

## 11

## レーザ加工技術研究委員会

### 11.1 設置経緯

#### 11.1.1 HPL委員会の設立

1970(昭和45)年代におけるCO<sub>2</sub>レーザ装置の大出力化とともに、レーザ熱源が金属、セラミックス、ガラスなどの材料加工分野に次第に利用されるようになった。1973(昭和48)年には、米国ANCO社は10kWの装置を市販するに至った。

わが国も太平洋の向こうの研究成果が知らされると、深く興味をもつようになった。1980(昭和55)年5月に寺井精英(当時：川崎重工業)の発案で、特に大出力(1kW以上)レーザ装置の開発で最も進んでいた米国と国内賛同各社によるレーザ加工技術に関する共同研究を行う組織として、日本溶接協会に「大出力レーザ金属加工法研究委員会」(略称「HPL(High Power Laser)委員会」)が臨時専門委員会として設立された。

委員長 木原 博(日本溶接協会会長)  
副委員長 増淵興一(米国マサチューセッツ工科大学：MIT)  
益本 功(名古屋大学)  
幹事長 寺井精英

同委員会は、国内20社の参加を得て、共同研究が進められた<sup>1)</sup>。

日米共同研究で発足した委員会は、1984(昭和59)年3月まで、当委員会の下にワーキンググループが設置され、活発に大出力(15kW)レーザを用いた各種材料加工の研究が進められた。1984(昭和59)年4月に、委員会は規約の改正とともに、名称を「レーザ加工技術研究委員会」(略称：

HPL委員会)と変え、国内での共同研究、情報交換、見学会、特別講演、技術講習会、国際活動などを国内23社で行った。

1987(昭和62)年4月から1993(平成5)年4月までは、新テーマによる国内共同研究を行ってきた。

#### 11.1.2 LMP委員会の設立

HPL委員会を改組して、通産省工業技術院の委託研究も受託できるようにと、松田福久(大阪大学)の努力で、1993(平成5)年6月1日に新たに「レーザ加工技術研究委員会」(略称「LMP(Laser Material Processing)委員会」)を設立した。

委員長 松田福久  
副委員長 松縄 朗(大阪大学)  
正野 進(三菱重工業)  
幹事長 沓名宗春(名古屋大学)

当委員会の下に、機器・システム分科会、材料分科会、施工分科会、切断分科会が設置され、27社の会員がそれぞれの分科会に参加して「高エネルギービーム溶接施工法の標準化に関する調査研究」の受託を目指して活動が進められた。また、ASME Code Sec.IX、及び米国におけるレーザ安全性に関して調査を開始した。

この1993(平成5)年の準備の甲斐があり、1994(平成6)年には通産省工業技術院標準部材料規格課より、大阪ニューマテリアルセンターからの再委託として、「新素材継手部の試験・評価方法の標

準化に関する調査研究」を受託した。しかし、1995(平成7)年及び1996(平成8)年度は受託研究を打ち切られたので、さらに発展すべき研究活動として、レーザ関連の国際規格を見直すための調査研究の準備を進めた。

1997(平成9)年度より、3年間の工業技術院標準部のプロジェクト「国際規格共同開発調査」が

スタートしたのに合わせて、LMP委員会もテーマの1つとして「レーザ溶接及び切断に関する国際的技術基準・規格の統一」の調査研究を受託した。このためLMP委員会内にLIS(Laser International Standard)委員会を設置し、現在、約18件あるレーザ関連ISO規格を注意深く検討し、修正案及び新提案を日米で準備中である。

## 11.2 活動状況

### 11.2.1 第1次HPL委員会(1980(昭和55)年5月～1984(昭和59)年3月)

HPL委員会の第1期といえるこの時期(1980～1984年)の活動は、MITの増淵興一と日本溶接協会との間で、大出力レーザ加工技術に関する共同

研究契約を締結し、米国AVCO社(ボストン)の15kWCO<sub>2</sub>レーザ装置を利用して、表11.1に示す23項目に及ぶ研究テーマについて共同研究を実施した。

具体的には、国内で参加各社の実験テーマごと

表 11.1 HPL 委員会共同研究実験一覧

区分	実験番号	実験題目	実験担当委員
ビーム特性	A	ビーム形状の測定	川崎重工業
	B	ビームモードと集光特性	大阪変圧器
	C	溶接部形成に及ぼすレーザ出力のスロープアップ、スロープダウンの影響	東 芝
	D	各種材料の斜面溶接試験	川崎重工業
溶接特性	E	溶接条件と溶込み形状及び溶接欠陥との関係	三菱重工業 東 芝 石川島播磨重工業
	E-1	(炭素鋼, 低合金鋼, ステンレス鋼の場合)	
	E-2	(アルミニウム合金の場合)	
	E-3	(チタンの場合)	
	F	アルミニウム合金のビードオンプレート試験	日産自動車
	G	大出力レーザ溶接継手の機械的性質	住友重機械 神戸製鋼所
	G-1	(SM 41及びSUS 304の場合)	
	G-2	(非鉄金属の場合)	
H-1	アルミニウム合金のすみ肉溶接	三井造船	
H-2	軟鋼板のすみ肉溶接	日本鋼管	
熱処理特性	I	ビームパターンと熱処理結果の関係についての基礎調査	東 芝
	J-1	各種材料のレーザ焼入れ硬化特性について	新日本製鉄 住友重機械 三菱重工業 日立造船
	J-1a	(S20C, S35C, S45C)	
	J-1b	(SCM415, SCM435, SCM440)	
	J-1c	(SK 5, FC25)	
	J-1d	(SNCM220, SNCM439, SNCM447)	
切断特性	K-1	大出力レーザによる厚板の切断	大阪変圧器 日立製作所 川崎製鉄
	K-2	薄板の高速切断	
	K-3	予熱鋼板のレーザ切断	
その他材料加工特性	N	レーザによるセラミックの穴あけ及び切断	日産自動車
	O	線状加熱への応用	日本鋼管
	P	ステンレス鋼のライニング溶接	三井造船
	Q	セラミックスと金属の接合実験	大同特殊鋼
	R	表面溶融合合金化	日立製作所
	S	薄板の高速溶接	日立製作所
	T	ニッケル基超合金の表面硬化処理	日立造船

に試験片を準備し、MITに送付してMITの研究員の協力の下にAVCO社でレーザ加工を行った。加工された試験片は日本に返送され、分担した各社で評価試験を行い、1993(平成5)年にその研究成果が「大出力レーザ金属加工法に関する共同研究成果報告書」としてまとめられた。

さらに、当委員会では1980(昭和55)年から1983(昭和58)年までの3年間にレーザ加工関連文献を調査し、抄録を作成するとともに、レーザ加工技術の現状を「レーザ加工技術解説書」としてまとめた。この解説書はレーザ加工を初めて勉強する人にとって、極めて優れたテキストとなった。

米国との共同研究がかなり進んだ1982(昭和57)年5月、実験状況を確認するとともに、米国のレーザ加工技術の現状を調査するために、益本副委員長を団長とする「米国レーザ加工技術調査団」(21名)が派遣された。コヒーレント社、フォトンソーセーズ社、米国海軍技術研究所、アブコ社、ミネアポリスFMC軍需工場、オハイオ州立大学溶接工学科、パッセル研究所などを訪問し、米国のレーザ加工の先進性をつぶさに見聞できた<sup>2)</sup>。

### 11.2.2 第2次HPL委員会(1984(昭和59)年4月～1987(昭和62)年3月)

1984(昭和62)年4月より、小出力のYAGレーザやエキシマレーザによる加工やセラミックスや

表 11.2 HPL 研究委員会共同研究一覧

区分	テーマ番号	研究テーマ
共同実験	(1)	ビームモードと出力の測定法の検討
	(2)	溶接限界能力の調査
	(3)	レーザ溶接欠陥の発生機構及び防止法の検討 ・凝固形態及び溶融池の観察 ・レーザ溶接条件と欠陥発生状況の把握 ・低温割れに関する研究 ・ポロシティに及ぼす材質の影響
	(4)	難切削材料の切断の可能性及び切断部性能の向上に関する検討
	(5)	非鉄金属材料の切断の検討
共同調査	(6)	熱処理能力の調査
	(7)	焼入れ深さの制御方法の検討
	(8)	レーザとレーザ以外の加工法との比較
	(9)	光学部品に関する調査
	(10)	その他の応用例

ポリマーなどのレーザ加工を含めて研究するために、委員会の名称を「レーザ加工技術研究委員会」(委員長：益本功)に変更した。表 11.2 に示す共同研究テーマを主として国内で行う委員会として、23社で再スタートした。

同年12月には、東京で日米共同研究の成果を含め、「最近のレーザ加工技術に関する講習会」を開催したところ、140名を超える参加者があった。この頃より、わが国でも自動車産業、電機産業、鉄鋼業、重工業などの各社がレーザ加工機を導入し、研究及び実用化する動きが激しくなってきた。

共同研究の他には、次のような活動を行った。

見学会：レーザ機器メーカー、ユーザーの見学

特別講演：レーザ専門家の講演  
講習会

国際活動：成果の概要を英文でドイツ溶接協会主催の第2回ビーム技術国際会議及び国際溶接会議(資料番号:IIW Doc.IV-367-84)で報告した。

研究発表：参加各社の研究成果の報告

文献調査：最新のレーザ加工に関する文献調査

文献抄録作成：調査文献の抄録作成

なお、この第2期の研究成果は、1986(昭和61)年11月に開催の「最近のレーザ加工技術に関する第2回講習会」で報告された。同講習会では、1980(昭和55)年～1986(昭和61)年の「レーザ加工技術に関する文献リスト」、「レーザ加工技術事例データシート集」を配布した。

### 11.2.3 第3次HPL委員会(1987(昭和62)年4月～1993(平成5)年5月)

1987(昭和62)年4月より1993(平成5)年4月まで、次のような新しい研究テーマを取り上げ、第3次HPL委員会の研究活動を続けた。

複合材料の切断法の比較

微粒子の生成

レーザによる肉盛、合金化技術の基礎研究  
短波長パルスレーザによる物理的特性の調査

各種レーザの波長の違いによる吸収特性  
光ファイバによる溶接の再現性

共同調査：

- 1) 新しい適用分野
- 2) 従来適用分野の進歩
- 3) 新加工用レーザーの可能性
- 4) 周辺技術の進歩；ファイバ伝送など
- 5) レーザ加工の安全性

#### 11.2.4 LMP委員会(1993(平成5)年6月～1997(平成9)年3月)

HPL 委員会は臨時専門委員会であったが、1992(平成4)年春に通常の研究委員会に移行させる努力がなされ、同委員会を終了させるとともに、新しく1992(平成4)年6月1日より「レーザー加工技術研究委員会(略称:LMP委員会)」(委員長:松田福久)を設立し、レーザー溶接及び切断関連の規格化も視野に入れて、次の研究活動を主に行っている。

各種レーザーによる材料加工法の研究・調査  
レーザー溶接施工法及び切断法の技術基準案及び規格原案の作成

従来加工法とレーザー加工法の比較・検討  
レーザー加工における技術者教育及び安全性の検討

レーザー加工システムの自動化及び制御の検討  
情報活動としての見学会、講演会、文献調査など

レーザー技術に関する国際技術交流活動

これらの活動を活発に実施するため、次の4分科会が設置された。

- 1) 機器・システム分科会
- 2) 材料分科会
- 3) 施工分科会
- 4) 切断分科会

##### (1) 活動概要

工業技術院標準部材料規格課より委託研究を受託するための活動を、1993(平成5)年度は活発に行った。その研究計画は「高エネルギービーム溶接施工法の標準化に関する調査研究」(案)として、1994(平成6)年度から1998(平成10)年度までの5カ年計画として申請された。

その結果、1994(平成6)年度は新規プロジェクトとしては採用が困難であったので、大阪ニューマテリアルセンターが受託している「石油代替電源用新素材の試験・評価方法に関する標準化調査研究」(同研究委員会委員長:田中良平(東

京工業大学))の1つの分科会の研究としてテーマ名を変えて採用された。

再委託された研究テーマは「新素材継手部の試験・評価方法の標準化に関する調査研究」で、新材料のレーザー溶接及び電子ビーム溶接に関する調査及び実験であった。

この研究では、過去20年にわたってレーザー溶接及び電子ビーム溶接の文献がJICSTを中心に2000件余が調査され、分類後、文献集として3冊にまとめられた。また、レーザー溶接及び電子ビーム溶接に関する米国及び欧州規格などが調査された。

さらに、レーザー溶接施工条件に関する実験及び各種切断特性に関する実験を行い、標準化に関する問題点の整理と提言をまとめた。この研究成果は1995(平成7)年5月の技術講習会で公表された。その他、ISO/TC172/SC9の「レーザー切断ベンチマーク案」の審議に切断分科会の妹島五彦主査が参加した。

##### (2) 各種工業標準原案の作成

1995(平成7)年度も工業技術院の受託を目指して、非破壊検査協会と合同で「高エネルギービームによる溶接施工法とその非破壊評価法の標準化に関する調査研究(新規)」を申請した。しかし、採択されず、逆に工業技術院標準部田中正躬部長より「レーザー溶接の工業標準原案(Technical Report)調査」を依頼され、下記の工業標準原案を1996(平成8)年度までに作成した。

レーザー溶接に関する用語  
レーザー切断に関する用語  
レーザー溶接施工法確認試験  
レーザー溶接金属の硬さ試験

1995(平成7)年4月にはフィンランド溶接使節団(団長:Mr.J.Lassila,FIMETフィンランド金属電子工業研究組合長)9名を日本溶接協会を迎え、技術交流会を開催した。また、同年9月には妹島五彦主査を団長として、14名で欧州レーザー加工視察団を派遣した。主な見学先は英国溶接研究所、Lumonics社、デンマーク工科大学、オデンセ造船所、エッセン展示会、Lambda Physik社、Rofin Sinar社であった。

1996(平成8)年度は、依頼された工業標準原案を作成する作業と同時に、次の委託研究の準備を行った。すなわち、工業技術院標準部では、ISO規格の世界的拡がりに連れて国内JISの見直しを

行っていたが、一部ISO規格には国内の業界で受け入れ難いものがあり、この問題を日本一で解決するには力不足な点もあり、米国とのイニシアティブで解決する方法を検討し始めていた。そのような折、1997(平成9)年度より3年計画の「国際規格共同開発調査プロジェクト」が開始することになったので、レーザ関連規格の問題もこのプロジェクトに参加して解決することが最良と考え、参加することになった。

### 11.2.5 LIS委員会(1997(平成9)年4月～2000(平成12)年3月)

1997(平成9)年度より、工業技術院の国際規格共同開発調査プロジェクトに参画が決定され、年約2000万円の予算がLMP委員会についた。しかし、この予算を明確にすることと、プロジェクト研究「レーザ溶接及び切断に関する国際的技術基準・規格の統一」を推進するために、LMP委員会の中にLIS委員会を設置して、図11.1に示すような組織でこのプロジェクト研究に当たっている。

#### 《研究概要》

レーザ溶接及び切断に関する国際的な技術基準や規格について、ISO原案、米国ASME案、EU船級協会の技術基準などと「レーザ溶接施工法確認試験方法」に関する標準情報(TR)を比較した結果、要求すべき項目や要求レベルがそれぞれ異なっており、実際の適応における不都合な点や不合理な点が見られる。また、最近、CENからレーザ加工に関するISO原案が数多く提出され、規格化の作業が進んでいる現状にある。

そこで、これらの点を国際的共同実験によって十分検討し、確認することが重要であり、合理的かつ実用的な技術基準案を作成するため、1997(平成9)年度から1999(平成11)年度までの3年間で調査研究を実施するものである。

この調査研究を実施するに当たっては、ISOの下にあるIIRやIEC機関の国内受け皿である光産業技術振興協会、日本光学工業協会などの関連団体とも連絡をとりつつ、また米国溶接協会などと十分な協議を重ねつつ進めている。特にレーザ加工技術が進んでいて、すでにレーザ溶接施工技術ガイドが検討されている米国と十分技術基準について検討・協議するため、ワークショップを実施し、最終的には十分協議された日米原案をISOの

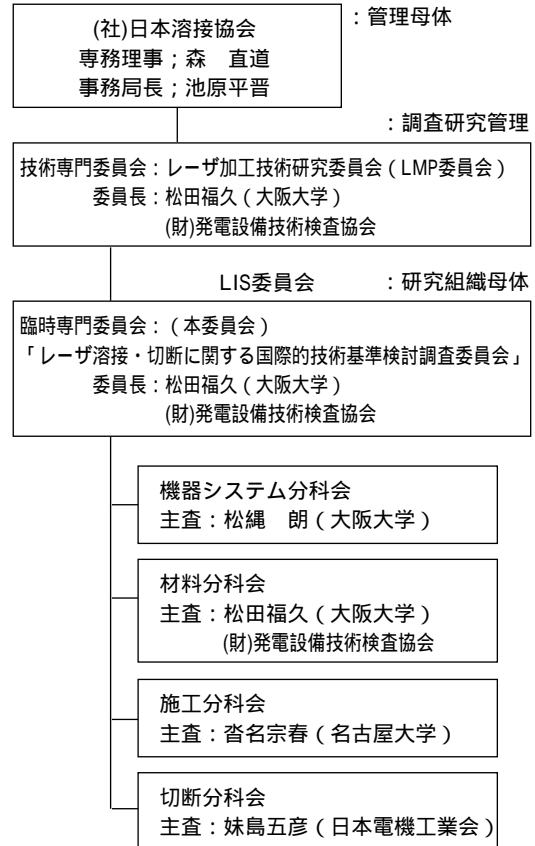


図 11.1 LIS委員会の組織図

TC44委員会、あるいはTC172委員会に提案し、修正を求めていくものである。

1997(平成9)年度はこの共同開発調査研究の初年度として、次の項目を実施した。

#### (1) レーザ溶接及び切断に関する国内外技術動向調査

レーザ溶接及び切断に関する国内外の技術動向として、溶接・切断機器システムの各パラメータの制御レベル、レーザ機器及び光学系などの特性調査(日米比較を含む)を行い、まとめた。

レーザ溶接及び切断の施工法の比較を行い、まとめた。

ISO/DIS-13919:Welding and allied processes,  
ISO/CD 9956-11:Specification and approval of  
welding for metallic materials;  
Part II; Welding procedure specification by  
laser beam welding

ISO/TC44/SC10 N-279:Approval of welding

procedures for laser and electron

溶接部及び切断部の品質の定義とその評価  
方法の日米欧比較

例：硬さ試験，じん性評価，溶接割れ性，切断  
面粗さなどについて検討した。

(2) レーザ溶接の各種工業製品組立技術への適  
用状況の現状調査

レーザ溶接及びレーザ切断の適用状況をま  
とめた。

レーザ溶接施工時の適用規格，技術基準な  
どの日米欧比較を行った。

(3) レーザ溶接機器・システムに関する規格調査  
ISOにおけるレーザ溶接機器・システムに  
関する規格原案の詳細検討

ISO 11252:Laser and laser related equip.

ISO 11253:Laser and laser related equip.

ISO 11145:Optics and optical instruments

ISO/TC 172/SC 9: Safty of machinery

レーザ溶接機器に関する適用規格，技術基  
準などの日米欧比較を行った。

(4) 各国におけるレーザ関連規格とその差異及  
び問題点の分析と検討

レーザ溶接及び切断に関する世界各国の規  
格内容の調査を行った。

レーザ溶接及び切断に関する世界各国の規  
格の差異の分析を行い，問題を整理した。

(5) 各国の規格調査結果と比較研究

機器システムに関する主要パラメータの変  
動と品質の変動に関する比較調査及び比較実  
験

例：ビームモード及びビーム径の定義と測  
定法，各種光学系の特性の表示方法と測定  
法，パワー（出力）の測定法と測定機器

溶接施工方法の確認方法の比較調査

レーザ溶接施工法に関する工業標準原案  
（JIS-TR 原案）と ASME 案の比較調査

レーザ溶接施工法確認における重要施工条  
件の変動と品質の変動に関する比較実験

(6) 米国でのワークショップ

「日米のレーザ溶接及び切断の品質に関するワ  
ークショップ」を 1998（平成 10）年 3 月 4 日及び 5  
日にオハイオ州立大学の中のエジソン溶接研究所  
で実施した。

レーザ溶接及び切断技術に関する現状把握

レーザ溶接及び切断技術に関する規格及び  
規格化について日米討論

レーザ溶接及び切断技術に関する規格に基  
づく溶接施工確認試験の比較

レーザ溶接部及び切断部の評価方法に関す  
る技術比較

レーザ溶接及び切断機器・システムの比較

なお，このプロジェクトの 2 年目は，さらにこ  
れらを発展させ，下記の研究項目が実施された。

1) レーザ溶接及び切断機器の受入れ試験方法  
の規格案作成，ISO の TC172 で審議されてい  
る「レーザ溶接及び切断機器の受入れ検査規  
格」

2) レーザ溶接部の性能評価方法の規格案作成  
材料分科会で，次の 3 点について共同実験  
を行い，規格案を作成する予定。

a) 溶接部の硬さ試験

b) 溶接部のじん性評価試験

c) 耐割れ性評価試験

3) レーザ溶接施工法確認試験方法規格案の国  
内検討

a) 「レーザ溶接施工法確認試験」に関して，  
ISO-15614-11, ASME Code Sec. IX, EU 船級協  
会ガイドラインなどの規格を比較検討した  
結果，重要と思われる溶接条件について実  
験による検討を行い，修正案を検討した。

b) レーザ溶接施工法確認試験方法規格案と  
国際規格案との整合性の検討，修正案を 11  
月のワークショップ前に米国案を報告し，  
ワークショップで審議した。

4) レーザ溶接及び切断に関する日米共同案の  
検討

a) 機器・施工分科会で「ISO15616-1：レー  
ザ溶接および切断機器の受入れ試験」に関  
して検討した。

b) レーザ溶接及び切断に関するワーク  
ショップの開催

1998（平成 10）年 11 月 17 日及び 18 日に  
米国フロリダ州オーランドで米国溶接協会  
レーザ委員会（C7C 委員会）と合同のワー  
クショップを開催し，レーザ規格の国際整  
合化のための日米案の共同作成作業を実施  
した。

AWS の C7C 委員会主要メンバーと LIS 委

員会（日本から8名参加）は、ISO規格の動向について個々のISO規格の問題点検討及び修正案を検討・討議した。

- 5) レーザ溶接及び切断に関する日本案又は日米共同原案のISOへの提案
  - a) 1998（平成10）年9月に開催された第51回IIW年次大会IV委員会（ハンブルグ）への出席及び世界各国（約47カ国）への呼びかけ。
  - b) ISO/TC44委員会（委員長：Gourmelon）への出席（9月21日及び22日にパリ）で開催されたISO/TC44本委員会に堀川浩甫（大阪大学）が出席し、今後日米案をどのように提案すべきか、またレーザ加工に関す

る新分科会を新設できるかを調査した。

- c) AWSのB2委員会への出席
 

1998（平成10）年10月4日に米国ピッツバーグで開催されたB2委員会（施工方法確認試験関連委員会）に堀川浩甫が出席し、日本の「レーザ溶接施工法確認試験案」を報告し、米国のB2委員会の意見を聞き、日米案作成の一助とした。
- 6) その他主要国との連携・協力の概要
 

オーストラリア、中国、韓国、台湾、シンガポールなどについても現在、レーザ溶接及び切断関連規格の国内審議委員会組織及びそのメンバーなどを調査するとともに、日米案に対する理解と支持を得るように努力した。

### 11.3 今後の活動予定

1999（平成11）年度の計画として、次の研究項目を実施する予定である。最終的には、これらレーザ関連規格のJIS化を目標として活動するとともに、規格以外にも最近のレーザ加工技術の発展について、情報交換できる場として本委員会の運営がなされる予定である。

- (1) レーザ溶接及び切断に関する規格案の国内検討

レーザ溶接及び切断受入れ試験に関する規格の修正案及び新規格原案

レーザ溶接施工法確認試験方法規格案と国際規格案との整合性の検討

レーザ溶接部の評価方法に関する規格原案  
レーザ溶接部の評価が困難な次の4点について、規格案を作成する。

- 1) 溶接部の硬さ試験
- 2) 溶接部のじん性評価試験
- 3) 耐割れ性評価試験
- 4) レーザ切断部の評価方法に関する規格原案の作成

- (2) JIS-TR原案の作成

レーザ溶接及び切断に関するJIS-TR原案の作成

- (3) ISO/TC44に提案する日米規格案の作成  
レーザ溶接及び切断機器の受入れ試験方法

の規格案作成

レーザ溶接施工法確認試験方法に関する日米規格案の作成

レーザ溶接部の評価方法に関する日米規格案の作成

レーザ溶接部の評価が困難な次の4点について、規格案を作成する。

- 1) 溶接部の硬さ試験
- 2) 溶接部のじん性評価試験
- 3) 耐割れ性評価試験
- 4) レーザ切断部の評価方法に関する日米規格案の作成

以上を日米の規格共同開発として実施する。

- (4) レーザ溶接及び切断に関する日米規格原案のISO及びIECへの提案と審議参加

1999（平成11）年6月に開催されるISO/TC/172SC9

- (5) アジア、オセアニア諸国及び北米諸国への日米規格案の支持呼びかけ

韓国、中国、オーストラリア及びカナダなどの国々と情報交換を行い、規格化の現状を調査するとともに、日米規格案のISOでの支持を呼びかけ、各国の支持を要請する。

(6) 国際規格共同調査の成果の総括  
さらに、このプロジェクト終了後の活動としては、

JWES-LIS 委員会で作成中のレーザー規格体系を完成し、AWS との合意によって ISO/TC44 へ共同提案する

JWES-LIS 委員会の代表者を、ISO/TC44 の公式オブザーバーとして CEN/TC121/WG4.5 へ出席できるように努力する

最終的に日米規格案を日米のイニシアティブでレーザー関連規格の ISO 案の修正と新 ISO 案を作成する努力をする

国内にはレーザー関連の規格が少なく、この活動を通じて JIS 原案の作成及びその制定に向けて努力するとともに、JIS 制定時に ISO へ DIS 提案するなどにより国際規格の制定に努めることを進めている。

#### 参考文献

- 1) 沓名宗春：溶接技術（1989年8月），p.90-95
- 2) 沓名宗春：塑性と加工，27巻307号（1986年8月），p.949-956