

報 告

歯学・口腔科学分野の課題と展望 2023



令和5年（2023年）9月22日

日本学術会議歯学委員会 基礎系歯学分科会

病態系歯学分科会 臨床系歯学分科会

この報告は、日本学術会議歯学委員会および3分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議歯学委員会（25期）

委員長	市川 哲雄	（第二部会員）	徳島大学大学院医歯薬学研究部教授
副委員長	西村 理行	（第二部会員）	大阪大学大学院歯学研究科教授
幹事	村上 伸也	（第二部会員）	大阪大学大学院歯学研究科教授
	塙 隆夫	（第三部会員）	東京医科歯科大学学生体材料工学研究所教授、神戸大学未来医工学研究開発センター特命教授
	朝田 芳信	（連携会員）	鶴見大学歯学部教授
	東 みゆき	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	石丸 直澄	（連携会員）	徳島大学大学院医歯薬学研究部教授
	岩田 隆紀	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	岩本 勉	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	古谷野 潔	（連携会員）	九州大学大学院歯学研究院特任教授、九州大学名誉教授
	佐々木 啓一	（連携会員）	宮城大学長、副理事長
	中村 誠司	（連携会員）	九州大学大学院歯学研究院特任教授、九州大学名誉教授
	馬場 一美	（連携会員）	昭和大学歯学部教授
	前田 健康	（連携会員）	新潟大学医歯学系教授
	森山 啓司	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	山口 朗	（連携会員）	東京歯科大学口腔科学センター客員教授、東京医科歯科大学名誉教授
	山城 隆	（連携会員）	大阪大学大学院歯学研究科教授

日本学術会議歯学委員会基礎系歯学分科会（25期）

委員長	西村 理行	（第二部会員）	大阪大学大学院歯学研究科教授
副委員長	石丸 直澄	（連携会員）	徳島大学大学院医歯薬学研究部教授
幹事	東 みゆき	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
幹事	前川 知樹	（連携会員）	新潟大学大学院医歯学総合研究科研究教授
	塙 隆夫	（第三部会員）	東京医科歯科大学学生体材料工学研究所教授、神戸大学未来医工学研究開発センター特命教授
	宇尾 基弘	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	小笠原 康悦	（連携会員）	東北大学加齢医学研究所教授
	後藤 多津子	（連携会員）	東京歯科大学教授
	樋田 京子	（連携会員）	北海道大学大学院歯学研究院教授
	前田 健康	（連携会員）	新潟大学医歯学系教授
	美島 健二	（連携会員）	昭和大学歯学部教授
	山口 朗	（連携会員）	東京歯科大学口腔科学センター客員教授、東京医科歯科大学名誉教授
	山下 喜久	（連携会員）	九州大学大学院歯学研究院教授
	渡部 徹郎	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授

日本学術会議歯学委員会病態系歯学分科会（25 期）

委員長	村上 伸也	（第二部会員）	大阪大学大学院歯学研究科教授
副委員長	中村 誠司	（連携会員）	九州大学大学院歯学研究院特任教授、九州大学名誉教授
幹 事	樋田 京子	（連携会員）	北海道大学大学院歯学研究院教授
幹 事	岩田 隆紀	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	石丸 直澄	（連携会員）	徳島大学大学院医歯薬学研究部教授
	小笠原 康悦	（連携会員）	東北大学加齢医学研究所教授
	岡本 哲治	（連携会員）	東亜大学医療学部長・教授
	桐田 忠昭	（連携会員）	奈良県立医科大学医学部教授
	窪木 拓男	（連携会員）	岡山大学大学院医歯薬学総合研究科教授
	栗原 英見	（連携会員）	下松デンタルアカデミー専門学校 学校長
	後藤 多津子	（連携会員）	東京歯科大学教授
	品田 佳世子	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	前川 知樹	（連携会員）	新潟大学大学院医歯学総合研究科研究教授
	美島 健二	（連携会員）	昭和大学歯学部教授
	山口 朗	（連携会員）	東京歯科大学口腔科学センター客員教授、東京医科歯科大学名誉教授
	渡部 徹郎	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授

日本学術会議歯学委員会 臨床系歯学分科会（25 期）

委員長	市川 哲雄	（第二部会員）	徳島大学大学院医歯薬学研究部教授
副委員長	森山 啓司	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
幹 事	品田 佳世子	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
幹 事	後藤 多津子	（連携会員）	東京歯科大学教授
	朝田 芳信	（連携会員）	鶴見大学歯学部教授
	岩田 隆紀	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	岩本 勉	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	興地 隆史	（連携会員）	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
	窪木 拓男	（連携会員）	岡山大学大学院医歯薬学総合研究科教授
	古谷野 潔	（連携会員）	九州大学大学院歯学研究院特任教授、九州大学名誉教授
	佐々木 啓一	（連携会員）	宮城大学長、副理事長
	馬場 一美	（連携会員）	昭和大学歯学部教授
	前川 知樹	（連携会員）	新潟大学大学院医歯学総合研究科研究教授
	松山 美和	（連携会員）	徳島大学大学院医歯薬学研究部教授
	宮崎 隆	（連携会員）	昭和大学副学長
	山下 喜久	（連携会員）	九州大学大学院歯学研究院教授
	山城 隆	（連携会員）	大阪大学大学院歯学研究科教授

報告書の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

飯村 忠浩	北海道大学大学院歯学研究院教授
石原 和幸	東京歯科大学教授
井関 祥子	東京医科歯科大学医歯学総合研究科教授

井上 富雄
今里 聡
黒坂 寛
小林 泰浩
阪井 丘芳
重村 憲徳
篠田 雅路
自見 英治郎
武智 正樹
豊澤 悟
中富 満城
波多 賢二
本田 一文
松本 卓也
峯 篤史
高野 正行
古郷 幹彦
浅海 淳一
飯島 毅彦
栗田 浩
佐野 英彦
島田 康史
片桐 さやか
相田 潤
松山 祐輔
天野 敦雄
藤原 千春
山口 徹太郎
黒坂 寛
福本 敏
藤原 卓
宮脇 正一
小野 卓史
笛木 賢治
加藤 隆史
山口 泰彦
古屋 純一
池邊 一典
江草 宏
鈴木 治
大庭 伸介
鮎川 保則
石川 邦夫
大野 充昭
松本 卓也

昭和大学歯学部教授
大阪大学大学院歯学研究科教授
大阪大学大学院歯学研究科准教授
松本歯科大学総合歯科医学研究所教授
大阪大学大学院歯学研究科教授
九州大学大学院歯学研究院教授
日本大学歯学部教授
九州大学大学院歯学研究院教授
順天堂大学医学部准教授
大阪大学大学院歯学研究科教授
産業医科大学産業保健学部准教授
大阪大学大学院歯学研究科准教授
日本医科大学大学院医学研究科教授
岡山大学学術研究院医歯薬学域教授
大阪大学大学院歯学研究科講師
東京歯科大学歯学部教授
大阪大学名誉教授
岡山大学大学院医歯薬学総合研究科教授
昭和大学歯学部教授
信州大学医学部教授
北海道大学大学院歯学研究院教授
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科講師
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科准教授
大阪大学大学院歯学研究科教授
大阪大学大学院歯学研究科助教
神奈川歯科大学教授
大阪大学大学院歯学研究科准教授
九州大学歯学研究院教授
長崎大学 生命医科学域歯学系 教授
鹿児島大学医歯学域歯学系 医歯学総合研究科教授
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科教授
大阪大学大学院歯学研究科教授
北海道大学大学院歯学研究院教授
昭和大学歯学部准教授
大阪大学大学院歯学研究科教授
東北大学大学院歯学研究科教授
東北大学大学院歯学研究科教授
大阪大学大学院歯学研究科教授
九州大学大学院歯学研究院教授
九州大学大学院歯学研究院教授
岡山大学学術研究院医歯薬学域准教授
岡山大学学術研究院医歯薬学域教授

秋山 謙太郎
安部 友佳

岡山大学病院講師
昭和大学歯学部講師

本件の作成に当たっては、以下の職員が事務を担当した。

事務局	増子 則義	参事官（審議第一担当）（令和5年4月まで）
	根来 恭子	参事官（審議第一担当）（令和5年5月から）
	山田 寛	参事官（審議第一担当）付参事官補佐（令和5年3月まで）
	若尾 公章	参事官（審議第一担当）付参事官補佐（令和5年4月から）
	作本 明日香	参事官（審議第一担当）付審議専門職付（令和5年3月まで）
	沖山 清観	参事官（審議第一担当）付審議専門職（令和5年4月から）

要 旨

1 作成の背景

2013年に、日本学術会議歯学委員会は我が国の歯科医学研究の強みや課題、今後進むべき方向性を的確に捉えるための報告「我が国における歯科医学の現状と国際比較」を発出した。この報告の発出後、歯学は着実な発展をしたと考えられるが、その間に「人類の生存基盤」や「人間と科学技術との関係」の再検討など、科学をとりまく社会情勢も様々に変貌した。グローバル・アジェンダ、さらにはSDGsと、世界の国々そして人々が取り組むべき課題が新たに提示され、歯学においてもそれらを視野においた新しい取り組みや展望が求められるようになった。さらに我が国全体の研究力の低下が指摘され、さらに、IoT (Internet of Things)、人工知能 (AI) に代表されるよう仮想空間と現実空間の融合、ビッグデータの連携がもたらす未来社会 (Society 5.0) の観点からも、歯学のあり方を再考することが求められた。

そこで、前回の報告発出からほぼ10年が経過した今、我々の領域を「歯学・口腔科学分野」として、この10年間の研究成果を踏まえながら、我が国と諸外国の歯学・歯科医療の水準や研究開発の動向、進展、Society5.0・SDGsを踏まえた歯学・口腔科学の他学術領域との連携、社会への貢献などの分析を行った。

2 報告の内容

基礎領域の研究力は、従来の細胞生物学、分子生物学、遺伝子工学、形態学、物性学の知識や技術に加えて、生命科学の進歩に遅れることなく、超高速シークエンサー、質量分析、ゲノム編集技術などの革新的技術を取り入れ、各分野で若干の差異はあるものの、諸外国と比較しても健闘している。ただし「産業技術力」は、その他の多くの研究成果を臨床応用する上で、産業界の歯学の社会実装への熱意と商品開発力の低さなど従来から指摘されている課題がさらに顕在化している。基礎領域8分野（唾液腺、骨・軟骨代謝、歯・顎・顔面の発生・異常、神経・感覚・運動、免疫・感染、再生歯科医学、がん、歯科バイオマテリアル）においては、特に骨・軟骨代謝分野や唾液腺分野ですぐれた成果が得られている。

臨床領域のうち医科との接点や境界領域における予防歯科学、歯周病学、口腔外科学等の分野では、引き続き高い研究水準、臨床水準を有している。具体的な日本発の研究成果において、口腔内細菌叢や唾液を対象としたオミクス解析の結果を基にした歯周病の発症・進行リスクの評価や、同細菌叢が腸内細菌のバランスの乱れ (dysbiosis: マイクロバイオータ (常在微生物叢) のバランスの乱れ) を介して種々の全身疾患に悪影響を及ぼしていることを示唆する口腔と全身を繋ぐ新たな機序を明らかにしている。歯周組織再生医療においては、サイトカイン療法、細胞移植療法等、世界を先導する研究が歯学領域の強みの一つとなっている。また、頭頸部がんの転移関連遺伝子の探索や、IgG4 関連疾患という新しい疾患概念の提唱などは、日本発で世界を牽引する成果が挙げられている。

歯学本来の臨床領域での歯科保存学、歯科補綴学、小児歯科学、矯正歯科学などの領域でもその研究水準、技術開発、臨床水準などは10年前と比べて維持されている。口腔機能管

理の重要性を示す多くの研究も発表されており、老年歯科医学分野での口腔機能低下や小児歯科領域の口腔機能発達不全症などの概念が包括的患者立脚型アウトカムの指標とともに設定され、その成果は世界を牽引している。一方、デジタル技術を用いた診断や治療法の開発、デジタルデータの利活用の推進については課題を有している。

以上のような分析をもとに、歯学・口腔科学分野で、以下のことを進める必要がある。

- ・ 基礎系、臨床系とともにその研究水準は維持しているものの、研究活力の鈍化や研究者の層の希薄化が認められており、戦略的な研究支援、人材育成が求められる。
- ・ 歯学、口腔科学が包含する領域は、摂食嚥下、栄養、コミュニケーション、呼吸など人体と外界との接点であり、ヒトの尊厳を維持するために必要な QOL の維持、well-being と深く関わっている。人と機械や人と環境を繋ぐ領域として、この領域の機能と形態を維持、回復することの意義を再認識し、多様性と包摂性のある社会の実現に向けての本領域の学術のさらなる発展が求められる。
- ・ ビッグデータの解析、バイオインフォマティクスなどの生命科学の進展と密接に関わりながら、さらには臨床歯学特有の歯科医療デジタルトランスフォーメーション (DX) を進めることによって、歯学、口腔科学の発展に寄与するだけでなく、工学などの周辺技術の発展や医科歯科連携を促す。

目 次

1	報告の作成にあたって	1
2	基礎歯学領域（口腔科学基礎）の現状と課題	1
	(1) 唾液腺	2
	(2) 骨・軟骨代謝	3
	(3) 歯・顎・顔面の発生・異常	4
	(4) 神経・感覚・運動	5
	(5) 免疫・感染	6
	(6) 再生歯科医学	7
	(7) がん	7
	(8) 歯科バイオマテリアル	8
3	臨床歯学領域（口腔科学臨床）の現状と課題	9
	(1) 口腔の発生・発育の維持・増進	10
	(2) 口腔感染症に対する予防・治療	13
	(3) 咀嚼機能の維持・増進	15
	(4) 口腔がん、唾液腺疾患に対する予防・治療	16
4	Society5.0・SDGs を踏まえた歯学・口腔科学の展望	17
	(1) 基礎歯科医学におけるドライ解析・ビッグデータを用いた最先端研究	18
	(2) 歯科臨床におけるバイオインフォマティクスと医療ビッグデータ	18
	(3) 歯科医学と AI・ICT（診断、遠隔診断）、歯科医療のデジタル化	19
	(4) 歯科治療のグリーン化（脱材料化）、レジリエント化	20
	<参考文献>	22
	<参考情報>各分野における国際比較の総括表	31
	<参考資料>審議作成経過および関係する団体等との調整、周知	54

1 報告の作成にあたって

日本学術会議歯学委員会は2013年に、多くの歯学研究者の協力を得て、歯学研究の水準や動向に関する国際比較を実施し、我が国の歯科医学研究の強みや課題、今後進むべき方向性を的確に捉えるための報告「我が国における歯科医学の現状と国際比較2013」を発出した。これは、当時、歯科医師の資質や歯学の研究水準の低下、歯科医師の研究離れが危惧された一方、このような状況から脱却して、さらに良質な歯科医療を国民に提供することが求められた。そのため、All Japanで歯学界の重要かつ喫緊の課題に取り組む研究拠点を構築して、世界をリードする歯科医学・歯科医療を推進することが提案された。

この報告の発出後、歯学は着実な発展をしたと考えられるが、その間に「人類の生存基盤」や「人間と科学技術との関係」の再検討など、科学をとりまく社会情勢も様々に変貌した。グローバル・アジェンダ、さらにはSDGsと、世界の国々そして人々が取り組むべき課題が新たに提示され、歯学においてもそれらを視野においた新しい取り組みや展望が求められるようになった。さらに、IoT、AIに代表されるよう仮想空間と現実空間の融合、ビッグデータの連携がもたらす未来社会（Society 5.0）の観点からも、歯学のあり方を再考することが必要になっている。

そこで、前回の報告発出から10年が経過した今、我々の領域を「歯学・口腔科学分野」として、この10年間の研究成果を踏まえながら、本報告を取り纏めた。取り纏めるのに当たって、我が国の歯学・口腔科学を、基礎領域8分野と臨床領域4分野に分けて、前回の報告のまとめ方（参考情報：国際比較の総括表）に準拠し、我が国と諸外国の歯科医学・歯科医療の水準や研究開発のこの10年間の動向、進展を分析した。さらに今回、Society5.0・SDGsを踏まえた歯学・口腔科学の他学術領域との連携、社会への貢献などの分析を加えた。とくに少子超高齢社会の進展する我が国において、生活の質に大きく影響を与える歯と口腔の問題をwell-beingの観点、また様々な材料を必要としてきた歯科医療をカーボンニュートラルなどの観点、そして新たな歯科治療法の開発の手段であるバイオインフォマティクス・ビッグデータ・オミクスの観点の分析を行った。

本報告は、他学術領域、行政、社会に対して歯学・口腔科学の意義と重要性を広く認識、理解を促すものとなり、これまで世界をリードしてきた歯学・口腔科学の水準を維持し続けるために活用されることを期待する。

2 基礎歯学領域(口腔科学基礎)の現状と課題

我が国の基礎研究領域での研究力の低下とその活性化が叫ばれて久しいが、歯学あるいは口腔科学における基礎領域の研究力は、各分野で若干の差異はあるものの、諸外国と比較しても健闘している。特に骨・軟骨代謝分野や唾液腺分野において、分子生物学およびマウスジェネティクスを積極的に活用し、「研究水準」、「技術開発」は高い水準を維持している。一方、「産業技術力」は、塩基性線維芽細胞増殖因子(basic fibroblast growth factor: bFGF)やRANKLの有用性や発見を社会実装に繋げたことは特筆すべき成果であるが、その他の多くの研究成果を臨床応用する上で、従来から指摘されている課題がさらに顕在化している。医学ならびに生命科学領域と同様、産業界の歯学の社会実装への熱意と開発

力は非常に低いと言わざるを得ない。大学および研究機関の企業へのアピールの弱さも一因であるが、欧米に比較して日本企業の消極性も大きな課題である。この点を解決するためには、大学および研究機関の研究者による今まで以上の働きかけのみならず、それをサポートする国のシステムの拡充が不可欠であると考ええる。抗 USAG-1 中和抗体を用いた歯の再生は、歯科医療を根本的に変貌させる画期的な成果であるにもかかわらず、研究者がベンチャーを設立してようやく起業している現状はその一例である。

トランスレーショナル研究 (TR) および歯科臨床に貢献しうる基礎研究は、分野において社会実装への道のりの幅はあるものの、精力的に行われている。自然科学研究分野全般で熱く語られているように、目先の実用化だけに囚われていると、真に必要な基礎歯学研究がないがしろになり、TR も臨床歯学領域研究も成り立たなくなる。TR や臨床歯学研究をしっかりと支える基礎歯学研究に対する適切な体制の確立が切望される。

バイオインフォマティクス、AI、ビッグデータ、ゲノム編集技術と、生命科学分野での研究は革新的進歩を遂げており、将来を見据えると基礎歯学領域の人材や研究環境は楽観できる状況ではない。今回の国際比較を通して、個々の研究者レベルあるいは研究室レベルの奮闘は高いレベルにあるものの、その維持や向上は限界に来ていることが明白となった。欧米や中国で行われている国策として戦略的研究力支援は、喫緊の課題である。

以下に、基礎領域の 8 分野について分析する。

(1) 唾液腺

本邦の唾液腺研究は、唾液腺の発生、分化、再生ならびに機能を探索する基礎的な研究と感染症、炎症、腫瘍などの唾液腺疾患を対象とした臨床的研究に大別される。本分野の研究者数は、他の歯学系分野に比較して少ないものの、独創的な研究内容を発信しているので、本邦歯学研究者による特徴ある業績に注目し、課題と展望を考察する。

唾液腺発生・再生のトピックスとして、microRNA による幹細胞のエピジェネティック調節や分枝形態形成時の上皮の増殖誘導、細胞接着因子コネキシン 43 による FGF10 を介した唾液腺分枝形態形成の誘導があげられる [1, 2]。さらに、加齢医学分野で注目されている哺乳類ラパマイシン標的タンパク質 (mTOR) のシグナル伝達経路の唾液腺発生と加齢制御の研究が注目されている [3]。マウス胎生期唾液腺を再構築する技術による再生医療モデルが期待されている [4]。一方、唾液腺疾患を対象として、シェーグレン症候群の基礎研究から臨床応用に向けた研究が進められてきた [5-7]。本邦にて疾患概念が確立された IgG4 関連唾液腺・涙腺炎 (ミクリッツ病) に関する基礎ならびに臨床研究や自然免疫の異常を介した病態機序の解明などインパクトのある研究成果が発信されている [8-11]。唾液腺再生研究によるドライマウスの治療法への応用研究は本邦歯学の代表的分野である [12]。

新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の宿主細胞での受容体の一つであるアンジオテンシン変換酵素 II (ACE2) が、気管支、肺以外にヒト大唾液腺や口腔粘膜に存在する小唾液腺の導管上皮に発現することが報告され、SARS-CoV-2 は肺に直接感染するケースと口腔・唾液腺に感染するケースが想定されている [13]。また、口腔粘膜に ACE2 だけでなく、細胞内にウイルスが侵入するのに必要な TMPRSS2 や furin が存在することを組織学的に示した [14]。

さらに、ヒトとマウスの腎臓や腸のデータを対比しながら、口腔粘膜や唾液腺における ACE2 と TMPRSS2 の遺伝子発現や組織解析も示されている[15]。

本邦歯学分野での唾液腺研究は、上記のように発生、再生、免疫疾患ならびに SARS-CoV-2 の領域で優れた業績がこの 10 年で蓄積されてきた。世界的な唾液腺研究における本邦の研究論文数では 2012 年は米国に次いで 2 位であったが、2013 年以降、急速に発展した中国に次いで 3 位を維持している。今後の課題として、唾液腺疾患の診断・治療に向けた臨床応用研究の推進とともにヒト唾液腺の再生や疾患の治療を目指す必要があり、若手研究者の育成強化と研究環境のさらなる整備が急務である。

(2) 骨・軟骨代謝

日本の歯学研究者は、骨・軟骨代謝研究に必要な培養細胞系(骨芽細胞様細胞[16]、破骨細胞様細胞[17]、軟骨様細胞[18])を確立し、骨芽細胞、軟骨細胞、破骨細胞の研究に大きな貢献をした (BMP[19], Runx2[20], Osterix[21], Rankl[22], Sox9[23])。これらの研究は世界の骨・軟骨代謝研究をリードする基盤を構築し、高いレベルの研究が継続している。

骨芽細胞・骨細胞の領域では、骨細胞による新規骨吸収機構の発見[24]、Sema3A を介した骨の恒常性維持機構の解明 [25, 26]、骨再生時における間葉系幹細胞の同定[27, 28]、破骨細胞由来の LIF と骨細胞由来の Sclerostin による骨代謝共役機構の解明[29, 30]、アパタイト結晶の制御と骨強度を維持する Osteocalcin の新機能の発見[31]、疾患由来 iPS 細胞による骨疾患病態解析への応用[32, 33]、進行性骨化性線維異形成症(FOP)発症機序の解明[34, 35]、bFGF の歯周組織再生医薬品としての臨床応用[36, 37]が展開され、世界を牽引している。2016 年以降は中国の寄与率が増加し、日本、米国、中国が世界の歯学部における骨芽細胞・骨細胞研究の中核を担っている。

破骨細胞の領域では、破骨細胞分化を調節する転写因子群とマスター転写因子 NFATc1 の発見[38-40]、破骨細胞分化の共刺激シグナルの発見[41]、破骨細胞分化の転写制御因子とシグナルの発見[42, 43]、scRNA 解析を使った Osteoprotegerin 産生細胞の同定[44]、破骨細胞前駆細胞の特徴や局在に関する[45-47]、破骨細胞が分泌する RANK 小胞による Rankl のリバースシグナルの提唱[48]など、精力的に研究が展開されている。1980 年代より日本の歯学部が世界の破骨細胞研究を牽引してきたが、近年は日本と米国が双壁として領域を牽引している。

我が国歯学部の軟骨代謝研究は非常にレベルが高く、米国や欧州と共に常に世界をリードしてきた。特に近年は分子生物学やマウスジェネティクスを駆使し、軟骨代謝研究は飛躍的に発展している。軟骨細胞の肥大化における Runx2 の重要性[49]、Sox9 の転写制御に関する一連の研究[23, 50]、内軟骨性骨化における Ihh の制御機構[51, 52]、軟骨細胞分化のエピジェネティック機構の解明[53]、iPS 細胞を用いた軟骨無形成症病態モデルの確立と治療薬の開発[54]などは特筆すべき研究成果である。軟骨再生の分野は遅れているが、それは口腔領域では顎骨を主体とする骨の再生が最優先となっている点があげられる。

近年、我が国の歯学部では骨・軟骨代謝研究を推進する若手、中堅の優れた研究者を輩出し、海外留学して筆頭著者として主要な国際学術誌に論文を発表している[55, 56]。今後、

歯学部・関連学会がこれらの研究者が国内外でさらに活躍できる「場」の獲得を支援することにより、日本の歯学研究者が世界の骨・軟骨代謝研究を継続的にリードできるであろう。さらに、浅薄かつ短絡的な産学連携の推進や若手支援だけではなく、我が国の強みである基礎研究を継続的にサポートする充実した体制を構築・拡充することにより、世界を牽引する歯学研究者を継続的に育成可能と期待できる。

(3) 歯・顎・顔面の発生・異常

頭蓋顎顔面の先天異常は主として形態異常となるが、個人のアイデンティティともいえる容貌への影響と生涯にわたる外科や矯正歯科などの治療が、心理的なストレスによる社会不適応などにつながり、少子化となっている我が国では人材損失の問題となる。その成因は、遺伝要因や環境要因の単一要因だけではなく、これらが複合的に作用してある一定の閾値を超えた時に発症する「遺伝-環境多因子閾値説」が大部分であると考えられており、未だ多くの先天異常の原因が不明である。先天異常の治療法や予防法の開発、および患者自身の疾患理解のためには、正常な発生および先天異常発症を分子レベルで理解し、さらには環境要因の関与を明らかにしていくことが不可欠である。

1990年代からの分子生物学の発展により、遺伝要因の解析が可能かつ容易になり、先天異常の原因となる遺伝子変異の同定、モデルマウスの作製 [57, 58]、その発症機構の解明 [59, 60] および治療法への応用に関する研究が進んだ。2000年代には膨大なゲノム配列の解析が可能になり、CRISPR/Cas9 ゲノム編集技術はモデルマウス作出を加速化している。これらの技術は、我が国は欧米とともにトップレベルであるが、残念ながら頭蓋顎顔面発生研究の分野に十分利用されていない。また表現型を的確かつ客観的に認識するための定量化の手法も開発され、海外では形態の差と遺伝子発現を関連させる試みが進んでいるが、国内では研究人口が少ない。さらに近年では、組織中に存在する微小な細胞集団の遺伝子発現を明らかにするシングルセル RNA-seq 解析により、組織相互作用や細胞分化過程の解析が可能となっている。この手法はさまざまな組織や発生段階で行え、詳細な分子機構の違いを明らかにできるため、我が国の本領域への導入が必要である。

2015年以降の顎顔面形成不全の遺伝的探索を行った研究の論文数では、アメリカが群を抜いている。このことは、オバマ政権が国策として推進した precision medicine initiative に代表される超大型予算の投入と集中的な人員配置の成果と推察される。また欧米では多くの小児科病院に Craniofacial Center（頭蓋顎顔面センター）が併設され、基礎研究者と臨床研究者を含めた包括的なチームが、頭蓋顎顔面先天異常の診断、原因究明および治療法の開発を行う体制が整備されている。2019年に欧州で開催された歯科

関連の国際会議では、世界から選抜された 51 の講演中、4 演題が日本人研究者によるものであった。同領域において国際的存在感をさらに示すためには、複数の機関による包括的な研究チームを編成し、統合的な研究体制を構築することが不可欠である。

(4) 神経・感覚・運動

① 味覚

味覚の基礎研究は、分子遺伝学の発展を背景に米国が台頭している。近年、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) による味覚・嗅覚障害の発症および 2021 年度のノーベル医学生理学賞を痛覚・触覚の研究者の受賞により、感覚研究の重要性が世界共通で急激に高まっている。2018 年に酸味受容体 *Otopetrin1* が同定されたことで 5 基本味の受容体が出揃った [61]。また味覚情報処理の中枢神経回路が、感覚入力から情動発現、行動表出までがラベルドラインで制御されていること、味覚受容体が口腔以外の様々な臓器で異なる機能を発揮し、生活習慣病、炎症性疾患やがん発とも関連することが明らかになってきた [62]。今後の課題として、我が国の強みである生活習慣病と味覚に関する連携研究を推進することで、新たな味覚修飾を介した減糖/減塩 (抗肥満/抗高血圧) 法の開発が期待される。

② 口腔顔面痛

北米を中心に、欧州、日本、中国および韓国で口腔顔面痛研究が積極的に進められている。北米では、公的機関だけでなく慢性疼痛治療薬開発を目的として製薬企業が積極的に大学に研究費を助成し、世界中から PhD 研究者を募集している。しかしわが国では、そのような外部資金による研究の発展は見られない。一方、日本では臨床応用を念頭に置いた研究の推進が期待されている。現在では、電気生理学だけでなく、行動薬理学、分子生物学、分子遺伝学や光遺伝学的手法などを用いた集学的な研究が世界的に主流となり [63]、もはや一つの研究室での研究では世界レベルの研究水準を維持するのは困難である。今後、学部間連携、大学間連携や産学連携推進のための長期的な取り組みが必要である。

③ 咀嚼・嚥下機能

咀嚼機能に関する脳機能については、1970~80 年代に米国、カナダと日本の歯学部 of 研究者が中心となり精力的に研究が行われ、咀嚼のリズムを形成する神経回路が脳幹に存在することや咀嚼に影響する感覚要素が解明された。その後、世界的に咀嚼の神経機構の研究者が減少したが、ニューロンとアストログリアの相互作用で咀嚼のリズムが形成される可能性が示された [64]。一方、神経連絡の解析法や光遺伝学などの新たな手法を用いて、顎運動に加えて舌や齧歯類のヒゲ (洞毛) の運動の制御機構を解析する試みが米国の研究グループによって行われており、新たな展開が期待される。嚥下に関わる脳機能については、1970 年代に延髄に嚥下のパターンを形成する神経回路が存在することが示され、フランスや英国の生理学者および日本の耳鼻咽喉科医師のグループが神経メカニズムを探った。嚥下のパターン形成回路の詳細は未だ不明であるが、オーストラリアの研究者が新規実験

モデルを嚥下の中枢研究に導入し[65]、その後、日本やフランスでも同様の実験モデルを使った論文が報告された。今後、中枢メカニズムの解析を展開することが肝要である。

(5) 免疫・感染

微生物学研究は、特定感染症を引き起こす病原微生物を生物学的に解析し、感染症を予防・治療・淘汰することが主流であったが、2000 年以降ヒトは共生微生物と共に“超生命体”として存在する概念が提唱され[66]、2010 年頃からは、共生細菌叢のメタゲノム解析、転写・代謝経路などのオミックス解析、難培養微生物培養技術やノトバイオート技術が進展し、腸内細菌叢バランスの異常 (dysbiosis) が代謝・栄養・免疫系などの失調をおこし、生活習慣病・免疫疾患・がん・感染症などに関連が解明された。我が国でも、微生物叢研究の統合的推進が提案されている[67]。この動向の中で、口腔細菌研究も全身疾患に影響を与える口腔細菌叢の研究が増加し、細菌レベルのアプローチと口腔細菌叢の網羅的解析によるその病原性および dysbiosis による全身疾患との関連解析が進展してきた。口腔マイクロバイオーム解析については臨床歯学領域 (他項) に記載する。

口腔微生物の病原性に関する研究では、病因が未解明の歯周病が中心であり、*Porphyromonas gingivalis* が主な対象である点は国内外とも共通である。本菌のプロテアーゼ “Gingipain” の機能解析は、*Bacteroidia* 綱の線毛が現在までに知られているものとは異なったタイプであり[68]、gingipain が関わる独自の形成メカニズムを持つことが明らかになった[69]。その分泌機構の解析から、新規分泌機構が明らかになると共に *Bacteroidetes* 門細菌の gliding による運動機構が解明された[70]。プロテオミクス解析による細菌間相互作用の解析により、*Streptococcus gordonii* が産生する 4-aminobenzoate/para-amino benzoic acid が、*P. gingivalis* とのコミュニティ形成に必要であると共に *P. gingivalis* の付着能の上昇による定着能の上昇を引き起こすことが示され[71]、歯周炎に繋がる菌種間コミュニケーションが明らかにされつつある。歯学研究に限定されない、生物学的にもインパクトの高い研究が増加している。

口腔細菌が全身疾患に与える影響については、口腔細菌である *Fusobacterium nucleatum* の大腸がんとの関連のように他領域において口腔細菌が同定される例もあり、関連分野との共同研究による多様な疾患を対象とした研究が展開されている。解析手法もマイクロバイオーム解析を取り込んだ動物モデルでの検証が行われ、口腔—腸細菌叢連関と呼ばれる口腔細菌叢による腸内細菌叢の dysbiosis 研究も進んでいる[72, 73]。

口腔免疫研究に関しては、2000 年に本邦発に T 細胞による RANKL を介した破骨細胞制御が報告され、同時に、“骨免疫”という新規学際的分野が開拓された[74]。関節リウマチの骨破壊に関わる炎症性 T 細胞サブセット Th17 と間葉系細胞における RANKL 発現との関わりが明確にされ[75]、この Th17 研究が歯周病や口腔粘膜免疫研究に進展し、さらに口腔—腸細菌叢連関研究に結びついている[76, 77]。

今後、インパクトの高い口腔細菌叢の病原性解明を発展させるためには、多施設および他領域との共同研究に加え、データサイエンス分野も含めた学際的融合研究が必要である。

(6) 再生歯科医学

我が国における再生医療分野の進展は目覚ましく、①間葉系幹細胞の実用化、②細胞シートの実用化、③他家 iPS 細胞移植を可能とするユニバーサル iPS 細胞の開発、④オルガノイド培養技術の開発、などの多数の成果が挙げられる。3Dバイオプリンター技術や細胞工学との融合研究が期待される。一方、歯科分野でもこれらの技術が導入され、ヒトを対象とした臨床試験に関して報告されている。本項では、①歯の再生、②歯髄の再生、③歯周組織の再生、④唾液腺の再生についてこれまでの実績と最近の進展について述べる。

歯の再生については、我が国は欧米と比較しても優れた極めて高い技術力を有している。2007 年に開発された歯の器官再生技術は、大動物（イヌ）への応用がなされ歯の再生が確認されている[78, 79]。iPS 細胞を用いた歯の再生もトップジャーナルに掲載されている[80]。最近の注目すべき成果として、BMP シグナルを活性化する抗 USAG-1 中和抗体を用いた歯の再生技術が開発された[81]。既に同技術による歯の再生を目的とするベンチャー企業の設立もなされ、世界的な展開をみせている。歯髄の再生については、これまで 2003 年に米国の研究グループが歯髄幹細胞や脱落乳歯幹細胞の存在を報告して以来、その研究の中心は米国である。一方、我が国でも歯髄幹細胞を用いた基礎研究が進められ、ヒトを対象とした自家歯髄幹細胞移植による歯髄の再生が報告されている[82-84]。歯周組織の再生については、これまで進められてきた細胞シート工学やサイトカイン療法の臨床試験が実施された。ヒト自家歯根膜シートを用いた歯周病患者の治験が実施され、その安全性と有効性が報告されており実用化が検討されている[85-87]。さらに、サイトカイン療法の 1 つとして bFGF が、本邦初の歯周組織再生薬（リグロス）として商品開発に至ったことは大きな成果として挙げられる[36, 88]。唾液腺の再生については、世界的にも唾液腺幹細胞を用いた細胞治療による唾液分泌障害の治療研究が行われているが、未だ動物レベルで臨床応用には至っていない。一方、間葉系幹細胞を用いた口腔乾燥症患者の臨床試験は、すでに欧米や中国のグループが実施しており、我が国よりも先行している。我が国においては、マウス ES 細胞から唾液腺オルガノイドの作出に成功し、さらなる展開が期待される[8]。

PubMed 掲載論文を分析した結果、最近 5 年間（2017 年～2021 年）の論文掲載数は、唾液腺再生分野を除くいずれの領域においても中国からの掲載数が飛躍的に増え、既に米国の総数を上回る勢いである。我が国は、論文掲載数において中国、米国に次ぐ存在であるが、韓国の掲載数が伸びており我が国を追随している。我が国の再生医療の研究レベルは極めて高く、2014 年に施行された再生医療等安全性確保法、医薬品医療機器法によって、さらにその臨床応用への環境が加速された。現在、多くの組織・臓器における iPS 細胞を用いた臨床研究・治験が急速に進められている。今後の課題として、他分野との技術融合を促進し、歯科医学領域において、早期に臨床応用を実現させることが必要である。

(7) がん

我が国の歯学・口腔領域におけるがん研究ではがん患者の臨床検体を用いたゲノムワイド関連解析（GWAS）や遺伝子変異とがんの発生との関連が示されている[85-87]。がんの

浸潤転移についても上皮間葉移行[92-95]のほか、ゲノム、エピゲノム[96, 97]、代謝経路[98]の異常がもたらすがん細胞の形質変化が解明されている。免疫細胞[99]、血管[100-102]、リンパ管[103, 104]、線維芽細胞[105, 106]など間質の異常や低酸素、酸性環境[107]、細胞外小胞[108, 109]など、がん微小環境が果たす役割についても活発に研究されており、国際的に高く評価される成果が歯学・口腔科学領域、歯学部出身研究者によって発信されている。例えば口腔がん転移研究において中国、台湾がトップ10%の論文数で世界をリードしているが、日本もアメリカに次いでヨーロッパ諸国に比較して優位である。がん本態の解明にはイメージング技術も大きな役割を果たし、我が国の研究レベルは非常に高い。ライブイメージング[110]、超高解像度蛍光顕微鏡[111]によりがんの不均一性がミクロレベルで解明されつつある。画像からの情報取得と解析「イメージング・インフォマティクス」も今後発展する領域である[112]。さらにデジタルトランスフォーメーション（DX）により、網羅的な高解像度画像の取得と処理が可能になってきた。その一例ががんのAI病理診断であり、臨床応用も近い[113]。さらに臨床データ、遺伝子情報を学習したマルチモダル AI により、病理像から遺伝子変異や予後予測を目指す研究も行われ米国がリードしている[114, 115]。口腔がんに関しては海外でも未だ報告は少なく[116]、我が国からも論文が発表されはじめてきたところである[117]。口腔がんの早期発見・早期治療のためにはマルチモダル AI 研究の推進が強く望まれる。がんゲノム医療については、コンパニオン診断確立を目指し、血液・唾液などの体液を用いたリキッドバイオプシーに関する研究が我が国でも展開され、高い成果を上げている[118, 119]。今後、DX 時代に口腔がんの本態解明、革新的な予防法・診断法や治療法を創出するためには、学際的な多施設共同の研究体制構築と情報学分野など関連分野専門家との協働が急務である。このような協働の必要性は口腔がんの研究・診療に限ったことではないが、特に歯学・口腔領域の専門家としてがん医療に関わるためには、明確な問題意識を持ち、関連分野との共創を進めることができる次世代の「学際性をもった研究医」の養成が重要である。

(8) 歯科バイオマテリアル

我が国の歯科バイオマテリアル研究は、米欧と共に世界をリードする一方、中国、韓国での急速な進歩が目立つ。論文掲載は IF トップの Dental Materials(DM)と、それに次ぐ Dental Materials Journal(DMJ)の2誌が大部分を占めている。DM では2011年からの10年間は我が国の論文数が減少しており、中国に次ぐアジア2位となっている。DMJ を加えた総計でも我が国だけが低下しており、研究実績の落ち込みが懸念される。両雑誌の引用数Top10%論文の分野別推移ではCAD/CAM 関係、セラミックス関係の論文がこの10年で増加している。接着関係の総論文数は増加傾向であるがTop10%論文での割合は減少している。

歯科用機器・材料市場に関しては2019年度の市場は2,683億円余で前年比10%増と安定した需要がある[120]。特にCAD/CAM マーケットは、脱メタル治療の潮流の中、順調に伸び、金属離れの傾向が継続している。歯科インプラント関連製品は微増である。国際競争力では若干の輸入超過であるが、市場全体に対する輸入品の割合は16.5%であり[120]、他の医療機器と比較すると国産製品の使用割合は高い。接着性充填材、歯科用駆動装置及びハン

ドピース、歯科用セラミックスなどでは輸出の割合が多く、我が国の強みである。逆に歯科用 CAD/CAM 装置、歯科用インプラント材、顎運動・咬合力診断装置、歯科切削加工用セラミックスなどでは輸入超過となっており、今後強化すべき市場と言える[121]。

材料別の傾向としては、デジタル技術と複合したレーザー積層成型による金属の 3D プリンティングを組み合わせた応用研究が増加している。歯科用セラミックス系材料に関してはジルコニアやガラスセラミックスの普及がこの数年で一段落し、全体の論文数は横ばいであるが、我が国の論文数は微増で、活発に研究が行われている。ポリマー材料に関する論文は、接着材や高強度ポリマーの用途拡大により 2000 年頃から急速に増加したが、近年は減少傾向にある。但し、我が国ではセラミックス材料と同様に微増を続け、我が国の強みであるコンポジットレジンや接着に関する研究が活発であるためと考えられる。特に有機・無機の複合材料であるコンポジットレジン は現在の歯冠修復材料として中心的な素材となっており、CAD/CAM 成形のコンポジットレジン冠は 2014 年の保険収載から急速に使用が拡大しており、2020 年には金属鑄造冠と同等の割合となっており、今後の主流の素材であり、さらなる研究強化が重要である。機能性歯科材料（バイオアクティブな材料）として、抗菌性や組織再生誘導効果を備えた材料が盛んに研究されている[122]。再生に関わる材料としては我が国開発のリン酸カルシウム系骨補填材料の上市が増えつつある。

2020 年に文部科学省及び経済産業省はマテリアル革新力の強化を開始し、統合イノベーション戦略推進会議が纏めた「マテリアル革新力強化戦略」[123, 124] で次世代バイオマテリアルの研究強化が示唆されている。今後、マテリアルインフォマティクス (MI) と AI を活用した研究を進める必要がある。

3 臨床歯学領域（口腔科学臨床）の現状と課題

歯学と口腔科学の臨床領域を、医科との接点や境界領域（病態系歯学）と、歯・口腔の形態と機能の育成やその障害の回復を担当する領域（臨床系歯学）に分ける。

病態系歯学領域では、予防歯科学、歯周病学、口腔外科学等の分野において、従来から推進されていた細胞・分子生物学的な研究手法に加え、トランスオミクス解析、バイオインフォマティクス解析等の推進により、世界を牽引するような研究成果が挙げられている。具体的には口腔内細菌叢や唾液を対象としたオミクス解析の結果を基にした歯周病の発症・進行リスクの評価や、同細菌叢が腸内細菌の dysbiosis を介して種々の全身疾患に悪影響を及ぼしていることを示唆する日本発の研究成果は口腔と全身を繋ぐ新たな機序として注目を集めている。口腔と全身の関連を調査した疫学研究は比較的大規模なコホート研究や先端的な解析を用いており、国際的にも評価されており、今後は口腔と全身健康の因果関係を実証できる良質な介入研究が実施されることが、国際的にも期待されている。再生歯科医療の分野では、サイトカイン療法、細胞移植療法等、世界を先導する研究がなされており歯学領域の強みの一つとなっているが、これらの新規歯科医療がグローバルスタンダードへと展開されるように、同分野の橋渡し研究が加速されることが期待される。また、医科との境界領域にあたる頭頸部がんの転移関連遺伝子の探索や、IgG4 関連疾患という新しい疾患概念の提唱等について、日本発で世界を牽引する成果が挙げられている。

このように、質の高い論文発表が行われている一方で、総論文数の低下が多く、臨床分野で指摘されており、次代を担う若手歯学研究者の育成、研究環境の改善、稀少疾患の症例数や検体数の共有化を目指した国際共同研究の推進が喫緊の課題と考えられる。

臨床系歯学領域においても、研究水準、臨床応用への技術開発水準、および最終的な臨床水準のレベルに大きな変化はなく、健闘している。高齢先進国であり、高齢者問題が喫緊の社会的課題である我が国において、老年歯科医学分野で口腔機能低下症という概念を世界に先駆けて提案した。国際標準となりうる包括的患者立脚型アウトカムの指標を設定し、口腔機能低下症だけでなく小児の口腔機能発達不全症など口腔機能管理の重要性を示す多くの研究が発表され、世界を牽引している。一方、歯列、咬合の改善・回復のためのデジタル技術を用いた診断や治療法の開発、デジタルデータの利活用の推進については課題を有している。この領域の臨床に不可欠な歯科用材料や治療器材のそれぞれの基本コンポーネントの開発も引き続き高い競争力を有していると考えられる。このような技術とデジタル技術を包括的に活用し、昨今の貴金属、レアメタルの高騰に対する対応になりえた高分子材料による CAD/CAM 冠を国民広くに提供しているのは世界に類を見ない。またコロナ禍における歯科診療時の口腔外集塵機の活用も注目された。我が国の材料開発技術や工学技術との連携は、歯科治療のレジリエント化、グリーン化（脱材料）などへの貢献が期待され、歯科医療特有の DX を進めることで歯学、口腔科学の発展に寄与するだけでなく、工学などの周辺技術の発展や医科歯科連携を促すことが期待される。それには、戦略的研究支援として、開発体制の整備、連携組織形成・マッチング支援だけでなく、特定臨床研究の弾力的運用などが求められる。未承認・適用外の医薬品等を用いる臨床研究は大きな資金が必要であり、一方、この領域の臨床技術開発は大学や中小企業主体であり、特定臨床研究という制度は本領域において相当な負担になっている。我が国の競争力を阻害していると考えられ、改善が必要である。

以下に、臨床領域の4分野、8項目について分析する。

(1) 口腔の発生・発育の維持・増進

① 顎顔面発生・異常の診断

顎顔面発生・異常の主な診療領域は、口唇裂・口蓋裂と顎変形症の2領域である。

口唇裂・口蓋裂は、発症頻度や病型は人種間で違いがあるものの、どの人種でも一定の頻度で発症する。日本における原因遺伝子を含めた臨床的研究の論文数は、米国、英国、中国に次いで第4位である。また、治療では多職種連携が必要であるが、歯科に関わった論文は7割を超え、歯学部を有する大学からの論文が多い。口唇裂・口蓋裂の治療方法は世界的に統一されたものではなく、完治に至る治療法は確立されていない[1-3]。特に、口唇裂と口蓋裂の両方を伴う唇顎口蓋裂の場合には、審美障害、言語・咀嚼・嚥下などの機能障害、中顔面の発育抑制という3つの問題があり、それらに対する治療や施行時期が相互に悪影響（例えば、口蓋裂手術は中顔面の発育抑制を引き起こす）を及ぼすためにバランスを取る必要があり、そのために多様な治療プロトコルがある。日本における治療の特徴は、出生後から成人に至るまでの一貫治療の体制が歯科を中心に整っており、小児歯

科・矯正歯科・口腔外科といった歯科の専門診療科によるチーム医療が大きく貢献していることである。また、国民皆保険制度の恩恵もあり、治療費よりも結果を重視したきめ細やかな治療・管理が実施されている。口唇裂の術前顎矯正、早期に軟口蓋を閉鎖して成長を見ながら硬口蓋を閉鎖する二段階法、顎裂部二次骨移植術などが積極的に施行され、最善の結果を得るための試みが精力的に行われている。

顎変形症は、顎骨の大きさ、形、位置などの異常を呈し、咬合異常、咀嚼・構音障害、審美障害、精神心理的障害や社会適応性の低下などを生じる。日本顎変形症学会の調査によると口腔外科では年間に約 300～400 件の顎変形症手術が行われており、口腔外科で行う手術としては大きな割合を占め[4]、国際的にも概ね同様である。本疾患に関する過去 10 年の論文数は増加傾向にあり、国別に比較すると、日本は米国、ブラジル、英国、韓国に次いで第 5 位であった。顎変形症の診断に関しては、CT データによる 3D シミュレーションにより顎骨の術後変化が三次元的に計測可能になった。しかし、顔貌などの軟組織の変化は予測が困難なため、ビッグデータや AI を応用した研究の推進が望まれる。顎変形症の手術において、海外では CAD/CAM 技術を応用した患者ごとのカッティングガイドやカスタマイズドプレートがすでにパッケージ化されており、導入や我が国独自開発が期待される[5]。さらに、より正確な手術のために、ホロレンズやシミュレータを用いる手法が試みられているが、まだ正確性や操作性は不十分であり、機器の開発を含めた研究が必要である[6, 7]。現在の顎変形症の治療は、形成外科でも行われているが、口腔機能と咬合状態を十分に回復させるためには矯正歯科と口腔外科との連携は重要である。

② 小児歯科医学

小児期における口腔機能の獲得および発達を正常な過程に導くことは、成人期の口腔機能の維持向上とともに、高齢期における口腔健康にも大きな影響を及ぼすと考えられる。その中で、歯の発育に関しては次世代シークエンサー等を用いた新たな研究が活発に行われている[8]。歯の発生に関しては、シングルセル RNA シーケンスなどの先端技術を用いた解析結果が国内から報告されている[9]。また、歯の形成異常として、Molar Incisor Hypomineralization や Hypomineralization of Secondary Primary Molar などの新たな疾患が報告され[10, 11]、原因の究明や治療法の開発が期待されている。

う蝕予防は小児歯科領域において重要なテーマであるが、う蝕進行抑制法に用いられるフッ化ジアンミン銀は日本で開発された薬剤でありながら、国際的な発信がなかったため海外ではほとんど使用されて来なかったが、近年、国際学会での発表が散見されるようになった[12, 13]。今後、日本で開発されたフッ素徐放性シーラント材や Nex MTA セメントの有用性をいかに国際社会でアピールできるかは、国際的な情報発信不足やコスト面での課題を産学官連携により解決していくことが重要である。

2021 年、世界に先駆け口唇閉鎖不全の実態調査が行われ、口唇閉鎖に問題を抱える日本人小児が約 3 割いることが示された[14]。口唇閉鎖不全は、口呼吸やアレルギー性鼻炎など全身的な問題が関連していることが示唆され、小児期からの早期発見や早期対応が重要となるが、2018 年に口腔機能発達不全症が病名として保険収載されたことは大きな一歩と

いえる[15]。しかしながら、口腔機能における神経筋調節機構のメカニズムについては、現在のところ十分なエビデンスは得られていない。

小児歯科医療を取り巻く環境も変化し、臨床レベルにおける医科歯科の連携強化が強く求められている。すなわち、指定難病（低ホスファターゼ症、先天性外胚葉異形成症、骨形成不全症など）では、特徴的な歯科的所見をもとに医科への対診を行うことで、早期発見・早期治療に繋がり、子供の生涯にわたる QOL が著しく向上することが分かっている。低ホスファターゼ症は、骨の石灰化不全と乳歯の早期脱落が診断基準における 2 つの主症状になっており、医科と歯科が連携して診査・診断を行う必要がある[16]。低ホスファターゼ症は、2015 年に世界に先駆けて日本で酵素補充療法が承認され、多くの命をつなぐことができるようになった[17-19]。

次世代の歯科医学教育を考えたとき、とくに小児を対象とした臨床実習で自験できる診療行為は限られており、その課題を解消するためにも、ロボットの開発ならびに活用は必要不可欠といえる。近年、インタラクティブなシミュレーションシステムを備えた小児患者型教育用シミュレータロボット（成人患者ロボットより進んだ身体動作と身体評価項目としての外観、呼吸、心肺音、皮膚色を備えている。）が世界に先駆け開発され、パニック状態（号泣、体動）などを再現できるばかりでなく、アナフィラキシーショックや局所麻酔中毒などの緊急事態をシミュレーションすることで、実践的な臨床教育に役立つことを目指している[20]。

③不正咬合の改善

我が国の歯科矯正学は、ダイレクトボンディングシステム[21]や超弾性型 Ni-Ti 合金ワイヤー[22]の開発ならびに臨床応用がなされて以降、欧米に比肩しさらに世界をリードするレベルを維持した。Temporary anchorage devices (TADs)に関する研究においては、日本から高い被引用回数を有する論文が発表されている[23-28]。TADs のなかでアンカースクリューは簡便に使用できるものの、埋入部位による脱落率の差、歯根損傷などの併発症から、その成功率を向上させる表面処理等の考案などの論文が最近報告されている[29]。

効果的にメカニカルストレスを利用し、骨とその周囲組織リモデリングを誘導することは、歯科矯正学および矯正歯科治療における古典的命題である。様々なアプローチを駆使して骨リモデリングの生物学的背景の解明に当たっている[30, 31]。「歯科矯正」と、「歯の移動」、「リモデリング」、「顎関節」、「メカニカルストレス」、「歯根吸収」をキーワードとするトップ 10%論文数は、近年顕著に増加している[32-39]。治療期間の短縮、いわゆる加速矯正歯科治療を企図した治療法・デバイスが報告されている[40-42]。過去 10 年間のこれに関する研究論文約 460 報（日本から約 10 報）が出版されている。また、コルチコトミー（約 300 報、日本から 7 報）、超音波などの機械的振動（約 50 報、日本から 4 報）や低レベルレーザー（約 250 報、日本から 15 報）を用いた歯の移動の加速化に関する研究などが見られる。従来型の治療法との客観的比較、ならびに根底となるメカニズムの解明はこれからの課題である。顎顔面領域と「咀嚼」や「呼吸」といった生物の根源的機能に関する基礎・臨床研究も増加傾向がみられる[43-45]。これは 3 次元画像解析法の普及と関連が深いと思われ今後の発展が期待される。

エクソームシーケンス解析およびGWASの手法を用いた口腔・顎・顔面の先天異常に関わる歯科矯正学における遺伝子探索の研究について、トップジャーナルの中から検索した結果、41誌のジャーナルが検索された。日本の論文数自体は3報と少ないものの、当該分野の歯科医師が主たる立場で論文を作成している点が特徴であり、臨床遺伝学のトップジャーナルであるAmerican Journal of Human Geneticsをはじめ、臨床視点に立った特徴的な研究がなされている[46, 47]。遺伝子改変動物などを用いた口腔・顎・顔面の先天異常の基礎研究について検索したところ、37報（米国20報、中国9報、日本8報）の査読付トップジャーナルが検索された。ゲノム解析の研究と同様、同分野の歯科医師が主たる立場で論文を作成しており、世界的にも日本はこの分野を牽引している[48, 49]。

(2) 口腔感染症に対する予防・治療

① 予防歯科・口腔保健

口腔疾患の代表はう蝕と歯周病であり、口腔微生物と宿主や環境要因との関連で発症する慢性感染症である。近年、dysbiosisを病因とするマイクロバイオータム疾患の概念が提唱され、口腔疾患も同疾患の一つとしてとらえられている。本件に関する日本の論文数[50-52]は増加しているが、高被引用文献論文は少ない。

歯周病に関しては、バイオフィルムの細菌叢解析、メタゲノム解析・メタトランスクリプトーム解析[53, 54]やメタボローム解析[55]の成果を、歯周病の発症・進行のリスク評価や客観的モニタリング、さらには全身疾患（糖尿病、動脈硬化等）のモニタリングへと臨床応用する可能性[56]が示されている。今後、デンタルバイオフィルムの高病原化により歯周組織とバイオフィルムとの間の均衡が崩壊しないように、バイオフィルムのリスク診断およびモニタリングにより、バイオフィルムの病原性を管理する歯科臨床が実現し、さらには唾液による全身疾患の検査手法が確立される可能性も高い。

2021年、世界保健機関（WHO）の第74回世界保健総会において、歯科口腔保健の重要性が確認され[57, 58]、う蝕が最も有病率の高い疾患と報告された。日本ではこの分野の研究が少なく、う蝕予防や公衆衛生・疫学に関する論文は多くないが、う蝕は他の疾患と比較して有病率と疾病負担は極めて高い。WHOの決議の中で、口腔の健康格差や口腔の健康と全身の健康も重視されている。2013年以降の健康格差に関する論文は世界的には多いが、日本の論文は数は少ないものの、日本の口腔と全身の疫学研究の論文は比較的大規模なコホート研究や先端的な解析を用いており、国際的に評価されている。

ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ（UHC）の達成は持続可能な開発目標（SDGs）のターゲットのひとつで重要である。歯科疾患は有病率が高く、社会全体の医療費負担が大きい。しかし、口腔保健は国際保健のなかで軽視されてきた歴史があり、UHCの達成も遅れている[59]。その中で、日本の国民皆保険制度は国際的に非常に高い評価を受けており[60]、歯科保健医療についても、日本はOECD各国の中でも低い自己負担割合で基本的な歯科医療を受けることができ、歯科受診頻度も突出して高い[61]。歯科UHCの健康保護効果を明らかにした国際比較研究、受診抑制や健康格差問題に関する研究[62]を推進することが、歯科学術界において日本のプレゼンスを高めるために必要であろう。

②口腔感染症に対する治療

ア 保存治療

う蝕の制御は今なお臨床歯学、口腔科学における重要な課題である。現在では Minimal Intervention の概念に基づく低侵襲の修復治療がグローバルスタンダードとなっているが、その潮流形成には接着歯学領域における本邦発の基礎的研究成果や産学連携による材料開発が中心的役割を演じた経緯がある。すなわち、象牙質接着の理論的バックボーンとしての樹脂含浸層の概念の確立[63]、あるいは接着の質を評価するスタンダードな試験法である Microtensile bond test[64]や Nanoleakage (test) [65]の開発などの特筆すべき成果が我が国より発信され、象牙質接着材の性能向上に大きく貢献した。この潮流の中、接着のグローバルスタンダードとして日本が推奨してきた self-etching アプローチの優位性が認められたことは特筆に値する。近年では間接法修復用セラミック系・レジン系材料と歯質との接着[66, 67]、二次う蝕抑制を意図した象牙質接着材への抗菌成分の添加[68]、生体機能性材料の二次う蝕抑制効果[69]などの面で、注目すべき成果がみられる。

また、我が国において新たな光学的診断法として光干渉断層計 (Optical Coherence Tomography, OCT) の研究が活発に展開されている。すなわち、光源の深達性を特徴とする Swept-source (SS)-OCT の臨床導入に向けた研究が世界に先駆け進められた結果、本検査法はう蝕に対する感度、特異度が高く、初期の脱灰からの進行度の正確な診断により治療方針決定に大きく貢献することが示されている[70, 71]。さらに、SS-OCT による接着修復の非破壊検査[72]や亀裂、摩耗の検査[73, 74]等、産学官連携で歯科用 OCT の開発と実用化が進められ[75]、2020 年には歯科用医療機器として世界初の認可が得られている。

歯髄疾患に対しては、しばしば歯髄除去療法が適用されるが、歯髄の喪失は歯の生存期間短縮に繋がるため、歯髄保存療法の適応拡大を見据えた象牙質・歯髄複合体の修復機構の解析が展開されている。我が国発の注目すべき成果として、修復過程での組織幹細胞や前駆細胞の分化動態[76]、あるいは象牙芽細胞分化過程におけるシグナル伝達機構[77]に関する研究が挙げられる。また、歯髄の創傷治癒促進には適切な生体材料の開発が不可欠である。同研究成果として、ケイ酸カルシウム系セメントから象牙質への元素の移行動態[78]や同セメントの石灰化促進機構[79]、あるいは日本発の生体機能性材料である S-PRG filler の石灰化誘導能[80]や直接覆髄後の硬組織形成[81]を解明した研究が注目される。

歯髄の再生が可能となれば歯の残存期間の飛躍的延長が期待されるが、この領域での特筆すべき成果として、世界初の歯髄幹細胞自家移植による歯髄再生治療の臨床研究[82]の実施に至った一連の研究[83-84]が挙げられる。ヒト歯髄幹細胞の棒状三次元集合体を開発し歯髄様組織の作製に成功した研究[85]も高い独自性から注目される。以上のように、歯髄の修復、再生については我が国から世界的評価に繋がる研究成果が発信されており、社会実装を見据えた臨床研究や産業界との連携の今後の展開が期待される。

イ 歯周病

歯周病は口腔内の細菌叢破綻により、歯を支える歯周組織が破壊される感染性疾患であり、近年、全身状態へも悪影響を及ぼす疾患である。我が国においては、以下に記す世界を先導する多様な基礎及び臨床研究が精力的に展開されている。

(ア) 歯周病の病態解明：我が国の研究水準は極めて高く、歯周病学の主要国際誌 Top10% 論文中、歯周病病態形成の解明[86]、細菌と免疫を対象とした治療法 [87, 88] に関する論文が注目を集めている。主要な国際学術誌においては、歯周病の発症・進展における T 細胞の重要性[89]、口腔細菌叢の Dysbiosis による炎症の誘導[90, 91]、炎症制御による歯周病抑制法[92, 93]に関する報告がなされている。歯周病と免疫応答に関する総説論文は 6 年で 1400 以上の引用回数[94]を示しており、当該分野への注目度は世界的にも高いといえる。臨床研究も高い水準にあり、Top10%論文によって裏付けされた基礎研究[95]から臨床研究へ展開した国際共同研究成果が、本邦より報告されている[96, 97]。

(イ) Periodontal Medicine (歯周医学)：歯周病と糖尿病との関係については多くの介入研究が行われており、歯周治療は血糖コントロールに有効であること[98]、逆に糖尿病治療は歯周病の改善に有効であること[99]が日本糖尿病学会編 糖尿病診療ガイドライン 2019 にも明記されることとなった。また、保険制度における糖尿病患者に対する「歯周病安定期治療」の毎月の算定が認められたように、これらの研究は新たな保険算定や算定要件の拡大の基盤となった。歯周病と糖尿病に関しては既に世界的にも十分なエビデンスが確立されているが[100]、今後は肥満やメタボリックシンドロームなどとの関連の解明が期待されており、本邦においても多数の臨床、基礎論文が報告されている[101-103]。

(ウ) 歯周組織再生：組み替えヒト塩基性線維芽細胞増殖因子を用いた歯周組織再生医薬品であるリグロス[®]は 2001 年より日本で約 1000 名の患者に対して 5 つの治験[104-106]を経て、保険で受けられる治療として普及が進んでいる。また、さまざまな体性幹細胞を用いた細胞治療も公的機関を中心に研究されており、全ての臨床研究において有効性と安全性が確認されている。特に自己ヒト歯根膜細胞を用いた臨床研究[107]は 2018 年に発刊され既に 66 回引用されており、現在 Top2%論文として影響を与えている。一方、細胞が分泌するエクソソームにも再生誘導効果が確認されており[108, 109]、次世代の歯周組織再生療法への展開が期待されている。

(3) 咀嚼機能の維持・増進

① 咀嚼機能の回復と維持

本領域の研究には主として歯科補綴学領域、老年歯科医学領域が関わるが、我が国で生理学、生体力学、生体材料学、再生医学などと連携しながら活発に研究が行われている。日本補綴歯科学会の学会機関誌 J Prosthodont Res の 2021 年 IF が 4.642 で、2014 年に JCR 収載後、歯科領域で 5 年連続 Q1 を維持しているのは特筆に値する。

咀嚼機能回復の波及効果は、歯の喪失と認知症の関連、咀嚼機能回復の認知症発症に対する予防、先送り効果を示唆する優れた横断・縦断研究成果が蓄積されている[110]。誤嚥性肺炎予防についても口腔ケアの重要性を世界で初めて実証した Yoneyama らの研究[111, 112]を端緒とし、口腔機能管理の重要性を示す研究が多く発表されている。訪問診療による要介護・入院高齢者、終末期高齢者への歯科的対応についても、口腔機能を専門とする歯科補綴学領域の優れた臨床研究がある[113, 114]。これらの研究成果により入

院・要介護高齢者に対する口腔管理が「周術期口腔機能管理」や「口腔衛生管理加算」として国民健康保険と介護保険に複数導入され、社会実装された点は特筆すべきである。

咀嚼機能評価についても国際標準である包括的患者立脚型アウトカムを指標とした研究が盛んに行われているのみならず[115]、グミゼリー法をはじめとした客観的な咀嚼機能検査関連の研究については我が国の独壇場であり[116]、いくつかの検査方法が社会実装され、2018年には「有床義歯咀嚼機能検査」として保険収載されている。

補綴治療によって回復された咀嚼機能を維持するためには、睡眠時ブラキシズム（歯ぎしり）に代表されるパラファンクションへの対応が必須である。当該領域の発表論文数の国際比較では我が国は第4位(5149 論文中 396 編、Scopus)であり、歯科医学系学術雑誌のみならず[117]、睡眠医学系学術雑誌のトップである Sleep[118]や J Sleep Res[119]、J Clin Sleep Med[120]等にも報告されている。伝統的に実験動物を用いた口腔生理学の基礎研究も盛んだが、近年、世界で初めて睡眠時ブラキシズム患者由来 iPS 細胞を用いた神経細胞疾患モデルの構築にも成功している[121]。研究成果の社会実装の面からは、産学共同で睡眠時ブラキシズム診断のために開発された超小型ウェアラブル筋電計が 2018 年の医療機器認証を経て、2020 年には「睡眠時歯科筋電図検査」として保険収載された。

以上の研究領域は超高齢社会を迎えた先進国で最も注目されている領域であり、我が国の研究水準は国際的にトップレベルで、すでにその成果として様々な関連技術が社会実装され、今後、社会への還元が進むと予測される。

② 口腔インプラントによる咀嚼機能回復

近年、咀嚼機能の維持・増進に、口腔インプラント治療が果たす役割が増している。これは、骨に結合した人工歯根で支えられた上部構造により、従来の装置よりも高いレベルの咀嚼機能が提供されるからである。口腔インプラントの材料学的な表面性状の研究は大きく進歩し、骨結合の確実性が明らかに進歩する一方、上皮と生体材料の結合による感染抵抗性の向上においても大きな進歩があった[122-124]。一方、口腔インプラントという新しい治療概念がもたらしたパラダイムシフトは、生体材料と顎骨や歯槽骨との生物学的な結合の意味を深く見つめることにつながり、骨髄由来間葉系幹細胞、ES 細胞、歯肉結合組織由来 iPS 細胞を用いた新しいタイプの再生歯科医療が想起されるに至った[125-131]。この流れは生体材料研究の進展とともに、新しいレベルのバイオエンジニアリングを生み出し、歯や唾液腺の器官としての再生[132-135]、バイオマテリアルやメカノトランスダクションを用いた三次元組織再生[136-139]、多能性幹細胞（ES 細胞、iPS 細胞）を用いた骨/軟骨様組織等の組織再生モデリングシステムの開発[140-145]、合成バイオマテリアルを用いた新規骨補填材の臨床応用[146-148]、成長因子を用いた骨再生療法や顎骨壊死治療[149-151]、角化歯肉の生物学的誘導や結合組織誘導[152-154]、間葉系幹細胞の老化と歯周組織破壊[155-159]に関する新たな知見が生み出されつつある。

(4) 口腔がん、唾液腺疾患に対する予防・治療

National Comprehensive Cancer Network (NCCN) と European Society for Medical Oncology (ESMO) のガイドラインでは、口腔がん治療は外科療法が第一選択であり、放射

線療法と薬物療法は早期がんを除けば補助的に用いられており、これは世界共通の標準的な治療方針となっている。口腔がんの国際的な治療成績の比較については、最近では 2013 年に発表された世界の口腔がんのハイボリュームセンター（7 カ国、7 施設）のデータを解析した国際共同研究が唯一の報告である [160]。一方、日本でも日本口腔腫瘍学会と日本口腔外科学会が合同で、世界的にも厳密とされる作成方法によって口腔がん診療ガイドラインを作成しており、2019 年版が最新である [161]。推奨する治療方針は上記の NCCN と ESMO のガイドラインと大きな齟齬はなく、治療成績についてもほぼ同様の結果が得られており、世界の口腔がん治療専門施設と遜色ない成果が得られている [162]。

口腔がん治療における世界的な潮流としては、進行口腔がん切除後には最新の 3D 技術を応用した上下顎や軟組織の再建が行われており、個々の患者の状態に合った精度の高い手術ができるようになってきた。薬物療法においても、免疫チェックポイント阻害薬や分子標的治療の早期の保険導入により、治療効果の確実な向上が得られている。さらに、日本の特徴として、言語聴覚士等との連携により、より専門的な術後の構音、嚥下機能のリハビリテーションが可能となるとともに、咀嚼機能回復については歯科インプラントの保険導入により確実な回復が得られるようになり、機能回復の質は諸外国に比べて大きく向上している。その一方で、口腔がんの早期発見のための検査手法などについても先駆的な試みがなされている。このように、日本では世界的にみてもハイレベルな口腔がん治療が行われてきており、個々の患者の特性に合わせたきめ細かな治療法を実施できるのが特徴と言える [161]。今後、口腔外科における口腔がん治療がさらに発展するためには、多職種連携が可能な医療施設の拡充と高度な専門性を備えた人材育成が必要であると考えられる。

唾液腺疾患の中で近年注目されている口腔乾燥症は、唾液腺障害のみならず、うつ病などの気分障害、薬物の副作用、フレイルを含む加齢的变化で生じるために高齢者で発症することが多く、超高齢社会の日本で積極的に取り組むべき疾患の一つである。口腔乾燥症を生じる代表的疾患としてシェーグレン症候群が挙げられるが、日本が独自に提示した厚生労働省シェーグレン症候群診断基準（1999 年改訂）[163] は国際的にも貢献度は高く、発症機序の解明を目指した基礎的研究や新たな治療法の確立を目指した研究報告も多い。

さらに、日本から世界に向けて全身諸臓器に発症する IgG4 関連疾患という新しい疾患概念を提唱しており [164]、2009 年には厚生労働科学研究補助金による難治性疾患研究事業としてオールジャパン体制の研究班を立ち上げ、世界初の診断基準を示し、発症機序の解明を目指した研究成果を報告して世界を牽引している。同疾患は唾液腺の発症頻度が最も高いため、歯学領域からの診断方法や発症機序に関する研究報告が多く、現在の研究班の研究代表者は歯学領域から選ばれている。

4 Society5.0・SDGs を踏まえた歯学・口腔科学の展望

歯学、口腔科学が包含する領域は、摂食嚥下、栄養、コミュニケーション、呼吸など人体と外界との接点であり、ヒトの尊厳を維持するために必要な QOL の維持、well-being と深く関わっている。人と機械や人と環境を繋ぐ領域として、まさしく SDGs の目的である誰一人取り残さない持続可能で多様性と包摂性のある社会実現のためのこの領

域の意義を再認識しなければならない。同時に Society5.0 に代表されるような理工学や隣接の生命科学の進展と密接に関わりながら、本領域の学術のさらなる発展が求められる。本項目では、Society5.0・SDGs を踏まえた歯学・口腔科学の展望を4分野に分けて、本領域のイノベーションと行動変容すべきことをまとめた。

(1) 基礎歯科医学におけるドライ解析・ビッグデータを用いた最先端研究

基礎歯科医学分野においても、ビッグデータを用いた研究は必須となりつつある。近年では、「マルチオミクス解析」を「シングルセル（単一細胞）」レベルで行うことで、顎顔面口腔領域における新たな生命・疾患の動態を観察することが可能になっている。

顎顔面口腔領域の発生機構の解明にはマウスを用いた研究が中心的役割を果たしてきたが、近年では組織内でそれぞれの細胞がどのように分化していくかについてシングルセルレベルで明らかにすることが可能になりつつある[1]。また、Kashiwagi らは歯周病が糖尿病を増悪させる機序を歯周病菌（*Porphyromonas gingivalis*）を嚥下した糖尿病モデルマウスを用いてプロテオームならびにメタボローム解析により明らかにした[2]。基礎歯科医学の複数分野で、本邦のグループが最先端研究を進めていることは特筆すべきである。こうした解析は、公開データベースを用いて進める「ドライ解析」が可能になりつつあり、歯科医学研究においても従来の仮説先行型研究だけではなく、データ先行型研究が増えつつある。今後は、ヒト臨床データから得られる仮説を、マウスなどの前臨床モデルで検証し、歯科臨床にフィードバックするという流れが益々加速することが予想される。

(2) 歯科臨床におけるバイオインフォマティクスと医療ビッグデータ

① ヒトゲノム解析と歯学・口腔科学

IT 技術の進歩や AI の導入によりデータサイエンスが著しい進歩を遂げる中、歯科臨床の研究においても、次世代シーケンサーの普及と情報科学と生命科学の融合で生じたバイオインフォマティクスの発展により、1塩基レベルの解像度でゲノム配列を網羅的に解析（GWAS）する技術が急速な勢いで拡まっている。

歯周病は、いくつかの遺伝要因の相乗効果によりおこる多因子性の疾患である。我が国は、これまでも歯周疾患関連遺伝子の GWAS 研究において世界を牽引する成果を出してきた[3]。エクソームシーケンセスをはじめとするオミクス解析技術を基にした研究においてもその強みを生かし、その優位性を維持している。侵襲性歯周炎は遺伝的要因が強く影響することで発症・進行する歯周炎と考えられているが、同疾患を対象としたオミクス解析によって、SMPD3、NOD2 等の疾患関連遺伝子が見いだされている[4,5]。国外では、ヨーロッパ諸国の研究が充実しており、希少患者の検体数を確保するために国をこえた共同研究を推進することにより、論文の数と質を維持している様子が伺える。今後、多施設での共同研究の推進による検体数の拡充やオミクス解析に必要な研究資金の確保が世界に伍する研究力を維持するための鍵となるだろう。

GWAS は口唇口蓋裂を始めとする歯や顎顔面の形成・形態不全の原因遺伝子の解明にも飛躍的に拡がりを見せている。我が国は、歯の形態異常[6]や不正咬合の発症[7]を制御する

遺伝要因の網羅的遺伝子解析にユニークな研究が散見されるものの、顎顔面の先天性奇形を伴うような希少疾患の原因遺伝子の解明においては欧米と差がついている。我が国には、未診断疾患診断イニシアチブ（IRUD）のよう先天性疾患の原因遺伝子を探索する基盤は構築されているものの、顎顔面の希少疾患や難病研究では対象患者のリクルートが特に重要で、共同研究プラットフォームの形成や多施設にまたがる共同研究が課題である。

口腔がん研究では、発がんやがん進展に関与する遺伝子変異をゲノムワイドで探索し、疾患モデルを用いた前臨床試験でその意義が検証されている。特に我が国から、上皮間葉相互作用に関与する頭頸部がんの転移の可能性を決定する分子の探索[8]や、口腔内悪性黒色腫におけるトランスクリプトーム解析[9]等、国際的にも評価される成果が報告された。論文数での海外との比較ではやや立ち遅れている。海外の同テーマにおける論文は希少がんである口腔がんの臨床検体を数多く収集し解析しているものが見られ、国を挙げた国際ネットワークを通じた共同研究の成果であることが推察される。今後、日本が本研究テーマで国際的に質の高い研究力を維持するためには、多施設での共同研究の推進とバイオバンクの構築・活用による口腔がん臨床検体数の拡充がさらに重要となるだろう。

一方、がん医療に病理画像をAIで解析するバイオイメージ・インフォマティクスが発展している。イメージングデータはゲノム情報と併せてマルチモダルAIで統合することで、がん医療における革新的な進歩が期待される。

② 医療ビッグデータと歯学・口腔科学

データサイエンスは疫学分野にも応用され、前例のない大規模コホート研究や世界最大級のヘルスケアデータであるレセプト情報・特定健診等情報データベース（NDB）を用いた我が国独自の研究が展開されている。歯科疾患における大規模で先進的な手法を用いたコホート研究[10, 11]や、歯科健診など測定が厳密なコホートとして大規模な研究[12, 13]が報告されており、欧米と比較しても類のないコホート研究の手法や測定がなされている。医療ビッグデータを用いた研究は、欧米を含めその成果がようやく現れ始めたところであるが、我が国では、国民皆保険制度で幅広く歯科医療がカバーされているため、国際的にも充実したビッグデータを活用した研究の増加が見込まれる。最近ではRCTを用いた研究手法の問題が指摘されるなか、ビッグデータを基にした観察データによる因果推論が注目を集め、さらには次世代医療の基盤形成と早期実現へ貢献が期待されている。

③ 歯科医学とAI・ICT（診断、遠隔診断）、歯科医療のデジタル化

デジタル技術の発展に伴う人工知能（AI）、情報通信技術（ICT）の導入、DXは、歯科医療あるいは歯科に関わる高度専門人材育成の現場においても進んでいる。COVID-19拡大により、欧米ではこれらは急加速しており、ポストコロナではデフォルトとなると予想される。

歯科医療へのAIの導入は、診断用画像や口腔内および顔貌写真・画像などにおいてディープラーニング応用が進んでいる。特に、パノラマX線画像は、自動診断システムを開発する対象として最適で、顎の嚢胞性病変、埋伏歯、骨折、上顎洞炎などさまざまな病変の検出にディープラーニングAI技術が提案されている。また歯科用CAD/CAMは、歯科用

金属のみならず従来、歯科技工所では加工が困難であったチタンや高強度セラミックスを含めた多種類の素材に対応し、材質の安定性を向上させ、トレーサビリティを確保するとともに、情報の保存や伝達にきわめて有効なこと、製作工程の簡素化と環境改善が図れることから、オールセラミック修復物だけでなく、インプラント上部構造のフレームワーク製作まで幅広い補綴装置製作プロセスに導入されている。一方、デジタル診療機器と ICT との組み合わせにより遠隔診療が導入されつつある。歯科では医療施設に入院中の患者に行う処置も多く、画像診断に加え、口腔機能や嚥下機能が低下した患者に対する指導管理や摂食嚥下リハビリテーションへの活用が期待されている。特に歯科訪問診療と併用での患者指導における効果は高く、訪問診療の提供体制に変化をもたらす。

歯科医療 DX は、ビッグデータ、AI、IoT 等からなるデジタルプラットフォームを整備することで成し遂げられる。DX は歯科のみならず、あらゆる業界・業種が取り組むべき重要なテーマであり、歯科におけるデジタル技術関連の研究も増加傾向にある。PubMed 収載の論文数は 2010～2020 年の 10 年間に 545 編から 1986 編へと急増している。しかし我が国から発表された論文はその 4 %強程度(2020 年 82 編)である。ただしコンポジットレジン CAD/CAM 冠の保険適用は、小臼歯(2014 年)、大臼歯(2017 年)、前歯(2020 年)へと拡大し、保険請求件数は、2017 年に 1,585,217 件、2018 年に 1,999,647 件、2019 年には 2,272,538 件となり、これほど広く国民に対してデジタル技術を基盤とした歯科治療が提供されている国は世界的にも類をみない。これらと並行して歯学教育のデジタル化、すなわち VR・AR 空間の活用や Web 授業も加速している。特筆すべきは、歯科医師養成教育において欠かせない「技能教育」への臨場感、実感覚(力・触圧覚等)提示が可能なインタラクティブ XR 技術の導入による実習システム等の開発が進んでいることである。

(4) 歯科治療のグリーン化(脱材料化)、レジリエント化

歯科材料全体の使用量の 75%は模型材・埋没材の主成分の石膏であり、アルギン酸やポリマー系材料の印象材と併せて 90%以上を占め、カーボンニュートラル・環境負荷について検討されるべきである。石膏の製造・廃棄双方での CO₂排出・環境負荷を低減するため、石膏を主成分とする模型材・埋没材の使用量削減が最も重要な課題と言える。印象材は口腔内に接触しているため、感染性廃棄物として焼却処理されるのが通例である。そのため印象材の使用は CO₂排出に直結する。現在、急速に進められている歯科医療のデジタル化においては、印象採得から模型製作、修復装置などの設計まで一貫してデジタルデータとして行い、修復装置の製作も CAD/CAM で行われる。模型保管の問題も解決するだけでなく、治療データや個人識別情報の共通化、大規模化によるメリットも大きい。

歯科器材の省エネルギー化、カーボンニュートラル化の取り組みは、歯科のみならず川上の産業とともに進み、石油由来のレジン系材料の代替としてセルロースナノファイバー、キトサン等、新たな天然素材由来の材料の歯科医療への応用研究が進んでいる。

歯科診療のレジリエント化としては、感染症を含めたあらゆる災害へ対応可能な歯科医療の環境ならびに機器・技術の整備が必要である。我が国に特徴的な診療環境の整備として、歯の切削等で飛び散る粉塵、水滴等を取り除くために診療チェアの近傍に専用の口腔

外バキューム装置（集塵機）を設置していることが挙げられる。本装置は、社会保険制度上でも、病院、診療所における設置が外来環境体制加算の要件になっており、歯科診療環境の整備が進んでいる。COVID-19 感染拡大の際にもバキューム装置の活用が推奨され、諸外国では通常の歯科医療機関はほぼ休診となったものの、我が国では歯科診療が継続できた一因とされる。これら技術は、ある意味で我が国の歯科医療の先進性を示すところであり、国際展開が図れる要素である。また口腔外バキュームよりも、より広い範囲でより効果的に集塵、さらにはエアロゾル、ウイルス除去を行いうる装置の開発も、我が国の空調技術と流体科学や感染医学との異分野融合研究により可能である。

震災などの大規模災害時に求められる歯科的対応として、歯型からの犠牲者の身元確認ならびに避難所や病院等での口腔衛生管理、歯科医療救護がある。歯型からの身元確認では、犠牲者からの死後データと歯科医療機関に保管された生前データを照合し、身元を確認する。現在は新たな ISO 規格が発行され、歯科医療データのバンク化をはじめ、情報科学分野との連携による AI 等の研究開発等、今後大きく発展する分野である。また避難所や病院等で口腔衛生管理は、口腔衛生状態の悪化による誤嚥性肺炎の発症防止に大きな効果を上げる。訪問診療用機器は有用な機器であるが、次世代の可搬型、省エネルギー型の携帯可能な歯科診療機器セットの開発が待たれる。以上は、レジリエントな社会を構築するうえでも重要なファクターとなる。

<参考文献>

(1) 基礎歯学領域(口腔科学基礎)

- [1] Hayashi T, et al. *Dev Cell*. 40:95-103, 2017 (IF:12.27; 被引用回数:40)
- [2] Yamada A, et al. *J Biol Chem*. 291: 904-912, 2016 (IF: 5.157; 被引用回数:15)
- [3] Sakai M, et al. *FEBS J*. 286:3701-3717, 2019 (IF: 5.542; 被引用回数-)
- [4] Ogawa M, et al. *Nat Commun*. 4:2498, 2013 (IF: 14.919; 被引用回数:65)
- [5] Kurosawa M, et al. *Arthritis Rheumatol*. 69:2193-2202, 2017 (IF: 10.995; 被引用回数:15)
- [6] Ohyama Y, et al. *Arthritis Rheumatol* 39:1376-1684, 1996 (IF: 10.995; 被引用回数:158)
- [7] Haneji N, et al. *Science*. 276:604-607, 1997 (IF: 47.728; 被引用回数:112)
- [8] Ishiguro N, et al. *Arthritis Rheumatol*. 72:166-178, 2020 (IF: 10.995; 被引用回数:20)
- [9] Maehara T, et al. *Ann Rheum Dis*. 76:377-385, 2017 (IF: 19.103; 被引用回数:54)
- [10] Tanaka A, et al. *Arthritis Rheumatol*. 64: 254-263, 2012 (IF: 10.995; 被引用回数:181)
- [11] Maehara T, et al. *Ann Rheum Dis*. 76:377-385, 2017 (IF: 19.103; 被引用回数:150)
- [12] Tanaka J, et al. *Nat Commun*. 9:4216, 2018 (IF: 14.919; 被引用回数:35)
- [13] Usami Y, et al. *Oral Sci Int*. 28:10, 2020 (IF: 0.33; 被引用回数:6)
- [14] Sakaguchi W, et al. *Int J Mol Sci*. 21:6000, 2020 (IF: 5.542; 被引用回数:48)
- [15] Sawa Y, et al. *J Anat*. 238:1341-1354, 2021 (IF: 2.61; 被引用回数:7)
- [16] Sudo H, et al. *J Cell Biol*. 96:191-198, 1983 (IF:10.539; 被引用回数:1495)
- [17] Takahashi N, et al. *Endocrinology*. 123:2600-2602, 1988 (IF:4.736; 被引用回数:816)
- [18] Shimomura Y, et al. *Calcif Tissue Res*. 19:179-187. 1975 (IF, 4.333; 被引用回数, 190)
- [19] Katagiri T, et al. *J Cell Biol*. 127:1755-1766, 1994 (IF: 10.539; 被引用回数:1216)
- [20] Komori T, et al. *Cell*. 89:755-764, 1997 (IF: 41.584; 被引用回数: 3423; Top 1%)
- [21] Nakashima K, et al. *Cell*. 108:17-29, 2002 (IF:41.584; 被引用回数:2531; Top 1%)
- [22] Yasuda H, et al. *Proc Natl Acad Sci USA*. 95:3597-3602, 1998 (IF:10.700; 被引用回数:3193; Top 1%)
- [23] Hata K, et al. *J Clin Invest*. 118:3098-3018, 2008 (IF:14.808; 被引用回数:65; Top 3%)
- [24] Nakashima T, et al. *Nat Med*. 17:1231-1234, 2011 (IF:53.440; 被引用回数:1004; Top 1%)
- [25] Hayashi M, et al. *Nature*. 485:69-74, 2012 (IF:49.3962; 被引用回数:334; Top 3%)
- [26] Hayashi M, et al. *Cell Metab*. 29:627-637, 2019 (IF:27.287; 被引用回数:52; Top 3%)
- [27] Mizoguchi T, et al. *Dev Cell*. 29:340-349, 2014 (IF:12.270; 被引用回数:232; Top 2%)
- [28] Matsushita Y, et al. *Nat Commun*. 11:332, 2020 (IF:14.919; 被引用回数:56; Top 2%)
- [29] Koide M, et al. *J Bone Miner Res*. 32:2074-2086, 2017 (IF: 6.741; 被引用回数: 30; Top 7%)
- [30] Koide M, et al. *Sci Rep*. 2020;10:13751 (IF: 4.380; 被引用回数:2)
- [31] Moriishi T, et al. *PLoS Genet*. 16:e1008586, 2020 (IF: 5.917; 引用回数:46; Top 1%)
- [32] Saito A, et al. *Stem Cell Res Ther*. 9:12, 2018 (IF: 6.832; 被引用回数: 14)
- [33] Onodera S, et al. *Stem Cell Rep*. 15:125-139, 2020 (IF:7.765; 被引用回数:3)
- [34] Fujimoto M, et al. *Mol Endocrinol*. 29:140-152, 2015 (IF: 3.628; 被引用回数:20)
- [35] Machiya A, et al. *Bone*. 111:101-108, 2018 (IF: 4.398; 被引用回数:20)
- [36] Kitamura M, et al. *J Bone Miner Res*. 31:806-814, 2016 (IF: 6.741; 被引用回数:44; Top 8%)

- [37] Top://www.kaken.co.jp/nr/release/nr20160928.html
- [38] Takayanagi H, et al. *Dev Cell*. 3:889-901, 2002 (IF:12.270; 被引用回数:1711; Top 2%)
- [39] Ikeda F, et al. *J Clin Invest*. 114:475-484, 2004 (IF:14.808; 被引用回数:365; Top 1%)
- [40] Jimi E, et al. *Nat Med*. 10:617-624, 2004 (IF:53.440; 引用回数:406; Top 2%)
- [41] Koga T, et al. *Nature*. 428:758-763, 2004 (IF:49.3962; 被引用回数:603; Top 3%)
- [42] Zhao B, et al. *Nat Med*. 15:1066-1071, 2009 (IF:53.440; 被引用回数:197; Top 10%)
- [43] Nishikawa K, et al. *Proc Natl Acad Sci USA*. 107:3117-3122, 2010 (IF:10.700; 被引用回数:114)
- [44] Tsukasaki M, et al. *Cell Rep*. 32:108124, 2020 (IF: 7.765; 被引用回数:14)
- [45] Mizoguchi T, et al. *J Cell Biol*. 184:541-554, 2009 (IF:10.539; 被引用回数:108)
- [46] Maeda K, et al. *Nat Med*. 19:405-412, 2012 (IF:53.440; 被引用回数:288; Top 1%)
- [47] Tsukasaki M, et al. *Nat Metab*. 2:1382-1390, 2020 (IF:13.511; 被引用回数:2)
- [48] Ikebuchi Y, et al. *Nature*. 561:195-200, 2018 (IF:49.3962; 被引用回数:76; Top 1%)
- [49] Yoshida CA, et al. *Genes&Dev*. 18:952-963, 2004 (IF:11.361; 被引用回数:412; Top 4%)
- [50] Ohba S, et al. *Cell Rep*. 12(2):229-243, 2015 (IF:7.765; 被引用回数:98)
- [51] Ohba S, et al. *Dev Cell*. 14:689-699, 2008 (IF:12.270; 被引用回数:94)
- [52] Yoshida M, et al. *Nat Commun*. 6:6653, 2015 (IF:14.919; 被引用回数:42)
- [53] Hata K, et al. *Nat Commun*. 4:2850, 2013 (IF:14.919; 被引用回数:47)
- [54] Yamashita A, et al. *Nature*. 513:507-511, 2014 (IF:49.3962; 被引用回数:130; Top 4%)
- [55] Ono N, et al. *Nat Cell Biol*. 16:1157-1167, 2014 (IF:28.824; 被引用回数:222; Top 3%)
- [56] Mizuhashi K, et al. *Nature*. 563:254-258, 2018 (IF:49.3962; 被引用回数:110; Top 1%)
- [57] Ohazama A, et al. *Plos One*. 3:e4092, 2008 (IF:3.24; 被引用回数:137)
- [58] Yoshida T, et al. *Mech Dev*. 125:797-808, 2020. (IF:1.882; 被引用回数:229)
- [59] Nakatomi M, *J Dent Res*. 85:427-431, 2006 (IF: 6.116; 被引用回数:118)
- [60] Wang et al. *Dis Model Mech*. 12: dmm040279, 2019 (IF:5.785; 被引用回数:15)
- [61] Tu YH, et al. *Science*. 359:1047-1050, 2018 (IF:47.728; 被引用回数:94)
- [62] Lee SJ, et al. *Nat Rev Drug Discov*. 18:116-138, 2019 (IF:84.694; 被引用回数:94)
- [63] Davis KD et al. *Nat Rev Neurol*. 16:381-400, 2020. (IF:42.937; 被引用回数:71)
- [64] Morquette P, et al. *Nat Neurosci*. 18: 844-854, 2015. (IF:24.884; 被引用回数:77)
- [65] Bautista TG & Dutschmann M. *J Physiol*, 592:2605-2623, 2014 (IF:5.182; 被引用回数:45)
- [66] Lederberg J. *Science*. 288:287-93, 2000 (IF47.728; 被引用回数:385)
- [67] 「微生物叢（マクロバイオーーム）研究の統合的推進 ～生命,健康・医療の新展開～」
<https://www.jstgo.jp/crds/report/CRDS-FY2015-SP-05.html>. 2016:CRDS-FY2015-SP-05.
- [68] Xu Q, et al. *Cell*. 165:690-703, 2016 (IF:41.582; 被引用回数:38)
- [69] Shibata S, et al. *Nat Microbiol*. 5:830-837, 2020 (IF:17.745; 被引用回数:9)
- [70] Nakane D, et al. *Proc Natl Acad Sci USA*. 110:11145-11150, 2013 (IF:11.205; 被引用回数:76)
- [71] Kuboniwa M, et al. *Nat Microbiol*. 2:1493-1499, 2017 (IF:17.745; 被引用回数:90)
- [72] Kato T, et al. *mSphere*. 3: e00460-18, 2018 (IF:4.389; 被引用回数:45)
- [73] Atarashi K, et al. *Science*. 358:359-365, 2017 (IF:47.728; 被引用回数:258)

- [74] Takayanagi H, et al. *Nature*. 408:600-605, 2000 (IF:49.962; 被引用回数:944)
- [75] Sato K, et al. *J Exp Med*.203:2673-2682, 2006 (IF:14.307; 被引用回数:993)
- [76] Tsukasaki M, et al. *Nat Commun*. 9:701, 2018 (IF:14.9119; 被引用回数:98)
- [77] Kitamoto S, et al. *Cell*.182:447-462, 2020 (IF:41.582; 被引用回数:69)
- [78] Ikeda E, et al. *Proc Natl Acad Sci USA*. 106:13475-13480, 2009 (IF:10.700; 被引用回数:282)
- [79] Nakao K, et al. *Nat Methods*. 4(3):227-230, 2007 (IF:28.547; 被引用回数:346; Top 3%)
- [80] Takagi R, et al. *Sci Adv*.2: e1500887, 2021 (IF:14.143; 被引用回数:58; Top 9%)
- [81] Murashima-Suginami A, et al. *Sci Adv*.7: eabf1798, 2021 (IF:14.143; 被引用回数:1)
- [82] Itoh Y, et al. *J Dent Res*. 97:1137-1143, 2018 (IF:6.116; 被引用回数:45; Top 2%)
- [83] Katata C, et al. *J Dent Res*. 100:1351-1358, 2021 (IF: 6.116; 被引用回数:1)
- [84] Nakashima M, et al. *Stem Cell Res Ther*. 8:61, 2017 (IF:6.832; 被引用回数:146; Top 2%)
- [85] Iwata T, et al. *Biomaterials*. 30:2716-2723, 2009 (IF:12.479; 被引用回数:270; Top 3%)
- [86] Iwata T, et al. *Regen Ther*. 9:38-44, 2018 (IF:3.419; 被引用回数:66; Top 3%)
- [87] Washio K, et al. *Cell Tissue Res*. 341:397-404, 2010 (IF:5.249; 被引用回数:78; Top 9%)
- [88] Kitamura M, et al. *J Dent Res*. 90:35-40, 2011 (IF:6.116; 被引用回数:153; Top 1%)
- [89] Oikawa Y, et al. *Cancer Sci*. 108:256-266, 2017 (IF:6.330; 被引用回数:9)
- [90] Miyata K, et al. *Proc Natl Acad Sci USA*. 118, 2021 (IF:12.291; 被引用回数:0)
- [91] Omori H, et al. *Sci Adv*. 6: eaay3324, 2020 (IF:16.450; 被引用回数:26)
- [92] Kudo Y, et al. *Cancer Res*. 66:6928-6935, 2006 (IF:12.843; 被引用回数:171)
- [93] Miyazawa J, et al. *Cancer Res*. 64:2024-2029, 2004 (IF:12.843; 被引用回数:163)
- [94] Gao J, et al. *Lab Invest*. 101:1475-1483, 2021 (IF:5.391; 被引用回数:0)
- [95] Uzawa N, et al. *Cancer*.110:2230-2239, 2007 (IF:7.921; 被引用回数:22)
- [96] Islam S, et al. *Clin Epigenetics*. 12:12, 2020 (IF:6.613; 被引用回数:7)
- [97] Gao P, et al. *J Dent Res*. 98:1011-1019, 2019 (IF:7.199; 被引用回数:4)
- [98] Sacki M, et al. *J Cell Biochem*. 84:708-716, 2002 (IF:4.266; 被引用回数:33)
- [99] Usami Y, et al. *Int J Cancer*. 133:568-578, 2013 (IF:7.396, 被引用回数:64)
- [100] Hida K, et al. *Cancer Res*. 64:8249-8255, 2004 (IF:12.843; 被引用回数:353)
- [101] Maishi N, et al. *Sci Rep*. 6:28039, 2016 (IF:5.133; 被引用回数:62)
- [102] Kikuchi H, et al. *Cancer Res*. 80:2996-3008, 2020 (IF:12.843; 被引用回数:4)
- [103] Yoshimatsu Y, et al. *Cancer Sci*. 111:2385-2399, 2020 (IF:6.330; 被引用回数:12)
- [104] Kurihara Y, et al. *Clin Cancer Res*. 15:2335-2343, 2009 (IF:12.836; 被引用回数:23)
- [105] Oo MW, et al. *JCI Insight*. 7: e148960, 2022 (IF:8.513; 被引用回数:0)
- [106] Mizunuma H, et al. *Br J Cancer*. 88:1543-1548, 2003 (IF:7.570; 被引用回数:43)
- [107] Annan D. A, et al. *Cell Commun Signal*. 17:169, 2019 (IF:6.153; 被引用回数: 9)
- [108] Takahashi A, et al. *Nat Commun*. 8:15287, 2017 (IF:15.805; 被引用回数:303)
- [109] Ono K, et al. *J Extracell Vesicles*. 9:1769373, 2020 (IF:26.520; 被引用回数:13)
- [110] Shimozono S, et al. *Nature*. 496:363-366, 2013 (IF:54.637; 被引用回数:132)
- [111] Lee JW, et al. *Nat Commun*. 8:2226, 2017 (IF:15.805; 被引用回数:23)

- [112] Sugiyama M, et al. PLoS Comput Biol. 10: e1003957, 2014 (IF:5.379; 被引用回数:11)
- [113] Ehteshami BB, et al. JAMA. 318:2199-2210, 2017 (IF:60.151; 被引用回数:870)
- [114] Coudray N, et al. Nat Med. 24:1559-1567, 2018 (IF:49.248; 被引用回数:654)
- [115] Komura D, et al. Comput Struct Biotechnol J. 16:34-42, 2018 (IF:7.409; 被引用回数:238)
- [116] Mahmood H, et al. Br J Cancer. 124:1934-1940, 2021 (IF:7.570; 被引用回数:4)
- [117] Ishii H, et al. Br J Cancer. 122:995-1004, 2020 (IF:7.570; 被引用回数:5)
- [118] Sekikawa S, et al. Int J Oncol. 53:2605-2614, 2018 (IF:4.790; 被引用回数:8)
- [119] Meng X, et al. Anticancer Res. 41:1089-1099, 2021 (IF:2.418; 被引用回数:1)
- [120] 2020 年度版歯科用機器・材料市場の現状と将来展望, 矢野経済研究所,
2020.https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2509
- [121] 平成 24 年度版新歯科医療機器・歯科医療産業ビジョン, 歯科医療技術推進協議会,
2012. https://www.jads.jp/h24_vision.pdf
- [122] Imazato S. Dent Mater. 19:449-457, 2003 (IF:8.4; 被引用回数: 325)
- [123] マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて (戦略準備会合取りまとめ). 文部科学省, 2020. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/057/1422394_00002.htm
- [124] マテリアル革新力強化戦略, 統合イノベーション戦略推進会議, 2021.
https://www8.cao.go.jp/cstp/material/honbun_gaiyo.pdf

(2) 臨床歯学領域(口腔科学臨床)

- [1] Wehby G, et al. Oral Dis. 16:3-10, 2010 (IF: 3.511; 被引用回数:241; Top 10%)
- [2] Moisted K, et al. Cleft Palate Craniofac J. 42: 78-82, 2005 (IF: 1.433; 被引用回数:96)
- [3] Massenburg BB, et al. J Craniofac Surg 27:1741-1745, 2016 (IF: 1.046; 被引用回数:46)
- [4] 片桐 渉ほか. 日顎変形誌. 30:213-225, 2020.
- [5] Heufelder M, et al. J Craniomaxillofac Surg 45:1578-1585, 2017 (IF: 2.078; 被引用回数:68)
- [6] Badiali G, et al. Review on augmented reality in oral and cranio-maxillofacial surgery: Toward “surgery-specific” head-up displays. IEEE Access 8: 59015-59028, 2020 (IF: 3.367; 被引用回数:15)
- [7] Koyachi M, et al. Int J Oral Maxillofac Surg. 50, 782-790, 2021 (IF: 2.789; 被引用回数:6)
- [8] Funada K, et al. Sci Rep 10:4918, 2020 (IF: 4.380; 被引用回数: 4)
- [9] Chiba Y, et al. Front Cell Dev Biol. 8:841, 2020 (IF:6.684; 被引用回数:12)
- [10] Elhennawy K, et al. J Dent. 55:16-24, 2016 (IF: 4.379; 被引用回数:132)
- [11] Butera A, et al. Children-Basel. 8,432, 2021 (IF: 2.863; 被引用回数:1)
- [12] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=SDF&timeline=expanded>
- [13] American Academy of Pediatric Dentistry. Policy on the use of silver diamine fluoride for pediatric dental patients. The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry; 2020:66-9.
- [14] Nogami Y, et al. Environ Health Prev Med. 26:11 (IF: 1.03; 被引用回数:1)
- [15] <https://www.jads.jp/basic/pdf/document-200722-3.pdf>
- [16] Michigami T, et al. Clin Pediatr Endocrinol. 29:9-24, 2020 (IF: 0.26; 被引用回数:17)

- [17] Okazaki Y, et al. *Eur J Pediatr*. 175: 433-437, 2016 (IF:3.183; 被引用回数:36)
- [18] Kitaoka T, et al. *Clin Endocrinol (Oxf)* 87: 10-19, 2017 (IF: 3.478; 被引用回数:59)
- [19] Okawa R, et al. *Plos One* 14: e0222931, 2019 (IF: 4.38; 被引用回数:8)
- [20] 尾崎正雄ほか. *日本歯科医学教育学会誌* 35:97, 2019.
- [21] Miura F, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*.59:350-361, 1971 (IF:2.65; 被引用回数:96)
- [22] Miura F, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 90:1-10, 1986 (IF:2.65; 被引用回数:329; Top 1%)
- [23] Kanomi R. *J Clin Orthod*. 31:763-767, 1997 (被引用回数:580; Top 1%)
- [24] Umemori M, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 115:166-174, 1999 (IF:2.65; 被引用回数:381; Top 1%)
- [25] Deguchi T, et al. *J Dent Res*. 2003;82 :377-381 (IF:6.116; 被引用回数:233; Top 1%)
- [26] Miyawaki S, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 24:373-378, 2003 (IF:2.65; 被引用回数:596; Top 1%)
- [27] Motoyoshi M, et al. *Clin Oral Implants Res*.17:109-114, 2006 (IF:5.977; 被引用回数:280; Top 1%)
- [28] Kuroda S, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 131:9-15, 2007 (IF:2.65; 被引用回数:295, Top 1%)
- [29] Uezono M, et al. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 101:1031-1038, 2013(IF:3.368; 被引用回数:41, Top 10%)
- [30] Kamioka H, et al. *Bone*. 28(2):145-149, 2001 (IF:4.398; 被引用回数:224, Top 10%)
- [31] Kanzaki H, et al. *J Bone Miner Res*. 17:210-220, 2002 (IF:6.741; 被引用回数:367, FWCI:4.28; Top 1%)
- [32] Yamashiro T, et al. *J Dent Res*. 80:1858-1861, 2001 (IF:6.116; 被引用回数:70; Top 10%)
- [33] Matsumoto T, et al. *J Dent Res* 92:340-345, 2013 (IF:6.116; 被引用回数:48; Top 10%)
- [34] Yamaguchi M, et al. *J Dent Res*. 85:751-756, 2006 (IF:6.116; 被引用回数:113; Top 10%)
- [35] Nishijima Y, et al. *Orthodont Craniofac Res*. 9:63-70, 2006 (IF:1.826; 被引用回数:144; Top 10%)
- [36] Kobayashi Y, et al. *J Bone Miner Res*. 15:1924-1934, 2000 (IF:6.741; 被引用回数:93; Top 10%)
- [37] Takahashi I, et al. *J Dent Res*. 82:646-651, 2003 (IF:6.116; 被引用回数:78; Top 10%)
- [38] Ohmae M, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 119:489-497, 2001 (IF:2.65; 被引用回数:177; Top 1%)
- [39] Kanzaki H, et al. *J Dent Res*. 80:887-891, 2001 (IF:6.116; 被引用回数:173; Top 1%)
- [40] Iino S, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;131:448.e1-8 (IF:2.65; 被引用回数:132; Top 10%)
- [41] Nishimura M, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133:572-583 (IF:2.65; 被引用回数:123; Top 10%)
- [42] Kawasaki K, et al. *Lasers Surg Med*. 2000;26:282-291 (IF:4.025; 被引用回数:240; Top 1%)
- [43] Chen F, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;131:372-377 (IF:2.65; 被引用回数:122; Top 10%)
- [44] Miyamoto JJ, et al. The representation of the human oral area in the somatosensory cortex: A functional MRI study. *Cereb Cortex*. 2006;16:669-675.(IF:5.357; 被引用回数:79)
- [45] Fukushima-Nakayama Y, et al. *J Dent Res*. 2017;96(9):1058-1066 (IF:6.116; 被引用回数:36)

- [46] Yamaguchi T, et al. Genome-wide linkage analysis of mandibular prognathism in Korean and Japanese patients. *J Dent Res*. 84:255-259, 2005 (IF:6.116; 被引用回数:75)
- [47] Kimura R, et al. *Am J Hum Genet*. 85:528-535, 2009 (IF:11.025; 被引用回数:118)
- [48] Tanimoto Y, et al. *J Biol Chem*. 279:45926-45934, 2004 (IF:5.157; 被引用回数:60)
- [49] Kurosaka H, et al. *Hum Mol Genet*. 26:1268-1279, 2017 (IF:6.150; 被引用回数:16)
- [50] Takeshita T, et al. *Sci Rep*. 60:1-11, 2016 (IF:4.38; 被引用回数:116; Q1)
- [51] Kageyama S, et al. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 73:1097-1102, 2018 (IF: 6.053; 被引用回数: 29; Q1)
- [52] Oku S et al. *PLoS Pathog*. 16:e1008348, 2020 (IF: 6.823; 被引用回数:9; Q1)
- [53] Amano A, et al. *J Dent Res*. 79, 1664-1668, 2000 (IF: 6.116; 被引用回数:282)
- [54] Amano A, et al. *J Periodontal Res*. 39, 136-142, 2004 (IF: 4.19; 被引用回数:283)
- [55] Kuboniwa M, et al. *J Dent Res*. 95:1381-1386, 2016 (IF: 6.116; 被引用回数:61)
- [56] Sakanaka A, et al. *Front Mol Biosci*. 8:742002, 2021 (IF: 4.615; 被引用回数:0)
- [57] Marcenes W, et al. *J Dent Res*. 92:592-597, 2013 (IF:6.116; 被引用回数 828; Top10%)
- [58] Ahmad P, et al. *J Dent Res*. 98:1425-1436, 2019 (IF:6.116; 被引用回数:15; Top10%)
- [59] Wang TT, et al. *Bull. World Health Organ*. 98:719-721, 2020 (IF 9.408; 被引用回数:6)
- [60] Lozano R, et al. *Lancet*. 396(10258):1250-1284, 2020 (IF:79.323; 被引用回数 48)
- [61] Aida J, et al. *Int Dent J*. 71:454-457, 2021 (IF 2.512; 被引用回数:2)
- [62] Matsuyama Y, et al. *Tohoku J Exp Med*. 244:163-173, 2018 (IF:1.848; 被引用回数:1)
- [63] Nakabayashi N, et al. *J Biomed Mater Res*. 16:265-273, 1982 (IF: 4.396; 被引用回数 1131)
- [64] Sano H, et al. *Dent Mater*. 10:236-240, 1994 (IF:5.304; 被引用回数:657)
- [65] Sano H, et al. *Oper Dent*. 20:18-25, 1995 (IF:2.440; 被引用回数:530)
- [66] Miyazaki T, et al. *J Prosthodont Res*. 57:236-261, 2013 (IF:4.642; 被引用回数:354; Top10%)
- [67] Mine A, et al. *Jpn Dent Sci Rev*. 55:41-50, 2019 (IF:5.093; 被引用回数:21)
- [68] Imazato S, et al. *Dent Mater*. 19:313-319, 2003 (IF:5.304; 被引用回数:214; Top10%)
- [69] Yoshihara K, et al. *Dent Mater*. 33:723-734, 2017. (IF: 5.304; 被引用回数:22,)
- [70] Shimada Y, et al. *J Dent*. 38:655-665, 2010 (IF:4.379; 被引用回数:115; Top10%)
- [71] Shimada Y, et al. *J Biophotonics*. 7:506-513, 2014 (IF:3.207; 被引用回数:65; Top10%)
- [72] Bakhsh TA, et al. *Dent Mater*. 27:915-925, 2011 (IF:5.304; 被引用回数:117; Top10%)
- [73] Imai K, et al. *J Endod*. 38:1269-1274, 2012 (IF:4.171; 被引用回数:81; Top10%)
- [74] Wada I, et al. *J Biophotonics*. 8:846-854, 2015 (IF: 3.207; 被引用回数:45; Top10%)
- [75] Shimada Y, et al. *Sci Rep*. 10:15754, 2020 (IF:4.380; 被引用回数:6)
- [76] Saito K, et al. *J Endod*. 39:1250-1255, 2013 (IF:4.171; 被引用回数:26; Top10%)
- [77] Yoshida S, et al. *J Dent Res*. 95:1282-1290, 2016 (IF 6.116; 被引用回数:27; Top10%)
- [78] Han L, Okiji T. *Int Endod J*. 44:1081-1087, 2011 (IF:5.264; 被引用回数:183; Top10%)
- [79] Maeda H, et al. *J Endod*. 36:647-652, 2010 (IF 4.171; 被引用回数:76; Top10%)
- [80] Ito S, et al. *J Dent*. 39:72-79, 2011 (IF 4.379; 被引用回数:82; Top10%)
- [81] Takahashi Y, et al. *Clin Oral Investig*. 23:1723-1731, 2019 (IF 3.573; 被引用回数:12; Top10%)

- [82] Nakashima M, et al. *Stem Cell Res Ther*. 8:61, 2017(IF:6.832; 被引用回数:142; Top10%)
- [83] Iohara K, et al. *Tissue Eng Part A*. 17:1911-1920, 2011 (IF:3.845; 被引用回数 197; Top10%)
- [84] Iohara K, et al. *Stem Cells Transl Med*. 2:521-533, 2013(IF :6.940; 被引用回数:123; Top10%)
- [85] Itoh Y, et al. *J Dent Res*. 97:1137-1143, 2018 (IF 6.116; 被引用回数:42; Top10%)
- [86] Murakami S, et al. *J Periodontol*. 89 Suppl 1:S17-S27, 2018 (IF:6.993; 被引用回数:60)
- [87] Izui S, et al. *J Periodontol*. 87:83-90, 2018 (IF: 6.993; 被引用回数:42)
- [88] Maekawa T, et al. *J Periodontal Res*. 49:785-791, 2014 (IF: 4.419; 被引用回数:98)
- [89] Tsukasaki M, et al. *Nat Commun*. 9:701, 2018 (IF:14.919; 被引用回数:84)
- [90] Maekawa T, et al. *Cell host microbe*. 15:768-778, 2014 (IF: 21.023; 被引用回数:271)
- [91] Kuboniwa M, et al. *Nat Micobiol*. 2:1493-1499, 2017 (IF: 17.745; 被引用回数:34)
- [92] Shin J, et al. *Sci Trans Med*. 7:307ra155, 2015 (IF: 17.992; 被引用回数:65)
- [93] Maekawa T, et al. *Nat Commun*. 6:8272, 2015 (IF:14.919; 被引用回数:80)
- [94] Hajishengallis G. *Nat Rev Immunol*. 15:30-44, 2015 (IF: 53.10; 被引用回数:1483)
- [95] Maekawa T, et al. *J Immunol*. 192:6020-6027, 2014 (IF: 5.422; 被引用回数:89)
- [96] Hajishengallis G, et al. *Trends Immunol*. 42:856-864, 2021 (IF: 16.687; 被引用回数:1)
- [97] Hasturk H, et al. *J Clin Invest*. 131: e152973, 2021 (IF: 14.808; 被引用回数:6)
- [98] Munenaga Y, et al. *Diabetes Res Clin Pract*. 100: 53-60, 2013 (IF:5.602; 被引用回数:19)
- [99] Katagiri S, et al. *J Diabetes Investig*. 4: 320-325, 2013 (IF: 4.232; 被引用回数:40)
- [100] Simpson T., et al. *Cochrane Database Syst Rev*. CD004714, 2015 (IF:9.289; 被引用回数:147)
- [101] Watanabe K, et al. *FASEB J*. 35: e21171, 2021 (IF: 5.191 ; 被引用回数:9)
- [102] Kashiwagi Y, et al. *Sci Rep*. 11: 18398, 2021 (IF: 5.192; 被引用回数:5)
- [103] Arimatsu K, et al. *Sci Rep*. 4: 4828, 2014 (IF:4.38; 被引用回数:214)
- [104] Kitamura M, et al. *Plos One*. 3:e2611, 2008 (IF:3.24; 被引用回数:123)
- [105] Kitamura M, et al. *J Dent Res*. 90:35-40, 2011 (IF:6.116; 被引用回数:150)
- [106] Kitamura M, et al. *J Bone Miner Res*. 31:806-814, 2016 (IF:6.741; 被引用回数:44)
- [107] Iwata T, et al. *Regen Ther*. 9:38-44, 2018 (IF:3.419; 被引用回数:66)
- [108] Sjoqvist S, et al. *J Extracell Vesicles*. 8:1565264, 2019 (IF:25.841; 被引用回数:36)
- [109] Nagata M, et al. *Tissue Eng Part A*. 23:367-377, 2017 (IF:3.845; 被引用回数:63)
- [110] Yamamoto T, et al. *Psychosom Med*. 74: 241-248, 2012 (IF: 4.312; 被引用回数: 124)
- [111] Yoneyama T, et al. *Lancet*. 354(9177):515, 1999 (IF: 79.321; 被引用回数: 234)
- [112] Yoneyama T, et al. *J Am Geriatr Soc*. 50: 430-433, 2002 (IF: 5.562; 被引用回数: 494)
- [113] Shiraishi A, et al. *Clin Nutr*. 38:2677-2683, 2019 (IF: 7.324; 被引用回数: 20)
- [114] Yoshikawa M, et al. *J Am Geriatr Soc*. 54: 444-449, 2006 (IF: 5.562; 被引用回数: 35)
- [115] Yamazaki M, et al. *J Oral Rehabil*. 34:159-168, 2007 (IF: 3.837; 被引用回数: 93)
- [116] Ikebe K, et al. *Arch Oral Biol*. 56:991-996, 2011 (IF: 2.633; 被引用回数: 140)
- [117] Nishigawa K, et al. *J Oral Rehabil*. 28:485-491, 2001 (IF: 3.837; 被引用回数: 191)
- [118] Miyawaki S, et al. *Sleep*. 26: 888-892, 2003 (IF:5.849; 被引用回数: 53)
- [119] Abe Y, et al. *J Sleep Res*. 21: 289-296, 2012 (IF: 3.981; 被引用回数: 49)

- [120] Hasegawa Y, et al. J Clin Sleep Med. 9: 1139-1145. 2013 (IF: 4.062; 被引用回数: 37)
- [121] Hoashi Y, et al. J Prosthodont Res. 61:242-250, 2017 (IF: 4.642; 被引用回数: 5)
- [122] Atsuta I, et al. Clin Implant Dent Relat Res. 16:772-781, 2014 (IF:3.932; 被引用回数:23)
- [123] Narimatsu I, et al. ACS Biomater Sci Eng. 5:4976-4984, 2019 (IF:4.749; 被引用回数:9)
- [124] Sakamoto Y, et al. Materials (Basel). 12:2748, 2019 (IF:3.623; 被引用回数:3)
- [125] Egusa H, et al. J Prosthodont Res. 56:151-165, 2012 (IF:4.642; 被引用回数:202)
- [126] Egusa H, et al. Plos One. 5:e12743, 2010 (IF:3.24; 被引用回数:121)
- [127] Yu G, et al. J Dent Res. 95:110-118, 2016 (IF:6.116; 被引用回数:10)
- [128] Egusa H, et al. Stem Cells Dev. 23:2156-2169, 2014 (IF:3.272; 被引用回数:36)
- [129] Okawa H, et al. Stem Cells Int. 6240794, 2016 (IF:5.443; 被引用回数:14)
- [130] Limraksasin P, et al. Stem Cells Int. 7082679, 2020 (IF:5.0443; 被引用回数:4)
- [131] Zhang M, et al. Biomaterials. 260:120334, 2020 (IF:12.479; 被引用回数:5)
- [132] Ono M, et al. Sci Rep. 7:44522, 2017 (IF:4.38; 被引用回数:28)
- [133] Takagi R, et al. Sci Adv. 2: e1500887, 2016 (IF:14.143; 被引用回数:58)
- [134] Oshima M, et al. Sci Rep. 4:6044, 2014 (IF:4.38; 被引用回数:47)
- [135] Ogawa M, et al. Nat Commun. 4:2498, 2013 (IF:14.919; 被引用回数:110)
- [136] Sasaki J, et al. Tissue Eng Part A. 16: 2497-2504, 2010 (IF:3.845; 被引用回数:29)
- [137] Sasaki J, et al. Integr Biol. 4: 1207-1214, 2012 (IF:2.192; 被引用回数:38)
- [138] Matsumoto T, et al. Tissue Eng A. 13: 207-217, 2007 (IF:3.508; 被引用回数:82)
- [139] Egusa H, et al. Tissue Eng A. 19: 770-782, 2013 (IF:3.845; 被引用回数:41)
- [140] Tanaka J, et al. Nat Commun. 9:4216, 2018 (IF:14.919; 被引用回数:48)
- [141] Yamashita A, et al. Stem Cell Reports. 4:404-418, 2015 (IF:7.765; 被引用回数:129)
- [142] Kanke K, et al. Stem Cell Reports. 2:751-760, 2014 (IF:7.765; 被引用回数:52)
- [143] Zujur D, et al. Sci Adv. 3: e1602875, 2017 (IF:14.143; 被引用回数:32)
- [144] Yamashita A, et al. Nature. 513(7519):507-511, 2014 (IF:49.962; 被引用回数:131)
- [145] Onodera S, et al. Stem Cell Reports. 15:125-139, 2020 (IF:7.765; 被引用回数:5)
- [146] Ishikawa K. Materials (Basel). 3:1138-1155, 2010 (IF:2.972; 被引用回数:123)
- [147] Suzuki O, et al. Tohoku J Exp Med. 164:37-50, 1991 (IF:1.848; 被引用回数:217)
- [148] Suzuki O, et al. Biomaterials. 27:2671-2681, 2006 (IF:12.479; 被引用回数:265)
- [149] Ono M, et al. Cells Tissues Organs. 199:249-55, 2014.(IF:2.481; 被引用回数:10)
- [150] Nguyen HT, et al. J Bone Miner Res. 34:327-332, 2019 (IF:6.741; 被引用回数:6)
- [151] Mikai A, et al. Int J Mol Sci. 21:7028, 2020 (IF:5.924; 被引用回数:5)
- [152] Fujiwara H, et al. Cell. 144:577-589, 2011 (IF:41.584; 被引用回数:204)
- [153] Ishii K, et al. Stem Cell Reports. 10:568-582, 2019 (IF:7.765; 被引用回数:13)
- [154] Komori T, et al. Sci Rep. 8:2612, 2018 (IF:4.38; 被引用回数:12)
- [155] Sonoyama W, et al. Plos One. 1:e79, 2006 (IF:3.24; 被引用回数: 1424)
- [156] Tuskasaki M, et al. Nature communications. 701:2018.(IF:14.919; 被引用回数:103)
- [157] Akiyama K, et al. Cell Stem Cell. 10:544-555, 2012 (IF:24.633; 被引用回数:631)

- [158] Nakao Y, et al. *Acta Biomaterialia*. 122: 306-324, 2021 (IF:8.947; 被引用回数:18)
- [159] Aung KT, et al. *Int J Mol Sci*. 21:8103, 2020 (IF:5.924; 被引用回数:5)
- [160] Amit M, et al. *Cancer* 119:4242-4248, 2013 (IF: 6.860; 被引用回数:103)
- [161] 口腔癌診療ガイドライン 2019 年版. 口腔癌診療ガイドライン改訂合同委員会編(日本口腔腫瘍学会・日本口腔外科学会), 金原出版, 東京, 2019.
- [162] 国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」ganjoho.jp.
- [163] Fujibayashi T, et al. *Mod Rheumatol* 14:425-434, 2004. (IF: 3.023; 被引用回数:212)
- [164] Umehara H, et al. *Mod Rheumatol* 22:21-30, 2012. (IF:3.023; 被引用回数:1310; Top 1%)

(3) Society5.0・SDGs を踏まえた歯学・口腔科学の展望

- [1] Chiba Y, et al. *Front Cell Dev Biol*. 8:841, 2020 (IF:5.870; 被引用回数:14; Top10%)
- [2] Kashiwagi, et al. *Sci Rep*. 11:18398, 2021 (IF:4.379)
- [3] Shimizu S, et al. *J Dent Res*. 94:555-561, 2015 (IF:6.116; 被引用回数:43; Top10%)
- [4] Miyauchi S, et al. *J Dent Res*. 96:339-346, 2017 (IF:6.116; 被引用回数:5)
- [5] Sudo T, et al. *J Dent Res*. 96:1100-1105, 2017 (IF:6.116; 被引用回数:7)
- [6] Kimura R, et al. *Hum Mol Genet*. 24:2673-2680, 2015 (IF:5.549; 被引用回数:21)
- [7] Ikuno K, et al. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 145:757-762, 2014 (IF:2.650; 被引用回数:30; Top10%)
- [8] Kisoda S, et al. *Oral Dis*. 26:1149-1156, 2020 (IF:3.511; 被引用回数:12; Top10%)
- [9] Rahman MM, et al. *Oncol Rep*. 43:16-30, 2020 (IF:3.906; 被引用回数:14; Top10%)
- [10] Matsuyama Y, et al. *J Dent Res*. 96:1006-1013, 2017 (IF:6.116; 被引用回数:26; Top10%)
- [11] Matsuyama Y, et al. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30849271/> *J Dent Res*. 98:510-516, 2019 (IF:6.116; 被引用回数:16; Top10%)
- [12] Takeuchi K, et al. *J Dent Res*. 98:534-540, 2019 (IF:6.116; 被引用回数:25; Top10%)
- [13] Fukuhara S, et al. *J Dent Res*. 100:361-368, 2021 (IF:6.116; 被引用回数:1)

＜参考情報＞各分野における国際比較の総括表

以下の国際比較の表は、2013 年度の報告「我が国における歯科医学の現状と国際比較」にある比較表に準じて、各分野の執筆者が、論文をもとに評価を行った。地域を日本、米国、欧州、アジア（主に東アジア）の地域に、その研究のフェーズを「研究水準」、「技術開発水準」、「産業技術力・臨床水準」に分け、現状〔A：非常に進んでいる、B：進んでいる、C：遅れている、D：かなり遅れている〕とその研究の活性のトレンド〔↑：上昇傾向、→：現状維持、↓：下降傾向〕で評価した。なお、その評価は、我が国の現状を基準にした相対評価ではなく、絶対評価とした。

2-(1) 唾液腺

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	→	唾液腺の発生・再生および免疫疾患に関する研究は高い水準を維持している。
	技術開発水準	A	→	遺伝子の網羅的解析技術、プロテオミクス、バイオインフォマティクスを応用した高い研究技術を維持している。
	産業技術力臨床水準	B	→	臨床応用を目指したトランスレーショナルリサーチの推進、環境整備が望まれる。
米国	研究水準	A	→	NIH を中心として高い研究水準を維持している。
	技術開発水準	A	↗	分子プロファイリングなどの高い技術を発展させている。
	産業技術力臨床水準	A	→	豊富な資金力による高い産業技術力を維持している。
欧州	研究水準	B	→	一部の高い水準の研究が維持されている。
	技術開発水準	B	→	本分野での標準的な技術開発水準が維持されている。
	産業技術力臨床水準	B	→	一部の高い産業技術力が維持されている。
アジア	研究水準	A	↗	中国を中心に高い研究水準に進展している。
	技術開発水準	B	↗	中国を中心に本分野での研究技術の水準が向上している。
	産業技術力臨床水準	A	↗	豊富な資金力と産学の連携により産業技術力は進展している。
全体コメント 本邦の唾液腺研究は、質・量ともに中国に次いで3位に下降しているが、唾液腺の再生技術の開発など、特徴的な研究が進展している。				

2-(2) 骨・軟骨代謝

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	↑	独創的な基礎研究が行われている。
	技術開発水準	A	↑	世界各国と比べて、我が国の技術水準は高い。
	産業技術力臨床水準	B	→	改善されつつあるが、まだまだ米国に比べて産業技術への開発環境、例えば産学連携が弱い。
米国	研究水準	A	↑	研究技術の開発が早く、研究のトレンドとなる研究が行われている。
	技術開発水準	A	↑	医薬品開発・製品化への技術開発が早い。
	産業技術力臨床水準	A	↑	医薬品開発・研究機器・研究材料開発の産業技術力が高い。
欧州	研究水準	B	↑	研究水準は高いが、本邦や米国に比べて Top ジャーナル掲載論文数が少ない。
	技術開発水準	A	↑	伝統的に医薬品開発や研究機器や研究材料の開発技術が高い。
	産業技術力臨床水準	A	↑	医薬品開発・製品化が早い。
アジア	研究水準	C	↑	近年、中国からの Top ジャーナル掲載論文は著しく増加している。しかし、独創性は、他国と比較して高いとは言えない。
	技術開発水準	C	↑	中国は、研究開発費が伸びており、発表論文数に反映されている。今後、独創的な技術開発が増える可能性は高い。
	産業技術力臨床水準	C	↑	中国の産業技術力の伸びは著しい。しかし、製品の完成度、信頼度が欧米や日本製品に比べて劣る。
全体コメント 日本は、米国と並んで世界的な研究を牽引してきた。最近、経済活動の進展に伴い、中国の情報発信力が高まっている。日本においては、国家や民間企業による幅広い研究活動の支援がますます重要と思われる。				

2-(3) 歯・顎・顔面の発生・異常

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	研究方向としては進んでいるが、研究資金不足と考えられる。また、研究人口が増えない。
	技術開発水準	B	→	研究人口の増加がないと、技術開発の余力が生まれない。
	産業技術力臨床水準	B	→	研究内容が多様化しないと、産業技術力が生まれない。
米国	研究水準	A	↗	現時点の研究業績では一番であると考えられる。
	技術開発水準	A	→	新たな技術の該当研究領域への導入が早い。
	産業技術力臨床水準	B	→	基礎研究の産業への結びつきについては、もう少し基礎研究によって蓄積される研究業績が必要である。
欧州	研究水準	A	→	研究資金として、網羅的な解析に対する研究資金を得る機会が少ないと考える。
	技術開発水準	B	→	新たな技術の該当研究領域への導入が早いですが、研究資金面でやや開発が遅れていると考えられる。
	産業技術力臨床水準	B	↗	基礎研究の産業利用への発展に興味が集まっていると考えられる。
アジア	研究水準	C	→	アジアでは、基礎研究よりも応用研究が好まれ、かつ頭蓋顎顔面領域を研究する人口が少ない。ただし、中国では基礎研究を行う研究者人口が増えている。
	技術開発水準	C	→	中国を除くと、技術開発は欧米への依存度が高いと考えられる。
	産業技術力臨床水準	C	↗	産業に生かせるテーマへの興味は大きいと考えられる。
全体コメント アジアの中で、近年、中国は当該研究領域でも、高額な研究資金を背景に網羅的な解析を行った研究業績が出てきている。				

2-(4)-① 味覚

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	日本発祥のうま味研究（英語でも UMAMI と表記）を基軸として、遺伝子改変マウスと超微細技術を駆使した末梢経路解析、神経伝達物質放出機構の研究は世界をリードしている。
	技術開発水準	A	→	うま味物質を含むアミノ酸の受容分子基盤は、KOKUMI 物質の開発をはじめ様々な企業による健康食品や医薬品開発へと広く応用展開されている。
	産業技術力臨床水準	B	→	日本味と匂学会を中心として基礎研究と産業界との連携が進んでいる。また、5 感研究者による“感覚研究コンソーシアム”が設立され産学連携推進事業が始まった。
米国	研究水準	A	→	多くの研究拠点が形成されており、多種における味覚受容体から味細胞内伝達や中枢情報処理機構の解明に至るほぼ全ての領域で世界をリードしている。
	技術開発水準	A	→	シングルセル RNA-seq や味蓄オルガノイド等技術開発水準が高い。肥満や糖尿病対策のために腸・脳連関による摂食調節機構の解明と医療応用研究が進んでいる。
	産業技術力臨床水準	B	→	COVID-19 における味覚・嗅覚障害の治療法の開発に焦点を当てた新たな学術組織が立ち上がり（ITSD、GCCR）、世界をリードしている。産業化システムも確立している。
欧州	研究水準	B	→	各国に味覚と栄養・健康を統括的に研究する拠点があり、特にヒト肥満との関連解析が進んでいる。苦味受容体の機能解析では世界をリードしている。
	技術開発水準	B	→	栄養と健康に関する研究技術が高い。苦味の受容体の構造活性相関から中枢への神経投射さらに他臓器における機能解析まで多角的な展開が見られる。
	産業技術力臨床水準	A	→	研究能力の高い食品化学企業による研究開発が進んでいる。
アジア	研究水準	B	↗	中国では、論文数は近年急増しており、2018 年以降は日本を上回り、米国に迫る勢いであり、質の高い研究の数が増加している。韓国でも <i>Drosophila</i> の味覚研究において質の高い研究成果が多く見られる。ヒトを対象とした研究も増加している。
	技術開発水準	B	↗	中国では、欧米からの帰国研究者へ豊富な資金が投入されており、基礎研究だけでなく、ヒトにおける臨床研究が驚異的なスピードで進んでいる。その他の国での開発水準は低い。
	産業技術力臨床水準	B	↗	中国では、人材と合わせて独自の技術が生まれる環境も整ってきており、COVID-19 関連論文は米国に続いている。また韓国化学感覚摂食行動研究会が設立され、日本味と匂学会との協働が始まっている。
全体コメント 全体コメント：2021 年度のノーベル医学生理学賞を痛覚・触覚の研究者が受賞したことにより、味覚を含む感覚研究の重要性が世界で急激に高まっている。Scopus における味覚領域の論文数（過去 5 年）の国別分布 Top5 は米国、中国、英国、インド、イタリアとなっており、米国が圧倒的に多く、欧州が続く。中国は 2012-2016 年と比べると倍増しているのに対して日本は第 6 位、韓国は 13 位で横ばい傾向である。世界に比して我が国の歯科医学領域における味覚研究者数は多く、研究水準も非常に高いことは特筆すべき点である。しかし、研究費の過度の選択と集中による研究領域全体の水準低下が危惧される。				

2-(4)-② 口腔顔面痛

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	研究水準は現状維持できているが、歯科医学研究者が減少傾向にあるため、今後はトレンドが下降する可能性がある。
	技術開発水準	B	↗	オプトジェネティクスなどの新技術が導入されつつあり、今後の技術開発水準の向上が期待できる。
	産業技術力臨床水準	C	→	口腔顔面痛治療薬または治療法開発に、我が国はほとんど寄与できていない。産学連携の推進が必要である。
米国	研究水準	A	↗	世界中からポストドクを受け入れ、精力的に研究が進められている。研究水準はさらに向上が見込まれる。
	技術開発水準	A	→	神経生理学分野の研究で開発された新技術が、口腔顔面痛研究に応用されるのが早い。
	産業技術力臨床水準	B	→	製薬企業との連携で新規慢性疼痛治療薬の開発が進んでいるが、口腔顔面痛に特化した治療薬開発はない。
欧州	研究水準	C	→	臨床研究は進んでいるが、基礎研究者が少ないため基礎研究水準は停滞気味である。
	技術開発水準	D	→	神経生理学分野での技術開発は散見されるが、口腔顔面痛研究に応用される技術開発はほとんどなされていない。
	産業技術力臨床水準	B	→	製薬企業との連携で新規慢性疼痛治療薬の開発が進んでいるが、口腔顔面痛に特化した治療薬開発はない。
アジア	研究水準	C	→	アジア全体の研究水準は低い。しかし、中国および韓国では米国から帰国した研究者によって急速に研究水準が上昇している。
	技術開発水準	D	→	新技術が導入されつつあるが、アジア独自の技術開発はあまり進んでいない。
	産業技術力臨床水準	D	↗	現状では産業技術力は低い、しかし、中国では、豊富な資金力を背景に今後急速に産業技術力が向上すると予想される。
全体コメント 現在我が国における口腔顔面痛の研究水準は現状維持できているが、昨今の歯科医学研究者数の減少と研究費の削減により今後下降傾向となると思われる。特に研究費に関して、欧米では産学連携、中国では国家レベルの研究者支援が見込まれるが、我が国では研究費のソースは限られる。今後は臨床研究と基礎研究を同時に進め、産学連携を推進することが望まれる。				

2-(4)-③ 咀嚼・嚥下機能

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	↗	過去ほどの勢いはないものの、異分野の研究者が咀嚼は脳機能の発達に重要であるという論文を発表するなど、新規参入も認められた。fMRI や NIRS などを用いた嚥下運動における脳機能活動測定なども精力的に行われている。研究者の人材育成やさらなる研究水準の向上には一層努力を要する。
	技術開発水準	A	→	神経生理学研究で盛んに行われている光遺伝学や薬理遺伝学などの新技術が咀嚼嚥下研究にも応用されつつあるが、学術論文としてはまだ発表されていない。
	産業技術力臨床水準	B	→	咀嚼や嚥下の臨床研究と産学連携における成果が発表され、特に、咀嚼をモニタリングする咀嚼計とそのアプリの開発や摂食嚥下機能障害に適した食事用具や介護食などが開発されている。また、学童期から高齢期までの食育を充実させる努力も開始されている。
米国	研究水準	B	→	咀嚼の基礎研究者は北米でも減少傾向にあるが、従来から咀嚼研究を行っている研究拠点から継続して研究成果が報告されており、高い研究水準を保っている。一方、嚥下の基礎研究の規模は大きくはなく、研究水準の高い少数の研究拠点がある程度である。
	技術開発水準	A	↗	咀嚼リズム形成におけるアストログリアの新たな役割や咀嚼研究に対するウィルスベクターの新規応用が報告されるなど、技術開発が着実に推進されている。
	産業技術力臨床水準	B	→	咀嚼・嚥下障害に対する産業界からのニーズは必ずしも高いとはいえない。産業技術力は高い水準にあるため、高齢化の進展の状況によっては産業化が促進される可能性は十分にある。
欧州	研究水準	B	→	嚥下の基礎研究は、2000 年以降急速に勢いが弱まっていたが、ここ数年、以前とは異なるフランスの複数のグループが研究成果を報告するなど新規参入が認められる。咀嚼の基礎研究に関しては、単発の研究成果は継続して報告されているが、研究規模は大きくない。
	技術開発水準	B	→	以前から行われている研究技術を用いた報告がほとんどであり、新たな技術の開発はあまり見込めない。
	産業技術力臨床水準	B	→	臨床研究における成果は報告されているが、この分野での基礎研究が停滞する中で、両者の連携は乏しい。一方、産業界で介護食開発の動きがある。
アジア	研究水準	C	→	韓国では電子顕微鏡を用いて咀嚼、嚥下に関与する神経細胞の形態に関する研究成果が数多く報告されている。またオーストラリアでは嚥下の中核制御に関する研究成果が報告されている。しかしアジア全体では研究水準は高くない。
	技術開発水準	C	→	この領域での、技術開発は低く、新技術開発には至っていない。
	産業技術力臨床水準	C	→	この領域での、産業技術開発への進展は見られない。
全体コメント 我が国における咀嚼嚥下に関する基礎研究は、新規参入の研究者が多少増加し、新技術の応用も始まっていることから、やや伸び気味である。米国でも同様に、継続的な研究成果の報告や技術開発が行われている。一方で、欧州では以前の勢いはなくなっており、アジア全体では研究水準は高くない。この分野の研究は我が国では歴史があるが、研究水準のさらなる向上のためには、早期のテコ入れが必要である。				

2-(5) 免疫・感染

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	↑	我が国における免疫の基礎研究分野の研究レベルは極めて高水準である。感染分野でも、歯周病原細菌解析から生物学的にインパクトが高い研究が認められている。これを更に発展させるには、研究体制や研究開発費の整備が急務である。
	技術開発水準	B	→	研究レベルは高くシーズはあるものの、それを応用する目的での他の研究分野・企業との協力体制を取るのが困難なため研究レベルを技術開発に生かせていない。
	産業技術力臨床水準	C	→	歯科分野では医薬品開発に関わる企業が少なく、資金の規模が小さい点と、それに対する国家的な戦略も十分でないため産業化技術レベルは低い。
米国	研究水準	A	↑	オミックス解析データを取り込んだ研究等規模の大きな高レベル研究が多数報告されると同時に、研究領域も広範囲に及び、歯科領域の研究を牽引している。
	技術開発水準	A	↑	大学と企業間の緊密な協力体制による精度が高い研究が多数行われ、最高レベルの開発水準を生み出している。
	産業技術力臨床水準	A	↑	新薬・診断キットを目的とした精度の高い研究が数多くなされ、オミックスデータの蓄積もなされつつあり、高い産業技術力を有する。
欧州	研究水準	B	→	以前と変わらず基礎的で質の高い研究が持続的に行われているが、2010年以前と異なり米国に比肩するようなエボックメーカーキングなものは減少している。
	技術開発水準	B	→	技術開発に関わるレベルの開発研究はあるが、実際の開発に繋がるものは少ない。
	産業技術力臨床水準	B	→	医薬品レベルの開発は少ないが、細菌叢を改善するサプリメント等のレベルの製品については高い開発力を維持している。
アジア	研究水準	A/B	↑	世界的に見て中国、シンガポール等の研究のレベル、論文投稿数は劇的に増加している。現在のところまだ歯学領域を牽引する研究は少ないが、近い将来、増加すると考えられる。
	技術開発水準	B/C	↑	実用化を目的とした研究は数多くなされているが、現時点では精度の点に問題があるものが多い。海外の研究者を取り込みレベル向上に努めているため、今後急速に向上する可能性がある。
	産業技術力臨床水準	B/C	↑	海外技術の吸収と価格を抑えた製品の生産により、既存のものを中心に技術力を向上させ急速に産業技術力をつけつつある。
全体コメント 感染免疫分野の学術研究は、元々高水準であった免疫領域の研究に加え感染領域においても歯周病原細菌解析から生物学的にインパクトが高い研究がなされ、歯科医学の免疫感染領域を牽引する研究に近いところまで来ている。これらの解析は未だ個々の研究者レベルであり、今後日本が免疫感染分野を世界的にリードする研究を生み出していくためには、他分野との融合、研究体制、人材育成を視野に入れた国家的なビジョンによる計画によるサポートが必要と考えられる。				

2-(6) 再生歯科医学

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	→	歯の再生における基盤研究は継続的に進められており、そのレベルも高い。細胞シートを用いた歯槽骨再生や唾液腺オルガノイドの開発など最先端の研究も進められている。
	技術開発水準	A	↗	iPS 細胞を用いた歯の再生技術や幹細胞による歯髄再生技術の開発が行われ高いレベルを維持している。加えて、抗体医療により細胞内シグナル伝達経路の制御による歯の再生が示されたことで、他の再生領域への波及も期待できる。
	産業技術力臨床水準	B	↗	iPS 細胞を用いた歯の再生や唾液腺の再生研究が進展したことで、細胞ソースの問題が解決され産業化が推進されるものと期待される。また、抗体医療による歯の再生技術を用いたベンチャー企業が立ち上げられ世界的な展開をみせている。
米国	研究水準	A	→	米国の基礎研究レベルは極めて高い。全体的に歯科領域における Top ジャーナル掲載数は少ないものの、過去 5 年間に歯科医学再生分野における Nature 姉妹紙への掲載が 5 本と Top を走る。
	技術開発水準	A	↗	米国の技術開発は、幹細胞と材料による組織再生をさらに発展させて 3 次元的に組織を構築する Bioprinting 技術の開発に移行しつつある。
	産業技術力臨床水準	B	→	NIH 主導のプロジェクトでは、3D bioprinting 技術開発やオルガノイド形成技術の開発が進められている。また、再生医療の早期臨床試験を可能にするコンソーシアムの構築 (G-DOCTOR) もみられ産業化への基盤構築が進められている。
欧州	研究水準	A	→	イタリアからの論文掲載数が最も多いが、その質は必ずしも高くはないと思われる。イギリス、ドイツからの論文掲載数が比較的多く、そのレベルも高いと思われる。
	技術開発水準	B	→	欧州全体からみるとインプラント関連など臨床系の論文報告が多い傾向がある。歯の再生関連の技術開発における進展は必ずしも多くはないと思われる。
	産業技術力臨床水準	C	→	基礎研究レベルは高いが、産業化が積極的に進められているかどうかは疑問である。
アジア	研究水準	A	↗	直近 5 年間ににおける中国からの歯の再生関連の論文数は急速に増え、歯科領域の Top ジャーナルである JDR 数は我が国を超えている。また、韓国からの報告も散見される。
	技術開発水準	B	↗	直近 5 年間ににおいては、中国から掲載された歯の再生関連論文の引用回数が 100 以上のものが多数見られ、我が国よりもその数は多い。中国における技術開発水準は急速に向上しているものと思われ、韓国においても中国に次ぐ論文の引用回数となっている。
	産業技術力臨床水準	B	↗	中国においては、再生医療を実現化する環境は整えられつつあると思われる。
全体コメント 過去の PubMed 論文掲載数を国別で比較すると、最近 5 年間 (2017 年～2017 年) の掲載数は、唾液腺再生分野を除くいずれの領域においても中国からの掲載数が飛躍的に増え、既に米国の総数を上回る勢いである。一方、我が国について言えば、論文掲載数は、中国、米国に次ぐ存在であるが、韓国の掲載数が伸び我が国を追随する存在となっている。				

2-(7) がん

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	↑	口腔領域の基礎研究は浸潤転移機構、がん微小環境の解明など世界をリードする研究が展開されており論文数や引用件数も多い。医学、理学、多分野連携が進んでいる。米国・欧州にくらべ歯学博士取得者が各方面で成果を上げていることは諸外国に比べ評価される。一方、研究者養成には大学院生や若手研究者、アカデミア研究者の経済支援など国レベルでの整備が不可欠と思われる。
	技術開発水準	B	↑	AMEDなどが先導する形で、オミックス研究、デジタルトランスフォーメーションによるシーズの企業導出支援の体制が我が国でも整備されつつあるが、我が国発のコンパニオン診断、分子標的薬は諸外国に比べ依然少ない。
	産業技術力臨床水準	B	↑	産学連携はこの10年で進んでいるが、諸外国に比べて未だ十分とはいえない。Drug repositioningによる治療標的シーズの企業導出、リキッドバイオプシーへの応用などシームレスな支援が望まれる。諸外国では既におこなわれているが、口腔がん検体、ゲノム情報、画像データを集約するコンソーシアムの整備と国際連携が必要である。
米国	研究水準	A	↑	政府主導による研究支援により、ゲノム研究、AI研究など世界をリードしている。PhD取得者のポジションが多く研究を担う中心が大学院生ではなくポストドクであり、レベルの高い研究が展開される。コロナ前よりオンラインで打ち合わせが頻回で共同研究が盛んである。
	技術開発水準	A	↑	非常に高度な研究水準を示す。しかし、多くが歯学部や歯科以外で行われている。
	産業技術力臨床水準	A	↑	ゲノム医療、がんワクチン、DDSなど過去10年以上の基礎研究の成果の実用化がされている。背景にはベンチャー企業への支援など国策として基礎研究の実用化が進んでいることがある。
欧州	研究水準	A	↑	米国同様高い研究レベルを示す。大学院生の待遇（授業料無償）などもあり、若手研究者のキャリア形成を推進する環境も整っている。
	技術開発水準	A	↑	高度な研究水準を示す。
	産業技術力臨床水準	A	↑	欧州内、あるいは米国と連携しトランスレーショナル研究から臨床試験へと進めるための整備を整えている。
アジア	研究水準	B	↑	中国はシングルセルレベルでのトランスクリプトーム研究、ゲノム研究とともに研究論文数も多い。韓国、台湾、シンガポールもレベルが向上している。
	技術開発水準	B	↑	研究水準の向上に伴い、技術開発も急速に進んでいる。
	産業技術力臨床水準	A	↑	アカデミアでの競争レベルは激しく、優秀な人材の確保に務めている。研究資金も多く投入され、研究におけるDX、オミックス研究成果の実用化、知財確保も活発に行われている。
全体コメント 歯学・口腔領域のがん研究においては全体的には米国の研究がリードしているが、基礎研究においては我が国も世界に先駆けている分野がある。研究シーズの実用化支援体制に入り込むことで我が国からの新技術発信も期待される。一方、希少がんの口腔がんの臨床検体を用いた研究の強化のためには、欧米諸国が先導している取組にみられるように検体、解析情報などの集約、整備が望まれる。アジア諸国の研究レベル、産業技術力の向上は目覚ましく、特に中国は多くの財源を研究に投じ、DX推進によりインパクトのある研究成果を発信し我が国より優位にたっている。				

2-(8) 歯科バイオマテリアル

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	レジン系、接着に関して高いレベルの研究力・論文数を維持している。金属・無機系材料でも質の高い研究力を持っているが、全体的に論文数については減少傾向にある。
	技術開発水準	A	→	優れたシーズが多くあり、基礎研究から派生する技術開発水準は高い。
	産業技術力臨床水準	B	→	産業化に関しては一層の努力が必要であり、規制緩和などの制度的改善が求められる。
米国	研究水準	C	↘	基礎研究、特にレジン系材料、CAD/CAM については我が国同様に継続的に質の高い研究が行われている。
	技術開発水準	B	→	オリジナリティーの高い研究が散見される。臨床応用に直結する姿勢での研究が多い。
	産業技術力臨床水準	B	→	研究を実用化に結びつけ産業化を促進する制度が整っている。
欧州	研究水準	A	↗	基礎研究から応用に繋がる研究まで一貫して質の高い研究が行われている。特にセラミックス系材料で新規性の高い開発を行っている。
	技術開発水準	A	↗	基礎研究から産業化まで一貫した体制を有している。
	産業技術力臨床水準	B	→	特にセラミックス材料や CAD/CAM 関連システムなどを一貫して応用に繋げる高い開発力を維持している。
アジア	研究水準	B	→	論文数の点では急激に伸びており、オリジナリティーの高い研究も散見されるが、未だ模倣研究も多い。
	技術開発水準	B	↗	急激な投資により開発力の向上がめざましい。
	産業技術力臨床水準	B	→	産業化に力を入れているが、新規材料・技術の実用化の点では未だ少ない。
全体コメント 日米欧は共に高い水準の研究を展開しているが、我が国は接着・レジン系材料に、欧米はセラミックス系材料、CAD/CAM 関連に強みを有している。アジア諸国は近年の研究開発への投資の増加から研究レベルおよび産業化の開発力も上昇している。				

3-(1)-① 顎顔面発生・異常の診断

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	多くの高水準の基礎的研究が行われているが、予防や診断といった臨床応用に直結するような革新的な結果ではない。
	技術開発水準	B	→	技術水準は高いものの開発力に乏しく、臨床応用に結びつくものは少ない。
	産業技術力臨床水準	A	→	日本独自の結果を重視したきめ細やかな治療・管理が行われており、臨床水準は高い。ただし、顎骨のCTデータによる3Dシミュレーション技術やビッグデータの活用などに関しては若干の遅れがある。
米国	研究水準	B	↘	比較的高水準の研究が多く行われているが、より臨床に重きを置く傾向にある。
	技術開発水準	B	→	高い産業技術力は維持されており、臨床応用されたものも出てきている。
	産業技術力臨床水準	A	→	治療・管理については高い臨床水準を保っている。
欧州	研究水準	B	↘	比較的高水準の研究が多く行われているが、より臨床に重きを置く傾向にある。
	技術開発水準	B	→	高い産業技術力は維持されており、臨床応用されたものも出てきている。
	産業技術力臨床水準	A	→	治療・管理については高い臨床水準を保っている。
アジア	研究水準	B	↗	中国ならびに韓国においては基礎的研究の水準が高くなってきている。特に韓国は顎変形症に関する研究が増えている。他のアジア諸国は一部は向上してはいるものの、依然として低い（以下の項目も同様）。
	技術開発水準	B	↗	中国ならびに韓国においては、技術開発の水準が高くなってきており、政府を含めて積極性に開発を進め、臨床応用されたものも出てきている。
	産業技術力臨床水準	B	↗	中国ならびに韓国においては、中国では豊富な症例を活かしており、韓国では顎変形症の治療において新たな技術や機器を積極的に導入している。
全体コメント 我が国の研究ならびに臨床水準は全般に高いものの、技術開発の面では若干の遅れがある。米国と欧米は全般に高水準を保っているが、臨床に重きを置いている傾向がみられる。アジアについては、特に中国や韓国の躍進があり、中国では症例数が豊富で、研究ならびに臨床水準は高くなってきている、韓国は新たな技術や機器の導入に積極的である。				

3-(1)-② 小児歯科医学

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	→	小児の口腔機能に関する臨床研究が加速している。乳歯歯髄を用いた再生医療技術開発などの取り組みは進行しているが、国際的には再生医療の実用化に向けた動きが加速し、歯髄幹細胞を直接脳内の神経組織再生に応用する臨床研究が行われており、国内の研究はやや遅れている。その背景には、研究倫理の審査手続きの煩雑さや研究予算の規模が欧米や中国はもとより東南アジア諸国にも後れを取っているためである。一方では、小児の新たな口腔疾患（MIH や HSPM）に対する原因究明や疾患発症予防法の開発も期待されている。
	技術開発水準	B	↗	大学と企業連携が加速しており、新しい歯科材料の研究が進んでいるが、とくに、歯冠修復材料であるコンポジットレジンや予防充填材、コーティング材の開発が進んでいる。ロボット開発や IoT 技術を駆使した歯科機器の開発は進んでいるが、コスト面で実用化の障壁となっている。また、口腔機能の診断に関する検査機器の実用化はやや停滞しており課題といえる。
	臨床水準	B	→	臨床水準としては、国内での格差は大きいといえる。とくに専門医制度は充実しているものの、地域格差が大きく、小児歯科専門医が大都市圏に集中している。国際的にみた臨床水準は欧米と互角のレベルを維持しているが、小児歯科医育成プログラムおよび医療体制については十分とはいえないため、さらなる改善が期待される。
米国	研究水準	A	→	研究全般において世界をリードしており、小児歯科関連のメジャー誌への投稿数は最も多い。さらに、学術論文のクオリティも高く、修復材料や新技術の開発研究が進んでいる。
	技術開発水準	A	→	新しい材料開発に関しては、依然として世界の中心であり、特に、FDA の存在が大きく、開発から製品化までがスピーディである。
	臨床水準	A	→	小児歯科専門医育成の体制および医療体制が構築されていることから、高い医療水準にあるといえる。常に最新の歯科材料や機器が臨床応用される環境にある。
欧州	研究水準	A	→	診断や修復材料に関する研究は現状を維持している。
	技術開発水準	B	↘	大学と企業の共同研究による技術開発は行われてはいるが、経済状況などから新しい技術開発が停滞している。
	臨床水準	A	→	小児歯科専門医育成の体制および医療体制が構築されていることから、高い医療水準にあるといえる。
アジア	研究水準	A	↗	小児歯科領域に関する国際誌（小児歯科領域のメジャーな雑誌、3 誌）への掲載論文数も着実に伸びており、とくに中国や韓国の投稿数が顕著に増加し、基礎および臨床研究のアクティビティが上がっている。一方で、アジア全体としては、COVID-19 感染拡大の影響や政情不安により、研究体制（設備・予算）の整備は十分とは言えない。
	技術開発水準	B	↗	自国オリジナルの技術開発については、発展途上である。
	臨床水準	B	↗	臨床水準はアジア全体をみると格差が大きいといえる。とくに、中国と韓国を中心に、臨床レベルは高くなってきている。

全体コメント

我が国の小児歯科に関する研究水準や臨床水準は、アジアにおいては依然として高いレベルにあり、欧米と比較しても高いレベルを維持している。とくに、う蝕予防に関する材料の開発や歯冠修復材料の開発が進んでいる。さらに、我が国の小児歯科医療は、疾患対応から予防さらには口腔機能の育成へとパラダイムシフトしており、今後は口腔機能の診断技術の開発や製品化が加速するものと考えられ、検査機器や AI・IoT 機器の開発で世界をリードすることが期待される。しかしながら、小児歯科に関する研究者の育成は停滞しており、国際誌への投稿数もアジアの中でも、中国や韓国に差をつけられていることから、製品の実用化の下支えとなる基礎医学的研究の質の脆弱さが危惧される。

3-(1)-③ 不正咬合の改善

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	→	「歯科矯正用アンカースクリュー等」、「顎顔面先天異常」、「口腔顎顔面発生および再生医療」、「顎口腔機能の高次脳中枢制御機構」、「メカニカルストレスと骨代謝」等に関連した研究で世界をリードしている。
	技術開発水準	A	→	過去にダイレクトボンディング法、NiTi 合金ワイヤー、歯科矯正用アンカースクリュー等の実用化で世界をリードしてきたが、デジタル技術に応用した先端医療技術開発等ではやや立ち遅れが懸念される。
	産業技術力臨床水準	A	→	認定医制度、指導医制度、臨床指導医制度が整備され、高水準の臨床を維持している。また顎変形症や先天異常患者の治療に対する保険制度が整備されている。
米国	研究水準	A	→	研究指向のアカデミア人材が不足し、基礎・臨床研究の基盤強化が今後の課題となっている。研究の立ち遅れが近年顕著となっており、科学的知見に立脚した新規医療技術開発のプロセス構築が危ぶまれている。
	技術開発水準	A	→	コーンビーム CT、口腔内スキャナー、3D シミュレーション、3D プリントを用いた臨床が急速に普及発展してきている。一方、これらの多くは企業主導で進められており、科学的根拠の蓄積が課題である。
	産業技術力臨床水準	A	→	治療の質・量ともに他国に比べて高水準を保っている。世界に先駆けて専門医制度の大幅改革を敢行し、新たな時代に即した臨床レベルの維持・向上を目指してシステム作りを進めている。
欧州	研究水準	A	→	臨床研究やトランスレーショナル研究が幅広く行われており、その水準は高い。北欧、英国、オランダ、ドイツ、スイス等の研究水準は高いが、他国では研究水準にかなりばらつきが見られる。
	技術開発水準	A	→	ドイツや北欧などを中心に、精密な矯正用インスツルメンツや矯正用装置を開発する企業もあり、国際的にみて技術開発水準は高いといえる。
	産業技術力臨床水準	A	→	専門医制度が整備されており矯正治療の水準の維持が図られている。北欧や他の一部の国々では、口蓋裂や先天異常患者の治療システムが良好に整備されている。一方で、治療のレベルは各国間でばらつきが大きい。
アジア	研究水準	B	↗	中国、韓国の研究水準はすでに欧米や日本と比肩するレベルに到達している。特に中国の成長は著しく、質・量ともに米国を猛追している。台湾、シンガポール、タイ等においても研究レベルの向上が見られる。
	技術開発水準	B	↗	韓国企業の治療用装置・器具やデジタル技術に応用した検査機器等の開発力は世界有数といえる。中国も早晚追いついていくことが予想される。それに比して、中央、東南アジア諸国はまだ発展途上の段階にあるといえる。
	産業技術力臨床水準	C	↗	韓国、台湾の臨床レベルは総じて高い。それ以外の国々でも歯科矯正のニーズの高まりに応じて臨床レベルは急速に向上しつつある。多くの国々で専門医制度が確立され、臨床技能の向上が図られてきている。
全体コメント 我が国の歯科矯正学は、基礎研究や、新規治療法開発やその評価で世界をリードしてきた。その一方で、歯科医療へのデジタル技術の応用が進む中で、アライナー型矯正装置に代表されるような新しい治療技術が急速に普及してきている。しかし、それとは裏腹に、これらの治療の根拠となる科学的エビデンスが追いついていないのが現状である。もし我が国がこのような世界的風潮と一線を画した発展を目指し、より安全かつ予知性の高い治療技術の開発と実践を実現することができれば、世界的な規範となり指導力を発揮することができるものと期待される。				

3-(2)-① 予防歯科・口腔保健

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	↑	口腔微生物の研究、メタゲノム・メタボローム解析は高い水準にあるが、う蝕予防や健康格差に関する研究・論文は少ない。
	技術開発水準	B	→	個々の研究の技術や分析に関しては比較的高い水準であるが、企業との連携や製剤等の開発は進んでいない。
	産業技術力臨床水準	B	↑	口腔衛生管理や予防製剤の開発がみられ、先制歯科医療の素地はあり、機運は高まっており、今後が期待される。
米国	研究水準	B	→	口腔常在微生物データベースの構築など研究水準は非常に高い。健康格差等に関する論文が多いが、歯科UHCの研究は少ない。
	技術開発水準	A	↑	研究の成果を事業化する動きが活発で、技術開発も上昇傾向である。
	産業技術力臨床水準	B	→	最新の治療や機器・材料が臨床応用できる環境にあるため高水準であるが、公正性を担保した予防への展開には懸念がある。
欧州	研究水準	A	↑	口腔バイオフィルム研究は高水準にあり、臨床研究も活発である。公衆衛生的に歯科の重要性の客観的な分析・発信されている。
	技術開発水準	B	→	産学連携による技術開発は活発であるが、新たな技術の開発の点では活発といえない。
	産業技術力臨床水準	B	↑	従来の予防歯科医療の展開に加え新たな応用が試みられているが、実用化に至っていない。公衆衛生施策は国による格差あり。
アジア	研究水準	B	↑	中国からの研究報告が多くなされているが、その水準には格差がみられる。タイや韓国なども国際的論文が多くなっている。
	技術開発水準	B	↑	中国・韓国で製剤・製品開発に向けた機運が向上している。
	産業技術力臨床水準	C	↑	中国や豪州は比較的高水準であるが、国、地域による格差が大きく評価が難しい。
全体コメント 世界各国で口腔バイオフィルムの研究や解析が活発である。しかし、口腔疾患予防製品や施策を応用するには、まだ、しばらく時間がかかるであろう。また、日本の歯科UHCの高レベル達成や皆保険制度についての研究が少なく、国際社会への学術的な発信力を高めることが重要な課題である。				

(3-(2)-② 保存治療

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	→	全般的に高水準で、特に接着性修復材料や OCT については質・量ともに世界をリードしている。歯髄の修復、再生についても質の高い研究成果が発信されているが、米国と比較して少数である。臨床研究のさらなる推進が望まれる。
	技術開発水準	A	↗	う蝕治療用修復材料の開発水準は世界最高レベルにあり、産学連携による製品開発も活発である。
	産業技術力臨床水準	A	→	保険医療制度や専門医教育制度などの理由から、概して高水準ながら格差がみられる。
米国	研究水準	A	→	接着性修復材料については高水準にあるが、世界最先端とまでは言えない。再生歯内療法の研究では世界をリードしている。レベルの高い基礎研究もみられるが、アクティビティ向上の傾向は顕著と言えない。
	技術開発水準	A	→	企業主体の技術開発が高い水準を維持している。
	産業技術力臨床水準	A	→	専門医育成体制や医療体制が整備されており、最新の機器・材料が臨床応用できる環境にもあるため、高水準である。
欧州	研究水準	A	→	接着性修復材料については高水準を維持している。高いレベルの生物学的研究も報告されているが、量が多いとは言えない。臨床研究は活発である。
	技術開発水準	A	→	産学連携による技術開発が活発に展開されている。
	産業技術力臨床水準	A	→	国による格差はみられるが、概して高い水準にある。
アジア	研究水準	B	↗	う蝕や修復材料についての研究は少数である。歯髄の修復、再生については中国発の基礎研究が続々と報告されているが、その水準には格差がみられる。
	技術開発水準	C	↗	製品開発の機運向上はみられるが、先行製品の模倣的な製品が中心であり、オリジナリティーの高いものとはいえない。
	産業技術力臨床水準	C	↗	国、地域による格差が大きい。韓国は比較的高水準と評価される。中国も経済発展とともに水準向上が図られているが、依然として格差がみられる。
全体コメント 接着性修復材料の研究・開発水準は、従来より世界をリードしてきた多くの実績があり、現在なお質・量ともに最高水準にある。歯髄の生物学的研究も概して高質であるが、研究者層の厚みの向上が課題である。臨床研究については、欧米レベルの積極的取り組みが望まれる。				

3-(2)-③ 歯周病

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	↗	2009-2013 年では Periodontics における Top10%論文は 7.9%であったが、11.4%と上昇した。
	技術開発水準	A	→	再生医療等製品の開発が進められている。
	産業技術力臨床水準	A	→	保険で受けられる再生療法として、リグロス®の普及が進んでいる。
米国	研究水準	A	→	臨床研究において、大規模試験を行っている。基礎研究においては細菌および免疫において高い水準を維持している。
	技術開発水準	A	→	医工連携が歯周領域でも進められている。
	産業技術力臨床水準	A	→	歯周病専門医の育成体制が整っている。高い臨床水準を保っている。
欧州	研究水準	A	→	基礎研究よりも臨床研究が活発に行われている。イギリス、スイス、スウェーデンでは本邦より多い Top10%論文を報告している。
	技術開発水準	A	→	インプラントやレーザーを用いた治療において、術式や機器の改良が進んでいる。
	産業技術力臨床水準	A	→	歯周病専門医の育成体制が整っている。高い臨床水準を保っている。
アジア	研究水準	B	↗	中国では再生療法の分野において、高い評価の論文が増えている。
	技術開発水準	B	↗	分子生物学的、また遺伝子工学を用いた手法を用いて、開発が進んでいる。
	産業技術力臨床水準	C	↗	臨床技術の向上に努めている。
全体コメント 再生療法においては保険適用の再生療法が普及し、また、Periodontal Medicine においては医科のガイドラインのエビデンスとなるなど、国民の健康に直接的に影響する研究が発展した。免疫においては、シングルセル解析やメタゲノム解析等の新技術による歯周病の病態解明研究が発展した。				

3-(3) 咀嚼機能の回復と維持

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	↑	臨床研究、臨床生理学的研究、基礎研究といった各階層の研究が実施されている。
	技術開発水準	A	↑	社会実装された技術・システムが多数存在する。
	産業技術力臨床水準	A	↑	臨床的に注目を集めている領域であり臨床水準も高い。
米国	研究水準	A	→	大規模臨床研究が実施されており、国際的には高いレベルであるが、高齢者領域の研究は日本、欧州に及ばない。
	技術開発水準	B	→	関連する社会実装された技術・システムが多くはない。
	産業技術力臨床水準	B	→	高齢化に対する対応は必ずしも十分ではない。
欧州	研究水準	A	→	臨床研究を中心に臨床生理学的研究、疫学研究を含めた研究が実施されている。臨床研究分野は歴史的には世界をリードしてきた。
	技術開発水準	A	→	これまで社会実装された技術・システムが多数存在する。
	産業技術力臨床水準	A	→	臨床水準も高い。
アジア	研究水準	C	→	近年、ブラキシズム、QOL 関連の研究論文が出始めたが、質・量ともに高いと言えない。
	技術開発水準	D	→	技術開発までに至っていない。
	産業技術力臨床水準	D	→	高齢化がまだ進んでおらず、臨床も評価までに至っていない。
全体コメント 咀嚼機能の回復方法のための装置製作のデジタル化（機器開発、ソフト開発等）について、他項に記載通りであるが、基盤となる工学技術は揃っており、産学官一体となって進める必要がある。 咀嚼機能の評価、維持、波及効果に関する研究、技術開発、臨床水準については世界をリードしており、最高水準と考えられる。				

3-(4) 口腔がん、唾液腺疾患に対する予防・治療

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	↗	口腔がんや唾液腺疾患については高い研究水準を維持しており、特に唾液腺疾患については精力的に研究が行われている。欧米と比較して遅れていた多施設共同研究やレジストリについては増加傾向にある。
	技術開発水準	B	→	技術開発水準は高いものの、産学連携による新たな技術開発は多くはない。
	産業技術力臨床水準	A	→	高い臨床水準を維持しており、全国的な治療レベルの均霑化が進んでいるが、新たな技術の導入については特筆すべきものは少ない。
米国	研究水準	A	→	高い研究水準を維持しているものの、臨床に重きを置いている傾向があり、多施設共同研究は盛んで、新薬に関する多くの臨床研究が実施されている。
	技術開発水準	A	→	技術開発水準は高いものの、新薬の開発は精力的に行われている。
	産業技術力臨床水準	A	→	高い臨床水準を維持しているが、新たな技術の導入については特筆すべきものは少ない。
欧州	研究水準	B	→	研究水準はそれ程高くはないが、臨床に重きを置いている傾向があり、多施設共同研究は盛んで、新薬に関する多くの臨床研究が実施されている。
	技術開発水準	B	→	技術開発水準は低くはないものの、特筆すべき新たな技術開発はない。
	産業技術力臨床水準	A	→	高い臨床水準を維持しているが、新たな技術の導入については特筆すべきものは少ない。
アジア	研究水準	B	↗	中国と韓国に関しては研究水準が高くなってきており、特に中国の研究論文数は増加傾向にある。
	技術開発水準	B	→	技術開発水準は高くなってきているが、特筆すべき新たな技術開発は少ない。
	産業技術力臨床水準	B	→	患者数は多いものの、臨床水準は決して高いとは言えない。
全体コメント 口腔がんに関しては研究ならびに臨床水準は高く、治療成績も欧米と同等かそれ以上であるが、新薬の開発と臨床研究に関しては欧米が盛んで、我が国は遅れている。唾液腺疾患に関しては、研究ならびに臨床水準は高く、特に研究水準では世界をリードしている。				

4-(1) 基礎歯科医学におけるドライ解析・ビッグデータを用いた最先端研究

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	基礎研究におけるドライ解析は基礎歯科医学の領域でも急速に広まっている。口腔がんのような希少疾患の解析のように、ネットワークの構築を基にした共同研究において課題はあるものの、様々な基礎歯科医学の分野でドライ解析を基にした研究は発展し、アクティビティの向上が期待される。
	技術開発水準	A	→	ドライ解析自体の開発力は高く、分野横断的あるいは他施設共同研究を実施する土壌は醸成されており、今後の技術開発が期待される。
米国	研究水準	A	→	この分野の研究を牽引している。レベルの高い基礎研究が多数報告されている。
	技術開発水準	A	→	技術開発は高い水準を維持している。
欧州	研究水準	B	→	欧州全体でみると、高い研究レベルが維持されている。国によって、そのレベルに差がみられる。他施設研究などによって、質の高い研究が維持されている。
	技術開発水準	A	→	技術開発は高い水準を維持している。
アジア	研究水準	B	↗	インド、中国、台湾などにおいて高い研究レベルの報告が増加している。それ以外の国では、研究レベルは高くない。
	技術開発水準	C	↗	インド、中国、台湾などにおいて、新たな技術開発がなされている。
全体コメント 基礎歯科医学におけるビッグデータを用いたドライ解析は様々な研究分野で発展すると思われる。研究成果を上げるためにも、多施設での共同研究の推進やバイオバンクの構築・活用などが今後の課題である。				

4-(2) 歯科臨床におけるバイオインフォマティクスと医療ビッグデータ

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	A	→	全般的に高水準である。歯周分野におけるオミクス研究は充実している。データサイエンスを実施するための基盤は整備されている。国民皆保険制度で幅広く歯科医療がカバーされており、医療ビッグデータを活用した研究の増加が見込まれる。希少疾患の解析を効率よく実施するための共同研究体制が今後の課題である。
	産業技術力	B	→	オミクス解析などの研究基盤は整備されつつある。共同研究を発展させるためには、データ管理体制の構築が課題である。National Database が整備され、今後医療ビッグデータの活用を実施するための基盤は構築されている。データサイエンスの人材確保が課題である。
米国	研究水準	A	→	全般的に高水準である。特に、希少疾患の疾患関連遺伝子の探索におけるコンソーシアム化が進み、優れた成果が出されている。研究基盤は充実している。
	産業技術力	A	→	データサイエンスの開発をハード・ソフトの両面化から牽引するポテンシャルを有している。
欧州	研究水準	A	→	全般的に高水準である。歯周分野の研究でみられるように、共同研究体制の構築に秀でており、国によって差は認められるものの、歯科におけるデータサイエンスをリードしている。医療ビッグデータが整備されており、今後、この分野での研究の発展が予想される。
	産業技術力	B	→	データサイエンスの開発をハード・ソフトの両面から牽引するポテンシャルを有している。
アジア	研究水準	B	↗	オミクス関連の研究において中国の台頭は目覚ましい。中国・韓国以外では低調である。
	産業技術力 臨床水準	C	↗	中国のさらなる発展が予想される。中国・韓国以外での成果はほとんど認められない。
全体コメント データサイエンスの歯科臨床への応用は発展中の課題である。歯周疾患の GWAS 解析においては、我が国は世界をリードしてきた。そのため、社会基盤としての研究実施体制は構築されている。一方では、希少疾患の解析においては、サンプルの確保が重要であり、研究体制の構築において今後の課題がある。疫学分野におけるデータサイエンスにおいては、我が国の National Database を用いた医療ビッグデータを活用した研究の増加が見込まれる。				

4-(3) 歯科医学と AI・ICT（診断、遠隔診断）、歯科医療のデジタル化

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	我が国全般に遅れているが、歯科は特に遅れている
	技術開発水準	B	→	先端的な研究、技術はあるが、歯科への導入は遅れている。
	産業技術力臨床水準	C	→	既存の歯科産業企業では開発できない。
米国	研究水準	A	↑	DXが加速しており、歯科はそれほどではないが、それでも我が国とは比較にならない。
	技術開発水準	A	↑	新たな技術がどんどん投入されている。
	産業技術力臨床水準	A	↑	新しいスタートアップなどでの開発が進む。また臨床への導入も早い。
欧州	研究水準	A	↑	米国とほぼ同様。
	技術開発水準	A	↑	
	産業技術力臨床水準	A	↑	
アジア	研究水準	B	↑	中国の一部の大学、企業は欧米を追いかけている。
	技術開発水準	A	↑	
	産業技術力臨床水準	A	↑	
全体コメント 我が国の状況は危機的である。				

4-(4) 歯科治療のグリーン化（脱材料化）、レジリエント化

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	留意事項などコメント全般
日本	研究水準	B	→	歯科での研究の裾野が狭い。また基盤となるデジタル技術は欧米に比べ 10 年分遅れている。
	技術開発水準	B	→	先端的な技術開発はヨーロッパに劣る。
	産業技術力臨床水準	A	→	臨床は良く対応している。また歯科産業界の対応としては海外よりも進んでいる。
米国	研究水準	A	↑	AI、デジタル機器の開発は、我が国のかなり前を行く。
	技術開発水準	A	↑	歯科への導入も進む。
	産業技術力臨床水準	B	→	AI の臨床導入は早い。しかし他の機器開発や、災害対応に関しては遅れている。
欧州	研究水準	A	→	AI、デジタル機器の開発は、我が国のかなり前を行く。
	技術開発水準	A	→	技術開発はスタートアップを中心に進んでいる。
	産業技術力臨床水準	B	→	臨床導入は遅い。
アジア	研究水準	C	↑	未だ発展途上。
	技術開発水準	C	↑	技術開発は未だ遅れている。
	産業技術力臨床水準	C	↑	上記と同様。
全体コメント 本分野は今後の成長分野であり、いち早い対応が必要とされる。しかしデジタル化では欧米に大きく後れを取っており、キャッチアップが必要。材料開発等も遅れている。ただし災害歯科医療の実践は我が国が先行しており、この有利性を活かすべき。				

＜参考資料＞歯学委員会、基礎系歯学分科会、病態系歯学分科会、臨床系歯学分科会における審議作成経過および関係する団体等との調整、周知

令和 3 年 1 月 22 日	第 25 期第 2 回歯学委員会および第 1 回基礎系歯学分科会、第 1 回病態系歯学分科会、第 1 回臨床系歯学分科会合同会議で報告「歯学・口腔科学分野の課題と展望 2022」を作成することを決定。 (その後役員で、報告の内容、執筆者、手順等を協議)
令和 3 年 6 月 25 日	第 25 期第 3 回歯学委員会で報告「歯学・口腔科学分野の課題と展望 2022」の企画内容を承認。 (その後役員－執筆者で、各学協会と調整しながら、執筆内容、様式等を調整)
令和 4 年 3 月 8 日	第 25 期第 4 回歯学委員会で報告「歯学・口腔科学分野の課題と展望 2022」の作成進捗状況を報告し、内容、方向性を確認、了承。 (令和 3 年度に開催された 3 分科会でも報告、確認)
令和 4 年 5 月	歯学委員会、基礎系歯学分科会、病態系歯学分科会、臨床系歯学分科会の各委員、執筆者協力者および一般社団法人日本歯学系学会協議会（加盟 81 団体学協会連合）に報告案を提示、意見聴取。
令和 4 年 6 月	歯学委員会、基礎系歯学分科会、病態系歯学分科会、臨床系歯学分科会の各委員、執筆者協力者に本報告最終案を提示、確認。
令和 4 年 7 月 5 日	第 25 期第 5 回歯学委員会で（案）報告「歯学・口腔科学分野の課題と展望 2022」を承認。
周知活動	日本歯学系学会協議会 のホームページに、本報告と本報告を作成するために執筆した一次論文をアーカイブとして掲載し、誰でもが学術活動の参考にできるようにし、その旨を日本歯学系学会協議会メーリングリストで案内をする。 一般社団法人日本歯科医学会連合と共催で、本報告内容を市民、関係団体への周知を目的に公開講演会を実施する。