

# 銅と銅合金

第53巻1号 2014年

## 目次

### [特別講演]

2000年前の青銅器文化、青銅器生産と弥生時代の社会 .....	01
日本文化財科学会	評議員 森岡秀人

### [研究論文]

#### 《金属組織》

亜鉛をインサート材として摩擦攪拌接合した銅の組織 .....	06
関西大学 化学生命工学部	准教授・博士(工学) 上田正人
関西大学 化学生命工学部	教授・博士(工学) 池田勝彦
関西大学 理工学研究科	大学院生 藤田貢輔
大阪大学 接合科学研究所	特任講師・博士(工学) 森貞好昭
大阪大学 接合科学研究所	教授・博士(工学) 藤井英俊
HPT加工を施したCu-Be合金の時効挙動と組織 .....	11
金沢大学大学院 自然科学研究科 機械科学専攻	大学院生 大西朗嗣
金沢大学大学院 自然科学研究科 機械科学専攻	准教授・博士(工学) 渡邊千尋
金沢大学大学院 自然科学研究科 機械科学専攻	教授・工学博士 門前亮一
物質・材料研究機構 元素戦略材料センター	主任研究員 井誠一郎
物質・材料研究機構 元素戦略材料センター	センター長 土谷浩一
Fabrication of Carbon Nanotube Reinforced Copper Matrix Composite by Friction Stir Process .....	16
Advanced Metallic Materials Division, Korea Institute of Materials Science	Researcher Jee Hyuk Ahn
Advanced Metallic Materials Division, Korea Institute of Materials Science	Principal Researcher, Ph. D. Seung Zeon Han
School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University	Researcher Byung Wook Ahn
School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University	Professor, Ph. D. Seung-Boo Jung
Department of Advanced Materials Science and Engineering, Kangwon National University	Professor, Ph. D. Sung Hwan Lim
Department of Metallurgical and Materials Engineering, Gyeongsang National University	Professor, Ph. D. Sangshik Kim
Cu-10at%Ni-5at%Co合金の組織と磁気特性に対する時効の影響 .....	22
横浜国立大学大学院 工学府	大学院生 李東海
横浜国立大学大学院 工学府	大学院生 金俊燮
横浜国立大学大学院 工学研究院	准教授・工学博士 竹田真帆人
Cu-20at%Ni-5at%Fe単結晶に形成されたナノ磁性粒子の微細構造と磁区構造の関係 .....	27
横浜国立大学大学院 工学府	大学院生 金俊燮
東京大学 物性研究所、JST-CREST	特任研究員・理学博士 谷内敏之
東京大学 物性研究所、JST-CREST	教授・理学博士 辛埴
横浜国立大学大学院 工学研究院	准教授・工学博士 竹田真帆人
Cu-Sn-P合金の高温変形とその後の静的再結晶挙動 .....	31
株式会社コベルコ マテリアル銅管 秦野工場 技術部 研究室	主席研究員・博士(工学) 渡辺雅人
電気通信大学 知能機械工学科	大学院生 渡辺英甫
電気通信大学 知能機械工学科	大学院生 成尾和也
株式会社コベルコ マテリアル銅管 秦野工場 技術部 研究室	部長 土屋昭則
豊橋技術科学大学 機械工学系	教授・博士(工学) 三浦博己

<b>Cu-4at%Ti 合金の溶体化-時効処理組織に観察されるスピノーダルオーダーリングについて</b> .....	38
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発本部	副本部長・博士(工学) 深 町 一 彦
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発センター	主任開発員・博士(工学) 木 村 昌 弘
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発センター	主 任 菊 池 昌 宏
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発センター	技 師 佐 藤 秀 勝
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発センター	センター長・博士(工学) 結 城 典 夫
<b>チタン銅の性質に及ぼす時効微細組織の影響</b> .....	45
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発センター 倉見分室	技 師 堀 江 弘 泰
JX日鉱日石金属株式会社 電材加工事業本部 市場開発室	主 任 技 師 江 良 尚 彦
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発センター 倉見分室	分 室 長 小 野 俊 之
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発センター	センター長・博士(工学) 結 城 典 夫
JX日鉱日石金属株式会社 技術開発本部	副本部長・博士(工学) 深 町 一 彦
<b>Cu-Ti 合金の組織制御による可能性と限界</b> .....	50
豊橋技術科学大学 機械工学系	教授・工学博士 三 浦 博 己
電気通信大学 知能機械工学専攻	大 学 院 生 並 木 達 郎
豊橋技術科学大学 機械工学系	准教授・工学博士 小 林 正 和
<b>Cu-Ti 合金における不連続析出に及ぼす B 添加の影響</b> .....	55
東京工業大学大学院 理工学研究科 材料工学専攻	大 学 院 生 古 田 遼
東京工業大学 精密工学研究所	教授・工学博士 里 達 雄
東京工業大学大学院 理工学研究科 材料工学専攻	准教授・工学博士 小 林 郁 夫
東京工業大学大学院 理工学研究科 材料工学専攻	助 教 手 塚 裕 康
<b>窒素添加した Cu-Ti 合金の時効析出挙動および特性変化</b> .....	62
大阪府立大学 工学研究科 マテリアル工学分野	大 学 院 生 池 田 潤
東北大学 金属材料研究所 附属研究施設関西センター	准教授・博士(工学) 千 星 聡
大阪府立大学 工学研究科 マテリアル工学分野	教授・理学博士 岩 瀬 彰 宏
DOWAメタルテック株式会社 技術センター	主席研究員・博士(工学) 高 維 林
DOWAメタルテック株式会社 技術センター	取締役センター長・博士(工学) 菅 原 章
<b>《機械的性質・熱処理》</b>	
<b>Cu-Ni-Si 合金におけるバウシinger効果と初期加工硬化率の変化</b> .....	68
東京工業大学大学院 理工学研究科	大 学 院 生 荒 木 章 好
The University of British Columbia, Dep. of Materials Engineering	Professor, P. Eng. Warren J. Poole
東京工業大学大学院 理工学研究科	准教授・工学博士 小 林 郁 夫
東京工業大学 精密工学研究所	教授・工学博士 里 達 雄
<b>Cu-Ni-Si 合金の応力緩和特性</b> .....	73
古河電気工業株式会社 メタル総合研究所 素材開発部	研 究 員 磯 松 岳 己
古河電気工業株式会社 メタル総合研究所 素材開発部	マ ネ ー ジ ャ ー 樋 口 優
古河電気工業株式会社 メタル総合研究所 素材開発部	部 長 江 口 立 彦
<b>Cu-Zn-Ni-Mn 系合金の硬さに及ぼす溶体化・時効熱処理温度の影響</b> .....	78
関西大学 化学生命工学部	教授・博士(工学) 丸 山 徹
株式会社キッツメタルワークス 技術開発部 技術グループ	グ ル ー プ 長 山 崎 勝
株式会社キッツメタルワークス 技術開発部	技 士 黒 瀬 一 人
株式会社キッツメタルワークス	顧 問 萩 原 光 一

《機械的性質》

<b>Cu-21wt%Ni-5.5wt%Sn 合金の耐応力緩和特性</b> .....	83
金沢大学大学院 自然科学研究科 機械科学専攻	大 学 院 生 小 澤 敦
金沢大学大学院 自然科学研究科 機械科学専攻	准教授・博士(工学) 渡 邊 千 尋
金沢大学大学院 自然科学研究科 機械科学専攻	教授・工学博士 門 前 亮 一
日本ガイシ株式会社 金属事業部	マネージャー 村 松 尚 国
<b>快削性銅合金の耐摩耗特性に関する研究</b> .....	88
三菱伸銅株式会社 三宝製作所 開発部 開発課	副 主 任 高 崎 教 男
三菱伸銅株式会社 三宝製作所 開発部 開発課	主 幹 研 究 員 後 藤 佳 行
三菱伸銅株式会社 三宝製作所 開発部 開発課	シニアフェロー・工学博士 大 石 恵 一 郎
<b>コネクタ用 Cu-Ni-Sn-P 系合金の異方性に及ぼす影響因子</b> .....	95
DOWAメタルテック株式会社 磐田技術センター	主 任 研 究 員 宮 城 国 朗
DOWAメタルテック株式会社 磐田技術センター	リーダー・工学博士 青 山 智 胤
DOWAメタルテック株式会社 磐田技術センター	マネージャー 成 枝 宏 人
DOWAメタル株式会社 製造部	次 長 遠 藤 秀 樹
<b>割裂加工による銅板の硬さ変化</b> .....	101
茨城大学 工学部	准教授・工学博士 車 田 亮
茨城大学 工学部	教授・工学博士 伊 藤 吾 朗
株式会社関プレス	工 場 長 杉 田 政 道
茨城大学 工学部	技 術 専 門 員 佐 久 間 隆 昭
<b>連続繰り返し曲げ加工された無酸素銅の応力緩和過程の EBSD 解析</b> .....	106
宇都宮大学大学院 工学研究科	教授・工学博士 高 山 善 匡
宇都宮大学大学院 工学研究科	大 学 院 生 佐 々 木 祐
宇都宮大学大学院 工学研究科	技 術 専 門 職 員 渡 部 英 男
<b>ひずみ加速指数による Cu-Al 固溶体のクリープ曲線の区間評価</b> .....	111
弘前大学大学院 理工学研究科	大 学 院 生 佐 藤 麗
弘前大学大学院 理工学研究科	大 学 院 生 表 皓 介
弘前大学 理工学部	学 生 前 田 悠 太 郎
弘前大学大学院 理工学研究科	教 授 佐 藤 裕 之

《腐食・防食》

<b>防錆剤含有循環水における空調機用熱交換器銅管の孔食とその対策</b> .....	117
株式会社UACJ 技術開発研究所	主 査 鈴 木 忍
株式会社UACJ 技術開発研究所	主 査 河 野 浩 三
三建設備工業株式会社 技術研究所	担 当 部 長 細 谷 清
三建設備工業株式会社 技術研究所	主 任 研 究 員 高 田 康 治
株式会社東洋製作所 製造部	課 長 広 瀬 昇
<b>人工淡水を用いた銅の孔食再現試験方法の検討</b> .....	123
室蘭工業大学 もの創造系領域	准教授・工学博士 境 昌 宏
室蘭工業大学大学院 航空宇宙システム工学専攻	大 学 院 生 田 中 優 樹
<b>蟻の巣状腐食メカニズム解明のための電気化学的アプローチ</b> .....	128
室蘭工業大学 もの創造系領域	教授・工学博士 世 利 修 美
室蘭工業大学大学院 機械創造工学系専攻	大 学 院 生 一 宮 洋 風
室蘭工業大学 もの創造系領域	准教授・工学博士 境 昌 宏
<b>高濃度塩化カルシウム水溶液における銅腐食メカニズムの解明</b> .....	134
パナソニック株式会社 R&D本部 エネルギーソリューションセンター	主任技師・博士(工学) 壽 川 徹
パナソニック株式会社 R&D本部 エネルギーソリューションセンター	主 幹 技 師 鈴 木 基 啓

《腐食・防食・環境・リサイクル》

C6932 の耐キャビテーション・エロージョン ..... 139

三菱伸銅株式会社 三宝製作所 開発部	主席 研究員	田 中 真 次
三菱伸銅株式会社 三宝製作所 開発部	主 任	畑 克 彦
三菱伸銅株式会社 三宝製作所 開発部	副 主 任	新 井 孝 司
三菱伸銅株式会社 三宝製作所 開発部	シニアフェロー・工学博士	大 石 恵 一 郎

Cu-Mn 系銅合金の時期割れ感受性 ..... 145

YKK株式会社 工機技術本部 基盤技術開発部	金属材料・プロセスグループ長・ 博士(工学)・技術士(金属部門)	吉 村 泰 治
------------------------	-------------------------------------	---------

熱間押し法による黄銅切削屑からの硫化マンガ分散鉛フリー快削黄銅の調製 ..... 150

関西大学大学院 理工学研究科	大 学 院 生	佐 藤 直 樹
		[現：ウメトク株式会社]
関西大学大学院 理工学研究科	大 学 院 生	竹 田 諒 佑
		[現：YKK株式会社]
関西大学 化学生命工学部 化学・物質工学科	教授・博士(工学)	西 本 明 生
関西大学 化学生命工学部 化学・物質工学科	教授・博士(工学)	丸 山 徹

《機械的性質・評価技術》

高強度銅管のクリープ強度特性 I — 200℃ における許容引張応力の検討 — ..... 156

一般社団法人 日本伸銅協会 規格委員会 第三分科会 (管)		
(株式会社コベルコ マテリアル銅管 秦野工場 技術部 研究室 主席研究員・博士(工学))	渡 辺 雅 人	
(株式会社UACJ 技術企画管理部 (名古屋駐在) 主幹)	安 保 満 夫	
(株式会社コベルコ マテリアル銅管 秦野工場 技術部 部長)	土 屋 昭 則	
(神鋼メタルプロダクツ株式会社 品質保証室 室長)	神 崎 篤 志	
(古河電気工業株式会社 金属カンパニー銅管事業部 品質保証部 品質管理グループ マネージャー)	瀧 祐 秀	
(株式会社UACJ 技術開発研究所 第五部 空調熱交材料・伸銅品開発室 研究員)	玉 川 博 一	
(一般社団法人 日本伸銅協会 技術部 部長)	金 森 照 夫	
株式会社ベストマテリア	代表取締役社長・博士(工学)	木 原 重 光
独立行政法人物質・材料研究機構 環境・エネルギー材料部門 材料信頼性評価ユニット	ユニット長・工学博士	木 村 一 弘

超臨界二酸化炭素エマルション中で電気めっきされた銅皮膜のマイクロ圧縮試験による力学的特性評価 ..... 161

産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 基盤的加工研究グループ	博 士 研 究 員	
東京工業大学大学院 総合理工学研究科 材料物理学専攻	大 学 院 生	名 越 貴 志
東京工業大学大学院 総合理工学研究科 材料物理学専攻	大 学 院 生	木 梨 光
東京工業大学大学院 総合理工学研究科 材料物理学専攻	大 学 院 生	武 藤 雅 英
東京工業大学 精密工学研究所	助教・博士(工学)	Tso-Fu Mark Chang
東京工業大学 精密工学研究所	教授・博士(工学)	里 達 雄
東京工業大学 精密工学研究所	准教授・博士(工学)	曾 根 正 人

X線回折サイドバンドピークに基づく時効強化型 Cu-Ti 合金におけるチタン濃度揺らぎ領域の解析 ..... 166

東北大学 金属材料研究所	准教授・工学博士	佐 藤 成 男
東北大学 金属材料研究所	大 学 院 生	長 谷 川 啓 史
東北大学 金属材料研究所	准教授・工学博士	千 星 聡
東北大学 金属材料研究所	教授・工学博士	我 妻 和 明

《溶解・鋳造・粉末冶金》

溶融銅用起電力型水素センサの実用化 ..... 171

名古屋工業大学大学院 工学研究科	准教授・工学博士	栗田 典明
宮崎大学 テニユアトラック推進機構	准教授・博士(工学)	奥山 勇治
名古屋工業大学	技術専門職員	祖父江 孝之
株式会社TYK 機能材料研究所	主任研究員・工学博士	大島 智子
株式会社TYK 機能材料研究所	研究員	木股 幸司
株式会社TYK 機能材料研究所	研究員	寺西 裕紀
名古屋工業大学大学院	プロジェクト教授・工学博士	武津 典彦

メカニカルミリング法で作製した 65/35 黄銅粉末の特性 ..... 177

日本大学大学院 生産工学研究科 機械工学専攻	大学院生	渡辺 涼太郎
日本大学 生産工学部 機械工学科	教授・Ph.D	久保田 正広

MM-SPS プロセスで作製した 65/35 黄銅の特性 ..... 182

日本大学大学院 生産工学研究科 機械工学専攻	大学院生	渡辺 涼太郎
日本大学 生産工学部 機械工学科	教授・Ph.D	久保田 正広

《電気的性質・材料開発》

銅シース SmBCO コーテッドコンダクターの引張負荷応力下における超伝導特性 ..... 187

京都大学 構造材料元素戦略研究拠点	特任教授・工学博士	落合 庄治郎
京都大学大学院 工学研究科	准教授・工学博士	奥田 浩司
京都大学大学院 工学研究科	大学院生	永野 伸次
高エネルギー加速器研究機構 超伝導低温工学センター	助教・工学博士	菅野 未知央
応用科学研究所	特別研究員・工学博士	長村 光造
韓国電気研究院 (KERI)	研究グループ長・工学博士	Sang-Song Oh
韓国電気研究院 (KERI)	研究員・工学博士	Hong-Soo Ha

放電プラズマ焼結材を伸線加工した亜共晶 Cu-Zr 合金線材のマイクロ組織と機械的・電気的性質 (第二報) ..... 192

日本ガイシ株式会社 金属事業部 開発部	マネージャー・工学博士	村松 尚国
東北大学 金属材料研究所	教授・工学博士	後藤 孝

高濃度 Cu-Mg 固溶合金の端子用材料としての諸特性 ..... 198

三菱マテリアル株式会社 中央研究所	研究員	伊藤 優樹
三菱マテリアル株式会社 中央研究所	研究員	松永 裕隆
三菱マテリアル株式会社 中央研究所	副主任研究員・博士(工学)	森 広行
三菱マテリアル株式会社 中央研究所	主任研究員・博士(工学)	牧 一誠

《接合》

熱膨張を利用した積層銅板の簡便な接合方法の開発 ..... 203

アイハラ鍛金スタジオ		相原 健作
文化学園大学 造形学部	助 教	成井 美穂
WELLBOND		大橋 修
東京理科大学 基礎工学部	教 授	石黒 孝

Cu ワイヤダイレクトボンディングに及ぼす銅合金の表面性状の影響 ..... 210

株式会社神戸製鋼所 アルミ・銅事業部門 長府製造所 銅板工場 銅板研究室	主任研究員	西村 昌泰
株式会社神戸製鋼所 アルミ・銅事業部門 長府製造所 銅板工場 銅板研究室	室 長	畚野 章

<b>耐脱亜鉛黄銅のろう付性</b> .....	215
東海大学大学院 工学研究科 金属材料工学専攻	大 学 院 生 吹 越 達 哉
東海大学 工学部 材料科学科	学 部 生 勅使河原 孝 哉
東海大学 工学部 材料科学科	教授・工学博士 宮 澤 靖 幸
株式会社キッツメタルワークス 技術開発部	技 士 黒 瀬 一 人
株式会社キッツメタルワークス 技術開発部 技術グループ	グ ル ー プ 長 山 崎 勝
株式会社キッツ 生産本部 素材開発プロジェクトグループ	為 田 英 信

《塑性加工・切削》

<b>引抜きによるリン青銅極細異形線の製造とばねへの応用</b> .....	221
--	-----

東海大学 工学部	教授・工学博士 吉 田 一 也
東海大学大学院	大 学 院 生 牧 溪 太

<b>黄銅の微細穴加工における鉛成分が被削性に及ぼす影響</b> .....	226
--	-----

大阪産業大学 工学部 機械工学科	准教授・博士(工学) 澤 井 猛
大阪産業大学 工学部 機械工学科	教授・博士(工学) 櫻 井 恵 三
大阪産業大学大学院 機械工学専攻	大 学 院 生 劉 雲 鵬

<b>コーナー切れ刃稜丸味半径を有する拘束工具の銅および銅合金の被削性に及ぼす送り量の影響</b> .....	231
---	-----

滋賀県立大学 工学部	准教授・工学博士 田 中 他喜男
滋賀県立大学 工学部	学 生 北 川 大 真
産総研 イノベーション推進本部	澤 井 信 重

《伝熱・熱交換器》

<b>コルゲートコイル管内単相流の圧力損失および熱伝達</b> .....	238
---------------------------------------	-----

東京海洋大学 大学院海洋科学技術研究科 海洋工学系 海洋電子機械工学部門	助教・博士(工学) 地 下 大 輔
東京海洋大学 大学院海洋科学技術研究科 海洋工学系 海洋電子機械工学部門	教授・工学博士 井 上 順 広
株式会社コベルコ マテリアル銅管	主席研究員・工学博士 高 橋 宏 行

<b>低 GWP 非共沸混合冷媒 R744/R32/R1234ze (E) の水平ら旋溝付管内凝縮流に関する実験的研究</b> .....	243
---	-----

九州大学大学院 総合理工学府	博 士 課 程 三 島 文 也
九州大学大学院 総合理工学研究院	特 任 助 教 近 藤 智恵子
九州大学大学院 総合理工学研究院、	
九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所	教 授 小 山 繁
株式会社コベルコ マテリアル銅管 秦野工場 技術部 研究室	主 席 研 究 員 高 橋 宏 行

<b>共沸混合冷媒 R32+R1270 を用いた水平内面溝付細管内の凝縮熱伝達率および圧力損失</b> .....	249
---	-----

東京海洋大学 海洋工学部 海洋電子機械工学科	学 部 生 棚 橋 真 美
独立行政法人 水産大学校 海洋機械工学科	准教授・博士(工学) 一 瀬 純 弥
東京海洋大学 大学院海洋科学技術研究科 海洋工学系 海洋電子機械工学部門	助教・博士(工学) 地 下 大 輔
東京海洋大学 大学院海洋科学技術研究科 海洋工学系 海洋電子機械工学部門	教授・工学博士 井 上 順 広

《疲労・シミュレーション》

<b>リードフレームの曲げ加工における破断予測シミュレーション</b> .....	255
---	-----

住友金属鉱山株式会社 技術本部 技術企画部 CAEグループ	吉 尾 里 司
住友金属鉱山株式会社 技術本部 技術企画部 CAEグループ	石 川 進 太 郎
住友金属鉱山株式会社 技術本部 技術企画部 CAEグループ	楨 孝 一 郎
新居浜マテリアル株式会社	斎 藤 知 之

《表面・抗菌》

銅板上への Sn-TiO <sub>2</sub> ハイブリッドめっきの作製およびその構造特性 .....	261
岩手大学 工学部 応用化学・生命工学科	准教授・工学博士 呉(褚) 松 竹
岩手大学 工学部 応用化学・生命工学科	学 部 生 佐 藤 亜 優
岩手大学 工学部 応用化学・生命工学科	教授・工学博士 八 代 仁
銀めっき膜の {200} 配向に及ぼす高シアン銀めっき液中セレンの影響 .....	266
DOWAメタルテック株式会社 めっき事業部 本庄技術センター	セ ン タ ー 長 宮 澤 寛
DOWAメタルテック株式会社 めっき事業部 本庄技術センター	主 任 研 究 員 尾 形 雅 史
DOWAメタルテック株式会社 めっき事業部 本庄技術センター	研 究 員 篠 原 圭 介
DOWAメタルテック株式会社	取締役 金属加工事業部長・工学博士 菅 原 章
群馬大学 理工学研究院 知能機械創製部門	教授・工学博士 荘 司 郁 夫
グラム陰性菌細胞に対する銅イオンと活性酸素種の抗菌作用機構 .....	272
ヤマザキ学園大学	理 学 博 士 石 田 恒 雄