天然ゴムスモークシートの製造・輸送および製品製造に伴う大気汚染物質排出量の推定

（金沢大院・自然科学研究科）○（学）神納　毅・橋本　隆史・T. Choosong・（正）古内　正美
（Prince of Songkla University）P. Tekasakul・S. Tekasakul・C. Jiraporn

1.はじめに

天然ゴム生産は東南アジア地域で活発に生産されており，その中でもタイは天然ゴム生産量世界一である。我国は天然ゴムの約 70%をタイから輸入する世界第 3 位の天然ゴム消費国である。天然ゴム製品は産地や品質に応じて分類されており，タイでは RSS（Ribbed Smoked Sheet）と呼ばれるシート状の製品を主に製造している。

RSS 製造はタイの一大産業として成り立っており，その産業構造は非常に複雑である。全容の完全な把握には至っていないが，図 1 にこれまでの調査で明らかになった RSS 産業の概略を示す。全体的に枝分かれが多いが，代表的なプロセスとしては“プランテーション農家→樹液運搬業者→Coop→RSS 運搬業者→RSS 集積場→港→各国”である。このプロセス中の Coop とは“Cooperative”と呼ばれる小規模工場のことで RSS は主にこの Coop で製造されている。一連のプロセスの中で発生する環境負荷として問題視されるのはシート乾燥工程で乾燥熱源として利用する古木燃焼煙である。今のところ，古木燃焼煙への環境対策は皆無の状態である。

RSS を輸入する側の我国が，十分な排出源対策が施された環境下で RSS からタイヤなどのゴム製品を製造し，大きな経済的利益を得ている一方で，原料生産国であるタイでは，樹液を採取する段階から輸出段階までのプロセスで生ずる環境負荷が，非常に深刻な状況にあることが予想される。

本研究では，原料生産国を含めた環境負荷の評価を行って有効な負荷低減策を明らかにすることを最終的な目的として，RSS の製造・輸送・ゴム製品製造・消費の一連のプロセスで排出される大気汚染物質の排出量に着目し，著者らが得た RSS 製造時の発生源情報，既往の研究や環境情報データベースからの汚染物質発生量原単位などを用いて，各段階における CO_2，NOx，多環芳香族化合物（以下 PAHs）排出量を推定した。

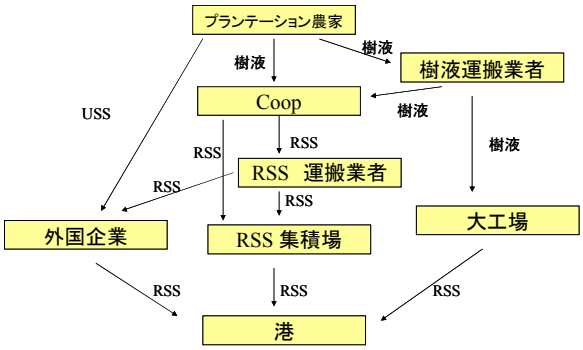

図 1　タイの天然ゴム産業構造

2. 調査方法及び汚染物質発生量算出方法

RSS 製造に関してはタイ南部 Songkhla 県，ハジャイ市の RSS 産業を，日本国内の RSS 消費に関してはゴムタイヤ製造を調査対象とした。

原料製造・消費段階の CO_2 と NOx 排出量の推定において，タイヤ製造と自動車輸送については，日本 LCA フォーラムのデータベース [a,c]，既往の研究論文中のデータ [b]，RSS 製造については，後述する現地での排出量調査結果を用いた。PAHs 排出量の推定には，RSS 乾燥時の古木燃焼煙と船舶排煙から採取した粒子の分析結果を用いた。また，その他の製造段階での排出量は，既報のデータ [a] を用いて概算した。

各排出量を推定するにあたり，タイの天然ゴム産業構造が複雑で，いずれの部署も情報管理が十分でない等の理由から，正確な情報を得ることは現時点では困難なことを考慮し，前述した“プランテーション農家→樹液運搬業者→Coop→RSS 運搬業者→RSS 集積場→港→各国”の製造・輸送過程に議論を限定することとした。この工程中の主な汚染物質排出として，「樹液・RSS 運搬や港への運搬する際の自動車排ガス，Coop で RSS 製造時に発生する圧縮機からの排ガスや古木燃焼煙，そして港から日本に輸出されるまでの船舶排ガス，日本でのタイヤ製造プロセス中に排出される排ガス」に着目し，これらの排出量を概算した。

Cooperative 乾燥炉中の CO_2，NO_2，SO_2 等のガス濃度測定には，気体採取器（ガステック：GV-100S）

に取り付けた直読式の検知管（ガステック：2LL・2H・9L・5LC）を用いた。古木燃焼煙と船舶排煙中の粒子採取には，石英繊維フィルタ（Advantec, QR-100 他）を装着した携帯型ハイボリュームエアーサンプラーを用いた。捕集された粒子中の PAHs をベンゼン/エタノール（1：3）混合液中で超音波抽出した後，減圧乾固を行い，HPLC（蛍光検出器：アセトニトリル・超純粋混合キャリア，Intertsil ODS-P, 3 mm, 150 mm）で分析した。分析成分は Nap, Ace, Fle, Phe, Ant, Flu, Pyr, BaA, Chr, BbF, BkF, Bap, DBA, BghiPe, IDP の 15 種類である。

3.結果と考察

3.1 CO_2 排出量

図 2 に各排出源からの推定 CO_2 排出量を示す。排出量最大は船舶であり，最少は自動車・トラックとなっている。これらのデータを RSS 製造・タイヤ製造・輸送の３種類に分類した結果を**図 3** に示す。原料生産国と原料消費国での CO_2 の発生量には差がほとんどなく，船舶輸送時の環境負荷が特に大きいことが分かる。

3.2 PAHs 排出量

日本 LCA フォーラム等のデータベース，既往論文を含めて，タイヤ製造時の PAHs 排出量データはほぼ存在しないため，排出量の概算は現時点では困難である。したがって，ここでは RSS 製造時の古木燃焼時の PAHs 排出量を Cooperative における著者らの粒子状物質中の PAHs 濃度測定結果から推定する一方，自動車及び船舶による RSS 輸送時の PAHs 排出量を，既往論文 [b] と船舶排出ガス中の粒子サンプリングから著者らが得た結果を用いて，RSS 製造と日本までの輸送の間の PAHs 排出量を概算した。**図 4** に自動車，古木燃焼，船舶からの PAH s 排出量の推定結果を示したが，古木燃焼時の PAHs 排出が全体の 9 割近くと卓越している一方，日本国内のゴムタイヤ製造プロセスでの排出は相対的に非常に少ないと推測されるので，RSS 製造からタイヤ製造に至るまでの過程に限れば，総 PAHs 排出量に占める古木燃焼の寄与は非常に大きいと推定されるが，正確な議論を行うためには，船舶も含めてより多くの排出データの蓄積が必要と考えられる。

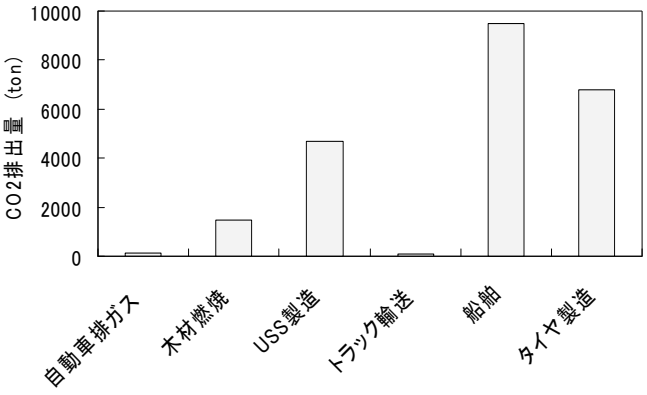

図 2　各段階別 CO2 発生量

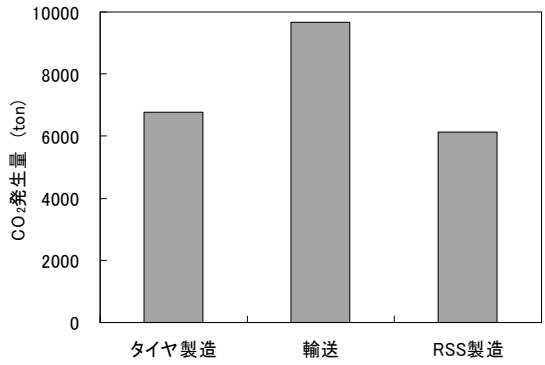

図 3　原料生産国と消費国との発生量比較

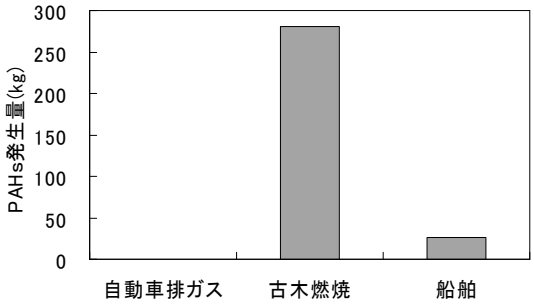

図 4　RSS 製造段階での PAH s 発生量

4. まとめ

以上得られた結果から，原料生産国・消費国の間で CO_2 排出量に大きな差はないが，PAHs 排出量に占める原料生産側の寄与は非常に大きく，大きな環境負荷となっていると言える。

謝辞：本研究は平成 17-19 年度科学研究費・基盤研究（B）海外学術調査（課題番号 17404001）で実施されたものである。記して謝意を表する。

参考文献

a). 日本ゴム工業会　タイヤ LCI データの概要

b). Rui de Abrantes et al, (2004) Emission of polycyclic aromatic hydroccarbons from light-duty diesel vehicles exhaust.

c). 日本 LCA フォーラム　海上貨物輸送(外航)