

MELiSSA Loop におけるバイオマス連続モニタリング

宇宙環境での生命維持装置開発に向けたシアノバクテリア - リムノスピラ（スピルリナ）の培養

業種：地球外システムの研究開発 応用分野：生命維持装置

紹介製品：Dencytee, Retractable B HyCIP, pH および DO アークセンサー

著者：David Garcia | Departament d'Enginyeria Química Escola d'Enginyeria. Edifici Q

エンドユーザー：Melissa Pilot Plant（ヨーロッパ）

日本語訳・編集：株式会社ティ・アンド・シー・テクニカル

プロセス動的特性の理解を深めるためのドリフトフリーの長期バイオマスモニタリング

はじめに

MELiSSA（マイクロ・エコロジカル生命維持システム代替システム）は、欧州宇宙機関（ESA）が主導する 15 のパートナーによる国際共同プロジェクトであり、長期宇宙ミッションを支える再生型生命維持システムの開発に重点を置いています。MELiSSA で研究される技術は、火星のような惑星における人類の存在を可能にすることに貢献します。MELiSSA の目標は、光をエネルギー源として利用し、食料の生産、水の回収、大気の再生、そして二酸化炭素や有機廃棄物などの廃棄物の同時利用です。

測定

生物の生命維持システムにおいて、長期連続培養は、人間に必要な酸素と食物の継続的な生産を可能にします。MELiSSA パイロットプラントでは、*Limnospira indica*（旧称 *Arthrospira/Spirulina*）を培養するフォトバイオリアクターが、人間のニーズを部分的に満たすために酸素と食物を継続的に生産することを目指しています。このシナリオでは、堅牢で信頼性の高い監視および制御センサー技術の使用が必須です。pH、pO₂、光学密度などのパラメータは、バイオリアクターでの生産能力を最大にするために不可欠です。この中でも光学密度（OD）には特に注意を払う必要があります。MELiSSA フォトバイオリアクターでは、細胞の光学密度は希釈率（D）と光強度という 2 つの主要な操作変数からの出力です。バイオリアクターのあらゆる変動に対応し、培養状態を監視するには、バイオマス濃度のオンライン測定が不可欠です。さらに、操作変数を微調整することで目標光学密度に到達し、酸素とバイオマス生産の培養性能を最適化することができます。

180 日間の実験でバイオマスのオンラインモニタリングを実施し、異なる光条件と希釈率におけるバイオリアクターの性能を特性評価および理解することを目指しました。

オンライン濁度モニタリング

には Dencytee センサーを使用しました。このセンサーは、必要に応じてセンサーを収納して洗浄および滅菌できる、収納式ハウジング Retractable B HyCIP を介してバイオリアクターに設置されました。（図 1）

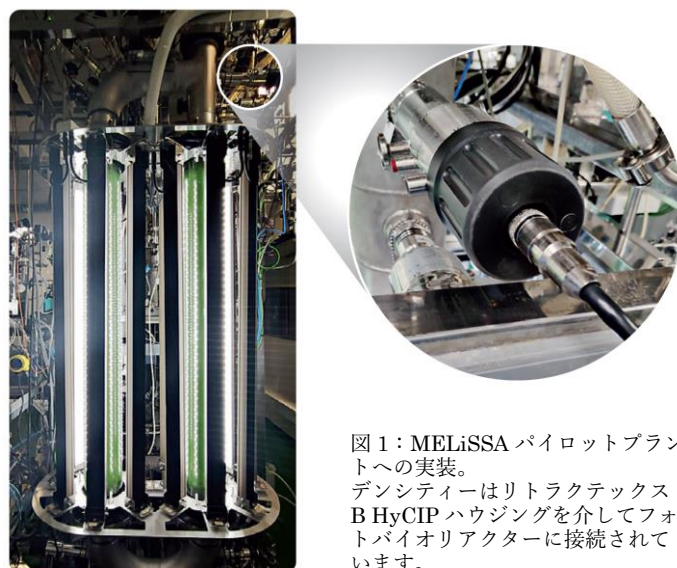


図 1：MELiSSA パイロットプラントへの実装。
デンシティーはリトラクテックス B HyCIP ハウジングを介してフォトバイオリアクターに接続されています。

これは、経時的にプローブが汚れる可能性のある長期運転プロセスにおけるセンサーのメンテナンスに特に重要です。

図 2 は、オフライン OD、オフライン細胞乾燥重量 (CDW)、およびインラインバイオマスセンサーの変化を示しています。実験条件に関わらず、オフラインとインライン間のデータの優れた相関関係によって、センサーの適性が証明されています。フィッティングは低域吸光度単位 (A750nm) で観察され、最小値は 0.4 AU、最大値は 3 AU です。バイオマス濃度の変化は、操作変数の値の違いによって引き起こされます。

Dencytee センサーによりサンプリングを行うことなくプロセスの動的特性を追跡することができました。これは制御の観点から非常に重要です。ほとんどの場合、細胞密度との良好な相関関係が見られますが、一部の条件では偏差が存在します。この挙動は、細胞培養の CDW/OD 比の変化によって引き起こされます。これは細胞の形態変化による散乱特性と吸光特性への影響によるものです。Dencytee センサーは吸光度に基づいているため、細胞の散乱特性の変化が測定に反映されます。長期間の運用では、環境条件に応じて形態変化が発生する可能性があります。したがって、OD のオンライン測定は、細胞の形態変化を予測するのに役立ちます。

ハミルトンソリューションの利点

バイオマスと酸素の生産は、MELiSSA ループの目標生成物です。ハミルトンの Dencytee センサーは、バイオマス生産の信頼性の高いモニタリングに役立ちました。

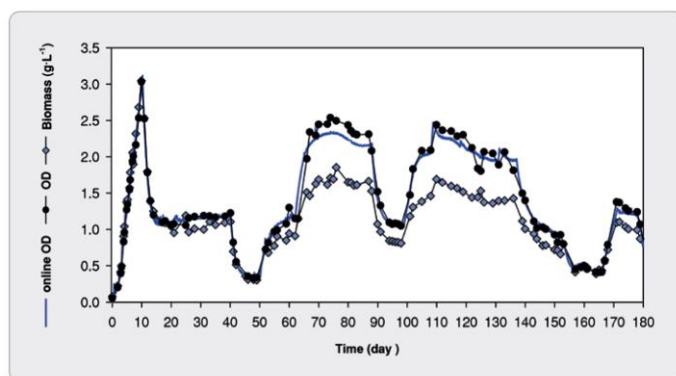


図 2：180 日間連続運転中の *Limnospira indica* のインラインおよびオフラインモニタリング。インライン (Dencytee) とオフラインの OD の間には強い相関が見られます。このプロファイルは、操作変数の変化によってバイオマスの定常状態の値が異なることによって引き起こされます。

180 日間の培養中、オフラインの吸光度データからの逸脱は見られず、オフライン値とインライン値の間の直線相関を確立するために必要な初期サンプルはわずかでした。さらに、このセンサーは、環境条件の変化にさらされた際の培養の動態を明確に示し、あらゆる条件において培養が安定に達するポイントを特定しました。これは、培養傾向を予測し、潜在的な逸脱を予測する上でのこの技術の可能性を示しています。最後に、この一連の実験の最も重要な点の一つは、メンテナンス操作が不要であり、センサーの堅牢性が実証されていることです。プロセス全体を通してドリフトは観察されず、センサーレンズにバイオフィルムは形成されませんでした。したがって、これらのセンサーは、最小限のメンテナンスと再校正の必要がなく、長期運用プロセス（数か月スケール）に使用できることが実証されています。



UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

MELiSSA
MICRO-ECOLOGICAL
LIFE SUPPORT SYSTEM
ALTERNATIVE

esa

Author

David Garcia, Bioprocess Engineer
Departament d'Enginyeria Química
Escola d'Enginyeria. Edifici Q
08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)
Tel +34 93 586 81 72
d.eng.quimica.biologica.ambiental@uab.cat
www.melissafoundation.org/page/melissa-pilot-plant

Customer

Melissa Pilot Plant

本書に記載された情報は作成時点のものです。内容は予告なしで変更することがありますので予めご了承ください。

2025 年 6 月 作成

お問い合わせ先

MAIL : toiawase@tactec.co.jp

TEL : 03-3871-1750

ハミルトン担当窓口まで

Hamilton プロセスセンサー 日本正規代理店

株式会社ティ・アンド・シー・テクニカル

本社 : 〒110-0003 東京都台東区根岸 1-2-17
ホームページ : <https://www.tactec.co.jp>