

研 究 報 告

〔環境システム工学科〕

37 - 1	鋼管ラチス梁の荷重加熱実験の数値解析	1
37 - 2	設計討論における表情と沈黙の役割の考察 - 遠隔協調設計における同期的情報交換技術の研究 -	2
37 - 3	H形断面鋼短柱の高温時圧縮挙動の数値解析	3
37 - 4	大断面鋼柱の荷重加熱実験の数値解析	3
37 - 5	建築構造用鋼材(SN490B)を用いた柱材の高温時の座屈強度	4

〔知能生産システム工学科〕

37 - 6	粗粒ダイヤモンド砥石によるファインセラミックの超平滑研削 研削油剤の効果	5
37 - 7	粗粒ダイヤモンド砥石によるファインセラミックの超平滑研削 研削油剤の効果(続報)	5
37 - 8	Influence of Grinding Fluid Supply on Ultra-Smoothness Grinding of Al_2O_3 -TiC Ceramic	6
37 - 9	Ultra-smoothness Grinding of a Glass with #140 Metal Bond Diamond Wheel	6
37 - 10	Influence of Fluid Supply on Ultra-Smoothness Grinding of Silicon Nitride Ceramic with #140 Metal Bond Diamond Wheel	7
37 - 11	Quantitative Investigation on Loading in CBN Wheel Life Using Automatic Image Processing System for Wheel Surface	8
37 - 12	粗粒ダイヤモンドホイールによるファインセラミックの超平滑研削 炭化けい素セラミックの仕上面に及ぼす研削油剤の効果	9
37 - 13	粗粒ダイヤモンドホイールによるガラスの超平滑削	9

〔電気システム工学科〕

37 - 14	熊本地域結集型共同研究事業 超精密半導体計測技術開発	10
37 - 15	超精密高速ステージの開発	11
37 - 16	レチクルフリー露光技術の開発	12
37 - 17	大型フラットパネルディスプレイ膜厚検査装置の開発	12
37 - 18	Q T A Tを実現するレチクルフリー露光技術と超精密検査技術	13
37 - 19	Q T A T生産技術への挑戦	13
37 - 20	非共振型超音波モータの開発 駆動性能の安定化及び予兆予測アルゴリズム	14
37 - 21	不均一伸縮対応フレキシブルアライメント露光方式	14
37 - 22	レチクルフリー露光方式を適用した半導体集積回路の設計と試作	15

37 - 23	レチクルフリー階調制御多重露光方式	16
37 - 24	レチクルフリー露光技術による半導体集積回路の設計・試作	17
37 - 25	低抵抗金属電極形成のための1次元伝導体の仕事関数測定	17
37 - 26	ナノプローブシステムを用いた微細配線直接プロービング計測	18
37 - 27	Development of QTAT online electronic circuit patterning system	18
37 - 28	Design and Fabrication of MOS Device Circuits with Reticle-Free Exposure Method	19

〔物質生命化学科〕

37 - 29	Anodic dissolution of tantalum and niobium in acetone solvent with halogen additives for electrochemical synthesis of Ta ₂ O ₅ and Nb ₂ O ₅ thin films	20
37 - 30	Selective substitution of alkali cations in mixed alkali glass by solid-state electrochemistry	21
37 - 31	Manipulation of metal dispersions inside glass by adjusting potential distributions using ion-conducting microelectrodes	21
37 - 32	Insertion of SiO ₂ nanoparticles into pores of anodized aluminum by electrophoretic deposition in aqueous system	22
37 - 33	Effects of Na ₂ SiO ₃ on anodization of Mg-Al-Zn alloy in 3 M KOH solution	22
37 - 34	Electroplating of zirconium and aluminum hydroxide thin films following anodic dissolution of corresponding metal anodes in organic medium	23
37 - 35	Electrochemical approach to evaluate the mechanism of photocatalytic water splitting on oxide photocatalysts	24

〔沿岸域環境科学教育研究センター〕

37 - 36	八代海の環境変動の要因分析に関する研究	25
37 - 37	有明海干潟上における大気 - 海面 - 陸面間のエネルギーフラックスに関する研究	25
37 - 38	創生された人工干潟における環境変動のメカニズムに関する研究	26
37 - 39	熊本県における想定最大高潮に基づく高潮減災対策の策定	26

〔環境システム工学科〕

37 - 1 鋼管ラチス梁の載荷加熱実験の数値解析

大学院自然科学研究科	前期課程	脇田	駿
大学院自然科学研究科	前期課程	清水	映治
東京工業大学	大学院生	亀田	暁子
東京工業大学	助教授	安部	武雄
環境システム工学科	助教授	岡部	猛

本研究では、鋼管ラチス梁の載荷加熱実験例を対象にして、著者らが開発した一次元有限要素法による熱弾塑性クリープ変形挙動解析法によるシミュレーションを行ったものである。載荷加熱実験では、4つのパネルからなる4.5mスパンの45°ワーレントラスが試験体に用いられている。スパン全体を4等分する3つの節点に鉛直荷重が加えられ、それらの節点は横方向に補剛されている。また、試験体の部材の断面は正方形の箱形断面であり、鋼種はGrade 43Cと50Cが用いられている。解析に用いた鋼材の応力ひずみ関係は、Grade 43Cの鋼管であることを考慮し降伏棚のないRalphの式で表した。なお、Grade 43CとGrade 50Cの降伏強度は300(MPa)と400(MPa)とした。また、高温クリープひずみ式は、古村、安部が過去に報告したSS41とSM50鋼材の式を用いた。

解析と実験の結果は、鉛直荷重を加えた節点の変位量 $W1, W2$ の時刻歴で比較した。解析値は、高温クリープを考慮したものと無視したものを示している。実験では部材温度上昇とともに荷重点のたわみが増加してゆき、99分に中心位置のたわみ速度が84mm/minまで上昇し、この時点で耐火システムの保護のため荷重を止め実験が終了している。

高温クリープを考慮した解析値は実験値は良好な一致を示したが、高温クリープを無視した解析値は、実験で生じる崩壊挙動を起こさなかったことから、解析精度を上げるためには鋼材の高温クリープひずみのに関する実験データが必要なことが明かとなった。

(日本建築学会大会学術講演梗概集 2004.9)

37 - 2 設計討論における表情と沈黙の役割の考察

- 遠隔協調設計における同期的情報交換技術の研究 -

環境システム工学科 教授 両角光男
 大学院自然科学研究科 前期課程 石井誠之

本研究では、コンピュータ・ネットワークを用いた遠隔協調設計で利用可能な非言語コミュニケーション、特に「表情」と「沈黙」に注目し、それらの役割や効果を明らかにした。

はじめに、非言語メディアの中の「表情」と「沈黙」に着目した遠隔協調設計実験を実施し(表1) 実験記録から発話、視線移動時間、沈黙、デスクトップ作業時間を時系列に整理し、分析資料とした。

表1 実験概要

被験者	熊本大学工学部建築系 4年生 6名
実験課題	公園内の樹木の平面的配置
実験環境	コミュニケーション手段の異なる2種類のケースを設定 <small>実験環境1: 音声のみ、実験環境2: 音声+ビデオ映像</small>
実験手順	想定される設計打合せシーンに従って、3段階の作業を設定 <small>説明段階: 一方向情報伝達 作図段階: 情報伝達確認 討論段階: 双方向情報伝達</small>



図1 実験環境

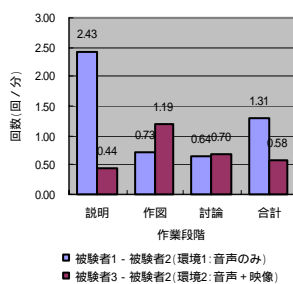


図2 沈黙発生回数

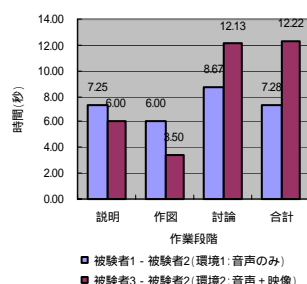


図3 沈黙1回あたりの平均時間

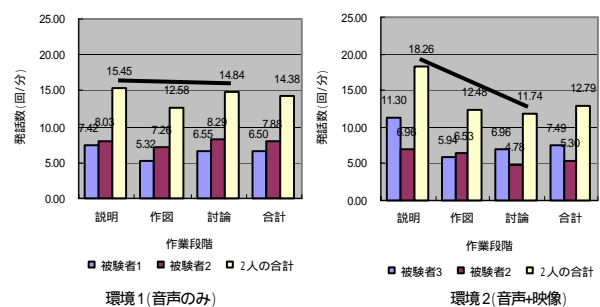


図4 各作業段階別の発話数

次に、実験記録の発言・所要時間、また、沈黙・表情・動作を分析項目とし、コミュニケーション手段の違いからみる同期的情報交換におけるコミュニケーションの特徴を検討した。

各作業段階別沈黙発生頻度や沈黙時間、発話頻度を比較した結果、説明段階において、環境1では相手の状況が確認できないため、沈黙が頻繁に発生することで会話が断続的に進んでいた(図2、図3)。一方、環境2では沈黙頻度、沈黙時間がともに低い値を示し、会話がスムーズに進行していた。沈黙と表情の関係を分析した結果、表情の利用により会話がスムーズに進んでいたことが明らかになった。また、討論段階において、環境2ではお互いアイデアを練っているなどの沈黙の際に言葉の代替手段として表情を利用していた。その結果、確認などの討論の本質と関係の薄い発話が減少し(図4) 沈黙が長くなることで思考行為に集中できたと考えられる(図3)。

表情は、相手の意思を読み取る、状況を確認する、意思表示を行う際に主に利用されていた。沈黙は無駄な時間となりがねないが、沈黙の際に表情を利用することで、その時間がお互い思考中であることが認識できていた。遠隔協調設計においてビデオ会議システムを用いることで、非言語メディアの中の表情が利用され、また、それに付随して沈黙に意味合いが出てくることで、円滑な情報交換の実現に役立っていた。以上が遠隔協調設計における「表情」と「沈黙」の役割だと言える。

37 - 3 H形断面鋼短柱の高温時圧縮挙動の数値解析

東京工業大学	大学院生	亀田 暁子
大学院自然科学研究科	前期課程	清水 映治
東京工業大学	助教授	安部 武雄
環境システム工学科	助教授	岡部 猛

本研究では、汎用有限要素法解析プログラム ABAQUS のシェル要素を用いて、H形断面鋼短柱の高温時圧縮挙動の数値解析を行った。試験体は SM490A 鋼板で作製された H-135X135X6X9 断面で材長 405mm の短柱であり、解析モデルは 4 節点シェル要素(S4R)で構成した。増分解析においては、初期不整として固有値解析による 1 次の座屈モードの最大振幅が試験体材長の 1,000 分の 1 となるような初期たわみを与え、常温、400,500,600 の場合の荷重変形関係を計算した。解析に用いた鋼材料の単軸応力ひずみ関係は引張試験(ひずみ速度 0.3% / 分)の結果を参考にして設定した。なお、今回は高温クリープの影響は考慮していない。

解析結果として、常温、400,500,600 の場合の平均軸応力・平均軸ひずみ関係を示した。常温と 400 の場合、計算結果は実験よりも若干早く座屈が起っているが、座屈後の応力低下傾向の様子は両者ほぼ一致した。500,600 の場合は、計算値に見られる明瞭な応力低下傾向は実験値には見られず、また、実験値は計算値よりも低い値を示した。実験値がこのような挙動を示す原因として、高温クリープ挙動の影響が考えられることから、500 の以上の鋼材温度の場合、材料の引張試験と短柱の載荷試験の結果を比較するためには、ひずみ速度のレベルを合せる等の高温クリープ現象を意識した実験管理を明確にする必要があるものと考えられる。

(日本建築学会大会学術講演梗概集 2004.9)

37 - 4 大断面鋼柱の載荷加熱実験の数値解析

大学院自然科学研究科	前期課程	清水 映治
大学院自然科学研究科	前期課程	脇田 駿
環境システム工学科	助教授	岡部 猛

本研究では、著者らが過去に示した一次元有限要素法による熱弾塑性クリープ変形挙動解析法を用いて、超高層建築物の下層部に用いられるような高軸力を受ける大断面の鋼柱の載荷加熱実験例のシミュレーションを行った。

解析モデルは、材端でピン支持され中心圧縮荷重を受けるモデルを設定し、材長の 1000 分の 1 を最大振幅とする正弦半波の初期たわみを与えた。また、部材は材長方向と断面方向に分割した。数値解析用の柱断面温度分布モデルとして、実験で測定された柱表面温度を鋼板中心温度と見なして用いた。また、鋼材の応力ひずみ関係式は、柱試験体と同じ鋼材を用いて行った高温引張試験を *Ralph* の式で近似したものをを用いた。高温クリープひずみ式は、古村、安部が過去に報告した SM50 鋼材の式を用いた。

実験例のうち Exp.-1A と Exp.-2 の 2 例を解析し、解析結果は実験結果を良好に模擬することが分かった。ただし、解析精度を上げるためには鋼材の高温クリープひずみの関する実験データが必要なことが明かとなった。

(日本建築学会大会学術講演梗概集 2004.9)

37 - 5 建築構造用鋼材(SN490B)を用いた柱材の高温時の座屈強度

環境システム工学科 助教授 岡部 猛
東京工業大学 助教授 安部 武雄

矩形断面を持つ鋼柱小型模型の高温時の中心圧縮座屈実験を行い、その座屈強度特性を調べた。試験体は、建築構造用鋼材(SN490B)による、厚み 10mm × 幅 26mm の矩形断面を持つ柱材模型であり、(1)一定温度実験と(2)一定荷重漸増温度実験の二種類の実験を行った。(1)の実験により、一定温度状態で材端に強制軸変位を受ける柱模型の座屈荷重を調べた。また、(2)の実験より、一定荷重を受けながら加熱される柱模型の座屈崩壊時の部材温度を調べた。(1)と(2)の実験結果を座屈曲線上で比較することにより、一定荷重を受けながら徐々に部材温度が上昇し座屈崩壊に至る場合における高温クリープ現象の影響を見ることができた。

本論文では、さらに材料面の検討として、過去に提案している鋼材の高温挙動の力学モデルを用いて、ひずみ速度を変えて行った鋼材の高温引張試験結果の挙動をうまく表現できることを示した。その結果を組込んだ次元有限要素法による座屈実験シミュレーションを行い、高温クリープを考慮した理論解析法により、鋼柱の高温時での座屈を伴う変形挙動をうまく説明できることが示された。

(日本建築学会構造系論文集 第 585 号 2004.11)

〔知能生産システム工学科〕

37 - 6 粗粒ダイヤモンド砥石によるファインセラミックの超平滑研削 研削油剤の効果

知能生産システム工学科 教授 安井平司
大学院自然科学研究科 後期過程 澤 武一

先に、新たな概念により開発した超平滑研削法を用い、粒度#140の粗粒ダイヤモンド砥石で、炭化けい素ファインセラミックを研削する場合の研削油剤の効果について検討した。延性モード超平滑研削には、研削油剤の効果が必要である。研削油剤により、仕上面の生成形態が異なるので、適当な研削油剤を選択することが必要である。#140の粗粒ダイヤモンド砥石でも、3次元仕上面粗さで、 $(Ra)_{3D}$ 値で約2.4nmの超平滑仕上面が得られる。

(精密工学会誌, vol.70, No.6, pp.848-852 2004.6)

37 - 7 粗粒ダイヤモンド砥石によるファインセラミックの超平滑研削 研削油剤の効果(続報)

知能生産システム工学科 教授 安井平司
大学院自然科学研究科 後期過程 澤 武一

前報に引き続き、新たに開発した超平滑研削法を用い、#140の粗粒ダイヤモンド砥石で、窒化けい素および炭化けい素セラミックを研削する場合の研削油剤供給効果および研削油剤の種類や希釈倍率の仕上面への影響を検討した。延性モード超平滑研削には、研削油剤の供給効果が大きい。また、研削油剤の種類および希釈倍率によって、仕上面の生成形態が異なるので、適切な研削油剤と希釈倍率を選択することが重要である。HIPSNでは、高希釈倍率で、良い延性モード仕上面が得られ、#140の粗粒ダイヤモンド砥石でも、3次元仕上面粗さで、 $(Ra)_{3D}$ 値で約2.7nmの超平滑仕上面が得られる。

(精密工学会誌, vol.70, No.11, pp.1423-1427 2004.11)

37 - 8 Influence of Grinding Fluid Supply on

Ultra-Smoothness Grinding of Al₂O₃-TiC Ceramic

知能生産システム工学科 教授 安井平司
知能生産システム工学科 助教授 坂本重彦
大学院自然科学研究科 後期過程 澤武一
大学院自然科学研究科 後期過程 小田喜敏美

To machine the ceramic component of high quality by low productive cost, the high productive ultra-smoothness grinding technique of the fine ceramics has been strongly required. To improve the productivity, in our previous researches, the newly devised ultra-smoothness grinding method is proposed and ascertained to be useful for finishing the silicon carbide ceramic to near the ultra-smoothness surface of below 30nm (Rz) or 2.0nm(Ra) in the measuring area of 256 μ m x 256 μ m. This is one of a series of the researches on ultra-smoothness grinding of fine ceramics.

In this report, the influence of the grinding fluid supply on ultra-smoothness grinding of Al₂O₃-TiC ceramic is examined. The three types of grinding fluids are used for the examination. It is found that the suitable selection of grinding fluid is necessary for forming the ultra-smoothness surface.

(Proc. 4th International Conference of the European society for precision engineering and nanotechnology
pp.129-130 2004.5)

37 - 9 Ultra-smoothness Grinding of a Glass

with #140 Metal Bond Diamond Wheel

知能生産システム工学科 教授 安井平司
大学院自然科学研究科 後期過程 澤武一

Glass is one of the most important materials in the optical industries. The high efficiency ultra-smoothness grinding technique of the glass has been strongly required. To improve the productivity in ultra-smoothness grinding, in our previous researches, the newly devised ultra-smoothness grinding method is proposed. By applying the new method to the horizontal surface grinding^{2), 3)}, the surface roughness of cemented carbide tool, silicon carbide ceramic and so on is found to attain below 30nm (Rz) or 5nm (Ra) in the measuring area of 256 μ m x 256 μ m. As a result, the new method is ascertained to be useful for finishing near the ultra-smoothness surface. In this report, ultra-smoothness grinding of a glass is examined. The specification of metal bond diamond wheel used is the grain size of #140 and the concentration of 50, respectively. The 3D surface roughness of glass formed using the suitable grinding condition attains about 27nm(Rz) or 1.4nm(Ra).

(Proc. 7th International Conference on Progress of Machining Technology, Suzhou, China, 2004.12)

37 - 10 Influence of Fluid Supply on Ultra-Smoothness

Grinding of Silicon Nitride Ceramic

with #140 Metal Bond Diamond Wheel

知能生産システム工学科	教授	安井平司
大学院自然科学研究科	前期過程	山本雄記
大学院自然科学研究科	後期過程	澤武一

Grinding operation is one of the most effective manners for high smoothness machining of fine ceramics. However, it is difficult to form crack-free high smoothness surface by ductile-mode grinding because of their mechanical properties of high brittleness. To machine the ceramic component of high quality by low productive cost, the high productive ultra-smoothness grinding technique for the fine ceramics has been strongly required. In our previous research^{1),2),3)}, the new ultra-smoothness grinding method is developed and ascertained to be useful for finishing to near the ultra-smoothness surface. The surface roughness of silicon carbide ceramic and cemented carbide tool formed by the ultra-smoothness grinding method using the #140 diamond wheel is found to attain below 25nm(*Rz*) or 4nm(*Ra*), and below 30nm(*Rz*) or 5nm(*Ra*), respectively.

This is one of a series of the researches on ultra-smoothness grinding of fine ceramics. In this report, the influence of the grinding fluid supply on ultra-smoothness grinding of silicon nitride ceramic is examined.

(The 19th Annual Meeting The American Society for Precision Engineering, Orlando, USA, 2004.10)

37 - 11 Quantitative Investigation on Loading in

CBN Wheel Life Using Automatic Image Processing

System for Wheel Surface

知能生産システム工学科 教授 安井平司

大学院自然科学研究科 前期過程 神谷隆仁

大学院自然科学研究科 前期過程 丸尾賢二

The grinding wheel surface condition characterized by the distribution and shape of cutting edges and loadings has strong influence on grinding results such as surface roughness, grinding force and temperature, and so on. There are a great number of cutting edges on a wheel surface, which are more than several thousands and one distributed irregularly. To evaluate quantitatively the surface condition, in our previous researches^{1),2)}, the automatic image processing system attached to a surface grinder is newly developed. In the system, the evaluation is automatically done by means of quick digital handling technique of numerous microscopic images of cutting edges taken precisely from the wheel surface through a video-capture system.

By applying the system to several grinding experiments, the system is ascertained to be useful for pursuing and evaluating quantitatively the behavior of numerous cutting edges. The loading generated by grinding of workpiece, however, can not be evaluated adequately because the loading can not be extracted, in the high accuracy, from the original photo by the developed image processing software program.

In the research, the new software program for the separation of loadings and cutting edges from the original photo is additionally developed. By using the new program, the change of loading and cutting edge on metal bond CBN wheel surface with plunge grinding of a die steel (SKD11) is pursued precisely and quantitatively until wheel life. On the basis of the results, the relation between the CBN wheel life and loading is discussed.

(The 19th Annual Meeting The American Society for Precision Engineering, Orlando, USA, 2004.10)

37 - 12 粗粒ダイヤモンドホイールによるファインセラミックの 超平滑研削

炭化けい素セラミックの仕上面に及ぼす研削油剤の効果

知能生産システム工学科 教授 安井平司
大学院自然科学研究科 後期過程 澤 武一

粒度#140 のメタルボンドダイヤモンド砥石を用いた炭化けい素セラミックの超平滑研削に及ぼす研削油剤の効果を検討した。前報では、乾式と湿式の超平滑研削仕上面を比較し、研削油剤の供給効果について確認した。本報では、研削油剤の種類と希釈倍率が仕上面性状および仕上面粗さに及ぼす影響について実験的に検討し、考究した。その結果、炭化けい素セラミックの場合には、研削仕上面に及ぼす希釈倍率の影響が小さいことがわかった。

(2004 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.945-946, 2004.3)

37 - 13 粗粒ダイヤモンドホイールによるガラスの超平滑研削

知能生産システム工学科 教授 安井平司
大学院自然科学研究科 後期過程 澤 武一

著者の一人は、研磨加工に匹敵する固定砥粒加工法として、新概念による超平滑研削加工法を考案・開発した。これまでに、考案した超平滑研削法を適用することにより、#140 の粗粒ダイヤモンド砥石を用いて各種ファインセラミックスの仕上面を数 10nm 以下に加工し得た。本報では、近年、光ファイバーや光導波路等に採用され、エレクトロニクス分野の技術革新を支える光学ガラスに、超平滑研削法を適用し、高能率・高平滑加工の可能性を検討した。その結果、3 次元仕上面粗さにおいて(Rz)3D 値で約 27nm, (Ra)3D 値で約 1.4nm の超平滑面に近い仕上面が得られたので報告する。

(2004 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp.437-438 2004.9)

〔電気システム工学科〕

37 - 14 熊本地域結集型共同研究事業 超精密半導体計測技術開発

衝撃・極限環境研究センター 教授 久保田 弘
電気システム工学科 助教授 中田 明良
他

本プロジェクトでは、平成11年10月～平成16年9月の期間にわたって、コアテーマに「超精密高速ステージ」、サブテーマに「計測技術開発」、「デバイス作成技術開発」を掲げ、「超精密高速ステージ」「軽量化ステージ」「高出力圧電素子」「異常放電監視装置」「3D-CD-SEM」「セルフテスト高速LSI」「異常放電モニタシステム」「レジストスキャン塗布・現像装置」「平滑めっきプリント配線板」「液晶膜ムラ検査装置」「液晶輝度ムラ検査装置」「レチクルフリー露光装置」の研究開発を行い、同時に試作機（品）の製作を行った。さらに、本事業の研究成果を活用し経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業等に展開した「ナノサージャリー装置」「高速プリント配線板」「レジスト減圧乾燥装置」「ナノプローピングシステム」「レチクルフリー露光装置」「3D-CD-SEM」「異常放電監視システム」の7つのテーマについて完成度の高い試作機（品）を製作した。事業化については、研究テーマを選択する当初から常に念頭に置き、研究成果の事業化のための事業化推進委員会を設置し、多くの研究テーマにおいて事業化に向けた取り組みが急速かつ順調に推進している。例えば、ナノサージャリー装置の販売達成を皮切りに製品化に拍車がかかり12品目の販売価格の提示がなされている。その際開発した次世代生産技術のための最先端の製品のみならずダウンサイズされ、より広範囲の用途向けの販売企画が求められ、「超精密高速ステージ」と「軽量化ステージ」を基にしたナノポジシステムは一般精密機工部品商社の中央精機から販売が開始されたことは特筆される。なお、特許出願65件（うち国外特許10件、成立済特許15件）を行い、研究内容の論文誌掲載233件、口頭発表99件など広く成果を発表した。

（熊本地域結集型共同研究事業 事業終了報告書 2004.9）

37 - 15 超精密高速ステージの開発

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田 弘
電気システム工学科	助教授	中田 明良
大学院自然科学研究科	後期課程	小坂 光二
		江頭 義也
大学院自然科学研究科	前期課程	遠藤 泰史
		橋口 弘幸
		古川 博之
電気システム工学科	4 年	百島 雅人
		荒木 俊二
		他

平成 11 年度に発足した熊本県地域結集型共同研究事業は非共振型超音波モータによるダイレクトドライブ方式の超高精度かつ高速度のステージ開発をコアテーマとして研究開発を進めてきた。プロジェクトの発足当初、我々は最高速度 300mm/s、位置決め精度 $\pm 10\text{nm}$ の数値目標を掲げ研究を開始した。これまでの 4 年間における研究成果として 12 インチウエハ対応 X Y セラミックスステージにおいて最高速度 140mm/s、位置決め分解能 0.6nm を達成している。また、4 インチステージでは最高速度 320mm/s、平均加速度 0.44G などの性能を達成している。つまり、姿勢などの静的精度と共に移動速度を除いた他の動性能における項目は全て満たしている。現在ではその事業化を目指して、信頼性や耐久性の検証を中心に研究開発を進めている。本稿では NRUSM を用いたダイレクトドライブ方式のステージ耐久試験について報告する。

(第 18 回熊本県産学官技術交流会講演論文集 2004.1)

37 - 16 レチクルフリー露光技術の開発

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田 弘
電気システム工学科	助教授	中田 明良
大学院自然科学研究科	後期課程	赤道 孝之
電気システム工学科	4年	吉野 彰一郎
		原 弘一
		脇元 聡
		他

半導体集積回路の最先端デバイスのパターン寸法はサブ $0.1\ \mu\text{m}$ に迫ろうとしている。しかし微細化に伴い、リソグラフィコストがデバイス製造コスト全体に対して大きな割合を占めるようになってきた。他方近年では電子デバイスの分野において目まぐるしく変化する市場ニーズに対応するために製造期間の短縮化が必要不可欠となっている。このため短納期多品種少量生産における製造コストの低減が今後常に要求されることとなり、リソグラフィにおいてはレチクル生産工程の短縮化、低コスト化が重要な課題となっている。このような課題に対して、電子線、LCD、DMDなどを用いた通常のクロムマスクを使用しない方式（レチクルフリー露光技術）が提案され、低コストかつQTATリソグラフィプロセスの開発が急速に進んでいる。本稿では今年度開発したプリント基板（フレキシブル基板）及びMEMS用レチクルフリー露光システム及び基板伸縮対応アライメント方式の概要について報告する。

（第18回熊本県産学官技術交流会講演論文集 2004.1）

37 - 17 大型フラットパネルディスプレイ膜厚検査装置の開発

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田 弘
電気システム工学科	助教授	中田 明良
大学院自然科学研究科	後期課程	羽山 隆史
電気システム工学科	4年	山口 貴弘
		他

フラットパネルディスプレイは高精細・省スペースなどの利便性から、パソコン、携帯電話、家電などの非常に多くの製品に利用されている。特に近年では大型TVの分野で、その需要が増加している。需要の増加に伴いFPDの品質に対する要求はCRT同様の性能が求められるようになってきている。FPDは構造上表示媒体であるガラス基板に半導体を層状につみ上げながら製造する必要がある、大型化したパネルの全面にわたる均一性をそれぞれの層で保つことは完成されたパネルの性能を左右する重要な要素である。そのためパネル全面にわたる均一性計測をパネル製造プロセスの中で逐次実施可能な高速かつ高精細な品質検査方法の導入が求められてきた。本報告では、連続視野角画像を利用した大型パネル対応の検査装置の測定原理と取得されたパネルの連続視野角画像を利用した膜厚検査について報告を行う。

（第18回熊本県産学官技術交流会講演論文集 2004.1）

37 - 18 Q T A Tを実現するレチクルフリー露光技術と超精密検査技術

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田 弘
電気システム工学科	助教授	中田 明良
大学院自然科学研究科	後期課程	若杉 雄彦
		小坂 光二
	前期課程	赤道 孝之
		板倉 敬二郎
		脇元 聡
		他

QTAT という観点から我々が実施してきたレチクルフリー露光技術およびナノプローブ技術のこれまでの研究開発の概要について報告を行う。レチクルフリー露光技術は、従来のマスク作製期間に比べ圧倒的に短時間で露光直前までの工程が終了し、半導体集積回路やプリント配線基板の製造工程のQTAT化を可能とする技術である。またナノプローブ技術は、半導体集積回路の電気計測においてパッド電極を形成する必要なく測定したい端子に直接プロービングを行い性能の検査を実施できる超精密検査技術である。設計・製造・検査は製品を生産するためには不可欠な項目であり、レチクルフリー露光技術とナノプローブ技術はそれぞれ製造現場と検査現場に対応したあくまでも一つの技術である。しかし、設計変更が容易なレチクルフリー露光技術とその結果をすばやく確認できるナノプローブ技術が設計現場との間で設計データを介して高速なネットワークで接続されることにより、設計・製造・検査の一連の流れ、すなわち生産工程をより一層QTAT化することができると考えている。

(結晶加工と評価技術第145委員会第100回研究会 2004.5)

37 - 19 Q T A T生産技術への挑戦

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田 弘
電気システム工学科	助教授	中田 明良
大学院自然科学研究科	後期課程	若杉 雄彦
		他

熊本地域は半導体製品の日本全体の1割強を生産する地域である。生産技術のイノベーションは微細化、設計コスト低減、マスクコストの削減を行いながら多品種少量生産と短工期(QTAT)に対応する必要がある。1999年より熊本大学を中心に取り組んできた熊本地域結集型共同研究事業において、その道具立てについて多くの提案がなされてきた。その目標は設計・プロセス加工・検査修正を一体化してQTATに製品をマーケットに投入すること、新しいアイデアに果敢に挑戦できる試作環境を構築すること、すなわちQTAT生産拠点を目指している。これにより日本の製造技術を地方から活性化し、その技術力で生産拠点のアジア各地との有効なパートナーシップを構築できる。

(技術総合誌OHM 2004.5)

37 - 20 非共振型超音波モータの開発

-駆動性能の安定化及び予兆予測アルゴリズム-

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田	弘
電気システム工学科	助教授	中田	明良
大学院自然科学研究科	後期課程	小坂	光二
		江頭	義也
	前期課程	古川	博之

Advantages of non-resonant ultrasonic motor (NRUSM) are high resolution, long stroke and small in size. Therefore, it is expected to be applied for ultraprecision stages used in semiconductor equipments. However, since this stage is a contact type drive, the drive condition changes along with time. In order to stabilize its drive performance, real-time optimization of control parameters is proposed in this paper. Furthermore, prediction of the stage lifetime using transition of the optimization parameters is discussed.

(第16回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム 2004.6)

37 - 21 不均一伸縮対応フレキシブルアライメント露光方式

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田	弘
電気システム工学科	助教授	中田	明良
大学院自然科学研究科	前期課程	赤道	孝之
電気システム工学科4年		吉野	彰一郎
			他

半導体集積回路の加工寸法の微細化に合わせて、プリント配線基板やハイブリッド型実装基板上での最小加工寸法の微細化も必須の課題である。しかし、機械的硬度が高く歪の量を比較的少ない量に制御できる単結晶シリコン基板に比べ、硬化樹脂基板などは硬度が脆弱である上にプロセスにおける歪量は大きく、これが微細化を妨げる一つの要因となっている。本発表では、これまでのレチクルフリー露光方式[1]を応用し、基板上の不均一伸縮に起因して発生するパターン形状のずれに応じ柔軟なパターンアライメントを行うフレキシブルアライメント露光方式について検討した結果を報告する。基板の不均一伸縮を想定し、予め形状を大胆に歪ませたパターンをSiウエハ上のフォトレジストに転写し、これをサンプルとして用いた。このサンプルの各基準点の位置を露光装置内で複数検出し、その結果に応じて、フレキシブルアライメント露光方式の検証を行った。サンプルのパターン形状と、フレキシブルアライメント露光を行った後のパターン形成結果より、各基準点位置の検出は露光画素程度の精度で実現できており、大胆に不均一伸縮を施したパターンであるにもかかわらず、ほぼ所定の位置に露光ができることが確認できた。

(第65回応用物理学会学術講演会講演予稿集 2004.9)

37 - 22 レチクルフリー露光方式を適用した半導体集積回路の 設計と試作

衝撃・極限環境研究センター	教授	久保田	弘
電気システム工学科	助教授	中田	明良
大学院自然科学研究科	後期課程	若杉	雄彦
	前期課程	脇元	聡
			他

筆者らは、多品種少量生産形態に対応した露光技術として、従来のクロムマスクの代わりに透過型液晶ディスプレイ (LCD) を用いるレチクルフリー露光技術について検討を行ってきた。本報告では、実際に回路の設計を行い、レチクルフリー露光方式を用いた製造プロセスにより集積回路を作製した実証検証結果について報告する。4層マスクのnMOSトランジスタプロセスを想定し、4ビット乗算器やリングオシレーター、その他のテスト回路、およびアライメントパターンを配置してCAD設計を行った。設計したデータは、LCDに表示させるためのビットマップデータに変換しLCDに表示させる。LCDをステッパーのレチクルフォルダーに導入し、変換したデータを表示させ露光を行う。露光後、加工プロセスを経て、再度ステッパーに導入し、あらかじめ配置していたアライメントパターンを用いてグローバルアライメントによる重ね合わせ露光を行った。LCDで表示させたアライメントマークを自動的に検出し、グローバルアライメントが可能であることが確認され、レチクルフリー露光技術を用いて集積回路が製造できることが確認された。また、設計データから露光データを得るまでに概ね数分以内で完了することから、レチクル作製を行う場合に比較して、圧倒的に短時間にパターン転写が可能であるといえる。

(第65回応用物理学会学術講演会講演予稿集 2004.9)

37 - 23 レチクルフリー階調制御多重露光方式

衝撃・極限環境研究センター 教授 久保田 弘
電気システム工学科 助教授 中田 明良
電気システム工学科 4 年 原 弘一
他

リソグラフィー工程においてレチクル作製を必要とせず、全て電子媒体で設計パターンデータをやり取りし、基板上に任意のパターンを素早く転写するための露光技術開発を行ってきた。我々はこれを「レチクルフリー露光技術」と名付け、この技術により半導体集積回路やプリント配線板の製造工程における QTAT 化を目指してきた。しかし、この露光方式においては使用する画像表示デバイスの画素サイズで加工最小寸法が決定されるため、微細化を行うためにはこの画素サイズを縮小化する必要があった。本発表では、画像表示デバイスの画素サイズを縮小化することなく転写パターンにおいて寸法を微細化する手法として、階調制御多重露光方式を検討した結果について報告する。実験にはポジ型レジスト PFI-38A（住友化学）塗布したシリコンウエハを用いた。レチクルフリー露光は画素サイズ 23.0 μm （開口サイズ 11.5 μm ）の液晶ディスプレイを等倍投影露光装置に設置して実施した。露光は 5.75 μm ごとにウエハステージを移動し、5 階調の画像パターンを 16 回多重露光することにより実施した。この時、目標パターンに対して所定の初期値を代入した後に、16 枚の画像を計算機上で重ね合わせ露光予測パターンを作成し、これを差分収束法により目標パターンに近づけるアルゴリズムにより、露光時に実際に使用する 5 階調の画像パターンを生成した。画素内で光量が不均一であったため、露光後のパターンエッジに歪みが残るが、階調制御多重露光方式により開口サイズより微細な寸法で露光パターンを形成することが可能であることを示した。本方式はレチクルフリー露光における微細化対応として有効な一方式であると考えている。

（電子情報通信学会 2004 ソサイエティー大会講演論文集 2004.9）

37 - 24 レチクルフリー露光技術による半導体集積回路の設計・試作

衝撃・極限環境研究センター 教授 久保田 弘
電気システム工学科 助教授 中田 明良
大学院自然科学研究科 後期課程 若杉 雄彦
前期課程 脇元 聡
他

現在、半導体の応用分野は大量生産から多品種少量生産へと移行しており、半導体集積回路の製造においてマスクコストとマスク製造期間の長期化が問題となっている。そこで本研究グループでは従来のフォトマスクの代わりに透過型液晶ディスプレイを用いるレチクルフリー露光方式の検討、開発を行ってきた。本報告では、レチクルフリー露光方式に適応した半導体集積回路の設計・試作を行い、従来方式と同様に設計・作製が可能であるかの検討を行った結果について述べる。また、現状プロセスのデザインルールとの比較および検討についても報告する。

(第57回電気関係学会九州支部連合大会 2004.9)

37 - 25 低抵抗金属電極形成のための1次元伝導体の仕事関数測定

衝撃・極限環境研究センター 教授 久保田 弘
電気システム工学科 助教授 中田 明良
大学院自然科学研究科 後期課程 森川 晃次
前期課程 新庄 信博
他

一次元伝導体は、極低温で生じる Peierls 転移や電荷密度波などの低次元特有の多彩な現象を有する物質で、これまで数多くの研究が行われてきた。一次元伝導体をはじめ、一般的に物質の特性測定を行うために電極を設ける必要がある場合、電極部の影響をできる限り小さくするために、低い接触抵抗、かつ試料-電極界面で整流作用が起こらないオーミック接触を実現する必要がある。このとき物質の仕事関数を知ることでオーミック接触であるかを検証することができる。そこで本研究では、一次元伝導体 $K0.3MoO_3$ の伝導特性測定に最適な電極を決定するため、まず常温(金属状態)・大気中における $K0.3MoO_3$ の仕事関数測定を Kelvin 法を用いて行った。また、これまでの研究で $K0.3MoO_3$ 劈開面をスパッタした試料に対して仕事関数測定を行うことで測定の有効性を確認した。

(第57回電気関係学会九州支部連合大会 2004.9)

37 - 26 ナノプローブシステムを用いた微細配線直接プロービング計測

衝撃・極限環境研究センター 教授 久保田 弘
電気システム工学科 助教授 中田 明良
大学院自然科学研究科 前期課程 板倉 敬二郎
電気システム工学科 4 年 石川 康之
他

半導体集積回路の不良解析では、集積化された多数のデバイスにおける不良箇所の特定が難しく、計測に非常に時間が必要とされる。この不良解析の時間を短縮するためには、デバイス各所の電気特性を計測し、不良位置を特定することが有効な方法である。しかし、従来用いられてきた粗大なプローブやマニュアルマニピュレータでは、計測を行う場所ごとに電極パッドの設置が必要であり、集積化された半導体デバイスへ直接プロービングし、部分的な電気特性を計測することは無理である。我々はこれまでに非共振型超音波モータを応用した超精密マニピュレータ及び先端径 0.5 μm 程度の微小電極プローブを研究・開発し、電極パッドフリーで半導体集積回路へ正確にプローブ先端の位置決めを行い、直接電気特性を計測可能なナノプローブシステムを構築してきた。本報告においては、構築したナノプローブシステムの実際の半導体集積回路の計測に応用した結果を示し、微細配線に直接プロービングを行った電気特性計測の結果について述べる。

(第 57 回電気関係学会九州支部連合大会 2004.9)

37 - 27 Development of QTAT online electronic circuit patterning system

衝撃・極限環境研究センター 教授 久保田 弘
電気システム工学科 助教授 中田 明良
大学院自然科学研究科 後期課程 若杉 雄彦
前期課程 脇元 聡
他

An arbitrary pattern exposure system has been developed by employing a liquid crystal display (LCD) with 1600×1200 pixels for the formation of the projection images in place of a conventional reticle. The minimum pattern size becomes 11.5 μm that corresponds to the aperture size of each pixel on the LCD. For the purpose of quick turn-around-time (TAT), the exposure system was directly connected to the circuit design system with the TCP/IP network. By the experimental results on patterning of a typical electronic circuit data with the area of 46mm×46mm, it was confirmed that the TAT from the output of design data to the finish of the exposure becomes less than 28min. By using this system, reduction of the production cost in the PWBs fabrication is expected.

(Conference Proceedings of the International Symposium on Semiconductor Manufacturing 2004.9)

37 - 28 Design and Fabrication of MOS Device Circuits with Reticle-Free Exposure Method

衝撃・極限環境研究センター	教 授	久保田 弘
電気システム工学科	助 授	中 田 明 良
大学院自然科学研究科	後期課程	若 杉 雄 彦
	前期課程	脇 元 聡
		他

In fabrication of semiconductor devices, increase in mask cost and mask turn-around-time (TAT) becomes serious problem. Furthermore, it is frequently necessary to change the design for circuit correction and additional function after the mask production. Consequently, development cost becomes high and production period becomes long. On the other hand, the market is diversified by informational globalization. In order to fill it, the product cycle must be in short-period extremely. The semiconductor manufacture industry is demanded to make large-item small- volume products with shorter TAT and lower price. In order to solve these problems, several approaches for maskless lithography have been proposed. Among them liquid crystal display (LCD) in place of the mask for the optical lithography have been demonstrated. In our previous work, the method of exposure with LCD projection image and the algorithm of circuit pattern data conversion have already been reported as reticle-free exposure method. However, actual semiconductor device fabrications by reticle-free exposure method have not been discussed. The purpose of this paper is to verify the reticle-free exposure method being applicable to LSI manufacturing. The design and fabrication results for n-MOS transistor process with reticle-free exposure method shown in order to compare with conventional design and fabrication.

(Extended Abstracts of the 2004 International Conference on Solid State Devices and Materials 2004.9)

〔物質生命化学科〕

37 - 29 Anodic dissolution of tantalum and niobium in acetone solvent with halogen additives for electrochemical synthesis of Ta₂O₅ and Nb₂O₅ thin films

物質生命化学科	助 手	鎌 田 海
大学院自然科学研究科	前期課程	向 井 麻 紀
	教 授	松 本 泰 道

Tantalum(V) and niobium(V) oxide films, which are typically difficult to prepare by electrochemical methods using aqueous solutions, are easily fabricated in an acetone bath using Ta and Nb anodes as the metal sources and a metal-free solvent containing halide ions as the supporting electrolyte. At the initial stage of electrolysis, anodic oxidation of the metal anode proceeds in the presence of water as an impurity in the acetone solvent. Subsequently, pitting corrosion of the oxide film on the metal anode occurs as a result of the action of halide ions. In this stage, anodic corrosion proceeds only in the presence of Br₂, and not in acetone containing I₂. Finally, Ta or Nb species are deposited directly on the cathode surface via the reactions with cathodically generated hydroxide ions, and the films need to be annealed at high temperature to effect crystallization. In these processes, the metal plate acts as a soluble anode with respect to Br⁻ and as a metal source for electrodeposition. The coating on a stainless steel substrate prepared by the present technique acts as an effective barrier against electrolytic corrosion.

(Electrochimica Acta, Vol. 49, No. 2, pp. 321-237, (2004).)

37 - 30 Selective substitution of alkali cations

in mixed alkali glass by solid-state electrochemistry

物質生命化学科	助 手	鎌 田 海
大学院自然科学研究科	前期課程	堤 優 子
		山 下 周 一
	教 授	松 本 泰 道

Electrosubstitution of alkali cations in mixed-alkali glass containing both Na₂O and K₂O for other monovalent metal cations (M⁺ = Li⁺, Ag⁺, and Cs⁺) was investigated using a solid-state electrochemical method. The fundamental electrolysis system consists of anode/M⁺-conducting microelectrode/glass/Na-beta"-Al₂O₃/cathode, where M⁺ is substituted for the alkali metal ions in the glass under an applied electric field. Li⁺ ions attacked only Na⁺ sites, and Ag⁺ ions replaced Na⁺ sites more readily than K⁺. In contrast, Cs⁺ ions simultaneously substituted for both Na⁺ and K⁺ sites. The substitution behavior appears to depend on the difference in ionic conductivity between K⁺ and Na⁺ and the radius of the dopant. This mechanism was discussed qualitatively.

(Journal of Solid State Chemistry, Vol. 177, No. 1, pp. 189-193, (2004).)

37 - 31 Manipulation of metal dispersions inside glass by adjusting potential distributions using ion-conducting microelectrodes

物質生命化学科	助 手	鎌 田 海
大学院自然科学研究科	前期課程	山 下 周 一
	教 授	松 本 泰 道

Electrochemical control of metal distributions inside glass, containing alkali ions as mobile species, was accomplished using two types of ion-conducting electrodes, a planar electrode and a microelectrode. The fundamental solid-state electrochemical cell consists of a [anode/M⁺ conductor (M = Ag, Li, Na)/glass/Na-beta"-Al₂O₃/cathode] sandwich system. In this cell, M⁺ was substituted for alkali ions in the glass under the effects of an electric field. The contact areas of the anodic and/or cathodic surface of the glass directly affected the potential distribution inside the glass. As a result, various dopant distributions could be constructed near the glass surface. Furthermore, we have achieved the design and tailoring of three-dimensional metal distributions in the glass using a two-step doping technique. Specifically, the dopant dispersion included on the glass surface in advance could then be encapsulated within the glass by subsequent cation injection.

(Journal of the Electrochemical Society, Vol. 151, No. 5, pp. J33-J37, (2004).)

37 - 32 Insertion of SiO₂ nanoparticles into pores of anodized aluminum by electrophoretic deposition in aqueous system

物質生命化学科	助 手	鎌 田 海
大学院自然科学研究科	後期課程	福 田 晴 人
	前期課程	前 原 啓 太
物質生命化学科		吉 田 幸 子
九州三井アルミニウム工業株式会社		中 井 真 澄
"		蓮 尾 俊 治
大学院自然科学研究科	教 授	松 本 泰 道

The fixation of SiO₂ nanoparticles into nanopores arrays of an anodized aluminum (Al₂O₃/Al) substrate was carried out using a sol-gel electrophoretic deposition technique in an aqueous SiO₂ sol. Nanosized SiO₂ particles can be easily incorporated into the pores of anodized aluminum prepared in a H₃PO₄ solution, but not into the pores prepared in a H₂SO₄ solution because of the difference in the pore diameters. It was confirmed that the particles in suspension were incorporated without applying an electric field. This result was due to the dissimilarity in the surface charges of the particles and anodic oxide film.

(Electrochemical and Solid State Letters, Vol. 7, No. 8, pp. B25-B28, (2004).)

37 - 33 Effects of Na₂SiO₃ on anodization of Mg-Al-Zn alloy in 3 M KOH solution

大学院自然科学研究科	後期課程	福 田 晴 人
	教 授	松 本 泰 道

The anodic behavior of Mg-Al-Zn alloy (AZ91D) under low potential electrolysis in 3 M KOH solutions was studied with and without addition of 0.5-5 M Na₂SiO₃. Anodic films incorporating silicon were formed during electrolysis, and the films formed under constant potential electrolysis at 4 V in 3 M KOH solution with Na₂SiO₃ were uniform and thicker than the films formed without Na₂SiO₃. A few at% of silicon was present as Mg₂SiO₄ in the films, although the main compound was Mg(OH)₂. The corrosion resistance of the films formed in solutions with Na₂SiO₃ increased in an anodic polarization test in 0.1 M KCl solution.

(Corrosion Science, Vol. 46, pp. 2135-2142, (2004).)

37 - 34 Electroplating of zirconium and aluminum hydroxide thin films following anodic dissolution of corresponding metal anodes in organic medium

物質生命化学科	助 手	鎌 田 海
大学院自然科学研究科	前期課程	向 井 麻 紀
	教 授	松 本 泰 道

Zirconium (IV) hydroxide or hydrate oxide films, which are typically difficult to prepare by electrochemical methods using aqueous solutions, are easily fabricated in an acetone bath using Zr anodes as the metal sources and a metal-free solvent containing halide ions as the supporting electrolyte. This method is also confirmed to be applicable to aluminum anodes. In the early stage of electrolysis, anodic oxidation of the metal anode proceeds in the presence of water as an impurity in the solvent. Subsequently, pitting corrosion of the oxide film on the metal anode occurs as a result of the action of halide ions. The corrosiveness of the halogen additive appears to be an important factor determining the dissolution or deposition of metal species in this stage. That is, Br^- is more active for electrochemical dissolution of a passive oxide film on the anode compared to I^- . Finally, Zr species are deposited on the cathode surface via reactions with cathodically generated hydroxide ions. In these processes, the metal plate acts as a soluble anode and as a metal source for electrodeposition. The coating of Zr (IV) hydroxide film on a stainless steel substrate is shown to act as an effective barrier against electrolytic corrosion.

(Journal of Materials Science, Vol. 39, No. 18, pp. 5779-5784, (2004).)

37 - 35 Electrochemical approach to evaluate the mechanism of photocatalytic water splitting on oxide photocatalysts

大学院自然科学研究科	教授	松本泰道
	後期課程	ウゲー・ウナー
	前期課程	田中典之
東京理科大学 理学部応用化学科	教授	工藤昭彦
	助手	加藤英樹

Photoelectrochemical measurements of TiO_2 , NaTaO_3 , and Cr or Sb doped TiO_2 and SrTiO_3 photocatalysts were carried out in H_2 and O_2 saturated electrolytes in order to evaluate the reverse reactions during water photolysis. The poor activity of TiO_2 as a result of reverse photoreactions of O_2 reduction and H_2 oxidation was revealed with the respective high cathodic and anodic photocurrents. The rise in the photocurrents at NaTaO_3 after La doping was in harmony with the doping-induced increase in the photocatalytic activity. NiO loading suppresses the O_2 photoreverse reactions, which declines photocatalytic activity, and/or promotes the photo-oxidation of water, because the O_2 photo-reduction current was scarcely observed near the flatband potential. Photocurrents of O_2 reduction and H_2 oxidation were observed under visible light for the Cr and Sb doped SrTiO_3 and TiO_2 , respectively. These phenomena are in harmony with the previous reports on the photocatalysts examined with sacrificial reagents.

(Journal of Solid State Chemistry, Vol. 177, No. 11, pp. 4205-4212, (2004).)

〔沿岸域環境科学教育研究センター〕

37 - 36 八代海の環境変動の要因分析に関する研究

沿岸域環境科学教育研究センター	教授	滝川 清
環境システム工学科	助手	田中 健路
大学院自然科学研究科	前期過程	森 英次
大学院自然科学研究科	前期過程	渡辺 柘
技術部環境建設技術系	技術職員	外村 隆臣
独立総合研究所		青山 千春

有明海と同様、環境悪化の悪循環に陥っていると懸念される八代海の環境変化の要因分析を行なうにあたり、水質や気象などの過去 26 年間のデータを用いて整理と解析を行なった。その結果、水質環境の変動特性により 5 つの海域に分類でき、夏季には海域全体にわたって強い密度成層が形成されており、特に湾奥部では貧酸素化が出現しており、近年の硝化能力の低下とともに赤潮多発の増加傾向と一致していることが判明した。また、3次元の流動解析の結果、八代海の潮汐変動は有明海と連動していること、湾奥部での流動が中南部海域に対して停溜状態にあり水質環境の悪化傾向と一致していることなどが分かった。

(第 51 回海岸工学講演会論文集 pp.916-920 , 2004 年 11 月)

37 - 37 有明海干潟上における大気 - 海面 - 陸面間の エネルギーフラックスに関する研究

環境システム工学科	助手	田中 健路
沿岸域環境科学教育研究センター	教授	滝川 清
大学院自然科学研究科	前期過程	成松 明

干潟域における大気 - 陸面 - 海面間の物質・熱エネルギー相互作用を解明することを目的として、熊本港北東側干潟域において観測塔を設置し、自動気象観測を実施してきている。本研究では、自動気象観測で得られた気象データを基に、バルク法を用いて地表面熱収支の特性について解析を行った。陸域や沖合いの海域においては、大気側への顕熱・潜熱輸送は日射などの放射過熱に伴う日周期変化が卓越しているが、干潟域では日射に加えて、干出・冠水のサイクルに伴う地表面状態の周期的変動が重大な寄与をもたらす。特に、冬季においては、夜間に浸入する海水が干潟上の大気への熱源として重大な寄与をもたらすことが確かめられた。

(第 51 回海岸工学講演会論文集 pp.1131-1135 , 2004 年 11 月)

37 - 38 創生された人工干潟における環境変動のメカニズムに関する研究

沿岸域環境科学教育研究センター	教 授	滝 川 清
アジアプランニング(株)		増 田 龍 哉
環境システム工学科	助 手	田 中 健 路
大学院自然科学研究科	前期過程	弥 富 裕 二

有明海の疲弊が問題化されている中、その干潟環境の改善に向けての対策法の開発を目的として、人工干潟を創生し、その人工干潟の環境モニタリングを実施して環境変動の動態把握と変動メカニズムについての検討を行った。研究対象とした人工干潟は、底質の外部からの搬入ではなく、埋立地の掘削により作り出された、全国的に例の少ないものである。この人工干潟では、地盤高、底質など生物生息環境の多様性を人為的に創生することによって、ごく近傍の干潟では見られないような生物を含む多様な生態系が、1年余りの期間でも出現し、マクロ的な評価法ではあるが、生物が水・底質の浄化に寄与していることを確認できた。

(第51回海岸工学講演会論文集 pp.1201-1205, 2004年11月)

37 - 39 熊本県における想定最大高潮に基づく高潮減災対策の策定

沿岸域環境科学教育研究センター	教 授	滝 川 清
熊本県土木部河川課		有 働 人 志
(株)建設技術研究所		後 藤 雅 之
(株)建設技術研究所		倉 吉 一 盛
アジアプランニング(株)		田 淵 幹 修

“防災施設”に頼る従来型の高潮対策の在り方を再認識させられた台風9918号による高潮・高波被害の教訓を生かすためには“ハード”と“ソフト”の両面から総合的な“高潮減災対策”を具体的に考える必要がある。その際、どの程度の高潮を対象に考えていくかが重要であり、そのために“想定最大高潮”という概念を導入し、その規模を具体的に示すことによって、高潮減災に取り組む“総合かつ具体的な施策”とその実施計画を提示した。特に、従来型の防災施設整備は、それら施策の中の一施策として位置付け、外の施策と合わせて総合的に高潮減災に取り組むという考え方を示したところに大きな意義がある。

(第51回海岸工学講演会論文集 pp.1326-1330, 2004年11月)