

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月21日現在

機関番号：11201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21760092

研究課題名（和文）電気防錆加工法の開発—水循環系の開発と潤滑性改善，加工後工作物耐食性付与の検討—

研究課題名（英文）Development of Electric Rust Preventive Machining Method – Development of Water Recycle System and, Improvement of Lubricity, Addition of Workpiece Corrosion Proof after Machining –

研究代表者

西川 尚宏（NISHIKAWA NAOHIRO）

岩手大学・工学部・助教

研究者番号：10431462

研究成果の概要（和文）：機械加工の際，加工液に水のみを使用する電気防錆加工法システムの開発を行なってきた。水加工機のため，加工水から切屑や砥粒，切屑の腐食による錆（イオン）を除去する逆浸透膜を利用した新しい水循環再生システムを提唱・開発し，その浄化性能を検証した。これにより加工水は不純物がほぼない純水レベルまで浄化され，毎分10Lを超える実用流量を達成した。さらに水のみで加工性能向上，加工後工作物耐食性付与等を検討した。

研究成果の概要（英文）：In machining, the electric rust preventive machining method that uses only water as machining fluid has been developed. As constituting water using machine, new water recycle system that utilizes reverse osmosis membrane which removes cutting chips, fallen abrasives and rust (ion with corrosion of cutting chip) from machining water is proposed and developed. Moreover, its purification performance is evaluated. Hereby, machining water is purified to pure water that doesn't contain almost impurities. And it is achieved over 10L/min practical flow quantity of purified machining water in water recycle. Further more, machining performance improvement with only water and addition of workpiece corrosion proof after machining etc. are estimated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 生産工学・加工学

キーワード：電気防錆加工法，環境調和型加工法，二酸化炭素排出削減，廃液処理削減，水加工・水再生循環，機械工作・生産工学，切削加工・研削加工，腐食・防食

## 1. 研究開始当初の背景

従来，機械加工（切削・研削）の現場では加工を円滑に行なうため，加工液（切削油・研削液）が使用されてきた。この加工液には油剤・界面活性剤・極圧添加剤（硫黄，リン，塩素化合物※国内ではJIS規格改定で塩素系

は削られたが，海外では使用されている）・防錆剤など，様々な化学物質が含まれている。そのため，加工液使用后，廃液処理においては焼却・埋立や凝集沈殿などの処理が必要であり，多量の温室効果ガス排出と莫大な処理コストを生じている。さらに，作業への健

康被害も懸念されている。そこで、加工液を使用しない・使用を減らした加工法の開発が必要となっている。

ここで、本研究では、加工廃液を削減すべく、加工液に無害な水（水道水）を使用した電気防錆加工法（水加工）システムを提唱・開発している。もし、水のみでの加工が実用化されれば、廃液処理大幅低減が見込まれ、作業員への健康懸念も解消され、さらに、工作物が油剤に触れないため加工後の脱脂洗浄工程が簡略化でき生産性向上も期待される。本加工法は様々な加工法に適用可能であり、これまで円筒研削・内面研削・平面研削・エンドミル切削といった切削・研削加工への適用と効果を検証している。さらに加工後の工作物を水中で保管する電気防錆水中保管法も開発した。

本取組では電気防錆加工法システム実用化を目指し後述の各種問題解決を検討した。

## 2. 研究の目的

本研究の目指すところは電気防錆加工法（水加工）システムの現場実用化である。従来の加工機システムは油剤を使用した加工液を利用することを念頭に開発されているため、水のみを加工液に使用するには多数の問題や検討事項がある。本申請研究では下記の内容についての検討した。

### (1) 水中研削盤の防錆対策評価

通常、加工機は鉄材であるため腐食してしまう。そこで、これまでの研究（科研費 若手研究（スタートアップ）、研究課題番号：19860003）において、耐水耐食加工機（平面研削盤）を開発した。長期防錆効果検証のため、機械の腐食観察を継続した。

### (2) 水再生循環システムの追加

これまで、電気防錆加工法では水道水を掛け流しにしていた。これは加工後の水を循環利用すると、切屑が腐食し赤水となり工作物や機械を汚損するためである。循環再生利用できれば、より省資源が実現し、さらに、水供給が不安定な海外での利用も視野に入る。そこで、この切屑や赤水を除去して水を再利用する水循環再生システムが必要であった。

### (3) 水のみでの潤滑性向上の検討等

水のみであると油剤・極圧添加剤など含まれないため潤滑性が低下する。そこで薬剤を使用せず水のみで加工性能向上を検討した。

### (4) 加工後の工作物耐食性向上

油剤・防錆剤使用の加工では薬剤の作用で工作物が加工後もある程度錆びない状態にある。また、加工後の十分な防錆のためには、防錆剤塗布や油剤浸漬などされる。次工程・出荷のためにはこのような油剤・薬剤成分は脱脂洗浄され除去されるが、その際、洗浄廃液発生など環境負荷になる。一方、水のみで加工すると、電気防錆加工の終了後、工作物には水滴を残したままにすると錆びてしま

うためこれまでは速やかに乾燥させるか、そのまま水中で保管する電気防錆水中保管法を利用する必要がある。（あるいは従来加工液と同様の防錆措置が必要である。）そこで、工作物に加工後も耐食性を付与できればもっと加工後の工作物の取扱を簡便にでき、実用化に近づくと考えられる。

### (5) トータルコスト評価

水加工では、省電力・省資源で原油資源を節約でき、生産性から廃棄処理までのトータルコストが大幅に低減できると考えられる。そこでトータルコストの評価を検討する。

## 3. 研究の方法

前述における各課題に対し、下記の方法により解決を検討した。

### (1) 水中研削盤の防錆対策評価

耐水耐食水中加工機（図1上）はコーティングおよびステンレス・樹脂への部材・配管材など素材変更により防水・防錆されている。さらに工作物および工作機は陰極として水中で微弱電流を外部直流電源より印加する電気防錆により防錆されている。腐食した場合、分かるよう透明のコーティング・樹脂材を用いており実験を通じて長期観察をした。

### (2) 水再生循環システムの追加

従来濾過フィルタでは $\mu$ ～サブ $\mu$  ( $10^{-6}$ ～ $10^{-7}$ m)の切屑・砥粒粒子を除去できるが、切屑の錆粒子やイオン（切屑のイオン化溶出による。サイズ： $\sim 10^{-10}$ m）のため除去困難である。そこで、水のみを使用する特性を鑑み、逆浸透膜（油剤不可）を使用した、イオ

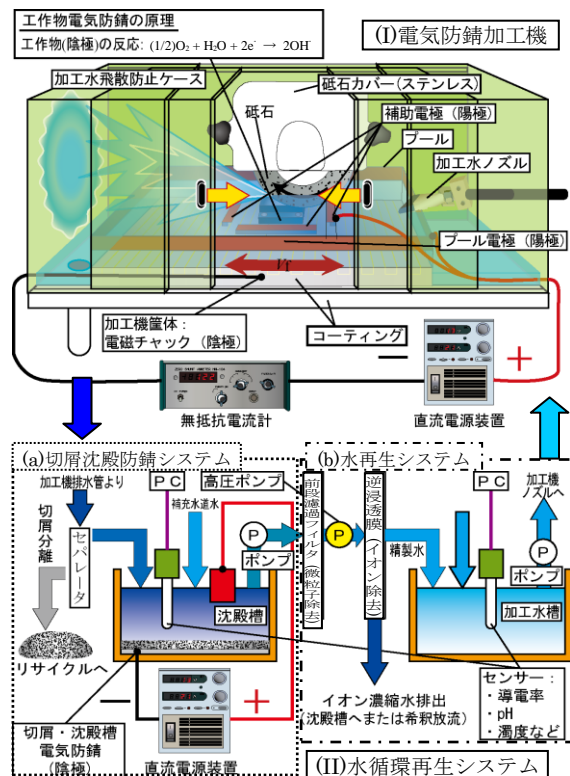


図1 電気防錆加工システム



図2 防錆スケールによる加工後防錆原理

ンサイズ微粒子（～10<sup>-10</sup>m）まで除去可能の水循環再生システム（図1下）を提唱・開発した。本システムは切屑・砥粒を沈殿により簡易除去しつつ、沈殿切屑自身に電気防錆を施し、錆を抑制する切屑沈殿防錆システムと沈殿除去できない微粒子やイオン類を逆浸透膜で除去する水再生システムからなる。

(3) 水のみでの潤滑性向上の検討等

これまでの研究で水中加工（工作物を水中に浸漬させて加工）を実施すると加工性能が向上することが示されていた。そこで、さらなる性能向上のため潤滑剤を含ませた砥石を使用することで加工性向上を検討する。

(4) 加工後の工作物耐食性向上

水中には天然由来の無害の硬度成分（Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>の水和物など）が溶け込んでいる。直流電源を水中の陰極工作物に接続して電流を供給すると、この硬度成分が工作物表面に膜：防錆スケール（電解被覆）として析出する。（図2）これを積極的に工作物表面に生成し工作物の耐食性向上を検討した。

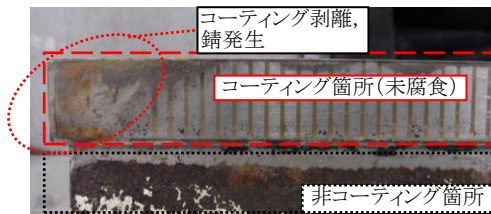
(5) トータルコスト評価

モデル工場を想定し算出を検討する。

4. 研究成果

(1) 水中研削盤の防錆対策評価

ここで、先の研究（科研費、若手研究（スタートアップ）課題番号 19860003）で開発した耐水耐食加工機の防錆評価と改良を継続して行なっている。コーティング部位の腐食観察を継続した結果、約2年程度防食されているのが示された。（図3：雑誌論文⑦）ここでコーティング部位の剥離（おそらく治具等の接触により発生）により浸水し錆が発生しているが、剥離しなければより長期間防錆可能であり、ある程度の防錆性能を達成したといえる。本結果を踏まえて今後はコーティングなどの手間無く、より簡便に改造ができ、かつ漏水や浸水をより防ぐ構造を検討し、



(I) 616日経過:剥離直後

図3 2年防食とコーティング剥離による錆発生

企業現場で導入し易いよう実用化のための改良を検討する。

(2) 水再生循環システムの追加

①浄化能力

まず、水循環再生システムに切屑混入を模した模擬加工水（試液：鉄 1mg/L程度含有、赤水）を供給し浄化性能を検証した。表1に結果の一例を示す。

表1 水循環再生システムによる浄化・水調整

	pH	伝導度 [μS/cm]	濁度 [NTU]	色度 [unit]	DO [mg/L]	水温 [°C]	全鉄 [mg/L]
水道水	7.9	87.6	0.25	0.31	7.79	9.3	0.05
試液	7.4	88.5	2.08	9.17	6.89	9.0	1.16
沈殿槽	7.2	93.4	2.10	11.30	6.69	9.4	0.94
濾過F	7.5	94.1	1.17	3.15	7.60	11.7	0.29
活性炭F	7.5	92.4	0.04	0.22	7.51	10.9	0.03
再生水1	6.6	5.5	0.00	0.04	6.97	11.3	0.02
再生水2	6.3	2.7	0.00	0.07	6.93	10.7	0.02
濃縮水1	7.4	106	0.00	0.13	7.07	11.9	0.05
濃縮水2	7.6	119	0.11	0.42	6.99	11.6	0.02



沈殿槽、濾過フィルタ、活性炭フィルタを経るごとに浄化され、逆浸透膜後の再生浄化水では水の汚れを示す濁度・色度・鉄が大幅に減じ、特に電気伝導度（微粒子やイオン性不純物）が極めて大幅に減り浄化水は純水レベルになり、水道水より浄化されている。これにより、当初予定の水浄化レベルを超え達成された。なお、本システム逆浸透膜の浄化能率・再生水量を上げるため高压ポンプを要す。このため、システム構築時、H22年度およびH23年度 JST A-STEP 事業（課題番号：AS221Z02911B、AS231Z03714B）を併せて実施し、改良を行なった。これにより毎分 10L 以上の実用的再生水流量を達成した。

②海外対応（想定以上の成果）

日本の水道水は品質が一定し安価である。一方、後述(4)にも関わるが、電気防錆加工（水加工）を行う上で、防錆に関わる水質・浄化度が、海外では水源土壌により異なり途上国では水の安定供給への懸念もある。そこで、水循環再生システムを利用し各地で異なる水質を一定に調整し、世界中どこでも水加工ができるよう検討した。図4に示すように水循環再生システムに各種原水を供給し、一度浄化水とし、さらに、電気防錆加工を円滑に行えるよう水由来の無害な硬度成分（電気伝導度も増加させる：純水でも電気防錆加工は可能であるが消費電力が大きくなる）を添加し、常に一定の水質の加工用調整水（合成水）

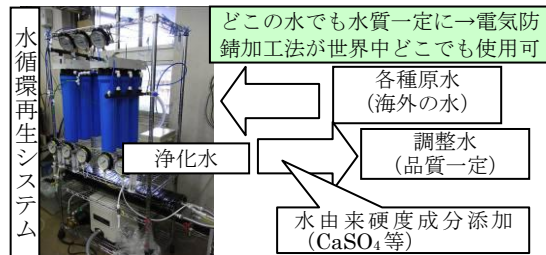


図4 各地原水の浄化と調整水合成



表2 水循環再生システムによる浄化・水調整

水種類	伝導度 [μS/cm]	Ca [mg/L]	Mg [mg/L]	硬度 [mg/L]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
1.硬水(仏国)	546	80	26	304	12.6
2.水道水(日本)	117	9.6	2.4	33.8	10.2
3.浄化水-1	1.7	<0.1	<0.1	<0.66	0.2
4.合成水C100	103	16.8	<0.1	<42.4	43.0
5.合成水H300	461	94.6	<0.1	<236.9	234
6.浄化水-2	1.7	<0.1	<0.1	<0.66	0.2

を生成した。ここで硬度の高い海外の水でも対応できるか浄化・水調整の検証を行なった。表2に各地の水と生成した各水の伝導度と硬度成分を示す。まず、日本の水(2.)を一度水循環再生システムで浄化水(3.)にし、これに高硬度の海外の水(1.)を模して硬度成分を添加した合成水 H300(4.)と日本の水の伝導度を模した合成水 C100(5.)を生成した。この H300 水の水循環再生システムでの浄化水(6.)は浄化水(2.)と変わらず浄化され、高硬度の海外水でも利用可能であることが示された。(雑誌論文②, ③)さらに、硬度成分添加量と伝導度、電圧、電流、電力の関係を検討した。硬度成分添加量とそれらは大体比例している。(図5:雑誌論文③)

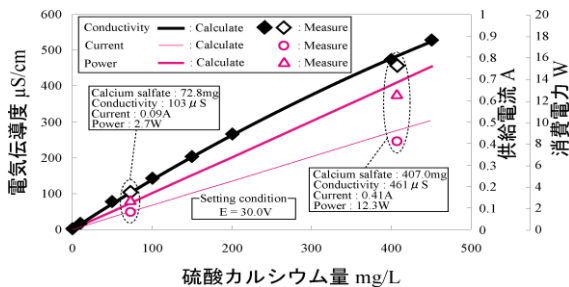


図5 合成水の硬度成分添加量と電氣的諸特性

③水への混入汚染物除去(想定以上の成果)

当初、切屑の錆(イオン)を除去する目的で水循環再生システムを構築したが、折しも震災後、水へのセシウム等の汚染物混入が発生した。加工水に混入の場合、製品汚染による使用不能が懸念される。そこで、水循環再生システムによる加工水からの汚染物除去を検討した。加工機直前において連続的に加工水からセシウムを99%以上除去できることが確認された。(雑誌論文①)

(3) 水のみでの潤滑性向上の検討等

水加工機に於いて、水のみでの加工性能向上の検証を行なった。鋼材に対し、乾式加工、水加工(電気防錆加工, 水中加工)および提案の潤滑剤含有砥石を利用した水加工(電気防錆加工, 水中加工)を行なった。図6に加工性能を示す研削力の各加工での比率(小さい程高性能)を示す。水加工では乾式加工の8分の1と加工力低減が示された。これは水中加工による冷却性と水の加工点浸潤のためと考えられる。一方、特殊砥石を使用した水加工では通常砥石水加工の2倍の力を示しており悪化している。今後これは加工条件により改善可能か検討する。ところで、こ

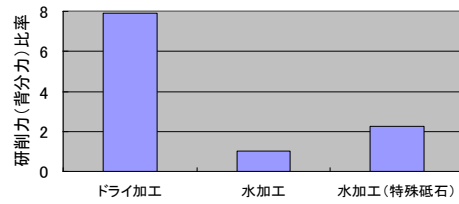


図6 各研削の研削力比率

において主軸動力が低いため加工幅を3mm程度と抑えているが乾式研削で工作物に研削焼けを起す切込量の8倍以上の切込量で水加工が可能であった。またベース砥石はWA60の粗い砥石であるにもかかわらず加工面も平滑であった。このように水加工での性能向上の可能性が示された。しかしながら、今回は主分力が手製の歪ゲージ動力計のため精度が低く、また、漏水による浸水で背分力計測も安定しないことがあった。より正確に加工性能を検証するためには防水性の高精度キスラー動力計などの導入が必要である。あわせて、スライサーを改造して平面研削盤にしているため軸剛性や主軸動力が足りず、実加工幅での十分な重加工検討ができていない。そこで、正式な加工機をベースにし、本研究の成果を搭載した実証型水加工機を構築しての検証が必要である。

(4) 加工後の工作物耐食性向上

工作物表面への防錆スケールによる加工後耐食性付与を検討した。被覆形成は使用する水の硬度成分含有量により異なる。図7に各水での防錆と防錆スケール(電気被覆)を示す。(a)電気防錆なしであると工作物は錆びてしまうが、電気防錆を施すと錆が防がれる。ここで、3時間防錆時、(b)実験水1(日本、水道水)ではほぼ見えない程度の被覆であったが、(c)実験水2(海外硬水、表2の1.)では白い厚い被覆が確認できる。防錆スケール被覆後は電気防錆をかけず、水に濡れたまま放置しても数時間錆が発生しなかった。(途中で水が乾燥)また、防錆時・析出時の電氣的諸特性を解明する必要がある。図8に明らかにした水質の違う水による伝導度・電圧・電流・電力特性を示す。(雑誌論文④)

(a) 実験水1 (電気防錆無し) (b) 実験水1 (電気防錆有り) (c) 実験水2 (電気防錆有り)  
2.10W(=0.07A×30.0V) 12.9W(=0.43A×30.0V)

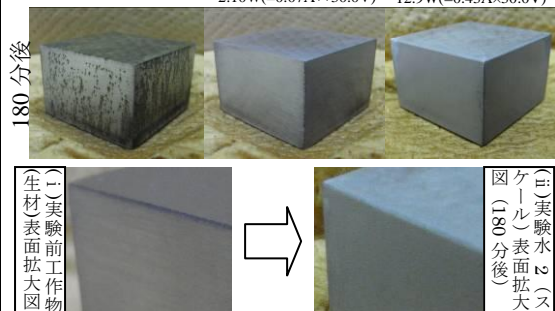


図7 防錆スケール

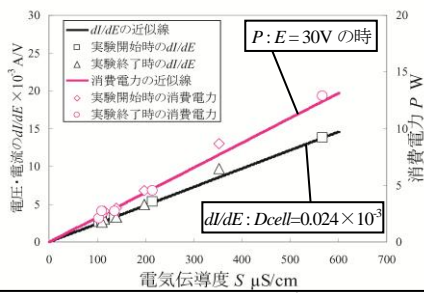


図8 各水の伝導度と  $dl/dE$  の関係 (定電圧制御時)  
 定電圧制御時は伝導度に各値は比例している。これにより水質 (伝導度) が異なってもある程度の電圧・電流・電力が推定できる。  
 ここで、さらに上述(2)の水循環再生システムによる調整水を利用し、硬度成分添加量と併せて検討し、最適な膜厚生成量等の検討を進めている。

(5) トータルコスト評価

現在、共同研究先企業等の実現場に導入しての算出を検討している。

今後は、企業現場での実用化を目指し、一連の電気防錆加工システムを搭載した現場型実証機開発ならびに実製品加工での加工性能検証のため計測系改善や、水循環再生システムのメンテナンスフリー化などを検討する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① 西川尚宏 (1 番目: 全 12 名): 電気防錆加工法の応用研究-加工水からの混入物質の除去検討-, 砥粒加工学会誌, Vol. 56, No. 2, p. 102-107 (2012), 査読有り
- ② N. Nishikawa (1 番目: 全 12 名): Development of Electric Rust Preventive Machining Method- Correspond to Difference of Water in World: Use of Deionized Refined Water-, Advanced Materials Research, Vol. 497, pp 365-372 (2012), 査読有り
- ③ N. Nishikawa (1 番目: 全 12 名): Development of Electric Rust Preventive Machining Method - Correspond to Difference of Water in World: Use of Adjusted Synthesized Water -, Advanced Materials Research, Vol. 497, pp 373-381 (2012), 査読有り
- ④ 西川尚宏 (1 番目: 全 12 名): 電気防錆加工法の開発研究-各地の水による防錆への影響-, 砥粒加工学会誌, Vol. 55, No. 11, p. 656-661 (2011), 査読有り
- ⑤ N. Nishikawa (1 番目: 全 11 名): Development of Electric Rust Preventive

Machining Method-Water using for Machining: Improvement of Water Recycle System-, Advanced Materials Research, Vol. 325 pp 699-704 (2011), 査読有り

- ⑥ 西川尚宏 (1 番目: 全 11 名): 電気防錆加工法の開発-研削盤における補助電極による最適防錆電流と電気特性の検証-, 砥粒加工学会誌, Vol. 55, No. 5, 290-297 (2011), 査読有り
- ⑦ 西川尚宏 (1 番目: 全 9 名): 電気防錆加工法の開発 工作物および加工機筐体の防錆, 砥粒加工学会誌, Vol. 55, No. 3, pp. 167-172 (2011), 査読有り
- ⑧ 西川尚宏 (1 番目: 全 9 名): 電気防錆加工法の研究開発-水循環システムの提案-, 砥粒加工学会誌, Vol. 54, No. 10, pp. 603-606 (2010), 査読有り  
 [学会発表] (計 2 2 件)
- ① N. Nishikawa (国際招待講演): Development of Electric Rust Preventive Machining Method - Ultra-low environmental load machining method for only water use as machining fluid -, NPG2012 The 1st International Conference On Next Generation Methodology Production For Green Technology and Science, p. 41-83 (2012), The 1st International Conference On Next Generation Environmental Production For Green Technology and Science (1st Int. Conf. KICET 2012), Korea Institute of Ceramic Eng. and Tech., Seoul, Korea, 31th Jan, 2012
- ② 西川尚宏 (招待講演): 電気防錆加工法の開発と応用-水加工と超高精度汚染物除去-, 理化学研究所 特別セミナー, 理化学研究所 板橋分所 会議室, 2011. 12. 28
- ③ N. Nishikawa (1 番目: 全 12 名): Development of Electric Rust Preventive Machining Method- Correspond to Difference of Water in World: Use of Adjusted Synthesized Water-, The 8th China-Japan International Conference on Ultra-Precision Machining (8th CJUPM, 2011), HangZhou, Zhejiang Hotel, China, 21th November, 2011
- ④ 西川尚宏 (1 番目: 全 12 名): 電気防錆加工法の応用研究-汚染物除去による加工水浄化性能の検討-, 2011 年度精密工学会東北支部学術講演会講演論文集, 14p. 27-28 (2011), 2011 年度精密工学会東北支部学術講演会, ウェスティンホテル仙台, 宮城県, 2011. 10. 21
- ⑤ N. Nishikawa (1 番目: 全 11 名): Development of Electric Rust Preventive Machining Method-Water using for Machining: Improvement of Water Recycle

System-, ISAAT2011, 14th International Symposium on Advances in Abrasive Technology, Maritim Hotel in Stuttgart, Germany, 9/20. 2011

- ⑥西川 尚宏(1 番目:全 11 名):電気防錆加工法の開発研究(一加工水再生流量の増加について:その 2(速報)一),日本機械学会 2011 年度年次大会 DVD-ROM 論文集, S131024, No.11-1, S131024 (2011), 日本機械学会 2011 年度年次大会東京工業大学, 東京都, 2011. 9. 12
- ⑦西川尚宏(1 番目:全 12 名):電気防錆加工法の研究開発-切りくず沈殿防錆システムの検証-, ABTEC2011 2011 年度砥粒加工学会学術講演会講演論文集, D37, p. 437-442 (2011), ABTEC2011 2011 年度砥粒加工学会学術講演会, 中部大学春日井キャンパス, 愛知県, 2011. 9. 9
- ⑧西川尚宏, 佐藤佳則, 井山俊郎, 水野雅裕, 吉原信人:電気防錆加工法の開発-補助電極による高効率防錆と最適防錆電流の検証一, 2010 年度精密工学会東北支部学術講演会講演論文集, A07, p. 14-15(2010), 2010 年度精密工学会東北支部学術講演会, 岩手県工業技術センター, 岩手県, 2010. 11. 27
- ⑨西川尚宏(招待講演):電気防錆加工法の開発研究-低環境負荷・省資源工程の水加工システム実用化を目指した加工法~水再生までの総合開発一, 第 82 回(社)精密工学会 超砥粒ホイールの研削性能に関する研究講演会, 明治大学駿河台校舎, 2010. 9. 30
- ⑩西川尚宏(1 番目:全 8 名):環境と人に優しい電気防錆加工法の開発-ゼロエミッションを目指して一, 第 10 回研究発表大会 40 周年記念シンポジウム・式典 予稿集, p. 134-135(2010), 2010 年度環境技術学会年次大会, 龍谷大学深草キャンパス, 京都府, 2010. 9. 10
- ⑪西川尚宏(1 番目:全 5 名):電気防錆加工法の開発-補助電極による防錆効率化一, 2009 年度日本機械学会年次大会講演論文集, Vol. 2009 No. Vol. 4, p. 231-232 (2009), 2009 年度日本機械学会年次大会, 岩手大学, 岩手県, 2009. 9. 14

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

名称:機械加工システム  
発明者:西川尚宏  
権利者:国立大学法人 岩手大学  
種類:特許  
番号:特開 2011-173190  
出願年月日:22 年 2 月 23 日  
国内外の別:国内

〔その他〕

■ホームページ等

<http://web.cc.iwate-u.ac.jp/~nkawa/>

■報道

- ①岩手日報:エコな機械加工 学会賞 西川 岩手大助教ら研究 水だけ使う手法開発 廃液処理不要, 再利用も, 2012. 3. 20
- ②日刊工業新聞:レーザー(経営ひと言) 「学生時にアイデア」, 2011. 12. 8
- ③日刊工業新聞:岩手大, 水だけで機械加工 できるシステム開発-”電極化”でさび止め 加工液不要, 除染効果も, 2011. 11. 29
- ④岩手日報:西川氏に岩木賞奨励賞 電気防錆加工法で, 2010. 1. 26
- ⑤岩手日報:人 環境に優しい機械加工技術を開発した岩手大学助教, 2009. 10. 5
- ⑥岩手日報:機械加工にエコ手法, 2009. 9. 15

■褒賞

- ①西川尚宏:2011 年度(平成 23 年度)日本機械学会奨励賞(研究)(超低環境負荷・省資源の加工液に水を使用する人と自然にやさしい環境調和が特徴の電気防錆加工法システムの研究), 2011 年度(第 89 期)定時社員総会一般社団法人, 日本機械学会, 於 明治記念館, 2012. 4. 20
- ②西川尚宏, 佐藤佳則, 加藤将, 刈田清貴, 井山俊郎, 水野雅裕, 吉原信人, 萩原義裕, 塚本真也:平成 23 年度 砥粒加工学会熊谷賞(電気防錆加工法の研究開発-水循環システムの提案一), 砥粒加工学会誌 Vol. 54, No. 10, pp. 603-606 (2010), 平成 24 年度砥粒加工学会通常総会, 公益社団法人 砥粒加工学会, 於 東京都立産業技術高等専門学校, 2012. 3. 2
- ③西川尚宏:優秀講演奨励賞(電気防錆加工法の応用研究-汚染物除去による加工水浄化性能の検討一), 2011 年度精密工学会東北支部学術講演会, 精密工学会東北支部, 於 ウェスティンホテル仙台, 2011. 10. 21
- ④西川尚宏:プレゼンテーション賞 優秀なプレゼンテーションに付き, 2010 年度環境技術学会年次大会, 環境技術学会, 於 龍谷大学深草キャンパス, 2010. 9. 10
- ⑤西川尚宏:第 2 回 岩木トライボコーティングネットワークアワード(岩木賞)奨励賞電気防錆加工法の開発研究, 精密科学技術ネットワーク, トライボコーティング技術研究会, 於 理化学研究所 鈴木梅太郎記念ホール, 2010. 2. 26

6. 研究組織

(1)研究代表者

西川尚宏(NISHIKAWA NAOHIRO)  
岩手大学・工学部・助教  
研究者番号:10431462