様々なスタイルの地ビール類が有する抗酸化活性

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	本間,裕人 数岡,孝幸 徳田,宏晴 中田,久保 中西,載慶
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	39巻4号
掲載ページ	p. 189-198
発行年月	2013年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

様々なスタイルの地ビール類が有する抗酸化活性

本間裕人*§・数岡孝幸*・徳田宏晴*
中田久保*・中西載慶*

＊　東京農業大学短期大学部醸造学科

Antioxidant Activity of Various Styles of Craft Beers

HOMMA Hiroto*§, KAZUOKA Takayuki*, TOKUDA Hiroharu*,
NAKATA Hisayasu* and NAKANISHI Kotoyoshi*

＊ *Department of brewing and fermentation, Junior college of Tokyo University of Agriculture, Sakuragaoka 1-1-1, Setagaya, Tokyo 156-8502*

Antioxidants play a putative role in the prevention of diseases and conditions such as heart disease, hypertension, and cancer. Antioxidants are also useful in improving food preservation. Although it is known that beers contain antioxidants, only those found in the pilsner beer have been well studied. In this study, we performed an antioxidant assay by measuring the free radical-scavenging activity of 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and superoxide-scavenger activity of different styles of beers. The DPPH free radical-scavenging activity was found to be high in beers such as the imperial stout, bock, India Pale Ale (IPA), and stout, with the values being 254.1 (imperial stout), 232.7 (bock), 201.0 (IPA), and 195.8 (stout) nmol Trolox/mℓ. Low-malt beers (including beer-like drinks), Weizenbiers, and pilsner beers showed a low DPPH free radical-scavenging activity, with the values being 54.7 (low-malt beers), 110.9 (Weizenbiers), and 120.9 (pilsner beers) nmol Trolox/mℓ. The superoxide-scavenging activity was found to be high among beers such as imperial stout (90.0%), stout (74.0%), porter (72.5%), and barley wine (71.3%). Blonde ale, pilsner beer, and low-malt beers (including beer-like drinks) showed low superoxide-scavenging activity, with the values being 18.1%, 18.7%, and 19.8%, respectively. The antioxidant activities of some styles of beers such as the imperial stout were lower than those of red wines, but higher than those of white wines. Furthermore, the DPPH free radical-scavenging activity of the beers that we studied showed a high correlation to the total polyphenol content in those beers.

(Received Aug. 27, 2012 ; Accepted Nov. 26, 2013)

Key words: *beer, anti-oxidant activity, DPPH radical scavenging activity, superoxide scavenging activity, polyphenol*
ビール，抗酸化活性，DPPHラジカル消去能，スーパーオキシド消去能，ポリフェノール

抗酸化物質は，細胞内でスーパーオキシドやヒドロキシラジカル等の活性酸素を消去する働きを有しており，近年，心臓病や高血圧などの生活習慣病や悪性腫瘍の予防に役立つとして注目されている[1]。中でも赤ワインに含まれるレスベラトロールなどのポリフェノール類の抗酸化力はよく知られており，疫学的調査の結果からもその有効性が示唆されている[2)~4)]。これらの調査結果の影響で日本では90年代後半からワインブームが起き，赤ワインの消費量が以前よりも大幅に増加した[3]。また，抗酸化物質は食品の保存性を向上させる働きも有しており，赤ワインが長期の熟成に耐えうるのも，抗酸化物質を大量に含有しているのが一因であると考えられている。

一方，ワイン以外のアルコール飲料にも抗酸化物質は含まれており，日本で最も消費量が多い酒類であるビールにも抗酸化物質が含まれていることが知られている[5)~7)]。ビールの抗酸化物質は*in vitro*では赤ワインに比べて抗酸化活性が低いが，生体内では赤ワインと同等の活性を示すという報告もある[5]。しかし，ビールの抗酸化物質の研究はそのほとんどがピルスナースタイルのビールを対象としたものであり，研究事例もワインを対象

＊　〒156-8502　東京都世田谷区桜丘1-1-1
§　Corresponding author, E-mail : h3homma@nodai.ac.jp

としたものと比較して少ない。日本においては，これまでビール消費量のほとんどを大手5社の生産するピルスナービールが占めており，ビール＝ピルスナービールというイメージが定着している。しかし，1994年の酒税法改正によりビール醸造免許に必要な年間最低製造数量が2,000kℓから60kℓに引き下げられて以来，多くの地ビールメーカーが誕生し，多種多様な種類（以下，スタイルと呼ぶ）のビールが製造されるようになってきている。ビールのスタイルは非常に種類が多く，スタイルによって製法や原料が大きく異なる。そのためアルコール濃度は3～12%，色は淡黄色から黒色，ボディもライトボディからフルボディと成分や性質に極めて広い幅がある。そのうえ，同じスタイルのビールでも製品ごとに各成分値は異なることが知られているため，各スタイルの傾向を明らかにするためには，スタイルごとに多くの製品を分析する必要があると思われる。

そこで本研究では，ビールの抗酸化活性について，スタイルごとの品質特性を明らかにすることを目的として，網羅的に国産および外国産地ビールの抗酸化活性と関連諸性質の調査を行った。

実験方法

1．供試試料

平成21年から平成22年にかけて製造されたビール類184種，および他の酒類7種を用いた（Table 1）。地ビール類は国産品を中心に用いたが，インディアンペールエール（以下IPAとする），バーレーワイン，スタウト，インペリアルスタウト等では外国産のものも用いた。

2．抗酸化活性の測定

試料は原液のまま使用した。1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジルフリーラジカル（DPPH）消去能は標準物質としてTroloxを用い，抗酸化活性をTrolox相当量として算出した。減圧によりガス抜きした試料1mℓに酢酸エチル3mℓを加えローテーター（TAITEC, RT-50）を用いて50rpmで5分間攪拌し，試料中の抗酸化物質を酢酸エチル層に溶出させた。ここから酢酸エチル層を2mℓ分取し，減圧乾固して50%メタノール0.5mℓに溶解した。この溶液0.2mℓに，DPPH混液（95%エタノールに60μMとなるようDPPHを溶解させたもの）3.8mℓを加え，正確に20分間反応させ，波長520nmにおける吸光度を測定した[8]。スーパーオキシド消去能は，発光試薬キット（ATTO社製CLETA-S）を用い，キサンチンをキサンチンオキシダーゼによって酸化する際に発生するスーパーオキシドを，スーパーオキシドと特異的に反応して発光するMPEC（2-metyl-6-p-methoxyphenylethynyl-imidazo-pyrazinone）にて検出することにより測定した[9]。発光の測定にはルミノメーター（ATTO社製　AB2200）を用い，サンプルの添加による発光量の減少率を算出した。

3．ビールの諸性質の測定

総ポリフェノール量，苦味価は改訂BCOJビール分析法に基づき分析した[10]。比重は比重計を用いて測定した。測定した比重と公称アルコール度数から，仕込当初の初期比重を次式により算出して推定初期比重（SID）とした。

SID＝1＋0.004IS

IS（初発糖度（% w/v））＝2AL+PS

PS（現在の推定糖度（% w/v））＝(D−TD)/0.004

TD（理論比重）＝0.0079AL＋(1−0.01AL)

AL：公称アルコール度数（% w/v）

D：比重

実験結果および考察

様々なスタイルのビール類の抗酸化活性と諸性質を測定した。その結果，DPPHラジカル消去能についてはインペリアルスタウト，ボック他，IPAおよびスタウトなどで高い値となり，それぞれの平均値は254.1，232.7，201.0および195.8nmol Trolox/mℓであった（Table 1，2，Fig. 1）。一方，DPPHラジカル消去能が低かったのはヴァイツェン類，ピルスナーおよび発泡酒・ビール風飲料などで，その消去能はそれぞれ120.9，110.9および54.7nmol Trolox/mℓであった。全体的な傾向をみると，IPAなどを除き淡色系よりも濃色系のビールのほうが高いDPPHラジカル消去能を示す傾向がみられた。

スーパーオキシド消去能についてもDPPHラジカル消去能と似た傾向を示し，インペリアルスタウト，スタウト，ポーターおよびバーレーワインなどで，それぞれ90.0，74.0，72.5および71.3%と高い値であった。一方，ブロンドエール類，ピルスナーおよび発泡酒・ビール風飲料において低い活性が示され，それぞれ18.1，18.7および19.8%であった。これらのことから，発泡酒・ビール風飲料およびピルスナーなどの消費量の多いビール類よりも，その他のスタイルのビール類のほうが高い抗酸化活性を示すものが多いことが示唆された。

次に同一スタイル内，あるいは類似したスタイル内のビールについて詳細に比較した。まず，ピルスナーについてみてみると，国産大手ビールメーカーのDPPHラジカル消去能は，ほとんどのものが80～90nmol Trolox/mℓの範囲で揃っており，平均81.7nmol Trolox/mℓであったが，小規模醸造所のピルスナーは銘柄により98～245 nmol Trolox/mℓと大きくばらつき，平均値は142.3nmol Trolox/mℓであった。大手ビールメーカーのピルスナービールは総ポリフェノール，苦味価，推定初期比重などの諸性質も近いものが多かったのに対し，小規模醸造所のものはこれらの諸性質もばらつきが大きく，多種多様なピルスナービールが生産されているということが示唆された。発泡酒・ビール風飲料は大手メーカのものでも製品によりDPPHラジカル消去能のばらつきが大きく33～86nmol Trolox/mℓと，かなり幅があった。これは製品により各社製法・原料が工夫されているためだと思われる。しかし，これらの値は他のビール類と比較すると

Table 1　各種ビール類と酒類の抗酸化活性と諸性質

No.	スタイル	銘　柄	醸造元	生産国	alc(%)	DPPH消去能(nmol Trolox/mℓ)	スーパーオキシド消去能(%)	総ポリフェノール(mg/ℓ)	苦味価(BU)	推定初期比重	DPPH/alc
1	発泡酒	YUTAKA	サントリー	日本	5	33	34.0	57	12.0	1.047	6.5
2	発泡酒	ZERO	キリンビール	日本	3	34	37.0	45	12.2	1.025	11.3
3	発泡酒	クールドラフト	アサヒビール	日本	5.5	75	0.0	109	19.2	1.062	13.7
4	発泡酒	グリーンラベル	キリンビール	日本	4.5	50	28.0	63	13.6	1.042	11.2
5	発泡酒	スタイルフリー	アサヒビール	日本	4	37	3.0	40	12.9	1.035	9.3
6	発泡酒	THE BREW MASTER	ケイズブルーイングカンパニー	日本	5	86	0.0	150	29.1	1.063	17.2
7	ビール風飲料	金麦	サントリー	日本	5	59	25.0	112	13.6	1.054	11.8
8	ビール風飲料	ストロングセブン	キリンビール	日本	7	63	31.0	107	13.0	1.067	9.1
9	ピルスナー	MALT'S	サントリー	日本	5	88	10.0	128	18.4	1.059	17.5
10	ピルスナー	YEBISU THE HOP	サッポロビール	日本	5.5	81	46.0	225	24.6	1.064	14.7
11	ピルスナー	キリンクラシックラガー	キリンビール	日本	4.5	58	0.0	126	26.4	1.056	12.9
12	ピルスナー	キリン一番搾り	キリンビール	日本	5	88	33.0	183	21.3	1.055	17.7
13	ピルスナー	サッポロ黒ラベル	サッポロビール	日本	5	86	25.0	146	22.2	1.057	17.3
14	ピルスナー	スーパードライ	アサヒビール	日本	5	89	0.0	156	21.3	1.055	17.7
15	ピルスナー	奥入瀬	奥入瀬麦酒館	日本	5	126	0.0	254	18.9	1.049	25.1
16	ピルスナー	クールブリーズピルス	Baird Brewing Company	日本	5.5	118	62.0	292	48.9	1.068	21.5
17	ピルスナー	のぼりべつ地ビール旭岳麦酒	わかさいも本舗	日本	5	137	0.0	248	21.5	1.059	27.4
18	ピルスナー	エチゴビールピルスナー	エチゴビール	日本	5	193	17.0	221	20.7	1.059	38.5
19	ピルスナー	金しゃち　青ラベル	ワダカン	日本	5	226	46.0	241	48.2	1.059	45.1
20	ピルスナー	箕面ビールピルスナー	箕面ブリュワリー	日本	5	114	0.0	210	24.3	1.053	22.8
21	ピルスナー	自家製ホップと自家製麦芽を使った国産黒部峡谷ビール	銀盤酒造	日本	5	99	7.0	125	5.1	1.057	19.7
22	ピルスナー	粋生ビール	エチゴビール	日本	5	106	14.3	230	22.0	1.057	21.2
23	ピルスナー	川反ラガー	あくら	日本	5	245	57.0	350	28.5	1.061	49.0
24	ピルスナー	スワンレイク　越乃米こしひかり仕込ビール	瓢湖屋敷の杜ブルワリー	日本	5	105	0.0	197	17.3	1.059	21.1
25	ピルスナー	網走ビールピルスナー	網走ビール	日本	5	98	0.0	197	14.3	1.061	19.5
26	ヘレス	湘南ビター	熊澤酒造	日本	5	186	0.0	253	30.9	1.053	37.1
27	ウィートラガー	三次ベッケンビールほたる	三次麦酒	日本	4	78	57.0	127	26.0	1.046	19.6
28	アップルラガー	Apple Cinnamon Lager	サンクトガーレン	日本	5	193	50.8	320	40.8	1.071	38.7
29	アップルラガー	APPLE LAGER	ベアレン醸造所	日本	5	131	25.9	219	17.4	1.061	26.3
30	アップルラガー	CRYSTAL APPLE LAGER	ベアレン醸造所	日本	3.5	97	7.9	112	16.1	1.053	27.8
31	ダークラガー	金しゃち名古屋赤味噌ラガー	ワダカン	日本	6	140	58.0	270	15.9	1.067	23.3
32	ダークラガー	Dark Wheat Lager	Baird Brewing Company	日本	5	70	68.0	172	36.5	1.063	14.0
33	ダークラガー	恐山ビール　ラガービール	バイコードリンクB·S	日本	5	267	89.0	144	27.1	1.063	53.4
34	ダークラガー	金しゃち　岡崎八丁味噌ラガー	ワダカン	日本	6	192	63.3	244	19.2	1.071	31.9
35	ダークラガー	箕面ビールダークラガー	箕面ブリュワリー	日本	5	144	49.2	238	26.5	1.057	28.7
36	ダークラガー	沼津ラガー	Baird Brewing Company	日本	5	302	50.0	611	31.7	1.057	60.4
37	ダークラガー	湘南リーベ	熊澤酒造	日本	5	215	43.0	283	26.6	1.062	43.1
38	メルツェン	こぶし花ビールメルツェン	羽生の里羽生ブルワリー	日本	6	194	45.0	259	20.1	1.075	32.4
39	ボック	ベアレンライボック	ベアレン醸造所	日本	6.5	211	18.0	498	49.6	1.090	32.5
40	ボック	カモシカ	宇奈月ビール	日本	6	198	68.0	395	25.3	1.073	33.1
41	ボック	こぶし花ビールマイボック	羽生の里羽生ブルワリー	日本	7	227	38.3	262	27.7	1.087	32.5
42	ラオホボック	富士桜高原麦酒ラオホボック	富士観光開発株式会社	日本	7	294	79.0	382	27.1	1.085	42.0
43	ヴァイツェン	常陸野ネストヴァイツェン	木内酒造	日本	5.5	37	70.0	225	23.1	1.066	6.8
44	ヴァイツェン	小麦のビール	銀河高原ビール	日本	5	80	0.0	172	12.3	1.062	16.0
45	ヴァイツェン	網走ビールヴァイツェン	網走ビール	日本	5	87	3.1	109	16.4	1.068	17.3
46	ベルジャンホワイト	CELIS'WHITE	Hoegaarden Bre.	ベルギー	5	91	12.0	145	24.7	1.059	18.1
47	ベルジャンホワイト	ベルギーホワイト	羽生ブルワリー	日本	5	171	44.1	144	20.2	1.062	34.2
48	ウィートエール	日本物語エール	Baird Brewing Company	日本	6	178	2.5	267	22.5	1.071	29.6
49	ウィートエール	にごり白生	日本ビール	日本	5	83	0.0	97	15.8	1.061	16.6
50	ウィートエール	志賀高原Wheat Ale	玉村本店	日本	5	161	72.0	290	35.6	1.059	32.2
51	デュンケルヴァイツェン	富士桜高原麦酒デュンケルヴァイツェン	富士観光開発株式会社	日本	5.5	136	50.0	156	16.7	1.066	24.8
52	ヴァイツェンボック	金しゃち　デザートビール	ワダカン	日本	6.5	205	83.0	230	19.6	1.078	31.5
53	ペールエール	いわて蔵こはるエール	世嬉の一酒造	日本	5	112	58.0	128	14.2	1.059	22.5
54	ペールエール	恐山ビール　ペールエール	バイコードリンクB·S	日本	5	284	99.5	202	16.6	1.061	56.8
55	ペールエール	こしひかり越後ビール	エチゴビール	日本	5	175	0.0	182	18.2	1.057	34.9
56	ペールエール	サンサンオーガニックビール	ヤッホーブルーイング	日本	5	104	0.0	226	21.2	1.061	20.8

Table 1　各種ビール類と酒類の抗酸化活性と諸性質（続き）

No.	スタイル	銘　柄	醸造元	生産国	alc(%)	DPPH消去能 (nmol Trolox/mℓ)	スーパーオキシド消去能 (%)	総ポリフェノール (mg/ℓ)	苦味価 (BU)	推定初期比重	DPPH/alc
57	ペールエール	山椒ペールエール	箕面ブリュワリー	日本	5.5	113	62.0	333	43.9	1.064	20.5
58	ペールエール	志賀高原PALE ALE	玉村本店	日本	5.5	129	54.0	442	41.6	1.066	23.5
59	ペールエール	信濃エール	信濃ブルワリー	日本	4.5	102	35.0	249	37.0	1.057	22.6
60	ペールエール	ビアブロンド	エチゴビール	日本	5	203	28.0	246	24.0	1.063	40.6
61	ペールエール	よなよなエール	ヤッホーブルーイング	日本	5.5	131	0.0	268	31.2	1.066	23.8
62	ペールエール	ライジングサン	Baird Brewing Company	日本	5	128	59.0	355	42.7	1.059	25.6
63	ESB	信州ナチュラルビールESB	ヤッホーブルーイング	日本	6	101	n.d.	262	38.7	1.071	16.8
64	ESB	軽井沢高原ビールESB	ヤッホーブルーイング	日本	6	232	31.0	194	36.8	1.081	38.7
65	ケルシュ	十字峡	宇奈月ビール	日本	5	130	0.0	255	21.3	1.053	26.0
66	ケルシュ	浅間山浪漫麦酒軽井沢ケルシュ	麗人酒造	日本	5	192	n.d.	186	19.8	1.055	38.5
67	ケルシュ	OH!LA!HO　ケルシュ	信州東御市振興公社	日本	4.5	107	0.0	211	17.8	1.065	23.8
68	ケルシュ	北新地ビール	寿酒造	日本	5	166	36.5	167	19.6	1.052	33.1
69	ケルシュ	江ノ島ビール	鎌倉ビール醸造	日本	5.5	217	50.2	273	24.5	1.060	39.4
70	IPA	インドの青鬼	ヤッホーブルーイング	日本	7	167	24.0	434	70.4	1.079	23.9
71	IPA	オゼノユキドケIPA	吟醸蔵ブルワリー龍神酒造	日本	5	240	3.0	399	55.1	1.067	47.9
72	IPA	金しゃち　IPA	ワダカン	日本	7	123	71.0	451	49.0	1.083	17.6
73	IPA	志賀高原IPA（2009）	玉村本店	日本	6	349	50.0	451	59.4	1.073	58.2
74	IPA	志賀高原IPA（2010）	玉村本店	日本	6	190	80.6	435	43.7	1.073	31.7
75	IPA	志賀高原House IPA（2009）	玉村本店	日本	8	328	69.0	562	73.2	1.091	41.0
76	IPA	志賀高原House IPA（2010）	玉村本店	日本	8	207	84.9	602	47.7	1.094	25.9
77	IPA	スルガベイインペリアルIPA	Baird Brewing Company	日本	7.5	154	42.8	491	25.0	1.092	20.5
78	IPA	スワンレイク　IPA	瓢湖屋敷の杜ブルワリー	日本	6	144	18.0	359	30.4	1.075	24.1
79	IPA	帝国IPA	Baird Brewing Company	日本	6	139	78.0	399	41.6	1.073	23.2
80	IPA	箕面ビールダブルIPA	箕面ブリュワリー	日本	9	147	51.8	410	45.2	1.101	16.4
81	IPA	HARVESTMOON IPA	イクスピアリ	日本	6	214	41.4	308	41.8	1.077	35.6
82	IPA	2 XIPA	Southern Tier Brewing	アメリカ	8.2	214	53.6	352	37.7	1.100	26.1
83	IPA	60Minute IPA	Dogfish Head Craft Brewery	アメリカ	6	147	67.4	314	34.9	1.077	24.6
84	IPA	90Minute Imperial IPA	Dogfish Head Craft Brewery	アメリカ	9	237	82.2	430	40.2	1.112	26.3
85	IPA	ACME IPA	North Coast Brewing	アメリカ	6.5	149	23.7	309	31.8	1.080	23.0
86	IPA	AMARILLO SINGLE HOP IPA	Mikkeller	デンマーク	7	233	39.5	377	31.2	1.083	33.3
87	IPA	BELGICA	Great Divide Brewing	アメリカ	7.2	175	36.0	344	33.6	1.089	24.3
88	IPA	Big Eye IPA	Ballast Point Brewing	アメリカ	7	176	44.9	345	41.0	1.086	25.1
89	IPA	BIG SWELL IPA	Maui Brewing	アメリカ	6.3	160	53.6	342	33.1	1.082	25.4
90	IPA	CASCADE SINGLE HOP IPA	Mikkeller	デンマーク	7	228	56.8	443	40.3	1.083	32.6
91	IPA	Hardcore IPA	Brew Dog	ｽｺｯﾄﾗﾝﾄﾞ	9.2	217	69.1	493	61.3	1.108	23.6
92	IPA	IDIOT IPA	Coronado Brewing Company	アメリカ	8.5	282	48.9	487	72.3	1.098	33.2
93	IPA	Iso-Alpha IPA	Southern Tier Brewing	アメリカ	6.5	177	44.1	320	40.3	1.074	27.2
94	IPA	NUGGET SINGLE HOP IPA	Mikkeller	デンマーク	7	219	42.4	478	40.4	1.085	31.3
95	IPA	PUNK IPA	Brew Dog	ｽｺｯﾄﾗﾝﾄﾞ	5.6	140	37.3	294	58.1	1.070	24.9
96	IPA	RUMBLE Oak Aged IPA	Great Divide Brewing	アメリカ	7	197	56.9	357	36.9	1.088	28.1
97	IPA	Stone IPA	The Stone Brewing	アメリカ	6.9	179	38.0	346	45.3	1.080	25.9
98	IPA	Stone Ruination IPA	The Stone Brewing	アメリカ	7.7	226	53.4	433	76.7	1.089	29.3
99	IPA	TOMAHAWK SINGLE HOP IPA	Mikkeller	デンマーク	7	214	38.0	384	45.1	1.083	30.5
100	IPA	WARRIOR SINGLE HOP IPA	Mikkeller	デンマーク	7	259	55.2	418	43.8	1.083	37.0
101	ブロンドエール	信州ナチュラルビールBLOND ALE	ヤッホーブルーイング	日本	5	88	5.0	172	24.6	1.055	17.6
102	ブロンドエール	軽井沢高原ビールWild Forest	ヤッホーブルーイング	日本	5	206	n.d.	170	24.1	1.055	41.3
103	ゴールデンエール	伊勢角屋麦酒　熊野古道麦酒	二軒茶屋餅角屋本店	日本	5	115	28.0	204	31.5	1.061	23.0
104	ゴールデンエール	OH!LA!HOゴールデンエール	信州東御市振興公社	日本	4.5	134	0.0	240	30.4	1.066	29.7
105	ゴールデンエール	サンクトガーレンゴールデンエール	サンクトガーレン	日本	5	159	39.3	312	44.4	1.063	31.8
106	ゴールデンストロングエール	志賀高原Miyama Blonde	玉村本店	日本	7	247	26.0	254	43.7	1.081	35.3

Table 1　各種ビール類と酒類の抗酸化活性と諸性質（続き）

No.	スタイル	銘　柄	醸造元	生産国	alc(%)	DPPH消去能(nmol Trolox/mℓ)	スーパーオキシド消去能(%)	総ポリフェノール(mg/ℓ)	苦味価(BU)	推定初期比重	DPPH/alc
107	ゴールデンストロングエール	常陸野ネストレッドライスエール	木内酒造	日本	7	140	n.d.	332	23.6	1.079	20.0
108	ゴールデンストロングエール	Delirium Tremens	Huyghe Bre.	ベルギー	8.5	108	28.0	368	21.4	1.087	12.7
109	アンバーエール	南信州アンバーエール	南信州ビール	日本	5.5	104	67.0	340	31.9	1.066	18.9
110	アンバーエール	Red Rose AmberAle	Baird Brewing Company	日本	5.5	113	66.0	413	53.4	1.070	20.5
111	アンバーエール	伊勢角屋麦酒　アメリカンアンバーエール	二軒茶屋餅角屋本店	日本	5	155	14.0	315	50.0	1.059	30.9
112	アンバーエール	OHILA!HOアンバーエール	信州東御市振興公社	日本	4.5	146	22.0	346	33.5	1.070	32.4
113	アンバーエール	ビッグレッドマシーンフォールクラシックエール2009	Baird Brewing Company	日本	6	251	42.3	388	52.3	1.071	41.9
114	ブラウンエール	アングリーボーイ	Baird Brewing Company	日本	6	154	60.0	529	46.4	1.073	25.7
115	ハーブスパイスエール	伊勢角屋麦酒　蓮台寺SPICE	二軒茶屋餅角屋本店	日本	6	182	80.0	420	35.6	1.075	30.4
116	ハーブスパイスエール	伊勢角屋麦酒　柚子の香エール	二軒茶屋餅角屋本店	日本	5	192	8.7	261	36.0	1.058	38.3
117	アルト	トロッコ	宇奈月ビール	日本	5	127	3.0	257	25.4	1.054	25.4
118	アルト	浅間山浪漫麦酒軽井沢アルト	麗人酒造	日本	5	156	n.d.	209	15.1	1.062	31.3
119	アルト	金しゃち　赤ラベル	ワダカン	日本	5	224	56.2	236	32.8	1.061	44.7
120	アルト	網走ビールアルト	網走ビール	日本	5	100	35.5	234	17.8	1.061	19.9
121	バーレーワイン	大山Gビールバーレーワイン2008	久米桜麦酒	日本	9	213	89.0	564	35.4	1.113	23.7
122	バーレーワイン	大山Gビールバーレーワイン2009	久米桜麦酒	日本	9	177	79.5	437	25.2	1.116	19.6
123	バーレーワイン	大山GビールWHEAT WINE	久米桜麦酒	日本	9	139	62.0	215	27.5	1.117	15.5
124	バーレーワイン	スワンレイクバーレイ	瓢湖屋敷の杜ブルワリー	日本	8	182	58.2	314	36.0	1.096	22.8
125	バーレーワイン	志賀高原Wheat Wine	玉村本店	日本	9.5	230	n.d.	252	63.3	1.116	24.2
126	バーレーワイン	el Diablo2009	サンクトガーレン	日本	9.5	219	90.0	351	71.4	1.105	23.0
127	バーレーワイン	el Diable2010	サンクトガーレン	日本	9.5	169	54.2	596	28.7	1.126	17.8
128	バーレーワイン	HARVESTMOON バーリーワイン	イクスピアリ	日本	8	169	54.4	471	26.4	1.103	21.1
129	バーレーワイン	Super Vintage Beer2007	岩本博石館ブルワリー	日本	14.3	130	59.9	288	15.9	1.166	9.1
130	バーレーワイン	The Super Vintage11	岩本博石館ブルワリー	日本	11	177	91.7	486	26.8	1.141	16.1
131	バーレーワイン	Old Foghorn	Anchor Bre.	アメリカ	8.9	214	n.d.	351	29.1	1.122	24.0
132	バーレーワイン	BIGFOOT Barley Wine Style Ale	Sierra Nevada Brewing	アメリカ	9.5	164	73.2	314	72.8	1.120	17.3
133	バーレーワイン	Dick's BARLEY WINE ALE	Dick's brewing	アメリカ	10	172	64.2	404	47.0	1.139	17.2
134	バーレーワイン	DOGGIE CLAWS	Hair of the Dog Brewing Company	アメリカ	11.5	263	80.0	462	47.0	1.152	22.9
135	バーレーワイン	FRED	Hair of the Dog Brewing Company	アメリカ	10	125	46.9	381	44.7	1.127	12.5
136	バーレーワイン	Jone Barleycorn Barleywine Ale	Mad River Brewing	アメリカ	9.1	176	75.0	264	42.5	1.118	19.4
137	バーレーワイン	OLD HORIZONTAL	Victory Brewing	アメリカ	11	196	81.3	470	39.6	1.137	17.9
138	バーレーワイン	OLDE SCHOOL	Dogfish Head Craft Brewery	アメリカ	15	138	81.8	393	35.4	1.168	9.2
139	ストロングエール	Delirium Nocturnum	Huyghe Bre.	ベルギー	9	133	74.0	127	19.4	1.097	14.8
140	ストロングエール	常陸野ネストXH	木内酒造	日本	8.5	158	78.0	276	46.7	1.102	18.6
141	ストロングエール	St.Bernardus abt12	St.Bernardus	ベルギー	10.5	166	26.4	212	14.2	1.107	15.8
142	ストロングスコッチエール	やばいやばいストロングスコッチエール2009	Baird Brewing Company	日本	7.5	255	74.0	397	45.2	1.086	33.9
143	ポーター	志賀高原Porter	玉村本店	日本	5.5	145	87.0	752	40.6	1.068	26.3
144	ポーター	黒船ポーター	Baird Brewing Company	日本	6	125	81.0	662	42.1	1.072	20.9
145	ポーター	信州ナチュラルビール PORTER	ヤッホーブルーイング	日本	5	153	74.0	457	33.6	1.067	30.6
146	ポーター	軽井沢高原ビール National trust	ヤッホーブルーイング	日本	5	338	n.d.	492	33.3	1.065	67.6
147	ポーター	スワンレイクPorter	瓢湖屋敷の杜ブルワリー	日本	6	162	48.0	361	35.7	1.077	26.9
148	スタウト	asahiスタウト	アサヒビール	日本	8	146	81.0	280	32.3	1.099	18.2
149	スタウト	島国スタウト	Baird Brewing Company	日本	4.5	176	71.0	415	37.6	1.054	39.1
150	スタウト	常陸野ネストエスプレッソスタウト	木内酒造	日本	7.5	258	97.0	992	61.9	1.105	34.4
151	スタウト	KIRIN STOUT	キリンビール	日本	5	174	73.0	200	22.2	1.061	34.9
152	スタウト	いわて蔵三陸広田湾産牡蠣のスタウト	世嬉の一酒造	日本	7	345	92.0	485	24.8	1.089	49.3
153	スタウト	箕面ビールスタウト	箕面ブリュワリー	日本	5.5	222	52.0	264	28.8	1.059	40.4

Table 1　各種ビール類と酒類の抗酸化活性と諸性質（続き）

No.	スタイル	銘　柄	醸造元	生産国	alc(%)	DPPH消去能(nmol Trolox/mℓ)	スーパーオキシド消去能(%)	総ポリフェノール(mg/ℓ)	苦味価(BU)	推定初期比重	DPPH/alc
154	スタウト	黒糖スイートスタウト	サンクトガーレン	日本	6.5	238	19.0	377	26.9	1.095	36.6
155	スタウト	スイートバニラスタウト	サンクトガーレン	日本	6.4	251	83.0	362	25.3	1.091	39.2
156	スタウト	軽井沢ドライスタウト	浅間山浪漫麦酒	日本	5	246	n.d.	207	17.1	1.057	49.2
157	スタウト	縁結麦酒スタウト	島根ビール株式会社	日本	5	145	75.6	558	20.0	1.068	29.0
158	スタウト	丹沢のしずくスタウト	厚木ビール株式会社	日本	6.5	185	88.7	306	29.3	1.079	28.4
159	スタウト	BEST EXTRA STOUT	Coopers Brewery	ｵｰｽﾄﾗﾘｱ	6.3	141	86.0	328	31.8	1.075	22.4
160	スタウト	BLACK STRAP STOUT	Bridgeport Brewing Company	アメリカ	6	158	56.4	431	30.8	1.075	26.3
161	スタウト	LION STOUT	Lion Brewery	ｽﾘﾗﾝｶ	8	160	74.0	284	23.4	1.088	20.0
162	スタウト	OLD No. 38 STOUT	North Coast Brewing	アメリカ	5.5	162	81.4	467	35.0	1.071	29.5
163	スタウト	Old Plowshare	North Coast Brewing	アメリカ	5.5	149	75.4	368	14.5	1.068	27.2
164	スタウト	SIERRA NEVADA STOUT	Sierra Nevada Brewing	アメリカ	5.8	132	76.2	337	41.2	1.081	22.7
165	スタウト	STOUTERIK	デ・ラ・シーン醸造所	ベルギー	4.5	236	75.8	320	38.1	1.055	52.4
166	インペリアルスタウト	インペリアルチョコレートスタウト	サンクトガーレン	日本	8.5	207	n.d.	644	58.2	1.061	24.3
167	インペリアルスタウト	サードインパクト	ベアードブルーイング(うしとら)	日本	7.5	232	96.6	632	37.7	1.100	31.0
168	インペリアルスタウト	スワンレイクインペリアルスタウト	瓢湖屋敷の杜ブルワリー	日本	10	222	94.1	651	38.8	1.125	22.2
169	インペリアルスタウト	大山Gビールインペリアルスタウト	久米桜麦酒株式会社	日本	9	227	93.4	494	33.3	1.115	25.2
170	インペリアルスタウト	金しゃち　インペリアルチョコレート・ヴァイツェン	ワダカン	日本	9	258	92.0	331	22.5	1.103	28.7
171	インペリアルスタウト	Black tie	Mikkeller	ﾃﾞﾝﾏｰｸ	11.5	233	95.9	431	76.3	1.125	20.3
172	インペリアルスタウト	goose bump	Mactarnahan's Brewering	アメリカ	9	208	80.0	747	61.1	1.146	23.1
173	インペリアルスタウト	HERCULE	Brasserie Ellezelloise	ベルギー	9	120	56.3	509	31.9	1.113	13.4
174	インペリアルスタウト	IMPERIAL CHOCOLATE STOUT	Rogue	アメリカ	10	554	n.d.	747	48.2	1.121	55.4
175	インペリアルスタウト	Nøgne Ø Imperial Stout Highland Edition	Nøgne Ø	ﾉﾙｳｪｰ	8.5	197	94.4	696	30.0	1.102	23.2
176	インペリアルスタウト	OLD RASPUTIN (2009)	North Coast Bre.	アメリカ	9	277	n.d.	511	48.4	1.116	30.8
177	インペリアルスタウト	OLD RASPUTIN (2010)	North Coast Brewing	アメリカ	9	204	94.5	542	31.2	1.115	22.6
178	インペリアルスタウト	SILVA Double STOUT	Green Flash Brewing	アメリカ	10	169	89.3	630	58.3	1.116	16.9
179	インペリアルスタウト	Stone Imperial Rossian Stout	The Stone Brewing	アメリカ	11	239	90.3	490	38.0	1.123	21.7
180	インペリアルスタウト	YETI (2009)	Great Divide Bre.	アメリカ	9.5	346	n.d.	795	69.9	1.107	36.4
181	インペリアルスタウト	YETI (2010)	Great Divide Brewing	アメリカ	9.5	290	97.3	936	32.1	1.131	30.5
182	インペリアルスタウト	黒	Mikkeller	ﾃﾞﾝﾏｰｸ	17.5	338	96.5	748	115.4	1.197	19.3
183	ランビック	CANTILLON Gueuze	Cantillon Brewery	ベルギー	5	269	50.9	230	26.4	1.060	53.7
184	フルーツビール	箕面ビールカベルネ	箕面ブリュワリー	日本	7	254	28.7	494	11.3	1.073	36.3
185	フィノシェリー	Fino Montilla Moriles	Moreno's brewery	スペイン	15	91	68.9	95	n.d.	n.d.	6.0
186	白ワイン	MACON VILLAGES Chardonnay2009	Honoré Lavigne	フランス	13	162	48.0	132	n.d.	n.d.	12.5
187	白ワイン	Piesporter Michelsberg Riesling Spatlese	Dr. Beckermann	ドイツ	8.5	148	65.7	187	n.d.	n.d.	17.4
188	赤ワイン	Chateau Haut Pognan 2006	Chateau Haut Pognan	フランス	12.5	1163	99.5	4166	n.d.	n.d.	93.0
189	赤ワイン	PINOT NOIR COTE CHALONNAISES2007	Champs Perdrix	フランス	12.5	1086	99.4	3429	n.d.	n.d.	86.9
190	日本酒	醸し人九平次純米吟醸仟の山田	萬乗醸造	日本	16	32	6.7	n.d.	n.d.	n.d.	2.0
191	焼酎	吉兆宝山	西酒造	日本	25	5	0.3	n.d.	n.d.	n.d.	0.2

Table 2　スタイル別にみた抗酸化活性および関連諸性質の平均値

発酵様式		スタイル	検体No.	alc(%)	DPPH消去能(nmol Trolox/mℓ)	スーパーオキシド消去能(%)	総ポリフェノール(mg/ℓ)	苦味価(BU)	推定初期比重	DPPH/alc
非ビール		発泡酒・ビール風飲料	1～8	4.9	54.7	19.8	85.2	15.7	1.049	11.3
下面発酵	淡色系	ピルスナー	9～25	5.0	120.9	18.7	207.7	23.8	1.058	24.0
		(国産・大手ビールメーカー)	9～14	5.0	81.7	19.0	160.7	22.4	1.057	16.3
		(国産・小規模醸造所)	15～25	5.0	142.3	18.5	233.3	24.5	1.058	28.3
		アップルラガー他[1]	26～30	4.5	137.2	28.3	206.2	26.2	1.057	29.9
	濃色系	ダークラガー他[2]	31～37	5.3	189.9	60.1	280.3	26.2	1.062	36.4
		ボック他[3]	38～42	6.6	232.7	50.8	384.4	32.4	1.083	35.0
上面発酵	淡色系	ヴァイツェン他[4]	43～50	5.2	110.9	25.5	181.1	21.3	1.063	21.4
		デュンケルヴァイツェン他[5]	51, 52	6.0	170.5	66.5	192.8	18.2	1.072	28.1
		ペールエール・ESB	53～64	5.3	151.1	38.8	257.3	30.5	1.063	28.9
		ケルシュ	65～69	5.0	162.4	21.7	218.3	20.6	1.057	32.2
		IPA	70～100	7.0	201.0	50.2	405.4	46.0	1.084	29.0
		(国産・小規模醸造所)	70～81	6.8	200.3	51.2	441.7	48.5	1.081	30.5
		(外国産・小規模醸造所)	82～100	7.2	201.5	49.5	382.4	44.4	1.087	28.0
		ブロンドエール・ゴールデンエール	101～105	4.9	140.4	18.1	219.6	31.0	1.060	28.7
		ゴールデンストロングエール	106～109	7.5	165.1	27.0	317.9	29.6	1.082	22.7
	濃色系	アンバーエール他[6]	110～117	5.4	162.2	45.0	376.7	42.4	1.067	29.9
		アルト	118～121	5.0	151.6	31.6	234.1	22.8	1.059	30.3
		バーレーワイン	122～139	10.1	180.7	71.3	389.7	39.7	1.127	18.5
		(国産・小規模醸造所)	122～131	9.7	180.4	71.0	397.5	35.7	1.120	19.3
		(外国産・小規模醸造所)	132～139	10.6	181.1	71.8	380.0	44.8	1.135	17.5
		ストロングエール他[7]	140～143	8.9	177.9	63.1	252.8	31.4	1.098	20.8
		ポーター	144～148	5.5	184.5	72.5	544.8	37.1	1.069	34.5
		スタウト	149～166	6.0	195.8	74.0	388.0	30.0	1.076	33.3
		(国産・大手ビールメーカー)	149, 150	6.5	160.0	77.0	240.0	27.3	1.080	26.5
		(国産・小規模醸造所)	151～159	6.0	229.6	72.3	440.8	30.2	1.077	38.4
		(外国産・小規模醸造所)	160～166	5.9	162.5	75.0	362.3	30.7	1.073	28.6
		インペリアルスタウト	167～183	9.9	254.1	90.0	619.6	48.9	1.119	26.2
		(国産・小規模醸造所)	167～171	8.8	229.2	94.0	550.4	38.1	1.101	26.3
		(外国産・小規模醸造所)	172～183	10.3	264.5	88.3	648.4	53.4	1.126	26.1
		フィノシェリー	185	15	91	68.9	95	n.d.	n.d.	6.0
		白ワイン	186, 187	10.8	155.0	56.9	159.5	n.d.	n.d.	14.9
		赤ワイン	188, 189	12.5	1124.4	99.4	3797.3	n.d.	n.d.	90.0
		日本酒	190	16	32	6.7	n.d.	n.d.	n.d.	2.0
		焼酎	191	25	5	0.3	n.d.	n.d.	n.d.	0.2

1) ヘレス, ウィートラガー　2) メルツェン　3) ラオホボック　4) ベルジャンホワイト, ウィートエール
5) ヴァイツェンボック　6) ブラウンエール, ハーブスパイスエール　7) ストロングスコッチエール

軒並み低い値であった。麦芽以外にコーンスターチやエンドウ豆タンパクなどの精製済みの副原料や，スピリッツ類などを多く使用していることが関係しているものと思われる。

ヴァイツェン・ベルジャンホワイト・ウィートエールは，麦芽（通常は大麦）の一部を小麦麦芽あるいは小麦に置き換えて製造するライトボディかつ苦味価が低めのエールである。これらのスタイルのビールのDPPHラジカル消去能およびスーパーオキシド消去能は，同程度のボディと苦味価であるブロンドエール・ゴールデンエール・ケルシュなどと比較しても低いものが多かった。小麦・小麦麦芽は，通常の麦芽よりも抗酸化物質の含有量が低い可能性が考えられる。

ボックおよびバーレーワインは，いずれも麦芽の使用量が多く，アルコール度数が高いことに特徴をもつスタイルである。これらのDPPHラジカル消去能およびスーパーオキシド消去能は高い値を示すものが多かった。麦芽はフェルラ酸，シナピン酸などの抗酸化物質を含有していることが知られており[11]，これら成分がボック，バーレーワインなどの麦芽使用量の多いビールの抗酸化活性に関与している可能性が考えられた。一方，IPAはホップ使用量が多く苦味価が高いことに特徴をもったスタイルである。このIPAの抗酸化活性もいずれも高い値であった。ホップに含まれるα-酸，β-酸などは抗酸化活性

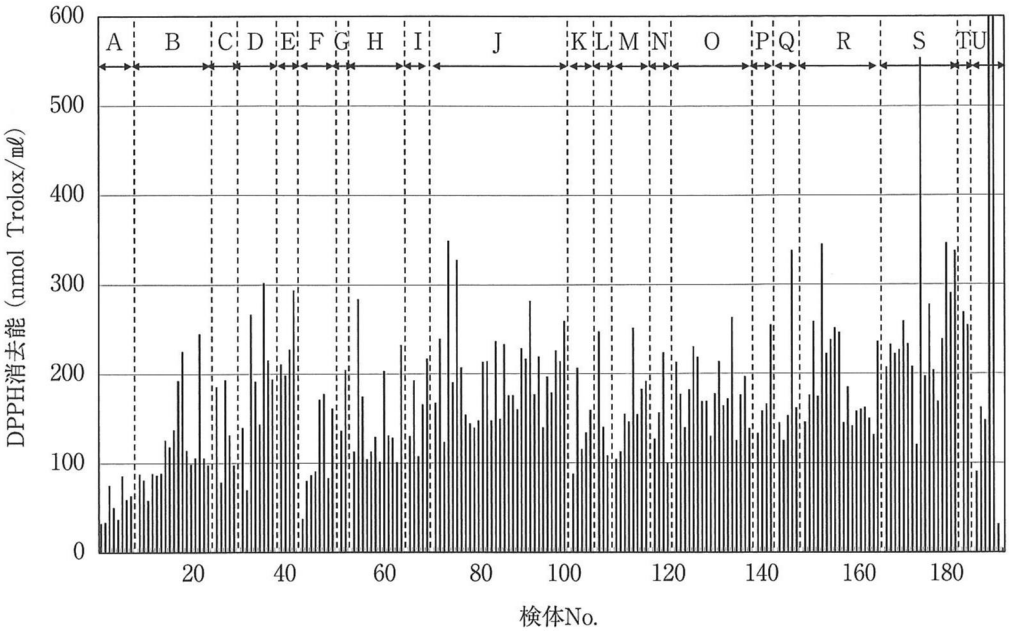

Fig. 1　各種ビール類のDPPHラジカル消去能

A：発泡酒・ビール風飲料，B：ピルスナー，C：アップルラガー・ヘレス・ウィートラガー，D：ダークラガー・メルツェン，E：ボック・ラオホボック，F：ヴァイツェン・ベルジャンホワイト・ウィートラガー，G：デュンケルヴァイツェン・ヴァイツェンボック，H：ペールエール・ESB，I：ケルシュ，J：IPA，K：ブロンドエール・ゴールデンエール，L：ゴールデンストロングエール，M：アンバーエール・ブラウンエール・ハーブスパイスエール，N：アルト，O：バーレーワイン，P：ストロングエール・ストロングスコッチエール，Q：ポーター，R：スタウト，S：インペリアルスタウト，T：ランビック・フルーツビール，U：その他酒類

を有していることが知られており[12]，これら成分がIPAなどのホップ使用量の多いビールの抗酸化活性に関与している可能性が考えられた。

ポーター・スタウトは強くローストした大麦麦芽および大麦を原料の一部に使用することに特徴をもつスタイルである。これらのビールの抗酸化活性は同程度の苦味価，初期比重のアンバーエール・ブラウンエール・ゴールデンストロングエールなどと比較して高いものが多かった。この結果は，ローストした麦芽および大麦は，通常の麦芽よりも抗酸化物質の含有量が増加している可能性を示唆するものである。

インペリアルスタウトは，麦芽の使用量，ホップの使用量ともに極端に多く，ローストした大麦も使用するスタイルである。このスタイルのビールの抗酸化活性はいずれも極めて高いものが多かった。上記の抗酸化活性が高いスタイルのビールの特徴をすべて併せもったスタイルであるため，高い抗酸化活性を示すものと思われる。

また，IPA，バーレーワイン，スタウト，インペリアルスタウトでは，国産地ビールと外国産の地ビールの比較を行ったが，抗酸化活性やその他諸性質に大きな違いはみられなかった。このことから，生産国による成分の違いはあまりないものと思われた。

他の酒類の抗酸化活性については，赤ワインがDPPHラジカル消去能，スーパーオキシド消去能ともに最も高く，それぞれ1124.4 nmol Trolox/mℓ，99.4%であった（Table 2）。ついで白ワインが高く，それぞれ155.0nmol Trolox/mℓ，56.9%であった。これらの値とビール類で得られた値とを比較すると，ボック他，IPA，バーレーワイン，ポーター，スタウト，インペリアルスタウトなどの一部のビール類のDPPHラジカル消去能，スーパーオキシド消去能は，赤ワインには劣るものの，白ワインより高い値であった。ビール類はワインと比較するとアルコール度数の低いものが多く，DPPHラジカル消去能をアルコール度数で割った値をみると，赤ワインが90.0，白ワインが14.9であるのに対し，ビール類は20～30の範囲のものが多い（Table 2）。つまりビール類は，白ワインよりアルコール度数あたりの抗酸化力は高いものが多いと考えられる。また，ピルスナービールを用いた研究において，ビールの抗酸化活性は*in vitro*では赤ワインより低いが，生体内では赤ワインと同等の活性を示すという報告もなされている[5]。すなわち上記の抗酸化活性の高いビール類は，赤ワインと同等かそれ以上に健康に寄与できる可能性をもつものと考えられる。

前述したように抗酸化活性の高かったビールは，IPA，インペリアルスタウトのようにホップ使用量が多いスタイル，およびバーレーワイン，ボック，インペリアルスタウトのように麦芽使用量が多いスタイルに多く存在する傾向がみられた。そこで，ビールの抗酸化活性がどの

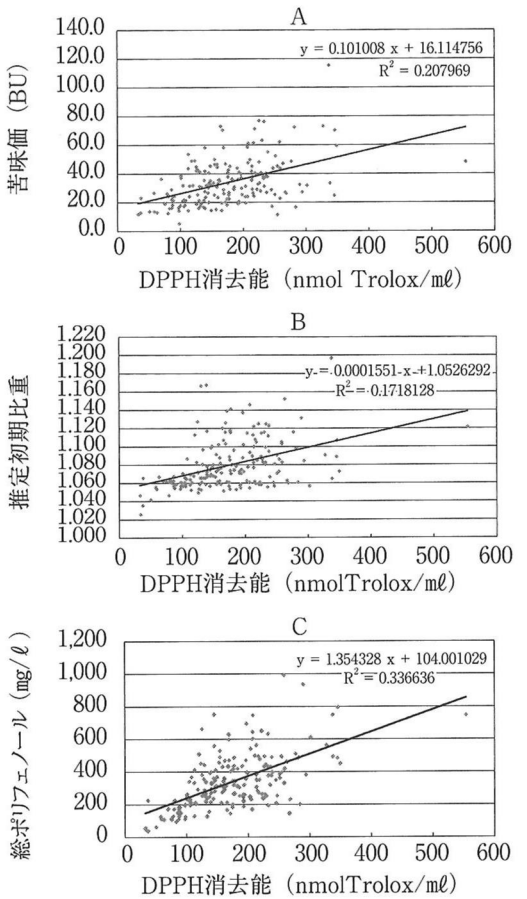

Fig. 2　PPH消去能と各種諸性質の相関関係

A：苦味価　B：推定初期比重　C：総ポリフェノール

原料に主に由来するものであるか推定するため，苦味価をホップ使用量の指標，推定初期比重を麦芽使用量の指標とし，DPPHラジカル消去能との相関関係を調べた。また，ビールの抗酸化活性がポリフェノール系物質に由来するものであるか調べるため，総ポリフェノール量とDPPHラジカル消去能の相関性も調べた。その結果，総ポリフェノール量との相関係数がR＝0.5802，苦味価との相関係数がR＝0.4561，推定初期比重との相関係数がR＝0.4145であった（Fig.2）。このことから，ビール中の抗酸化物質はポリフェノール系物質であることが示唆された。しかし，原料のうちホップあるいは麦芽のどちらに主に由来する物質であるかは，明確に示されなかった。ホップと麦芽両方に由来する複数の物質が，ビールの抗酸化活性に関係している可能性が考えられる。

要　約

ビールの抗酸化活性について，スタイルごとの品質特性を明らかにするため，様々なスタイルのビール類のDPPHラジカル消去能，スーパーオキシド消去能を測定し比較を行った。その結果，DPPHラジカル消去能はインペリアルスタウト，ボック類，IPAおよびスタウト等で高く，それぞれの平均値は254.1，232.7，201.0および195.8nmol Trolox/mℓであった。一方，DPPHラジカル消去能が低かったのは発泡酒・ビール風飲料，ヴァイツェン類およびピルスナー等で，それぞれの平均値は54.7，110.9，120.9nmol Trolox/mℓであった。スーパーオキシド消去能については，インペリアルスタウト，スタウト，ポーターおよびバーレーワイン等で高く，それぞれの平均値は90.0，74.0，72.5および71.3%であった。一方，ブロンドエール類，ピルスナー，発泡酒・ビール風飲料において活性は低く，それぞれ18.1，18.7および19.8%であった。これらのビール類の抗酸化活性をワイン類と比較すると，いずれも赤ワインよりは低値であったが，スタイルによっては白ワインよりも高値であった。また，DPPHラジカル消去能と総ポリフェノール量，苦味価，推定初期比重の相関性を調べたところ，DPPHラジカル消去能は総ポリフェノール量と高い相関性を示した。

文　献

1）Ashwell, M. 編：食事と心疾患（近藤和男訳）（第一出版，東京），pp.108～113（2007）

2）奥田　徹・横塚弘毅：ワイン中のフェノール成分リスベラトロールは心臓病に効果があるか，ソーダと塩素，**45**，237～241（1994）

3）Tedesco, I., Russo, M., Russo, P., Iacomino, G., Russo, G. I., Carraturo, A., Faruolo, C., Moio, L. and Palumbo, R. : Antioxidant effect of red wine polyphenols on red blood cells, *J. Nutr. Biochem.*, **11**, 114～119（2000）

4）Ashwell, M. 編：食事と心疾患（近藤和男訳）（第一出版，東京），p.133（2007）

5）近藤恵二：ビールの健康機能性（ビールの生活習慣病予防効果），日本醸造協会誌，**98**，228～240（2003）

6）石渡仁子・高村仁知・的場輝佳：市販アルコール飲料のDPPHラジカル捕捉活性，日本調理科学会誌，**34**，407～417（2001）

7）Tedesco, I., Nappo, A., Iacomino, G., Nazzaro, F., Palumbo, R. and Russo, G. L.: Antioxidant and cytoxic properties of lyophilized beer extracts on HL-60 cell line, *Nutrition and cancer*, **52**（1），74～83（2005）

8）Li, W., Pickard, M. D. and Beta, T. : Evaluation of antioxidant activity and electronic taste and aroma properties of antho-beers from purple wheat grain, *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 8958～8966（2007）

9）Shimomura, O., Wu, C., Murai, A. and Nakamura, H. : Evaluation of imidazopyrozinone-type chemiluminescent super-oxide probes and their application to the Measurement of superoxide anion generated by listeria monocytogenes, *Anal.*

Biochem., **258**, 230～235 (1998)

10) ビール酒造組合国際技術委員会（分析委員会）編：改訂BCOJビール分析法，日本醸造協会，pp.〔8.15〕～〔8.16〕(2004)

11) LEITAO, C., MARCHIONI, E., BERGAENTZLÉ, M., ZHAO, M., DIDIERJEAN, L., MIESCH, L., HOLDER, E., MIESCH, M. and ENNAHAR, S.: Fate of polyphenols and antioxidant activity of barley throughout malting and brewing, *Journal of Cereal Science*, **55**, 318～322 (2012)

12) WIETSTOCK, P., KUNZ, T., SHELLHAMMER, T., SCHÖN, T. and METHNER, F.: Behavior of antioxidants derived from hops during wort boiling, *Journal of the institute of brewing*, **116** (2), 157～166 (2010)

（平成24年8月27日受付，平成25年11月26日受理）