

厚生労働科学研究補助金（労働安全衛生総合研究事業）

総括研究報告書(令和5年度)

「労働安全衛生法に基づく歯科医師による健康診断のより適切な実施に関する研究」

研究代表者 上條 英之 東京歯科大学歯科社会保障学教授

研究要旨：

本研究は、歯・口の健康に有害な業務に従事し、法定の歯科健診が義務付けられている事業場の従事者（法定義務歯科健診対象者ならびに非対象者含む）の口腔内の有所見状況、並びに業務従事状況を把握し、歯の酸蝕症の新基準の有用性について検討するとともに、事業所の歯科健診等の実施状況の把握を目的として実施するとともに、歯の酸蝕に特化した予防法開発を目的とした基礎実験を行った。

事業所での歯科医師による歯の酸蝕症の健診により、新酸蝕症分類による基準では、3.7%が歯の酸蝕症と判定された。重度な症状はみられなかった。

酸性環境にさらされた労働者は、職場での保護具の使用がより多く見られ、より頻繁に歯科健診を受けていた（ $p<0.001$ ）。一方で、144人のうち、酸蝕の疑いのある者は3人（2.1%）のみであった

また、中小企業に対するオンライン調査の結果、労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施割合は、事業所の健康管理担当者の意識、および歯科保健事業への実際の取組みの姿勢に影響される可能性が示され、事業所に対して歯科口腔保健の推進のための積極的な普及啓発を促すとともに、要因分析を可能とするさらなる研究の必要性が考えられた。

なお、茨城県歯科医師会の協力を得て、県内の13の企業の質問紙調査から、調査実施企業のすべてで化学物質のアセスメントが実施され、SDSの周知が行われていた。また、一部企業従事者の質問紙調査の結果から、歯科特殊健診を行っている多くの事業場では適切な作業管理、作業環境管理および健康管理が行われていると考えられた。しかしながら一部の事業場においては作業環境の改善の必要性も考えられた。また健康管理の面から多くの事業場で、一般歯科健診実施の検討も必要であると考えられた。同時に行った業務従事状況の質問紙調査（生活習慣関連）の結果から、胃酸の逆流や嘔吐、酸性食品の嗜好など、歯の酸蝕症の診断に詳しい生活習慣の聞き取りが必要であることも示唆された。歯・口の病気で仕事に支障が出たことがある割合が10%あったことから、さらなる口腔疾患予防への対応が期待される。

労働現場や歯科医院における酸蝕症に特化した予防方法の開発研究においては、AP-MFP群および併用群は、APF群よりも象牙質耐酸性を向上させ、クエン酸脱灰に対する歯質硬さおよび粗さを改善することが示唆された。本方法は産業現場の酸蝕症における新たなプロフェッショナルケアとして期待できる。

また、リスクアセスメント健診制度が2024年4月から開始されたことに伴い、歯科医療従事者の周知が図れるよう、リスクアセスメント歯科健診の対象となる5物質並びに歯の酸蝕健診について、歯科医師向けの小冊子として事業所におけるリスクアセスメント対象物歯科健康診断ガイドブックの作成を行った。

今後、いままでの研究成果を生かし、有害業務での歯科健診を円滑に実施できるよう、指針の策定を進めることが必要になると考えられた。

## A. 研究目的

1 有害業務に従事する者の歯科健診による歯科口腔保健状況

歯・口の健康に有害な業務に従事し、法定の歯科健診が義務付けられている事業場の従事者（法定義務歯科健診対象者ならびに非対象者含む）の口腔内の有所見状況を把握するとともに、歯の酸蝕症の新基準の有用性について検討することを目的とした。

2 事業所における労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施状況

中小企業における健康管理担当者に対してアンケート調査を実施し中小企業が提供する歯科保健活動の取組みの実態とその取組み姿勢の調査を行う。また、令和3年労働安全衛生調査(実態調査)のうち事業所調査の調査票情報の分析を通じて地域ブロック別にみた労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施状況を確認・検討することである。

3 一部事業所における労働衛生管理の状況に関する調査

茨城県歯科医師会の協力のもと、特殊歯科健診を実施している茨城県内の事業場の協力を得て、主に有害物質を取り扱う事業場内で実施されている作業環境管理、作業管理、健康管理の状況について、把握することを目的として調査を実施した。

4 歯科医師による有害業務健康診断を行っている事業場の従業員の業務従事状況

歯科医師による有害業務健康診断を行っている事業場の従業員の業務従事状況把握を、従業員本人に対する質問紙調査で行うことで、業務従事状況を把握し、今後の事業場における労働衛生管理の手法を得るための基礎資料を得ることを目的とする。

5 労働現場や歯科医院における酸蝕症に

特化した予防方法の開発

モノフルオロリン酸ナトリウム溶液(MFP)の高い生体安全性と歯質深部への奏功が可能な利点を活かし、新規酸蝕症の予防法を開発することである。また、従来法と比較したクエン酸刺激に対する象牙質耐酸性を評価することである。

6 事業所におけるリスクアセスメント対象物歯科健康診断ガイドブックの作成

リスクアセスメント歯科健診制度の開始に伴い、現場で従事する歯科医師への知見の普及を図ることを目的とした。

## B. 研究方法

1 有害業務に従事する者の歯科健診による歯の酸蝕症の状況

1) 茨城県内の事業所での調査

対象

公社)茨城県歯科医師会が会員歯科医師の派遣等により法定健診の実施を支援してきた茨城県内の事業所のうち、協力の得られた一部の事業所の従事者228名(男性191名、女性40名)を対象とし、2024年1~2月に実施した。従事者の平均(±SD)年齢は、38.7±12.5歳であった。

方法(歯の酸蝕症の診断)

歯の酸蝕症の診断については、2つの基準を用いて実施した。基準1は、6段階で評価する新基準とし(新酸蝕症分類新酸蝕症分類)、基準2は、Baratlettらの、Basic Erosive Wear Examination (BEWE)<sup>4)</sup>に基づいた

2) オンラインリサーチ会社の募集による調査

2019年1月にオンラインリサーチ会社によって募集された被験者を対象とし、製造

業での勤務、都市部での居住、工場や研究所での勤務者を対象とした。

口腔検査は2023年1月の3日間に行い口腔検査を実施した。質問票による調査項目は職場での酸性物質の暴露年数、保護具の使用、酸性食品や飲料の摂取頻度、歯科検査の有無、反流性食道炎、主観的な口腔症状、喫煙、歯みがきの頻度や時間とした。

2 事業所における労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施状況であった。

#### 【健康管理担当者へのオンライン調査】

マイボイスコム株式会社（プライバシーマーク使用許諾事業者：第10820137(10)号）が保有するモニターのうち、常勤の勤務者が「300人以下」の事業者で勤務する健康管理担当者を対象に、2024年1月の4日間に、合計1,141名の回答を得た

#### 【令和3年労働安全衛生調査（実態調査）】

令和3年労働安全衛生調査（実態調査）事業所調査票情報の提供を受けて、分析を実施した。事業所調査票情報については、統計法第32条に基づき提供申請を行い、2023年10月3日付けで承諾を得た。

分析にあたっては、事業所規模ごとに復元倍率を算出し、復元倍率を用いて集計した結果を用いた。

3 一部事業所に対する労働衛生管理の状況に関する質問紙調査

質問紙調査により、事業所の状況、有害業務歯科健診の実施方法、頻度、有所見者の対応、保健指導、事後措置、作業環境管理の状況、作業管理の状況、安全衛生委員会の状況等について行った。

4 事業場の従業員に対する質問紙調査  
事業場で歯科健診、唾液検査（SMT（多

項目・短時間唾液検査システム））を実施する従業員（有害業務歯科健診の対象者及び非対象者）に対して質問紙調査を行った。質問は仕事および生活習慣に関して行った。

5 労働現場や歯科医院における酸蝕症に特化した予防方法の開発

牛歯歯冠部唇側象牙質を鏡面研磨し試料とした（n=36, 各群 n=9）。予防処置法は

(1) リン酸酸性フッ化ナトリウム（APF, 9000ppmF, pH3.6）4分間塗布群,

(2) リン酸酸性モノフルオロリン酸ナトリウム溶液（AP-MFP, 9000ppmF, pH3.6）4分間塗布群,

(3) AP-MFP 2分間 + APF 2分間の併用群

(4) フッ化物応用なし（Control群）の4群に設定した。

予防処置後、自作のプログラム式全自動pH cycling装置に試料を設置し、0.02M HEPES 再石灰化溶液（Ca:3mM, P:1.8mM, pH7.3）に1時間浸漬、0.1Mクエン酸緩衝脱灰溶液（pH4.0）に37±5分間浸漬を1サイクルとするアシッドチャレンジを10サイクル実施した。

歯質表層の脱灰性状は走査型電子顕微鏡（SEM）（SU6600, 日立, 東京）の二次電子像観察, 3D測定レーザー顕微鏡（LEXT OLS4000, Olympus, 東京）による高低差プロファイルおよび算術平均粗さ（Sa）により評価した。また、各群の脱灰面と非脱灰面に対してMicro-Vickers硬さ試験機（HMV-1, 島津製作所, 東京）を用いてMicro-Vickers硬さ（MHV）を計測し比較した。また、コンタクトマイクロラジオグラフィ（CMR）解析のため、樹脂包埋後（Rigolac, 日新EM, 東京）、100μm厚の研磨切片を作成し、軟X線発生装置（CMR-3, Softex, 東京）を用いて

1 段 20 $\mu$ m のアルミニウムステップウェッジと共に管電圧 15kV、管電流 3mA、照射時間 5 分間で撮影した。撮影画像は画像解析システム(HC-2500/OL : OLYMPUS, 東京)を用いて画像解析用ソフトウェア(ImagePro-Plus, version6.2, Media Cybernetics Inc. Silver Spring)にてグレースケール 8 bit, 256 階調に変換し濃度プロファイルを取得した。ミネラル喪失量( $\Delta Z$ )および脱灰深度(Ld)を測定し脱灰程度の比較を行った。

## 6 事業所におけるリスクアセスメント対象物歯科健康診断ガイドブックの作成

作成を行う検討組織を 2023 年 10 に設置し、作成内容を検討した

## C. 研究結果

### 1 有害業務に従事する者の歯科健診による歯の酸蝕症の状況

#### 1) 茨城県内の事業所での調査

##### ①歯の酸蝕症の割合

新酸蝕症分類の診断により、総数で 13 名 (5.7%) に歯の酸蝕症がみられた。年齢の増加とともに酸蝕症の増加もみられ、60 歳以上では 27.3%であった。男性の割合が高く酸蝕症とされたものの 92%が男性であった。BEWE の診断では 20 名 (8.8%) であった。30 歳未満の発現が 4 名 (6.1%) にみられている。60 歳以上では新酸蝕症分類と同様の割合であった。また男性の占める割合は 85%で、女性は新酸蝕症分類ではみられなかった 40~59 歳で 2 名に認められた。

##### ②歯の酸蝕症の症度別 1 人平均歯数

新酸蝕症分類の疑問型【±】は、総数で 0.6 $\pm$ 2.1 本、歯の切縁及び隅角部に溶解所見あり【E1-1】は 0.2 $\pm$ 1.1 本、エナメル質に局限した歯の表面欠損(歯面損失)あ

り【E1-2】は 0.04 $\pm$ 0.4 本、歯の表面欠損(歯面損失)が歯髄または歯髄近くまで及ぶ【E2】は 0.01 $\pm$ 0.2 本であった。E1 以上では、0.3 $\pm$ 1.3 本となった。最も高いのは 60 歳以上であり 2.0 $\pm$ 3.5 本であった。歯の表面(歯面)損失が歯髄または歯髄近くまで及んだもの E3、歯冠部が大きく(または 3 分の 2 以上)欠損したものの E4 の発現はなかった。

BEWE では、歯の表面の初期損失(欠損)

【1】は、0.2 $\pm$ 0.8 本、歯面 50%未満の硬組織欠損【2】は、0.03 $\pm$ 0.4 本であった。

歯面 50%を超える硬組織欠損【3】は、認められなかった。新酸蝕症分類と BEWE の評価における Kappa 係数は、0.447 であり、中程度の一致であった。

### 2) オンラインリサーチ会社の募集による調査

180 人中 144 人が本研究に参加した。そのうち酸性物質と接触しない環境の参加者は 59 人であった。酸性環境で働く者の職場での酸性物質への曝露年数の平均は 10.2 年(標準偏差: 10.9)であった。保護具の使用は酸性環境で働く参加者でより頻繁に行われた( $p < 0.001$ )。また、酸性環境で働く者は歯の酸蝕症に対する認識が高く、職場での歯科検診も多かった(非酸性環境 24.4%、酸性環境で 7 年未満 40.7%、酸性環境で 7 年以上 65.7%、 $p < 0.001$ )。口腔状態の比較では、歯の酸蝕症の疑いを認めた(3/144、2.1%)、歯の数、う蝕経験、歯の酸蝕症の歯数、唾液の緩衝能力に統計学的に有意な差は見られなかった。

### 2 事業所における労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施状況

#### 【健康管理担当者へのオンライン調査】

## 1. 回答者の属性

安全衛生管理者と回答したものが最も多く全体の30.3%であった。ついで衛生管理者28.7%、安全管理者27.6%であった(表1-1)。

## 2. 事業所の属性

### 1) 業種

勤務している事業所の業種については、サービス業が最も多く25.3%だった。ついで建設不動産業21.4%、製造業20.3%であった(表1-2)。

### 2) 事業所規模

事業所規模については、100人から300人が最も多く22.4%であった(表1-3)。

### 3) 健康経営優良法人

健康経営優良法人に認定されているとした事業所は27.2%であった(表1-4)。

## 3. 歯科口腔保健分野の取組み

### 1) 健康管理における歯科疾患の重要性

従業員の健康管理として歯科疾患は重要であるとした者は、75.4%であった(「大いに重要である」34.9%「どちらかといえば重要である」40.5%)(表1-5)。

### 2) 労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施

労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施義務については「ない」と回答した事業所が59.4%と最も多かった。また労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施業務があり、かつ「実施した」と回答した事業所は22.0%であった。一方、労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施業務があるにも関わらず、「実施していない」とした事業所は18.6%であった(表1-6)。

### 3) 歯・口腔の健康改善に向けた取組み

従業員に対して歯・口腔の健康改善に向

けの取組みが「ある」とした事業所は、26.1%であった(表1-7)。

#### 3) -1 具体的な取組み

歯・口腔の健康改善に向けての鳥見があるとした事業所のうち、具体的な取組みとしては、「安全衛生法に基づく歯科健診以外の歯科健診を事業所で実施している」とした事業所が最も多く36.2%であった。

#### 3) -2 歯・口腔の健康改善に向けた取組みの意思

歯・口腔の健康改善に向けての取組みが「ない」とした事業所のうち、今後の取組みの意思については、「すぐにでも取り組むことができる」3.8%。「どちらかといえば取り組むことができる」22.4%であり、約1/4の事業所において、歯・口腔の健康改善に向けた取組みの意思を示していた。

#### 3) -3 歯・口腔の健康改善に向けた取組みができない理由

歯・口腔の健康改善に向けての取組みが「できない」あるいは「どちらとも言えない」と回答した者のおけるその理由としては、「特に必要性を感じない」と回答した事業所が34.4%と最も多かった。ついで「予算が組めない」33.3%、「何から着手すればよいのか分からない」26.5%であった。

## 4. 法令に基づく歯科健診の実施状況

労働安全衛生法に基づいて歯科健診の実施義務が「ある」と回答した事業所(463件)のうち、歯科健診を「実施した」とした事業所の割合は、54.2%であった。

### 1) 事業所従業員数区別にみた歯科健診

従業員数区分が「50~300人」の事業所における歯科健診の実施割合は、62.1%であった。一方、「1~9人」の事業所では、同割合は39.0%と有意に小さかった。

2) 健康経営優良法人の認定の有無別にみた歯科健診

健康経営優良法人の認定「あり」とた事業所における歯科健診の実施割合は 75.3%であった。一方、認定「なし」とした事業所では同割合は 33.2%と有意に小さかった。

3) 健康管理における歯科疾患の重要性の大きさ別にみた歯科健診

従業員への健康管理における歯科疾患の重要として「大いに重要である」とした事業所における歯科健診の実施割合は 72.2%であった。一方、「どちらともいえない」「あまり重要でない重要でない」を合わせた事業所割合は 20.0%と有意に小さかった。

4) 歯・口腔の健康改善に向けた取組みの有無別にみた歯科健診

歯・口腔の健康改善に向けた取組みが「ある」とした事業所における歯科健診の実施割合は、74.7%であった。一方、取組みが「ない」とした事業所では、同割合は 36.2%と有意に小さかった。

#### 【令和3年労働安全衛生調査（実態調査）】

労働安全衛生調査（実態調査）の事業所調査票情報の提供を受け、事業所規模ごとに、復元倍率を算出し、復元倍率を用いて集計した結果から構成比を算出した。

常用労働者 10 人以上の民営事業所で労働安全衛生法に基づいた歯科健診の実施義務が「ある」とした事業所は 1.5%であった。

労働安全衛生法に基づいた歯科健診の実施義務が「ある」とした事業所における歯科健診の実施割合は、全国では 42.7%であった。事業所規模別みた同割合は、100 人以上の事業所規模ではいずれも 80%以上であった。一方、「50～99 人」では、同割合は 65.1%、「10～49 人」では 16.9%であり、

事業所規模が小さい事業所、とくに 50 人未満の事業所では小さいことが示された。

3 一部事業所に対する労働衛生管理の状況に関する質問紙調査

13事業場すべてが化学物質のリスクアセスメントを実施していた。作業場で全体換気や局所排気装置を全く使用していないという事業場はないという結果であった。

また、2024年4月から選任が義務づけられている化学物質管理者は 9 事業場（69.2%）ですでに選任されて化学物質の管理を行っていた。「SDSの周知」は 13 事業場すべてで行われており、「GHS 絵表示」は実施していた 8 事業場のうち、6 事業場で化学物質管理者が選任されていた。

歯科関連の健診の実施状況に関しては、う蝕や歯周病などの一般の歯科健診は 13 事業場すべてで実施されていなかったのに対して、労働安全衛生法に基づく歯科特殊健診は 13 事業場すべてで実施されており、3 事業場が事後措置として歯科保健指導を行っていると回答していた。

4 事業場の従業員に対する質問紙調査

228 名の従業員からの回答を得られた。

1) 主に仕事環境について

(1) 現在、従事している仕事の内容（複数回答）

製造・生産が 121 名（53.1%）で半数以上を占めて、次いで基礎研究・技術研究 18 名（7.9%）、技術開発・設計業務 13 名（5.7%）と続き、製造・生産関係が非常に多かった。

(2) 夜勤の有無

なしが 182 名（79.8%）であるが 46 名（20.2%）で、夜勤が無い場合が多かった。

(3) いつもの仕事で化学物質（酸）の取

り扱いの有無

扱っているが 99 名 (43.4%)、時々扱うことがあるが 31 名 (13.6%)、扱っていないが 94 名 (41.2%) で半数以上の従業員が酸を取り扱っていた。

(4) 使用している化学物質の種類 (複数回答)

塩酸 90 名 (69.2%)、硝酸 61 名 (46.9%)、硫酸 14 名 (10.8%)、フッ化水素 3 名 (2.3%) で、亜硫酸 1 名 (0.8%) で塩酸が一番多く使われていた。

(5) 使用している化学物質 (酸など) はどのくらい使われていますか

毎日が 73 名 (56.2%)、時々扱うが 44 名 (33.8%) で事業場内にいるが取り扱いはないが 9 名 (6.9%) であった。その中で月あたりの使用頻度は  $7.3 \pm 4.6$  日であった。

(6) 作業中に「五感」に感じる不快症状はありますか (複数回答)

においが 59 名 (45.4%)、温度が 25 名 (19.2%)、騒音が 19 名 (14.6%)、湿度が 14 名 (10.8%)、光が 5 名 (4.6%) で眼・気管の刺激が 4 名 (3.1%) で、においが一番気になるようであった。

(7) 仕事の際の保護具使用 (複数回答)

ほぼ全員が使用していた。その内訳としては、手袋 120 名 (92.3%)、帽子 85 名 (65.4%)、保護メガネ 77 名 (59.2%)、マスク 71 名 (54.6%)、防じんマスク 67 名 (51.5%) 等であった。

(8) 作業中に、全体換気、局所排気装置を使用していますか

全体換気と局所排気装置の両方が 57 名 (43.8%)、局所排気装置のみが 50 名 (38.5%)、全体換気のみが 16 名 (12.3%) で使用していないが 4 名 (3.1%) であった。

(9) 作業中に、強酸等 (フッ化水素を含む) に暴露したことがありますか

ないが 118 名 (90.8%) で、7 名 (5.4%) で、少数ではあるものの暴露経験ありの従業員が認められた。

(10) 現在の仕事について、ストレスを感じる人が多いですか

少しストレスを感じるが 126 名 (55.3%)、あまりストレスを感じないが 50 名 (21.9%)、かなりストレスを感じるが 36 名 (15.8%) でほとんどストレスを感じないが 14 名 (6.1%) で、あまりストレスを感じていない従業員が多かった。

(11) 1 日の睡眠時間は十分取れているか  
やや満足が 109 名 (47.6%)、やや不満 70 名 (30.7%)、満足 35 名 (15.4%)、不満 14 名 (6.1%) で、睡眠時間に不満がある従業員は少なかった。

(12) いまの事業場で一般歯科健診 (酸の取扱者以外の方の歯科健診) を受けたかないが 135 名 (59.2%)、あるが 90 名 (39.5%) で、半分以下であった。

2) 主に生活環境について

胃液が口まで上がることが頻繁にあるか、については、あるが 15 人 (6.6%)、ないが 212 人 (93.0%)、無回答が 1 人 (0.4%) であった。また、拒食症や過食症により頻繁に嘔吐することはありますか。では、あるが 16 人 (7.0%)、ないが 212 人 (93.0%)、無回答が 0 人 (0%) であった。仕事以外の日常生活で下記の中で飲食するもの (複数回答) と各食品の摂取頻度は、 柑橘類ジュースが 91 名 (39.9%)、ヨーグルトドリンク 89 名 (39.0%)、レモン・グレープフルーツなどの柑橘系果物 86 名 (37.7%) などの回答が多かった。かかりつけの歯科医の有無は、

ないが 115 人(50.4%)、あるが 113 人(49.6%)、無回答が 0 人(0%)であった。治療のために歯科医院へ最後に行った時期は、現在治療中が 20 名(8.8%)、半年以内が 51 名(22.4%)、半年から 1 年以内が 23 人(10.1%)、1 年から 2 年以内が 31 人(13.6%)、2 年以上前が 75 人(32.9%)、行ったことがないが 3 人(1.3%)、覚えていないが 24 人(10.5%)であった。2 年以内に一度でも歯科に行ったのは 125 名(54.8%)であった。歯のクリーニングや健診等予防のための定期的な歯科医院受診は受診していないが 143 人(62.7%)、受診しているが 80 人(35.1%)、2 年に 1 回以下が 13 人(5.7%)、1 年に 1 回が 20 人(8.8%)、半年に 1 回が 34 人(14.9%)であった。このほか、朝昼夜の食事は、規則的かについては規則的に食べているが 125 人(54.8%)、不規則になることが多いが 100 人(43.9%)、朝食が不規則になることが多いが 50 人(21.9%)、昼食が不規則になることが多いが 26 人(11.4%)、夕食が不規則になることが多いが 45 人(19.7%)であった。このほか、病気や症状の有無(複数回答)は、あるが 108 名(47.4%)、ないが 111 名(48.7%)であった。ありの中で腰痛 36 名(15.8%)、アレルギー性疾患 28 名(12.3%)、高血圧と頭痛が 24 名(10.5%)であった。喫煙習慣はいいえが 131 人(57.5%)、やめたが 34 人(14.9%)、はいが 58 人(25.4%)であった。歯・口の病気で仕事の支障は、ないが 199 人(87.3%)、あるが 23 人(10.1%)、無回答が 6 人(2.6%)であった。過去 1 年以内に歯を抜きましたかは、抜いていないが 207 人(90.8%)、1 本抜いたが 12 人(5.3%)、2 本以上抜いたが 3 人(1.3%)、無回答が 6 人(2.6%)であった。

5 労働現場や歯科医院における酸蝕症に特化した予防方法の開発

### C-1.クエン酸 pH-cycling 後の各種歯面塗布法の 3D 段差プロファイル

Control 群では、実験面が著しく脱灰し、 $23.157 \pm 2.290 \mu\text{m}$  の欠損が象牙質の表層に認められた。APF 群では対照面と実験面の高さの差が  $7.531 \pm 1.885 \mu\text{m}$  に減少し、Control 群と比較して有意に脱灰抑制が確認できた ( $p < 0.001$ )。AP-MFP 群は APF 群と同等の脱灰抑制を認め、 $7.482 \pm 0.941 \mu\text{m}$  であり AP-MFP 群と APF 群の間には有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ )。Dual 群の実質欠損量は  $8.356 \pm 1.065 \mu\text{m}$  であり Control 群と比較して有意に脱灰を抑制していたが、APF 群および AP-MFP 群の間には脱灰抑制効果に差は認められなかった。AP-MFP 群と併用群は象牙質のクエン酸脱灰に対して APF 群と同様の高い耐酸性向上効果があることが示唆された。

### C-2. pH-cycling 後の各種歯面塗布法による算術平均表面粗さ (Sa) 比較

Control 群は象牙質の表面に顕著な凹凸を認め、平均 Sa 値は  $0.295 \pm 0.021 \mu\text{m}$ 、中央値は  $0.295 \mu\text{m}$  ( $0.283 \sim 0.312$ ) であり、全ての群と有意差を認めた ( $p < 0.001$ )。APF 群の平均 Sa 値は  $0.339 \pm 0.038 \mu\text{m}$ 、中央値は  $0.334 \mu\text{m}$  ( $0.310 \sim 0.377$ ) であった。AP-MFP 群は最も大きな値を示し、平均値は  $0.381 \pm 0.027 \mu\text{m}$ 、中央値は  $0.383 \mu\text{m}$  ( $0.351 \sim 0.409$ ) であったが、APF 群と比較して有意差は認められなかった ( $p > 0.05$ )。Dual 群は最も小さい値を示し、平均値は  $0.250 \pm 0.016 \mu\text{m}$ 、中央値は  $0.247 \mu\text{m}$  ( $0.236 \sim 0.267$ ) であり、他のすべての群と有意に異なった ( $p < 0.001$ )。

### C-3. pH-cycling後のマイクロビッカース硬度および変化量測定

Control 群のマイクロビッカース硬さは  $19.889 \pm 2.004$  HV、中央値は 20.713 (18.654-21.936) で、すべての群中で最も低い値であった。APF 群は Control 群と比較して増加し、平均値は  $28.397 \pm 1.707$  HV、中央値は 28.342 (26.801-29.333) であり、他のすべての群間で有意差を認めた ( $p < 0.01$ )。AP-MFP 群は最も高い値を示し、平均値は  $33.041 \pm 2.123$  HV、中央値は 33.224 (30.811-35.124) であった。Dual 群の平均値は  $32.736 \pm 1.617$  HV、中央値は 32.729 (31.476 ~ 33.989) で、AP-MFP 群と同等の値を示し 2 群間の有意差は認められなかった。

サンプルの同一歯面に対照面と実験面を作成し、個体差を補正した変化量を算出した結果、Control 群は  $25.538 \pm 5.771$  HV と変化量が最も大きく、中央値は 23.299 (21.786-28.328) を示し、すべての群間で有意差を認めた ( $p < 0.01$ )。APF 群の平均値は  $15.308 \pm 2.315$  HV、中央値は 14.781 (14.011-16.811) であり、Control 群と比較して有意に減少した。AP-MFP 群は最も小さい変化量を示し、平均値が  $10.050 \pm 2.971$ 、中央値が 9.557 (7.969-12.685) であったが、APF 群間には有意差は認められなかった。Dual 群は AP-MFP 群と同等であり、平均値は  $11.665 \pm 2.949$  HV、中央値は 11.734 (9.194-14.342) を示したが、AP-MFP 群間に有意差は存在しなかった ( $p > 0.05$ )。

### C-4. pH-cycling後の象牙質表面および断面 SEM 観察

pH-cycling 後の象牙質表面の二次電子像

においては、Control 群はクエン酸による脱灰で象牙細管開口部の拡大が認められ、細管周囲の象牙質にも粒子は形成されていない。APF 群は象牙細管の一部閉鎖を認め、細管内部に粒子状の物質の集合体が観察できる。細管周囲の象牙質表面にも微細な球状の粒子が付着している。AP-MFP 群は APF 群と同様に細管の開口部の閉鎖と微細な粒子の付着を認めるが、明らかに APF で認められた粒子とは異なる大きな直径の球状粒子を認める。この粒子は高倍率で観察すると微細な粒子が集合した二次粒子様であり、象牙細管の周囲だけではなく細管内部にも侵入している。dual 群は全体的に凹凸が少なく滑らかな性状を示し、APF 群と同様に微細な粒子の付着を認める (図 4d,h)。細管開口部の閉鎖はほぼ完全であり、細管内には AP-MFP 群で観察された大きな二次粒子が少数認められる。

アシッドチャレンジ後の実験面を垂直に切断した面の二次電子像においては、Control 群は表層から約 15-20 $\mu\text{m}$  に、クエン酸脱灰により歯質カルシウム密度が低下した、信号強度の低下した範囲が認められる。表層付近の脱灰を受けた範囲では象牙細管の側方拡大を認める。APF 群では表層から 20-30 $\mu\text{m}$  の範囲でグラデーション様に信号強度の低下を認める。特に象牙細管の周囲に限局した信号強度の低下が著しく、細管を中心に脱灰が進行していることがわかる。全体的な信号強度はコントロール群よりも高く、表層 2-5 $\mu\text{m}$  の極表層では信号強度の回復が認められる。AP-MFP 群は他の群と比較して信号強度の低下の範囲が表層 5-10 $\mu\text{m}$  ほどに限局しており、10 $\mu\text{m}$  より深部の信号強度は一様であった。象牙細

管の内部に細管を閉鎖する粒子状物質を認め、細管の周囲の脱灰像が認められなかった。Dual 群は APF 群と同様に表層から 20-30 $\mu\text{m}$  の範囲でグラデーション様に信号強度の低下を認めた。強拡大像では象牙細管の周囲の信号強度の低下と象牙細管の側方拡大を認め、細管に沿って信号強度の低下が拡大していることがわかる。

#### C-5. CMR 解析によるミネラル喪失量および脱灰深度の計測

Control 群では、象牙質表層の深さ 25~35 $\mu\text{m}$  に信号強度が低い領域が存在し、30 $\mu\text{m}$  付近で曲線の立ち上がりが観察された。APF 群では、表面から 20~25 $\mu\text{m}$  の領域で曲線の立ち上がりが見られ、比較的浅い深さからミネラル含有量が回復する様子が観察された。AP-MFP 群では、ミネラル含有量が 20~25 $\mu\text{m}$  の範囲で 80% 以上に達し、すべての群中で最も高いミネラル含有量が浅い深さで観察された。Dual 群は APF 群と同様の挙動を示し、グラフの上昇は APF 群より浅いが、傾きは緩やかであった。

CMR 解析による各群のミネラル喪失量 ( $\Delta Z$ , vol% $\mu\text{m}$ ) と脱灰深度 (Ld,  $\mu\text{m}$ ) についてミネラル喪失量は、Control 群が  $5985.161 \pm 319.974$  vol% $\mu\text{m}$  であり、他のすべての群と比較して有意に大きい結果であった ( $p < 0.01$ )。APF 群は  $3806.161 \pm 257.460$  vol% $\mu\text{m}$  と Control 群の約 2/3 までミネラル喪失量が減少した。AP-MFP 群は  $2679.133 \pm 290.240$  vol%  $\mu\text{m}$  と Control 群の約 1/2 と最小値を示し、APF 群と AP-MFP 群間には有意差を認めた ( $p < 0.01$ , 図 7a)。Dual 群は APF 群と近似した値を示し、平均値は  $3772.030 \pm 376.137$  vol%

$\mu\text{m}$  であり、AP-MFP 群と Dual 群間で有意差を認めた ( $p < 0.01$ )。

#### 6 事業所におけるリスクアセスメント対象物歯科健康診断ガイドブックの作成

事業所における化学物質の自律的管理、リスクアセスメント対象物健康診断（令和 6 年 4 月 1 日施行）での① リスクアセスメント対象物健康診断とそのガイドライン② 歯科領域でのリスクアセスメント対象物健康診断の対象物質、従来の歯科特殊健康診断とその対象物質、歯科健診の方法と実際についての内容に加えたガイドブックを作成した。

#### D. 考察

1 有害業務に従事する者の歯科健診による歯の酸蝕症の状況

##### 1) 茨城県内の事業所での調査

歯の酸蝕症において、深代ら 1) の鋼製錬所の硫酸を扱う企業による歯の酸蝕症の報告では、すべての歯の酸蝕症状が診断基準に用いた日本歯科医師会の歯牙酸蝕症の基準の第 1 度であり、歯の表面の光沢の消失と皿状欠損であったとし、要因として、酸の曝露量が低いことにより、欠損は微小となり、再石灰化作用による光沢の回復が起こるため、光沢を保持した皿状欠損の存在を念頭に置くべきことが指摘してされている。また、矢崎ら 2) は、職業性の歯の酸蝕症は、軽症化しているが、経時的に進行していると指摘している。これらのことから、歯の酸蝕症の新たな診査基準として、軽症化に対応した診断の基準が必要であると考え、疑問型 (EO) の次の段階である第 1 度を 2 区分とし、新基準として E1-1 と E1-2 に細分化し、軽症の程度をより精

緻に評価した。第1度はエナメル質にとどまっている所見であることは従来と変わらないものであった。本研究の結果から、E1-1とE1-2の症状が検出され、軽症化に対応するきめ細かな評価が可能となった。また、本結果からも象牙質におよぶ第2度(E2)が1名にみられたものの、第3度(E3)、第4度(E4)は、存在せず、軽症傾向であった。新酸蝕症分類においては5.7%、BEWEでは8.8%であり3.1%の差が生じた。新酸蝕症分類とBEWEのKappa係数は0.447であり中程度の一致であったが、新酸蝕症分類とBEWEで酸蝕症ありと共通に示されたものが8名、BEWEのみで酸蝕症ありと示された12名は、新酸蝕症分類においてすべて疑問型(±)に分類されていた。BEWEは、欧州歯科保存連盟6)やイギリス保健省のオーラルヘルスケアガイドライン4)で推奨される歯の酸蝕症の評価基準である。非齲蝕性歯頸部病変と関連リスク因子を疫学調査し、酸性食物の摂取による損傷が関連していることを見出した際に用いられた基準である。BEWEが、歯面の表面の欠損を評価し、新酸蝕症分類では、象牙質におよぶ深さに着目していることから、差が生じたものと考えられる。BEWEについては、A. Milosevicも浸食が重視されるため摩耗の視点が不足していることも指摘されている。BEWEはスクリーニングとしては、有効であるが、象牙質までおよぶ評価においては、本研究で用いた新酸蝕症分類で行うことが必要であると思われる。歯の酸蝕症保有群と非保有群との比較から、歯の酸蝕症保有群の年齢が有意に高かったことは、これまでの報告と同様である。ま

た、酸取扱いの従事期間とも関連があり今回の結果からも歯の酸蝕症保有群において、従事期間が長かった。歯の酸蝕症保有群の健全歯数の減少、DF歯数の増加については、歯科疾患は蓄積性であることから、年齢要因などを考慮したうえで、検討する必要があるものと思われる。今回は、横断研究であり因果関係は言えないが、作業環境の改善策の検討やモニタリングが必要であると考えられる。また、Suyamaら7)は、鉛蓄電池工場における硫酸取扱い者の労働年数による酸蝕状況を報告しているが、曝露年数だけでなく、作業環境中の硫酸濃度を考慮する必要があることを指摘している。本研究においても環境中の濃度については調査しておらず、今後の課題である。有害物質の濃度局所換気の使用状況では、歯の酸蝕症保有群において、常時使用割合が低かったことから、今後の改善が望まれる。一方、歯の酸蝕症の非保有群でマスクを着用しない割合が高かった。歯の酸蝕症非保有群で酸の取り扱い従事者が54.4%存在しており、そのうちマスク未着用で歯の酸蝕症の疑問型(±)と判定された割合が15.5%存在しておりリスクを伴っていた(結果未掲載)。作業環境管理である換気装置の設置、換気装置の使用割合が良好であることから、マスク未着用であっても歯の酸蝕症が発現していないのか、他の要因が影響しているかについて、今後、検討する必要があると思われる。しかし、マスク未着用による歯の酸蝕症のリスクは否定されておらず、酸の取り扱いに従事する者へのマスクの着用指導は勧められるべきと考えられる。

2) オンラインリサーチ会社の募集による

## 調査

本研究の結果、我が国において酸性環境で働く人々の歯の酸蝕症は稀であることが示された。欧州、韓国、日本では電池製造、溶融亜鉛関連業界の労働者は歯の酸蝕症のリスクが高いとされ、歯の酸蝕症の有病率は8-31%と報告されている。本研究では、酸性環境で働く労働者が職場での歯科検診をより頻繁に受けていることが示され、我が国での酸性環境における労働者向けの予防措置が効果的であることが示唆された。ただし、酸の曝露が自己申告であったため、実際の曝露状況は不明であり、職場の換気状況に関する正確な情報を得ることができなかった。また、横断的デザインのため因果関係を評価することはできなかった。

### 2 事業所における労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施状況

オンライン調査では、労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施義務が「ある」事業所における歯科健診の実施割合は、54.2%であった。また、同割合は、事業所規模が小さい事業所、健康経営優良法人の認定がない事業所、従業員の健康管理として歯科疾患を重要視していない事業所、および歯・口腔の健康改善に向けた取組みを実施していない事業所において、有意に小さいことが明らかとなった。法令に基づいた歯科健診の実施割合は、従前から指摘されている事業所規模と関連することに加え、事業所の健康管理担当者の意識、および歯科保健事業への実際の取組みの姿勢に影響される可能性が示された。小規模事業所における法令に基づく歯科健診の実施割合を高めるには、歯・口腔の健康改善に向けた積極的な普及啓発活動を通じて、事業所全体

への歯科口腔保健の推進に関する働きかけが重要であることが示唆された。

しかしながら、オンライン調査の回答には、偏りが大きいことも予想された。すなわち、法令に基づく歯科健診の実施割合は、令和3年労働安全衛生調査（実態調査）のそれ（42.7%）と比較すると大きかった。また、健康経営優良法人に認定されているとした事業所の割合は27.2%であり、極端に大きかった。これらのことから、今回のオンライン調査の対象者は、300人以下の事業所に勤務する健康管理担当者であったが、労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施義務がある事業所、かつ従業員への健康管理に関する意識が高い事業所に偏っている可能性が高かった。

令和3年労働安全衛生調査（実態調査）の事業所調査票情報の分析においては、労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施義務がある事業所における歯科健診の実施割合は、全国では42.7%であり、事業所規模別に差異が認められた。とくに50人未満の事業所における歯科健診実施割合は、16.9%と小さかった。さらなる研究の必要性が考えられた。

### 3 一部事業所に対する労働衛生管理の状況に関する質問紙調査

特殊健康診断は一般健康診断と対象者数が一致していると回答した事業場が多く、あらためて特殊健康診断の対象者数を確認する必要があった。この回答結果からは、特殊健康診断に対する事業場の対応が十分に行き届いていない可能性も否定できないと考えられる。

なお、通常、特殊健康診断の実施にあたって、いわゆる特殊歯科健診を含め作業環

境管理、作業管理の見直しが優先されるため、医師、歯科医師からの意見聴取が直ちに保健指導(歯科を含む)にはつながらない可能性を留意すべきであると考えられた。なお、今回の調査から、歯科特殊健診を実施しているまたは実施予定の事業場は、職場の安全衛生に関する意識が高い可能性が考えられた。

#### 4 事業場の従業員に対する質問紙調査

##### 1) 主に仕事環境について

(1). 仕事全般について：どの年代においても男性が多く、職種としては製造・生産現場が多かった。労働時間等に関しては、残業、夜勤や交代制勤務などは少なく、睡眠時間の不満も少なく、通勤も仕事に支障をきたしている場合がほとんど無かったことなどから、健康管理上過重労働になっている従業員は少ないと考えられた。

高齢の従業員は少ないが、従業員の疾患では腰痛が一番多いことから製造・生産現場での姿勢の問題が考えられた。しかしながらこれは職場巡視などで作業姿勢などの確認を行わないと分からない問題である。

(2). 化学物質の取り扱いについて：約半数(130名)の従業員が化学物質を使用しており、その半数近くはほぼ毎日使用していた。その中では塩酸が最も多かった。作業環境としては半数近くの従業員は全体換気と局所排気を併用しており、それ以外でも少なくとも扱っていないが94名(41.2%)、局所排気装置は使用している職場が多かった。しかしながら少数ではあるものの、全体換気のみ、あるいは全く換気を行っていない環境で業務を行っている従業員も認められた。このことから作業環境の改善の必要性がある事業所もあると考

えられた。作業管理に関しては、ほとんどの従業員は手袋・マスク・ゴーグルなどをして作業を行っていた。しかしながら各作業環境において、適切な用具を適切な方法で使用しているかは、職場巡視などを行っていないため不明であった。

##### 2) 主に生活環境について

###### (1) 歯の酸蝕症への影響

職業性酸蝕症に対して習癖や飲食による酸蝕のリスクを調査したところ、「胃液が口まで上がることが頻繁にありますか」の問いにあるが15人(6.6%)、「拒食症や過食症により頻繁に嘔吐することはありませんか」にあるが16人(7.0%)、「仕事以外の日常生活で下記の中で飲食するもの(複数回答)」に対して柑橘類ジュースが91名(39.9%)、ヨーグルトドリンク89名(39.0%)、レモン・グレープフルーツなどの柑橘系果物86名(37.7%)などの回答が多かった。また、それらの頻度は、梅干し、ヨーグルトドリンク、ビタミンCサプリで週5回以上が12人ずつと高かった。

これらのことから職業性酸蝕症以外にも酸蝕が発生する可能性が考えられる。酸蝕発生においては、生活環境について良く調べることが必要だと考えられる。

###### (2) かかりつけ医とアクセス

49.6%(113名)がかかりつけの歯科医があると答えているが、1年以内に歯科に行ったのは41.3%(94名)。予防目的で定期的に歯科医院を受診しているのが35.1%(80人)であった。歯科医のイメージする定期的に予防通院する「かかりつけ医」と、一般人がイメージする何か問題があったときに行く「かかりつけ医」との認識の差が大きいと考えられる。また、歯科医院の予約

は電話が 57.4%(89 名)であり、残りはスマートフォンアプリやパソコンサイトと IT 化が進んでいる。費用がかかっても出来る予約サービスがあれば、利用を考えるとというのが 38.1%(59 人)であり、より良い予約デジタルでのシステム構築が望まれる。

## (2) 労働生産性 (アブセンティズム・プレゼンティズム)

歯・口の病気で仕事に支障が出たことがある割合が 10.1%(23 人)で、口腔疾患によるアブセンティズム、プレゼンティズムへの関与が 1 割ほどあることが明らかとなった。

4 労働現場や歯科医院における酸蝕症に特化した予防方法の開発

## C-2. pH-cycling 後の各種歯面塗布法による算術平均表面粗さ (Sa) 比較

AP-MFP 群の値が最大となったことは、象牙質の表層に何らかの生成物が生じた可能性を示している。また AP-MFP と APF を併用する Dual 群では予防処置後の汚れの付着を軽減できる可能性が示唆された。

6 事業所におけるリスクアセスメント対象物歯科健康診断ガイドブック作成

これまで歯科医師が実施してきた歯科特殊健康診断はいわゆる「法令準拠型」の化学物質管理であったことから、健康診断を実施して酸蝕症の有無を判定する、という健康管理の視点のみに偏り、特殊健康診断における「有所見」が意味すること、すなわち作業環境管理および/あるいは作業管理が不十分/不適切である可能性を意味するものであることが十分周知されていなかった可能性が考えられた。今後、リスクアセスメント対象物健康診断の導入により、医師ならびに歯科医師にはあらためて労働衛生の三管理—作業環境管理、作業管理、

健康管理—とこれに基づく化学物質の自律的管理の理解が求められると考えられた。

## E. 結論

1 有害業務に従事する者の歯科健診による歯の酸蝕症の状況

1) 茨城県内の事業所での調査

事業所での歯科医師による歯の酸蝕症の健診により、新酸蝕症分類による基準では、3.7%、BEWE では、8.8%が歯の酸蝕症と判定された。いずれにおいても重度な症状はみられなかった。今回提案した、新しい酸蝕症分類では歯科医師会が示す酸蝕症分類の第 1 度を 2 区分し評価した。2 区分それぞれに症状が認められ、評価を分けることは有用であると考えられた。歯の酸蝕症保有者の年齢が高く、従事年数も長期間であった。歯の酸蝕症は軽症化しているものの、継続的なモニタリングが必要である。

2) オンラインリサーチ会社の募集による調査

本研究の結果、我が国において酸を取り扱う労働環境による労働者の口腔健康状態への影響は比較的小さいことが示唆された。

2 事業所における労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施状況

全国 300 以下の事業所に勤務する健康管理担当者へのオンライン調査、および労働安全衛生調査 (実態調査) 事業所調査票情報の分析を行った。オンライン調査によると、労働安全衛生法に基づく歯科健診の実施割合は、事業所の健康管理担当者の意識、および歯科保健事業への実際の取組みの姿勢に影響される可能性が示された。

事業所への歯科口腔保健の推進のため積極的な普及啓発を促すとともにさらなる研究

の必要性が考えられた。

### 3 一部事業所に対する労働衛生管理の状況に関する質問紙調査

調査した 13 事業所すべてで化学物質のリスクアセスメントが実施され排気装置の使用がされていた。歯科特殊健診は 13 事業場すべてで実施され、3 事業場が事後措置として歯科保健指導を行っていたが、一般歯科健診を実施している事業所は皆無であった。

### 4 事業場の従業員に対する質問紙調査

質問紙の調査結果から、歯科特殊健診を行っている多くの事業場では適切な作業管理、作業環境管理および健康管理が行われていると考えられた。しかしながら一部の事業場においては作業環境の改善の必要性も考えられた。また健康管理の面から多くの事業場で、一般歯科健診実施の検討も必要である。また、労働者のヘルスリテラシーが向上されていると考えられた。胃酸の逆流や嘔吐、酸性食品の嗜好の割合から歯の酸蝕症の診断には、詳しい生活習慣の聞き取りも必要と考えられた。

歯・口の病気で仕事に支障が出たことがある割合が 10.1%あったことから、さらなる口腔疾患への対応が期待される。

### 5 労働現場や歯科医院における酸蝕症に特化した予防方法の開発

AP-MFP は従来法の APF よりも象牙質のミネラル喪失量および脱灰深度を減少させ、定性的と定量的の両方で耐酸性を向上させることが明らかとなった。また、AP-MFP は  $\text{CaF}_2$  形成反応を促進して歯質表層で微小粒子のホモ凝集を引き起こし、象牙細管の封鎖と歯質深部へ浸透することで象牙細管周囲の耐酸性を向上することが示唆さ

れた。AP-MFP による歯面塗布はキレート作用を有するクエン酸脱灰を抑制し、従来法よりも生体安全性の高い酸蝕症予防の新たなプロフェッショナルケアとなることが期待された。

### 6 事業所におけるリスクアセスメント対象物歯科健康診断ガイドブック

ワーキングを設置し、作成を行った。今後の活用が望まれる。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

1) Suzuki S, Yoshino K, Takayanagi A, Onose Y, Ohyama A, Shibuya T, Satou R, Eguchi T, Kamijo H, Sugihara N. Oral Health Status of Workers in Acid Exposure Environments in Japan: A Cross-sectional Study. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, Advance online publication: May 15, 2024. DOI <https://doi.org/10.2209/tdcpublication.2023-0034>

### 2. 学会発表

1) 上條英之, これから求められる産業歯科保健の課題と展望, 第46回日本労働衛生研究協議会学術大会, 2023年07月22-23日, 東京都, 日本労働衛生研究協議会雑誌, 30-1:3-16, 2023

## H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

### 1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし