

専攻科特別研究題目
及び要旨一覧

平成 26 年度

○専攻と研究テーマ

電子機械システム工学専攻

冷水循環式雪冷房における貯雪の結合強度低下方法の検討	五十嵐 大輔
小型船舶用電子制御操舵系における制御アルゴリズムの検討	石月 創太
CuInS ₂ -Cu ₂ ZnSnS ₄ 結晶のデバイス化に向けた検討	歌川 駿
フラッシュランプ併用加熱によるCZTS薄膜の作製	大脇 佑二郎
英語多読教育支援システムの改良と運用・評価-クライアントサイドの改良-	河谷 諒平
校内連絡提供システムの改良と運用・評価-モバイル端末用アプリケーションの開発-	古田島 裕斗
Android端末を用いた遠隔操作支援システムの構築	酒井 康平
天井クレーンの制振搬送支援制御系の構築	佐藤 馨
Cu-Zn-Sn-S系結晶の作製と結晶学的評価	茂野 拓也
校内連絡提供システムの改良と運用・評価-Webシステムの改良-	高山 貴宏
マシナブルセラミックスへのストレート穴開け加工	蔦 将哉
頭外音像定位技術を用いた遠隔操縦の支援に関する研究	古川 貴仁
慣性センサを用いた下水道管路の三次元位置推定システムの開発	松村 峻平
小型船舶用防振架台に応用する絶対天井の近似実現	三間 良明
マイコンボードを用いた環境計測システムの開発	宮路 尚輝
地板下部導体によるプリント逆Fアンテナのカップリング特性改善	宮原 俊幸
ラグランジュ法に基づくアンダーハンドパスの動作解析	宮部 博之
ポリシング加工における加工欠陥の発生を検出可能な工具の開発	山上 裕太
三次元異材接合体の特異応力場解析における特異要素寸法の影響	渡邊 裕太郎
英語多読教育支援システムの改良と運用・評価-サーバシステムの改良-	和田 元輝
CZTS薄膜におけるNa添加効果の検討	和田 直也

物質工学専攻

有機無機複合ペロブスカイト太陽電池の試作	安部 百恵
ポルフィリンへの電子供与基の導入について	井嶋 克爾
酸化チタン微粒子層を有する有機薄膜太陽電池の試作	Vanadian Astari Suci Atina
バイオ医薬品生産を目指した新規宿主の開発	加島 徳人
対称型CF ₃ 基置換ポルフィリンの合成について	小林 理賀
太陽電池への応用を目指したCu ₂ Si _x Sn _{1-x} S ₃ の作製と評価	豊永 詞
米飯消化速度に与える共存因子の影響	牧野 理紗
機能性酵素群の発現解析に向けた各種遺伝子のクローニング	水内 敬太
マツタケのフェニルアラニンアンモニアリアーゼの機能と発現の解析	宮川 駿人

環境都市工学専攻

材料の応力ひずみ関係が板の圧縮強度特性に及ぼす影響	阿部 真之介
単軸面内準静的負荷下におけるステンレス鋼周辺単純支持板の強度特性	加藤 健太郎
地方都市における土地利用推移と要因について~新潟県三条市を対象に~	金子 昇平
地球温暖化が信濃川流域の融雪流出に及ぼす影響の評価	戸倉 駿人
腐食膨張挙動に対する横補強筋の拘束効果に及ぼすコンクリートの圧縮強度 およびかぶりの影響	菫澤 洋平
大深度円形立坑の地下連続壁の合理的設計に関する研究	Bat-Erdene Bolor
嫌気性原生動物が都市下水処理UASBの処理性能および群集構造に及ぼす影響	平片 悠河

○研究要旨

電子機械システム工学専攻

冷水循環式雪冷房における貯雪の結合強度低下方法の検討

五十嵐 大輔：電子機械システム工学専攻（河田 剛毅 教授）

雪冷房は降雪地域で使用されている。本研究室では冷水循環式雪冷房について研究している。雪には互いに結合する傾向がある。保存する期間が長いほど貯雪の強度は強くなる。冷熱取り出し性能は雪の粒子の特性により減少する。よって、雪の結合強度を何かしらの簡単な方法によって低下させることが出来たのなら、熱交換性能の改善が期待できる。この研究では雪に水を含む方法を具体的に2種類考え試みた。1つは0℃の水を含ませる、もう1つは雪自身を融解させる。雪への強度試験としてせん断、引張、曲げ試験を実施した。その結果、今回、実施した方法では強度の低下は見られなかった。

小型船舶用電子制御操舵系における制御アルゴリズムの検討

石月 創太：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 准教授）

本報告では、小型船舶における電子制御操舵系の制御アルゴリズムの設計指針を見定めることを目的とし、ヒトに制御される小型船舶運動の安定性解析を行った結果について述べる。ヒトに制御される小型船舶運動の安定性解析を行うため、初めにグローバル座標系における小型船舶運動の数学モデルを導出した。その数学モデルを基に操船における人下機械系モデルを作成し、ヒトの比例動作のみによって制御される小型船舶運動の安定領域の解析を行った。また、ヒトの比例動作に微分動作、遅れ時間要素をそれぞれ付加した場合の安定領域の解析を行った。結果、前方注視点距離を短く取る状況においては微分動作を、前方注視点距離を長く取る状況においては遅れ時間要素を付加することで安定性の改善が期待できることが分かった。このことから、多少の安定性の減少が見込まれるが、遅れ時間要素を電子制御操舵系の機能として採用することが現実的であることが分かった。

CuInS₂-Cu₂ZnSnS₄ 結晶のデバイス化に向けた検討

歌川 駿：電子機械システム工学専攻（大石 耕一郎 准教授）

真空蒸着法により作製した CdS と In₂S₃ 薄膜を、CuInS₂-Cu₂ZnSnS₄ 太陽電池における n 型バッファ層の候補として検討した。堆積温度 200℃以下で作製した CdS 薄膜の吸収端は 2.40-2.42eV の範囲であった。堆積温度 100-250℃の間で作製した In₂S₃ 薄膜の吸収端は 1.94-2.10eV であったが、堆積温度を室温で作製した薄膜の吸収端は約 2.40eV であった。CuInS₂ 結晶に室温で n-buffer 層を堆積した Al/n-buffer/CuInS₂/Au デバイスの I-V 特性は、わずかな整流性を示した。Al/n-buffer/Cu₂ZnSnS₄/Au デバイスの I-V 特性は、全てにおいて線形だった。

フラッシュランプ併用加熱による CZTS 薄膜の作製

大脇 佑二郎：電子機械システム工学専攻（片桐 裕則 教授）

現在、量産化が開始された CIGS 系薄膜太陽電池には、希少元素 In, Ga および有毒性元素 Se が含まれている。本研究室では、これらの元素を、Zn, Sn, S で置換することで得られる CZTS 系薄膜太陽電池の研究を行ってきた。これらすべての元素は、地殻中に豊富に含まれる材料である。従来の研究において、CZTS 太陽電池の直列抵抗成分が非常に大きなものであった。この直列抵抗を減少させることは極めて重要な課題である。これにより、曲線因子および変換効率が上昇するからである。本研究では、フラッシュランプ併用加熱を用いることにより、CZTS 薄膜を作製しその特性評価を行った。硫化温度は、従来よりはるかに低い 450℃とした。次に、フラッシュランプで試料を照射することで試料表面付近を加熱した。走査電子顕微鏡像より、加熱温度が低いにもかかわらず、粒成長が生じていることが明らかとなった。さらに、Mo/CZTS 界面に直列抵抗を上昇させる MoS_x 層が形成されていない。X 線回折より、CZTS の結晶性がフラッシュランプ併用加熱によって向上していることが分かった。

英語多読教育支援システムの改良と運用・評価—クライアントサイドの改良—

河谷 諒平：電子機械システム工学専攻（竹部 啓輔 准教授）

長岡高専で英語学習の一環として取り入れられている英語多読活動を支援するシステムの構築、運用を行うことを目的として、本研究では、クライアント・サーバシステムのクライアントサイドの開発を主に行った。

英語多読活動を行っている学生に向けたクライアントプログラムを開発する必要があることから、どのような端末からでも利用可能となる Web アプリケーションを開発することにした。Web アプリケーションはスマートフォン向けの Web ページからサーバヘータのやり取りを行う。プログラム処理には JavaScript のライブラリである jQuery を用いた。非同期通信技術の Ajax (Asynchronous JavaScript + XML) を用いて、サーバから取得した情報からページの一部のみを書き換えることで、ページの読み込み回数を減らした。

平成25年度に1クラスを対象とした試験運用を実施したが、いくつかのトラブルや不具合に見舞われた。そこで、見つかった問題を解決すべく、クライアントサイドの改善を行った。その後、2度目の試験運用を平成26年度11月から約3か月程度の期間、電子制御工学科2年と電気電子システム工学科2年の計84名を対象に実施した。

校内連絡提供システムの改良と運用・評価—モバイル端末用アプリケーションの開発—

古田島 裕斗：電子機械システム工学専攻（竹部 啓輔 准教授）

学校のような共同体では他者へ連絡を伝える機会が多い。またその連絡は確実且つ迅速に伝えられるべきである。長岡高専では連絡手段として掲示や放送、そして電子メールが用いられている。しかし掲示や放送では迅速性や確実性に問題があり、また電子メールによる連絡についても重要な連絡が把握しにくいという問題がある。

これらを解決するため、長岡高専にて連絡の登録・確認を Web 上で行う連絡提供システムが開発された。しかしこの従来システムは実用までは至っていない。そこでシステムを改良し、運用・評価を行うことにした。本研究では、実用化に向けた改良として、Android 端末向けアプリケーションを開発した。本アプリケーションはシステムの利便性向上を目的としている。連絡確認機能や時間割表示機能などを実装することである

程度システムの改善を果たせた。

Android 端末を用いた遠隔操作支援システムの構築

酒井 康平：電子機械システム工学専攻（佐藤 拓史 准教授）

近年、人間が立ち入ることができない場所での情報収集や各種作業を目的として、遠隔操作ロボットが用いられる機会が多くなっている。これらの遠隔操作ロボットの操作は多くのボタンを有する操作デバイスによって行うため、操作が複雑になる。そのため、高度な操作技術が求められる。そこで本研究では、操作デバイス兼モニタリング PC にタブレット端末を用いた遠隔操作システムを構築し、障害物の回避を行う操作支援機能を実装した遠隔操作アプリの開発する。構築したシステムと開発した遠隔操作アプリを用いて、障害物回避実験を行うことでシステムの有効性を確認する。

天井クレーンの制振搬送支援制御系の構築

佐藤 馨：電子機械システム工学専攻（佐藤 拓史 准教授）

天井クレーンの作業において、吊り荷の制振搬送のためには、作業員の熟練した感覚が必要となるが、こうした熟練の高い作業者は減少しつつある。

そのため、熟練度の低い作業員であっても吊り荷の揺れを残さずに作業が行える操作支援系のへの期待は大きい。

天井クレーンの制振搬送を行う場合、操作性に優れるものの任意の操作が難しいフィードフォワード制御系と残留振動の抑制に優れるものの操作性向上が難しいフィードバック制御が提案されている。

そこで、本研究では制振性と操作性の両立をするために 2 自由度制御系による制振搬送制御系を構築する。構成した制御系による制御実験を行い、初心者であっても熟練者と同等の制振搬送が実現できることを示し、構成した制御系の有効性を示す。

Cu-Zn-Sn-S 系結晶の作製と結晶学的評価

茂野 拓也：電子機械システム工学専攻（大石 耕一郎 准教授）

$\text{Cu}_{2(2-x)}(\text{Zn}_{2-y}\text{Sn}_y)_x\text{S}_4$ の $x = 0.90 \sim 1.10$ 、 $y = 0.80 \sim 1.20$ の範囲で 9 種類の Cu-Zn-Sn-S 結晶を融液成長で作製した。 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ と SnS 及び CuS のモデルを使用したリートベルト解析の結果では、 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ の比率は 80%以上であった。二次相の抑制と均一な組成を目的として、真空焼結を行った。エネルギー分散型分光 (EDS) の結果は、真空焼結により Cu、Zn 及び Sn の偏析が抑制されたことを示したが、粉末 XRD パターンでは、二次相は依然として存在していた。真空焼結された $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 試料のラマンスペクトルでは、約 257cm^{-1} 、 290cm^{-1} 、 300cm^{-1} 、 340cm^{-1} 、 350cm^{-1} 、 373cm^{-1} でピークが観察された。ほとんどのラマンピークは、励起光強度を上げると低波数側へシフトした。

校内連絡提供システムの改良と運用・評価—Web システムの改良—

高山 貴宏：電子機械システム工学専攻（竹部 啓輔 准教授）

現在の本校における連絡の手段は、掲示による連絡、校内放送による連絡、メールの転送システムである。この3つの連絡手段には確実性や迅速性、全ての連絡の把握のしやすさに問題がある。それらの問題点を解決したシステムが過去に開発されたが、使いにくい点が存在した。そこで、本研究では、その問題点を解決し、本校の連絡提供システムとして運用・評価することを目的として旧システムの改良を行った。

まず、旧システムでは連絡の編集機能が無かったため、編集機能を追加した。また、管理者には詳細な教科情報を登録する機能を追加した。これにより、所属クラス的时间割を作成・確認することができるとともに、課題管理の手助けを目的とした、課題提出状況確認機能を追加することが可能となった。さらに、教科情報が登録されている事で、授業連絡登録の際の入力フォームの記入事項を大幅に減らすことができた。

これらの改良を行ったことにより、旧システムの使いにくかった点を改善し、利便性を上げることができた。本システムの試験運用を実施した結果、連絡手段として利用できるものの、そのサポート機能、周辺機能には改善の必要があることがわかった。今後はそれらの機能追加・改善を行っていく必要がある。

マシナブルセラミックスへのストレート穴開け加工

髙 将哉：電子機械システム工学専攻（中村 奨 教授）

本研究は、第4高調波の短パルス紫外レーザー光を用いて、マシナブルセラミックスに直径 $50\mu\text{m}$ 程度のストレートな貫通穴を形成することを目的としている。本研究では、当研究室において開発した裏当て加工を、プローブカードの基板となるマシナブルセラミックスに対して適用した。PVA糊を水で体積比2対1の割合で希釈したPVA水溶液とグリセリンを水で体積比3対1の割合で希釈したグリセリン水溶液を裏当て液として、マシナブルセラミックスにストレートな貫通穴を形成可能なことを示した。

頭外音像定位技術を用いた遠隔操縦の支援に関する研究

古川 貴仁：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 准教授）

頭外音像定位技術はイヤホン受聴において、空間の任意の位置に音像を定位させる技術である。マルチコプタはその汎用性を生かし様々な場面で使用されている。マルチコプタの操縦にはある程度の熟練が必要となる。そのため、現在の機体姿勢情報を操縦者に伝えることが重要となる。そこで機体姿勢情報を聴覚情報として提供することに注目した。本研究は頭外音像定位技術を用いてマルチコプタの操縦者へ音による支援を行うシステムの開発を行うものである。

慣性センサを用いた下水道管路の三次元位置推定システムの開発

松村 峻平：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 准教授）

下水道管路は生活環境の水質保全に必要な不可欠な施設の一つである。しかし、車などの輪荷重や地震などによる土壌の圧力によって一定角度で埋設された管路に歪みが生じると、管路内の流れが滞る機能不全や道路陥没などの重大事故の原因となる。そのため、定期的に配管の歪みを調査する必要がある。近年では、レーザー光やCCDカメラを用いた自走式車両による調査方法が採用されてきている。しかしこれらの方法には、

コスト高やシステムの複雑化、運用の難易度が高いなどの問題点が指摘されている。そこで管路内を走行可能な車両型ロボットに安価な慣性センサを搭載することによって、管路の傾きを得る方法を考案した。低価格のセンサにおいてドリフト誤差の問題があるが、この問題を解決するためにカルマンフィルタアルゴリズムを用いた。姿勢表現にはクォータニオンを用い、角速度と加速度の情報をカルマンフィルタを用いて統合することにより誤差の低減を図った。

小型船舶用防振架台に応用する絶対天井の近似実現

三間 良明：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 准教授）

本論文では、小型船舶を利用した救急患者搬送を行う際に患者への振動伝達を軽減するための防振架台に関する研究について報告している。これまでの研究で、防振架台の固有角周波数を低下させる必要があることが分かっている。そこで本研究では、まず、固有角周波数を低下させる方針として、ばね上質量を単純に増加させる方法とスカイフックボールねじ理論に基づく回転慣性質量を付加する2つの方法について比較検討を行った。その結果、回転慣性質量付加システムに実用化する上での優位性があることが分かった。次に、スカイフックボールねじ理論に必要となる絶対天井近似装置を製作し、絶対天井の近似実現度の検証実験を行った。最後に、絶対天井近似装置を取り入れた回転慣性質量付加システムの振動伝達特性を数値シミュレーションにより求めた。その結果、このシステムは固有角周波数を低下させることが出来るが、仕様を満たせないことが分かった。

マイコンボードを用いた環境計測システムの開発

宮路 尚輝：電子機械システム工学専攻（山崎 誠 教授）

本研究室では、部屋の環境計測を行うために、ネットワークを利用した遠隔計測システムを開発している。システムは計測ユニットと計測データ収集サーバで構成され、マイコンを用いている。計測ユニットには、マイコンボードであるGR-SAKURAとセンサを搭載した外部回路を用い、計測データ収集サーバにはRaspberry Piを用いていた。システムは長岡高専内の講義室(25室程度)を想定し、各教室にセンサを搭載したGR-SAKURAを1つずつ設置してRaspberry Piが計測結果を収集する。システムの開発を報告する。

地板下部導体によるプリント逆Fアンテナのカップリング特性改善

宮原 俊幸：電子機械システム工学専攻（田口 裕二郎 教授）

この研究は、放射素子と地板を同一面に構成できるプリント逆Fアンテナ(Printed Inverted F Antennas、以下、PIFAと記す)に注目し、既に提案されている地板分断法によるカップリング特性の更なる低減について、地板下部に金属導体、及び、そのプリントパターン化した導体を配置する方法について検討している。

また、FDTD法を用いた解析により、配置する金属導体の形状パラメータ及び位置を最適化し、試作アンテナを用いた測定により、解析の妥当性を示している。検討の結果、従来の地板分断法の場合に比べて、カップリング特性は無線LAN帯域内で7~8dB程度改善され、-20dB程度の特性が実現可能であることを示している。

ラグランジュ法に基づくアンダーハンドパスの動作解析

宮部 博之：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 准教授）

本論文は、バレーボールのアンダーハンドパスを対象とした運動解析のため、ラグランジュ法に基づいた関節トルクの推定方法を提案している。従来の動作解析法であるニュートンオイラー法では、床反力の測定にフォースプレートが用いられる。しかし、フォースプレートは非常に高価であり、計測範囲に制約が生じることが問題である。本論文では、足部においてつま先は回転自由のピンで固定されていると仮定した、人体の剛体リンクモデルについてラグランジュ法により運動方程式を導くことで、フォースプレートを利用せずに関節トルクの推定をする。運動方程式の逆ダイナミクスは、フォースプレートを用いる必要がなく画像情報のみに基づいて、各関節トルクを計算することができる。このときボールが腕部に作用する衝突反力の推定が必要である。衝突反力は運動量変化と力積の関係より求める。検証実験のために2リンク実験装置と測定系を構築した。実験により提案方法の基本的な有効性を確認できた。

ポリシング加工における加工欠陥の発生を検出可能な工具の開発

山上 裕太：電子機械システム工学専攻（井山 徹郎 助教）

スクラッチやピンホールなどのポリシング加工中の加工欠陥は、生産性の低下を引き起こす原因である。本研究の目的は、加工欠陥を検出するために鋭敏色法を用いた工具を開発・評価することである。初めに、筆者らは加工欠陥の検出に対して、鋭敏色法が有効か実験的に検証した。加工痕、加工中の砥粒挙動、工具端子の応力状態の関係を分類した。これによって加工痕の変化を可視化した工具端子の応力状態から推測できた。これらの結果を踏まえて鋭敏色法を用いるために必要な光学系を装着した新しいポリシング工具を開発した。開発した工具が加工欠陥の検出に有効か評価するために、加工欠陥が発生しやすい条件のもとで加工実験を行った。その結果として、開発した工具は加工中の砥粒挙動や砥粒の形状が視覚的に確認できなくても、工具端子の応力から異常に大きな加工痕を検出することができた。また異常な工具端子の応力状態が確認できたとき、工具端子と工作物を洗浄することで加工欠陥を抑制することができた。

三次元異材接合体の特異応力場解析における特異要素寸法の影響

渡邊 裕太郎：電子機械システム工学専攻（長岡技術科学大学 倉橋 貴彦 准教授）

本研究では、2種類の異材接合体モデルに対して、特異要素寸法に関する検討を行った。モデルは軟鋼-アルミニウム、および、シリコン-レジンの2つである。外力は軟鋼および、シリコンに対して10MPaの引張応力を与えた。結果として、どちらの計算モデルにおいても、 A_{kin} 特異要素により得られた応力成分 σ_{zz} は特異点からの距離が短くなるほど、通常要素の場合より高く得られることがわかった。さらに、最小自乗法により得られた A_{kin} 特異要素を用いた場合における特異性のオーダは通常要素の場合より有限要素法に基づく固有値解析に近い値を示すことがわかった。また、外力および計算モデルの幅により無次元化された特異応力場の強さに関しては、 A_{kin} 特異要素により得られた無次元化された特異応力場の強さと通常要素により得られた無次元化された特異応力場の強さの差の絶対値が小さくなることがわかった。さらに、共役勾配法の収束特性に関しては、代表最小メッシュサイズが小さくなる程、収束過程に対する A_{kin} 特異要素の効果が小さくなることがわかった。また、反復回数が増加することもわかった。

英語多読教育支援システムの改良と運用・評価—サーバシステムの改良—

和田 元輝：電子機械システム工学専攻（竹部 啓輔 准教授）

現在、長岡高専では、英語多読を実施しており、多読で読んだ書籍の情報を紙媒体の記録帳に記入している。しかし、現在の方針では「記録帳を紛失する」、「自分がどれだけ英語多読に取り組んだか視覚的にわかりづらい」など多くの問題点が存在する。そのため、一昨年度より、情報通信技術を活用した英語多読教育を支援するシステムを考案し、開発を行ってきた。

昨年度には、システムの改良として、kurohime サーバによる認証機能を利用したログイン機能の実装、CSV ファイルを用いた書籍データの一括登録機能の実装、書籍のレビュー機能の実装、読書記録の消去機能の実装などを行った。その後、試験運用を実施したが、「動作速度が低速である」など多くの問題点が確認された。そこで今年度は動作速度の向上のため、SQL 文の射影操作の利用など、プログラムの最適化を始めとする様々な対策を行った。その結果、全体として 30%~50%程度処理時間を削減することができた。さらに、クイズ機能の見直しや、ユーザからのフィードバックを随時得るためのお問い合わせ機能の実装などを行った。

CZTS 薄膜における Na 添加効果の検討

和田 直也：電子機械システム工学専攻（片桐 裕則 教授）

CZTS は、地殻中に豊富に存在する元素だけで構成される 4 元系化合物半導体である。本材料は、CIS の希少元素の半分を Zn で残りの半分を Sn で置換することによって作り出すことができる。CZTS の禁制帯幅は 1.4-1.5eV であり、光吸収係数は 10^4 cm^{-1} 台である。これらの光学的特性は、CZTS が薄膜太陽電池の光吸収層に最適であることを示している。現在、CZTS 系薄膜太陽電池の変換効率は CIS 系に比べてかなり低い状況である。CIS 系セルにおいては、Na 添加効果が重要な効果を与えていると言われている。本研究では、CZTS 太陽電池に与える Na 添加効果の影響を明らかにすることを目的とした。Mo 中に NaF を 3mol% 含む MoNa ターゲットを用いて、SLG/SiO₂/MoNa/Mo 構造を作製した。本基板上に、最終的なセル構造である CZTS/CdS/AZO を従来と同様な作製法で積層し、太陽電池特性を評価した。その結果、MoNa 厚みに対する Na 含有量の変化を確認することはできなかったものの、MoNa 厚みの増加に伴い開放電圧が上昇する傾向にあることを明らかにすることができた。

物質工学専攻

有機無機複合ペロブスカイト太陽電池の試作

安部 百恵：物質工学専攻（坂井 俊彦 教授）

有機無機複合物質であるハロゲン化鉛ペロブスカイトを利用した太陽電池は、2009 年に基本的な構造が発表された後、短期間のうちに急激に変換効率を伸ばし、一躍、次世代太陽電池研究の主役の座に踊り出た。その効率は現在 20.1%に達し、実用化への期待も大いに高まっている。この電池はウェットプロセスが利用できるため、非常に量産性の高い太陽電池であるとともに、高価な金属などは含まず製造コストを大幅に下げることが可能な新たな太陽電池として世界中で注目を集めている。

しかし、この有機無機ペロブスカイト太陽電池は RoHS で指定されている鉛が含まれることから、鉛を含

まない太陽電池の開発が望まれている。

本研究でははじめにハロゲン化鉛ペロブスカイト太陽電池の特性に対する TiO_2 微粒子層の膜厚依存性について調べ、その後 Pb フリーの有機無機複合ペロブスカイト太陽電池の開発の前段階として、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Sn}_x\text{Pb}_{1-x}\text{I}$ ペロブスカイト中の Sn と Pb の含有率を変えたデバイスを作製し、性能の評価をおこなった。

ポルフィリンへの電子供与基の導入について

井嶋 克爾：物質工学専攻（鈴木 秋弘 教授）

ミオグロビンは、これまでに最も研究が行われているヘムタンパク質である。しかしミオグロビンの酸素親和性調節はいまだに不明な点が多い。ミオグロビンの酸素親和性がヘム鉄の電子密度によって制御されていることを明らかにするために、私は電子供与基の導入されたポルフィリンとして、2,3,5,7,8-ペンタメチルポルフィリンを合成した。特定の部位に電子供与基を導入するため、ポルフィリンの骨格であるピロールを多段階合成した。合成した 2,3,5,7,8-PM の紫外可視吸収スペクトルではソーレー帯の吸収が 406 nm に現れた。また、 $^1\text{H-NMR}$ のスペクトルで構造を同定した。インナープロトンが分裂していることなどから、対称性が失われている可能性が示唆された。

酸化チタン微粒子層を有する有機薄膜太陽電池の試作

Vanadian Astari Suci Atina：物質工学専攻（坂井 俊彦 教授）

有機薄膜太陽電池は、資源的制約がなく、常温・常圧での製造が可能であることから低コストで、軽量かつ柔軟性に富んだ環境に優しい次世代太陽電池として注目されている。昨今エネルギー変換効率が急激に向上しているが、更なる変換効率と耐久性の向上が求められている。本研究では、有機薄膜太陽電池に TiO_2 微粒子層を導入することにより変換効率を向上させることができるか検討した。光吸収層としてフェニル C_{61} ブチル酸メチルエステル ([60]PCBM) とポリ (3-ヘキシルチオフェン) (P3HT)、正孔輸送層としてポリ (3,4-エチレンジオキシチオフェン) : ポリスチレンスルホン酸 (PEDOT : PSS) を用い、耐久性の向上を図るため電極に Au を用いた、FTO/ TiO_2 /[60]PCBM:P3HT/PEDOT:PSS/Au の構造を有する有機薄膜太陽電池を作製した。その結果、 TiO_2 微粒子層を導入した素子は、導入しない素子と比較して光起電力特性は向上し、本研究においては TiO_2 微粒子層の膜厚が 340nm 以下に最適値が存在することがわかった。また、 TiO_2 微粒子層の厚さが約 100 nm の素子で、変換効率 4.02%、曲線因子 44.6%、短絡電流密度 15.2 mA/cm^2 、開放電圧 590 mV の結果を得た。

バイオ医薬品生産を目指した新規宿主の開発

加島 徳人：物質工学専攻（赤澤 真一 准教授）

インスリン等のバイオ医薬品はヒト疾患の治療のために遺伝子工学により開発された治療薬である。ヒトインスリンは大腸菌を宿主として生産されるが、エリスロポエチンのような多くのヒト糖タンパク質は大腸菌で生産することができない。従って、これらのタンパク質はグリコシル化等の転写後修飾が行える動物細胞またはヤギのような高等動物を用いて生産が行われる。しかし、操作が煩雑であるほか、製造コストが高価であるといった問題がある。一方、ミミズはタンパク質を修飾出来る事が報告されており、我々はミミズが分泌タンパク質として組換えタンパク質を生産できるポテンシャルを有することを示唆した。そこで、こ

これらの問題を解決するための新規の宿主生物としてミミズに注目した。

我々は日本の様々な分野で商業的に飼育されている有益なミミズ種 *Eisenia feida* を宿主として選定した。我々は体重当たり約 20% の分泌体腔液を収集することに成功した。また、このミミズの形質転換法を確立した。これは、この種のミミズを用いた新規バイオテクノロジーの最初の報告である。

対称型 CF₃ 基置換ポルフィリンの合成について

小林 理賀：物質工学専攻（鈴木 秋弘 教授）

ミオグロビン (Mb) の酸素化過程は、これまで精力的に研究されてきたが、完全に解明されたとはいえない。特に、酸素 (O₂) と一酸化炭素 (CO) を識別する分子機構は全く不明である。本研究では、この分子機構を解明するために、モデル化合物となる電子求引性基である CF₃ 基が 3 つ置換した 2,5,8-Tris(trifluoromethyl)porphyrin (2,5,8-TPF) の合成を検討した。ポルフィリン環の 2 位, 5 位, 8 位に位置特異的に CF₃ 基を導入するため、CF₃ 基置換ピロールから段階的に合成を行った。CF₃-ピロールを調製後、CF₃-ピロール及び 2,2,2-trifluoro-1,1-ethandiol とのカップリング反応により、電子不足状態であるジピロメタンを合成した。そして、2 種類のジピロメタンの環化反応により 2,5,8- TPF を粗収率 18.8% で得た。¹H-NMR において、ポルフィリン環内の NH のプロトンシグナルは、低磁場シフトした -2.50 ppm に観測された。さらに UV スペクトルにおいては、ソーレー帯が深色シフトを示し、いずれも CF₃ 基の電子求引効果が観察された結果となった。

太陽電池への応用を目指した Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ の作製と評価

豊永 詞：物質工学専攻（荒木 秀明 准教授）

Cu, Sn, Si, S を原料として用い、Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ バルク試料を作製した。作製した Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ の X 線回折パターンにおいて、 x の増加に伴い回折ピークが高角度側へシフトしていることから、格子定数が x に依存して減少することを明らかにするとともに x の増加に伴い、バンドギャップが 0.85 eV から 2.56 eV まで増加することを明らかにした。したがって Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ の組成を調節することによってバンドギャップを調節することが可能であり、Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ は薄膜太陽電池の光吸収材料として期待できるといえる。さらに、電子ビーム蒸着法を用いて作製した金属前駆体を硫化することによって、Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ 薄膜の作製を試みた。 $x = 0.0$ の Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ 薄膜から作製した太陽電池からは開放電圧 220 mV, 短絡電流密度 28.2 mA/cm², 曲線因子 0.33, 変換効率 2.14% という光起電力特性が得られたが、 $x = 0.3$ の Cu₂Si_xSn_{1-x}S₃ 薄膜から作製した太陽電池からは光起電力が得られなかった。

米飯消化速度に与える共存因子の影響

牧野 理沙：物質工学専攻（菅原 正義 教授）

Glycemic index (GI) は糖質を含む食品を摂取した際の食後血糖値の増加から、その食品の血糖応答性示す指標であるが、他の食品成分によって影響を受けることが知られている。本研究の目的は、ヒトを用いない *in vitro* において、米飯消化速度に及ぼす食品成分の影響を評価することである。そのために、ペプシンとパンクレアチンを用いた人工消化試験においてコシヒカリ白米の米飯を作製し、デンプン消化速度を測定した。その際、米飯に対して酢酸ナトリウム、小麦抽出液、スキムミルク、乳清、加熱/未熱・豆乳、ポ

リペプトンの添加を行い、対照として純水を加えたものと比較することで各共存因子がデンプン消化速度に与える影響を評価した。その結果、スキムミルク、乳清、小麦抽出液の添加では添加量の増加に伴い消化速度の低下が見られた。また、豆乳の添加では、加熱の有無に関わらず、添加量の増加に伴い若干の消化速度の低下が見られたが、大豆タンパク質の加水分解物であるポリペプトンでは全く影響が見られなかった。このように、共存する物質によって米飯の消化速度へ及ぼす影響は異なることがわかった。

機能性酵素群の発現解析に向けた各種遺伝子のクローニング

水内 敬太：物質工学専攻（赤澤 真一 准教授）

ミミズ” *Eisenia fetida*” はコンポスト化に使用されており、日本中で飼育されている。その上 *E. fetida* には凍結乾燥粉末が健康補助食品として利用される強力な血栓分解酵素のみならず、アミラーゼのような様々な消化酵素も有している。さらにミミズには大量のタンパク質、アミノ酸、多くのビタミンも有している。従って南アジアにおいては鶏のエサとして魚粉の代替品を目指した取り組みを行っている研究者が多くいる。多くの有用と見られる酵素遺伝子が発現している条件を明らかにすることができれば、多くの消化酵素や血栓分解酵素を含んだミミズ試料を供給することができる。よって我々はこれらの酵素が発現する条件の解明を試みた。

まず *E. fetida* Waki の *de novo* RNA-Seq データベースを構築した。その後消化酵素及び血栓分解酵素のクローニングを試みた。また、リアルタイム PCR のコントロールとしてアクチンのクローニングも試みた。その結果アミラーゼを除く各種有用な酵素遺伝子を取得した。

マツタケのフェニルアラニンアンモニアリアーゼの機能と発現の解析

宮川 駿人：物質工学専攻（田崎 裕二 准教授）

桂皮酸メチルはマツタケの香りの特徴づける香気成分である。しかし、マツタケにおける桂皮酸メチル生合成経路は、未だに明らかとなっていない。桂皮酸メチル生成への関与が予測されるフェニルアラニンアンモニアリアーゼ (PAL) をコードする *TmPAL1* の全長 cDNA はすでにマツタケ NBRC30605 株より単離された。*TmPAL1* の推定アミノ酸配列は既知の PAL や菌類、植物、シアノバクテリア由来の PAL 様タンパク質と類似していた。*TmPAL1* には、他生物由来 PAL と同様に、活性部位を含む Phenylalanine and histidine ammonia-lyases signature sequence が存在していた。pET-32a ベクターを用いて大腸菌 BL21 (DE3) 株で発現させた組換え *TmPAL1* の最適 pH は 9.0、最適温度は 50°C であった。リアルタイム RT-PCR により、マツタケ子実体の各部位における *TmPAL1* と *TmPAL2* の発現様式を明らかにした。*TmPAL1* の発現レベルは傘、柄、石づきにおいて高い傾向があったが、*TmPAL2* はひだにおいて高かった。

環境都市工学専攻

材料の応力ひずみ関係が板の圧力強度特性に及ぼす影響

阿部 真之介：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）

土木構造物に用いられる鋼材は、JIS 等で規定されている強度を確保している。しかし、このような鋼材の材料特性は、ばらつきを有している。そこで本研究は、材料の応力ひずみ関係の変化が周辺単純支持板の圧縮強度特性に及ぼす影響を数値計算により調べる。本研究で対象とした材料モデルは既往の研究データを用いて決定した。また、本研究は、面内一軸圧縮負荷を受ける周辺単純支持板の圧縮強度特性を数値計算により調べた。その結果、板の圧縮強度特性の変化は、材料特性の変化に比べて小さくなることを明らかにした。

単軸面内準静的負荷下におけるステンレス鋼周辺単純支持板の強度特性

加藤 健太郎：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）

ステンレス鋼は、構造用炭素鋼に比べて、優れた耐食性および延性を示す。そのため、ステンレス鋼を活用した構造物は、高い耐久性を有する構造となる。本研究では、単軸面内準静的負荷を受けるステンレス鋼周辺単純支持板の極限圧縮強度特性とその評価法を提案することを目的とする。

まず、本研究では、硬化則および準静的負荷条件の違いによる強度特性の変化を調べた。つぎに、単軸面内準静的負荷を受けるステンレス鋼板の極限圧縮強度特性を、非線形有限要素解析により、炭素鋼板と比較した。最後に、単軸面内準静的負荷を受ける周辺単純支持板の極限圧縮強度評価式を提案した。

地方都市における土地利用推移と要因について～新潟県三条市を対象に～

金子 昇平：環境都市工学専攻（宮腰 和弘 教授）

現在地方都市では、中心市街地の衰退やスプロールが都市問題となっており、効果的な用途地域の指定が必要とされている。そこで本研究では、新潟県三条市縁辺部の4地区(工業地域2地区、第一種住居地域2地区)を対象として、土地利用推移とその要因の考察をGISソフトウェアSIS及び住宅地図を用いて行った。その結果、三条市縁辺部の土地利用推移の特徴として、宅地開発量の緩やかな減少と、工場・事務所の撤退・移転が確認された。また、通学距離の長さなどが、住宅開発の抑止に繋がっていることが示唆された。これより、工業地域が指定されている地区では工業地域の縮小を行い、第一種住居地域が指定されている地区では現状のままで工場移転を促し、用途の純化を図ることが考えられる。

地球温暖化が信濃川流域の融雪流出に及ぼす影響の評価

戸倉 駿人：環境都市工学専攻（山本 隆広 准教授）

地球温暖化は気候変動をもたらし、水資源や健康等様々な分野に影響を及ぼすとされている。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次報告書や気象庁の地球温暖化実験によって、我が国においても地球温暖化による洪水の増加や水資源の利用といった河川計画への悪影響が危惧されている。本研究ではIPCC第5次報告書のRCPシナリオに基づいた複数の気候モデルの出力結果を用いて、地球温暖化が信濃川流域の降水

量や融雪量に与える影響の評価を行う。そのために、信濃川流域を対象として分布型水文モデルを開発し、現在気候と将来気候の計算結果を比較することで気候変化による影響を評価した。その結果、将来気候において総降雪量と総融雪量は減少し、年平均気温、総降雨量、総流量、総蒸発散量、総流出量は増加した。また、将来気候において総流出量に対する総融雪量の割合が減少したことから将来的に貴重な水資源である融雪水が減少し、不安定な水資源である洪水が増加する可能性が示唆された。

腐食膨張挙動に対する横補強筋の拘束効果に及ぼすコンクリートの圧縮強度およびかぶりの影響

荦澤 洋平：環境都市工学専攻（村上 祐貴 准教授）

本研究では、静的破砕剤を用いた腐食膨張模擬実験を行い、腐食膨張挙動に対するコンクリートの抵抗性（コンクリートの拘束圧）に及ぼす横補強筋の拘束効果について検討した。その結果、横補強筋を有する RC 部材のかぶり面にひび割れが発生する時点の拘束圧はかぶり厚、圧縮強度の影響を受け、かぶり面のひび割れ幅の拡大に伴う拘束圧の低下割合は圧縮強度の影響を受けた。さらに、横補強筋の拘束効果の影響範囲は、かぶり厚、圧縮強度の影響を受けることを明らかにした。また、コンクリートの拘束圧に基づいた横補強筋を有する腐食 RC 部材の付着強度評価を行った。

大深度円形立坑の地下連続壁の合理的設計に関する研究

Bat-Erdene Bolor：環境都市工学専攻（岩波 基 教授）

新たな大深度地下構造物において立坑の建設費用がプロジェクト全体に占める割合も高まってきている。しかし、そのような円形立坑の仮設用地中連続壁の設計方法は、中浅深度のものを踏襲しており、とくに設計荷重については学術的な根拠に基づく裏付けがないまま設定が行われている。そこで、本研究は、5 つの立坑の計測データを収集し、設計側圧と土圧計で計測された側圧、発生断面力から逆算した側圧を比較して検討を加え、安全性を確保しつつ合理的な設計側圧の提案を行った。そして最後に現行の設計手法と、上記で提案された 2 リングばねモデルを用いた上、提案した側圧によって設計を行った結果を比較して考察したものである。

嫌気性原生動物が都市下水処理 UASB の処理性能および群集構造に及ぼす影響

平片 悠河：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授）

都市下水処理 UASB リアクターにおける嫌気性原生動物が処理性能および微生物群集構造に及ぼす影響を明らかにするため、原生動物を共存させた汚泥系（共存系）と抗生物質によって原生動物を死滅させた汚泥系（死滅系）の 2 系列を作成し、都市下水を基質としてラボスケール UASB リアクターを 171 日間運転した。溶解性 COD 除去率、SS 除去率、保持汚泥量には両系で大きな差が見られなかった。その一方、共存系では死滅系よりもメタン生成量が 2.7 倍増加した。運転 171 日後の保持汚泥に対して 16S rRNA 遺伝子配列に基づき微生物群集構造解析を行った。原核生物の系統学的多様性は共存系の方が高かった。また、*Syntrophus* 属や、*Desulforhabdus* 属へ帰属される嫌気性共生細菌の割合が共存系で高かった。