特集

未来を繋ぐ溶接工学高等教育の現状と溶接学会の果たす役割

第1部 次代を担う若者に対する溶接工学に関する高等教育の現状と展望

沖縄工業高等専門学校におけるモノづくり・溶接技術教育*

真鍋 幸男**

Education on Manufacturing and Welding Technology in Okinawa National College of Technology*

by MANABE Yukio**

キーワード

沖縄工業高等専門学校, 教育, 溶接技術, モノづくり, PBL, 人材育成事業, 高度溶接技術者, CAD/CAM/CAE, 先端溶接プロセス, インターンシップ

1. はじめに

日本の製造業界では2007年頃より団塊世代が大量退職を始め、モノづくり力の低下、技術・技能伝承が危ぶまれる状態となっている。一方、これまで人件費などの要因で海外進出していた製造業が、人材・技術力などの問題より最先端製品などは国内工場で生産するほうが効率的とする回帰現象が強まっており、このためモノづくり技術者育成に対する社会的要求は急速に増大している。

沖縄工業高等専門学校（以下、沖縄高専と略す。）は国立高専では55番目として実に28年ぶりに新設され、2004年4月に開校し、現在2期生を含め335名在籍している。本校は開校と同時に独立行政法人 国立高等専門学校機構の構成機関として法人化し、年次進行とともに人員、設備を充実させながら教育研究を行っているが、第1期生の卒業に合わせた専攻科の設置、その後のJABEEや大学評価・学位授与機構の機関別認証評価の受審など、高専教育の高度化や教育評価・運営システムの急激な変化などに起因する多くの課題にも同時に対処しながら教育研究活動を進めざるを得ない状況にある。

著者は約30年間機械系企業に勤務した後、幸いにして琉球大学に設置された沖縄高専創設準備室の段階より本校創設準備に携わり始め、21世紀に誕生する新しい高専としての教育理念の構築、キャンパス作り（図1参照）、カリキュラム開発、新しい授業の立ち上げなどに参加することができた。

本記事では、まだ未実施科目が多い現状ではあるが、企業経験を有する教員の発想も取り入れた溶接技術を含むモノづくり技術教育に関する本校の計画と、手探りな

図1 沖縄工業高等専門学校キャンパス全景

がらも進めている新しい教育手法の実施状況などをご参考として紹介する。また、高専のもう一つの使命である地域産業支援を目的として産学官共同で提案し、平成17年度より採択された経済産業省委託事業の【OKINAWA型・実践的高度溶接技術者の育成事業】の概要についても紹介する。

2. 沖縄工業高等専門学校の概要

2.1 本校の教育理念と特色

本校の教育理念は【人々に信頼され、開拓精神にあふれる技術者の育成により、社会の発展に寄与する】としており、教育方針は“国際化や産業構造の変革など社会の変化に柔軟に対応できるよう専門知識・技術の修得のほか、自己学習能力をはじめ技術者に必要な基礎能力の開発と伸長”に重点を置いている¹⁾。

これを具体的に進めるため、以下の特色ある教育を計画・実施^{*1)}している。

(1) 全科目において図2に示すPBLの手法（大中¹⁾が

*原稿受付 平成17年11月22日

**正 員 (独)国立高等専門学校機構 沖縄工業高等専門学校
Member, Okinawa National College of Technology

*1年次進行中であるため3学年以上については未実施である。

紹介・提案している定義に対し、本校ではPBL 1, 2, 3の三段階に区分した)を導入し、学生が授業へ主体的に参加することにより、自己学習力、コミュニケーション能力、個人でもチームでも活躍できる能力、リーダーシップ力などの各段階に共通な能力の育成のほか、PBL 1では知識の有機的理解・応用力の育成、PBL 2では問題解決能力、PBL 3では創造性の育成を各段階での主たる狙いとしている。

- (2) IT・情報化社会で活躍できるようコンピュータ利用技術や環境と共生できるモノづくり技術を重視した教育を行う。(本校では入学時よりノートパソコンを全員に保有させ、各教室、夢工場(実習工場)のほか校舎内のほとんどの地点で無線LANと接続できるシステムを導入している。)
- (3) 英語教育を重視し、多読・多聴の新しい試みに重点をおき、5年間の本科の期間中にTOEIC対応授業や科学技術英語などを含め25単位^{*2}修得させる。

2.2 学科、学生、教職員の構成

専門学科は機械システム、情報通信システム、メディア情報、生物資源工学科の4学科で構成されており、学

生定員は各学科とも40名である。現在、年次進行中であるため学生は2学年までで335名、教職員は73名在籍している。平成20年度の完成時には学生収容定員は800名、教職員数は112名となる予定である²⁾。

ちなみに著者の所属する機械システム工学科では、現員は教授3人、助教授1人、助手1人、共通配置の機械系技術職員4名で運営しており、完成時は教授6人、助教授6人、助手2人、機械系技術職員5名となる予定である。

3. 機械システム工学科の育成する人材像と教育課程

3.1 育成する人材像

本学科で育成する人材像を以下に示す。

- (1) 環境と共生しながら創造的にモノづくりのできる実践的技術者
- (2) 生産システム全般を担当しうるシステム制御技術に明るい技術者

3.2 教育課程の編成の考え方と特色

本校も含め高専では、低学年より専門授業を開始し、高学年では専門科目の比重を大きくする、いわゆるくさび形配置の科目編成を特徴としており、一般科目では自然科学・人文科学系を含め80単位、専門科目では87単位以上修得が卒業要件となっている。

図3には本学科で履修する専門科目の教育課程系統図を示す。(参考として、関連する自然科学系一般科目も白抜き点線枠で示している。)専門科目は大きく分けて全学共通専門科目、基礎科目群、材料システム群、設計システム群、システム制御群、共通群の6群で構成されている。

本学科の教育課程の主な特色は、

- ①全学共通専門科目により、技術者としての基礎知識・能力の育成と社会教育の重視
- ②低学年からのモノづくり教育と、コンピュータ支援モノづくりシステムの教育重視

本校のPBLの狙い(期待効果)		実施要領	講義と課題の関係、課題のレベル
PBLの分類と狙い	共通の狙い		
PBL1:(Process-Based Learning) ①知識の有機的理解、 応用力の育成	PBL1~3 共通の狙い	・講義(+演習) ・課題提示 ↓ ・学生間の討議 ↓ 反復数 0~数回 ↓ 自己学習 ↓ (学生) ・発表、情報共有化、 新たな課題の明確化 (教員) ・評価、補足説明	・講義で学んだ知識を確認、応用するための課題
PBL2:(Problem-Based Learning) ①問題解決力の育成 ②幅広い統合能力 + PBL1の狙い	①授業への主体的参加 ②コミュニケーション能力向上 ③自己学習力の獲得 ④チームワーク能力		・講義範囲外の知識も自己学習し、考察する必要がある課題
PBL3:(Project-Based Learning) ①創造性の育成 + PBL2の狙い			・講義範囲外の知識も自己学習し、考察する必要がある課題 ・解決方法や答えが未知な実社会に有用な課題

図2 沖縄高専でのPBLの分類、実施要領と課題のレベル

図3 機械システム工学科の教育課程系統図(自然科学系一般科目と専門科目のみ記載)

^{*2}高専は50分/コマ×30コマを1単位としており、座学では大学に比べの2倍の授業時間である。

などであり、以下の項でその教育内容と授業の特色を説明する。

3.3 専門科目の教育内容とその特色

(1) 全学共通専門科目

1 年次は「情報科学」・「沖縄高専セミナー」で技術者としての基礎知識・考え方を学習し、

2 年次の「創造演習」では、学んだ知識・手法から新しいモノを提案するための演習を行い、

3 年次では「産業創造セミナー」で起業化、知的財産、金融など産業と社会の関係を理解させ、

4 年次必修の「インターンシップ」では社会体験と職業意識の醸成を図る。

これらの授業科目を通して技術者として必要な共通基盤能力と社会意識の育成を狙っている。

例えば、1 年次の「沖縄高専セミナー」（4 コマ連続授業、週 1 回実施）では各学科が 6 週間の持ち回りで PBL 2 形式授業を実施しているが、自転車・デジカメ・レトルト食品等の身近な製品を具体的に分解させると同時に、各製品に使用されている技術を要素技術に分解し、解説を行いながら今後修得すべき工学の意義・学ぶ観点を教育している。

本学科の担当授業では自転車の文化・技術史、材料、構造、機械要素、運動力学、溶接を含む製造技術、人間工学などについて簡単な技術紹介を行うとともに、グループで分解・組立を行い、使用されている技術を実感させる。この後、各人が興味を感じた技術を個人テーマとして選ばせ、3 週間にわたり自己学習させながら調査方法やまとめ方の指導を行い、最終週は学会発表形式でパワーポイントによるプレゼンテーションを行わせ、小論文を提出させている。

また、3 年次の「産業創造セミナー」では地元のベンチャー企業の経営者から起業化の実例と考え方を学ばせるとともに、これらの企業と社会との関係を見学・調査させグループ討議によりビジネスモデルを立案させる。この後ビジネスモデルの実現方法に関し、専門家を交えて融資・法人化・知的財産などの実務知識の学習を PBL 形式で行う予定としている。

(2) 材料システム、設計システム、システム制御群の専門科目

図 3 に示したように、1 年次からモノづくりに直結する「材料加工システム I」と「機械設計基礎学 I」の授業を開始し、2 年次から「材料力学設計 I」、3 年次から「CAD」、4 年次から「CAM」を開設するなど材料・設計・加工・強度系の基盤技術を先行して教育している。また 4 年次の「総合構造設計」では従来個別に教育される傾向にあったこれら基盤技術を、【モノづくり】の観点から有機的に使いこなす演習を開設し、実社会の設計プロセスをシミュレートしたエンジニアリングデザイン能力を育成する予定である。一方、熱、流体、電気・電子、制御系科目は数学・物理の学習進度との関連もあり、4 年・5 年次が学習の主体となっている。

(3) モノづくり系授業科目の教育内容と特色

(a) 低学年からのモノづくり教育

1 年次の「材料加工システム I」では要素加工技術教育

表 1 「材料加工システム I」（1 年次）での教育内容と授業の進め方例

授業目標	1. 被覆アーク、MAG 溶接の原理・現象と機器操作法を修得。 2. PBL 形式授業で発表力、自己学習力、統合化能力を向上させる。		
週	実施内容（授業時間：3 時間/週）	教育手法	備考
第 1 週	①被覆アーク溶接装置の構成、操作説明 ②被覆アーク溶接の基礎現象解説 ③KYT、④溶接実習	見学 座学 PBL1、実習	*KYT：危険(K) 予知(Y) 訓練(T)の意味、企業で安全教育などに多用されている
第 2 週	①被覆アーク溶接実習	実習	
第 3 週	①MAG 溶接法・装置につき第 1 週と同様なプロセスの授業 ②PBL2 テーマの提示	見学、座学 PBL1、実習	**毎週実習レポートは提出
第 4 週	①突き合わせ継手溶接実習 ②PBL2 テーマに関する小実験	実習	
第 5 週	①溶接部の溶込み観察、寸法測定 ②溶接結果の自己評価、討議 ③PBL2 課題に関する討議 (パソコン～LAN でデータの共有化)	実習 PBL2 PBL2	***第 5 週終了後、実習の最終報告と PBL2 レポートを提出させる。

図 4 アーク溶接実習ブースと MAG 溶接実習状況
(各ブースにはヒューム吸引、局所空調を行い、デジタル型 MAG、TIG 兼被覆アーク溶接装置を設置)

として、①被覆アーク・MAG 溶接、②旋盤加工、③フライス加工、④手仕上げ・計測、⑤電気・電子回路実習の 5 テーマを、各 5 週間単位で実施している。

2 年次では要素加工技術の他に NC 加工技術修得も狙い①ガス切断・TIG 溶接、②鋳造、③ロボット MAG 溶接、④ NC フライス加工、⑤ NC 旋盤加工を各 5 週間単位で実習させている。

3 年次では① YAG レーザ加工、②溶射、③放電加工などの特殊加工技術の実習と、溶接・加工理論の講義を行う予定としている。

これらの授業の例として、1 年次の溶接実習の内容と進め方を表 1 に、実習状況を図 4 に示す。第 1 週では被覆アーク溶接装置の構成と操作法、同溶接法の基礎現象講義を行った後、操作法の復習も兼ねて KYT（危険予知訓練）を PBL 1 形式で行い、本実習の危険要因と対策を抽出させ、安全作業の要点を学生全員に確認させている。この後、平板溶接実習を行う。

第 2 週は被覆アーク溶接法による水平隅肉継手の溶接実習、第 3 週では MAG 溶接法について第 1 週と同様なプロセスの教育を行い、第 4 週では突き合わせ継手の下向き姿勢多層溶接と PBL 2 テーマに関する小実験を行う。（例えば、平板溶接で溶接電流を 3 条件変化させて、

図5 本学科のコンピュータ支援モノづくり教育システム

図6 「OKINAWA 型・実践的高度溶接技術者の育成事業」のコンソーシアム全体図

各々の溶接現象を観察させるとともに溶着速度を計測させる。）

第5週はこれらの溶接部を切断・研磨・腐食し、欠陥の有無を目視検査させるとともに溶込み深さ・ビード幅・高さを計測させる。この後、ノートパソコンから無線LANを介して測定データを各学生に共有させる。これらの準備作業の後に、突合わせ溶接継手を自己評価（出来栄、欠陥の有無、原因）させるとともに、データシートに表示された小実験結果の討議を行わせる。（各人データのクロスチェック、溶着速度・溶込み深さの工業的意味、溶接電流との関係の認識など。）

(b) コンピュータ支援モノづくりシステムの教育

コンピュータ支援モノづくり技術は便利であるが、その操作法を修得するのに多大の労力を要する。このため本学科では、製図から3次元CAD、CAM、CAEまで、共通のプラットフォーム上で学習できる統合型CAD/CAM/CAEシステム（使用ソフト：Unigraphics NX V2・・・図5参照）を61式導入している。1年次後期では本システムの製図機能を利用した学習を行い、3年次では3次元CAD機能でモデリング手法の修得、4年次ではCAM機能を利用して加工条件の設定・シミュレーション法と、夢工場内の高速5軸マシニングセンター、レーザ加工システム等を実際に運転する技術を修得させる。5年次ではCAE機能を利用して、設計部品などの強度・熱・振動解析などを学習させる予定である。さらに卒業研究や産学連携などの高度教育研究用としては、機械工学の各要素技術から複雑システムの現象予測、生産・工程シミュレータ及びヒューマンシミュレータまでを含む高度CAEシステムを設置している。なお、溶接技術関連ではMAG溶接シミュレータとしてのMAGSim、溶接部の組織、変形解析のためのSYSWELDや合金・材料設計のためのThermo-Calc、DICTRAなどを設置している。

4. OKINAWA 型・実践的高度溶接技術者の育成事業について

本校は年次進行中であるが、沖縄初の高専として地域産業への早期貢献を期待されている。このような現状から本校では、経済産業省の産学連携製造中核人材育成事

図7 溶接分野の課題と育成対象者及び育成人材像

業（全国で36件採択）に“OKINAWA 型・実践的高度溶接技術者の育成事業”を提案し、平成17年度よりの2ヵ年計画として採択され、現在推進中である。

4.1 事業の概要と実施体制

本事業は、2007年問題で顕在化しつつあるモノづくり力の低下、技術・技能伝承の危機に対処するため、図6に示すように（社）沖縄県工業連合会を管理法人とし、沖縄高専が事業の中心となり琉球大学、産業技術総合研究所、沖縄県工業技術センター、溶接協会沖縄県支部、県内有力企業がコンソーシアムを形成して、新たな人材育成システムを開発するものである。

4.2 沖縄県内製造業の課題と育成する人材像

(1) 県内製造業の現状と課題

沖縄県の前産業生産に占める製造業の比率³⁾は4.9%（全国平均の約1/4）と脆弱な状態にあり、この分野の強化は県経済自立化の重点施策となっている。一方、最近では健康食品、酒造、加工交易、環境業界などが伸張しており、これらの生産機器の製造に溶接技術が不可欠となっている。また、製造業従事人口に対する溶接技術者・技能者数の比率は九州地区の2倍と高いが、高度溶接技術者の比率は低く、人材面での課題となっている。（一つの指標として、WES資格保有者と比較すると、製造業従事人口に対するWES2級保有者数の比率は九州の2倍で

あるが、1級・特級保有者数は1/2～1/3と低い。）

図7には沖縄県製造業の技術課題、溶接技術教育課題と、本事業で今後育成する人材像を示す。製造業の課題（県内企業アンケート結果）では、溶接スキル伝承の危機、設計～現場間を橋渡し調整できる幅広い視野と技術を持つ人材の不足、IT利用による効率的設計・製造技術力の不足、沖縄の亜熱帯島嶼環境（高温・多湿・飛来塩分が多い）を考慮した溶接技術が不足などの課題がある。一方、教育に関する課題では地域特性に対応した技術教育の不足、スキルの体系的教育の不足、既存の社会人教育では座学主体で実践的教育時間が少ない、IIWなどの国際資格取得に必要な教育時間を確保しにくいなどの課題がある。

(2) 教育対象者と育成人材像

以上のことから教育対象者は、図7に示すように今後現場の中核技術者となりうる30～40歳で、ある程度（例えばWES2級程度）の基礎知識・経験を有する社会人とした。育成する要素能力は①溶接スキル（ノウハウ）を伝承し新しいモノづくりを提案できる実践力・創造性、②亜熱帯特性への対応技術と、先端技術を兼ね備えたOKINAWA型高度溶接技術力、③国際化時代の島嶼地域において不可欠なIT、CAD、CAM、CAEを駆使できる高度周辺技術力であり、人材の全体像は“技術、創造性、実践力を有し製品の付加価値・生産性を向上させ、革新できる中核技術者”とした。

表2 開発する教育プログラム（完成後の姿）

項目	(A)講義系(概念、理論)	(B)スキル・技術体得	(C)創造・実践教育系
(手法)	講義、シミュレーション、事例解説、演習、e-learning、PBL	実習、シミュレーション、AV、e-learning、PBL	ケーススタディ、モデル体製作、発表、PBL
担当	沖縄高専、産総研、琉球大学 県工技センター、企業	沖縄高専、琉球大学 県工技センター、企業	溶接協会、中核企業群
教育内容	1. OKINAWA型・実践的高度溶接技術者育成概論 ・産業、技術の現状と育成人材像の認識・理解 2. 先端溶接プロセス論 ・FSW、レーザ、磁気制御溶接等 3. 亜熱帯環境の継手品質論 ・外面SCC、局部腐食、割れ等 4. 高度周辺技術応用論 ・IT、CAD、CAM(ロボット)、CAE	5. 溶接プロセス実習 ・スキルデザインによるスキルの体系的伝承 ・最新アーク溶接機器 ・FSW、レーザ溶接等 6. 材料・継手評価実習 ・材料、力学系と左記項目実習(鋼、SUS、Al系) 7. 高度周辺技術実習 ・同左項目の有機的活用方法の実習	8. インターンシップ ①工程分析 ②ケーススタディ ③施工計画立案(新工法提案) ④継手設計 ⑤品質確認 ⑥まとめ、総合発表、評価
期間	4ヶ月(60～80時間)	6ヶ月(100～120時間)	2ヶ月(100～130時間)

図8 WG-1 溶接プロセス技術に関する教育内容例

4.3 開発する教育プログラムと教育内容

(1) プログラムの構成

表2には本事業で開発する教育プログラム（完成後の姿）を示す。本プログラムは(A)、(B)、(C)の三つの系より構成されており、(A)講義系では「OKINAWA型・実践的高度溶接技術者育成概論」、「先端溶接プロセス論」、「亜熱帯環境の継手品質論」、「高度周辺技術応用論」を開講し、育成人材像を理解させたのち溶接理論を学習させる。(B)スキル・技術体得系では「溶接プロセス実習」、「材料・継手品質評価実習」、「高度周辺技術実習」を開講し、スキルの体系的理解・伝承と溶接部の諸現象の理解を図る。(C)実践教育系では「インターンシップ」を開講し、製造現場を理解しながらケーススタディ・新工法の提案能力等の育成を図る予定である。

教育手法としては講義、実習、e-learning及びPBLのほか、前述の統合型CAD/CAM/CAEシステムや溶接用CAEソフトを活用して演習・シミュレーションを行い、技術の理解・体得を促進させる予定である。

本事業では平成17年度に学習プログラムの開発と教材作製、18年度は一部残された教材作製を進めながら実証講義を行い、最後に講義結果を反映して教材の修正・まとめを行う予定としている。

(2) 教育内容

① WG-1：溶接プロセス技術に関する教育の概要（図8参照）

図9 WG-2 継手品質評価技術に関する教育内容例

図10 WG-3 高度周辺技術に関する教育内容例

図11 WG-4 インターンシップでの創造・実践教育の内容例

講義及び実習により、基礎技術からレーザ・FSW等の先端技術まで溶接プロセスの理論と現象を把握させ、応用力育成、スキル伝承を図る。特にスキルの体系的修得・伝承に当たっては、熟練溶接工と研修生の溶接操作パラメータや溶接現象を種々の視点より記録・画像解析し、これを定量的に比較しながら技能の構成要素や施工ノウハウを理解させるとともに、溶接現象を観察する能力を育成する。これにより製造現場で伝承・育成すべきスキルを早期に理解・修得させる予定である。

② WG-2：継手品質評価技術に関する教育の概要（図9参照）

材料と溶接部の挙動に関する基礎知識と、亜熱帯島嶼環境での継手性能の変化の予測と対策技術を、講義・シミュレーション・実習を通し理解させ、継手品質保証技術の修得を図る。

③ WG-3：高度周辺技術に関する教育の概要（図10参照）

設計から製造までの全工程の効率化・高品質化を図るためには、中核の溶接技術以外に周辺技術としてのIT、CAD、CAM、CAE等のコンピュータ利用モノづくり技術が不可欠である。CADでは複雑形状の迅速設計、CAEでは設計結果の性能予測と設計改善、CAMではCADデータを利用するオフラインティーチング式溶接ロボットによる省人化・高精度施工技術を修得させる。

④ WG-4：インターンシップでの創造・実践教育の概要（図11参照）

企業現場に受講生を派遣し、工程分析、ケーススタディ、新工法提案、試作・評価、発表等を通じて、モノ作り技術を総合的に修得させるとともに、実践力、創造性を育成する。

(3) 本事業の期待成果と今後の計画

本事業の期待成果（育成する人材像）は4.2項に示したとおりであるが、受講者のメリットに対しては、以下の事項を配慮して計画を進めている。

- ・創造性と実践力を兼ね備えた高度溶接技術者としての実力を修得できること。（一例として、高度周辺技術を有し、かつWES1～特級、IWE～IWT資格が取得可能なレベル）
- ・資格との関連性を望む企業意見に対しては、受講証明書を発行しIIW特認コースの履修ポイントやWES再

認証クレジットポイントへの充当を可能とする。（現在関連学会・協会と調整中）

この他、高度専門技術教育が県内で受講可能となることにより、教育費用・時間を大幅低減でき、教育機会が増大し遠隔地のハンディを低減できる。

本事業終了後は、ものづくり研修センター（仮称：H19年度予定）を本校内に設置し、社会人研修生を受入れ継続教育する予定としている。また、平成21年度に設置予定の専攻科での高度教育にも活用する予定としている。

5. おわりに

高専は大学とは違い、中学校卒業生を受け入れ5年一貫教育で実践的なモノづくり技術者を育成する高等教育機関である。このため学生は産業社会や専門学科に対する認識・動機が不十分なケースもある。（最近では大学も同傾向かもしれないが）これを改善するため、本校では身近なモノから技術を抽出・体験させ、技術と製品と社会の関係を理解させ、専門知識への興味を醸成しようとしている。また、PBL手法などを用いて自己学習力や創造性を伸張させ、新しいモノづくりに挑戦する技術者を育成したいと考えている。しかし、本校の教育手法の成否は卒業生の産業界での評価を待たねばならず、もう少し時間を必要とする。

一方、本校への産業界の期待は大きく、開校と同時に（社）沖縄県工業連合会が中心となり110社の企業会員や個人会員などで沖縄高専産学連携協力を設立していただいている。この地元産業界の期待に早期に応えるべく、社会人を対象とした人材育成事業を提案・着手しているが、本校の最新設備や企業・大学出身の多様な教員のポテンシャルを活用して、地域振興を担え、世界に活躍できる高度溶接技術者を育成すべくプログラム・教材開発を進めている。

謝 辞

本校の基本カリキュラム設定に当たっては大中逸雄大阪産業大学教授（前大阪大学教授）、根元實久留米工業大学学長（前佐世保高専校長）ほか多くの創設準備委員の方々と、琉球大学、久留米高専、高松高専等の御指導・御協力を賜った。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 大中逸雄：創造性・国際性工学教育法の開発と評価方法に関する研究、平成10～12年度科学研究補助金（基盤研究(B)）(2) 研究成果報告書、平成13年、10。
- 2) 独立行政法人 国立高等専門学校機構 沖縄工業高等専門学校：学校要覧、2005、2-4。
- 3) 沖縄県企画開発部：沖縄県勢のあらまし、平成17年1月、13-15、（オンライン）、入手先 <http://www3.pref.okinawa.jp/site/contents/attach/5289/H17-1%20aramashi.pdf>、（参照2005-11-10）。