

# ライフスタイルの変化と窒素循環

名古屋大学 大学院環境学研究科

劉 晨

名古屋大学 大学院環境学研究科

林 良嗣

## Change of Lifestyle and Regional Nitrogen flow

Chen LIU

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Yoshitsugu HAYASHI

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

### **Abstract:**

To diagnose and prevent environmental problems that threaten urban sustainability, the impact of change of lifestyle with rapid urbanization on regional nitrogen (N) flow was quantitatively evaluated by considering city as a whole ecosystem. A questionnaire/interview survey was conducted for 450 adults (beyond 18 years old) in 3 representative areas (the central built-up district, the Pudong new district and the suburbs / rural area) in mega-city Shanghai. The lifestyles (eating habits, domestic drainage system, means of transportation and etc.) pattern was clarified and daily N intake from food per capita and potential N load from human waste on the environment were calculated. As a result, respondents in all three areas, especially that in the suburbs/rural area showed a preference for increasing the intake of animal-derived foods as well as vegetables and fruits, which means the potential N load from human diet to environment will still increase in the further. Furthermore, it became clear that the amount of atmosphere N deposition increased with rapid increase of the private vehicle after 2000.

**Keywords:** *Urbanization, Nitrogen flow, Lifestyle, Mega-city, Shanghai*

## 1. はじめに

都市化とは、人口が都市部に集中する過程であり、人類の生産と生活様式が農村型から都市型へと変化する歴史的な過程でもある。都市化は人類の進歩において必然的に通過する過程であるが、その過程では地域の窒素などの物質循環のバランスを崩し、環境資源へ大きな影響を与えていることを認識する必要がある。例えば、地域が都市化されたとき、多くの植生や表土は道路、駐車場、歩道などのような不浸透性の表面で置き換えられるので、雨に含まれている窒素や、屋根、道路、地表に蓄積された窒素は排水路、下水道（雨水の排水管）や地下水を通して、最終的には河川、湖沼、貯水池、海に流される。また、都市化に伴い、人々の生活も都市型ライフスタイルへ移りつつある。肉類などの蛋白質の摂取量が増加し、肥料として使われていた排泄物は水洗トイレの普及により下水道へ流される。下水処理施設の未整備や処理能力の不足のため、大部分の生活用水は処理せずに直接河川へ放出されており、人間の排泄物に多く含まれている窒素は河川・湖沼・海洋の富栄養化を引き起こす原因となる。さらに、都市化により1人当たりの収入が増加するとともに車の台数が増える。車から排出するNO<sub>x</sub>は大気汚染や酸性雨に繋がり、また、大気沈降により陸域の窒素負荷源となる。したがって、都市型ライフスタイルの変化が地域の窒素などの物質循環のバランスを崩し、環境資源へ大きな影響を与える可能性が考えられる。

中国では、都市化率は1949年の10.6%から2009年には46.59%と、前例のない水準で急速に増加している。都市の数は、1949年初頭の132から2009年の655まで増加した。さらに、2009年の「中国都市発展報告書」によると、2020年までに中国人口の約50%が都市に居住するようになり、2050年には75%に達するだろうと予測している。中国の都市化の急速な進展による環境圧力は、中国の環境問題の重要な要素の一つとなっている。都市部での人口増加やライフスタイルなどの変

化が地域の物質フローにどのような影響を与えるかについて、より深く理解する必要がある。

本研究はその一環として現在急速な成長下にあるメガシティである上海を一つの代表的な都市生態システムの例に取り上げ、急速な都市化に伴う人々のライフスタイルの変化（食生活、家庭衛生設備、交通手段）が都市生態システムの窒素循環にどれほど影響を及ぼしているかを定量的に評価し、物質循環の視点から地域環境問題の診断・予防を行うことを目的とした。

## 2. 研究内容・手法

まず、地域窒素循環モデルに必要なパラメータ（一人当たり窒素消費量、人間の排泄物による環境への窒素負荷量など）を決定するために、2009年10月-2010年3月に、上海華東師範大学の協力により、上海市の市区、新区（1992年の区設置以降大規模開発が行われている上海新都心地域）、および郊外／農村地域の在住の18歳以上の成人、それぞれランダム抽出した150人ずつ（計450人）にアンケート調査と聞き取り調査を実施した。

そして、上海市における各年の交通統計データや大気観測データ、産業連関表を元に、上海市における交通手段の変化およびその変化が地域窒素フローに与える影響の時系列変化を解明した。

## 3. 結果と考察

### 3-1 アンケート調査の回収状況

調査員による面接調査を行った結果、回収率は9割以上であった（表1）。上海市区の女性の比率は約52%であったが、新区と郊外／農村地域では女性の比率が65%と高かった。原因としては、家族訪問の時、女性が家族の代表として質問に応じることが多かった大方駄目ためと思われる。回答者の平均年齢についてみると、市区では39.9歳、新区では36.5歳、郊外／農村地域では47.9歳であって、有意差がみられた（ $p < 0.05$ ）。教育レベルについては、市区・新区では「大学以上卒」の比率は最も高く、郊外／農村地域では「中学校卒」の比率は最も高かった。回答者の世帯人数については、

三地域とも、3 人家族が中心であることがわかった。世帯年間収入については市区では 4.26 万元，新区では 3.84 万元，郊外／農村地域では 2.40 万元であり，有意差がみられた ( $p<0.05$ )。

表 1 アンケート調査の回収状況

	上海市区	上海新区	郊外/農村
調査数	150	150	150
回収数	140	140	135
有効回答数	120	120	124

### 3-2 被調査者の属性

被調査者の属性を表 2 に示す。

表 2 被調査者の属性

	上海市区	上海新区	郊外/農村
性別			
男性	58	41	44
女性	62	79	80
無回答			
年齢			
18~20 歳		3	
20~30 歳	19	37	14
30~40 歳	50	45	17
40~50 歳	39	26	45
50~60 歳	11	6	32
60~70 歳	1	3	10
70 歳以上			6
無回答			
平均値	39.9	36.5	47.9
戸籍			
農村戸籍	7	20	116
非農村戸籍	111	96	8
無回答	2	4	
教育レベル			
小学校卒		11	18
中学校卒	7	24	74
高校卒	24	23	19
大学以上卒	89	60	4
未就学			9
無回答		2	
世帯人数			
1 人	7	5	2
2 人	22	19	24
3 人	61	64	66
4 人	13	14	16

5 人	12	16	15
5 人以上	3	2	1
無回答	2		
家庭年間収入			
1 万元以下	1		30
1~2 万元	9	11	36
2~5 万元	13	37	39
5~10 万元	32	27	17
10 万元以上	65	43	2
無回答		2	
平均値	4.26	3.84	2.40

### 3-3 食物から摂取する窒素の量

1 人あたり 1 日窒素摂取量は上海市市区では 19.37g，上海市新区では 16.46g，郊外／農村では 13.03g であった。市区と新区では肉類から摂取する量が最も多く，25%以上を占めていた。穀物から摂取する蛋白質は両地域とも 22-23% であった。一方，郊外／農村では，穀物から摂取する蛋白質が最も多く，33% であり，肉類からは 19% であった。また，上海市は水産品や海産品が豊富な地域でもあり，魚類から摂取する N の量は中国全国平均（1 割）より圧倒的に多く，すべての地域において，約 2 割を占めていた。さらに，豆類食物から摂取する窒素の量は三地域とも 4 位となっているが，市区と新区では「豆乾」という豆類加工品から摂取する量が多いのに対して，郊外／農村では大豆から摂取する量が圧倒的に多いことがわかった。上海市区／新区の都市部の回答者は農村部の回答者より，肉，卵，魚，乳類，野菜果物類，その他の嗜好品の消費が多かったが，穀物，大豆など伝統食物の消費は少なかった。特に都市部では肉類加工品や牛乳・チーズなどの乳製品やエビ・貝などの海鮮品やケーキ・菓子などの嗜好品の消費量が農村部より多かった。また，都市部の回答者の食事は，農村部の回答者の食事よりも，はるかに多様であることがわかった。

日本人の食事摂取基準（2010 年版）<sup>1)</sup>によると，30~49 歳の推定エネルギー，蛋白質の必要量については，男性は 60g/日，女性は 50g/日である。上海市の 1 人当たりの蛋白質の摂取量はいずれにしても日本人の食事摂取基準より大幅に多いことがわかった。

### 3-4 排泄ルートによる人間排泄物の河川と土壌への潜在窒素負荷量原単位の推定

健康な成人では、窒素の摂取量と排泄量は等しい<sup>2)</sup>ため、食物摂取量の年内変化を考慮しない場合、上海市区、新区、郊外/農村で、それぞれ 7.07 kg-N/人/年、6.01 kg-N/人/年、4.76 kg-N/人/年の窒素が排泄物として環境へ排出されることとなる。そこで、現地調査により、各地域の自家用トイレの現状を図1に、人間排泄物の排出ルートを調べた結果を図2にまとめた。これらによると、水洗トイレはすべての地域に普及していた。都市部では都市下水システムの普及により、ほとんどの人間排泄物が肥料として利用されずに、下水道に流されていた。一方農村部では、浄化

槽などの小規模の排水処理施設が利用されているため、約5割の人間排泄物が肥料として利用されていることがわかった。

「腐敗槽」、「肥料貯留」に溜め込んだし尿や「バイオマストイレ」後の残渣は有機肥料として土壌に還元されるが、「直接排出」と「下水道」へ排出された人間排泄物は水域へ流出することとなる。便宜上、人間排泄物総量のうち、「肥料貯留」、「腐敗槽」及び「バイオマストイレ」の占める割合を「土壌還元率」、「直接排出」と「下水道」の占める割合を「河川へ排出率」として定義する。人間排泄物の排出ルートの調査結果によると、上海市市区、新区、農村部の人間排泄物の「土壌還元率」はそれぞれ 5%、1%、73%であったが、人

間排泄物の「河川へ排出率」はそれぞれ 95%、99%、27%であった。したがって、人間排泄物の環境への潜在窒素負荷量は市区では年間1人当たりおよそ 0.35 kg-N が土壌へ、6.72 kg-N が水域へ、新区では年間1人当たりおよそ 0.06 kg-N が土壌へ、5.95 kg-N が水域へ、郊外/農村では年間1人当たりおよそ 3.47 kg-N が土壌へ、1.28 kg-N が水域へ排出されることとなる。

ここに求められた環境へのN、P負荷量は人間の排泄物が直接に環境へ排出する潜在量であり、し尿貯留・運搬中や河川中の脱窒、沈下、発揮や排水処理場や浄化槽によるN、P除去などを考慮していない。また、土壌に還元された有機肥料の一部は最終的に流出や溶脱などにより土壌から河川へ流出するが、その過程は非常に複雑であり、本研究では考慮していない。

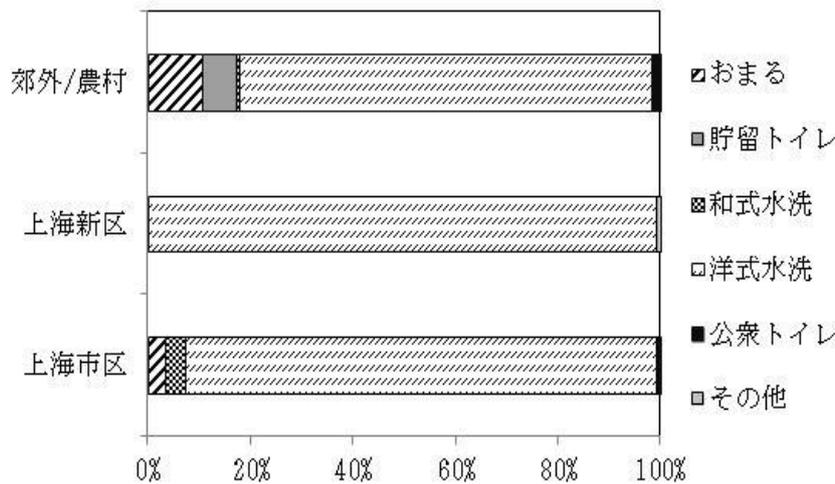


図1 自家用トイレの現状

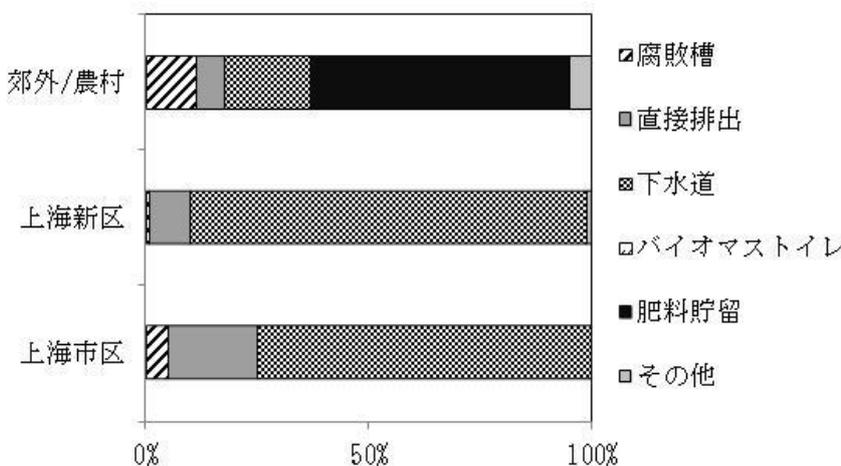


図2 人間排泄物の排出ルート

### 3-5 交通手段の変化が地域窒素フローに与える影響

1980年から2010年間の上海市における主な交通手段の数の変化を図3に示す。バイクと私用車の数の増加が著しい。バイクの数は90年代後半から急速に増加し、2005年頃に頭打ちとなった。が、私用車は2001

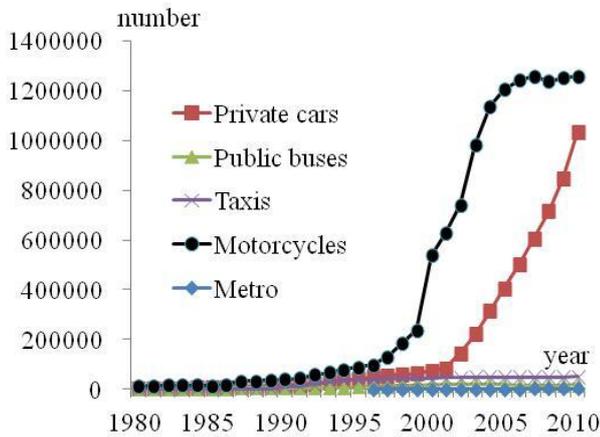


図3 主な交通手段の数の時系列変化

年から急激に増加してきた。また、産業連関分析により算出した1990年から2008年までの5年毎の農業・工業・建築・交通・小売・その他の各産業からのNO<sub>x</sub>排出量を図4に示す。2002年頃から、交通部門からのNO<sub>x</sub>排出量は工業部門を上回り、その後急速に増加していることがわかった。さらに上海市周辺気象局の降水中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度の観測によると、2000年以降NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は両方とも増加する傾向にある。したがって、2000年以降の私用車の急増に伴い、大気へのNO<sub>x</sub>排出量が増加し、大気からの窒素沈降量を増加させた可能性がある。

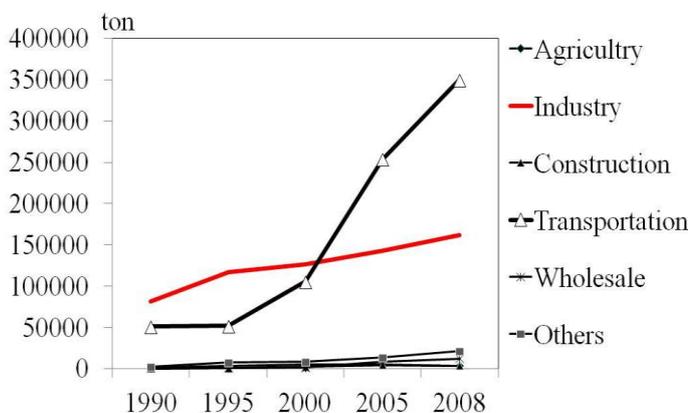


図4 各産業からのNO<sub>x</sub>排出量

#### 4. まとめ

本研究は世界に注目されているメガシティである上海市を例として、都市を一つのエコシステムとして捉えて、急速な都市化による人々のライフスタイル(食生活, 家庭衛生設備, 交通手段)の変化が都市生態システムの窒素循環に及ぼす影響を定量的に評価した。

今後検討すべきさまざまな課題が残されている。本研究では都市型ライフスタイルが地域物質循環に与える影響を定量的に評価したが、それ以外にも都市部における産業構造の変化や近郊農村構造の変化なども地域物質循環に大きな影響を与える。これらは今後の課題としたい。

#### 引用文献

- 1) 『日本人の食事摂取基準 2010年版』(厚生労働省)  
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/sessyu-kijun.html> (accessed 2012-5-17).
- 2) 南山堂(1998) 医学大辞典. 南山堂, 東京, pp.1337.

#### 謝辞

この研究は、環境省の地球推進費「東シナ海環境保全に向けた長江デルタ・陸域環境管理手法の開発に関する研究」、文部科学省の名古屋大学グローバル COE プログラム「地球学から基礎・臨床環境学への展開」の支援を受けた。