

統合的先端研究成果報告書

アルミニウム合金の高精度表面改質による 耐水素脆性の改善

Improvement of resistance for hydrogen embrittlement by means
of precise surface modification in aluminum alloys

研究代表者

大阪大学 堀川 敬太郎
広島工業大学 日野 実
兵庫県立大学 福室 直樹

超高強度アルミニウム合金中の 溶質配置のナノスケール解析

Nanoscale analysis of solute distribution
in ultrahigh-strength aluminum alloys

研究代表者

茨城大学 倉本 繁
北海道大学 大沼 正人
東京工業大学 小林 郁夫

October 2021



公益財団法人 軽金属奨学会



公益財団法人 軽金属奨学会
The Light Metal Educational Foundation Inc.

アルミニウム合金の高精度表面改質による 耐水素脆性の改善

大阪大学	堀川 敬太郎
広島工業大学	日野 実
兵庫県立大学	福室 直樹

2021年10月

目 次

I. 研究の概要	7
I-1 はじめに	9
I-2 研究組織	9
I-3 研究経費	10
I-4 研究成果公表	10
II. 研究の成果	19
II-1 アルミニウム表面からの水素侵入挙動	21
II-2 環境水素脆性をモニタリングできる動的計測法の開発	26
II-3 Ni-P めっき Al-Mg-Si 合金の環境水素脆化感受性	29
II-4 高速変形による Al-Zn-Mg 合金の環境水素脆化感受性の改善	34
II-5 Zn めっきによる Al-Zn-Mg 合金の環境水素脆化感受性の改善	40
II-6 低ひずみ速度三点曲げ試験による水素脆性の評価とめっきに基づく内在性水素による水素脆性	43
II-7 内在性水素によるアルミニウム合金の水素脆性とその評価	49
II-8 耐水素脆性を向上させる表面処理	57
II-9 無電解 Ni-P めっきによってアルミニウム合金中に侵入した水素の解析	63
III. 謝辞	

I. 研究の概要

I-1 はじめに

水素社会の構築に向けて高い耐水素脆性を示すアルミニウム合金の開発が望まれている。アルミニウム合金は鉄鋼材料と比べて水素封止性が高い材料として知られており、6061-T6 アルミニウム合金は高圧水素環境での使用が認められている数少ない金属材料の1つである。申請者は、高速変形やFe系晶出物を利用して、組織中に水素トラップサイトを多量導入することによって、アルミニウム合金の水素脆化を抑制できることを示してきた。しかしながら、申請者の行った最近の結果によれば、6061-T6合金であっても、表面の不動態膜を連続的に破壊しながら多量の水素を吸蔵させると、その後に機械的特性が低下（水素脆性）する結果が示されている。水素を使用する環境における水素脆化感受性の低減のためには、合金自体の組織制御も重要となるが、表面改質も必須であると考えられる。そこで、本研究では、陽極酸化、めっき、歪導入などの表面改質手法を組織制御と組み合わせることによって、通常の6061-T6アルミニウム合金の示す高い耐水素脆性をはるかに凌駕するような新しいアルミニウム合金の開発に繋げる。

アルミニウム合金の水素脆化感受性は合金組成や熱処理条件によって大きく変化することが知られており、一般に7000系の高強度合金では水素脆化感受性が高くなることが明らかにされている。使用環境である大気中に含まれる僅かの水分子と不動態皮膜が弱化したアルミニウム表面との化学反応で発生した水素の吸蔵によって高強度アルミニウム合金の水素脆化が発生することが最近の結果から明らかにされてきた。表面から吸蔵される水素量は、表面性状によって大きく変化することが想定されるため、その結果、水素脆化感受性も変化することが予想される。しかしながら、これまで表面改質手法に主眼をおいた高強度アルミニウム合金の水素脆化感受性の低減に関する系統的な研究は行われていない。このような状況において、申請者らの検討から、材料表面に対する高速変形の付与（Gr. A）や電気化学的なめっき処理（Gr. B）によって、アルミニウム合金の水素脆化感受性を下げることが可能であることが示されている。そこで、本研究では、表面処理組織における水素存在状態を精緻に観察する（Gr. C）とともに、各Grのデータを相互に付き合わせることによって、高強度アルミニウム合金の水素脆化感受性の低減に対する有効なプロセスを明確にする。

I-2 研究組織

研究代表者 堀川 敬太郎（大阪大学大学院基礎工学研究科・准教授）

A グループ 堀川 敬太郎（大阪大学大学院基礎工学研究科・准教授）

鋦田 英樹（大阪大学大学院基礎工学研究科・修士課程）

菅原 卓馬（大阪大学大学院基礎工学研究科・修士課程）

B グループ 日野 実（広島工業大学工学部機械システム工学科・教授）
進野 諒平（広島工業大学工学部機械システム工学科・修士課程）

C グループ 福室 直樹（兵庫県立大学大学院工学研究科・准教授）
八重 真治（兵庫県立大学大学院工学研究科・教授）
松本 歩（兵庫県立大学大学院工学研究科・助教）
藤井 智華（兵庫県立大学工学部・学生）
澤田 康平（兵庫県立大学大学院工学研究科・修士課程）

I-3 研究経費

令和元年度		12,000,000 円
A グループ	5,000,000 円	
B グループ	3,500,000 円	
C グループ	3,500,000 円	
令和2年度		12,000,000 円
A グループ	5,000,000 円	
B グループ	3,500,000 円	
C グループ	3,500,000 円	
総計		24,000,000 円

I-4 研究成果公表

A グループ	添付のとおり
B グループ	添付のとおり
C グループ	添付のとおり

3 グループ全体としての研究成果公表

(解説)

1. 表面改質手法に基づくアルミニウム合金の環境水素脆化感受性の改善
—軽金属奨学会 2019 年度統合的先端研究の成果—
堀川敬太郎, 日野実, 福室直樹: 軽金属, 第 71 巻, 2021. (投稿中)

(研究活動)

1. テーマセッション「アルミニウム合金の水素脆化と水素脆化防止に関する研究の新展開」企画世話人, 軽金属学会第 139 回秋期大会 (2020. 11/7, オンライン開催)

A グループ研究成果公表 (研究推進者: 堀川敬太郎)

(学術論文, プロシーディングス, 講演論文(*は別刷りを添付))

1. *Keitaro Horikawa, Takuya Matsubara, and Hidetoshi Kobayashi: Hydrogen charging of Al-Mg-Si-based alloys by friction in water and its effect on tensile properties, *Materials Science and Engineering A*, Vol.764, No.9, 133189, 2019.
2. *堀川敬太郎, 小林秀敏: 純アルミニウムの水中表面摩擦による水素侵入およびその引張特性に及ぼす影響, *日本金属学会誌*, 第 84 巻, 3 号, pp. 68-73, 2020.
3. *Keitaro Horikawa and Hidetoshi Kobayashi: Hydrogen charging of aluminum using friction in water, *Journal of Visualized Experiments*, (155), e60711, 2020.
4. *堀川敬太郎, 谷山真希, 小林秀敏: 高純度アルミニウム板材に生じるプリスタの形態観察, *軽金属*, 第 70 巻, 9 号, pp. 432-434, 2020.
5. *Keitaro Horikawa, Michiko Arayama and Hidetoshi Kobayashi: Quantitative detection of hydrogen gas release during slow strain rate testing in aluminum alloys, *Materials Science Forum*, Vol.1016, pp.568-573, 2021.
6. *Keitaro Horikawa: Quantitative monitoring of environmental hydrogen embrittlement of Al-Zn-Mg-based aluminum alloys via dynamic hydrogen detection and digital image correlation, *Scripta Materialia*, 199 (2021) 113853.
7. *鍛田英樹, 堀川敬太郎, 日野実, 福室直樹: 無電解 Ni-P めっき処理した 6061-T6 アルミニウム合金の引張特性に及ぼす水素の影響, *軽金属*, 第 71 巻, 5 号, pp. 201-207, 2021.
8. 堀川敬太郎, 井藤匡史, 日野実, 福室直樹: Al-Zn-Mg 系合金の水素脆化感受性に及ぼす高速予備圧縮変形の影響, *軽金属*, 第 71 巻, 8 号, 2021. (印刷中)

9. 堀川敬太郎, 日野実, 福室直樹: 電気 Zn めっきによる Al-Zn-Mg 系合金の環境水素脆化性の改善, 軽金属, 第 71 巻, 2021. (投稿予定)

(解説(*は別刷りを添付))

1. *堀川敬太郎: アルミニウム表面から侵入する水素と脆化特性, 表面技術, Vol. 71, No. 5, pp. 330-335, 2020.
2. *堀川敬太郎: 構造金属材料の表面から放出される水素の検出法, UYEMURA TECHNICAL REPORT, Vol. 79, pp. 3-9, 2020.
3. 堀川敬太郎, 日野実, 福室直樹: 表面改質による Al-Zn-Mg 系合金の水素脆化感受性の改善, 軽金属, 第 71 巻, 2021. (投稿中)

(特許)

1. 堀川敬太郎: 水素量の計測システム, 水素量計測装置及び水素量の計測方法: 特願 2019-178534, 出願日: 2019 年 9 月 30 日

(国際会議・シンポジウム・国内学会・研究会 発表)

1. K. Horikawa: Strain rate effect on hydrogen behavior in aluminum alloys during deformation, Solute-Defect Interaction 2 symposium in honor of Shig Saimoto, Canadian Materials Science Conference, オンライン, 令和 3 年 6 月 4 日 招待講演
2. Keitaro Horikawa, Michiko Arayama and Hidetoshi Kobayashi: Quantitative detection of hydrogen gas release during slow strain rate testing in aluminum alloys, Abstract of Thermec 2021, May 13.
3. 堀川敬太郎: 研究部会紹介「アルミニウム中の水素と材料物性」, 軽金属, 6 月号 (令和 3 年 6 月 31 日発行) (2021)
4. 北村暁之, 堀川敬太郎, 小林秀敏: 亜臨界水中で時効処理を行った Al-Cu 系合金の機械的特性, 第 136 回軽金属学会春期講演大会, 富山, 平成 31 年 5 月 10 日-12 日
5. 井藤匡志, 堀川敬太郎, 小林秀敏: 高速塑性変形を与えた高強度 Al-Zn-Mg 合金の耐水素脆化特性, 第 136 回軽金属学会春期講演大会, 富山, 平成 31 年 5 月 10 日-12 日
6. 堀川敬太郎, 荒山倫子, 小林秀敏: 7075 アルミニウム合金の水素脆性き裂から放出される水素の検出, 第 137 回軽金属学会秋期講演大会, 東京, 令和元年 11 月 2 日-3 日
7. 堀川敬太郎, 小林秀敏: 6061 アルミニウム合金の水素脆化感受性に及ぼすひずみ速度の影響, 第 137 回軽金属学会秋期講演大会, 東京, 令和元年 11 月 2 日-3 日
8. 鍬田英樹, 堀川敬太郎, 谷垣健一, 小林秀敏, 福室直樹, 日野実: 無電解 Ni めっきを行った 6061-T6 アルミニウム合金の水素脆化特性, 第 138 回軽金属学会春期講演大会, 香川, 令和 2 年 5 月 22 日-24 日

9. 堀川敬太郎, 小林秀敏: アルミニウム表面の水中連続摩擦による水素吸蔵特性, 第 138 回軽金属学会春期講演大会, 香川, 令和 2 年 5 月 22 日-24 日
10. 鍬田英樹, 谷垣健一, 日野実, 福室直樹, 堀川敬太郎: 無電解 Ni-P めっき処理した 6061-T6 アルミニウム合金の引張特性に及ぼす水素の影響, 第 139 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン, 令和 2 年 11 月 6 日-8 日
11. 北村暁之, 谷垣健一, 日野実, 福室直樹, 堀川敬太郎: 亜臨界水中で時効処理を行った Al-Cu 合金の表面特性, 第 139 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン, 令和 2 年 11 月 6 日-8 日
優秀ポスター発表賞
12. 井藤匡志, 谷垣健一, 日野実, 福室直樹, 堀川敬太郎: Al-Zn-Mg 合金の環境水素脆性に及ぼす予備圧縮変形速度の影響, 第 139 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン, 令和 2 年 11 月 6 日-8 日
13. 菅原卓馬, 谷垣健一, 日野実, 福室直樹, 堀川敬太郎: 7075-T6 アルミニウム合金の破断時の水素放出現象に及ぼす応力集中の影響, 第 139 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン開催, 令和 2 年 11 月 6 日-8 日 **優秀ポスター発表賞**
14. 堀川敬太郎, 小林秀敏: 高純度アルミニウム板材に生じるブリスタの内部構造, 第 139 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン, 令和 2 年 11 月 6 日-8 日
15. 堀川敬太郎: 環境水素脆性を動的にモニタリングできる計測手法の開発, 第 139 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン, 令和 2 年 11 月 6 日-8 日 **基調講演**
16. 堀川敬太郎: アルミニウム合金の変形・破壊に伴う水素放出の定量計測, 日本金属学会 2021 年春期講演大会, オンライン, 令和 3 年 3 月 16 日-19 日
17. 堀川敬太郎: アルミニウム板材に生じるブリスタの内部構造に及ぼす純度の影響, 第 140 回軽金属学会春期講演大会, オンライン, 令和 3 年 5 月 15 日-16 日
18. 堀川敬太郎, 鍬田英樹, 日野実, 福室直樹: 7075 アルミニウム合金の環境水素脆性に及ぼす表面処理の影響, 第 140 回軽金属学会春期講演大会, オンライン, 令和 3 年 5 月 15 日-16 日
19. 堀川敬太郎: 水素の可視化手法を利用したアルミニウム合金の環境水素脆性の評価, 日本学術振興会 材料の微細組織と機能性第 133 委員会 第 243 回研究会, 東京, 令和元年 6 月 1 日
20. 堀川敬太郎: アルミニウム合金表面における水素侵入・放出と環境水素脆化, ISIJ「水素脆化の基本要因と実用課題」フォーラム, オンライン, 令和 2 年 12 月 4 日 **招待講演**
21. 菅原卓馬, 堀川敬太郎, 日野実, 福室直樹: 不純物 Fe, Si 量の異なる Al-Zn-Mg 系合金の環境水素脆性に伴う水素放出の動的計測, 第 141 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン開催, 令和 3 年 11 月 12 日-14 日
22. 鍬田英樹, 堀川敬太郎, 日野実, 福室直樹: 無電解 Ni-P めっき処理した 6061-T6 アルミニウム合金の引張特性に及ぼす水素の影響, 第 139 回軽金属学会秋期講演大会, オンライン, 令和 3 年 11 月 12 日-14 日

23. 堀川敬太郎：アルミニウム合金の環境水素脆性に及ぼすめっき処理の影響，電気鍍金研究会，オンライン，令和3年9月24日 招待講演

B グループ研究成果公表（研究推進者：日野実）

（学術論文，プロシーディングス，講演論文（*は別刷りを添付））

1. *城戸竜太，桑野亮一，日野 実，村上敬祐，黒坂成吾，小田幸典，堀川敬太郎，金谷輝人：A5052-H14 および A2017-T4 アルミニウム合金の疲労特性に及ぼす表面処理の影響，日本金属学会誌特集号「固体中の水素と材料特性 IV」，第 84 巻，3 号， pp.74-79, 2020.
2. *日野 実，土居悠帆，桑野亮一，小田幸典，堀川敬太郎：無電解 Ni-P めっきによる高強度鋼の水素脆性に及ぼす P 含有量の影響，日本金属学会誌特集号「固体中の水素と材料特性 IV」，第 84 巻，3 号， pp.80-86, 2020.
3. *日野 実，向井駿介，島田丈寛，岡田孝輝，堀川敬太郎：硫酸浴から各種亜鉛系めっきされた高強度鋼の水素脆性に及ぼすベーキングの効果，日本金属学会誌特集号「固体中の水素と材料特性 IV」，第 84 巻，3 号， pp.87-91, 2020.
4. *R. Kido, R. Kuwano, M. Hino, K. Maruyama, S. Kurosawa, Y. Oda, K. Horikawa and T. Kanadani : Effects of Surface Treatment on Fatigue Properties of A5052-H14 and A2017-T4 Aluminum Alloys, Materials Transactions, Vol.62, No.1, pp.69-74, 2021.
5. *M. Hino, Y. Doi, R. Kuwano, Y. Oda and K. Horikawa : Effect of Phosphorus Content on Hydrogen Embrittlement for High Strength Steel Treated with Electroless Ni-P, Materials Transactions, Vol.62, No.1, pp.75-81, 2021.
6. *M. Hino, S. Mukai, T. Shimada, K. Okada and K. Horikawa : Effect of Baking on Hydrogen Embrittlement for High Strength Steel Treated with Various Zinc Based Electroplating from a Sulfate Bath, Materials Transactions, Vol.61, No.12, pp.2302-2306, 2020.
7. *M. Hino, S. Mukai, T. Shimada, K. Okada and K. Horikawa : Inferences of Baking Time on Hydrogen Embrittlement for High Strength Steel Treated with Various Zinc Based, Materials Science Forum, Vols.1016, pp.156-161, 2021.
8. 進野諒平，日野実，桑野亮，門田宏治，佐藤雅亮，小田幸典，福室直樹，八重真治，堀川敬太郎，金谷輝人：回転曲げ疲労試験による A2017-T4 アルミニウム合金の水素脆化の評価，軽金属，第 71 巻，2021. (投稿中)

9. 進野諒平, 日野実, 桑野亮, 門田宏治, 佐藤雅亮, 小田幸典, 福室直樹, 八重真治, 堀川敬太郎, 金谷輝人: A7075-T6511 アルミニウム合金の疲労特性に及ぼす各種無電解 Ni-P めっきの影響, 軽金属, 第 71 巻, 2021. (投稿中)

(解説(*は別刷りを添付))

1. 日野 実: めっきによる水素脆性, 表面技術, 第 71 巻, 2 号, pp.180-182, 2020.
2. *日野 実: Zn 系めっきによる高強度鋼の水素脆性, 表面技術, 第 71 巻, 5 号, pp.323-326, 2020.
3. 日野 実: 高強度鋼への亜鉛めっきによる水素脆化とベーキング効果, (公社) 日本鑄造工学会中国四国支部会報こしき, No.43, pp.35-39, 2020.

(国際会議・シンポジウム・国内学会・研究会 発表)

1. M. Hino, S. Mukai, T. Shimada, K. Okada and K. Horikawa: Inferences of Baking Time on Hydrogen Embrittlement for High Strength Steel Treated with Various Zinc Based, Abstract of Thermec 2021, June 5.
2. Ryota Kido, Ryoichi Kuwano, Norihito Nagata, Teruto Kanadani, and Makoto Hino: Influences of sulfuric acid anodizing on fatigue property of A5052 and A2017 aluminum alloys, 3rd International Symposium on Anodizing Science and Technology, 令和元年 6 月 2 日.
3. Makoto Hino, Yuho Doi, Yukinori Oda and Keitaro Horikawa: Hydrogen Embrittlement for High Strength Steel Treated with Various Electroless Ni-P Plating, Interfinish2020(2021.9.6-8)
4. 日野 実: 低水素脆性亜鉛系めっきの開発(II), 2019 年関西表面技術シンポジウム, 令和元年 7 月 31.
5. 金谷輝人, 永田教人, 日野 実, 中川恵友, 堀川敬太郎: Al 合金の疲労強度に及ぼす表面析出物と水素の影響, 軽金属学会中国四国支部第 11 回講演大会, 令和元年 8 月 3 日.
6. 進野諒平, 城戸竜太, 永田教人, 金谷輝人, 日野 実: 軽金属学会中国四国支部第 11 回講演大会, 令和元年 8 月 3 日.
7. 岡田孝輝, 堀川敬太郎, 日野 実: 高強度鋼の水素脆性に及ぼす亜鉛系めっきおよびベーキングの効果, (公社) 日本金属学会 第 59 回中国四国支部講演大会, 令和元年 8 月 19 日. 優秀講演賞
8. 日野 実, 向井駿介, 島田丈寛, 岡田孝輝, 堀川敬太郎: 亜鉛系めっきされた高強度鋼の水素脆性に及ぼすベーキングの効果, 表面技術協会第 140 回講演大会, 令和元年 9 月 10 日.
9. 日野 実, 岡田孝輝, 島田丈寛, 向井駿介, 堀川敬太郎: 亜鉛および Zn-Ni 合金めっきされた高強度鋼の水素脆性に及ぼすベーキングの効果, 第 88 回日本熱処理技術協会講演大会, 令和元年 11 月 29 日.
10. 岡田孝輝, 堀川敬太郎, 日野 実: 亜鉛系めっきによる高強度鋼の水素脆化機構の推定, 日本金属学会・日本鉄鋼協会 中国四国支部第 45 回若手フォーラム, 令和元年 11 月 29 日.

11. 日野 実, 堀川敬太郎: 亜鉛系めっきによる高強度鋼の水素脆化機構の推定, 2019年日本金属学会春期講演大会, シンポジウム金属表面の材料科学III, 令和2年3月18日.
12. 日野 実, 進野諒平, 城戸竜太, 小田幸典, 佐藤雅亮, 門田宏治, 堀川敬太郎, 金谷輝人: アルミニウム合金の水素脆性に及ぼす各種表面処理の影響, 第139回軽金属学会秋期講演大会, オンライン, 令和2年11月6日-8日
13. 小田智也, 井上貴之, 兼永滉也, 日野 実, 堀川敬太郎: SK85鋼板へのZnおよびZn-Ni合金めっきと水素脆性, (一社)表面技術協会関西支部主催第22回関西表面技術フォーラム, 令和2年12月3日
14. 進野諒平, 日野 実, 門田宏治, 佐藤雅亮, 小田幸典, 堀川敬太郎: A2017-T4アルミニウム合金の疲労特性に及ぼす表面処理の影響, (一社)表面技術協会関西支部主催第22回関西表面技術フォーラム, 令和2年12月3日
15. 日野 実: アルミニウム合金の機械特性を向上させる表面処理技術の開発, (一社)表面技術協会関西支部主催第22回関西表面技術フォーラム, 令和2年12月4日
16. 進野諒平, 日野 実, 門田宏治, 佐藤雅亮, 小田幸典, 堀川敬太郎: A2017-T4アルミニウム合金の疲労特性に及ぼす各種無電解Ni-Pの影響, 表面技術協会第143回講演大会, 令和3年3月4日
17. 日野 実, 小田智也, 井上貴之, 兼永滉也, 堀川敬太郎: ZnおよびZn-Ni合金めっきされたSK85鋼板の三点曲げ試験による水素脆性の評価, 表面技術協会第143回講演大会, 令和3年3月5日
18. 日野 実, 堀川敬太郎: 亜鉛系めっきによる高強度鋼の水素脆化機構の推定, 2020年日本金属学会春期講演大会, シンポジウム金属表面の材料科学IV, 令和3年3月17日
19. 進野諒平, 日野 実, 門田宏治, 佐藤雅亮, 小田幸典, 福室直樹, 堀川敬太郎, 金谷輝人: 疲労試験によるA2017-T4アルミニウム合金の水素脆性評価, 第140回軽金属学会春期講演大会, オンライン, 令和3年5月15日-16日
20. 日野 実, 堀川敬太郎: 高強度鋼への亜鉛めっきによる水素脆化とベーキング効果, 日本鑄造工学会中国四国支部令和元年度支部研究会, 令和元年12月12日.
21. 日野 実: 無電解Ni-Pめっきと水素脆性, 電気鍍金研究会研究例会, 令和元年9月18日
依頼講演.
22. 日野 実: アルミニウム合金への表面処理と機械特性, 軽金属学会アルミニウム中の水素と材料物性研究部会, 令和元年7月4日 依頼講演

C グループ研究成果公表（研究推進者：福室直樹）

（解説（*は別刷りを添付））

1. *福室直樹, 八重真治: 電気化学反応によって金属中に侵入した水素の存在状態とその影響, 表面技術, Vol. 71, No. 5, pp. 314-322, 2020.

（国際会議・シンポジウム・国内学会・研究会 発表）

1. 藤井智華, 福室直樹, 八重真治: 表面処理に起因するアルミニウム合金の水素脆化の機構解明, 第 83 回マテリアルズ・テラリング研究会, 長野, 令和元年 7 月 25-27 日
2. 藤井智華, 福室直樹, 八重真治: 無電解 Ni-P めっきにより Al 合金に侵入した水素の解析, 第 21 回関西表面技術フォーラム, 神戸, 令和元年 11 月 21 日
3. 福室直樹, 澤田康平, 西宮孝祐, 八重真治: 無電解 Ni-P 合金めっきによる A7075 アルミニウム合金中への水素侵入, 日本金属学会 2021 年春期講演大会, オンライン, 令和 3 年 3 月 16 日-19 日
4. 澤田康平, 福室直樹, 八重真治: アルミニウム合金上への無電解 Ni-P めっきによって侵入した水素の解析, 第 140 回軽金属学会春期講演大会, オンライン, 令和 3 年 5 月 15 日-16 日
5. 福室直樹, 八重真治: 電気化学的手法によって金属中に侵入した水素の挙動解析, 電気化学会, 電解科学技術委員会, 第 113 回委員会および第 21 回 R&D 研究懇談会, オンライン, 令和 3 年 6 月 29 日 依頼講演
6. K. Sawada, N. Fukumuro, S. Yae: Analysis of Hydrogen Incorporated in Aluminum Alloys by Electroless Ni-P Plating, INTERFINISH2020（第 20 回表面技術国際会議）, オンライン, 令和 3 年 9 月 6 日-8 日