

< 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2回 溶接金属の耐窒素性に関する基本的性質

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

前号ではガスシールドの管理に関する従来知見の問題と溶接金属に要求される性質の動向、本研究の目的等について述べた。今号より本分科会実験による研究成果を報告する。

2 シールドガス及び溶接ワイヤ種類毎の窒素量と機械的性質および耐ブローホール性の基本的関係

2-1 試験方法

最も汎用的に使われているガスシールドアーク溶接用ワイヤの種類とシールドガスの組合せとして、一般490MPa級炭素鋼用のJIS Z3312 YGW15(ソリッドワイヤ)×Ar-CO₂、同 YGW11(ソリッドワイヤ)×CO₂、JIS Z3313 YFW-C50DR(フラックス入りワイヤ)×CO₂を基本とし、シールドガスへの窒素添加を行って、溶着金属窒素量による継手の健全性、機械的性質を調査した。窒素の混合方法として Ar-CO₂ 溶接については試作プレミックスガスおよびガス混合器(マスフローコントローラ)を用い、CO₂+N₂のプレミックスガスが試作製造できないCO₂溶接についてはガス混合器のみを用いた。図1に試験要領の概念図、表1に試験条件、表2に溶接条件、図2に試験片採取位置を示す。

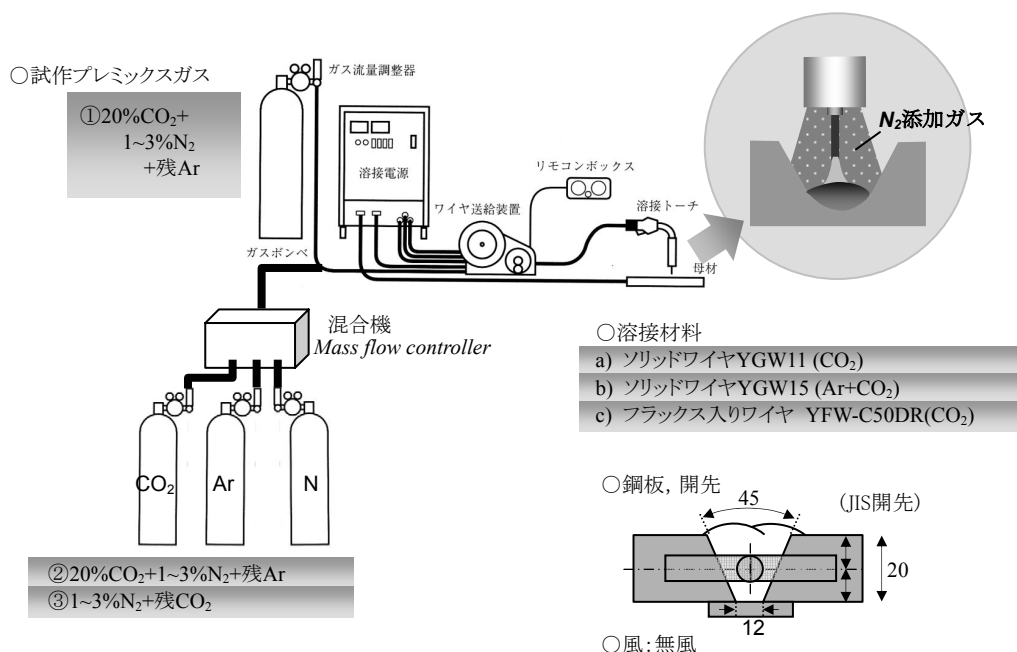


図1 試験要領模式図

表1 試験条件

	ワイヤ	板厚 (mm)	開先形状	ノズル長 (mm)	オフイス	ガス流量 (l/min)	ガス組成	備考				
①	(Solid) YGW15	20	45°V Gap=12mm	84 (標準)	有り	25	20%CO ₂ -残 Ar	ブレミックス				
②							20%CO ₂ -1%N ₂ -残 Ar					
③							20%CO ₂ -3%N ₂ -残 Ar					
④	(Solid) YGW11					20	45°V Gap=12mm	84 (標準)	有り	20	20%CO ₂ -残 Ar	ガス 混合器 (マスフロー コントローラ)
⑤											20%CO ₂ -1%N ₂ -残 Ar	
⑥											20%CO ₂ -3%N ₂ -残 Ar	
⑦	CO ₂											
⑧	1%N ₂ -残 CO ₂											
⑨	3%N ₂ -残 CO ₂											
⑩	(FCW) YFW -C50DR					20	45°V Gap=12mm	84 (標準)	有り	20	CO ₂	
⑪	1%N ₂ -残 CO ₂											
⑫	3%N ₂ -残 CO ₂											

表2 溶接条件

溶接方法	簡易自動機による下向自動溶接
供試鋼板および試験板形状	JIS G3106 SM490A 20mm ^t x (125+125)mm ^w x 300mm ^l
溶接電源	500A 仕様
溶接条件	YGW11, YGW15 : 270~280A - 適正電圧 (3.0kJ/mm 狙い) YFW-C50DR : 280A - 適正電圧 (2.0kJ/mm 狙い)
チップー母材間距離	25mm
予熱/パス間温度	無し/150~250°C (YGW15 および 11) 無し/135~150°C (YFW-C50DR)
溶接方向	一定
風	無風

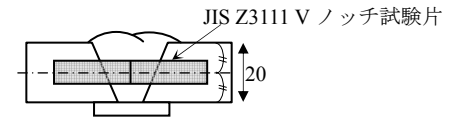
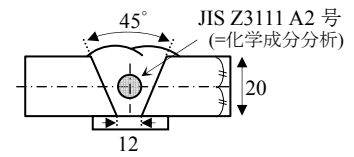


図2 各種試験片採取位置

2-2 試験結果

表3にブローホールの発生確認と溶着金属の化学成分の分析値を示す。さらに、図3に窒素ガスのシールドガスへの添加量と溶着金属の窒素量の関係、図4に溶着金属窒素量と機械的性能の関係を図示した。

表3 溶着金属の化学成分 (mass%)

ワイヤ/ガス	N ₂ 添加	ブローホール	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ti	O	N
YGW15 ブレミックス	0%	無	0.08	0.43	1.00	0.013	0.010		0.02	0.033	0.006
	1%	有	0.07	0.43	1.01	0.012	0.009		0.02	0.033	0.022
	3%	多発	省略								0.048
YGW15 ブレミックス	0%	無	0.06	0.39	0.92	0.013	0.005	0.12	0.02	-	0.0065
	1%	有	0.05	0.41	0.86	0.012	0.007	0.12	0.02	-	0.023
	3%	多発	省略								
YGW15 混合器	0%	無	0.07	0.41	0.99	0.010	0.011	0.24	0.02	0.030	0.0036
	1%	多発	省略								0.028
	3%	多発	省略								0.037
YGW11 混合器	0%	無	0.07	0.44	1.16	0.009	0.010	0.20	0.05	0.040	0.0050
	1%	無	0.07	0.46	1.17	0.009	0.010	0.22	0.05	0.040	0.012
	3%	有	0.07	0.46	1.17	0.009	0.010	0.21	0.05	0.039	0.025
YFW -C50DR 混合器	0%	無	0.05	0.45	1.29	0.012	0.008	0.01	0.04	0.063	0.0039
	1%	無	0.05	0.42	1.24	0.012	0.007	0.01	0.04	0.061	0.0091
	3%	無	0.04	0.43	1.23	0.012	0.007	0.01	0.04	0.065	0.016

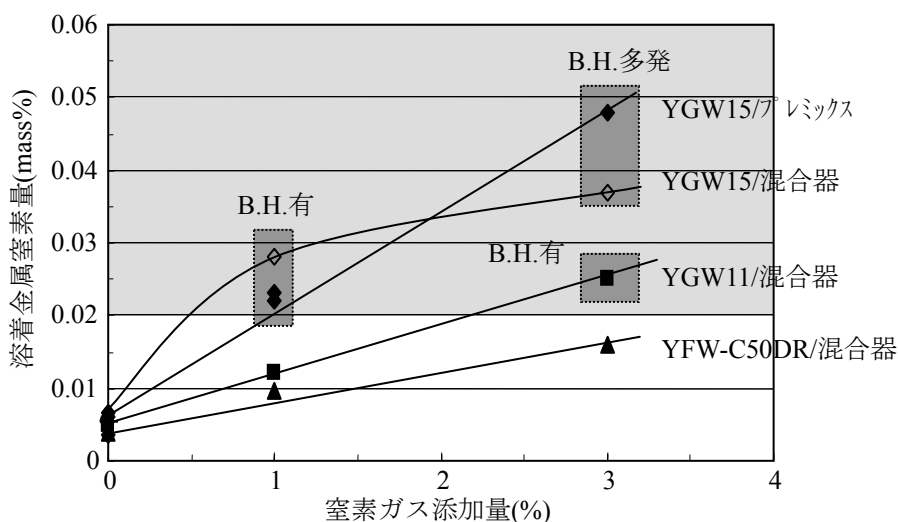


図3 窒素ガス添加量と溶着金属窒素量の関係

2-3 得られた知見と考察

2-3-1 窒素ガス添加量と溶着金属窒素の関係

- 1) シールドガスへの窒素添加量と溶着金属の窒素量の間には良い相関が得られた。
- 2) ワイヤ、シールドガスの種類によらず、溶着金属窒素量が 0.02%(200ppm)を超えるとブローホールが発生した。これは従来知見と一致する。
- 3) ソリッドワイヤ+CO₂ ガスにおいては、シールドガスへの 1%窒素添加では欠陥は発生せず、3%添加で溶着金属窒素が 200ppm を超え、ブローホールが発生した。
- 4) ソリッドワイヤ+Ar+CO₂ ガスではシールドガスへの 1%窒素添加で溶着金属窒素が 200ppm を超え、ブローホールが発生した。Ar 混合ガスで溶接された金属の窒素上昇が激しい理由は、本試験法ではシールドガスそのものに窒素ガスを添加していることから、シールド性、言い換えれば大気の遮断性による差ではないことがわかる。その原因としては、Ar と CO₂ のガスの性質差、具体的には熱解離しない Ar と熱解離する CO₂,N₂ のアーク中の挙動差、あるいは溶滴移行の変化に伴う溶滴単位体積当りの表面積増などが考えられるが、そのメカニズム解明についてはさらなる研究が待たれる。
この結果からは Ar+CO₂ ガスはシールド劣化時の影響度が大きいという意味で、シールド性が悪いという表現を用いることができると言える。
- 5) フラックス入りワイヤ+CO₂ ガスでは3%のシールドガスへの窒素添加量でも溶着金属窒素が 200ppm 未満であり、ブローホールも発生しなかった。
- 6) 以上からシールド劣化状態において、最も窒素が上昇しやすくブローホールが発生しやすいのが Ar+CO₂ ガスであり、逆に最も鈍感でブローホールが発生しにくいのがフラックス入りワイヤ+CO₂ ガス、そしてソリッドワイヤ+CO₂ ガスはその中間の性質であると結論づけられた。

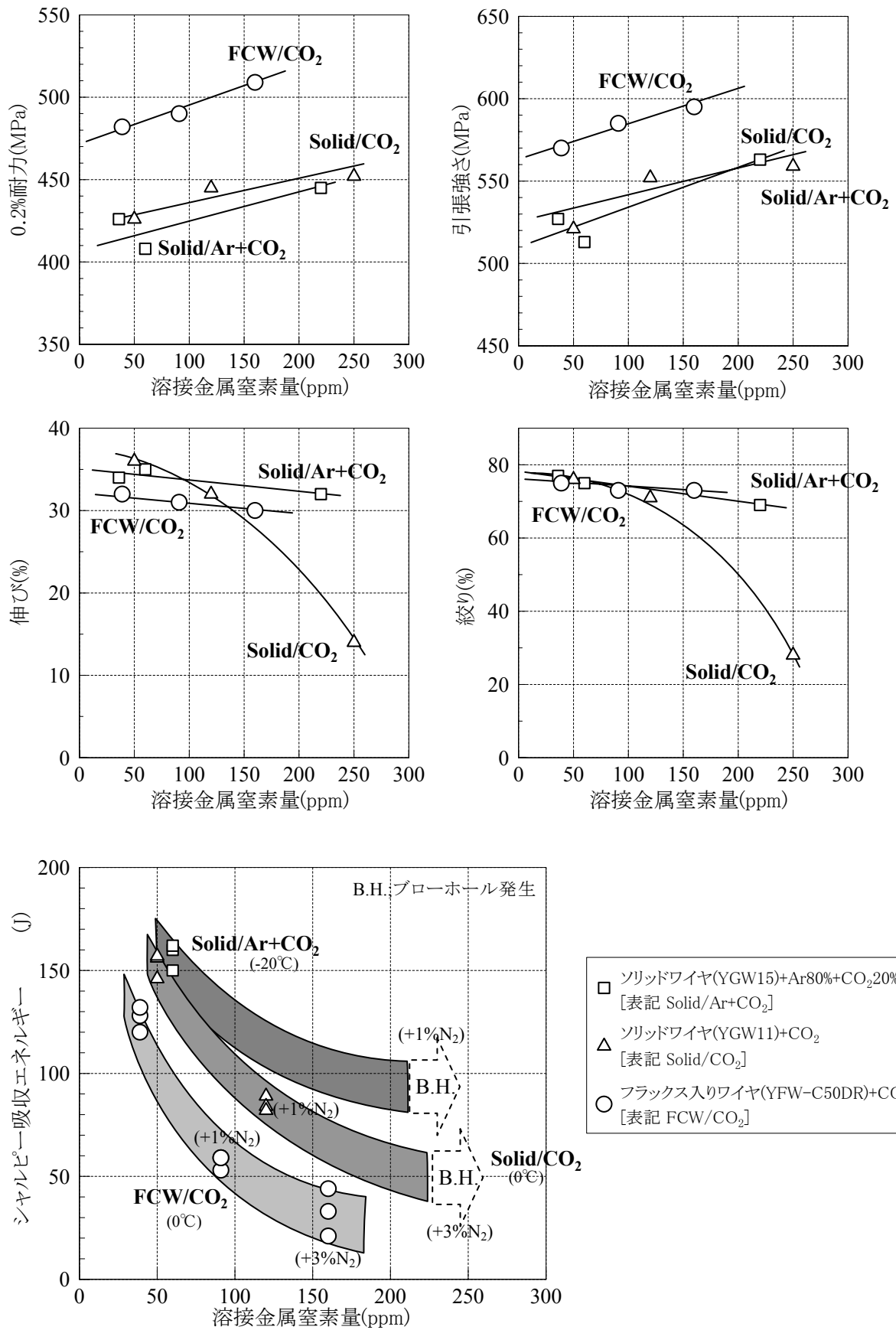


図4 溶着金属窒素量と各種溶接ワイヤの機械的性能の関係 (JIS 準拠溶着金属)

2-3-2 溶着金属窒素量と機械的性能の関係

- 1) いずれのワイヤ/シールドガスでも窒素量上昇と共に 0.2%耐力、引張強さはやや上昇し、伸び、絞りはやや減少した。これは従来知見と一致する。なお、伸びと絞りに関し、ソリッドワイヤ+CO₂溶接で窒素量250ppmの場合に急落しているが、ブローホール発生領域であり、この領域では試験片に欠陥が含まれるか否かで値が大きく変化することを示し、特有のワイヤとガスの組み合わせで起きる現象ではなく、他の組合せでもあり得るとの意見で一致した。
- 2) 吸収エネルギーについてはワイヤ/ガスの組合せで窒素量の相関に顕著な傾向が現れた。Ar+CO₂溶接ではシールドガス組成に起因した溶接金属の低酸素化効果により基本的に吸収エネルギーが高く、窒素が混入しても比較的低下幅は小さいとされる。しかし、ガスへの窒素混入量が増えるに従い、靱性低下が顕著となる以前にブローホールが発生する。
- 3) CO₂溶接では窒素上昇と共に吸収エネルギーは急激に低下する。0℃ ; 50J 以上を良好な靱性の範囲と仮定すると、ソリッドワイヤの場合はブローホール発生領域である 200ppm 程度で劣化するが、フラックス入りワイヤではブローホール発生領域より遙かに低い 100ppm 程度までしか良好な靱性を維持できない。

2-3-3 知見の総括

- 1) 窒素と耐ブローホール性または機械的性能の相関はワイヤ種類とガス組成の組合せによって異なる。
- 2) ソリッドワイヤ+Ar+CO₂溶接は窒素上昇環境において、ブローホールが最も発生しやすい。したがって、シールド管理はブローホール防止が主目的となる。具体的にはシールドガスへの窒素混入量 1%が限界である。
- 3) フラックス入りワイヤ+CO₂溶接は耐ブローホール性が最も良好で欠陥が発生しにくい、窒素上昇と共に吸収エネルギーが低下しやすい。したがって、シールド管理は吸収エネルギー確保が主目的となる。具体的には溶着金属窒素量 100ppm が限界である。これは窒素混入量では 1%程度に該当する。

3 むすび

以上の試験結果より、溶接ワイヤやシールドガス組成に関わらず、シールドガスにわずか 1%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くなることが明らかである。(図 5)

なお、炭素鋼溶接金属において、窒素混入環境で高靱性を発揮できる実用的技術は存在しない。したがって、溶接材料の本来の性能を発揮させるには、いかにシールド性の確保が重要かがご理解いただけるのではないだろうか。

次号からは具体的にシールドガス雰囲気へ窒素 1%程度が混入する溶接条件や環境について研究結果を報告する。

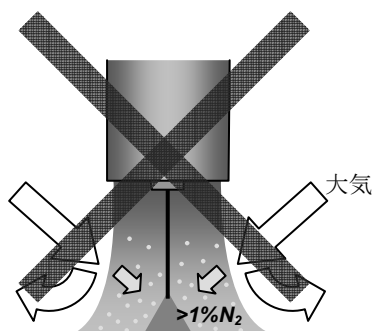


図 5 シールドガスへの窒素混入許容限界濃度