

産業廃棄物の園芸資材への活用

山崎達夫 山口知宏 伊藤政巳

Utilization of Industrial Wastes for Gardening Materials

by

Tatsuo YAMAZAKI, Tomohiro YAMAGUCHI and Masami ITO

産業廃棄物の有効利用を図るために、産業廃棄物に粘土を添加し、園芸資材への利用を検討した。市販の園芸資材として6種類収集し、その特性について把握した。フライアッシュ、ALC粉、鋳物砂廃ダストなどの産業廃棄物に水野粘土などを添加し、押出法により造粒、焼成した。

市販の園芸資材は①高吸水率（15%以上）②圧壊強度（10kgf以上）③pHが7以下④水溶性イオンが少ないことが特性として挙げられる。フライアッシュ配合試料はpHが5～7、吸水率が20%以上、圧壊強度が10kgf以上あり、赤色、赤褐色、黄色の発色が可能となった。鋳物砂廃ダスト配合試料はpHが5～6で吸水率は10数%で、やや小さいが、水溶性イオンも少なかった。ALC配合試料は吸水率が30%以上あり、pHが9程度でアルカリ性である。

1. まえがき

産業廃棄物の処分場の不足及び資源の有効利用が叫ばれているところから産業廃棄物の再生利用技術の開発が急務とされている。本研究においては産業廃棄物の再生利用を図るため、産業廃棄物に粘土などの添加物を加え、造粒、焼成し、園芸資材への活用について検討した。

2. 実験方法

2.1 市販園芸資材の収集

市販されている園芸資材（特に赤玉土系統）の特性を把握するために、土の乾燥物である赤玉土、数百度で焼成した焼赤玉土2種類、高温で焼成したドリームボール、高温で焼成発泡したハイドロボール、アクアボールの6種類を収集した。このうち、ハイドロボールとアクアボールは硬質で清潔感があり給水の手間もかからないことから、ハイドロカルチャー（水耕栽培）用として良く使用されるようになってきた。

2.2 原料の収集

産業廃棄物として石炭焼却の際生じるフライアッシュ、ALC（オートクレーブ処理軽量コン

クリート）製造関連から派生したCaO量が33%であるALC粉、SiO₂量が83%である鋳物砂廃ダストなどを集めた。産業廃棄物は粘土が含まれていないため、可塑性に乏しく、単味では、押し出し造粒することが困難であるので、粘土質原料を3種類収集した。鉄分が少ない水野粘土、可塑性に富む赤松オボロ、砂利廃土である桑名赤粘土を収集した。

2.3 pH及び水溶性イオンの測定

試料を5倍量の蒸留水に浸漬し、3時間経過した後、pHを測定した。また、同様に、試料を5倍量の蒸留水に浸漬し、3時間経過した後、イオンクロマトグラフ法により水溶性陰イオンを、原子吸光法により水溶性陽イオンを測定した。

2.4 化学組成、鉱物組成

蛍光X線分析装置により化学組成、X線回折装置により鉱物組成を測定した。

2.5 吸水率及び圧壊強度

3時間煮沸法により吸水率を測定した。試料を圧縮試験機にセットして試料が潰れたときの荷重を圧壊強度とした。

2.6 配合試験

産業廃棄物と粘土質原料を所定量混合し、真空押出成形機で成形した。試験体は15mmφ×50mmL

及び5 mm ϕ $\times$ 5~7 mm Lの円柱の試験体を作成した。成形体を乾燥後、900~1200℃で焼成し、吸水率、水溶性イオンおよびpHを測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 市販園芸資材の物性

表1に市販園芸資材の物性を示す。

焼赤玉土は押出造粒法で作られており、鉱物組成から判断すると焼成温度は数百度である。焼赤玉土は化学組成からは珪器質粘土を原料にしたものであると考えられる。焼赤玉土(1)は内部も表面も赤色を呈している。焼赤玉土(2)は内部は黒灰色で還元状態を示しており、表面は赤色を呈していることから急速に焼成したものであると推定される。アクアボール、ハイドロボールは化学組成、鉱物組成共によく似ており、表面は赤色で酸化状態を示しており、内部は発泡しており、黒灰色で還元状態を示している。吸水率はいずれも10数%以上ある。圧壊強度はいずれも8 kgf以上あり、特にアクアボール、ハイドロボールは強度が約30 kgf近くあり、大きな値を示しており、破碎されにくく、室内においても清潔感を保つのに適している。

表2に市販園芸資材の水溶性イオンおよびpH

を示す。pHは4.8から6.1といずれも弱酸性を示している。ハイドロボール、アクアボールから溶出する硫酸イオンは300ppm前後とやや大きく、他の試料の硫酸イオンは数十ppm以下であった。

赤玉土からは、80ppmの硝酸イオンが検出されたが、他の試料からは硝酸イオンはほとんど検出されなかった。赤玉土は乾燥のみで焼成していないので硝酸イオンが残ったものと思われる。陽イオンでは、Caイオンが多く溶出しており、硫酸イオンと同じように、ハイドロボール、アクアボールがより多く溶出しているが、この程度は溶出しているも園芸用として差支えないものと考えられる。

3.2 配合試験

市販園芸資材の調査検討の結果、園芸資材に求められている特性は①高吸水率(15%以上)、②粒が潰れにくいなど一定の強度があること(10 kgf) ③pHが7以下であること、④水溶性イオンが少ないことである。また、市販園芸資材が赤色を中心としたものであることと、室内に置かれる場合も考慮すると多色化を図ることが望ましいので、これも併せて検討した。その結果を表3に示す。

粘土質原料単独で比較すると桑名赤粘土は低温で焼結を開始し、赤松粘土、水野粘土の順に焼結しにくくなる。水野粘土は1200℃になっても吸水

表1 市販園芸資材の物性

品名	(%)					
	赤玉土	焼赤玉土(1)	焼赤玉土(2)	ドリムボール	ハイドロボール	アクアボール
SiO ₂	41.7	61.8	66.1	67.9	59.3	62.5
Al ₂ O ₃	28.3	27.5	16.9	22.4	19.9	18.3
Fe ₂ O ₃	10.8	4.29	8.39	4.09	9.51	9.23
TiO ₂	1.20	0.73	0.92	0.81	1.19	1.29
CaO	0.53	0.18	0.63	0.43	1.63	0.95
MgO	1.32	0.57	1.43	0.73	3.13	2.64
Na ₂ O	0.36	0.30	1.23	0.77	0.57	0.87
K ₂ O	1.16	2.18	3.19	2.54	3.72	3.55
lg. Loss	13.5	2.15	0.73	0.26	0.19	0.20
鉱物組成	Q, Mo	Q, Mi, F	Q, Mi, F	Q, Mu	Q, Sp	Q, Sp
圧壊強度 (kgf)	9	9	15	8	29	40
吸水率 (%)	—	25.8	19.7	—	17.3	18.0

Q: α -石英 Mo: モンロライト Mi: 雲母 F: 長石 Sp: スピネル Mu: ムライト

表2 市販園芸資材の水溶性イオンとpH

		(ppm)					
品名		赤玉土	焼赤玉土(1)	焼赤玉土(2)	ドリームボール	ハイドロボール	アクアボール
水溶性イオン	Cl ⁻	23.6	8.2	3.08	2.79	2.94	2.73
	NO ₃ ⁻	78.7	0	0	0	0	0
	SO ₄ ²⁻	42.9	41.6	24.4	4.75	310.1	265.4
	Ca ²⁺	30.1	0	0	0	62.3	39.4
	Mg ²⁺	6.08	1.61	1.5	0.21	11.2	17.9
	Na ⁺	2.67	10.8	8.87	7.74	10.3	1.28
	K ⁺	4.91	18.0	9.16	2.83	8.82	22.1
	Fe ³⁺	0.63	0.37	0.88	0.32	0.10	1.33
pH		4.8	4.6	5.7	5.2	6.1	5.7

表3 配合試験体の吸水率

		(%)			
配合割合 (%)		900	焼成温度 (°C) 1000	1100	1200
桑名赤 (100)		16.7	14.6	7.14	1.02
桑名赤 (75)	フライアッシュ (25)	25.4	23.1	12.3	0.35
桑名赤 (50)	フライアッシュ (50)	27.9	24.9	15.4	0.27
桑名赤 (50)	フライアッシュ (50) MnO ₂ (2)	37.5	35.0	20.9	0.36
桑名赤 (75)	鋳物砂廃ダスト (25)	18.1	16.8	10.3	1.05
桑名赤 (50)	鋳物砂廃ダスト (50)	19.3	18.4	13.6	4.76
桑名赤 (50)	鋳物砂廃ダスト (50) MnO ₂ (2)	19.6	18.5	12.5	0.78
赤松 (100)		18.0	15.6	8.41	0.06
赤松 (50)	ALC粉 (50)	36.3	37.2	36.2	1.06
赤松 (50)	鋳物砂廃ダスト (50) 炭酸コバルト (1.6)	17.2	16.7	13.4	6.84
水野 (100)		17.7	17.6	17.5	16.4
水野 (100)	M-55* (2)	16.3	16.5	15.2	13.9
水野 (50)	フライアッシュ (50)	30.6	30.5	28.5	25.1
水野 (50)	フライアッシュ (50) M-55 (2)	33.7	33.6	31.3	27.3
水野 (50)	ALC粉 (50)	31.5	34.3	34.1	1.72
水野 (50)	ALC粉 (50) M-55 (2)	34.1	35.2	34.3	0.65
水野 (50)	鋳物砂廃ダスト (50)	20.1	20.3	19.6	17.1
水野 (50)	鋳物砂廃ダスト (50) M-55 (2)	18.4	18.7	18.1	15.7
水野 (50)	鋳物砂廃ダスト (50) 炭酸コバルト (1.6)	18.7	18.8	18.1	15.1

*M-55: 日陶産業製緑色顔料

率が15%以上ある。逆に桑名赤粘土のそれは約1%になり、過焼気味である。吸水率の増大効果の大きい産業廃棄物はALC粉>フライアッシュ>鋳物砂廃ダストの順になる。ただし、1200℃になると、ALC粉及びフライアッシュは粘土質原料と反応して焼結しはじめる。これは、ALC粉及びフライアッシュのCaOなどの影響による。鋳物砂廃ダストは粘土質原料が焼結するのを妨害し、吸水率を高くしようとする働きがある。これは鋳物砂廃ダストに含まれるSiO₂量が80%以上あることによる。

表4に代表的な配合試験体の水溶性イオン、pHなどを示す。ALC粉やフライアッシュを配合したものは硫酸イオン

表4 配合試験体の水溶性イオン、pH及び圧壊強度

配合割合 (%)		焼成温度 (°C)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻	pH	圧壊強度 (kgf)
桑名赤 (75)	フライアッシュ (25)	1000	1.36	83.8	6.2	21
桑名赤 (50)	フライアッシュ (50)	1000	1.56	94.2	6.2	25
桑名赤 (50)	フライアッシュ (50)	1100	1.41	9.2	5.6	34
水野 (50)	ALC粉 (50)	1100	0.90	663.8	8.2	7
水野 (50)	ALC粉 (50)	1100	1.41	10.0	9.8	8
水野 (50)	鋳物砂廃ダスト (50)	1100	1.82	0	5.4	10
水野 (50)	鋳物砂廃ダスト (50)	1100	2.70	0	5.2	12

が多く、鋳物砂廃ダストは硫酸イオンをはじめ水溶性イオンが少ない。ALC粉を配合したものはpHが9前後と高く、強いアルカリ性を示す。フライアッシュ配合物はpHが6～7前後を示す。

また、ほとんどの配合例も圧壊強度は7 kgf以上あり、市販の園芸資材と同等の強度を示した。押出成形可能な配合であれば、一定の強度はあると考える。

次に高吸水率で発色も良好であった配合について色彩別に示す。

(1) 赤～赤褐色

◎桑名赤粘土(50%)とフライアッシュ(50%)

◎桑名赤粘土(75%)とフライアッシュ(25%)

◎桑名赤粘土(50%)とフライアッシュ(50%), MnO₂ (2%)

1000℃焼成で吸水率は20%を越えて、pHは5.5前後である。1200℃焼成では焼結が急速に進み、吸水率は1%以下になる。それに伴い焼成色は濃くなって行く。MnO₂の添加により褐色が強くなる。

(2) 黄色

◎水野粘土(50%)とフライアッシュ(50%)

1100℃焼成試料や1200℃焼成試料でも吸水率は20%以上であり、pHは7である。

(3) 青色

◎水野粘土(50%), 鋳物砂廃ダスト(50%), 炭酸コバルト(1.6%)

1100℃焼成試料はpHも低く、焼成色も青色を示すが、吸水率が若干小さい。

(4) 緑色

◎水野粘土(100%)とM-55(2%)

1000℃焼成試料はpHも低く、焼成色も緑色を示すが、吸水率が若干小さい。

◎水野粘土(50%), ALC粉(50%), M-55(2%)

1100℃焼成試料は吸水率も大きく、焼成色も淡緑色を示しているが、pHは9.8とアルカリ性を示す。

(5) 白色

◎水野粘土(100%)

1100℃焼成試料はpHも低く、焼成色も白色を示すが吸水率が若干小さい。

4. まとめ

- (1) フライアッシュ配合試料はpHは5～7で、吸水率も大きく、赤色、赤褐色、黄色が得られたが、顔料を添加しても余り発色は良くない。
- (2) 鋳物砂廃ダスト配合試料は吸水率は大きくならないが、pHは5～6であり、水溶性イオンが少ない。
- (3) ALC配合試料はpHが9程度あったが、吸水率は30%以上あり、発色も良好であった。
- (4) 水野粘土を主体とした配合試料はpH、発色共に良好であるが、吸水率が10数%とやや小さい。