

嗅覚測定における欧州規格法と告示法の比較（その2）

樋口 雅人 上野 広行

要 旨

臭気の嗅覚測定法である欧州規格法の動的オルファクトメータ法と日本の悪臭防止法で定める三点比較式臭袋法（告示法）について結果の差異の要因について検討を行った。

臭気の濃度の提示方法（上昇法/下降法）、希釈倍数の違い（2倍/3倍系列）、パネルに提示するにおい袋の数（2点/3点比較）などの条件を同一にして各要因の影響を検討した。欧州規格法と告示法の結果の差異は主として上昇法と下降法という臭気の提示方法の違いにより生じ、臭気指数換算で4程度欧州規格法のほうが低い値となる可能性があった。またオルファクトメータ法のパネル選定基準臭である n-ブタノールのパネルの嗅覚について年レベルおよび季節変動を調べたが、明確な変動は見つからなかった。

キーワード：欧州規格法、告示法、オルファクトメータ法、三点比較式臭袋法、パネル選定、嗅覚閾値

A Comparative Study of the Triangle Odor Bag Method and the Dynamic Olfactometry by European Standard in the Odor Measurement Method by Olfaction

Masato Higuchi, Hiroyuki Ueno

Summary

The factors of the difference of the measurement results between the dynamic olfactometry, which is defined by European standard, and the triangle odor bag method, which is defined by offensive odor control law in Japan, were examined.

Changing the conditions, such as order of presentation (ascending/descending), the dilution steps (two times/three times), the number of odor bags to present to a panel, we examined influence of each factors on two methods.

The difference of the European standard method and the Japanese method mainly occurs by a difference of ascending method and descending method. The European standard method yields become low in the odor index.

With the n-butanol, which is an odorant to choose panel members in the European standard method, seasonal variation about sense of smell of six assessors were examined, but the clear change was not found.

Key Words : Dynamic olfactometry, Triangle odor bag method, Panel selection, Threshold value

1 はじめに

人の嗅覚により「におい」の強さを判定する嗅覚測定法は国際的にも用いられている手法ではあるが、日本では平成7年に環境庁により測定方法が告示された3点比較式臭袋法（以下、「告示法」という）¹⁾が利用されるのに対して、EUにおいては動的オルファクトメータ法が規格化されている²⁾（以下、「欧州規格法」という）。

欧州規格法と告示法では、人の嗅覚を用いる点は同じであるが、パネル（臭気の有無を判定する被験者）選定試験や測定方法が異なる。

これまでの調査^{3,4)}では、両法の測定結果は概ね一致することがわかった。しかしながら繰り返し測定の結果では欧州規格法による測定結果は告示法に比べ、臭気指数で1～2程度低くなり、ばらつきの程度は標準偏差で1/2程度となる傾向が見られた。これらの要因としては、臭気濃度の提示方法の上昇法と下降法の違い、希釈倍数の2倍系列と3倍系列の違い、またパネルに提示する袋ないし嗅ぎ口の数である2点比較と3点比較の違いが考えられる。本調査ではこの差異の要因について調査を行ったので報告する。

2 調査方法

1) 測定結果の差異要因の検討

① 臭袋法

複数のにおい袋を用意し、1個に希釈した臭気を入れ、残りに無臭の空気を入れてパネルが嗅ぎ、においの有無を判定する方法である。告示法では3個の袋を用い、測定臭気は順に3倍ずつ希釈する下降法を用いている。⁴⁾

② オルファクトメータ法

実験に使用したオルファクトメータはオランダ Project Research Amsterdam B. V. 社製 Olfactomat-n2 である。本装置では2個の嗅ぎ口（ス

ニッフingポート）のいずれかから希釈した臭気が吐出され、臭いの有無を判定する。測定臭気は、順に2倍ずつ濃度が高くなる上昇法を用いている。⁴⁾

オルファクトメータの希釈倍率の校正は一酸化炭素標準ガスを用いて2004年6月に行った。

③ 測定条件

欧州規格法と告示法の測定結果における差異の原因としては以下の点が考えられる。

- ・臭気の提示方法（上昇法と下降法の違い）
- ・希釈倍数（2倍系列と3倍系列の違い）
- ・パネルに提示する袋ないし嗅ぎ口の数（2点比較と3点比較の違い）

これらの条件を同一にして測定し、各要因の影響を検討した。なお、欧州規格法で用いるオルファクトメータはハードウェア、ソフトウェアの制約から条件の変更が困難なため、告示法の条件を変更し測定を行った。測定条件を表1に示す。

④ 使用臭気

使用臭気はn-ブタノールとオフセット輪転印刷臭の2種類とした。n-ブタノールは欧州規格法でパネル選定基準臭として採用されている。またオフセット輪転印刷は新聞などの大量印刷に適した方式で、今回は現場臭として使用した。

n-ブタノール6 μ lを50 l ポリエステルバッグに注入し、活性炭を通した空気を50 l 程度導入し気化させた。濃度は51.7ppmの標準ガスボンベを用いてガスクロマトグラフにより定量した。

またオフセット印刷臭はオフセット輪転印刷用インキをガラス管内に適量充填し150 $^{\circ}$ Cに加熱し、空気を1 l /min程度流しながら100 l テドラーバッグに採取し原臭とした。この原臭を嗅覚測定日にガラス製シリンジで600 ml 取り、50 l ポリエステルバッグに注入し、活性炭を通した空気を50 l 程度導入し測定用試料とした。なお、原臭はバック内での臭気濃度が減

表1 測定条件

	オルファクトメータ法	臭袋法1 (告示法)	臭袋法2	臭袋法3	臭袋法4	臭袋法5
臭気の提示方法	上昇法	下降法	上昇法	下降法	上昇法	上昇法
希釈倍数	2倍系列	3倍系列	3倍系列	2倍系列	2倍系列	2倍系列
試料の比較数	2点比較	3点比較	3点比較	3点比較	3点比較	2点比較

表3 n-ブタノール測定結果（平成16年8月測定）

被験者	log ₁₀ (濃度 ppb)											
	オルファクトメータ法 2倍系列 上昇法 2点比較		臭袋法1 3倍系列 下降法 3点比較		臭袋法2 3倍系列 上昇法 3点比較		臭袋法3 2倍系列 下降法 3点比較		臭袋法4 2倍系列 上昇法 3点比較		臭袋法5 2倍系列 上昇法 2点比較	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	2.09	0.20	1.89	0.25	2.39	0.26	1.81	0.31	2.19	0.15	2.11	0.19
B	1.38	0.20	1.64	1.65	2.14	0.48	2.12	0.59	1.88	0.39	1.96	0.01
C	1.19	0.18	1.52	0.30	1.52	0.30	1.51	0.18	1.66	0.25	1.66	0.44
D	1.32	0.36	1.27	1.08	1.77	0.01	0.99	0.61	1.81	0.18	1.96	0.01
E	1.12	0.24	1.27	0.41	1.77	0.41	0.92	0.37	1.43	0.15	1.51	0.17
F	1.18	0.26	1.39	0.26	1.64	0.24	2.04	0.30	1.73	0.29	1.66	0.25
I	2.05	0.24	1.64	0.48	2.51	0.27	1.81	0.70	2.34	0.38	2.03	0.17
J	2.20	0.37	1.89	0.85	2.14	0.25	1.96	0.42	2.26	0.26	2.34	0.37
K	1.94	0.15	1.39	0.74	2.39	0.26	1.66	0.49	2.49	0.30	2.19	0.30
L	2.08	0.24	1.64	0.25	2.39	0.25	1.36	0.74	2.26	0.02	2.34	0.16
M	1.51	0.14	2.01	0.49	2.39	0.26	1.95	0.27	2.19	0.38	2.26	0.25
個人閾値全平均 / 標準偏差の平均	1.64	0.25	1.59	0.74	2.09	0.29	1.65	0.49	2.02	0.27	2.00	0.25
個人閾値の標準偏差	0.43		0.26		0.36		0.41		0.34		0.29	

n-ブタノールの個人閾値は濃度(ppb)の対数値

表4 オフセット輪転印刷臭測定結果（平成17年2月測定）

被験者	log ₁₀ (希釈倍数)											
	オルファクトメータ法 2倍系列 上昇法 2点比較		臭袋法1 3倍系列 下降法 3点比較		臭袋法2 3倍系列 上昇法 3点比較		臭袋法3 2倍系列 下降法 3点比較		臭袋法4 2倍系列 上昇法 3点比較		臭袋法5 2倍系列 上昇法 2点比較	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	3.27	0.22	3.99	0.50	3.36	0.25	3.95	0.29	3.44	0.23	3.37	0.27
B	3.34	0.10	3.86	0.63	3.74	0.00	4.18	0.76	3.80	0.15	3.73	0.24
C	3.53	0.22	3.61	0.25	3.61	0.25	3.72	0.00	3.51	0.14	3.51	0.14
D	3.57	0.23	3.99	0.50	3.61	0.25	3.88	0.17	3.51	0.14	3.51	0.27
G	3.31	0.20	3.74	0.41	3.49	0.29	3.81	0.50	3.58	0.17	3.37	0.14
H	3.27	0.14	3.61	0.48	3.61	0.25	3.58	0.51	3.36	0.37	3.22	0.28
I	3.27	0.14	4.11	0.75	3.11	0.48	3.51	0.50	2.77	0.29	2.92	0.51
J	3.06	0.10	3.49	0.29	3.36	0.48	3.44	0.23	3.15	0.24	3.07	0.37
K	3.13	0.10	4.24	0.41	3.11	0.25	3.66	0.28	3.15	0.24	3.29	0.17
L	3.23	0.15	3.74	0.00	3.24	0.50	3.63	0.17	3.15	0.00	3.25	0.17
N	3.13	0.18	3.86	0.25	3.49	0.29	4.03	0.43	3.29	0.17	3.29	0.29
O	2.78	0.18	3.36	0.63	2.99	0.87	3.08	0.15	2.70	0.30	2.77	0.38
個人閾値全平均 / 標準偏差の平均	3.24	0.17	3.80	0.47	3.39	0.40	3.70	0.39	3.28	0.22	3.27	0.29
個人閾値の標準偏差	0.21		0.26		0.24		0.30		0.32		0.26	

オフセット印刷臭の個人閾値は希釈倍数の対数値

表2 パネル参加状況

グループ	パネル	性別	年齢	16年8月 n-ブタノール	17年2月 オフセット輪転 印刷臭
A	A	女	56	○	○
	B	女	54	○	○
	C	女	21	○	○
	D	女	22	○	○
	E	女	22	○	
	F	女	22	○	
	G	女	22		○
	H	女	22		○
B	I	女	21	○	○
	J	男	49	○	○
	K	女	66	○	○
	L	男	18	○	○
	M	女	22	△	
	N	女	29	○	○
	O	男	21		○
	P	女	56	△	△
	Q	男	24		△
	R	女	20		△

○は参加を示す。
△は参加したがデータを使用しないパネルを示す。

少することが予想されるため、原臭を作成後、12日間放置することで安定化した状態のものを使用した。

⑤ パネル

パネルは原則として12人を6人ずつの2グループに分けて嗅覚測定を実施した。嗅覚測定は16年8月にn-ブタノール、17年2月にオフセット輪転印刷臭について行った。パネル参加状況を表2に示す。

なおAからRまでのうちパネルMは測定データのばらつきが大きかったため、解析時にはデータを使用しないこととした。またパネルP、Q、Rについては一部の測定に参加したのみであるため、同じくデータを使用しないこととした。

2) n-ブタノールに対する個人内変動の把握

欧州規格法によるパネル選定試験では、オルファクトメータによるn-ブタノールの個人閾値の平均および標準偏差が一定の範囲内に収まることが条件であるが、過去3年間の結果では個人閾値の選定基準(20～80ppb)に対して大きく変動している被験者が多かった。また季節により差もあることが示唆されているため、n-ブタノールに対する個人閾値の変動について調査した。

① 年レベルでの個人閾値の変化

測定結果の差異要因の検討実験データを使用した。

② 季節による違い

6人により6月、7月、8月、11月、3月に試験を行った。

なお、②季節による違いの測定はパネルA～Rとは別のパネルにより行った。

3 調査結果

1) 測定結果の差異要因の検討

n-ブタノールおよびオフセット印刷臭の測定結果を表3および表4に示す。データ処理は、各個人の閾値(n-ブタノールの場合は濃度(ppb))、オフセット印刷臭の場合は希釈倍数を求め、その対数をとることにより行った。悪臭防止法における臭気規制では希釈倍数から算出される臭気指数を用いるが、n-ブタノールでは各測定用試料を適当濃度に調整した後に、GCで定量しているため測定毎に濃度が異なる。そのためオフセット印刷臭のように希釈倍数ではなく、個人閾値濃度を用いてデータ処理を行っている。表3のn-ブタノール測定結果に用いている数値は濃度の対数値であり、数値が小さいほど嗅覚が高いことを示しているが、逆に表4のオフセット印刷臭では希釈倍数の対数値であるため数値が大きいくほど嗅覚が高いことを示す。今回の測定の目的は対象臭気の希釈倍数を求めることではなく、オルファクトメータ法と臭袋法との特性による結果の差異を求めることである。そのためデータ処理に関して共通の条件となるように通常の欧州規格法や告示法で行われる上下カット等のデータの異常値処理を行っていない。表3および表4の標準偏差(個人閾値の標準偏差)は個人間のばらつきを示し、標準偏差の平均(各個人の標準偏差の平均)は個人内のばらつきを意味する。

① 上昇法と下降法

上昇法と下降法の差異を検討するために、臭袋法1～4についてまとめた結果を表5に示す。臭袋法1および2は希釈倍数が3倍系列、臭袋法3および4は2倍系列であるが、いずれも上昇法と下降法の組み合わせとなる。

個人閾値の全平均をみると明らかに上昇法と下降法には差異があり、臭袋法1、2および臭袋法3、4の組み合わせはいずれの臭気についても有意水準5%で有

表5 上昇法と下降法の比較

	臭袋法1 3倍系列 下降法	臭袋法2 3倍系列 上昇法	臭袋法3 2倍系列 下降法	臭袋法4 2倍系列 上昇法
n-ブタノール				
個人閾値の全平均 (n=11)	1.59	2.09	1.65	2.02
個人閾値の標準偏差	0.26	0.36	0.41	0.34
個人の標準偏差の全平均	0.74	0.29	0.49	0.27
オフセット印刷臭				
個人閾値の全平均 (n=12)	3.80	3.39	3.70	3.28
個人閾値の標準偏差	0.26	0.24	0.30	0.32
個人の標準偏差の全平均	0.47	0.40	0.39	0.22

・ n-ブタノールの個人閾値は濃度(ppb)の対数値
 ・ オフセット印刷臭の個人閾値は希釈倍数の対数値

意となった。すなわち、臭袋法で測定する場合、下降法は上昇法よりも感度が良く（臭気指数換算で4程度）測定されることがわかった。下降法の回答方法は段階的に薄くなっていくのに対して選択を行うのに対し、上昇法では「はっきりわかる」にしなればとにおいを検知したと見なされない。そのため下降法ではパネルの選択に確率的に正答する要因を含み、また上昇法では“においのイメージ”がはっきりとパネルに認識されるまで検知とみなされない。この差が上昇法と下降法の差として現れているためであると考えられる。

個人閾値の標準偏差（個人間のばらつき）には明確な傾向はないが、個人の標準偏差の平均（個人内のばらつき）では上昇法の方が下降法より小さい傾向が見られた。すなわち上昇法は下降法に比べ、個人内変動を小さく測定できることを示している。これは下降法では濃度が薄くなった際にも偶然により正解する確率が常に1/3あるため、ばらつきが大きくなることによると考えられる。

② 2倍系列と3倍系列

希釈倍数の2倍系列と3倍系列の差異を検討するために、臭袋法1～4についてまとめた結果を表6に示す。臭袋法1と3は下降法、臭袋法2と4は上昇法であるが、いずれも3倍系列と2倍系列の組み合わせとなる。

個人閾値の全平均および個人閾値の標準偏差では明確な差異は見られず、いずれの組み合わせも有意水準5%では有意差は見られなかった。

個人の標準偏差の全平均では3倍系列よりも2倍系

表6 3倍系列と2倍系列の比較

	臭袋法1 下降法 3倍系列	臭袋法3 下降法 2倍系列	臭袋法2 上昇法 3倍系列	臭袋法4 上昇法 2倍系列
n-ブタノール				
個人閾値の全平均 (n=11)	1.59	1.65	2.09	2.02
個人閾値の標準偏差	0.26	0.41	0.36	0.34
個人の標準偏差の全平均	0.74	0.49	0.29	0.27
オフセット印刷臭				
個人閾値の全平均 (n=12)	3.80	3.70	3.39	3.28
個人閾値の標準偏差	0.26	0.30	0.24	0.32
個人の標準偏差の全平均	0.47	0.39	0.40	0.22

列の方がやや小さい傾向が見られた。パネルに提示する臭気の濃度は2倍ないし3倍の一定の間隔を持っているため、結果もとびとびの値として得られる。そのため今回のように測定回数が多い場合、2倍系列の方が3倍系列よりも得られる数値間の間隔が細かいために、ばらつきの少ない結果となる可能性が考えられる。ただし2倍系列の方が臭いを嗅ぐ回数が増えるために一回あたりの測定時間が長くなる。

表7 3点比較と2点比較の比較

	臭袋法4 2倍系列 上昇法 3点比較	臭袋法5 2倍系列 上昇法 2点比較
n-ブタノール		
個人閾値の全平均 (n=11)	2.02	2.00
個人閾値の標準偏差	0.34	0.29
個人の標準偏差の全平均	0.27	0.25
オフセット印刷臭		
個人閾値の全平均 (n=12)	3.28	3.27
個人閾値の標準偏差	0.34	0.26
個人の標準偏差の全平均	0.22	0.29

③ 2点比較と3点比較

パネルに提示するにおい袋の数が3点と2点の場合の差異を検討するために、臭袋法4と5についてまとめた結果を表7に示す。本測定では測定サンプル数の制限から組み合わせをオルファクトメータ法と同じ2倍系列、上昇法にそろえ、3点比較および2点比較の差異のみについて検討した。

臭袋法4と5の結果からは3点比較と2点比較の明確な差異は認められなかった。上昇法では下降法にくらべ、臭気がある程度ははっきりとした段階で正解を選

表 8 オルファクトメータ法と臭袋法の比較

	オルファクトメータ法	臭袋法1 (告示法)	臭袋法 5
n-ブタノール			
個人閾値の全平均 (n=11)	1.64	1.59	2.00
個人閾値の標準偏差	0.43	0.26	0.29
個人の標準偏差の全平均	0.25	0.74	0.25
オフセット印刷臭			
個人閾値の全平均 (n=12)	3.24	3.80	3.27
個人閾値の標準偏差	0.21	0.26	0.26
個人の標準偏差の全平均	0.17	0.47	0.29

ぶため、選択肢の数が増えたと見られる。

④ オルファクトメータ法と臭袋法

オルファクトメータ法と告示法（臭袋法 1）およびオルファクトメータ法と諸条件をそろえた臭袋法 5 の結果を表 8 に示す。

オフセット印刷臭ではオルファクトメータ法と臭袋法 1 による個人閾値の全平均は臭気指数換算で 5 程度の差があり、有意水準 5 % で有意な差があった。またオルファクトメータと同条件に設定した臭袋 5 はオフセット印刷臭で同程度の結果となった。

しかしながら n-ブタノールではオルファクトメータ法と臭袋法 1 による個人閾値の全平均には大きな差は見られず、有意水準 5 % で有意な結果も得られなかった。またオルファクトメータ法と臭袋法 5 では臭気指数換算で 4 程度の差異があった。

上昇法と下降法の比較試験の結果から、オルファクトメータ法と告示法では、上昇法と下降法の差異により臭気指数換算で 4 程度の差が生じることが予想された。しかしながら以上の結果はオフセット印刷臭では上昇法と下降法の特性的差が臭気指数に現れているが、n-ブタノールについては、何らかの他の要因により打ち消されていることを示している。

この原因としては、下記のようなことが考えられる。

- ・におい袋や鼻あての固有臭により、臭袋法の感度が低下する場合がある。（17年2月のオフセット印刷臭測定時には鼻あてを従来の塩ビ製からポリエステル製に変更した）

- ・オルファクトメータ法に慣れることで、“はっきりとわかる”を選択する濃度がより低くなる場合がある。

個人閾値の標準偏差（個人間のばらつき）についてはオルファクトメータ法と臭袋法 1（告示法）では差

異に明確な傾向は見られず、有意水準 5 % の検定結果も有意ではなかった。しかしながら個人閾値の標準偏差の平均（個人内変動）についてはいずれの臭気もオルファクトメータ法の方が臭袋法よりひくく 1/3 程度であった。これも上昇法と下降法の違いにより生じていると考えられる。

2) n-ブタノールに対する個人内変動の把握

① 年レベルでの個人閾値の変化

3年以上 n-ブタノールの個人閾値のデータがあるパネルについて個人閾値の推移を図 2 に示す。閾値の経年変化を見ると特に初回は個人閾値が高いパネルがいるのがわかる。その後低下していることからこれはオルファクトメータ法への慣れによるものと考えられる。ただし 2、3年のスパンで見ると個人差はあるものの明確な上昇/下降傾向があるとは言えない。

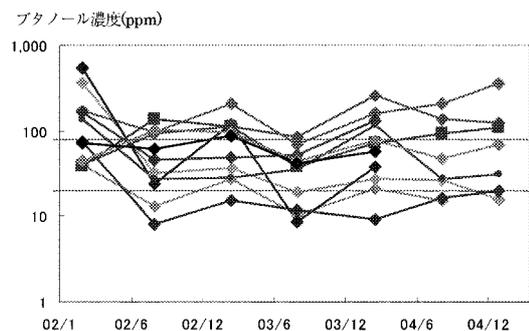


図 2 個人閾値の経年変化（パネル 11 人）

② 季節による違い

被験者 6 人（20～30 歳代）の個人閾値を 16 年 6～8 月（夏）、11 月（秋）、17 年 3 月（冬）に各人合計 14 データを得た。結果を表 9 および図 3 に示す。

欧州規格法における選定基準は閾値に関する基準が $20 \leq 10^y \leq 80$ (y は閾値 (ppb) の対数値の平均)、偏差に関する基準が $10s \leq 2.3$ (s は閾値 (ppb) の対

表 9 季節変動試験結果

パネル	性別	個人閾値の対数平均値(y) log(ppb)	標準偏差 (s)	欧州規格選定基準 (ppb)	
				10^y	10^s
MH	男	1.48	0.26	30.2	1.81
MK	女	1.53	0.36	33.7	2.30
HU	男	1.60	0.16	39.4	1.45
TN	男	1.63	0.13	43.1	1.35
MS	男	1.87	0.19	74.5	1.54
TS	男	1.97	0.28	93.3	1.92

数値の標準偏差)となっている。

6人のうち個人閾値が高いために不合格となったパネルTS、また標準偏差が大きかった不合格となったパネルMKがいたため、欧州規格選定基準を満たしたのは4人であった。

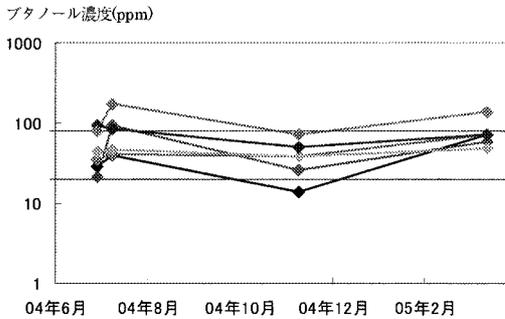


図3 個人閾値の季節変化 (パネル6人)

4 まとめ

欧州規格法と告示法による嗅覚測定では、主として上昇法と下降法の違いにより臭気指数で4程度欧州規格法のほうが低い値となる可能性がある。しかしながらにおい袋や鼻あてなどの固有臭による感度の低下やオルファクトメータ法に対する学習効果による感度上昇などの何らかの要因により差異が打ち消される場合があった。

n-ブタノールに対する嗅覚の変動については、年レベルの期間では初回時に閾値が高く測定されるパネルが見られたが、明確な上昇/下降傾向は見られなかった。また季節変動についても大きな変動は見られなかった。

なお、この報告は環境省の平成16年度嗅覚測定に係る欧州標準規格対応検討調査委託の一部である。

参考文献

- 1) 環境省告示第63号：臭気指数及び臭気排出強度の算定方法
- 2) CEN, European Standard: Air Quality Determination of Odor Concentration by Dynamic Olfactometry
- 3) 辰市祐久、岩崎好陽：三点比較式臭袋法とオルファクトメータ法の比較、東京都環境科学研究所年報 201-205 (2001)
- 4) 辰市祐久、樋口雅人、上野広行、岩崎好陽：嗅覚

測定における欧州規格法と告示法の比較、東京都環境科学研究所年報 (2004)

- 5) Hiroyuki Ueno, Masato Higuchi, Sukehisa Tatsuichi, Yoshiharu Iwasaki: A Comparative Study of Japanese and European Olfactometry Standards International Symposium on Odor Measurement, p88 (2003)