2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No.H1-22

超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業／水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発／新型高圧水素タンク用鋼材の可能性に関する調査研究

青木　信一
日鉄総研株式会社（NSRI）
（再委託）（一財）金属系材料研究開発センター（JRCM）

2019年7月18日

連絡先
日鉄総研株式会社
E-mail: aoki.s.cdb@nsri.nipponsteel.com
TEL:　070-3175-8229
URL:　https://nsri.nipponsteel.com/

事業概要

1. 期間

開始　　：２０１８年１１月
終了（予定）：２０２０年　３月

2. 最終目標

水素ステーション用のタイプ１高圧水素蓄圧器はSCM435などの低合金鋼を使ったものがすでに実用化されているが、超高圧に耐えるため極厚肉となっており、材料費・製作費・工事費が嵩んでいる。 より高強度の鋼材を使えば薄肉化・コストダウンの可能性があるが、一般には高強度材ほど水素感受性が高い傾向があるため材料の選定は容易ではない。

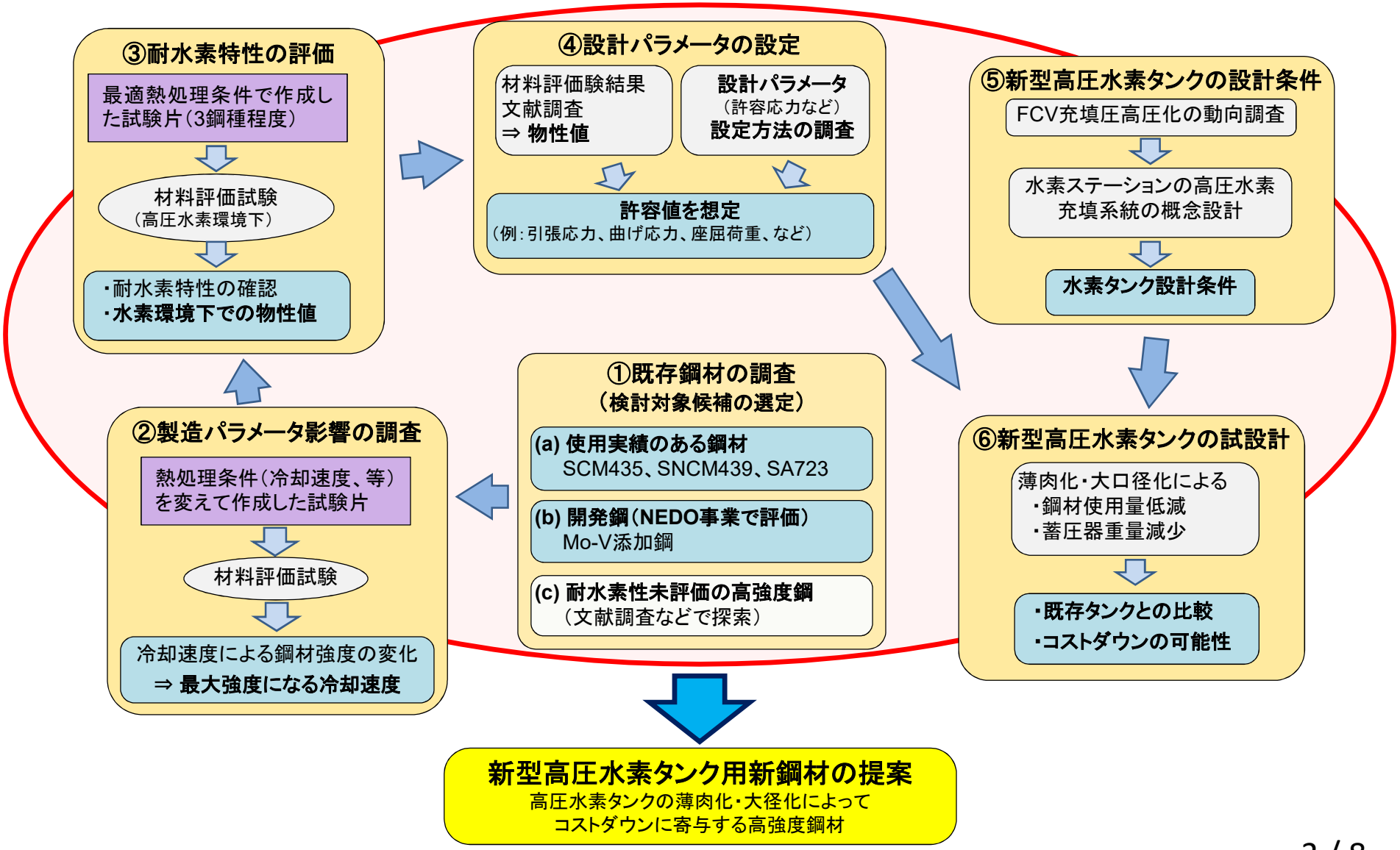
本調査は、高強度と耐水素性を有して既存のタイプ１蓄圧器よりも水素ステーションのコストダウンに資する可能性のある鋼材を探索し、実用化に向けてさらなる研究開発の対象とすべき候補鋼材を見つけることを目標としている。

3.成果・進捗概要

- 既存鋼材の調査：既存蓄圧器で使用されているSCM435よりも高強度の鋼材をリストアップして追加試験の可否を検討中。
- 熱処理条件と鋼材強度：熱処理時の溶体化処理後の焼き入れ時の冷却速度および焼き戻し温度の影響について調査した結果、焼き入れ時の冷却速度が5℃/s以上であれば硬さに及ぼす冷却速度は認められなかった。また、焼き戻し温度は低温側（550℃）で最高硬さが得られた。
- 引張強度と硬さの関係：低合金鋼における強度・延性と硬さとの相関性が確認された。

事業概要

既存の鉄鋼材料の中から、タイプ1の高圧水素タンクの薄肉化・大口径化を可能にしてタンク本体やステーション全体のコストダウンに寄与する可能性のある高強度の鋼材を見い出すことを目的とする。



①既存鋼材の調査 ― JISの高強度鋼材と追加検討対象の候補

JIS規格	記号	標準成分(%)									規格引張強さ(MPa)	許容引張応力(MPa)
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu		
JIS G 4053 機械構造用合金鋼鋼材	SCr445	0.43～0.48	0.15～0.35	0.60～0.90	≦0.03	≦0.03	≦0.25	0.9～1.2	―	≦0.30	**980**	**245**
	SCM435	0.33～0.38							0.15～0.30		**930**	**232**
	SCM440	0.38～0.43									**980**	**245**
	SCM445	0.43～0.48									**1030**	**258**
	SNCM439	0.36～0.43					1.6～2.0	0.6～1.0			**980**	**245**
	SNCM447	0.44～0.50									**1030**	**258**
	SNCM630	0.25～0.35					2.5～3.5	2.5～3.5	0.15～0.7		**1080**	**270**
JIS G 4901 /4902 耐食耐熱超合金棒/板	NCF750 ―B/P	≦0.08	≦0.5	≦1.0		≦0.015	≧70	14～17	―	≦0.50	**1170**	**292**
Mo-V添加組織改良鋼（開発鋼）	―	～0.4	開発材のため規定なし					～1.5	～0.8	V：～0.3	**～1463MPa（引張強さの実測値）**	

注） (1) 許容応力はJIS B 8265：2017「圧力容器の構造ーー般事項」の「表B.1ー鉄鋼材料の許容引張応力」による。
(2) JIS G 4053 は引張強さを規定していない。 ここに示す規格値は上記JIS B 8265：2017の表B.1の「注l) 」 に示されている。
(3) NCF750の引張強度および許容応力は、固溶化熱処理後にH2時効処理を行う場合の値。

①既存鋼材の調査　ー　高強度鋼（追加調査対象候補）の探索

（1）例示基準化を念頭に、探索範囲はJIS材（JIS B 8265：2017「圧力容器の構造ー一般事項」の 表B.1にリストアップされている鋼材）とした。

（2）**SCM435**は既存水素蓄圧器に使用されている鋼材。**SNCM439**はNEDO事業で耐水素性を評価しているので、この2鋼種を起点として、強度がこれら以上となる鋼種を取り上げたのが本表。

（3）このうち、SCM445とSNCM630を追加調査対象候補とした。

（4）その他の鋼種は以下の理由で選ばなかった：

SCr445：　SCM435よりは高強度であるが、SNCM439と同等なので更なるコストダウンは困難と予想される。

SCM440：　同上

SNCM447：　成分がSNCM439に近いので、強度を上げるとSNCM439と同様に水素感受性が上がると予想される。

NCF750-B/P：鋼ではなくニッケル合金。高価な材料なのでこの程度の強度差ではコストダウンは困難と予想される。

（5）Mo-V添加組織改良鋼はJIS規格材ではないが、NEDO事業で水素耐性の評価がされたこともあり、引張試験で高強度が示されたので引き続き調査対象とする。

②製造パラメータ影響の調査(低合金鋼の高強度化検討) [JRCM]
(試験1) 「低合金鋼の硬さと組織に及ぼす熱処理条件の影響」

【目的】低合金鋼および改良鋼について、熱処理条件の制御による高強度化の可能性を把握する目的で強度指標となる硬さに及ぼす熱処理条件の影響について調査した。

【方法】既存の低合金鋼SNCM439、SA723およびMo-V添加改良鋼の3鋼種について、硬さに及ぼす溶体化処理後の冷却速度および焼き戻し温度の影響について調査した。

- 溶体化処理条件：温度：870℃、冷却速度：5, 10, 100℃/s
- 焼き戻し条件：温度：550, 600, 650℃（1時間保持後空冷）

【結果】

(1)3鋼種共に試験条件の範囲では溶体化処理後の冷却速度はほとんど認められず、ほぼ同等の硬さが得られた。
（→今後臨界冷却速度の相違を解明）

(2)焼き戻し温度は何れの鋼種においても最も低い550℃で最高硬さが得られ、最高硬さはMo-V改良鋼(Hv468)＞SA723鋼(Hv392)＞SNCM439(Hv360)の順であった。
（→Mo-V添加鋼の熱処理条件変更による更なる高強度化の可能性を検討）

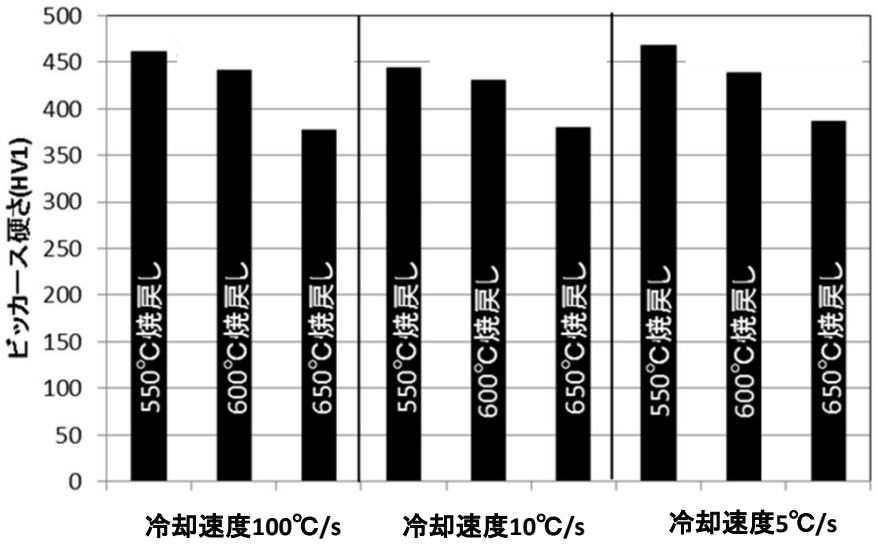


図 Mo-V添加鋼の硬さに及ぼす熱処理条件の影響

②製造パラメータ影響の調査(低合金鋼の高強度化検討) [JRCM]
(試験2) 「低合金鋼の引張性質(強度、延性)と硬さとの関係」

【目的】上記試験1で得られた硬さのデータから引張性質(強度、延性)を推測するために幾つかの熱処理条件に関して両者の相関性を明らかにする。

【方法】既存の低合金鋼SCM435、SNCM439、SA723およびMo-V添加改良鋼の4鋼種について、下記の熱処理条件を施した時の硬さ測定と常温引張試験を実施した。

・溶体化処理条件：870℃x30min後油焼入れ

・焼き戻し条件：温度：550, 600, 650℃ (1時間保持後空冷)

【結果】(1)何れの鋼種においても特に引張強さと硬さにおいて強い相関性が認められた。相関係数(引張強さ(MPa)/ビッカース硬さ(Hv))は3.13～3.23であった。

(2)試験1と同様に常温引張試験における最高の引張強さは下記の順であった。

Mo-V添加(1463MPa)＞SA723(1235MPa)＞SNCM439(1136MPa)＞SCM435(1049MPa)

表　各種低合金鋼の最高強度が得られた時の引張性質と硬さ

鋼種	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (TS, MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬さ (Hv)	相関係数 (TS/Hv)
SCM435	954	1049	16	66	335	3.131
SNCM439	1033	1136	16	58	352	3.227
SA723	1099	1235	17	68	385	3.208
Mo-V添加	1369	1463	13	44	456	3.208

全体スケジュール

調査項目	2018年度	2019年度（予定）
1. 既存低合金鋼の評価	高強度鋼（追加調査対象候補）の探索	
2. 製造パラメータの影響の評価（再委託）	強度に対する熱処理速度の影響調査（材料試験）	
3. 耐水素特性の評価（再委託）	追加試験の可否検討	討耐水素特性の評価（材料試験）
4. 設計パラメータ（材料特性値）の設定	許容応力の検討・仮定	
5. 新型高圧水素タンク設計条件の設定	水素ステーション運転条件の調査 水素充填プロセス概念設計	
6. 新型高圧水素タンクの試設計		タンク試設計 コストダウン可能性の評価