

バイオテクノロジー・バイオシステムを利用した地球温暖化の緩和・適応対策ならびに環境計測技術

Utilizing biotechnology and bio-system as global warming mitigation / adaptation measures and environmental measurement.

We are engaged in Biotechnical Eco-management research for mitigation of Green House Gases (GHGs) and environmental analysis/monitoring.

1. Microbial metabolism can be induced by bioelectrochemical systems (BESs), depending on the redox processes at the working electrode. They have been used in various applications such as wastewater treatment, and in the production of energy rich chemicals so called as biofuels. In this year, we developed a BESs that allowed the increase in microbial growth and production of valuable chemicals. We used *Clostridium acetobutylicum* for butanol production, and *Acidithiobacillus ferrooxidans* for CO₂ fixation and chemical production. We are developing further, with the aim of converting and producing valuable chemicals.
2. We worked on the development of the catalyst to use for chemical conversion of the CO₂ as CCUS elemental technology development. We recently disclosed the hydrogenation of carbon dioxide to formate catalyzed by copper complexes. We have further studied the catalyst design attributed to the formation of the DBU-Cu species. We focused on polymeric ligands having DBU structure to develop immobilized copper catalysts. A range of aldehydes and ketones were effectively hydrogenated in the presence of catalytic amount of copper salt and polystyrene-bound DBU.
3. Under the environment that chemical corrosion was hard to be induced, the phenomenon "Microbial Induced Corrosion(MIC)" have come to be reported. The establishment of appropriate corrosion evaluation, measures is expected, but there is not the basic knowledge of that purpose despite ten minutes. Therefore, We analyzed corrosion of the carbon steel and correlation with the biofilm as a model in the MIC. As a result, with progress of the corrosion on the carbon steel surface, the biofilm developed. In addition, in the biofilm inside, the remarkable increase of methane bacteria was seen in addition to sulfate reducing bacteria. The possibility that these microbes which contacted with carbon steel greatly contributed to corrosion of the carbon steel was shown. We are going to search examples and investigate the mechanism of MIC.

国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 第 22 回締約国会議 (COP22 マラケシュ会議) が 2016 年 11 月 7 日から 18 日まで開催された。UNFCCC-COP22 に関するマスコミの報道は、何か熱意が低いように感じられた。何故だろうか。パリ協定では、世界共通の長期目標として 2°C 目標のみならず 1.5°C への言及がなされた。そのパリ協定は、2016 年 11 月 4 日に、批准する国等の条件が充足され発効した。COP22 ではパリ協定の「ルール作り」がスタートすることが「無事に」決まった。口さがない言い方をすれば、ルール作りが始まった/スケジュールを確認した、というのが結果である。そして、2016 年から 2017 年に立て続けに起こった/起こる世界の指導者の代変の影響を見なければ、パリ協定に命が吹き込まれるか否かが分からない(と、皆感じていると思う)。

パリ協定の骨子はどうであったろうか。ポスト京都議定書の議論が沸騰した 2010 年前後、COP16 カンクン合意 (2010 年) では、パリ協定につながる土台が示された。カンクンからパリに引き継がれた内容で重要なことは、「緩和」と「適応」のため、技術、資金、能力開発が必要で、透明性を確保した上で世界全体で進捗確認をしながら Implementation することである。日本の役割が、世界から期待されている内容である。

バイオエコマネジメント学分野では、再生可能エネルギー・省エネルギーや資源リサイクル等についてバイオテクノロジーやバイオシステムの適用を図っている。これらの技術・システムは、Implementation のベースとなる。

再生可能エネルギーの一つであるバイオマスエネルギーは、バイオマスの賦存が世界に広く・薄く・普遍的であるため、エネルギー利用の際の効率的な使い方・技術が肝要となってくる。2016 年度では、バイオマスを効率的にエネルギー・化学物質へ変換する技術として電気培養法の開発を進めた。また、CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization & Storage) 要素技術開発の一環として触媒による CO₂ の化学物質への変換技術について取り組んだ。さらに、インフラの劣化抑制による低炭素化を目的として、微生物腐食に関する研究を行った。

1. バイオ電気化学的システム BESs によるバイオ燃料生産のための微生物代謝法の促進

微生物の作用で有機物や二酸化炭素を変換・固定してエネルギー・化学物質 (バイオ燃料) を生産するプロセスを電気化学的に促進することを目指し、2 種類の微生物に対して電気化学的還元反応を供した際の、微生物の代謝変化ならびに生成物、菌体増殖の変化について解明した。

バイオ電気化学的システム (bioelectrochemical systems: BESs) では、作用電極における酸化還元作用により、微生物代謝を促進することが可能である。我々は、(A) ブタノール生産のためのクロストリジウム属 *acetobutylicum* と、(B) 炭酸固定と化学産生のた



客員教授 渡部 良朋
Professor Yoshitomo Watanabe

客員准教授 松本 伯夫
Associate Professor Norio Matsumoto

めの *Acidithiobacillus ferrooxidans* に BESs を適用した (Fig.1)。 (A) では炭素源としてのブドウ糖、電子伝達体としてのメチルピオローゲンを用いて *Acetobutylicum* を BES 培養装置で嫌氣的に培養した。電子供給により、電子供給なしの生産レベルと比較して、ブタノール生産効率が 3 倍に向上した。この生産効率向上のメカニズムを解明するために、代謝プロセスを解析した。その結果、BESs によりアミノ酸同化/ヌクレオチド生産プロセスの抑制と、ブタノール・エタノール・乳酸生産が促進されることを明らかにした。(B) では、BESs により細胞成長は 10 倍の増加を示し、電流値と通電量により成長量が制御されることを確認した。今後は、固定された CO₂ により化学製品を生産する応用を図る予定である。

2. CCUS 要素技術開発: CO₂ の化学的変換 / 有効利用技術 ~ 修飾高分子を配位子とする銅触媒による水素化反応 ~

CCUS 要素技術開発として、CO₂ の化学的変換に利用する触媒の開発に取り組んだ。これまで、銅塩と 1,8-ジアザビシクロ [5.4.0]-7-ウンデセン (DBU) からなる二元系触媒が二酸化炭素の水素化反応に有効であることを見いだしている。そこで、DBU-Cu 種の形成を

鍵とする触媒設計として、ポリスチレン残基に DBU 構造を有する高分子への分子触媒の固定化を試みたところ、アルデヒドならびにケトンの水素化反応に有効な高分子銅触媒が得られることを見いだした。

3. 炭素鋼表面のバイオフィーム形成と微生物腐食

インフラ構築には鋼鉄などの生産のために CO₂ を多く輩出する素材が使われ、これらを長持ちさせることは CO₂ 排出を抑制する効果がある。すなわちインフラの劣化抑制関連する技術は、低炭素化技術でもある。

近年、化学的な腐食が進行しづらい環境下において、微生物反応が作用する急速な腐食が進行する現象「微生物腐食」が報告されるようになった。微生物腐食による経済的損失は、世界累計で年間 30-50 億ドル規模とも試算される例があるほどである。適切な腐食評価・対策の確立が望まれるが、そのための基礎的な知見は十分とは言えない。このため、微生物腐食に関する知見を得る一環として、環境試料から獲得した腐食活性を有する微生物群集をモデルとして、炭素鋼の腐食とバイオフィームとの関連を解析した。その結果、腐食の進行に伴って、炭素鋼表面にはバイオフィームの発達し、バイオフィーム内部では、これまでに微生物腐食の主な原因菌と考えられてきた硫酸還元菌に加え、メタン菌の顕著な増殖が見られ、炭素鋼と接するこれら微生物種が炭素鋼の腐食に大きく寄与している可能性が示された。また、これら硫酸還元菌とメタン菌は単独時よりも共存時に腐食活性が向上することが明らかとなった。今後は微生物腐食事例の検索とメカニズムの解明に展開する。

招待講演等での活動

- ・学会のシンポジウム等での講演 (2 件、うち受賞講演 1 件)

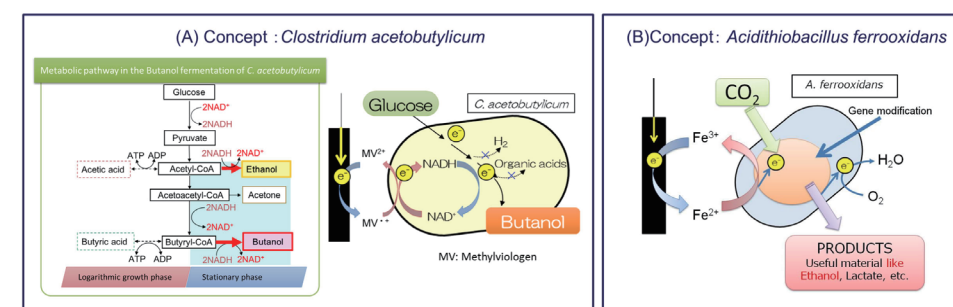


Fig.1 Concept of bioelectrochemical systems (BESs) for enhancing the microbial metabolism (quoted from N. Matsumoto et al (2016, The 3rd AP-ISMET 2016))

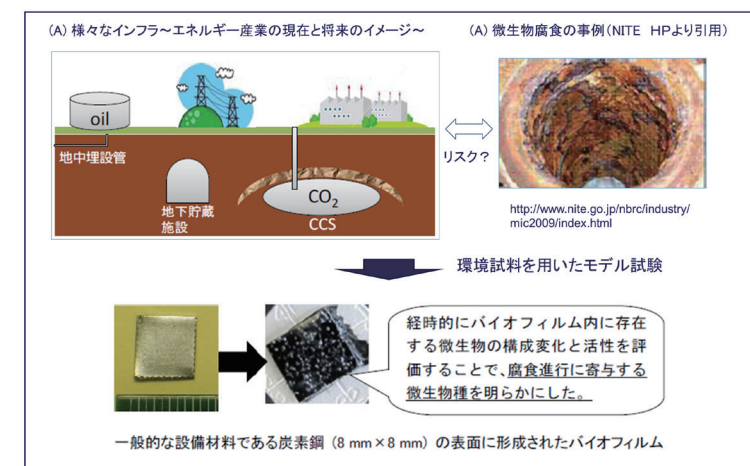


Fig.2 Microbial Induced Corrosion (MIC) (quoted from S. Hirano et al (2016, Agricultural Chemical Society of Japan annual convention))