

	ひらばやし ひでお
氏 名	平林 秀雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 710 号
学 位 授 与 の 日 付	平成 26 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイバ科学専攻
学 位 论 文 題 目	温水配管用樹脂管の熱劣化による評価と耐久性向上のための配合設計
審 査 委 員	(主査)教授 西村寛之 教授 濱田泰以 准教授 小滝雅也 大阪ガス(株)エネルギー技術研究所シニアリサーチャー *樋口裕思

論文内容の要旨

住宅内の衛生系配管の給水管には亜鉛メッキ鋼管や樹脂ライニング鋼管などの炭素鋼鋼管などが多く使用され、給湯配管には銅管などが多く使用されてきた。しかし、銅管を採用した給湯配管や暖房配管で、孔食による漏水事故が発生するようになり、その原因及び対策が確立していないことから、現在でも問題を残している。現在では、新築のほとんどの住宅に暖房給湯器が設置されるようになり、その配管材料として、ポリオレフィン管でも耐熱性に優れる架橋ポリエチレン管が主に使用され、給水給湯用配管のみならず、暖房温水用配管としても使用されている。これらの暖房・給水・給湯用配管用の架橋・非架橋ポリエチレン管は、使用温度や使用圧力による負荷および塩素により寿命に影響を及ぼす事が分かっているが、これらの複合的な要因で発生する破壊について評価する方法や破壊モードを考慮した酸化防止剤の配合設計も明らかにされておらず、それらについて詳細に検討することは学術的にも工業的にも重要であると考えられる。

本研究では、既設の暖房・給水・給湯用配管の寿命評価や、これから開発される管の長寿命化の要望に応えるために、各種の酸化防止剤を配合したパイプを試作評価し、酸化防止剤の配合による寿命へ影響の評価を行い、酸化防止剤の配合のガイドラインと適切な評価方法の確立について検討を行っている。

第 1 章では、緒言として本論文の背景と必要性、意義を述べ、本研究に至った経緯を述べている。第 2 章では、ポリエチレン樹脂の長期温水循環試験を行い、その劣化挙動と破壊形態の評価を行っている。その結果、架橋ポリエチレン管の劣化部分は、非架橋ポリエチレン管に比べて酸化層は狭く、銅イオンの拡散も抑制されていることを明らかとしている。第 3 章では、過酸化物架橋により製造される架橋ポリエチレン管の製造時に添加する酸化防止剤が及ぼす架橋阻害の影響、および添加する酸化防止剤の種類と添加量が酸化誘導時間 (OIT) および架橋度に与える影響について検討している。その結果、ヒンダードアミン光安定剤とヒンダードフェノール系酸化防止剤を添加することで、架橋度に影響せず、長時間の OIT を維持できることが分かり、それらがポリエチレン管の耐久性に著しく影響を及ぼしていることを明らかにしている。第 4 章では、過酸化物架橋ポリエチレン管に配合する安定剤の種類と量による架橋度への影響と酸化誘導時間で表される安定剤の残留量への影響について検討している。その結果、添加剤のみならず、ポリエ

チレンの架橋構造の違いがパイプの破壊時間に大きく影響を与えていていることを明らかとしている。第5章では、長期耐久性評価として熱間内圧クリープ試験と温水循環試験を行い、それぞれの試験の経過時間ごとにOITの測定を行なっている。その結果、熱間内圧クリープ試験より、酸化防止剤と光安定剤を添加した非架橋ポリエチレン管で14000時間でも脆性破壊が発生しないことを示し、光安定剤は非架橋ポリエチレンに対しても効果が高いことを見出している。第6章では、酸化防止剤の配合設計毎に寿命への影響を検討し、長寿命化するための配合設計および寿命の評価方法について検討している。その結果、暖房配管材料に使用される非架橋中密度ポリエチレンの場合には、OITが210°Cの酸素雰囲気中で100分以上になるような配合設計を行うことが必要であることを示している。第7章では、この研究の実証成果をまとめ、さらにそれらの結論の意味するところを吟味している。

本研究では、架橋・非架橋ポリエチレン管に対して光安定剤および酸化防止剤を添加することによりポリエチレン管の耐久性について評価し、ヒンダードアミン系光安定剤が温水環境下でポリエチレン管の酸化劣化防止に極めて有効であることを見出している。さらに、長寿命化するために酸化防止剤の最適な配合設計を検討し、非架橋中密度ポリエチレンの場合には、OITが210°Cの酸素雰囲気中で100分以上になるような配合設計を行うことが必要であることを示している。

論文審査の結果の要旨

本論文では、住宅用暖房・給水・給湯用配管用の架橋・非架橋ポリエチレン管に対して、様々な酸化防止剤等の添加剤配合を替えて耐久性評価を行い、従来では考えられないヒンダードアミン系光安定剤を添加した場合に極めて優れた長期耐久性を示すを見出した点に特徴がある。さらに、本研究成果を応用することにより、架橋・非架橋ポリエチレン管の長寿命化のための最適な酸化防止剤配合設計を行い、非架橋中密度ポリエチレンの場合には、OITが210°Cの酸素雰囲気中で100分以上になるような配合設計を行うことが必要であることを提案している。これらの研究成果により、住宅用暖房・給水・給湯用配管用の架橋・非架橋ポリエチレン管に対して、光安定剤を添加することにより長寿命化を見出したことは、工業的に大変意義があり、さらに、OIT測定法を活用してポリエチレン管の酸化劣化時間を精密に測定することにより酸化防止剤の配合による寿命への影響評価を行い、酸化防止剤の配合設計ガイドラインを確立したことは、工業的のみならず、学術的な観点からも評価できる。

本論文の内容は次の5報に報告されており、5報すべて申請者を筆頭著者とするものである。

1. Hideo Hirabayashi, Akinori Iguchi, Kazushi Yamada, Hiroyuki Nishimura, Kazuhisa Ikawa, and Hidekazu Honma, "Study of behavior of accelerated aged polyethylene pipes for heating", Journal of Materials Life Society, Vol. 25, Symposia, pp.100-104, (2013)
2. Hideo Hirabayashi, Akinori Iguchi, Kazushi Yamada, Hiroyuki Nishimura, Kazuhisa Ikawa, and Hidekazu Honma, "EVALUATION OF DURABILITY AND STRUCTURE OF PEROXIDE CROSS-LINKED POLYETHYLENE PIPES WITH SEVERAL STABILIZERS", SPE-ANTEC Technical Papers, 59, No.1591242 (2013)
3. 平林秀雄、井口昭則、山田和志、西村寛之、井川一久, 過酸化物架橋ポリエチレン管の安定剤による耐久性評価, マテリアルライフ学会誌, Vol. 25, Issue No. 2, pp. 42-50 (2013)

4. Hideo Hirabayashi, Akinori Iguchi, Kazushi Yamada, Hiroyuki Nishimura, Kazuhisa Ikawa, Hidekazu Honma, "Study on the Structure of Peroxide Cross-Linked Polyethylene Pipes with Several Stabilizers", Vol.4, Issue No. 9, pp. 497-503, Materials Sciences and Applications (2013)
5. Hideo Hirabayashi, Akinori Iguchi, Kazushi Yamada, Hiroyuki Nishimura, Kazuhisa Ikawa, and Takafumi Kawaguchi, "Evaluation of non-crosslinked polyethylene pipes for heating", SPE-ANTEC Technical Papers, 58, No.1259031 (2012)

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。