

< 連載 >

ガスシールドアーク溶接のシールド性に関する研究報告

第4回 風速の影響(前編)

日本溶接協会 溶接棒部会 技術委員会 共研第6分科会

1 はじめに

これまでに、多層溶接ではシールドガスにわずか1%を超える程度の窒素が混入するだけで健全な溶接金属が得られないことを示し、また、そのような環境は短いシールドノズルを適用したり、ワイヤ突出し長さを長く管理したりするだけで形成されてしまうことを実験にて明らかにした。すなわち、ガスシールドアーク溶接法のシールド性は本来優れているものではないということを認識しなければならない。

今号ではシールド不良に最も大きな影響を及ぼすと考えられる、溶接環境の風についてその影響の検証を行った。従来、ガスシールドアーク溶接法では許容最大風速が2m/secとしている文献¹⁾が一般的となっているが、その常識の検証を行った。結果的にはやはりその常識を改める必要がある。

2 多層溶接における風速条件と窒素量の関係

ガスシールドアーク溶接において、風がシールドを劣化させ、悪影響を及ぼすことは常識である。一般的には風速2m/sec以下の管理目安が知られているが、しかしこれまでの文献調査で、この目安値は1パス溶接のみを対象とし、積層に伴う窒素上昇(パイルアップ効果)が考慮していないこと、また、あくまでブローホール防止の管理目安であることがわかっており、多層溶接において優れた吸収エネルギーを有する溶接金属を得るための管理基準としては不十分であると思われる。そこで、多層溶接金属を前提とし、風速をパラメータとして溶接金属の窒素量、機械的性能、耐ブローホール性を評価した。

2-1 試験方法

開先形状、溶接条件、試験片採取位置は前々号(第2回)報告と同じく、図1に示すように板厚20mmの標準的な多層溶接とした。主な試験パラメータは風速と風向きである。風の発生源は扇風機を用い、スライダック

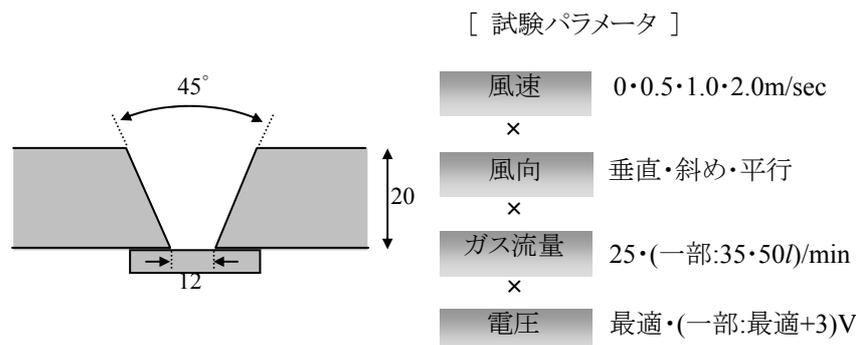


図1 開先形状と試験パラメータの組合せ

にて微調整した。図2に溶接線方向と風向の関係について示す。垂直 a、斜め b、平行 c の3条件とした。扇風機は風上、風下の2箇所に同じ向きに設置し、鋼板上の風速を安定化させた。次に、図3に風速測定位置を示す。開先周囲6箇所で測定し、平均値にて管理した。風速パラメータの目標値は①無風、②0.5m/sec、③1.0m/sec、④2.0m/sec の4段階とした。各箇所での風速ばらつきは±0.1m/sec、風上~中央~風下間での最大風速差は約0.2m/secであった。その他の溶接条件を表1に、試験片採取位置を図4に示す。溶接ワイヤとシールドガスの組合せはこれまでの検討と同じく a)ソリッドワイヤ(YGW11)×CO₂、b)ソリッドワイヤ(YGW15)×Ar80%+CO₂20%、c)フラックス入りワイヤ(YFW-C50DR)×CO₂ の3種である。シールドガス流量は基本的に25l/minとし、シールド性が確保されない場合のガス流量増大効果を確認するために35,50l/minを加えた。また、同時に電圧(アーク長)の影響を確認するために、標準電圧の他に一部+3V条件も加えた。

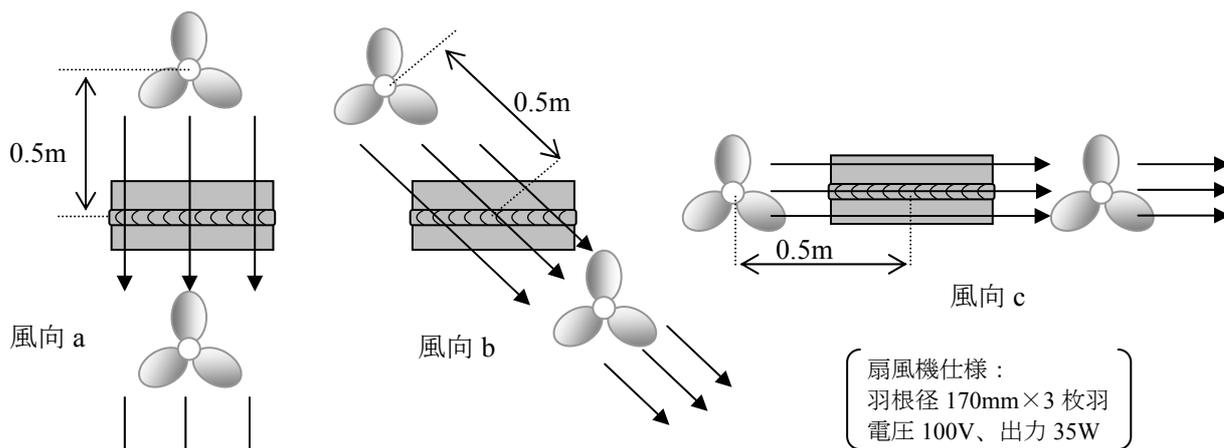


図2 風向設定



図3 風速測定位置

表1 溶接条件

溶接方法	簡易自動機による下向自動溶接
供試ワイヤ	a) JIS Z3312 YGW11 (CO ₂ 用ソリッドワイヤ) b) JIS Z3312 YGW15 (Ar+CO ₂ 用ソリッドワイヤ) c) JIS Z3313 YFW-C50DR (CO ₂ 用フラックス入りワイヤ) ワイヤ径は全て1.2mmφ
供試鋼板	JIS G3106 SM490A、20mm ^t ×(125+125)mm ^w ×300mm ^L
開先形状	JIS Z3312,Z3313-1999 準拠
溶接電源	松下溶接システム製 RF500
溶接条件	ワイヤ a) 280A-適正電圧-200mm/min (2.7kJ/mm 狙い) ワイヤ b) 280A-適正電圧-180mm/min (2.8kJ/mm 狙い) ワイヤ c) 280A-適正電圧-300mm/min (1.8kJ/mm 狙い) ※電圧は一部:適正+3Vあり
ワイヤ突出し長さ	25mm
トーチ角度	垂直(前進・後退角無し)
予熱	無し
パス間温度	ワイヤ a) b) max.250℃ ワイヤ c) max.150℃
積層要領	ワイヤ a) b) 5層7パス(1~3層:1パス、4層以降:2パス) ワイヤ c) 5層10パス(1~5層:2パス)
シールドガス	ワイヤ a) c) 100%CO ₂ ワイヤ b) 80%Ar-20%CO ₂
シールドノズル	500A 標準(長さ84mm)
オリフィス	有

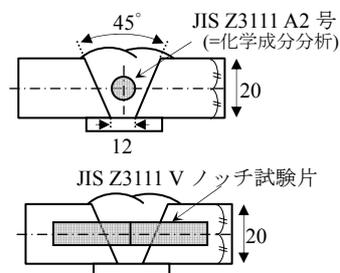


図4 試験片採取位置

2-2 試験結果

図 5~7 に溶接ワイヤとシールドガス組成の組合せ毎の風速と溶接金属窒素量およびシャルピー吸収エネルギーの関係を示す。

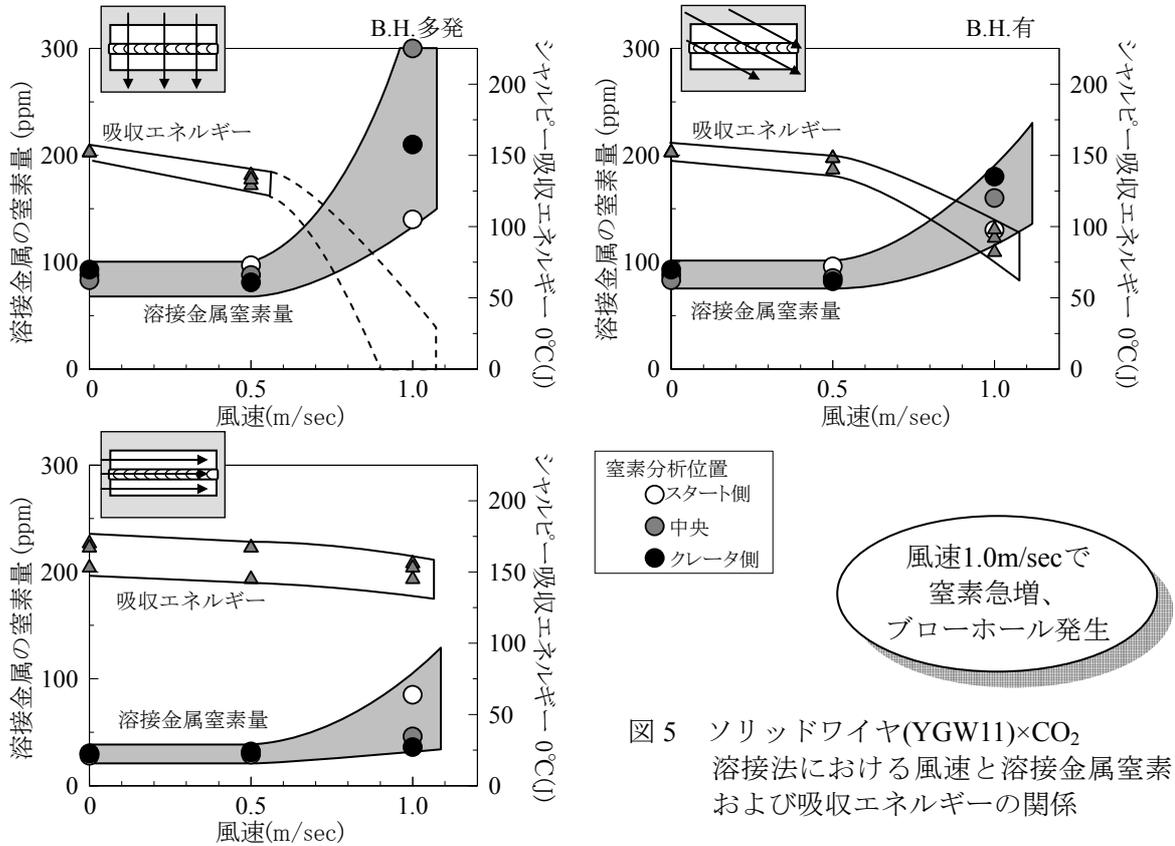


図 5 ソリッドワイヤ(YGW11)×CO₂溶接法における風速と溶接金属窒素量および吸収エネルギーの関係

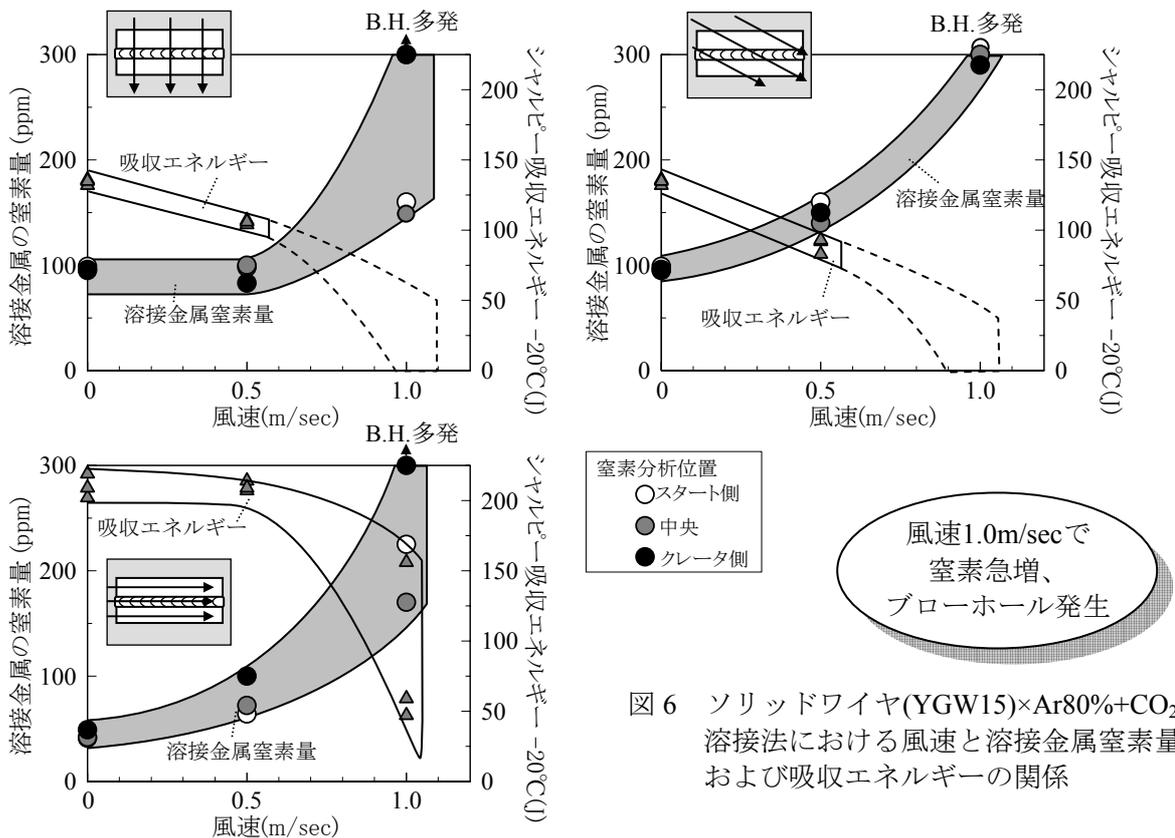
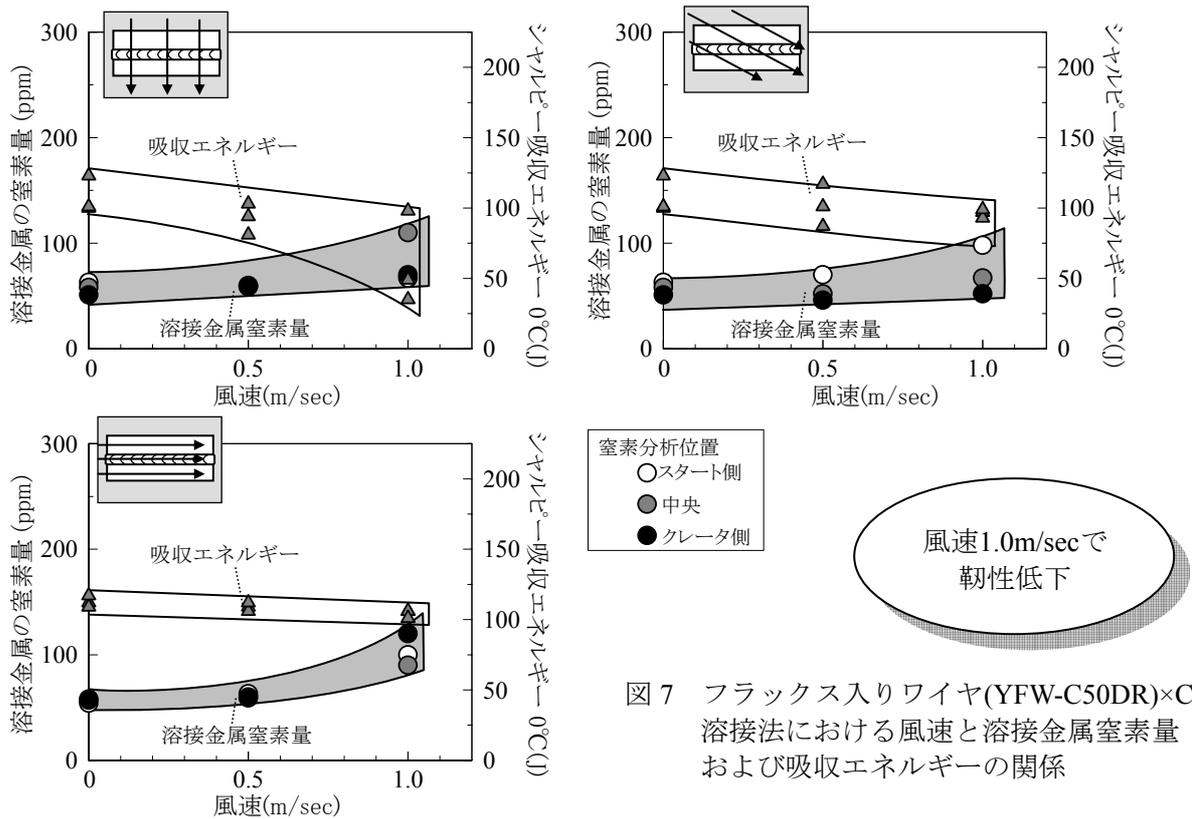
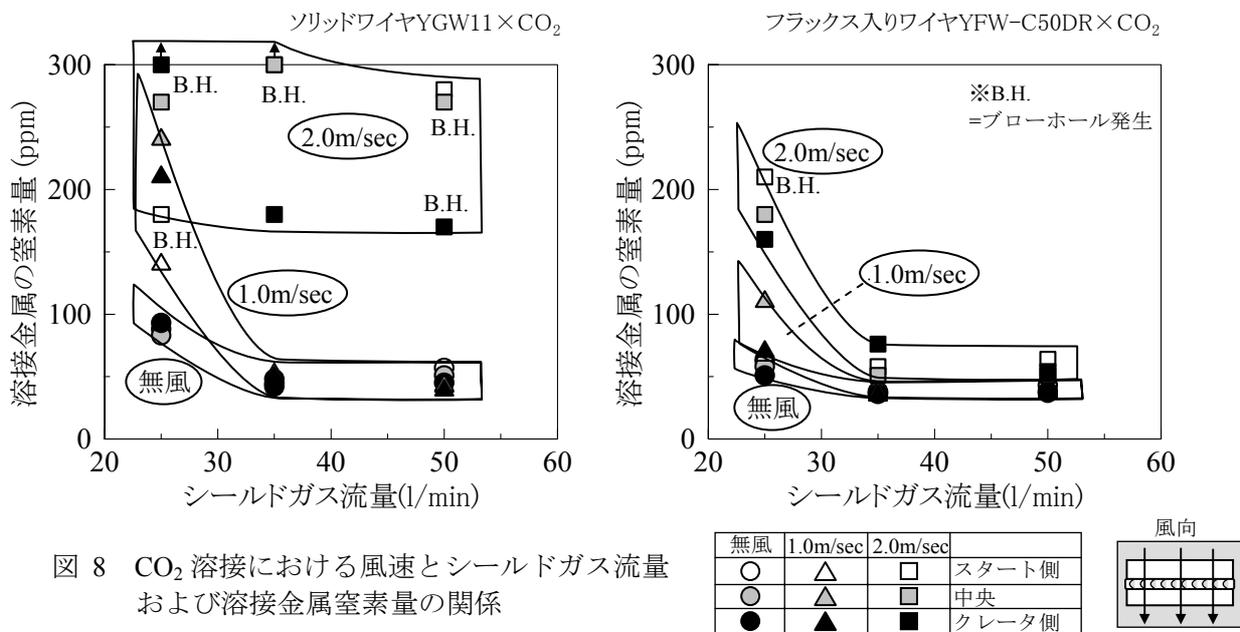


図 6 ソリッドワイヤ(YGW15)×Ar80%+CO₂20%溶接法における風速と溶接金属窒素量および吸収エネルギーの関係



いずれのワイヤとシールドガスの組合せにおいても 1.0m/sec の風速環境下ではシールド性が劣化し、窒素上昇に伴うブローホールの発生、靱性の低下が見られ、健全性を有しないことが明らかである。次に風速 1.0、2.0m/sec 環境におけるシールドガス流量増の効果を図 8 に示す。(CO₂ 溶接のみ)



次に、風速と共に電圧が溶接金属中窒素および吸収エネルギーに及ぼす影響を確認した結果を図9に示す。

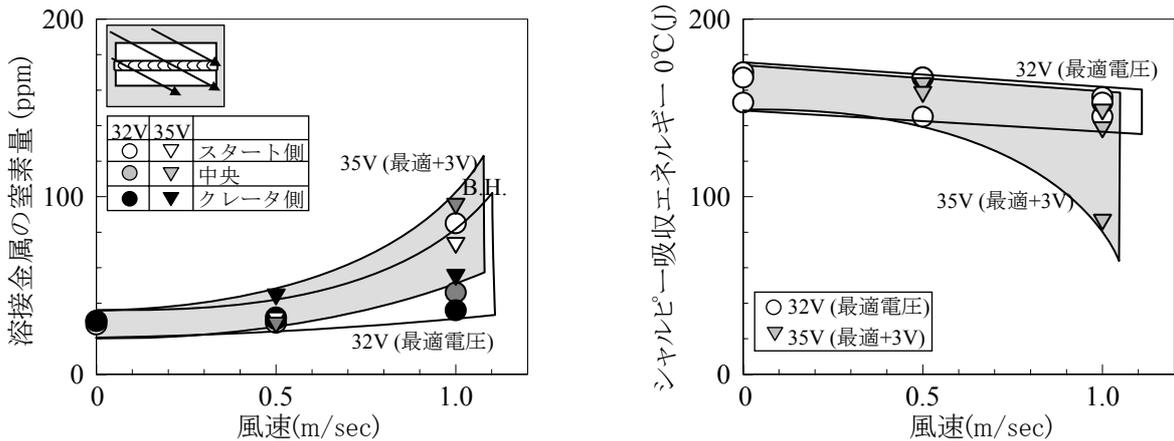


図9 ソリッドワイヤ(YGW11)×CO₂溶接法における風速と電圧が溶接金属窒素量および吸収エネルギーに及ぼす影響

2-3 得られた知見と考察

2-3-1 風速と窒素量の関係

- 1) ソリッドワイヤは CO₂、Ar80%+CO₂20%ガスによらず風速が 1.0m/sec 以上になると急激に溶接金属の窒素量が増加し、150~200ppm を超え、吸収エネルギーの低下とブローホールの発生に至ることがある。特に Ar+CO₂ 混合ガスではブローホールの発生が顕著であった。
- 2) 溶接線に対する風向の影響は顕著ではなかった。
- 3) ブローホールは開先表面近くで発生することが多かった。すなわち、1パス溶接では発生に至らなくても、多層溶接では窒素量が徐々に増加し、ブローホール限界に達することがあると考えられる。(写真 1) この現象は前号で示した、積層に伴い窒素が蓄積上昇するパイルアップ効果である。さらに加え、風は開先内では速度が低下していると考えられるため、表層側においてシールド不良が顕著になりやすいことも影響している。
- 4) フラックス入りワイヤ(YFW-C50DR)では 1.0m/sec の風速でも窒素上昇は顕著でなく、ブローホールも発生しなかった。この理由としては、YFW-C50DR ワイヤは窒素と結合しやすいチタンを多量に含有しているため、窒素はチタンと結合して多量のスラグとして溶接金属から排出されると考えられる。この長所の一方で、基本的にソリッドワイヤに比較して吸収エネルギー性能が高くないことから、風速 1.0m/sec で窒素量 100ppm を超える程度でも吸収エネルギーが低値を示すことがあった。
- 5) 以上の知見から、これまで常識的とされていたガスシールドアーク溶接における防風対策の管理基準「風速 2.0m/sec 以下」は現実的な多層施工を考慮すると、非常に緩いと言わざるを得ない。風速 0.5 と 1.0m/sec の間は確認していないが、さらに板厚が大きくなれにつれて 1 パスあたりの許容窒素は抑制しなければいけないことも考慮すると、高品質な溶接金属を得るためには「風速 0.5m/sec 以下」の管理基準が妥当と考える。

一般的に、風速 0.5m/sec を具体的にイメージできる人はあまりいないと思われる。そこで、風速を簡易な手段でイメージすべく、線香の煙のなびき方として可視化し撮影した。写真 2 に示す。風速 0.5m/sec では斜め 45° 程度に傾くが、1.0m/sec になるとほぼ真横に流れる。屋外のみならず、煙草の煙が横に流れる程度のすきま風が吹くような屋内環境でも、一般的なシールドガス管理ではシールド不良になる可能性があるほどガスシールドアーク溶接法のシールド性は脆弱であり、気を払う必要があることを認識する必要がある。

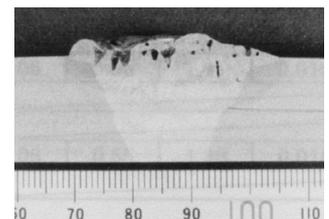


写真1 表層で発生したブローホール例
Ar+CO₂溶接/風速 1.0m/sec

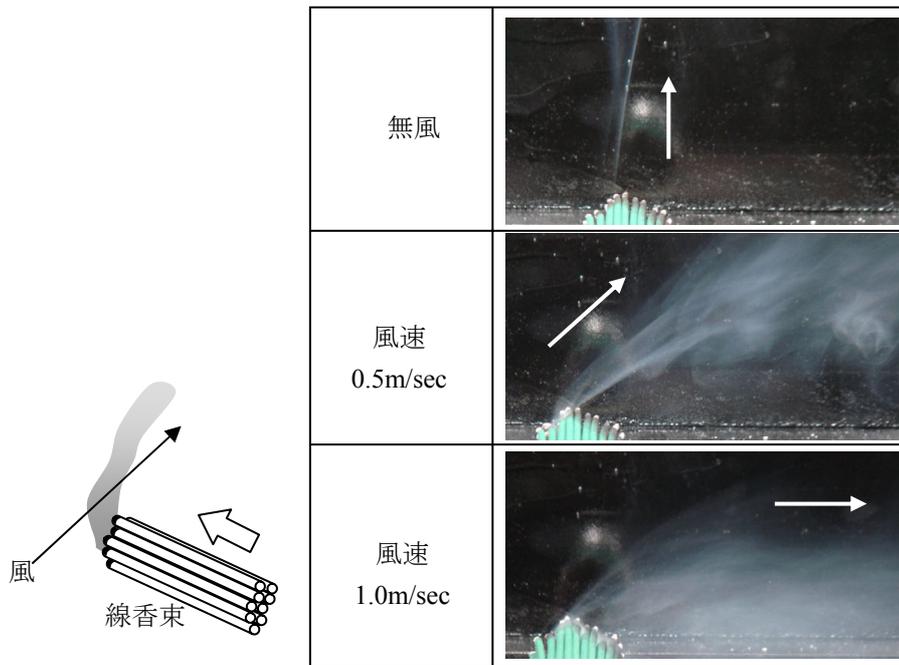


写真8 風速の簡易イメージ(煙の傾き)

2-3-2 風環境におけるシールドガス流量増の効果

- 1) フラックス入りワイヤ×CO₂溶接、風速 1.0 および 2.0m/sec、シールドガス流量 25l/min では溶接金属の窒素量が 100ppm を超えたが、ガス流量を 35l/min 以上になると窒素量は 50ppm 程度にまで下がり、健全であった。
- 2) ソリッドワイヤ YGW11×CO₂溶接では風速 1.0m/sec であれば、シールドガス流量 35l/min 以上で窒素量が十分下がり健全性が得られるが、風速 2.0m/sec では流量 50l/min でも窒素過剰であり、ブローホールも収まらなかった。さらに流量を高める必要がある。
- 3) 今回省略したが、Ar+CO₂溶接法ではさらに窒素上昇が激しくなることが予想され、シールドガス流量もより多く必要と考えられる。
- 4) 防風対策がどうしても不十分な場合は、シールドガス流量を通常よりも高めてシールド性を改善し、窒素上昇を抑制することが可能となる。(図 10(c)) しかし、ワイヤやシールドガスの種類によって最低必要流量は異なり、通常のトーチシステムではシールド性確保が困難な場合もあると推測される。また、過剰に流量が多いと、狭隘部等で乱流を発生し、逆に大気を巻き込む場合もあるとされている¹⁾。これらの点より、防風対策を出来る限り適切に行うことが最も重要である。

2-3-3 風環境における電圧の影響

- 1) 電圧を高くすると風環境化では窒素量の上昇とそれに伴って吸収エネルギーの劣化が生じた。すなわち、アーク長を長くすると風の影響を受けやすくなる。(図 10(b)) スパッタの低減などの目的で安易に電圧を高くすることは、風の影響を受けやすくなり、溶接金属の性質が劣化するので注意が必要である。

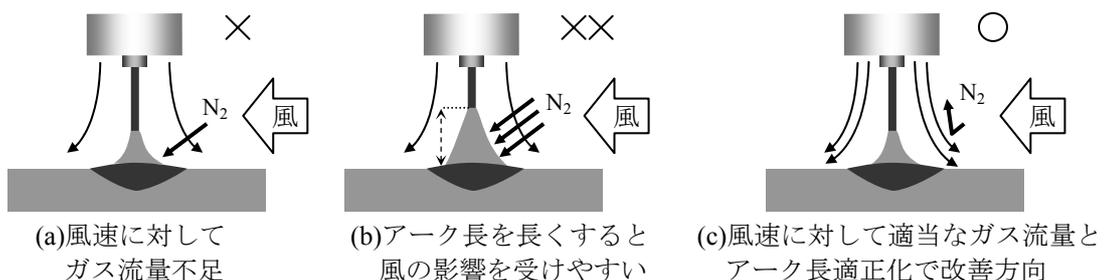


図 10 風に対するガス流量と電圧の影響、および改善手段

2-3-4 知見の総括

- 1) ガスシールドアーク溶接において健全かつ高品質な溶接金属を得るには、風速管理は従来の「2.0m/sec 以下」では不十分であり、「0.5m/sec 以下」が推奨される。
- 2) 風速が 0.5m/sec を超えるのが避けられない場合は、シールドガス流量を通常よりも高めることで窒素量上昇を抑制することが出来る可能性がある。しかし、限界や弊害もあることから、可能な限り防風対策を優先すべきである。
- 3) シールドガス流量や風速だけでなく、アーク電圧もシールド不良に影響を及ぼす。過度に高くするのは避ける。

3 むすび

本号では溶接環境の風速が溶接金属品質に対して及ぼす影響を述べた。1 パス溶接で、かつ鋼としての品質を気にしない継手であればともかく、多層溶接で靱性にも気を払う必要のある溶接部を形成するには、風速「2.0m/sec 以下」の管理指標は極めて不十分と言わざるを得ず、1/4 の「0.5m/sec 以下」にまで厳しく管理しなければならない。煙草の煙が真横にたなびくようでは駄目である。無色透明のシールドガスは視認することができないので理解しにくいだが、そのシールド能力を過信すべきではない。

次号では、風が吹いた際にシールドガスの流れが実際どのような影響を受けているのか可視化して確認し、そして風が避けられない場合におけるシールドガスノズルと必要ガス流量の関係などについて報告する。

参考文献

- 1) マグ・ミグ溶接の欠陥と防止対策 (産報出版),P27