

## LCA 的視点からみた鉄鋼製品の社会における 省エネルギー貢献に係る調査<sup>1</sup>

### 各論 1 . ビル鉄骨用 H 形鋼 ( 高強度鋼 )

第二研究部環境グループ研究員 齊藤 晃太郎

#### 1.1 ビル鉄骨用 H 形鋼の使用動向

##### (1) ビル鉄骨用 H 形鋼生産量の推移と今後の見通し

国内向けビル鉄骨用 H 形鋼生産量の実績推移と今後の経済見通しから推定した 2005 年、2010 年の生産量見通しを表 1.1 に示す。国内 H 形鋼の生産量は、1990 年以降概ね 600 万トン程度で推移してきている。

国内向け H 形鋼の需要の今後の見通しは経済状況に左右されることが見込まれる。2005 年、2010 年の H 形鋼生産量の見通しは、過去 10 年の H 形鋼生産量推移の傾向と相関のある指標として民間設備投資額に着目し( 図 1.1 )、2005 年、2010 年の投資額見通しの 2000 年投資額に対する伸び率( 表 1.2 ) から推計した( 参考文献(1) )。

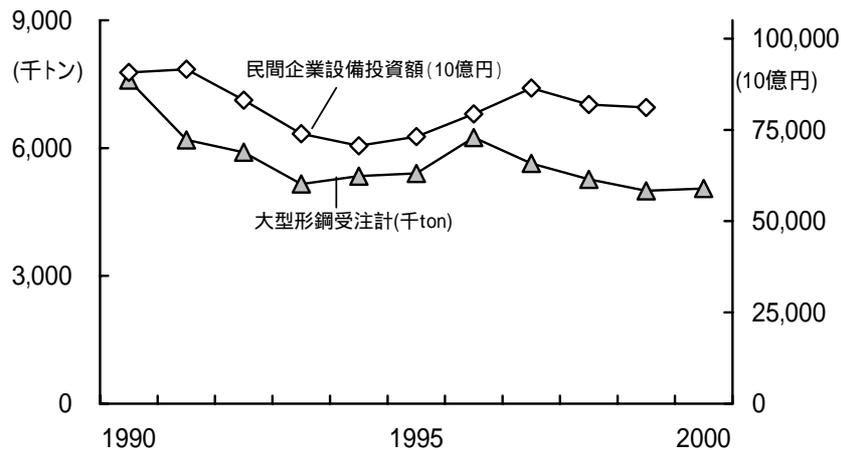
表 1.1 国内向け H 形鋼生産量の推移と今後の見通し

	1990年	1995年	2000年	2005年(推定)	2010年(推定)
H 形鋼合計[1000ton/年]	6,300	6,500	5,600	5,400	5,900

( 出所 ) 1990 年、1995 年、2000 年の実績は、( 社 ) 日本鉄鋼連盟調べによる。2005 年、2010 年の値は( 財 ) 日本エネルギー経済研究所による推定値

( 注 ) ロール型 H 形鋼、およびビルドアップ型 H 形鋼の合計値

図 1.1 大型形鋼受注実績と民間企業設備投資額の推移



( 出所 ) 鉄鋼統計要覧 1990、および同 2001、国民経済計算年報

<sup>1</sup> 本報告は平成 13 年度に社団法人 日本鉄鋼連盟より受託して実施した受託研究の一部である。この度、社団法人 日本鉄鋼連盟の許可を得て公表できることとなった。社団法人 日本鉄鋼連盟関係者のご理解・ご協力に謝意を表するものである。

表 1.2 2005年、2010年の民間企業設備投資額の対2000年伸び率

	民間企業設備投資(10 億円)	対2000年伸び率 (推定)
2000(実績)	84,871	-
2005(見込み)	81,943	-3.4%
2010(見込み)	90,065	6.1%

(出所) (社)日本経済研究センター、第28回日本経済中期予測(予測期間2001-2010年度)  
『経済再生への道筋 民間主導の持続的成長を目指して』

## (2) ビル鉄骨用H形鋼における高張力鋼の使用動向と今後の見通し

ビル鉄骨用H形鋼に使用される鋼材には、一般構造用鋼材<sup>2</sup>(JIS G 3101)、溶接構造用鋼材<sup>3</sup>(JIS G 3106)、建築構造用圧延鋼材<sup>4</sup>(JIS G 3136(SN))がある。

鋼材において降伏点下限 325N/mm<sup>2</sup>、または引張強さ下限 490N/mm<sup>2</sup>以上の強度を持つ鋼材を高張力鋼<sup>5</sup>という。従ってH形鋼に使用される高張力鋼とは、JIS G 3106 溶接構造用鋼のSM400以外、およびJIS G 3136 建築構造用圧延鋼のSN490を指す。

1981年に改訂された「新耐震設計法」は、地震多発国であるわが国の現状から、従来の許容応力度設計に加え、鋼材の塑性変化後の変形能力を活用して地震入力エネルギーを吸収させるという設計法である。鉄鋼建造物の耐震設計基準を満たす建築構造用鋼材として、弾性設計用の汎用規格材であるSS、SM材は不十分であり、降伏点または耐力のばらつきが一定の範囲に収まっており、かつ降伏比の低い建築専用の鋼材が必要とされてきた。このような状況を踏まえ、1994年7月より新たに建築構造用圧延鋼材規格が設けられた。

H形鋼においては、溶接性の確保や不純物元素の規制を強化したSN規格材が建築構造用鋼材として普及してきている。

高張力鋼を使用したH形鋼(以下、高強度H形鋼)の生産量の推移と今後の見通しを図1.2に示す。ここで高強度H形鋼は、SN規格を含めた490N級鋼材によるH形鋼、および近年普及し始めた590N級のTMCP<sup>6</sup>(Thermo Mechanical Control Process)鋼によるH形鋼を対象としている。

2005年と2010年の高強度H形鋼の生産量については、当該年度におけるH形鋼生産量全体に占める高強度H形鋼の割合の2000年に対する伸び率を2.0%<sup>7</sup>と設定して推計した。

<sup>2</sup> 一般的に最も広く使用される鋼材で、SS330、400、490、540(数字は引張強さ下限)の4種類がある。加工度、溶接条件が厳しくなく、構造部材としても応力集中が少なく、靱性もあまり要求されない一般部材に使用される。

<sup>3</sup> SM400、490、490Y、520、570の5種類がある。一般構造用鋼と比較して溶接性および靱性を向上させるため化学成分範囲をより厳しく規定している。

<sup>4</sup> SN400、SN490の2種類がある。

<sup>5</sup> 一般的には50キロハイテン(50HT)、60キロハイテン(60HT)、80キロハイテン(80HT)と引張強さの下限値で呼ばれる。

<sup>6</sup> TMCPは、制御圧延を基本に、その後空冷又は強制的な制御冷却(加速冷却)を行う製造法の総称である。TMCP鋼は、結晶粒の微細化および組織制御により、従来鋼に比べ炭素当量が低い、母材および溶接部の靱性が高い等の優れた特色を有している。

<sup>7</sup> 高強度H鋼生産量実績(社)日本鉄鋼連盟調べの1990から2000年までの傾向に、今後IT(Information Technology:情報技術)を活用した超高層オフィスビル(200m級)の需要が増えるとみられることを加味して設定した。

また高強度 H 形鋼に占める 590N 級 H 形鋼の比率は、2000 年において 2.0%<sup>8</sup>、その他の当該年度については 1990 年から 2000 年までの伸び率が今後 2010 年まで継続すると仮定し表 1.3 の通りとした。

図 1.2 高強度 H 形鋼の推移と今後の見通し

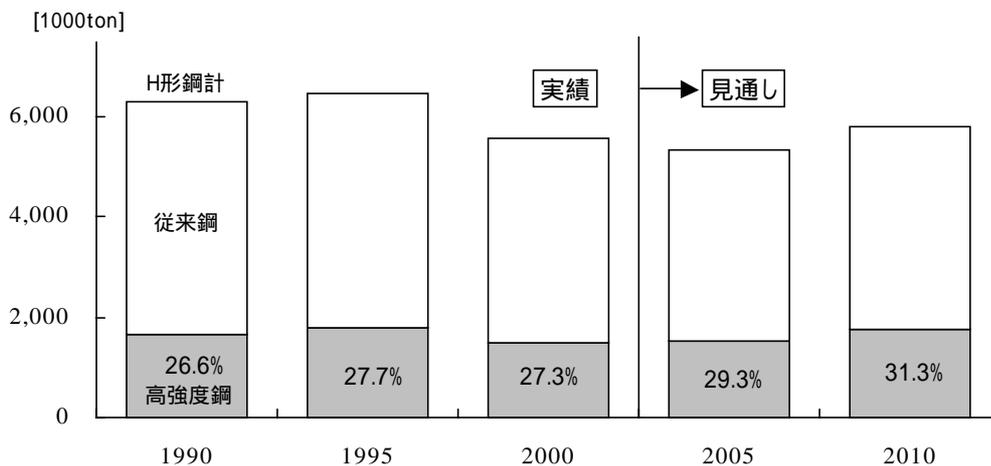


表 1.3 高強度 H 形鋼の抗張力グレード別比率の設定

		1990	1995	2000	2005	2010
抗張力グレード別 比率[%]	490N	100%	99%	98%	97%	95%
	590N	0%	1%	2%	3%	5%

<sup>8</sup> (社)日本鉄鋼連盟調べによる。

## 1.2 省エネルギーの評価方法

### (1) 省エネルギーをもたらす理由

従来型の普通鋼<sup>9</sup>においては、板厚を厚くすると強度を確保するために成分調整が必要となり、結果として炭素当量が高くなり溶接性が悪化せざるを得なかった。そこで、低炭素当量でも従来鋼に比べ高い強度を有する TMCP 鋼が開発され、従来の高張力鋼と比較し、高強度化および軽量化と高施工性が実現された。その結果、従来型普通鋼を使用した場合に比べ鋼材使用量が減少し、鋼材製造段階のエネルギー使用量が削減されるという効果が得られた。

また鋼材使用量が減少することに伴う副次的効果として、H 形鋼の輸送時および鉄鋼建造物の建設段階における鋼材運搬機器等の使用エネルギー量が減少することが考えられる。

### (2) 高強度鋼の普及によるエネルギー使用量削減効果

当該年度における高強度鋼生産量に対して、当該年度の高強度鋼をすべて従来型普通鋼で賄うと仮定すると、鋼材使用量は増加する。このエネルギー消費量は、高強度鋼の普及によって鋼材が節減され、従来型普通鋼と高強度鋼の製造エネルギーの差分に高強度鋼の生産量を乗じた分だけエネルギー消費量が削減されたと考えられる。従ってこのエネルギー消費量を高強度鋼普及による省エネルギー量として算出する。以下に算出式を示す。

#### エネルギー削減量

$$\begin{aligned} &= \{ \text{国内高強度 H 形鋼の生産量(490N)} \times \text{従来型 H 形鋼(400N)から高強度鋼(490N)} \\ &\quad \text{へ移行することによる鋼材節減率} \\ &\quad \text{(鋼材節減率}^{10} : 325 / 235 - 1 = 0.383) \\ &+ \text{国内高強度 H 形鋼の生産量(590N)} \times \text{従来型 H 形鋼(400N)から高強度鋼(590N)} \\ &\quad \text{(TMCP 鋼)へ移行することによる鋼材節減率} \} \\ &\times \text{従来型 H 形鋼(400N)の製造エネルギー原単位} \end{aligned}$$

<sup>9</sup> SN 規格材を含めた 400N 級鋼をさす。

<sup>10</sup> H 形鋼における応力と鋼材使用量の関係は、 $\sigma = F/A$  ( $\sigma$ : 応力、F: 外力、A: 断面積) で表される。したがって、強度の増加率 = 鋼材節減率 (同等の強度を保持して 400N を使用したときの鋼材使用量と高強度鋼使用量の差) となる。構造物の設計基準は降伏点で規定されるためそれぞれの抗張力グレード降伏点の下限値 (400N: 235N/mm<sup>2</sup>、490N: 325N/mm<sup>2</sup>、590N: 440N/mm<sup>2</sup> (以上、JIS 規格、鋼材倶楽部規格)) により試算した。

1.3 高強度 H 形鋼普及による省エネルギー量

1.2 (2) に示した計算方法に従い、高強度 H 形鋼普及による省エネルギー効果を算定した結果を表 1.4 に示す。ポテンシャルにおける H 形鋼生産量は 2010 年のそれと同じとし、高強度鋼生産量については、2010 年の H 形鋼に占める高強度鋼生産量比率からさらに 2.0%増加すると仮定した。

表 1.4 高強度 H 形鋼普及による省エネルギー効果

		1990	1995	2000	2005	2010	ポテンシャル
H形鋼合計[1000ton/年]		6,300	6,500	5,600	5,400	5,900	5,900
H形鋼合計に占める高強度鋼の割合[%]		26.6%	27.7%	27.3%	29.3%	31.3%	33.3%
高強度鋼合計 [1000ton/年]		1,676	1,801	1,529	1,582	1,847	1,965
抗張力グレード別比率[%]	490N	100%	99%	98%	97%	95%	90%
	590N	0%	1%	2%	3%	5%	10%
抗張力グレード別生産量[1000ton/年]	490N	1,676	1,782	1,498	1,535	1,754	1,768
	590N	0	18	31	47	92	196
鋼材節減率	(400N 490N)	0.383	0.383	0.383	0.383	0.383	0.383
	(400N 590N)	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872
鋼材節減量 [1000ton/年]	(400N 490N)	642	683	574	588	672	677
	(400N 590N)	0	16	27	41	81	171
従来鋼(400N)製造エネルギー原単位 <sup>(注1)</sup> [MJ/kg]		23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62
高強度鋼普及による省エネルギー量	単年[千TJ/年]	15.16	16.50	14.18	14.86	17.77	20.04
	[原油換算万KJ]	41.21	44.84	38.56	40.40	48.31	54.49
	[万ton-CO <sub>2</sub> ]	125.5	135.2	116.1	122.9	148.7	167.7
	CO <sub>2</sub> 排出係数 <sup>(注2)</sup> (鉄鋼業) [ton-CO <sub>2</sub> /TJ]	82.76	81.99	81.84	82.73	83.66	83.66

(注1) (社)日本鉄鋼連盟調べによる値

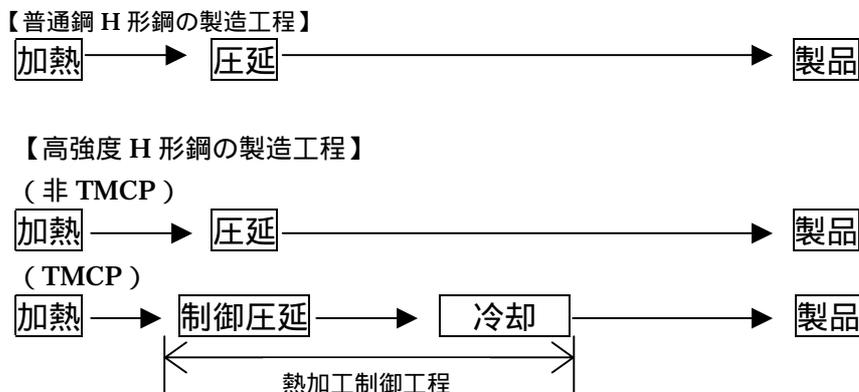
(注2) CO<sub>2</sub> 排出係数は、当該年度の鉄鋼業界エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量((社)日本鉄鋼連盟調べ)から試算した値。ポテンシャルの推計における CO<sub>2</sub> 排出係数は、2010 年の値とした。

1.4 高強度 H 形鋼の普及による鋼材製造段階のエネルギー使用量

(1) H 形鋼の高強度化に伴うエネルギー消費量の増加

高強度 H 形鋼の製造工程においては、製鋼段階で目標仕様に適合した厳密な成分調整を行うとともに、圧延段階では加熱・圧延・冷却の各工程における温度、圧下、冷却等をコンピューターにより制御し、結晶粒の粒径・組織・析出物の最適化を図る熱加工制御法を用い製造する(図 1.3)。

図 1.3 普通鋼 H 形鋼と高強度 (TMCP) 鋼の製造工程の相違



(出所)(社)日本鉄鋼連盟、「LCA 的視点からみた鉄鋼製品利用のエネルギー評価調査」

従って、高強度鋼の製造エネルギーは、熱加工制御工程においてエネルギー使用量が増加する分、従来型普通鋼と比較し増加する。表 1.5 に、400N 級従来鋼、490N、590N 級高張力鋼の製造段階のエネルギー原単位を示す。

表 1.5 従来鋼、および高強度鋼の製造エネルギー原単位

	エネルギー使用量	差異
	MJ/kg	MJ/kg
従来普通鋼 (400N)	23.62	-
高強度鋼 (490N)	23.72	0.11
高強度鋼 (590N)	23.98	0.36

(注) 400N、および 590N は、(社)日本鉄鋼連盟調べによる値。490N は(社)日本鉄鋼連盟へのヒアリング等により(財)日本エネルギー経済研究所が推定した値

(2) 高強度鋼普及による製造工程エネルギー使用量の評価法

当該年度における高強度 H 形鋼<sup>11</sup>生産量に対する製造エネルギー投入量と、当該年度における高強度 H 形鋼生産量がすべて従来型の H 形鋼<sup>12</sup>であると仮定した場合の製造エネルギー投入量の差分を高強度鋼生産によるエネルギー消費量の増加分として算出する。以下に算出式を示す。

生産段階増エネルギー量

- = 国内高強度 H 形鋼 (490N) の生産量
- × 従来型 H 形鋼 (400N) から高強度鋼 (490N) へ移行することによるエネルギー使用量増加原単位<sup>13</sup>
- + 国内高強度 H 形鋼の生産量 (590N)
- × 従来型 H 形鋼 (400N) から高強度鋼 (590N) (TMCP 鋼) へ移行することによるエネルギー使用量増加原単位

<sup>11</sup> 抗張力グレードが 400N を超える鋼材を指す。 現在流通しているものの代表として 490N 級、590N 級を対象としている。

<sup>12</sup> 抗張力グレードが 400N の従来型普通鋼を使用した H 形鋼。

<sup>13</sup> (社)日本鉄鋼連盟へのヒアリング等により(財)日本エネルギー経済研究所が推計した。

(3) 高強度鋼普及による製造工程のエネルギー使用量

前項に示した計算方法に従い、従来型 H 形鋼と高強度 H 形鋼それぞれの製造段階エネルギー使用量の差分を算定した結果を、表 1.6 に示す。

表 1.6 高強度 H 形鋼普及による製造エネルギーの増加

		1990	1995	2000	2005	2010	ポテンシャル
高強度鋼合計 [1000ton/年]		1,676	1,801	1,529	1,582	1,847	1,965
抗張力グレード別 比率[%]	490N	100%	99%	98%	97%	95%	90%
	590N	0%	1%	2%	3%	5%	10%
抗張力グレード別生産 量[1000ton/年]	490N	1,676	1,782	1,498	1,535	1,754	1,768
	590N	0	18	31	47	92	196
製造段階エネルギー消費 原単位の増加量 [MJ/kg]	400N 490N	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	400N 590N	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
高強度化による製造段 階のエネルギー消費 の増加量[TJ/年]	400N 490N	184	196	165	169	193	194
	400N 590N	0	6.48	11.01	17.09	33.24	70.73
高強度化による 増エネルギー効果	エネ増加量 [TJ/年]	184.3	202.6	175.8	185.9	226.2	265.2
	エネ増加量 [原油換算万kl]	0.50	0.55	0.48	0.51	0.61	0.72
	エネ増加量 [万ton-CO <sub>2</sub> ]	1.53	1.66	1.44	1.54	1.89	2.22
	CO <sub>2</sub> 排出係数 <sup>(注)</sup> (鉄鋼業) [ton-CO <sub>2</sub> /TJ]	82.76	81.99	81.84	82.73	83.66	83.66

(注) CO<sub>2</sub> 排出係数は、当該年の鉄鋼業界エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量((社)日本鉄鋼連盟調べ)から試算した値。ポテンシャルの推計における CO<sub>2</sub> 排出係数は、2010 年の値とした。

1.5 まとめ

(1) 高強度 H 形鋼の普及によるエネルギー消費増減の総括

H 形鋼の高強度化によってもたらされるエネルギー消費増減についての総括を、表 1.7 に示す。

高強度 H 形鋼が普及することによる鋼材節減による省エネルギー効果と高強度鋼の製造によるエネルギー使用量増加効果の差分を、省エネルギー効果として下式により評価する。

$$\begin{aligned} & \text{省エネルギー量 (総合評価)} \\ & = \text{鋼材節減による省エネルギー効果} \\ & \quad - \text{高強度鋼製造によるエネルギー消費増加量} \end{aligned}$$

2000 年における全体的な省エネルギー効果は 14.01 千 TJ (原油換算 38.08 万 kl、炭素換算 114.63 万 ton CO<sub>2</sub>) となる。また、ポテンシャルケースにおける全体的な省エネルギー効果は、19.78 千 TJ (原油換算 53.77 万 kl、炭素換算 165.46 万 ton CO<sub>2</sub>) である (表 1.7)。

表 1.7 ビル鉄骨用 H 形鋼への高張力鋼適用によるエネルギー消費増減のまとめ

		1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	ポテンシャル
高強度鋼合計[1000ton/年]		1,676	1,801	1,529	1,582	1,847	1,965
抗張力グレード別生産量[1000ton/年]	490N	1,676	1,782	1,498	1,535	1,754	1,768
	590N	0	18	31	47	92	196
省エネ量[千TJ]	燃料削減効果	15.16	16.50	14.18	14.86	17.77	20.04
エネ増加量[千TJ]	高機能化効果	0.18	0.20	0.18	0.19	0.23	0.27
<b>エネ増減量総計[千TJ]</b>		<b>14.97</b>	<b>16.29</b>	<b>14.01</b>	<b>14.67</b>	<b>17.55</b>	<b>19.78</b>
省エネ量 [原油換算万kl]	燃料削減効果	41.21	44.84	38.56	40.40	48.31	54.49
エネ増加量 [原油換算万kl]	高機能化効果	0.50	0.55	0.48	0.51	0.61	0.72
<b>エネ増減量総計[原油換算万kl]</b>		<b>40.71</b>	<b>44.29</b>	<b>38.08</b>	<b>39.89</b>	<b>47.70</b>	<b>53.77</b>
省エネ量 [万ton-CO <sub>2</sub> ]	燃料削減効果	125.46	135.25	116.07	122.94	148.68	167.68
エネ増加量 [万ton-CO <sub>2</sub> ]	高機能化効果	1.53	1.66	1.44	1.54	1.89	2.22
<b>エネ増減量総計[万ton-CO<sub>2</sub>]</b>		<b>123.93</b>	<b>133.58</b>	<b>114.63</b>	<b>121.40</b>	<b>146.79</b>	<b>165.46</b>

(参考文献)

- 1) 日本経済研究センター、第28回日本経済中期予測(予測期間2001-2010年度) 経済再生への道筋 - 民間主導の持続的成長を目指して、平成13年
- 2) 通商産業省 資源エネルギー庁、社団法人 日本鉄鋼連盟、平成8年度新エネルギー等導入促進基礎調査 LCA的視点からみた鉄鋼製品利用のエネルギー評価調査、平成9年3月
- 3) 社団法人 鋼材倶楽部、鉄鋼製品普及委員会、第2版・建設用鉄鋼製品の知識 - 基礎知識と製品紹介 -、平成6年10月
- 4) 鉄鋼統計専門委員会、鉄鋼統計要覧2001(1990)、平成13年(平成元年)

お問い合わせ : [ieej-info@tky.ieej.or.jp](mailto:ieej-info@tky.ieej.or.jp)