街路樹による NO₂ の吸収と葉からの転流について

三沢 彰*・二葉恵美**・N. ニザール***・立本英機****

Transport of NO₂ Absorbed by Leaves of Roadside Trees

MISAWA, Akira*, HUTABA, Emi**, NASRULLAH, Nizar***, TATSUMOTO, Hideki****

1. はじめに

NO₂ は直接人体に有害であるだけでなく、酸性雨の原因物質としても最近注目されている大気汚染物質である。植物がこのようなガス状大気汚染物質を葉から吸収することは古くから研究され、多くの植物の吸収速度や能力について明らかにされている。しかし、NO₂ の吸収についてはほとんどがトマト⁴⁾、インゲンマメ⁴⁾、ヒマワリ⁴⁾、アルファルファ⁴⁾などの草本植物についての研究であった。近年都市部を中心に自動車排出ガスによる NO₂ 濃度の増加傾向が見られ、街路樹によって沿道の大気浄化をはかるため木本植物による NO₂ の吸収に関する研究がなされるようになった。しかしその NO₂ の吸収の定量は葉中の窒素含有量から求められており、葉からの転流は考慮されていない。一方植物の葉から吸収された NO₂ の転流に関する研究は安定同位元素 ¹⁵N を用いて行われているが、それもヒマワリ⁵⁾、ホウレンソウ²⁾などの草本植物を用いた研究のみである。木本植物については果樹の葉面に行う尿素肥料の施肥に関する研究³⁾があるのみである。そこで街路樹に多く用いられている樹木を用いて、葉から吸収された NO₂ の転流量の測定を試みた。なお、転流の速度は以前は色素などを用いて調べられていたが、近年ではアイソトープを用いてかなり正確に転流の速度が計れるようになった。

2. 実験方法

2.1 供試植物

一般に街路樹に多く用いられているものの中から次の5種を選んだ。

クスノキ (*Cinnamomum camphora* Sieb.)マテバシイ (*Lithocarpus edulis* Nakai)ヤマモモ (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.)イチョウ (*Ginkgo biloba* L.)ソメイヨシノ (*Prunus yedoensis* Matsumura)

供試植物は1樹種につき15個体用意し1個体ずつ直径25 cm、深さ27 cmのプラスチックポットに移植した。土は山土を用い、肥料は与えなかった。灌水は毎日行った。移植後2週間ほど養生をし、成育が良好な8個体を選び暴露実験に供した。供試樹木の平均形状を表1に示した。

2.2 ¹⁵NO₂ 暴露

¹⁵NO₂ の暴露には図1に示す同化箱を用いた。この同化箱に1個体ずつプラスチックポットより上の部分を入れ、ウレタン製スポンジで幹の周囲を目張りし密閉した。同化箱内の空気は内部に設置した2個のファンにより絶えず攪拌した。この同化箱内に ¹⁵N 標識の ¹⁵NO₂ ガス (99 atom% ¹⁵N) を注入し120分間暴露した。同化箱内の ¹⁵NO₂ 濃度はガステックおよび検知管で測定した。¹⁵NO₂ ガスは最初に注入した後は補充しなかった。表2にクスノキを例に暴露環境 (NO₂ 濃度、気温、同化箱内気温、日射量) を示したが、他の樹種についてもほぼ同様の暴露環境で実験を行った。

暴露期間中および終了後も葉面に可視的障害は発生しなかった。暴露した植物8個体のうち2個体は暴露終了後直ちに葉(葉柄部を含む)、幹、根に切り分け採取した。同様に2個体ずつ暴露終了後7、14、28日目に葉、幹、

* 千葉大学園芸学部 Faculty of Horticulture, Chiba Univ.

** 地域開発研究所 Institute of Regional Development

*** 千葉大学大学院自然科学研究科環境科学専攻 Department of Environmental Sciences, Graduate School of Science and Technology, Chiba Univ.

**** 千葉大学工学部 Faculty of Engineering, Chiba Univ.

図1 同化箱の形状

根に分け採取した。根は土を洗い落とし24時間自然乾燥させ、葉は自動葉面積計で面積を測定した。葉、幹、根とも生重を計り、摂氏80度で2日間乾燥した後、乾重を計り、粉碎器で粉碎した。

2.3 ^{15}N の定量

○全窒素の定量

粉碎した試料を500 mg 計り取り、分解促進剤(硫酸マグネシウム：硫酸銅=9：1) 3 g と濃硫酸 5 ml とともに3時間加熱分解した。分解後30%水酸化ナトリウム溶液を15 ml 加え、N/10硫酸溶液10 ml を受器とし、クロロフェノールレッドを指示薬として蒸留をした。蒸留後 N/10水酸化ナトリウムで滴定をし、全窒素量を定量した。

○再蒸留

前項で滴定した試料に10%水酸化ナトリウム溶液を5滴加え、20 ml のサンプル瓶を受器として 2 N/10塩酸受けて再蒸留をした。この塩酸の量は試料中の全窒素量に応じて次式に従って変えた。

$$2\text{ N/10塩酸量 (ml)} = \text{試料中の全窒素量 (mg)} \times 0.7 \times 1/3$$

再蒸留した試料は105°Cで乾燥、結晶化させた後、希釈した。

このようにして調整した試料を放電管に封入し、高周波ガス化装置にかけ発光させてそのピークを15 N アナ

表1 供試樹種の形状 (8個体の平均値)

供試樹種	樹高 (cm)	葉幅 (cm)	着葉数 (枝)	葉面積 (cm ²)	生 重			乾 重		
					葉 (g)	幹 (g)	根 (g)	葉 (g)	幹 (g)	根 (g)
クスノキ	87.3	51.8	226.4	2475.1	53.9	53.3	103.3	22.8	24.1	43.2
マテバシイ	95.0	35.0	53.5	1624.0	42.9	45.1	45.4	20.8	23.1	28.1
ヤマモモ	97.3	38.1	143.1	1581.2	33.7	56.6	40.7	14.7	25.5	20.8
イチョウ	112.0	21.8	53.9	774.0	16.0	48.7	58.7	5.2	22.1	23.4
ソメイヨシノ	141.0	25.9	70.9	784.3	16.9	91.6	51.8	6.2	45.2	23.7

表2 暴露環境 (クスノキ)

個体 No.	暴露日	$^{15}\text{NO}_2$ 濃度 ^a (ppm)	気温 ^b (°C)	同化箱内気温 ^b (°C)	湿度 ^b (%)	同化箱内湿度 ^b (%)	照度 ^b (×100 lux)
0-A	8/18	2.0	30.0	33.0	69.7	80.0	180.6
0-B	8/18	2.0	30.0	34.0	69.7	80.0	159.7
7-A	8/16	1.5	32.0	34.0	69.0	80.0	150.7
7-B	8/16	1.5	32.0	34.0	70.0	82.0	194.7
14-A	8/11	1.5	33.0	34.5	68.0	80.7	83.2
14-B	8/11	2.0	31.5	34.0	75.3	81.0	159.0
28-A	7/20	3.5	30.0	32.3	69.7	76.3	75.0
28-B	7/21	1.5	30.3	32.7	71.3	84.0	105.0

a : 暴露開始時の値

b : 暴露開始時, 1 時間後, 暴露終了時の値の平均

図2 ¹⁵N濃度分析の流れ

ライザーで計測した。以上の分析方法の流れを図2に示した。

3. 結果および考察

分析によって求められた試料中の¹⁵Nの存在率(¹⁵N atom%)には自然存在比(natural ¹⁵N atom%)の0.367 atom%が含まれている。従ってこれを差し引いて自然存在比以上に存在する¹⁵N(¹⁵N atom% excess)を求めた。

試料中の¹⁵N atom% excess, NO₂由来の¹⁵Nを求め、暴露終了直後、7, 14, 28日後の各時点における葉、幹、根への¹⁵Nの分配割合を求め図3～7に示した。図中A, Bは各時点での試料木2個体を識別するために便

図3 クスノキの葉と葉以外への¹⁵Nの分配割合 図4 マテバシイの葉と葉以外への¹⁵Nの分配割合

宜的につけたものであるが、A, Bの差はクスノキ, マテバシイ, ヤマモモの葉で約5%, イチョウ, ソメイヨシノの葉で約2%に過ぎない。また、幹、根ではいずれも2%以下であった。

暴露終了直後には5樹種とも90%以上の¹⁵Nが葉に含まれているがその後徐々に減少している。すなわち時間経過とともに葉中の¹⁵Nの配分割合が減少した。反対

図5 ヤマモモの葉と葉以外への ^{15}N の分配割合 図7 ソメイヨシノの葉と葉以外への ^{15}N の分配割合 図6 イチョウの葉と葉以外への ^{15}N の分配割合

に幹、根の中の ^{15}N は増加した。米山らによるヒマワリの成熟葉からの窒素と炭素の研究では、炭素の大部分は24時間以内に暴露葉から他の部位に転流しているが、窒素は最初の24時間以内にやや急激に転流するが、その後は徐々に転流する。また、成熟葉で吸収された窒素は幼葉や根などの生育中の部位に転流しているとしている³⁾。また、岡野らはヒマワリの成熟葉1枚に $^{15}\text{NO}_2$ を暴露し、植物体内での ^{15}N の移動について実験を行って

る。これによると ^{15}N はまず上下の通道組織に見出され、ついで生育中の器官（新葉と根）に転流するが、成熟した器官では時間が経過しても極微量の ^{15}N しか転流しない。転流を支配する内的要因の一つとして代謝特性があげられる、としている⁴⁾。今回の供試樹種中、転流割合はクスノキが最も多く、暴露終了後28日目には約30%の ^{15}N が葉から転流しており、ついでマテバシイ—22%、ヤマモモ—18%、イチョウ—13%、ソメイヨシノ—9%の順になっている。このように常緑樹のほうが落葉樹よりも窒素分の転流が多い傾向が示唆された。これは常緑樹の場合は当年葉以外にすでに成熟した2年葉を持ちそれらが吸収した窒素は枝幹、根の生育に利用することができるが落葉樹の場合全葉が当年葉なのでそれ自身の生育に多くの窒素を必要としたためと考えられる。

以上の結果から計算すると1日当りの窒素の転流割合はクスノキ—0.62–0.70%、マテバシイ—0.35–0.47%、ヤマモモ—0.24–0.39%、イチョウ—0.21–0.24%、ソメイヨシノ—0.13–0.14%となり、これを従来の窒素含有量から求める樹葉による NO_2 吸収量の計算に加える必要があり、1か月当たり、常緑樹で10–20%、落葉樹で10%程度の割り増しを考慮することが妥当であると考えられた。

本研究を行うにあたって、特に ^{15}N の分析についてご指導、ご協力をいただいた昭光通商株式会社の村岡研一氏に深甚の謝意を表します。

引用文献

- 1) HILL, A.C ; Vegetation A sink for atmospheric pollutants. J. Air Pollt. Control Assoc. **21**, 341-436, 1971
- 2) KAJI, M, YONEYAMA, T, TOTSUKA, T and IWAKI, H ; Absorption of atmospheric NO₂ absorption in the leaves and transfer of the nitrogen through the plants. Res. Rep. Narl. Environ. stud. No. 11, 51-58, 1980
- 3) 鎌倉武富；理論と実際 尿素肥料詳説，社団法人日本農会編，143-156，1956
- 4) 岡野邦夫；¹⁵N 希釈法による植物の NO₂ 吸収能の評価，国立公害研究所報告 No. 108，89-101，1987
- 5) YONEYAMA, T, ARAI, T and TOTSUKA, T ; Transfer of nitrogen and carbon from mature sunflower leaf ¹⁵NO₂ and ¹³CO₂ feeding studies. Plant & Cell Physiol. **21**(8), 1367-1381, 1980

(1993. 8. 3 受理)