

味認識装置を用いた味分析による日本産ナメコの「味」の見える化

研究期間：令和3年度～5年度

増野和彦・古川 仁

美味しいナメコの生産技術開発のために、味認識装置による味分析を活用して以下の成果を得た。①北海道から九州までの全国のブナ林で収集したナメコ野生株について栽培試験を行い、得られた子実体の味分析結果を図示して、優良育種素材を5系統選抜した。②栽培試験によって把握したナメコ野生株の栽培特性に基づき、生産効率から優良育種素材を4系統選抜した。③味分析による優良育種素材と生産効率による優良育種素材の両者に選抜されたナメコ野生株1系統を、生産効率と美味しさを合わせ持つ菌株として選定した。④ナメコ野生株の味分析による数値を用いて主成分分析を行い、得られた主成分得点の散布図を作成して、野生株の味の特徴を解析した。⑤美味しいナメコを採取するために適した日本国内の地域について、味分析結果から考察し味の地域間差を把握した。

キーワード：ナメコ, 味認識装置, 菌床栽培, 野生株, 主成分分析

1 緒言

産地間競争の激化によりきのこの販売単価は下落し、中小規模生産者の経営は厳しい。生産者所得を向上させて、きのこ生産を山村地域の産業として維持・発展させるためには、きのこの需要拡大と高付加価値化が必要である。

これまで、きのこ栽培技術の開発は収量の向上や栽培期間の短縮化等の生産性向上を主な目的としていた。しかし、地域ごとに特色のあるきのこ生産と消費拡大のためには、効率性一辺倒を見直して、あまり重視されてこなかった「美味しいきのこ生産」を目指した技術開発が必要と考えた。そこで、味を切り口としてナメコの品種及び栽培技術を改良することを目標として取り組んでいる。

この目標に向けて、ナメコの味の数値評価に対する味認識装置による味分析の有効性を確認した上で、味分析結果の評価基準を策定し、この基準に基づいて、ナメコを美味しく食するための栽培技術及び流通・保存技術の改良に取り組んできた¹⁾²⁾。

これまでの成果を踏まえ、本研究では文科省科学研究費助成事業（基盤基礎（C）・課題番号：21K05721:令和3年度～令和5年度）の補助を得て、味分析による数値評価によってナメコの味を「見える化」し、日本国内において収集したナメコ野生株について、優良育種素材の選抜、味の特性解明、並びに美味しいナメコの菌株採取に適した地域の選定を図った。

2 研究の方法

2.1 美味しいナメコの優良育種素材の選抜

2.1.1 野生株の栽培試験

長野県林業総合センターにおいて保存（継代培養）しているナメコ野生株292系統から採集地域が全国的に分散するように59系統を供試菌株として選定した（表-1）。選定した菌株について菌床栽培試験を行い、栽培特性を調査するとともに、得られた子実体を味分析に供した。対照品種は、現在最も利用されている市販品種（キノックス KX-N008, 以下 N008）とし、栽培で得られた子実体を野生株と同様に味分析に供した。

選定したナメコ野生株の採集県（ ）内菌株数；北海道（9）、青森県（3）、岩手県（3）、秋田県（4）、山形県（7）、福島県（3）、新潟県（7）、富山県（2）、石川県（3）、福井県（3）、長野県（4）、京都府（2）、奈良県（1）、鳥取県（1）、高知県（3）、宮崎県（4）の16道府県。

接種源の前培養；プラスチック製の直径90mm滅菌シャーレに各25mLずつ分注した極東製薬製PDA（ポテト・デキストロース・寒天）培地において、20℃で14日間二核菌糸体を培養。栽培培地組成；ブナおが粉：フスマ=10：2（容積比）、含水率65%。容器；ポリプロピレン製800mL広口ビン（口径77mm）。接種；寒天培地ごと直径10mmのコルクボーラーで打ち抜いた前培養菌糸体の切片を、1ビン当たり4か所。供試数；1系統3本。培養；20℃75日間、発生；14℃、超音波加湿機で湿度90%以上。収穫調査；収穫は子実体の傘の膜切れ前に、茎をハ

サミで菌床面の高さで切って行い、個数、収量（生重量）を測定、発生処理後一番収穫が得られるまでの所要日数（以下、一番収穫所要日数）を調査、発生処理後 100 日間実施。収穫子実体； -60℃で凍

結後、分析を外注した一般社団法人長野県農村工業研究所（以下、農工研）へ送付。

表-1 供試ナメコ野生株菌株リスト(優良育種素材の選抜)

番号	採集日	採集県	採集地・市町村名	保存種名	慣用名称
1	2018/10/30	石川県	白山市	ナメコ	白山ナメコ B-2
2	2018/10/23	石川県	白山市	ナメコ	白山ナメコ C-1
3	2018/10/30	石川県	白山市	ナメコ	白山ナメコ B-1
4	2017/11/11	新潟県	村上市	ナメコ	村上ナメコ A-2
5	2017/11/11	新潟県	村上市	ナメコ	村上ナメコ A-1
6	2016/11/4	青森県	むつ市	ナメコ	薬研ナメコ B-5-1
7	2016/11/4	青森県	むつ市	ナメコ	薬研ナメコ B-10-1
8	2014/11/15	宮崎県	椎葉村	ナメコ	向坂山ナメコ A-1-2
9	2014/11/15	宮崎県	椎葉村	ナメコ	向坂山ナメコ A-1-3
10	2014/11/15	宮崎県	椎葉村	ナメコ	向坂山ナメコ A-1-4
11	2014/11/15	宮崎県	椎葉村	ナメコ	向坂山ナメコ A-1-5
12	2011/10/28	青森県	むつ市	ナメコ	むつ市ナメコ A-6-3
13	2010/11/2	岩手県	八幡平市	ナメコ	松川ナメコ A-1
14	2010/11/2	岩手県	八幡平市	ナメコ	松川ナメコ A-4
15	2010/11/2	岩手県	八幡平市	ナメコ	松川ナメコ B-3-2
16	2009/10/15	北海道	島牧村	ナメコ	島牧村ナメコ A-2
17	2009/10/15	北海道	島牧村	ナメコ	島牧村ナメコ B-2
18	2009/10/15	北海道	島牧村	ナメコ	島牧村ナメコ C-13
19	2006/11/1	新潟県	胎内市	ナメコ	胎内ナメコ B-3-2
20	2006/11/1	新潟県	胎内市	ナメコ	胎内ナメコ C-3-2
21	2000/10/18	長野県	栄村	ナメコ	切明ナメコ A-3-1
22	2000/10/18	長野県	栄村	ナメコ	切明ナメコ A-3-2
23	2000/10/18	長野県	栄村	ナメコ	切明ナメコ A-3-3
24	2000/10/18	長野県	栄村	ナメコ	切明ナメコ A-1
25	1999/10/29	山形県	月山	ナメコ	月山ナメコ A-13
26	1999/10/29	山形県	月山	ナメコ	月山ナメコ A-16
27	1999/10/29	山形県	月山	ナメコ	月山ナメコ A-26
28	1999/10/29	山形県	月山	ナメコ	月山ナメコ A-32
29	1999/10/29	山形県	月山	ナメコ	月山ナメコ C-1
30	1998/11/11	新潟県	相川町	ナメコ	佐渡ナメコ B-1
31	1998/11/11	新潟県	佐和田町	ナメコ	佐渡ナメコ C-1
32	1998/10/15	北海道	渡島半島	ナメコ	神威山下ナメコ 12
33	1998/10/15	北海道	渡島半島	ナメコ	カモイナメコ 4
34	1998/10/15	北海道	渡島半島	ナメコ	イタヤカエデナメコ 7
35	1998/10/15	北海道	渡島半島	ナメコ	狩場山下ナメコ 21
36	1998/10/15	北海道	渡島半島	ナメコ	狩場山下ナメコ 25
37	1998/10/8	北海道	渡島半島	ナメコ	泊ナメコ黒松内 1-1
38	1997/10/30	高知県	本川村・石鎚山	ナメコ	金山谷ナメコ 7
39	1997/10/30	高知県	本川村・石鎚山	ナメコ	金山谷ナメコ 8
40	1997/10/30	高知県	本川村・石鎚山	ナメコ	金山谷ナメコ 11
41	1996/10/6	鳥取県	大山寺町	ナメコ	大山ナメコ 1-2
42	1995/11/8	富山県	平村	ナメコ	平村ナメコ 1
43	1995/11/8	富山県	平村	ナメコ	平村ナメコ 4
44	1994/11/1	秋田県	鳥海町	ナメコ	秋田ナメコ 8-2
45	1994/11/1	秋田県	鳥海町	ナメコ	秋田ナメコ 8-4
46	1994/11/1	秋田県	鳥海町	ナメコ	秋田ナメコ 12-1
47	1994/11/1	秋田県	鳥海町	ナメコ	秋田ナメコ 12-2
48	1994/10/6	山形県	朝日村	ナメコ	朝日ナメコ 1
49	1994/10/6	山形県	朝日村	ナメコ	朝日ナメコ 2
50	1993/10/26	福井県	和泉村	ナメコ	和泉村ナメコ 2-①孢子
51	1993/10/26	福井県	和泉村	ナメコ	和泉村ナメコ 3
52	1993/10/26	福井県	和泉村	ナメコ	和泉村ナメコ 6
53	不明	福島県	南会津町	ナメコ	助木生ナメコ 1(3)ミズメ
54	不明	福島県	南会津町	ナメコ	助木生ナメコ 4(4)
55	不明	福島県	南会津町	ナメコ	助木生ナメコ 5-1(3)
56	2005/11/9	京都府	美山町芦生	ナメコ	芦生ナメコ 1-4
57	2005/11/9	京都府	美山町芦生	ナメコ	芦生ナメコ 1-5
58	1998/11/18	奈良県	天川村・弥山	ナメコ	弥山ナメコ D 柄
59	2006/11/1	新潟県	胎内市	ナメコ	胎内ナメコ B-3-1

2.1.2 味認識装置による味分析

農工研保有「味認識装置 TS-5000Z」（株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー製）を用いた。試料は、凍結乾燥子実体2gに蒸留水を200mL加え、湯浴中で15分熱水抽出後、粉碎器により粉碎後ろ過し、ろ液を味分析に供した。測定は4回行って最初の1回を除いた3回の測定結果の平均値を各センサーの測定値とした。さらに、センサー測定値を換算し、それぞれの味の度合いとして表した。なお、味覚センサーは、塩味、酸味、甘味、苦味、うま味、渋味に応答する6種類があり、さらに1つのセンサーから「先味」と「後味」の2種類の情報を感知することができる。先味は食べたときに感じる味、後味は食べ物を飲み込んだあとに口の中に残る味に相当する。これらの味の有無は、得られた測定値から装置が自動的に有意差を判定する機構となっている。

2.2 美味しいナメコ菌株の採取地域の検討

2.2.1 野生株の栽培

美味しいナメコの菌株を効率的に採集するために、味分析によるナメコの味の地域間差について検討した。また、特に長野県内収集株と他県収集株との味分析結果の比較を試みた。全国のブナ林を中心にナメコの遺伝資源収集を行ってきたが、確率的に長野県内で全国と同等に優良な遺伝資源を得ることができるのであれば、他県で収集することなく研究を効率的に進めることができるためである。

供試菌株；長野県林業総合センター保存（継代培養）のナメコ野生株から、長野県内及び近隣県の6地域のブナ林内で収集した29系統を新たに選定した（表-2）。対照品種はN008とした。栽培試験；対照品種及び選定した菌株について菌床栽培試験を行い、得られた子実体を味分析に供した。栽培条件、収穫子実体の処理方法は、2.1.1 野生株の栽培試験に示した方法と同様である。

表-2 供試菌株リスト（美味しいナメコ菌株の採取地域）

項目 内番 号	通算 番号	採集日	採集県	採集地・市町村名	保存種 名	慣用名称
1	60	2019/10/31	富山県	富山市	ナメコ	有峰ナメコ A-6
2	61	2019/10/31	富山県	富山市	ナメコ	有峰ナメコ A-7
3	62	2019/10/31	富山県	富山市	ナメコ	有峰ナメコ B-1
4	63	2019/10/31	富山県	富山市	ナメコ	有峰ナメコ B-2
5	64	2019/10/31	富山県	富山市	ナメコ	有峰ナメコ C-1
6	65	2019/10/31	富山県	富山市	ナメコ	有峰ナメコ D-1
7	66	2018/10/30	石川県	白山市	ナメコ	白山ナメコ A-1-2
8	67	2019/10/30	石川県	白山市	ナメコ	白山ナメコ F-1
9	68	2018/10/30	石川県	白山市	ナメコ	白山ナメコ E-1
10	69	2021/10/30	長野県	小谷村	ナメコ	小谷ナメコ A-3
11	70	2021/10/30	長野県	小谷村	ナメコ	小谷ナメコ A-5
12	71	2021/10/30	長野県	小谷村	ナメコ	小谷ナメコ B-4
13	72	2021/10/30	長野県	小谷村	ナメコ	小谷ナメコ C-1
14	73	不明	長野県	木島平村・牧ノ入	ナメコ	牧ノ入ナメコ 1
15	74	不明	長野県	木島平村・牧ノ入	ナメコ	牧ノ入ナメコ 2
16	75	不明	長野県	木島平村・牧ノ入	ナメコ	牧ノ入ナメコ 4
17	76	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-1
18	77	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-2
19	78	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-3-1
20	79	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-3-2
21	80	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-4
22	81	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-5
23	82	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-6
24	83	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-7
25	84	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-8
26	85	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-9
27	86	2022/10/21	長野県	木島平村・カヤノ平	ナメコ	カヤノ平ナメコ D-10
28	87	2022/10/20	長野県	木島平村・スキー場	ナメコ	木島平ナメコ B-1
29	88	2022/10/20	長野県	木島平村・スキー場	ナメコ	木島平ナメコ C-1

2.2.2 味認識装置による味分析

2.1.2 味認識装置による味分析に示した方法と同様である。

3 研究の結果と考察

3.1 美味しいナメコの優良育種素材の選抜

3.1.1 味分析による選抜-美味しいナメコの評価基準に基づく選抜-

対照品種 1 系統及び野生株 59 系統の計 60 系統を栽培試験に供した。その結果, 野生株 59 系統のうち 10 系統は子実体の発生を見ることができなかった。また, 野生株 2 系統については, 子実体の発生は得られたが, サンプル量が極めて少ないため, 味分析の対象からは除外した。したがって, 味分析には対照品種 1 系統及び野生株 47 系統の計 48 系

統を供することとなった。

先行研究²⁾において「旨味値が大きく苦味雑味値が小さいこと」を「美味しいナメコ」の評価基準と定めた。そこで, 47 菌株の旨味値と苦味雑味値について, 対照品種である市販品種 N008 の値を 0 として換算して, 旨味値と苦味雑味値の散布図を作成した (図-1)。

得られた散布図を基に, 旨味値が大きく苦味雑味値が小さい高知県採取の「金山谷ナメコ 7」, 石川県採取の「白山ナメコ C-1」「白山ナメコ B-2」, 新潟県採取の「胎内ナメコ C-3-2」, 鳥取県採取の「大山ナメコ 1-2」の計 5 系統を美味しいナメコの優良素材として選抜した。

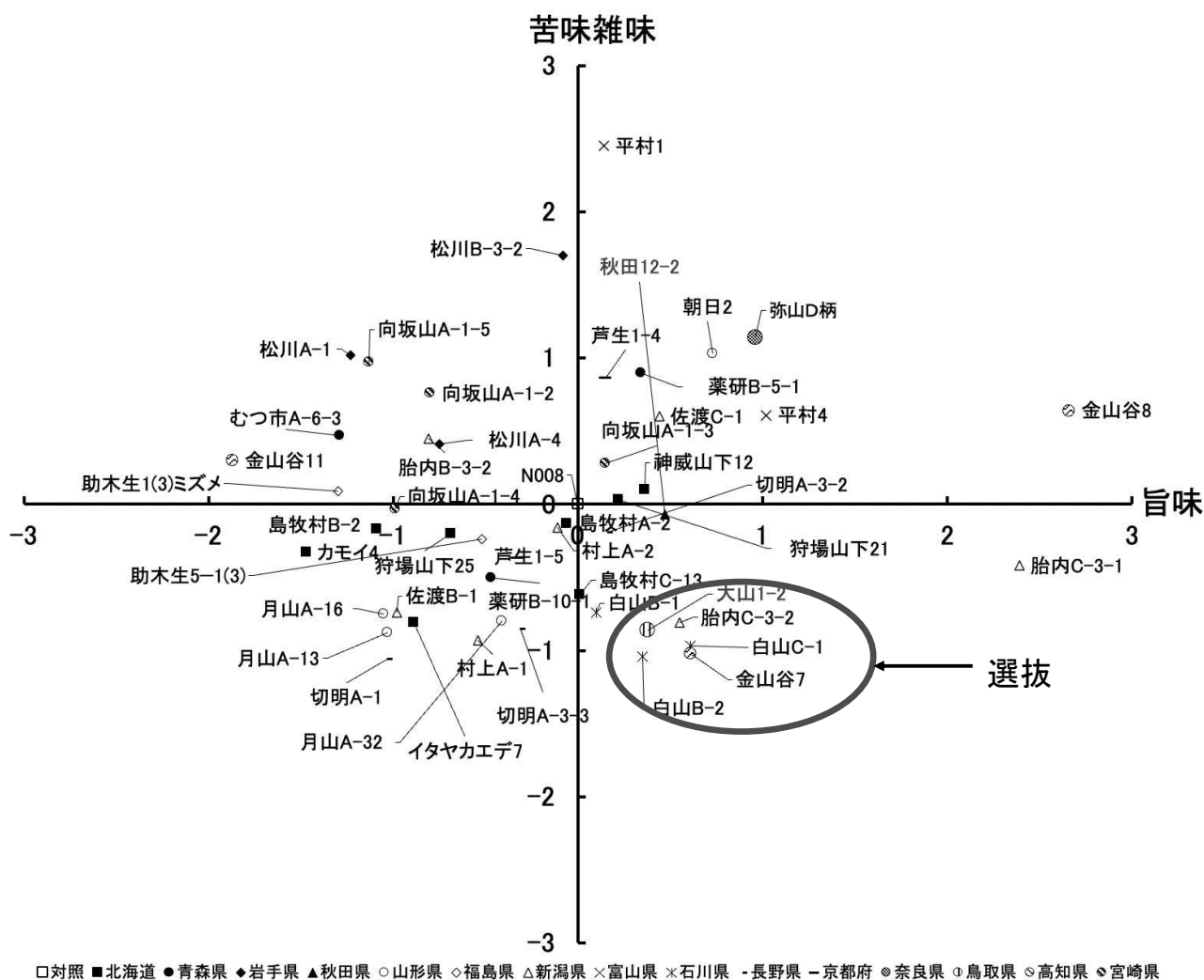


図-1 ナメコ野生株の味分析結果 (市販品種 N008 の分析値を 0 として換算)

3.1.2 生産効率による選抜

栽培試験の結果を表-3及び写真-1に示した。また、栽培試験結果を基に、生産の効率性を示す一番収穫所要日数、早晚生区分、総収量の3つの栽培特性について菌株数による頻度分布表を作成した。なお、収量が少なく味分析に供することのできなかった2系統についても頻度区分に加えているので、野生株の総数は49系統である。

一番収穫所要日数（発生処理をしてから最初の子実体が発収穫されるまでの日数）による菌株数の分布は図-2に示した。

現行の実用品種と同等の20日間以内の菌株は、子実体発生菌株の4.1%に相当する2菌株のみであった。この2菌株は、石川県採取の「白山ナメコC-1」及び北海道採取の「狩場山下ナメコ21」であった。

発生処理後100日間を25日間ずつの4期間に分け、最も収量の多かった期間により早生（0～25日間：A）、中早生（26～50日間：B）、中晩生（51～75日間：C）、晩生（76～100日間：D）に区分した。その菌株数の頻度分布を図-3に示した。

現行の実用品種と同じく、0～25日間に最も収量の多い早生に区分できたのは、子実体発生菌株の4.1%に相当する2菌株のみであった。この2菌株は、石川県採取の「白山ナメコC-1」及び宮崎県採取の「向坂山ナメコA-1-4」であった。

発生処理後100日間で得られた総収量によって、供試菌株をA、B、C、Dの4段階に区分した。各区分の菌株数の頻度分布を図-4に示した。

現行の実用品種と同等の150（g/ビン）以上の菌株は、子実体発生菌株の2.0%に相当する1菌株のみであった。この1菌株は、福島県採取の「助木生ナメコ1（3）ミズメ」であった。

以上の結果、生産の効率性からは「白山ナメコC-

1」「狩場山下ナメコ21」「向坂山ナメコA-1-4」「助木生ナメコ1（3）ミズメ」の計4系統を選抜した。

3.1.3 総合的な選抜

ナメコ野生株について味分析結果及び栽培試験結果による生産効率の両者から総合的な優良育種素材の選抜を図った。表-4に示したとおり、味分析及び生産効率の二つの観点について、共通で選抜された菌株は「白山ナメコC-1」であった。この菌株を栽培の効率性と美味しさを合わせ持つ優良素材として選抜した。なお、「白山ナメコC-1」の栽培試験での発生状況を写真-2に示した。

3.1.4 主成分分析による味の特徴の解析

前述のように、「旨味値が大きく苦味雑味値が小さいこと」を「美味しいナメコ」の評価基準と定めた。これは、食味官能評価によって多くの人から野生ナメコ子実体が美味しいと認識されたため、この野生ナメコ子実体の味分析結果から導いた基準である²⁾。ナメコ子実体を味分析に供すると、多くの場合、旨味値、苦味雑味値、旨味コク値の3つが有意な味として検出される¹⁾²⁾が、美味しいナメコの評価基準では旨味コク値を省いて二次元散布図を作成し、味を「見える化」した。

そこで、旨味コク値も加味したナメコの味と菌株間の特徴の解析を主成分分析の手法で試みた。主成分分析は、多変数を持つデータを集約して少ない要素で特徴を表すことのできる統計解析法であり、味分析が先行的に導入された食品産業で味噌、醤油などの製品特性の解析に用いられている³⁾⁴⁾。

旨味値、苦味雑味値の他に、旨味コク値について主成分分析によって3つの値を総合することで、菌株間の味の特徴の分析を試みた。なお、解析ソフトウェアには株式会社エスミ「Mac 多変量解析 Ver. 3.0」を使用した⁵⁾。

表-3 栽培試験の結果

番号	合計		0-25 日間		26-50 日間		51-75 日間		76-100 日間		一番収 穫所要 日数
	個数	収量(g)	個数	収量(g)	個数	収量(g)	個数	収量(g)	個数	収量(g)	
1	143.7	116.0	30.3	25.3	105.0	73.0	4.3	9.3	4.0	8.3	26.3
2	150.7	134.7	56.0	61.7	78.7	57.3	15.0	13.0	1.0	2.7	19.7
3	105.7	99.0	23.3	17.0	21.3	24.7	39.7	31.7	21.3	25.7	24.0
4	152.0	131.7	30.0	31.3	76.7	50.0	35.0	32.0	10.3	18.3	22.3
5	151.3	100.0	0.0	0.0	29.7	32.7	101.3	49.7	20.3	17.7	34.0
6	78.0	108.7	3.3	10.3	38.3	60.7	28.0	26.0	8.3	11.7	29.0
7	184.0	103.7	21.0	21.3	33.7	25.0	75.7	32.3	53.7	25.0	23.0
8	49.0	57.7	0	0	29.7	44.0	17.7	11.0	1.7	2.7	34.0
9	88.7	73.0	29.0	19.3	48.3	41.7	3.3	5.7	8.0	6.3	31.3
10	98.0	64.7	42.7	33.0	47.0	27.0	8.3	4.7	0.0	0.0	26.7
11	57.3	60.7	0	0	37.0	41.7	7.0	11.7	13.3	7.3	32.7
12	115.7	93.0	0	0	68.7	54.3	31.7	23.3	15.3	15.3	33.0
13	118.7	106.3	0	0	38.7	44.0	47.3	29.0	32.7	33.3	35.3
14	155.7	92.7	0	0	51.7	38.3	59.7	31.3	44.3	23.0	35.3
15	141.7	107.3	0	0	33.3	28.3	42.0	37.3	66.3	41.7	45.0
16	148.0	134.0	0	0	89.3	90.0	38.3	26.7	20.3	17.3	32.0
17	92.0	85.0	0	0	6.0	8.0	39.0	30.3	47.0	46.7	50.7
18	109.0	94.0	0	0	57.3	61.3	22.7	15.7	29.0	17.0	29.0
19	36.0	48.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	4.3	33.3	44.0	82.0
20	132.0	87.7	6.0	6.7	48.7	38.3	58.0	30.0	19.3	12.7	27.3
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22	6.7	17.0	0	0	6.7	17.0	0.0	0.0	0	0	45.0
23	181.0	130.0	0	0	113.7	94.7	44.0	23.0	23.3	12.3	30.7
24	79.0	50.0	0	0	12.7	13.7	57.7	31.7	8.7	4.7	50.0
25	181.7	126.3	0	0	75.3	49.7	69.0	48.0	37.3	28.7	34.7
26	131.3	110.7	0	0	51.0	54.3	55.0	38.7	25.3	17.7	43.3
27	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	56.0
28	207.0	123.3	57.3	32.7	100.0	56.3	40.3	24.3	9.3	10.0	22.0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
30	198.0	138.0	19.0	20.7	97.3	70.0	57.0	34.3	24.7	13.0	21.7
31	56.0	84.0	0	0	35.7	51.7	9.0	18.0	11.3	14.3	26.0
32	204.7	137.0	30.0	29.0	112.7	71.3	35.3	21.3	26.7	15.3	22.7
33	92.3	69.3	0.0	0.0	0.0	0.0	65.7	44.0	26.7	25.3	51.7
34	168.7	123.3	0.0	0.0	73.7	63.0	60.0	37.3	35.0	23.0	34.0
35	179.7	147.0	35.0	52.0	86.0	52.7	61.0	31.0	10.0	11.3	19.7
36	32.3	42.3	0	0	12.0	15.0	13.7	14.3	6.7	13.0	49.0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
38	125.0	76.3	0.0	0.0	91.7	58.3	0.7	0.7	32.7	17.3	40.0
39	36.7	45.7	0	0	0	0	27.0	30.0	9.7	15.7	55.0
40	78.7	97.7	0	0	29.3	37.3	29.7	34.3	19.7	26.0	46.3
41	94.0	83.3	23.7	20.3	35.0	27.7	3.3	3.7	32.0	31.7	43.0
42	13.7	52.0	0.0	0.0	2.3	1.7	11.3	50.3	0.0	0.0	73.0
43	45.7	49.3	0.0	0.0	0.0	0.0	39.3	42.0	6.3	7.3	57.3
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
46	7.3	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	15.3	90.0
47	172.3	142.0	0	0	92.0	75.3	46.0	39.7	34.3	27.0	29.7
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
49	60.7	86.0	0	0	13.0	22.7	25.3	21.7	22.3	41.7	46.3
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
53	209.3	165.0	0	0	69.7	75.3	99.0	61.3	40.7	28.3	27.7
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
55	129.3	90.7	0	0	57.7	52.3	38.0	22.3	33.7	16.0	32.3
56	31.7	34.0	0	0	9.0	11.3	12.7	16.0	10.0	6.7	59.0
57	167.3	121.3	0	0	50.3	48.3	84.0	45.0	33.0	28.0	40.0
58	27.0	32.0	0	0	3.7	12.7	6.0	8.0	17.3	11.3	50.0
59	96.0	67.3	0	0	64.3	44.3	31.7	23.0	0.0	0.0	37.0

-;子実体未発生のため数値なし



写真-1 野生株の栽培試験によって発生した子実体(一部の系統)

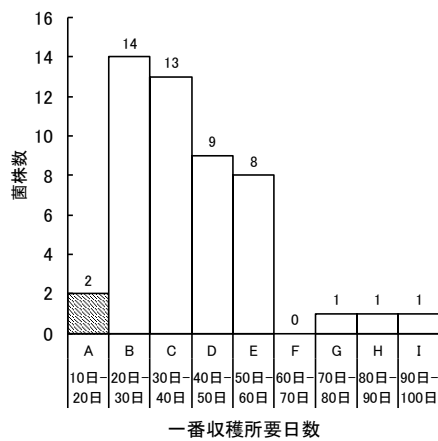


図-2 ナメコ野生株の栽培特性 (一番収穫所要日数)

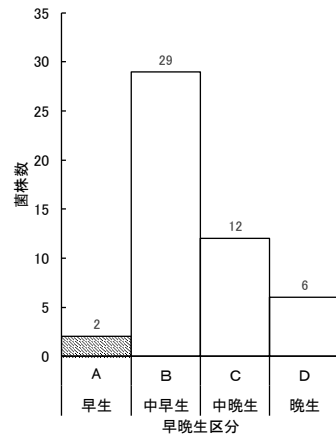


図-3 ナメコ野生株の栽培特性 (早晩生区分)

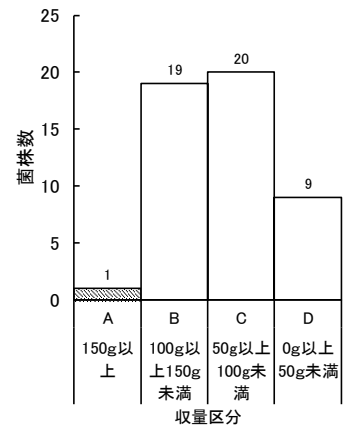


図-4 ナメコ野生株の栽培特性 (1ビン当たり総収量)

表-4 総合選抜

味分析による選抜株名	生産効率による選抜株名
胎内ナメコ C-3-2	白山ナメコ C-1
白山ナメコ B-2	狩場山下ナメコ 21
大山ナメコ 1-2	向坂山ナメコ A-1-4
白山ナメコ C-1	助木生ナメコ 1(3) ミズメ
金山谷ナメコ 7	



写真-2 選抜した優良育種素材 (白山ナメコ C-1)

主成分分析で得られた結果のうち、固有値・寄与率・累積寄与率を表-5 に、主成分負荷量を図-5 に、第 1 主成分と第 2 主成分の主成分得点の散布図を図-6 にそれぞれ示した。なお、主成分分析に関する用語の説明を図-6 の脚注に記載している。

第 1 主成分の固有値は 1. 21, 第 2 主成分の固有値は 1. 09 で、それぞれ変数 1 個以上の情報量を有すると認められた。第 1 主成分の寄与率が 40. 26%, 第 2 主成分の寄与率が 36. 40% で、両者で累積寄与率が 76. 66% となっており、元データの 80% 近くの情報量をこの 2 つで表すと解釈できた。

主成分負荷量では、第 1 主成分の旨味コク値と旨味値が+の絶対値が高く苦味雑味値が-になっていること、及び第 2 主成分の苦味雑味値、旨味値が+になり、旨味コク値が-になっていることから、第 1 主成分（横軸）を「コクのある旨味」、第 2 主成分（縦軸）を「クセのある旨味」と位置づけた。

第 1 主成分の値が大きい程、旨味と旨味コク（後味としての旨味）が大きく、第 2 主成分の値が大きい程、旨味と同時に苦味雑味があると考えた。前者は多くの人に受け入れられる旨味があり、後者は必ずしも多くの人に好まれないが特徴のある旨味を示すものと推察した。今回の使用菌株について「多くの人から受け入れられる味を持った菌株」のグループ、「特徴のある味を持った菌株」のグループ 1 と 2 を抽出して図-6 に示した。

「多くの人から受け入れられる味を持った菌株」グループには、市販対照品種の「N008」, 野生株では「島牧村ナメコA-2」「島牧村ナメコC-13」「狩場山下ナメコ21」「薬研ナメコB-10-1」「松川ナメコA-1」「秋田ナメコ12-2」「月山ナメコA-32」「胎内ナメコC-3-2」「白山ナメコB-2」「白山ナメコC-1」「白山ナメコB-1」「切明ナメコA-3-2」「芦生ナメコ1-5」「大山ナメコ1-2」が入った。ここには、美味しいナメコの評価基準で選ばれた 5 系統中 4 系統が入っていた。

「特徴のある味を持った菌株」グループ1には、「薬研ナメコB-5-1」「朝日ナメコ 2」「佐渡ナメコC-1」「平村ナメコ 1」「平村ナメコ 4」「芦生ナメコ1-4」「弥山ナメコD柄」が入った。このグループは、以下のグループ 2 よりも後味の「コク」は少ないが、「キレ」があると考えられる。また、「特徴のある味を持った菌株」グループ2には、「胎内ナメコB-3-1」「金山谷ナメコ 8」が入った。このグループは、グループ 1 に対しては、逆に「キレ」はないが、「コク」があると思われる。

以上は、味分析によるナメコ評価基準の味の良否とは別の観点から、味分析によって得られる情報を極力活用して、ナメコ野生菌株の味の特徴を解析したものである。

表-5 主成分分析結果（固有値・寄与率・累積寄与率）

主成分 No.	固有値	寄与率	累積寄与率
1	1. 21	40. 26%	40. 26%
2	1. 09	36. 40%	76. 66%
3	0. 70	23. 34%	100. 00%

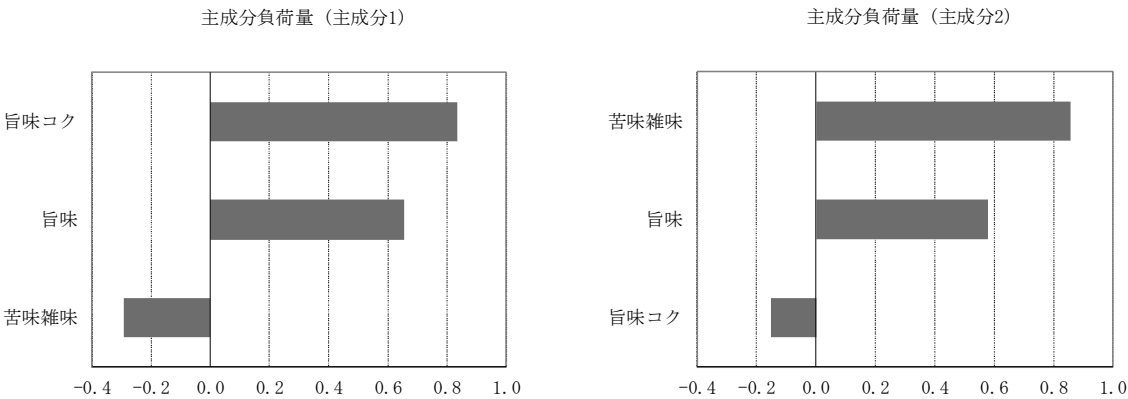


図-5 主成分分析結果(主成分負荷量・左: 第 1 主成分, 右: 第 2 主成分)

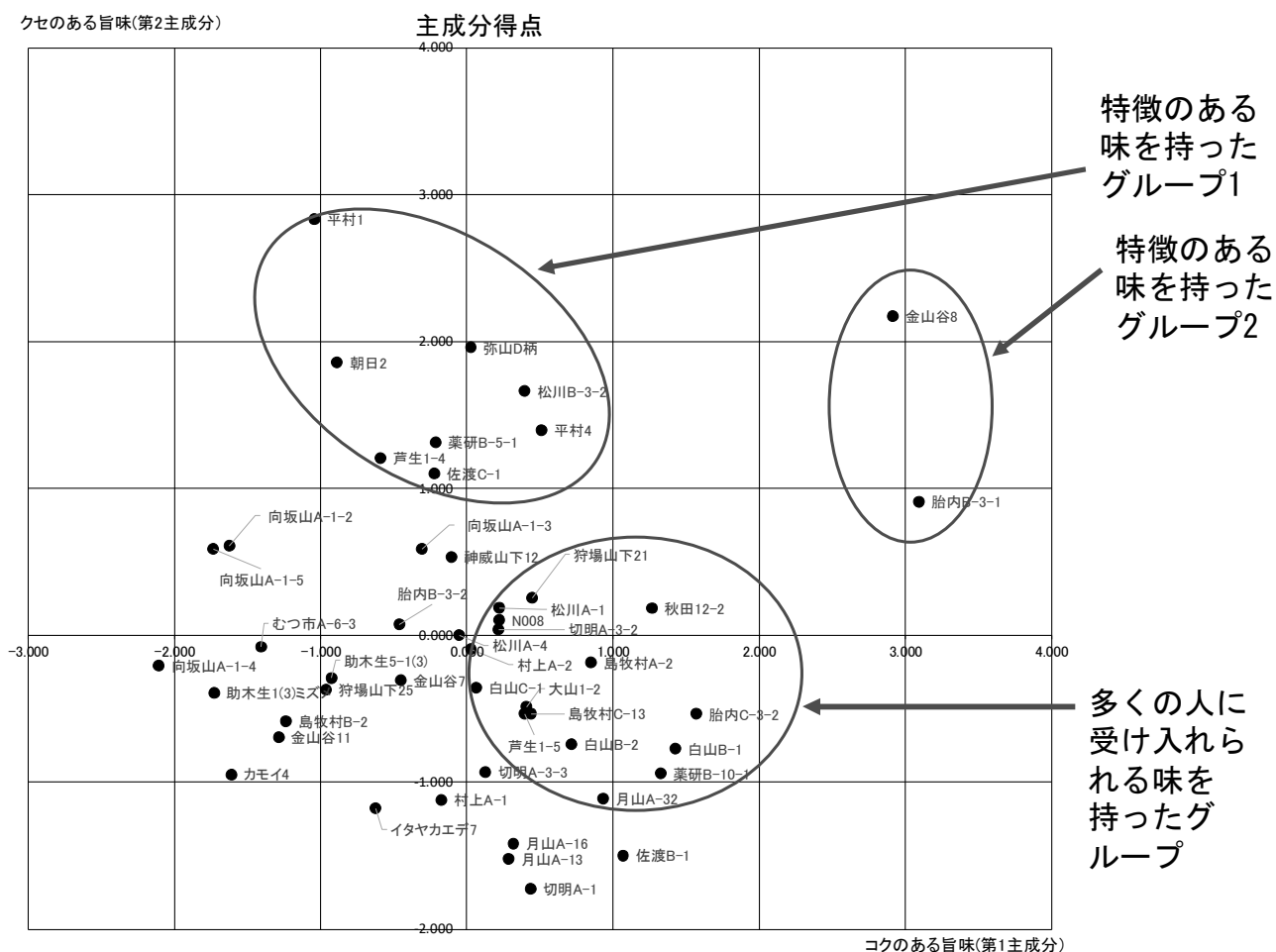


図-6 ナメコ野生株の味分析値を用いた主成分分析結果(主成分得点の散布図)

*主成分分析の用語；

「固有値」：各主成分が含んでいる情報の大きさを示す指標。一般的に「固有値が1以上」ある主成分が、元のデータとの関連が深いとされる。「寄与率」：この主成分だけで元のデータの何割を説明することができるかを表した数字。「累積寄与率」：第2,第3と続く主成分の各寄与率を足した数値。「主成分負荷量」：元データの各変数(数値)に対して与えられる係数。この数値が大きいほど、各変数が主成分に与える影響力が大きいことを表す。「主成分得点」：元データの各変数を合成した変数となる各主成分を軸とした場合の各変数の得点を表す。主成分は分析に用いた変数の数だけ出来上がるが、通常、2つの主成分を組み合わせた散布図を作成して分析を進める。各変数の位置関係を見ることで、それぞれの特徴が可視化される。

3.2 美味しいナメコ菌株の採取地域

3.2.1 採取地域間差の比較

新たに選定した長野県内及び近隣県 6 地域のブナ林内で収集した 29 系統について味分析結果を得た。この結果と「3.1.1 味分析による選抜」で得られた野生株 47 菌株の味分析結果について対照品種 (N008) を 0 とした値に換算して統合し、旨味値と苦味雑味値の散布図を作成した(図-7)。図-7 に示したとおり、散布図の座標を 4 エリア (I ; 旨味値+, 苦味雑味値+, II ; 旨味値+, 苦味雑味値-, III ; 旨味値-, 苦味雑味値-, IV ; 旨味値-, 苦味雑味値+) に区分した。

美味しいナメコの評価基準「苦味雑味値が小さく旨味値が大きいこと」を適用すると、エリア II が最も美味しいエリアとなり、エリア IV が最も美味しくないエリアとなる。まず、供試した野生菌株の採集地によって、日本国内を 3 つの地域(東日本地域；

北海道, 青森県, 岩手県, 秋田県, 山形県, 福島県, 関東・中部地域 ; 新潟県, 富山県, 石川県, 長野県, 西日本地域 ; 京都府, 奈良県, 鳥取県, 高知県, 宮崎県) に区分した (表-6)。

次に, 図-7 に示した味分析結果を基に, 地域ごとに属するエリアの菌株数の頻度分布図を作成した (図-8)。なお, 対照品種 N008 と富山県採取の 1 系統は同じ味分析値で, ともに原点 0 となるためエリア区分からは除外した。図-8 から, 東日本からの採取菌株はエリア III に入る菌株数が全体の 47.6% あり東日本は苦味雑味値の小さい菌株が多いことが認められた。

さらに, 5 系統以上の供試菌株がある県について県別のエリア区分の菌株頻度分布図を作成した(図-9)。図-9 から以下の 3 点が認められた。①美味

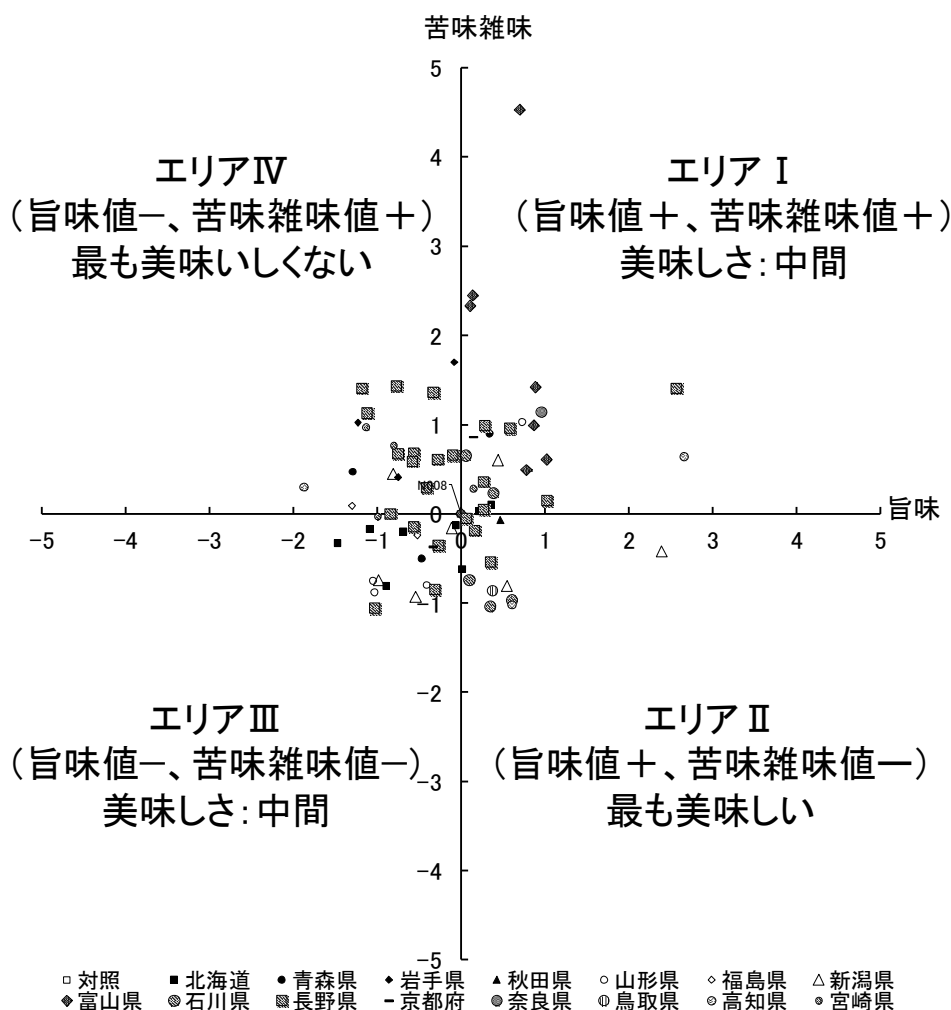


図-7 味分析結果(旨味値と苦味雑味値の散布図)とエリア区分

表-6 採取地の地域区分とエリア別菌株数

エリア	I	II	III	IV	計	地域区分
原点					2	
北海道	2	1	5	0	8	東日本
青森県	0	1	1	1	3	
岩手県	0	0	0	3	3	
秋田県	0	1	0	0	1	
山形県	1	0	3	0	4	
福島県	0	0	1	1	2	関東・中部
新潟県	1	2	3	1	7	
富山県	7	0	0	0	7	
石川県	2	3	0	0	5	
長野県	6	3	4	11	24	
京都府	1	0	1	0	2	西日本
奈良県	1	0	0	0	1	
鳥取県	0	1	0	0	1	
高知県	1	1	0	1	3	
宮崎県	1	0	1	2	4	
全国	23	13	19	20	75	
比率	31%	17%	25%	27%	100%	

原点は N008, 有峰 A-6 の 2 系統。全国比率の分母は原点を除いた 75 系統。

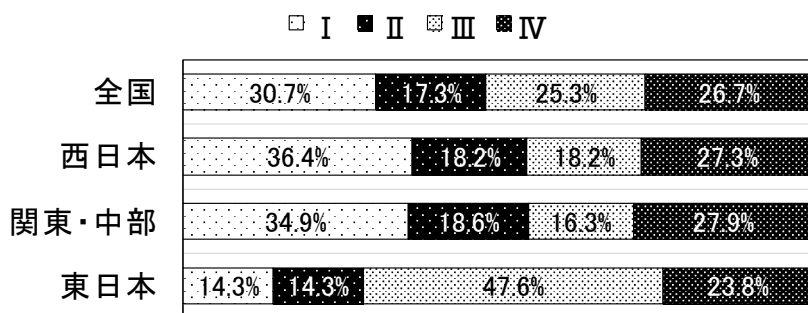


図-8 地域別のエリア別菌株数(エリア区分は図-7を参照)
比率の数値合計は四捨五入の都合上 100.0%にはなっていない。

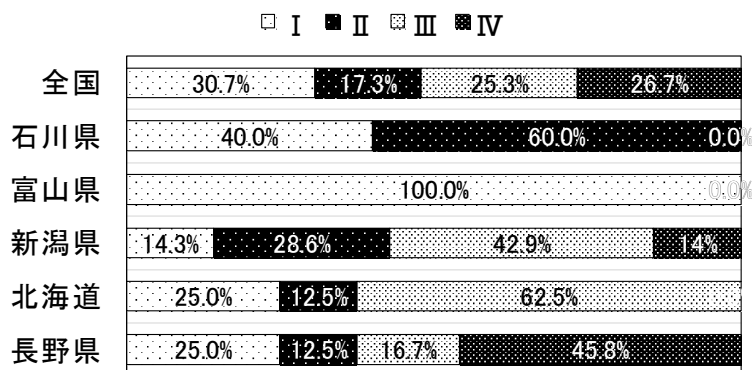


図-9 県別のエリア別菌株数(エリア区分は図-7を参照)
比率の数値合計は四捨五入の都合上 100.0%にはなっていない。

表-7 エリア区分比率の比較(エリア区分は図-7を参照)

地域	エリア			
	I	II	III	IV
全国	30.7%	17.3%	25.3%	26.7%
長野県以外	33.3%	19.6%	29.4%	17.6%
長野県	25.0%	12.5%	16.7%	45.8%

比率の数値合計は四捨五入の都合上 100.0%にはなっていない。

しいナメコの評価基準に最も適合するエリアⅡの菌株が多い県は、石川県、新潟県であった。②富山県はエリアⅠに入る菌株が100%であり、旨味値の大きい菌株が多かった。北海道はエリアⅢに入る菌株が63%で、苦味雑味値が小さい菌株が多かった。③長野県は、エリアⅣに入る菌株が46%あり、美味しいナメコの評価基準に適合しない菌株が多かったが、エリアⅡに入る菌株も12.5%有り、北海道と同等であった。

以上、今回得られた結果から以下の考察を行った。①長野県近隣県では、美味しい菌株の採取には石川県、新潟県が適していた。②旨味値が大きく苦味雑味値が小さい県は石川県、旨味値が大きいのは富山県、苦味雑味値が小さいのは北海道及び新潟県等であり、採取地に関して一定の地域間差が見られた。

3.2.2 長野県と他地域間の比較

次に、得られた分析結果のエリアについて採集地を長野県と長野県以外に区分して頻度分布を改めて比率で示した（表-7）。

長野県以外の県と比較すると、前述のように長野県は最も美味しくなくⅣの比率が高く、最も美味しいⅡの比率が低かった。ただし、全国で13菌株あったⅡの菌株の内、長野県でも3系統あり、美味しい菌株を探索することは十分に可能な地域である。

今回の結果から、美味しいナメコ菌株の採取は長野県内だけで十分かという問いに答えると、長野県でも美味しいナメコの菌株収集は可能であるが、長野県のみで行うより全国的に収集した方が美味しい菌株を採集できる確率は高いと言えた。

4 総合考察

きのこの消費拡大・高付加価値化のため、美味しいナメコ生産の実現を目指して品種開発、生産技術の改良、流通・保存技術の開発を図ってきた。これまでに、農工研と共同して「美味しさ」に着目したきのこ栽培技術の開発ーナメコの味の数値化ー」（平成28年度～平成30年度）では、ナメコの味の数値評価法として味認識装置による味分析が有効なことを主に明らかにした¹⁾。次に同じく農

工研と共同して「消費拡大に資するきのこ栽培技術の開発」（令和元年度～令和3年度）では、味分析による美味しいナメコの評価基準を設定して、美味しいナメコの保存・流通方法を主に明らかにした²⁾。

本研究では、文科省科学研究費の補助と農工研の協力を得て、北海道から九州までの全国のブナ林で収集したナメコ野生株について栽培試験を行い、得られた子実体の味分析結果を図示して、優良育種素材を選抜した。また、栽培試験によって把握した野生株の栽培特性に基づき、生産効率と美味しさを合わせもった菌株を優良育種素材として選定した。さらに、ナメコ野生株の味分析の数値を用いて主成分分析を行い、得られた主成分得点の散布図を作成して、野生菌株の味の特徴を解析した。最後に、美味しいナメコを採取するために適した日本国内の地域について味分析結果から考察した。

美味しいきのこを食卓に届けるには、「品種」「生産技術」「保存・流通技術」の3つがそろう必要がある。本研究は、このうち「品種」開発のための基盤となる情報を得るものである。味分析とその評価基準によって、直接的に美味しい菌株を選抜するとともに、実用性を考慮して一定程度以上の効率性を合わせ持つ育種素材を選抜した。また、主成分分析によって、野生株について、多くの人に受け入れられやすい味の菌株、特徴のある味を持った菌株のグループを明らかにして、育種素材としての味の特徴を調べた。

人間の舌を模した味覚センサーを用いた味分析による数値評価法を用いて研究を進めてきたが、食べて美味しいかどうかは、最終的には人間の脳が判断する事項である⁶⁾。したがって、食味官能評価結果と味覚センサーによる評価結果との比較は今後欠かせない検討事項になる。また、旨味、苦味等の味の原因となる物質の化学成分やその量の分析・測定も重要な研究項目である。図-10に示すように、味の研究は、「官能評価」「味覚センサー」「化学分析」を相互に加えて進めていく必要があり、今後に取り組むべき課題と考える。

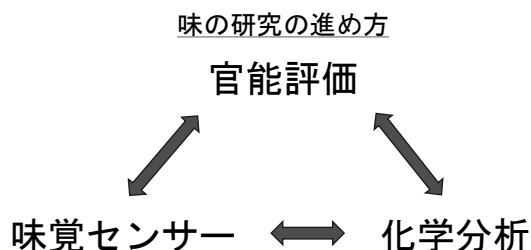


図-10 味の研究における味覚センサーの位置づけ

5 結言

美味しいナメコの生産技術開発のために、味認識装置による味分析を活用して以下の成果を得た。①北海道から九州までの全国のブナ林で収集したナメコ野生株について栽培試験を行い、得られた子実体の味分析結果を図示して、優良育種素材を5系統選抜した。②栽培試験によって把握したナメコ野生株の栽培特性に基づき、生産効率から優良育種素材を4系統選抜した。③味分析による優良育種素材と生産効率による優良育種素材の両者に選抜されたナメコ野生株1系統を、生産効率と美味しさを合わせ持つ菌株として選定した。④ナメコ野生株の味分析による数値を用いて主成分分析を行い、得られた主成分得点の散布図を作成して、野生株の味の特徴を解析した。⑤美味しいナメコを採取するために適した日本国内の地域について、味分析結果から考察し味の地域間差を把握した。

6 謝辞

本研究の推進について女子栄養大学准教授の宮澤紀子氏から貴重なご助言を頂戴した。また、味分析に関して農工研から多大な協力を頂戴した。ここに記して謝意を表する。

7 文献

- 1) 増野和彦・城石雅弘・中村美晴・古川 仁(2020), 「美味しさ」に着目したきのか栽培技術の開発ーナメコの味の数値化ー, 長野県林業総合センター研究報告第34号, 81-94
- 2) 増野和彦・城石雅弘・中村美晴・古川 仁(2023), 消費拡大に資するきのか栽培技術の開発, 長野県林業総合センター研究報告第37号, 21-35
- 3) 戸井田仁一・蟻川幸彦(2011), 味覚センサー(感

性評価解析装置)によるみそ, しょうゆの評価, 長野県工技センター研報No.6, F1-F4

- 4) 池崎秀和(2013), 味覚センサーによる味の見える化と味の最適化, 季刊農工研通信No.166, 2-9
- 5) 内田治・福島隆司(2021), 例題多変量解析ガイド EXCEL アドインソフトを利用して, 東京図書, 115-144
- 6) 角 直樹(2019), 「おいしさの見える化: 風味を伝えるマーケティング力」, 10-11

