

平成 21 年 6 月 5 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19560817
 研究課題名（和文） システムダイナミクスを用いた将来の日本およびアジア諸国における鉄源需給解析
 研究課題名（英文） Analysis of demand and supply of steel scraps in Japan and Asian countries in the future based on system dynamics
 研究代表者
 松野 泰也（MATSUNO YASUNARI）
 東京大学・大学院工学系研究科・准教授
 研究者番号：50358032

研究成果の概要： 本研究は、日本、中国、韓国、台湾のアジア諸国を対象とした、システムダイナミクスを用いた、2050年までの鋼材需給に伴うアジア諸国における鉄源の需給とマテリアルフロー評価モデルの開発を行った。各国における将来の鋼材需要量を、ロジスティック曲線を用いて予測した。土木・建築および自動車の鋼材需要予測に関しては、国別地域別に人口密度を考慮することで、鋼材蓄積量の飽和値の地域性の違いを反映させた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・リサイクル工学

キーワード：再資源化、有化物回収、マテリアルフロー、システムダイナミクス

1. 研究開始当初の背景

2005年に世界の粗鋼生産量は11億3千万トンとなった。中でも、日本、中国、韓国、台湾の粗鋼生産量は5億3千万トンであり、世界全体のおよそ47%を占めている。このように、近年経済成長が著しく鉄源需要が急増しているアジア諸国においては、将来どれだけの鋼材需要が見込まれるかを解析し、鋼材の需給バランスに伴う鉄のマテリアルフローを解析するモデルを構築する必要がある。

各国の鋼材需要は、人口増加、経済成長、鋼材の最終製品（自動車、建築物、家電製品など）の需要予測など、様々な因子に影響を受けることが予想され、それらの因子を考慮

したシステムダイナミクスを用いたモデルの開発が必須である。

鉄鋼についての需要量の将来予測に関する研究はいくつかあるものの、需要の将来予測をもとに、将来の老廃スクラップ排出量等マテリアルフローを解析した研究は、ほとんどないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究は、日本、中国、韓国、台湾およびその他のアジア諸国を対象とした、システムダイナミクスを用いた、2100年までの鋼材需給に伴うアジア諸国における鉄源の需給とマテリアルフロー評価モデルを開発する

こと目的にする。

具体的には、各国における現在までの用途別鋼材投入量の推計、将来のスクラップ回収量の推計を行う。そして、

3. 研究の方法

(1) 日本、中国、韓国、台湾の4カ国を対象に、過去各年の用途別鋼材消費量に関するデータ調査、鋼材の最終製品(自動車、建築物、家電製品など)の普及率や寿命分布の調査・推定を行うと共に、使用済み製品からの鉄スクラップ回収率の推定などモデルに必須となるデータの収集および推計を行った。

そして、将来の鋼材投入量(需要量)に関して、回帰分析やロジスティック関数を用い推計を行った。

さらに、ポピュレーションバランスモデルを用いて、過去各年に投入された鋼材の社会での蓄積量と、それらの鋼材がスクラップとして社会に排出される量の解析を行った。中国に関しては、製品の寿命分布に関するデータの入手が困難であることが予想されたのでリーチングモデルを用いて推計を行った。

(2) 上記得られたデータを用い、システムダイナミクスを用いた鉄源の需給とマテリアルフロー評価モデルの開発を行った。

鋼材需要は、人口とGDPの増大に相関が強いと考えられるが、米国など先進国の事例では、GDPがある程度増大した場合に、一人当たりの鋼材消費量は減少することが報告されている。これは、土木・建築物、自動車など、インフラが整備され鋼材が飽和すれば、それ以上、一人当たりの鋼材ストックは伸びないことに起因している。本研究では、建築、土木用鋼材については、以下の式であらわされるロジスティック曲線を用いて各国の将来の鋼材需要量を行った。

$$S_t = \frac{S_{\max}}{1 + \exp(a - bx)}$$

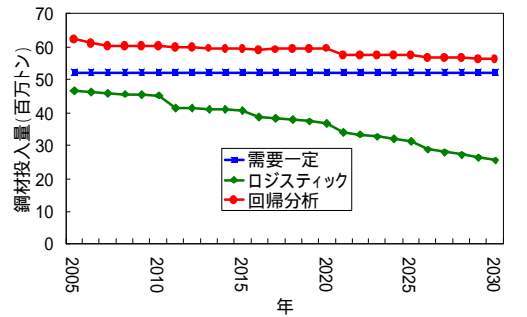
ここで、 S_t は t 年末における用途別の 1 人あたり鋼材蓄積量、 S_{\max} は鋼材が飽和する値、 a 、 b はパラメータ、 x は変数である。そして、 S_{\max} は国ごとにネット人口密度を考慮した値を導出することとした。

自動車用鋼材の将来予測に関しては、蓄積量を、Dargay らの自動車保有台数将来予測モデル 8)を用いて予測した。以下、Dargay らの用いたモデルについて説明する。モデル中では 1 人あたり GDP を変数とする、シグモイド曲線の一つであるゴンベルツ曲線が用いられた。以下の式に示す。

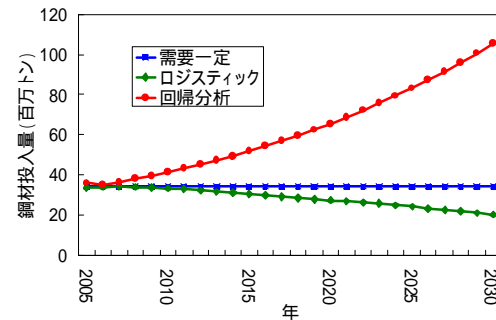
$$V_t^* = S_{\max} \times \exp\left\{\alpha \times \exp\left(\beta \times \frac{GDP_t}{P_t}\right)\right\}$$

ここで V_t^* は t 年末の 1 人あたりの自動車保有台数、 S_{\max} は 1 人あたりの自動車保有台数の飽和値、 GDP_t は t 年の実質 GDP、 P_t は t 年の人口、 α 、 β はパラメータである。

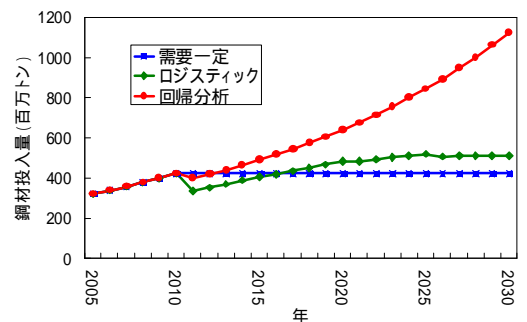
そして、今後の人口および経済成長シナリオにおいて、各国において鋼材ストックがどれだけ増大するかを推計し、その結果得られる鋼材需要量の推計を行った。



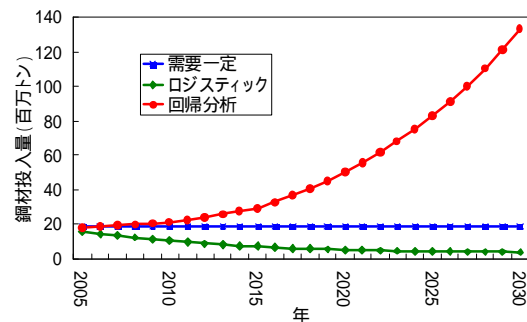
(a)



(b)



(c)



(d)

図1 推計手法の違いによる鋼材投入量 (a)日本、(b)韓国、(c)中国、(d)台湾

4. 研究成果

(1) 現在の日本、中国、韓国、台湾の一人当たり鉄鋼蓄積量は、それぞれ 10t、2.0t、8.0t、12t 程度と推計された。

回帰分析を用いた推計手法の下においては、日本における鋼材投入量がほぼ一定で推移するのに対して、中国、韓国、台湾における鋼材投入量は著しく増加することが推計された。(図 1(a)-(d)) しかしながら、現在各国が持っている高炉の基数と比較しても、著しく増加した中国、韓国、台湾における 2030 年の鋼材投入量は、実現が非常に困難である数値と言える。これまで、マテリアルフロー解析における将来の需要推計には主に回帰分析が用いられてきた。しかしながら、単純に過去の傾向から将来の推移を予測する回帰分析を、近年急速に鋼材投入量を増加させてきた中国、韓国、台湾に適用することは困難であることが示された。従って、ロジスティック曲線を用いて現在までの鉄鋼蓄積量の推移を回帰し、将来の鉄鋼蓄積量を予測する推計手法が妥当であると結論づけられた。

また、国別・地域性の差異を考慮せず、鉄鋼蓄積量の収束値 S_{max} を 14t/人 と設定した場合、ロジスティック曲線を用いて推計した鋼材投入量の下においては、以下のようになった。

日本における老廃スクラップ回収量は、今後緩やかに増加し 2020 年に 3300 万トンを超えた後減少し、2030 年には 3100 万トン程度となることと推計された。韓国における老廃スクラップ回収量は、今後緩やかに増加し、2023 年に 2100 万トン程度となった後減少し、2030 年には 2000 万トン程度となることと推計された。用途別に見ると、日本においては乗用車用途及び建築用途から今後老廃スクラップ回収量が増加することが予測された。これは、全鋼材投入量がほぼ一定で推移する中で、乗用車用途の鋼材投入量が増加していたこと、建築用途として社会に投入された鋼材の平均寿命が非常に長いことが理由として挙げられる。同様に用途別に見ると、韓国においても今後非常に寿命の長い建設用途からの老廃スクラップ回収量が増加し、その増加が全老廃スクラップ回収量の増加のほとんどを占めることがわかった。

台湾における老廃スクラップ回収量は、緩やかに減少し、2030 年には 300 万トン程度となることと推計された。機械用途及びその他用途からの老廃スクラップ回収量は著しく減少し、建設用途及び自動車用途からの老廃スクラップ回収量は増加することがわかった。平均寿命の長い建設用途ほど減少傾向が現れるのが遅く、平均寿命の短い機械用途ほど減少傾向が速く現れた。

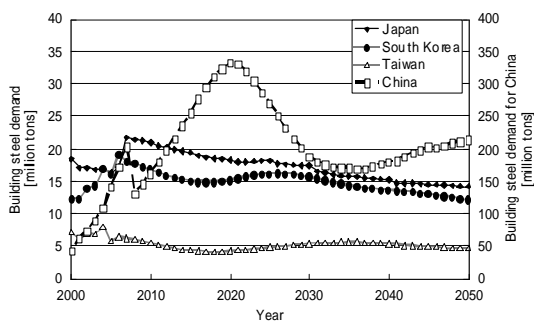
中国においては、老廃スクラップ回収量が

2030 年に 8000 万トンを超えることが推計された。中国についてはリーチングモデルを適用したため、鉄鋼蓄積量の変化がそのまま老廃スクラップ回収量の変化となっている。

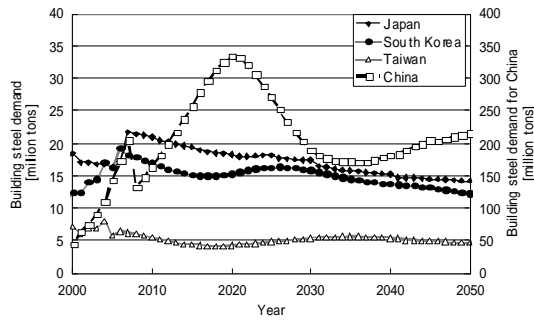
(2) 本研究では、鋼材の将来予測モデルとしては、初めて国別・用途別に 1 人あたりの鋼材蓄積量の飽和値を導入した。国別に飽和値を設定するために、日本の都道府県における 1 人あたり鋼材蓄積量の違いに着目した。地域差を表す指標として、ネット人口密度が利用できると考え、各都道府県の 1 人あたり鋼材蓄積量とネット人口密度の関係を検証した。その結果、1 人あたりの建築用鋼材は、ネット人口密度に関係なく 4-6 t/人の間にあり、また、1 人あたりの土木用鋼材は、ネット人口密度が高い地域ほど低くなることが示唆された。

将来における中国、韓国、台湾の 1 人あたり鋼材蓄積量の飽和値が日本の飽和値と等しいとの仮定のもと、1 人あたり鋼材蓄積量とネット人口密度の関係を用いて、各国の用途別飽和値を設定した。

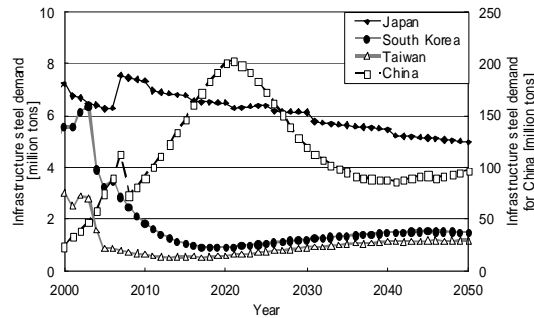
実際に予測モデルを用いて各国における建築、土木、自動車用鋼材の 2050 年までの蓄積量・需要量予測を行った。(図 2) その結果、中国において建築用、土木用鋼材ともに需要量は 2020 年頃にピークをむかえると予測された。量は順に 3.3 億トン、2.0 億トンと予測された。この量はともに 2006 年の需要量の約 2 倍である。2020 年以降は、短期間で急激な成長および、建築、土木用鋼材の長い平均寿命が原因で需要量は急減すると予測された。現在の中国の急速な成長に合わせて生産設備を増強させていけば、需要のピーク後に余剰設備が生じ得ることが示唆された。また、自動車用鋼材については 2050 年まで順調に需要が増加すると予測された。日本、韓国、台湾については、3 用途とも現在すでに 1 人あたり鋼材蓄積量が飽和値に近い状態にあるため、将来、建築用、土木用鋼材需要量は減少傾向を示し、自動車用鋼材需要量はほぼ横ばいの状態が続くと予測された。



(a)



(b)



(c)

図2 将来の鋼材需要予測
(a)建築、(b)土木、(c)自動車

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4件)

平戸崇博、醍醐市朗、松野泰也、足立芳寛、トップダウン手法とボトムアップ手法による用途別鋼材蓄積量の推計、鉄と鋼、査読有、95、2009、96-101

田林洋、醍醐市朗、松野泰也、足立芳寛、他元素との関わりを考慮した日本における亜鉛の動的物質フロー分析モデルの構築、鉄と鋼、査読有、94、2008、562-568

Igarashi Y., Kakiuchi E., Daigo I., Matsuno Y. and Adachi A., Estimation of steel consumption and obsolete scrap generation in Japan and Asian countries in the future、ISIJ International、査読有、48、2008、696-704

五十嵐祐馬、柿内エライジャ、醍醐市朗、松野泰也、足立芳寛、将来の日本及びアジア諸国における鋼材消費量と老廃スクラップ排出量の予測、鉄と鋼、査読有、93、2007、782-791

[学会発表](計 2件)

柿内エライジャ、醍醐市朗、松野泰也、

足立芳寛、東アジア地域における鋼材の将来ストック・フロー予測モデルの構築、第157回日本鉄鋼協会2009年春季講演大会、2009年3月30日、東京
Kakiuchi E., Daigo I., Matsuno Y. and Adachi A., Estimation of Future Steel Demand in East Asia, The Eighth International Conference on EcoBalance, 2008年12月10日、Tokyo

[その他]

ホームページ

<http://lca.t.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

松野 泰也 (MATSUNO YASUNARI)

東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号： 50358032

(2)研究分担者

(3)連携研究者