

溶接管理技術者の体験紹介

欧州向け圧力容器のろう接に求められる EN 規格 (JIS との相違と規格運用)

テュフラインランドジャパン株式会社
本郷 大地

1. はじめに

私は欧州へ本邦から輸出される圧力容器、それを構成する永久接合部（溶接、ろう接）の法定検査を行う認定資格を持ったテュフラインランドジャパンに 2013 年に入社し、検査、認証業務を担当している（図 1）。その業務経験の中で得られた接合に関わる事例を挙げ、本論を記述する。



図 1 中国上海のテュフラインランド支社前での筆者

欧州へ輸出する圧力容器には、適用される法令の一つとして、圧力容器指令（PED：Pressure Equipment Directive）に基づく認証が要求される。PED には設計、製造、それらの品質システム、使用する材料、永久接合部に対する要求がある。永久接合部とはアーク溶接部、ろう接部なども含まれ、圧力容器を構成する永久接合部に対して認定された第三者検査機関による検査・認証が求められる。アーク溶接の認証に関しては比較的知られているところであるが、ろう接部に関しては認証だけでなく、その規格そのものに関してもあまり知られていない。本論文ではろう接部に対する欧州規格（EN 規格）と JIS 規格を参照、比較しながら、認証が必要となった事例、認証試験が不合格となった一例を挙げ、不合格の一因と思われる制度上の問題点と、そこから推察される背景を述べた。その推察される背景から、ろう接部にかかわる技術規格群についてどのような取り扱いがなされるべきか提言を述べた。

2. 技術規格とそれぞれ欧日規格の差異

欧州圧力機器指令にはその必須安全要求事項に完全に整合した、整合規格という規格群がある。ろう接に関わる整合化規格には以下のものがある。EN 13134 は施工法認証、EN ISO 13585 は技量認証である。これらの規格は欧州域内にろう接を用いた圧力容器を輸出する場合に、適用が求められる。

EN 13134:2000 Brazing - Procedure approval

EN ISO 13585:2012 Brazing - Qualification test of brazers and brazing operators

また、それらの規格に参照される重要な規格として以下のものが挙げられる。

EN ISO 18279:2003 Brazing - Imperfections in brazed joints

EN ISO 18279 は上記二つのろう接施工法認証および技量認証の際に欠陥の判断基準として用いられる。

これら欧州規格に対応する JIS 規格としては、下記のふたつがある。

JIS Z 3621:1992 ろう付作業標準

JIS Z 3891:2003 銀ろう付技術検定における試験方法及び判定基準

上記規格の比較表を表 1 に示す。

表 1 ろう接にかかわる JIS/EN 規格の比較

	JIS	EN
規格番号	JIS Z 3621 (作業標準) JIS Z 3891(技量試験)	EN 13134 (施工法試験) EN ISO 13585 (技量試験)※
試験片の形状	規定通り	製品形状そのもの或いは製品形状を模した任意の試験片形状の適用可能
目視(VT)試験要求	有り	有り
非破壊試験要求	有り、RT	有り PT、RTなど
機械試験要求	無し	有り マクロ試験
試験の判断基準	RT(JIS Z 3104に準拠)は有り VTなどには定量的な基準なし	有り、EN ISO 18279 ※
法規との関連	直接の関連無し	有り、欧州圧力機器指令 (PED)適用の場合、第三者機関の立会要求有り

製品への適用前の事前評価が含まれる EN 13134、EN ISO 13585 と JIS Z 3891 の試験要求の違いは少ない。一方、JIS Z 3621 はろう接部の施工法の前評価というより、作業内容に関する規格である。EN 13134 は機械試験や非破壊試験を用いた施工法の評価に関する規格、EN ISO 13585 および JIS Z 3891 は試験片と機械試験や非破壊試験を用いたろう接作業者の評価の規格である。JIS にはろ

ろう接部に関しての施工法の評価はない。すべての規格において目視試験（VT: Visual Test）は必須、EN 13134 および EN ISO 13585 ではマクロ試験、JIS Z 3891 では放射線透過試験（RT: Radiographic Testing）が試験片に対し要求される。

ろう接技量者試験は JIS、EN ISO、両規格とも施工法の規格と比較し詳細に内容が定められている。ただし、EN ISO 13585 においてはそれほど詳細な試験片寸法は定められておらず、自動のろう接オペレーターの認証も可能となっている。試験片の形状も実務における製品形状を念頭におきつつ、事業者は製品形状そのものや製品形状を模した任意の試験片形状の適用も可能となっており、製品に対するろう接の評価試験実施を想定しているように思われる。これに対し、JIS Z 3891 においては試験片の寸法、試験条件も詳細に定められており、手動のろう接技量者に対し最低レベルの技量の評価実施といった性格が強いように思われる。

ろう接の施工法、技量認証にかかわる EN 規格、JIS 規格において要求内容に大きな差は少ないように思われる。一方、ろう接試験の可否判断基準のための規格である EN ISO 18279 に規定されている範囲は JIS Z 3621 と JIS Z 3891 で規定されている範囲より広く、内部欠陥だけでなく寸法や外部欠陥も含む。EN ISO 18279 では欠陥の種類や大きさ、基準が明確に定められており、可否の判断基準は JIS に記載の基準より明確である。これに対し、JIS Z 3891 においては RT の判断基準 (JIS Z 3104:1995 鋼溶接継手の放射線透過試験方法 に準拠) が定められているものの、その他の点では明確な基準による定量的判断が容易であるとは言いにくい。

3. EN 規格と JIS 規格とその運用について

1 章に記載の EN 規格は PED の整合規格であるが故、欧州域内へ流通させる圧力機器のろう接部には必ず適用され、PED に記載の第三者検査機関による立会による認証が必須となる。従い、ろう接を適用した圧力容器を欧州に輸出する圧力容器の製造者は、主体的に規格を理解し適用する必要がある。

一方、ろう接に関する JIS 規格は圧力容器を製造する際の規制に直接参照されていない。JIS Z 3891 に基づくろう接技能者の技量試験は行われているものの、義務的あるいは自主的に適用を促すような法的な枠組みはなく、事業者内の自主的なろう接技量認証などの適用が散見されるのみである。

事前評価に基づくろう接部の施工法試験の適用に関しては、自主的なろう接技量認証と比較してもさらに数が少ない。事業者の自主的な活動に依存しており、ろう接条件を変更した際の検証の必要性に対する認識が少ない。例えば圧力容器に関しては、ろう接条件を変更した後の検証は、ろう接条件を変更した後に製造した製品に対しての漏れ試験や圧力試験のみ適用し評価した事例がほとんどのように思われる。従い、ろう接部の品質に、変更後の条件がどのような影響を及ぼしているか検証される事例は少ないように見られる。PED に基づく、ろう接部の施工条件変更では、条件変更後のろう接部に対する非破壊試験や破壊試験の適用が EN 13134 および EN ISO 18279 に基づいて求められる。条件変更後のろう接品質の未検証が引き起こした事例については次章にて詳細に述べる。

4. ろう接条件変更後のろう接部品質の未検証が引き起こした事例

第三者検査機関の検査員として圧力容器を欧州に輸出する目的で EN 規格に基づく、ろう接施工法と技量の認証に立ち会う機会があった。施工法と技量の認証を兼ねて試験は実施され、試験片は実際の製品に適用するものと同じく、圧力容器の鏡板部の穴にノズルとして銅管を接合するためのろう付けであった。熱源は都市ガス、銀ロウ、固体フラックスを使用し、余熱は当初バーナー2台を用い

て実施された。作業者は熟達しており、作業そのものに何も問題はなかった。ろう接作業や、接合部の外観も概ね問題なかった。

EN 13134 と EN ISO 13585 に基づきマクロ試験が実施され、その報告書と試験片を確認した。いずれの試験片にも多数のブローホールが確認された。それらブローホールの数（濃度）、大きさ共に EN ISO 18279 の合格基準には至らず、施工法試験、技量共に全て不合格となった。ここで挙げられるような、施工条件の事前試験が JIS において必須ではない一方で、JIS 基準による RT を実施したとしても、判定においてもブローホールの密度が高いため、基準未達で不合格であったと推定される。

後日、再試験前に当該事業者により原因の究明が為された。原因は余熱にバーナーを 2 台用いた事により余熱が過剰となり、ろう材とフラックスの使用温度域を超え、揮発しやすい成分が過剰な加熱により蒸発、固化中にろう接部中に取り込まれたためであると推察された。また、JIS Z 3261:1998 銀ろうに規定されているろう材に相当する材料であったものの、固相線温度、液相線温度、ろう付け温度が適切に考慮されておらず、想定されるろう付け温度はろう材の求める仕様よりも高いと推察された。

この推察に基づき、余熱時のバーナーをシングルとし、またろう材やフラックスの使用温度域に留意しつつ、ろう接仕様要領書を書き直し、それに基づき再試験を行った。

この結果、ブローホールは低減され、その数（濃度）、大きさ共に EN ISO 18279 基準内となり、施工法試験、技量試験ともに弊社立ち会いのもと合格とした。

5. 試験不合格となった背景と原因

当該事業者において、製品は冷凍保安規則適用であった（PED では必須安全要求に従う限り、ある危険度カテゴリーまでは国内規格や法規の適用も可能）。また JIS に基づく自治体による、ろう接の技量認証を有していた。さらには、ろう接作業にある一定の特殊技量が必要であるという認識があったため、所内でのろう接作業に関わる作業者の承認管理も ISO 9001 に基づき、自社内のルール適用に関しては適切になされていた。また、一方、所内でのろう接条件変更後のろう接品質検証は製品への圧力試験のみにより、実施されていた。生産開始当初は国内向け製品のみで、バーナー 1 台によるろう付けであったが、生産性を重視するため、ある時期からバーナーが 2 台に変更された。JIS や関連法規による強制的な評価要求はなく、条件変更後のろう接部施工法の事前評価が実施されなかった。製品の目的を鑑みれば、製品に対する圧力試験のみの適用によってもある一定水準の品質は保持されていると見なせる一方で、ブローホールなどの欠陥を事前に発見する機会は逸した。

一方、PED や EN 規格の適用という観点から見ると、上記方法は適切でない。EN 13134 の施工法の認証範囲にはバーナー数も含まれており、バーナー数を変更する場合は、事前の施工法試験の実施が求められるためである（PED 適用の場合は施工法試験への第三者立会要求もある）。この品質低下が管理されたものであり、ある一定の水準、基準を満足するものであれば問題はなかったように思われる。一方で、本件は自主の主観的な基準の適用のみで許容され、外部の規格適用などの客観性を欠いたために生じた事例のように思われる。また、溶接管理技術者の設置など、溶接やろう接が特殊な管理対象であり、ある条件に対して試験、検証が為される必要性についての認識も少なかった。日本の法規においては圧力容器の製造に関して上記の事前検証や管理者設置は義務的でない例が多い。また、法令の適用に関してある一定の監視も比較的少なく、法令の遵守やその適用方法の客観性に関して、自己流となりやすい背景があるように思われる。

2 章で述べたように、ろう接に関して JIS 規格と EN 規格の要求の内容に大きな差異がないため、

それぞれの規格における技術要求の差から上記問題が生じたとは考えにくい。本件は上記に挙げたような規格を知る機会や管理の必要性を知る機会が少なかったために、生じた事例のように思われる。

6. 提言

本件はろう接の施工条件変更後の検証が不十分であったために生じた。その接合の管理は客観的に妥当と考えられる管理手法の適用が不十分であったように思われ、それは規格や管理の必要性の周知不足が原因として考えられると5章で述べた。

欧州の場合、PEDの安全要求は具体的でないが、それに参照される技術規格の内容はより明確で具体的である。また、それら規格群は実質技術法規として取り扱われ、圧力容器を欧州域内で販売する場合、その適用は義務となっている。ろう接に関わる各規格の周知や客観的に妥当な管理手法の周知も、この法的枠組みが一助となっていると予想される。

当該製品は冷凍保安規則適用であり、この規則でろう接に関して施工法また技量認証に関する詳細な規定はない。本法令中には接合に関する項目には、突合せ溶接に対し機械試験を実施する要求（冷凍保安規則関係例示基準 27. 溶接部の機械試験において JIS B 8285（2003） 圧力容器の溶接施工方法の確認試験が参照されている。なお最新版の JIS B 8285 は 2010 年度版。）がある一方で、全てのろう付けを適用した製品形状に対し、機械試験や非破壊試験を用いた事前評価の実施は求められていない（冷凍保安規則関係例示基準、表 23.8 に準拠していない形状に限り、機械試験実施要求がある。）。以上の状況から、適切な技術基準はあっても、使用されにくい或いは周知されていない状況であると推察される。

技術法規がある程度の曖昧さを持って適用されたとしても、事業者の自主的な努力により高い品質が確保されている現状は本邦の特徴として優れた点であると言える。一方、欧州においては性善説的な法令の運用は少ないように思われ、また専門家集団で構成される民間の第三者検査機関の活動の幅が大きい。これらの機関の活動は技術規格や法令の適切な適用に関する監視のみならず、輸出される製品の接合に関わる ASME や EN、ISO 規格を普及させるための一助となっているように推察される。

本邦には上記のような技術規格、法令、それらを周知、積極的に適用するための仕組みが少ないように思われる。ろう接を例にとると溶接と比較して法令内での取り扱い部分も少ない。また、接合に関しての評価方法、使用するろう材などの規格群に関しても明示されているとは言いにくい。さらには、それを適切に管理する溶接管理技術者の役割も適切に法令や事業者のルールに取り込まれている例は少ない。以上の推察から、性善説的な管理が本邦の強みであることも理解しつつ、過度に俗人的な管理を防ぎ、ろう接や溶接に関する品質保証システムの積極的構築を進めるための仕組みが必要であると考えられる。圧力容器の製造者、それらを輸出する事業者にとって積極的に JIS などの規格を取り入れ、輸出先で JIS 適用が認められない場合でも他国規格への切り替えを容易とするための、JIS の内容の見直し、また機動的かつ本質的に意味のある法的フレームワークの構築が期待される。

7. まとめ

本論では、ろう接に関して EN 規格と JIS を比較し、それぞれの対応する規格について大きな差異はないことを確認した。また、ろう接認証試験において不合格となった一例を挙げ、ろう接条件変更

後に施工確認がなされなかった背景と原因について推察、考察した。その結果、本例ではろう接の実施者に対し、ろう接に関して義務的な規格の適用がなかったこと、法令に詳細な基準が明示されていなかったことを挙げた。これが、本例において客観的なろう接の管理手法を取り入れる機会とならなかった一因であると推察した。提言として、ろう接に対し適切な技術規格の普及のため、法令や技術規格を包括した法的フレームワークの構築が期待されることを述べた。

<略歴>

本 郷 大 地 (ほんごう だいち)

2009年	東北大学大学院 工学研究科 応用化学専攻修了
2018年	IWE 取得
2013-2023年	テュフラインランドジャパン(株) 入社 インダストリー&サイバー セキュリティ事業部 圧力機器部配属 PED 監査員、PED 検査員
現在に至る	