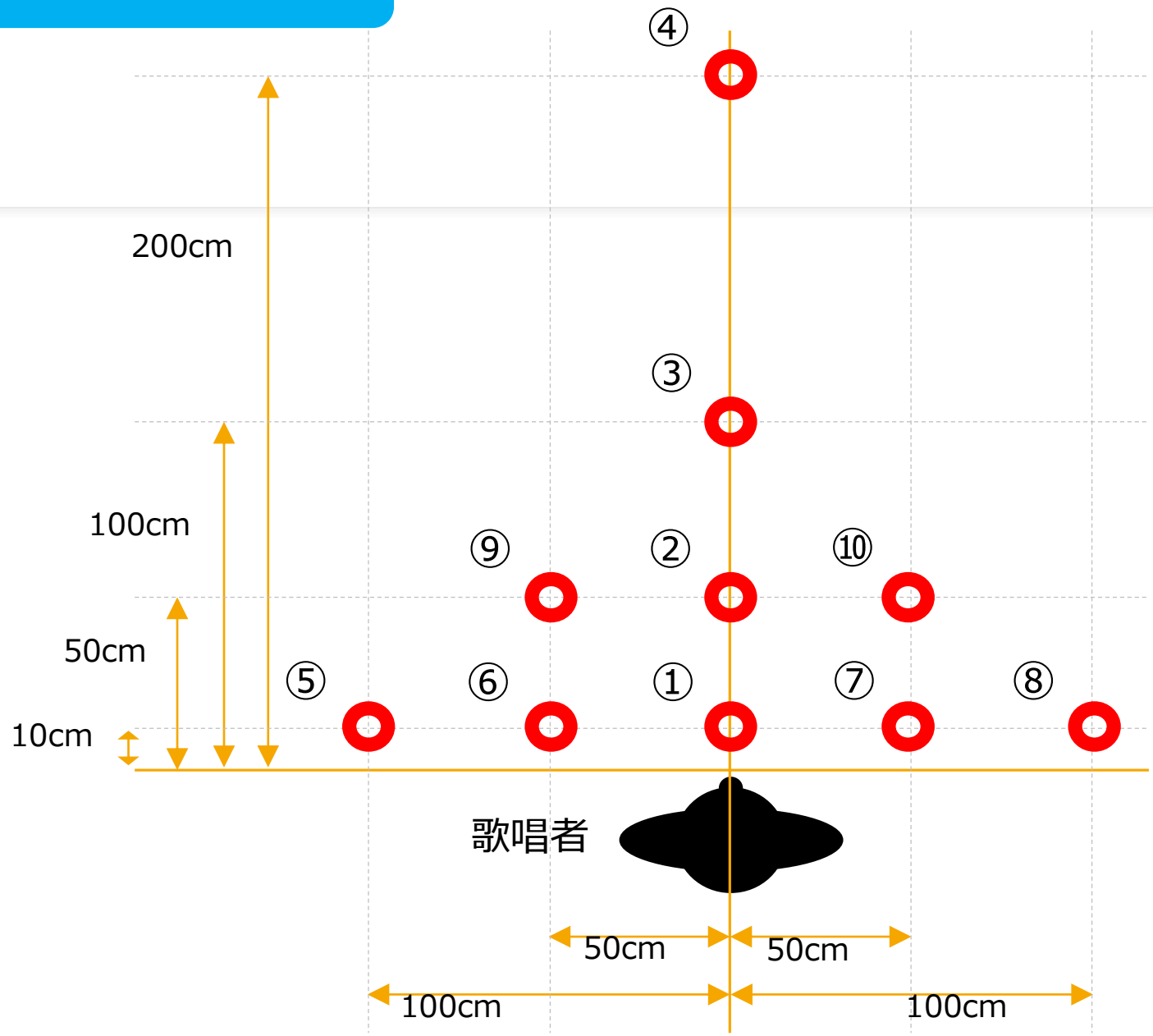
※録画　：リアルタイム画像処理パッケージ 「ParticleEye」

実施日程：2020年9月25日（金）～27日（日）

実施場所：新日本空調 技術開発研究所

〒391-0013　長野県茅野市宮川7033-182

測定器具の設置位置



パーティクルカウンター

①～⑩　測定点 No.

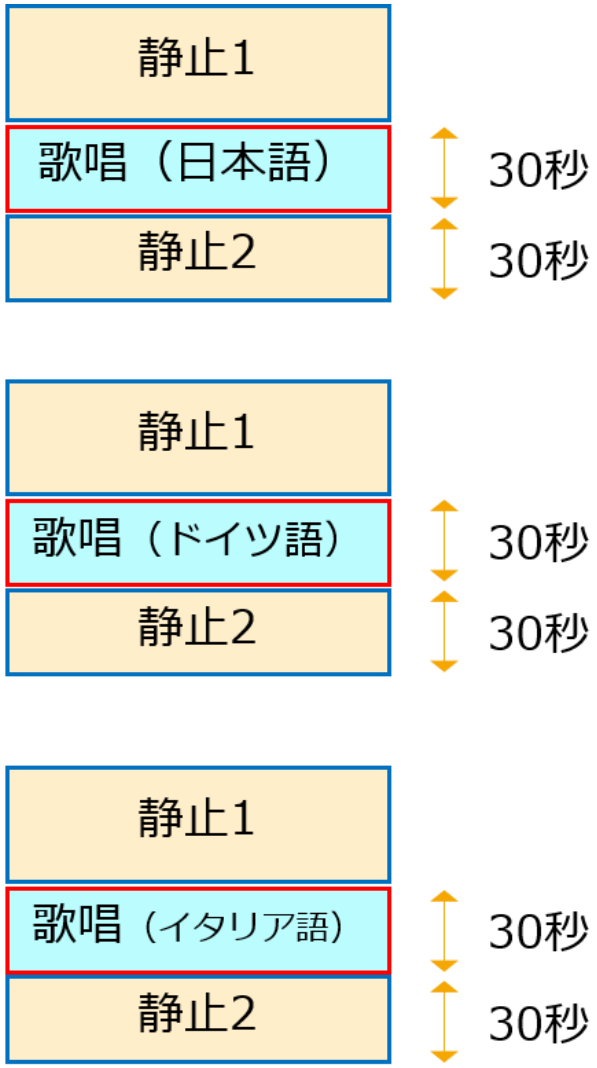
パーティクルカウンター
測定粒子径（μm）
Ch1：0.3≦ ＜0.5
Ch2：0.5≦ ＜1.0
Ch3：1.0≦ ＜2.5
Ch4：2.5≦ ＜5.0
Ch5：5.0≦ ＜10.0
Ch6：10.0≦

実験の手順①

- 各被験者は、検査着を着用しクリーンルームに入室
- 日本語／ドイツ語／イタリア語の歌を順に歌唱
- <u>歌唱中および歌唱後30秒間の微粒子数</u>を検出

【被験者】※プロ声楽家
テノール（男性）４名
ソプラノ（女性）４名

【歌唱曲】
日本語：むら祭り
ドイツ語：ベートーヴェン交響曲第九番
イタリア語：椿姫



実験の手順②

下記条件に分けて測定を実施
（それぞれの条件で8名全員が3曲を歌唱）

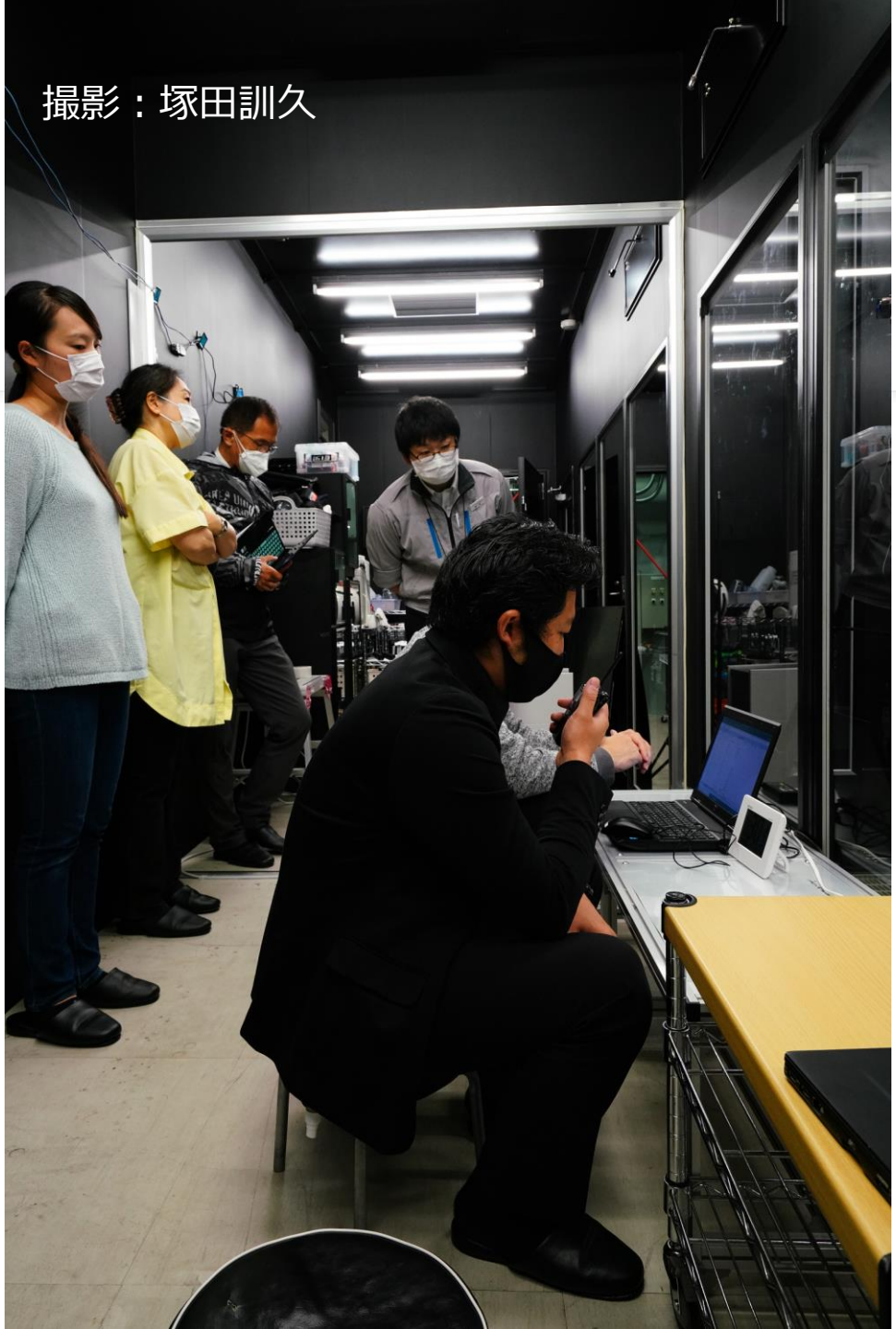
①マスクなし
②不織布マスク
③ポリウレタン（ＰＵ）マスク
④歌唱用マスク
⑤マウスガード

【注】各マスクは、一般的な市販品1種類を用いた。
複数の種類による検証を行っていないため、
当該のマスクを製造したメーカーへの
利益／不利益が生じることを避ける目的から
メーカー名は公表しない。

結果

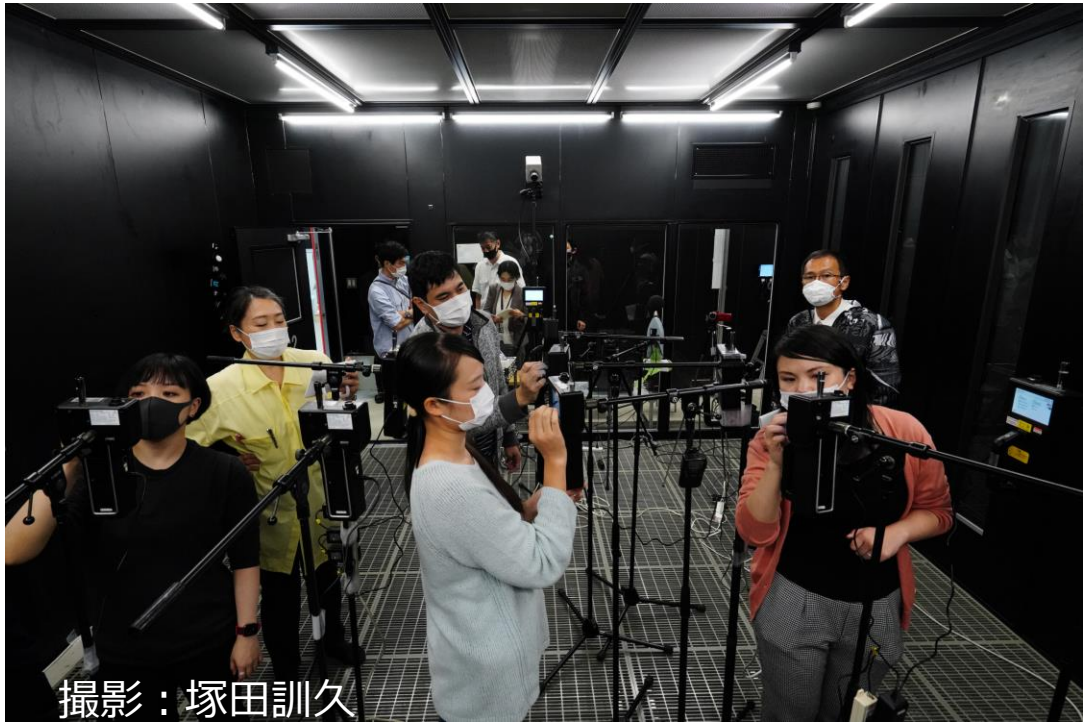
本報告書には以下の結果を示す。

1. **歌唱中に①で検出された微粒子数**
2. **マスクなし歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数**
3. **被験者1名が各種マスク等を使用してドイツ語、イタリア語での歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数**
4. **可視化実験で得られた微粒子飛散の様子**



結果

- 測定値の表現は以下の基準で記述した。
  - 微粒子の大きさに関わらず合計<100 → 少数
  - 微粒子の大きさに関わらず合計<10 → ごく少数
- 複数の測定点をまとめて表現する場合、「少数またはごく少数」は少数と表現した。
- 比較文の場合は、上記にこだわらず「少ない」「多い」と表現する場合があるが、「少数」「ごく少数」との表現は避けた。
- 多い場合の程度を示す表現は定義しなかった。



結果

本報告書には以下の結果を示す。

1. **歌唱中に①で検出された微粒子数**
2. マスクなし歌唱中・後に各測定点で検出された微粒
別の微粒子数
3. 被験者1名が各種マスク等を使用してドイツ語、イタ
ア語での歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子
の微粒子数
4. 可視化実験で得られた微粒子飛散の様子

微粒子検出数（測定点①）

30秒間歌唱

マスクなし

全微粒子の合計
マスクなし

		日本語	独語	伊語
男性	テノール1	160	342	182
	テノール2	121	533	93
	テノール3	687	1456	1237
	テノール4	52	57	207
女性	ソプラノ1	1223	1758	1761
	ソプラノ2	613	2289	2772
	ソプラノ3	980	2564	2244
	ソプラノ4	801	1414	835
平均		580	1302	1166
標準偏差		431	916	1018
Max		1223	2564	2772
Min		52	57	93

5μm未満の微粒子のみ
マスクなし

		日本語	独語	伊語
男性	テノール1	158	338	179
	テノール2	121	533	93
	テノール3	683	1430	1228
	テノール4	52	78	204
女性	ソプラノ1	1217	1755	1755
	ソプラノ2	612	2288	2768
	ソプラノ3	976	2543	2223
	ソプラノ4	800	1414	833
平均		577	1297	1160
標準偏差		429	908	1014
Max		1217	2543	2768
Min		52	78	93

- 検出された微粒子のほとんどは5μm未満であった。
- 同じ曲を歌っても歌手によって微粒子の検出数に違いがあった。
- 日本語よりもドイツ語、イタリア語の歌唱で微粒子の検出数が多い傾向があった。
- テノールよりもソプラノで微粒子の検出数が多い傾向があった。

微粒子検出数（測定点①）

30秒間歌唱

不織布マスク・ポリウレタンマスク

全微粒子の合計
不織布マスク

		日本語	独語	伊語
男性	テノール1	0	0	1
	テノール2	16	0	0
	テノール3	1	1	2
	テノール4	0	1	2
女性	ソプラノ1	0	0	0
	ソプラノ2	2	0	2
	ソプラノ3	1	0	1
	ソプラノ4	2	2	1
平均		3	1	1
標準偏差		5	1	1
Max		16	2	2
Min		0	0	0

全微粒子の合計
ポリウレタンマスク

		日本語	独語	伊語
男性	テノール1	0	1	1
	テノール2	10	110	66
	テノール3	35	2	8
	テノール4	11	87	230
女性	ソプラノ1	174	2	67
	ソプラノ2	3	1	8
	ソプラノ3	12	8	1
	ソプラノ4	0	2	1
平均		31	27	48
標準偏差		59	45	79
Max		174	110	230
Min		0	1	1

- 不織布マスク使用時には微粒子の検出数は大きく減少した。全24回の測定機会のうち10回では全く検出されなかった。
- ポリウレタンマスク使用時には微粒子の検出数は大きく減少したが、不織布マスクよりも多数検出されることが多かった。
- ポリウレタンマスク使用時は、歌手と歌唱曲の組み合わせにより微粒子検出数の多いことがあった。

微粒子検出数（測定点①）

30秒間歌唱

歌唱用マスク・マウスガード

全微粒子の合計
歌唱用マスク

		日本語	独語	伊語
男性	テノール1	2	28	5
	テノール2	59	17	30
	テノール3	220	656	412
	テノール4	264	62	215
女性	ソプラノ1	154	180	45
	ソプラノ2	180	301	519
	ソプラノ3	44	35	56
	ソプラノ4	4	33	26
平均		116	164	164
標準偏差		102	222	199
Max		264	656	519
Min		2	17	5

全微粒子の合計
マウスガード

		日本語	独語	伊語
男性	テノール1	0	1	2
	テノール2	0	0	0
	テノール3	4	0	0
	テノール4	0	0	2
女性	ソプラノ1	0	1	0
	ソプラノ2	0	0	3
	ソプラノ3	1	0	0
	ソプラノ4	0	0	3
平均		-	-	1
標準偏差		-	-	1
Max		4	1	3
Min		0	0	0

- 歌唱用マスク使用時には、微粒子の検出数が減少する傾向があるものの、他のマスクやマウスガードよりは多く検出された。
- 歌唱用マスク使用時の微粒子検出数は歌手や曲による違いがあった。
- マウスガード使用時は、微粒子の検出数は大きく減少した。全24回の測定機会のうち16回では全く検出されなかった。

結果1のまとめ

- 歌唱中に測定点①（口元）で検出された微粒子数を検討した。
- 同じ歌手が歌唱しても曲（言語）によって、同じ曲であっても歌手によって、検出された微粒子数は大きく異なっていた。
- 不織布マスク、ポリウレタン（PU）マスク、マウスガードを使用しての歌唱では、検出された微粒子数が大きく減少していた。不織布マスク、マウスガード使用時にとくに減少していた。
- 歌唱用マスクを使用しての歌唱では、マスクなしよりは少ないものの、他の三者よりも多くの微粒子が検出された。

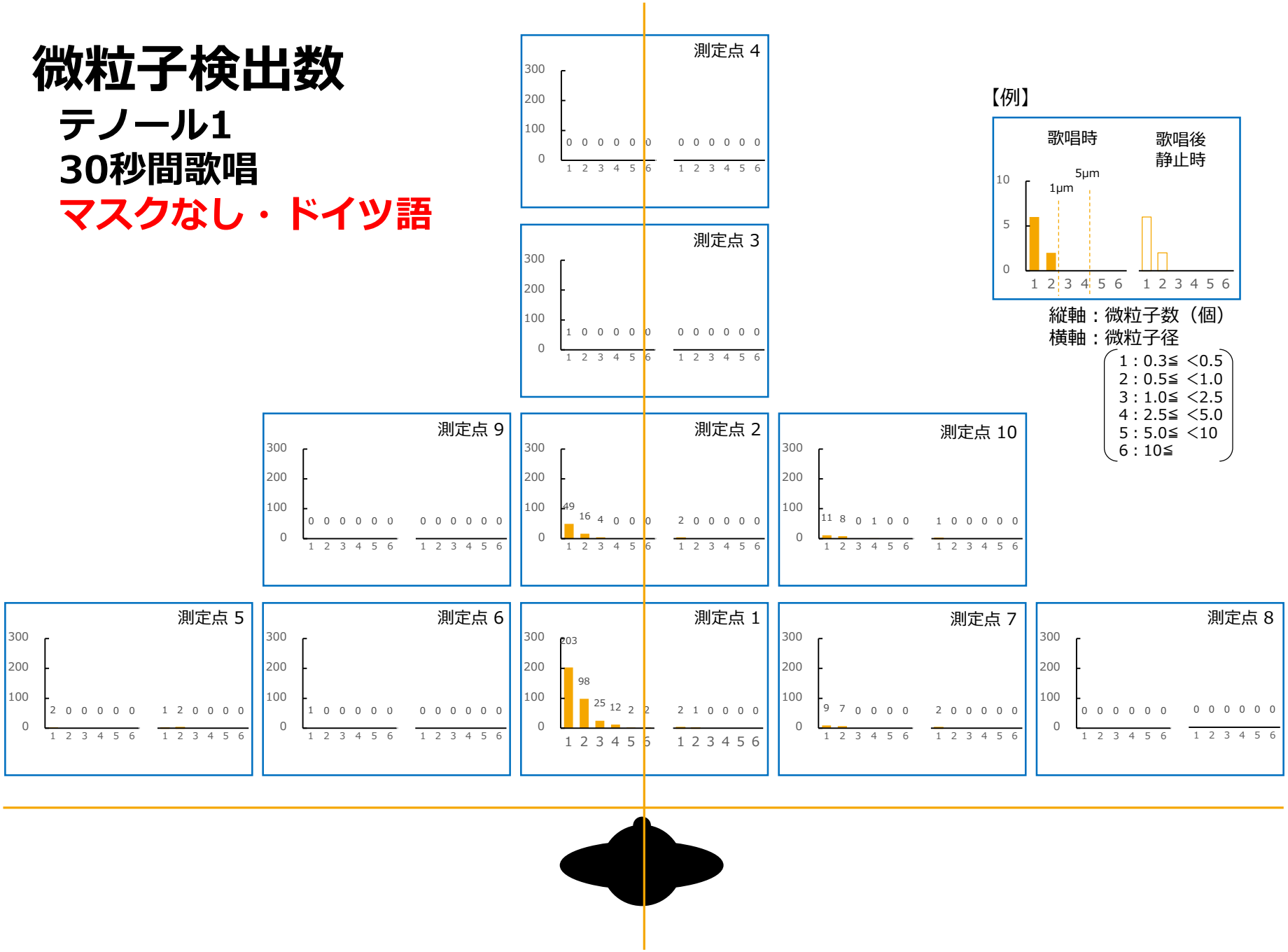
結果

本報告書には以下の結果を示す。

1. 歌唱中に①で検出された微粒子数
2. **マスクなし歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数**
3. 被験者1名が各種マスク等を使用してドイツ語、イタリア語での歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数
4. 可視化実験で得られた微粒子飛散の様子

微粒子検出数

テノール1
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

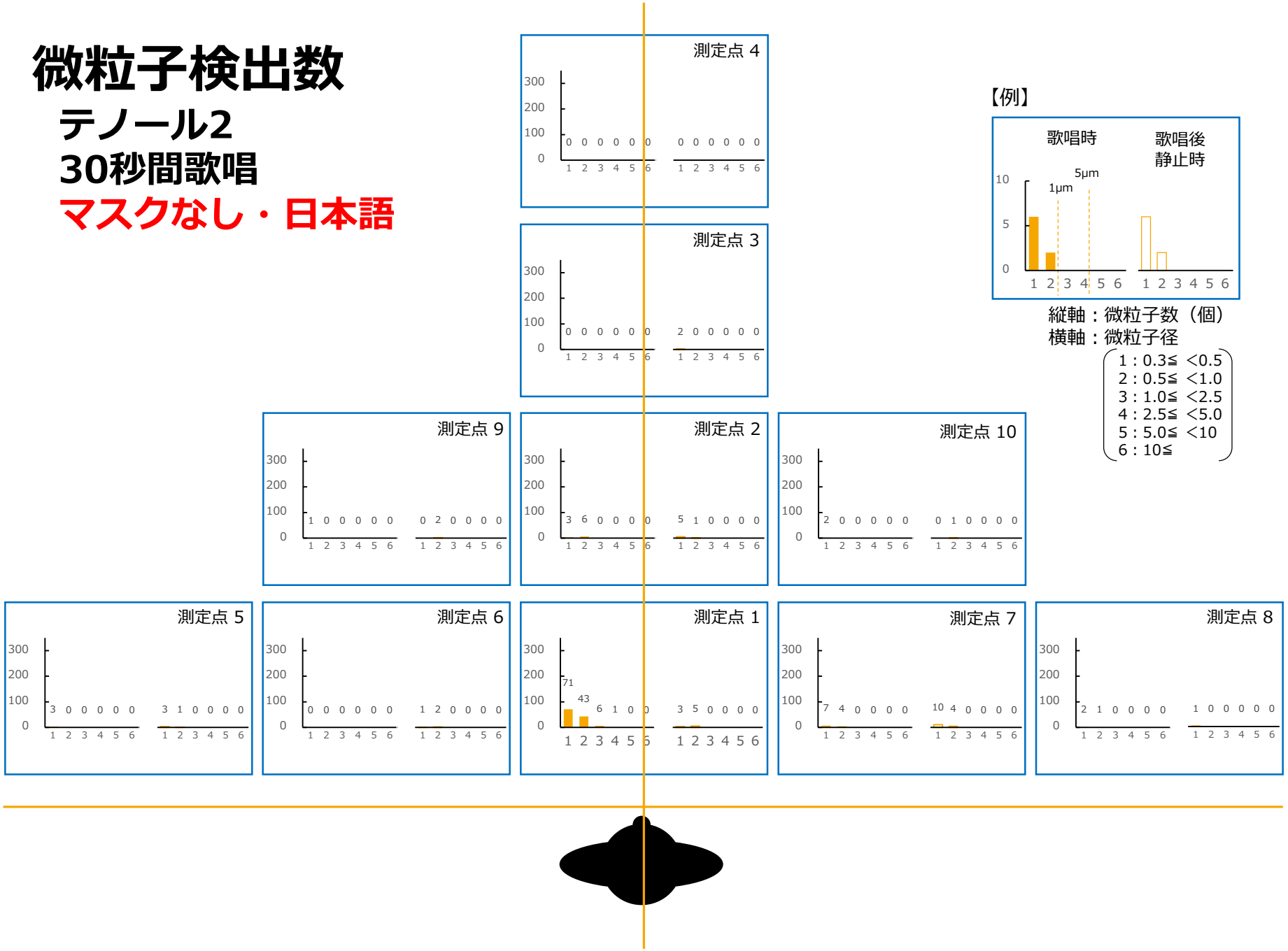
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出され、そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑥⑦⑩）では歌唱中に5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②⑤⑦⑩で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール2
30秒間歌唱
マスクなし・日本語



【例】

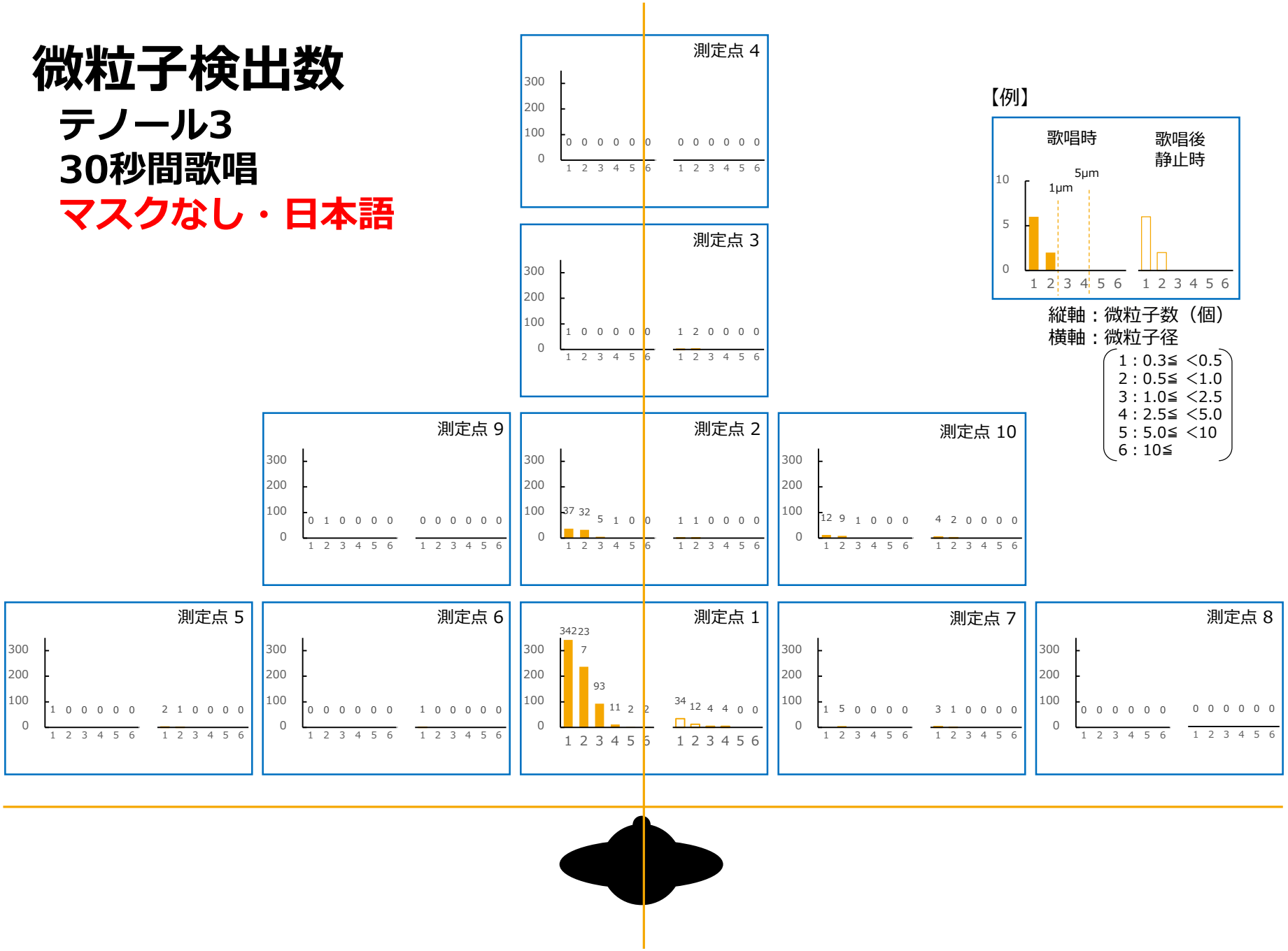
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは1μm未満であった。
- 他の測定点（②⑤⑦⑧⑨⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②③⑤⑥⑦⑧⑨⑩で1μm未満の微粒子が検出された。⑦は少数、その他はごく少数であった。
- いずれの測定点においても5μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
マスクなし・日本語



【例】

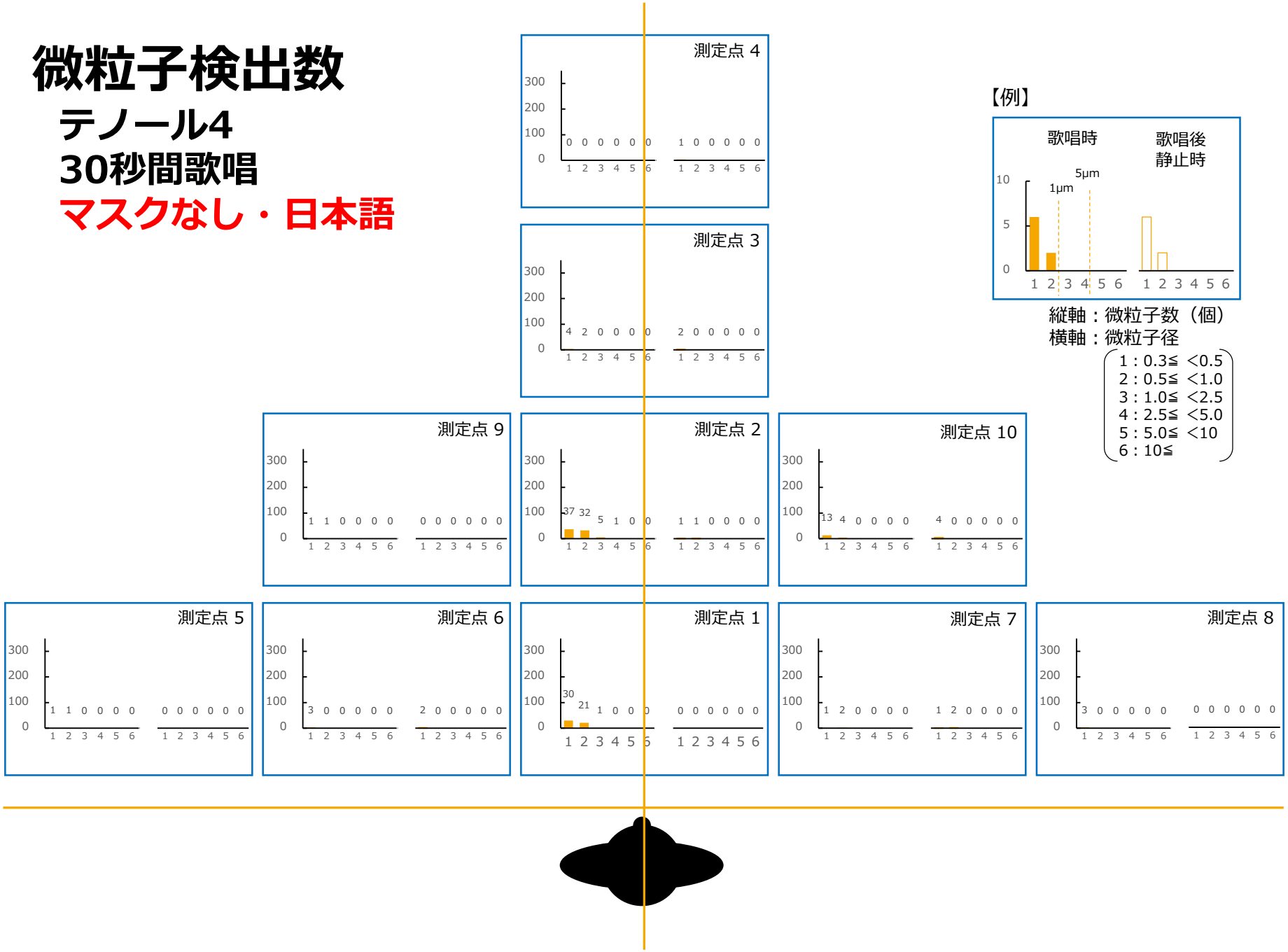
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出され、そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑦⑨⑩）では歌唱中に5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②③⑤⑥⑦⑩で5μm未満の微粒子が検出された。①以外はごく少数の検出であった。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール4
30秒間歌唱
マスクなし・日本語



【例】

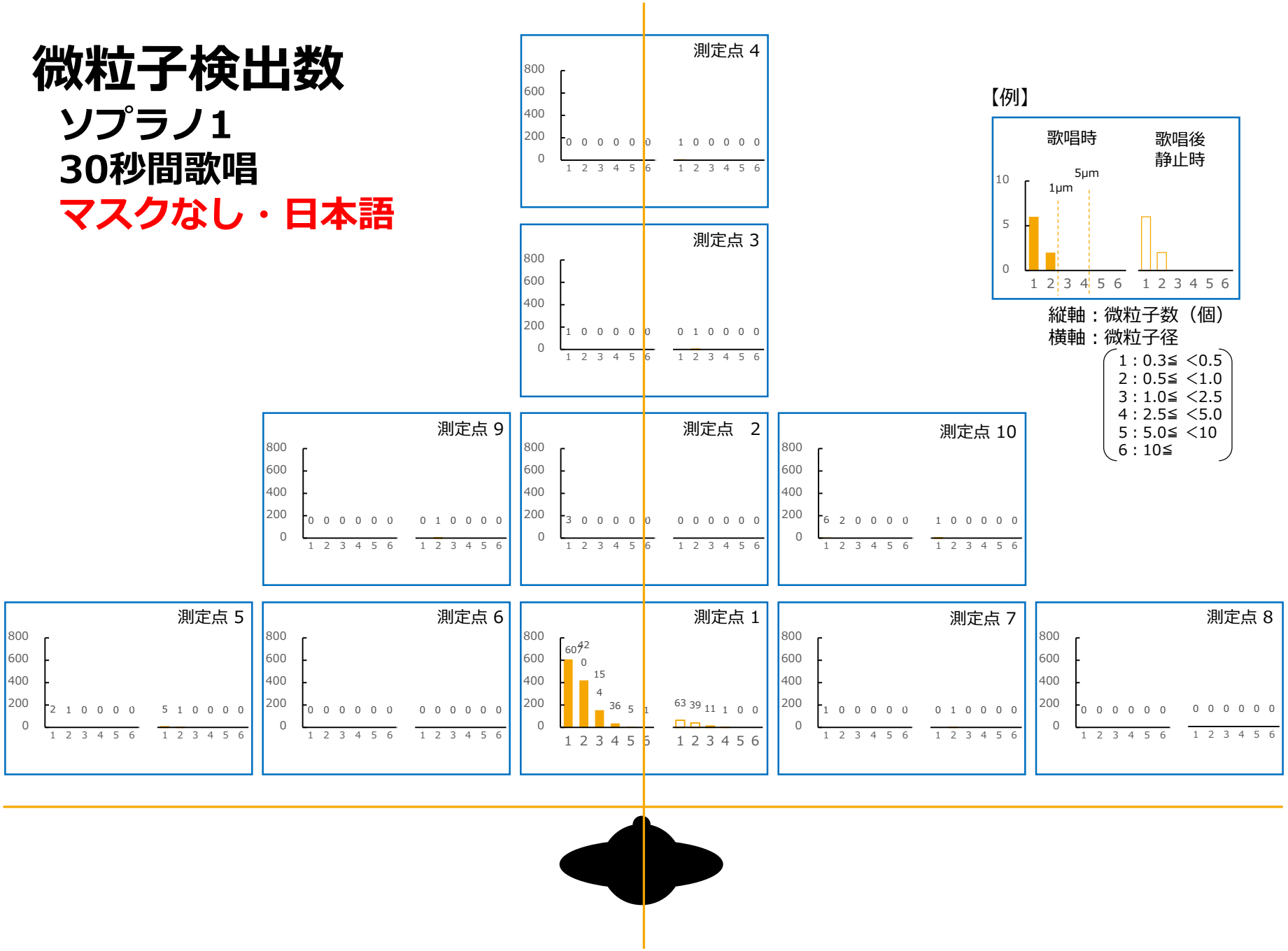
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に②ついで①で少数の微粒子が検出され、そのほとんどは1μm未満であった。
- 他の測定点（③⑤⑥⑦⑧⑨⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には②③④⑥⑦⑩で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- いずれの測定点においても5μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

ソプラノ1
30秒間歌唱
マスクなし・日本語



【例】

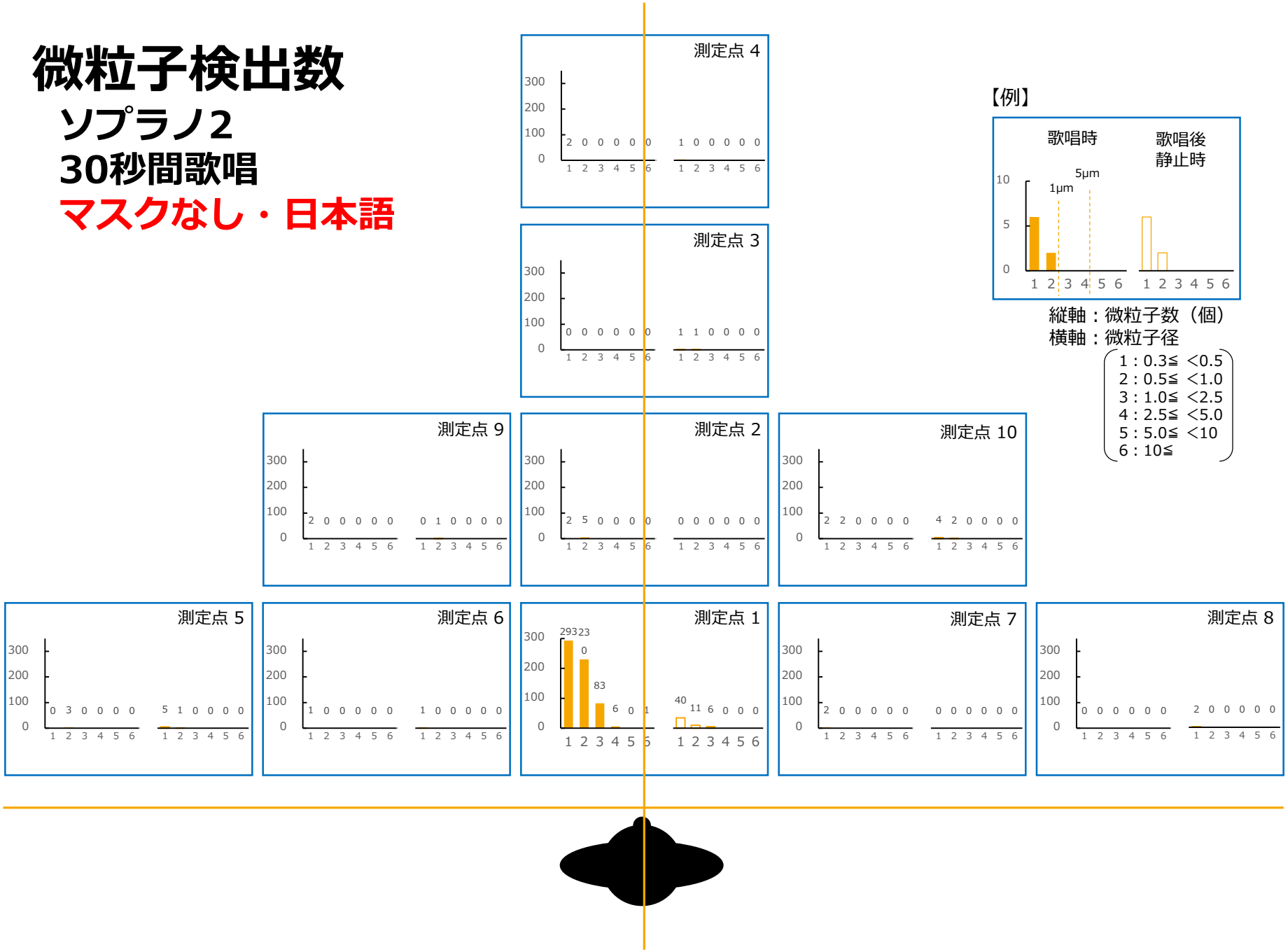
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出され、そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑦⑧⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①③④⑤⑦⑨⑩で5μm未満の微粒子が検出された。①以外はごく少数の検出であった。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ2
30秒間歌唱
マスクなし・日本語



【例】

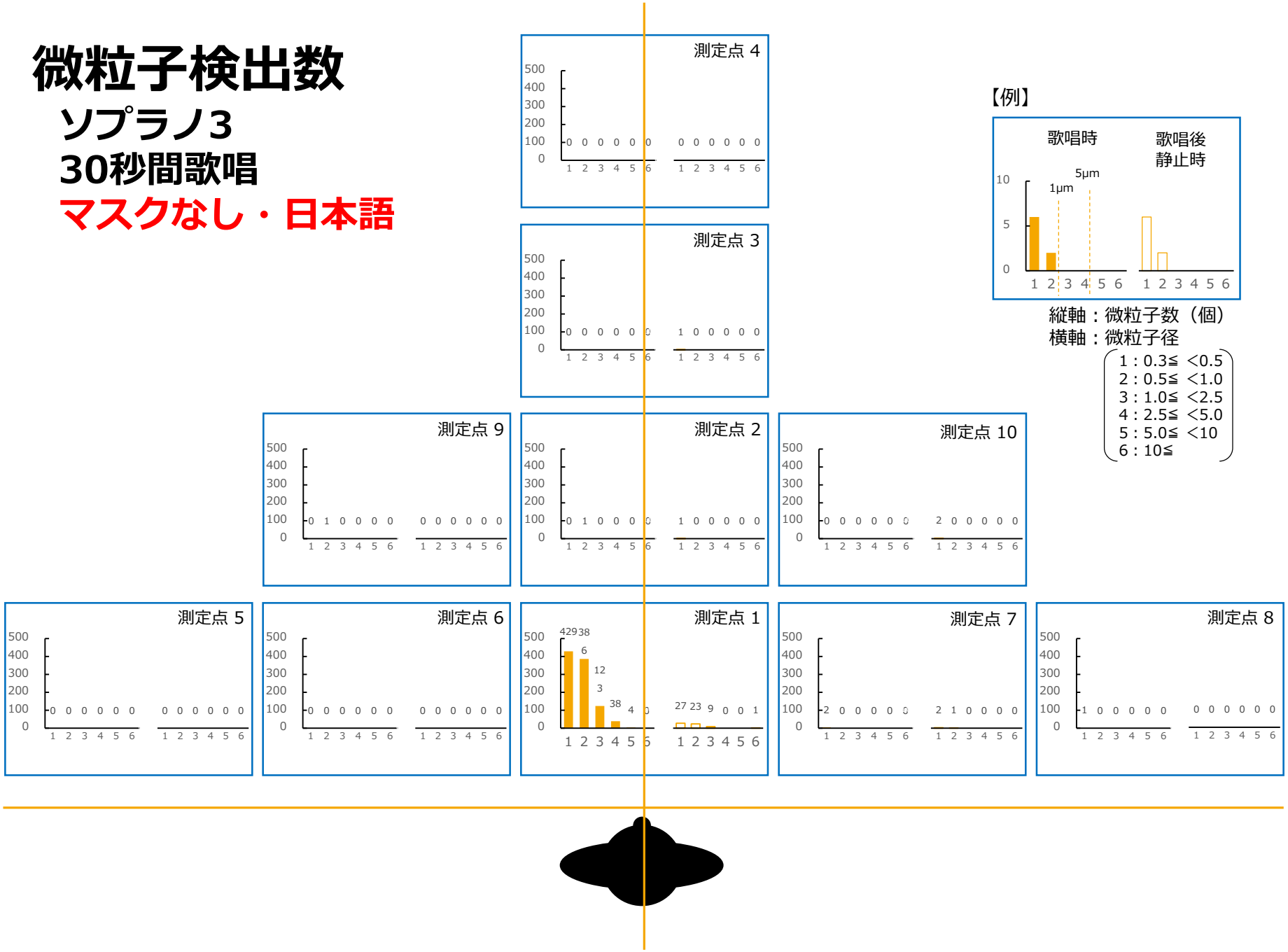
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出され、そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②④⑤⑥⑦⑨⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①③④⑤⑥⑧⑨⑩で5μm未満の微粒子が検出された。①では少数、その他ではごく少数の検出であった。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ3
30秒間歌唱
マスクなし・日本語



【例】

縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

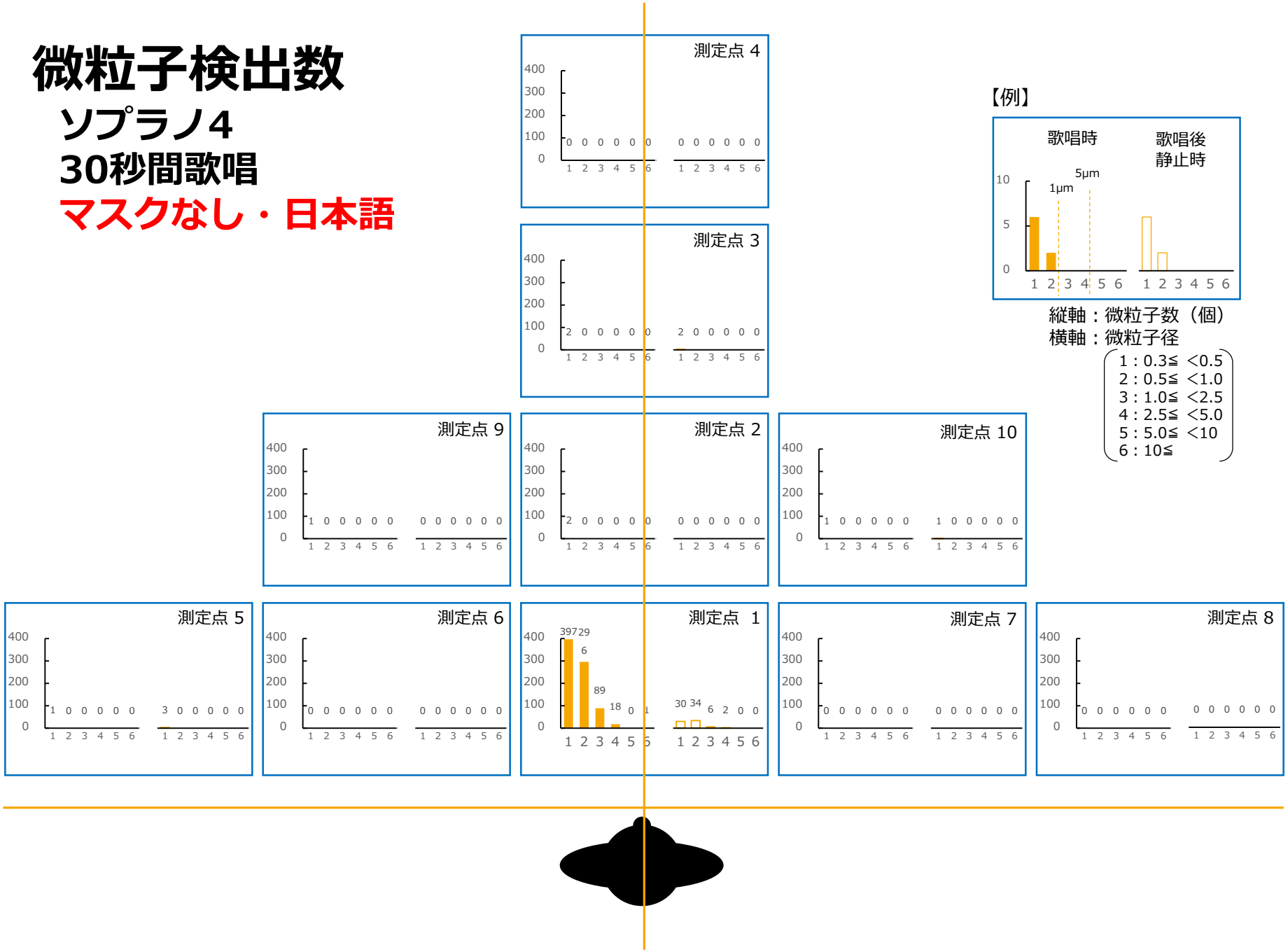
1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出され、そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②⑦⑧⑨）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②③⑦⑩で微粒子が検出された。①では少数、その他ではごく少数の検出であった。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中・後に①でごく少数検出されたのみであった。

結果2

微粒子検出数

ソプラノ4
30秒間歌唱
マスクなし・日本語



【例】

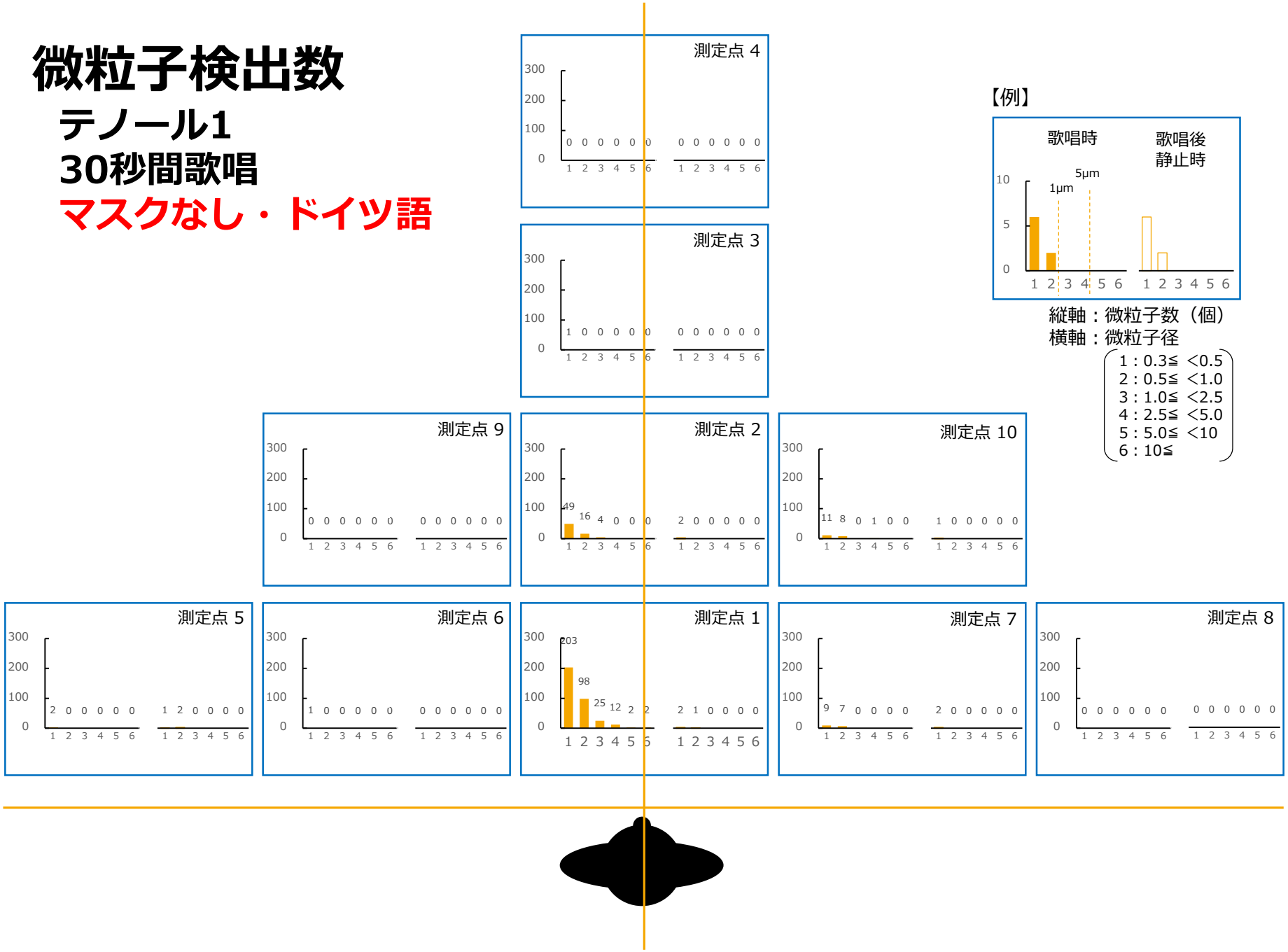
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出され、そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑨⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①③⑤⑩で5μm未満の微粒子が検出された。①では少数、その他ではごく少数の検出であった。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール1
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

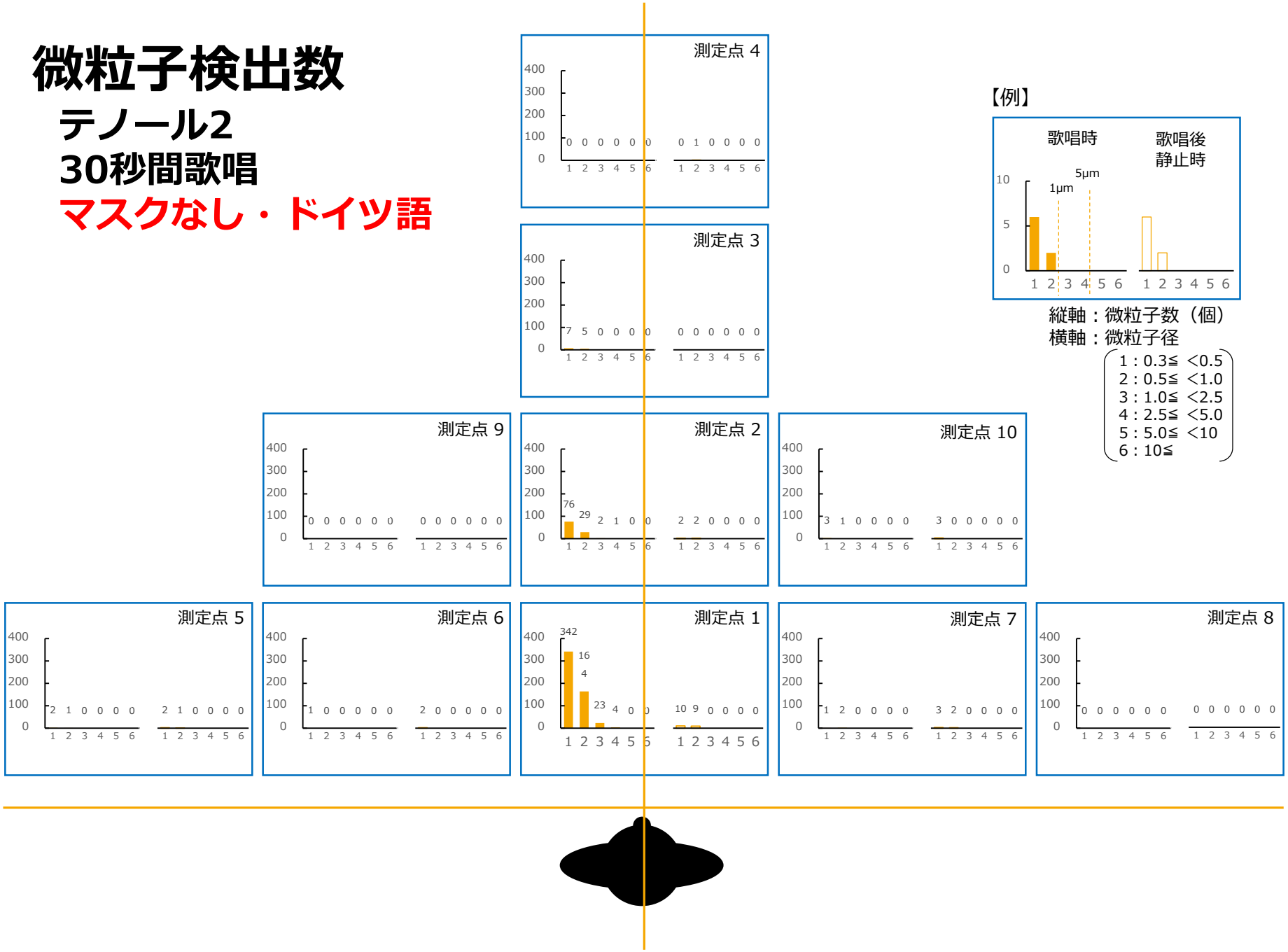
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出され、そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑥⑦⑩）では歌唱中に5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②⑤⑦⑩で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール2
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

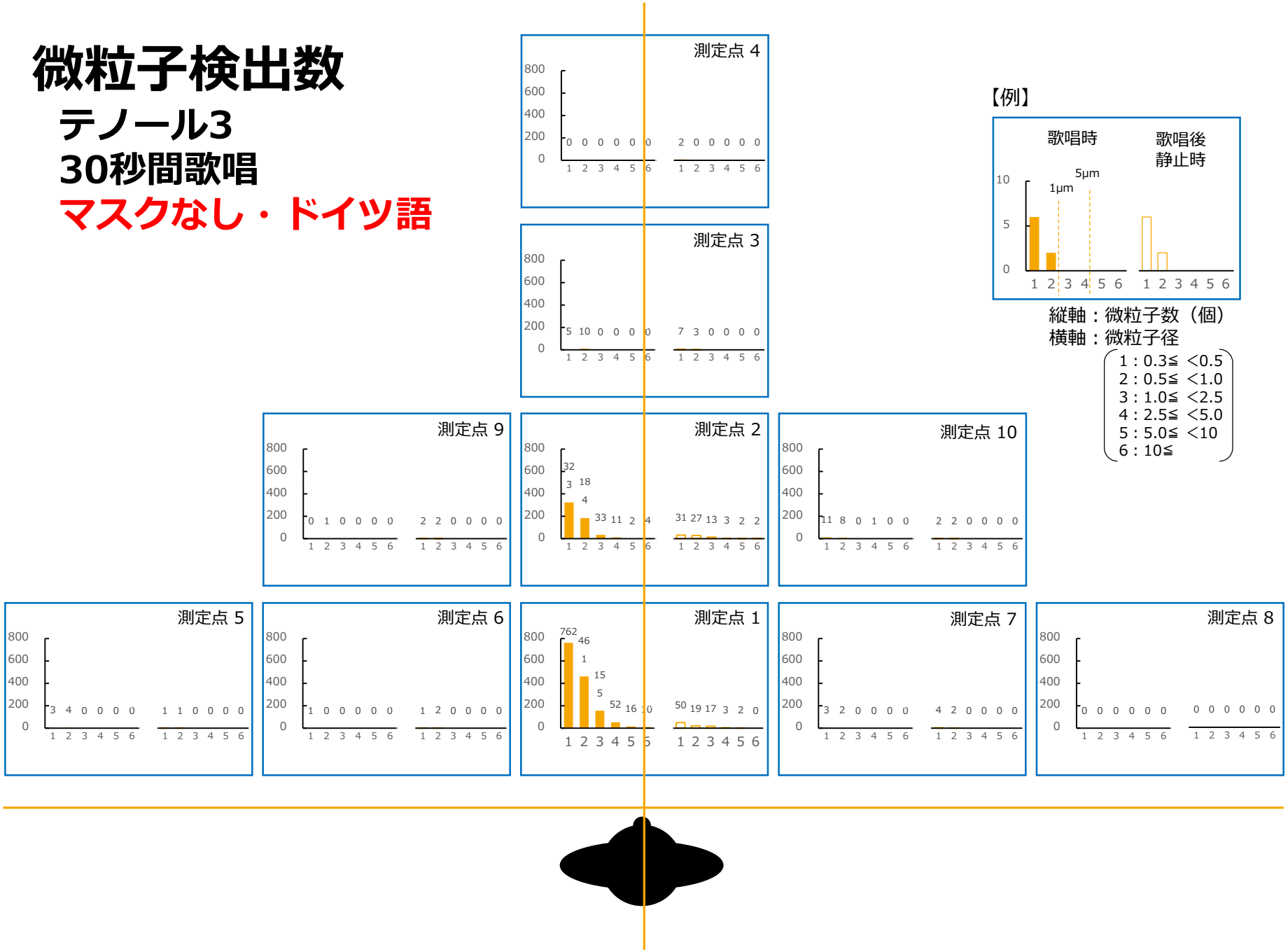
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。ついで②で検出された。そのほとんどは1μm未満の微粒子であった。
- 他の測定点（③⑤⑥⑦⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②④⑤⑥⑦⑩で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- いずれの測定点においても5μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

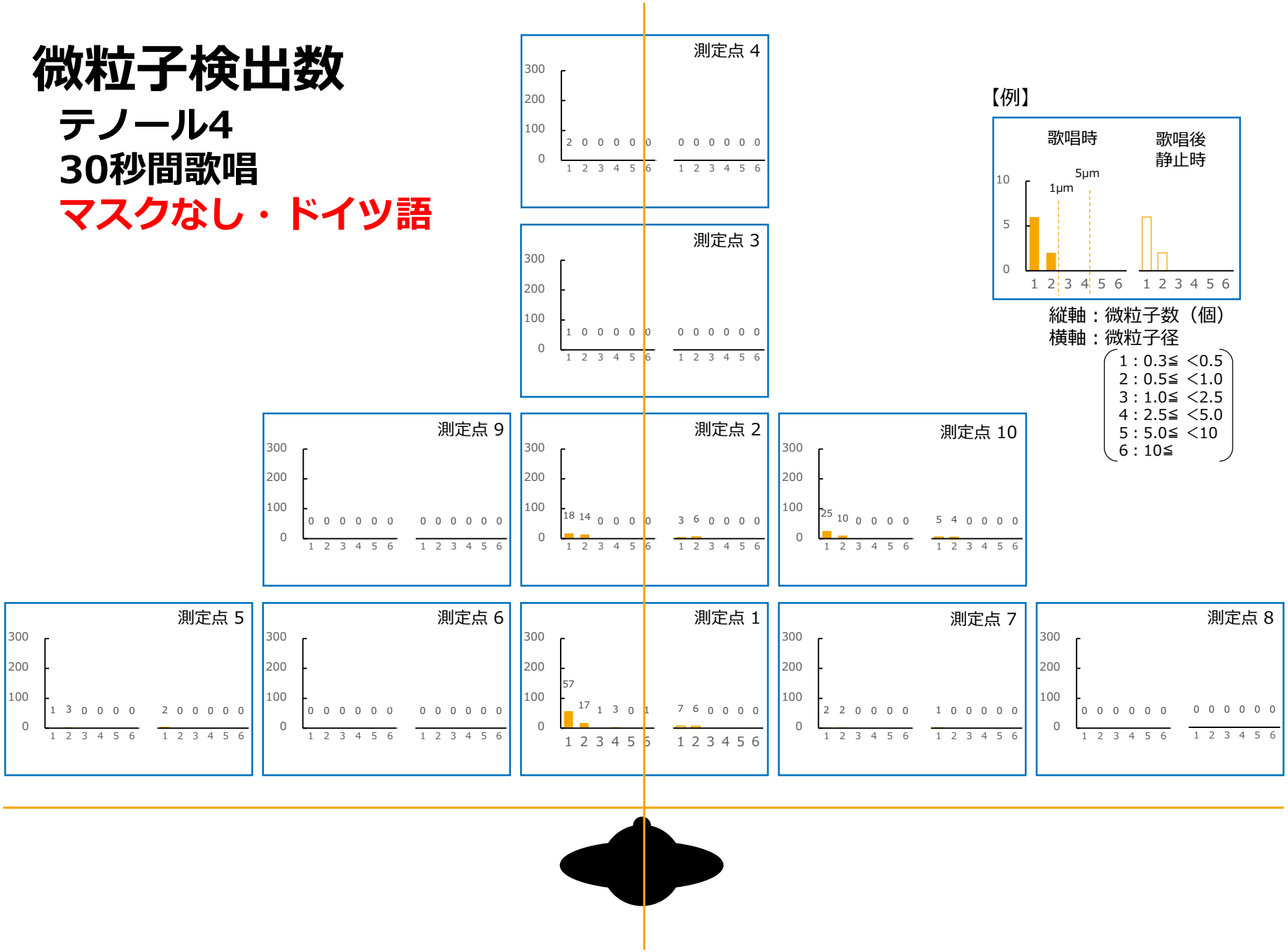
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。ついで②で検出された。その多くは1μm未満の微粒子であった。
- 他の測定点（③⑤⑥⑦⑨⑩）では歌唱中に5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②③④⑤⑥⑦⑨⑩で微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中・後に①②で少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール4
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

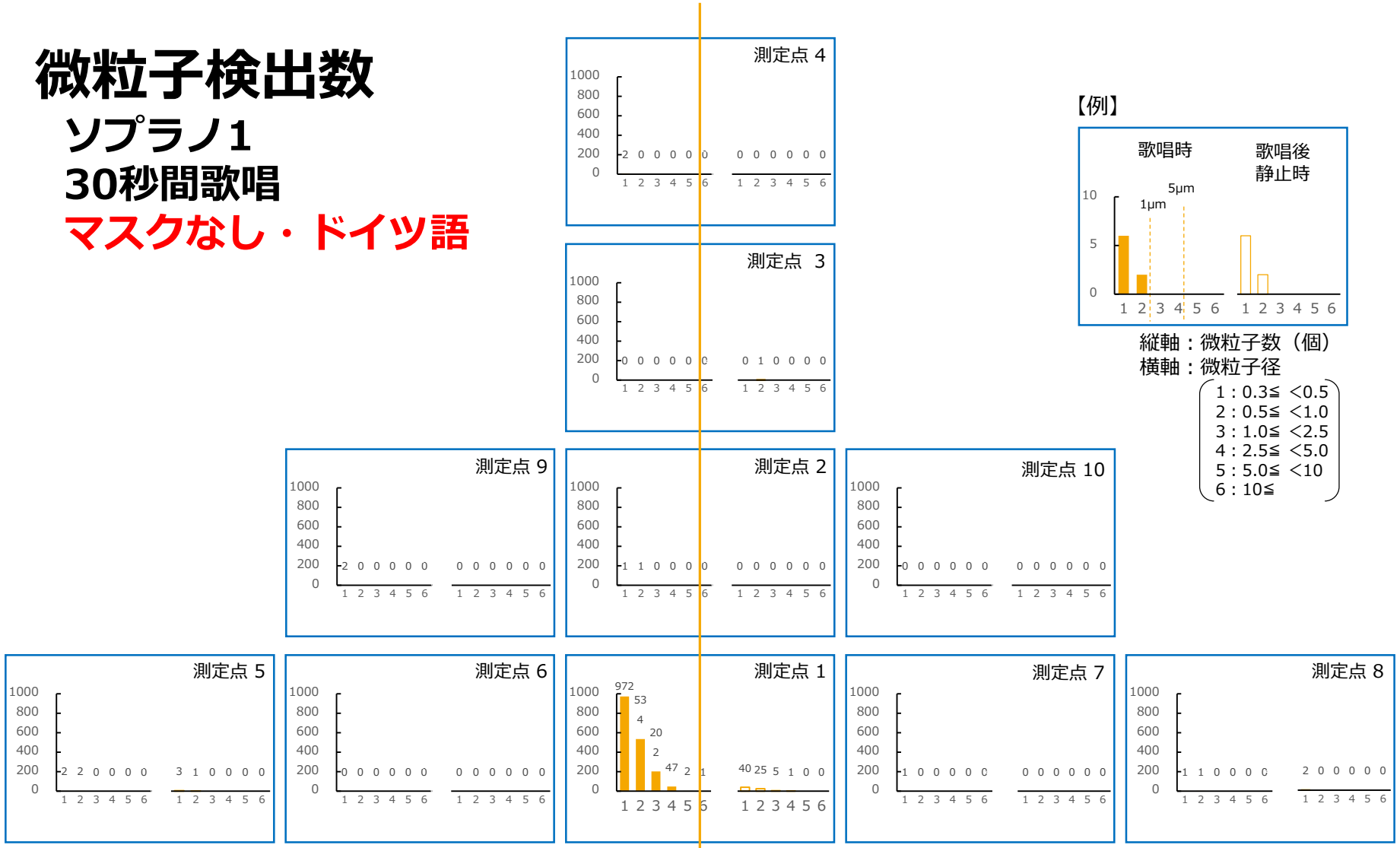
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは1μm未満であった。
- 他の測定点（②③④⑤⑦⑨⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②⑤⑦⑩で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ1
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

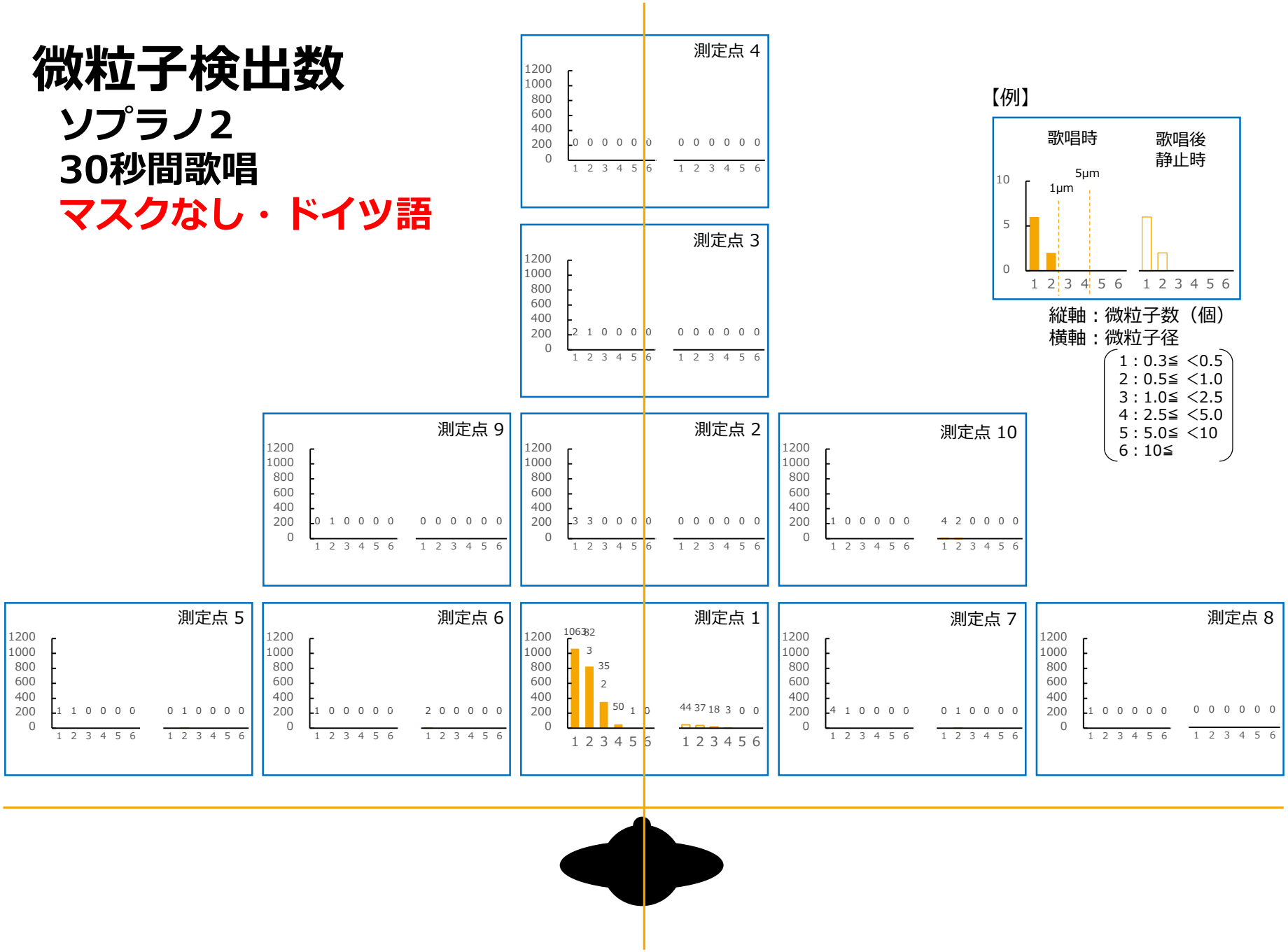
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②④⑤⑦⑧⑨）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①③⑤⑧で5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ2
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

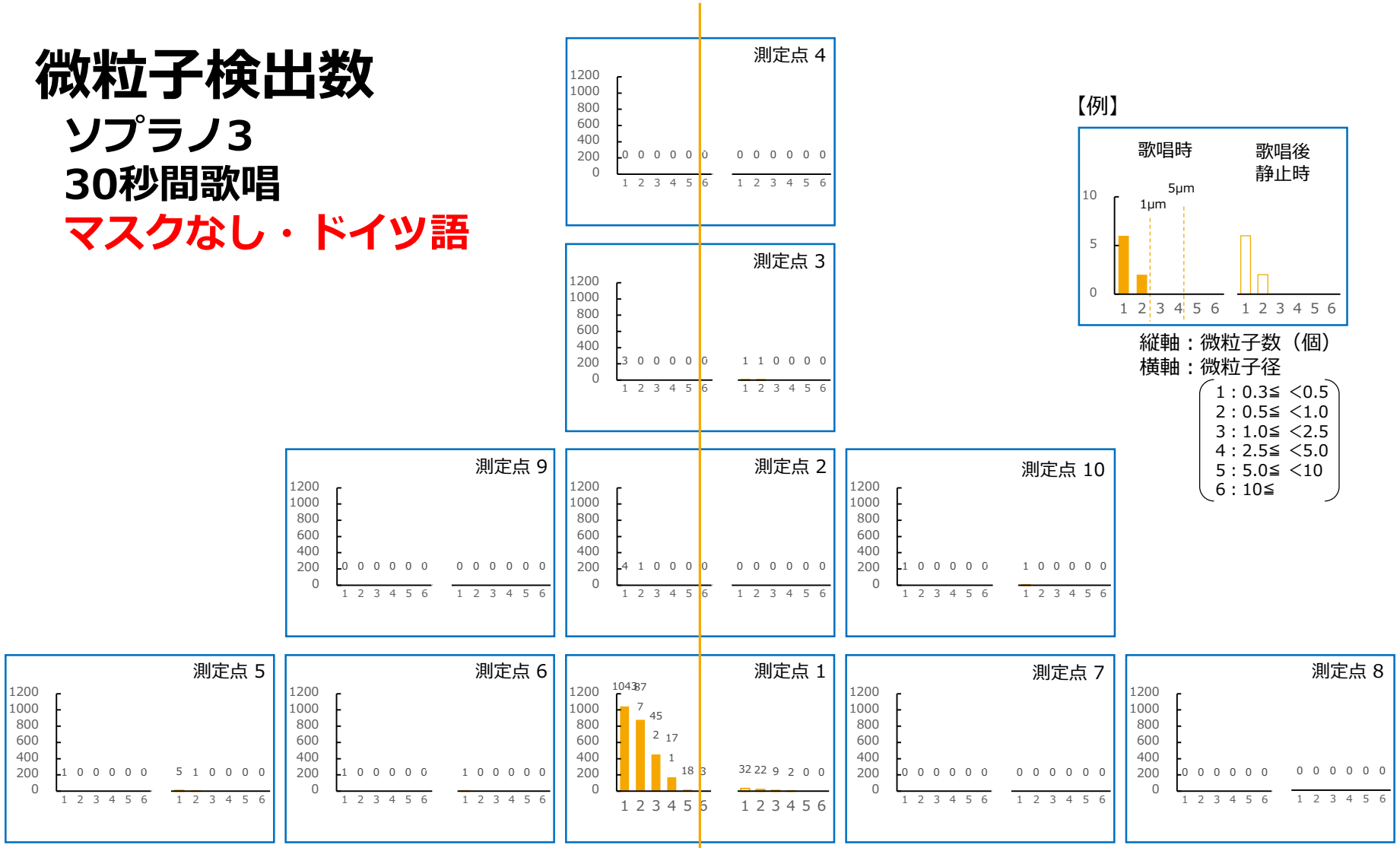
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑥⑦⑧⑨⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①では5μm未満の微粒子が検出された。⑤⑥⑦⑩では1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ3
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

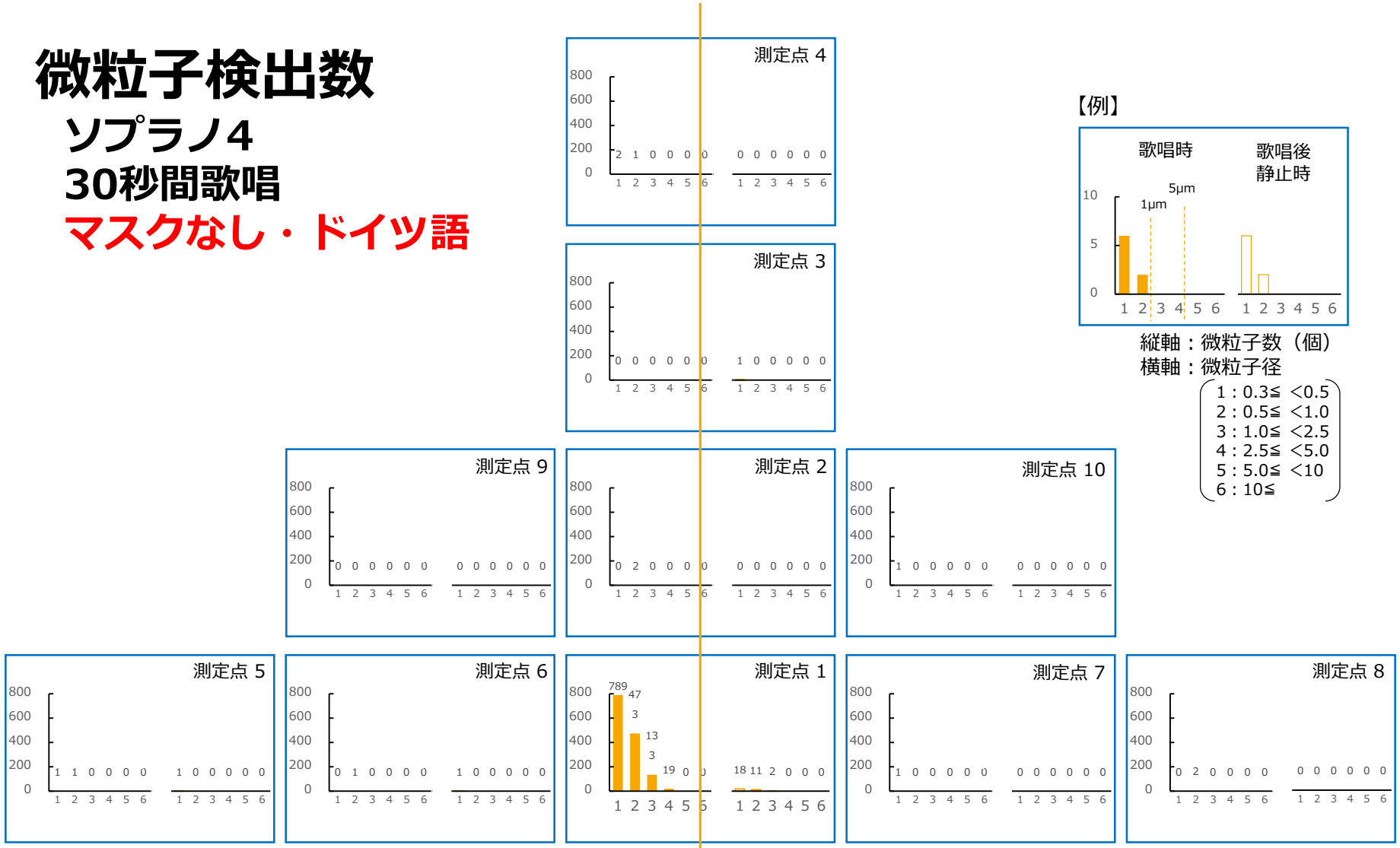
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑥⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①③⑤⑥⑩で5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①で少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ4
30秒間歌唱
マスクなし・ドイツ語



【例】

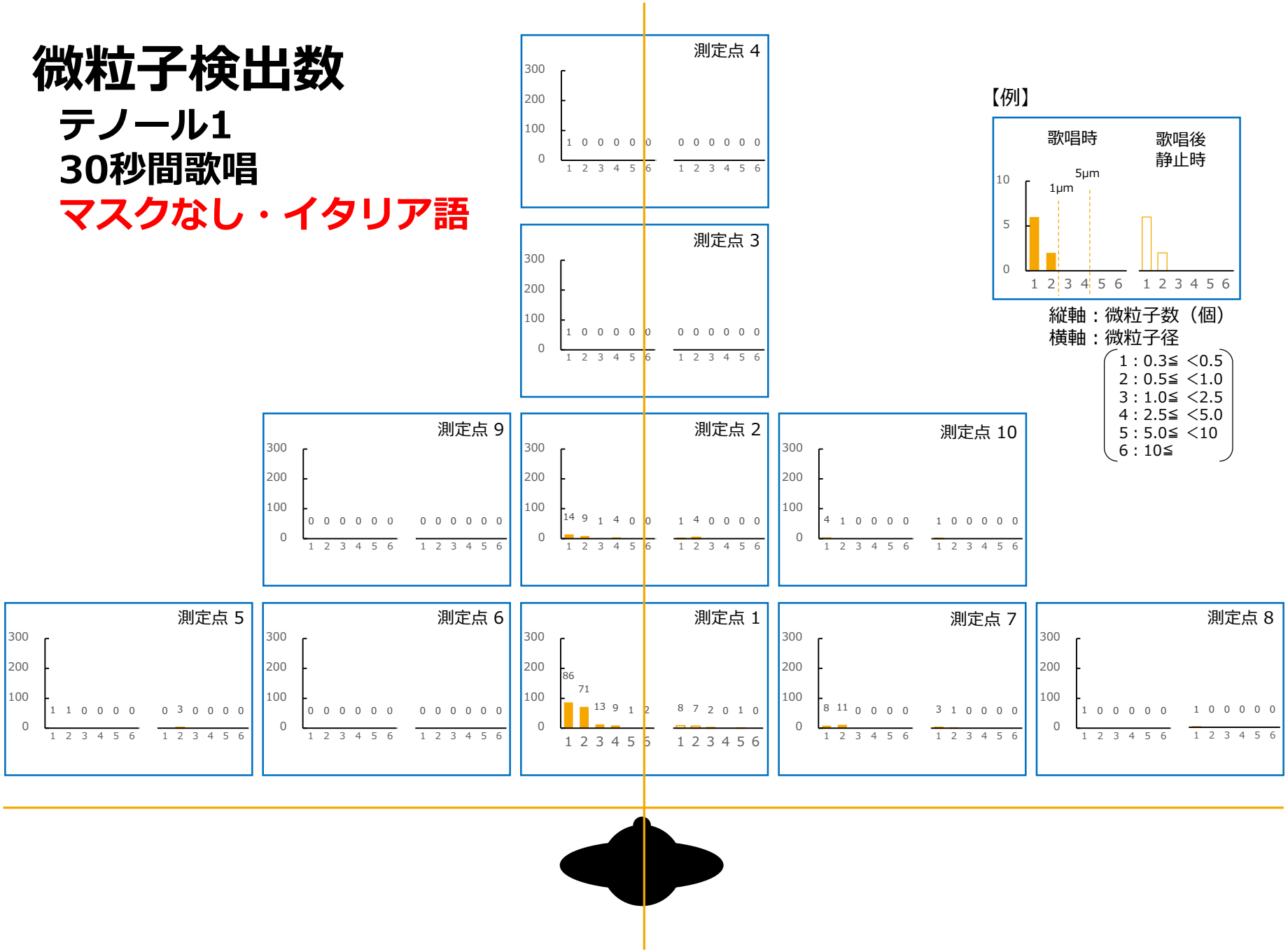
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのすべては5μm未満であった。
- 他の測定点（②④⑤⑥⑦⑧⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①③⑤⑥で5μm未満の微粒子が少数検出された。
- いずれの測定点においても5μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール1
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

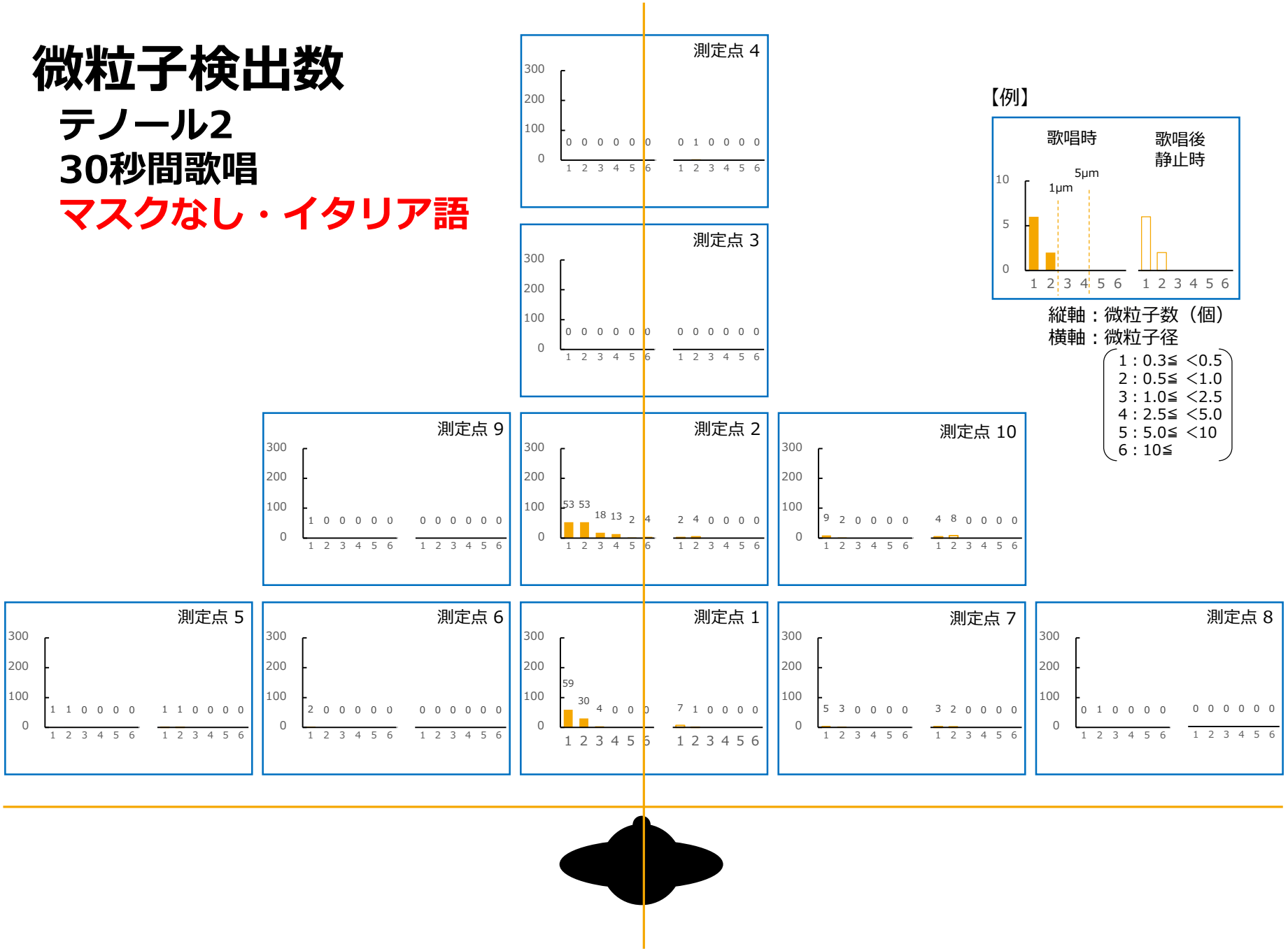
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③④⑤⑦⑧⑩）では歌唱中に5μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②⑤⑦⑧⑩で5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中・後に①②でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール2
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

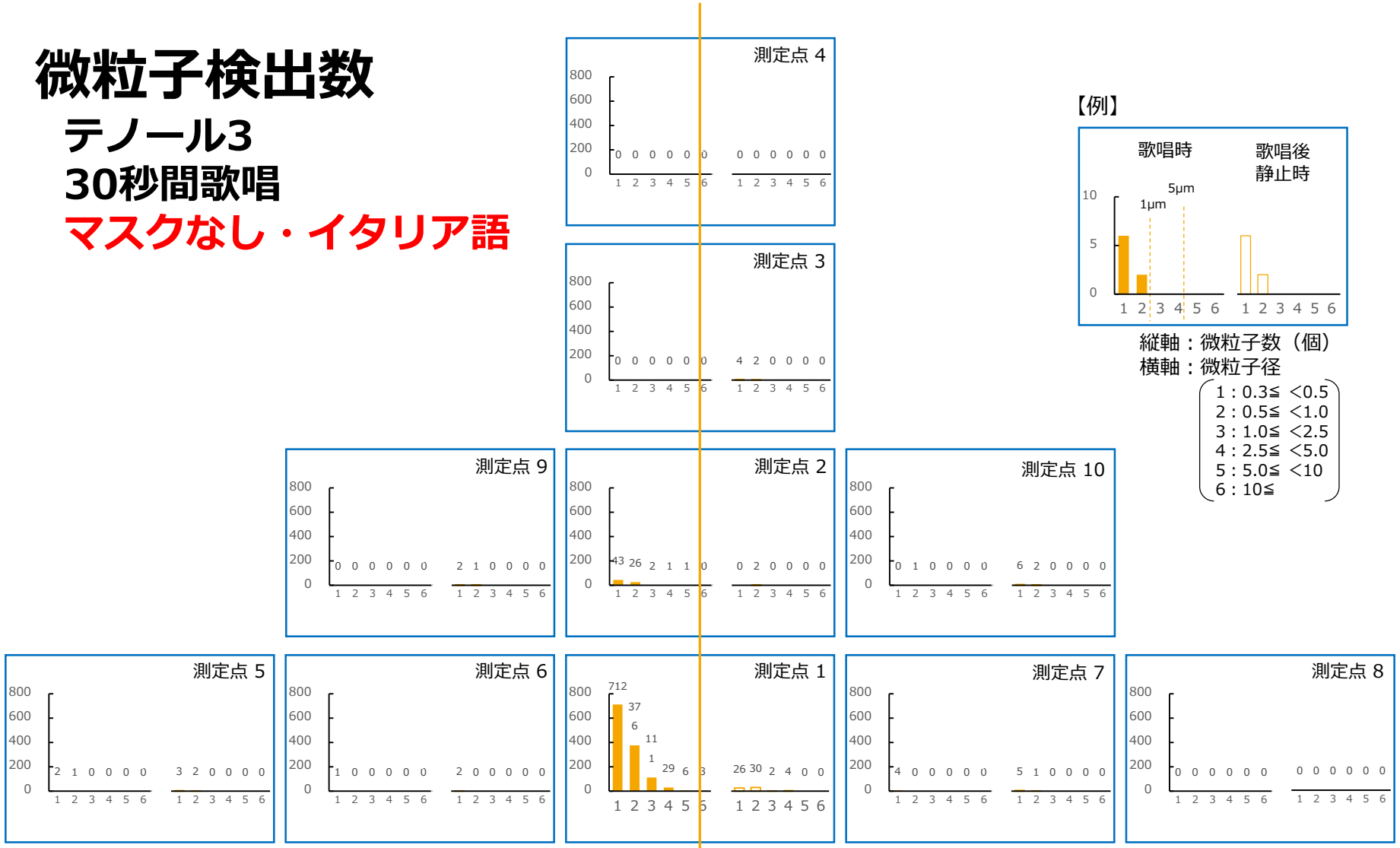
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に②で微粒子がもっとも検出された。ついで①で少数の微粒子が検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（⑤⑥⑦⑧⑨⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②④⑤⑦⑩で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に②でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

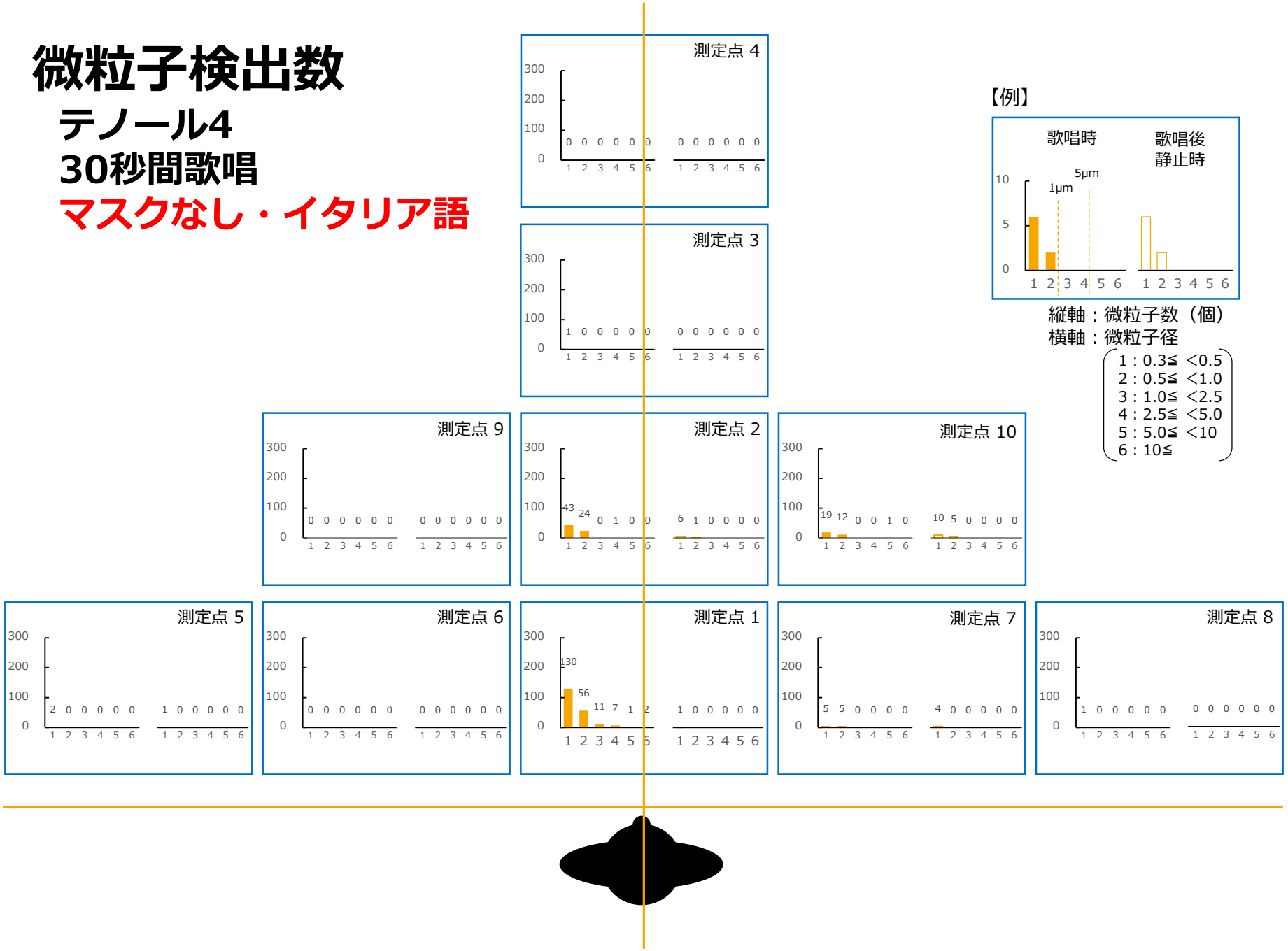
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②⑤⑥⑦⑩）では歌唱中に微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②③⑤⑥⑦⑨⑩で5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①②でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール4
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

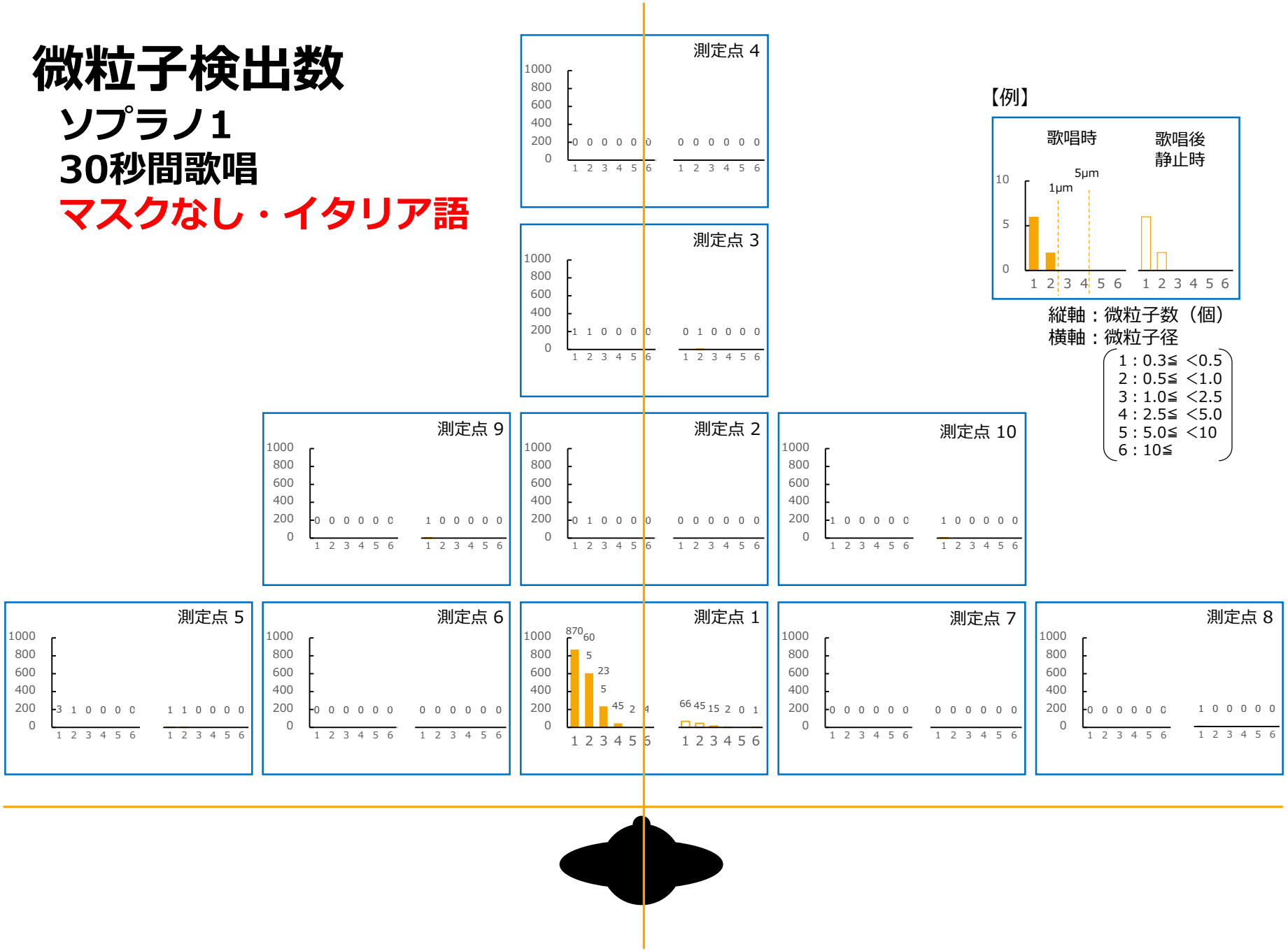
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑦⑧⑩）では歌唱中に微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②⑤⑦⑩で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①⑩でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ1
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

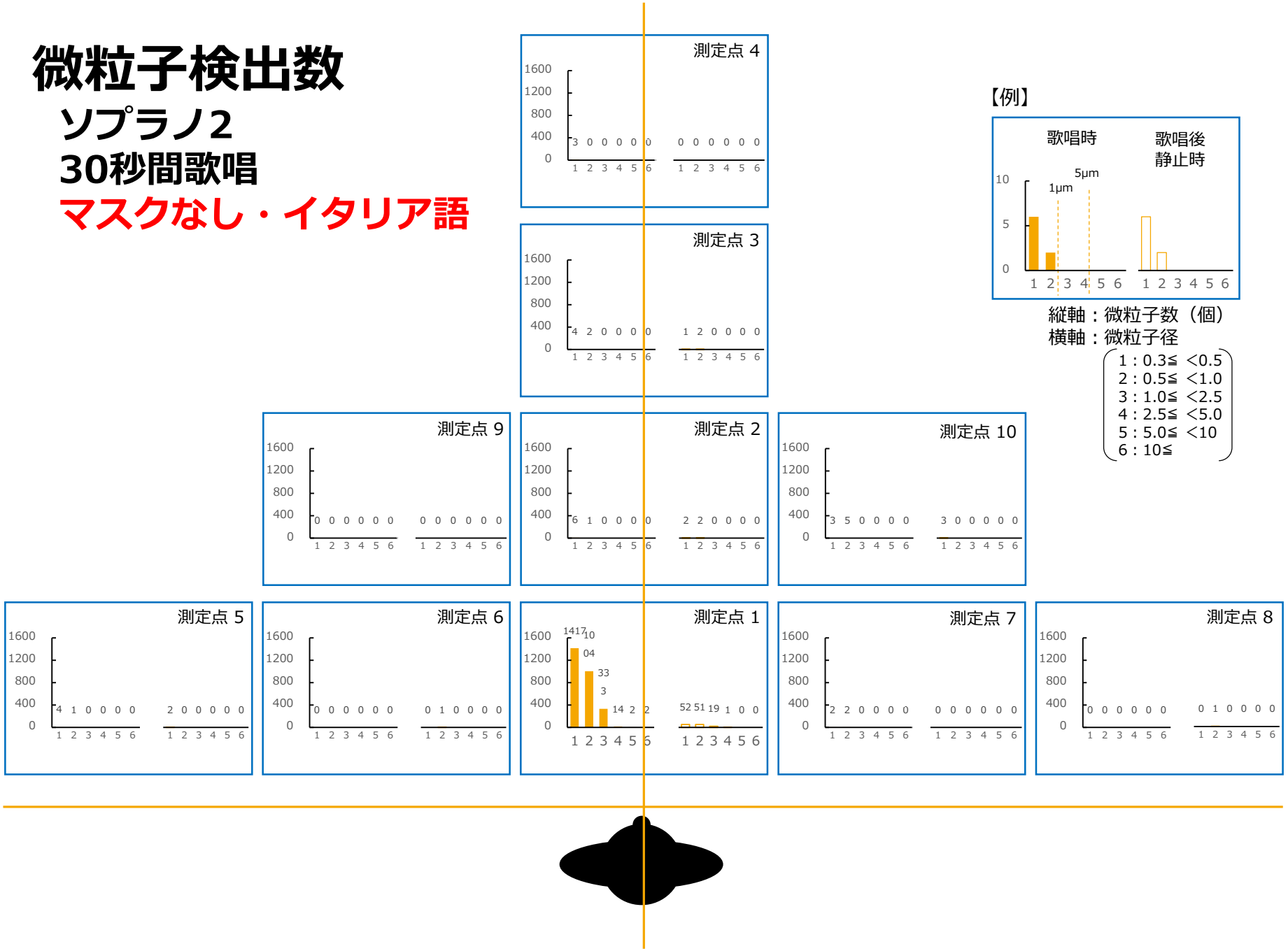
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③⑤⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①で微粒子がもっとも検出された。
- 他の測定点（②③⑤⑧⑨⑩）では歌唱後に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中・後に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ2
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

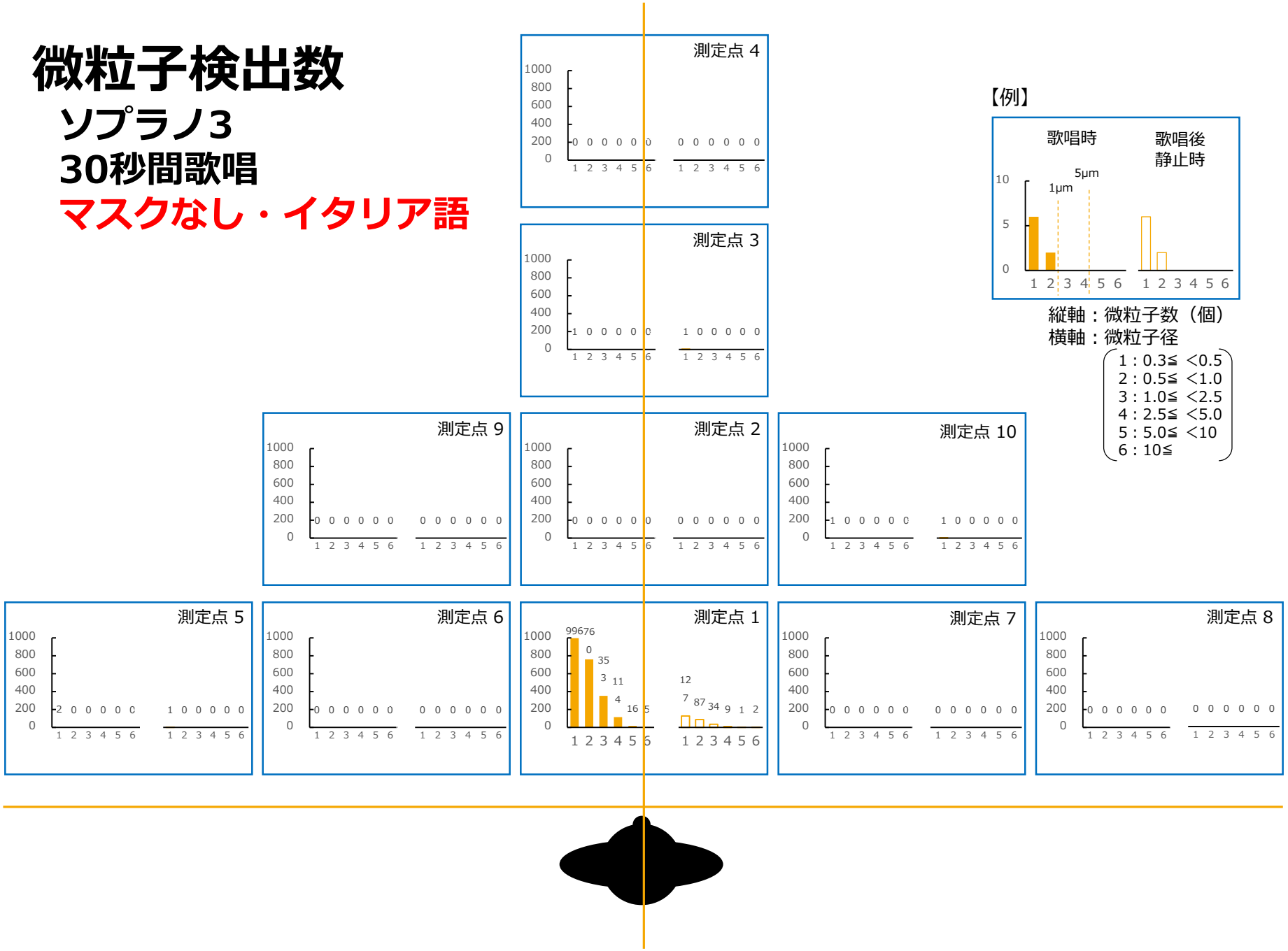
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（②③④⑤⑦⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①で微粒子がもっとも検出された。
- 他の測定点（②③⑤⑥⑧⑩）では歌唱後に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ3
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

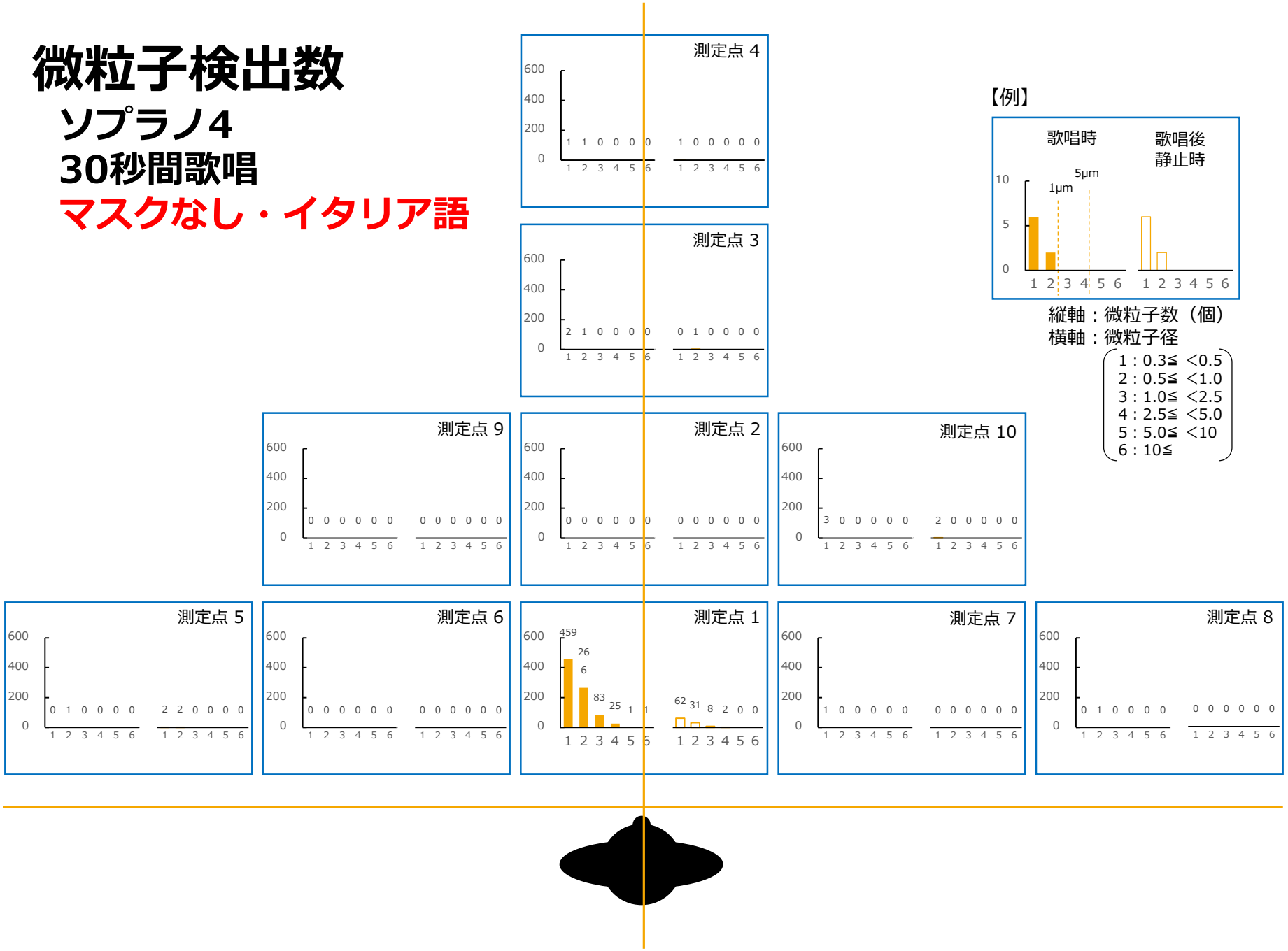
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（③⑤⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①で微粒子がもっとも検出された。
- 他の測定点（③⑤⑩）では歌唱後に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中・後に①で少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

ソプラノ4
30秒間歌唱
マスクなし・イタリア語



【例】

縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。そのほとんどは5μm未満であった。
- 他の測定点（③④⑤⑦⑧⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①で微粒子がもっとも検出された。
- 他の測定点（③④⑤⑩）では歌唱後に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

結果2のまとめ

- マスクなしでの歌唱時に各測定点で検出された微粒子数を検討した。
- 歌手や曲（言語）の違いによって検出される微粒子数が大きく異なっていた。
- ほとんどの場合、測定点①（口元）でもっとも多くの微粒子が検出された。ついで②（前方50cm）で多く検出されることが多かった。
- 測定された微粒子はほとんどが1μm未満であり、1μm以上5μm未満の微粒子は主に測定点①ついで②で検出されていた。5μm以上の微粒子は主に測定点①で少数検出されていた。
- 前方の測定点③④（それぞれ1m,2m）や側方（測定点⑤⑥⑦⑧）、斜め前方（測定点⑨⑩）で検出された微粒子は測定点①②よりかなり少なく、その径はほとんどが1μm未満であった。
- 歌唱後の静止時に検出された微粒子数は歌唱中よりかなり少なく、測定点①でもっとも検出されていた。

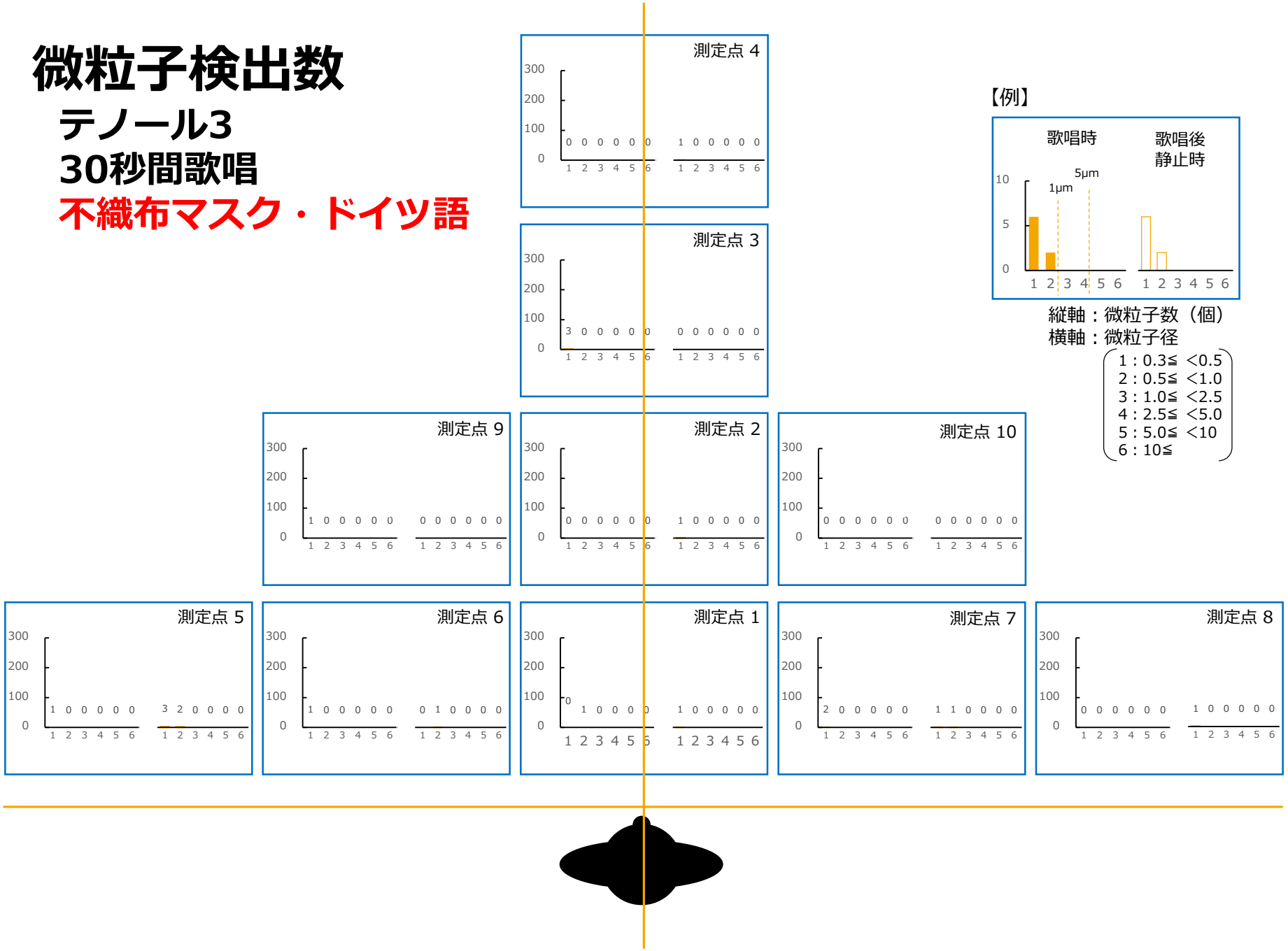
結果

本報告書には以下の結果を示す。

1. 歌唱中に①で検出された微粒子数
2. マスクなし歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数
3. **被験者1名が各種マスク等を使用してドイツ語、イタリア語での歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数**
4. 可視化実験で得られた微粒子飛散の様子

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
不織布マスク・ドイツ語



【例】

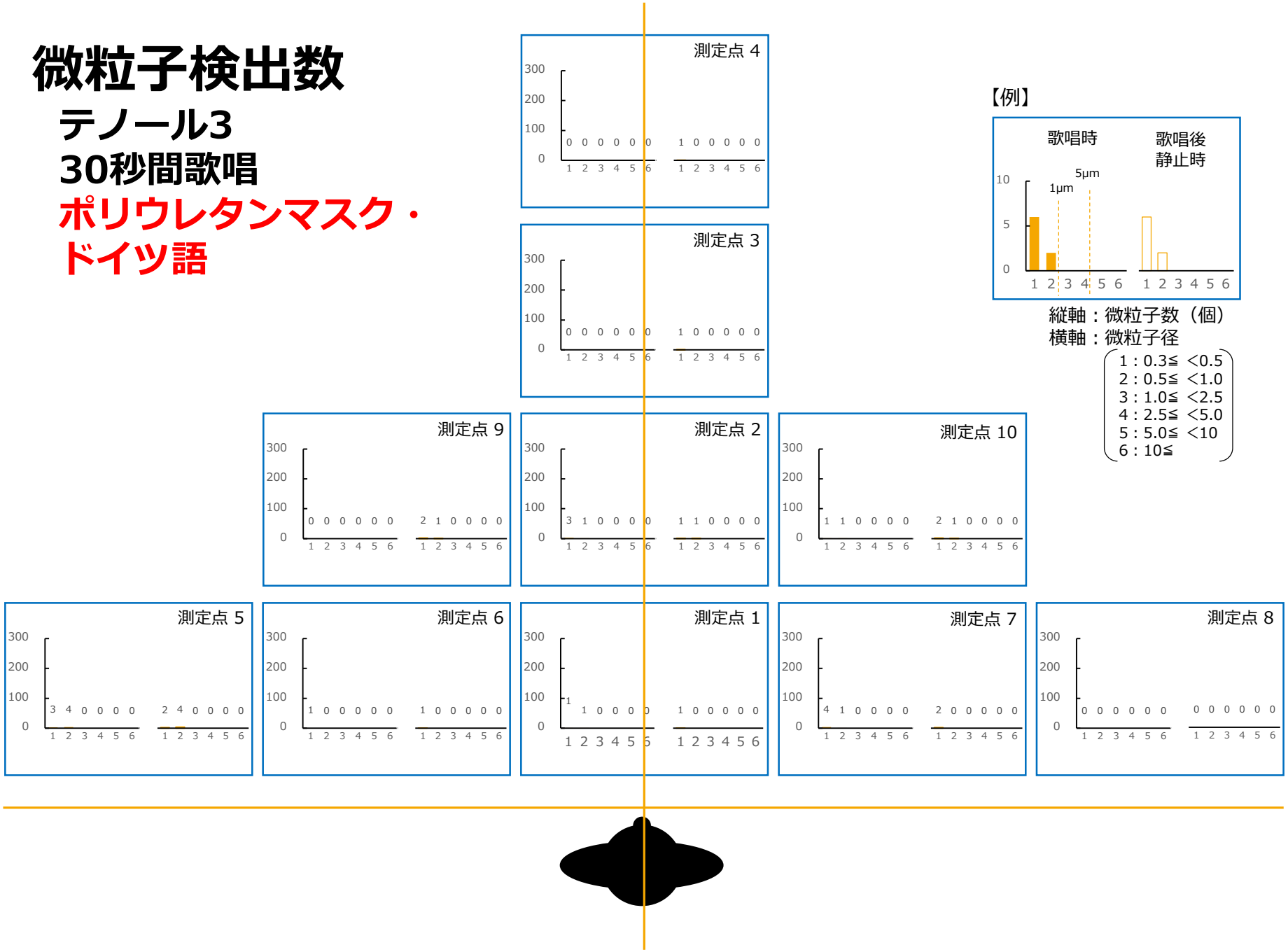
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中には①③⑤⑥⑦⑨で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②④⑤⑥⑦⑧で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- いずれの測定点においても1μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
ポリウレタンマスク・ドイツ語



【例】

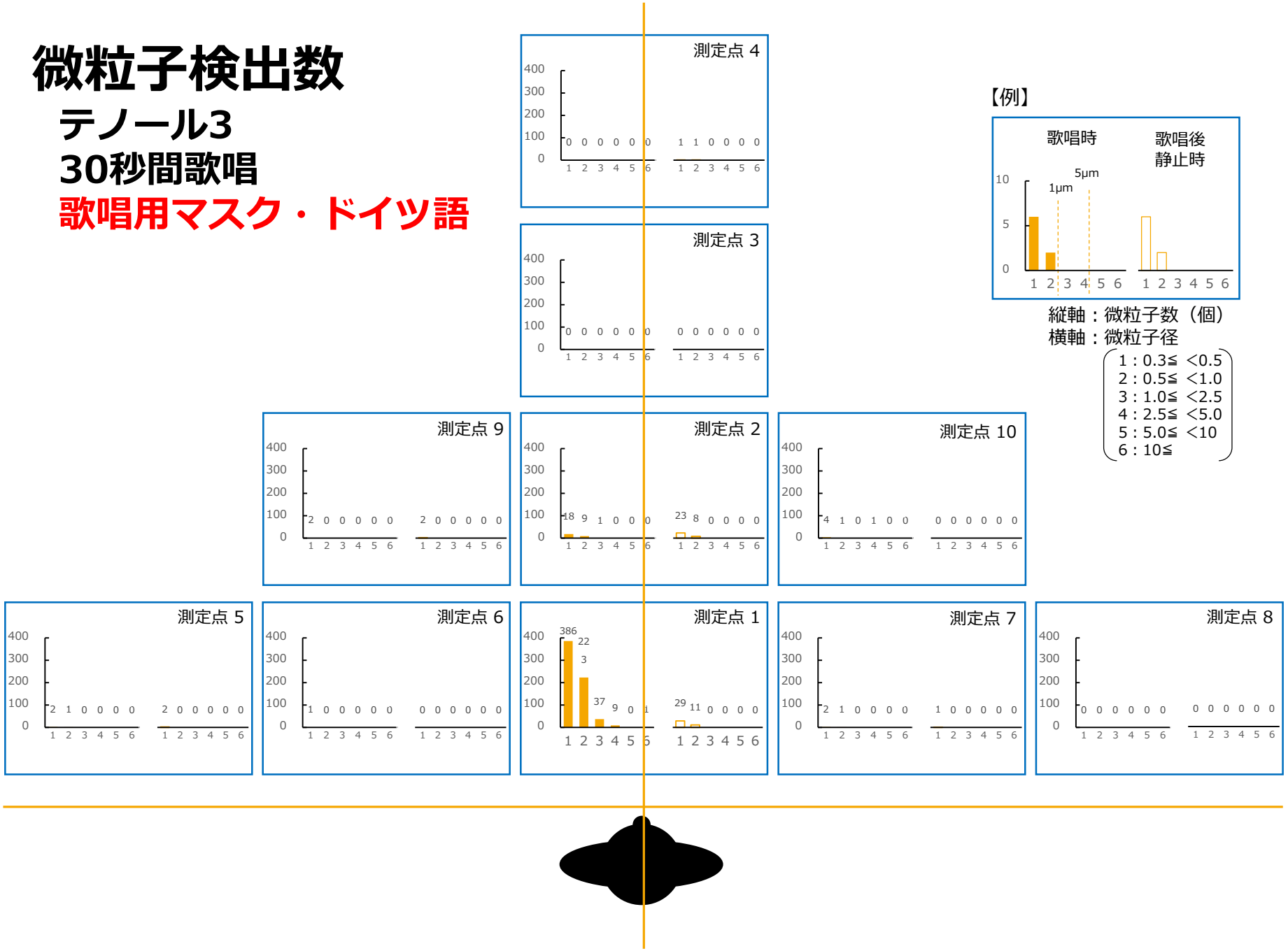
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中には①②⑤⑥⑦⑩で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②③④⑤⑥⑦⑨⑩で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- いずれの測定点においても1μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
歌唱用マスク・ドイツ語



【例】

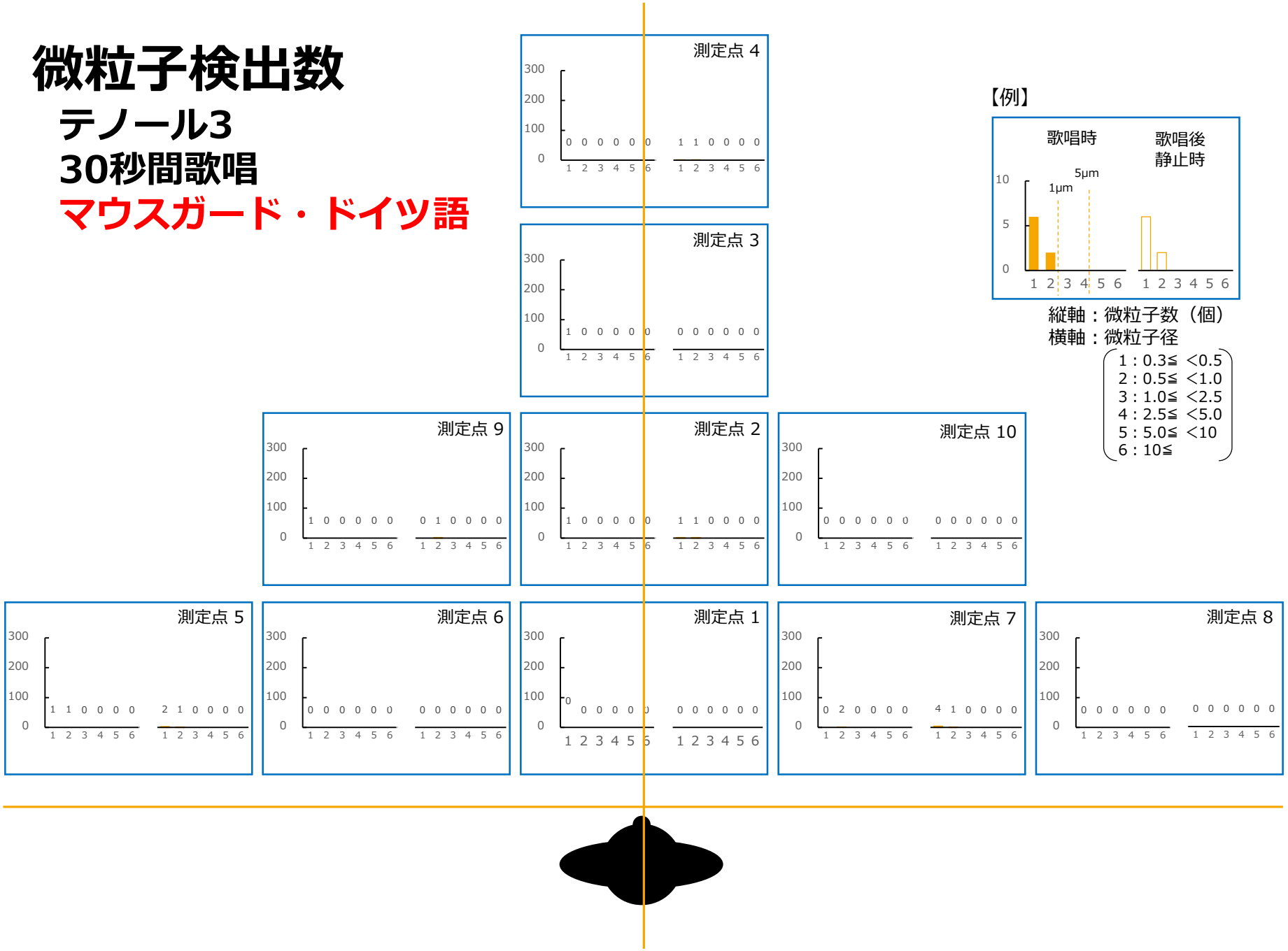
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。
- 他の測定点（②⑤⑥⑦⑨⑩）では歌唱中に5μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②③④⑤⑦⑨で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
マウスガード・ドイツ語



【例】

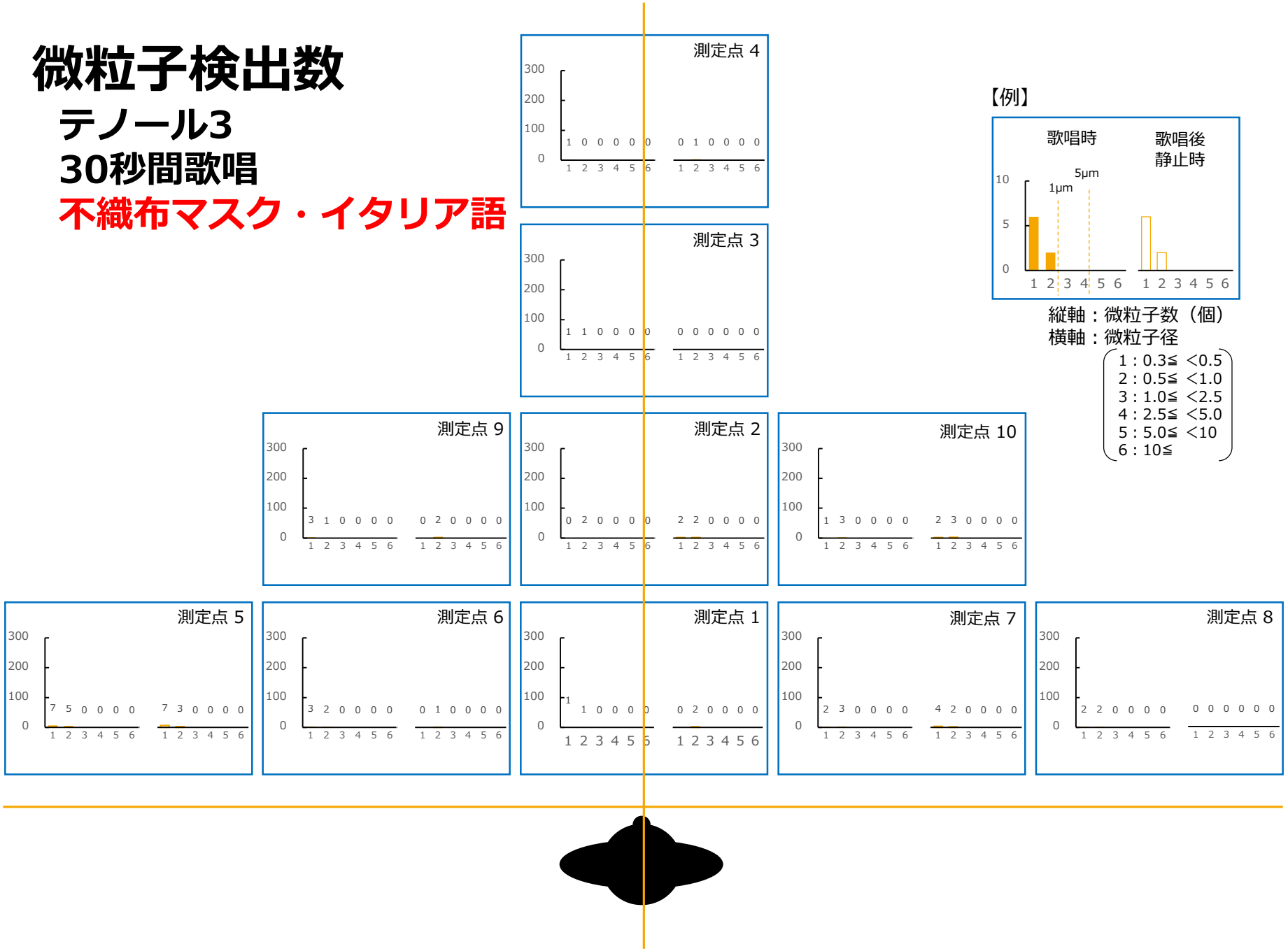
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中には②③⑤⑦⑨で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には②④⑤⑦⑨で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- ①では歌唱中・後のいずれにおいても微粒子は検出されなかった。
- いずれの測定点においても1μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
不織布マスク・イタリア語



【例】

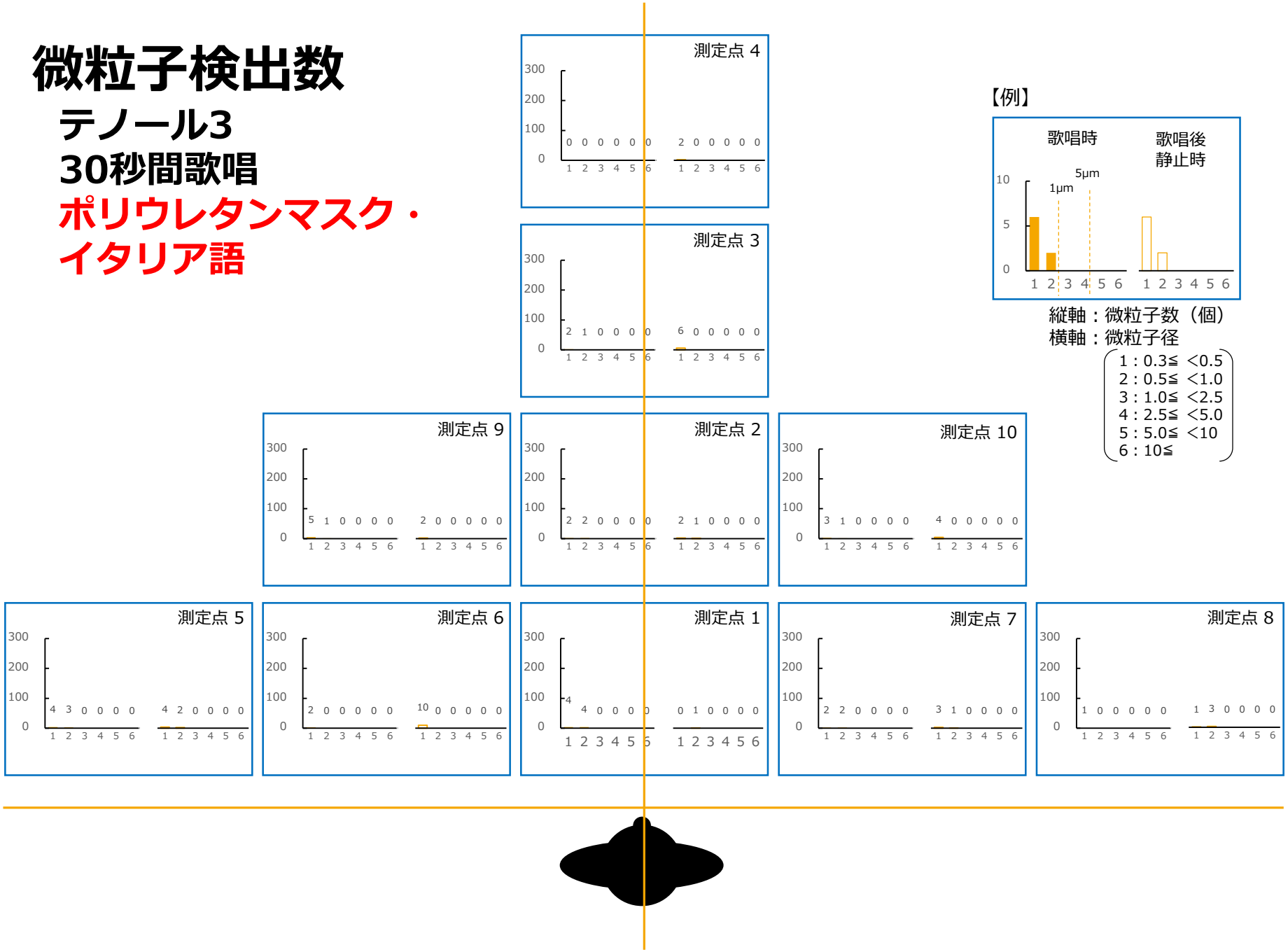
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中にはすべての測定点で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 歌唱後静止時には①②④⑤⑥⑦⑨⑩で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- いずれの測定点においても1μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
ポリウレタンマスク・イタリア語



【例】

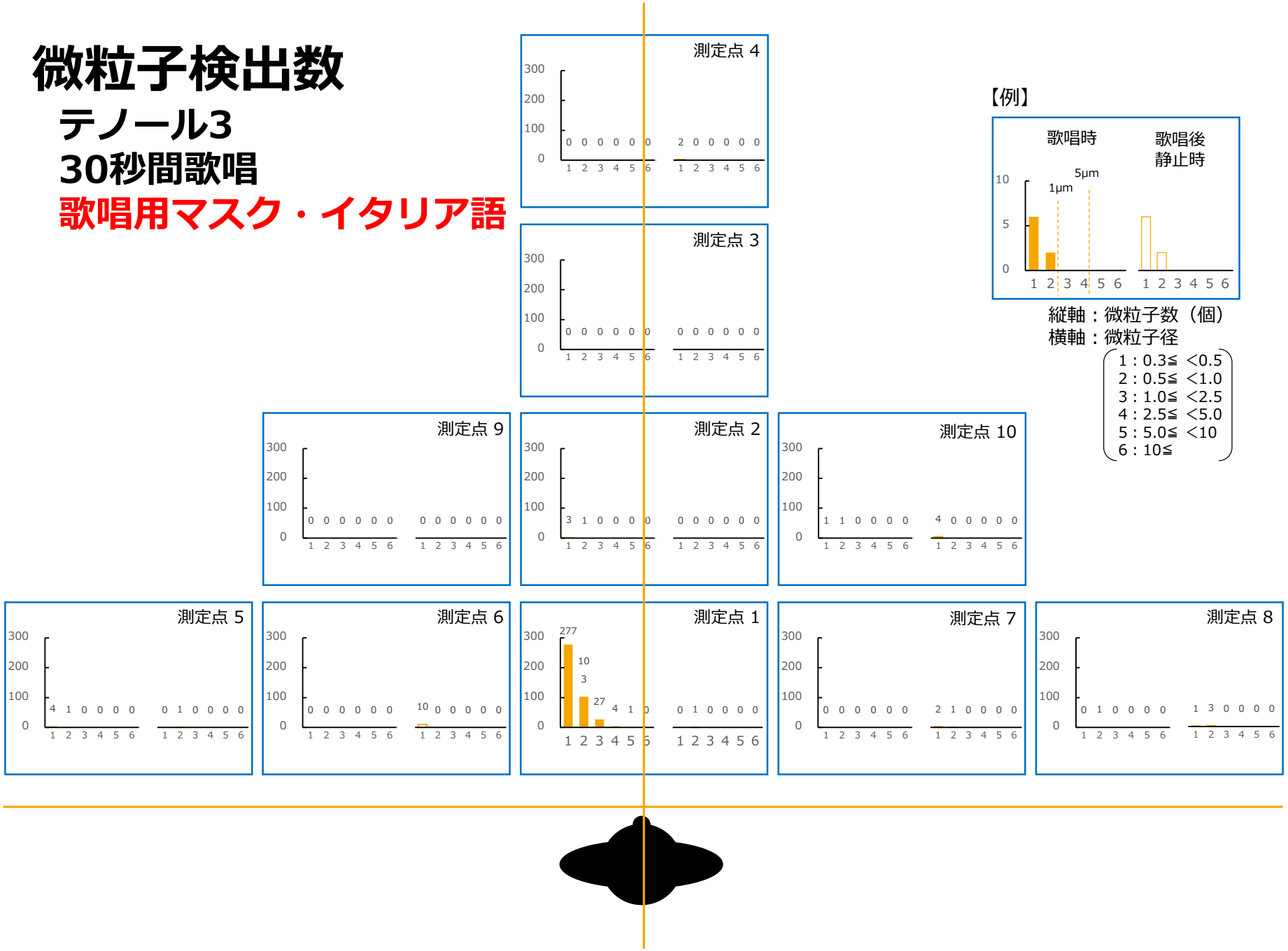
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中には④を除くすべての測定点で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時にはすべての測定点で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- いずれの測定点においても1μm以上の微粒子は検出されなかった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
歌唱用マスク・イタリア語



【例】

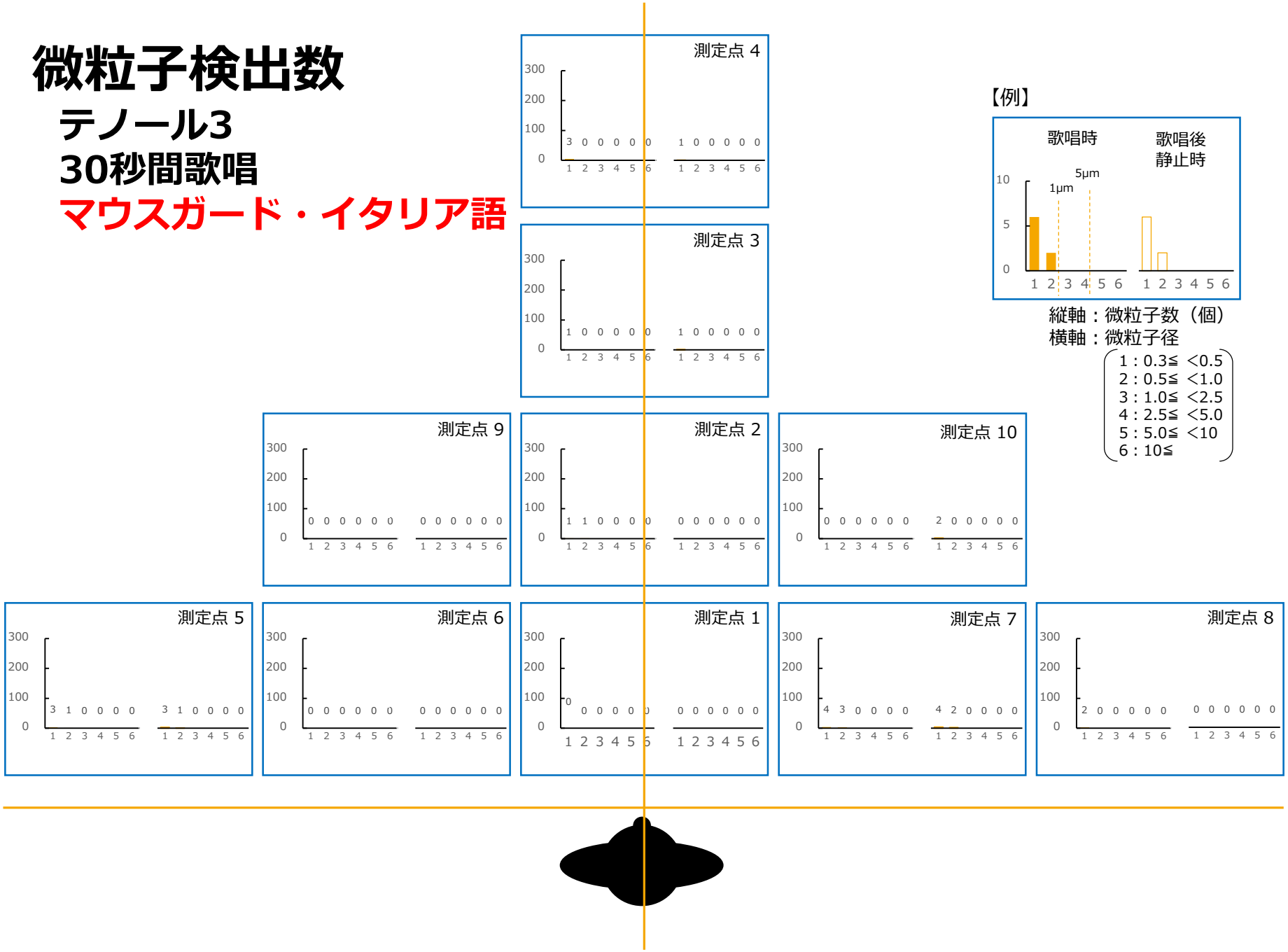
縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中に①で微粒子がもっとも検出された。
- 他の測定点（②⑤⑧⑩）では歌唱中に1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には①④⑤⑥⑦⑧⑩で1μm未満の微粒子が少数検出された。
- 5μm以上の微粒子は歌唱中に①でごく少数検出されたのみであった。

微粒子検出数

テノール3
30秒間歌唱
マウスガード・イタリア語



【例】

縦軸：微粒子数（個）
横軸：微粒子径

1：0.3≦ <0.5
2：0.5≦ <1.0
3：1.0≦ <2.5
4：2.5≦ <5.0
5：5.0≦ <10
6：10≦

- 歌唱中には②③④⑤⑦⑧で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- 歌唱後静止時には③④⑤⑦⑩で1μm未満の微粒子がごく少数検出された。
- いずれの測定点においても1μm以上の微粒子は検出されなかった。

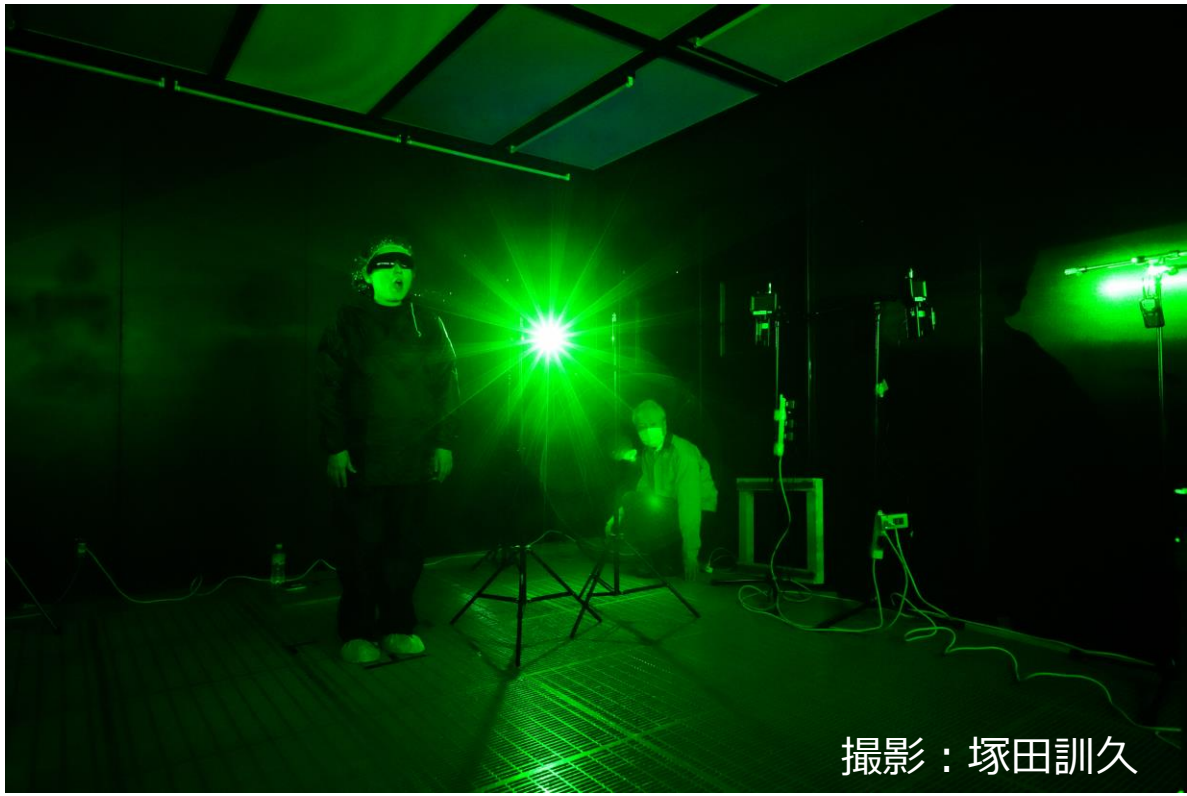
結果3のまとめ

- 微粒子の測定数が比較的多かった1名（テノール3）を選択し、各種マスク等を用いて歌唱時に各測定点で検出された微粒子数を検討した。
- 不織布マスク、ポリウレタン（PU）マスク、マウスガード使用時には測定点①でもごく少数の微粒子が検出されるのみであった。
- 歌唱用マスク使用時には測定点①（口元）で不織布マスク、PUマスク、マウスガードよりも多くの微粒子が検出された。
- 他の測定点（②～⑩）で検出された微粒子は、歌唱用マスクを含め、少数であった。
- 不織布マスク、PUマスク、マウスガードの使用時には1μm以上の微粒子は検出されなかった。歌唱用マスク使用時には少数ながら1μm以上の微粒子が検出されていた。

結果

本報告書には以下の結果を示す。

1. 歌唱中に①で検出された微粒子数
2. マスクなし歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数
3. 被験者1名が各種マスク等を使用してドイツ語、イタリア語での歌唱中・後に各測定点で検出された微粒子径別の微粒子数
4. **可視化実験で得られた微粒子飛散の様子**



【結果４についての補足】

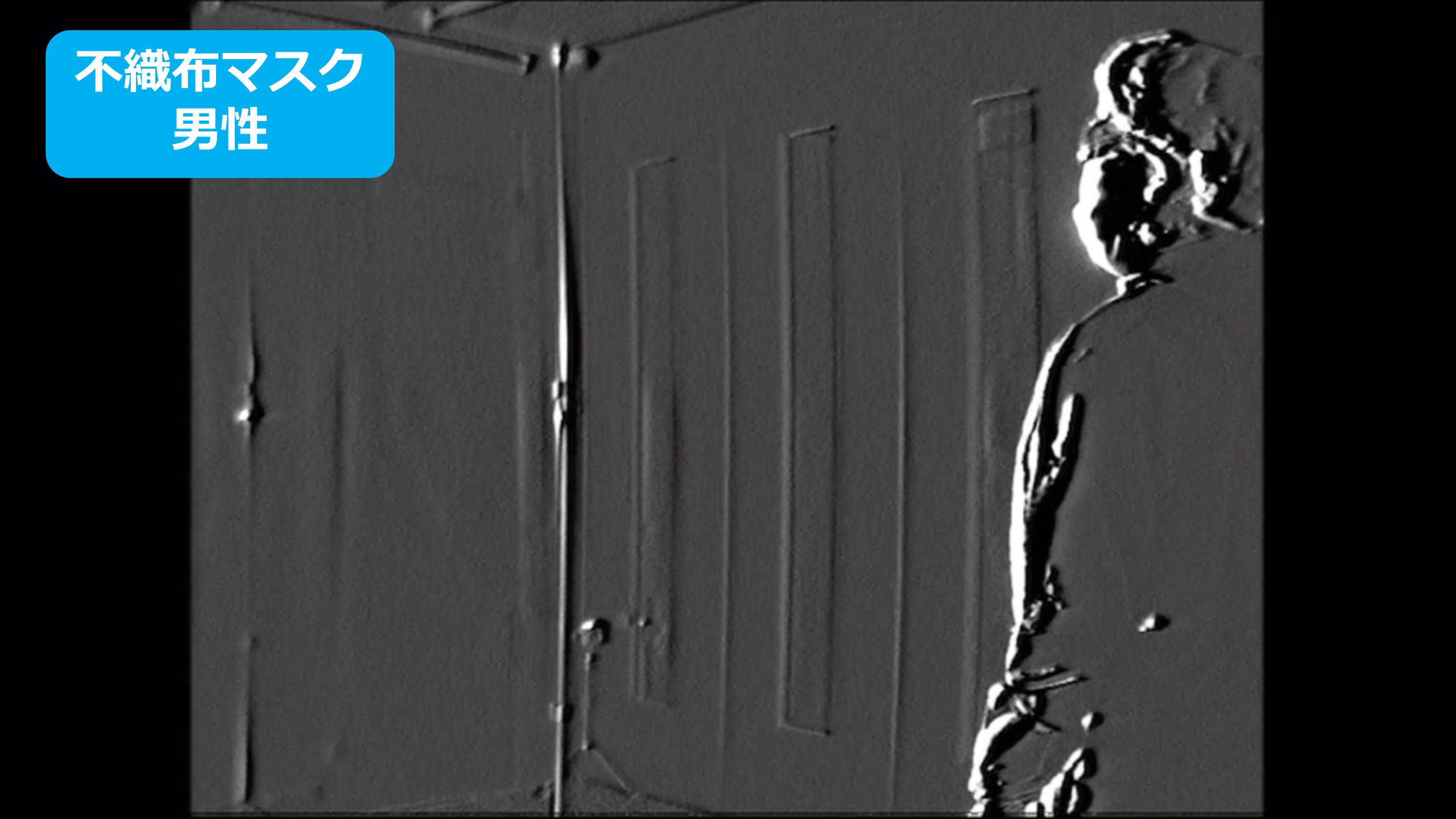
レーザー光を微粒子を可視化し、歌唱中の口元を動画撮影した

動画を目視にて確認したところ、ベートーヴェン交響曲第九番の「ｔの子音」の音節で最も多く粒子が確認された

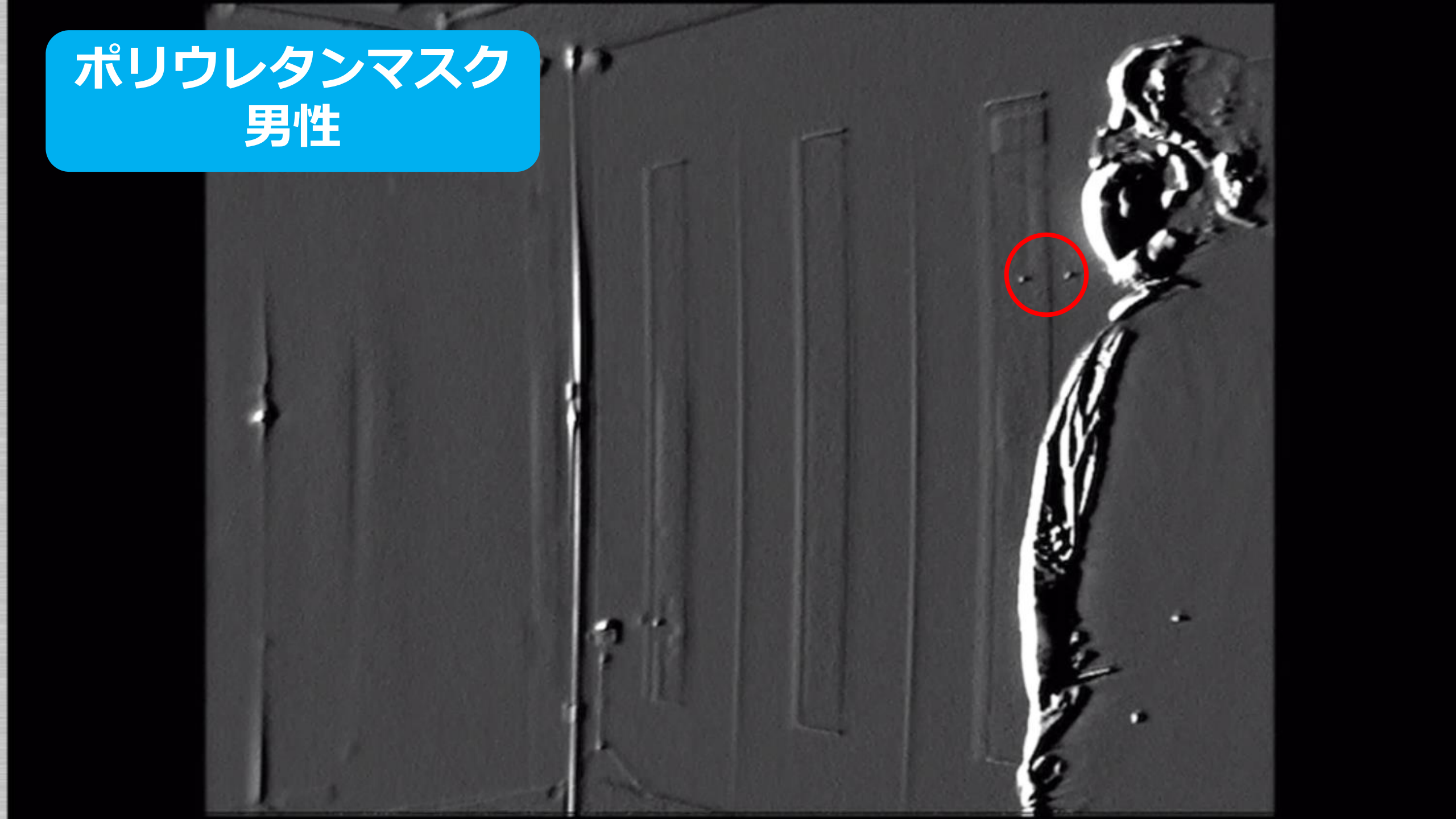
以下の結果においては、その音節において最も多くの微粒子が確認された男女それぞれ１名の結果画像を提示する

撮影：塚田訓久

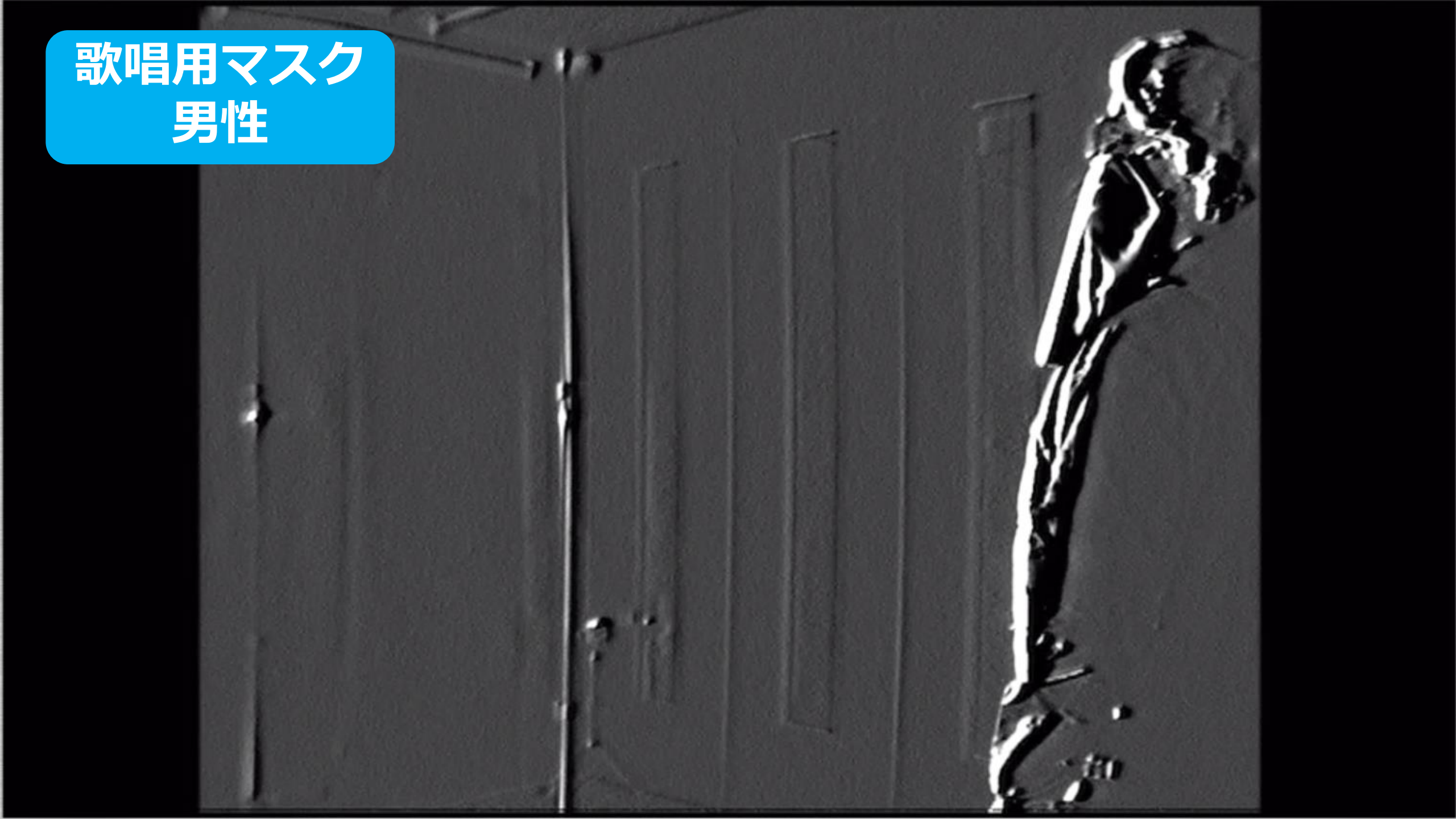
マスクなし
男性


不織布マスク
男性

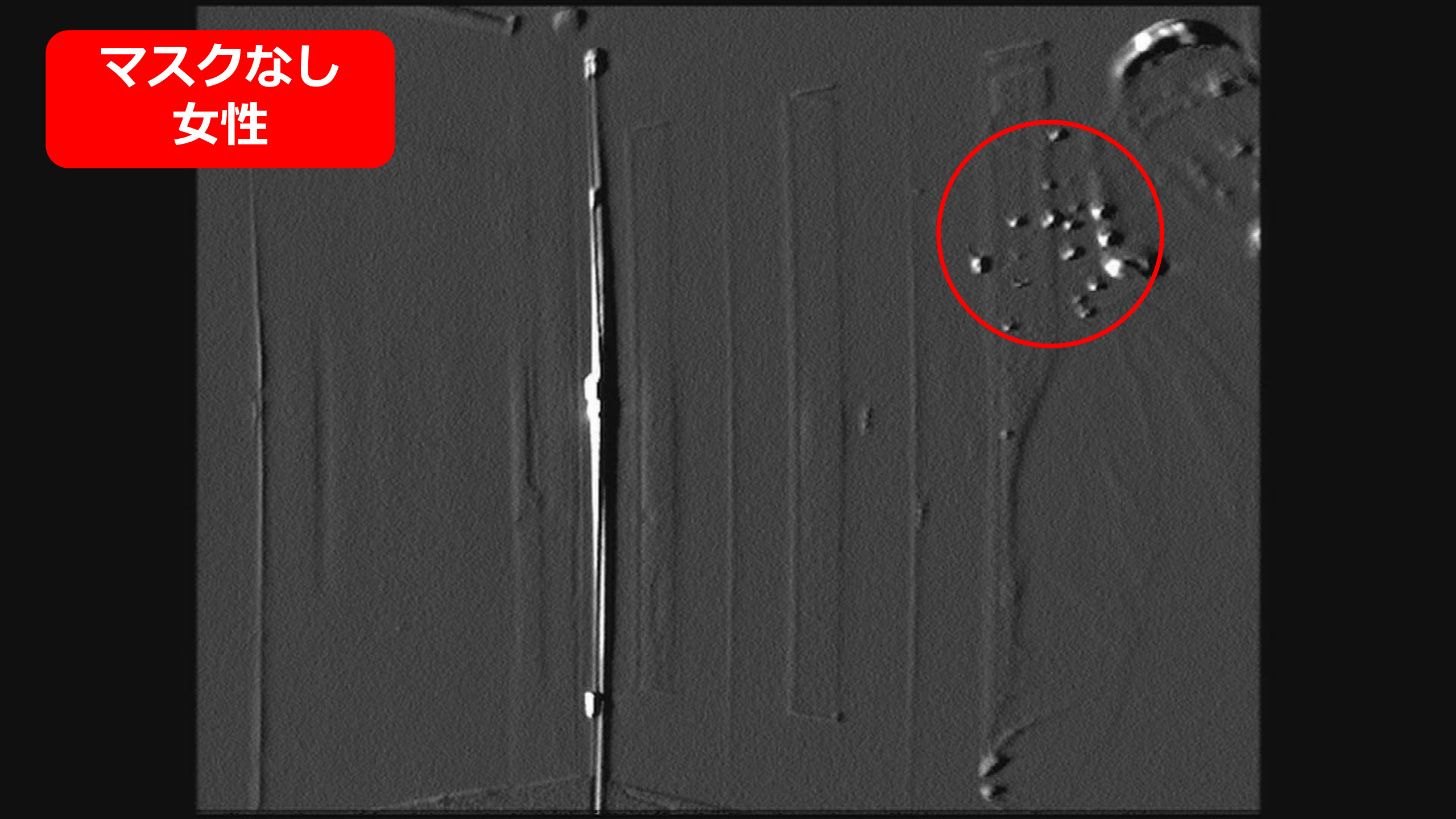
ポリウレタンマスク
男性



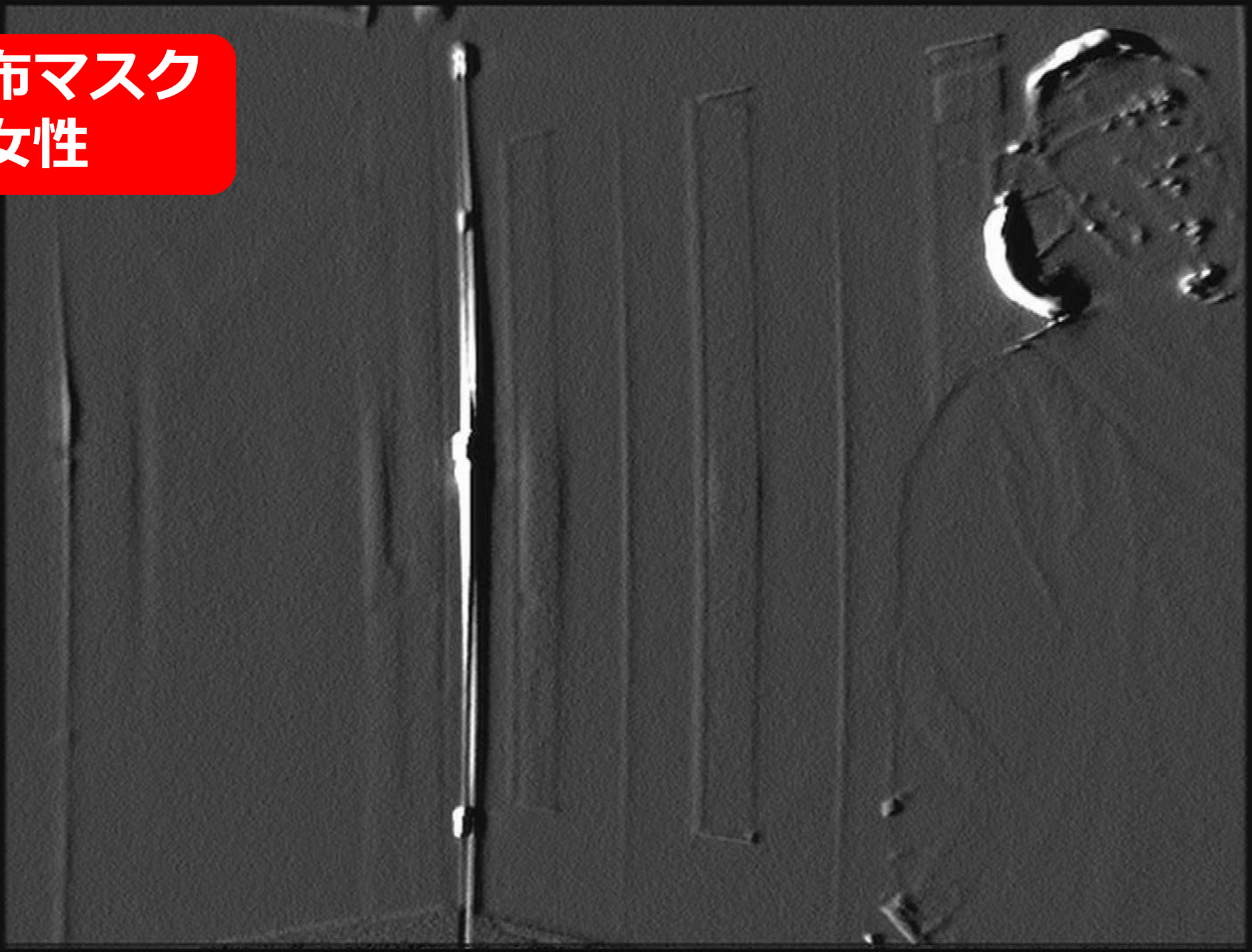
歌唱用マスク
男性



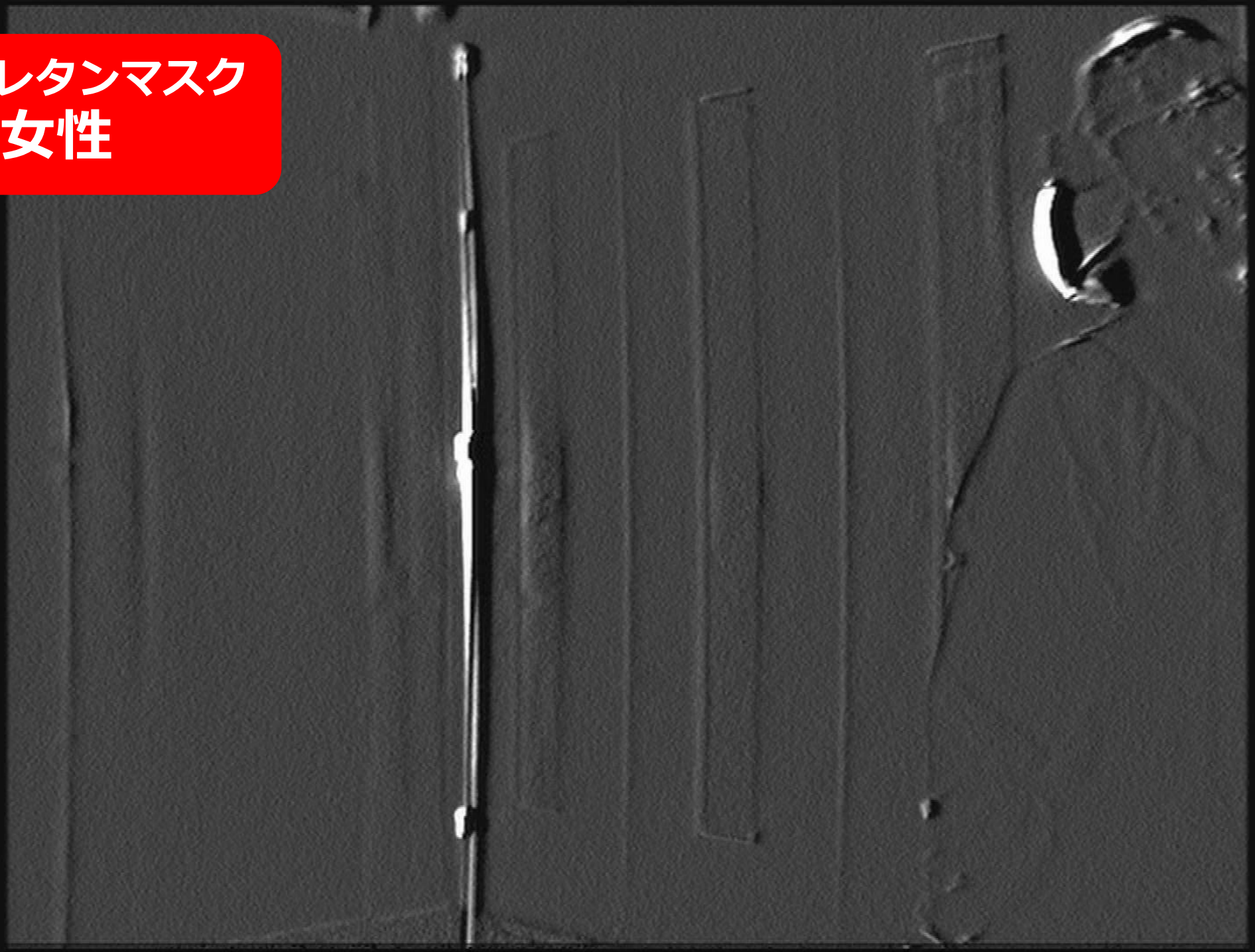
マウスガード
男性


マスクなし
女性

不織布マスク
女性

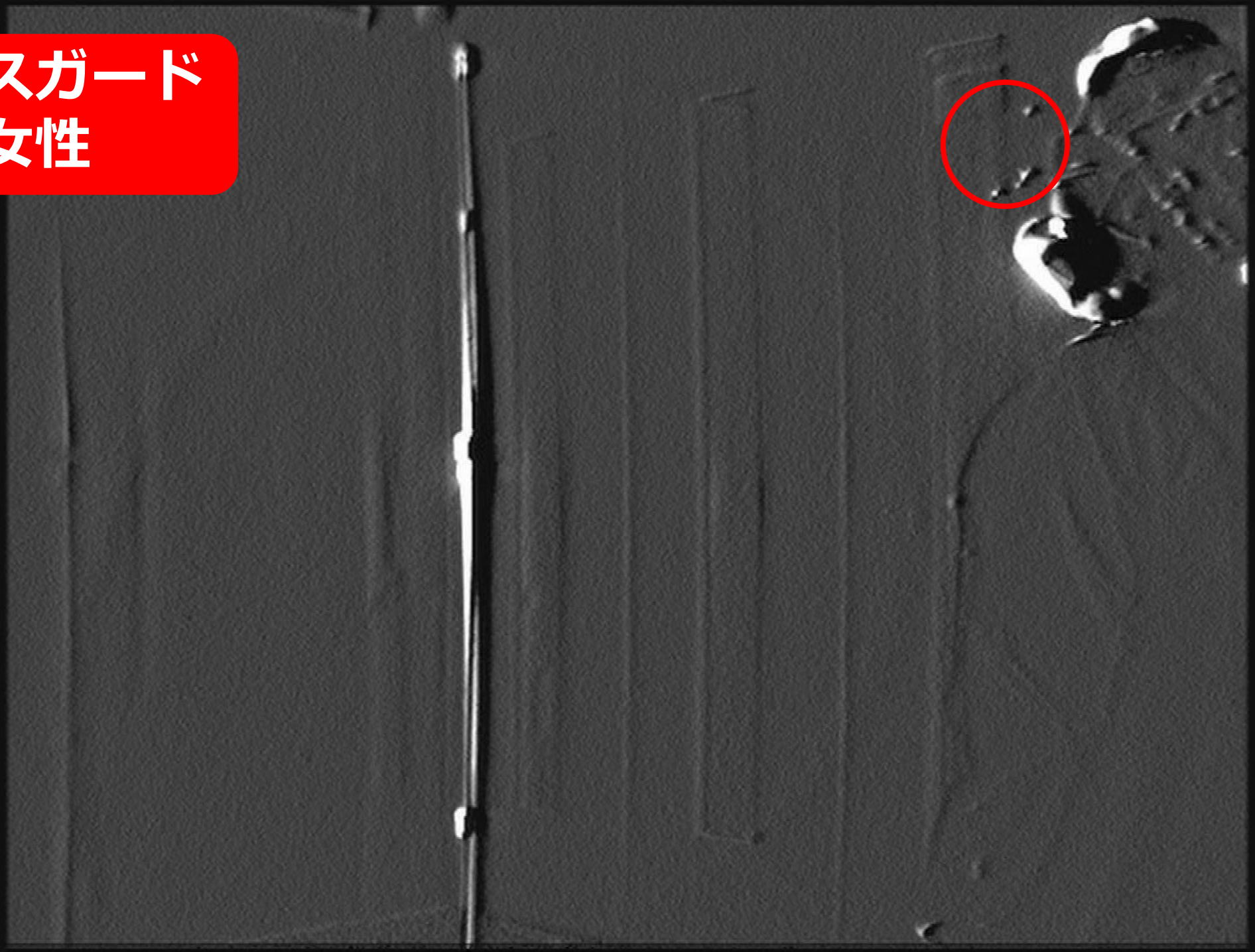


ポリウレタンマスク
女性



歌唱用マスク
女性

マウスガード
女性



結果４のまとめ

- 新日本空調が提供する「微粒子可視化システム」を利用して、レーザー光にて可視化した歌唱中の微粒子の様子を検証した。

- 歌唱中の様子を録画し、目視で確認したところ、すべての実演者で、ベートーヴェン交響曲第九番の「ｔの子音」の音節で最も多く粒子が確認された。

- 上記の音節における微粒子の様子を静止画にて詳しく観察したところ、マスクなしに対し、不織布マスク、ポリウレタン（PU）マスク、歌唱用マスクでは大幅に減少していた。一方、マウスガードでは、マスクなしと比べては少ないものの、上方へ微粒子が発生している様子が観察された。

考察

- **マスクなしでの歌唱**
  - 歌手や曲（言語）によって微粒子検出数が大きく異なっていた。発声の個人差や言語による発音の特徴が、発生する微粒子の数に大きく影響するものと考えられる。
  - 微粒子は口元でもっとも多く検出され、ついで前方50cmで検出されていた。前方近距離（1m未満）において飛沫等を介する感染リスクがもっとも高いことが示唆された。
  - 一方、前方1m,2mや側方（50cm,1m）、斜め前方では少数の微粒子しか検出されず、距離による違いは明確でなかった。この結果から、前方1mと2m、側方50cmと1mでは、飛沫等を介する感染リスクが距離によって変わらないことが示唆された。
  - 検出された微粒子の多くは1μm未満であった。感染対策上もっとも重視される5μm以上の微粒子が検出されることは少なく、検出された場合もほとんどが口元であった。飛沫等を介する感染リスクは歌唱中に口元に近づくことでもっとも高くなるものと考えられた。
  - 1μm未満の微粒子による感染リスクについては必ずしも十分な知見が得られていないが、十分な換気によってリスクをより低減できる可能性がある。

考察

- **マスク等を使用しての歌唱**
  - 不織布マスク、ポリウレタン（PU）マスク、歌唱用マスク、マウスガードを用いた歌唱時の微粒子数を測定した。
  - 検出された微粒子の数が最も少なかったのは不織布マスクであった。また、PUマスクの使用時にも1μm未満の微粒子を少数検出したのみであった。ただし、不織布マスク・PUマスクは形状やサイズが様々なものが販売されており、今回使用したマスク以外で同様の結果が出るかは不明である。
  - マウスガードは、検出された微粒子数は少なかったが、可視化実験では微粒子の発生が確認された。その理由は不明なものの、いずれにせよマウスガードには定義・規格が定められておらず、大きさや形状等によって性能が大きく異なる可能性がある。以上から、マウスガードの有効性についてはさらなる検討が必要であり、現時点で感染対策として使用することは勧められない。
  - 歌唱用マスクは、マスクのない状態よりは微粒子の検出が少なくなったものの、口元を中心に他の三者よりも多く検出された。感染対策上の有効性に限界があることに留意する必要がある。
  - マスク等の使用によって、思うように発声できないなど歌唱上の問題が生じることが考えられる。距離のとり方や発声する方向の工夫など、他の対策と合わせて考えることが望ましい。

考察

- **本実験の限界**

  - 今回行った実験は空気の流れを止めたクリーンルームで行ったものであり、実際に歌唱する場とは空気の流れや温湿度等の条件が異なっている。
  - 測定機器にはそれぞれの特性や検出限界が存在する。
  - 実験では1名ずつ短時間の歌唱を行って測定した。したがって、複数名で長時間歌唱した場合や体の動きを伴ったり移動しながら歌ったりした場合の検討は行っていない。
  - 実験結果を今回用いたマスク等以外に適用できるかどうかは不明である。似たような外観のものであっても、材料や構造の違いにより効果に差が生じる可能性がある。
  - 実際の歌唱を検討する際にはこれらの限界を十分に理解する必要がある。

結語

・マスクなしでの歌唱では、口元と前方50cmでは1μm未満のものを中心に他の測定点よりも多くの微粒子が検出された。

・今回の実験では、前方2mより1m、側方1mより50cmで、飛沫などを介する感染リスクが上昇することを示唆する結果は得られなかった。

・適切なマスク等の選択と使用により微粒子の飛散量を減少させることが可能である。しかしその程度と使用に伴うデメリットには種類ごとの差や個人差がある。現場の状況に応じて個別に判断する必要がある。

・最終的な目的は「演奏活動に伴い生じる感染リスクの総和を、現実的に達成可能な範囲で最小化する」ことである。それぞれの演奏現場の実情にあわせ、換気や手指衛生、演奏活動以外の時間の過ごし方など、適用可能な対策を適切に組み合わせて全体としてのリスク低減を図ることが望ましい。

実験協力者・団体（50音順）

実験の立案・計画・結果分析

上原由紀	聖路加国際病院
加藤英明	横浜市立大学附属病院
具　芳明	国立国際医療研究センター病院
塚田訓久	国立国際医療研究センター病院
津田洋子	帝京大学
林　淑朗	亀田総合病院
宮内博幸	産業医科大学

データ収集

岩井裕美	帝京大学
仮屋茜	同上
津田祐子	帝京科学大学
峰政貴	帝京大学

主催・実験コーディネート

入山功一	クラシック音楽公演運営推進協議会
明石悠子	同上
丹羽　徹	同上
市川　衛	ＮＨＫ
宮崎将一郎	同上
小宮山雄太	東京藝術大学

実験協力団体

公益財団法人新国立劇場運営財団
新日本空調株式会社
株式会社パーティクルプラス
日本放送協会（NHK）

実験協力（歌唱実施・歌唱曲監修）

歌唱実施

テノール（50音順）

大木太郎	新国立劇場合唱団
櫻田　亮	声楽家
中川誠宏	新国立劇場合唱団
根木秀雄	同上

ソプラノ（50音順）

岩本留美	新国立劇場合唱団
肥沼諒子	同上
塚村　紫	同上
和田しほり	同上

歌唱曲監修

三澤洋史	新国立劇場首席合唱指揮者
冨平恭平	新国立劇場合唱指揮者

付録

Q＆A集

＃コロナ下の音楽文化を前に進めるプロジェクト

2020年12月11日

クラシック音楽公演運営推進協議会

撮影：塚田訓久

はじめに

ここでは、実験結果をふまえた報告書およびクラシック音楽公演運営推進協議会「クラシック音楽公演における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン」（2020年12月改定）の記載に基づき、想定される質問に対する回答を記載する。

歌唱に伴って生じる飛沫等による感染リスクをゼロにすることはできない。演奏活動に伴う感染リスクは参加する人数が増えれば増えるほど高くなる。一方、歌唱者同士の距離をとる、換気を良好に保つなど、適切な感染対策をとることでリスク低減が可能である。公演中のみならず、その前後や練習時に適切な感染対策を行うことも大切である。演奏活動に伴う感染リスクを完全に避けることはできないが、現実的に適用可能な対策を組み合わせることにより感染リスクを総体として最小化させ、芸術的な要求と感染対策を両立していくことが望まれる。

これを実現するための資料として報告書やガイドラインを活用し、それぞれの演奏団体において検討、判断していただきたい。なお、報告書およびQ&Aはプロの演奏者が活用することを念頭に作成している。アマチュア演奏者には練習時間の長さや練習室の環境などプロの演奏者とは異なる状況もあると考えられるため、他のガイダンス等も適宜参照されたい。

Q1.　感染防止の観点から、合唱団の取るべき立ち位置の間隔について推奨はどのくらいですか。（前後左右）

A1.　感染対策の観点からは距離をとるほどリスクを低減できます。ガイドラインには、マスクなしの場合、「歌手間の距離は、概ね前後2m、左右1m」（第2章 5. (3) 声楽③）と記載されています。

これは最低限この距離を確保することが望ましいという意味であり、感染対策の観点からはさらに距離をとったりマスクを使ったりすることで感染リスクをより下げることが可能となります。

Q2.　感染防止の観点から、ソリストの立ち位置から客席までの距離の推奨はどのくらいですか。

A2.　感染対策の観点からは距離をとるほどリスクを低減できます。ガイドラインには、「歌唱位置から客席最前列までの距離について、水平距離で最低でも3m以上の距離を置く」（第2章 5. (3) 声楽①）と記載されています。

これは最低限この距離をとることが望ましいという意味であり、感染対策の観点からはさらに距離をとったりアクリル遮蔽板を設置したりすることで感染リスクをより下げることが可能となります。

Q3.　マスクを使用すれば、歌手間の距離を取らなくても良いですか。

A3.　感染対策の観点からは、マスクの使用によって感染リスクを下げることができると考えられます。しかし、感染リスクがゼロになるわけではありませんので、マスクを使用したとしても十分な距離を確保することが大切です。ガイドラインには、マスク着用の場合、「歌手間の距離は、概ね前後1m、左右50cm」（第2章 5. (3) 声楽③）と記載されています。

また、マスクはその形状や材料によって性能が大きく変わる可能性があり、その選択によっても感染対策の効果が変化します。報告書を参考にしてください。

Q4.　マウスシールドは合唱公演におけるリハーサル及び本番の感染防止に役立ちますか。

A4.　本実験で使用したマウスガード（マウスシールド）は、可視化実験で微粒子の飛散が確認されています。

医学的にも感染予防上の有効性が十分に確かめられていないことや、定義・規格が定められておらず大きさや形状によって性能が大きく異なる可能性があることから、現時点ではマウスガード（マウスシールド）を感染対策として使用することは勧められません。

Q5.　結局のところ一番良いマスクはどれなのでしょうか。

A5.　今回実験した中では不織布マスクが微粒子の飛散を防止する上でもっともよい成績でした。一方、マスクを使用することによって思うように発声できない、表情を見せることができないなどの制約も考えられます。

マスクの使用だけではなく、適切な距離をとることや発声する方向の工夫など、考えられる対策を組み合わせていくことが望まれます。

Q6.　舞台上にサーキュレーター等を設置することは、感染防止に有効ですか。

A6.　サーキュレーターは、風向を考慮しながら適切に設置することで、換気の補助として有効な可能性があります。

ただし、音楽ホールにはそれぞれ固有の空調による空気の流れがありますので、場合によってはその流れを乱して逆効果になる可能性があります。サーキュレーターを設置するかどうかは各ホールの担当者とよく相談してください。

Q7.　舞台上に加湿器を設置することは、感染防止に有効ですか。

A7.　加湿器を音楽ホール内に設置することが感染対策に有効かどうかは不明です。多くのホールでは温湿度を管理していますので、各ホールの担当者とよく相談してください。

Q8.　ガイドライン 第2章 5. (3) 声楽③にある合唱団の人数「概ね60名以下」の根拠は何ですか。

A8.　今回のガイドライン改定にあたっては第九公演を念頭において検討しました。複数のプロ演奏家団体にヒアリングしたところ、第九公演に必要な合唱団の最低人数は50～60名程度でした。合唱団員間は少なくとも前後2m、左右1mの距離を確保することを条件に、都内の代表的なコンサートホールの広さを考慮した結果、最大60名を配置することが物理的に可能と判断されたため、「概ね60名以下」としました。ホールの広さによっては、合唱団員間の距離を確保すると最大人数が60名より少なくなる場合もあります。

感染対策の観点からは、合唱の人数が少ないほど、また合唱団員間の距離をとるほど感染リスクは低減します。芸術的に受け入れることが可能であるならば、できるだけ少ない人数の合唱団で公演を行うことが望ましいと考えます。

Q9.　マスクやマウスシールドを使用すれば、舞台収容最大限の人数の合唱団（60名以上の合唱団）で公演できますか。

A9.　60名というのはあくまでも目安です。一般的には合唱団の人数が増えれば増えるほど感染リスクは上昇することを踏まえて検討してください。マスクやマウスシールドの効果については他の質問も参照してください（Q3, Q4, Q5）。

Q10. “影コーラス”（舞台袖等で歌う合唱）の配置もステージ上の考え方と同じですか。

A10.　歌唱者間の距離については舞台上と同じように考えてください。舞台袖は換気の条件が舞台上と異なる可能性がありますので、各ホールの担当者とよく相談してください。

Q11.　声楽ソリストや合唱団とオーケストラ団員との距離はどれ位取るべきですか。

A11.　一般的に水平面で2m確保されていれば飛沫等による感染リスクは低くなると考えられます。合唱団とオーケストラでよく相談してください。ガイドライン 第2章 5. (3) 声楽③の記載が参考になるものと思われます。

Q12.　PCR検査を行って陰性証明を得た人だけが参加することで、安全に演奏・歌唱活動ができますか。

A12.　PCR検査を行なって陰性の人だけが活動に参加するという方針をとっている組織・団体があります。この場合、理論的には2~4日毎くらいの頻度で検査を繰り返す必要があり多額の費用を要します。
また、PCR検査が陰性であっても実際には感染していることがあります。そのため、PCR陰性の人だけが活動に参加するという方針で感染を抑えることができるかどうかは不明です。

PCR検査には限界があり、必要性の判断や結果の解釈に専門性が必要ですので、安易に「安心のため」に行うものではありません。