

和洋女子大学大学院  
博士論文

チューインガムの咀嚼とその普及のための検証研究

指導教員 教授 柳沢 幸江

坂ノ下典正

## 目次

<b>第Ⅰ章 緒言</b> .....	<b>1</b>
1. チューインガムについて .....	1
1-1 チューインガムの歴史 .....	1
1-2 チューインガムの咀嚼評価ツールとしての役割 .....	2
1-3 咀嚼の効用とチューインガムの意義 .....	3
<b>2. チューインガムの普及への課題</b> .....	<b>4</b>
2-1 チューインガム咀嚼回数に関するエビデンスの課題 .....	5
2-2 外国産チューインガムの国内流通におけるガムベース分析手法の課題 ..	6
2-3 義歯につきにくいチューインガムの意義とチューインガム付着性評価に 関する課題 .....	7
2-3 チューインガム咀嚼のストレス低減効果研究に関する課題 .....	8
<b>3. 本研究の目的</b> .....	<b>9</b>
<b>第Ⅱ章 チューインガムの咀嚼回数の検証</b> .....	<b>11</b>
Ⅱ-1 選抜された被験者による各種食品の咀嚼回数の検証 .....	11
1. 目的 .....	11
2. 方法 .....	11
2-1 被験者 .....	11
2-2 試料および使用機材 .....	14
2-3 試験方法 .....	14
2-4 解析項目 .....	16
<b>3. 結果</b> .....	<b>17</b>
3-1 被験者選抜に用いる食品選択のための物性測定 .....	17
3-2 単一食品の咀嚼回数測定による被験者選抜 .....	18
3-3 多品種食品の咀嚼回数測定 .....	19

<b>4. 考察</b> .....	<b>22</b>
4-1 咀嚼に関する食品別ランク表の意義 .....	22
4-2 咀嚼回数の測定手法について .....	23
4-3 単一食品の咀嚼回数測定による被験者選抜の意義 .....	23
4-4 被験者選抜に用いる食品選択のための物性測定 .....	24
4-5 多品種食品の咀嚼回数測定時の食品提供量と咀嚼回数の性差について .....	26
<b>II-2 チューインガムの咀嚼回数測定</b> .....	<b>28</b>
1. 目的 .....	28
2. 試験方法 .....	28
2-1 被験者 .....	28
2-2 試料および試験機材 .....	29
2-3 試験項目 .....	29
2-4 解析項目 .....	30
3. 結果 .....	31
3-1 チューインガム咀嚼順番および性差の影響 .....	31
3-2 板ガムと粒ガムの累積咀嚼回数 .....	31
3-3 チューインガムの均質感と咀嚼の関係 .....	32
3-4 チューインガムを含めた食品別咀嚼回数表の編纂 .....	32
4. 考察 .....	35
4-1 咀嚼測定の休憩時間について .....	35
4-2 性差の影響 .....	35
4-3 板ガムと粒ガムの咀嚼回数と咀嚼頻度, 感覚に伴う変化について .....	35
4-4 チューインガムを含めた食品別咀嚼回数表の編纂 .....	37
5. 結論 .....	37
<b>第III章 外国産チューインガム中のテルペン樹脂の分析</b> .....	<b>40</b>
1. 目的 .....	40
2. 方法 .....	40
2-1 試料 .....	40

2-2 試薬 .....	40
2-3 装置 .....	41
2-4 測定条件 .....	41
2-5 テルペン樹脂画分の分画・精製方法.....	41
<b>3. 結果 .....</b>	<b>42</b>
3-1 チューインガムからのテルペン樹脂画分の分画・精製.....	42
3-2 テルペン樹脂成分の確認 .....	43
<b>4. 考察 .....</b>	<b>45</b>
4-1 チューインガムからのテルペン樹脂画分の分画・精製.....	45
4-2 テルペン樹脂成分の確認 .....	46
<b>5. 結論 .....</b>	<b>47</b>
<b>第IV章 チューインガムの付着性に関する機器分析とアンケートとの対応性検証</b> <b>.....</b>	<b>48</b>
1. 目的 .....	48
2. 方法 .....	49
2-1 チューインガム試料調製.....	49
2-2 装置 .....	49
2-3 付着性測定方法.....	50
2-4 チューインガム付着感のアンケート調査.....	52
2-5 解析項目 .....	53
<b>3. 結果 .....</b>	<b>54</b>
3-1 チューインガム付着性測定.....	54
3-2 チューインガム付着感のアンケート調査.....	56
<b>4. 考察 .....</b>	<b>58</b>
4-1 チューインガム付着性測定方法について.....	59
4-2 チューインガム付着性測定の水中条件と乾燥条件の比較 .....	61
4-3 アンケート結果および付着性測定結果との対応性について .....	61
<b>5. 結論 .....</b>	<b>64</b>

<b>第V章 チューインガムのストレス低減効果検証 .....</b>	<b>66</b>
1. 目的 .....	66
2. 方法 .....	66
2-1 試験食品と介入方法 .....	66
2-2 アンケート評価 .....	67
2-3 被験者 .....	68
2-4 解析方法 .....	70
3. 結果 .....	70
3-1 HAD 尺度 .....	70
3-2 職業性ストレス簡易調査票 23 項目版 .....	71
4. 考察 .....	73
4-1 本研究の意義 .....	73
4-2 アンケート評価結果について .....	73
4-3 チューインガム咀嚼の生理学的な意義 .....	74
4-4 本研究における制限 .....	75
5. 結論 .....	76
<b>第VI章 総合考察 .....</b>	<b>77</b>
<b>第VII章 結語 .....</b>	<b>82</b>
謝辞 .....	84
引用文献 .....	86

資料

## 第 I 章 緒言

### 1. チューインガムについて

#### 1-1 チューインガムの歴史

チューインガムの歴史は西暦 300 年ごろ、メキシコ南部のマヤ文明まで遡り、当時の住民たちがサポディラ (*Manilkara zapota*) の樹液を固め、チクル (Chicle) として知られる物質を噛んでいた習慣に始まるとされている<sup>[1]</sup>。チクルを噛む習慣はマヤ文明衰退後もメキシコ・インディオに引き継がれ、16 世紀にスペインがこの地方を征服した後、この習慣はスペイン系移民に広く伝播した。19 世紀後期においてメキシコよりアメリカにチクルが伝わった後、Thomas Adams により甘味料とチクルを混ぜ合わせたものを販売したことが、今日まで 100 年以上にわたるチューインガム工業の初めとされている<sup>[1]</sup>。

日本では 1916 年に初めて Wrigley 社チューインガムが輸入されるようになり、1928 年ごろから国内でも製造販売をする会社がいくつか誕生したが、当時は日本人の食習慣とは合わず、受け入れられなかった。国内でチューインガムが一般的になったのは戦後になってからである。日本駐屯のアメリカ軍が携帯食料としてチューインガムを利用していた影響で、子供たちからチューインガムの愛好者が急増し、全世代へと浸透していった。全世界においても、アメリカ軍のチューインガム浸透への貢献は同様に大きかったようで、各国外地へ出征したアメリカ軍が現地での物々交換やプレゼントにチューインガム使ったことが、世界各地でチューインガムが普及する一因となった。尚、アメリカ軍で採択されていた Wrigley 社のチューインガムは、現在、全世界約 140 の国々で販売されるに至り、世界一のシェアとなっている<sup>[2]</sup>。

戦後直後の国内チューインガムメーカーは家内工業的な小規模のものが多く、約 300 社にのぼった<sup>[3]</sup>。当時、チューインガムの基材、すなわち、いつまでも噛み続けられるガムベースと呼ばれる成分は、入手が容易なポリ酢酸ビニル樹脂に可塑剤を添加し軟化させたものが主流であったが、食感はあまり良いものではなかった。1950 年代前半の貿易自由化に伴い天然樹脂チクルが輸入可能となったことを受け、チクルの持つ噛み心地の良さに着目し

た国内メーカーは、ガムベース中にチクルを配合した、噛み心地が向上されたチューインガムを製造して市場に送り出し、人気を博した。続いて、1950年代終盤より、高度経済成長に伴い、チューインガムの口臭抑制効果<sup>[4-6]</sup>によるエチケットニーズが着目され、ミントフレーバーや消臭機能を持つ成分が配合された時代のニーズに則した製品が開発・販売され、チューインガム市場の拡大に繋がっていった<sup>[7,8]</sup>。

チューインガムには甘味料として砂糖が配合されているため、う蝕の原因となる食品のイメージが強かった。その中、1997年に、ロッテ社はキシリトールのう蝕予防機能<sup>[9]</sup>に着目し、「キシリトールガム」<sup>[10,11]</sup>を商品化し販売した。キシリトールが配合されたガムは健康志向時代に向けた新たな社会的ニーズを掘り起こし、チューインガムの価値を引き上げ、パラダイムシフトを達したと言える<sup>[7]</sup>。以降、デンタルケアの観点より、モンデリーズ・ジャパン社からは、2000年より、機能成分としてカゼインホスホペプチド-非結晶性リン酸カルシウム（CPP-ACP）を配合した「リカルデント」<sup>[12,13]</sup>、江崎グリコ社からは、2003年より、リン酸化オリゴ糖カルシウム（POs-Ca）を配合した「POs-Ca」<sup>[14,15]</sup>として、「キシリトールガム」<sup>[10,11]</sup>同様、う蝕予防や歯の再石灰化効果を有したチューインガムが市場に送り出され、市場活性化とチューインガムの価値向上に貢献している。

現在販売されているチューインガムは、ガムベースとして、チクル等の天然樹脂やポリ酢酸ビニル樹脂の他に、ポリイソブチレン、エステルガム、ワックス等の各種高分子化合物を混合し、物性を様々に調整したものが使用されており、ガムベースに、糖類や香料、機能性成分を混ぜ合わせた後、成型、包装して流通されている<sup>[16]</sup>。

チューインガムは甘味や香りを楽しむと同時に、噛み心地を楽しむ嗜好性の強いものであり、他の食品とは異なり、ガムベース部分が嚥下されることなく口腔内で長時間にわたり安定して留まり、いつまでも咀嚼することができる特殊な食品である。

## 1-2 チューインガムの咀嚼評価ツールとしての役割

チューインガムは、基本的に工場生産されている製品であることより、製

品毎のバラつきが少なく物性や規格が安定している上、咀嚼前後に糖が溶出するという性質を持つ。この点に着目して、咀嚼による重量変化により咀嚼能力を計測する手法<sup>[17]</sup>が開発されている。他には、2色のガムを一定時間噛むことにより色混ざり度合いを見て咀嚼機能を評価する手法（日本では「噛むカムチェックガム」<sup>[18]</sup>、スウェーデンでは“Hue-Check Gum”<sup>[19]</sup>として市販されている）、や、色素の作用を利用して、咀嚼した被験者の咀嚼機能が高いほど変色度合いの高くなる機構を備えたガム（国内販売の「咀嚼チェックガム」<sup>[20]</sup>）がある。チューインガムは口腔機能を測定するツールとして有効であり、手段が煩雑で測定に長時間必要な篩分法<sup>[21]</sup>に代わり、簡便かつ正確な方法として幅広いシーンで活用されている。口の衰えから全身の衰えに繋がるオーラルフレイルの概念<sup>[22]</sup>が広がっていることより、口腔機能を簡便にチェックし、日々に咀嚼に対する気づきを与えるチューインガムの有用性は高齢社会において今後ますます重要となっていくものと思われる。

また、チューインガムは、いつまでも咀嚼できる特性より、ヒトの咀嚼メカニズム研究の材料としても広く用いられており、筋電図（EMG；electromyograph）による筋活動量解析や、下顎運動測定装置（MKG；mandibular kinesiograph）による咀嚼運動記録結果などの報告例が見られる<sup>[23-25]</sup>。

### 1-3 咀嚼の効用とチューインガムの意義

咀嚼は、食物を口腔内へ取り込み、噛み砕くことにより表面積を増加させ、唾液と混和し、食塊を形成して嚥下するまでの物性を調整する動作を含むものであり、食物の消化吸収に重要な役割を果たしている<sup>[26]</sup>。咀嚼はヒトの生命活動に欠くことのできない、根源的な活動である。

咀嚼の効用は広く認知されており、脳血流の上昇に伴う脳の活性化<sup>[27-29]</sup>、不安やうつ状態、ストレスの改善<sup>[30-34]</sup>、眠気の抑制や覚醒効果<sup>[35-38]</sup>など、種々有用な事象が確認されている。高齢者においては、咀嚼機能が維持されていると維持されていない場合と比較して健康余命が長くなる事が報告されている<sup>[39]</sup>一方、歯の欠損や義歯の不使用などで咀嚼ができない状態になると、健康状態が悪くなったり、認知力の低下が認められたり<sup>[40]</sup>、食行動が

不安定になり、間食や甘い飲料を摂取する頻度が上昇してメタボリックシンドロームへのリスクが高まる<sup>[41]</sup>ことが報告されている。4年間にわたるコホート研究において80歳代で摂取可能な食品の種類が減ると致死率が高くなるという研究結果もある<sup>[42]</sup>。咀嚼機能を維持することは生涯におけるQuality of life (QOL)を維持するために重要と言える。介護予防の意識の高まる昨今、高齢者もさることながら、若年時から、咀嚼に配慮した日常生活を送る必要性があると思われる。

チューインガムは、喫食時に咀嚼がリズムカルに長期にわたり持続するため、咀嚼による効能が、他の食品と比較してより期待される食品と言える。チューインガムは、咀嚼することにより覚醒レベルが上昇する<sup>[31,43]</sup>ため、車両運転時の眠気防止やパソコンを使用した事務作業中、スポーツ時の身体機能向上に広く利用されている。

チューインガムは長時間咀嚼される食品である。ヒトは咀嚼することにより、安静時と比較して約3～5倍量の唾液を分泌する<sup>[23,44,45]</sup>。唾液中にはアミラーゼ等の消化酵素や、パロチン、ペルオキシダーゼ等、生体機能維持および老化抑制に関与する成分が含まれる<sup>[46]</sup>。チューインガムを咀嚼することにより、唾液が長時間に渡り多量に分泌される為、結果として消化促進や老化防止、体内浄化の効果が得られると考えられる。また、チューインガムを習慣的に咀嚼して口を訓練することにより、咀嚼効率<sup>[47]</sup>や咬合力<sup>[48]</sup>、舌圧<sup>[49]</sup>、口の筋活動量<sup>[50]</sup>、唾液分泌量<sup>[51]</sup>の向上をもたらすことが近年の研究で分かってきた。高齢者において、口の衰えから全身の衰えに繋がるオーラルフレイルの概念<sup>[22]</sup>が広がっていることより、口腔機能維持のためにチューインガムの有用性は高齢社会において今後ますます重要となっていくものと思われる。

## 2. チューインガムの普及への課題

上述の通り、チューインガム咀嚼には多くの効用があり、生活者のQOL向上のため、チューインガムが広く啓発・普及されることが望まれる。しかしながら、先行の研究や検証事例が無いなどの理由によりに解決すべき項目があるため、さらなる啓発にはそれらを検証し解決すべきであると思われる。

以下に 4 つの課題を示す。

### 2-1 チューインガム咀嚼回数に関するエビデンスの課題

軟らかくて咀嚼回数が少なくて済む食事、ファストフードや加工された軟らかい食物の利用増加が懸念されている中<sup>[26]</sup>、日頃の食生活でどれくらい噛んでいるのか、良く噛む食物はどれであり、どの食物をメニューに取り入れれば咀嚼回数が増えるかなど、食生活における噛むことへの意識を高めることは、生涯を通した QOL を維持するために重要である。日々の食生活における咀嚼への意識づけをするため、食品別の咀嚼回数目安を提示し、それによって、生活者に噛みごたえのある食品を積極的に選択してもらい、日々の咀嚼回数を増やしてもらうこと目的として、2002 年に「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>が刊行されている。本表は、料理別に 14 項目、計 171 種について、それぞれの料理を食べた際の 10 g 当たりの咀嚼回数をイラストで提示することにより、小児を対象とした食育の現場などを含め、幅広い年齢層で楽しく分かり易く活用できる様式になっている<sup>[52]</sup>。「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>は現在、日本チューインガム協会ホームページ上で掲載されており、主食（ご飯・めん・パン）や魚料理、野菜料理や菓子など、カテゴライズされた品目毎にページ分けされ、咀嚼回数にアクセスしやすいレイアウトとなっている<sup>[53]</sup>。

本ガイドで示されている咀嚼回数は、豊富な種類の料理について示されており、良く噛む生活実践に対して有用で、生活において実感ある内容だが、本ガイドで示されている咀嚼回数は、試験食品の重量や体積が一定ではなく、あくまで一つの料理につき一食分として提供されたものであること、咀嚼回数は各料理について一皿、一品として被験者に供された後、10 g あたりとして換算されたもの（例：100 g の食品は総咀嚼回数を 1/10 にして計算）であること、被験者数が明示されていないなど、科学的な検証として条件が不十分であったことは否めない。

チューインガムは、「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>において、咀嚼回数が 550 回と、食品中最も咀嚼回数が多く、咀嚼回数を日々の生活において取り入れやすいものとして掲載されている。しかしながら、この咀嚼回数は「味がな

くなるまで」となっており、被験者の味覚や口腔機能、唾液分泌能力などを加味すると定義が曖昧である。食卓に並ぶ各種食品について、数種類セレクトして、嚥下までの咀嚼回数を検討した研究事例は多く見出される<sup>[54-61]</sup>一方、チューインガムをヒトが嗜好品として咀嚼する 5～10 分程度の時間で自由咀嚼した際、どれくらいの回数と頻度で噛んでいるのか、検証した先行研究は残念ながら認められない。

生活者に対して、各種食品、および、チューインガムについて、咀嚼を意識してもらい、咀嚼の効能を体感してもらうために、直感的に伝わると思われる「咀嚼回数」について言及する際、出典・エビデンスとなる研究結果を導き出し、食品別の咀嚼回数ガイドとして再度編纂する必要があることが課題として見出された。

## 2-2 外国産チューインガムの国内流通におけるガムベース分析手法の課題

チューインガムの「噛みかす」と一般的に認識されている基礎剤部分「ガムベース」は、前述の通り、水不溶性の高分子物質が混合されたもので、製品の 15～30%を占めている<sup>[1,62]</sup>。ガムベースの材料のなかで、チクルやジェルトンなどの天然樹脂は、咀嚼に適した、調和のとれた弾力を持つと共に、メントールなどの香料とも親和性が良いため、高品質なチューインガムを製造するための重要な素材である。1990 年代に入って天然樹脂が枯渇して入手しにくくなって以降、欧米では、天然樹脂にも多く含まれているテルペン系物質により調製される合成高分子物質のテルペン樹脂が、品質を落とさずにチューインガムを製造する基礎剤として海外で使用されてきた。テルペン樹脂は、松の木から得られる  $\alpha$ -ピネン、 $\beta$ -ピネンを主成分とするテレピン油や、柑橘類の皮より採取されるリモネンを主成分とするオレンジオイルを精製、重合した後、減圧蒸留により低分子量物質を除いたもので、チューインガム用のものとしては軟化点 80～130℃程度のものが用いられる<sup>[63,64]</sup>。テルペン樹脂は、欧米では 1984 年に食品添加物として認可されているが<sup>[65]</sup>、日本では現時点で認可されておらず、食品衛生法において使用を認められていない材料である。

近年、国内で販売されているチューインガムの中には海外からの輸入製品や海外委託製品も多くみられるが、これらのガムにはテルペン樹脂が使用されている可能性がある。しかしながら、チューインガム中のテルペン樹脂の分析・検出法については現在まで実施された報告例がないため、食品衛生法に抵触した製品の国内流通を防ぐために、手法の開発が必要である。今後チューインガムの製造および流通における国際化がますます増加し、海外生産されたガムベースを国内に輸入してチューインガムを製造するケースなども増加することが予想されている。チューインガム国内市場の健全化および安全性確保のために、チューインガム中のテルペン樹脂含有有無の分析評価法を確立する必要があると思われる。

### 2-3 義歯につきにくいチューインガムの意義とチューインガム付着性評価に関する課題

令和2年（2020年）版の高齢社会白書によると、2019年の65歳以上の高齢者人口は過去最高の3589万人となり、総人口に占める割合は28.4%となった<sup>[66]</sup>。高齢者人口が20%を超える社会は超高齢社会と定義されるため、日本は現在、超高齢社会と言える。高齢者のQOL向上の観点より、日常的な習慣で健康維持やアンチエイジングに留意することが必要である。この観点より、「オーラルフレイル」の概念<sup>[22]</sup>が提唱され、咀嚼の効用・重要性が認知されてきている。チューインガムは日常的に咀嚼する習慣を補助できる食品であるため、高齢者のQOL向上に適した食品と言える。チューインガム咀嚼時は、唾液の分泌量が通常<sup>[23,44,45]</sup>の3~5倍量となる<sup>[23,44,45]</sup>。シェーグレン症候群などの口腔内乾燥症のケアを目的としてチューインガムが使用されるケースも少なくない<sup>[67]</sup>。

高齢者のチューインガム咀嚼における問題点、改善すべき課題として、義歯床などのアクリル系補綴材料に付着しやすいため、義歯使用者に忌諱されやすいことが挙げられる。この点に対処し、より多くの生活者にチューインガムを普及させることを目的として、配合・製法の調整により、チューインガムの付着性を低減させる検討がなされている。1983年に義歯に低付着性となるよう設計されたチューインガムがロッテ社より「フリーズン」とい

う商品が上市され<sup>[1,68]</sup>、現在も更なる研究開発が行われている。

低付着性チューインガムの開発において、チューインガムの付着感を総義歯使用者の官能により比較する場合、人的労力がかかる上、試食者の主観により結果が変動する恐れがある。このため、物性測定機器による客観的な付着性評価法が求められる。「フリーズーン」をはじめとした低付着性チューインガムを購入した生活者が安心してチューインガムを咀嚼して、咀嚼訓練による口腔機能改善<sup>[47-51]</sup>、オーラルフレイル予防<sup>[22]</sup>を日々実践していくためにも、付着性が低いことが正確に評価された製品が市場に流通されることが必須である。

### 2-3 チューインガム咀嚼のストレス低減効果研究に関する課題

最近 10 年ほどで、各機関においてチューインガム咀嚼の効果検証研究が多く行われており、マルチタスクテスト<sup>[31]</sup>や算術計算テスト<sup>[69]</sup>、プレゼンテーション負荷<sup>[70,71]</sup>、ノイズストレス下<sup>[72-74]</sup>など、試験条件下におけるチューインガム咀嚼によるストレス低減効果や、仕事でのストレス低減効果<sup>[32,33,75,76]</sup>、習慣的な咀嚼<sup>[30,32,75]</sup>による精神的疲労の低下が確認されている。チューインガムを咀嚼することにより、外的なストレスが低減し、精神衛生を保った生活が送れるものと期待される。口腔機能改善など身体的な側面のみではなく、精神的な側面で、チューインガム咀嚼は生活者に貢献できる可能性が高い。

先行研究では、1 日のうちに試験前後でストレスの増減を検討する単回介入試験<sup>[31,32,69-74]</sup>が多いうえ、習慣的なチューインガム咀嚼の効果を検証した研究<sup>[30,32,75]</sup>では、期間が 2 週間で、摂取回数は 1 日 1 回もしくは 2 回であった。我々は、更に日常的な場面に即した形で、チューインガムのストレス低減効果があるかどうか検証することを目的として、接客業に従事しており、日々対人的なストレス下にある百貨店従業員に焦点を当てた。百貨店従業員は日々来客への丁寧な対応が求められる。そのうち「笑顔」は接客時に重要な要素の一つであることから、当該の百貨店では全社的な取り組みとして笑顔トレーニングを実施している<sup>[77]</sup>。笑顔を維持してたやさないことで、購買時の良いコミュニケーションが生まれ、顧客からのクレームも低減する

ことが想定される。実際、笑顔を積極的につくることにより自身のストレスが低減することが先行研究<sup>[78]</sup>で確認されている。

日々の生活でストレスのかかった状態や、うつ状態では、良い笑顔を維持することは難しい。ストレス改善のツールとして、日常的な習慣として手軽に取り入れやすいチューインガム咀嚼が適応可能か検証する必要がある。

### 3. 本研究の目的

上述の各課題を解決し、生活者に対してチューインガムおよびその咀嚼について広く活用してもらうため、以下の検証をそれぞれ行うこととした。

(1) 「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>の再編とチューインガム咀嚼回数の検証

①各種食品の咀嚼回数検証：咀嚼の個人差に配慮して、各食品での標準的な咀嚼回数を測定するため、食品物性評価方法の一つであるテクスチャプロフィール<sup>[79-81]</sup>を用いて、平均的な物性を有する食品を選択した。その後、多数の被験者にその食品を食べてもらい、平均的な咀嚼回数を有する被験者を選抜することとした。選抜された被験者が各種食品を食べた際の咀嚼回数を測定し、回数表を再編することとした。

②チューインガムの咀嚼回数の検証：他の食品と比較して特殊な食品として位置付けられるチューインガムについて、咀嚼回数が計測されているエビデンスは無いため、実測することとした。

(2) 外国産チューインガム中のテルペン樹脂分析法の確立

テルペン樹脂が配合されている旨の成分表示が有るチューインガムを試料に用いて、有機溶剤を用いたカラム分画法によりテルペン樹脂の抽出を試み、LC/MS 測定および FT-IR 測定によりテルペン樹脂が確認可能か検証した。

(3) チューインガムの付着性に関する評価手法の確立

付着性を客観的に評価するため、物性測定装置を用いた評価方を確立することとした。加えて、確立された付着性評価とチューインガム咀嚼時の官能（付着感）が対応するか、物性評価結果とアンケート結果を照らし合わせて検証することとした。

(4) チューインガムのストレス低減効果の実践的な検証

対面で働いている生活者を対象に，期間を設けて，継続的なチューンガム咀嚼介入訓練を実施し，検証することとした．

チューインガムが咀嚼，すなわち「噛むこと」のツールとして安心して日常的に活用され，生活者の咀嚼回数が増え，それに伴い QOL が向上していくことを目的として，以上の 4 項目について研究を実施したので，次章以降成果について編纂する．

## 第Ⅱ章 チューインガムの咀嚼回数の検証

### Ⅱ-1 選抜された被験者による各種食品の咀嚼回数の検証

#### 1. 目的

チューインガムが他の食品と比較して咀嚼回数の多い食品であることをエビデンスとして提示するために、まずは、市販食品がはたしてどの程度の咀嚼回数で摂取されているか、エビデンスを確立することが必要である。本研究において、一般生活者の食事に即した形で編纂されている「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>を参照に試験食品をセレクトし、それぞれの食品について、エビデンスとして咀嚼回数を測定することとした。多数の被験者から偏りなく平均的な咀嚼回数を有するものを選抜したのち、各種食品を食べた際の咀嚼回数を測定し、食品別咀嚼回数ランク表を再編することを試みたので、以下に報告する。

#### 2. 方法

##### 2-1 被験者

株式会社ロッテの従業員、および、和洋女子大学の学生と職員より参加希望者を募り、同意を得たもののうち、歯科医師による検診を受け、智歯以外に欠損がないもしくは固定性装置で補綴されていること、咀嚼の妨げとなる歯冠崩壊や重度の歯周炎、歯の動揺が認められないこと、顎関節痛や開閉口障害が認められないこと、また著しい歯列不正がなく個性正常咬合を有することが確認された男女計 102 名（男性 50 名：平均年齢  $41.0 \pm 10.4$  歳，女性 52 名：平均年齢  $27.2 \pm 8.2$  歳，全員の平均年齢  $33.9 \pm 11.6$  歳）を被験者とした。尚，株式会社ロッテから参加した被験者は男性 40 名（平均年齢  $38.8 \pm 9.5$  歳），女性 18 名（平均年齢  $35.5 \pm 6.8$  歳），計 58 名（平均年齢  $37.8 \pm 8.8$  歳），和洋女子大学からの被験者は男性 10 名（平均年齢  $49.9 \pm 9.7$  歳），女性 34 名（平均年齢  $22.7 \pm 4.7$  歳），計 44 名（平均年齢  $28.9 \pm 13.0$  歳）であった。被験者リクルートは，株式会社ロッテにおいては，浦和工場敷地内の新研究棟 2 階会議室，和洋女子大学では，南館 3 階調理学実験室にて実

施した。

本研究は和洋女子大学の人を対象とする研究審査委員会の承認（番号：1940）を得て実施したものである。被験者に対しては、本研究の主旨と予想される不利益について、口頭と書面にて説明した。また、この研究参加に関しては被験者の自由意思によるものであり同意した後でも中断できること、中断による不利益は生じないことを口頭と書面にて説明し同意を得た。

尚、本研究の被験者選定や試験のフローについては図1に記載した。

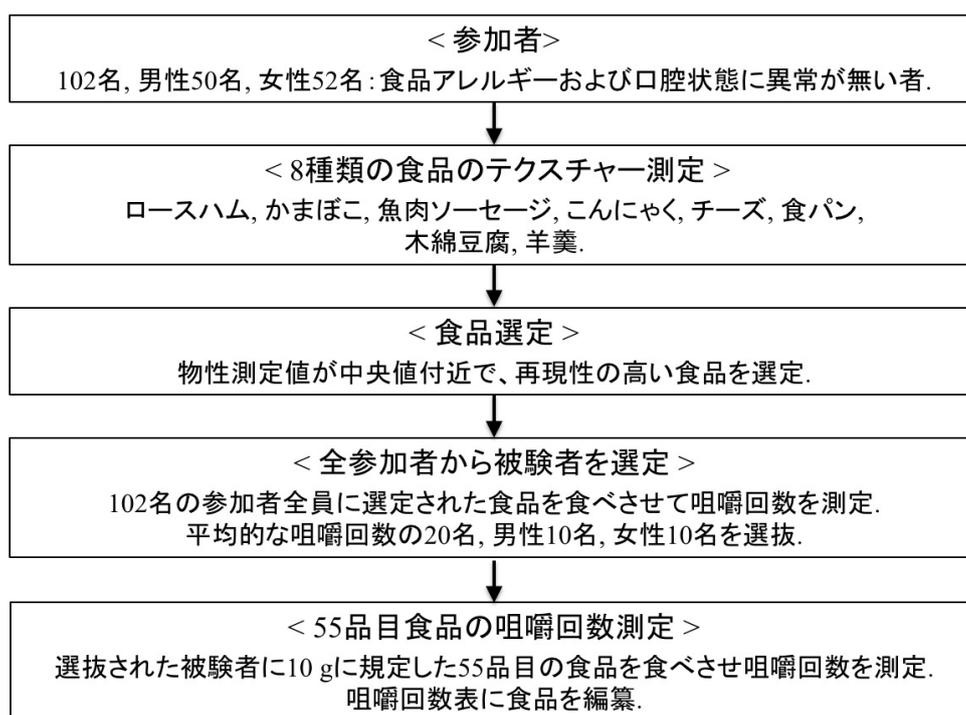


図1 被験者選定および試験フロー

表1 本研究において使用した食品試料

試料	ブランド	製造メーカー	試料10 gのサイズ	物性測定	電子レンジ調理	醤油添加	めんつゆ添加
主食	食パン	起熟(8枚切り)	75×30×15 mm, 耳の部分が最長片になるように切り分け	○	○		
	うどん	ベストフライスうどん(200 g×5袋)	直径5 mm, 長さ400 mm, 1本		○		●
	そば	信州五割そば(180 g×3袋)	内寸65×45 mmの容器に10 mm厚さに盛り付け		○		●
	スパゲティ	旨盛りミートソース340 g	内寸65×45 mmの容器に10 mm厚さに盛り付け		○		●
	ラーメン	中華めん 小分けパック(100 g×6袋)	内寸65×45 mmの容器に10 mm厚さに盛り付け		○		●
	ピザ	明治レンジピッツア&ピッツア2枚入	60×15×10 mm		○		
	チャウハン	ニチレイ本格炒め炒飯	内寸65×45 mmの容器に10 mm厚さに盛り付け		○		
	ごはん	サトウのごはん	内寸65×45 mmの容器に5 mm厚さに盛り付け		○		
	もち	サトウの切り餅	35×20×15 mm, 水に全て浸して2分間電子レンジ調理		○		●
	芋・豆	木綿豆腐	国産大豆木綿豆腐	25×25×15 mm	○		●
厚揚げ		厚揚げ	30×20×20 mm, 6面中対面になる2面に揚げ部分が入るように調整			●	
フライドポテト		レンジでカリッホックフライドポテト	60×15×15 mm, 2本	○	○		
こんにやく		国産素材こんにやく	22×22×15 mm	○			
サトイモ煮		おかずで健康 さといも煮	20×20×20 mm	○			
ロースハム		藏塩仕立てロースハム	40×25×10 mm	○			
ハンバーグ		旨包ボリュームリッチハンバーグ(冷蔵)	40×30×20 mm	○			
焼き鳥		炭火やきとり(冷凍)	40×30×25 mm	○			
ウインナーソーセージ		シャウエッセン	直径20 mm円, 長さ35 mm	○			
豚生姜焼き		レンジで簡単生姜焼き	70×40×3 mm	○			
肉	牛カルビ焼き	レンジで牛カルビ焼き	70×35×3 mm	○			
	魚肉ソーセージ	フィッシュソーセージ	直径25 mm円, 長さ22 mm	○			
	サバ缶詰	岩手県産 サバ缶詰 国産サバのオリーブオイル漬け170 g	30×25×20 mm	○			
	鮭焼	皮までしっかり焼き上げた銀鮭の塩焼	50×20×15 mm	○			
	かまぼこ	蒲鉾	半径25 mm, 1/4円, 厚さ15 mm	○			
	かまぼこ	ゆでタコ	40×25×15 mm	○		●	
	さきいか	一度は食べていただきたい おいしいさきいか	12×3×1 mm, 直径80 mm容器に20 mmの高さに複数盛り付け	○		●	
	マグロ刺身	榊マグロ	25×20×20 mm	○		●	
	チーズ	北海道100チーズ	55×30×5 mm	○			
	卵・乳製品	卵焼	切れてる厚焼き玉子	40×20×10 mm	○		
うずら卵		うずらの味付たまごパックパック	直径25 mm球, 1.5個				
生大根		生大根	半径30 mm, 1/4円, 厚さ10 mm			●	
生きゅうり		生きゅうり	直径25 mm円, 厚さ20 mm			●	
生キャベツ		キャベツの千切りミニ	千切り(5×1×0.5mm), 直径80 mm容器に20 mmの高さに複数盛り付け				●
たくあん		スライスたくあん	直径60 mm半円, 厚さ3 mm				●
生レタス		ロメインレタスのミックスサラダ	1枚の大きさを50×30×1 mmにして, 直径80 mm, 容器に30 mmの高さに複数盛り付け				●
ごぼう		おかずで健康 きんぴらごぼう	細切り(50×3×3mm), 内寸65×45 mm容器に5 mm厚さに盛り付け				●
とうもろこし缶詰		スイートコーン	8×5×5 mm, 40粒				●
ほうれんそう		宮崎産 カットほうれん草(冷凍)	内寸65×45 mm容器に10 mm厚さに盛り付け		○		
野菜	しいたけ煮	丸ごと椎茸甘辛煮(瓶)	直径40 mm円, 厚さ10 mm				
	たけのこ水煮	有機の恵みやわらか竹の子	ヤマサン食品工業 30×30×15 mm			●	
	桃缶詰	白桃シラップづけ	55×20×15 mm				
	生バナナ	甘みさわやかバナナ	直径35 mm円, 厚さ15 mm				
	生りんご	ふじりんご	30×20×20 mm				
	ピーナツ	JPバナビー	直径15 mm, 長さ20 mmラグビーボール状, 12粒				
	アーモンド	素焼きアーモンド	直径15 mm, 長さ25 mmラグビーボール状, 10粒				
	干ばどう	レーズン大きいの	直径10 mm, 長さ15 mmラグビーボール状, 15~17粒				
	みかん缶詰	みかん(国産)缶詰	35×20×10 mm, 2個				
	羊羹	カステラ	和菓の里ミニ羊羹 煉	30×18×12 mm	○		
ポテトチップ		おやつカステラ	55×20×20 mm				
ビスケット		ポテトチップス うすしお味	直径40 mm円, 厚さ1 mm, 8枚				
チョコレート		マリール	直径60 mm円, 厚さ5 mm, 2枚				
グミゼリー		ガーナミルク	70×25×5 mm				
せんべい		果汁グミぶどう	20×15×10 mm, 3個				
おこし		たまり醤油せんべい	直径60 mm円, 厚さ5 mm				
		ミニ栗おこし	50×25×1 mm				

## 2-2 試料および使用機材

食品試料については、「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>に記載されているものを参照として、現代でもポピュラーな食品をベースに、「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>同様に 8 種のカテゴリー（主食、芋・豆、肉、魚介、卵・乳製品、野菜、果物・種実、菓子）に分けて、国内流通で購入可能なもので、既製品の状態、もしくは、電子レンジ加熱調理で喫食可能なものを試験食品として選定し試験に供した。詳細は表 1 に示す通りの 55 品目である。表 1 に購入した製品のメーカー、品名、10 g に分けた際のおおよその大きさを記載した。電子レンジ調理については、製品パッケージに記載のワット数、加熱時間に従い処理した（表 1 の電子レンジ調理、「○」印参照）。味が薄く、そのままでは一般的な食事で供されるには適さないと思われる食品については、試料提供量に対して、醤油（いつでも新鮮しぼりたて生醤油、キッコーマン社）200  $\mu$ l（食塩相当量 32 mg）、もしくは、めんつゆ（追いがつおつゆストレート、ミツカン社）400  $\mu$ l（食塩相当量 13 mg）を喫食前に添加して被験者へ供した（表 1 の醤油添加、めんつゆ添加、「●」印参照）。

咀嚼の様子を撮影し記録するためのビデオカメラは、iPod touch（第 6 世代、アップル社）の動画撮影機能を用いた。物性測定装置として、万能試験機（5542、インストロン社）を用いた。

## 2-3 試験方法

### (1) 試験食品の咀嚼回数測定方法

咀嚼回数測定については、被験者の咀嚼開始から嚥下するまでの顎運動をビデオカメラで撮影して実施した。ビデオカメラは被験者の正面から斜め 45 度程度で 1 m 離して設置し、撮影箇所は被験者のプライバシー保護の為、口元のみとした。被験者には、嚥下して食べ終わった際に挙手するよう指示した。咀嚼終了後に顎の動きをカウントして食べている際の咀嚼回数を測定した。計測は観測者 2 人で 1 回ずつ行った。動画をカウントする観測者による誤差に配慮し、2 人で測定した平均値を算出、少数以下四捨五入して整数値を算出して測定値とし、解析に用いることとした。尚、観測者 2 人については、予め同じ被験者 1 名の映像で咀嚼計測を数回実施し、繰り返し計

測値の差と測定者による計測値の差が小さいことを確認している。

咀嚼回数測定について、試験時間は朝食および昼食の影響を抑えるため、食後2～3時間後を想定して、10時もしくは15時より測定開始とした。被験者には、普段通りの咀嚼を心がけるよう指示した。嗜好的に食べられない食品は食べなくても良い旨を指示し、被験者の負担を軽減するよう配慮した。

## (2) 物性測定方法

ロースハム、かまぼこ、魚肉ソーセージ、チーズ、こんにゃく、食パン、羊羹、木綿豆腐（表1の物性測定、「○」印参照）については、工場生産品でなおかつ定型に切断成型できる食品である。以上8食品について、13 mm角のキューブ状に切断成形し、乾燥を防ぐためプラスチック製容器に封をして入れた後、日常生活を送る常温・室温付近で物性評価することを念頭に、25℃で1時間温度調整して測定に供した。物性値を検証するため、以下の2条件で物性測定を行った。試験温度は試料温度と同じく25℃とし、測定はn=10とした。

①針入強度：ステンレス製直径3 mm円柱型プランジャーを10 mm/s、クリアランス1.3 mm（90%圧縮）まで圧縮した際の最大圧縮荷重を測定した。

②テクスチャープロファイル<sup>[79-81]</sup>測定（Texture profile analysis, 以下TPA）：ステンレス製直径30 mm平板型プランジャーを、試料ステージから高さ50 mmより、速度10 mm/sにて下方向に移動させ、クリアランス4.2 mm（66.7%圧縮）で試料を圧縮した後、プランジャーを速度10 mm/sで高さ50 mmまで戻し、再度同一の条件で試料を圧縮して、プランジャーを速度10 mm/sで高さ50 mmまで戻した。本条件では、1回目の圧縮完了から2回目の圧縮完了まで9.16秒である。合計2回圧縮した際に計測される『硬さ』（1回目圧縮時の最大荷重, **Hardness (H1)**）、『凝集性』（2回目圧縮時のピーク面積/1回目圧縮時のピーク面積）を評価に用いた。

## (3) 単一食品の咀嚼回数測定による被験者選抜

咀嚼回数は個人によって様々であり、早食い傾向で咀嚼回数の少ないもの、嚥下に至るまでに咀嚼回数が極端に多いものなど、様々である。食品の代表的な咀嚼回数を検証し、「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>を再編するため、本研

究では 102 名の被験者より平均的な咀嚼回数習慣を持つ被験者を選抜し、選抜された 20 名の被験者を対象に各種食品を食べてもらい咀嚼回数を測定する流れとした。平均的な咀嚼回数習慣を持った 20 名を選抜するため、物性測定の測定値について、測定値が全品目の平均値付近であり、変動係数(標準偏差を平均値で割った値)が他の食品と比較して大きくない、安定した物性値を有する食品 1 種 10 g を一口で食べてもらい、嚥下するまでの咀嚼回数について測定した。咀嚼回数の上位 25 % および下位 25 % を除外して残った被験者より、男性 10 名、女性 10 名、計 20 名をランダム化して選抜することとした。

#### (4) 多品種食品の咀嚼回数測定

上記(3)で選抜した被験者 20 名を対象に、表 1 に記載した食品を咀嚼してもらい試験を実施した。1 回で 18 もしくは 19 品を、3 日に分けて測定を行った。試験に供する食品の食事順番は、食べる順番による影響を極力排除するため、被験者毎にランダム化した。食品試料はなるべく一口で口腔内に入れられるよう、10 g に規定した。それぞれの食品を食べ始め、嚥下するまでの咀嚼回数について、ビデオ観察法を用いて 1 回測定した。1 種類の食品を食べた後に 3 分の休憩をとり、休憩時には飲水を許可した。本測定で得られた結果を基に咀嚼回数の多少による食品別咀嚼回数ランク表の作成を試みることにした。

## 2-4 解析項目

全ての有意差検定について、有意水準は 5% とした。

8 品種の食品の物性測定値について、各食品の  $n=10$  の平均値、標準偏差(SD)、変動係数、8 品全測定値の平均値、および、各食品について 8 品全測定値の平均値からどれだけ離れているかを評価するための比率を算出した。

被験者の年齢、および、食品の咀嚼回数について、男女間の有意差は、対応のない t 検定を用いて評価した。

多品種食品について、被験者 20 名全員、女性被験者、男性被験者の咀嚼回数を集計し、平均値および標準偏差を算出して、回数の多少でランク付け

する形で食品による咀嚼回数表を作成することとした。

以上の統計解析は IBM 社の SPSS ver.23 を用いて行った。

### 3. 結果

#### 3-1 被験者選抜に用いる食品選択のための物性測定

測定結果について、表 2 に示した。各食品について、測定値より、①ロースハムは硬くて凝集性が低い食感、②かまぼこは中程度の硬さで、凝集性が 8 品目中 2 番目に高い、③魚肉ソーセージは硬さも凝集性も中程度で、8 品目の中では中央的な食品、④こんにゃくは軟らかい（圧縮荷重が低い）が、ハム、チーズ、ようかん、豆腐と比較して凝集性が高い、⑤チーズは硬くなく、凝集性が低く脆い、⑥食パンは他の食品と比較して軟らかいが、凝集性が最も高い、⑦木綿豆腐は 8 品目の中で最も軟らかい、凝集性も低く脆い、⑧ようかんは 8 品目の中で真ん中より少し硬いが、凝集性が低く脆いというそれぞれの特徴がみられた。

102 名の被験者より平均的な咀嚼回数を有する被験者 20 名を選抜するために用いる食品としては、物性測定における各測定結果の値において、平均値より差異 15 % に収まり、尚且つ、変動係数が 0.1 未満である項目が他の食品と比較して最も多かった、魚肉ソーセージ（表 2 参照：針入強度および TPA 凝集性の平均値で 2 項目、変動係数で 2 項目該当）を採用することとした。

表2 8種食品のテクスチャープロファイル測定結果

試料	針入強度				TPA							
	最大圧縮荷重 (gf)			平均値に対する比率 (%)	硬さ (H1) (gf)			平均値に対する比率 (%)	凝集性			平均値に対する比率 (%)
	平均値	SD	変動係数		平均値	SD	変動係数		平均値	SD	変動係数	
ローストハム	566.4	98.8	0.17	264	6116.1	1424.2	0.23	222	0.183	0.039	0.21	57
かまぼこ	247.3	24.6	0.10	115	3509.8	460.8	0.13	127	0.614	0.027	0.04	192
魚肉ソーセージ	208.6	16.0	0.08	97	4497.8	311.7	0.07	163	0.360	0.055	0.15	112
こんにゃく	159.2	26.0	0.16	74	1872.6	403.9	0.22	68	0.230	0.020	0.09	72
チーズ	147.2	13.8	0.09	69	2260.5	401.6	0.18	82	0.204	0.033	0.16	64
食パン	143.5	25.0	0.17	67	109.9	16.1	0.15	4	0.702	0.016	0.02	219
木綿豆腐	24.3	3.3	0.13	11	301.4	45.5	0.15	11	0.142	0.063	0.44	44
羊羹	217.1	4.2	0.02	101	3389.7	200.9	0.06	123	0.129	0.006	0.04	40
平均値	214.2				2757.2				0.320			

### 3-2 単一食品の咀嚼回数測定による被験者選抜

102名の被験者に対して、上記物性測定により採用された魚肉ソーセージを一口で食べさせた際の咀嚼回数を測定し、被験者選抜を実施した。尚、魚肉ソーセージ10g形状は直径25mm、長さ22mmの円柱状であった（表1参照）。表3に、魚肉ソーセージの咀嚼回数の2回平均値について結果を示した。男女全体102名で平均値は46.5回となった。男性は43.2回、女性は平均で49.7回となり、女性において咀嚼回数が有意に多い結果であった（ $p=0.040$ ）。

男性と女性で咀嚼回数に有意差があったことより、咀嚼回数の上位25%および下位25%を除外し、多品種食品を咀嚼する被験者選抜には、全体102名の順位に加え、男性と女性それぞれの回数も考慮することとした。すなわち、選抜の該当者を、①全体102名の上位下位それぞれ26名を除外したものの、②男性50名、女性52名より、性別ごとに上位下位13名を除外したものの、以上の条件に該当するものとした。この工程により選抜された女性19名、男性20名より、ランダムイズして各10名を抽出した。選抜された被験者20名について、平均年齢および魚肉ソーセージの咀嚼回数は表4の通りとなった。選抜された被験者において、性別による魚肉ソーセージの咀嚼回数に有意差は認められなかった（ $p=0.800$ ）。

表3 参加被験者全員の魚肉ソーセージ咀嚼回数

被験者	年齢			咀嚼回数 (回)				
	平均値	SD	p値 (t検定)	平均値	SD	最大値	最小値	p値 (t検定)
全員 (n=102)	33.9	11.6	-	46.5	16.0	108.0	19.0	-
男性 (n=50)	41.0	10.4	<0.001	43.2	15.8	108.0	23.0	0.040
女性 (n=52)	27.2	8.2		49.7	15.8	87.5	19.0	

表4 選抜された被験者の魚肉ソーセージ咀嚼回数

被験者	年齢			咀嚼回数 (回)				
	平均値	SD	p値 (t検定)	平均値	SD	最大値	最小値	p値 (t検定)
全員 (n=20)	32.9	8.9	-	44.9	3.8	52.5	39.0	-
男性 (n=10)	35.8	9.0	0.156	44.7	3.2	48.5	39.0	0.822
女性 (n=10)	30.1	8.2		45.1	4.5	52.5	39.5	

被験者の年齢について、選抜前の 102 名では、株式会社ロッテから参加した男性被験者と和洋女子大学から参加した女性被験者の年齢差に起因して、男女間で有意差が認められたが（表 3,  $p < 0.001$ ）、選抜された被験者において、男女間で有意差は認められなかった（表 4,  $p = 0.156$ ）。

### 3-3 多品種食品の咀嚼回数測定

選抜された 20 名に対して、55 品目の食品を供して測定された咀嚼回数の結果を表 5 に示した。食品毎で多様な咀嚼回数（最小：みかん缶詰  $13.8 \pm 6.2$  回，最大：さきいか  $158.9 \pm 28.0$  回）となった。

尚、55 品目についておおよその食品は一口で咀嚼されたが、さきいか、ポテトチップス、ビスケット、せんべいについては、すべての被験者で完食までに 2 ないしは 3 口要した。被験者のうち、試験中に嗜好的に干ぶどうが食べられないと訴えた男性 1 名、みかん缶詰が食べられないと訴えた女性 1 名、チーズが食べられないと訴えた女性 1 名がいたため、それぞれの食品については食べないように指示して 1 箇所ずつ欠測とし、20 名の測定結果について解析した。

性別による有意差検定の結果、各食品については、そば ( $p = 0.037$ )、ピザ ( $p = 0.032$ )、フライドポテト ( $p = 0.048$ )、うずら卵 ( $p = 0.041$ )、桃 ( $p = 0.028$ )、ポテトチップス ( $p = 0.036$ )、せんべい ( $p = 0.038$ ) において有意差が認められ、いずれの食品も女性の方が男性より咀嚼回数が多いことが示唆された。

表 5 に示した結果を基に、食品別咀嚼回数ランク表として編纂したものを表 6 に示した。尚、咀嚼回数についてのランク分けの基準は、20 名全員の平均咀嚼回数とした。結果、咀嚼ランク 1 は 0~20 回未満、それ以外は 10 回おき、ランク 10 は 100 回以上で区分けすることによって、計 10 ランクの表（表 6）として編纂することが可能であった。

表5 選抜された被験者による各種食品の咀嚼回数測定結果

試料	咀嚼回数 (回)							
	男性		女性		p値 (t検定)	全員		
	平均値	SD	平均値	SD		平均値	SD	
主食	食パン	35.3	10.5	42.9	15.6	0.217	39.1	13.5
	うどん	36.4	4.8	43.1	13.9	0.167	39.8	10.7
	そば	34.5	6.6	47.3	16.7	0.037 †	40.9	14.0
	スパゲティー	39.0	6.2	47.6	15.8	0.127	43.3	12.5
	ラーメン	41.2	8.6	47.5	14.4	0.249	44.4	12.0
	ピザ	41.0	11.3	56.0	20.0	0.054	48.5	17.6
	チャーハン	43.0	10.7	54.7	18.6	0.102	48.9	16.0
	ごはん	45.8	10.2	57.3	11.9	0.032 †	51.6	12.3
芋・豆	もち	60.7	12.6	71.1	19.7	0.177	65.9	17.0
	木綿豆腐	15.2	4.6	18.7	11.0	0.364	17.0	8.4
	厚揚げ	24.2	7.8	32.1	13.3	0.123	28.2	11.4
	フライドポテト	34.3	6.5	36.9	13.1	0.580	35.6	10.1
	こんにゃく	38.2	6.6	45.9	12.1	0.093	42.1	10.2
肉	サトイモ煮	60.4	16.4	77.2	18.9	0.048 †	68.8	19.3
	ロースハム	31.4	6.1	38.0	11.1	0.117	34.7	9.4
	ハンバーグ	51.4	14.6	57.2	16.9	0.421	54.3	15.6
	焼き鳥	57.3	14.8	59.6	18.2	0.760	58.5	16.2
	ウインナーソーセージ	57.5	10.2	63.4	18.2	0.384	60.5	14.7
	豚生姜焼き	59.5	13.2	62.9	17.1	0.625	61.2	15.0
魚介	牛カルビ焼き	62.0	13.3	62.7	15.5	0.915	62.4	14.0
	魚肉ソーセージ	25.1	7.5	26.0	9.9	0.822	25.6	8.6
	サバ缶詰	44.7	3.2	45.1	4.5	0.822	44.9	3.8
	鮭焼	46.6	11.9	50.1	14.8	0.567	48.4	13.2
	かまぼこ	49.1	11.0	57.8	14.1	0.142	53.5	13.1
	茹でダコ	56.1	11.0	60.2	22.7	0.614	58.2	17.5
	さきいか	58.9	26.9	66.0	32.2	0.599	62.5	29.1
卵・乳製品	マグロ刺身	152.2	21.5	165.5	33.0	0.300	158.9	28.0
	チーズ	25.5	8.7	33.3	17.0	0.212	29.4	13.7
	卵焼	40.4	11.7	43.0	14.2	0.668	41.6	12.7
野菜	うずら卵	38.4	8.0	53.1	19.5	0.041 †	45.8	16.3
	生大根	30.1	7.2	36.6	14.7	0.226	33.4	11.8
	生きゅうり	35.7	8.9	42.2	11.0	0.163	39.0	10.3
	生キャベツ	39.0	7.8	47.8	11.4	0.059	43.4	10.5
	たくあん	41.0	9.0	46.8	15.9	0.328	43.9	12.9
	生レタス	41.4	11.7	51.0	20.5	0.215	46.2	17.0
	ごぼうやわか煮	43.7	10.8	49.5	17.3	0.381	46.6	14.4
	とうもろこし缶詰	44.7	11.1	48.8	16.0	0.514	46.8	13.6
	ほうれんそうおひたし	48.0	9.5	52.1	11.8	0.403	50.1	10.6
	しいたけ煮	48.4	9.7	57.0	20.5	0.246	52.7	16.2
果物・種実	たけのこ水煮	55.9	11.9	67.6	22.3	0.161	61.8	18.4
	桃缶詰	11.2	3.4	16.7	7.5	0.053	13.8	6.2
	生バナナ	17.6	3.8	20.9	8.0	0.255	19.3	6.3
	生りんご	16.6	5.1	24.7	9.4	0.028 †	20.7	8.5
	ピーナツ	28.7	5.7	34.5	9.8	0.125	31.6	8.4
	アーモンド	64.0	18.7	64.2	18.4	0.982	64.1	18.0
	干ぶどう	80.4	12.3	105.6	38.7	0.066	93.0	30.8
菓子	みかん缶詰	90.6	18.5	111.0	38.7	0.066	100.8	31.3
	羊羹	35.4	6.2	39.1	11.4	0.380	37.3	9.1
	カステラ	42.0	8.0	45.3	11.2	0.458	43.7	9.6
	ポテトチップ	54.0	24.9	46.8	11.7	0.419	50.4	19.3
	ビスケット	54.9	8.3	61.7	19.9	0.331	58.3	15.2
	チョコレート	67.0	12.8	75.2	18.7	0.267	71.1	16.2
	グミゼリー	67.4	15.6	81.7	22.8	0.119	74.6	20.4
	せんべい	63.1	17.4	96.6	43.5	0.036 †	79.9	36.6
	おこし	97.1	17.1	119.7	27.0	0.038 †	108.4	24.8

†: p &lt; 0.05

表6 10ランクに分けられた食品別嘔吐回数ランク表

*ランク	主食		芋・豆		肉		魚介		卵・乳製品		野菜		果物・種実		菓子		
	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	試料	嘔吐回数 (回) 平均 SD	
1 (~20回)			木綿豆腐	17.0 8.4													
2 (20~30 回)			サトイモ煮	28.2 11.4			マグロ刺身	25.6 8.6	卵焼	29.4 13.7							
3 (30~40 回)	ごはん スバガチー	39.1 13.5 39.8 10.7	厚揚げ	35.6 10.1	ハンバーグ	34.7 9.4											
4 (40~50 回)	そば ラーメン うどん チャーハン もち	40.9 14.0 43.3 12.5 44.4 12.0 48.5 17.6 48.9 16.0	こんにゃく	42.1 10.2	魚肉ソーセージ サバ缶詰	44.9 3.8 48.4 13.2	チーズ うずら卵	41.6 12.7 45.8 16.3									
5 (50~60 回)	ピザ	51.6 12.3	ローズハム ワインナーソーセージ	54.3 15.6 58.5 16.2	かまぼこ 鮭焼	53.5 13.1 58.2 17.5											
6 (60~70 回)	食パン	65.9 17.0	フライドポテト	68.8 19.3	豚生姜焼き 牛カルビ焼き 焼き鳥	60.5 14.7 61.2 15.0 62.4 14.0											
7 (70~80 回)																	
8 (80~90 回)																	
9 (90~100 回)																	
10 (100回 以上)							さきいか	158.9 28.0									

\*嘔吐回数ランク分けの基準は男女20名全員の嘔吐回数の平均値とした。

## 4. 考察

### 4-1 咀嚼に関する食品別ランク表の意義

一般的に、食品の食べ易さ、食べにくさ、嚥下に至るまでに要する咀嚼の多少などの咀嚼性を示す際に、おおよその咀嚼回数を列記すると、直感的であり、読者に伝わりやすいものと思われる。一回の食事や一日において、どの程度噛めば健康を維持できるか、認知機能を維持できるかなど、今後の研究を行う際に目安とするための物差しとして、咀嚼回数でランク分けされた食品表がエビデンスとして存在していると利便性が高いものと思われる。よって、本研究において、食品別咀嚼回数ランク表を再編することを試みた次第である。

咀嚼と健康の関連性は近年良く議論されている項目であり、良く噛まない事、早食いであることは、肥満やメタボリックシンドロームに深く関連していることが昨今の調査研究で明らかとなってきた<sup>[82-86]</sup>。若年層において BMI が高い群は低い群と比較して咀嚼能力が低くなっていると報告している松田らの研究事例<sup>[87]</sup>もある。日常的に噛む意識を高め、咀嚼に留意することは、健康増進のために有用であると考えられる。また、通説で「一口 30 回」が適切とされているが、これは、30 回咀嚼した際に食品の粒度が嚥下に適した分布となり、安定した食塊になり誤嚥のリスクが低減するためとの説が有る<sup>[88,89]</sup>。良く噛むことは消化吸收を良くするほかに、誤嚥性肺炎など健康リスクの低減させる可能性も含んでいる。年齢をかさねると誤嚥のリスクは上昇する<sup>[90]</sup>ことより、良く噛むことは健康余命を延長させ QOL を向上させるために欠かせない習慣と思われる。尚、本研究において、55 品目の食品について咀嚼回数測定をおこなった結果、10 ランクに分けた表を作成した(表 6)。「一口 30 回」の通説に鑑みると、10 g の食品を一口で食べたことを想定すると、ランク 3 以上の食品は、平均的な咀嚼回数のヒトが咀嚼した際に 30 回以上噛む食品試料と言えるかもしれない。

安齋ら<sup>[91]</sup>および越野ら<sup>[92,93]</sup>より、全部床義歯装着者の咀嚼能力検査を目的として、食物を摂取の難易度の段階に分け、摂取が可能な食物を被験者に回答させるアンケート形式の評価法が提示されている。越野らは併せて、摂取難易度が高い食物ほど、嚥下閾に至るまでの咀嚼回数が多い傾向も確認し

ている<sup>[92]</sup>。5段階に分けた難易度の表に提示されている25種の食物<sup>[93]</sup>は、本研究における表（表1, 5, 6）に提示されている食物と同じものも多々あり、野菜は同じ品種においては煮たものより生の方で難易度が高い傾向（例：キャベツ、にんじん）であり、さきいか、タコは難易度上位であるなど、傾向は同様であった。越野らの表<sup>[93]</sup>も併せて確認されたい。噛む意識を向上させることについて、本表（表6）が食育や研究などの現場で今後一助となることを期待する。

本研究において、55品目の食品を選択したが、これは、「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>に掲載された食品を基に、現代でもポピュラーであり、尚且つ将来的にも日本国内で食べ続けられると思われる食品をセレクトした。本研究で得られたデータを基に、日本チューインガム協会ホームページ上で掲載されている回数表<sup>[53]</sup>を刷新し、ロッテ社で咀嚼の良さを啓発するために編纂しているホームページ「噛むこと研究室」<sup>[94]</sup>とも連動させることにより、エビデンスに基づいた確かな情報として、発信・展開したいと考えている。

#### 4-2 咀嚼回数の測定手法について

筋電位<sup>[25,95-97]</sup>やナソヘキサグラフ<sup>[98]</sup>、センサーを応用した咀嚼回数計<sup>[99-103]</sup>を測定装置として採用した場合、被験者に機器装着の負担をかけ、自然な咀嚼を実施できない可能性がある。多くの被験者において、普段のチューインガム咀嚼回数や咀嚼の様相を計測するため、今回は先行研究事例<sup>[102,104,105]</sup>の有るビデオ撮影法を採用することとした。

#### 4-3 単一食品の咀嚼回数測定による被験者選抜の意義

食品の物性や摂取量と咀嚼回数や咀嚼筋活動の関連性について検証した研究は今までに多く存在しており、咀嚼回数と筋活動量を検証した先行研究<sup>[106-108]</sup>では、食物が硬くなるにつれ、咀嚼回数を増加させることによって、嚥下に至るまで食塊形成を獲得すること、筋活動量は咀嚼の積算であり、咀嚼回数は筋活動量に伴い増加することが示されている。物性の異なる数種の食物について、試料量と咀嚼回数に言及した論文<sup>[58,59,109-112]</sup>においては、豆腐や魚肉ソーセージなどと比較して、ピーナッツや人参など硬い物性の食品

では、咀嚼回数が多くなり、試料量の増加に伴う咀嚼回数の増加割合も高くなることが示されている。

これらの研究において、提示された測定データを検証したところ、被験者数は 20 名前後に対して、咀嚼回数の平均値に対する標準偏差は大きく、変動係数で 0.5（平均値に対して標準偏差の大きさが 50 %）を超えるデータも多く見られる。先行研究のこれらの傾向を踏まえ、本研究においては、ヒトの平均的な咀嚼回数をなるべく抽出して食品別ランク表を編纂することを目的に掲げ、はじめに多数の被験者を募集し、その中から平均的な咀嚼回数を有する被験者を選抜し、選抜した被験者に対して多品種の食品を供して咀嚼回数を測定する流れを採用することとした。

結果、魚肉ソーセージを 102 名に食べさせた咀嚼回数（表 3）は、最小値で 19 回、最大値で 108 回と、5 倍近くの開きがあったが、選抜された 20 名（表 4）では最小値が 39 回、最大値が 52.5 回となり、個人差による数値の開きの少ない被験者集団を選抜できた。55 品目の結果（表 5）においても、男女別、全体共に、測定値の SD が平均値の 1/2 を上回ることはなく、咀嚼回数の最も多いさきいかで  $158.9 \pm 28$  回と、変動係数は 0.18 となり、変動の少ない測定結果が得られた。これらの結果より、今後、咀嚼回数検証に関する研究において、魚肉ソーセージのように物性の安定した食品を用いて被験者の咀嚼回数を測定し選抜することにより、平均的な咀嚼回数を有する被験者を選抜して試験が展開可能になることが示唆された。

#### 4-4 被験者選抜に用いる食品選択のための物性測定

被験者選抜において、選抜のために用いる食品は、なるべくそれ自体の品質が整っており、ばらつきが無く、被験者毎の咀嚼回数の違いそのものを測定できるものが望ましいと考え、物性測定値に供した際に変動係数の少ない食品を選択することとした。野菜や果物など、収穫された状態で提供されている食品は、採取する部位により物性が大きく異なるため、物性測定に供することが可能な大きさを安定して採取できる工業生産品を採用することとした。結果、市販食品 8 種、ロースハム、かまぼこ、魚肉ソーセージ、チーズ、こんにゃく、食パン、羊羹、木綿豆腐を使用することとした。尚、Szczesniak

らの提唱した2回圧縮のテクスチャプロファイル<sup>[79-81]</sup>の測定法に従い、物性評価の際の食品試料サイズは13 mm 角のキューブ状とした。

硬い食物ほど咀嚼回数や咀嚼筋活動量が増加することは多くの先行研究より明らかである。中川ら<sup>[57]</sup>は、食物の種類により咀嚼回数が大きく異なることを見出している。田中ら<sup>[113]</sup>や小泉ら<sup>[60]</sup>は、他の食物に比べてビーフジャーキーやさきいかなど硬い食物は、他の食物と比較して咀嚼回数が多くなり咀嚼筋活動量が高くなるとしている。中山ら<sup>[114]</sup>や Kohyama ら<sup>[115]</sup>は、米飯の水分量を変えて咀嚼回数を検討しており、水分含量が多く軟らかい米飯ほど、咀嚼回数が少なくなることを示している。硬い食物は咀嚼回数が多く、軟らかい食物は咀嚼回数が少ないと言える。被験者選抜に用いる食品については、柔らかすぎたり、咀嚼性が乏しかったりする（TPAの凝集性において、1回目の圧縮と比較して2回目の圧縮で物性値が小さくなる）場合、咀嚼回数が少なくなってしまう、被験者間の個人差が小さくて評価することが困難であることが予想される上、硬すぎると被験者の負担が多くなり、複数回測定する際に咀嚼筋の疲労により2回目以降の咀嚼回数が増減することが予想される。よって、本研究における被験者選抜に用いる食品は、市販食品8種について、針入強度およびTPAの1回目圧縮時の最大荷重H1、TPAの凝集性の3つを評価の基準として、8種の食品の中から柔らかすぎず、硬すぎない、最も中庸な食品を選択することとした。

測定再現性および物性値より、魚肉ソーセージが選択された。尚、かまぼこ、および、羊羹については、針入強度とH1については8品種の平均値に近い値であったが、凝集性についてかまぼこは8品種中2番目に高く、羊羹は最も低く脆い性質を示したため、本研究において被験者選抜用の食品として採用されなかった（表2）。

尚、食品物性と咀嚼回数の検証は現在まで多く実施されていることより、今後は、先行研究を調査、参照し、本研究で測定した8品目の食品に加えて、採用された55品目の食品の中より成型して物性測定可能なものを選択して、針入強度とTPAを測定し、比重、水分含量なども追加測定することにより、食品の性質と咀嚼回数の関連性を検証して行きたいと考えている。

#### 4-5 多品種食品の咀嚼回数測定時の食品提供量と咀嚼回数の性差について

本研究における咀嚼回数表は、一般生活者によく噛む意識を高めてもらうことを目的としているため、日常の感覚に即した数値を表記したいところである。よって、被験者選抜に用いる食品も含め、55品目の食品を提供する際の妥当な量を検証するために、研究に先立ち、ヒト咀嚼における一口量の先行研究論文を調査した。

Forde<sup>[116]</sup>らは35種の異なる食品について、20歳代の被験者15名を対象に一口量を測定しており、代表例として生のトマトは10g、対してステーキは3gとなっていた。小城ら<sup>[117]</sup>は20歳代の被験者33名を対象に9種 of 食物を用いて一口量を測定しており、あられでは約1g、食パンでは2g、かまぼこでは3g、ほうれんそうでは6gであった。Nakamichi<sup>[112]</sup>らは女性（平均年齢19.5歳）50名を対象に一口量を測定しており、米飯9.7gに対してりんごは6.7gであった。複数研究で共通して、一口量は食物の種類により異なり、食べごたえの有る、硬めの食物は一口量が小さい傾向であった。

一方、一口量の個人差が大きいことも知られており、先行研究において、村山ら<sup>[111]</sup>は13名の被験者に魚肉ソーセージを食べさせた際、一口量の平均値は8.31gであったが、最少で3.05g、最大で14.55gであったことを示している。加えて、福島<sup>[118]</sup>は、13名の被験者において魚肉ソーセージの一口量の最少が9.05g、最大が19.86g、米飯の一口量の最少が7.13g、最大が20.55gであることを示している。性差もあることが示されており、小林ら<sup>[119]</sup>や猪子ら<sup>[110]</sup>の検証では、男性のほうが女性より有意に一口量が多い結果であった。

以上より、一口量は食品の物性の変化に伴い増減するが、個人差および性差があり、一概に規定することは難しいようである。しかしながら、本研究の主目的は、「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>に代わる、食品ごとの咀嚼回数の目安表作成であるため、ある程度の規定は必要となる。よって、本研究においては、「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>で提示された「10g」に食品を規定して被験者に提供し、できるだけ一口で食べるよう指示することとした。食

品 10 g あたりの咀嚼回数として、10 g を複数回に分けて食べた被験者についても完食するまでの咀嚼回数を測定し、表に編纂した（表 6）。10 g の咀嚼回数として提示していることにより、通常の食事で提供される 100 g や 200 g の量の際にどの程度の咀嚼回数になるか、単純計算しやすいため、食育や私生活の場で本研究において提示された表が活用されやすいと考えられる。

尚、55 品目おおよその食品は一口で完食されたが、さきいか、ポテトチップス、ビスケット、せんべいについては、すべての被験者で完食までに 2 ないしは 3 口を要した。これら 4 種の食品は水分量が少なく、比重が低いため、他の食品と比較して 10 g あたりの体積量が多く、一口では口腔内に収めることが出来なかったためだと考えられる。

食品の咀嚼回数について、性差について検討した先行研究において、咀嚼サイクルに差異を見出している Tamura ら<sup>[120]</sup>のものもあれば、一口量の咀嚼回数、咀嚼時間、咀嚼周期に差異がないとする<sup>[119]</sup>のものもある。本研究において、被験者選抜のために魚肉ソーセージを 102 名の被験者に食べさせ咀嚼回数を測定した際、平均値で男性が 43.2 回に対して女性が 49.7 回となり、女性で有意に咀嚼回数が多い結果となった ( $p=0.040$ )。加えて、20 名に選抜して、魚肉ソーセージに関して性差がなかった ( $p=0.822$ ) 被験者でも、55 品目の食品を咀嚼させた結果、そば ( $p=0.037$ )、ピザ ( $p=0.032$ )、フライドポテト ( $p=0.048$ )、うずら卵 ( $p=0.041$ )、桃 ( $p=0.028$ )、ポテトチップス ( $p=0.036$ )、せんべい ( $p=0.038$ ) において有意差が認められ、いずれの食品も女性の方が男性より咀嚼回数が多い結果であったこと（表 5）、加えて、選抜された被験者 20 名では男女間で年齢に有意差が無く年代が近似していた（表 4）ことより、基本的性質として、女性は男性と比較して咀嚼回数が多い傾向にあることが示唆された。本件については、骨格や筋肉量などの性差によるもの、社会的な慣習によるものなど、要因は今後検証される必要があるものと思われる。

## II-2 チューインガムの咀嚼回数測定

### 1. 目的

「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>において、チューインガムは食品中最も咀嚼回数の多いもの（550回）として掲載されている。しかしながら、咀嚼回数は「味がなくなるまで」となっており、定義が曖昧である。加えて、チューインガムをヒトが嗜好品として噛む5～10分程度の時間で自由咀嚼した際、どれくらいの回数と頻度で噛んでいるのか、検証した先行研究は認められない。そこで、本研究では、被験者が10分間チューインガムを噛んでいる様子をビデオカメラにて撮影し、咀嚼回数を計測することとした。計測した咀嚼回数については、前述で測定された55品目の食品と共に、食品別咀嚼回数ランク表として編纂し、チューインガムと他の食品の咀嚼回数の差異を明示することとした。

本研究ではチューインガムとして粒ガムと板ガムを用いた。チューインガムの形態として市場で流通されているものは、主にこの2種である。粒ガムは指先大の大きさに成型されたセンターガムの周りに薄い糖衣のコーティングが施されているチューインガムで、噛んだ際に糖衣部分が破碎されて独特な食感が楽しめる製品である。一方、板ガムは平板状に圧延されたチューインガムであり、粒ガムと比較して歴史の長いスタンダードな製品である<sup>[16]</sup>。本研究において粒ガムと板ガムで咀嚼の様相を比較検討することとした。

### 2. 試験方法

#### 2-1 被験者

被験者リクルートについては、男性被験者は東京医科歯科大学1号館西3階会議室、女性被験者は和洋女子大学南館3階調理学実験室で実施した。顎口腔系の形態および機能に異常所見の見られない個性正常咬合を有することが確認された20代の男女計27名（男性13名：平均年齢 $23.5 \pm 1.1$ 歳、女性14名：平均年齢 $21.7 \pm 2.2$ 歳、全員の平均年齢 $22.6 \pm 1.9$ 歳）を被験者とした。

本研究は、和洋女子大学の人を対象とする研究審査委員会の承認（番号：1605）を得て実施したものである。被験者に対しては本研究の主旨と予想される不利益について口頭と書面にて説明した。また、この研究参加に関しては被験者の自由意思によるものであり、同意した後でも中断できること、中断による不利益は生じないことを口頭と書面にて説明し同意を得た。

## 2-2 試料および試験機材

粒ガム試料として、キシリトールガムライムミント（ロッテ社）（1個約1.5g）、板ガム試料として、グリーンガム（ロッテ社）（1枚約3g）を用いた。咀嚼時の重量を揃えるため、粒ガムは2個、板ガムは1枚をそれぞれ試験に供した。

各試料の大きさと形状は、粒ガムは20mm×13mm×6mmの丸みを帯びた粒状、板ガムは73mm×20mm×1.5mmの平板状であった。

咀嚼の様子を撮影し記録するためのビデオカメラは、GZ-E10（JVCケンウッド社）を用いた。

## 2-3 試験項目

### (1) 試験食品咀嚼の撮影

チューインガム咀嚼の様子をビデオカメラで撮影した。ビデオカメラは被験者の正面から3m離して設置し、被験者の頭部全体と胸部までがフレームに収まり記録されるよう調整した。

実施時刻は、概日リズムによる口腔内状態変動の影響をなるべく避けるため、午前10時から正午までとした。被験者には試験開始2時間前までに朝食を食べておくように指示した。

被験者27名を2群に分けて試験を実施した。男性はA群7名、B群6名、女性はA群・B群7名ずつであった。A群のガム咀嚼方法は、先ず粒ガム2個を10分間咀嚼した後に、顎や咀嚼筋を休めるために30分間休憩、そののち、板ガム1枚を10分間咀嚼とした。B群は2種類のガムの咀嚼順番を逆とした。

被験者には、ガムを噛む際は普段通りの咀嚼を心がけるよう指示した。被

験者に見えないようにアラームを設置し、咀嚼開始後 10 分で鳴るように設定した。アラームが鳴った時点で咀嚼を止めるよう指示した。チューインガムを咀嚼している際、口腔内で食感が均質になったと感じた時点で片手を 1 秒間程度挙手するよう指示した。

#### (2) 咀嚼回数および咀嚼時間の計測

チューインガム咀嚼について、ビデオカメラで記録された映像より顎の動きと挙動を読みとり、被験者の咀嚼回数と挙手した時点での咀嚼時間(単位:秒)を計測した。計測は観測者 2 人で 1 回ずつ行い、平均値を算出、少数以下四捨五入して整数値を算出して測定値とし、解析に用いることとした。尚、観測者 2 人については、予め同じ被験者 1 名の映像で咀嚼計測を数回実施し、繰り返し計測値の差と測定者による計測値の差が小さいことを確認している。

チューインガムについて、咀嚼開始から 10 分後まで 30 秒毎での累計咀嚼回数、均質になったと感じたまでの咀嚼回数と咀嚼時間を計測した。

#### (3) 算出項目

ビデオカメラの映像から計測した咀嚼回数と咀嚼時間より、粒ガム咀嚼、板ガム咀嚼それぞれについて、時間あたりの咀嚼回数、すなわち、咀嚼頻度 (Mastication frequency<sup>[121,122]</sup>) を算出した。項目は、開始から 10 分間の平均咀嚼頻度(単位:回/分)、均質になったと感じるまでの平均咀嚼頻度(単位:回/分)および、均質になったと感じてから終了時(咀嚼開始 10 分)までの平均咀嚼頻度(単位:回/分)とした。

### 2-4 解析項目

全ての有意差検定について、有意水準は 5%とした。

ガム咀嚼の順番が測定結果に影響を与えるか否かを検討するために、まず始めに 30 秒毎での累計咀嚼回数および均質になったと感じるまでの咀嚼回数と咀嚼時間について A 群、B 群間で対応の無い t 検定を行った。その結果、有意差が認められた場合は A 群、B 群毎に各項目の検討を、また、有意差が認められない場合には両群を合わせた値での検討を行うこととした。

性差による影響を検討するために、チューインガムの 10 分間における 30

秒毎で、その時間までの累計咀嚼回数、および、均質になったと感じるまでの咀嚼回数と咀嚼時間について男女間で対応の無い t 検定を行った。

対応のある t 検定を行う項目は、チューインガム 2 種について、5 分間および 10 分間の累計咀嚼回数、10 分間全体の平均咀嚼頻度、均質になったと感じるまでの咀嚼回数と咀嚼頻度とした。加えて、チューインガム 2 種それぞれで、均質になったと感じる前後での咀嚼頻度の比較について、対応のある t 検定を行った。

以上の統計解析は IBM 社の SPSS ver.23 を用いて行った。

### 3. 結果

#### 3-1 チューインガム咀嚼順番および性差の影響

A 群（粒ガム咀嚼後、板ガム咀嚼）と B 群（板ガム咀嚼後、粒ガム咀嚼）の結果について、順番による効果が有るかを検証した結果、10 分間 30 秒毎の累計咀嚼回数および均質になったと感じるまでの咀嚼回数と咀嚼時間に有意差は認められなかった（A 群、B 群で 24 項目ずつ、計 48 項目全て  $p > 0.1$ ）。これより、チューインガムを咀嚼する順番の効果は本件では無いと見なし、A 群と B 群の結果をまとめて解析を行うこととした。

チューインガム 2 種の 10 分間 30 秒毎での累計咀嚼回数および均質になったと感じるまでの咀嚼回数と咀嚼時間について、性差による有意差は認められなかった（項目全て  $p > 0.1$ ）。したがって、これ以降の解析は男女の結果を合算した値で解析を行った。

#### 3-2 板ガムと粒ガムの累積咀嚼回数

図 2 および表 7 に結果を示した。2 種のチューインガム共に、咀嚼回数は咀嚼時間に比例し増加した ( $R=0.9999$ )。2 種のチューインガムの累計咀嚼回数は、共に、5 分間で約 430 回、10 分間で約 870 回となり、有意差は認められなかった。この咀嚼回数は、表 5, 6 で示された 55 品目の食品と比較して明らかに大きい値となった。

### 3-3 チューインガムの均質感と咀嚼の関係

表 7 に結果を示した。2 種のチューインガムについて、均質になったと感じるまでの咀嚼回数と咀嚼時間は、粒ガム咀嚼で 127.8 回および 88.7 秒に対して、板ガム咀嚼は 66.4 回および 48.0 秒と、粒ガム咀嚼は板ガム咀嚼と比較して均質になるまでに回数と時間を有意 ( $p < 0.001$ ) に要していた。

均質になったと感じる前後の咀嚼頻度を比較した結果、粒ガム、板ガム共に、均質になる前の方が均質になった後より咀嚼頻度が少ない傾向であった。2 種の粒ガムで、咀嚼頻度について有意差は認められなかった。

板ガムについて、均質になったと感じた後の咀嚼頻度は 87.4 回/分であったのに対し、均質になったと感じる前の咀嚼頻度は 82.0 回/分で、均質になったと感じた後よりも有意 ( $p = 0.007$  : 表 7 記載なし) に低い咀嚼頻度となっていた。粒ガムでは有意差は認められなかった ( $p = 0.159$  : 表 7 記載なし)。

### 3-4 チューインガムを含めた食品別咀嚼回数表の編纂

粒ガム、板ガム、2 種のチューインガムの 5 分間および 10 分間の累積咀嚼回数に有意差が認められなかったことを受け、前述の表 6 の「菓子」の категорияに 2 種のチューインガムの咀嚼回数を単一品種として追記する形で、イラストを交えて咀嚼回数表を編纂した (図 3)。尚、咀嚼回数表に記載する数値は、5 分間の累積咀嚼回数の 430 回とした。

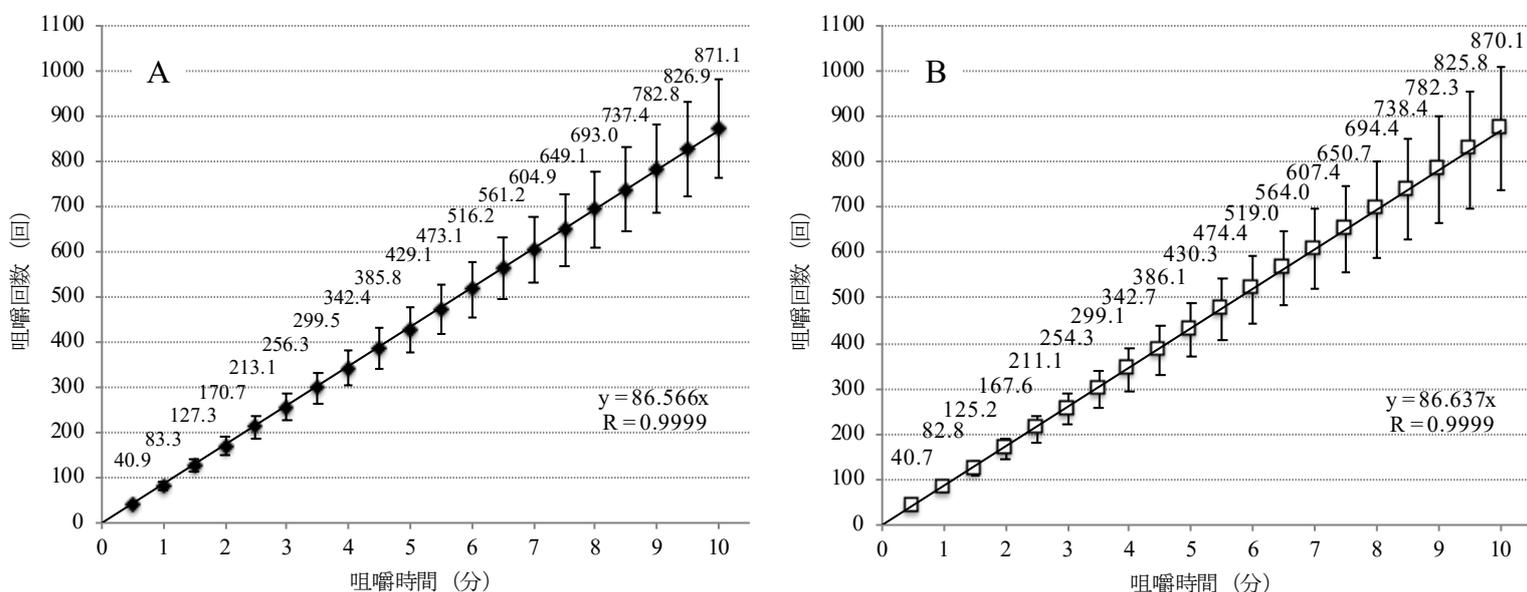


図2 粒ガムと板ガムの累計咀嚼回数

A: 粒ガム, B: 板ガム 27人の平均値, および, エラーバーはSDを示す。

表7 チューインガムの均質感と咀嚼の関係性

		平均 ± SD (n=27)		p値 (対応のある t検定)
		粒ガム	板ガム	
累計咀嚼回数 (回)	5分間	429.1 ± 50.3	430.3 ± 60.4	0.875
	10分間	871.1 ± 110.2	870.1 ± 135.4	0.945
	ガムが均質と 感じるまで	127.8 ± 63.2	66.4 ± 28.9	<0.001
咀嚼時間 (秒)	ガムが均質と 感じるまで	88.7 ± 37.1	48.0 ± 18.2	<0.001
咀嚼頻度 (回/分)	10分間平均	87.1 ± 11.0	87.0 ± 13.5	0.945
	ガムが均質と 感じるまで	84.9 ± 10.2	82.0 ± 12.2	0.150
	ガムが均質と 感じた後	87.5 ± 11.9	87.4 ± 14.0	0.988

咀嚼回数 ランク	穀類		肉		魚介		卵・乳製品		豆・芋		野菜		果物・種実		菓子			
	食品	咀嚼回数 (平均)	食品	咀嚼回数 (平均)	食品	咀嚼回数 (平均)	食品	咀嚼回数 (平均)	食品	咀嚼回数 (平均)	食品	咀嚼回数 (平均)	食品	咀嚼回数 (平均)	食品	咀嚼回数 (平均)		
1 (0~20回未満)									木綿豆腐	17.0			みかん缶詰	13.8				
2 (20~30回未満)					マグロ刺身	25.6	卵焼	29.4	サトイモ煮	28.2			バナナ	19.3				
3 (30~40回未満)	ごはん	39.1	ハンバーグ	34.7					厚揚げ	35.6	ごぼうやわかず煮	33.4	りんご	31.6	羊かん	37.3		
4 (40~50回未満)	スパゲティ	39.8									きゅうり(生)	39.0						
	そば	40.9			魚肉ソーセージ	44.9	チーズ	41.6			大根(生)	43.4						
	ラーメン	43.3									たけのこ水煮	43.9						
	うどん	44.4							こんにやく	42.1	ほうれんそうおひたし	46.2				カステラ	43.7	
	チャーハン	48.5			サバ缶詰	48.4	うずら卵	45.8			たくあん	45.6						
もち	48.9									とうもろこし缶詰	46.8							
5 (50~60回未満)	ピザ	51.6	ロースハム	54.3	かまぼこ	53.5					レタス	50.1			チョコレート	50.4		
			ワインナーソーセージ	58.5	焼鮭	58.2					しいたけ煮	52.7			グミゼリー	58.3		
6 (60~70回未満)			豚生姜焼き	60.5														
	食パン	65.9			茹でダコ	62.5			フライドポテト	68.8	キャベツ(生・せん切り)	61.8	干しぶどう	64.1				
			牛カルビ焼き	61.2														
7 (70~80回未満)			焼き鳥	62.4												おこし	71.1	
																ビスケット	74.6	
8 (80~90回未満)																ポテトチップ	79.9	
9 (90~100回未満)																	ピーナッツ	93.0
																	アーモンド	100.8
10 (100回以上)					さきいか	158.9											せんべい	108.4
																	チューインガム	430 (5分間)

\*各食品を10gずつ食べてもらい、全て飲み込むまでの咀嚼回数を計測 \*チューインガムは5分間噛んでもらったときの咀嚼回数を計測

図3 チューインガムを含めた食品別咀嚼回数ランク表

## 4. 考察

### 4-1 咀嚼測定 of 休憩時間について

本研究において、2種のチューインガムを咀嚼する間に、疲労回復を考慮して30分間の休憩時間を設けたが、これは、疲労回復に十分長い時間を設けて、咀嚼回数に及ぼす影響を排除しようとしたためである。A群（粒ガム咀嚼後、板ガム咀嚼）とB群（板ガム咀嚼後、粒ガム咀嚼）で順番効果があるかを検証した結果、有意差は認められなかったことより、チューインガムの10分間咀嚼に対して30分が十分な休憩時間であったことが示唆された。

尚、堀<sup>[123]</sup>は、被験者に経時的な筋疲労回復状態を調べた結果、かみしめ終了3分後にはほぼもとの状態に回復することを示している。笠嶋ら<sup>[124]</sup>は、筋疲労負荷後5分で咬合力は開始時の値とほぼ同じまで回復することを示している。今回、チューインガム咀嚼で30分間の休憩を設けた。先行研究結果より、咀嚼の疲労から回復し、次の咀嚼に臨むのに30分は十分な時間であったことが予想された。

### 4-2 性差の影響

チューインガム2種の咀嚼回数、咀嚼時間、および咀嚼頻度について、性差による有意差は認められなかったため、本研究における解析は性差を考慮せず、男女の結果を合算した形で解析を行った。

谷本ら<sup>[125]</sup>は咀嚼チェックガム<sup>[20]</sup>を用いた咀嚼力評価で、男女の咀嚼力に有意差が認められなかったことを示している。有地らの咀嚼筋のCT値評価<sup>[126]</sup>では、幅広い年齢層の男女について筋肉量に有意差が無かったと報告している。これらの先行研究より、咬筋活動や咬合力について、一般生活者において性差は無い可能性が伺える。先行研究および本研究により、チューインガムを10分間咀嚼する上では、性差による影響は生じないことが示唆された。

### 4-3 板ガムと粒ガムの咀嚼回数と咀嚼頻度、感覚に伴う変化について

粒ガム、板ガム共に、10分間被験者に咀嚼の仕方を指示せず、自由に咀

嚼させた際の咀嚼回数を計測したところ、27人の平均で、累計咀嚼回数は時間経過と共に比例的に増加する結果となった(図2)。咀嚼運動は、脳幹のパターンジェネレーターと、咀嚼筋や顎関節、咬合歯根膜などの末梢からのフィードバックが密接に関与したリズムカルな機能的運動である<sup>[23,127]</sup>。チューインガムは咀嚼が進むにつれ安定した物性になることにより<sup>[23]</sup>、パターンジェネレーターの作用が咀嚼に大きく働いたものと思われる。チューインガムは表5、6で示された他の食品と比較して、咀嚼回数が明確に多い食品であることが今回示されたが、これは、チューインガムが口中に長く残る性質に加えて、パターンジェネレーターの作用が大きく働く食品であることが起因していることがうかがえる。

累計咀嚼回数について、チューインガム2種で値はほぼ同等であった(図2)。粒ガムは表面に薄い糖衣でコーティングされた粒状のチューインガムであるのに対して、板ガムは2mm弱に圧延された平板状のチューインガムであり、形状も物性も異なるものであるが、2種のチューインガムの咀嚼回数に有意差が無いことは、硬さや物性の異なるチューインガムを咀嚼した際、単位時間当たりの咀嚼回数(咀嚼リズム)は種類に関わらず一定であったとする有住<sup>[25]</sup>および三穂ら<sup>[98]</sup>の先行研究と合致する結果であった。

咀嚼頻度について、板ガム咀嚼において、均質になったと感じる前が感じた後と比較して咀嚼頻度が低い結果となった。関<sup>[128]</sup>は、板ガムを用いて咀嚼開始から240秒までの物性変化を評価しており、60秒までは硬さの低下は凝集性の増加などテクスチャーが著しく変化したのち、それ以降は安定することを見出している。板ガムでの初期咀嚼頻度が低いことは、チューインガムが硬く、咀嚼に労を要するためと考えられる。加えて、板ガムは平板状であり、咀嚼開始時期は歯と舌で混練して球状の食塊にする必要があるので咀嚼頻度が低くなるためと考えられる。一方、粒ガムでは粒状で丸みを帯びており、臼歯に押し当てて咀嚼しやすいと思われる形状であるため、咀嚼開始時期でも咀嚼頻度が安定しているものと考えられる。しかしながら、粒ガムが均質になったと感じる前の咀嚼回数と咀嚼時間(127.8回, 88.7秒)が、板ガムのそれ(66.4回, 48.0秒)と比較して有

意 ( $p < 0.001$ ) に高い値であった。これは、粒ガム表面の糖衣部分が咀嚼により破碎された後、唾液により溶けて無くなるまでに時間を要したためと思われる。粒ガム咀嚼では糖衣部分とチューインガム部分の不均一性を口腔内で感じられているにも関わらず、均質になったと感じる前後の咀嚼頻度に有意差が無いこと、一方、板ガムでは上述の通り咀嚼開始時期に咀嚼頻度が有意に低いことより、咀嚼頻度は食品内の細かなバラつきや硬さ<sup>[25,98,119]</sup>よりも、形状により影響を受ける可能性が高いことが示唆された。

#### 4-4 チューインガムを含めた食品別咀嚼回数表の編纂

「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>は 2002 年の刊行以来、幅広い年齢層を対象として生活者に活用されているが、これは、イラストで分かりやすく楽しく、生活に身近なレイアウトであったことも大きな要因であると思われる。今回、チューインガムを含めた合計 56 品目の食品について、咀嚼回数を測定し、ビジュアルを含めたランク表として編纂したが、本表は日々の食生活における咀嚼回数への気づきを与える食育的なツールとして意義の大きいものであり、チューインガムが他の食品と異なり、咀嚼回数が多く、咀嚼を生活の中に取り入れる有用なツールであることを啓発するものと思われる。本研究で得られた表を、日本チューインガム協会ホームページ<sup>[53]</sup>や、「噛むこと研究室」ホームページ<sup>[94]</sup>に連動・掲載し、より多くの生活者にこの表を認知してもらい活用いただきたいと考えている。今後、本研究で用いた試験系に基づき、食品の種類を更に拡充し、年月を経ても活用可能な食品早見表としてバージョンアップに努めたい。

## 5. 結論

日々の食生活における咀嚼への意識づけを啓発し、各種食品およびチューインガムの咀嚼回数目安を提示することを目的として、以下実施した。

### (1) 選抜された被験者による各種食品の咀嚼回数の検証

本研究において、多数の被験者から偏りなく平均的な咀嚼回数を有するものを選抜したのち、各種食品を食べた際の咀嚼回数についてビデオ観察法を用いて測定し、食品別咀嚼回数ランク表を作成することを試みた。

被験者選抜に用いる食品を選ぶため、市販食品 8 種を 13 mm 角キューブに切り出し、物性測定に供した。8 食品において測定値が平均値付近で再現性の高い食品を採用することとした。

食品の物性測定の結果、8 種の食品のうち魚肉ソーセージは、測定値について平均値付近で、なおかつ高い測定再現性を示したことより、魚肉ソーセージは再現性が高く平均的な物性を有しており、咀嚼回数の個人差を評価するのに適した食品であることが示された。

102 名の被験者を対象に魚肉ソーセージを食べさせ咀嚼回数を測定し、咀嚼回数が平均的な被験者、男性 10 名、女性 10 名、計 20 名を選抜した。選抜された 20 名を対象に、10 g に規定した 55 品目の食品を食べさせ咀嚼回数を測定した。選抜した 20 名の被験者により得られた咀嚼回数をランク表として編纂した結果、55 品目の食品について、咀嚼回数 10 回毎で区切った 10 ランクの咀嚼回数表として編纂された。

#### (2) チューインガムの咀嚼回数測定

被験者に粒ガムと板ガムを 10 分間咀嚼してもらい、ビデオカメラの撮影によって咀嚼の回数と時間、頻度を計測した。

チューインガムの咀嚼について、性別による差異は認められなかった。粒ガムと板ガムの累計咀嚼回数を計測した結果、有意差は無く、時間経過と共に比例的に増加した。2 種ともに咀嚼回数は 5 分間で約 430 回、10 分間で 870 回となった。10 分間平均の咀嚼頻度にも有意差は無く、2 種ともに 87 回/分となった。

粒ガム咀嚼は板ガム咀嚼と比較して、均質になったと感じるまでに回数と時間を有意に要していた。粒ガムを咀嚼した際、均質になったと感じる前後の咀嚼頻度に有意差は認められなかった。一方、板ガムを咀嚼した際、均質になったと感じる前は感じた後と比較して咀嚼頻度が低くなっていた。

#### (3) チューインガムを含めた咀嚼回数ガイドの編纂

粒ガム、板ガム、2 種のチューインガムについて、5 分間、10 分間共に累積咀嚼回数に有意差が認められなかったことを受け、「菓子」の 카테고リーに 2 種のチューインガムの 5 分間の累積咀嚼回数の 430 回を追記する形で、イラストを交えて、合計 56 品目の咀嚼回数ランク表を編纂した。

以上より、各種食品の咀嚼回数を新たに表として編纂することによって、チューインガムが他の食品より咀嚼回数が多く、日常の咀嚼を補う食品として有用であり、咀嚼を啓発するための有効なツールであることが示された。

### 第Ⅲ章 外国産チューインガム中のテルペン樹脂の分析

#### 1. 目的

近年国内で販売されている外国産チューインガムが多くみられるが、これらのガムには国内で認可されていないテルペン樹脂が使用されている可能性がある。チューインガム中のテルペン樹脂の分析・検出法については現在まで実施された報告例がないため、食品衛生法に抵触した製品の流通を防ぐために、手法の開発が必要である。

今後チューインガムの製造および流通における国際化がますます増加することが予想されており、チューインガム国内市場の健全化および安全性確保のために、チューインガム中のテルペン樹脂含有有無の分析評価法を確立する必要があると考え、先行のガムベース分析法<sup>[129,130]</sup>を基に検討を行ったので報告する。

#### 2. 方法.

##### 2-1 試料

海外で市販されているチューインガム試料として、ドイツ国内で販売されており、原材料表示にテルペン樹脂の記載があるチューインガム（Doublemint Gum (Wrigley 社)、以下、外国産チューインガムと表記）を用いた。

テルペン樹脂の標準品として、ピネンタイプのテルペン樹脂は Arizona Chemical 社 SYLVAGUM TR90 Resin, リモネンタイプのテルペン樹脂は Arizona Chemical 社 SYLVAGUM TR7115C Resin を用いた。尚、テルペン樹脂はいずれもチューインガム用に製造・販売されているものである。

##### 2-2 試薬

ヘキサン、酢酸エチル、テトラヒドロフラン (THF)、シリカゲル (WAKO gel C-200)、無水硫酸ナトリウムについては、和光純薬工業社のものを使用した。

### 2-3 装置

高速液体クロマトグラフ/質量分析計 (LC/MS) については、HPLC 装置として HP-1100 series (Agilent 社)、MS 検出器として、LCQ DECA (Thermo Quest 社) を使用した。クロマトグラフ用カラムはゲルろ過クロマトグラフ (GPC) 用のカラムである KF-806 (8 mm i.d.×300 mm, 排除限界分子量: 20,000,000) と KF-803 (8 mm i.d.×300 mm, 排除限界分子量: 70,000) (昭和電工社) を連結して使用した。

フーリエ変換型赤外分光計 (FT-IR) として、Spectrum One (Perkin-Elmer 社) を使用した。

### 2-4 測定条件

測定条件は以下の通りとした。

(1) LC/MS: カラム温度: 40 °C, 移動相: THF, 流速: 0.5 ml/min, イオン化モード: APCI (+), 加熱キャピラリー温度: 200 °C, スキャン範囲:  $m/z=100\sim 2,000$

トータルイオンクロマトグラム (TIC) の保持時間, および, 検出されたピークの MS クロマトグラムを測定した。

(2) FT-IR: KBr 錠剤法により試料を調製し, 測定に供した。KBr 粉末にヘキサンを用いて溶解した試験溶媒を 3 滴程度添付し, 溶媒を揮発させつつよく混合させた後, 錠剤成型を行い分析した。

### 2-5 テルペン樹脂画分の分画・精製方法

方法・手順は図 4 に示す通りである。外国産チューインガム 5 枚 (約 14g) を 40 °C の流水中で 20 分もみ洗いし, 糖類などを除去し, 105 °C で 60 分間減圧乾燥して, 水不溶性のガムベースを得た。テルペン樹脂 (ピネンタイプ) およびガムベースについて, ヘキサン 200 ml で約 40 時間ソックスレー抽出に供した後, 得られたヘキサン抽出物をエバポレーターで乾固した。乾固物を 1 w/v% になるようにヘキサンの溶解後, ヘキサンを用いて無水硫酸ナトリウム 10 g, シリカゲル 20 g, 無水硫酸ナトリウム 10 g の順番に湿式で積層充填したガラスカラム (20 mm i.d.×300 mm) に注ぎ, ヘキサン

600 ml で溶出した．溶出液をエバポレーターで減圧濃縮した後，シリカゲル 10 g を加えてさらに溶媒留去し，抽出物を全てシリカゲルに吸着させた．抽出物を吸着させたシリカゲルを，酢酸エチルを用いて無水硫酸ナトリウム 10 g，シリカゲル 20 g，無水硫酸ナトリウム 10 g の順に湿式で積層充填したガラスカラム（20 mm i.d.×300 mm）に上積した後，酢酸エチル 600 ml で溶出し，溶出液をエバポレーターで乾固した．乾固物を 0.5 w/v% になるように THF に溶解して試験用溶液を調製した．

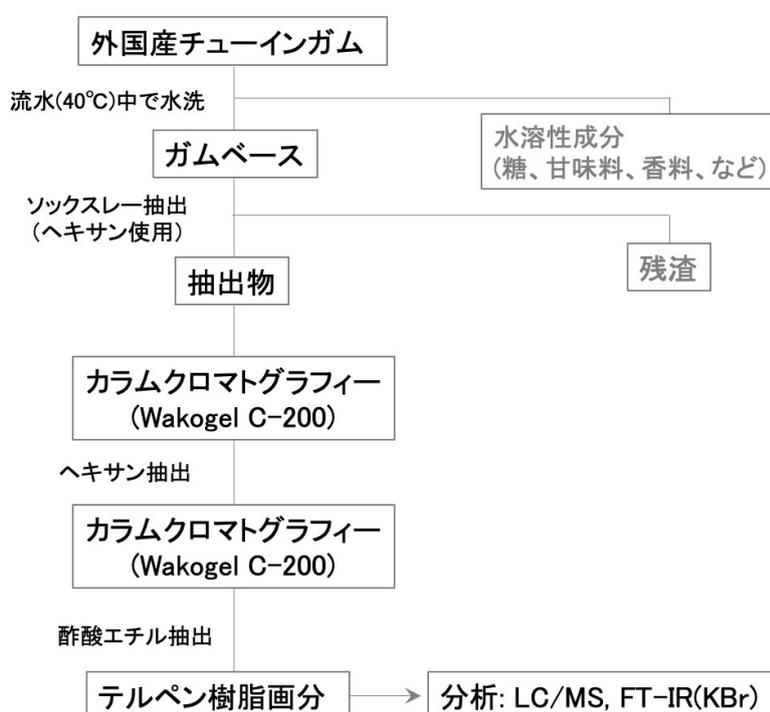


図4 テルペン樹脂の抽出・精製

### 3. 結果

#### 3-1 チューインガムからのテルペン樹脂画分の分画・精製

結果は表 8 の通りである．

(1) テルペン樹脂の精製：テルペン樹脂 0.51 g からソックスレー抽出で得られた抽出物は 0.50 g であり，ほぼ全量が抽出された．ソックスレー抽出物をヘキサンによるカラムクロマトグラフ分画したところ，得られた画分は 0.36 g で，最初に供した量の約 71 %であった．さらに，酢酸エチルによる分画では 0.35 g となり，ほぼ全量が回収された．したがって，本工程の

全収率は 70.2 % となった。

(2) チューインガムの精製：外国産チューインガム 14 g から得られた最終の画分は 0.43 g となり，テルペン樹脂と思われる抽出物は外国産チューインガム全体に対して 3.1 %，水不溶性成分のガムベース (3.08 g) 中の 14.0 % となった。

表8 テルペン樹脂の精製過程

工程	試料			
	テルペン樹脂		外国産チューインガム	
	試料量 (g)	収率 (%)	試料量 (g)	収率 (%)
試料	0.51	100.0	13.93	100.0
水洗処理	-	-	3.08	22.1
ソックスレー・ヘキサン抽出	0.50	99.8	1.69	12.2
カラムクロマトグラフィー・ヘキサン抽出	0.36	71.0	0.75	5.4
カラムクロマトグラフィー・酢酸エチル抽出	0.35	70.2	0.43	3.1

### 3-2 テルペン樹脂成分の確認

#### (1) LC/MS

結果を図 5 に示す。テルペン樹脂は， $\alpha$ -ピネン， $\beta$ -ピネン，リモネンなどのモノテルペンが複数個重合したもので，構成単位である 3 種のモノテルペン類の分子量はいずれも 136 である。テルペン樹脂の試料溶液の LC/MS 分析した結果，TIC はカラム保持時間 41.9 分を中心に前後三分程度の広がりをもつピークで，MS スペクトルは  $m/z=954, 1090, 1226, 1362, 1498$  などにピークを持つ 136 おきの楕上の規則的なパターンとなった。(図 5 : A)。

原材料表示にテルペン樹脂の記載があるガムから抽出した画分の試料溶液を上記同様に測定した結果，TIC はカラム保持時間 41.6 分を中心としており，MS スペクトルは  $m/z=136$  おきの等間隔となっており，テルペン樹脂のスペクトルパターンと同様のスペクトルが得られた (図 5 : B)。

#### (2) FT-IR

結果を図 6 に示す。テルペン樹脂 2 種は  $2900\text{ cm}^{-1}$  に C-H 伸縮収縮，

1460  $\text{cm}^{-1}$  に  $\text{CH}_3$  並びに  $\text{CH}_2$ , 1390~1360  $\text{cm}^{-1}$  に  $\text{CH}_3$  に由来する吸収が認められた. 1390~1360  $\text{cm}^{-1}$  の吸収については, ピネンタイプのテルペン樹脂 (図 6 : A) ではピークの先端が二股に分かれた doublet パターンを示したが, リモネンタイプのテルペン樹脂 (図 6 : B) では認められなかった.

外国産チューインガムから抽出された画分の分析結果, 2900  $\text{cm}^{-1}$ , 1460  $\text{cm}^{-1}$ , 1390~1360  $\text{cm}^{-1}$  にそれぞれ吸収が認められることより, テルペン樹脂であることが確認された. 加えて, 1390~1360  $\text{cm}^{-1}$  の吸収で doublet パターンが示されていることより, ピネンタイプのテルペン樹脂であることが示唆された.

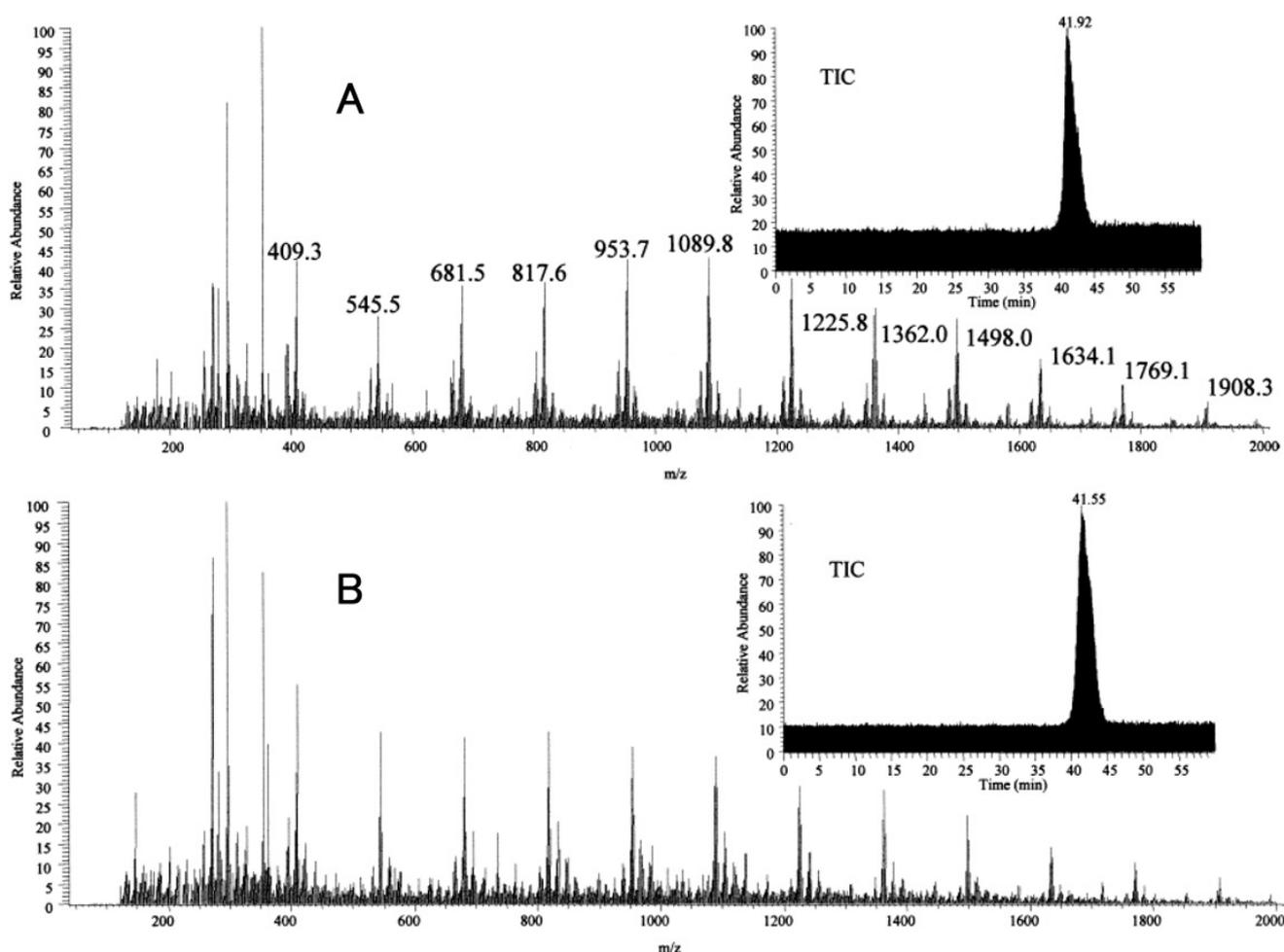


図5 マススペクトルとトータルイオンクロマトグラム

A: テルペン樹脂 (ピネンタイプ) B: 外国産チューインガムのテルペン樹脂画分

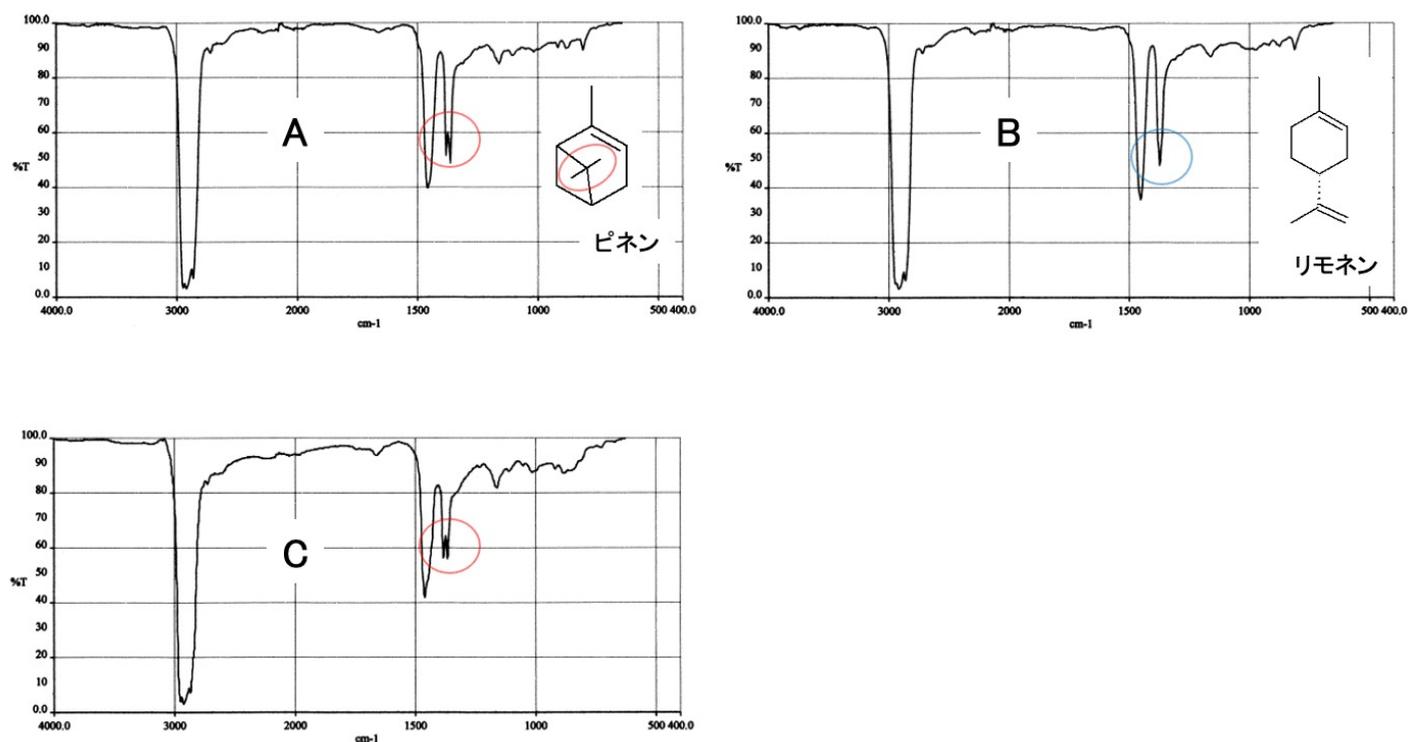


図6 FT-IRスペクトル

A: テルペン樹脂（ピネンタイプ） B: テルペン樹脂（リモネンタイプ） C: 外国産チューインガムのテルペン樹脂画分

#### 4. 考察

##### 4-1 チューインガムからのテルペン樹脂画分の分画・精製

先行のガムベース分析法<sup>[129,130]</sup>では、ソックスレーによるヘキサン抽出物には天然樹脂やエステルガム、ワックス、合成ゴムなどが含まれると示されている。本研究において、ソックスレーによるヘキサン抽出物ではテルペン樹脂の回収率がほぼ 100 %であったことより、ヘキサンによりテルペン樹脂が抽出されることが示唆された。ヘキサンによるシリカゲルカラムクロマトグラフ分画では、天然樹脂、エステルガムが除かれ、ワックス、合成ゴムが溶出されるため、この画分には、テルペン樹脂、ワックス、合成ゴムが含有されていた可能性が高い。ワックスおよび合成ゴムは酢酸エチルにほぼ溶解しないため、酢酸エチルを溶出溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより、外国産チューインガムからテルペン樹脂のみを取り出すことが可能であった。

#### 4-2 テルペン樹脂成分の確認

一般的な高分子化合物の構造確認法としては、 $^{13}\text{C}$ -NMR 測定法が主となりうるが、テルペン樹脂は各種成分の混合物となっており、 $^{13}\text{C}$ -NMR スペクトルは複雑なシグナルパターンを示してしまうため、帰属・同定することは困難である。さらに、市販テルペン樹脂は、起源の異なる原料により調製された樹脂を数種混合して物性を調整しているため、 $^{13}\text{C}$ -NMR スペクトルを用いた確認をより困難なものにしている。よって、 $^{13}\text{C}$ -NMR スペクトル測定してテルペン樹脂の確認に用いることは正確性にかけていると思われる。そのため、本研究においては、テルペン樹脂の成分確認について、以下、LC/MS, FT-IR の2つの手法を採用することとした。

##### (1) LC/MS

テルペン樹脂は構造の似通っている種々のテルペン重合体の複雑な混合物であり、GPC 分析用カラムを装着した LC/MS 分析において、分子量分画されたトータルイオンクロマトグラム上のピークを積算して得られる MS スペクトルは、テルペン樹脂の構成分子・化合物のそれぞれの分子量 ( $\text{M}+\text{H}^+$ ) を示すこととなるため、構成特性を基にテルペン樹脂かどうかを判定する材料となり得る。

テルペン樹脂および外国産チューインガムの抽出画分ともに、MS スペクトルは  $m/z=954, 1090, 1226, 1362, 1498$  などにピークを持つ 136 おきの楕上の規則的なパターンとなったことより、チューインガムよりテルペン樹脂が抽出され、分析可能であること、および、これらのピークはそれぞれ、テルペン重合体の 7~11 量体に対応していると推察された。

尚、チクルなどのチューインガムに用いられる天然樹脂については、樹液を煮詰めて固め、乾燥させたものであり、様々な物質が混在した混合物であるため<sup>[1]</sup>、上記のような規則性ある MS スペクトルは得られない。

##### (2) FT-IR

FT-IR スペクトルパターンは化合物の官能基特性、および、平均化された特徴を示すことより、得られた抽出物がテルペン樹脂かどうか、さらには、そのテルペン樹脂がピネンタイプかリモネンタイプか、同定することが可能である。

テルペン樹脂は構造に由来する  $2900\text{ cm}^{-1}$ ,  $1460\text{ cm}^{-1}$ ,  $1390\sim 1360\text{ cm}^{-1}$  に吸収が認められたが、この中で、 $\text{CH}_3$ に由来する  $1390\sim 1360\text{ cm}^{-1}$  の吸収は、同一炭素に2つのメチル基が結合した gem-dimethyl group が存在している場合、doublet パターンを示すことが知られている。ピネンはこの構造を有して、リモネンは有していないことより、本研究で分析した外国産チューインガムの原料として、ピネンタイプのテルペン樹脂が使用されていることが示唆された。

## 5. 結論

外国産チューインガムについて、国内で認可されていないテルペン樹脂が使用されているかどうかを確認する分析手法を検討した。

チューインガム中のテルペン樹脂分析法を検討した結果、ガムベースのソックスレーヘキサン抽出物をヘキサン、酢酸エチルの2種溶離液によるシリカゲルクロマトグラフによる分画・精製で、テルペン樹脂を他のガムベース原料より抽出・精製することができた。

精製された画分がテルペン樹脂であることを確認するため、LC/MS、および、FT-IR 分析を実施した結果、これらの分析よりテルペン樹脂特有の結果が得られた。LC/MS 分析における MS スペクトルは、 $m/z=954$ ,  $1090$ ,  $1226$ ,  $1362$ ,  $1498$  と  $136$  おきの質量にピークが現れるテルペン樹脂を特徴付ける MS スペクトルパターンを示し、テルペン樹脂の確認法として採用可能であることが示唆された。

本研究で検討された分析法で外国産のテルペン樹脂使用が明らかなチューインガムを分析し、精製された画分を LC/MS, FT-IR 分析した結果、テルペン樹脂と同様の結果が得られたことより、本研究の方法によりチューインガム中にテルペン樹脂の存在を確認することが可能であることが示唆された。

本研究において検証された方法が活用されることにより、輸入されたチューインガムについて、法的に健全な流通が維持されることが期待される。

## 第IV章 チューインガムの付着性に関する機器分析とアンケートとの 対応性検証

### 1. 目的

低付着性チューインガムの開発において、試作品のチューインガムの付着感を官能により比較・評価する場合、チューインガムを噛んだ被験者の主観により結果が変動する恐れがあるため、物性測定機器を用いた客観的な評価法が求められる。本研究では、咀嚼時の口腔内状態を想定し、それに対応した付着性測定条件を検討し、付着性評価方法を確立することを目的として検証を行うこととした。

ヒトの咀嚼において、唾液（水分）や口腔内温度、咀嚼速度<sup>[131-134]</sup>、および咬合（噛み締め）持続時間<sup>[23,25]</sup>と、多くのパラメーターが存在する。ヒトは通常1分間当たり約1 mlの唾液を分泌しているが、咀嚼の際に通常の3~5倍分泌される<sup>[23,44,45]</sup>。Nakazawaらの報告<sup>[131]</sup>では、咀嚼速度は第一大臼歯において最大で30~100 mm/sであった。河野ら<sup>[23]</sup>や有住ら<sup>[25]</sup>の報告では、ヒトのチューインガム咀嚼時の咬合持続時間は、咀嚼経過時間に関わらず、約0.1~0.3秒であった。本研究において、SzczesniakやBourne, Friedmanらの提唱したテクスチャー評価法<sup>[79-81]</sup>に基づき、咀嚼におけるこれらの口腔に関する諸条件を考慮して条件を検討・設定し、チューインガムの付着性測定を行った。

更に、若年者および高齢者を対象としたアンケートを実施し、一般的なチューインガムと低付着性チューインガムの付着感の比較を行い、アンケート結果と付着性測定結果の対応性を検討した。低付着性チューインガムが開発目的どおり、義歯への付着感の低減がなされているかどうか、本研究で検討された付着性評価法により官能を評価することが可能かどうか検討した。

## 2. 方法

### 2-1 チューインガム試料調製

配合の異なる2種のチューインガム，一般チューインガムおよび低付着性チューインガムを調製した．一般チューインガムはロッテ社グリーンガムの配合を基本に調製し，低付着性チューインガムについては，滝口らの報告<sup>[68]</sup>で提示されているチューインガムを基本に配合を組み調製した．

尚，低付着性チューインガムは，ガムベースの配合中，付着性の要因とされるエステルガムおよび天然樹脂の配合を低減し，付着抑制のためワックス含量を多くしたものである<sup>[68]</sup>．

表9 チューインガムの配合

成分	配合 (%)
ガムベース	19.1
砂糖	62.1
ブドウ糖	4.8
水飴	12.5
グリセリン	0.1
色素	0.5
香料	0.9
合計 (%)	100

2種のチューインガム共に，ガムベース以外は同一の配合により，加熱しながら混合・調製した．チューインガムの配合は表9に示す通りである．調製後，試料を1つ当たり1.5gの粒状に成型した．成型後，室温で1週間以上放置した後，付着性測定およびアンケートに用いた．

### 2-2 装置

チューインガム付着性測定には，万能試験機（5542，インストロン社）を用いた．プランジャー（物性測定時に試料に接触させる治具）は，義歯用アクリルレジン（アクロン，GC社），ステンレス（SUS304），および象牙，計3種類の材料を，表面が平滑な直径20mmの半球に成型したものをを用いた．

アクリルレジン製プランジャーは、メーカー指示に従い重合し、シリコンラバー中で成型したものをを用いた。ステンレス製プランジャーは、宝製作所に作成を依頼したものをを用いた。象牙製プランジャーは、経済産業省より取り扱い認定（認定番号第 950-000006288 号）を受けた業者（象牙の象牙堂社）より象牙円柱を購入し、宝製作所に成型を依頼した。

試料温度調整には、循環式恒温槽（ecoline RE104, LAUDA 社）を用いた。チューインガム試料固定用の紙ヤスリは、Fujistar 320 番（三共理化学社）両面テープはナスタック（ニチバン社）を用いた。

## 2-3 付着性測定方法

### (1) チューインガム試料の成型・前処理

図 7 に手順を示した。チューインガム試料 2 粒（約 3 g）を 40 °C の流水中において 10 分間手で十分に揉み、試料中の水溶性成分を除去した。調製した試料を手で球状に丸めた後、水で満たしたガラス製バイアル瓶（直径 25 mm, 高さ 55 mm）に入れ、バイアル瓶を恒温槽中で 30°C・1 時間インキュベートした。尚、インキュベート後の試料の重量は約 0.8 g, 減圧乾燥法（乾燥条件：105 °C, 減圧 2 時間）より、試料の水分含量は約 18 %であった。インキュベート後、チューインガム試料の表面の水をキムワイプで取り除き、成型を行った。すなわち、スライドガラス上にパストールピペットで水を 1~2 滴滴下し、その水滴上に試料を置いた。紙ヤスリに両面テープを張りつけ 20 mm 平方に裁断したものを、ヤスリ面が接するようチューインガムに乗せた。紙ヤスリ上よりスライドガラス 1 枚を押し付け、チューインガムを厚さ 3 mm になるよう平らに成型した。このとき、チューインガムの幅は約 20 mm となり、表面は平滑であった。

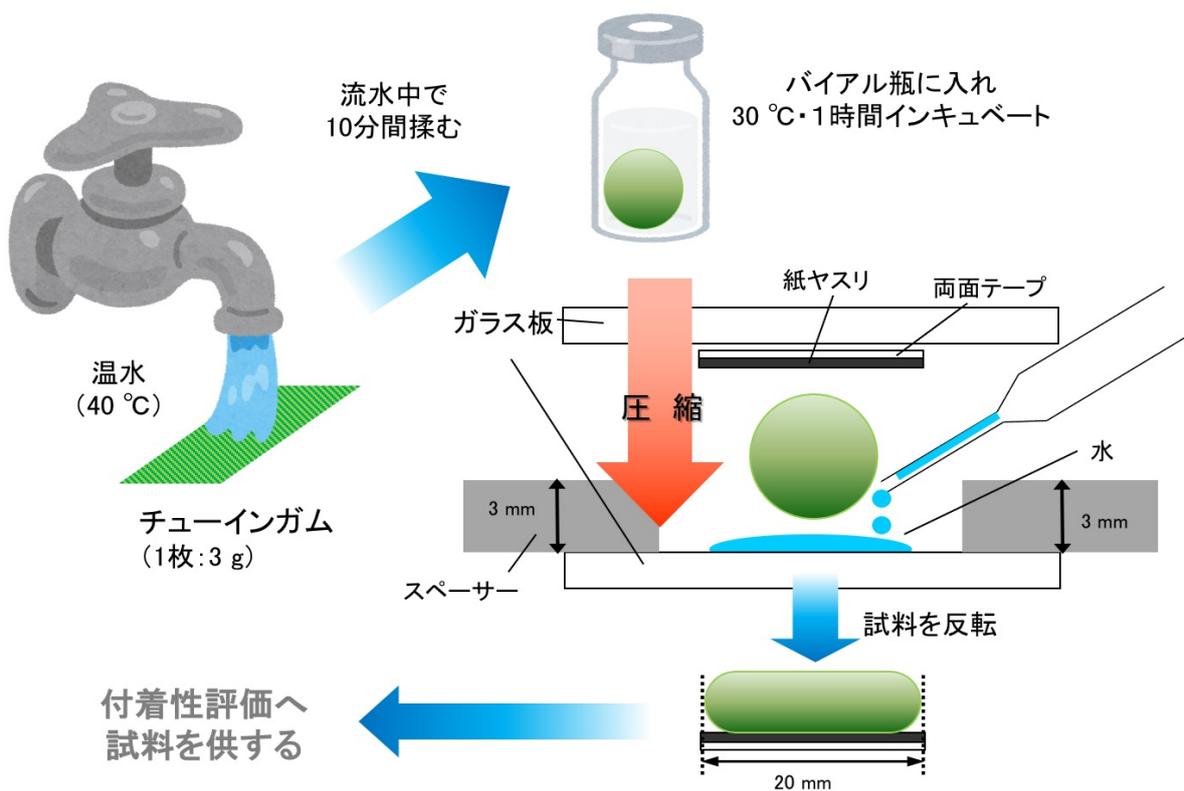


図7 チューインガム成型方法

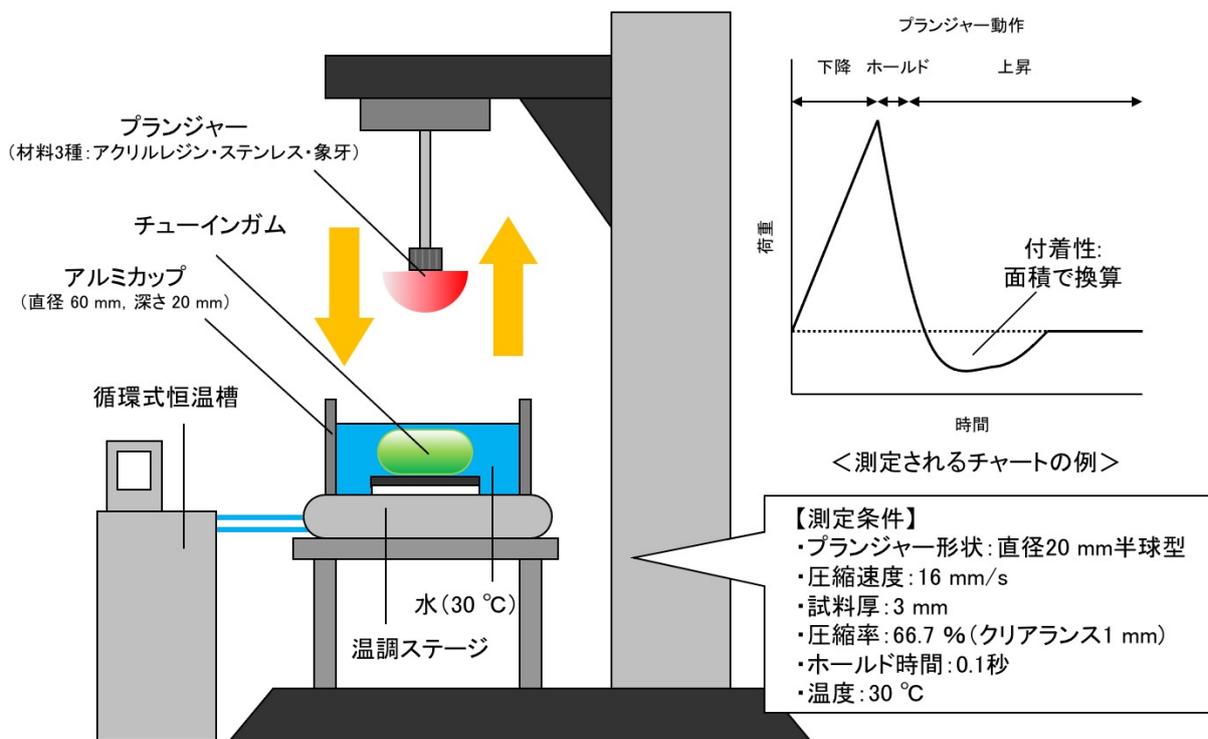


図8 チューインガム付着性測定方法

## (2) チューインガムの設置および測定

図 8 に手順を示した。口腔内の温度や湿潤状態、咀嚼速度、咬合持続時間などを考慮に入れ、以下のように条件を設定した。

循環式恒温槽により 30 °C に温調したステンレス製温調ステージ上に、アルミ製カップ（直径 60 mm，深さ 20 mm）を固定し、成型したチューインガムをカップ中央に両面テープで動かないよう設置した。30 °C の水をチューインガムがすべて覆われるように静かにカップ内に注ぎ 3 分間放置して温調した条件（以下，水中条件），および，水を注がず設置後 3 分間放置する条件（以下，乾燥条件）で測定を行った。

チューインガムの設置・温調後，万能試験機でプランジャーを 16 mm/s で降下させ，侵入距離 2 mm（圧縮率 67 %，クリアランス 1 mm）で圧着した。圧着後 0.1 秒のホールド時間を設けた後，プランジャーを 16 mm/s で上昇させた。この動作において検出されたマイナスの力とプランジャー移動距離の積算値を「付着性」として，チューインガムの評価に用いた。尚，測定は各条件 n=8 で行った。

## 2-4 チューインガム付着感のアンケート調査

若年者パネルとして，和洋女子大学の 1 年生および大学院生計 102 名，高齢者パネルとして，千葉県生涯大学校の 1 年生および 2 年生計 138 名を対象にアンケートを行った。アンケート調査に入る前に，チューインガムを噛んだ際，補綴材料に違和感を感じたり，顎関節に痛みを感じたりした場合などは，速やかに試食を中止すること，食品アレルギーがある者は調査に参加できない旨を参加者に伝えた。

各パネルにおいて，被験者を半数で，順序効果をなくすために G1，G2 の 2 グループに分けた。チューインガム試料の内訳は説明せず，被験者 G1 では，アンケート表記における『A ガム』に一般チューインガム，『B ガム』に低付着性チューインガムを用い，被験者 G2 はその逆とした。チューインガム試食時に，A ガム，B ガムの順番で，2 種類共に，歯全体で 2 粒を同時に咀嚼するよう指示した。

調査項目は、『年齢』、『性別』、『歯の処置歴』、および『2種のチューインガムの付着感の比較』とした。年齢に関して、若年者パネルは直接記入とし、高齢者パネルは『60歳代』、『70歳代』、『80歳代』よりいずれかを選択するよう指示した。

歯の処置歴は、各項目から複数選択（計8項目）とした。処置歴が無いものについては、『処置歴なし』、処置があるものは、処置材料について、歯科診療時のカルテ調査などの被験者負担を軽減するため、前歯、臼歯それぞれで、アマルガム等金属材料については『金属』、レジン等その他の材料については『その他』を選択するよう指示した。総義歯使用者については使用している義歯に合わせて、『上顎』、『下顎』、『全体』から選択するように指示した。処置歴に基づき、『天然歯』群、『金属処置』群、『その他処置』群、『総義歯使用』群の4群に被験者を分けた。歯の処置歴が『金属』、『その他』、および『総義歯使用』で重複している回答は、補綴材料とチューインガムの付着性の関連を考察する際に困難になる為、解析から除外した。

解析はG1、G2のグループに有意差が生じていないか、アンケート項目の『年齢』、『性別』、『歯の処置歴』、および、『2種のチューインガムの付着感の比較』について、若年者パネル、高齢者パネルそれぞれで解析して確認した後、有意差がない場合、G1、G2、両グループの結果を合算して行う事とした。有意差がある場合は、G1、G2を別個に集計することとした。

## 2-5 解析項目

全ての有意差検定について、有意水準は5%とした。

チューインガム付着性測定値については、水中条件、乾燥条件、それぞれの条件内において、平均値、標準偏差（SD）、変動係数を算出したのち、単純主効果の検定を行った。

アンケート項目について、G1、G2のグループで有意差が有るかの確認については、若年者パネル内、高齢者パネル内それぞれにおいて、年齢と性別（若年者は年齢と性別の計2項目、高齢者は年齢3項目（60、70、80

代), 性別 1 項目の計 4 項目), 歯の処置歴 (『天然歯』群, 『金属処置』群, 『その他処置』群, 『総義歯使用』群, 計 4 項目), および, 各処置群の 2 種のチューインガムの付着感の比較 (5 項目) について, G1, G2 のグループ間で  $\chi^2$  検定を行った.

『2 種のチューインガムの付着感の比較』について, 『天然歯』群, 『金属処置』群, 『その他処置』群, 『総義歯使用』群の 4 群における, 『一般チューインガム』と『どちらかというところ一般チューインガム』を選択した回答者数の合計, 『ほとんど変わらない』を選択した回答者数, および『低付着性チューインガム』と『どちらかというところ低付着性チューインガム』を選択した回答者数の合計を対象とし, 高齢者パネル内での処置群間, および, 若年者パネルと高齢者パネルの同一処置群同士で  $2 \times 3$  の  $\chi^2$  検定を行った. 若年者および高齢者のパネル内での処置群間の検定の際には, Bonferroni 法により多重性を補正した.

以上の統計解析は IBM 社の SPSS Ver11.2J を用いて行った.

### 3. 結果

#### 3-1 チューインガム付着性測定

一般および低付着性チューインガムのプランジャー材料 3 種に対する付着性測定結果を表 10 および図 9 に示した.

##### (1) 水中条件

アクリルレジンのプランジャーを用いた際, 強い付着性が認められた. 2 種のチューインガムの付着性を比較すると, 低付着性チューインガムは一般チューインガムより有意に低い付着性 ( $p < 0.01$ ) となり, 約 1/5 の付着性を示した. ステンレスおよび象牙を用いた際, 2 種のチューインガム共に付着性は僅かであった.

変動係数について, 付着性を示していたアクリルレジン製プランジャーを用いた測定時, 一般チューインガムで 0.16, 低付着性チューインガムで 0.17 となり, SD が平均値の 20% 以下となる結果であった.

##### (2) 乾燥条件

3種のプランジャー材料すべてにおいて、低付着性チューインガムは一般チューインガムより低い付着性を示し、2種のチューインガムの付着性に有意差が認められた ( $p < 0.01$ )。一般チューインガムについて、ステンレス製プランジャーを用いた際と象牙製プランジャーを用いた際の付着性に有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められたが、低付着性チューインガムについて、プランジャー間で付着性の有意差は認められなかった。

変動係数について、乾燥条件では 0.08~0.66 となり、水中条件 (0.08~0.26) と比較して測定再現性は低い結果となった。

表10 プランジャー材料および測定条件毎のチューインガム付着性測定結果

測定条件	チューインガム	付着性 (mJ)								
		アクリルレジン			ステンレス			象牙		
		平均 (n=8)	SD	変動係数	平均 (n=8)	SD	変動係数	平均 (n=8)	SD	変動係数
水中条件	一般チューインガム	62.58	9.92	0.16	3.04	0.79	0.26	1.37	0.16	0.12
	低付着性チューインガム	13.03	2.25	0.17	1.79	0.15	0.08	1.53	0.21	0.14
乾燥条件	一般チューインガム	122.16	26.66	0.22	102.43	19.14	0.19	135.16	10.61	0.08
	低付着性チューインガム	76.94	32.70	0.43	51.82	34.24	0.66	71.71	23.11	0.32

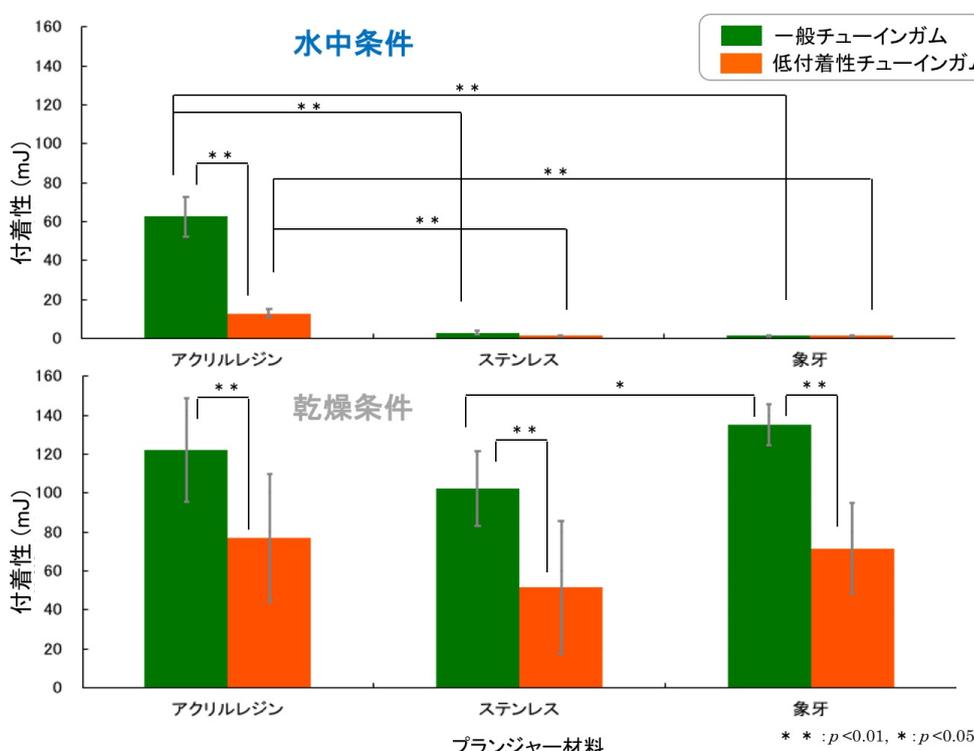


図9 プランジャー材料および測定条件毎のチューインガム付着性測定結果

### 3-2 チューインガム付着感のアンケート調査

#### (1) G1, G2 グループの有意差検定

若年者パネル 102 名，高齢者パネル 138 名中 115 名より有効回答を得た．若年者パネル，高齢者パネルの有効回答を得た被験者において，年齢，性別，歯の処置歴，2 種のチューインガムの付着感の比較の有意差が認められなかった ( $p > 0.05$ ) ことより，G1, G2 グループを合算して解析を行うこととした．尚，高齢者パネルのアンケート無効回答 23 名については，チューインガム咀嚼について問題となる事象は発生せず，全員が 2 種のチューインガムを安全に咀嚼した．

#### (2) 被験者の年齢および性別

若年者パネル 102 名（女性 100 名，男性 2 名）の平均年齢は  $19.5 \pm 1.6$  歳であった．高齢者パネルの被験者 138 名中の有効回答者 115 名で，女性 55 名，男性 45 名，60 歳代 74 名（男性 40 名，女性 34 名），70 歳代 26 名（男性 15 名，女性 11 名），性別年齢無記入 15 名であった．

#### (3) 被験者の歯の処置歴

表 11 に集計結果を示した．若年者パネル，高齢者パネル共に，前歯処置歴のある者と比較して，臼歯処置歴のある者が多数であった．

表11 歯の処置歴の集計結果

歯の処置歴および材料	若年者パネル (102人)		高齢者パネル (115人)		
	回答割合 (%)	人数 (人)	回答割合 (%)	人数 (人)	
処置歴なし (天然歯)	20.6	21	6.6	6	
前歯処置	金属	2.9	3	13.1	12
	その他	8.8	9	37.2	34
臼歯処置	金属	55.6	57	63.5	58
	その他	36.3	37	48.2	44
総義歯使用	上アゴ	0.0	0	4.4	4
	下アゴ	0.0	0	2.2	2
	全体	0.0	0	7.7	7

処置材料が金属とその他で重複している回答者を除き、群を抽出した結果を表 12 に示した。若年者パネルにおいて、『天然歯』群は 21 人、『金属処置』群は 36 人、『その他処置』群は 21 人であった。総義歯使用者はいなかった。一方、高齢者パネルでは、『天然歯』群は 6 人、『金属処置』群は 40 人、『その他処置』群は 36 人、『総義歯使用』群は 13 人であった。

#### (4) 2 種のチューインガムの付着感比較

図 10 に集計結果を示した。

若年者パネルにおいて、回答全体、『天然歯』群、および『その他処置』群では、一般チューインガムの方が低付着性チューインガムと比較して歯に付着しやすいという回答結果であった。特に『その他処置』群においてその傾向は顕著であり、『一般チューインガム』、『どちらかというところ一般チューインガム』が付着するとする回答合計は 71 % に対して、『低付着性チューインガム』、『どちらかというところ低付着性チューインガム』が付着するとする回答合計は 14 % と大きな差異であった。『金属処置』群において、低付着性チューインガムのほうが、若干ながら一般チューインガムと比較して付着しやすいという結果であったが、2 種のチューインガムの付着感が『ほとんど変わらない』と回答した割合は 25 % となり、『天然歯』群と『その他処置』群での割合（双方とも 14.3 %）を上回った。3 つの処置群間の有意差検定（ $\chi^2$  検定）の結果、『金属処置』群と『その他処置』群の間に有意差（ $p=0.02$ ）が認められた。

表12 歯の処置歴が重複しているものを除いた群分け結果

群	若年者パネル		高齢者パネル	
	割合 (%)	人数 (人)	割合 (%)	人数 (人)
『天然歯』群	26.9	21	6.3	6
『金属処置』群	46.2	36	42.1	40
『その他処置』群	26.9	21	37.9	36
『総義歯使用』群	0.0	0	13.7	13
合計	100	78	100	95

高齢者パネルにおいて、回答全体、『総義歯使用』群、『金属処置』群、『その他処置』群および『総義歯使用』群において、低付着性チューインガムと比較して、一般チューインガムの方が歯に付着しやすいとする回答結果であり、群分けでは『総義歯使用』群、『その他処置』群、『金属処置』群の順番で、一般チューインガムの方が付着感の高い集計結果であった。『天然歯』群全員が2種のチューインガムの付着感は『ほとんど変わらない』と回答した。『金属処置』群において、2種類のチューインガムの付着感が『ほとんど変わらない』と回答した割合は『天然歯』群に次いで多く、55%であった。有意差検定（ $\chi^2$ 検定）の結果、4つの処置群間において有意差は認められなかった。

若年者パネルと高齢者パネルの同一処置群同士での有意差検定の結果、回答全体、『天然歯』群、『金属処置』群で有意差（ $p < 0.001$ ）が認められ、『その他処置群』では有意差は認められなかった。

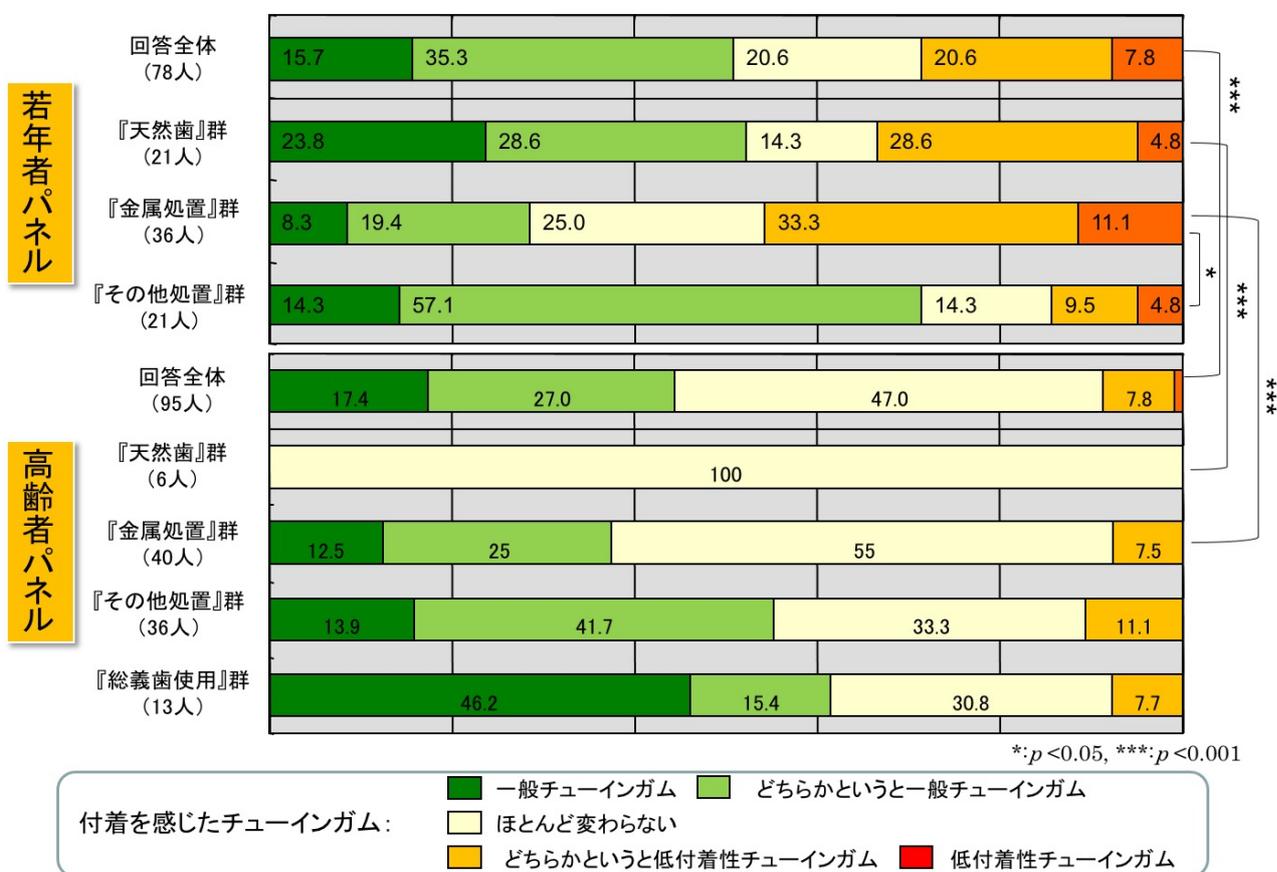


図10 処置歴別集計による2種のチューインガムの付着感比較

## 4. 考察

### 4-1 チューインガム付着性測定方法について

チューインガムの付着性評価，特に補綴材料とチューインガムの付着関連性検討は，ロツテ及び，国内外の研究機関において先行研究がある<sup>[135-137]</sup>．これらの研究において，測定値の再現性について，変動係数が1を超える結果も散見され<sup>[135,136]</sup>，配合によるチューインガムの付着性の差異を明確に検出できない結果<sup>[137]</sup>であった．これらの研究では，前処理として，3～5分など，規定時間チューインガムを咀嚼し測定に供していた．再現性の低さやチューインガム品種間における付着性の差異を検出できない原因として，ヒトの咀嚼は口腔内温度や唾液の分泌量，咀嚼能率など，個人差・日格差が大きいため，咀嚼後のチューインガム試料にばらつきが生じること，咀嚼後のチューインガムの成型について明確に規定されていなかったことが考えられる．これら問題点を解消するため，咀嚼条件に近く，なおかつ再現性の高い前処理方法および測定方法を検討した．

測定前処理として，チューインガムを流水中で10分間揉んでいるが，これは，咀嚼後のチューインガムのガムベース部分を再現性良く調製することを目的として実施した．加えて，試料形状を規定して表面状態を平滑にして測定の再現性を高めるため，温調後のチューインガムをガラス板で圧延して3 mm厚のシート状に成型した．測定時に30℃に温度調整したのは，チューインガムのガムベースの基剤の一つであるポリ酢酸ビニル樹脂のガラス転移点が30℃前後に存在していることに起因して，温度依存的に物性が大きく変化する<sup>[138]</sup>ため，再現性を高めるために温度を一定にする必要があったためである．

咀嚼中の唾液量を考慮し，測定は水分の異なる2条件で実施したが，水中条件は味覚刺激を受けた時に安静時と比較して数倍の唾液分泌が起こる<sup>[23,44,45]</sup>一般的な生活者，乾燥条件はシェーグレン症候群やドライマウス等により口腔内が乾燥している生活者を想定した測定条件である．プランジャーを速度16 mm/sと，先行研究の4.5 mm/s<sup>[135,137]</sup>と比較して高速に設定しているが，これは，第一大臼歯の最大咀嚼速度が30～100 mm/s<sup>[131]</sup>であることを考慮し，本研究で用いた万能試験機で測定再現性が保証された

推奨最高速度の 16 mm/s に設定して実施した。チューインガム咀嚼時の咬合持続時間は約 0.1~0.3 秒で一定<sup>[23,25]</sup>であるという先行研究に基づき、プランジャー圧着後に 0.1 秒のホールド時間を設けた。接着剤は高分子化合物である性質上、境界面同士が触れ合った瞬間では十分な接着状態には移行せず、僅かではあるが程度の準備期間を経て接着状態へと移行する<sup>[139]</sup>。本研究の測定条件を設定するにあたり、ホールド時間無しの条件、0.1 秒、1 秒の条件で測定を行っているが、チューインガムの付着性は 0.1 秒のホールド時間で発現され、0.1 秒と 1 秒では有意差は認められずほぼ同等であった<sup>[140]</sup>。本研究で採用した圧着ホールド時間は、チューインガムの付着性を評価する上で不可欠な要素であると思われる。

尚、機器測定におけるプランジャー材料について、臼歯などのう蝕への充填処置においては、コンポジットレジンや光重合レジン、無機質のフィラーと混合されたレジンなどを用いる場合も想定されるが、本研究においてはレジン系歯科処置材料のポピュラーなモデルとして、メチルメタクリレートを主体とする義歯床用アクリルレジンを用いた。また、金属合金系材料のモデルとしてステンレスを用いたが、これはステンレスの加工が容易であり、銀合金やアマルガムと比較して安価で入手し易く、金属では種類によって表面の親水性が著しく変化しないためである。天然歯のモデルとして象牙を用いたが、モデルとしてヒトの天然歯や牛歯、牛骨などを材料として用いた場合、材料自体が小さく、直径 20 mm の半球型プランジャーを削りだし成型することが困難であったためである。

本研究における付着性測定結果において（表 10, 図 9）、先行研究<sup>[135,136]</sup>と比較して高い再現性を得ることができ、性質の異なる 2 種のチューインガム、および、プランジャー材料間について付着性の顕著な差異を検出することが可能となった。水中条件と比較して、乾燥条件では変動係数が大きく再現性が低い傾向が認められたが、これは、乾燥条件ではチューインガムの表面の水分状態にばらつきが生じてしまい再現性がある程度までしか担保できないことが想定される。

#### 4-2 チューインガム付着性測定の水中条件と乾燥条件の比較

チューインガムの付着性は、接着面の状態で著しく変化し、乾燥している場合は付着性が高いが、面が濡れている際は付着性が低くなる<sup>[141]</sup>。このため、どのプランジャー材料でも、付着性は、乾燥条件で高く、水中条件で低くなる、または僅かになったものと考えられる。

水中条件において、ステンレスおよび象牙は親水性のため水に濡れやすく、プランジャーがチューインガムと接触する際に、境界面に水膜が形成され、付着性が発現されなかったと予想される。また、アクリルレジンの付着性は他の2種の材料と比較して有意に高い付着性が認められたが、これは、アクリルレジンが疎水性の高分子材料であるため、プランジャーとチューインガムが接する際に水が排除され、付着性が発現しやすかったものと考えられる。

低付着性チューインガムの付着性は、乾燥条件、水中条件共に、一般チューインガムの付着性を下回り、設計目的に合致した、低付着性を示す結果となった。

これらの結果より、チューインガムの付着感について、①低付着性チューインガムは口腔内の乾燥度合い・処置状況に関わらず、一般チューインガムより付着感が低いこと、②水中条件の結果より、唾液分泌量が十分な場合、レジン系材料でチューインガムの付着感が有るが、金属系材料と天然歯で付着感が低く、差異が僅かであることが予測された。

#### 4-3 アンケート結果および付着性測定結果との対応性について

(1) 『その他処置』群、『総義歯使用』群のアンケート結果とアクリルレジン製プランジャー使用時の付着性測定結果について

図10の2種チューインガムの付着感比較において、若年者パネルおよび高齢者パネルの『その他処置』群、『総義歯使用』群では、低付着性チューインガムと比較して、一般チューインガムに付着感があるとする回答が多かった。加えて、若年者パネルと高齢者パネルの回答割合に有意差が認められなかった。『その他処置』群、『総義歯使用』群では歯科補綴材料としてアクリルレジンなど高分子化合物が使用されているケースも想定され

ることより、樹脂系材料に対するチューインガムの付着感は年齢に関わらず同じ傾向であり、低付着性チューインガムは付着感が低いことが示された。一方、表 10、図 9 に示した付着性測定結果において、水中条件、乾燥条件共に、アクリルレジンの付着性は、低付着性チューインガムと比較して一般チューインガムで有意に高い結果となったことより、アンケート結果と付着性測定結果は対応しており、樹脂系の補綴材料に対して、低付着性チューインガムは一般チューインガムと比較して付着性が顕著に低いことが示唆された。

(2) 『金属処置』群のアンケート結果とステンレス製プランジャー使用時の付着性測定結果について

2種のチューインガムの付着感比較結果(図 10)において、若年者パネルと高齢者パネルの『金属処置』群では、異なった回答傾向となった。高齢者パネルでは、低付着性チューインガムより一般チューインガムに付着感があるとする結果であった。一方、若年者パネルにおいて、一般チューインガムが 27.7 % に対して、低付着性チューインガムが 44.4 % と、低付着性チューインガムに付着感が高いとする回答割合であったが、この回答割合の差は、若年者パネルの『その他処置』群における差異(一般チューインガムが 71.4 % に対して、低付着性チューインガムが 14.3 %)と比較して小さかったうえ、2種のチューインガムの付着感が『ほとんど変わらない』とする回答割合が 25 % で、『天然歯』群、『その他処置』群の回答割合の 14.3 % と比較して高く、2種の付着感の区別が不明瞭な回答結果であった。若年者パネルと高齢者パネルの『金属処置』群の回答割合に有意水準 1% で有意差が認められたことより、『金属処置』群において年齢に起因するチューインガムの付着感に差異があることが予想された。

ヒトの体重あたりに占める水分量は幼児で 70~80 %、成人で 60~70 %、高齢者では 50~60 % と減少してくるため、それに伴い唾液の分泌量も低下する傾向にある<sup>[142]</sup>。また、平成 13 年度に実施された長寿科学総合研究事業「高齢者の口腔乾燥症と唾液物性に関する研究」<sup>[143]</sup>によると、口腔乾燥感の自覚率は 20~39 歳で 32.6 %、65 歳以上の高齢者で 56.1 % となり、高齢者において、口腔内の乾燥が顕著になる傾向が認めら

れている。さらに、高齢者は口腔乾燥度合いの感覚閾値が変化し、乾燥感を覚えにくくなっている<sup>[144]</sup>ため、実際に口腔乾燥症のある高齢者の割合は、上記の自覚率よりも上回るものと考えられる。これらの先行研究を加味すると、アンケート結果に関して、年齢に伴う口腔乾燥度合いの違いが影響していることが予想された。

付着性測定においては、乾燥条件でステンレス製プランジャーの付着性は2種のチューインガムで差が明確であり、一般チューインガムが低付着性チューインガムより付着性が高い結果であった。これより、高齢者パネルの『金属処置』群では口腔内が若年者パネルと比較して乾燥しており、チューインガムの付着を感じやすくなっていることが、物性測定とアンケート双方から予想された。一方、水中条件の測定結果において、ステンレス製プランジャーで測定されたチューインガムの付着性が僅かなうえ、2種のチューインガムの付着性に差が殆ど無かったが、この結果はとアンケート結果を照らし合わせると、若年者パネルで口腔内が湿潤であることが予想される<sup>[142]</sup>ため、2種のチューインガムの付着感の差を明確に区別することが出来なかったものと考えられた。

(3) 『天然歯』群のアンケート結果と象牙製プランジャー使用時の付着性測定結果について

高齢者パネルにおいて、図10の2種のチューインガムの付着感の差が『ほとんど変わらない』とする回答割合が100%であった。義歯患者の研究事例ではあるが、義歯調整により咬合を安定させると、唾液分泌が促され、乾燥感が軽減することが知られている<sup>[145]</sup>。残存歯数の多い人は、義歯使用者や処置歴のある人と比較して、咬合が安定しているため、唾液分泌は多く、口腔内は湿潤であるものと思われる。図9における水中条件の付着性測定において、象牙製プランジャーを用いた際の付着性は2種のチューインガムに有意差が無く僅かであったことと合わせて考察すると、高齢者パネルの『天然歯』群における回答者は、唾液が安定に分泌されているため、チューインガムの付着を感じなかったものと考えられた。しかしながら、今回のアンケートでの『天然歯』群は6人と少ないため、諸々の

感覚について正確に言及するためには、更なる調査が必要であると思われる。

上記（１），（２），（３）の考察より，アンケート結果とチューインガムの付着性評価結果が対応していたことより，口腔内の補綴状況や湿潤状態の違いに対応した形で，本研究で提示された機器測定方法によって，チューインガムの付着感予想・評価することが可能であることが示唆された。口腔内の乾燥状態を考慮して，若年者および健常な高齢者を想定する際は水中条件を，口腔内乾燥症を持つ高齢者を想定する際は乾燥条件を選択することが望ましいと思われた。

本研究結果より，低付着性チューインガムは，一般チューインガムと比較して処置歴や年齢に関わらず付着感が低いため，ガム咀嚼訓練による唾液分泌の上昇効果<sup>[51]</sup>の観点からも，高齢者の口腔ケアに適したチューインガムであることが示唆された。

## 5. 結論

低付着性チューインガムが実際に低付着性であるかどうか，機器を用いた付着性評価方法が確立可能かを検証することを目的として，低付着性チューインガムと一般チューインガムを調製し，２種のチューインガムの付着について，機器測定による付着性測定方法の検討および口腔内材料との付着性比較，および，アンケート調査による付着感比較を実施し，機器測定，官能の両側面より比較検討した。アンケートは若年者パネル，高齢者パネルを対象とした。

（１）付着性測定：水中条件において，アクリルレジンをを用いた際，付着性が有り，低付着性チューインガムは一般チューインガムと比較して有意に付着性が低かった。また，ステンレスおよび象牙の付着性は２種のチューインガム共に僅かで，有意差は認められなかった。乾燥条件において，低付着性チューインガムは一般チューインガムと比較して付着性は有意に低かった。プランジャー材料による測定結果の差異は殆ど見られなかった。

(2) チューインガム付着感のアンケート：レジン系歯科材料が用いられていると思われる『その他処置』群、『総義歯使用』群では、若年者パネル、高齢者パネルともに、低付着性チューインガムは一般チューインガムと比較して、顕著に付着感が低かった。一方、『金属処置』群において、若年者パネルと高齢者パネルでは2種のチューインガムの付着感の傾向が異なった。これは、年齢による口腔乾燥度合いの差に起因するものと予想される。

(3) 付着性評価とアンケートの対応性：物性測定結果とアンケートより、①レジン系歯科材料に対して、低付着性チューインガムは一般チューインガムと比較して付着性が低い、②金属系材料、および、天然歯では2種のチューインガムの付着性が低いうえ差がない、以上のことが対応していた。これより、低付着性チューインガムはレジン系歯科処置材料に低付着性であること、および、チューインガムの付着性について、検討された測定条件により評価可能であることが示唆された。

高齢社会における QOL 向上には「噛むこと」を生活に取り入れることが重要と考えられる。低付着性チューインガムが義歯を使用している高齢者において、咀嚼訓練ツールとして活用されることを期待する。

## 第V章 チューインガムのストレス低減効果検証

### 1. 目的

チューインガム咀嚼によるストレス低減効果の研究は近年 10 年来実施されている<sup>[30-33,69-76]</sup>。日々接客業に従事してストレス下に置かれている百貨店従業員に対して、チューインガムを習慣的に咀嚼することによってストレス低減効果を検証するという観点より、先行研究よりも期間や回数を多くして実施する必要があると考え、本研究では、試験期間を 6 週間とし、1 日あたりの摂取回数を 4 回として、チューインガム咀嚼のストレス低減効果を検証することとした。

被験者として、百貨店で接客業に従事している従業員をリクルートし、チューインガム咀嚼によるストレス低減効果が認められるのかどうか、アンケート調査により検証したので報告する。

### 2. 方法

#### 2-1 試験食品と介入方法

試験食品として、キシリトールガムライムミント（ロッテ社）を用いた。チューインガム咀嚼群の被験者に、1 回につきチューインガム 2 粒（計約 3 g）を 10 分間、左右の顎で均等に、口唇を閉じてしっかり噛むよう指示した。個人によっては主咀嚼側での片方咀嚼をする傾向があるが、それが長期に及んだ場合、顔の均等性が取れなくなり、顔の美容に問題が生じる恐れがある<sup>[146]</sup>ため、倫理的配慮により両方の咀嚼側で均等にガムを噛むよう指示した。更に、チューインガム咀嚼は連続で行わず、時間的な間隔を空けて 1 日 4 回行うように指示した。被験者は百貨店従業員のため、接客業務中はチューインガムを咀嚼することができない。そのため、チューインガム咀嚼は接客業に従事していない、通勤時、昼食時、業務休憩時、帰宅時の計 4 回を推奨とした。試験期間は、2015 年 9 月 7 日から 2015 年 10 月 18 日までの 6 週間（42 日）とした。

各被験者には試験期間中、試験方法を遵守するように伝え、チェックシートを配布し、ガムを咀嚼した際にチェック記入（1 日 4 回、6 週間）し、試

験期間終了後に提出するよう指示した。試験期間終了前に被験者がチューインガム咀嚼を中止した場合、その旨もチェックシートに記入するよう指示した。チューインガム咀嚼による有害事象（顎関節症、歯痛など）が生じた際は、速やかにチューインガム咀嚼を止めてもらうよう指示した。

対照群の被験者には、6週間の試験期間中、チューインガムを咀嚼しないように指示した。

## 2-2 アンケート評価

試験期間開始前後に、Hospital anxiety and depression scale (HADS : HAD 尺度)<sup>[147]</sup>、および、Short version of new brief job stress questionnaire (short BJSQ : 職業性ストレス簡易調査票 23 項目版)<sup>[148,149]</sup>によるアンケート評価を行った。尚、研究時に用いたアンケート用紙については、巻末資料に示した通りである。

ストレス評価アンケートで、学術的に広く採用されているものとして、State-trait anxiety inventory (STAI)<sup>[150]</sup>や、Profile of mood state (POMS)<sup>[151]</sup>が挙げられる。これらは多くの研究現場で活用されている方法であるが、精度を確保するため、STAIは40項目、POMSは65項目と、質問項目を多く設けているため、回答に若干時間を要してしまう。本研究の被験者は百貨店において接客業に携わっている従業員であり、アンケート評価は業務の合間に行うため、多くの時間を費やすことが困難であった。そこで、設問数が14問と少ないうえ、学術的に広く用いられ評価の正確性が保証されているHAD 尺度<sup>[147]</sup>を採用することとした。

職業性ストレス簡易調査票については、日本における職場での精神健康問題の増加<sup>[152]</sup>に伴い、その対策として2015年12月より厚生労働省よりストレスチェック制度として施行されたもので、従業員50名以上の事業所で義務化された評価項目である<sup>[148]</sup>。職業性ストレス簡易調査票には、57項目版<sup>[148,153]</sup>と、そこから抜粋された23項目版があるが、本研究ではアンケート時間を短くするため、57項目版と同等に評価が可能であることが確認されている23項目版<sup>[149]</sup>を採用することとした。

HAD 尺度については、「抑うつ」項目（偶数設問7個）、「不安」項目（奇

数設問 7 個) それぞれの合計点数, 職業性ストレス簡易調査票 23 項目版については「仕事のストレス要因」(設問 1~6, 計 6 個), 「心身のストレス反応」(設問 7~17, 計 11 個), 「周囲のサポート」(設問 18~23, 計 6 個) の各合計点数を算出し, 評価に用いた。

HAD 尺度において, 抑うつおよび不安の診断は, それぞれのスコアが 0~7 で症状無し, 8~10 で疑い有り, 11 以上で症状有り, となっている<sup>[147]</sup>。それに従い, 被験者をスコアにより 3 段階の HAD 尺度診断基準にカテゴリ分けした。

### 2-3 被験者

被験者登録前に, 歯科治療中や, 顎関節症などのような咀嚼に支障をきたす者については参加できない旨を説明した上で, 三越伊勢丹グループの従業員 436 名が参加登録された。被験者を年齢と性別により層別ランダムイズ割付けし, チューインガム咀嚼群(以下, チューインガム群と表記) 221 名, チューインガムを咀嚼しない対照群(以下, 対照群と表記) 215 名に分けて実施した。試験期間前後にてアンケート記入に不備のあるもの, 途中でトレーニングを中止したものを除外した結果, チューインガム群 169 名(男性 78 名, 女性 91 名, 平均年齢  $38.4 \pm 11.3$  歳), 対照群 177 名(男性 80 名, 女性 97 名, 平均年齢  $40.1 \pm 11.5$  歳), 計 346 名であった。図 11 に本研究における被験者のフローダイアグラムを示した。表 13 には年齢, 年齢群, 性別に関する被験者特性を示した。

本研究はチヨダパラメディカルケアクリニック(試験 ID: TMD15C1) および鶴見大学の倫理審査(承認番号: 1311)にて承認を得て実施したものである。被験者に対しては本研究の主旨と予想される不利益について口頭と書面にて説明した。また, この研究参加に関しては被験者の自由意思によるものであり同意した後でも中断できること, 中断による不利益は生じないことを口頭と書面にて説明し同意を得た。チューインガム咀嚼による有害事象(顎関節症, 歯痛など)が生じた際は, トレーニングを止めてもらうよう指示した。

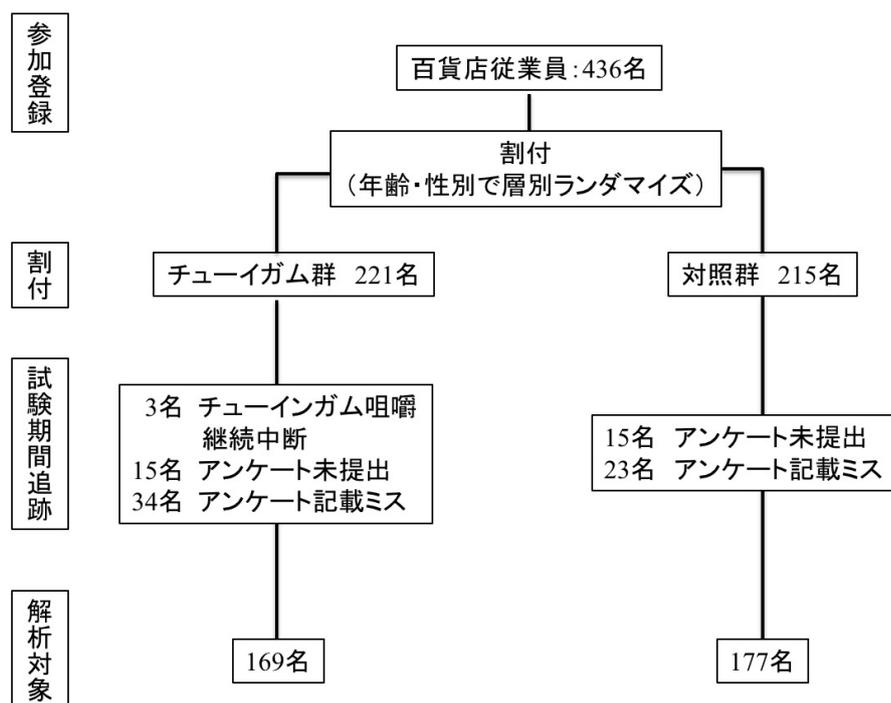


図11 本研究における被験者フローダイアグラム

表13 被験者のベースライン特性

特性	群	
	チューインガム群	対照群
被験者数 (人)	169	177
性別		
男性 (%)	78 (46.2)	80 (45.2)
女性 (%)	91 (53.8)	97 (54.8)
平均年齢 ±SD	38.4±11.3	40.1±11.5
年齢幅 (歳)	18-59	19-69
年齢層		
~19 (%)	1 (0.6)	1 (0.6)
20~29 (%)	46 (27.2)	43 (24.3)
30~39 (%)	40 (23.7)	43 (24.3)
40~49 (%)	44 (26.0)	41 (23.2)
50~59 (%)	38 (22.5)	47 (26.6)
60~ (%)	0 (0.0)	2 (1.1)

## 2-4 解析方法

全ての有意差検定について、有意水準は5%とした。

チューインガム群と対照群の有意差検定には、混合モデルのANOVA [2 (群) × 2 (時間)]を用いた。効果量の検証については、チューインガム群と対照群のスコア比較において $\eta^2$ 値（各項目の平方和計を全体の平方和で割った値）を算出して行った。HAD尺度の診断基準の群間比較における有意差検証には、 $\chi^2$ 検定を用いた。更には、診断基準における効果量検証にはCramerのV値を算出した。

以上の統計解析はIBM社のSPSS ver.23を用いて行った。

## 3. 結果

### 3-1 HAD尺度

試験期間前後における比較について表14に結果を示した。対照群と比較して、チューインガム群では「抑うつ」と「不安」の両項目で大きな低下を示し、「抑うつ」項目で有意差( $p=0.014$ )が認められた。加えて、「抑うつ」項目の効果量は0.01を上回った( $\eta^2=0.018$ )。これらの結果より、1日4回、6週間のチューインガム咀嚼によって抑うつ状態が改善されること、および、ガム咀嚼介入は不安低減より抑うつ低減の効果のほうが高いことが示唆された。

表15にHAD尺度の診断結果を示した。試験期間前のチューインガム群において、「疑い有り」と「症状有り」の診断結果となった人数は、「抑うつ」項目で27人、「不安」項目で42名であった。試験期間後のチューインガム群では「抑うつ」項目で18人、「不安」項目で31名となり、「抑うつ」項目では対照群と比較してチューインガム群で有意に抑うつ状態の被験者が少ない結果であった( $p=0.023$ )。「不安」項目では2群間での比較において有意差には至らなかった( $p=0.053$ )。効果量について、「抑うつ」項目(0.15)の方が「不安」項目(0.13)より大きい結果であった。これらの結果より、1日4回、6週間のチューインガム咀嚼によって、ガム咀嚼介入を受けなかった被験者と比較してHAD尺度の診断結果が改善することが示唆された。

### 3-2 職業性ストレス簡易調査票 23 項目版

表 16 に試験期間前後比較の結果を示した。対照群と比較して、チューインガム群では「心身のストレス反応」項目の合計点が試験期間後に低下していた。2 群間に有意差は認められなかった ( $p=0.069$ ) が、効果量は 0.01 を上回っていたことより、チューインガム咀嚼により心身のストレスが軽減されることが示唆された。「仕事のストレス要因」「周囲のサポート」項目において、試験期間前後の変化はわずかであった上、2 群間に有意差は認められなかったことより、チューインガム咀嚼のこれらの項目に対する効果は殆ど無いものと思われた。

表14 試験期間前後におけるHAD尺度の変化

HAD尺度 項目	群	点数 (平均±SD)		p値 (混合モデル ANOVA)	効果量 ( $\eta^2$ )
		試験期間前	試験期間後		
抑うつ	チューインガム群	4.46±3.02	3.82±3.02	0.014†	0.018
	対照群	4.44±3.15	4.44±3.35		
不安	チューインガム群	5.61±3.30	4.92±3.02	0.095	0.008
	対照群	5.72±3.43	5.46±3.52		

†:p &lt;0.05

表15 HAD尺度の診断結果

試験期間	HAD尺度 診断基準	被験者数 (%)		p値 ( $\chi^2$ )	効果量 (Cramer's V)
		チューインガム群	対照群		
前	抑うつ			0.167	0.102
	症状無し (点数: 0~7)	142 (84.0)	153 (86.4)		
	疑い有り (点数: 8~10)	21 (12.4)	13 (7.3)		
	症状有り (点数: 11~)	6 (3.6)	11 (6.2)		
	不安				
	症状無し (点数: 0~7)	127 (75.1)	125 (70.6)		
疑い有り (点数: 8~10)	24 (14.2)	32 (18.1)	0.583	0.056	
症状有り (点数: 11~)	18 (10.7)	20 (11.3)			
抑うつ					
後	症状無し (点数: 0~7)	151 (89.3)	140 (79.1)	0.023†	0.148
	疑い有り (点数: 8~10)	12 (7.1)	29 (16.4)		
	症状有り (点数: 11~)	6 (3.6)	8 (4.5)		
	不安			0.052	0.131
	症状無し (点数: 0~7)	138 (81.7)	131 (74.0)		
	疑い有り (点数: 8~10)	23 (13.6)	25 (14.1)		
症状有り (点数: 11~)	8 (4.7)	21 (11.9)			

†:p &lt;0.05

表16 試験期間前後におけるshort BJSQの変化

short BJSQ 項目	群	点数 (平均±SD)		p値 (混合モデル ANOVA)	効果量 ( $\eta^2$ )
		試験期間前	試験期間後		
仕事のストレス要因	チューインガム群	15.76±2.72	15.88±2.63	0.721	0.000
	対照群	15.66±2.90	15.69±3.12		
心身のストレス反応	チューインガム群	20.99±6.14	19.90±5.96	0.069	0.010
	対照群	21.21±6.81	21.06±6.69		
周囲のサポート	チューインガム群	12.43±3.58	12.48±3.78	0.928	0.000
	対照群	12.71±3.75	12.73±3.38		

## 4. 考察

### 4-1 本研究の意義

本件は、接客業に従事する従業員を対象としてチューインガムのストレス低減効果を検証したはじめての研究である。習慣的なチューインガム咀嚼の効果を検証した先行研究<sup>[30,32,75]</sup>では、期間が2週間で、摂取回数は1日1回もしくは2回であったが、本研究では6週間実施し、1日の摂取回数は4回とした。習慣的なチューインガム咀嚼によって、HAD尺度の「抑うつ」項目の有意な低下、および、診断基準の有意な改善が認められたことより、チューインガム咀嚼は不安状態より抑うつ状態に対して効果を有することが示唆された。short BJSQについては、「心身のストレス反応」項目において、有意差には至らなかったものの、試験期間後のチューインガム群でスコアの低下が認められた。

本研究では、日常的に接客業において人とコミュニケーションをとり、常に緊張状態に置かれている百貨店従業員を被験者として、チューインガムのストレス低減効果を検証した。学生<sup>[75]</sup>や大学の従業員<sup>[37]</sup>、公共機関職員<sup>[76]</sup>を対象とした先行研究は見られるが、接客に従事している者を被験者として実施した研究は前例が無いものである。本研究は、より実践的な、ストレスの多い現場でストレス状態変化を検証した、稀な試験であったと言える。本研究において、実践的な現場でのチューインガムによるストレス低減効果について、HAD尺度、職業性ストレス簡易調査票の双方の結果で確認された。加えて、先行研究において、Trier social stress test (TSST)<sup>[154]</sup>を用いて、プレゼンテーションなどの対面ストレス下におけるチューインガム咀嚼によるストレス低減効果が認められている<sup>[70,71]</sup>ことより、チューインガムを咀嚼することは、対人的な社会的ストレス低減に明確な効果があることが示唆された。

### 4-2 アンケート評価結果について

本研究において、HAD尺度の「抑うつ」項目では、チューインガム群において試験期間後における有意な点数低下、および、診断段階が有意に下がることが認められた。試験期間前後の平均値の変動がチューインガム群で

0.6 程度の低下と値では小さな変動に見られるが、境界域（たとえば、試験期間前では 7 点、10 点など）の被験者は、1 点の変動で診断段階を上下することとなるため、この変動による影響を受けることとなる。実際、本研究において群間の診断構成人数で有意差が認められたことより、チューインガム咀嚼により生じた HADS の数値変動は意味のある変化であったと考えられる。

short BJSQ については、「心身のストレス反応」項目でチューインガム群は対照群と比較して低いスコアとなった一方、「仕事のストレス要因」「周囲のサポート」項目は、試験期間前後の変化が僅かであった上、2 群間に有意差は認められなかった。これらの結果より、仕事上のストレスや人間関係において如何なる変化があっても、習慣的なチューインガム咀嚼により心身のストレスが軽減されることが想定された。チューインガム咀嚼により、心拍数の増加<sup>[33,74]</sup>や脳血流の上昇<sup>[155]</sup>が起こることが知られているが、咀嚼によるこれらの作用が脳内の精神的反応に好影響を及ぼし心身のストレス反応が低減され、その結果うつ状態の低減に繋がった可能性が考えられる。

#### 4-3 チューインガム咀嚼の生理学的な意義

ヒトはストレスにさらされた際、食生活の乱れが生じて過食に陥る<sup>[156]</sup>、食欲不振となる<sup>[157]</sup>などが知られている。それに伴い、肥満や痩せなど、栄養状態が悪く不健康な状態に陥り、様々な疾患にかかりやすくなってしまう。ストレスは栄養学的な観点からも、低減されることが望ましい。さらに、Valentino らの研究では、驚きや恐怖、怒りのようなストレス下では交感神経が興奮しカテコールアミンが上昇するという報告がある<sup>[158]</sup>。カテコールアミンの増加に伴い、血圧上昇をもたらすだけでなく、消化運動の抑制のため潰瘍が形成されやすくなる。加えて、副腎皮質刺激ホルモン（adrenocorticotropic hormone, ACTH）の増加と相まって血管中のコレステロールを蓄積させ、動脈硬化の原因と成り得る<sup>[159]</sup>。総合的に見て、ストレス上昇により疾患を持つ可能性が高くなると言える。

先行研究において、咀嚼のストレスに対する有用性は検証されており、チューインガム咀嚼によりカテコールアミンおよび ACTH の分泌が有意に抑

えられることが確認されている<sup>[160]</sup>。ラットを用いた実験でも、仰向けにしてストレスを加えることによって上昇した血中 ACTH 濃度は、箸を噛ませることで減少した<sup>[161]</sup>。咀嚼により、カテコールアミンや ACTH など、内分泌系に悪影響を及ぼす物質の生成を抑えることが予想される。加えて、先行研究ではチューインガム咀嚼によりセロトニンの分泌が促進されること<sup>[72,162]</sup>、血中セロトニン濃度がストレスと密接に関連していること<sup>[163]</sup>が示されている。我々は咀嚼のストレスに対する栄養学的、内分泌的な効用を考慮し、チューインガムによるストレス低減効果を検証することとした。

コルチゾールは仕事のストレスが増加することにより分泌量が増加することが知られている<sup>[164]</sup>が、チューインガム咀嚼により、唾液中コルチゾール濃度が低下することが認められている<sup>[31]</sup>。本研究では、6週間の継続的なチューインガム咀嚼によって様々な生理的な効果効能が生まれ、アンケート結果に反映されたと思われる。本研究で見出された可能性を検証するために、今後は生理的試験系を活用してチューインガム咀嚼の効用が検証されることを期待する。

#### 4-4 本研究における制限

本研究におけるアンケート設問数は、HAD 尺度の 14 問、職業性ストレス簡易調査票の 23 問、合計で 37 問、全て 1~4 の番号を選択するものであり、短時間で回答可能な、被験者に負担をかけないものであった。しかしながら、本研究において、チューインガム群で 23.5 % (221 人中 52 名)、対照群で 17.8 % (215 名中 38 名) と、多くの途中脱落者が生じた。これは、百貨店業務で出勤者の勤務シフトに個人差が多く、試験期間終了後に一同に被験者を招いて一斉にアンケートを実施出来ず、アンケート用紙の記入と提出が被験者個人に任されていたこと、および、アンケートの記入漏れのチェックを回収者が被験者と対峙して行えなかったことに起因すると考えられる。

本研究のデザインとしては、チューインガム群と対照群を交互に入れ替え、クロスオーバーにより実施することが望ましかったが、百貨店は年末年始、ゴールデンウィーク、夏休み、セール時期など、多くの繁忙期が存在してい

る。時期に対応する形で従業員のストレス状態は大きく変動するため、クロスオーバーを実施するための期間を十分確保することができなかったため、本研究は層別ランダムイズ割付を行っての1回施行とした。尚、本研究で試験を実施した9月から10月は繁忙期に当たらず、その期間内でのストレス状態は他の時期と比較して一定であったと考えられる。加えて、チューインガムのストレス低減効果について、クロスオーバー試験を実施した先行研究例が認められなかったため、チューインガムの効果をウォッシュアウトするための期間にどの程度必要か検証することが難しく、クロスオーバー試験を採用しなかった。

## 5. 結論

対面接客で日々対人的なストレスのかかる職業に従事している百貨店従業員を対象に、1日4回、6週間のチューインガム咀嚼によるストレス低減効果の検証を行った。チューインガム咀嚼群では、対照群と比較して、HAD尺度の「抑うつ」項目の変化が有意に大きかった。加えて、short BJSQの「心身のストレス反応」項目において、試験期間後でチューインガム群は対照群と比較して低いスコアとなった。これらの結果より、チューインガムの習慣的咀嚼により、接客業に従事する百貨店従業員のストレスが低減されることが示唆された。チューインガムを噛む習慣をつけることにより、ストレスが低減されQOLが向上することが期待される。

## 第VI章 総合考察

「噛むこと」の効用は広く知られており、よく噛むことによる肥満予防<sup>[82-86]</sup>、認知機能の維持・向上<sup>[34,40]</sup>など、様々な側面で QOL を向上させ、より良い生活に貢献できるものである。食品の中でもチューインガムは特殊で、口腔中で長時間維持され、いつまでも咀嚼可能であり、「噛むこと」に特化した食品と言える。近年生活者の咀嚼回数が少ないことが問題視されている中、「噛む回数」を提供する食品としてのチューインガムの役割の重要性が高まっているものと思われる。

チューインガム咀嚼の効用は現在多くの研究者により検証されており、口腔機能（咬合力<sup>[48]</sup>、舌圧<sup>[49]</sup>、唾液分泌量<sup>[51]</sup>など）の向上や、記憶・作業効率の向上<sup>[31]</sup>、血糖応答に対するポジティブな効果（インスリンや GLP-1 の分泌上昇、血糖値の上昇抑制<sup>[165,166]</sup>）、歩行時のエネルギー消費量増加<sup>[167]</sup>、ストレス低減<sup>[30-33,69-76]</sup>など、QOL 向上ツールとしての検証結果が多数報告されている。また、チューインガムは食品の側面だけに留まらず、咀嚼によって糖など水溶性成分の溶出に伴う重量変化により咀嚼能力を計測する手法<sup>[17]</sup>や、色混ざりガム（「噛むカムチェックガム」<sup>[18]</sup>、“Hue-Check Gum”<sup>[19]</sup>）、色変わりの機構を備えた「咀嚼チェックガム」<sup>[20]</sup>など、口腔状態を測定するツールとしても活用されている。

本論文では、チューインガム咀嚼の効用を広く普及させるため、解決すべき項目について、様々な角度から検証した事例を報告した。

チューインガムとその他の食品について、咀嚼回数を精密に測定してエビデンスとして提示し、更には分かりやすく一つのランク表として編纂して提示することは、生活者に対して咀嚼を意識してもらう上で重要である。生活者に活用してもらうという観点において、2002年に刊行された「料理別咀嚼回数ガイド」<sup>[52]</sup>は重要な役割を果たしているが、特にチューインガムの咀嚼回数において「味がなくなるまでで 550 回」と、主観的かつ曖昧な数値であるため、刷新する必要があると考え、①一般的な食品 55 品目、②チューインガムの流通形態である、粒ガムおよび板ガム、それぞれの咀嚼回数について、ビデオ観察法を用いて測定することとした。

一般的な食品については、咀嚼回数は個人による差異が大きいことが知られている<sup>[58,106-112]</sup>ことより、多くの被験者より平均的な咀嚼回数を有するものを選定することから研究をスタートさせた。市販食品 8 種の物性測定をあらかじめ実施し、測定再現性が高く平均的な硬さと凝集性を有していた魚肉ソーセージを、咀嚼回数の個人差を評価する食品として採用した。被験者 102 名に魚肉ソーセージを食べさせ、咀嚼回数が平均的な男性 10 名、女性 10 名、計 20 名を選抜した。この 20 名に 10 g に規定した 55 品目の食品を食べさせた結果、食品毎で多様な咀嚼回数（最小：みかん缶詰  $13.8 \pm 6.2$  回，最大：さきいか  $158.9 \pm 28.0$  回）となり、10 ランクの咀嚼回数表として編纂することができた。

チューインガム咀嚼回数については、27 名の被験者に粒ガムと板ガムを咀嚼させ、ビデオカメラ撮影法で計測した。結果、粒ガムと板ガムの累計咀嚼回数に有意差は無く、5 分間で約 430 回、10 分間で約 870 回となった。チューインガムの咀嚼回数は、前述の研究で得られた 55 品目の食品の咀嚼回数と比較して、顕著に多いことが示される結果となった。チューインガムは口腔内で安定した物性で咀嚼され続けること、パターンジェネレーター<sup>[23,127]</sup>の影響を受け一定のリズムで咀嚼されることが、多くの回数咀嚼される要因であろう。

上述の 2 つの研究より、チューインガムを含めた 56 品目の食品について、新たな咀嚼回数ランク表を編纂することができた（図 3）。本表が生活者の日々の生活において、献立を決める際に活用され、チューインガムが咀嚼回数の多い食品であることに気づくきっかけになることが望まれる。加えて、本研究により検討された、平均的な咀嚼回数を有する被験者を選定する方法（魚肉ソーセージの咀嚼回数による選定）を用いることにより、更に多くの食品について咀嚼回数が測定され、咀嚼回数ランク表がより豊かなものになっていくことが期待される。

チューインガムの食感を決定しているのは「ガムベース」と呼ばれる、水不溶性の高分子物質であり、何時までも噛める成分である。チクルやジェルトンなどの天然樹脂がガムベースの素材として用いられているが、天然樹脂の世界的な枯渇の中、欧米では天然樹脂と同じテルペン系物質により合成・

調製されるテルペン樹脂を用いているケースが多い。テルペン樹脂はピネンやリモネンなど、松ヤニや柑橘類の果皮から抽出される成分から生産される<sup>[63,64]</sup>ため、リサイクルや廃物利用の観点から持続可能な開発目標（SDGs : Sustainable Development Goals）<sup>[168]</sup>に合致し、環境に配慮した原料になり得る可能性が高い。テルペン樹脂について、欧米では 1984 年より食品添加物として認可されているが<sup>[65]</sup>、現状では国内で認可はされていないため、市場流通されている輸入チューインガムで使用されているかどうかを確認し、食品衛生法に抵触していないか検証する必要がある。尚、平成 14 年に厚生労働省より出された「国際汎用添加物の指定」では、国際的に安全性評価が確立して広く使用されており、国際的に必要性が高いと考えられる添加物（国際汎用添加物）については、企業からの要請がなくとも、指定に向け、個別品目毎に安全性及び必要性を検討していくとの方針が出されているが、テルペン樹脂はその対象となる添加物としてリストアップされていない<sup>[169]</sup>現状である。

本研究において、チューインガム中からのテルペン樹脂分析法を検討した結果、ガムベースのソックスレー・ヘキサン抽出物を、ヘキサン、酢酸エチルと 2 種の溶離液によるシリカゲルカラムクロマトグラフによる分画・分離で、テルペン樹脂を他のガムベース原料と分離し、取り出すことができた。画分の LC/MS, FT-IR 測定を行なった結果、テルペン樹脂に特有の分析結果が得られたため、分画法と機器分析方法はテルペン樹脂の確認法として最適な方法と考えられた。本研究において検証された方法が活用されることにより、輸入されたチューインガムの法的に適切な流通が維持されることが期待される。

厚生労働省による平成 28 年の歯科疾患実態調査<sup>[170]</sup>において、80 歳になっても自分の歯が 20 本以上ある 8020（はちまるにいまる）を達成した人の割合が、51.2 %に達しており、近年では自分の歯を多く保っている人が多くなってきている。しかしながら、補綴物未装着者の割合は前期・後期高齢者では 20 %程度にとどまり<sup>[170]</sup>、高齢者は何らかの歯科治療を受け、補綴材料を日々使用していることになる。よって、チューインガムの咀嚼の効用を高齢者にも提供するためには、レジン製補綴材料に付着しにくいチューイ

ンガムが必要と考えられる。

本研究において、チューインガム付着性評価について、テクスチャープロファイル法<sup>[79-81]</sup>を応用し、測定条件を口腔内条件に照らし合わせることに  
より、測定再現性の高い方法を確立することができた。更に、レジン系補綴  
材料に低付着性となるよう設計されたチューインガム(低付着性チューイン  
ガム)と一般チューインガムを調製し、それぞれの付着性を機器測定とアン  
ケート調査により比較検討を行った結果、アクリルレジン製プランジャーを  
用いた付着性測定において、低付着性チューインガムは一般チューインガム  
の 1/5 の付着性であり、アンケートによる検証の結果、低付着性チューイン  
ガムは一般チューインガムと比較して付着感が低かった。付着性測定結果と  
アンケート結果が対応していることより、本研究の付着性測定法はチューイ  
ンガムの付着感を評価しうるものであること、低付着性チューインガムは歯  
の処置を受けた人でも過剰な付着感無しに喫食できるものであることが示  
唆された。

低付着性チューインガムは、総義歯を使用している高齢者の方々の QOL  
向上に貢献することを目的として研究・開発されている。高齢者は咀嚼力が  
低下する傾向にあることに加え、総義歯使用者は咀嚼能率の低下が多く認め  
られる<sup>[171]</sup>。このため、低付着性チューインガムは一般的なチューインガム  
と比較して、柔らかなテクスチャーが必要となる。今後は、本研究による付  
着性評価方法を用いて、食感が柔らかく、義歯への付着性が低いチューイン  
ガムが開発される必要性を感じている。咀嚼機能が低下した方々のための咀  
嚼訓練用食品として、また、咀嚼機能の低下を予防する食品として、低付着  
性チューインガムが更に普及されることを願って止まない。また、高齢者は  
摂食量が低下するため、効率よく栄養摂取できる食品が求められる。チュー  
インガムは携帯性が有り、いつでも何処でも食べられる食品である。この特  
性を生かし、低付着性チューインガムに栄養性・機能性を付与することによ  
り、不足しがちな栄養を手軽に摂取することを可能にし、高齢者の生活が、  
菓子という側面からサポートされることを期待している。

チューインガム咀嚼によるストレス低減効果はここ 10 年来注目され多く  
研究されており、ラボ内での介入試験<sup>[31,69-74]</sup>や、学校施設内で被験者をリ

クルートしたアンケート調査結果<sup>[30,75]</sup>などは多く発表されているが、実生活に即した形、すなわち、対面接客業などストレスのかかる職業に従事している生活者を対象として習慣的にチューインガムを咀嚼させることによりストレス低減効果が有るかどうか、実証した事例は認められなかった。よって、本研究では、接客業に従事している三越伊勢丹従業員 346 名を対象に、被験者をチューインガム群（チューインガムを 1 日 4 回 6 週間咀嚼）と対照群（チューインガムを期間中噛まないよう指示）に分け、ストレス低減効果を HADS 尺度と職業性ストレスアンケートで検証した。チューインガム群は HADS の抑うつ項目で有意にスコアの低下、職業性ストレスの身体関連項目で低下の傾向が認められ、継続的にチューインガムを噛むことによりストレスが低減されることが示唆された。本研究によりチューインガムを噛む習慣をつけることにより、ストレスが低減され QOL が上がる可能性が示唆された。

以上、本研究において、チューインガムについて、咀嚼回数、流通上の安全性、付着性、ストレス低減、以上の側面で各研究を実施し、それぞれにおいて有益な結果を得た上、評価法の確立に寄与した。チューインガムは生活者にとって有益なツールとなり得ることを示唆する各結果を得られたと思われる。生活者の QOL 向上のため、チューインガム使用が更に啓発され、普及されていくことが期待される。

## 第Ⅶ章 結語

チューインガムの咀嚼とその効用について、多くの生活者に広く啓発され活用されるようになり、QOLが向上されることを目的として、解決すべき項目について検証を実施し、以下の成果を得た。

(1) 食品別咀嚼回数ランク表の再編：55品目の食品、および、チューインガム、計56品目の食品について咀嚼回数を評価し、1ランク10回、10ランクの咀嚼回数表として新たに編纂した。チューインガムの咀嚼回数は他の食品より多く、粒ガムと板ガムの咀嚼回数に有意差は無く、5分間で430回、10分間で約870回であり、チューインガムが他の食品より咀嚼回数が多く、日常の咀嚼を補う食品として有用であることが示された。尚、55品目の食品の咀嚼回数に関する研究については、「選抜された被験者による各種食品の咀嚼回数の検証」と題して、日本咀嚼学会誌30巻2号に掲載された<sup>[172]</sup>。チューインガムの咀嚼回数に関する研究は、「チューインガムの咀嚼回数および咀嚼頻度について」と題して、日本咀嚼学会誌27巻1号に掲載された<sup>[173]</sup>。

(2) チューインガム中テルペン樹脂の分析：外国産チューインガムの国内使用において懸念される、食品衛生法に認可のないテルペン樹脂が含まれているか確認する手法を検討した。有機溶媒による抽出とLC/MSおよびFT-IRを用いた分析手法によって、チューインガム中のテルペン樹脂を検出・確認する方法を確立した。本研究については「外国産チューインガム中のテルペン樹脂の分析」と題して、食品衛生学雑誌45巻2号に掲載された<sup>[174]</sup>。

(3) チューインガムの付着性検証：低付着性チューインガムと一般チューインガムを調製し、2種のチューインガムの付着について、機器測定による付着性比較、および、アンケート調査による付着感比較を実施した。低付着性チューインガムは一般チューインガムと比較して歯科処置材料に低付着性であり、義歯を使用している生活者でも比較的安心して咀嚼可能であること、および、チューインガムの付着性について、検討された測定条件により評価可能であることが示唆された。チューインガム付着性評価

法については、「チューインガムの付着性評価」と題して、日本食品科学工学会誌 53 巻 5 号に掲載された<sup>[140]</sup>。チューインガム付着性評価結果とアンケート調査結果の対応性について、若年層パネルに関する結果は「チューインガムの付着性に関する機器分析とアンケートとの対応性」と題して、日本食品科学工学会誌 55 巻 6 号<sup>[175]</sup>に、高齢者パネルに関する結果は「チューインガム付着性に関する機器分析と高齢者によるアンケートとの対応性」と題して、日本食品科学工学会誌 56 巻 6 号<sup>[176]</sup>に掲載された。

(4) チューインガムのストレス低減効果検証：三越伊勢丹従業員の 346 名の協力を得て、1 日 4 回、6 週間のチューインガム継続咀嚼による検証を行った結果、HADS 尺度および職業性ストレスアンケート双方でストレス低減効果が確認された。本研究については「Chewing Gum Reduces Stress Among Department Store Employees」と題して、*Japanese Pharmacology and Therapeutics* 誌 48 巻 1 号に掲載された<sup>[177]</sup>。

以上より、チューインガムについて、咀嚼回数、流通上の安全性、付着性、ストレス低減の側面について検証され、それぞれにおいて有益な結果を得た上、各課題に対する評価法の確立が成された。チューインガムの咀嚼について、生活者へより普及させ、有用性を啓発することが可能となる結果が得られた。チューインガムが咀嚼のツールとして安心して日常的に活用され、生活者の咀嚼回数が増え、それに伴い QOL が向上していくことが期待される。

## 謝辞

本研究の遂行および本論文の執筆にあたり，ご自身の時間を惜しむことなく，長年に渡り，温かくご指導頂き，博士課程へのお声がけをいただきました，和洋女子大学 教授 柳沢幸江先生に心より感謝申し上げます。

学位審査において，様々な視点からご指導を賜り，一本の研究成果として構成するために数々のアドバイスをいただきました，和洋女子学 教授 中島肇先生，国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 主席研究員 神山かおる先生，東京医科歯科大学 教授 水口俊介先生，和洋女子学 教授 鬘谷要先生，和洋女子学 教授 熊谷優子先生に，心より御礼申し上げます。

食品咀嚼回数，および，チューインガム咀嚼回数の検証研究に当たり，ご多忙の最中，被験者の口腔状態評価にご尽力いただきました，東京医科歯科大学 特任助教 濱洋平先生，東京医科歯科大学 助教 鈴木啓之先生，ご協力いただきました，和洋女子大学 助教 池谷真梨子先生，和洋女子大学 助手 栗岡優希先生，被験者としてご協力いただきました，和洋女子大学の皆様，株式会社ロッテ中央研究所の皆様心より感謝申し上げます。

外国産チューインガム中のテルペン樹脂分析方法研究におきまして，手法確立に甚大なるご尽力，ご指導をいただきました，長岡技術科学大学 教授 河原成元先生に厚く御礼申し上げます。

チューインガム付着性検証研究に当たり，被験者としてアンケートにご協力いただきました，千葉県生涯大学校の生徒の皆様に感謝いたします。

チューインガムのストレス低減効果検証研究を進めるに当たり，ご多忙の最中被験者としてご協力いただいた，伊勢丹立川店，伊勢丹浦和店，伊勢丹新宿店，日本橋三越本店，銀座三越店，三越伊勢丹ホールディングスの従業員の皆様，研究推進にあたり熱心にご指導いただきました，鶴見大学 教授 斎藤一郎先生に感謝の意を表します。

職務従事の傍ら，本研究の編纂に取り組む環境を与えて下さった，株式会社ロッテ 岡林一登様，清水和正様，ご一緒に研究の苦楽を共にし，暖かくご指導，ご指南いただきました，桜井孝治様，鶴澤昌好様，塚田陽康

様，奥山知子様，朝田慎也様，中村泰輔様，江端より子様，尾崎史浩様，大澤謙二様，安藤智教様，平岡康隆様，毛利真美子様，菅野範様，大島直也様，細川芽依様，川村淳様に感謝の意を表します。

最後に，多くの励ましの言葉をかけ，見守っていただいた，家族，友人の皆様に感謝申し上げます。

## 引用文献

1. 佐藤吉永, 滝口俊男. チューインガムの科学第2回. 食品工業. 1986;31:64-72.
2. Mars. Mars Wrigley.
3. 株式会社ロッテ. ガムの歴史と起源 [Internet]. [accessed 2021 Apr 24]. Available from: <https://www.lotte.co.jp/kengaku/gum/history/world.html>
4. 角田正健, 海津健樹, 佐藤春海, 佐藤吉永. チューインガムの口臭抑制効果 Gas Chromatograph による判定. 日本歯周病学会会誌. 1979;21:78-84.
5. 角田正健, 大串勉, 中崎俊克, 森山貴史, 岩田香代子, 佐藤吉永. チューインガムの口臭抑制効果 Gas Chromatograph による判定 (第2報). 日本歯周病学会会誌. 1983;25:850-6.
6. 安田英之, 森山貴史, 角田正健. チューインガムの口臭抑制効果 Gas Chromatograph による判定 (第3報). 日本歯周病学会会誌. 1995;37:141-8.
7. 串間努. ロッテガム史. ザ・ガム大辞典. 第1刷. 東京: 扶桑社; 2000. p. 4-46.
8. 串間努. 戦後1 (~昭和40年). ザ・ガム大辞典. 第1刷. 東京: 扶桑社; 2000. p. 81-161.
9. Scheinin A, Mäkinen KK, Tammissalo E, Rekola M. Turku sugar studies XVIII: Incidence of dental caries in relation to 1-year consumption of xylitol chewing gum. Acta Odontologica Scandinavica. 1975;33:269-78.
10. 佐伯洋二, 高橋満, 上川新吾, 徳本匠, 見明康雄, 山田了, 奥田克爾, 柳澤孝彰. フノリ抽出物と第2リン酸カルシウムを配合したキシリトールチューインガムの実験的初期齲蝕エナメル質に及ぼす再石灰化促進効果. 歯基礎医学会誌. 2000;42:590-600.
11. 株式会社ロッテ. XYLITOL [Internet]. [accessed 2021 Jun 1]. Available from: <https://www.lotte.co.jp/products/brand/xylitol/>
12. モンデリーズ・ジャパン株式会社. リカルデント [Internet]. [accessed 2021 May 30]. Available from: <https://www.recaldent-gum.com/>
13. Reynolds E C, 日野浦光. CPP-ACP(リカルデント)によりエナメル質の再

- 石灰化を促す新技術. 歯界展望. 2004;104:1129-41.
14. 江崎グリコ株式会社. POs-Ca [Internet]. [accessed 2021 May 30]. Available from: [https://www.glico.com/jp/product/gum\\_candy/posca/](https://www.glico.com/jp/product/gum_candy/posca/)
15. 田中美由紀, 北迫勇一, 二階堂徹, 半場秀典, 池田正臣, 田中智子, 滝井寛, 釜阪寛, 田上順次. リン酸化オリゴ糖カルシウム(POs-Ca)配合ガム咀嚼後のエナメル質初期う蝕の再石灰化効果および結晶構造の変化. 日歯保存誌. 2009;52:534-42.
16. 佐藤吉永. チューインガムの科学. 食品工業. 1986;29:49-63.
17. 竹原順次, 本間三順, 牛田雅幸, 本多丘人, 谷宏. 咀嚼能力の評価に関する基礎的研究-チューインガム法と咬合力との関係-. 口腔衛会誌. 1997;47:544-5.
18. Endo T, Komatsuzaki A, Kurokawa H, Tanaka S, Kobayashi Y, Kojima K. A two-colored chewing gum test for assessing masticatory performance: a preliminary study. *Odontology*. 2014;102.
19. Buser R, Ziltener V, Samietz S, Fontolliet M, Nef T, Schimmel M. Validation of a purpose-built chewing gum and smartphone application to evaluate chewing efficiency. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2018;45.
20. 平野圭, 高橋保樹, 平野滋三, 早川巖, 関哲哉. 新しい発色法を用いた色変わりチューインガムによる咀嚼能力の測定に関する研究. 日補綴歯会誌. 2002;46:103-9.
21. Manly RS, Braley LC. Masticatory Performance and Efficiency. *Journal of Dental Research*. 1950;29:448-62.
22. 水口俊介, 津賀一弘, 池邊一典, 上田貴之, 田村文誉, 永尾寛, 古屋純一, 松尾浩一郎, 山本健, 金澤学, 渡邊裕, 平野浩彦, 菊谷武, 櫻井薫. 高齢期における口腔機能低下-学会見解論文 2016年度版-. 老年歯科医学. 2016;31:81-99.
23. 河野亘, 田中昌博, 徳永徹, 土佐淳一, 蕭美英, 川添堯彬, 岡部元雄. ガムのテクスチャーと咀嚼運動の多変量解析. 下顎運動機能とEMG 論文集. 1991;9:27-32.
24. 柳沢幸江. 摂食時の咀嚼運動と食物物性およびテクスチャーとの対応性.

- 食品のテクスチャー評価の標準化. 第1版. 1996. p. 141-62.
25. 有住和浩. 食品の硬さが咀嚼運動に及ぼす影響に関する実験的研究. 補綴誌. 1989;33:1301-12.
26. 小林義典. 咀嚼とは何か, なぜ咀嚼が大切か. 日本咀嚼学会: 編. 咀嚼の本-噛んで食べることの大切さ-. 第1版. 東京: 口腔保健協会; 2008. p. 1-2.
27. Momose T, Nishikawa J, Watanabe T, Sasaki Y, Senda M, Kubota K, Sato Y, Funakoshi M, Minakuchi S. Effect of mastication on regional cerebral blood flow in humans examined by positron-emission tomography with <sup>15</sup>O-labelled water and magnetic resonance imaging. Archives of Oral Biology. 1997;42:57-61.
28. 志賀博, 小林義典, 荒川一郎, 横山正起. 近赤外分光装置によるチューインガム咀嚼時の脳内血流の変化. 日咀嚼誌. 2004;2:68-73.
29. Quintero A, Ichesco E, Schutt R, Myers C, Peltier S, Gerstner GE. Functional Connectivity of Human Chewing: An fMRI Study. Journal of Dental Research. 2013;92:272-8.
30. Sasaki-Otomaru A. Effect of Regular Gum Chewing on Levels of Anxiety, Mood, and Fatigue in Healthy Young Adults. Clinical Practice & Epidemiology in Mental Health. 2011;7:133-9.
31. Scholey A, Haskell C, Robertson B, Kennedy D, Milne A, Wetherell M. Chewing gum alleviates negative mood and reduces cortisol during acute laboratory psychological stress. Physiology & Behavior. 2009;97:304-12.
32. Smith AP, Chaplin K, Wadsworth E. Chewing gum, occupational stress, work performance and wellbeing. An intervention study. Appetite. 2012;58:1083-6.
33. 石山育朗, 鈴木政登, 佐藤誠, 中村泰輔. 心拍変動, 唾液成分および脳波による咀嚼時交感・副交感神経系活動の評価. 日咀嚼誌. 2006;16:55-69.
34. Allen AP, Smith AP. Chewing Gum: Cognitive Performance, Mood, Well-Being, and Associated Physiology. BioMed Research International. 2015;2015:1-16.
35. 遠藤敏夫, 手塚七五郎, 佐藤吉永. 自動車運転中の"ねむ気"防止に関する

- 実験的研究. 交通医. 1982;36:195-204.
36. 投石保広, 佐橋喜志夫, 船越正也. ガム咀嚼が自覚的覚醒度に及ぼす効果. 日咀嚼誌. 1993;3:23-6.
37. Johnson AJ, Miles C, Haddrell B, Harrison E, Osborne L, Wilson N, Jenks R. The effect of chewing gum on physiological and self-rated measures of alertness and daytime sleepiness. *Physiology & Behavior*. 2012;105:815-20.
38. Hodoba D. Chewing can relieve sleepiness in a night of sleep deprivation. *Sleep Res Online*. 1999;2:101-5.
39. 那須郁夫. 健康余命は咀嚼能力に連動する. 歯科評論. 2006;66:121-9.
40. 森戸光彦. 超高齢社会における歯科医療の役割—口腔機能管理の重要性—. 日老医誌. 2014;51:27-30.
41. 竹村佳代子, 吉牟田陽子, 小野高裕, 小久保喜弘, 來田百代, 高阪貴之, 安井栄, 野首孝祠, 前田芳信. 咀嚼能力関連因子と食行動との関係: 吹田研究. 日咀嚼誌. 2013;23:81-9.
42. Ansai T, Takata Y, Soh I, Akifusa S, Sogame A, Shimada N, Yoshida A, Hamasaki T, Awano S, Fukuhara M, Takehara T. Relationship between chewing ability and 4-year mortality in a cohort of 80-year-old Japanese people. *Oral Diseases*. 2007;13:214-9.
43. 塚本博康, 倉又哲夫, 柏村進一郎, 水上直樹, 佐藤吉永, 石川久史, 志村進. 運転士の覚醒レベル保持対策の研究-特製チューインガムの覚醒レベル保持効果について-. 日咀嚼誌. 1994;4:33-9.
44. Anderson D, Hector M, Linden R. The effects of unilateral and bilateral chewing, empty clenching and simulated bruxism, on the masticatory-parotid salivary reflex in man. *Experimental Physiology*. 1996;81:305-12.
45. 佐藤吉永, 滝口俊男. チューインガムの科学第 13 回. 食品工業. 1988;31:61-76.
46. 鈴木正登. 咀嚼と全身の機能. 日本歯科評論. 1994;620:85-94.
47. Tzakis MG, Kiliaridis S, Carlsson GE. Effect of chewing training on masticatory efficiency. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1989;47:355-60.

48. Shirai M, Kawai N, Hichijo N, Watanabe M, Mori H, Mitsui SN, Yasue A, Tanaka E. Effects of gum chewing exercise on maximum bite force according to facial morphology. *Clinical and Experimental Dental Research*. 2018;4:48–51.
49. Takahashi M, Satoh Y. Effects of gum chewing training on oral function in normal adults: Part 1 investigation of perioral muscle pressure. *Journal of Dental Sciences*. 2019;14:38–46.
50. 萬代弘毅, 菅原準二, 賓広道, 三谷英夫, 川村仁, 滝口俊男. 顎変形症患者に対する外科的矯正治療後のガム咀嚼訓練効果の筋電図学的評価. *日咀嚼誌*. 1997;7:34–40.
51. Simons D, Brailsford SR, Kidd EAM, Beighton D. The Effect of Medicated Chewing Gums on Oral Health in Frail Older People: A 1-Year Clinical Trial. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002;50:1348–53.
52. 斎藤滋, 柳沢幸江. 料理別咀嚼回数ガイド. 第1版. 東京: 風人社; 2002.
53. 日本チューインガム協会. 咀嚼回数ガイド [Internet]. [accessed 2021 Apr 25]. Available from: <https://chewing-gum.jp/>
54. 田中康隆, 虫本栄子, 三谷春保. 咀嚼運動のEMG的検査に用いる各種被験食品の適量について. *歯科医学*. 1985;48:242–57.
55. 田村厚子, 柳沢幸江, 寺元芳子, 赤坂守人. 食品の物性と摂食機能に関する研究第2報 食品の物性による筋電図学的考案. *小児歯誌*. 1985;23:984–92.
56. 柳沢幸江, 田村厚子, 寺元芳子, 赤坂守人. 食物の咀嚼筋活動量, 及び食物分類に関する研究. *小児歯誌*. 1989;27:74–84.
57. 中川弥子, 畑江敬子, 又井直也, 島田淳子. 咀嚼性に基づく食品テクスチャーの評価. *日家政会誌*. 1991;42:355–61.
58. 道脇幸博, 衣松令恵, 横山美加, 角保徳, 高堀哲雄, 道健一. 食品の大きさとテクスチャーによる咀嚼運動の変化. *日口腔科会誌*. 2001;50:70–5.
59. Fontijn-Tekamp F A, van der Bilt A, Abbink J H, Bosman F. Swallowing threshold and masticatory performance in dentate adults. *Physiology & Behavior*. 2004;83:431–6.

60. 小泉敦, 西村豊, 神山かおる. 筋電図によるおやつ・おつまみの咀嚼特性評価. 日咀嚼誌. 2008;18:60-8.
61. Goto T, Nakamich A, Watanabe M, Nagao K, Matsuyama M, Ichikawa T. Influence of food volume per mouthful on chewing and bolus properties. *Physiology & Behavior*. 2015;141:58-62.
62. 藤本桂司. チューインガムの歴史. 食の科学. 1995;210:58-63.
63. 佐藤吉永, 鈴木義久, 柴田征樹. チューインガム基礎剤としてのテルペン樹脂. 食品工業. 1981;24:57-62.
64. 佐藤吉永, 鈴木義久. チューインガム基礎剤としてのテルペン樹脂の有用性. 食の科学. 1985;93:1-8.
65. Committee on Specifications FCC of the C on FPNRC, editor. Terpene Resin, Synthetic. Food Chemicals Codex. 12th Ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences; 2021. p. 1276-.
66. 内閣府政策統括官共生社会政策担当. 令和元年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況 [Internet]. [accessed 2021 Apr 25]. Available from: [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/zenbun/02pdf\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/zenbun/02pdf_index.html)
67. 柿木保明, 西原達次. 口腔乾燥症への臨床的対応. 唾液と口腔乾燥症. 第1版. 東京; 2003. p. 108-12.
68. 滝口俊男, 佐伯洋二, 尾崎弘章, 鈴木義久. 新規フリーズオンガムに義歯付き防止および歯周病予防効果について. 食品工業. 1995;38:63-72.
69. Soeda R, Takasaka A, Sakurai K. Influence of chewing force on salivary stress markers as indicator of mental stress. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2012;39:261-9.
70. Sketchley-Kaye K, Jenks R, Miles C, Johnson AJ. Chewing gum modifies state anxiety and alertness under conditions of social stress. *Nutritional Neuroscience*. 2011;14:237-42.
71. Gray G, Miles C, Wilson N, Jenks R, Cox M, Johnson AJ. The contrasting physiological and subjective effects of chewing gum on social stress. *Appetite*. 2012;58:554-8.

72. Kamiya K FMKHSTM-LYAH. Prolonged gum chewing evokes activation of the ventral part of prefrontal cortex and suppression of nociceptive responses: involvement of the serotonergic system. *J Med Dent Sci.* 2010;57:35-43.
73. Yu H, Chen X, Liu J, Zhou X. Gum Chewing Inhibits the Sensory Processing and the Propagation of Stress-Related Information in a Brain Network. *PLoS ONE.* 2013;8:e57111-.
74. Konno M, Takeda T, Kawakami Y, Suzuki Y, Kawano Y, Nakajima K, Ozawa T, Ishigami K, Takemura N, Sakatani K. Relationships Between Gum-Chewing and Stress. *Adv Exp Med Biol.* 2016;876:343-9.
75. Smith AP, Woods M. Effects of chewing gum on the stress and work of university students. *Appetite.* 2012;58:1037-40.
76. Smith A. Effects of Chewing Gum on Stress and Health: A Replication and Investigation of Dose-Response. *Stress and Health.* 2013;29:172-4.
77. 斎藤一郎. 接客のプロが取り入れている笑顔トレーニング. 幸せを引き寄せる笑顔の法則. 第1版. 東京: 誠文堂新光社; 2015. p. 214-37.
78. 田中右吏, 堀家優子, 松繁朱美, 香川亜里. 看護師のストレスに対する笑顔の効果. *香川労災病院雑誌.* 2003;9:99-102.
79. Friedman HH, Whitney JE, Szczesniak AS. The Texturometer - A New Instrument for Objective Texture Measurement. *Journal of Food Science.* 1963;28:390-6.
80. 柳沢幸江, 田村厚子, 赤坂守人, 寺元芳子. 食品の物性と摂食機能に関する研究第1報 食物物性の器機的測定, 並びに食物分類について. *小児歯誌.* 1985;23:962-83.
81. Schweingruber P, Escher F, Solms J. Instrumental measurement of texture of instant mashed potato. *Food Texture and Rheology.* 1st Ed. Amsterdam: Academic Press; 1979. p. 201-21.
82. 安藤雄一, 花田信弘, 柳澤繁孝. 「ゆっくりよく噛んで食べること」は肥満予防につながるか?. *ヘルスサイエンス・ヘルスケア.* 2008;8:54-63.
83. 柳沢幸江. よく噛むと肥満の予防になりますか?. 日本咀嚼学会: 編. 咀

- 嚼の本-噛んで食べることの大切さ-. 第1版. 東京: 口腔保健協会; 2008. p. 82-3.
84. 歯科保健と食育の在り方に関する検討報告書 [Internet]. 厚生労働省. 2009 [accessed 2021 Apr 27]. Available from: <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/07/s0713-10.html>
85. 安藤雄一. 口腔機能に応じた保健指導と肥満抑制やメタボリックシンドロームとの関係についての研究 [Internet]. 平成23年度厚生労働科学研究費補助金総括研究報告書. 2011 [accessed 2021 Apr 27]. p. 3-13. Available from: <https://www.niph.go.jp/soshiki/koku/kk/sosyaku/report11/report2011.pdf>
86. 瀬戸美江, 山田正子, 澤田崇子, 藤本健四郎. 咀嚼に関する摂取行動調査. 日本調理科学会誌. 2012;45:368-71.
87. 松田秀人. 強制咀嚼と自由咀嚼における咀嚼能力と肥満との関連. 日咀嚼誌. 1997;7:3-10.
88. Alexander RM. News of chews: the optimization of mastication. Nature. 1998;391:329-329.
89. 山田好秋. 一口30回咀嚼の根拠. 日咀嚼誌. 2015;25:47-53.
90. 三浦宏子, 原修一, 森崎直子, 山崎きよ子. 地域高齢者における活力度指標と摂食・嚥下関連要因との関連性. 日老医誌. 2013;50:110-5.
91. 安斎隆, 平井敏博, 金田洌, 又井直也, 長尾正憲. 全部床義歯装着者の咀嚼機能判定用食物について-アンケート調査からの検討-. 補綴誌. 1987;31:1413-20.
92. 越野寿, 平井敏博, 横山雄一, 牧浦哲司, 松実珠千, 岩崎一生. 各種食物の咀嚼前および嚥下閾食塊のレオロジー物性. 日咀嚼誌. 2006;16:11-6.
93. 越野寿, 平井敏博. 摂取可能食物アンケートを用いた全部床義歯装着者の咀嚼能力検査. 日咀嚼誌. 2008;181:72-4.
94. 株式会社ロッテ. 噛むこと研究室 [Internet]. 2017 [accessed 2021 Apr 28]. Available from: <https://kamukoto.jp/>
95. 小野芳明, 林于昉, 飯島英世, 三輪全三, 柴田柁樹. 幼児の咬合力増加訓練に関する研究. 口腔病会誌. 1992;59:512-7.

96. 柏木宏介, 徳永徹, 瀧美英, 田中昌博, 川添堯彬. ガムチューイング時における咀嚼筋 EMG プロファイルの観察. 日補綴歯会誌. 1993;37:1223-31.
97. 神山かおる. 筋電位. 日食科工会誌. 2010;57:273-273.
98. 三穂乙暁, 佐藤亨, 松久保隆, 後藤泰信. かたさの異なるガムによる咀嚼運動の解析. 歯科学報. 2013;113:377-82.
99. 塩澤光一, 花田信弘. 試作した"咀嚼回数カウンター"の精度について. 日咀嚼誌. 2010;20:27-34.
100. 佐藤ななえ, 吉池信男. 小児用簡易咀嚼回数計を用いた測定方法の基礎的検討. 栄養学雑誌. 2010;68:213-9.
101. 安富和子, 足立忠文, 増田裕次. 学校給食における食行動の定量評価-主食の違いによる影響について-. 日咀嚼誌. 2011;21:31-9.
102. Shiozawa K, Kohyama K, Hanada N. Influence of boiling time or partial cutting food on the masticatory behavior in humans. 日咀嚼誌. 2011;21:40-8.
103. Hori K, Uehara F, Yamaga Y, Yoshimura S, Okawa J, Tanimura M, Ono T. Reliability of a novel wearable device to measure chewing frequency. Journal of Prosthodontic Research. 2021;65.
104. 弓削公, 斎藤滋. ビデオによる食行動の定量的評価-学校給食時の学童の咀嚼行動について-. 日咀嚼誌. 2002;12:33-41.
105. 穴井美恵, 高橋徹, 森田一三, 丸山 智美. 早食いを認識している人のビデオ観察法による食べ方の特徴. 日本食生活学会誌. 2014;25:203-9.
106. 中村隆志. 咀嚼運動調節機構の生理的特性に関する研究. 阪大歯学誌. 1987;32:36-55.
107. 堀尾強, 河村洋二郎. 咀嚼運動に及ぼす食物テクスチャーの影響. 歯科基礎誌. 1988;30:481-8.
108. 泉麗奈, 井村麻貴子, 今村暢良, 五百井秀樹, 名方俊介, 中島昭彦. 食習慣指導と関連した食品物性と咀嚼筋活動の評価. 日矯歯会誌. 2005;64:167-72.
109. Kohyama K, Sawada H, Nonaka M, Kobori C, Hayakawa F, Sasaki T. Textural Evaluation of Rice Cake by Chewing and Swallowing

- Measurements on Human Subjects. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2007;71:358–65.
110. 猪子芳美, 清水公夫, 近藤大輔, 西川良彦, 渡邊文彦. 健常若年者の米飯一回摂取量およびその倍量が咀嚼に及ぼす影響. *日咀嚼誌*. 2013;23:17–23.
111. 村山直子, 松山順子, 三富智恵, 坂井幸子, 河野承子, 佐野富子. 一口量の違いが嚥下までの咀嚼回数および嚥下直前の食塊粒子分布に及ぼす影響. *日咀嚼誌*. 2014;24:12–20.
112. Nakamichi A, Matsuyama M, Ichikawa T. Relationship between mouthful volume and number of chews in young Japanese females. *Appetite*. 2014;83:327–32.
113. 田中康隆, 虫本栄子, 三谷春保. 咀嚼運動の EMG 的検査に用いる各種被験食物の適量について. *歯科医学*. 1985;48:242–57.
114. 中山裕子, 神山かおる. かたさの異なる米飯の咀嚼筋筋電図. *日咀嚼誌*. 2004;14:43–9.
115. Kohyama K, Yamaguchi M, Kobori C, Nakayama Y, Hayakawa F, Sasaki Tomoko. Mastication Effort Estimated by Electromyography for Cooked Rice of Differing Water Content. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2005;69:1669–76.
116. Forde CG, van Kuijk N, Thaler T, de Graaf C, Martin N. Oral processing characteristics of solid savoury meal components, and relationship with food composition, sensory attributes and expected satiation. *Appetite*. 2013;60:208–19.
117. 小城明子, 柳沢幸江, 植松宏. 高齢者の嚥下直前の食塊水分量に関する研究 –若年者との比較検討–. *老年歯学*. 2005;20:25–33.
118. 福島理恵. 咀嚼運動の判断基準に関する基礎的研究 –食塊の水分量, 粉碎率, 物性の変化–. *小児歯誌*. 2002;40:119–31.
119. 小林千里, 福島伸一, 田口洋, 野田忠. 復元学校給食による咀嚼実験 –副食の違いによる咀嚼への影響–. *小児歯誌*. 2005;43:389–99.
120. Tamura K, Shiga H. Gender differences in masticatory movement path and rhythm in dentate adults. *Journal of Prosthodontic Research*.

- 2014;58:237-42.
121. Woda A, Mishellany A, Peyron M-A. The regulation of masticatory function and food bolus formation. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2006;33:840-9.
122. Toyama K, Zhao X, Kuranuki S, Oguri Y, Kashiwa(Kato) E, Yoshitake Y, Nakamura T. The effect of fast eating on the thermic effect of food in young Japanese women. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2015;66:140-7.
123. 堀久至. かみしめによる咀嚼筋疲労とその回復に関する筋電図学的研究 第2報 正常者, 患者の疲労および回復の比較. *日補綴歯会誌*. 1989;33:294-302.
124. 笠嶋茂樹, 越野寿, 平井敏博, 石島勉, 木花八友. 咀嚼筋の疲労の発現について-上腕二頭筋, 大腿直筋との比較-. *日顎口腔機能会誌*. 1997;3:153-9.
125. 谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野令, 広田千賀, 高崎恭輔, 河野公一. 地域高齢者の客観的咀嚼能力指標としての色変わりチューインガムの有用性について. *日公衛誌*. 2009;56:383-90.
126. 有地栄一郎, 有地淑子, 荒木和, 神田重信. 咀嚼筋および胸鎖乳突筋のCT値に関する研究. *歯放線*. 1992;32:121-9.
127. 田中誠也, 柏木宏介, 田中昌博, 糸田昌隆, 岡崎全宏, 川添堯彬. 高齢全部床義歯装着者のガムチューイング時における咀嚼筋活動様相の正規化筋電図包絡線による若年者との比較. *日顎口腔機能会誌*. 1999;5:155-64.
128. 関良太. チューイング進行に伴うガムの食品テクスチャーの変化が咀嚼機能に及ぼす影響. *日補綴歯会誌*. 1996;40:195-207.
129. 厚生労働省. 参照分析法: ガムベース. *食品衛生指針 食品添加物編*. 第1版. 東京: 日本食品衛生協会; 2003. p. 610-9.
130. 谷村顕雄, 藤井正美, 義平邦利, 城照雄, 伊藤誉志男, editors. 化学的成品以外の食品添加物: ガムベース. *食品中の食品添加物分析解説書*. 第1版. 東京: 講談社サイエンティフィック; 1992. p. 594-606.
131. Nakazawa F, Togashi M. Evaluation of food texture by mastication and palatal pressure, jaw movement and electromyography. *Hydrocolloids*.

- Elsevier; 2000.
132. 神山かおる. テクスチャーの研究の今後の展望と課題. 食品とテクスチャー. 第1版. 東京: 光琳; 2003. p. 149-149.
133. 神山かおる. テクスチャー特性. 食感創造ハンドブック. 第1版. 東京: サイエンスフォーラム; 2005. p. 185-91.
134. Wilkinson C, Dijksterhuis GB, Minekus M. From food structure to texture. *Trends in Food Science & Technology*. 2000;11:442-50.
135. 山本克之, 植松秀紀, 坪田健嗣, 山本和男, 渡辺典子, 有輪芳明, 川瀬正子, 吉田淳子, 山本昭一, 佐藤吉永, 和泉敏則, 鈴木真次. 義歯用チューインガムの付着性に関する研究 第1報咀嚼時間の相違による影響. *日補綴歯会誌*. 1984;28:532-7.
136. Munksgaard EC, Nolte J, Kristensen K. Adherence of chewing gum to dental restorative materials. *American Journal of Dentistry*. 1995;8:137-9.
137. 高橋保樹, 平野滋三, 石川恭敬, 早川巖, 関哲也. 義歯装着者に適したチューインガムの噛みごこちと付着性. *老年歯科医学*. 2002;17:120-6.
138. 佐藤吉永, 滝口俊男, 鈴木義久, 鈴木進治. チューインガムの組成とテクスチャー. *日本食品工業学会誌*. 1987;34:448-55.
139. 水町浩. 粘着剤のタックと bonding/debonding. *日東技報*. 2000;38:1-9.
140. 坂ノ下典正, 桜井孝治, 塚田陽康, 鶴沢昌好, 柳沢幸江. チューインガムの付着性評価. *食科工*. 2006;53:275-80.
141. 中川鶴太郎. 接着. *レオロジー*. 第1版. 東京: 岩波書店; 1978. p. 251-6.
142. 稲永清敏. 加齢による体液恒常性の変化と口腔乾燥症とのかかわり. *歯界展望*. 2002;100:33-8.
143. 柿木保明, 寺岡加代. 年代別にみた口腔乾燥症状の発現頻度に関する調査研究. 厚生科学研究費補助金長寿科学総合研究事業「高齢者の口腔乾燥症と唾液物性に関する研究」. 東京: 厚生労働省; 2002. p. 19-25.
144. Phillips PA, Bretherton M, Risvanis J, Casley D, Johnston C, Gray L. Effects of drinking on thirst and vasopressin in dehydrated elderly men. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative*

- Physiology. 1993;264:877–81.
145. 柿木保明, 西原達次. 唾液からみたりハビリテーション. 唾液と口腔乾燥症. 第2版. 東京: 医歯薬出版; 2003. p. 74–7.
146. 倉知正和, 岡俊男, 石神元, 横山佳郎, 太田義人, 山田早苗. 偏側咀嚼習慣の程度と顔面形態の非対称性との関係について. 補綴誌. 1994;38:177–83.
147. Zigmond AS, Snaith RP. The Hospital Anxiety and Depression Scale. *Acta Psychiatrica Scandinavica*. 1983;67:361–70.
148. 厚生労働省. ストレスチェック等の職場におけるメンタルヘルス対策・過重労働対策等 [Internet]. [accessed 2021 Apr 29]. Available from: <https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/>
149. Inoue A, Kawakami N, Shimomitsu T, Tsutsumi A, Haratani T, Yoshikawa T, Shimizu A, Odagiri Y. Development of a Short Version of the New Brief Job Stress Questionnaire. *Industrial Health*. 2014;52:535–40.
150. Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene RE. STAI manual for the State-trait anxiety inventory (“self-evaluation questionnaire”). Palo Alto: Consulting Psychologist Press; 1970.
151. McNair DM, Lorr M, Droppleman LF. EITS manual for profile of mood state. San Diego: Educational and Industrial Testing Service; 1971.
152. 厚生労働省. 平成 30 年「労働安全衛生調査（実態調査）」の概況. 東京; 2019.
153. Shimomitsu T, Haratani T, Nakamura K, Kawakami N, Hayashi T, Hiro H. Final development of the Brief Job Stress Questionnaire mainly for assessment of individuals. 1999 report. Tokyo; 2000.
154. Birkett MA. The Trier Social Stress Test Protocol for Inducing Psychological Stress. *Journal of Visualized Experiments*. 2011;56:1–6.
155. Hirano Y, Obata T, Kashikura K, Nonaka H, Tachibana A, Ikehira H, Onozuka M. Effects of chewing in working memory processing. *Neuroscience Letters*. 2008;436:189–92.
156. Klatzkin RR, Gaffney S, Cyrus K, Bigus E, Brownley KA. Stress-induced eating in women with binge-eating disorder and obesity.

- Biological Psychology. 2018;131:96–106.
157. Habib KE, Gold PW, Chrousos GP. Neuroendocrinology of stress. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*. 2001;30:695–728.
158. van Bockstaele E, Valentino R. Opposing regulation of the locus coeruleus by corticotropin-releasing factor and opioids. *Psychopharmacology*. 2001;158:331–42.
159. Lefer AM, Verrier RL. Role of corticosteroids in the treatment of circulatory collapse states. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*. 1970;11:630–55.
160. 丹羽政美, 平松達, 仲田文昭, 濱屋千佳, 小野木啓人, 齋藤公志郎. ストレス緩和における咀嚼刺激の機能的有意性. *日本農村医学会雑誌*. 2005;54:661–6.
161. Ordian N E, Pivina S G, Rakitskaia V V, Shaliapina V G. Changes in the hormonal function of the hypophysis-adrenal system by administration of cortisol in “fixed” phases of the postnatal ontogenesis in rats. *Russ Fiziol Zh Im I M Sechenova*. 2000;86:1638–43.
162. Mohri Y, Fumoto M, Sato-Suzuki I, Umino M, Arita H. Prolonged rhythmic gum chewing suppresses nociceptive response via serotonergic descending inhibitory pathway in humans. *Pain*. 2005;118:35–42.
163. Jacobs BL, Azmitia EC. Structure and function of the brain serotonin system. *Physiological Reviews*. 1992;72:165–229.
164. Steptoe A, Copley M, Griffith J, Kirschbaum C. Job Strain and Anger Expression Predict Early Morning Elevations in Salivary Cortisol. *Psychosomatic Medicine*. 2000;62:286–92.
165. Xu J, Xiao X, Li Y, Zheng J, Li W, Zhang Q, Wang Z. The effect of gum chewing on blood GLP-1 concentration in fasted, healthy, non-obese men. *Endocrine*. 2015;50:93–8.
166. Takahara M, Fukuda M, Matsuzawa Y, Shimomura I. Effect of tasteless calorie-free gum chewing before meal on postprandial plasma glucose,

- insulin, glucagon, and gastrointestinal hormones in Japanese men without diagnosed glucose metabolism disorder: a pilot randomized crossover trial. *Diabetology International*. 2020;11:394–402.
167. Hamada Y, Nagayama C, Fujihira K, Tataka Y, Hiratsu A, Kamemoto K, Shimo K, Kanno S, Osawa K, Miyashita M. Gum chewing while walking increases walking distance and energy expenditure: A randomized, single-blind, controlled, cross-over study. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2021;19.
168. 外務省. 持続可能な開発目標 SDGs (エスディージーズ) とは? [Internet]. [accessed 2021 Apr 29]. Available from: <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>
169. 厚生労働省. 国際汎用添加物の指定 [Internet]. [accessed 2021 Apr 29]. Available from: [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/syokuten/hanyo/index.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/syokuten/hanyo/index.html)
170. 厚生労働省. 平成 28 年度歯科疾患実態調査 [Internet]. [accessed 2021 Apr 29]. Available from: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/62-28.html>
171. 野首孝祠, 池邊一典, 森居研太郎. 義歯使用者と食. 食感創造ハンドブック. 東京: サイエンスフォーラム; 2005. p. 119–23.
172. 坂ノ下典正, 菅野範, 大島直也, 細川芽依, 川村淳, 大澤謙二, 濱洋平, 栗岡優希, 柳沢幸江. 選抜された被験者による各種食品の咀嚼回数の検証. *日咀嚼誌*. 2020;30:66–78.
173. 坂ノ下典正, 尾崎史浩, 大澤謙二, 安藤智教, 平岡康隆, 清水和正, 濱洋平, 鈴木啓之, 水口俊介, 池谷真梨子, 柳沢幸江. チューインガムの咀嚼回数および咀嚼頻度について. *日咀嚼誌*. 2017;27:10–7.
174. 鶴澤昌好, 桜井孝治, 奥山知子, 朝田慎也, 坂ノ下典正, 塚田陽康, 河原成元. 外国産チューインガム中のテルペン樹脂の分析. *食品衛生学雑誌*. 2004;45.
175. 坂ノ下典正, 桜井孝治, 中村泰輔, 柳沢幸江. チューインガムの付着性に関する機器分析とアンケートとの対応性. *食科工*. 2008;55:309–16.
176. 坂ノ下典正, 桜井孝治, 中村泰輔, 江端より子, 柳沢幸江. チューインガ

ム付着性に関する機器分析と高齢者によるアンケートとの対応性. 食科工. 2009;56:363-9.

177. Sakanoshita N, Kaneko M, Ryo K, Ushikoshi-Nakayama R, Ando T, Hiraoka Y, Mohri M, Sugie T, Tamaki Y, Saito I. Chewing Gum Reduces Stress Among Department Store Employees. *Japanese Pharmacology and Therapeutics*. 2020;48:31-8.



●職業性ストレスの調査

A あなたの仕事についてうかがいます。最もあてはまるものに○を付けてください。

- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| 1. 非常にたくさんの仕事をしなければならない   | そうだ・まあそうだ・ややちがう・ちがう |
| 2. 時間内に仕事が処理しきれない         | そうだ・まあそうだ・ややちがう・ちがう |
| 3. 一生懸命働かなければならない         | そうだ・まあそうだ・ややちがう・ちがう |
| 4. 自分のペースで仕事ができる          | そうだ・まあそうだ・ややちがう・ちがう |
| 5. 自分で仕事の順番・やり方を決めることができる | そうだ・まあそうだ・ややちがう・ちがう |
| 6. 職場の仕事の方針に自分の意見を反映できる   | そうだ・まあそうだ・ややちがう・ちがう |

B 最近1か月間のあなたの状態についてうかがいます。最もあてはまるものに○を付けてください。

- |               |                                     |
|---------------|-------------------------------------|
| 7. ひどく疲れた     | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 8. へとへとだ      | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 9. だるい        | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 10. 気がはりつめている | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 11. 不安だ       | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 12. 落ち着かない    | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 13. ゆううつだ     | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 14. 何をするのも面倒だ | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 15. 気分が晴れない   | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 16. 食欲がない     | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |
| 17. よく眠れない    | ほとんどなかった・ときどきあった・しばしばあった・ほとんどいつもあった |

C あなたの周りの方々についてうかがいます。最もあてはまるものに○を付けてください。

次の人たちはどのくらい気軽に話ができますか？

- |           |                 |
|-----------|-----------------|
| 18. 上司    | 非常に・かなり・多少・全くない |
| 19. 職場の同僚 | 非常に・かなり・多少・全くない |

あなたが困った時、次の人たちはどのくらい頼りになりますか？

- |           |                 |
|-----------|-----------------|
| 20. 上司    | 非常に・かなり・多少・全くない |
| 21. 職場の同僚 | 非常に・かなり・多少・全くない |

あなたの個人的な問題を相談したら、次の人たちはどのくらいきいてくれますか？

- |           |                 |
|-----------|-----------------|
| 22. 上司    | 非常に・かなり・多少・全くない |
| 23. 職場の同僚 | 非常に・かなり・多少・全くない |