

追 補

総 説

グラスアイオノマーセメントとナノテクノロジー  
—ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントの性質—

中 篤 裕, 長沢悠子, 重田浩貴, 江田義和, 日比野 靖

明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科生体材料学分野

Supplement Data for Review entitled

Glass ionomer cements with nanotechnology:  
Properties of glass ionomer cements incorporating nano-sized particles

Hiroshi Nakajima, Yuko Nagasawa, Hirotaka Shigeta,  
Yoshikazu Eda and Yasushi Hibino

Division of Dental Biomaterials Science  
Department of Restorative and Biomaterials Sciences  
Meikai University School of Dentistry

ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントの研究報告に関して、ナノ粒子の種類、添加条件、報告された主な特性などを追補として表 1~8 にまとめた。表中に記載した文献番号は追補文献一覧の番号に該当している。使用された市販セメントの製造者（供給者）を○囲み番号で表示し表 9 に記載した。表中に使用した略号の説明を表 10 に示した。

2020 年 7 月 21 日

追補 表1 金属ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントの性質 (単独添加)

種 類	粒子径など	添加量 (mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
Ag	12±2 nm	0.1, 0.2 (セメント混和物)	Vitrebond <sup>①</sup> (r) GC Gold Label 1 <sup>②</sup> (c)	細胞毒性(odontoblast-like cell)は変化なし/ GC Gold Label 1 は細胞毒性の減弱	1
Ag	<100 nm	1~5 (セメント粉末)	Fuji IX GP <sup>②</sup> (c)	機械的性質 (CS、VHN) 変化なし/ バイオフィルム ( <i>S.aureus</i> )の生成抑制・阻害	2
Ag	5~6nm (平均)	0.05~0.5 (セメント液)	試作 GIC(c)	CS の増加 (0.5%添加) / 抗菌性 ( <i>S.mutans</i> , <i>E.coli</i> ) の増強	3
Cu	10.87 nm (平均)	1~4 (セメント混和物)	Fuji IX <sup>②</sup> (c)	2~4%添加で抗菌性 ( <i>S.mutans</i> , <i>S.sanguinis</i> ) の増強/ 細胞毒性 (human pulp fibroblast) は増加傾向	4
CuI	59~88 nm	0.263 (セメント粉末)	Ionofil Molar <sup>③</sup> (c) Vitrebond <sup>①</sup> (r)	Polyacrylic acid-CuI 複合体として添加/ Vitrebond のみ KHN 増加/ 抗菌性 ( <i>S.mutans</i> ) を大きく増強	5

平均±標準偏差

追補 表 2-1 酸化物系ナノ粒子添加ガラスイオノマーセメントの性質（単独添加）  
二酸化チタンナノ粒子添加ガラスイオノマーセメント

種 類	粒子径など	添加量(mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
TiO <sub>2</sub>	<21 nm	3~7 (セメント粉末)	Kavitan Plus <sup>④</sup> (c)	KIC, FS, CS の増加 (3%添加) /硬化時間の短縮/ 接着強さ・フッ素イオン放出量は変化なし/ 抗菌性 ( <i>S.mutans</i> ) の増強	6
TiO <sub>2</sub>	<25 nm	3, 5 (セメント粉末)	Shofu enhanced FXII <sup>⑤</sup> (c), Core shade base cement <sup>⑤</sup> (c), Base cement <sup>⑤</sup> (c)	中程度の細胞毒性 (gingival, pulp, periodontal ligament fibroblasts) の発現/TiO <sub>2</sub> 添加量の増加は Prostaglandin E2 の生成	7
TiO <sub>2</sub>	<25 nm	3, 5 (セメント粉末)	Shofu enhanced FXII <sup>⑤</sup> (c), Core shade base cement <sup>⑤</sup> (c), Base cement <sup>⑤</sup> (c)	CS, FS, VHN の増加 (FXII) /歯質接着強さは変化なし/ 抗菌性 ( <i>S.mutans</i> ) の増強 (FXII)	8
TiO <sub>2</sub>	10~20 nm	10 (セメント粉末)	GC EQUIA Fil <sup>⑥</sup> (c), ChemFil Rock <sup>⑦</sup> (c)	TiO <sub>2</sub> 添加は CS を増加 (EQUIA Fil) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 添加より CS は大きい / CS は ZrO <sub>2</sub> 添加より大きい (ChemFil Rock)	9
TiO <sub>2</sub>	10~20 nm	3 (セメント粉末)	Fuji IX Gold Label <sup>⑧</sup> (c)	CS の増加/抗菌性 ( <i>S.mutans</i> ) の増強	10
TiO <sub>2</sub>	10~25 nm	2~10 (セメント粉末)	GC EQUIA Fil <sup>⑥</sup> (c), ChemFil Rock <sup>⑦</sup> (c)	CS の増加 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub> 添加よりも効果的) / Ti イオンの放出はない	11
TiO <sub>2</sub>	ナノチューブ <10 nmφ×<20 nm 長	3~7 (セメント粉末)	Ketac Molar EasyMix <sup>⑨</sup> (c)	KHN の増加/フッ素イオン放出量の増加/ 細胞毒性 (gingival fibroblast) は変化なし	12
TiO <sub>2</sub>	ナノチューブ <10 nmφ×<20 nm 長	3~7 (セメント粉末)	Ketac Molar EasyMix <sup>⑨</sup> (c)	5%添加により CS の増加, 耐摩耗性の改善/ 象牙質接着強さは変化なし	13

追補 表 2-2 酸化物系ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントセメントの性質（単独添加）  
TiO<sub>2</sub> 以外の酸化物ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメント

種 類	粒子径など	添加量(mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
ZnO	<50 nm	3 (セメント粉末)	Fuji IX <sup>®</sup> (c)	CS は変化なし/象牙質接着強さはやや増加/ 抗菌性 ( <i>S.mutans</i> ) の著明な増強	14
ZnO	20 nm	1, 2 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c) Fuji II LC <sup>®</sup> (r)	抗バイオフィルム性( <i>S.mutans</i> )は 1~2%添加で変化なし/ RMGIC は抗バイオフィルム性を経時的に増強	15
ZnO	球状 20~25nm, 棒状 <20 nm×1 μm 花弁状 <31 nm 厚さ×2 μm	5 (セメント粉末)	Kavitan Plus <sup>④</sup> (c)	球状, 花弁状粒子: FS は変化なし/VHN は減少/ 棒状粒子: FS はやや増加/VHN はやや減少	16
ZrO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> :80 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :<100 nm	10 (セメント粉末)	GC EQUIA Fil <sup>®</sup> (c) ChemFil Rock <sup>®</sup> (c)	大きな Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> クラスター (~1.47μm) を形成/ZrO <sub>2</sub> クラスターは Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> より小さい/ZrO <sub>2</sub> 添加は CS を増加 (EQUIA Fil) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 添加は CS を増加しない	9
ZrO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> :80 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :<100 nm	2~10 (セメント粉末)	GC EQUIA Fil <sup>®</sup> (c) ChemFil Rock <sup>®</sup> (c)	ZrO <sub>2</sub> 添加は CS は増加 (EQUIA Fil) / Zr, Al イオンの放出はなし	11
MgO	20.8 nm(平均)	1~10 (セメント粉末)	Ketac Molar EasyMix <sup>®</sup> (c)	抗菌性 ( <i>S.mutans</i> ) の増強 (2.5%添加以上) / 抗バイオフィルム性 ( <i>S.mutans</i> , <i>S.sobrinus</i> ) の増強	17
SiO <sub>2</sub>	球状 12nm (平均)	0.5 (セメント粉末)	Fuji II LC improved <sup>®</sup> (r)	象牙質接着強さは経時的に増加傾向	18

追補 表3 無機材料系ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントの性質 (単独添加)

種 類	粒子径など	添加量(mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> (Forsterite)	20~30 nm	3 (セメント粉末)	Fuji II <sup>②</sup> (c)	フッ素イオン放出量 (人工唾液中) はわずかに減少/擬似体液中 で表面にリン酸カルシウム層の生成	19
Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> (Forsterite)	36 nm	1~4 (セメント粉末)	Fuji II <sup>②</sup> (c)	1%添加で機械的性質 (CS,FS,DTS) の増加/添加量の増加は CS 以 外の強度を改善しない	20
YbF <sub>3</sub> , BaSO <sub>4</sub>	YbF <sub>3</sub> : 約 25 nm BaSO <sub>4</sub> : <10 nm	1~25 (セメント粉末)	Riva SC <sup>⑩</sup> (c)	硬化時間の短縮, 操作時間は BaSO <sub>4</sub> 高添加量で延長/CS は減少 (BaSO <sub>4</sub> は YbF <sub>3</sub> より顕著) /VHN の低下	21
フッ化 グラフェン	200 nm×2 μm	0.5~4 (セメント粉末)	試作 GIC(c)	2%添加で CS・VHN の増加/4%添加で耐摩耗性の向上/フッ素イオ ン放出量は変化なし/添加による変色なし/抗菌性 ( <i>S.mutans</i> , <i>S.aureus</i> ) の増強	22
ダイヤモンド	4~6 nm	5, 10 (セメント粉末)	Fuji IX <sup>②</sup> (c) Ketac Universal <sup>⑬</sup> (c) Riva SC <sup>⑩</sup> (c)	添加により Sr 以外のイオン放出量が経時的増加/セメントによっ ては Al, Na イオンが多く放出	23
CaF <sub>2</sub>	15~247 nm (58±43 nm)	5~30 (セメント粉末)	Fuji Ortho LC <sup>②</sup> (r)(a)	20%CaF <sub>2</sub> に 3%DMAHDM 添加した硬化体は、フッ素イオン放出 量の増加・エナメル硬さ向上と脱灰深さ減少/エナメル接着強さ は変化なし/抗バイオフィルム性 (歯垢) の発現/細胞毒性 (human gingival fibroblast) は変化なし	24
バイオガラス	5~8 nm (70mol%SiO <sub>2</sub> - 30mol%CaO)	3~20 (セメント粉末)	Fuji II LC <sup>②</sup> (r)	VHN は添加量と共に減少/FS はリン酸緩衝液浸漬後に大きく減 少するが、10%添加までは無添加と同程度/弱い細胞毒性 (MC3T3-E1) が発現・セメント表面の広範囲に細胞が付着	25
バイオガラス	42±5 nm (85mol%SiO <sub>2</sub> - 15mol%CaO)	5 (セメント粉末)	HY-BOND Glaslonmer CX <sup>⑤</sup> (c)	セメント液中に低分子量キトサンを 0.5%添加/FS・弾性係数の増 加/CS・DTS は増加傾向/硬化時間の延長/細胞毒性 (human pulp stem cell) は変化なし/セメント表面に石灰化物が生成	26
モンモリロナイト	クラスター (2 μm×8 μm)	0.5~2.5 (セメント粉末)	ChemFil Superior <sup>⑦</sup> (c)	1%以下の添加で CS の増加/ 硬化時間の延長	27
モンモリロナイト	NR	1~4 (セメント液)	HiFi <sup>⑭</sup> (c)	添加により CS・DTS・FS・弾性係数は増加傾向/2%以上の添加 は硬化時間を短縮	28
モンモリロナイト	1 nm×1000 nm	2 (セメント液)	Fuji IX GP <sup>②</sup> (c)	機械的性質 (CS・DTS・FS) は増加傾向/ 硬化時間・操作時間は延長	29
モンモリロナイト	1 nm×300~600 nm	1~4 (セメント液)	HiFi <sup>⑭</sup> (c)	VHN は変化なし/ 2%添加以上で耐摩耗性は低下	30
ヘキサメタリン酸 ナトリウム	38 nm	6~12 (セメント粉末)	Fuji II LC <sup>②</sup> (r)	抗菌性( <i>S.mutans</i> , <i>A.israelii</i> , <i>L.acidophilis</i> )の増強/添加量の増加によ り抗菌性とフッ素イオン放出量を増加・エナメル質脱灰量の減 少, 機械的性質 (CS・DTS・KHN) 減少	31

平均±標準偏差

DMAHDM : dimethylaminohexadecyl methacrylate

追補 表4 有機材料系ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントの性質（単独添加）

種 類	粒子径など	添加量(mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
セルロース	145±25 nm×6±1.5 nm	0.2～1.0 (セメント液)	Vidrion R <sup>®</sup> (c)	CS・DTS・弾性係数は増加傾向/0.4%添加がCSの最大値を示す/VHNは減少傾向	32
セルロース	145±25 nm×6±2 nm	0.2 (セメント混和物)	Maxxion <sup>®</sup> (c), Vidrion R <sup>®</sup> (c), VitroMolar <sup>®</sup> (c), Ketac Molar EasyMix <sup>®</sup> (c), Fuji Gold Label 9 <sup>®</sup> (c)	CS・DTSの増加/ フッ素イオン放出量の増加	33
キトサン	110～235 nm (130±18 nm)	10 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	CS・FSの増加/フッ素イオン放出量の増加/ Alイオンの初期放出量増加	34

平均±標準偏差

追補 表5 リン酸カルシウム系ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントの性質 (単独添加)

種 類	粒子径など	添加量(mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
HA	100~200 nm	5 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	機械的性質 (CS・DTS・BFS) の増加/ 象牙質接着強さの増加	35
HA	100~150 nm	10 (セメント粉末)	Rely X <sup>®</sup> (r)(a)	CS・被膜厚さの減少/象牙質接着強さの増加/硬化 時間の延長/歯質脱灰の抑制効果の発現	36
HA	5~26.7 nmφ ×30~84 nm	5~15 (セメント粉末)	Ketac-Cem <sup>®</sup> (c)(a)	<i>in vivo</i> での矯正用バンド装着時の微小漏洩は HA 量の増加により減少	37
HA	30 nm	5, 8 (セメント粉末)	Fuji II Gold Label <sup>®</sup> (c)	CS・DTS の増加/VHN は増加傾向/ 硬化時間の短縮	38
HA	<200 nm	25 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c) Fuji II LC <sup>®</sup> (r)	Class V 窩洞への充填:HA 添加により Fuji II LC の 微小漏洩量が減少/ Fuji II は効果なし	39
HA	80~150 nm	1~8 (セメント粉末)	Fuji I <sup>®</sup> (c)(a)	FS・象牙質接着強さの増加 (6%が最適)	40
Ca-欠損 HA	NR (結晶粒 24 nm)	5, 10, 15 (セメント粉末)	Fuji II Gold Label 2 <sup>®</sup> (c)	添加量の増加と共に CS は増加/VHN は減少傾向/ Na, Al, Si イオン放出量は増加	41
FA	100~200 nm	5 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	機械的性質 (CS・DTS・BFS) の増加 (HA 添加よ り著明な効果) /象牙質接着強さの増加	35
FA	<70 nm	1~5 (セメント粉末)	試作 GIC(c)	3%添加で最大の CS/5%添加では CS は減少/ 擬似体液中で表面にリン酸カルシウム層の生成	42
FA	NR (sol-gel 合成)	4.8 (セメント粉末)	Fuji IX GP Fast <sup>®</sup> (c)	VHN の増加/フッ素イオン放出量は変化なし/ 細胞毒性 (mouse myoblast) は変化なし	43
FA	38 nm	5, 8 (セメント粉末)	Fuji II Gold Label <sup>®</sup> (c)	CS・DTS・VHN の増加 (HA 添加より著明な効果) / 硬化時間の短縮	38
FA, FHA	クラスター (5~10 μm)	2.5~30 (セメント粉末)	Fuji Ortho LC <sup>®</sup> (r)(a)	FA・FHA の添加:25%添加で最大フッ素イオン放 出量/ FA 添加:歯質接着強さは無添加と同程度か減少/ FHA 添加:歯質接着強さは FA 添加より小さい	44

HA: hydroxyapatite, FA: fluorapatite, FHA: fluorohydroxyapatite

追補 表6 酸化物系ナノ粒子添加グラスアイオノマーセメントの性質（混合添加）

種 類	粒子径など	添加量(mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
TiO <sub>2</sub> + キトサン	TiO <sub>2</sub> : <21 nm キトサン (NR)	TiO <sub>2</sub> : 3 (セメント粉末) キトサン : 10(v/v%) (セメント液)	GC Gold Label High Strength Posterior Restorative <sup>®</sup> (c)	CS, FS の増加 (キトサン添加によりさらに CS 増加) / VHN は変化なし/抗菌性 ( <i>S.mutans</i> ) の増強	45
TiO <sub>2</sub> + セルロース	TiO <sub>2</sub> : 約 50 nm ナノセルロース : (NR)	TiO <sub>2</sub> : 2 セルロース : 1 (セメント粉末)	試作 GIC (c)	CS・接着強さ・摩耗抵抗性の増加/崩壊率の減少/抗真菌性( <i>C. albicans</i> ) の増強/細胞毒性 (L-929) はやや減弱	46
多孔性 SiO <sub>2</sub> + 薬理作用成分	300~500 nm (孔径 2.5 nm)	10 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	薬理作用成分 : Epigallocatechin Gallate(ECCG) ECCG を SiO <sub>2</sub> 粒子に封入/ECCG の経時的放出が可能/ <i>S.mutans</i> の増殖抑制効果の発現	47
多孔性 SiO <sub>2</sub> + 薬理作用成分	50~100 nm	1~10 (セメント粉末)	Fuji IX <sup>®</sup> (c)	薬理作用成分 : クロルヘキシジン (CHX) CHX を SiO <sub>2</sub> 粒子に封入/1 % 添加では機械的性質・ 吸水量・崩壊度を変化させない/添加量の増加による 物性の劣化傾向/抗バイオフィルム性 ( <i>S.mutans</i> ) を 増強	48
ゼオライト+ 薬理作用成分	ゼオライト (98%SiO <sub>2</sub> - 2%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 100~200 nm	1 (セメント混和物)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	薬理作用成分 : クロルヘキシジン (CHX) CHX 溶液中にゼオライトを浸漬/CHX の持続的放出 が可能/抗菌性( <i>S.mutans</i> )の発現/CS・象牙質接着強さは 変化なし	49



追補 表7 リン酸カルシウム系ナノ粒子ガラスアイオノマーセメントの性質 (混合添加)

種 類	粒子径など	添加量 (mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
HA + SiO <sub>2</sub>	HA:<103 nm SiO <sub>2</sub> :<30 nm	1~20 [HA+(11~35%) SiO <sub>2</sub> 混合粉末] (セメント粉末)	Fuji IX GP <sup>®</sup> (c)	5%(65%HA+35%SiO <sub>2</sub> )添加で VHN が最大値 (コンポジットレジンに近い VHN)	50
HA + SiO <sub>2</sub>	HA:100~200 nm 球状 SiO <sub>2</sub> : <50 nm	5~20 [HA+(11-35%SiO <sub>2</sub> ) 混合粉末] (セメント粉末)	Fuji IX GP <sup>®</sup> (c)	10%(65%HA+35%SiO <sub>2</sub> )添加が最適/ CS, FS, VHN, 象牙質接着強さの増加	51
HA + SiO <sub>2</sub>	HA:<103 nm SiO <sub>2</sub> :<30 nm	5 (HA+35% SiO <sub>2</sub> 混合粉末) (セメント粉末)	Fuji IX GP <sup>®</sup> (c) Fuji II LC <sup>®</sup> (r)	HA 粉末添加は細胞毒性 (mesenchymal stem cell) をやや強める が無添加セメントの生体適合性と同程度と判断	52
HA+ ZrO <sub>2</sub>	HA: 20 nmφ×200 nm HA 中に球状 ZrO <sub>2</sub> (30%)	4~40(v/v1%) (セメント粉末)	Fuji IX GP <sup>®</sup> (c)	4%, 12%添加で機械的性質が増加 (CS・DTS が増加傾向) / ZrO <sub>2</sub> 添加は HA のみ添加よりも CS・DTS・VHN を増加	53
HA + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 部分安定化 ZrO <sub>2</sub> (YSZ)	15~60 nm (平均 30 nm) (20%HA- 80%YSZ)	5 [20%HA-80% YSZ (3mol% Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ZrO <sub>2</sub> )] (セメント粉末)	Fuji IX GP <sup>®</sup> (c)	CS, DTS, VHN の増加/ フッ素イオン放出量の増加	54
HA + ZrO <sub>2</sub> + SiO <sub>2</sub>	HA:<149 nm ZrO <sub>2</sub> :<40 nm SiO <sub>2</sub> :<21 nm	1~20 (HA+SiO <sub>2</sub> +ZrO <sub>2</sub> 混合粉末) (セメント粉末)	Fuji IX GP <sup>®</sup> (c)	(89%HA+1%SiO <sub>2</sub> )粉末に ZrO <sub>2</sub> を 5~25%添加/ 5%(25%ZrO <sub>2</sub> -75%(HA-11%SiO <sub>2</sub> )混合粉末)添加は VHN の大きな 増加・審美性を劣化させない。	55
HA, FA + 水溶性高分子	HA: 100~200 nm FA : 100~200 nm	HA, FA : 5 (セメント粉末) NVP:10 (セメント液)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	NVP (N-vinylpyrrolidone) をセメント液中に添加/ HA あるいはFA の粉末中への添加と NVP の液中への添加はCS, DTS,BFS を増加	56
HA+ 薬理作用成分	クラスター (1~2 μm)	HA:2~6 MDA:2~6 AB:1.5~4.5 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	抗菌成分 (AB) ciprofloxan/粘膜防御成分 (MDA) Zn L-carnosine が薬理作用成分/ (4%HA+6%MDA+1.5%AB)添加が最適/4%HA 添加により水中浸漬後 CS の増加/DSC 分析では HA 添加はエン タルピーの減少	57
HA+ 薬理作用成分	クラスター (1~2 μm)	HA:4 MDA:6 AB:1.5 (セメント粉末)	Fuji II <sup>®</sup> (c)	抗菌成分 (AB) ciprofloxan./粘膜防御成分 (MDA) Zn L-carnosine が薬理作用成分/CS・靱性・弾性係数は減少/抗菌性 (S.mutans) の増強/細胞毒性(human gingival fibroblast)は低減	58

HA: hydroxyapatite, FA: fluorapatite

追補 表8 リン酸ナトリウム系ナノ粒子ガラスアイオノマーセメントの性質（混合添加）

種 類	粒子径など	添加量(mass%)	セメント	報告された性質など	追補文献
ヘキサメタリン酸 ナトリウム+ 薬理作用成分	80~90 nm (クラスター 196±76 nm)	1~20 (セメント粉末)	Diamond Carve <sup>®</sup> (c)	薬理作用成分：クロルヘキシジン（CHX） 10%以上添加でDTSは減少傾向/添加量と共にCHX放出 量は増加/フッ素イオン放出量は変化なし	59
トリメタリン酸 ナトリウム+ 薬理作用成分	22.7 nm (平均)	7, 14 (クロルヘキシジン 1.25%または2.5%含む) (セメント粉末)	Fuji II LC <sup>®</sup> (r)	薬理作用成分：クロルヘキシジン（CHX） （14%トリメタリン酸ナトリウム+1.25%CHX）添加は 機械的性質の減少傾向を示すが、フッ素イオン放出量は 増加/ 抗菌性（ <i>S.mutans</i> , <i>L.acidophilis</i> , <i>A.israelii</i> , <i>C.albicans</i> ）が 著明に増強/抗バイオフィルム性（ <i>S.mutans</i> ）を増強/トリ メタリン酸ナトリウムはフッ素イオン放出促進/CHX は フッ素イオン放出を抑制	60

平均±標準偏差

追補 表9 市販セメント製品の製造者（供給者）（追補表1～8）

番 号	製造者（供給者）*	所在地*
①	3M	St Paul, MN, USA
②	ジーシー	東京
③	VOCO	Cuxhaven, Germany
④	SpofaDental	Jičín, Czech Republic
⑤	松風	京都
⑥	GC Europe	Leuven, Germany
⑦	DENTSPLY DeTrey	Konstanz, Germany
⑧	GC India Dental PVT Ltd.	Hyderabad, Telangana, India
⑨	3M	Maplewood, MN, USA
⑩	GC America	Alsip, IL, USA
⑪	3M Deutschland	Neuss, Germany
⑫	SDI	Bayswater, Australia
⑬	3MESPE	Seefeld, Germany
⑭	Advanced Healthcare Ltd.	Kent, UK
⑮	SS White	Rio de Janeiro, Brazil
⑯	DFL	Rio de Janeiro, Brazil
⑰	Kemdent	Purton, UK

\* 文献に記載された製造者（供給者）および所在地

追補 表10 表1～8に使用した略号と説明

略号	説明
(a)	合着用ガラスアイオノマーセメント
(c)	従来型ガラスアイオノマーセメント
(r)	レジン添加型ガラスアイオノマーセメント
BFS	二軸曲げ強さ
CS	圧縮強さ
DTS	ダイアメトラル引張強さ
FS	曲げ強さ
KHN	Knoop 硬さ
KIC	破壊靱性値 (モードI)
NR	粒子サイズの記載なし
RMGIC	レジン添加型ガラスアイオノマーセメント
VHN	Vickers 硬さ

追 補 文 献 (追補表 1~ 8 )

- 1) Siqueira PC, Magalhães APR, Pires WC, Pereira FC, Silveira-Lacerda EP, Carrião MS, et al. Cytotoxicity of glass ionomer cements containing silver nanoparticles. *J Clin Exp Dent* 2015;7:e622-e627.
- 2) El-Wassefy NA, El-Mahdy RH, El-Kholany NR. The impact of silver nanoparticles integration on biofilm formation and mechanical properties of glass ionomer cement. *J Esthet Restor Dent* 2018;30:146-152.
- 3) Paiva L, Fidalgo TKS, da Costa LP, Maia LC, Balan L, Anselme, et al. Antibacterial properties and compressive strength of new one-step preparation silver nanoparticles in glass ionomer cements(Nano-GIC). *J Dent* 2018;69:102-109.
- 4) Aguilar-Perez D, Vargas-Coronado R, Cervantes-Uc JM, Rodrigues-Fuentes N, Aparicio C, Covarrubias C, et al. Antibacterial activity of a glass ionomer doped with copper nanoparticles. *Dent Mater J* 2020;39:389-396.
- 5) Renne WG, Lindner A, Mennito AS, Agee KA, Pashley DH, Willett D, et al. Antibacterial properties of copper iodide-doped glass ionomer-based materials and effect of copper iodide nanoparticles on collagen degradation. *Clin Oral Invest* 2017;21:369-379.
- 6) Elsaka SE, Hamouda IM, Swain MV. Titanium dioxide nanoparticles addition to a conventional glass-ionomer restorative: Influence on physical and antibacterial properties. *J Dent* 2011;39:589-598.
- 7) Garcia-Contreras R, Scougall-Vilchis RJ, Contreras-Bulnes R, Kanda Y, Nakajima H, Sakagami H. Effects of TiO<sub>2</sub> nano glass ionomer cements against normal and cancer oral cells. *In vivo* 2014;28:895-908.
- 8) Garcia-Contreras R, Scougall-Vilchis RJ, Contreras-Bulnes R, Sakagami H, Nakajima H. Mechanical, antibacterial and bond strength properties of nano-titanium-enriched glass ionomer cement. *J Appl Oral Sci* 2015;23:321-328.
- 9) Gjorgievska E, vanTendeloo G, Nicholson JW, Coleman NJ, Slipper IJ, Booth S. The incorporation of nanoparticles into conventional glass-ionomer dental restorative cements. *Microsc Microanal* 2015;21:392-406.
- 10) Hamid N, Telgi RL, Tirth A, Tandon V, Chandra S, Chaturvedi RK. Titanium dioxide nanoparticles and cetypyridinium chloride enriched glass-ionomer restorative cement: A comparative study assessing compressive strength and antibacterial activity. *J Clin Pediatr Dent* 2019;43:42-45.
- 11) Gjorgievska E, Nicholson JW, Gabrić D, Guclu ZA, Miletić I, Coleman NJ. Assessment of the impact of the addition of nanoparticles on the properties of glass-ionomer cements. *Materials* 2020;13:276. doi:10.3390/ma13020276.
- 12) Cibim DD, Saito MT, Giovani PA, Borges AFS, Pecorari VGA, Gomes OP, et al.

Novel nanotechnology of TiO<sub>2</sub> improves physical-chemical and biological properties of glass ionomer cement. *Int J Biomater* 2017;Article ID7123919, <https://doi.org/10.1155/2017/7123919>

- 13) Kantovitz KR, Fernandes FP, Feitosa IV, Lazzarini MO, Denucci GC, Gomes OP, et al. TiO<sub>2</sub> nanotubes improves physico-mechanical properties of glass ionomer cement. *Dent Mater* 2020;36:e85-e92.
- 14) Vanajassun PP, Nivedhitha MS, Nishad NT, Soman D. Effects of zinc oxide nanoparticles in combination with conventional glass ionomer cement: In vitro study. *Adv Hum Biol* 2014;4:31-36.
- 15) Garcia PPNS, Cardia MFB, Francisconi RS, Dovigo LN, Spolidorio DMP, Rastelli ANS, et al. Antibacterial activity of glass ionomer cement modified by zinc oxide nanoparticles. *Microsc Res Tech* 2017;80:456-461
- 16) Panahandeh N, Torabzadeh H, Aghaee M, Hasani E, Safa S. Effect of incorporation of zinc oxide nanoparticles on mechanical properties of conventional glass ionomer cements. *J Conserv Dent* 2018;21:130-135.
- 17) Noori AJ, Kareem FA. The effect of magnesium oxide nanoparticles on the antibacterial and antibiofilm properties of glass-ionomer cement. *Heliyon* 2019;5:e02568. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02568>.
- 18) Rezvani MB, Atai M, Alizade HS, Basir MM, Koohpeima F, Siabani S. The effect of incorporation of 0.5%wt. silica nanoparticles on the micro shear bond strength of a resin modified glass ionomer cement. *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 2019;20:124-130.
- 19) Sayyedani FS, Fathi M, Edris H, Doostmohammadi A, Mortazavi V, Shirani F. Fluoride release and bioactivity evaluation of glass ionomer: Forsterite nanocomposite. *Dent Res J* 2013;10:452-459
- 20) Sayyedani FS, Fathi MH, Edris H, Doostmohammadi A, Mortazavi V, Hanifi A. Effect of forsterite nanoparticles on mechanical properties of glass ionomer cements. *Ceram Int* 2014;40:10743-10748.
- 21) Prentice LH, Tyas MJ, Burrow MF. The effect of ytterbium fluoride and barium sulphate nanoparticles on the reactivity and strength of a glass-ionomer cement. *Dent Mater* 2006;22:746-751.
- 22) Sun L, Yan Z, Duan Y, Zhang J, Liu B. Improvement of the mechanical, tribological and antibacterial properties of glass ionomer cements by fluorinated graphene. *Dent Mater* 2018;34:e115-e127.
- 23) Mulder R, Anderson-Small C. Ion release of chitosan and nanodiamond modified glass ionomer restorative cements. *Clin Cosmet Investig Dent* 2019;11:313-320.
- 24) Yi J, Dai Q, Weir MD, Melo MAS, Lynch CD, Oates TW, et al. A nano-CaF<sub>2</sub>-containing orthodontic cement with antibacterial and

- remineralization capabilities to combat enamel white spot lesions. *J Dent* 2019;89:103172. <https://doi.org/10.1016/j.dent.2019.07.010>.
- 25) Valanezhad A, Odatsu T, Udoh K, Shiraishi T, Sawase T, Watanabe I. Modification of resin modified glass ionomer cement by addition of bioactive glass nanoparticles. *J Mater Sci: Mater Med* 2016;27:3. DOI 10.1007/s10856-015-5614-0.
  - 26) Kim DA, Lee JH, Jun SK, Kim HW, Eltohamy M, Lee HH. Sol-gel derived bioactive glass nanoparticle-incorporated glass ionomer cement with or without chitosan for enhanced mechanical and biomineralization properties. *Dent Mater* 2017;33:805-817.
  - 27) Dowling AH, Stamboulis A, Fleming GJP. The influence of montmorillonite clay reinforcement on the performance of a glass ionomer restorative. *J Dent* 2006;34:802-810.
  - 28) Fareed MA, Stamboulis A. Nanoclay addition to a conventional glass ionomer cements: Influence on physical properties. *Eur J Dent* 2014;8:456-463.
  - 29) Fareed MA, Stamboulis A. Effect of nanoclay dispersion on the properties of a commercial glass ionomer cement. *Int J Biomater* 2014;Article ID 685389. <https://dx.doi.org/10.1155/2014/685389>.
  - 30) Fareed MA, Stamboulis A. Nanoclay-reinforced glass-ionomer cements: In vitro wear evaluation and comparison by two wear-test methods. *Dent J* 2017;5:28. DOI:10.3390/dj5040028.
  - 31) Hosida TY, Delbem ACB, Morais LA, Mores JCS, Duque C, Souza JAS, et al. Ion release, antimicrobial and physio-mechanical properties of glass ionomer cement containing micro or nanosized hexametaphosphate, and their effect on enamel demineralization. *Clin Oral Invest* 2019;23:2345-2354.
  - 32) Silva RM, Pereira FV, Mota FAP, Watanabe E, Soares SMCS, Santos MH. Dental glass ionomer cement reinforced by cellulose microfibers and cellulose nanocrystals. *Mater Sci Eng C* 2016;58:389-395.
  - 33) Menezes-Silva R, de Oliveira BMB, Fernandes PHM, Shimohara LY, Pereira FV, Borges AFS, et al. Effects of the reinforced cellulose nanocrystals on glass-ionomer cements. *Dent Mater* 2019;35:564-573
  - 34) Kumar RS, Ravikumar N, Kavitha S, Mahalaxmi S, Jayasree R, Kumar TSS, et al. Nanochitosan modified glass ionomer cement with enhanced mechanical properties and fluoride release. *Int J Biol Macromol* 2017;104:1860-1865.
  - 35) Moshaverinia A, Ansari S, Moshaverinia M, Roohpour N, Darr JA, Rehman I. Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatite nanobioceramics into conventional glass ionomer cements(GIC). *Acta Biomater* 2008;4:432-440.
  - 36) Lee JJ, Lee YK, Choi BJ, Lee JH, Choi HJ, Son HK, et al. Physical properties of

- resin-reinforced glass ionomer cement modified with micro and nano-hydroxyapatite. *J Nanosci Nanotechnol* 2010;10:5270-5276.
- 37) Enan ET, Hammad SM. Microleakage under orthodontic bands cemented with nano-hydroxyapatite-modified glass ionomer An vivo study. *Angle Orthod* 2013;83:981-986.
- 38) Baramdehfard F, Rad MK, Hosseinnia A, Khoshroo K, Tahriri M, Jazayeri HE, et al. The addition of synthesized hydroxyapatite and fluorapatite nanoparticles to a glass-ionomer cement for dental restoration and its effects on mechanical properties. *Ceram Int* 2016;42:17866-17875.
- 39) Sharafeddin F, Feizi N. Evaluation of the effect of adding micro-hydroxyapatite and nano-hydroxyapatite on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomer C1 V restorations. *J Clin Exp Dent* 2017;9:e232-e248.
- 40) Kheur M, Kantharia N, Iakha T, Kheur S, Husain NAH, Özcan M. Evaluation of mechanical and adhesion properties of glass ionomer cement incorporating nano-sized hydroxyapatite particles. *Odontology* 2020;108:66-73.
- 41) Goenka S, Balu R, Kumar TSS. Effects of nanocrystalline calcium deficient hydroxyapatite incorporation in glass ionomer cements. *J Mech Behav Biomed Mater* 2012;7:69-76.
- 42) Khaghani M, Alizadeh Am Doostmohammadi A. Influence of incorporating fluoroapatite nanobioceramic on the compressive strength and bioactivity of glass ionomer cement. *J Dent Biomater* 2016;3:276-283.
- 43) Moshaverinia M, Borzabadi-Farahani A, Sameni A, Moshaverinia A, Ansari S. Effects of incorporation of nano-fluoroapatite particles on microhardness, fluoride releasing properties, and biocompatibility of a conventional glass ionomer cement(GIC). *Dent Mater J* 2016;35:817-821.
- 44) Lin JL, Zhu J, Gu X, Wen W, Li Q, Fischer-Brandies H. Effects of incorporation of nano-fluoroapatite or nano-fluorohydroxyapatite on a resin-modified glass ionomer cement. *Acta Biomater* 2011;7:1346-1353.
- 45) Ibrahim MA, Priyadarshini BM, Neo J, Fawzy AS. Characterization of chitosan/TiO<sub>2</sub> nano-powder modified glass-ionomer cement for restorative dental applications. *J Esthet Restor Dent* 2017;29:146-156.
- 46) Sun J, Xu Y, Zhu B, Gao G, Ren J, Wang H, et al. Synergistic effects of titanium dioxide and cellulose on the properties of glass-ionomer cement. *Dent Mater J* 2019;38:41-51.
- 47) Nakamura K, Nakanishi K, Bando Y, Hasebe A, Hyono A, Abe S, et al. Charge and controlled release of epigallocatechin gallet by glass ionomer cement containing nanoporous silica particles. *Nano Biomed* 2017;9:29-34.



- 48) Yan H, Yang H, Li K, Yu J, Huang C. Effects of chlorhexidine-encapsulated mesoporous silica nanoparticles on the anti-biofilm and mechanical properties of glass ionomer cement. *Molecules* 2017;22:1225. Doi:10.3390/molecules22071225.
- 49) Kim HJ, Son JS, Kim KH, Kwon TY. Antimicrobial activity of glass ionomer cement incorporated with chlorhexidine-loaded zeolite nanoparticles. *J Nanosci Nanotechnol* 2016;16:1450-1453.
- 50) Rahman IA, Masudi SM, Luddin N, Shiekh RA. One-pot synthesis of hydroxyapatite-silica nanopowder composite for hardness enhancement of glass ionomer cement(GIC). *Bull Mater Sci* 2014;37:213-219.
- 51) Moheet IA, Luddin N, Rahman IA, Masudi SM, Kannan TPK, Ghani NRNA. Evaluation of mechanical properties and bond strength of nano-hydroxyapatite-silica added glass ionomer cement. *Ceram Int* 2018;44:9899-9906.
- 52) Noorani TY, Luddin N, Rahman IA, Masudi SM. In vitro cytotoxicity evaluation of novel nano-hydroxyapatite-silica incorporated glass ionomer cement. *J Clin Diagn Res* 2017;11:ZC105-ZC109.
- 53) Gu YW, Yap AUJ, Cheang P, Khor KA. Effects of incorporation of HA/ZrO<sub>2</sub> into glass ionomer cement(GIC). *Biomaterials* 2005;26:713-720.
- 54) Rajabzadeh G, Salehi S, Nemati A, Tavakori R, Hashjin MS. Enhancing glass ionomer cement features by using the HA/YSZ nanocomposite: A feed forward neural network modeling. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;29:317-327.
- 55) Rahman IA, Ghazali NAM, Bakar WZW, Masudi SM. Modification of glass ionomer cement by incorporating nanozirconia-hydroxyapatite-silica nano-powder composite by the one-pot technique for hardness and aesthetics improvement. *Ceram Int* 2017;43:13247-13253.
- 56) Moshaverinia A, Ansari S, Movasaghi Z, Billington RW, Darr JA, Rehman IU. Modification of conventional glass-ionomer cements with N-vinylpyrrolidone containing polyacids, nano-hydroxyapatite and fluoroapatite to improve mechanical properties. *Dent Mater* 2008;24:1381-1390.
- 57) Chieruzzi M, Pagano S, Lombardo G, Marinucci L, Kenny JM, Torre L, et al. Effect of nanohydroxyapatite, antibiotic, and mucosal defensive agent on the mechanical and thermal properties of glass ionomer cements for special needs patients. *J Mater Res* 2018;33:638-649.
- 58) Pagano S, Chieruzzi M, Balloni S, Lombardo G, Torre L, Bodo M, et al. Biological thermal and mechanical characterization of modified glass ionomer cements: The role of nanohydroxyapatite, ciprofloxacin and zinc L-carnosine. *Mater Sci Eng C* 2019;94:76-85.

- 59) Hook ER, Owen OJ, Bellis CA, Holder JA, O'Sullivan DJ, Barbour ME. Development of a novel antimicrobial-releasing glass ionomer cement functionalized with chlorhexidine hexametaphosphate nanoparticles. J Nonobiotech 2014;12:3. <http://www.jnanobiotechnology.com/content/12/1/3>.
- 60) Rodorigues da Saliva ME, Danelon M, Souza JAS, Silva DF, Pereira JA, Pedrini D, et al. Incorporation of chlorhexidine and nano-sized sodium trimetaphosphate into a glass-ionmer cement: Effect on mechanical and microbiological properties and inhibition of enamel demineralization. J Dent 2019;84:81-88.