

中国の鉄鋼産業におけるCO₂削減可能性 に関する研究

三浦 直樹¹・東 修²・白川 博章³・
井村 秀文⁴・大西 暁生⁵・平野 勇二郎⁶

¹非会員 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

E-mail:nmiura@urban.env.nagoya-u.ac.jp

²正会員 博士(環境) 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻
³正会員 博士(学術) 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻
⁴正会員 工学博士 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻
⁵正会員 博士(工学) 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻
⁶正会員 博士(工学) 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻

近年、地球温暖化の寄与が大きい鉄鋼業で中国が、急激に伸びている。その上、中国鉄鋼業は、電気炉の普及率及びエネルギー効率が低く、CO₂排出量の削減対策が十分とはいえない。そこで、中国のCO₂排出量の削減対策として、中国の電気炉の普及を提案し、現状の中国の鉄鋼産業と比較し、中国の電気炉の普及による中国鉄鋼産業のCO₂排出量削減の可能性を評価することを本研究の目的とした。本研究では、鉄スクラップの将来動向を予測した上で、電気炉の普及率をケース分けし、比較した。その結果、約4~6%の削減が可能であることがわかった。

Key Words : iron and steel, electric furnace, iron clipping, future prediction, carbon dioxide emission

1. 研究の背景および目的

近年の中国は、急激な経済成長、設備投資の活発化に伴い、鉄鋼生産量が急増している。1990年に6,535万tであった中国の粗鋼生産量は、1996年に10,123万tとなり、世界最大の粗鋼生産国となった。21世紀に入ってから粗鋼生産量の増加は著しく、鉄鋼統計要覧¹⁾によると、2006年には約42,266万tに達した。これは、世界の粗鋼生産量の124,437万tの33.9%にあたる(図-1参照)。

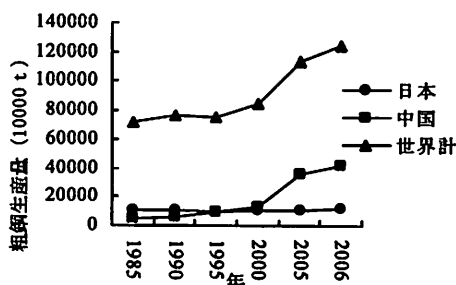


図-1 世界の粗鋼生産量

Kim and Worrell(2006)²⁾によると、鉄鋼業は、世界で排出されている二酸化炭素排出量の約7%を占めており、大きなCO₂排出源となっている。このため、中国の鉄鋼産業におけるCO₂排出削減対策は、世界的にみて非常に重要であるといえる。

なお、IEA(International Energy Agency)³⁾によると、中国全体のCO₂排出量は、2005年において6億tを超えており、特に2000年からの伸びが著しい(図-2参照)。図より、中国の鉄鋼業は、CO₂排出量の伸びに大きく寄与していることが考えられる。

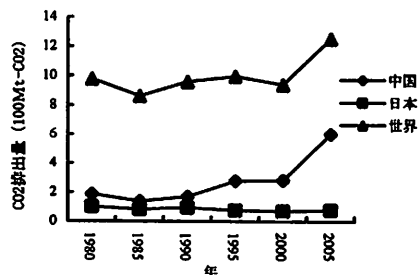


図-2 世界のCO₂排出量

現在、中国の鉄鋼産業は、中小の鉄鋼企業がその大部

分を占めるため、生産に費やすエネルギー効率が低く、さらに廃棄ガス・廃水等の処理率が低いことから周辺への環境負荷も大きい。また、既に、電気炉の粗鋼生産シェアの拡大がCO₂排出量の削減に寄与することが明らかにされているが、中国では鉄スクラップの貯蓄不足等といった原因から電気炉の稼働は、転炉に比べて低く、その上、日本に比べ電気炉での銑鉄の使用量が非常に大きい。このため、製造技術の改善も求められる。日本の電気炉と鉄スクラップ消費原単位で比較すると、2005年の中国の0.65t/粗鋼Mtに対して、日本は1.03t/粗鋼Mtとなっている。

以上のことから、中国の鉄鋼産業における二酸化炭素排出量を削減するには、電気炉の普及や製造技術の改善を図ることで可能であると考えられる。これらの指摘を川端(2006)⁹や柏木(2007)⁹などが行っているが、非効率な産業構造の改善や電気炉の普及により削減できるCO₂排出量の定量的評価を行っていない。

そこで本研究では、中国における今後の鉄スクラップの需要構造を予測した上で、中国の電気炉の普及率のケーススタディを行い、ケース毎に現在の普及率と比較し、CO₂排出量削減の可能性を評価した。

2 中国の鉄鋼需給の将来動向

中国の見かけ粗鋼消費量は、2000年で13,808万t、2006年には38,302万tと非常に伸びており、将来の鉄スクラップ発生量を算出するためには、粗鋼全体と部門別の需給の動向の予測を行う必要がある。本研究では、粗鋼消費量の多い建築部門、自動車部門、機械部門に分けて推測した。

表-1 GDPシナリオの一覧と予測値

単位: 100MUS\$						
SourceID	2000	2010	2020	2030	2040	2050
RICE/EMF14	7291	12323	19493	29355	40981	58325
ICAM2/EMF14	7475	10661	14705	20832	30636	41664
ICAM2/EMF14	7598	10784	14705	22058	30636	42890
RICE99	9178	13541	18626	24582	31567	39728
AIM/EMF16	10175	17836	22227	27556	34016	41832
MINICAM/EMF	11940	19978	31096	46687	68259	95814
SGM97	12798	26413	46493	74886	111746	170812
WorldScan/EMF	20881	29459	41566	60769	84591	109737
WorldScan/EMF	22952	38552	64788	106857	153092	201937
MIT/EMF14	23940	37088	48525	62056	81197	101935
AIM/EMF14	24062	35236	48500	65880	90489	124290
AIM97	24092	35268	48600	66013	90669	124540
MERGE/EMF14	24312	33858	47889	67300	92189	129307
PEF/EMF14	24928	38160	56914	82702	117080	161474
MARIA/EMF14	27448	38907	54767	78051	110453	156941
SGM99	49822	102826	180981	291518	435028	664988

(1) シナリオの設定

本研究で行う将来推計では、IPCCで公表されている

るGDPの将来予測値⁹を用いる。推計で用いたシナリオ、予測チーム、GDP予測値を表-1で示す。

本稿では、2010年の中央値にあたるチームSGM97のシナリオを主に示す。2010年の最大値はSGM99、最小値はICAM2/EMF14である。以下、表-1に示すチーム名をシナリオ名として使用する。

(2) 粗鋼消費量の将来予測

奥野(2006)⁹を参考に、最小二乗法を用いて、GDPと中国鉄鋼統計⁹に記載されている粗鋼消費量との相関を求め、上記で示したGDPシナリオで消費量を推計した。部門別の将来推計は、輸出入を考慮せず、建築部門は完成床面積、自動車部門は生産台数、機械部門は生産額とGDPとの相関を求め、上記のIPCCシナリオで推計し、原単位を用いて消費量を推計した。

$$y = 2.7965 \ln(x) - 24.615 \quad (1)$$

ここでは、yは粗鋼消費量、xはGDPを表している。回帰分析の結果、決定係数は0.9856であった。

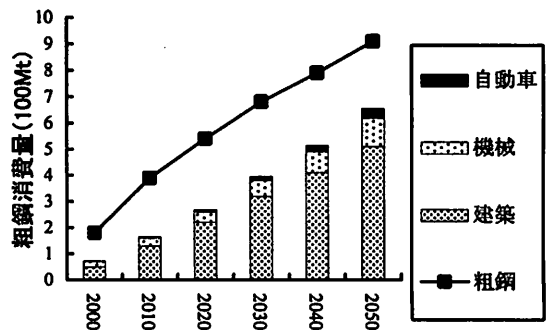


図-3 シナリオSGM97での粗鋼消費量の内訳

表-2 シナリオ別粗鋼消費量の将来推計結果

単位: 100Mt						
シナリオ	2010	2020	2030	2040	2050	
RICE/EMF14	1.7	3.0	4.2	5.1	6.1	
ICAM2/EMF14	1.3	2.2	3.2	4.3	5.1	
ICAM2/EMF14	1.4	2.2	3.4	4.3	5.2	
RICE99	2.0	2.9	3.7	4.4	5.0	
AIM/EMF16	2.8	3.4	4.0	4.6	5.1	
MINICAM/EMF	3.1	4.3	5.5	6.5	7.5	
SGM97	3.9	5.4	6.8	7.9	9.1	
WorldScan/EMF	4.2	5.1	6.2	7.1	7.8	
WorldScan/EMF	4.9	6.4	7.8	8.8	9.5	
MIT/EMF14	4.8	5.6	6.2	7.0	7.6	
AIM/EMF14	4.7	5.6	6.4	7.3	8.2	
AIM97	4.7	5.6	6.4	7.3	8.2	
MERGE/EMF14	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	
PEF/EMF14	4.9	6.0	7.0	8.0	8.9	
MARIA/EMF14	4.9	5.9	6.9	7.9	8.8	
SGM99	7.7	9.2	10.6	11.7	12.9	

シナリオSGM97では、2030年に一人当たりGDPが5000ドル/人に増加しており、粗鋼消費量は2010年には約3.5億t、

2030年には約6億となった。これらの結果は、奥野(2006)とほぼ同様の値を示した。図-3にシナリオSGM97での鉄鋼消費量の内訳、表-2にシナリオ別での鉄鋼消費量の将来推計結果を示す。

(3) 粗鋼生産量の将来予測

中国鋼鉄工業協会⁹⁾が、2010年の製鋼設備見通しを予測しており、44,500万tの増加を見込んでいる。粗鋼消費量の推計と同様に、GDPと中国鋼鉄統計に記載されている粗鋼生産量と粗鋼消費量及びGDPとの相関を求め、GDPシナリオを用いて粗鋼生産の推計を行った。その結果、シナリオSGM97では、生産量が2010年には約4億t、2030年には約7億tとなり、中国鋼鉄工業協会が示した値とほぼ同様の結果が得られた。シナリオ毎の粗鋼生産量の結果は、表-3に示す。

表-3 中国における粗鋼生産量の将来予測

		単位: 100Mt				
シナリオ	年	2010	2020	2030	2040	2050
RICE/EMF14		1.6	3.0	4.2	5.1	6.2
ICAM2/EMF14		1.2	2.1	3.2	4.3	5.2
ICAM2/EMF14		1.2	2.1	3.3	4.3	5.3
RICE99		1.9	2.8	3.6	4.4	5.0
AIM/EMF16		2.7	3.3	4.0	4.6	5.2
MINICAM/EMF		3.0	4.3	5.5	6.6	7.6
SGM97		3.8	5.5	6.9	8.1	9.3
WorldScan/EMF		4.2	5.2	6.3	7.2	8.0
WorldScan/EMF		4.9	6.5	7.9	9.0	9.8
MIT/EMF14		4.8	5.6	6.3	7.1	7.8
AIM/EMF14		4.7	5.6	6.5	7.4	8.4
AIM97		4.7	5.6	6.5	7.4	8.4
MERGE/EMF14		4.6	5.6	6.6	7.5	8.5
PEF/EMF14		4.9	6.1	7.2	8.2	9.1
MARIA/EMF14		5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
SGM99		7.8	9.5	10.8	12.0	13.3

2. 中国における鉄スクラップの将来動向

中国の鉄鋼産業は、電気炉が殆ど普及しておらず、転炉に依存しているのが現状である。電気炉が普及しない原因の一つとして、鉄スクラップの供給不足が挙げられる。中国の鉄スクラップ消費量は、中国鋼鉄統計によると2000年に2,481万t、2006年には5,204万tとなっており、輸入量は、2000年に978万t、2006年には1,013万tである。そこで、今後の動向を把握するため、鉄スクラップ需要量の将来予測を行った。また、鉄スクラップ発生量に係るデータが入手困難であったため、自家発生スクラップ、市中スクラップの発生量から推計し、将来予測を行った。

(1) 鉄スクラップ需要の将来推計

鉄スクラップ需要の将来推計は、鉄スクラップ消費量原単位を先に推計した粗鋼生産量に乗じることで求める

方法を行った。鉄スクラップ消費量原単位は、日本鉄源年報¹⁰⁾に中国の転炉及び電気炉の原単位が掲載されている。なお、2005年の原単位が今後も一定と仮定した。

表-4 シナリオ別鉄スクラップ需要

		単位: 100Mt					
シナリオ	年	2000	2010	2020	2030	2040	2050
RICE/EMF14		0.017	0.296	0.540	0.758	0.935	1.123
ICAM2/EMF14		0.031	0.219	0.390	0.576	0.781	0.944
ICAM2/EMF14		0.039	0.225	0.390	0.606	0.781	0.959
RICE99		0.140	0.347	0.516	0.664	0.796	0.919
AIM/EMF16		0.195	0.493	0.610	0.724	0.836	0.946
MINICAM/EMF		0.280	0.553	0.788	1.005	1.206	1.387
SGM97		0.317	0.702	1.002	1.256	1.469	1.694
WorldScan/EMF		0.577	0.760	0.943	1.145	1.321	1.459
WorldScan/EMF		0.627	0.903	1.179	1.445	1.636	1.783
MIT/EMF14		0.649	0.882	1.025	1.156	1.299	1.420
AIM/EMF14		0.652	0.855	1.025	1.188	1.356	1.525
AIM97		0.653	0.855	1.026	1.189	1.357	1.526
MERGE/EMF14		0.658	0.834	1.018	1.199	1.366	1.546
PEF/EMF14		0.671	0.897	1.110	1.309	1.493	1.664
MARIA/EMF14		0.722	0.908	1.089	1.278	1.462	1.649
SGM99		1.039	1.424	1.725	1.978	2.191	2.417

その結果、シナリオSGM97では、2010年には約7,000万t、2030年には約12,000万tに及ぶ計算となった。シナリオ別での結果は、表-4に示す。

(2) 鉄スクラップ発生量の推計

鉄スクラップの供給源としては、鉄鋼メーカーで発生する自家発生スクラップと国内で回収される市中スクラップがある。さらに市中スクラップには、加工スクラップと老廃スクラップに分けられる。ここでは、それぞれの推計式を作成し、鉄スクラップの発生量を算出した。

a) 自家発生スクラップ

自家発生スクラップは、玉城(2006)¹¹⁾を参考に、まず日本の連続铸造比率と自家発生スクラップ発生率との相関を最小二乗法により求めた。そして、求めた相関式と中国の連続铸造比率を用いて、自家発生スクラップ発生率を求め、粗鋼生産に乗じて推計した。

$$y = 0.1724x^2 - 0.2949x + 0.24723 \quad (2)$$

ここでは、yは自家発生スクラップ発生率、xは連続铸造化率を表す。回帰分析を行った結果、決定係数は、0.8453であった。

2005年の日本の自家発生スクラップ発生率は、約13%であるのに対して、中国の自家発生スクラップ発生率は、約12.2%で、発生量が約4,290万tとなった。また、2005年の自家発生スクラップ発生率が一定と仮定し、先ほど推計した粗鋼生産に乗じることで将来推計を行った。

シナリオSGM97では、2010年に約4,730万t、2030年には

約8,460万に及ぶ推計結果となった。

b) 市中スクラップ

市中スクラップは、加工スクラップと老廃スクラップに分けられ、それぞれ全体と発生部門別に推計した。

加工スクラップは、日本鉄源協会に記載されている鉄スクラップの部門別発生率が中国と一致すると仮定し、推計した部門別鋼材消費量に乗じて求めた。

シナリオSGM97での中国の加工スクラップ発生量は、2010年で約1,392万t、2030年には約2,445万tという結果になった。

次に老廃スクラップは、部門別に推計を行った。推計は、機械部門は耐用年数方式、自動車部門、建築部門はストック方式で行った。

その結果、シナリオSGM97では、2010年において自動車部門で約262万t、建築部門で約9,400万t、機械部門で約1,760万t、2030年に自動車部門は約1,600万t、建築部門で約36,400万t、機械部門で約3,300万tとなった。

図4を見ると、シナリオSGM97では、推計した鉄スクラップ需要に対して、加工スクラップと自家発生スクラップだけでは供給不足になってしまう。しかし、老廃スクラップを供給することで充たすことが出来ると考えられる。

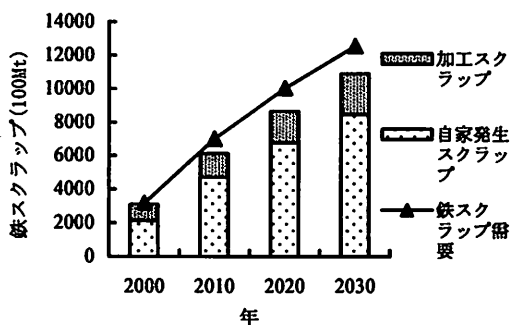


図4 シナリオSGM97の鉄スクラップ動向

3. 中国鉄鋼産業におけるCO₂削減の評価

中国の鉄鋼産業は、転炉中心で生産しており、転炉と電気炉の比率が約9:1であるのが現状である。そのため、IEA(International Energy Agency)によると、中国のCO₂排出量は、2005年には約60,266万tにも及んでいる。一方で、日本の鉄鋼産業の場合、転炉の比率は約75%、CO₂排出量が約7,600万tとなっている。1t当たりのCO₂排出量で比較してみると、中国は1.73CO₂tとなり、日本は0.68CO₂tと大きな開きが見られる。これは、日本との中国の電気炉が占める割合が要因の一つと考え、中国に

電気炉を普及させることによるCO₂削減可能性を評価した。

(1) 鉄鋼産業におけるCO₂排出の現状と今後

中国のCO₂排出量は、現在、約60,000万tに及んでいるが、内訳が明確になっていない。そこで、日本のCO₂排出量原単位を用いて、中国のCO₂排出の内訳を推計した国立環境研究所¹²⁾によると、日本のCO₂排出量原単位は、転炉が1.78CO₂t、電気炉が0.811CO₂tである。中国の連続铸造化率は、日本の連続铸造化率と非常に近いことから、中国の転炉のCO₂排出に関する技術は、日本と同程度と仮定した。中国の電気炉のCO₂排出量原単位は、2005年の総CO₂排出量から日本の転炉のCO₂排出量原単位を乗じた転炉のCO₂排出量を差し引くことで求めた。

$$Be = \frac{(Tco_2 - Bc \times Pc)}{Pe} \quad (3)$$

Be: b電気炉CO₂排出量原単位 (CO₂t) , Tco₂: 総CO₂排出量 (億t) , Bc: 転炉CO₂排出量原単位 (CO₂t) , Pc: 転炉鉄鋼生産量 (億t) , Pe: 電気炉鉄鋼生産量 (億t)

結果、中国の転炉のCO₂排出量原単位は、1.07CO₂tとなった。なお、中国のCO₂排出量原単位は、2005年が一定と仮定する。

中国の転炉及び電気炉のCO₂排出量原単位を求めたところで、式(4)を用いて、CO₂排出量の将来推計を行った。上記でも述べたが、現状の中国の鉄鋼生産は、転炉の比率が約9割、電気炉が約1割である。2030年まで現状の稼働状況で鉄鋼生産を行うと仮定した。

$$\begin{aligned} ECO_2 &= TP \times ER \times Be \\ CCO_2 &= TP \times CR \times Bc \end{aligned} \quad (4)$$

ECO₂: 中国電気炉のCO₂排出量, TP: 総粗鋼生産量, ER: 中国電気炉の粗鋼生産比率, Be: 中国電気炉のCO₂排出量原単位, CCO₂: 中国転炉のCO₂排出量, CR: 中国転炉の生産比率, Bc: 中国転炉のCO₂排出量原単位

その結果、シナリオSGM97では、2010年には約65,500万t、2030年には約117,200万tに及ぶ算出となった。また2030年の電気炉からの排出量は約8,100万tとなり、転炉からの排出量は約109,100万tとなった。シナリオ別CO₂排出量の推計結果は表-5、シナリオSGM97の内訳結果は表-6に示す。

表6 シナリオ別CO₂排出量

		単位: 100Mt-CO ₂					
シナリオ	年	2000	2010	2020	2030	2040	2050
RICE/EMF14		0.16	2.77	5.04	7.07	8.73	10.48
ICAM2/EMF14		0.29	2.05	3.64	5.37	7.28	8.81
ICAM2/EMF14		0.37	2.10	3.64	5.65	7.28	8.95
RICE99		1.30	3.23	4.81	6.19	7.43	8.57
AIM/EMF16		1.82	4.60	5.69	6.76	7.80	8.83
MINICAM/EMF1		2.61	5.16	7.36	9.37	11.26	12.94
SGM97		2.95	6.55	9.35	11.72	13.70	15.81
WorldScan/EMF1		5.38	7.09	8.80	10.68	12.32	13.61
WorldScan/EMF1		5.85	8.42	11.00	13.48	15.26	16.64
MIT/EMF14		6.06	8.23	9.56	10.78	12.12	13.25
AIM/EMF14		6.09	7.98	9.56	11.08	12.66	14.23
AIM97		6.09	7.98	9.57	11.09	12.67	14.24
MERGE/EMF14		6.14	7.78	9.50	11.19	12.75	14.43
PEF/EMF14		6.26	8.37	10.36	12.21	13.93	15.53
MARIA/EMF14		6.74	8.47	10.16	11.92	13.64	15.39
SGM99		9.70	13.29	16.09	18.46	20.44	22.55

表6 シナリオSGM97におけるCO₂排出量の内訳

		単位: 100Mt-CO ₂					
年		2000	2010	2020	2030	2040	2050
全体		2.95	6.55	9.35	11.72	13.70	15.81
高炉		2.75	6.10	8.71	10.91	12.76	14.72
電炉		0.20	0.45	0.65	0.81	0.95	1.09

(2) 電炉普及による効果

中国の鉄鋼生産の約9割を転炉で稼働している現状では、先に推計した様に2030年には、シナリオSGM97ではCO₂排出量が約117,200万tに及んでしまう。そこで、電炉を普及させることによるCO₂排出量の削減を評価した。

先に推計した現状での中国のCO₂排出量をケース1とし、その他に2つのケースを設定し、ケース1との比較を行った。ケース2は、日本の稼働状況（転炉の比率が約74%）を当てはめた場合である。これは、鉄鋼生産の約74%を転炉で生産している日本は、中国よりも1t当たりのCO₂排出量が50%以上少ないためである。また、中国の転炉の割合が、約80%の場合をケース3とし、式(4)を推計式とした。

ケース1との比較の結果は、表-7、表-8に示す。2030年のケース1と2を比較すると、粗鋼生産で約10,000t、CO₂排出量で約7,400万tの変化が生じる。ケース2の場合、約6%の削減可能な算出結果となった。

表-7 ケース1とケース2の比較

		単位: 100Mt			単位: 100Mt-CO ₂		
		鉄鋼生産		全体	CO ₂ 排出量		
		転炉	電炉		転炉	電炉	
ケース1		6.13	0.76	11.72	10.91	0.81	
ケース2		5.08	1.80	10.97	9.05	1.92	
変化量		-1.04	1.04	-0.74	-1.86	1.12	
変化率		-0.17	1.38	-0.06	-0.17	1.38	

2030年のケース1と3を比較すると、粗鋼生産で約6,200

万t、CO₂排出量で約4,400万tの変化が生じる。ケース3では、約4%の削減可能な算出結果となった。

表-8 ケース1とケース3の比較

		単位: 100Mt		単位: 100Mt-CO ₂		
		鉄鋼生産		全体	CO ₂ 排出量	
		転炉	電炉		転炉	電炉
ケース1		6.13	0.76	11.72	10.91	0.81
ケース3		5.51	1.38	11.28	9.80	1.47
変化量		-0.62	0.62	-0.44	-1.10	0.66
変化率		-0.10	0.82	-0.04	-0.10	0.82

(3) 日本の技術導入による効果

次に中国の鉄鋼産業における電炉の普及だけでなく、日本の排出量削減の技術を導入することによる削減可能性を評価した。中国の電炉では、製鉄する際に、鉄スクラップ不足のために銑鉄を投入している。これもCO₂排出量を増加させる要因の一つと考えられる。そこで製鉄時に銑鉄ではなく鉄スクラップを投入し、その上日本の排出技術を中国の電炉に導入したと仮定し、上記のケース2とケース3で同様に比較した。式(4)のBE、BCを日本の転炉及び電炉のCO₂排出量原単位を中国の転炉及び電炉のCO₂排出量原単位に置き換え、1.78CO₂t/t及び0.811CO₂t/t。

表-9 ケース1とケース2の比較

		単位: 100Mt		単位: 100Mt-CO ₂		
		鉄鋼生産		全体	CO ₂ 排出量	
		転炉	電炉		転炉	電炉
ケース1		6.13	0.76	11.72	10.91	0.81
ケース2		5.08	1.80	10.51	9.05	1.46
変化量		-1.04	1.04	-1.21	-1.86	0.65
変化率		-0.17	1.38	-0.10	-0.17	0.81

表-10 ケース1とケース3の比較

		単位: 100Mt		単位: 100Mt-CO ₂		
		鉄鋼生産		全体	CO ₂ 排出量	
		転炉	電炉		転炉	電炉
ケース1		6.13	0.76	11.72	10.91	0.81
ケース3		5.51	1.38	10.92	9.80	1.12
変化量		-0.62	0.62	-0.80	-1.10	0.31
変化率		-0.10	0.82	-0.07	-0.10	0.38

ケース1との比較の結果は、表-9、表-10に示す。両ケース共に転炉及び電炉の変化はあるが粗鋼生産の変化はない。2030年のケース1と2を比較した結果、CO₂排出量は約10,000万t減少する。ケース2の場合、約10%の削減可能な算出結果となった。2030年のケース1と3を比較すると、CO₂排出量は約8,000万t減少する。ケース3では、約7%の削減可能な算出結果となった。

日本の技術を導入することで、電炉を普及させた場合よりもケース2では約4,600万t、ケース3では約3,500万tの差が生じる。

3. まとめと今後の課題

本研究で、現在の中国の鉄鋼産業に電気炉を約10-15%の普及させることで、約3.8-6%のCO₂排出量を削減できる結果となった。また、電気炉を普及させた上に日本のCO₂排出量抑制技術を導入することで、さらに約3,500-4,500万tの削減し、約6.8-10%の削減が可能であることを示した。

中国の鉄鋼構造は、鉄源製造地と鋼材消費地が遠く離れた距離で別々に行われている。そのために、遠距離移送を強いられ、エネルギー効率やコスト面に非効率性が見られる。そこで、電気炉の普及だけでなく、輸送航路や産業構造の最適化を図ることで、更なるCO₂排出量の削減が可能であると考えられる。

今後の課題として、鋼需給、鉄スクラップ需給の将来予測の精度を高めることが挙げられる。また、今回の研究では、輸出入や鉄スクラップの市場価格の変動等を考慮に入れていないことから、これらを考慮にいれることが、今後重要になると考えている。

謝辞：なお、本研究は平成20年度地球環境研究総合推進費（課題番号：Hc-086）、「低炭素型都市づくり施策の効果とその評価に関する研究」（代表：井村秀文）、環境省及び平成20年度科学研究費補助金、基盤研究B、研究課題：中国の地域別経済発展と物流が環境に及ぼす影響に関する研究（代表者：井村秀文）によるものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 社会法人日本鉄鋼連盟: 鉄鋼統計要覧 1995-2006, 1995-2006.
- 2) Kim, Y. and E. Worrell: International comparison of CO₂ emissions trends in the world iron and steel, *Energy Policy*, Vol. 30, pp. 827-838, 2002.
- 3) International Energy Agency: CO₂ Emissions From Fuel Combustion 1971-2005, CD-ROM, 2007.
- 4) 柏木 理佳: 中国のエネルギー効率向上に向けた鉄鋼業の構造問題, *日本工業新聞社*, Vol. 40, No. 7, pp. 77-80, 2007.
- 5) 川端 望: グローバリゼーション下における中国鉄鋼業の再編成, *名市大経済 FORUM 中国鉄鋼業の新局面*, 2006
- 6) IPCC: <http://www.ipcc.ch/>
- 7) 奥野 嘉雄: 新日鉄技報第 384 号, 2006, pp.14-19, 2006.
- 8) 国国家统计局: 中国統計年鑑 1995-2007, 中国統計出版社, 1995-2007.
- 9) 中国鋼鐵工業協會: <http://www.chinasteel.org.cn/>.
- 10) 日本鉄源協会: 日本鉄源年報 1990-2008, 1990-2008.
- 11) 玉城 わかな, 五十嵐 佑馬, 藤巻 大輔, 林 誠一, 友田 陽, 松野 泰也, 長坂 徹也: 鉄と鋼, Vol. 92, 2006, pp.40-45, 2006.
- 12) 国立環境研究所: <http://www.nies.go.jp/index-j.html>
- 13) 明石 修, 我部山 彰則, 松岡 謙: 地球環境卒論文集, Vol 16, 2008, pp.165-173, 2008.

A study of CO₂ reduction possibility for iron and steel in China

Naoki MIURA, Osamu HIGASHI, Hiroaki SHIRAKAWA,
Hidehumi IMURA, Akio OHNISHI and Yujirou HIRANO

In recent years, iron and steel in China have been rapidly growing up with economy development. However, the iron and steel industry in China are lack of electric furnaces and efficiency that leads to a remarkably increase of CO₂ emission from iron and steel. It is essential to restrain global warming by reducing CO₂ emissions in China. This study estimated the future demands of iron and steel in China and investigated future trends of CO₂ emission. As a result, this study suggested the widespread uses of electric furnaces. Finally, this study estimated CO₂ reduction possibility of iron and steel in China with the adoption of electric furnaces comparing to the status of iron and steel in China. As a result, this study found that it is possible for iron and steel in China to reduce approximately from 4 to 6 percent.