

## 歯周病とセラミックス

横川 善之

大阪市立大学 大学院工学研究科

連絡先 yokogawa@imat.eng.osaka-cu.ac.jp

有史前から、人類は虫歯に悩んできた<sup>1)</sup>。日本では、縄文時代から弥生時代かけて狩猟から農耕への転換と共に、やわらかいものを食べるようになって虫歯が増えたようである。平安時代では、歯痛を抑えるためお灸や抜歯が行われ、鎌倉時代になって、歯の清掃のための楊枝が使われはじめ、江戸時代になって房楊枝と呼ばれる歯ブラシや歯磨き粉が使われるようになった。江戸落語でも房楊枝や歯磨き粉を売る小間物屋が出てくる（「明け烏」など）。海外では、9世紀にはアラビアで歯の解剖や歯科治療、歯石除去が行われ、16世紀には補綴による治療が行われていた。我が国では、江戸時代まで、抜歯や薬物による治療が一般的であり、つげなどで作られた義歯、義歯床は同時代の海外のものと比較して優れたものだったようである。徳川家康、井原西鶴、杉田玄白などは入れ歯を利用していたと言われている。19世紀になって欧州で、虫歯菌による歯の齲蝕、歯垢が虫歯の原因であることが見いだされた。我が国での歯科医師法の成立は明治39年であり、歯科医学校が設立されていった。

さて、現在、日本人の虫歯の数が減少方向にあることは、統計から明らかである。12歳の永久歯の虫歯（齲蝕）の本数は1984年の4.75本から2016年には0.84本に低下している<sup>2)</sup>。5歳以上10歳未満での齲蝕をもつ割合は10%であり、家庭や小学校等でのブラッシングの励行や高いフッ化物塗布割合（1歳以上15歳未満に於いて64%）などが奏功していると思われる<sup>3)</sup>。愛知県から提唱されはじめ、1989年からは厚生省と日本歯科医師会が主導して「8020運動」運動が開始された。硬い食物でも20本以上の歯が残っていれば、ほぼ満足にかめることが証明されていることが、8020の根拠である<sup>4)</sup>。8020達成者（80歳以上で20本以上の歯を有する者の割合）は38.3%であり、厚生労働省の歯科疾患実態調査の度毎に増加傾向にある。また、前述のように5歳以上15歳未満の一人平均DMF歯数（DMF指数、未処置虫歯、喪失歯、処置歯の合計）は低下傾向にあるが、しかし、45歳以上では増加傾向を示す年齢階層があることも指摘されている。

歯の表面を覆うエナメル質はエナメル小柱と呼ばれる表面に対し垂直柱状構造からなっており、咬合力に耐える耐圧性より、むしろ耐溶解性の高い結晶面が表面に現れている。食事をすると口の中の水素イオン濃度pHが低下し酸性度が強くなり表層脱灰が生じる。表層脱灰から、エナメル小柱の隙間へと虫歯が進行し、象牙質に至る。象牙質は比較的溶解し易いため内部で齲蝕が進行する。虫歯には修復材で被覆し、封鎖する治療法が行われる。歯科補綴で利用されるセラミックスは、ガラスセラミック（陶歯）、アルミナとジルコニアであり、天然歯に近い審美性、物理化学的特性を持つ素材が開



図1：虫歯の再発、歯髄炎、歯周ポケット

発、実用化されている。封鎖は虫歯菌の死活化となり虫歯の拡大を止めることともなるが、経時的に修復材と歯質の隙間が生じると、虫歯菌が唾液と共に浸透し、封鎖した内部で虫歯が進む(図1①)。歯のたんぱく成分が分解することで発生する気体が象牙細管やエナメル小柱などに浸透し、内圧の低い歯髄側に充満すると歯髄炎が発生する(図1②)。歯本体の根にあたる部分は、歯槽骨と歯肉に覆われることにより固定され、歯肉は上皮の粘膜により保護されているが、炎症により歯本体と歯肉の間に歯周ポケット(図1③)が生じると、歯垢(デンタルプラーク)の発生、歯周病の悪化につながる。また、修復人工素材と歯質界面での歯の劣化も進み、虫歯の再発(2次カリエス, secondary caries)に至る。歯科医院に通う患者の6割が2次カリエスによるものである。

虫歯は、宿主(歯)、菌、糖の存在により発生する。そのため、口腔内を清潔に保つことが、虫歯予防(オーラルケア)において重要である。それに対し、我が国では90%以上の人が毎日1回以上の歯磨きを習慣化していると言われており、2011年の歯磨(90%以上の医薬部外品と化粧品類としての歯磨剤の合計)の出荷数量3億6386万個、出荷金額708億25百万円<sup>5)</sup>であり、毎年、着実に伸びている(図2)。そのうち約7%が歯周病予防、美白など機能をうたった歯磨剤であるが、口臭予防の商品は多くない。歯科診療所での殺菌などに用いられる医薬品洗口剤に対し、医薬部外品、化粧品としての洗口剤は200億円を超える市場があり、洗口剤は口臭予防などで売上げを伸ばしている。米国でも10億ドル市場と言われている<sup>7)</sup>。機能性ガム、口中清涼剤、清涼カプセルなどを含む健康食品の伸びは大きく、歯磨を上回る市場となっている。機能性ガムだけで虫歯予防、美白を含め1,000億円程度の市場がある。

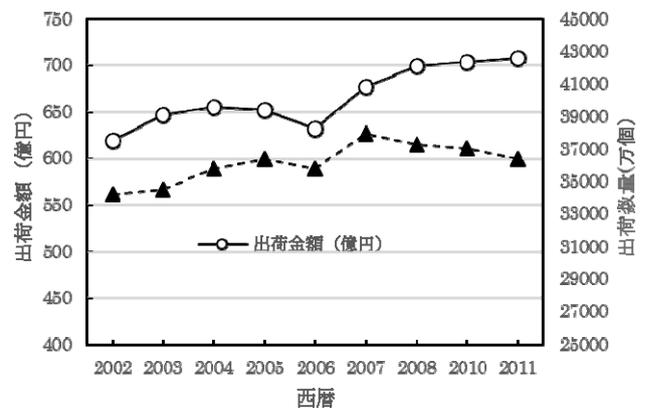


図2：歯磨剤の出荷数量と出荷金額

これらの歯科用材料でセラミックスが用いられるのは、歯磨き粉である。研磨剤、湿潤剤、発泡剤、粘結剤、香味剤、保存料などから構成されているが、研磨剤としてエナメル質に近い硬度(モース硬度6~7)を持つ、無水ケイ酸(硬度7)、リン酸水素カルシウム(硬度5)が使われている。また、歯の強化のためフッ化ナトリウム、あるいは研磨剤として活性炭(炭の中で硬度が高い備長炭、硬度5)を含む商品もある。また、血流増進効果として、塩化ナトリウムなどが使用される。江戸時代には、塩と房楊枝での歯磨きが見られる。

近代まで我が国で見られたお歯黒は、弥生時代に果実等で歯を染めることから始まり、鉄器文化と共に我が国に伝わったようである<sup>1)</sup>。明治初めに皇族・貴族に対しお歯黒禁止令が出て、大正時代にはほぼ見られなくなったとされる。現在では、芸妓などを除きほとんどみられない。お歯黒は、鉄を酢に漬け、飴やタンニンで調製し、歯に何度か塗布し、歯の表面を被覆するものである。審美的面を評価する声(谷崎潤一郎、陰影礼賛)もあり、エナメル質を保護するため、虫歯予防に一定の効果があったようである。

口腔内には300~400種の菌が存在している。いわゆる虫歯菌と呼ばれるミュータンス菌など口腔内のレンサ球菌や、歯肉縁上プラークにグラム陽性菌群、歯肉縁下プラークにグラム陰性菌群が在る。デンタルプラークの菌数は $10^8 \sim 10^9/\text{mg}$ である。歯周病に係わる歯周ポケット底部のred complex、根面部のorange

complex、green Complex に分類される。病原性因子として細胞毒性代謝物を産生するのは主として red complex とされている<sup>8)</sup>。

我が国では歯磨きは習慣化しているが、デンタルプラークは 10 日程度で硬化し、一旦硬化すると家庭でのブラッシングによる除去は困難である。3 ヶ月に 1 度程度、歯科医院に通院し、スケーリングやルートプレーニングを施せば、菌数は劇的に減少し、歯周ポケットの深さも浅くなり、改善する<sup>9)</sup>。しかし、12~16 週で元の菌叢に戻ってしまう。つい、そのまま放置すれば、歯周ポケットの拡大、歯槽骨の侵食、歯の喪失に到る。歯の喪失に到る過程で、口臭の問題も発生する。

口臭の原因物質は、アンモニア、揮発性硫黄化合物(VSC: Volatile Sulfur Compounds)、低級脂肪酸、アミン類などであり、臭気物質と言われる。これら臭気物質が複合化して口臭となる。低級脂肪酸は汗のような臭い、アミンは魚の生臭さにあたる。いずれも、口腔内の菌由来で生成する。VSC は硫化水素(H<sub>2</sub>S)、メチルメルカプタン(CH<sub>3</sub>SH)、ジメチルスルフィド((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S)などの混合物であるが、臭いを感じる濃度の閾値が最も低く、不快感、忌避感が最も高い。そのため口臭の指標とされている<sup>10)</sup>。VSC 濃度が高くなると、上皮粘膜の物質透過性が亢進する。それにより、VSC、プロスタグランジン(PG)E<sub>2</sub>や菌体外毒素などの歯周病原性物質が歯肉組織に浸透しやすくなる。結果的に、歯周病の初期段階となる歯肉炎や出血を引き起こす。口中の出血と舌苔との相関性が高いことから、VSC の産生は歯周病の原因と考えられている<sup>11,12)</sup>。

口臭治療では歯周抗菌療法として殺菌剤・抗菌剤抗菌薬が検討されている。経口投与の場合、血液を介し歯肉浸出液で菌に到達するため、歯周ポケット底部に位置する red complex に効果的に作用する。一方、口腔内粘膜の菌は薬剤により脱落するが、歯周ポケットの露出セメント質に付着する菌は薬剤で死滅しても容易に脱落せず、VSC 等の内毒素が残る。従って、齶蝕や歯周病の治療をしなければ、口臭を除去し、充填材の黒化を防ぐ事は困難である<sup>13)</sup>。

口臭予防、対応は、歯磨剤、ガム、スプレー、洗口剤で行われている。洗口剤は、塩化セチルピリジニウムやClO<sub>2</sub>製剤のような殺菌や抗炎症効果のほか、ハーブ系物質など香りによる消臭効果がある成分を含んでいる。すなわち、香料と殺菌剤、粘結剤からなっている。天然素材は、人工物と比べ、安心感を伴うことが多く、殺菌、炎症抑制、血行促進効果のあると言われる天然素材を用いた商品も見られる。歯磨剤、洗口剤による口腔洗浄により VSC 抑制効果があるが、一時的な効果であり、経時的に VSC 濃度の上昇がみられる。

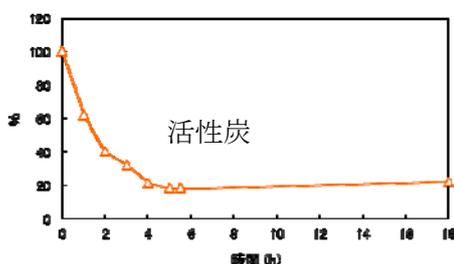
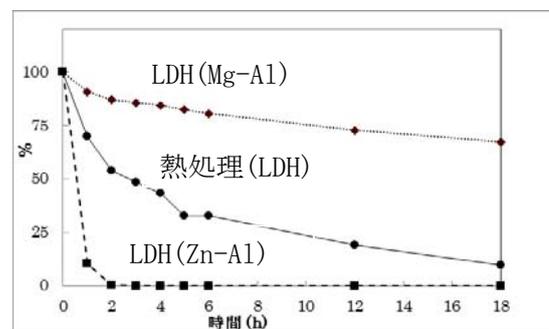
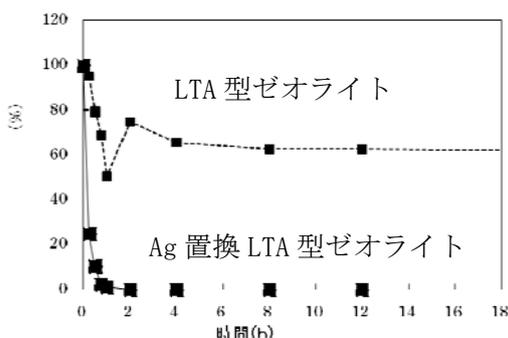


図 3 : 300mL 容器中、600ppb (口腔内体積の倍、中程度の口臭の倍の VSC 濃度) 中に 0.1g の吸着剤 (左上 : LTA 型ゼオライト、右上 : 層状複水酸化物 LDH、左下 : 活性炭) を入れたときの、濃度変化

筆者らは、歯科医からの要請により VSC 吸着剤開発に取り組み、ゼオライト<sup>14)</sup>や層状複水酸化物<sup>15,16)</sup>のミクロ孔セラミックスの吸着・除去効果が高いことをラボでの吸着試験で実証した(図3)。さらに、一旦吸着すると容易に脱離しないことも見いだした。口腔内の倍の体積の容器に、中程度の口臭の倍濃度の VSC に対し、0.1g の試料を用いると 1~2 時間で容器内の VSC はゼロになる。歯磨剤は 1 回当たり、1.5g 程度使うが、歯磨剤に適量加えればさらに短時間で VSC を除去可能と思われる。吸着では、速度論(あるいは平衡論的)な検討が必要であるが、筆者らは細孔内拡散が律速の **Bangham** 式が最適であることも見いだしている<sup>15)</sup>。現在は前臨床試験に進み、良好な結果を得ている。

人類は有史以前より虫歯に悩まされてきた。ナポレオンも虫歯に悩み、豊臣秀吉は歯周病・歯槽膿漏であったようである。近代になって、ようやく虫歯菌による歯のう蝕及び、歯垢が虫歯の原因であることも明らかとなった。現代日本では、ブラッシングの習慣が一般化し、虫歯の数も減っており、補綴材としてジルコニアセラミックスなどが広く使われている。一方、高齢化社会の進展により、老化の一種である歯周病による無歯顎者も増加している。歯周病は、口臭を伴い、口臭は面と向かって言いにくい、口臭を主訴として歯科医院を訪れる患者の数も増大している。虫歯、歯周病対策には、口腔内をブラッシングにより清浄に保つことが重要であり、歯磨剤の研磨剤として、リン酸カルシウムやシリカや炭などのセラミックスが使われている。もし、歯垢を放置すると、ブラッシングでは除去できず、歯周ポケットが深くなり、red complex と呼ばれる歯周病菌が悪臭を産生する。悪臭成分の主たる物に VSC があり、VSC は虫歯、歯肉炎、歯周病を促進する。洗口剤に含まれる殺菌剤は効果的であっても、歯周ポケットのセメント質に付着した菌は除去されず、また短時間での口臭除去が可能な口臭除去剤は見当たらない。筆者は、ミクロ孔セラミックスが効果的であることを見いだしたが、このようなセラミック吸着剤も口腔内の健康維持のために必要ではないだろうか。

#### 引用文献

- 1) 歯の歴史博物館, 長崎県歯科医師会, <http://www.nda.or.jp/study/history>.
- 2) 文部科学省, 学校保険統計調査(2016. 12. 22).
- 3) 厚生労働省, 平成 23 年度歯科疾患実態調査.
- 4) 守屋信吾, 安藤雄一, 三浦宏子, 保健医療科学, 60(5), 379-386(2011).
- 5) 2007 年歯磨出荷・輸出入統計, 日本歯磨工業会.
- 6) 山本浩正, pp.79-97, 歯周抗菌療法, クインテッセンス出版(2012).
- 7) B.L.Armstrong, M.L.Sensat, and J.L.Stoltenberg, *J.Dent. Hygines*, **82**(2), 65-74(2010).
- 8) 角田正健, “口臭の診断と治療“, *Dental Magazine*, **105**, 32-41 (2002).
- 9) 松江一郎, pp. 145-151, 歯周に強くなる本, クインテッセンス出版(1993).
- 10) 宮崎秀夫, 川口陽子, p.15, 臨床家のための口臭臨床ガイドライン, 八重垣健編, クインテッセンス出版(2000).
- 11) 山賀孝之, 宮崎秀夫, 新潟歯学会雑誌, **32** (2), 309-310 (2002).
- 12) 奥田克爾, デンタルプラーク細菌, pp.172-190, 医師薬出版(2002).
- 13) 藤井 和夫, 長谷川 義明, 村上 幸孝, 土井 豊, 横川 善之, 堀田 正人日本歯科保存学会誌 **57**(3), 229-238(2014).
- 14) Y.Yokogawa, H.Morikawa, M.Sakanishi, H.Utaka, A.Nakamura, and I.Kishida, *Mate. Sci. Eng.*, **18**, 192011

(2011).

15) Y.Yokogawa, H.Sano, I. Kishida, *J. Ceram. Soc. Jpn*, **121**, 788–791(2013).

16) Y.Yokogawa, H. Sano, S. Namba, K. Fujii, Y.Morita, M. Hotta and Y. Doi, *Key Eng. Mater.*, 631, 212–215 (2015).