

## 事後評価報告書

1. 研究課題名：「持続可能な流域水循環保全／物質・エネルギー生産融合システム及びその基盤技術の開発」
2. 研究代表者名
  - 2-1 日本側研究代表者：東京大学 生産技術研究所 迫田 章義 教授
  - 2-2 中国側研究代表者：清華大学 環境科学・工学部 胡 洪宮 教授

総合評価： 良

### 3. 研究交流実施内容及び成果

本研究は、流域の化石資源使用量を減少させるとともに、健全な地域物質循環系を創生するために、南四湖の沿岸域に湿地帯植物を利用した大規模かつ持続可能なファイトレメディエーションシステムを構築し、そこで生産される湿地帯植物バイオマス为原料とした物質・エネルギー生産システム（＝「多機能湿地システム」）を設計することを目的とした。具体的には、日本側研究グループは、これまでの研究実績を生かしてバイオマス利活用分野や、湖沼の物質循環と水質に関する分野を担当した。中国側研究グループは、湿地植物の選択や栽培、湿地の水質浄化能やそのメカニズム解明などの湿地関連の研究を担当した。両研究グループが相互の研究を補足し合いながら、システム構築にあたった。

日本側は湿地内物質収支の解明のための基礎的な検討、ならびに植物プランクトンを含む湿地植物利活用の方法を検討し、以下の成果を得た。

- ・ 屋外における水耕栽培実験によって、湿地植物ダンチク（Giant reed）のリン取込特性が明らかとなり、代表的な湿地植物であるヨシと比べてダンチクのリン除去能力が高く、提案するシステムに利用するのに有望であることを明らかにした。またその結果をもとに水質浄化の効果を予測した。
- ・  $^{32}\text{P}$ を用いた体内リン挙動の測定によってリンの体内移動・分布挙動を明らかにし、転流（植物体内で栄養素などが移動する現象）が始まっても長期間リン取込が維持されることを示した。これを踏まえ、長期間にわたる持続可能な生産・利用システムを構築するには、地上部の枯死前の刈取りとその枯死後に地下茎を収穫するなど、双方のバランスのとれた設計と運営が重要であることを指摘した。
- ・ ダンチク茎の炭化物の水質浄化材としての有効性を評価した。その結果、優れたカドミウム（Cd）除去能を有することを明らかにした。また、炭化温度の制御により細孔サイズの制御が可能であることを示し、特に低温（400～500℃）での炭化において、高分子物質等の吸着に応用しうるメソ孔が生成されることも明らかにした。
- ・ 水耕実験系によって、ダンチクが高い Cd 耐性と吸収特性をもつことを示し、吸収した Cd の大部分が地下茎に蓄積されることを明らかにした。さらに同系でのカドミウムの主な蓄積

機構は、生体防御反応により Cd-ファイトケラチン (PC) 複合体として地下茎に蓄積し、地上部への流入を阻止するものと推定した。

- ・ 人工湿地の新たな展開として、炭化水素蓄積能の高い緑藻 *Botryococcus braunii* を用いる環境水中のリン除去とバイオ燃料生産の多機能システムの可能性を、実験ならびに数理シミュレーションにより検討した。その結果、*B. braunii* の初期投入量を適切に設定することによる環境水中での増殖の可能性を示し、総括エネルギー収支においてイネ科植物等に対する優位性を示唆した。人工湿地における COD、T-N、T-P 変化を表現する 1 次モデル(k-C\*モデル)を作成した。またリン除去に関するボックスモデルを提案し、ダンチクを原料とした固形燃料の適用可能性を経済的な視点から評価した。

以上の成果は、中国側が後述のように検討してきた多機能湿地のパフォーマンスを高めるのに有効なばかりでなく、今後より適用範囲の広い多機能人工湿地を提案する上で重要な知見である。また、特にダンチクにおけるリン転流の定量的な解明や、ダンチク炭化物のカドミウム吸着などは学術的新規性が高く、ダンチクの工学的利用を促進するものである。

一方、中国側は多機能湿地システムの建設技術、ならびに長時間の管理技術の開発を試みた。また、湿地植物の工業原料やエネルギー資源としての利活用ポテンシャルを評価し、関連するキーテクノロジーを検討し、以下の特筆すべき成果をあげた。

- ・ 南四湖に注ぐ河川の水質変化と主要汚濁物質の流入状況を明らかにした。
- ・ 水質浄化ならびにバイオマス利活用（水質浄化能、藻類増殖抑制能、エネルギー蓄積、バクテリア抑制能）に基づく湿地植物選択のための評価指標・評価手法を確立した。
- ・ 多機能湿地を設立し、その水質浄化能及びバイオマス生産能強化のための最適設計を検討した。
- ・ 適切な湿地植物利活用手法を提案し、活性炭及び藻類制御物質の製造方法を確立した。
- ・ 植物と土壌の間の窒素、リン移動を検討し、植物体内での窒素とリンの季節ごとの回流を発見した。この検討結果をもとに、湿地の管理手法を提案した。

#### 4. 事後評価結果

##### 4-1 総合評価

ファイトレメディエーションシステムとバイオマス原料を活用した物質・エネルギー生産システムを融合した多機能湿地システム管理手法構築の構想は斬新で、特に中国農村部に適したシステムであり、日中研究交流事業として推進する必然性は高い。また、ダンチクの工学的利用、特にリンの転流メカニズムを明らかにし、湿地の管理手法を提案した成果は高く評価できる。一方、多機能湿地システムの設計に向けたファイトレメディエーションシステムの構築や、植物バイオマスを原料とした物質エネルギー生産システム設計までは至っておらず、更なる研究展開が期待される。

人的な交流においては、合同会議や相互訪問、シンポジウムによって十分行われたが、多数の若手研究者の参加を得ていれば、将来の研究交流と人材育成の進展に繋がったと推測される。

#### 4-2 研究交流の有効性

ダンチュクによる Cd やリンの除去を検討し、その工学的利用や湿地の管理手法を日中の共同研究で提示した成果は学術的新規性が高く、技術的な有効性も評価できる。一方、日中両国の大きな社会的関心である、Cd 以外の重金属や農薬除去の研究については、今後のさらなる展開が望まれる。新しい研究テーマのもとで研究者の交流が行われたことは有意義であり、講師レベルの研究者の交流は十分なされ、研究者のネットワークが構築されたことは評価できる。一方、大学院生などの若手研究者の参画を誘導できていれば、将来の交流を担う人材の育成に繋がったと考えられる。

学術的には興味深い成果を上げており、重要課題である有害物質の除去技術に繋がる知見も得られていることから、今後も研究交流を継続することが望まれる。

#### 4-3 当初目標の達成度

人材交流は計画通り行われ、相当な研究成果が得られた。ただし、研究者派遣の延べ日数は当初の計画よりも少なく、シンポジウムの開催も 1 回のみであった。日中双方で優れた研究成果が得られたことから、研究交流実施体制は適切であったと判断されるが、論文や学会発表による成果の発信に関しては、機動的・機能的な組織とは言えず、今後の継続的な研究交流の中で改善されることが望まれる。