

[ 別紙 2 ]

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 中俣 恵一

論文題目 : Evaluation of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans,  
and chloroform in process water of kraft pulp bleaching mills

(クラフトパルプ漂白工場の工程水に含まれるダイオキシン類およびクロロホルムの評価)

2000年1月にダイオキシン類対策特別措置法が施行され、塩素または塩素系漂白剤を用いるパルプ漂白施設が水質関連の特定施設に指定された。そして、ダイオキシン類の環境基準（1 pg-TEQ/L）と排出基準（10pg-TEQ/L）が定められた。海外で行われた研究の結果では、二酸化塩素を主要な漂白薬品とするECF（Elemental Chlorine Free）漂白ではダイオキシン類が発生しないことが示されていたが、これらの検討では、ほとんどが2,3,7,8-TCDD（テトラクロロダイオキシン）と2,3,7,8-TCDF（テトラクロロジベンゾフラン）だけに限定し、しかも、10pg/L程度を定量下限とするものであった。そのため、我国の環境基準に基づいてECF漂白におけるダイオキシン類の発生レベルを評価することが緊急を要する課題であった。

そこで、本研究では、実際のパルプ漂白工場におけるECF漂白工程からのダイオキシン類の発生レベルを塩素漂白工程からのそれと、我国の環境基準を念頭においた測定下限で比較検討するとともに、パルプ工場における水の循環再利用を考慮して、工場全体におけるダイオキシン類の挙動について調査・評価を行った。また、パルプ漂白工程で発生するクロロホルムについても、ECF漂白と塩素漂白との間の比較検討を、工場全体にわたり実施した。これらの結果をもとに、パルプ漂白におけるECF漂白の意義について検討

した。

第1章で既往の関連の知見について論じたのち、第2章においてはE C Fクラフトパルプ漂白工程から排出されるプロセス水に含まれるダイオキシン類の、環境水レベルでの評価結果について述べている。パルプ化および洗浄工程などに最新の技術を導入したクラフトパルプ工場にE C F漂白を導入した場合、漂白排水中に2,3,7,8-TCDDの存在を認めることは出来なかった。ダイオキシン類全般についても環境基準である1pg-TEQ/L以下であることが明らかになり、環境基準に近いダイオキシン類の生成が認められた塩素漂白（クロリンファクター：0.18）排水と際立った相違を示した。また、A O X (Adsorbable Organic Halogen)発生原単位についてもE C F漂白によって大幅に低減することが確認された。

第3章においては、E C F漂白におけるクロロホルムの生成量を塩素漂白におけるそれと比較検討している。その結果、塩素漂白ではパルプ1トン当たり172g生成していたクロロホルムが、E C F漂白では2.07-5.34gにまで減少し、大気に及ぼす影響が画期的に改善されることが示された。また、排水の活性汚泥処理によってはクロロホルムは分解されないことも示されている。

次いで、第4章では工場内における用水の循環使用にともなうダイオキシン類の挙動について、詳細に検討している。現在、パルプ工場においては水使用量の低減を目的として、用水の循環再使用が広範に進められている。その結果、用水中に元々含まれていた農業用除草剤クロロニトロフェン（C N P）由来で、毒性等価係数をもたないダイオキシン類である1,3,6,8-TCDDおよび1,3,7,9-TCDDが、工程中の特定の凝縮水に高濃度に濃縮されていることが確認されたが、強い毒性を持つことが知られている2,3,7,8-TCDDは、いずれの工程排水中にもその存在をみとめることが出来なかった。また、このことは通常の20倍量の二酸化塩素を投与したE C F漂白においても同様であった。さらに、E C F漂白のみならず、適切に操業された塩素漂白においても、排水中のダイオキシン類は日本の排出基準のみならず環境基準を下回ることが示された。

以上、本研究は、現在、導入が進められているパルプのE C F漂白の意義を、ダイオキシン類およびクロロホルム生成量の両面から、工場レベルで詳細に検討したもので、世界的にも非常に貴重な知見を提供している。また、木材化学分野への貢献も多大であり、審査委員一同は、博士（農学）に相当すると判断した。