

京都大学	博士 (工学)	氏名	益 尾 和 彦
論文題目	脱塩化ビニルと LCA を重視した電線・ケーブルの環境配慮設計に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、脱塩化ビニル (脱塩ビ) 電線の開発と使用済み塩化ビニルの再利用、ならびに、電力ケーブルの導体サイズ適正化 (太線化) による通電ロス低減と CO₂ 排出量削減に関する研究の成果をまとめたものであって、序論、第 I 部 (3 章)、第 II 部 (4 章)、結論からなっている。</p> <p>序論では、本研究の背景および研究の目的、意義について述べている。</p> <p>第 I 部は、脱塩化ビニル (脱塩ビ) 電線の開発と使用済み塩化ビニルの電線への再使用についてまとめている。</p> <p>第 1 章では、電線被覆材のベース樹脂にメタロセン C8-LLDPE を選定し、それに難燃剤の Mg(OH)₂ (水酸化マグネシウム、以下水マグと言う) を高充填することで、加熱変形しにくく、難燃性かつ加工性に優れた脱塩ビ電線が実現できることを示している。また、従来不明であった水マグの吸熱作用による難燃性付与メカニズムを明らかにしている。さらに、難燃剤を高充填した樹脂が持つ実使用上の 4 つの問題点 (白化現象、絶縁抵抗低下現象、汗をかく現象、沿面フラッシュオーバー現象) の対策として、電線被覆層を 2 層にし、その外層は難燃剤の入っていない樹脂を薄く被覆する構造を考え、試作実験によりその構造が抜本的対策となることを明らかにしている。</p> <p>脱塩ビ電線に難燃剤として充填する水マグを、製造時の消費エネルギー量の多い合成品から消費エネルギー量の少ない天然品に替えることで、CO₂ を削減することが可能である。第 2 章では、天然水マグの長所を生かしつつ欠点を技術的に補い、さらに赤リンの添加によって水マグの充填量を減らすことにより、製造時における CO₂ 排出量を塩ビ電線の 20% 程度まで削減できることを示している。</p> <p>第 3 章では、使用済み塩ビを再使用して製造した電線が、次の一生 (ライフサイクル) の使用に耐えることを確認するため、まず、バージン塩ビを用いた実験室レベルの実験により、塩ビは 2 回のライフサイクルに十分耐えることを明らかにしている。また、使用済み塩ビ電線から採取した塩ビをそのまま電線に再使用しても次のライフサイクルに耐えるレベルにあることを確認し、同時に、ポリエチレンが 5% 以下混入していても問題なく使えること、10% 混入の場合でも、ポリマーアロイ技術を適用することで使用に耐えるレベルになることを示している。一方、回収農業用塩ビフィルムの劣化は分子鎖の切断まで進んでいないことを確認し、再生配合により電線用として再使用できることを明らかにしている。</p> <p>第 II 部は、電力ケーブルの導体サイズ適正化 (太線化) による通電ロス低減と CO₂ 排出削減に関してまとめている。</p> <p>導体サイズの適正化を実施に移すには、最適なサイズを決定する必要がある。第 1 章では、IEC 規格の経済性重視の考え方をベースに、最適なサイズについて検討を行い、サイズを導体断面積で 2 倍に大きくすることで、ライフサイクルコスト (LCC) をミニマムにできることを示すとともに、サイズ適正化による CO₂ 削減量について概略の試算を行い、日本全国総 CO₂ 排出量の約 1% に相当する削減が可能であるという結果を得ている。さらに、CO₂ 削減効果の点では、導体サイズ太線化が電圧を上げること (昇圧) より有効であることを示している。</p>			

氏名	益尾和彦
----	------

第2章では、サイズ適正化の対象となる電線・ケーブルの特定と、それを進めるにあたっての技術的諸課題への対応について検討している。まず、工場・ビルで大量に使用されている低圧 CV-T ケーブルを対象に、通電ロスによるケーブル表面の温度上昇値をサイズ適正化前後それぞれの場合について計算で求めている。その結果、ケーブル表面温度上昇の測定によって、取り替えの対象ケーブルを特定することが可能であることを確認している。また、サイズ適正化前後のケーブルを用いて1ヶ月間の通電実験を行い、両ケーブルの通電ロス量と表面温度上昇値の違いを実測して、それらが理論通りの結果になることを確認している。さらに、住宅の200V配線に使用されている VVF ケーブルを対象に、導体を太くしてもたわみ性を損なわない複合構造の新規ケーブルを開発し、自然冷媒ヒートポンプ式給湯機（エコキュート）と IH クッキングヒータの電源電線用としての適用を検討している。

サイズ適正化の普及のためには、経済性と環境性（CO₂排出）の双方の観点から適正なサイズの決定指針を作り、それを国内規格や国際規格（IEC）にすることが必要である。第3章では、IEC規格のライフサイクルコスト（LCC）の考え方をベースにして、ケーブルの一生にわたる CO₂ 排出量をコスト換算した値と LCC との和を新たにライフサイクルコストと定義し、それが最小となる値を最適電流値とするという新しい導体サイズ決定指針を提案している。また、工場、事務所、ビルなどの分野ごとに調査した負荷電流パターンの実態より、それらが3つのケースに明確に分類できることを明らかにし、それぞれに対して最適電流値を算出することによって指針の明確化を図っている。

第4章では、第3章で提案した導体サイズ決定指針に基づき、日本全国の需要家（工場、ビル）構内の低圧 CV-T ケーブルのサイズをすべて適正化したときの年間総 CO₂ 排出削減量は、1990年における日本の CO₂ 総排出量の 0.75% に相当することを明らかにしている。また、発電端から需要家受電端までの送配電ロスが 7% 程度であるのに対して、需要家受電端以降の構内低圧 CV-T ケーブルによる通電ロスが約 4% にもなることを示し、併せて、サイズ適正化によって 2% にまで半減できることを明らかにしている。

結論では、本論文で得られた結果をまとめ、今後の見通しについて述べている。

以上のように、本研究は、環境に及ぼす影響の少ない電線・ケーブルの開発および改善、ならびに、電線・ケーブルの製造から使用までの LCA による CO₂ 排出の総量を削減するための導体サイズ適正化の指針と効果などについて検討したものである。本論文で得られた結果は、CO₂ 排出量の削減を通して地球温暖化の軽減に貢献するものと期待される。

(続紙 2)

氏名

益尾和彦

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、脱塩化ビニル（脱塩ビ）電線の開発と使用済み塩化ビニルの再利用、ならびに、電力ケーブルの導体サイズ適正化（太線化）による通電ロス低減と CO₂ 排出量削減に関する研究の成果を取りまとめたものである。得られた主な成果は以下の通りである。

1. 電線被覆材のベース樹脂としてメタロセン C8-LLDPE を選び、それに水酸化マグネシウム（水マグ）を高充填することで、加熱変形しにくく、かつ難燃性と加工性に優れた脱塩ビ電線を実現した。また、水マグによる難燃性付与のメカニズムについて解明した。
2. 難燃剤としての水マグを、合成品から製造時のエネルギー消費量の小さい天然品に換えること、また、赤リンの添加によって水マグの充填量を減らすことにより、脱塩ビ電線製造時の CO₂ 排出量を塩ビ電線と比較して約 20% 削減できることを明らかにした。
3. 使用済み塩ビのリサイクルに関して、再使用の可能性、ポリエチレンの許容混入率などについて検討を行い、2 回までの再使用は可能であること、5% までのポリエチレン混入は破断特性や耐熱特性に問題がないことを明らかにした。
4. 導体サイズを適正化することによって、ケーブル製造コストと通電電力損失に相当する電力料金の和を最小にすることができ、それによって日本全国のすべてのケーブルに適用することによって日本全体の CO₂ 排出量を約 1% 削減できることを示した。
5. ケーブル表面温度から通電電流を推定する方法を確立し、実際に使用されているケーブルの導体サイズ適正化の必要度をその表面温度から知ることを可能とした。
6. 導体サイズ適正化の普及のために、経済性と環境の双方を考慮した適切なサイズの決定指針を案出するとともにその妥当性を検証し、世界標準化に向けての基礎を確立した。

本論文は、環境に及ぼす影響の少ない電線・ケーブルの開発および改善、ならびに、電線・ケーブルの製造から使用までの LCA による CO₂ 排出の総量を削減するための導体サイズ適正化について研究を行い、地球温暖化の軽減に貢献する環境配慮設計についての知見を得たものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 22 年 2 月 23 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。