

2017年度 同志社大学リエゾンフェア・
ハリス理化学研究所発表会

講演予稿集

開催日 2017年11月28日(火)

場 所 ホテルグランヴィア京都

主催：同志社大学

同志社大学ハリス理化学研究所

同志社大学リエゾンオフィス・知的財産センター

2017年度 同志社大学リエゾンフェア・ハリス理化学研究所発表会 知と知をつなぎ、切り拓く未来

大学や企業、研究機関などの様々な「知」がつながり、未来の人々の生活や社会を豊かにする、「知」の出会いの場になることを目指します。

プログラム

2017年11月28日(火)

ホテルグランヴィア京都 3階

12:30~ 開場・受付

13:00~ 開会挨拶 同志社大学 学長 松岡 敬

13:05~ ハリス理化学研究所紹介 同志社大学 ハリス理化学研究所長 橋本 雅文

13:10~ **特別講演** (源氏の間)

「ナノ・マイクロスケールの材料化学:次世代膜技術とバイオテンプレート」



同志社大学
ハリス理化学研究所
教授
彌田 智一

<経歴>

京都大学大学院工学研究科石油化学専攻修了(京都大学 工学博士)。前任は東京工業大学資源科学研究所教授。2017年4月より現職。テンプレートと異分野融合をキーワードにしたナノ・マイクロスケールの材料化学の研究、具体的には高分子のミクロ相分離、藻類やタンパク質の微細構造を利用し、金属、半導体、高分子など異種材料への転写複合化と機能探索の研究に取り組んでいる。

13:40~ **基調講演** (源氏の間)

「イノベーション創出に向けたパナソニックの取り組み」



パナソニック株式会社
専務執行役員
宮部 義幸氏

<経歴>

1983年大阪大学大学院工学研究科修了。同年、松下電器産業(株)〔現パナソニック(株)〕に入社。本研究所でハイパーメディア、ワークステーション、衛星デジタル放送システムなどの開発に従事。その後、新規事業の立ち上げ、技術戦略スタッフを経て、2008年に役員に就任。2011年常務取締役 技術担当、2013年AVCネットワークス社長、2014年代表取締役専務、2015年技術・モノづくり・調達・IT革新総括を担当。2017年6月より現職。

14:20~ 休憩

リエゾンフェア プログラム

ハリス理化学研究所発表会 (プログラムの詳細は 中面をご覧ください)

	源氏の間	栄華の間	金葉の間	今昔の間
14:30~	研究シーズ発表 「産学連携活動・研究事業紹介」 同志社大学 リエゾンオフィス所長 岩井 誠人 「次世代デジタルPCRプラットフォームの創製へ向けて」 同志社大学 理工学部 化学システム創成工学科 准教授 橋本 雅彦 「超音波によるフィルム型高速可変焦点レンズ」 同志社大学 理工学部 電気工学科 准教授 小山 大介	分野 情報通信	分野 シニアライフ	分野 環境
15:20~	休憩			
15:30~	研究拠点紹介1 「超音波照射による生体への影響と新しい医療技術開発について」 同志社大学 超音波医学研究センター センター長 秋山 いわき(生命医科学部教授)	分野 ナノテクノロジー	分野 心理学	分野 社会調査
16:20~	休憩			
16:30~	研究拠点紹介2 「進化適応型自動車運転支援システム ドライバイン・ザ・ループ」 同志社大学 モビリティ研究センター センター長 佐藤 健哉(理工学部教授)	分野 機能材料	分野 医薬・医療	分野 文化財調査
17:30~	ポスター展示・交流会 (古今の間)			
18:30~	閉会挨拶 同志社大学 研究推進部長 竹廣 良司			

主催 同志社大学 研究開発推進機構 リエゾンオフィス・知的財産センター、同志社大学 ハリス理化学研究所
 後援 近畿経済産業局、京都府、京都市、京田辺市、木津川市、精華町、久御山町、井手町、国立研究開発法人科学技術振興機構、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、中小機構 近畿、京都産学公連携機構、公益社団法人関西経済連合会、公益財団法人京都産業21、公益財団法人関西文化学術研究都市推進機構、公益社団法人京都工業会、関西サイエンス・フォーラム、京都商工会議所、京田辺市商工会、城陽商工会議所、日本経済新聞社 京都支社、京都新聞、日刊工業新聞社、フジサンケイ ビジネスアイ、株式会社けいはんな、京都リサーチパーク株式会社、NPO法人同志社大学産学連携支援ネットワーク、同志社校友会大阪支部産官学部会(LCC)、同志社理工学会



同志社大学 リエゾンオフィス・知的財産センター TEL 0774-65-6223
 同志社大学 ハリス理化学研究所 TEL 0774-65-6220

リエゾンフェア・ハリス理化学研究所発表会 ポスター展示

展示時間14:20～18:30(コアタイム 17:30～18:30) **古今の間**

同志社大学の研究センターや各分野の研究内容について、教員やコーディネーター、学生がポスター形式で紹介します。

研究センター

超音波医学研究センター

超音波診断・治療法は被曝がなく、かつ生体作用が小さいことから、安全性の高い医療技術として位置づけられ幅広い分野で利用されています。超音波医学研究センターでは、ヒトにやさしい医療を目指して、超音波を基軸とした新しい診断・治療技術の開発に取り組んでいます。医用超音波技術の安全性の確立、高磁場環境下で使用できる超音波イメージング装置の開発、超音波画像の高画質化、コウモリに代表される超音波によって環境を知覚する生物のアルゴリズムや、生体組織のかたさ測定技術の臨床応用を目指しています。

モビリティ研究センター

高齢化社会に向けて多くの人々が活発に活動できるように、安全・安心で、快適な移動手段が求められています。本研究では、高齢者を想定したドライバとなるヒト、走行中のクルマ、および、その周辺環境をリアルタイムにセンシングし、人工知能技術においてヒトの動作を予測し周辺環境に適応した車両の運転支援技術を確認することで、現在活発に行われている無人走行可能な自動運転に関する研究とは異なり、ヒトとクルマの共存および周辺車両や環境との協調を行う進化適応型自動車運転システム「ドライバ・イン・ザ・ループ」の研究を行っています。

先端医工学研究センター

企業や社会との連携のもとで、難治な角膜疾患に対する再生医療の製品化および治療薬の創製を目指しています。再生能力に乏しい角膜内皮細胞が障害されると重症の視力障害を生じます。点眼薬は存在せず、治療法は角膜移植のみとなります。我々は同志社大学で確立したヒト角膜内皮培養技術を用いて、主たる原因疾患であるフックス角膜内皮ジストロフィの疾患モデル細胞を樹立し、病態解明と治療薬の開発に取り組んでいます。角膜内皮治療薬に関する複数の特許出願を行っており、アカデミア発の世界初となる治療薬の製品化を目標とした早期の試験開始に向けて、協業体制の構築を目指しています。

分野別研究

装置・デバイス

照明が人の感じる温度に与える影響

理工学部 インテリジェント情報工学科 教授 三木光範

超音波を用いた骨密度計測技術

理工学部 電気工学科 教授 松川 真美

フィルム・食品の検査向け2次元複屈折プロファイラの 実用化の検討

理工学部 電気工学科 准教授 江本 顕雄

超音波によるフィルム型高速可変焦点レンズ

理工学部 電気工学科 准教授 小山 大介

次世代デジタルPCRプラットフォームの創製へ向けて

理工学部 化学システム創成工学科 准教授 橋本 雅彦

情報通信

高齢者ドライバを支援する ドライビング・エージェント・アーキテクチャ

理工学部 情報システムデザイン学科 教授 Ivan TANEV

理工学部 情報システムデザイン学科 教授 下原 勝憲

自由視聴点VR

理工学部 情報システムデザイン学科 教授 土屋 隆生

Neural Processing of Temporal Synchrony of Audiovisual Stimulus in Mongolian Gerbil

生命医科学部 医情報学科 准教授 小林 耕太

大学院 生命医科学研究科 博士前期課程 1年次 伊藤 優樹

機能材料

ECAP加工によるマグネシウム合金の高性能化

理工学部 エネルギー機械工学科 助教 湯浅 元仁

遮光下でMRSAも殺菌する酸化亜鉛セラミックス

理工学部 機能分子・生命化学科 教授 廣田 健

アミノ酸からつくるスマート高分子材料

理工学部 機能分子・生命化学科 教授 古賀 智之

バイオミネラリゼーションを模倣した高靱性機械材料の開発

理工学部 機能分子・生命化学科 教授 水谷 義

ナノテクノロジー

非平衡状態を利用したバイオテンプレート粒子の機能化

理工学部 化学システム創成工学科 教授 塩井 章久

グラフェンを鋳型に利用した各種金属酸化物のナノシート化

理工学部 化学システム創成工学科 教授 竹中 壮

らせん藻類由来の金属マイクロコイルの量産プロセスと テラヘルツ帯電磁波応答特性

ハリス理化学研究所 教授 彌田 智一

水溶性フッ素含有 π 共役系ポリマーの開発と 芳香族アミンセンシング

研究開発推進機構 特別研究員 野瀬 啓二

医療・医薬

シクロデキストリン誘導体によるDDS及び機能性材料の創成

理工学部 機能分子・生命化学科 准教授 北岸 宏亮

新規ながん診断法:病理切片を引っ張って調べる!

生命医科学部 医工学科 教授 剣持 貴弘

新規多価型ペプチドによるインフルエンザウイルス感染制御

生命医科学部 医生命システム学科 教授 西川 喜代孝

副作用の無い抗アルツハイマー病戦略

生命医科学部 医生命システム学科 准教授 舟本 聡

Acyl-CoA:cholesterol acyltransferase (ACAT)を 標的としたアルツハイマー病治療薬の開発

生命医科学部 医生命システム学科 助教 浦野 泰臣

タンパク質分解制御による新規ガン生存機構の解明と 創薬応用

生命医科学部 医生命システム学科 助教 和久 剛

心理学

感情科学の展開

-グントの心理構成論からバレットの心理構成論へ-

心理学部 心理学科 教授 余語 真夫

社会調査

科学技術系専門職の就業環境、キャリア、エートス:
組織、制度、社会構造からのアプローチ

社会学部 社会学科 教授 藤本 昌代

共同利用・共同研究拠点 (文部科学省)

赤ちゃん学研究センター

“こころとからだ”の発生・発達メカニズムの解明

赤ちゃん学研究センターは人の始まりとしての赤ちゃんを多彩な研究分野を通して探り、それらを融合させ、あるいはさまざまな角度から、人そのものを知ろうとする研究を進めています。顔認知、人見知り、母子関係、他人理解能力、リズムと各種疾患の関係究明などに取り組み、今までに得られた知見を育児・保育・乳幼児教育につなげていく活動も行っていきます。2016年度より文部科学省の共同研究・共同利用拠点として認可されました。

産官学連携支援体制

D-BRIDGE

(NPO法人同志社大学産官学連携支援ネットワーク)



D-BRIDGEは、地域経済の活性化や経済社会の発展に貢献することを目的とし、産官学連携の促進や起業家のサポートの為の事業を推進するNPO法人です。「未来経営塾」「逸品ものづくり経営塾」「社会起業家養成塾」等、一般公開型のセミナー、登録企業型の課題解決プロジェクトや勉強会を通じた社会起業家支援活動等の他、起業家を対象にした経営支援相談や、土業会員メンバーによる専門家相談も実施しています。

研究成果展開事業 リサーチコンプレックス推進プログラム

(国立研究開発法人科学技術振興機構)

i-Brain×ICT「超快適」スマート社会の創出グローバルリサーチコンプレックス

けいはんな地域では本事業を通じ、i-Brain(脳・人間科学技術)とICTをコアとした異分野融合研究開発によって、「ココロの豊かさ」で感動・活力・共感を生み出す「超快適スマート社会」の実現を目指しています。本学は、当事業で人材育成と設備共用活動を担当し、新規事業創出を牽引するプロデューサー人材の育成、大型設備の共通利用の推進と地域を一体化したバーチャルキャンパスでの教育プログラムの提供に取り組んでいます。これらを通じ、けいはんなでの自律的イノベーション・エコシステムの創出に貢献します。

D-egg

(同志社大学産官学連携型起業家育成施設)



D-eggは同志社大学を中心とする産官学連携による新技術、新事業展開の拠点として、平成18年10月に独立行政法人 中小企業基盤整備機構が整備したインキュベーション施設で、同志社大学・京都府・京田辺市・中小機構が連携して運営しています。居室は3タイプ(試作開発室、実験研究室、ITオフィス)で計33室あり、幅広い実験、研究、試作等が可能です。常駐のインキュベーションマネージャーが日常的に経営・技術・資金・販路等の支援やセミナー・交流会の開催を行っています。

ハリス理化学研究所発表会 プログラム (14:30~17:30)

栄華の間

14:30~

分野 情報通信

自由視聴点レンダリング技術の開発

土屋 隆生

(理工学部 情報システムデザイン学科 教授)

Novel Method for Stimulating Cochlear Nerves: Application of Infrared Laser Stimulation to Hearing Aid

小林 耕太

(生命医科学部 医情報学科 准教授)

玉井 湧太

(大学院 生命医科学研究科 博士前期課程 2年次)

金葉の間

分野 シニアライフ

高齢者における定期的なダートトレーニングが認知機能に及ぼす影響

竹田 正樹

(スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科 教授)

歩行中の自身による掛け声は歩行リズムを安定化させるかー低体力高齢者への応用ー

渡邊 裕也

(スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科 助教)

今昔の間

分野 環境

磁化率の逆たたみ込みから求める磁性ナノ粒子の粒径

福岡 浩司

(理工学部 環境システム学科 准教授)

降水および河川水中の硫酸イオンの硫黄同位体分析

横尾 頼子

(理工学部 環境システム学科 助教)

15:30~

分野 ナノテクノロジー

非平衡状態を利用したバイオテンプレート粒子の機能化

塩井 章久

(理工学部 化学システム創成工学科 教授)

グラフェンを鋳型に利用した各種金属酸化物のナノシート化

竹中 壮

(理工学部 化学システム創成工学科 教授)

分野 心理学

感情科学の展開ーヴェントの心理構成論からパレットの心理構成論へー

余語 真夫

(心理学部 心理学科 教授)

The Prevalence of, and Self-reported Reaction to, Sexual Contacts between Young People and Older Partners in Japan and the United States

Philip TROMOVITCH

(ハリス理化学研究所 教授)

分野 社会調査

科学技術系専門職の就業環境、キャリア、エートス:組織、制度、社会構造からのアプローチ

藤本 昌代

(社会学部 社会学科 教授)

小地域産業連関表の作成と利用

赤尾 聡史

(理工学部 環境システム学科 准教授)

16:30~

分野 機能材料

遮光下で強力な殺菌性を示す酸化亜鉛粉体

廣田 健

(理工学部 機能分子・生命化学科 教授)

ECAP加工に供したマグネシウム合金の耐食性

湯浅 元仁

(理工学部 エネルギー機械工学科 助教)

分野 医薬・医療

新規多価型ペプチドによるインフルエンザウイルス感染制御

西川 喜代孝

(生命医科学部 医生命システム学科 教授)

シクロデキストリン誘導体によるDDS及び機能性材料の創成

北岸 宏亮

(理工学部 機能分子・生命化学科 准教授)

分野 文化財調査

淡路島・石切丁場址踏査と洲本城石垣調査概報

津村 宏臣

(文化情報学部 文化情報学科 准教授)

2017 年度 同志社大学ハリス理化学研究所発表会

日 時 2017 年 11 月 28 日 (火) 14:30~17:00

会 場 ホテルグランヴィア京都 3 階 栄華の間、金葉の間、今昔の間

◆ 目 次 ◆

○印は講演者 (敬称略)

ハリス理化学研究所員研究発表, 部門研究成果発表

【栄華の間】	
自由視聴点レンダリング技術の開発	○土屋隆生・飯野慎吾・松下 翔 …… 1
Novel Method for Stimulating Cochlear Nerves:	○Yuta TAMAI・Takafumi FURUYAMA・
Application of Infrared Laser Stimulation to Hearing Aid	Kensuke HORINOUCI・Kazuyuki MATSUMOTO
	Yuki ITO・Shizuko HIRYU・
	Kohta I. KOBAYASI …… 7
非平衡状態を利用したバイオテンプレート粒子の機能化	○塩井章久・山本大吾・彌田智一・
	貞包浩一朗・森 康維・吉川研一 …… 12
グラフェンを鋳型に利用した各種金属酸化物のナノシート化	○竹中 壮・在田浩輝・小中一輝 …… 16
遮光下で強力な殺菌性を示す酸化亜鉛粉体	Nguyen PHUONG THI MINH・廣田翔子・
	鈴木悠生・加藤将樹・○廣田 健 …… 20
【金葉の間】	
ECAP 加工に供したマグネシウム合金の耐食性	○湯浅元仁・古川 諒・Muhammad RIFAI・
	宮本博之 …… 25
高齢者における定期的なダーツトレーニングが認知機能に	○竹田正樹・安田菜生・伊藤咲月・
及ぼす影響	阿部真人・高道陽平・柳沢和磨・
	Zsolt RADAK …… 30
歩行中の自身による掛け声は歩行リズムを安定化させるか	○渡邊裕也 …… 36
-低体力高齢者への応用-	
感情科学の展開	○余語真夫・金 明哲・八木 匡・
-ヴェントの心理構成論からバレットの心理構成論へ-	多田 実・大平英樹・中村靖子・
	石倉忠夫・佐藤 徳・Philip TROMOVITCH・
	力丸 裕・李 鍾贊 …… 42
The Prevalence of, and Self-reported Reaction to, Sexual	○Philip TROMOVITCH …… 47
Contacts between Young People and Older Partners in	
Japan and the United States	
新規多価型ペプチドによるインフルエンザウイルス感染制御	○西川喜代孝 …… 52
シクロデキストリン誘導体による DDS 及び機能性材料の創成	○北岸宏亮 …… 56
【今昔の間】	
磁化率の逆たみ込みから求める磁性ナノ粒子の粒径	○福間浩司 …… 60
降水および河川水中の硫酸イオンの硫黄同位体分析	○横尾頼子・金丸雅人・梅本智弘 …… 66
科学技術系専門職の就業環境, キャリア, エートス:	○藤本昌代・池田梨恵子・張 韜・
組織, 制度, 社会構造からのアプローチ	松村 淳 …… 70
小地域産業連関表の作成と利用	○赤尾聡史・勝見公敦 …… 76
淡路島・石切丁場址踏査と洲本城石垣調査概報	○津村宏臣・岸田 徹 …… 82

Corrosion Resistance of Magnesium Alloys Processed by Equal Channel Angular Pressing

Motohiro YUASA*, Ryo FURUKAWA*, Muhammad RIFAI*, Hiroyuki MIYAMOTO*

(Received September 5, 2017)

Corrosion resistance of Mg-5.5mass%Zn-0.6mass%Zr (ZK60) alloys processed by equal channel angular pressing (ECAP) was investigated using immersion tests and potentiodynamic polarization measurements in 5 mass% NaCl aqueous solution. The corrosion rates of ECAPed ZK60 alloys increased by increasing number of ECAP passes. Potentiodynamic polarization curves suggested that cathodic reaction was activated, and a passive film formed during immersion tests was weakened by increasing ECAP passes. This can be due to increasing intermetallic compounds and dislocation density during ECAP process. For reducing dislocation density, heat treatment at 573 K for 1.5 h was performed. As the result, the corrosion rates of ECAPed ZK60 alloys were significantly reduced by the heat treatment.

Key words : magnesium alloys, corrosion, microstructure, sever plastic deformation

キーワード : マグネシウム合金, 腐食, 組織, 強ひずみ加工

ECAP 加工に供したマグネシウム合金の耐食性

湯浅 元仁, 古川 諒, Muhammad RIFAI, 宮本 博之

1. はじめに

マグネシウム合金は, 実用金属材料中で最も低密度であり, 優れた比強度および比剛性, 金属特有の易リサイクル性を有することから, 軽量構造材料として各種輸送機器メーカー, 家電メーカーから注目を集めている. しかしながら, 鉄鋼材料やアルミニウム合金に比べて腐食しやすいことが問題となり, マグネシウム合金の輸送機器への適用は, 内装用小型部品にとどまっているのが現状である. マグネシウム合金の耐食性を向上させるためには, その腐食メカニズムを明らかにすることが不可欠であるが,

その腐食メカニズムはいまだに明らかになっていない点が多い^{1,2)}.

近年, 強ひずみ加工法の一つである Equal Channel Angular Pressing (ECAP) 法を用いることで, 純マグネシウムの耐食性が向上したことが報告された³⁾. これは, ECAP による結晶粒微細化により腐食反応時に生成される不動態皮膜が母材と密着しやすくなることに起因すると考察されている. その一方で, 汎用マグネシウム合金の一つである AZ31 合金は, ECAP 加工により導入される大量の転位により耐食性が劣化することが報告された⁴⁾. このよう

*Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto
Telephone: +81-774-65-7078, FAX: +81-774-65-6801, E-mail: myuasa@mail.doshisha.ac.jp

に ECAP 加工が、マグネシウム合金の耐食性に及ぼす影響はよくわかっていないのが現状である。そこで、本研究では、高強度展伸用材料として知られる Mg-5.5mass%Zn-0.6mass%Zr (ZK60) 合金を対象とし、ECAP 加工がその耐食性に及ぼす影響を明らかにする目的で研究を行った。

2. 実験方法

本研究では、ZK60 合金の押出材を供試材とした。その化学組成を Table 1 に示す。本合金は、マグネシウム母相中に金属間化合物が微細析出する析出強化型と呼ばれるマグネシウム合金であり、この析出物は、マグネシウム合金の耐食性に影響する組織因子の一つである。ECAP 加工は、Fig. 1 に示す屈曲部が $\phi=110^\circ$ の金型を用い、押し出し速度を 2 mm/min、押し出し温度を 523 K として行った。なお、ECAP 加工を行う際に、受入れ材のままでは ECAP 途中で破断してしまうことがわかったため、金属間化合物を溶解込ませる溶体化処理 (solution treatment, 以下 ST) を 693 K, 24 h の条件で受入れ材に施した後、ECAP 加工を最大で 4 パス行った。以下、ST を行った ZK60 を 0 パス材、ECAP 加工を行った ZK60 をそのパス回数に応じて 1 パス材、2 パス材、4 パス材と呼ぶ。各試験片の組織を観察するため走査型電子 (Scanning Electron Microscope, 以下 SEM) を用いた組織観察を行った。

Table 1. Chemical composition of ZK60 alloys (mass%).

Zn	Zr	Cu	Ni	Mg
5.5	0.60	0.03	0.005	Bal.

耐食性の評価は、JIS H0541 に準拠した塩水浸漬試験により行った。腐食液は、水酸化マグネシウムにより pH を 10-11 に調整した 5mass%NaCl 溶液を用い、溶液温度 308 K とした。各試験片を機械加工により $\phi 10 \times 20$ mm の円柱状に切り出し、SiC 研磨紙を用いて #240~#2000 まで湿式研磨した後、上記の溶液に試験時間を 72 h 浸漬した。浸漬試験後 10mass%クロム酸溶液を用いて、腐食性生物を除去した上で、試験

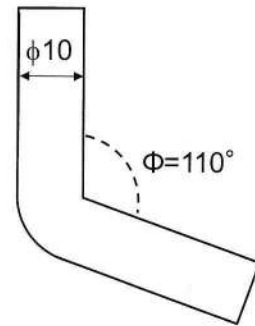


Fig. 1. Schematic illustration of channel in ECAP die.

前後の質量損失から腐食速度を算出した。

また、ECAP 加工に供した ZK60 合金の電気化学特性を評価するため、5mass%NaCl 溶液中で分極曲線を測定した。本測定では、作用極を ZK60 合金試験片、正極を白金電極、参照極を Ag/AgCl 電極とし、試験片を 5mass%NaCl 溶液に 1 時間浸漬した後に測定を行った。電位掃引速度は 0.1 mV/s とした。

3. 結果および考察

3.1 組織観察結果

Fig. 2 に各試験片の SEM 写真を示す。0 パス材では、ほとんどの金属間化合物は固溶し、ほぼ単相となっていた。ECAP 加工を施すと白色で示される金属間化合物が析出した。析出物は $1\mu\text{m}$ 以下の小さいものから、 $5\mu\text{m}$ 程度に成長したもので幅広く見られたが、パス数の増加とともにその数や大きさは増加しているように見受けられた。

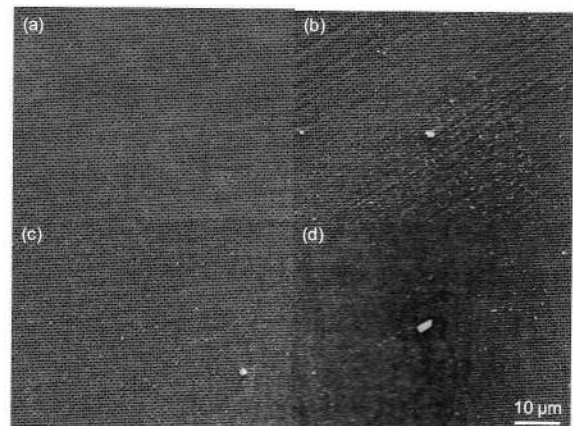


Fig. 2. SEM images of (a) STed, (b) 1 pass ECAPed, (c) 2 passes ECAPed, and (d) 4 passes ECAPed specimens.

3.2 ECAP が耐食性に及ぼす影響

Fig. 3 は塩水浸漬試験から算出された各試験片の腐食速度をまとめたものである。0パス材の腐食速度が最も低く、ECAPのパス数が増加するに伴って腐食速度が増加、すなわち耐食性が劣化した。また、Fig. 4に塩水浸漬試験後、腐食性生物を除去した試験片の外観を示す。ECAP材は、孔食が起こることにより腐食しており、特にパス数が増加すると、孔食の発生個所が増加し、かつひとつの孔食のサイズも増加したように見受けられる。

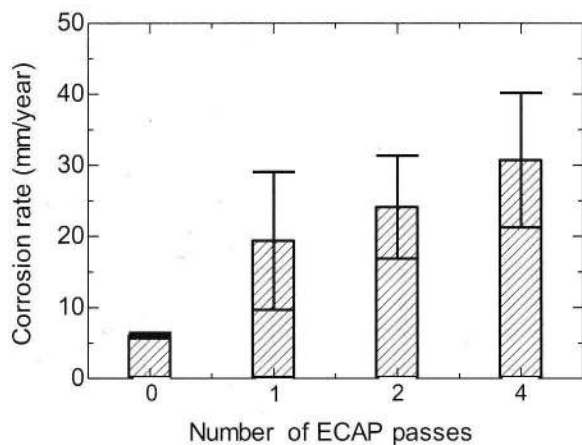


Fig. 3. Corrosion rate of the ECAPed specimens measured from immersion tests in 5mass% NaCl.

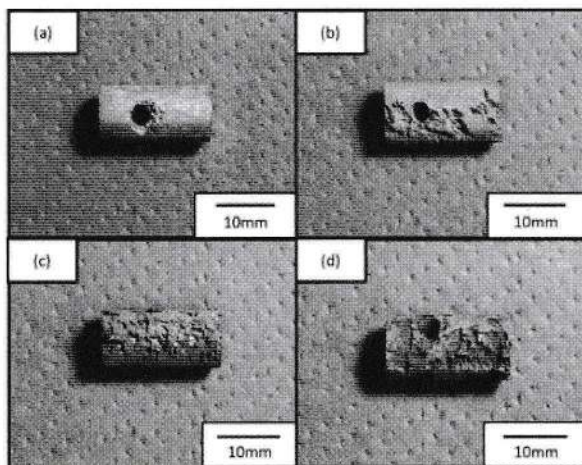


Fig. 4. Appearance of the specimens after immersion tests in 5mass% NaCl solution: (a) STed, (b) 1 pass ECAPed, (c) 2 passes ECAPed, and (d) 4 passes ECAPed specimens.

一般的に、マグネシウム合金中の金属間化合物は、マグネシウム母相 (α -Mg相) よりも貴であり、金属間化合物をカソード相、 α -Mg相をアノード相とする局部電池により腐食を促進する働きがあることが知られている⁵⁻⁷⁾。また、カソード相がアノード相に対して、高い面積比率を有するほど局部電池の効果は強くなるという報告もある。すなわち、金属間化合物のサイズが大きくなるほど、局部電池による腐食は促進されると言える。すなわち、本研究で、ECAPのパス数の増加に伴って、耐食性が劣化した原因として、STで母相中に強制固溶していた金属間化合物が、ECAPにより徐々に析出、さらにそのサイズが粗大化することにより、局部電池の効果が大きくなり、腐食を促進した可能性を挙げることができる。

3.3 ECAP が電気化学特性に及ぼす影響

塩水浸漬時の分極曲線によりアノード反応、カソード反応を解析することで、マグネシウムの腐食反応をより詳細に解析することができる。Fig. 5に各試験片の分極曲線を示す。すべての試験片における分極曲線においてアノード曲線側に孔食電位 (E_{pit}) が確認された。孔食電位は、腐食反応中に生成する不動態皮膜の強固さを表す一つの指標であり、貴側 (電位が高い側) にあるほど腐食が起こりにくいことを示している。Fig. 5より、0パス材が最も孔食電位が

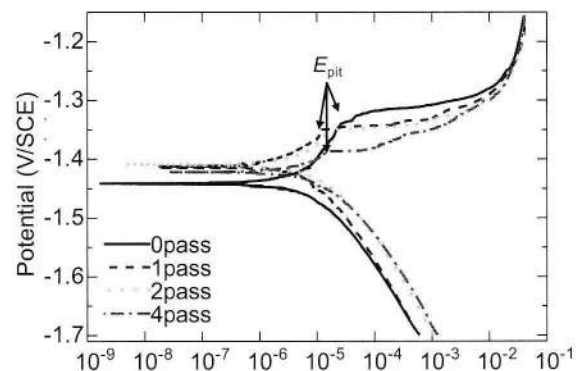


Fig. 5. Potentiodynamic polarization curves of the ECAPed specimens measured from immersion tests in 5mass% NaCl solution.

貴側にあり、パス数の増加により孔食電位が卑側(電位が低い側)に遷移している。特に、最も腐食速度が高かった4パス材は腐食電位と孔食電位が非常に近い値となっており、不動態皮膜は非常に弱いことが示唆される。

また、電位が-1.7V~-1.5V付近のカソード曲線において、パス数の増加に伴って、同一電位における電流密度が増加していることから、ECAPによりカソード反応の促進が起こっていることがわかる。これは、Fig. 2の組織写真に示されるようにECAPのパス数の増加に伴って、金属間化合物のサイズが増加したことによりカソード反応が促進されたことを意味している。さらに、電位-1.4V~-1.3Vのアノード曲線においては同一電位でアノード反応の促進、すなわち、マグネシウムイオンの溶解の促進が起こっていることがわかる。以上のことから、ECAP加工に供されたマグネシウム合金は、ECAPにより金属間化合物のサイズが増加したことによる局部電池による腐食の促進に加え、ECAP加工により蓄えられた転位によりマグネシウム母相自身の溶解が起こりやすくなったと考察できる⁴⁾。

3.4 熱処理が耐食性に及ぼす影響

材料中の転位密度は、熱処理による回復・再結晶で低下させることができる。そこで、本研究では、各ECAP材(1,2,4パス材)に対して、673K,90分の熱処理を行った。この熱処理材に対して、塩水浸漬試験を行い、その腐食速度をFig. 3のECAPままの腐食速度を比較した。その結果をFig. 6に示す。1パス,2パス材に関しては、腐食速度が半分に、最も腐食速度の高かった4パス材では、腐食速度は3分の1まで減少するなど、熱処理により大きく耐食性が向上したことがわかる。このことから、少なくとも本合金の耐食性に関しては、金属間化合物のサイズによる局部電池の影響より、ECAP中に蓄えられた転位によるアノード溶解による影響の方が大きいと考えられる。

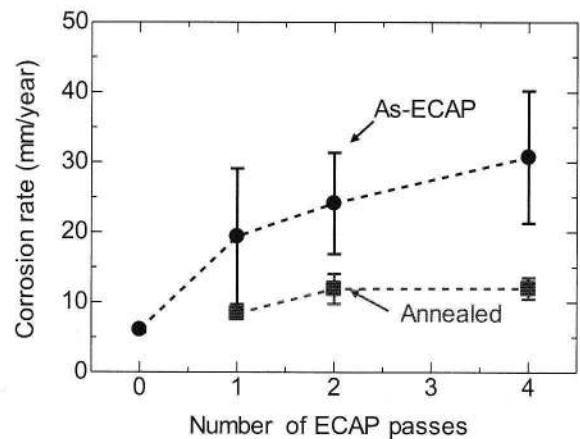


Fig. 6. Relationship between corrosion rate and number of ECAP passes in the as-ECAPed and annealed specimens.

4. 結論

ZK60 マグネシウム合金を ECAP 加工に供した際の耐食性を塩水浸漬試験、並びに分極曲線から評価した。

その結果、ECAP パス数の増加に伴って、塩水中での腐食速度は増加、すなわち耐食性が劣化することを見出した。また、腐食表面の観察結果からパス数の増加により、孔食の発生個所が増加していることがわかった。分極曲線において、ECAP パス数の増加に伴って孔食電位が卑側に遷移していることから、ECAPにより不動態皮膜が弱くなり、孔食が起こりやすくなったことが示唆される。組織観察の結果と合わせて考えると、ECAPによる耐食性の劣化は、ECAP中に析出する金属間化合物の増加と、増加する転位密度に起因するものであることが考えられる。実際にECAPに供した後、熱処理を行うことで耐食性が大幅に改善された。以上より、ECAPによる耐食性劣化の原因として挙げられる金属間化合物による局部電池の影響と転位密度によるアノード溶解促進の影響では後者の影響が大きいと考えられる。

本研究は、2016年度同志社大学ハリス理化学研究所助成金によって行った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) G. Song and A. Atrens, "Corrosion Mechanisms of Magnesium Alloys", *Advanced Engineering Materials*, **1**, 11-33 (1999).
- 2) G. Song and A. Atrens, "Understanding Magnesium Corrosion—A Framework for Improved Alloy Performance", *Advanced Engineering Materials*, **5**, 837-858 (2003).
- 3) N. Birbilis, K. D. Ralston, S. Virtanen, H. L. Fraser and C. H. J. Davies, "Grain Character Influences on Corrosion of ECAPed Pure Magnesium", *Corrosion Engineering, Science and Technology*, **45**, 224-230 (2010).
- 4) G.B. Hamu, D. Eliezer and L. Wagner, "The Relation between Severe Plastic Deformation Microstructure and Corrosion Behavior of AZ31 Magnesium Alloy", *Journal of Alloys and Compounds*, **468**, 222-229 (2009).
- 5) G. Song, A. Atrens and M. Dargusch, "Influence of Microstructure on the Corrosion of Diecast AZ91D", *Corrosion Science*, **41**, 249-273 (1999).
- 6) G. Song, A.L. Bowles and D.H. StJohn, "Corrosion Resistance of Aged Die Cast Magnesium Alloy AZ91D", *Materials Science and Engineering A*, **366**, 74-86 (2004).
- 7) M.C. Zhao, M. Liu, G.L. Song and A. Atrens, "Influence of Homogenization Annealing of AZ91 on Mechanical Properties and Corrosion Behavior", *Advanced Engineering Materials*, **10**, 93-103 (2008).