

II-473 氷核活性細菌の汚泥凍結融解処理への 応用に関する研究

大阪大学工学部環境工学科 学生員 井上晶子
正員 藤田正憲

1. はじめに

氷核活性細菌は、水を高い温度において凍結させる能力をもつことが報告され、その凍結促進効果を造雪だけでなく種々の環境問題への対策に利用するための研究が進められている。一方、汚泥凍結融解法は余剰汚泥を凍結融解し、その微生物組織に損傷を与えることで脱水性を向上させる処理法であるが、凍結融解に要するエネルギーコストが高いため実用化に到らなかった。しかし氷核活性細菌を利用すれば、汚泥の凍結を促進しエネルギーコストを下げる事が可能であると考えられる。ここでは、氷核活性細菌を凍結促進剤として余剰汚泥に投入し、凍結融解処理の効率化をはかるとともに処理汚泥の脱水性への影響を調べている。

2. 実験材料ならびに方法

○ 実験材料

- ・ 氷核活性細菌 *Pseudomonas syringae* IF0 3310 を使用した。菌体は、高圧滅菌処理(121℃・20分)したL培地で40時間振盪培養し、培養液を凍結乾燥処理して保存し粉末の状態で用いた。
- ・ 汚泥 合成下水馴養活性汚泥を1時間静止沈澱した濃縮汚泥を用いた。
- ・ 凍結装置 凍結には冷凍庫内で約-15℃に保たれたエタノールバスを用いた。また、汚泥凍結管として内径43mm、深さ114mmのステンレス製円筒形遠心管を使用した。温度の経時変化は熱電対で測定した。
- ・ 脱水試験装置 脱水試験はヌッチェテスト装置¹⁾で行った。

○ 実験方法

活性汚泥を2本の凍結管に100mlずつ入れ、一方に凍結乾燥菌を0.06g/lの濃度で添加した後、2本の凍結管をエタノールバスに浸して凍結させ、試料の水面付近および中央の温度変化を熱電対で測定した。また別に、4g/lの濃度で凍結乾燥菌を添加した汚泥と添加しない汚泥をベトリ皿に薄く流し、冷蔵庫(-9℃)で凍結させ凍結汚泥の性状を比較した。脱水試験は以下のように行った。活性汚泥のMLSSと汚泥濃度(汚泥に対する固形物の質量比)を測定した後、凍結管に100mlずつ入れ、凍結乾燥菌を種々の濃度で添加した。凍結管を冷凍庫(-18℃)で2時間凍結させた後、60℃の湯につけて融解した。それぞれの試料についてヌッチェテストで脱水性を試験し、平均濾過比抵抗 α (m/kg)および濾材抵抗係数 km (l/m)を算出した。

3. 実験成績ならびに考察

本研究では汚泥に氷核活性細菌を添加し、凝固点、凍結完了時間、凍結汚泥性状への影響を調べるとともに融解後の脱水性の向上を検討した。

○ 汚泥の経時変化 汚泥の凍結過程における汚泥温度の変化を模式的に表すとFig 1 のようになる。Fig 1 より凝固点を θ 、凝固点から下がり始める時間を t_1 、冷媒の温度に達する時間を t_2 とすれば、凍結完了時間 T_f と凍結速度 v は式(1)²⁾、式(2)³⁾のように表される。

$$T_f = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (1)$$

$$v = \frac{\text{凍結管半径}}{T_f} \quad (2)$$

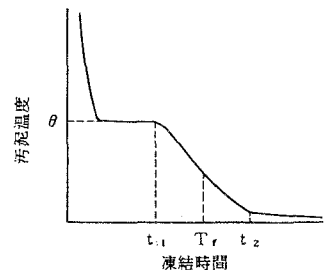


Fig 1 汚泥の凍結過程

Fig 2 に *Pseudomonas syringae* の添加試料、無添加試料の凍結過程の一例を示す。Fig 2 に従って T_f 、 v を求め、これを Table 1 に一括表示した。これによると添加試料は無添加試料に比べて凍結速度が速く、短い時間で凍結が完了する。よって氷核活性細菌により凍結時間を短縮しエネルギーコストを下げる事が期待できる。

○ 凍結汚泥性状 氷核活性細菌を添加した汚泥はきめ細かく整った氷をつくることがわかった。これは氷核活性細菌が汚泥中に粒の揃った多量の氷核を放出するためであると考えられる。

Table 1 凝固点温度および凍結速度の比較

	測定位置	<i>P. syringae</i> 添加試料	<i>P. syringae</i> 無添加試料
凝固点 θ (°C)	水面	-1.2	-2.2
	中央	-2.1	-1.3
$t_i \sim t_s$ (分)	水面	100 ~ 200	150 ~ 210
	中央	60 ~ 190	120 ~ 220
凍結完了時間 T_f (分)	水面	150	180
	中央	130	170
凍結速度 v (mm/h)	水面	8.60	7.17
	中央	9.91	7.60

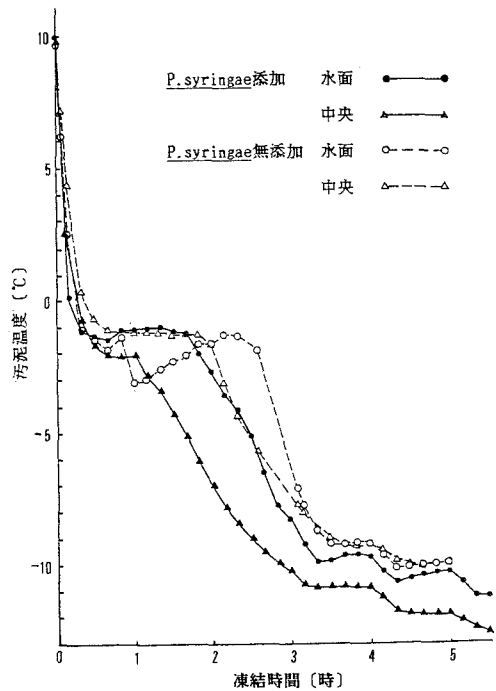


Fig 2 凍結過程における汚泥温度の変化

○ 脱水性改善 無凍結試料および氷核活性細菌を添加した凍結融解処理試料の脱水成績を Table 2 に示した。これより凍結融解処理は脱水性を向上させることが明らかである。また氷核活性細菌の添加量を低濃度に抑えることによって、無添加で凍結融解処理を行った場合よりも良い脱水性が得られた。Fig 3 より菌添加量の最適値は $0.04 \sim 0.08 \text{ g/l}$ の範囲にあり、それ以上添加すると脱水性が妨げられた。

4. 要約

氷核活性細菌は凍結融解処理において汚泥の凝固点を高め冷凍時間を短縮しエネルギーコストを抑える働きをし、脱水性の改善にも効果的であることが示された。

〈参考文献〉1) 下水試験法, 315 (1984) 2) 井出 他: 水質汚濁研究, 10(3), 180 (1987) 3) 川崎 他: 水質汚濁研究, 11(8), 520 (1988)

Table 2 脱水成績

SAMPLE	無凍結	凍結融解	菌添加 凍結融解				
菌添加量 (g/l)	0	0	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10
含水率 (%)	88.5	88.8	88.9	88.8	88.8	88.0	88.4
m	8.71	8.92	8.98	8.97	8.94	8.30	8.65
p (gw / ccl)	136.0	163.2	163.2	163.2	163.2	176.8	197.2
K (cm ² /sec)	66.7	105.3	205.0	136.4	90.9	87.5	87.0
C (cd)	16.0	22.1	61.5	32.7	19.5	16.6	22.6
κ (ccl/g)	34.8	34.6	34.5	34.5	34.5	35.2	34.8
α (m/kg)	5.34×10^{-6}	4.04×10^{-6}	2.07×10^{-6}	3.11×10^{-6}	4.66×10^{-6}	5.35×10^{-6}	5.94×10^{-6}
k_m (1/a)	1.25×10^{-8}	1.32×10^{-8}	1.88×10^{-8}	1.50×10^{-8}	1.35×10^{-8}	1.29×10^{-8}	1.95×10^{-8}

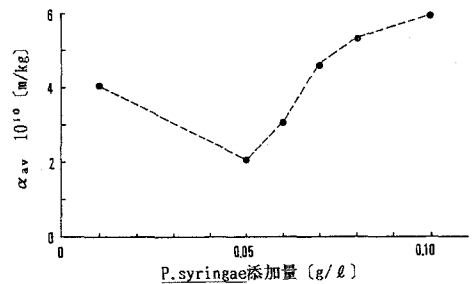


Fig 3 平均透過比抵抗に対する *P. syringae* 添加量の影響