

ゼオライトによる雨水面源負荷軽減効果と植物の生長に関する影響

岸本 真吾 (西松建設・正会員), 増田 理子 (名古屋工業大学)

1. 序論 東京の年平均気温は、過去 100 年の間で約 3.0°Cの気温上昇が観測されており、他の大都市の平均気温の上昇が 2.4°C、中規模の都市でも 1.0°Cの気温上昇が観測されている¹⁾。これらの気温上昇は、コンクリートやアスファルトなどの「地表面被覆の人工化」や車などによる「人工排熱の発生」が引き起こすヒートアイランド現象によるものである。

このヒートアイランド現象を抑制するために、都市の緑地が有力視されている。緑地は日中については蒸発潜熱、すなわち植物や土壌からの水分蒸発による冷却により、入射エネルギーを消去し、また夜間については高い放射冷却効果により気温を低下させる²⁾ため、「クールスポット」と呼ばれる周囲より低温の空間を創出するからである。

しかし、緑地では植物の生育がある以上、それらの栄養となる窒素やリンを与える必要がある。撒かれた肥料に含まれる窒素の多くは、硝化菌の活動により硝酸性窒素(NO_3^- -N)として土壌中に備蓄されているが、硝酸イオンは水に溶けやすく土壌に保持されにくい³⁾ため、河川や地下水へ流出しやすい。このように施肥による窒素やリンが原因で水質が汚濁される面源負荷の問題は従来から指摘されてきている⁴⁾。

しかしながら、現在のヒートアイランド対策はこの汚濁負荷を考慮して行われていない。そこで今回、ヒートアイランド緩和のためのクールスポットの形成と汚濁負荷緩和の両立を目指し、保肥力で注目されている人工ゼオライトを用いて屋上緑化を行った。人工ゼオライトは、火力発電所で微粉炭を燃焼した後に発生するフライアッシュに、アルカリ処理を施した多孔質な球状粒子であり、陽イオン交換機能を有する。そのため栄養塩を吸着し、流出を抑制すると考えられている。本研究では、これらの人工ゼオライトの効果が、汚濁負荷緩和にどのように貢献するかを確かめるため、栽培植物や木本植物を用いて屋上緑化を行い、流出雨水の検査を行った。また屋上緑化がどの程度クールスポットとして機能し、ヒートアイランド現象を緩和するかを、コンクリート面と緑化面の温度変化を比較することで調査した。

2. 実験材料 実験にはマメ科ダイズ属ダイズ(*Glycine max*)を用いた。また土壌は表 2-1 に示す 8 区画を使用した。各区画は 1500mm×1500mmの正方形とした。ただし、土壌の厚さが 60mmとなるように枠組みを調節した。これらの枠組みを 6 階建ての建造物の屋上に配置し実験を行った。

各区画の土壌には全て腐葉土を用いた。この腐葉土は、平成 18 年の秋に回収した落ち葉を予め半年ほど発酵させておいたものである。区画 1 と区画 5 には、発酵鶏糞(株式会社 GI)を土壌体積の 4%混入した。区画 2、区画 3、区画 6、区画 7 では尿素複合バーディーラーヂ(株式会社 GI)を用いた。最終的に撒いた肥料の総量が一致するように、区画 2 と区画 6 には化成肥料大さじ約 6.75 杯を撒いたあと追肥をせず、区画 3 と区画 7 には化成肥料大さじ約 1.35 杯を撒き、その後毎月 1 回ずつ 4 ヶ月間追肥をした。さらに区画 1 から区画 4 まではゼオライトを土壌体積の 2%混入した。区画 5 から区画 8 にはゼオライトを混入しなかった。

表2-1 実験に用いた土壌

区画No.	基質	肥料	ゼオライト
1	腐葉土	有機	有
2		化学(追肥無)	
3		化学(追肥有)	
4		-	
5		有機	無
6		化学(追肥無)	
7		化学(追肥有)	
8		-	

3. 実験方法 a. 流出雨水検査 雨水採取は十分に降雨のあった 7 月 10 日～15 日と 9 月 12 日、16 日、10 月 19 日に行った。雨水採取は次のような手順で行った。流出する程度の雨を確認できたら、まず 1 回目の採取を行い、その後雨が止むまで 1 時間ごとに採取を続けた。雨が止んだ後 1 回採取し、それを最後の採取とした。採取した試料は微生物などによる分解が進まないように、-34°Cで冷凍保存しておいた。測定時は冷凍しておいた試料を自然解凍し、TPN-10(東亜DKK株式会社)にかけ、それぞれの流出雨水の NO_3 -Nの濃度を測定した。測定値と気象庁のホームページにある 1 時間ごとの降雨量から、その時間の流出量を算出した。

b. 温度測定 一日のうちで最高気温が観測されやすい午後 2 時頃に、コンクリート面上と土壌面上の温度計を確認した。この温度計は、予め実験開始時に置いておいたものである。実験開始時から 11 月下旬まで毎日行うことで、コンクリート面上と土壌面上の温度推移を測定した。

4. 実験結果 a. 流出雨水検査 図 4-1、表 4-1 に測定結果、検定結果を示した。

区画 2 (化学肥料(単)、ゼオライト有)と区画 7 (化学肥料(複)、ゼオライト無)において最初の 2 日程度は比較的流出量が多かった。しかし 3 日程雨が降り続けると、どの区画でも流出はほぼなくなった。

ゼオライト 面源負荷 ヒートアイランド現象

大阪府大阪市中央区釣鐘町 2-4-7

shingo0073@yahoo.co.jp

流出量の累積は区画1(有機肥料,ゼオライト有)と区画5(有機肥料,ゼオライト無),区画3(化学肥料(複),ゼオライト有)と区画7(化学肥料(複),ゼオライト無)をそれぞれ比較するとゼオライトを混入した区画(区画1,3)の方が少なくなった.しかし区画2(化学肥料(単),ゼオライト有)と区画6(化学肥料(単),ゼオライト無),区画4(肥料無し,ゼオライト有)と区画8(肥料無し,ゼオライト無)の比較では,ゼオライトを混入しなかった区画(区画6,8)の方が流出量の累積は少なかった.

b. 温度測定 実験開始時から11月下旬までの土壌面とコンクリート面における午後2時の温度推移の測定結果を図4-2に示した.全体的にコンクリート面より土壌面において3~8°C程温度が低い結果となった.特に,気温の上昇が目立つ8月半ばと9月下旬はその差は大きくなった.逆に梅雨が明けきらない7月半ばまでは土壌面とコンクリート面の温度差はほとんどみられなかった.

5. 考察 a. 流出雨水検査 区画1(有機肥料,ゼオライト有)と区画5(有機肥料,ゼオライト無)では区画1の方が流出量の推移と流出量が有意に小さく($P < 0.0001323$),区画2(化学肥料(単),ゼオライト有)と区画6(化学肥料(単),ゼオライト無)では区画6の方が流出量の推移と流出量が有意に小さかった($P < 0.01577$).それ以外の区画ではゼオライトによる有意差はなかった.肥料は土壌に施肥されるとアンモニア化成菌によりアンモニウムイオンに分解される.その後,硝酸化成菌により亜硝酸イオン,硝酸イオンの順に酸化される.ところが硝酸化成菌はpHがおおよそ7.8で最も活発に働き,pHがそれより高くても低くても働きが鈍る¹¹⁾.また肥料の分解,酸化の過程で気化し, N_2 として大気中に出ていく窒素量も少なくない.区画1(有機肥料,ゼオライト有)ではゼオライトを混入したため,pHが8.5以上と高めであった.そのため区画5(有機肥料,ゼオライト無)に比べ分解されたアンモニウムイオンが酸化されにくい.その結果比較的多くの窒素がアンモニウムイオンの状態で残り,ゼオライトに吸着されたり,気化したりして土壌中で硝酸イオンの状態になりにくい.これより区画5より区画1の方が有意に流出量の推移と流出量が小さくなったと考えられる.

区画2(化学肥料(単),ゼオライト有)でもゼオライトを混入したためpH8.5以上と高めであった.しかし化学肥料は有機肥料に比べて分解の速度が遅いため,硝酸化成菌の働きが鈍っていたとしても分解されたアンモニウムイオンの多くは硝酸イオンへ酸化される.そのため区画2と区画6の比較では有意な差がないと考えられる.ところが区画2の方が流出量の推移と流出量が有意に大きくなっていった.今回の実験では土壌に栄養塩を継続して供給する腐葉土を用いたため区画2と区画6の比較では予想に反した結果となったと考えられる.また何らかの影響で区画2の分解速度が遅くなった可能性もある.明確な理由を導くには実験の回数を重ねる必要がある.

区画3,4,7,8では比較的肥料分が少ないため,ゼオライトの有無による有意差が出なかったと考えられる.またゼオライトと肥料の相互効果は区画1において比較的高い効果が認められた.これは区画1と区画5の比較のところで述べたような理由が考えられる.硝酸態窒素に関してはゼオライトの吸着効果は肥料の種類を選ぶことが示唆された.

b. 温度測定 全体的にコンクリート面より土壌面において3~8°C程温度が低い結果となった.これは土壌面では日射による熱収支の中に,コンクリート面にはない,蒸発潜熱が影響していると考えられる.

また,土壌からの蒸発潜熱ほどではないが,植物の蒸散の可能性もある.植物の蒸散は午前中からおこり始め,正午を境に減少する⁹⁾が,午後2時での蒸散は全く無いということはない.これより土壌からの蒸散効果に加え,植物からの蒸散効果もあることでコンクリート面より土壌面の温度が低下したと考えられる.

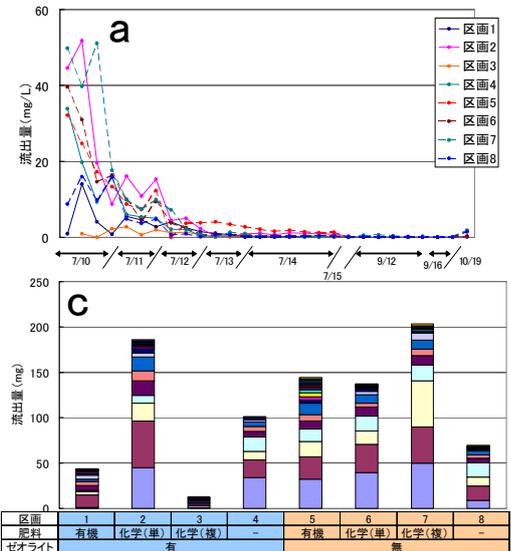


図4-1 硝酸態窒素の流出の推移と累積 aは推移を表しcは累積を表す

表4-1 NO3-Nの流出量推移の共分散分析結果 Pr(>F)

区画	肥料	ゼオライト	統計値	有意性
区画1,5	t		0.0020257	**
	zeoraito		0.0001323	***
区画2,6	t		2.00E-16	***
	zeoraito		0.01577	*
区画3,7	t		0.058	NS
	zeoraito		0.1053	NS
区画4,8	t		0.005536	**
	zeoraito		0.397379	NS
区画1,2,5,6	t		0.0001735	***
	zeoraito		0.0760806	NS
	fertilizers		0.8932747	NS
	zeoraito:fertilizers		0.0011838	**
区画1,3,5,7	t		0.0016331	**
	zeoraito		0.0005197	***
	fertilizers		0.2998262	NS
	zeoraito:fertilizers		0.6865936	NS
区画1,4,5,8	t		2.97E-05	***
	zeoraito		0.068793	NS
	fertilizers		0.553038	NS
	zeoraito:fertilizers		0.004912	**
区画2,3,6,7	t		0.008058	**
	zeoraito		0.735115	NS
	fertilizers		0.35971	NS
	zeoraito:fertilizers		0.059309	NS
区画2,4,6,8	t		0.000325	***
	zeoraito		0.256796	NS
	fertilizers		0.591315	NS
	zeoraito:fertilizers		0.951883	NS
区画3,4,7,8	t		0.001845	**
	zeoraito		0.653941	NS
	fertilizers		0.853501	NS
	zeoraito:fertilizers		0.034101	*

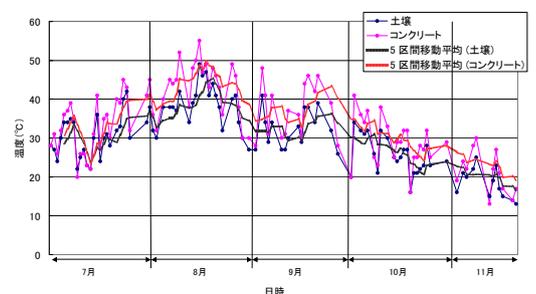


図4-2 土壌面とコンクリート面の午後2時における温度推移